

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# مبانی مخابرات و رادیو

رشته های الکترونیک - الکترونیک و مخابرات دریایی

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۰۸۹

اعتبارسنجی ۱۳۸۹ - ۱۳۸۸

صموتی، سید محمود	۶۲۱
مبانی مخابرات و رادیو/ مؤلفان: سید محمود صموتی، یدالله رضازاده، شهرام نصیری سوادکوهی، محمود	۱۳۸۲
شبهانی. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۵.	م ۸۴۹ ص
۲۳۷ ص. - مصور. - (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۰۸۹)	۱۳۹۵
متون درسی رشته های الکترونیک - الکترونیک و مخابرات دریایی، زمینه صنعت.	
برنامه ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب های درسی رشته	
الکترونیک دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. مخابرات. ۲. رادیو. الف. رضازاده، یدالله. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف	
کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش. ج. عنوان. د. فروست.	

## همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی  
فنی و حرفه‌ای و کار دانش، ارسال فرمایند.

پیام نگار (ایمیل) [info@tvoccd.medu.ir](mailto:info@tvoccd.medu.ir)  
وب‌گاه (وب سایت) [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

جدول هدف - محتوای کتاب مبانی مخابرات و رادیو با توجه به بازخوردهای دریافتی از گروه‌های آموزشی رشته الکترونیک و  
هنرآموزان شرکت‌کننده در دوره‌های بازآموزی، توسط کمیسیون تخصصی رشته الکترونیک مورد بازسازی و اصلاح قرار گرفته و سپس  
در گردهمایی هنرآموزان منتخب و سرگروه‌های آموزشی سراسر کشور در خردادماه ۱۳۸۵ همچنین از طریق سایت دفتر، مجدداً به نقد  
کشیده شد و در نهایت در کمیسیون تخصصی رشته الکترونیک به تأیید نهایی رسیده است. در فرایند اصلاح، جدول «هدف - محتوا»  
سازمان‌های آموزش و پرورش استان‌های فارس، هرمزگان، شهرستان‌های تهران و شهر تهران به‌طور پیوسته و مستمر همکاری  
داشته‌اند که از مشارکت و همیاری این عزیزان سپاسگزاری می‌نماید.

محتوای تألیف جدید این کتاب با توجه به جدول هدف - محتوا و تکنولوژی روز در سال ۱۳۸۶ توسط کمیسیون  
تخصصی رشته الکترونیک دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای بررسی و تأیید شده است. همچنین این کتاب در سال‌های  
۱۳۸۹-۱۳۸۸ توسط تعداد ۹ استان منتخب کشور اعتبارسنجی شده است.

### وزارت آموزش و پرورش

#### سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

نام کتاب : مبانی مخابرات و رادیو - ۴۶۶/۹

مؤلفان : سید محمود صموتی، یدالله رضازاده، شهرام نصیری سوادکوهی و محمود شبانی

اعضای کمیسیون تخصصی : مهین ظریفیان جولایی، فرشته داودی لعل آبادی، حسین جنانی، سهیلا ذوالفقاری،

محمدباقر جاوید، رسول ملک‌محمد و فرهاد عابدی

ویراستار ادبی : حسین داوودی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۹۲۶۶-۸۸۳۰، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ : لیدا نیک‌روش

رسمی کامپیوتری و تصویرسازی : محمد سیاحی، فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد

طراح جلد : مریم کیوان

صفحه‌آرا : سمیه قنبری

حروفچین : فاطمه محسنی

مصحح : حسین قاسم پورا قدم، سیف‌الله بیک محمددلیوند

امور آماده‌سازی خیر : فاطمه پزشکی

امور فنی رایانه‌ای : حمید ثابت کلاچاهی، سیده شیوا شیخ‌الاسلامی

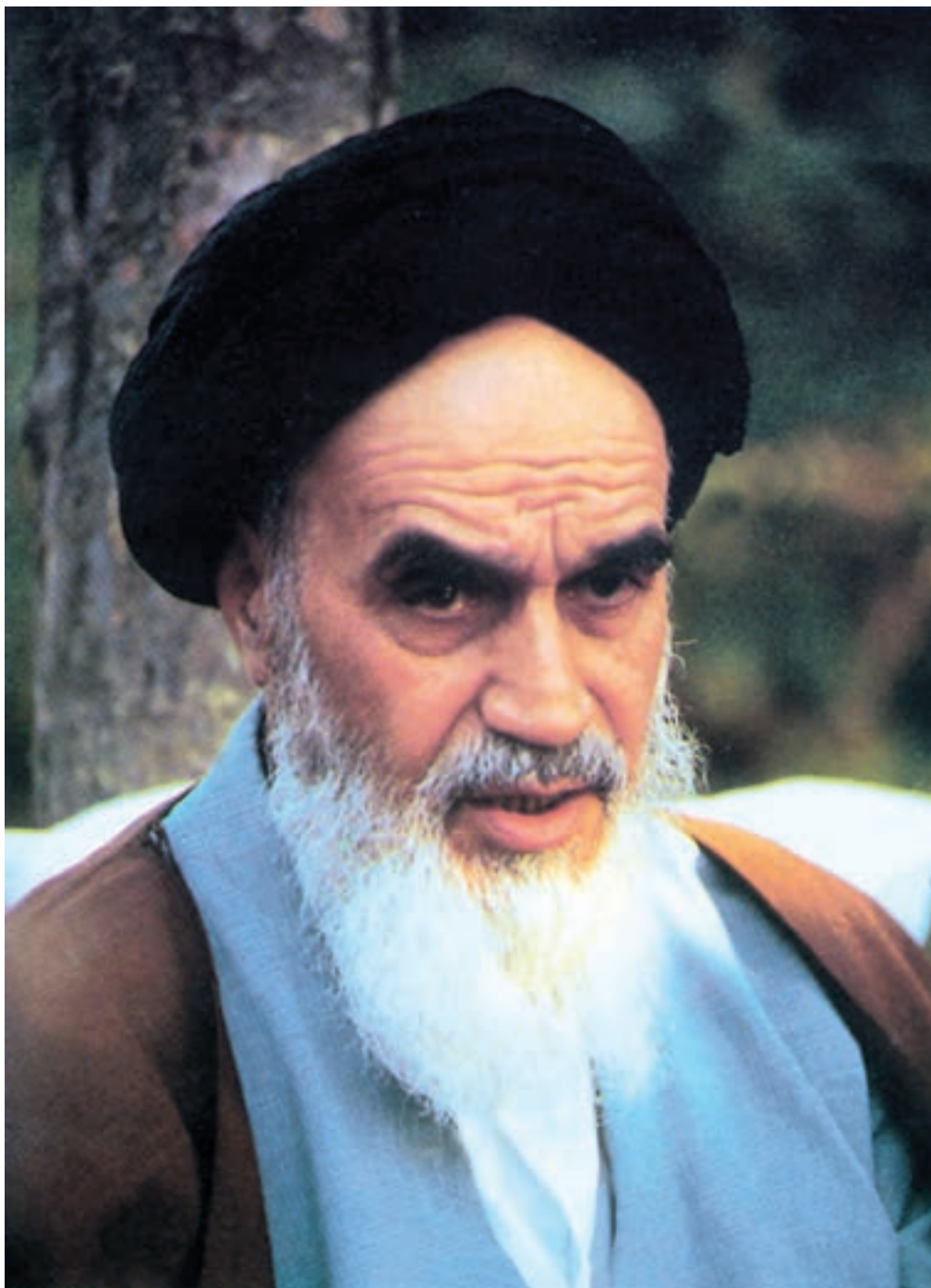
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار : ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده  
سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.  
امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

## فهرست کلی

۱	فصل اول : دسته بندی فرکانس ها و طیف فرکانسی
۱۹	فصل دوم : خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج
۴۰	فصل سوم : مدولاسیون موج پیوسته(آنالوگ) و انواع آن ها
۶۳	فصل چهارم : فیلترها
۸۰	فصل پنجم : نوسان سازها
۱۰۱	فصل ششم : فرستنده ها و گیرنده های رادیویی AM
۱۳۳	فصل هفتم : فرستنده ها و گیرنده های رادیویی FM
۱۵۷	فصل هشتم : گیرنده های رادیویی AM/FM با استفاده از مدار مجتمع (IC)
۱۷۴	فصل نهم : اصول کار تلفن های الکترونیکی ثابت و همراه
۲۱۲	فصل دهم : مخابرات نوین

محتوای آموزشی این کتاب طی نامه شماره ۱۰۴/۱۰۹۵ مورخ ۸۸/۲/۲۸ توسط واحد پژوهش و برنامه ریزی شرکت مخابرات ایران تأیید شده است

### هدف کلی کتاب

شناخت سامانه ها (سیستم ها)، مفاهیم و مدارهای مرتبط با مبانی مخابرات و رادیو





۶۰	۳-۲۰- الگوی برشش
۶۰	۳-۲۱- اشاره‌ای به مدولاسیون فرکانس
۶۱	۳-۲۲- مدولاسیون فاز
۶۱	۳-۲۳- الگوی برشش
۶۲	۳-۲۴- اشاره‌ای به مدولاسیون پالس

### ۶۳ فصل چهارم : فیلترها

۶۳	هدف‌های رفتاری
۶۴	پیشگفتار
۶۴	۴-۱- قابلیت انتخاب ایستگاه
۶۴	۴-۲- حساسیت گیرنده‌های رادیویی
۶۴	۴-۲-۱- حساسیت (Sensitivity)
۶۴	۴-۲-۲- تقویت کننده‌های زنجیره‌ای
۶۵	۴-۳- نویز (Noise) و منابع آن
۶۵	۴-۳-۱- نسبت سیگنال به نویز
۶۵	۴-۴- ضریب تقویت یا گین
۶۵	۴-۴-۱- ضریب بهره تقویت کننده چند طبقه
۶۶	۴-۴-۲- افت توان
۶۶	۴-۴-۳- ضریب تضعیف
	۴-۵- مروری بر اثر تغییر فرکانس بر روی مفادیر راکتانس
۶۶	سلف و راکتانس خازن
	۴-۵-۱- اثر تغییرات فرکانس بر روی سلف ( $X_L$ )
۶۷	۴-۵-۲- اثر تغییرات فرکانس بر روی خازن
۷۰	۴-۶- الگوی برشش
۷۰	۴-۷- فیلترها
۷۱	۴-۷-۱- محدوده فرکانس فیلتر
۷۱	۴-۷-۲- فیلتر ایده‌آل
۷۱	۴-۷-۳- فیلتر واقعی
۷۱	۴-۷-۴- فرکانس قطع فیلتر
۷۱	۴-۷-۵- انواع فیلترها از نظر کاربرد
	۴-۷-۶- انواع فیلترهای میان‌گذر و حذف باند
۷۵	حذف باند
۷۶	۴-۷-۷- مشخصه‌های فیلتر میان‌گذر
۷۶	۴-۷-۸- مقدار Q در مدار رزونانس سری
۷۷	۴-۷-۹- مقدار Q در مدار رزونانس موازی
۷۸	۴-۸- فیلترهای کریستالی
۷۹	۴-۹- الگوی برشش

### ۸۰ فصل پنجم : نوسان‌سازها

۸۰	هدف‌های رفتاری
۸۱	پیشگفتار
۸۱	۵-۱- اصول نوسان‌سازی

۳۹	۲-۱۶- پدیده فدی‌نگ
۳۹	۲-۱۷- الگوی برشش

### ۴۰ فصل سوم : مدولاسیون موج پیوسته (آنالوگ) و انواع آن‌ها

۴۰	هدف‌های رفتاری
۴۱	پیشگفتار
۴۱	۳-۱- سیگنال صوتی و نحوه انتقال آن
۴۲	۳-۲- سرعت صوت
۴۲	۳-۳- انتقال صوت به فواصل دور توسط سیم یا کابل
۴۳	۳-۴- الگوی برشش
	۳-۵- انتقال سیگنال صوتی به فواصل دور توسط امواج الکترومغناطیسی
۴۳	۳-۶- الگوی برشش
۴۵	۳-۷- مزایای استفاده از سیگنال RF به عنوان حامل
۴۶	۳-۸- الگوی برشش
۴۷	۳-۹- چگونگی عمل مدولاسیون
۴۷	۳-۹-۱- مشخصه‌های سیگنال حامل
۴۷	۳-۹-۲- تعریف مدولاسیون
۴۷	۳-۹-۳- مدولاسیون دامنه
۴۹	۳-۱۰- معادله موج AM
۵۱	۳-۱۱- شاخص و درصد مدولاسیون
۵۱	۳-۱۱-۱- تعریف شاخص مدولاسیون
۵۱	۳-۱۱-۲- درصد مدولاسیون
۵۲	۳-۱۱-۳- مدولاسیون کمتر از صددرصد
۵۲	۳-۱۱-۴- مدولاسیون صددرصد
۵۲	۳-۱۱-۵- مدولاسیون بیشتر از صددرصد
۵۳	۳-۱۲- الگوی برشش
۵۳	۳-۱۳- طیف فرکانسی سیگنال AM
۵۵	۳-۱۴- الگوی برشش
۵۵	۳-۱۵- حذف باندهای کناری سیگنال AM
۵۵	۳-۱۵-۱- پهنای باند سیگنال مدوله شده
۵۶	۳-۱۶- توان در موج مدوله شده AM
۵۷	۳-۱۷- انواع روش‌های ارسال در مدولاسیون AM
	۳-۱۷-۱- ارسال مدولاسیون دامنه به صورت کامل AM - FC
۵۷	۳-۱۷-۲- ارسال مدولاسیون دامنه به روش دو باند کناری AM-SC یا DSB با حذف سیگنال حامل
	۳-۱۷-۳- ارسال مدولاسیون دامنه به روش یک باند کناری SSB
۵۷	۳-۱۷-۴- ارسال مدولاسیون AM با باند کناری مستقل ISB
۵۸	۳-۱۷-۵- ارسال مدولاسیون AM به روش VSB
۵۹	۳-۱۸- الگوی برشش
۵۹	۳-۱۹- تعداد ایستگاه رادیویی

۱۰۲	۶-۱- مدولاتورها	۸۱	۵-۱-۱- نوسان ساز چیست؟
۱۰۳	۶-۲- جمع دو سیگنال حامل و پیام	۸۱	۵-۲- انواع نوسان ساز از نظر شکل موج تولیدی
۱۰۳	۶-۳- مدولاتور دیودی	۸۱	۵-۳- اصول کار مدارهای الکترونیکی نوسان ساز
۱۰۵	۶-۴- مدولاتورهای ترانزیستوری	۸۲	۵-۴- نیازهای اولیه برای نوسان سازی
۱۰۶	۶-۵- الگوی پرسش	۸۳	۵-۵- اصل بارک هاوزن (Barkhausen Criterion)
۱۰۸	۶-۶- فرستنده های رادیویی AM	۸۴	۵-۶- یک اسیلاتور چگونه به نوسان درمی آید؟
	۶-۶-۱- فرستنده AM با مدولاسیون قدرت	۸۵	۵-۷- تولید نوسان مربعی
۱۰۸	زیاد یا سطح بالا	۸۵	۵-۸- الگوی پرسش
	۶-۶-۲- فرستنده AM با مدولاسیون قدرت	۸۵	۵-۹- انواع نوسان سازهای سینوسی
۱۱۱	کم یا سطح پایین	۸۵	۵-۹-۱- انواع نوسان سازها از نظر مدار
	۶-۶-۳- بلوک دیاگرام کلی فرستنده واقعی و اجزاء	۸۵	تعیین کننده فرکانس
۱۱۱	مرتبط با آن	۸۶	۵-۹-۲- انواع نوسان سازهای LC از نظر شبکه فیدبک
۱۱۲	۶-۷- الگوی پرسش	۸۶	۵-۹-۳- نوسان ساز با شبکه فیدبک
۱۱۳	۶-۸- گیرنده های رادیویی AM	۸۶	ترانسفورماتوری
۱۱۳	۶-۹- مشخصات ویژه گیرنده های رادیویی و چگونگی افزایش آن	۸۸	۵-۹-۴- نوسان ساز با شبکه فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ سلفی
	۶-۹-۱- چه گیرنده ای دارای حساسیت و قابلیت انتخاب بالاست؟	۹۰	۵-۹-۵- نوسان ساز با فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ خازنی
۱۱۳	۶-۹-۲- چگونگی افزایش قابلیت انتخاب ایستگاه	۹۱	۵-۹-۶- نوسان ساز کلاپ
۱۱۴	۶-۹-۳- وفاداری یا فیدلیته	۹۲	۵-۱۰- نوسان ساز RC
۱۱۴	۶-۹-۴- پایداری	۹۲	۵-۱۰-۱- نوسان ساز پل وین
۱۱۴	۶-۱۰- الگوی پرسش	۹۳	۵-۱۱- نوسان ساز کریستالی
۱۱۴	۶-۱۱- مدار هماهنگ ورودی گیرنده رادیو	۹۴	۵-۱۲- نوسان ساز موج مربعی (مولتی ویراتور)
۱۱۵	۶-۱۱-۱- بوبین کادر آنتن	۹۴	۵-۱۲-۱- بلوک دیاگرام کلی مولتی ویراتورها
۱۱۶	۶-۱۱-۲- خازن واریابل یا واریکاپ	۹۴	۵-۱۲-۲- بلوک دیاگرام مولتی ویراتور آستانابل
۱۱۷	۶-۱۲- انتخاب ایستگاه رادیویی به طور خودکار	۹۴	۵-۱۲-۳- مدار تقویت کننده در مولتی ویراتور آستانابل
۱۱۷	۶-۱۳- الگوی پرسش	۹۵	۵-۱۲-۴- مدار مولتی ویراتور آستانابل
۱۱۸	۶-۱۴- گیرنده رادیویی TRF یا گیرنده رادیویی مستقیم	۹۵	۵-۱۲-۵- طرز کار مدار
۱۱۸	۶-۱۵- الگوی پرسش	۹۶	۵-۱۲-۶- شکل موج کلکتور و بیس ترانزیستورها در مولتی ویراتور
۱۱۹	۶-۱۶- گیرنده رادیویی سوپرهترودین	۹۶	۵-۱۲-۷- فرکانس مولتی ویراتور بی ثبات
۱۱۹	۶-۱۶-۱- تقویت کننده RF	۹۷	۵-۱۳- مولد موج مربعی توسط آی سی ۵۵۵
۱۱۹	۶-۱۶-۲- اسیلاتور محلی	۹۷	۵-۱۳-۱- مدار مولد موج مربعی توسط آی سی ۵۵۵
۱۲۰	۶-۱۶-۳- میکسر یا مخلوط کننده	۹۸	۵-۱۴- نوسان ساز VCO
۱۲۰	۶-۱۶-۴- کنورتور	۹۹	۵-۱۵- الگوی پرسش
۱۲۰	۶-۱۶-۵- تقویت کننده IF		
۱۲۱	۶-۱۶-۶- آشکار ساز	۱۰۱	<b>فصل ششم : فرستنده ها و گیرنده های رادیویی AM</b>
۱۲۱	۶-۱۶-۷- کنترل اتوماتیک بهره AGC	۱۰۱	هدف های رفتاری
۱۲۱	۶-۱۶-۸- تقویت کننده صوتی	۱۰۲	پیشگفتار
۱۲۱	۶-۱۶-۹- منبع تغذیه		
	۶-۱۶-۱۰- شکل موج های ورودی و خروجی		
۱۲۲	طبقات مختلف گیرنده رادیویی سوپرهترودین		
۱۲۳	۶-۱۷- الگوی پرسش		
	۶-۱۸- تجزیه و تحلیل طبقات مهم یک گیرنده رادیویی		
۱۲۳	سوپرهترودین AM		
۱۲۳	۶-۱۸-۱- کنورتور		

۱۴۵	۷-۱۷-۵- محدودکننده دامنه
۱۴۵	۷-۱۷-۶- آشکارساز FM
۱۴۶	۷-۱۷-۷- تضعیف کننده فرکانس بالا
۱۴۶	۷-۱۷-۸- کنترل اتوماتیک فرکانس (AFC)
۱۴۶	۷-۱۷-۹- تقویت کننده های صوتی
۱۴۶	۷-۱۷-۱۰- بلندگو
۱۴۶	۷-۱۷-۱۱- منبع تغذیه
۱۴۶	۷-۱۸- مقایسه گیرنده FM با AM
۱۴۸	۷-۱۹- بلوک دیاگرام فرستنده FM استریو
۱۴۸	۷-۲۰- طیف فرکانس سیگنال FM استریو
۱۴۹	۷-۲۱- بلوک دیاگرام گیرنده FM استریو
۱۵۰	۷-۲۲- آشکارسازهای FM
۱۵۰	۷-۲۲-۱- آشکارساز شیب
۱۵۱	۷-۲۲-۲- آشکارساز کوین سیدنس
۱۵۳	۷-۲۲-۳- آی سی آشکارساز FM مونو
۱۵۴	۷-۲۳- الگوی پرسش
۱۵۴	۷-۲۴- آی سی TDA ۷۰۰۰
۱۵۵	۷-۲۵- گیرنده رادیویی FM
۱۵۶	۷-۲۶- الگوی پرسش

**فصل هشتم: گیرنده های رادیویی AM/FM با استفاده از مدار مجتمع (IC) ۱۵۷**

۱۵۷	هدف های رفتاری
۱۵۸	پیشگفتار
۱۵۸	۸-۱- کلیدهای چندحالت مکانیکی
	۸-۱-۱- ساختمان داخلی کلیدهای دوحالت
۱۵۸	با چندین کنتاکت داخلی
۱۵۹	۸-۱-۲- کلیدهای چند حالت
۱۵۹	۸-۱-۳- موارد و کاربرد کلیدهای چند حالت
۱۵۹	۸-۲- کلیدهای چند حالت الکترونیکی
۱۵۹	۸-۲-۱- کلید یک حالت الکترونیکی
۱۶۰	۸-۲-۲- کلیدهای چند حالت الکترونیکی
۱۶۰	۸-۲-۳- کاربرد کلیدهای چند حالت الکترونیکی
۱۶۰	۸-۳- الگوی پرسش
۱۶۱	۸-۴- مشخصات فنی آی سی گیرنده AM/FM
۱۶۱	۸-۴-۱- شکل ظاهری و اطلاعات عمومی
۱۶۲	۸-۴-۲- برگه اطلاعات یا Data sheet آی سی
۱۶۴	۸-۴-۳- مشخصات پایه های آی سی AM/FM
۱۶۵	۸-۵- الگوی پرسش
۱۶۶	۸-۶- بلوک های بیرونی و ارتباط آن با آی سی
۱۶۸	۸-۷- الگوی پرسش
	۸-۸- بررسی کلی بلوک دیاگرام آی سی گیرنده رادیویی
۱۶۸	AM/FM
۱۷۱	۸-۹- الگوی پرسش

۱۲۵	۶-۱۸-۲- تقویت کننده IF در گیرنده های رادیویی AM
۱۲۵	۶-۱۸-۳- بررسی حالت DC در تقویت کننده IF
۱۲۶	۶-۱۸-۴- بررسی شرایط AC تقویت کننده IF
۱۲۶	۶-۱۸-۵- نکات مهم در تقویت کننده IF
۱۲۶	۶-۱۹- الگوی پرسش
۱۲۶	۶-۲۰- آشکارساز AM
	۶-۲۰-۱- تحلیل مدار آشکارساز در یک گیرنده رادیویی تجارتي
۱۲۷	۶-۲۱- کنترل اتوماتیک بهره (AGC)
۱۲۷	۶-۲۱-۱- اساس کار مدار کنترل اتوماتیک بهره
۱۲۸	۶-۲۱-۲- انواع AGC
۱۲۸	۶-۲۱-۳- مدارهای AGC
۱۲۸	۶-۲۲- الگوی پرسش
۱۲۹	۶-۲۳- گیرنده رادیویی TRF یک موج AM با آی سی
۱۳۰	۶-۲۴- گیرنده رادیویی سوپرهترودین یک موج AM با آی سی
۱۳۱	۶-۲۵- گیرنده رادیویی سوپرهترودین یک موج AM با آی سی
۱۳۲	۶-۲۶- الگوی پرسش

**فصل نهم: فرستنده ها و گیرنده های رادیویی FM ۱۳۳**

۱۳۳	هدف های رفتاری
۱۳۴	پیشگفتار
۱۳۴	۷-۱- مزایای سیگنال FM نسبت به AM
۱۳۵	۷-۲- اساس کار مدولاتورهای FM
۱۳۶	۷-۳- انحراف فرکانس $F_D$
۱۳۷	۷-۴- سرعت تغییرات سیگنال FM
۱۳۷	۷-۵- شاخص مدولاسیون سیگنال FM
۱۳۸	۷-۶- پهنای باند هر ایستگاه در FM
۱۳۸	۷-۷- طیف فرکانسی سیگنال FM
۱۴۰	۷-۸- درصد مدولاسیون
۱۴۰	۷-۹- FM باند باریک
۱۴۰	۷-۱۰- فرستنده FM
۱۴۰	۷-۱۱- چند برابر کننده فرکانس
۱۴۱	۷-۱۲- یک نمونه بلوک دیاگرام فرستنده FM
۱۴۱	۷-۱۳- رابطه انحراف فرکانس و ضریب افزایش چند برابر کننده های فرکانس
۱۴۱	۷-۱۴- مدارهای پیش تأکید (Pre emphasis) و باز تضعیف (De emphasis)
۱۴۲	۷-۱۵- فرستنده FM با آی سی
۱۴۵	۷-۱۶- الگوی پرسش
۱۴۵	۷-۱۷- گیرنده FM (FM Receiver)
۱۴۵	۷-۱۷-۱- تقویت کننده RF
۱۴۵	۷-۱۷-۲- اسپلاتور محلی
۱۴۵	۷-۱۷-۳- مخلوط کننده
۱۴۵	۷-۱۷-۴- تقویت کننده های IF

## فصل نهم : اصول کار تلفن های الکترونیکی ثابت و همراه

۱۷۴	هدف های رفتاری
۱۷۵	پیشگفتار
۱۷۶	۹-۱ اجزای تشکیل دهنده یک تلفن رومیزی الکترونیکی
۱۷۶	۹-۲ میکروفون ها
۱۷۶	۹-۲-۱ میکروفون زغالی
۱۷۷	۹-۲-۲ میکروفون خازنی
۱۷۹	۹-۲-۳ میکروفون الکترو دینامیکی
۱۷۹	۹-۲-۴ میکروفون کریستالی
۱۸۰	۹-۲-۵ میکروفون نواری
۱۸۰	۹-۲-۶ مشخصه های میکروفون ها
۱۸۰	۹-۲-۷ مقایسه میکروفون ها
۱۸۱	۹-۳ گوشی
۱۸۱	۹-۳-۱ گوشی الکترو مغناطیسی
۱۸۲	۹-۳-۲ گوشی الکترو دینامیکی
۱۸۲	۹-۴ بلندگو Loud speaker
۱۸۲	۹-۴-۱ بلندگو با صفحه حساس پیزوالکتریک
۱۸۳	۹-۵ جگونیکی ارتباط صوتی بین دو نقطه
۱۸۴	۹-۶ الگوی پرسش
۱۸۴	۹-۷ مدار بلوکی تلفن الکترونیکی
۱۸۵	۹-۸ سیم های Tip و Ring
۱۸۵	۹-۹ ولتاژ خط تلفن
۱۸۵	۹-۱۰ زنگ تلفن
۱۸۵	۹-۱۰-۱ موقعیت قرار گرفتن مدار زنگ در تلفن
۱۸۶	۹-۱۰-۲ سیگنال زنگ
۱۸۶	۹-۱۰-۳ تغذیه آی سی های مولد سیگنال زنگ
۱۸۶	تلفن الکترونیکی
۱۸۷	۹-۱۰-۴ معرفی یک نمونه آی سی زنگ
۱۸۷	۹-۱۱ شماره گیری در تلفن الکترونیکی
۱۸۷	۹-۱۱-۱ روش پالس (Pulse)
۱۸۷	۹-۱۱-۲ شماره گیری با روش (تُن) (Tone)
۱۸۸	۹-۱۱-۳ مزایای استفاده از روش تُن
۱۸۸	۹-۱۱-۴ بلوک دیاگرام شماره گیری پالسی
۱۸۹	۹-۱۱-۵ بلوک دیاگرام آی سی شماره گیر
۱۹۱	۹-۱۱-۶ معرفی یک نمونه آی سی شماره گیر تلفن
۱۹۱	۹-۱۲ بخش پردازش سیگنال صحبت
۱۹۱	۹-۱۲-۱ بلوک دیاگرام نمونه ای از آی سی پردازش

## فصل دهم : مخابرات نوین

۲۱۲	هدف های رفتاری
۲۱۳	۱-۰-۱ مدولاسیون های پالس و دیجیتال
۲۱۳	۱-۰-۱-۱ پیشگفتار
۲۱۳	۱-۰-۱-۲ سیگنال آنالوگ (بیوسته)
۲۱۴	۱-۰-۱-۳ سیگنال منفصل (گسسته)

۱۹۲ سیگنال صحبت

۱۹۲-۲ معرفی آی سی پردازش صحبت در تلفن

۱۹۲ الکترونیکی

۱۹۲-۳ بلوک دیاگرام مدارهای داخلی

۱۹۳ آی سی پردازش صحبت

۱۹۴-۱۳ یک نمونه مدار عملی ساده برای مکالمه

۲۲۴	۱-۳-۸ عناصر نیمه هادی پاسخ دهنده به نور مادون قرمز	۲۱۴	۱-۱-۴ مدولاسیون پالسی کد شده PCM
۲۲۴	IR	۲۱۷	۱-۱-۵ فاصله زمانی بیت (Bit Interval)
۲۲۶	۱-۴ الگوی پرسش	۲۱۷	۱-۱-۶ نرخ بیت (Bit Rate)
۲۲۷	۱-۵-۱ ماهواره	۲۱۷	۱-۱-۷ فرکانس نمونه برداری (Sampling frequency)
۲۲۷	۱-۵-۱-۱ پیشگفتار	۲۱۸	۱-۱-۸ تعداد بیت در هر نمونه
۲۲۷	۱-۵-۱-۲ ماهواره چیست؟	۲۱۹	۱-۱-۹ محاسبه نرخ بیت
۲۲۸	۱-۵-۱-۳ تاریخچه	۲۱۹	۱-۱-۱۰ مدولاسیون های دیجیتال
۲۲۹	۱-۵-۱-۴ ماهواره ها چگونه به فضا می روند؟	۲۱۹	۱-۱-۱۱ مدولاسیون ASK
۲۳۰	۱-۵-۱-۵ انواع ماهواره ها	۲۱۹	۱-۱-۱۲ مدولاسیون FSK
۲۳۰	۱-۵-۱-۶ ماهواره های مخابراتی	۲۱۹	۱-۱-۱۳ مدولاسیون PSK
۲۳۱	۱-۵-۱-۷ ماهواره های ردیاب	۲۲۰	۱-۱-۱۴ مفهوم A/D و D/A
۲۳۱	۱-۶-۱ پیشگفتار	۲۲۰	۱-۱-۱۵ انواع دیگر مدولاسیون پالس
۲۳۲	۱-۶-۱-۱ تاریخچه GPS	۲۲۰	۱-۲-۱ الگوی پرسش
۲۳۲	۱-۶-۱-۲ اجزای تشکیل دهنده سیستم GPS	۲۲۱	۱-۳-۱ سامانه های کنترل از راه دور
۲۳۳	۱-۶-۱-۳ بخش فضا	۲۲۱	۱-۳-۱-۱ پیشگفتار
۲۳۴	۱-۶-۱-۴ بخش کنترل	۲۲۱	۱-۳-۱-۲ روش های کنترل از راه دور
۲۳۴	۱-۶-۱-۵ بخش کاربران	۲۲۱	۱-۳-۱-۳ کنترل از راه دور توسط برق شهر
۲۳۵	۱-۶-۱-۶ GPS چگونه کار می کند؟	۲۲۲	۱-۳-۱-۴ کنترل از راه دور توسط امواج صوتی
۲۳۶	۱-۶-۱-۷ کاربردهای GPS	۲۲۲	۱-۳-۱-۵ کنترل از راه دور توسط امواج فراصوتی
۲۳۶	۱-۷ الگوی پرسش	۲۲۳	۱-۳-۱-۶ کنترل از راه دور براساس امواج رادیویی
		۲۲۳	۱-۳-۱-۷ سامانه های کنترل از راه دور براساس
۲۳۷	منابع و مآخذ	۲۲۴	امواج نوری

## توصیه‌هایی درباره روش تدریس کتاب

برای این که بتوانید به اهداف آموزشی و اهداف رفتاری کتاب دسترسی پیدا کنید و نتیجه مطلوب به دست آورید، قبل از شروع آموزش حتماً این صفحه را مطالعه کنید و آن را عملاً اجرا نمایید.

**۱- تدوین طرح درس سالانه:** طرح درس سالانه براساس بودجه‌بندی پیشنهادی در ابتدای کتاب، تهیه نمایید. در این طرح درس باید دقیقاً تعداد روزهای تدریس فعال در طول سال یا ذکر روز (شنبه، یکشنبه و ...) مشخص شود. در صورتی که تعداد روزهای فعال ۳۰ روز (۳۰ جلسه) در سال باشد، عناوین دروس و صفحات مورد تدریس را در طرح درس قید کنید. در صورتی که تعداد روزها بیشتر از ۳۰ روز باشد، برای روزهای اضافی تمرین در نظر بگیرید. در صورتی که تعداد روزها کمتر از ۳۰ روز باشد، یا باید برنامه را فشرده‌تر کنید یا برای روزهای حذف شده، کلاس فوق‌العاده در نظر بگیرید. در نظر داشته باشید هنگام تهیه طرح درس سالانه، باید روزهای تعطیل رسمی را از برنامه حذف کنید.

**۲- تدوین طرح درس روزانه:** در این طرح درس، علاوه بر تدوین برنامه دقیق تدریس مربوط به یک جلسه (از احوال‌پرسی و حضور و غیاب تا پایان درس)، مواردی مانند آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی منطبق با زمان تدریس می‌بایستی پیش‌بینی شود. ارائه مثال‌هایی از زندگی روزمره و شرایط اقلیمی متناسب با موضوع تدریس، معمولاً بر جذابیت تدریس می‌افزاید.

**۳- یک هفته قبل از اجرای آموزش،** تعداد صفحاتی را که می‌خواهید هفته بعد آموزش دهید، مشخص کنید و از هنجریان بخواهید به عنوان پیش‌مطالعه، یک بار آن را مطالعه نمایند.

**۴- قبل یا پس از اتمام تدریس در هر جلسه،** از هنجریان بخواهید که متن تدریس شده کتاب را با صدای بلند بخوانند. اجرای این فرایند، میزان تسلط هنجریان را در ارتباط با آشنایی با کلمات و جملات تخصصی ارزیابی می‌کند. پس از خواندن هر پاراگراف از هنجرو بخواهید، مفهوم کلی آن پاراگراف را از دید خود بیان کند.

**۵- هنگام اجرای تدریس سعی کنید به صورت تعاملی عمل کنید و از روش پرسش و پاسخ استفاده نمایید.** همچنین از هنجریان بخواهید تا در اجرای برنامه درسی مشارکت نمایند و مباحثی را به انتخاب خود در کلاس به صورت کنفرانس ارائه دهند. همچنین به هنجریان فرصت پرسیدن سؤال داده شود.

**۶- در فرایند اجرای آموزش از فیلم‌ها و پویانمایی‌های (Animations) مناسب موجود برای عمیق‌تر کردن آموزش استفاده نمایید.**  
**۷- به منظور درک بهتر مفاهیم،** قبل از آغاز درس، با استفاده از نرم‌افزارهای موجود مانند ادیسون، مولتی‌سیم، پروتوس، لیبویو موارد را شبیه‌سازی کنید و به کلاس ارائه دهید. همچنین از هنجریان بخواهید مراحل شبیه‌سازی را در خارج از برنامه کلاسی اجرا نمایند و نتایج را به کلاس ارائه دهند.

**۸- تمرین‌های کلاسی را که در لابه‌لای درس آمده است، در همان کلاس درس حل کنید.** متناسب با نیاز، تمرین‌های دیگری را ارائه دهید تا هنجریان اقدام به حل آن نمایند و اشکال خود را برطرف کنند.

**۹- تمرین‌های اضافی منطبق با مباحث درسی تهیه کنید و از هنجریان بخواهید آن‌ها را در کلاس یا خارج از کلاس حل نمایند.**  
**۱۰- از هنجریان بخواهید از مباحث تدریس شده، پرسش امتحانی استخراج کنند و آن‌ها را به کلاس ارائه نمایند.**

**۱۱- کلیه واژه‌های انگلیسی و مباحث مربوط به برگه اطلاعات (Data sheet) می‌بایستی آموزش داده شود و در آزمون مربوطه نیز مورد ارزشیابی قرار گیرد.**

**۱۲- اجرای تکالیفی را که به هنجریان می‌دهید، پیگیری نمایید و از مسئولین و مشاوران مربوطه بخواهید، هنجریان فعال را تشویق و عدم اجرای تکالیف توسط برخی از آن‌ها را بررسی نمایند و نتیجه را به مربی مربوطه گزارش کنند.**

**۱۳- تکالیف ارائه شده را به صورت جمعی یا به صورت فردی اصلاح نمایید تا هنجریان نسبت به اشکالات خود آگاه شوند و آن‌ها را تکرار نکنند.**

**۱۴- نتایج فعالیت و پیشرفت هنجریان را در دفتر کلاسی یا دفترچه جداگانه و یا پوشه‌ای اختصاصی مستندسازی کنید و در هر زمانی که تشخیص دادید، هنجریان را تشویق کنید یا به آنان تذکر دهید.**

**۱۵- در اجرای ارزشیابی‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی هر جلسه یا آزمون‌های ماهانه یا میان ترم و پایان ترم، سؤالات را به صورت پرسش‌های مفهومی، کوتاه پاسخ، تشریحی توصیفی، تشریحی محاسباتی، جورکردنی، صحیح غلط و صحیح غلط اصلاحی طراحی نمایید.**

با آرزوی موفقیت

مؤلفان



## سخنی با همکاران

این کتاب بر مبنای ریزبرنامهٔ درسی مبانی مخابرات و رادیو، جهت دانش‌آموزان سال سوم رشتهٔ الکترونیک در نظام جدید آموزش متوسطه، روش سالی واحدی، تدوین شده است.

برنامه‌ریزی نظام جدید متوسطه در شاخه صنعت، توسط کمیسیون تخصصی رشته الکترونیک، با همکاری کارشناسان و مسئولین آموزشی و دفاتر ستادی ذی‌ربط در سال ۱۳۷۲، براساس تجزیه و تحلیل مشاغل صورت گرفته است. این کتاب از مراحل نخستین برنامه‌ریزی تا مرحلهٔ تدوین و تألیف، با توجه به نیازهای کشور، وضعیت روحی و سنی دانش‌آموزان و بافت فرهنگی جامعه، تغییراتی کئی و کیفی داشته و اولین چاپ آن در سال ۱۳۷۳ بوده است و فرآیند چاپ تا سال ۱۳۷۸ به‌طور مستمر ادامه یافت. این کتاب طی مراحل مختلف مورد ارزش‌یابی و بررسی قرار گرفت و با توجه به بازخوردهای دریافتی، اصلاح شد. در سال ۱۳۷۸ به سبب تغییر روش نیم‌سالی واحدی به سالی واحدی و پیشرفت تکنولوژی محتوای کتاب مورد بازبینی قرار گرفت و مباحثی از قبیل اصول کار تلفن و مدولاسیون FM به آن اضافه شد. در سال ۱۳۸۰، با همان ساختار قبلی و یک بخش ضمیمه، چاپ و توزیع شد. از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۵، اظهارات متفاوتی از گروه‌های آموزشی استان‌ها و هنرآموزان سراسر کشور مبنی بر به‌روز کردن کتاب، دریافت شد. در همایش‌ها و دوره‌های بازآموزی نیز، مجدداً به نقد کشیده شد تا این که در سال ۱۳۸۵ جدول هدف - محتوای جدید با توجه به نظرات دریافتی تدوین شد و روی وب‌گاه (سایت) دفتر قرار داده شد. هم‌چنین به‌طور مستقیم از تعدادی از استان‌ها خواسته شد جدول هدف - محتوا را بررسی و اصلاح کنند. تعدادی از این استان‌ها، جداول مربوطه را بررسی کردند و تعدادی دیگر نیز در فرآیند اصلاح جداول به‌طور مستمر تا نهایی شدن آن همکاری داشته‌اند. پس از آماده شدن جدول «هدف - محتوا» به‌منظور روز آمد کردن کتاب، تیم تألیف تقویت شد و دو نفر دیگر به مؤلفین قبلی اضافه شدند. کتاب با دیدگاهی نو بازسازی شد، از جمله:

- ۱- به هدف‌های رفتاری هر جزء، زمان پیش‌نهادی اختصاص داده شده است.
- ۲- در تدریس، به استفاده از نرم‌افزار توسط معلم و نمایش آن در کلاس، توجه و توصیه شده است.
- ۳- به منظور تقویت مشارکت هنرجویان در کلاس و فراهم نمودن زمینهٔ فعال و پویا، و شکوفا شدن خلاقیت آنان، فعالیت‌های خارج از کلاس نیز برای هنرجویان در نظر گرفته شده است.
- ۴- به منظور ایجاد انگیزه در هنرجویان و آشنا شدن آنان با زندگی دانشمندان مرتبط با کتاب شرح حال تعدادی از آنان آمده است.

۵- در لابه‌لای کتاب، مجزاً یا درهم تنیده، مسائل فرهنگی و تربیتی مانند ایجاد حس اعتماد، مسئولیت‌پذیری، انگیزه برای رشد و ارتقاء خودباوری آمده است.

۶- در سرتاسر کتاب سعی شده است از تصاویر رنگی، با کیفیت مناسب، استفاده شود تا از نظر ایجاد انگیزه، زمینهٔ مناسب‌تری برای یادگیری فراهم آید.

۷- با توجه به تغییرات عمده‌ای که در عناوین و محتوای فصل‌ها به وجود آمده از وابستگی این کتاب به گیرنده‌های رادیویی در حد بسیار وسیعی کاسته شده و به سمت فناوری‌های جدید هدایت شده است.

۸- این کتاب در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ توسط ۹ استان منتخب کشور اعتبارسنجی شده است و در فرایند اعتبارسنجی تعدیل شده و مباحثی از آن حذف شده است.

این کتاب در مجموع دارای ۱۰ فصل است. در فصل اول با سیستم‌های مخابراتی، محدوده فرکانسی امواج، دستگاه طیف‌نما و استفاده از نرم‌افزارهای الکترونیکی آشنا می‌شوید. فصل دوم اختصاص به خطوط انتقال، انواع آنتن و انتشار امواج دارد. در فصل سوم انواع مدولاسیون و طیف فرکانسی آن آموزش داده می‌شود. در فصل چهارم فیلترها، در فصل پنجم نوسان‌سازها و در فصل ششم و هفتم فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی مورد بحث قرار می‌گیرد. در فصل هشتم یک گیرنده رادیویی با آی‌سی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. فصل نهم به اصول کار تلفن الکترونیکی و تلفن همراه اختصاص دارد. در این فصل میکروفون‌ها و بلندگوها نیز معرفی شده‌اند. فصل دهم با عنوان مخابرات نوین مبحثی کاملاً جدید است. در این فصل اشاره کوتاهی به مدولاسیون‌های دیجیتال، ماهواره‌های مخابراتی و GSM و فرستنده و گیرنده کنترل از راه دور مورد بحث قرار می‌گیرد.

با توجه به این که محتوای کتاب عمده‌تأ جدید است و با فناوری روز انطباق داده شده، زمانی می‌توان آن را با موفقیت آموزش داد که قبل از تدریس، کلیه محتوای کتاب توسط هنرآموزان عزیز مورد مطالعه قرار گرفته باشد و در صورت نیاز در دوره‌های ضمن خدمت شرکت کرده باشند. لذا توصیه می‌کنیم قبل از ورود به کلاس درس محتوای کتاب را به طور کامل و دقیق مطالعه کنید. از آنجایی که هیچ‌گونه فعالیتی، از جمله تألیف این کتاب، برکنار از خطا و اشتباه نیست، از این رو بسیار خوشحال خواهیم شد تا همکاران محترم با طرح رهنمودهای سازنده خود، ما را در مسیری که برگزیده‌ایم کمک کنند و یاریگر باشند.

از طراحان محترم سؤالات آزمون‌ها تقاضا می‌شود از مباحث «برای مطالعه» «برای دانش‌آموزان علاقه‌مند» و موارد مرتبط با «اخلاقیت و ابتکار» و «زندگی‌نامه دانشمندان» تحت هیچ شرایطی سؤال طرح نمایند.

برای درک بهتر مطالب توصیه می‌شود که از کتاب آزمایشگاه مجازی و نرم‌افزارهای مرتبط با آن استفاده کنید.

PDF مربوط به ضمایم و واژه‌نامه مبانی مخابرات و رادیو از سایت دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش قابل دریافت است.

## سخنی با دانش آموزان

کتاب مبانی مخابرات و رادیو، از آن مجموعه کتاب‌های درسی است که به سبب گسترده بودن طیف کاربردی آن و ارتباط داشتن با بازار کار، از شیرینی و جذابیت ویژه‌ای برخوردار است و می‌تواند انگیزه لازم را در فراگیران ایجاد نماید. گستردگی موضوع به حدی است که هریک از واژه‌های مندرج در فصل‌های مختلف کتاب می‌تواند چندین واحد درسی را پوشش دهد. به خصوص در ویرایش جدید این کتاب، مباحث کاملاً نو و مرتبط با مخابرات نوین آمده است، به طوری که فراگیران را با سؤالات متعدد مواجه می‌کند. از آن‌جا که برای آموزش کتاب محدودیت زمانی وجود دارد، لازم است محتوای آموزشی، با توجه به اهداف رفتاری، آموزش داده شود و سؤالات احتمالی شما، که به آموزش‌های آتی و به مقاطع بالاتر مربوط می‌شود، به بعد موکول گردد.

هدف اصلی از تدوین این کتاب، آموزش مبانی مخابرات و ارتباطات رادیویی است و برای رسیدن به این هدف لازم است مطالب درسی تعیین شده در فصل‌های مختلف کتاب را به طور کامل فراگیرید و پرسش‌های خارج از درس را به پایان جلسات یا به زمان مناسب در خارج از جلسات درسی موکول کنید. در این کتاب، برای هنرجویان علاقه‌مند، مطالب اضافی، مانند تحقیق، فعالیت فوق برنامه پیش‌بینی شده است که می‌توانند ضمن افزایش دانش و تجربه زمینه‌های شکوفایی و خلاقیت را برای خود و سایر هنرجویان فراهم آورند. هم‌چنین در کتاب قسمت‌هایی تحت عنوان «برای مطالعه» آمده است که صرفاً جهت دانش‌افزایی است و از این قسمت‌ها آزمون به عمل نمی‌آید.

دانش‌آموزانی که به فراگیری مطالب اضافی، بیش از مطالب عنوان شده در کتاب علاقه‌مندند، می‌توانند از مراجع و مآخذ اعلام شده در انتهای کتاب استفاده کنند.

در فرایند آموزش تعدادی از مدارها توسط معلم شما، از طریق آزمایشگاه مجازی شبیه‌سازی می‌شود و برای کلیه هنرجویان به نمایش درمی‌آید. برای این که بتوانید مفاهیم اصلی را به خوبی فراگیرید، توصیه می‌کنیم اجرای آزمایشگاه مجازی را به صورت مستقل در خارج از مدرسه انجام دهید و اشکالات خود را برطرف کنید.

# فصل ۱

## دسته‌بندی فرکانس‌ها و طیف فرکانسی

### هدف کلی

#### شناخت اصطلاحات مخابراتی، مفاهیم و تعاریف پایه‌ای و متداول در مخابرات

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۶ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ۱- یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی را شرح دهد. ۱۰'
- ۲- اجزای یک سیستم مخابراتی را نام ببرد. ۵'
- ۳- عوامل مؤثر در سیگنال‌های سیستم مخابراتی را شرح دهد. ۱۰'
- ۴- علل دسته‌بندی فرکانس‌های مختلف را شرح دهد. ۱۰'
- ۵- محدوده فرکانسی و دسته‌بندی فرکانس‌های مختلف را با استفاده از جدول یا نمودار تعیین کند. ۱۵'
- ۶- علائم اختصاری VLF ، LF ، HF ، VHF ، UHF ، SHF ، EHF را شرح دهد. ۲۰'
- ۷- مهم‌ترین باندهای فرکانسی مورد کاربرد در مخابرات رادیویی، تلویزیونی و تلفن همراه را شرح دهد. ۱۵'
- ۸- حوزه زمان و حوزه فرکانس را با ترسیم شکل شرح دهد. ۱۵'
- ۹- طیف فرکانسی را تعریف کند. ۱۵'
- ۱۰- اصول کار دستگاه طیف‌نما را شرح دهد. ۱۰'
- ۱۱- موارد کاربرد دستگاه طیف‌نما را بیان کند. ۵'
- ۱۲- کمیت‌هایی را که به صورت نمودار روی دستگاه طیف‌نما ظاهر می‌شود، نام ببرد و حوزه مربوطه را مشخص کند. ۱۰'
- ۱۳- هارمونیک را تعریف کند. ۱۵'
- ۱۴- هارمونیک‌های موجود در موج مربعی متقارن را تشریح کند. ۱۵'
- ۱۵- طیف فرکانسی حاصل از اعمال موج مربعی به ورودی دستگاه طیف‌نما را ترسیم کند. ۱۵'
- ۱۶- صوت را تعریف کند و نحوه انتشار آن را شرح دهد. ۱۰'
- ۱۷- مشخصه‌های بلندی، انرژی، شدت، ارتفاع و طنین صوت را شرح دهد. ۲۰'
- ۱۸- محدوده فرکانس‌های تولیدی توسط حنجره انسان را بیان کند. ۱۰'
- ۱۹- محدوده فرکانس‌های شنوایی را شرح دهد. ۵'
- ۲۰- طیف فرکانسی صدای انسان را توضیح دهد. ۵'
- ۲۱- صدای بم و زیر را شرح دهد. ۱۵'
- ۲۲- از نرم‌افزارها و فیلم‌های مرتبط برای درک بهتر مطلب در قالب شبیه‌سازی یا مشاهده، استفاده کند. ۲۰'
- ۲۳- در فرایند اجرای آموزشی متناسب با شرایط و محتوا، آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد. ۲۰'

## هدف‌های رفتاری در حیطه عاطفی

- ۱- نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس را رعایت کند.
- ۲- تکالیف و مسئولیت‌های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
- ۳- در موقعیت‌های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
- ۴- از لوازم موجود در کلاس و هنرستان به خوبی مراقبت و نگهداری کند.
- ۵- خوب گوش دهد و ابهامات و سؤالات خود را بپرسد.
- ۶- با دقت و اعتماد به نفس به سؤالات مطرح شده پاسخ دهد.
- ۷- از شوخی‌های بی‌مورد پرهیز کند.
- ۸- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
- ۹- توانمندی‌های خود در موقعیت‌های مناسب را بروز دهد.
- ۱۰- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- ۱۱- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.
- ۱۲- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.

## پیشگفتار

بسیار زیاد تولید کرد زیرا محدودیت تولید صوت توسط تارهای صوتی برای همه افراد وجود دارد. براین اساس در گذشته‌های دور، انسان برای ارتباط با یکدیگر از علائم مختلفی از قبیل دود، صدای طبل، صدای بوق و انعکاس نور از یک شیء درخشان مانند آینه استفاده می‌کرد. کاربرد این روش‌ها تا حدودی بُعد مسافت را افزایش می‌داد. ولی پیام همچنان به صورت غیرمحرمانه باقی می‌ماند. با وجود تمام مشکلات موجود، سال‌های متمادی، اجداد ما از این روش‌ها برای ارتباط بین دو نقطه استفاده می‌کردند. مطمئناً، در صورت تداوم روش کهن، دیگر نمی‌توانستیم صحبتی از تمدن امروزی و مخابرات مدرن داشته باشیم. هنگامی که در سال ۱۸۷۶ میلادی الکساندر بل دانشمند اسکاتلندی اولین پیام تلگرافی راه دور را تا فاصله ۲۴ کیلومتری مخابره کرد، آرزوی دیرینه بشر، که رؤیایی بیش نبود، تحقق یافت (شکل ۱-۲).



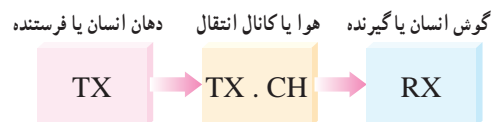
شکل ۱-۲- ارتباط تلفنی

یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی ارسال و دریافت صدای انسان است. اجزای این سیستم در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. اجزای این سیستم به شرح زیر خلاصه می‌شود:

الف) فرستنده دهان انسان است (گوینده)  
Transmitter (TX)

ب) گیرنده گوش انسان دیگری است (شنونده)  
Receiver (RX)

پ) فاصله بین دهان گوینده و گوش شنونده (هوا) کانال انتقال یا محیط انتقال نامیده می‌شود  
(Transmission channel)



شکل ۱-۱- یک نمونه از ساده‌ترین سیستم مخابراتی ارسال و دریافت صوت

صدا نمی‌تواند به فواصل دور منتقل شود زیرا با قوی شدن صدا، صوت پخش شده از حالت خصوصی یا ارتباط نقطه به نقطه (Point to Point) خارج می‌شود و صوت توسط سایر افراد نیز دریافت می‌شود یا برای دیگران آلودگی صوتی به وجود می‌آورد. همچنین نمی‌توان از طریق دهان انسان صدایی با قدرت

**توجه:** زندگی نامه دانشمندان مورد آزمون قرار نمی‌گیرد و صرفاً جهت آشنایی آمده است.

### الکساندر گراهام بل



تولد: ۱۸۴۷ میلادی، محل تولد: اسکاتلند، اختراع تلفن: ۱۸۷۶، وفات: ۱۹۲۲.  
اولین مکالمه تلفنی  
در سال ۱۸۷۶ میلادی، یک دانشمند اسکاتلندی به نام «الکساندر گراهام بل» در بوستون بر روی وسیله‌ای کار می‌کرد که امید داشت بتواند با استفاده از آن صدای انسان را انتقال دهد. در دهم مارس او بر روی فرستنده جدیدی کار می‌کرد و دستیارش «توماس واتسون» همزمان در اتاقی دیگر کنار دستگاه مشابهی قرار داشت. ناگهان اسید بر روی لباس «بل» ریخت و او فریاد زد: «آقای واتسون بیا این جا کارت دارم!»  
«واتسون» کلمات «بل» را به وضوح از طریق دستگاه شنید. «بل» اولین مکالمه تلفنی را انجام داده بود.  
در صورتی که با زندگی نامه دانشمندان موفق دنیا آشنا می‌شوید می‌توانید از آن الگوبرداری کنید و در آینده موفق شوید.

با استفاده از سیستم‌های جدید مخابراتی از قبیل SMS (پیام نوشتاری کوتاه Short Message System) و MMS (پیام چندرسانه‌ای Multimedia Message System) و VMS (پیام صوتی Voice Message System) محدودیت‌های ناشی از صدا، چشم و گوش انسان در حد غیرقابل تصویری کاهش یافته است. با استفاده از سیستم‌های جدید مخابراتی به آسانی می‌توانیم صدا و تصویر را از فواصل بسیار دور دریافت کنیم. شکل (۳-۱). اختراع دستگاه‌های سمعی و بصری (شنیداری و دیداری) سبب شده است که با هزینه بسیار کم و خیلی سریع بتوانیم اطلاعات صوتی و تصویری را ضبط و برای آینده نگهداری کنیم.

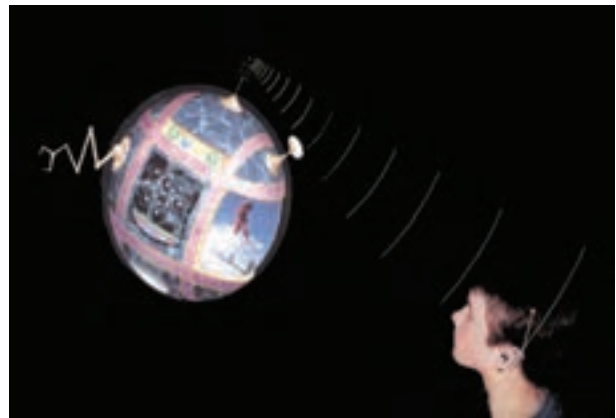
مخابرات نوری، از دیگر پدیده‌هایی است که وارد صنعت مخابرات شده و به تدریج جایگزین سیستم‌های فعلی می‌شود. کشف ابررسانه‌ها (Super Conductive) نیز راه را برای رسیدن به سیستم‌های جدید مخابراتی هموار می‌کند.

در زمان‌های گذشته، اگر کسی ادعا می‌کرد که در آینده خواهد توانست با فردی در فاصله بسیار دور مکالمه کند، بی‌تردید مورد تمسخر قرار می‌گرفت. ولی امروزه این موضوع به صورت مکالمات تلفنی راه دور به آسانی امکان‌پذیر است. همچنین اگر شخصی ادعا می‌کرد که می‌تواند وقایعی را که در فاصله یک هزار کیلومتری اتفاق می‌افتد، به‌طور همزمان اعلام کند، او را فردی عجیب و خارق‌العاده می‌پنداشتند و القابی نظیر پیشگو و جادوگر به او نسبت می‌دادند.

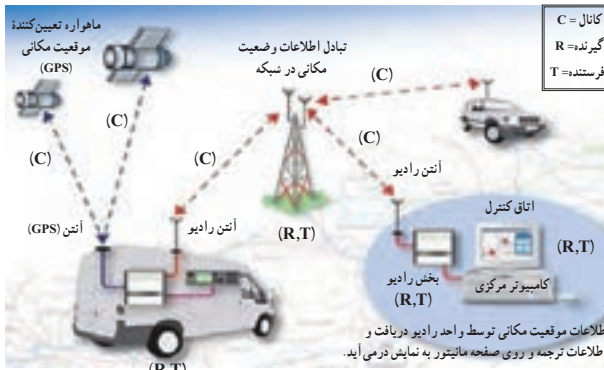
امروزه با استفاده از رادیوی جیبی یا تلویزیون‌های قابل حمل کوچک (portable) به آسانی می‌توانید از وقایع گوناگونی که در سرتاسر جهان رخ می‌دهد اطلاع حاصل کنید. در عصر حاضر، بشر بر محدودیت‌های ناشی از فاصله در ارتباطات چیره شده است، انسان با استفاده از مغز و فکر خود دستگاه‌هایی را ساخته است که می‌تواند گفتار و تصویر را به فواصل بسیار دور منتقل کند. این وسایل مورد استفاده همه جامعه قرار می‌گیرد، ولی تعداد بسیار کمی هستند که از نحوه کار این سیستم‌ها اطلاع دارند.

۱- کلمه Portable به معنی قابل حمل است که در مورد دستگاه‌های الکترونیکی به دستگاه‌های کوچک قابل حمل مانند تلفن همراه، تلویزیون‌های کوچک، کامپیوتر همراه

اختلال در سیستم شود نویز (Noise) یا اغتشاش می‌نامند. یادآور می‌شود که امواج ارسالی از آنتن فرستنده از نوع امواجی است که رفتاری مشابه امواج نورانی دارد و با سرعت سیری تقریباً برابر با سرعت نور در فضا حرکت می‌کند.



شکل ۱-۳- سیستم‌های جدید مخابراتی



شکل ۱-۴- سیستم ارتباط رادیویی

## فکر کنید

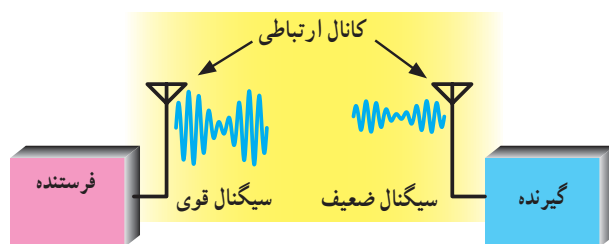
اجزای سامانه‌های مخابراتی شامل فرستنده، کانال و گیرنده را در تلویزیون و تلفن همراه نام ببرید.

### ۱-۱-۱- عوامل تأثیرگذار در سیستم مخابراتی:

سیگنال‌های مخابراتی در فرایند تولید، ارسال، انتقال و دریافت تحت تأثیر عوامل نامطلوب مختلفی قرار می‌گیرند. این عوامل تغییراتی در سیگنال به وجود می‌آورند که به ذکر چهار مورد از مهم‌ترین آنها می‌پردازیم.

#### الف) تضعیف یا افت قدرت

(Power Attenuation یا Power Loss): قدرت سیگنال خروجی فرستنده پس از عبور از کانال انتقال افت می‌کند. این افت قدرت در کانال نباید از حدی بیشتر شود، زیرا در صورتی که توان بیش از حد کاهش یابد، گیرنده قادر به دریافت و اجرای فرایند مربوط به بازسازی سیگنال نیست (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- تضعیف سیگنال

### ۱-۱- اجزای سیستم‌های مخابراتی و نحوه ارتباط رادیویی

هر سیستم مخابراتی دارای اجزایی به شرح زیر است:

الف) فرستنده (Transmitter)

ب) کانال ارتباطی (Channel)

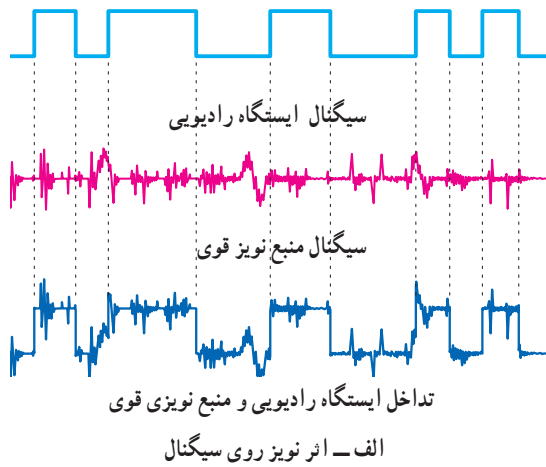
ج) گیرنده (Receiver)

در یک سیستم مخابراتی ساده، فرستنده دهان انسان، کانال ارتباطی هوا و گیرنده، گوش انسان است.

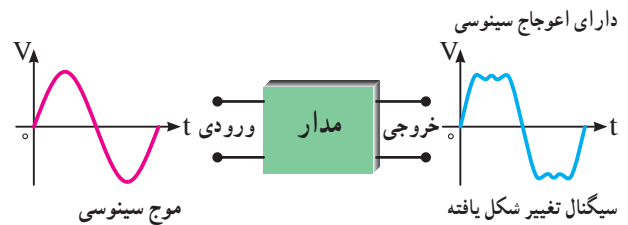
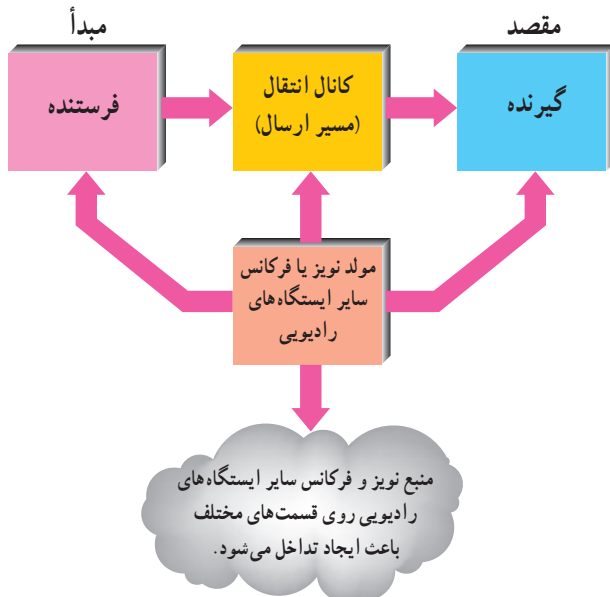
در شکل ۱-۴ یک سیستم ارتباطی رادیویی ترسیم شده است. در این سیستم فرستنده رادیویی از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می‌کند. آنتن گیرنده، امواج رادیویی<sup>۱</sup> منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می‌کند. کانال ارتباطی در این سیستم، فضای بین فرستنده و گیرنده است. کانال ارتباطی معمولاً تحت تأثیر عوامل خارجی قرار می‌گیرد. هرگونه عامل خارجی یا داخلی را که موجب

۱- در مخابرات، رادیو (Radio) یک مفهوم عام است و انواع سیستم‌های رادیویی، تلویزیونی، مخابراتی، تلفنی و غیره را دربرمی‌گیرد.





ب) اعوجاج (Distortion): اعوجاج به معنی تغییر شکل نامطلوب سیگنال است. هنگامی که سیگنال از یک مدار یا کانال ارتباطی عبور می کند دچار تغییر شکل می شود، شکل ۱-۶. این تغییر شکل ممکن است جزئی یا کلی باشد. در صورتی که تغییر شکل سیگنال جزئی باشد، قابل جبران یا هم سان سازی (equalizing) است. در صورتی که تغییر شکل سیگنال خیلی زیاد باشد، اصلاح سیگنال قابل جبران نخواهد بود. در این حالت می گویند اعوجاج سیگنال زیاد است.



شکل ۱-۶ در این مدار شکل موج سینوسی دچار اعوجاج شده است.

ب - بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده و اثر تداخلی نویز و سایر فرکانس های ایستگاه های رادیویی

ج) نویز یا اغتشاش (Noise): نویز عبارت است از سیگنال های ناخواسته معین یا تصادفی که در داخل یا خارج سیستم تولید می شود. حرارت یکی از عوامل تولید نویز داخلی است که در داخل سیستم تولید می شود و روی آن اثر می گذارد. از منابع نویز خارجی می توان منابع انسانی، فرستنده های دیگر، مدارهای کلید زنی و جرقه زنی، خطوط و لنتاژ قوی برق شهر و ... را نام برد.

شکل ۱-۷ عناصر سیستم مخابراتی و تأثیر منبع نویز و فرکانس سایر ایستگاه های رادیویی روی قسمت های مختلف آن

د) تداخل (Interference): تداخل به معنی تأثیر گذاری فرکانس های ناخواسته منابع نویز قوی یا فرکانس های رادیویی مختلف روی یک دیگر در سیستم های مخابراتی است. سیگنال های رادیویی می تواند مربوط به دو ایستگاه رادیویی یا یک ایستگاه رادیویی و یک منبع نویز قوی باشد. اصطلاحاً منبع نویز قوی را پارازیت می نامند. در شکل ۱-۷ الف تداخل سیگنال ایستگاه رادیویی و منبع نویز قوی نشان داده شده است. در شکل ۱-۷ ب بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده و محل تأثیر نویز را روی بلوک ها مشاهده می کنید.

## ۱-۲- الگوی پرسش

### کامل کردنی

۱- در گفتگوی بین دو انسان، دهان انسان به عنوان ..... و گوش انسان دیگر به عنوان ..... عمل می کند.

### صحیح یا غلط

۲- MMS پیام کوتاه نوشتاری است.

صحیح □ غلط □

## چهارگزینه‌ای

۳- به تغییر شکل نامطلوب سیگنال چه می‌گویند؟

۱- Power Loss (تضعیف)

۲- Noise (اغتشاش)

۳- Distortion (اعوجاج)

۴- Interference (تداخل)

تشریحی

۴- ساده‌ترین سیستم مخابراتی را در دو سطر شرح دهید.

۵- کانال ارتباطی را تعریف کنید و برای آن چند مثال بزنید.

۶- اصطلاحات Transmitter، message و channel،

VMS و SMS، MMS را معنی کنید و برای هر یک مثالی

بزنید.

اندازه‌گیری فرکانس به کار می‌رود آشنا شوید. در جدول ۱-۱ این واحدها را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱-۱- واحدهای فرکانس

واحد	نماد	زبان اصلی	تعریف خلاصه	با نماد $10^x$
هرتز	Hz	Hertz	یک سیکل در ثانیه	$10^0 \text{ Hz} = 1 \text{ Hz}$
کیلوهرتز	KHz	Kilohertz	هزار سیکل در ثانیه	$10^3 \text{ Hz}$
مگاهرتز	MHz	Megahertz	یک میلیون سیکل در ثانیه	$10^6 \text{ Hz}$
گیگاهرتز	GHz	Gigahertz	بیلیون (میلیارد) سیکل در ثانیه	$10^9 \text{ Hz}$
تراهرتز	THz	Terahertz	یک تریلیون سیکل در ثانیه	$10^{12} \text{ Hz}$

### ۲-۳-۱- دسته‌بندی عمومی فرکانس‌ها: تنوع تقسیم‌بندی

فرکانس بسیار زیاد است. در این فصل بیشتر به تقسیم‌بندی کلی فرکانس‌ها با تأکید روی فرکانس‌های رادیویی می‌پردازیم. در جدول ۲-۱ تقسیم‌بندی عمومی حدود فرکانس‌های مختلف آمده است.

جداول ۱-۲، ۱-۳، و شکل ۸-۱ که مربوط به دسته‌بندی فرکانس‌ها است از منابع مختلف و با توجه به استانداردهای متفاوت ارائه شده است. این جداول در کتاب‌های مختلف دارای تنوع و تفاوت هستند.

### ۳-۱-۱- دسته‌بندی فرکانس‌ها

۱-۳-۱- علل دسته‌بندی فرکانس و واحدهای آن:

فرکانس‌های مختلف در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی رفتارهای متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. همین رفتار متفاوت است که برای هر مورد کاربرد ویژه‌ای را فراهم می‌کند. بدین سبب، فرکانس‌ها را در طبقات متفاوت دسته‌بندی می‌کنند. قبل از آشنایی با دسته‌بندی فرکانس‌ها لازم است با واحدهایی که برای

جدول ۱-۲- دسته‌بندی عمومی فرکانس

ردیف	محدوده فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد به زبان انگلیسی
۱	صفر	ولتاژ و جریان DC	DC voltage and current
۲	$1 \text{ Hz} - 1 \text{ KHz}$	خطوط انتقال قدرت	Power Transmittion
۳	$20 \text{ KHz} - 20 \text{ Hz}$	شنوایی	Audio
۴	$20 \text{ KHz} - 2 \text{ MHz}$	ماورای صوت (فراصوت)	Ultra Sonic
۵	$3 \text{ MHz} - 300 \text{ GHz}$	رادیو	Radio
۶	$5 \text{ MHz} - 5 \text{ Hz}$	ویدیو (تصویر)	Video
۷	$1 \text{ THz} - 430 \text{ THz}$	اشعه مادون قرمز	Infrared
۸	$430 \text{ THz} - 1000 \text{ THz}$	نور مرئی	Visible Light
۹	$1000 \text{ THz} - 6 \times 10^7 \text{ THz}$	اشعه ماورای بنفش	Ultra Violet
۱۰	$6 \times 10^7 \text{ THz} - 3 \times 10^9 \text{ THz}$	اشعه X (نرم تا سخت)	X Ray (Soft to hard)
۱۱	$3 \times 10^9 \text{ THz} - 5 \times 10^8 \text{ THz}$	اشعه گاما	Gama Ray
۱۲	$5 \times 10^8 \text{ THz} - 8 \times 10^9 \text{ THz}$	اشعه کیهانی	Cosmic Ray

منبع کتاب Electronic communication by: Adamson

نکته مهم (۱): اعداد مندرج در جدول جنبه آشنایی دارد و نیازی نیست آنها را به خاطر بسپارید. تنها با استفاده از جدول باید بتوانید محدوده‌های فرکانسی را پیدا کنید.

نکته مهم (۲): یادگیری و به خاطر سپردن لغات و اصطلاحات انگلیسی داده شده در جدول الزامی است.



شکل ۸-۱- نمونه‌هایی از موارد کاربرد فرکانس‌های مختلف

در شکل ۸-۱ نمونه‌ای از موارد کاربرد فرکانس‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.

### ۳-۳-۱- تقسیم‌بندی فرکانس‌ها با روشی دیگر:

فرکانس‌های کم و فرکانس‌های رادیویی را به محدوده‌های کوچک‌تری نیز تقسیم می‌کنند که حالت عمومی دارد. در این روش هر محدوده را باند (Band) فرکانسی می‌نامند. در جدول ۳-۳ این نوع تقسیم‌بندی را آورده‌ایم. توجه داشته باشید که در این روش تقسیم‌بندی فرکانس‌ها با حاصلضرب عدد ۳ در توان‌های صحیح عدد ۱۰ انجام شده است.

جدول ۳-۱- تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی با ضرایب ده از عدد ۳

ردیف	محدوده فرکانس	نام باند	نماد (علامت)	نام باند به زبان اصلی
۱	۳-۳۰ Hz	بی‌نهایت کم	ELF	Extremely Low Frequency
۲	۳۰-۳۰۰ Hz	فوق‌العاده کم	SLF	Supper Low Frequency
۳	۳۰۰-۳۰۰۰ Hz	خیلی خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency
۴	۳-۳۰ KHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency
فرکانس‌های رادیویی	۳۰-۳۰۰ KHz	کم	LF	Low Frequency
	۳۰۰ KHz - ۳ MHz	متوسط	MF	Medium Frequency
	۳-۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency
	۳۰-۳۰۰ MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency
	۳۰۰ MHz - ۳ GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency
	۳ GHz - ۳۰ GHz	فوق‌العاده زیاد	SHF	Supper High Frequency
	۳۰-۳۰۰ GHz	بی‌نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency

### منبع جدول ۳-۱- سایت اینترنتی مرتبط

**نکته مهم (۱):** اعداد مندرج در جدول جنبه آشنایی دارد و نیازی نیست آنها را به خاطر بسپارید. تنها با استفاده از جدول باید بتوانید محدوده‌های فرکانسی را پیدا کنید.

**نکته مهم (۲):** فراگیری و به خاطر سپردن لغات و اصطلاحات انگلیسی مفاهیم و اختصارات داده شده در قسمت ۴-۳-۱ الزامی است. این اصطلاحات و علائم اختصاری (نماد) آن‌ها به زبان انگلیسی در جداول ۲-۱ و ۳-۱ آمده است.

## برای هنرجویان علاقه مند

موارد ابتکاری برای خلاقیت :

یک یا چند نمونه گیرنده رادیویی موجود را انتخاب کنید. سپس موارد زیر را مشخص کنید :

۱- تصویر صفحه مدرج رادیو را همراه با مشخصات دقیق آن رسم کنید.

با توجه به اطلاعات بند (۱) تعیین کنید :

۲- رادیو چند موج است و چه موج‌هایی را دارد.

۳- محدوده طیف فرکانسی هر موج رادیویی را به دست آورید.

۴- در صورتی که گیرنده رادیوی مورد نظر دارای سامانه انتخاب ایستگاه دیجیتالی است محدوده فرکانسی هر

باند را از طریق جست و جوی ایستگاه‌ها تعیین کنید.

۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد و محدوده گویش و شنوایی انسان را دربرمی‌گیرد.

(د) امواج اولتراسونیک یا ماورای صوت : این امواج در محدوده ۲۰ کیلوهرتز تا ۲ مگاهرتز قرار دارد و بیشتر در دستگاه‌های کنترل از راه دور (Remote Control) استفاده می‌شود. در شکل ۱-۱ نمونه دیگری از کاربرد امواج اولتراسونیک نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- کاربرد امواج اولتراسونیک در ارتفاع‌سنج

۳-۴- محدوده‌های فرکانسی که باید به خاطر

بسیارید:

(الف) سیگنال DC : که فرکانس آن صفر است و بیشتر به عنوان منبع انرژی در دستگاه‌های مختلف استفاده می‌شود.

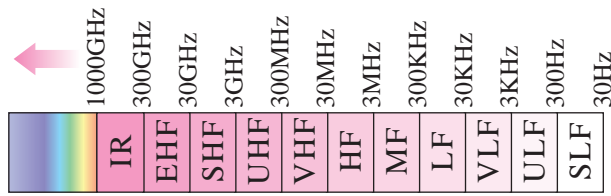
(ب) فرکانس‌های ده هرتز تا یک کیلوهرتز : این فرکانس‌ها در مولدهای قدرت و خطوط انتقال در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱-۹).

(ج) فرکانس‌های صوتی AF : این فرکانس‌ها در محدوده



شکل ۱-۹- کاربرد فرکانس‌های ۱۰ هرتز تا یک کیلوهرتز در خطوط انتقال فشار قوی ۵۰ هرتز

در شکل ۱۱-۱ محدوده فرکانس‌های رادیویی ذکر شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱-۱- محدوده فرکانس‌های رادیویی

## ۱-۴- الگوی پرسش

### کامل کردنی

۱- فرکانس‌های تصویر یا ویدئو در محدوده ..... تا ..... قرار دارد.

### صحیح، غلط

۲- موج کوتاه رادیو در فاصله ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد.  صحیح  غلط

### چهارگزینه‌ای

۳- فرکانس‌های در محدوده ۳۰ GHz تا ۳۰۰ GHz کدام است؟

۱) EHF (۴) VHF (۳) SHF (۲) UHF (۱)

### تشریحی

۴- چرا فرکانس‌ها را در دسته‌بندی‌های گوناگون قرار می‌دهند؟

۵- محدوده فرکانس‌های صوتی چه قدر است؟

۶- محدوده فرکانسی امواج HF چه قدر است و چه کاربردی دارد؟

۷- باند موج متوسط در چه محدوده فرکانسی قرار دارد؟

## کار با نرم‌افزار

ویژه هنرجویان علاقمند

امواجی را که در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده است، با استفاده از نرم‌افزار روی نمایشگر بیاورید. محور افقی و محور عمودی این امواج برحسب چه پارامتری است؟

ه) فرکانس‌های تصویر یا ویدئو: این فرکانس‌ها در محدوده ۵۰ هرتز تا ۵ مگاهرتز قرار دارد و فرکانس‌های تصویر یا ویدئو را در تلویزیون تشکیل می‌دهد.

و) فرکانس‌های رادیویی خیلی کم VLF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳ کیلوهرتز تا ۳۰ کیلوهرتز قرار دارد و امروزه به عنوان سیگنال رادیویی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

ز) فرکانس‌های رادیویی کم LF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰ کیلوهرتز تا ۳۰۰ کیلوهرتز قرار دارد و به LF مشهور است. این محدوده فرکانسی در گیرنده‌های قدیمی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

ح) فرکانس‌های رادیویی متوسط MF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد و باند موج متوسط رادیو را پوشش می‌دهد.

ط) فرکانس‌های رادیویی زیاد HF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳ تا ۳۰ مگاهرتز قرار دارد و معمولاً موج کوتاه رادیو را تشکیل می‌دهد.

ی) فرکانس‌های رادیویی خیلی زیاد VHF: این فرکانس‌ها در محدوده فرکانسی ۳۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ مگاهرتز قرار دارد و فرکانس‌های رادیویی آماتوری و کانال‌های تلویزیونی را تشکیل می‌دهد.

ک) فرکانس‌های رادیویی خیلی زیاد UHF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳ گیگاهرتز قرار دارد و کانال‌های UHF تلویزیونی، موبایل و ... را تشکیل می‌دهد.

ل) فرکانس‌های رادیویی فوق‌العاده زیاد SHF: محدوده فرکانسی این باند در حدفاصل ۳ گیگاهرتز تا ۳۰ گیگاهرتز قرار دارد.

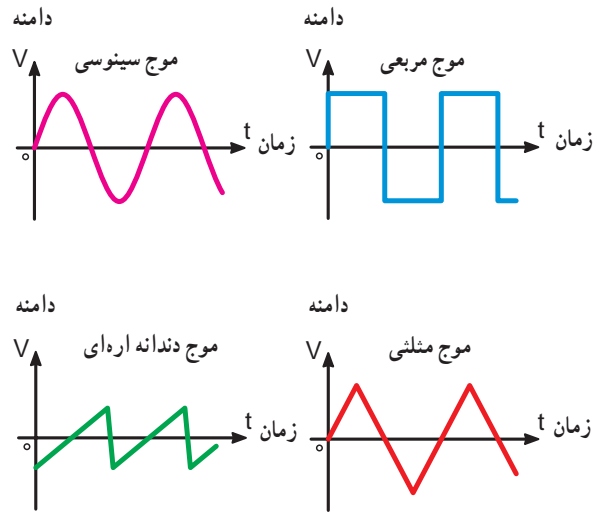
م) فرکانس‌های رادیویی بی‌نهایت زیاد EHF: این فرکانس‌ها در محدوده ۳۰ گیگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز قرار دارد. فرکانس‌های SHF و EHF معمولاً باند میکروویو را تشکیل می‌دهد.

ن) امواج نورانی: فرکانس‌های بیشتر از ۱۰۰۰ گیگاهرتز از محدوده امواج رادیویی خارج شده و طیف امواج نورانی مرئی و غیرمرئی را تشکیل می‌دهد. بیشترین فرکانس را اشعه کیهانی دارد که در محدوده ۱۰<sup>۲۰</sup> × ۵ هرتز تا ۱۰<sup>۲۱</sup> × ۸ هرتز قرار می‌گیرد.





ب) مشاهده شکل موج ها با استفاده از نرم افزار



الف) ترسیمی

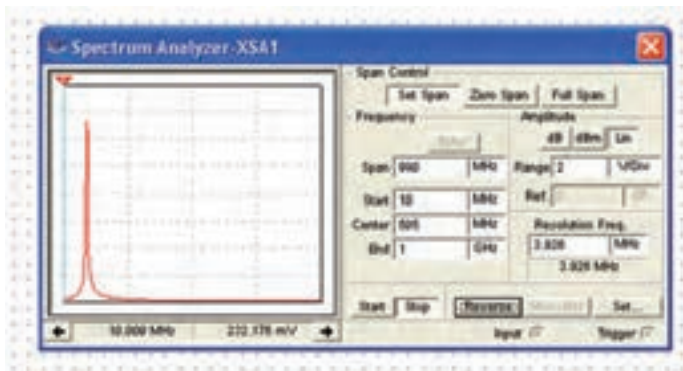
شکل ۱۲-۱. نمایش امواج متناوب در حوزه زمان

در این قسمت توصیه می شود شکل موج ها به صورت نرم افزاری (با استفاده از نرم افزار multisim یا سایر نرم افزارها) توسط معلم روی صفحه اسیلوسکوپ نشان داده شود و از هنرجویان خواسته شود این شکل موج ها را به صورت نرم افزاری خارج از محیط هنرستان تمرین کنند. نحوه استفاده از نرم افزار در جلد اول و دوم آزمایشگاه مجازی آمده است.

### ۵-۱- دستگاه طیف نما (Spectrum Analyzer)

در شکل ۱۳-۱ الف، تصویر ظاهری و در شکل ۱۳-۱ ب، تصویر نرم افزاری یک دستگاه طیف نما را ملاحظه می کنید.

دستگاه طیف نما وسیله ای است که توسط آن می توان طیف فرکانسی یا مجموعه ای از فرکانس ها را مشاهده و اندازه گیری کرد.



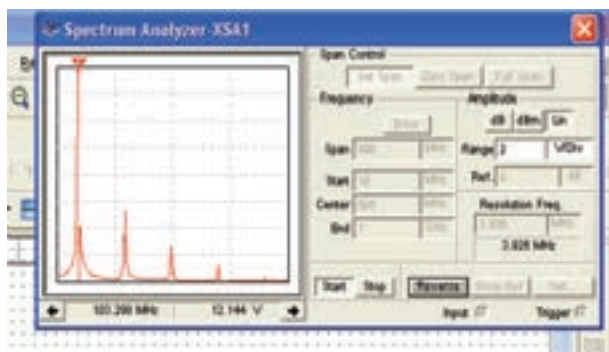
ب) تصویر یک دستگاه طیف نما در نرم افزار مولتی سیم



الف) تصویر یک دستگاه طیف نما واقعی

شکل ۱۳-۱- تصویر واقعی و نرم افزاری دستگاه طیف نما

طیف فرکانسی در دستگاه طیف نما قابل نمایش است. شکل ۱-۱۶ نمایش یک نمونه طیف فرکانسی را در دستگاه طیف‌نمای موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم نشان می‌دهد.

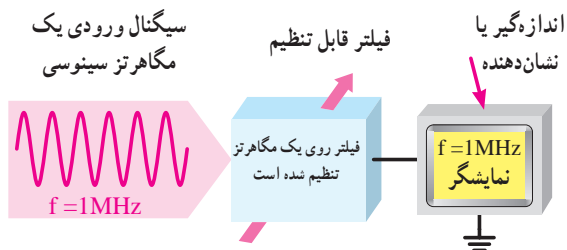


شکل ۱-۱۶- نمایش طیف فرکانسی در نرم‌افزار مولتی‌سیم

### ۱-۵-۳- اصول کار طیف‌نما: هر موج غیر سینوسی

از تعدادی موج سینوسی تشکیل می‌شود که آنها را هارمونیک (Harmonic) آن موج می‌نامند.

از دستگاه طیف‌نما جهت مشاهده هارمونیک‌های خروجی فرستنده‌ها و اکوالایزرهای (equalizers) صوت می‌توان استفاده کرد. در شکل ۱-۱۷ اصول کار دستگاه طیف‌نما را مشاهده می‌کنید.

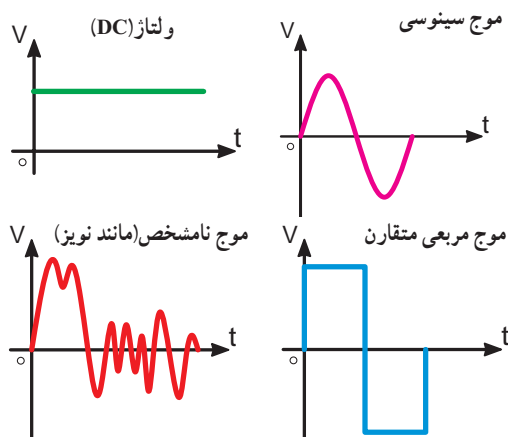


شکل ۱-۱۷- اصول کار دستگاه طیف‌نما

همان‌طور که مشاهده می‌شود در داخل دستگاه طیف‌نما یک فیلتر وجود دارد. فیلتر مداری است که می‌تواند یک یا چند فرکانس را از میان سایر فرکانس‌ها انتخاب کند. درباره فیلترها بعداً بیشتر بحث خواهیم کرد. در خروجی دستگاه طیف‌نما یک دستگاه اندازه‌گیری (نمایشگر) وجود دارد که کمیت موردنظر را اندازه‌گیری کرده و نشان می‌دهد.

### ۱-۵-۱- سیگنال حوزه زمان: امواجی را که تاکنون

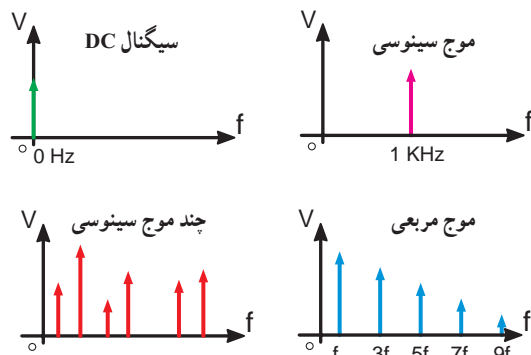
بررسی کرده‌ایم در حوزه زمان بوده است به عبارت دیگر در حوزه زمان، تغییرات دامنه موج را برحسب زمان نشان می‌دهیم. در حوزه زمان محور افقی برحسب زمان و محور قائم برحسب دامنه است در شکل ۱-۱۴ چند موج را در حوزه زمان نشان داده‌ایم.



شکل ۱-۱۴- امواج در حوزه زمان

### ۱-۵-۲- سیگنال حوزه فرکانس: در صورتی که بخواهیم

چند سیگنال سینوسی را روی یک دستگاه محورهای مختصات نشان دهیم، از حوزه فرکانس استفاده می‌کنیم. در حوزه فرکانس محور افقی برحسب فرکانس و محور عمودی برحسب دامنه درجه بندی می‌شود. در شکل ۱-۱۵ چهار سیگنال متفاوت را در حوزه فرکانس، نشان داده‌ایم. ارتفاع هر خط قائم نشان دهنده دامنه سیگنال و تقاطع هر خط قائم با محور افقی، فرکانس آن را نشان می‌دهد. هر خط قائم را یک مؤلفه می‌نامند. مجموعه فرکانس‌های نشان داده شده روی یک محور مختصات را، در حوزه فرکانس، اصطلاحاً طیف فرکانسی می‌گویند.



شکل ۱-۱۵- حوزه فرکانس



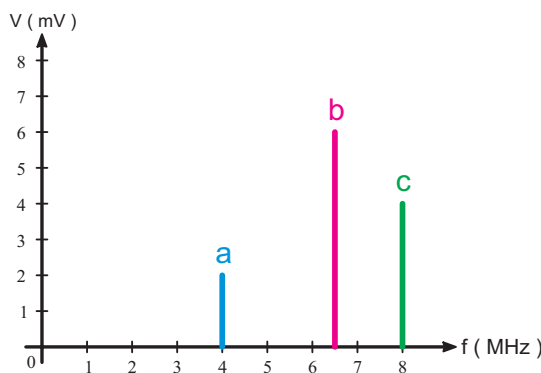
در صورتی که سیگنال‌های ورودی باهم اختلاف فاز داشته باشند، دستگاه طیف‌نما فقط یک مؤلفه را نشان می‌دهد و زاویه فاز به نحوی روی آن یا در محلی دیگر روی صفحه نمایش مشخص می‌شود.

مبنای سنجش اختلاف فاز در دفترچه راهنمای استفاده از دستگاه بیان می‌شود.

### مثال ۱-۱

یک دستگاه طیف‌نما اطلاعات در شکل ۱-۲ را به ما می‌دهد، تعیین کنید :

- (الف) تعداد سیگنال‌های سینوسی و مقادیر فرکانس.  
 (ب) کدام سیگنال سینوسی دارای بیشترین دامنه است؟  
 (پ) کدام سیگنال سینوسی دارای کمترین دامنه است؟



شکل ۱-۲- طیف موج

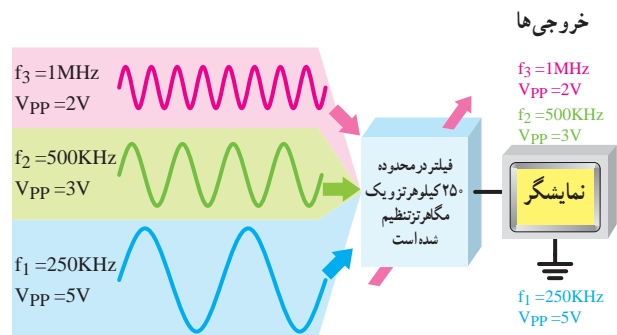
### پاسخ

- (الف) سیگنال سینوسی با فرکانس‌های ۴ مگاهرتز، ۶/۵ مگاهرتز و ۸ مگاهرتز.  
 (ب) موج سینوسی ۶/۵ مگاهرتز دامنه‌ای برابر با ۶ میلی‌ولت دارد که بیشترین دامنه است.  
 (پ) موج سینوسی ۴ مگاهرتزی دارای دامنه‌ای برابر با دو میلی‌ولت است که کمترین دامنه است.

### ۱-۶- الگوی پرسش کامل‌کردنی

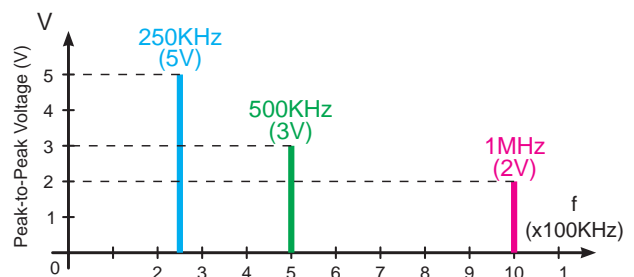
۱- در حوزه زمان محور افقی برحسب ..... و محور عمودی برحسب ..... است.

فیلتر دستگاه طیف‌نما را می‌توان طوری تنظیم کرد که چند سیگنال سینوسی خالص را از یکدیگر جدا کند و به صورت مؤلفه‌هایی از فرکانس، روی صفحه نمایش دهد. مثلاً اگر هارمونیک‌های مربوط به یک موج غیر سینوسی شامل هارمونیک اصلی  $250\text{ KHz}$  و دو هارمونیک دیگر طبق شکل ۱-۱۸ به ورودی دستگاه متصل شود، در صورتی که فیلترهای دستگاه طیف‌نما، بین  $(250^\circ)$  کیلوهرتز و ۱ مگاهرتز تنظیم شده باشد، دستگاه هر سه کمیت را، طبق شکل ۱-۱۹، روی صفحه نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۸- نمایش سه موج سینوسی روی دستگاه طیف‌نما

برای نمایش سیگنال‌های خروجی شکل ۱-۱۸ روی یک دستگاه محورهای مختصات، لازم است آنها را در حوزه فرکانس نمایش دهیم. در دستگاه طیف‌نما، این عمل به طور اتوماتیک توسط مدارهای الکترونیکی انجام می‌شود. خواندن مقادیر، از روی دستگاه طیف‌نما، مشابهت زیادی با خواندن مقادیر فرکانس و ولتاژ از روی صفحه اسیلوسکوپ دارد. دستگاه طیف‌نما، مقادیر ولتاژ و فرکانس را در حوزه فرکانس نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۹- نمایش چند موج سینوسی روی دستگاه طیف‌نما

## چهارگزینه‌ای

۲- کدام گزینه در مورد حوزه فرکانس صحیح است؟

- ۱) محور افقی برحسب زمان- محور عمودی برحسب ولتاژ
  - ۲) محور افقی برحسب ولتاژ- محور عمودی برحسب فرکانس
  - ۳) محور افقی و عمودی برحسب فرکانس
  - ۴) محور افقی برحسب فرکانس- محور عمودی برحسب ولتاژ
- تشریحی

۳- کاربرد دستگاه طیف‌نما را شرح دهید.

۴- اصول کار دستگاه طیف‌نما را با رسم شکل به اختصار

بنویسید.

۵- نمودارهای روی دستگاه طیف‌نما، چه پارامترهایی

را نشان می‌دهد؟

۶- ترسیم امواج در حوزه فرکانس را با رسم شکل

توضیح دهید.

۷- طیف فرکانسی را با توجه به حوزه فرکانس تعریف

کنید.

## ۱-۷- نمایش موج مربعی روی دستگاه طیف‌نما

در صورتی که یک موج مربعی با فرکانس یک مگاهرتز به ورودی دستگاه تزریق کنیم، تعدادی مؤلفه سیگنال سینوسی، روی صفحه دستگاه ظاهر می‌شود. فرکانس این امواج، به ترتیب برابر  $F_A$ ،  $3F_A$ ،  $5F_A$  و  $7F_A$  خواهد شد. به عبارت دیگر اگر  $F_A$  برابر با ۱ MHz باشد، هارمونیک‌ها به ترتیب برابر با ۱ مگاهرتز، ۳ مگاهرتز، ۵ مگاهرتز، ۷ مگاهرتز و ... است. این فرکانس‌ها مضرب فردی از فرکانس اصلی اند. مضرب‌های فرد و زوج از فرکانس اصلی را در اصطلاح هارمونیک (Harmonic) می‌نامند. چون در موج مربعی هارمونیک‌ها مضرب‌های فردی از فرکانس اصلی هستند آنها را «هارمونیک فرد» می‌گویند. هر موج مربعی خالص، از بی‌نهایت هارمونیک فرد تشکیل شده است. از جمع لحظه‌ای دامنه‌های هارمونیک‌ها، سیگنال اصلی به دست می‌آید. در شکل ۱-۱۹ موج مربعی با سه هارمونیک آن نشان داده شده

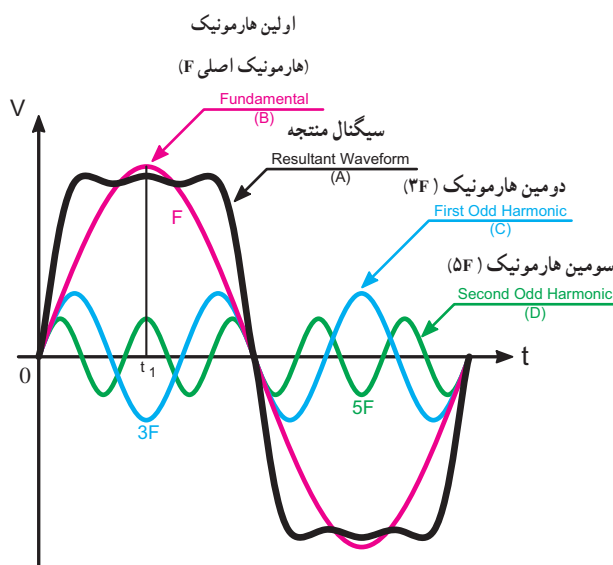
است. در لحظه  $t_1$  دامنه سیگنال A از جمع لحظه‌ای دامنه سیگنال‌های B و C و D به دست آمده است.

$$A(t_1) = B(t_1) + C(t_1) + D(t_1)$$

چون دامنه C منفی است، لذا در رابطه بالا مقدار C را منفی در نظر می‌گیریم.

همان‌طور که مشاهده می‌شود به علت کافی نبودن تعداد هارمونیک‌ها، موج مربعی به دست آمده دارای اعوجاج است.

اثبات شده است که دامنه هارمونیک‌ها با افزایش فرکانس کاهش می‌یابد.<sup>۱</sup>



شکل ۲۱-۱- موج مربعی و هارمونیک‌های فرد آن

### نکته مهم

در این قسمت توصیه می‌شود هنرآموز محترم این درس با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف، مفهوم هارمونیک را بدون وارد شدن به مبحث تئوری به هنرجویان آموزش دهد و آنان را به استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط تشویق نماید. در شکل ۱-۲۲ یک نمونه کاربرد نرم‌افزار مولتی‌سیم، مرتبط با این موضوع، آمده است.

۱- این مطلب از طریق بسط فوری در مقاطع تحصیلی بالاتر تدریس می‌شود.

## صحیح یا غلط

۳- یک موج مربعی متقارن از بی نهایت هارمونیک فرد و زوج تشکیل شده است. صحیح □ غلط □

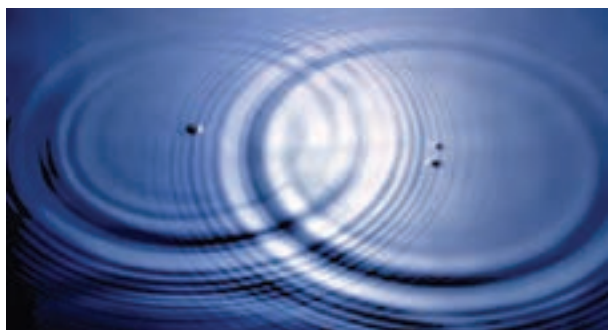
ترکیب هارمونیک‌ها و به دست آوردن موج مربعی با استفاده از نرم افزار مولتی سیم امکان پذیر است؛ در صورت تمایل می‌توانید آن را تجربه کنید. توجه داشته باشید که دامنه هارمونیک‌ها نسبت معینی با دامنه موج اصلی دارد.

## تمرین برای هنرجویان علاقه‌مند

با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، طیف فرکانسی انواع دیگر شکل موج‌ها مانند مثلثی، دندانه اره‌ای، مربعی نامتقارن و ... را به دست آورید.

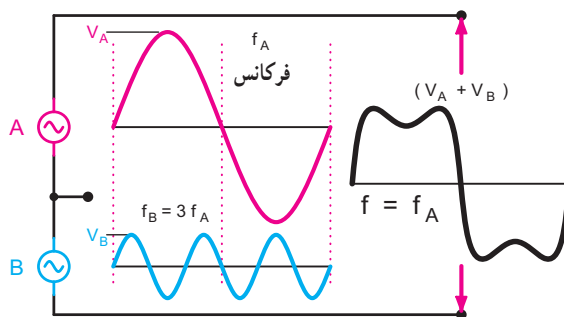
## ۹-۱- طیف فرکانسی صوت

۹-۱-۱- موج: همه ما موج را می‌شناسیم. اگر سنگی را در آب حوض بیندازیم، دایره‌هایی در سطح آب پیدا می‌شود که لحظه به لحظه بزرگ تر می‌شود. در این جا موجی داریم که در سطح آب منتشر می‌شود. این موج در حقیقت اختلالی است که در سطح آب ایجاد کرده‌ایم. هرگونه اختلالی که در یک محیط منتشر می‌شود موج نام دارد. امواج می‌توانند انرژی را از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل کنند (شکل ۱-۲۴).



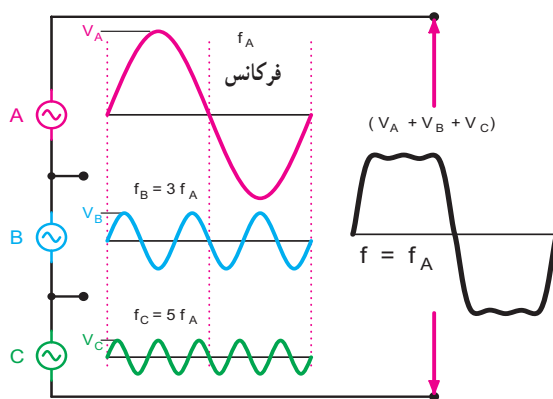
شکل ۱-۲۴- موج آب

با توجه به توضیحات یاد شده، درمی‌یابیم که هر موج غیر سینوسی از ترکیب تعدادی موج سینوسی به وجود می‌آید. این امواج، توسط دستگاه طیف‌نما، از یکدیگر قابل تفکیک است. هر قدر شماره هارمونیک افزایش می‌یابد، مقدار دامنه آن کم می‌شود. در شکل ۱-۲۲ ترکیبی از موج سینوسی، هارمونیک اول و هارمونیک سوم نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۲- هارمونیک اول و سوم و مجموع آنها

در شکل ۱-۲۳ ترکیبی از هارمونیک اول، سوم و پنجم را مشاهده می‌کنید که به شکل موج مربعی نزدیک تر است. هر قدر تعداد هارمونیک‌ها بیشتر شوند به موج مربعی اصلی نزدیک تر خواهیم شد.



شکل ۱-۲۳- هارمونیک اول، سوم و پنجم و مجموع آنها

## ۸-۱- الگوی پرسش

تشریحی

۱- هارمونیک را تعریف کنید.

۲- موج مربعی متقارن دارای چه هارمونیک‌هایی است؟



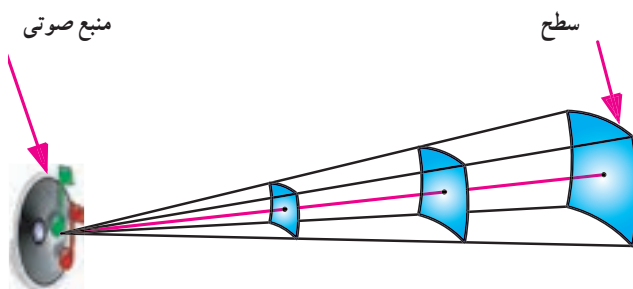
شکل ۲۶-۱- بلندی صوت

### ۱-۹-۴- انرژی صوت: همه امواج از جمله امواج صوتی

انرژی را از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل می کنند. اگر فرکانس و دامنه موج صوتی دارای مقدار معینی باشد، انرژی آن نیز، مقدار مشخصی خواهد بود. مقدار انرژی به فرکانس منبع و ویژگی های محیطی که صوت در آن منتشر می شود بستگی دارد. در صورتی که افت انرژی در محیط صفر باشد، اندازه انرژی موج، با مقدار کاری که منبع انجام داده، برابر است. مقدار انرژی صوتی در واحد زمان را توان صوتی می نامند. مقدار انرژی صوتی و توان صوتی با انرژی و توان مکانیکی قابل مقایسه است.

### ۱-۹-۵- شدت صوت: مقدار توان صوتی در واحد سطح

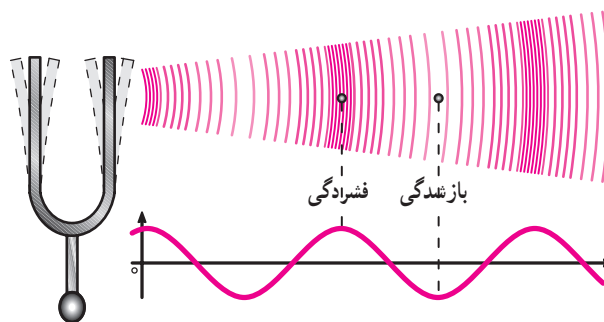
را شدت صوت می گویند. شدت صوت بر حسب میکرووات بر متر مربع یا وات بر سانتی متر مربع سنجیده می شود. شکل ۲۷-۱ و جدول ۴-۱ شدت صوت های مختلف را بیان می کند.



شکل ۲۷-۱- شدت صوت

### ۱-۹-۲- صوت چیست؟ صوت مجموعه ای از ارتعاشات

مکانیکی است. وقتی به یک صفحه فلزی ضربه می زنیم مرتعش می شود. این ضربه لایه های هوا (مولکول های هوا) را به ارتعاش درمی آورد. ارتعاشات هوا به صورت موج منتشر می شود و به گوش ما می رسد. پرده گوش ما ارتعاش پیدا می کند و مجموعه دستگاه شنوایی ما از آن متأثر می شود و احساس شنیدن به ما دست می دهد. شکل ۲۵-۱ نحوه انتشار صوت منتشر شده از یک دیافراژم را در هوا نشان می دهد. ارتعاشات تولید شده توسط دیافراژم را که یک سیگنال سینوسی خالص است  $\text{تُن}^2$  صوتی می نامند. همان طور که مشاهده می شود، هنگامی که دامنه صوت بیشترین مقدار مثبت را دارد فرض می کنیم در مولکول های هوا بیشترین فشردگی (تراکم) و هنگامی که دامنه صوت در قله منفی قرار دارد در مولکول های هوا کمترین فشردگی (انبساط) ایجاد شود (شکل ۲۵-۱).



شکل ۲۵-۱- ارتعاش  $\text{تُن}^2$  صوتی توسط دیافراژم

### ۱-۹-۳- بلندی صوت: اگر به یک ظرف فلزی یا یک

تار ضربه ای وارد کنیم و آن را به ارتعاش درآوریم، پس از مدتی احساس می کنیم که صوت ضعیف می شود. شدت و ضعف دامنه صوت را که توسط حس شنوایی تشخیص داده می شود، بلندی صوت می نامند. در صورتی که صوت یک  $\text{تُن}^2$  سینوسی ساده باشد، دامنه سیگنال صوتی را بلندی صوت می نامند. هر قدر مقدار این دامنه بیشتر باشد، صدا بلندتر است (شکل ۲۶-۱).

۱- دیافراژم یک وسیله U شکل است که با ضربه زدن به آن فرکانس های مختلف تولید می شود.

۲- Audio Tone یک موج سینوسی خالص است که آن را  $\text{تُن}^2$  صوتی می نامند.

جدول ۱-۴- شدت صوت‌های مختلف

شدت ( $\mu w/m^2$ )	وضعیت
$10^{-6}$	آستانه شنوایی (مبنای سنجش صوت)
$10^{-5}$	صدای نفس کشیدن
$10^{+6}$	آستانه دردناکی شنوایی (موجب آزار گوش است)
$10^{+8}$	موتور جت (در لحظه بلند شدن هواپیما)

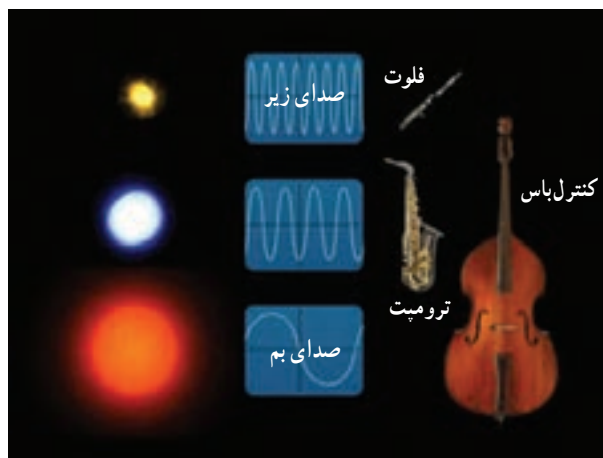
یکسانی را تولید می‌کنند. در صورتی که این تارهای صوتی هر کدام به طور جداگانه روی یک ابزار موسیقی، مثلاً ویلن و تار نصب شود به طوری که شرایط هر دو از نظر کشش و طول یکسان باشد، با ارتعاش هر یک از تارها صدای متفاوتی تولید می‌شود. این تفاوت مربوط به عاملی به نام طنین صوت است. صوت حاصل از یک تار صوتی یا یک دیافراژم دارای ویژگی طنین نیستند. طنین صوت زمانی به وجود می‌آید که فرکانس اصلی با هارمونیک‌های آن ترکیب شود. اصوات انسان‌ها دارای طنین‌های متفاوت‌اند، چرا که از ترکیب یک فرکانس اصلی و تعدادی هارمونیک به وجود می‌آید. محدوده فرکانس‌های قابل تولید توسط حنجره انسان در فاصله  $20$  هرتز تا حداکثر  $7/5$  کیلوهرتز است. ابزار موسیقی می‌توانند فرکانس‌هایی در محدوده  $30$  هرتز تا  $15$  کیلوهرتز تولید کنند. محدوده فرکانس‌های شنوایی انسان در فاصله  $20$  هرتز تا  $20$  کیلوهرتز قرار دارد. محدوده فرکانس‌های صوتی تولیدی و شنوایی در حیوان‌های مختلف فرق می‌کند؛ مثلاً دلفین می‌تواند فرکانس  $150$  هرتز تا  $120$  کیلوهرتز را تولید کند. به همین دلیل حیوانات می‌توانند ارتعاشات قبل از وقوع زلزله را احساس و اعلام خطر کنند.

#### ۸-۹-۱- محدوده فرکانس صوتی و طیف آن: در

صورتی که صدای انسان را، پس از تبدیل کردن به انرژی الکتریکی، به ورودی دستگاه طیف‌نما وصل کنیم طیف فرکانسی صوت روی صفحه ظاهر می‌شود و متناسب با ترکیب صوت، فرکانس‌های متفاوتی مشاهده می‌شود. به عنوان مثال چون صدای کودک، صدای فلوت و صدای ویلن زیر است از این رو در طیف فرکانسی آن، تعداد مؤلفه‌های فرکانس بالا، بیشتر است. در صورتی که در صداهای بم مانند صدای مردان، صدای طبل کنترباس تعداد مؤلفه‌های فرکانس بالا کمتر است. در شکل ۱-۲۹ محدوده طیف فرکانسی صوتی، ماورای صوت و زیر صوت ترسیم شده است. فرکانس‌های بالاتر از محدوده فرکانسی صوتی را فرکانس ماورای صوت و فرکانس‌های کمتر را فرکانس‌های مادون صوت یا زیر صوت می‌نامند.

#### ۶-۹-۱- ارتفاع یا آهنگ صوت: گوش انسان می‌تواند

صداهای ساده‌ای را که با یک شدت احساس می‌شوند، از یکدیگر تمیز دهد. تفکیک صداها با استفاده از اصطلاحات زیر و بم صورت می‌گیرد. عاملی که زیر و بم صوت را تعیین می‌کند، ارتفاع صوت نامیده می‌شود. ارتفاع صوت بستگی به فرکانس صوت دارد. هر قدر فرکانس صوت بیشتر باشد صدا زیرتر و هر قدر فرکانس صوت کمتر باشد صدا بم‌تر است. مثلاً صدای طبل «بم» و صدای سنج «زیر» است (شکل ۱-۲۸).

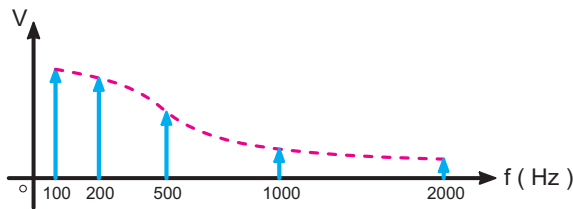


شکل ۱-۲۸- صداهای زیر و بم و مقایسه آن با نور

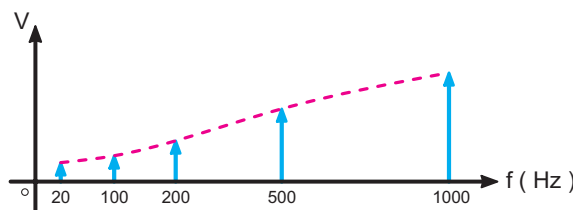
#### ۷-۹-۱- طنین صوت: هرگاه دو تار مرتعش A و B را که

طول یکسانی دارند با یک شدت به ارتعاش درآوریم، تَن صوتی

صدای کودک فرکانس‌های پایین وجود ندارد، یا در صورت موجود بودن، دامنه آن بسیار پایین است. بنابراین هر قدر مقدار فرکانس افزایش یابد صدا زیرتر می‌شود.



الف - صدای مرد (بم)

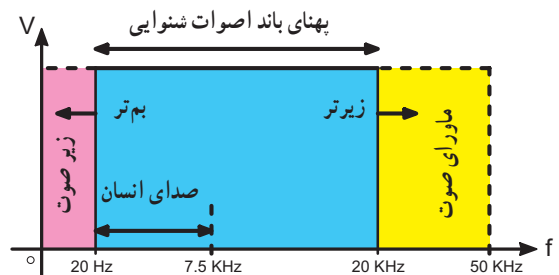


ب - صدای زن یا کودک (زیر)

شکل ۳۱-۱ - طیف فرکانسی صدای انسان

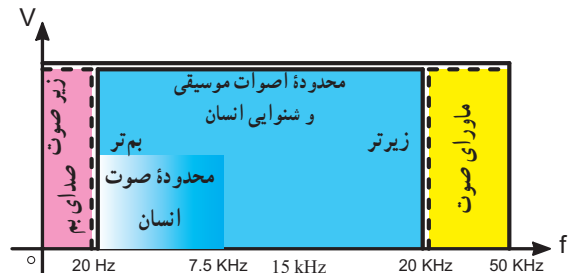
## ۱۰-۱- الگوی پرسش

- ۱- ماهیت صوت را شرح دهید.
- ۲- نحوه انتشار صوت چگونه است؟
- ۳- تَن صوتی را شرح دهید.
- ۴- بلندی صوت، شدت صوت، ارتفاع صوت و طنین صوت را تعریف کنید.
- ۵- شدت صوت را با چه واحدی اندازه می‌گیرند؟
- ۶- صدای نفس کشیدن دارای شدتی برابر با چند میکرووات بر متر مربع است؟
- ۷- محدوده فرکانسی گویش و شنوایی انسان چه قدر است؟
- ۸- انرژی و توان صوت را تعریف کنید.
- ۹- در مورد صوت موارد مرتبط با هم را از ستون الف به ستون ب با خطوط رنگی ارتباط دهید.



شکل ۲۹-۱ - محدوده طیف فرکانسی صوت، زیر صوت و ماورای صوت

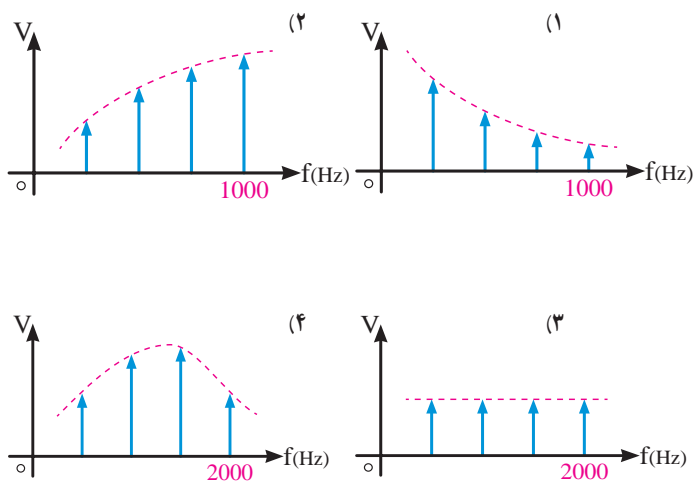
در شکل ۳۰-۱ محدوده فرکانسی یا باند فرکانسی صوت انسان که در فاصله ۲۰ هرتز تا ۷/۵ کیلوهرتز قرار دارد و محدوده فرکانسی اصوات شنوایی که در فاصله ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد ترسیم شده است. این محدوده فرکانسی را پهنای باند نیز می‌گویند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هر قدر فرکانس افزایش یابد صدا زیرتر و هر قدر فرکانس کاهش یابد صدا بم‌تر می‌شود. محدوده فرکانس‌های شنوایی انسان برای افراد مختلف متفاوت است.



شکل ۳۰-۱ - محدوده فرکانسی صوت انسان

همان‌طور که قبلاً متذکر شدیم، با اضافه شدن هارمونیک‌ها به فرکانس اصلی، طنین صوت تغییر می‌کند. تفکیک صدای افراد از طریق طنین آن امکان‌پذیر است. در شکل ۳۱-۱ الف، طیف فرکانسی صدای یک مرد (صدای بم)، در شکل ۳۱-۱ ب، طیف فرکانسی صدای یک زن یا یک کودک (صدای زیر) را، که توسط طیف‌نما نشان داده شده است، به عنوان یک نمونه ملاحظه می‌کنید.

با بررسی شکل ۳۱-۱ در می‌یابیم که در طیف فرکانسی صدای مرد، فرکانس‌های بالا وجود ندارد، یا اگر وجود داشته باشد دامنه آن بسیار کم است. در صورتی که در طیف فرکانسی



توان	بلندی
فرکانس	انرژی
هارمونیک	آهنگ
دامنه	طنین
ب	الف

چهارگزینه‌ای

۱- طیف فرکانسی صدای تولیدشده توسط کودک کدام است؟

شکل ۳۲-۱

از «شرح حال دانشمندان» و مطالب مربوط به «دانش آموزان علاقه مند» آزمون به عمل نمی آید.

در این قسمت با استفاده از نرم افزارهای مرتبط یا تجهیزات آزمایشگاهی، امواج خروجی گیرنده رادیو روی اسیلوسکوپ نمایش داده شود.



# فصل ۲

## خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج

### هدف کلی

### تحلیل ساده خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج رادیویی

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۶ ساعت آموزشی

### اهداف رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

### زمان پیشنهادی

- |   |  |
|---|--|
| ۱۵- آنتن دی پل را شرح دهد. .... ۱۰'   | ۱- اصطلاحات خطوط انتقال و آنتن را تعریف کند. .... ۱۵'                      |
| ۱۶- منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان دی پل را رسم کند. .... ۱۰'                                    | ۲- انواع خطوط انتقال را نام ببرد. .... ۵'                                  |
| ۱۷- مقاومت تابشی و توان تابشی آنتن را تعریف کند. .... ۱۰'                                       | ۳- خطوط انتقال دو سیمه و کابل کواکسیال را شرح دهد. .... ۱۵'                |
| ۱۸- بهره آنتن و امپدانس آنتن را توضیح دهد. .... ۱۰'   | ۴- اجزای تشکیل دهنده مدار معادل خطوط انتقال را شرح دهد. .... ۵'            |
| ۱۹- آنتن‌های مارکتی، دی پل خمیده، میله فریت، یاگی و بشقابی را شرح دهد. .... ۱۵'                 | ۵- مدار معادل خطوط انتقال را رسم کند. .... ۵'                              |
| ۲۰- یک نمونه آنتن یاگی را محاسبه کند. .... ۱۵'  | ۶- فرمول Z را شرح دهد و یک نمونه را حل کند. .... ۱۰'                       |
| ۲۱- انتشار امواج زمینی، آسمانی و فضایی را شرح دهد. .... ۱۰'                                     | ۷- امپدانس کابل کواکسیال و خط انتقال دو سیمه را مقایسه کند. .... ۱۰'       |
| ۲۲- لایه‌های تشکیل دهنده یونسفر را شرح دهد. .... ۱۰'  | ۸- مشخصه‌های کابل کواکسیال را با استفاده از جدول توضیح دهد. .... ۱۰'       |
| ۲۳- محدوده فرکانس امواج زمینی، فضایی و آسمانی را بیان کند. .... ۱۰'                             | ۹- با استفاده از جدول بتواند مشخصه‌های کابل کواکسیال را پیدا کند. .... ۱۰' |
| ۲۴- پدیده فیدینگ <sup>۱</sup> را شرح دهد. .... ۱۰'  | ۱۰- اساس یک سیستم ارتباطی فیبرنوری را شرح دهد. .... ۱۰'                    |
| ۲۵- به منظور درک بیشتر و بهتر مطالب درسی از فیلم‌ها و نرم افزارهای مرتبط استفاده کند. .... ۲۰'  | ۱۱- مزایای استفاده از فیبرنوری را بیان کند. .... ۱۰'                       |
| ۲۶- در خلال آموزش به سؤالات آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی پاسخ دهد. .... ۲۰'                | ۱۲- ساختمان اساسی یک فیبر نوری را شرح دهد. .... ۱۰'                        |
| ۲۷- هدف‌های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز رعایت نماید. .... ۱۰' | ۱۳- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آنتن را با رسم شکل شرح دهد. .... ۱۵'     |
|   | ۱۴- چگونگی تشعشع امواج از آنتن را با رسم شکل شرح دهد. .... ۱۰'             |

۱- پدیده fading را در اصطلاح فارسی فدینگ یا فیدینگ می‌نامند.



الف) آنتن‌های روی پشت‌بام



ب) آنتن رومیزی

شکل ۱-۲- انواع آنتن تلویزیون

شده در این فصل به تنهایی شامل چند واحد درسی است، از این رو محتوای این فصل بیشتر جنبه معرفی و آشنایی دارد، برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید به مراجع متعددی که به مباحث خطوط انتقال، آنتن، انتشار امواج و فیبر نوری پرداخته‌اند، مراجعه کنید.

## ۱-۲- خطوط انتقال و انواع آن (Transmission Lines)

در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی برای انتقال امواج رادیویی از فرستنده به گیرنده یا اتصال آنتن به دستگاه فرستنده یا گیرنده‌های رادیویی از خطوط انتقال استفاده می‌شود. خطوط انتقال در انواع خط انتقال دو سیمه (متعادل)، خط انتقال هم محور (کابل کوآکسیال) موج بر و فیبر نوری ساخته می‌شود.

نگاهی به بام ساختمان‌های اطراف بیندازید. معمولاً روی هر بام یک آنتن تلویزیون قرار دارد (شکل ۱-۲- الف). آیا هرگز فکر کرده‌اید این آنتن‌ها چه نقشی دارند؟ شاید میله‌های کم اهمیتی باشند که بودن یا نبودن آنها تأثیری در کار تلویزیون ندارد! با کمی دقت در می‌یابید که یک سیم روکش دار که در اصطلاح سیم آنتن یا خط انتقال نامیده می‌شود، آنتن را به دستگاه تلویزیون وصل می‌کند.

آیا هر نوع سیمی را می‌توان جای‌گزین سیم آنتن تلویزیون کرد؟ به سیم آنتن تلویزیون رنگی و تلویزیون سیاه و سفید توجه کنید، ساختمان آنها، با یکدیگر متفاوت است. سیم رابط دستگاه‌های الکتریکی مختلف از قبیل اتوی برقی، چراغ مطالعه و ... نیز با هم تفاوت دارد. علت این تفاوت در چیست؟ حتماً دلیل خاصی وجود دارد. برای درک بهتر مطلب، آزمایش ساده‌ای را انجام دهید. تلویزیون را روشن کنید و آن را روی شبکه‌ای قرار دهید که دارای برنامه باشد. سیم آنتن را که از طریق یک فیش مخصوص به تلویزیون متصل است جدا کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ برنامه قطع می‌شود یا گیرنده دارای برفک می‌شود. آنتن رادیویی اتومبیل را پایین بکشید. چه اتفاقی می‌افتد؟ رادیو خوب کار نمی‌کند.

روی تلویزیون‌های کوچک، گیرنده‌های رادیویی خانگی و دستگاه‌های رادیو ضبط نیز آنتن میله‌ای وجود دارد (شکل ۱-۲- ب). در صورتی که آنتن به طور صحیح تنظیم نشده باشد، کیفیت صوت یا تصویر مطلوب نخواهد بود. بنابراین آنتن نقش مهمی در دریافت یا انتشار امواج رادیویی دارد.

امواج رادیویی چگونه منتشر می‌شود؟ آیا جابه‌جایی ملکول‌های هوا، امواج رادیویی را منتقل می‌کند؟ عملاً این طور نیست. امواج رادیویی دارای مشخصات ویژه‌ای هستند که می‌توان آنها را مشابه امواج نوری دانست.

در این فصل سعی خواهیم کرد به سؤالاتی که به خطوط انتقال، آنتن، انتشار امواج و فیبر نوری مربوط می‌شوند، به زبان ساده پاسخ دهیم.

یادآور می‌شود که بحث علمی درباره هر یک از موارد عنوان

الف) هادی داخلی که در مرکز کابل قرار دارد و محور کابل را تشکیل می‌دهد.

ب) هادی خارجی که معمولاً به صورت سیم بافته شده در سرتاسر کابل کشیده می‌شود. از این سیم، به عنوان حفاظ الکتریکی یا شیلد، (shield) استفاده می‌شود. این حفاظ، مانع تأثیر میدان‌های خارجی مانند نویز روی هادی داخلی کابل می‌شود. هم‌چنین از تأثیر میدان‌های تولید شده توسط هادی داخلی کابل روی دستگاه‌های دیگر جلوگیری می‌کند. در عمل، سیم حفاظ به شاسی دستگاه که زمین الکتریکی است، وصل می‌شود.

ج) عایق بین دو هادی داخلی و خارجی که ضریب دی الکتریک آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

د) پوشش خارجی کابل که عایق است و از نظر مکانیکی کابل را حفاظت می‌کند.

## ۲-۲- الگوی پرسش

۱- خط انتقال را تعریف کنید.

۲- چند نوع خط انتقال می‌شناسید، نام ببرید.

۳- اجزای تشکیل دهنده خط انتقال کواکسیال را

نام ببرید.

۴- خطوط انتقال نامتعادل و متعادل را نام ببرید.

### صحیح یا غلط

۵- خط انتقال هم محور را خط انتقال متعادل نیز

می‌نامند. صحیح □ غلط □

### چهار گزینه‌ای

۶- در کابل هم محور شکل ۲-۴ ضریب دی الکتریک کدام

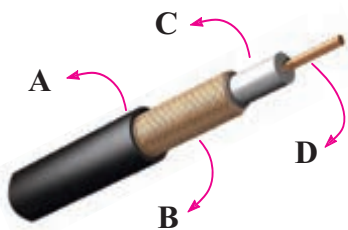
جزء از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؟

۱- A

۲- B

۳- C

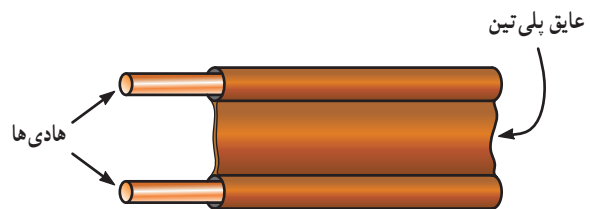
۴- D



شکل ۲-۴

## خط انتقال دو سیمه (Parallel wire (balanced line):

خط انتقال دو سیمه از دو سیم موازی تشکیل شده است، که فاصله بین آنها را ماده‌ای دی الکتریک مانند هوا یا نوعی پلاستیک می‌پوشاند، در شکل ۲-۲ الف، یک نمونه خط انتقال دو سیمه با عایق هوا و در شکل ۲-۲ ب، یک خط انتقال دو سیمه با عایق پلی تین (Polythene) آمده است. در قدیم از این خطوط انتقال به عنوان سیم رابط آنتن تلویزیون سیاه و سفید استفاده می‌شد. خط انتقال دو سیمه را خط انتقال متعادل نیز می‌نامند.



ب) خط انتقال دو سیمه با عایق پلی تین

شکل ۲-۲ خط انتقال دو سیمه

## خط انتقال هم محور (coaxial):

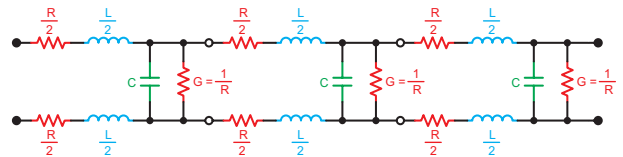
خط انتقال هم محور (coaxial): خط انتقال هم محور را کابل کواکسیال یا خط انتقال نامتعادل (unbalanced line) نیز می‌نامند. از این نوع کابل به عنوان سیم آنتن، در تلویزیون‌های سیاه و سفید و رنگی استفاده می‌شود. اجزای تشکیل دهنده کابل‌های هم محور به شرح زیر است: (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳ خط انتقال هم محور

## ۲-۳-۲ مدار معادل خط انتقال

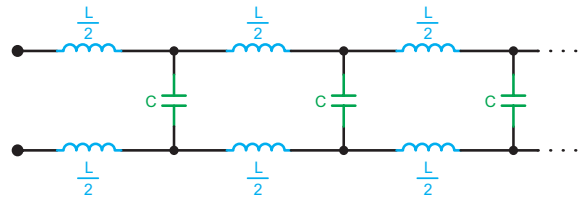
مدار معادل خط انتقال بر مبنای واحد طول سنجیده می‌شود. برخلاف یک سیم معمولی، مدار معادل این خطوط، از مجموعه L و R به طور سری و مجموعه C و G به طور موازی تشکیل می‌شود (شکل ۲-۵). در این مدار شبکه RL سری مدار معادل یک خط انتقال و مدار موازی G و C اثر خازنی و هدایت الکتریکی عایق بین دو خط است.



شکل ۲-۵ مدار معادل خط انتقال

## ۲-۳-۱ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل: در فرکانس‌های

بالا، اگر  $X_C \ll \frac{1}{G}$  و  $X_L \gg R$  باشد. مدار معادل خط انتقال بدون اتلاف به دست می‌آید. این مدار را مدار معادل خط انتقال ایده‌آل می‌نامند. در شکل ۲-۶ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل رسم شده است.



شکل ۲-۶ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل (بدون اتلاف)

## ۲-۳-۲ امپدانس مشخصه خط انتقال: هر خط انتقال

در فرکانس کار، از خود مقاومتی را نشان می‌دهد که امپدانس مشخصه خط انتقال نام دارد. امپدانس مشخصه خط انتقال در تمام نقاط طول خط تقریباً ثابت است و مقدار تقریبی آن برای خط انتقال ایده‌آل از رابطه ۲-۱ به دست می‌آید.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad 2-1$$

امپدانس مشخصه خط انتقال بر حسب اهم  $Z_0 =$

اندوکتانس سری در واحد طول خط بر حسب هنری  $L =$

ظرفیت خازنی بین دو سیم در واحد طول بر حسب فاراد  $C =$

## مثال ۲-۱

امپدانس مشخصه خط انتقال ایده‌آل را در حالتی که  $L = 0.2 \mu\text{H}$  و  $C = 40 \text{ pf}$  (در واحد طول) است محاسبه کنید.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0.2 \times 10^{-6} (\text{H})}{40 \times 10^{-12} (\text{F})}} = 70.7 \Omega$$

## ۲-۴ الگوی پرسش

۱- در چه صورت می‌توان خط انتقال را ایده‌آل در نظر گرفت؟

۲- مدار معادل خط انتقال ایده‌آل را رسم کنید.

۳- منظور از امپدانس مشخصه خط انتقال چیست؟ در چه طولی از خط انتقال ظاهر می‌شود؟

۴- نحوه قرار گرفتن R، L و C را در خط انتقال شرح دهید.

## کامل کردنی

۵- هر خط انتقال در ..... از خود مقاومتی نشان می‌دهد که ..... خط انتقال نام دارد.

## صحیح یا غلط

۶- مدار معادل خط انتقال ایده‌آل (بدون اتلاف) را می‌توان مداری ترکیبی از L و C سری موازی در نظر گرفت.

صحیح  غلط

## چهار گزینه‌ای

۷- رابطه امپدانس مشخصه خط انتقال ( $Z_0$ )

## فعالیت فوق برنامه (کار گروهی)

در این مرحله هر یک از هنرجویان به منابع مختلف مراجعه کنند و در مورد انواع خطوط انتقال تصویر تهیه نمایند. به بهترین تصویر انتخابی امتیاز داده خواهد شد.

۱- رابطه امپدانس مشخصه با استفاده از تئوری فیلترها محاسبه می‌شود. اثبات این رابطه، از حوزه بحث ما در این کتاب خارج است.

کدام است؟

یک از دسته بندی ها دارای ویژگی های مربوط به خودشان هستند و هر یک از حروف مفهوم خاصی دارد.

$$\begin{array}{l} \sqrt{\frac{L}{C}} - 2 \\ \sqrt{\frac{C}{L}} - 4 \end{array} \quad \begin{array}{l} \frac{L}{C} - 1 \\ \frac{C}{L} - 3 \end{array}$$



شکل ۲-۷- تصویری از کابل های کواکسیال

## ۵- ۲- امیدانس مشخصه کابل های آنتن تلویزیون

در عمل از خطوط انتقال دو سیمه و کابل کواکسیال به عنوان سیم های آنتن تلویزیون استفاده می شود. محاسبه نشان می دهد امیدانس مشخصه خط انتقال دو سیمه حدود ۳۰۰ اهم و امیدانس مشخصه کابل کواکسیال حدود ۷۵ اهم است.

در جدول ۲-۱، برخی از مشخصات ساختاری و الکتریکی مربوط به کابل کواکسیال ALF4.4/11.1.CU2y را مشاهده می کنید. امیدانس این کابل ۵۰ اهم، قطر سیم مغزی آن ۴/۴ میلی متر و قطر عایق داخلی آن ۱۱/۱mm و قطر شیلد آن ۱۱/۴ میلی متر و قطر عایق خارجی آن ۱۵ میلی متر است.

در شکل ۲-۷، چهار نمونه کابل کواکسیال را که دارای مغزی، عایق و شیلدهایی با قطرهای متفاوت اند، مشاهده می کنید. مشخصه های کابل های کواکسیال با توجه به ابعاد آن، فرق می کند. در شکل (۲-۷) کارخانه سازنده کابل ها را در چهار دسته به RAY, RLCF, AHF و ALF تقسیم بندی کرده است. هر

جدول ۲-۱

Construction	ساختاری	شماره کابل
		ALF 4.4/11.1 Cu 2Y* 50Ω
Inner conductor: Outer diameter	هادی داخلی: قطر خارجی	(mm) Copper wire 4.4
Insulation: Polyethylene foam	عایق: فوم پلی اتیلن	(mm) 11.1
Outer conductor: Copper foil	هادی خارجی: لایه مسی	(mm) 11.4
Jacket: Polyethylene, black	پوشش خارجی: پلی اتیلن مشکی	(mm) 15.0
<b>Electrical properties</b>		
Characteristic impedance	امیدانس مشخصه بر حسب اهم	(Ω) 50 - 2
Relative propagation velocity	سرعت انتشار بر حسب درصد در مقایسه با نور	(%) 88
Capacity	ظرفیت خازنی بر حسب پیکوفاراد بر متر	(pF / m) 76
DC - resistance inner conductor	مقاومت DC هادی داخلی بر حسب اهم بر کیلومتر	(Ω / Km) 1.2
DC - resistance outer conductor	مقاومت DC هادی داخلی بر حسب اهم بر کیلومتر	(Ω / Km) 3.4

\* این کابل ها با پوشش خارجی حفاظت شده در مقابل شعله نیز ساخته می شوند.

## نکته مهم

هنرجویان باید بتوانند با استفاده از جداول ۲-۱ و ۲-۲ ارائه شده برای کابل‌های کواکسیال به زبان انگلیسی، مشخصات ساختاری و الکتریکی آن را استخراج نمایند. هم‌چنین در صورت ارائه سؤال در آزمون نهایی یا کنکور، باید جدول مربوطه به زبان انگلیسی داده شود.

انجام تکالیف و مسئولیت‌های محوله در فرآیند آموزش موجب دست‌یابی شما به اهداف تعیین شده می‌شود.

## تمرین برای هنرجویان علاقه‌مند

با استفاده از جدول شماره ۲-۲ مشخصات ساختاری و الکتریکی کابل‌های ALF6.8/17.3cu2y و RLF 9/23 CU2y را به دست آورید.

جدول ۲-۲

Construction	Unit	ALF 6.8/17.3 Cu 2Y* 50Ω	RLF 9/23 Cu 2Y* 50Ω
Inner conductor: Outer diameter	(mm)	Copper tube 6.8	Copper tube 9.1
Insulation: Polyethylene foam	(mm)	17.3	23.2
Outer conductor: Copper foil	(mm)	17.6	23.5
Jacket: Polyethylene, black	(mm)	22.0	28.7
<b>Electrical properties</b>			
Characteristic impedance	(Ω)	50 – 2	50 – 2
Relative propagation velocity	(%)	88	88
Capacity	(pF / m)	76	76
DC - resistance inner conductor	(Ω / Km)	1.3	0.77
DC - resistance outer conductor	(Ω / Km)	2.3	1.8

امروزه فیبر نوری به‌عنوان یک محیط انتقال برای ارسال داده‌ها و پیام‌های اطلاعاتی در صنعت مخابرات، تحول زیادی را به وجود آورده است.

یک نگاه گذرا به فناوری فیبر نوری در دو دهه اخیر نشان می‌دهد که به کارگیری و تحقیقات مرتبط با آن در سطوح مختلف صنایع نوین به ویژه در مخابرات، بی‌سابقه بوده است به طوری که نرخ اطلاع‌رسانی را از چند صد ارتباط در شبکه‌های مرسوم، به مرز میلیونی در شبکه‌های نوری رسانده است.

یادآور می‌شود که سایر مشخصات مانند خواص مکانیکی، افت در طول خط متناسب با فرکانس، افت در تشعشع کابل‌ها بر روی یکدیگر، اطلاعات مربوط به حمل و نقل و بسته‌بندی و وزن معمولاً در جداول جداگانه ارائه می‌شود که از بحث کتاب خارج است.

## ۲-۶- فیبر نوری (Optical fiber)

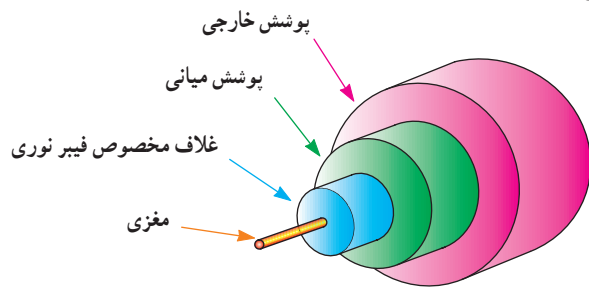
کلیات: اختراع لیزر<sup>۱</sup> (Laser) در سال ۱۹۶۰ و ساخت فیبرهای نوری با تلفات کم در سال ۱۹۷۰ باعث رشد و توسعه چشمگیری در دنیای فوتونیک (Photonic – کار با نور) شده است.

۱- لیزر مخفف Light amplification by stimulated emission of radiation می‌باشد و به معنای تقویت نور توسط تشعشع تحریک شده است. اولین لیزر جهان توسط

تئودور مایمن اختراع گردید و از بافوت در آن استفاده شده بود.



به صورت پوشش میانی و خارجی روی فیبر قرار می دهند.  
در شکل ۲-۹-ب و ج، چند نمونه فیبر نوری را مشاهده می کنید.



الف) ساختمان یک فیبر نوری



ب) فیبر نوری پوشش میانی پوشش خارجی



ج) چند نمونه فیبر نوری

شکل ۲-۹- ساختمان انواع فیبر نوری

### ۱-۶-۲- اساس یک سیستم ارتباطی فیبر نوری: به طور

کلی یک سیستم فیبرنوری دارای یک فرستنده، محیط انتقال (فیبرنوری) و یک گیرنده است (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸- اساس یک سیستم فیبر نوری

فرستنده، یک چشمه نوری مانند LED یا دیود لیزری است. گیرنده یک نوع فتو دیود یا فتو ترانزیستور است.

### ۲-۶-۲- مزایای استفاده از فیبر نوری: فیبر نوری نسبت

به سایر خطوط انتقال دارای مزایایی به شرح زیر است:

- ۱- تلفات انرژی بسیار کم
- ۲- پهنای باند وسیع اطلاعات (ارسال اطلاعات در حجم زیاد)
- ۳- قابلیت انعطاف در مقابل خمش و پیچش با توجه به نوع مواد به کار رفته در فیبر نوری
- ۴- داشتن سطح مقطع کوچک و سبک
- ۵- دریافت نشدن آثار القایی (با توجه به خاصیت نارسائایی فیبر)
- ۶- مصونیت در برابر استراق سمع (به دلیل نتابیدن نور از داخل به بیرون)

### ۷- ارزانی، فراوانی مواد اولیه و طول عمر زیاد مواد اولیه

### ۳-۶-۲- ساختمان فیبر نوری: امروزه تقریباً کلیه فیبرهای

مورد استفاده در مخابرات از جنس شیشه یا پلاستیک اند.

در شکل ۲-۹-الف، ساختمان یک فیبر نوری نشان داده شده است. فیبر نوری از یک قسمت اصلی به نام مغزی و غلاف (عایق) و یک قسمت پوشش به نام پوشش میانی و خارجی تشکیل شده است.

قطر مغزی می تواند از ۵ میکرومتر تا ۱۰۰ میکرومتر تغییر کند و قطر غلاف در حدود ۱۲۵ میکرومتر است. برای استحکام بیشتر و محافظت از فیبر، اغلب دو لایه پلاستیکی نرم و سخت



## تحقیق برای هنرجویان علاقه‌مند

هنرجویان علاقه‌مند می‌توانند با مراجعه به منابع مختلف اطلاعاتی مرتبط با موضوع، تصاویر جدید و مطالب اضافی مربوط به فیبر نوری را تهیه و به کلاس ارائه کنند.

شدید. در این قسمت با استفاده از آموخته‌های پیشین به بررسی کار آنتن می‌پردازیم.

**۱-۸-۲- تعریف آنتن:** آنتن وسیله‌ای است که برای دریافت یا انتشار امواج الکترومغناطیسی به کار می‌رود. خواص آنتن در حالت فرستنده و گیرنده شبیه به هم است و از قضیه هم پاسخی تبعیت می‌کند.

**۲-۸-۲- قضیه هم پاسخی:** هم پاسخی (Reciprocity) به معنی پاسخ همگن یک مدار از نظر ورودی و خروجی است؛ یعنی اگر به ورودی یک مدار ولتاژ  $V$  داده شود و از خروجی آن جریان  $I$  دریافت شود، در صورت اعمال ولتاژ  $V$  به خروجی آن، باید جریان  $I$  از ورودی عبور کند، چنین مداری از قضیه هم پاسخی تبعیت می‌کند. مثال ساده از مدارهای هم پاسخی، ترانسفورماتور متقارن ایده‌آل یک به یک است.

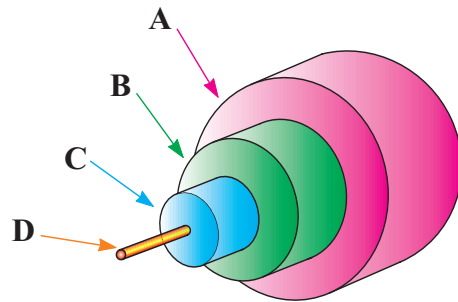
**۳-۸-۲- میدان الکتریکی آنتن:** فرستنده رادیویی را به صورت منبع سینوسی  $V_i$  و آنتن را به صورت دو میله هادی یا دو سیم موازی، که به دو سر منبع  $V_i$  اتصال دارند، در نظر می‌گیریم. شکل ۱۱-۲- الف، هنگامی که سیگنال ورودی نیم سیکل منفی را طی می‌کند، میله بالایی دارای بار منفی و میله پایینی دارای بار مثبت می‌شود (شکل ۱۱-۲- ب). در این حالت می‌توان دو میله را مشابه دو جوشن یک خازن در نظر گرفت که از طریق دی الکتریک هوا، از یکدیگر جدا شده‌اند. خطوط میدان الکترواستاتیک بین دو جوشن خازن از جوشن مثبت به سمت جوشن منفی رسم شده است. جهت جریان سیگنال در جهت خطوط میدان الکتریکی است که در شکل به صورت  $\overline{ABCD}$  مشخص شده است.

## ۲-۷- الگوی پرسش

- ۱- اساس یک سیستم ارتباطی فیبر نوری را شرح دهید.
- ۲- ساختمان یک فیبر نوری را شرح دهید.
- ۳- مزایای استفاده از فیبر نوری را نام ببرید.
- کامل کردنی
- ۴- Optical Fiber به مفهوم ..... است.
- چهار گزینه‌ای
- ۵- در شکل ۱۰-۲ غلاف مخصوص فیبر نوری کدام

است؟

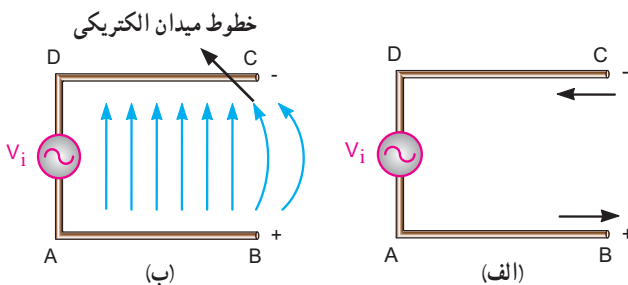
A-۱      B-۲      C-۳      D-۴



شکل ۱۰-۲

برای اتصال فیبرهای نوری به یکدیگر از چه ابزارهایی استفاده می‌کنند؟

آیا می‌دانید؟



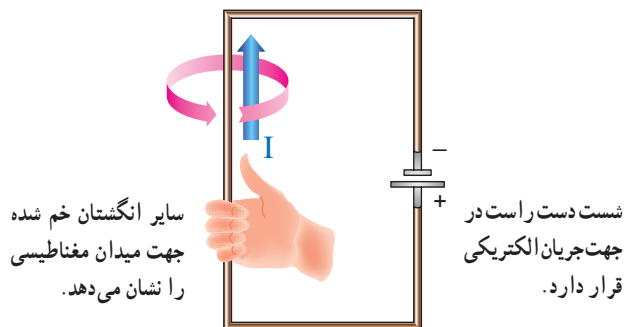
شکل ۱۱-۲- خطوط میدان الکتریکی آنتن

## ۲-۸- بررسی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در آنتن و چگونگی تشعشع امواج از آنتن

در درس مبانی برق با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آشنا

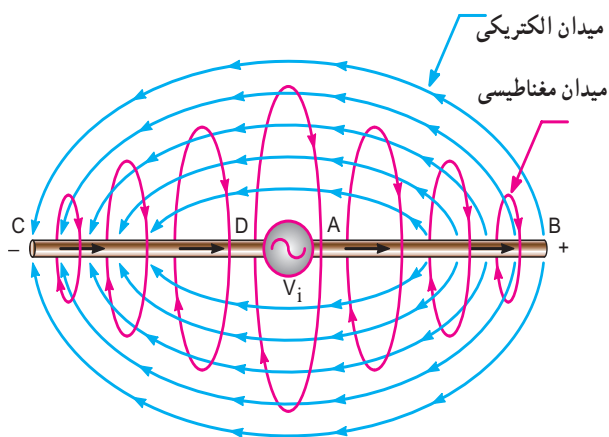
فلش‌های رسم شده روی خطوط، جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند. جهت خطوط میدان مغناطیسی را می‌توان به کمک انگشتان دست راست نشان داد.

**۵-۸-۲- قانون دست راست:** اگر انگشت شست دست راست طوری قرار گیرد که جهت جریان را نشان دهد، سایر انگشتان خم شده جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند (شکل ۱۴-۲).



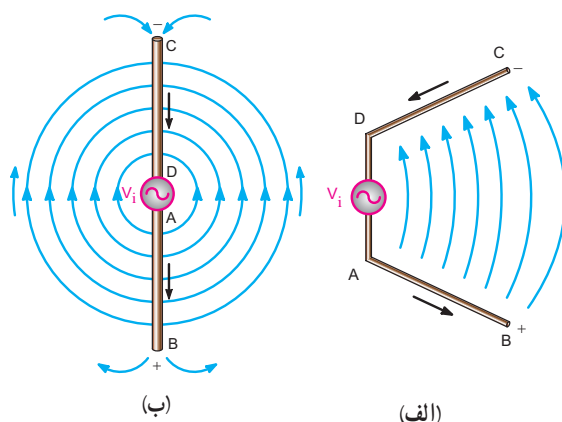
شکل ۱۴-۲- جهت خطوط میدان مغناطیسی در آنتن

**۶-۸-۲- میدان الکترومغناطیسی در آنتن:** به میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در آنتن توجه کنید. جهت این دو میدان همواره بر یکدیگر عمود است. ترکیب میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را میدان الکترومغناطیسی آنتن می‌گویند. در شکل ۱۵-۲ میدان الکترومغناطیسی آنتن نشان داده شده است.



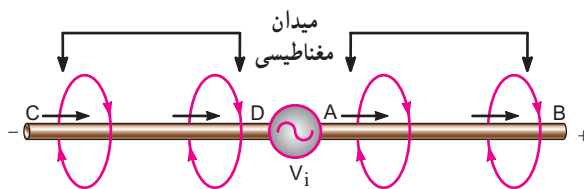
شکل ۱۵-۲- میدان الکترومغناطیسی در آنتن

اگر فاصله دو انتهای باز میله‌های آنتن را به تدریج زیاد کنیم، خطوط میدان الکتریکی به سمت خارج آنتن خم می‌شوند و پس از طی مسیر منحنی، وارد میله منفی می‌شوند (شکل ۱۲-۲-الف). اگر میله‌های آنتن را در یک امتداد قرار دهیم، خطوط میدان الکتریکی به صورت دایره متحد‌المركز، میله مثبت را ترک می‌کنند و وارد میله منفی می‌شوند. جهت خطوط میدان الکتریکی را برای حالتی که میله‌ها باز است در شکل ۱۲-۲-ب، نشان داده‌ایم. اگر دو قطب سیگنال  $V_i$  وارونه شود، میله AB منفی و میله CD مثبت خواهد شد. در این حالت خطوط میدان الکتریکی نیز معکوس می‌شود و جهت جریان سیگنال در مسیر DCBA برقرار خواهد شد.



شکل ۱۲-۲- خطوط میدان الکتریکی آنتن

**۴-۸-۲- میدان مغناطیسی در آنتن:** هنگامی که جریان از میله‌های آنتن عبور می‌کند، در اطراف میله‌ها میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. در شکل ۱۳-۲ نمونه‌هایی از خطوط میدان مغناطیسی نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۲- میدان مغناطیسی در آنتن

۱- جهت قراردادی جریان مورد نظر است یعنی جریان از قطب مثبت به طرف قطب منفی در مدار خارجی جاری می‌شود.

### ۷-۸-۲- آنتن دپیل یا دو قطبی (Dipole Antenna):

اگر  $\lambda$  طول موج فرکانس ایستگاه رادیویی باشد و طول هر یک از میله‌های آنتن را مساوی  $\frac{\lambda}{4}$  در نظر بگیریم، طول آنتن مساوی  $\frac{\lambda}{2}$  می‌شود.

این نوع آنتن را آنتن دپیل یا دو قطبی نیم موج می‌گویند. در شکل ۱۶-۲ الف، آنتن نشان داده شده، از نوع دپیل است.

$$I_{AB} = I_{CD} = \frac{\lambda}{4}$$

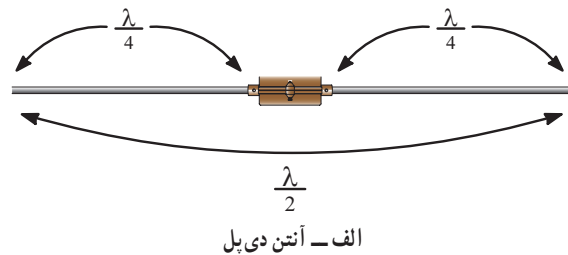
### ۸-۸-۲- نحوه توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی

در آنتن دپیل نیم موج: آنتن دپیل نیم موج را می‌توان به خطوط انتقال با طول  $\frac{\lambda}{4}$  تشبیه کرد که از یک انتها باز شده‌اند و در انتهای دیگر به منبع سیگنال اتصال دارند. در این حالت در دو انتهای میله‌های آنتن گره جریان و شکم ولتاژ تشکیل می‌شود.

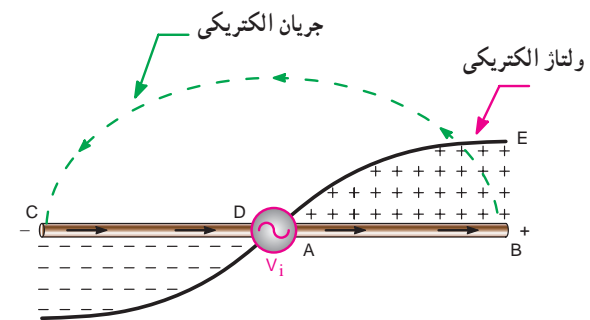
در شکل ۱۶-۲ ب، منحنی‌های ولتاژ، جریان و توزیع بارهای الکتریکی در آنتن دپیل نیم موج ترسیم شده است.

توجه داشته باشید که منحنی‌های جریان و ولتاژ با یکدیگر  $90^\circ$  درجه اختلاف فاز دارند.

جهت جریان در میله‌های آنتن، در جهت  $\overline{ABCD}$  در نظر گرفته شده است.



الف - آنتن دی پل



ب - توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی روی آنتن

شکل ۱۶-۲ ب - منحنی‌های توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی در آنتن نیم موج و طول آن

### ۹-۲- الگوی پرش

۱- اصل هم پاسخی را بیان کنید.

۲- آنتن را تعریف کنید.

۳- چگونگی تولید میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در

آنتن حامل جریان را با رسم شکل شرح دهید.

۴- جهت خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست

حامل جریان را به کمک انگشتان دست راست نشان دهید.

۵- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آنتن با هم چه

زاویه‌ای می‌سازند؟

۶- منحنی‌های توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی

در آنتن دپیل نیم موج را با رسم شکل نشان دهید.

### کامل کردنی

۷- جهت میدان‌های ..... و ..... در آنتن برهم

..... هستند.

### صحیح یا غلط

۸- طول هر یک از میله‌های آنتن دپیل یا دو قطبی برابر

با  $\frac{\lambda}{4}$  است.

غلط

صحیح

### چهار گزینه‌ای

۹- طول آنتن دپیل یا دو قطبی کدام است؟

- ۱-  $\frac{\lambda}{2}$       ۲-  $\frac{\lambda}{4}$       ۳-  $\lambda$       ۴-  $2\lambda$

### تحقیق برای هنرجویان علاقه‌مند

با مراجعه به منابع مختلف مرتبط، بررسی کنید که آیا آنتن‌های رادیویی موج SW و MW از نوع آنتن دپیل نیم موج است یا خیر؟ نتایج تحقیقات خود را به کلاس ارائه نمایید.

## ۱۰-۲- مشخصه های مهم آنتن

### ۱۰-۱-۲- مقاومت تابشی آنتن

(Antenna Radiation Resistance): آنتن

در فرکانس کار خود به صورت یک مقاومت  $R_r$  در مدار ظاهر می شود که به آن مقاومت تابشی آنتن گفته می شود. مقاومت  $R_r$  مقاومتی نیست که موجب تلفات امواج شود بلکه باعث انتشار امواج می شود.

### ۱۰-۲-۲- توان تابشی آنتن

(Antenna Radiation power): اگر جریان

عبوری از آنتن  $I$  و مقاومت تابشی آن  $R_r$  باشد، توان تابشی از رابطه ۲-۲ به دست می آید.

$$P = I^2 \cdot R_r \quad (2-2)$$

۱۰-۳- بهره آنتن (Antenna gain): یکی از

متداول ترین پارامترها در آنتن، بهره آنتن است، یک آنتن ممکن است مقدار زیادی از توان تابشی خود را در یک جهت به خصوص بفرستد. این حالت را سمت گرایی (Directivity) می گویند، بهره آنتن را در جهت به خصوص، بهره جهتی آنتن می نامند. بهره آنتن را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\text{توان تابشی توسط آنتن اصلی} \\ \text{توان تابشی توسط آنتن مرجع} = \text{بهره آنتن}$$

آنتن مرجع عبارت از آنتنی است که به صورت یک منبع تابشی، تمام توان خود را در تمام جهات به طور یک نواخت و همگن بتاباند. به عبارت دیگر پرتو تشعشعی آن کروی باشد. در محاسبه بهره آنتن، توان ورودی و توان آنتن مرجع یکسان در نظر گرفته می شود.

۱۰-۴- امپدانس آنتن (Antenna Impedance):

همان طور که قبلاً بررسی شد، در یک آنتن نیم موج جریان در محل اتصال تغذیه حداکثر و در دو انتهای آن صفر است؛ در حالی که توزیع ولتاژ برعکس توزیع جریان است.

در آنتن های عملی، مقادیر ولتاژ یا جریان در نقاط گره ولتاژ

و جریان دقیقاً صفر نیست. نسبت بین ولتاژ و جریان را در هر نقطه از آنتن، امپدانس آنتن می نامند.

مقدار امپدانس آنتن دو قطبی (دی پل) نیم موج در وسط آنتن حدوداً برابر ۷۵ اهم و در دو انتهای آن تقریباً ۲۵۰ اهم است<sup>۱</sup>.

### ۱۱-۲- الگوی پخش

۱- مقاومت تابشی آنتن را تعریف کنید.

۲- توان تابشی آنتن را تعریف کنید.

۳- بهره آنتن چگونه محاسبه می شود؟

۴- امپدانس آنتن نیم موج در وسط آنتن و در دو انتهای آن چه قدر است؟

کامل کردنی

۵-  $\text{بهره آنتن} = \frac{\text{توان تابشی آنتن}}{\text{توان ورودی آنتن}}$

صحیح یا غلط

۶- مقدار امپدانس آنتن نیم موج دو قطبی (دیپل)، در وسط آنتن حدوداً ۷۵ اهم و در دو انتهای آن تقریباً ۲۵۰ اهم است.

صحیح  غلط

### ۱۲-۲- انواع آنتن

۱۲-۲- آنتن مارکنی (Marconi Antenna):

آنتن مارکنی یک آنتن یک قطبی با طول  $\frac{\lambda}{4}$  است که به طور عمودی بر روی زمین نصب می شود. زمین، انرژی تابیده شده بر خود را بازتاب می کند. در اثر این بازتاب امواج، تصویر آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  در زمین ظاهر می شود که می توان آن را به عنوان یک آنتن فرضی در نظر گرفت که قرینه آنتن اصلی نسبت به سطح زمین است. این آنتن فرضی را سایه آنتن اصلی می نامند. در شکل ۱۷-۲ الف، چگونگی تشکیل سایه آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  و در شکل ۱۷-۲ ب، منحنی های توزیع ولتاژ و ولتاژ و در شکل ۱۷-۲ ج، یک نمونه آنتن اتومبیل نشان داده شده است.

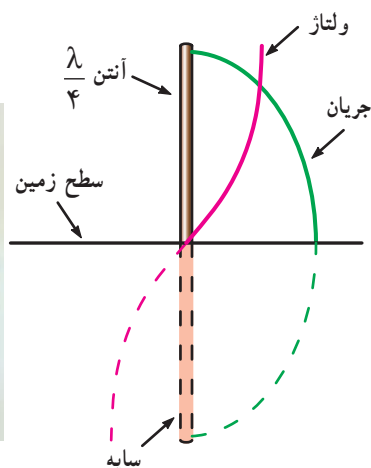
آنتن مارکنی را آنتن تصویری نیز می نامند. عملکرد این آنتن

۱- محاسبه امپدانس آنتن، نیاز به اطلاعات جامع تری در زمینه امواج دارد که از بحث ما خارج است.

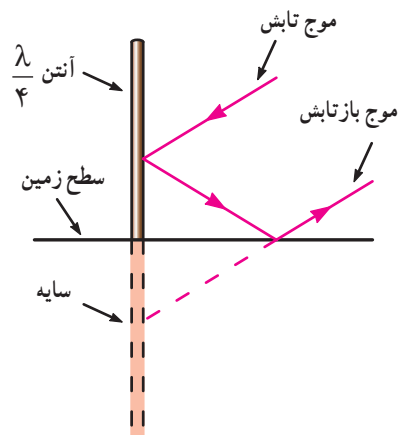
و تصویرش عیناً مشابه آنتن نیم موج است. فلزی اتومبیل به عنوان زمین عمل می کند و اثر تصویر آنتن آنتن رادیوی اتومبیل یک نوع آنتن مارکنی است. بدنه ظاهر می شود.



ج) تصویری از آنتن اتومبیل



ب) منحنی های توزیع ولتاژ و جریان در آنتن  $\frac{\lambda}{4}$



الف) تشکیل سایه در آنتن  $\frac{\lambda}{4}$

شکل ۱۷-۲- آنتن  $\frac{\lambda}{4}$

### مخترعین



آقای گوگ لیلیمو مارکنی Guglielmo Marconi در سال ۱۸۷۴ در ایتالیا به دنیا آمد. وی دوران تحصیل خود را در رشته مهندسی برق به پایان رساند و در سال ۱۸۹۶ به انگلستان رفت و اقدام به ساخت دستگاه های رادیویی نمود. مارکنی مخترع آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  است. وی در سال ۱۹۳۷ در گذشت.

برای کسب اطلاعات بیشتر به منابع و سایت های مربوطه مراجعه کنید.

### ۲-۱۲-۲- آنتن دیپل نیم موج خمیده

(Folded Dipole): آنتن دیپل خمیده یا تا شده از

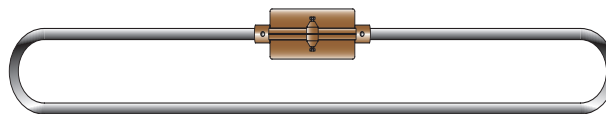
یک میله به طول  $\lambda$  تشکیل شده است که پس از خم شدن آنتن طول  $\frac{\lambda}{4}$  را تشکیل می دهد (شکل ۱۸-۲). در وسط آنتن بریدگی کوچکی، که در مقایسه با طول آنتن ناچیز است، وجود

بسیاری از ایرانیان به عنوان اعضای مؤثر علمی در سطح جهان فعالیت می کنند و تعداد زیادی از آنان در رشته الکترونیک اشتغال دارند. شما هم اگر از استعداد ذاتی خود استفاده کنید و فعالیت و کوشش را به طور مستمر ادامه دهید می توانید در سطح جهان مطرح شوید.

آیا می دانید؟

۱- طول میله کمی بزرگ تر از  $\lambda$  در نظر گرفته می شود، تا پس از خم شدن دقیقاً طول  $\frac{\lambda}{4}$  به دست آید.

دارد. امپدانس آنتن دیپل خمیده در حدود  $300\ \Omega$  اهم است. از این آنتن برای تطبیق خط انتقال دو سیمه  $300\ \Omega$  اهمی در تلویزیون سیاه و سفید استفاده می‌شود.



شکل ۱۸-۲- تصویر واقعی آنتن دیپل نیم موج خمیده

#### ۴-۱۲-۲- آنتن یاگی (Yagi Antenna): این آنتن

اولین بار توسط اشخاصی به نام‌های یاگی و اودا (Yagi-Uda) ساخته شد و به بازار عرضه گردید. در شکل ۲-۲۰ یک نمونه آنتن یاگی را مشاهده می‌کنید. میله خم شده را، که روی آنتن قرار دارد، دیپل تا شده (Folded Dipole) نامند و هم‌چنین به میله‌هایی که در پشت دیپل قرار دارند و طول آنها بزرگ‌تر است رفلکتور یا منعکس کننده (Reflector) گویند و میله‌هایی که در جلوی دیپل تا شده قرار دارند و طول آنها از دیپل تا شده کوچک‌تر است را دایرکتور (Director) می‌نامند.

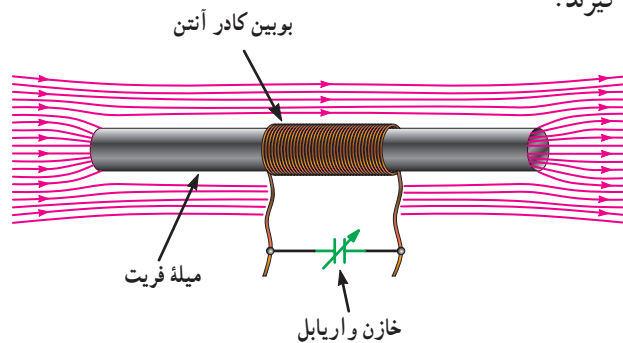


شکل ۲۰-۲- تصویری از یک آنتن یاگی

قرار دادن این اجزا باعث می‌شود که آنتن جهت‌دار شود. به عبارت دیگر به یک سو یا جهت هدایت شوند و منطقه خاصی را پوشش دهند. از آنتن یاگی برای دریافت امواج VHF و UHF تلویزیونی استفاده می‌شود. در آنتن یاگی فاصله بین میله‌ها و طول هر یک از میله‌ها باید مشخص باشد. در جدول ۲-۳ رابطه بین فواصل میله‌ها و طول موج و هم‌چنین رابطه بین طول موج و طول دیپل تا شده و طول رفلکتورها و دایرکتورها آمده است.

#### ۳-۱۲-۲- آنتن با میله فریت: آنتن با میله فریت در

تمام گیرنده‌های رادیویی MW و SW به کار می‌رود. فریت (Ferrite) ماده‌ای با قابلیت نفوذ مغناطیسی زیاد است. آنتن با میله فریت آنتن کوچکی است که در داخل گیرنده‌های رادیویی جای می‌گیرد. این میله به عنوان یک هسته در بوبین کادر آنتن قرار می‌گیرد. استفاده از بوبین با هسته فریت دریافت امواج الکترومغناطیسی را آسان می‌کند (شکل ۱۹-۲). دریافت امواج الکترومغناطیسی زمانی حداکثر است که میله فریت و میدان مغناطیسی در یک جهت قرار گیرند.



شکل ۱۹-۲- آنتن با میله فریت

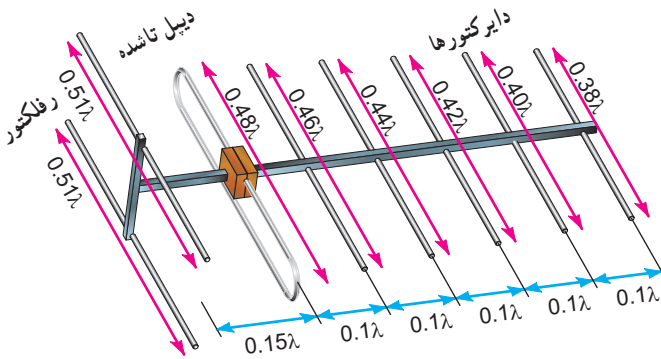
۱- مجموعه بوبین و میله فریت را در گیرنده‌های رادیویی «کادر آنتن» می‌نامند.



جدول ۲-۳

ردیف	مشخصه آنتن	محاسبه بر حسب $\lambda$
۱	طول رفلکتور	$0.51\lambda$
۲	فاصله بین رفلکتور تا دیپل تا شده	$0.15\lambda$
۳	طول دیپل تا شده	$0.48\lambda$
۴	طول اولین دایرکتور	$0.46\lambda$
۵	طول دومین دایرکتور	$0.44\lambda$
۶	طول سایر دایرکتورها در هر مرحله $0.2\lambda$ کم می شود.	$0.42\lambda$
۷	فاصله اولین دایرکتور تا دیپل تا شده	$0.40\lambda$
۸	فاصله دایرکتورها از یکدیگر	$0.38\lambda$
۹	فاصله رفلکتورها از یکدیگر	$0.1\lambda$ تا $0.15\lambda$

در آنتن یاگی مجموعه رفلکتورها و دایرکتورها مانند عدسی عمل می کنند و امواج را به دیپل می رسانند. قدرت جذب یا انتشار امواج به تعداد دایرکتورها بستگی دارد.



شکل ۲-۲۱- آنتن یاگی با توجه به اندازه و ابعاد قطعات آن

### فعالیت برای هنرجویان علاقه مند

با مراجعه به منابع مختلف تعداد کارخانه های داخلی را که آنتن تولید می کنند، شناسایی کنید و مشخصات محصولات آنان به خصوص انواع آنتن یاگی را بیابید.

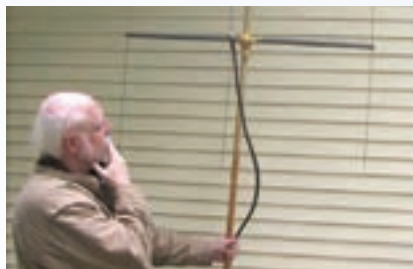
در شکل ۲-۲۱ یک آنتن یاگی با اندازه میله های تشکیل دهنده آن و فواصل بین میله ها را مشاهده می کنید.

### دانشمندان



آقای یاگی هایده تسوگو Yagi Hidetsugu آنتن VHF و UHF را برای دریافت امواج الکترومغناطیسی که مسیر مستقیم را طی می کنند، اختراع کرد. این آنتن به نام وی یعنی آنتن یاگی به ثبت رسیده است. آقای یاگی در سال ۱۸۸۶ در ژاپن به دنیا آمد و در سال ۱۹۰۹ در رشته مهندسی برق از دانشگاه امپریال توکیو دانش آموخته شد. وی برای ادامه تحصیل و تحقیق به انگلستان، آمریکا و آلمان رفت و تحصیلات خود را با تأکید روی تولید امواج پیوسته الکترومغناطیس ادامه داد و در سال ۱۹۱۶ به ژاپن بازگشت و پس از دریافت درجه دکتری از دانشگاه امپریال توهوکو (Tohoko) در سال ۱۹۱۹ با درجه

پروفسوری در همان دانشگاه به تدریس پرداخت. وی پیش بینی کرد که ارتباطات VHF و UHF یکی از پدیده هایی است که در آینده مخابرات نقش اساسی دارد. لذا تحقیقات خود را در این زمینه ادامه داد تا در سال ۱۹۲۶ با کمک Shintaro uda آنتن عملی VHF و UHF را اختراع کرد. امروز این آنتن را به نام «یاگی» و «او دا» (Yagi and Uda) می شناسند. آقای یاگی در سال ۱۹۷۶ چشم از جهان فرو بست.





### ۵-۱۲-۲- آنتن‌های بشقابی (Dish Antennas):

آنتن‌های گیرنده‌ها و فرستنده‌هایی که در طیف میکروویو و مایکروویو کار می‌کنند (محدوده فرکانسی ۱ تا ۱۰۰ گیگا هرتز) آنتن‌هایی جهت دارند. یکی از انواع این آنتن‌ها، آنتن‌های بشقابی هستند. آنتن‌های بشقابی را معمولاً به صورت برشی از سهمی یا کره می‌سازند. بنا به دلایل زیر، نیاز به این آنتن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد.

الف) چون باید آنتن گیرنده دقیقاً در جهت آنتن فرستنده قرار گیرد، لذا عملاً آنتن در تمام جهت نمی‌تواند کارایی داشته باشد.

ب) گیرنده‌های این باند نسبت به گیرنده‌هایی که با فرکانس کمتر کار می‌کنند در مقابل نویز حساسیت بیشتری دارند. لذا سیگنال رسیده به آنتن این نوع گیرنده‌ها باید تا حد امکان قوی باشد.

ج) هر قدر فرکانس افزایش می‌یابد، ابعاد وسایل الکترونیکی مرتبط با آن کوچک‌تر می‌شود، لذا عملاً توان الکتریکی دستگاه به‌طور نسبی کاهش می‌یابد.

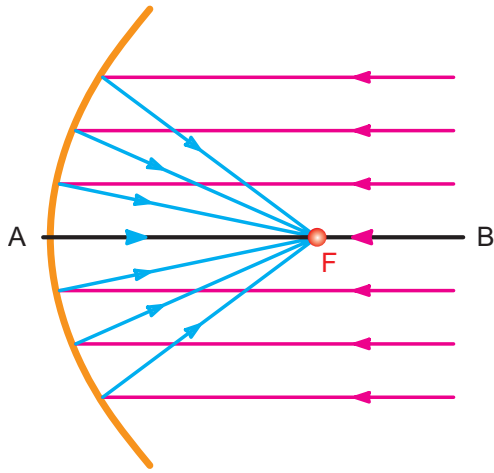
د) از امواج میکروویو و مایکروویو برای انتقال و دریافت انرژی به فواصل دور استفاده می‌شود میزان انرژی دریافتی توسط گیرنده خیلی ضعیف می‌گردد، بنابراین در امواج میکروویو و مایکروویو استفاده از آنتن با بهره‌زیاد ضروری است.

ه) به علت کاربرد وسیع باند میکروویو و مایکروویو مانند رادار و غیره، سمت‌یابی و اندازه‌گیری میدان مورد نیاز است.

### آنتن با منعکس‌کننده سهموی (Parabolic - بشقابی):

هرگاه به یک آنتن سهموی شکل از فاصله بسیار دور (بی‌نهایت) نور یا امواج رادیویی تابانده شود، این امواج پس از برخورد با سطح داخلی سهمی در نقطه‌ای متمرکز می‌شوند که آن نقطه را کانون سهمی گویند و آن را با F نشان می‌دهند (شکل ۲-۲۲).

از سوی دیگر هرگاه منبعی تشعشعی در کانون سهمی

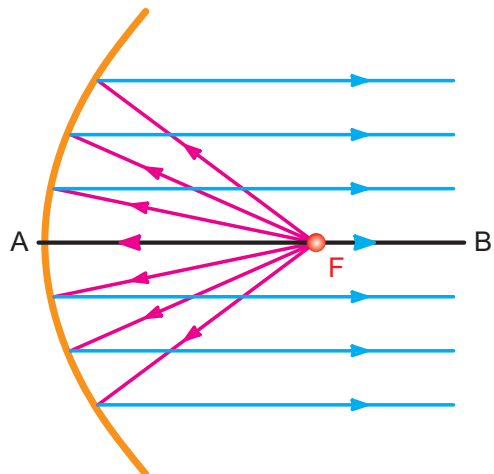


شکل ۲-۲۲- متمرکز شدن امواج در کانون سهمی

قرار گیرد تمام امواجی که از منبع خارج می‌شوند در راستای خط AB و به موازات آن منعکس می‌گردند (شکل ۲-۲۳).

در این حالت تمام امواج منعکس شده با هم، هم فاز بوده

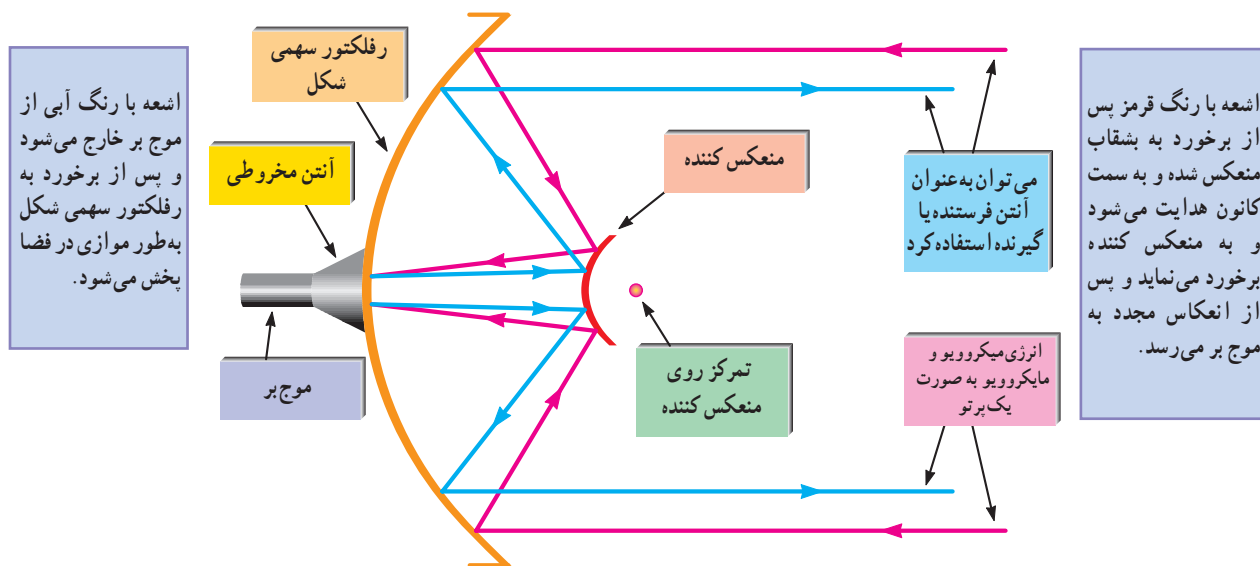
و یک پرتو (اشعه) بسیار شدید را در امتداد محور AB به وجود می‌آورند. سایر امواج که از جهات دیگر وارد سهمی می‌شوند به علت تفاوت در مسیر آنها، اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. لذا آنتن‌های سهمی شکل دارای بهره‌ی بسیار زیادند.



شکل ۲-۲۳- امواج تابانده شده از کانون به موازات هم خارج می‌شوند.

یا کانال کولر است که به صورت توخالی ساخته می‌شود. این نوع خط انتقال وظیفه هدایت سیگنال‌هایی با فرکانس بالا را برعهده دارد.

**ساختمان آنتن سهموی (بشقابی):** در شکل ۲-۲۴ ساختمان یک آنتن بشقابی رسم شده است. همان طور که مشاهده می‌شود؛ برای انتقال انرژی به آنتن سهمی شکل از موج بر استفاده شده است. موج بر خط انتقالی شبیه لوله آب

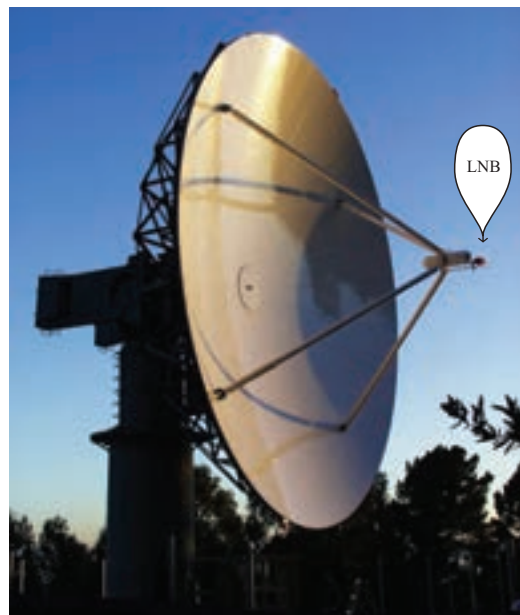


شکل ۲-۲۴ - ساختمان آنتن بشقابی

در شکل ۲-۲۵ و ۲-۲۶ دو نمونه آنتن بشقابی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۲۶ - نمونه دیگری از آنتن بشقابی



شکل ۲-۲۵ - نمونه ای از آنتن بشقابی

برای این منظور از یک مدار مبدل استفاده می‌کنند. این مبدل‌ها را اصطلاحاً LNB می‌نامند.

LNB حروف اول کلمات Low Noise Block به معنی بلوک (قسمت) با نویز کم است. LNB شامل دو بخش جداگانه LNA و LNC است.

LNA حروف اول کلمات Low Noise Amplifier و به معنی تقویت کننده با نویز بسیار پایین است. این طبقه عمل تقویت کنندگی امواج دریافتی را برعهده دارد.

LNC حروف اول کلمات Low Noise Converter و به معنی تبدیل کننده فرکانس با نویز بسیار کم است.

LNB در کانون Dish قرار می‌گیرد و ضمن دریافت امواج ارسالی از سطح بشقاب، آنها را تقویت و به امواجی با محدوده فرکانس کمتر تبدیل می‌کند تا برای دستگاه‌های مرتبط با آن قابل استفاده باشد.

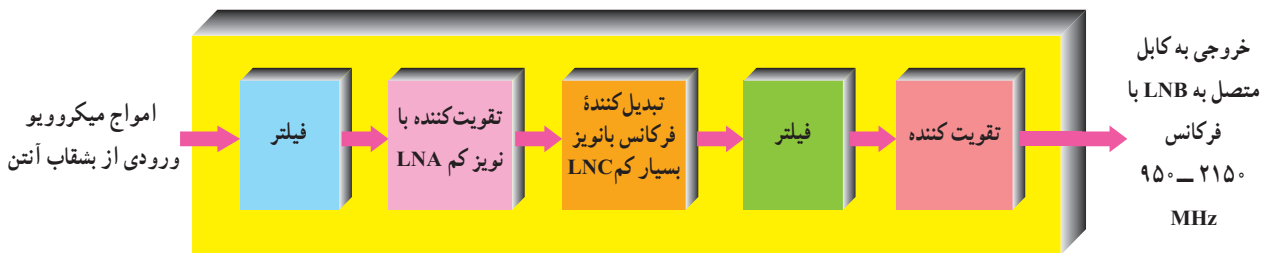
در شکل ۲۷-۲ بلوک دیاگرام LNB به اختصار رسم شده است.

برای بهترین دریافت یا انتشار امواج، باید آنتن در کانون سهمی قرار گیرد.

شکل ۲۵-۲ محل قرارگیری آنتن را در کانون سهمی نشان می‌دهد.

از آنجا که امواج ارسالی از طریق این آنتن‌ها یا امواج دریافتی از ماهواره‌ها که در محدوده گیگا هرتز قرار دارند، مانند نور عمل می‌کنند، این امواج از اجسامی با چگالی بالا (جرم حجمی بالا) و ضریب شکست (انکسار) زیاد مانند طلق‌های ضخیم یا شیشه عبور نمی‌کنند ولی از سایر اجسام با چگالی کمتر به راحتی عبور می‌کنند، هم‌چنین در مقابل منعکس کننده‌ها از خود خواص نور را نشان می‌دهند.

**تبدیل فرکانس در آنتن بشقابی:** امواجی که طول موج آنها در محدوده متر، سانتی متر و میلی متر قرار دارد را امواج مایکروویو و میکروویو می‌نامند. پس از دریافت این امواج و تمرکز آنها در کانون سهمی لازم است امواج به محدوده فرکانسی پایین‌تری تبدیل شود تا بتوان آنها را برای موارد خاص مانند تلویزیون مورد استفاده قرار داد.



شکل ۲۷-۲ بلوک دیاگرام ساده LNB

در شکل ۲۸-۲ چند نمونه LNB و در شکل ۲۹-۲ نمونه‌ی مانند شکل ۲۵-۲ روی کانون سهمی نصب می‌شود. دیگری از LNB و مدار داخل آن را ملاحظه می‌کنید. این LNB



شکل ۲۹-۲ LNB و مدار داخل آن



شکل ۲۸-۲ چند نمونه LNB

## ۱۳-۲- الگوی پرسش

۱- چگونگی توزیع ولتاژ و جریان در آنتن مارکنی را با رسم شکل شرح دهید.

۲- کاربرد آنتن دیپل خمیده را بنویسید.

۳- آنتن با میله فریت را شرح دهید.

۴- آنتن‌های بشقابی در چه فرکانس‌هایی کار می‌کنند؟

۵- طول آنتن دیپل خمیده چه قدر است؟

۶- اجزای تشکیل دهنده آنتن یاگی را نام ببرید.

۷- یک نمونه آنتن یاگی را برای دریافت یکی از

فرکانس‌های VHF به دلخواه طراحی کنید.

۸- موج بر را تعریف کنید.

۹- ساختمان آنتن سهموی (بشقابی) را رسم کنید و اجزای

آن را نام ببرید.

۱۰- بلوک دیاگرام LNB را رسم کنید.

### جورکردنی

۱۱- با خطوط رنگی ستون الف را به طول یا فاصله صحیح

آن در ستون (ب) اتصال دهید.

(الف)	(ب)
رفلکتور	$\lambda / 1$
دیپل تا شده	$\lambda / 51$
اولین دایرکتور	$\lambda / 48$
فاصله دایرکتورها از یکدیگر	$\lambda / 46$

### صحیح یا غلط

۱۲- فریت ماده‌ای با قابلیت نفوذ الکتریکی بسیار زیاد

است.

صحیح  غلط

### چهار گزینه‌ای

۱۳- برای ارسال یا دریافت امواج با فرکانس ۱ تا ۱۰۰

گیگاهرتز از چه نوع آنتنی استفاده می‌کنند؟

۱- یاگی

۲- مارکنی

۳- دو قطبی

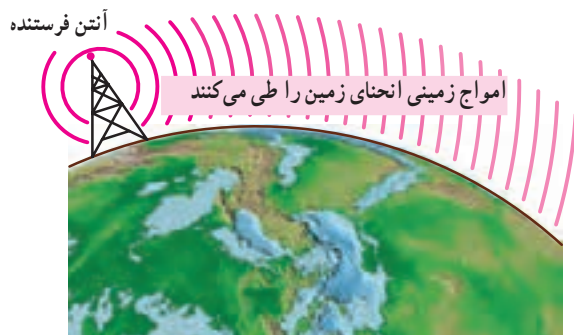
۴- بشقابی

## ۱۴-۲- انتشار امواج رادیویی

امواج رادیویی از مسیرهای متفاوتی فاصله بین فرستنده و گیرنده را طی می‌کنند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: امواج زمینی، امواج آسمانی و امواج فضایی.

### ۱- ۱۴-۲- امواج زمینی (Ground wave): امواج

زمینی امواجی هستند که مسیر حرکتشان در سطح زمین است و انحنای زمین را طی می‌کنند. امواج زمینی به امواج سطحی نیز معروف‌اند. امواج زمینی موقعی وجود دارند که آنتن‌های گیرنده و فرستنده نزدیک سطح زمین باشند (شکل ۳-۲). چون فرکانس این امواج کم است آن را LF می‌نامند. امواج LF به علت اتلاف زیاد انرژی در سطح زمین برای ارسال در مسافت کوتاه به کار می‌روند. یادآور می‌شود که در سطوحی مانند آب دریا، به دلیل کم بودن مقاومت الکتریکی تلفات انرژی کمتر شده و امواج LF مسافت بیشتری را طی می‌کنند. لذا در مخابرات دریایی کاربرد دارد.



شکل ۳-۲- انتشار امواج زمینی

### ۲- ۱۴-۲- امواج آسمانی (Sky wave): انتشار امواج

آسمانی به نوعی انتشار اطلاق می‌گردد که امواج رادیویی منتشر شده در فضا، بعد از برخورد با لایه‌های یونیزه جو (یونسفر) مجدداً به طرف زمین منعکس می‌شوند.

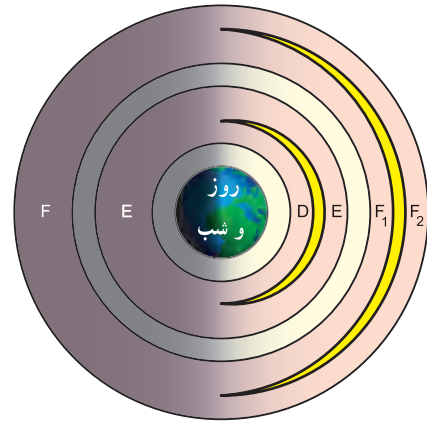
ناحیه یونیزه جو از ۵۰ کیلومتری سطح زمین شروع می‌شود

۱- ارتفاع و ضخامت لایه‌های جو، D و E و F در طول شبانه روز تغییرات غیرخطی دارد و لذا اعداد داده شده تقریبی است.

و تا ارتفاع ۴۰۰ کیلومتری ادامه می‌یابد.

ناحیه یونسفر خود به سه لایه تقسیم بندی شده است، که به ترتیب (ارتفاع) به لایه های D، E، و F معروف اند.

لایه F در طول روز خود به لایه های فرعی مانند  $F_1$  و  $F_2$  تقسیم بندی می‌شود. در شکل ۳۱-۲ چگونگی تقسیم بندی لایه های مختلف یونسفر در طول روز و شب نشان داده شده است. لایه D که موجب جذب امواج رادیویی در محدوده فرکانسی معینی می‌شود در طول شب وجود ندارد.



شکل ۳۱-۲- لایه های یونسفر

لایه D در ارتفاع تقریبی ۵۰ تا ۹۰ کیلومتری قرار دارد و فقط در هنگام روز به وجود می‌آید. اگرچه این لایه به عنوان منعکس کننده امواج ELF و VLF و قسمتی از LF عمل می‌کند ولی نقش عمده‌ای در جذب انرژی دارد و در نتیجه در طول روز موجب تضعیف امواج رادیویی در باند MF و HF می‌شود. لایه E در ارتفاع ۹۰ تا ۱۳۰ کیلومتری قرار دارد و چگالی (دانشسته Density) یون آن در طول روز بسیار بالاتر از هنگام شب است. به همین دلیل است که امواج رادیویی، به هنگام روز، در باند متوسط شدیداً در این لایه تضعیف می‌شوند.

در طول شب امواج باند متوسط با کمترین تضعیف به طرف زمین منعکس می‌شوند.

لایه F که در ارتفاع ۱۳۰ کیلومتر به بالا قرار دارد. در

هنگام روز به دو لایه  $F_1$  و  $F_2$  تقسیم می‌شود به طوری که لایه  $F_1$  در ارتفاع ۱۳۰ کیلومتر تا ۲۱۰ کیلومتر قرار دارد.

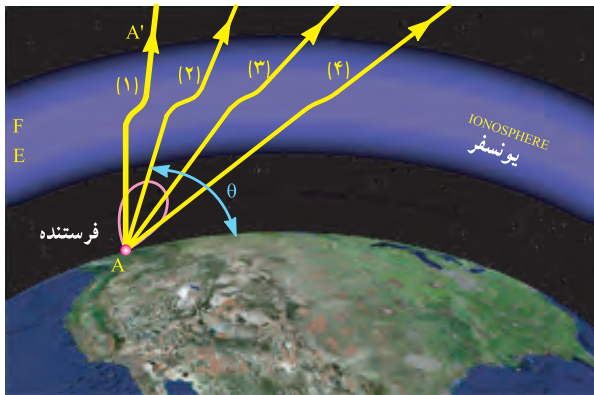
آنچه در پخش صدای موج کوتاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است وجود لایه های E و F است.

انعکاس امواج رادیویی HF در لایه F امکان برقراری ارتباط رادیویی بین نقاط بسیار دور را فراهم می‌سازد.

جهت برقراری یک ارتباط رادیویی بین نقاط A (فرستنده) و B (گیرنده)، از طریق انعکاس لایه F، دو حالت زیر را در نظر

می‌گیریم.

الف) اگر فرکانس از حد معینی (حدود ۳۰ مگاهرتز) بیشتر باشد امواج منعکس نمی‌شود و طبق شکل ۳۲-۲ به طرف  $AA'$  ادامه مسیر خواهد داد.



شکل ۳۲-۲- عبور امواج رادیویی از لایه E و F

ب) اگر فرکانس های منتشر شده از فرستنده در باند MW و SW قرار داشته باشد و موج منتشر شده دارای انرژی کافی باشد و تحت زاویه معینی تابیده شود. در زمانی که لایه D وجود ندارد (طول شب)، امواجی که به لایه E می‌رسند از آن عبور می‌کنند و پس از برخورد با لایه F به طرف زمین منعکس می‌شوند. این امواج در نقطه دیگری از سطح زمین قابل دریافت است (شکل ۳۳-۲).

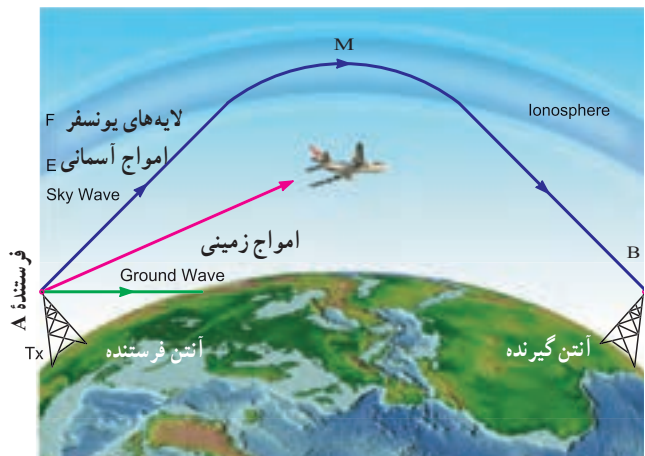
به عبارت دیگر لایه F به عنوان یک آنتن عمل می‌کند. به عنوان مثال امواج منتشر شده از فرستنده A پس از رسیدن به نقطه M منعکس می‌شود و در نقطه B قابل دریافت است.



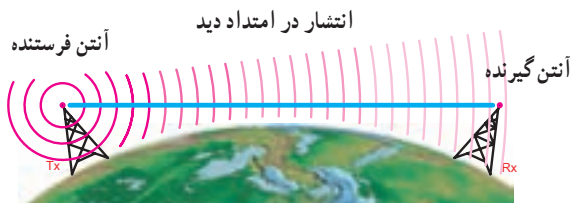
از این امواج در رادیوهای موج کوتاه (SW) استفاده می‌شود.

امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ مگا هرتز قرار دارد (VHF و UHF) دارای مؤلفه فضایی قوی‌اند. از این رو به امواج فضایی معروف‌اند.

انتشار امواج فضایی به انتشار در امتداد دید (Line of sight)، نیز معروف است، چرا که باید فرستنده و گیرنده در دید مستقیم یکدیگر قرار گیرند تا بتوانند ارتباط برقرار کنند. امواج فضایی در تلویزیون استفاده می‌شود. در شکل ۲-۳۴ چگونگی انتشار امواج فضایی آمده است. این امواج از انحنای زمین تبعیت نمی‌کند.



شکل ۲-۳۳- انعکاس امواج رادیویی

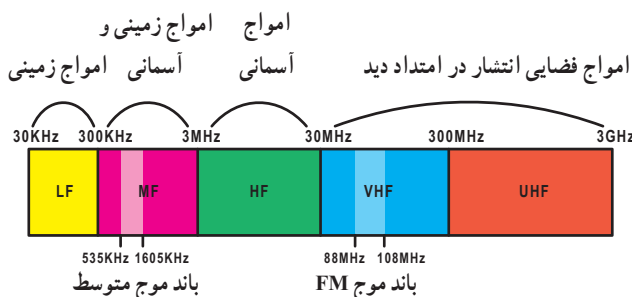


شکل ۲-۳۴- انتشار امواج فضایی

در شکل ۲-۳۵ محدوده فرکانسی امواج رادیویی و نوع انتشار آنها نشان داده شده است.

موج متوسط رادیو (MW) که در محدوده فرکانسی ۵۳۵ کیلو هرتز تا ۱۶۰۵ کیلو هرتز قرار دارد به صورت امواج زمینی و آسمانی منتشر می‌شود. در موج MW، انتشار امواج آسمانی از امواج زمینی ضعیف تر است.

موج FM نیز که در محدوده فرکانس ۸۸ مگا هرتز تا ۱۰۸ مگا هرتز واقع است، به صورت امواج فضایی منتشر می‌شود.



شکل ۲-۳۵- محدوده فرکانسی امواج رادیویی و انتشار آنها

### تحقیق برای هنرجویان علاقه مند

آیا امواج رادیویی برای بدن انسان خطرناک است؟ با جستجو در منابع مختلف تصویر پویا نمایی (انیمیشن) را که نشان دهنده انتشار امواج است پیدا کنید.

### ۲-۱۴-۳- امواج فضایی (space wave): امواج

فضایی به امواجی گفته می‌شود که فاصله بین فرستنده و گیرنده را در ناحیه تروپوسفر زمین طی می‌کنند. تروپوسفر به ناحیه‌ای از آتمسفر گفته می‌شود که از سطح زمین تا ارتفاع ۱۶ کیلومتری آن قرار دارد.

### ۲-۱۵- محدوده فرکانسی امواج رادیویی و نوع انتشار آنها

امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰ KHz تا ۳۰۰ KHz قرار دارد به امواج زمینی معروف‌اند و با LF نشان داده می‌شوند و از آنها در رادیوهای با موج بلند (LW) استفاده می‌شود.

امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰۰ KHz تا ۳ MHz قرار دارد (MF) دارای مؤلفه زمینی قوی و مؤلفه آسمانی ضعیف‌اند. امواجی که فرکانس آنها بین ۳ MHz تا ۳۰ MHz قرار دارد (HF) دارای مؤلفه زمینی ضعیف و مؤلفه آسمانی قوی‌اند.

## ۱۶-۲- پدیده فدینگ (Fading) – محوشدن

اگر امواج زمینی و آسمانی که از یک مرکز فرستنده منتشر می‌شوند همزمان به گیرنده رادیویی برسند ممکن است، در صورت هم‌فاز بودن باعث زیاد شدن صدای بلندگو شوند. این امواج اگر در فاز مخالف باشند باعث ضعیف شدن یا قطع صدای بلندگو می‌شوند. این پدیده به فدینگ معروف است.

## ۱۷-۲- الگوی پرسش

- ۱- FM در چه محدوده‌ای از فرکانس‌های رادیویی قرار دارد؟
- ۲- امواج زمینی کدام‌اند و محدوده فرکانسی آنها چه قدر است؟
- ۳- کدام طبقه آتمسفر روی امواج آسمانی مؤثر است؟
- ۴- چرا انتشار امواج فضایی به «انتشار در امتداد دید» معروف است؟
- ۵- لایه‌های یونسفر را نام ببرید.
- ۶- چگونه تضعیف امواج رادیویی را شرح دهید.

۷- پدیده فدینگ را شرح دهید.

صحیح یا غلط

۸- امواجی که فرکانس آنها بین  $300 \text{ KHz}$  تا  $3 \text{ MHz}$  قرار

دارند دارای مؤلفه زمینی ضعیف و مؤلفه آسمانی قوی هستند.

صحیح  غلط

چهارگزینه‌ای

۹- امواج FM دارای چه نوع پخش‌ی هستند؟

۱- زمینی ضعیف آسمانی قوی

۲- آسمانی

۳- فضایی

۴- زمینی قوی - آسمانی ضعیف

## فعالیت برای هنرجویان علاقه‌مند

بررسی کنید ارتباط رادیویی بین کشتی‌ها در سطح

دریا با چه روش‌هایی صورت می‌گیرد؟



# فصل ۳

## مدولاسیون موج پیوسته (آنالوگ) و انواع آنها

### هدف کلی

### شناخت مفاهیم مدولاسیون و علل استفاده آن در فرستنده های رادیویی

کل زمان اختصاص داده شده به فصل : ۹ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- سیگنال صوتی را شرح دهد..... ۱۰'
- ۲- نحوه انتشار صوت را در هوا توضیح دهد ..... ۱۰'
- ۳- سرعت صوت را توضیح دهد ..... ۵'
- ۴- دلایل استفاده از تقویت کننده را برای انتقال صوت به فواصل دور تشریح کند..... ۱۰'
- ۵- دلایل استفاده نکردن از آمپلی فایر و بلندگو را برای انتقال صوت به فواصل خیلی دور (بین دو شهر) شرح دهد ..... ۱۰'
- ۶- دلایل استفاده نکردن از روش انتشار صوت به صورت امواج الکترومغناطیس از آنتن را، تشریح کند ..... ۱۵'
- ۷- دلایل استفاده از مدولاسیون را شرح دهد ..... ۲۰'
- ۸- مشخصات سیگنال پیام و سیگنال حامل یا کاریر را با ذکر فرمول آن تشریح کند ..... ۲۰'
- ۹- نحوه انجام عمل مدولاسیون را به طور عمومی و کلی تشریح کند ۱۰'
- ۱۰- مدولاسیون را تعریف کند..... ۱۰'
- ۱۱- مدولاسیون AM، FM و PM را تعریف کند و شکل موج آنها را ترسیم کند..... ۴۰'
- ۱۲- معادله موج AM را بنویسد و مشخصات آن را تشریح کند ..... ۲۰'
- ۱۳- شاخص مدولاسیون را در حالات مختلف محاسبه و نتایج آن را بررسی کند..... ۲۰'
- ۱۴- سیگنال های با مدولاسیون کمتر از صددرصد، صددرصد و بیشتر از صددرصد را با یکدیگر مقایسه کند..... ۲۰'
- ۱۵- روش محاسبه درصد مدولاسیون را شرح دهد..... ۱۵'
- ۱۶- طیف فرکانسی سیگنال AM را با سیگنال ساده مقایسه کند..... ۱۰'
- ۱۷- طیف فرکانسی AM را در حوزه فرکانس ترسیم کند..... ۱۰'
- ۱۸- طیف فرکانسی سیگنال AM را با استفاده از سیگنال مربعی و سیگنال صوتی شرح دهد..... ۱۵'
- ۱۹- فرکانس های کناری بالا و پایین را شرح دهد..... ۱۵'
- ۲۰- انواع روش های ارسال در مدولاسیون AM (VSB- ISB-SSB-DSB) را شرح دهد ..... ۱۵'
- ۲۱- توان در سیگنال AM را شرح دهد..... ۱۰'
- ۲۲- توان در سیگنال AM را در انواع روش های ارسال مقایسه کند..... ۱۰'
- ۲۳- پهنای باند سیگنال AM را شرح دهد و انواع آن را محاسبه کند..... ۱۵'
- ۲۴- باند کناری بالا و پایین را توضیح دهد..... ۱۰'
- ۲۵- محدوده فرکانس رادیویی AM تجاری را توضیح دهد..... ۱۰'
- ۲۶- باند محافظ guard band را شرح دهد ..... ۱۰'
- ۲۷- تعداد ایستگاه های رادیویی را، که در یک باند فرکانسی AM تجاری جای می گیرد، بدون باند محافظ و با باند محافظ محاسبه کند ..... ۱۵'
- ۲۸- از نرم افزارها و فیلم های مرتبط برای درک بهتر مفاهیم استفاده کند..... ۲۵'
- ۲۹- در فرایند اجرای آموزش متناسب با شرایط و محتوا، به آزمون های تکوینی، تشخیصی و پایانی پاسخ دهد ..... ۲۵'
- ۳۰- هدف های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز رعایت کند ..... ۲۵'

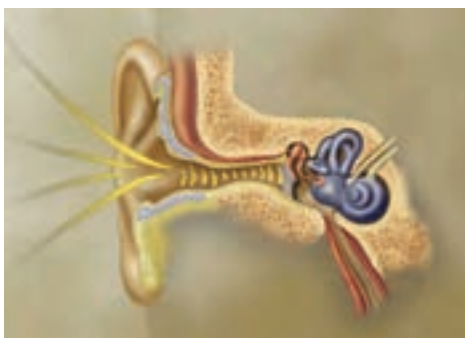
## پیشگفتار

شکل ۲-۳ نحوه انتشار صوت را در هوا و شکل ۳-۳

نحوه پخش امواج صوتی و برخورد ملکول‌های هوا را به پرده گوش نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳ نحوه انتشار صوت در هوا



شکل ۳-۳ نحوه برخورد ملکول‌های هوا به پرده گوش انسان

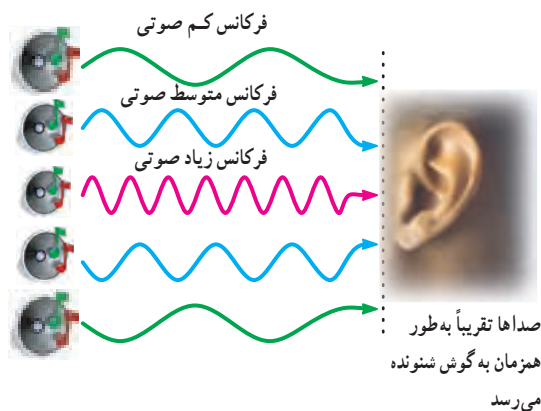
### نکته مهم

توجه داشته باشید که فشردگی ملکول‌های هوا یا باز شدن آنها از یکدیگر سبب انتقال ارتعاشات صوتی به گوش و شنیدن صدا می‌شود. لذا تعیین جهت مثبت یا منفی (نیم سیکل مثبت یا منفی مثلاً یک موج سینوسی) برای فشردگی و باز شدگی فرضی بوده و اثری روی میزان شنوایی ندارد. یعنی باز شدگی یا فشردگی حاصل از یک سیگنال سینوسی یک کیلو هرتزی اثر مشابهی روی گوش انسان می‌گذارد.

همان‌طور که در فصل اول تشریح شد، برای انتشار صوت به فواصل دور نیاز به شرایط و امکانات ویژه‌ای است. در این فصل به بررسی ماهیت صوت و نحوه انتقال آن به فواصل دور می‌پردازیم. سیگنال حامل، انواع مدولاسیون‌ها، ضریب مدولاسیون، علل استفاده از مدولاسیون، طیف فرکانسی سیگنال AM و پهنای باند سیگنال AM از جمله مباحثی است که مورد بررسی اجمالی قرار خواهند گرفت.

### ۳-۱- سیگنال صوتی و نحوه انتقال آن

یکی از مهم‌ترین موج‌هایی که ما در زندگی روزمره با آن سروکار داریم امواج صوتی است. از طریق این موج‌ها با هم گفت‌وگو می‌کنیم، یا با به صدا درآوردن بوق اتومبیل، به عباری که از خیابان عبور می‌کند، هشدار می‌دهیم. امواج صوتی در محدوده فرکانسی ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز قرار دارند. شکل ۳-۱ امواج صوتی با فرکانس‌های کم و متوسط و زیاد را نشان می‌دهد که گوش قادر به شنیدن این امواج است.



شکل ۳-۱ امواج صوتی با فرکانس‌های مختلف

برای انتشار امواج صوتی نیاز به محیطی مادی مانند هوا داریم. در واقع امواج صوتی ارتعاشات مکانیکی‌اند. این ارتعاشات از طریق ارتعاش ملکول‌های هوا از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل می‌شوند.

نوسان‌های ملکول‌های هوا از طریق حفره گوش به پرده گوش برخورد می‌کند و صدا شنیده می‌شود. هر قدر شدت صوت بیشتر باشد ارتعاشات قوی‌تر و صدا بلندتر است.

## ۳-۲- سرعت صوت

۳۴۰ متر در ثانیه در نظر گرفته می‌شود. F فرکانس صوت برحسب هرتز است.



شکل ۳-۵- انتشار امواج در آب

### مثال ۳-۱

برای کمترین و بیشترین فرکانس صوتی (AF) طول موج را محاسبه کنید.

برای کمترین فرکانس صوتی

$$\lambda_1 = \frac{V}{F_1} = \frac{340 \text{ m/sec}}{20 \text{ Hz}} = 17 \text{ m}$$

برای بیشترین فرکانس صوتی

$$\lambda_2 = \frac{V}{F_2} = \frac{340 \text{ m/sec}}{20,000 \text{ Hz}} = 17 \text{ mm}$$

### ۳-۳- انتقال صوت به فواصل دور توسط سیم یا کابل

فیزیولوژی حنجره انسان به گونه‌ای است که نمی‌تواند دامنه حاصل از تارهای صوتی را از حد معینی افزایش دهد. این محدودیت باعث می‌شود که برای انتقال صوت به فواصل دور (حدوداً تا ۵۰۰ متری) از دستگاه‌های تقویت کننده (آمپلی فایر) استفاده کنند. برای انتقال صوت از دستگاه آمپلی فایر به بلندگو به خط انتقال نیاز داریم. خط انتقالی که برای این منظور به کار می‌رود سیم یا کابل است (شکل ۳-۶). استفاده از سیم یا کابل برای انتقال صوت به فواصل دور موجب افت ولتاژ و توان در مسیر می‌شود. از طرف دیگر به دلایل متعدد کاربرد این سیستم مقرون به صرفه نیست و در پاره‌ای از موارد ناممکن است. بدین ترتیب، در صورتی که پیام مورد نظر یک سیگنال صوتی باشد نمی‌توان آن را به فواصل خیلی دور (بین دو شهر) منتقل کرد زیرا:

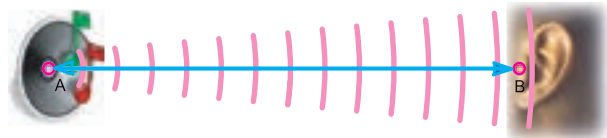
الف- تلفات توان و افت ولتاژ زیاد می‌شود.

سرعت انتشار امواج در یک محیط به ویژگی‌های محیط انتشار موج بستگی دارد. سرعت صوت نیز به ویژگی‌های فیزیکی محیطی که صوت در آن منتشر می‌شود وابسته است. صوت علاوه بر گازها در مایعات و جامدات نیز منتشر می‌شود. سرعت صوت در هوا در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۳۴۳ متر بر ثانیه و در هوای صفر درجه سانتی‌گراد ۳۳۱ متر بر ثانیه است. سرعت صوت در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۱۴۹۸ متر بر ثانیه و در آهن ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر بر ثانیه است. در جدول ۳-۱ سرعت صوت در هوا و سایر اجسام را مشاهده می‌کنید.

جدول ۳-۱- سرعت صوت در اجسام مختلف

واحد	سرعت صوت	محیط انتشار صوت
m/sec	۳۳۱	هوای صفر درجه سانتی‌گراد
m/sec	۳۴۳	هوا در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد
m/sec	۱۴۹۸	آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد
m/sec	۶۰۰۰ تا ۵۰۰۰	آهن

اگر سرعت حرکت صوت در هوا را حدود ۳۴۰ متر بر ثانیه در نظر بگیریم، چنان‌چه صوتی در نقطه A تولید شود، پس از یک ثانیه در فاصله ۳۴۰ متری شنیده می‌شود. در شکل ۳-۴ نحوه انتشار صوت در هوا نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- نحوه انتشار صوت در هوا

انتشار صوت در هوا را می‌توان به انتشار امواج در آب تشبیه کرد.

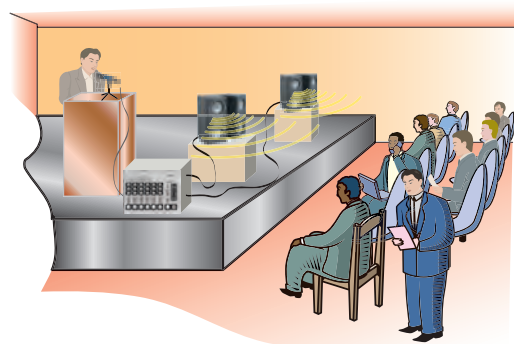
شکل ۳-۵ انتشار امواج را در آب نشان می‌دهد.

طول موج برای امواج صوتی از رابطه  $\lambda = \frac{V}{F}$  به دست می‌آید. در این رابطه V سرعت سیر صوت است که در هوا حدود

ب - به سبب طولانی بودن کابل، سیستم آسیب پذیرتر می شود.

ج - هزینه نصب و راه اندازی، تعمیرات و نگهداری آن زیاد است.

د - چون پیام پس از انتقال به وسیله بلندگو پخش می شود برای همه قابل استفاده است و نمی تواند محرمانه باشد. در ضمن اگر صوت به صورت مستقیم در فضا پخش شود موجب آزار مردم می شود و آلودگی صوتی را به وجود می آورد.



شکل ۳-۶ - انتشار صوت از طریق دستگاه تقویت کننده، کابل و بلندگو برای فواصل دور

### ۳-۴ - الگوی پرسش

تشریحی :

۱- در صورتی که فرکانس صوت برابر با ۶ کیلوهرتز باشد طول موج آن را حساب کنید.

۲- امواج صوتی به چه صورت به گوش انسان می رسد؟ شرح دهید.

۳- چه عاملی سبب می شود صدا را بلندتر بشنویم؟

۴- سرعت صوت تقریباً چه قدر است؟

۵- به چه دلیل برای انتقال صوت به فواصل دور باید از آمپلی فایر استفاده کرد؟

۶- چند مثال برای محاسبه طول موج صداهایی با فرکانس مختلف طراحی و آن را حل کنید.

۷- چرا نمی توان برای انتقال صوت به فواصل خیلی دور (بین دو شهر) از آمپلی فایر و بلندگو استفاده کرد؟ شرح دهید.

### صحیح یا غلط

۸- صوت برای انتشار به محیط مادی نیاز دارد.

صحیح  غلط

### چهار گزینه ای

۹- طول موج صوت با سرعت  $340 \text{ m/sec}$  و فرکانس

$8/5 \text{ KHZ}$  چند سانتی متر است؟

۴ (۱)      ۲۰ (۲)

۰/۴ (۳)      ۰/۰۰۴ (۴)

### ۵-۳- انتقال سیگنال صوتی به فواصل دور توسط امواج الکترومغناطیسی

به نظر می رسد که ساده ترین روش برای انتقال سیگنال های صوتی به فواصل دور تبدیل آن به امواج الکترومغناطیس و انتشار آن از طریق آنتن باشد.

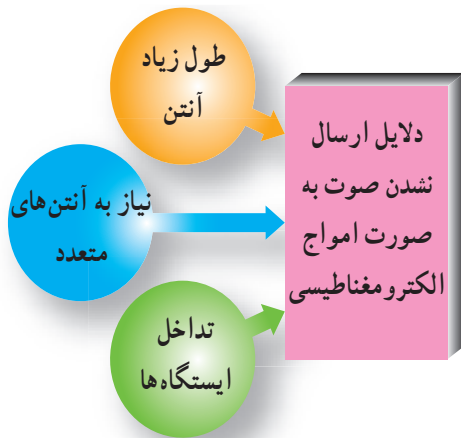
در صورتی که بتوانیم امواج صوتی را مانند شکل ۷-۳ به امواج الکترومغناطیسی تبدیل کنیم و آن را در فضا انتشار دهیم، به دلایل زیر امکان انتقال صوت به مسافت های دور به صورت امواج الکترومغناطیسی امکان پذیر نیست.

آیا این امر امکان پذیر است؟



شکل ۷-۳- تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیسی

خوب گوش دادن یک هنر است، سعی کنید خوب گوش دهید تا مطالب درسی را به آسانی یاد بگیرید.



شکل ۸-۳- موانع مربوط به انتشار صوت به وسیله امواج الکترومغناطیسی

پس با توجه به موارد بالا نتیجه می گیریم که هرگز نمی توان سیگنال صوتی را به طور مستقیم در فضا انتشار داد. پس چه باید کرد؟ چگونه اولین پیام انسانی را که صداست به فواصل دور منتقل کنیم؟

آیا هرگز فکر کرده اید که اگر انسان بخواهد فاصله بین تهران تا مشهد را پیاده طی کند چه مدت طول می کشد؟ با یک محاسبه ساده اگر سرعت راه رفتن را ۵ کیلومتر در ساعت و فاصله تهران تا مشهد را ۹۶۰ کیلومتر در نظر بگیریم زمان مورد نیاز برابر است با:

$$\text{زمان مسافت با پای پیاده} = \frac{\text{فاصله}}{\text{سرعت}}$$

$$= \frac{960 \text{ Km}}{5 \text{ Km/H}} = 192 \text{ ساعت} = 8 \text{ شبانه روز}$$

حال اگر این فاصله را با اتومبیل طی کنیم و سرعت متوسط اتومبیل ۶۰ کیلومتر در ساعت باشد زمان مورد نیاز برابر خواهد شد با:

$$\text{ساعت} = 16 = \frac{\text{فاصله}}{\text{سرعت}} = \frac{960 \text{ Km}}{60 \text{ Km/H}}$$

در صورتی که فاصله مزبور را با هواپیمایی طی کنیم که سرعت آن ۶۰۰ کیلومتر در ساعت باشد، در حدود ۱/۵ ساعت طول می کشد تا به مقصد برسیم. مشاهده می شود که سرعت وسیله نقلیه زمان جابه جایی را کم می کند. بنابراین، انتخاب وسیله نقلیه از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

اگر وسیله نقلیه را امواج الکترومغناطیسی در نظر بگیریم، با

الف- فرکانس امواج صوتی کم و طول موج آنها بسیار زیاد است، بنابراین پس از تبدیل این امواج به امواج الکترومغناطیسی، انتشار آنها از آنتن بسیار سخت و تقریباً غیرممکن است. مثال ۲-۳ بیان گر این مسئله است.

ب- در صورتی که انتشار امواج صوتی از آنتن ممکن باشد، برای انتشار نیاز به آنتن بسیار بلند است.

در مثال ۲-۳ طول آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  برای امواج صوتی الکترومغناطیسی در فرکانس ۲۰ کیلوهرتز محاسبه شده است.

### مثال ۲-۳

در صورتی که بخواهیم سیگنال صوتی با فرکانس ۲۰

کیلوهرتز را با استفاده از آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  منتشر کنیم، طول آنتن چه قدر می شود؟

### پاسخ:

امواج الکترومغناطیسی که از آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  پخش می شوند دارای سرعت سیری حدوداً برابر با سرعت نورند. بنابراین از رابطه  $\lambda = \frac{C}{F}$  استفاده می کنیم.

$$\text{طول موج} = \lambda = \frac{C}{F} = \frac{300000 \text{ km/s}}{20000 \text{ Hz}} = 15 \text{ km} = 15000 \text{ m}$$

$$\text{طول آنتن} = La = \frac{\lambda}{4} = \frac{15000}{4} = 3750 \text{ متر}$$

مهار کردن و نگهداری آنتنی به بلندی ۳۷۵۰ متر تقریباً ناممکن است.

ج- با فرض این که بتوان آنتن بلند را مورد استفاده قرار داد، به دلیل این که صوت، ترکیبی از فرکانس های مختلف است، نیاز به آنتن های متعدد با طول های متفاوت دارد. مثلاً برای فرکانس ۲۰ کیلوهرتز نیاز به آنتنی به طول ۳۷۵۰ متر و برای فرکانس ۲۰ هرتز نیاز به آنتنی به بلندی ۳۷۵۰ کیلومتر است.

د- در صورتی که نیاز به آنتن های متعدد را نیز بپذیریم، در هر منطقه بیش از یک ایستگاه رادیویی نمی توانیم داشته باشیم. چرا که به دلیل مشابهت طیف فرکانسی صوت انسان ها با یکدیگر، تداخل به وجود می آید و صداها با هم مخلوط می شود. در شکل ۳-۸ موارد بالا به طور خلاصه و با تصویر نشان داده شده است.



## ۶-۳- الگوی پرسش

تشریحی :

۱- چرا امواج صوتی را مستقیماً نمی‌توان به امواج الکترومغناطیسی تبدیل کرد؟

۲- در صورتی که انتشار امواج صوتی از آنتن به صورت مستقیم میسر باشد، به چه دلیل نیاز به آنتن‌های متعدد داریم؟  
محاسباتی :

۳- اگر صوت به صورت امواج الکترومغناطیس در فضا انتشار یابد مسافت  $60 \text{ km}$  را در چه مدتی طی می‌کند؟

۴- در صورتی که فرکانس آنتن صوتی برابر با  $3 \text{ kHz}$  باشد طول آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  برای انتشار آن چه قدر است؟  
کامل کردنی :

۵- سرعت امواج الکترومغناطیس حدود..... متر بر..... است.

۶- سیگنال مدوله کننده سیگنال ..... و سیگنال مدوله شونده سیگنال ..... است.

### چهارگزینه‌ای

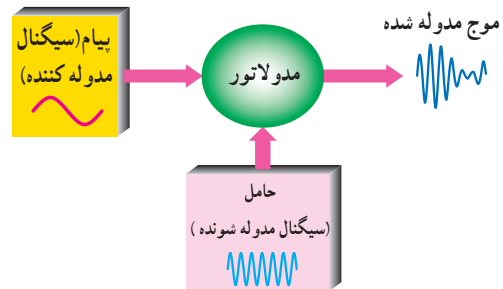
۷- صوت با سرعت  $340 \text{ m/sec}$  مسافت  $1360 \text{ m}$  متر را در چند ثانیه طی می‌کند؟

۱ (۱)    ۲ (۲)    ۳ (۳)    ۴ (۴)

توجه به این که سرعت امواج الکترومغناطیسی حدوداً برابر با سرعت نور است، زمان طی شده توسط این امواج به فاصله دور مثلاً  $960 \text{ km}$  کیلومتر، بسیار کوتاه خواهد شد.

$$\text{زمان طی شده توسط امواج الکترومغناطیسی} = \frac{\text{فاصله}}{\text{سرعت}} = \frac{960 \text{ km}}{300000 \text{ km/sec}} = 320 \mu\text{s}$$

پس اگر سیگنال صوتی را روی سیگنال دیگری که به عنوان وسیله نقلیه استفاده می‌شود سوار کنیم و به صورت امواج الکترومغناطیسی در فضا پخش کنیم اشکالات مربوط به ارسال مستقیم برطرف می‌شود. به این عمل در اصطلاح عمومی مدولاسیون (Modulation) می‌گویند. سیگنال پیام را سیگنال مدوله کننده (Modulating signal) می‌گویند. سیگنالی که پیام روی آن سوار می‌شود سیگنال حامل، (carrier) یا سیگنال مدوله شونده (Modulation signal) نام دارد. به مدار یا دستگاهی که این عمل را انجام می‌دهد، مدولاتور (Modulator) می‌گویند. شکل ۹-۳ نحوه انجام مدولاسیون را به صورت بلوکی نشان می‌دهد.



شکل ۹-۳- بلوک دیاگرام نحوه انجام مدولاسیون

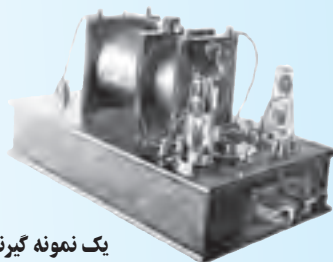


لی دوفارست

برای کسب اطلاعات بیشتر به سایت دانشمندان مراجعه کنید.

### مخترعین

لی دوفارست Lee De Forest در سال ۱۸۷۳ در آمریکا به دنیا آمد، او در طول زندگی خود که ۸۷ سال طول کشید، بیش از ۳۰۰ مورد اختراع داشته که یکی از آنها لامپ تریود خلأ است. همچنین او مخترع اولین گیرنده رادیویی است. این دانشمند در سال ۱۹۶۱ چشم از جهان فرو بست.



یک نمونه گیرنده



نمونه‌ای از گیرنده‌های

اولیه رادیویی

دو نمونه گیرنده رادیویی ساخته شده توسط دوفارست

### ۳-۷- مزایای استفاده از سیگنال RF به عنوان حامل

در قسمت‌های قبل گفتیم که به دلایل متعدد امکان انتشار سیگنال صوتی به طور مستقیم از آنتن وجود ندارد. حال می‌خواهیم ببینیم آیا استفاده از سیگنال RF مشکلات را حل می‌کند؟  
الف- اشاره شد که به علت کم بودن فرکانس امواج صوتی نیاز به آنتن‌های طویل است؛ در صورتی که به دلیل بالا بودن فرکانس‌های RF طول آنتن کم می‌شود.

#### مثال ۳-۳

در صورتی که فرکانس حامل برابر با  $10^6$  مگاهرتز باشد، طول آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  را به دست آورید.

#### پاسخ

$$\lambda = \frac{C}{F} = \frac{300000000 \times 10^3 \text{ m/s}}{100 \times 10^6 \text{ Hz}} = 3 \text{ متر}$$

$$La = \frac{\lambda}{4} = \frac{3}{4} = 0.75 \text{ m} = 75 \text{ سانتی متر}$$

مثال ۳-۳ را با مثال ۳-۲ مقایسه کنید. در مثال ۳-۲ برای انتشار مستقیم سیگنال صوتی نیاز به آنتنی به طول  $375^\circ$  متر است؛

#### جدول ۳-۲- مزایای استفاده از سیگنال RF به عنوان حامل

انتشار با استفاده از سیگنال RF	انتشار مستقیم
۱- به سبب زیاد بودن فرکانس، طول آنتن به شدت کاهش می‌یابد.	۱- به سبب کم بودن فرکانس سیگنال صوتی نیاز به آنتن طویل است.
۲- استفاده از سیگنال RF به عنوان عامل اصلی انتشار، وابستگی طول آنتن به فرکانس‌های صوتی را از بین می‌برد.	۲- به علت تعدد فرکانس‌های صوتی و وسیع بودن محدوده فرکانسی صوتی به آنتن‌های متعدد نیاز است.
۳- با استفاده از سیگنال‌های حامل متفاوت می‌توان چندین ایستگاه رادیویی در یک منطقه دایر کرد.	۳- به سبب مشابه بودن باند فرکانس صوتی نمی‌توان بیش از یک ایستگاه رادیویی در منطقه داشت.

### ۳-۸- الگوی پرسش

#### صحیح یا غلط

۱- استفاده از سیگنال RF به عنوان حامل سبب کاهش طول آنتن و افزایش ایستگاه رادیویی در منطقه می‌شود.

صحیح  غلط

#### تشریحی

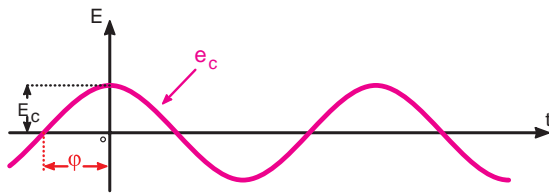
۲- مزایای استفاده از سیگنال RF را به عنوان حامل

بیان کنید.

### خلاقیت بسازید و جایزه بگیرید

با استفاده از دورریزها و وسایل معمولی موجود در خانه، دستگاهی بسازید که بدون استفاده از الکتریسیته و مشابه تلفن صدا را به فاصله  $10^\circ$  تا  $20^\circ$  متری انتقال دهد.





$$e_c = E_c \sin(2\pi F_c t + \phi)$$

E<sub>c</sub> = E<sub>c</sub> sin ( 2 π F<sub>c</sub> t + φ )

دامنه لحظه‌ای
دامنه ماکزیمم
فرکانس
فاز

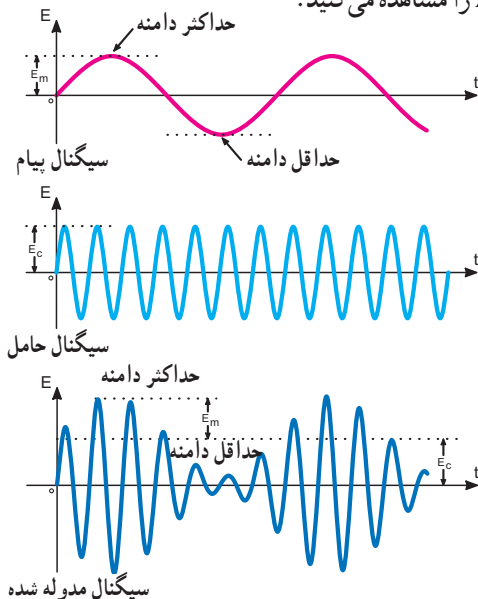
شکل ۱-۳- مشخصه‌های اصلی سیگنال حامل و معادله موج

### ۲-۹-۳- تعریف مدولاسیون: مدولاسیون عبارت است از

کنترل یکی از مشخصه‌های اصلی حامل توسط پیام، به طوری که گیرنده بتواند اطلاعات ارسال شده، از قبیل صوت، موسیقی و... را مجدداً بازسازی کند. چون سیگنال حامل یک سیگنال سینوسی با فرکانس بالا است، بنابراین می‌توان سه مشخصه دامنه، فاز و فرکانس را با سیگنال پیام، تحت کنترل درآورد و در صورت نیاز آن را بازسازی کرد. بنابراین سه نوع مدولاسیون دامنه، فاز و فرکانس شکل می‌گیرد.

### ۳-۹-۳- مدولاسیون دامنه: در مدولاسیون دامنه

(Amplitude Modulation)، فرکانس موج حامل (کاربر) ثابت است و دامنه حامل متناسب با دامنه پیام (موج مدوله کننده) تغییر می‌کند. سرعت تکرار تغییرات دامنه حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون دامنه را به اختصار به صورت AM می‌نویسند. در شکل ۱۱-۳ سیگنال پیام سینوسی، سیگنال حامل سینوسی و سیگنال مدوله شده AM را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱-۳- سیگنال AM

### ۳- شکل موج سیگنال پیام سینوسی و حامل را ترسیم و

با هم مقایسه کنید.

### ۴- به چه دلیل باید فرکانس حامل را زیاد انتخاب کرد؟

محاسباتی:

### ۵- در صورتی که فرکانس حامل برابر با ۱۲۰۰ کیلوهرتز

باشد، طول آنتن  $\frac{\lambda}{4}$  را به دست آورید.

### ۶- چند مثال دیگر برای محاسبه طول آنتن در محدوده

باند فرکانس FM طراحی و حل کنید.

### ۳-۹-۳- چگونگی عمل مدولاسیون (modulation)

مثالی را در مورد مسافرت انسان با استفاده از روش‌های مختلف بیان کردیم. این مثال فقط جهت درک بهتر مطلب عنوان شده بود. عمل مدولاسیون در مقایسه با مسافرت انسان عملی کاملاً متفاوت است. هنگامی که انسان در مبدأ سوار هواپیما می‌شود، در زمان سوار شدن هیچ تغییری در ماهیت او پدید نمی‌آید. در مقصد نیز بدون تغییر در ذات و ماهیت از هواپیما پیاده می‌شود. در صورتی که در مدولاسیون، همواره شکل سیگنال ارسالی با سیگنال حامل و پیام کاملاً متفاوت است؛ به عبارت دیگر، در هنگام انجام مدولاسیون یکی از مشخصه‌های سیگنال حامل متناسب با پیام تغییر می‌کند.

### ۱-۹-۳- مشخصه‌های سیگنال حامل:

معمولاً به دو صورت مربعی یا سینوسی تولید می‌شود. در فرستنده‌های محلی معمولاً از سیگنال سینوسی به عنوان حامل استفاده می‌کنند. بنابراین بحث ما بیشتر درباره‌ی حامل سینوسی خواهد بود. می‌دانیم که هر سیگنال سینوسی دارای سه مشخصه اصلی به شرح زیر است:

- ۱- دامنه Amplitude
- ۲- فرکانس Frequency
- ۳- فاز Phase

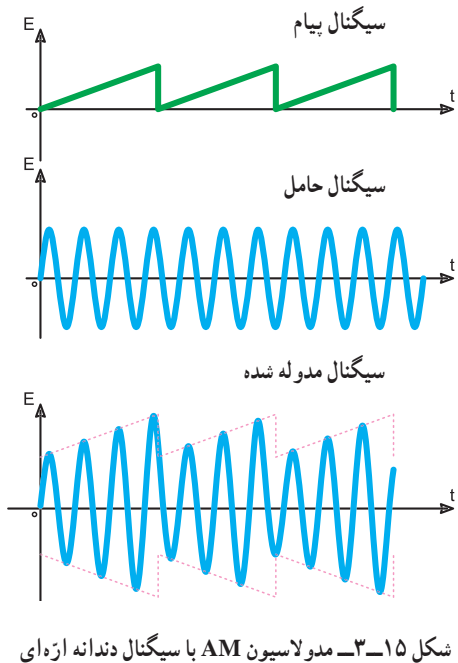
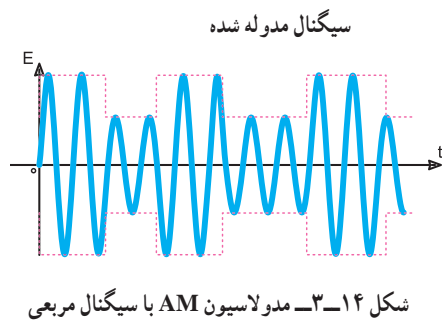
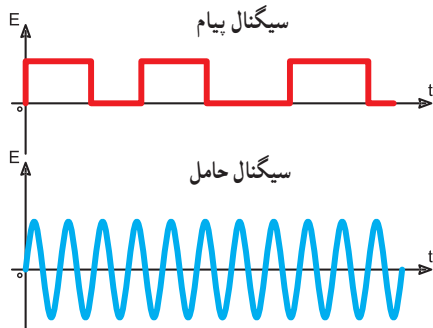
در شکل ۱-۳ سیگنال حامل را با ذکر معادله موج و

مشخصه‌های اصلی آن مشاهده می‌کنید.

## آزمایشگاه مجازی مربی محترم

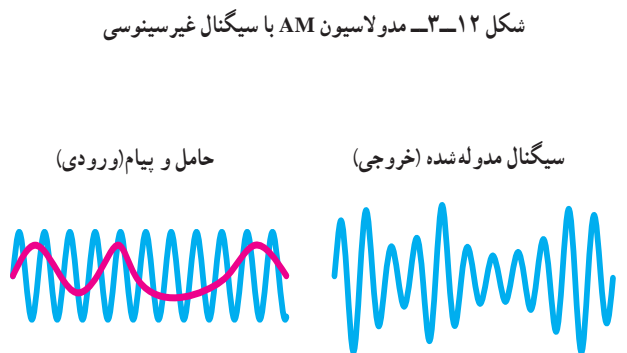
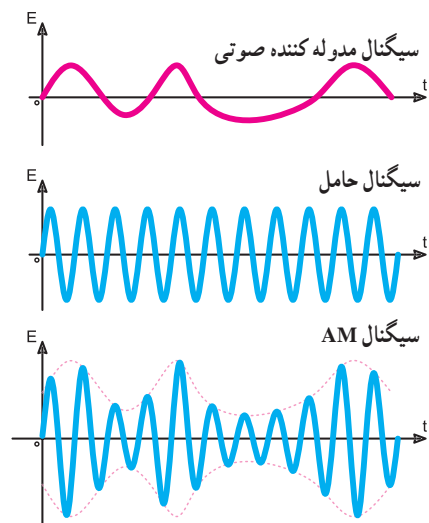
توصیه می‌شود، به منظور تسهیل در آموزش و سرعت دادن به فرآیند یاددهی و یادگیری، با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم یا هر نوع نرم‌افزار مشابه دیگر، مدولاسیون AM را شبیه‌سازی کنید و آن را به هنرجویان نشان دهید.

در شکل‌های ۳-۱۴ و ۳-۱۵ پیام‌های مربعی و دندانه‌اره‌ای که به صورت AM روی حامل سینوسی مدوله شده‌اند نشان داده شده است.



شکل‌های ۳-۱۶ الف و ب، نشان می‌دهد که سرعت تغییرات دامنه حامل به فرکانس پیام بستگی دارد. شکل (الف) موج پیام را با پریود ۸ میلی ثانیه (فرکانس

در شکل‌های ۳-۱۲ و ۳-۱۳ دو نوع پیام غیر سینوسی و حامل سینوسی و موج مدوله شده AM مربوط به آنها را مشاهده می‌کنید.



### ۱۰-۳- معادله موج AM

اگر پیام و حامل را به صورت موج سینوسی در نظر بگیریم معادله پیام و حامل به صورت معادله ۱-۳ و ۲-۳ است.

$$e_m = E_m \sin \omega_m t \quad ۳-۱$$

$$e_c = E_c \sin \omega_c t \quad ۳-۲$$

توجه داشته باشید که زاویه فاز در هر دو معادله حذف شده است، زیرا مقدار فاز در اثر مدولاسیون دامنه، تغییر نمی‌کند، لذا با حذف آن از پیچیدگی معادله کاسته شده است.

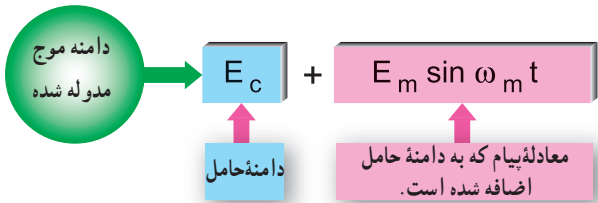
برای به دست آوردن معادله موج مدوله شده AM باید معادله پیام روی دامنه حامل اثر بگذارد. لذا در معادله موج حامل که به صورت  $e_c = E_c \sin \omega_c t$  است معادله پیام فقط با  $E_c$  جمع می‌شود و دامنه حامل جدیدی را به صورت

$$E'_c = E_c + E_m \sin \omega_m t \quad (\text{شکل ۱۷-۳}).$$

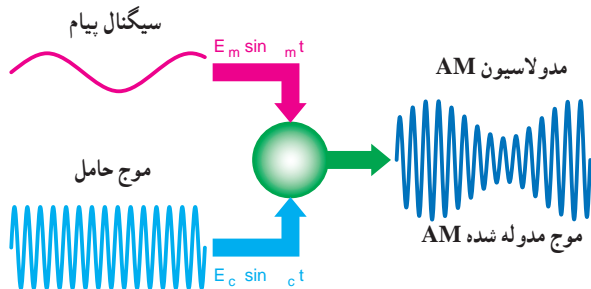
لذا معادله موج مدوله شده به صورت معادله ۳-۳ در می‌آید.

$$e_{\text{mod}} = (E_c + E_m \sin \omega_m t) \cdot \sin \omega_c t \quad ۳-۳$$

در شکل ۱۸-۳ سیگنال پیام و سیگنال حامل و موج مدوله شده را مشاهده می‌کنید.



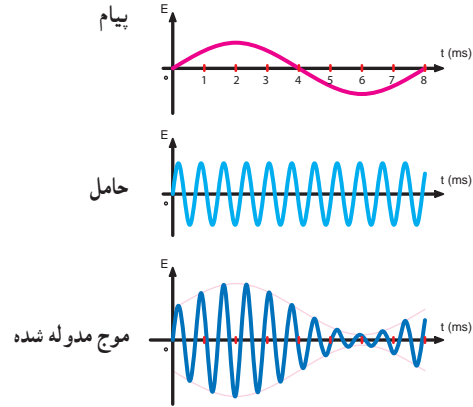
شکل ۱۷-۳- بلوک دیاگرام حاصل جمع دامنه موج حامل با پیام



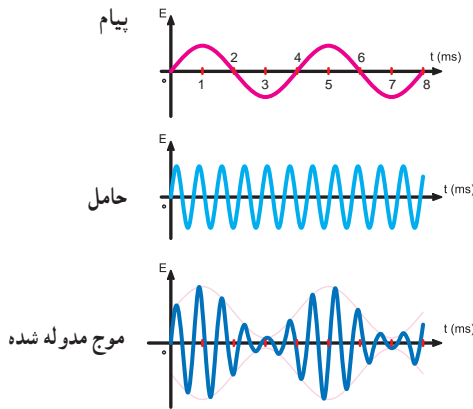
شکل ۱۸-۳- سیگنال‌های پیام، حامل و موج مدوله شده

۱۲۵ هرتز) نشان می‌دهد که روی حامل سینوسی به صورت AM مدوله شده است.

شکل (ب) پیام را با پریود ۴ میلی‌ثانیه (فرکانس ۲۵۰ هرتز) نشان می‌دهد که روی حامل سینوسی به صورت AM مدوله شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود سرعت تغییرات دامنه موج حامل در شکل ۱۶-۳، دو برابر سرعت تغییرات دامنه موج حامل در شکل ۱۶-۳ الف، است.



الف) فرکانس پیام ۱۲۵ هرتز

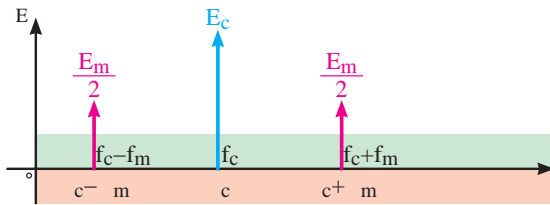


ب) فرکانس پیام ۲۵۰ هرتز

شکل ۱۶-۳- تأثیر فرکانس پیام روی موج مدوله شده AM

## آزمایشگاه مجازی مربی محترم

توصیه می‌شود، با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم یا سایر نرم‌افزارهای مرتبط انواع مدولاسیون را با استفاده از شکل موج‌های مختلف شبیه‌سازی کنید و به هنرجویان نشان دهید.



شکل ۱۹-۳ طیف موج مدوله شده AM

فرکانس مجموع حامل و پیام (فرکانس کناری

$$f_c + f_m = \text{بالا}$$

فرکانس تفاضل حامل و پیام (فرکانس کناری

$$f_c - f_m = \text{پایین}$$

معادله هریک از سیگنال‌ها در مقابل آنها نوشته شده است. مشاهده می‌شود دامنه سیگنال حامل دقیقاً با پیام تغییر کرده است: در صورت حل معادله ۳-۳ به این نتیجه می‌رسیم که طیف موج مدوله شده AM با سیگنال سینوسی خالص شامل فرکانس‌های حامل، مجموع فرکانس حامل و پیام و تفاضل آن دو است. لذا طیف فرکانس موج AM با پیام سینوسی خالص به صورت شکل ۱۹-۳ خواهد بود. با استفاده از دستگاه طیف‌نما می‌توانید این طیف فرکانسی را مشاهده کنید.

$$e_{\text{mod}} = (E_c + E_m \sin \omega_m t) \cdot \sin \omega_c t \quad 3-4$$

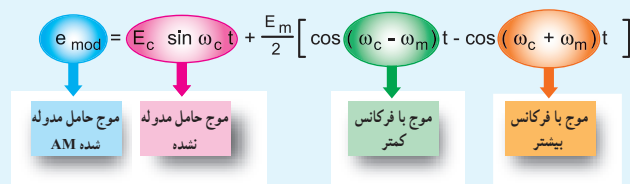
$$e_{\text{mod}} = E_c \sin \omega_c t + E_m \sin \omega_m t \sin \omega_c t$$

با توجه به رابطه مثلثاتی

$$\sin x \cdot \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x - y) - \cos(x + y)]$$

می‌توان معادله موج مدوله شده را به صورت زیر نشان داد:

$$e_{\text{mod}} = E_c \sin \omega_c t + \frac{E_m}{2} [\cos(\omega_c - \omega_m)t - \cos(\omega_c + \omega_m)t] \quad 3-5$$



مشاهده می‌شود معادله موج مدوله شده AM شامل سه قسمت است.

الف) موج حامل مدوله نشده (ب) یک موج با فرکانس کمتر برابر  $\omega_c - \omega_m$

ج) یک موج با فرکانس بیشتر برابر  $\omega_c + \omega_m$

به این فرکانس‌ها، فرکانس‌های جانبی بالا و پایین گویند.

## آزمایشگاه مجازی

### مربی محترم

توصیه می‌شود، با استفاده از نرم افزار مولتی سیم یا هر نوع نرم افزار دیگر، طیف فرکانسی AM را روی دستگاه طیف‌نمای موجود در نرم افزار شبیه‌سازی کنید و برای هنرجویان نمایش دهید.

## فکر کنید:

آیا مقدار  $m$  از رابطه  $\frac{b-a}{b+a}$  قابل محاسبه است؟ نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

## پاسخ

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، دامنه حامل برابر با  $5^\circ$  ولت و دامنه پیام برابر با  $3^\circ$  ولت است. در اثر مدولاسیون دامنه حامل در نیم سیکل مثبت پیام از  $5^\circ$  ولت به  $5^\circ + 3^\circ = 8^\circ$  ولت افزایش و در نیم سیکل منفی از  $5^\circ$  ولت به  $5^\circ - 3^\circ = 2^\circ$  ولت کاهش می‌یابد؛ به عبارت دیگر سیگنال پیام به طور لحظه‌ای با دامنه حامل جمع می‌شود. بنابراین، داریم:

$$E_c = 5^\circ \text{ V} \quad \text{دامنه حامل}$$

$$E_m = 3^\circ \text{ V} \quad \text{دامنه پیام}$$

$$m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{3^\circ}{5^\circ} = 0.6 \quad \text{ضریب مدولاسیون}$$

**توجه:** دامنه حامل و پیام را می‌توانید برحسب پیک، پیک توپیک یا مؤثر قرار دهید. دقت کنید اگر  $E_c$  را برحسب پیک انتخاب کردید باید  $E_m$  نیز برحسب پیک انتخاب شود.

## مثال ۳-۵

درصد مدولاسیون را برای شکل  $3-2^\circ$  در مثال  $3-4$  به دست آورید:

$$M = m_p = \frac{E_m}{E_c} \times 100$$

$$M = m_p = \frac{3^\circ}{5^\circ} \times 100 = 60\%$$

– در صورتی که علاوه بر سیگنال پیام، سیگنال دیگری روی موج حامل سوار شود حالت مدولاسیون تداخلی یا inter modulation رخ می‌دهد که برای سیگنال مدوله شده اشکال به وجود می‌آورد. به طور کلی برای مدولاسیون سه درجه بندی به شرح زیر تعریف می‌شود.

– مدولاسیون کمتر از صد درصد

less than hundred percent modulation

## ۳-۱۱-۱ شاخص و درصد مدولاسیون: (Modulation index)

**۳-۱۱-۱-۱- تعریف شاخص مدولاسیون:** نسبت دامنه سیگنال پیام به سیگنال حامل را شاخص مدولاسیون یا ضریب مدولاسیون می‌نامند. اگر دامنه ماکزیم حامل  $E_c$  و دامنه ماکزیم پیام  $E_m$  باشد، شاخص مدولاسیون برابر است با:

$$m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{\text{دامنه پیام}}{\text{دامنه حامل}} = \text{شاخص مدولاسیون} \quad 3-6$$

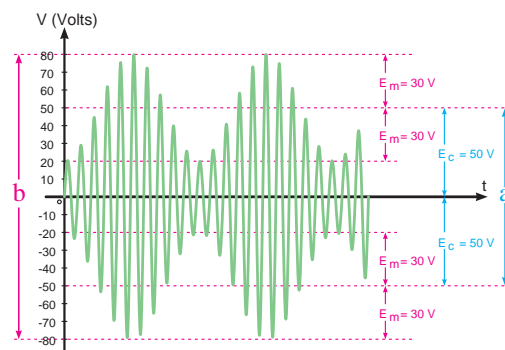
## ۳-۱۱-۲ درصد مدولاسیون

**(Percent of Modulation):** چون ضریب مدولاسیون در عمل کوچک تر از واحد انتخاب می‌شود، برای سادگی در محاسبات معمولاً آن را برحسب درصد مدولاسیون بیان می‌کنند. درصد مدولاسیون را با  $M$  یا  $m_p$  نشان می‌دهند (رابطه  $3-7$ ).

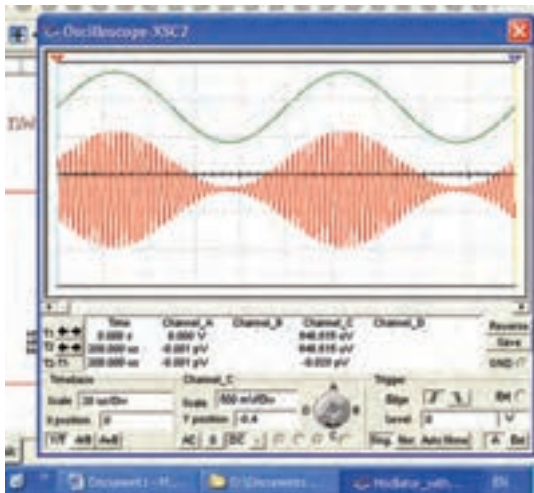
$$M = m_p = \frac{E_m}{E_c} \times 100 \quad 3-7$$

## مثال ۳-۴

ضریب مدولاسیون را با توجه به شکل  $3-2^\circ$  به دست آورید.



شکل  $3-2^\circ$  – محاسبه ضریب مدولاسیون

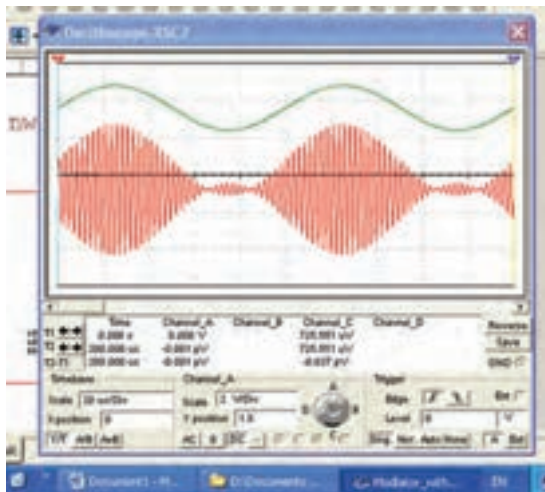
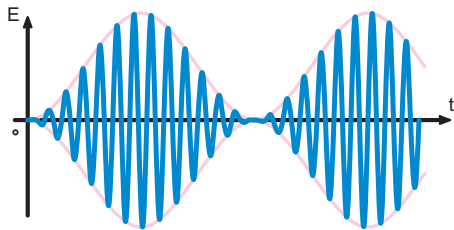


شکل ۳-۲۲- مدولاسیون ۱۰۰٪

### ۳-۱۱-۵- مدولاسیون بیشتر از صد درصد

(More than hundred percent modulation): در

صورتی که دامنه پیام بیشتر از دامنه حامل باشد، مدولاسیون بیشتر از صد درصد حاصل خواهد شد (شکل ۳-۲۳). این نوع مدولاسیون عملاً قابل قبول نیست، زیرا هنگام بازسازی سیگنال پیام درگیرنده، قسمتی از آن حذف می‌شود. به عبارت دیگر در سیگنال پیام اعوجاج به وجود می‌آید.



شکل ۳-۲۳- مدولاسیون بیشتر از ۱۰۰٪

– مدولاسیون صد درصد

one hundred percent modulation

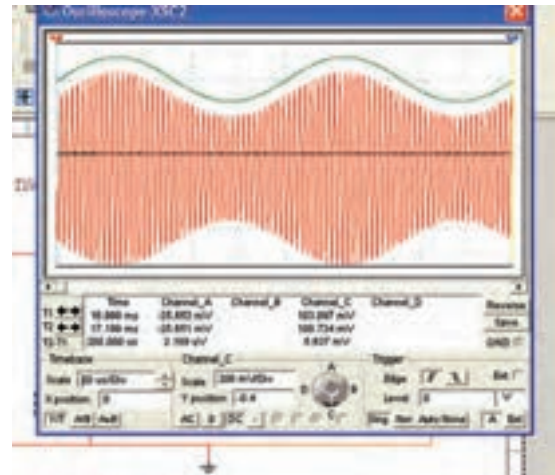
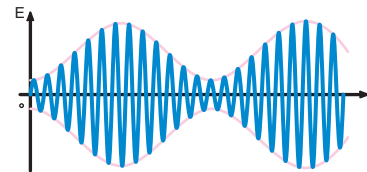
– مدولاسیون بیشتر از صد درصد

more than hundred percent modulation

### ۳-۱۱-۳- مدولاسیون کمتر از صد درصد

(Less than hundred percent modulation): در این

نوع مدولاسیون، دامنه حامل هرگز به صفر نمی‌رسد. به عبارت دیگر دامنه پیام کمتر از حامل است (شکل ۳-۲۱).

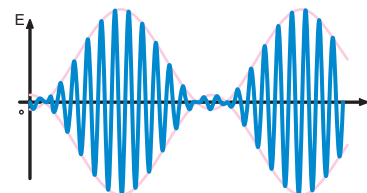


شکل ۳-۲۱- مدولاسیون کمتر از ۱۰۰٪

### ۳-۱۱-۴- مدولاسیون صد درصد

(one hundred percent modulation): در این

درجه بندی از مدولاسیون، دامنه سیگنال حامل در یک لحظه کوتاه به صفر می‌رسد، (شکل ۳-۲۲). این شرایط هنگامی پدید می‌آید که دامنه حامل و دامنه پیام با هم برابر باشند.





## نکته مهم

توصیه می‌شود، مربی محترم با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف این مثال را شبیه‌سازی کند و به دانش آموزان نشان دهد.

## ۳-۱۲- الگوی پرسش

کامل کردنی:

۱- معادله موج مدوله شده AM به صورت  $e_m = (E_c + \dots) \sin \omega_c t$  است.

کوتاه پاسخ:

۲- فرمول شاخص مدولاسیون را بنویسید.

چهار گزینه‌ای:

۳- در مورد مدولاسیون AM کدام گزینه صحیح است؟

(۱) دامنه کریر متناسب با فرکانس پیام تغییر می‌کند.

(۲) سرعت تغییر فرکانس کریر متناسب با دامنه پیام است.

(۳) دامنه کریر متناسب با دامنه پیام تغییر می‌کند.

(۴) سرعت تغییر دامنه کریر متناسب با دامنه پیام است.

تشریحی:

۴- مشخصه‌های سیگنال حامل و پیام را با ذکر معادلات

آن نام ببرید.

۵- امواج با مدولاسیون ۱۰۰٪، کمتر از ۱۰۰٪ و بیشتر

از ۱۰۰٪ را شرح دهید.

۶- ضریب مدولاسیون را تعریف کنید و تفاوت آن را با

درصد مدولاسیون بنویسید.

۷- به چه دلیل از مدولاسیون بیشتر از ۱۰۰٪ نمی‌توان

استفاده کرد؟

۸- تعدادی شکل موج سیگنال AM با دامنه‌های مختلف

ترسیم کنید و میزان شاخص مدولاسیون را به دست آورید.

## ۳-۱۳- طیف فرکانسی سیگنال AM

در صورتی که یک سیگنال AM با فرکانس حامل  $F_c$  و پیام

به صورت  $F_m$  صوتی با فرکانس  $F_m$  و ضریب مدولاسیون  $m$  را به ورودی دستگاه طیف نما متصل کنیم، روی صفحه دستگاه طیف نما فرکانس‌هایی به شرح زیر ظاهر می‌شود:

فرکانس حامل  $F_c$

مجموع فرکانس‌های حامل و پیام  $F_c + F_m$

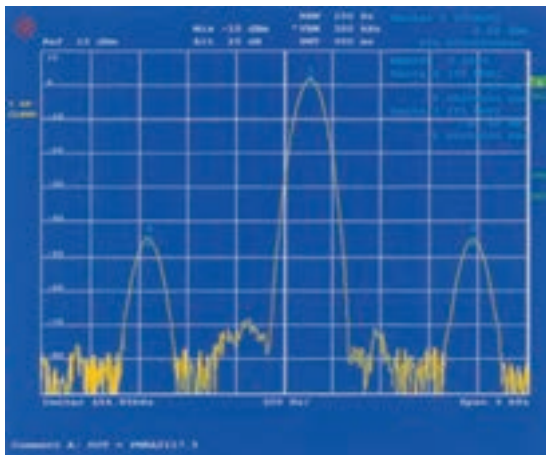
تفاضل فرکانس‌های حامل و پیام  $F_c - F_m$

مجموعه فرکانس‌های فوق را طیف فرکانسی سیگنال AM

می‌نامند. در طیف فرکانسی دامنه سیگنال حامل برابر با  $E_c$  و دامنه

فرکانس‌های  $F_c + F_m$  و  $F_c - F_m$  هر کدام برابر با  $\frac{mE_c}{2}$  است.

شکل ۲۴-۳ طیف فرکانسی سیگنال AM را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴-۳- طیف فرکانسی AM

همان طور که مشاهده می‌شود، فرکانس‌های مجموع

$(F_c + F_m)$  و  $(F_c - F_m)$  در دو طرف فرکانس حامل

قرار دارند. فرکانس مجموع را فرکانس کناری بالا

(Upper Side Frequency) USF و فرکانس تفاضل را

فرکانس کناری پایین (Lower Side Frequency) LSF می‌نامند.

## مثال ۳-۶

یک سیگنال حامل با فرکانس ۷۵۰ کیلوهرتز توسط یک

موج سینوسی خالص با فرکانس ۳ کیلوهرتز مدوله می‌شود. مقادیر

فرکانس‌های موجود در طیف فرکانسی را به دست آورید. کدام

فرکانس، فرکانس کناری بالا و کدام فرکانس، فرکانس کناری

پایین است؟

۱- مقادیر فرکانس و دامنه طیف فرکانسی با استفاده از روابط ریاضی قابل محاسبه است.

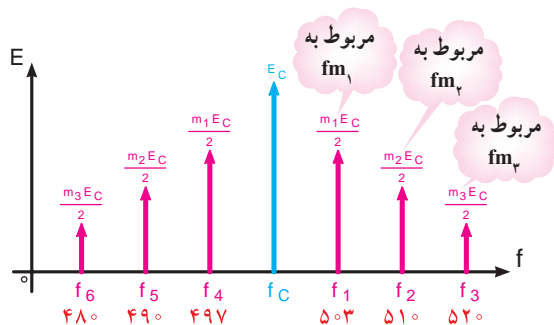
دامنه فرکانس‌های کناری، بستگی به ضریب مدولاسیون  $m$  و  $E_c$  دارد. طیف سیگنال مدوله شده حاوی هفت فرکانس به شرح زیر است:

$F_c \Rightarrow$  فرکانس حامل

$F_1, F_2, F_3 \Rightarrow$  فرکانس‌های کناری بالا

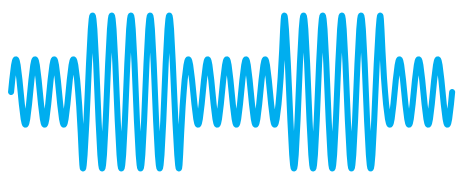
$F_4, F_5, F_6 \Rightarrow$  فرکانس‌های کناری پایین

در شکل ۲۶-۳ طیف فرکانسی نشان داده شده است.

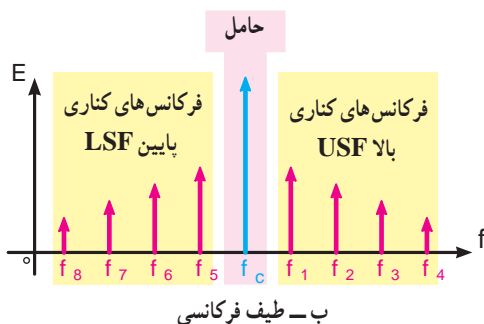


شکل ۲۶-۳- طیف فرکانسی حاصل از سیگنال پیام مرکب

اگر سیگنال پیام یک سیگنال غیرسینوسی، مثلاً مربعی باشد، در این حالت در باندهای کناری بالا و پایین مجموعه‌ای از طیف فرکانسی را، که از ترکیب هارمونیک‌های موج غیرسینوسی به وجود می‌آید، خواهیم داشت. در شکل ۲۷-۳ طیف فرکانسی یک موج مدوله شده را، که پیام آن یک سیگنال مربعی است مشاهده می‌کنید.



الف - سیگنال مدوله شده AM



ب - طیف فرکانسی

شکل ۲۷-۳- طیف فرکانسی حاصل از مدولاسیون موج مربعی

$$F_c = 75 \text{ KHz}$$

$$F_m = 3 \text{ KHz}$$

$$F_c + F_m = 75 \text{ KHz} + 3 \text{ KHz} = 78 \text{ KHz}$$

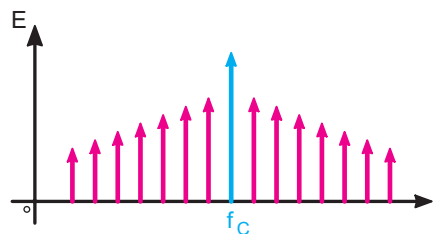
$$F_c - F_m = 75 \text{ KHz} - 3 \text{ KHz} = 72 \text{ KHz}$$

$$LSF = 72 \text{ KHz} \quad \text{فرکانس کناری پایین}$$

$$USF = 78 \text{ KHz} \quad \text{فرکانس کناری بالا}$$

در صورتی که پیام از چند سیگنال سینوسی جداگانه تشکیل شده باشد، برای هر سیگنال سینوسی، فرکانس‌های کناری بالا و پایین مستقل به وجود می‌آید. در این حالت مجموعه‌ای از طیف فرکانسی پدید می‌آید.

شکل ۲۵-۳ مجموعه طیف فرکانسی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۵-۳- مجموعه طیف فرکانسی

### مثال ۷-۳

سیگنال پیامی شامل فرکانس‌های  $F_{m_1} = 3 \text{ KHz}$ ،  $F_{m_2} = 2 \text{ KHz}$  و  $F_{m_3} = 1 \text{ KHz}$  سیگنال‌ها را روی حامل مدوله کنیم و سیگنال مدوله شده را به دستگاه طیف‌نما بدهیم چه فرکانس‌هایی روی صفحه دستگاه ظاهر می‌شود؟ فرکانس‌های کناری بالا و فرکانس‌های کناری پایین کدام‌اند؟ دامنه طیف فرکانسی بستگی به چه عواملی دارد؟

$$F_1 = F_c + F_{m_1} = 50 + 3 = 53 \text{ KHz}$$

$$F_2 = F_c + F_{m_2} = 50 + 2 = 52 \text{ KHz}$$

$$F_3 = F_c + F_{m_3} = 50 + 1 = 51 \text{ KHz}$$

$$F_4 = F_c - F_{m_1} = 50 - 3 = 47 \text{ KHz}$$

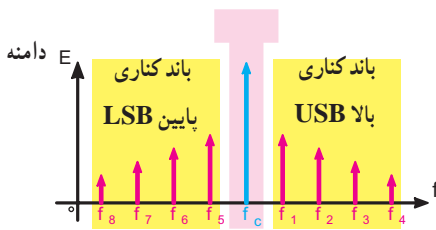
$$F_5 = F_c - F_{m_2} = 50 - 2 = 48 \text{ KHz}$$

$$F_6 = F_c - F_{m_3} = 50 - 1 = 49 \text{ KHz}$$

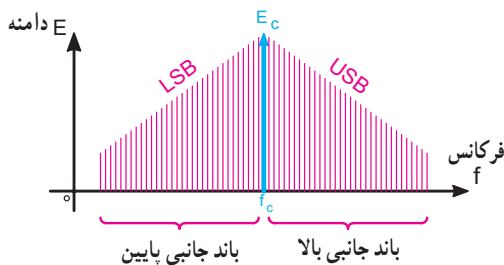
## ۳-۱۵- باندهای کناری سیگنال AM

همان طور که در مثال ۷-۳ بیان شد، در صورتی که سیگنال مدوله کننده (پیام) از چند سیگنال سینوسی تشکیل شده باشد، در صورت انجام مدولاسیون هر یک از سیگنال ها به تنهایی یک طیف فرکانسی را به وجود می آورد. در این حالت تعداد فرکانس های کناری بالا و پایین بیشتر از یک فرکانس می شود و باند فرکانسی را تشکیل می دهد. از مجموع فرکانس های پیام و حامل، باند کناری بالا (Upper Side Band) (USB) و از تفاضل فرکانس های پیام و حامل، باند کناری پایین (Lower Side Band) (LSB) شکل می گیرد (شکل ۲۸-۳).

اگر تعداد فرکانس های پیام آن قدر زیاد شود که مؤلفه های فرکانس های کناری بالا و پایین به هم بچسبند، باند فرکانسی پیوسته تشکیل می شود (شکل ۲۹-۳).



شکل ۲۸-۳ باندهای کناری بالا و پایین



شکل ۲۹-۳ باند فرکانسی پیوسته

### ۱-۳-۱۵- پهنای باند (Band width) سیگنال

**مدوله شده:** پهنای باند عبارت از محدوده فرکانس هایی است که در فاصله بین کمترین فرکانس کناری پایین و بیشترین فرکانس کناری بالا قرار می گیرد. پهنای باند از رابطه ۸-۳ به دست می آید.

$$BW = F_{USB} - F_{LSB}$$

۳-۸

که در آن

## آزمایشگاه مجازی

توصیه می شود، با استفاده از دستگاه طیف نمای موجود در نرم افزار آموزشی، طیف فرکانسی شکل ۲۵-۳ را نمایش دهید.

## ۳-۱۴- الگوی پرسش

۱- در صورتی که سیگنال مدوله کننده یک سیگنال سینوسی ساده باشد، طیف فرکانسی موج مدوله شده را رسم کنید.

۲- فرکانس های USB و LSF را تعریف کنید.

۳- در صورتی که  $F_c = 600 \text{ KHz}$ ،  $E_c = 10 \text{ V}$  و  $m = 0.3$  باشد، مقدار دامنه فرکانس های کناری بالا و پایین چند ولت است؟ مقدار فرکانس های کناری بالا و پایین، در صورتی که  $F_m = 2 \text{ KHz}$  باشد، برابر با چند کیلوهرتز است؟

۴- طیف فرکانسی حاصل از مدولاسیون سه سیگنال سینوسی با یک حامل را رسم کنید.

۵- در صورتی که سیگنال پیام یک سیگنال غیرسینوسی باشد به چه دلیل در سیگنال AM یک طیف فرکانسی تشکیل می شود؟

۶- طیف فرکانسی حاصل از مدولاسیون موج مربعی با یک سیگنال حامل را رسم کنید. سپس در صورت تمایل طیف فرکانسی را با مقادیر دل خواه از طریق نرم افزار به دست آورید.

### صحیح یا غلط

۷- دامنه فرکانس های کناری در طیف موج مدوله شده

AM برابر با  $\frac{E_m}{E_c}$  است. صحیح  غلط

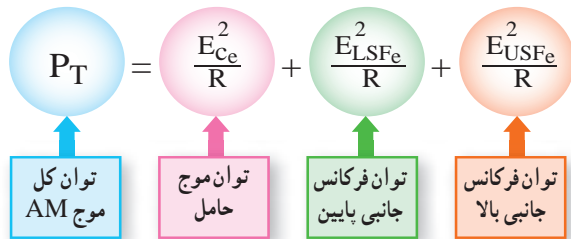
### چهارگزینه ای

۸- اگر پیامی با فرکانس ۱۲ کیلوهرتز روی حاملی با فرکانس ۷۰۰ کیلوهرتز به صورت AM مدوله شود، فرکانس LSF چند کیلوهرتز است؟

۶۸۸ (۱) ۷۰۰ (۲)

۷۱۲ (۳) ۷۲۴ (۴)

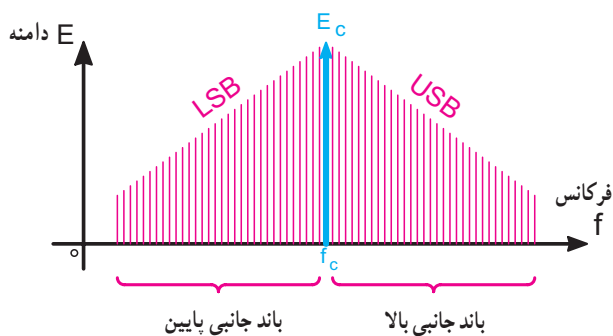
چون دامنه  $E_c$  نیز در طیف فرکانسی AM ظاهر می شود بنابراین موج مدوله شده AM دارای توانی بیشتر از توان موج حامل قبل از انجام مدولاسیون است. مقدار کل توان از رابطه ۳-۱۲ به دست می آید.

$$P_T = \frac{E_{c_e}^2}{R} + \frac{E_{LSF_e}^2}{R} + \frac{E_{USF_e}^2}{R}$$


مقادیر مؤثر هستند  $E_{c_e}$ ،  $E_{LSF_e}$ ،  $E_{USF_e}$

در محاسبه توان تمام ولتاژها مؤثر در نظر گرفته می شوند و R مقاومتی نظیر مقاومت آنتن است که توان در آن تلف می شود. با توجه به رابطه ۳-۱۲ اثبات می شود که در سیگنال مدوله شده AM، حدود ۶۳ درصد توان در سیگنال حامل و ۳۷ درصد توان در باندهای کناری قرار دارد. با توجه به این که موج حامل موجود در سیگنال مدوله شده فاقد اطلاعات مربوط به پیام است، اگر بتوانیم قسمتی از توان موج AM را که در آن پیام وجود دارد بفرستیم در مصرف توان صرفه جویی می شود. این عمل از طریق فراهم آوردن انواع روش های ارسال امواج AM امکان پذیر می شود.

از آن جایی که معمولاً پیام ارسالی سینوسی خالص نیست لذا امواج مدوله شده AM غالباً دارای طیف فرکانسی اند. بنابراین به جای ارسال فرکانس جانبی بالا و پایین، باند فرکانس بالا و پایین ارسال می شود. شکل ۳-۳۱ موقعیت فرکانس حامل و باند جانبی بالا و پایین را نشان می دهد.



شکل ۳-۳۱- نمایش موقعیت فرکانس حامل و باند جانبی بالا و پایین

پهنای باند برحسب هرتز، کیلوهرتز یا مگاهرتز  $BW =$   
 بالاترین فرکانس باند کناری بالا  $F_{USB} =$   
 پایین ترین فرکانس باند کناری پایین  $F_{LSB} =$   
 پهنای باند را با روش دیگری نیز می توان محاسبه کرد. با فرمول پهنای باند شروع می کنیم:

$$BW = F_{USB} - F_{LSB}$$

$$F_{USB} = F_c + F_m \max \quad 3-9$$

$$F_{LSB} = F_c - F_m \max \quad 3-10$$

معادلات ۳-۹ و ۳-۱۰ را در معادله ۳-۸ قرار می دهیم:

$$BW = (F_c + F_m \max) - (F_c - F_m \max)$$

$$BW = 2F_m \max \quad 3-11$$

با توجه به معادله ۳-۱۱ درمی یابیم که پهنای باند دو برابر بیشترین فرکانس پیام است. به عبارت دیگر، در سیگنال AM پهنای باند دو برابر فرکانس پیام است. در فرستنده های AM تجارتي پهنای باند را ده کیلوهرتز در نظر می گیرند. بنابراین، سیگنال پیام نباید از ۵ کیلوهرتز بیشتر شود. بدین ترتیب بیشترین فرکانس پیام در فرستنده های AM برابر ۵ کیلوهرتز است.

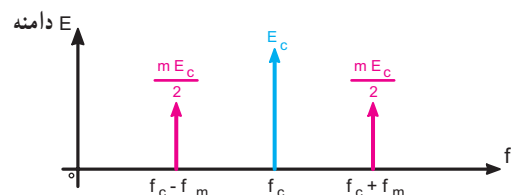
### مثال ۳-۸

اگر فرکانس سیگنال حامل در یک فرستنده رادیویی ۱۰ مگاهرتز باشد و بخواهیم آن را با فرکانس ۵ کیلوهرتز مدوله کنیم، پهنای باند سیگنال AM ارسالی چه قدر خواهد شد؟

$$BW = 2F_m = 2 \times 5 \text{ kHz} = 10 \text{ kHz}$$

### ۳-۱۶- توان در موج مدوله شده AM

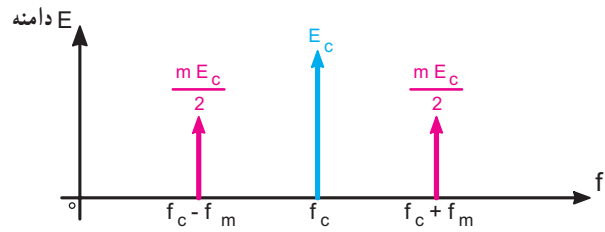
همان طور که نشان داده شد، طیف فرکانسی موج مدوله شده AM با پیام به صورت سینوسی خالص، شامل موج حامل مدوله نشده و دو مؤلفه فرکانس های جانبی بالا و پایین است. شکل ۳-۳۰ موج حامل و فرکانس های جانبی بالا و پایین را نشان می دهد.



شکل ۳-۳۰- نمایش موج حامل و فرکانس های جانبی بالا و پایین

### ۱۷-۳- انواع روش‌های ارسال در مدولاسیون AM

همان‌طور که نشان داده شد در تولید موج AM با سیگنال سینوسی خالص فرکانس حامل با دو فرکانس جانبی ایجاد می‌شود. شکل ۳-۳۲ طیف موج مدوله شده AM را نشان می‌دهد.



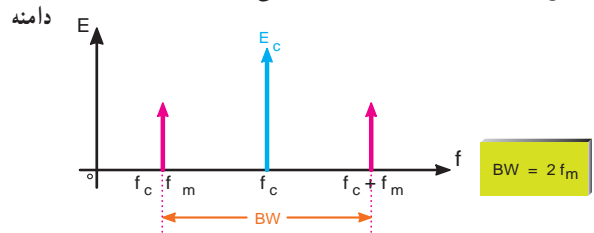
شکل ۳-۳۲- طیف موج مدوله شده AM

در صورتی که هنگام ارسال موج مدوله شده قسمت‌هایی از سیگنال‌های موجود در سیگنال AM، مثلاً فرکانس حامل حذف شود پنج روش ارسال، به شرح زیر به وجود می‌آید:

#### ۱-۱۷-۳- ارسال مدولاسیون دامنه به صورت کامل

AM-FC (Amplitude Modulation-full Carrier): در

این روش هر دو فرکانس جانبی بالا و پایین و سیگنال حامل ارسال می‌شود. این روش مدولاسیون در فرستنده رادیویی تجارتي به کار می‌رود. پهنای باند در این روش  $2F_m$  است. شکل ۳-۳۳ فرکانس حامل و فرکانس‌های جانبی بالا و پایین و پهنای باند را در روش ارسال به صورت DSBFC نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۳- طیف موج مدوله شده به روش AM-FC

#### ۲-۱۷-۳- ارسال مدولاسیون دامنه به روش دو باند

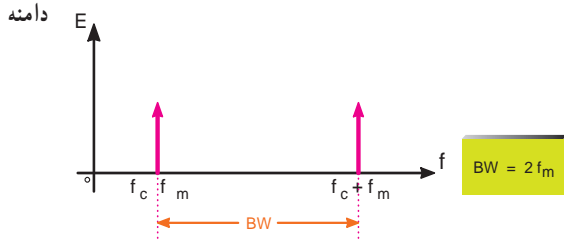
کناری AM-SC یا DSB با حذف سیگنال حامل

(Amplitude Modulation-Suppressed Carrier)

Double side Band): در این روش فقط باندهای کناری بالا

و پایین ارسال می‌گردد و سیگنال حامل حذف می‌شود. پهنای باند در این روش نیز برابر با  $2F_m$  است. شکل ۳-۳۴ طیف فرکانس

در این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۴- طیف موج مدوله شده به روش DSB

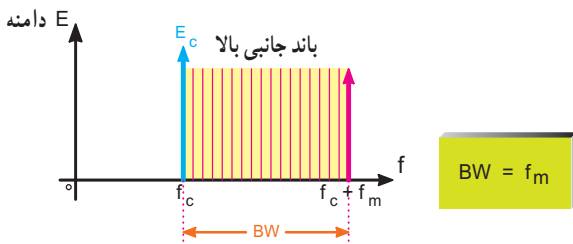
#### ۳-۱۷-۳- ارسال مدولاسیون دامنه به روش یک

باند کناری SSB (Single Side Band): چون در هر یک

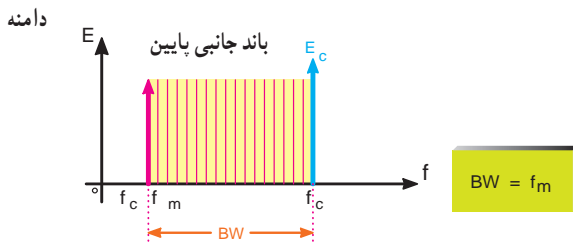
از باندهای جانبی بالا و پایین کلیه اطلاعات وجود دارد، برای صرفه‌جویی در توان، افزایش راندمان و کاهش پهنای باند، می‌توان فقط یکی از باندهای جانبی و حامل را ارسال نمود این روش ارسال مدولاسیون را به اختصار SSB می‌نامند.

شکل‌های ۳-۳۵ و ۳-۳۶ یکی از باندهای جانبی را در

روش ارسال مدولاسیون به صورت SSB، نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۵- باند جانبی بالا به روش SSB در طیف موج مدوله شده



شکل ۳-۳۶- باند جانبی پایین در طیف موج مدوله شده به روش SSB

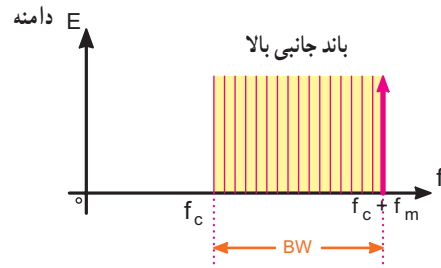
در مدولاسیون SSB پهنای باند موج مدوله شده برابر

با  $F_m$  است.

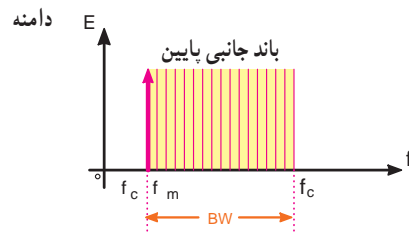
$$BW = f_m$$

#### ۳-۱۷-۴- ارسال مدولاسیون AM با باندکناری

**مستقل (Independent-Side Band) ISB:** در این روش ارسال مدولاسیون فقط یکی از باندهای جانبی بالا یا پایین را ارسال می‌نمایند و سیگنال حامل را حذف می‌کنند. شکل ۳-۳۷ و ۳-۳۸ طیف این روش ارسال را نشان می‌دهد. پهنای باند در این روش نیز برابر  $F_m$  است.  $BW = f_m$



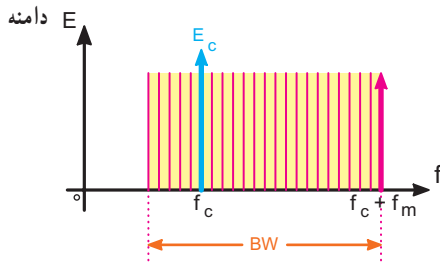
شکل ۳-۳۷- باند جانبی بالا بدون حامل



شکل ۳-۳۸- باند جانبی پایین بدون حامل

#### ۳-۱۷-۵- ارسال مدولاسیون AM به روش

**VSB (Vestigial Side Band):** در این روش ارسال، تمام باند جانبی بالا و قسمتی از باند جانبی پایین را ارسال می‌کنند. شکل ۳-۳۹ طیف موج مدوله شده به صورت VSB را نشان می‌دهد.



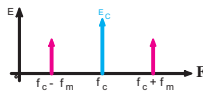
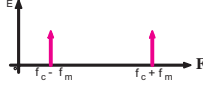
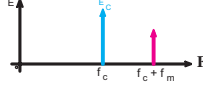
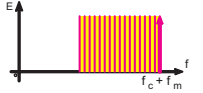
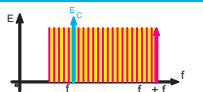
شکل ۳-۳۹- طیف موج مدوله شده به روش VSB

از این روش ارسال مدولاسیون، در ارسال تصاویر تلویزیون استفاده می‌شود.

پهنای باند در این روش اندکی بیشتر از  $F_m$  است.  $BW > f_m$

در جدول ۳-۳ انواع مدولاسیون AM طیف موج مدوله شده و پهنای باند و کاربرد هر نوع مدولاسیون آورده شده است.

جدول ۳-۳

نوع مدولاسیون AM	طیف موج مدوله شده	پهنای باند BW	کاربرد
AM - FC		$2f_m$	فرستنده‌های رادیویی محلی
DSB یا AM - SC		$2f_m$	در مواردی که محدودیت در تولید انرژی در فرستنده وجود دارد؛ مانند بی‌سیم پلیس
SSB		$f_m$	در مواردی که محدودیت پهنای باند وجود دارد؛ مانند ارتباطات ناوبری دریایی، رادیو آماتوری و نظامی
ISB		$f_m$	در مواردی که محدودیت توان و پهنای باند وجود دارد؛ مانند مخابرات نقطه به نقطه و رادیو تلفنی
VSB		اندکی بیشتر از $f_m$	در فرستنده تلویزیونی

منابع اطلاعات این قسمت کتاب سیستم‌های مخابرات الکترونیکی تألیف جرج کندی است.



### ۳-۱۸- الگوی پرسش

۱- انواع روش‌های ارسال در مدولاسیون AM را نام ببرید.

۲- لغات انگلیسی هریک از کلمات اختصاری AM-SC، AM-FC، VSB، DSB-SSB را بنویسید و معنا کنید.

۳- پهنای باند روش‌های مختلف مدولاسیون AM را با هم مقایسه کنید.

۴- روش ارسال در مدولاسیون VSB دارای چه پهنای باندی است؟ از این روش در فرستنده رادیویی استفاده می‌کنند یا در فرستنده تلویزیونی؟

#### چهارگزینه‌ای

۵- در کدام نوع ارسال مدولاسیون AM، پهنای باند موج مدوله شده اندکی بیشتر از سیگنال  $f_m$  است؟

(۱) ISB (۲) DSB (۳) SSB (۴) VSB

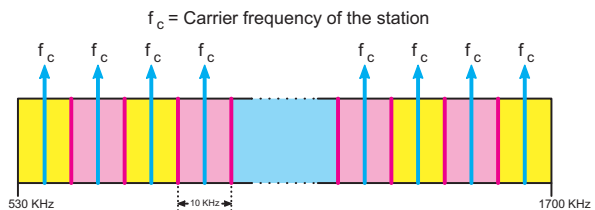
#### صحیح یا غلط

۶- در مواردی که محدودیت توان و پهنای باند وجود دارد، از روش ارسال مدولاسیون ISB استفاده می‌شود.

صحیح  غلط

### ۳-۱۹- تعداد ایستگاه رادیویی

با توجه به مسئله پهنای باند در فرستنده‌های رادیویی تعداد ایستگاه‌های رادیویی محدود می‌شود. اگر پهنای باند سیگنال AM را  $10\text{ kHz}$  در نظر بگیریم این بدین معناست که هر ایستگاه AM،  $10\text{ kHz}$  را اشغال می‌کند. شکل ۳-۴۰ نشان می‌دهد چگونه در فاصله  $530$  تا  $1700$  کیلو هرتز چندین ایستگاه رادیویی کنار هم قرار گرفته‌اند.



شکل ۳-۴۰- تقسیم بندی فاصله  $530$  تا  $1700$  کیلو هرتز به چندین ایستگاه رادیویی

### مثال ۳-۹

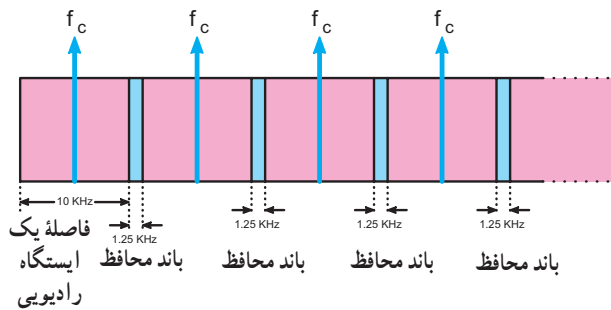
در باند فرکانسی ۱ تا ۲ مگاهرتز چند ایستگاه رادیویی AM می‌توان جای داد؟ (بدون باند محافظ)

$$\text{تعداد ایستگاه‌ها} = \frac{\text{باند فرکانس رادیویی}}{\text{پهنای باند سیگنال AM}} = \frac{(2 \times 10^6 - 1 \times 10^6) \text{ Hz}}{(10 \times 10^3) \text{ Hz}}$$

$$\text{تعداد ایستگاه‌ها} = \frac{1 \times 10^6}{10 \times 10^3} = 100$$

با توجه به مثال ۳-۹ ملاحظه می‌شود که می‌توانیم صد ایستگاه رادیویی را در فاصله فرکانسی ۱ تا ۲ مگاهرتز داشته باشیم. عملاً برای جلوگیری از تداخل بین ایستگاه‌ها باید باند محافظ (Guard Band) نیز در نظر گرفته شود. بدین ترتیب تعداد ایستگاه‌ها کمتر از صد می‌شود. مقدار باند محافظ در AM برابر  $1/25\text{ kHz}$  است.

شکل ۳-۴۱ چند ایستگاه رادیویی را همراه با باند محافظ نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴۱- چند ایستگاه رادیویی همراه با باند محافظ

### مثال ۳-۱۰

در فاصله  $750$  تا  $1200$  کیلو هرتز چند ایستگاه رادیویی با باند محافظ جای می‌گیرد؟

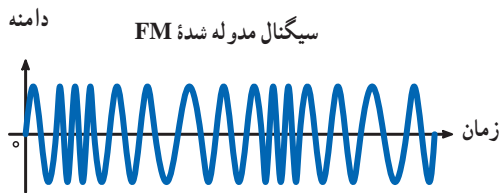
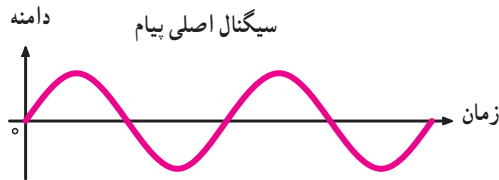
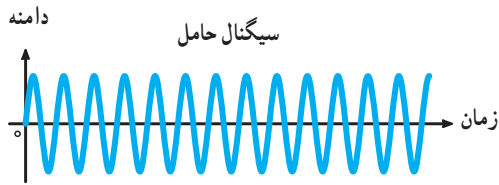
$$\text{تعداد ایستگاه} = \frac{\text{باند فرکانسی رادیویی}}{\text{باند محافظ + پهنای باند سیگنال AM}}$$

#### پاسخ

$$\text{تعداد ایستگاه رادیویی} = \frac{(1200 - 750) \text{ kHz}}{(10 + 1/25) \text{ kHz}} = \frac{450 \text{ kHz}}{11/25 \text{ kHz}} = 100$$

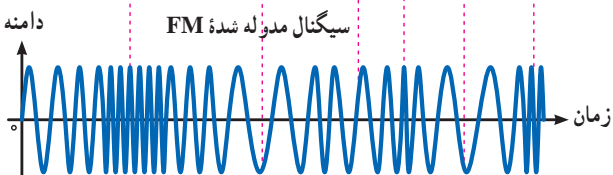
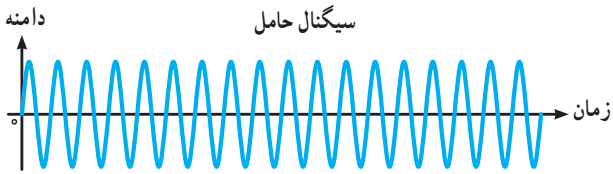
## ۳-۲۰- الگوی پرسش

دامنه سیگنال پیام، فرکانس حامل افزایش می‌یابد (فشرده می‌شود) و با کاهش دامنه پیام، فرکانس حامل کم می‌شود.



شکل ۳-۴۲- مدولاسیون FM با پیام سینوسی

شکل ۳-۴۳- یک پیام غیر سینوسی را که روی حامل به صورت FM مدوله شده است نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴۳- مدولاسیون FM با پیام غیر سینوسی

۱- در صورتی که بیشترین فرکانس صوتی برابر با  $2/5$  کیلوهرتز باشد، پهنای باند سیگنال AM ارسالی چند کیلوهرتز است؟

۲- پهنای باند فرستنده‌های AM تجارتي چند کیلوهرتز است؟

۳- در فاصله ۶۰۰ کیلوهرتز تا ۱۸۰۰ کیلوهرتز چند ایستگاه رادیویی می‌توان جای داد؟ (بدون باند محافظ)

۴- در باند MW (۵۳۵ تا ۱۶۰۵ kHz) چند ایستگاه رادیویی AM با باند محافظ جای می‌گیرد؟

۵- با استفاده از یک سیگنال AM که فرکانس حامل و پیام آن مشخص است، طیف فرکانسی را برای انواع روش‌های ارسال با مقیاس مناسب ترسیم کنید. انتخاب فرکانس دلخواه است.

کامل کردنی :

۶- باند محافظ در ایستگاه رادیویی AM ... کیلوهرتز است.

چهارگزینه‌ای :

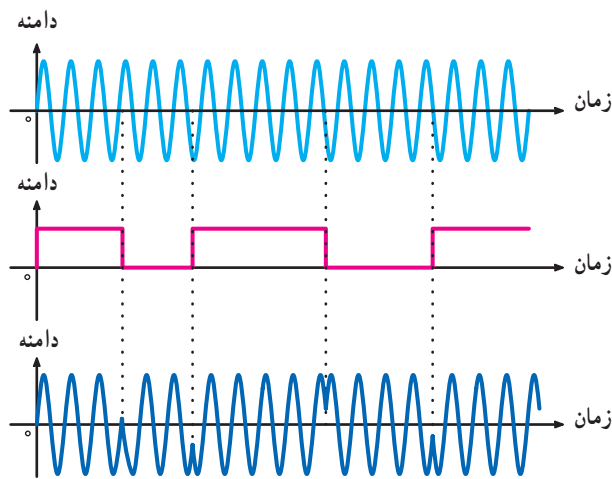
۷- اگر پهنای باند سیگنال AM، ۱۰ کیلوهرتز باشد در فاصله ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلوهرتز چند ایستگاه رادیویی بدون باند محافظ جای می‌گیرد؟

- ۱) ۲۰    ۲) ۳۰    ۳) ۴۰    ۴) ۸۰

## ۳-۲۱- اشاره‌ای به مدولاسیون فرکانس (frequency modulation)

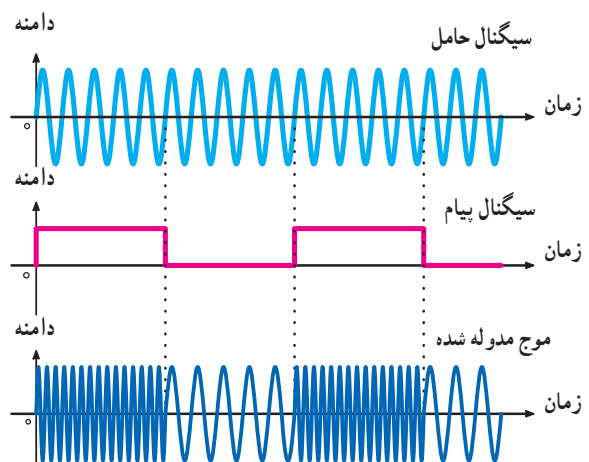
در صورتی که فرکانس سیگنال حامل، متناسب با تغییرات دامنه پیام تغییر کند مدولاسیون فرکانس ایجاد می‌شود. در این حالت سرعت تکرار تغییرات فرکانس موج حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فرکانس را با FM نشان می‌دهند. در شکل ۳-۴۲ مدولاسیون FM با پیام سینوسی را نشان داده‌ایم. همان‌طور که مشاهده می‌شود؛ هنگامی که دامنه پیام صفر است، فرکانس موج مدوله شده برابر با موج حامل می‌شود. با افزایش

سه نوع مدولاسیون AM، FM و PM از انواع مدولاسیون‌های پیوسته یا آنالوگ‌اند. در صورتی که حامل یا پیام موج مربعی باشد، مدولاسیون دیجیتال و پالسی شکل می‌گیرد. چون هدف ما در این بخش کتاب تحلیل مدار گیرنده‌های رادیویی است، تأکید بر مدولاسیون‌های آنالوگ و بیشتر روی AM خواهیم داشت.



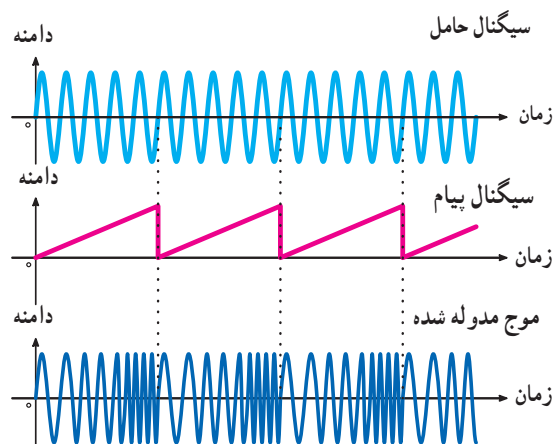
شکل ۳-۴۶ - مدولاسیون فاز

شکل ۳-۴۴ پیام مربعی که روی حامل سینوسی به صورت FM مدوله شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴۴ - مدولاسیون FM با سیگنال پیام مربعی

شکل ۳-۴۵ پیام دندانانه اره‌ای که روی حامل سینوسی به صورت FM مدوله شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴۵ - مدولاسیون FM با سیگنال پیام دندانانه اره‌ای

### تحقیق برای هنرجویان علاقه‌مند

در صورت امکان با استفاده از نرم‌افزارهایی که در دسترس دارید، شکل موج انواع مدولاسیون‌ها را با پیام مربعی و سینوسی، بازسازی و مشاهده کنید.

### ۳-۲۳ - الگوی پرسش

کامل کردنی :

۱- در مدولاسیون فرکانس دامنه حامل ..... است و فرکانس حامل متناسب با ..... پیام تغییر می‌کند.

چهار گزینه‌ای :

۲- در مدولاسیون فاز ..... حامل متناسب با ..... پیام تغییر می‌کند.

۱) فرکانس - دامنه

۲) فاز - دامنه

۳) فاز - فرکانس

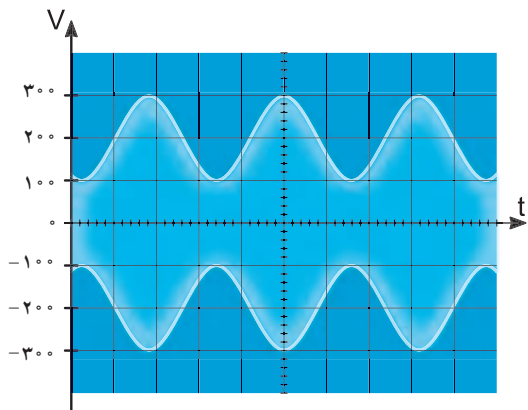
۴) دامنه - فاز

۳- مدولاسیون دامنه، فرکانس و فاز را تعریف کنید.

### ۳-۲۲ - مدولاسیون فاز (Phase Modulation)

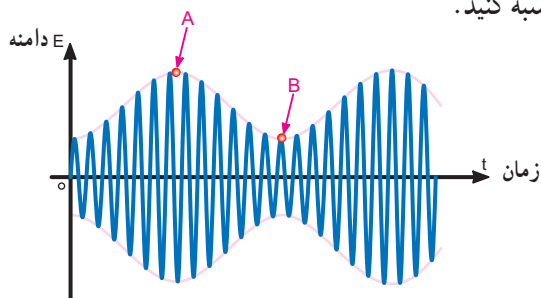
اگر فاز سیگنال حامل متناسب با دامنه سیگنال پیام تغییر کند مدولاسیون فاز به وجود می‌آید. در این حالت سرعت تکرار تغییرات فاز برابر با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فاز از پاره‌ای جهات مشابهت‌هایی با مدولاسیون FM دارد. مدولاسیون فاز را با PM نشان می‌دهند (شکل ۳-۴۶).

۶- در شکل ۳-۴۹ ضرب مدولاسیون را محاسبه کنید.



شکل ۳-۴۹

۷- اگر در شکل ۳-۵۰ دامنه موج مدوله شده در نقطه A سه برابر دامنه موج مدوله شده در نقطه B باشد و پیام دارای دامنه ۵۰ میلی‌ولت باشد، درصد مدولاسیون و دامنه حامل را محاسبه کنید.



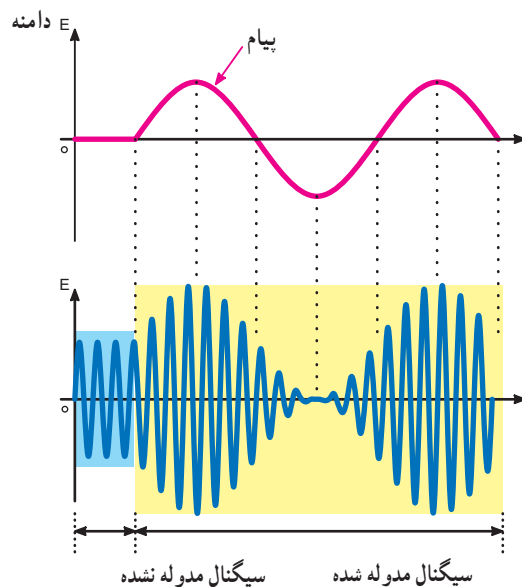
شکل ۳-۵۰

### ۳-۲۴- اشاره‌ای به مدولاسیون پالس (Pulse Modulation):

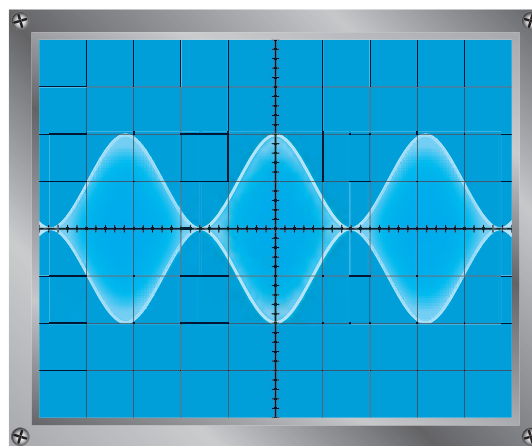
علاوه بر مدولاسیون آنالوگ، مدولاسیون‌های دیگری نیز وجود دارد که آن را مدولاسیون‌های پالسی می‌نامند. در فصل دهم، درباره مدولاسیون‌های پالسی بحث خواهیم کرد.

۴- شکل موج سیگنال AM، FM و PM را با موج پیام مربعی ترسیم کنید.

۵- در هر یک از شکل‌های ۳-۴۷ و ۳-۴۸ درصد مدولاسیون چه قدر است؟



شکل ۳-۴۷



شکل ۳-۴۸

# فصل ۴

## فیلترها

### هدف کلی

### اصول کار انواع فیلترهای بالاگذر، پایین گذر، میان گذر و حذف باند

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۹ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

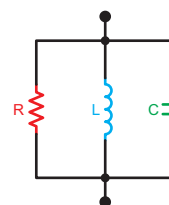
- ۱- انتخاب گری ایستگاه را تعریف کند. ۵'
- ۲- اجزای مدار انتخاب کننده ایستگاه را نام ببرد. ۵'
- ۳- حساسیت را تعریف کند. ۱۰'
- ۴- نحوه افزایش میزان حساسیت را توضیح دهد. ۱۰'
- ۵- تقویت کننده های زنجیره ای را شرح دهد و علل استفاده از آن را بیان کند. ۱۰'
- ۶- بلوک دیاگرام تقویت کننده های زنجیره ای را تشریح کند. ۱۰'
- ۷- نویز را تعریف کند و منابع آن را نام ببرد. ۱۰'
- ۸- نسبت سیگنال به نویز را با ذکر مثال شرح دهد و محاسبه کند. ۱۰'
- ۹- ضریب تقویت یا گین ولتاژ، جریان و توان را شرح دهد. ۱۵'
- ۱۰- گین تقویت کننده چند طبقه را محاسبه کند. ۱۰'
- ۱۱- افت توان و ضریب تضعیف را تشریح کند. ۱۰'
- ۱۲- اثر تغییر فرکانس بر روی راکتانس سلف را تشریح کند. ۱۵'
- ۱۳- اثر تغییر فرکانس بر روی راکتانس خازن را شرح دهد. ۱۵'
- ۱۴- فیلتر را تعریف کند و فیلترهای مکانیکی را با فیلترهای الکترونیکی مقایسه کند. ۱۰'
- ۱۵- فرکانس قطع، پهنای باند و ضریب کیفیت فیلترها را تعریف و محاسبه کند. ۱۵'
- ۱۶- فیلتر واقعی و فیلتر ایده آل را با یکدیگر مقایسه کند. ۱۰'
- ۱۷- انواع فیلترها را از نظر عبور باند و کاربرد نام ببرد و مدار آن را ترسیم کند. ۶۰'
- ۱۸- محاسبات ساده فیلترهای میان گذر، بالاگذر، پایین گذر و حذف باند را انجام دهد. ۶۰'
- ۱۹- منحنی های پاسخ فرکانسی فیلترهای عبور باند را از نظر تغییر مقدار  $R_S$  و  $Q$  مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. ۶۰'
- ۲۰- یک نمونه فیلتر کریستالی را رسم کند و کار آن را شرح دهد. ۱۰'
- ۲۱- با استفاده از نرم افزارهای مولتی سیم یا مشابه آن، مدارهای شبیه سازی شده فیلترها را مشاهده و در صورت امکان آن مدارها را شبیه سازی کند. ۴۵'
- ۲۲- در فرایند اجرای آموزش متناسب با شرایط و محتوی، آزمون های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد. ....
- ۲۳- هدف های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز اجرا نماید.

## پیشگفتار

مدارهای هماهنگی و فیلترها از قسمت‌های اساسی مدارهای مخابراتی اند که کاربرد زیادی در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی دارند. در این فصل به مباحث نحوه انتخاب ایستگاه رادیویی و حساسیت گیرنده رادیویی و همچنین به بررسی اجمالی اصول کار انواع فیلترها و موارد کاربرد آنها در گیرنده‌های رادیویی می‌پردازیم.

### ۴-۱- قابلیت انتخاب ایستگاه

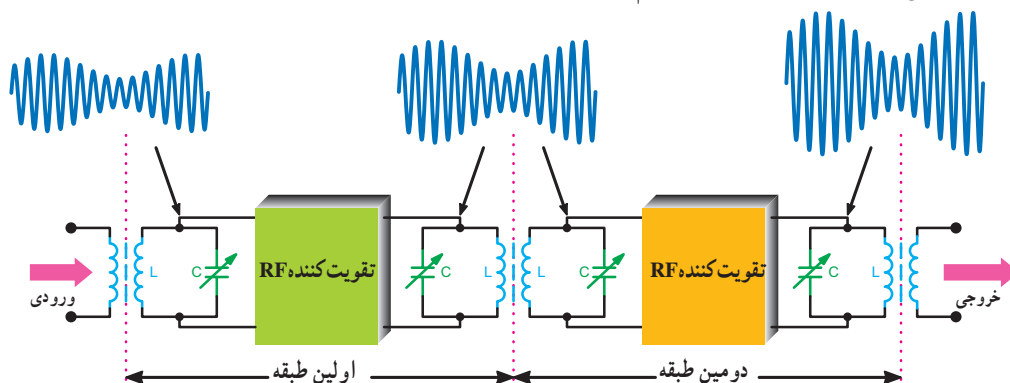
توانایی یک گیرنده رادیویی جهت انتخاب فرکانس سیگنال موردنظر از میان سایر فرکانس‌های ناخواسته به سلکتیویته (selectivity) یا قابلیت انتخاب ایستگاه معروف است. در گیرنده‌های رادیویی از مدارهای ترکیبی RLC به عنوان فیلتر برای انتخاب ایستگاه رادیویی استفاده می‌کنند. معمولاً مدار انتخاب کننده ایستگاه به صورت شکل ۴-۱ است. به این مدار، مدار هماهنگی (تشدید یا رزونانس) می‌گویند.



شکل ۴-۱- یک نمونه مدار هماهنگی RLC موازی

### ۴-۲- حساسیت گیرنده‌های رادیویی

۴-۲-۱- حساسیت (sensitivity): توانایی یک گیرنده در ارتباط با دریافت حداقل سیگنال ورودی را حساسیت گیرنده می‌نامند. مقدار حساسیت گیرنده را بر مبنای ضعیف‌ترین سیگنال دریافتی که بتواند خروجی قابل استفاده‌ای را فراهم سازد،



شکل ۴-۳- اتصال تقویت کننده‌ها به صورت زنجیره‌ای به منظور افزایش حساسیت

اندازه‌گیری می‌کنند.

یکی از عیوب گیرنده‌های AM کم بودن حساسیت آن است. هنگامی که به وسیله یک گیرنده رادیویی بتوانیم ایستگاه رادیویی قوی را به خوبی دریافت کنیم، ایستگاه ضعیف نیز دریافت شدنی نخواهد بود. حساسیت چنین گیرنده‌ای بسیار کم است.

در گیرنده‌های مخابراتی برای افزایش حساسیت، تعداد طبقات تقویت کننده RF را افزایش می‌دهند. هر تقویت کننده رادیویی معمولاً دارای مدار هماهنگی در ورودی و خروجی است. با استفاده از این مدارهای هماهنگی می‌توان فرکانس رادیویی موردنظر را انتخاب کرد. در شکل ۲-۴ یک نمونه تقویت کننده RF با مدار هماهنگی در ورودی و خروجی نشان داده شده است.



شکل ۴-۲- یک تقویت کننده رادیویی با مدار هماهنگی در ورودی و خروجی

### ۴-۲-۲- تقویت کننده‌های زنجیره‌ای: تقویت کننده‌های

زنجیره‌ای را تقویت کننده‌های پشت سر هم یا کاسکاد (cascade) نیز می‌نامند. در تقویت کننده‌های زنجیره‌ای خروجی یک تقویت کننده به ورودی طبقه بعد متصل می‌شود. با استفاده از این روش میزان حساسیت گیرنده افزایش می‌یابد. متناسب با شرایط مورد نیاز، ممکن است تعدادی تقویت کننده به صورت زنجیره‌ای به هم متصل شوند. شکل ۳-۴ یک نمونه تقویت کننده زنجیره‌ای دو طبقه را نشان می‌دهد.



$$\frac{S}{N} = \frac{0.25}{(10 \times 10^{-3})^2} \Rightarrow \frac{S}{N} = 2500$$

#### ۴-۴- ضریب تقویت یا گین (Gain)

نسبت ولتاژ، جریان یا توان خروجی به ولتاژ، جریان یا توان ورودی را در تقویت کننده‌ها ضریب تقویت یا گین ولتاژ، جریان یا توان می‌نامند. در روابط ۴-۱ تا ۴-۳ رابطه ضریب تقویت ولتاژ، جریان و توان داده شده است.

$$G_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_T}{V_I} \quad 4-1$$

$$G_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_T}{I_I} \quad 4-2$$

$$G_P = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_T}{P_I} \quad 4-3$$

۴-۴-۱- ضریب بهره تقویت کننده چند طبقه: در تقویت کننده‌های زنجیره‌ای، ضریب بهره از حاصل ضرب گین طبقات در یکدیگر به دست می‌آید. در رابطه ۴-۴ ضریب تقویت ولتاژ، در رابطه ۴-۵ ضریب تقویت جریان و در رابطه ۴-۶ ضریب تقویت توان آمده است. در این روابط  $G_{VT}$  (Gain Voltage total) ضریب بهره ولتاژ کل،  $G_{IT}$  (Gain Intensity total) ضریب بهره جریان کل،  $G_{PT}$  (Gain Power total) ضریب بهره توان کل است.

$$G_{VT} = G_{V1} \cdot G_{V2} \cdot G_{V3} \cdot \dots \cdot G_{VN} \quad 4-4$$

$$G_{IT} = G_{I1} \cdot G_{I2} \cdot G_{I3} \cdot \dots \cdot G_{IN} \quad 4-5$$

$$G_{PT} = G_{P1} \cdot G_{P2} \cdot G_{P3} \cdot \dots \cdot G_{PN} \quad 4-6$$

#### مثال ۴-۲

یک تقویت کننده کاسکاد سه طبقه دارای ضریب تقویت توان  $G_{P1} = 100$ ،  $G_{P2} = 50$  و  $G_{P3} = 10$  است. گین توان کل سیستم چه قدر است؟

تقویت کننده‌های زنجیره‌ای را تقویت کننده چند طبقه نیز می‌نامند. برای اینکه در مجموع بیشتر از یک طبقه تقویت کننده استفاده می‌شود، با استفاده از این مدار می‌توان سیگنال‌های خیلی ضعیف رادیویی را که از فواصل خیلی دور ارسال می‌شود دریافت و تقویت کرد.

یکی از پارامترهای مهم که باعث کاهش حساسیت تقویت کننده RF می‌شود نویز است. معمولاً نویز وارد سیستم شده و به همراه سیگنال اصلی تقویت می‌شود. ضمن این که نویز تولید شده در داخل سیستم نیز به آن افزوده می‌شود.

#### ۴-۳- نویز (Noise) و منابع آن

همان طور که در فصل اول اشاره شد یکی از منابع ایجاد اختلال در سیستم‌های مخابراتی نویز است. نویز ممکن است از منابع مختلفی تولید شود. بعضی از این منابع طبیعی و بعضی مصنوعی هستند. نویز حاصل از رعد و برق نویز طبیعی و نویز ناشی از سیستم‌های جرقه زنی در اتومبیل و موتورهای الکتریکی نویز مصنوعی است.

#### ۴-۳-۱- نسبت سیگنال به نویز: نسبت توان سیگنال

مورد نظر به توان نویز را Signal to Noise Ratio (SNR) گویند و به صورت  $\frac{S}{N}$  نشان می‌دهند. هر قدر نسبت  $\frac{S}{N}$  بیشتر باشد، سیستم مخابراتی از نظر تأثیر نویز مقاوم‌تر است. لذا  $\frac{S}{N}$  یک شاخص مهم برای سیستم‌های مخابراتی محسوب می‌شود. برای کاهش نویز در طبقات تقویت کننده از فیلتر استفاده می‌کنند. این فیلترها را حذف کننده نویز یا Noise Canceller می‌نامند.

#### مثال ۴-۱

ولتاژ خروجی یک تقویت کننده RF برابر با ۵ ولت و دامنه نویز خروجی آن ده میلی‌ولت است. اگر مقاومت بار خروجی برابر با  $R_L$  باشد، نسبت سیگنال به نویز  $\left(\frac{S}{N}\right)$  را محاسبه کنید.

$$\frac{S}{N} = \frac{(V_S)^2 / R_L}{(V_N)^2 / R_L} = \frac{V_S^2}{V_N^2} = \left(\frac{V_S}{V_N}\right)^2 \quad \text{پاسخ:}$$

۱- در  $G_{VT}$ ، حرف G مخفف Gain، حرف V مخفف Voltage و حرف T مخفف کلمه Total است.

## پاسخ:

$$G_{PT} = G_{P1} \cdot G_{P2} \cdot G_{P3}$$

$$G_T = 100 \times 50 \times 10$$

$$G_T = 50000$$

مشاهده می‌شود که عدد به دست آمده عدد نسبتاً بزرگی است.

### ۴-۴-۲- افت توان (Power Loss): در خطوط انتقال،

خطوط تلفنی و مواردی از این قبیل، هنگامی که انرژی از نقطه‌ای به نقطه دیگر انتقال می‌یابد، به دلیل عواملی مانند مقاومت‌های موجود در خط انتقال، مقداری از توان کاهش می‌یابد. این کاهش توان را افت توان یا Power Loss می‌نامند.

در این شرایط، در صورتی که تقویت‌کننده‌ای در مسیر نباشد عملاً هیچ گونه تقویتی در مسیر انتقال صورت نمی‌گیرد و سیگنال تضعیف (Attenuation) می‌شود.

### ۴-۴-۳- ضریب تضعیف (Attenuation Factor): اگر

توان خروجی از توان ورودی کمتر باشد نسبت توان ورودی به خروجی ضریب تضعیف نامیده می‌شود. ضریب تضعیف برای فیلترها، خطوط انتقال و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ مثلاً اگر ضریب تضعیف ولتاژ مداری برابر ۱۰۰۰ باشد معنی آن این است که ولتاژ خروجی مدار به اندازه ۱۰۰۰ برابر تضعیف شده است. به عبارت دیگر ولتاژ خروجی  $\frac{1}{1000}$  ولتاژ ورودی است.

### مثال ۴-۳

در صورتیکه توان صوتی تولید شده در یک خط تلفنی برابر با  $10^{-4}$  وات باشد و در صورت انتقال این توان به فاصله ۱۶ کیلومتری مقدار آن به  $10^{-6}$  وات کاهش یابد، ضریب تضعیف مدار را به دست آورید.

## پاسخ:

$$\text{توان ابتدای خط} = \text{ضریب تضعیف}$$

$$\text{توان انتهای خط}$$

$$\text{ضریب تضعیف} = \frac{10^{-4}}{10^{-6}} = 100$$

یعنی توان در انتهای خط به نسبت ۱۰۰ برابر کاهش

یافته است.

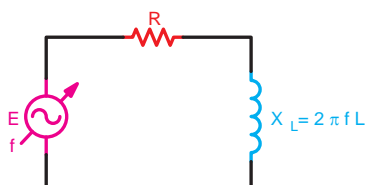
$$\text{ضریب تضعیف} = 100$$

نشان دادن ضریب تقویت و ضریب تضعیف، با توجه به اینکه اعداد بزرگی هستند مشکلاتی را در محاسبات به وجود می‌آورند. برای غلبه بر این مشکلات از واحدهای دیگری از قبیل بل (Bell) و دسی بل (decibell) استفاده می‌کنند.

## ۴-۵- مروری بر اثر تغییر فرکانس بر روی مقادیر راکتانس سلف (inductive reactance) و راکتانس خازن (capacitive reactance)

### ۴-۵-۱- اثر تغییرات فرکانس بر روی سلف ( $X_L$ ): راکتانس

(مقاومت القایی) سلف به فرکانس کار مدار بستگی مستقیم دارد، به طوری که با افزایش تدریجی مقدار فرکانس منبع تغذیه شکل ۴-۴، مقدار راکتانس سلف ( $X_L$ ) نیز بیشتر می‌شود.

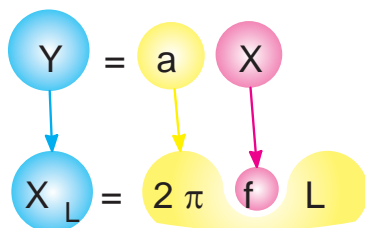


شکل ۴-۴- سلف در مدار متناوب

افزایش  $X_L$  را می‌توان با معادله خط راست (۷-۴)

مقایسه کرد.

۴-۷

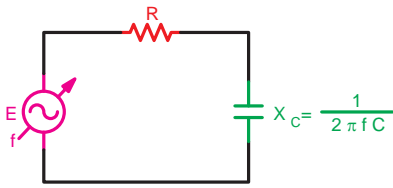


با توجه به رابطه ۴-۷ و منحنی شکل ۴-۵ مشاهده می‌شود با کاهش مقدار فرکانس مقاومت القایی سلف کمتر می‌شود و جریان مدار زیاد می‌گردد و بالعکس با افزایش فرکانس، مقاومت القایی سلف افزایش و جریان مدار کاهش می‌یابد. شکل ۴-۶ نمایش نمودار تغییرات فرکانس و اثر آن بر روی ولتاژ خروجی مدار است.

۱- Bell نام دانشمند آلمانی است که استفاده از این واحد را برای اولین بار توصیه کرد.

۲-۵-۴- اثر تغییر فرکانس بر روی خازن: در یک مدار

خازنی مانند شکل ۴-۹، مقاومت خازنی (عکس العمل خازنی - راکتانس)، با فرکانس مدار رابطه معکوس دارد. افزایش فرکانس مدار، مقدار راکتانس خازنی مدار را کاهش می دهد و باعث کم شدن ولتاژ دو سر آن می شود. در صورتی که فرکانس کاهش یابد عمل عکس رخ می دهد و مقدار مقاومت خازنی و ولتاژ دو سر آن افزایش می یابد. رابطه ۴-۸ و شکل ۴-۱۰ این شرایط را نشان می دهد.



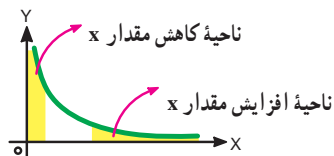
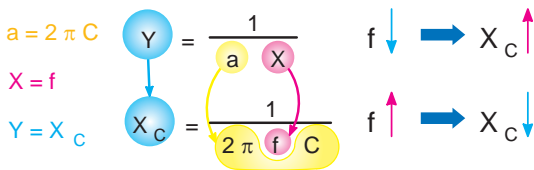
شکل ۴-۹- خازن در مدار متناوب

رابطه (۴-۸)

$$y = \frac{1}{ax}$$

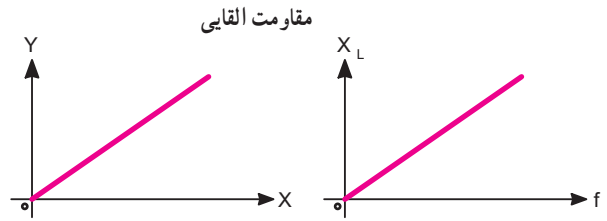
$$a = 1, x = 0 \Rightarrow y = \infty$$

$$x \rightarrow \infty \Rightarrow y = 0$$

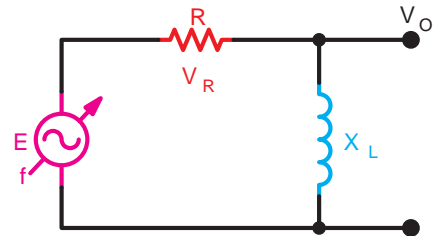


شکل ۴-۱۰- نمایش منحنی تغییرات تابع کسری و مقایسه آن با رابطه راکتانس خازنی

با رسم منحنی  $X_C$  به ازای تغییرات فرکانس می توان نتیجه گرفت که رفتار خازن در فرکانس های کم مشابه یک کلید باز است (شکل ۴-۱۱).

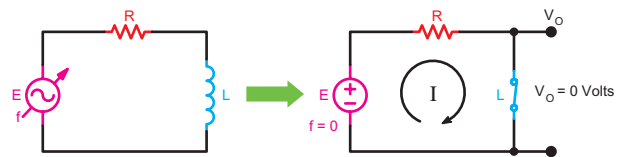


شکل ۴-۵- نمایش منحنی یک خط راست و منحنی تغییرات  $X_L$  بر اثر تغییرات فرکانس



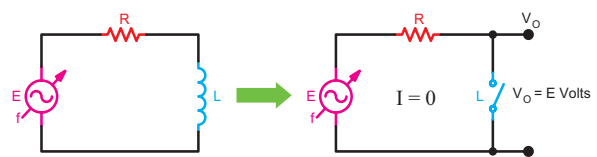
شکل ۴-۶- نمایش تغییرات فرکانس و اثر آن بر روی ولتاژ خروجی

می توان نتیجه گرفت که سلف در فرکانس های کم به عنوان یک مقاومت کم و در ولتاژ DC به عنوان یک کلید بسته عمل می کند (شکل ۴-۷).



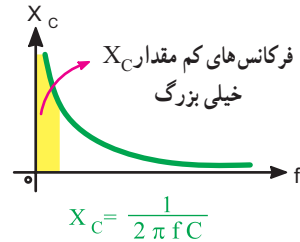
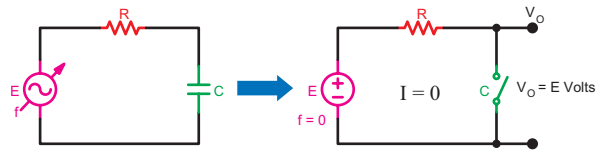
شکل ۴-۷- عملکرد سلف در ولتاژ DC ( $f=0$ ) مانند یک کلید بسته است.

سلف در فرکانس های خیلی زیاد مشابه یک کلید باز عمل می کند (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- عملکرد سلف در فرکانس زیاد مانند یک کلید باز است.

با استفاده از ترکیب‌های مختلف از مقاومت و سلف و خازن می‌توان محدوده‌ای از فرکانس‌ها را در مدارهای مخابراتی انتخاب یا حذف کرد که در این صورت به این مدارها فیلتر گویند.



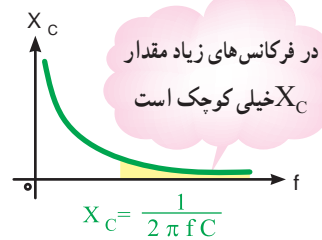
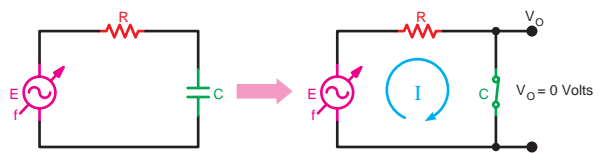
به مقادیر بزرگ  $X_C$  → فرکانس‌های چند هرتز  $f$  → میل می‌کند

شکل ۴-۱۱ - عملکرد خازن در ولتاژ DC ( $f=0$ ) مانند یک کلید باز است.

### کار با نرم‌افزار مربی محترم

توصیه می‌شود، با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نوع نرم‌افزار مشابه دیگر، اثر تغییر فرکانس روی مقاومت، سلف و خازن را شبیه‌سازی کنید و به هنجاریان نشان دهید.

به همین ترتیب می‌توان گفت که خازن در فرکانس بالا دارای راکتانس (مقاومت خازنی) کم است و مانند یک کلید بسته عمل می‌کند. در شکل ۴-۱۲ منحنی تغییرات  $X_C$  به ازای افزایش فرکانس و عملکرد خازن در مدار نشان داده شده است.




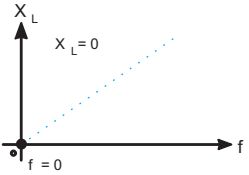
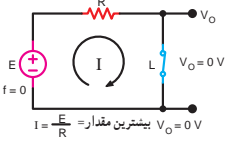



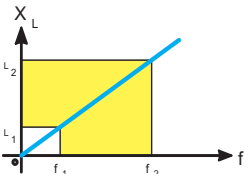
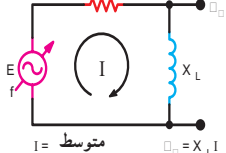



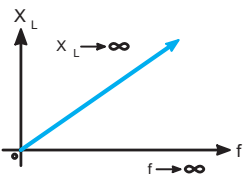
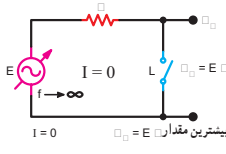



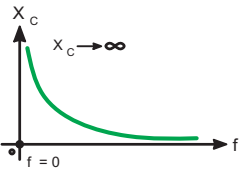
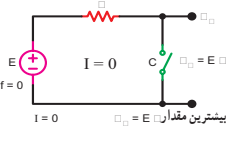



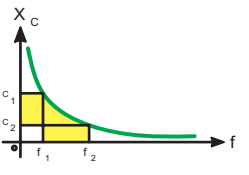
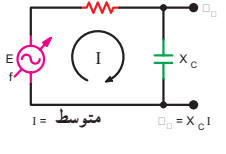



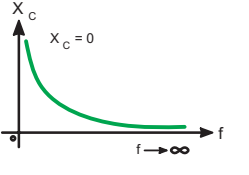
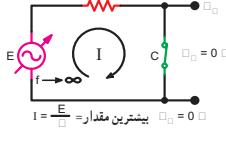


کاهش می‌یابد  $X_C$  → میل به مقادیر بزرگ  $f$  →

شکل ۴-۱۲ - عملکرد خازن در فرکانس زیاد مانند کلید بسته است.

خلاصه عملکرد سلف و خازن در فرکانس های مختلف در جدول ۱-۴ آمده است.

جدول ۱-۴ - خلاصه عملکرد سلف و خازن در فرکانس های مختلف

منبع تغذیه	قطعه	معادل قطعه	مقاومت معادل	نمایش منحنی راکتانس سلفی راکتانس خازنی بر حسب فرکانس	جریان و ولتاژ در مدار
 $f = 0$	 $L$		$F = \circ$ $X_L = 2\pi fL$ $X_L = \circ$ سلف تقریباً اتصال کوتاه مانند کلید بسته		
 $f$	 $L$	 $X_L$	$X_L = 2\pi fL$		
 $f \rightarrow \infty$	 $L$		$F = \infty$ $X_L = 2\pi fL$ $X_L \rightarrow \infty$ سلف تقریباً مدار باز مانند کلید باز		
 $f = 0$	 $C$		$F = \circ$ $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ $X_C \rightarrow \infty$ خازن تقریباً مدار باز مانند کلید باز		
 $f$	 $C$	 $X_C$	$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$		
 $f \rightarrow \infty$	 $C$		$F = \infty$ $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ $X_C = \circ$ خازن تقریباً اتصال کوتاه مانند کلید بسته		

## ۴-۶- الگوی پرسش

### کامل کردنی

۱- توانایی یک گیرنده را در ارتباط با دریافت ..... سیگنال ورودی ..... گیرنده می نامند.

### کوتاه پاسخ

۲- رابطه  $\frac{S}{N}$  را در یک بار معین ( $R_1$ ) بنویسید.

### صحیح یا غلط

۳- نسبت توان خروجی به توان ورودی، ضریب تضعیف

نامیده می شود. صحیح  غلط

### چهار گزینه ای

۴- اگر توان صوتی در ابتدای خط تلفنی برابر با ۲۰ میلی وات و در انتهای خط به طول ۱۰ km برابر ۲/۰۰۰ وات باشد ضریب تضعیف خط کدام است؟

۱) ۰/۰۱ (۲) ۰/۱ (۳) ۱۰ (۴) ۱۰۰

۵- انتخاب گری فرکانس سیگنال ایستگاه رادیویی

درگیرنده با چه مواردی اجرا می شود؟

۶- برای افزایش حساسیت گیرنده های رادیویی چه اقدامی

لازم است؟

۷- نویز را تعریف کنید و نسبت سیگنال به نویز را شرح

دهید.

۸- رابطه مربوط به گین ولتاژ، جریان و توان را در

تقویت کننده های چند طبقه بنویسید.

۹- راکتانس سلف به چه عواملی بستگی دارد؟ با کاهش

فرکانس مقاومت القایی سلف چه تغییری می کند؟

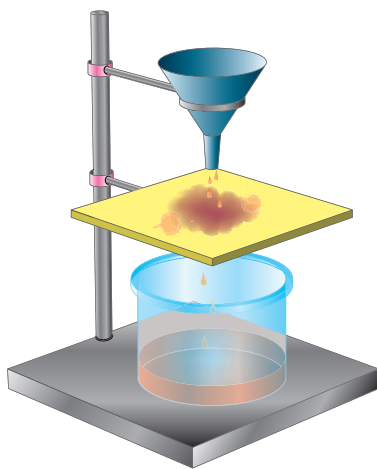
۱۰- افزایش فرکانس بر روی راکتانس خازنی چه اثری

دارد؟ شرح دهید.

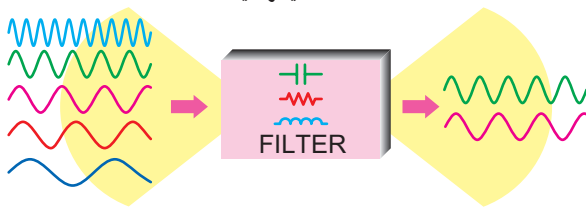
## ۴-۷- فیلترها (Filters)

فیلترها مدارهایی هستند که توسط آنها می توان فرکانس یا باند فرکانسی معینی را از میان سایر فرکانس ها انتخاب کرد. فیلترهای الکترونیکی از نظر نوع کار مشابه فیلتر هوای اتومبیل، فیلتر آب و ... هستند. در شکل ۱۳-۴ مقایسه فیلترهای الکترونیکی با فیلترهای معمولی آمده است.

در فیلترهای معمولی مکانیکی برای صاف کردن مایعات، هوا و ... از یک لایه نازک کاغذی، پارچه ای، پلاستیکی و ... استفاده می کنند. در فیلترهای الکترونیکی ترکیب اجزای الکترونیکی از قبیل سلف، خازن مقاومت و ... به کار می رود. در شکل ۱۳-۴ الف یک فیلتر مکانیکی، که برای جدا کردن مواد جامد از مایع به کار می رود، ترسیم شده است. در این فیلتر یک لایه پارچه ای منفذدار نقش فیلتر را به عهده دارد و عمل جدا کردن مواد جامد از مایع را انجام می دهد. در شکل ۱۳-۴ ب فرکانس های ورودی به فیلتر الکترونیکی، پنج فرکانس مختلف است که از میان این پنج فرکانس دو فرکانس انتخاب و جدا شده است. همان طور که در شکل نشان داده شده است عمل فیلتر کردن توسط خازن، سیم پیچ و مقاومت صورت می گیرد.



الف - فیلتر مایعات



ب - فیلتر الکترونیکی (دو سیگنال خارج می شود).

شکل ۱۳-۴- فیلتر مایعات و فیلتر الکترونیکی

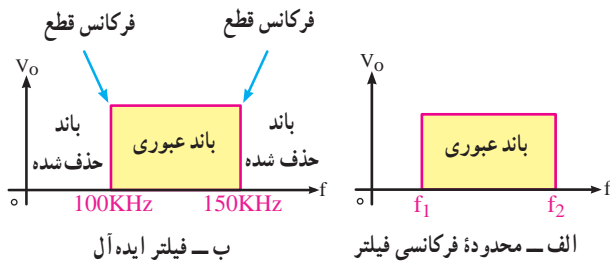
### برای هنرجویان علاقه مند

با مراجعه به منابع مختلف قابل دسترس، اطلاعات بیشتری را درباره اثر فرکانس روی سلف و خازن به دست آورید. در صورت امکان تصاویر با پسوند gif را بیابید که به صورت پویا نمایی (تصویر متحرک) این اثرها را نشان دهد.

### ۱-۷-۴- محدوده فرکانسی فیلتر (Filter Band width):

محدوده فرکانسی فیلتر عبارت از مجموعه فرکانس‌هایی است که فیلتر می‌تواند از خود عبور دهد. این محدوده فرکانسی را پهنای باند یا پاسخ فرکانسی فیلتر می‌نامند (شکل ۱۴-۴-الف).

توان خروجی برابر با  $\frac{1}{2}$  توان ورودی می‌شود مقدار توان به اندازه ۳ دسی بل کاهش می‌یابد. در شکل ۱۵-۴ محور عمودی سمت راست برحسب درصد و محور عمودی سمت چپ برحسب dB است.

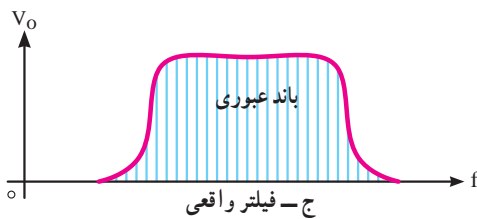


ب- فیلتر ایده‌آل

الف- محدوده فرکانسی فیلتر

### ۲-۷-۴- فیلتر ایده‌آل: فیلتر ایده‌آل فیلتری است که در

خروجی آن دقیقاً فرکانس‌های معین و مورد نظر ظاهر می‌شود. مثلاً اگر قرار است فرکانس‌هایی را که در محدوده (باند) فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۵۰ کیلوهرتز قرار دارد در خروجی داشته باشیم، دقیقاً این فرکانس‌ها در خروجی به دست آید؛ به طوری که اثری از فرکانس‌های نزدیک به این مقادیر در خروجی ظاهر نشود. در شکل ۱۴-۴-ب منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ایده‌آل آمده است.

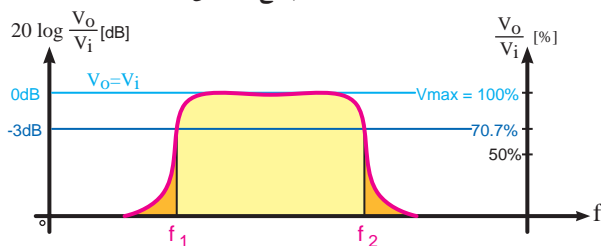


ج- فیلتر واقعی

شکل ۱۴-۴- پاسخ فرکانسی

### ۳-۷-۴- فیلتر واقعی (Real filter): به علت استفاده از

مقاومت، سلف و خازن در فیلترها نمی‌توانیم پاسخ فرکانسی ایده‌آل داشته باشیم. چرا که این عناصر نمی‌توانند مانند یک کلید عمل کنند و از عبور فرکانس‌های ناخواسته جلوگیری به عمل آورند. در این حالت دامنه فرکانس‌های ناخواسته به تدریج کم می‌شود تا به صفر می‌رسد. در شکل ۱۴-۴-ج منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر واقعی، ترسیم شده است.



شکل ۱۵-۴- فرکانس قطع فیلتر واقعی

### ۴-۷-۴- فرکانس قطع فیلتر (Cut off frequency):

حد فرکانس قابل قبول در خروجی فیلتر را فرکانس قطع فیلتر می‌نامند. فیلترها با توجه به کاربرد و ساختمان می‌توانند دارای یک، دو یا چند فرکانس قطع باشند. در فیلترهای ایده‌آل فرکانس قطع دقیقاً روی فرکانس مورد نظر قرار می‌گیرد. در شکل ۱۴-۴-الف فرکانس‌های قطع فیلتر ایده‌آل برابر با  $F_1$  و  $F_2$  است.

در فیلترهای واقعی ولتاژ خروجی به تدریج به حداکثر ولتاژ ورودی، یا صفر می‌رسد، از این رو نقاط متعددی وجود دارد که می‌تواند به عنوان فرکانس قطع فیلتر انتخاب شود. طبق تعریف در فیلترهای واقعی، فرکانس قطع فیلتر عبارت از فرکانسی است که در آن فرکانس، تطابق توان صورت می‌گیرد و نیمی از توان ورودی به خروجی منتقل می‌شود. در این نقطه معمولاً  $10/7$  درصد ولتاژ ورودی در خروجی ظاهر می‌شود. این نقطه را نقطه نصف قدرت نیز می‌نامند (شکل ۱۵-۴). این نقطه همان سطح ۳dB است. زیرا وقتی

چگونگی به دست آوردن فرکانس قطع و پهنای باند در کتاب آزمایشگاه به تفصیل آمده است.

بهره توان، ولتاژ، جریان یا ضریب تضعیف را در مدارهای مختلف برحسب دسی بل بیان می‌کنند.

$$A_V (\text{dB}) = 20 \cdot \log \frac{V_o}{V_{in}}, A_P (\text{dB}) = 20 \cdot \log \frac{P_o}{P_{in}}$$

### ۵-۷-۴- انواع فیلترها از نظر کاربرد: فیلترها از نظر کاربرد

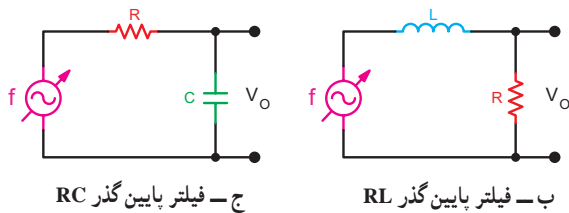
به چهار گروه زیر تقسیم بندی می‌شوند.

#### الف- فیلتر پایین‌گذر (LPF) (Low Pass Filter)

فیلتر پایین‌گذر فیلتری است که اجازه می‌دهد فرکانس‌هایی

۱- هنگامی که توان خروجی نصف توان ورودی است، ولتاژ خروجی برابر  $10/7$  یا  $V_{in} \times 10/7$  و جریان خروجی برابر  $10/7$  یا  $I_{in} \times 10/7$  است.



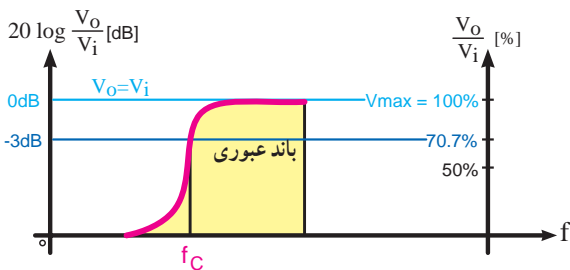


شکل ۴-۱۶- فیلتر پایین گذر

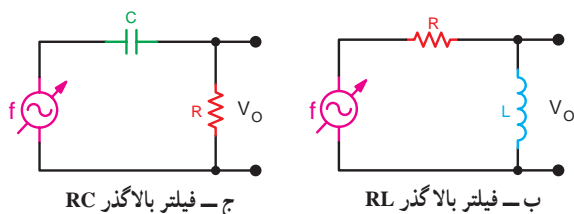
**ب- فیلتر بالا گذر (High Pass Filter) HPF:** این

فیلترها از فرکانس معینی به بالا را از خود عبور می دهند. اصول کار و ساختمان فیلترهای بالا گذر مشابه فیلترهای پایین گذر است. با این تفاوت که خروجی های مدار جابه جا شده است. در شکل ۴-۱۷- ب فیلتر RL بالا گذر را ملاحظه می کنید. خروجی این مدار از دو سر  $X_L$  (دو سرسلف) دریافت شده است. در شکل ۴-۱۷- ج فیلتر بالا گذر RC ترسیم شده است. خروجی این مدار برخلاف فیلتر پایین گذر از دو سر مقاومت R دریافت شده است.

برای درک بهتر مطلب، مدارهای شکل ۴-۱۷ را با مدارهای شکل ۴-۱۶ مقایسه کنید. فرکانس قطع فیلتر بالا گذر مشابه فیلترهای پایین گذر است (شکل ۴-۱۷- الف).



الف - پاسخ فرکانسی فیلتر بالا گذر



شکل ۴-۱۷- فیلترهای بالا گذر

را از حد صفر تا مقدار معینی، که به عنوان فرکانس قطع مطرح می شود، از خود عبور دهد. در شکل ۴-۱۶- الف پاسخ فرکانسی این فیلتر را مشاهده می کنید. در شکل ۴-۱۶- ب و ج دو نوع مدار فیلتر پایین گذر RC و RL ترسیم شده است.

در مدار شکل ۴-۱۶- ب در حالتی که فرکانس ورودی صفر است، سیم پیچ اتصال کوتاه می باشد. با افزایش فرکانس، مقدار  $X_L$  نسبت به R افزایش می یابد. بدین ترتیب مقدار امپدانس کل مدار افزایش می یابد و جریان مدار کم می شود. با کم شدن جریان، ولتاژ دو سر مقاومت R که ولتاژ خروجی است کاهش می یابد. با افزایش تدریجی فرکانس، به نقطه ای می رسیم که مقدار  $X_L$  آن قدر زیاد می شود که تقریباً تمام ولتاژ ورودی در دو سر  $X_L$  افت می کند و ولتاژی به خروجی مدار نمی رسد. فرکانسی را که در آن فرکانس مقدار  $X_L = R$  می شود فرکانس قطع فیلتر پایین گذر می نامند و آن را با  $F_c$  نشان می دهند. فرکانس قطع از رابطه ۴-۹ قابل محاسبه است.

$$X_L = R \Rightarrow L\omega = R \Rightarrow \omega = \frac{R}{L}$$

**۴-۹ فرمول محاسبه فرکانس قطع فیلتر RL**

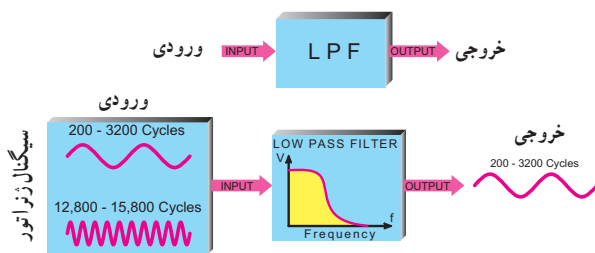
پایین گذر (LPF)

$$F_c = \frac{R}{2\pi L}$$

تحلیل مدار شکل ۴-۱۶- ج در قسمت خودآزمایی به عهده فراگیران گذاشته شده است. مقدار فرکانس قطع فیلتر پایین گذر RC از رابطه زیر محاسبه می شود:

**فرمول محاسبه فرکانس قطع فیلتر RC (LPF)**

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$



الف - پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر

## کار با نرم افزار

### مربی محترم

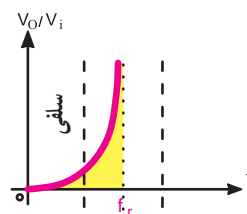
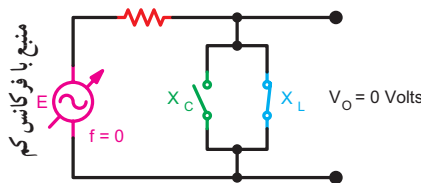
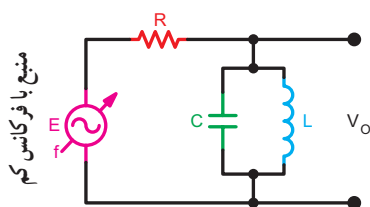
توصیه می شود، با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، انواع فیلترها را شبیه سازی کنید و برای هنرجویان به نمایش در آورید.

### ج - فیلترهای میان گذر (Band Pass Filters) BPF :

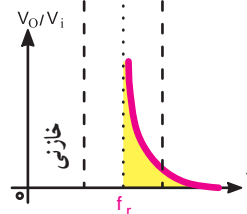
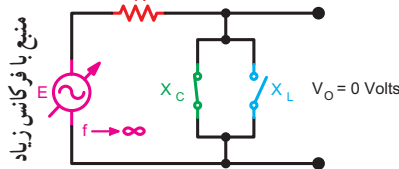
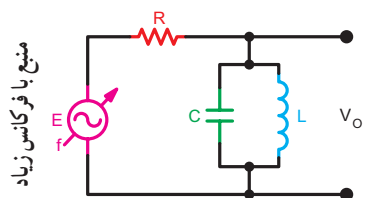
فیلترهای میان گذر فیلترهایی هستند که اجازه عبور باند فرکانسی معینی را می دهند. این فیلترها را فیلترهای عبور باند نیز می نامند. در فیلترهای میان گذر از مدارهای رزونانس سری و موازی استفاده می شود.



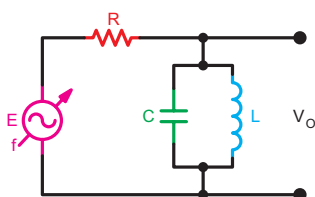
همان طور که در شکل ۱۸-۴ ملاحظه می شود ولتاژ خروجی از دو سر مدار رزونانس موازی دریافت می شود. در فرکانس های پایین سیم پیچ به صورت اتصال کوتاه و خازن به صورت اتصال باز عمل می کند و ولتاژ خروجی صفر می شود. در فرکانس های بالا، خازن به صورت اتصال کوتاه و سیم پیچ به صورت اتصال باز عمل می کند و ولتاژ خروجی صفر می شود. با توجه به اینکه امپدانس مدار رزونانس موازی در حالت رزونانس (تشدید) ماکزیمم است بیشترین ولتاژ را در خروجی خواهیم داشت. به عبارت دیگر در حالت رزونانس، ولتاژ خروجی تقریباً برابر با ولتاژ ورودی خواهد بود. زیرا سلف و خازن از مدار قطع شده اند و مانند مدار باز عمل می کنند و ولتاژ دو سر آنها با ولتاژ منبع ورودی برابر می شود.



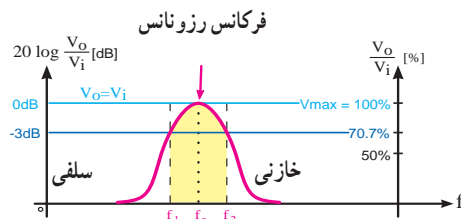
الف - رفتار مدار در فرکانس های کم، سلف مانند کلید بسته عمل می کند و باعث کاهش ولتاژ خروجی می شود.



ب - رفتار مدار در فرکانس های زیاد، خازن مانند کلید بسته عمل می کند و باعث کاهش ولتاژ خروجی می شود.



د - فیلتر میان گذر



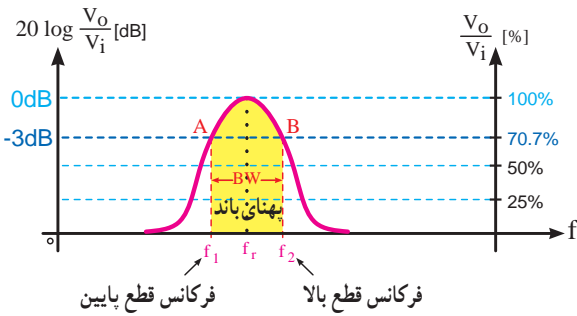
ج - پاسخ فرکانسی

شکل ۱۸-۴ - فیلتر میان گذر

در فرکانس تشدید (رزونانس) مدار دارای خاصیت اهمی است و ولتاژ خروجی ماکزیمم است.

در مدار رزونانس موازی (فیلتر میان گذر) در فرکانس رزونانس مقاومت سلفی ( $X_L$ ) و مقاومت خازنی ( $X_C$ ) با هم برابر است ( $X_L = X_C$ ) و مقاومت ظاهری معادل LC موازی خیلی بزرگ (کلید باز) است و به سمت بی نهایت میل می کند.

**طرز تعیین فرکانس های قطع فیلتر میان گذر:** برای به دست آوردن فرکانس قطع فیلتر میان گذر ابتدا با در دست داشتن منحنی پاسخ فرکانسی، فرکانس حداکثر خروجی را که در  $F_r$  به دست می آید، مشخص می کنیم (شکل ۱۹-۴ الف). سپس حد  $-3dB$ ، که همان  $70.7\%$  درصد ولتاژ ورودی یا  $50^\circ$  درصد توان ورودی است را تعیین می کنیم (شکل ۱۹-۴ ب) و خطی موازی محور فرکانس ها می کشیم (شکل ۱۹-۴ ج)، این خط در دو نقطه A و B منحنی پاسخ فرکانسی را قطع می کند. از این دو نقطه بر محور افقی عمود می کنیم. فرکانس  $F_1$  فرکانس قطع پایین و فرکانس  $F_2$  فرکانس قطع بالای فیلتر میان گذر است. فاصله  $F_1$  و  $F_2$  پهنای باند فیلتر را تشکیل می دهد. فرکانس  $F_1$  را با  $F_L$  (Low - کم) و فرکانس  $F_2$  را با  $F_H$  (زیاد - High) نیز نشان می دهند.

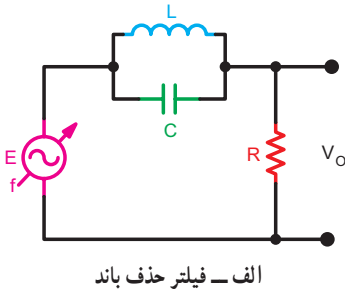


ج- از نقاط A و B به محور افقی عمود می کنیم و پهنای باند را به دست می آوریم  
شکل ۱۹-۴- نحوه به دست آوردن فرکانس قطع در فیلترهای میان گذر

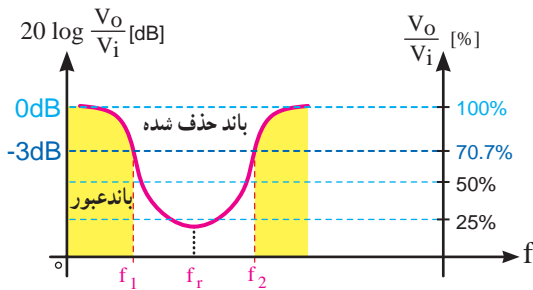
### د- فیلتر حذف باند

#### BRF (Band Reject Filter - Notch filter):

فیلترهای حذف باند فیلترهایی هستند که باند معینی از فرکانس را حذف می کنند. این فیلترها از نظر نحوه کار، مشابه فیلترهای میان گذرند. تنها تفاوت بین آنها نحوه دریافت خروجی است. در شکل ۲۰-۴ الف یک نمونه فیلتر حذف باند در شکل ۲۰-۴ ب پاسخ فرکانسی آن ترسیم شده است.



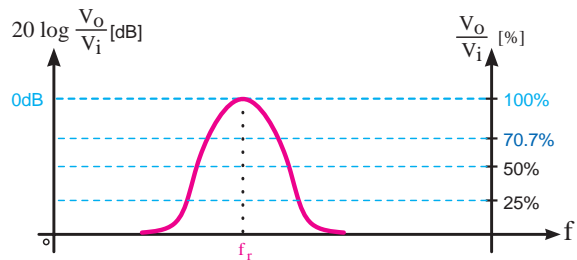
الف- فیلتر حذف باند



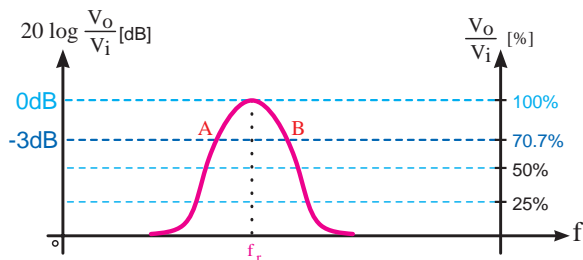
ب- پاسخ فرکانسی

شکل ۲۰-۴- فیلتر حذف باند

همان طور که ملاحظه می شود، در فرکانس  $F_r$  مدار رزونانس LC موازی به صورت یک امپدانس زیاد عمل می کند و

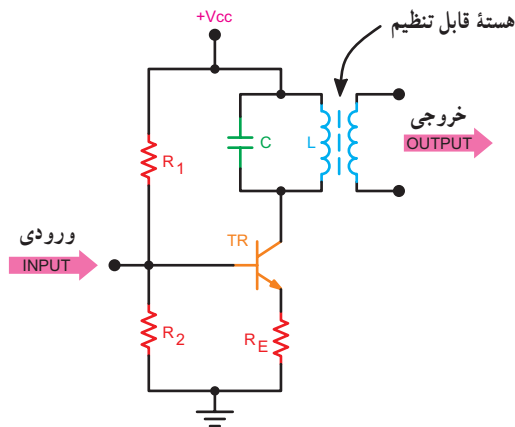


الف- نقطه حداکثر را به دست می آوریم



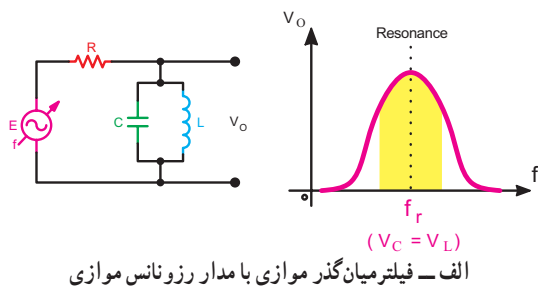
ب- نقاط  $-3dB$  را تعیین می کنیم

۲۲-۴ یک نمونه مدار عملی فیلتر میان گذر را که در گیرنده رادیو استفاده می شود ملاحظه می کنید. خازن و سیم پیچ در این فیلتر ثابت و هسته سیم پیچ قابل تغییر است. با تنظیم هسته سیم پیچ می توان فرکانس رزونانس فیلتر را روی مقدار معینی تنظیم کرد.

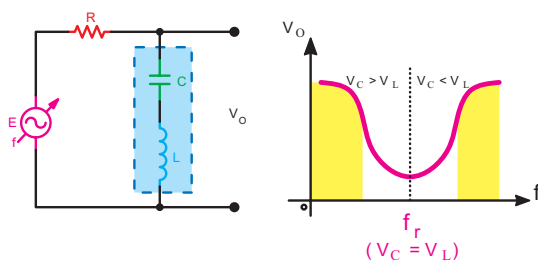


شکل ۲۲-۴ یک نمونه فیلتر عملی قابل استفاده در مدار رادیو

ب- **فیلترهای موازی:** اگر مدار رزونانس به صورت موازی با خروجی قرار گیرد فیلتر موازی شکل می گیرد. فیلترهای موازی در دو نوع فیلتر میان گذر با مدار رزونانس موازی شکل ۲۳-۴ الف و فیلتر حذف باند با مدار رزونانس سری شکل ۲۳-۴ ب تقسیم می شود. اساس کار فیلترهای موازی مشابه فیلترهای سری است.



الف - فیلتر میان گذر موازی با مدار رزونانس موازی



ب- فیلتر حذف باند موازی با مدار رزونانس سری

شکل ۲۳-۴ انواع فیلترهای موازی

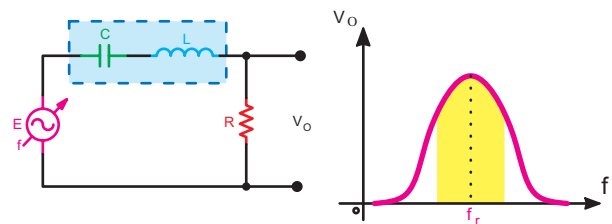
جریان مدار را آن قدر محدود می کند که در خروجی ولتاژ بسیار کمی ظاهر می شود که می توانیم عملاً آن را صفر در نظر بگیریم. در فرکانس های خیلی پایین، سیم پیچ به صورت اتصال کوتاه و خازن به صورت اتصال باز عمل می کند، در این حالت تمام ولتاژ ورودی در خروجی ظاهر می شود. در فرکانس های بالا، خازن اتصال کوتاه می شود و سلف به صورت اتصال باز عمل می کند، در این حالت تمام ولتاژ ورودی به خروجی می رسد.

### ۶-۷-۴- انواع فیلترهای میان گذر و حذف باند: فیلترهای

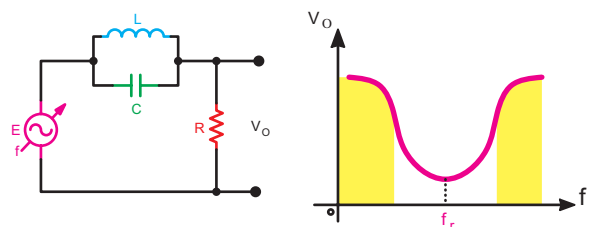
میان گذر و حذف باند را از نظر نحوه بستن مدار به دو دسته سری و موازی تقسیم می کنند.

### الف - فیلترهای سری:

در صورتی که مدار هماهنگی به صورت سری با خروجی قرار گیرد، نوع فیلتر را سری می گویند. فیلترهای سری، خود بر دو نوع فیلتر سری با مدار رزونانس سری (میان گذر) و فیلتر سری با مدار رزونانس موازی (حذف باند) تقسیم می شود. در شکل ۲۱-۴ الف فیلتر میان گذر سری با مدار رزونانس سری و در شکل ۲۱-۴ ب فیلتر حذف باند سری با مدار رزونانس موازی ترسیم شده است.



الف - فیلتر میان گذر سری با مدار رزونانس سری



ب- فیلتر حذف باند سری با مدار رزونانس موازی

شکل ۲۱-۴ انواع فیلترهای سری

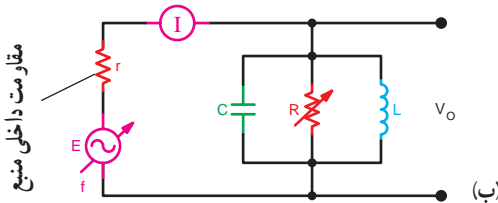
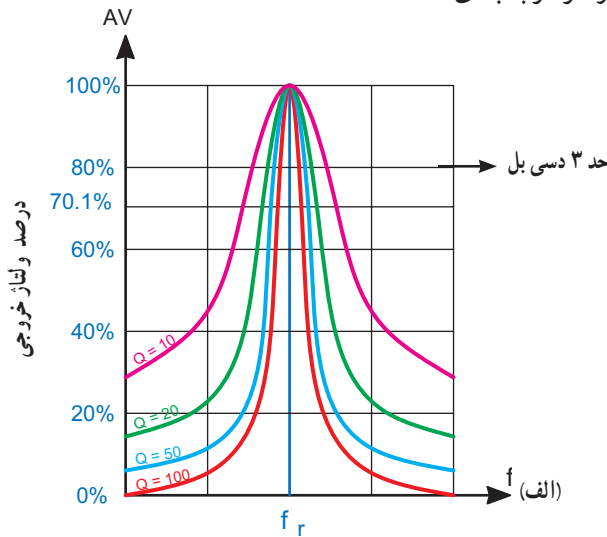
در مدارهای گیرنده رادیو، اغلب از فیلترهای میان گذر با مدار رزونانس موازی استفاده می شود. این فیلترها به منظور انتخاب باند فرکانس معینی در طبقات مختلف گیرنده به کار می رود. در شکل

بین مقدار Q، پهنای باند و  $F_r$  رابطه ۴-۱۲ برقرار است:

$$Q = \frac{F_r}{BW} \quad 4-12$$

فرکانس رزونانس  $F_r$ ، ضریب کیفیت  $Q$  = پهنای باند  $BW$

هر قدر ضریب Q کمتر شود پهنای باند بیشتر می شود. در شکل ۴-۲۴ منحنی یک مدار رزونانس موازی با یک فرکانس رزونانس و مقادیر Q متفاوت رسم شده است. مقدار Q مدار رزونانس بستگی به مقدار مقاومت اهمی مدار دارد. در این شکل محور افقی برحسب فرکانس و محور قائم بر حسب درصد بهره ولتاژ درجه بندی شده است.



شکل ۴-۲۴ پاسخ فرکانسی مدار رزونانس موازی با Qهای متفاوت

۴-۷-۸ مقدار Q در مدار رزونانس سری: در مدار

شکل ۴-۲۵ یک مدار رزونانس سری رسم شده است. مقدار Q این مدار بستگی به مقاومت سری آن دارد و از رابطه ۴-۱۳ قابل محاسبه است.

۴-۷-۷ مشخصه های فیلتر میان گذر: به طور کلی برای

فیلترهای میان گذر سه مشخصه به شرح زیر تعریف می شود:

الف - فرکانس رزونانس  $F_r$

ب - پهنای باند  $BW$

ج - ضریب کیفیت  $Q$

الف - فرکانس رزونانس (Resonance Frequency):

فرکانس رزونانس فیلترهای میان گذر از رابطه ۴-۱۰ قابل محاسبه است.

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad 4-10$$

ب - پهنای باند (Band Width): پهنای باند فیلتر میان گذر

فاصله بین فرکانس های قطع بالا و قطع پایین است.

$$BW = F_H - F_L \quad 4-11$$

فرکانس قطع پایین  $F_L = F_r$ ، پهنای باند  $BW =$

فرکانس قطع بالا  $F_H = F_r$

مقدار پهنای باند از طریق ترسیمی طبق شکل ۴-۱۹

به دست می آید.

### مثال ۴-۴

در یک فیلتر میان گذر در صورتی که فرکانس قطع بالا

برابر با  $61^\circ$  کیلوهرتز و فرکانس قطع پایین برابر با  $58^\circ$  کیلوهرتز باشد، پهنای باند را به دست آورید.

پاسخ:

$$BW = F_H - F_L \Rightarrow BW = 61^\circ - 58^\circ \Rightarrow BW = 3^\circ \text{ KHz}$$

### نمایش نرم افزاری

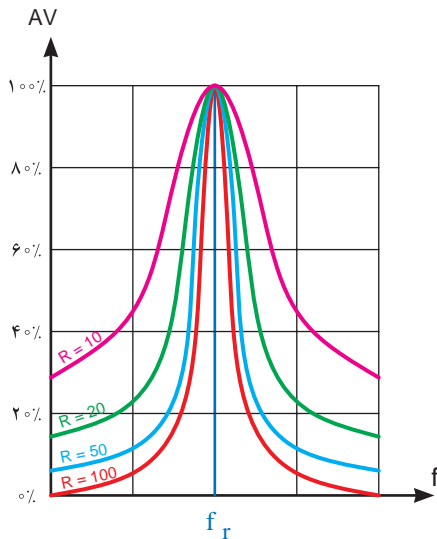
توصیه می شود، با استفاده از نرم افزار مولتی سیم،

انواع فیلترهای میان گذر و حذف باند را شبیه سازی نمایید

و برای هنرجویان نمایش دهید.

ج - ضریب کیفیت Q (Quality Factor): این

ضریب میزان تیزی منحنی مشخصه و پهنای باند را تعیین می کند.

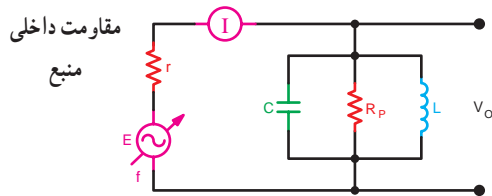


شکل ۴-۲۶ اثر مقاومت R روی Q در مدار رزونانس سری

۹-۷-۴ مقدار Q در مدار رزونانس موازی: مقدار Q در مدار رزونانس موازی بستگی به مقاومت موازی مدار دارد. مقدار Q در مدار شکل ۴-۲۷ از رابطه ۴-۱۵ قابل محاسبه است.

$$Q_p = \frac{R_p}{X_L} \quad \text{رابطه ۴-۱۵}$$

$$R \uparrow \rightarrow BW \downarrow \rightarrow Q \uparrow$$



شکل ۴-۲۷ مدار رزونانس موازی

اگر در رابطه پهنای باند مقدار  $Q_p$  را قرار دهیم خواهیم

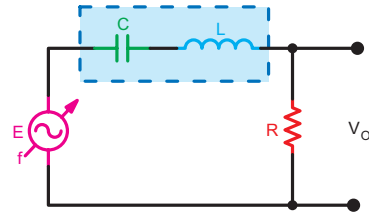
$$BW = \frac{F_r}{Q_p} \quad Q_p = \frac{R_p}{X_L} \quad \text{داشت:}$$

$$BW = \frac{F_r}{R_p / X_L}, BW = \frac{F_r \cdot X_L}{R_p} \quad \text{۴-۱۶}$$

$$Q = \frac{X_L}{R} \quad \text{۴-۱۳}$$

راکتانس سلفی  $X_L$ ، ضریب کیفیت Q

مقاومت اهمی سری با سیم پیچ  $R$



شکل ۴-۲۵ مدار رزونانس سری

### مثال ۴-۵

در صورتی که در مدار شکل ۴-۲۵ مقدار  $X_L = 10 \text{ K}\Omega$  و مقدار  $R = 100 \Omega$  باشد مقدار Q را به دست آورید.

پاسخ:

$$Q = \frac{X_L}{R}$$

$$Q = \frac{10000}{100} \Rightarrow Q = 100$$

اگر در رابطه  $BW = \frac{F_r}{Q}$  به جای Q مقدار آن را در رابطه

۴-۱۳ قرار دهیم، داریم:

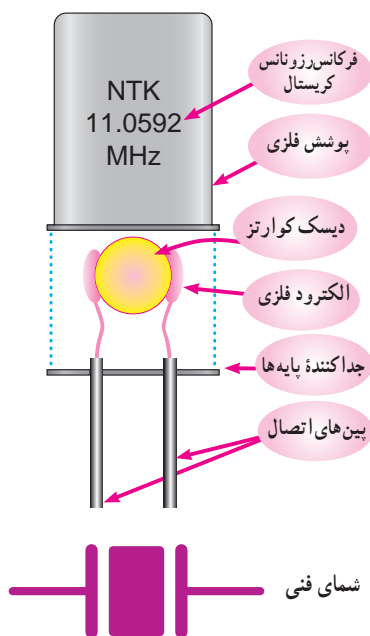
$$Q = \frac{X_L}{R}, BW = \frac{F_r}{Q}, BW = \frac{F_r}{X_L / R}$$

$$BW = \frac{F_r \cdot R}{X_L} \quad \text{۴-۱۴}$$

$$R \uparrow \rightarrow BW \uparrow \rightarrow Q \downarrow$$

اگر رابطه ۴-۱۴ را مورد توجه قرار دهیم می بینیم که با زیاد شدن مقاومت اهمی سیم پیچ، مقدار Q کم و مقدار پهنای باند زیاد می شود. شکل ۴-۲۶ مقدار Q در مدار رزونانس سری با مقادیر متفاوت R نشان می دهد.

۱-  $R_p$  به معنی مقاومت موازی است و از Paralel گرفته شده است.



الف - ساختمان داخلی و شمای فنی کریستال



ب - شکل ظاهری چند نمونه کریستال

شکل ۲۸-۴ - ساختمان داخلی، شمای فنی و شکل ظاهری کریستال

صفحه دایره‌ای شکل (دیسک) کوآرتز برای کار در فرکانس‌های بالا نازک است. در هر طرف صفحه (دیسک) یک الکتروود فلزی تماس دارد. هرگاه یک ولتاژ متناوب AC به دو سر الکتروود اعمال شود کریستال به ارتعاش درمی‌آید. این ارتعاش در فرکانس رزونانس کریستال انجام می‌شود و در این حالت کریستال سیگنالی تولید می‌کند که فرکانس آن با فرکانس تشدید برابر است. کریستال می‌تواند در مدارهای فرکانس بالا به راحتی کار کند و جایگزین مدارهای رزونانس سری و موازی RLC شود و حسن آن پایداری فرکانس و ضریب کیفیت بالای آن است. مدار

از مقاومت اهمی سری سلف صرف نظر شده است اگر بخواهیم این مقاومت را در نظر بگیریم سلف به مدار RL سری  $\text{---} \overset{R}{\text{---}} \text{---} \overset{L}{\text{---}} \text{---}$  تبدیل می‌شود که باید RL سری را به RL موازی تبدیل نمود و سپس  $R_p$  معادل موازی را محاسبه کرد. بنابراین به علت پیچیدگی از طرح این محاسبات خودداری شد.

با بررسی رابطه ۱۶-۴ و شکل ۲۴-۴ الف در می‌یابیم که در مدار رزونانس موازی با افزایش مقدار  $R_p$  مقدار  $Q_p$  زیاد و پهنای باند مدار کم می‌شود. در مدارهای رادیو برای افزایش پهنای باند مقدار  $R_p$  را کاهش می‌دهند.

اگر هنگام پرسیدن سؤالی، در مورد سؤال خوب فکر کنید، می‌توانید با اعتماد به نفس و به طور دقیق سؤال خود را مطرح کنید و جواب منطقی دریافت نمایید.

## ۸-۴ - فیلترهای کریستالی (Crystal filter)

روش دیگر برای کنترل فرکانس در مدارهای رزونانسی استفاده از کریستال کوآرتز (quartz crystal) است. کوآرتز، یک ماده با اثر پیزوالکتریک (Piezoelectric effect) است، که هرگاه انرژی الکتریکی دریافت کند آن را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند و بالعکس انرژی مکانیکی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. کریستال کوآرتز تمایل دارد که در فرکانس تشدید خود نوسان کند، که مقدار فرکانس رزونانس از مشخصات فیزیکی آن تعیین می‌شود. به همین منظور ضخامت کریستال تعیین کننده اصلی نقطه رزونانس است. در شکل ۲۸-۴ ساختمان داخلی و شمای فنی آن نشان داده شده است. برای تعیین مشخصات کریستال لازم است به برگه اطلاعات (DataSheet) کریستال مراجعه کنید.

به اثر ناشی از فشار برای تولید بارهای الکتریکی، اثر پیزوالکتریک می‌گویند.



$R_p = 100 \text{ k}\Omega$ ،  $X_L = 10 \text{ k}\Omega$  و  $F_r = 500 \text{ kHz}$  است.

الف - مقدار  $BW$  و  $Q$  این مدار چقدر است؟

ب - اگر مقدار  $R_p$  را به  $1/5$  برابر افزایش دهیم چه تغییری

در مدار پدید می آید؟ با استفاده از محاسبات شرح دهید.

۹ - کاربرد کریستال کوآرتز را بنویسید.

۱۰ - مزیت استفاده از کریستال کوآرتز را بنویسید.

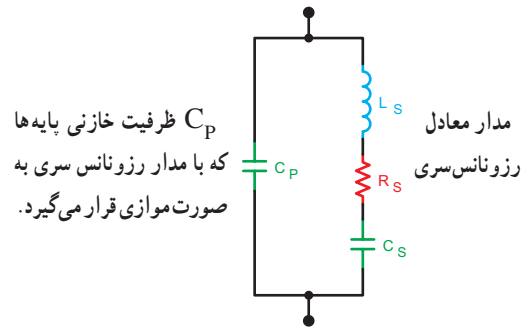
چهارگزینه ای

۱۱ - فیلتر شکل ۳-۴ از نوع .... باند .... است.

(۱ عبور - موازی (۲ حذف - سری

(۳ حذف - موازی (۴ عبور - سری

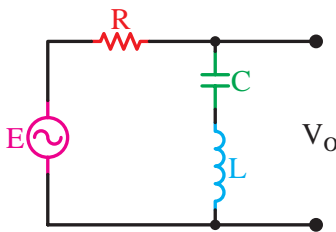
معادل کریستال کوآرتز را می توان با یک ترکیب سری و موازی RLC مطابق شکل (۲۹-۴) نشان داد.



شکل ۲۹-۴ - مدار معادل کریستال کوآرتز

### برای هنرجویان علاقه مند

برای کسب اطلاعات بیشتر می توانید به برگه اطلاعات (Data Sheet) انواع کریستال ها از جمله کریستال های سه پایه مراجعه کنید و سایر مشخصات کریستال را استخراج نمایید. از سایت [AllDatasheet.com](http://AllDatasheet.com) کمک بگیرید.



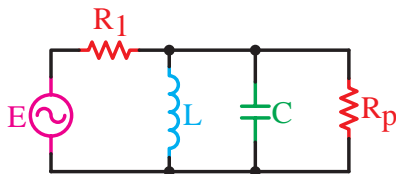
شکل ۳۰-۴

۱۲ - در فیلتر شکل ۳۱-۴ اگر  $R_p$  افزایش یابد

مقدار  $Q$  ..... می شود و  $BW$  ..... می یابد.

(۱ زیاد - کاهش (۲ زیاد - افزایش

(۳ کم - افزایش (۴ کم - کاهش



شکل ۳۱-۴

از طراحان محترم سؤالات آزمون ها تقاضا می شود از مباحث «جهت دانش آموزان علاقه مند» و موارد مرتبط با «خلاقیت و ابتکار» و «زندگی نامه دانشمندان» تحت هیچ شرایطی سؤال طرح ننمایند.

### ۴-۹ - الگوی پرسش

تشریحی و محاسباتی

۱ - فیلتر مکانیکی را با فیلتر الکترونیکی مقایسه کنید.

۲ - فیلتر ایده آل و فیلتر واقعی را تعریف کنید و منحنی پاسخ

فرکانسی آنها را با هم مقایسه کنید.

۳ - فرکانس قطع فیلتر را تعریف کنید و نحوه محاسبه آن

را بنویسید.

۴ - فیلترهای پایین گذر و بالا گذر RL و RC را شرح دهید

و نحوه محاسبه فرکانس قطع آنها را بنویسید.

۵ - دو نمونه فیلتر میان گذر سری رسم کنید و طرز کار

آن را بنویسید.

۶ - ضریب کیفیت را تعریف کنید.

۷ - در یک مدار رزونانس سری اگر مقدار  $R_p$  کاهش یابد،

چه تأثیری روی پاسخ فرکانسی می گذارد؟ شرح دهید.

۸ - در یک مدار رزونانس موازی مقاومت معادل مدار

# فصل ۵

## نوسان سازها

### هدف کلی

### تحلیل ساده اصول نوسان سازی و انواع نوسان سازها

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۱۲ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- اصول نوسان سازی را تعریف کند. .... ۱۰'
- ۲- انواع نوسان ساز را از نظر تولید شکل موج نام ببرد. .... ۱۰'
- ۳- نیازهای اولیه را برای نوسان سازی شرح دهد. .... ۲۵'
- ۴- اصل بارک هاووزن را توضیح دهد. .... ۱۰'
- ۵- نحوه تولید نوسان ها را در نوسان سازها از لحظه کلید زنی تا پایدار شدن نوسانات توضیح دهد. .... ۲۵'
- ۶- انواع نوسان سازها را از نظر مدار تولید کننده فرکانس نام ببرد. .... ۱۵'
- ۷- انواع نوسان سازهای LC و RC (پل وین) را از نظر شبکه فیدبک نام ببرد. .... ۱۵'
- ۸- مدار نوسان ساز آرمسترانگ را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۹- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز آرمسترانگ را بنویسد. .... ۱۵'
- ۱۰- مدار نوسان ساز هارتلی را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۱- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز هارتلی را بنویسد. .... ۱۵'
- ۱۲- مدار نوسان ساز کول پیتس را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۳- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز کول پیتس را بنویسد. .... ۱۰'
- ۱۴- مدار نوسان ساز کلاپ را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۵- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز کلاپ را بنویسد. .... ۱۰'
- ۱۶- مدار نوسان ساز پل وین را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۷- نوسان ساز موج مربعی (مولتی ویراتور) را با ترازیستور و آی سی ۵۵۵ شرح دهد. .... ۹۰'
- ۱۸- اصول کار یک نوع نوسان ساز کریستالی را شرح دهد. .... ۲۵'
- ۱۹- اصول کار یک نوع نوسان ساز VCO را شرح دهد. .... ۲۵'
- ۲۰- با استفاده از نرم افزارهای مولتی سیم یا مشابه آن مدارهای شبیه سازی شده نوسان سازها را مشاهده کند و در صورت امکان آن مدارها را شبیه سازی کند. .... ۹۰'
- ۲۱- در فرایند اجرای آموزش متناسب با شرایط و محتوا، به آزمون های تشخیصی، تکوینی و پایانی پاسخ دهد. .... ۹۰'
- ۲۲- هدف های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز اجرا نماید. .... ۹۰'

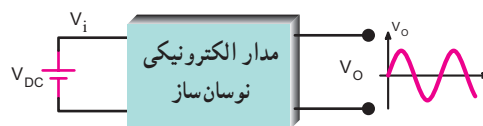
## پیشگفتار

نوسان سازها مدارهای ویژه‌ای هستند که کاربرد نسبتاً گسترده‌ای در مدارهای مخابراتی دارند. بدون نوسان سازها ارسال و دریافت پیام‌های رادیویی امکان پذیر نیست. نوسان سازها یا مولدهای شکل موج، در دستگاه‌هایی نظیر مولتی مترهای دیجیتالی، اسیلوسکوپ، گیرنده و فرستنده‌های رادیویی، رایانه‌ها و وسایل دیجیتالی نظیر شمارنده‌ها، تایمرها، ماشین‌های حساب و دستگاه‌های فراوان دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا می‌توان گفت نوسان ساز یکی از اجزاء اساسی دستگاه‌های الکترونیکی است.

## ۱-۵- اصول نوسان سازی

۱-۱-۵- نوسان ساز چیست؟ نوسان ساز، مداری است که بدون اعمال سیگنال متناوب به ورودی آن، در خروجی، سیگنال متناوب تولید کند.

شکل ۱-۵ نقشه بلوکی (بلوک دیاگرام) نوسان ساز سینوسی را نشان می‌دهد.

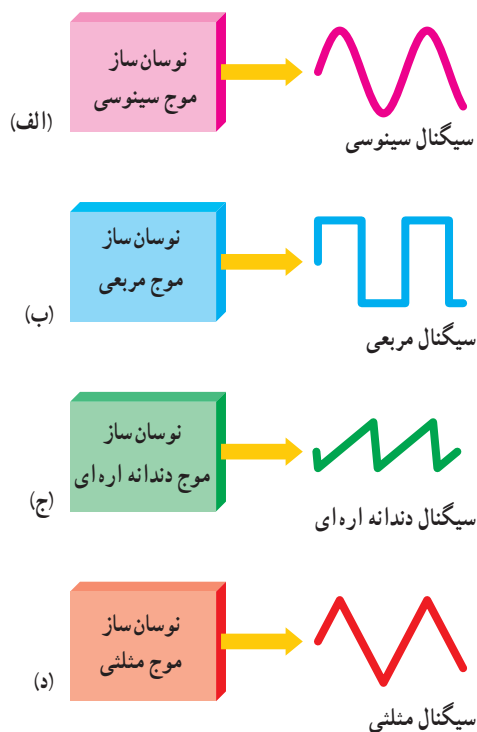


شکل ۱-۵- نقشه بلوکی یک نوسان ساز سینوسی

همان‌طور که مشاهده می‌شود به مدار الکترونیکی نوسان ساز، ولتاژ DC داده شده است و مدار ولتاژ DC را به ولتاژ متناوب سینوسی تبدیل نموده است. به نوسان ساز، اسیلاتور (oscillator) نیز می‌گویند.

## ۲-۵- انواع نوسان ساز از نظر شکل موج تولیدی

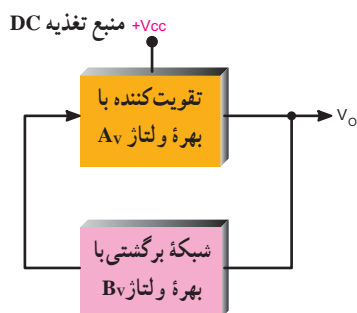
نوسان سازها می‌توانند انواع شکل موج‌ها را به وجود آورند. در شکل ۲-۵ چهار نمونه نوسان ساز به صورت بلوک دیاگرام با توجه به شکل موج آن ترسیم شده است. این نوسان سازها شامل نوسان ساز موج سینوسی (الف)، نوسان ساز موج مربعی (ب)، نوسان ساز موج دندانه‌اره‌ای (ج) و نوسان ساز موج مثلثی (د) است.



شکل ۲-۵ - انواع نوسان سازها با توجه به شکل موج تولیدی

## ۳-۵- اصول کار مدارهای الکترونیکی نوسان ساز

اغلب نوسان سازها از یک طبقه تقویت کننده و طبقه‌ای به نام شبکه برگشتی یا فیدبک (Feed Back) تشکیل شده‌اند. شبکه برگشتی معمولاً بخشی از سیگنال خروجی تقویت کننده را به ورودی تقویت کننده برگشت می‌دهد. شکل ۳-۵ بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵ - بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز

## ۴-۵- نیازهای اولیه برای نوسان سازی

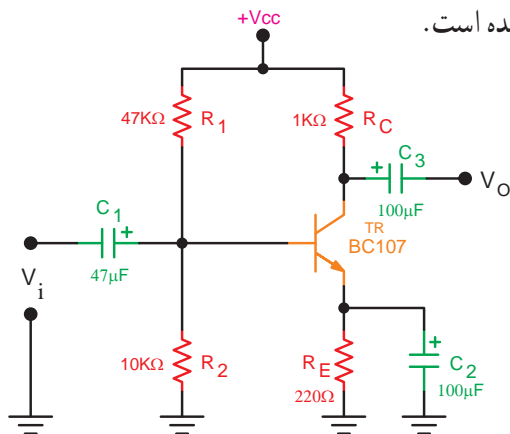
در کلیه نوسان سازها باید شرایط و عوامل زیر وجود داشته باشد تا مدار به نوسان درآید.

الف) منبع انرژی: منبع انرژی می تواند منبع تغذیه، باتری شیمیایی یا باتری نوری باشد. شکل ۴-۵ چند نمونه باتری را به عنوان منبع انرژی نشان می دهد.



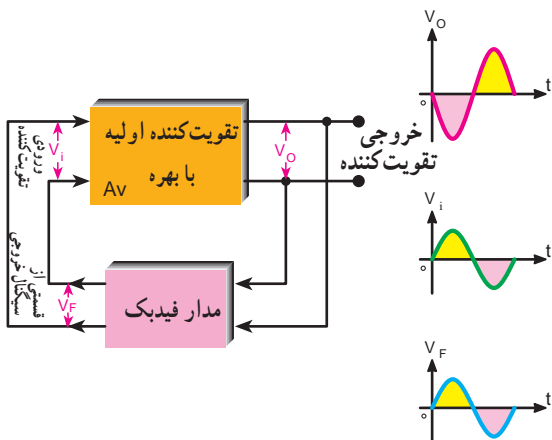
شکل ۴-۵- چند نمونه باتری

ج) تقویت کننده: مدار تقویت کننده معمولاً یکی از انواع تقویت کننده های ترانزیستوری BJT، FET یا IC است. سیگنال های اولیه توسط مدار تعیین کننده فرکانس تولید می شود و به وسیله مدار تقویت کننده تقویت می گردد. در شکل ۶-۵ یک نمونه تقویت کننده رسم شده است.



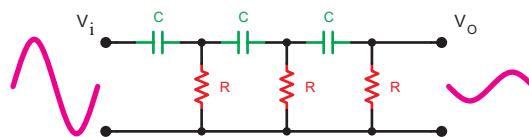
شکل ۶-۵- تقویت کننده ترانزیستوری

د) مدار فیدبک یا بازخورد (Feed Back): فیدبک به مفهوم انتقال بخشی از سیگنال خروجی به ورودی مدار است. در نوسان سازها قسمتی از سیگنال خروجی طوری به ورودی منتقل می شود که با آن هم فاز باشد. در این حالت فیدبک را مثبت (Positive Feed Back) می نامند. در صورتی که سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز داشته باشد آن را فیدبک منفی (Negative Feed Back) می نامند. شکل ۷-۵ فیدبک مثبت را نشان می دهد.

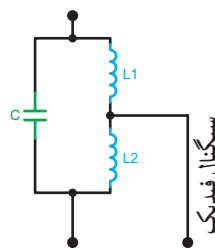


شکل ۷-۵- ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

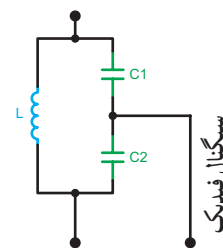
ب) مدار تعیین کننده فرکانس: این مدار معمولاً یک مدار رزونانس LC یا مدار RC یا مدارهایی با مشخصات ویژه است. نوسان های اولیه، در این مدارها تولید می شود. شکل ۵-۵ الف، ب، ج مدار تعیین فرکانس RC و LC را نشان می دهد.



الف- مدار رزونانس RC



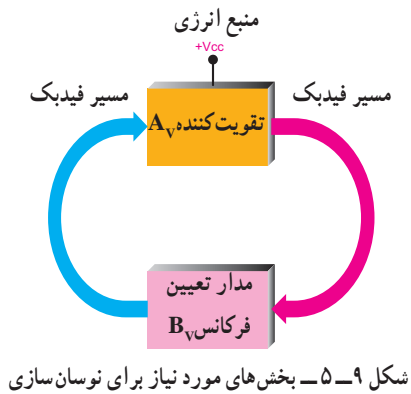
ج- مدار رزونانس LC



ب- مدار رزونانس LC

شکل ۵-۵- مدارهای رزونانس RC و LC

می‌شود. در شکل ۵-۹ بخش‌های مورد نیاز جهت نوسان‌سازی به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است.



شکل ۵-۹- بخش‌های مورد نیاز برای نوسان‌سازی

### ۵-۵- اصل بارک‌هاوزن (Barkhausen Criterion)

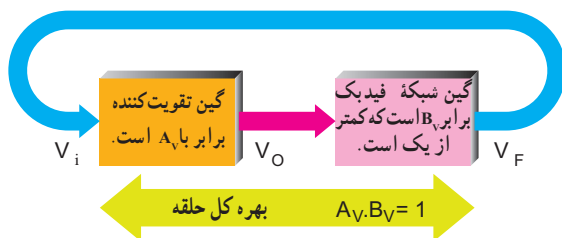
بنابر اصل بارک‌هاوزن، زمانی نوسان‌های یک نوسان‌ساز پایدار می‌شود که حاصل ضرب بهره و لتاژ تقویت‌کننده ( $A_V$ ) در  $B_V$  که ضرب بهره و لتاژ مدار فیدبک نامیده می‌شود برابر یک شود. معادله ۵-۱ رابطه بین  $A_V$  و  $B_V$  را در شرایطی که مدار دارای نوسان‌های پایدار می‌شود، نشان می‌دهد.

$$A_V \cdot B_V = 1 \quad 5-1$$

$A_V$  = بهره تقویت‌کننده

$B_V$  = بهره مدار فیدبک

مفهوم اصل بارک‌هاوزن در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است. بهره کل سیستم باید برابر با یک باشد تا نوسان‌های مدار تداوم یابد. در این مدار مقدار  $A_V = \frac{V_O}{V_i}$  و  $B_V = \frac{V_F}{V_O}$  است. ولتاژ ورودی تقویت‌کننده  $V_i$  و لتاژ خروجی تقویت‌کننده  $V_O$  و لتاژ خروجی مدار فیدبک  $V_F$

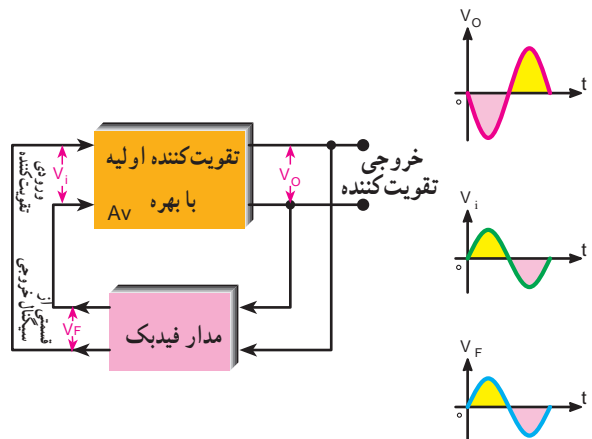


شکل ۵-۱۰- بررسی اصل بارک‌هاوزن

مشاهده می‌شود که سیگنال خروجی مدار فیدبک با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز است. در شکل ۵-۷ بین ورودی و خروجی تقویت‌کننده هیچ اختلاف فازی وجود ندارد. مدار فیدبک هم سیگنال خروجی را بدون اختلاف فاز به ورودی تقویت‌کننده برگشت می‌دهد.

در نوسان‌سازها لازم است سیگنال خروجی مدار فیدبک با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز باشد یعنی نوع فیدبک مثبت باشد. همچنین مدار تعیین فرکانس معمولاً در بخش مدار فیدبک قرار دارد.

اما در شکل ۵-۸ تقویت‌کننده سیگنال ورودی خود را با  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز در خروجی و به صورت تقویت‌شده ظاهر می‌کند. در این حالت مدار فیدبک، سیگنال خروجی را  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز می‌دهد تا سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز شود.



شکل ۵-۸- ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

معمولاً مدار تعیین فرکانس در بخش مدار فیدبک یا بازخورد نوسان‌ساز قرار دارد.

نوسان‌های اولیه برای نوسان‌سازی به وسیله مدار تعیین‌کننده فرکانس تولید می‌شود. این نوسان‌ها توسط مدار تقویت‌کننده تقویت می‌شود و سپس از طریق مدار فیدبک به ورودی منتقل می‌شود. اگر فیدبک مثبت باشد نوسان‌ها تداوم می‌یابد و پایدار

برای تولید نوسان پایدار دو شرط  $A_V \cdot B_V = 1$  و فیدبک مثبت ضروری است.

### مثال ۵-۱

در صورتی که ضریب تقویت مدار تقویت کننده به کار رفته در یک نوسان ساز برابر با  $10^\circ$  باشد، مقدار بهره مدار فیدبک را طوری به دست آورید که مدار دارای نوسان های پایدار باشد.

#### پاسخ:

با استفاده از اصل بارک هاوزن داریم:

$$A_V \cdot B_V = 1 \Rightarrow 10^\circ \times B_V = 1 \Rightarrow B_V = 10^\circ / 1$$

بهره مدار فیدبک باید  $10^\circ / 1$  باشد تا مدار به نوسان های پایدار خود ادامه دهد.

### ۵-۶ - یک اسیلاتور چگونه به نوسان در می آید؟

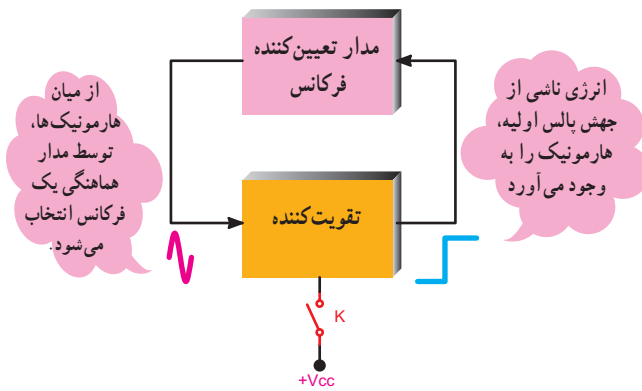
در شکل ۵-۱۱ الی ۵-۱۳ سه مرحله از تولید نوسان ها در نوسان ساز نشان داده شده است. این سه مرحله به ترتیب عبارت اند از:

الف) مرحله روشن کردن دستگاه با زدن کلید

ب) مرحله تولید سیگنال اولیه

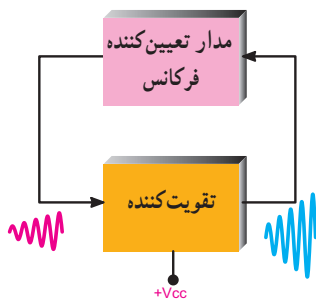
ج) مرحله پایدار شدن نوسان ها

هنگامی که منبع انرژی به مدار متصل می شود، در لحظه برقراری جریان، به علت افزایش ناگهانی ولتاژ و به وجود آمدن حالت گذرا، ضربه ای به مدار وارد می شود که به منزله اعمال یک پالس به مدار است (شکل ۵-۱۱). با وارد شدن پالس به مدار، هارمونیک های مختلف موجود در پالس در مدار هماهنگی ظاهر می شود. هارمونیک انتخاب شده، برابر با فرکانس رزونانس مدار هماهنگی است.



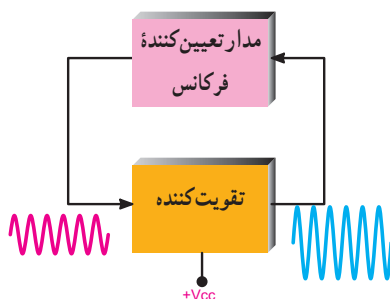
شکل ۵-۱۱ - مرحله روشن شدن دستگاه یا زدن کلید K

هارمونیک انتخاب شده از طریق مدار فیدبک به صورت هم فاز به ورودی مدار تقویت کننده برمی گردد. سیگنال برگشتی پس از تقویت، دوباره در خروجی ظاهر می شود و از طریق مدار فیدبک به ورودی برمی گردد (شکل ۵-۱۲). نوسان ها، زمانی تداوم می یابد که حاصل ضرب بهره مدار تقویت کننده و بهره مدار فیدبک بر اساس اصل بارک هاوزن برابر با یک شود. این شرایط زمانی رخ می دهد که عناصر مدار به طور صحیح انتخاب شده باشند.



شکل ۵-۱۲ - سیگنال اولیه ساخته می شود.

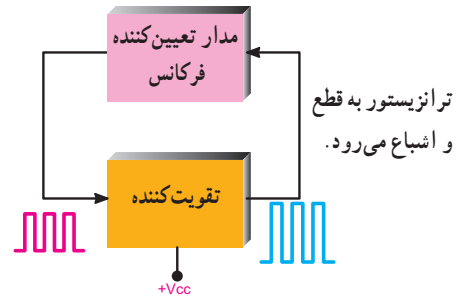
در صورتی که چنین شرایطی پدید آید می توانیم سیگنال سینوسی داشته باشیم (شکل ۵-۱۳).



شکل ۵-۱۳ - نوسانات پایدار می شود (موج سینوسی)

## ۵-۷- تولید نوسان مربعی

اگر شرایط مدار طوری تنظیم شود که تقویت کننده مدار به قطع و اشباع برود سیگنال مربعی تولید می شود (شکل ۱۴-۵). این حالت زمانی اتفاق می افتد که مدار رزونانس LC در مدار وجود نداشته باشد.



شکل ۱۴-۵- ترانزیستور به قطع و اشباع می رود و نوسان ها تداوم می یابد.

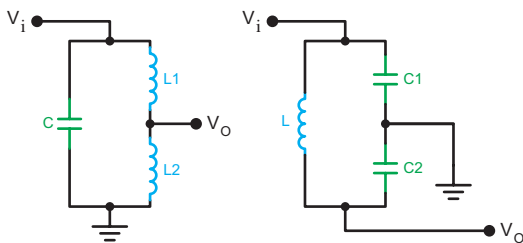
## ۵-۹- انواع نوسان سازهای سینوسی

در زمان های قدیم از لامپ های خلاً به عنوان تقویت کننده در نوسان سازها استفاده می کردند. امروزه استفاده از ترانزیستورهای BJT، FET، تقویت کننده های عملیاتی (Op Amp)، مدارهای منطقی و سایر آی سی ها در مدارهای نوسان ساز بسیار متداول است.

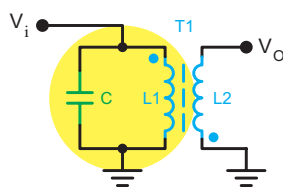
مدارهای نوسان ساز را از نظر نوع مدار تعیین کننده فرکانس و نحوه انجام فیدبک، تقسیم بندی می کنند.

### ۱-۹-۵- انواع نوسان سازها از نظر مدار

**تعیین کننده فرکانس:** نوسان سازها را از نظر نوع مدار تعیین کننده فرکانس به دو دسته RC و LC تقسیم می کنند. در مدارهای LC مدار تعیین کننده فرکانس یک مدار هماهنگی موازی LC است. این مدار انرژی را در خود ذخیره می کند، لذا مدار تانک نامیده می شود. در مدارهای RC مدار تعیین کننده فرکانس یک مدار ترکیبی RC است. به علت کاربرد مدارهای نوسان ساز LC در فرستنده ها و گیرنده های رادیویی در این فصل، به تشریح نوسان ساز با شبکه تولید فرکانس LC می پردازیم و سپس یک یا چند مدار نوسان ساز RC را تشریح می نمایم. شکل های ۱۵-۵، ۱۶-۵ و ۱۷-۵ انواع شبکه های تعیین فرکانس LC و RC را نشان می دهد.



شکل ۱۵-۵- دو نمونه مدار تعیین فرکانس LC



شکل ۱۶-۵- مدار تعیین فرکانس LC

## ۸-۵- الگوی پرسش

### تشریحی

- ۱- اسیلاتور چیست؟ شرح دهید.
- ۲- نیازهای اولیه برای نوسان سازی را نام ببرید و تشریح کنید.
- ۳- اصل بارک هاوزن را شرح دهید.
- ۴- سه مرحله از تولید نوسان را در نوسان ساز شرح دهید.

۵- شرط تولید موج مربعی را در نوسان ساز شرح دهید.

### کامل کردنی

۶- در نوسان سازها نوع فیدبک ..... است.

### چهار گزینه ای

۷- در صورتی که مقدار بهره مدار فیدبک در یک

نوسان ساز ۲٪ باشد، ضریب تقویت مدار تقویت کننده را چقدر

انتخاب کنیم تا نوسان مدار پایدار شود؟

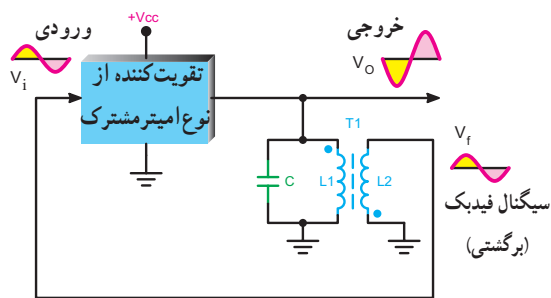
- ۱) ۱۰۰ (۲) ۵۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۷۵

### کوتاه پاسخ

۸- اگر تقویت کننده مربوط به مدار نوسان ساز در قطع و

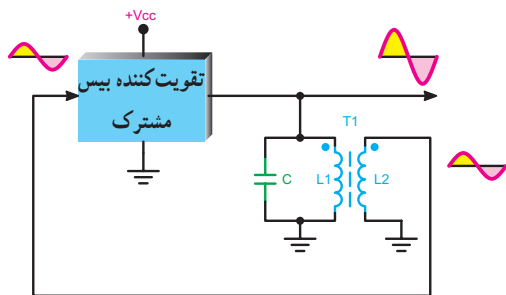
اشباع کار کند، چه نوع سیگنالی تولید می شود؟





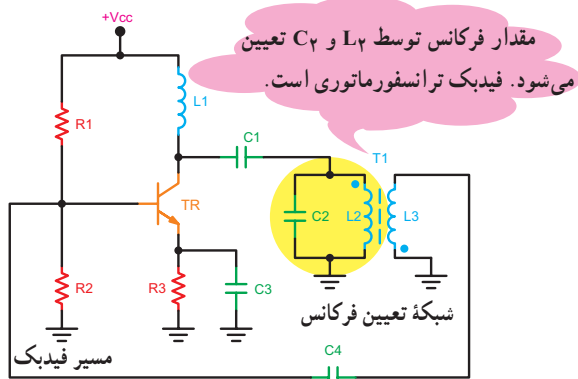
شکل ۱۹-۵- اختلاف فاز بین ورودی و خروجی ۱۸۰ درجه است.

اگر تقویت کننده از نوع بیس مشترک باشد چون بین ولتاژ ورودی و خروجی تقویت کننده اختلاف فازی وجود ندارد، شبکه برگشتی نباید بین سیگنال ورودی و خروجی خود اختلاف فاز ایجاد نماید. شکل ۲۰-۵ شبکه برگشتی را برای تقویت کننده بیس مشترک نشان می دهد.

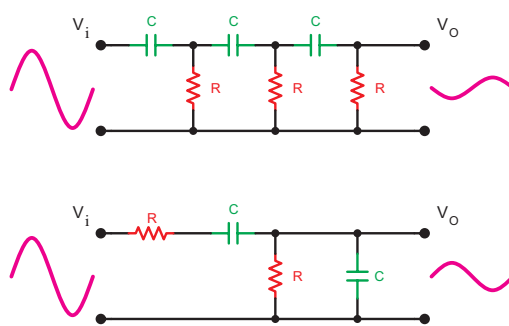


شکل ۲۰-۵- شبکه برگشتی برای تقویت کننده بیس مشترک

در شکل ۲۱-۵ یک نمونه مدار آرمسترانگ ترسیم شده است. مدار تقویت کننده در این نوسان ساز از نوع امیتر مشترک است. مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  با یاسینگ DC مدار را تأمین می کنند. مقاومت  $R_3$  مقاومت تثبیت حرارتی است. خازن  $C_1$  مقاومت امیتر را از نظر AC به شاسی، بای پاس می کند.



شکل ۲۱-۵- مدار نوسان ساز آرمسترانگ



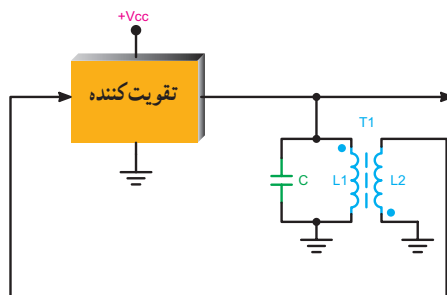
شکل ۱۷-۵- دو نمونه مدار تعیین فرکانس RC

## ۲-۹-۵- انواع نوسان سازهای LC از نظر شبکه

**فیدبک:** نوسان سازها را با توجه به مدار فیدبک، به سه دسته به شرح زیر تقسیم می کنند:

### ۳-۹-۵- نوسان ساز با شبکه فیدبک ترانسفورماتوری:

در این مدار عمل فیدبک از طریق یک ترانسفورماتور صورت می گیرد. این نوع مدارها را مدار آرمسترانگ (Armstrong) می نامند. در شکل ۱۸-۵ مدار کلی نوسان ساز آرمسترانگ را که شبکه فیدبک آن ترسیم شده است، مشاهده می کنید. اگر در تقویت کننده بین سیگنال ورودی و خروجی ۱۸۰° اختلاف فاز ایجاد شود مدار تعیین فرکانس نیز باید بین سیگنال ورودی و خروجی خود ۱۸۰° اختلاف فاز ایجاد نماید تا فیدبک از نوع مثبت شود.



شکل ۱۸-۵- مدار کلی نوسان ساز آرمسترانگ

در ترانسفورماتورها محل های نقطه گذاری شده (.) نشانه هم فاز بودن سیگنال ها است. همان طور که مشاهده می شود، شبکه برگشتی به سیگنال ورودی خود ۱۸۰° اختلاف فاز می دهد تا نوع فیدبک مثبت شود. اگر بهره ولتاژ تقویت کننده  $A_V$  باشد، ترانسفورماتور که کاهنده است دامنه سیگنال ورودی را کاهش می دهد. به این ترتیب اصل بارک هاوزن ( $A_V \times B_V = 1$ ) برقرار می شود و مدار نوسان پایدار ایجاد می نماید (شکل ۱۹-۵).

سیم پیچ  $L_3$ ، که با سیم پیچ  $L_2$  به صورت ترانسفورماتور بسته شده است، شبکه فیدبک را تشکیل می دهد. یک سر این سیم پیچ به شاسی متصل است و سر دیگر آن از طریق خازن  $C_4$  به ورودی تقویت کننده (بیس ترانزیستور) برمی گردد. به عبارت دیگر، سیگنال دو سر این سیم پیچ به ورودی تقویت کننده اعمال می شود. از طرف دیگر، سیم پیچ  $L_2$  و خازن  $C_2$  بار خروجی مدار را تشکیل می دهند. بنابراین، قسمتی از سیگنال خروجی به ورودی برگشت داده می شود. در صورتی که اصل بارک هاوزن برقرار باشد نوسان های مدار تداوم خواهد یافت. این نوع سیم پیچ فیدبک را گاهی تیکلر کویل (سیم پیچ تحریک) نیز می نامند.

— نحوه نوسان سازی در اسیلاتور آرمسترانگ: بازدن

کلید و اعمال ولتاژ DC منبع تغذیه به مدار، ولتاژ بیس ترانزیستور شروع به رشد می کند. این رشد ولتاژ پس از تقویت، با  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز روی کلکتور ظاهر می شود و از طریق خازن کوپلاژ  $C_1$  به مدار تانک  $L_2$   $C_2$  می رسد. درست مانند این است که مدار تانک توسط پالس DC تحریک شده باشد. توسط مدار تانک یکی از هارمونیک های تشکیل دهنده پالس، که فرکانس آن برابر با فرکانس رزونانس مدار تانک است، انتخاب می شود و به صورت میرا شروع به نوسان می کند. نوسان های میرا شونده از طریق کوپلاژ ترانسفورماتوری با اختلاف فاز  $180^\circ$  درجه در سیم پیچ  $L_3$  القا می شود و از طریق خازن کوپلاژ  $C_4$  به بیس ترانزیستور می رسد. چون در مجموع  $360^\circ$  درجه، اختلاف فاز، به وجود می آید ( $180^\circ$ ) درجه در اثر مدار امیتر مشترک و  $180^\circ$  درجه در اثر ترانس  $T_1$ )، فیدبک مثبت است. در صورتی که اصل بارک هاوزن برقرار باشد نوسان های مدار تداوم می یابد.

مقدار فرکانس رزونانس مدار با تقریب قابل قبول

از رابطه ۲-۵ به دست می آید.

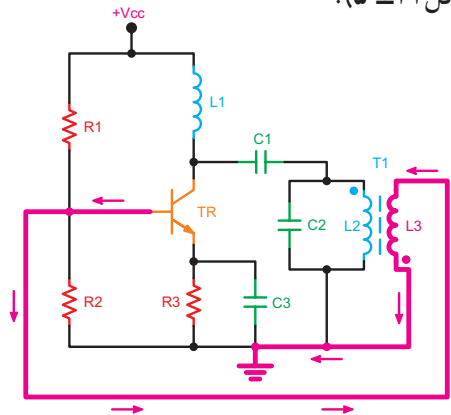
فرکانس نوسان اسیلاتور برحسب هرتز  $F_T =$

ضریب خودالقا برحسب هانزی  $L_T =$

مقدار ظرفیت خازن برحسب فاراد  $C_T =$

$$F_T = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_T}} \quad (5-2)$$

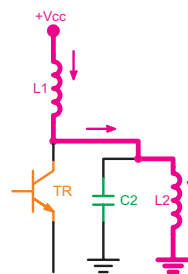
خازن  $C_4$  به منظور کوپلاژ سیگنال خروجی از بوبین  $L_3$  به بیس ترانزیستور به کار رفته است؛ ضمن این که این خازن مانع اتصال کوتاه شدن DC بیس ترانزیستور از طریق  $L_3$  به شاسی می شود (شکل ۲۲-۵).



شکل ۲۲-۵ اتصال کوتاه شدن بیس به زمین در اثر نبودن خازن  $C_4$

بار کلکتور ترانزیستور شامل سیم پیچ  $L_1$  و مجموعه مدار تانک (تشدید) موازی  $L_2$  و  $C_2$  است. سیم پیچ  $L_1$  را سیم پیچ RFC (چوک فرکانس رادیویی - Radio Frequency choke) نیز می نامند. این سیم پیچ در فرکانس های کار مدار، مانع ورود سیگنال AC به خط تغذیه می شود.

اگر خازن کوپلاژ  $C_1$  در مدار نباشد کلکتور از طریق مسیر مشخص شده در شکل ۲۳-۵ به زمین اتصال کوتاه می شود و عملاً قطب مثبت منبع تغذیه را به قطب منفی آن از طریق سیم پیچ متصل می کند.



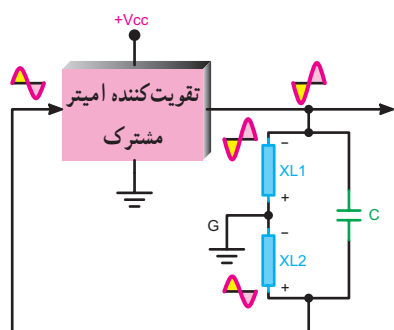
شکل ۲۳-۵ اتصال کوتاه شدن کلکتور در اثر نبودن خازن  $C_1$

## کار با نرم افزار

### مربی محترم

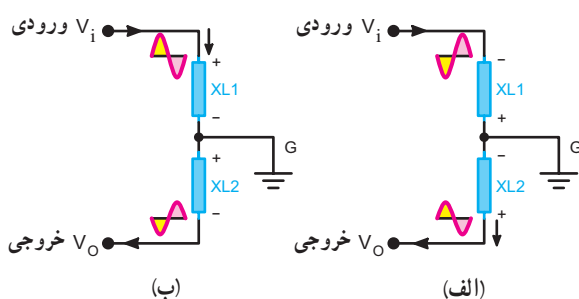
توصیه می شود، مدار نوسان ساز آرمسترانگ را با استفاده از نرم افزار مولتی سیم شبیه سازی کنید و سیگنال های نقاط مختلف مدار را ملاحظه نمایید.

(شکل ۲۶-۵) سیگنال ورودی شبکه برگشتی نسبت به زمین، سیگنال دوسر  $XL_1$  و سیگنال خروجی نسبت به زمین سیگنال دو سر  $XL_2$  است که این دو سیگنال در فاز مخالف هم قرار دارند.



شکل ۲۶-۵ - شبکه فیدبک در مدار امپتر مشترک

در صورتی که سیگنال‌های ورودی و خروجی شبکه فیدبک مدار امپتر مشترک شکل ۲۶-۵ را در دو حالت ورودی و خروجی به طور جداگانه بررسی کنیم، شکل‌های ۲۷-۵. الف و ب به وجود می‌آید. این شکل‌ها سیگنال‌های ورودی و خروجی دوسر سیم پیچ  $LF_1$  و  $LF_2$  را در دو نیم سیکل منفی و مثبت نشان می‌دهد که نسبت به نقطه  $G$  در فاز مخالف هم قرار دارند. سیگنال دوسر  $XL_2$  که تضعیف شده، سیگنال خروجی است و به ورودی تقویت کننده برگشت داده می‌شود.



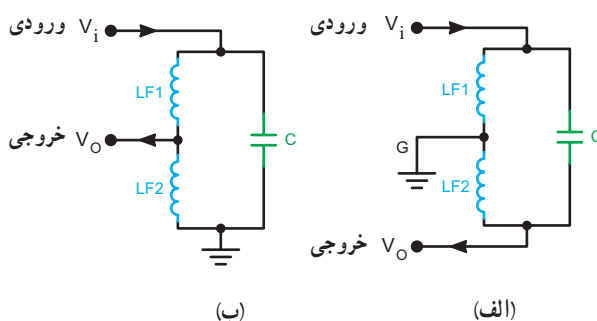
شکل ۲۷-۵ - سیگنال‌های ورودی و خروجی برای دو حالت مدار امپتر مشترک

اگر تقویت کننده دارای آرایش بیس مشترک باشد در این صورت بین سیگنال ورودی و خروجی آن اختلاف فازی وجود ندارد در این صورت شبکه برگشتی هم نباید اختلاف فازی بین سیگنال ورودی و خروجی ایجاد نماید. شکل ۲۸-۵ تقویت کننده

#### ۴-۹-۵ - نوسان ساز با شبکه فیدبک از طریق تقسیم

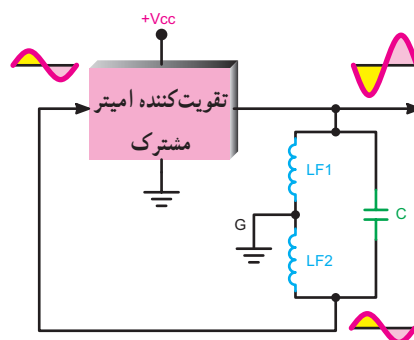
**ولتاژ سلفی:** در صورتی که ولتاژ فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ روی سلف صورت گیرد نوسان ساز را هارتلی (Hartly) می‌نامند. این نوسان ساز در فرکانس‌های بالا بهتر عمل می‌کند. در شکل‌های ۲۴-۵ الف و ب دو نمونه شبکه فیدبک مدار نوسان ساز هارتلی ترسیم شده است.

اگر تقویت کننده در مدار نوسان ساز دارای آرایش امپتر مشترک باشد بین سیگنال ورودی و خروجی آن  $180^\circ$  اختلاف فاز وجود دارد.



شکل ۲۴-۵ - دو نمونه مدار تعیین فرکانس در نوسان ساز هارتلی

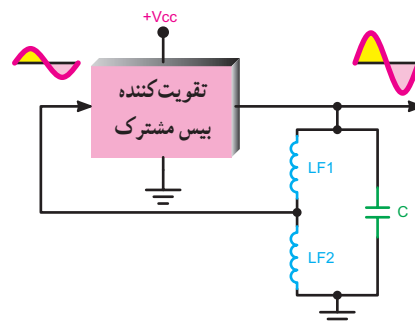
شکل ۲۵-۵ تقویت کننده را به صورت بلوکی و شبکه برگشتی نوسان ساز هارتلی را نشان می‌دهد. لازم است شبکه برگشتی نیز به سیگنال خروجی تقویت کننده  $180^\circ$  اختلاف فاز بدهد تا نوع فیدبک را مثبت کند و تضعیف لازم را ایجاد نماید، در نهایت برای پایداری نوسان باید اصل بارک هاوزن ( $A_V \cdot B_V = 1$ ) برقرار شود.



شکل ۲۵-۵ - تقویت کننده و شبکه برگشتی در نوسان ساز هارتلی

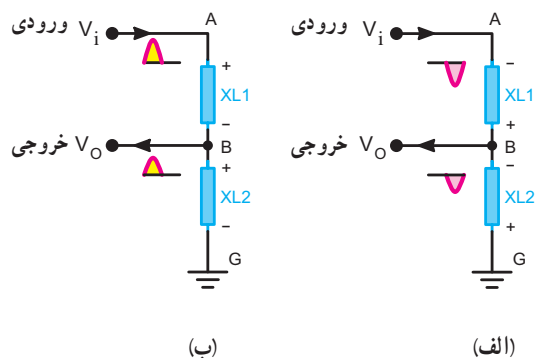
این دو شرط توسط  $LF_1$  و  $LF_2$  صورت می‌گیرد. چنانچه در فرکانس کار دو سیم پیچ را معادل  $XL_1$  و  $XL_2$  در نظر بگیریم

را به صورت بلوکی و مدار تعیین فرکانس را برای آرایش بیس مشترک نشان می‌دهد.



شکل ۲۸-۵ تقویت کننده بیس مشترک و شبکه برگشتی

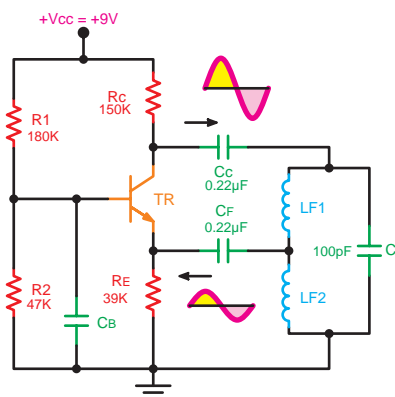
در صورتی که سیگنال‌های ورودی و خروجی شبکه فیدبک مدار بیس مشترک شکل ۲۸-۵ را در دو حالت ورودی و خروجی به‌طور جداگانه بررسی کنیم، شکل ۲۹-۵ الف و ب به‌وجود می‌آید. در این شکل‌ها  $LF_1$  و  $LF_2$  در فرکانس کار معادل راکتانس  $XL_1$  و  $XL_2$  در نظر گرفته شده‌اند. مشاهده می‌شود همواره پتانسیل A نسبت به G با پتانسیل B نسبت به G هم‌فاز است.



شکل ۲۹-۵ پتانسیل نقاط A و B نسبت به G برای دو حالت مدار بیس مشترک

در شکل ۳۰-۵ مدار یک نوسان ساز هارتلی ترسیم شده است.

مدار تعیین کننده فرکانس در نوسان ساز هارتلی پیچیدگی خاصی دارد. در شکل ۳۰-۵ سیم پیچ‌های  $LF_1$  و  $LF_2$  دارای تأثیر متقابل روی یکدیگر هستند چرا که روی یک هسته پیچیده شده‌اند.



شکل ۳۰-۵ مدار نوسان ساز هارتلی

## کار با نرم افزار

### مربی محترم

توصیه می‌شود، انواع مدارهای تقسیم کننده ولتاژ را با استفاده از نرم افزار مولتی سیم شبیه سازی کنید و به هنرجویان نشان دهید.

### تشریح عملکرد مدار: مدار تقویت کننده این نوسان ساز

به صورت بیس مشترک بسته شده است. خازن‌های  $C_C$  و  $C_E$  خازن‌های کوپلاژند که مانع تداخل ولتاژ DC بین ورودی و خروجی می‌شوند. قسمتی از سیگنال خروجی توسط شبکه تقسیم ولتاژ  $LF_1$  و  $LF_2$  انتخاب و به ورودی اعمال می‌شود. در این مدار یک سرسیم پیچ  $LF_2$  دقیقاً به شاسی متصل شده است و سر دیگر آن به ورودی برمی‌گردد. یک سرسیم پیچ  $LF_1$  نیز با  $LF_2$  مشترک می‌شود و سر دیگر آن از طریق خازن کوپلاژ  $C_C$  به خروجی وصل می‌شود. بدین ترتیب قسمتی از سیگنال خروجی به ورودی فیدبک می‌شود. چون مدار به صورت بیس مشترک است از این رو، اختلاف فازی بین ورودی و خروجی به‌وجود نمی‌آید و دریافت سیگنال به‌طور مستقیم از مدار تانک موجب فیدبک مثبت می‌شود و مدار به نوسان درمی‌آید. خازن پایه بیس را از نظر AC به زمین متصل می‌کند.

### مخترعین



رالف هارتلی



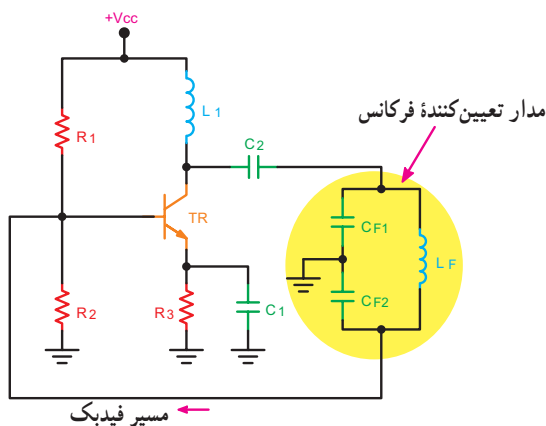
اولین نوسان ساز هارتلی لامپی ساخته شده توسط آقای رالف هارتلی

آقای رالف وینتون لیون هارتلی Ralf Vinton Lyon Hartly در سال ۱۸۸۶ در ایالت نوادای آمریکا به دنیا آمد. وی تحصیلات خود را در طی دوره‌های کاردانی در دانشگاه یوتا و کارشناسی را در دانشگاه آکسفورد گذراند و پس از بازگشت به آمریکا به عنوان محقق در کمپانی وسترن الکتریک شروع به کار کرد. وی در سال ۱۹۱۵ نوسان ساز هارتلی را اختراع کرد که باعث تغییرات اساسی در سیستم‌های رادیو تلفن شد. او همکاری‌های خود را با شرکت بل ادامه داد. هارتلی در سال ۱۹۷۰ درگذشت.

با مراجعه به منابع مختلف درباره آرمسترانگ Armstrong و کول پیتس Colpitts

تحقیق کنید.

خازن صورت گیرد، مدار نوسان ساز را کول پیتس (Colpitts) می‌نامند. در شکل ۳۱-۵ یک نمونه مدار نوسان ساز کول پیتس ترسیم شده است. مدار تقویت کننده این نوسان ساز از نوع امیتری مشترک است و مشابه مدار آرمسترانگ و هارتلی است. مدار تعیین کننده فرکانس، مجموعه خازن‌های  $C_{F1}$ ،  $C_{F2}$  و سیم پیچ  $L_F$  است. محل اتصال  $C_{F1}$  و  $C_{F2}$  به شاسی متصل شده است تا اختلاف فاز به وجود آمده توسط مدار امیتری مشترک را جبران کند. قسمتی از سیگنال خروجی که در دوسر  $C_{F2}$  قرار دارد به ورودی برگشت داده شده است و یک سر خازن  $C_{F2}$  به ورودی اتصال دارد.

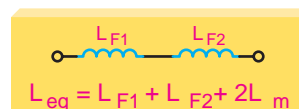


شکل ۳۱-۵- مدار نوسان ساز کول پیتس

نحوه محاسبه فرکانس مدار: فرکانس تولید شده توسط

$$F_T = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}} \text{ به دست می‌آید.}$$

$L_{eq}$  سیم پیچ معادل مدار است.



۵-۳

$L_{eq} =$  ضریب خودالقایی معادل

$L_m =$  ضریب القای متقابل

$L_{F1}$  و  $L_{F2} =$  ضریب خودالقایی هر

سیم پیچ برحسب هانری است.

مقدار  $L_m$  از رابطه ۴-۵ قابل محاسبه است.

$$L_m = K\sqrt{L_{F1}L_{F2}} \quad 5-4$$

$L_m =$  ضریب القای متقابل برحسب هانری

$K =$  ضریب کوپلاژ بین دو سیم پیچ است.

$$K = \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \quad \begin{aligned} \Phi_2 &= \text{شار مغناطیسی سیم پیچ دوم} \\ \Phi_1 &= \text{شار مغناطیسی سیم پیچ اول} \end{aligned}$$

۵-۹-۵- نوسان ساز با فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ

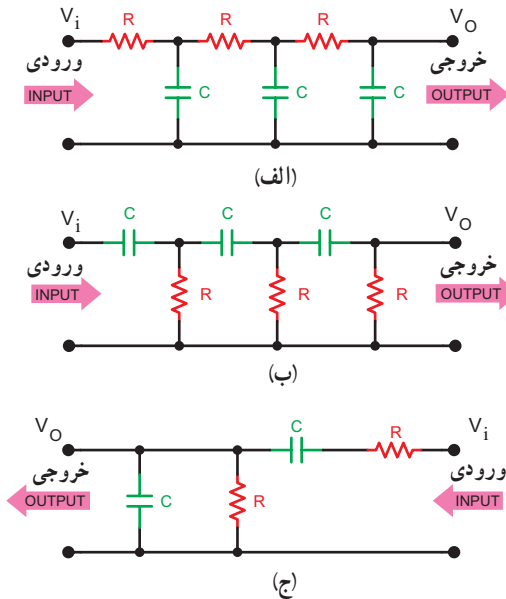
خازنی: در صورتی که فیدبک مدار از طریق تقسیم ولتاژ توسط



مانند سایر نوسان سازها لازم است دو شرط اصلی ایجاد نوسان یعنی اصل بارک هاووزن و فیدبک مثبت برقرار شود تا مدار نوسان پایداری را ایجاد کند.

شکل های ۵-۳۵- الف، ب و ج آرایش های مختلف شبکه RC را نشان می دهد.

این نوسان سازها برای تولید فرکانس های تا حدود ۱۰۰ KHZ مناسب هستند.



شکل ۵-۳۵- شبکه RC

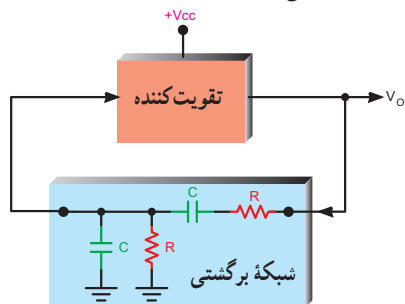
### ۱-۱-۵- نوسان ساز پل وین

(Wein Bridge Oscillator): نوسان ساز پل وین یک

مولد سیگنال سینوسی با اعوجاج کم است. مدار این نوسان ساز از یک تقویت کننده و شبکه برگشتی RC تشکیل می شود.

شکل ۵-۳۶- نماد بلوکی تقویت کننده و شبکه برگشتی

نوسان ساز را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۶- نماد بلوکی و شبکه برگشتی نوسان ساز پل وین

در جدول ۵-۱ مشخصات انواع نوسان سازهای LC به اختصار آمده است.

جدول ۵-۱- مشخصات انواع نوسان سازهای LC

نوسان ساز	مشخصه ویژه	مقدار فرکانس
آرمسترانگ Armstrong شکل ۵-۲۱	فیدبک خروجی به ورودی از طریق ترانسفورماتور صورت می گیرد. سیم پیچ ثانویه را تیکلر کویل نیز می نامند.	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_T}}$
هارتلی Hartly شکل ۵-۳۰	استفاده از تقسیم کننده ولتاژ سلفی در مدار فیدبک	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq} C}}$
کول پیتس Colpitts شکل ۵-۳۱	استفاده از تقسیم کننده ولتاژ خازنی در مدار فیدبک	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_F C_{eq}}}$
کلاپ Clapp شکل ۵-۳۳	نوع اصلاح شده نوسان ساز کول پیتس. اضافه شدن یک خازن به صورت سری با سیم پیچ مدار تانک	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_F C_{eq}}}$

### برای هنرجویان علاقه مند

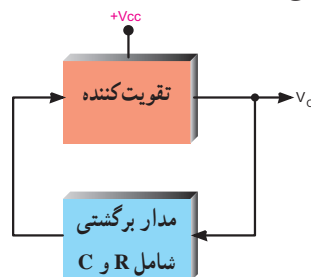
اگر تاب را به عنوان یک نوسان ساز در نظر بگیریم عناصر این سیستم مکانیکی را با مدار نوسان ساز الکترونیکی مقایسه کنید. چه عامل یا عواملی باعث توقف نوسان های تاب می شود؟ این عامل یا عوامل با کدام عامل یا عوامل در مدار الکترونیکی قابل مقایسه است؟

### ۱-۱-۵- نوسان ساز RC

در این نوسان سازها دو قسمت تقویت کننده و مدار برگشتی

وجود دارد. مدار برگشتی معمولاً از R و C تشکیل می شود.

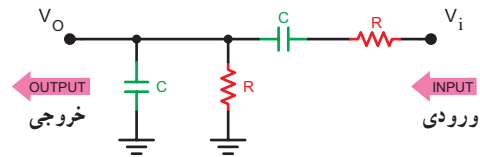
شکل ۵-۳۴- مدار بلوکی این نوع نوسان سازها را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۴- مدار بلوکی نوسان ساز RC شامل R و C



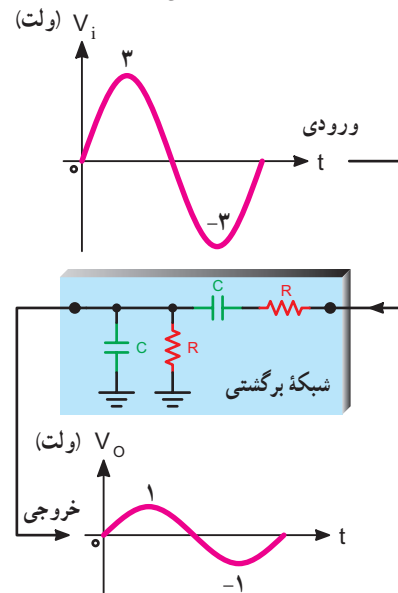
شبکه برگشتی شامل یک مدار R و C سری و یک مدار C و R موازی مطابق شکل ۵-۳۷ است.



شکل ۵-۳۷- شبکه برگشتی نوسان ساز

این مدار دامنه سیگنال ورودی خود را در فرکانس خاص نوسان ساز به اندازه  $\frac{1}{3}$  تضعیف می کند، در این مدار بین سیگنال های ورودی و خروجی هیچ اختلاف فازی به وجود نمی آید.

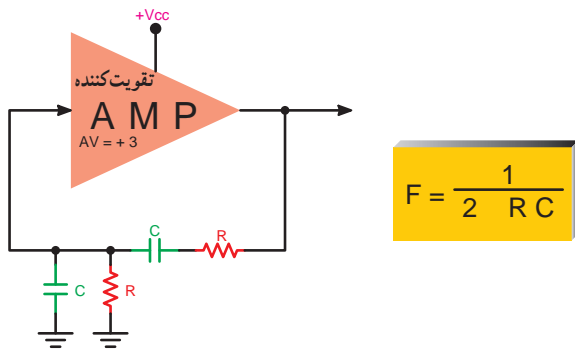
یعنی اگر به عنوان مثال دامنه سیگنال ورودی شبکه برگشتی ۳ ولت باشد سیگنال خروجی دارای دامنه ۱ ولت است و بین سیگنال ورودی و خروجی هیچ اختلاف فازی وجود ندارد. شکل ۵-۳۸ این مطلب را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۸- موج ورودی و خروجی شبکه RC

برای برقراری اصل بارک هاوزن ( $A_v \cdot B_v = 1$ ) باید تقویت کننده مدار دارای بهره ولتاژ +۳ باشد تا مدار نوسان کند.

شکل ۵-۳۹ مدار کلی نوسان ساز پل وین را نشان می دهد. فرکانس نوسان ساز پل وین از رابطه  $f = \frac{1}{2\pi RC}$  به دست می آید.



شکل ۵-۳۹- مدار کلی نوسان ساز پل وین

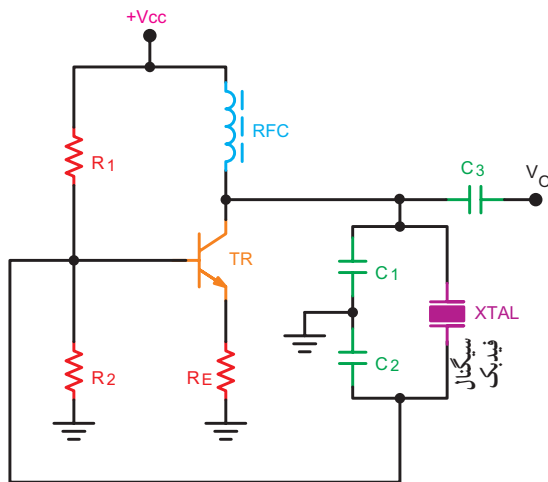
### ۵-۱-۱- نوسان ساز کریستالی (Crystal oscillator)

عواملی نظیر درجه حرارت، تغییرات ولتاژ و سایر کمیت ها می تواند فرکانس نوسان را در یک نوسان ساز تغییر دهد. برای پایداری فرکانس از نوسان ساز کریستالی استفاده می کنند.

هر قطعه کریستال با توجه به برش و شکل مکانیکی آن می تواند در یک فرکانس کاملاً ثابت به ارتعاش درآید.

در نوسان ساز کریستالی، کریستال در مدار تعیین فرکانس یا در مسیر فیدبک قرار می گیرد و فقط به فرکانس رزونانس خود اجازه عبور می دهد.

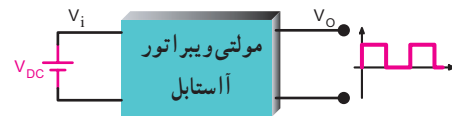
شکل ۵-۴۰ یک نوسان ساز کریستالی که کریستال در مدار تعیین فرکانس قرار گرفته است را نشان می دهد.



شکل ۵-۴۰- یک نمونه نوسان ساز کریستالی

## ۵-۱۲-۱ - نوسان ساز موج مربعی (مولتی ویراتور) (multivibrator)

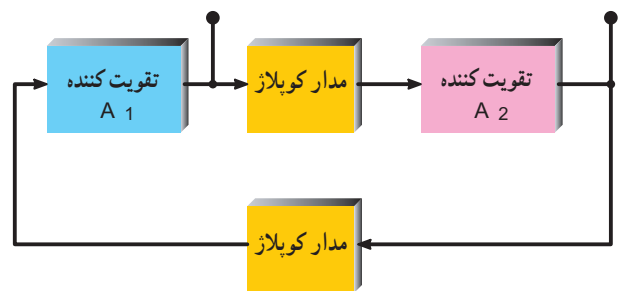
یکی از اجزاء اصلی مدارهایی که با پالس سروکار دارند و عمل کلیدزنی در آنها انجام می‌شود، مولتی ویراتور است. مولتی ویراتورها بسته به نوعشان کارهای مختلفی از قبیل تولید موج مربعی، ایجاد پالس‌هایی با عرض معین و غیره انجام می‌دهند. شکل ۵-۴۱ یک نوع مولتی ویراتور را به صورت بلوکی و شکل موج خروجی آن را نشان می‌دهد. به مولتی ویراتور چند ارتعاشگر نیز می‌گویند. مولتی ویراتورها انواع مختلف دارند که یک نوع آن مولتی ویراتور بی‌ثبات یا آستابل (Astable) نام دارد که به تشریح مدار آن می‌پردازیم:



شکل ۵-۴۱ - بلوک دیاگرام مولتی ویراتور آستابل و موج خروجی آن

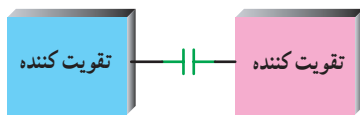
## ۵-۱۲-۱ - بلوک دیاگرام کلی مولتی ویراتورها:

در شکل ۵-۴۲ بلوک دیاگرام کلی مولتی ویراتورها ترسیم شده است. هر مولتی ویراتور از دو تقویت کننده و دو مدار کوپلاژ تشکیل شده است.

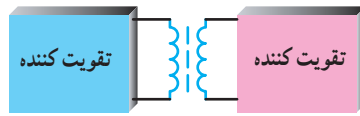


شکل ۵-۴۲ - بلوک دیاگرام کلی مولتی ویراتور

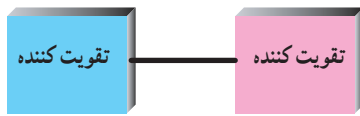
نوع کوپلاژ می‌تواند خازنی، سلفی (ترانسفورماتوری) یا مستقیم باشد. شکل‌های ۵-۴۳ تا ۵-۴۵ انواع کوپلاژ را بین دو طبقه تقویت کننده، نشان می‌دهد.



شکل ۵-۴۳ - کوپلاژ خازنی



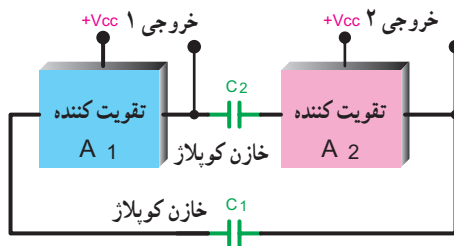
شکل ۵-۴۴ - کوپلاژ ترانسفورماتوری



شکل ۵-۴۵ - کوپلاژ مستقیم

## ۵-۱۲-۲ - بلوک دیاگرام مولتی ویراتور آستابل

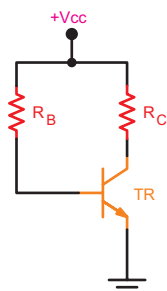
(Astable Multivibrator): در مولتی ویراتور آستابل معمولاً کوپلاژ دو طبقه تقویت کننده از نوع خازنی است. شکل ۵-۴۶ تقویت کننده را به صورت بلوکی و خازن کوپلاژ بین دو طبقه تقویت کننده را نشان می‌دهد. سیگنال خروجی هر تقویت کننده به وسیله خازن کوپلاژ به ورودی تقویت کننده دیگر اتصال می‌یابد.



شکل ۵-۴۶ - مولتی ویراتور و خازن کوپلاژ بین دو طبقه

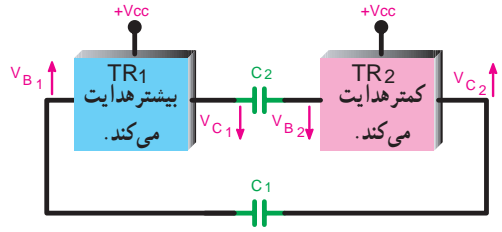
## ۵-۱۲-۳ - مدار تقویت کننده در مولتی ویراتور

**آستابل:** تقویت کننده مولتی ویراتور آستابل معمولاً یک تقویت کننده با بایاس بیس با یک منبع ولتاژ مطابق شکل ۵-۴۷ است. نقطه کار این تقویت کننده در منطقه فعال و نزدیک به اشباع در نظر گرفته می‌شود.



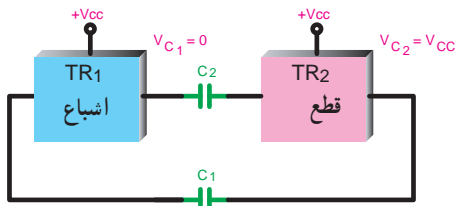
شکل ۵-۴۷ - تقویت کننده در مولتی ویراتور

۴-۱۲-۵- مدار مولتی ویراتور آستابل: مدار مولتی ویراتور آستابل به صورت شکل ۴۸-۵ است. می توان این مدار را به صورت شکل ۴۹-۵ هم ترسیم نمود.



شکل ۵۱-۵- TR<sub>۱</sub> هدایت بیشتر دارد و TR<sub>۲</sub> کمتر هدایت می کند.

(↑ معرف افزایش ولتاژ ↓ معرف کاهش ولتاژ) افزایش ولتاژ کلکتور TR<sub>۲</sub> از طریق خازن C<sub>۱</sub> پتانسیل بیس TR<sub>۱</sub> را زیاد می کند و TR<sub>۱</sub> هادی تر می گردد تا سرانجام TR<sub>۱</sub> به اشباع می رود و TR<sub>۲</sub> قطع می گردد (شکل ۵۲-۵).

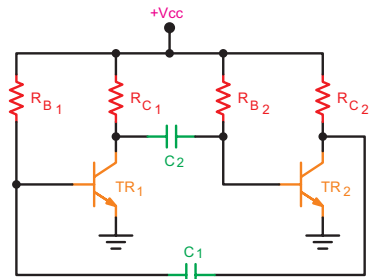


شکل ۵۲-۵- TR<sub>۱</sub> اشباع و TR<sub>۲</sub> قطع است.

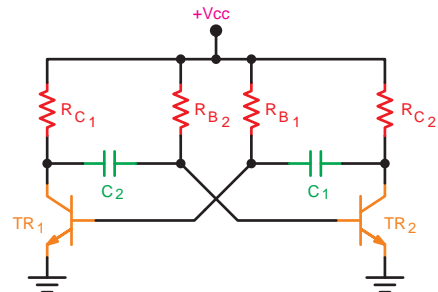
در زمان اشباع بودن TR<sub>۱</sub> و قطع بودن TR<sub>۲</sub> مقدار ولتاژ کلکتور- امیتر (V<sub>CE</sub>) ترانزیستورها به صورت زیر است:

$$V_{CE\ TR_1} \approx 0 \quad V_{CE\ TR_2} = V_{CC}$$

قطع و اشباع بودن ترانزیستورها پایدار نمی ماند و از طریق شارژ و دشارژ خازن های مدار، ترانزیستوری که در حالت قطع قرار دارد به اشباع می رود و ترانزیستوری که به صورت اشباع است به حالت قطع بر می گردد. در شکل ۵۳-۵ تغییر وضعیت ترانزیستور در بلوک مدار تقویت کننده نشان داده شده است.

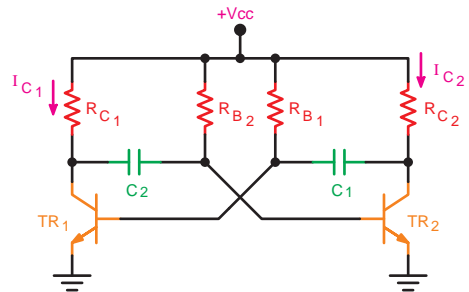


شکل ۴۸-۵- مدار مولتی ویراتور آستابل



شکل ۴۹-۵- مدار مولتی ویراتور آستابل

۵-۱۲-۵- طرز کار مدار: بعد از وصل منبع تغذیه هر دو ترانزیستور می توانند به طور یکسان در ناحیه هدایت کار کنند. اگر کلیه شرایط و مشخصات در مدار تقویت کننده یکسان باشد مدار بدون نوسان باقی می ماند (شکل ۵۰-۵).



شکل ۵۰-۵- هر دو تقویت کننده از منبع تغذیه جریان می کشند.

اما در عمل چنین پدیده ای امکان پذیر نیست زیرا عواملی نظیر خطای مقاومت ها یا یکسان نبودن  $\beta$  ترانزیستورها سبب می گردد یک ترانزیستور بیشتر از ترانزیستور دیگر هدایت کند و از کلکتور آن جریان بیشتری عبور نماید. مثلاً ترانزیستور TR<sub>۱</sub> هادی تر از ترانزیستور TR<sub>۲</sub> باشد در این صورت ولتاژ کلکتور TR<sub>۱</sub> (V<sub>C1</sub>) کم می شود و از طریق خازن C<sub>۲</sub> ولتاژ

## نکته مهم

ولتاژ قطع منفی بیس ترانزیستورها از طریق ولتاژ شارژ خازن‌ها به دست می‌آید.

### ۷-۱۲-۵ - فرکانس مولتی ویراتور بی ثبات: پرورد

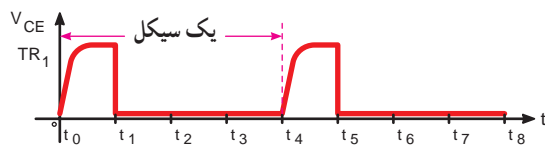
نوسان‌های ایجاد شده توسط مولتی ویراتور از رابطه نوسان‌ها از رابطه  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\sqrt{(R_{B1}C_1 + R_{B2}C_2)}}$  به دست می‌آید. لذا فرکانس می‌گردد.

اگر  $R_{B1} = R_{B2} = R_B$  و  $C_1 = C_2 = C$  باشد موج مربعی ایجاد شده کاملاً متقارن است: در این صورت می‌توان فرکانس موج را از رابطه  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\sqrt{4R_B C}}$  به دست آورد.

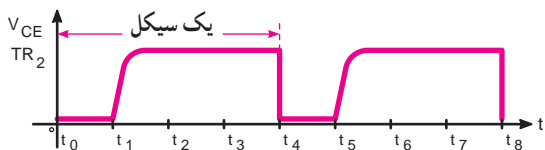
## برای هنرجویان علاقه‌مند

تحقیق کنید، به چه دلیل ولتاژهای نشان داده شده در شکل ۵-۵۴ ظاهر می‌شود.

چنانچه  $R_{B1}$  با  $R_{B2}$  یا  $C_1$  با  $C_2$  برابر نباشد موج مربعی نامتقارن و به صورت شکل‌های ۵-۵۵ و ۵-۵۶ است.

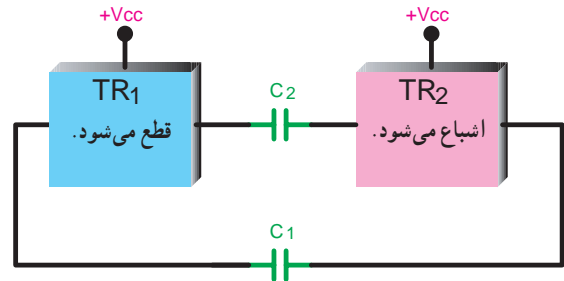


شکل ۵-۵۵ - شکل موج کلکتور-امیتر ترانزیستور  $TR_1$



شکل ۵-۵۶ - شکل موج کلکتور-امیتر ترانزیستور  $TR_2$

مولتی ویراتورهای مونواستابل و بی‌استابل نیز وجود دارند که با توجه به نیاز در مورد آنها بحث خواهد شد.



شکل ۵-۵۳ - قطع  $TR_1$  اشباع شده است.

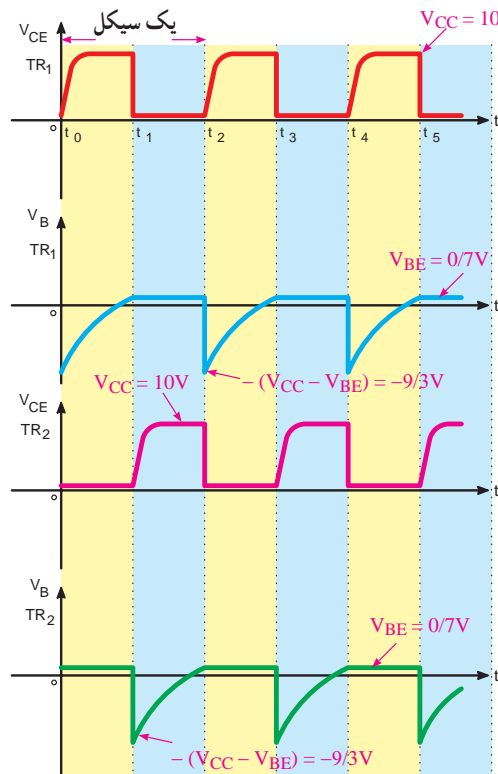
در این حالت ولتاژ کلکتور ترانزیستورها به صورت زیر است.

$$V_{CE TR_1} = V_{CC} \quad V_{CE TR_2} \approx 0$$

این سیکل به طور نامحدود تکرار می‌شود. به دلیل پیچیدگی موضوع از تشریح بیشتر مدار و وضعیت پتانسیل بیس ترانزیستورها در حالت‌های مختلف صرف نظر نموده‌ایم.

### ۶-۱۲-۵ - شکل موج کلکتور و بیس ترانزیستورها در

مولتی ویراتور: چون ولتاژ کلکتور ترانزیستور قطع برابر  $V_{CC}$  و ولتاژ کلکتور ترانزیستور اشباع تقریباً صفر است لذا از کلکتور ترانزیستورها می‌توان موجی مربعی مطابق شکل ۵-۵۴ دریافت نمود. در این شکل، ولتاژ بیس ترانزیستورها رسم شده است.



شکل ۵-۵۴ - شکل موج‌های ولتاژ نقاط مختلف مولتی ویراتور

## کار با نرم افزار

### مربعی محترم

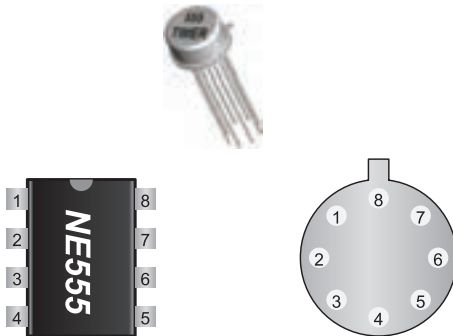
توصیه می شود، انواع مولتی ویراتور را با استفاده از شبیه سازی مورد بررسی قرار دهید.

مدار شکل ۵-۵۷ صرفاً به خاطر آشنایی آمده است و توضیحات آن منوط به کسب اطلاعات بیشتر است که به تدریج در درس الکترونیک عمومی ۲ و دیجیتال فراخواهید گرفت. لذا از این مدار در سؤالات امتحانی پرسش نخواهد شد.

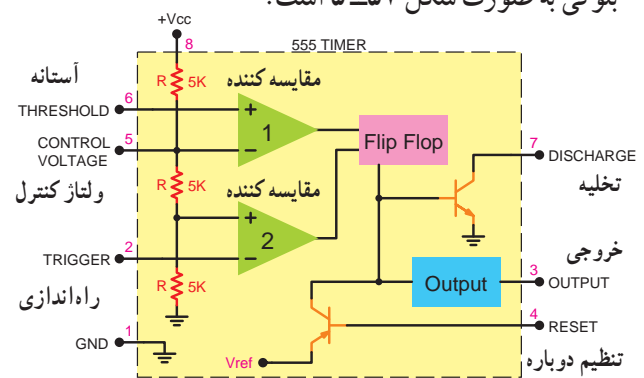
## ۱۳-۵- مولد موج مربعی توسط آی سی ۵۵۵

یکی از آی سی های نسبتاً مشهور که مولد موج مربعی است و در صنعت الکترونیک کاربرد زیادی دارد، آی سی ۵۵۵ است. از این آی سی می توان در مدار نوسان سازهای مربعی، در تایمرها، در مدارهای آژیر و غیره استفاده نمود. مدار داخلی آی سی از نظر بلوکی به صورت شکل ۵-۵۷ است.

**محفظه آی سی:** آی سی ۵۵۵ به دو صورت TO-۹۹ و DIP (دو طرفه) (Dual inline package) ساخته می شود. در شکل ۵-۵۸ نوع محفظه ها و شماره پایه های آی سی مشخص شده است. شماره و نام پایه ها و شرح مختصر عملکرد پایه ها در آی سی ۵۵۵ در جدول ۲-۵ آمده است.



شکل ۵-۵۸- نوع محفظه ها و شماره پایه های آی سی ۵۵۵

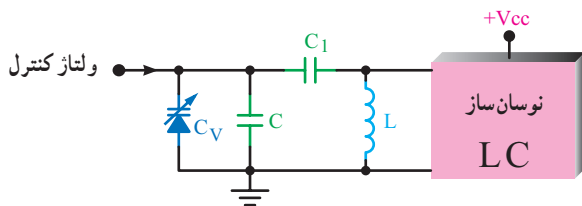


شکل ۵-۵۷- بلوک دیگر مدار داخلی آی سی ۵۵۵

## برای مطالعه

جدول ۲-۵- شماره و نام پایه های آی سی ۵۵۵

شماره پایه	نام پایه	معادل انگلیسی پایه	عملکرد پایه به اختصار
۱	مشترک یا زمین	GND	پایه زمین یا پایه مشترک آی سی است.
۲	راه انداز	Trigger	ولتاژ این پایه سطح خروجی آی سی را در پایین یا بالا تعیین می کند.
۳	خروجی	output	از این پایه سیگنال خروجی آی سی دریافت می شود.
۴	تنظیم دوباره	Reset	از طریق ولتاژ این پایه می توان اثر فرمان داده شده از پایه ۲ را خنثی نمود. اگر از این پایه استفاده نشود پایه باید به +VCC وصل شود.
۵	ولتاژ کنترل	control voltage	از این پایه می توان سطح ولتاژ راه انداز و آستانه را تغییر داد.
۶	آستانه	threshold	از طریق این پایه می توان میزان شارژ خازن C <sub>1</sub> را کنترل نمود. (شکل ۵-۵۷)
۷	تخلیه	Discharge	تخلیه خازن C <sub>1</sub> از طریق این پایه انجام می گیرد. (شکل ۵-۵۷)
۸	تغذیه مثبت یا +VCC	+VCC	محل اتصال تغذیه (+VCC) مقدار VCC بین ۵ تا ۱۸ ولت است.



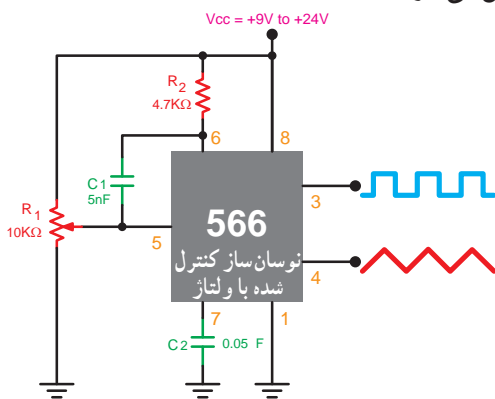
شکل ۵-۶۱- نوسان ساز با دیود خازنی

شکل ۵-۶۲- یک نوسان ساز VCO را که توسط آی سی ۵۶۶

دو نوع موج مربعی و مثلثی را تولید نموده است، نشان می دهد.

ولتاژ کنترل از طریق پتانسیومتر  $R_1$  به پایه ۵ آی سی

اعمال می شود.



شکل ۵-۶۲- نوسان ساز کنترل شده با ولتاژ (VCO)

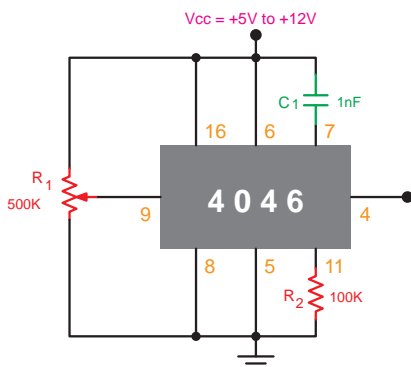
مدار یک نمونه دیگر نوسان ساز VCO با استفاده از آی سی

۴۰۴۶ در شکل ۵-۶۳ رسم شده است. فرکانس سیگنال خروجی

در محدوده شنوایی و حدود ۱ کیلوهرتز تا ۱۸ کیلوهرتز است. با تغییر

پتانسیومتر می توان فرکانس موج خروجی را تغییر داد. برای شنیدن

سیگنال صوتی، خروجی مدار را باید به آمپلی فایر وصل نمود.



شکل ۵-۶۳- یک نمونه نوسان ساز VCO با آی سی ۴۰۴۶

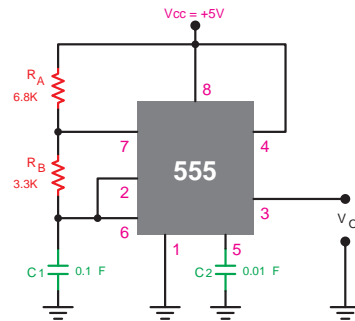
### ۱-۱۳-۵- مدار مولد موج مربعی توسط آی سی

۵۵۵: در شکل مدار ۵۹-۵ یک مولتی ویراتور آستابل توسط

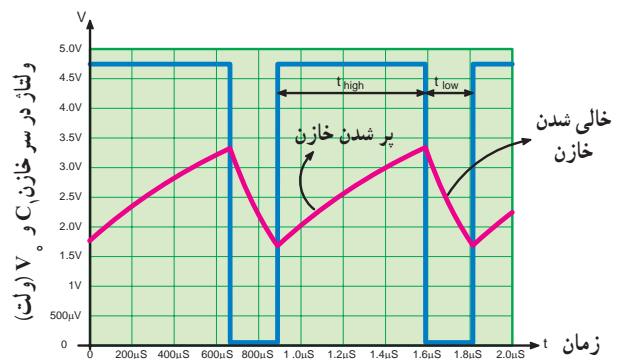
آی سی ۵۵۵ ترسیم شده است. عملکرد قطعات این IC تا حدودی مشابه عملکرد مولتی ویراتورها است.

شکل موج ولتاژ خازن  $C_1$  و  $V_O$  به صورت شکل ۵-۶۰

است.



شکل ۵-۵۹- مدار یک نوسان ساز موج مربعی با آی سی ۵۵۵



شکل ۵-۶۰- شکل موج دو سر خازن  $C_1$  و خروجی مدار

### ۱۴-۵- نوسان ساز

#### (Voltage Controlled oscillator) VCO

اسیلاتور VCO یک نوع نوسان ساز الکترونیکی است که

فرکانس آن توسط ولتاژ DC ورودی تغییر می یابد. در فرکانس های

بالا عنصر کنترل شونده با ولتاژ معمولاً دیود و رکتور است. این

دیود به مدار تانک اسیلاتور LC متصل است.

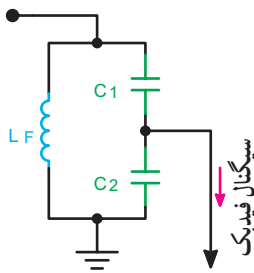
در شکل ۵-۶۱ نوسان ساز LC به صورت بلوکی و مدار

رزونانس آن همراه با دیود خازنی رسم شده است.

با تغییر ولتاژ کنترل، ظرفیت دیود خازنی تغییر می کند و خازن

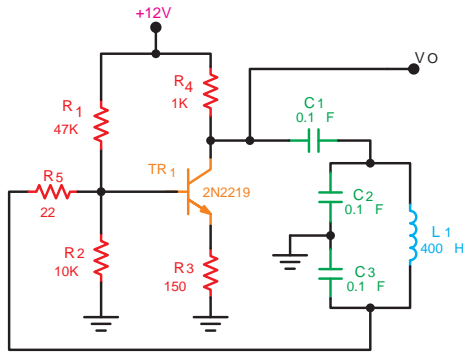
معادل مدار تانک را تغییر می دهد و فرکانس نوسان ساز تغییر می کند.

تقویت کننده این مدار تعیین فرکانس، چه آرایشی باید داشته باشد تا مدار نوسان کند؟



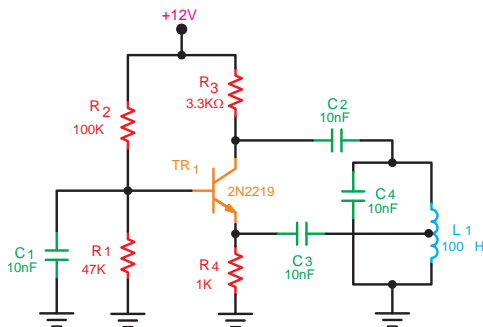
شکل ۵-۶۴

۱۰- فرکانس کار نوسان ساز شکل ۵-۶۵ را محاسبه کنید.



شکل ۵-۶۵

۱۱- نقش خازن های  $C_1$ ،  $C_2$  و  $C_3$  را در نوسان ساز شکل ۵-۶۶ توضیح دهید.



شکل ۵-۶۶

۱۲- مدار تعیین فرکانس نوسان ساز RC پل وین را رسم کنید.  
بهره و ولتاژ تقویت کننده در این نوع نوسان سازها چه قدر است؟

در صورتی که در کلاس پرسشی مطرح می شود، سعی کنید در مورد آن فکر کنید و داوطلبانه به آن پاسخ دهید. هرگز از این هراس نداشته باشید که ممکن است پاسخ شما درست نباشد.

## کار با نرم افزار

### مربی محترم

توصیه می شود، انواع نوسان ساز را با استفاده از IC شماره ۵۵۵ به وسیله نرم افزارهای در دسترس شبیه سازی کنید و نتایج را برای هنرجویان نمایش دهید.

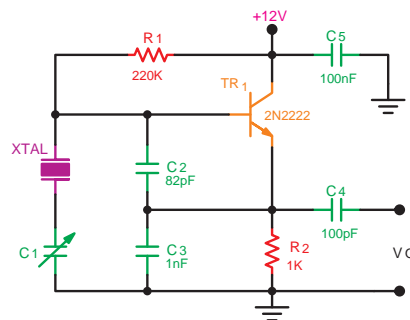
## ۱۵-۵- الگوی پرسش

- ۱- انواع نوسان سازها را از نظر شبکه تعیین کننده فرکانس نام ببرید.
- ۲- انواع نوسان سازها را از نظر نوع فیدبک نام ببرید.
- ۳- در نوسان ساز آرمسترانگ مسأله اختلاف فاز  $180^\circ$  درجه ناشی از تقویت کننده امیتر مشترک را چگونه جبران می کنند؟
- ۴- تفاوت نوسان ساز هارتلی را با آرمسترانگ شرح دهید.
- ۵- تفاوت نوسان ساز کلاپ با کول پیتس در چیست؟ شرح دهید.
- ۶- اختلاف فاز ناشی از تقویت کننده امیتر مشترک در نوسان سازهای هارتلی و کول پیتس چگونه جبران می شود؟ شرح دهید.
- ۷- مدار شکل ۵-۳ را به طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید.
- ۸- فرکانس نوسان سازهای هارتلی، آرمسترانگ، کول پیتس و کلاپ براساس چه روابطی تعیین می شوند؟
- ۹- مدار تعیین فرکانس شکل ۵-۶۴ مربوط به چه نوع نوسان سازی است؟



۱۳- نوسان ساز شکل ۵-۶۷ از نظر شبکه تعیین فرکانس

و از نظر نوع فیدبک چه نام دارد؟

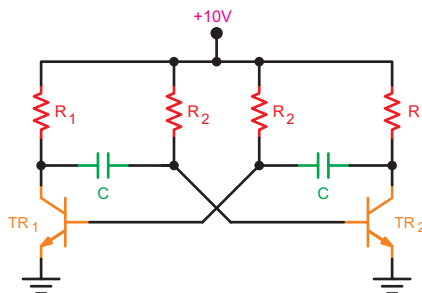


شکل ۵-۶۷

کامل کردنی

۱۴- عوامل تعیین فرکانس نوسان ساز شکل ۵-۶۸

عناصر ..... هستند.



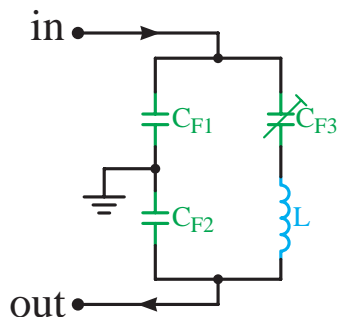
شکل ۵-۶۸

چهارگزینه ای

۱۵- مدار تعیین فرکانس شکل ۵-۶۹ مربوط به چه نوع

نوسان سازی است؟

- (۱) هارتلی
- (۲) کول پیتس
- (۳) آرمسترانگ
- (۴) کلاپ



شکل ۵-۶۹

## فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی AM

### هدف کلی

### تحلیل فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی AM

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۹ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ۱- اصول کار مدولاتور را شرح دهد. ۱۰'
- ۲- نحوه کار مدولاتور دیودی را با رسم شکل تحلیل کند. ۱۰'
- ۳- دلایل استفاده از دیود را در مدولاتور توضیح دهد. ۵'
- ۴- مراحل اجرای مدولاسیون را در مدولاتور دیودی به صورت بلوک دیاگرام شرح دهد. ۱۰'
- ۵- نحوه اجرای مدولاسیون توسط ترانزیستور را شرح دهد. ۵'
- ۶- انواع مدولاسیون را با استفاده از تقویت کننده ترانزیستوری شرح دهد. ۱۵'
- ۷- طبقات اساسی فرستنده رادیویی را نام ببرد. ۵'
- ۸- منظور از مدولاسیون سطح بالا و سطح پایین را توضیح دهد. ۵'
- ۹- بلوک دیاگرام فرستنده با مدولاسیون سطح بالا (قوی) را رسم کند. ۱۰'
- ۱۰- ارتباط هر بلوک با بلوک دیگر را در فرستنده با مدولاسیون سطح بالا شرح دهد. ۱۰'
- ۱۱- بلوک دیاگرام فرستنده با مدولاسیون سطح پایین (ضعیف) را رسم کند. ۱۰'
- ۱۲- ارتباط بلوک‌ها و کار هر بلوک را در فرستنده با مدولاسیون سطح پایین شرح دهد. ۱۰'
- ۱۳- بلوک دیاگرام کلی فرستنده رادیویی را رسم کند. ۱۰'
- ۱۴- کار هر بلوک و ارتباط آن با سایر بلوک‌ها را در فرستنده رادیویی شرح دهد. ۵'
- ۱۵- مشخصات ویژه گیرنده‌های رادیویی را شرح دهد. (سلکتیویته، فیدلیته، پایداری و ...). ۱۵'
- ۱۶- مدار هماهنگ ورودی (انتخاب کننده ایستگاه) را با رسم شکل شرح دهد. ۱۰'
- ۱۷- بوبین کادر آنتن را با رسم شکل شرح دهد. ۱۰'
- ۱۸- خازن واریابل رادیو یک موج را با رسم شکل شرح دهد. ۵'
- ۱۹- انتخاب ایستگاه رادیویی به طور خودکار را با رسم شکل تشریح کند. ۱۵'
- ۲۰- بلوک دیاگرام گیرنده رادیویی TRF را با رسم شکل شرح دهد. ۱۰'
- ۲۱- معایب گیرنده رادیویی TRF را بیان کند. ۵'

۲۲- سبب استفاده از چند مدار هماهنگی در گیرنده رادیویی TRF را شرح دهد. ۵'

۲۳- بلوک دیاگرام گیرنده رادیویی سوپرهترودین را با رسم شکل شرح دهد. ۱۰'

۲۴- کار هر بلوک و ارتباط آن با سایر بلوک ها را شرح دهد. ۱۰'

۲۵- مفهوم سوپرهترودین را بیان کند. ۵'

۲۶- فرق گیرنده سوپرهترودین و گیرنده TRF را بیان کند. ۵'

۲۷- شکل موج قسمت های مختلف گیرنده سوپرهترودین را رسم کند. ۱۰'

۲۸- بلوک دیاگرام انواع گیرنده های سوپرهترودین را از نظر تعداد ترانزیستور و نوع کنورتور شرح دهد. ۱۰'

۲۹- مدار تقویت کننده IF را تشریح کند. ۱۰'

۳۰- وظایف کلی ترانسفورماتورهای IF را بیان کند. ۵'

۳۱- وظیفه آشکارساز AM را بیان کند. ۵'

۳۲- مدار آشکارساز دیودی را تشریح کند. ۱۰'

۳۳- تفاوت بین آشکارساز دیودی و ترانزیستوری را بیان کند. ۵'

۳۴- وظیفه AGC در گیرنده رادیویی را شرح دهد. ۵'

۳۵- اساس کار مدار AGC را بیان کند. ۵'

۳۶- عمل مدار AGC را با رسم شکل شرح دهد. ۵'

۳۷- منظور از AGC معکوس را بیان کند. ۵'

۳۸- نحوه کار عناصر استفاده شده در مدار AGC را تجزیه و تحلیل

کند. ۵'

۳۹- در مورد ولتاژهای ورودی و خروجی مدار AGC توضیح دهد. ۱۰'

۴۰- اثر تغییر جهت دیود آشکارساز در ولتاژ AGC را تشریح کند. ۵'

۴۱- مزایای مدارهای مجتمع را شرح دهد. ۵'

۴۲- بلوک دیاگرام طبقات داخلی یک مدار مجتمع گیرنده رادیویی را رسم کند. ۱۰'

۴۳- نقشه کامل یک گیرنده رادیویی TRF یک موج با آی سی را بررسی کند. ۱۰'

۴۴- طبقات مختلف یک گیرنده رادیویی یک موج AM آی سی دار را از روی نقشه فنی آن تفکیک کند. ۵'

۴۵- نقشه کامل یک گیرنده رادیویی سوپرهترودین یک موج AM با آی سی را بررسی کند. ۱۰'

۴۶- با استفاده از data sheet (برگه اطلاعاتی)، یک یا چند نمونه مدار مجتمع گیرنده رادیویی AM چند موج را بررسی کند. ۱۰'

۴۷- با استفاده از نرم افزار مولتی سیم یا مشابه آن، مدارهای فرستنده و گیرنده های رادیویی را شبیه سازی کند. ۱۰'

۴۸- در فرآیند اجرای آموزش، متناسب با شرایط و محتوا، آزمون های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد. ۱۰'

۳۵'

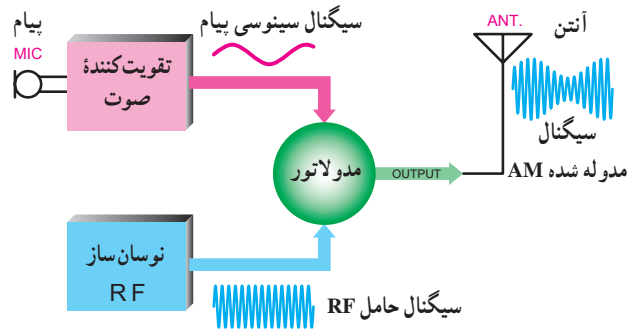
## ۱-۶ - مدولاتورها (Modulators)

مدولاتورها، مدارهایی هستند که سیگنال پیام را روی سیگنال حامل سوار می کنند. متناسب با نوع مدولاسیون، مدار مدولاتور نیز تغییر می کند. مثلاً مدار مدولاتور AM با مدولاتور FM کاملاً متفاوت است. در این قسمت به شرح چند نمونه مدار مدولاتور AM می پردازیم. در شکل ۱-۶ بلوک دیاگرام یک مدولاتور AM رسم شده است. با توجه به بلوک دیاگرام، سیگنال حامل و سیگنال پیام وارد مدار مدولاتور می شود و در خروجی مدولاتور سیگنال مدوله شده ظاهر می شود.

## پیشگفتار

فرستنده های رادیویی از جمله دستگاه هایی هستند که امروزه کاربرد بسیار گسترده ای در سطح جهان پیدا کرده اند. این فرستنده ها در ابعاد کوچک و بزرگ ساخته می شوند. فرستنده هایی مانند فرستنده و گیرنده هایی که در کوهنوردی و ارتباطات پلیس به کار می روند، از نوع فرستنده های کوچک و فرستنده های رادیویی مانند FM، AM و تلویزیون از نوع فرستنده های بزرگ هستند. در فرستنده ها انواع نوسان سازها، مدولاتورها، تقویت کننده های RF، آنتن و ... به کار می رود.

سیگنال خروجی، در واقع، ترکیبی از دو سیگنال سینوسی حامل و پیام است. به عبارت دیگر، سیگنال پیام سوار سیگنال حامل نشده ولی با آن جمع شده است لذا شکل موج به دست آمده با شکل موج مدوله شده استاندارد AM کاملاً تفاوت دارد.



شکل ۱-۶- بلوک دیگرام مدولاتور AM

نمایش عملی این مبحث توسط نرم افزار مولتی سیم یا هر نرم افزار دیگر توصیه می شود.

### ۳-۶ - مدولاتور دیودی

حال ببینیم چگونه می توانیم شکل موج به دست آمده که جمع لحظه ای دو سیگنال پیام و حامل است را تبدیل به شکل موج مدوله شده AM کنیم. در صورتی که بتوانیم در این موج اعوجاجی پدید آوریم و آن را به یک مدار هماهنگی بدهیم، با توجه به ظاهر شدن هارمونیک در سیگنال به دست آمده، در خروجی مدار تانک سیگنال AM خواهیم داشت. ضمناً برش یا اعوجاج باید طوری باشد که به سیگنال پیام آسیبی وارد نکند.

ساده ترین روش ایجاد اعوجاج با توجه به شرایط موجود، استفاده از یک دیود است. در شکل ۳-۶ شکل موج خروجی دیود را، که یکسو شده سیگنال خروجی مدار شکل ۲-۶ است، مشاهده می کنید. اعوجاج به وجود آمده توسط دیود طوری است که سیگنال خروجی را کاملاً از ورودی متمایز می سازد و شکل موج جدیدی به ما می دهد.

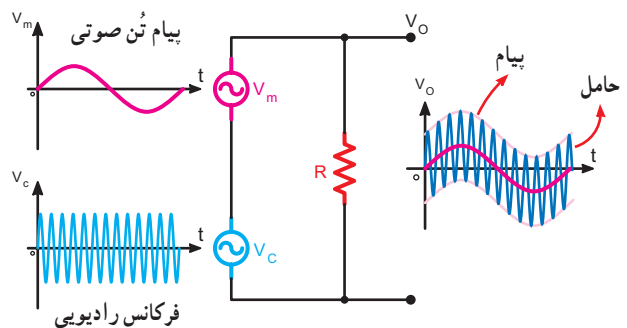
در صورتی که سیگنال خروجی دیود را به یک مدار هماهنگی اعمال کنیم به سبب وجود هارمونیک، سیگنال مدوله شده AM طبق شکل ۴-۶ به دست می آید. در شکل ۴-۶ همان طور که ملاحظه می شود کلیه مراحل اجرای مدولاسیون AM در مدولاتور ترسیم شده است.

سیگنال حاصل جمع پیام و حامل، به یک سیگنال DC ضربان دار تبدیل می شود. در نهایت با اعمال سیگنال خروجی به مدار هماهنگی، سیگنال مدوله شده AM به وجود می آید.

توصیه می شود، با توجه به تجربیات فرا گرفته در آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو یک فرستنده مجازی با نرم افزار مولتی سیم یا نرم افزارهای کاربردی دیگر شبیه سازی کنید.

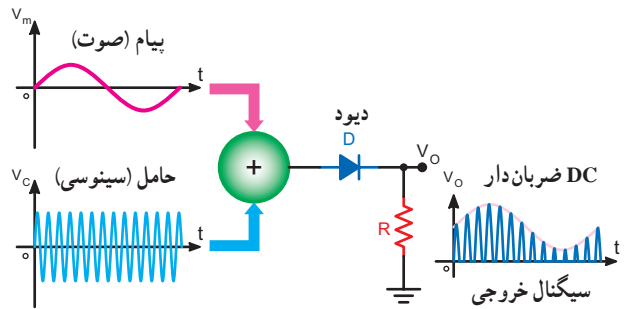
### ۲-۶ - جمع دو سیگنال حامل و پیام

اگر دو سیگنال حامل و پیام را با استفاده از یک مدار ساده جمع کنیم، سیگنال خروجی مشابه شکل ۲-۶ خواهد شد. در واقع، سیگنال خروجی از جمع لحظه ای مقادیر ولتاژ سیگنال پیام و سیگنال حامل به دست می آید. در این مدار سیگنال پیام یک سیگنال سینوسی با فرکانس کم و سیگنال حامل یک سیگنال سینوسی با فرکانس زیاد است.

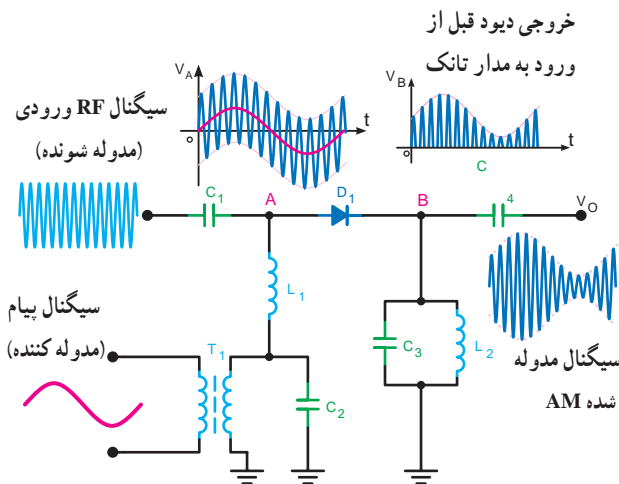


شکل ۲-۶- شکل موج حاصل از مجموع دو سیگنال حامل و پیام

دیود) ظاهر می‌شود. خروجی دیود یک سیگنال DC ضربان دار است که فرکانس ضربان آن برابر با سیگنال حامل و تغییرات دامنه آن متناسب با تغییرات پیام است.



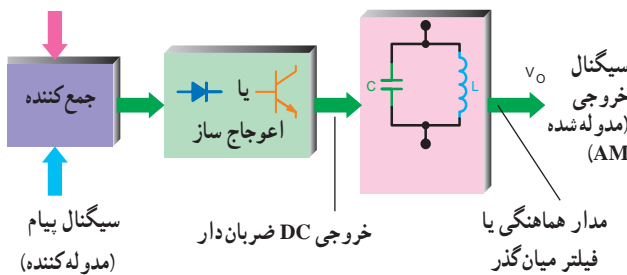
شکل ۳-۶- ایجاد اعوجاج در شکل موج مجموع حامل و پیام



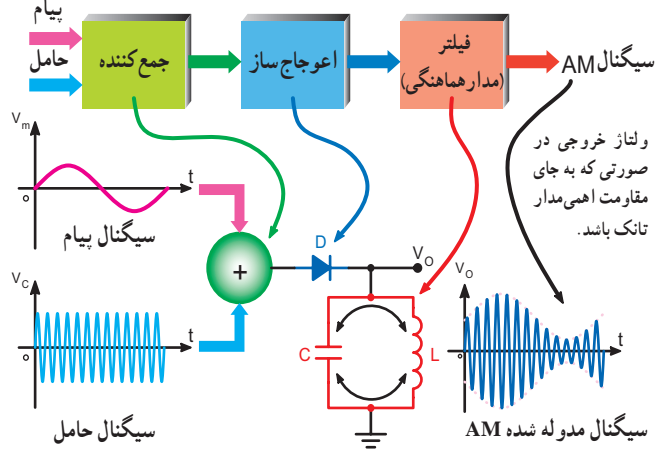
شکل ۵-۶- مدار عملی مدولاتور دیودی

سیگنال خروجی دیود به مدار هماهنگی  $L_1 C_1$ ، که یک فیلتر میان‌گذر است اعمال می‌شود. فرکانس رزونانس (تشدید) این مدار برابر با فرکانس حامل است. بنابراین با توجه به ضربان دار بودن سیگنال خروجی دیود و وجود هارمونیک در آن، مدار تانک روی فرکانس رزونانس به نوسان درمی‌آید و سیگنال مدوله شده AM در خروجی ظاهر می‌شود. به جای دیود می‌توان از ترانزیستور نیز استفاده کرد. در این حالت از دیود بیس امیتر ترانزیستور به‌عنوان مدولاتور استفاده می‌شود. در شکل ۶-۶ مراحل اجرای مدولاسیون در یک مدولاتور با استفاده از المان‌های مربوطه، به صورت بلوک دیاگرام آمده است.

سیگنال حامل  
(مدوله شونده)



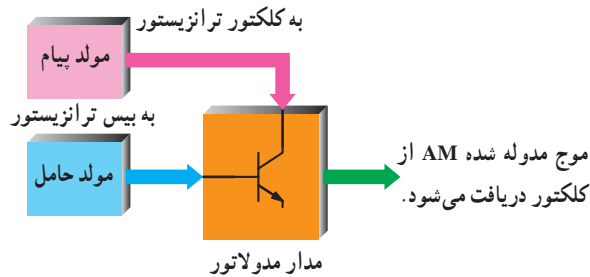
شکل ۶-۶- مراحل اجرای مدولاسیون در مدولاتور AM، با استفاده از المان غیرخطی



شکل ۴-۶- مدار مدولاتور دیودی

در شکل ۶-۵ یک نمونه مدار عملی مدولاتور دیودی رسم شده است. در این مدار خازن  $C_1$  سیگنال حامل را به آند دیود اعمال می‌کند. ترانسفورماتور  $T_1$  سیگنال صوتی را به ورودی دیود می‌رساند. نسبت تبدیل طوری انتخاب شده است که تطبیق امپدانس لازم، جهت انتقال بیشترین توان بین منبع سیگنال مدوله کننده و ورودی مدولاتور، صورت می‌گیرد. خازن  $C_2$  طوری انتخاب می‌شود که فقط سیگنال حامل را بای پاس کند. سیم پیچ  $L_1$  یک RFC (Radio Frequency Choke) است که مانع ورود سیگنال حامل به منبع پیام می‌شود. به دلیل بارگذاری، قسمتی از سیگنال حامل از  $L_1$  عبور می‌کند و به ترانسفورماتور  $T_1$  می‌رسد. به منظور جلوگیری از تأثیرگذاری روی منبع سیگنال پیام، خازن  $C_2$  به گونه‌ای انتخاب شده است که این سیگنال را، بای پاس کند. بدین ترتیب مجموع سیگنال پیام و حامل در ورودی مدار (نقطه A یا آند

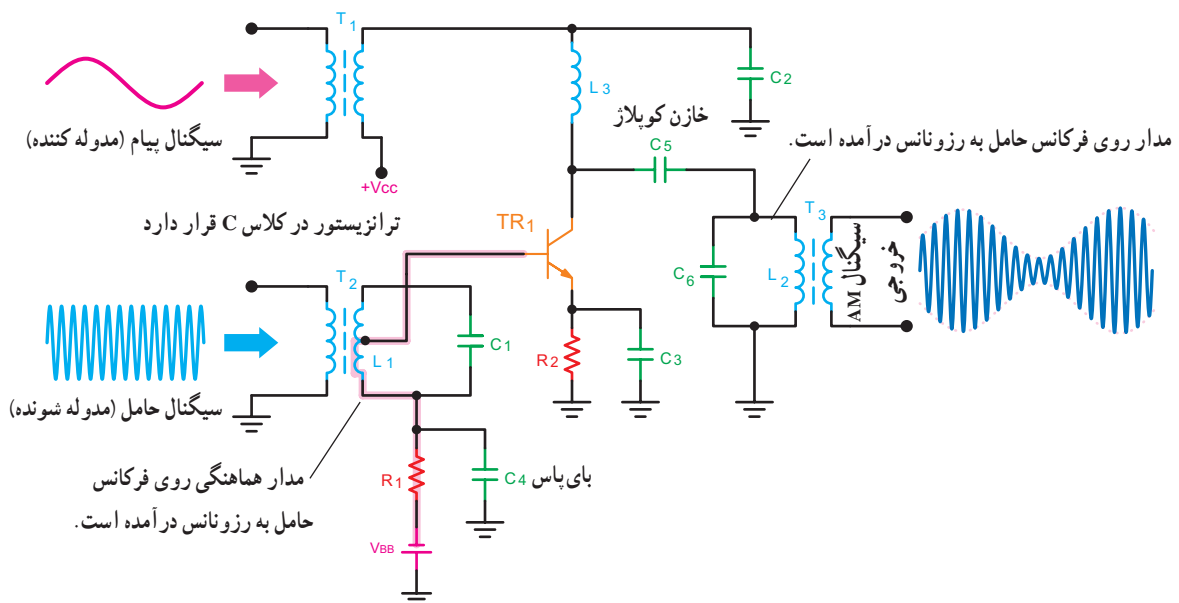
مدولاتور، با مدولاسیون کلکتور را نشان می‌دهد.



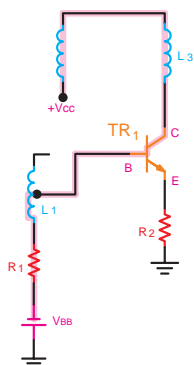
شکل ۶-۷- بلوک دیاگرام مدولاتور با مدولاسیون کلکتور

در شکل ۶-۸ مدار ترانزیستوری مدولاتور با مدولاسیون کلکتور رسم شده است.

در این مدار ترانزیستور در کلاس C بایاس شده است تا اعوجاج مورد نیاز را در مدار به وجود آورد و راندمان آن را افزایش دهد.



شکل ۶-۸- مدار مدولاتور ترانزیستوری با مدولاسیون روی کلکتور



شکل ۶-۹- بایاس DC مدولاتور مدولاسیون روی کلکتور

در این بلوک دیاگرام سیگنال حامل و سیگنال مدوله کننده پس از جمع شدن، به یک قطعه الکترونیکی فعال مانند ترانزیستور یا غیرفعال مانند دیود داده می‌شوند و سیگنال خروجی آن که DC ضربان دار است، به مدار هماهنگی LC که یک فیلتر میان گذر است اعمال می‌شود. در خروجی مدار LC سیگنال مدوله شده AM به دست می‌آید.

## ۶-۴- مدولاتورهای ترانزیستوری

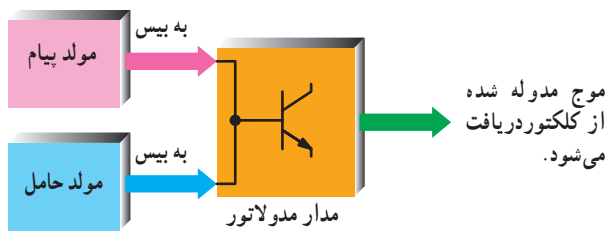
مدارهای مدولاتور ترانزیستوری را بر اساس نحوه اعمال سیگنال مدوله کننده (پیام) و بدون توجه به محل اعمال سیگنال حامل به ترانزیستور، تقسیم بندی می‌کنند. به طور کلی سه نوع مدولاتور به شرح زیر شکل می‌گیرد:

۱-۶-۴- مدولاسیون کلکتور: در این مدار سیگنال مدوله کننده به کلکتور ترانزیستور اعمال می‌شود. شکل ۶-۷ یک نمونه مدار بلوکی

شکل ۶-۹ بایاس DC ترانزیستور را نشان می‌دهد. در این مدار سیم پیچ‌های موجود در مسیر بایاس DC تقریباً اتصال کوتاه در نظر گرفته شده است و بیس ترانزیستور به ولتاژ  $V_{BB}$  - اتصال دارد و «بیس امیتر» در بایاس مخالف و ترانزیستور در کلاس C قرار

**۳-۴-۶- مدولاسیون روی بیس:** در صورتی که سیگنال پیام به بیس ترانزیستور اعمال شود، مدار به صورت مدولاتور با مدولاسیون روی بیس درمی آید. شکل ۱۱-۶ مدار بلوکی مدولاسیون در بیس را نشان می دهد.

در مدارهای فرستنده، به علت بالا بودن راندمان مدولاتور روی کلکتور، از این مدار بیشتر استفاده می شود. انواع مدولاتورهای دیگری مانند مدولاتور سری و مدولاتور با آی سی وجود دارد که به دلیل محدودیت های موجود از پرداختن به آنها خودداری کرده ایم.



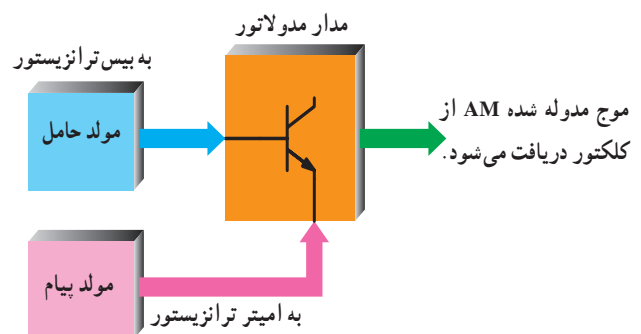
شکل ۱۱-۶- بلوک دیاگرام مدولاتور با مدولاسیون روی بیس

### ۵-۶- الگوی پرسش

- ۱- به چه دلیل جمع لحظه ای سیگنال حامل و پیام سیگنال مدوله شده AM نیست؟
- ۲- چرا برای به دست آوردن سیگنال AM باید از یک المان غیرخطی استفاده کرد؟
- ۳- مدار مدولاتور دیودی را رسم کنید و طرز کار آن را شرح دهید.
- ۴- مزایای مدولاسیون روی کلکتور را شرح دهید.
- ۵- مداری رسم کنید که توسط آن بتوان مدولاسیون روی امیتر را اجرا کرد.
- ۶- مداری رسم کنید که توسط آن بتوان مدولاسیون روی بیس را اجرا کرد.
- ۷- تفاوت مدولاتور دیودی را با ترانزیستوری شرح دهید.
- ۸- مدولاتورهای روی کلکتور، روی بیس و روی امیتر را از نظر اعمال سیگنال مقایسه کنید.

دارد. با توجه به اعوجاج به وجود آمده در اثر بایاسینگ کلاس C ، سیگنال RF به صورت DC ضربان دار روی کلکتور ظاهر می شود. سیگنال مدوله کننده که همان پیام است از طریق ترانس  $T_1$  با سیگنال DC ضربان دار حامل جمع می شود و از طریق  $C_5$  به مدار تانک  $L_4C_6$  می رسد. به علت وجود هارمونیک، مدار تانک روی فرکانس رزونانس خود، که همان سیگنال حامل است، به نوسان درمی آید و سیگنال AM در خروجی ظاهر می شود. خازن  $C_7$  باید به اندازه کافی بزرگ باشد که سیگنال حامل را اتصال کوتاه کند و به اندازه کافی کوچک باشد تا در مقابل سیگنال پیام به صورت اتصال باز، عمل کند. خازن های  $C_7$  و  $C_8$  سیگنال حامل را بای پاس می کنند. مدار مدولاتور ترانزیستوری با مدولاسیون روی کلکتور از راندمان بالایی برخوردار است ولی برای رسیدن به مدولاسیون صد درصد، نیاز به اعمال سیگنال پیام با دامنه قوی به مدار، است.

**۲-۴-۶- مدولاسیون روی امیتر:** در مدولاسیون امیتر، سیگنال پیام به امیتر اعمال می شود. در شکل ۱۰-۶ مدولاسیون در امیتر به صورت بلوکی رسم شده است. در صورتی که در شکل ۸-۶، خازن  $C_7$  را حذف کنیم و سیگنال پیام را به امیتر بدهیم، مدار مدولاتور با مدولاسیون روی امیتر شکل می گیرد. در مدولاسیون روی امیتر مدار تقویت کننده باید در کلاس A بایاس شود تا عمل مدولاسیون صورت گیرد. مدولاسیون امیتر راندمان کمتری دارد ولی برای رسیدن به مدولاسیون صد درصد، به ولتاژ پیام کمتری نیاز دارد.



شکل ۱۰-۶- بلوک دیاگرام مدولاتور با مدولاسیون امیتر



## صحیح یا غلط

۹- سیگنال خروجی در مدار شکل ۶-۱۲ به صورت AC

ضربان دار است.

صحیح  غلط

## کامل کردنی

۱۰- در مدولاسیون روی کلکتور، تقویت کننده در کلاس

..... و در مدولاسیون روی امیتر تقویت کننده در کلاس .....

بایاس می شود.

## چهارگزینه ای

۱۱- مدولاسیون روی امیتر راندمان .....

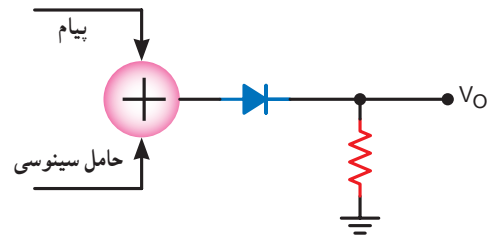
رسیدن به مدولاسیون صد درصد به ولتاژ پیام .....

(۱) کمتر - کمتر (۲) بیشتر - کمتر

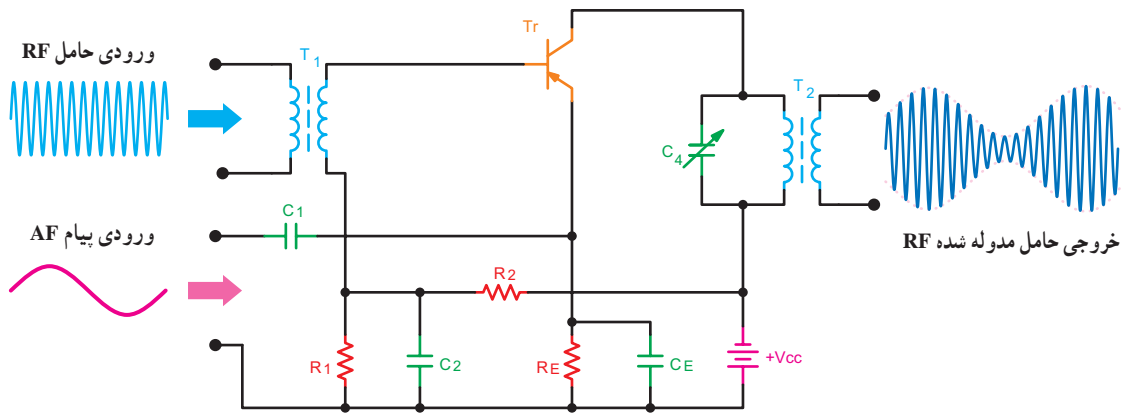
(۳) کمتر - بیشتر (۴) بیشتر - بیشتر

۱۲- مدار شکل ۶-۱۳ چه نام دارد؟

۱۳- تقویت کننده شکل ۶-۱۳ در کدام کلاس کار می کند؟



شکل ۶-۱۲



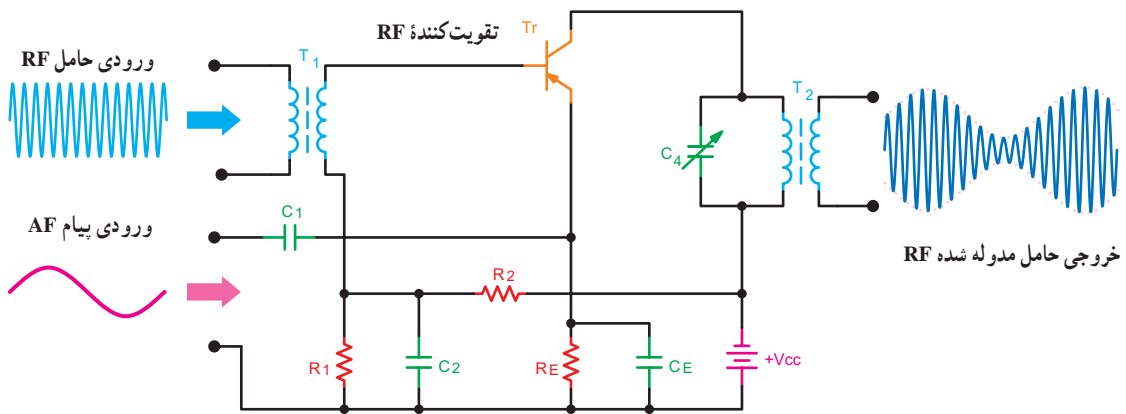
شکل ۶-۱۳

۱۴- نام مدار شکل ۶-۱۴ را بنویسید و نحوه کار آن را

به طور مختصر توضیح دهید.

۱۵- به کمک نرم افزار یک نوع مدار مدولاتور

ترازیستوری را شبیه سازی کنید.



شکل ۶-۱۴

## برای هنرجویان علاقه مند

غالباً سؤالاتی راجع به رادیو آماتوری از طرف دانش آموزان مطرح می شود که می تواند برای کسب اطلاعات بیشتر درباره این موضوع و بحث فرستنده های رادیویی، به سایت های مختلف مراجعه کنند.

تقویت می کنند. این سیگنال ها پس از تقویت به مدولاتور اعمال می شوند. سیگنال خروجی مدولاتور مجدداً تقویت می شود و برای انتشار به مدار آنتن می رود. عمل مدولاسیون ممکن است در طبقه انتهایی فرستنده یا طبقه ماقبل آن صورت گیرد. به همین دلیل، با توجه به محل اجرای مدولاسیون دو نوع فرستنده امواج رادیویی به شرح زیر وجود دارد:

الف - فرستنده رادیویی با مدولاسیون قدرت زیاد یا سطح بالا

ب - فرستنده رادیویی با مدولاسیون قدرت کم یا سطح پایین

### ۱-۶-۶- فرستنده AM با مدولاسیون قدرت زیاد یا

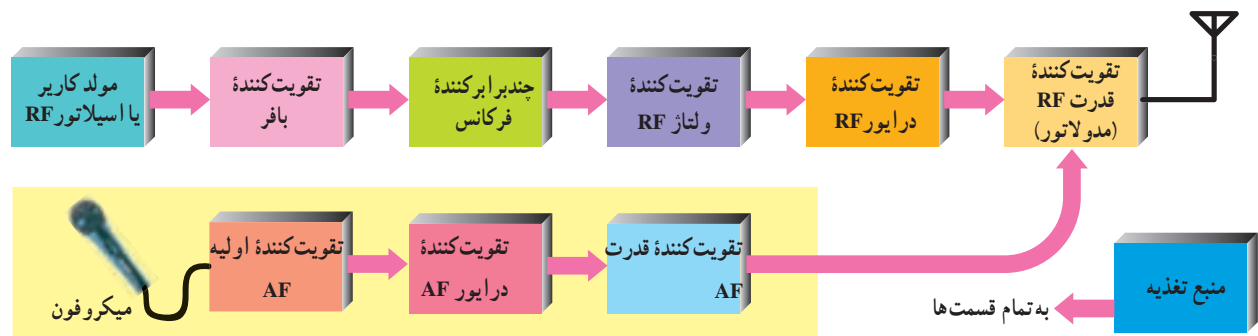
**سطح بالا (High level Modulation):** در شکل ۱۵-۶ بلوک دیاگرام یک فرستنده رادیویی با مدولاسیون قدرت زیاد رسم شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود، طبقات AF با زمینه ای به رنگ زرد نشان داده شده است. چون عمل مدولاسیون در طبقه آخر (تقویت کننده قدرت RF) صورت می گیرد، این سیستم را فرستنده رادیویی با مدولاسیون قوی یا قدرت زیاد می نامند. در این فرستنده به دلیل اجرای مدولاسیون در طبقه انتهایی، راندمان فرستنده زیاد است. در طبقات رادیویی طبقه بافر به منظور تطبیق امپدانس خروجی اسپلاتور با طبقه چند برابر کننده فرکانس به کار رفته است. به طبقه بافر جدا کننده یا ایزوله کننده نیز می گویند.

### ۶-۶- فرستنده های رادیویی AM

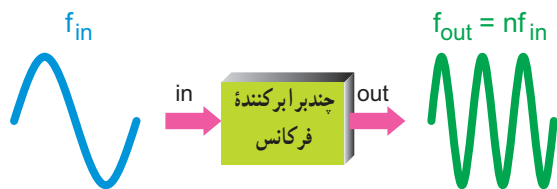
قبل از تشریح مدارات هر سیستم الکترونیکی، لازم است بلوک دیاگرام طبقات تشکیل دهنده سیستم مورد بررسی قرار گیرد. در این قسمت به تجزیه و تحلیل بلوک دیاگرام فرستنده های رادیویی با مدولاسیون ضعیف و قوی می پردازیم.

هر فرستنده رادیویی از دو قسمت RF و AF تشکیل شده است. صدا، موسیقی یا هر پیامی که در محدوده فرکانسی  $20\text{ Hz}$  تا  $20\text{ KHz}$  قرار دارد سیگنال صوتی یا AF نامیده می شود. قلب هر فرستنده رادیویی مدار اسپلاتور آن است. اسپلاتور یک مولد سیگنال با فرکانس بالاست که آن را سیگنال RF، حامل یا کاریر نیز می گویند.

در فرستنده های رادیویی ابتدا سیگنال های AF و RF را



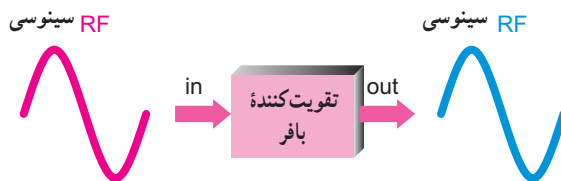
شکل ۱۵-۶ - فرستنده AM با مدولاسیون قدرت زیاد یا سطح بالا



شکل ۶-۱۷- بلوک چندبرابر کننده فرکانس

سیگنال رادیویی خروجی مدار چند برابر کننده فرکانس، بعد از تقویت شدن در طبقات تقویت کننده ولتاژ و تقویت کننده درایور، به مدار تقویت کننده قدرت (مدولاتور) اعمال می شود. در جدول ۶-۱ خلاصه ای از کار هر یک از طبقات فرستنده با مدولاسیون قدرت زیاد، همراه با ورودی ها و خروجی های آنها، آمده است.

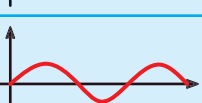
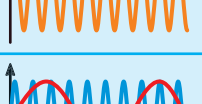

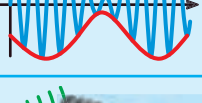
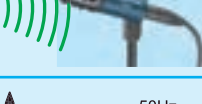
در شکل ۶-۱۶ نمای بلوکی تقویت کننده با فرکانس سیگنال های ورودی و خروجی آن رسم شده است.



شکل ۶-۱۶- بلوک تقویت کننده بافر

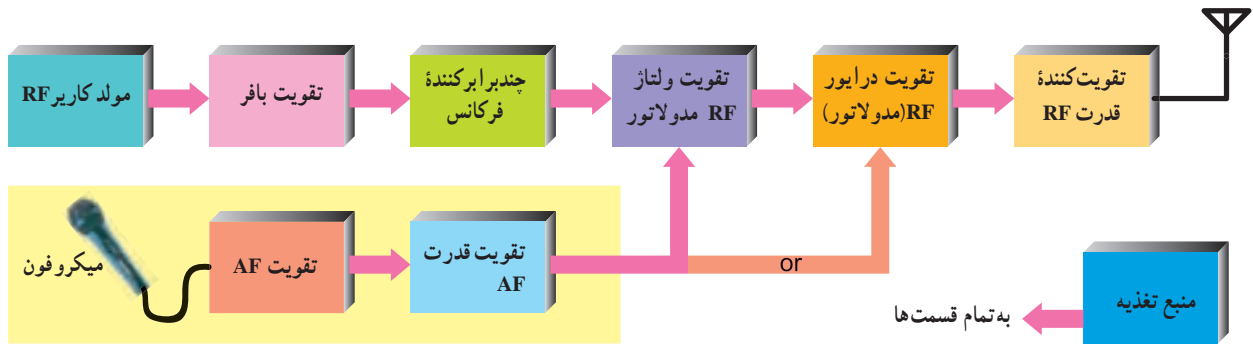
به منظور افزایش فرکانس کاری از چند برابر کننده فرکانس استفاده می شود. همان طوری که در شکل بلوکی ۶-۱۷ مشاهده می شود فرکانس سیگنال خروجی چند برابر کننده فرکانس،  $n$  برابر فرکانس سیگنال ورودی است.

جدول ۱-۶ - مشخصات فرستنده با مدولاسیون قدرت زیاد

شکل موج خروجی	سیگنال خروجی هر بلوک	شکل موج ورودی	سیگنال ورودی هر بلوک	وظیفه بلوک	نام طبقه یا بلوک
	سیگنال سینوسی رادیویی		ولتاژ DC	تولید سیگنال سینوسی با فرکانس بالا	مولد کاربرد RF
	سیگنال سینوسی رادیویی		سیگنال سینوسی رادیویی	ایزوله کردن اسپلاتور از چند برابر کننده فرکانس	تقویت کننده بافر
	سیگنال سینوسی رادیویی		سیگنال سینوسی رادیویی	افزایش فرکانس اسپلاتور	چندبرابر کننده فرکانس
	سیگنال صوتی		سیگنال صوتی	تقویت سیگنال میکروفون	تقویت کننده AF
	سیگنال صوتی		سیگنال صوتی	افزایش دامنه AF	تقویت کننده درایور AF
	سیگنال صوتی		سیگنال صوتی	تقویت دامنه جریان AF	تقویت کننده قدرت AF
	سیگنال رادیویی		سیگنال رادیویی	تقویت دامنه RF	تقویت کننده ولتاژ RF
	سیگنال رادیویی		سیگنال رادیویی	تقویت دامنه RF	تقویت کننده درایور RF
	سیگنال مدوله شده RF		سیگنال های RF و AF	مدولاسیون و تقویت قدرت RF	تقویت کننده قدرت RF و مدولاتور
	امواج الکترومغناطیسی		سیگنال رادیویی	انتشار امواج رادیویی	آنتن
	سیگنال صوتی		ارتعاشات مکانیکی صوت	تولید سیگنال صوتی	میکروفون
	ولتاژ DC		50Hz 220V AC	تأمین تغذیه تمام قسمت ها	منبع تغذیه

مدولاسیون در طبقه تقویت کننده درایور RF یا طبقه تقویت ولتاژ RF انجام می گیرد (شکل ۱۸-۶).

۲-۶-۶- فرستنده AM با مدولاسیون قدرت کم یا سطح پایین (low level Modulation): در این روش عمل



شکل ۱۸-۶- فرستنده AM با مدولاسیون قدرت کم یا سطح پایین

سیگنال، پس از عبور از کنترل کننده ها به فرستنده اعمال می شود. در فرستنده، سیگنال صوتی پس از تقویت روی حامل مدوله می شود و سیگنال رادیویی مدوله شده را تولید می کند. سیگنال رادیویی پس از کنترل توسط دستگاه های اندازه گیری حساس، به آنتن می رسد.

این روش نسبت به مدولاسیون سطح بالا، اقتصادی تر است ولی راندمان کمتری دارد.

۳-۶-۶- بلوک دیاگرام کلی فرستنده واقعی و اجزای مرتبط با آن: در شکل ۱۹-۶ بلوک دیاگرام کلی یک فرستنده رادیویی واقعی و اجزای مرتبط با آن آمده است. سیگنال صوتی ممکن است از میکروفون یا دستگاه ضبط صوت گرفته شود. این



شکل ۱۹-۶- بلوک دیاگرام کلی فرستنده

در شکل ۶-۲۰ تصویریری از اتاق فرمان (کنترل) یک ایستگاه فرستنده رادیو تلویزیونی را مشاهده می کنید.



شکل ۶-۲۰ - اتاق فرمان

۵ - در بلوک دیاگرام کلی فرستنده (شکل ۶-۲۱) کار بلوک فرستنده چیست؟ شرح دهید.

### برای هنرجویان علاقه مند

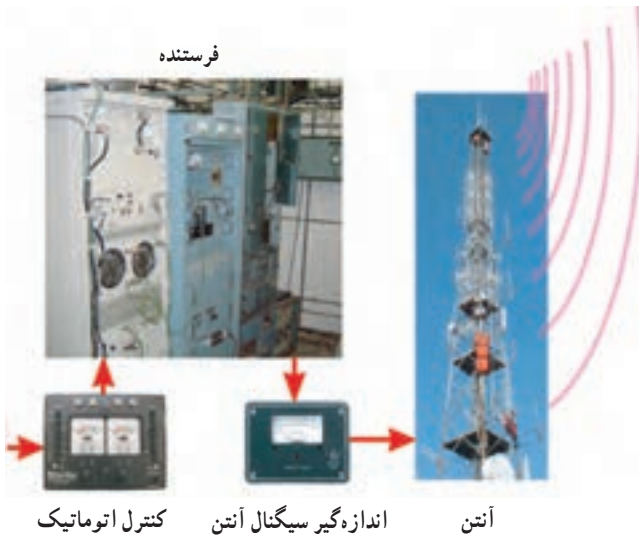
جست و جو کنید :

- ۱- اولین سیگنال رادیویی با چه فرکانسی و از چه محلی ارسال شد؟
- ۲- نحوه ارتباط ماهواره ها با یکدیگر چگونه است؟

### ۶-۷ - الگوی پرسش

- ۱- مزایا و معایب مدولاسیون های قدرت زیاد و قدرت کم را بنویسید.
- ۲- وظیفه مدار چندبرابرکننده فرکانس در فرستنده چیست؟ شرح دهید.
- ۳- وظیفه تقویت کننده بافر در فرستنده چیست؟ شرح دهید.

- ۴- سیگنال های ورودی و خروجی میکروفون کدام اند؟



شکل ۶-۲۱ - فرستنده

## کامل کردنی

۶- در بلوک دیاگرام فرستنده AM، به منظور تطبیق امپدانس خروجی اسپلاتور با ورودی چند برابرکننده فرکانس، از مدار ..... استفاده می کنند.

## صحیح یا غلط

۷- فرستنده AM با مدولاسیون قدرت کم یا سطح پایین، نسبت به فرستنده قدرت زیاد یا سطح بالا، از راندمان کمتری برخوردار است.

صحیح  غلط

## چهارگزینه ای

۸- در فرستنده AM، سیگنال ورودی و خروجی چند برابرکننده فرکانس به ترتیب کدام است؟

۱) RF-AF      ۲) AF-AF

۳) RF-RF      ۴) AF-RF

## ۸-۶- گیرنده های رادیویی AM

در این بخش قبل از تشریح بلوک دیاگرام طبقات گیرنده رادیویی به تجزیه و تحلیل مشخصات ویژه گیرنده رادیویی و مدارهای هماهنگی ورودی و نحوه انتخاب ایستگاه می پردازیم. لازم به توضیح است که به دلیل عرضه گیرنده های رادیویی آی سی دار، موضوعات ارائه شده تلفیقی از گیرنده های رادیویی ترانزیستوری و آی سی دار است.

## ۹-۶- مشخصات گیرنده های رادیویی و چگونگی افزایش آن

همان طور که در فصل ۴ اشاره شد یک گیرنده رادیویی باید دارای مشخصاتی به شرح زیر باشد:

الف) حساسیت یا سنسیتیویته "Sensitivity"

ب) قابلیت انتخاب یا سلکتیویته "Selectivity"

علاوه بر مشخصات فوق، یک گیرنده رادیویی باید مشخصات زیر را نیز در حد مطلوب داشته باشد تا به خوبی عمل کند:

پ) وفاداری یا فیدلیته "Fidelity"

ت) پایداری یا استابیلیته "Stability"

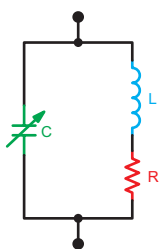
## ۱-۹-۶- چه گیرنده ای دارای حساسیت و قابلیت

انتخاب بالا است؟ گیرنده ای دارای حساسیت بالا است که بتواند ایستگاه های رادیویی ضعیف را به خوبی دریافت و تقویت کند.

گیرنده ای دارای قابلیت انتخاب ایستگاه خوب است که بتواند ایستگاه های رادیویی را از یکدیگر تفکیک کند. به عبارت دیگر از میان مجموعه ایستگاه های رادیویی موجود که امواج آنها در فضا پخش شده است، ایستگاه مورد نظر را انتخاب کند.

## ۲-۹-۶- چگونگی افزایش قابلیت انتخاب ایستگاه: در

گیرنده های رادیویی از مدارهای هماهنگی LC موازی برای انتخاب ایستگاه رادیویی استفاده می شود. در شکل ۶-۲۲ یک مدار رزونانس RLC رسم شده است. در این مدار مقاومت اهمی بویین برابر با R در نظر گرفته شده است. با تغییر مقدار ظرفیت خازن C می توان مدار هماهنگی را برای فرکانس های متفاوت تشدید کرد، خازن متغیر را خازن واریابل نیز می نامند.



شکل ۶-۲۲- مدار هماهنگ موازی

همان طور که در فصل چهارم بیان شد، پهنای باند مدار هماهنگ موازی از رابطه ۶-۱ به دست می آید که در آن  $F_r$  فرکانس رزونانس مدار و Q ضریب کیفیت مدار است.<sup>۱</sup>

$$BW = \frac{F_r}{Q} \quad 6-1$$

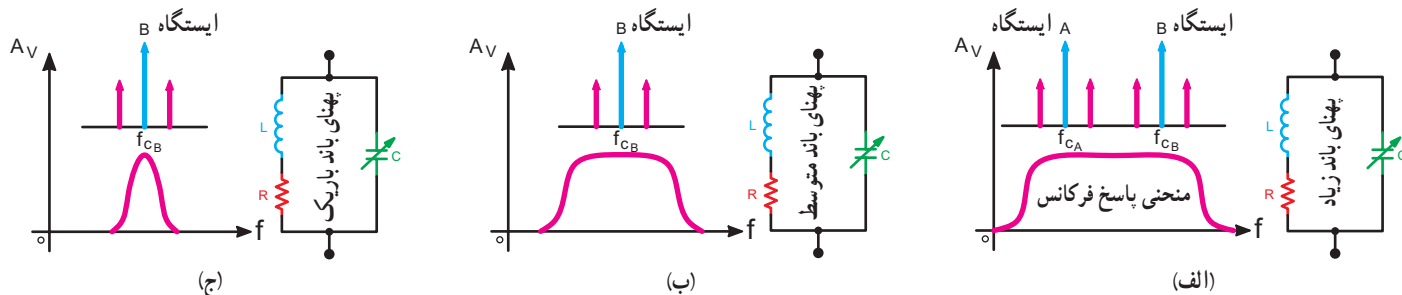
هر قدر مقدار Q بیشتر باشد پهنای باند کمتر است. افزایش مقدار Q قابلیت انتخاب ایستگاه را افزایش می دهد و ایستگاه های ناخواسته را بهتر حذف می کند. در شکل ۶-۲۳ منحنی پاسخ فرکانسی مدار هماهنگ موازی RLC در سه حالت نشان داده شده است. در حالت الف پهنای باند زیاد است و سلکتیویته به قدری

۱- در ارتباط با ضریب کیفیت Q در درس مدارهای الکتریکی به تفصیل بحث می شود.



خیلی زیاد است. در این حالت باندهای کناری ایستگاه B را نمی‌توان دریافت کرد.

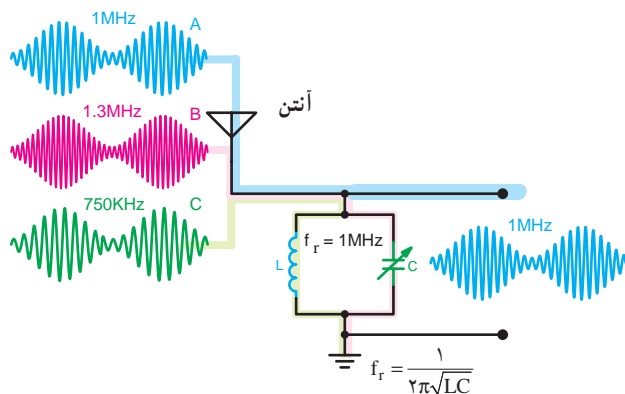
کم است که نمی‌توان ایستگاه‌های A و B را از یکدیگر جدا کرد. در حالت «ب» پهنای باند در حدی است که فقط ایستگاه B قابل دریافت است. در حالت «ج» پهنای باند خیلی کم و سلکتیویته



شکل ۶-۲۳ مدارهای هماهنگی با سلکتیویته متفاوت

### ۶-۱۱- مدار هماهنگ ورودی گیرنده رادیو

در ورودی هر گیرنده رادیو، یک مدار هماهنگ LC موازی قرار گرفته است. به کمک این مدار و با تغییر مقدار L یا C می‌توان ایستگاه‌های مختلف را انتخاب کرد. در شکل ۶-۲۴ مدار هماهنگ موازی با خازن متغیر رسم شده است.



شکل ۶-۲۴ مدار هماهنگ ورودی گیرنده رادیو

چنین مداری را سلکتور امواج، انتخاب‌کننده ایستگاه یا مدار کادر آنتن نیز می‌نامند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، امواج رادیویی از ایستگاه‌های A، B و C به ترتیب با فرکانس‌های ۱MHz، ۱/۳ MHz و ۷۵۰KHz پخش می‌شوند. این امواج پس از برخورد به آنتن و با توجه به فرکانس حامل، ولتاژهای متفاوتی را در بوبین L القا می‌کنند. اگر خازن C طوری تنظیم شده

### ۶-۹-۳- وفاداری یا فیدلیته: وفاداری یک

تقویت‌کننده بستگی به میزان تطبیق سیگنال خروجی با ورودی دارد. در گیرنده‌های رادیویی فیدلیته بستگی به پهنای باند مدار انتخاب ایستگاه دارد. اگر مدار انتخاب ایستگاه دارای منحنی پاسخ فرکانسی بسیار نیک تیز باشد (Q زیاد) بعضی از فرکانس‌ها حذف می‌شود و فیدلیته را کاهش می‌دهد.

### ۶-۹-۴- پایداری: میزان ثابت فرکانس رزونانس

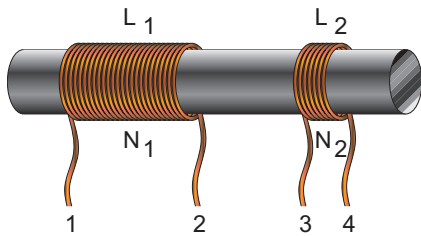
مدار انتخاب ایستگاه گیرنده رادیویی را پایداری یا استابیلیته می‌گویند. وقتی یک گیرنده رادیویی روی ایستگاهی تنظیم شود و فرکانس دریافت شده خودبه‌خود تغییر نکند گیرنده از پایداری بالایی برخوردار است.

### ۶-۱۰- الگوی پرسش

- ۱- مشخصات ویژه یک گیرنده رادیویی را نام ببرید.
- ۲- با کاهش پهنای باند مدار انتخاب ایستگاه فیدلیته چه تغییری می‌کند؟
- ۳- پایداری در گیرنده‌های رادیویی چیست؟
- ۴- اگر مدار هماهنگ در شکل ۶-۲۲ دارای  $C = 10 \text{ PF}$  و  $L = 1/3 \text{ mH}$  باشد فرکانس رزونانس و پهنای باند آن را محاسبه کنید.

ورودی گیرنده‌های رادیویی بوبین کادر آنتن گفته می‌شود. این بوبین دارای یک هسته از جنس فریت است. بوبین کادر آنتن در گیرنده رادیو به عنوان آنتن عمل می‌کند. این آنتن از نوع مخصوصی است که آنتن با میله فریت نامیده می‌شود. بوبین کادر آنتن ممکن است به صورت سه سر یا چهار سر مورد استفاده قرار گیرد. در شکل ۶-۲۶ یک نمونه بوبین کادر آنتن با چهار سر (۱ تا ۴) رسم شده است. در عمل بوبین  $L_1$  با خازن واریابل موازی می‌شود و بوبین  $L_2$  در ورودی اولین طبقه تقویت کننده رادیو قرار می‌گیرد.

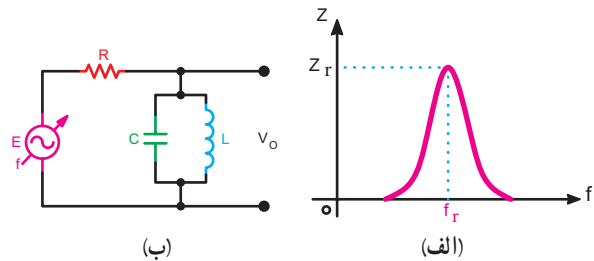
در شکل ۶-۲۷ نحوه اتصال سرهای بوبین کادر آنتن به مدار تقویت کننده RF نشان داده شده است.



شکل ۶-۲۶- بوبین کادر آنتن با هسته فریت

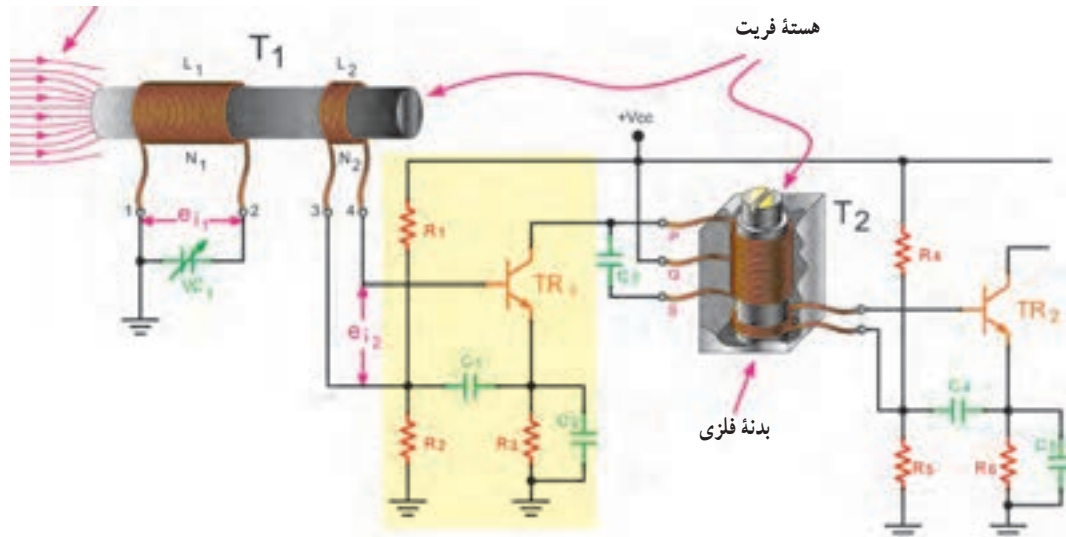
باشد که فرکانس رزونانس مدار برابر با  $F_r = 1\text{MHz}$  باشد، دامنه امواج ولتاژ القا شده در اثر امواج مربوط به ایستگاه A بیشتر از ولتاژهای مربوط به ایستگاه‌های B و C خواهد بود. به این ترتیب در صورتی که میزان تضعیف ایستگاه‌های B و C به اندازه کافی باشد، ایستگاه A انتخاب و ایستگاه‌های B و C حذف خواهد شد. اگر ایستگاه‌های مختلف را به صورت یک منبع ولتاژ  $V_s$  با فرکانس و ولتاژ متغیر در نظر بگیریم، می‌توانیم مدار شکل ۶-۲۵ را به جای مدار شکل ۶-۲۴ به کار ببریم. در شکل ۶-۲۵ الف منحنی پاسخ فرکانس بر حسب تغییرات امپدانس دو سر مدار ترسیم شده است. منحنی تغییرات ولتاژ دو سر مدار نیز شبیه منحنی تغییرات امپدانس مدار است.

۱-۱-۱-۶- بوبین کادر آنتن: به سیم پیچ مدار هماهنگ



شکل ۶-۲۵- منحنی تغییرات امپدانس بر حسب تغییرات فرکانس در مدار هماهنگی گیرنده رادیویی

خطوط فلوی مغناطیسی



شکل ۶-۲۷- بوبین کادر آنتن و تقویت کننده RF

## ۲-۱۱-۶ - خازن واریابل یا واریکاپ

(Variable Capacitor): به خازن متغیر استفاده شده در

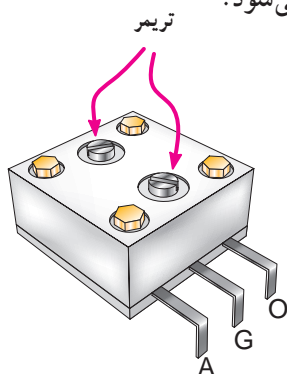
مدار هماهنگی گیرنده رادیو، خازن واریابل گفته می‌شود. به «خازن واریابل» به اختصار «واریابل» نیز اطلاق می‌شود. این خازن همراه با بوبین کادر آنتن برای انتخاب ایستگاه‌های مختلف به کار می‌رود. در گیرنده‌های رادیو یک موج، خازن واریابل دارای سه سر به شرح زیر است:

الف - سر A یا  $C_1$  که به آنتن وصل می‌شود و خازن کادر آنتن را تشکیل می‌دهد.

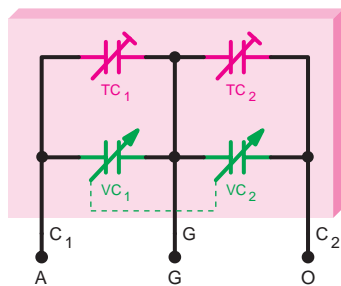
ب - سر G که به شاسی دستگاه وصل می‌شود و سر مشترک را تشکیل می‌دهد.

ج - سر O یا  $C_2$  که به اسپلاتور محلی اتصال می‌یابد و خازن نوسان‌ساز را تشکیل می‌دهد.

در شکل ۶-۲۹-الف شکل ظاهری خازن واریابل با توجه به خازن‌های تریمر آن و در شکل ۶-۲۹-ب شمای فنی خازن واریابل رسم شده است. در این شکل، خازن متغیر  $V_{C_1}$  به عنوان خازن کادر آنتن در مدار هماهنگ و ورودی گیرنده رادیو به کار می‌رود. خازن متغیر  $V_{C_2}$  به منظور تغییر فرکانس اسپلاتور در مدار هماهنگی نوسان‌ساز محلی استفاده می‌شود.



(الف)



(ب)

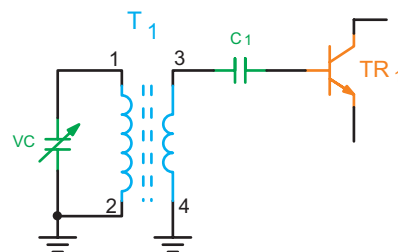
شکل ۶-۲۹- شکل ظاهری و شمای فنی خازن واریابل

بوبین  $L_1$  با تعداد  $N_1$  حلقه به صورت موازی با خازن متغیر  $V_{C_1}$  مدار هماهنگ و ورودی را تشکیل می‌دهد.  $e_{11}$  ولتاژ القا شده در سیم پیچ  $L_1$  است. سیم پیچ‌های  $L_1$  و  $L_2$  با هسته فریت تشکیل یک ترانس می‌دهند.

با توجه به نحوه کار ترانسفورماتورها و ولتاژ  $e_{12}$  در دو سر سیم پیچ  $L_2$  ظاهر می‌شود. چون ترانسفورماتور کاهنده است جریان در سیم پیچ  $L_2$  افزایش می‌یابد. خازن  $C_1$  پایه شماره ۳ سیم پیچ  $L_2$  را در پتانسیل زمین قرار می‌دهد. به عبارت دیگر مقاومت  $R_2$  از طریق  $C_1$  و  $C_2$  بای پاس شده است.

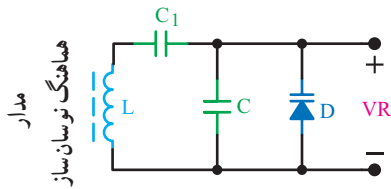
هسته فریت به علت داشتن قابلیت نفوذ مغناطیسی زیاد باعث می‌شود که خطوط فلوی مغناطیسی بیشتری از داخل سیم پیچ  $L_1$  عبور کند و ولتاژ  $e_{11}$  بیشتری را در آن القا کند.

در صورتی که یکی از پایه‌های ۳ یا ۴ به طور مشترک با یکی از پایه‌های ۱ یا ۲ به شاسی وصل شود، بوبین کادر آنتن به صورت سه سر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۶-۲۸- پایه‌های ۲ و ۴ بوبین کادر آنتن به شاسی اتصال دارد و بوبین به صورت سه سر استفاده شده است.



شکل ۶-۲۸- بوبین کادر آنتن سه سر در مدار

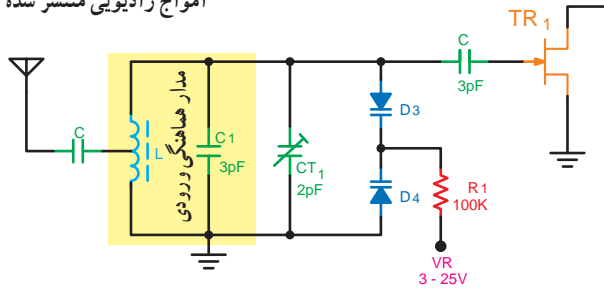
در صورتی که هنگام حضور در کلاس حس می‌کنید می‌توانید در ارتباط با موضوع درسی صحبت کنید و توانمندی‌های خود را بروز دهید، حتماً اقدام به انجام آن نمایید.



شکل ۳۱-۶- موازی شدن دیود خازنی با مدار هماهنگ نوسان ساز جهت تغییر فرکانس رزونانس

مدار هماهنگی کادر آنتن و طبقه تقویت کننده RF یک گیرنده را در شکل ۳۲-۶ مشاهده می کنید.

امواج رادیویی منتشر شده



ترکیب دیود خازنی در مدار هماهنگی - ولتاژ VR معمولاً توسط یک پتانسیومتر یا یک سیگنال شیب تأمین می شود.

شکل ۳۲-۶- مدار هماهنگی کادر آنتن و طبقه تقویت کننده RF

دیودهای خازنی  $D_3$  و  $D_4$  با یکدیگر سری و با خازن تریمر  $CT_1$  و خازن  $C_1$  موازی شده اند. ترکیب مجموعه خازن ها، خازن معادل مدار تانک طبقه RF را به وجود می آورد.

با تغییر ولتاژ  $V_R$  از  $3V$  تا  $25V$  ظرفیت خازنی دیودهای  $D_3$  و  $D_4$  به صورت مشابه تغییر می کند. با تغییر ظرفیت خازنی دیودها ظرفیت معادل کل مدار هماهنگی تغییر یافته و باعث تغییر فرکانس رزونانس شده و دریافت ایستگاه رادیویی یا تلویزیونی را به صورت خودکار امکان پذیر خواهد کرد.

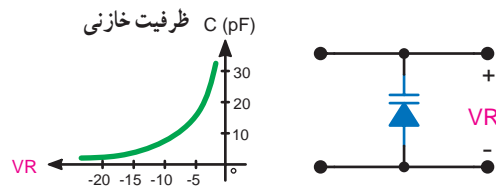
### ۶-۱۳- الگوی پرسش

- ۱- شمای فنی خازن واربابل رادیویی یک موج MW را رسم کنید و کار اجزای تشکیل دهنده آن را بنویسید.
- ۲- کار هسته فریت در بوبین کادر آنتن چیست؟
- ۳- بوبین کادر آنتن به چند صورت در مدارها استفاده

با خازن های متغیر  $V_{C_1}$  و  $V_{C_2}$  به ترتیب خازن های تریمر  $T_{C_1}$  و  $T_{C_2}$  به صورت موازی بسته شده است. خازن تریمر  $T_{C_1}$  برای تنظیم فرکانس انتهای باند MW در کادر آنتن و خازن تریمر  $T_{C_2}$  برای تنظیم فرکانس انتهای باند MW در اسپلاتور محلی به کار می رود.

### ۶-۱۲- انتخاب ایستگاه رادیویی به طور خودکار

در تیونر گیرنده های رادیویی و تلویزیون های جدید، برای تغییر فرکانس نوسان ساز محلی و مدار هماهنگ ورودی جهت انتخاب ایستگاه رادیویی، از دیود خازنی به جای خازن واربابل استفاده می کنند. با تغییر ولتاژ معکوس دو سر دیود ظرفیت خازنی تغییر می کند. در شکل ۳۰-۶ منحنی ظرفیت خازنی دیود بر حسب ولتاژ معکوس نشان داده شده است.



شکل ۳۰-۶- منحنی تغییرات ظرفیت دیود خازنی بر حسب ولتاژ مخالف

دیود خازنی با مدار هماهنگ نوسان ساز به صورت موازی قرار می گیرد. مطابق شکل ۳۱-۶ چنانچه ولتاژ دو سر دیود تغییر کند، ظرفیت خازنی آن را تغییر می دهد. از طرفی ظرفیت خازنی دیود با خازن مدار هماهنگ ترکیب می شود و ظرفیت خازن معادل تغییر می کند با تغییر ظرفیت خازن معادل فرکانس رزونانس مدار با توجه به رابطه  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{eq}}}$  تغییر می کند و تغییر فرکانس اسپلاتور اصلاح می شود.

مقدار  $C_{eq}$  از رابطه زیر به دست می آید:

$$C_{eq} = \frac{(C + C_D)C_1}{C + C_D + C_1}$$

می شود؟ شرح دهید.

۴- مدار سلکتور امواج چه نوع مداری است؟ با رسم

شکل شرح دهید.

۵- نحوه تغییر فرکانس رزونانس به طور خودکار را با

رسم شکل شرح دهید.

شده به ترتیب از طبقات زیر تشکیل شده است :

الف - آنتن و مدار انتخاب ایستگاه

ب - تقویت کننده RF

ج - آشکارساز سیگنال صوتی

د - تقویت کننده صوتی

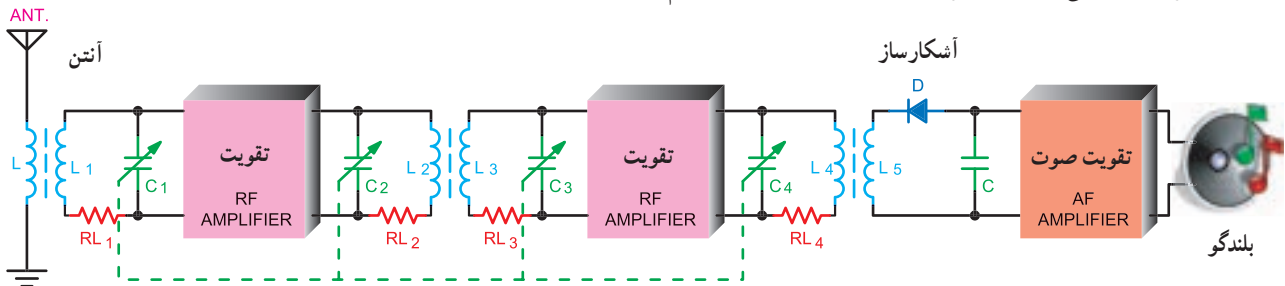
ه - بلندگو

در شکل ۳۳-۶ بلوک دیاگرام گیرنده رادیویی TRF رسم

شده است.

## ۱۴-۶- گیرنده رادیویی TRF یا گیرنده رادیویی مستقیم (Tuned Radio Frequency)

گیرنده رادیویی TRF یا گیرنده با مدارهای هماهنگ تنظیم



شکل ۳۳-۶- بلوک دیاگرام گیرنده رادیویی TRF

۱-۱۴-۶- معایب گیرنده رادیویی TRF: گیرنده

رادیویی TRF دارای معایبی به شرح زیر است :

الف - حساسیت کم

ب - قابلیت انتخاب بد

ج - بروز مشکلات زیاد، به منظور تنظیم هم زمان مدارهای

هماهنگی

د - یک نواخت تقویت نشدن ایستگاه های مختلف

خازن های  $C_1, C_2, C_3, C_4$  هم محور اند. با تغییر ظرفیت این

خازن ها، فرکانس رزونانس مدارهای انتخاب ایستگاه  $L_1, RL_1, C_1$ ،

$L_2, RL_2, C_2$ ،  $L_3, RL_3, C_3$  و  $L_4, RL_4, C_4$  هم زمان تغییر می کنند و ایستگاه

مورد نظر انتخاب و تقویت می شود.

علت استفاده از چند مدار هماهنگ، انتخاب بهتر ایستگاه

مورد نظر و حذف ایستگاه های ناخواسته است، ولی به دلیل هم محور

بودن خازن های مربوط به چهار مدار تانک و تولرانس آنها، در عمل

انتخاب بهتری صورت نخواهد گرفت.

دیود D و خازن C، مدار آشکارساز AM است، که برای پیاده

کردن پیام از روی کاربر استفاده می شود.

تقویت کننده صوتی برای تقویت دامنه ولتاژ و جریان سیگنال

صوتی است تا جریان مورد نیاز را برای تحریک بلندگو تأمین کند. اگرچه

گیرنده رادیویی مستقیم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و نسبت به

گیرنده های مرغوب دارای مدارهای ساده تری است، ولی امروزه به علت

معایب زیاد از آن استفاده نمی شود.

## ۱۵-۶- الگوی پرسش

۱- طبقات مختلف گیرنده رادیویی TRF را نام ببرید.

۲- معایب گیرنده رادیویی TRF را بنویسید.

۳- وظیفه آشکارساز در گیرنده رادیویی TRF چیست؟

۴- چرا در گیرنده رادیویی TRF از چند مدار هماهنگی

استفاده می شود؟

## ۱۶-۶- گیرنده رادیویی سوپرهترودین (Superhetrodyne Receiver)

امروزه گیرنده‌های رادیویی را به صورت ترکیبی، که سوپرهترودین نامیده می‌شود، می‌سازند. کلمه هترودین به معنی مخلوط کردن یا ترکیب کردن دو فرکانس است. کلمه سوپر نیز به معنی فوق العاده است و بیشتر برای کالاهایی که اولین بار به بازار عرضه می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در گیرنده‌های سوپرهترودین ابتدا ایستگاه موردنظر توسط مدار هماهنگی انتخاب می‌شود. فرکانس دریافتی پس از تقویت، وارد مدار کنورتور می‌شود و سپس به فرکانس میانی تبدیل می‌گردد.

فرکانس میانی را فرکانس متوسط یا IF (Intermediate Frequency) نیز می‌نامند. مقدار فرکانس IF در گیرنده‌های AM تجارتي معمولاً مساوی ۴۵۵ کیلوهرتز است.

حدود فرکانس IF برای گیرنده‌های مختلف فرق می‌کند و معمولاً مقدار آن را روی پلاک دستگاه می‌نویسند.

هر گیرنده سوپرهترودین دارای طبقاتی به شرح زیر است:

الف - تقویت کننده RF

ب - اسیلاتور محلی

ج - مخلوط کننده یا میکسر

د - تقویت کننده IF

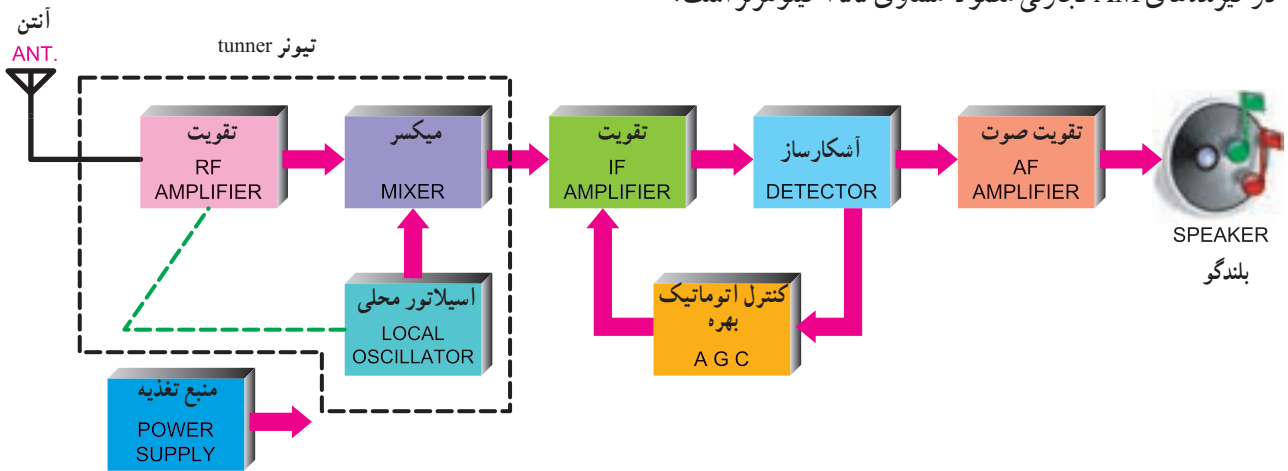
هـ - آشکارساز یا دکتور (Detector)

و - تقویت کننده AF

ز - کنترل اتوماتیک بهره

ح - بلندگو

در شکل ۳۴-۶ نمای بلوکی گیرنده رادیویی سوپرهترودین آمده است.



شکل ۳۴-۶- نمای بلوکی گیرنده رادیویی سوپرهترودین

آن به فرکانس IF به کار می‌رود.

فرکانس اسیلاتور محلی براساس رابطه ۲-۶ از مجموع فرکانس ایستگاه موردنظر و فرکانس IF به دست می‌آید.

$$F_{LO} = F_R + IF \quad ۲-۶$$

که در آن

$F_{LO}$  فرکانس اسیلاتور محلی برحسب هرتز

$F_R$  فرکانس سیگنال دریافت شده برحسب هرتز

IF فرکانس میانی تولید شده برحسب هرتز است.

۱-۱۶-۶- تقویت کننده RF: تقویت کننده RF به منظور

تقویت سیگنال رادیویی دریافتی و کاهش یا حذف نویز به کار می‌رود.

۲-۱۶-۶- اسیلاتور محلی (Local Oscillator):

در داخل گیرنده‌های رادیویی سوپرهترودین یک نوسان ساز وجود دارد که اسیلاتور محلی نامیده می‌شود. سبب انتخاب این نام، قرار گرفتن نوسان ساز در محل گیرنده و در داخل آن است. این اسیلاتور به منظور کاهش فرکانس ایستگاه‌های ورودی و تبدیل

۴-۱۶-۶- کنورتور (Convertor): مجموعه مدارهای اسیلاتور محلی و میکسر را کنورتور می نامند. مجموعه مدارهای اسیلاتور محلی، میکسر و تقویت کننده RF تیونر نامیده می شود. در برخی موارد کنورتور و تیونر به جای یکدیگر استفاده می شود.

### مثال ۱-۶

در صورتی که گیرنده رادیویی سوپرهترودین ایستگاهی با فرکانس  $830 \text{ KHz}$  را دریافت کند مقدار فرکانس اسیلاتور محلی چه قدر است؟

### پاسخ:

$$F_{LO} = F_R + IF$$

$$F_{LO} = 830 + 455 = 1285 \text{ KHz}$$

### ۵-۱۶-۶- تقویت کننده IF: فرکانس تفاضلی IF معمولاً

مساوی ۴۵۵ کیلوهرتز است. این فرکانس، توسط یک یا چند طبقه مدار تقویت کننده IF تقویت می شود. سیگنال خروجی آخرین طبقه تقویت کننده IF، به منظور آشکارسازی، به طبقه آشکارساز اعمال می شود.

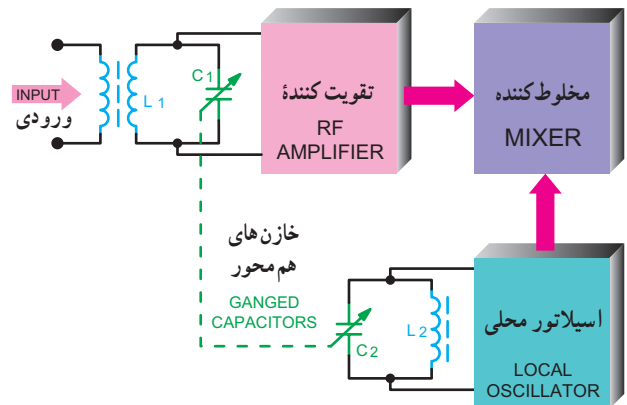
به منظور بالا بردن کیفیت مدار در ورودی و خروجی طبقات تقویت کننده های IF مدارهای هماهنگی قرار می دهند. این مدارها فقط می توانند فرکانس ۴۵۵ کیلوهرتز را عبور دهند. بدین ترتیب از عبور فرکانس های  $F_{LO}$ ،  $F_R$  و  $F_{LO} + F_R$  جلوگیری به عمل می آید. در شکل ۳۶-۶ مخلوط کننده، اسیلاتور محلی و تقویت کننده IF به صورت بلوک دیاگرام نشان داده شده است.

در صورتی که مدار هماهنگی  $L_1 V_{C1}$  برای دریافت ایستگاهی با فرکانس ۱۰۰۰ کیلوهرتز تنظیم شده باشد، چون خازن های  $V_{C1}$  و  $V_{C2}$  هم محورند، اسیلاتور محلی سیگنالی با فرکانس ۱۴۵۵ کیلوهرتز تولید می کند.

فرکانس نوسان ساز محلی با فرکانس ورودی مخلوط می شود و در خروجی مخلوط کننده، فرکانس های مجموع و تفاضل اسیلاتور و فرکانس ورودی ظاهر می شود. به علت وجود ترانس های آی اف  $T_1$  و  $T_2$  در ورودی و خروجی تقویت کننده IF، فقط فرکانس IF انتخاب و تقویت می شود.

فرکانس اسیلاتور محلی، با فرکانس رزونانس مدار انتخاب کننده ایستگاه، هم زمان تغییر می کند. این تغییر توسط دو خازن متغیر هم محور به نام واریکاپ (Variable Capacitor) که در داخل یک محفظه جای دارد، صورت می گیرد.

در شکل ۳۵-۶ نقشه فنی خازن واریکاپ و ارتباط آنها با بلوک های مربوط و چگونگی تغییرات خازن اسیلاتور، با توجه به خازن مدار هماهنگ ورودی در تقویت کننده RF آمده است. خط چین ترسیم شده روی شکل، هم محور بودن خازن های  $C_1$  و  $C_2$  را نشان می دهد. خازن واریکاپ دارای سه سر است و برای رادیوی یک موج در نظر گرفته شده است.



شکل ۳۵-۶- نقشه فنی خازن های هم محور در گیرنده سوپرهترودین

### ۳-۱۶-۶- میکسر یا مخلوط کننده (Mixer): فرکانس

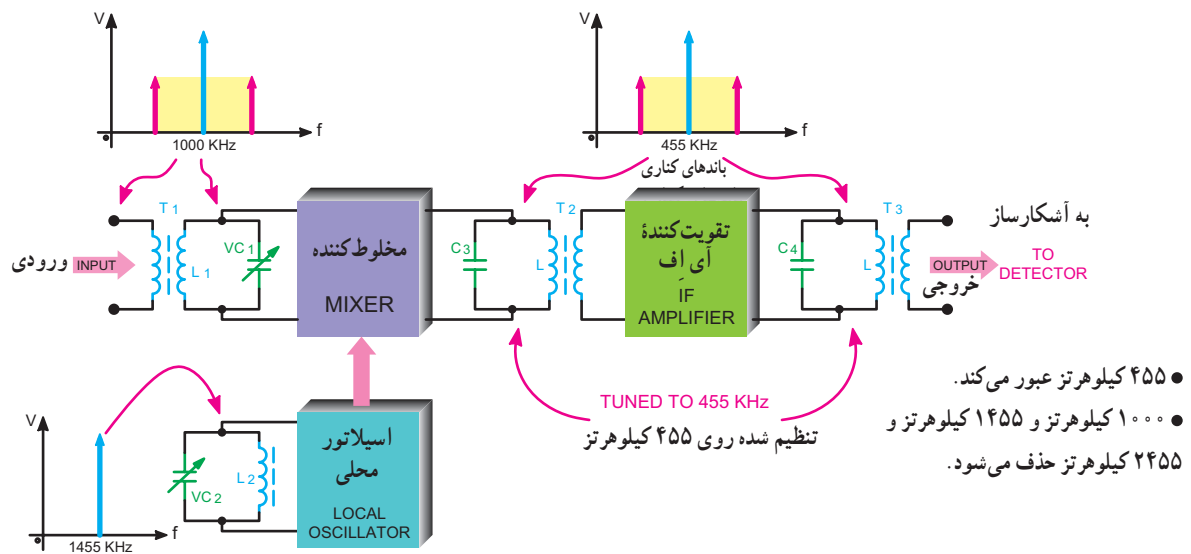
دریافتی  $F_R$  همراه با فرکانس اسیلاتور محلی  $F_{LO}$  وارد طبقه ای به نام میکسر می شود. در خروجی میکسر، علاوه بر دو فرکانس اصلی  $F_{LO}$  و  $F_R$  و فرکانس های مجموع  $(F_{LO} + F_R)$  و تفاضل آن ها  $(IF = F_{LO} - F_R)$  به دست می آید.

مدار میکسرترازیستوری مشابه مدار مدولاتور ترازیستوری است. با این تفاوت که باید تغییراتی در مقادیر خازن ها و سایر المان ها داده شود.

نمونه ای از مدار عملی میکسر در کتاب آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو آمده است.

۱- با هر فرکانس IF دیگری که برای گیرنده در نظر گرفته اند.





شکل ۳۶-۶- بلوک دیاگرام طبقات کنورتور و تقویت کننده IF

#### ۸-۱۶-۶- تقویت کننده صوتی: در تقویت کننده صوتی

دامنه ولتاژ و جریان سیگنال صوتی تقویت می شود تا جریان لازم برای بلندگو تأمین شود. بلندگو سیگنال الکتریکی صوت را به ارتعاشات مکانیکی تبدیل می کند.

#### ۹-۱۶-۶- منبع تغذیه: منبع تغذیه سیگنال AC را به

DC تبدیل می کند و ولتاژ لازم را برای تمام تقویت کننده ها تأمین می کند.

در جدول ۲-۶ خلاصه ای از کاربردها و طبقات مختلف گیرنده

رادیویی سوپرهترودین با اطلاعات مربوط به ورودی ها و خروجی های آنها آمده است.

#### ۶-۱۶-۶- آشکارساز (Detector): در گیرنده رادیویی

سوپرهترودین وظیفه آشکارساز پیاده کردن پیام از روی سیگنال IF است. سیگنال ورودی مدار آشکارساز، سیگنال رادیویی با فرکانس IF و سیگنال خروجی آن سیگنال صوتی است.

#### ۷-۱۶-۶- کنترل اتوماتیک بهره AGC

(Automatic Gain Control): در یک گیرنده

رادیویی، ضعیف یا قوی شدن سیگنال دریافتی موجب کم و زیاد شدن صدا در بلندگو می شود. این اثر خود یک اشکال عمده است. برای برطرف کردن این مسئله از مدار AGC استفاده می شود. مدار AGC ضریب بهره طبقات IF یا RF را به طور اتوماتیک کنترل می کند.

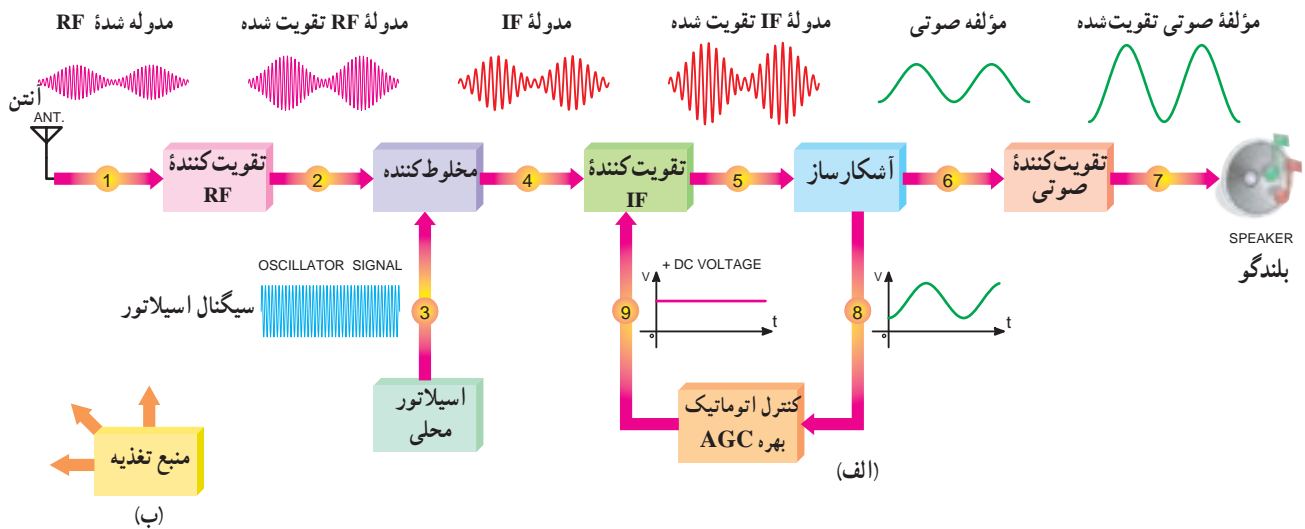
جدول ۲-۶- مشخصات گیرنده رادیویی سوپرهترودین

نام طبقه یا بلوک	وظیفه بلوک	سیگنال ورودی هر بلوک	سیگنال خروجی هر بلوک
تقویت کننده RF	انتخاب فرکانس RF مورد نظر و تقویت آن	سیگنال رادیویی	سیگنال رادیویی تقویت شده
اسیلاتور محلی	تولید سیگنال سینوسی به منظور مخلوط شدن با سیگنال دریافت شده	ولتاژ DC	سیگنال سینوسی با فرکانس $F_R + F_{IF}$
میکسر	مخلوط کردن فرکانس دریافتی با فرکانس اسیلاتور محلی برای تولید فرکانس IF	فرکانس دریافتی و فرکانس اسیلاتور محلی	$F_R, F_{LO}$ $F_{LO} - F_R$ $F_{LO} + F_R$
تقویت کننده IF	تقویت سیگنال رادیویی با فرکانس میانی	مجموعه فرکانس های خروجی میکسر (در صورت وجود فیلتر، فقط فرکانس IF)	سیگنال IF تقویت شده
آشکارساز	بیاده کردن سیگنال صوتی از روی سیگنال IF	سیگنال رادیویی با فرکانس IF	سیگنال صوتی همراه با مؤلفه DC
کنترل اتوماتیک بهره	کنترل بهره طبقات IF یا RF به طور اتوماتیک	سیگنال صوتی با مؤلفه DC	ولتاژ DC
تقویت کننده صوتی	تقویت سیگنال صوتی خروجی آشکارساز	سیگنال صوتی	سیگنال صوتی تقویت شده
بلندگو	تبدیل سیگنال صوتی به ارتعاشات مکانیکی صوتی	سیگنال صوتی	امواج صوتی
منبع تغذیه	تهیه ولتاژ DC برای تمام طبقات	۲۲۰ ولت برق شهر یا باتری	مثلاً ۶ تا ۱۲ ولت DC

شکل موج نقاط ۱ الی ۷ در کنار شکل ۳۷-۶- الف و در شکل ۳۷-۶- ب بلوک منبع تغذیه گیرنده رادیویی را مشاهده می کنید.

۱۰-۱۶-۶- شکل موج های ورودی و خروجی طبقات مختلف گیرنده رادیویی سوپرهترودین: در شکل ۳۷-۶- الف بلوک دیگرام کلی گیرنده رادیویی سوپرهترودین آمده است.

۱- گیرنده هایی نیز وجود دارند که برای فرکانس اسیلاتور از سیگنال سینوسی، با فرکانس  $F_R - F_{IF}$  استفاده می کنند.



شکل ۳۷-۶- بلوک دیاگرام و شکل موج نقاط مختلف گیرنده سوپرهترودین

همان طور که مشاهده می شود، در نقطه (۱)، سیگنال

ورودی ضعیف و فرکانس آن بالاست. این سیگنال پس از عبور از تقویت کننده RF به نقطه (۲) می رسد. در نقطه (۲) سیگنال RF تقویت شده، که دقیقاً مشابه نقطه (۱) است، وجود خواهد داشت. در نقطه (۳)، سیگنال اسیلاتور محلی، که فرکانس آن بیشتر از سیگنال ورودی است، تولید می شود. این سیگنال با سیگنال RF نقطه شماره (۲) وارد مدار میکسر می شود و پس از مخلوط شدن، فرکانس IF را، که یک سیگنال مدوله شده با فرکانس حدود ۴۵۵ کیلوهرتز است، تولید می کند و در نقطه (۴) ظاهر می شود. سیگنال IF تقویت شده را در نقطه شماره (۵) خواهیم داشت. سیگنال نقطه (۵) پس از عبور از آشکارساز به نقطه (۶) می رسد. در نقطه (۶) سیگنال صوتی را داریم. این سیگنال تقویت می شود و در نقطه (۷) به بلندگو می رسد.

فرض کنید.

الف - ۵۸۰ KHz

ج - ۹۹۵ KHz

۵ - سیگنال های ورودی و خروجی طبقه AGC را

رسم کنید.

۶ - وظیفه آشکارساز در گیرنده رادیویی سوپرهترودین

چيست؟

## ۱۸-۶- تجزیه و تحلیل طبقات مهم یک گیرنده رادیویی سوپرهترودین AM

۱-۱۸-۶ - کنورتور: همان طور که گفته شد مدار

کنورتور در گیرنده رادیویی AM وظایف زیر را به عهده دارد.

الف - انتخاب فرکانس RF ایستگاه مورد نظر و تقویت آن

ب - تولید سیگنال سینوسی به منظور مخلوط شدن با

سیگنال دریافت شده RF

ج - مخلوط کردن فرکانس دریافتی RF با فرکانس اسیلاتور

محلی برای تولید فرکانس IF

در گیرنده های رادیویی ارزان قیمت به منظور کاهش هزینه،

اغلب از یک ترانزیستور برای نوسان سازی، تقویت کننده RF و

مخلوط کنندگی استفاده می شود. در شکل ۳۸-۶ بلوک دیاگرام

انواع گیرنده های رادیویی سوپرهترودین، براساس نوع کنورتور

## ۱۷-۶- الگوی پرسش

۱- معنی سوپرهترودین چیست؟ شرح دهید.

۲- AGC را تعریف کنید.

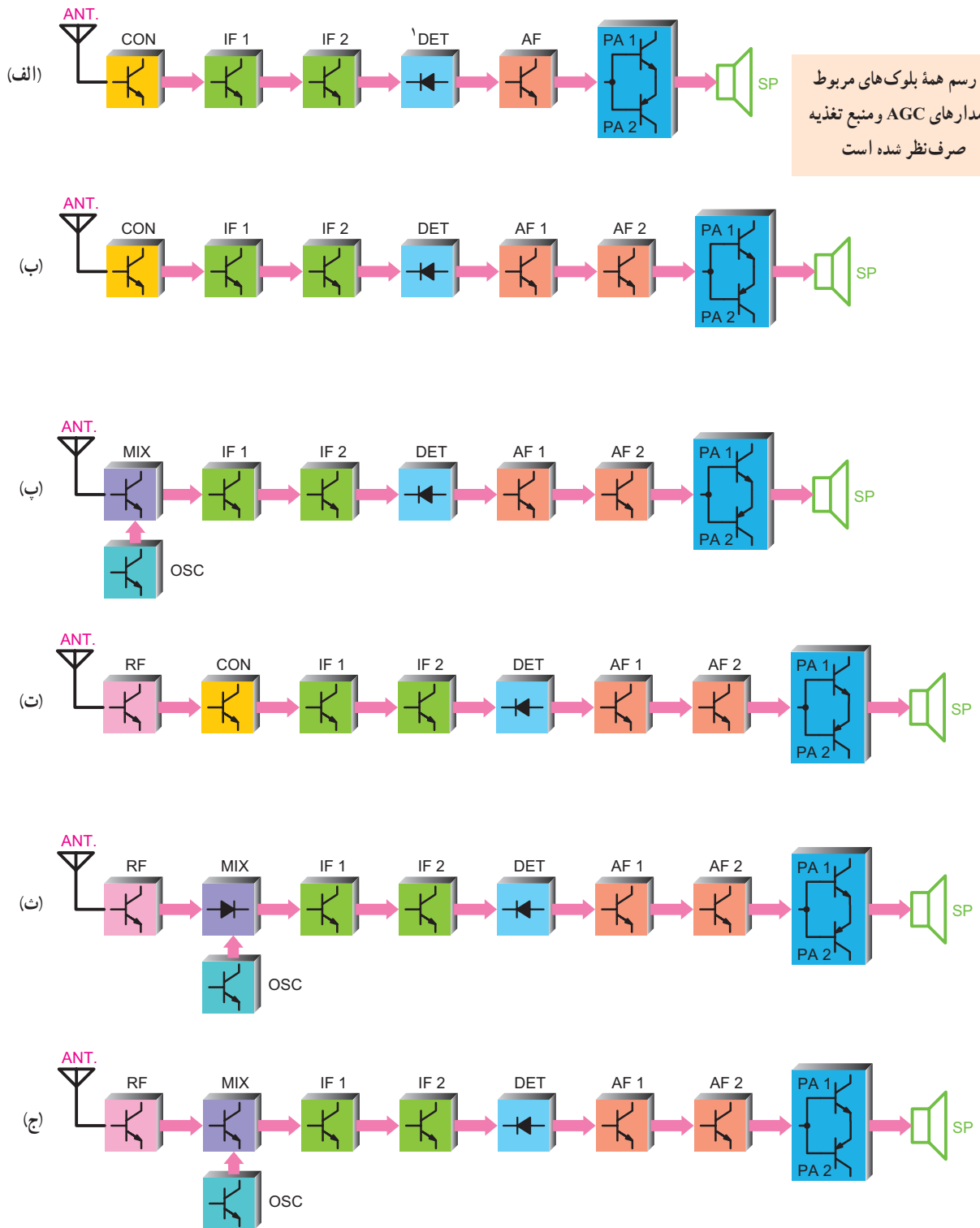
۳- طبقات مختلف گیرنده رادیویی سوپرهترودین را

نام ببرید.

۴- برای دریافت هریک از ایستگاه های زیر، فرکانس

اسیلاتور محلی را محاسبه کنید. فرکانس IF را ۴۵۵ KHz

و تعداد ترانزیستورها را مشاهده می کنید.



شکل ۳۸-۶- بلوک دیاگرام انواع گیرنده های رادیویی سوپرهترودین

۱- دید آشنکارساز با توجه به طراحی مدار می تواند در هر جهتی قرار گیرد.

در ذیل به اختصار به شرح تفاوت هریک از گیرنده‌ها می‌پردازیم:

الف- گیرنده رادیویی «شش ترانزیستوری» با کنورتور «یک ترانزیستوری»: این گیرنده دارای دو طبقه تقویت کننده IF و یک طبقه تقویت کننده ولتاژ صوت و مدار تقویت کننده قدرت دو ترانزیستوری است.

ب- این مدار مشابه مدار (الف) است. تنها تفاوت در طبقات تقویت کننده ولتاژ صوت است که به جای یک طبقه در این مدار، دو طبقه در نظر گرفته شده است. مدار گیرنده هفت ترانزیستوری است.

پ- این مدار دارای کنورتور دو ترانزیستوری است که یکی اسیلاتور و دیگری میکسر است. سایر مشخصات این مدار مشابه مدار (ب) است. گیرنده از نوع هشت ترانزیستوری است.

ت- در این گیرنده یک مدار تقویت کننده RF نیز تعبیه شده است و کنورتور آن یک ترانزیستوری است. سایر مشخصات آن مشابه مدار شکل (ب) است. گیرنده از نوع هشت ترانزیستوری است.

ث- میکسر این مدار دیدودی است و اسیلاتور آن ترانزیستوری است و سایر مشخصات آن مشابه مدار (ت) است.

گیرنده از نوع هشت ترانزیستوری است.

ج- این مدار مشابه مدار (ث) است و تنها تفاوت آن در میکسر است که در این گیرنده ترانزیستوری است. مدار گیرنده از نوع نه ترانزیستوری است.

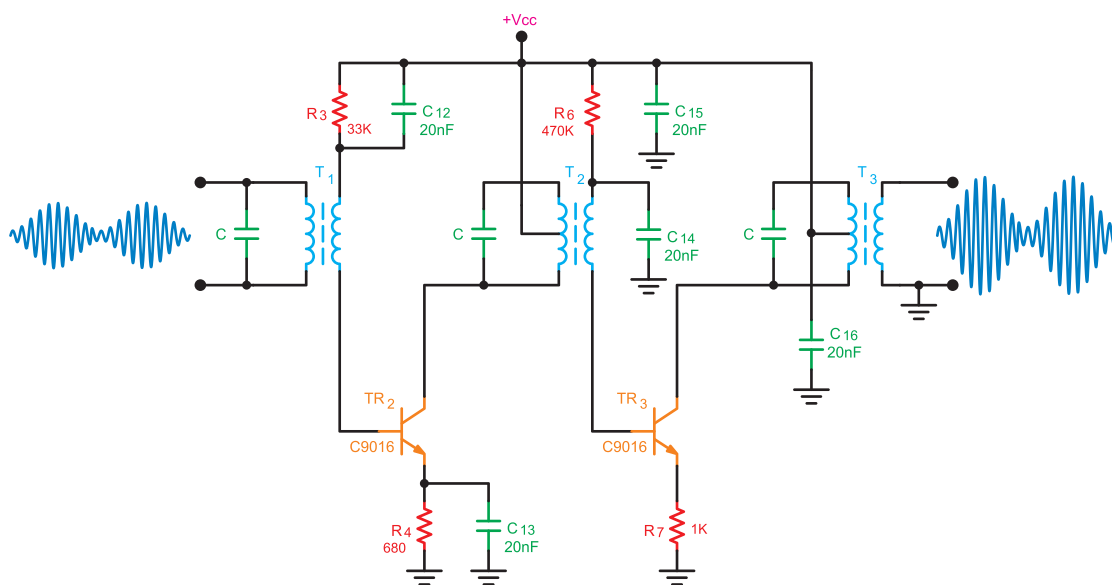
### ۲- ۱۸-۶ - تقویت کننده IF در گیرنده های

**رادیویی AM:** در گیرنده های AM که دارای باند فرکانسی MW و SW هستند، عمل تقویت سیگنال مدوله شده AM با فرکانس ۴۵۵ کیلوهرتز، در طبقات تقویت کننده IF صورت می‌گیرد. برای این منظور، در ورودی و خروجی طبقات تقویت کننده IF ترانسفورماتورهای IF را قرار می‌دهند. این ترانسفورماتورها همگی روی فرکانس ۴۵۵ کیلوهرتز تنظیم می‌شوند.

طبقات تقویت کننده IF ممکن است دارای یک یا دو ترانزیستور باشد. کوپلاژ بین ترانزیستورها از نوع کوپلاژ ترانسفورماتوری است. در شکل ۶-۳۹ یک نمونه مدار تقویت کننده IF دو ترانزیستوری رسم شده است.

### ۳- ۱۸-۶ - بررسی حالت DC در تقویت کننده IF:

حالت DC کلیه خازن‌ها اتصال باز هستند. ترانزیستور TR<sub>۱</sub> اولین طبقه تقویت کننده IF است. در مورد تحلیل DC تقویت کننده‌ها در کتاب الکترونیک عمومی ۲ به تفصیل بحث شده است.



شکل ۶-۳۹- مدار تقویت کننده IF دو ترانزیستوری

- ۶- بهره و لنتاژ تقویت کننده IF توسط چه مداری کنترل می شود؟
- ۷- در شکل ۶-۳۹ نقش ترانزیستورهای  $TR_2$  و  $TR_3$  را بنویسید.
- ۸- در شکل ۶-۳۹ وظیفه خازن های  $C_{14}$  و  $C_{15}$  را بنویسید.
- ۹- در شکل ۶-۳۹ نحوه بایاسینگ ترانزیستور  $TR_3$  را شرح دهید.

### ۶-۲۰- آشکارساز AM

پیاده کردن سیگنال پیام از روی سیگنال کاری را آشکارسازی یا دمدولاسیون (Demodulation) می نامند. در گیرنده های AM سوپرهترودین سیگنال مدوله شده با فرکانس IF که مساوی ۴۵۵ کیلوهرتز است، در میکسر تولید می شود. این سیگنال توسط طبقات تقویت کننده IF تقویت می شود. سیگنال تقویت شده از طریق ترانسفورماتور IF به مدار آشکارساز اعمال می شود. به مدار آشکارساز مدار دتکتور یا دمدولاتور (Demodulator) نیز می گویند. مدار آشکارساز ممکن است دیودی یا ترانزیستوری باشد. در آشکارساز دیودی، دیود به عنوان یک سوساز و در آشکارساز ترانزیستوری، ترانزیستور به عنوان یک سوساز و تقویت کننده عمل می کند.

به آشکارساز ترانزیستوری، آشکارساز قدرت (Power Detector) نیز می گویند. برای حذف فرکانس ۴۵۵ کیلوهرتز، در خروجی آشکارساز یک فیلتر پایین گذر قرار می دهند.

### ۶-۲۰-۱- تحلیل مدار آشکارساز در یک گیرنده

رادیویی تجارتي: در شکل ۶-۴۰ یک نوع از آشکارساز دیودی رسم شده است.

### ۶-۱۸-۴- بررسی شرایط AC تقویت کننده IF: در

حالت AC، خازن های بای پاس به صورت اتصال کوتاه عمل می کنند و مدارهای LC به صورت امپدانس ظاهر می شوند. تحلیل AC این نوع مدارها در کتاب الکترونیک عمومی ۲ آمده است. ترانسفورماتورهای IF که به عنوان بار القایی مورد استفاده قرار می گیرند، باعث افزایش راندمان تقویت کننده های IF می شوند. وظایف ترانسفورماتورهای IF در این تقویت کننده ها به طور خلاصه به شرح زیر است:

الف- جلوگیری از تداخل و لنتاژ DC بین طبقات

ب- تطبیق امپدانس ورودی و خروجی بین طبقات

پ- تأمین بایاس ترانزیستورهای تقویت کننده IF

ت- همراه با خازن موازی C، به عنوان فیلتر برای انتخاب فرکانس IF عمل می کند.

### ۶-۱۸-۵- نکات مهم در تقویت کننده IF: هسته

ترانسفورماتورهای IF قابل تنظیم است. در رادیوهای AM که دارای دو طبقه تقویت کننده IF هستند رنگ هسته های  $T_1$ ،  $T_2$  و  $T_3$  به ترتیب زرد، سفید و مشکی است.

بهره و لنتاژ در تقویت کننده IF توسط مدار AGC کنترل می شود که شرح آن در قسمت های بعدی خواهد آمد.

### ۶-۱۹- الگوی پرسش

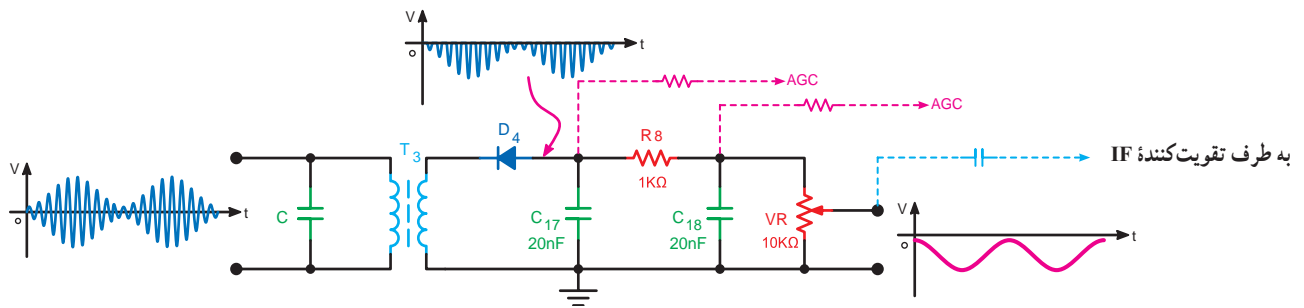
۱- در شکل ۶-۳۸ تفاوت مدار «الف» را با مدار «ج» بنویسید.

۲- در شکل ۶-۳۸ تفاوت مدار «پ» را با مدار «ث» بنویسید.

۳- در یک تقویت کننده IF معمولاً چند ترانسفورماتور IF به کار می رود؟

۴- وظایف ترانسفورماتورهای IF چیست؟ شرح دهید.

۵- در گیرنده رادیویی AM تقویت کننده IF چه فرکانسی را تقویت می کند؟



شکل ۴۰-۶- آشکارساز دیودی

حجم صدا نیز گفته می‌شود.

### ۱-۲۱-۶- اساس کار مدار کنترل اتوماتیک بهره: در

گیرنده‌های رادیویی، مدار کنترل اتوماتیک بهره معمولاً یک فیلتر پایین‌گذر است. ورودی این فیلتر، سیگنال صوتی حاصل از خروجی آشکارساز AM با مؤلفه DC است. این سیگنال با توجه به طراحی مدار، از یکی از نقاط خروجی آشکارساز که در شکل ۴۰-۶ با خط چین رسم شده است، دریافت می‌شود. از خروجی این فیلتر مؤلفه DC ولتاژ صوتی دریافت می‌شود. مؤلفه DC ممکن است دارای پلاریته مثبت یا منفی باشد. مقدار ولتاژ خروجی فیلتر با ضعیف و قوی شدن سیگنال دریافتی کم و زیاد می‌شود. ولتاژ DC خروجی مدار AGC به تقویت‌کننده IF اعمال می‌شود. در شکل ۴۱-۶ بلوک دیاگرام مدار AGC آمده است.

سیگنال  $V_i$  با مدولاسیون دامنه و با فرکانس IF مساوی ۴۵۵ کیلوهرتز به ورودی مدار اعمال می‌شود. این سیگنال از طریق ترانسفورماتور  $T_3$  به دیود  $D_4$  می‌رسد. سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتور  $T_3$  با یک خازن موازی شده است. فرکانس رزونانس این مدار هماهنگی ۴۵۵ کیلوهرتز است. دیود  $D_4$  عمل یک‌سوسازی را انجام می‌دهد و قسمت مثبت سیگنال ورودی را حذف می‌کند. خازن‌های  $C_{17}$  و  $C_{18}$  با مقاومت  $R_8$ ، فیلتر پایین‌گذر نوع  $\pi$  را تشکیل می‌دهد که برای حذف فرکانس ۴۵۵ کیلوهرتز به کار می‌رود.

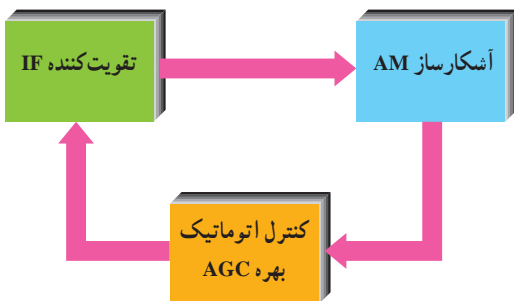
سیگنال صوتی خروجی آشکارساز همراه با مؤلفه DC منفی آن، از دو سر خروجی ولوم  $V_R$  دریافت می‌شود. از مؤلفه DC همراه سیگنال صوتی برای تهیه ولتاژ AGC استفاده می‌شود.

### ۱-۲۱-۶- کنترل اتوماتیک بهره (AGC)

در گیرنده‌های رادیویی، اغلب به سبب برخورد سیگنال‌های رادیویی از زوایای مختلف به آنتن گیرنده و تغییرات جوی، سیگنال وارد شده به گیرنده، ضعیف یا قوی می‌شود. این تغییرات باعث کم و زیاد شدن صدا در بلندگو می‌شود. برای ثابت ماندن صدا در بلندگو از مدار AGC استفاده می‌شود. این مدار بهره‌مدار تقویت‌کننده IF را به‌طور اتوماتیک کنترل می‌کند.

به مدار کنترل اتوماتیک بهره، مدار AVC

(Automatic Volume Control) یا کنترل اتوماتیک



شکل ۴۱-۶- بلوک دیاگرام مدار AGC



## ۲-۲۱-۶- انواع AGC: AGC بر دو نوع است :

### الف - AGC مستقیم (Forward AGC): هرگاه

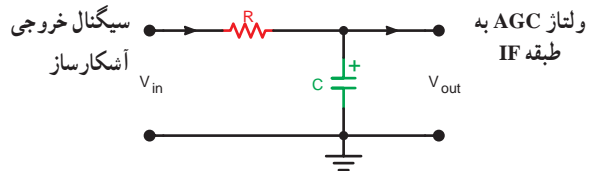
ولتاژ DC خروجی مدار AGC را به پایه ای از ترانزیستور (بیس یا امیتر) به گونه ای اعمال کنیم که با قوی شدن سیگنال ورودی هدایت ترانزیستور تقویت کننده IF افزایش یابد. در این حالت نقطه کار ترانزیستور به سمت ناحیه اشباع می رود و در نهایت بهره آن کاهش می یابد. این AGC را مستقیم می گویند.

### ب - AGC معکوس (Reverse AGC): اگر ولتاژ

AGC را به گونه ای به ترانزیستور تقویت کننده IF اعمال کنیم که با قوی شدن سیگنال ورودی، هدایت ترانزیستور را کاهش دهد، در این حالت بهره ترانزیستور کم می شود. این AGC را معکوس می گویند. در مدارهای گیرنده رادیویی معمولاً از AGC معکوس استفاده می شود.

### ۳-۲۱-۶- مدارهای AGC: مدار AGC طبق شکل

۲-۶ از یک فیلتر پایین گذر RC تشکیل شده است. در این مدار، ظرفیت خازنی C بزرگ و از جنس الکترولیتی انتخاب می شود.



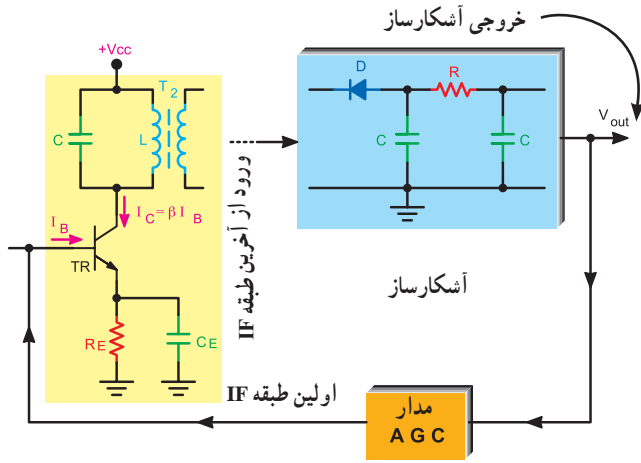
شکل ۲-۶-۴۲ یک نمونه مدار AGC

برای کنترل بهره طبقات IF می توانیم مؤلفه DC شکل موج

خروجی دیود آشکارساز را به مدار بایاسینگ ترانزیستور طبقه یا طبقات IF اعمال کنیم. در این حالت بایاس طبقه IF متناسب با سیگنال ورودی تغییر می کند و ولتاژ بیس ترانزیستور طبقه اول IF با ولتاژ AGC، کم یا زیاد می شود. جریان متغیر بیس، جریان کلکتور ترانزیستور را تغییر می دهد و در نهایت با جابه جا شدن نقطه کار، ضریب بهره تقویت کننده تغییر می کند.

شکل ۲-۶-۴۳ نحوه تأثیر AGC را روی طبقه تقویت کننده

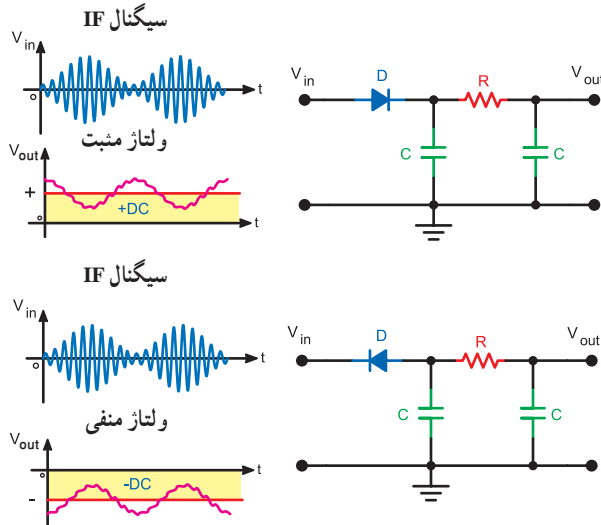
IF نشان می دهد.



شکل ۲-۶-۴۳ نحوه اثر ولتاژ روی بهره تقویت کننده IF در AGC معکوس

ولتاژ DC خروجی مدار AGC با توجه به جهت دیود

آشکارساز می تواند مثبت یا منفی باشد (شکل ۲-۶-۴۴).



شکل ۲-۶-۴۴ ولتاژ خروجی مدار آشکارساز با توجه به نحوه قرار گرفتن دیود

## ۲۲-۶- الگوی پرسش

- ۱- منظور از دمدولاسیون چیست؟ شرح دهید.
- ۲- فرق دمدولاتور با مدولاتور چیست؟ شرح دهید.
- ۳- وظیفه دیود در آشکارساز دیودی چیست؟ شرح دهید.
- ۴- چرا در خروجی آشکارساز AM از یک فیلتر

پایین گذر استفاده می شود؟

۵- سیگنال خروجی آشکارساز AM صوتی است یا رادیویی؟

۶- یک مدار آشکارساز ساده دیودی رسم کنید و طرز کار آن را بنویسید.

۷- فرق بین آشکارساز دیودی با ترانزیستوری در چیست؟

۸- از مؤلفه DC خروجی آشکارساز چه استفاده ای می شود؟

۹- مراحل اجرای دمدولاسیون را با مراحل انجام دمدولاسیون مقایسه کنید.

۱۰- چرا در ورودی آشکارساز AM از یک ترانسفورماتور IF استفاده می شود؟

۱۱- نحوه تغییر بایاس طبقه IF را توسط ولتاژ خروجی مدار AGC شرح دهید.

## ۶-۲۳- گیرنده رادیویی TRF یک موج AM با آی سی

امروزه به دلیل محاسن زیاد آی سی ها در اکثر مدارهای الکترونیکی و مخبراتی از آی سی استفاده می شود. این دلایل عبارت اند از:

۱- بایاس آی سی راحت تر است و عیب یابی مدارهایی که در آن ها، آی سی به کار رفته، آسان تر است.

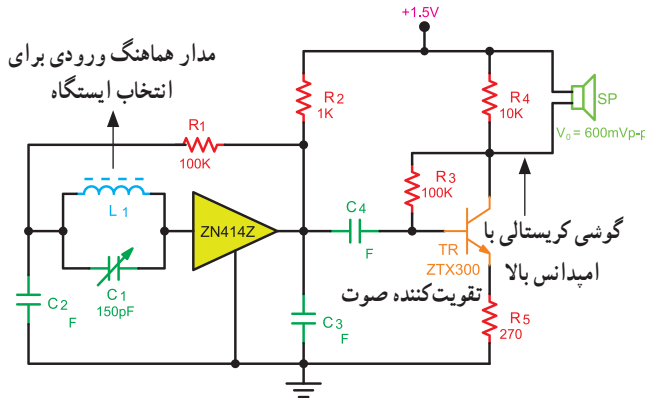
۲- آی سی حجم مدار الکترونیکی را کاهش می دهد.  
۳- آی سی دارای تثبیت حرارتی بیشتر و توان مصرفی کمتر است.

۴- از نظر قیمت مدارهای مجتمع نسبت به مدارهای مجزا فوق العاده ارزان تر است.

۵- نویز پذیری آی سی به مراتب کمتر از مدارهای مجزاست و راندمان آنها بالاتر است.

در شکل ۶-۴۵ نقشه کامل یک گیرنده رادیویی TRF

رسم شده است. این رادیو با یک باتری قلمی ۱/۵ ولتی کار می کند. سیگنال خروجی تقویت کننده در دو سر بلندگو ۶۰۰ میلی ولت است.

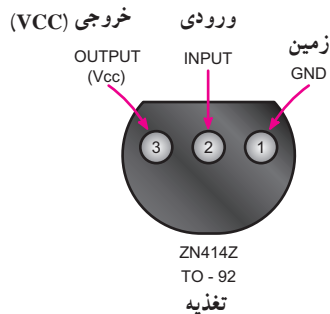


شکل ۶-۴۵- نقشه کامل گیرنده رادیویی TRF

مدار رادیو از سه قسمت اصلی تشکیل شده است.

۱- مدار هماهنگ ورودی: این مدار دارای ضریب کیفیت (Q) بالاست و برای انتخاب ایستگاه است.

۲- آی سی ZN414Z: این آی سی در بسته بندی ۳ پایه با نوع To-92 مطابق شکل ۶-۴۶ به بازار عرضه می شود. محدوده فرکانسی آی سی ۱۵۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز است که موج متوسط و موج بلند با باند وسیع را پوشش می دهد.

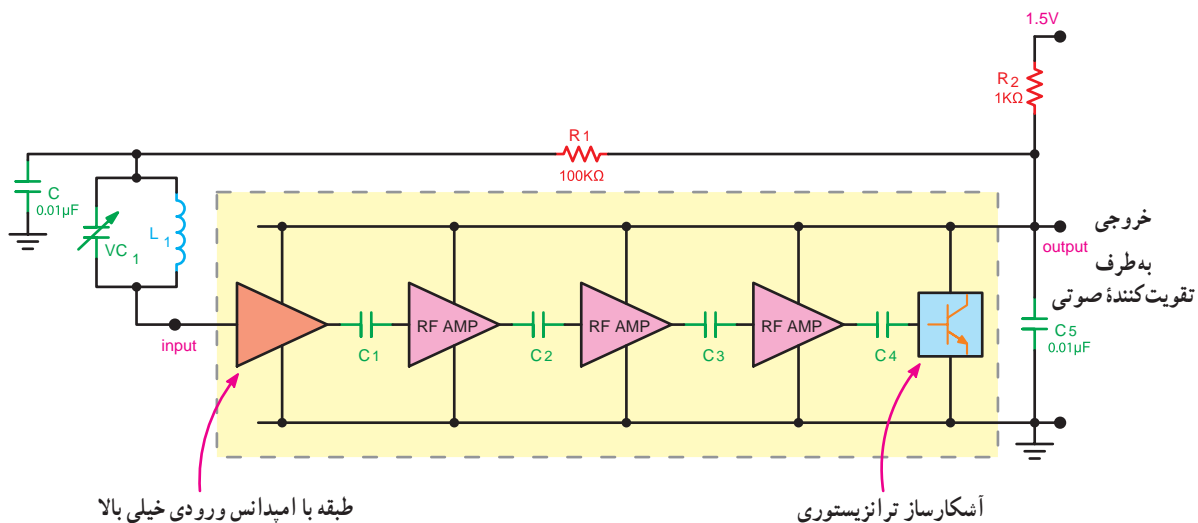


شکل ۶-۴۶- پایه های آی سی ZN414Z

مدار داخلی آی سی، مانند طبقات یک گیرنده رادیویی مستقیم (TRF) ترانزیستوری (بدون طبقه IF) است که در شکل ۶-۴۷ بلوک دیاگرام آن را مشاهده می کنید.

نوسان‌های ناخواسته خط تغذیه را به زمین اتصال کوتاه می‌کند.  $VC_1$  و  $L_1$  مدار تانک است. خازن  $C_5$ ، خازن بای پاس فرکانس بالا در خروجی است.

در این بلوک دیاگرام، ولتاژ  $1/5$  ولت از طریق مقاومت  $R_2$  (یک کیلو اهم) مدار داخلی آی سی را تغذیه می‌کند. مقاومت  $R_1$  و خازن  $C$  تشکیل یک فیلتر پایین گذر را می‌دهند. این فیلتر



شکل ۶-۴۷- بلوک دیاگرام طبقات داخلی آی سی ZN414Z

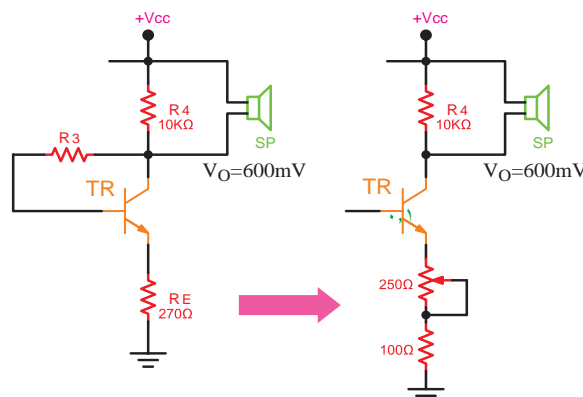
### برای مطالعه

## ۶-۲۴- گیرنده رادیویی سوپر هترودین یک موج AM با آی سی

در شکل ۶-۴۹ نقشه کامل یک گیرنده رادیویی AM یک موج قدیمی رسم شده است. ترانزیستورهای تمام طبقات این گیرنده در داخل یک مجموعه بسته بندی شده با قطعات مجزا قرار دارد که حالتی شبیه یک آی سی به خود می‌گیرد.

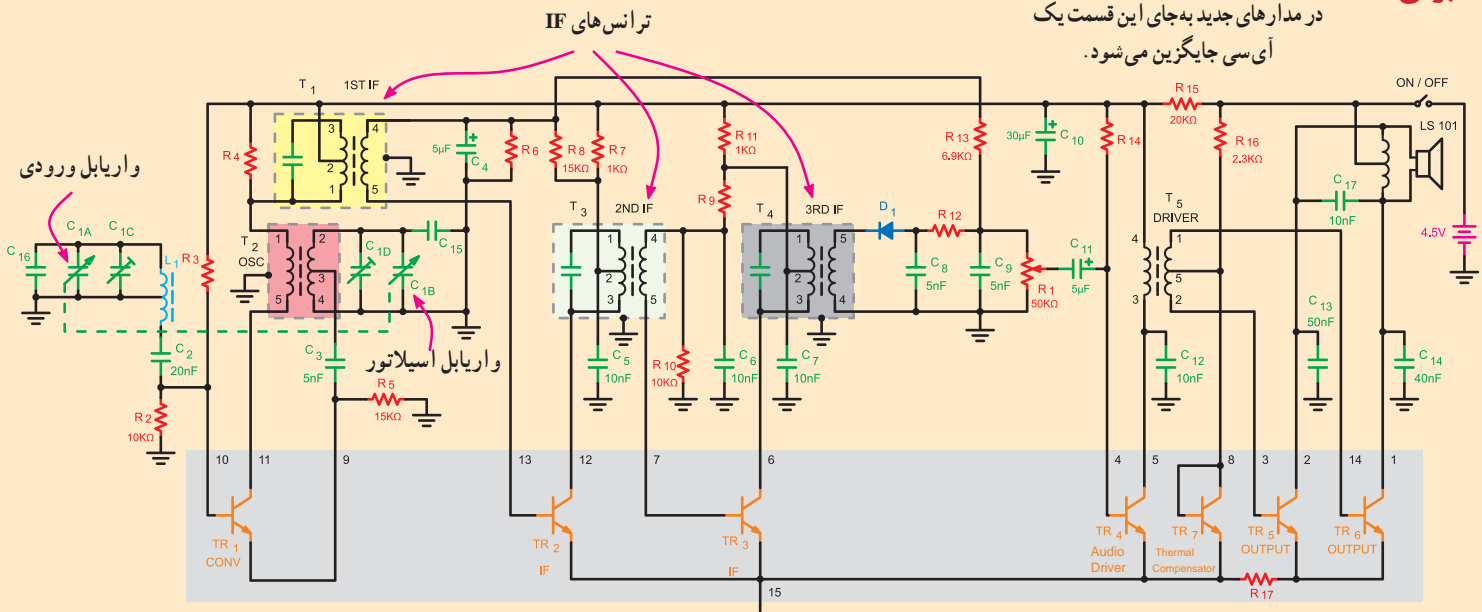
### ۳- طبقه صوت: ترانزیستور TR تقویت کننده صوتی

است که به صورت بایاسینگ اتوماتیک بایاس شده است و مقاومت RE برای پایداری حرارتی و ایجاد فیدبک منفی در مدار به کار می‌رود. برای داشتن یک ولوم کنترل صدا می‌توان مقاومت  $270 \Omega$  اهمی امیتر را حذف کرد و از یک پتانسیومتر  $250 \Omega$  اهمی سری شده با مقاومت  $100 \Omega$  اهمی استفاده کرد (شکل ۶-۴۸).



شکل ۶-۴۸- تعویض مقاومت امیتر با پتانسیومتر جهت داشتن کنترل ولوم صدا

در مدارهای جدید به جای این قسمت یک آی سی جایگزین می شود.



شکل ۴۹-۶ - نقشه کامل گیرنده رادیویی سوپرهترودین یک موج با آی سی

IF که در شکل مشخص شده اند در خارج از مدار آی سی قرار دارند.

و  $R_{15}$  و  $C_{10}$  نقش مدار دی کوپلینگ (Decoupling) را دارند و مانع ورود نوسان های خط تغذیه به مدار می شوند. بررسی جزئیات نقشه به عنوان فعالیت فوق برنامه به فراگیر واگذار می شود.

ولتاژ کار این گیرنده رادیویی ۴/۵ ولت است که با استفاده از سه عدد باتری ۱/۵ ولتی تأمین می شود. آی سی شامل ۱۵ پایه است و در داخل آن تعداد ۷ ترانزیستور جای دارد. ترانزیستورها همه از نوع NPN هستند.

ترانزیستور  $TR_1$  که بین پایه های ۹ و ۱۰ و ۱۱ آی سی قرار دارد مدار نوسان ساز و میکسر را تشکیل می دهد. پایه های ۱۲ و ۱۳ و ۱۵ آی سی به ترانزیستور  $TR_2$  اتصال دارد. این ترانزیستور به عنوان اولین طبقه تقویت کننده IF عمل می کند. دومین طبقه تقویت کننده IF توسط ترانزیستور  $TR_3$  شکل می گیرد. این ترانزیستور به پایه های ۶ و ۷ و ۱۵ آی سی متصل شده است.

ترانزیستور  $TR_4$  تقویت کننده درایور صوتی است و بین پایه های ۴ و ۵ و ۱۵ آی سی قرار دارد. ترانزیستورهای  $TR_5$  و  $TR_6$  طبقه تقویت کننده قدرت را تشکیل می دهند. ترانزیستور  $TR_5$  به پایه های ۲ و ۳ و از طریق  $R_{17}$  به پایه ۱۵ و ترانزیستور  $TR_6$  به پایه های ۱ و ۱۴ و از طریق  $R_{17}$  به پایه ۱۵ آی سی اتصال دارد. ترانزیستور  $TR_7$  که کلکتور آن به بیس اتصال کوتاه شده است، عملاً یک دیود جبران کننده حرارتی است و بیس امیتر ترانزیستورهای خروجی را در آستانه هدایت بایاس می کند. این دیود بین پایه های ۸ و ۱۵ آی سی قرار گرفته است.

خازن واریابل، ترانسفورماتور اسپلاتور و ترانسفورماتورهای

## ۶-۲۵ - گیرنده رادیویی سوپرهترودین یک موج AM با آی سی

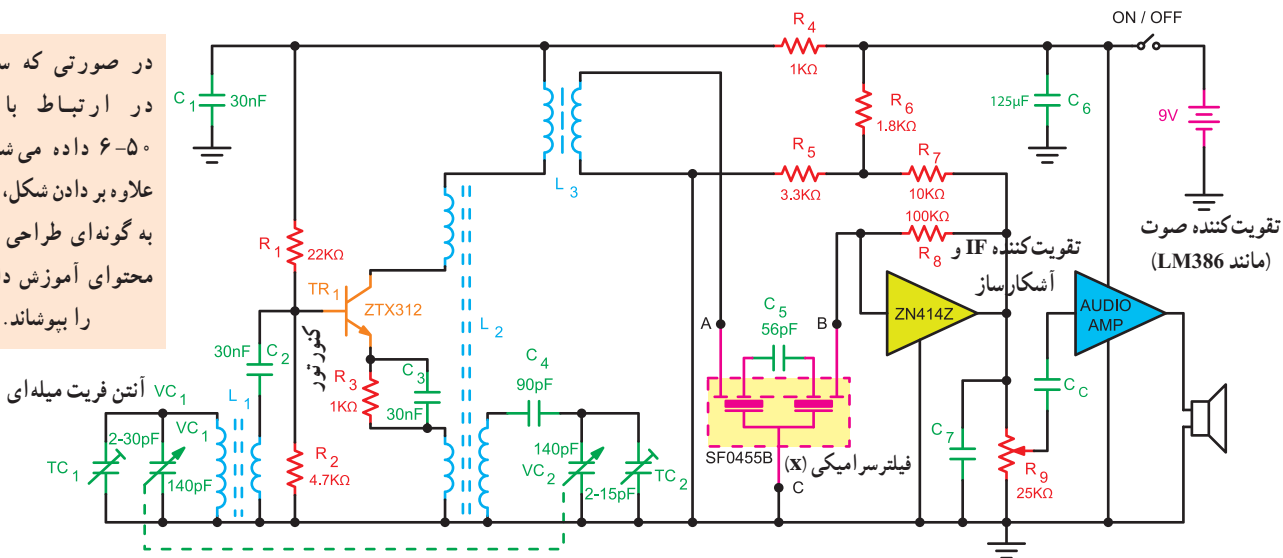
نقشه کامل یک گیرنده رادیویی سوپرهترودین با آی سی در شکل ۵۰-۶ نشان داده شده است. ترانزیستور  $TR_1$  مدار نوسان ساز و میکسر را تشکیل می دهد.

فیلتر سرامیکی (X) دارای یک پاسخ فرکانسی بسیار خوب برای باند IF است. این فیلتر در یک محفظه فلزی قرار دارد و نسبت به تشعشعات مصونیت دارد.

آی سی ZN414Z به عنوان طبقات تقویت کننده IF و آشکارساز در مدار به کار می رود.

طبقه صوت از یک آی سی تقویت کننده صوتی مناسب تشکیل شده است که سیگنال آشکار شده پیام را از سر وسط ولوم و خازن کوپلاژ  $C_6$  دریافت می کند.

در صورتی که سؤالاتی در ارتباط با شکل ۵-۶ داده می شود باید علاوه بر دادن شکل، سؤالها به گونه ای طراحی شود که محتوای آموزش داده شده را پوشش دهد.



شکل ۵-۶- نقشه کامل گیرنده رادیویی سوپرهترودین با آی سی

۵- با توجه به بلوک دیاگرام داخلی آی سی ZN414Z، آشکارساز آن از چه نوعی است؟

### برای مطالعه

با توجه به شکل ۶-۴۹، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۶- مسیر فیدبک مثبت در ترانزیستور TR<sub>۱</sub> را مشخص کنید.

۷- المان های مربوط به مدار AGC کدام اند؟

۸- عمل تطبیق امپدانس بین بلندگو و خروجی تقویت کننده چگونه صورت می گیرد؟

۹- المان مربوط به فیلتر حذف ضریان خط تغذیه را نام ببرید.

۱۰- مدار انتخاب ایستگاه از چه المان هایی تشکیل شده است؟ نام ببرید.

۱۱- ترانزیستورهای TR<sub>۵</sub> و TR<sub>۶</sub> در چه کلاسی بایاس شده اند؟

۱۲- نوع نوسان ساز محلی گیرنده رادیویی شکل ۵-۶ را نام ببرید.

۱۳- مزیت استفاده از فیلتر سرامیکی در گیرنده های رادیویی را بنویسید.

### برای هنرجویان علاقه مند

- عملکرد قطعات موجود در شکل ۶-۴۹ و شکل ۵-۶ که در این مبحث مطرح نشده است را مورد بررسی قرار دهید و نتایج را به کلاس ارائه دهید.
- با مراجعه به منابع اطلاعاتی موجود، سیر تکاملی گیرنده های رادیویی و فرستنده های رادیویی را بررسی و تحقیق کنید.

### ۲۶-۶- الگوی پرسش

- چند نمونه از مزایای استفاده از مدارهای مجتمع (آی سی) را نسبت به قطعات جدا از هم بیان کنید.
- نوع کوپلاژ طبقات داخلی آی سی ZN414 را بنویسید.
- المان های مربوط به مدار هماهنگ ورودی در گیرنده رادیویی شکل ۶-۴۵ را نام ببرید.
- بلوک دیاگرام طبقات داخلی آی سی ZN414Z را رسم کنید.

# فصل ۷

## فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی FM

### هدف کلی

### آشنایی با طبقات تشکیل دهنده فرستنده و گیرنده رادیویی FM

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۹ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

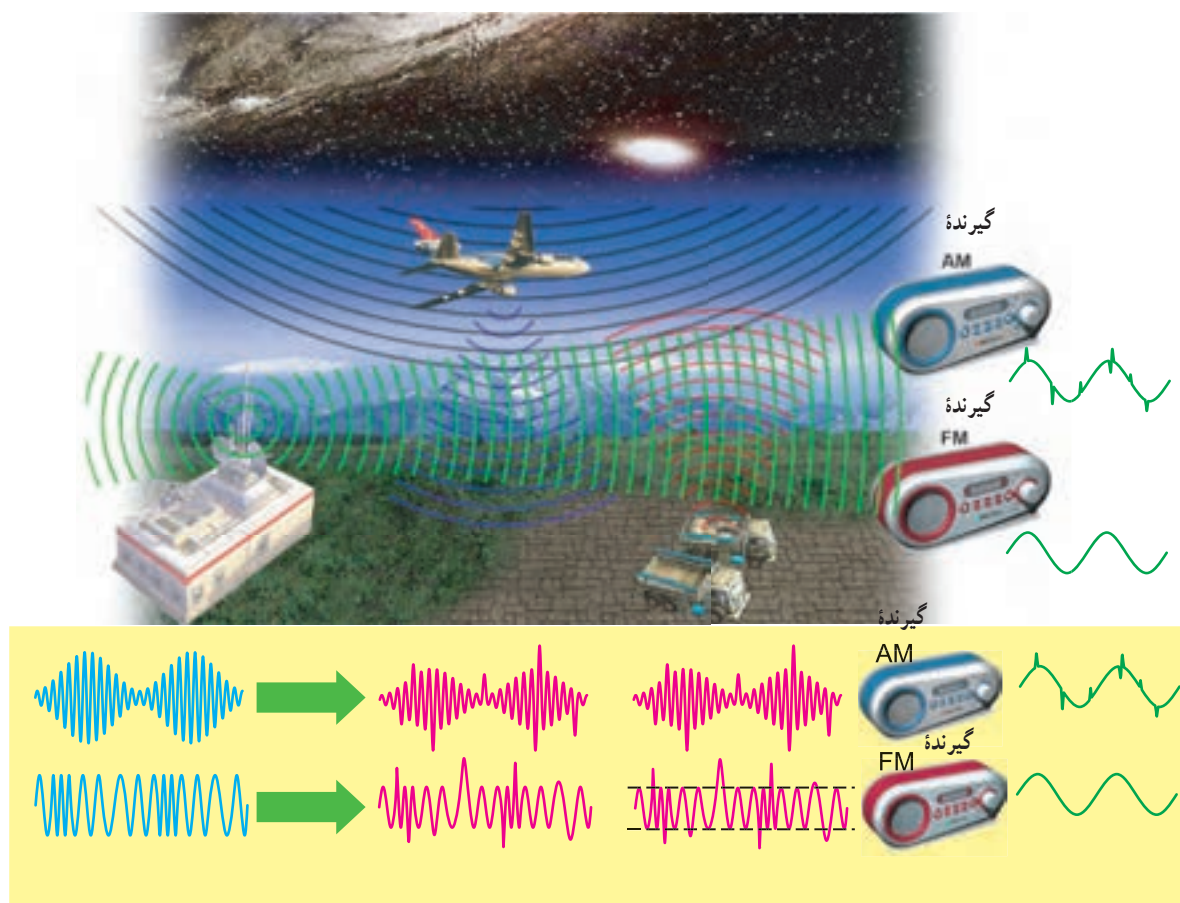
#### هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ۱- مزایای سیگنال FM را نسبت به AM شرح دهد. ۱۰'
- ۲- اساس کار مدولاتور FM را توضیح دهد. ۲۰'
- ۳- انحراف فرکانس ( $F_D$ ) را توضیح دهد. ۱۰'
- ۴- مقدار  $F_L$  و  $F_H$  را در مدولاسیون FM محاسبه کند. ۱۰'
- ۵- سرعت تغییرات سیگنال FM را شرح دهد. ۱۰'
- ۶- ضریب مدولاسیون FM را محاسبه کند. ۱۰'
- ۷- بهنای باند و طیف فرکانس FM را شرح دهد. ۱۵'
- ۸- بلوک دیاگرام فرستنده FM را رسم کند. ۱۰'
- ۹- کار هر بلوک در فرستنده FM را شرح دهد و با سایر بلوک‌ها مقایسه کند. ۱۵'
- ۱۰- چند برابر کننده فرکانس را شرح دهد. ۱۰'
- ۱۱- FM استریو را توضیح دهد. ۱۰'
- ۱۲- مدارهای تأکید کننده و تضعیف کننده فرکانس بالا را شرح دهد. ۱۵'
- ۱۳- مدار مجتمع فرستنده FM را با استفاده از برگه اطلاعات شناسایی کند. ۱۰'
- ۱۴- بلوک دیاگرام گیرنده FM را رسم کند. ۱۰'
- ۱۵- کار هر بلوک گیرنده FM را شرح دهد و آن‌ها را با هم مقایسه کند. ۲۵'
- ۱۶- آشکارساز FM کوبن سیدنس را شرح دهد. ۳۵'
- ۱۷- یک یا چند نمونه آی‌سی گیرنده FM را شناسایی و کار پایه‌های آن را توضیح دهد. ۳۵'
- ۱۸- آشکارساز FM مونو (مدار مجتمع) را تشریح کند. ۳۰'
- ۱۹- یک یا چند نمونه مدار مجتمع گیرنده چند موج AM و FM را با استفاده از کتاب اطلاعات شناسایی کند. ۳۰'
- ۲۰- مدار سکوت را در گیرنده FM شرح دهد. ۱۰'
- ۲۱- با استفاده از نرم افزارهای مولتی سیم یا مشابه آن، مدارهای شبیه سازی شده مدولاتور FM را مشاهده کند و در صورت امکان، آن مدارها را شبیه سازی کند. ۷۵'
- ۲۲- در فرایند اجرای آموزش متناسب با شرایط و محتوا، آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد.

## ۷-۱- مزایای سیگنال FM نسبت به AM

در فصل سوم شکل موج سیگنال FM را مورد بررسی قرار دادیم، همان طور که ملاحظه کردید، تغییر دامنه پیام باعث تغییر فرکانس حامل می شود. چون تغییرات فرکانس حامل نشان دهنده تغییرات دامنه پیام است، لذا نویز پذیری سیگنال FM نسبت به AM فوق العاده کمتر خواهد شد زیرا نویز روی دامنه سیگنال مدوله شده اثر می گذارد. در شکل ۷-۱ ارتباط بین فرستنده و گیرنده رادیویی AM و FM را ملاحظه می کنید. در این تصویر نحوه تأثیر نویز خارجی بر مدولاسیون AM و FM نشان داده شده است.

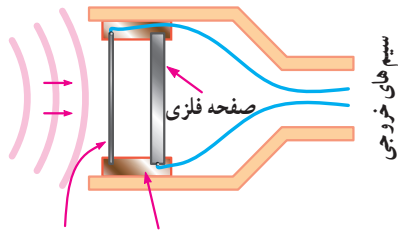
یکی از انواع مدولاسیون که در فرستنده های رادیویی به کار می رود مدولاسیون FM است. این نوع مدولاسیون، به دلیل پیچیدگی های خاصی که دارد، در موارد ویژه مورد استفاده قرار می گیرد. ضمن این که مدولاسیون FM دارای مزایای خاصی است که کاربرد آن را اجتناب ناپذیر می کند. در این قسمت به تحلیل فرستنده ها و گیرنده های FM می پردازیم.



شکل ۷-۱- اثر نویز روی سیگنال های AM و FM

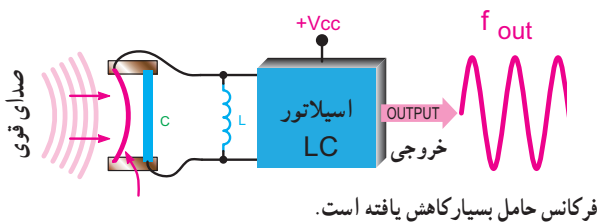
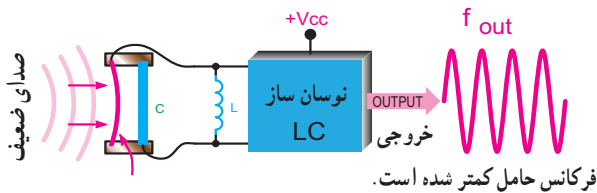
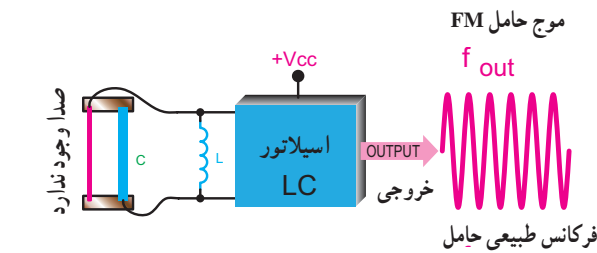


با تغییر هر یک از کمیت های L و C می توان فرکانس خروجی اسیلاتور را تغییر داد. اگر به جای خازن C از یک میکروفون خازنی طبق شکل ۴-۷ استفاده کنیم، چون در اثر برخورد صوت به میکروفون فاصله d تغییر می کند، براساس رابطه  $C = \frac{KA}{d}$ ، ظرفیت خازن C نیز تغییر می کند، در این شرایط اسیلاتور به مدولاتور FM تبدیل می شود.



شکل ۴-۷- ساختمان یک میکروفون خازنی  
ماده عایق دیافراگم (صفحه) نازک فلزی

تغییر ظرفیت میکروفون خازنی براساس تغییر فاصله دو جوشن آن صورت می گیرد. برای مثال با کم شدن d، مقدار C زیاد و طبق رابطه  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  مقدار F کم می شود. در شکل ۵-۷ چگونگی تغییر فرکانس اسیلاتور را متناسب با تغییرات ظرفیت خازنی میکروفون خازنی ملاحظه می کنید.

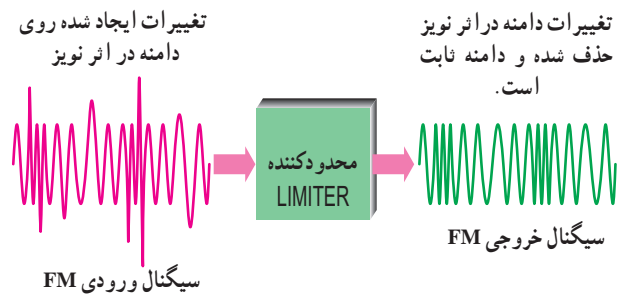


شکل ۵-۷- تغییر فرکانس حامل در اثر تغییر ظرفیت میکروفون خازنی

همان طور که ملاحظه می شود، اثر نویز در خروجی گیرنده AM به صورت افزایش لحظه ای روی دامنه سیگنال صوتی به شکل پالس های بلند دیده می شود. در صورتی که در خروجی گیرنده FM هیچ گونه اثری از نویز وجود ندارد. در تلویزیون صوت با مدولاسیون FM و تصویر با مدولاسیون AM ارسال می شود. به همین سبب است که نویز روی تصویر تلویزیون اثر می گذارد، در صورتی که روی صوت تلویزیون تقریباً اثری ندارد.

یکی از روش های کاهش نویز در گیرنده های FM وجود مدارهای محدود کننده دامنه است. در این مدارها به سبب محدود کردن دامنه سیگنال های FM، اثر نویز تقریباً حذف می شود.

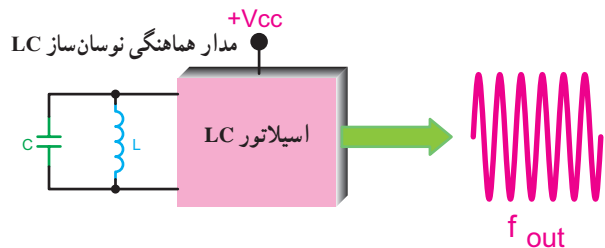
در شکل ۲-۷ سیگنال های ورودی و خروجی یک محدود کننده نشان داده شده است. مدار محدود کننده می تواند یک محدود کننده دیودی یا مشابه آن باشد.



شکل ۲-۷- بلوک دیاگرام یک محدود کننده با سیگنال های ورودی و خروجی

## ۲-۲- اساس کار مدولاتورهای FM

شکل ۳-۷ یک اسیلاتور فرکانس بالا با مدار هماهنگ LC را نشان می دهد. در این اسیلاتور فرکانس خروجی از رابطه  $f_{out} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  به دست می آید.



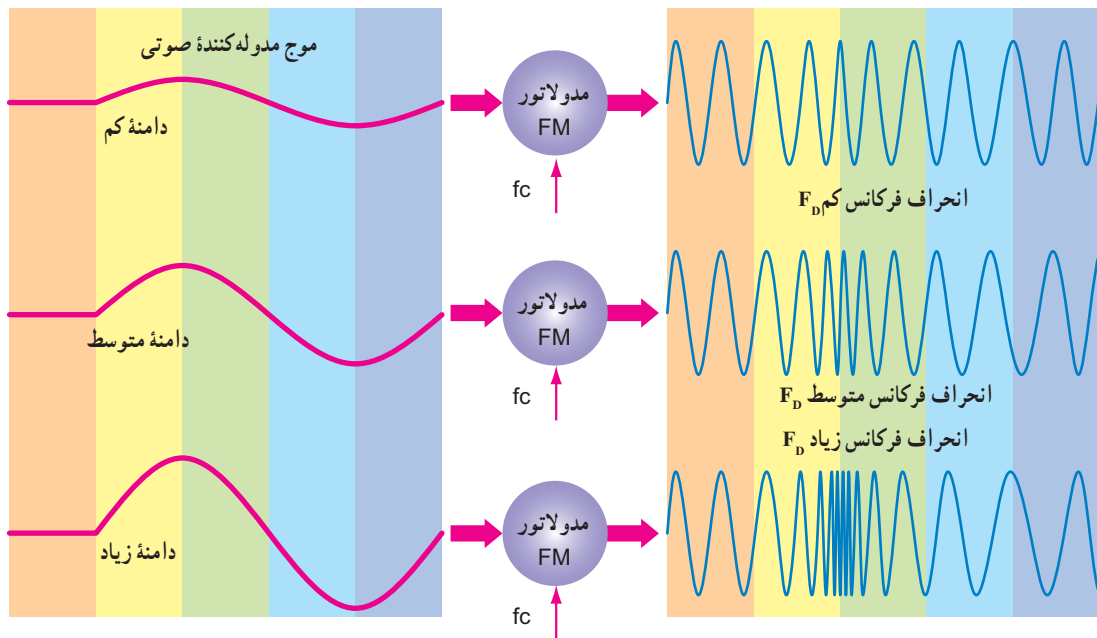
شکل ۳-۷- اسیلاتور LC

فرکانس، انحراف فرکانس می‌نامند. انحراف فرکانس حامل به علت تغییرات دامنه سیگنال مدوله کننده یعنی پیام است. همان طور که در شکل ۶-۷ ملاحظه می‌کنید، دامنه سیگنال مدوله کننده در محدوده‌های کم، متوسط و زیاد باعث تغییرات  $f_D$  در محدوده‌های کم، متوسط و زیاد می‌شود. بنابراین، مقدار انحراف فرکانس در مدولاسیون فرکانس متناسب با دامنه سیگنال مدوله کننده است.

در این مدار، صدای قوی (با دامنه زیاد) باعث کاهش فاصله دو جوشن خازن و افزایش ظرفیت خازنی آن می‌شود. بنابراین براساس رابطه  $f_{out} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  فرکانس مدار کاهش می‌یابد. در صورتی که صدا ضعیف (با دامنه کم) باشد عکس حالت بالا رخ می‌دهد و فرکانس خروجی اسپلاتور زیاد می‌شود.

### ۳-۷- انحراف فرکانس $F_D$ (Frequency Deviation)

تغییر فرکانس حامل را، نسبت به مقدار طبیعی آن در مدولاسیون



شکل ۶-۷- ارتباط دامنه سیگنال مدوله کننده با انحراف فرکانس ( $F_D$ )

است  $(f_{CS} = 2f_D)$ . مثلاً اگر انحراف فرکانس مساوی ۵ کیلوهرتز باشد حداکثر تغییرات فرکانس مدولاتور مساوی ۱۰ کیلوهرتز خواهد شد. اگر فرکانس بالای حامل را با  $f_H$  و فرکانس پایین حامل را با  $f_L$  نشان دهیم، آن گاه خواهیم داشت:

$$f_H = f_C + f_D \quad \text{فرکانس بالای حامل}$$

$$f_L = f_C - f_D \quad \text{فرکانس پایین حامل}$$

حداکثر تغییرات فرکانس مدولاتور ( $f_{CS}$ ) با استفاده از مقادیر

$f_H$  و  $f_L$  محاسبه می‌شود.

$$f_{CS} = f_H - f_L = f_C + f_D - (f_C - f_D) = 2f_D$$

در شکل ۷-۷ تغییرات فرکانس مدولاتور FM را متناسب با تغییرات دامنه سیگنال مدوله کننده در ۵ نقطه از دامنه سیگنال پیام مشاهده می‌کنید. در نقاط ۱، ۳ و ۵ که دامنه سیگنال مدوله کننده (پیام) برابر با صفر است، فرکانس مدولاتور مساوی با  $f_C$  می‌شود.

در نقطه ۲ که دامنه سیگنال مدوله کننده حداکثر است فرکانس مدولاتور نیز حداکثر خواهد شد. در نقطه ۴ که دامنه سیگنال مدوله کننده حداقل است، فرکانس مدولاتور نیز حداقل می‌شود.

حداکثر تغییرات فرکانس حامل (Frequency Swing) را با  $f_{CS}$  نشان می‌دهند. مقدار  $f_{CS}$  مساوی دو برابر انحراف فرکانس ( $f_D$ )

### پاسخ:

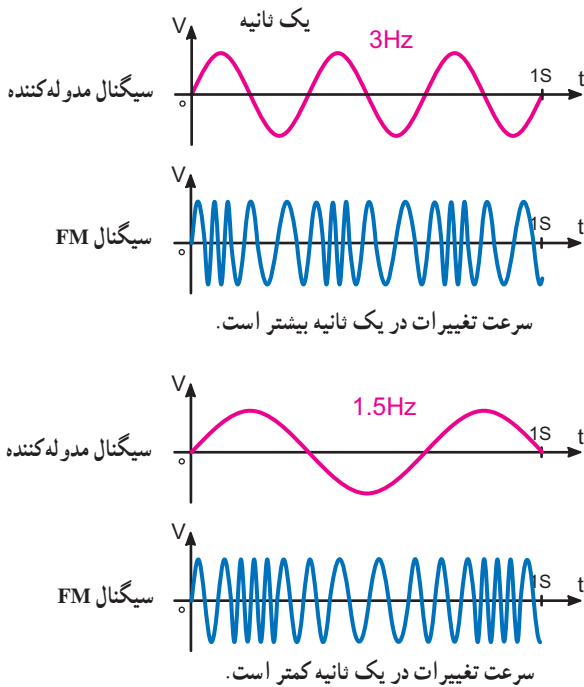
$$f_{CS} = 2f_D = 2 \times 20 = 40 \text{ کیلوهرتز}$$

$$f_H = f_C + f_D = 1000 + 20 = 1020 \text{ کیلوهرتز}$$

$$f_L = f_C - f_D = 1000 - 20 = 980 \text{ کیلوهرتز}$$

### ۴-۷- سرعت تغییرات سیگنال FM (Rate of change)

سرعت تغییرات سیگنال FM بستگی به فرکانس سیگنال مدوله کننده دارد. هر قدر فرکانس سیگنال مدوله کننده بیشتر باشد، سرعت تغییرات سیگنال FM نیز بیشتر می شود. در شکل ۸-۷ فرکانس سیگنال صوتی و سرعت تغییرات سیگنال FM برای دو حالت ۳ هرتز و ۱/۵ هرتز نشان داده شده است.

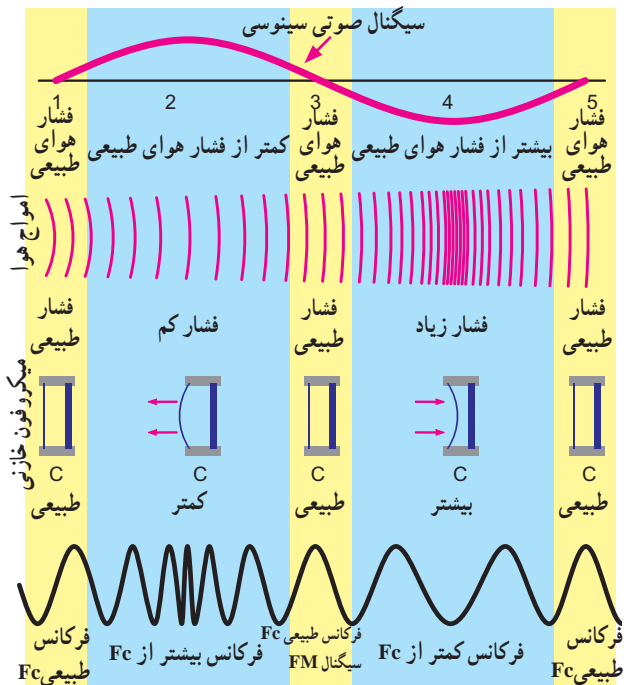


شکل ۸-۷ اثر سیگنال مدوله کننده بر سرعت تغییرات سیگنال FM

### ۵-۷- شاخص مدولاسیون سیگنال FM (Modulation index)

شاخص مدولاسیون یا ضریب مدولاسیون برای سیگنال FM از رابطه صفحه بعد به دست می آید:

با توجه به نکته مهم صفحه ۴۱ یادآور می شود که بازشدگی مولکول های هوا ناشی از نیم سیکل مثبت و فشردگی مولکول های هوا ناشی از نیم سیکل منفی، فرضی است. لذا مطابق شکل ۲۵-۱ می توان بازشدگی را در اثر نیم سیکل منفی و فشردگی را در اثر نیم سیکل مثبت در نظر گرفت.



شکل ۷-۷ ارتباط فرکانس صوتی با کاربرد سیگنال FM

### مثال ۱-۷

فرکانس حامل یک سیگنال FM برابر با ۱۰۰ مگاهرتز است در صورتی که انحراف فرکانس آن مساوی ۲۰ کیلوهرتز باشد:

الف - حداکثر تغییرات فرکانس را محاسبه کنید.

ب - مقادیر فرکانس  $f_H$  و  $f_L$  را به دست آورید.

## انحراف فرکانس

فرکانس سیگنال مدوله کننده (پیام) = شاخص مدولاسیون

$$m_i = \frac{f_D}{f_m}$$

### مثال ۲-۷

در یک سیگنال FM، حداکثر تغییرات فرکانس مساوی ۱۰ کیلوهرتز است. اگر فرکانس سیگنال مدوله کننده مساوی ۸ کیلوهرتز باشد، شاخص مدولاسیون چه قدر است؟

### پاسخ:

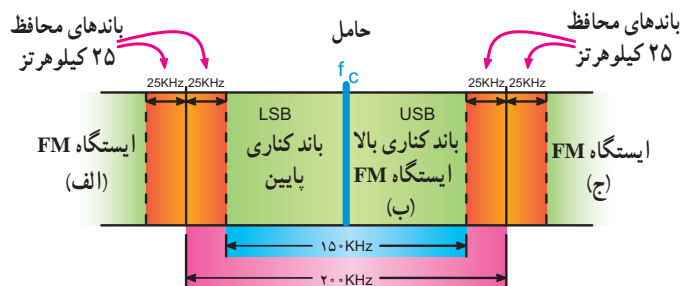
$$f_{CS} = 2f_D \Rightarrow 10 = 2f_D \Rightarrow f_D = 5 \text{ kHz}$$

$$m_i = \frac{f_D}{f_m} = \frac{5}{8} = 0.625$$

## ۶-۷- پهنای باند هر ایستگاه در FM

FM تجارتي در محدوده فرکانسی ۱۰۸-۸۸ مگاهرتز قرار دارد. پهنای باند هر ایستگاه رادیویی معمولاً ۱۵ کیلوهرتز و باند محافظ بالا و پایین آن هر کدام ۲۵ کیلوهرتز است. در شکل ۹-۷ پهنای باند یک ایستگاه رادیویی FM و باند محافظ آن نشان داده شده است. به این پهنای باند سیگنال FM با باند وسیع (Wide Band) می‌گویند. پهنای باند FM به دو دلیل زیر افزایش می‌یابد:

- پهنای باند پیام در FM نسبت به AM بیشتر است. (در AM، ۵ کیلوهرتز و در FM، ۱۵ کیلوهرتز است)
- در FM تغییرات ولتاژ دامنه پیام به تغییرات فرکانس تبدیل می‌شود و باندهای کناری متعددی را به وجود می‌آورد.



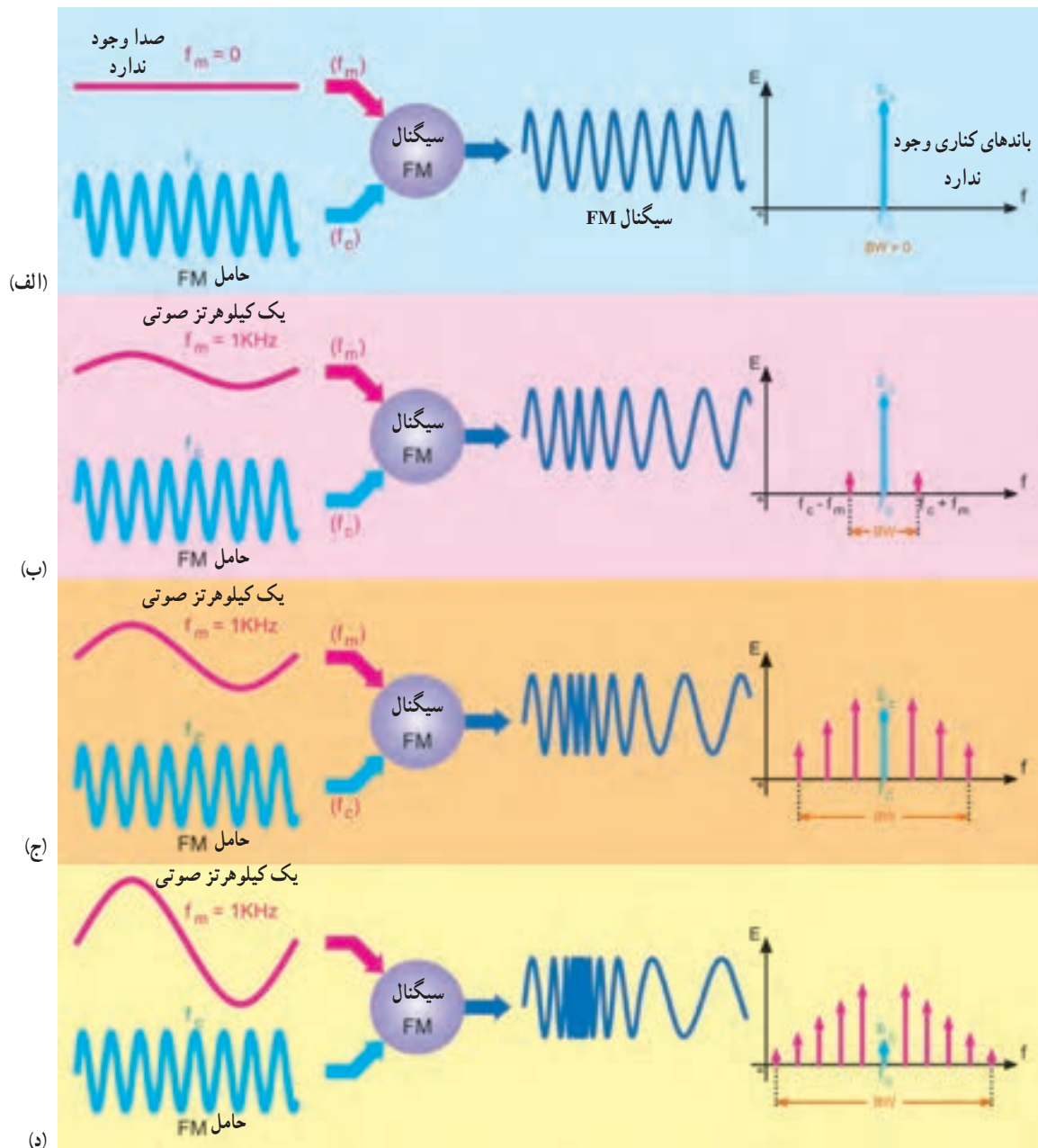
شکل ۹-۷- پهنای باند یک ایستگاه رادیویی FM و باند محافظ آن

## ۷-۷- طیف فرکانسی سیگنال FM

با اتصال سیگنال FM به ورودی یک دستگاه طیف‌نما، می‌توان طیف فرکانسی سیگنال FM را مشاهده کرد. در شکل ۱۰-۷ طیف فرکانسی سیگنال FM را، که در آن دامنه سیگنال پیام متغیر و فرکانس آن مساوی ۱ کیلوهرتز است، مشاهده می‌کنید. در حالت الف، چون دامنه سیگنال مدوله کننده مساوی صفر است، انحراف فرکانس نیز مساوی صفر می‌شود ( $f_D = 0$ ).

با توجه به رابطه  $m_i = \frac{f_D}{f_m}$  مقدار شاخص مدولاسیون صفر خواهد شد. در این حالات در طیف فرکانسی سیگنال FM فقط فرکانس کاری وجود دارد و هیچ‌گونه باند کناری ظاهر نمی‌شود. در حالت «ب» دامنه سیگنال پیام باعث تغییر در فرکانس کاری شده است و مانند طیف فرکانس AM، علاوه بر فرکانس کاری، دو فرکانس کناری  $f_c + f_D$  و  $f_c - f_D$  به وجود آمده است.

در حالت‌های «ج و د»، افزایش دامنه سیگنال پیام، موجب افزایش تعداد فرکانس‌های کناری و کاهش دامنه کاری شده است. با افزایش تعداد فرکانس‌های کناری پهنای باند نیز افزایش یافته است. رابطه افزایش فرکانس‌های کناری با افزایش دامنه کاری، با استفاده از توابع بسل در ریاضیات مهندسی قابل بیان است که خارج از برنامه آموزشی متوسطه است.



شکل ۱۰-۷- باندهای کناری و پهنای باند سیگنال FM

### مثال ۳-۷

در یک سیگنال FM با انحراف فرکانس  $3^\circ$  کیلوهرتز اگر فرکانس سیگنال مدوله کننده مساوی  $1^\circ$  کیلوهرتز باشد، شاخص مدولاسیون چه قدر است؟ شاخص مدولاسیون چه نقشی در پهنای باند و طیف فرکانسی  $f_m$  دارد توضیح دهید.

**پاسخ:**

$$m_i = \frac{f_D}{f_m} = \frac{3^\circ}{1^\circ} = 3$$

افزایش شاخص مدولاسیون موجب افزایش پهنای باند و تعداد طیف فرکانسی می شود.

## ۸-۷- درصد مدولاسیون

### (Modulation Percent)

درصد مدولاسیون برای یک سیگنال FM طبق تعریف از رابطه زیر به دست می آید :

$$M_{FM} = \frac{\text{فرکانس انحراف واقعی}}{\text{ماکزیم فرکانس انحراف تعریف شده}} \times 100 = \frac{f_D(\text{actual})}{f_D(\text{Max})} \times 100$$

### مثال ۴-۷

در یک فرستنده FM تجارتي اگر انحراف فرکانس مساوی ۲۰ کیلوهرتز باشد، درصد مدولاسیون چه قدر است؟

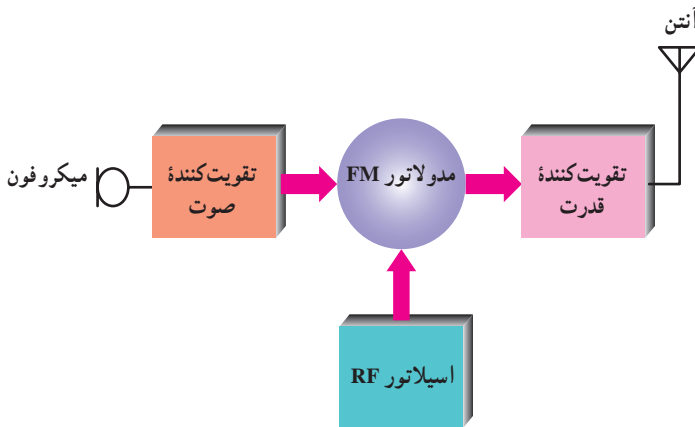
**پاسخ :**

$$M_{FM} = \frac{20}{75} \times 100 = 26.67\%$$

برای یک فرستنده FM تجارتي ماکزیم انحراف فرکانس مساوی ۷۵ کیلوهرتز است.

## ۱۰-۷- فرستنده FM (FM Transmitter)

فرستنده FM تشابه زیادی با فرستنده AM دارد. اختلاف اساسی بین فرستنده FM و AM در نوع مدولاسیون است. در شکل ۷-۱۱ بلوک دیاگرام یک فرستنده رادیویی FM نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۱- بلوک دیاگرام فرستنده رادیویی FM

در این بلوک دیاگرام، میکروفون ارتعاشات مکانیکی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. تقویت کننده صوتی، عمل تقویت دامنه سیگنال خروجی میکروفون را انجام می دهد. در بلوک مدولاتور FM و اسیلاتور RF، فرکانس اسیلاتور براساس تغییرات دامنه و فرکانس صوت تغییر می کند و سیگنال FM تولید می شود. قسمت تقویت کننده توان نیز قدرت لازم را برای فرستنده تأمین می کند.

## ۱۱-۷- چند برابر کننده فرکانس

### (Frequency Multiplier)

می دانیم باند رادیویی FM در محدوده فرکانس ۸-۱۰۸ تا ۸۸ مگاهرتز قرار دارد. به سبب بالا بودن فرکانس، امکان ایجاد تغییر ناخواسته در فرکانس اسیلاتور و تغییر ایستگاه در این محدوده فرکانسی وجود دارد. برای رفع این مشکل، در فرستنده FM از اسیلاتورهای فرکانس پایین استفاده می کنند و با استفاده از مدارهای چند برابر کننده فرکانس، فرکانس اسیلاتور را به محدوده FM می رسانند.

تحقیق کنید : انحراف فرکانس در سیگنال

FM مونو و استریوی تجاری چند کیلوهرتز است؟ نتایج را با ذکر منابع به کلاس ارائه دهید.

## ۹-۷- FM باند باریک (Narrow Band FM)

در FM باند باریک پهنای باند مشابه AM از رابطه زیر به دست می آید.

$$BW_{FM(\text{Narrow})} = 2f_m$$

تذکر : ثابت شده است که در FM باند باریک ضریب مدولاسیون کمتر از  $\frac{1}{3}$  است.

### مثال ۵-۷

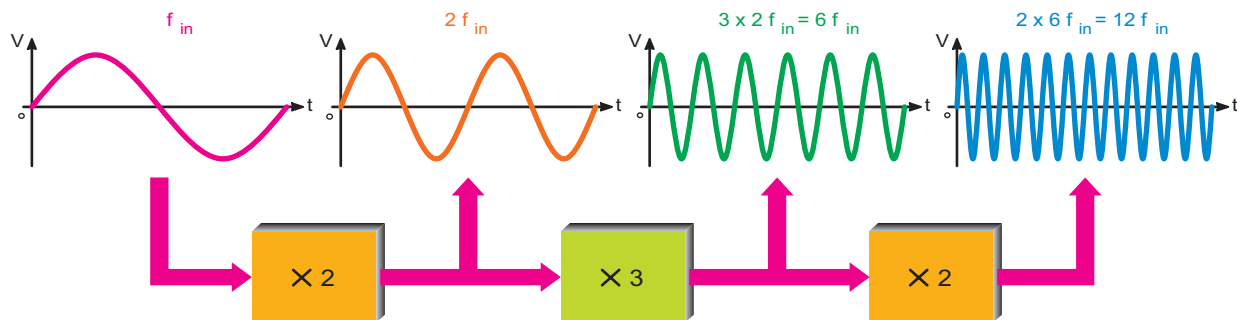
برای یک سیگنال FM باند باریک، اگر فرکانس سیگنال مدوله کننده مساوی ۶ کیلوهرتز باشد مقدار پهنای باند را محاسبه کنید.

**پاسخ :**

$$BW_{FM(\text{Narrow})} = 2f_m = 2 \times 6 = 12 \text{ KHz}$$

چند برابرکننده چندطبقه استفاده شود.  
در شکل ۷-۱۲ به منظور افزایش فرکانس به میزان دوازده برابر، سه بلوک چند برابرکننده فرکانس به کار رفته است.

در شکل ۷-۱۲ سیگنال‌های ورودی و خروجی مدارهای دو برابرکننده و سه برابرکننده فرکانس نشان داده شده است. در عمل ممکن است برای افزایش فرکانس سیگنال حامل از مدارهای



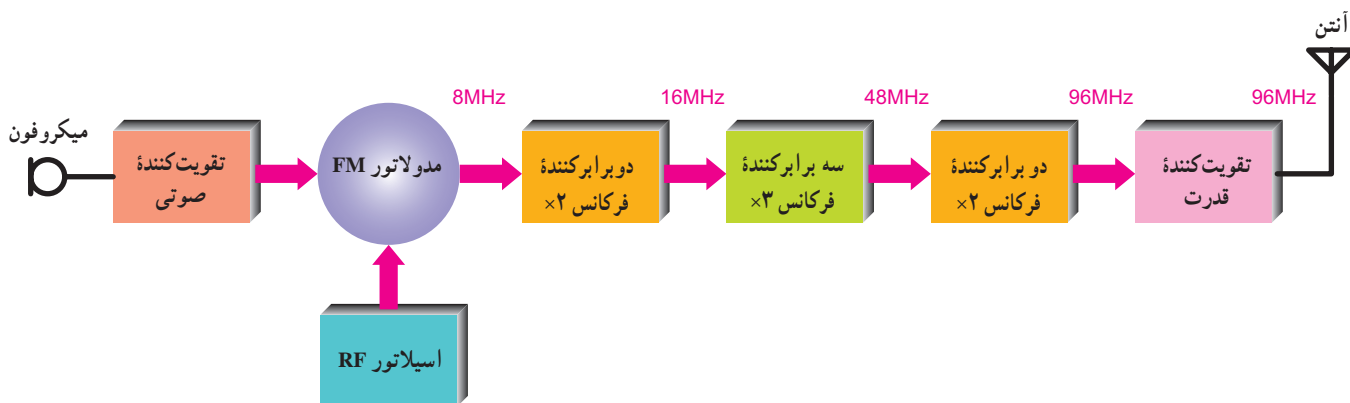
شکل ۷-۱۲- چند برابرکننده سه طبقه

مشاهده می‌کنید. در این حالت فرکانس اسپلاتور از ۸ مگاهرتز به ۹۶ مگاهرتز افزایش یافته است.

$$f_c(\text{out}) = 2 \times 3 \times 2 \times 8 = 96 \text{ MHz}$$

### ۷-۱۲- یک نمونه بلوک دیاگرام فرستنده FM

در شکل ۷-۱۳ یک نمونه بلوک دیاگرام فرستنده FM را، که در آن چند طبقه چند برابرکننده فرکانس به کار رفته است،



شکل ۷-۱۳- فرستنده FM با چند برابرکننده های فرکانس اسپلاتور

انحراف فرکانس  $\times$  ضریب افزایش طبقات = انحراف فرکانس در طبقه خروجی  
چند برابرکننده

$$f_D(\text{out}) = N_f \cdot f_D$$

ضریب افزایش طبقات چند برابرکننده با حاصل ضرب ضرایب مربوط به طبقات چند برابرکننده های فرکانس برابر است.

### ۷-۱۳- رابطه انحراف فرکانس و ضریب افزایش چند برابرکننده های فرکانس

اگر ضریب افزایش چند برابرکننده های فرکانس را با  $N_f$  و فرکانس انحراف سیگنال FM را با  $F_D$  نشان دهیم مقدار انحراف فرکانس در طبقه خروجی فرستنده FM از رابطه زیر به دست می‌آید.



## مثال ۶-۷

در شکل ۷-۱۳ اگر مقدار  $f_c$  بعد از مدولاتور FM برابر با  $7/5$  مگاهرتز و  $f_D$  برابر با  $6$  کیلوهرتز باشد مقادیر فرکانس کاری خروجی و انحراف فرکانس خروجی را به دست آورید.

$$N_f = 2 \times 2 \times 3 = 12$$

پاسخ:

$$f_c(\text{out}) = N_f \times 7/5 = 90 \text{ MHz}$$

$$f_D(\text{out}) = N_f \times f_D = 12 \times 6 = 72 \text{ KHz}$$

## برای هنرجویان علاقه مند

تحقیق کنید باند VHF II در چه محدوده‌ای قرار دارد و با کدام یک از باندهای فرکانسی که تاکنون آشنا شده‌اید انطباق دارد؟

در یک آشکارساز FM، نسبت سیگنال به نویز در فرکانس‌های پایین، بزرگتر از این نسبت در فرکانس‌های بالاست. اگر سیگنال مدوله کننده قبل از مدولاسیون به وسیله فیلتری پردازش شود نسبت سیگنال به نویز موج دمدوله شده در تمام فرکانس‌ها یکسان خواهد بود. در فرستنده FM سیگنال مدوله کننده قبل از مدولاسیون توسط یک فیلتر بالا گذر به نام پیش تأکید پردازش می‌شود. این فیلتر، فرکانس‌های بالاتر را با دامنه بیشتر عبور می‌دهد. در گیرنده FM برای جلوگیری از ایجاد اعوجاج در سیگنال دمدوله شده، باید توسط یک فیلتر پایین گذر به نام باز تضعیف، فرکانس‌های بالاتر را تضعیف نمود در شکل ۷-۱۵ مدارهای پیش تأکید و باز تضعیف و پاسخ فرکانسی هر یک نشان داده شده است.

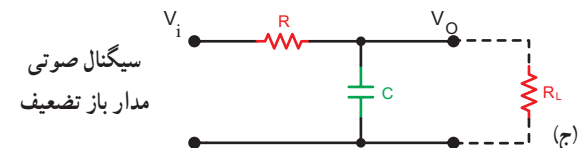
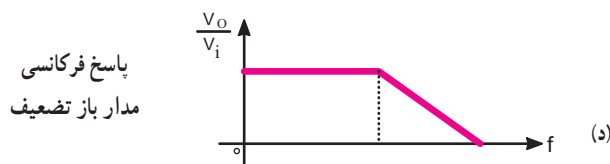
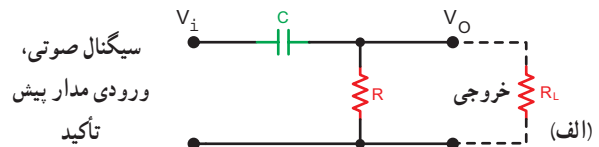
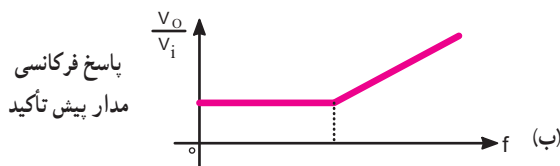
## ۷-۱۴ مدارهای پیش تأکید (Pre Emphasis) و باز تضعیف (De Emphasis)

در مدولاسیون FM، نویز به طور خطی با فرکانس افزایش می‌یابد و باعث اعوجاج (distortion) در سیگنال FM می‌شود. برای جلوگیری از نویز از مدار پیش تأکید فرکانس بالا استفاده می‌شود تا ضریب مدولاسیون در فرکانس بالا افزایش یافته و باعث کاهش نویز شود.

در شکل ۷-۱۴ قسمتی از بلوک دیاگرام فرستنده FM با استفاده از مدار پیش تأکید نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۴ - قسمتی از فرستنده FM با پیش تأکید فرکانس بالا



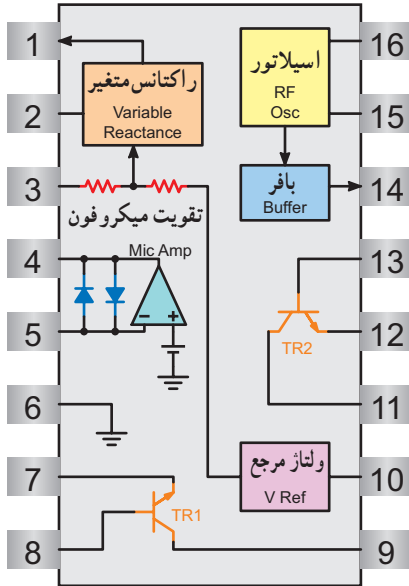
شکل ۷-۱۵ - مدارهای پیش تأکید و باز تضعیف و پاسخ فرکانسی آنها

## ۷-۱۵- فرستنده FM با آی سی

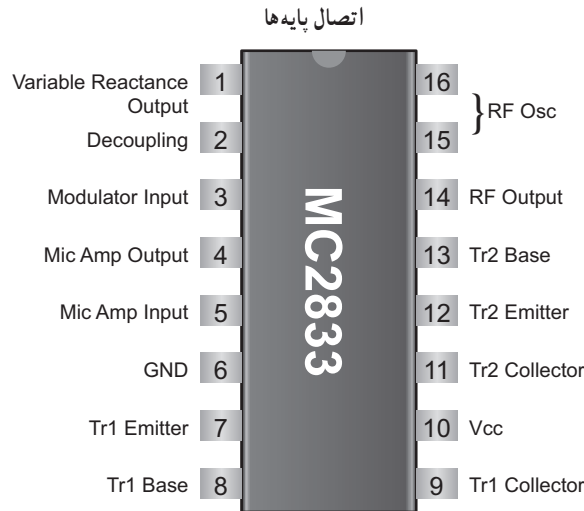
را مشاهده می کنید.

در شکل های ۷-۱۶- ب و ۷-۱۶- ج شماره پایه های آی سی و بلوک دیاگرام داخل آی سی رسم شده است.

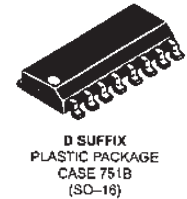
یک نوع فرستنده FM با آی سی دارای شماره فنی MC۲۸۳۳ است. در شکل ۷-۱۶- الف شکل ظاهری آی سی



ج - بلوک دیاگرام مدار داخلی آی سی



ب - شماره پایه های آی سی



الف

شکل ۷-۱۶

همواره کار تیمی نتایج بهتری را برای گروه به همراه دارد. سعی کنید مطالب درسی را به صورت گروهی و مشارکتی فرا بگیرید.

### متغیر

- پایه ۳: ورودی مدولاتور
- پایه ۴: خروجی تقویت کننده صوتی
- پایه ۵: ورودی تقویت کننده صوتی
- پایه ۶: زمین
- پایه ۷: امیتر ترانزیستور تقویت کننده خطی خروجی (TR<sub>۲</sub>)
- پایه ۸: بیس ترانزیستور تقویت کننده خطی خروجی (TR<sub>۲</sub>) به عنوان ورودی تقویت کننده

### ۷-۱۵-۱- مدار فرستنده FM با آی سی: در

شکل ۷-۱۷- مدار کامل یک فرستنده FM با آی سی MC۲۸۳۳ نشان داده شده است.

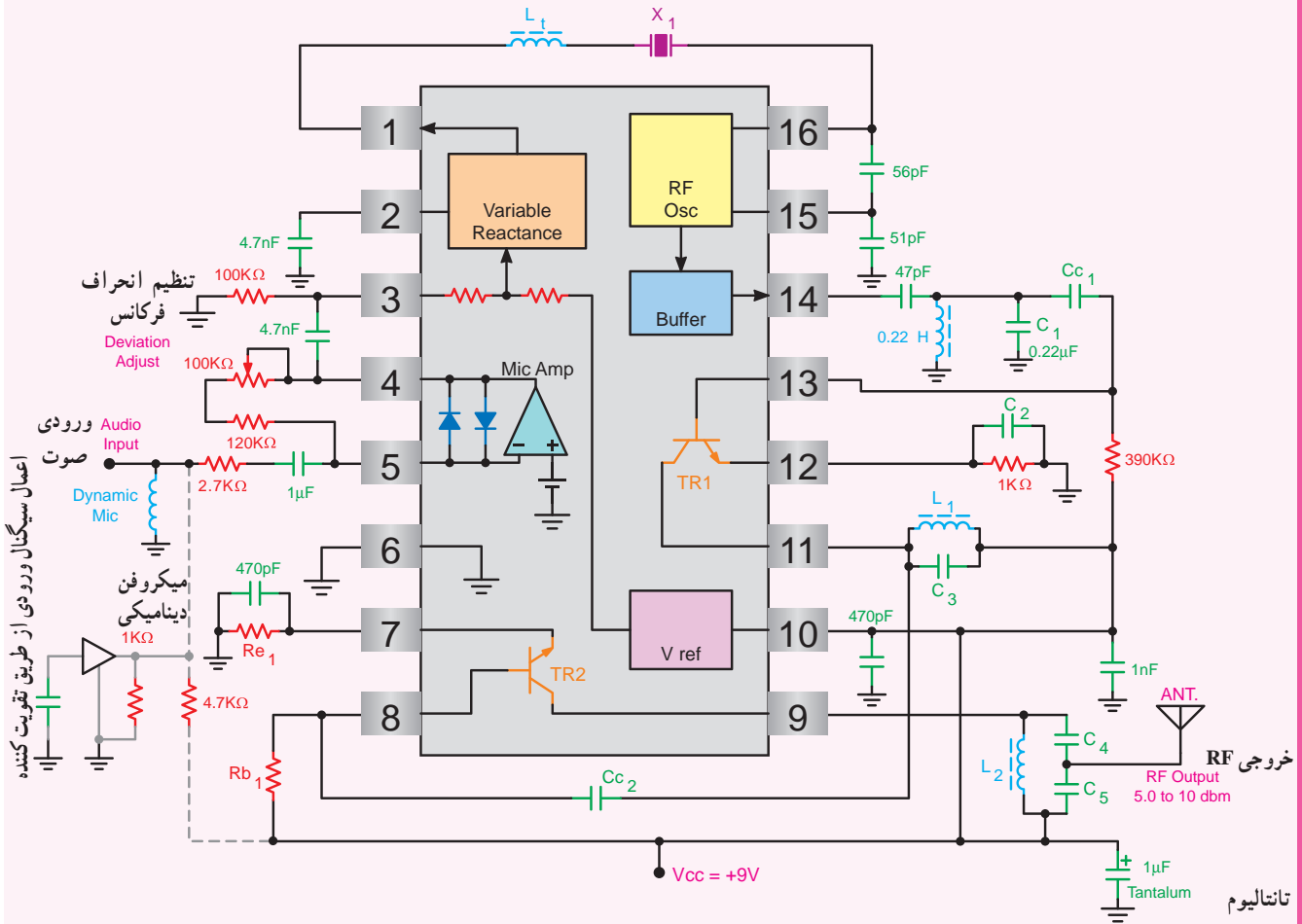
این آی سی با ولتاژ تغذیه ۲/۸۷ تا ۹ ولت کار می کند.

وظایف هر یک از پایه های آی سی به شرح زیر است:

- پایه ۱: خروجی مدار راکتانس متغیر
- پایه ۲: دی کپلینگ مربوط به مدار راکتانس

پایه ۹ : کلکتور ترانزیستور تقویت کننده خطی خروجی (TR<sub>۱</sub>) به عنوان خروجی تقویت کننده پایه ۱۰ : ولتاژ V<sub>CC</sub> که مقدار آن بین ۲/۸ ولت تا ۹ ولت است.  
 پایه ۱۱ : کلکتور ترانزیستور چند برابر کننده فرکانس (TR<sub>۱</sub>) به عنوان خروجی پایه ۱۲ : امیتر ترانزیستور چند برابر کننده فرکانس (TR<sub>۱</sub>)

پایه ۱۳ : بیس ترانزیستور چند برابر کننده فرکانس (TR<sub>۱</sub>) به عنوان ورودی تقویت کننده پایه ۱۴ : خروجی RF که سیگنال مدوله شده FM از این پایه دریافت می شود.  
 پایه ۱۵ : اسپلاتور محلی که از نوع VCO است.  
 پایه ۱۶ : اسپلاتور محلی که از نوع VCO است.



شکل ۱۷-۷. مدار کامل یک فرستنده FM با آی سی MC2833

برای اطلاعات بیشتر در مورد آی سی می توانید به سایت های مرتبط از قبیل [alldatasheet.com](http://alldatasheet.com) مراجعه کنید.

## ۷-۱۶- الگوی پرسش

## ۷-۱۷- گیرنده FM (FM Receiver)

گیرنده FM شباهت زیادی به گیرنده AM دارد. اختلاف اساسی بین گیرنده های FM و AM، در فرکانس های حامل و مدارهای آشکارساز آن هاست. در شکل ۷-۱۸ بلوک دیاگرام یک گیرنده رادیویی FM نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۷-۱۸ تفاوت گیرنده های FM و AM در فرکانس IF، محدودکننده دامنه، تضعیف کننده فرکانس بالا، مدار کنترل کننده اتوماتیک فرکانس (Automatic Frequency control) و پهنای باند آن هاست، نقش هر یک از بلوک ها در گیرنده رادیویی FM به شرح زیر است:

۱- **۷-۱۷-۱- تقویت کننده RF:** کار این طبقه، انتخاب و تقویت فرکانس ایستگاه مورد نظر و جلوگیری از ورود فرکانس های ناخواسته است.

۲- **۷-۱۷-۲- اسپلاتور محلی:** کار اسپلاتور محلی تولید یک سیگنال سینوسی است که فرکانس آن به اندازه  $10/7$  مگاهرتز از سیگنال حامل ورودی بیشتر است.

$$f_{LO} = f_{IF} + f_{RF}$$

۳- **۷-۱۷-۳- مخلوط کننده:** مخلوط کننده، فرکانس اسپلاتور محلی را با فرکانس حامل دریافتی مخلوط می کند و مجموع و تفاضل آن ها را در خروجی ظاهر می نماید.

۴- **۷-۱۷-۴- تقویت کننده های IF:** تقویت کننده های IF برای تقویت فرکانس میانی  $10/7$  مگاهرتز به کار می روند.

۵- **۷-۱۷-۵- محدود کننده دامنه:** مدار محدود کننده دامنه، بیک سیگنال FM را حذف می کند. بدین ترتیب سیگنال نویز حذف می شود.

۶- **۷-۱۷-۶- آشکارساز FM:** این مدار برای پیاده کردن سیگنال صوتی از سیگنال حامل است و تغییرات فرکانس را به تغییرات دامنه تبدیل می کند.

۷- **۷-۱۷-۷- تضعیف کننده فرکانس بالا:** این مدار برای جبران اثر مدار تأکید کننده فرکانس بالا به کار می رود و فرکانس بالای صوتی را کمی تضعیف می کند.

۱- مزایای FM نسبت به AM کدام اند؟

۲- چگونگی تولید سیگنال FM با استفاده از میکروفون خازنی را شرح دهید.

۳- فرق بین شاخص مدولاسیون FM و AM در چیست؟

۴- در محدوده FM تجارتي چند ایستگاه رادیویی وجود دارد؟

۵- در FM باند باریک، پهنای باند از چه رابطه ای محاسبه می شود؟

۶- به چه دلیل در فرستنده FM از مدارات ضرب کننده فرکانس استفاده می شود؟

۷- مدارهای پیش تأکید و بازتضعیف چه نوع فیلترهایی هستند؟

۸- سبب استفاده از مدار بازتضعیف در سیستم گیرنده رادیویی FM چیست؟

۹- به چه دلیل در فرستنده FM از تأکید کننده فرکانس بالا استفاده می شود؟

صحیح یا غلط

۱۰- در مدولاسیون FM شاخص مدولاسیون برابر است با فرکانس سیگنال مدوله کننده

انحراف فرکانس

صحیح  غلط

کوتاه پاسخ

۱۱- در مدولاسیون فرکانس، رابطه حداکثر تغییر فرکانس حامل ( $f_{CS}$ ) و انحراف فرکانس ( $f_D$ ) را بنویسید.

چهار گزینه ای

۱۲- در یک سیگنال FM با حداکثر تغییر فرکانس  $90$  کیلوهرتز اگر فرکانس سیگنال مدوله کننده  $15$  کیلوهرتز باشد،

شاخص مدولاسیون کدام است؟

۶ (۱)      ۴ (۲)

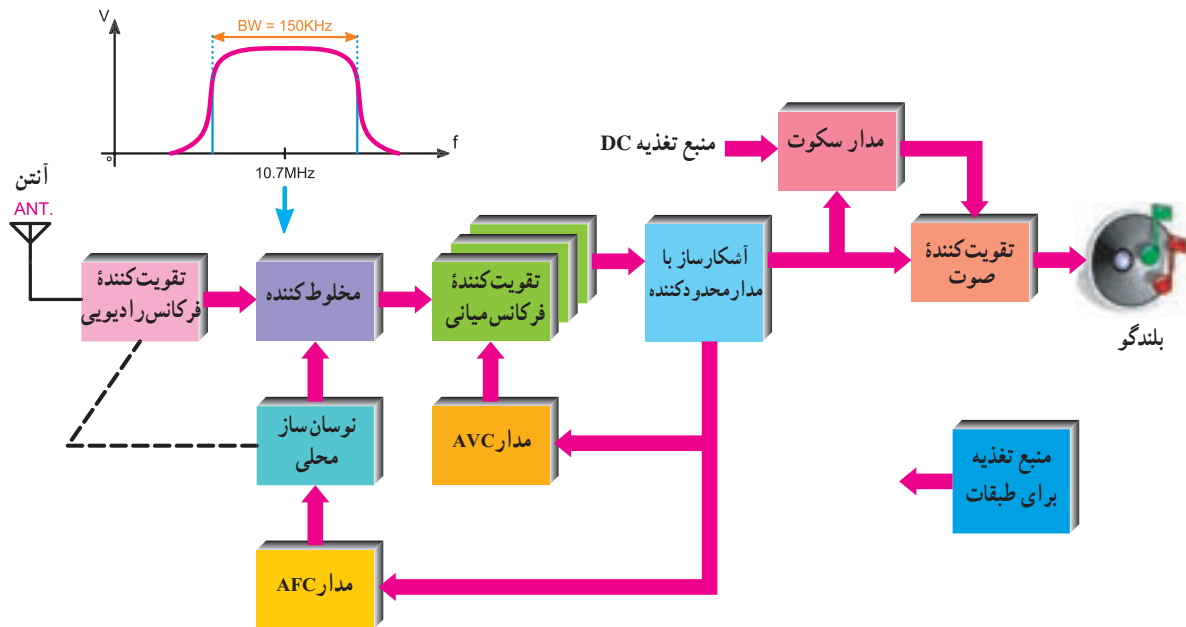
۳ (۳)      ۲ (۴)

۱۰-۱۷-۷- بلندگو: سیگنال صوتی را به ارتعاشات مکانیکی تبدیل می کند.

۱۱-۱۷-۷- منبع تغذیه: ولتاژ AC را به DC تبدیل و تمام قسمت های مختلف گیرنده را تغذیه می کند.

۸-۱۷-۷- کنترل اتوماتیک فرکانس (AFC): مدار AFC برای کنترل فرکانس اسیلاتور محلی به کار می رود.

۹-۱۷-۷- تقویت کننده های صوتی: این تقویت کننده ها دامنه ولتاژ و جریان سیگنال صوتی را تقویت می کنند.



شکل ۱۸-۷- بلوک دیاگرام عمومی یک گیرنده رادیویی FM

تفاوت عمده ای در بلوک دیاگرام این دو نوع گیرنده وجود ندارد. تنها تفاوت موجود در طراحی مدار و انتخاب عناصر الکترونیکی است. زیرا این قطعات باید بتوانند در فرکانس مورد نظر کار کنند. هم چنین علاوه بر بلوک های گیرنده AM دو بلوک AFC و مدار سکوت نیز در گیرنده FM وجود دارد.

مدار سکوت یک کلید الکترونیکی است که به منظور حذف نویز در خروجی گیرنده FM هنگام جست و جوی ایستگاه و زمانی که گیرنده روی ایستگاه تنظیم نشده است به کار می رود و خط تغذیه طبقه قدرت را قطع می کند. چون در FM دامنه پیام به تغییرات فرکانسی تبدیل می شود، باید فرکانس حامل به طور خودکار کنترل شود. لذا بلوک AFC نیز کنترل فرکانس اسیلاتور محلی را به عهده دارد.

## ۱۸-۷- مقایسه گیرنده FM با AM

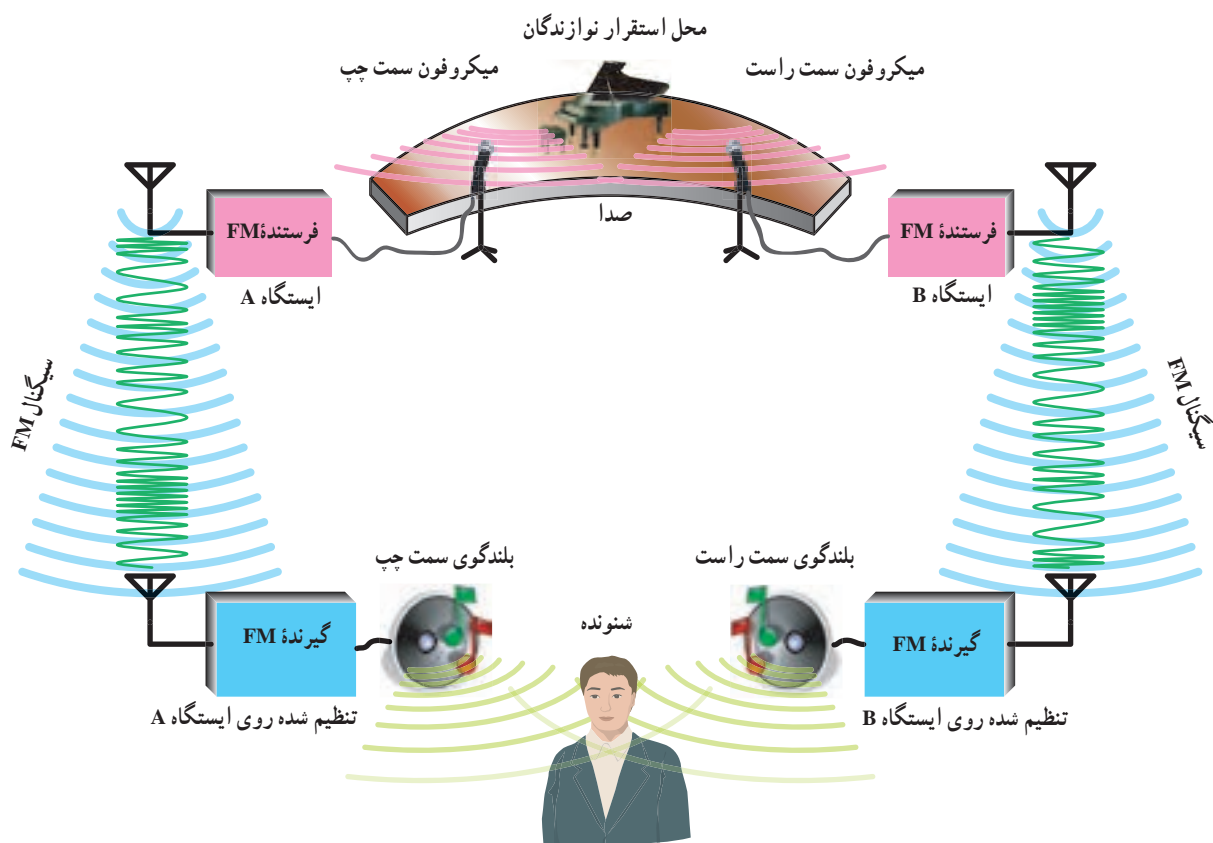
اگر گیرنده های رادیویی یک موج FM را با AM مقایسه کنیم، تفاوت هایی به شرح زیر دارند:

(الف) باند فرکانسی ایستگاه های فرستنده FM در محدوده ۸۸ مگاهرتز تا ۱۰۸ مگاهرتز است.

(ب) فرکانس IF گیرنده های رادیویی FM برابر ۱۰/۷ مگاهرتز است.

(ج) مدار آشکارساز FM با مدار آشکارساز AM کاملاً متفاوت است.

(د) نوع سیگنال دریافتی توسط گیرنده FM به صورت FM است. در صورتی که بلوک دیاگرام در شکل ۱۸-۷ را با بلوک دیاگرام شکل ۳۴-۶ مقایسه کنید مشاهده می کنید که هیچ گونه



شکل ۱۹-۷- طرح کلی فرستنده و گیرنده FM استریو

استریو نشان داده شده است.

در بخش استریو، به منظور سازگاری با گیرنده‌های FM مونو معمولاً، سیگنال‌های L و R به طور مستقیم ارسال نمی‌شوند بلکه مجموع سیگنال‌های L+R و تفاضل سیگنال‌های L-R را می‌فرستند تا سازگاری بین سیستم‌ها مهیا شود.

در این شرایط گیرنده‌های FM مونو می‌توانند بدون تغییر، صدا را دریافت کنند. بنابراین علت ارسال سیگنال‌های L+R و L-R به جای سیگنال‌های L و R، هماهنگی و سازگاری بین سیستم‌های مونو و استریو است.

### برای هنرجویان علاقه‌مند

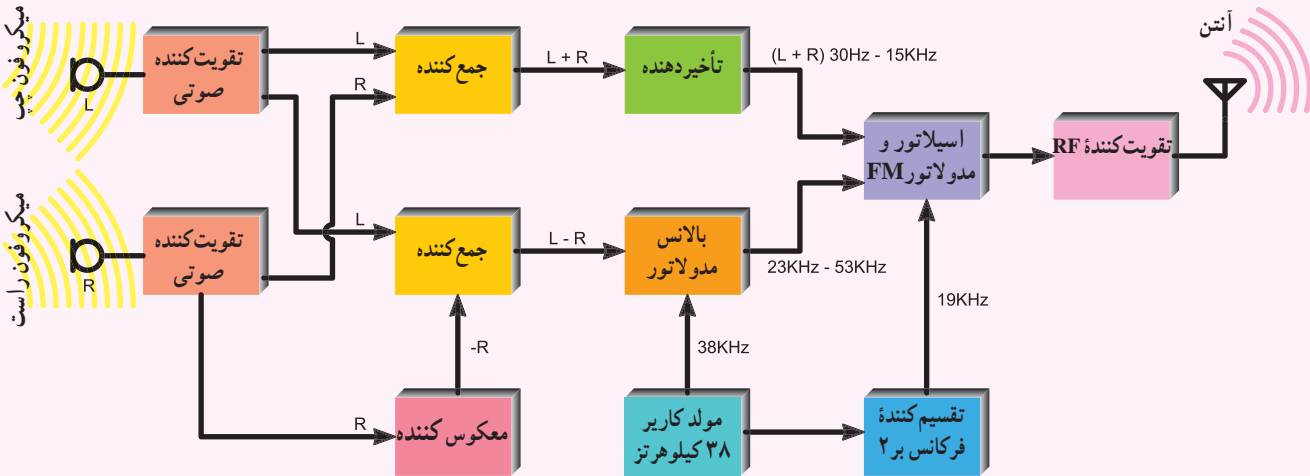
نحوه تنظیم اتوماتیک جست و جوی ایستگاه، درگیرنده‌های رادیویی FM چگونه صورت می‌گیرد؟ (به صورت بلوکی)

**FM استریو:** در سیستم استریو فونیک، صدا به وسیله دو میکروفون دریافت و توسط دو بلندگو پخش می‌شود. بنابراین این سیستم دو کانال صوتی لازم دارد، این دو کانال با توجه به محل میکروفون‌ها، از دید شنونده‌ای که روبه‌روی محل تولید صدا قرار می‌گیرد، کانال چپ (L) و کانال راست (R) نامیده می‌شود. در شکل ۱۹-۷ طرح کلی فرستنده و گیرنده FM

## ۱۹-۷- بلوک دیاگرام فرستنده FM استریو

در شکل ۲۰-۷ بلوک دیاگرام فرستنده FM

استریو نشان داده شده است.



شکل ۲۰-۷- بلوک دیاگرام فرستنده FM استریو

در مسیر سیگنال  $L+R$  استفاده شده است. استفاده از تأخیر دهنده برای آن است که دو سیگنال  $L+R$  و  $L-R$  هم زمان به مدار مدولاتور FM برسند.

## ۲۰-۷- طیف فرکانس سیگنال FM استریو

در شکل ۲۱-۷ طیف فرکانس سیگنال FM استریو نشان داده شده است.

سیگنال  $L+R$  در محدوده فرکانس ۳۰ هرتز تا ۱۵ کیلوهرتز قرار دارد سیگنال  $L-R$  دارای دو باند فرکانس USB و LSB است که محدوده فرکانس آن از ۲۳ کیلوهرتز تا ۵۳ کیلوهرتز است. سیگنال راهنما با فرکانس ۱۹ کیلوهرتز است و فرکانس ۳۸ کیلوهرتز نیز حذف شده است.

علت ارسال سیگنال راهنما این است که در طیف سیگنال FM استریو حوالی ۱۹ کیلوهرتز خالی است لذا اگر فرکانس ۳۸ کیلوهرتز ارسال می شد برای جدا کردن آن از باندهای کناری  $L-R$  یعنی USB و LSB که تنها  $\pm 3^\circ$  هرتز از آن فاصله دارند، فیلترهای گران قیمتی مورد نیاز بود.

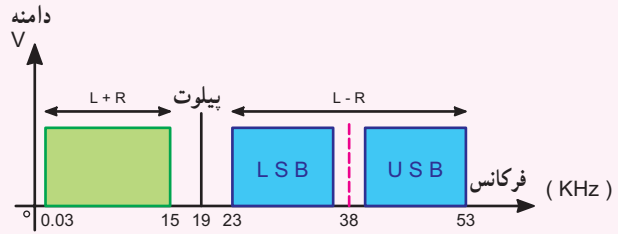
در سیستم استریو، سیگنال  $L-R$  ابتدا به صورت AM و سپس به صورت FM مدوله می شود.

در فرستنده FM استریو، سیگنال  $L+R$  به طور مستقیم ارسال می شود ولی سیگنال  $L-R$  روی یک کاریر ۳۸ کیلوهرتز به صورت DSB-SC-AM مدوله می شود. برای همزمان کردن نوسان ساز محلی گیرنده با نوسان ساز حامل فرستنده یک سیگنال راهنما (Pilot) با فرکانس ۱۹ کیلوهرتز از فرستنده ارسال می شود.

برای تولید سیگنال  $L-R$  ابتدا سیگنال R را از یک معکوس کننده عبور می دهند تا  $-R$  ایجاد شود سپس به کمک یک مدار جمع کننده  $L-R$  تولید می شود. سیگنال  $L+R$  مستقیماً از جمع دو سیگنال L و R به دست می آید. بالانس مدولاتور یک مدولاتور AM است که سیگنال  $L-R$  را روی کاریر ۳۸ کیلوهرتز مدوله می کند و کاریر اصلی (۳۸ کیلوهرتز) را بعد از مدولاسیون حذف می نماید. سپس سیگنال پایلوت ۱۹ کیلوهرتز را همراه با سیگنال AM ارسال می نماید.

به منظور همزمانی بین سیگنال  $L+R$  و سیگنال خروجی بالانس مدولاتور از یک مدار تأخیر دهنده





شکل ۲۱-۷ طیف فرکانس سیگنال FM استریو

### ۷-۲۱- بلوک دیاگرام گیرنده FM استریو

در شکل ۷-۲۲ بلوک دیاگرام گیرنده FM استریو نشان داده شده است.

در گیرنده FM استریو، بعد از آشکارسازی سیگنال‌های  $L + R$  و  $L - R$ ، سیگنال پیلوت توسط فیلترهایی جدا سازی می‌شود و سیگنال  $L - R$  با مدولاسیون DSB-SC به یک آشکارساز AM اعمال می‌شود. همزمان با سیگنال ۳۸ کیلوهرتز سیگنال  $L - R$  تولید می‌شود.

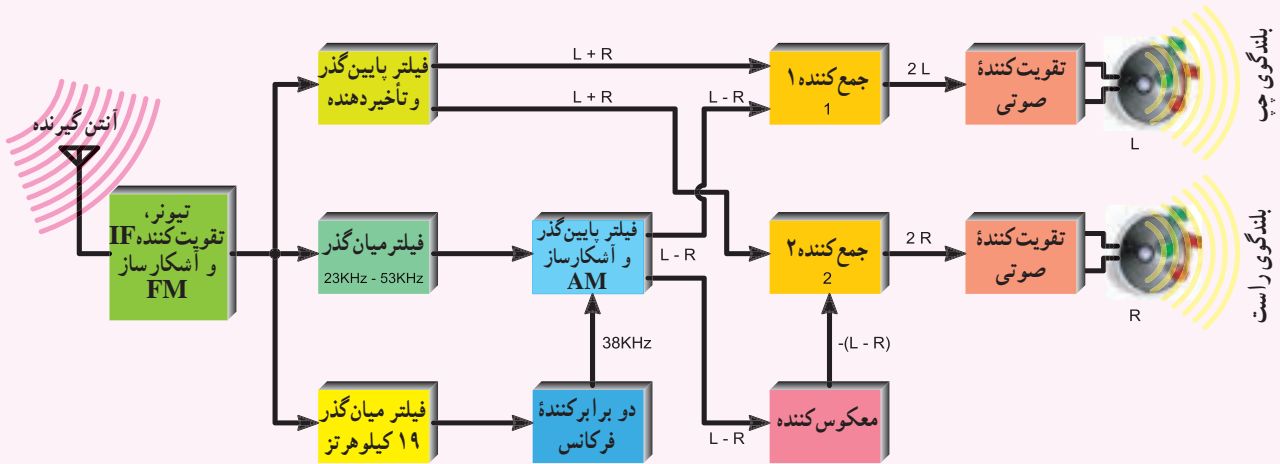
توسط دو مدار جمع کننده، سیگنال راست و چپ به وجود می‌آیند.

در خروجی جمع کننده ۱ داریم:

$$L + R + (L - R) = 2L$$

در خروجی جمع کننده ۲ داریم:

$$(L - R) - (L - R) = 2R$$



شکل ۲۲-۷ بلوک دیاگرام گیرنده FM استریو

را عبور می‌دهند و سیگنال راهنما و باند  $L - R$  را حذف می‌کنند ولی در گیرنده استریو، سیگنال‌های  $L + R$  و  $L - R$  (مدوله شده) و با جمع و تفریق آن‌ها سیگنال‌های  $L$  و  $R$  به دست می‌آید.

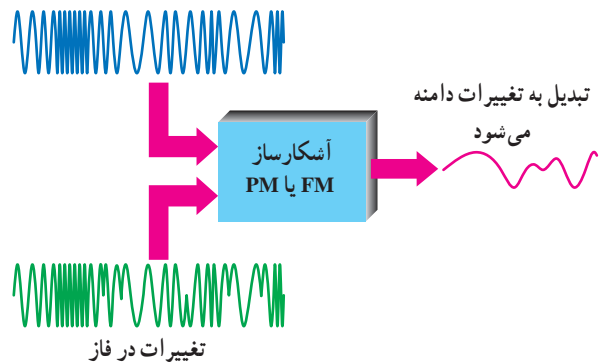
سیگنال‌های راست و چپ بعد از تقویت به بلندگوهای راست و چپ اعمال می‌شوند.

باید توجه داشت که در FM مونو، سیگنال‌های بالای ۱۵ کیلوهرتز ارسال نمی‌شوند و تقویت کننده صوتی تنها  $L + R$

## ۷-۲۲- آشکارسازهای FM

در آشکارسازهای FM، برای پیاده کردن پیام از روی کاربر، ابتدا توسط مدارهای هماهنگی، تغییر دامنه در سیگنال FM داده می‌شود، سپس با استفاده از آشکارساز دامنه، پیام از روی کاربر پیاده می‌شود، در شکل ۷-۲۳ سیگنال‌های ورودی و خروجی آشکارساز FM نشان داده شده است.

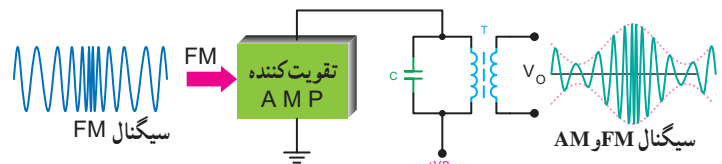
تغییرات فرکانس



شکل ۷-۲۳- آشکارساز FM یا PM

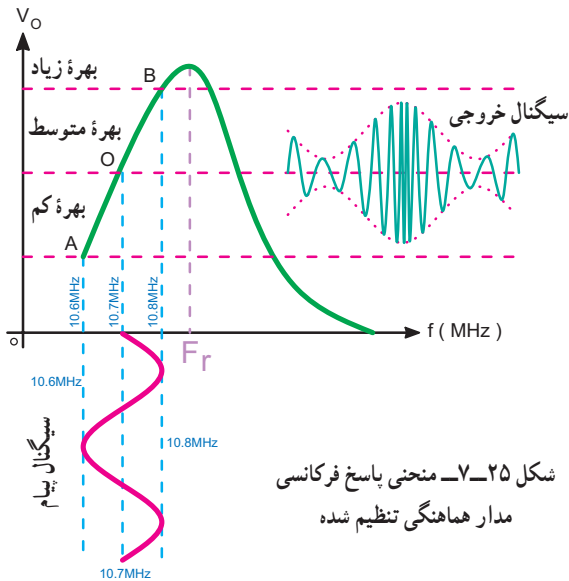
سیگنال ورودی با مدولاسیون FM یا PM است ولی سیگنال خروجی پیام است. ساده‌ترین نوع آشکارساز FM، آشکارساز شیب (Slope Detector) است. این آشکارساز به دلیل سادگی‌اش فقط جهت تفهیم بهتر آشکارسازی FM مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد ولی به دلیل غیرخطی بودن منحنی پاسخ فرکانسی آن، عملاً استفاده نمی‌شود.

۷-۲۲-۱- آشکارساز شیب: طبق شکل ۷-۲۴ ابتدا سیگنال FM به یک تقویت کننده با مدار هماهنگ تنظیم شده (Tuned Amplifier) اعمال می‌شود. در ورودی تقویت کننده دامنه سیگنال مدوله شده ثابت است. ولی در خروجی مدار هماهنگ علاوه بر تغییرات فرکانس، تغییرات دامنه نیز پدید می‌آید.



شکل ۷-۲۴- مدار آشکارساز شیب تنظیم شده روی فرکانس بیشتر از ۱۰/۷ مگاهرتز

در شکل ۷-۲۵ منحنی پاسخ فرکانسی مدار هماهنگی تنظیم شده همراه با سیگنال‌های ورودی و خروجی آن نشان داده شده است. ترکیب سیگنال FM و AM دارای فرکانس مرکزی ۱۰/۷ مگاهرتز است. انحراف این فرکانس مرکزی حداکثر به ۱۰/۸ مگاهرتز و حداقل به ۱۰/۶ مگاهرتز می‌رسد.



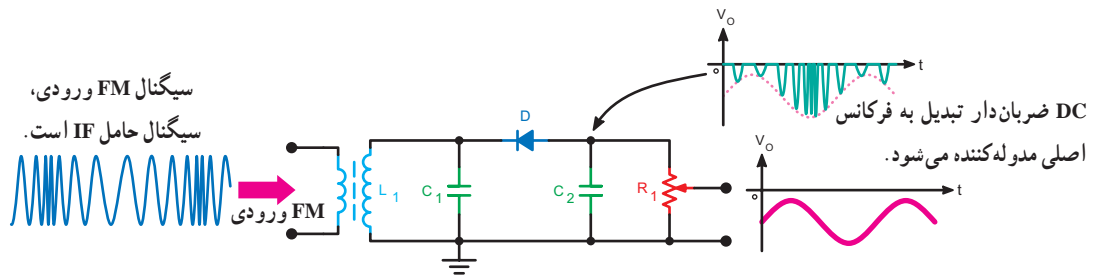
شکل ۷-۲۵- منحنی پاسخ فرکانسی مدار هماهنگی تنظیم شده

حال به بررسی دقیق منحنی‌های شکل ۷-۲۵ می‌پردازیم. می‌دانیم در مدارهای تشدید موازی و در فرکانس رزونانس، امپدانس ماکزیمم بوده و بهره و لثاژ نیز حداکثر است. هر قدر از فرکانس رزونانس دور شویم مقدار امپدانس مدار تانک کاهش می‌یابد و موجب کم شدن بهره می‌گردد. مدار رزونانس شکل ۷-۲۴ روی فرکانس رزونانس بالاتر از فرکانس IF (بالاتر از ۱۰/۸ مگاهرتز) سیگنال مدوله شده، تنظیم شده است. بدین سبب در فرکانس  $IF = 10/7 \text{ MHz}$  مقدار متوسط بهره را خواهیم داشت. پهنای باند سیگنال FM با باند محافظ برابر با ۰/۲ مگاهرتز است که ۱/۸ مگاهرتز بالاتر از فرکانس IF و ۱/۸ مگاهرتز پایین‌تر از فرکانس IF قرار دارد.

در فرکانس  $10/7 + 10/8 = 10/8$  مگاهرتز مقدار بهره افزایش یافته و در فرکانس  $10/6 - 10/8 = 10/7$  مگاهرتز مقدار بهره کاهش می‌یابد. با توجه به تغییرات سیگنال پیام شکل ۷-۲۵ که یک موج سینوسی در نظر گرفته شده است، در فرکانس  $IF = 10/7$  مگاهرتز

دامنه پیام مساوی صفر و در فرکانس  $10/8$  مگاهرتز دامنه پیام ماکزیم و در فرکانس  $10/6$  مگاهرتز دامنه پیام می نیم است. با توجه به منحنی  $V_o$ ، طبق شکل ۷-۲۵، ملاحظه می شود که با افزایش فرکانس (نسبت به فرکانس IF) دامنه زیاد می شود و با کاهش آن دامنه کاهش می یابد. با اعمال سیگنال  $V_o$  به یک آشکارساز AM می توان پیام را دریافت نمود. در صورت خطی بودن قسمت AB از منحنی پاسخ فرکانسی مدار رزونانس، تغییرات دامنه متناسب با تغییرات فرکانس خواهد بود. بدیهی است که در صورت خطی نبودن این قسمت از منحنی در سیگنال خروجی اعوجاج ظاهر می شود.

کلیه موارد فوق را می توان روی شیب منفی منحنی پاسخ فرکانسی نیز انجام داد. در شکل ۷-۲۶ یک نمونه مدار آشکارساز شیب نشان داده شده که در آن فرکانس رزونانس مدار هماهنگی کمتر از فرکانس  $10/6$  مگاهرتز است. فرکانس رزونانس مدار هماهنگی از رابطه  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$  به دست می آید. عناصر مدار  $D$ ،  $C_2$  و  $R_1$  مدار یک آشکار AM است که سیگنال ورودی آن، سیگنال FM با دامنه متغیر است. با تغییر مقاومت  $R_1$  می توان دامنه سیگنال خروجی را تغییر داد. خازن  $C_2$  فرکانس IF را به شاسی بای پاس می کند. در این مدار از شیب صعودی منحنی پاسخ فرکانسی مطابق شکل ۷-۲۵ برای تهیه سیگنال مرکب (AM، FM) استفاده شده است.



شکل ۷-۲۶- مدار آشکارساز شیب تنظیم شده روی فرکانس کمتر از  $10/7$  مگاهرتز

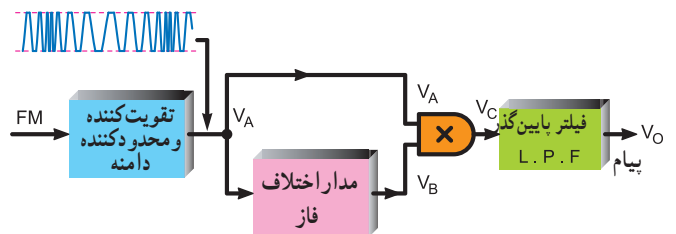
بلوک یک تقویت کننده IF است که علاوه بر تقویت دامنه سیگنال به مقدار زیاد، آن را محدود نیز می نماید. در خروجی تقویت کننده (VA) یک سیگنال تقریباً مربعی شکل وجود دارد که به صورت FM مدوله شده است. یادآور می شویم که در مدولاسیون FM پیام روی فرکانس حامل اثر می گذارد، لذا با محدود کردن دامنه سیگنال FM، پیام حذف نمی شود. خروجی تقویت کننده IF از دو مسیر وارد مدار ضرب کننده، که در این جا یک گیت آند (AND) است، می شود.

**ب) مدار اختلاف فاز (تأخیر دهنده):** در این بلوک مدار اختلاف فاز طوری تنظیم می شود که در فرکانس IF اختلاف فاز بین خروجی ورودی برابر با  $90^\circ$  درجه شود، اگر فرکانس ورودی کمتر از IF شود اختلاف فاز بیشتر از  $90^\circ$  درجه و اگر فرکانس ورودی بیشتر از IF شود اختلاف فاز کمتر از  $90^\circ$  درجه می شود.

**ج) مدار ضرب کننده:** در این مدار، خروجی زمانی وجود

### ۷-۲۲-۲- آشکارساز کوین سیدنس (Coincidence):

آشکارساز کوین سیدنس یکی از آشکارسازهای FM است که ابتدا تغییرات فرکانس را به تغییرات فاز و سپس تغییرات فاز را به تغییرات دامنه (پیام) تبدیل می نماید. بلوک دیاگرام این آشکارساز در شکل ۷-۲۷ نشان داده است.

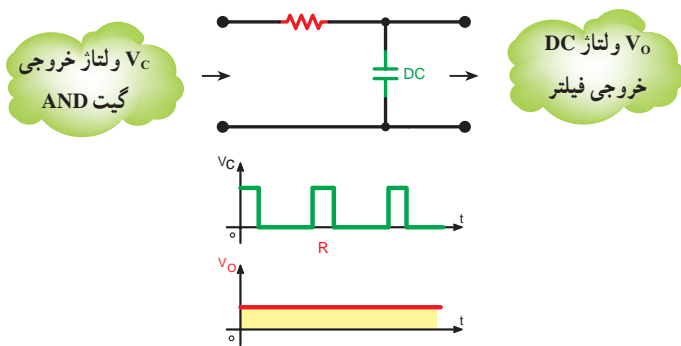


شکل ۷-۲۷- بلوک دیاگرام آشکارساز کوین سیدنس

همان طور که در شکل مشاهده می شود در این آشکارساز جمعاً

۴ بلوک وجود دارد که به تشریح نحوه کار هر بلوک می پردازیم.

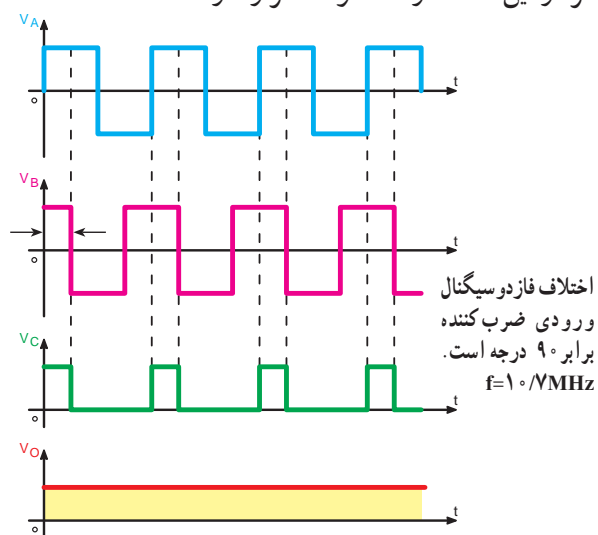
**الف) تقویت کننده و محدود کننده دامنه:** این



شکل ۷-۳۰ مدار فیلتر پایین‌گذر (انتگرال‌گیر) و سیگنال‌های

ورودی و خروجی آن

در مدار آشکار ساز کوین سیدنس شکل ۷-۲۷، به ازای فرکانس ورودی برابر IF مقدار ولتاژ DC خروجی در حد متوسط قرار می‌گیرد. حال آن‌که در فرکانس‌های بالاتر از IF ولتاژ خروجی زیاد و در فرکانس‌های کمتر از IF ولتاژ خروجی کم می‌شود. در شکل ۷-۳۱ شکل موج‌های نقاط مختلف مدار آشکار ساز کوین سیدنس با حفظ رابطه زمانی در فرکانس IF ترسیم شده است.  $V_A$  و  $V_B$  ورودی گیت ضرب‌کننده در فرکانس IF، اختلاف فاز  $90^\circ$  درجه،  $V_C$  خروجی گیت ضرب‌کننده و  $V_O$  خروجی فیلتر پایین‌گذر در فرکانس IF است. مقدار ولتاژ DC در خروجی فیلتر در این حالت در حد متوسط قرار دارد.

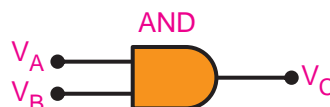


شکل ۷-۳۱ شکل موج‌های نقاط مختلف آشکار ساز در حالت  $f=10\text{MHz}$

در شکل ۷-۳۲ اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی گیت از  $90^\circ$  درجه بیشتر شده، لذا عرض پالس خروجی گیت کم و ولتاژ DC خروجی نیز کاهش یافته است. به عبارت دیگر ولتاژ خروجی در حد کم قرار دارد.

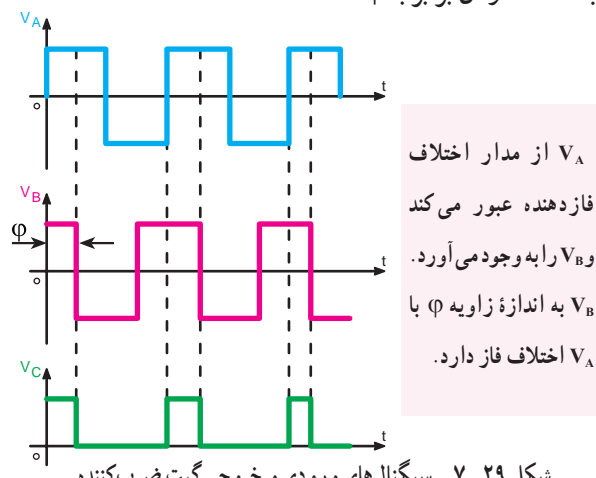
دارد که هر دو ورودی ( $V_A, V_B$ ) وجود داشته باشند. اگر دامنه سیگنال در ورودی گیت منفی باشد خروجی آن ( $V_C$ ) صفر خواهد شد. در شکل ۷-۲۸ جدول صحت و شمای فنی گیت ضرب‌کننده آمده است.

$V_A$	$V_B$	$V_C$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



شکل ۷-۲۸ جدول صحت و شمای فنی گیت ضرب‌کننده

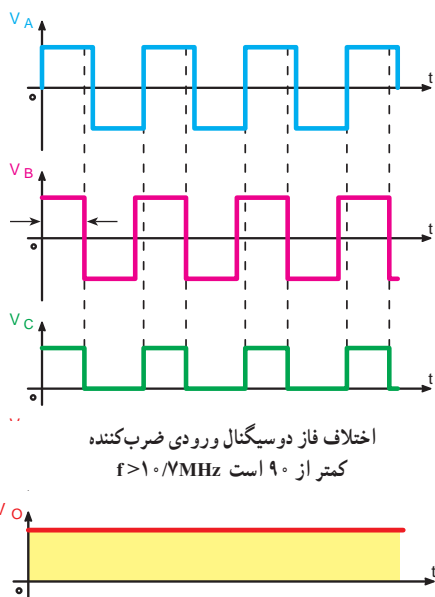
سیگنال‌های ورودی و خروجی گیت ضرب‌کننده در شکل ۷-۲۹ نشان داده شده است. توجه داشته باشید که سیگنال‌ها به ازای یک فرکانس معین رسم شده‌اند، که زاویه اختلاف فاز ایجاد شده در آن برابر با  $\phi$  است.



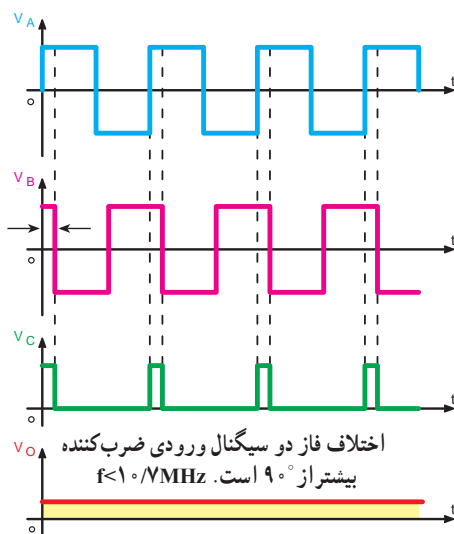
شکل ۷-۲۹ سیگنال‌های ورودی و خروجی گیت ضرب‌کننده

د) فیلتر پایین‌گذر (انتگرال‌گیر): در این بلوک مدار RC به صورت مدار انتگرال‌گیر عمل می‌کند. مدار فیلتر پایین‌گذر RC و شکل موج‌های خروجی و ورودی این مدار را در شکل ۷-۳۰ مشاهده می‌کنید.

به عبارت دیگر ولتاژ DC خروجی در حد زیاد قرار دارد.



شکل ۷-۳۳ شکل موج های نقاط مختلف آشکارساز در حالت  $f > 10^6 \text{ MHz}$



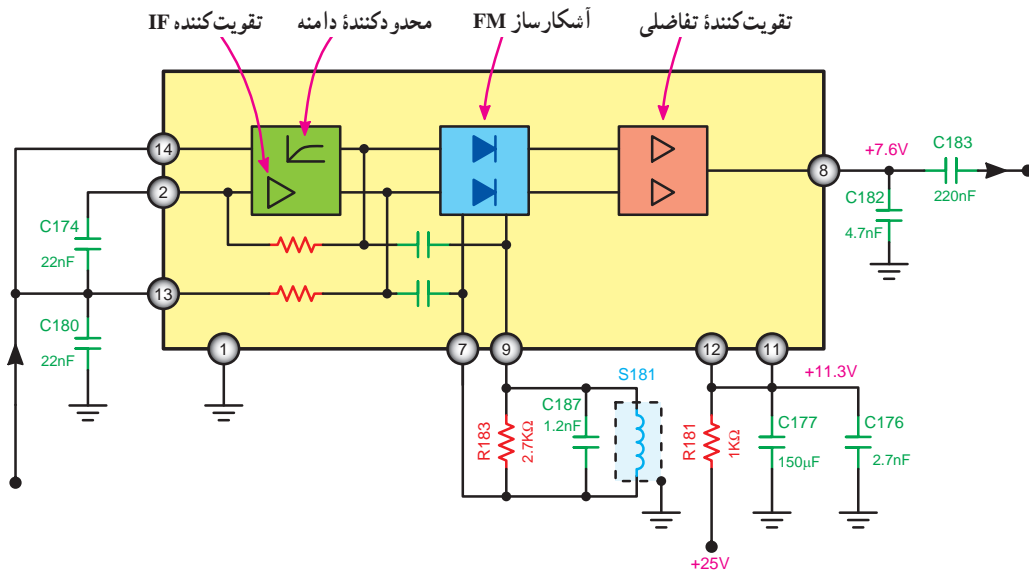
شکل ۷-۳۲ شکل موج های نقاط مختلف آشکارساز در حالت  $f < 10^6 \text{ MHz}$

در شکل ۷-۳۳ سیگنال ها به ازای  $\phi < 90^\circ$  و  $f > 10^6 \text{ MHz}$  رسم شده اند، در این حالت، ولتاژ DC خروجی افزایش یافته است.

در مسیر غیرمستقیم، مدار اختلاف فاز بین پایه های ۷ و ۹ واقع شده است. سیگنال خروجی آشکارساز به یک تقویت کننده تفاضلی می رود و بعد از تقویت از پایه ۸ آی سی خارج می شود. ولتاژ تغذیه آی سی از طریق مقاومت R181 به پایه ۱۲ آن اعمال می شود. مدارات داخلی آی سی روی شکل نام گذاری شده است. آی سی TBA120 AS یک آشکارساز FM از نوع مونو و شماره سریال عمومی آن به صورت TBA120 است.

۳-۲۲-۷- آی سی آشکارساز FM مونو: در شکل ۷-۳۴ مدار داخلی آی سی TBA120 AS به صورت بلوک دیاگرام نشان داده شده است.

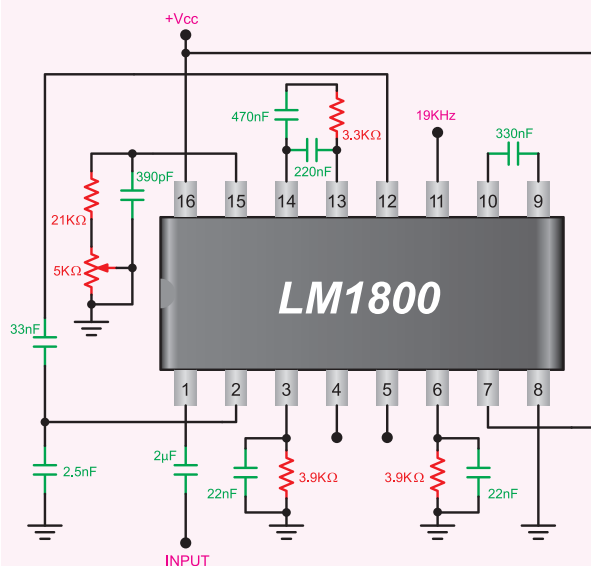
سیگنال FM با فرکانس میانی از پایه ۱۴ به آی سی اعمال می شود پس از تقویت، دامنه آن محدود می شود و از دو مسیر وارد آشکارساز FM می گردد: یکی مسیر مستقیم و دیگری مسیر غیرمستقیم که از مدار اختلاف فاز RLC عبور می کند.



شکل ۷-۳۴ آی سی آشکارساز FM (TBA120 AS)

### ۷-۲۲-۴- آی سی آشکارساز FM استریو: در

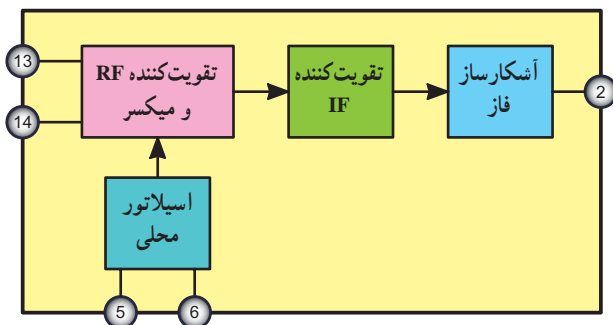
شکل ۷-۳۵ آی سی آشکارساز FM استریو نشان داده شده است. این آی سی از نوع LM1800 است. سیگنال FM از پایه شماره ۱ وارد آی سی می شود و پس از تقویت و آشکارسازی از پایه شماره ۵ خروجی (مربوط به سمت راست سیستم استریو) و از پایه شماره ۴ خروجی (مربوط به سمت چپ سیستم استریو) دریافت می شود. ولتاژ تغذیه آی سی از پایه شماره ۱۶ به آن اعمال می شود.



شکل ۷-۳۵- آی سی آشکارساز FM استریو

### ۷-۲۴- آی سی TDA7000

این آی سی در گیرنده های FM باند باریک مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۷-۳۶).



شکل ۷-۳۶- آی سی FM

اجزای تشکیل دهنده این آی سی عبارت اند از :

تقویت کننده RF - میکسر - اسیلاتور محلی - تقویت کننده IF و آشکارساز فاز.

امواج RF از پایه های ۱۳ و ۱۴ وارد آی سی می شود و پس از تقویت وارد میکسر می گردد. پایه های ۵ و ۶ آی سی به مدار هماهنگ اسیلاتور محلی متصل است.

### ۷-۲۳- الگوی پرسش

- ۱- در شکل ۷-۱۸ وظیفه مدار AFC چیست؟
- ۲- اختلاف اساسی دو گیرنده رادیویی FM و AM در چیست؟
- ۳- در شکل ۷-۲۹ مدار اختلاف فاز روی چه فرکانسی تنظیم شده است؟
- ۴- فرکانس IF در گیرنده های FM برابر... است.
- ۵- تضعیف کننده فرکانس بالا در گیرنده های رادیویی FM وجود دارد.

غلط  صحیح

چهار گزینه ای

- ۶- فیلتر به کار رفته در آشکارساز کوبین سیدنس از کدام نوع است؟

HPF (۱) LPF (۲)

BPF (۳) BRF (۴)

۵ و ۶ به مدار هماهنگ اسیلاتور محلی اتصال دارد. این مدار شامل المان‌های  $C_{17}$ ،  $L_7$  و  $D_1$  است. ولتاژ بایاس دیود خازنی  $D_1$  به وسیله پتانسیومتر خطی  $P_7$  قابل تنظیم است. با تغییر این پتانسیومتر فرکانس اسیلاتور محلی تنظیم می‌شود. دامنه سیگنال صوتی توسط ولوم غیرخطی  $P_1$  قابل تنظیم است. آی‌سی شماره ۲ یک رگولاتور ۵ ولتی است، که در این نقشه از آی‌سی LM7805 استفاده شده است.

سیگنال صوتی پس از تقویت توسط آی‌سی شماره ۳ (LM386) به بلندگو اعمال می‌شود. پایه ۲ ورودی و پایه ۵ خروجی این آی‌سی است. ولتاژ تغذیه آی‌سی LM386 از پایه ۶ به آن اعمال می‌شود.

پایه ۲ خروجی آشکارساز فاز است که سیگنال صوتی از آن دریافت می‌شود.

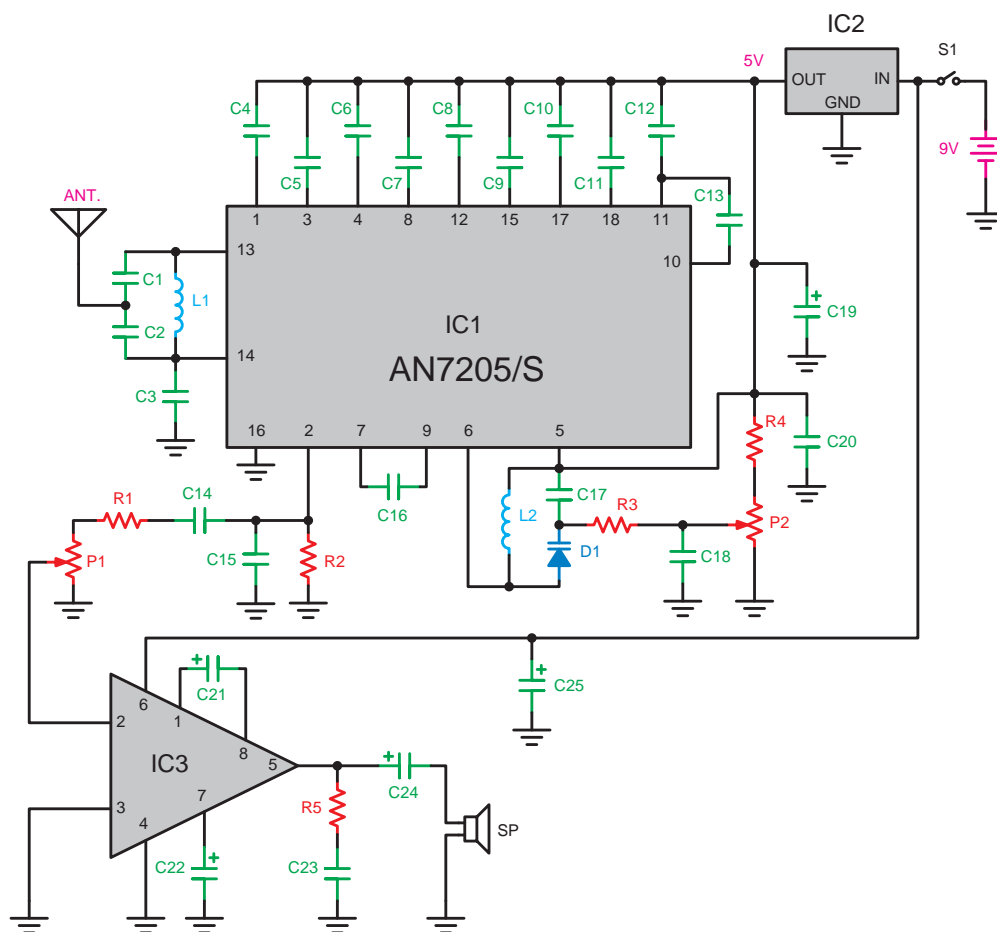
## ۷-۲۵- گیرنده رادیویی FM

در شکل ۷-۳۷ مدار کامل گیرنده رادیویی FM نشان داده شده است.

در این گیرنده آی‌سی شماره ۱ سیگنال رادیویی FM را از پایه‌های ۱۳ و ۱۴ دریافت می‌کند و پس از تبدیل آن به فرکانس IF و عمل آشکارسازی سیگنال صوتی را به وجود می‌آورد.

سیگنال صوتی پس از تقویت و عبور از مدار سکوت (Mute) از پایه ۲ آی‌سی خارج می‌شود.

پایه ۵ به ولتاژ  $+V_{CC}$  متصل است. هم‌چنین پایه‌های



شکل ۷-۳۷- گیرنده رادیویی FM با آی‌سی



## ۷-۲۶- الگوی پرسش

جست و جوی ایستگاه زمانی که گیرنده روی ایستگاه ..... است به کار می‌رود.

- (۱) فرستنده - تنظیم شده  
 (۲) فرستنده - تنظیم نشده  
 (۳) گیرنده - تنظیم شده  
 (۴) گیرنده - تنظیم نشده

۱- وظیفه مدار سکوت در گیرنده FM چیست؟ توضیح

دهید.

۲- در شکل ۷-۳۷ مسیر تغذیه دیود  $D_1$  را مشخص

کنید.

۳- در شکل ۷-۳۷ ولتاژ تغذیه آی‌سی‌های ۱ و ۳ چگونه

تأمین می‌شود؟

صحیح یا غلط

۴- آی‌سی TDAY۰۰۰ در گیرنده‌های FM باند باریک

مورد استفاده قرار می‌گیرد.

صحیح  غلط

کامل کردنی

۵- اجزای تشکیل دهنده آی‌سی TDAY۰۰۰ عبارت‌اند

از:

.....، .....، .....

چهارگزینه‌ای

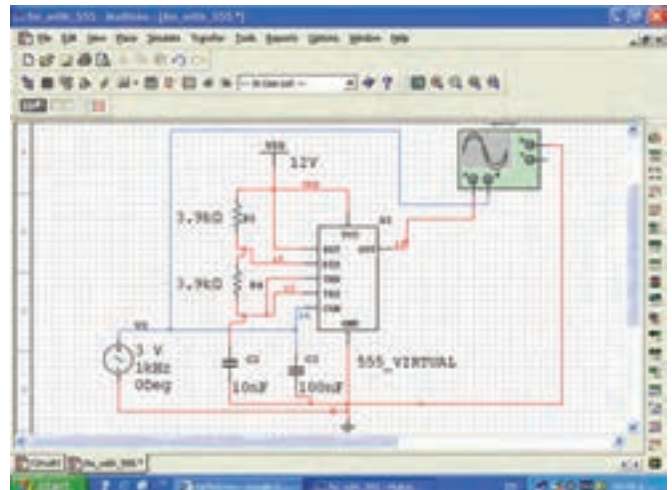
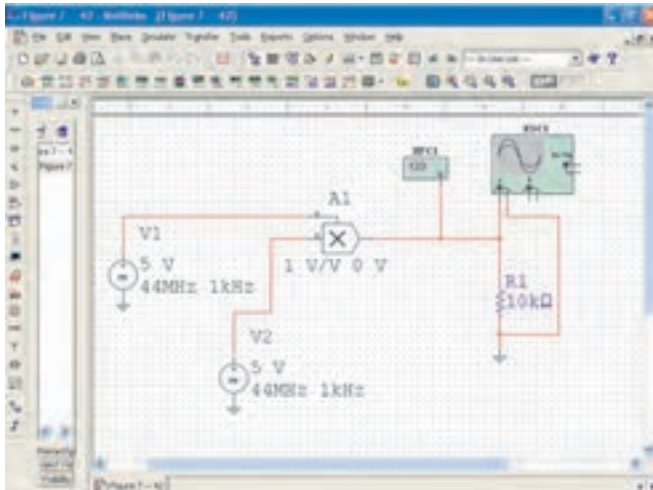
۶- مدار سکوت در FM..... به کار می‌رود و هنگام

### برای هنرجویان علاقه‌مند

با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت‌های اینترنتی مرتبط، نمونه‌های دیگری از آی‌سی‌های گیرنده و فرستنده‌های رادیویی را پیدا کنید.

### فعالیت فوق برنامه

توصیه می‌شود، با استفاده از نرم‌افزارهایی نظیر مولتی‌سیم، مدارهای مدولاتور FM و ضرب‌کننده را مطابق شکل ۷-۳۸ شبیه‌سازی کنید و شکل موج خروجی را ببینید و با تغییر سیگنال ورودی تغییرات ایجاد شده در شکل موج را مشاهده کنید.



شکل ۷-۳۸- مدارهای شبیه‌سازی شده مدولاتور و ضرب‌کننده

## گیرنده‌های رادیویی AM /FM با استفاده از مدار مجتمع (IC)

### هدف کلی

شناخت گیرنده‌های رادیویی AM/FM با استفاده از مدار مجتمع به صورت بلوک دیاگرام

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۲ ساعت آموزشی

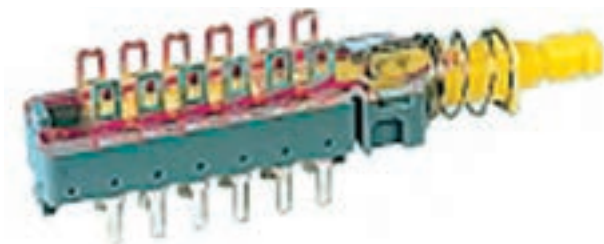
### زمان پیشنهادی

### هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

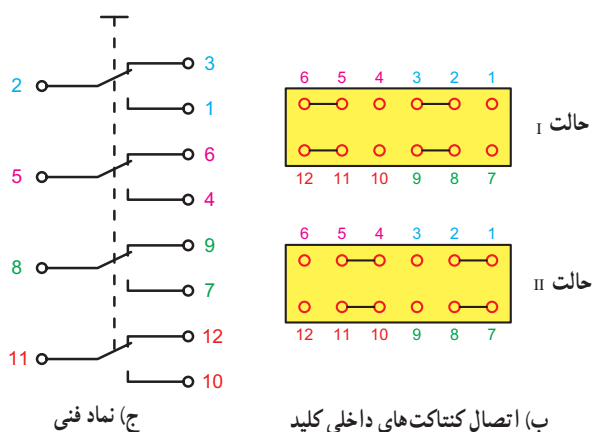
- ۱- کلیدهای مکانیکی چند حالتی و ساختمان داخلی آن را توضیح دهد. ۷۰'
- ۲- نماد مدارهای چند حالتی را رسم کند. ۲'
- ۳- موارد کاربرد کلیدهای چند حالتی را توضیح دهد. ۸'
- ۴- اصول کار کلیدهای چندحالتی الکترونیکی را شرح دهد. ۱۵'
- ۵- کاربرد کلیدهای چند حالتی الکترونیکی را توضیح دهد. ۱۵'
- ۶- با استفاده از نرم افزارهای مختلف انواع کلیدها و نماد فنی آن‌ها را به صورت عملی نمایش دهد. ۱۵'
- ۷- مشخصات فنی آی‌سی گیرنده AM/FM را شرح دهد. ۱۰'
- ۸- پایه‌های یک نمونه IC مربوط به گیرنده رادیویی AM/FM را از روی نقشه فنی و آی‌سی واقعی تشخیص دهد. ۲۰'
- ۹- بلوک دیاگرام داخلی IC گیرنده رادیویی AM/FM را با استفاده از Data sheet توضیح دهد. ۷۰'
- ۱۰- اجزا و قطعاتی را که خارج از مدار آی‌سی وصل می‌شود به صورت بلوکی توضیح دهد. ۶۰'
- ۱۱- بلوک دیاگرام قسمت‌های اصلی آی‌سی گیرنده رادیویی AM/FM را تشریح کند. ۷۰'
- ۱۲- نسبت به یافته‌های خود در ارتباط با موضوع، حساسیت به خرج دهد. ....
- ۱۳- با استفاده از data sheet بتواند ویژگی‌ها، کاربرد و نحوه اتصال قطعات خارجی و نحوه عملکرد آی‌سی‌های مشابه را تشریح کند. ۲۵'
- ۱۴- در فرایند اجرای آموزش متناسب با شرایط و محتوا، آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد. ....

## پیشگفتار

در شکل ۲-۸ الف تصویر ظاهر یک کلید دو حالت (تبدیل) را مشاهده می‌کنید که همزمان می‌تواند چهار مدار را تغییر حالت دهد. به عبارت دیگر در این کلید ۴ کلید تبدیل وجود دارد که با یک کشویی یا اهرم کار می‌کند. در شکل ۲-۸ ب اتصال داخلی و در شکل ۲-۸ ج نماد فنی این کلید را ملاحظه می‌کنید.



الف) شکل ظاهری



شکل ۲-۸ ب- کلید تبدیل دو حالت با ۴ سری کنتاکت

همان‌طور که در شکل ۲-۸ ب حالت I ملاحظه می‌شود و پایه‌های ۲ به ۳، ۵ به ۶، ۸ به ۹ و ۱۱ به ۱۲ اتصال دارد که نمای فنی شکل ۲-۸ ج نیز در این حالت ترسیم شده است. هنگامی که کلید در وضعیت II قرار می‌گیرد، کنتاکت‌های کلید تغییر وضعیت می‌دهند و پایه ۲ را به ۱، ۵ را به ۴، ۸ را به ۷ و ۱۱ را به ۱۰ متصل می‌کنند. توجه داشته باشید که جابه‌جایی کلیه کنتاکت‌ها فقط با یک تغییر مکان اهرم یا کشویی انجام می‌شود.

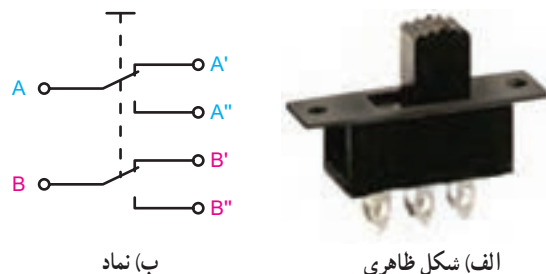
امروزه استفاده از مدارهای مجتمع در دستگاه‌های صنعتی بسیار متداول شده و عمومیت پیدا کرده است. به عنوان مثال اگر در جعبه یک گیرنده رادیویی چند موج را باز کنید معمولاً در داخل آن ترازیستوری را مشاهده نمی‌کنید، بلکه تمام قطعات فعال الکترونیکی در آن به صورت آی‌سی درآمده است. از سوی دیگر برای ارتباط و جابه‌جایی ورودی‌ها و خروجی‌های مدارهای الکترونیکی نیاز به کلیدهای چند حالت داریم که نمونه‌هایی از این نوع کلیدها در گیرنده‌های رادیویی و دستگاه‌های ترکیبی به کار می‌رود. به منظور آشنایی بیشتر با مدارهای الکترونیکی که در آن از مدار مجتمع یا IC استفاده می‌شود، در این مبحث به بررسی اختصاری نمونه‌هایی از این گونه مدارها می‌پردازیم.

## ۱-۸ - کلیدهای چند حالت مکانیکی

### ۱-۱-۸ - ساختمان داخلی کلیدهای دو حالت با چندین

**کنتاکت داخلی:** کلیدهای چند حالت از جمله کلیدهایی هستند که با جابه‌جایی کشویی یا اهرم آن، همزمان چند اتصال قطع یا چند اتصال وصل می‌شود. ساده‌ترین کلید چند حالت کلید تبدیل ساده است که همزمان مداری را قطع و مدار دیگری را وصل می‌کند. کلیدهای تبدیل دوپل و چندتایی نیز وجود دارد که همزمان دو یا چند مدار را قطع و وصل می‌کند. در شکل ۱-۸ تصویر کلید تبدیل دوپل و نمای فنی آن را مشاهده می‌کنید.

همان‌طور که در نماد کلید ملاحظه می‌شود در این حالت کنتاکت A به A' و B به B' اتصال دارد. با تغییر وضعیت کلید این کنتاکت‌ها قطع می‌شود و کنتاکت A به A'' و B به B'' متصل می‌شود.



شکل ۱-۸ - کلید تبدیل دوپل با دو سری کنتاکت و نماد آن

در دستگاه‌های الکترونیکی کلیدهای چند حالت می‌تواند در موارد زیر کاربرد داشته باشد.

— **تغییر موج AM به FM:** در این حالت کلید دو حالت تبدیل با کنتاکت‌های متعدد به کار می‌رود.

— **کلید AC/DC در دستگاه‌های الکترونیکی:** در این حالت از کلید دو حالت تبدیل دویل استفاده می‌شود.

— **کلید انتخاب موج AM رادیو روی  $SW_1, MW, SW_2$  و ...:** در این حالت کلید تبدیل چند حالت

با تعداد کنتاکت‌های داخلی زیاد به کار می‌رود.

— **کلید Radio/Tape پخش رادیو:** در این حالت از کلید تبدیل دو حالت با کنتاکت‌های متعدد استفاده می‌شود.

## ۲-۱-۸ - کلیدهای چند حالت: علاوه بر کلید دو حالت،

کلیدهای چند حالت نیز وجود دارند که کشویی یا اهرم کلید می‌تواند طی چند مرحله جابه‌جا شود و در هر مرحله چندین کنتاکت را جابه‌جا کند در شکل ۳-۸ نمونه‌هایی از کلیدهای چند حالت را ملاحظه می‌کنید.



## ۲-۲-۸ - کلیدهای چند حالت الکترونیکی (سوئیچ آنالوگ)

### ۱-۲-۸ - کلید یک حالت الکترونیکی: در دستگاه‌های مدرن

سعی می‌کنند تا حد امکان به جای کلیدهای مکانیکی از کلیدهای الکترونیکی استفاده کنند. از یک ترانزیستور می‌توان به عنوان کلید یک حالت استفاده کرد. زیرا اگر ترانزیستور به حالت اشباع برود مانند یک کلید بسته عمل می‌کند. در شکل ۴-۸ یک نوع کلید یک حالت الکترونیکی را با دو نوع تحریک مشاهده می‌کنید.

توجه داشته باشید که جریان مورد نیاز برای تغذیه بیس ترانزیستور بسیار کم و در حدود میکرو تا میلی‌آمپر است. در مدار شکل

۴-۸ الف کلید الکترونیکی را ملاحظه می‌کنید که بیس با یک کلید on/off تحریک می‌شود. در این مدار برای قطع کردن کلید

الکترونیکی باید کلید on/off را تغییر وضعیت داد. در شکل ۴-۸ ب برای تحریک بیس ترانزیستور از یک مدار مولتی

ویراتور بی‌استابل استفاده شده است. لذا برای تحریک مدار می‌توان از شستی فشاری استفاده کرد. در این نوع کلید با یک

بار فشار دادن شستی فشاری، دستگاه روشن و با فشار مجدد آن دستگاه خاموش می‌شود.



شکل ۳-۸ - نمونه‌هایی از کلیدهای چند حالت

## ۳-۱-۸ - موارد کاربرد کلیدهای چند حالت: کلیدهای

چند حالت در مواقعی به کار می‌رود که هم‌زمان بخواهیم محل اتصال تعدادی قطعه را در یک مدار جابه‌جا کنیم. به عنوان مثال

### ۳-۲-۸- کاربرد کلیدهای چند حالتی الکترونیکی: امروزه

تقریباً در کلیه دستگاه‌های الکترونیکی مدرن از قبیل موبایل، کامپیوتر، دستگاه‌های صوتی تصویری، سامانه‌های صنعتی و ... از کلید چند حالتی الکترونیکی استفاده می‌شود.

به‌عنوان مثال در یک ماشین حساب معمولی، از یک کلید چند حالتی استفاده می‌شود که ورودی‌های آن شستی‌های فشاری صفحه کلید و خروجی‌های آن فرمان‌های لازم به صفحه نمایشگر و یا هر نوع خروجی دیگر است. یادآور می‌شود که در سامانه‌های مدرن مدار ریزپردازنده، پس از دریافت فرمان‌ها، عمل پردازش را انجام می‌دهد و پس از پردازش، فرمان مورد نیاز را به خروجی می‌دهد. به عبارت دیگر با فشار دادن یک شستی روی موبایل فرمان لازم برای شماره‌گیری داده می‌شود و پس از آن کلیه فرایندها به‌طور خودکار انجام می‌شود.

### ۳-۸- الگوی پرسش

۱- موارد کاربرد کلیدهای چند حالتی را نام ببرید (سه مورد).

۲- تفاوت کلیدهای مکانیکی چند حالتی با کلیدهای الکترونیکی چند حالتی را به‌طور خلاصه شرح دهید.

۳- حداقل ۵ مورد از وسایل خانگی را نام ببرید که در آن کلید مکانیکی، الکترونیکی به کار رفته باشد.

۴- نقشه داخلی یک کلید سه حالتی را که در هر حالت دو سری کنتاکت تبدیل را جابه‌جا می‌کند رسم کنید.

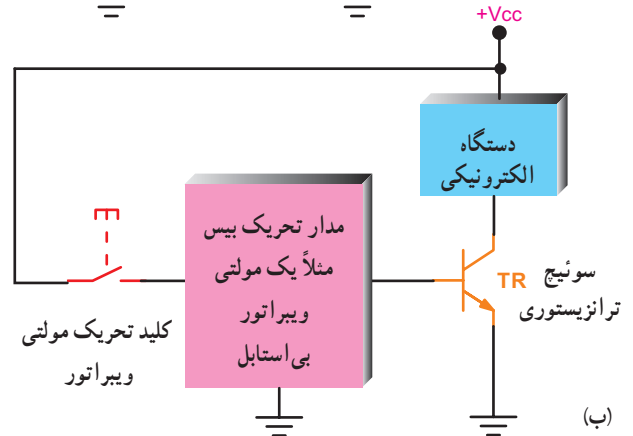
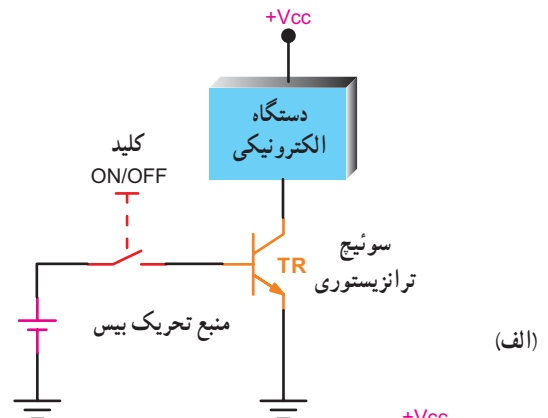
### صحیح یا غلط

۵- در تغییر موج AM به FM از کلید دو حالتی تبدیل با کنتاکت‌های متعدد استفاده می‌شود.

□ صحیح □ غلط

کامل کردنی

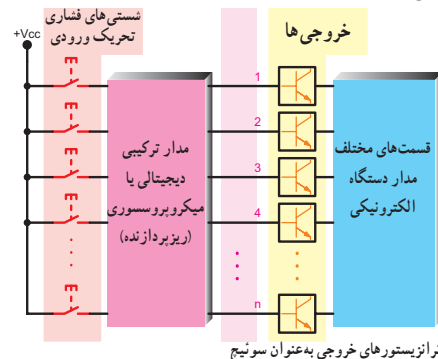
۶- امروزه تقریباً در کلیه دستگاه‌های الکترونیکی مدرن از کلید ..... استفاده می‌شود.



شکل ۴-۸- کلید یک حالتی الکترونیکی با استفاده از یک ترانزیستور

### ۳-۲-۸- کلیدهای چند حالتی الکترونیکی: در کلیدهای

چند حالتی الکترونیکی به جای یک مدار مولتی و بیراتور از یک مدار ترکیبی دیجیتالی یا مدار ریزپردازنده (میکروپروسسور Microprocessor) که دارای یک یا چند ورودی و تعداد زیادی خروجی است استفاده می‌کنند. خروجی‌های این مدار به بیس ترانزیستورهای اعمال می‌شود که تغذیه قسمت‌های مختلف را تأمین می‌کنند. در شکل ۵-۸ بلوک دیاگرام این کلید الکترونیکی را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۵-۸- یک نمونه کلید الکترونیکی چند حالتی

## کار با نرم افزار

### برای هنرجویان علاقه مند

در صورت امکان نمونه هایی از انواع کلیدها و نماد فنی آنها که در نرم افزارهای مختلف وجود دارد توسط مربی برای دانش آموزان به نمایش درآید و کاربرد آنها به صورت نرم افزاری اجرا شود.

### برای هنرجویان علاقه مند

با مراجعه به منابع مختلف، از جمله سایت های آموزشی الکترونیکی، انواع دیگر کلیدهای چندحالتی را پیدا کنید و به عنوان پروژه به صورت فایل کامپیوتری ارائه دهید.

## ۴-۸ - مشخصات فنی آی سی گیرنده AM/FM

۴-۸-۱ - شکل ظاهری و اطلاعات عمومی: در

دستگاه های مدرن الکترونیکی از قطعات جدا از هم (Discrete) استفاده نمی شود و جای آنها را مدارهای مجتمع یا IC گرفته است. کاربرد IC به جای ترانزیستور باعث کوچک شدن حجم دستگاه، آسان شدن تعمیرات، کم شدن انرژی مصرفی دستگاه و ارزان شدن قیمت آن می شود.

در یک IC مجموعه ای از ترانزیستورها در یک تراشه (Chip) قرار می گیرد و در مجموع بلوک های داخلی آی سی را که با هم در ارتباط هستند تشکیل می دهد. در شکل ۶-۸ تصویر ظاهری دو نمونه آی سی گیرنده رادیویی AM/FM را ملاحظه می کنید.



شکل ۶-۸ - تصویر ظاهری دو نمونه IC گیرنده رادیویی AM/FM

می رسد.

- این IC دارای تقویت کننده RF، اسپلاتور، تقویت کننده IF، آشکارساز ویژه کوآدرچر (Quadrature) و راه انداز LED برای نشان دادن ایستگاه است.
- کنترل ولوم (حجم صدا) به صورت الکترونیکی اجرا می شود.
- آی سی یک پارچه و با استفاده از ترانزیستورهای دو قطبی (Bipolar) ساخته شده است.
- آی سی CX1619S به صورت سی پایه در بسته بندی های پلاستیکی مسطح ساخته می شود و قابل نصب روی برد های معمولی مدار چاپی است.
- آی سی CX1619M دارای ۲۸ پایه است و

- مشخصات عمومی این آی سی که از برگه داده ها (Data sheet) استخراج شده است، به شرح زیر است:
- این آی سی برای گیرنده رادیویی مورد استفاده در دستگاه های ضبط صوت ساخته شده است.
- تعداد قطعات جانبی این آی سی کم است.
- ولتاژ تغذیه این آی سی  $+3V$  و جریان مصرفی آن بسیار کم و برای موج AM در حدود  $3/4\text{ mA}$  و برای موج FM در حدود  $5/3\text{ mA}$  است.
- برای تغییر موج AM به FM از کلید چند حالتی الکترونیکی داخلی استفاده شده است.
- قدرت خروجی صوتی نسبتاً زیاد، در ولتاژ  $VCC = 6V$  و امپدانس بار ۸ اهم حدوداً به  $50^\circ$  میلی وات



در بسته بندی های پلاستیکی مسطح ساخته می شود و قابل نصب روی مدارهای چاپی به صورت SMD است.

- ولتاژ پیشنهادی برای تغذیه بین ۲ تا ۷/۵ ولت برای نوع M و بین ۲ تا ۸/۵ ولت برای نوع S است.
- مقادیر ماکزیمم ولتاژ تغذیه ۱۴ ولت، درجه

حرارت کار ۱۰- الی ۶۰+ درجه سانتی گراد، درجه حرارت ذخیره سازی در انبار بین ۵۰- تا ۱۲۵+ درجه سانتی گراد و ماکزیمم توان تلفاتی در IC برای نوع M برابر با ۷۰۰ میلی وات و برای نوع S حدود ۱۰۰۰ میلی وات است.

### نکته مهم

پس از آموزش Data sheet، دانش آموز باید بتواند با استفاده از برگه اطلاعات آی سی (Data sheet)، که به زبان انگلیسی است، این اطلاعات را به دست بیاورد.

فراگیرید تا بتوانید به آسانی نیازهای خود را برطرف نمایید. همچنین از آنجا که مفاهیم فنی برای انواع آی سی های مرتبط با یک خانواده اشتراک دارد، لذا با فراگیری یک نمونه از Data sheet قادر خواهید بود نمونه های مشابه دیگر را توصیف کنید.

### ۲-۴-۸ - برگه اطلاعات یا Data sheet آی سی:

در شکل ۷-۸ قسمتی از برگه اطلاعات آی سی مورد مطالعه را مشاهده می کنید. توجه داشته باشید که کلیه اطلاعات فنی هر قطعه الکترونیکی در Data sheet وجود دارد و از طریق منابع مختلف از جمله سایت های مختلف اینترنتی قابل دسترسی است. بنابراین ضروری است که کلیه این اطلاعات را به زبان اصلی

### فعالیت فوق برنامه برای هنرجویان علاقه مند

با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت های اینترنتی، Data Sheet آی سی های مشابه دیگر را جست و جو کنید و آنها را مورد مطالعه قرار دهید.



**For the availability of this product, please contact the sales office.**

**Description**

CXA1619M/S is a one-chip FM/AM radio IC designed for radio-cassette tape recorders and headphone tape recorders, and has the following functions.

**Features**

- Small number of peripheral components.
- Low current consumption (Vcc=3V)
  - For FM: Id=5.3mA (Typ.)
  - For AM: Id=3.4mA (Typ.)
- Built-in FM/AM select switch.
- Large output of AF amplifier.
  - Vcc=6V, EIAJ output=500mW (Typ.) when Vcc=6V, load impedance 8Ω

**Functions**

**FM section**

- RF amplifier, Mixer and OSC (incorporating AFC variable capacitor).
- IF amplifier
- Quadrature detection
- Tuning LED driver

**AM section**

- RF amplifier, Mixer and OSC (with RF AGC)
- IF amplifier (with IF AGC)
- Detector
- Tuning LED driver

**AF section**

- Electronic volume control

**Structure**

Bipolar monolithic IC

**Recommended Operating Conditions**

Supply voltage	Vcc	2 to 7.5	V (CXA1619M)
	Vcc	2 to 8.5	V (CXA1619S)

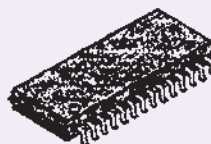
**Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)**

• Supply voltage	Vcc	14	V
• Operating temperature	Topr	-10 to +60	V
• Storage temperature	Tstg	-50 to +125	V
• Allowable power dissipation	Pd	700	mW (CXA1619M)
	Pd	1000	mW (CXA1619S)

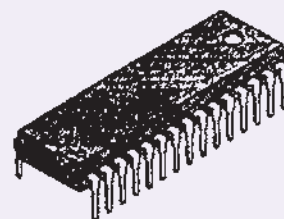
**توجه**

کلیه اطلاعات فنی این قسمت از Data sheet توسط هنرجویان ترجمه می شود.

CXA1619M  
28 pin SOP (Plastic)



CXA1619S  
30 pin SDIP (Plastic)



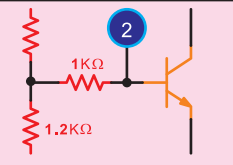
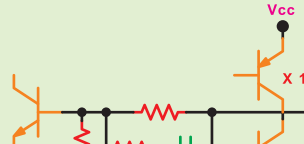

این آی سی به صورت ۲۸ پایه و ۳۰ پایه ساخته می شود.



## نکته مهم

اطلاعاتی از قبیل شماره پایه (No)، نماد مثل (GND)، ولتاژ تغذیه، مدار معادل و توضیحات مربوط به آن را پیدا کنید. هدف از ارائه این جدول صرفاً آشنایی با نحوه استفاده از جدول و فراگیری اصطلاحات فنی به زبان انگلیسی است. تحلیل مدارهای معادل موردنظر نبوده و در آزمون‌ها از آن سؤال طرح نمی‌شود.

عملکرد و مشخصات هر یک از پایه‌ها را باید با مراجعه به Data sheet و استفاده از کلمات و لغات به زبان اصلی فراگیرید. در آزمون، در صورت طرح سؤال از پایه‌ها، باید علامت اختصاری و حروف مربوط به پایه به زبان انگلیسی داده شود. شکل ۸-۹ قسمتی از Data sheet آ‌سی CXA۱۶۹S است که از طریق آن می‌توانید

No.	Symbol	Voltage (V)				Equivalent Circuit	Description
		Vcc = 3V		Vcc = 6V			
		FM	AM	FM	AM		
1 (1,2)	GND	0	0	0	0		
2 (3)	FM DISCRI	2.18	2.70	4.88	5.43		Phase shift circuit Connect ceramic discriminator
3 (4)	NF	1.5	1.5	3.0	3.0		Negative feedback pin
27 (28)	AF OUT	1.5	1.5	3.0	3.0		Power amplifier output pin

شکل ۸-۹ - قسمت دیگری از Data sheet که در طراحی مدار قابل استفاده است.

### ۴- کار پایه‌های ۳ و ۴ و ۱۰ و ۲۴ آ‌سی CXA۱۶۹S

را به اختصار بنویسید.

### ۵- هر یک از پایه‌های تغذیه، ورودی FMIF و انتخاب

باند FM و AM و خروجی AF و AGC در آ‌سی CXA۱۶۹S

دارای چه شماره‌ای است؟

### ۶- از برگه اطلاعات (Data sheet) چه نتایج و اطلاعاتی

را کسب می‌کنید؟ توضیح دهید.

### ۵- ۸- الگوی پرسش

۱- مزایای استفاده از آ‌سی به جای ترانزیستور را توضیح

دهید.

۲- چهار مورد از مشخصات عمومی آ‌سی CXA۱۶۹

را با استفاده از Data sheet بنویسید.

۳- 28pin sop (plastic) در روی آ‌سی CXA۱۶۹M

چه مفهومی دارد؟ توضیح دهید.

## صحیح یا غلط

۷- آی سی CXA۱۶۱۹S گیرنده FM/AM است.

صحیح □ غلط □

## چهار گزینه‌ای

۸- در آی سی CXA۱۶۱۹S روی پایه ۳ نوشته شده

است، FM DISCRI این پایه مربوط به ..... است.

۱- اسپلاتور FM

۲- انتخاب باند FM/AM

۳- فیلتر ضربان گیر

۴- آشکار ساز FM

AFC و AGC در این بلوک قرار دارد و سیگنال‌های دریافتی از پایه ۷ را به پایه‌های ۲۲ یا ۲۳ می‌رساند.

۶- بلوک مشخص‌کننده وضعیت ایستگاه : هنگامی

که گیرنده روی ایستگاه تنظیم می‌شود، یک LED به حالت روشن درمی‌آید. عناصر مربوط به این بلوک معمولاً یک LED و یک مقاومت و خازن است. به این بلوک ولتاژ تغذیه نیز وارد می‌شود.

۷- بلوک IF امواج AM و FM : مدارهای IF مربوط

به امواج AM و FM در این بلوک قرار دارد و سیگنال IF پایه ۱۵ را به پایه‌های ۱۷ یا ۱۸ می‌رساند.

۸- بلوک مدار انتخاب باند : این بلوک در واقع یک کلید

تبدیل دو حالتی است جهت انتخاب باند که فرمان لازم را به سوئیچ الکترونیکی داخل IC می‌دهد. کلید به پایه ۱۶ متصل می‌شود.

۹- بلوک مدار کادر آنتن FM : در این بلوک مدار

کادر آنتن FM قرار دارد و سیگنال دریافتی را به پایه‌های ۱۳ و ۱۰ می‌رساند.

۱۰- بلوک کادر آنتن AM : در این بلوک مدار کادر

آنتن AM قرار می‌گیرد و سیگنال دریافتی را به پایه شماره ۱۱ آی سی می‌رساند.

۱۱- بلوک مدار هماهنگی اسپلاتور FM : در این

بلوک مدار هماهنگی اسپلاتور FM قرار می‌گیرد و شرایط مناسب را برای نوسان‌سازی از طریق پایه ۸ فراهم می‌کند.

۱۲- بلوک مدار هماهنگی اسپلاتور AM : در این

بلوک یک مدار هماهنگی قرار دارد که در شرایط دریافت موج AM فعال می‌شود. این مدار هماهنگی به پایه شماره ۶ آی سی متصل می‌شود.

۱۳- بلوک مدار ولوم : این بلوک فرمان مورد نیاز را

برای تنظیم ولوم از طریق پایه شماره ۵ به آی سی می‌دهد.

۱۴- بلوک فیدبک منفی : این بلوک یک فیدبک منفی

برای تثبیت فرآیند کار در آی سی فراهم می‌کند.

۱۵- مدار تشخیص‌دهنده سیگنال FM : قسمتی

از اجزای مدار آشکار ساز FM از طریق پایه شماره ۳ به آی سی متصل می‌شود.

## ۶- ۸ - بلوک‌های بیرونی و ارتباط آن با آی سی

برای تشکیل مدار گیرنده رادیو لازم است اجزاء و قطعاتی را به پایه‌های آی سی متصل کنیم. معمولاً این قطعات اجزای غیرفعال مانند مقاومت، سیم پیچ، خازن، کریستال و ... هستند. از آن جا که معمولاً قطعات جانبی IC محدود است لذا ساختن مدار و راه‌اندازی آن نسبت به مدارهای ترازیستوری جدا از هم بسیار آسان تر است.

در شکل ۱-۸، مدارهای جانبی متصل شده به آی سی گیرنده AM و FM را به صورت بلوکی مشاهده می‌کنید. در این شکل کار هر یک از بلوک‌ها به شرح زیر است. یادآور می‌شود که در این شکل بلوک‌های اصلی را نشان داده‌ایم.

۱- بلوک منبع تغذیه : این بلوک ولتاژ تغذیه آی سی را تأمین می‌کند و ولتاژ را به پایه شماره ۲۷ می‌رساند.

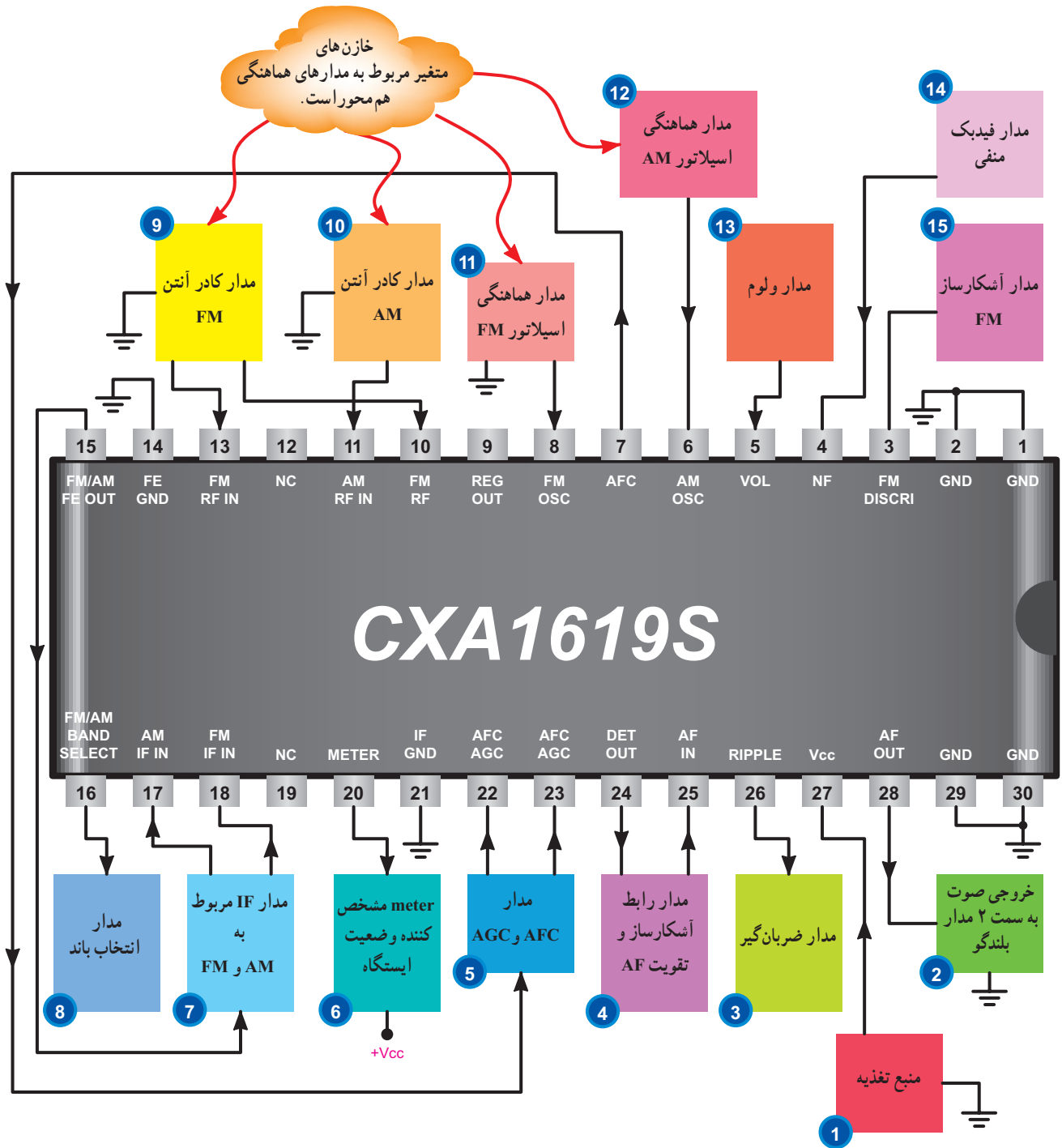
۲- بلوک مدار بلندگو : این بلوک خروجی صوتی تولید شده توسط آی سی را از پایه شماره ۲۸ دریافت می‌کند و آن را به بلندگو می‌رساند.

۳- بلوک ضربان گیر : این بلوک ضربه‌های ناخواسته ایجاد شده در مدار را از بین می‌برد. اجزای مدار آن معمولاً یک خازن الکترولیتی است که به پایه شماره ۲۶ متصل می‌شود.

۴- بلوک رابط آشکار ساز و تقویت کننده AF : این بلوک سیگنال خروجی آشکار ساز را از پایه ۲۴ به ورودی تقویت کننده صوت یعنی پایه ۲۵ می‌رساند.

۵- بلوک مدار AFC و AGC : عناصر خارجی مدار

همان‌طور که ملاحظه می‌شود تعداد قطعات و بلوک‌های بیرونی IC بسیار کمتر از مدارهای ترانزیستوری است و معرفی این بلوک‌ها به منظور آشنایی شما با انواع مدارهای جانبی آی‌سی‌ها بیان شده است.



شکل ۱۰ - ۸ - بلوک بیرونی IC گیرنده AM/FM

## صحیح یا غلط

۹- روی پایه ۱۶ آی سی CXA۱۶۱۹S نوشته شده است  
(FM/AM BAND SELECT) این پایه مربوط به مدار انتخاب  
باند است.

صحیح  غلط

## ۸ - ۸ - بررسی کلی بلوک دیاگرام آی سی گیرنده رادبویی AM/FM

همان طور که قبلاً اشاره شد، در داخل هر تراشه مدار  
مجتمع، متناسب با نوع آن تعداد بسیار زیادی ترانزیستور قرار  
دارد که از طریق ارتباط آن‌ها با یکدیگر، فرآیند عملکرد آی سی  
مشخص می‌شود. برای تحلیل مدار داخلی آی سی به دو طریق  
عمل می‌کنند:

الف) بررسی و تحلیل دقیق قطعات داخل تراشه و تعیین  
عملکرد آن‌ها

ب) بررسی مجموعه تراشه به صورت چند بلوک و تعیین  
ارتباط بلوک‌ها با یکدیگر

روش تحلیلی «الف» برای طراحی آی سی و ساخت آن  
مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش «ب» موارد کاربرد آی سی  
و نحوه اتصال آن به مدار مطالعه می‌شود. در این مبحث به طور  
خیلی خلاصه بلوک دیاگرام داخلی آی سی گیرنده رادبویی  
AM/FM را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

شکل ۱۱-۸ بلوک دیاگرام قسمت‌های اصلی و مهم این  
آی سی را که از Data sheet برداشته شده است نشان می‌دهد.

همان طور که در شکل ۱۱-۸ مشاهده می‌شود، در این مدار  
مجتمع تعداد ۷ بلوک اصلی به شرح زیر وجود دارد.

## فعالیت فوق برنامه

با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت اینترنتی،  
اطلاعات Data sheet نمونه دیگری از این نوع آی سی‌ها  
را پیدا کنید و مشخصات آن را بیابید، سپس نتیجه را با  
آی سی مورد بحث مقایسه کنید.

## ۷-۸ - الگوی پرسش

۱- ولتاژ مثبت تغذیه به کدام پایه آی سی CXA۱۶۱۹S  
اتصال می‌یابد؟

۲- کلمه NC روی بعضی از پایه‌های آی سی چه مفهومی  
دارد؟

۳- مدار کادر آنتن AM به کدام پایه آی سی اتصال  
دارد؟

۴- شماره بلوک ضربان‌گیر کدام است؟ این بلوک به کدام  
پایه آی سی اتصال دارد؟ مدار ضربان‌گیر معمولاً از چه اجزایی  
تشکیل شده است؟

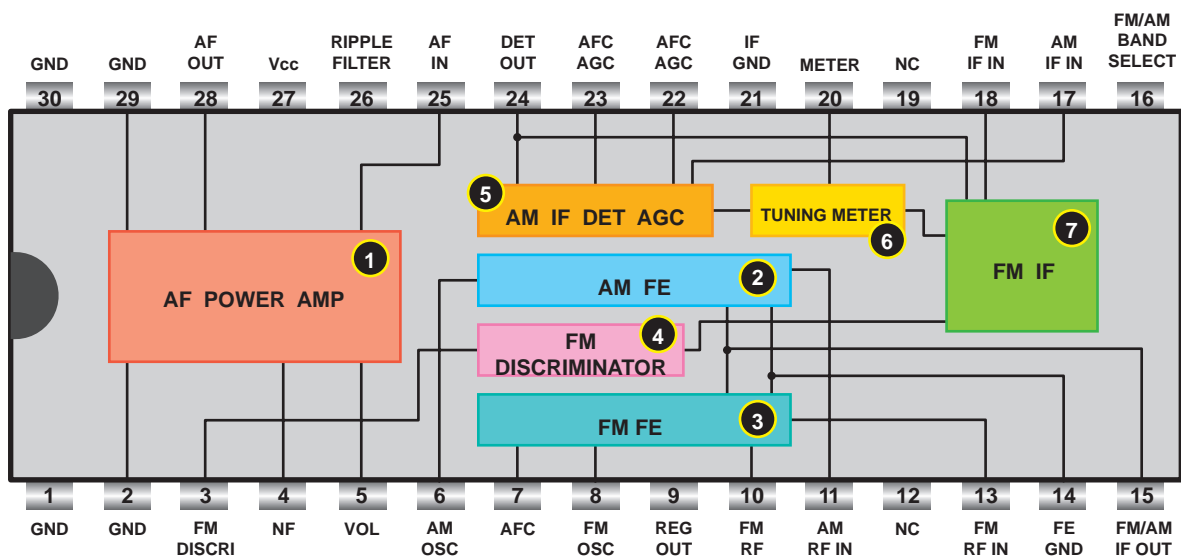
۵- بلوک شماره ۶ به کدام پایه آی سی اتصال دارد؟ کار  
این بلوک را به اختصار توضیح دهید.

۶- مدار کادر آنتن FM به کدام پایه‌های آی سی اتصال  
دارد؟

۷- سیگنال دریافتی از پایه ۷ آی سی از طریق کدام بلوک  
و به کدام پایه‌های آی سی اتصال داده می‌شود؟

## کامل کردنی

۸- در آی سی CXA۱۶۱۹S، FM OSC به مفهوم  
..... و RIPPLE به مفهوم ..... است.



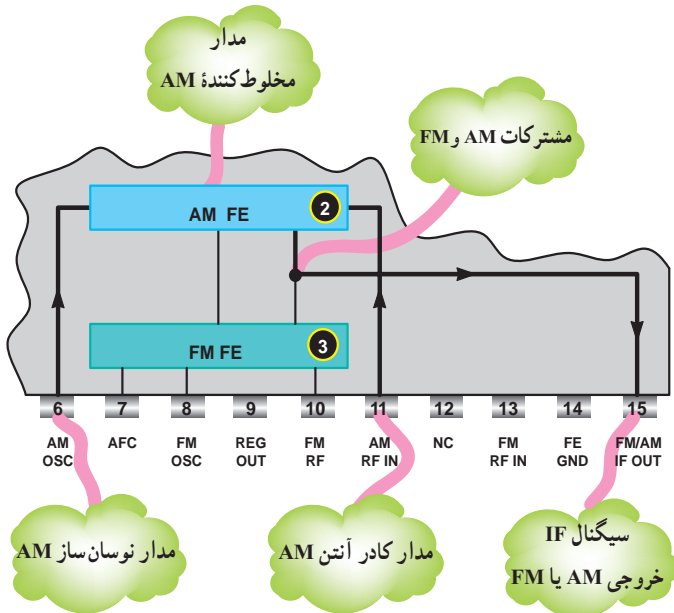
شکل ۱۱- ۸ - بلوک دیگرگرام قسمت های اصلی آی سی گیرنده رادیویی AM/FM

۱- **AF power Amp**: این بلوک تقویت کننده قدرت صوتی است و طبق شکل ۱۲- ۸ سیگنال صوتی خروجی آشکارساز را که در پایه شماره ۲۴ وجود دارد دریافت می کند و به پایه شماره ۲۵ می رساند. این سیگنال وارد تقویت کننده قدرت صوت می شود و پس از تقویت به پایه شماره ۲۸ می رسد. فرمان لازم برای ولوم الکترونیکی توسط یک پتانسیومتر به پایه ۵ داده می شود. پایه شماره ۴ از طریق یک خازن به زمین وصل می شود و

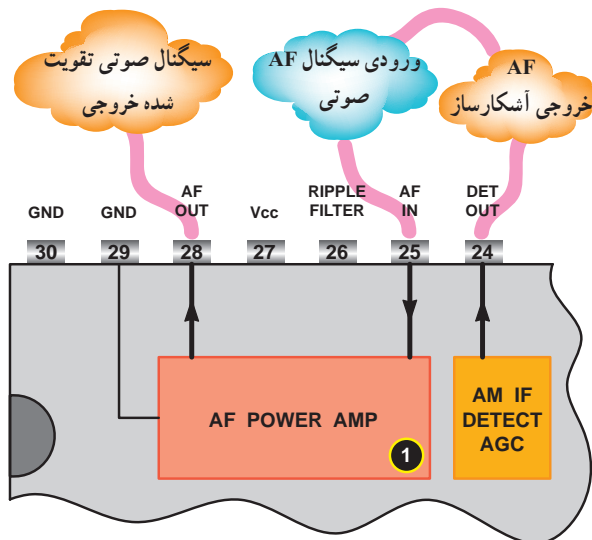
فیدبک منفی مورد نیاز را برای تقویت کننده فراهم می کند پایه های ۲۹ و ۲ به زمین اتصال دارند.

۲- این بلوک به نام AM front End یا AMFE نامیده شده است. در واقع این بلوک عمل دریافت، و مخلوط کنندگی را برای سیگنال AM اجرا می کند و خروجی IF را مهیا می نماید و مدار نوسان ساز نیز در این بلوک قرار دارد. در شکل ۱۳- ۸ مسیر سیگنال در این بلوک مشخص شده است.

۱- **AF power Amp**: این بلوک تقویت کننده قدرت صوتی است و طبق شکل ۱۲- ۸ سیگنال صوتی خروجی آشکارساز را که در پایه شماره ۲۴ وجود دارد دریافت می کند و به پایه شماره ۲۵ می رساند. این سیگنال وارد تقویت کننده قدرت صوت می شود و پس از تقویت به پایه شماره ۲۸ می رسد. فرمان لازم برای ولوم الکترونیکی توسط یک پتانسیومتر به پایه ۵ داده می شود. پایه شماره ۴ از طریق یک خازن به زمین وصل می شود و



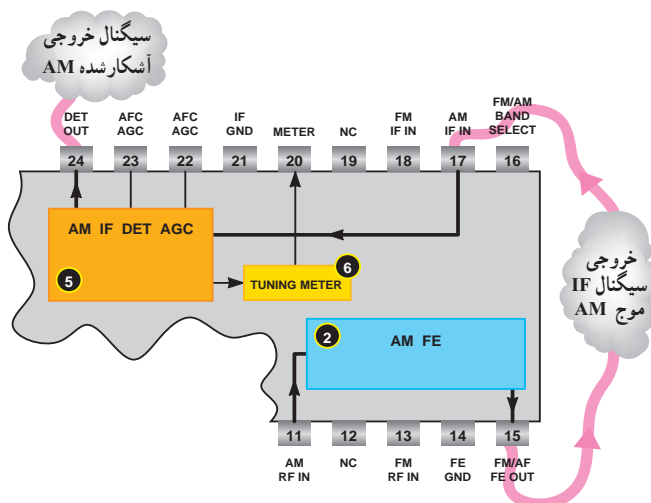
شکل ۱۳- ۸ - مسیر تولید سیگنال IF موج AM



شکل ۱۲- ۸ - بلوک تقویت کننده قدرت



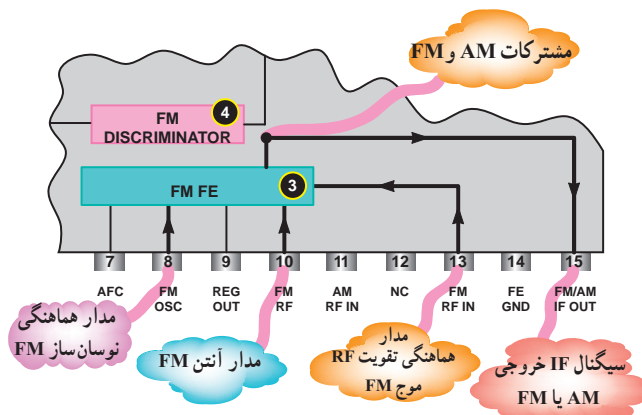
۵ - بلوک ۵ نقش آشکارساز AM و AGC و AFC را برعهده دارد. این بلوک سیگنال خود را که سیگنال IF موج AM است از پایه شماره ۱۷ دریافت می کند و پس از آشکارسازی به پایه شماره ۲۴ می رساند. سیگنال پایه ۱۷ نیز از طریق پایه ۱۵ تأمین می شود. در شکل ۱۶-۸ مسیر این بلوک نشان داده شده است.



شکل ۱۶-۸ مدار آشکارساز و AGC موج AM

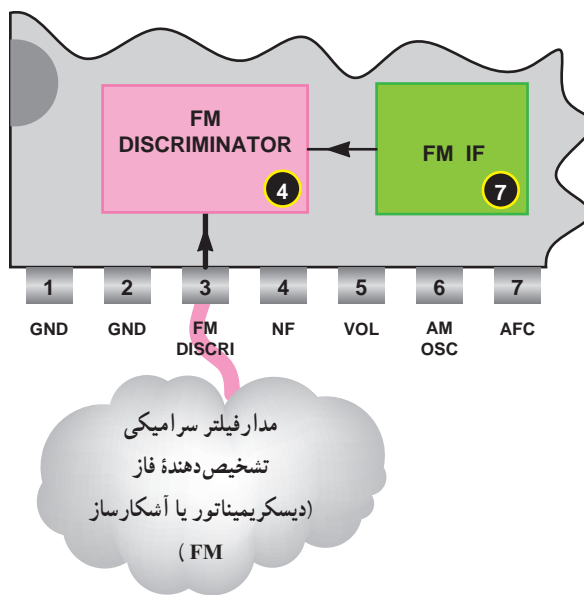
۶ - این بلوک به نام Tuning meter به معنی اندازه گیر تنظیم ایستگاه است. از طریق این بلوک یک LED روشن می شود که روشن شدن LED معرف تنظیم بودن ایستگاه است. ورودی های این بلوک از خروجی های آشکارساز AM و FM دریافت می شود و خروجی آن به پایه شماره ۲۰ می رسد. به این پایه یک LED و یک مقاومت متصل می شود و نهایتاً به  $V_{CC}$  می رود. در شکل ۱۷-۸ مسیر این بلوک را ملاحظه می کنید. در شرایطی که ایستگاه دریافت نمی شود ولتاژ آند دیود نسبت به کاتد آن در حدی نیست که آن را روشن کند. یعنی ولتاژ پایه ۲۰ حدوداً برابر  $V_{CC}$  است و LED خاموش می باشد. هنگامی که ایستگاه دریافت می شود، ولتاژ پایه ۲۰ از  $V_{CC}$  کمتر شده و LED هادی شده و روشن می شود.

۳- این بلوک به نام FM Front End شناخته می شود. در این مدار مشابه بلوک ۲ عمل مخلوط کنندگی برای سیگنال FM صورت می گیرد. در خروجی این مدار سیگنال IF موج FM ظاهر می شود. در شکل ۱۴-۸ این مسیر نشان داده شده است.

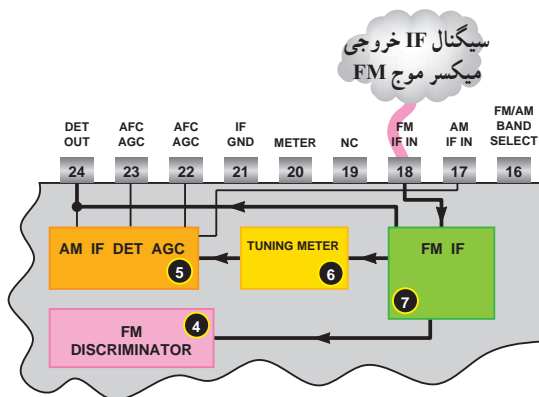


شکل ۱۴-۸ بلوک دیگرام قسمت میکسر یا Front End موج FM

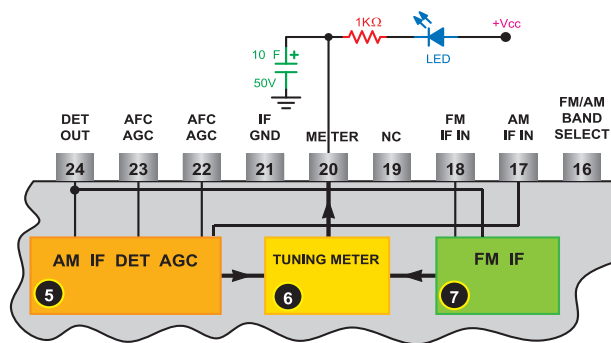
۴- این بلوک تشخیص دهنده فاز، دیسکریمیناتور (Discriminator) یا آشکارساز FM است که سیگنال دریافتی از طبقه تقویت کننده IF را آشکار می کند و آن را به خروجی آشکارساز می رساند. در شکل ۱۵-۸ این بلوک را ملاحظه می کنید.



شکل ۱۵-۸ بلوک تشخیص دهنده فاز یا آشکارساز FM



شکل ۱۸-۸ - بلوک IF موج FM



شکل ۱۷-۸ - بلوک Tuning meter

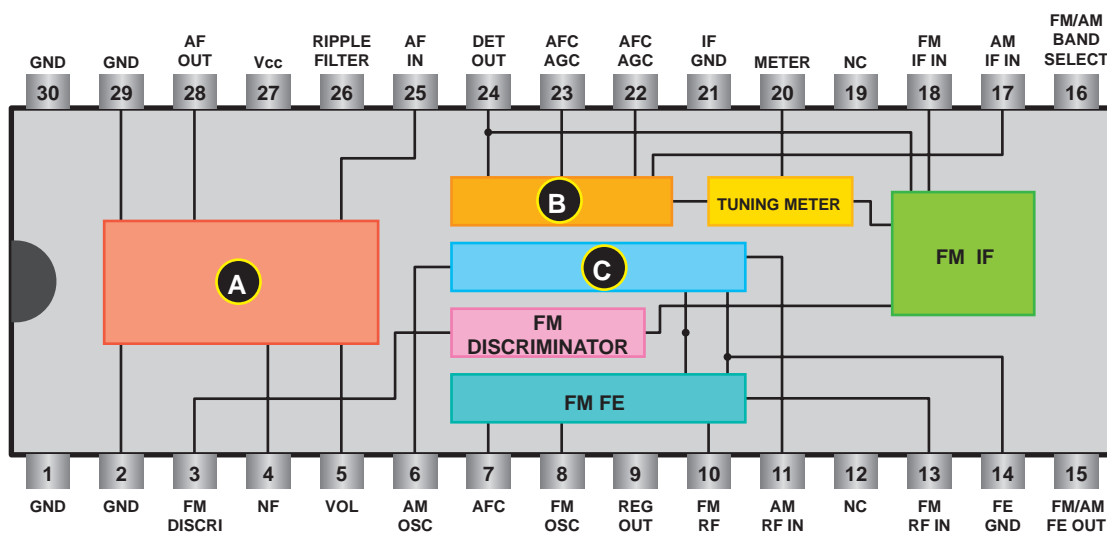
همان طور که ملاحظه کردید، بررسی بلوک دیاگرام به طور خیلی خلاصه صورت گرفت. هدف از آموزش این قسمت آموزش گیرنده رادیویی AM/FM نیست بلکه نحوه استفاده از Data sheet و تشخیص ارتباط بلوک‌ها با یکدیگر است.

### ۹-۸ - الگوی پرسش

- ۱- تحلیل مدارهای داخلی آی‌سی به چند طریق بیان می‌شود؟ هر روش در چه موردی به کار می‌رود؟
- ۲- نام بلوک‌های A و B و C را به انگلیسی همراه با ترجمه فارسی آن، بنویسید (شکل ۱۹-۸).

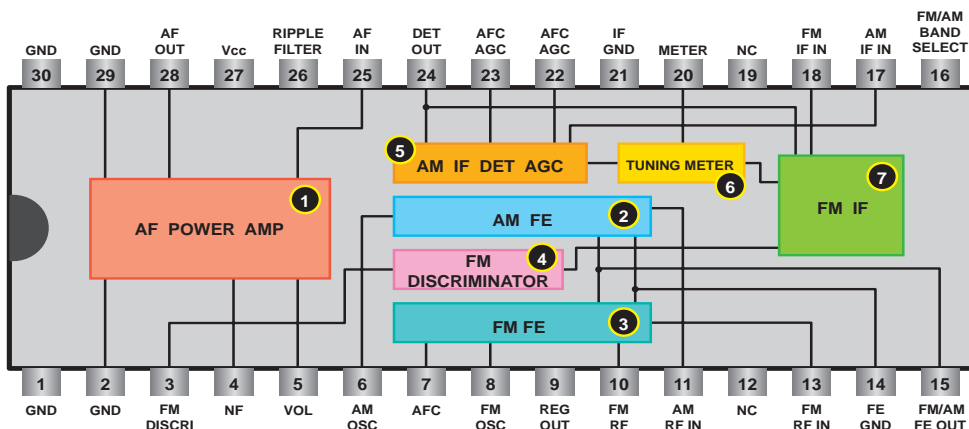
پس از دریافت ایستگاه ولتاژ مثبت کاتد LED کمتر می‌شود و LED روشن می‌شود. بدین ترتیب وضعیت دریافت ایستگاه به صورت دیداری قابل تشخیص است.

۷- در این بلوک، سیگنال IF موج FM تقویت می‌شود سپس در بلوک ۴ (آشکارساز FM)، سیگنال FM آشکار می‌شود. هم‌چنین این بلوک سیگنال مورد نیاز را برای مدار تنظیم ایستگاه، AGC و AFC تأمین می‌کند در شکل ۱۸-۸ این بلوک و ارتباط آن را با سایر بلوک‌ها مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۹-۸

- ۳- کار بلوک AF PowerAmp را در آی سی CXA۱۶۱۹S توضیح دهید.
- ۴- عمل دریافت و مخلوط کنندگی سیگنال AM توسط کدام بلوک داخل آی سی اجرا می شود؟
- ۵- FM Discriminator به چه مفهومی است؟ کار این بلوک را در آی سی به اختصار توضیح دهید.
- ۶- مدار مربوط به اندازه گیر تنظیم ایستگاه (Tuning Meter) را رسم کنید. طرز کار مدار را مختصراً توضیح دهید.
- ۷- در حالت عدم تنظیم گیرنده روی ایستگاه خاص، ولتاژ پایه ۲۰ آی سی کم است یا زیاد؟
- ۸- کار بلوک شماره ۷ را به اختصار توضیح دهید (شکل ۲۰-۸).



شکل ۲۰-۸

دارد. روشن شدن این LED معرف ..... است.

صحیح یا غلط

چهار گزینه ای

۹- در بلوک FM FRONT END عمل مخلوط کنندگی

۱۱- در شکل ۲۱-۸ تقویت کننده قدرت صدا در کدام

برای سیگنال FM صورت می گیرد.

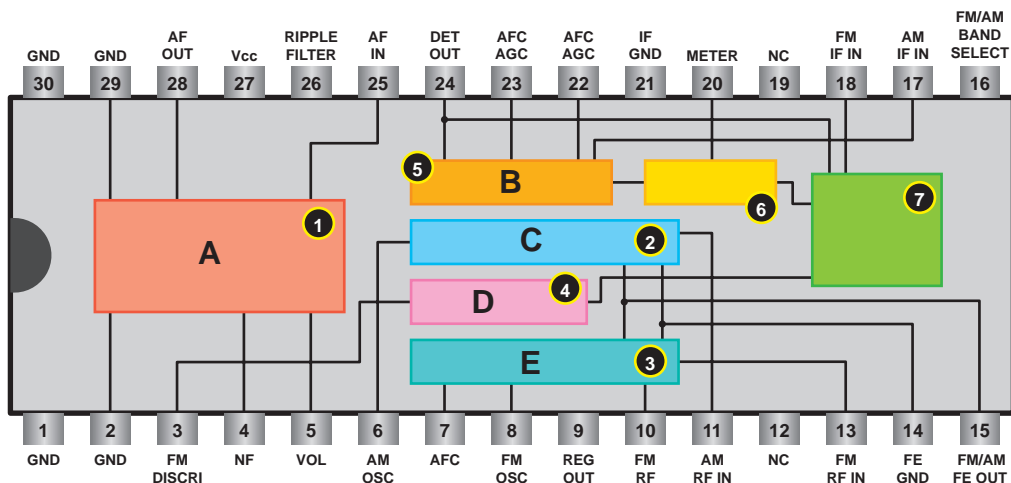
بلوک قرار دارد؟

صحیح  غلط

A(۱) B(۲) C(۳) D(۴)

کامل کردنی

۱۰- در بلوک TUNING METER یک LED وجود



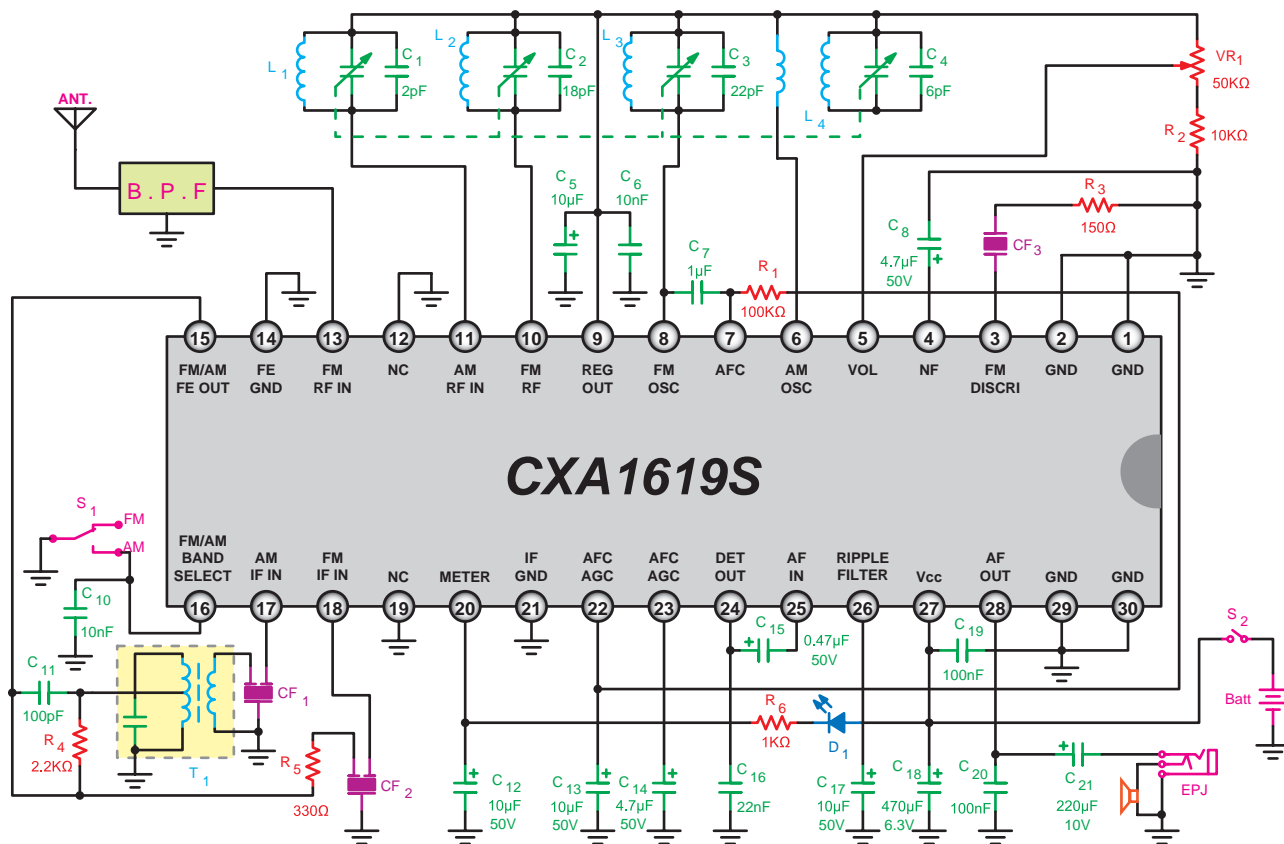
شکل ۲۱-۸

## پیشنهاد:

نقشه مدار عملی می تواند پروژه باشد. این مدار یا مدارهای مشابه می تواند در آزمایشگاه مخابرات به عنوان پروژه مطرح شود در این صورت اطلاعات مورد نیاز از طریق Data sheet یا جستجو در اینترنت قابل دسترسی است.

## برای هنرجویان علاقه مند

در شکل ۲۲-۸ نقشه کامل گیرنده رادیویی AM/FM را آورده ایم. با توجه به قطعات متصل شده به پایه های آی سی و مطالب آموزش داده شده در این فصل، بلوک های مختلف را روی نقشه رنگ آمیزی و ارتباط بلوک ها را با مداد یا خودکار رنگی ترسیم کنید.



شکل ۲۲-۸ - نقشه کامل گیرنده رادیویی AM/FM

که در آفرینش ز یک گوهرند

بنی آدم اعضای یک دیگرند

دگر اعضاها را نماند قرار

چو عضوی به درد آورد روزگار

اگر دوست شما مشکلی دارد، نسبت به آن حساس شوید و سعی کنید با رفتاری منطقی به او آرامش دهید

و برای حل مشکل راه کاری بیابید.

## اصول کار تلفن‌های الکترونیکی ثابت و همراه

### هدف کلی

### آموزش اصول کار تلفن‌های رومیزی الکترونیکی و همراه

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۱۲ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ۱- اصول کار میکروفون‌های زغالی، خازنی، کریستالی، دینامیکی و نواری را شرح دهد. ۴۰'
- ۲- اصول کار گوشی‌های الکترومغناطیسی و الکترودینامیکی را شرح دهد. ۲۰'
- ۳- اصول کار بلندگو و بلندگوی پیزوالکتریک را شرح دهد. ۱۵'
- ۴- نحوه برقراری ارتباط در مدار مکالمه یک طرفه و دو طرفه را توضیح دهد. ۱۵'
- ۵- مدار بلوکی یک تلفن الکترونیکی رومیزی را رسم کند. ۱۵'
- ۶- کار هر بلوک و ارتباط بلوک‌ها را با هم شرح دهد. ۱۵'
- ۷- اصول کار زنگ در تلفن‌های الکترونیکی را شرح دهد. ۲۰'
- ۸- پایه‌های یک یا چند نمونه آی‌سی مورد استفاده در زنگ تلفن را با استفاده از data sheet شناسایی کند. ۳۰'
- ۹- شماره‌گیری در تلفن الکترونیکی را به روش پالس و تُن شرح دهد. ۱۵'
- ۱۰- اصول شماره‌گیری با استفاده از صفحه کلید را شرح دهد. ۱۵'
- ۱۱- پایه‌های یک یا چند نمونه آی‌سی مولد پالس و تُن را شناسایی کند. ۳۰'
- ۱۲- بخش پردازش سیگنال صحبت را شرح دهد. ۲۰'
- ۱۳- پایه‌های یک نمونه از آی‌سی پردازش سیگنال صحبت را شناسایی کند. ۳۵'
- ۱۴- کار پایه‌های آی‌سی سیگنال صحبت را به اختصار توضیح دهد. ۳۵'
- ۱۵- مدار عملی ساده مکالمه با آی‌سی را به اختصار توضیح دهد. ۳۰'
- ۱۶- عملکرد مدار Hold را تشریح کند. ۱۵'
- ۱۷- مراحل برقراری ارتباط بین دو مخاطب را شرح دهد. ۱۵'
- ۱۸- چند نمونه سیگنال‌های تولید شده در مرکز تلفن را توضیح دهد. ۱۰'
- ۱۹- سیستم سازمان‌دهی و سوئیچینگ مرکز تلفن (PSTN) را به اختصار شرح دهد. ۲۰'
- ۲۰- تاریخچه تلفن همراه را به اختصار توضیح دهد. ۱۰'
- ۲۱- ساختار سلولی تلفن همراه را شرح دهد. ۲۰'
- ۲۲- ساختمان داخلی تلفن همراه را به صورت بلوکی شرح دهد. ۴۵'
- ۲۳- ساختار شبکه GSM و عملکرد هر یک از اجزای آن را شرح دهد. ۲۵'
- ۲۴- سرویس‌های GSM را به اختصار شرح دهد. ۳۰'
- ۲۵- زیر سیستم‌های GSM را توضیح دهد. ۳۰'
- ۲۶- مشخصات سیستم GSM ایران را توضیح دهد. ۳۰'
- ۲۷- استفاده از ماهواره در سیستم GSM را به اختصار شرح دهد. ۳۰'
- ۲۸- به سؤالات آزمون پاسخ دهد و از نرم‌افزارها یا اینترنت در زمینه مربوطه استفاده کند. ۳۰'

## پیشگفتار

تلفن در آن زمان شد.

در گذشته همهٔ تلفن‌های اولیه ارتباط را از طریق سیم برقرار می‌کردند. امروزه ارتباط تلفنی علاوه بر سیم از طریق سیستم‌های رادیویی و ماهواره‌ای نیز برقرار می‌شود. این سیستم‌های ارتباطی را رادیو تلفن می‌نامند. اولین سیستم سرویس‌دهی رادیو تلفن در سال ۱۹۲۶ در قطار درجه یک که بین دو شهر کشور آلمان حرکت می‌کرد مورد استفاده قرار گرفت و امروزه این سیستم سرتاسر جهان را فراگرفته است. در شکل ۱-۹ چند نمونه ماهواره نشان داده شده است.



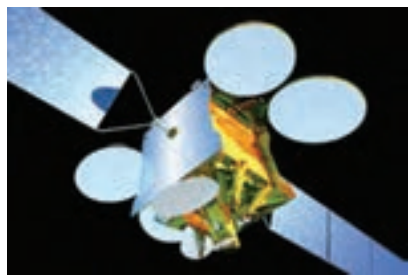
ماهوارهٔ هات‌برد



ماهوارهٔ امید



ماهوارهٔ زهره



ماهوارهٔ عرب‌ست

شکل ۱-۹- نمونه‌هایی از ماهواره‌ها

تلفن وسیلهٔ ارتباط صوتی دوطرفه است. در تلفن به کمک الکتریسیته می‌توان صوت را انتقال داد. امروزه تلفن در تمام سطوح جامعه راه پیدا کرده است و یکی از لوازم ضروری و ابزار اولیهٔ زندگی محسوب می‌شود. تلفن توسط یک دانشمند اسکاتلندی به نام گراهام بل اختراع شد. این دانشمند در سال ۱۸۴۷ در شهر ادینبورگ اسکاتلند متولد شد. پس از اتمام تحصیلات به شغل معلمی پرداخت و به‌عنوان معلم خط مشغول به کار شد.

وی طی دوران معلمی به سبب علاقه‌ای که به نحوهٔ انتقال صدای انسان از طریق الکتریسیته داشت به این موضوع پرداخت و پس از تحمل سختی‌های زیاد در سال ۱۸۷۶ تلفن را اختراع کرد و بالاخره در روز دوم ژانویهٔ ۱۸۷۸ موفق شد صدایی را که از طریق سیم منتقل می‌شد، بشنود. چند ماه بعد با استفاده از وسایل ابتدایی از قبیل فنر ساعت، سیم پیچ، صفحات فلزی و... توانست صدای انسان را با استفاده از الکتریسیته به فاصلهٔ نسبتاً دوری منتقل کند.

هرچند بل توانست اولین مدار مکالمهٔ یک طرفه را بسازد ولی کسی توجهی به اختراع او نداشت. حتی ارائهٔ این اختراع در نمایشگاهی در شهر فیلادلفیا نتوانست توجه مردم را جلب کند. اغلب مردم این اختراع را به عنوان یک اسباب‌بازی تلقی می‌کردند. روزی امپراتور برزیل، که از نمایشگاه بازدید می‌کرد، تصادفاً توجهش به اختراع بل جلب شد و در مورد کار آن توضیح خواست.

بل گوشی تلفن را به امپراتور داد و خود از فاصلهٔ نسبتاً دور شروع به صحبت کرد. هنگامی که امپراتور صدای بل را از تلفن شنید با کمال ناباوری گوشی را به زمین انداخت و با تعجب گفت: «دارد صحبت می‌کند». بعد از این حادثه اختراع بل در جامعه مطرح شد و به ثبت رسید. برحسب تصادف، چند ساعت بعد، مخترع دیگری به نام الیشاگری اختراع خود را عرضه کرد که به دلیل ثبت شدن این اختراع برای بل، نامی از وی باقی نماند.

چندی بعد مخترع دیگری به نام توماس ادیسون استفاده از ترانسفورماتور را در تلفن پیشنهاد کرد که موجب افزایش کارایی

شکل ۹-۴ برد تلفن الکترونیکی و شماره‌گیر را نشان می‌دهد.

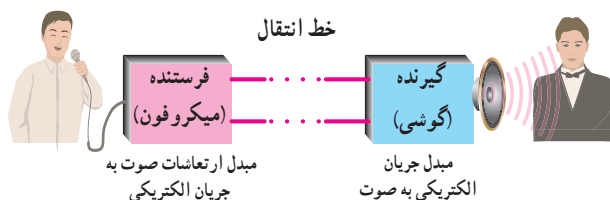


شکل ۹-۴- برد تلفن الکترونیکی و شماره‌گیر

مجموعه گوشه و دهنی (میکروفون) در یک محفظه پلاستیکی قرار می‌گیرد که در اصطلاح عمومی آن را «گوشه» می‌نامند. در این فصل از این به بعد از همین اصطلاح استفاده خواهد شد.

## ۹-۲- میکروفون‌ها

برای این که بتوان امواج صوتی را از نقطه‌ای به نقطه دیگر انتقال داد باید ابتدا صوت را به جریان الکتریکی تبدیل کرد، سپس جریان الکتریکی را توسط سیم به مقصد انتقال داد. در مقصد جریان الکتریکی به دست آمده مجدداً به امواج صوتی تبدیل می‌شود (شکل ۹-۵).



شکل ۹-۵- انتقال امواج صوتی از نقطه‌ای به نقطه دیگر

وسیله‌ای که برای تبدیل صوت به جریان الکتریکی به کار می‌رود میکروفون نام دارد. انواع مختلف میکروفون در بازار موجود است. در این قسمت به شرح چند نمونه میکروفون، که در مدارهای تلفن به کار می‌رود می‌پردازیم:

۱-۲-۹- میکروفون زغالی: این میکروفون، نسبت به سایر میکروفون‌ها، دارای استحکام زیاد است. چنان که می‌دانیم با تغییر سطح تماس بین دو جسم هادی، مقاومت مرزی بین دو

به منظور پوشش کامل مخابراتی مناطقی که کوهستانی هستند یا اختلاف ارتفاع بین مناطق مختلف آن زیاد است از برج‌های مخابراتی مانند برج تهران (برج میلاد) استفاده می‌کنند. در شکل ۹-۲ تصویر یک نمونه برج مخابراتی کامل شده را که در ایران ساخته شده است، ملاحظه می‌کنید.

در این فصل با توجه به اهداف رفتاری به تشریح تلفن الکترونیکی رومیزی و ارتباط آن از طریق سیم خواهیم پرداخت. سپس در مورد تلفن همراه و شبکه ارتباطی آن توضیح لازم داده خواهد شد.



شکل ۹-۲- برج مخابراتی میلاد ایران - تهران

## ۹-۱- اجزای تشکیل دهنده یک تلفن رومیزی الکترونیکی

هر دستگاه تلفن رومیزی از اجزای زیر تشکیل شده است:

- میکروفون یا دهنی
- گوشه
- مدار تلفن

در شکل ۹-۳ یک نمونه از انواع تلفن رومیزی الکترونیکی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۹-۳- یک نمونه تلفن رومیزی الکترونیکی



جسم تغییر می کند (شکل ۶-۹).

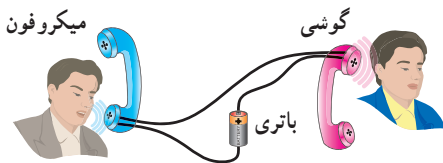
مقاومت بین ذرات زغال را تغییر می دهد. به این ترتیب طبق شکل ۷-۹ مقاومت الکتریکی بین A و B متناسب با ارتعاشات صوتی تغییر می کند.



شکل ۸-۹- نمونه هایی از میکروفون زغالی

تغییرات مقاومت به دست آمده باید تبدیل به جریان الکتریکی شود. برای این منظور کافی است یک باتری و مقاومت را با میکروفون سری کنیم (شکل ۹-۹). در این مدار مقاومت الکتریکی می تواند گیرنده یا گوشی تلفن باشد.

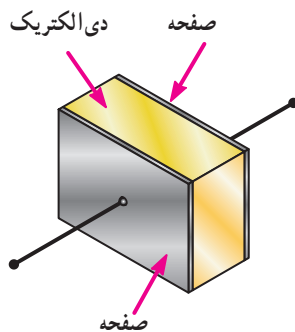
علامت اختصاری میکروفون به صورت  $\text{O} \equiv$  است. در شکل ۹-۹ مدار میکروفون واقعی را، در شرایطی که به مدار متصل شده است مشاهده می کنید.



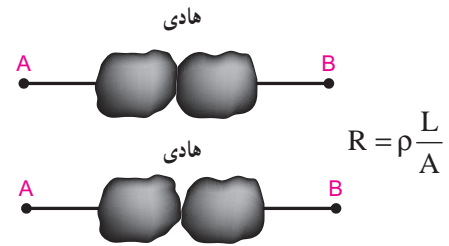
شکل ۹-۹- مدار الکتریکی میکروفون زغالی

## ۲-۲-۹- میکروفون خازنی: در میکروفون خازنی از

خاصیت خازن استفاده می شود. شکل ۱۰-۹ ساختمان خازن را نشان می دهد.

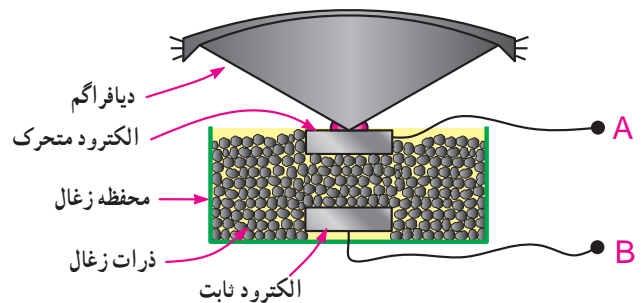


شکل ۱۰-۹- ساختمان خازن



شکل ۶-۹- با تغییر سطح تماس، مقاومت مرزی بین ذرات زغال تغییر می کند.

میکروفون زغالی بر همین اساس ساخته شده است. بدین ترتیب که در یک محفظه ذرات ساچمه ای شکل زغال و دو الکتروود ثابت و متحرک (طبق شکل ۷-۹) قرار دارد.



شکل ۷-۹- ساختمان میکروفون زغالی

انتخاب زغال به عنوان هادی به دلیل خاصیت ارتجاعی آن است که نسبت به سایر هادی ها بیشتر و تغییرات مقاومت مرزی بین ذرات آن مشهودتر است.

در شکل ۸-۹ برش یک میکروفون زغالی واقعی را مشاهده می کنید. امروزه میکروفون زغالی عملاً منسوخ شده و تقریباً کاربردی ندارد.

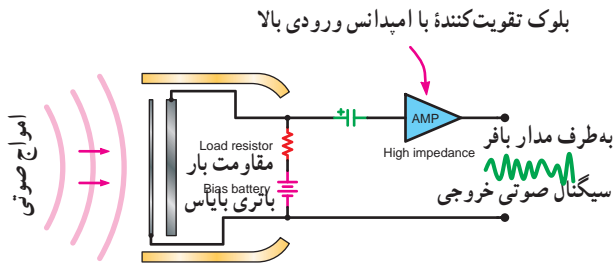
الکتروود متحرک به ورقه نازکی به نام دیافراگم اتصال دارد، به طوری که با نوسان دیافراگم، الکتروود متحرک نیز به نوسان درمی آید.

هنگامی که در مقابل دیافراگم، صوتی ایجاد می شود به علت تغییر فشار هوا، که متناسب با ارتعاشات صوتی است، دیافراگم مرتعش می شود. ارتعاشات دیافراگم الکتروود متحرک را که به آن وصل است، به لرزش درمی آورد. این لرزش ها

مجموعه مقاومت و باتری و تقویت کننده در داخل یک محفظه قرار دارند.



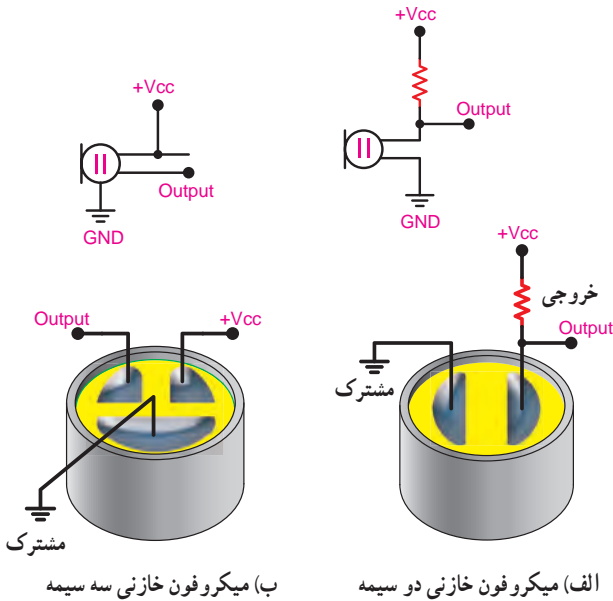
الف) ساختمان واقعی میکروفون خازنی



ب) مدار میکروفون خازنی با تقویت کننده

شکل ۹-۱۲- ساختمان واقعی و مدار میکروفون خازنی همراه با تقویت کننده

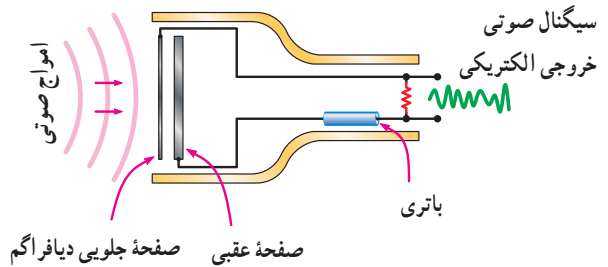
در شکل ۹-۱۳ شکل ظاهری میکروفون خازنی، از نوع دوسیمه و سه سیمه و نماد آن نشان داده شده است.



شکل ۹-۱۳- میکروفون خازنی و محل اتصال سیم ها

می دانیم مقدار ظرفیت خازن از رابطه  $C = K \frac{A}{d}$  به دست می آید. در این رابطه  $k$  ضریب دی الکتریک عایق خازن است و بستگی به جنس ماده دی الکتریک دارد.  $A$  مساحت مشترک دو جوشن خازن و  $d$  فاصله بین دو جوشن یا ضخامت دی الکتریک است. با توجه به رابطه فوق هر قدر فاصله  $d$  کمتر شود ظرفیت خازن بیشتر می شود. در میکروفون های خازنی از این خاصیت استفاده می کنند. در صورتی که دیافراگم به یکی از صفحات خازن وصل شود و آن را به حرکت درآورد، به علت تغییر فاصله  $d$ ، مقدار ظرفیت خازن تغییر می کند در نتیجه مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در آن کم و زیاد می شود. به این ترتیب می توان ارتعاشات مکانیکی صوت را تبدیل به ارتعاشات الکتریکی کرد.

از آن جاکه، تغییرات بار الکتریکی بسیار کم است، تغییرات ولتاژ نیز در خازن بسیار کم است. لذا لازم است این نوع میکروفون ها را همراه با یک تقویت کننده اولیه و ولتاژ مورد استفاده قرار داد. در شکل ۹-۱۱ نمونه ای از مدار این نوع میکروفون و شکل واقعی آن نشان داده شده است.



شکل ۹-۱۱- مدار میکروفون خازنی و شکل واقعی آن

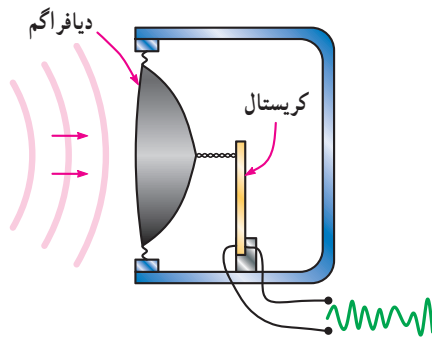
در شکل ۹-۱۲ الف ساختمان واقعی میکروفون خازنی همراه با تقویت کننده را مشاهده می کنید.

در شکل ۹-۱۲ ب مدار میکروفون خازنی همراه با یک تقویت کننده با امپدانس ورودی بالا رسم شده است. معمولاً



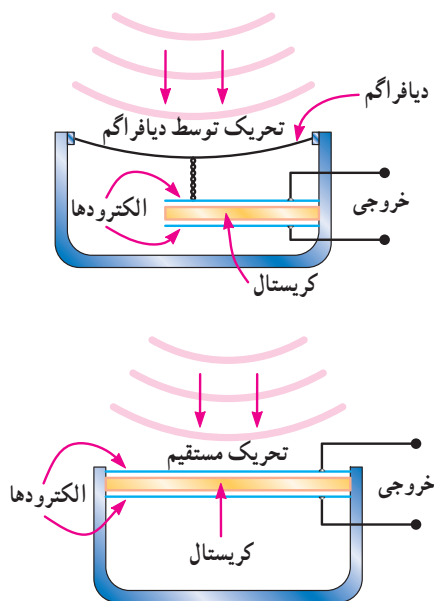
شکل ۹-۱۶- میکروفون کریستالی

مطابق شکل ۹-۱۷ دیافراگم به یکی از سطوح کریستال وصل است و ارتعاشات مکانیکی صدا را به کریستال انتقال می دهد و سیگنال الکتریکی از آن دریافت می شود.



شکل ۹-۱۷- ساختمان یک نوع میکروفون کریستالی

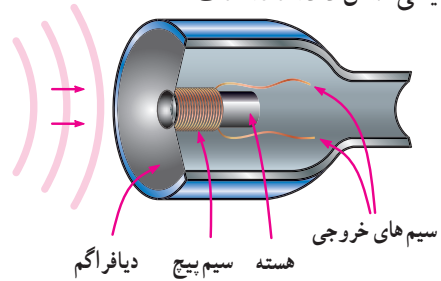
این نوع میکروفون ها مطابق شکل ۹-۱۸ به دو صورت تحریک مستقیم و دیافراگمی ساخته می شوند.



شکل ۹-۱۸- دو نوع میکروفون کریستالی

### ۹-۲-۳- میکروفون الکترو دینامیکی: می دانیم در صورتی

که یک سیم پیچ در یک میدان مغناطیسی حرکت کند در آن ولتاژ الکتریکی به وجود می آید. میکروفون های الکترو دینامیکی بر همین اساس کار می کنند. در شکل ۹-۱۴ ساختمان یک نمونه میکروفون الکترو دینامیکی را ملاحظه می کنید. در این شکل صفحه قابل ارتعاش به یک سیم پیچ وصل است و سیم پیچ در یک میدان مغناطیسی حرکت می کند. با برخورد ارتعاشات مکانیکی صوت به صفحه قابل ارتعاش، سیم پیچ در میدان مغناطیسی حرکت می کند و در آن ولتاژی به وجود می آید که همان انرژی الکتریکی صوت است. در شکل ۹-۱۵ چند نمونه میکروفون الکترو دینامیکی نشان داده شده است.



شکل ۹-۱۴- ساختمان میکروفون الکترو دینامیکی



شکل ۹-۱۵- چند نوع میکروفون الکترو دینامیکی

### ۹-۲-۴- میکروفون کریستالی: بعضی از مواد دارای

خاصیتی هستند که در صورت وارد آمدن فشار مکانیکی به آنها ولتاژ الکتریکی تولید می کنند. از این خاصیت برای تبدیل انرژی مکانیکی صوت به انرژی الکتریکی استفاده می شود. یکی از این مواد کریستال پیزوالکتریک است. با وارد آمدن فشار مکانیکی به کریستال از آن ولتاژ دریافت می شود.

در شکل ۹-۱۶ شکل ظاهری میکروفون کریستالی را

مشاهده می کنید.



ب- شکل ظاهری میکروفون نواری

شکل ۲۰-۹- ساختمان میکروفون نواری و شکل ظاهری آن

اگر دوست شما مرتکب خطایی شد، او را سرزنش نکنید بلکه او را نسبت به عواقب خطایی که کرده است آگاه نمایید و از او بخواهید این مسئله را تکرار نکند.

#### ۶-۲-۹- مشخصه های میکروفون ها

**امپدانس یا مقاومت میکروفون:** میکروفون نیز مانند هر قطعه الکتریکی دیگر دارای مقاومت است. این مقاومت را در مقابل ولتاژ متغیر امپدانس می نامند. برای انتقال حداکثر توان از میکروفون به تقویت کننده لازم است امپدانس میکروفون و امپدانس ورودی تقویت کننده تطبیق داده شوند.

**پهنای باندها یا پاسخ فرکانسی میکروفون:** پهنای باند میکروفون عبارت از توانایی بازسازی (تولید) فرکانس های داده شده به میکروفون است. پهنای باند میکروفون در مقابل سیگنال صوتی، هر قدر بیشتر باشد، میکروفون از کیفیت مطلوب تری برخوردار است.

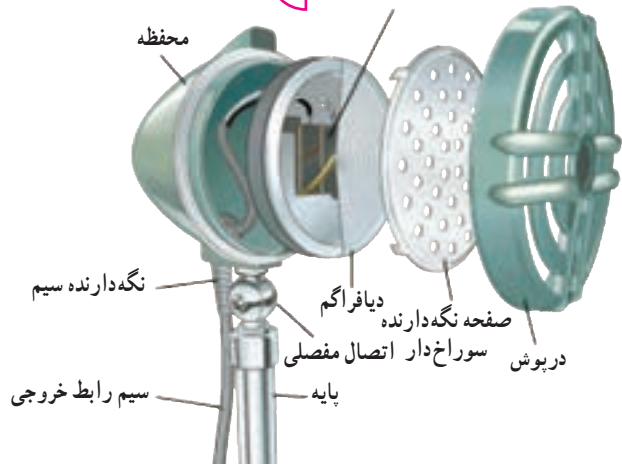
**بازده یا راندمان میکروفون:** نسبت توان الکتریکی دریافتی از میکروفون (توان خروجی) به توان صوتی داده شده به میکروفون (توان ورودی) را «راندمان» یا «بازده میکروفون» می نامند. در صورتی که کل توان مکانیکی داده شده به میکروفون تبدیل به توان الکتریکی شود، راندمان میکروفون صددرصد است.

#### ۷-۲-۹- مقایسه میکروفون ها: در جدول شماره ۱-۹ پنج

نوع میکروفون زغالی، خازنی، کریستالی، الکترو دینامیکی و نواری با هم مقایسه شده اند.

در شکل ۱۹-۹ ساختمان داخلی یک نوع میکروفون کریستالی واقعی و نماد آن را مشاهده می کنید. سیگنال خروجی میکروفون کریستالی مانند میکروفون خازنی بسیار ضعیف است و نیاز به تقویت دارد.

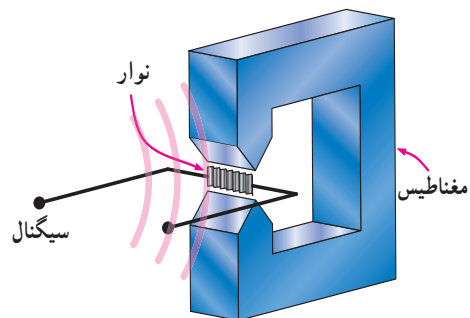
کریستال پیزوالکتریک دو تایی  نماد میکروفون کریستالی



شکل ۱۹-۹- ساختمان داخلی یک نوع میکروفون کریستالی واقعی

#### ۵-۲-۹- میکروفون نواری: این میکروفون از یک

آهنربای دائمی تشکیل شده است که بین دو قطب آن یک نوار فلزی از جنس ترکیبات آلومینیوم قرار دارد. این نوار نقش پرده دیافراگم را به عهده دارد. در اثر ارتعاشات مکانیکی صوت، پرده دیافراگم حرکت می کند و خطوط قوای مغناطیسی را قطع می کند، این عمل موجب القای الکترومغناطیسی می شود و ولتاژ متغیری متناسب با تغییرات صوت در خروجی به وجود می آورد. این میکروفون دارای کمترین مقدار امپدانس است و مشخصه فرکانسی آن نسبت به میکروفون زغالی بهتر است. شکل ۲۰-۹ ساختمان میکروفون نواری و شکل ظاهری آن را نشان می دهد.



الف- یک مبدل نواری

استفاده می‌کنیم، که پهنای باند کم ولی راندمان آن زیاد است. برای استودیوهای رادیو و ضبط موسیقی از میکروفون‌های کریستالی، خازنی یا دینامیکی استفاده می‌شود.

همان‌طور که در جدول ۹-۱ مشاهده می‌شود، می‌توانیم متناسب با نیاز، میکروفون مورد نظر را انتخاب کنیم. به عنوان مثال در صورتی که کیفیت مد نظر نباشد از میکروفون زغالی

جدول ۹-۱ - مقایسه مشخصه‌های میکروفون

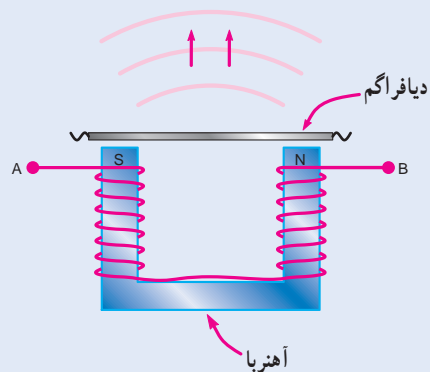
ردیف	نام میکروفون	امپدانس	پاسخ فرکانسی	راندمان یا بازده	کاربرد
۱	زغالی	متوسط	بد	زیاد	در تلفن‌های قدیمی
۲	الکترو دینامیکی	تقریباً متوسط	متوسط	متوسط	در تمام مکان‌های عمومی
۳	خازنی	زیاد	خوب	کم	در استودیوهای صدا برداری و کنسرت
۴	کریستالی	زیاد	خوب	کم	در استودیوهای صدا برداری و کنسرت
۵	نواری	خیلی کم	خوب	مطلوب نیست	تقریباً کاربردی ندارد

### ۹-۳-۲ گوشی

گوشی وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی صوت را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند.

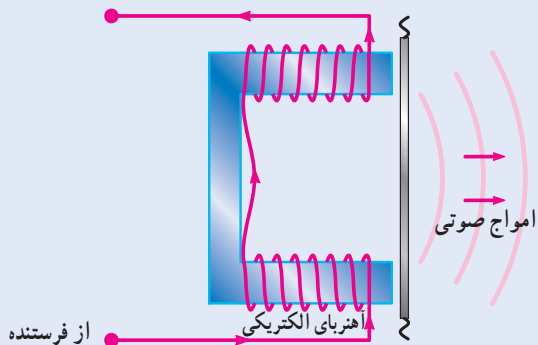
دیفراگم از قطب‌ها دور یا به آنها نزدیک می‌شود. این عمل فشار هوای مقابل دیافراگم را تغییر می‌دهد و متناسب با تغییرات به وجود آمده انرژی صوتی به وجود می‌آید. در شکل ۹-۲۲ کپسول گوشی الکترومغناطیسی را ملاحظه می‌کنید. علامت اختصاری گوشی در نقشه‌ها به صورت □ یا □ است.

۱-۳-۹-۳ گوشی الکترومغناطیسی: یکی از انواع گوشی‌ها، که در تلفن به کار می‌رود، گوشی الکترومغناطیسی نام دارد. این گوشی از یک آهنربای U شکل که روی هر یک از قطب‌های آن سیم پیچی شده است، تشکیل می‌شود. به فاصله کمی از قطب‌ها دیافراگم نازکی از جنس آهن نرم قرار دارد (شکل ۹-۲۱).



شکل ۹-۲۱ - ساختمان گوشی الکترومغناطیسی

در حالت عادی به سبب وجود آهنربای دائمی، دیافراگم قدری به طرف قطب‌های آهنربا متمایل می‌شود. هنگامی که جریان متغیری از سیم پیچ‌ها بگذرد، متناسب با تغییرات این جریان،



شکل ۹-۲۲ - گوشی الکترومغناطیسی



در شکل ۹-۲۵ یک نمونه بلندگو و در شکل ۹-۲۶ اجزای باز شده آن را مشاهده می کنید.



شکل ۹-۲۵ - یک نمونه بلندگو



شکل ۹-۲۶ - یک نمونه بلندگو و اجزای باز شده آن

#### ۹-۴-۱ - بلندگو با صفحه حساس پیزوالکتریک: صفحه

حساس پیزوالکتریک، از کریستال پیزوالکتریک تشکیل شده است و با اعمال سیگنال الکتریکی صدا به سطوح الکتریکی آن، صفحات مکانیکی کریستال به ارتعاش در می آید و سیگنال صوتی ایجاد می شود.

در شکل های ۹-۲۷ و ۹-۲۸ ساختمان داخلی و شکل ظاهری صفحه حساس پیزوالکتریک را مشاهده می کنید.



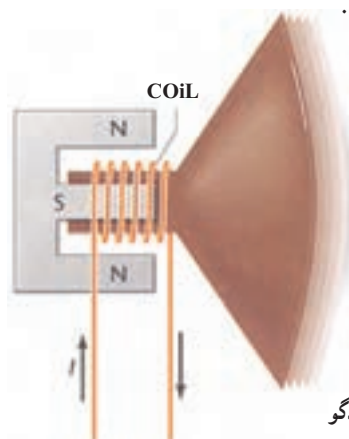
شکل ۹-۲۷ - شکل ظاهری صفحه حساس پیزوالکتریک

#### ۹-۳-۲ - گوشی الکترو دینامیکی: ساختمان گوشی

الکترو دینامیکی دقیقاً مشابه میکروفون الکترو دینامیکی است با این تفاوت که وقتی به صورت گوشی به کار می رود باید به آن انرژی الکتریکی داده شود. به عبارت دیگر گوشی و میکروفون الکترو دینامیکی را می توان به جای هم استفاده کرد. هم چنین این دو وسیله از نظر ساختمان مشابه بلندگوی الکترو دینامیکی هستند که تصاویر آن را در شکل های ۹-۲۴، ۹-۲۵ و ۹-۲۶ مشاهده می کنید.

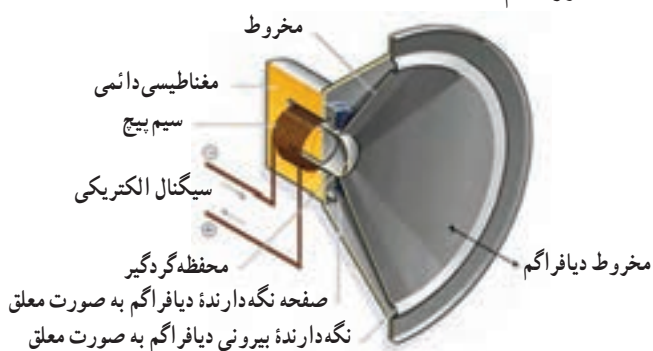
#### ۹-۴ - بلندگو Loud speaker

بلندگو وسیله ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند، ساختمان بلندگو شباهت زیادی به ساختمان میکروفون الکترو دینامیکی دارد، با این تفاوت که دارای آهنربای قوی تر و دیافراگم بزرگ تری است در شکل ۹-۲۳ ساختمان بلندگو را مشاهده می کنید.



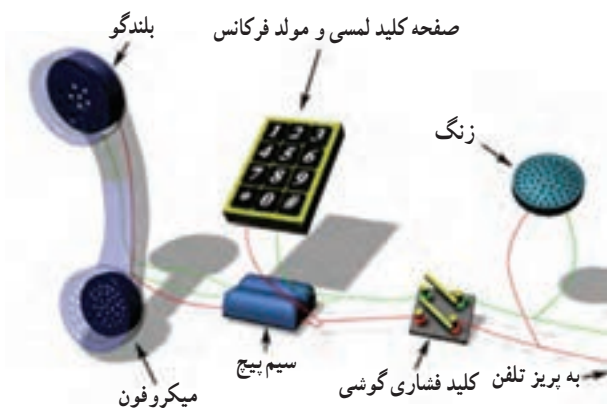
شکل ۹-۲۳ - ساختمان بلندگو

در شکل ۹-۲۴ برشی از ساختمان بلندگو را با ذکر اجزای آن آورده ایم.



شکل ۹-۲۴ - برش داخلی بلندگو

این مدار در «در باز کن برقی» به کار می رود و تنها در آن، به جای گوشی از یک بلندگوی کوچک استفاده می شود. هم چنین می توان با سری کردن باتری با مدار، به جای سه رشته سیم از دو رشته سیم استفاده کرد (شکل ۹-۳۲).



شکل ۹-۳۲ مدار مکالمه دو طرفه



شکل ۹-۲۸ ساختمان داخلی و شکل ظاهری صفحه حساس پیزوالکتریک

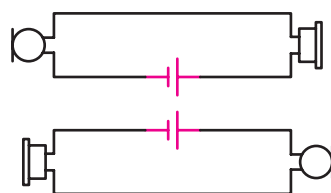
### ۹-۵- چگونه ارتباط صوتی بین دو نقطه

با توجه به توضیحاتی که در مورد گوشی و میکروفون داده شد ساده ترین مدار ارتباطی برای مدار مکالمه یک طرفه می تواند مطابق شکل ۹-۲۹ باشد.



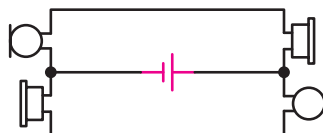
شکل ۹-۲۹ مدار مکالمه یک طرفه

چنانچه بخواهیم ارتباط دو طرفه داشته باشیم باید از مداری مطابق شکل ۹-۳۰ استفاده کنیم.



شکل ۹-۳۰ مدار مکالمه دو طرفه با دو باتری

در این مدار به آسانی می توان یک رشته سیم و یکی از باتری ها را حذف کرد (شکل ۹-۳۱).



شکل ۹-۳۱ مدار مکالمه دو طرفه با یک باتری



## ۹-۶- الگوی پرسش

### جورکردنی

- ۱- نام میکروفون در ستون الف را به امیدانس آن در ستون ب با خط اتصال دهید.

الف	ب
زغالی	زیاد
الکترو دینامیکی	متوسط
خازنی	تقریباً متوسط
کریستالی	خیلی کم
نواری	

۷- اجزای تشکیل دهنده یک تلفن الکترونیکی را نام

ببرید.

۸- پهنای باند یا پاسخ فرکانسی میکروفون را شرح

دهید.

۹- مدار میکروفون الکترو دینامیکی را رسم کنید و اصول

کار آن را شرح دهید.

۱۰- ساختمان بلندگو را رسم کنید و طرز کار آن را

شرح دهید.

۱۱- مدار ارتباط دو طرفه توسط گوشی و میکروفون را

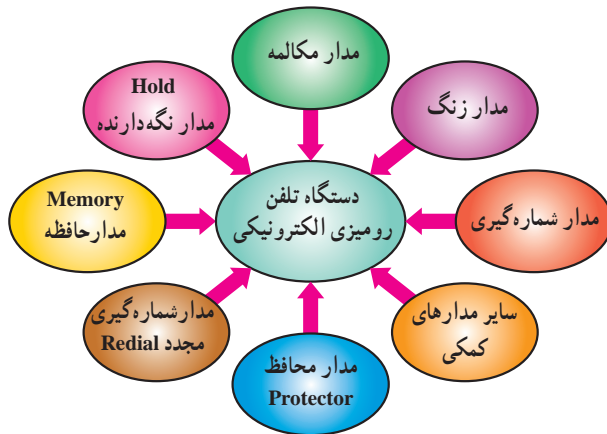
رسم کنید.

## ۹-۷- مدار بلوکی تلفن الکترونیکی

ساختمان یک دستگاه تلفن الکترونیکی از مدارهای مختلف

تشکیل شده است. شکل بلوکی ۹-۳۴ مدارهای مختلف مربوط

به تلفن الکترونیکی را نشان می دهد.



شکل ۹-۳۴- ساختمان دستگاه تلفن الکترونیکی

در شکل ۹-۳۵ نمونه ای از بلوک دیاگرام تلفن الکترونیکی

رسم شده است.

### کوتاه پاسخ

۲- پاسخ فرکانسی و راندمان یا بازده میکروفون کریستالی

چگونه است؟

صحیح یا غلط

۳- نماد میکروفون خازنی به صورت  $\ominus$  است.

صحیح  غلط

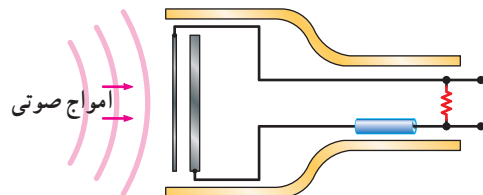
چهار گزینه ای

۴- میکروفون شکل ۹-۳۳ از نوع ..... است که در

مدار ..... FM به کار می رود.

(۱) خازنی - گیرنده (۲) خازنی - فرستنده

(۳) کریستالی - گیرنده (۴) کریستالی - فرستنده

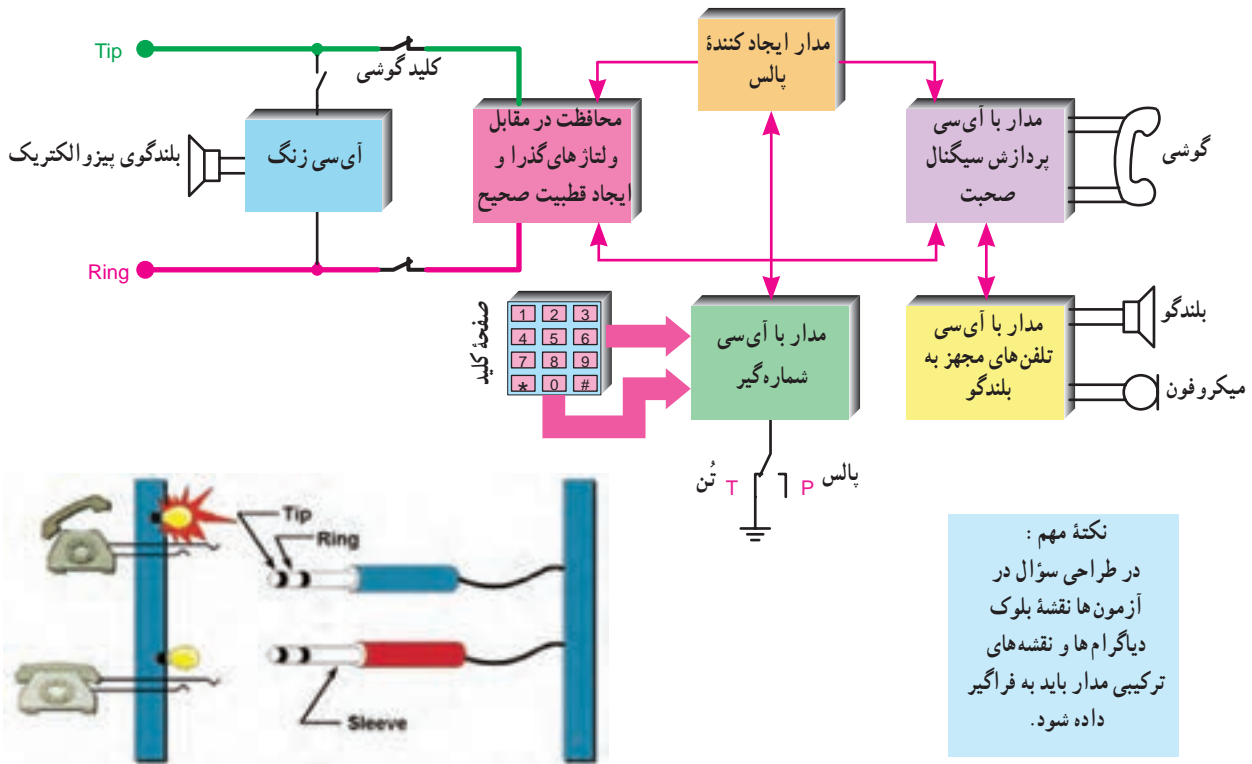


شکل ۹-۳۳

۵- گوشی الکترو دینامیکی را با رسم شکل شرح دهید.

۶- برج مخابراتی به چه منظور و در چه مناطقی به کار

می رود؟



شکل ۳۵-۹- بلوک دیاگرام تلفن الکترونیکی

هنگام استفاده از تلفن، به دلیل عبور جریان، ولتاژ خط افت می کند و به حدود ۶ ولت می رسد. مولد ولتاژ خط تلفن در مرکز تلفن قرار دارد.

اکنون به شرح عملکرد هر بخش مدار بلوکی می پردازیم :

## ۸-۹- سیم های Tip و Ring

اتصال هر دستگاه تلفن به شبکه، به وسیله دو رشته سیم مسی به نام های Tip و Ring صورت می گیرد. معمولاً سیم Tip با رنگ سبز و سیم Ring با رنگ قرمز مشخص می شود. Tip به معنی نیک و Ring به مفهوم حلقه است. علت این نام گذاری به سال های ابتدایی تولید تلفن برمی گردد. در آن سال ها، عمل قطع و وصل تلفن در مرکز تلفن محلی، توسط فیش هایی صورت می گرفت که به صورت نری و مادگی بود. امروزه نیز از این نام گذاری استفاده می شود. با این توضیح که در تلفن امروزی این نام گذاری هیچ مفهوم خاصی را بیان نمی کند.

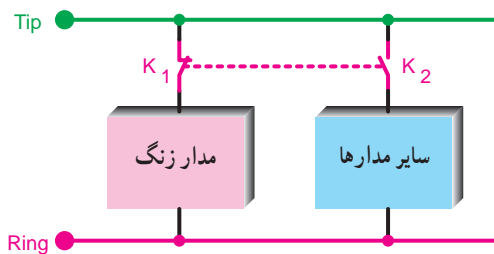
### ۱۰-۹- زنگ تلفن

زنگ تلفن وسیله خبر در این دستگاه است و شخص را از وجود مخاطب در آن سوی خط تلفن آگاه می سازد.

#### ۱-۱۰-۹- موقعیت قرار گرفتن مدار زنگ در تلفن: مدار

زنگ تلفن با خط تغذیه به صورت موازی قرار می گیرد.

در شکل ۳۶-۹ بلوک دیاگرام مدار زنگ و سایر مدارهای تلفن را مشاهده می کنید.



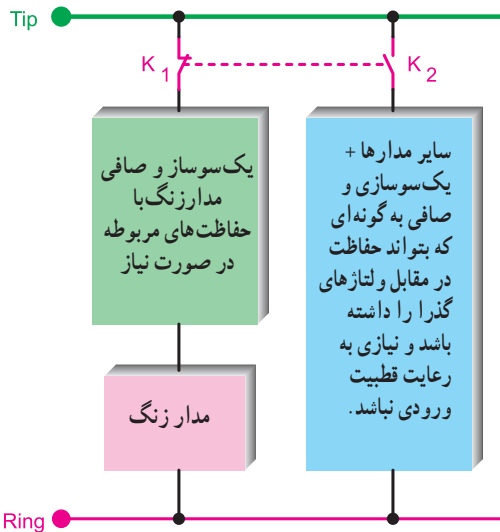
کلید هم محور  $K_1$  بسته و کلید  $K_2$  باز و دستگاه آماده دریافت سیگنال زنگ است.

شکل ۳۶-۹- بلوک دیاگرام مدار زنگ و سایر مدارهای تلفن

### ۹-۹- ولتاژ خط تلفن

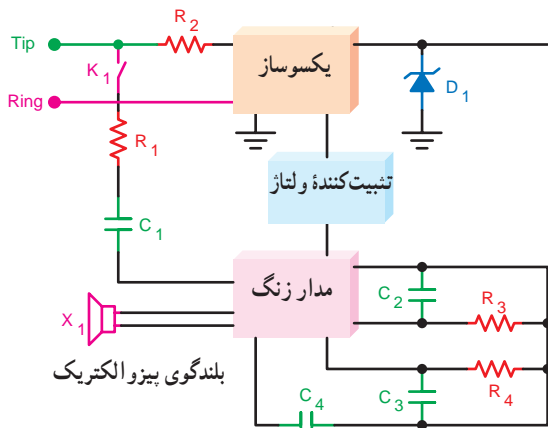
ولتاژ خط تلفن حدود ۶۰ ولت DC است و باید بتواند حدود ۳۰mA جریان بدهد. با توجه به فاصله مصرف کننده از مرکز تلفن، به

رومیزی را تغذیه می‌کند. امروزه آی‌سی‌های مولد سیگنال زنگ جایگزین زنگ‌های مکانیکی شده‌اند، هر دو نوع زنگ الکترونیکی و مکانیکی تغذیه خود را از طریق سیم تلفن دریافت می‌کنند. آی‌سی معمولاً با ولتاژ DC پایین کار می‌کند در حالی که سیگنال زنگ، AC و دارای ولتاژ زیاد است. لازم است مداری ولتاژ DC مورد نیاز زنگ الکترونیکی را تهیه کند. در شکل ۹-۴۰ بلوک دیاگرام تغذیه آی‌سی زنگ رسم شده است.



شکل ۹-۴۰ بلوک دیاگرام تغذیه و یکسوسازهای مورد نیاز در دستگاه تلفن الکترونیکی (گوشی روی دستگاه قرار دارد)

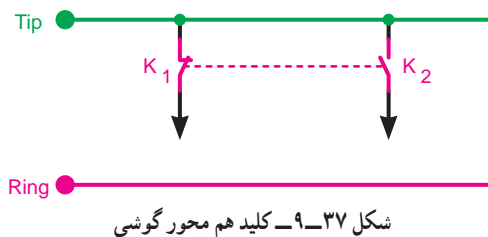
در شکل ۹-۴۱ فیلتر مسیر سیگنال زنگ و عناصر مورد نیاز نظیر خازن‌ها و مقاومت‌های مدار زنگ را مشاهده می‌کنید.



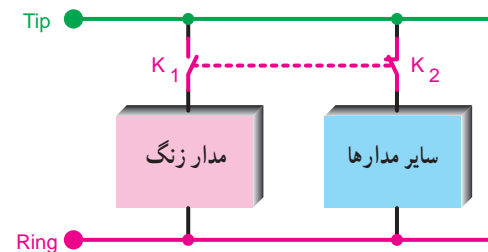
شکل ۹-۴۱

در حالتی که گوشی در جای خود قرار دارد یک کلید هم محور دو حالت به نام کلید مدار هوک (hook) یا کلید قلاب گوشی زنگ را به خط تغذیه تلفن اتصال می‌دهد و سایر مدارهای تلفن را از خط تغذیه قطع می‌کند.

شکل ۹-۳۷ این کلیدها را در مدار بلوکی تلفن نشان می‌دهد. با به صدا درآمدن زنگ و برداشتن گوشی، کلید زنگ قطع و کلید سایر مدارها وصل می‌شود و مدار آماده مکالمه می‌گردد. شکل ۹-۳۸ وضعیت کلیدهای  $K_1$  و  $K_2$  را پس از برداشتن گوشی نشان می‌دهد.



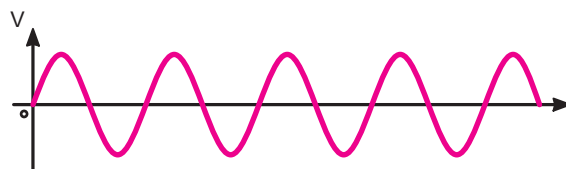
شکل ۹-۳۷ کلید هم محور گوشی



شکل ۹-۳۸ کلید هم محور  $K_1$  باز و کلید  $K_2$  بسته و دستگاه آماده شماره‌گیری و مکالمه است.

## ۹-۱۰-۲- سیگنال زنگ: سیگنال زنگ ارسالی توسط

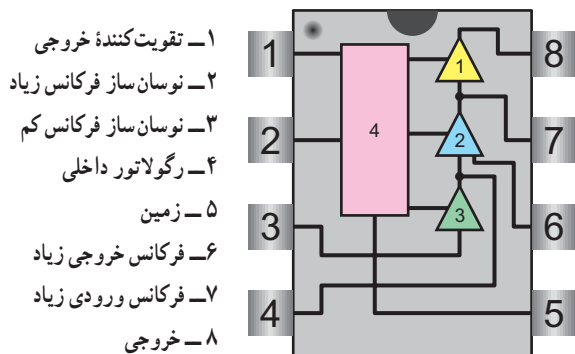
مرکز تلفن، سیگنالی سینوسی با فرکانس ۲۵ هرتز و دامنه یک تا پیک حدود ۸۰ تا ۱۳۰ ولت است. شکل ۹-۳۹ سیگنال زنگ را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۳۹ سیگنال زنگ

## ۹-۱۰-۳- تغذیه آی‌سی‌های مولد سیگنال زنگ تلفن

الکترونیکی: سیگنال زنگ ارسالی از مرکز تلفن، زنگ تلفن‌های

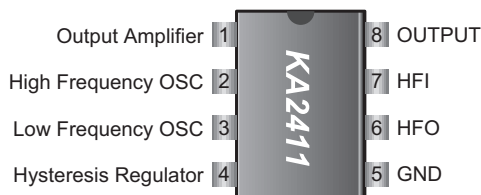


شکل ۹-۴۴ نام بلوک های داخلی IC

- ۱- تقویت کننده خروجی
- ۲- نوسان ساز فرکانس زیاد
- ۳- نوسان ساز فرکانس کم
- ۴- رگولاتور داخلی
- ۵- زمین
- ۶- فرکانس خروجی زیاد
- ۷- فرکانس ورودی زیاد
- ۸- خروجی

#### ۹-۱۰-۴- معرفی یک نمونه آی سی زنگ: یک نمونه

آی سی زنگ مورد استفاده در تلفن به شماره فنی KA2411 است. شکل ظاهری و شماره پایه های این آی سی در شکل ۹-۴۲ و ۹-۴۳ رسم شده است.



شکل ۹-۴۲ مشخصات پایه های آی سی

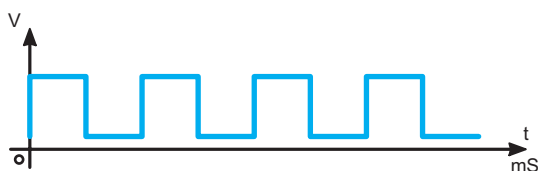
### ۹-۱۱- شماره گیری در تلفن الکترونیکی

انجام شماره گیری در تلفن به دو صورت پالس و تُن امکان پذیر

است:

#### ۹-۱۱-۱- روش پالس (Pulse): در روش پالس با

برداشتن گوشی و شماره گیری، ولتاژ DC خط تلفن قطع و وصل می شود و سیگنال خط به سیگنال پالس تبدیل می گردد و به مرکز تلفن ارسال می شود. شکل ۹-۴۵ ولتاژ خط تلفن و پالس های تولید شده از آن را نشان می دهد. باید توجه نمود برای هر عدد مثلاً عدد ۳، سه پالس و برای عدد ۹، نه پالس و برای عدد صفر ده پالس به مرکز تلفن ارسال می گردد.



شکل ۹-۴۵ ولتاژ DC خط و پالس تولید شده از آن

#### ۹-۱۱-۲- شماره گیری با روش تُن (Tone): در این

روش شماره گیری، برای نشان دادن هر رقم از ترکیب دو فرکانس قابل شنیدن (دو تُن صوتی) استفاده می شود. این روش به اختصار (Dual Tone Multi Frequency) DTMF نامیده می شود.

مثلاً برای ایجاد عدد (یک) تن های صوتی  $F_{C1}$  و  $F_{R1}$  را با



شکل ۹-۴۳ نمای ظاهری آی سی

### فعالیت فوق برنامه

با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت های کامپیوتری چند نمونه آی سی زنگ را شناسایی کنید و Data sheet آن را به دست آورید و با IC زنگ تشریح شد، مقایسه کنید.

این آی سی ۸ پایه است. مدار داخلی آی سی دارای بلوکی

مطابق شکل ۹-۴۴ است.

در این آی سی دو اسیلاتور و یک تقویت کننده خروجی و

یک رگولاتور کنترل شده وجود دارد.

این آی سی قابلیت تنظیم دو تُن مختلف را دارد، لذا می تواند

آهنگ صدا را تغییر دهد.

حداکثر ولتاژ تغذیه این آی سی برابر ۳ ولت و توان مصرفی

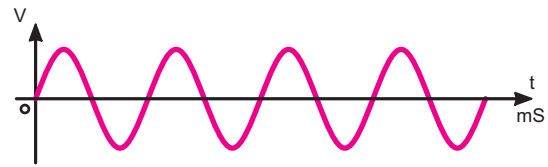
آن ۴۰۰ mW است. درجه حرارت کار آن بین ۴۵- تا ۶۰+ درجه

سنتی گراد است. ولتاژ شروع کار آی سی برای نوسان حدوداً ۹

ولت و حداکثر ۱۲ ولت است:

هم مخلوط می کنند.

شکل ۹-۴۶: تَن صوتی  $F_{C1}$  را نشان می دهد.



شکل ۹-۴۶: یک تَن صوتی

**کلید \* :** این کلید، معمولاً کلید Redial نام دارد و کلید تکرار شماره آخر است. با فشردن این کلید شماره گیری مجدداً صورت می گیرد، یعنی آخرین شماره گرفته شده که در حافظه ثبت شده است، مجدداً گرفته می شود. اگر تلفن مجهز به Auto Redialing باشد چندین بار شماره گیری تکرار می شود.

### ۳-۱۱-۹- مزایای استفاده از روش تَن: روش تَن

(نسبت به روش پالس) مزایایی دارد.

الف) امکان بروز اشتباه کمتر می شود.

ب) سرعت شماره گیری بالا می رود.

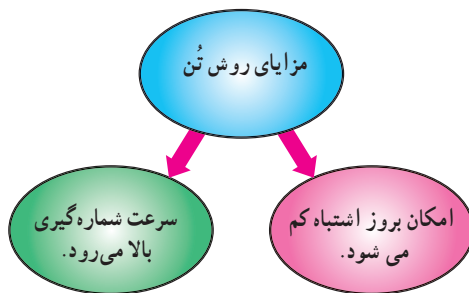
کلیه تلفن های امروزی دارای هر دو سیستم پالس و تَن

(P/T) هستند. معمولاً با تغییر یک کلید می توان سیستم تَن را

به پالس یا پالس را به تَن تبدیل کرد.

در شکل ۹-۴۸ موقعیت کلید پالس و تَن را در یک تلفن

الکترونیکی نشان می دهد.



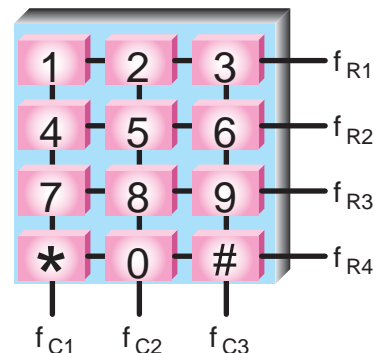
شکل ۹-۴۸: موقعیت کلید پالس و تَن

### ۴-۱۱-۹- بلوک دیاگرام شماره گیری پالسی: در

شکل ۹-۴۹: بلوک دیاگرام شماره گیری به روش پالس رسم شده است.

در هنگام استفاده از روش تَن، با فشار دادن یک دکمه از صفحه کلید، دو فرکانس تَن تولید می شود، این فرکانس ها پس از ترکیب با هم به عنوان عدد شماره گیری شده به مرکز تلفن ارسال می شوند.

شکل ۹-۴۷: صفحه کلید مربوط به ایجاد هر تَن را نشان می دهد. معمولاً روی بدنه دستگاه تلفن، یک کلید دو حالته وجود دارد که وضعیت تَن و پالس با تغییر حالت آن تعیین می شود.



R نشان دهنده Row یا سطر است.

C نشان دهنده Column یا ستون است.

شکل ۹-۴۷: ترتیب قرار گرفتن کلیدها و شماره گیری استاندارد

«مثال: با فشار دادن دکمه شماره ۵ فرکانس های ۱۳۳۶ هرتز در ستون و ۷۷۰ هرتز در سطر تولید می شود (این روش را روش ماتریس (Matrix) می نامند)»

در صفحه کلید علاوه بر اعداد از ۰ تا ۹ دو علامت \*

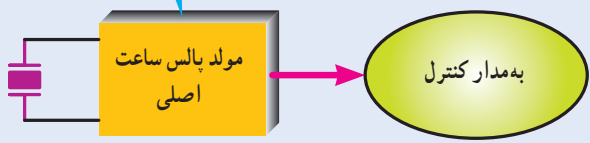
و # نیز وجود دارد.

**کلید # :** این کلید، معمولاً کلید Flash نام دارد. اگر بعد

از شماره گیری، شماره مورد نظر اشغال باشد، به جای فشار دادن کلید زیرگوشی برای قطع کردن خط، می توان این کلید را فشار داد تا مجدداً بوق آزاد برای گیرنده شماره ارسال شود.

به همین منظور مدار مولد پالس ساعت اصلی، فرکانس ثابت با پایداری بسیار ایجاد می کند. فرکانس این مدار معمولاً ۳/۵۱۴ مگاهرتز است که با استفاده از کریستال پیزوالکتریک تولید می شود. شکل ۹-۵۲ این بلوک را نشان می دهد.

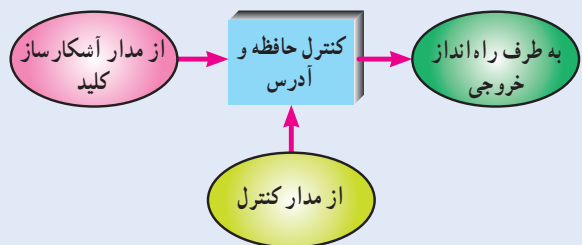
این مدار در واقع یک نوسان ساز معمولی با فرکانس کاملاً پایدار است که در آن از کریستال استفاده شده است.



شکل ۹-۵۲ مدار مولد پالس ساعت

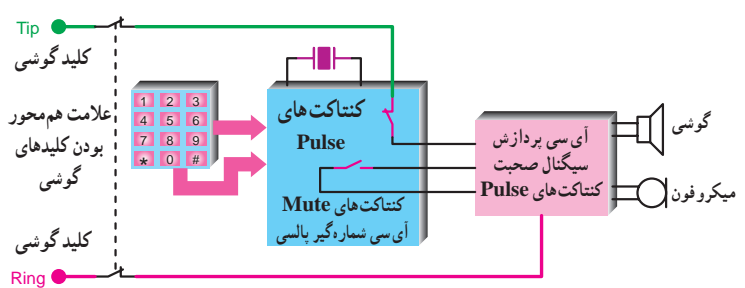
**کنترل کننده حافظه و آدرس:** کدهای تولید شده در اثر شماره گیری توسط آشکار ساز کلید، در حافظه ذخیره می شود. وجود حافظه در این قسمت ضرورت دارد زیرا ممکن است شماره گیری صفحه کلید سریع تر از شماره گیری واقعی در خروجی آی سی باشد.

تأمین ولتاژ مدار حافظه باید به گونه ای باشد که در صورت قطع کلید قلاب مانند گوشی (hook) ولتاژ تغذیه حافظه قطع نشود. شکل ۹-۵۳ این بخش بلوک را نشان می دهد.



شکل ۹-۵۳ مدار کنترل حافظه آی سی

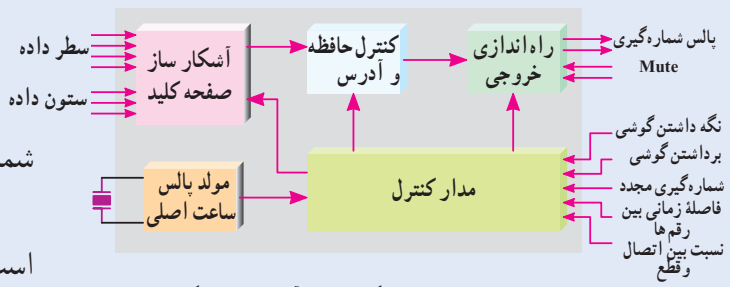
**مدار کنترل کننده آی سی (IC):** مدار کنترل IC که به صورت بلوکی در شکل ۹-۵۴ نشان داده شده است، کلیه عملکردهای آی سی شماره گیر را تحت کنترل دارد. این اعمال شامل هماهنگی بین مدار آشکار ساز کلید، مدار حافظه و مدار راه انداز خروجی است.



شکل ۹-۴۹ اصول کار شماره گیری الکترونیکی با استفاده از آی سی شماره گیر پالسی

### ۹-۱۱-۵- بلوک دیاگرام آی سی شماره گیر:

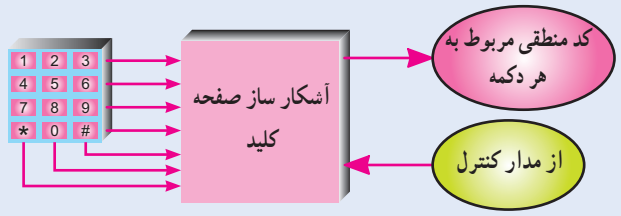
شکل ۹-۵۰ بلوک دیاگرام یک نمونه آی سی شماره گیر نشان داده شده است.



شکل ۹-۵۰ بلوک دیاگرام ساده آی سی شماره گیر

اکنون به شرح مختصر هر بلوک می پردازیم.

**بلوک آشکار ساز صفحه کلید:** در سیستم DTMF با فشار دادن هر دکمه صفحه کلید، دو تن فرکانسی تولید می شود که یکی مربوط به سطر (R=Row) و دیگری مربوط به ستون (c=column) است. این بلوک برای هر کلید کد منطقی مربوط به آن را به وجود می آورد. شکل ۹-۵۱ بلوک مدار آشکار ساز صفحه کلید را نشان می دهد.



شکل ۹-۵۱ مدار آشکار ساز صفحه کلید

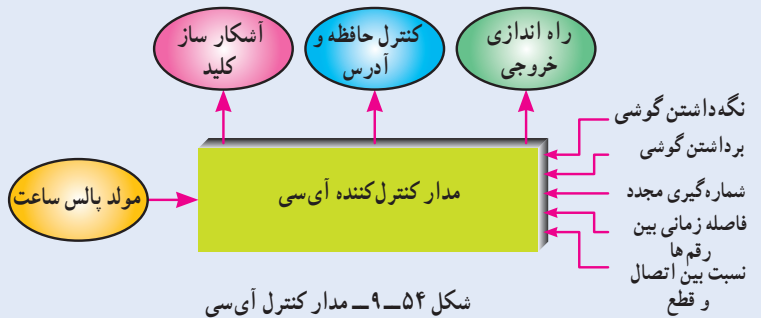
**مدار مولد پالس ساعت اصلی:** برای ایجاد فرکانس پایدار، به نوعی مبنای زمان که بیانگر عملکرد شماره گیر باشد، لازم است.

بلوک دیاگرام نمونه دیگری از آی سی شماره گیر:

شکل ۵۶-۹ بلوک دیاگرام نمونه دیگری از آی سی شماره گیر را مشاهده می کنید، در این طرح، مدار مولد پالس، پس از دریافت سیگنال های سطر و ستون از صفحه کلید، آن ها را به دو فرکانس بالا و پایین تقسیم می کند. سیگنال های فرکانس بالا و پایین پس از عبور از دو فیلتر دیجیتال به آنالوگ به امواج سینوسی فرکانس بالا و پایین تبدیل می شوند.

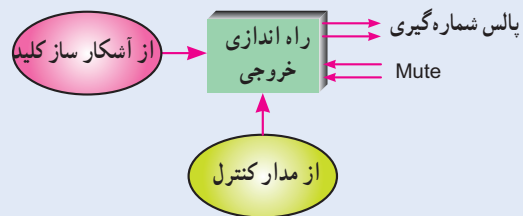
این سیگنال ها پس از ورود به مدار جمع کننده، طبقه خروجی راه انداز را متناسب با شماره گرفته شده به کار می اندازد.

این روش اغلب در شماره گیری به روش تن به کار می رود.

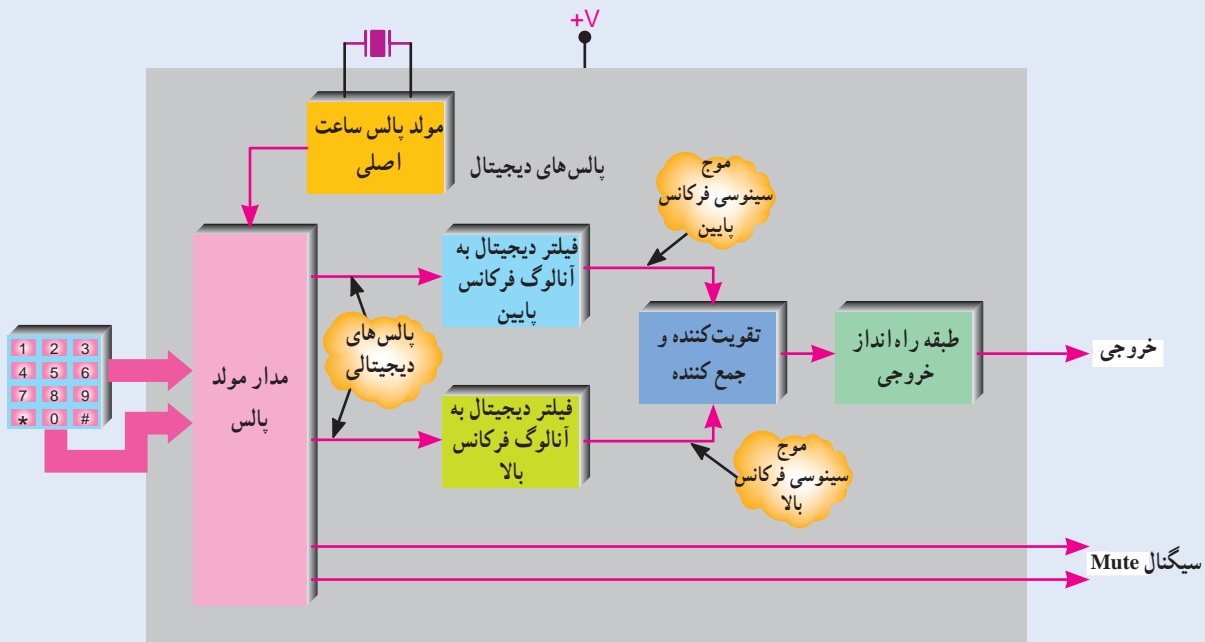


شکل ۵۴-۹ مدار کنترل آی سی

**مدار راه انداز خروجی:** در خروجی آی سی دو مدار راه انداز؛ یکی برای حالت سکوت (Mute) و دیگری برای دریافت اطلاعات از مدار کنترل مورد نیاز است. پالس های شماره گیری از مدار راه انداز دریافت می شود. شکل ۵۵-۹ این بخش مدار را به صورت بلوکی نشان می دهد.

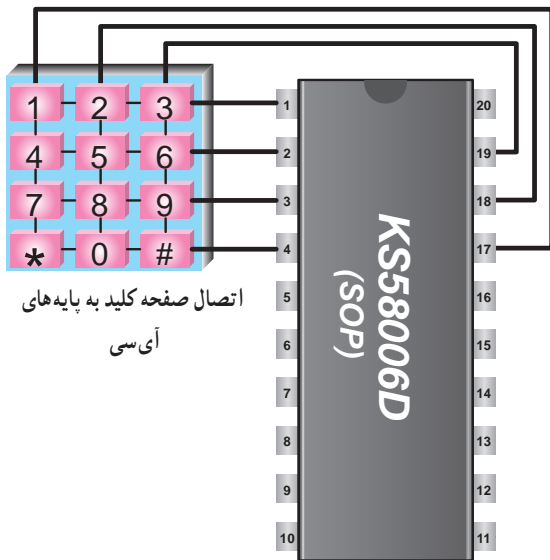


شکل ۵۵-۹ مدار راه اندازی خروجی آی سی شماره گیری



شکل ۵۶-۹ یک نمونه دیگر از آی سی شماره گیری



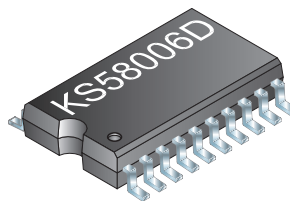


شکل ۹-۶۰ اتصال صفحه کلید به پایه های آی سی

شکل ۹-۶۰ اتصال صفحه کلید به پایه های آی سی

### ۹-۱۱-۶- معرفی یک نمونه آی سی شماره گیر تلفن:

یک نمونه آی سی شماره گیر دارای شماره فنی KS58006D یا KM1902D است. در شکل های ۹-۵۷ و ۹-۵۸ شکل ظاهری این آی سی ها را به صورت ۱۸ پایه و ۲۰ پایه مشاهده می کنید. این آی سی دارای توانایی شماره گیری به صورت پالس و تُن و شماره گیری مجدد است.



شکل ۹-۵۷ آی سی ۲۰ پایه



شکل ۹-۵۸ شکل ظاهری آی سی

## فعالیت فوق برنامه

با مراجعه به منابع مختلف از جمله سایت های اینترنتی، انواع دیگری از آی سی شماره گیر تلفن الکترونیکی را مورد بررسی قرار دهید و آنها را با یکدیگر مقایسه کنید.

در شکل ۹-۵۹ نام پایه های آی سی و شرح مختصر کار هر پایه آورده شده است.

اتصال صفحه کلید به پایه های آی سی به صورت شکل ۹-۶۰ است.

## ۹-۱۲- بخش پردازش سیگنال صحبت

در دستگاه تلفن، آی سی صوت باید توانایی های زیر را داشته باشد.

- فراهم کردن کانالی برای ارسال و دریافت سیگنال صحبت

صحبت

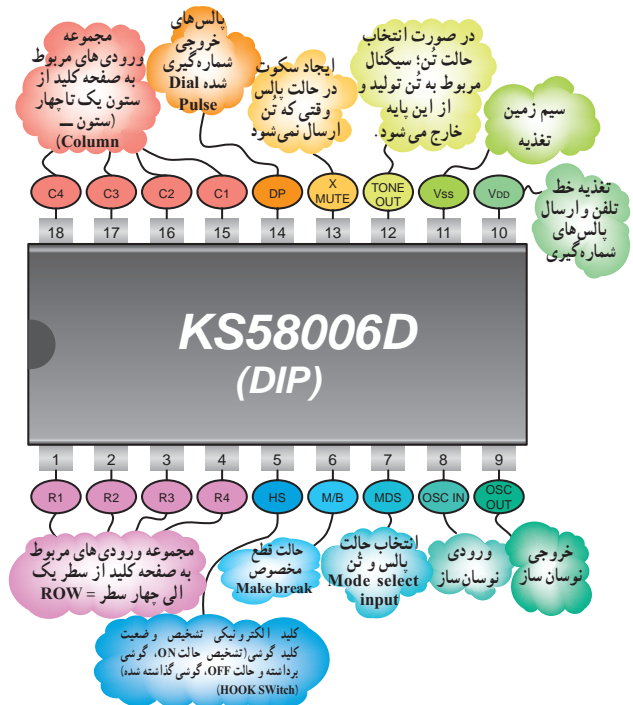
- تقویت سیگنال صحبت
- تأمین خود شنوایی
- توانایی کار با ولتاژ خط تلفن و جلوگیری از بارگذاری

- کامل کردن مسیر برای ارسال سیگنال های شماره گیری
- اعمال بار ثابت به مدار

آن

در شکل ۹-۶۱ شبکه پردازش سیگنال صحبت در

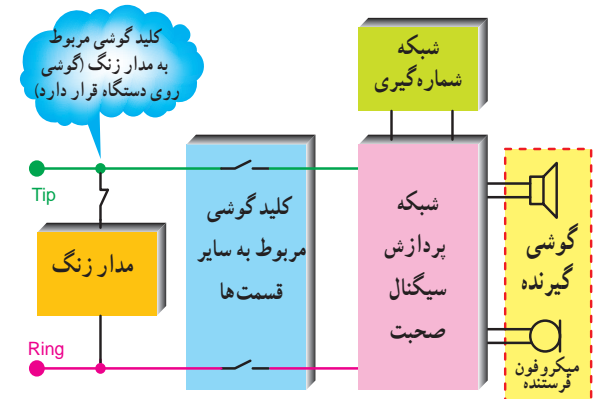
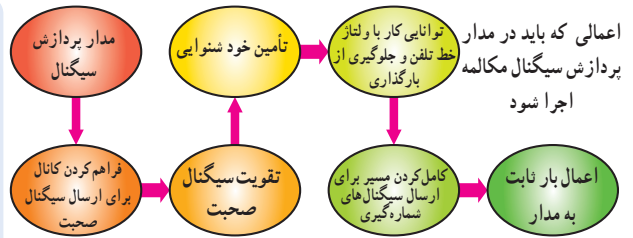
بلوک دیاگرام کلی دستگاه تلفن رسم شده است.



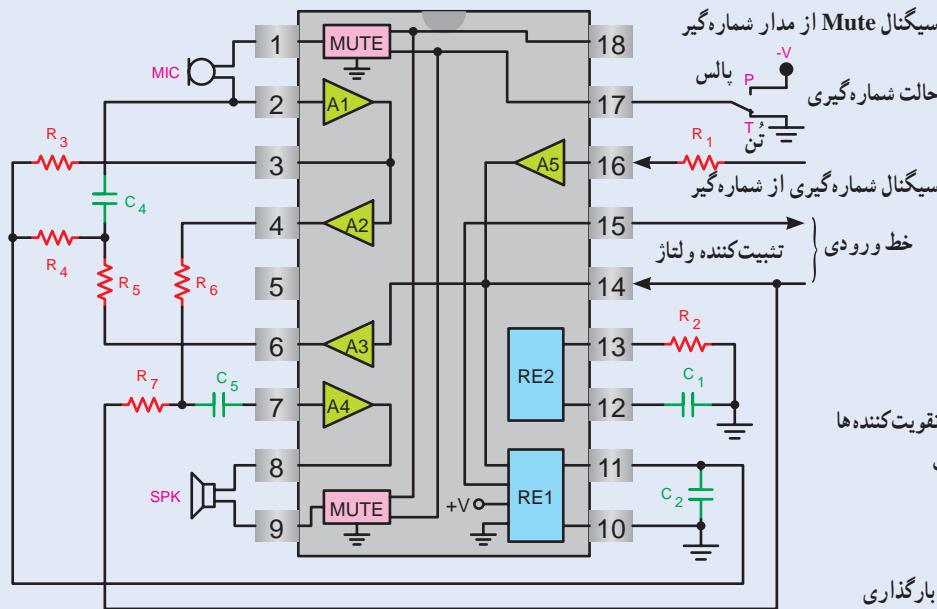
شکل ۹-۵۹ نام پایه های آی سی و شرح مختصر عملکرد هر پایه

### ۱-۱۲-۹- بلوک دیاگرام نمونه‌ای از آی سی پردازش

سیگنال صحبت: در شکل ۹-۶۲ یک نمونه‌ای سی پردازش سیگنال صحبت، مدار داخلی و عناصر خارجی آن به صورت بلوکی نشان داده شده است.



شکل ۹-۶۱- شبکه پردازش سیگنال صحبت در مدار بلوک دیاگرام سیگنال



سیگنال Mute از مدار شماره‌گیر

حالت شماره‌گیری -V پالس

تیپ R<sub>1</sub> تین

سیگنال شماره‌گیری از شماره‌گیر

خط ورودی } تثبیت‌کننده ولتاژ

A1 تقویت‌کننده اولیه میکروفون

A2 تقویت‌کننده نهایی میکروفون

A3 تقویت‌کننده متعادل‌کننده بایاس سایر تقویت‌کننده‌ها

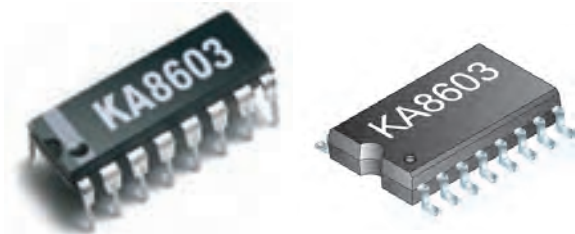
A4 تقویت‌کننده صوت دریافتی از مخاطب

A5 تقویت‌کننده سیگنال شماره‌گیری

RE1 تثبیت‌کننده ولتاژ داخلی

RE2 تثبیت‌کننده جریان برای جلوگیری از بارگذاری

شکل ۹-۶۲- یک نمونه مدار کامل پردازش سیگنال صحبت



شکل ۹-۶۳- شکل ظاهری آی سی

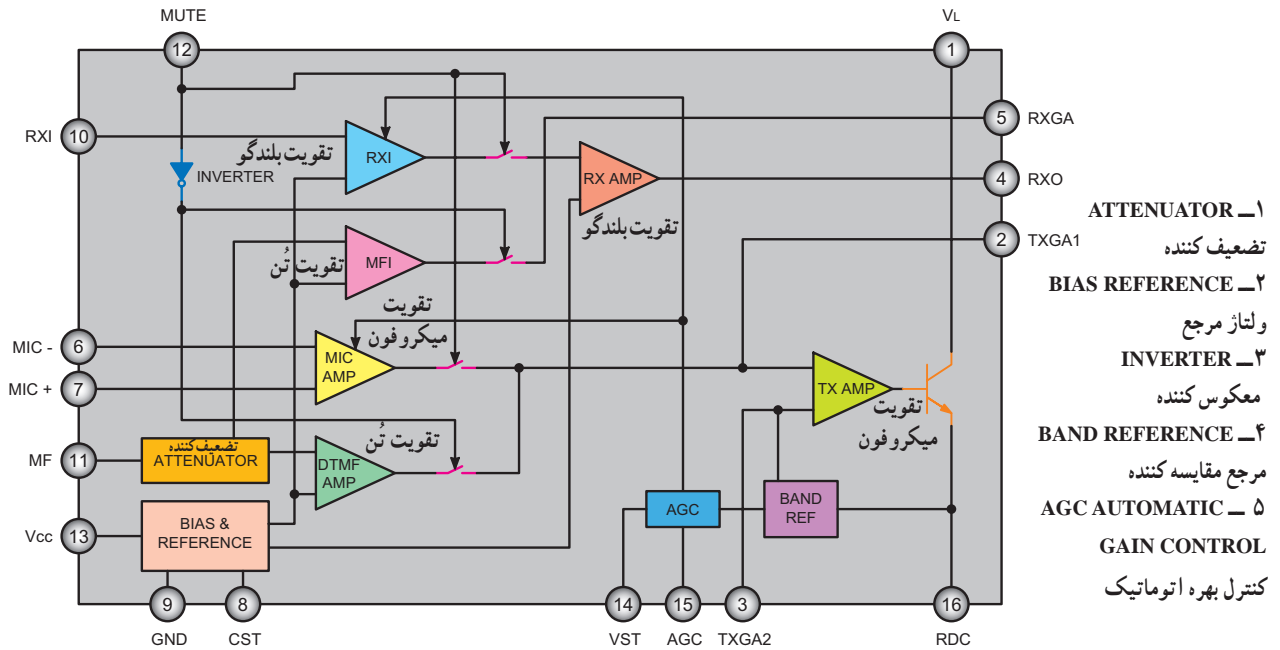
### ۲-۱۲-۹- معرفی آی سی پردازش صحبت در تلفن

الکترونیکی: نمونه‌ای از آی سی پردازش صحبت به شماره فنی

TEA1062 یا KA8603 است. آی سی مطابق شکل‌های ۹-۶۳

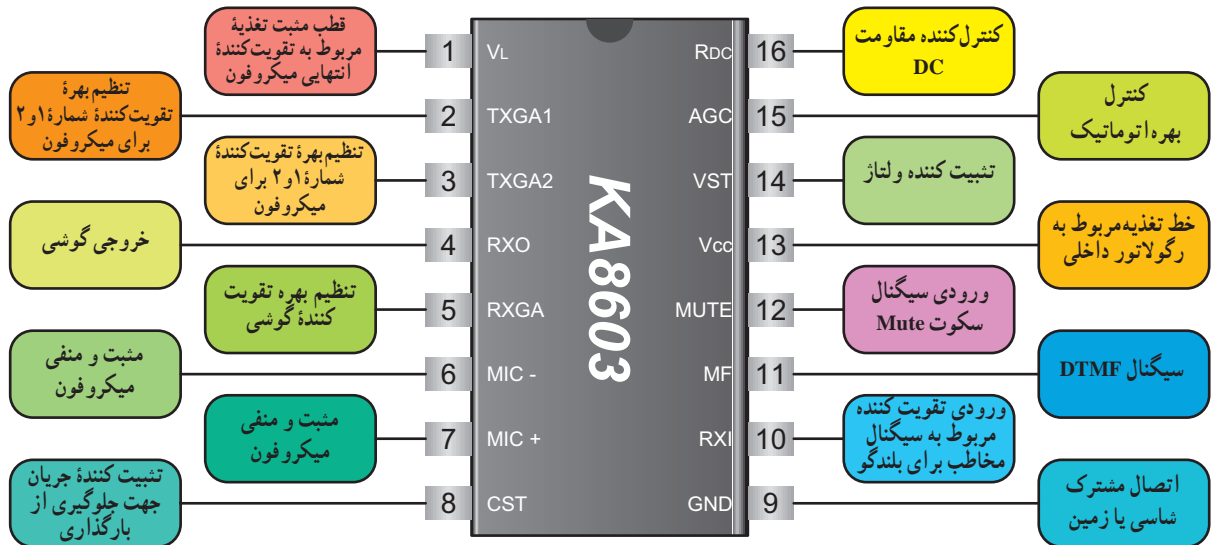
دارای ۱۶ پایه است.

۹-۱۲-۳- بلوک دیاگرام مدارهای داخلی آی سی پردازش صحبت : بلوک دیاگرام مدارهای داخل آی سی به صورت شکل ۹-۶۴ است.



شکل ۹-۶۴- بلوک دیاگرام داخلی آی سی

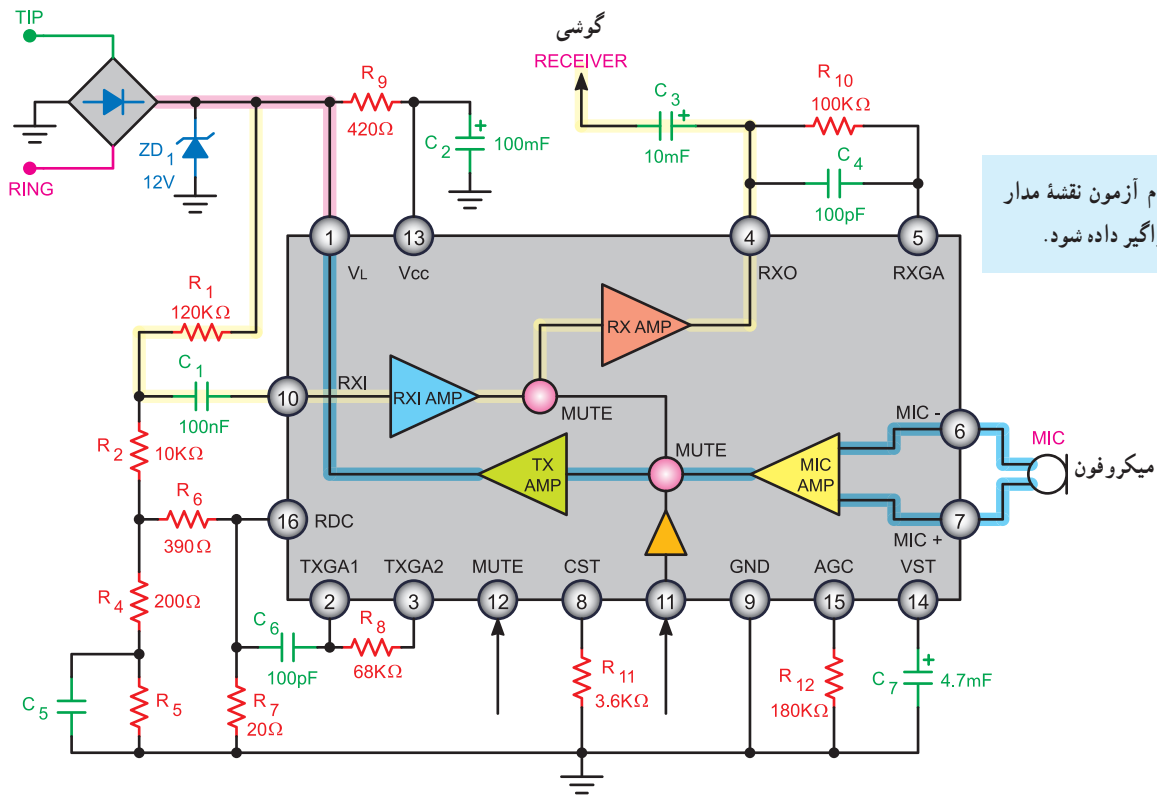
در شکل ۹-۶۵ عملکرد هر پایه آی سی به اختصار شرح داده شده است.



شکل ۹-۶۵- مشخصات پایه های آی سی KA۸۶۰۳

## ۹-۱۳- یک نمونه مدار عملی ساده برای مکالمه

شکل ۹-۶۶ نمونه‌ای از مدار ساده مکالمه را نشان می‌دهد.



هنگام آزمون نقشه مدار به فراگیر داده شود.

شکل ۹-۶۶- یک نمونه مدار ساده مکالمه

تقویت کننده Mic و TX AMP می‌شود و پس از تقویت از طریق پایه ۱ به خط تلفن و به گوشی مخاطب می‌رسد.

ولتاژ DC مدار از طریق پایه ۱۶ و مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_4$  و  $R_6$  و  $R_8$  و  $R_4$  (تقسیم و از طریق مدار داخلی IC) تثبیت می‌شود.

تنظیم بهره تقویت کننده میکروفون از طریق پایه‌های ۲ و ۳ و مقاومت  $R_1$  و خازن  $C_6$  صورت می‌گیرد.

سیگنال Mute (سکوت) از طریق پایه ۱۲ به آی‌سی می‌رسد.

مدار Mute بخش گیرنده صدا را اتصال کوتاه می‌کند تا از شنیدن صدای کلیک جلوگیری کند. این صدا، به هنگام شماره‌گیری، با قطع و وصل کنتاکت ایجاد می‌شود.

در این مدار ولتاژ خط تلفن پس از یکسو سازی و عبور از دیود زبر  $D_{Z1}$  روی ۱۲ ولت تثبیت می‌شود.

این ولتاژ از طریق پایه ۱ آی‌سی قسمت‌هایی از مدار داخلی آی‌سی را تغذیه می‌کند.

ولتاژ ۱۲ ولت پس از عبور از  $R_1$  به پایه ۱۳ آی‌سی اعمال می‌شود و تغذیه رگولاتور داخل آی‌سی را تأمین می‌کند.

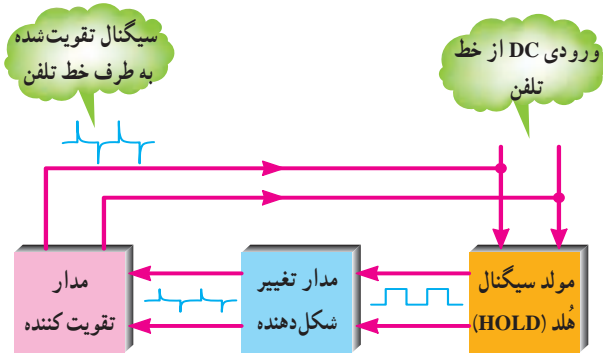
سیگنال صحبت شخص مخاطب از طریق مقاومت  $R_1$  وارد پایه شماره ۱۰ آی‌سی می‌شود و پس از تقویت در تقویت کننده‌های

RXAMP و خروجی از پایه شماره ۴ به گوشی دستگاه می‌رسد. مقاومت  $R_1$  و خازن  $C_4$  در پایه ۵ میزان تقویت سیگنال

را در گوشی تنظیم می‌کنند. صدای تولید شده در میکروفون از پایه ۶ و ۷ آی‌سی وارد

## ۹-۱۴- عملکرد مدار نگهدارنده پشت خط یا هلد (Hold)

مدار نگهدارنده پشت خط یا مدار هلد (hold) مداری است که برای حفظ ارتباط در مدت زمان کوتاه و برقراری مجدد ارتباط، مورد استفاده قرار می‌گیرد. غالباً در مکالمات تلفنی شرایطی پیش می‌آید که تلفن کننده به جست‌جو در داخل کتاب، پرونده و یا صحبت با فرد دیگری نیاز پیدا می‌کند. در این حالت لازم است ارتباط با مخاطب حفظ شود و پس از مدتی مجدداً مکالمه برقرار گردد. برای این منظور از مدار هلد (hold) استفاده می‌کنند. در شکل ۹-۶۷ عملکرد کلید هلد (hold) نشان داده شده است.



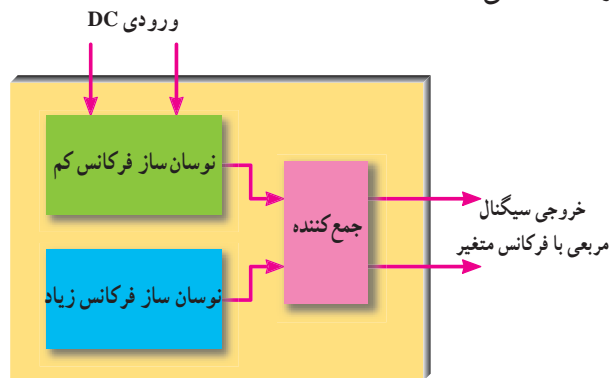
شکل ۹-۶۸- بلوک دیاگرام مدار تقویت کننده و مدار تغییر شکل موج

### ۹-۱۴-۱- بلوک دیاگرام مدار مولد سیگنال هلد

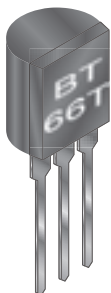
(hold): در شکل ۹-۶۹ بلوک دیاگرام مدار مولد هلد (hold) رسم شده است.

در داخل این بلوک مدار نوسان ساز فرکانس کم و نوسان ساز فرکانس زیاد وجود دارد. فرکانس موج مربعی ایجاد شده در محدوده ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ هرتز تغییر می‌کند و ملودی مناسبی برای سیگنال هلد (hold) تولید می‌شود.

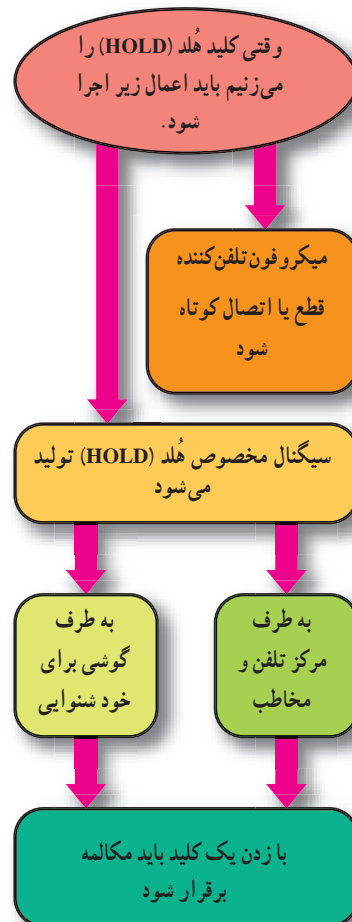
یک نمونه آی سی مولد سیگنال هلد BT۶۶T(hold) یا HUM۶۶ است. در شکل ۹-۷۰ نمای ظاهری آی سی HUM۶۶ را مشاهده می‌کنید.



شکل ۹-۶۹- بلوک دیاگرام مدار سیگنال هلد (HOLD)



شکل ۹-۷۰- آی سی مولد سیگنال هلد (HOLD)



شکل ۹-۶۷- عملکرد کلید هلد (HOLD)

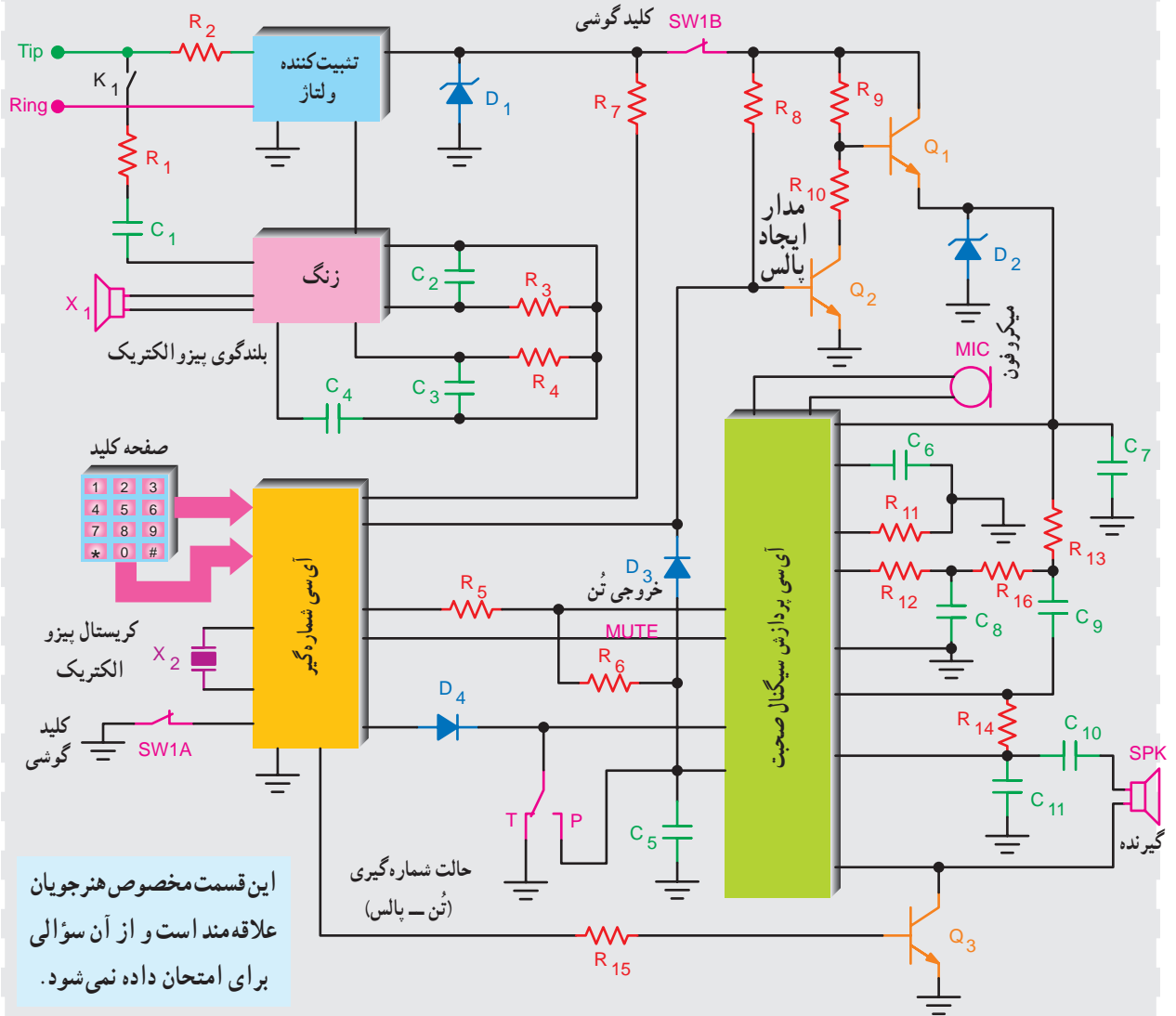
در شکل ۹-۶۸ بلوک دیاگرام مدار هلد (hold) را

مشاهده می‌کنید.

### ۹-۱۵- مدار کامل تلفن الکترونیکی

در شکل ۹-۷۱ مدار کامل تلفن الکترونیکی و عناصر مورد نیاز نظیر مقاومت ها و خازن ها ترسیم شده

است که ارتباط آی سی های داخل تلفن را با هم نشان می دهد.



این قسمت مخصوص هنرجویان علاقه مند است و از آن سوآلی برای امتحان داده نمی شود.

شکل ۹-۷۱- نمونه ای از مدار کامل الکترونیکی

## ۹-۱۶- مراحل برقراری ارتباط بین دو مخاطب

برای برقراری ارتباط تلفنی بین دو نقطه لازم است، شش مرحله زیر به ترتیب اجرا شود تا یک ارتباط کامل صورت گیرد.

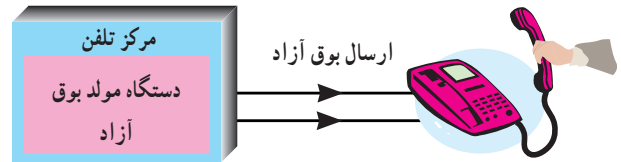
۱- گوشی توسط تلفن کننده (کاربر)، به منظور شروع برقراری

ارتباط برداشته می شود (شکل ۹-۷۲).



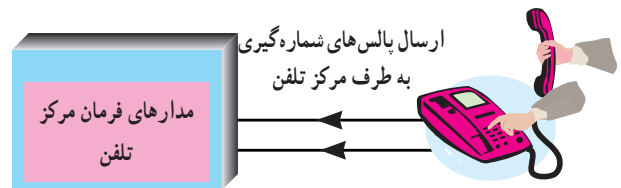
شکل ۹-۷۲

۲- بین مرکز و دستگاه تلفن از طریق خط تلفن ارتباط برقرار گردد و سیگنال بوق آزاد از طرف مرکز ارسال می شود (شکل ۹-۷۳).



شکل ۹-۷۳ ارسال بوق آزاد

۳- با فشار دادن دکمه شماره گیری روی دستگاه تلفن، بوق آزاد قطع و پالس های شماره گیری ارسال می گردد تا در مرکز، مسیر ارتباط بین مخاطب و تلفن کننده باز شود (شکل ۹-۷۴).



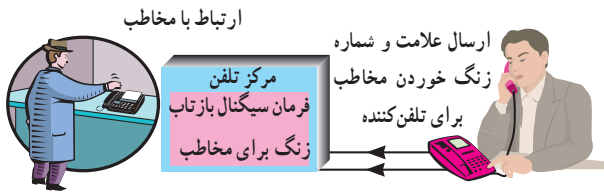
شکل ۹-۷۴ باز شدن مسیر ارتباطی بین دو مخاطب

۴- پس از گرفتن آخرین شماره ارتباط با مخاطب برقرار می شود و از طرف مرکز تلفن سیگنال زنگ ارسال می شود (شکل ۹-۷۵).



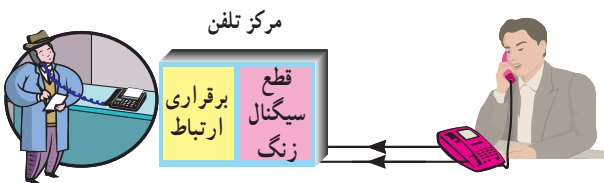
شکل ۹-۷۵ ارسال سیگنال زنگ

۵- هم زمان، سیگنال مخصوص که نشان دهنده برقراری ارتباط و زنگ خوردن مخاطب است از طرف مرکز تلفن به سوی تلفن کننده ارسال می شود. این سیگنال را «بازتاب زنگ» می نامند (شکل ۹-۷۶).



شکل ۹-۷۶ سیگنال بازتاب زنگ

۶- با شنیدن صدای زنگ، مخاطب گوشی را برمی دارد و هم زمان با قطع شدن سیگنال زنگ، ارتباط بین دو نفر برقرار می شود. در این مرحله مدار شماره انداز برای محاسبه پالس تلفن به کار می افتد (شکل ۹-۷۷).

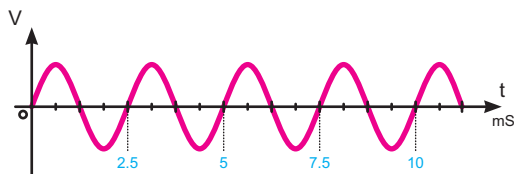


شکل ۹-۷۷ شروع کار شماره انداز

## ۹-۱۷- مشخصات برخی سیگنال های تولیدی در مرکز تلفن

برای برقراری ارتباط، سیگنال های مختلفی در مرکز تلفن تولید می شود، برخی از این سیگنال ها عبارت اند از:

۱- **۹-۱۷-۱- سیگنال بوق آزاد:** این سیگنال دارای فرکانسی حدود  $350^\circ$  تا  $440^\circ$  هرتز است. این سیگنال به طور ممتد پس از برداشتن گوشی از طرف مرکز تلفن ارسال می شود (شکل ۹-۷۸).



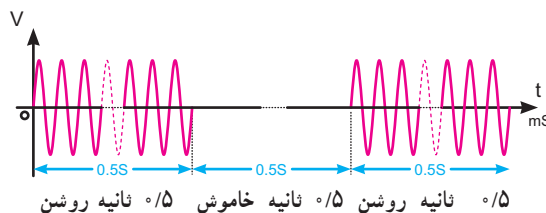
شکل ۹-۷۸ بوق آزاد با زمان تناوب  $2/2$  تا  $2/8$  میلی ثانیه



## ۲-۱۷-۹- سیگنال اشغال تلفن و اشغال خط شهری:

این سیگنال دارای فرکانس  $480^\circ$  تا  $620^\circ$  هرتز است.

این سیگنال حدود  $0.5^\circ$  ثانیه خاموش و  $0.5^\circ$  ثانیه روشن است (شکل ۷۹-۹).

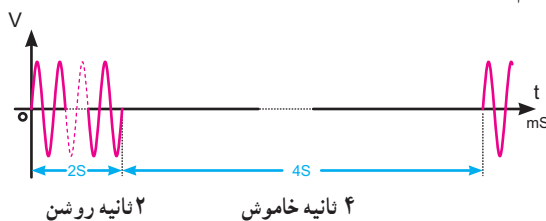


شکل ۷۹-۹- مشخصات سیگنال اشغال خط

## ۳-۱۷-۹- سیگنال بازتاب زنگ: این سیگنال دارای

فرکانس  $440^\circ$  تا  $480^\circ$  هرتز است (مشابه بوق آزاد) و به مدت ۲ ثانیه روشن و ۴ ثانیه خاموش است.

فرکانس و زمان روشن و خاموش بودن این سیگنال در سیستم‌های مختلف فرق می‌کند (شکل ۸۰-۹).



شکل ۸۰-۹- مشخصات سیگنال بازتاب زنگ

## ۱۸-۹- الگوی پرسش

۱- مدارهای مختلف یک دستگاه تلفن الکترونیکی را

فقط نام ببرید.

۲- ولتاژ خط تلفن چند ولت است؟ آیا این ولتاژ DC

است یا AC؟

۳- کلید هوک (hook) چه عملی را انجام می‌دهد؟ توضیح

دهید.

۴- شکل سیگنال زنگ ارسالی از مرکز تلفن را رسم

کنید. دامنه پیک تا پیک سیگنال چه قدر است؟

۵- در داخل آی سی KA۲۴۱۱ چه مدارهایی

وجود دارند؟

۶- در شماره‌گیری به روش پالس برای هر عدد پیش

شماره ۱۲۱ چند پالس به مرکز تلفن ارسال می‌شود؟

۷- کار هر یک از کلیدهای # و \* را در صفحه کلید

شرح دهید.

۸- مزایای استفاده از روش تُن را بنویسید.

۹- فرکانس ایجاد شده توسط مولد پالس ساعت اصلی

در تلفن چند مگا هرتز است؟

۱۰- سه مورد از توانایی‌های آی سی صوت را بنویسید.

۱۱- کار پایه‌های ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳، آی سی KS۵۸۰۰۶

را به اختصار شرح دهید.

۱۲- کار پایه‌های ۴ و ۶ و ۷ و ۹ و ۱۲ و ۱۳ آی سی

KA۸۶۰۳ را به اختصار شرح دهید.

۱۳- سیگنال بوق آزاد دارای چه فرکانسی است؟

۱۴- سیگنال بازتاب زنگ دارای چه فرکانسی است؟

مشخصات آن را توضیح دهید.

### کامل‌کردنی

۱۵- در شماره‌گیری به روش تُن برای نشان دادن هر

رقم از ترکیب ..... استفاده می‌شود، این روش به اختصار

..... نامیده می‌شود.

### صحیح یا غلط

۱۶- در شماره‌گیری به روش تُن امکان بروز اشتباه کم

است ولی سرعت شماره‌گیری پایین می‌آید.

صحیح  غلط

### چهارگزینه‌ای

۱۷- در مورد سیگنال اشغال تلفن و اشغال خط شهری

کدام گزینه صحیح است؟

(۱) به‌طور ممتد از مرکز تلفن ارسال می‌شود.

(۲)  $0.5^\circ$  ثانیه خاموش و  $0.5^\circ$  ثانیه روشن است.

(۳) ۲ ثانیه روشن و ۴ ثانیه خاموش است.

(۴) ۴ ثانیه روشن و ۲ ثانیه خاموش است.

## ۹-۱۹- سیستم سازماندهی و سوئیچینگ مرکز تلفن PSTN

تلفن وصل می‌شود این مرکز، مرکز تلفن محلی یا CO نام دارد. مرکز تلفن محلی کلیه عملیات مربوط به برقراری و یا قطع ارتباط بین تلفن‌های محلی را اجرا می‌کند.

چنانچه ارتباط تلفنی در یک مرکز تلفن محلی صورت گیرد مکالمه را مکالمه محلی (local call) می‌نامند.

در شماره‌گیری، هر مرکز تلفن محلی در شهرهای بزرگی نظیر تهران با یک عدد ۴ رقمی مشخص می‌شود. مثلاً مراکز به شماره ۸۸۴۵ یا ۶۶۰۱ هر یک مربوط به منطقه خاصی از یک شهرند.

شکل ۸۳- ۹- ارتباط تلفن منازل را با دفتر مرکزی تلفن راه دور نشان می‌دهد.

PSTN مخفف کلمات (Public Switched Telephone Network)

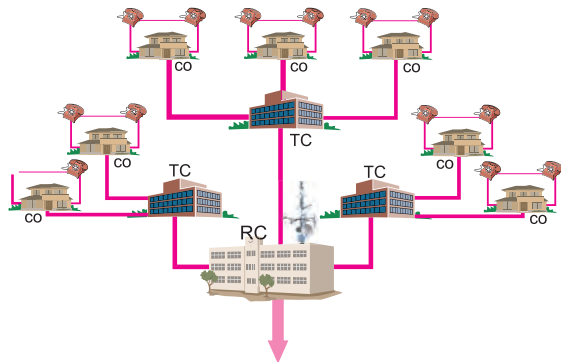
است که «شبکه عمومی تلفن» نامیده می‌شود. کلیه اتصال‌ها و امکانات تلفن شهری و بین شهری مجموعه PSTN را تشکیل می‌دهند. شکل ۸۱- ۹- شکل ساده‌ای از عملکرد PSTN را نشان می‌دهد.



شکل ۸۱- ۹- عملکرد ساده‌ای از شبکه PSTN

شکل ۸۲- ۹- شبکه کلی PSTN را که شامل مراکز تلفن

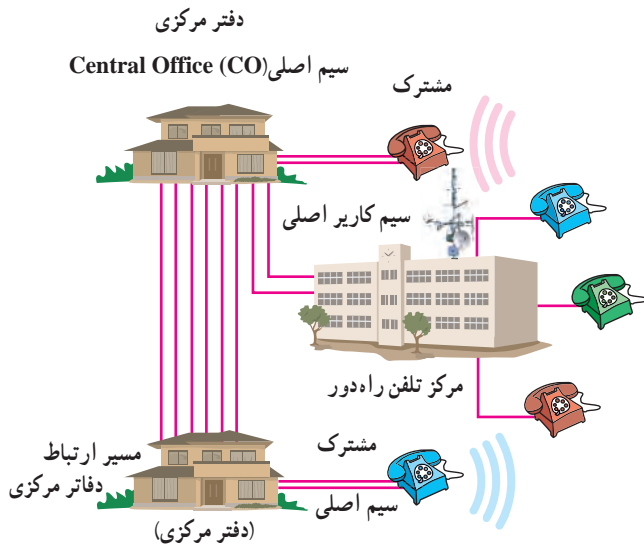
محلی، شهری و راه دور است، نشان می‌دهد.



به سمت سایر مراکز (راه دور)



شکل ۸۲- ۹- شبکه کلی PSTN



شکل ۸۳- ۹- ارتباط تلفن با مراکز تلفن محلی

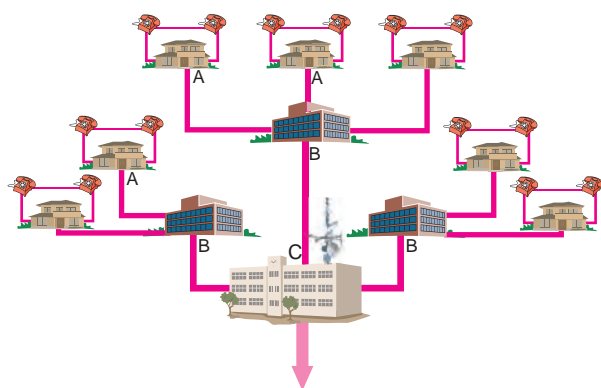
### ۹-۱۹-۲- مرکز تلفن شهری (Toll Center (TC

اگر شماره تلفنی را بگیریم که تحت کنترل مرکز تلفن محل دیگری قرار دارد، باید مرکز تلفن محلی تماس گیرنده با مرکز تلفن محلی مخاطب ارتباط برقرار کند، کنترل قطع و وصل این مراکز تلفن محلی به یکدیگر، توسط مرکزی به نام مرکز تلفن شهری یا TC صورت می‌گیرد. به طوری که در شکل ۸۳- ۹- نشان داده شده است، چندین مرکز تلفن محلی (CO) توسط خطوط اتصال و از طریق مرکز تلفن TC با یکدیگر اتصال دارند و قطع و وصل

### ۹-۱۹-۱- مرکز تلفن محلی (Central Office (CO

هر تلفن که در محلی قرار دارد توسط یک جفت سیم مسی به مرکز

ارتباط بین مبدأ و مقصد توسط سیستم کنترل واقع در مراکز TC صورت می‌گیرد.



شکل ۸۴ - ۹

### ۹-۲۱- تلفن همراه

صحبت به هنگام راه رفتن در خیابان همواره از قابلیت‌های بسیار لوکس به شمار می‌آید. از نظر بسیاری از مردم قابلیت ارتباط از طریق تلفن‌های همراه موجب شده است که به آسانی بتوان با هر فردی در هر مکانی دسترسی داشت. در شکل ۸۵-۹ چند نمونه تلفن همراه نشان داده شده است.



شکل ۸۵ - ۹- چند نمونه تلفن همراه

۱-۹-۲۱- تاریخچه تلفن همراه: تاریخچه تلفن همراه به نوعی دستگاه رادیو - تلفن ارتباط پیدامی‌کند. نوعی دستگاه رادیو تلفن طراحی شد که امکان دسترسی به شبکه تلفن (PSTN) را از طریق دستگاه‌های رادیویی برقرار می‌کرد. این دستگاه‌ها بر روی اتومبیل نصب می‌شدند.

### ۹-۲۰- الگوی پرسش

۱- PSTN مخفف چه کلماتی است؟  
 ۲- وظایف مرکز تلفن محلی را شرح دهید.  
 ۳- بلوک دیاگرامی از یک سیستم PSTN را رسم کنید.

۴- وظایف مرکز تلفن شهری را توضیح دهید.  
 ۵- ارتباط بین مراکز تلفن شهری به وسیله چه مرکزی انجام می‌گیرد؟

کامل کردنی

۶- کلیه اتصال‌ها و امکانات تلفن شهری و بین‌شهری مجموعه‌ای به نام ..... را تشکیل می‌دهند.

صحیح یا غلط

۷- کنترل قطع و وصل بین مراکز تلفن محلی به یک‌دیگر توسط مرکزی به نام مرکز تلفن شهری یا TC صورت می‌گیرد.

صحیح  غلط

چهارگزینه‌ای

۸- در شکل ۸۴-۹ مراکز A ، B و C به ترتیب از راست به چپ چه نام دارد؟

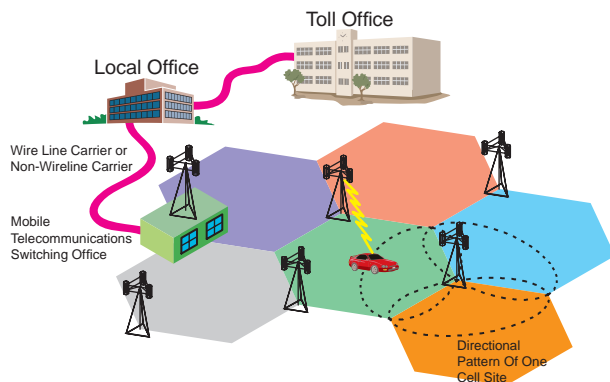
CO - RC - TC (۲)

RC - CO - TC (۱)

TC - CO - RC (۴)

RC - TC - CO (۳)

کنترل می‌شوند و هر سلول را به اداره قطع و وصل تلفن همراه Mobile Telecommunication Switching Office (MTSO) وصل می‌کند. شکل ۸۷ - ۹ ارتباط MTSO را با سایر مراکز نشان می‌دهد.



شکل ۸۷ - ۹ - ارتباط MTSO با سایر مراکز

هر سلول بسیار کوچک فقط ناحیه‌ای در حد چندین کیلومتر را پوشش می‌دهد. کاربران به طور مستقیم با MTSO در ارتباط نیستند بلکه این ارتباط از طریق نزدیک‌ترین ایستگاه سلولی صورت می‌پذیرد.

هر مرکز، به MTSO ناحیه‌ای متصل می‌شود. به این ترتیب می‌توان شبکه‌ای از ایستگاه‌های رادیویی مستقل و متعدد را در محدوده وسیع ایجاد کرد.

### ۳-۲۱-۹- روش معمول توزیع کانال بین سلول‌ها:

در روش سلولی به هر سلول منفرد تعدادی کانال (فرکانس) تعلق می‌گیرد. شکل ۸۸ - ۹ هر سلول و مرکز آن را نشان می‌دهد.



شکل ۸۸ - ۹ - نمایی از هر سلول و مرکز آن

در اصل دستگاه‌های مزبور مانند تلفن‌های بی‌سیم کار می‌کردند و بخش قابل حمل در درون اتومبیل قرار داشت و می‌توانست تعداد زیادی از بخش‌های ثابت را در اطراف خود پوشش دهد.

ارتباط هر یک از کاربران از طریق فرکانس یا کانال متفاوتی صورت می‌گرفت.

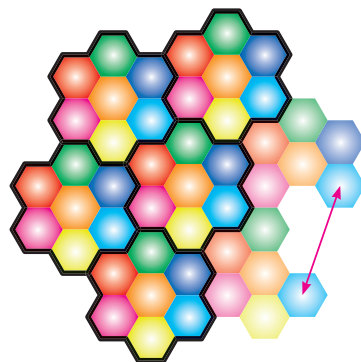
مرکز تلفن بی‌سیم در وسط محدوده رادیویی قرار داشت. عواملی تکنولوژی رادیو تلفن را محدود می‌کرد. یکی این که تعداد کانال‌های رادیویی (محدوده فرکانسی) مورد نیاز برای این کار بسیار زیاد بود یعنی باند استاندارد آن باید بیش از ۲۰۰۰ کانال را پوشش می‌داد هر چند این تعداد کانال به نظر زیاد می‌آمد، اما برای افراد زیادی که تقاضای چنین خدماتی را داشتند، کافی نبود.

دیگر این که این خدمات به صورت مرکز به مرکز بود یعنی وقتی کاربری در یک مرکز عضو می‌شد فقط می‌توانست از همان مرکز خدمات دریافت کند.

برد هر مرکز نیز بسته به امکانات بخش ارائه دهنده خدمات محدود بود.

### ۲-۲۱-۹- ساختار سلولی تلفن همراه: در سیستم

سلولی، ناحیه‌های جغرافیایی را به ناحیه‌های نسبتاً کوچک‌تری تقسیم می‌کنند که ناحیه‌های کوچک سلول نامیده می‌شوند. شکل ۸۶ - ۹ سلول‌ها را در ناحیه‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۸۶ - ۹ - ناحیه‌های جغرافیایی به چندین سلول تقسیم می‌شوند.

در مرکز یا نقطه مناسب دیگری در اطراف سلول‌ها، سیستم رادیویی قرار دارد که با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی و کامپیوتری

وقتی کاربری با برداشتن تلفن همراه، خدمات مربوطه را درخواست می‌کند، نزدیک‌ترین سلول سیگنال ارسالی از تلفن را دریافت می‌کند و دو کانال را برای برقراری ارتباط به آن اختصاص می‌دهد.

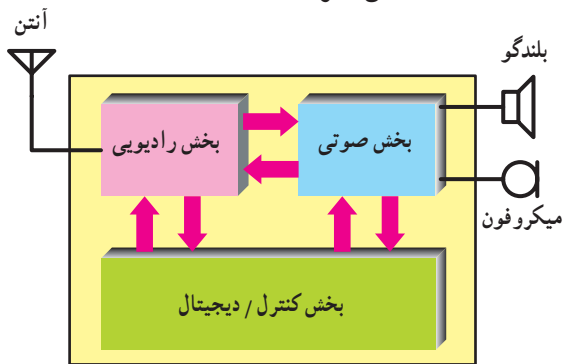
انتخاب کانال به صورت کاملاً خودکار انجام می‌شود.

بعد از برقراری ارتباط دو طرفه کامل، MTSO خط تلفنی را در مرکز تلفن محلی خود باز می‌کند و بوق آزاد شنیده می‌شود.

## ۹-۲۲-۹- ساختمان تلفن همراه اولیه

### ۹-۲۲-۱- بلوک دیگرام تلفن همراه اولیه: شکی

نیست که تلفن همراه پیچیده‌ترین و قدرتمندترین وسیله ارتباطی به شمار می‌آید. به طور کلی می‌توان تلفن همراه را به سه قسمت مجزا تقسیم کرد، که عبارت‌اند از: بخش رادیویی (RF)، بخش صوتی (AF) و بخش کنترل/دیجیتال (CPU). در شکل ۹-۹۱ قسمت‌های مختلف تلفن همراه نشان داده شده است.



شکل ۹-۹۱- نمودار بلوکی تلفن همراه

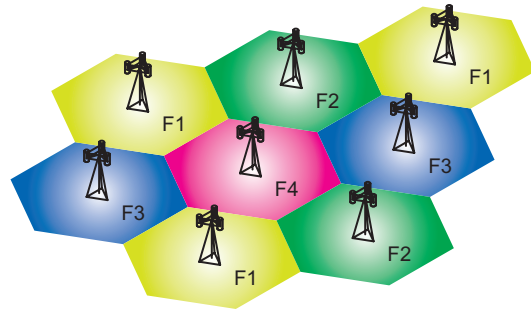
### ۹-۲۲-۲- بخش رادیویی: بخش رادیویی تمام سیگنال‌های

ورودی و خروجی تلفن همراه را کنترل می‌کند. این بخش در شکل ۹-۹۲ نشان داده شده است. آنتن به نوعی Duplexer است یعنی گوشی موبایل می‌تواند به عنوان گیرنده و فرستنده عمل کند. سیگنال‌های دریافتی توسط مدار گیرنده رادیویی فیلتر و دمدوله می‌شوند. خروجی بخش رادیویی به بخش صوتی می‌رود. هر چند که در گیرنده‌های رادیویی سنتی از تنظیم فرکانس دستی برای تنظیم کانال مورد نظر استفاده می‌شد، اما تلفن‌های همراه از نوعی سینتی سائزر دقیق استفاده می‌کنند و با کمک آن می‌توانند

مثلاً در باند فرکانسی FCC در ایالات متحده می‌توان ۶۶۶ کانال ایجاد نمود. هر سلول می‌تواند ۴۵ ارتباط دو طرفه کامل را برقرار کند. هر مکالمه دو طرفه به دو کانال (یا فرکانس) احتیاج دارد. لذا هر سلول می‌تواند تا ۹۰ کانال از ۶۶۶ کانال را مورد استفاده قرار دهد.

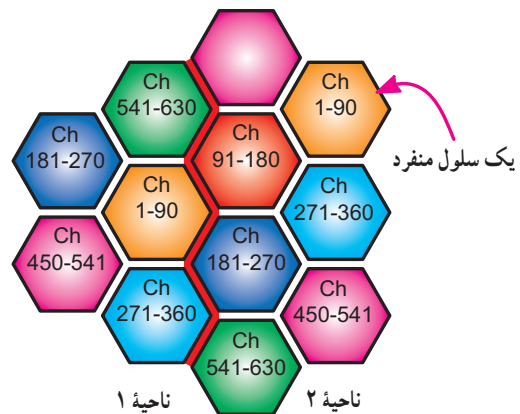
سلول‌های مجاور مجموعه دیگری از فرکانس یا (کانال‌ها) را مورد استفاده قرار می‌دهند. ولی سلول‌های غیر مجاور می‌توانند دوباره از مجموعه کانال‌ها (فرکانس‌های) قبلی استفاده کنند.

مثلاً در ناحیه (۱) از کانال‌های ۹۰-۱۱ استفاده شده است (شکل ۸۹-۹).



شکل ۸۹-۹- تقسیم سلولی ناحیه‌ها

در این حالت هیچ یک از سلول‌های مجاور ناحیه (۱) نباید از این کانال‌ها استفاده کنند، زیرا در این حالت ممکن است تداخل ایجاد شود، لذا سلول‌های مجاور باید از سایر کانال‌های موجود در باند استفاده کنند. در شکل ۹-۹۰ نمونه‌ای از روش معمول توزیع کانال‌ها در بین سلول‌ها نشان داده شده است.



شکل ۹-۹۰- نمونه‌ای از روش معمول توزیع کانال‌ها بین سلول‌ها

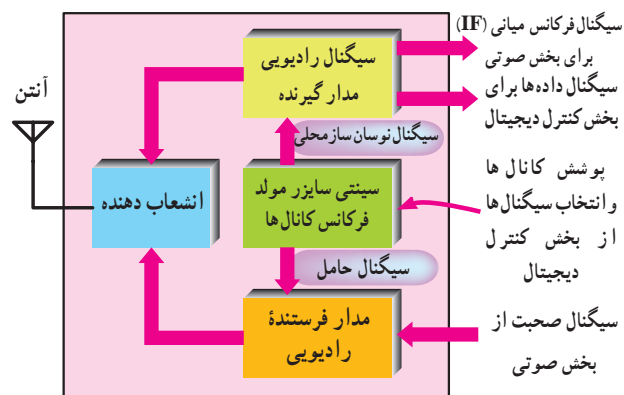
مدار سینتی‌سایزر فرکانس موج حامل، معمولاً از یک نوسان ساز پایه تشکیل شده است که همراه با سینتی‌سایزر فرکانس دریافتی و نوسان ساز فرکانس ارسالی کار می‌کند. سینتی‌سایزر فرکانس دریافتی سیگنال‌های کنترل‌کننده را از بخش کنترل/دیجیتال دریافت و ولتاژی متناسب با آن فرکانس ایجاد می‌کند. نوعی نوسان‌ساز قابل کنترل با ولتاژ (Voltage Control Oscillator (VCO) ولتاژ مزبور را به سیگنالی نوسان‌کننده تبدیل می‌کند. مدار مشابهی نیز برای مولد موج حامل فرستنده وجود دارد. سیگنال‌های دیجیتالی قابل کنترل توسط بخش کنترل/دیجیتال ایجاد می‌شود و ولتاژی متناسب با فرکانس مورد نظر را ایجاد می‌کنند. این ولتاژ VCO را راه‌اندازی می‌کند و فرکانس نوسان‌ساز را به‌جود می‌آورد.

### ۳-۲۲-۹ = بخش صوتی: بخش صوتی سیگنال میانی (IF)

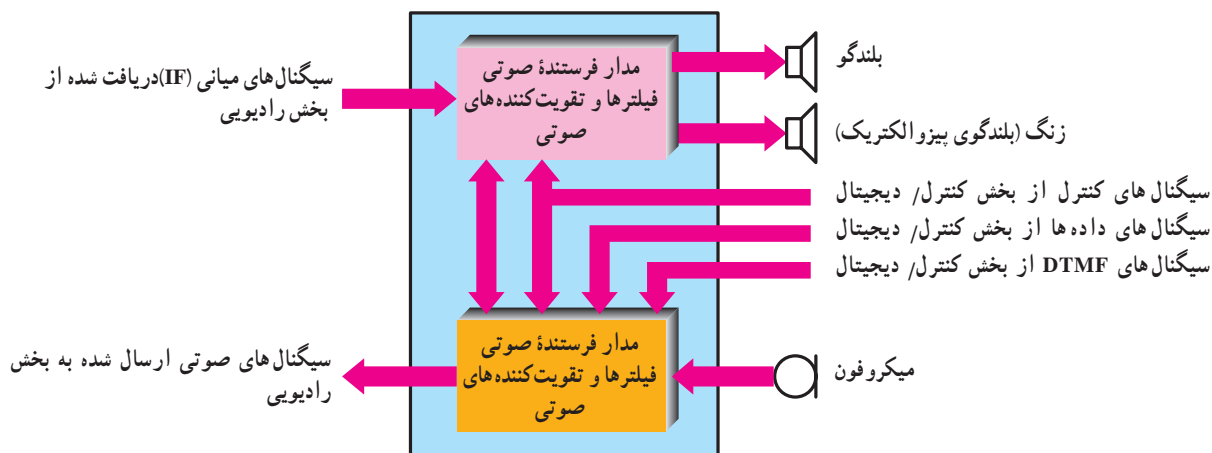
را (که از سیگنال رادیویی به دست آمده است) به سیگنال صوتی تبدیل می‌کند. سیگنال صوتی ایجاد شده را می‌توان از طریق بلندگوی تلفن همراه شنید. نمودار بلوکی این بخش در شکل ۹-۹۳ نشان داده شده است.

اغلب مواقع گیرنده (بلندگوی) دیگری نیز وجود دارد، که برای ایجاد سیگنال‌های هشداردهنده (مانند سیگنال زنگ و سیگنال‌های شماره‌گیری DTMF) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به طور دقیق بر روی هر یک از ۶۶۶ کانال تنظیم شوند. در هر لحظه کانال انتخاب شده توسط بخش کنترل/دیجیتال تعیین می‌شود. با حرکت تلفن همراه از سلولی به سلول دیگر، فرکانس‌های ارسال و دریافت بر روی کانال‌های قابل دریافت در سلول جدید تنظیم می‌شود. به هنگامی که گوشی موبایل به عنوان فرستنده عمل می‌کند. سیگنال صحبت از بخش AF و سیگنال داده‌ها از بخش کنترل/دیجیتال به مدار فرستنده رادیویی فرستاده می‌شوند. در این قسمت، سیگنال‌ها روی موج حامل مناسبی سوار می‌شوند و بعد از فیلتر و تقویت شدن به آنتن اعمال می‌شوند. فرکانس موج حامل بسته به سلولی که با آن کار می‌کنید تعیین می‌گردد.



شکل ۹-۹۲- نمودار بلوکی بخش رادیویی تلفن همراه



شکل ۹-۹۳- بخش صوتی تلفن‌های همراه



موقت (مانند کانال فعلی، تنظیم توان فرستنده و غیره) مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، در زمان اجرای برنامه حافظه موقت برای نگهداری نتیجه مقایسه‌های منطقی و محاسبه‌های ریاضی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هم‌چنین نوعی حافظه پایدار قابل پاک شدن (EPROM) نیز برای نگه‌داری اطلاعات منحصربه‌فرد هر تلفن (مانند شماره خود تلفن همراه) مورد استفاده قرار می‌گیرد. گاهی این حافظه اختصاصی را NAM سرواژه کلمات (Number Assignment Module) می‌نامند. پردازنده به طور مستقیم بخش‌های صوتی، رادیویی، و مولد سیگنال DTMF را کنترل می‌کند.

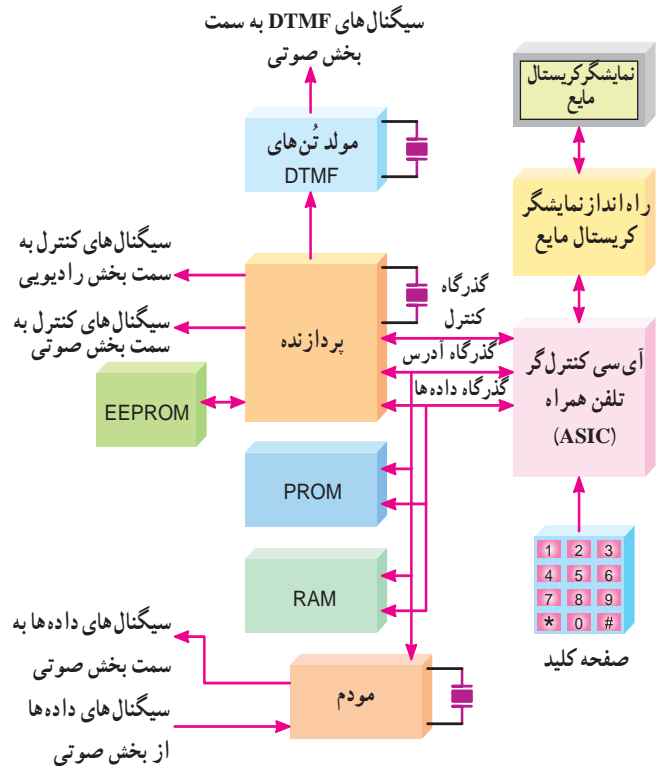
از آن‌جا که تلفن همراه بخش فعال شبکه سلولی است، باید در تماس دائم با شبکه باشد. بنابراین تلفن همراه علاوه بر سیگنال صحبت و سیگنال‌های شماره‌گیری DTMF، باید بتواند داده‌ها را نیز به مرکز سلول (و در نهایت به MTSO) ارسال و دریافت کند. برای اضافه کردن داده‌ها به سیگنال ارسالی از نوعی مودم استفاده می‌شود. مودم مزبور برای تفسیر داده‌ها و دستورهای ارسال شده توسط شبکه سلولی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پردازنده، عملکرد بخش «کنترل‌گر تلفن همراه» را نیز تحت کنترل دارد. بخش «کنترل‌گر تلفن همراه» معمولاً نوعی آی‌سی سفارشی بسیار پیچیده است، که مسئول ارتباط بین صفحه کلید و صفحه نمایش تلفن همراه است. بخش مزبور هم‌چنین سینتی‌سایزرهای مولد فرکانس‌های دریافت و ارسال را در بخش رادیویی تنظیم می‌کند.

معمولاً نمایشگر نیز در تلفن همراه وجود دارد، که مواردی مانند شماره تلفن گرفته شده، موقعیت شبکه (مانند انتخاب، روشن، در حال استفاده، جست‌وجو خارج از سرویس و غیره)، را نشان دهد. از آن‌جا که نمایشگرهای کریستال مایع (و راه‌انداز مربوط به آن) توان مصرفی اندک و عمر طولانی دارند، بهترین انتخاب برای این مورد به شمار می‌آیند. نمایشگر مزبور می‌تواند اعداد و یا پیام‌ها را تا ۱۶ کاراکتر نشان دهد. با توجه به تغییر سریع نسل‌های تلفن همراه، امروزه تغییرات پیچیده‌ای با توجه به فناوری‌های مدرن در ساختار تلفن همراه پدید آمده است. برای کسب اطلاعات می‌توانید به منابع مربوطه مراجعه نمایید.

تُن‌های شماره‌گیری DTMF و سیگنال صحبت به دست آمده از میکروفون، بعد از فیلتر شدن، با یکدیگر مخلوط و برای مدولاسیون به بخش سیگنال‌های رادیویی اعمال می‌شود. همراه با این سیگنال‌ها، سیگنال‌های کنترلی به دست آمده از مودم بخش کنترل / دیجیتال نیز ارسال می‌شوند. بخشی از سیگنال صحبت ارسال شده به عنوان «صدای فرعی» (بازگشتی) به گیرنده بازگردانده می‌شود. عملکرد بخش‌های فرستنده (میکروفون) و گیرنده (بلندگوی) صوتی تحت کنترل مستقیم بخش کنترل / دیجیتال است.

**۴-۲۲-۹- بخش کنترل / دیجیتال: همان‌طور که در نمودار بلوکی شکل ۹-۱۴ مشاهده می‌کنید، بخش کنترل / دیجیتال اصلی‌ترین قسمت در تلفن همراه است. بخش کنترل / دیجیتال معادل معماری داخلی کامپیوتر است که پردازنده اصلی تلفن همراه را بر اساس دستورهای ثابت (که برنامه نامیده می‌شود) راه‌اندازی می‌کند. این برنامه در نوعی حافظه دائمی (ROM) قرار دارد.**



شکل ۹-۱۴- بخش کنترل / دیجیتال تلفن همراه

نوعی حافظه موقت (RAM) نیز برای نگهداری پارامترهای



## ۹-۲۳- الگوی پرسش

- ۱- ساختار سلولی تلفن همراه را توضیح دهید.
- ۲- وظایف MTSSO را شرح دهید.
- ۳- در تقسیم بندی سلولی در باند فرکانسی FCC هر ناحیه به چند کانال تقسیم بندی می شود؟
- ۴- بلوک دیاگرام کلی تلفن همراه را رسم کنید.
- ۵- عمل مدولاسیون سیگنال صدا روی حامل، در کدام بخش تلفن همراه انجام می شود؟
- ۶- بخش کنترل/دیجیتال چه وظایفی را به عهده دارد؟
- ۷- انواع حافظه های موجود در بخش کنترل/دیجیتال تلفن همراه را نام ببرید.
- کامل کردنی
- ۸- MTSSO اول کلمات انگلیسی ..... است.
- چهارگزینه ای
- ۹- در بلوک دیاگرام شکل ۹-۹۵ که مربوط به ساختمان بلوکی تلفن همراه است، بخش C چه نام دارد؟
  - (۱) بخش رادیویی
  - (۲) بخش صوتی
  - (۳) بخش کنترل / دیجیتال
  - (۴) سینتی سایزر مولد فرکانس

پیشرفت زیادی نمود و هر کشور، سیستم خاص خود را داشت. سیستم های کشورهای مختلف از نظر عملکرد و تجهیزات با یکدیگر سازگار نبودند، در نتیجه تجهیزات موبایل فقط در محدوده یک کشور به درستی پاسخ می داد. این امر بازار محدودی را برای هر نوع تجهیزات ایجاد می نمود که از نظر اقتصادی به صرفه نبود. این موضوع در سال ۱۹۸۲ در کنفرانس تلگراف و تلفن اروپا (CEPT) مطرح شد و گروهی با نام GSM (Group Special Mobile) به بررسی این سیستم پرداختند.

اهداف اصلی این گروه عبارت بود از:

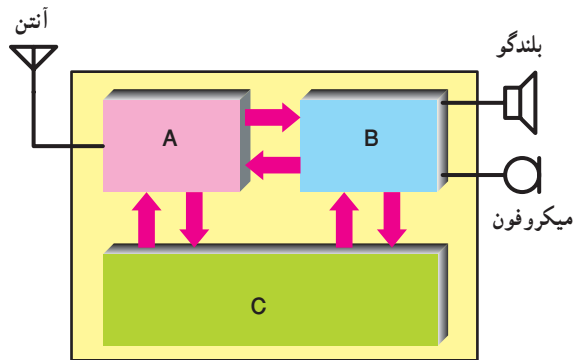
- بالا بردن کیفیت مکالمه
  - کم کردن هزینه ها برای ترمینال ها و سرویس ها
  - پشتیبانی رومینگ بین المللی (International Roaming)
  - توانایی پشتیبانی از ترمینال های دستی
  - پشتیبانی از سرویس ها و امکانات جدید
  - سازگاری بین ISDN ها
- شبکه GSM برخلاف سیستم های سلولی آنالوگ، سیستمی دیجیتالی است و پردازش سیگنال ها به صورت دیجیتال اجرا می شود.
- این امر هزینه را کاهش و کیفیت را افزایش می دهد تنها عیب سیستم دیجیتال اشغال پهنای باند بیشتر آن است.

## ۹-۲۵- سرویس های GSM

پایه ای ترین سرویسی که GSM ارائه می دهد سرویس مکالمه معمولی است.

برای این منظور مکالمات به صورت دیجیتالی کد شده و از طریق شبکه GSM منتقل می شوند. وظایف شبکه برای ارائه سرویس مکالمه را می توان به این صورت بیان نمود:

- (الف) مشخص کردن مشترک
- (ب) شناسایی موقعیت مشترک
- (ج) مسیریابی مکالمه
- (د) اطمینان از برقراری ارتباط تا پایان مکالمه
- (ه) قطع مکالمه پس از اتمام آن



شکل ۹-۹۵

## ۹-۲۴- ساختار شبکه (GSM) سیستم جهانی برای موبایل و عملکرد هر یک از اجزای آن

### Global System for Mobile

در اوایل دهه ۱۹۸۰ سیستم های سلولی آنالوگ در اروپا

(و محاسبه شارژ.

علاوه بر سرویس های اصلی، سرویس های تکمیلی دیگری نیز وجود دارد، این سرویس های اضافی در صورت درخواست مشترکین در اختیار آن ها قرار می گیرد. بعضی از این سرویس ها عبارت اند از:

• سرویس انتقال مکالمه

• سرویس محدودیت بر روی مکالمات ورودی و خروجی

• سرویس شناسایی (Caller Identification)

• سرویس انتظار مکالمه

• سرویس مکالمات چند نفره

• سرویس انستداد تماس (CUG)

Close User Group

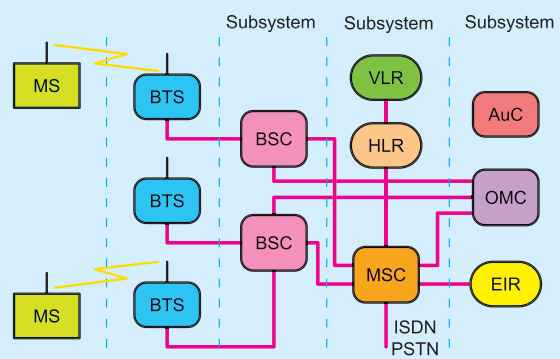
این سرویس تماس از موبایل را فقط به شماره هایی خاص محدود می کند اما همه می توانند به موبایل زنگ بزنند.

• سرویس استفاده از دو شماره (Dual Numbeerring)

این سرویس اجازه می دهد مشترک با استفاده از یک گوشی از دو شماره مختلف استفاده کند.

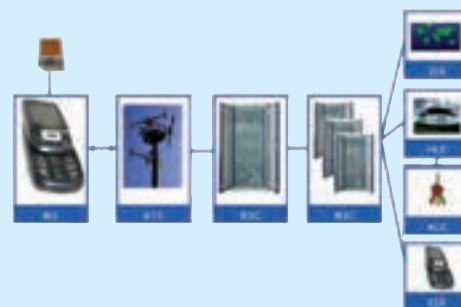
## ۹-۲۶- ساختار GSM

GSM از سه زیر سیستم (Subsystem) تشکیل شده است. در شکل ۹-۹۶ ساختار GSM و زیر سیستم های آن نشان داده شده است.



شکل ۹-۹۶- زیر سیستم های GSM

در شکل ۹-۹۷ دیگر از زیر سیستم های GSM رسم شده است.



شکل ۹-۹۷- زیر سیستم های ساختار GSM

## ۹-۲۶-۱- MS (Mobile Station): به مجموعه

گوشی به همراه سیم کارت MS گویند.

مشترک موبایل با در اختیار داشتن سیم کارت و گوشی می تواند با شبکه موبایل ارتباط داشته باشد. شکل ۹-۹۸ یک نمونه سیم کارت را نشان می دهد.

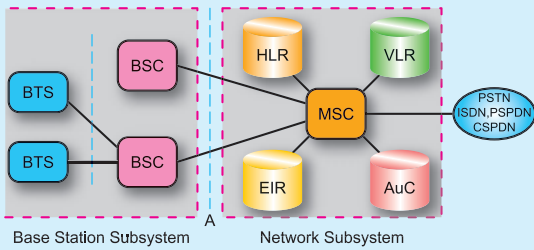


شکل ۹-۹۸- یک نمونه سیم کارت

در شکل ۹-۹۹ گوشی را مشاهده می کنید.



شکل ۹-۹۹- یک نمونه گوشی



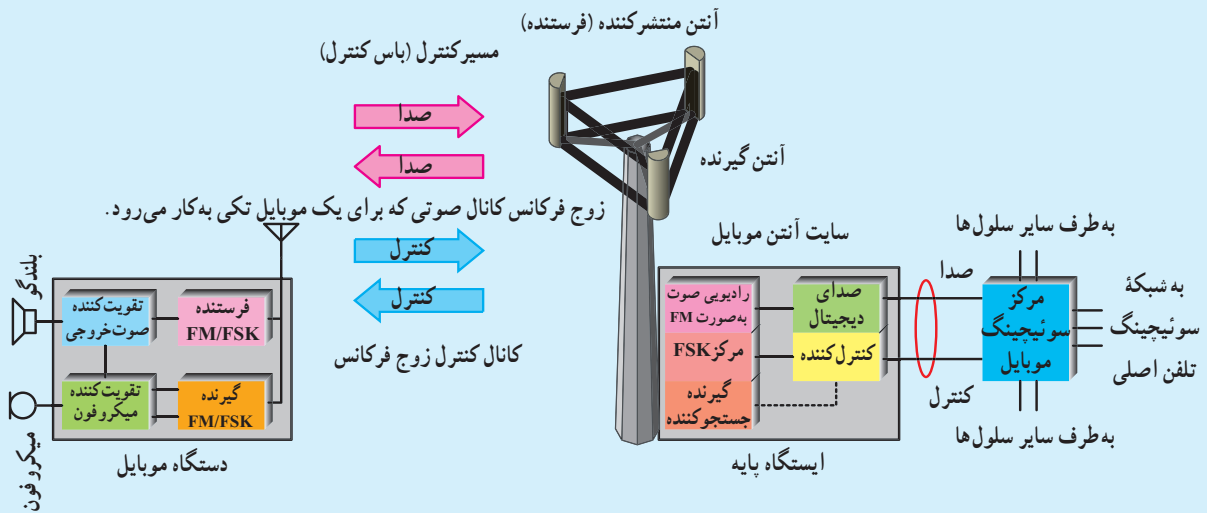
شکل ۹-۱۰۰ - بخش های BSS و ارتباط آن با سایر بخش های شبکه GSM

## ۹-۲۶-۲ (Base Station Subsystems)-BSS

**BSS:** (زیر سیستم های ایستگاه پایه) در بخش BSS از شبکه GSM فرستنده ها و گیرنده های بخش رادیویی و المان های کنترل کننده این فرستنده ها و گیرنده ها قرار دارند. اجزای تشکیل دهنده BSS در شبکه GSM عبارت اند از:

- **BTS (Base Transceiver Station) (ایستگاه پایه ای فرستنده گیرنده)**
  - **BSC (Base Station Controller) (ایستگاه کنترل پایه ای)**
- شکل ۹-۱۰۰ بخش های BSS را به صورت بلوکی و ارتباط آن را با سایر بلوک ها در یک سیستم GSM نشان می دهد.

**وظایف BTS:** ارتباط مشترکین موبایل با شبکه، از طریق کانال رادیویی و توسط BTS انجام می شود. یک BTS شامل چندین فرستنده - گیرنده رادیویی (Radio Transmitter/Receiver) و تجهیزاتی جهت پردازش سیگنال های ترافیکی و کنترلی است. در شکل ۹-۱۰۱ یک ایستگاه BTS و بخش های آن را به صورت بلوکی مشاهده می کنید.



شکل ۹-۱۰۱ - یک ایستگاه BTS

شکل ۹-۱۰۲ نیز یک ایستگاه BTS و آنتن آن را نشان می دهد. به طور کلی وظایف BTS در شبکه GSM عبارت اند از:

- فراهم نمودن امکان دسترسی به شبکه برای MS
- کنترل نحوه اختصاص دادن فرکانس در ناحیه تحت پوشش

- اجرای عملیات پرس فرکانس
- اجرای عملیات کنترل توان دینامیکی

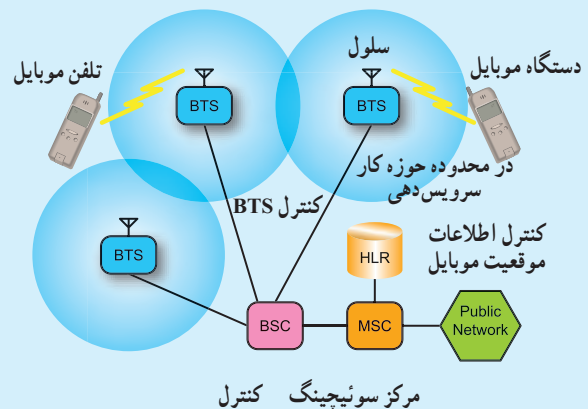
**وظایف BSC:** در شبکه GSM با توجه به سلولی بودن ساختار آن و لزوم اختصاص دادن یک BTS به هر سایت، تعداد زیادی BTS برای پیاده سازی شبکه مورد نیاز است. بنابراین برای کاهش هزینه پیاده سازی شبکه و هزینه های

نگهداری سایت‌ها، مجموعه چندین BTS توسط یک BSC کنترل می‌شوند.



شکل ۹-۱۰۲- ایستگاه BTS و آنتن آن

شکل ۹-۱۰۳ نحوه ارتباط BTS را به مرکز کنترل رادیویی BSC نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱۰۳- نحوه ارتباط دستگاه‌های BTS با BSC

هر BTS به عنوان یک فرستنده و گیرنده رادیویی شناخته شده از طریق BSC به مرکز MSC متصل می‌گردد.

MSC مرکز سوئیچ موبایل Mobile Switch Center نام دارد. ارتباط بین این مراکز می‌تواند به صورت بی‌سیم یا با سیم باشد.

مهم‌ترین وظایف در نظر گرفته شده برای BSC به شرح زیر است.

- اختصاص دادن کانال برای برقراری مکالمه.
- نظارت بر انجام مکالمه با مانیتور کردن کیفیت مکالمه.

• کنترل توان سیگنال که توسط BTS و MS ارسال می‌شوند.

• اجرای عملیات تبادل مشترک بین سلول‌ها در صورت نیاز (hand over).

hand over زمانی صورت می‌گیرد که مشترک سیار از محدوده یک سلول خارج می‌شود در این صورت به مشترک یک کانال فرکانس رادیویی جدید داده می‌شود و کانالی که قبلاً مورد استفاده آن قرار داشت آماده اختصاص دادن به مشترک جدید می‌شود.

مدارهای واحدهای مختلف نظیر BSC در قفسه‌های کشویی (راک Rack) مختلف مطابق شکل ۹-۱۰۴ قرار دارند.



شکل ۹-۱۰۴- نمونه‌ای از جایگاه مدارهای شبکه BSC

۳-۲۶-۹-بخش

Network Switching Subsystem (NSS): (زیر)

سیستم شبکه سوئیچ (اجزای تشکیل دهنده بخش NSS در شبکه GSM) (مرکز سوئیچ موبایل) عبارت اند از:

الف) MSC: Mobile Switching Center (مرکز سوئیچ موبایل).

MSC مرکز اجرای عملیات سوئیچینگ در شبکه موبایل است. وظایف مهم این بخش عبارت اند از:

- اجرای عملیات سوئیچینگ برای برقراری مکالمات

- کنترل مکالمات

- ارتباط با شبکه های PSTN و ISDN

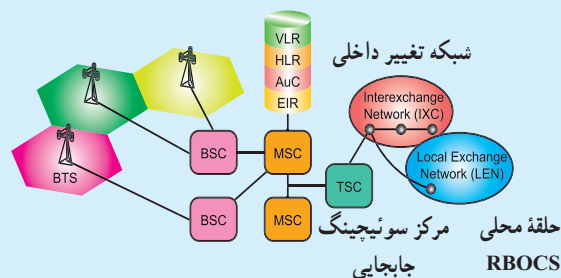
- مدیریت حرکت مشترکین در شبکه رادیویی

- مدیریت اختصاص دادن منابع رادیویی

- کنترل عملیات تبادل مشترک (hand over) بین BSCها

- ذخیره سازی اطلاعات شارژینگ و ارسال آن به مرکز صدور صورت حساب

شکل ۱-۵-۹ بخش MSC و اجزای مرتبط با آن را نشان می دهد.



شکل ۱-۵-۹- اجزای مرتبط با بخش MS

ب) VLR<sup>۱</sup>: مرکز نگه داری اطلاعات مشترکین. در کنار هر MSC یک بانک اطلاعاتی برای ذخیره اطلاعات موقت مشترکین به نام VLR قرار می گیرد. VLR عمل ذخیره و نگه داری آخرین وضعیت مشترکین در شبکه است.

ج) HLR<sup>۲</sup>: بانک اطلاعاتی اصلی شبکه GSM است و در آن اطلاعات تمام مشترکین شبکه به صورت دائم ذخیره می شود. این اطلاعات عبارت اند از:

- اطلاعات عضویت مشترک شامل MSISDN<sup>۳</sup> و IMSI<sup>۴</sup>; IMSI یک شماره سریال ۱۵ رقمی که متعلق به یک سیم کارت است و MSISDN شماره ویژه دیجیتالی شبکه موبایل)

- اطلاعات مکانی مشترک شامل

MSC/VLR Number;

د) اطلاعات وضعیت سرویس های مشترک، AUC<sup>۵</sup>: عملیات شناسایی هویت مشترک در AUC اجرا می شود. در این مرکز سریال سیم کارت چک می شود و مجاز یا غیر مجاز بودن سیم کارت معین می شود.

- مرکز تشخیص هویت در کنار HLR قرار دارد.

ه) EIR<sup>۶</sup>: بانک اطلاعاتی شبکه GSM برای ذخیره سازی IMEI: EIR بانک اطلاعاتی شبکه GSM برای ذخیره سازی IMEI مربوط به گوشی های موبایل استاندارد و مجاز است، EIR مرکز تشخیص معتبر بودن گوشی است. در EIR جهت کنترل وضعیت گوشی ها سه لیست شکل می گیرد.

با توجه به قرار گرفتن IMEI در یکی از این لیست ها، سطح دسترسی به شبکه برای گوشی مورد نظر متفاوت خواهد بود این سه لیست عبارت اند از:

- لیست سفید White List

۱- VLR = Visitor Location Register

۲- HLR = Home Location Register

۳- MSISDN = Mobile Switching Integrated Services Digital Network Number

۴- IMSI = International Mobile Simcard Identity

۵- AUC = Authentication Center

۶- EIR = Equipment Identify Register

- **Uplink** (متصل کردن به بالا): فرکانس‌های ارسالی از موبایل به سمت ایستگاه ثابت را Uplink گویند.
- **Downlink** (متصل کردن به پایین): فرکانس‌های فرستاده شده از ایستگاه ثابت به موبایل را Downlink گویند. در شکل ۹-۱۰۷ ارتباط موبایل با آنتن BTS نشان داده شده است.



شکل ۹-۱۰۷- ارتباط موبایل با آنتن BTS

- **Duplex Frequency** (فرکانس مضاعف): مقدار فرکانسی را که باید به فرکانس Uplink اضافه شود تا فرکانس Downlink به دست آید Duplex Frequency گویند.
- **Absolute Radio Frequency Channel** (ARFC) Number : ARFC به تعداد کاربرها (n)، که مورد استفاده قرار می‌گیرد گویند.

### مشخصات GSM در ایران

GSM ایران دارای مشخصاتی به شرح جدول ۹-۲ است.

اگر IMEI در این لیست قرار داشته باشد با گوشی مربوطه می‌توان به شبکه متصل شد.

### ● لیست خاکستری Grey List

در این وضعیت گوشی مورد نظر به علت مشکلات احتمالی تحت بررسی قرار دارد.

### ● لیست سیاه Black list

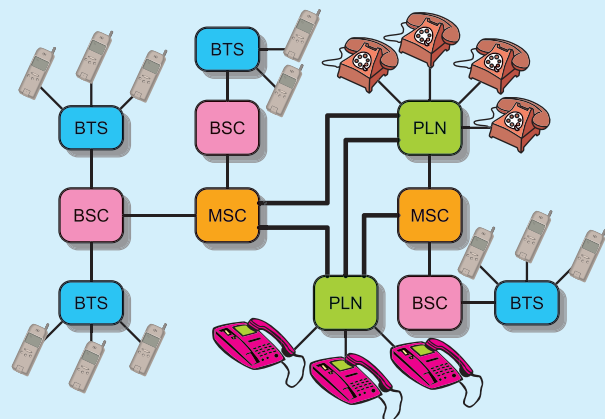
گوشی مورد نظر این لیست، مورد تأیید شبکه GSM نبوده یا این که دزدیده شده است، در این صورت امکان برقراری ارتباط با شبکه وجود ندارد.

### و) Gate Way MSC : GMSC

GMSC مانند یک Gateway برای شبکه موبایل است.

انجام عملیات مسیریابی به سمت مقصد از سایر شبکه‌ها، نظیر PSTN یا ISDN به یک شبکه موبایل و یا ارتباط با HLR جهت پیدا نمودن موقعیت یک مشترک بر عهده بخش GMSC است.

در شکل ۹-۱۰۶ کلیه زیر سیستم‌های یک شبکه GSM و ارتباط آنها با یکدیگر نشان داده شده است.



شکل ۹-۱۰۶- کلیه زیر سیستم‌های یک شبکه GSM

### ۹-۲۷- سیستم GSM در ایران

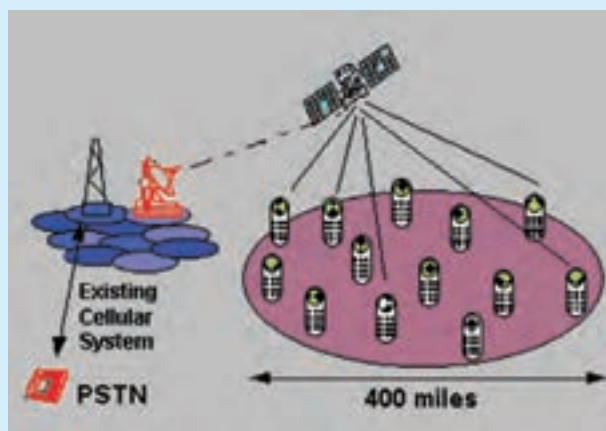
در ایران از دو نوع GSM استفاده می‌شود: GSM ۹۰۰ و GSM ۱۸۰۰. قبل از بیان مشخصات سیستم GSM ایران به شرح برخی اصطلاحات به کار رفته می‌پردازیم.



جدول ۹-۲- مشخصات GSM ایران

	GSM ۹۰۰	GSM ۱۸۰۰
Up Link (MHz)	۸۹۰ - ۹۱۵	۱۷۱۰ - ۱۷۸۵
Down Link (MHz)	۹۳۵ - ۹۶۰	۱۸۰۵ - ۱۸۸۰
Duplex Frequency (MHz)	۴۵	۹۵
Carrier Number	۱۲۴	۳۷۴
شعاع سلولی (Km)	۳۵	۸

شکل ۹-۱۰۹ ارتباط یک ایستگاه زمینی را با ماهواره و ارتباط ماهواره را با گیرنده‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱۰۹- ارتباط یک ایستگاه زمینی با ماهواره

### ۹-۲۸- پخش با استفاده از ماهواره

چنانچه در پخش سیگنال‌های تلفنی از سیستم ماهواره استفاده شود، ایستگاه زمینی سیگنال را به ماهواره ارسال می‌کند و سپس از طریق ماهواره، منطقه وسیعی تحت پوشش قرار می‌گیرد. شکل ۹-۱۰۸ نشان می‌دهد چگونه ماهواره‌ها، سلول‌های مختلف را در روی کره زمین تحت پوشش قرار داده‌اند.



شکل ۹-۱۰۸- ارتباط ماهواره‌ها با سلول‌ها

### ۹-۲۹- الگوی پرسش

- ۱- اهداف اصلی گروه GSM را توضیح دهید.
- ۲- چهار نمونه سرویس ارائه شده توسط شبکه GSM را توضیح دهید.
- ۳- GMS اول کلمات انگلیسی ..... است.

صحیح یا غلط

- ۴- بخشی از سرویس‌های GSM مشخص کردن مشترک، مسیردهی مکالمه، قطع مکالمه پس از اتمام آن است.

صحیح  غلط



## مخابرات نوین

### هدف کلی

#### انواع مدولاسیون‌های منفصل و دیجیتال

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۱۱ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ۱- سیگنال پیوسته (Analog)، سیگنال منفصل (Discrete) و سیگنال دیجیتال (digital) را تعریف کند. ۱۰'
- ۲- تبدیل سیگنال پیوسته (سیگنال آنالوگ) به سیگنال منفصل را شرح دهد. ۱۰'
- ۳- مدولاسیون‌های منفصل PAM، PWM (PDM) و PPM را توضیح دهد. ۱۵'
- ۴- تبدیل سیگنال منفصل PAM به سیگنال دیجیتال را تحلیل کند. ۵۰'
- ۵- مدولاسیون پالسی کد شده PCM را شرح دهد. ۲۰'
- ۶- نرخ نمونه‌برداری (Sampling Frequency-Sampling Rate) را توضیح دهد. ۱۰'
- ۷- مفهوم نرخ بیت (Bit Rate) را شرح دهد. ۱۰'
- ۸- مدولاسیون‌های دیجیتال ASK، FSK، PSK را شرح دهد. ۱۰'
- ۹- هدف استفاده از کنترل از راه دور را شرح دهد. ۱۰'
- ۱۰- موارد کاربرد کنترل از راه دور در زمینه‌های مختلف صنعتی و خانگی را نام ببرد. ۱۰'
- ۱۱- انواع روش‌های کنترل از راه دور نظیر، استفاده از برق شهر، امواج صوتی، امواج ماوراء صوت، امواج رادیویی و امواج نوری را شرح دهد. ۲۵'
- ۱۲- محدوده فرکانسی مورد استفاده در انواع سیستم‌های کنترل از راه دور را شرح دهد. ۵'
- ۱۳- دلیل استفاده از سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری مادون قرمز را توضیح دهد. ۵'
- ۱۴- عناصر نیمه هادی پاسخ‌دهنده به نور نامرئی مادون قرمز (IR) را شرح دهد. ۱۵'
- ۱۵- بلوک دیاگرام کلی فرستنده و گیرنده سیستم کنترل از راه دور IR را ترسیم کند. ۱۵'
- ۱۶- ماهواره را تعریف کند و مفهوم کلمه satellite را بیان کند. ۱۰'
- ۱۷- تاریخچه به وجود آمدن ماهواره و سیر تکاملی آن را توضیح دهد. ۱۵'
- ۱۸- چگونگی پرتاب ماهواره را به فضا شرح دهد. ۲۵'
- ۱۹- انواع ماهواره را نام ببرد. ۱۰'
- ۲۰- ماهواره‌های مخابراتی را شرح دهد. ۱۵'
- ۲۱- ماهواره‌های ردیاب را شرح دهد. ۱۵'
- ۲۲- مفهوم GPS را بیان کند. ۱۰'
- ۲۳- تاریخچه GPS را شرح دهد. ۱۵'

۳- با استفاده از نرم افزارها و یا اینترنت بتواند اطلاعات مورد نیاز خود را در زمینه مخابرات نوین کسب و تجارب خود را در اختیار سایر همکلاسی‌ها قرار دهد.

۳۱- در فرایند اجرای آموزشی متناسب با شرایط و محتوا، ۴۵٪ آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد.

۲۴- اجزای تشکیل دهنده GPS را نام ببرد. ۱۰٪

۲۵- بخش فضایی GPS را شرح دهد. ۲۰٪

۲۶- بخش کنترل GPS را شرح دهد. ۳۰٪

۲۷- بخش کاربران GPS را شرح دهد. ۱۵٪

۲۸- چگونگی کار GPS را توضیح دهد. ۳۰٪

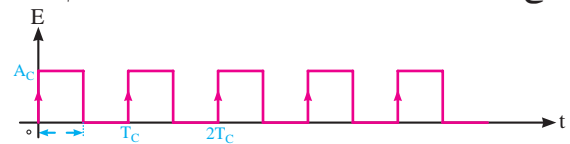
۲۹- کاربردهای GPS را نام ببرد. ۱۰٪

## ۱-۱۰- مدولاسیون‌های پالس و دیجیتال (Pulse and Digital modulation)

۱-۱-۱- پیشگفتار: اگر سیگنال کریر (حامل) به صورت پالس (به صورت منفصل) باشد، در این صورت مدولاسیون‌های پالسی شکل می‌گیرد. مدولاسیون‌های پالسی به دو دسته تقسیم می‌شوند.

الف) مدولاسیون‌های منفصل: مانند PAM، PPM و PWM (PDM) هستند که کاربردهای مخابراتی و صنعتی دارند، از کاربردهای مخابراتی می‌توان کاربرد PPM را در اندازه‌گیری‌های رادار نام برد. از کاربردهای صنعتی این مدولاسیون می‌توان کنترل دور و سرعت موتور با روش‌های PWM را نام برد.

ب) مدولاسیون‌های دیجیتال: مانند PCM که در سیستم‌های مخابرات دیجیتال (مانند تلفنی، تصویری) به کار می‌رود. در PCM، پیام به صورت کدهای دیجیتالی منتقل می‌شود. برای مسافت‌های طولانی‌تر از انواع دیگر مدولاسیون‌های دیجیتال مانند ASK، FSK و PSK استفاده می‌شود. در شکل ۱-۱ نمونه‌ای از موج حامل پالسی را با مشخصه‌های آن نشان داده‌ایم.



شکل ۱-۱- موج حامل پالسی

$T_C$

پریود حامل پالس

$$F_C = \frac{1}{T_C}$$

فرکانس حامل پالس

$A_C$

دامنه حامل پالس

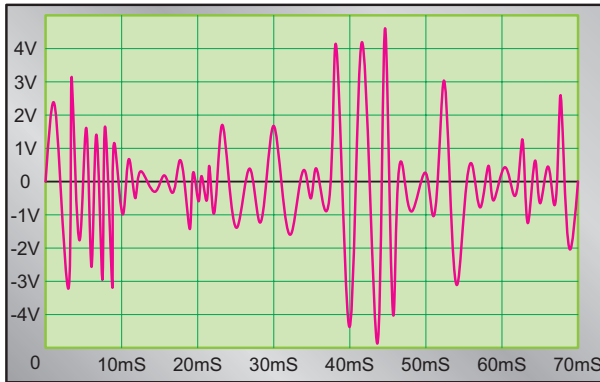
$\tau$

عرض پالس

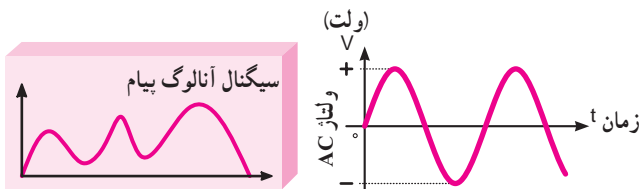
در این مبحث به بررسی اصطلاحات ذکر شده در این پیش‌گفتار می‌پردازیم.

### ۱-۱-۲- سیگنال آنالوگ (پیوسته) Analog: اگر

صدای انسان را که بیانگر نوسانات فشار هوا در موقع سخن گفتن است، به سیگنال الکتریکی تبدیل کنیم موجی شبیه شکل ۱-۲ الف ایجاد می‌شود. این سیگنال، یک موج پیوسته یا آنالوگ است: نمونه‌های دیگری از سیگنال آنالوگ در شکل ۱-۲ ب و ج نشان داده شده است.



الف) سیگنال پیوسته (آنالوگ)



ج) نمونه دیگر سیگنال آنالوگ

ب) سیگنال سینوسی (آنالوگ)

شکل ۱-۲- نمونه‌های سیگنال آنالوگ



مقادیر صحیح اختصاص داده شده به کد معادل باینری ۷ بیتی تبدیل می شود.

چون مقادیر نمونه برداری شده ممکن است مثبت یا منفی باشند، برای مقادیر مثبت و منفی علامتی در نظر می گیرند. برای این منظور بیت هشتمی را در سمت چپ کد ۷ بیتی قرار می دهند تا در این حالت مثبت یا منفی بودن دامنه نمونه برداری شده را تعیین کنند. اگر مقادیر نمونه برداری شده مثبت باشند از بیت (۰) و اگر منفی باشند از بیت (۱) در سمت چپ استفاده می شود.

مثلاً  $+۲۴$  در تبدیل به کد باینری به صورت  $۰۰۱۱۰۰۰$  که ۷ بیتی است نشان داده می شود.

در تبدیل عدد  $+۲۴$  به کد باینری، نتیجه به صورت  $۱۱۰۰۰$  در می آید که ۵ بیتی است. برای تبدیل آن به کد ۷ بیتی، تعداد دو بیت «۰» در سمت چپ قرار داده ایم.

با این توضیح که چون  $۲۴$  علامت مثبت دارد، یک صفر در سمت چپ بیت ها قرار می گیرد و به این ترتیب  $+۲۴$  با کد ۸ بیتی به صورت  $۰۰۰۱۱۰۰۰$  نشان داده می شود.

### مثال ۱-۱۰

عدد  $-۱۵$  را به صورت ۸ بیتی نشان دهید.

$$-۱۵ = \quad ۱ \quad \quad \quad ۰۰۰ \quad ۱۱۱۱$$

بیت ۱ معرف علامت منفی

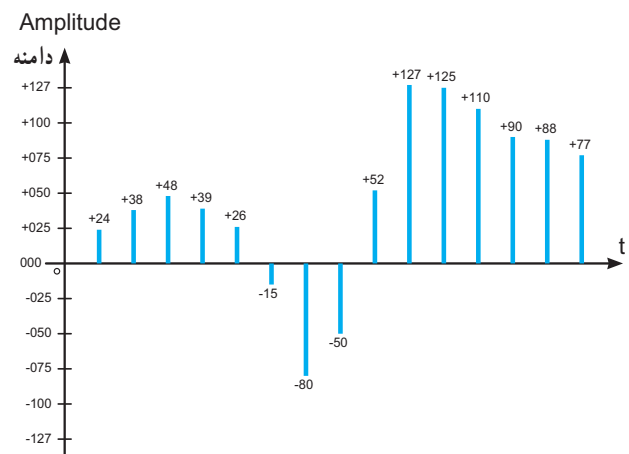
عدد معادل باینری ۱۵ به صورت ۷ بیتی

در جدول ۱-۱۰ مقادیر سیگنال کوآنتیزه را که به صورت کد ۷ بیتی همراه با بیت علامت است، مشاهده می کنید.

یک کد سه بیتی  $۲^۲ = ۸$  حالت را نشان می دهد. به عبارت دیگر دامنه انتخاب شده در ۸ سطح مختلف تقسیم بندی می شود. برای دقت بیشتر در مدرج کردن، باید به نمونه برداشته شده، مقادیر صحیح بیشتری اختصاص داد. لذا تعداد بیت های کوآنتیزه، افزایش می یابد. مثلاً با استفاده از کد ۷ بیتی  $۲^۷ = ۱۲۸$  حالت را می توان نشان داد. در واقع  $۱۲۸$  سطح ولتاژ مختلف را می توان انتخاب نمود.

در شکل ۱-۶-۱۰ یک سیگنال PAM را مشاهده می کنید که به نمونه های برداشته شده سطوح بیشتری اختصاص داده شده است. همان طور که مشاهده می شود در ۱۵ نمونه برداشته شده از پیام، سطوح ولتاژ بین حداقل  $|۱۵|$  و حداکثر  $|۱۲۷|$  وجود دارد. به عبارت دیگر بالاترین سطح ولتاژ اختصاص داده شده در شکل ۱-۶-۱۰،  $۱۲۷$  است که لزوماً باید یک کد باینری ۷ بیتی باشد.

توجه داشته باشید که عدد  $۱۲۷$  از نظر کمیت معادل  $۱۲۷$  ولت نیست، بلکه معادل بیشترین دامنه ای است که سیگنال آنالوگ دارد.



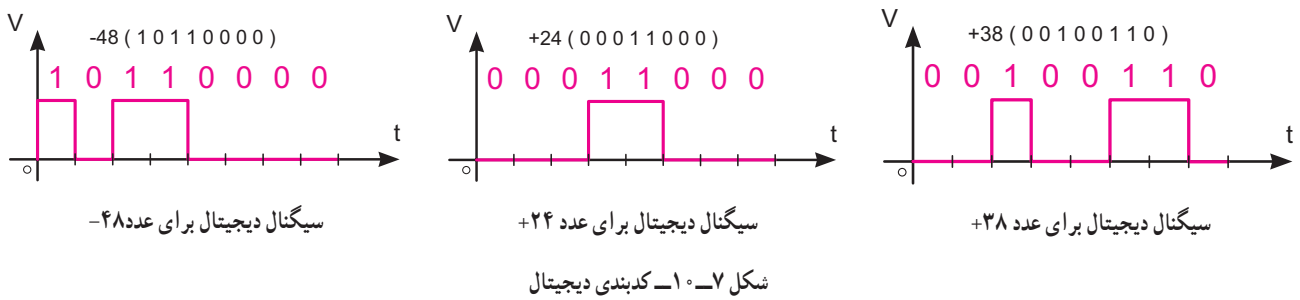
شکل ۱-۶-۱۰ یک نمونه سیگنال PAM

جدول ۱-۱۰

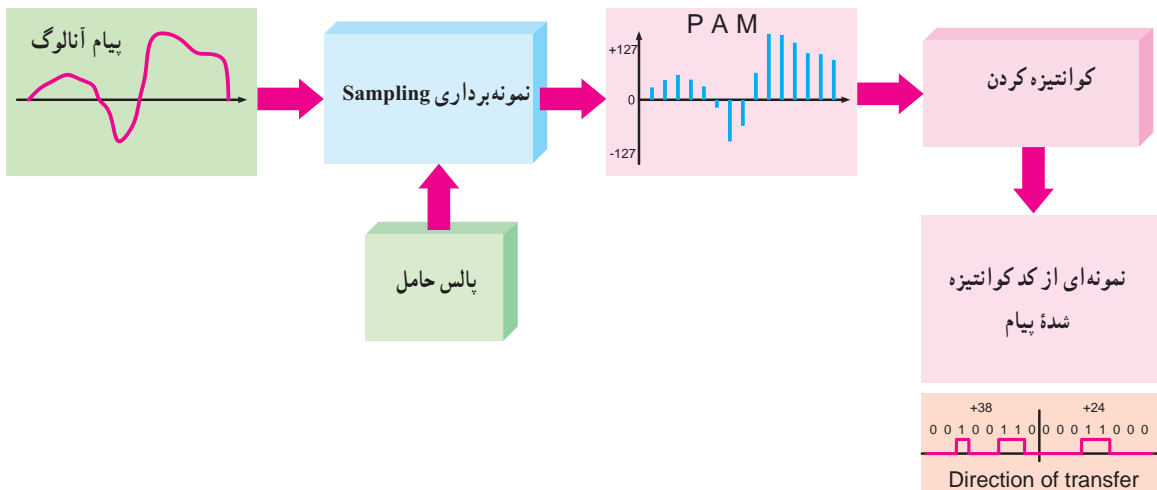
+024	0 0 0 1 1 0 0 0	-015	1 0 0 0 1 1 1 1	+125	0 1 1 1 1 1 0 1
+038	0 0 1 0 0 1 1 0	-080	1 1 0 1 0 0 0 0	+110	0 1 1 0 1 1 1 0
+048	0 0 1 1 0 0 0 0	-050	1 0 1 1 0 0 1 0	+090	0 1 0 1 1 0 1 0
+039	0 0 1 0 0 1 1 1	+052	0 0 1 1 0 1 0 0	+088	0 1 0 1 1 0 0 0
+026	0 0 0 1 1 0 1 0	+127	0 1 1 1 1 1 1 1	+077	0 1 0 0 1 1 0 1

↑ بیت علامت  
۱=منفی  
۰=مثبت
↑ بیت علامت  
۱=منفی  
۰=مثبت

بعد از عمل کدبندی باینری، سیگنال دیجیتال به دست می آید که در شکل ۷-۱۰ سه نمونه سیگنال دیجیتال برای اعداد +۲۴، +۳۸ و -۴۸ داده شده است. همان طور که ملاحظه می کنید، سیگنال خروجی PCM به دست آمده، سیگنال دیجیتال معادل تعدادی از نمونه های برداشته شده از پیام است.



در شکل ۸-۱۰ چهار فرایند PCM که شامل PAM، است، نشان داده شده است. کوآنتیزه کردن، کدبندی باینری و کدبندی دیجیتال به دیجیتال



شکل ۸-۱۰- چهار مرحله فرایند PCM

شکل ۱۰-۱ نشان می‌دهد در یک ثانیه ۸ بیت وجود دارد:

### مثال ۱۰-۲

نرخ بیت یک سیگنال دیجیتالی برابر ۲۰۰۰ BPS است  
فاصله زمانی هر بیت چقدر است؟

پاسخ:

$$\text{فاصله زمانی بیت} = \frac{1}{\text{نرخ بیت}} = \frac{1}{2000} = 0.0005 \text{ Sec} = 5 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$\text{فاصله زمانی بیت} = 500 \mu\text{Sec}$$

### مثال ۱۰-۳

فاصله زمانی هر بیت یک سیگنال دیجیتالی ۱۰ میکروثانیه است  
نرخ بیت چه قدر است؟

پاسخ:

$$\text{نرخ بیت} = \frac{1}{\text{فاصله زمانی بیت}} = \frac{1}{10 \times 10^{-6}} = 10^5$$

$$\text{نرخ بیت} = 100,000 \text{ BPS}$$

### ۱۰-۱-۷ فرکانس نمونه برداری

**Sampling Frequency:** (نرخ نمونه برداری - Sampling Rate)

سرعت نمونه برداری عبارت از تعداد نمونه‌هایی است که در یک ثانیه از پیام برداشته می‌شود.

هر قدر تعداد نمونه‌ها در ثانیه بیشتر شود، هنگام تبدیل و بازسازی نمونه‌ها (سیگنال منفصل یا PAM) به سیگنال آنالوگ با تغییر شکل موج کم‌تری روبه‌رو می‌شویم.

در صورتی که بخواهیم میزان تغییر شکل موج پیام بازسازی شده را به صفر برسانیم باید تعداد نمونه‌هایی را که از پیام برمی‌داریم، بی‌نهایت باشد، که در عمل امکان‌پذیر نیست.

بنابراین ما تعداد نمونه‌های قابل قبول سیگنال پیام را به طور تقریبی بازسازی می‌کنیم. یادآور می‌شود که تعداد نمونه‌ها باید در حدی باشد که تغییر شکل اساسی

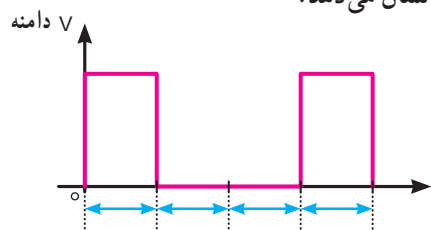
دو پارامتر در یک دستگاه مبدل آنالوگ به دیجیتال مهم است.

۱- سرعت نمونه برداری = تعداد نمونه‌های برداشته شده در یک ثانیه

۲- دقت نمونه برداری = تعداد مقادیر (درجات) مختلفی که می‌توان به مقدار نمونه برداشته شده اختصاص داد.

### ۱۰-۱-۵ فاصله زمانی بیت Bit Interval: فاصله زمانی بیت، زمان لازم برای ارسال یک بیت است.

شکل ۱۰-۹ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و فاصله زمانی یک بیت را نشان می‌دهد.



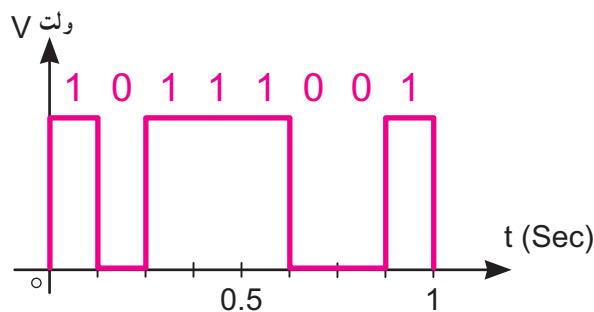
فاصله زمانی بیت

شکل ۱۰-۹ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و فاصله زمانی

### ۱۰-۱-۶ نرخ بیت Bit Rate: سرعت انتشار بیت‌ها را

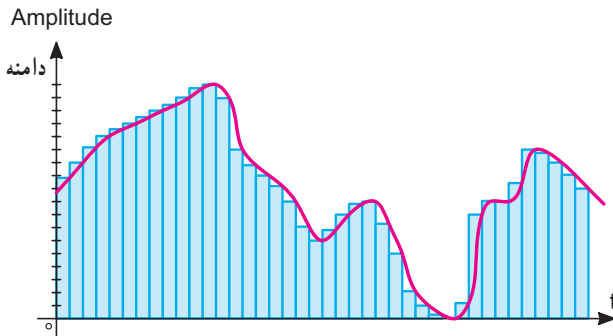
نرخ بیت می‌نامند. نرخ بیت بر حسب بیت در ثانیه Bit Per Second (BPS) می‌باشد.

در شکل ۱۰-۱۰ یک سیگنال دیجیتالی با BPS برابر ۸ رسم شده است.



شکل ۱۰-۱۰ یک نمونه سیگنال دیجیتالی با BPS برابر ۸

در شکل ۱۳-۱۰، فرکانس حامل (تعداد نمونه‌ها = فرکانس) بسیار زیاد شده است (۴ برابر). در این حالت سیگنال بازسازی شده شباهت نسبتاً کاملی با پیام اصلی دارد.



شکل ۱۳-۱۰ سرعت و دقت نمونه برداری چهار برابر شده

همان‌طور که مشاهده می‌شود هر قدر سرعت و دقت نمونه برداری افزایش یابد سیگنال تبدیل شده از دیجیتال به آنالوگ، به سیگنال اصلی آنالوگ شبیه‌تر می‌شود:

اثبات شده است به منظور صحت تولید مجدد سیگنال آنالوگ با استفاده از PAM، فرکانس نمونه برداری باید حداقل دو برابر بالاترین فرکانس سیگنال آنالوگ باشد.

مثلاً اگر بخواهیم صدای تلفنی را با حداکثر فرکانس  $4000\text{ Hz}$  نمونه برداری کنیم باید فرکانس نمونه برداری  $8000$

نمونه در ثانیه باشد. به عبارت دیگر در هر  $\frac{1}{8000}$  ثانیه باید یک نمونه سیگنال برداشته شود.

### مثال ۴-۱۰

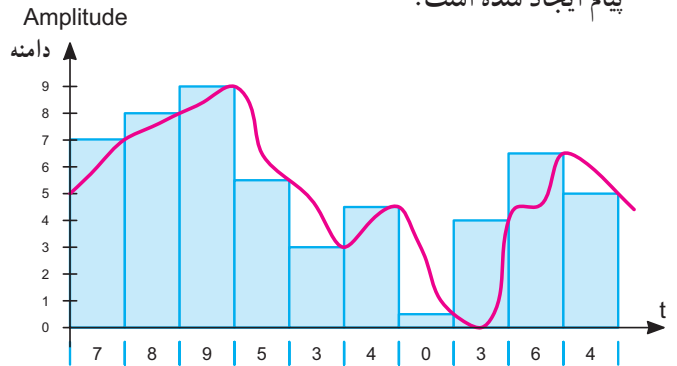
اگر سیگنالی دارای فرکانس  $11000$  هرتز، تا  $11000$  هرتز باشد نرخ نمونه برداری چه قدر است؟

### پاسخ:

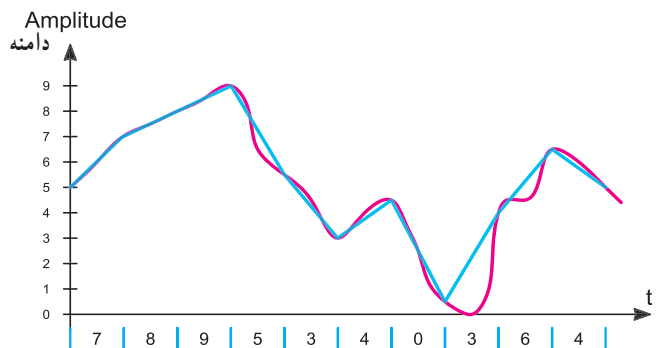
نرخ نمونه برداری برابر دو برابر بالاترین فرکانس موج در سیگنال است  $22000 = 2 \times 11000$  لذا نرخ نمونه برداری  $22000$  نمونه در ثانیه لازم است.

۸-۱۰ = تعداد بیت در هر نمونه: بعد از تعیین نرخ نمونه برداری باید تعداد بیت ارسالی را به ازای هر نمونه تعیین کنیم این کار بستگی به سطح دقت مورد نیاز دارد. تعداد بیت طوری انتخاب می‌شود تا دامنه سیگنال اصلی با دقت مطلوب

(اعوجاج Distortion) در سیگنال بازسازی شده ایجاد نشود، در شکل ۱۱-۱۰ الف نمونه برداری از یک نمونه پیام را ملاحظه می‌کنید. در این نمونه برداری تعداد پالس‌های حامل کم است و طبق شکل ۱۱-۱۰ ب تغییر اساسی در شکل موج پیام ایجاد شده است.

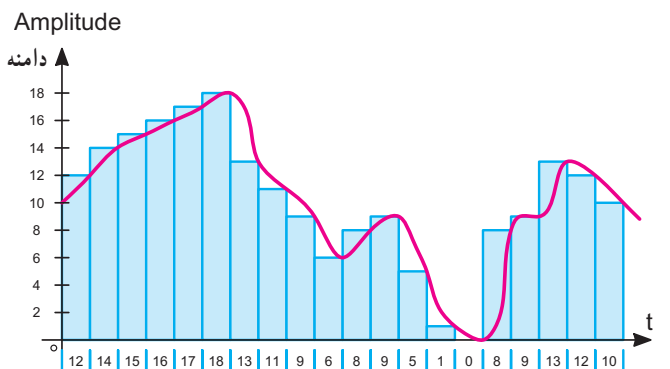


شکل ۱۱-۱۰ الف نمونه برداری از سیگنال آنالوگ



شکل ۱۱-۱۰ ب موج بازسازی شده

در شکل ۱۲-۱۰ تعداد نمونه‌ها (فرکانس حامل) بیشتر شده است. در این حالت، شکل موج بازسازی شده دارای تغییر شکل کمتری در مقایسه با شکل ۱۱-۱۰ است.



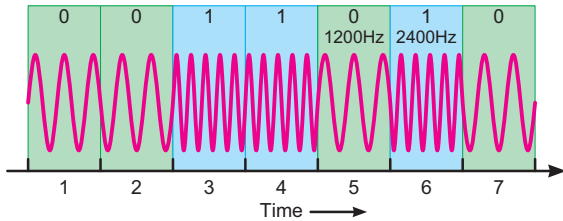
شکل ۱۲-۱۰ سرعت و دقت نمونه برداری دو برابر شده



## ۱۲-۱-۱۰- مدولاسیون FSK

(Frequency Shift Keying): در مدولاسیون

FSK برای نمایش ۰ یا ۱ باینری، فرکانس سیگنال حامل تغییر داده می‌شود و دامنه و فاز حامل ثابت باقی می‌ماند. فرکانس حامل در فاصله زمانی هر بیت مقدار ثابتی است. شکل ۱۵-۱۰ مدولاسیون FSK را نشان می‌دهد. نسبت به نویز مقاوم‌تر از ASK است.



شکل ۱۵-۱۰- مدولاسیون FSK

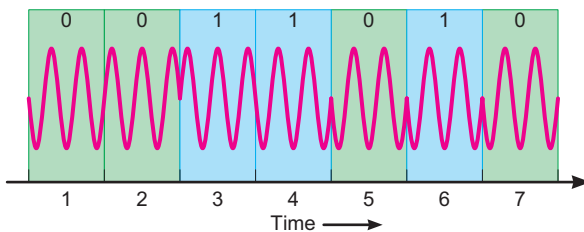
## ۱۳-۱-۱۰- مدولاسیون PSK

(Phase Shift Keying): در مدولاسیون PSK فاز

سیگنال سینوسی را برای نمایش باینری «۱» و «۰» تغییر می‌دهند. در این حالت دامنه و فرکانس حامل ثابت است. به عنوان مثال اگر برای نمایش عدد باینری (۱)، سیگنال حامل با فاز صفر درجه شروع شود، می‌توان فاز سیگنال حامل را ۱۸۰ درجه تغییر داد تا عدد باینری (۰) را ارسال نمود. فاز سیگنال حامل در طول هر بیت باینری ثابت است.

در شکل ۱۶-۱۰ مدولاسیون PSK برای یک نمونه سیگنال دیجیتالی رسم شده است.

بیت	اختلاف فاز
1	0°
0	180°



شکل ۱۶-۱۰- مدولاسیون PSK

مجدداً بازسازی شود. مثلاً هر نمونه تلفنی را باید برابر ۸ بیت کوآنتیزه کرد.

۹-۱-۱۰- محاسبه نرخ بیت (Bit rate): بعد از پیدا کردن

تعداد بیت‌ها در هر نمونه می‌توان نرخ بیت را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد.

تعداد بیت در هر نمونه  $\times$  نرخ نمونه برداری = نرخ بیت

### مثال ۵-۱۰

اگر صدای انسان دارای فرکانس ۳۰ هرتز تا ۴۰۰۰ هرتز باشد نرخ نمونه برداری و نرخ بیت را محاسبه کنید. برای هر نمونه هشت بیت در نظر بگیرید.

$$\begin{aligned} \text{نمونه در ثانیه} &= 4000 \times 2 = 8000 \\ \text{تعداد بیت در هر نمونه} &= 8 \\ \text{نرخ بیت} &= 8000 \times 8 = 64000 \text{ bit/Sec} = 64 \text{ kbPS} \end{aligned}$$

۱۰-۱-۱۰- مدولاسیون‌های دیجیتال: برای ارسال

علامه صفر و یک منطقی (PCM) بهتر است به منظور کاهش پهنای باند از سیگنال سینوسی استفاده کنیم. در ادامه به شرح این نوع مدولاسیون‌ها ASK، PSK و FSK می‌پردازیم.

سیگنال مورد استفاده در این نوع مدولاسیون‌ها را سیگنال حامل اولیه می‌نامند.

## ۱۱-۱-۱۰- مدولاسیون ASK

(Amplitude Shift Keying): در مدولاسیون ASK برای

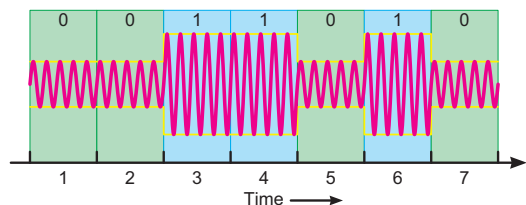
نمایش ۰ یا ۱ باینری دامنه سیگنال حامل تغییر می‌کند و فرکانس و فاز حامل ثابت می‌ماند.

مقدار دامنه کاربرد در مقادیر صفر و یک باینری به عهده

طراحان سیستم است:

شکل ۱۴-۱۰ یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را نشان

می‌دهد. ASK بسیار نویز پذیر است زیرا نویز می‌تواند روی دامنه قرار گیرد و ۰ را به ۱ و ۱ را به ۰ تبدیل کند.



شکل ۱۴-۱۰- یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK

نیز می‌نامند. از نظر شباهت عملکرد می‌توان PWM را با مدولاسیون FM مقایسه کرد.

چنانچه موقعیت مکانی پالس حامل متناسب با دامنه پیام تغییر کند، مدولاسیون PPM (Pulse Position Modulation) شکل می‌گیرد. این نوع مدولاسیون را از نظر عملکرد می‌توان با مدولاسیون فاز (PM) مقایسه کرد. به دلیل محدودیت زمانی ارائه مباحث بالا در این مقطع مقدور نیست. هنرجویان علاقه‌مند می‌توانند به منابع مرتبط با این موضوع‌ها مراجعه و اطلاعات مورد نیاز را کسب نمایند.

## ۲-۱۰- الگوی پرسش

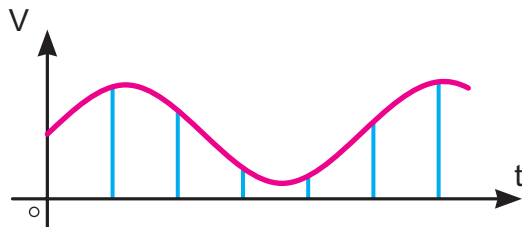
۱- شکل یک نمونه سیگنال آنالوگ و دیجیتال را رسم کنید.

۲- شکل سیگنال دیجیتالی را که شامل ۸ بیت باینری به صورت (۱۰۰۱۰۰۱۰) است، رسم کنید.

۳- نرخ بیت یک سیگنال دیجیتالی BPS ۱۰۰۰ است، فاصله زمانی هر بیت را محاسبه کنید.

۴- اگر فاصله زمانی هر بیت یک سیگنال دیجیتالی ۲۰ میکروثانیه باشد نرخ بیت را محاسبه کنید.

۵- سیگنال PAM حاصل از موج شکل ۱۸-۱۰ را رسم کنید.



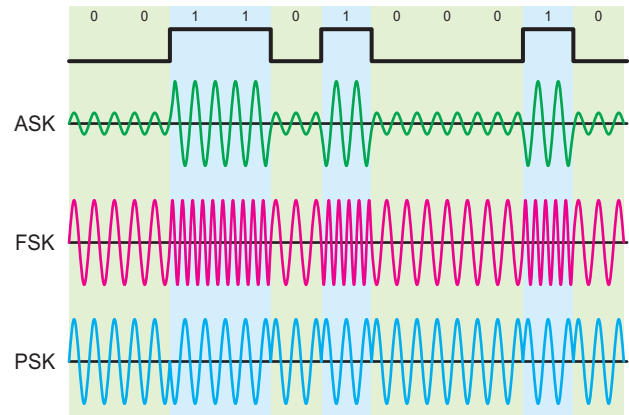
شکل ۱۸-۱۰

۶- پارامترهای مهم در تبدیل آنالوگ به دیجیتال را توضیح دهید.

۷- مدولاسیون ASK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را رسم کنید.

۸- مدولاسیون FSK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال

در شکل ۱۷-۱۰ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون ASK، FSK و PSK حاصل از آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۷-۱۰ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون PSK، FSK، ASK

## ۱۴-۱-۱۰- مفهوم A/D و D/A: مجموعه عملیات

نمونه برداری، تبدیل سیگنال آنالوگ به PAM و PAM به PCM را تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال می‌نامند. این تبدیل در مدارهایی به نام مبدل آنالوگ به دیجیتال یا Analog to digital Converter یا ADC انجام می‌شود. این مدارها را مدار A/D (تو دی) می‌نامند. برای تبدیل سیگنال PCM به سیگنال پیام آنالوگ، باید عملیات برعکس اتفاق بیفتد، مدارهایی که این عملیات را انجام می‌دهند، مدارهای مبدل دیجیتال به آنالوگ یا Digital to Analog Converter نام دارد که آن را به اختصار به صورت D/A (دی تو ا) نشان می‌دهند.

## ۱۵-۱-۱۰- انواع دیگر مدولاسیون پالس: تاکنون

درباره مدولاسیون منفصل PAM بحث کردیم. مدولاسیون‌های منفصل دیگری نیز وجود دارند. اگر بخواهیم این نوع مدولاسیون‌ها را با مدولاسیون آنالوگ (AM، FM، PM) مقایسه کنیم، از نظر شباهت عملکرد، می‌توانیم مدولاسیون PAM را با مدولاسیون AM مقایسه کنیم، چنانچه پهنای پالس‌های حامل متناسب با دامنه پیام تغییر کند، مدولاسیون پهنای پالس یا PWM (Pulse width Modulation) شکل می‌گیرد. این نوع مدولاسیون را PDM (Pulse Duration Modulation)

مدوله شده FSK را رسم کنید.

۹- مدولاسیون PSK را شرح دهید.

۱۰- Pulse Code Modulation را تعریف کنید.

کامل کردنی

۱۱- سرعت انتشار بیت ها را ..... می نامند، و آن را

برحسب ..... بیان می کنند.

صحیح یا غلط

۱۲- فاصله زمانی بیت برابر با  $\frac{1}{\text{نرخ بیت}}$  است.

صحیح  غلط

۱۳- نرخ نمونه برداری دو برابر کمترین فرکانس موج در

سیگنال است.

صحیح  غلط

چهار گزینه ای

۱۴- اگر سیگنالی دارای فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تا ۸۵۰۰

هرتز باشد نرخ نمونه برداری کدام است؟

۱- ۱۰۰۰      ۲- ۲۰۰۰

۳- ۸۵۰۰      ۴- ۱۷۰۰۰

### ۳-۱۰- سامانه های کنترل از راه دور

۳-۱۰-۱- پیشگفتار: سامانه های مدرن الکترونیکی

کاربردهای وسیعی در منازل، صنایع نظامی، امور تجاری و صنایع خودروسازی دارند. یکی از مهم ترین و کاراترین این سامانه ها، سامانه های کنترل از راه دور است که اساس عملکرد آنها مبتنی بر اصول مخابراتی است.

سیستم کنترل از راه دور زیرمجموعه ای از علم مخابرات محسوب می شود که روش های ارسال و دریافت فرمان ها را به منظور کنترل یک وسیله مورد مطالعه قرار می دهد. سیستم های کنترل از راه دور می توانند در سیستم های حفاظت الکترونیکی به گونه ای طراحی شوند که با تماس فیزیکی یا نزدیک شدن شخصی و یا یک شیء به محوطه ممنوعه، یا تغییرات دما یا نور، یک کلید الکترومغناطیسی یا الکترونیکی را فعال کند و یک آژیر راه صدا

درآورد، یا باعث قفل شدن درهای ورودی در مکان های امنیتی یا اتومبیل ها شود.

از این سامانه در سایر زمینه های تحقیقاتی، هواشناسی، کشاورزی، نظامی و کاربرد هواپیماهای بدون سرنشین (جهت عکس برداری از مناطق کوهستانی، جنگلی) نیز می توان استفاده کرد.

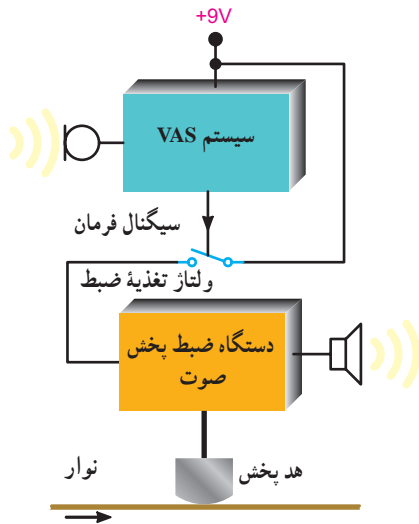
دستگاه های کنترل از راه دور به طور کلی از دو بخش اصلی تشکیل شده است، بخش اول فرستنده دستگاه است که تهیه و ارسال فرمان را جهت کنترل یک وسیله یا دستگاه، برعهده دارد. بخش دوم گیرنده است که سیگنال فرمان ارسالی از فرستنده را دریافت و دستگاه را کنترل می کند. به طور کلی گیرنده باید قابلیت انجام حداقل یک عمل الکتریکی یا الکترونیکی را داشته باشد. به عنوان مثال یکی از سامانه های کنترل از راه دور، قسمت کنترل تلویزیون های خانگی است.

نحوه انتقال فرمان از فرستنده تا گیرنده توسط امواج رادیویی، صوتی، نوری و ... انجام می پذیرد و همین امر سبب تقسیم بندی انواع روش های کنترلی از راه دور می گردد.

۳-۱۰-۲- روش های کنترل از راه دور: همان طور که گفته شد روش های انتقال فرمان در سامانه های کنترل از راه دور باعث متمایز کردن انواع آن ها می گردد لذا به طور کلی پنج روش کنترل از راه دور وجود دارد.

- کنترل از راه دور توسط برق شهر
- کنترل از راه دور توسط امواج صوتی
- کنترل از راه دور توسط امواج فراصوتی
- کنترل از راه دور توسط امواج رادیویی
- کنترل از راه دور توسط امواج نوری

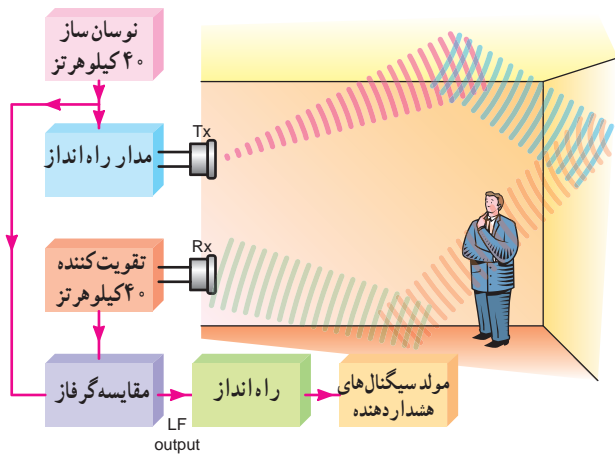
۳-۱۰-۳-۱- کنترل از راه دور توسط برق شهر: در این روش از سیم کشی برق شهر به عنوان کانال انتقال فرمان استفاده می شود و می توان یکی از لوازم خانگی برقی را از سایر نقاط کنترل کرد. در صنعت برق فرمان های کنترل نیروگاه های برق را از طریق کابل مسی خطوط توزیع برق شبکه ارسال می کنند. فرکانس کار این سامانه (سیستم) فرستنده و گیرنده بین ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوهرتز است.



شکل ۲۰-۱۰. بلوک دیاگرام سامانه VAS

### ۵-۳-۱۰ - کنترل از راه دور توسط امواج فراصوتی: این

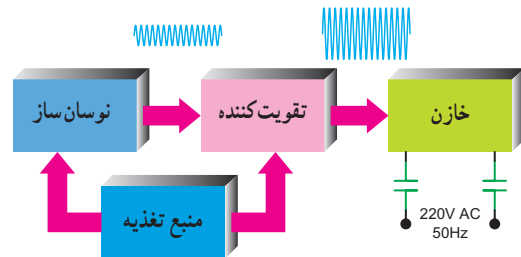
روش کنترل از راه دور در سامانه‌های مسافت سنج و یا امور حفاظتی برای ورود و خروج اشخاص به اماکن استفاده می‌شود. محدوده فرکانسی مورد استفاده در این روش ۲۰ تا ۵۰ کیلوهرتز است. در شکل ۲۱-۱۰ بلوک دیاگرام یک سامانه مافوق صوت حفاظتی نشان داده شده است. در صورت ورود اشخاص به حوزه امواج، سیستم فعال می‌شود.



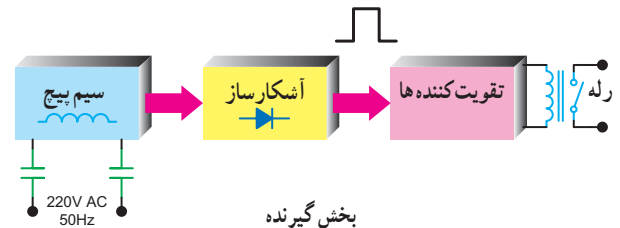
شکل ۲۱-۱۰. بلوک دیاگرام سیستم مافوق صوت حفاظتی

نوسان ساز فرستنده در این سامانه روی فرکانس ۴۰ کیلوهرتز کار می‌کند و امواج آن فضای یک اتاق را پوشش می‌دهد. این امواج در برخورد با دیواره‌های اتاق، بارها منعکس

حُسن این روش سادگی مدارهای فرستنده و گیرنده است ولی عیب مهم آن ارتباط با سیم برق است. شکل ۱۹-۱۰ بلوک دیاگرام یک سیستم (سامانه) کنترل از راه دور توسط برق شهر را نشان می‌دهد.



بخش فرستنده



بخش گیرنده

شکل ۱۹-۱۰. بلوک دیاگرام یک سامانه کنترل از راه دور توسط برق شهر

### ۴-۳-۱۰ - کنترل از راه دور توسط امواج صوتی: در

این نوع کنترل از راه دور از امواج صوتی در طیف فرکانس صوتی (۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز) استفاده می‌شود. این نوع کنترل در سامانه‌های ضبط و پخش صدا، یا در راه اندازی یک دستگاه لوازم خانگی با صوت به کار می‌رود. عیب این روش با توجه به حساسیت آن‌ها نسبت به طیف صوتی، کارایی کم آن است. در شکل ۲۰-۱۰ بلوک دیاگرام ساده‌ای از سامانه کنترل از راه دور توسط امواج صوتی به نام VAS راما لحظه می‌کنید. VAS اول کلمات Voice Automatic System به مفهوم کنترل اتوماتیک دستگاه توسط صوت است. از کاربردهای دیگر VAS استفاده از آن در تلفن‌های همراه، اسباب‌بازی‌ها و عروسک‌های کودکان است.

می شوند. گیرنده سامانه، امواج منعکس شده را دریافت می کند و پس از تقویت به مقایسه گر فاز انتقال می دهد. در مقایسه فاز، سیگنال دریافت شده با فاز سیگنال ۴۰ کیلوهرتز فرستاده شده مقایسه می شود. اگر شیء یا شخصی در اتاق جابه جا نشود فاز سیگنال های ارسال شده و دریافت شده یکسان خواهد بود، در صورت جابه جایی شیء یا شخص، فاز سیگنال دریافت شده تغییر می کند که میزان آن متناسب با جابه جایی جسم است. به این ترتیب سیگنال فرمانی به بخش راه انداز سامانه آلام یا زنگ خطر ارسال

می شود و حضور فرد مزاحم را اعلام می دارد. سامانه های کنترل از راه دور مبتنی بر امواج ماوراء صوت پر قدرت، بیشتر در صنایع نظامی و عملیات دریایی، ناوبری، سونار، تعیین عمق آب، به کار انداختن اژدهای آکوستیکی زیردریایی ها و کشف کشتی و زیردریایی های غرق شده به کار می روند. در شکل ۲۲-۱۰ برخی از کاربرد این سامانه کنترل از راه دور را مشاهده می کنید. این سامانه می تواند برای شناسایی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

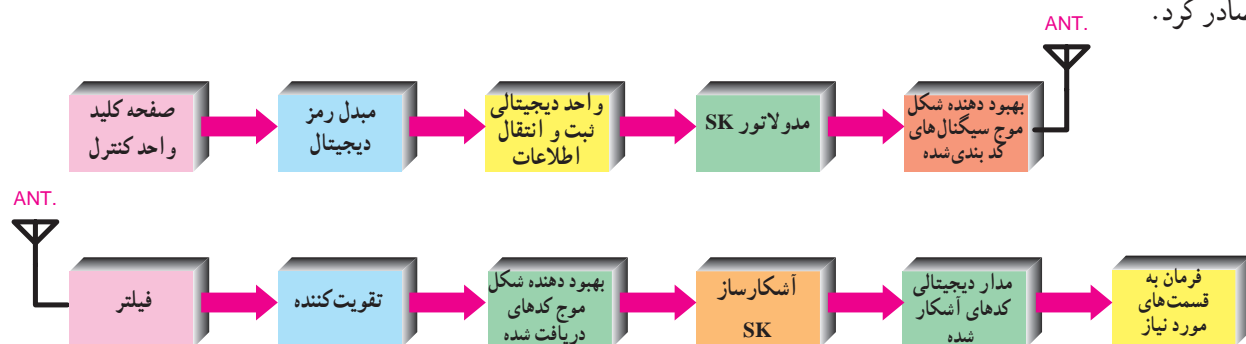


شکل ۲۲-۱۰ کاربرد امواج ماوراء صوت

### ۶-۳-۱۰- کنترل از راه دور بر اساس امواج رادیویی:

این روش کنترل از راه دور برای ارسال فرمان به فواصل دور یا از داخل دستگاه هایی که متحرک هستند استفاده می شود. در این روش برخلاف دور روش قبل، موانع کوچک و جهت قرار گرفتن فرستنده باعث قطع ارتباط بین فرستنده و گیرنده نمی شود، بنابراین از داخل وسیله متحرک نظیر اتومبیل، می توان به هواپیمای بدون سرنشین، اسباب بازی و غیره برای فواصل دور فرمان کنترلی صادر کرد.

محدوده فرکانس در این روش بسیار وسیع و فرکانس کار معمولاً حدود یک گیگاهرتز است. این روش پراستفاده ترین و مطمئن ترین شیوه کنترل میان وسایل متحرک و ساکن است و پهنای باند وسیع آن، قابلیت اعتماد بیشتری را ممکن می سازد. در شکل ۲۳-۱۰ بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده کنترل از راه دور توسط امواج رادیویی را مشاهده می کنید.

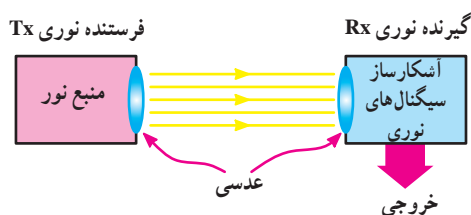


شکل ۲۳-۱۰ بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده

## ۷-۳-۱۰ - سامانه‌های کنترل از راه دور بر اساس امواج

**نوری:** سیستم‌های کنترل از راه دور که عملکرد آن‌ها بر مبنای پرتو نوری است به دو دسته امواج نور مرئی و نامرئی تقسیم می‌شوند.

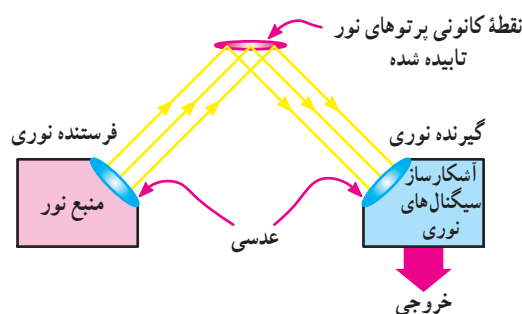
**الف - سیستم کنترل از راه دور بر مبنای امواج نور مرئی:** این سیستم شامل یک فرستنده شعاع نوری متمرکز شده (TX) و یک گیرنده پرتو نور متمرکز شده (RX) است. گیرنده آن به گونه‌ای قرار دارد که امواج نوری را به طور مستقیم دریافت می‌کند. ممکن است نور به عدسی برخورد نماید و پس از انعکاس توسط گیرنده دریافت شود. در شکل ۲۴-۱۰ بلوک دیاگرام ساده یک سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر شعاع نوری مستقیم را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۴-۱۰ - بلوک دیاگرام کلی سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر پرتو نور مستقیم

در این سامانه، با عبور یک فرد یا شیء یا یک قطعه از جلوی شعاع نوری، ارتباط نوری یک فرستنده و گیرنده قطع می‌شود و خروجی آشکارساز، یک سیگنال فرمان را به مدار زنگ ارسال می‌کند و زنگ را به صدا درمی‌آورد. می‌توان به جای زنگ، یک سامانه مکانیکی مانند درب معابر، لامپ و غیره را فعال کرد.

در شکل ۲۵-۱۰ بلوک دیاگرام یک سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری منعکس شده نشان داده شده است.



شکل ۲۵-۱۰ - بلوک دیاگرام سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری منعکس شده

در این سامانه پرتو نور مستقیماً از فرستنده به گیرنده ارسال نمی‌شود، بلکه نورهای ارسالی فرستنده توسط شیء منعکس کننده مانند عدسی به گیرنده می‌رسد.

زنگ خطر این سامانه هنگامی به کار می‌افتد که شیء منعکس کننده نور جابه‌جا شود و یا در جلوی آن شیء خارجی قرار گیرد. بنابراین از این سامانه برای آشکارسازی و اعلان خطر دود، مه و ... استفاده می‌کنند.

این سامانه در امور حفاظتی و امنیتی کاربرد ندارد و به دلیل توان مصرفی بالای فیلامان لامپ فرستنده، راندمان این سامانه و قابلیت اطمینان آن کم است.

## ب - سیستم کنترل از راه دور بر مبنای امواج

**نامرئی:** چون امواج نورانی ارسالی از فرستنده به گیرنده توسط اشخاص قابل رؤیت است. برای رفع عیب فوق می‌توان به جای امواج نورانی مرئی از اشعه مادون قرمز استفاده کرد. در شکل ۲۶-۱۰ چند نمونه دستگاه کنترل از راه دور که با اشعه مادون قرمز کار می‌کنند را مشاهده می‌کنید.



ب



الف

شکل ۲۶-۱۰ - چند نمونه دستگاه کنترل از راه دور با نور نامرئی

در شکل الف نمونه‌های معمولی این نوع کنترل کننده‌ها که برای وسایل صوتی و تصویری به کار می‌رود را آورده‌ایم. در شکل ب کنترل از راه دور یک سامانه کامپیوتری آورده شده است.

## ۸-۳-۱۰ - عناصر نیمه‌هادی پاسخ‌دهنده به نور مادون

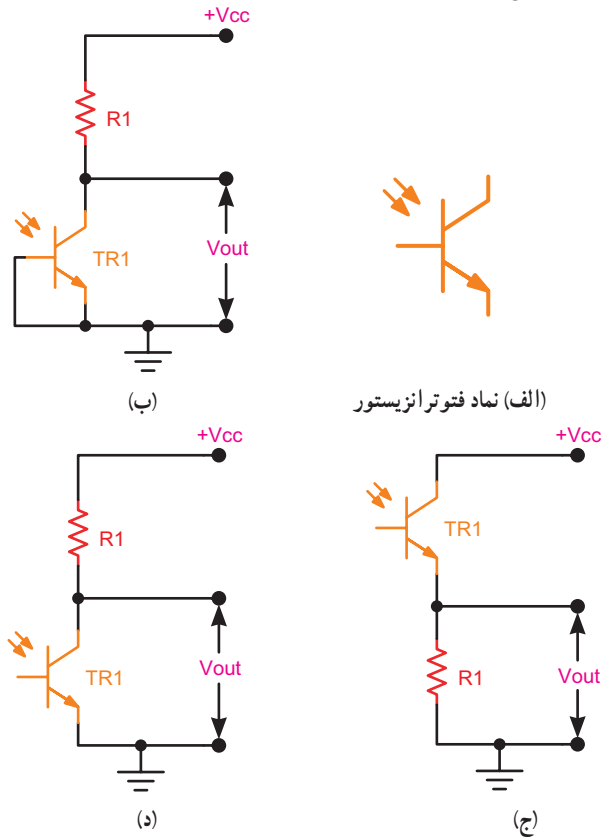
### قرمز IR (Infra Red)

**الف - فتودیود و دیودهای نورانی مادون قرمز:**

در فرستنده سامانه کنترل از راه دور، جریان الکتریکی خروجی مدارهای فرستنده توسط دیود IR به اشعه مادون قرمز تبدیل و به



معکوس قرار دارد و مانند یک فتودیود عمل می کند. در اکثر موارد، از شکل های ۲۹-۱۰ و د در مدارها استفاده می شود.



(الف) نماد فتوترانزیستور

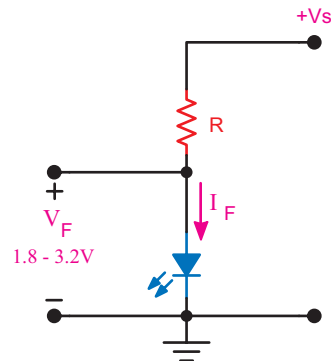
شکل ۲۹-۱۰ - روش های مختلف استفاده از فتوترانزیستور و نماد آن

پایه بیس ترانزیستور در این حالت ها به صورت باز قرار می گیرد. در اثر برخورد نور در ترانزیستور  $I_B$  ایجاد می شود، این جریان تقویت شده و از آمپر جریانی  $I_E = (1 + \beta)I_B$  جاری می شود و ولتاژی در دوسر  $R_1$  ایجاد می کند. حساسیت فتوترانزیستورها نسبت به فتودیودها به مراتب بیشتر است. در شکل ۳۰-۱۰ بلوک دیاگرام کلی سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر امواج IR که کاربرد حفاظتی دارد را مشاهده می کنید. در شرایطی که سامانه فعال است چنانچه نور IR به هر دلیلی قطع شود، آثر به صدا در می آید. فرستنده این سامانه شامل یک مولد موج مربعی است که طبقه خروجی IR را راه اندازی می کند.

در گیرنده از فتودیود استفاده شده است. امواج دریافتی

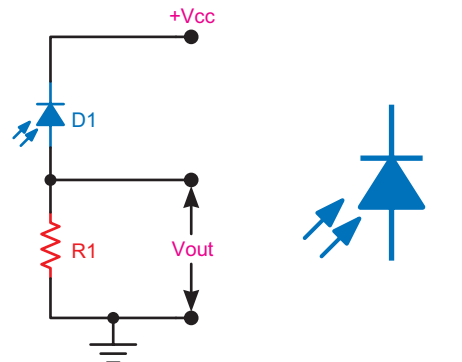
طرف فتودیود گیرنده سیستم ارسال می شود. سپس گیرنده، نور جذب شده توسط فتودیود را به جریان الکتریکی تبدیل می کند. این دیودها با توجه به ساختار داخلی پیوند PN در فرکانس های ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳۰ مگاهرتز کار می کنند.

در شکل ۲۷-۱۰ نحوه بایاس دیودهای نورانی مادون قرمز که مشابه دیود نورانی معمولی است را مشاهده می کنید.



شکل ۲۷-۱۰ - بایاس دیود نورانی

نماد مداری فتودیود و روش استفاده از فتودیود را که به صورت معکوس بایاس می شود در شکل ۲۸-۱۰ آمده است.



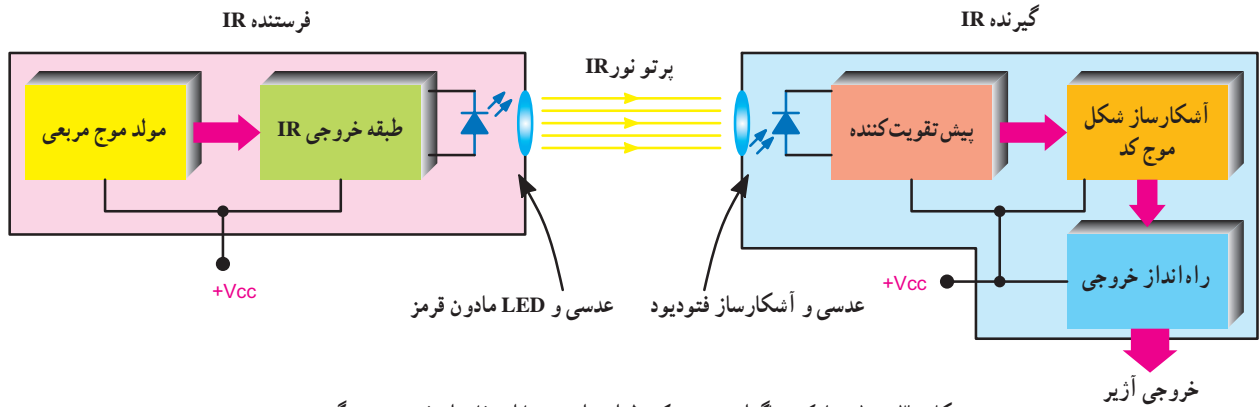
(الف) نماد فتودیود (ب) روش استفاده از فتودیود

شکل ۲۸-۱۰ - بایاس فتودیود و نماد آن

ب- فتوترانزیستور: ساختمان کریستالی فتوترانزیستورها مانند ترانزیستورهای سیلیکونی معمولی است که از پیوندهای PNP یا NPN ساخته شده اند، پس به طور ذاتی دارای دو پیوند حساس به نور هستند. در شکل ۲۹-۱۰ الف نماد فتوترانزیستور نشان داده شده است. فتوترانزیستورها به سه روش بایاس می شوند (شکل ۲۹-۱۰ ب و ج و د) در هر سه روش پیوند بیس کلکتور در بایاس

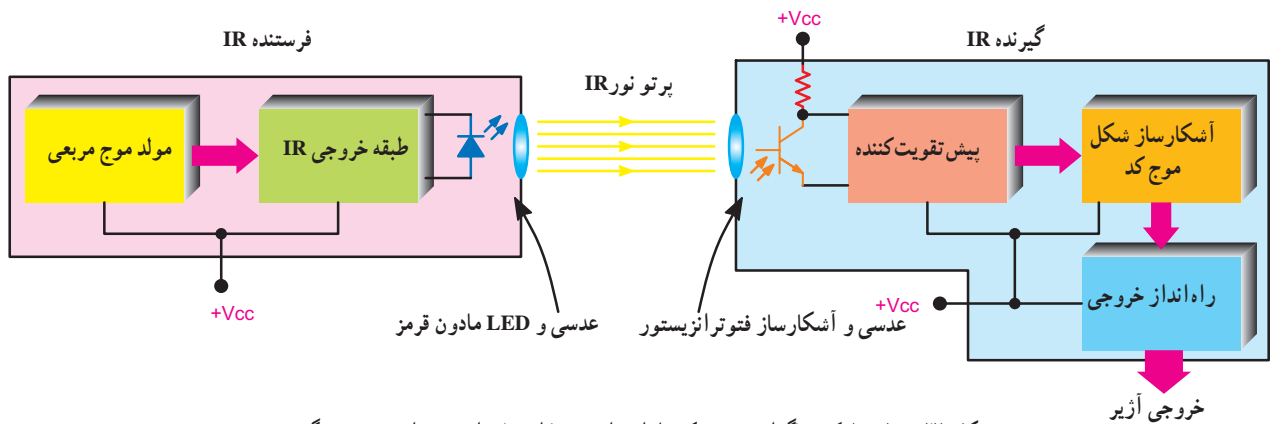


توسط فتودیود پس از تقویت در مدار پیش تقویت کننده، در مدار آشکارساز کُد آشکار می‌شود. موج آشکار شده به مدار راه انداز خروجی ارسال می‌شود. طبقه راه انداز خروجی ابزارهایی نظیر رله، زنگ یا ... را به کار می‌اندازد.



شکل ۳۰-۱. بلوک دیاگرام سیستم کنترل از راه دور با استفاده از فتودیود در گیرنده

در شکل ۳۱-۱۰ بلوک دیاگرام دیگری از سامانه کنترل از راه دور که در گیرنده آن از فتوترانزیستور استفاده شده است را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۱-۱. بلوک دیاگرام سیستم کنترل از راه دور با استفاده از فتوترانزیستور در گیرنده

#### ۴-۱۰-۱ الگوی پرسش

- ۱- دلیل استفاده از سامانه‌های کنترل از راه دور را توضیح دهید.
- ۲- روش‌های کنترل از راه دور را نام ببرید.
- ۳- سامانه کنترل از راه دور به کمک برق شهر را به طور اختصار شرح دهید.
- ۴- عیب سامانه کنترل از راه دور به روش امواج صوتی را شرح دهید.
- ۵- فرکانس کار سامانه کنترل از راه دور به کمک امواج فراصوتی را توضیح دهید. سپس یک سیستم کاربردی از نوع پر قدرت آن را شرح دهید.
- ۶- کاربرد سامانه کنترل از راه دور بر اساس امواج رادیویی را شرح دهید.
- ۷- بلوک دیاگرام اصلی سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری مستقیم را ترسیم کنید.

## برای هنرجویان علاقه‌مند

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد رمزگذار و رمزگشای کنترل از راه دور (PT2272 و PT2262) از طریق اینترنت تحقیق کنید.

## ۵-۱۰-۱ ماهواره

۱-۵-۱۰- پیشگفتار: ماهواره یا قمر مصنوعی به دستگاه‌های ساخت بشر گفته می‌شود که در مدارهایی در فضا به دور زمین یا سیارات دیگر می‌چرخند.

ماهواره‌ها در مواردی مانند مطالعه کاتات، ردیابی و تعیین موقعیت مکانی در سطح جهان، هواشناسی، انتقال اطلاعات صوت و تصویر و امور نظامی کاربرد فراوانی دارند.

۲-۵-۱۰- ماهواره چیست؟: واژه انگلیسی Satellite از کلمه لاتین Satelles به معنی همراه، دنباله‌رو یا محافظ شخصی گرفته شده است.

ماهواره، محفظه‌ای فلزی به شکل کره، استوانه یا مخروط است.

پوشش فلزی ماهواره باید بسیار مقاوم باشد، زیرا این وسیله نوسان‌های حرارتی شدیدی را باید تحمل کند.  
شکل ۳۳-۱۰ یک نمونه ماهواره را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳-۱۰- شکل ظاهری یک نمونه ماهواره

۸- کاربرد سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری انعکاسی را بنویسید.

۹- معایب سامانه کنترل از راه دور براساس امواج نور مرئی را بنویسید.

۱۰- فرکانس کار دیودهای مادون قرمز چه قدر است؟

۱۱- دلیل استفاده از فتوترانزیستور به جای فتودیود را توضیح دهید.

۱۲- بلوک دیاگرام کلی سامانه کنترل از راه دور با استفاده از فتوترانزیستور را ترسیم کنید.

۱۳- Voice Automatic System را تعریف کنید.

## کامل کردنی

۱۴- VAS اول کلمات ... است و به مفهوم ..... توسط صوت است.

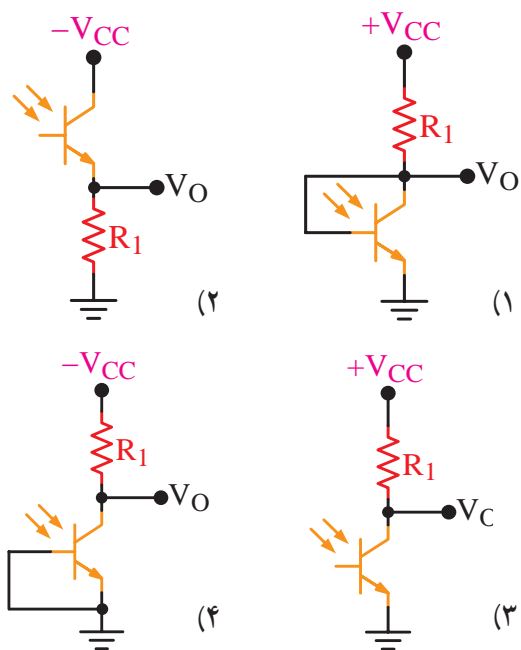
## صحیح یا غلط

۱۵- فرکانس سامانه کنترل از راه دور توسط برق شهر بین ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوهرتز است.

صحیح  غلط

## چهارگزینه‌ای

۱۶- کدام روش استفاده از فتوترانزیستور صحیح است؟



شکل ۳۲-۱۰

تعدادی از ماهواره‌ها، هر ۲۴ ساعت یک بار زمین را دور می‌زنند، یعنی همان زمانی که زمین نیز به دور خود می‌چرخد. کسی که از زمین به آسمان نگاه می‌کند، این گونه ماهواره‌ها را همیشه در مکان ثابتی می‌بیند این ماهواره‌ها در ارتفاع بالا، حدود ۳۶۰۰۰ کیلومتری قرار دارند. در شکل ۳۵-۱۰ مدارهای مختلف حرکت ماهواره نشان داده شده است.



شکل ۳۵-۱۰ مدارهای مختلف حرکت ماهواره

تاریخچه و بیان موارد تاریخی صرفاً جهت اطلاعات عمومی بوده، لذا از آنها آزمون به عمل نمی‌آید.

### ۳-۵-۱۰- تاریخچه: در روز چهارم اکتبر سال ۱۹۵۷

ساعت ۱۴ به وقت مسکو، تاس خبرگزاری شوروی سابق، خبر پرتاب نخستین ماهواره را به سراسر جهان مخابره کرد. خبر فوق‌العاده مهیج بود. این ماهواره را اسپوتنیک ۱ (Sputnik 1) نامیدند. بعد از ۲۱ روز باتری‌های ماهواره تخلیه شدند و بعد از ۹۲ روز اسپوتنیک ۱ با لایه‌های ضخیم جو برخورد کرد و به طور کامل سوخت.

در سوم نوامبر سال ۱۹۵۷ یعنی کمتر از یک ماه بعد از پرتاب اسپوتنیک ۱، روس‌ها با پرتاب اسپوتنیک ۲ به فضا، آمریکایی‌ها را به حیرت واداشتند. همراه با این فضاپیما سگی به عنوان موجود زنده به فضا فرستاده شد. این سگ به مدت ۷ روز درون اتاقک در بسته و غیرقابل نفوذ خود دور زمین چرخید، در

برای آن که بتوان ماهواره را در مدار ثابتی نگه داشت و در صورت لزوم محل آن را تغییر داد، تجهیزات ویژه‌ای اصلاح جهت و مکان‌یابی ماهواره‌ها ساخته شده است. در ماهواره‌ها یک دستگاه تأمین‌کننده انرژی وجود دارد که به وسیله یک فرستنده رادیویی از روی زمین هدایت می‌شود و همیشه فعال است.

قسمت اعظم این دستگاه از باتری‌ها و مولدهای خورشیدی تشکیل شده است که انرژی لازم را از نور خورشید می‌گیرند. سلول‌های خورشیدی روی بال‌هایی قرار می‌گیرند که در طرفین ماهواره‌ها نصب شده‌اند، به این بال‌ها «پانل‌ها یا صفحه‌های خورشیدی» می‌گویند، هرچه این بال‌ها بزرگ‌تر باشد، انرژی الکتریکی بیشتری فراهم می‌شود. برای مأموریت‌های دراز مدت از باتری‌های کوچک اتمی نیز استفاده می‌شود. در شکل ۳۴-۱۰ یک نمونه ماهواره، با سلول‌های خورشیدی را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۳۴-۱۰ یک نمونه ماهواره با سلول‌های خورشیدی

سرعت حرکت ماهواره‌ها، به فاصله آنها از زمین بستگی دارد.

هرچه ارتفاع مداری که ماهواره روی آن حرکت می‌کند بیشتر باشد سرعت آن نیز بیشتر است. سریع‌ترین ماهواره تقریباً هر ۹۰ دقیقه یک بار زمین را دور می‌زند. این ماهواره‌ها در ارتفاع پایین قرار دارند و به آن‌ها ماهواره‌های متحرک می‌گویند.

متوقف گردید. بدین ترتیب نخستین ماهواره آمریکایی کاوشگر ۱ (Explorer 1) در ۳۱ ژانویه ۱۹۵۸ به فضا پرتاب شد. موشک ونگارد نیز در سال ۱۹۵۸ به فضا پرتاب شد. در شکل ۳۷-۱۰ سکوی پرتاب ماهواره امید ایران نشان داده شده است.

بنا به گزارش خبرگزاری‌ها دوشنبه شب چهاردهم بهمن ماه یکهزار و سیصد و هشتاد و هفت، ماهواره ملی امید به فضا پرتاب شد و در مدار تعیین شده قرار گرفت، «ماهواره بر» آن سفیر ۲ نام داشت، کلیه قطعات و اجزای این ماهواره و ماهواره بر از جمله موتور «ماهواره بر» که از فناوری بسیار بالایی برخوردار است، به دست متخصصان افتخار آفرین صنایع هوا فضا کشور ایران طراحی و تولید شده است.



شکل ۳۷-۱۰- سکوی پرتاب ماهواره امید ایران

از سال ۱۹۶۰ تا سال ۱۹۶۵ هر سال بیش از ۱۰۰ ماهواره به فضا فرستاده شدند. در سال ۱۹۷۰ دانشمندان به کمک رایانه و نانو تکنولوژی موفق به اختراع سازه‌ها و تجهیزات پیشرفته‌تری برای ماهواره شده‌اند.

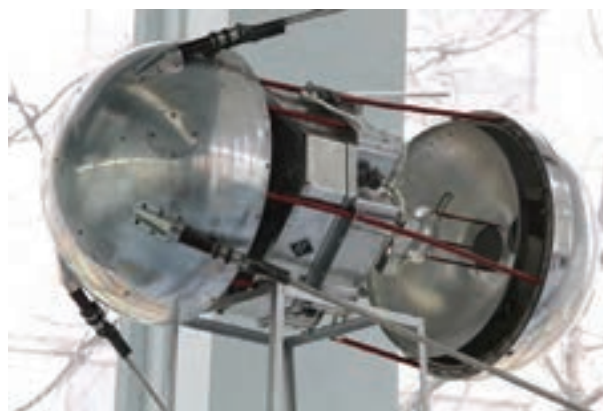
به علاوه کشورهای دیگر و همین‌طور سازمان‌های تجارتي مبادرت به خریداری و ارسال ماهواره‌ها نموده‌اند. در سال‌های اخیر بیشتر از ۴۰ کشور ماهواره در اختیار دارند و نزدیک به ۳۰۰۰ ماهواره در مدارها به اجرای مأموریت‌های خود می‌پردازند.

#### ۴-۵-۱۰- ماهواره‌ها چگونه به فضا می‌روند؟ برای این

که جسمی از حوزه‌های جاذبه زمین خارج و به فضا پرتاب شود باید شتابی بیش از شتاب جاذبه زمین داشته باشد و برای رسیدن به چنین شتابی باید انرژی مصرف کرد. در حرکت اجسام پرتابی،

این مدت همه واکنش‌ها و اعمال حیاتی بدن حیوان ارزیابی می‌شود و نتایج آنها به زمین مخابره می‌گردید. تا این که اکسیژن ذخیره شده در اتاقک به پایان رسید و سگ به علت فقدان اکسیژن مُرد. روس‌ها موفق شدند آن اتاقک و سرنشینش را همان‌طور که در نظر داشتند از فضا بیرون آورند و به زمین برگردانند.

در شکل ۳۶-۱۰ نمونه‌هایی از تصاویر اسپوتنیک را ملاحظه می‌کنید.



نمونه ساخته شده اسپوتنیک



سکوی اولیه پرتاب (طرح اولیه) اسپوتنیک

شکل ۳۶-۱۰- نمونه‌هایی از فرایند اجرایی فضایی اسپوتنیک

پرتاب اسپوتنیک ۱، بیش از همه آمریکایی‌ها را که در همان زمان خود را برای پرتاب ماهواره‌ای اختصاصی به فضا آماده می‌کردند، غافلگیر کرد. در سال ۱۹۵۵ رئیس جمهور وقت آمریکا دستور ساخت یک موشک باربری به نام ونگارد (Vanguard) را صادر کرد، اما با پرتاب اسپوتنیک ۱، ادامه این برنامه در حال اجرا،

## ۵-۵-۱۰- انواع ماهواره‌ها: ماهواره‌ها برای هدف‌های

مختلفی پرتاب می‌شوند و عبارت‌اند از:

- ۱- ماهواره‌های مخابراتی
- ۲- ماهواره‌های ردیاب
- ۳- ماهواره‌های نظامی
- ۴- ماهواره‌های منابع زمینی
- ۵- ماهواره‌های هواشناسی. در شکل ۳۹-۱۰ نمونه‌هایی از تصاویر ماهواره‌ها را ملاحظه می‌کنید.



ارتباط ماهواره با ایستگاه‌های مختلف



استقرار ماهواره‌های مختلف در مدار زمین

شکل ۳۹-۱۰ نمونه‌هایی از تصاویر ماهواره‌ها

## ۶-۵-۱۰- ماهواره‌های مخابراتی: ماهواره‌های

مخابراتی در واقع ایستگاه‌های تقویت‌کننده سیگنال‌ها هستند. این ماهواره‌ها از نقطه‌ای امواج را دریافت و به نقطه دیگر ارسال می‌کنند. یک ماهواره مخابراتی می‌تواند در آن واحد هزاران تماس تلفنی و چندین برنامه شبکه تلویزیونی را تحت پوشش قرار دهد. این ماهواره‌ها اغلب در ارتفاعات بلند و برفراز یک ایستگاه در زمین قرار داده می‌شوند.

قانون کنش و واکنش نیوتن صادق است. طبق این قانون هر عملی یک عکس‌العمل دارد که اندازه آن به اندازه عمل اول است و جهت آن مخالف جهت عمل اول است.

یک توپ جنگی که گلوله‌ای را پرتاب می‌کند خودش به سمت مقابل یعنی به عقب رانده می‌شود. اگر بادکنکی را پُر از باد کنید و آن را رها سازید، چون فشار داخل بادکنک بیش از فشار محیط است، هوا به سرعت از آن خارج می‌شود و بادکنک نیز در جهت مخالف خروج هوا، به حرکت درمی‌آید. در محفظه احتراق ماهواره بر (موشک) نیز همین اتفاق رخ می‌دهد. البته در آنجا عملیات به وسیله لوله خروجی گاز و تجهیزات دیگر کنترل و تنظیم می‌شود. در مثال بادکنک باید گفت که بادکنک رها شده و بی‌هدف به این سو و آن سو می‌رود، اما شکل لوله خروجی گاز در ماهواره بر (موشک) به گونه‌ای است که شدت رانش و فوران گاز را تقویت می‌کند و سبب پیش‌روی موشک در جهتی معین می‌شود. هرچه فشار خروجی (مقدار گازی که در هر ثانیه از خروجی موشک به بیرون فوران می‌کند) و سرعت گاز بیشتر باشد، نیروی پیش‌برنده موشک بزرگ‌تر خواهد بود.

موشک‌های باربری که ماهواره‌ها را به فضا می‌برند، باید شتاب‌گیر از جاذبه بالای داشته باشند. در واقع با سرعت  $7/9$  کیلومتر بر ثانیه می‌توان زمین را ترک کرد. برای رسیدن به چنین سرعتی انرژی فوق‌العاده زیادی صرف می‌شود. اما با اجرای عملیات پرتاب در نقاط جغرافیایی خاص می‌توان مقدار این انرژی را کاهش داد. در شکل ۳۸-۱۰ پرتاب ماهواره توسط موشک نشان داده شده است.



شکل ۳۸-۱۰ پرتاب ماهواره توسط موشک



در شکل ۴۰-۱۰ ماهواره مخابراتی به طور مستمر، ضمن دریافت اطلاعات از شبکه سلولی، از طریق فرستنده مخابراتی موبایل و سرور (server) اصلی، وضعیت ارتباط بین گوشی همراه را با سایر گوشی‌ها مشخص می‌کند و در صورت نیاز با ماهواره‌های دیگر نیز ارتباط برقرار می‌نماید.

#### ۷-۵-۱۰- ماهواره‌های ردیاب: به کمک ماهواره‌های

ردیاب، کلیه هواپیماها، کشتی‌ها و خودروها بر روی زمین قادر به مکان‌یابی با دقت بسیار زیاد خواهند بود. علاوه بر خودروها و وسایل نقلیه، اشخاص عادی نیز می‌توانند از شبکه ماهواره‌های ردیاب بهره‌مند شوند. در واقع سیگنال‌های این شبکه‌ها در هر نقطه‌ای از زمین قابل دریافت‌اند.

#### ۶-۱۰- پیشگفتار

در گذشته، زمانی که تکنولوژی پیشرفته امروزی وجود نداشت، مردم و به خصوص اشخاصی مانند سیاحان و جهانگردان گاهی اوقات در یک گستره جغرافیایی مانند شهرها و کشورهای بیگانه، از مکان دقیق خود باخبر نبودند و حتی گاهی نیز در بیابان‌ها و دریاها مسیر خود را گم می‌کردند. از سوی دیگر در دنیای قدیم استفاده از ستارگان - قطب‌نما و سایر عوامل طبیعی تا اندازه‌ای راه‌گشای بشر بوده است.

امروزه پیچیدگی‌های جغرافیایی، اعم از بافت شهرها، خیابان‌ها، اصولاً زمینه استفاده از این گونه روش‌ها (استفاده از عوامل طبیعی) را تا حد زیادی متفی و بی‌معنا کرده است.

در شرایط فعلی، با گسترش فناوری‌های گوناگون، این مشکل توسط یک سیستم ماهواره مدرن و پیشرفته به نام GPS (Global positioning system) که به معنای سیستم مکان‌یابی جهانی است، رفع شده است.

در حقیقت دنیای امروز، دنیایی است که هیچ فردی در آن گم نخواهد شد و همه چیز بر روی تمام نقاط زمین قابل شناسایی است. این قدرت دست‌یابی به سیستم‌های شناسایی را، ماهواره‌ها و براساس کامپیوترها در اختیار بشر قرار داده‌اند.

یک ایستگاه مخابراتی در زمین مجهز به آنتن بسیار بزرگ برای دریافت و ارسال سیگنال‌هاست. گاهی چندین ماهواره که به طور مشترک در یک مدار کوتاه‌تر قرار گرفته‌اند امواج را دریافت و با انتقال دادن سیگنال‌ها به یکدیگر آنها را به کاربران روی زمین در اقصی نقاط آن می‌رسانند. سازمان‌های تجارتي مانند تلویزیون‌ها و شرکت‌های مخابراتی در کشورهای مختلف از کاربران دائمی این نوع ماهواره‌ها هستند.

بشقاب‌های ماهواره‌ای زمینی علائم تلفنی و تلویزیونی را به ماهواره می‌فرستند، ماهواره نیز آنها را ضمن پردازش، به یک ایستگاه زمینی دیگر مخابره می‌کند.

ماهواره‌ها می‌توانند علائم را هم به سراسر یک قاره و هم به یک نقطه معین ارسال کنند. ماهواره‌های پخش مستقیم می‌توانند علائم تلویزیونی را هم به یک گیرنده بشقابی و هم به تلویزیون‌های مستقل به گیرنده‌های بزرگ تر مخابره کنند.

حوزه ماهواره منطقه‌ای است که در زمین تحت پوشش پرتو ارسالی آنتن ماهواره مخابراتی قرار می‌گیرد. شکل حوزه ماهواره باید تا حد امکان با شکل منطقه مورد نظر منطبق باشد و این مهم با طراحی دقیق آنتن یا ترکیب پرتوهای مختلف حاصل می‌شود.

در شکل ۴۰-۱۰ یک نمونه ارتباط ماهواره‌ای نشان داده شده است.



شکل ۴۰-۱۰- ارتباط ماهواره با شبکه تلفن همراه

شوخی موجب بروز اختلاف و به هم زدن دوستی‌ها می‌شود. از شوخی بپرهیزید.



الف - نمای یک ماهواره GPS از زمین



ب - یک نمونه گیرنده ماهواره GPS



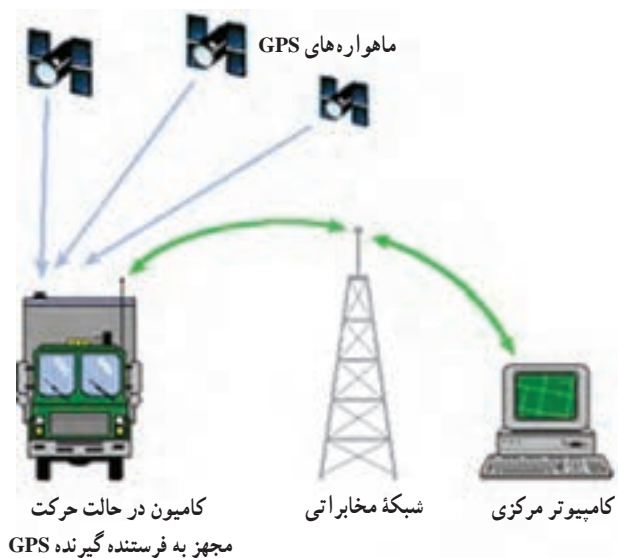
ج - یک نمونه تراشه مربوط به ماهواره GPS

شکل ۴۲ - ۱۰ - نمای یک ماهواره Gps و گیرنده آن

## ۲-۶-۱۰ - اجزای تشکیل دهنده سیستم GPS: سیستم

GPS از سه بخش، فضا، کنترل و کاربران طبق شکل ۴۳-۱۰ تشکیل شده است.

GPS یک سیستم هدایت یا ناوبری (Navigation) ماهواره‌ای است. در شکل ۴۱-۱۰ یک نمونه از این ارتباط را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۴۱-۱۰ - یک نمونه ارتباط ماهواره‌ای

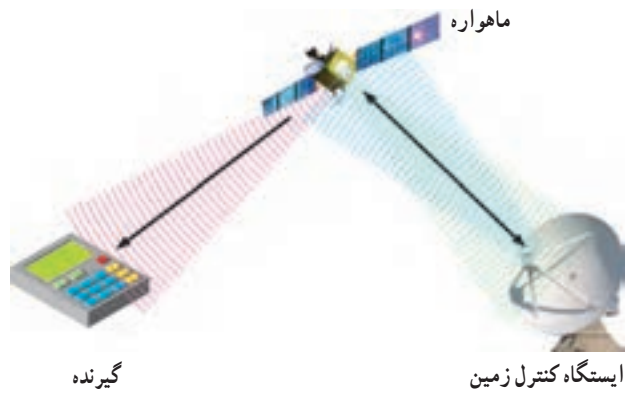
## ۱-۶-۱۰ - تاریخچه GPS: اولین ماهواره GPS در

سال ۱۹۷۸ به سفارش وزارت دفاع آمریکا ساخته شد. این سیستم در ابتدا برای مصارف نظامی تهیه شد ولی از سال ۱۹۸۰ استفاده عمومی از آن آزاد شد. در سال ۱۹۹۴ شبکه‌ای شامل ۲۴ ماهواره تشکیل گردید که امروزه تعداد آنها به عدد ۲۸ رسیده است. روس‌ها نیز سیستمی مشابه GPS به نام Glonass دارند که از نظر کارایی و توان عملیاتی به پای GPS نمی‌رسد. گیرنده‌های مشترک GPS-Glonass در حال حاضر در بازار ایران یافت می‌شوند.

در شکل ۴۲-۱۰ نمای یک ماهواره GPS از روی زمین و گیرنده GPS نشان داده شده است.



نسبت به صفحه استوا، در حال چرخش اند. در هر صفحه مداري چهار ماهواره وجود دارد. همواره ۲۱ ماهواره فعال و ۳ ماهواره آماده به کار (stand by) به صورت یدک در مدار قرار دارند تا در صورت بروز اشکال در ماهواره های فعال، جایگزین شوند. در شکل ۴۵-۱۰ بخش فضا با ۲۴ ماهواره نشان داده شده است.



شکل ۴۳-۱۰- سیستم GPS شامل سه بخش فضا، کنترل و کاربران

معمولاً وقتی درباره GPS صحبت می شود منظور دستگاه گیرنده GPS است. اما این دستگاه به تنهایی کاری انجام نمی دهد. گیرنده GPS در ارتباط با ماهواره و ایستگاه کنترل زمینی قابل استفاده است.

در شکل ۴۴-۱۰ نمونه کامل ارتباط در سیستم GPS نشان داده شده است.



شکل ۴۵-۱۰- بخش فضا با ۲۴ ماهواره

ماهواره ها می توانند طوری در مدارشان حرکت کنند که در صورت لزوم، کار ماهواره ای را که دچار مشکل شده است به انجام برسانند. هر مدار، دایره ای با ارتفاع تقریبی ۲۰۱۸۳ کیلومتر نسبت به سطح دریا است. مدارها تقریباً هر روز از زمین ردیابی و کنترل می شوند. این آرایش فلکی ماهواره های GPS امکان مشاهده حداقل چهار ماهواره را در هر نقطه از زمین و هر ساعت از شبانه روز فراهم می کند.

ماهواره های GPS، وسیله ای برای حمل فرستنده های رادیویی، ساعت های اتمی، کامپیوترها و تجهیزات مختلفی که برای عملکرد سیستم استفاده می شود، هستند. تاکنون تعداد زیادی ماهواره به کار گرفته شده و تعداد بیشتری هم در طراحی هستند. در حال حاضر ۶ نسل از ماهواره ها وجود دارند.

هر ماهواره حدوداً ۱۰ سال فعال می ماند در نتیجه ماهواره ها در پایان مأموریت به موقع برگردانده می شوند و ماهواره های



۱- ماهواره دریافت سیگنال از GPS نصب شده روی اتومبیل یا سایر دستگاه ها

۲- گوشی GPS نصب شده روی اتومبیل

۳- فرستنده و گیرنده زمینی

۴- جابه جایی اطلاعات در مرکز زمینی و مرکز کامپیوتر

شکل ۴۴-۱۰- نمونه کامل ارتباط در یک سیستم GPS

۳-۶-۱۰ بخش فضا (space segment): این بخش شامل ۲۴ ماهواره است که در ۶ صفحه مداري با شیب ۵۵ درجه

هر ۵ ایستگاه، ایستگاه‌های ردیابی هستند که به گیرنده‌های GPS جهت ردیابی ماهواره‌ها مجهز شده‌اند. داده‌های به دست آمده از ردیابی به ایستگاه کنترل اصلی ارسال می‌گردد. در این ایستگاه، داده‌ها پردازش می‌شود و از آنجا ساعت ماهواره‌ها و داده‌های مداری ماهواره‌ها محاسبه و تصحیح می‌گردد.

به طور کلی وظیفه بخش کنترل، کنترل و تعیین مسیرهای ماهواره‌ها، مشاهده و بررسی صحت کار ماهواره‌ها و بررسی رفتار ساعت اتمی و بالاخره اعمال پیام ناوبری به درون سیگنال ماهواره‌هاست.

#### ۴-۶-۱۰-۵ - بخش کاربران (User segment): این

بخش کلیه کاربران نظامی و غیرنظامی را شامل می‌شود. در این بخش کاربردها، تجهیزات و استراتژی تعیین موقعیت GPS اهمیت پیدا می‌کند. پیشرفت محصولات تجاری GPS وابسته به کاربردهای کاربران است.

در واقع بخش کاربران از گیرنده‌هایی تشکیل می‌شود که کدها یا فاز موج حامل را دنبال می‌کنند و در بیشتر موارد پیام ناوبری ماهواره را استخراج می‌کنند. کدها و حامل دریافتی از ماهواره در پردازشگر موجود در گیرنده پردازش می‌شود و به کمک آن چهار پارامتر زمان، ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی به دست می‌آید.

گسترش انواع کاربردهای شهری و گاهی رشد بازار، باعث گسترش تجهیزات GPS شده است.

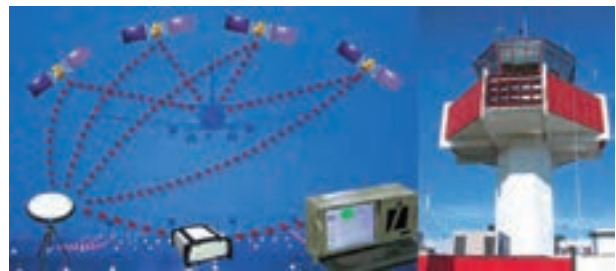
گرچه ممکن است همه کاربران به یک لوازم برای کاربردهای مختلف نیاز داشته باشند، اما معمولاً ترکیب خاصی از سخت‌افزار و نرم‌افزار آن لازم است. امروزه بازار گیرنده‌های GPS بسیار رشد کرده است، به طوری که هم‌اکنون هزاران گیرنده مختلف وجود دارد. گیرنده‌های قابل حمل دستی یا آنهایی که روی اتومبیل‌ها، کشتی‌ها، هواپیماها، زیردریایی‌ها، تانک‌ها، کامیون‌ها و اتوبوس‌ها نصب می‌شوند. در شکل ۴۸-۱۰ چند نمونه گوسی GPS را که توسط کاربران مورد استفاده قرار می‌گیرد ملاحظه می‌کنید.

جایگزین به فضا پرتاب می‌گردند. انرژی مصرفی هر ماهواره کمتر از ۵۰ وات است. این ماهواره‌ها انرژی خود را توسط باتری خورشیدی که طول هر کدام ۵/۵ متر است از خورشید تأمین می‌کنند. همچنین باتری‌هایی نیز برای زمان‌های خورشید گرفتگی و یا مواقعی که در سایه زمین حرکت می‌کنند به همراه دارند.

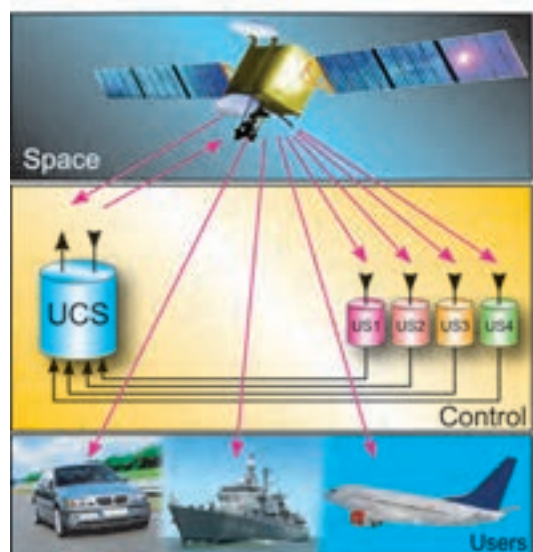
#### ۴-۶-۱۰-۴ - بخش کنترل (Control segment): بخش

کنترل شامل ۵ ایستگاه زمینی (یک ایستگاه اصلی و چهار ایستگاه فرعی در اطراف دنیا است)، این ایستگاه‌ها همه متعلق به وزارت دفاع آمریکا است و توسط آن کشور اداره می‌شود.

هزینه نگهداری این سیستم سالانه بیش از ۵۰۰ میلیارد تومان است. در شکل ۴۶-۱۰ قسمت کنترل برج مراقبت فرودگاه از طریق GPS نشان داده شده است، شکل ۴۷-۱۰ نشان می‌دهد بخش کنترل شامل ۵ ایستگاه است.



شکل ۴۶-۱۰- قسمت کنترل برج مراقبت فرودگاه از طریق GPS



شکل ۴۷-۱۰- بخش کنترل با ۵ ایستگاه

نیز به کار روند.

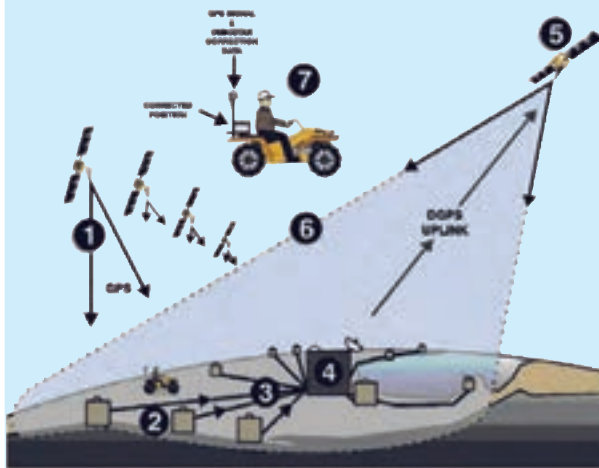
حال برای تعیین موقعیت، گیرنده GPS زمان‌های دریافت شده را با زمان خود مقایسه می‌کند. تفاوت این دو، مشخص‌کننده فاصله گیرنده GPS از ماهواره مزبور است. این عملی است که دقیقاً یک گیرنده GPS اجرا می‌کند. با استفاده از حداقل سه ماهواره، GPS می‌تواند طول و عرض جغرافیایی مکان خود را تعیین نماید (که آن را تعیین دوبعدی می‌گویند). با تبادل با چهار یا بیشتر ماهواره، یک GPS می‌تواند موقعیت سه‌بعدی مکان خود را تعیین نماید که شامل طول و عرض و ارتفاع جغرافیایی است. با اجرای پشت سرهم این محاسبات، GPS می‌تواند سرعت و جهت حرکت خود را نیز به دقت مشخص نماید. امروزه در بعضی از مکان‌های ایران، قادر به دریافت اطلاعات از ماهواره‌ها تا ۱۰ دستگاه هستیم و به حداقل ۴ تا ۵ ماهواره در هر زمان، از شبانه‌روز و در هر مکان، دسترسی داریم.



شکل ۴۸-۱۰- چند نمونه گوشی GPS قابل نصب روی خودرو

### برای هنرجویان علاقه‌مند

در شکل ۴۹-۱۰ یک تصویر را ملاحظه می‌کنید. در این تصویر موقعیت مکانی موتور سوار توسط GPS تعیین می‌شود. نحوه برقراری ارتباط را با ماهواره و ایستگاه زمینی تشریح کنید. فایل تصویری مربوط به شکل به صورت gif است اگر آن را ببینید، مسیر ارتباط را نشان می‌دهد.



شکل ۴۹-۱۰- تعیین موقعیت مکانی موتور سوار

### ۶-۶-۱۰- GPS چگونه کار می‌کند؟ سیگنال‌هایی که

هر ماهواره GPS ارسال می‌کند شامل: کُد شناسایی ماهواره (RPN) (Random-Code Pseudo)، داده تقویمی (almanac) و داده‌های مربوط به خود ماهواره و تاریخ و زمان (Ephemeris) است.

می‌توان شیوه کار GPS را به‌طور ساده به صورت زیر بررسی کرد. هر ماهواره پیامی را ارسال می‌کند به‌طور ساده می‌گوید: من ماهواره شماره X هستم، موقعیت فعلی من Y است و این پیام در زمان Z ارسال شده است، هرچند که این شکل ساده شده پیام‌رسانی است ولی می‌تواند کل طرز کار سیستم را بیان نماید. گیرنده GPS پیام را می‌خواند و داده‌های almanac و ephemeris را جهت استفاده بعدی آن‌ها ذخیره می‌نماید. این اطلاعات می‌توانند برای تصحیح و یا تنظیم ساعت درونی GPS

۷-۶-۱۰- کاربردهای GPS : GPS ها در زمین، دریا و هوا کاربردهای متنوعی دارند. اساساً GPS در هر جایی قابل استفاده است مگر در نقاطی که امکان وصول امواج ماهواره در آن‌ها نباشد.

استفاده‌های زمینی GPS بسیار گسترده‌تر است. هرکسی که می‌خواهد بداند در کجا قرار دارد، راهش به چه سمتی است و یا با چه سرعتی در حرکت است می‌تواند از یک GPS استفاده کند. در خودروها نیز وجود GPS به امری عادی بدل خواهد شد. سیستم‌هایی در حال تهیه است تا در کنار هر جاده‌ای با فشار دادن یک کلید، موقعیت به یک مرکز اورژانس انتقال یابد، (به وسیله انتقال موقعیت فعلی به یک مرکز توزیع) سیستم‌های پیچیده دیگری موقعیت هر خودرو را در یک خیابان ترسیم می‌کنند. این سیستم‌ها بهترین مسیر را برای رسیدن به یک هدف خاص به راننده پیشنهاد می‌کنند.

هر چه نقشه‌های منطقه‌ای که در حافظه گیرنده ذخیره می‌شود دقیق‌تر باشد سرویس‌هایی هم که از GPS می‌توان دریافت کرد با ارتقای بیشتری خواهد بود. برای مثال می‌توان از GPS مسیر نزدیک‌ترین پمپ بنزین، تعمیرگاه و یا ایستگاه قطار را سؤال نمود و مسیر پیشنهادی را دنبال کرد. دقت مکان‌یابی این سیستم در حد چندمتر است که بسته به کیفیت گیرنده تغییر می‌کند.

از دیگر کارهای GPS عبارت‌اند از: پیش‌بینی زلزله، کنترل امور مربوط به حمل و نقل و ترافیک، کنترل جابه‌جایی سدها و برج‌های بلند، پیش‌بینی وضع هوا، تعیین موقعیت سکوها در یابی نفتی، مین‌یابی، اسکن (scan) کردن دریا و کاربردهای وسیع نظامی.

## ۷-۱۰- انگوی پرسش

- ۱- مفهوم Satellite چیست؟
- ۲- برای مکان‌یابی هواپیماها از کدام ماهواره استفاده می‌شود؟
- ۳- مفهوم GPS چیست؟
- ۴- اجزای تشکیل دهنده GPS کدام‌اند؟
- ۵- بخش فضایی GPS شامل چند ماهواره است؟
- ۶- مفهوم RPN در GPS چیست؟
- کامل کردنی
- ۷- GPS اول کلمات ..... است و به معنای .....

### صحیح یا غلط

- ۸- در GPS بخش کنترل شامل ۵ ایستگاه زمینی است و هر ۵ ایستگاه، ایستگاه‌های ردیابی است.

صحیح  غلط

### چهارگزینه‌ای

- ۹- در سیگنال‌هایی که هر ماهواره ارسال می‌کند، RPN به مفهوم ..... است.
- (۱) داده تقویمی
- (۲) تاریخ و زمان
- (۳) داده‌های مربوط به خود ماهواره
- (۴) کد شناسایی ماهواره

## فهرست منابع و مآخذ

- ۱- MC Growhill Book Company Electeronic communication Lloyd temes 1988.
- ۲- inc Delmar Publisher Electeronic Communication ThomasA. Adamson 1990.
- ۳- Lab volt Practical electronic Volume2 Buck Engineering Company 1987.
- ۴- تألیف - جرج کندی ترجمه - دکتر فرخ حجت کاشانی، صفی‌الدین صفوی نائینی، سیستم‌های مخابراتی الکترونیکی حسینیان 1370
- ۵- Moscow Mir Publisher Fundamental of radio Izherebtsor
- ۶- Electronic Aid Theory manual for telecommunication Lawrence Omarn JR, B. A
- ۷- مجموعه Service manual مربوط به کارخانجات سازنده گیرنده‌های رادیویی
- ۸- Learn Electronics Through Troubleshooting Wayne Lemons
- ۹- مدارهای کاربردی الکترونیک نوری مترجم: پوپک حجت‌زاده، کانون نشر علوم
- ۱۰- مهندس سید محمود صموتی، اصول کار و تحلیل مدارهای دستگاه تلفن الکترونیکی - واحد تحقیق شرکت افزارآزما انتشارات صموتی
- ۱۱- سایت‌های اینترنتی مرتبط و کاتالوگ‌های شرکت‌های مختلف مخابراتی

