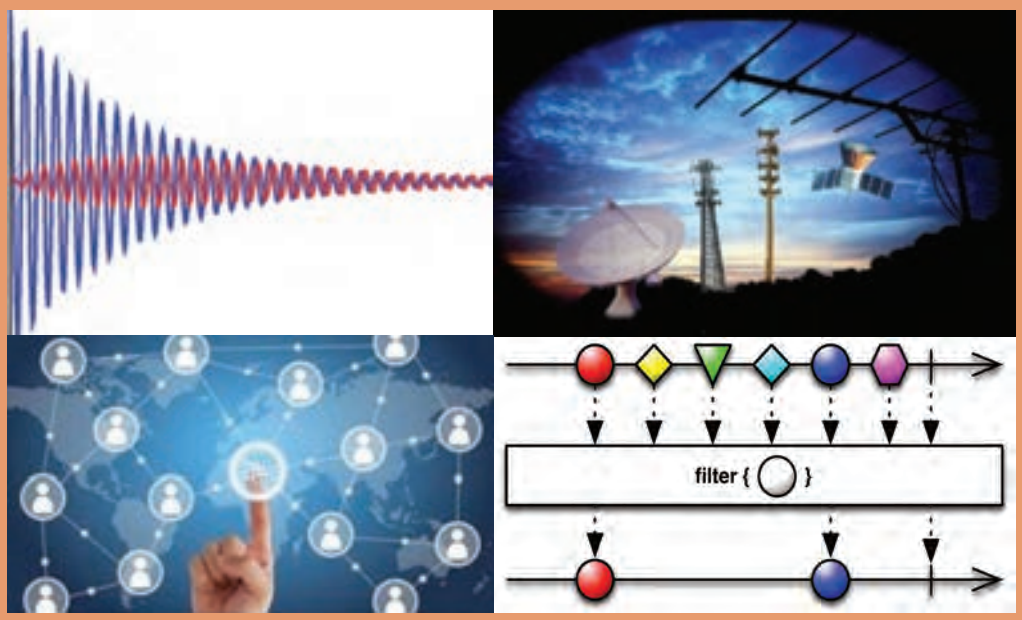
پودمان ۴

پروژه مخابراتی



عصر حاضر را عصر مخابرات و ارتباطات نامیده‌اند، ارتباطات و مخابره اطلاعات، ابزاری مهم برای تصمیم‌گیری به‌شمار می‌آید، همچنین تعامل بین انسان‌ها و انتقال دانش و رشد فناوری و استفاده از آن فراگیر شده است. همه مردم با توجه به مزیت‌های سامانه‌های مخابراتی از آن برای انجام کارهای روزمره خود استفاده می‌کنند. سامانه‌های مخابراتی از تلگراف و تلفن شروع شده و به‌سمت اینترنت و شبکه‌های تلویزیونی و موبایل سوق پیدا کرده است. تأثیر این ابزار در زندگی روزمره افراد کاملاً مشهود و قابل ملاحظه است. استفاده از سامانه‌های مخابراتی در کنار سایر سامانه‌ها به‌عنوان سامانه انتقال اطلاعات و کنترل، از پیامدهای پیشرفت‌های صنعتی است. یکی از موارد استفاده از ارتباطات و مخابرات در مدیریت هوشمند ساختمان (BMS) می‌باشد. بنابراین کسب دانش در مورد مبانی مخابرات و آزمایش روی مدارهای کاربُردی مخابراتی و اجرای پروژه‌های مرتبط با آن از ضروریات داشته‌های دانش‌آموختگان رشته الکترونیک است.

واحد یادگیری ۶

ساخت پروژه کاربردی مخابراتی

آیا تا به حال فکر کرده‌اید

- فرکانس‌ها چگونه دسته‌بندی می‌شوند و هر محدوده فرکانسی چه کاربردی دارد؟
- چه مدارهایی فرکانس‌های مختلف را از یکدیگر جدا می‌کنند؟
- چگونه می‌توانیم با منبع DC، موج متناوب تولید کنیم؟
- پیام‌های صوتی و تصویری چگونه در فضا پخش و ارسال می‌شوند؟
- آیا با عملکرد سامانه‌های مخابراتی مانند تلفن و موبایل آشنا هستید؟
- انتقال داده‌ها از طریق تلفن جهت کنترل دستگاه‌ها چگونه انجام می‌شود؟
- سامانه‌های مخابراتی چه کاربردی در کنترل دستگاه‌ها دارند؟
- چه ضرورتی برای هوشمندسازی ساختمان‌ها وجود دارد؟
- سامانه‌های کنترلی در ساختمان هوشمند چگونه عمل می‌کنند؟

یکی از مهم‌ترین امواجی که در زندگی روزمره با آن سروکار داریم، امواج صوتی و تصویری است. از طریق این امواج با هم گفت‌وگو و تبادل اطلاعات می‌کنیم. در مخابرات دسته‌بندی امواج، کاربرد آنها و چگونگی ارسال و دریافت پیام از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این واحد یادگیری، در مورد انواع فرکانس‌ها، کاربرد آنها، چگونگی جداسازی فرکانس‌ها از یکدیگر، اصول نوسان‌سازی و شناخت انواع مدولاسیون بحث می‌کنیم و به انجام برخی آزمایش‌های مرتبط به‌صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری می‌پردازیم و در نهایت یک پروژه مخابراتی را دربارهٔ ساختمان‌های هوشمند به‌اجرا در می‌آوریم. یادآور می‌شود درباره مدارهای ساختمان‌های هوشمند مانند سامانه اعلام حریق، دوربین مدار بسته و آنتن مرکزی در پایه دوازدهم بحث خواهد شد. پروژه مخابراتی ارائه شده در این کتاب نیمه‌تجویزی بوده و با توجه به نیاز به امکانات و علاقه هنرآموزان و هنرجویان قابل تغییراست، به‌عبارت دیگر می‌توانید با توجه به محیطی که در آن کار می‌کنید یک پروژه را انتخاب کرده و اجرا نمایید. در تمام مراحل یادگیری، توجه به شایستگی‌های غیرفنی، مانند کار گروهی، رعایت نظم و ترتیب، توجه به فناوری‌های نوین و رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی مهم بوده و باید در مراحل انجام کار به آنها توجه شود.

استاندارد عملکرد

راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه کاربُردی مخابراتی با رعایت استانداردهای تعریف شده

۱ـ۶ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی برق یا الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ منبع تغذیه ـ مولتی‌متر ـ اسیلوسکوپ ـ سیگنال‌ژنراتور ـ رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ وسایل لحیم‌کاری ـ مواد پاک‌کننده ـ دریل ـ مته مناسب ـ قطعات الکترونیکی مورد نیاز پروژه

مشخصات فنی تجهیزات و تعداد آن در سند برنامه درسی آمده است.

۲ـ۶ اجزاءِ سامانه‌های مخابراتی و نحوهٔ ارتباط رادیویی

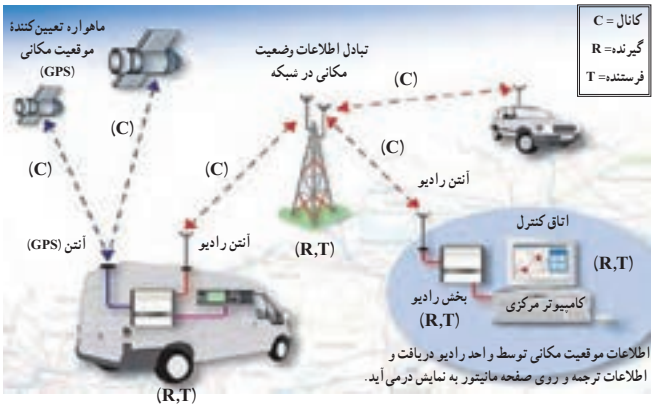
فیلم

فیلم سامانه‌های مخابراتی و طبقه‌بندی فرکانس‌ها را ببینید.

هر سامانه مخابراتی شامل بخش‌های فرستنده (Transmitter)، کانال ارتباطی (Channel) و گیرنده (Receiver) است.

در یک سامانه مخابراتی ساده، دهان انسان نقش فرستنده، هوا نقش کانال ارتباطی و گوش نقش گیرنده را دارد.

در شکل ۱ـ۶ یک سامانه ارتباطی رادیویی ترسیم شده است. در این سامانه فرستنده رادیویی از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می‌کند. آنتن گیرنده، امواج رادیویی منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می‌کند. کانال ارتباطی در این سامانه، فضای بین فرستنده و گیرنده است. یادآور می‌شود که امواج ارسالی از آنتن فرستنده از نوع امواجی است که رفتاری مشابه امواج نورانی دارد و با سرعتی تقریباً برابر با سرعت نور در فضا حرکت می‌کند.



شکل ۱ـ۶ سامانه ارتباط رادیویی

فکر کنید

اجزاءِ سامانه‌های مخابراتی (فرستنده، کانال و گیرنده) را در تلویزیون و تلفن همراه نام ببرید و تفاوت آنها را شرح دهید. .....

.....

.....

۳ـ۶ دسته‌بندی فرکانس‌ها

☑ **علل دسته‌بندی فرکانس و واحدهای آن:** فرکانس‌های مختلف در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند. همین رفتار متفاوت است که برای هر مورد کاربرد ویژه‌ای را فراهم می‌کند. بدین سبب، فرکانس‌ها را در دسته‌بندی‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کنند.

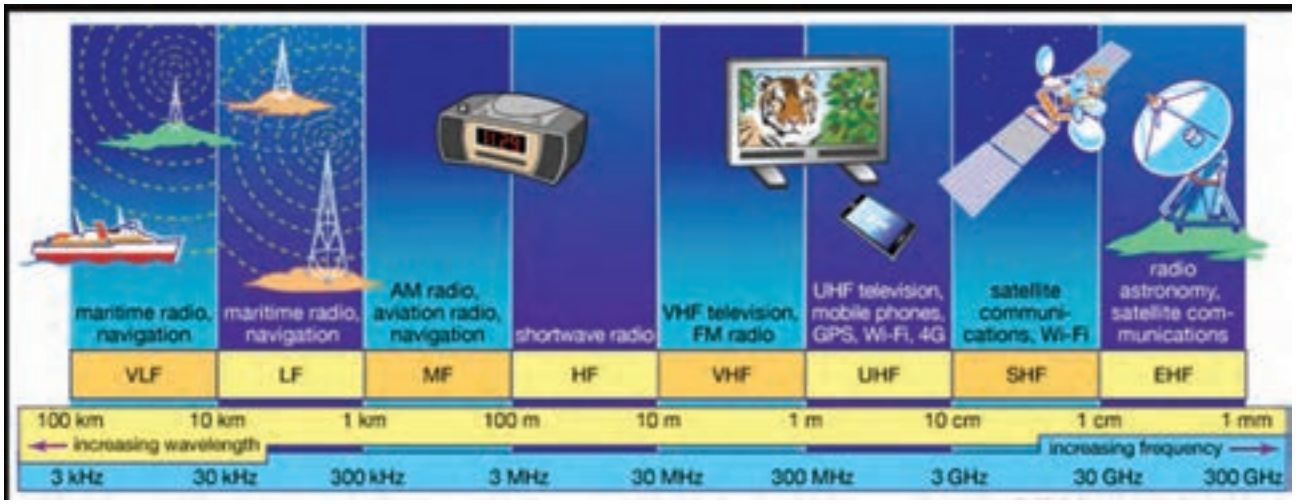
☑ **دسته‌بندی عمومی فرکانس‌ها:** تنوع تقسیم‌بندی فرکانس بسیار زیاد است. در این واحد یادگیری بیشتر به تقسیم‌بندی کلی فرکانس‌ها با تأکید روی فرکانس‌های رادیویی می‌پردازیم. فرکانس‌های کم و فرکانس‌های رادیویی را به محدوده‌های کوچک‌تری نیز تقسیم می‌کنند که حالت عمومی دارد. در این روش هر محدوده را باند فرکانسی (Frequency Band) می‌نامند. در جدول ۱ـ۶ این نوع تقسیم‌بندی را آورده‌ایم. توجه داشته باشید که این روش تقسیم‌بندی فرکانس‌ها با حاصل‌ضرب عدد ۳ در توان‌های صحیح عدد ۱۰ انجام شده است.

جدول ۱ـ۶ تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی

ردیف	محدودهٔ فرکانسی	نام باند	نماد (علامت)	نام باند به زبان اصلی	
۱	۳ ـ ۳۰ Hz	بی‌نهایت کم	ELF	Extremely Low Frequency	
۲	۳۰ ـ ۳۰۰ Hz	فوق‌العاده کم	SLF	Supper Low Frequency	
۳	۳۰۰ ـ ۳۰۰۰ Hz	خیلی خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency	
۴	۳ ـ ۳۰ KHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency	
۵	۳۰ ـ ۳۰۰ KHz	کم	LF	Low Frequency	فرکانس‌های رادیویی
۶	۳۰۰ KHz ـ ۳ MHz	متوسط	MF	Medium Frequency	
۷	۳ ـ ۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency	
۸	۳۰ ـ ۳۰۰ MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency	
۹	۳۰۰ MHz ـ ۳ GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency	
۱۰	۳ GHz ـ ۳۰ GHz	فوق‌العاده زیاد	SHF	Supper High Frequency	
۱۱	۳۰ ـ ۳۰۰ GHz	بی‌نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency	

فعالیت گروهی

با توجه به شکل ۲ـ۶ جدول ۲ـ۶ را کامل کنید.



شکل ۲ـ۶ باندهای فرکانسی و کاربُرد آنها

جدول ۲ـ۶

ردیف	باند	فاصله فرکانسی	کاربُرد
۱	VLF		
۲	LF		
۳	MF		
۴	HF		
۵	VHF		
۶	UHF		
۷	SHF		
۸	EHF		

پژوهش

در مورد محدوده فرکانس تصویر (ویدئو) و سایر باندهای فرکانس که در این دسته‌بندی نیامده است، تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت یک گزارش ارائه دهید.

الگوی پرسش

۱ـ درگفت‌وگوی بین دو انسان، دهان انسان به‌عنوان..... و گوش انسان دیگر به عنوان ..... عمل می‌کند.

۲ـ ساده‌ترین سامانه مخابراتی را در دو سطر شرح دهید.

۳ـ کانال ارتباطی را تعریف کنید و برای آن چند مثال بزنید.

۴ـ به چه دلیل فرکانس‌ها را طبقه‌بندی می‌کنند؟ شرح دهید.

۵ـ موج کوتاه رادیو در فاصله ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد (با مراجعه به جدول ۱ـ۶).

صحیح ☐ غلط ☐

۶ـ فرکانس‌های محدوده ۳۰ GHz تا ۳۰۰ GHz کدام است؟

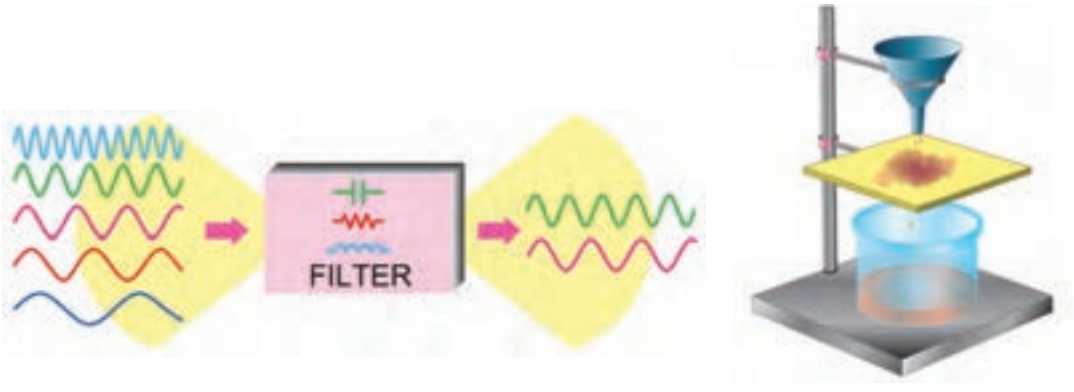
۱) VHF ۲) UHF ۳) SHF ۴) EHF

۴ـ۶ فیلترها (Filters)

فیلم

فیلم فیلترها و کاربرد آنها را ببینید.

فیلترها مدارهایی هستند که فرکانس یا باند فرکانسی معینی را از میان سایر فرکانس‌ها انتخاب می‌کنند. فیلترهای الکترونیکی از نظر نوع کار مشابه فیلتر هوای اتومبیل یا فیلتر آب هستند. در شکل ۳ـ۶ مقایسه فیلترهای الکترونیکی با فیلترهای معمولی آمده است. در فیلترهای معمولی مکانیکی برای صاف‌کردن مایعات از یک لایه نازک کاغذی، پارچه‌ای یا پلاستیکی استفاده می‌کنند. در فیلترهای الکترونیکی برای جداسازی فرکانس‌ها از یکدیگر، ترکیب اجزای الکترونیکی مانند سلف، خازن و مقاومت به‌کار می‌رود. در شکل الف‌ـ۳ـ۶ یک فیلتر مکانیکی ترسیم شده است. در این فیلتر یک لایه پارچهٔ منفذدار نقش فیلترکردن را بر عهده دارد. در شکل ب‌ـ۳ـ۶ به ورودی فیلتر الکترونیکی، پنج فرکانس مختلف وارد می‌شود و از میان این پنج فرکانس دو فرکانس انتخاب و جدا شده است. همان‌طورکه در شکل نشان داده شده است عمل فیلتر کردن با ترکیب عناصری مانند خازن، سیم‌پیچ و مقاومت صورت می‌گیرد.



الف) فیلتر مایعات ب) فیلتر الکترونیکی

شکل ۳ـ۶ مقایسه فیلتر مکانیکی و الکترونیکی

فعالیت

با مراجعه به منابع مختلف اطلاعات مورد نیاز برای پاسخ دادن به سؤالات زیر را به‌دست آورید. سپس به سؤالات پاسخ دهید.

- چند نمونه فیلتر مکانیکی را نام ببرید و درباره عملکرد و کاربرد آنها توضیح دهید.
- از نظر جداسازی فرکانس‌ها، چند نوع فیلتر وجود دارد، فقط نام ببرید. آیا فیلترهای الکترونیکی قابل مقایسه با فیلترهای مکانیکی هستند؟ با ذکر مثال شرح دهید.

محدودهٔ فرکانسی فیلتر (Filter Band Width)

محدوده فرکانسی فیلتر عبارت است از مجموعه فرکانس‌هایی که فیلتر می‌تواند از خود عبور دهد. این محدوده فرکانسی را پهنای باند یا پاسخ فرکانسی فیلتر می‌نامند. شکل ۴ـ۶ این محدوده را نشان می‌دهد.

فیلتر ایده‌آل

فیلتر ایده‌آل فیلتری است که در خروجی آن دقیقاً فرکانس‌های معین و از پیش تعیین شده ظاهر می‌شود. مثلاً اگر قرار است فرکانس‌هایی را که در محدوده باند فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۵۰کیلوهرتز قرار دارد در خروجی داشته باشیم، دقیقاً باید فقط این فرکانس‌ها را در خروجی داشته باشیم. در شکل ۵ ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ایده‌آل آمده است.

شکل ۴ـ۶ محدوده فرکانسی فیلتر

شکل ۵ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ایده‌آل

فیلتر واقعی (Real Filter)

به‌علت استفاده از مقاومت، سلف و خازن در فیلترها، نمی‌توانیم پاسخ فرکانسی ایده‌آل داشته باشیم، زیرا این عناصر نمی‌توانند مانند یک کلید عمل کنند و فرکانس‌های ناخواسته را در لحظه تعیین شده حذف کنند. در این حالت دامنه فرکانس‌های ناخواسته به‌تدریج کم می‌شود تا به صفر می‌رسد. در شکل الف‌ـ۶ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر واقعی ترسیم شده است.

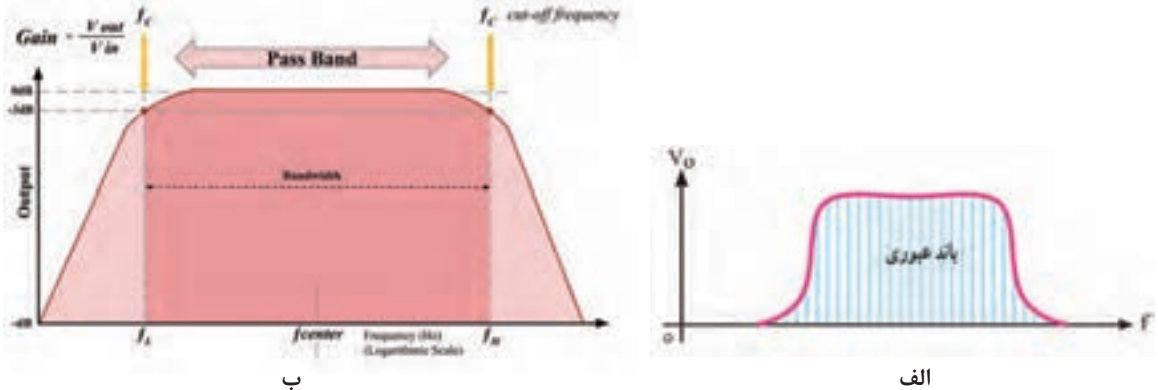
فرکانس قطع فیلتر (Cut Off Frequency)

فیلم

فیلم انواع فیلترها را از نظر فرکانس قطع ببینید.

حد فرکانس قابل قبول در خروجی فیلتر را فرکانس قطع فیلتر می‌نامند. فیلترها با توجه به‌کاربرد و ساختمان می‌توانند دارای یک، دو یا چند فرکانس قطع باشند. در فیلترهای ایده‌آل فرکانس قطع دقیقاً روی فرکانس موردنظر قرارمی‌گیرد. در شکل ۴ـ۶ فرکانس‌های قطع فیلتر ایده‌آل برابر با f_1 و f_2 است. در فیلترهای واقعی

ولتاژ خروجی به‌تدریج به حداکثر ولتاژ ورودی، یا صفر می‌رسد، از این‌رو نقاط متعددی وجود دارد که می‌تواند به‌عنوان فرکانس قطع فیلتر انتخاب شود. طبق تعریف در فیلترهای واقعی، فرکانس قطع فیلتر (f_c) عبارت است از فرکانسی که در آن فرکانس، تطابق توان صورت می‌گیرد و نیمی از توان ورودی به خروجی منتقل می‌شود. در این نقطه معمولاً ۷۰/۷ درصد ولتاژ ورودی در خروجی ظاهر می‌شود. این نقطه را نقطه نصف قدرت نیز می‌نامند. در شکل ب ـ۶ـ۶ فرکانس قطع فیلتر واقعی نشان داده شده است.



ب الف

شکل ۶ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی و فرکانس قطع فیلتر واقعی

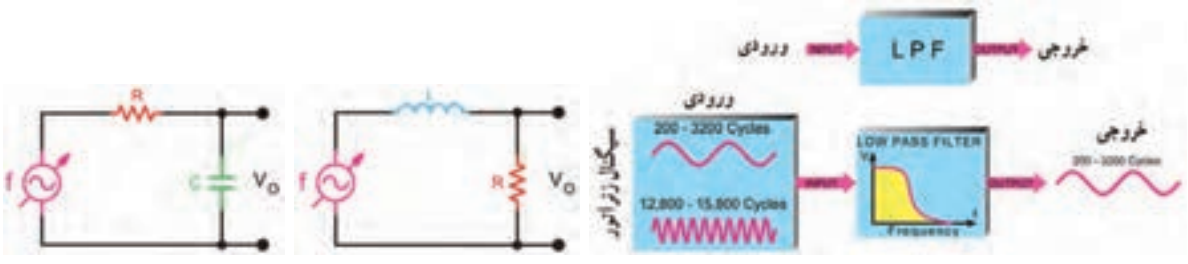
پژوهش

در شکل ب‌ـ۶ ـ۶ فرکانس‌های قطع فیلتر روی منحنی مشخصه پاسخ فرکانسی نشان داده شده است. محور عمودی برحسب دسی‌بل (dB) مدرج شده است. نقطه تقاطع خط ۳dB- با منحنی، فرکانس قطع (f_L) و (f_H) را نشان می‌دهد. با استفاده از آموخته‌های خود در زمینه لگاریتم و از منابع معتبر در مورد دسی‌بل و نقطه ۳dB- پژوهش کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

انواع فیلترها از نظرکاربرد

فیلترها از نظرکاربرد به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

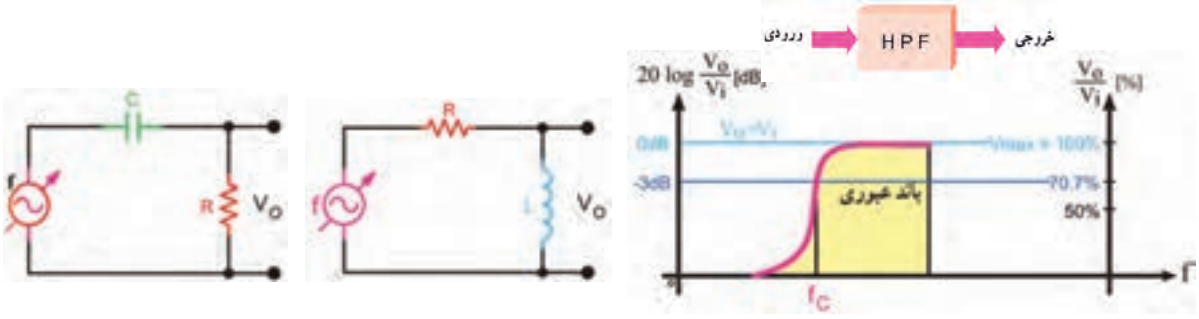
☑ **فیلتر پایین‌گذر LPF (Low Pass Filter):** فیلتر پایین‌گذر فیلتری است که اجازه می‌دهد فرکانس‌هایی را از حد صفر تا مقدار معینی، که به عنوان فرکانس قطع مطرح می‌شود، از خود عبور دهد. در شکل الف ـ۶ـ۷ پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر را مشاهده می‌کنید. در شکل ب و پ‌ـ۶ـ۷ دو نوع مدار فیلتر پایین گذر RL و RC ترسیم شده است.



پ) فیلتر RC ب) فیلتر RL الف) پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر

شکل ۶ـ۷ پاسخ فرکانسی و مدار فیلتر پایین‌گذر

☑ **فیلتر بالاگذر HPF (High Pass Filter)**: این فیلترها از یک فرکانس معینی به بالا را از خود عبور می‌دهند. اصول کار و ساختمان فیلترهای بالاگذر مشابه فیلترهای پایین‌گذر است، با این تفاوت که خروجی فیلتر بالاگذر، از نقطه مشخصی شروع به افزایش می‌کند. در شکل الف ـ ۸ ـ۶ پاسخ فرکانسی این فیلتر را مشاهده می‌کنید. در شکل ب ـ ۸ ـ۶ فیلتر RL بالاگذر را ملاحظه می‌کنید. خروجی این مدار از دو سر سلف (دو سر L) گرفته شده است. در شکل پ ـ ۸ ـ۶ فیلتر بالاگذر RC ترسیم شده است. خروجی این مدار برخلاف فیلتر پایین‌گذر از دو سر مقاومت R گرفته شده است.



الف) پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر

ب) فیلتر RL

پ) فیلتر RC

شکل ۸ ـ۶ پاسخ فرکانسی و مدار فیلتر بالاگذر

نکته

برای محاسبه فرکانس قطع فیلترهای بالا گذر و پایین‌گذر RL و RC از فرمول‌های زیر استفاده کنید.

فرکانس قطع فیلترRL: $F_C = \frac{R}{2\pi L}$ فرکانس قطع فیلترRC: $F_C = \frac{1}{2\pi RC}$

کار عملی۱

بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر به‌صورت نرم‌افزاری

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس قطع و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر

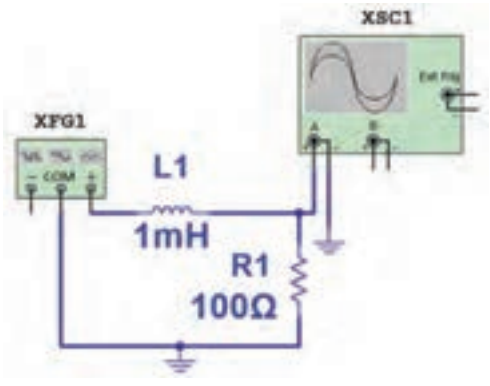
مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۹ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۱۰ولت پیک ($10V_{PK}$) تنظیم کنید.



شکل ۹ـ۶ مدار فیلتر پایین‌گذر

۴ـ فرکانس قطع فیلتر را با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه و یادداشت نمایید.

$f_C =$ ..... HZ

۵ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۳ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ موجود در نرم‌افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

نکته

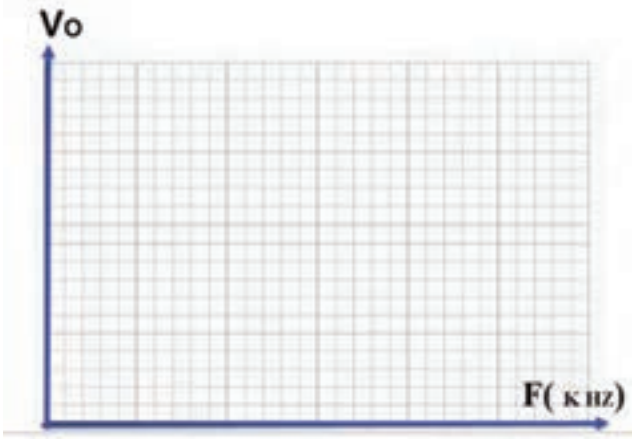
برای اندازه‌گیری دقیق دامنه ولتاژ پیک تا پیک خروجی مدار فیلتر به‌ازای فرکانس‌های مختلف می‌توانید از پروب اندازه‌گیری (Measurement Probe) استفاده کنید. با اتصال این پروب به هر نقطه از مدار می‌توانید انواع ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری کنید. این پروب در نوار ابزار نرم‌افزار وجود دارد.

۶ـ در فرکانس قطع دامنهٔ موج خروجی فیلتر چند درصد دامنهٔ موج ورودی است؟ .....

۷ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۰ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس قطع را مشخص کنید.

جدول ۳ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۱۰	
۴	f_C	
۵	۲۵	
۶	۵۰	



شکل ۱۰ـ۶

کار عملی ۲

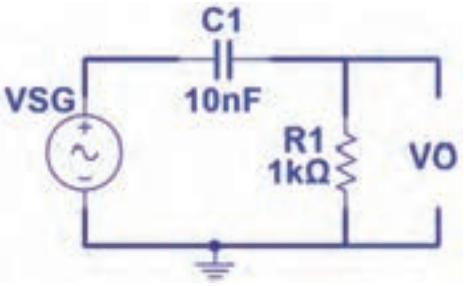
بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر با قطعات واقعی (سخت‌افزاری)

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس قطع و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر

مواد، ابزار و تجهیزات: سیگنال ژنراتور یک دستگاه ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ بِرِد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱۰۰۰ اهم $\frac{۱}{۴}$ وات یک عدد ـ خازن ۱۰nF یک عدد ـ سیم بِرِد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۱۱ـ۶ را روی بِرِد بُرد ببندید.



شکل ۱۱ـ۶

۲ـ سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۴ ولت پیک‌تاپیک ($4V_{PP}$) تنظیم کنید.

۳ـ فرکانس قطع فیلتر را با استفاده از رابطه $F_C = \frac{1}{2\pi R_C}$ محاسبه و یادداشت کنید.

f_C= ..... HZ

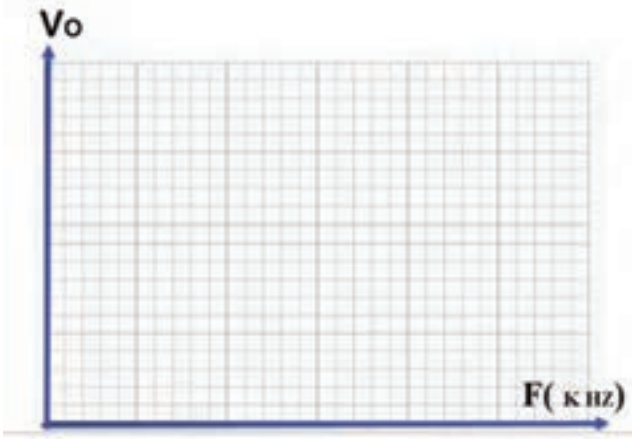
۴ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول۴ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به‌کمک اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۵ـ در فرکانس قطع دامنهٔ موج خروجی فیلتر چند درصد دامنهٔ موج ورودی است؟ .....

نکته

درهر مرحله که فرکانس را تغییر می‌دهید دامنه سیگنال ورودی حتماً باید روی $4V_{PP}$ ثابت باشد.

۶ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۲ـ۶ رسم کنید. محل فرکانس قطع را روی منحنی با ترسیم مشخص کنید.



شکل ۱۲ـ۶

جدول ۴ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۱۰	
۴	f_C	
۵	۲۵	
۶	۵۰	

الگوی پرسش

۱ـ فیلتر مکانیکی را با فیلتر الکترونیکی مقایسه کنید.

۲ـ فیلتر ایده‌آل و فیلتر واقعی را تعریف کنید و منحنی پاسخ فرکانسی آنها را با هم مقایسه کنید.

۳ـ فرکانس قطع فیلتر را تعریف کنید و فرمول محاسبه آن را برای فیلتر RC و RL بنویسید.

۴ـ در فرکانس قطع دامنهٔ ولتاژ خروجی فیلتر برابر ($\frac{1}{\sqrt{2}}$ یا ۰/۷۰۷) دامنهٔ ولتاژ ورودی فیلتر است.

☐ صحیح ☐ غلط

فیلم

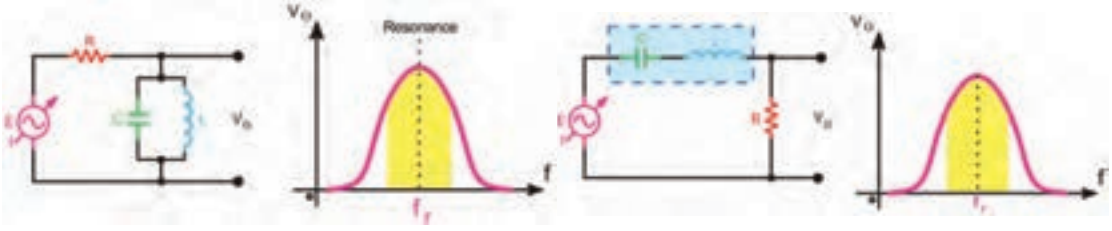
فیلم عملکرد فیلترهای میان‌گذر و حذف باند را ببینید و نکات مهم آن‌را یادداشت کنید.

فیلترهای میان‌گذر: BPF (Band Pass Filters)

فیلترهای میان‌گذر فیلترهایی هستندکه اجازه عبور باند فرکانسی معینی را می‌دهند. این فیلترها را فیلترهای عبور باند نیز می‌نامند. درفیلترهای میان‌گذر از مدارهای ترکیبی مقاومت، سلف و خازن به‌صورت سری و موازی استفاده می‌شود.

☑ **فیلتر حذف باند BRF (Band Reject Filter = Notch filter):** فیلترهای حذف باند فیلترهایی هستند که باند معینی از فرکانس را حذف می‌کنند. این فیلترها از نظر چگونگی عملکرد، مشابه فیلترهای میان گذرند. با این تفاوت که باند خروجی آنها با هم متفاوت است.

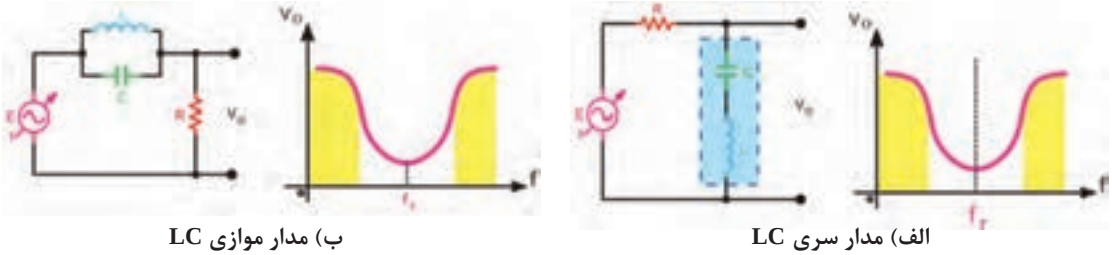
☑ **انواع فیلترهای میان‌گذر و حذف‌باند:** همان‌طور که اشاره شد فیلترهای میان‌گذر از نظر قطعاتی که در مدار وجود دارد با هم مشابه هستند، یعنی در هر دو نوع فیلتر از مقاومت، سلف و خازن استفاده می‌شود. در شکل ۱۳ـ۶ دو نوع فیلتر میان‌گذر را ملاحظه می‌کنید که در آنها از مدارهای LC سری و LC موازی استفاده شده است.



الف) مدار سری LC　　ب) مدار موازی LC

شکل ۱۳ـ۶ فیلتر میان گذر

در شکل ۱۴ـ۶ دو نمونه فیلتر حذف‌باند (میان‌گذر) را مشاهده می‌کنید که از مدارهای LC سری و LC موازی در آنها استفاده شده است.



الف) مدار سری LC　　ب) مدار موازی LC

شکل ۱۴ـ۶ فیلترحذف باند

بارش فکری: عملکرد فیلترهای داده شده در شکل‌های ۱۳ـ۶ و ۱۴ـ۶ را از طریق بارش فکری مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید. از روش حالت‌های کلیدی X_L و X_C در فرکانس‌های کم و زیاد استفاده کنید.
مدارهای ترکیبی LC سری و موازی را مدارهای رزونانس یا تشدید می‌نامند.

فیلم

مدارهای رزونانس سری و موازی را ببینید.

پژوهش

با مراجعه به منابع مختلف بررسی کنید به چه دلیل فرکانس رزونانس مدارهای LC سری و موازی از رابطه $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ محاسبه می‌شود.

مشخصه‌های فیلتر میان‌گذر

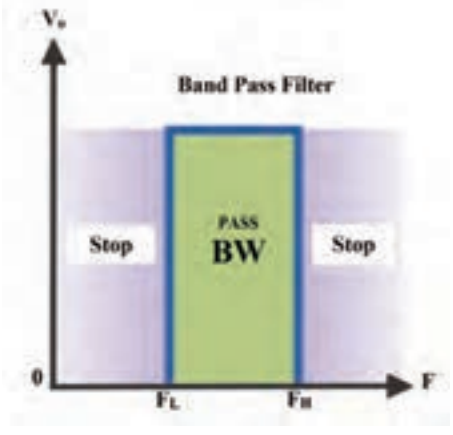
به‌طور کلی برای فیلترهای میان‌گذر سه مشخصه فرکانس رزونانس F_r، پهنای باند BW و ضریب کیفیت Q تعریف می‌شود.

الف) فرکانس رزونانس (Resonance Frequency): فرکانس رزونانس فیلترهای میان‌گذر از رابطه $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ قابل محاسبه است. در این فرکانس دامنهٔ ولتاژ خروجی به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

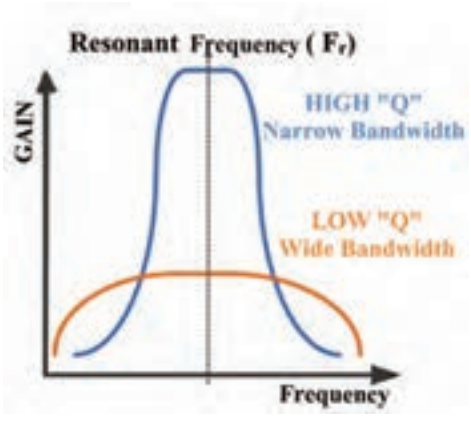
ب) پهنای باند (Band Width = BW): پهنای باند فیلتر میان‌گذر فاصله بین فرکانس‌های قطع بالا و قطع پایین است.

پهنای باند از رابطهٔ $BW = F_H - F_L$ به‌دست می‌آید (شکل ۱۵ـ۶).

پ) ضریب کیفیت Q (Quality Factor): این ضریب میزان تیزی منحنی مشخصه و پهنای باند را تعیین می‌کند و مقدار آن از رابطهٔ $Q = \frac{F_r}{BW}$ به‌دست می‌آید. هر قدر ضریب کیفیت (Q) کمتر شود پهنای باند بیشتر می‌شود. در شکل ۱۶ـ۶ منحنی پاسخ فرکانسی مدار رزونانس موازی با یک فرکانس رزونانس و دو مقدار 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 بهره ولتاژ درجه‌بندی شده است.



شکل ۱۵ـ۶ پهنای باند فیلتر میان‌گذر



شکل ۱۶ـ۶ پهنای باند فیلتر میان‌گذر با دو مقدار Q متفاوت

پژوهش

در مورد رابطهٔ ضریب کیفیت (Q) در مدارهای رزونانس سری و موازی و نقش مقدار مقاومت R در پهنای باند تحقیق کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

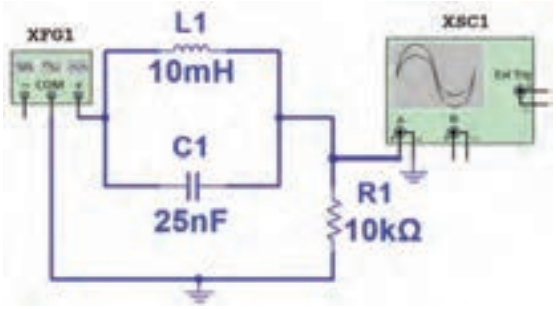
کار عملی ۳

بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر حذف باند به صورت نرم‌افزاری

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس رزونانس و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر حذف باند

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار



شکل ۱۷ـ۶ مدارفیلترحذف باند

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۱۷ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۵ ولت پیک ($5\ V_{PK}$) تنظیم کنید.

۴ـ فرکانس رزونانس فیلتر را با استفاده از رابطه $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ محاسبه و یادداشت کنید.

$f_r =$ ..... HZ

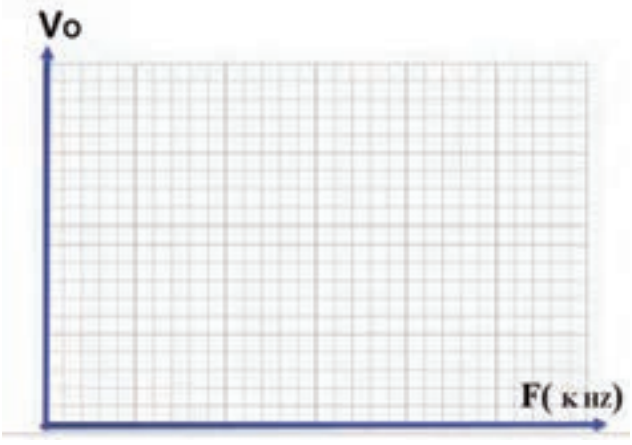
۵ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۵ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ نرم‌افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۶ـ آیا در فرکانس رزونانس دامنهٔ موج خروجی فیلتر کمترین مقدار را دارد؟ .....

۷ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۸ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس رزونانس و فرکانس‌های قطع را مشخص کنید.

جدول ۵ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۸	
۴	f_r	
۵	۱۵	
۶	۲۰	



شکل ۱۸ـ۶

کار عملی ۴

بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر با قطعات واقعی

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس رزونانس و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر

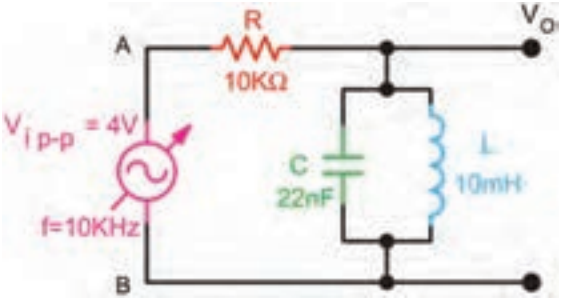
مواد، ابزار و تجهیزات: سیگنال‌ژنراتور یک دستگاه ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ بِرِد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱۰ کیلواهم $\frac{۱}{۴}$ وات یک عدد ـ خازن ۲۲nF یک عدد ـ سلف ۱۰mH یک عدد ـ سیم بِرِد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۱۹ـ۶ را روی بِرِد بُرد ببندید.

۲ـ سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۴ ولت پیک تا پیک (۴ Vpp) تنظیم کنید.

۳ـ فرکانس رزونانس فیلتر را با استفاده از رابطه $F_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۱۹ـ۶

f_r = ... HZ

۴ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۶ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

نکته

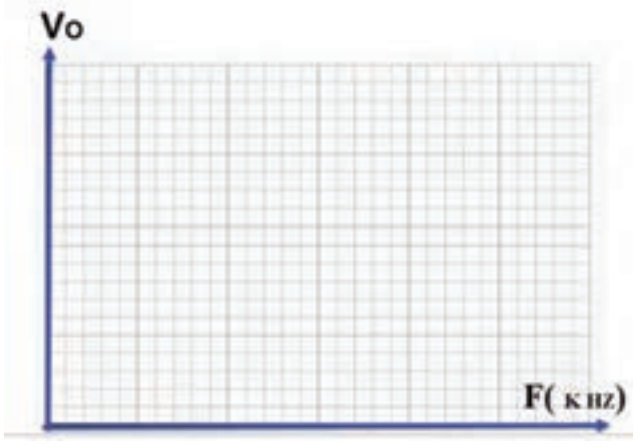
درهر مرحله که فرکانس را تغییر می‌دهید دامنه سیگنال ورودی باید روی ۴ Vpp ثابت باشد.

۵ـ آیا در فرکانس رزونانس،دامنهٔ موج خروجی فیلتر بیش‌ترین مقدار را دارد ؟ .....

۶ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۲۰ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس رزونانس و فرکانس‌های قطع را مشخص کنید.

جدول ۶ـ۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V_{opp}(V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۸	
۴	f_r	
۵	۱۵	
۶	۲۵	



شکل ۲۰ـ۶

الگوی پرسش

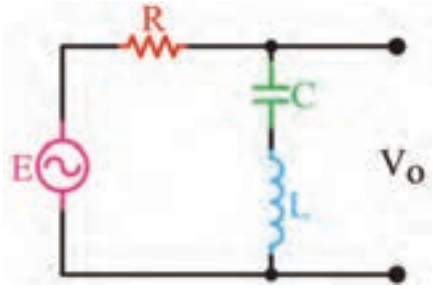
۱ـ فیلتر شکل ۲۱ ـ۶ از نوع ..... باند با مدار رزونانس ..... است.

۱) عبور ـ موازی ۲) حذف ـ سری ۳) حذف ـ موازی ۴) عبور ـ سری

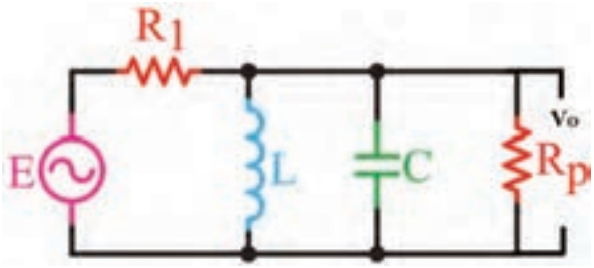
۲ـ فیلتر شکل ۲۲ ـ۶ از نوع ..... باند با مدار رزونانس ..... است.

۱) عبور ـ موازی ۲) حذف ـ سری ۳) حذف ـ موازی ۴) عبور ـ سری

۳ـ دو نمونه فیلتر با مدار رزونانس سری رسم کنید و طرز کار هر یک را بنویسید.



شکل ۲۱ـ۶



شکل ۲۲ـ۶

۴ـ دو نمونه فیلتر با مدار رزونانس موازی رسم کنید و عملکرد آنها را شرح دهید.

بارش فکری: درباره چگونگی ارسال و دریافت امواج رادیویی، از طریق بارش فکری بحث کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش دو صفحه‌ای جمع‌بندی کنید.

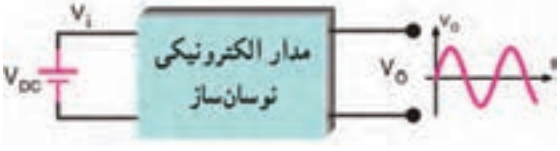
۶ـ۵ نوسان‌سازها (Oscillator)

فیلم

فیلم مدارهای فیدبک و چگونگی نوسان‌سازی در نوسان‌سازها را ببینید.

نوسان‌سازها مدارهای ویژه‌ای هستند که کاربرد نسبتاً گسترده‌ای در مدارهای مخابراتی دارند. بدون نوسان‌سازها ارسال و دریافت پیام‌های رادیویی امکان‌پذیر نیست. نوسان‌سازها یا مولدهای شکل موج، در دستگاه‌هایی نظیر مولتی‌مترهای دیجیتالی، اسیلوسکوپ، گیرنده و فرستنده‌های رادیویی، رایانه‌ها ،تایمرها و ماشین حساب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا می‌توان گفت نوسان‌ساز یکی از اجزاءِ اساسی دستگاه‌های الکترونیکی است.

تعریف نوسان‌ساز: نوسان‌ساز، مداری است که بدون اعمال سیگنال متناوب به ورودی آن، در خروجی، سیگنال متناوب تولید کند. شکل ۲۳ـ۶ نقشه بلوکی (بلوک دیاگرام) نوسان‌ساز سینوسی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید به مدار الکترونیکی نوسان‌ساز، ولتاژ DC داده می‌شود و مدار نوسان‌ساز ولتاژ DC را به ولتاژ متناوب سینوسی تبدیل می‌کند. نوسان‌ساز ترجمه کلمه Oscillator است که



شکل ۲۳ـ۶ نقشه بلوکی نوسان‌ساز سینوسی

در متون فنی و محاوره عمومی آن را اسیلاتور نیز می‌نامند.

شکل ۲۴ـ۶ انواع نوسان‌ساز با توجه به شکل موج تولیدی

شکل ۲۵ـ۶ بلوک دیاگرام کلی نوسان‌ساز

انواع نوسان‌ساز از نظر شکل موج تولیدی

نوسان‌سازها می‌توانند انواع شکل موج‌ها را به‌وجود آورند. درشکل۲۴ـ۶ چهارنمونه نوسان‌ساز و شکل موج خروجی آنها به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است. این نوسان‌سازها شامل نوسان‌سازهای موج سینوسی، مربعی، دندانه اره‌ای و مثلثی است.

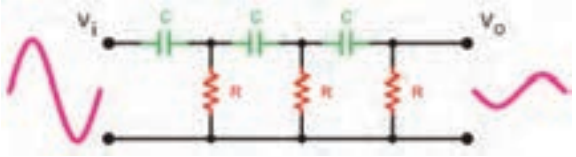
اصول کار مدارهای نوسان‌ساز

نوسان‌سازها از یک طبقه تقویت‌کننده و طبقه‌ای به نام شبکه برگشتی یا فیدبک (Feed Back) تشکیل شده‌اند. شبکه برگشتی معمولاً بخشی از سیگنال خروجی تقویت‌کننده را به ورودی تقویت‌کننده برگشت می‌دهد. شکل ۲۵ـ۶ بلوک‌دیاگرام کلی نوسان‌ساز را نشان می‌دهد. هر مدار نوسان‌ساز نیاز به مدار تولید نوسان دارد که غالباً در شبکه برگشتی یا فیدبک گنجانده می‌شود.

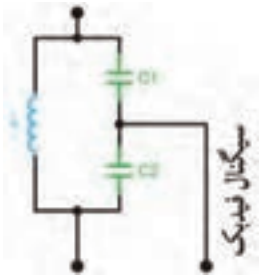
نیازهای اولیه برای نوسان‌سازی

در کلیه نوسان‌سازها باید شرایط و عوامل زیر وجود داشته باشد تا مدار به نوسان درآید.

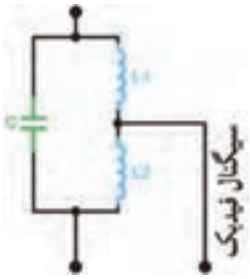
- **منبع انرژی:** منبع انرژی می‌تواند منبع تغذیه، باتری شیمیایی یا باتری نوری باشد.
- **مدار تعیین‌کننده فرکانس:** این مدار معمولاً یک مدار رزونانس LC، مدار RC یا مدارهایی با مشخصات ویژه است. نوسان‌های اولیه برای شروع نوسان‌سازی، در این مدارها تولید می‌شود. شکل‌های الف، ب وپ ۲۶ـ۶ مدار تعیین فرکانس RC و LC را نشان می‌دهد.



الف) مدار رزونانس RC



ب) مدار رزونانس LC

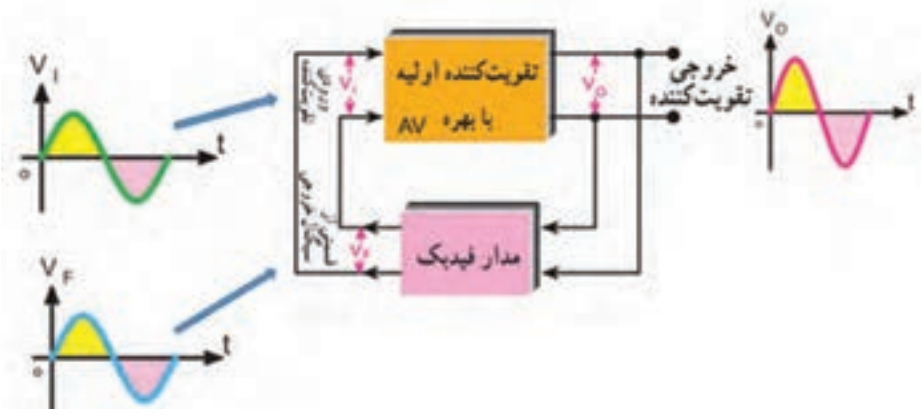


پ) مدار رزونانس LC

شکل ۲۶ـ۶ مدارهای رزونانس RC و LC

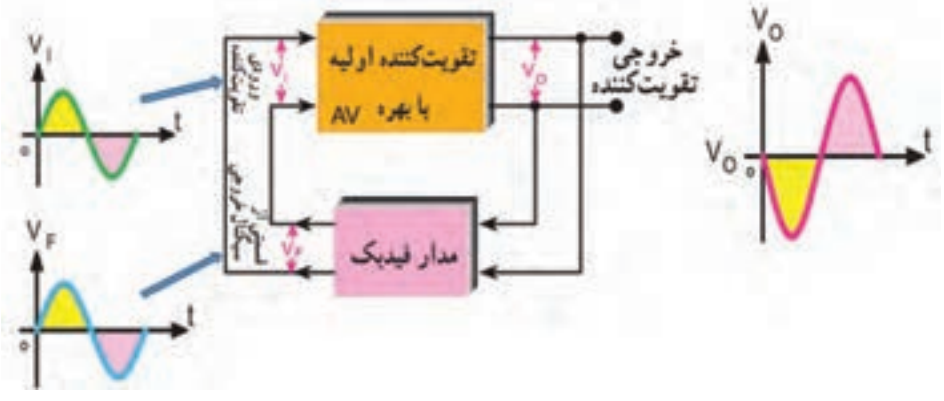
☑ **تقویت‌کننده:** مدار تقویت‌کننده معمولاً یکی از انواع تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری یا IC است. سیگنال‌های اولیه تولید شده توسط مدار تعیین‌کننده فرکانس به وسیله مدار تقویت‌کننده تقویت می‌شود.

☑ **مدار فیدبک یا بازخورد (Feed Back):** فیدبک به مفهوم انتقال بخشی از سیگنال خروجی به ورودی مدار است. در نوسان‌سازها قسمتی از سیگنال خروجی طوری به ورودی منتقل می‌شود که با آن هم فاز باشد. در این حالت فیدبک را مثبت یا Positive Feed Back می‌نامند. درصورتی‌که سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی ۱۸۰درجه اختلاف فاز داشته باشد به آن فیدبک منفی یا Negative Feed Back گویند. شکل ۶ـ۲۷ فیدبک مثبت را نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ۲۷ ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

در این‌حالت سیگنال خروجی مدار فیدبک با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز است. در شکل ۶ـ۲۷ بین ورودی وخروجی تقویت‌کننده هیچ اختلاف فازی وجود ندارد. مدار فیدبک سیگنال خروجی را بدون اختلاف فاز به ورودی تقویت‌کننده برگشت می‌دهد. در شکل ۶ـ۲۸ سیگنال ورودی با ۱۸۰درجه اختلاف فاز در خروجی و به صورت تقویت شده ظاهر می‌شود. در این حالت مدار فیدبک در سیگنال خروجی ۱۸۰درجه اختلاف فاز ایجاد می‌کند تا سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز شود.



شکل ۶ـ۲۸ ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

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 انتقال می‌یابد. اگر فیدبک مثبت باشد نوسان‌ها تداوم می‌یابد و پایدار می‌شود. در شکل ۲۹ـ۶ بخش‌های مورد نیاز جهت نوسان‌سازی به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است.

شکل ۲۹ـ۶ بخش‌های مورد نیاز برای نوسان‌سازی

اصل بارک‌هاوزن (Barkhausen Criterion):

بنابر اصل بارک‌هاوزن، زمانی نوسان‌های یک نوسان‌ساز پایدار می‌شود که حاصل ضرب بهره ولتاژ تقویت‌کننده(A_v) در ضریب بهره ولتاژ مدار فیدبک (B_v) برابر یک شود. تنها در این شرایط است که مدار دارای نوسان‌های پایدار می‌شود. در شکل ۳۰ـ۶ مفهوم اصل بارک‌هاوزن نشان داده شده است. با توجه به این اصل همواره باید بهره کل سامانه برابر با یک باشد تا نوسان‌های مدار تداوم یابد.

$A_V.B_V = ۱$

بهره تقویت‌کننده = A_V

بهره مدار فیدبک = B_V

شکل ۳۰ـ۶ بررسی اصل بارک‌هاوزن

نکته

معمولاً مدار فیدبک سیگنال را ضعیف می‌کند، در واقع ضریب بهره مدار فیدبک عددی کوچک‌تر از یک مثلاً $B_V = \frac{۱}{۱۰}A_V$ است. اصل بارک‌هاوزن زمانی برقرار می‌شود که A_V برابر ۱۰ و $A_V \times B_V = \frac{۱}{۱۰} \times ۱۰ = ۱$ شود.

برای تولید نوسان پایدار در مدار باید سه شرط $A_V.B_V=۱$، فیدبک مثبت و مدار تولیدکننده نوسان وجود داشته باشد.

فعالیت

در صورتی که ضریب تقویت مدار تقویت‌کننده به کار رفته در یک نوسان‌ساز برابر با ۲۵ باشد، مقدار بهره مدار فیدبک را طوری به‌دست آورید که مدار دارای نوسان‌های پایدار باشد. .....

.....

☑ **یک اسیلاتور چگونه به نوسان درمی‌آید؟** در شکل ۶ـ۳۱ سه مرحله از تولید نوسان‌ها در نوسان‌ساز نشان داده شده است. این سه مرحله به ترتیب عبارت‌اند از:

الف) مرحله شروع کار یعنی روشن کردن دستگاه از طریق فعال کردن کلید

ب) تولید سیگنال اولیه

پ) مرحله پایدار شدن نوسان‌ها

الف) با فعال کردن کلید دستگاه روشن می‌شود　　ب) سیگنال اولیه ساخته می‌شود　　پ) نوسان‌ها پایدار می‌شود

شکل ۶ـ۳۱ مراحل تولید نوسان

نکته

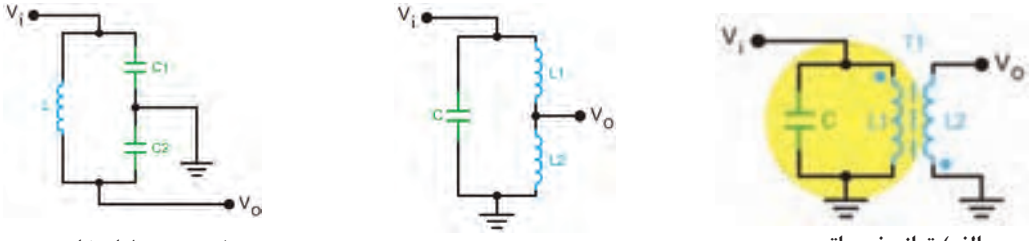
در مورد هارمونیک‌های یک موج در کتاب همراه هنرجو بحث شده است.

انواع نوسان‌سازهای سینوسی

فیلم

فیلم انواع نوسان‌سازهای سینوسی را ببینید.

همان‌طور که اشاره شده مدارهای نوسان‌ساز را از نظر نوع مدار تعیین‌کننده فرکانس و چگونگی انجام فیدبک، به دو دسته RC و LC تقسیم‌بندی می‌کنند. در مدارهای LC مدار تعیین‌کننده فرکانس، یک مدار هماهنگی موازی LC است. چون این مدار انرژی را در خود ذخیره می‌کند، آن را مدار تانک می‌نامند. در مدارهای RC، مدار تعیین‌کننده فرکانس یک مدار ترکیبی RC است. چون نوسان‌ساز LC بیشتر در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی به‌کار می‌رود، در این فصل، به تشریح نوسان‌ساز با شبکه تولید فرکانس LC می‌پردازیم و سپس یک یا چند نمونه مدار نوسان‌ساز RC را تشریح می‌نماییم. در شکل‌های ۶ـ۳۲ الف ـ ب ـ پ انواع شبکه‌های تعیین فرکانس و فیدبک LC نشان‌داده‌شده است.



الف) ترانسفورماتوری　　ب) تقسیم ولتاژ سلفی　　پ) تقسیم ولتاژ خازنی

شکل ۶ـ۳۲ شبکه‌های تعیین فرکانس LC

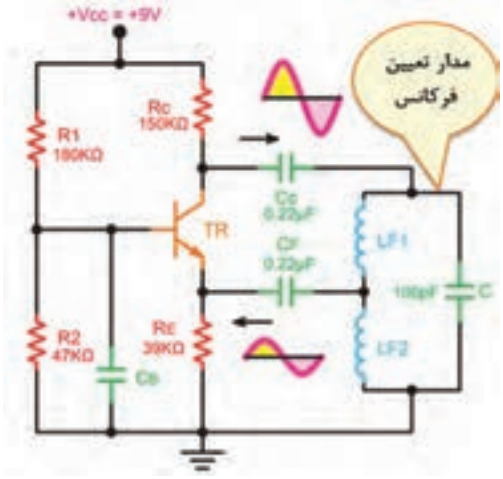
بحث‌گروهی

درباره هریک از مدارهای شکل ۳۲ـ۶ بحث کنید و ارتباط بین ولتاژ ورودی و خروجی را از نظر دامنه و اختلاف فاز تعیین کنید، نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

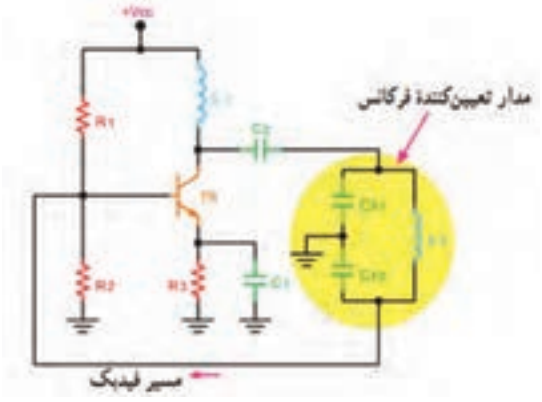
مدار چند نمونه نوسان‌ساز LC

درشکل ۳۳ـ۶ مدار چهار نمونه نوسان‌ساز را مشاهده می‌کنید. در همهٔ این مدارها تقویت‌کننده به‌صورت بایاس سرخود رسم شده است. تفاوت مدارها در نوع آرایش ترانزیستور (امیترمشترک یا بیس‌مشترک) و مدار تعیین فرکانس است.

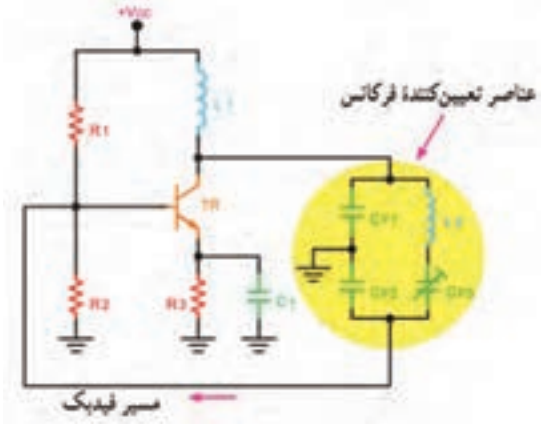
الف) نوسان‌ساز آرمسترانگ



ب) نوسان‌ساز هارتلی



پ) نوسان‌ساز کول‌پیتس



ت) نوسان‌ساز کلاپ

شکل ۳۳ـ۶ انواع نوسان‌ساز LC و نام آنها

فعالیت‌گروهی

با توجه به شکل ۳۳ـ۶ با هم‌گروهی خود بحث کنید سپس اطلاعات خواسته شده در جدول‌های ۷ـ۶ و ۸ـ۶ را کامل کنید.

جدول ۶ـ۷

ردیف	نام نوسان‌ساز	شماره فنی قطعات تعیین‌کننده فرکانس
۱	آرمسترانگ	
۲	هارتلی	
۳	کول‌پیتس	
۴	کلاپ	

جدول ۶ـ۸

ردیف	مشخصهٔ ویژه نوسان‌ساز	نام نوسان‌ساز	نوع آرایش ترانزیستور
۱	استفاده از تقسیم‌کننده ولتاژ خازنی در مدار فیدبک		
۲	استفاده از تقسیم‌کننده ولتاژ سلفی در مدار فیدبک		
۳	استفاده از ترانسفورماتور در مدار فیدبک		
۴	استفاده از تقسیم‌کننده ولتاژ خازنی با خازن سری با سیم‌پیچ در مدار تانک		

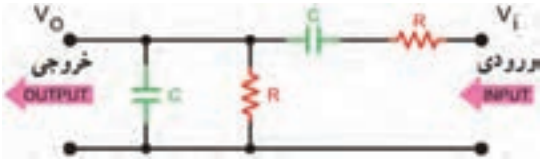
نکته

رابطهٔ محاسبه فرکانس نوسان ایجاد شده در کلیه نوسان‌سازهای $F_R = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ است.

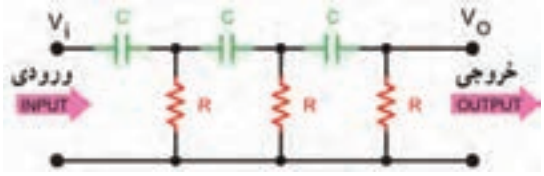
در مدار هارتلی از L معادل (سلف‌های سری) و در مدارهای کول‌پیتس و کلاپ از C معادل (خازن‌های سری) در رابطه استفاده شود.

نوسان ساز RC

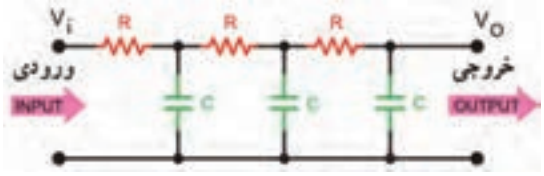
دراین نوسان‌سازها مانند نوسان‌سازهای LC حداقل دو جزء تقویت‌کننده و مدار برگشتی وجـود دارد. در این نوسان‌سازها مـدار بـرگشتی معمولاً از R و C تشکیل می‌شود. در نوسان‌ساز RC مانند سایر نوسان‌سازها لازم است دو شرط اصلی ایجاد نوسان یعنی اصل بارک‌هاوزن و فیدبک مثبت برقرارشود تا مدار بتواند نوسان‌های پایداری را ایجاد کند. شکل‌های۶ـ۳۴ الف، ب و پ آرایش‌های مختلف شبکه RC را نشان می‌دهد. این نوسان‌سازها برای تولید فرکانس‌های تا حدود ۱۰۰ KHz مناسب هستند.



(الف)



(ب)



(پ)

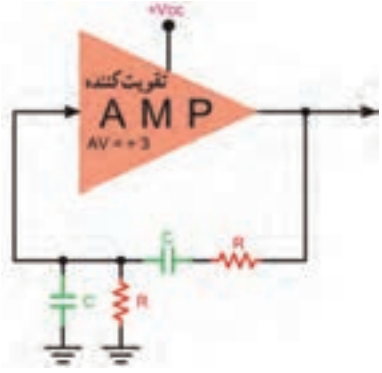
شکل ۳۴ـ۶ چند نمونه شبکه فیدبک نوسان‌ساز RC

پژوهش

درباره انواع شبکه‌های نشان داده شده در شکل ۳۴ـ۶ تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت یک گزارش ارائه دهید.

نوسان‌ساز پل وین (Wein Bridge Oscillator)

نوسان‌ساز پل وین یک مولد سیگنال سینوسی با اعوجاج کم است. مدار این نوسان‌ساز از یک تقویت‌کننده و شبکه برگشتی RC تشکیل می‌شود. شکل ۳۵ـ۶ نقشه بلوکی تقویت‌کننده و شبکه برگشتی نوسان‌ساز و رابطه محاسبه فرکانس آن را نشان می‌دهد.



شکل ۳۵ـ۶ نوسان‌ساز RC پُل وین

فعالیت

با توجه به شکل ۳۵ـ۶، در نوسان‌ساز پُل‌وین، بین ورودی و خروجی شبکه برگشتی چند درجه اختلاف فاز وجود دارد و شبکه برگشتی چند مرتبه سیگنال ورودی خود را تضعیف می‌کند؟

.....

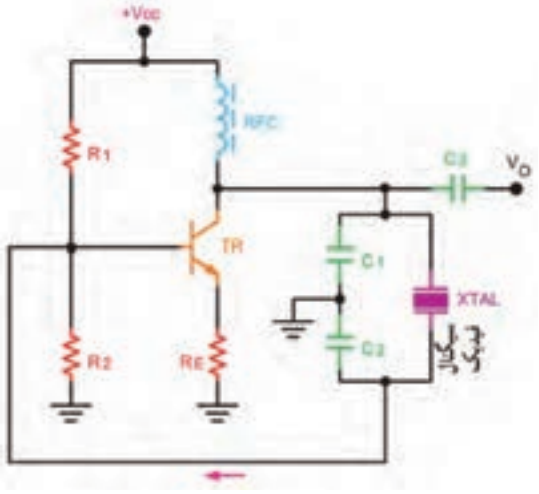
.....

.....

نوسان‌ساز کریستالی (Crystal Oscillator)

عواملی نظیر درجه حرارت، تغییرات ولتاژ و سایر کمیت‌ها می‌تواند فرکانس نوسان را در یک نوسان‌ساز تغییر دهد. برای پایداری فرکانس از نوسان‌ساز کریستالی استفاده می‌کنند. هر قطعه کریستال با توجه به برش و شکل مکانیکی آن می‌تواند در یک فرکانس کاملاً ثابت به ارتعاش درآید. در نوسان‌ساز کریستالی، کریستال در مدار تعیین فرکانس یا در مسیر فیدبک قرار می‌گیرد و فقط به فرکانس رزونانس خود اجازه

عبور می‌دهد. شکل ۶ـ۳۶ یک نوسان‌ساز کریستالی که کریستال در مدار تعیین فرکانس قرار گرفته است را نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ۳۶ نوسان‌ساز کریستالی

کار عملی ۵

بررسی مدار نوسان‌ساز RC به‌صورت نرم‌افزاری

هدف: راه‌اندازی مدار نوسان‌ساز RC و به‌دست‌آوردن فرکانس آن

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

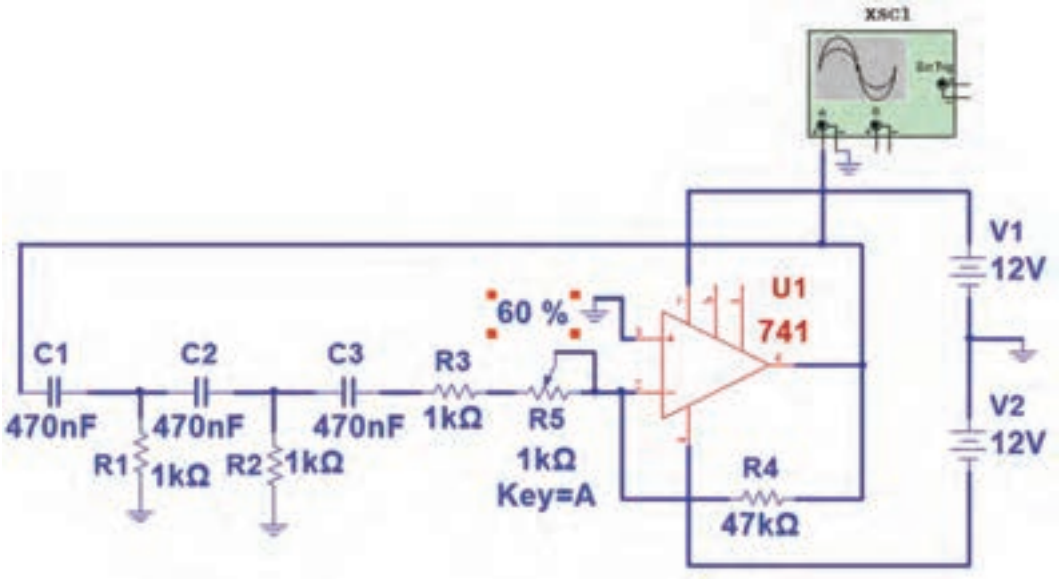
۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۶ـ۳۷ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ تغذیه متقارن را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ با تغییر سر متغیر پتانسیومتر، بهره ولتاژ تقویت‌کننده را تنظیم کنید تا مدار به نوسان درآید.

توجه: اسیلوسکوپ نرم‌افزار را فعال کنید و تا ایجاد نوسان پایدار دقایقی صبر کنید . مقادیر $\frac{\text{Time}}{\text{Div}}$ و $\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}$ را به درستی تنظیم کنید تا حدود ۲ تا ۳ سیکل از موج به صورت پایدار روی صفحهٔ آن ظاهر شود.



شکل ۶ـ۳۷ نوسان‌ساز RC

۵ـ شکل موج تولیدشده را در نمودار شکل ۶ـ۳۸ رسم‌کنید. $\frac{\text{Time}}{\text{Div}}$ و $\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}$ را روی محورها مشخص کنید.

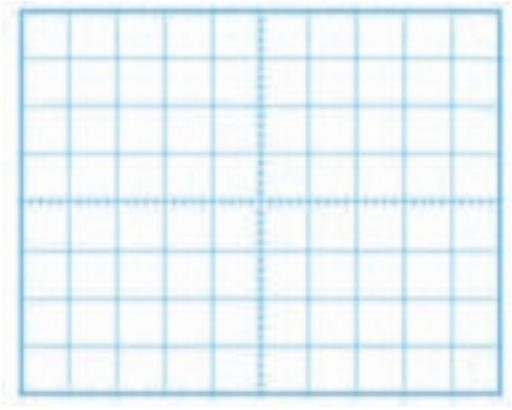
۶ـ زمان تناوب موج را اندازه بگیرید و فرکانس آن را محاسبه و یادداشت کنید.

۷ـ سر متغیر پتانسیومتر را تغییر دهید. آیا مدار از نوسان می‌ایستد؟ شرح دهید.

.....

.....

.....



شکل ۶ـ۳۸

کار عملی ۶

بررسی مدار نوسان‌ساز LC با قطعات واقعی

Time/ Div =

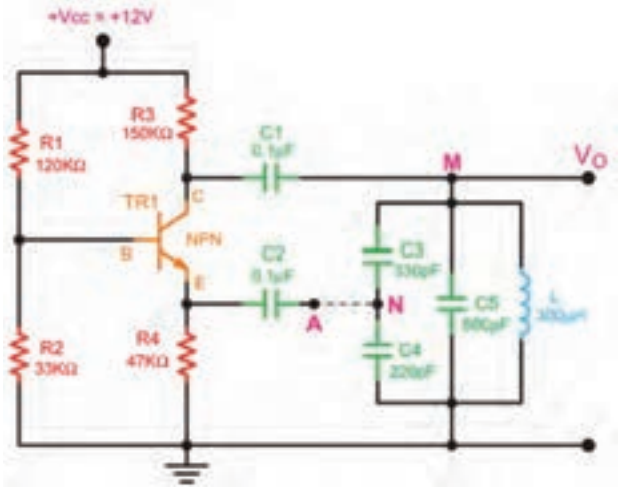
Volt/ Div =

T =

F =

هدف: به‌دست‌آوردن فرکانس مدار نوسان‌ساز LC

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ بِرِد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱۵۰ KΩ ـ ۴۷ KΩ ـ ۳۳ KΩ ـ ۱۲۰ KΩ، $\frac{۱}{۴}$ وات از هر کدام یک عدد ـ خازن ۱۰۰ nF دو عدد ـ خازن ۳۳۰ PF یک عدد ـ خازن ۲۲۰ PF یک عدد ـ خازن ۶۸۰ PF یک عدد ـ سلف ۳۰۰ μH یک عدد ـ ترانزیستور معمولی برای کاربرد عمومی (General purpose) با بتای ۷۵ تا ۱۲۰ مانند BC۳۳۷، ۲SC۹۴۵ (نوعی که β آن بالای ۱۲۰ باشد) یا هر نوع ترانزیستور عمومی دیگر ـ سیم بِرِد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم‌التحریر



شکل ۶ـ۳۹

نکته

هنگام اتصال خازن‌های $C_۳$، $C_۴$ و $C_۵$ و سلف‌ها به مدار مراقب باشید که از طریق اتصال‌های داخلی بِردبُرد اتصال کوتاه نشود. یکی از موارد مهمی که سبب ایجاد اشکال و عدم راه‌اندازی می‌شود همین موارد است. درصورت امکان مجموعه قطعات را روی بُرد هزار سوراخ و اتصال "پین هدر" به‌صورت یک‌پارچه نصب کنید و یک ماژول آماده فراهم کنید.

مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۳۹ـ۶ را روی بِرِد بُرد ببندید.

۲ـ قبل از اتصال A و N، منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و ولتاژ پایه‌های ترانزیستور را اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

$V_B =$ $V_{BE} =$

$V_E =$ $V_C =$

توجه: ترانزیستور باید در حالت فعال باشد.

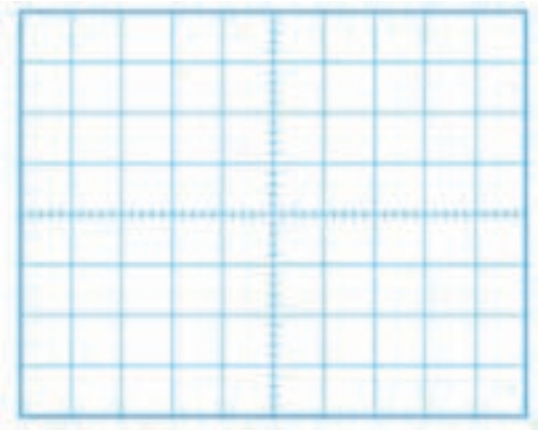
۳ـ اتصال بین A و N را برقرار کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ به وسیله اسیلوسکوپ شکل موج نقاط M و N را با توجه به فاز آنها در نمودارهای شکل ۴۰ـ۶ رسم کنید.

۵ـ آیا ولتاژ ورودی و خروجی مدار تعیین فرکانس با هم هم‌فاز هستند؟ شرح دهید.

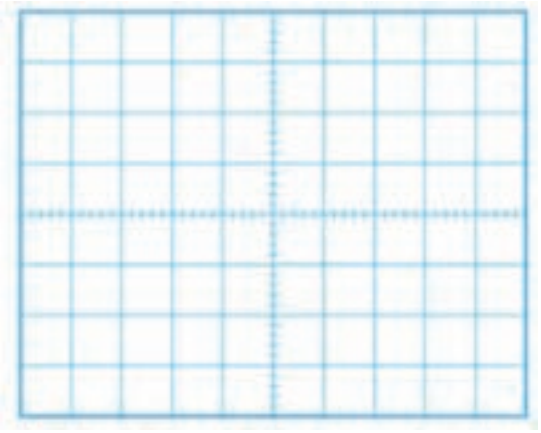
.....

۶ـ مقدار فرکانس و دامنهٔ پیک‌تاپیک سیگنال ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



ب) شکل موج نقطه N

Time/ Div =
Volt/ Div =
T = **F =**
V_{pp} =



الف) شکل موج نقطه M

Time/ Div =
Volt/ Div =
T = **F =**
V_{pp} =

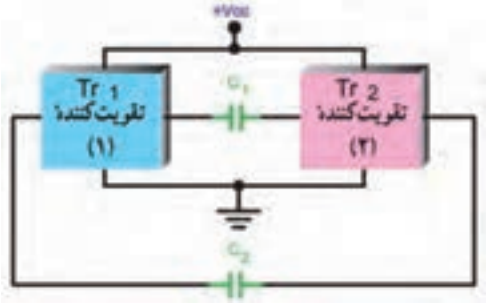
شکل ۴۰ـ۶

نوسان‌ساز مربعی

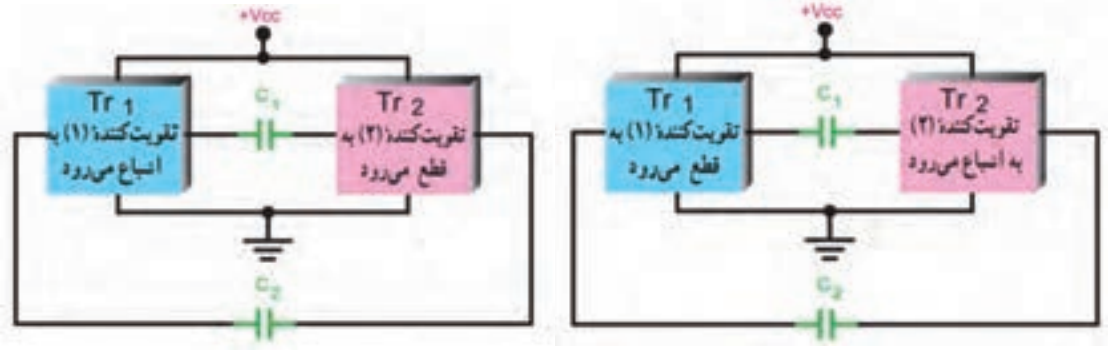
در بحث‌های گذشته با آی‌سی ۵۵۵ به عنوان مولد موج مربعی آشنا شده‌اید.

نمونه دیگر نوسان‌ساز موج مربعی، مولتی‌ویبراتور آاِستابل نام دارد. این نوسان‌ساز شامل دو طبقه تقویت‌کننده

است که خروجی هریک به ورودی دیگری با کوپلاژ خازنی متصل‌شده است. در شکل ۴۱ـ۶ این نوسان‌ساز به‌صورت بلوکی نشان‌داده شده است. هنگامی که یک تقویت‌کننده در حالت اشباع قرار دارد تقویت‌کننده دیگر به قطع می‌رود. وضعیت قطع و اشباع تقویت‌کننده‌ها دوام چندانی ندارد و پس از مدتی، وضعیت عوض می‌شود. شکل‌های الف و ب ۴۲ـ۶ این دو حالت را نشان می‌دهد.



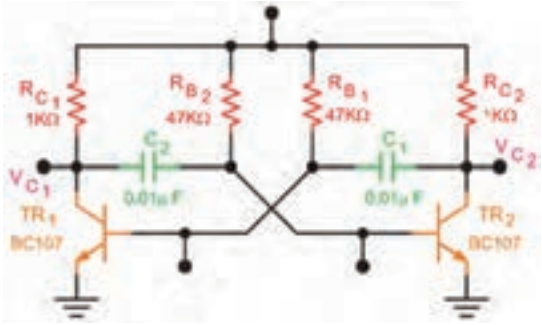
شکل ۴۱ـ۶ بلوک دیاگرام مدار نوسان‌ساز



(ب) (الف)

شکل ۴۲ـ۶ وضعیت تقویت‌کننده‌ها در حالت قطع و اشباع

در شکل ۴۳ـ۶ مدار یک نمونه مولتی‌ویبراتور آاستابل رسم شده است.



شکل ۴۳ـ۶ مدار مولتی‌ویبراتور آاستابل

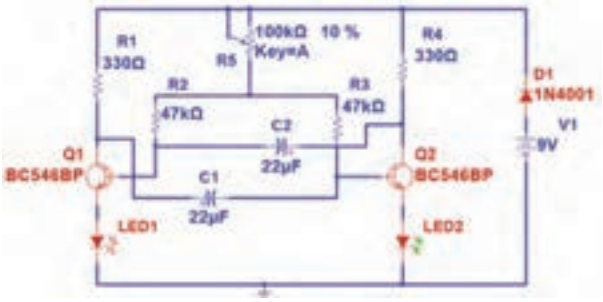
کار عملی ۷

فعالیت در ساعات غیردرسی

بررسی مدار مولتی‌ویبراتور به‌عنوان چشمک‌زن با قطعات واقعی

هدف: اجرای پروژه مدار چشمک‌زن

مواد، ابزار و تجهیزات: مقاومت ۳۳۰ Ω دو عدد ـ مقاومت ۴۷ KΩ دو عدد ـ پتانسیومتر ۱۰۰ KΩ یک عدد ـ خازن ۲۲ μF ـ ۱۵ ولت دو عدد ـ LED دو عدد ـ دیود ۱N۴۰۰۱ یک عدد ـ ترانزیستور BC۵۴۶ یا هر نوع ترانزیستور عمومی دیگر ـ بُرد مدارچاپی ـ وسایل اسیدکاری و لحیم‌کاری



شکل ۴۴ـ۶ مدار مولتی‌ویبراتور آاستابل

مراحل اجرای کار

۱ـ طرح مدارچاپی شکل ۴۴ـ۶ را در ابعاد ۵cm × ۴cm آماده کنید.
۲ـ طرح را به روی فیبر مدارچاپی انتقال دهید.
۳ـ فیبر را برای مونتاژ قطعات آماده کنید.
۴ـ قطعات را روی فیبر مونتاژ کنید.
۵ـ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی نمایید.
۶ـ پتانسیومتر را تغییر دهید و اثر تغییر را روی مدار ببینید.

کار عملی۸

مولد موج مربعی در نرم‌افزار

هدف: راه‌اندازی مدار نوسان‌ساز موج مربعی و به‌دست‌آوردن فرکانس آن

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

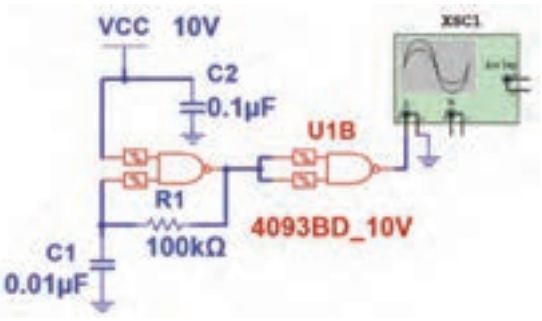
۲ـ با استفاده از دو گیت NAND اشمیت‌تریگر آی‌سی شماره ۴۰۹۳ ، مدار شکل ۴۵ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ تغذیه مدار را وصل کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.

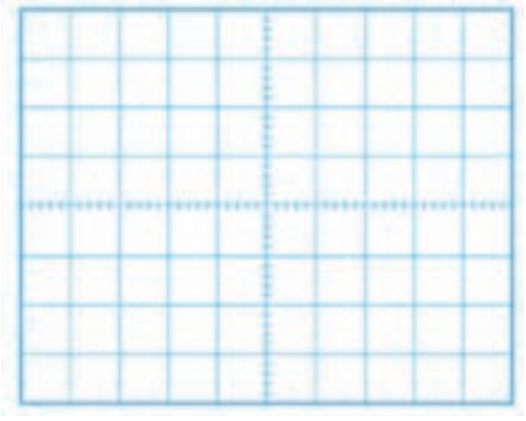
۴ـ اسیلوسکوپ نرم‌افزار را فعال کنید. محدوده مقادیر $\frac{\text{Time}}{\text{Div}}$ و $\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}$ را به درستی تنظیم کنید تا حدود ۲ تا ۳ سیکل از موج به صورت پایدار روی صفحهٔ آن ظاهر شود.

۵ـ شکل موج تولید شده را در نمودار شکل ۴۶ـ۶ رسم کنید.

۶ـ زمان تناوب موج را اندازه بگیرید و فرکانس آن را محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۴۵ـ۶



شکل ۴۶ـ۶

Time / Div =

Volt/ Div =

T =

F =

الگوی پرسش

۱ـ اسیلاتور در مدارهای مخابراتی چه نقشی بر عهده دارد؟ شرح دهید.
۲ـ نیازهای اولیه برای نوسان‌سازی را نام ببرید و تشریح کنید.
۳ـ اصل بارک‌هاوزن را شرح دهید.
۴ـ سه مرحله از تولید نوسان را در نوسان‌ساز شرح دهید.
۵ـ شرط تولید موج مربعی را در نوسان‌ساز شرح دهید.
۶ـ در نوسان‌سازهـا نـوع فیدبک ..... است.
۷ـ اگر تقویت‌کننده مربوط به مدار نوسان‌ساز در حالت قطع و اشباع کار کند، چه نوع سیگنالی تولید می‌شود؟ چرا؟
۸ـ انواع نوسان‌سازها را از نظر شبکه تعیین‌کننده فرکانس نام ببرید.
۹ـ انواع نوسان‌سازها را از نظر نوع فیدبک نام ببرید.
۱۰ـ در صورتی که در یک نوسان‌ساز مقدار A_V=۲۵ و $B_V = \frac{۱}{۱۰}$ باشد، چه تأثیری بر عملکرد مدار می‌گذارد؟

۶ـ۶ مدولاسیون

برای انتقال سیگنال‌های صوتی یا تصویری به فواصل دور باید این امواج را به امواج الکترومغناطیس تبدیل و آن را از طریق آنتن انتشار دهیم. شکل ۶ـ۴۷ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیس و انتشار آن را نشان می‌دهد.

شکل ۶ـ۴۷ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیس

پژوهش

آیا می‌توان امواج صوتی را به‌طور مستقیم در فضا پخش کرد؟ در صورتی که این امر امکان‌پذیر باشد، چه معایبی دارد؟ نتیجه پژوهش را به صورت یک گزارش ارائه دهید.

فیلم

فیلم ارسال و دریافت امواج و انواع مدولاسیون AM، FM و PM را ببینید.

تعریف مدولاسیون

اگر سیگنال صوتی (سیگنال پیام) را روی سیگنال دیگری که دارای فرکانس بالا است سوار کنیم، می‌توانیم آن را به‌صورت امواج الکترومغناطیس در فضا پخش کنیم. به این عمل در اصطلاح عمومی، مدولاسیون (Modulation) می‌گویند. سیگنال پیام را سیگنال مدوله‌کننده (Modulating Signal) می‌نامند. سیگنالی که پیام روی آن سوار می‌شود، سیگنال حامل (Carrier) یا سیگنال مدوله‌شونده (Modulation Signal) نام دارد. به مدار یا دستگاهی

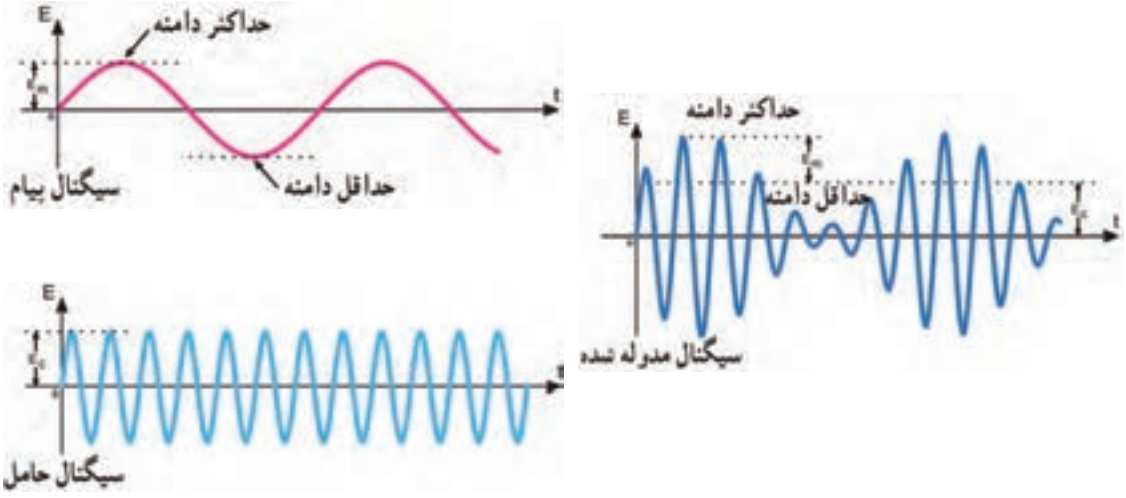
که عمل مدولاسیون را انجام‌می‌دهد، مدولاتور (Modulator) می‌گویند. شکل ۴۸ـ۶ چگونگی انجام مدولاسیون را به‌صورت بلوکی نشان می‌دهد.

شکل ۴۸ـ ۶ بلوک دیاگرام نحوه انجام مدولاسیون

انواع مدولاسیون

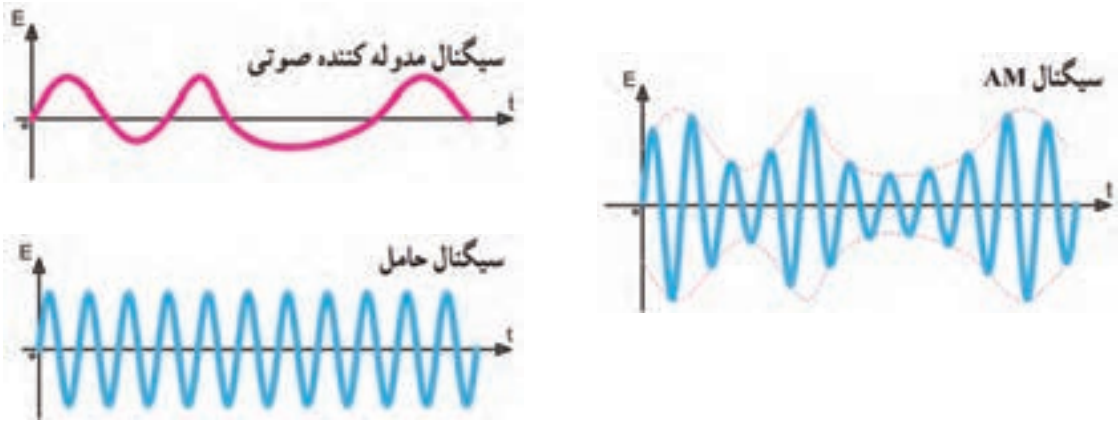
در مدولاسیون یکی از مشخصه‌های اصلی موج حامل که یک سیگنال سینوسی با فرکانس بالا است، توسط پیام کنترل می‌شود. این عمل باید به‌گونه‌ای به اجرا درآید که گیرنده بتواند اطلاعات ارسال‌شده از قبیل صوت، موسیقی یا تصویر را مجدداً بازسازی کند .چون موج حامل تنها سه مشخصهٔ دامنه، فرکانس و فاز را دارد بنابراین تنها می‌توان یکی از این سه مشخصه سیگنال حامل را با سیگنال پیام کنترل کرد و به‌این ترتیب سه نوع مدولاسیون، دامنه، فرکانس و فاز شکل‌می‌گیرد.

☑ **مدولاسیون دامنه (Amplitude Modulation)**: در مدولاسیون دامنه، فرکانس موج حامل (کاریر) ثابت است و دامنه حامل متناسب با دامنه پیام (موج مدوله‌کننده) تغییر می‌کند. در این‌حالت سرعت تکرار تغییرات دامنه حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون دامنه را به اختصار به صورت AM می‌نویسند. در شکل ۴۹ـ۶ سیگنال پیام سینوسی، سیگنال حامل سینوسی و سیگنال مدوله شده AM را مشاهده می‌کنید.

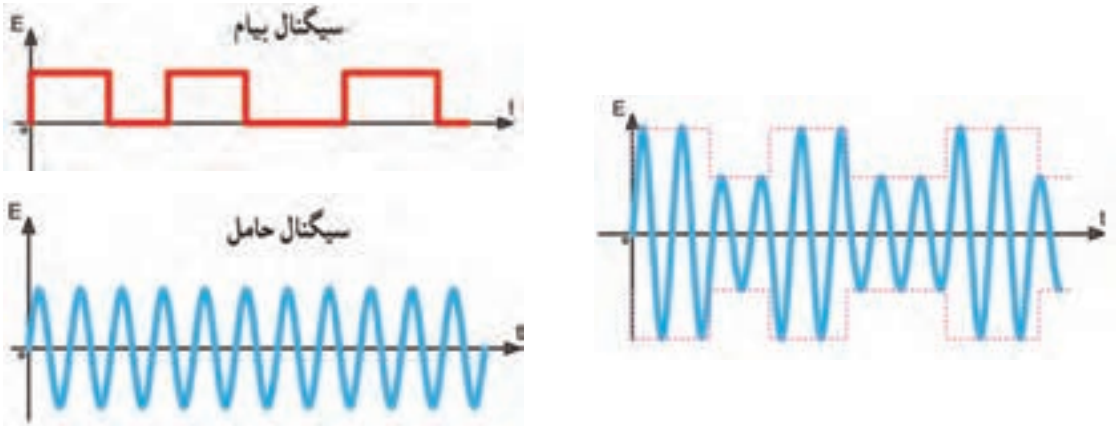


شکل ۴۹ـ۶ سیگنال مدوله‌شده AM

درشکل‌های ۶ـ۵۰ و ۶ـ۵۱ دو نوع پیام غیرسینوسی و حامل سینوسی و موج مدوله شده AM مربوط به آنها را مشاهده می کنید.



شکل ۶ـ۵۰ سیگنال مدوله‌شده AM با سیگنال غیر سینوسی



شکل ۶ـ۵۱ سیگنال مدوله‌شده AM با پیام مربعی

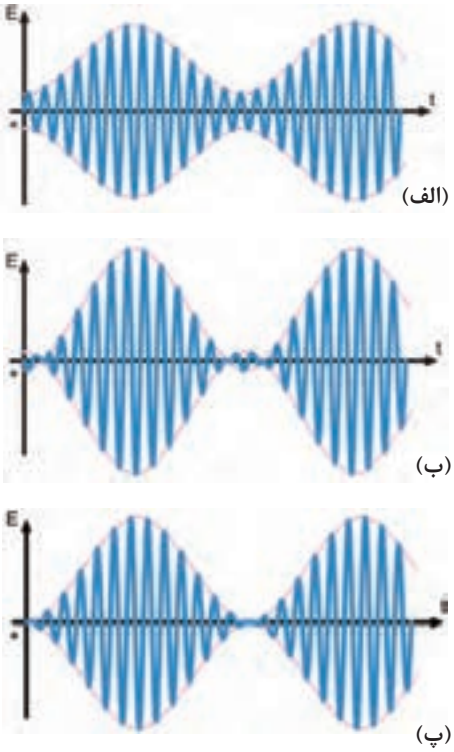
☑ **درصد مدولاسیون (Percent of Modulation):** میزان درصد نسبت دامنه سیگنال پیام به دامنه سیگنال حامل را درصد مدولاسیون می‌گویند و آن را با M یا m_p نشان می‌دهند.

$$\text{درصد مدولاسیون} = M = m_p = \frac{\text{دامنهٔ پیام}}{\text{دامنهٔ حامل}} \times ۱۰۰٪ = \frac{E_m}{E_c} \times ۱۰۰٪$$

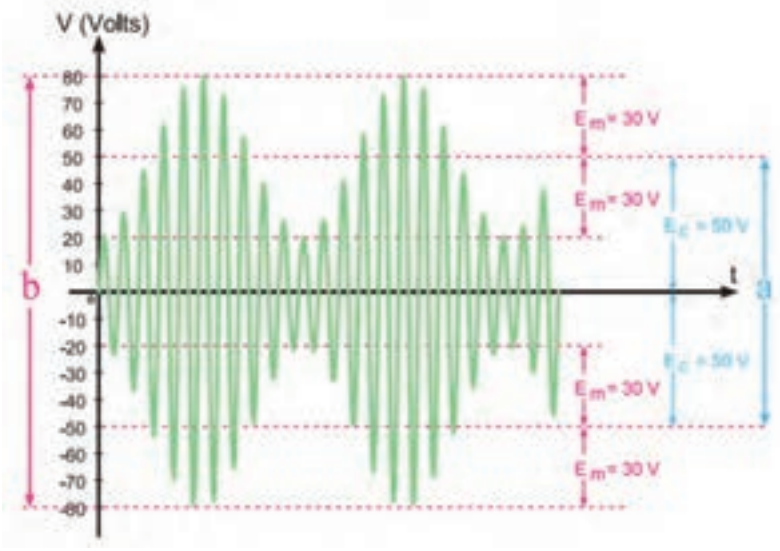
مثال: درصد مدولاسیون را در شکل ۶ـ۵۲ به‌دست آورید.

حل: با توجه به شکل دامنهٔ حامل ۵۰ ولت و دامنهٔ پیام ۳۰ ولت است.

$$\text{شاخص مدولاسیون} = m = \frac{\text{دامنهٔ پیام}}{\text{دامنهٔ حامل}} = \frac{E_m}{E_c} = \frac{۳۰}{۵۰} = ۰/۶ \qquad Mp = \frac{۳۰}{۵۰} \times ۱۰۰٪ = ۶۰٪$$



شکل ۵۳ـ۶



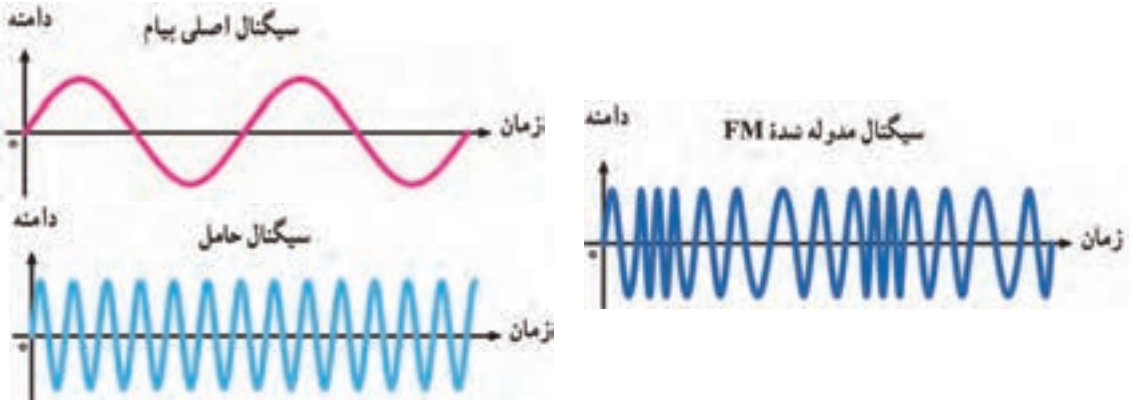
شکل ۵۲ـ۶ موج AM

بحث‌گروهی

در مورد درصد مدولاسیون، شکل‌های۵۳ـ۶ الف ـ ب ـ پ با هم‌گروهی خود بحث کنید و نتیجه را یادداشت کنید.

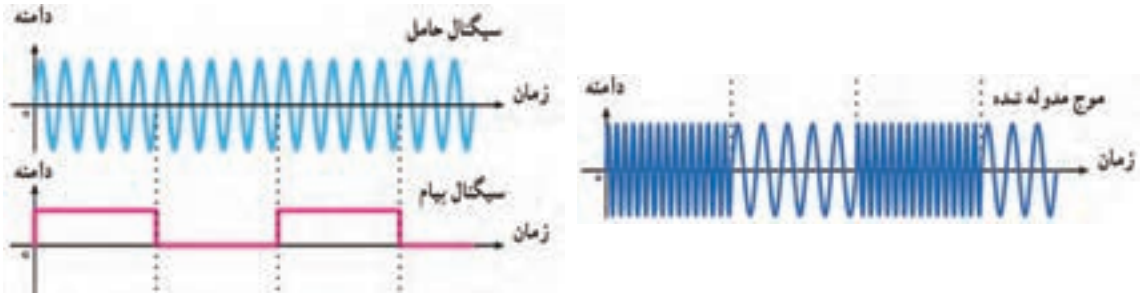
۷ـ۶ اشاره‌ای به مدولاسیون فرکانس (Frequency Modulation)

درصورتی‌که فرکانس سیگنال حامل، متناسب با تغییرات دامنه پیام تغییر کند مدولاسیون فرکانس ایجاد می‌شود. در این‌حالت سرعت تکرار تغییرات فرکانس موج حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فرکانس را با FM نشان می‌دهند. درشکل۵۴ـ۶ مدولاسیون FM با پیام سینوسی نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، هنگامی‌که دامنه پیام صفر است، فرکانس موج مدوله شده برابر با موج حامل می‌شود. با افزایش دامنه سیگنال پیام، فرکانس حامل افزایش می‌یابد (فشرده می‌شود) و با کاهش دامنه پیام، فرکانس حامل کم می‌شود.



شکل ۵۴ـ۶ سیگنال مدوله‌شده FM با پیام سینوسی

شکل ۵۵ـ۶ پیام مربعی که روی سیگنال حامل سینوسی به صورت FM مدوله شده است را نشان می‌دهد.



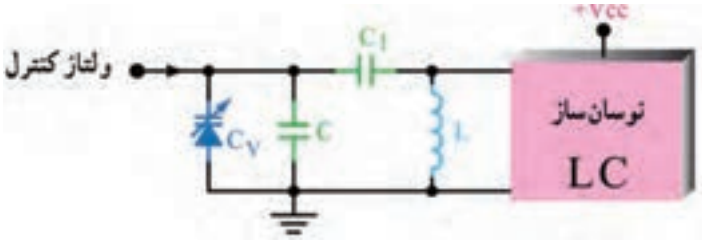
شکل ۵۵ـ۶ سیگنال مدوله‌شده FM با پیام مربعی

پژوهش

باند FM چه محدوده فرکانسی را اشغال می‌کند؟ در FM تجاری در اثر عمل مدولاسیون فرکانس حامل نسبت به مقدار طبیعی خود چقدر تغییر (انحراف) پیدا می‌کند؟ نتیجه را به صورت یک گزارش ارائه دهید.

۸ـ۶ نوسان ساز VCO (Voltage Controlled Oscillator)

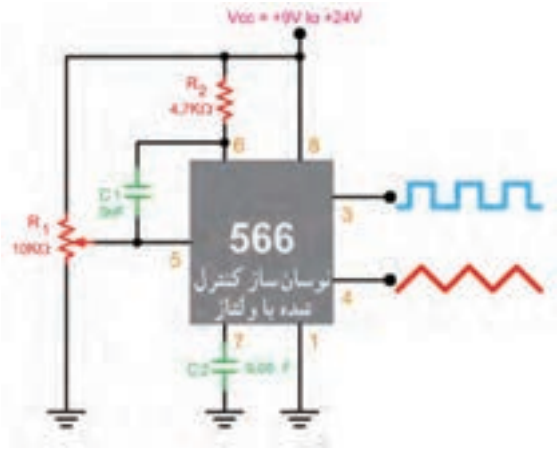
اسیلاتور VCO یک نوع نوسان‌ساز است که فرکانس آن را می‌توان با استفاده از ولتاژِ DC ورودی تغییر داد. در فرکانس‌های بالا برای کنترل فرکانس معمولاً دیود ورکتور (Varactor) به‌کار می‌رود. این دیود بخشی از مدار هماهنگ اسیلاتور LC را تشکیل می‌دهد. در شکل ۵۶ـ۶ بلوک نوسان‌ساز LC را همراه با مدار رزونانس آن و دیود خازنی مشاهده می‌کنید.با تغییر ولتاژ DC، ظرفیت دیود خازنی تغییر می‌کند و در نهایت ظرفیت خازنی معادل مدار تانک را تغییر می‌دهد. با تغییر ظرفیت خازنی فرکانس نوسان‌ساز تغییر می‌کند.



شکل ۵۶ـ۶ نوسان‌ساز VCO با دیود خازنی

پژوهش

با مراجعه به منابع مختلف چگونگی بایاس کردن دیود خازنی، عملکرد و منحنی مشخصه آن را بررسی کنید و نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.



شکل ۵۷ـ۶ نوسان‌ساز با فرکانس قابل کنترل با ولتاژ

شکل ۵۷ـ۶ یک نوسان ساز VCO را نشان می‌دهد که به‌وسیله آی سی ۵۶۶ دو نوع موج مربعی و مثلثی را تولید می‌کند.ولتاژ DC کنترل‌کننده فرکانس از طریق پتانسیومتر R_1 به پایهٔ شماره ۵ آی‌سی می‌رسد. آی‌سی ۵۶۶ یک نوع مدار خاص است که با استفاده از آن می‌توانید فرکانس خروجی نوسان‌ساز موج مربعی و دندان‌اره‌ای را تغییر دهید.

با توجه به توضیحات داده شده، مشاهده می‌شود که با تغییر ولتاژ توانسته‌ایم فرکانس را تغییر دهیم، به عبارت دیگر نوعی موج FM به‌وجود آورده‌ایم. بنابراین تولید مدولاسیون FM و مدولاسیون پالس با استفاده از این نوع مدارها امکان‌پذیر است.

بحث‌گروهی

برگه دیتاشیت آی‌سی ۵۶۶ را تهیه کنید و محتوای آن را به بحث بگذارید. سپس نتایج را در قالب یک گزارش کوتاه ارائه دهید.

کار عملی۹

بستن مدار نوسان‌ساز VCO در فضای نرم‌افزار

هدف: بررسی عملکرد نوسان‌ساز کنترل شده با ولتاژ(VCO)

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم‌افزار مناسب ـ لوازم‌التحریر

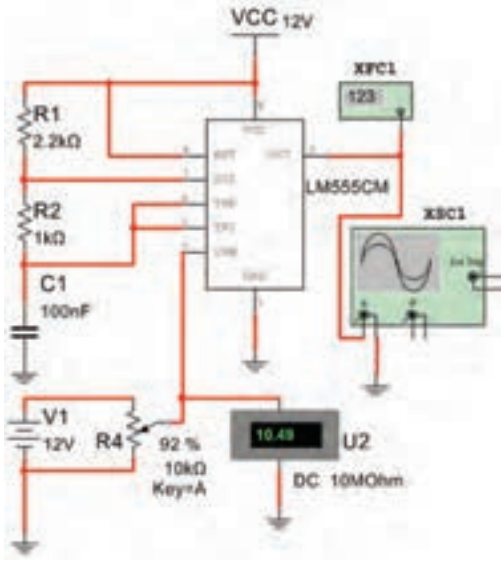
مراحل اجرای کار

۱ـ نرم‌افزار مولتی سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۵۸ـ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ فرکانس متر را به خروجی اتصال دهید وطبق شکل ۵۹ـ۶ آن را تنظیم کنید.

۴ـ شکل موج خروجی مدار را روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده کنید. آیا با تغییر پتانسیومتر فرکانس شکل موج تغییر می‌کند؟



شکل ۵۸ـ۶ مدار نوسان‌ساز VCO

۵ـ ولتاژ DC ورودی مدار را مطابق جدول ۹ـ۶ به وسیله پتانسیومتر تغییر دهید. فرکانس خروجی را به کمک فرکانس‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۹ـ۶

ردیف	ولتاژ ورودی DC (V)	فرکانس KHZ
۱	۲	
۲	۴	
۳	۶	
۴	۸	
۵	۱۰	

شکل ۵۹ـ۶ تنظیم فرکانس‌متر

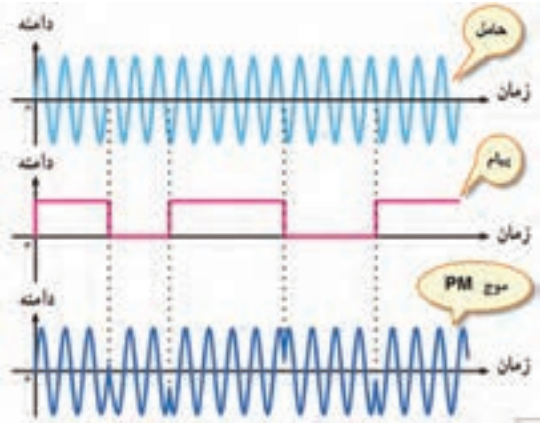
۶ـ نتایج حاصل شده از جدول ۹ـ۶ را جمع‌بندی کنید.

.....

.....

۹ـ۶ مدولاسیون فاز (Phase Modulation)

اگر فاز سیگنال حامل متناسب با دامنه سیگنال پیام تغییر کند مدولاسیون فاز به وجود می‌آید. در این حالت سرعت تکرارتغییرات فاز برابر با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فاز از پاره‌ای جهات مشابه مدولاسیون FM است. مدولاسیون فاز را با PM نشان می‌دهند (شکل ۶۰ـ۶).



شکل ۶۰ـ۶ سیگنال مدوله‌شده PM با پیام مربعی

فیلم

فیلم انواع مدولاسیون‌های AM، FM و PM را دوباره ببینید و در ارتباط با آن گزارش کوتاهی بنویسید.

کار عملی ۱۰

مشاهده شکل موج AM به‌وسیله فانکشن‌ژنراتور یا مولد RF

هدف: مشاهده موج مدوله‌شده AM

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ فانکشن ژنراتور ـ سیم‌های رابط

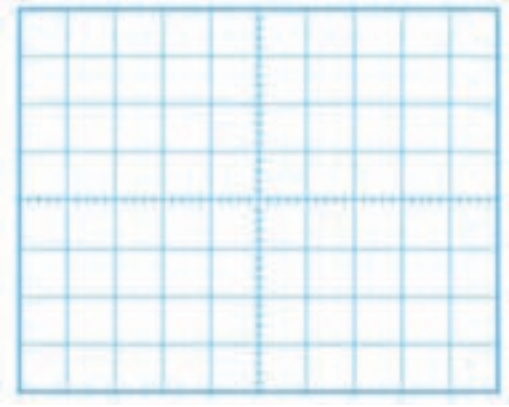
مراحل اجرای کار

۱ـ با استفاده از راهنمای کاربرد فانکشن‌ژنراتوری که سیگنال AM دارد یا مولد RF، طرز کار دستگاه را بیاموزید.

۲ـ فانکشن ژنراتور یا سیگنال ژنراتور RF را روی فرکانس ۵۰۰ KHZ با مدولاسیون AM داخلی قرار دهید.

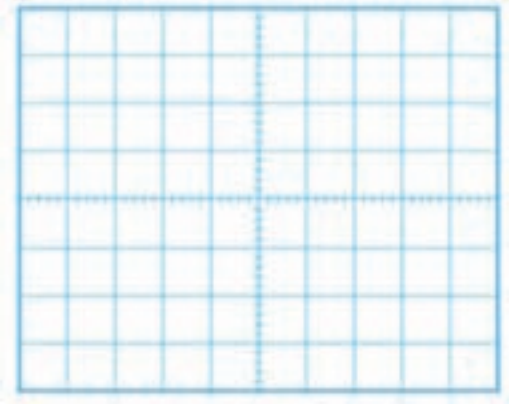
۳ـ دامنهٔ درصد مدولاسیون سیگنال ژنراتور را آن‌قدر افزایش دهید تا دامنهٔ پیام نصف دامنهٔ حامل شود، ($E_m = \frac{E_C}{۲}$). در این حالت مدولاسیون ۵۰ درصد به‌وجود می‌آید.

۴ـ شکل موج خروجی مدار را در نمودار شکل ۶ـ۶۱ رسم کنید.



شکل ۶ـ۶۱

۵ـ سیگنال ژنراتور را روی موج مربعی و فرکانس ۱KHZ قرار دهید و درصد مدولاسیون را روی ۵۰ درصد تنظیم کنید و شکل موج خروجی مدار را در نمودار شکل ۶ـ۶۲ رسم کنید.

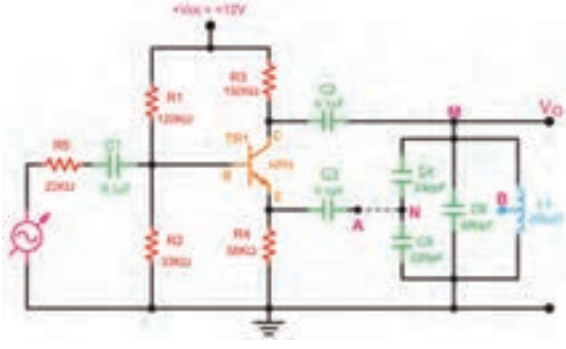


شکل ۶ـ۶۲

فعالیت

فعالیت در ساعات غیردرسی

درصورت داشتن وقت اضافی، در ساعات غیردرسی می‌توانید مدار مدولاتور را با اسیلاتور شکل ۶ـ۶۳ ببندید و شکل موج مدوله‌شده را مشاهده کنید. همچنین می‌توانید با استفاده از مدولاسیون خارجی و یک سیگنال ژنراتور AF تغییرات درصد مدولاسیون را ملاحظه نمایید.



شکل ۶ـ۶۳ مدار مدولاتور AM

پژوهش

با وجود اینکه تقریباً مدولاسیون AM درحال منسوخ شدن است، ولی هنوز در سطح دنیا به‌کار می‌رود و طرفداران زیادی دارد. با مراجعه به منابع و رسانه‌های معتبر، مشخص کنید برای فرستنده‌ها و گیرنده‌های تجاری میزان درصد مدولاسیون چقدر است و به چه دلیل انتخاب می‌شود. نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.

الگوی پرسش نظری

۱ـ فرمول درصد مدولاسیون را بنویسید و برای آن مثالی طراحی کنید.

۲ـ در مورد مدولاسیون AM کدام گزینه صحیح است؟

۱) دامنهٔ کریر متناسب با فرکانس پیام تغییر می‌کند. ۲) سرعت تغییر فرکانس کریر متناسب با دامنهٔ پیام است.

۳) دامنهٔ کریر متناسب با دامنهٔ پیام تغییر می‌کند. ۴) سرعت تغییر دامنهٔ کریر متناسب با دامنهٔ پیام است.

۳ـ در مدولاسیون فرکانس، دامنهٔ کریر ..... است و فرکانس کریر متناسب با ..... پیام تغییر می‌کند.

۴ـ در مدولاسیون فاز، دامنه و فرکانس کریر ثابت است و فاز کریر متناسب با دامنهٔ پیام تغییر می‌کند.

صحیح ☐ غلط ☐

۶ـ۱۰ مدولاسیون‌های پالس و دیجیتال (Pulse and Digital modulation)

فیلم

فیلم انواع مدولاسیون پالس و دیجیتال و کاربرد آن را ببینید.

در روش‌های جدید مدولاسیون از مدولاسیون پالس و مدولاسیون دیجیتال استفاده می‌شود. در این نوع مدولاسیون‌ها، سیگنال‌های آنالوگ پیام به نوعی از سیگنال‌های پالسی یا دیجیتالی که منشأ آن موج‌های حامل یا کریر است تبدیل می‌شود. این نوع مدولاسیون‌ها انواع متنوع و گسترده‌ای دارد که در این قسمت به تشریح اختصاری و اجمالی آن می‌پردازیم.

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.

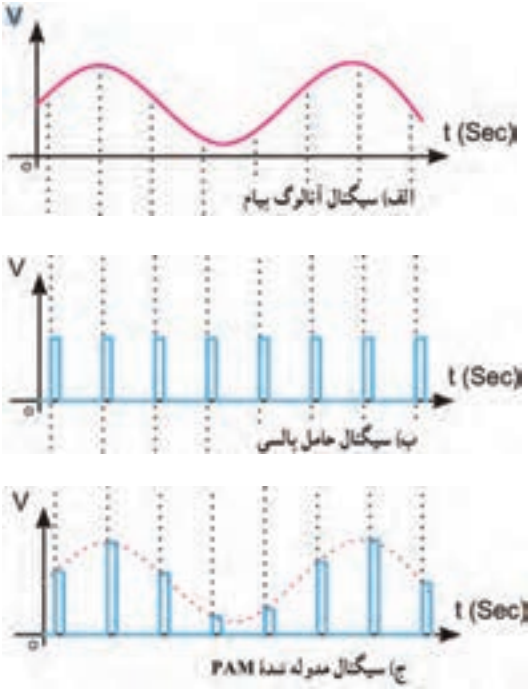
الف) مدولاسیون‌های منفصل: این نوع مدولاسیون‌ها به‌صورت PPM، PAM و PWM (PDM)تولید می‌شوند که کاربردهای مخابراتی و صنعتی دارند، از کاربردهای مخابراتی می‌توان کاربرد PPM را در اندازه‌گیری‌های رادار نام برد. از کاربردهای صنعتی این نوع مدولاسیون می‌توان کنترل دور و سرعت موتور را با روش‌های PWM نام برد.

ب) مدولاسیون‌های دیجیتال: این نوع مدولاسیون بسیار متداول است مثلاً PCM که در سیستم‌های مخابره دیجیتال (مانند تلفنی، تصویری) به کار می‌رود. در PCM پیام به کدهای دیجیتالی تبدیل و منتقل می‌شود. برای مسافت‌های طولانی‌تر از انواع دیگر مدولاسیون‌های دیجیتال مانند FSK، ASK و PSK استفاده می‌شود.

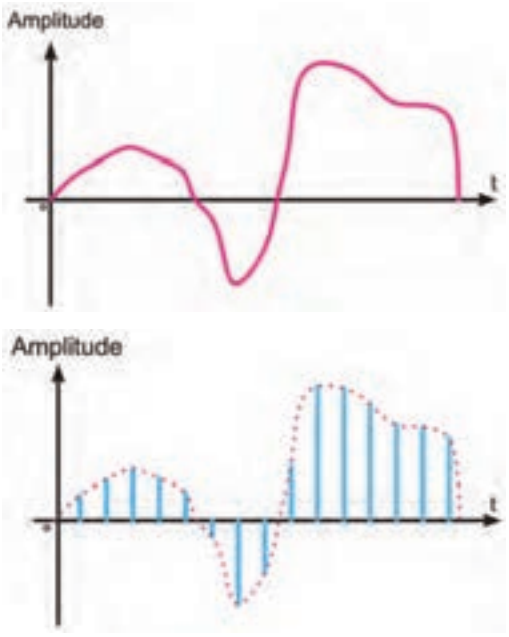
۶ـ۱۱ سیگنال منفصل (گسسته ـ Discrete)

یکی‌دیگر از روش‌های مدولاسیون معمولاً استفاده از نمونه‌برداری است. اگر از سیگنال آنالوگ به‌صورت پالسی نمونه‌برداری (Sampling) کنیم، سیگنال منفصل به‌دست می‌آید. این نمونه‌برداری مطابق شکل ۶ـ۶۴ در فواصل زمانی معین که زمان تناوب نمونه‌برداری (Sampling Period) نامیده می‌شود، صورت می‌گیرد. عمل

نمونه برداری به‌وسیله پالس‌های سیگنال حامل صورت می‌گیرد. در این حالت دامنه سیگنال حامل (Ac) تحت تأثیر سیگنال پیام قرار می‌گیرد و متناسب با آن تغییر می‌کند.سیگنال منفصل حاصل شده را سیگنال مدوله شده دامنه پالس(PAM یا Pulse Amplitude Modulation) می‌نامند. در شکل ۶ـ۶۴ یک نمونه سیگنال پیام آنالوگ، حامل پالسی و سیگنال مدوله شده PAM را مشاهده می‌کنید. در شکل ۶ـ۶۵ نوع دیگری از پیام را ملاحظه می‌کنید که به صورت PAM در آمده است. در این شکل پهنای پالس‌های حامل بسیار کم است که به آن پالس‌های سوزنی (Impulse) می‌گویند.



شکل ۶ـ۶۴ سیگنال پیام، حامل و سیگنال مدوله شده



شکل ۶ـ۶۵ نمونه دیگری از پیام و سیگنال PAM

بحث گروهی

به چه دلیل به مدولاسیون PAM مدولاسیون منفصل می‌گویند. درباره این موضوع بحث کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

۶ـ۱۲ مدولاسیون پالسی کد شده PCM (Pulse Code Modulation)

اگر سیگنال منفصل (PAM) را با یک درجه‌بندی مشخص و تعریف شده به کدهای باینری تبدیل کنیم مدولاسیون PCM شکل می‌گیرد. این روش راکوآنتیزه کردن (Quantization) می‌نامند.
در شکل ۶ـ۶۶ سیگنال آنالوگ را مشاهده می‌کنید که ابتدا به سیگنال PAM تبدیل شده است. در مرحله بعد سیگنال PAM را درجه‌بندی کرده‌ایم و کد معادل آن را به‌دست آورده‌ایم. در این مرحله سیگنال PAM

به PCM تبدیل شده است. کد استفاده شده در این تبدیل سه بیتی است.

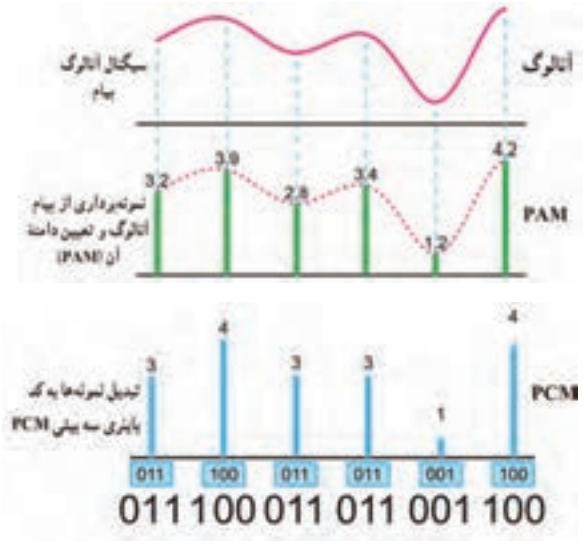
پرسش: تفاوت سیگنال PAM و PCM را در یک جمله شرح دهید.

کار گروهی

برای تسلط بر این موضوع نمونه‌های دیگری را مطرح و به‌صورت گروهی اجرا کنید.

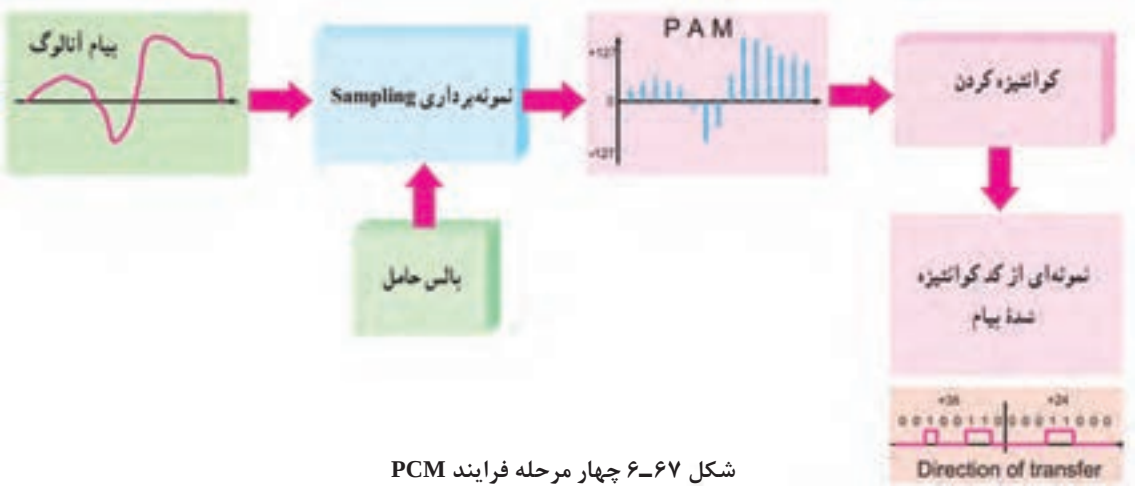
فیلم

فیلم چگونگی اجرای فرایند PAM را ببینید.



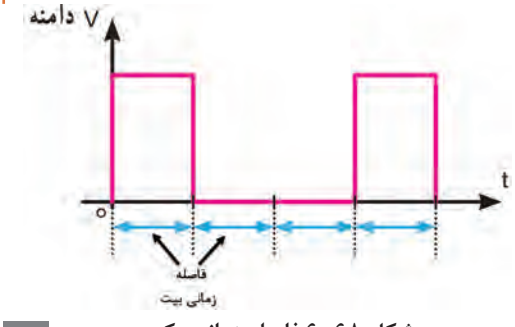
شکل ۶۶ـ۶ سیگنال آنالوگ و سیگنال PAM و PCM حاصل از آن

در شکل ۶۷ـ۶ چهار فرایند PCM که شامل PAM، کوآنتیزه کردن، کدبندی باینری و کدبندی دیجیتال به دیجیتال است، نشان داده شده است.



شکل ۶۷ـ۶ چهار مرحله فرایند PCM

برخی از تعاریف مهم



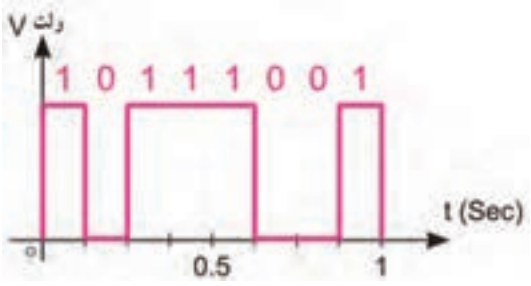
فاصله زمانی بیت Bit Interval

فاصله زمانی بیت، زمان لازم برای ارسال یک بیت است. شکل ۶۸ـ۶ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و فاصله زمانی یک بیت را نشان می‌دهد.

شکل ۶۸ـ۶ فاصله زمانی یک بیت

نرخ بیت Bit Rate

سرعت انتشار بیت‌ها را نرخ بیت می‌نامند. نرخ بیت برحسب بیت در ثانیه BPS (Bit Per Second) می‌باشد. در شکل ۶ـ۶۹ یک سیگنال دیجیتالی با BPS برابر ۸ رسم شده است. نرخ بیت در واقع تعیین‌کننده سرعت انتشار و انتقال اطلاعات است.

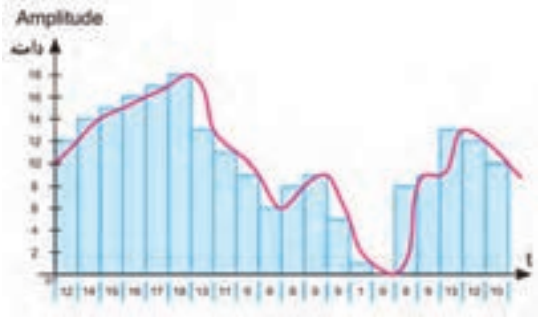


شکل ۶ـ۶۹ سیگنال دیجیتالی با هشت BPS

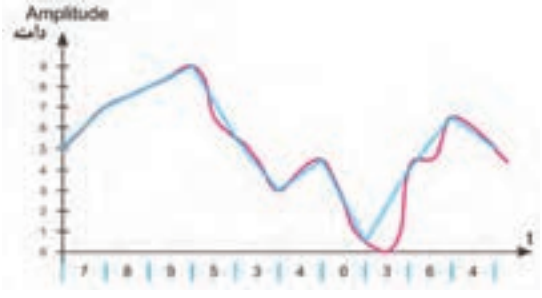
فرکانس نمونه‌برداری (Sampling Rate)

☑ **نرخ نمونه‌برداری Sampling Frequency:** سرعت نمونه‌برداری 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. درشکل ۶ـ۷۰ نمونه‌برداری از سیگنال آنالوگ و موج بازسازی‌شده آن را در شکل ۶ـ۷۱ مشاهده می‌کنید.

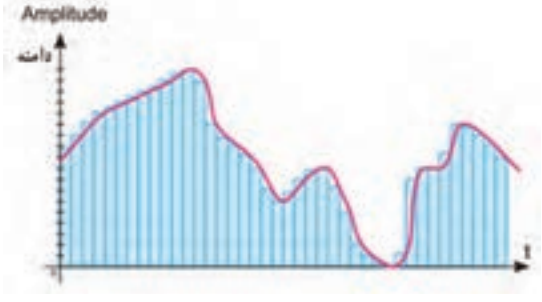
شکل ۶ـ۷۰ نمونه‌برداری از سیگنال آنالوگ



شکل ۶ـ۷۲ سرعت و دقت نمونه‌برداری دو برابر



شکل ۶ـ۷۱ موج بازسازی شده



شکل ۶ـ۷۳ سرعت و دقت نمونه‌برداری چهار برابر

فعالیت گروهی

در شکل‌های ۶ـ۷۲ و ۶ـ۷۳ نمونه‌های برداشته‌شده در یک ثانیه (سرعت نمونه‌برداری) و تعداد مقادیر که به هر نمونه اختصاص داده‌شده (دقت نمونه‌برداری) متفاوت است. پیام در کدام مورد دقیق‌تر بازسازی می‌شود؟ نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.

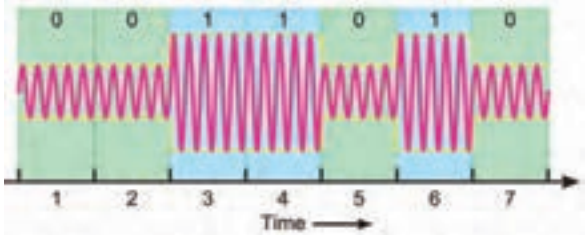
۱۳ـ۶ مدولاسیون‌های دیجیتال

برای ارسال علائم صفر و یک منطقی (PCM) به‌منظور کاهش پهنای باند بهتر است از سیگنال سینوسی استفاده کنیم. در ادامه به شرح مدولاسیون‌های PSK، ASK و FSK می‌پردازیم. سیگنال مورد استفاده در این نوع مدولاسیون‌ها را سیگنال حامل اولیه می‌نامند.

مدولاسیون ASK (Amplitude Shift Keying)

در مدولاسیون ASK برای نمایش ۰یا ۱ باینری دامنه سیگنال حامل تغییر می‌کند و فرکانس و فاز حامل ثابت می‌ماند. مقدار دامنه کاریر در مقادیر صفر و یک باینری به عهده طراحان سیستم است.

شکل ۶ـ۷۴ یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را نشان می‌دهد. ASK بسیار نویزپذیر است زیرا نویز می‌تواند روی دامنه قرار گیرد و ۰ را به ۱و ۱ را به ۰ تبدیل کند.



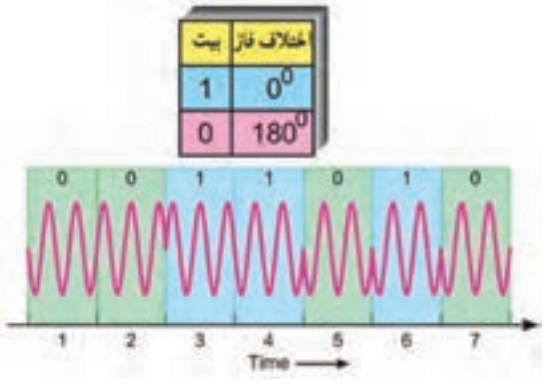
شکل ۶ـ۷۴ یک نمونه سیگنال مدوله‌شده ASK

مدولاسیون FSK (Frequency Shift Keying)

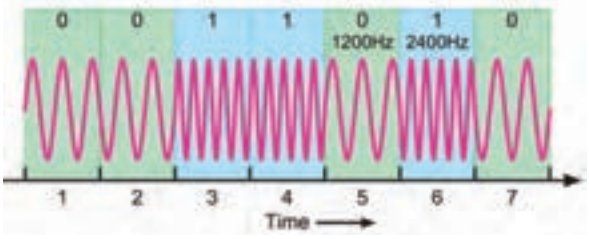
در مدولاسیون FSK برای نمایش ۰ یا ۱ باینری، فرکانس سیگنال حامل تغییر داده می‌شود و دامنه و فاز حامل ثابت باقی می‌ماند. فرکانس حامل در فاصله زمانی هر بیت مقدار ثابتی است. شکل ۶ـ۷۵ مدولاسیون FSK را نشان می‌دهد. FSK نسبت به نویز مقاوم‌تر از ASK است.

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 صفردرجه شروع شود، می‌توان فاز سیگنال حامل را ۱۸۰ درجه تغییر داد تا عدد باینری (۰) را ارسال نمود. فاز سیگنال حامل در طول هربیت باینری ثابت است.در شکل ۶ـ۷۶ مدولاسیون PSK برای یک نمونه سیگنال دیجیتالی رسم شده است.



شکل ۶ـ۷۶ یک نمونه سیگنال مدوله‌شده PSK



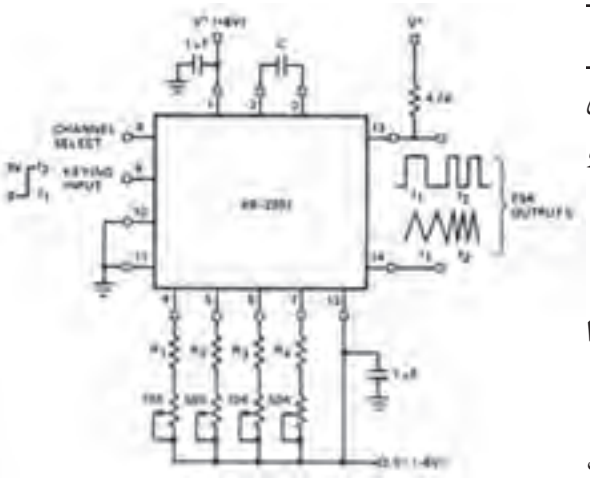
شکل ۶ـ۷۵ یک نمونه سیگنال مدوله‌شده FSK

کار عملی۱۱

مدولاسیون FSK با قطعات واقعی

هدف: تولید مدولاسیون FSK

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ آی سی XR-۲۲۰۷ یک عدد ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ بِرِد بُرد یک قطعه ـ مقاومت ۱KΩ چهار عددـ مقاومت ۴/۷KΩ یک عدد (مقاومت‌ها $\frac{۱}{۴}$ وات) ـ پتانسیومتر ۱۰ KΩ سه عددـ پتانسیومتر ۵۰ KΩ یک عددـ خازن ۲۲ nF یک عددـ خازن ۱ µF دو عدد ـ سیم بِرِد بُرد ـ سیم‌های رابط ـ لوازم التحریر



شکل ۶ـ۷۷

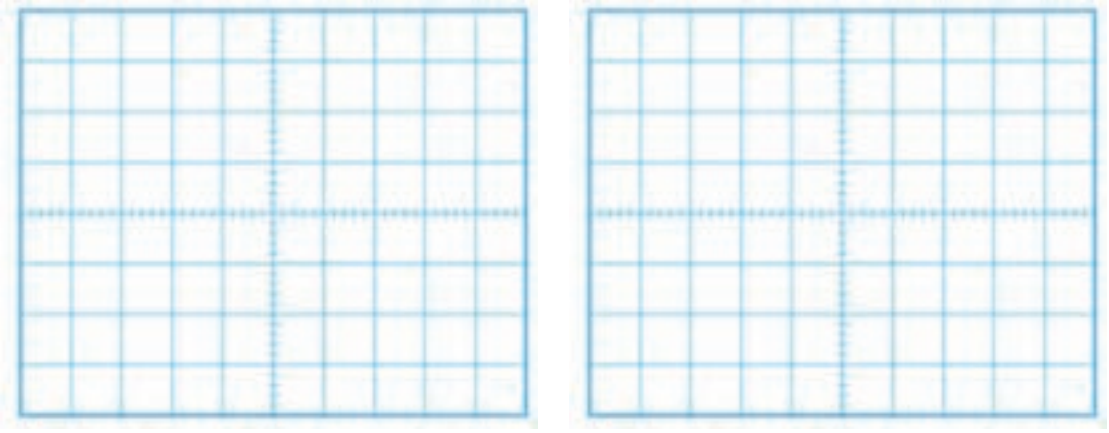
مراحل اجرای کار

۱ـ مدار شکل ۶ـ۷۷ را روی بِرِدبُرد ببندید.

۲ـ تغذیه متقارن را به مدار وصل کنید و مدار را راه‌اندازی نمایید.

۳ـ پایه شماره ۸ را به V+ یا زمین وصل کنید.

۴ـ پایه ۹ را یک‌بار به زمین و بار دیگر به ولتاژ ۳ ولت وصل کنید و هر بار شکل موج خروجی (پایه ۱۳) را مشاهده و در نمودارهای شکل ۶ـ۷۸ رسم کنید. به ورودی آی سی، موج مربعی با دامنه ۳ ولت و فرکانس ۱HZ بدهید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید.



شکل ۶ـ۷۸

۵ـ با تغییر سر متغیر پتانسیومترها، به شکل موج خروجی توجه کنید و اثر آن را بنویسید.

.....

.....

الگوی پرسش

۱ـ شکل یک نمونه سیگنال آنالوگ و دیجیتال را رسم کنید.
۲ـ مدولاسیون ASK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را رسم کنید.
۳ـ مدولاسیون FSK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال مدوله شده FSK را رسم کنید .
۴ـ مدولاسیون PSK را شرح دهید.

فریب امواج مخابراتی در جنگ تحمیلی

خلاقیت در ساخت سازه منحرف کننده موشک

هواپیماهای سوپراتاندارد، از پیشرفته‌ترین و مدرن‌ترین هواپیماهای اروپایی است که به دلیل کارایی و قدرت بالای آن در اختیار نیروهای ناتو بود و بیشترین شهرت آن درغرق کردن چند رزمناو در جنگ آرژانتین و انگلیس است . همچنین دقت در هدف‌گیری و قدرت انهدام بالای آن با استفاده از موشک‌های اگزوست (برگرفته از کلمه فرانسوی به‌معنای ماهی پرنده) در شهرت این جنگ افزار بی‌تأثیر نبوده است. اگزوست با برد ۱۱ کیلومتری خود به خلبان اجازه می‌داد بدون کمترین خطری شناور و کشتی‌ها را هدف قرار دهد. همچنین پس از شلیک بر روی هدف قفل می‌کند و آن‌را تعقیب و منهدم می‌سازد. دشمنان ایران با تبلیغات فراوان این سلاح را در اختیار صدام قرار می‌دهند تا ایران را وادار به پذیرش خواسته‌های نامعقول خود نمایند.در این مقطع هوش و ذکاوت رزمندگان به نبرد با فناوری‌های نوین و پیشرفته غرب می‌رود در بین طرح‌های ارائه شده، ایده شهید حسین قاسمی با توجه به هزینه کم و سادگی آن پذیرفته شد. در این طرح به منظور فریب امواج رادیویی منتشره از رادار موشک، با استفاده از مقدار زیادی میل‌گرد، صفحات بزرگ فلزی و یونالیت شناوری را طراحی و با نام خارپشت در نزدیکی کشتی‌ها و شناورهای ایرانی به آب انداختند. در اولین آزمایش، امواج فریب می‌خورند و موشک به یکی از همین خارپشت‌های شناور اصابت می‌کند. مهندسان جهاد با تکمیل طرح برای منحرف کردن رادارِ این موشک‌ها صفحه‌های عمود بر هم فلزی نیز طراحی کردند که امواج فرستاده شده ازطرف موشک را به سمت خود موشک بازتاب می‌داد و موشک را در انتخاب هدف به اشتباه می‌انداخت و به‌جای کشتی‌ها به این صفحات اصابت می‌کرد. این طرح در گستره وسیعی به‌کارگرفته شد و سوپراتاندارد فرانسوی در مواجه با نبوغ و ابتکار ایرانی در عرصه جنگ دریایی اعتبار خود را ازدست داد و ناکام شد.

برگرفته و تلخیص شده از اسناد اداره کل
امور ایثارگران وزارت جهاد کشاورزی

۱۴ـ۶ اجرای پروژه کاربُردی

مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)

در قرن حاضر ساختمان‌ها با فناورهای روز همگام شده و از آنها در راستای بهره‌وری مناسب و مهیا ساختن محیطی امن و راحت استفاده می‌کنند. در یک ساختمان هوشمند از ابداعات و فناورهای جدید براساس مدیریتی هوشمند استفاده می‌شود که در راستای افزایش کارایی و آسایش و رفاه ساکنین به‌اجرا درمی‌آید. در ساختمان هوشمند منابع نور مانند روشنایی سقفی، دیواری، رومیزی، رنگی و تزیینی، فلورسنت و لامپ‌های LED به‌صورت مجزا یا گروهی قابل کنترل هستند. بنابراین با این روش می‌توان بدون نیاز به سرکشی به تمامی چراغ‌ها، از وضعیت هریک از آنها مطلع شد و آنها را با توجه به نیاز «روشن ـ خاموش» کرد. بنابر تعریف: «ساختمان هوشمند ساختمانی است که در آن از آخرین فناوری‌ها در راستای بیشترین کارایی و رفاه استفاده شده است».

فیلم

فیلم ساختمان هوشمند را مشاهده کنید.

جست و جو

جست‌وجو در اینترنت: در مورد ساختمان‌های هوشمند و فناوری مورد استفاده در آنها تحقیق کنید. و نتیجه را در قالب یک گزارش‌کار ارائه دهید.

توضیح عملکرد پروژه

یکی از سامانه‌های مورد استفاده در ساختمان هوشمند «شبیه‌ساز حضور در منزل» است، که در این قسمت به‌طور اجمالی به آن پرداخته می‌شود. این مدار از طریق خط تلفن قابلیت کنترل چراغ‌ها و لامپ‌های منزل را دارد و برای روشن/ خاموش کردن آنها استفاده می‌شود. در این مدار با شماره‌گیری و تماس تلفنی، بعد از چندبار زنگ خوردن، دستگاه فعال می‌شود و خط تلفن در حالت مکالمه قرار می‌گیرد و دستگاه منتظر دریافت کد دستور می‌شود. بعد از ارسال کد توسط کاربر با توجه به دستور اقدام می‌کند و فرایند اجرا به پایان می‌رسد. لازم به‌ذکر است که این دستگاه، علاوه بر کنترل روشنایی می‌تواند کاربردهای دیگری مانند کنترل وسایل الکتریکی در منزل را نیز داشته باشد.

توجه: استفاده از وسایل رفاهی و امنیتی مانند سامانه کنترل روشنایی، کنترل دما، دوربین مداربسته، آنتن مرکزی و روشنایی اضطراری از مواردی است که در هوشمندسازی ساختمان نقشی اساسی دارد. این تنوع سبب می‌شود که هوشمندسازی ساختمان‌ها از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار باشد. در دروس نصب و راه‌اندازی سامانه‌های الکتریکی خانگی، اداری، تجاری و صنعتی که در پایه دوازدهم ارائه می‌شود، به‌طور مفصل درباره ساختمان‌های هوشمند بحث خواهیم کرد. این بخش از کتاب صرفاً جهت آشنایی و ورود به این زمینه است.

نکته مهم

پروژه انتخاب‌شده برای سامانه‌های مخابراتی در این بخش تا حدودی پیچیده است. اما ازآنجا که انتخاب پروژه‌ها به‌صورت نیمه‌تجویزی می‌باشد، مربی محترم می‌تواند با توجه به نیاز با انتخاب پروژه‌های دیگری مانند سامانه‌های فرستنده ـ گیرنده‌های نوری موضوع ساده‌تری را انتخاب کند. همچنین می‌توانید برای گروه‌های مختلف در کلاس چند پروژه را انتخاب و اجرا نمایید. این موضوع به‌طور کامل در اختیار هنرآموز محترم قرار دارد. یادآور می‌شود که پروژه‌ها باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که اهداف آموزشی مبتنی بر شایستگی را پوشش دهد.

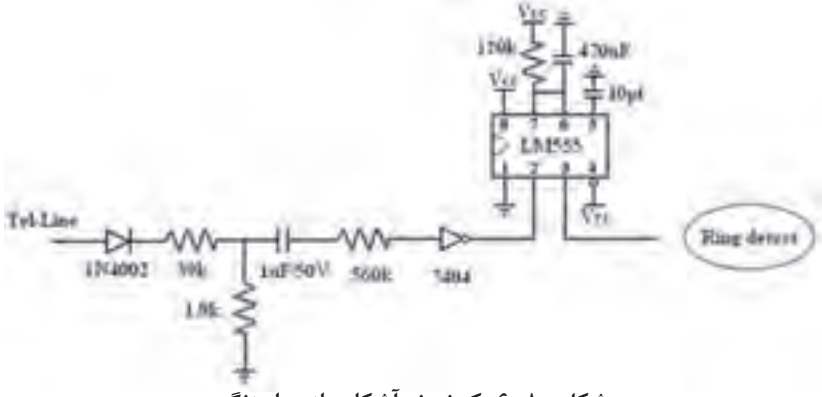
بلوک دیاگرام مدار

بلوک دیاگرام کلی مدار «شبیه‌ساز حضور در منزل» در شکل ۶ـ۷۹ نشان داده شده است که دارای چهار قسمت اصلی است.

شکل ۶ـ۷۹ بلوک دیاگرام مدار

بلوک تشخیص و آشکارسازی زنگ

وضعیت Ring یا حالت زنگ، یک ولتاژ AC سینوسی سوار بر ولتاژ DC (On Hook) است. ولتاژ زنگ یک موج سینوسی با دامنه ۸۰ تا ۱۳۰ ولت و فرکانس ۲۵ هرتز می‌باشد که برای آشکارسازی آن روش‌های متفاوتی وجود دارد. در شکل ۶ـ۸۰ یک نمونه مدار آشکارساز زنگ نمایش داده شده است. در این مدار از آی‌سی LM۵۵۵ به‌عنوان تایمر استفاده کرده‌ایم که مدت زمان مشخصی را در اختیار تلفن می‌گذارد و پس از خوردن چند زنگ درصورتی که گوشی برداشته نشود دستگاه به‌طور خودکار وارد عمل شود.



شکل ۶ـ۸۰ یک نمونه آشکارساز مدار زنگ

کار عملی ۱۲

اجرای پروژه کاربردی مخابراتی

هدف: فرمان به یک دستگاه از طریق خط تلفن

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه ـ نرم افزار تهیه طرح مدار چاپی ـ اسیلوسکوپ یک دستگاه ـ منبع تغذیه یک دستگاه ـ بِرد بُرد یک قطعه ـ مولتی‌متر یک دستگاه ـ وسایل لحیم‌کاری ـ وسایل تهیه طرح مدارچاپی ـ وسایل سوراخ‌کاری برد مدارچاپی ـ قطعات پروژه مطابق جدول ۱۰ـ۶

مراحل اجرای کار

۱ـ در آزمایشگاه مدار بلوک تشخیص و آشکارسازی زنگ مدار شکل ۸۰ـ۶ را روی بِرد بُرد ببندید و برای مشاهده عملکرد خروجی از یک LED استفاده کنید. خروجی مدار را هم‌زمان به اسیلوسکوپ وصل کنید و با شماره‌گیری خط تلفن، تغییرات شکل موج خروجی را مشاهده و بررسی نمایید.

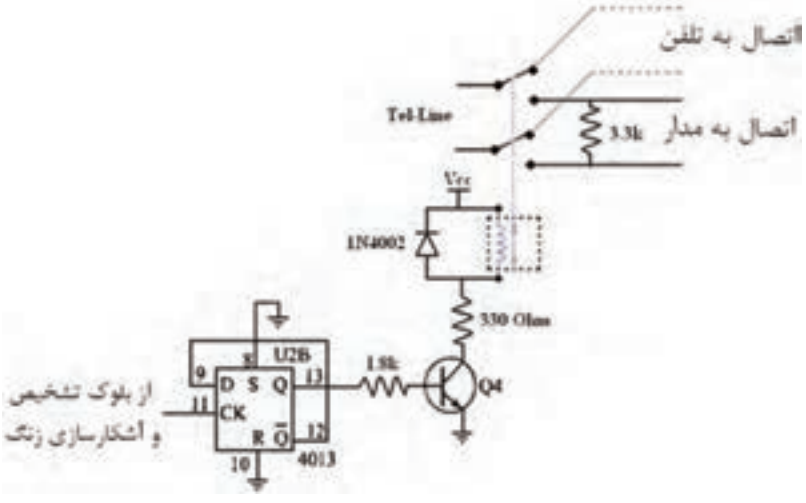
نکته

فهرست کلی قطعات در انتهای همین واحدیادگیری آمده است.

بلوک ارتباطی بین خط، تلفن و دستگاه

در حالت عادی خط به تلفن وصل است. بعد از فعال شدن مدار زنگ و تعدادی زنگ خوردن، این بلوک خط را از تلفن جدا کرده و به دستگاه وصل می‌کند. در این حالت شرایطی مشابه هنگام استفاده از تلفن با Off Hook (زمانی که گوشی از روی تلفن برداشته می‌شود) به‌وجود می‌آید. در این شرایط ولتاژ DC خط به حدود ۱۲ ولت افت می‌کند. برای استفاده از این تغییر حالت از رله استفاده می‌شود.

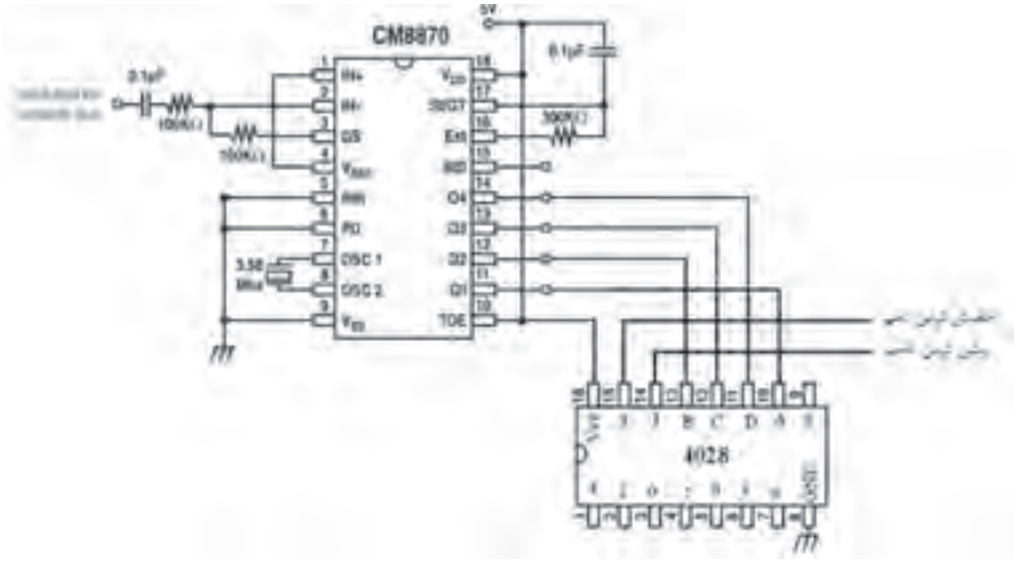
۲ـ در آزمایشگاه مدار بلوک ارتباطی بین خط، تلفن و دستگاه شکل ۸۱ـ۶ را به مدار مرحله ۱ اضافه کنید و برای تشخیص صحت عملکرد از یک گوشی تلفن متصل به سمت دیگر رله استفاده کنید. با شماره‌گیری خط حالت زنگ خوردن گوشی تلفن را بررسی نمایید.



شکل ۸۱ـ۶ مدار ارتباط بین خط تلفن و دستگاه

بلوک دریافت شماره کد فرمان

بلوک دریافت شماره کد فرمان امکان کنترل متنوعی را برای دستگاه‌ها را فراهم می کند. این بلوک متناسب با نوع سیستم شماره‌گیری مورد استفاده (پالس یا تن) تقسیم‌بندی می‌شود. مدار شکل ۸۲ـ۶ به‌عنوان تبدیل‌کننده شماره‌گیری‌های تن به عدد دیجیتالی یا باینری (Binary) استفاده می‌شود. عدد باینری توسط آی سی ۴۰۲۸ با فعال شدن یکی از پایه‌ها رمزگشایی می‌شود.



شکل ۸۲ـ۶ مدار دریافت شماره کد فرمان

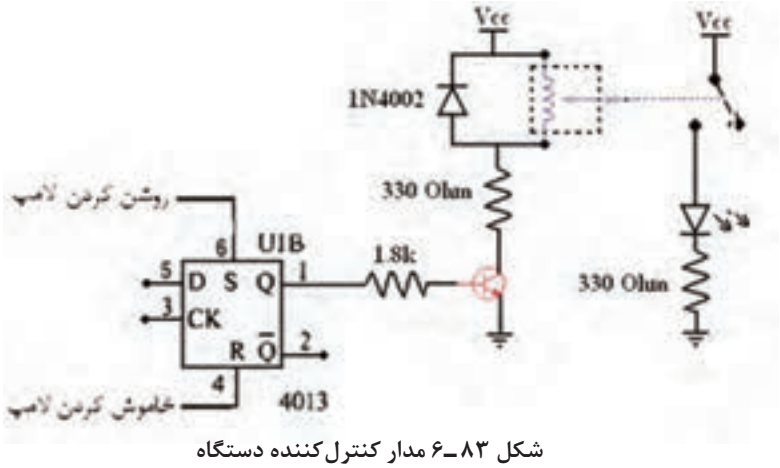
پرسش: رمزگشا یا دیکدرها چه عملکردی دارند؟ با توجه به آموخته‌های خود شرح دهید.

تحقیق

با مراجعه به کتاب مشخصات آی‌سی‌ها، چگونگی عملکرد آی‌سی ۴۰۲۸ را بررسی کنید.

۳ـ برای تشخیص صحت عملکرد مدار، بلوک دریافت شماره کد فرمان را در آزمایشگاه ببندید و با شماره‌گیری کلیدهای تلفن، خروجی پایه متناسب با آن را با ولت‌متر اندازه‌گیری کنید.

بلوک کنترل کننده دستگاه



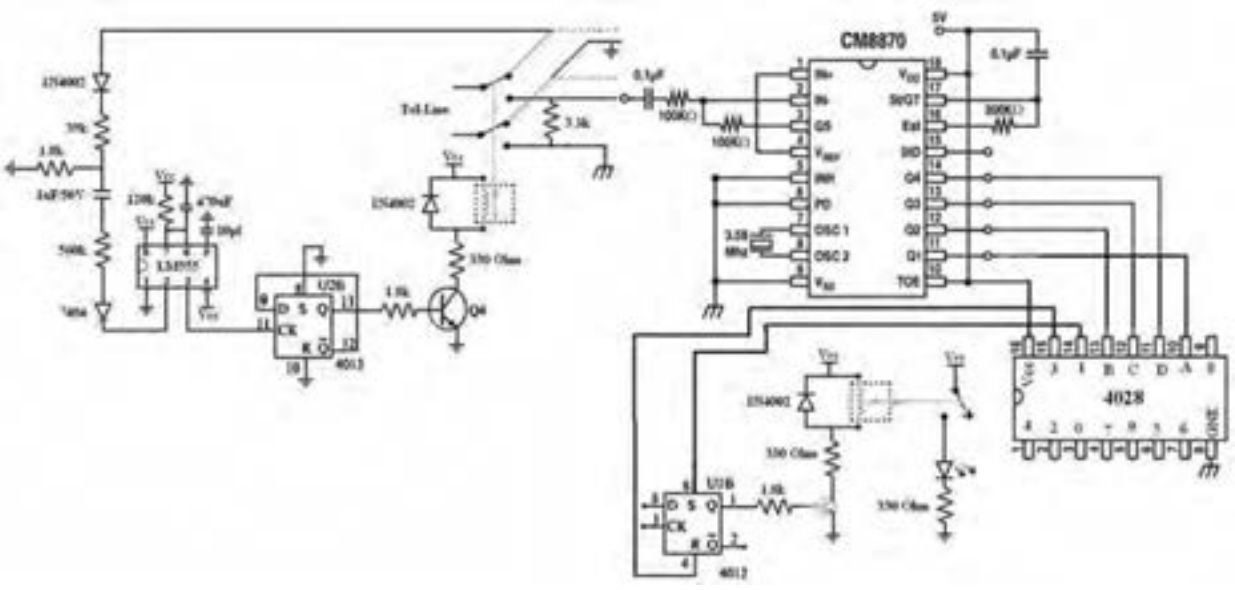
شکل ۸۳ـ۶ مدار کنترل‌کننده دستگاه

در بلوک کنترل‌کننده دستگاه، از یک ترانزیستور BC۱۰۷ به‌عنوان سوئیچ الکترونیکی استفاده شده است. این بلوک دستور لازم جهت فعال شدن را از فلیپ فلاپ دوم آی سی ۴۰۱۳ دریافت می‌کند. این سوئیچ می‌تواند رله‌ای را که با ولتاژ ۲۲۰ کار می‌کند فعال کرده و دستگاه دیگری را راه‌اندازی کند. طبق شکل ۸۳ـ۶ جهت رعایت نکات ایمنی در آزمایشگاه، هنگام تست مدار، به‌جای دستگاه ۲۲۰ ولت از یک عدد LED استفاده کنید.

۴ـ بلوک کنترل‌کننده دستگاه را به‌طور کامل در آزمایشگاه ببندید و با شماره‌گیری تلفن، خروجی پایه متناسب با آن را با ولت‌متر اندازه‌گیری کنید.

نقشه‌فنی کلی مدار

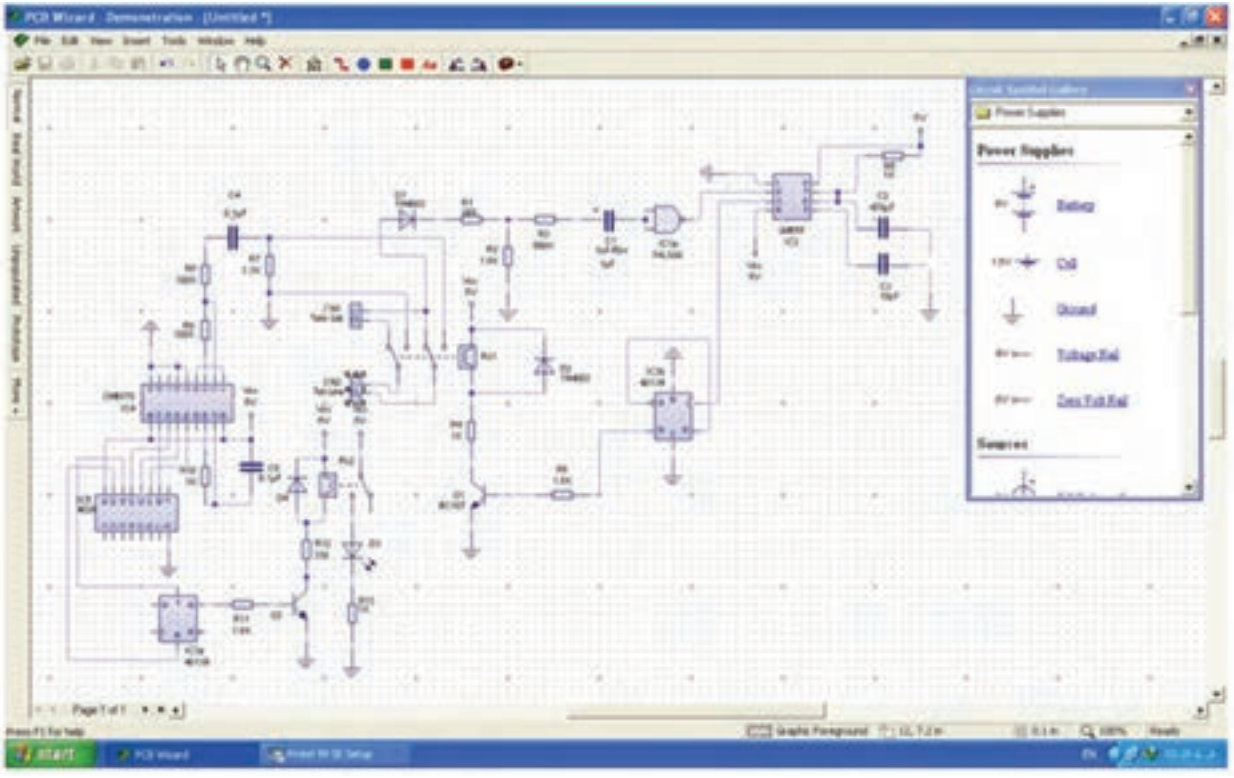
در شکل ۸۴ـ۶ نقشه فنی کلی مدار رسم‌شده‌است.



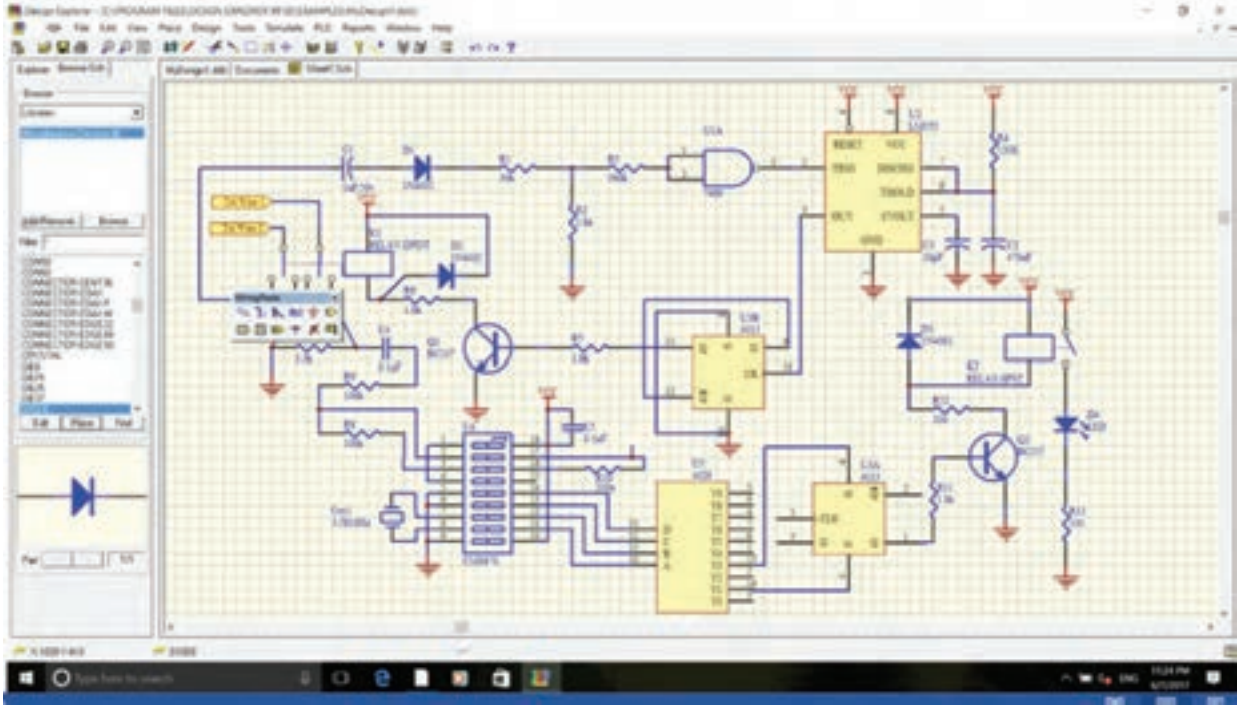
شکل ۸۴ـ۶ نقشه کلی مدار

۵ ـ مدارهای بخش‌های مختلف را با استفاده از یکی از نرم‌افزارهای طراحی مدار چاپی کنار هم رسم کنید. توجه داشته باشید که از نام‌گذاری‌ها و علائم مناسب الکترونیکی استفاده نمایید.

در شکل‌های ۸۵ـ۶ و ۸۶ـ۶ این مدار با استفاده از نرم افزار PCB Wizard و Protel ۹۹ SE به‌طور کامل رسم شده است. شما می‌توانید از نرم‌افزار آلتیوم دیزاینر نیز استفاده کنید.



شکل ۸۵ـ۶ مدار داخلی با نرم افزار PCB Wizard



شکل ۸۶ـ۶ مدار داخلی با نرم افزار Protel ۹۹ SE

۶ـ مدار چاپی شکل ۸۶ـ۶ را با نرم افزار طراحی مدار چاپی انجام دهید. به‌دلیل متنوع بودن مدارهای چاپی طراحی شده با استفاده از نرم افزار، نتایج نهایی را با مربی کارگاه بررسی کنید، سپس اقدام به تهیه و ساخت آن نمایید.

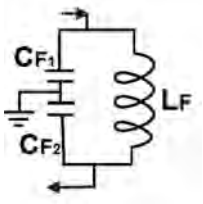
● **فهرست قطعات مورد نیاز**

کلیه قطعات مورد نیاز برای این پروژه در جدول ۱۰ـ۶ آمده است.

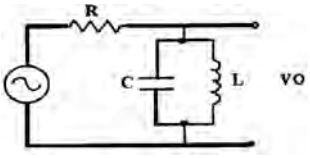
جدول ۱۰ـ۶ فهرست قطعات پروژه

نوع	شماره	مقدار	شماره	مقدار
مقاومت	R_1	۳۹k	R_8	۱۰۰k
	R_2	۱/۸k	R_9	۱۰۰k
	R_3	۵۶۰k	R_{10}	۳۰۰k
	R_4	۱۲۰k	R_{11}	۱/۸k
	R_5	۱/۸k	R_{12}	۳۳۰
	R_6	۱/۸k	R_{13}	۳۳۰
	R_7	۳/۳k		
خازن	C_1	۱uF/۵۰v	C_4	۰/۱uF
	C_2	۴۷۰uF	C_5	۰/۱uF
	C_3	۱۰pF		
دیود	D_1	۱N۴۰۰۲	D_3	۱N۴۰
	D_2	۱N۴۰۰۲	D_4	LED
ترانزیستور	Q_1	BC۱۰۷	Q_2	BC۱۰۷
آی سی	U_1	۷۴۰۰	U_4	CM۸۸۷۰
	U_2	LM۵۵۵	U_5	۴۰۲۸
	U_3	۴۰۱۳		
رله	K_1	DPDT	K_2	SPST

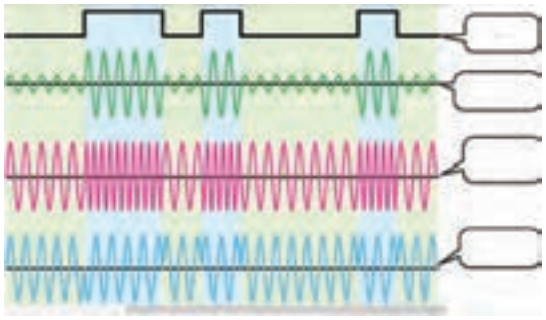
الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری(۶)



شکل ۶ـ۸۷



شکل ۶ـ۸۸



شکل ۶ـ۸۹

۱ـ اجزای سامانه‌های مخابراتی را نام ببرید و نام هر بخش را به انگلیسی بنویسید.

۲ـ محدوده فرکانسی ..... تا ..... کیلوهرتز LF نام دارد.

۳ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر را رسم کنید و روی منحنی فرکانس قطع را مشخص کنید.

۴ـ در فیلتر حذف باند، در فرکانس تشدید(رزونانس) دامنهٔ ولتاژ خروجی کمترین مقدار خود را دارد.
صحیح ☐ غلط ☐

۵ـ در فیلتر عبور باند با ..... مقدار Q پهنای باند فیلتر کمتر می‌شود.

۶ـ نیازهای اولیه برای نوسان‌سازی را نام فقط ببرید.

۷ـ مدار تعیین فرکانس شکل ۶ـ۸۷ مربوط به کدام نوع نوسان‌ساز است ؟

۱) پل وین ۲) کول‌پیتس ۳) هارتلی ۴) آرمسترانگ

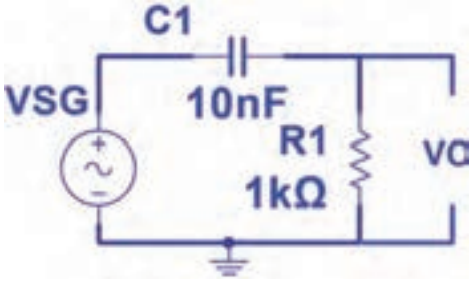
۸ـ نام فیلتر شکل ۶ـ۸۸ را بنویسید و منحنی پاسخ‌فرکانسی آن‌را رسم‌کنید.

۹ـ VCO اول چه کلمات انگلیسی است؟ کلمات انگلیسی را بنویسید و به فارسی معنی کنید. با مراجعه به اسناد مختلف، شماره فنی یک نمونه آی‌سی VCO را بنویسید.

۱۰ـ نام هر سیگنال در شکل ۶ـ۸۹ را در محل تعیین شده بنویسید.

۱۱ـ BMS اول کلمات انگلیسی Building Management System و به معنی ..... است.

الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری(۶)



شکل ۶ـ۹۰

۱ـ نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲ـ مدار شکل ۶ـ۹۰ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳ـ سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنهٔ ۸ ولت پیک ($8V_{PK}$) تنظیم کنید.

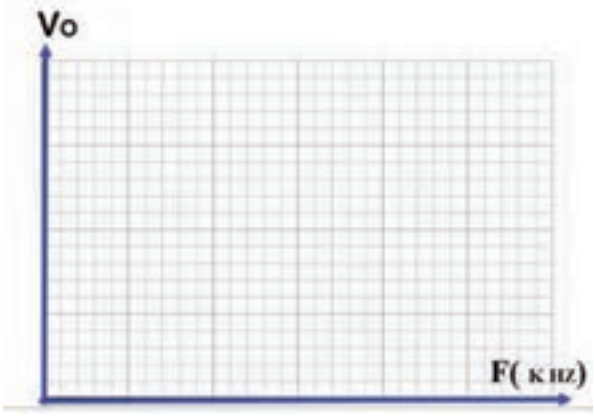
۴ـ فرکانس قطع فیلتر را با فرمول محاسبه و یادداشت نمایید.

۵ـ فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۱۱ـ۶ تغییر دهید و دامنهٔ موج خروجی را به کمک

اسیلوسکوپ نرم‌افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۱۱ـ۶

ردیف	فرکانس KHZ	ولت V_{opp}
۱	۱	
۲	۵	
۳	۱۰	
۴	f_c	
۵	۲۵	
۶	۵۰	



شکل ۹۱ـ۶

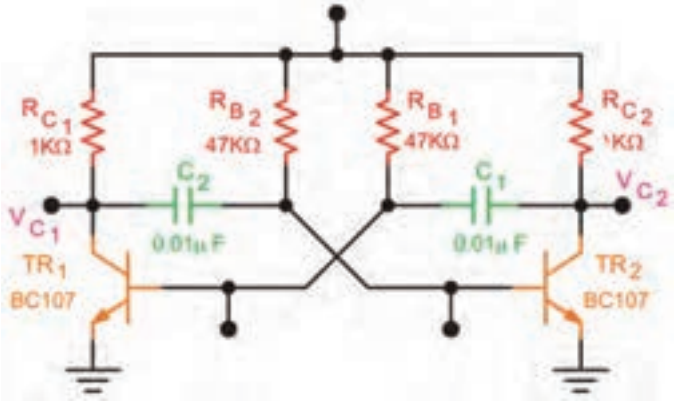
۶ـ در فرکانس قطع دامنهٔ موج خروجی فیلتر چند درصد دامنهٔ موج ورودی است؟ .....

۷ـ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۹۱ـ۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس قطع را مشخص کنید.

الگوی آزمون عملی با قطعات واقعی پایان واحد یادگیری(۶)

الف) کار آزمایشگاهی

۱ـ مدار شکل ۹۲ـ۶ را روی بِردبُرد ببندید.

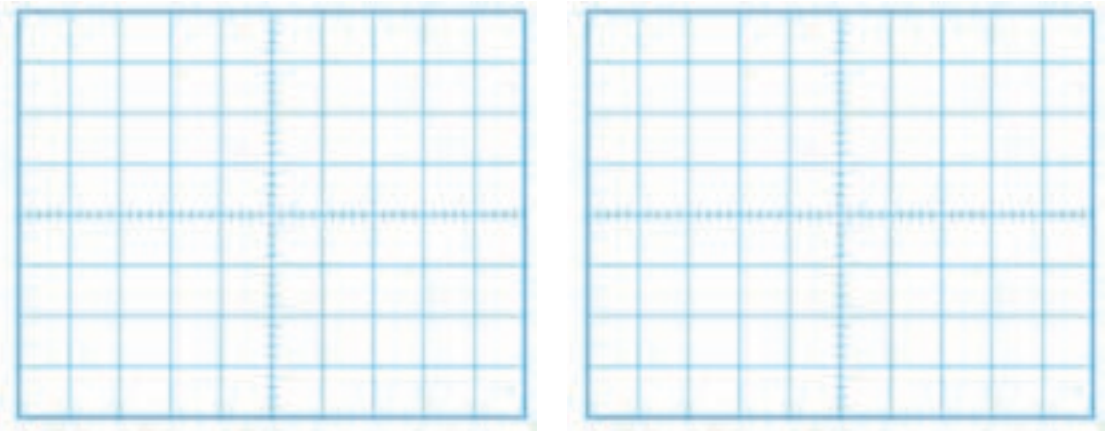


شکل ۹۲ـ۶

۲ـ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم‌کنید و به مدار وصل نمایید.

۳ـ مدار را راه‌اندازی کنید.

۴ـ شکل موج کلکتور TR_2 و بیس TR_1 را در نمودارهای شکل۹۳ـ۶ رسم کنید.
۵ـ زمان تناوب موج‌ها را اندازه بگیرید و فرکانس موج‌ها را محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۹۳ـ۶

ب) ارزشیابی یک پروژه کاربردی مخابراتی اجرا شده در طول دوره

ارزشیابی شایستگی ساخت پروژه مخابراتی

شرح کار: ۱ـ تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها ۲ـ شرح انواع فیلترها و بستن مدار در نرم‌افزار و با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۳ـ شرح انواع نوسان‌سازها و بستن مدار در نرم‌افزار و با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۴ـ شرح انواع مدولاسیون و بستن مدار مدولاتور با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها ۵ـ آماده‌سازی طرح مدارچاپی پروژه ۶ـ مونتاژ قطعات روی فیبر ۷ـ آزمایش صحت عملکرد بُرد مونتاژشده

استاندارد عملکرد: راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه کاربردی مخابراتی با رعایت استانداردهای تعریف‌شده

شاخص‌ها: ۱ـ تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها (۵ دقیقه) ۲ـ تشخیص انواع فیلتر و بستن مدار آن در نرم‌افزار و یا با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها (۲۰دقیقه) ۳ـ بستن مدار نوسان‌ساز در نرم‌افزار یا با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها (۳۰دقیقه) ۴ـ شرح انواع مدولاتور و بستن یک نمونه مدار مدولاتور با قطعات واقعی و نرم‌افزاری (۳۰ دقیقه) ۵ـ آماده سازی طرح مدارچاپی پروژه (۲۰ دقیقه) ۶ـ مونتاژ قطعات روی فیبر (۳۰دقیقه) ۷ـ تست صحت عملکرد بُرد مونتاژشده(۱۵ دقیقه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک ـ نور مناسب برای کارهای ظریف ـ ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره ـ دمای طبیعی (۱۸°c ـ ۲۷°c) و مجهز به وسایل اطفاء حریق ـ میزکار استاندارد با ابعاد H۸۰ cm * D۸۰ * L۱۸۰ ـ مجهز به فیوز حفاظت جان ـ فرد با لباس کار ـ انجام کار در حال نشسته یا ایستاده ـ رایانه ـ پرینتر ـ نرم‌افزارهای مناسب ـ اسیلوسکوپ ـ منبع تغذیه ـ ابزار عمومی کارگاه الکترونیک ـ لوازم‌التحریر ـ وسایل تهیه مدارچاپی ـ وسایل اسیدکاری ـ وسایل سوراخ‌کاری فیبرـ وسایل مونتاژ ـ قطعات پروژه

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها	۱	
۲	تشخیص انواع فیلتر و بستن مدار آن در نرم‌افزار و با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌های آن	۲	
۳	بستن مدار نوسان‌ساز در نرم‌افزار یا با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها	۲	
۴	شرح انواع مدولاسیون و بستن مدار مدولاتور با قطعات واقعی و اندازه‌گیری کمیت‌ها	۲	
۵	اجرای کامل پروژه کاربردی مخابراتی	۲	
۶	آزمایش صحت عملکرد بُرد مونتاژشده	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ محافظت از دستگاه‌ها ۲ـ دقت و مسئولیت‌پذیری۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای ۵ـ رعایت نکات زیست‌محیطی۶ـ به‌کارگیری فناوری نوین		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.