

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آزمایشگاه مجازی (۲) Virtual Lab

جلد دوم

برای دروس نظری و عملی سال سوم رشته الکترونیک

هنرستان‌های فنی و حرفه‌ای

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

عنوان و نام پدیدآور: آزمایشگاه مجازی {کتاب‌های درسی}: کاربرد نرم‌افزارهای ادیسون Edison، مولتی سیم Virtual LabMultisim
برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش، مؤلفان: مهین ظریفیان جولایی... {و دیگران}:
وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
مشخصات نشر: تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری: ج ۲، ۲۹×۲۲ س م.
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۱۵۵-۷
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: ج ۱ برای دروس نظری و عملی سال دوم رشته الکترونیک هنرستان فنی و حرفه‌ای زمینه صنعت، ج ۲ رشته الکترونیک، زمینه صنعت شاخه فنی و حرفه‌ای موضوع: مدارهای الکترونیکی - شبیه‌سازی کامپیوتری - نرم‌افزار
موضوع: مدارهای برقی - شبیه‌سازی کامپیوتری - نرم‌افزار
شناسه افزوده: ظریفیان جولایی، مهین ۱۳۴۰ -
شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۳ TK ۴۵۴/۴۳
رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۳۸۱۵
شماره کتابشناسی ملی: ۲۲۶۹۷۵۵

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

همکاران محترم ودانش آموزان عزیز:

پیشنهادهات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایید.

tvoccd@roshd.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

کتاب آزمایشگاه مجازی جلد دوم بر اساس جدول هدف - محتوا و روش‌های اجرای برنامه سالی واحدی برای دروس نظری و عملی سال سوم تهیه و در کمیسیون تخصصی رشته الکترونیک دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش به تصویب رسیده است.

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

عنوان و شماره کتاب: آزمایشگاه مجازی جلد دوم - ۴۶۶/۶

مؤلفان: مهین ظریفیان جولایی، سید محمود صموتی، محمود شبانی و سید علی صموتی

اعضای کمیسیون تخصصی: شهرام نصیری سواد کوهی، رسول ملک محمد، فرشته داوودی لعل آبادی و سهیلا ذوالفقاری

ویراستار فنی: سید محمود صموتی

رسامی و تصویرسازی رایانه‌ای: مؤلفان

صفحه‌آرا: نسرین اصغری

طراح جلد: مهدی ترابی

ویرایش و اصلاحات: چاپ پنجم ۱۳۹۴

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران

تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵

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

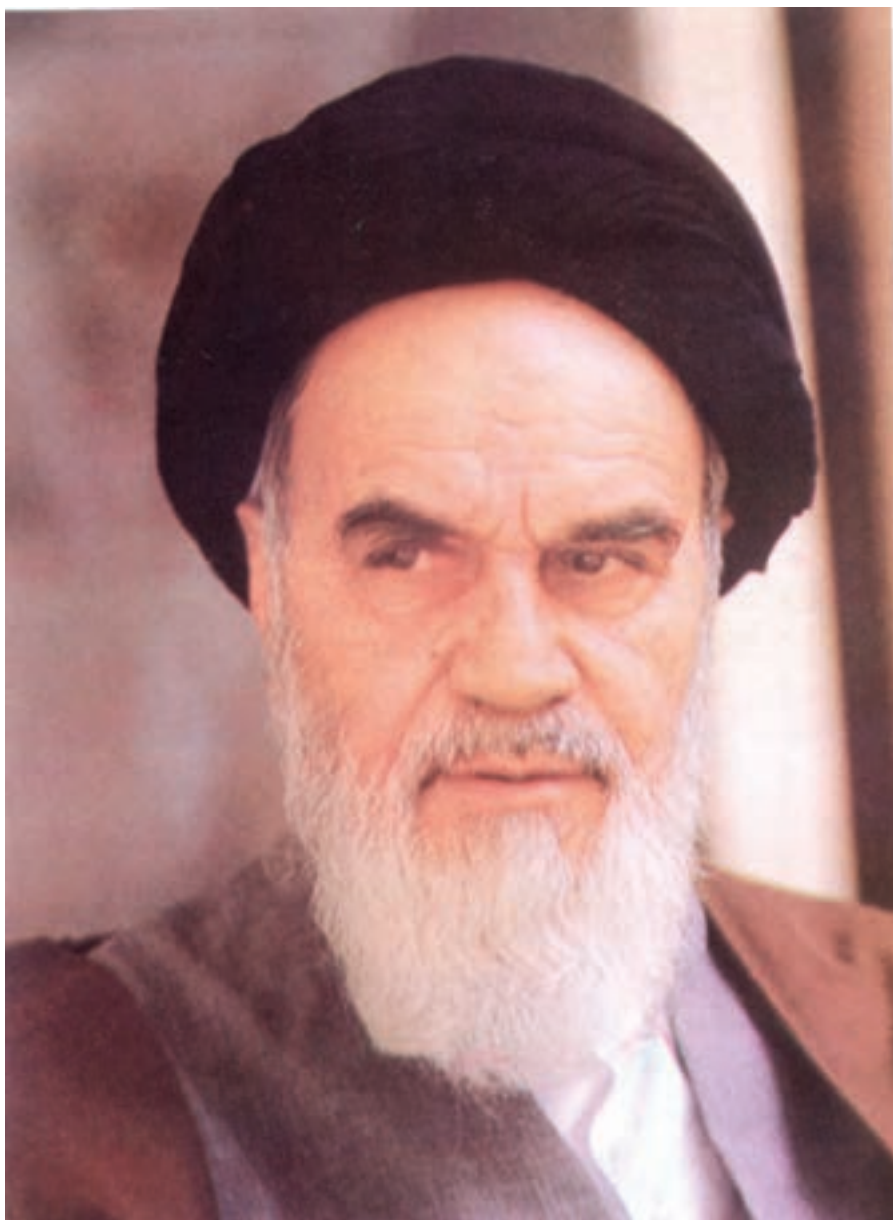
تهران - ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹ - ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت: www.chap.roshd.ir

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

حق چاپ محفوظ است



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی « قدس سره الشریف »

فهرست

۳۵	۲-۹ ساده سازی توابع با استفاده از جبر بول و قوانین دموورگان و جدول کارنو
۳۷	۲-۱۰ استفاده از دستگاه Logic Converter برای به دست آوردن تابع با استفاده از مدار
۳۸	۲-۱۱ افزایش تعداد ورودی‌های دروازه‌های منطقی AND
۳۹	۲-۱۲ افزایش تعداد ورودی‌های گیت OR
۴۰	۲-۱۳ افزایش تعداد ورودی‌های گیت NAND
۴۱	۲-۱۴ افزایش تعداد ورودی‌های گیت NOR
۴۲	۲-۱۵ ساخت دروازه‌های NOT، AND، OR، NOR و XOR با استفاده از گیت NAND
۴۳	۲-۱۶ ساخت انواع دروازه‌های منطقی با استفاده از گیت NOR
۴۵	۲-۱۷ مدارهای ترکیبی

فصل دوم: جبر بول

۴۶	۳-۱ طراحی مدارهای ترکیبی
۴۹	۳-۲ مدارهای جمع کننده
۵۰	۳-۳ مدار تفریق کننده
۵۱	۳-۴ جمع کننده‌ی چهار بیتی
۵۳	۳-۵ مدار جمع کننده و تفریق کننده‌ی چهار بیتی
۵۴	۳-۶ مقایسه کننده‌ی تک بیتی
۵۵	۳-۷ مبدل کدهای BCD به (7-Segment)
۵۷	۳-۸ مدارهای رمزگشا
۶۱	۳-۹ رمزگذار Encoder
۶۳	۳-۱۰ مالتی پلکسر

مدارهای ترکیبی فصل سوم:

۶۶	۴-۱ مولتی ویراتور بی استابل
۶۷	۴-۲ فلیپ فلاپ SR با دروازه‌های NOR
۶۸	۴-۳ فلیپ فلاپ SR با دروازه‌های NAND
۶۹	۴-۴ فلیپ فلاپ SR ساعتی
۷۰	۴-۵ فلیپ فلاپ SR با نماد بلوکی یا آی سی
۷۰	۴-۶ فلیپ فلاپ JK
۷۲	۴-۷ استفاده از Preset و Clear
۷۲	۴-۸ فلیپ فلاپ D
۷۳	۴-۹ فلیپ فلاپ T
۷۴	۴-۱۰ کاربرد T-FF

فصل چهارم: مدارهای ترتیبی

I	سخنی با همکاران
II	سخنی با هنرجویان
III	نکات اجرایی کتاب
IV	مقدمه

بخش اول: نرم افزار

۱	۱-۱ نصب نرم افزار مولتی سیم
۵	۱-۲ راه اندازی و کار با مولتی سیم
۶	۱-۳ معرفی نسخه‌ی نرم افزار مولتی سیم
۶	۱-۴ معرفی سایت PhET

فصل اول: نصب مولتی سیم ۱۰

بخش دوم: مبانی دیجیتال

۹	۱-۱ دروازه‌ی منطقی OR
۱۵	۱-۲ دروازه‌ی منطقی AND
۱۷	۱-۳ دروازه‌ی منطقی NOT
۱۷	۱-۴ دروازه‌های منطقی ترکیبی
۲۰	۱-۵ گیت منطقی XOR و XNOR

فصل اول: ساختمان دروازه‌های منطقی پایه

۲۳	۲-۱ اثر عضو خنثی در گیت OR
۲۶	۲-۲ اثر عضو خنثی در گیت AND
۲۷	۲-۳ جمع و ضرب منطقی یک تابع با خودش
۲۸	۲-۴ جمع و ضرب یک عبارت منطقی با معکوس خودش
۲۹	۲-۵ توزیع پذیری AND در OR
۳۰	۲-۶ جمع منطقی یک عبارت یک جمله‌ای با یک عبارت چند جمله‌ای
۳۲	۲-۷ بررسی قوانین دموورگان
۳۳	۲-۸ اجرای مثال در فضای مجازی

فصل دوم: جبر بول

فصل پنجم: شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها

- ۵-۱ شیفت رجیسترها ۷۷
- ۵-۲ شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی" ۷۹
- ۵-۳ شیفت رجیستر "ورودی موازی - خروجی سری" ۸۱
- ۵-۴ شیفت رجیستر "ورودی موازی - خروجی موازی" ۸۲
- ۵-۵ شیفت رجیسترها با استفاده از آی سی ۸۳
- ۵-۶ شمارنده‌ی دو بیتی ۸۵
- ۵-۷ شمارنده‌ی صعودی و نزولی ۸۶
- ۵-۸ شمارنده‌ی آسنکرون ده‌دهی ۸۸
- ۵-۹ شمارنده‌ی حلقوی و جانسون ۸۹
- ۵-۱۰ شمارنده‌ها با استفاده از آی سی ۹۰

فصل ششم: مدارهای منطقی پیشرفته

- ۶-۱ آی سی شمارنده‌ی برنامه پذیر ۷۴۱۹۳ ۹۲
- ۶-۲ مبدل دیجیتال به آنالوگ ۹۴
- ۶-۳ مبدل سیگنال آنالوگ به دیجیتال ۹۵

بخش سوم: مدارهای الکتریکی

فصل اول: مدارهای الکتریکی جریان مستقیم

- ۱-۱ تحلیل عملی مدارهای چند حلقه‌ای با روش جریان حلقه ۹۹
- ۱-۲ تحلیل مدارهای چند حلقه‌ای با روش پتانسیل گره ۱۰۲
- ۱-۳ تحلیل عملی مدارهای چند حلقه‌ای به کمک جمع آثار ۱۰۴
- ۱-۴ تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یک‌دیگر ۱۰۵
- ۱-۵ اجرای عملی مدار معادل تونن با استفاده از نرم افزار مولتی سیم ۱۰۷
- ۱-۶ انتقال ماکزیمم توان به بار ۱۰۹

فصل دوم: مدارهای RL سری و موازی

- ۲-۱ مدار RL سری ۱۱۲
- ۲-۲ مدار RL موازی ۱۱۶

فصل سوم: مدارهای RC سری و موازی

- ۳-۱ مدار RC سری ۱۱۹
- ۳-۲ مدار RC موازی ۱۲۲

فصل چهارم: مدارهای LC

- ۴-۱ مدار LC سری ۱۲۶
- ۴-۲ بررسی مدار LC موازی ۱۳۰

فصل پنجم: مدارهای RLC

- ۵-۱ بررسی مدار RLC سری ۱۳۳
- ۵-۲ مدار RLC موازی ۱۳۷

فصل ششم: مدارهای سه فاز

- ۶-۱ شکل موج جریان سه فاز ۱۴۲
- ۶-۲ اندازه گیری ولتاژها و جریان‌ها در اتصال ستاره ۱۴۵
- ۶-۳ اندازه گیری ولتاژها و جریان‌ها در اتصال مثلث ۱۴۷
- ۶-۴ اندازه گیری توان در اتصال ستاره ۱۴۷
- ۶-۵ اندازه گیری توان در اتصال مثلث ۱۴۸

بخش چهارم: الکترونیک عمومی ۲

فصل اول: یادآوری و آشنایی با تقویت کننده‌های ترانزیستوری

- ۱-۱ منحنی مشخصه‌ی ولت-آمپر دیود ۱۵۰
- ۱-۲ منحنی مشخصه‌ی ترانزیستور ۱۵۲
- ۱-۳ مدارهای بایاس ترانزیستور ۱۵۳
- ۱-۴ کلیدزنی (سوئیچینگ ترانزیستور) ۱۵۵

فصل دوم:

- ۱-۲ بایاسینگ مستقیم (ثابت) ۱۵۷
- ۲-۲ مدار تقویت کننده ۱۶۱
- ۳-۲ مدار تقویت کننده‌ی آمیتر مشترک ۱۶۲
- ۴-۲ تقویت کننده‌ی بیس مشترک ۱۶۴
- ۵-۲ تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک ۱۶۵

فصل سوم:

- ۱-۳ منحنی مشخصه‌های ترانزیستور JFET ۱۶۷
- ۲-۳ بایاسینگ ترانزیستور JFET ۱۶۹
- ۳-۳ تقویت کننده با ترانزیستور JFET ۱۷۱

فصل چهارم:

- ۱-۴ تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی ۱۷۶
- ۲-۴ تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری ۱۸۱
- ۳-۴ تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم ۱۸۳
- ۴-۴ تقویت کننده‌ی زوج دارلینگتون ۱۸۴
- ۵-۴ تقویت کننده‌ی آبخاری ۱۸۶

فصل پنجم:

- ۱-۵ تقویت کننده‌ی قدرت کلاس A ۱۸۹
- ۲-۵ مدار تقویت کننده‌ی کلاس B ۱۹۱
- ۳-۵ مدار تقویت کننده‌ی کلاس AB ۱۹۲
- ۴-۵ مدار تقویت کننده‌ی کلاس C ۱۹۳

فصل ششم:

- ۱-۶ تقویت کننده‌ی تفاضلی ۱۹۴
- ۲-۶ مدار جداکننده‌ی فاز ۱۹۷
- ۳-۶ تقویت کننده‌ی عملیاتی ۱۹۹
- ۴-۶ مدار جمع کننده ۲۰۲
- ۵-۶ مدار مقایسه کننده ۲۰۳
- ۶-۶ مدار انتگرال گیر یا تغییر دهنده‌ی شکل موج ۲۰۴

فصل هفتم:

- ۱-۷ مدار رگولاتور زنری ۲۰۶
- ۲-۷ مدار رگولاتور ترانزیستوری ۲۰۷
- ۳-۷ مدار رگولاتور ولتاژ با فیدبک OP-AMP ۲۰۹
- ۴-۷ مدار رگولاتور ولتاژ با استفاده از آیسی رگولاتور ۲۱۰
- ۵-۷ مبدل DC به DC ۲۱۲

فصل هشتم:

- ۱-۸ منحنی مشخصه‌ی SCR ۲۱۴
- ۲-۸ چگونگی روشن و خاموش کردن SCR ۲۱۶
- ۳-۸ منحنی مشخصه‌ی دیاک ۲۲۰
- ۴-۸ ترایاک و کاربردهای آن ۲۲۰
- ۵-۸ ترانزیستور تک پیوندی PUT و UJT ۲۲۲

بخش پنجم: مبانی مخابرات و رادیو

فصل اول:

- ۱-۱ آشنایی با دستگاه طیف‌نما ۲۲۴
- ۲-۱ شناسایی دکمه‌ها و چگونگی کار با دستگاه طیف‌نما ۲۲۴
- ۳-۱ مشاهده‌ی هارمونیک‌های موج مربعی ۲۲۹

فصل دوم:

- ۱-۲ مدولاسیون AM ۲۳۵
- ۲-۲ شاخص مدولاسیون ۲۳۸
- ۳-۲ مدولاسیون FM ۲۴۰

فصل سوم:

- ۱-۳ اندازه‌گیری راکتانس سلفی و خازنی مدار ۲۴۲
- ۲-۳ فیلتر بالاگذر ۲۴۵
- ۳-۳ فیلتر پایین‌گذر ۲۴۷
- ۴-۳ فیلتر میان‌گذر ۲۴۸
- ۵-۳ فیلتر میان‌نگذر ۲۵۰
- ۶-۳ فیلتر سرامیکی ۲۵۱

فصل چهارم:
نوسان‌سازها

- ۴-۱ نوسان‌سازهای موج سینوسی ۲۵۲
- ۴-۲ نوسان‌سازهای موج مربعی ۲۵۶

فرستنده و گیرنده‌های رادیویی AM
فصل پنجم:

- ۵-۱ مدولاتور دیودی ۲۶۱
- ۵-۲ مدولاتور ترانزیستوری ۲۶۳
- ۵-۳ مخلوط‌کننده در گیرنده‌های رادیویی ۲۶۴
- ۵-۴ تقویت‌کننده‌ی میانی IF ۲۶۶
- ۵-۵ آشکارساز AM ۲۶۶

کلیدهای چندحالتی
فصل ششم:

- ۶-۱ کلیدهای چندحالتی مکانیکی ۲۶۹
- ۶-۲ کلید چندحالتی چرخشی ۲۷۱
- ۶-۳ کلید الکترونیکی ۲۷۲

مخابرات نوبین
فصل هفتم:

- ۷-۱ مدولاسیون دامنه‌ی پالس (PAM) ۲۷۵
- ۷-۲ مدولاسیون ASK ۲۷۸
- ۷-۳ مدولاسیون FSK ۲۷۹
- ۷-۴ مدولاتور PSK ۲۸۰
- ۷-۵ کنترل از راه دور توسط امواج نوری ۲۸۱
- منابع و مآخذ ۲۸۳

سخنی با همکاران محترم

تحقق اهداف آموزشی و رسیدن به نتایج مطلوب نیاز به منابع مختلف از جمله فضای آموزشی، نیروی انسانی و تجهیزات دارد. استفاده بهینه از تجهیزات و امکانات آموزشی و اجرایی یکی از مواردی است که باید به آن توجه ویژه شود. یکی از موارد بسیار مهمی که عمر تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی را تحت تاثیر قرار می دهد و تاریخ مصرف آن را محدود می سازد، تغییرات فناوری در صنعت و تغییر سریع نسل تجهیزات است. استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز در آموزش مباحث نظری و کارهای عملی می تواند در این زمینه به ما کمک کند و قسمتی از مباحث اجرایی دروس نظری و کارهای عملی و آزمایشگاهی را تحت پوشش قرار دهد.

این شبیه سازها علاوه بر این که میزان استهلاک تجهیزات را کاهش می دهند، به دلیل امکان تکرار فرآیندهای آزمایش در حد نامحدود، اجرای آموزش را آسان می کند و بر عمق آن نیز می افزاید.

کتاب آزمایشگاه مجازی جلد دوم، از سری کتاب هایی است که با توجه به محتوای آموزشی کلیه کتاب های درسی سال سوم رشته الکترونیک تهیه شده است و به عنوان یک آزمایشگاه مجازی برای دروس مبانی دیجیتال، مدارهای الکتریکی، الکترونیک عمومی ۲ و مبانی مخابرات و رادیو که در سال سوم تدریس می شود، مورد استفاده قرار می گیرد. از مزایای این کتاب می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- امکان تجزیه و تحلیل تئوری مدارهای الکتریکی و الکترونیکی با استفاده از مدارهای عملی در فضای مجازی شبیه ساز.
- امکان شبیه سازی مدارهای عملی پیچیده توسط نرم افزار و استفاده از نتایج به دست آمده در اثبات مباحث مرتبط با تئوری.

- اجرای آزمایش هایی که نیاز به تجهیزات خاص دارند و امکان تهیه آن ها وجود ندارد.

- امکان اجرای آزمایش هایی که برای هنرجویان خطر آفرین است.

- امکان ایجاد عیب در مدار در فضای نرم افزاری و مشاهده نتایج آن بدون آسیب رساندن به تجهیزات واقعی.

- کاهش هزینه های مرتبط با مواد مصرفی، قطعات و تجهیزات.

همواره این سؤال برای هنرآموزان وجود دارد که چگونه می توان با استفاده از آزمایشگاه مجازی در تجهیزات و قطعات صرفه جویی کرد. فرض کنید می خواهید یک سوسازی را آموزش دهید، ابتدا در فضای مجازی کلیه مدارهای یک سوسازی را اجرا و تکرار کنید تا مفاهیم عملی و نظری بطور کامل آموزش داده شود. سپس در آزمایشگاه واقعی فقط یک سوسازی تمام موج پل را با خازن صافی ببندید. به این ترتیب می توانید در زمان و در تجهیزات صرفه جویی کنید.

یادآور می شود زمانی کتاب می تواند جنبه اجرایی داشته باشد و مفید واقع شود که هنرآموزان عزیز به آموزش و کاربرد نرم افزارها تسلط کامل داشته باشند. لذا توصیه می کنیم قبل از اقدام به تدریس، با استفاده از نرم افزار، کلیه آزمایش ها را یک بار تجربه کنید و فایل های مربوطه را آماده نمایید تا در خلال آموزش با مشکل مواجه نشوید. هم چنین ضرورت دارد که هنگام تدریس دروس نظری مانند مبانی دیجیتال، الکترونیک عمومی ۲، مدارهای الکتریکی و مبانی مخابرات و رادیو آزمایش های مرتبط با موضوع را در فضای نرم افزاری آماده کنید و برای هنرجویان نمایش دهید.

بدین ترتیب هنرجویان با فضای نرم افزاری آشنا می شوند و شما می توانید آنان را به اجرای نرم افزار در ساعات خارج از ساعات درسی ترغیب نمایید. یادآور می شود که کلیه آزمایش های اجرا شده به صورت فایل مولتی سیم در یک لوح فشرده همراه کتاب عرضه می شود.

در ارتباط با نحوه استفاده از کتاب آزمایشگاه مجازی به نکات اجرایی که در ادامه می آید، مراجعه کنید.

با آرزوی موفقیت

مؤلفان

سخنی با هنرجویان عزیز

هنرجویان عزیز ورود شما را به فضای آزمایشگاه مجازی برای اجرای جلد دوم کتاب خیر مقدم می‌گوییم. حتماً همه‌ی شما در سال دوم با کتاب آزمایشگاه مجازی جلد اول آشنا شده‌اید و با نرم‌افزار مولتی‌سیم کار کرده‌اید. بنابراین با استفاده از مهارت‌های خود می‌توانید به آسانی آزمایش‌های این کتاب را نیز اجرا کنید. این کتاب نیز به صورت گام به گام و خودآموز تهیه شده است. شما با کمی صبر و حوصله و تلاش قادر خواهید بود نرم‌افزارهای مرتبط را برای ارتقاء سطح آموزشی خود به کار ببرید.

معلمین شما در کلاس‌های دروس تخصصی مختلف نمونه‌های اجرا شده‌ی نرم‌افزار را ارائه می‌کنند و نحوه‌ی استفاده از آن‌ها را آموزش می‌دهند. پس از این آموزش مقدماتی، این شما هستید که باید کار را دنبال کنید و در خارج از ساعات درسی و در اوقات فراغت به این مباحث بپردازید. بدیهی است مربیان هنرستان، شما را در رسیدن به اهداف تعیین شده کمک خواهند کرد. هم‌چنین همراه با کتاب یک لوح فشرده عرضه شده است که کلیه‌ی آزمایش‌ها در آن وجود دارد.

توجه داشته باشید که تمام موارد ارایه شده در کتاب قابل اجراست و در صورتی که با مشکل مواجه شدید، این مشکل مربوط به سامانه‌ی کامپیوتری یا لوح فشرده‌ی نرم‌افزاری است. بنابر این اگر در خلال اجرای کار از ابعاد مختلف به خصوص نصب نرم‌افزار به مشکلی برخورد کردید، با افرادی که مهارت لازم را در این زمینه دارند، مشورت کنید.

پیشنهاد می‌کنیم قبل از شروع کار، نکات اجرایی را به طور دقیق مطالعه کنید، آن‌ها را به خاطر بسپارید و در نهایت هنگام اجرای نرم‌افزار آن‌ها را عملاً پیاده کنید.

با آرزوی موفقیت

مؤلفان

نکات اجرایی کتاب

قبل از شروع کار این قسمت را به طور دقیق مطالعه نمایید.

از آنجا که کتاب کاملاً به صورت خودآموز، گام به گام و مصور تهیه شده است، نصب و راه اندازی و اجرای آزمایش‌ها توسط افرادی که آشنایی مختصری به مهارت‌های هفت گانه‌ی ICDL دارند، امکان‌پذیر است.

کتاب ۵ بخش جداگانه دارد که هر بخش به کتاب‌های خاصی در سال سوم رشته‌ی الکترونیک مرتبط می‌شود. اجرای فصول مختلف تابع یک زمان‌بندی خاص نبوده و با توجه به پیشرفت دروس مربوطه قابل اجرا خواهد بود. به عبارت دیگر هر مبحث درسی که در کلاس تدریس می‌شود، به طور هم‌زمان، پس از تدریس بخش نرم‌افزاری آن قابل اجرا خواهد بود. هنرآموزان عزیز، اجرای بخش نرم‌افزاری به کامپیوتر و ویدئوپروژکتور نیاز دارد. لذا می‌توانید مباحث نرم‌افزاری را در کلاس درس (در صورتی که امکانات کامپیوتر و ویدئو پروژکتور را داشته باشد)، کلاس سمعی بصری، آزمایشگاه و کارگاه الکترونیک یا سایت کامپیوتری اجرا نمایید.

در صورتی که امکانات کامپیوتر و ویدئو پروژکتور به طور مستمر و در کارگاه در اختیار باشد، می‌توانید نرم‌افزار را به تناوب منقطع و با توجه به پیشرفت دروس اجرا نمایید.

در صورتی که به دلیل کمبود تجهیزات اجرای نرم‌افزار متناسب با پیشرفت دروس امکان‌پذیر نیست، هنرآموزان عزیز می‌توانند قبل یا پس از تدریس مباحثی از هر درس، یک جلسه‌ی خود را به سایت کامپیوتر اختصاص دهند و با هماهنگی با مدیران اجرایی هنرستان، نرم‌افزار را به صورت فشرده برای فصل‌هایی که تدریس کرده‌اند در سایت کامپیوتر اجرا کنند.

اجرای نرم‌افزار برای هنرجویان معمولاً در خارج از ساعات درسی و به صورت تکلیف درسی و یا تکلیف منزل صورت می‌گیرد. چنان‌چه پیشرفت در دروس آزمایشگاهی و کارگاهی سریع باشد و زمان اضافه داشته باشند، مربیان کارگاه و آزمایشگاه می‌توانند قسمتی از ساعات خود را به استفاده از نرم‌افزار اختصاص دهند و با توجه به امکانات، بخش نرم‌افزار را در سایت کامپیوتر، کارگاه یا آزمایشگاه اجرا نمایند.

گزارش مربوط به اجرای نرم‌افزار باید به صورت فایل کامپیوتری به مربی کارگاه ارائه شود.

در کتاب آزمایشگاه مجازی قسمت‌هایی برای پاسخ به سؤالات اختصاص داده شده است که توسط هنرجو پس از اجرای نرم‌افزار کامل می‌شود.

توصیه می‌شود هنرآموزان عزیز قبل از اجرای تدریس مباحث نظری، متناسب با موضوع، مبحث مربوطه را به صورت نرم‌افزاری برای هنرجویان به نمایش درآورند.

در آزمون‌های کارگاهی و آزمایشگاهی از مباحث نرم‌افزاری سؤال پرسیده می‌شود.

به منظور کنترل پیشرفت در اجرای نرم‌افزار، در مقاطع مختلف، هنرآموزان از هنرجویان در باره‌ی نحوه‌ی نصب، راه‌اندازی و اجرای نرم‌افزار و آزمایش‌های آن پرسش نمایند.

چون بخش نرم‌افزاری بسیار جذاب است، معمولاً هنرجویان با اشتیاق کامل به دنبال آن می‌روند و لازم است هنرآموزان در این زمینه هنرجویان را تشویق نمایند.

با توجه به گسترش کامپیوتر و فراگیر شدن آن در سطوح مختلف جامعه، استفاده از کامپیوتر در برنامه‌های درسی نیز همواره مطرح بوده است. این موضوع در ارتباط با رشته‌های فنی از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. زیرا برای آموزش مباحث فنی نیاز به آزمایشگاه‌ها و تجهیزات مختلف می‌باشد که هزینه‌های زیادی را نیز طلب می‌کند. امروزه سعی بر این است که با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز بتوانند آزمایش‌های مرتبط با موضوع درسی را شبیه‌سازی کنند. در رشته‌های الکترونیک به دلیل ماهیت رشته، کاربرد نرم‌افزارهای مختلف جهت اجرای آزمایش‌های تخصصی در مقایسه با سایر رشته‌ها ضروری‌تر و امکان‌پذیرتر است.

نرم‌افزارهای متنوعی مانند مولتی‌سیم (Multisim)، ادیسون (Edison)، پروتل (Protel)، لب‌ویو (Lab View)، پروتئوس (Proteus) و Phet رشته‌ی الکترونیک در بازار صنعت وجود دارد. هم‌چنین نرم‌افزارهایی به صورت نمایشی تبلیغاتی (Demo) یا به صورت وابسته (Tutorial) وجود دارد که به صورت زمان محدود یا زمان نامحدود ارائه می‌شود. این نرم‌افزارها به آسانی قابل دان‌لود شدن از طریق اینترنت هستند. به طور کلی نرم‌افزارهای شبیه‌ساز این توانایی را دارند که می‌توانند مدارهای الکتریکی و الکترونیکی را مشابه یک مدار واقعی شبیه‌سازی کنند. در این حالت کاربر قادر است عملکرد مدار را دقیقاً مشابه یک مدار عملی مشاهده و نتایج آن را دریافت نماید. در نرم‌افزارهای صنعتی مانند نرم‌افزارهای تولید مدار چاپی، کاربر می‌تواند خروجی به دست آمده را به عنوان یک خروجی صنعتی قابل قبول، مورد استفاده قرار دهد و توسط آن یک مدار چاپی واقعی را تولید کند. لازم به یادآوری است که این گونه شبیه‌سازها برای سایر رشته‌های فنی از جمله رشته‌ی مکانیک، ماشین‌ابزار و جوشکاری نیز وجود دارد.

جلد دوم کتاب آزمایشگاه مجازی از جمله کتاب‌هایی است که به این مقوله پرداخته است. مؤلفان کتاب سعی کرده‌اند محتوی کتاب را به گونه‌ای تهیه کنند که با محتوی کتاب‌های درسی سال سوم هنرستان در شاخه‌ی فنی و حرفه‌ای رشته‌ی الکترونیک انطباق داشته باشد.

این کتاب مشتمل بر ۵ بخش به شرح زیر است:

بخش اول: نرم‌افزار

فصل اول: نصب مولتی‌سیم ۱۰

بخش دوم: مبانی دیجیتال

فصل اول: ساختمان دروازه‌های منطقی پایه

فصل دوم: جبر بول

فصل سوم: مدارهای ترکیبی

فصل چهارم: مدارهای ترتیبی

فصل پنجم: شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها

فصل ششم: مدارهای منطقی پیشرفته

بخش سوم: مدارهای الکتریکی

فصل اول: مدارهای الکتریکی جریان مستقیم

فصل دوم: مدارهای RL سری و موازی

فصل سوم : مدارهای RC سری و موازی

فصل چهارم : مدارهای LC

فصل پنجم : مدارهای RLC

فصل ششم : مدارهای سه فازه

بخش چهارم: الکترونیک عمومی ۲

فصل اول : یادآوری و آشنایی با تقویت کننده های ترانزیستوری

فصل دوم : مشخصات ویژه ی تقویت کننده های ترانزیستوری

فصل سوم : ترانزیستورهای اثرمیدان

فصل چهارم : تقویت کننده های چند طبقه

فصل پنجم : تقویت کننده های قدرت

فصل ششم : تقویت کننده ی تفاضلی و عملیاتی

فصل هفتم : رگولاتورها (تنظیم کننده های ولتاژ)

فصل هشتم : الکترونیک صنعتی

بخش پنجم: مبانی مخابرات و رادیو

فصل اول : دستگاه طیف نما (Spectrum Analyzer)

فصل دوم : مدولاسیون و انواع آن

فصل سوم : فیلترها

فصل چهارم : نوسان سازها

فصل پنجم : فرستنده و گیرنده های رادیویی AM

فصل ششم : کلیدهای چند حالت

فصل هفتم : مخابرات نوین

نکات متعددی برای استفاده ی مطلوب از کتاب آزمایشگاه مجازی جلد دوم مورد توجه مؤلفان بوده است که در قسمت های سخنی با همکاران، سخنی با هنرجویان و نکات اجرایی مطرح شده است. مؤلفان کتاب تاکید دارند که قبل از شروع کار حتماً موارد فوق را مطالعه نمایند. همراه با کتاب یک عدد لوح فشرده ضمیمه شده است، که در آن فایل های اجرا شده ی کلیه ی آزمایش های کتاب های سال سوم رشته ی الکترونیک قرار دارد. این فایل ها کاملاً قابل اجرا است و کاربر می تواند مدارهایی را که اجرا کرده است با آن ها مقایسه نماید. نرم افزار مولتی سیم نیز به آسانی از طریق بازار قابل تهیه است. ضمن این که نمونه ی آزمایشی آن را می توانید از طریق اینترنت دانلود کنید. از آنجایی که هر کار جدید و تازه به طور قطع دارای اشکالات و ابهاماتی است که پس از قرار گرفتن در فرآیند اجرا بروز می نماید، بسیار خوشحال خواهیم شد تا از رهنمودها و پیشنهادهای مدیران، هنرآموزان و هنرجویان بهره مند شویم.

مؤلفان

« فصل اول »

نصب مولتی سیم ۱۰

هدف کلی:

اجرای نرم افزارهای تمام مدارهای الکتریکی کتاب های تخصصی نظری و عملی دروس سال سوم رشته الکترونیک با نرم افزارهای مولتی سیم (multisim) و فت (phet) یا سایر نرم افزارهای مشابه

هدف رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

۳- فایل Read me نرم افزار را مطالعه کند.

۴- نرم افزار را نصب کند.

۵- نرم افزار را راه اندازی کند.

۱- CD مولتی سیم ۱۰ را از بین CD های موجود انتخاب کند.

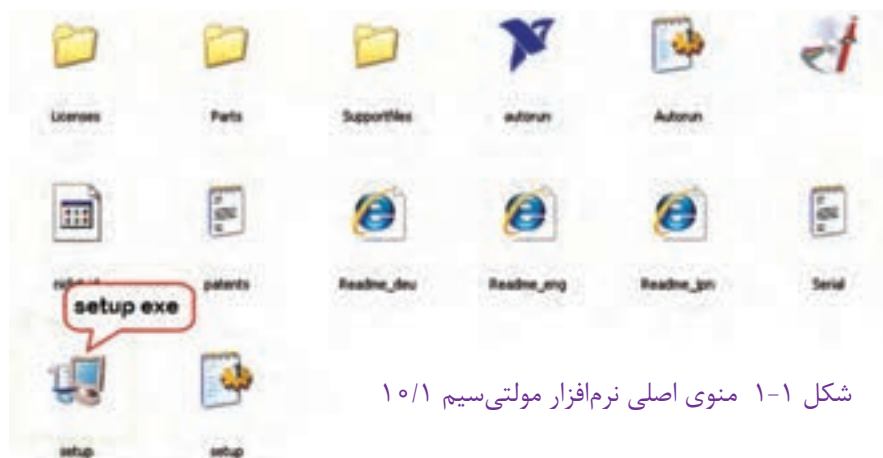
۲- CD را باز کند و نرم افزار را انتخاب کند.

می خواهیم شما را با نسخه ی جدیدتری از نرم افزار مولتی سیم که نسخه ی ۱۰/۱ است آشنا کنیم.

۱-۱-۲ برای نصب نرم افزار مولتی سیم ۱۰ ابتدا CD مربوط به نرم افزار را در داخل درایو کامپیوتر قرار دهید. متناسب با سرعت کامپیوتر خود باید کمی صبر کنید تا CD یا DVD باز شود و منوی اصلی روی صفحه بیاید. در صورتی که لوح فشرده ی شما به صورت خود راه انداز (Auto Run) نباشد می توانید از طریق منوی اصلی my computer، لوح فشرده ی مورد نظر در نرم افزار مولتی سیم را باز کنید. پس از باز شدن منوی نرم افزار شکل ۱-۱ ظاهر می شود.

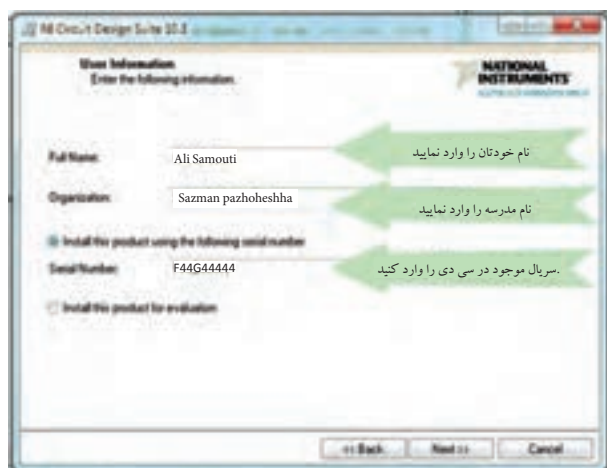
۱-۱-۱ آزمایش: نصب نرم افزار مولتی سیم ۱۰

۱-۱-۱ امروزه با پیشرفت علم و فناوری و ظهور نرم افزارهای مختلف، بسیاری از کاربردها به سوی شبیه سازی هدایت شده اند. نرم افزارهای گوناگونی برای طراحی و آموزش به کمک کاربران آمده است و بسیاری از متخصصین برای سرعت دادن به کار خود و کیفیت بخشی آن از این نوع نرم افزارها استفاده می کنند. اما لازمه ی ادامه ی حیات هر نرم افزاری به روزرسانی آن است. در فرآیند به روزرسانی، علاوه بر حل مشکلات موجود در نسخه های قدیمی، کاربردهای جدیدی نیز به آن اضافه می شود. در این بخش



شکل ۱-۱ منوی اصلی نرم افزار مولتی سیم ۱۰/۱

۱-۱-۵ از روی جلد CD یا از طریق کارخانه‌ی سازنده شماره‌ی سریال لوح فشرده را دریافت کنید و در صفحه‌ی شکل ۱-۳ درج نمایید. در این مرحله لازم است نام موسسه و نام خود را در زبانه‌ی مربوط بنویسید. در شکل ۱-۴ فرم پر شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۴ فرم پر شده

۱-۱-۶ گزینه‌ی next را انتخاب کنید و محل ذخیره‌ی برنامه را به دل‌خواه تعیین کنید. همان‌طور که در آزمایشگاه مجازی جلد ۱ ذکر شد، بهتر است محل نصب برنامه در درایوی غیر از درایو سیستم عامل قرار گیرد. پس از انتخاب محل نصب برنامه روی گزینه‌ی next مطابق شکل ۱-۵ کلیک کنید.



شکل ۱-۵ تعیین محل نصب برنامه

۱-۱-۳ از منوی اصلی نرم‌افزار، فایل Set Up Exe را انتخاب کنید و روی آن دو بار کلیک نمایید. با توجه به نوع لوح فشرده یکی از تصاویر ۱-۲-الف یا ۱-۲-ب روی صفحه‌ی نمایش کامپیوتر دیده می‌شود. باید کمی صبر کنید فرآیند مقدمات نصب انجام شود.

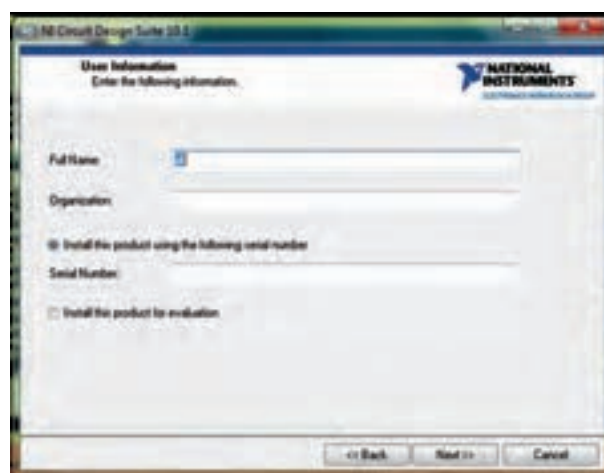


الف



ب

شکل ۱-۲ فراهم کردن مقدمات نصب نرم‌افزار
۱-۱-۴ پس از کامل شدن مقدمات و پر شدن نوار، صفحه‌ی نشان داده شده در شکل ۱-۳ روی صفحه‌ی نمایشگر کامپیوتر ظاهر می‌شود.



شکل ۱-۳ ادامه‌ی نصب نرم‌افزار مولتی‌سیم ۱۰

۱-۱-۹ پس از پذیرش مقررات اولیه پنجره‌ی شکل ۱-۸ ظاهر می‌شود که تداوم پذیرش مقررات است. در این مرحله نیز گزینه‌ی I accept the.... را انتخاب کنید و زبانه‌ی next را فعال نمایید.



شکل ۱-۸ ادامه‌ی پذیرش مقررات

۱-۱-۱۰ برای راه‌اندازی نصب، زبانه‌ی next را در پنجره‌ی نشان داده شده در شکل ۱-۹ فعال کنید. چنانچه بخواهید مسیر نصب را عوض کنید می‌توانید زبانه‌ی Back را فشار دهید.



شکل ۱-۹ ادامه‌ی نصب با تغییر مسیر نصب برنامه

۱-۱-۱۱ پس از انتخاب کلید next طبق شکل ۱-۱۰ نرم‌افزار شروع به نصب برنامه می‌کند. صبر کنید تا نرم‌افزار نصب شود.

۱-۱-۷ پس از فعال کردن زبانه‌ی next، صفحه‌ی شکل ۱-۶ باز می‌شود. بدون این که تغییری در این صفحه بدهید، زبانه‌ی next را کلیک کنید. در این صفحه مسیر نصب برنامه نشان داده می‌شود و از شما می‌خواهد آن را تأیید کنید.



شکل ۱-۶ تأیید مسیر نصب برنامه

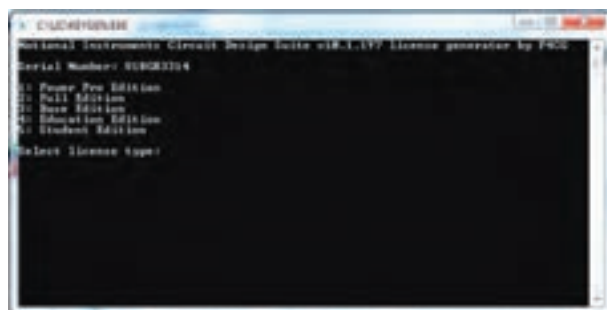
۱-۱-۸ در ادامه طبق شکل ۱-۷ مقررات و قوانین نرم‌افزار بیان می‌شود. در صورتی که به زبان انگلیسی تسلط دارید یک بار مقررات را بخوانید و با دوستان خود در باره‌ی آن بحث کنید. سپس گزینه‌ی I accept the.... را انتخاب کنید و زبانه‌ی next را فعال نمایید.

نکته مهم:
در مراحل نصب نرم‌افزار مولتی سیم ده هرگز به اینترنت وصل نشوید.



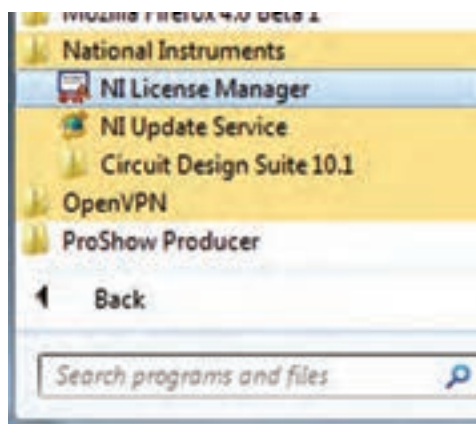
شکل ۱-۷ پذیرش مقررات

۱-۱-۱۴ بعد از این مرحله شکل ۱-۱۳ ظاهر خواهد شد. عدد یک را وارد کنید و زبانه‌ی enter را فعال نمائید.



شکل ۱-۱۳ ادامه‌ی فعال سازی برنامه

۱-۱-۱۵ روی start در ویندوز کلیک کنید و در مسیر All Programs روی گزینه‌ی instrument و National را کلیک کنید و NI License Manager را مطابق شکل ۱-۱۴ انتخاب نمائید.

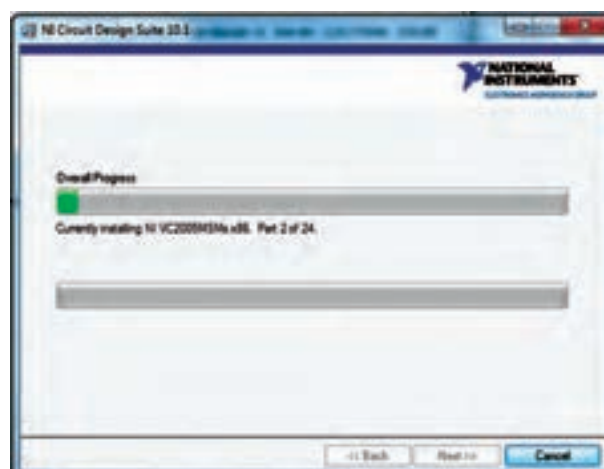


شکل ۱-۱۴ انتخاب مجوز استفاده از نرم‌افزار

۱-۱-۱۶ پس از باز شدن پنجره‌ی شکل ۱-۱۵، کلید F8 را فعال کنید.

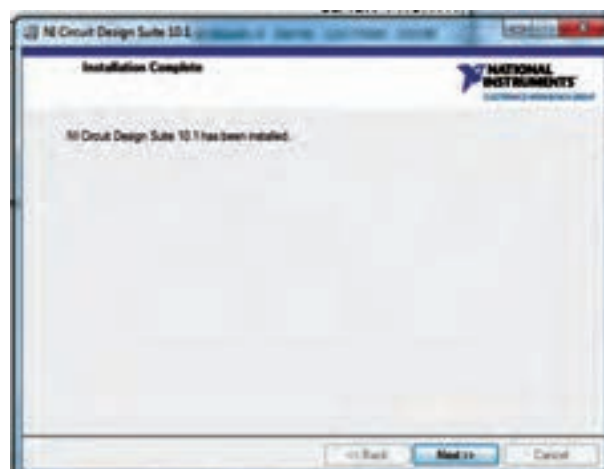


شکل ۱-۱۵ فعال کردن کلید F8 روی صفحه‌ی کلید



شکل ۱-۱۰ شروع نصب برنامه

۱-۱-۱۲ پس از اتمام نصب، پنجره‌ی شکل ۱-۱۱ ظاهر می‌شود. زبانه‌ی next را فعال کنید تا شکل ۱-۱۲ به نمایش در آید.

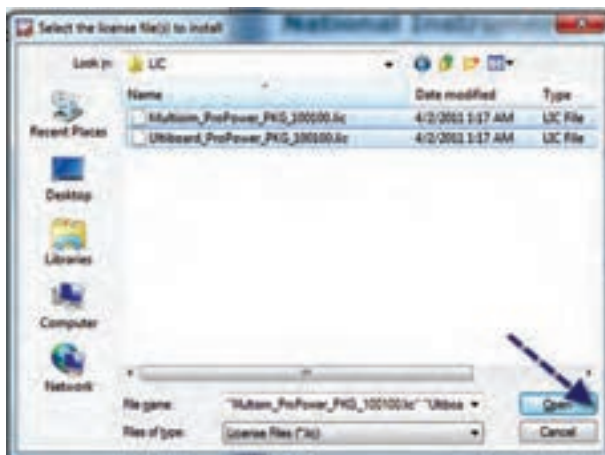


شکل ۱-۱۱ پایان نصب برنامه

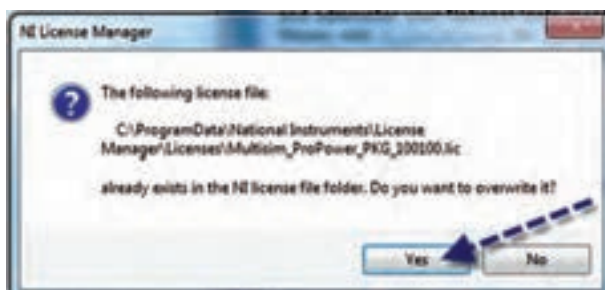
۱-۱-۱۳ پس از انتخاب next شکل ۱-۱۲ ظاهر خواهد شد که باید زبانه‌ی restart later را انتخاب نمائید. سپس روی فایل Crack کلیک کنید.



شکل ۱-۱۲ انتخاب تاخیر در راه‌اندازی دوباره‌ی کامپیوتر



الف



ب

شکل ۱-۱۸ آخرین مرحله ی نصب

۱-۲۰ پس از این مرحله نرم افزار قابل راه اندازی است.

۲-۱ آزمایش ۲: راه اندازی و کار با مولتی سیم ۱۰

۱-۲-۱ راه اندازی و کار با مولتی سیم ۱۰ کاملاً مشابه مولتی سیم ۹ است. هم چنین نوارهای ابزار آن نیز بسیار با هم شباهت دارد.

۱-۲-۲ در مراحل کار با نرم افزار مولتی سیم ۱۰ سعی کنید که به اینترنت متصل نشوید.

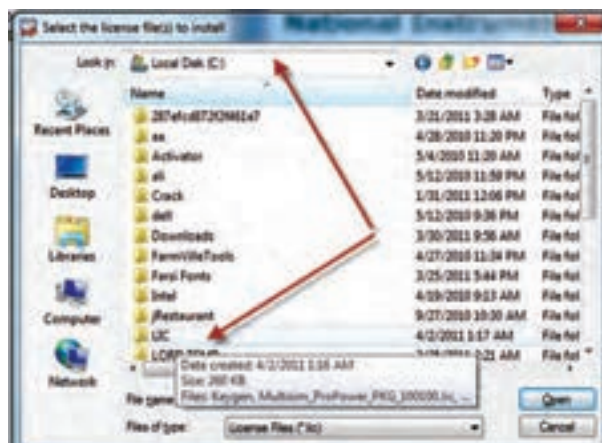
مهم:

نکته

فایل های مولتی سیم ۹ با مولتی سیم ۱۰ قابل باز شدن است. ولی فایل های مولتی سیم ۱۰ در نرم افزار مولتی سیم ۹ قابل باز شدن نیست. معمولاً برای سایر نرم افزارها هم این امر صادق است.

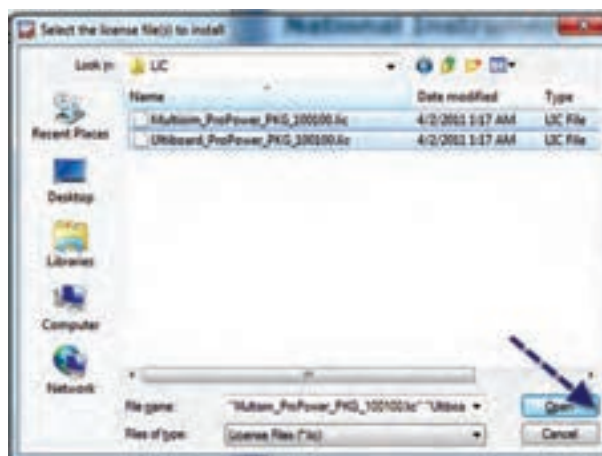
تمرین ۱: تعدادی از مدارهای جلد دوم آزمایشگاه مجازی را

۱-۱-۱۷ در پنجره ی باز شده طبق شکل ۱-۱۶، پوشه ی LIC را در C:/ پیدا کنید.



شکل ۱-۱۶ پیدا کردن پوشه ی LIC

۱-۱-۱۸ در پنجره ی باز شده کلیک ی فایل های موجود در پوشه ی LIC را انتخاب کنید، طبق شکل ۱-۱۷ زبانه ی open را فعال نمائید.



شکل ۱-۱۷ باز کردن فایل های LIC

۱-۱-۱۹ پس از این مرحله پنجره ی شکل ۱-۱۸ باز خواهد شد. زبانه ی yes را فعال کنید. این کار در دو مرحله تکرار می شود.

در فصل‌های بعدی به وسیله‌ی نرم‌افزار مولتی سیم ۱۰ نیز اجرا کنید و نتایج این تجربه را بنویسید.



اگر کار با اولین نسخه‌ی نرم‌افزار را فرا بگیرید، نسخه‌های دیگر نرم‌افزار را به خوبی استفاده خواهید کرد.

۴-۱ آزمایش ۴: معرفی سایت PhET

۴-۱-۱ امروزه در سطح جهان اشاعه‌ی دانش به عنوان یک وظیفه در آمده است. تقریباً تمام مؤسسات آموزشی در دانشگاه‌های معتبر سعی می‌کنند که اطلاعات علمی خود را در اختیار دیگران قرار دهند و از اطلاعات علمی آنان استفاده کنند. این تبادل اطلاعات سبب ایجاد تعامل، رشد علمی، خلاقیت و اکتشافات جدید می‌شود. یکی از سایت‌هایی که انواع نرم‌افزارهای تعاملی ساده و آموزشی را در اختیار دیگران قرار می‌دهد، سایت PhET است که نرم‌افزارهای تعاملی را در زمینه‌های مختلف علوم مانند فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و ریاضی را رایگان در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌دهد. توصیه می‌کنیم سری به سایت PhET بزنید. صفحه‌ی اول سایت مشابه شکل ۱۹-۱ است.

۳-۱ آزمایش ۳:

معرفی نسخه‌ی ۱۱ نرم‌افزار مولتی سیم

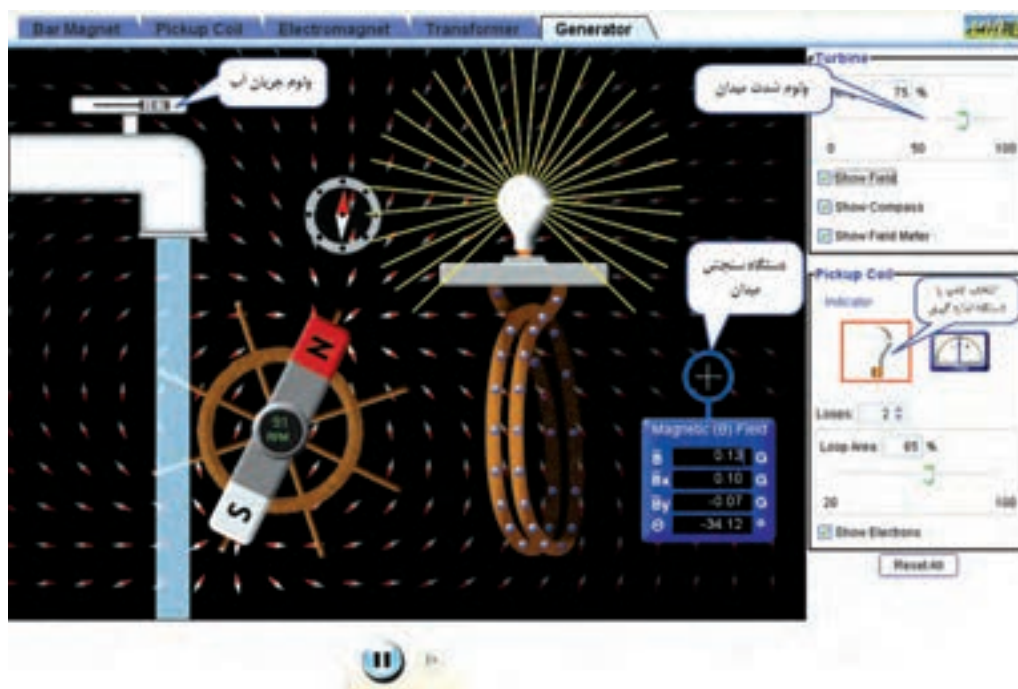
۳-۱-۱ هر نرم‌افزاری توسط موسسه‌ی سازنده به روز می‌شود و با توجه به مشکلاتی که نرم‌افزار اولیه دارد اصلاح می‌شود. اولین نسخه‌ی نرم‌افزار مولتی سیم نرم‌افزار EWB یا Electronic Workbench (میز آزمایشگاهی الکترونیک) بود که از نسخه‌ی ۴ شروع شد و تا نسخه‌ی ۷ ادامه یافت. پس از آن نام این نرم‌افزار به صورت Multisim تغییر یافت. مولتی سیم مخفف کلمات Multi Simulation به معنی شبیه‌سازهای چندگانه است. اولین نسخه شماره‌ی ۷ بود که در ادامه‌ی EWB قرار گرفت، سپس نسخه‌ی شماره‌ی ۸ آن تهیه گردید. نسخه‌ی شماره‌ی ۹، ۱۰ و ۱۱ آن نیز در بازار وجود دارد. در باره‌ی مولتی سیم نسخه‌ی ۱۰ قبلاً توضیح داده‌ایم. نسخه‌ی ۱۱ مولتی سیم مشابه نسخه‌ی ۱۰ است و با همان روال نصب می‌شود. در نسخه‌ی ۱۱ کتابخانه‌ی قطعات



شکل ۱-۱۹ صفحه‌ی وب سایت PhET

شکل ۱-۲۰ تصویری از تولید انرژی را مشاهده می‌کنید. با استفاده از ولوم‌هایی که وجود دارد می‌توانید شدت میدان مغناطیسی و سرعت جریان آب را تغییر دهید و اثر این کمیت‌ها را روی خروجی مشاهده کنید.

۱-۴-۲ با کلیک کردن روی تصویر، صفحه‌ای به صورت شکل ۱-۲۰ باز می‌شود که می‌توانید با کلیک کردن روی گزینه‌ی دل‌خواه خود مثلاً Physics مواردی مانند Electricity را انتخاب کنید. نرم‌افزار را فعال نمایید. در



شکل ۱-۲۰ تأثیر تغییرات شدت میدان و ولوم جریان آب و اندازه‌گیری شدت میدان

۱-۴-۳ ولوم جریان آب را تغيير دهيد و نتيجه را با اندازه گيري شدت ميدان بنويسيد.



۱-۴-۵ هم‌چنين شما مي‌توانيد با دان‌لود كردن نرم‌افزار، بدون اتصال به اينترنت از نرم‌افزارهاي PhET استفاده كنيد. در لوح فشرده‌ي ضميمه‌ي كتاب اين نرم‌افزار را به صورت Off Line ارائه کرده‌ايم. هم‌چنين شما مي‌توانيد يك يا چند نرم‌افزار را به دل‌خواه انتخاب و دان‌لود كنيد.



در صفحه‌هاي جديد ارائه شده در اينترنت علاوه بر ساير زبان‌ها اطلاعات به زبان فارسي نيز تهيه شده است.

۱-۴-۴ ساير زبان‌ها را در شكل ۱-۲۰ فعال كنيد. آزمونش مربوطه را انجام دهيد و نتيجه را بنويسيد.



« فصل اول »

ساختمان دروازه‌های منطقی پایه (مطابق فصل دوم کتاب مبانی دیجیتال)

هدف کلی :

آزمایش و تحلیل رفتار دروازه‌های منطقی پایه و ترکیبی در مدار با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

هدف های رفتاری: در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۴- جدول درستی دروازه‌های منطقی پایه را تحقیق کند.

۵- مدارهای الکترونیکی ساده‌ی دروازه‌های منطقی NOR و NAND را آزمایش کند.

۱- مدار دروازه‌های منطقی پایه AND، OR و NOT را ببندد.

۲- مدار دروازه‌های منطقی ترکیبی NOR، NAND، XOR و XNOR را آزمایش کند.

۳- مدار دروازه‌های منطقی ترکیبی NOR، NAND، XOR و XNOR را با گیت‌های پایه آزمایش کند.

۱-۲- برای قطع و وصل ولتاژ از کلید تبدیل (SPDT)

استفاده کنید. این کلید را مطابق شکل ۱-۲ از قسمت Basic بر روی صفحه‌ی میز کار آزمایشگاه مجازی بیاورید.

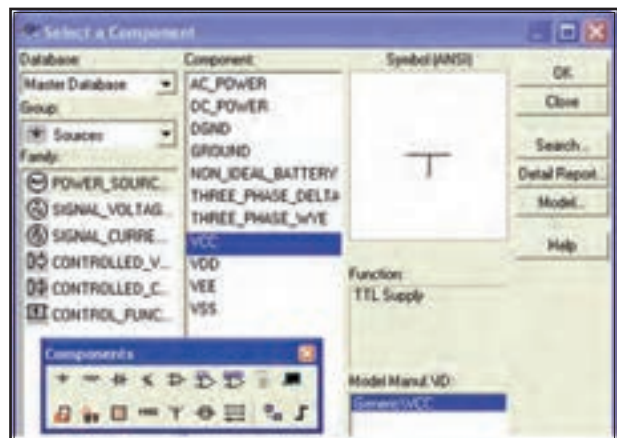


شکل ۱-۲ نحوه‌ی قرار دادن کلید SPDT بر روی صفحه

۱-۱- آزمایش ۱ : دروازه‌ی منطقی OR

۱-۱-۱ در مدارهای دیجیتال معمولاً به یک منبع ولتاژ

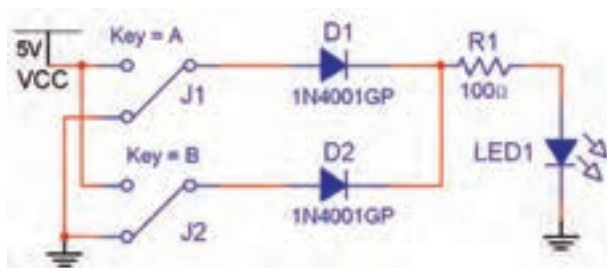
مستقیم ۵ ولتی نیاز داریم، در زمان استفاده از این منبع به اتصال زمین نیازی نیست. برای آوردن این منبع بر روی میز کار مطابق شکل ۱-۱ از نوار Component استفاده کنید و VCC را انتخاب نمایید.



شکل ۱-۱ نحوه‌ی استفاده از منبع تغذیه‌ی ۵ ولتی (V_{CC})

نکته مهم:

در صورتی که هنگام کار با نرم افزار و اجرای شبیه سازی، با خطای غیر قابل توجیهی برخورد نمودید یک بار کلیه صفحات باز شده را ببندید، سپس دوباره اقدام به اجرای عملیات نمائید.



شکل ۱-۴ مدار دیودی گیت OR در حالتی که هر دو کلید A و B قطع است.

نکته:

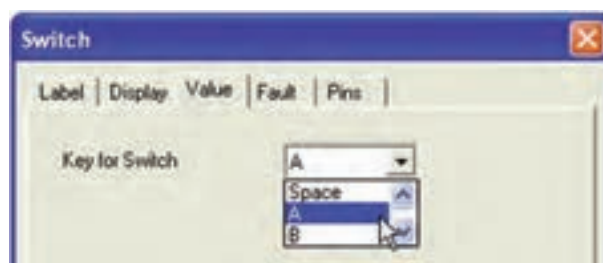
در مدار واقعی مدارهای دیجیتالی برای جلوگیری از سوختن دیود LED، یک مقاومت محدودکننده جریان در مسیر دیود به زمین قرار دهید.

۱-۱-۳ Ctrl + R با دو بار فشار دادن روی دکمه های

نماد فنی کلید را به اندازه ی ۱۸۰ درجه بچرخانید، به گونه ای که اتصال سر مشترک کلید در سمت راست صفحه قرار گیرد. برای این کار می توانید با کلیک کردن روی قطعه از منوی مربوطه نیز استفاده کنید. (R مخفف کلمه ی Rotate به معنی چرخش است).

۱-۱-۴ بر روی کلید دو بار کلیک راست کنید تا

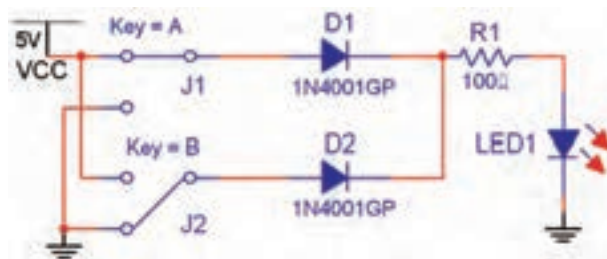
صفحه ای مطابق شکل ۱-۳ باز شود. با استفاده از کادر Key for Switch حرف مورد نظر را برای قطع و وصل کلید انتخاب کنید. با هر بار فشار روی حرف انتخاب شده در صفحه کلید کامپیوتر، کلید فرمان می گیرد و قطع یا وصل می شود. مثلاً اگر حرف space را انتخاب کنید، با فشار دادن space روی صفحه کلید کامپیوتر، کلید انتخاب شده فرمان می گیرد.



شکل ۱-۳ کادر تعیین حرف مورد نظر برای قطع یا وصل کلید

۱-۱-۸ کلید A را وصل کنید. مدار را راه اندازی نمائید.

لامپ LED مطابق شکل ۱-۵ روشن می شود.



شکل ۱-۵ مدار دیودی گیت OR در حالتی که کلید A وصل و کلید B قطع است.

۱-۱-۵ برای فرمان دادن به کلیدهای انتخاب شده،

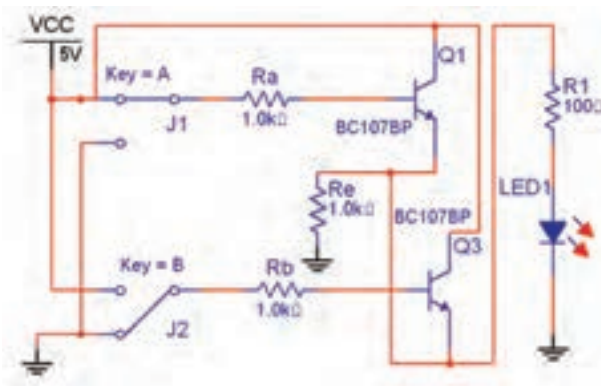
حروف A یا B را انتخاب کنید.

۱-۱-۶ با استفاده از نوار ابزار Component، دیود

۱N400۱، LED، مقاومت ۱۰۰Ω، نماد زمین و منبع V_{CC} را انتخاب کنید و روی صفحه بیاورید.

۱-۱-۷ مدار شکل ۱-۴ را ببندید. هنگام بستن مدار به

اتصالات دقت کنید.



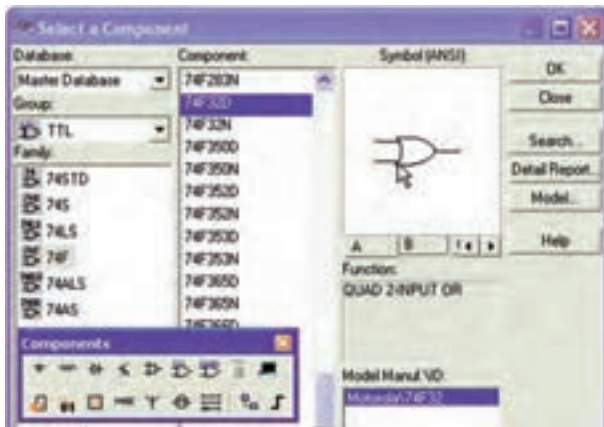
شکل ۱-۶ مدار ترانزیستوری گیت OR در حالتی که کلید A وصل و کلید B قطع است.

جدول ۱-۲ جدول صحت مدار ترانزیستوری گیت OR

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

۱-۱-۱۱ گیت‌های منطقی در نوار Component قرار

دارد. مطابق شکل ۱-۷ گیت منطقی OR با شماره‌ی فنی ۷۴۳۲D در قسمت TTL را انتخاب کنید و روی صفحه بیاورید.



شکل ۱-۷ نحوه‌ی انتخاب گیت منطقی OR



در مدارهای این بخش به این دلیل از کلید تبدیل استفاده کرده‌ایم که در حالت قطع کلید بتوانیم کنتاکت کلید را به زمین اتصال دهیم تا در اثر ایجاد پالس‌های ناخواسته در هنگام قطع و وصل کلید، مدار فعال نشود.

۱-۱-۹ کلیدهای مدار را مطابق جدول صحت ۱-۱ قطع

و وصل کنید و نتایج را در جدول بنویسید.

جدول ۱-۱ بررسی مدار دیودی گیت OR

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

تمرین ۱-۱ با استفاده از دو عدد کلید SPDT، یک LED و یک مقاومت، گیت OR را بنیدید و در مورد آن توضیح دهید.



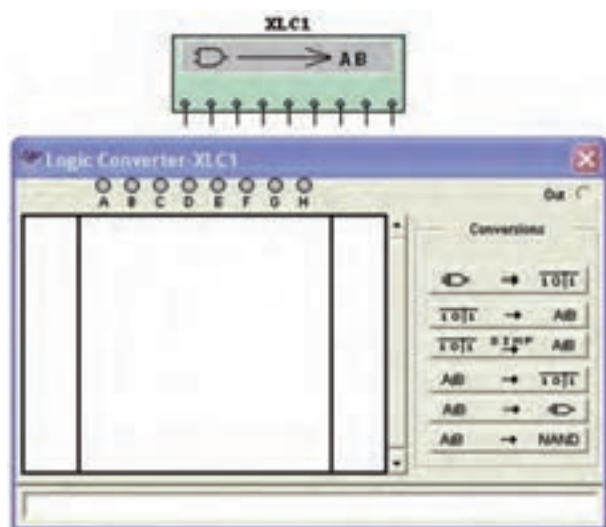
۱-۱-۱۰ با استفاده از ترانزیستور نیز می‌توانید مدار گیت

OR را آزمایش کنید. مدار شکل ۱-۶ را بنیدید و کلیدهای مدار را مطابق جدول ۱-۲ تغییر حالت دهید و جدول صحت مدار را کامل نمایید.

جدول صحت ۱-۳ جدول بررسی مدار گیت OR

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

۱-۱-۱۴ در نرم افزار مولتی سیم دستگاهی به نام Logic Converter یا مبدل منطقی وجود دارد که می توانید عملیات مختلفی را با آن انجام دهید. به عنوان مثال اگر جدول صحت گیتی را بنویسید، با فعال کردن یکی از دکمه های این دستگاه عبارت بولی گیت مورد نظر نوشته می شود و همچنین می توانید مداری را طراحی کنید و جدول صحت و عبارت منطقی آن را ملاحظه نمایید. شکل ۱-۹ موقعیت دستگاه مبدل منطقی را در نرم افزار نشان می دهد.

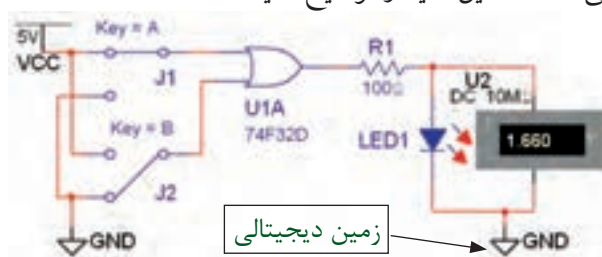


شکل ۱-۹ موقعیت دستگاه مبدل منطقی در نرم افزار

۱-۱-۱۵ دستگاه Logic Converter را بر روی صفحه ای آزمایشگاه مجازی بیاورید. ورودی های مدار را از قسمت های A، B، و انتخاب کنید. اگر دو ورودی را انتخاب کنید، چهار سطر و دو ستون برای ورودی ها شکل می گیرد و به ترتیب اعداد صفر و یک منطقی را مطابق اعداد باینری به ورودی ها اختصاص می دهد. در این جدول

برای آوردن گیت منطقی روی صفحه، ابتدا صفحه ای باز می شود که روی آن حروف A، B، C و نوشته شده است، با کلیک کردن روی یکی از حروف یکی از گیت های مربوط به مدار مجتمع انتخاب می شود.

۱-۱-۱۲ مدار شکل ۱-۸ را ببندید. برای اندازه گیری ولتاژ خروجی نیز ولت متر را به دو سر دیود LED وصل نمائید. آیا می دانید چرا ولت متر مقدار ۱/۶۶ ولت را نشان می دهد؟ تحقیق کنید و توضیح دهید.



شکل ۱-۸ مدار گیت منطقی OR در حالتی که کلید A وصل است



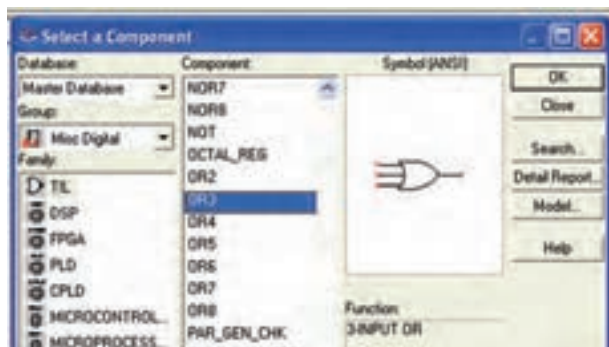
نکته مهم:

در مدارهای دیجیتالی باید مطابق شکل ۱-۸ از زمین دیجیتالی استفاده نمائید.

۱-۱-۱۳ در مدار شکل ۱-۸، کلیدهای A و B را مطابق جدول صحت ۱-۳ تغییر حالت دهید و وضعیت نور لامپ را بنویسید.

با توجه به شکل ۱-۱۱ در می‌یابیم که دستگاه مبدل منطقی می‌تواند کاربردهای گسترده‌ای داشته باشد. در فصل‌های بعدی بیشتر به عملکرد این دستگاه خواهیم پرداخت.

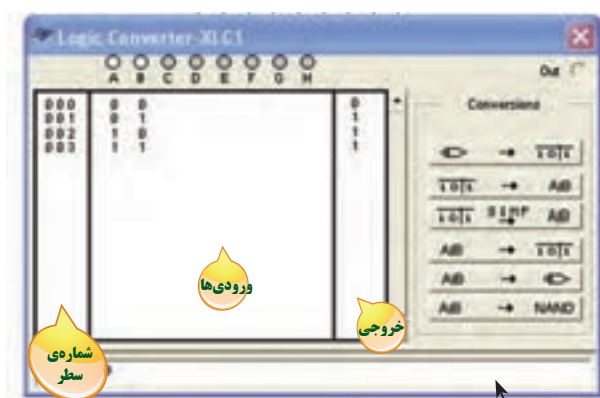
۱-۱-۱۷ گیت منطقی OR با سه ورودی را از قسمت Misc Digital مطابق شکل ۱-۱۲ بر روی صفحه‌ی کار نرم‌افزار بیاورید.



شکل ۱-۱۲ نحوه‌ی استفاده از گیت OR با سه ورودی

۱-۱-۱۸ مدار شکل ۱-۱۳ را ببندید و با تغییر کلیدهای ورودی جدول صحت ۱-۴ را کامل نمایید.

ستون اول از سمت چپ شماره‌ی سطر و ستون دوم در وسط مربوط به ورودی‌ها و ستون سوم از سمت راست خروجی را نشان می‌دهد. با کلیک کردن بر روی علامت سؤال در ستون خروجی جدول، یک بار عدد صفر و با کلیک مجدد عدد یک به خروجی هر سطر اختصاص داده می‌شود. به این ترتیب می‌توانید خروجی دل‌خواه خود را بنویسید. به عنوان مثال برای گیت OR به ترتیب اعداد باینری ۰، ۱، ۱ و ۱ را برای خروجی تعیین کنید. با فعال کردن دکمه‌ی عبارت بولی مربوط به جدول صحت $1011 \rightarrow A|B$ بر روی کادر پایین صفحه نوشته می‌شود. شکل ۱-۱۰ جدول و عبارت بولی گیت منطقی OR را نشان می‌دهد.



کادر مربوط به درج عبارت بولی

شکل ۱-۱۰ جدول صحت و عبارت بولی گیت منطقی OR

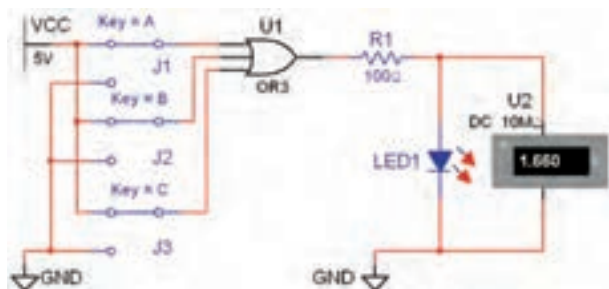
۱-۱-۱۶ در شکل ۱-۱۱ کلیدهای مربوط به تبدیل را در دستگاه مبدل منطقی مشاهده می‌کنید.

خروجی	انواع تبدیل
به دست آوردن جدول صحت از نقشی فنی مدار	$\Rightarrow \rightarrow 1011$
به دست آوردن تابع بولی با استفاده از جدول صحت	$1011 \rightarrow A B$
ساده‌سازی تابع بول	$1011 \xrightarrow{SIMPL} A B$
به دست آوردن جدول صحت با استفاده از رابطه‌ی جبر بول	$A B \rightarrow 1011$
تبدیل رابطه‌ی مدار منطقی به نقشی فنی مدار	$A B \rightarrow \Rightarrow$
تبدیل تابع بول فقط به گیت NAND	$A B \rightarrow NAND$

شکل ۱-۱۱ کلیدهای مربوط به دستگاه مبدل منطقی

نکته مهم:

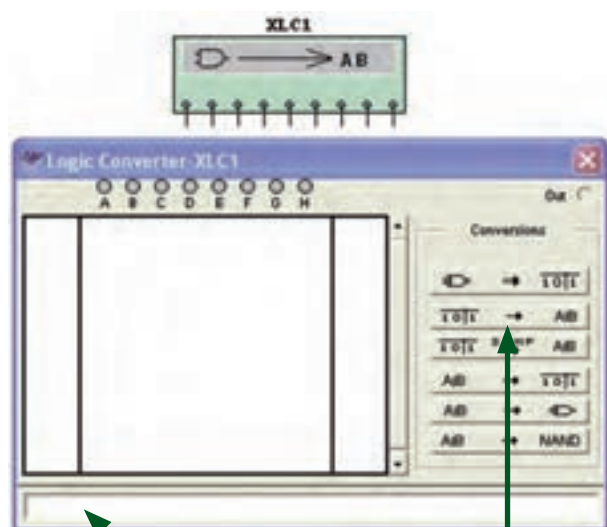
با استفاده از قسمت Misc Digital می‌توانید از انواع گیت‌ها، با تعداد ورودی دلخواه (تا ۸ ورودی) برای طراحی مدار استفاده کنید.



شکل ۱-۱۳ مدار گیت OR با سه ورودی

جدول ۱-۴ جدول صحت مدار گیت OR با سه ورودی

وضعیت لامپ LED	کلید C	کلید B	کلید A
	قطع	قطع	قطع
	وصل	قطع	قطع
	قطع	وصل	قطع
	وصل	وصل	قطع
	قطع	قطع	وصل
	وصل	قطع	وصل
	قطع	وصل	وصل
	وصل	وصل	وصل

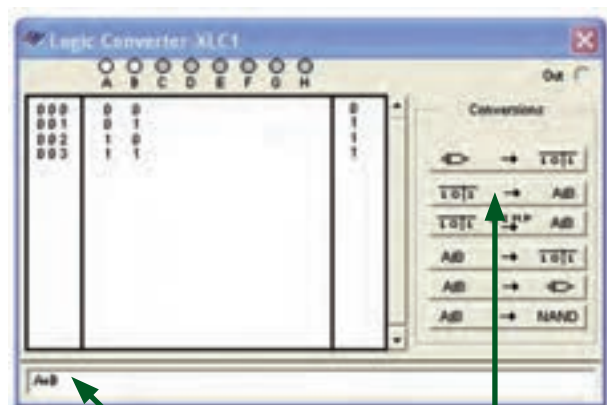


کادر عبارت منطقی مدار

دکمه‌ی تبدیل جدول به عبارت منطقی

شکل ۱-۱۴ موقعیت دکمه‌ی تبدیل جدول به عبارت منطقی و کادر عبارت منطقی دستگاه مبدل

۱-۱-۲۰ با فعال کردن دکمه‌ی simplify شکل ساده شده‌ی عبارت منطقی در کادر مربوطه ظاهر خواهد شد. در شکل ۱-۱۵ موقعیت این دکمه و عبارت ساده شده‌ی گیت NAND را مشاهده می‌کنید.

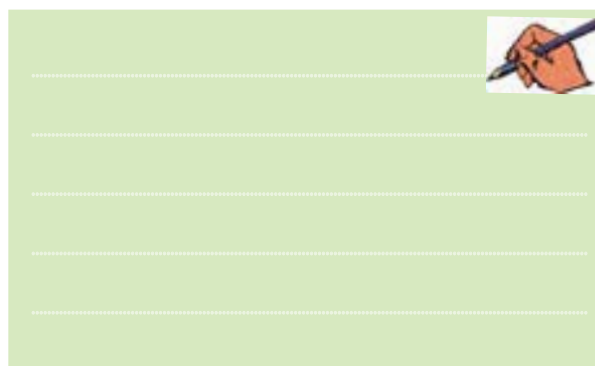


کادر عبارت منطقی ساده شده

دکمه‌ی تبدیل جدول به عبارت منطقی ساده شده

شکل ۱-۱۵ موقعیت دکمه‌ی ساده کردن عبارت منطقی

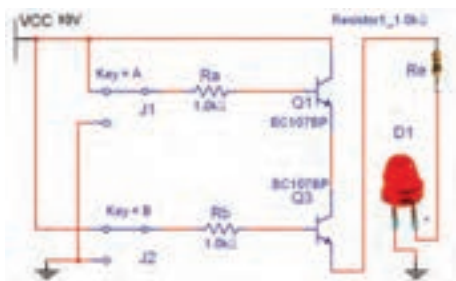
تمرین ۱-۲ با استفاده از قسمت Misc Digital گیت‌های OR که بیش از سه ورودی دارند را ببینید و نتایج به دست آمده را بنویسید.



۱-۱-۱۹ یکی دیگر از قابلیت‌های دستگاه مبدل منطقی، نوشتن عبارت منطقی گیت یا مدار منطقی است که جدول آن را کامل کرده‌اید. پس از اینکه جدول مدار گیت را تکمیل کردید، دکمه‌ی تبدیل جدول به عبارت را فعال نمایید. عبارت منطقی مربوط به مدار در کادر پایین صفحه‌ی دستگاه ظاهر می‌شود. شکل ۱-۱۴ موقعیت این دکمه و کادر عبارت منطقی را نشان می‌دهد.

۱-۲-۴ مدار ترانزیستوری گیت AND را در شکل

۱-۱۷ مشاهده می‌کنید. مدار را ببندید و جدول صحت ۱-۶ را با تغییر وضعیت کلیدهای A و B تکمیل نمایید.



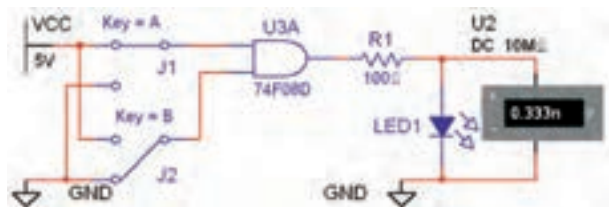
شکل ۱-۱۷ مدار ترانزیستوری گیت AND در حالتی که هر دو کلید A و B وصل است.

جدول ۱-۶ جدول صحت مدار ترانزیستوری گیت AND

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

۱-۲-۵ گیت منطقی AND به شماره‌ی فنی ۷۴F۰۸D

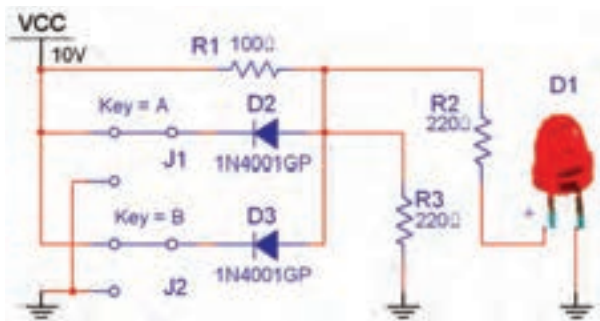
را از قسمت گیت‌های منطقی TTL بر روی صفحه‌ی کار آزمایشگاه مجازی بیاورید. مدار شکل ۱-۱۸ را ببندید. کلیدهای مدار را مطابق جدول ۱-۷ تغییر وضعیت دهید و جدول صحت مدار را کامل کنید.



شکل ۱-۱۸ مدار گیت منطقی AND

۱-۲ آزمایش ۲: دروازه‌ی منطقی AND

۱-۲-۱ مدار شکل ۱-۱۶ را ببندید. این مدار مربوط به دروازه‌ی منطقی دیودی گیت AND است. در این مدار زمانی لامپ روشن می‌شود که هر دو کلید در حالت وصل قرار داشته باشد.



شکل ۱-۱۶ مدار دیودی گیت AND در حالتی که هر دو کلید A و B وصل است.

۱-۲-۲ در مدار شکل ۱-۱۶ از دیود LED واقعی

استفاده شده است.



در زمان استفاده از دیود LED سه بعدی، این دیود را چرخش افقی دهید (Flip Horizontal) تا پایه‌ی مثبت آن در سمت خروجی مدار قرار گیرد.

۱-۲-۳ کلیدهای مدار شکل ۱-۱۶ را تغییر وضعیت

دهید و جدول صحت ۱-۵ را کامل کنید.

جدول ۱-۵ جدول صحت مدار دیودی گیت AND

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

جدول ۱-۸ جدول صحت مدار گیت AND با سه ورودی


وضعیت لامپ LED	کلید C	کلید B	کلید A
	قطع	قطع	قطع
	وصل	قطع	قطع
	قطع	وصل	قطع
	وصل	وصل	قطع
	قطع	قطع	وصل
	وصل	قطع	وصل
	قطع	وصل	وصل
	وصل	وصل	وصل

جدول ۱-۷ جدول بررسی مدار گیت AND

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

سؤال ۱: آیا می‌توانید با استفاده از دستگاه مبدل منطقی جدول صحت گیت AND را بنویسید و عبارت بولی این گیت را مشاهده نمایید؟ تمرین کنید و روش کار را توضیح دهید.

سؤال ۲: در کدام حالت از وضعیت کلیدها لامپ روشن خواهد شد؟ شرح دهید.



.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

سؤال ۳: آیا می‌توانید گیت AND با چهار ورودی را در نرم‌افزار مولتی‌سیم شناسایی کنید و مدار آن را ببینید؟ تجربه کنید و نتیجه را همراه با جدول صحت مربوطه رسم نمایید.



.....

.....

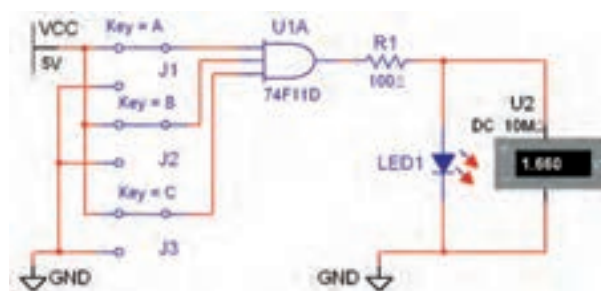
.....

.....

.....

.....

۶-۲-۱ با استفاده از گیت منطقی ۷۴F۱۱D که یک دروازه‌ی منطقی AND با سه ورودی است، مداری را مطابق شکل ۱-۱۹ ببینید و جدول صحت ۱-۸ را کامل نمایید.



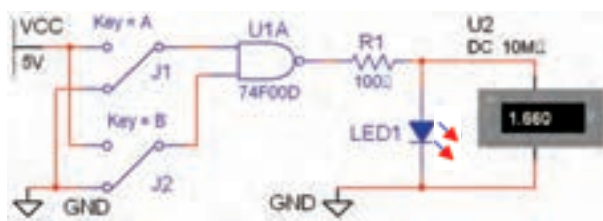
شکل ۱-۱۹ مدار گیت منطقی AND با سه ورودی

سؤال ۴: آیا می توانید با استفاده از دستگاه مبدل منطقی جدول صحت گیت NOT را بنویسید و نماد این گیت را مشاهده نمایید؟ تمرین کنید و روش کار را توضیح دهید.



۱-۴ آزمایش ۴: دروازه های منطقی ترکیبی

۱-۴-۱ با ترکیب برخی از دروازه های منطقی یا پایه با یکدیگر دروازه های منطقی جدیدی به وجود می آیند، که در ساخت مدارهای الکترونیکی، دیجیتالی و کامپیوتری کاربرد فراوان دارند. یکی از انواع این گونه دروازه های منطقی گیت منطقی NAND است. شکل ۱-۲۲ مدار این دروازه را نشان می دهد. مدار را ببندید و جدول صحت ۱-۱۰ را کامل کنید.



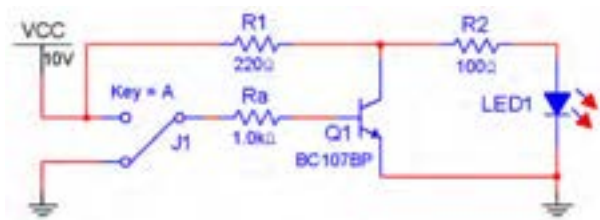
شکل ۱-۲۲ مدار گیت منطقی NAND در حالتی که کلیدهای A و B قطع هستند.

جدول ۱-۱۰ جدول صحت مدار گیت NAND

کلید A	کلید B	وضعیت لامپ LED
قطع	قطع	
قطع	وصل	
وصل	قطع	
وصل	وصل	

۱-۳ آزمایش ۳: دروازه ی منطقی NOT

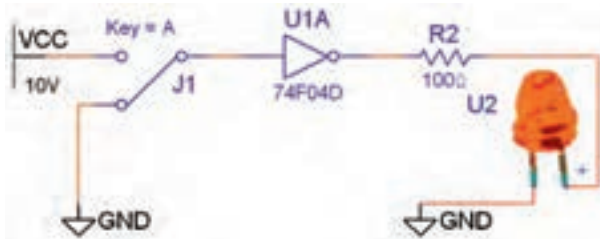
۱-۳-۱ شکل ۱-۲۰ مدار معادل ترانزیستوری گیت منطقی NOT را نشان می دهد. مدار را ببندید و اثر قطع و وصل کلید را روی روشن شدن LED شرح دهید.



شکل ۱-۲۰ مدار ترانزیستوری گیت NOT در حالتی که کلید A قطع است.



۱-۳-۲ گیت منطقی NOT به شماره ی فنی ۷۴F۰۴D را از قسمت گیت های منطقی TTL بر روی صفحه ی کار آزمایشگاه مجازی بیاورید. مدار شکل ۱-۲۱ را ببندید. کلید A را مطابق جدول صحت ۱-۹ تغییر وضعیت دهید و جدول را کامل کنید.

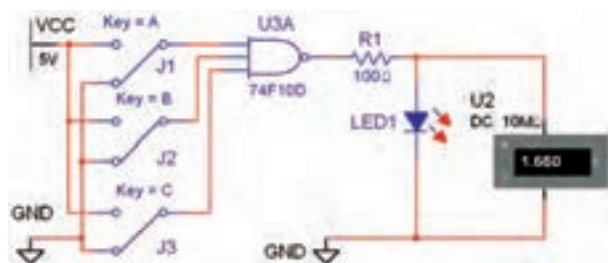


شکل ۱-۲۱ مدار گیت منطقی NOT در حالتی که کلید A قطع است.

جدول ۱-۹ جدول صحت مدار گیت NOT

کلید A	وضعیت لامپ LED
قطع	
وصل	

۱-۴-۳ مدار شکل ۱-۲۳ گیت منطقی NAND را با سه ورودی نشان می‌دهد، مدار را ببندید و جدول صحت ۱-۱۱ را کامل کنید.

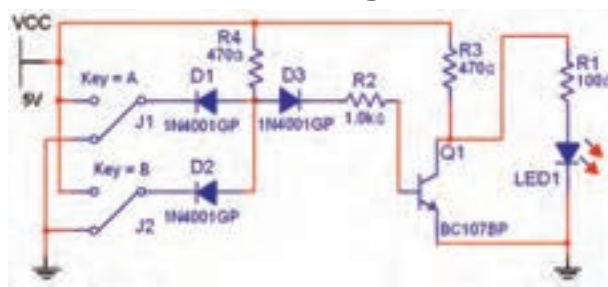


شکل ۱-۲۳ مدار گیت منطقی NAND با سه ورودی در حالتی که هر سه کلید A، B، و C قطع است.

جدول ۱-۱۱ جدول صحت مدار گیت NAND با سه ورودی

وضعیت لامپ LED	کلید C	کلید B	کلید A
	قطع	قطع	قطع
	وصل	قطع	قطع
	قطع	وصل	قطع
	وصل	وصل	قطع
	قطع	قطع	وصل
	وصل	قطع	وصل
	قطع	وصل	وصل
	وصل	وصل	وصل

۱-۴-۴ مدار شکل ۱-۲۴ مدار الکترونیکی ساده‌ی گیت منطقی NAND را نشان می‌دهد. مدار را ببندید و نتیجه‌ی تغییر وضعیت کلیدها را تشریح کنید.



شکل ۱-۲۴ مدار الکترونیکی ساده‌ی گیت منطقی NAND در حالتی که هر دو کلید A و B قطع است.

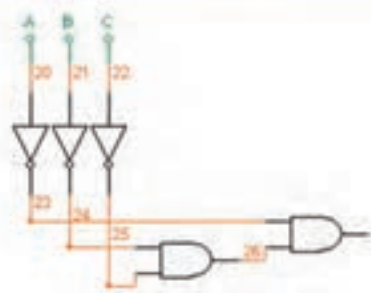
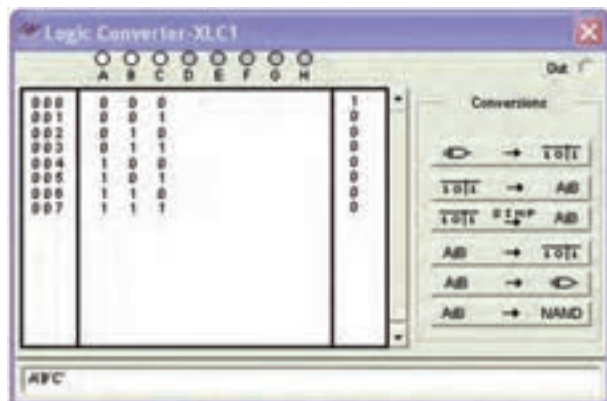
۱-۴-۲ با استفاده از دستگاه مبدل منطقی جدول گیت NAND را بنویسید و دکمه‌ی تبدیل جدول به گیت را فعال نمایید. نتیجه‌ی کار را توضیح دهید.



تمرین ۱-۳ جدول صحت گیت‌هایی را که تا کنون با آنها آشنا شده‌اید، در دستگاه مبدل کامل کنید سپس عبارت منطقی هر یک را پس از فعال کردن دکمه‌ی $\overline{A}\overline{B} \rightarrow A|B$ تبدیل جدول به عبارت مشاهده نمایید. برای تمرین بیشتر، شکل ساده شده‌ی عبارت منطقی را با استفاده از دکمه‌ی $\overline{A}\overline{B} \text{ SIMP } A|B$ برای گیت‌های مذکور به دست آورید. نتیجه‌ی این فعالیت را توضیح دهید.



۱-۴-۶ جدول صحت مدار گیت منطقی NOR سه ورودی را با استفاده از دستگاه مبدل منطقی مطابق شکل ۱-۲۶ کامل کنید. با فعال نمودن دکمه‌ی تبدیل جدول به مدار گیت منطقی و دکمه‌ی تبدیل به عبارت منطقی مدار این گیت و عبارت آن را مشاهده نمایید.

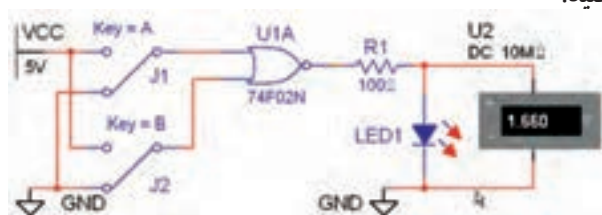


شکل ۱-۲۶ مدار و جدول صحت گیت منطقی NOR با سه ورودی با استفاده از دستگاه مبدل منطقی

۱-۴-۷ همانطور که در شکل ۱-۲۶ ملاحظه می کنید، مدار رسم شده در دستگاه مبدل منطقی با مدار گیت منطقی NOR با سه ورودی تفاوت دارد. آیا می توانید توضیح دهید که این مدار همان مدار گیت منطقی NOR با سه ورودی است؟ تحقیق کنید و نتیجه را در چند سطر توضیح دهید.



۱-۴-۵ دروازه‌ی منطقی NOR از ترکیب دروازه‌های OR و NOT به وجود می آید. گیت منطقی NOR به شماره‌ی فنی ۷۴F۰۲D با دو ورودی را بر روی صفحه‌ی کار آزمایشگاه مجازی بیاورید. مدار شکل ۱-۲۵ را ببینید. با تغییر حالت کلیدهای مدار جدول صحت ۱-۱۲ را کامل کنید.



شکل ۱-۲۵ مدار گیت منطقی NOR در حالتی که هر دو کلید A و B قطع است

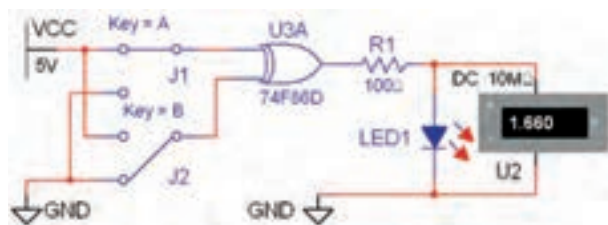
جدول ۱-۱۲ جدول صحت مدار گیت NOR

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

۵-۱ آزمایش ۵: گیت منطقی XOR و XNOR

۵-۱-۱ مدار شکل ۱-۲۸ را ببندید. گیت منطقی XOR

به شماره‌ی فنی ۷۴F۸۶D را از قسمت TTL بر روی صفحه‌ی کار بیاورید. کلیدهای مدار را تغییر حالت دهید و جدول صحت ۱-۱۴ را کامل کنید.



شکل ۱-۲۸ مدار گیت منطقی XOR در حالتی که کلید A وصل و کلید B قطع است.

جدول ۱-۱۴ جدول بررسی مدار گیت XOR

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	قطع	قطع
	وصل	قطع
	قطع	وصل
	وصل	وصل

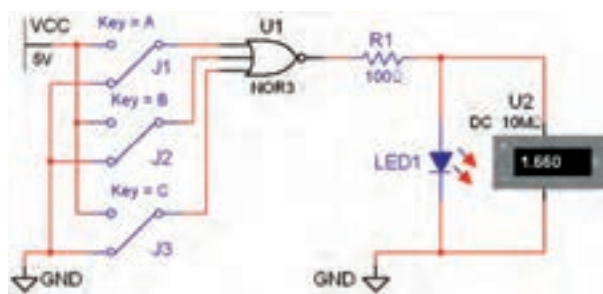
۵-۲-۱ در دستگاه مبدل منطقی نتیجه‌ی جدول ۱-۱۴ را

وارد نمایید. دکمه‌ی تبدیل جدول به عبارت منطقی را فعال کنید. چه عبارتی در کادر مربوطه نوشته خواهد شد؟ تجربه کنید و توضیح دهید.



۸-۴-۱ مدار الکترونیکی ساده‌ی گیت منطقی NOR

را مطابق شکل ۱-۲۷ ببندید و جدول صحت ۱-۱۳ را با تغییر کلیدهای مدار کامل کنید.



شکل ۱-۲۷ مدار الکترونیکی ساده‌ی گیت منطقی NOR در شرایطی که کلیدهای A و B و C قطع است.

توجه: در صورتی که تمایل به فعالیت بیشتری در زمینه‌ی گیت‌های منطقی در فضای مجازی دارید می‌توانید این موارد را در فضای مجازی در نرم‌افزار Proteus نیز تمرین کنید.

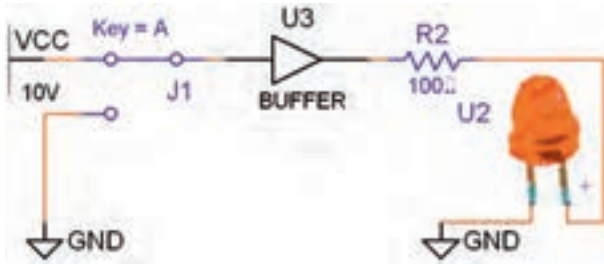
جدول ۱-۱۳ جدول صحت مدار گیت NOR با سه ورودی

وضعیت لامپ LED	کلید C	کلید B	کلید A
	قطع	قطع	قطع
	وصل	قطع	قطع
	قطع	وصل	قطع
	وصل	وصل	قطع
	قطع	قطع	وصل
	وصل	قطع	وصل
	قطع	وصل	وصل
	وصل	وصل	وصل

نمائید و در مورد آن توضیح دهید.



۱-۵-۶ مدار شکل ۱-۳۰ را ببینید.



شکل ۱-۳۰ مدار گیت منطقی بافر (Buffer) در حالتی که کلید وصل است.

۱-۵-۷ با قطع و وصل کلید مدار شکل ۱-۳۰ جدول صحت ۱-۱۶ را کامل کنید.

جدول ۱-۱۶ جدول صحت مدار گیت (بافر) Buffer

وضعیت لامپ LED	کلید A
قطع	
وصل	

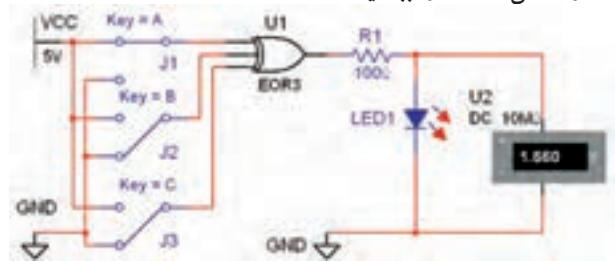
۱-۵-۸ نتایج به دست آمده از جدول ۱-۱۶ را با جدول ۱-۹ مقایسه کنید و تفاوت دو گیت منطقی بافر و نات (NOT) را بنویسید.



تمرین ۱-۴ جدول صحت گیت بافر را در دستگاه مبدل منطقی کامل نمائید و دکمه‌ی تبدیل جدول به عبارت منطقی را فعال کنید و نتیجه را بنویسید.



۱-۵-۳ مدار گیت XOR با سه ورودی را از قسمت Misc Digital بر روی میز کار آزمایشگاه مجازی بیاورید و مدار شکل ۱-۲۹ را ببینید.



شکل ۱-۲۹ مدار گیت منطقی XOR با سه ورودی در حالتی که کلید A وصل و کلیدهای B و C قطع هستند.

۱-۵-۴ با قطع و وصل کلیدهای مدار شکل ۱-۲۹ جدول صحت ۱-۱۵ را کامل نمائید. چه نتیجه‌ی کلی را می‌توان در مورد گیت منطقی XOR بیان کرد؟ تحقیق کنید و توضیح دهید.



جدول ۱-۱۵ جدول صحت مدار گیت XOR با سه ورودی

وضعیت لامپ LED	کلید C	کلید B	کلید A
	قطع	قطع	قطع
	وصل	قطع	قطع
	قطع	وصل	قطع
	وصل	وصل	قطع
	قطع	قطع	وصل
	وصل	قطع	وصل
	قطع	وصل	وصل
	وصل	وصل	وصل

۱-۵-۵ نتیجه‌ی جدول ۱-۱۵ را در دستگاه مبدل منطقی وارد کنید و دکمه‌ی تبدیل به عبارت منطقی و مدار را فعال

۹-۵-۱ با استفاده از عبارت منطقی، شکل مدار را به دست آورید. آیا با مدار شکل ۱-۳۰ انطباق دارد؟ شرح دهید.



« فصل دوم »

جبر بول

(مطابق فصل سوم کتاب مبانی دیجیتال)

هدف کلی :

اجرا و ساده‌سازی توابع بولی و نقشه‌ی کارنو در فضای نرم‌افزاری

هدف های رفتاری: در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

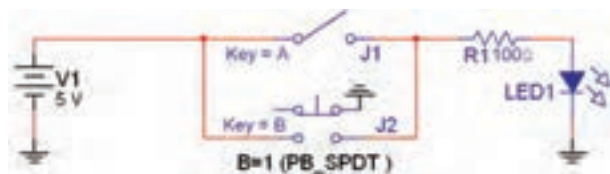
- ۱- اثر عضوختی در گیت OR را با نرم‌افزار شبیه‌سازی کند.
- ۲- جمع یک عبارت منطقی با خودش را شبیه‌سازی کند.
- ۳- جمع یک عبارت منطقی را با معکوس خودش شبیه‌سازی کند.
- ۴- ضرب یک عبارت منطقی در صفر و یک را شبیه‌سازی کند.
- ۵- ضرب یک عبارت منطقی در خودش را شبیه‌سازی کند.
- ۶- ضرب یک عبارت در معکوس خودش را شبیه‌سازی کند.
- ۷- توزیع پذیری AND در OR را شبیه‌سازی کند.
- ۸- مدار عبارت $Y=A+BC$ را شبیه‌سازی کند و تأیید نماید که این عبارت معادل $Y=(A+B).(A+C)$ است.
- ۹- قوانین دمورگان را در فضای نرم‌افزاری تا حدی که امکان‌پذیر است پیاده کند.
- ۱۰- جدول صحت انواع توابع را به کمک جبر بول در فضای نرم‌افزاری با استفاده از دستگاه مبدل منطقی پیاده‌سازی کند.
- ۱۱- چند نمونه مدار را با استفاده از جبر بول و نقشه‌ی کارنو در فضای نرم‌افزاری توسط دستگاه مبدل منطقی پیاده‌سازی کند.
- ۱۲- تعداد ورودی دروازه‌های منطقی AND ، OR ، NAND و NOR را افزایش دهد.
- ۱۳- با استفاده از انواع گیت‌های منطقی، سایر گیت‌ها را در فضای نرم‌افزاری به وجود آورد.
- ۱۴- چند نمونه مدار ترکیبی را در نرم‌افزار اجرا کند.

یادآوری :

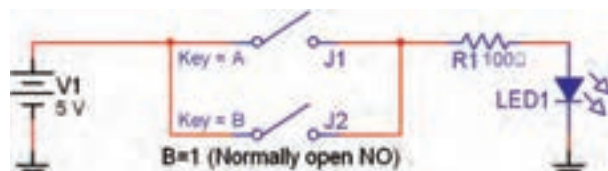
برای ترسیم ساده‌تر مدار می‌توانید از چند اتصال زمین (GND) استفاده کنید.

۲-۱ آزمایش ۱ : اثر عضوختی در گیت OR

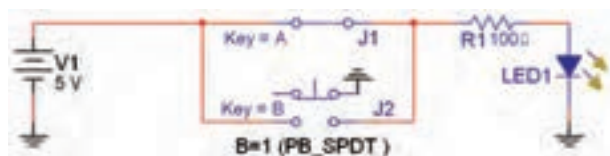
۲-۱-۱ مدار شکل ۲-۱ الف را در فضای نرم‌افزاری روی میزکار مجازی ببندید. در شکل ۲-۱ الف کلید A در حالت صفر و در شکل ۲-۱ ب کلید A در حالت یک منطقی قرار دارد.



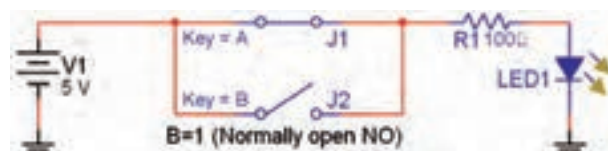
الف (A=0, B=0)



الف (A=0, B=0)



ب (A=1, B=0)



ب (A=1, B=0)

شکل ۲-۱ کلید همواره در حالت صفر قرار دارد

شکل ۲-۲ در این مدار از کلید فشاری Pb-SPDT برای کلید B استفاده شده است.

۲-۱-۲ در مدار شکل ۲-۱ با تغییر کلیدها، جدول ۲-۱

را کامل کنید.

جدول صحت ۲-۱ جدول بررسی عضو خنثی در گیت OR

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	۰	۰
	۰	۱

۲-۱-۳ همان‌طور که ملاحظه می‌شود کلید B همواره

در حالت قطع قرار دارد و وضعیت صفر منطقی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر وضعیت کلید B غیر قابل تغییر است. برای کلید B، به جای کلید معمولی می‌توانید از کلید فشاری Pb (Push button) استفاده کنید در نرم‌افزار کلید فشاری تک پل دو مسیر وجود دارد. با استفاده از کلید Pb-SPDT مدار شکل ۲-۲ را ببندید و مجدداً جدول ۲-۱ را مورد بررسی قرار دهید. در شکل ۲-۲ الف و ۲-۲ ب دو حالت مختلف کلید A نشان داده شده است.

نکته مهم:

برای اینکه نرم‌افزار عمل کند و Error ندهد، یکی از پایه‌های NC کلید فشاری را زمین کرده‌ایم.

سؤال ۱: کلید B همواره روی صفر قرار دارد، آیا رابط‌های بین خروجی و کلید A مشاهده می‌کنید؟ آن رابطه را بنویسید.



توجه: همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، کلید B همواره صفر است و به صورت یک عنصر خنثی در مدار قرار گرفته است.

برای استفاده از کلید Pb-SPDT مسیر زیر را دنبال کنید.

نوار Component گروه Basic خانواده Switch کلید Pb-SPDT یا
Component → Basic → Switch → PB_SPDT

جدول صحت ۲-۲ موازی کردن عضو خنثی $B=1$ با کلید A

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	۱	۰
	۱	۱

۲-۱-۶ با توجه به جدول صحت ۲-۲ عملکرد LED در مقایسه با جدول صحت ۲-۱ چه تغییری کرده است؟ شرح دهید.

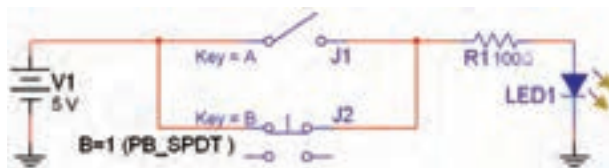


۲-۱-۴ در جبر بول عنصری به نام عنصر خنثی وجود دارد. چنانچه در یک مدار منطقی یک یا چند عضو خنثی قرار گیرد، عملکرد مدار در مقایسه با حالت معمولی تغییر می کند و خروجی را نیز تغییر می دهد. در مدارهای شکل ۲-۱ و ۲-۲ عضو خنثی در مدار منطقی کلید B است که در حالت OR، صفر منطقی قرار دارد. در این حالت همواره $A + 0 = A$ می شود، که می توانیم از آن به عنوان مدل ریاضی تحت عنوان یکی از قوانین جبر بول استفاده می کنیم.

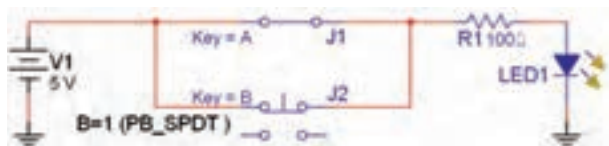
بحث کنید:

به نظر شما اگر در مدار و روابط به جای $A+0$ ، رابطه A را قرار دهیم بهتر است یا خیر؟ نتایج بحث را به همکلاسی های خود ارائه دهید.

۲-۱-۷ در مدار شکل ۲-۴ به جای کلید معمولی، برای کلید B از کلید فشاری استفاده شده است. مدار شکل ۲-۳ و شکل ۲-۴ نشان می دهد که $A+1=1$ است و لامپ همواره روشن می ماند.



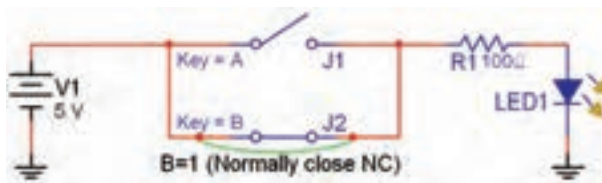
الف ($A=0$ ، $B=1$)



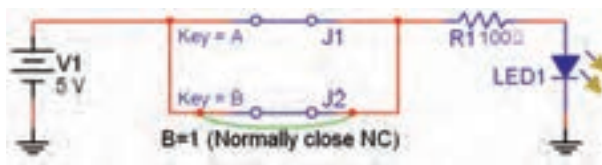
ب ($A=1$ ، $B=1$)

شکل ۲-۴ استفاده از کلید فشاری NC برای کلید B

۲-۱-۵ طبق مدار شکل ۲-۳ کلید B را از حالت صفر به حالت یک تغییر دهید و جدول صحت ۲-۲ را کامل کنید.



الف ($A=0$ ، $B=1$)



ب ($A=1$ ، $B=1$)

شکل ۲-۳ کلید B همواره در حالت یک منطقی قرار دارد

۲-۲-۲ با تغییر کلید A، جدول صحت ۲-۳ را کامل کنید.

جدول صحت ۲-۳ اثر عضو خنثی $B=1$ در گیت AND

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	۱	۰
	۱	۱

۲-۲-۳ آیا با وجود عضو خنثی $B=1$ در گیت AND رابطه‌ی $A.1=A$ صادق است. در مورد آن توضیح دهید.

فکر کنید:

به نظر شما چرا در مدار مجموعه‌ی کلیدهای A و B را قرار می‌دهند ولی خروجی را به طور مستقیم به لامپ متصل نمی‌کنند؟

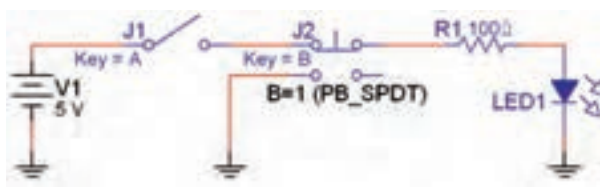
تمرین ۱ با استفاده از مدارهای کلیدی، رابطه‌های $\bar{A} + 0$ و $\bar{A} + 1$ را تحقیق کنید. مدار و جدول‌های مربوطه را رسم نمایید. در مورد نتایج به دست آمده توضیح دهید.



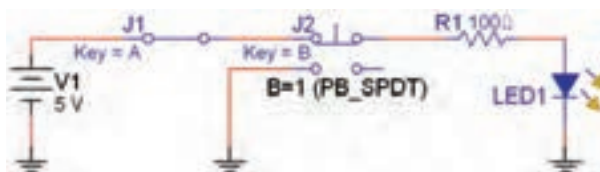
۲۶

۲-۲-۲ آزمایش ۲: اثر عضو خنثی در گیت AND

۲-۲-۱ مدار شکل ۲-۵ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید. کلید B را روی حالت یک منطقی قرار دهید.

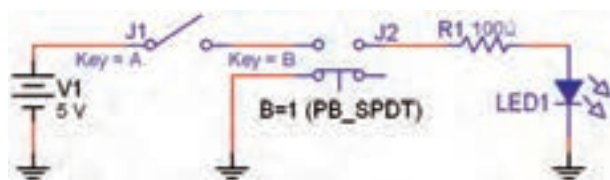


الف ($A=0$ ، $B=1$)

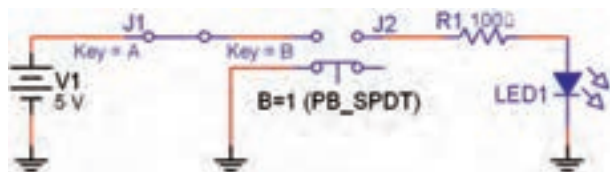


ب ($A=1$ ، $B=1$)

۲-۲-۴ طبق شکل ۲-۶ حالت کلید B را به وضعیت صفر تغییر دهید و جدول صحت ۲-۴ را کامل کنید.



الف ($A=0$ ، $B=0$)



ب ($A=1$ ، $B=0$)

شکل ۲-۶ قرار گرفتن عضو خنثی $B=0$ با گیت AND

شکل ۲-۵ اتصال عضو خنثی $B=1$ با گیت AND

بسیار مهم :

نکته

در صورتی که مشخصه‌ی (Value) دو یا چند کلید را مشابه انتخاب کنید. با فشردن دکمه‌ی مربوط روی صفحه کلید هر دو کلید با هم تغییر وضعیت می‌دهند. به این ترتیب می‌توانیم انواع کلیدهای ترکیبی را بسازیم. توجه داشته باشید که قبل از هم نام کردن کلیدها لازم است نام جداگانه به کلیدها بدهید و پس از تعیین وضعیت، آن‌ها را هم نام کنید.

۲-۳-۲ کلید را با توجه به جدول صحت ۲-۵ تغییر حالت دهید و نتایج را در جدول ۲-۵ بنویسید.

جدول صحت ۲-۵ جمع یک تابع با خودش

وضعیت لامپ LED	کلید A	کلید A
	۰	۰
	۱	۱

۲-۳-۳ آیا می‌توان از این آزمایش نتیجه گرفت که: $A+A=A$ است؟ توضیح دهید.

جدول صحت ۲-۴ اثر عضو خنثی $B=1$ در گیت AND

وضعیت لامپ LED	کلید B	کلید A
	۰	۰
	۰	۱

سؤال ۲: آیا تابع خروجی این گیت به صورت: $A \cdot 0 = 0$ در می‌آید؟ در باره‌ی آن توضیح دهید.



بحث کنید:

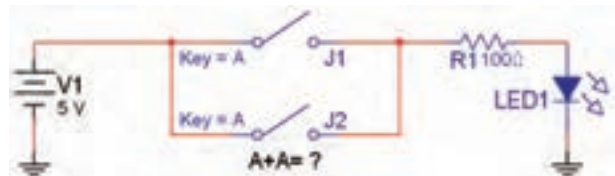
آیا می‌توانیم بگوئیم هنگامی که یک عضو خنثی با گیت AND سری می‌شود، رفتار خروجی تغییر می‌کند و این تغییر مشابه حالتی است که عضو خنثی با گیت OR موازی می‌شود. نتیجه‌ی بحث را به کلاس ارائه دهید.

۲-۳ آزمایش ۳:

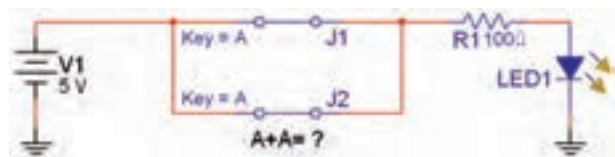
جمع و ضرب منطقی یک تابع با خودش

۲-۳-۱ دو کلید را مطابق شکل ۲-۷ به صورت موازی

به هم وصل کنید و هر دو را A بنامید.



الف (A=0, A=0)



ب (A=1, A=1)

شکل ۲-۷ جمع یک تابع با خودش

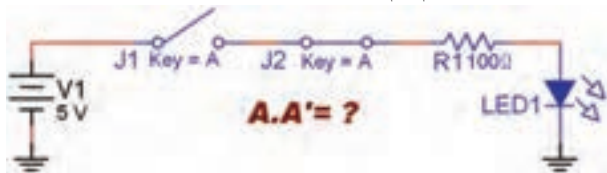
۲-۴-۲ کلیدها را با توجه به جدول صحت ۲-۷ تغییر وضعیت دهید و جدول را کامل کنید.

جدول صحت ۲-۷ جمع یک تابع با معکوس خودش

ورودیها		خروجی
$A=j_1$	$A=j_2$	LED
۰	۱	
۱	۰	

۲-۴-۳ آیا می توان از این آزمایش نتیجه گرفت که: $A + A = 1$ می شود؟ شرح دهید.

۲-۴-۴ مدار شکل ۲-۱۰ را روی میز آزمایشگاهی مجازی ببندید. ابتدا کلید سمت چپ ($A=j_1$) را در حالت باز و کلید سمت راست ($\bar{A}=j_2$) را در حالت بسته بگذارید. سپس کلیدها را هم نام کنید.



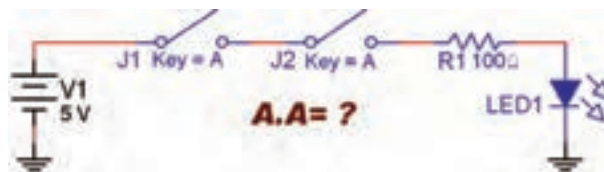
شکل ۲-۱۰ ضرب یک تابع با معکوس خودش

۲-۴-۵ کلیدها را با توجه به جدول صحت ۲-۸ تغییر دهید و جدول را کامل کنید.

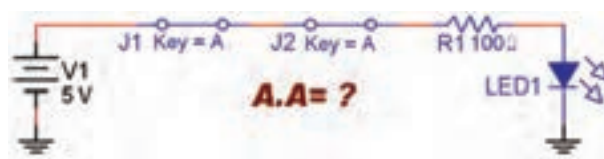
جدول صحت ۲-۸ ضرب یک تابع در معکوس خودش

ورودیها		خروجی
$A=j_1$	$A=j_2$	LED
۰	۱	
۱	۰	

۲-۳-۴ مدار شکل ۲-۸ را ببندید و آزمایش را برای $A.A$ تکرار کنید.



الف ($A=0, A=0$)



ب ($A=1, A=1$)

شکل ۲-۸ ضرب یک تابع در خودش

۲-۳-۵ نتایج به دست آمده از ضرب دو تابع را در جدول صحت ۲-۶ بنویسید.

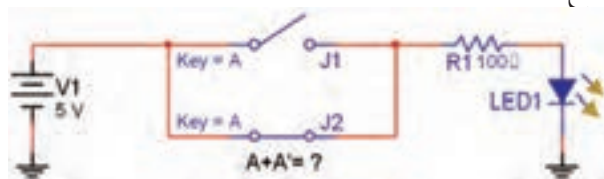
جدول صحت ۲-۶ ضرب یک تابع در خودش

وضعیت لامپ LED	کلید A	کلید A
	۰	۰
	۱	۱

۲-۴ آزمایش ۴: جمع و ضرب یک عبارت

منطقی با معکوس خودش

۲-۴-۱ دو کلید را طبق شکل ۲-۹ به صورت موازی با هم ببندید. ابتدا کلید پایینی ($A=j_2$) را در حالت بسته و کلید بالایی ($A=j_1$) را در حالت باز قرار دهید. سپس کلیدها را هم نام کنید. همان طور که ملاحظه می شود در این مدار A با \bar{A} جمع شده است.



شکل ۲-۹ جمع یک تابع با معکوس خودش

۲-۵-۳ آیا با توجه به نتایج به دست آمده در جدول صحت ۲-۹ رابطه‌ی زیر صادق است؟ $Y=A.(B+C)$

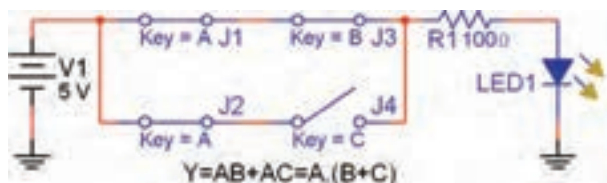


۲-۴-۶ آیا می‌توان از این آزمایش نتیجه گرفت که: $A.\bar{A}=0$ است؟ توضیح دهید.



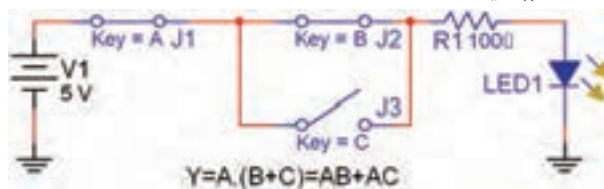
۲-۵ آزمایش ۵: توزیع پذیری AND در OR

۲-۵-۴ مدار شکل ۲-۱۲ که تغییر یافته‌ی مدار شکل ۲-۱۱ است را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.



شکل ۲-۱۲ مدار تغییر یافته‌ی شکل ۲-۱۱

۲-۵-۱ مدار شکل ۲-۱۱ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.



شکل ۲-۱۱ مدار ترکیبی AND در OR

۲-۵-۵ کلیدها را در مدار شکل ۲-۱۲ طبق جدول صحت ۲-۱۰ تغییر حالت دهید و جدول را کامل کنید.

جدول صحت ۲-۱۰ بررسی مدار تغییر یافته‌ی شکل ۲-۱۱

ورودیها			خروجی
A	B	C	LED
۰	۰	۰	
۰	۰	۱	
۰	۱	۰	
۰	۱	۱	
۱	۰	۰	
۱	۰	۱	
۱	۱	۰	
۱	۱	۱	

۱-۵-۲ کلیدها را با توجه به جدول صحت ۲-۹ تغییر حالت دهید و جدول را کامل کنید.

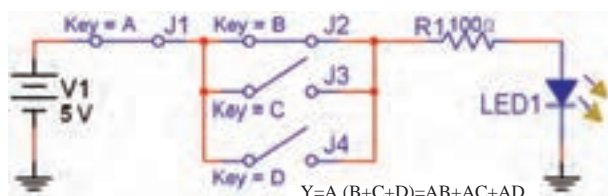
جدول صحت ۲-۹ مدار ترکیبی AND در OR

ورودیها			خروجی
A	B	C	LED
۰	۰	۰	
۰	۰	۱	
۰	۱	۰	
۰	۱	۱	
۱	۰	۰	
۱	۰	۱	
۱	۱	۰	
۱	۱	۱	

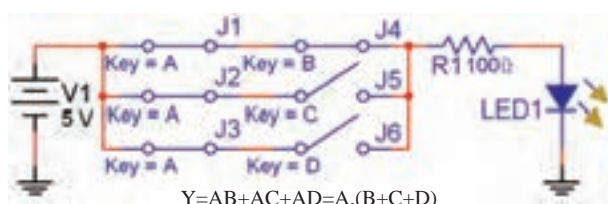
آن ها را مقایسه کنید. آیا رابطی زیر برقرار است؟

$$A.(B+C+D)=AB+AC+AD$$

در باره ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



شکل ۲-۱۳ توزیع پذیری AND در OR با سه کلید

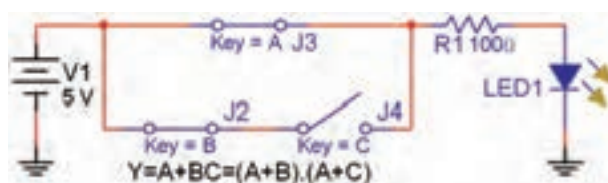


شکل ۲-۱۴ کلیدهای J_1 تا J_4 هم زمان با کلید A فرمان داده می شود

۲-۶ آزمایش ۶: جمع منطقی یک عبارت یک جمله ای با یک عبارت چند جمله ای

۲-۶-۱ مدار شکل ۲-۱۵ را روی میز آزمایشگاه مجازی

ببندید.



شکل ۲-۱۵ مدار جمع منطقی یک عبارت یک جمله ای با یک عبارت چند جمله ای

۲-۶-۲ کلیدها را با توجه به جدول صحت ۲-۱۱ تغییر دهید و جدول مربوطه را کامل کنید. در این حالت خروجی را F_1 بنامید.



توجه داشته باشید که کلیدهای J_1 و J_4 همان کلید A است که با خودش جمع شده است و هر دو به طور هم زمان با A فرمان می گیرند (هم نام شده اند).

۲-۵-۶ آیا با توجه به نتایج به دست آمده در جدول

صحت ۲-۱۰ رابطی $Y=AB+AC$ صدق می کند؟ توضیح دهید.



۲-۵-۷ نتایج به دست آمده در جداول ۲-۹ و ۲-۱۰ را

با هم مقایسه کنید. آیا با هم تشابه دارند؟ توضیح دهید.



۲-۵-۸ همان طور که مشاهده می شود نتایج به دست

آمده از جداول صحت ۲-۹ و ۲-۱۰ با هم مطابقت دارد و رابطی زیر صادق است:

$$A.(B+C)=AB+AC$$

این برابری را توزیع پذیری AND در OR می نامند.

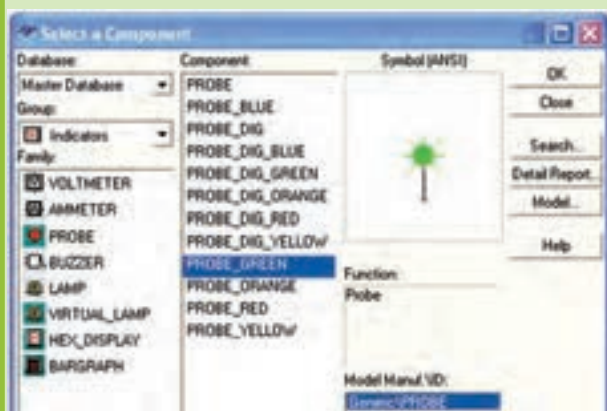
تمرین ۲ رابطی $A.(B+C+D)$ را مطابق شکل ۲-۱۳

شبیه سازی کنید. سپس مدار معادل آن را مطابق شکل ۲-۱۴ ببندید. جدول صحت هر یک از مدارها را به دست آورید و

سؤال ۳: آیا می‌توانیم بگوئیم در عبارت $A+BC$ عبارت A در یک یک عبارت‌های B و C شرکت پذیر است؟ توضیح دهید.



در نرم‌افزار مولتی‌سیم برای سهولت یک قسمت تحت عنوان نشانگرها یا (Indicators) وجود دارد. در این قسمت قطعه‌ای به نام پروب (Probe) قرار دارد. پروب یک نشانگر صفر یا یک منطقی است که مشابه LED عمل می‌کند، با این تفاوت که بر عکس LED نیاز به المان‌های وابسته نظیر زمین یا مقاومت ندارد. کافی است پروب را به گیت وصل کنیم و ولتاژ آن را تنظیم نماییم. روشن شدن پروب به معنای یک منطقی و خاموش بودن آن به معنای صفر منطقی است. در شکل ۲-۱۷ نمونه‌ی پروب را در فضای مجازی مشاهده می‌کنید.



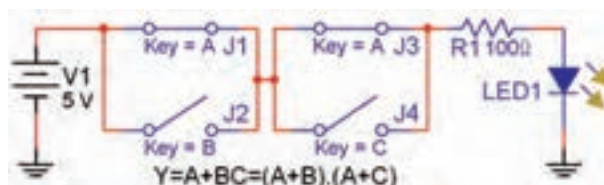
شکل ۲-۱۷

در آزمایش‌های بعدی علاوه بر LED از پروب نیز استفاده خواهیم کرد.

جدول ۲-۱۱ جدول صحت $A+BC$

ورودی‌ها			خروجی F_1	خروجی F_2
A	B	C	LED	LED
۰	۰	۰		
۰	۰	۱		
۰	۱	۰		
۰	۱	۱		
۱	۰	۰		
۱	۰	۱		
۱	۱	۰		
۱	۱	۱		

۳-۶-۲ مدار $(A+B)(A+C)$ را مطابق شکل ۲-۱۶ ببندید.



شکل ۲-۱۶ مدار معادل $A+BC$

۴-۶-۲ جدول درستی مدار شکل ۲-۱۶ را تکمیل و در

جدول ۲-۱۱ مقدار F_2 بنویسید.

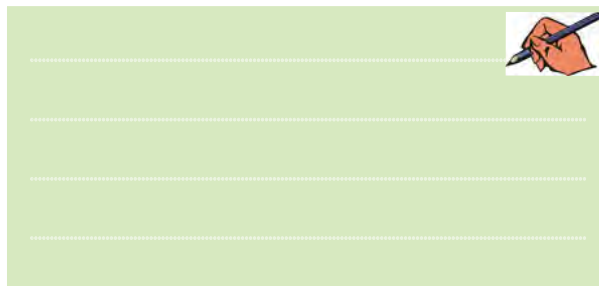
۵-۶-۲ با توجه به نتایج به دست آمده رابطه‌ی بین F_1

و F_2 را به دست آورید. آیا نتایج به دست آمده با هم انطباق دارد؟ در مورد آن توضیح دهید.

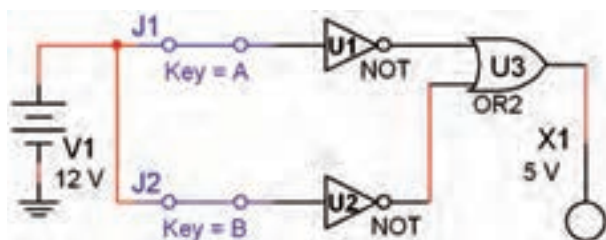


۲-۱۲ بنویسید.

۲-۷-۵ خروجی‌های F_1 و F_2 را با هم مقایسه کنید. آیا رابطه‌ی منطقی به دست آمده برای خروجی‌ها با هم منطبق است و رابطه‌ی: $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ که قانون اول دمورگان است صدق می‌کند؟ توضیح دهید.



۲-۷-۶ مدار مربوط به عبارت: $\overline{A+B}$ که در شکل ۲-۲۰ آمده است را روی میز آزمایشگاه مجازی ببندید.

شکل ۲-۲۰ مدار عبارت: $\overline{A+B}$

۲-۷-۷ کلیدهای A و B را تغییر دهید و مقادیر خروجی را در ستون F_1 جدول صحت ۲-۱۳ بنویسید.

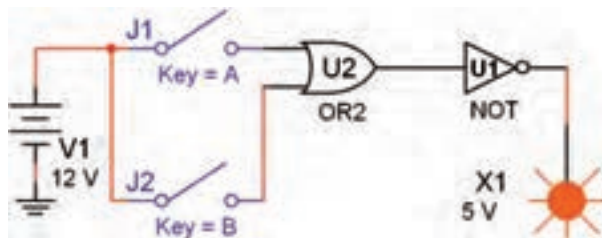
جدول ۲-۱۳ جدول انطباق $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$

ورودیها		خروجی F_1	خروجی F_2
A	B	LED	LED
J_1	J_2	$\overline{A+B}$	$\overline{A} \cdot \overline{B}$
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		

۲-۷-۸ مدار شکل ۲-۲۱ را روی میز آزمایشگاه

۲-۷ آزمایش ۷: بررسی قوانین دمورگان

۲-۷-۱ مدار عبارت منطقی را که در شکل ۲-۱۸ آمده است را با استفاده از گیت‌های منطقی ببندید. ولتاژ تغذیه را متناسب با نوع آی‌سی TTL یا CMOS تغییر دهید.

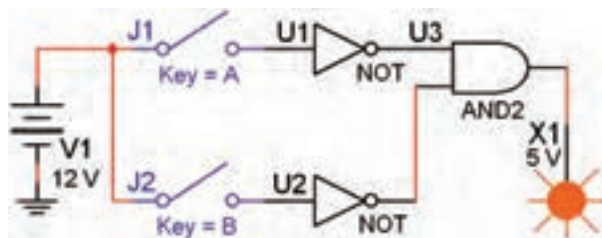
شکل ۲-۱۸ تابع $A+B$

۲-۷-۲ خروجی مدار را در حالات مختلف ورودی A و B مشاهده کنید و مقادیر خروجی F_1 را در جدول ۲-۱۲ بنویسید.

جدول ۲-۱۲ جدول انطباق $A+B = \overline{\overline{A+B}}$

ورودیها		خروجی F_1	خروجی F_2
A	B	LED	LED
J_1	J_2	$\overline{A+B}$	$\overline{A} \cdot \overline{B}$
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		

۲-۷-۳ مدار را مطابق شکل ۲-۱۹ روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.

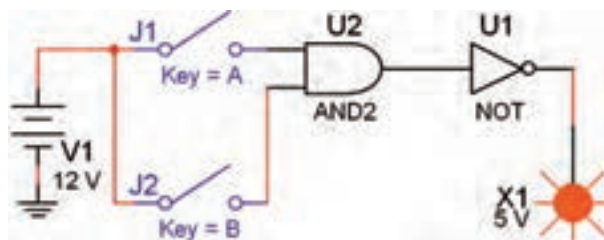
شکل ۲-۱۹ مدار تابع $\overline{A} \cdot \overline{B}$

۲-۷-۴ حالت‌های ورودی A و B را تغییر دهید و نتایج به دست آمده برای خروجی مدار را در ستون F_2 جدول

۸-۲ آزمایش ۸:

اجرای مثال ۲-۴ در فضای مجازی

مجازی ببندید.

شکل ۲-۲۱ مدار عبارت: $\overline{A.B}$

۸-۲-۱ در مثال ۲-۴ می‌خواهیم مداری دارای مشخصاتی به شرح زیر باشد (به شکل ۳-۱۲ کتاب مبانی دیجیتال مراجعه کنید).

الف- دو کلید ورودی و یک مقاومت متصل به یک دیود نوردهنده یا پروب داشته باشد.

ب- اگر هر دو کلید A و B باز باشد ($A=0, B=0$) دیود یا پروب خروجی روشن شود.

پ- اگر کلید A باز و کلید B بسته باشد ($A=0, B=1$) خروجی روشن شود.

ت- اگر کلید A بسته و کلید B باز باشد ($A=1, B=0$) خروجی خاموش باشد.

ث- اگر هر دو کلید بسته باشد ($A=1, B=1$) خروجی روشن شود.

۸-۲-۲ جدول صحت مدار با توجه به مفروضات مسئله به صورت جدول ۲-۱۴ در می‌آید.

جدول ۲-۱۴ جدول صحت مسئله

ورودیها		خروجی
A	B	LED یا پروب
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۰
۱	۱	۱

۸-۲-۳ با توجه به جدول رابطی خروجی را به دست می‌آوریم:

$$Y = \overline{A.B} + \overline{A}.B + A.B$$

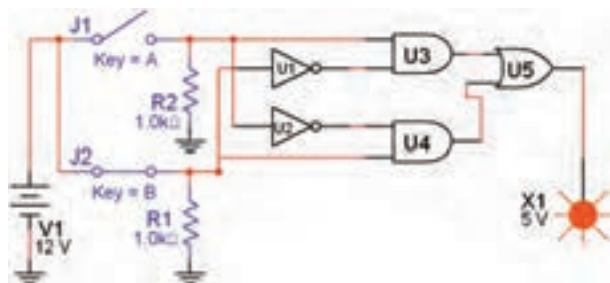
۸-۷-۹ کلیدهای ورودی A و B را تغییر دهید و مقادیر خروجی را در ستون F_p بنویسید.

۸-۷-۱۰ خروجی‌های F_1 و F_p را با هم مقایسه کنید، آیا رابطه‌ی: $\overline{A+B} = \overline{A.B}$ که قانون دوم دمورگان است در مورد F_1 و F_p صدق می‌کند؟ توضیح دهید.



Area for writing answers to questions 8-7-9 and 8-7-10.

۲-۸-۷ مدار تابع $Y = AB + \bar{A}\bar{B}$ را مطابق شکل ۲-۲۴ روی میز کار مجازی ببندید.



شکل ۲-۲۴ مدار تابع $Y = AB + \bar{A}\bar{B}$

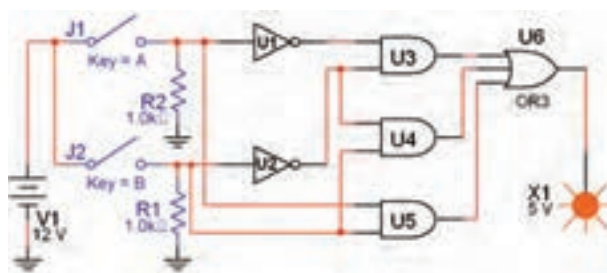
۲-۸-۸ کلیدهای ورودی را طبق جدول صحت ۲-۱۵ تغییر دهید و خروجی را در جدول بنویسید.

جدول ۲-۱۴ جدول تابع $Y = AB + \bar{A}\bar{B}$

ورودی‌ها		خروجی
A	B	LED یا پروب
۰	۰	
۰	۱	
۱	۰	
۱	۱	

۲-۸-۹ آیا خروجی‌ها در حالات « $B=1$ » و « $A=0$ » برابر با یک می‌شود. در باره‌ی آن توضیح دهید.

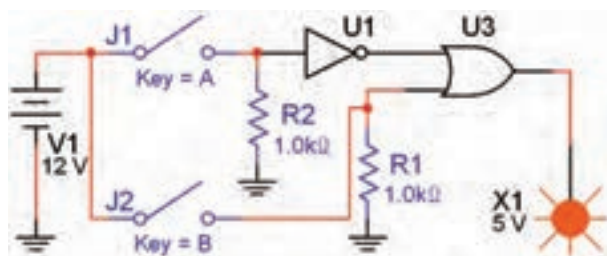
۲-۸-۴ با توجه به رابطه‌ی خروجی طبق شکل ۲-۲۲ مدار خروجی را در فضای نرم‌افزاری می‌بندیم.



شکل ۲-۲۲ مدار مثال ۲-۴

۲-۸-۵ کلیدهای A و B را تغییر وضعیت دهید و حالت‌های خروجی Y را با جدول ۲-۱۴ مقایسه کنید. آیا جدول صحت با رفتار مدار مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۲-۸-۶ با استفاده از جبر بول و قوانین دمورگان تابع خروجی را ساده کنید. باید تابع زیر به دست آید: $Y = \bar{A} + B$ این تابع در مقایسه با تابع اولیه بسیار ساده‌تر است. مدار تابع ساده شده را در فضای نرم‌افزاری مطابق شکل ۲-۲۳ ببندید.



شکل ۲-۲۳ مدار ساده شده‌ی $Y = \bar{A} + B$

جدول ۲-۱۶ جدول صحت مرحله‌ی ۴-۹-۲


ورودیها			خروجی
A	B	C	Y
۰	۰	۰	۱
۰	۰	۱	۰
۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۰	۱	۱
۱	۱	۰	۰
۱	۱	۱	۱

در شکل ۲-۲۶ جدول کامل شده را روی دستگاه مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۲۶ جدول صحت کامل شده روی دستگاه مبدل منطقی

۲-۹-۵ با استفاده از جدول صحت و قوانین جبر بول و دموگان، تابع Y در جدول صحت ۲-۱۶ را به صورت جمع حاصل ضرب‌ها بنویسید.



۲-۹ آزمایش ۹:

ساده سازی توابع با استفاده از جبر بول و قوانین دموگان و جدول کارنو

۲-۹-۱ همان‌طور که در فصل اول ذکر شد یکی از دستگاه‌هایی که در نرم‌افزار مولتی‌سیم وجود دارد ابزار Logic Converter است. این وسیله یک ابزار مناسب جهت برقراری ارتباط بین جدول صحت و تابع است. دستگاه Logic Converter (مبدل منطقی) در نوار ابزار وسایل اندازه‌گیری قرار دارد. با استفاده از این وسیله می‌توانید ورودی‌ها و خروجی در جدول صحت را مشخص کنید، سپس تابع مربوطه را به دست آورید. عمل عکس نیز امکان‌پذیر است.

۲-۹-۲ برای شروع، دستگاه را به روی میز کار بیاورید و روی آن دو بار کلیک چپ کنید تا شکل عملیاتی دستگاه روی میز کار ظاهر شود.

۲-۹-۳ روی دایره‌های بالایی دستگاه حروف C, B, A و ... کلیک چپ کنید تا شکل ۲-۲۵ ظاهر گردد.



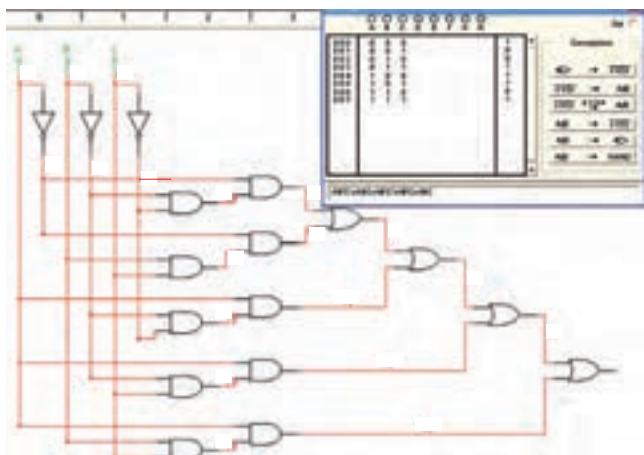
شکل ۲-۲۵ تنظیم جدول صحت روی دستگاه مبدل منطقی

۲-۹-۴ روی علامت سؤال در سمت راست شکل ۲-۲۵ کلیک چپ کنید و این کار را متوالیاً ادامه دهید، تا خروجی را مطابق جدول صحت روی دستگاه ایجاد شود.

نکته مهم:

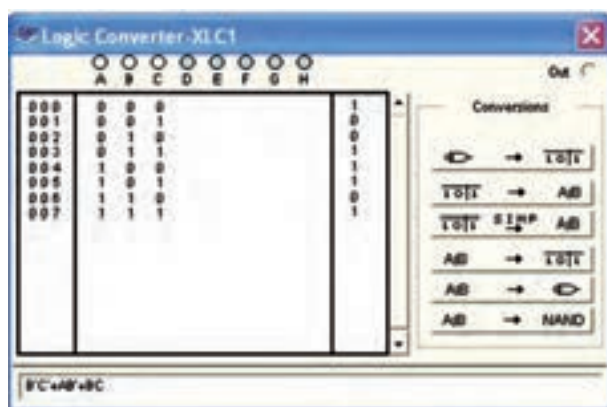
با هر بار کلیک کردن، علامت سؤال تغییر حالت می‌دهد و به حالت صفر، یک یا X می‌رود.

۲-۹-۹ پس از فعال کردن گزینه ی yes، مجدداً کلید $A \rightarrow B$ را فعال کنید کمی صبر نمایید، نقشه ی مدار مربوط به تابع Y طبق شکل ۲-۲۹ روی صفحه ظاهر می شود.



شکل ۲-۲۹ نقشه ی مدار تابع Y

۲-۹-۱۰ در صورتی که بخواهید ساده ترین شکل تابع را بر اساس جبر بول، قوانین دموورگان و جدول کارنو به دست آورید، پس از تنظیم جدول صحت روی دستگاه مبدل منطقی، روی زبانه ی $TOTI \rightarrow SIMP \rightarrow A \rightarrow B$ کلیک کنید. پس از کلیک کردن تابع ساده شده در زبانه ی پایینی صفحه ی دستگاه مطابق شکل ۲-۳۰ ظاهر می شود.



شکل ۲-۳۰ ساده ترین حالت تابع Y

۲-۹-۶ روی کلید $TOTI \rightarrow A \rightarrow B$ دستگاه مبدل منطقی کلیک کنید. در نوار پایین دستگاه عبارت چند جمله ای مربوط به تابع که در زیر آمده است، ظاهر می شود.

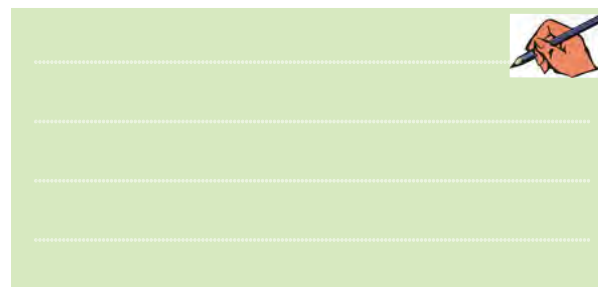
$$Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + ABC$$

در شکل ۲-۲۷ چند جمله ای ظاهر شده در پایین جدول را ملاحظه می کنید.

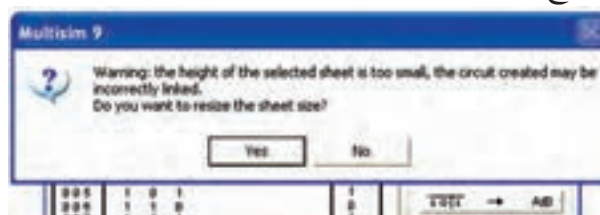
$$A'B'C' + A'BC + AB'C' + AB'C + ABC$$

شکل ۲-۲۷ چند جمله ای ظاهر شده در پایین جدول

۲-۹-۷ آیا چند جمله ای به دست آمده توسط دستگاه Logic Converter با چند جمله ای که شما به دست آورده اید مشابه است؟ توضیح دهید.



۲-۹-۸ روی کلید $A \rightarrow B$ در دستگاه Logic Converter کلیک کنید. در این حالت دستگاه مبدل منطقی تابع را تبدیل به مدار می کند و نقشه ی آن را می دهد. با توجه به ابعاد نقشه علامت اختطاری طبق شکل ۲-۲۸ روی صفحه ظاهر می شود و از شما می پرسد آیا می خواهید اندازه ها را اصلاح کند؟ گزینه ی yes را فعال کنید.





شکل ۲-۲۸ اختطاری جهت اصلاح ابعاد مدار به منظور ترسیم آن

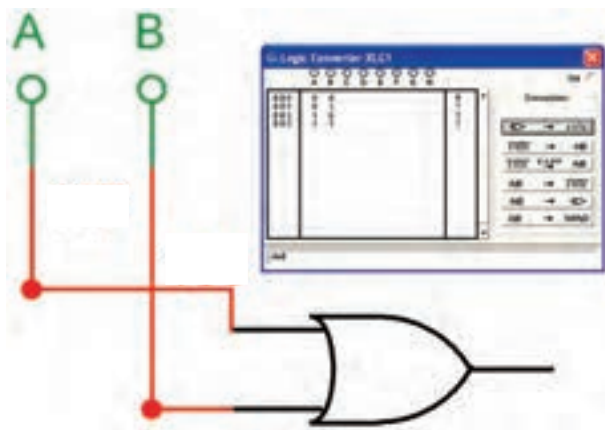
۲-۱۰ آزمایش ۱۰:

استفاده از دستگاه Logic Converter
به دست آوردن تابع با استفاده از مدار

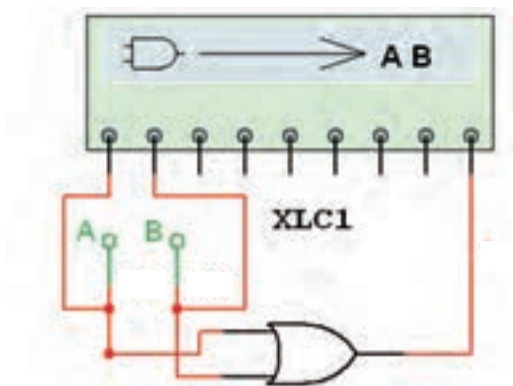
۲-۱۰-۱ جدول صحت تابع $Y=A+B$ را به دست آورید، سپس آن را در دستگاه مبدل منطقی پیاده کنید.

۲-۱۰-۲ با استفاده از زبانه‌ی  تابع Y را در دستگاه به دست آورید.

۲-۱۰-۳ با استفاده از زبانه‌ی  مدار را توسط دستگاه به دست آورید. در شکل ۲-۳۲ نقشه‌ی اتصال را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۲-۳۲ به دست آوردن مدار $Y=A+B$


۲-۱۰-۴ طبق شکل ۲-۳۳ ورودی‌های مدار را به دو ترمینال سمت چپ دستگاه و خروجی آن را به اولین ترمینال در سمت راست وصل کنید.

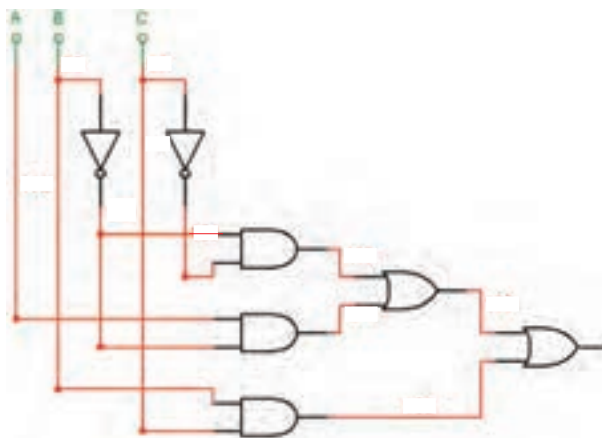


شکل ۲-۳۳ نحوه‌ی اتصال مدار دیجیتال به دستگاه مبدل منطقی

۲-۹-۱۱ با استفاده از جبر بول و قوانین دمورگان، تابع Y را ساده کنید. آیا نتیجه‌ی حاصل شده، مشابه تابع به دست آمده توسط دستگاه مبدل منطقی است؟ شرح دهید.



۲-۹-۱۲ در شکل ۲-۳۰ روی زبانه‌ی  کلیک کنید. پس از فعال کردن yes در اخطار داده شده، مدار شکل ۲-۳۱ که ساده شده‌ی مدار شکل ۲-۲۹ است ظاهر می‌شود.



شکل ۲-۳۱ مدار ساده شده‌ی شکل ۲-۲۹

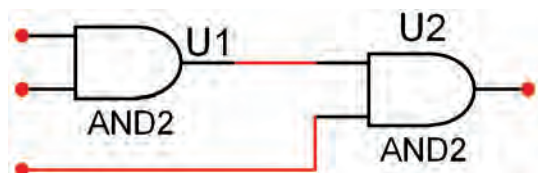
۲-۹-۱۳ جدول صحت تابع $Y = \overline{B}D + B\overline{D} + BC$ را بنویسید، سپس با استفاده از دستگاه Logic Converter آن را ساده کنید و در نهایت مدار آن را به دست آورید و درباره‌ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



۲-۱۱ آزمایش ۱۱: افزایش تعداد ورودی‌های دروازه‌های منطقی AND

۲-۱۱-۱ مدار شکل ۲-۳۵ را روی میز آزمایشگاه مجازی

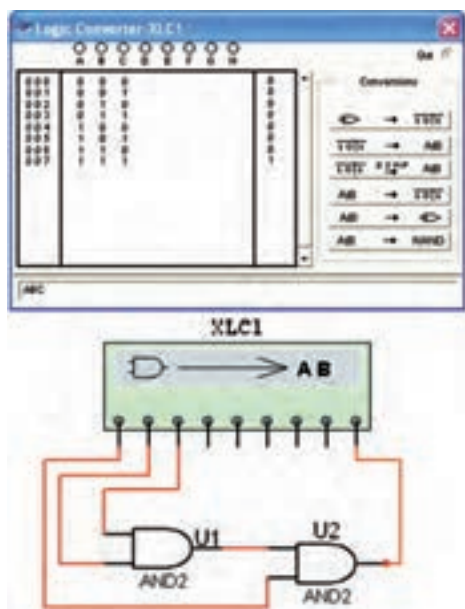
ببندید.



شکل ۲-۳۵ افزایش ورودی‌ها در گیت منطقی AND

۲-۱۱-۲ همان‌طور که ملاحظه می‌شود با استفاده از دو گیت AND توانسته‌ایم تعداد ورودی‌ها را به سه ورودی برسانیم.

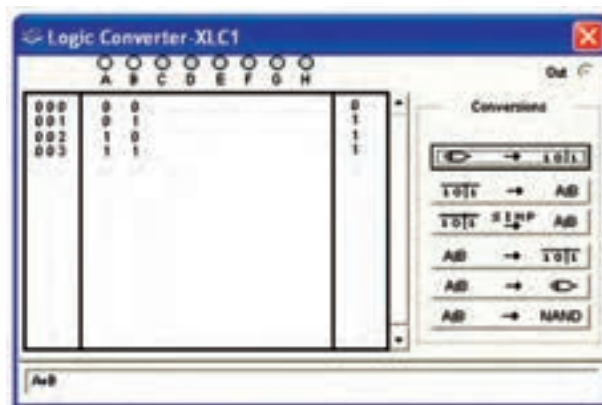
۲-۱۱-۳ ورودی‌ها و خروجی را به دستگاه مبدل منطقی بدهید و طبق شکل ۲-۳۶ تابع خروجی را به دست آورید.



شکل ۲-۳۶ به دست آوردن تابع گیت AND با سه ورودی توسط دستگاه مبدل منطقی

$Y = \dots\dots\dots$

۲-۱۰-۵ روی صفحه‌ی دستگاه مبدل منطقی دو بار کلیک کنید. طبق شکل ۲-۳۴ تابع خروجی مدار و جدول صحت آن روی صفحه ظاهر می‌شود.



شکل ۲-۳۴ به دست آوردن تابع و جدول صحت با استفاده از دستگاه مبدل منطقی

۲-۱۰-۶ ورودی و خروجی مدارهای شکل ۲-۲۹ و ۲-۳۱ را به دستگاه مبدل منطقی وصل کنید و جدول صحت و تابع آن را به دست آورید و با جداول و توابع اولیه‌ی آن مقایسه کنید. آیا آن‌ها با هم انطباق دارند؟ شرح دهید.



۲-۱۰-۷ مدارهای دیگری را که در آزمایشگاه یا در قالب پروژه کار می‌کنید را به دستگاه Logic Converter وصل کنید. جداول صحت و توابع مربوط به آن‌ها را با مقادیر اولیه مقایسه کنید و در باره‌ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



۲-۱۲ آزمایش ۱۲:

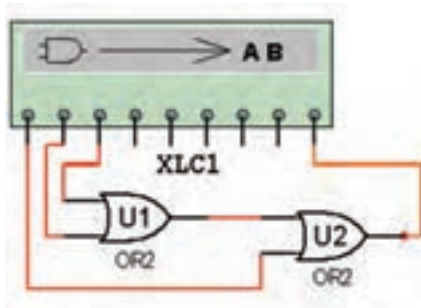
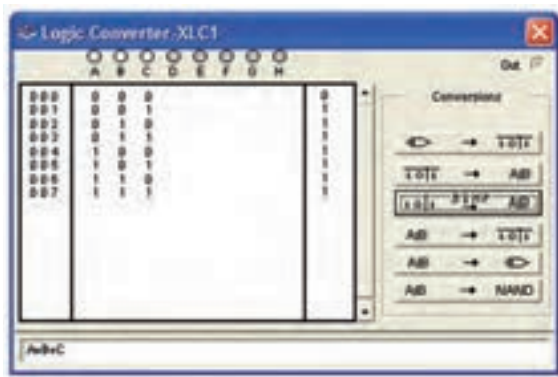
افزایش تعداد ورودی‌های گیت OR

۲-۱۲-۱ طبق شکل ۲-۳۹ دو گیت OR را روی میز آزمایشگاه مجازی اتصال دهید و تعداد ورودی‌ها را به سه ورودی برسانید.



شکل ۲-۳۹ گیت OR با سه ورودی

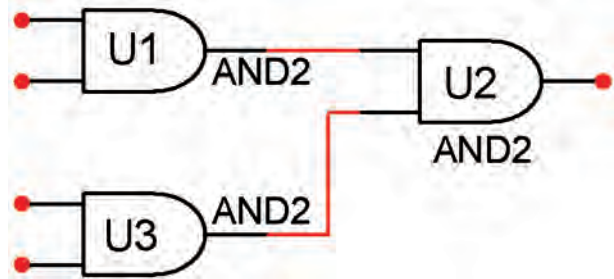
۲-۱۲-۲ طبق شکل ۲-۴۰ گیت OR با سه ورودی را به دستگاه مبدل منطقی متصل کنید و تابع آن را به دست آورید.



شکل ۲-۴۰ اتصال گیت OR با سه ورودی به دستگاه مبدل منطقی

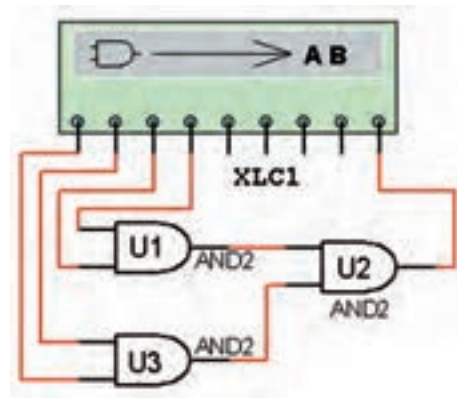
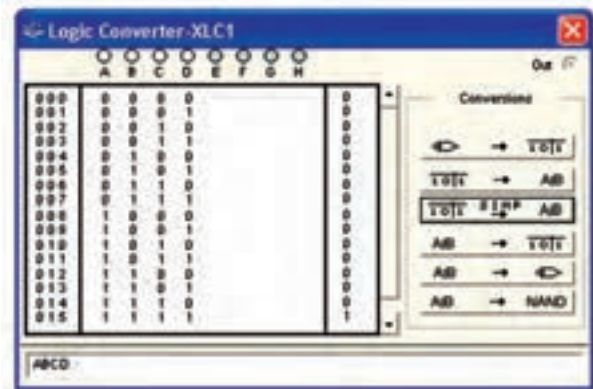
$$Y = \dots\dots\dots$$

۲-۱۱-۴ مدار شکل ۲-۳۷ را ببندید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با استفاده از سه دروازه AND یک گیت AND چهار ورودی ساخته شده است.



شکل ۲-۳۷ دروازه منطقی AND با چهار ورودی

۲-۱۱-۵ طبق شکل ۲-۳۸ ورودی‌ها و خروجی‌های گیت AND ترکیبی با چهار ورودی را به دستگاه Logic Converter وصل کنید و تابع خروجی آن را به دست آورید.



شکل ۲-۳۸ اتصال گیت AND با چهار ورودی به دستگاه Logic Converter

$$Y = \dots\dots\dots$$

۲-۱۳ آزمایش ۱۳:

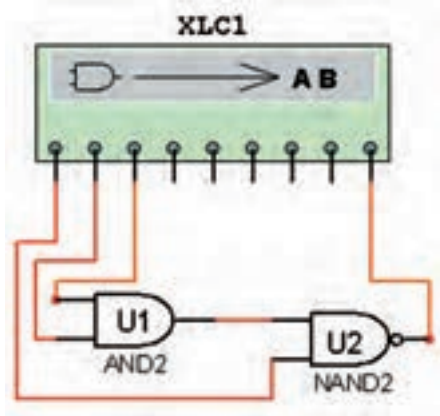
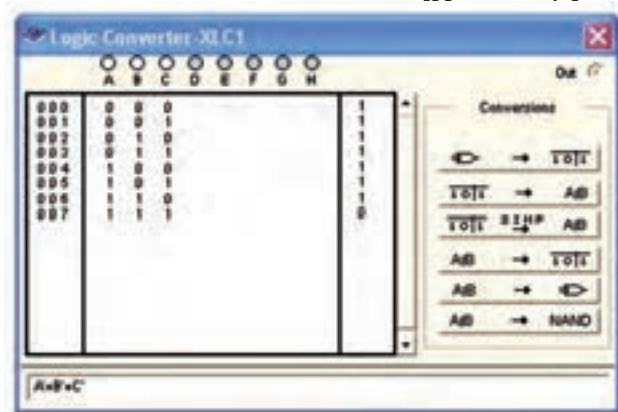
افزایش تعداد ورودی‌های گیت NAND

۲-۱۳-۱ با استفاده از یک گیت AND و یک گیت NAND، تعداد ورودی‌های گیت NAND را طبق شکل ۲-۴۳ به سه ورودی افزایش دهید.



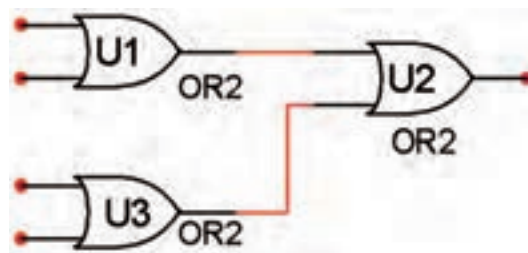
شکل ۲-۴۳ گیت NAND با سه ورودی

۲-۱۳-۲ گیت NAND با سه ورودی طبق شکل ۲-۴۴ را به دستگاه مبدل منطقی وصل کنید و تابع خروجی آن را به دست آورید.



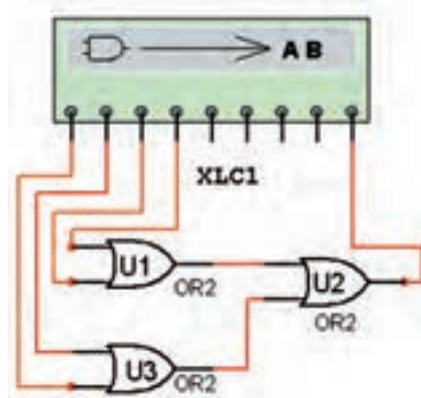
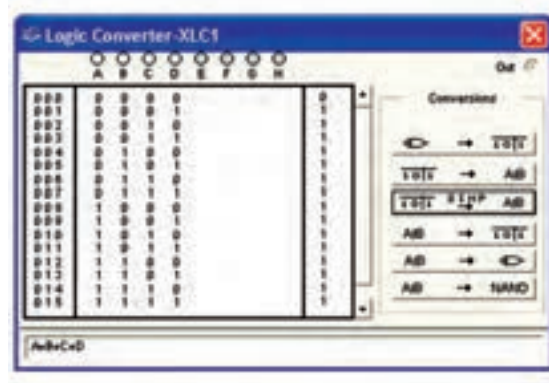
شکل ۲-۴۴ به دست آوردن تابع گیت NAND با سه ورودی

۲-۱۲-۳ با استفاده از سه گیت OR تعداد ورودی‌ها را طبق شکل ۲-۴۱ به چهار ورودی افزایش دهید.



شکل ۲-۴۱ گیت OR با چهار ورودی

۲-۱۲-۴ گیت OR با چهار ورودی را طبق شکل ۲-۴۲ به دستگاه مبدل منطقی وصل کنید و تابع خروجی آن را به دست آورید.



شکل ۲-۴۲ به دست آوردن تابع خروجی گیت OR با چهار ورودی

Y=.....

۱۴-۲ آزمایش ۱۴:

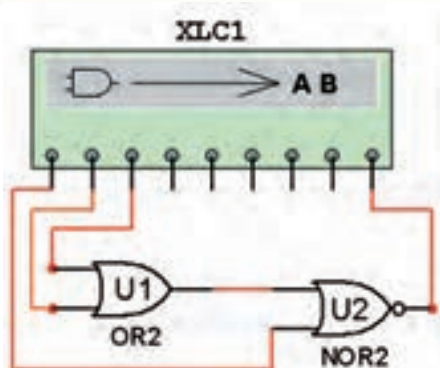
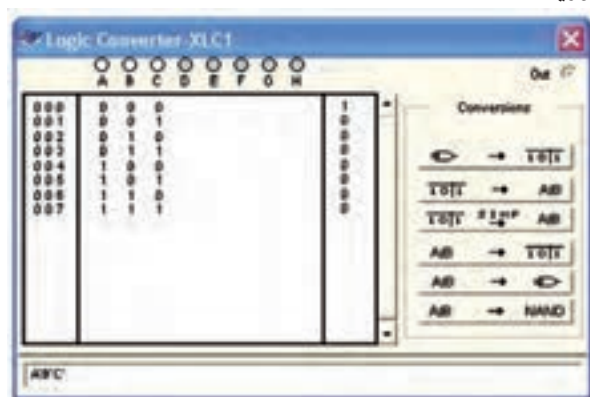
افزایش تعداد ورودی‌های گیت NOR

۱-۱۴-۲ با استفاده از یک گیت OR و یک گیت NOR طبق شکل ۲-۴۷ یک گیت NOR با سه ورودی بسازید.



شکل ۲-۴۷ گیت NOR با سه ورودی

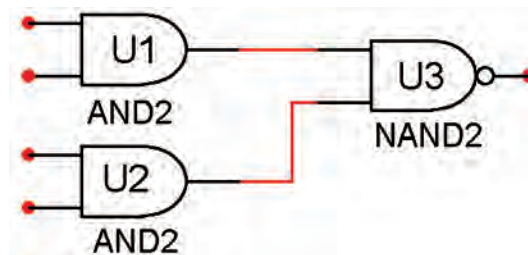
۲-۱۴-۲ گیت NOR با سه ورودی را طبق شکل ۲-۴۸ به دستگاه مبدل منطقی وصل کنید و تابع خروجی را به دست آورید.



شکل ۲-۴۸ تعیین تابع خروجی گیت NOR با سه ورودی

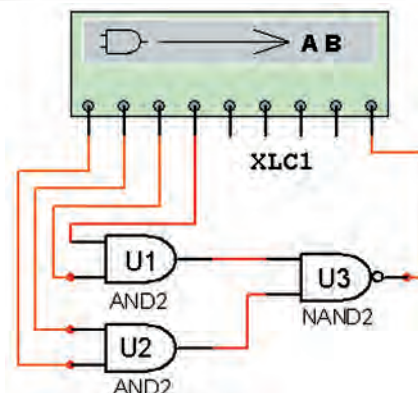
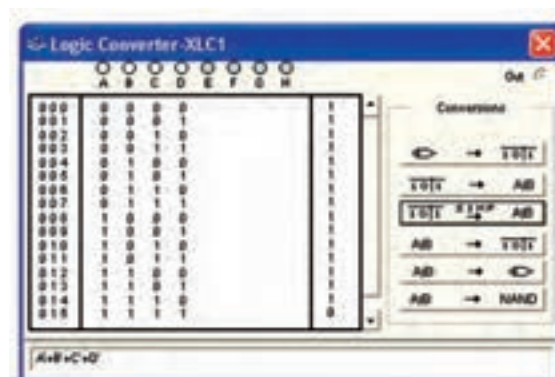
$Y = \dots\dots\dots$

۳-۱۳-۲ با استفاده از دو گیت AND و یک گیت NAND طبق شکل ۲-۴۵ یک گیت NAND با چهار ورودی بسازید.



شکل ۲-۴۵ گیت NAND با چهار ورودی

۴-۱۳-۲ گیت NAND با چهار ورودی را طبق شکل ۲-۴۶ به دستگاه مبدل منطقی وصل کنید و تابع خروجی را به دست آورید.



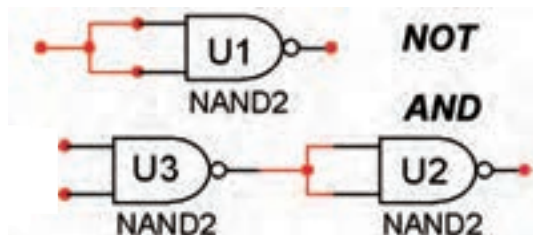
شکل ۲-۴۶ به دست آوردن تابع خروجی گیت NAND با چهار ورودی

۲-۱۵ آزمایش ۱۵:

ساخت دروازه‌های ، NOT ، AND ، OR

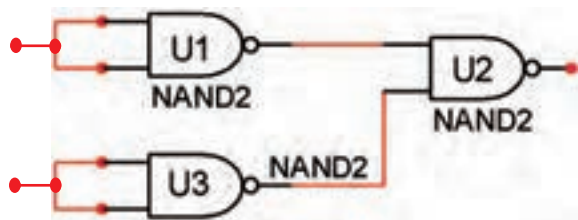
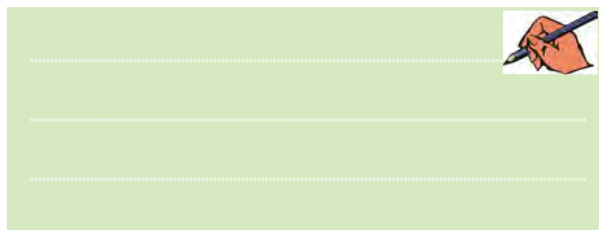
NOR و XOR با استفاده از گیت NAND

۲-۱۵-۱ ابتدا با استفاده از گیت NAND یک گیت NOT و سپس با استفاده از دو گیت NAND یک گیت AND مطابق شکل ۲-۵۱ بسازید.



شکل ۲-۵۱ ساخت گیت NOT و AND با استفاده از گیت NAND

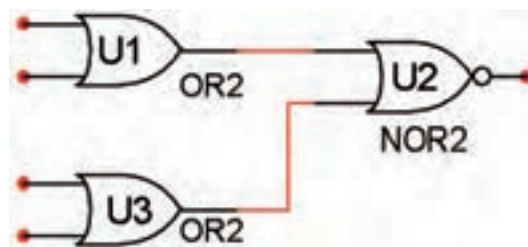
۲-۱۵-۲ طبق شکل ۲-۵۲ با استفاده از سه گیت NAND یک گیت OR بسازید و عملکرد آن را بررسی کنید.



شکل ۲-۵۲ گیت OR با استفاده از سه گیت NAND

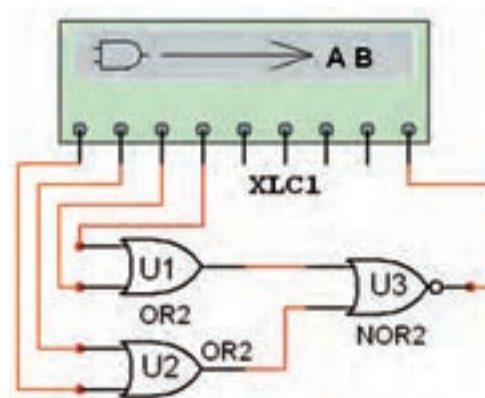
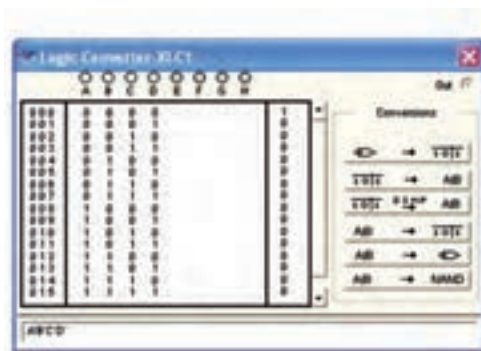
۲-۱۵-۳ با استفاده از چهار گیت NAND طبق شکل ۲-۵۳ یک گیت NOR بسازید و عملکرد آن را بررسی کنید.

۲-۱۴-۳ با استفاده از دو گیت OR و یک گیت NOR، طبق شکل ۲-۴۹ یک گیت NOR با چهار ورودی بسازید.



شکل ۲-۴۹ گیت NOR با چهار ورودی

۲-۱۴-۴ گیت NOR با چهار ورودی را طبق شکل ۲-۵۰ به دستگاه مبدل منطقی وصل کنید و تابع خروجی را به دست آورید.



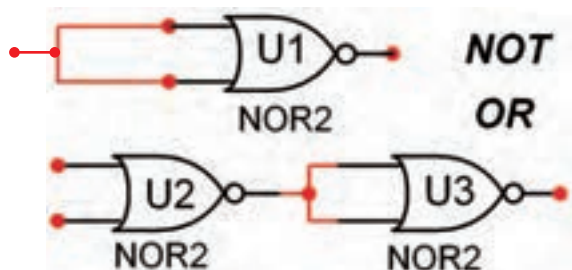
شکل ۲-۵۰ تعیین تابع خروجی گیت NOR با چهار ورودی

Y=.....

۲-۱۶ آزمایش ۱۶: ساخت انواع دروازه‌های

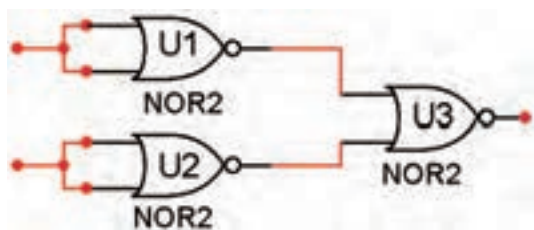
منطقی با استفاده از گیت NOR

۲-۱۶-۱ طبق شکل ۲-۵۶ با استفاده از گیت NOR گیت NOT و OR بسازید.

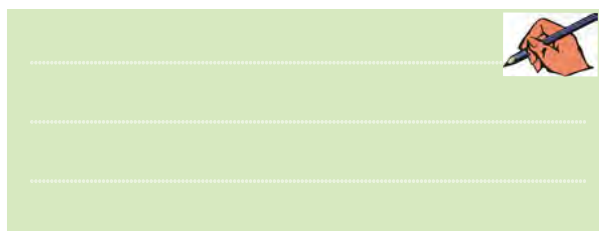


شکل ۲-۵۶ گیت NOT و OR با استفاده از گیت NOR

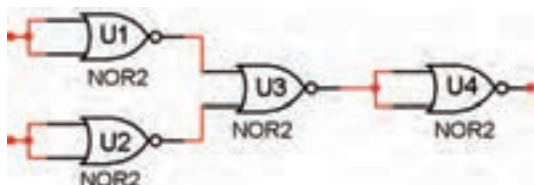
۲-۱۶-۲ با استفاده از سه گیت NOR طبق شکل ۲-۵۷ یک گیت AND بسازید و رفتار آن را بررسی کنید.



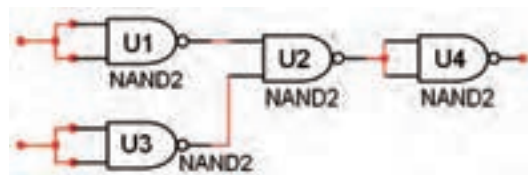
شکل ۲-۵۷ ساخت گیت AND با استفاده از سه گیت NOR



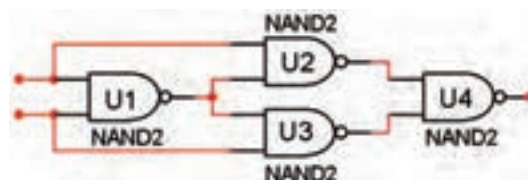
۲-۱۶-۳ با استفاده از چهار گیت NOR طبق شکل ۲-۵۸ یک گیت NAND بسازید و رفتار آن را بررسی کنید.



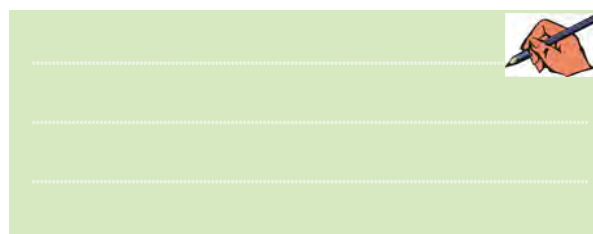
شکل ۲-۵۸ گیت NAND با استفاده از چهار گیت NOR



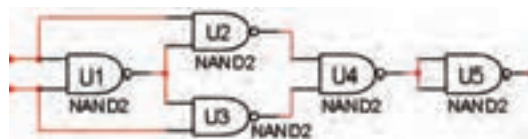
شکل ۲-۵۳ گیت NOR با استفاده از چهار گیت NAND
۲-۱۵-۴ طبق شکل ۲-۵۴ با استفاده از چهار گیت NAND یک گیت OR انحصاری (XOR) بسازید و عملکرد آن را بررسی کنید.



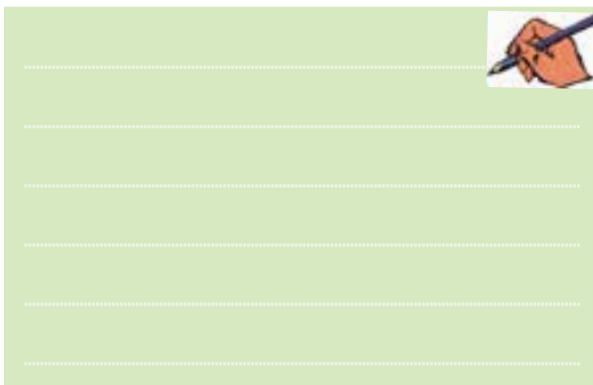
شکل ۲-۵۴ گیت XOR با استفاده از چهار گیت NAND



۲-۱۵-۵ با استفاده از پنج گیت NAND طبق شکل ۲-۵۵ یک گیت XNOR بسازید و عملکرد آن را بررسی کنید.



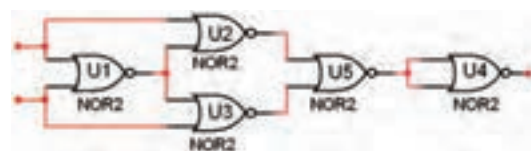
شکل ۲-۵۵ گیت XNOR با استفاده از پنج گیت NAND



۲-۱۶-۶ کلیه مدارهای آزمایش ۱۵-۲ را به دستگاه مبدل منطقی (Logic Converter) وصل کنید و تابع خروجی آن‌ها را به دست آورید. سپس تابع را با تابع اصلی مدار مقایسه کنید و در مورد نتایج به دست آمده توضیح دهید.



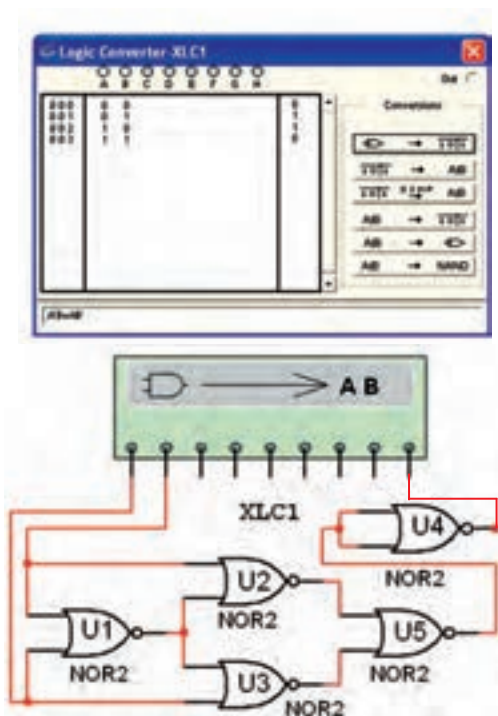
۲-۱۶-۴ با استفاده از پنج گیت NOR یک گیت XOR مطابق شکل ۵۹-۲ بسازید و عملکرد آن را بررسی کنید.



شکل ۵۹-۲ گیت XOR با استفاده از پنج گیت NOR

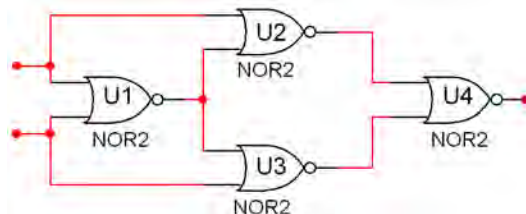


در شکل ۶۱-۲ مدار XOR با استفاده از گیت‌های NOR را به دستگاه داده‌ایم و تابع آن را به دست آورده‌ایم.



شکل ۶۱-۲ به دست آوردن تابع XOR با استفاده از پنج گیت NOR

۲-۱۶-۵ با استفاده از چهار گیت NOR مطابق شکل ۶۰-۲ یک گیت XNOR بسازید و رفتار آن را تحلیل کنید.



شکل ۶۰-۲ گیت XNOR با استفاده از چهار گیت NOR

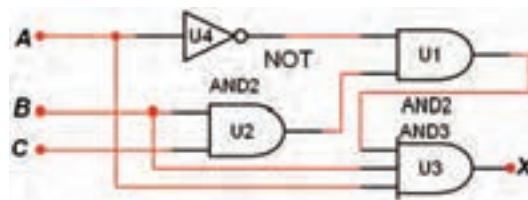


۲-۱۷-۴ نتایج به دست آمده را با نتایج تئوری مقایسه کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



۲-۱۷ آزمایش ۱۷: مدارهای ترکیبی

۲-۱۷-۱ مدار ترکیبی ساده‌ی شکل ۲-۶۲ را روی میز آزمایشگاه مجازی ببینید و تابع خروجی آن را به دست آورید.

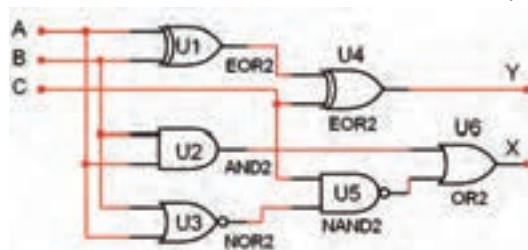


شکل ۲-۶۲ به دست آوردن تابع خروجی یک مدار ترکیبی ساده

۲-۱۷-۲ نتایج عملی به دست آمده را با نتایج تئوری مقایسه کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



۲-۱۷-۳ مدار ترکیبی شکل ۲-۶۳ را روی میز آزمایشگاه مجازی ببینید و تابع خروجی آن را به دست آورید.



شکل ۲-۶۳ یک نمونه مدار ترکیبی

« فصل سوم »

مدارهای ترکیبی

(مطابق فصل چهارم کتاب مبانی دیجیتال)

هدف کلی:

آزمایش و طراحی مدارهای ترکیبی و مدارهای ترکیبی ویژه توسط نرم افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- یک مدار ترکیبی را طراحی کند و آن را با نرم افزار مولتی سیم اجرا کند.
- ۲- مدار جمع کننده ی ناقص (H.A) را با نرم افزار اجرا کند و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۳- مدار تمام جمع کننده (F.A) را در فضای نرم افزاری پیاده سازی کند و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۴- مدار تفریق کننده ی ناقص (H.S) را در فضای نرم افزاری اجرا کند و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۵- مدار تمام تفریق کننده (F.S) را به صورت نرم افزاری ببندد و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۶- مدار یک جمع گر کامل چهاربیتی را با تراشه ی ۷۴۸۳ در فضای نرم افزاری ببندد.
- ۷- مدار مبدل BCD به سون سگمنت را با تراشه ی ۷۴۴۷ و نمایشگر سون سگمنت در فضای نرم افزاری اجرا کند.
- ۸- مدار مقایسه کننده ی تک بیتی را در فضای نرم افزاری آزمایش کند.
- ۹- مدارهای رمزگشا (Decoder) را در فضای نرم افزاری ببندد و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۱۰- نحوه ی اجرای توابع منطقی را تجربه کند.
- ۱۱- مدار رمزگذار (Encoder) مبدل دسی مال به دودویی (صفحه کلید) را در فضای نرم افزاری شبیه سازی کند.
- ۱۲- مدار یک مالتی پلکسر چهار به یک را به کمک گیت های منطقی در فضای نرم افزار اجرا کند.

۵: اجرای مدار منطقی با گیت های پایه.

۳-۱-۲ همانطور که قبلاً ذکر شد در نرم افزار مولتی سیم جهت طراحی مدارهای ترکیبی می توانید از دستگاه منطقی (Logic Converter) استفاده نمایید. از این دستگاه می توانید بدون وارد شدن به جزئیات، با استفاده از جدول صحت، مدار را طراحی کنید یا جدول صحت مدار مشخصی را با استفاده از تابع آن به دست آورید. مثالی که در ادامه می آید، قابل طراحی با استفاده از دستگاه مبدل منطقی است.

۳-۱ آزمایش ۱: طراحی مدارهای ترکیبی

۳-۱-۱ برای طراحی مدارهای منطقی مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید.

الف: تحلیل مسئله ی تعریف شده و تعیین تعداد ورودی و خروجی مورد نیاز و در نهایت رسم بلوک دیاگرام.

ب: تشکیل جدول صحت و ارزش گذاری تابع (صفر و یک) بر حسب سطرهای ورودی جدول صحت.

ج: ترسیم نقشه ی کارنو و به دست آوردن تابع ساده شده ی مدار منطقی.

تابع F_1 و F_2 را به ترتیب از جدول صحت استخراج می‌کنیم.

$$F_1 = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$$

$$F_2 = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC$$

با توجه به جدول در این مسئله همواره برای خروجی‌ها، رابطه‌ی $F_2 = \overline{F_1}$ برقرار است. تابع F_1 و F_2 را با استفاده نقشه‌ی کارنو ساده می‌کنیم. همچنین می‌توانیم برای مثال F_1 یا F_2 را به دست آوریم، سپس آن را NOT کنیم تا دیگری به دست آید. اگر تابع F_1 را NOT کنیم تابع F_2 حاصل می‌شود. بنابر این کافی است که ابتدا یکی از توابع F_1 یا F_2 را محاسبه کنیم، سپس با نات کردن تابع به دست تابع دومی را تعیین کنیم. در این مرحله ابتدا F_1 را به دست می‌آوریم، سپس آن را NOT می‌کنیم تا F_2 مشخص شود.

$$F_2 = \overline{F_1} = \overline{A}B + \overline{A}\overline{C} + \overline{B}C$$

حال تابع F_1 را با نقشه‌ی کارنو جدول ۳-۲ ساده می‌کنیم.

$$F_1 = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$$

$$F_{1(A,B,C)} = \sum(3, 5, 6, 7)$$

جدول ۳-۲ جدول کارنو تابع F_1

C \ AB	00	01	11	10
0			1	
1		1	1	1

تابع F_1 ساده شده از نقشه‌ی کارنو برابر است با:

$$F_1 = AB + AC + BC$$

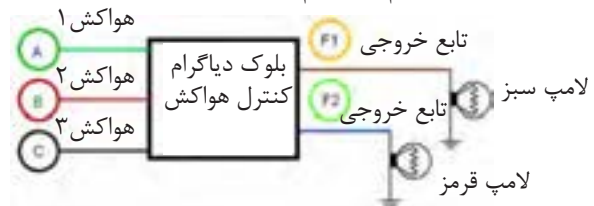
حال تابع F_1 و F_2 را مطابق شکل ۳-۲ توسط گیت‌های منطقی پایه پیاده‌سازی می‌کنیم.



با نات شدن تابع F_1 می‌توانیم تابع F_2 را به دست آوریم.

۳-۱-۳ در یک پارکینگ، از سه هواکش جهت تهویه‌ی هوا استفاده شده است، که به شرح زیر عمل می‌کنند: هنگامی که حداقل دو هواکش کار می‌کند، یک لامپ سبز روشن می‌شود.

در سایر حالات یک لامپ قرمز روشن می‌شود. مدار منطقی کنترل این هواکش‌ها را طراحی کنید. حل: با توجه به خواسته‌های مسئله، بلوک دیاگرام مدار را مطابق شکل ۳-۱ رسم می‌کنیم.



شکل ۳-۱ بلوک دیاگرام مثال ۳-۱-۳

توجه: این بلوک دیاگرام توسط نرم‌افزار مولتی‌سیم با استفاده از ابزار Graphic Annotation ترسیم شده است و فایل آن در لوح فشرده‌ی ضمیمه‌ی کتاب موجود است.

با توجه به بلوک دیاگرام شکل ۳-۱ جدول صحت مربوط به عملکرد هواکش‌ها را رسم می‌کنیم. این جدول صحت، سه ورودی A، B، C و خروجی F_1 و F_2 را مطابق جدول ۳-۱ خواهد داشت.

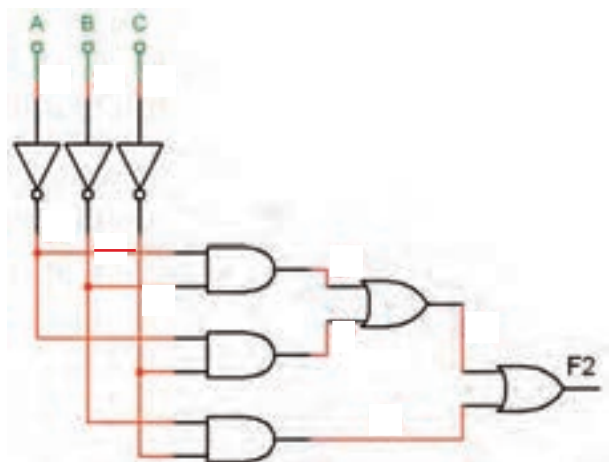
جدول ۳-۱ جدول صحت مدار مثال ۳-۱-۳

A	B	C	F_1	F_2
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

تمرین ۱: مثال مربوط به کنترل هواکش‌ها در پارکینگ، ابتدا تابع F_p را به دست آورید سپس مدار منطقی آن را با نرم‌افزار پیاده کنید.

۳-۱-۵ پس از ظاهر شدن F_p زبانه‌ی AB را فعال

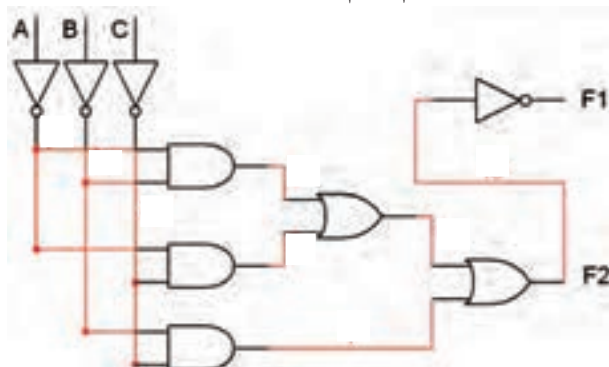
کنید و چند دقیقه صبر کنید. مدار منطقی تابع F_p طبق شکل ۳-۴ رسم می‌شود. توجه داشته باشید که مدار منطقی تابع F_p به صورت خودکار توسط نرم‌افزار طراحی و بر روی میز کار ترسیم می‌شود. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، در خروجی مدار به جای استفاده از یک گیت OR سه ورودی از دو گیت OR دو ورودی استفاده شده است. همچنین چون تابع خروجی F_p تعریف شده است، در هر یک از ورودی‌های A ، B و C یک گیت NOT قرار دارد.



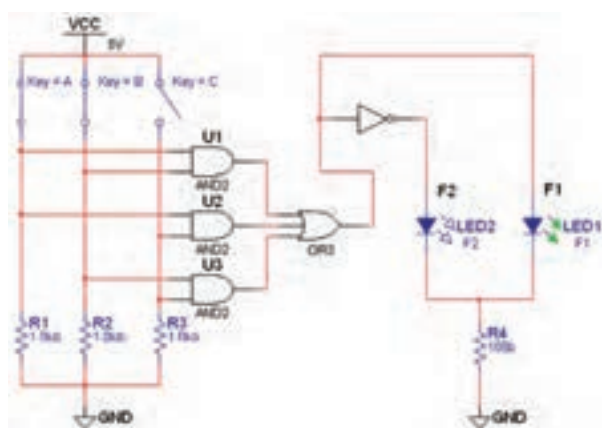
شکل ۳-۴ ترسیم مدار منطقی F_p با استفاده از دستگاه مبدل منطقی

۳-۱-۶ همانطور که قبلاً ذکر شد، تابع F_p نات شده‌ی

تابع F_1 است. برای اینکه بتوانید تابع F_1 را داشته باشید طبق شکل ۳-۵ یک گیت NOT به خروجی اضافه کنید. به این ترتیب خروجی‌های F_1 و F_p در دسترس خواهد بود.

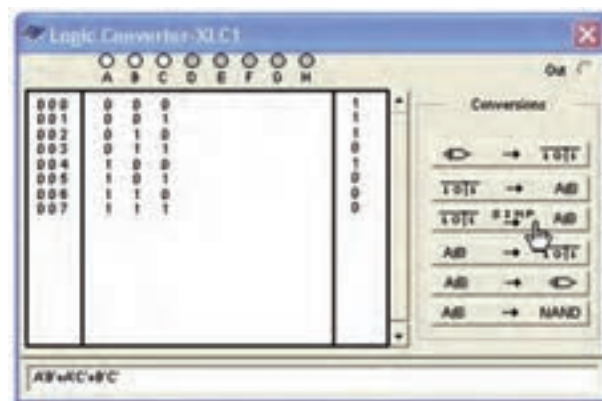


شکل ۳-۵ اضافه کردن گیت NOT به منظور ایجاد تابع F_p



شکل ۳-۲ مدار منطقی کنترل هواکش

۳-۱-۴ (می‌خواهیم برای اجرای توابع F_1 و F_p ، به منظور کنترل هواکش‌ها از دستگاه مبدل منطقی استفاده کنیم). ابتدا دستگاه مبدل منطقی (Logic Converter) را از نوار Instrument بردارید و آن را روی صفحه بیاورید، سپس تعداد ورودی‌ها را مشخص کنید و جدول صحت را توجه به تحلیل مسئله کامل نمائید. پس از آن روی نوار کلیک کنید. طبق شکل ۳-۳ تابع F_p به صورت $\overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{C} + \overline{B}\overline{C}$ ظاهر می‌شود.



شکل ۳-۳ تبدیل جدول صحت به تابع F_p با استفاده از دستگاه مبدل منطقی

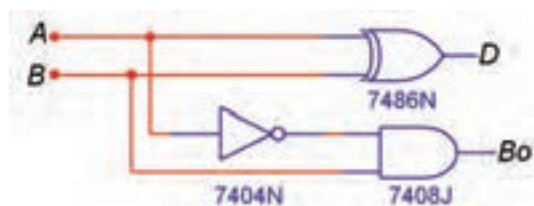
توجه: در این قسمت، ابتدا تابع F_p را محاسبه کرده‌ایم تا با فرآیند اجرای مدارهای ترکیبی بیشتر آشنا شوید.

در صورتی که پاسخ سؤال ۱ منفی است، مدار را دوباره مورد بررسی قرار دهید و اشکال آن را بر طرف کنید.

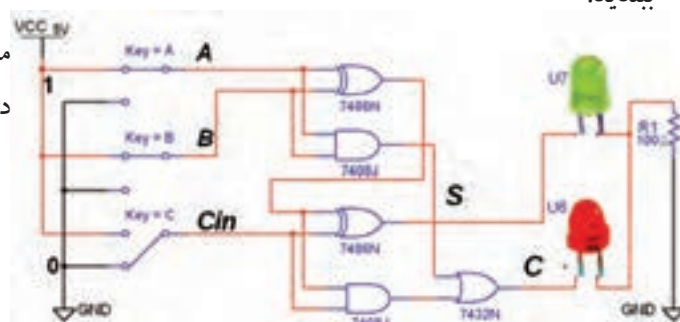
۳-۲-۳: مدار تفریق کننده

۳-۲-۵ مدار جمع کننده کامل را به کمک دو جمع کننده ناقص مطابق شکل ۳-۹ بر روی میز کار مجازی ببندید.

۳-۳-۱ با مدار تفریق گر ناقص (H.S) شکل ۳-۱۰ می توانید عمل تفریق $A - B$ دو عدد تک بیتی را انجام دهید.

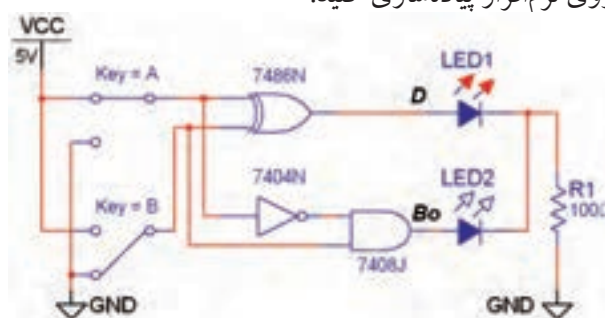


شکل ۳-۱۰ مدار تفریق گر ناقص دو عدد تک بیتی



شکل ۳-۹ مدار جمع کننده کامل با استفاده از دو جمع کننده ناقص

۳-۳-۲ مدار تفریق گر ناقص را مطابق شکل ۳-۱۱ بر روی نرم افزار پیاده سازی کنید.



شکل ۳-۱۱ مدار عملی تفریق کننده ناقص دو عدد تک بیتی

۳-۳-۳ کلیدهای ورودی A و B مدار شکل ۳-۱۱ را مطابق جدول ۳-۵ تغییر وضعیت دهید و خروجی ها را مشاهده کنید. جدول صحت مدار را کامل نمایید.

جدول ۳-۵ جدول صحت مدار تفریق گر ناقص

A	B	D	B ₀
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		

۳-۲-۶ با تغییر وضعیت کلیدهای ورودی مدار شکل ۳-۹، جدول صحت ۳-۴ که مربوط به جمع کننده کامل است را به دست آورید.

جدول ۳-۴ جدول صحت مدار جمع کننده کامل

A	B	C _{in}	C _o	S
۰	۰	۰		
۰	۰	۱		
۰	۱	۰		
۰	۱	۱		
۱	۰	۰		
۱	۰	۱		
۱	۱	۰		
۱	۱	۱		

سؤال ۳: در صورتی که $A = ۱$ ، $B = ۱$ و $C_{in} = ۰$ باشد حاصل جمع رابطه ی: $S = A + B + C_{in}$ را مشخص کنید و بیت نقلی خروجی را تعیین کنید.

$$S = \quad C_o =$$

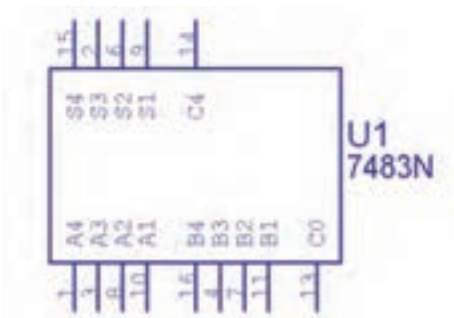
سؤال ۵: در صورتی که $A=1, B=0, C=B_{in}=1$ باشد، حاصل تفریق $D = A - B - B_{in}$ را مشخص کنید.

$$D =$$

$$B_{out} =$$

۳-۴ آزمایش ۴: جمع‌کننده‌ی چهار بیتی

۳-۴-۱ برای جمع کردن دو عدد چهار بیتی $A(A_4A_3A_2A_1)$ و $B(B_4B_3B_2B_1)$ می‌توانید از تراشه‌ی ۷۴۸۳ که یک جمع‌گر چهار بیتی است استفاده کنید. این تراشه را از گروه (Group) تی‌تی‌ال (TTL)، خانواده‌ی ۷۴STD (Family) بر روی میز کار بیاورید. شکل ۳-۱۳ این تراشه را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۳ آی‌سی ۷۴۸۳ جمع‌گر چهار بیتی

سؤال ۴: خروجی B_O بیت قرضی در کدام حالت روشن می‌شود؟

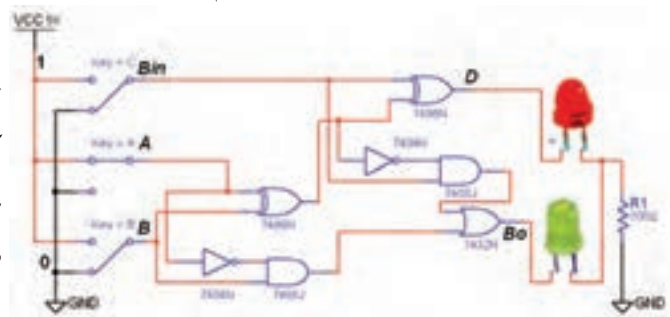
☐ الف: $A = B$

☐ ب: $A > B$

☐ ج: $A < B$

☐ د: $A < B$ و $A = B$

۳-۳-۴ مدار تفریق‌کننده‌ی کامل را به کمک دو تفریق‌گر ناقص مشابه شکل ۳-۱۲ را در نرم‌افزار ببندید.



شکل ۳-۱۲ مدار عملی تفریق‌کننده‌ی کامل

۳-۳-۵ با توجه به شکل ۳-۱۲ کلیدهای ورودی را تغییر حالت دهید و از روشن و خاموش شدن LED ها اطمینان حاصل کنید.

۳-۳-۶ با تغییر وضعیت کلیدهای ورودی در شکل ۳-۱۲ جدول صحت ۳-۶ را که مربوط به تفریق‌کننده‌ی کامل است را با مشاهده‌ی وضعیت خروجی‌ها کامل کنید.

جدول ۳-۷ جدول صحت مدار تفریق‌کننده‌ی کامل

A	B	Bin	D	Bout
۰	۰	۰		
۰	۰	۱		
۰	۱	۰		
۰	۱	۱		
۱	۰	۰		
۱	۰	۱		
۱	۱	۰		
۱	۱	۱		



ساختار آی‌سی ۷۴۸۳ از ۴ عدد جمع‌گر کامل ساخته شده است. پایه‌ی ۱۳ C_O ، اولین بیت نقلی جمع‌گر کامل اول است که باید به خط "۰" وصل شود. پایه‌ی ۱۴ C_P بیت نقلی آخرین جمع‌گر کامل است که وجود بیت نقلی را در جمع دو عدد A و B مشخص می‌کند.

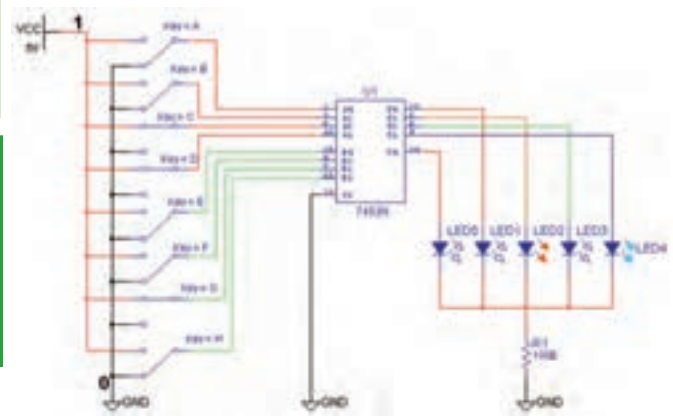
۳-۴-۳ کلیدهای ورودی مربوط به بیت‌های اعداد A و B را تغییر وضعیت دهید و رفتار و عملکرد مدار را مشاهده کنید.

سؤال ۶: آیا تغییر حالت کلیدهای ورودی اثری روی روشن شدن LED های خروجی دارد؟



توجه: در نرم‌افزار مولتی سیم پایه‌های V_{CC} و GND مربوط به تراشه‌های منطقی عبارتند از $V_{CC} = +5V$ و $GND = \underline{\underline{\quad}}$ که به صورت پیش فرض اتصال داده شده است. بنابراین در نقشه‌های مربوطه دو پایه V_{CC} و GND نشان داده نمی‌شوند.

۳-۴-۲ مدار جمع کننده‌ی چهار بیتی با آی سی ۷۴۸۳ را مشابه شکل ۳-۱۴ روی میز کار مجازی ببینید. سعی کنید کلیدها و دیودها و نحوه‌ی سیم کشی به گونه‌ای باشد که حالت تقارن مدار حفظ شود و تعقیب کردن سیم‌ها آسان گردد.



شکل ۳-۱۴ مدار جمع کننده‌ی چهار بیتی با آی سی ۷۴۸۳

نمائید و تغییر حالت آن‌ها را در جدول یادداشت کنید.

۳-۴-۴ در صورت مثبت بودن پاسخ سؤال ۶ ورودی‌ها را طبق جدول ۳-۷ تغییر دهید. خروجی‌های مدار را مشاهده

جدول ۳-۷ جدول صحت جمع گر چهار بیتی دو عدد A و B

وضعیت بیت‌های عدد A					وضعیت بیت‌های عدد B					وضعیت بیت‌های خروجی					عدد حاصل
عدد A	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	عدد B	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	C ₀	S ₄	S ₃	S ₂	S ₁	
۳	۰	۰	۱	۱	۲	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۵
	۱	۰	۰	۱		۰	۱	۱	۰						
	۱	۱	۰	۰		۰	۱	۰	۱						
	۱	۰	۰	۱		۰	۰	۱	۱						
	۰	۰	۰	۱		۱	۱	۱	۰						



C_o S_f S_r S_r S_i
 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

 A + B =



سؤال ۹: نحوه‌ی به دست آمدن متمم ۲ عدد B را در مدار شرح دهید.



۴-۵-۳ ابتدا با قرار دادن خط کنترل $X=0$ حاصل جمع $A+B$ را به دست آورید. سپس با تغییر وضعیت خط کنترل $X=1$ حاصل تفریق $A-B$ را مشخص کنید و در جدول بنویسید.

۱-۵-۳ برای جمع و تفریق دو عدد چهار ییتی A و B می‌توانید از مدار شکل ۱۵-۳ استفاده کنید. هنگام عمل تفریق $(A-B)$ ، خط کنترل X باید برابر با $X=1$ باشد تا متمم ۲ عدد B به دست آید و با عدد A جمع شود.

جدول ۸-۳ جدول صحت جمع و تفریق دو عدد چهاربیتی A و B

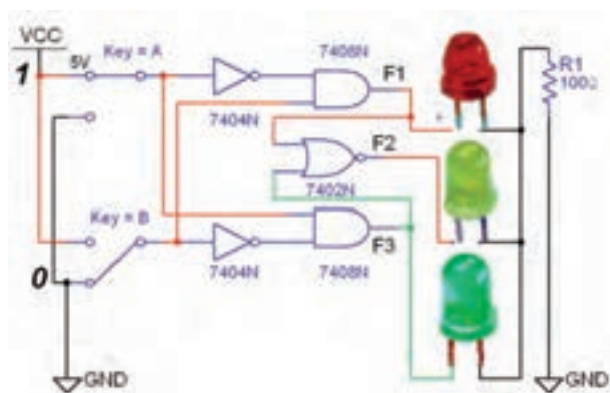
وضعیت بیت‌های عدد A					وضعیت بیت‌های عدد B					X=۰					عدد حاصل	X=۱					عدد حاصل
										وضعیت بیت‌های خروجی						وضعیت بیت‌های خروجی					
عدد A	A۴	A۳	A۲	A۱	عدد B	B۴	B۳	B۲	B۱	C۰	S۴	S۳	S۲	S۱		C۰	S۴	S۳	S۲	S۱	
۹	۱	۰	۰	۱	۶	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱۵	۰	۰	۰	۱	۱	۳
	۱	۰	۰	۱		۰	۱	۱	۰												
	۱	۱	۰	۰		۰	۱	۰	۱												
	۱	۰	۰	۱		۰	۰	۱	۱												
	۰	۰	۰	۱		۱	۱	۱	۰												

۳-۶-۳ ورودی A و B را طبق جدول صحت ۳-۹ تغییر وضعیت دهید و وضعیت خروجی‌های مدار را با توجه به ورودی‌ها مشخص کنید و در جدول ۳-۹ بنویسید.

جدول ۳-۹ جدول صحت مدار مقایسه‌کننده‌ی تک بیتی

ورودی‌ها		F_1	F_2	F_3
A	B	$A \langle B$	$A = B$	$A \rangle B$
۰	۰			
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

۳-۶-۴ مدار مقایسه‌گر یک بیتی شکل ۳-۱۸ را ببینید و جدول صحت آن را مطابق جدول ۳-۱۰ با تغییر وضعیت کلیدهای ورودی کامل کنید.



شکل ۳-۱۸ مدار عملی مقایسه‌کننده‌ی تک بیتی

جدول ۳-۱۰ جدول صحت مدار مقایسه‌کننده‌ی یک بیتی

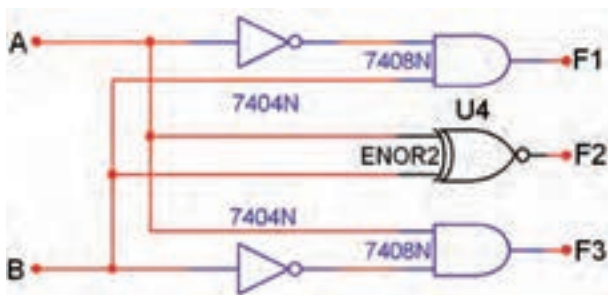
ورودی‌ها		F_1	F_2	F_3
A	B	$A \langle B$	$A = B$	$A \rangle B$
۰	۰			
۰	۱			
۱	۰			
۱	۱			

سؤال ۱۰: در حالت A-B اگر LED مربوط به خروجی C_p روشن شود، چه عملی در مدار صورت گرفته است؟ شرح دهید.



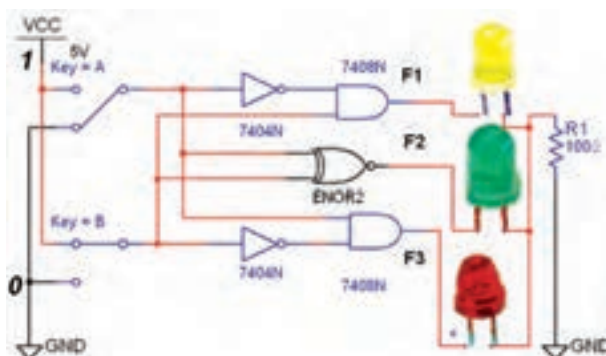
۳-۶ آزمایش ۶: مقایسه‌کننده‌ی تک بیتی

۳-۶-۱ مقایسه‌کننده مداری است که می‌تواند دو عدد A و B را به صورت $A \langle B$, $A = B$, $A \rangle B$ را با یکدیگر مقایسه کند. در صورتی که هر یک از این حالات اتفاق بیفتد، خروجی مربوط به آن حالت روشن می‌شود، شکل ۳-۱۶.



شکل ۳-۱۶ مدار مقایسه‌کننده‌ی تک بیتی

۳-۶-۲ مدار مقایسه‌گر یک بیتی شکل ۳-۱۷ را بر روی میز کار مجازی ببینید.



شکل ۳-۱۷ مدار عملی مقایسه‌کننده‌ی یک بیتی

۳-۷-۲ مدار شکل ۳-۱۹ را ببندید.

توجه: در آی‌سی‌های مدار ترکیبی، ورودی با ارزش‌ترین رقم با حرف D و کم‌ارزش‌ترین رقم با حرف A مشخص می‌شوند. هنگام بستن و راه‌اندازی مدار به این نکته دقت داشته باشید.

۵۵

۳-۷-۳ کلیدهای ورودی مدار را مطابق جدول صحت ۳-۱۱ به ترتیب تغییر وضعیت دهید. باید عدد نشان داده شده روی نمایشگر تغییر کند. با تغییر ورودی‌ها جدول صحت ۳-۱۱ را به ترتیب از کد صفر تا عدد ۱۵ کامل نمایید.

یادآوری:

در صورتی که عدد تغییر نکرد یک بار مدار را در فضای نرم‌افزاری ببندید و باز کنید و مدار را آزمایش کنید. در صورتی که عیب بر طرف نشد، اتصال‌های مدار را کنترل و اصلاح نمایید.

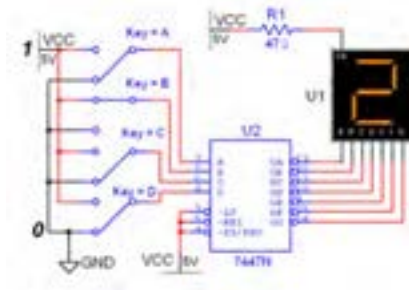
سؤال ۱۱: با توجه به مدارهای شکل ۳-۱۷ و ۳-۱۸ دلیل استفاده از گیت NOR را برای اجرای تابع F_p شرح دهید.



۳-۷ آزمایش ۷: مبدل کدهای BCD به

سون‌سگمنت (7-Segment)

۳-۷-۱ برای تبدیل کدهای باینری به اعداد ده‌دهی از مدار مبدل BCD به سون‌سگمنت استفاده می‌شود. آی‌سی رمزگشای ۷۴۴۷ یک مبدل BCD به سون‌سگمنت است که به همراه نمایشگر سون‌سگمنت قابل استفاده است، شکل ۳-۱۹.

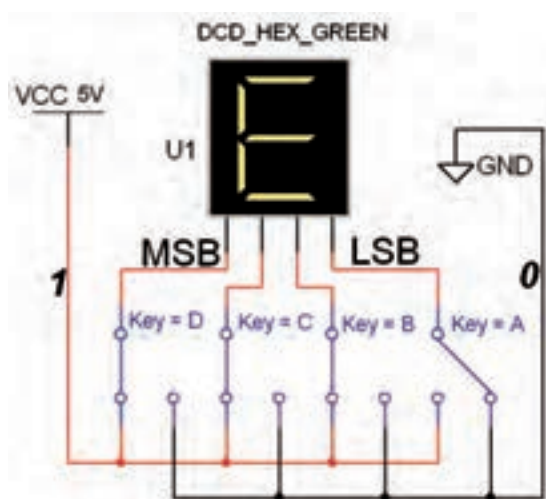


شکل ۳-۱۹ مدار مبدل BCD به سون‌سگمنت



ورودی‌های ۳، ۴ و ۵ آی‌سی ۷۴۴۷ در مدار باید به یک منطقی یعنی $V_{CC}+$ ، اتصال داده شوند. در مدارهای دیجیتال واقعی برای کنترل و تنظیم جریان LED ها و هفت‌قطعه‌ای‌ها، معمولاً یک مقاومت کم اهم و پروات را با خط مشترک آند یا کاتد سون‌سگمنت سری می‌کنند. به همین دلیل مقاومت R_1 در نرم‌افزار پیش‌بینی شده است.

۳-۲۰ را بر روی میز کار مجازی ببینید.



شکل ۳-۲۰ مدار مبدل هگزادسی مال به سون سگمنت در این مدار خروجی عدد $E=14$ را نشان می‌دهد.

۳-۷-۶ ورودی‌های مدار شکل ۳-۲۰ را طبق جدول صحت ۳-۱۲ تغییر دهید. رقم نمایشی روی سون سگمنت (VS) را در مبدل دودویی به هگزادسی مال مشاهده کنید و جدول ۳-۱۲ را کامل نمایید.

جدول ۳-۱۲ جدول صحت مبدل دودویی به هگزادسی مال

شماره‌ی سطر	D	C	B	A	عدد نمایشگر
۰	۰	۰	۰	۰	
۱	۰	۰	۰	۱	
۲	۰	۰	۱	۰	
۳	۰	۰	۱	۱	
۴	۰	۱	۰	۰	
۵	۰	۱	۰	۱	
۶	۰	۱	۱	۰	
۷	۰	۱	۱	۱	
۸	۱	۰	۰	۰	
۹	۱	۰	۰	۱	
۱۰	۱	۰	۱	۰	
۱۱	۱	۰	۱	۱	
۱۲	۱	۱	۰	۰	
۱۳	۱	۱	۰	۱	
۱۴	۱	۱	۱	۰	
۱۵	۱	۱	۱	۱	

جدول ۳-۱۱ جدول صحت BCD به سون سگمنت

شماره‌ی سطر	D	C	B	A	عدد نمایشگر
۰	۰	۰	۰	۰	
۱	۰	۰	۰	۱	
۲	۰	۰	۱	۰	
۳	۰	۰	۱	۱	
۴	۰	۱	۰	۰	
۵	۰	۱	۰	۱	
۶	۰	۱	۱	۰	
۷	۰	۱	۱	۱	
۸	۱	۰	۰	۰	
۹	۱	۰	۰	۱	
۱۰	۱	۰	۱	۰	
۱۱	۱	۰	۱	۱	
۱۲	۱	۱	۰	۰	
۱۳	۱	۱	۰	۱	
۱۴	۱	۱	۱	۰	
۱۵	۱	۱	۱	۱	

سؤال ۱۲: ارقام BCD تا کدام عدد اعتبار دارند؟ توضیح

دهید.



۳-۷-۴ برای نمایش اعداد باینری بالاتر از ۹ تا ۱۵ از مبدل هگزادسی مال به سون سگمنت استفاده می‌کنند. اعداد هگزادسی مال ۱۰ به بالا را با حروف A، B، C، D، E و F نشان می‌دهند. به عنوان مثال $A=10$ و $F=15$ است.

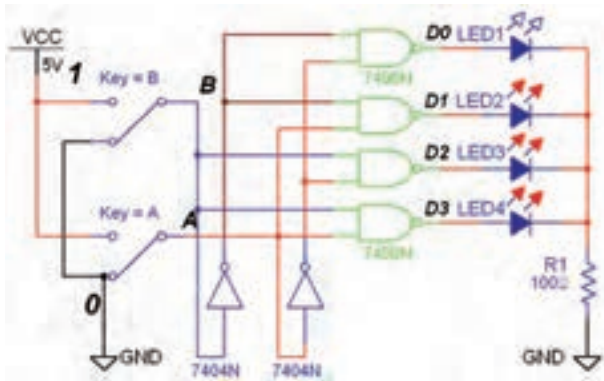
۳-۷-۵ مدار مبدل هگزادسیمال به سون سگمنت شکل

سؤال ۱۴: با توجه به جدول ۳-۱۳ آیا می‌توانستید مدار ۴ مستقل را با فرمان دادن با دو ورودی کنترل کنید؟ شرح دهید.



۵۷

۳-۸-۴ نمونه‌ی دیگری از مدار رمزگشای ۴ → ۲ (به ۴) را مطابق شکل ۳-۲۲ بر روی میز کار مجازی ببینید. این مدار با خروجی "صفر" فعال است.



شکل ۳-۲۲ مدار رمزگشای دو به چهار با خروجی صفر فعال

۳-۸-۵ وضعیت کلیدهای ورودی را به ترتیب مانند جدول ۳-۱۴ تغییر دهید و اثر آن را روی خروجی مشاهده کنید.

۳-۸-۶ حالت کلیدهای ورودی را مطابق جدول ۳-۱۴ که مربوط به رمزگشای ۲ به ۴ است را تغییر دهید و حالت‌های خروجی را در جدول بنویسید.

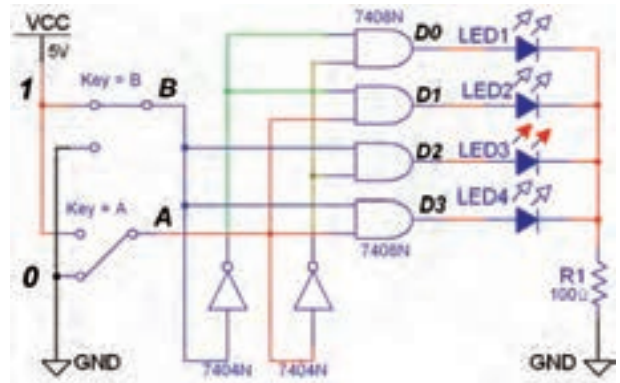
جدول ۳-۱۴ جدول صحت رمزگشای ۲ به ۴

B	A	D _۰	D _۱	D _۲	D _۳
۰	۰				
۰	۱				
۱	۰				
۱	۱				

۳-۸ آزمایش ۸: مدارهای رمزگشا

۳-۸-۱ برای کنترل 2^n خط خروجی با n خط ورودی از مدار رمزگشا استفاده می‌شود. برای مثال می‌توان چهار دستگاه دیجیتال مستقل را با دو خط باینری A و B کنترل (روشن یا خاموش) کرد. مدار شکل ۳-۲۱ یک رمزگشای ۲ به ۴ با خروجی در حالت "یک" فعال است.

۳-۸-۲ مدار شکل ۳-۲۱ را ببینید.



شکل ۳-۲۱ مدار رمزگشای ۴ → ۲ با خروجی یک فعال

۳-۸-۳ دو خط ورودی A و B را به ترتیب مطابق جدول ۳-۱۳ تغییر دهید و خروجی را مشاهده کنید و نتایج را در جدول صحت ۳-۱۳ یادداشت نمایید.

جدول ۳-۱۳ جدول صحت رمزگشای ۴ → ۲

B	A	D _۰	D _۱	D _۲	D _۳
۰	۰				
۰	۱				
۱	۰				
۱	۱				

سؤال ۱۳: فعال شدن خروجی‌ها در مدار رمزگشا با کدام حالت صفر یا یک انطباق دارد؟ شرح دهید.



سؤال ۱۵: فعال شدن هر یک از خروجی ها با کدام حالت منطقی است؟ توضیح دهید.



سؤال ۱۶: نحوه ی عملکرد پایه ی En را در مدار شرح دهید.

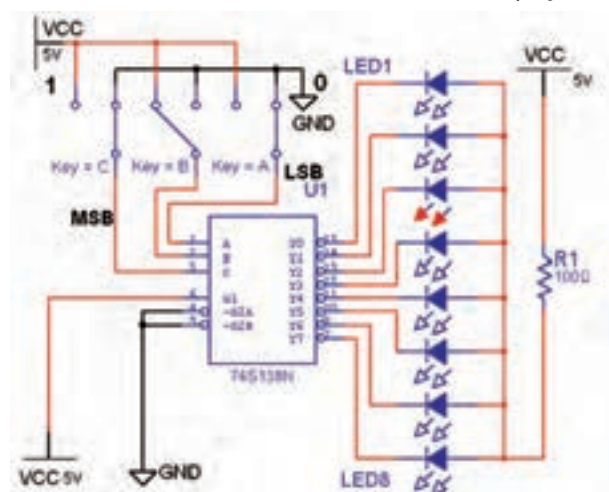


۳-۸-۱۰ برای توسعه ی خطوط ورودی و خروجی مدارهای رمزگشای می توانید از آی سی نیز استفاده کنید. آی سی ۷۴۱۳۸ یک رمزگشای ۳ به ۸ است که خروجی های آن در حالت صفر فعال هستند. این آی سی سه پایه ی تواناساز (G2B, G2A, G1) دارد، شکل ۳-۲۴.



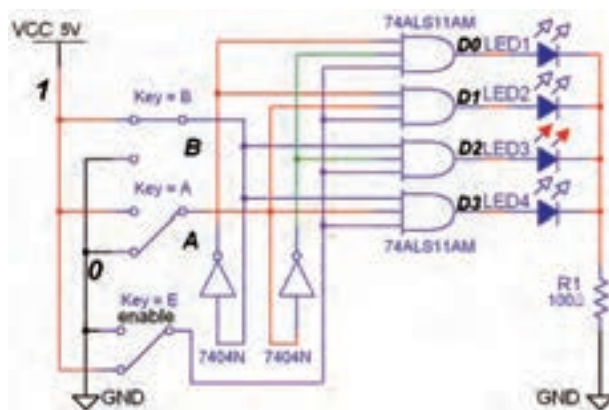
شکل ۳-۲۴ آی سی ۷۴۱۳۸ یک رمزگشای ۳ به ۸

۳-۸-۱۱ مدار شکل ۳-۲۵ را ببینید و کلیدهای ورودی را به ترتیب اتصال دهید.



شکل ۳-۲۵ مدار رمزگشای ۳ به ۸

۳-۸-۷ در مدارهای ترکیبی می توان با یک خط کنترل به نام تواناساز (Enable) خروجی را تحت کنترل در آورد. با فعال شدن پایه ی En خروجی ها می توانند فعال شوند. در صورتی که ورودی تواناساز En صفر باشد، خروجی فعال نخواهد شد. مدار شکل ۳-۲۳ یک مدار رمزگشای دو به چهار با ورودی تواناساز است.



شکل ۳-۲۳ مدار عملی رمزگشای ۲ به ۴ با پایه ی تواناساز

۳-۸-۸ مدار شکل ۳-۲۳ را ببینید.

۳-۸-۹ مطابق جدول ۳-۱۵ با تغییر ورودی های مدار، خروجی ها را مشاهده کنید و نتایج را در جدول یادداشت نمایید. جدول ۳-۱۵ جدول صحت رمزگشای ۲ به ۴ با خط ورودی تواناساز

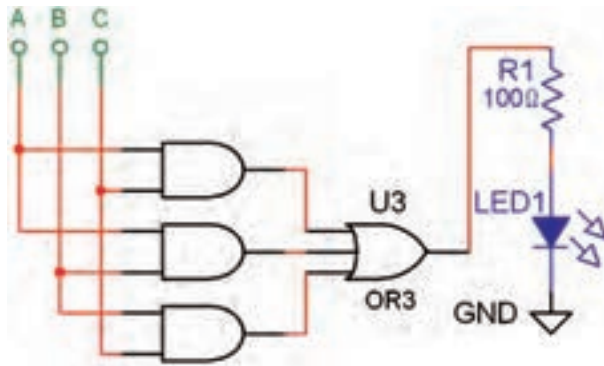
E_n	A	B	D_0	D_1	D_2	D_3
۰	X	X				
۱	۰	۰				
۱	۰	۱				
۱	۱	۰				
۱	۱	۱				

دیجیتالی می‌شود. برای مثال تابع :

$$F = \bar{A}BC + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$$

$$F = AB + AC + BC$$

پس از ساده‌سازی به صورت: $F = AB + AC + BC$
در می‌آید. در شکل ۳-۲۶ مدار این تابع توسط گیت‌های منطقی پایه اجرا شده است.



شکل ۳-۲۶ تابع F که با گیت‌های منطقی اجرا شده است.
جدول صحت این تابع را در جدول ۳-۱۷ مشاهده کنید.
جدول ۳-۱۷ جدول صحت مدار منطقی تابع F

A	B	C	F
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۰
۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۰
۱	۰	۱	۱
۱	۱	۰	۱
۱	۱	۱	۱

۳-۸-۱۲ ورودی مدار شکل ۳-۲۵ را تغییر دهید و

سپس جدول صحت ۳-۱۶ را کامل کنید.

توجه: در صورت نیاز برای تشخیص دقیق پایه‌ها به شکل ۳-۲۴ مراجعه کنید.

جدول ۳-۱۶ جدول صحت رمزگشای ۳ به ۸

C	B	A	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇
۰	۰	۰								
۰	۰	۱								
۰	۱	۰								
۰	۱	۱								
۱	۰	۰								
۱	۰	۱								
۱	۱	۰								
۱	۱	۱								

سؤال ۱۷: نحوه‌ی روشن شدن LED های خروجی مدار

را با توجه به شرایط سه کلید ورودی به طور خلاصه توضیح دهید.



توجه: برای اجرای توابع با مدار رمزگشا کافی است ابتدا شماره‌ی مین ترم‌های تابع را مشخص کنید و آنها را معادل خروجی‌های رمزگشا قرار دهید، سپس خروجی‌های تعیین شده را با یکدیگر OR کنید.

۳-۸-۱۳ یکی از کاربردهای مهم مدارهای رمزگشا

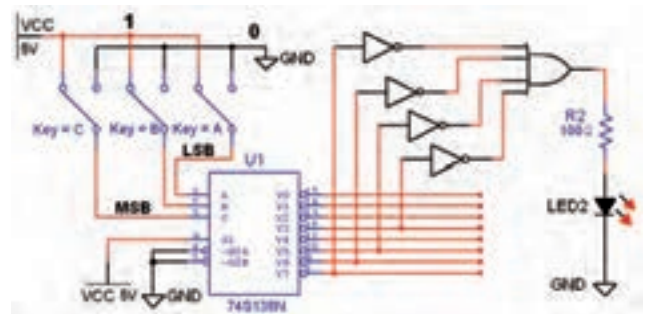
اجرای توابع منطقی است. زیرا استفاده از این مدارها سبب کاهش گیت‌های منطقی و ساده‌سازی حجم مدارهای

سؤال ۱۸: چرا در ورودی‌های گیت OR گیت NOT قرار گرفته است؟ توضیح دهید.



برای تابع شماره‌ی مین ترم‌ها به ترتیب m_v ، m_p ، m_h و m_p می‌شود و فرم تابع به صورت $F_{(A,B,C)} = \sum(3,5,6,7)$ در می‌آید. این تابع را به راحتی می‌توان با یک رمزگشای مناسب اجرا کرد.

۳-۸-۱۴ تابع $F_{(A,B,C)} = \sum(3,5,6,7)$ را مشابه مدار شکل ۳-۲۷ در فضای نرم‌افزاری اجرا کنید.



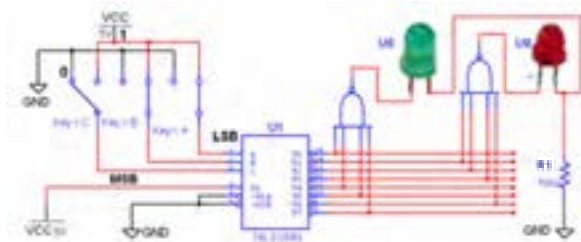
شکل ۳-۲۷ مدار منطقی تابع F اجرا شده با رمزگشای ۳ به ۸

۳-۸-۱۵ با تغییر وضعیت کلیدهای ورودی تابع F جدول صحت ۳-۱۸ را کامل کنید.

جدول ۳-۱۸ جدول صحت تابع F اجرا شده با مدار رمزگشا

A	B	C	F
۰	۰	۰	
۰	۰	۱	
۰	۱	۰	
۰	۱	۱	
۱	۰	۰	
۱	۰	۱	
۱	۱	۰	
۱	۱	۱	

۳-۸-۱۶ دو تابع $F_1 = \sum_m(9,4,5,7)$ و $F_2 = \sum_m(1,2,3,6)$ را به کمک آی‌سی ۷۴۱۳۸ و مدار شکل ۳-۲۸ در فضای نرم‌افزاری پیاده‌سازی کنید.

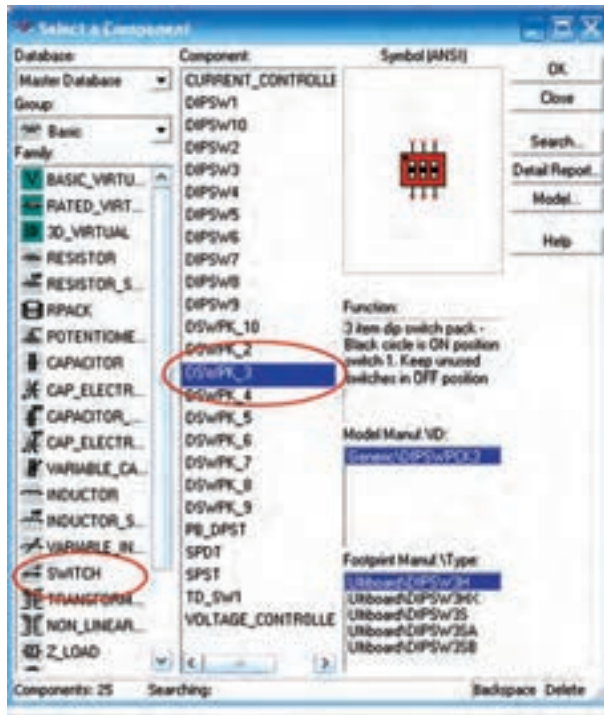


شکل ۳-۲۸ مدار منطقی توابع F_1 و F_2 اجرا شده با رمزگشای ۳ به ۸

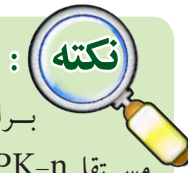
۳-۸-۱۷ ورودی‌های مدار شکل ۳-۲۸ را بر اساس جدول صحت ۳-۱۹ تغییر دهید و مقادیر خروجی F_1 و F_2 را در جدول یادداشت کنید.

جدول ۳-۱۹ جدول صحت توابع F_1 و F_2 اجرا شده با رمزگشای ۷۴۱۳۸

A	B	C	F_1	F_2
۰	۰	۰		
۰	۰	۱		
۰	۱	۰		
۰	۱	۱		
۱	۰	۰		
۱	۰	۱		
۱	۱	۰		
۱	۱	۱		



شکل ۳-۲۹ مسیر دستیابی به کلیدهای Dip Switch



برای فعال کردن هر یک از کلیدهای مستقل DSWPK-n (تعداد کلیدها n) روی آن کلیک کنید، سپس حروف یا ارقام مورد نظر را انتخاب نمایید. شکل ۳-۳۰ تغییر حالت کلیدهای ۳-DSWPK را نشان می‌دهد.

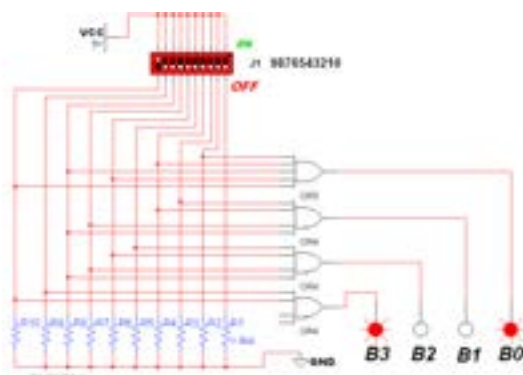
سؤال ۱۹: دلیل استفاده از گیت‌های NAND در مدار مربوط به توابع F_1 و F_2 شکل ۳-۲۸ را توضیح دهید.



تمرین ۲: تابع $F_{(A,B,C)} = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + ABC\bar{C}$ را با یک رمزگشای ۳ به ۸ در فضای نرم‌افزاری اجرا کنید و جدول صحت آن را به دست آورید.

۳-۹ آزمایش ۹: رمزگذار Encoder

۳-۹-۱ مدار رمزگذار، مبدل اعداد ده‌دهی به دودویی است. این مدار بعد از صفحه کلید دستگاه‌های دیجیتالی مانند ماشین حساب، تلفن الکترونیکی و کنترل از راه دور قرار می‌گیرد. برای طراحی این مدار در نرم‌افزار نیاز به یک صفحه کلید داریم که عملاً در نرم‌افزار وجود ندارد، اما می‌توانیم با استفاده از مجموعه‌ی کلیدهای (Dip Switch) یا SPDT در خانواده‌ی (Switch) سوئیچ‌های نرم‌افزار مولتی‌سیم، صفحه کلید دل‌خواه را ایجاد کنیم. در شکل ۳-۲۹ مسیر دسترسی به این کلیدها را مشاهده می‌کنید.



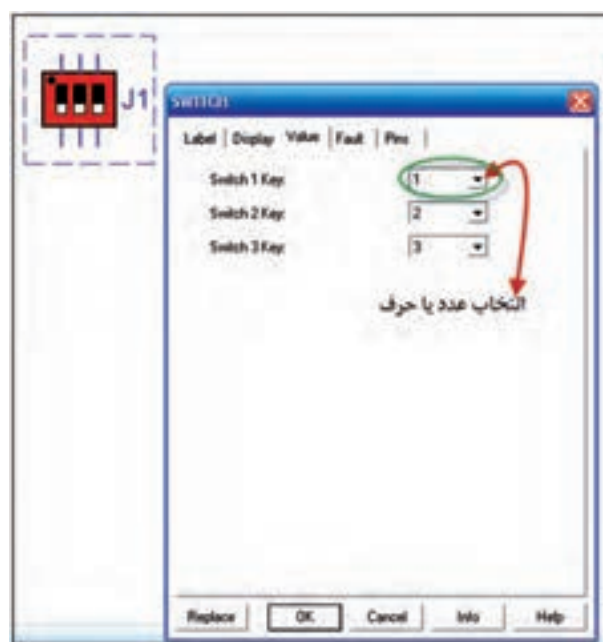
شکل ۳-۳۲ مدار رمزگذار مبدل اعداد دهدهی
به دودویی ۴ بیتی

۳-۹-۵ همان طور که در شکل ۳-۳۲ مشاهده می شود
عدد دسی مال ۹ به عدد باینری ۱۰۰۱ تبدیل شده است.

۳-۹-۶ کلیدها را به ترتیب طبق جدول صحت ۳-۲۰
تغییر دهید و خروجی را مشاهده نمایید. برای تغییر حالت
کلید از صفحه کلید کامپیوتر استفاده کنید. مثلاً با فشار دادن
عدد ۹ روی صفحه کلید، کلید Dip Switch شماره ۹
تغییر حالت داده می شود و عدد ۹ دسیمال را به ورودی مدار
اعمال می کند.

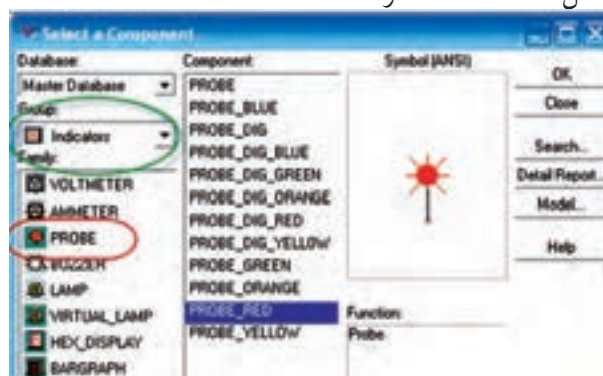
جدول ۳-۲۰ جدول صحت مدار رمزگذار ده به چهار

ورودی ها										خروجی ها			
I ₄	I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	I ₇	I ₆	I ₅	I ₄	I ₃	D	C	B	A
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰				
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰				
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰				
۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰				
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰				
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰				
۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰				
۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰				
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱



شکل ۳-۳۰ انتخاب حرف یا عدد برای صفحه کلید کامپیوتر
جهت تغییر حالت کلیدها

۳-۹-۲ برای نمایش تغییر حالت خروجی های مدارهای
منطقی، علاوه بر LED ها، میتوان از پروب منطقی (لاجیک)
نیز استفاده کرد. برای دسترسی به این پروب های رنگی می توان
از نوار نشان دهندهی موجود در نرم افزار (Indicator) مطابق
شکل ۳-۳۱ استفاده کرد.



شکل ۳-۳۱ انتخاب پروب لاجیک

۳-۹-۳ برای طراحی یک مدار رمزگذار ده به چهار
قطعات مورد نیاز را مطابق شکل ۳-۳۲ بر روی میز کار
بیاورید.

۳-۹-۴ اتصال ها را با دقت کافی و به طور صحیح برقرار
کنید و کلیدها را به ترتیب از صفر تا ۹ شماره گذاری نمایید.

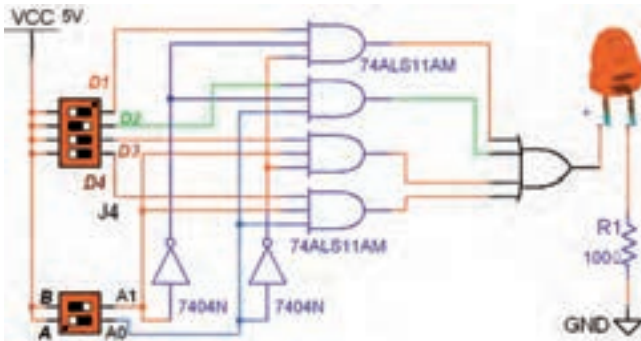
۱۰-۳ آزمایش ۱۰: مالتی پلکسر

۱-۱۰-۳ مدارهای مالتی پلکسر دارای m خط ورودی هستند که خطوط ورودی را با یک خط به خروجی اتصال می دهند. این عمل از طریق N خط آدرس دهی که در ورودی وجود دارد انجام می شود. در مالتی پلکسر ها برای آدرس دهی رابطه ی: $m = 2^N$ برقرار است. به عبارت دیگر در یک مالتی پلکسر چهار به یک m تعداد خط ورودی و N تعداد خطوط آدرس دهی است. به عنوان مثال اگر ۴ خط ورودی داشته باشیم تعداد خطوط آدرس دهی دو خط خواهد شد، زیرا:

$$m = 2^N \Rightarrow 4 = 2^N \Rightarrow N = 2$$

یعنی برای آدرس دهی دو خط A_0 و A_1 را در نظر می گیریم.

به طور مثال اگر کد خط آدرس (۱۰) باشد ورودی سوم و اگر (۰۱) باشد، مطابق شکل ۳-۳۳ ورودی دوم را به خروجی وصل می کند. در این شکل با آدرس $A_1 A_0 = 10$ اطلاعات خط D_1 به خروجی منتقل می شود.



شکل ۳-۳۳ مدار عملی مالتی پلکسر ۴ به ۱ با گیت های منطقی

۲-۱۰-۳ مدار مالتی پلکسر چهار به یک شکل ۳-۳۳ را در نرم افزار پیاده سازی کنید.

۳-۱۰-۳ با آدرس دهی مطابق جدول ۳-۲۱ مشخص کنید که خروجی به کدام ورودی متصل می شود. سپس جدول را کامل نمایید.

سؤال ۲۰: در مورد جدول صحت ۲۰-۳ به طور خلاصه شرح دهید.



سؤال ۲۱: اگر در مدار رمز گذار ۱۰ به ۴ دو کلید ۱ و ۹ هم زمان فشرده شود، چه عددی در خروجی ظاهر می شود؟ علت را توضیح دهید.



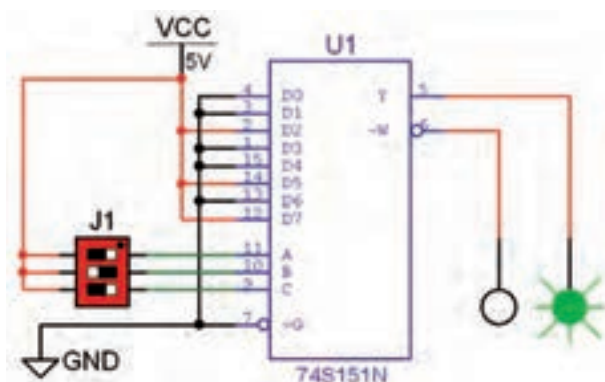
سؤال ۲۲: اصولاً در صورتی که دو کلید به طور هم زمان یا یکی پس از دیگری فشار داده شود، در خروجی چه اتفاقی می افتد؟ شرح دهید.



جدول ۳-۲۱ جدول صحت مالتی پلکسر ۴ به ۱

خروجی		وضعیت ورودی‌ها				خطوط آدرس	
y		D _۱	D _۲	D _۳	D _۴	A _۰	A _۱
		۱	۰	۰	۰	۰	۰
		۰	۱	۰	۰	۱	۰
		۰	۰	۱	۰	۰	۱
		۰	۰	۰	۱	۱	۱

۵-۱۰-۳ مالتی پلکسر با ورودی‌های بیشتر به صورت آی‌سی به بازار عرضه می‌شود. آی‌سی ۷۴۱۵۱ یک مالتی پلکسر ۸ به ۱ با سه خط آدرس دهی است. یکی از کاربردهای مالتی پلکسر مانند رمزگشاها اجرای توابع منطقی است. در شکل ۳-۳۴ تابع $F = \sum_m(۲, ۵, ۷)$ با یک آی‌سی مالتی پلکسر ۷۴۱۵۱ اجرا شده است.



شکل ۳-۳۴ اجرای تابع با مالتی پلکسر ۸ به ۱

۶-۱۰-۳ مدار شکل ۳-۳۴ را در فضای نرم‌افزاری بیندید.

۷-۱۰-۳ با تغییر وضعیت خطوط آدرس و تکمیل جدول صحت ۳-۲۲ اجرای تابع را با مالتی پلکسر تجربه کنید.

جدول ۳-۲۲ جدول صحت تابع اجرا شده با مالتی پلکسر

خطوط آدرس			خروجی	
C	B	A	Y	W

تمرین ۳: چگونه می‌توان یک مالتی پلکسر چهار به یک را با خط تواناساز $E_n = 1$ طراحی کرد؟ شرح دهید.



۴-۱۰-۳ این مدار را به کمک نرم‌افزار تجربه کنید و نتایج آزمایش را شرح دهید.



سؤال ۲۳: مزیت استفاده از مالتی پلکسر برای اجرای توابع منطقی را نسبت به رمزگشا بنویسید.



« فصل چهارم »

مدارهای ترتیبی

(مطابق فصل پنجم کتاب مبانی دیجیتال)

هدف کلی :

آزمایش انواع فلیپ‌فلاپ‌ها و تحقیق جدول صحت آن‌ها

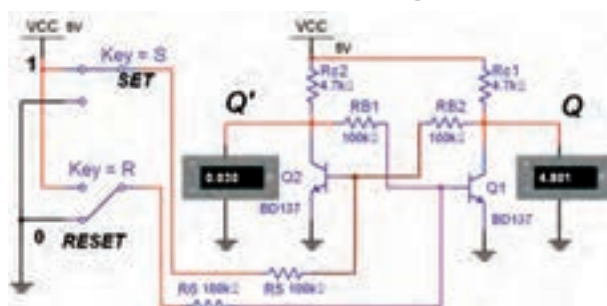
۶۶

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- مدار الکترونیکی یک فلیپ‌فلاپ را ببندد.
- ۲- مدار فلیپ‌فلاپ SR را با گیت‌های NOR ببندد و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۳- مدار فلیپ‌فلاپ SR را با گیت‌های NAND ببندد و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۴- دلیل استفاده از فلیپ‌فلاپ SR ساعتی و نحوه‌ی عملکرد آن را شرح دهد.
- ۵- فلیپ‌فلاپ JK را با یک فلیپ‌فلاپ SR ببندد و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۶- دلیل استفاده از فلیپ‌فلاپ JK با استفاده از SR را توضیح دهد.
- ۷- فلیپ‌فلاپ D را به همراه ورودی‌های پیش‌تنظیم (Preset) و (Clear) اجرا کند.
- ۸- فلیپ‌فلاپ T را ببندد و جدول صحت آن را به دست آورد.
- ۹- مدار شمارنده‌ی سه بیتی را ببندد.
- ۱۰- کاربرد تقسیم‌کننده‌ی فرکانس فلیپ‌فلاپ T را شرح دهد.

در حالت قطع و دیگری در حالت اشباع قرار دارد. برای تغییر حالت این دو ترانزیستور باید یک پالس مثبت به بیس ترانزیستوری که قطع است اعمال شود.



شکل ۴-۱ مدار الکترونیکی مولتی‌ویراتور بی‌استابل (فلیپ‌فلاپ SR)

۴-۱ آزمایش ۱: مولتی‌ویراتور بی‌استابل

۴-۱-۱ برای ذخیره‌ی اطلاعات دودویی در مدارهای دیجیتالی از حافظه‌ها استفاده می‌کنند. مدارهای ترتیبی از عناصر اصلی حافظه‌ها به شمار می‌روند. ساده‌ترین مدارهای ترتیبی فلیپ‌فلاپ‌ها هستند، که دو وضعیت منطقی پایدار "۰" و "۱" دارند. یکی از این نوع مدارها، فلیپ‌فلاپ SR است. مدار الکترونیکی این فلیپ‌فلاپ SR را مولتی‌ویراتور بی‌استابل نیز می‌گویند. در شکل ۴-۱ یک نمونه را مشاهده می‌کنید. در این مدار دو ترانزیستور با کوپلاژ مستقیم به یکدیگر متصل شده‌اند که همواره یکی از ترانزیستورها

۴-۱-۳ با تغییر کلیدهای ورودی S و R به ترتیب ولتاژ کلکتور امپتر ترانزیستورهای Q_۱ و Q_۲ را اندازه بگیرید.

۴-۱-۲ مدار الکترونیکی فلیپ‌فلاپ SR شکل ۴-۱ را بر روی میز کار نرم‌افزار ببندید.

۴-۱-۴ وضعیت ترانزیستورها و ولتاژهای خروجی مدار را مشخص کنید و در جدول ۴-۱ بنویسید.

جدول ۴-۱ جدول وضعیت منطقی ترانزیستورها

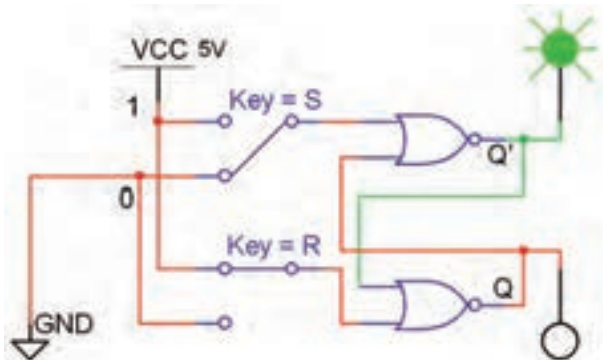
حالت کلید		ولتاژهای خروجی				حالت ترانزیستور			
		ولت				قطع اشباع			
S	R	Q _۱		Q _۲		Q _۱ (t-۱)	Q _۱ (t)	Q _۲ (t-۱)	Q _۲ (t)
		گذشته	فعلی	گذشته	فعلی	گذشته	فعلی	گذشته	فعلی
۰	۰								
۰	۱								
۱	۰								
۱	۱								

۴-۲ آزمایش ۲: فلیپ‌فلاپ SR با دروازه‌های NOR

سؤال ۱: با اعمال هم‌زمان پالس‌های Set و Reset به هر دو ترانزیستور چه حالتی اتفاق می‌افتد؟ توضیح دهید.



۴-۲-۱ در مدار فلیپ‌فلاپ با دروازه‌های NOR فیدبک خروجی یک گیت به ورودی دیگر برقرار می‌شود. مدار دارای دو ورودی S و R و دو ورودی فیدبک Q و \bar{Q} است. برای تعیین وضعیت منطقی فعلی (زمان حال) فلیپ‌فلاپ، لازم است وضعیت ورودی S و R و فیدبک Q و \bar{Q} در زمان قبل و فعلی را در نظر بگیریم. مدار فلیپ‌فلاپ SR با گیت NOR را در شکل ۴-۲ مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۲ مدار فلیپ‌فلاپ SR با گیت‌های NOR

۴-۳-۲ مدار شکل ۴-۳ را در فضای نرم افزار مولتی سیم پیاده سازی کنید.

۴-۳-۳ ورودی های set و Reset را به ترتیب و طبق جدول ۴-۳ تغییر دهید و خروجی های مدار را مشاهده کنید و وضعیت منطقی آنها را بنویسید.

جدول ۴-۳ جدول صحت فلیپ فلاپ SR با دروازه های NAND

S	R	$Q(t-1)$	$Q(t)$
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		

سؤال ۳: وضعیت ناپایدار این فلیپ فلاپ را شرح دهید.



۴-۲-۲ مدار فلیپ فلاپ SR شکل ۴-۲ را بر روی میز کار نرم افزار مولتی سیم ببندید.

۴-۲-۳ با تغییر کلیدهای S و R مطابق جدول ۴-۲ وضعیت منطقی خروجی را تعیین کرده و در جدول یادداشت کنید.

جدول ۴-۲ جدول صحت فلیپ فلاپ SR با دروازه های NOR

S	R	Q_{t-1}	Q_t
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		

سؤال ۲: وضعیت ناپایدار این فلیپ فلاپ کدام حالت است؟ شرح دهید.



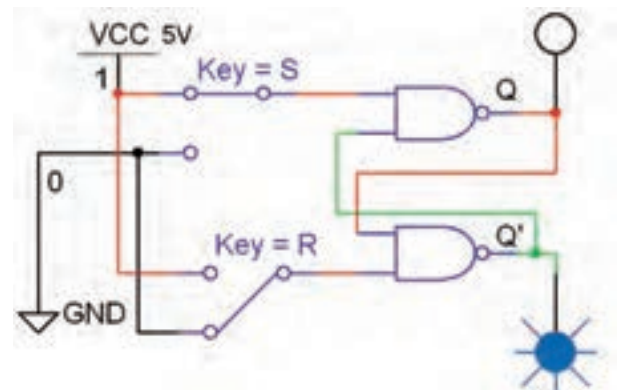
۴-۳ آزمایش ۳: فلیپ فلاپ SR با

دروازه های NAND

۴-۳-۱ مدار فلیپ فلاپ SR با دروازه های NAND را

در شکل ۴-۳ مشاهده می کنید.

سؤال ۴: جدول صحت این دو فلیپ فلاپ را با هم مقایسه کنید و تفاوت آن دو را بنویسید.



شکل ۴-۳ مدار فلیپ فلاپ SR با دروازه های NAND

۴-۴-۳ کلیدهای ورودی را به ترتیب جدول ۴-۴ فلیپ‌فلاپ تغییر دهید، خروجی‌ها را مشاهده کنید و نتیجه را در جدول ۴-۴ بنویسید.

جدول ۴-۴ جدول صحت فلیپ‌فلاپ SR ساعتی

cp	S	R	$Q(t-1)$	$Q(t)$
۰	۰	۰		
۰	۰	۱		
۰	۱	۰		
۰	۱	۱		
۱	۰	۰		
۱	۰	۱		
۱	۱	۰		
۱	۱	۱		

سؤال ۵: تغییرات آنی ورودی set و Reset در فلیپ‌فلاپ SR چه اشکالی بوجود می‌آورد؟ شرح دهید.

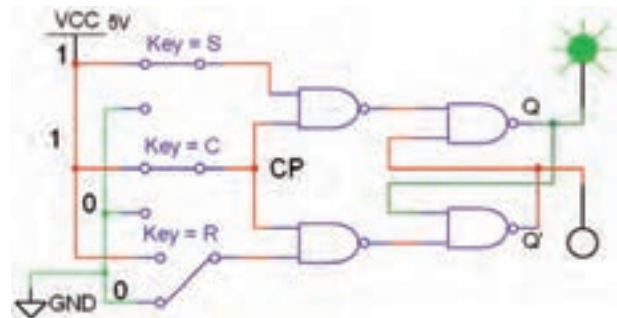


۴-۴ آزمایش ۴: فلیپ‌فلاپ SR ساعتی

سؤال ۶: با توجه به جدول ۴-۴ در فلیپ‌فلاپ SR ساعتی خروجی‌ها در چه شرایطی تغییر وضعیت منطقی می‌دهند؟



۴-۴-۱ برای رفع اشکال عکس‌العمل فوری خروجی‌ها نسبت به ورودی‌ها در فلیپ‌فلاپ، می‌توانیم از ورودی پالس ساعت (Clock Pulse = CP) به عنوان یک سیگنال فعال‌ساز استفاده کنیم. هر گاه ورودی خط CP سطح ۵ ولت مثبت به عنوان یک پالس "۱" قرار گیرد ورودی‌های S و R اجازه‌ی ورود به مدار فلیپ‌فلاپ را پیدا می‌کنند و خروجی‌های فلیپ‌فلاپ تغییر وضعیت می‌دهند. مدار عملی این فلیپ‌فلاپ SR ساعتی در شکل ۴-۴ نشان داده شده است.



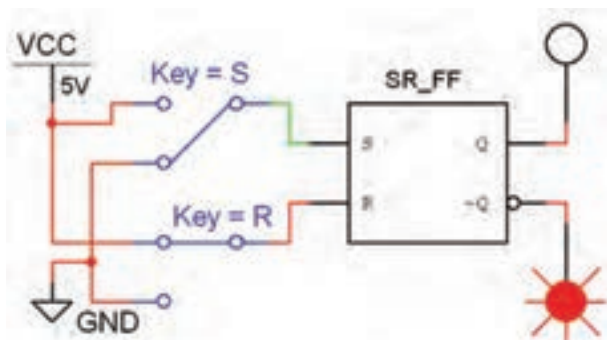
شکل ۴-۴ مدار عملی فلیپ‌فلاپ SR ساعتی

سؤال ۷: آیا حالت غیرمجاز فلیپ‌فلاپ در این مدار برطرف شده است؟ علت را توضیح دهید.



۴-۴-۲ مدار فلیپ‌فلاپ SR ساعتی شکل ۴-۴ را

ببندید.



شکل ۴-۷ مدار فلیپ‌فلاپ SR با نماد بلوکی (آی‌سی)

۴-۵-۳ با تغییر کلیدهای ورودی S و R جدول ۴-۵ را کامل کنید.

جدول ۴-۵ جدول صحت فلیپ‌فلاپ SR با نماد بلوکی

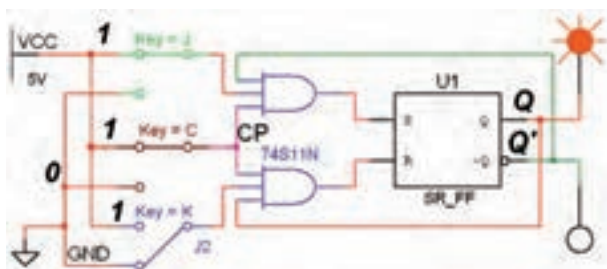
S	R	$Q(t-1)$	$Q(t)$
۰	۰		
۰	۱		
۱	۰		
۱	۱		

سؤال ۸: حالت غیرمجاز این فلیپ‌فلاپ را توضیح دهید.



۴-۶ آزمایش ۶: فلیپ‌فلاپ JK

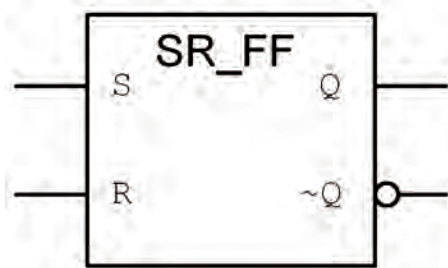
۴-۶-۱ برای رفع اشکال حالت غیرمجاز فلیپ‌فلاپ SR از فلیپ‌فلاپ JK استفاده می‌شود. ساختار اصلی این فلیپ‌فلاپ مطابق شکل ۴-۸ است.



شکل ۴-۸ مدار فلیپ‌فلاپ JK با ساختار اصلی

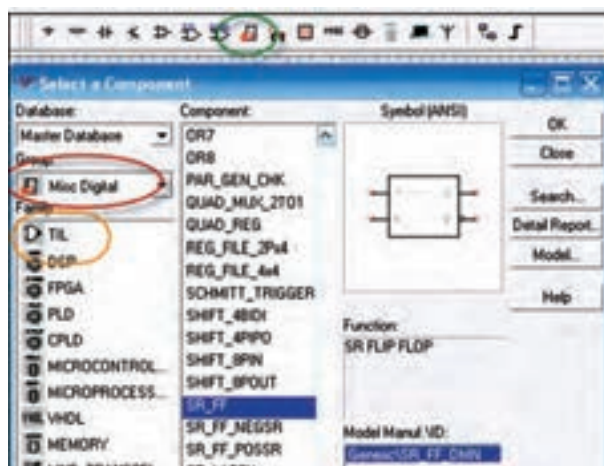
۴-۵ آزمایش ۵: فلیپ‌فلاپ SR با نماد بلوکی یا آی‌سی

۴-۵-۱ فلیپ‌فلاپ SR را در مدارهای دیجیتالی با نماد بلوکی (آی‌سی) مطابق شکل ۴-۵ نشان می‌دهند.



شکل ۴-۵ نماد بلوکی SR-FF

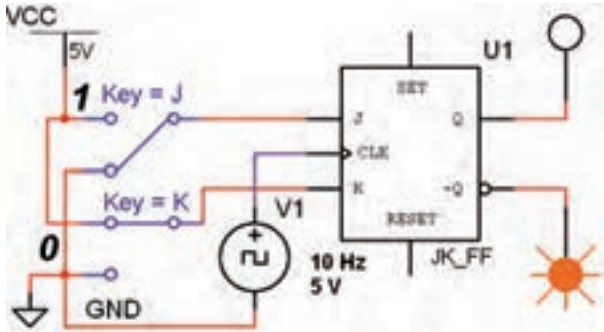
این نماد بلوکی در کتابخانه‌ی نرم‌افزار مولتی‌سیم شبیه‌سازی شده است و به عنوان یک مدار بلوکی و مشابه آی‌سی عمل می‌کند. این بلوک را از نوار قطعات (Component)، گروه Misc Digital و خانواده‌ی TIL انتخاب کنید. آدرس و مسیر انتخاب این فلیپ‌فلاپ و سایر عناصر مربوط به مدارهای منطقی را در شکل ۴-۶ مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۶ مسیر دست‌یابی به عناصر مربوط به مدارهای شبیه‌سازی شده‌ی دیجیتال

۴-۵-۲ مدار شکل ۴-۷ که یک فلیپ‌فلاپ SR است را در فضای نرم‌افزاری ببندید.

Misc Digital انتخاب کنید و بر روی میز کار بیاورید. مدار فلیپ فلاپ JK را با استفاده از نماد بلوکی آن مطابق شکل ۴-۹ ببندید. با تغییر کلیدهای ورودی و مشاهده خروجی جدول ۴-۷ را کامل کنید.



شکل ۴-۹ مدار بلوکی فلیپ فلاپ JK

جدول ۴-۷ جدول صحت فلیپ فلاپ JK

J	K	Q(t)
۰	۰	
۰	۱	
۱	۰	
۱	۱	

سؤال ۱۱: اگر در مدار شکل ۴-۹ حالت $J=K=1$ برقرار باشد برای خروجی ها چه وضعیتی اتفاق می افتد؟ شرح دهید.



۴-۶-۲ مدار فلیپ فلاپ شکل ۴-۸ را بر روی میز کار مجازی ببندید. با تغییر کلیدهای J، K و CP طبق جدول صحت ۴-۶ وضعیت خروجی Q و \bar{Q} را مشخص کنید و نتایج را در جدول بنویسید.

جدول ۴-۶ جدول صحت فلیپ فلاپ JK

cp	J	K	Q(t-1)	Q(t)
۰	۰	۰		
۰	۰	۱		
۰	۱	۰		
۰	۱	۱		
۱	۰	۰		
۱	۰	۱		
۱	۱	۰		
۱	۱	۱		

سؤال ۹: آیا حالت غیرمجاز فلیپ فلاپ SR در JK-FF برطرف شده است؟

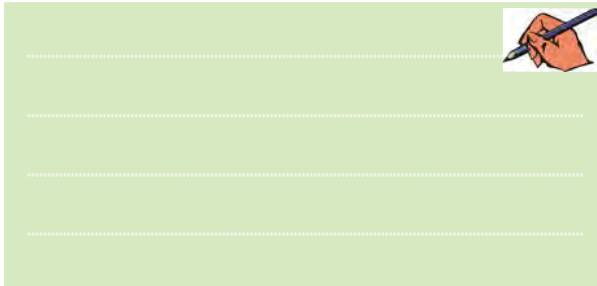


سؤال ۱۰: وضعیت خروجی ها در حالت $J=K=1$ ، $CP=1$ را در مدار فلیپ فلاپ JK شرح دهید.

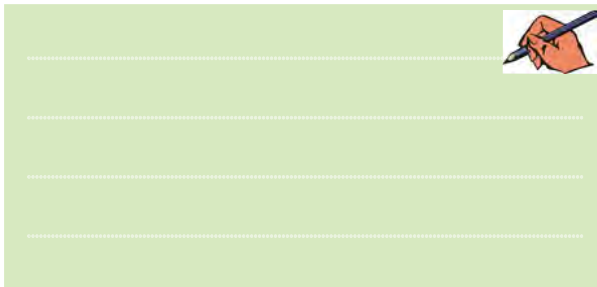


۴-۶-۳ نماد بلوکی فلیپ فلاپ JK را از گروه

سؤال ۱۲: ورودی Pr و CL با کدام وضعیت منطقی "۱" و "۰" فعال می‌شوند؟ توضیح دهید.

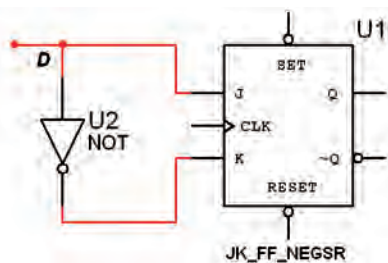


سؤال ۱۳: حالت نامعین در جدول ۴-۸ کدام حالت است؟ شرح دهید.



۴-۸ آزمایش ۸: فلیپ‌فلاپ D

۴-۸-۱ فلیپ‌فلاپ D دارای یک ورودی است که در مدارهای دیجیتالی ترتیبی به عنوان ثبت‌کننده‌ی یک بیت باینری استفاده می‌شود. این فلیپ‌فلاپ را می‌توان مطابق شکل ۴-۱۱ با استفاده از JK-FF طراحی کرد.



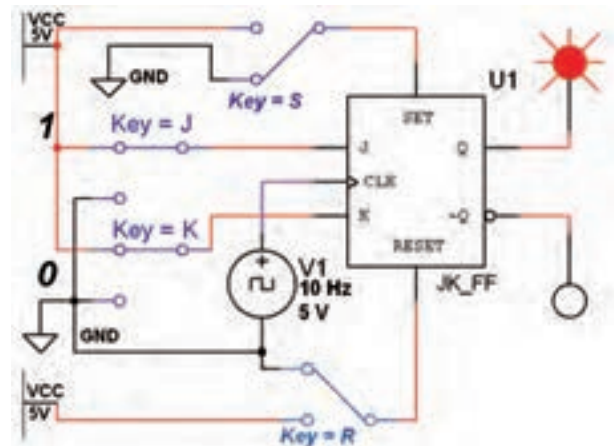
شکل ۴-۱۱ فلیپ‌فلاپ D

۴-۸-۲ فلیپ‌فلاپ D را از نوار Component و Misc Digital انتخاب کنید و آن را بر روی میز کار بیاورید.

۴-۷ آزمایش ۷: استفاده از Clear و Preset

۴-۷-۱ در مدارهای فلیپ‌فلاپ، با روشن شدن منبع تغذیه، وضعیت خروجی‌های Q و \bar{Q} به صورت تصادفی در وضعیت "۱" یا "۰" قرار می‌گیرند. برای آن که خروجی‌ها به یک حالت معین و از پیش تنظیم شده در لحظه‌ی شروع کار مدار برسند، از دو ورودی مستقل Preset (به معنای "۱" کردن خروجی) و Clear (به معنای پاک کردن وضعیت Q) استفاده می‌کنند.

۴-۷-۲ مدار شکل ۴-۱۰ را ببینید.



شکل ۴-۱۰ مدار عملکرد ورودی‌های Clear و Preset

۴-۷-۳ در آی‌سی‌های فلیپ‌فلاپ، پایه‌ی Preset را با set و Clear را با Reset مشخص می‌کنند. ورودی‌های مدار شکل ۴-۱۰ را مطابق جدول ۴-۸ تغییر دهید. وضعیت خروجی‌های Q و \bar{Q} را مشاهده کنید و در جدول بنویسید.

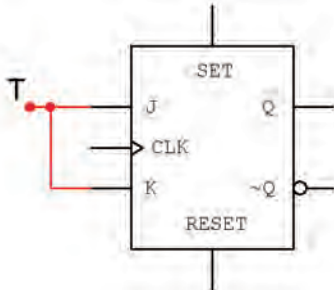
جدول ۴-۸ جدول صحت فلیپ‌فلاپ JK

با ورودی‌های CL و Pr

Pr=S	CL=R	CP	J	K	Q(t)	$\bar{Q}(t)$
۰	۰	X	X	X		
۰	۱	X	X	X		
۱	۰	X	X	X		
۱	۱	-	X	X		
۱	۱		۰	۰		
۱	۱		۰	۱		
۱	۱		۱	۰		
۱	۱		۱	۱		

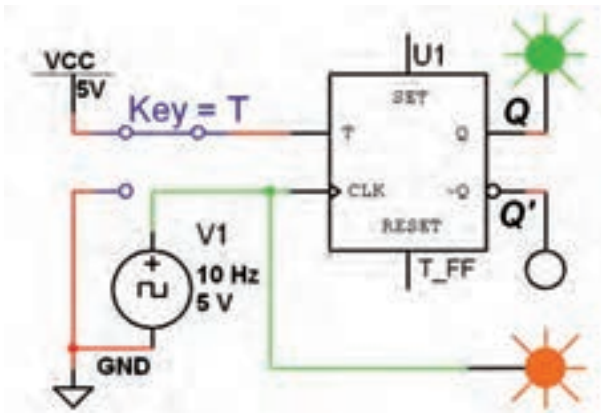
۴-۹ آزمایش ۹: فلیپ‌فلاپ T

۴-۹-۱ حرف T در فلیپ‌فلاپ نوع T ابتدای کلمه‌ی Toggle به معنی تغییر وضعیت است. در صورتی که دو ورودی $J=K$ فلیپ‌فلاپ JK را به هم اتصال دهیم فلیپ‌فلاپ نوع T ساخته می‌شود، شکل ۴-۱۳.



شکل ۴-۱۳ فلیپ‌فلاپ T

۴-۹-۲ فلیپ‌فلاپ T را طبق شکل ۴-۱۴ بر روی میز کار نرم‌افزار ببندید.



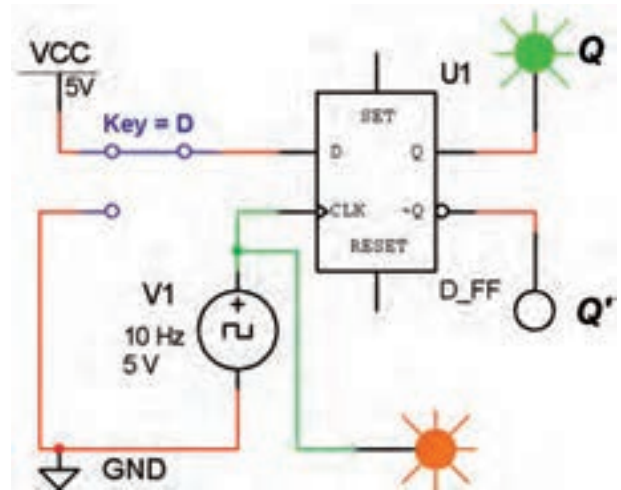
شکل ۴-۱۴ مدار فلیپ‌فلاپ T

۴-۹-۳ با تغییر کلید T وضعیت خروجی‌ها را بررسی کنید و جدول ۴-۱۰ را کامل نمایید.

جدول ۴-۱۰ جدول صحت فلیپ‌فلاپ T

cp	T	Q(t)
	۰	
	۱	

۴-۸-۳ مدار شکل ۴-۱۲ را بر روی میز کار ببندید.



شکل ۴-۱۲ مدار فلیپ‌فلاپ D

۴-۸-۴ کلید ورودی D را تغییر وضعیت دهید و حالت خروجی را پس از مشاهده در جدول ۴-۹ یادداشت کنید.

جدول ۴-۹ جدول صحت فلیپ‌فلاپ D

cp	D	Q(t)	\bar{Q} (t)
	۰		
	۱		

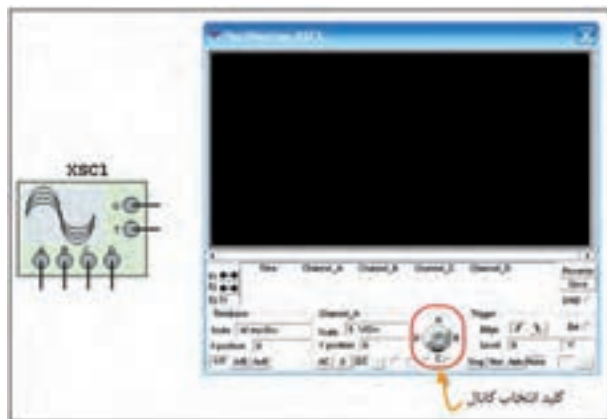
سؤال ۱۴: اگر $D=1$ باشد بعد از پنج پالس ساعت خروجی در چه وضعیتی قرار می‌گیرد؟ شرح دهید.



سؤال ۱۵: چنانچه $T=1$ باشد، برای خروجی Q چه اتفاقی می افتد؟ این حالت چه نام دارد؟ شرح دهید.



۳-۱۰-۴ در دستگاه اسیلوسکوپ چهار کاناله یک کلید انتخاب کانال های ورودی وجود دارد که با قرار دادن مکان نما روی سلکتور و کلیک کردن روی موس، کانال مورد نظر فعال می شود. در این حالت Volt/Div (Scale) Time/Div و تغییر مکان عمودی برای آن فعال می شود، کانال قابل تنظیم است، در شکل ۱۶-۴ کلید انتخاب کانال نمایش داده شده است.



شکل ۱۶-۴ کلید انتخاب کانال در اسیلوسکوپ چهار کاناله

۴-۱۰-۴ برای اندازه گیری فرکانس خروجی مدارهای الکترونیکی و دیجیتالی از دستگاه فرکانس متر استفاده می کنند. این دستگاه را می توانید مطابق شکل ۱۷-۴ از نوار Instruments انتخاب کنید. این دستگاه یک ورودی دارد و اگر به ورودی یا خروجی مدار اتصال داده شود، فرکانس را اندازه می گیرد.



شکل ۱۷-۴ موقعیت فرکانس متر در نوار ابزار

۱۰-۴ آزمایش ۱۰: کاربرد T-FF

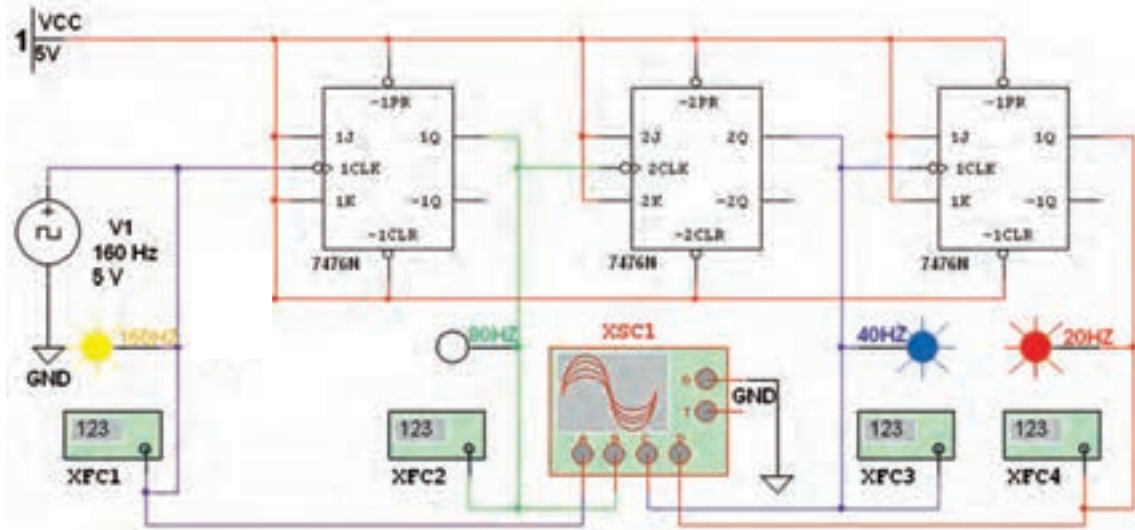
۱-۱۰-۴ در مدارهای دیجیتالی برای تقسیم فرکانس از T-FF استفاده می شود. برای انجام آزمایش تقسیم فرکانس نیاز به یک دستگاه اسیلوسکوپ چهار کاناله داریم.

۲-۱۰-۴ دستگاه اسیلوسکوپ چهار کاناله را از نوار Instruments بردارید و آن را مطابق شکل ۱۵-۴ بر روی میز کار نرم افزار بیاورید.



شکل ۱۵-۴ محل قرار گرفتن دستگاه اسیلوسکوپ چهار کاناله در نرم افزار

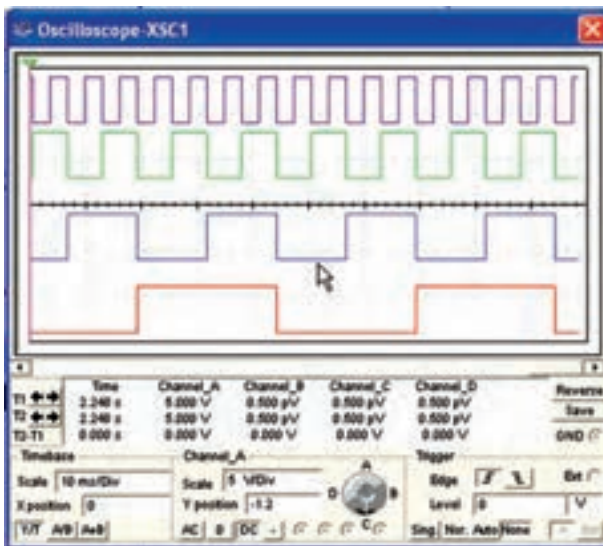
۴-۱۰-۵ مدار شکل ۴-۱۸ را با دقت بر روی میز کار نرم‌افزار ببندید. فرکانس ورودی را روی ۱۶۰ هرتز تنظیم کنید.



شکل ۴-۱۸ مدار تقسیم‌کننده‌ی فرکانس بر ۲، ۴ و ۸ با استفاده از فلیپ‌فلاپ نوع T

۴-۱۰-۸ با تنظیم Time/Div (Time Base) کلید

برای هر شکل موج با استفاده از شکل ۴-۱۹ فرکانس را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۴-۱۹ تنظیم اسیلوسکوپ چهار کاناله برای نمایش پالس ساعت ورودی و خروجی‌های مدار شکل ۴-۱۸

۴-۱۰-۶ مدار را راه‌اندازی کنید، باید لامپ‌های پروب

لاجیک زرد، سبز، آبی و قرمز متناسب با فرکانس خاموش و روشن شود. بیشترین تغییر حالت خاموش و روشن مربوط به لامپ زرد (۱۶۰ Hz) و کمترین تغییر مربوط به لامپ قرمز است. در صورتی که مدار راه‌اندازی نشد، یک بار پوشه‌ی مدار را ببندید و دوباره باز کنید. پس از راه‌اندازی مجدداً اگر باز هم راه‌اندازی نشد، نقشه‌ی مدار را بازبینی کنید و اشکال آن را بر طرف نمایید. پس از راه‌اندازی، اسیلوسکوپ را روشن کنید.

۴-۱۰-۷ ولوم تغییر مکان عمودی (y Position) را

برای هر کانال به گونه‌ای تنظیم کنید تا به ترتیب شکل موج پالس‌های ۱۶۰ Hz، ۸۰ Hz، ۴۰ Hz و ۲۰ Hz را از بالا به پایین نشان دهد.

۹-۱۰-۴ با کلیک کردن روی فرکانس مترها پالس ساعت ورودی و خروجی هر یک از فلیپ فلاپ ها را مطابق شکل ۲۰-۴ اندازه گیری کنید.



شکل ۲۰-۴ اندازه گیری فرکانس پالس ساعت ورودی و فرکانس های خروجی فلیپ فلاپ های مدار شکل ۱۸-۴ با استفاده از فرکانس متر

« فصل پنجم »

شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها

(مطابق فصل ششم کتاب مبانی دیجیتال)

هدف کلی:

بررسی رفتار انواع شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

هدف‌های رفتاری:

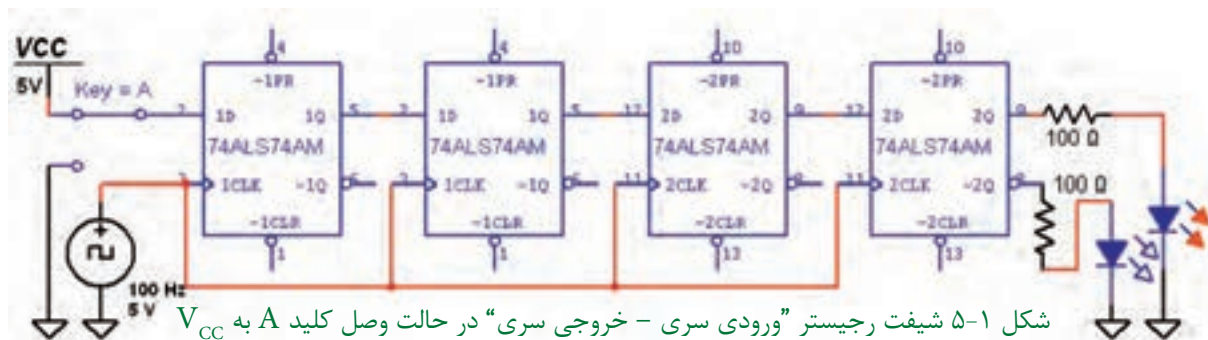
در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- مدار شیفت رجیستر «ورودی سری، خروجی سری» را تحقیق کند.
- ۲- مدار شیفت رجیستر «ورودی سری»، «خروجی موازی» را تحقیق کند.
- ۳- مدار شیفت رجیستر «ورودی موازی»، «خروجی سری» را تحقیق کند.
- ۴- مدار شیفت رجیستر «ورودی موازی»، «خروجی موازی» را تحقیق کند.
- ۵- مدار شمارنده‌ی دو بیتی را ببیند و جدول صحت آن را تحقیق کند.
- ۶- مدار شمارنده‌ی صعودی را ببیند و جدول صحت آن را تحقیق کند.
- ۷- مدار شمارنده‌ی نزولی را ببیند و جدول صحت آن را تحقیق کند.
- ۸- مدار شمارنده‌ی آسنکرون دهدهی را ببیند و جدول صحت آن را تحقیق کند.
- ۹- مدار شمارنده‌ی حلقوی را ببیند و جدول صحت آن را تحقیق کند.

۵-۱ آزمایش ۱: شیفت رجیسترها

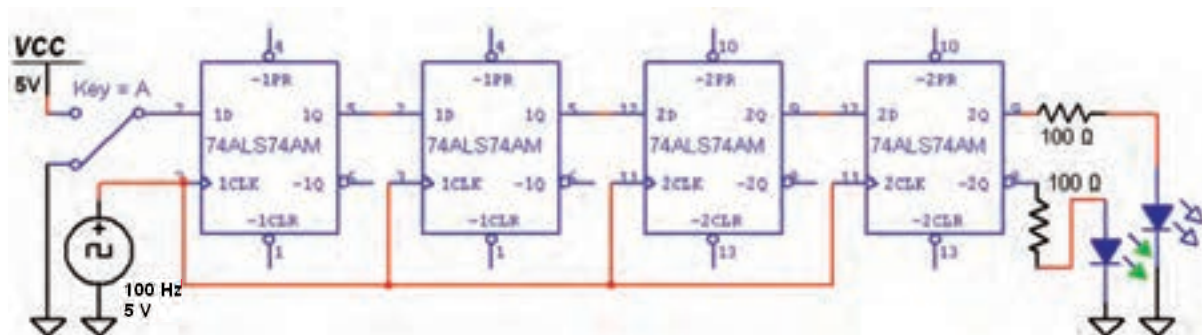
۵-۱-۱ رجیسترها یا ثبات‌ها مدارهایی هستند که اطلاعات باینری را به صورت موقتی ذخیره می‌کنند. رجیستر مجموعه‌ای از فلیپ‌فلاپ‌ها است که می‌تواند

اطلاعات دودویی را در خود نگه دارد. رجیستری که اطلاعات خود را به سمت راست یا چپ انتقال دهد، شیفت رجیستر نام دارد. مدار شکل ۵-۱ را ببینید. این مدار رجیستر «ورودی سری - خروجی سری» است.



شکل ۵-۱ کلید A را در حالت وصل به یک منطقی و شکل ۵-۲ کلید A را در حالت وصل به صفر منطقی نشان می‌دهد.

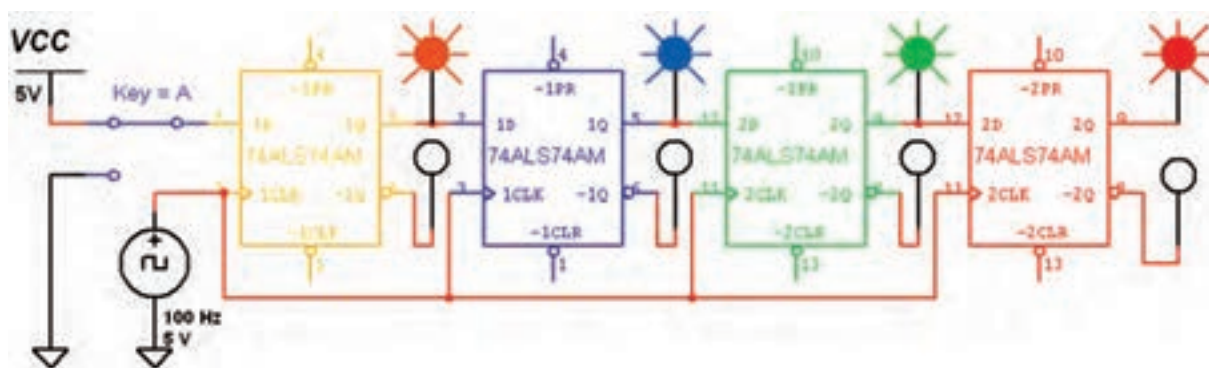
در این مدار با وصل کلید A به زمین (صفر منطقی) و V_{CC} (یک منطقی)، خروجی مدار را بررسی کنید و نتیجه را به طور خلاصه بنویسید.



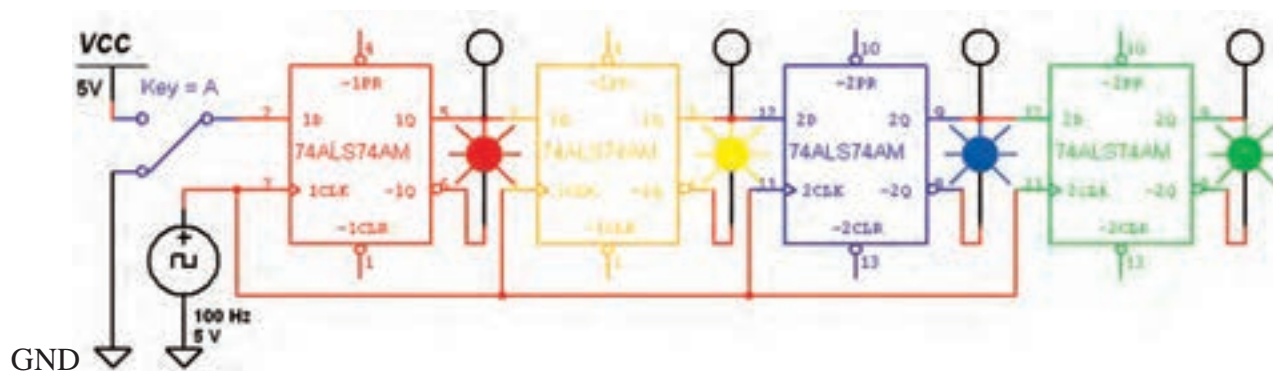
شکل ۵-۲ شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی سری" در حالت وصل کلید A به زمین

و مانند مرحله‌ی قبل کلید را قطع و وصل کنید، سپس نتیجه‌ی به دست آمده از این آزمایش را بنویسید. شکل ۵-۴ مدار را در حالت وصل کلید نشان می‌دهد.

۵-۱-۲ برای درک عملکرد مدار شیفت رجیستر، می‌توانید در خروجی هر یک از فلیپ‌ها یک پروب دیجیتالی قرار دهید و با قطع و وصل کردن کلید رفتار مدار را بررسی کنید. مدار شکل ۵-۳ را ببینید



شکل ۵-۳ شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی سری" در حالت وصل کلید A



شکل ۵-۴ شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی سری" در حالت قطع کلید A

سؤال ۱: در مدار شکل ۴-۵ بعد از اعمال سومین پالس چه عددی در رجیستر ذخیره می شود؟



شکل ۴-۵ مدار شیفت رجیستر را در حالت قطع کلید A نشان می دهد.

نکته:

برای نتیجه گیری دقیق از این آزمایش لازم است که پس از راه اندازی مدار، ابتدا اطلاعات اولین بیت را وارد کنید (با تغییر کلید A). سپس کلید C را در مسیر منبع پالس قرار دهید و آن را ابتدا از صفر به یک سپس از یک به صفر تغییر حالت دهید (تا پالس ساعت با لبه ی بالا رونده عمل کند). در ادامه به همین ترتیب اطلاعات دومین بیت را وارد کنید و پالس ساعت را فعال نمایید و به همین ترتیب.....

۵-۲ آزمایش ۲: شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی"

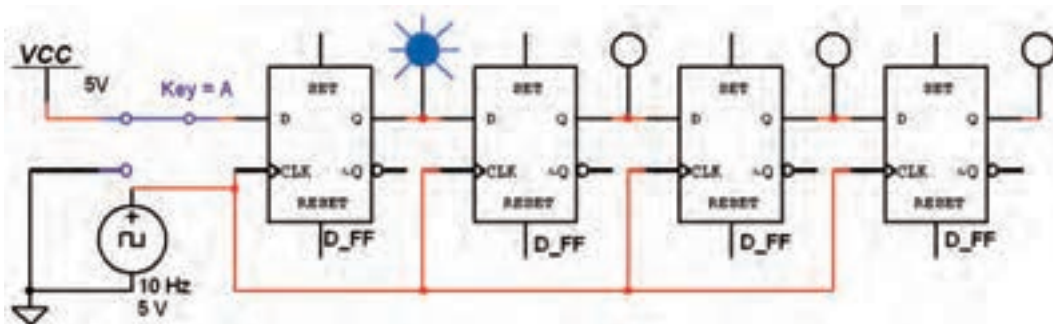
۵-۲-۱ در مدار شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی"، می توانیم با اعمال ورودی به طور همزمان، خروجی هر فلیپ فلاپ را به عنوان خروجی مدار در نظر بگیریم. برای آزمایش این مدار از فلیپ فلاپ نوع D استفاده می کنیم. مدار شکل ۵-۵ را ببندید و با قطع و وصل کلید A خروجی مدار را مشاهده کنید. شکل ۵-۵ خروجی مدار را پس از اعمال اولین پالس ساعت نشان می دهد.

۳-۱-۵ با تغییر حالت کلیدهای A و C طبق

جدول صحت ۵-۱، جدول را کامل کنید.

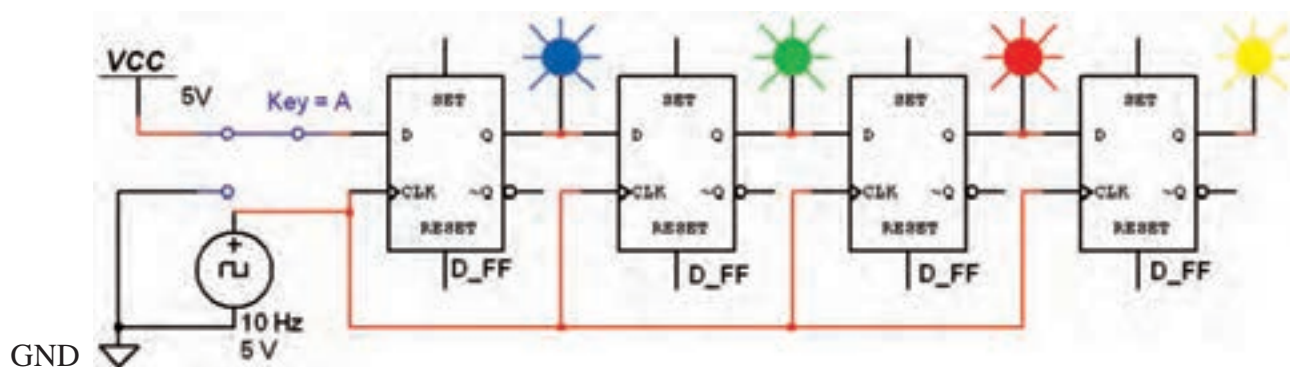
جدول ۵-۱ جدول صحت مدار شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی سری"

پالس ساعت	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
اولین				
دومین				
سومین				
چهارمین				



شکل ۵-۵ مدار شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی" پس از اعمال اولین پالس ساعت

۵-۲-۲ مدار شکل ۵-۶ شیفت رجیستر را پس از اعمال چهارمین پالس ساعت نشان می‌دهد. اطلاعات ورودی را ۱۱۱۱ در نظر بگیرید.



شکل ۵-۶ مدار شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی" پس از اعمال چهارمین پالس ساعت

۵-۲-۴ در مدار شکل ۵-۶ در پالس پنجم اطلاعات از شیفت رجیستر خارج می‌شود. یعنی با چهار پالس ورودی، اطلاعات ۴ بیتی وارد می‌شود و با پالس پنجم اطلاعات خارج می‌شود. مرحله‌ی پالس پنجم را تجربه کنید و نتیجه را بنویسید.

۵-۲-۳ با اعمال چهار پالس ساعت جدول صحت ۵-۲ را کامل کنید و نتیجه‌ی حاصل از این آزمایش را شرح دهید.



در مدار شکل ۵-۶ اطلاعات به صورت

سری وارد شیفت رجیستر می‌شود. اگر خروجی Q_1 ، Q_2 ، Q_3 و Q_4 هم زمان دریافت شوند، شیفت رجیستر از نوع "سری - موازی" است و اگر فقط از خروجی Q_4 دریافت شود، شیفت رجیستر به نوع "سری - سری" تبدیل می‌شود.

جدول ۵-۲ جدول صحت مدار شیفت رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی"

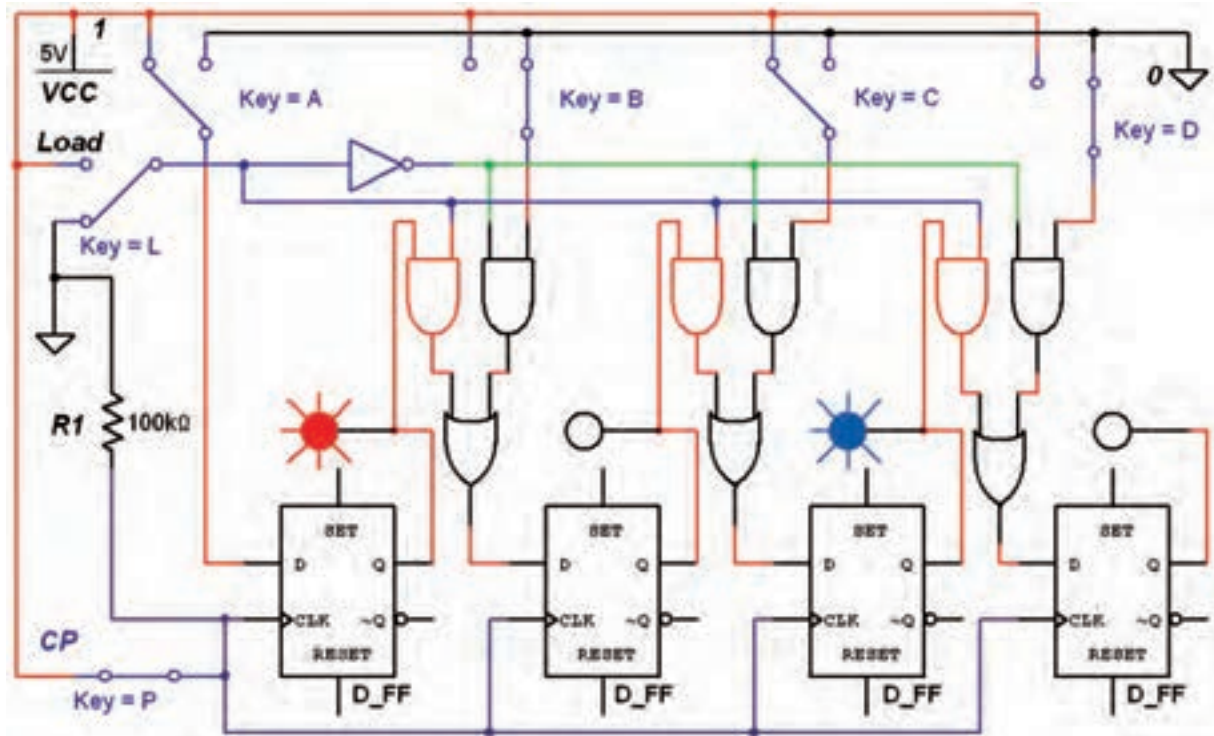
پالس ساعت	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
۱	۱	۰	۰	۰
۲	۰	۱	۰	۰
۳	۰	۰	۱	۰
۴	۰	۰	۰	۱

اطلاعات ذخیره شده را می توان به طور سری از شیفتر رجیستر دریافت کرد. مدار شکل ۵-۷ را ببینید و عملکرد شیفتر رجیستر را با قطع و وصل کردن کلیدهای مدار بررسی نمایید. اطلاعات ورودی را به صورت ۱۱۰۱ یا هر عدد دیگری وارد کنید و نتیجه را پس از اعمال پنج پالس ساعت بررسی نمایید.

۵-۳ آزمایش ۳: شیفتر رجیستر

"ورودی موازی - خروجی سری"

۵-۳-۱ در این شیفتر رجیستر، اطلاعات ورودی توسط خط Load و به کمک پالس ساعت به طور همزمان (موازی) در شیفتر رجیستر ذخیره می شوند.



شکل ۵-۷ مدار شیفتر رجیستر "ورودی موازی - خروجی سری" پس از اعمال چهارمین پالس ساعت

در حالت اطلاعات ورودی بگذارید. سپس نتیجه را در جدول صحت ۵-۳ بنویسید.

جدول ۵-۳ جدول صحت مدار شیفتر رجیستر "ورودی موازی - خروجی سری"

پالس ساعت	A	B	C	D	Q
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					



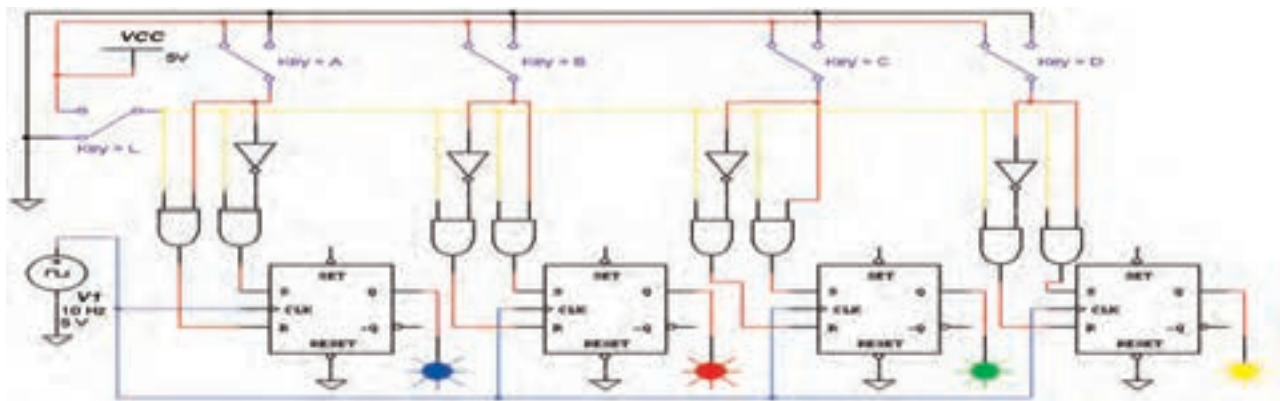
۵-۳-۲ خط Load را یک بار به زمین وصل کنید و کلیدهای A، B، C و D را به ترتیب قطع و وصل نمایید در هر یک از حالت ها خروجی را بررسی کنید. بار دیگر خط Load را به V_{CC} وصل کنید و کلیدهای مدار را

۵-۴ آزمایش ۴: شیفت رجیستر

"ورودی موازی - خروجی موازی"

۵-۴-۱ در این نوع از شیفت رجیسترها، اطلاعات ورودی همزمان به خروجی انتقال می‌یابد. هنگامی که پالس ساعت صفر باشد، اطلاعات خروجی‌ها تغییری نمی‌کند. هنگامی که پالس ساعت یک باشد اطلاعات ورودی‌ها به خروجی‌ها انتقال می‌یابند.

۸۲



شکل ۵-۸ مدار شیفت رجیستر "ورودی موازی - خروجی موازی" پس از اعمال چهارمین پالس ساعت

تمرین ۱: مدار شیفت رجیستر "ورودی موازی - خروجی موازی" را مطابق شکل ۶-۲۸ کتاب مبانی دیجیتال ببینید و نتیجه را شرح دهید.

۵-۴-۲ پس از انجام این مرحله نتایج حاصل شده از این مدار را به طور خلاصه بنویسید.





سؤال ۲: کدام یک از مدارهای شیفت رجیسترها را می‌توان به انواع دیگر شیفت رجیسترها تبدیل کرد؟ به طور کامل و خلاصه توضیح دهید.



۵-۵-۲: ابتدا با استفاده از آی‌سی ۷۴۱۶۴ که یک شیفتر رجیستر ۸ بیتی "ورودی سری - خروجی موازی" است، آزمایش مربوطه را انجام می‌دهیم. آی‌سی ۷۴۱۶۴ را از نوار Component قسمت TTL بر روی صفحه‌ی کار می‌آوریم. سپس برای پایه‌های ورودی از کلیدهای تبدیل SPDT استفاده می‌کنیم. برای ورود منطق یک به رجیستر، باید هر دو ورودی سری را در منطق یک قرار دهیم. هم چنین جهت ورود منطق صفر به رجیستر، کافی است یکی از ورودی‌های سری را در منطق صفر بگذاریم. در ضمن باید پایه‌ی Clear را یک منطقی و پایه‌ی Clock را به منبع پالس اتصال دهیم.



پایه‌های زمین و تغذیه‌ی آی‌سی در نرم‌افزار به صورت پیش فرض اتصال دارند.

۵-۵-۳: مدار شکل ۵-۹ را ببندید. سپس با تغییر وضعیت کلیدهای ورودی، وضعیت خروجی مدار را بررسی کنید.



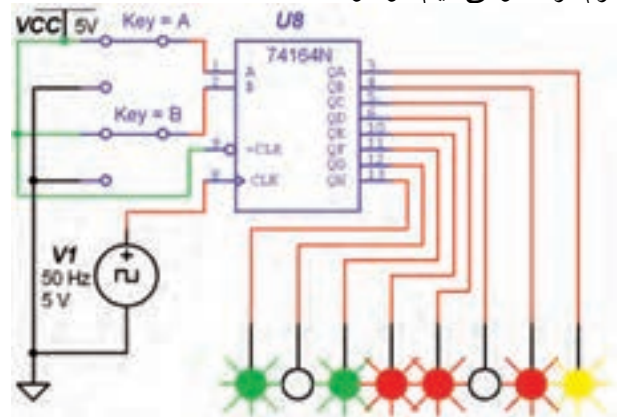
آی‌سی ۷۴۱۶۴ یک شیفتر رجیستر ۸ بیتی با قابلیت شیفتر به سمت راست است. این رجیستر را می‌توان به عنوان یک رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی" نیز استفاده کرد.

تمرین ۲: با استفاده از آی‌سی ۷۴۱۶۴ مدار شیفتر رجیستر "ورودی سری - خروجی موازی" را ببندید مراحل کار و نتیجه‌ی آزمایش را شرح دهید.

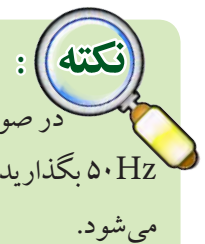


۵-۵ آزمایش ۵: شیفتر رجیسترها با استفاده از آی‌سی

۵-۵-۱: مدارهای شیفتر رجیستر را می‌توان با آی‌سی نیز آزمایش کرد. در نرم‌افزار مولتی‌سیم بعضی از آی‌سی‌های مربوط به شیفتر رجیسترها وجود ندارد. در این آزمایش از آی‌سی‌هایی استفاده می‌کنیم که در نرم‌افزار مولتی‌سیم موجود است.



شکل ۵-۹ مدار شیفتر رجیستر با استفاده از آی‌سی



در صورتی که فرکانس پالس را روی ۵۰ Hz بگذارید، سرعت روشن شدن پروب‌ها بیشتر می‌شود.

سؤال ۳: در مدار شکل ۵-۹ عدد ۸ بیتی داده شده به ورودی چه عددی است؟ با ذکر دلیل و به طور خلاصه توضیح دهید.





از آی سی ۷۴۱۶۵ می توان به عنوان یک رجیستر با "ورودی موازی، خروجی سری" و یا "ورودی سری - خروجی سری" استفاده کرد.



برای آشنایی با عملکرد آی سی ۷۴۱۶۵ در حالت «ورودی موازی - خروجی سری» به کتاب کارگاه الکترونیک عمومی مراجعه کنید.

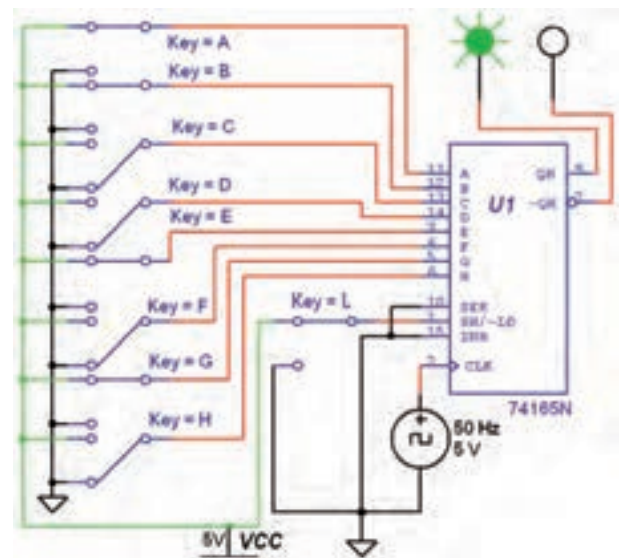
تمرین ۳: با استفاده از آی سی ۷۴۱۶۵ مدار شیفتر رجیستر "ورودی سری - خروجی سری" را ببندید مراحل کار و نتیجهی آزمایش را شرح دهید.



تمرین ۴: با استفاده از آی سی ۷۴۱۶۵ مدار شیفتر رجیستر "ورودی سری - خروجی سری" را ببندید. عدد ۸ بیتی ۱۱۰۱۱۰۱۰ را به ورودی مدار اعمال کنید و نتیجهی آزمایش را شرح دهید.



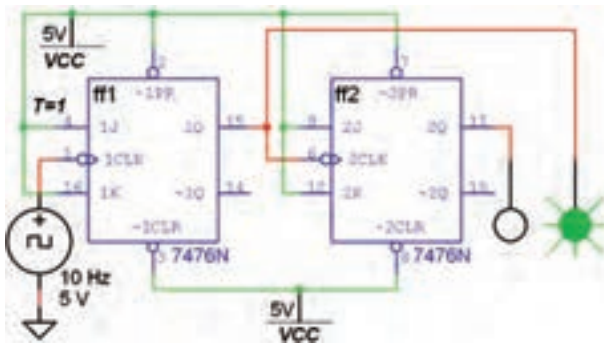
۵-۵-۴: مدار شکل ۵-۱۰ را ببندید. در این مدار از آی سی ۷۴۱۶۵ که یک شیفتر رجیستر ۸ بیتی "ورودی سری - خروجی سری" است، استفاده می کنیم. در حالت عادی پایه ی Enable در منطق صفر و پایه ی Load در منطق یک قرار دارد. همزمان با لبه ی بالا رونده ی پالس ساعت اطلاعات یک طبقه به سمت راست شیفتر می یابد. در این حالت اطلاعات موجود بر روی ورودی سری به طبقه ی A، اطلاعات طبقه ی A به B، B به C، C به D، D به E، E به F، F به G و G به H انتقال می یابد و اطلاعات موجود بر روی طبقه ی H از میان می رود، یا به طبقات بعدی شبکه ارسال می شود. مکمل اطلاعات موجود بر روی هشتمین طبقه بر روی پایه ی ۷ قابل دسترسی است. برای ورود یک عدد باینری به رجیستر، باید عدد مورد نظر را بر روی خطوط ورودی قرار دهید. سپس برای چند لحظه پایه ی Load (پایه ی ۱) را به منطق صفر متصل کنید. اگر ورودی Enable به منطق یک متصل شود، عمل شیفتر متوقف می گردد.



شکل ۵-۱۰ مدار شیفتر رجیستر "ورودی موازی - خروجی سری"

۵-۵-۵: عملکرد مدار شکل ۵-۱۰ را بررسی کنید و نتیجهی آزمایش را به طور خلاصه در چند سطر بنویسید.

پس از بستن مدار، جدول صحت ۴-۵ را کامل کنید.



شکل ۱۱-۵ شمارنده‌ی دو بیتی با استفاده از فلیپ‌فلاپ T

جدول ۴-۵ مدار شمارنده‌ی دو بیتی

عدد دسیمال	Q_1	Q_2	پالس ساعت
اولین			
دومین			
سومین			
چهارمین			

سؤال ۴: مدار شکل ۱۱-۵ چه نوع شمارنده‌ای است؟ آیا می‌توانید شمارنده‌ی دو بیتی نزولی را ببینید؟ تجربه کنید و نتیجه را بنویسید.

تمرین ۵: با استفاده از آی‌سی ۷۴۱۹۴ که یک شیفتر رجیستر "چپ‌گرد - راست‌گرد" است، مدار مربوطه را ببینید، مراحل کار و نتیجه‌ی آزمایش را شرح دهید.

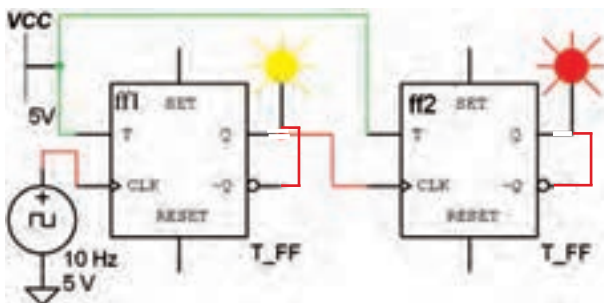


برای بهتر مشخص شدن عملکرد مدارهای این فصل سعی شده است که خطوط با کاربری مشترک با یک رنگ مشخص شوند. همچنین از رنگ‌های متفاوت برای رسامی مدارها استفاده شده است. مزیت دیگر این عمل کنترل مسیر سیم‌بندی و اتصال‌های مختلف مدار است.

۵-۶ آزمایش ۶: شمارنده‌ی دو بیتی

شمارنده‌ها مدارهایی هستند که از تعدادی فلیپ‌فلاپ که به صورت سری به هم متصل شده‌اند، تشکیل می‌شود. این مدارها عملاً پالس‌های ورودی به مدار را شمارش می‌کنند.

۵-۶-۲ به خروجی معکوس هر دو فلیپ‌فلاپ مطابق شکل ۱۲-۵ پروب وصل کنید و جدول صحت ۵-۵ را کامل نمایید.



شکل ۱۲-۵ شمارنده‌ی دو بیتی با استفاده از فلیپ‌فلاپ T

۵-۶-۱ مدار شکل ۱۱-۵ را که یک شمارنده‌ی دو بیتی آسنکرون است، ببینید. فلیپ‌فلاپ‌های به کار رفته در این نوع شمارنده از نوع T است و همواره باید $T = 1$ باشد. در شمارنده‌ی آسنکرون تغییر وضعیت هر فلیپ‌فلاپ به تغییر وضعیت فلیپ‌فلاپ طبقه‌ی قبلی بستگی دارد.

جدول ۵-۶: جدول صحت مدار شمارنده‌ی سه بیتی

عدد دسیمال	Q_2	Q_1	Q_0	پالس ساعت
اولین				
دومین				
سومین				
چهارمین				
پنجمین				
ششمین				
هفتمین				
هشتمین				

جدول ۵-۵: جدول صحت مدار شمارنده‌ی دو بیتی

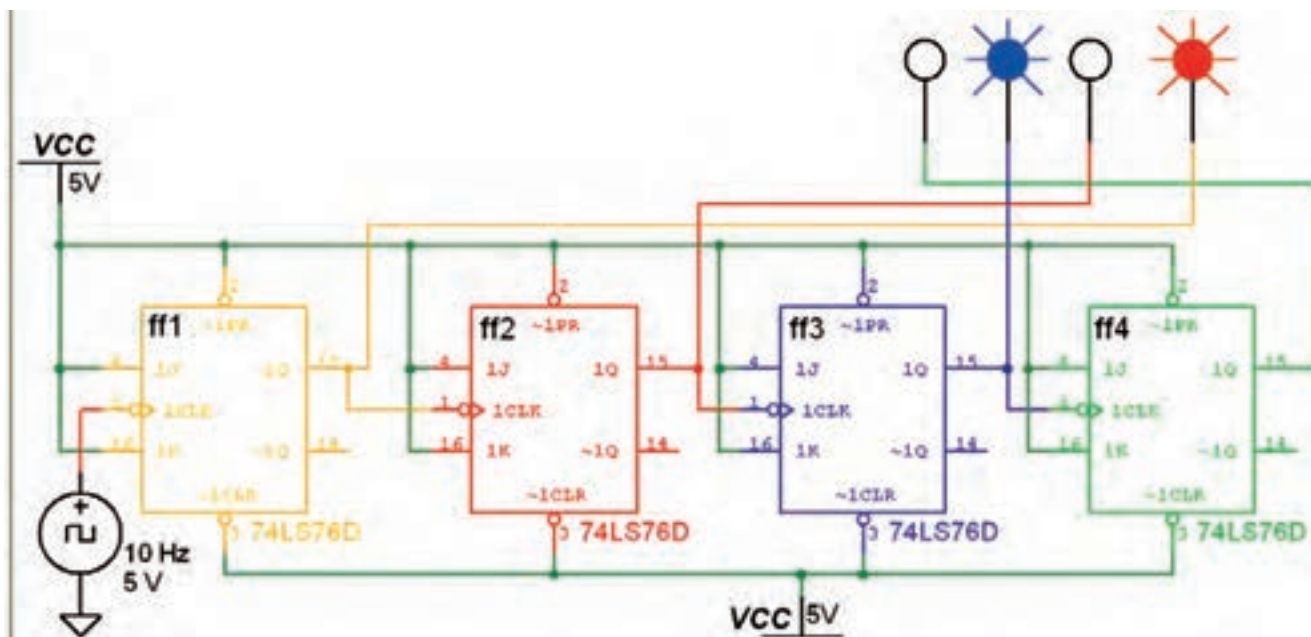
$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_1}$	Q_2	Q_1	پالس ساعت
				اولین
				دومین
				سومین
				چهارمین

تمرین ۶: با استفاده از سه عدد فلیپ فلاپ نوع T مدار شمارنده‌ی سه بیتی را ببندید. سپس جدول صحت ۵-۶ را کامل کنید.

۵-۷: آزمایش ۷: شمارنده‌ی صعودی و نزولی

۵-۷-۱: مدار شکل ۵-۱۳ را ببندید و جدول ۵-۷ را کامل کنید.

این شمارنده‌ها قادر به شمارش منظم اعداد از کم به زیاد و بالعکس هستند.



شکل ۵-۱۳: شمارنده‌ی آسنکرون صعودی چهار بیتی

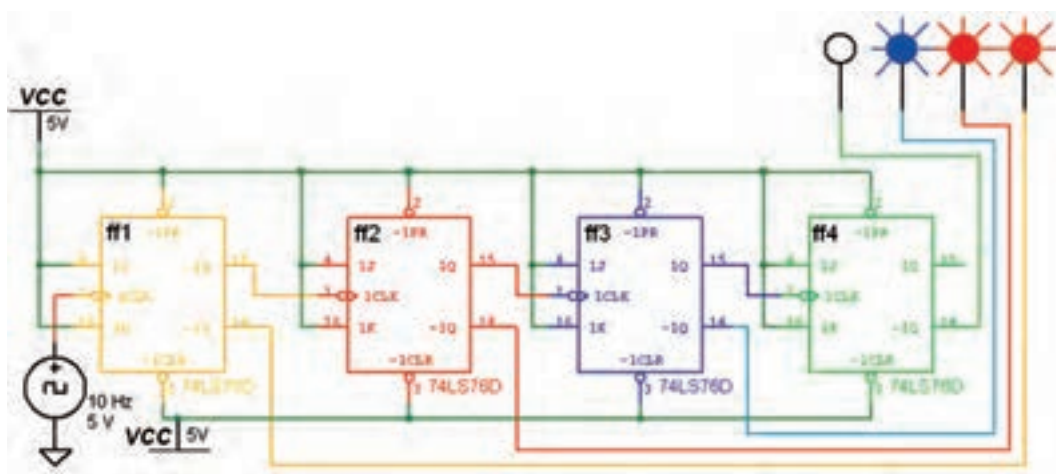
سؤال ۵: مدار شکل ۱۳-۵ چندمین پالس ساعت را نشان می دهد؟



جدول ۵-۷ جدول صحت مدار شمارنده‌ی چهار بیتی

عدد دسیمال	$\overline{Q_4}$	$\overline{Q_3}$	$\overline{Q_2}$	$\overline{Q_1}$	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	پالس ساعت
۱									
۲									
۳									
۴									
۵									
۶									
۷									
۸									
۹									
۱۰									
۱۱									
۱۲									
۱۳									
۱۴									
۱۵									
۱۶									

۵-۷-۲ مدار شمارنده‌ی نزولی شکل ۱۴-۵ را ببینید و جدول صحت ۸-۵ را کامل کنید.



شکل ۱۴-۵ شمارنده‌ی نزولی چهار بیتی

جدول ۵-۸ جدول صحت مدار شمارنده‌ی چهار بیتی نزولی

عدد دسیمال	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	پالس ساعت
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
۷					
۸					
۹					
۱۰					
۱۱					
۱۲					
۱۳					
۱۴					
۱۵					
۱۶					

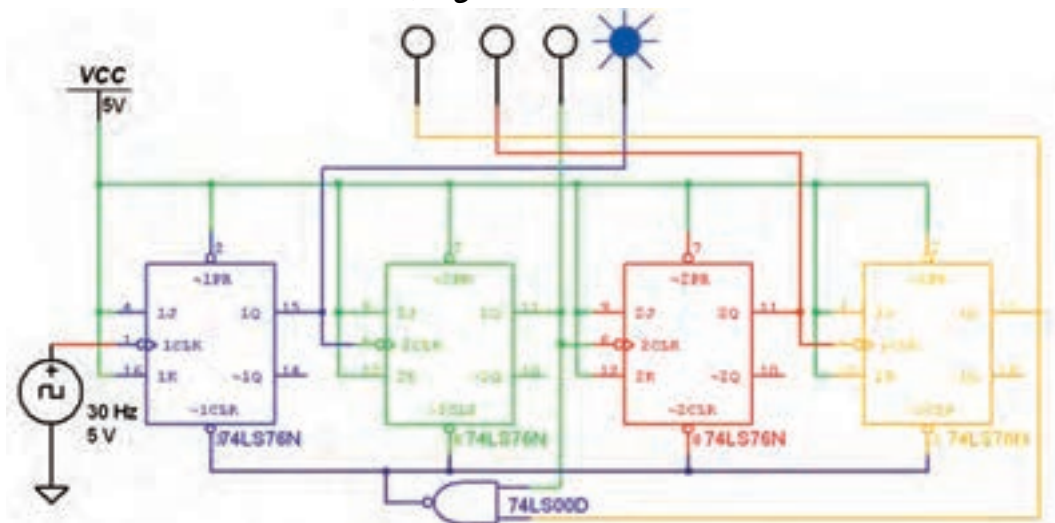
تمرین ۷: مدار شمارنده‌ی آسنکرون نزولی سه بیتی را با استفاده از فلیپ‌فلاپ نوع JK ببندید و عملکرد مدار را توضیح دهید.



۵-۸ آزمایش ۸: شمارنده‌ی آسنکرون دهدهی

شمارنده‌ی آسنکرون دهدهی، همان شمارنده‌ی آسنکرون صعودی است، با این تفاوت که باید بتواند اعداد صفر تا ده را بشمارد و به محض رسیدن به عدد ده، خروجی را پاک کند. این عمل توسط یک گیت کنترل صورت می‌گیرد.

۵-۸-۱ مدار شکل ۵-۱۵ یک شمارنده‌ی آسنکرون دهدهی است. مدار را ببندید و جدول صحت ۵-۹ را کامل کنید.



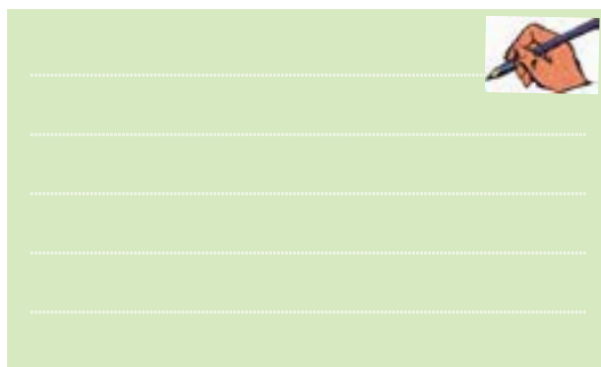
شکل ۵-۱۵ مدار شمارنده‌ی آسنکرون دهدهی

جدول ۵-۱۰ جدول صحت شمارنده‌ی حلقوی سه بیتی

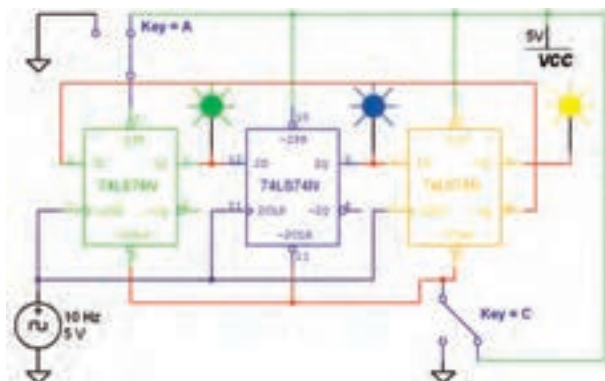
شمارش دهدهی خروجی	Q ₀	Q ₁	Q ₂	پالس ساعت

۸۹

تمرین ۸: با استفاده از چهار فلیپ فلاپ نوع D یک شمارنده‌ی حلقوی چهار بیتی را ببندید، مراحل کار را توضیح دهید و جدول صحت آن را کامل نمایید.



۵-۹-۲ مدار شمارنده‌ی جانسون شکل ۵-۱۷ را ببندید. در این مدار خروجی معکوس آخرین فلیپ فلاپ به ورودی اولین فلیپ فلاپ وصل شده است. در این شمارنده از فلیپ فلاپ نوع D استفاده شده است. این شمارنده دارای شش حالت مختلف است. پس از بستن مدار جدول صحت ۵-۱۱ را کامل کنید.



شکل ۵-۱۷ شمارنده‌ی جانسون سه بیتی

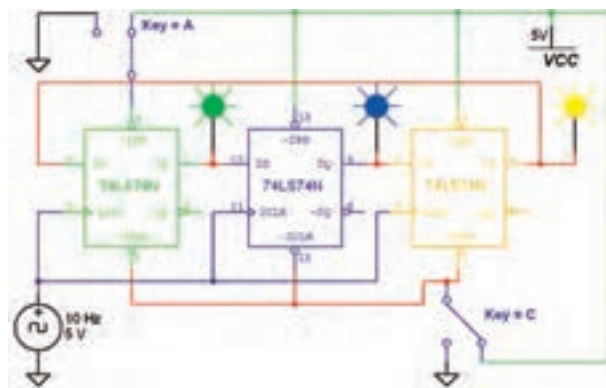
جدول ۵-۹ جدول صحت شمارنده‌ی دهدهی

Decimal	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃
	۰	۰	۰	۰
	۱	۰	۰	۰
	۰	۱	۰	۰
	۱	۱	۰	۰
	۰	۰	۱	۰
	۱	۰	۱	۰
	۰	۱	۱	۰
	۱	۱	۱	۰
	۰	۰	۰	۱
	۱	۰	۰	۱

۵-۹ آزمایش ۹: شمارنده‌ی حلقوی و جانسون

شمارنده‌ی حلقوی از ترکیب فلیپ فلاپ‌های نوع D به گونه‌ای شکل می‌گیرد که خروجی آخرین فلیپ فلاپ به ورودی اولین فلیپ فلاپ فیدبک شده است.

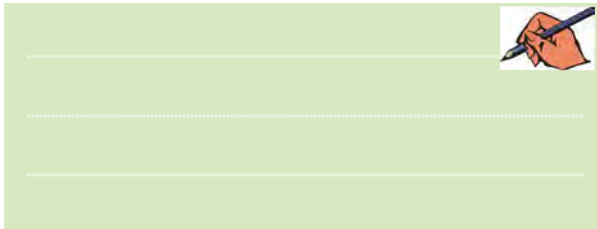
۵-۹-۱ مدار شکل ۵-۱۶ شمارنده‌ی حلقوی سه بیتی را نشان می‌دهد. این مدار را ببندید و جدول صحت ۵-۱۰ را کامل کنید.



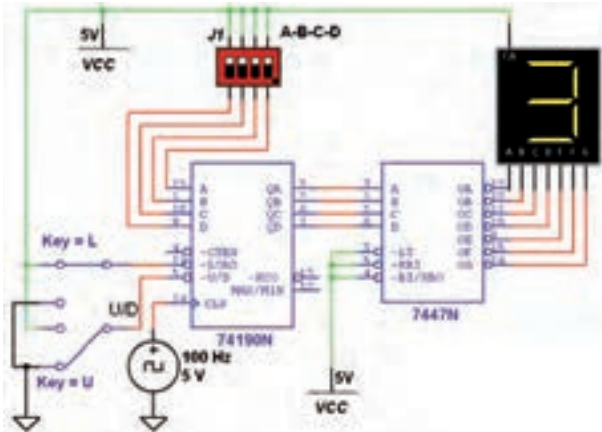
شکل ۵-۱۶ شمارنده‌ی حلقوی سه بیتی

عمل کنید:

- پایه‌ی Clear را برای چند لحظه به زمین وصل کنید.
- برای شروع اولیه و اختصاص یک عدد، باید کد باینری عدد مورد نظر را به خطوط ورودی اعمال کنید.
- برای لحظه‌ای کوتاه پایه‌ی شماره‌ی ۹ را به منطق صفر ببرد.
- مراحل کار را توضیح دهید.



۲-۱۰-۵ با استفاده از آی سی ۷۴۱۹۰ مدار شمارنده‌ی صعودی، نزولی سنکرون با ۱۰ شمارش را ببندید. در این آی سی پایه‌ی Clock منحصر به فرد است. جهت شمارش صعودی، پایه‌ی Load به منطق یک و پایه‌های Enable و Up / Down به منطق صفر متصل می‌شوند. عمل شمارش همزمان با گذر منطقی پالس ساعت از صفر به یک انجام می‌پذیرد. جهت شمارش معکوس ورودی Up / Down باید به منطق یک وصل شوند. برای وارد کردن یک عدد به شمارنده، باید کد باینری آن عدد را بر روی خطوط ورودی بارگذاری کنید.



شکل ۵-۱۹ مدار شمارنده‌ی صعودی نزولی سنکرون با ۱۰ شمارش

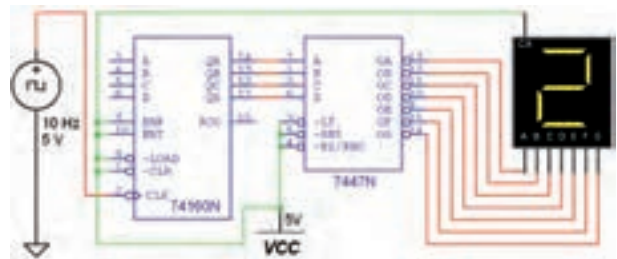
جدول ۵-۱۱ جدول صحت شمارنده‌ی جانشون سه بیتی

پالس ساعت	Q_2	Q_1	Q_0
۰			
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
۶			
۷			
۸			

تمرین ۹: مدار شمارنده‌ی جانشون پنج بیتی را ببندید و جدول صحت آن را کامل نمائید.

۵-۱۰ آزمایش ۱۰: شمارنده‌ها با استفاده از آی سی

۱-۱۰-۵ با استفاده از آی سی ۷۴۱۶۰ مدار شمارنده‌ی سنکرون با ۱۰ شمارش را ببندید. در حالت عادی پایه‌های ورودی Load، Clear، T و P باید به منطق یک وصل شوند. برای نمایش اعداد از یک سون سگمنت و راه انداز آن (آی سی ۷۴۴۷) استفاده می‌کنیم. عمل شمارش به صورت سنکرون همزمان هنگامی که پالس ساعت از صفر به یک می‌رود، انجام می‌پذیرد. برای پاک کردن اطلاعات شمارنده باید پایه‌ی Clear را برای چند لحظه زمین نمود.



شکل ۵-۱۸ مدار شمارنده‌ی سنکرون با ۱۰ شمارش

تمرین ۱۰: برای راه اندازی مدار به ترتیب به شرح زیر

جدول ۱۳-۵ جدول صحت شمارنده‌ی صعودی نزولی

عدد نمایش داده شده در حالت نزولی	عدد نمایش داده شده در حالت صعودی	D	C	B	A	عدد دهدهی
						۰
						۱
						۲
						۳
						۴
						۵
						۶
						۷
						۸
						۹
						۱۰
						۱۱
						۱۲
						۱۳
						۱۴
						۱۵

تمرین ۱۱: در مدار شمارنده‌ی شکل ۱۹-۵ پایه‌ی Up / Down (پایه‌ی ۵ آی‌سی) را به یک منطقی یعنی V_{CC} وصل کنید و مدار را راه‌اندازی نمایید. نتیجه‌ی آزمایش را به طور کامل شرح دهید.



سؤال ۶: وقتی پایه‌های ورودی آی‌سی ۷۴۱۹۰ بر روی عدد باینری ۱۱۰۰ قرار دارد، چه عددی بر روی نمایشگر سون‌سگمنت نمایش داده می‌شود؟



سؤال ۷: اگر بر روی پایه‌های ورودی آی‌سی ۷۴۱۹۰ عدد باینری ۱۱۱۱ قرار داده شود، چه عددی بر روی نمایشگر سون‌سگمنت نمایش داده می‌شود؟



۳-۱۰-۵: مدار شکل ۱۹-۵ را در دو حالت صعودی و نزولی راه‌اندازی کنید و جدول صحت ۱۲-۵ را کامل نمایید.

« فصل ششم »

مدارهای منطقی پیشرفته

(مطابق فصل هفتم کتاب مبانی دیجیتال)

هدف کلی:

آشنایی با عملکرد تراشه‌ها و مدارهای پیشرفته

۹۲

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- مدار شمارنده با آی سی ۷۴۱۹۳ را به صورت صعودی و نزولی ببندد و نحوه ی راه اندازی آن را تجربه کند.
- ۲- مدار شمارنده با آی سی ۷۴۱۹۳ را طوری برنامه ریزی کند که از یک عدد خاص به صورت صعودی و نزولی شمارش کند.
- ۳- مدار ساده ی مبدل دیجیتال به آنالوگ را ببندد.
- ۴- مدار ساده ی مبدل آنالوگ به دیجیتال را ببندد.

۶-۱-۲ دو کلید موجود در مدار که با کلید Space فعال می شوند، در واقع یک کلید دو کنتاکت دابل هستند. این کلیدها در هر حالت، از طریق دو کنتاکت متفاوت، سیگنال پالس ساعت و ولتاژ تعیین صعودی یا نزولی را به پایه های Up و Down آی سی اتصال می دهند.



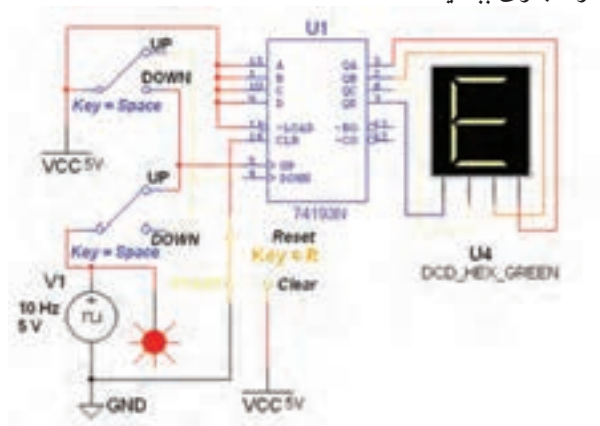
کلید R برای شروع، خاتمه و پاک کردن شمارش در مدار قرار گرفته است.

شمارنده ی ۷۴۱۹۳ توانایی شمارش یک تا شانزده را دارد. به همین دلیل از سون سگمنت هگزادسی مال استفاده شده است و نیازی به آی سی ۷۴۴۷ به عنوان رمز گشای BCD نیست.

۶-۱-۳ کلید Space را در وضعیت Up قرار دهید و با

۶-۱ آزمایش ۱: آی سی شمارنده ی برنامه پذیر ۷۴۱۹۳

۶-۱-۱ آی سی ۷۴۱۹۳ یک شمارنده ی دودویی است که توانایی شمارش صعودی و نزولی را دارد. همچنین قابلیت برنامه ریزی عمل شمارش از یک عدد خاص را از طریق فعال کردن پایه ی LOAD دارد. مدار شکل ۶-۱ را بر روی میز کار مجازی ببندید.



شکل ۶-۱ مدار شمارنده ی صعودی و نزولی با آی سی ۷۴۱۹۳

سون سگمنت را ببینید و در جدول ۶-۲ یادداشت کنید.

جدول ۶-۲ جدول صحت شمارنده‌ی آی‌سی ۷۴۱۹۳
در حالت Down

پالس ساعت	عدد هگزا دسی مال
اولین پالس	
دومین پالس	
سومین پالس	
چهارمین پالس	
پنجمین پالس	
ششمین پالس	
هفتمین پالس	
هشتمین پالس	
نهمین پالس	
دهمین پالس	
یازدهمین پالس	
دوازدهمین پالس	
سیزدهمین پالس	
چهاردهمین پالس	
پانزدهمین پالس	
شانزدهمین پالس	

سؤال ۲: عمل شمارش آی‌سی به چه صورت انجام

می‌شود؟ شرح دهید.



شمارش پالس ساعت، عدد نمایش داده شده را مشاهده کنید و در جدول ۶-۱ بنویسید.

جدول ۶-۱ جدول صحت شمارنده‌ی آی‌سی ۷۴۱۹۳
در حالت Up

پالس ساعت	عدد هگزا دسی مال
اولین پالس	
دومین پالس	
سومین پالس	
چهارمین پالس	
پنجمین پالس	
ششمین پالس	
هفتمین پالس	
هشتمین پالس	
نهمین پالس	
دهمین پالس	
یازدهمین پالس	
دوازدهمین پالس	
سیزدهمین پالس	
چهاردهمین پالس	
پانزدهمین پالس	
شانزدهمین پالس	

سؤال ۱: عمل شمارش با توجه به جدول ۶-۱ به چه

صورت انجام می‌شود؟ شرح دهید.

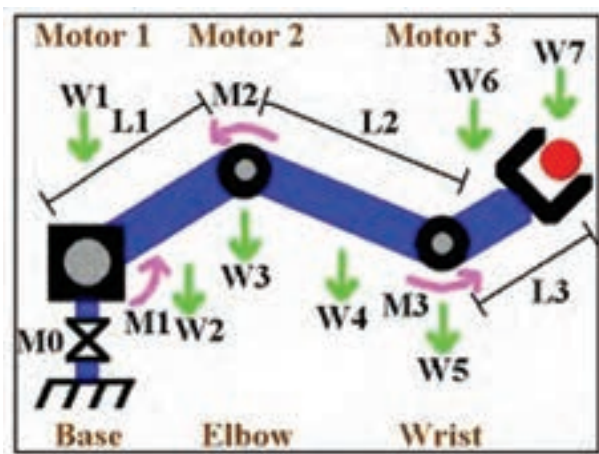


۴-۱-۶ کلید R را فشار دهید تا شمارنده متوقف شود.
کلید Space را در وضعیت Down بگذارید و دوباره
کلید R را در حالت Start قرار دهید تا مدار شروع به کار
کند. با شمارش پالس ساعت عدد نمایش داده شده روی

۶-۲ آزمایش ۲: مبدل دیجیتال به آنالوگ

۶-۲-۱ مداری که بتواند اطلاعات دودویی را به ولتاژ آنالوگ

تبدیل کند مدار DAC (Digital Analog Converter) نامیده می‌شود. کاربرد این مدار در سیستم‌های کنترلی دیجیتالی است. برای مثال در شکل ۶-۴ سیگنالی که برای کنترل یک بازوی روبات از مدار دیجیتالی و پیشرفته صادر می‌شود، یک سیگنال صفر و یک منطقی است.



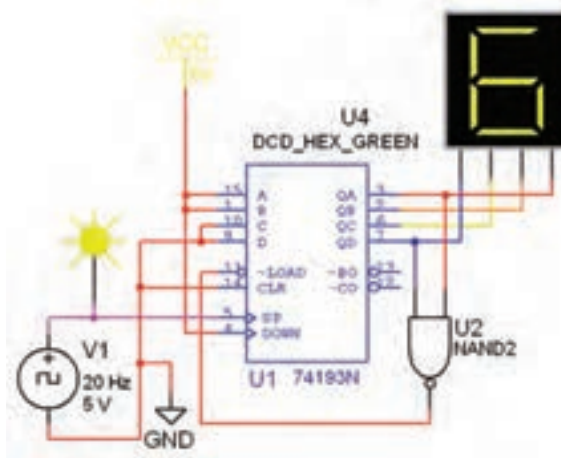
شکل ۶-۴ بازوی روبات

ولی برای حرکت بازوی روبات به وسیله‌ی یک موتور کوچک DC، نیاز به یک سیگنال آنالوگ مانند سیگنال دندانه‌ای داریم. مدار DAC به عنوان واسطه بین موتور و مدار کنترل دیجیتالی عمل می‌کند.

۶-۲-۲ آی سی مبدل سیگنال دیجیتالی به ولتاژ آنالوگ را از گروه Mixed مطابق شکل ۶-۵ انتخاب کنید و به میز کار انتقال دهید.

۶-۱-۵ برای اجرای عمل شمارش برنامه‌ریزی شده مدار

شکل ۶-۲ را ببینید.



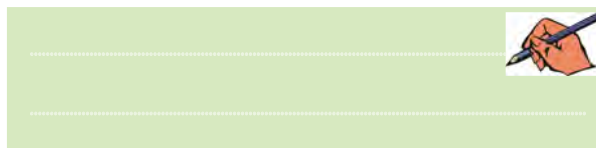
شکل ۶-۲ شمارنده‌ی برنامه‌ریزی شده با آی سی ۷۴۱۹۳

۶-۱-۶ عدد دهدهی ۳ که معادل ۰۰۱۱ دودویی است

در ورودی‌های A, B, C, D قرار گرفته است. با شمارش پالس ساعت عدد خروجی شمارنده را مشاهده کنید.

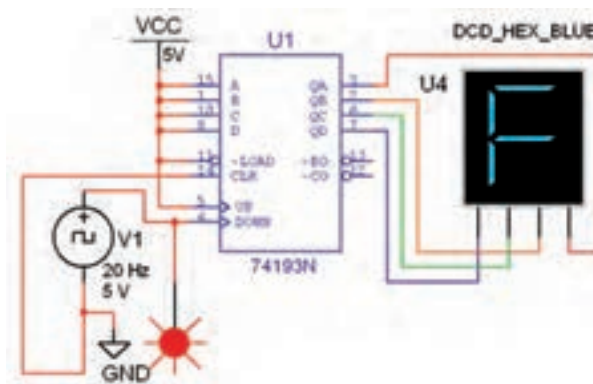
سؤال ۳: عمل شمارش از چه عددی شروع می‌شود و به

چه عددی ختم می‌شود؟



تمرین ۱: مدار شکل ۶-۳ را ببینید و عدد ابتدایی و

انتهایی شمارش را مشخص کنید.



شکل ۶-۳ مدار شمارنده‌ی برنامه‌ریزی شده با آی سی ۷۴۱۹۳

جدول ۳-۶ جدول صحت مدار DAC

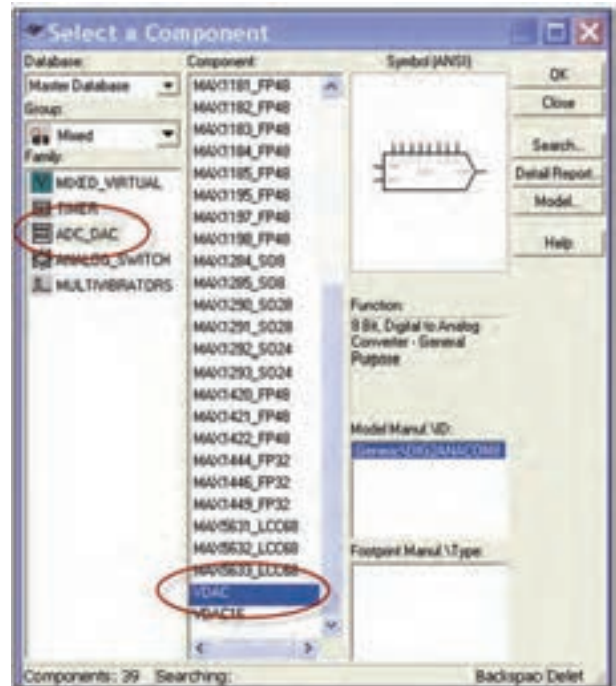
ردیف	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0	V_o
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	
۲	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	
۳	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	
۴	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	
۵	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	
۶	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	
۷	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	
۸	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	
۹	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	
۱۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	
۱۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	
۱۲	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	
۱۳	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	
۱۴	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	
۱۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	

سؤال ۴: در برابر افزایش یک عدد باینری، ولتاژ خروجی چقدر افزایش می‌یابد؟ توضیح دهید.



۳-۶ آزمایش ۳: مبدل سیگنال آنالوگ به دیجیتال

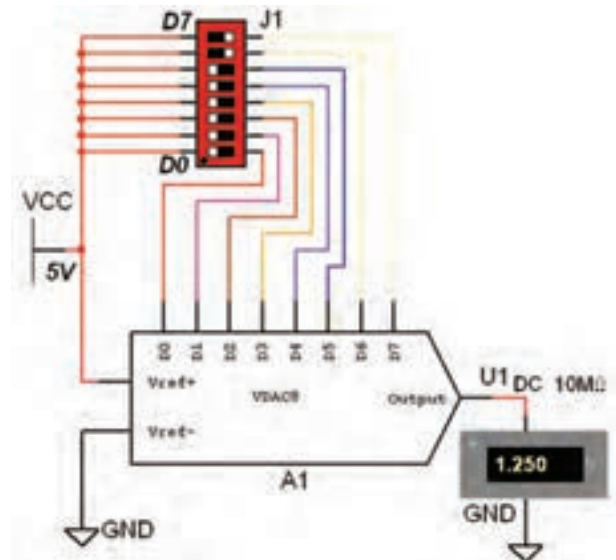
۱-۳-۶ مدار که سیگنال آنالوگ را به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌کند مدار ADC (Analog Digital Converter) می‌گویند. برای مثال مدار که سیگنال صوتی یا تصویری



شکل ۵-۶ مسیر دسترسی به آی‌سی DAC

۳-۲-۶ مدار شکل ۶-۶ که یک مبدل DAC هشت

بیتی است را ببینید.



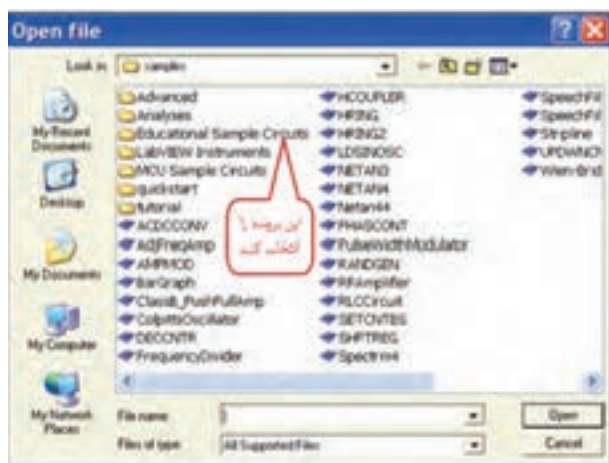
شکل ۶-۶ مدار DAC هشت بیتی مبدل سیگنال دیجیتالی به آنالوگ

۴-۲-۶ با تغییر کلیدهای D_0 تا D_7 مطابق جدول ۳-۶

مقدار ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کنید و در جدول بنویسید.

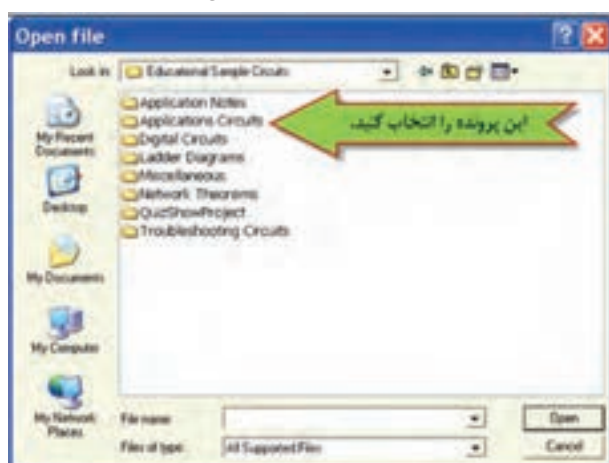
را به سیگنال ترکیبی صفر و یک تبدیل می کند یک مبدل ADC است. سیگنال خروجی ADC قابل ذخیره شدن در حافظه است. برای آشنایی با عملکرد مدار ADC می توانیم از مدارهای آماده شده در مثال های نرم افزار مولتی سیم استفاده کنیم. برای همین منظور مشابه شکل ۶-۷ از نوار منو، منوی فایل (File) را باز کنید و گزینه ی Open Samples را انتخاب کنید.

۹۶

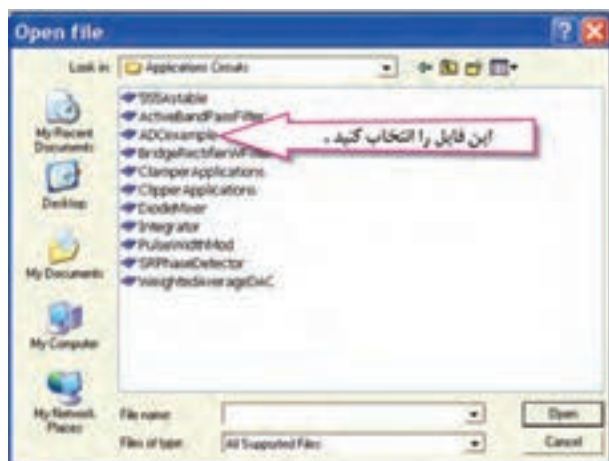


شکل ۶-۸ پرونده ی مثال آموزشی نرم افزار

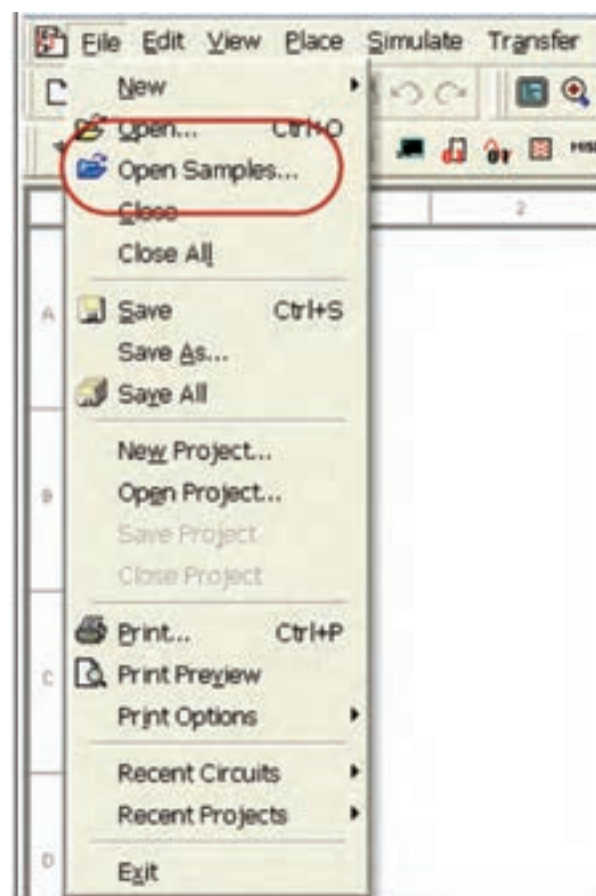
۳-۳-۶ پس از باز کردن پرونده ی Educational Sample Circuits Applications Circuit را مطابق شکل ۶-۹ باز کنید.



شکل ۶-۹ مدارهای کاربردی در پرونده ی مثال های آموزشی
۴-۳-۶ از داخل این پرونده با توجه به شکل ۶-۱۰ فایل مثال ADC example را اجرا کنید.



شکل ۶-۱۰ مثال مدار ADC نرم افزار

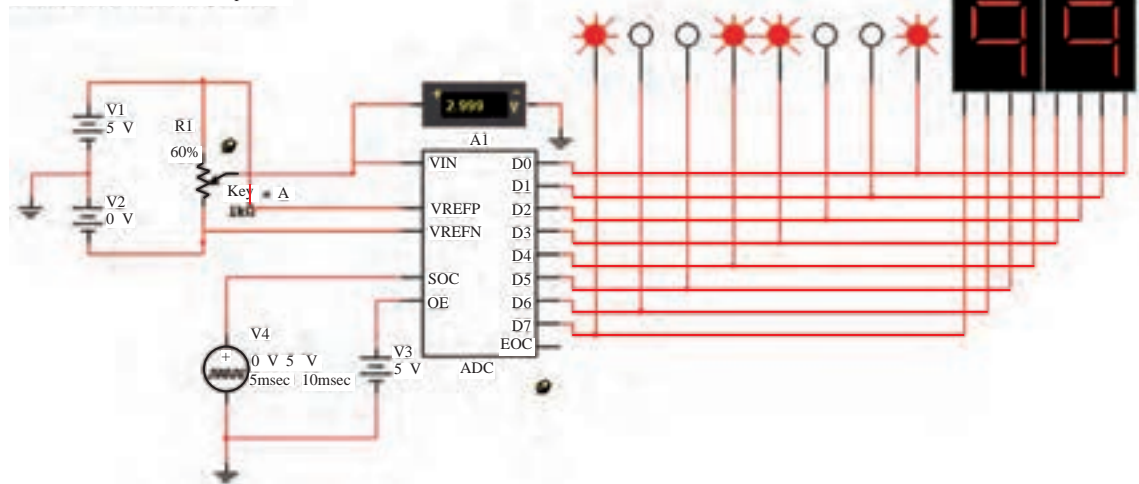


شکل ۶-۷ باز کردن پنجره ی مثال های نرم افزار مولتی سیم

۲-۳-۶ پس از باز کردن پنجره ی مثال های اجرایی مطابق شکل ۶-۸ پرونده ی Educational Sample Circuits را انتخاب کنید.

خروجی ADC، اطلاعات هشت بیتی دودویی است که توسط ۸ عدد پروب لاجیک یا دو عدد سون‌سگمنت‌هگزادسیمال قابل مشاهده است.

choose Simulate/Run to view the operation of the circuit using the animated and interactive components



شکل ۶-۱۱ مدار ADC هشت بیتی با نمایشگر دودویی و هگزادسیمال در خروجی

۶-۳-۶ مقدار ولتاژ تغذیه V_2 را صفر ولت و V_1 را به ۵ ولت تغییر دهید. به ترتیب مقدار ولتاژ ورودی را از صفر تا ۵ ولت طبق جدول ۶-۴ تنظیم و عدد باینری و معادل هگزادسی‌مال خروجی را در جدول بنویسید. برای تغییر ولتاژ، طبق شکل ۶-۱۲ پتانسیومتر را به صورت پله‌ای تغییر دهید.

جدول ۶-۴ جدول تغییرات ولتاژ آنالوگ به اطلاعات باینری و هگزادسی‌مال

ولتاژ ورودی (V)	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0	HEX
۰/۲۵	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰C
۰/۵	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱۹
۰/۷۵									
۱									
۱/۲۵									
۱/۵									
۱/۷۵									
۲									

سؤال ۵: در برابر افزایش هر ۰/۲۵ ولت در ولتاژ آنالوگ ورودی در خروجی مدار چند عدد باینری افزایش می‌یابد؟



سؤال ۶: عدد خروجی مدار ADC در برابر ولتاژهای ورودی ۲/۵ ولت و ۵ ولت را بنویسید.



تمرین ۲: مقدار درصد افزایش پله‌های پتانسیومتر را با توجه به شکل ۶-۱۲ به یک تغییر دهید. سپس پتانسیومتر را در پله‌های ۵٪ ولت ورودی تنظیم کنید. عدد باینری و هگزادسیمال خروجی را تعیین کنید.

« فصل اول »

مدارهای الکتریکی جریان مستقیم

(مطابق فصل اول کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی :

تحلیل مدارهای الکتریکی چند حلقه‌ای با روش‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

هدف‌های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- مدارهای الکتریکی جریان مستقیم را با روش جریان حلقه آزمایش کند .
- ۲- مدارهای جریان مستقیم را با روش پتانسیل گره آزمایش کند.
- ۳- مدارهای جریان مستقیم را با روش جمع آثار آزمایش کند.
- ۴- منابع جریان و ولتاژ را با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم به یک‌دیگر تبدیل کند.
- ۵- مدار معادل تونن و نورتن را به دست آورد.
- ۶- شرایط انتقال ماکزیمم توان، جریان و ولتاژ را به بار آزمایش کند.

۹۹

۱-۱-۳ مقدار جریان‌های عبوری از مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_{R1} = \dots\dots\dots \text{mA} \quad I_{R2} = \dots\dots\dots \text{mA} \quad I_{R3} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

سؤال ۱: آیا با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده رابطه‌ی زیر برقرار است؟ توضیح دهید.

$$I_{R3} = I_{R1} - I_{R2} \dots\dots\dots = \dots\dots\dots - \dots\dots\dots$$

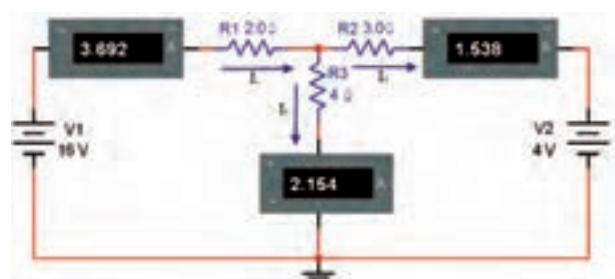


۱-۱-۱ آزمایش: تحلیل عملی مدارهای چند حلقه‌ای با روش جریان حلقه

۱-۱-۱ یکی از روش‌های حل مدارهای چند حلقه‌ای، استفاده از روش جریان حلقه است. در این قسمت با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم به آزمایش‌های عملی جهت تحلیل این نوع مدارها می‌پردازیم.

۱-۱-۲ مدار شکل ۱-۱ را در فضای نرم‌افزاری مولتی‌سیم

ببندید.

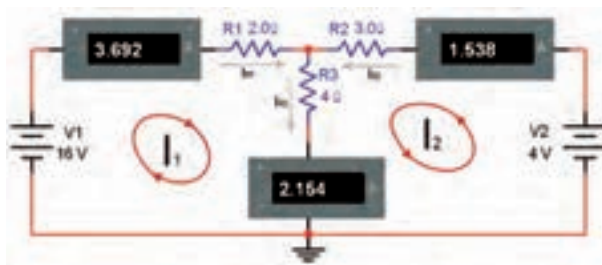


شکل ۱-۱ مدار دو حلقه‌ای DC

سؤال ۲: آیا مقادیر I_{R_1} با I_{R_2} و I_1 با I_2 تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.



۱-۱-۴ فرض کنید مقادیر I_{R_1} , I_{R_2} , I_{R_3} مجهول است. با استفاده از قوانین کیرشهف و آن چه که در ارتباط با جریان حلقه خوانده‌اید طبق شکل ۱-۲ با توجه به جهت‌های انتخاب شده، معادلات حلقه را برای جریان‌های I_1 و I_2 بنویسید.



شکل ۱-۲ نوشتن معادله‌ی حلقه

سؤال ۳: در صورتی که مقادیر با هم تفاوت دارند، علت را شرح دهید.



معادله‌ی حلقه‌ی ۱:
معادله‌ی حلقه‌ی ۲:

۱-۱-۵ با استفاده از دو معادله‌ی به دست آمده برای I_1 و I_2 مقادیر I_1 و I_2 را محاسبه کنید.

حل دو معادله دو مجهول



سؤال ۴: به چه دلیل مقدار I_{R_3} منفی به دست آمده است؟ توضیح دهید.



$$I_1 = \dots\dots\dots \text{mA} \quad I_2 = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۱-۱-۶ مقادیر I_{R_1} , I_{R_2} , I_{R_3} را در جدول ۱-۱ بنویسید.

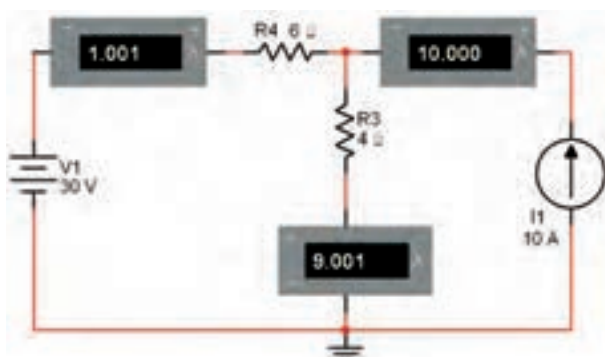
جدول ۱-۱

مقادیر اندازه‌گیری شده با نرم‌افزار		مقادیر محاسبه شده با روش حلقه	
I_{R_1}	I_{R_2}	I_1	I_2

۱-۱-۷ آیا جهت جریان‌های داده شده در شکل ۱-۱ با ۱-۲ مشابه است؟ چگونه آن‌ها را اصلاح می‌کنیم؟ شرح دهید.



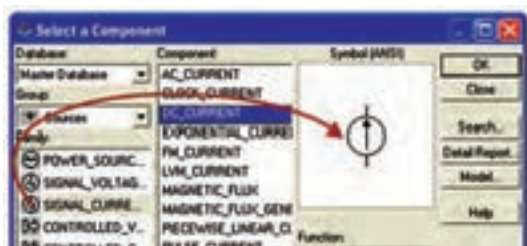
۱-۱-۱۰ مدار شکل ۴-۱ را ببندید.



شکل ۴-۱ مدار با منبع جریان

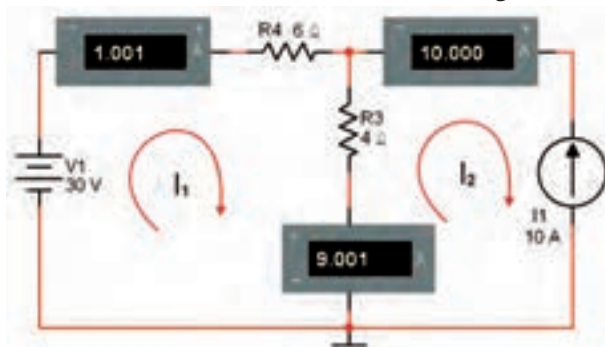
۱۰۱

۱-۱-۱۱ برای پیدا کردن منبع جریان از مسیر نشان داده شده در شکل ۵-۱ استفاده کنید.



شکل ۵-۱ مسیر پیدا کردن منبع جریان

۱-۱-۱۲ معادله‌ی KVL را برای حلقه‌های یک و دو مطابق شکل ۶-۱ بنویسید.



شکل ۶-۱ تعیین جهت جریان حلقه‌ها

نکته :

در این مدارها باید به مقدار توان مجاز مقاومت‌ها توجه کنید. برای مثال توان مجاز مقاومت ۴ اهمی باید حداقل ۳۲۴ وات باشد.

۱-۱-۸ با استفاده از رابطه‌ی: $P = RI^2$ مقادیر توان تلف

شده در هر مقاومت را محاسبه کنید.

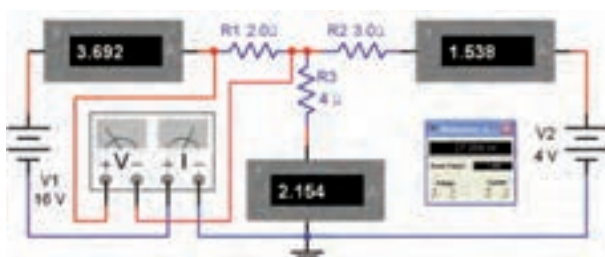
$$P_{R1} = R_1 I_1^2 \dots\dots \text{mW}$$

$$P_{R2} = R_2 I_2^2 \dots\dots \text{mW}$$

$$P_{R3} = R_3 I_3^2 \dots\dots \text{mW}$$

۱-۱-۹ طبق شکل ۳-۱ در هر مرحله، وات‌متر را در مدار

قرار دهید و توان هر مقاومت را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. برای هر مرحله اندازه‌گیری، ولت‌متر مربوط به وات‌متر دو سرمقاومت قرار گیرد و آمپر‌متر با مقاومت سری می‌شود.



شکل ۳-۱ اندازه‌گیری توان مصرف شده در مقاومت

$$P_{R1} = \dots\dots \text{mW}$$

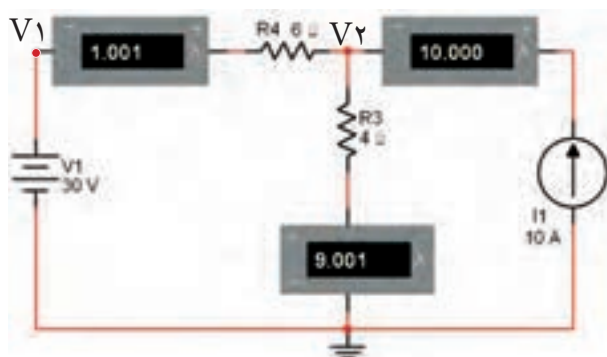
$$P_{R2} = \dots\dots \text{mW}$$

$$P_{R3} = \dots\dots \text{mW}$$

سؤال ۵: آیا مقادیر توان اندازه‌گیری شده با مقادیر توان محاسبه شده برابر است؟ توضیح دهید.



تحلیل عملی پتانسیل گره در فضای نرم‌افزاری می‌پردازیم.



شکل ۱-۷ تحلیل عملی مدار با روش پتانسیل گره

۱-۲-۲ در دو گره V_1 و V_2 معادلات KCL را بنویسید.

معادله‌ی گره ۱:

معادله‌ی گره ۲:

۱-۲-۳ با استفاده از دو معادله‌ی گره‌ی ولتاژ مقادیر V_1 و V_2 را محاسبه کنید.

$$V_1 = \dots\dots\dots V \quad V_2 = \dots\dots\dots V$$

۱-۲-۴ از منوی ابزار پروب اندازه‌گیری سیار را طبق شکل ۱-۸ پروب اندازه‌گیری (Measurement Probe) را انتخاب کنید.



شکل ۱-۸ انتخاب پروب اندازه‌گیری سیار

معادله‌ی حلقه‌ی ۱:

معادله‌ی حلقه‌ی ۲:

۱-۱-۱۳ مقادیر I_1 و I_2 را محاسبه کنید.

$$I_1 = \dots\dots\dots \text{mA} \quad I_2 = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۱-۱-۱۴ کلید مربوط به روشن کردن مدار را در نرم‌افزار فعال کنید و مقادیر I_1 و I_2 را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$$I_1 = \dots\dots\dots \text{mA} \quad I_2 = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۱-۱-۱۵ مقادیر I_1 و I_2 را که در دو مرحله اندازه‌گیری و محاسبه به دست آورده‌اید با هم مقایسه کنید. آیا نتایج با هم انطباق دارد؟ توضیح دهید.



سؤال ۶: به چه دلیل مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده توسط نرم‌افزار کمی با هم تفاوت دارند؟ شرح دهید.



تمرین ۱: یک مدار سه حلقه‌ای را انتخاب کنید و مراحل ذکر شده برای مدارهای دو حلقه‌ای را روی آن اجرا کنید.

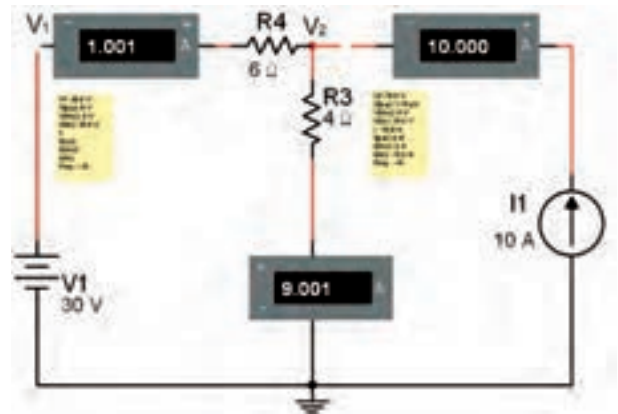
۱-۲ آزمایش ۲: تحلیل مدارهای چند حلقه‌ای با روش پتانسیل گره

۱-۲-۱ یکی دیگر از روش‌های حل مدارهای چند حلقه‌ای استفاده از روش پتانسیل گره است. در این قسمت به

۱-۲-۸ مقادیر ولتاژهای V_1 و V_2 که در مرحله‌ی محاسبه و اندازه‌گیری به دست آورده‌اید را با هم مقایسه کنید. آیا مقادیر با هم تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.



۱-۲-۵ پروب سیار را روی گره‌های V_1 و V_2 انتقال دهید تا منوی آن مطابق شکل ۱-۹ باز شود.



شکل ۱-۹ باز شدن منوی مربوط به گره‌های V_1 و V_2

۱۰۳

تمرین ۲: جریان منبع جریان را به ۲۰ آمپر و ولتاژ منبع ولتاژ را به ۱۰ ولت تغییر دهید و مراحل آزمایش را تکرار کنید.

سؤال ۷: در صورتی که توان مجاز مقاومت R_3 در شکل ۱-۹، ۱ وات انتخاب شود، چه اشکالی پیش می‌آید؟ تجربه کنید و در باره‌ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



۱-۲-۶ مدار شکل ۱-۹ را روشن کنید و مقادیر ولتاژهای مربوط به گره‌های V_1 و V_2 را اندازه بگیرید.

$$V_1 = \dots\dots\dots V \quad V_2 = \dots\dots\dots V$$

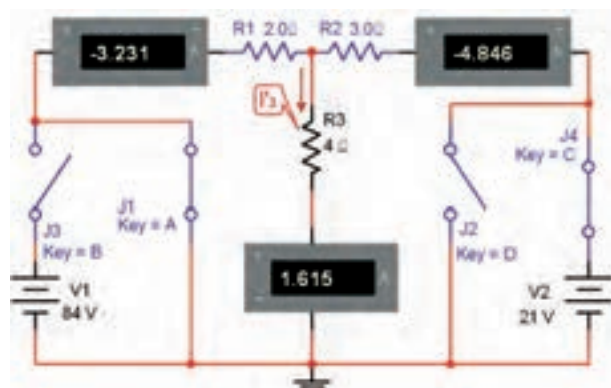
۱-۲-۷ در شکل ۱-۱۰ مقادیر ولتاژ را در گره‌های مورد نظر مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۱۰ مقادیر ولتاژ در گره‌های V_1 و V_2

مسیر آن را از مدار نیز قطع کنیم. برای مثال اگر بخواهیم اثر منبع V_1 را از بین ببریم، کلید J_3 را قطع و کلید J_1 را اتصال کوتاه می‌کنیم.

۱-۳-۴ مطابق شکل ۱-۱۲ اثر منبع V_1 را با بستن کلید J_1 و باز کردن کلید J_3 از بین ببرید.

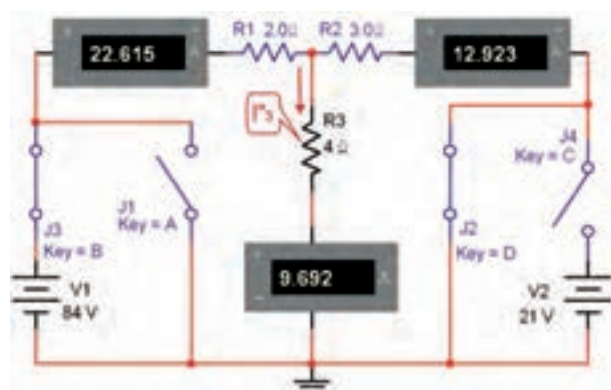


شکل ۱-۱۲ از بین بردن اثر منبع ولتاژ V_1

در مدار شکل ۱-۱۲ جریان عبوری از R_3 را I'_3 بنامید و مقدار آن را اندازه‌گیری کنید.

$$I'_3 = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۱-۳-۵ طبق شکل ۱-۱۳ با بستن کلید J_2 و باز کردن کلید J_4 اثر منبع ولتاژ V_1 و ولتی V_2 را از بین ببرید و جریان عبوری از R_3 را در این حالت I''_3 بنامید و مقدار آن را اندازه بگیرید.



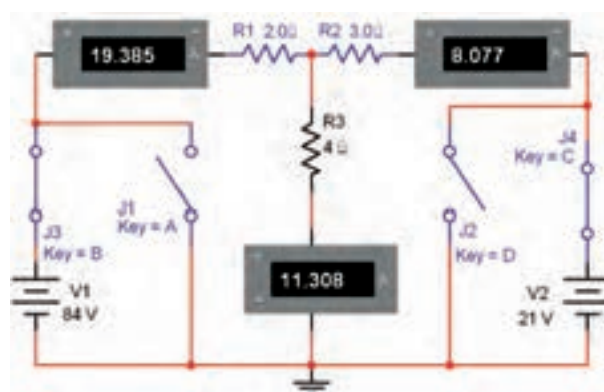
شکل ۱-۱۳ از بین بردن اثر منبع ولتاژ V_2 و اندازه‌گیری I''_3

۱-۳-۱ آزمایش ۳: تحلیل عملی مدارهای چند حلقه‌ای به کمک جمع آثار

۱-۳-۱ یکی دیگر از روش‌های حل مدارهای چند حلقه‌ای روش جمع آثار است. در این روش طی مراحل مختلف اثر منابع را از بین می‌بریم و فقط اثر یک منبع را در نظر می‌گیریم. در نهایت آثار حاصل از هر یک از منابع را با هم جمع می‌کنیم. در این قسمت به تحلیل عملی جمع آثار در فضای نرم‌افزاری می‌پردازیم. یادآور می‌شود که برای از بین بردن اثر منابع ولتاژ، آنها را اتصال کوتاه و برای از بین بردن اثر منابع جریان آن‌ها را اتصال باز در نظر می‌گیریم.

۱-۳-۲ مدار شکل ۱-۱۱ را روی میز کار نرم‌افزار

مولتی‌سیم ببندید.

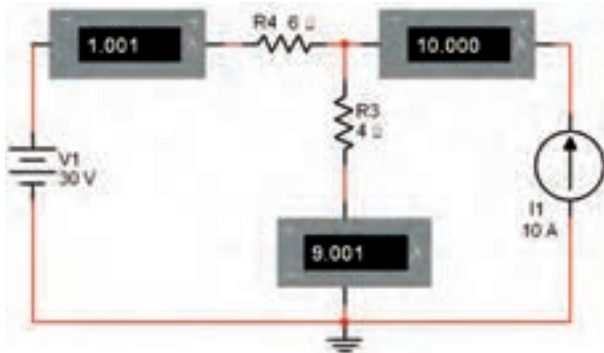


شکل ۱-۱۱ اجرای نرم‌افزاری مدار دو حلقه‌ای جهت بررسی جمع آثار

۱-۳-۳ همان‌طور که در شکل ۱-۱۱ مشاهده می‌شود

در مسیر منابع ولتاژ V_1 و V_2 دو کلید J_3 و J_4 قرار دارد که با قطع کردن آنها، مسیر اعمال ولتاژ به مدار قطع می‌شود. همچنین در دو سر این دو منبع دو کلید J_1 و J_2 قرار دارد، که می‌تواند منبع را اتصال کوتاه کند. از آن‌جا که عملاً در مدار واقعی نباید منبع ولتاژ را اتصال کوتاه کنیم، در نرم‌افزار نیز این عمل قابل اجرا نیست. بدین سبب برای هر منبع دو کلید در نظر گرفته‌ایم که در شرایطی که می‌خواهیم منبع ولتاژ را اتصال کوتاه کنیم و اثر آن را از بین ببریم. توسط کلید دیگر

تمرین ۳: مدار شکل ۱-۱۴ را ببندید و جریان عبوری از مقاومت ۴ اهم را با استفاده از روش جمع آثار به دست آورید.

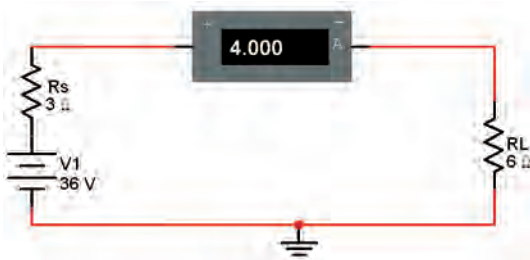


شکل ۱-۱۴ مدار تمرین ۳

۱-۴ آزمایش ۴: تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر

۱-۴-۱ در بسیاری از موارد برای ساده کردن یک شبکه‌ی ساده می‌توانیم منابع ولتاژ و جریان را به یکدیگر تبدیل کنیم. در این قسمت چگونگی اجرای این فرآیند را توسط نرم‌افزار مولتی‌سیم بیان خواهیم کرد.

۱-۴-۲ مدار شکل ۱-۱۵ را روی میز آزمایشگاهی نرم‌افزار مولتی‌سیم ببندید.



شکل ۱-۱۵ منبع ولتاژ و مقاومت داخلی آن

۱-۴-۳ مقادیر ولتاژ دو سر هر مقاومت و جریان مدار را محاسبه کنید.

$$V_1 = V_s$$

$$I = \frac{V_s}{R_T} = \frac{V_s}{R_s + R_L}$$

$$V_L = IR_L = \dots\dots\dots V, \quad V_{R_s} = IR_s = \dots\dots\dots V$$

۱-۳-۶ با توجه به جهت جریان مقدار I_3 را محاسبه کنید.

$$I_p = I'_p + I''_p$$

$$I_p = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{mA}$$

سؤال ۸: به چه دلیل در شکل ۱-۱۲ جریان عبوری از R_1 و R_2 منفی و در شکل ۱-۱۳ جریان عبوری از R_1 و R_2 مثبت است؟ توضیح دهید.



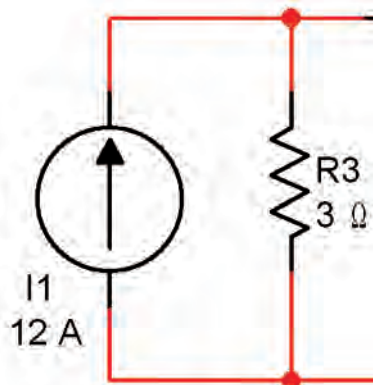
۱-۳-۷ مدار شکل ۱-۱۱ را دوباره فعال کنید و مقدار جریان عبوری از مقاومت R_p را اندازه بگیرید.

$$I_p = \dots\dots\dots \text{mA}$$

سؤال ۹: آیا مقادیر به دست آمده در مرحله‌ی ۱-۳-۶ و ۱-۳-۷ تقریباً با هم برابر است؟ توضیح دهید.

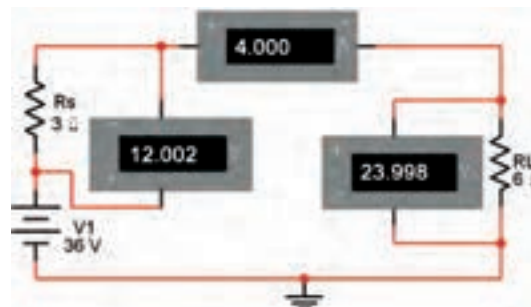


۱-۴-۶ مدار معادل به صورت شکل ۱-۱۸ در می‌آید.



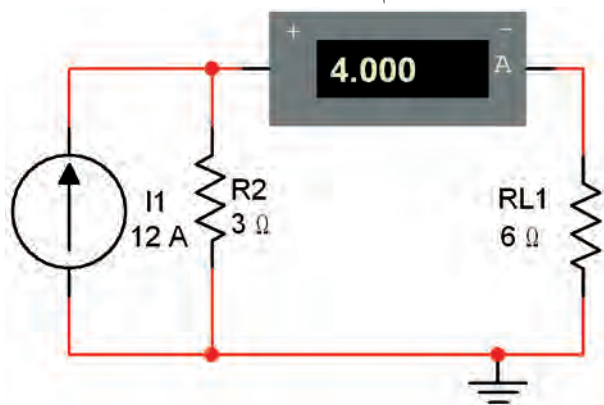
شکل ۱-۱۸ مدار معادل منبع جریان

۱-۴-۴ مقادیر ولتاژ و جریان مدار را طبق شکل ۱-۱۶ با استفاده از ولت‌متر و آمپر متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۱-۱۶ اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان

۱-۴-۷ مدار شکل ۱-۱۹ را ببندید. در این مدار از منبع جریان استفاده کرده‌ایم.



شکل ۱-۱۹ اتصال منبع جریان به مدار

$$I = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_{R_s} = \dots\dots\dots \text{V}$$

$$V_{R_L} = \dots\dots\dots \text{V}$$

سؤال ۱۰: مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید. آیا تقریباً با هم برابرند؟ توضیح دهید.



۱-۴-۵ مدار معادل منبع جریان شکل ۱-۱۵ را به دست می‌آوریم. با توجه به شکل ۱-۱۷ می‌توانیم مقادیر را محاسبه کنیم.



شکل ۱-۱۷ تبدیل منبع ولتاژ به منبع جریان

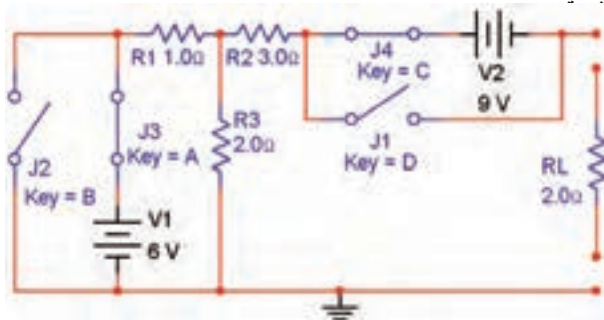
$$I = \frac{36}{3} = 12 \text{ A}$$

$$R_r = R_s = 3 \Omega$$

۱-۴-۹ شکل ۱-۱۶ را با شکل ۱-۱۹ مقایسه کنید. با کمی دقت متوجه می‌شوید که منبع جریان شکل ۱-۱۹ معادل منبع ولتاژ شکل ۱-۱۶ است. جریان‌های عبوری از مقاومت‌های بار (R_L , R_{L1}) را با هم مقایسه کنید. آیا آنها با هم برابرند؟ توضیح دهید.



۱-۵-۲ مدار شکل ۱-۲۰ را در فضای نرم‌افزاری ببندید.

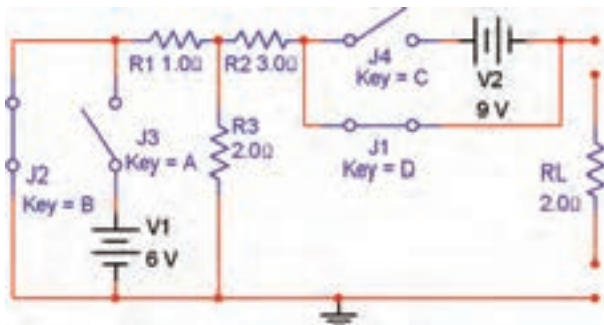


شکل ۱-۲۰ به دست آوردن مدار معادل تونن

۱۰۷

همان‌طور که در شکل ۱-۲۰ مشاهده می‌شود برای این که بتوانیم منبع ولتاژ را اتصال کوتاه کنیم، از دو کلید استفاده کرده‌ایم. در شرایطی که کلیدهای J_1 و J_2 باز هستند مدار به صورت عادی کار می‌کند.

۱-۵-۳ برای به دست آوردن مدار معادل تونن باید مقاومت معادل تونن را به دست آوریم. برای این منظور کلیدهای منابع ولتاژ را اتصال کوتاه می‌کنیم. در شکل ۱-۲۱ این حالت را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۲۱ به دست آوردن مقاومت معادل تونن

همان‌طور که مشاهده می‌شود در این مدار کلیدهای J_1 و J_2 باز و کلیدهای J_3 و J_4 بسته هستند. به این ترتیب ضمن اتصال کوتاه شدن دو سر منابع ولتاژ، اثر آن نیز با کلیدهای J_3 و J_4 خنثی می‌شود.

۱-۵-۴ طبق شکل ۱-۲۲ مولتی‌متر را به خروجی مدار

۱-۴-۱۰ با توجه به تجربه‌ی انجام شده به آسانی می‌توانید منابع ولتاژ را به منابع جریان تبدیل کنید و با استفاده از این روش، حل مدارهای چند حلقه‌ای را به آسانی انجام دهید.

سؤال ۱۱: آیا می‌توانیم منابع جریان را با هم سری کنیم، در این حالت، منبع جریان معادل چگونه به دست می‌آید؟ توضیح دهید.



تمرین ۴: مقادیر قطعات مدار شکل ۱-۱۶ را به صورت زیر تغییر دهید و معادل منبع ولتاژ و منبع جریان آن را با نرم‌افزار به دست آورید.

$$V_{DC} = 30V$$

$$R_S = 2\Omega$$

$$R_L = 15\Omega$$

۱-۵ آزمایش ۵: اجرای عملی مدار معادل تونن با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

۱-۵-۱ بر اساس قانون تونن می‌توانیم هر شبکه‌ی پیچیده‌ی چند حلقه‌ای را تبدیل به یک منبع ولتاژ و مقاومت سری با آن کنیم. با ساده شدن مدار به آسانی می‌توانیم جریان عبوری از بارهای مختلف را به دست آوریم. در این قسمت به تحلیل عملی مدار تونن در فضای نرم‌افزاری می‌پردازیم.

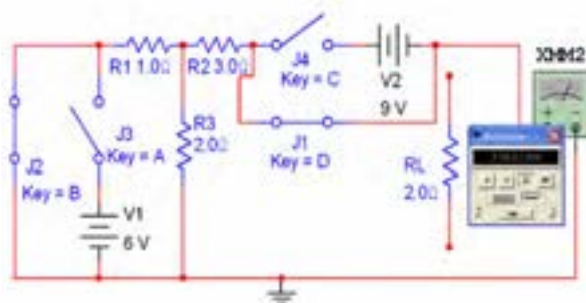
۷-۵-۱ با توجه به مطالبی که در کتاب مدارهای الکتریکی آموخته‌اید ولتاژ معادل تونن را محاسبه کنید و مقدار آن را به دست آورید.

$$V_{th} = \dots\dots V$$

سؤال ۱۳: آیا مقدار محاسبه شده برای ولتاژ معادل تونن با مقدار اندازه‌گیری شده تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.



اتصال دهید و مقاومت معادل را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۲۲-۱ اندازه‌گیری مقاومت معادل تونن

$$R_{th} = \dots\dots\dots \Omega$$

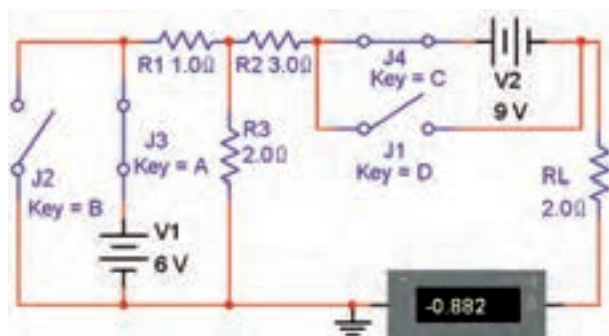
۱۰۸

۵-۵-۱ مقدار مقاومت معادل تونن را محاسبه کنید و

نتیجه را بنویسید.

$$R_{th} = \dots\dots\dots \Omega$$

۸-۵-۱ مقاومت بار را طبق شکل ۲۴-۱ به خروجی وصل کنید و جریان خروجی را اندازه بگیرید.



شکل ۲۴-۱ اندازه‌گیری جریان عبوری از مقاومت بار

$$I_{RL} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۹-۵-۱ طبق شکل ۲۵-۱ مدار معادل تونن را تشکیل دهید و جریان عبوری از مقاومت بار را اندازه بگیرید.



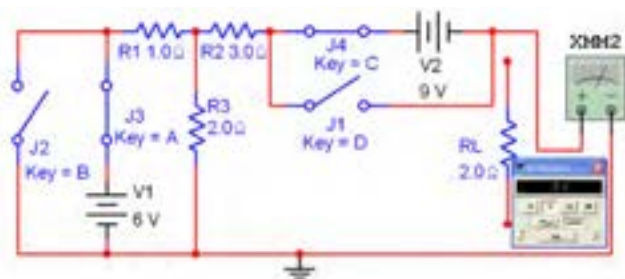
شکل ۲۵-۱ اندازه‌گیری جریان بار با استفاده از مدار معادل تونن

سؤال ۱۲: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده تقریباً با هم برابر است؟ توضیح دهید.



۶-۵-۱ کلیدها را مطابق شکل ۲۰-۱ تغییر دهید و ولتاژ

خروجی را طبق شکل ۲۳-۱ با مولتی‌متر اندازه بگیرید. این ولتاژ معادل ولتاژ تونن است.



شکل ۲۳-۱ اندازه‌گیری ولتاژ معادل تونن

سؤال ۱۶: آیا مقادیر با هم مطابقت دارند؟ توضیح دهید.



$$I_{R_L} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

سؤال ۱۴: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده برای R_L در مدار اصلی و در مدار معادل تونن تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.



سؤال ۱۲: مقدار V_{th} از کدام یک از روابط زیر قابل محاسبه است؟ توضیح دهید.

$$V_{th} = R_1 I_1 + R_2 I_2 \quad (1)$$

$$V_{th} = R_2 I_2 + R_1 I_1 \quad (2)$$

$$V_{th} = R_1 I_1 + R_2 I_2 \quad (3)$$

تمرین ۶: در شکل ۱-۲۰ جهت منبع ولتاژ V_2 را معکوس کنید و مقدار V_{th} را به دست آورید.

$$V_{th} = \dots\dots\dots V$$

تمرین ۷: مقادیر مقاومت‌ها و منابع ولتاژ را تغییر دهید و مقاومت معادل تونن را اندازه بگیرید. این مراحل را آنقدر تکرار کنید تا کاملاً مسلط شوید.

۱-۵-۱۰: با استفاده از آموخته‌های خود مدار معادل نورتن را برای شکل ۱-۲۰ و شکل ۱-۲۵ به دست آورید. توجه داشته باشید که مقاومت معادل نورتن همان مقاومت معادل تونن است. جریان نورتن عبارت از جریانی است که از مسیر اتصال کوتاه ایجاد شده در دو سر بار R_L می‌گذرد.

۱-۶ آزمایش ۶: انتقال ماکزیمم توان به بار

۱-۶-۱: در یک مدار زمانی ماکزیمم توان به بار منتقل می‌شود که مقدار مقاومت داخلی با مقاومت بار برابر باشد. هم‌چنین در صورتی که مقدار مقاومت بار در مقایسه با

سؤال ۱۵: به چه دلیل مقدار ولتاژ معادل تونن در مدار مورد بحث منفی به دست آمده است؟ توضیح دهید.



تمرین ۵: با استفاده از آمپر متر در مدار شکل ۱-۲۴ مقادیر جریان‌های عبوری از مقاومت‌های R_1 , R_2 و R_3 را اندازه بگیرید و مقادیر I_1 , I_2 و I_3 را یادداشت کنید. سپس مقادیر جریان‌ها را محاسبه نمایید و جدول ۱-۲ را کامل کنید.

جدول ۱-۲ مقادیر جریان‌ها در مدار شکل ۱-۲۴ مربوط

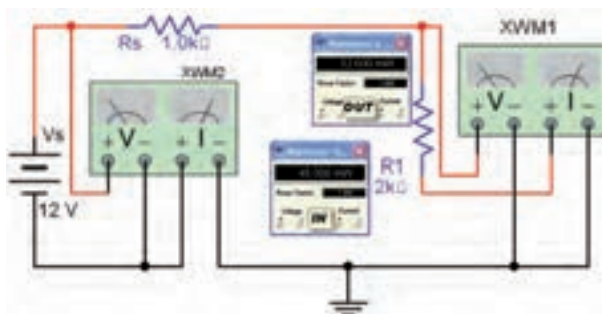
	I_1	I_2	I_3
اندازه‌گیری			
محاسبه			

تطابق توان در این اندازه‌گیری صادق است؟ توضیح دهید.



مقاومت داخلی منبع خیلی بزرگ باشد، بیش‌ترین ولتاژ به بار انتقال می‌یابد. چنان‌چه مقدار مقاومت بار خیلی کم‌تر از مقاومت داخلی منبع باشد، بیش‌ترین جریان از بار عبور می‌کند. در این قسمت به تحلیل تطابق ولتاژ، جریان و توان منبع با بار به وسیله‌ی نرم‌افزار مولتی‌سیم می‌پردازیم.

۱-۶-۲ مدار شکل ۱-۲۶ را در روی میز آزمایشگاه مجازی مولتی‌سیم ببندید. با استفاده از این مدار می‌خواهیم چگونگی انتقال توان را به بار بررسی کنیم. همان‌طور که مشاهده می‌شود یک وات‌متر در خروجی (دو سر بار) و یک وات‌متر در ورودی (دو سر منبع) قرار داده‌ایم.



شکل ۱-۲۶ اندازه‌گیری توان خروجی با مقاومت‌های بار مختلف

۱-۶-۳ مقدار مقاومت R_L را طبق جدول ۱-۳ تغییر دهید و در هر حالت توان کل منبع و توان خروجی را اندازه‌گیری کنید و مقادیر را در جدول بنویسید.

جدول ۱-۳ اندازه‌گیری توان خروجی

برای مقاومت‌های مختلف بار

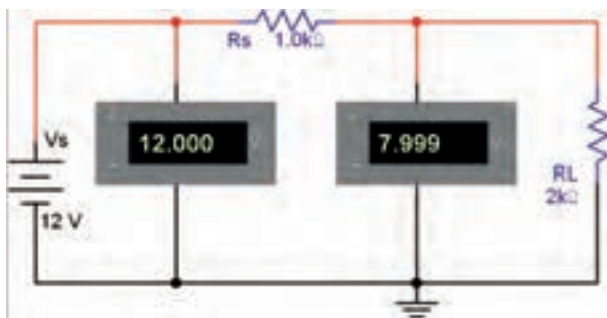
مقاومت R_L	$0.5K\Omega$	$1K\Omega$	$3K\Omega$	$10K\Omega$	$20K\Omega$
توان ورودی (mW)					
توان خروجی (mW)					

۱-۶-۴ جدول ۱-۳ را مورد بررسی قرار دهید. در کدام یک از مقاومت‌ها، بیش‌ترین توان به بار می‌رسد. آیا قضیه‌ی

تمرین ۸: مقدار مقاومت R_S را به 200Ω و مقدار ولتاژ منبع را به ۲۴ ولت تغییر دهید و مراحل ۱-۶-۳ را تکرار کنید.

۱-۶-۵ مدار شکل ۱-۲۷ را روی میز آزمایشگاه مجازی

ببندید.



شکل ۱-۲۷ انتقال بیش‌ترین توان به بار

۱-۶-۶ مقدار مقاومت بار را با توجه به جدول ۱-۴ تغییر دهید و مقدار ولتاژ ورودی و ولتاژ بار را در هر مرحله اندازه‌گیری کنید.

جدول ۱-۴ انتقال ولتاژ ماکزیمم به بار

R_L	$2K\Omega$	$5K\Omega$	$1K\Omega$	$10K\Omega$	$100K\Omega$
V_L	۷/۹۹۹				
V_i	۱۲				

۱-۶-۷ در چه شرایطی بیش‌ترین ولتاژ به بار منتقل می‌شود؟ شرح دهید.





سؤال ۱۸: اگر مقاومت بار برابر با ∞ (بی‌نهایت) باشد چه مقدار از ولتاژ تولیدی توسط منبع به بار می‌رسد؟ توضیح دهید.



۸-۶-۱ نتایج حاصل از این آزمایش را به طور خلاصه بنویسید.



تمرین ۹: انتقال ولتاژ ماکزیمم به بار را با مقادیر مختلف R_L و V_S ، R_S انجام دهید. این مرحله را آنقدر تکرار کنید تا کاملاً مسلط شوید.

تمرین ۱۰: چگونگی انتقال جریان ماکزیمم به بار را روی مدار شکل ۱-۲۷ تمرین کنید و نتایج به دست آمده را توضیح دهید.



سؤال ۱۹: در صورتی که مقاومت $R_L = 0$ باشد، چه شرایطی در مدار ایجاد می‌شود؟ توضیح دهید.

« فصل دوم »

مدارهای RL سری و موازی

(مطابق فصل سوم کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی :

تحلیل عملی مدارهای RL سری و موازی با استفاده از نرم افزار مولتی سیم

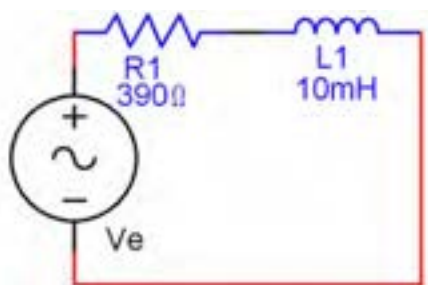
هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- مدار عملی RL سری را ببندد.
- ۲- جریان ها و ولتاژهای مدار RL سری را اندازه گیری کند.
- ۳- امپدانس و اختلاف فاز جریان و ولتاژ مدار RL سری را اندازه گیری کند.
- ۴- توان موثر و ضریب توان را با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده ی جریان و ولتاژ مدار RL سری محاسبه کند.
- ۵- توان موثر و ضریب توان مدار RL سری را با وات متر اندازه گیری کند.
- ۶- مدار RL موازی را ببندد.
- ۷- جریان کل و جریان شاخه های مدار RL موازی را اندازه گیری کند.
- ۸- امپدانس و اختلاف فاز جریان و ولتاژ مدار RL موازی را اندازه گیری کند.
- ۹- توان موثر و ضریب توان مدار RL موازی را با مقادیر اندازه گیری شده ی جریان و ولتاژ مدار RL موازی محاسبه کند.
- ۱۰- توان موثر و ضریب توان مدار RL موازی را با وات متر اندازه گیری کند.

۲-۱-۱ آزمایش ۱: مدار RL سری

۲-۱-۱-۱ مدار شکل ۲-۱ اتصال سری یک مقاومت اهمی و یک سلف را نشان می دهد. در مدار RL سری همواره جریان مدار یعنی $I = I_R = I_L$ با ولتاژ دو سر مقاومت (V_R) هم فاز است. از طرفی چون سلف در مدار وجود دارد، ولتاژ دو سر سلف (V_L) به اندازه ی ۹۰ درجه با جریان اختلاف فاز دارد. برای محاسبه ی V_e از جمع برداری: $\vec{V}_e = \vec{V}_R + \vec{V}_L$ استفاده می کنند.



شکل ۲-۱ مدار RL سری

۸-۱-۲ ولتاژ دو سر L و R را به ترتیب با ولت‌متر اندازه بگیرید و آن‌ها را یادداشت کنید.

$$V_L = \dots\dots\dots V$$

$$V_R = \dots\dots\dots V$$

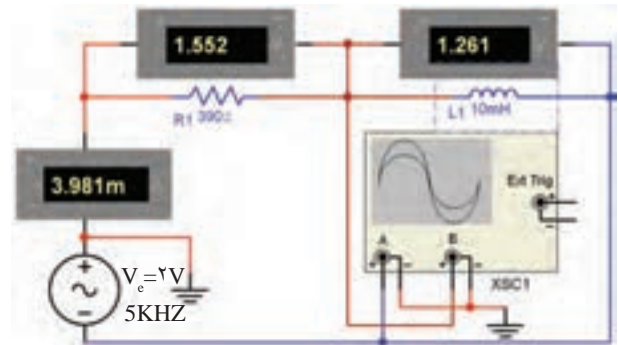
سؤال ۱: آیا مقادیر محاسبه شده برای ولتاژ دو سر L و R با مقادیر اندازه‌گیری شده با هم برابر است؟ در صورت وجود اختلاف، دلایل را توضیح دهید.

۱۱۳



۲-۱-۲ مقاومت مدار RL سری ترکیبی متشکل از دو نوع مقاومت اهمی و القایی است که اصطلاحاً آن را مقاومت ظاهری یا امپدانس می‌گویند. امپدانس را با Z نشان می‌دهند. مقدار امپدانس مدار از رابطه‌ی: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ به دست می‌آید.

۳-۱-۲ مدار شکل ۲-۲ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببینید.



شکل ۲-۲ مدار عملی RL سری

۴-۱-۲ ولت‌مترهای مدار را در حالت AC قرار دهید. ولتاژ خروجی سیگنال‌ژنراتور را طوری تنظیم کنید که مقدار موثر ولتاژ را به مدار بدهد.

۵-۱-۲ توسط میلی‌آمپر متر AC جریان مدار را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.

$$I_e = \dots\dots\dots mA$$

۶-۱-۲ مقدار X_L را از رابطه‌ی: $X_L = \omega L = 2\pi fL$ به دست آورید.

$$X_L = \dots\dots\dots \Omega$$

۷-۱-۲ مقدار ولتاژ دو سر سلف و مقاومت را از رابطه‌های زیر به دست آورید.

$$V_L = X_L \cdot I_e = \dots\dots\dots V$$

$$V_R = R \cdot I_e = \dots\dots\dots V$$

۹-۱-۲ با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده، امپدانس مدار را از رابطه‌ی: $Z = \frac{V_e}{I_e}$ محاسبه کنید.

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

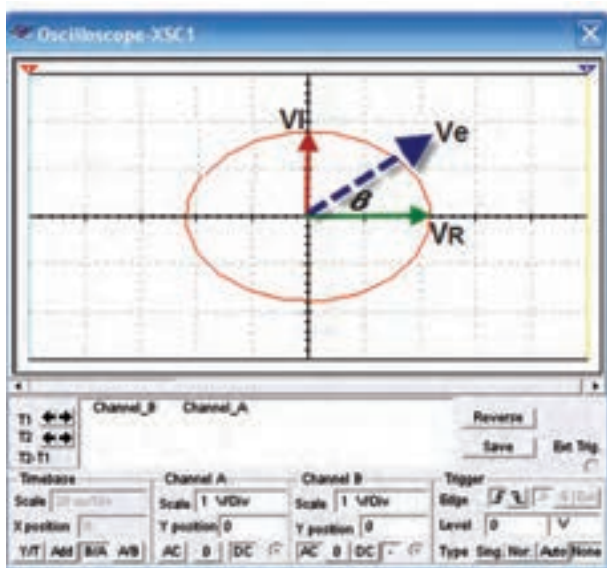
۱۰-۱-۲ مقاومت ظاهری Z مدار را از رابطه‌ی: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ محاسبه کنید.

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$





اگر منحنی لیسازور به دایره نزدیک باشد اختلاف فاز مدار مشابه شکل ۴-۲ در حدود ۹۰ درجه است.



شکل ۴-۲ منحنی لیسازور به همراه دیاگرام برداری

۲-۱-۱۲ برای اندازه‌گیری اختلاف فاز مدار با توجه به دیاگرام برداری ولتاژها و رابطه‌ی $\tan \phi$ می‌توانیم مقدار را به دست آوریم: $\tan \phi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{I_e \cdot X_L}{I_e \cdot R}$ و $\phi = \tan^{-1} \frac{X_L}{R}$ یا $\phi = \tan^{-1} \frac{V_L}{V_R}$

۲-۱-۱۳ در مدار شکل ۲-۲ اختلاف فاز (بین جریان و ولتاژ مدار را با استفاده از منحنی لیسازور اندازه‌گیری کنید.

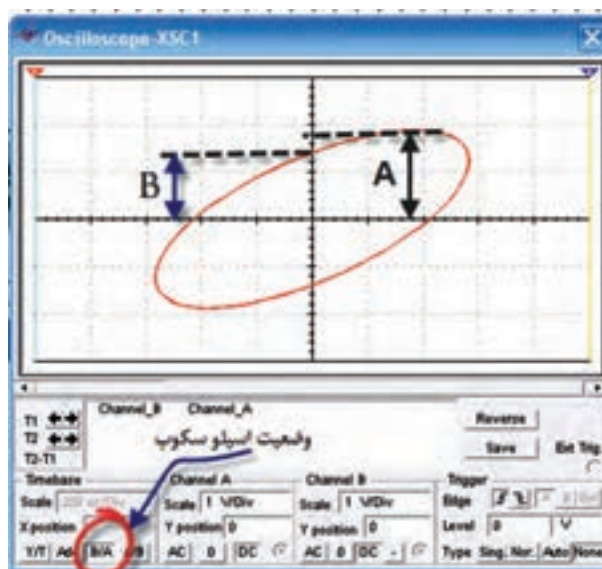
$$\phi = \sin^{-1} \frac{B}{A} = \dots \text{درجه}$$

۲-۱-۱۴ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مدار را با استفاده از رابطه‌ی: $\phi = \tan^{-1} \frac{X_L}{R}$ محاسبه کنید. $\phi = \dots$

سؤال ۳ آیا مقدار امپدانس اندازه‌گیری شده با مقدار محاسبه شده برابر است؟ در صورت وجود اختلاف توضیح دهید.



۲-۱-۱۱ برای اندازه‌گیری اختلاف فاز مدار از طریق منحنی لیسازور وضعیت اسیلوسکوپ را مطابق شکل ۳-۲ در حالت $\frac{B}{A}$ بگذارید و اختلاف فاز را از رابطه‌ی: $\phi = \sin^{-1} \frac{B}{A}$ اندازه‌گیری کنید.



شکل ۳-۲ منحنی لیسازور مدار RL سری

$$\phi = \dots$$



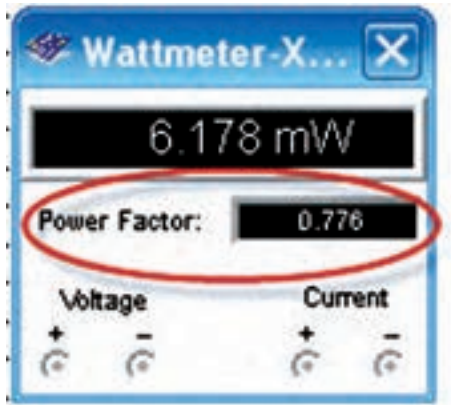
در صورتی که شکل موج منحنی لیسازور به صورت چند خطی مشاهده شد، یکی از زبانه‌های: Sing, Nor, Auto یا Non را تغییر دهید تا منحنی بدون اعوجاج باشد.

مؤثری را که وات متر نشان می دهد، یادداشت کنید.

$$P_e = \dots\dots\dots W$$

۲-۱-۱۷ مقدار ضریب توان ($\cos \varphi$) را طبق شکل

۲-۶ با وات متر اندازه گیری کنید.



شکل ۲-۶ مقدار اندازه گیری ضریب توان با وات متر

$$\cos \varphi = \dots\dots\dots$$

۲-۱-۱۸ ضریب توان مدار را از رابطه ی:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \dots\dots\dots$$

محاسبه کنید.

سؤال ۵ مقدار ضریب توان اندازه گیری شده را با مقدار

محاسبه شده مقایسه کنید. در صورت اختلاف علت را بررسی

و نتیجه را توضیح دهید.



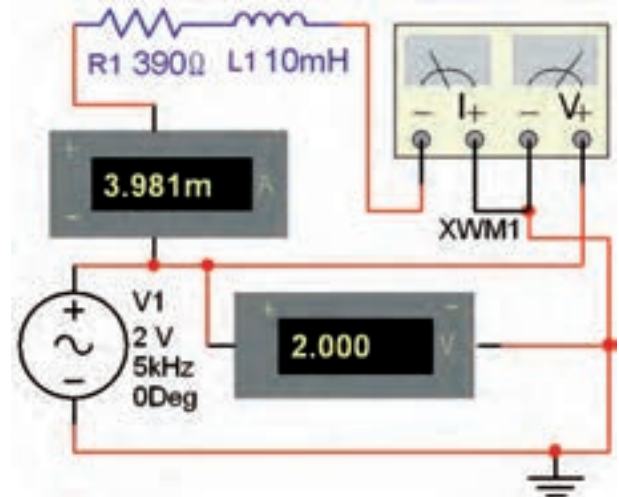
سؤال ۴ اختلاف فاز محاسبه شده و اندازه گیری شده را با یکدیگر مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



۲-۱-۱۵ برای اندازه گیری توان مؤثر و ضریب توان

($\cos \varphi$) در مدار RL سری از دستگاه وات متر استفاده کنید.

وات متر را مطابق شکل ۲-۵ به مدار اتصال دهید.

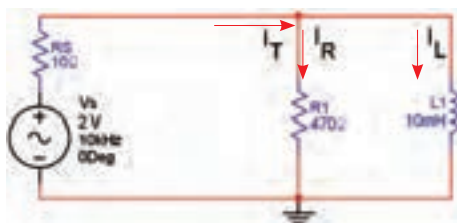


شکل ۲-۵ اتصال وات متر به مدار RL سری

۲-۱-۱۶ روی وات متر دو بار کلیک کنید و مقدار توان

۲-۲-۲ آزمایش ۲: مدار RL موازی

۲-۲-۱ مدار شکل ۲-۸ اتصال موازی یک سلف و یک مقاومت را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۸ مدار RL موازی

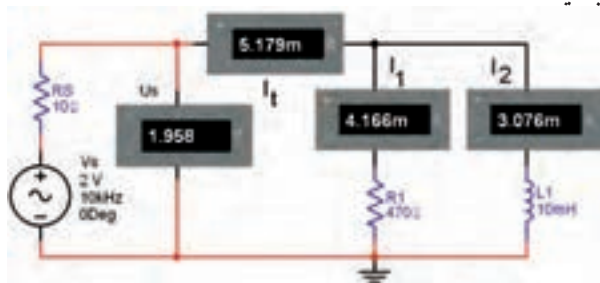
۲-۲-۲ در این مدار ولتاژ دو سر هر یک از شاخه‌های مدار یعنی: V_L ، V_R و V_S با هم برابر است. جریان I_R با ولتاژ هم‌فاز و جریان سلف با ولتاژ V_S درجه اختلاف فاز دارد. (جریان کل I_T نسبت به ولتاژ V_S به اندازه ϕ پس فاز دارد). در مدار موازی جریان‌ها به صورت برداری با هم جمع می‌شوند: $I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$ و $\vec{I}_T = \vec{I}_R + \vec{I}_L$ مقاومت ظاهری یا امپدانس مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

از مدار RL موازی در مدارهای الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی برای فیلتر کردن یک محدوده‌ی فرکانسی معین استفاده می‌کنند.

۲-۲-۳ مدار شکل ۲-۹ را بر روی میز کار نرم‌افزار

ببندید.



شکل ۲-۹ مدار عملی RL موازی

۲-۱-۱۹ مقدار توان اکتیو را با استفاده از مقادیر

اندازه‌گیری شده و رابطه‌ی: $P_e = V_e \cdot I_e \cos \phi$ محاسبه کنید.

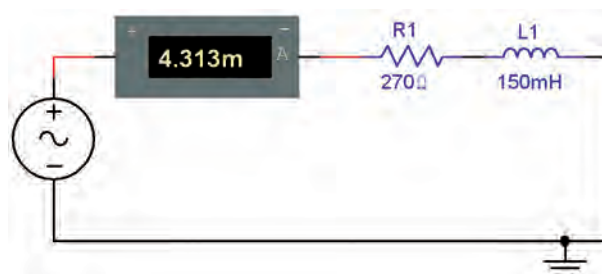
$$P_e = \dots\dots W$$

سؤال ۶ آیا مقدار توان مؤثر محاسبه شده با توانی که وات‌متر نشان می‌دهد برابر است؟ شرح دهید.



تمرین ۱:

الف: در مدار RL سری شکل ۲-۷ جریان مدار $I_e = 4/31 \text{ mA}$ است. فرکانس، ولتاژ مؤثر منبع و اختلاف فاز مدار را محاسبه کنید. سپس مدار را ببندید و مقادیر عملی را به دست آورید. ب: مقادیر تئوری مجهولات مدار را با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.



شکل ۲-۷ مدار RL سری

	F(Hz)	$V_e(V)$
مقدار محاسبه شده		
مقدار اندازه‌گیری شده		



شده‌ی I_e و V_e و رابطه‌ی: $Z = \frac{V_e}{I_e}$ محاسبه کنید.

$$Z = \dots\dots\Omega$$

۲-۲-۸ امپدانس مدار را از رابطه‌ی: $Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{X_L^2 + R^2}}$ محاسبه کنید.

$$Z = \dots\dots\Omega$$

سؤال ۸: مقادیر امپدانس به دست آمده در دو مرحله را با یک‌دیگر مقایسه کنید. آیا مقادیر با هم برابر است؟ توضیح دهید.

۱۱۷



۲-۲-۴ آمپرمترهای مدار را در حالت AC قرار دهید. مقاومت R_s ، مقاومت داخلی منبع فرض شده است. منبع تغذیه را طوری تنظیم کنید که مقدار موثر را به مدار بدهد. توسط آمپرمتر جریان کل مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_e = I_T = \dots\dots\dots\text{mA}$$

۲-۲-۵ جریان هر یک از شاخه‌ها را با توجه به مقدار ولتاژ عملی مدار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \dots\dots\dots\text{mA}$$

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \dots\dots\dots\text{mA}$$

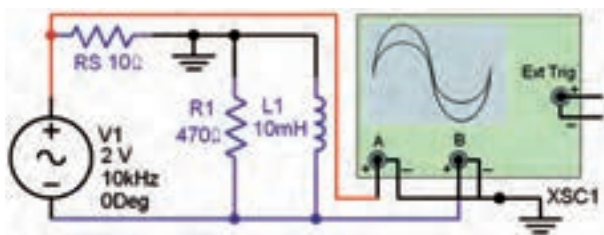
۲-۲-۶ جریان شاخه‌ها را با آمپرمترهای مدار شکل ۲-۹ اندازه بگیرید و با مقادیر محاسبه شده در مرحله ۲-۲-۵ مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

$$I_L = \dots\dots\dots\text{mA}$$

$$I_R = \dots\dots\dots\text{mA}$$



۲-۲-۹ مدار شکل ۲-۱۰ را ببندید. اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار اندازه بگیرید.



شکل ۲-۱۰ اتصال اسیلوسکوپ به مدار RL موازی برای اندازه‌گیری اختلاف فاز

۲-۲-۱۰ اسیلوسکوپ را در وضعیت لیسازور قرار دهید.

اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را از رابطه‌ی: $\phi = \sin^{-1} \frac{B}{A}$ اندازه بگیرید.

$$\phi = \sin^{-1} \frac{B}{A} = \dots\dots\dots \text{درجه}$$

سؤال ۷: آیا جمع برداری جریان‌ها با جریان کل برابر است؟ شرح دهید.



۲-۲-۷ امپدانس مدار را با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری

۲-۲-۱۱ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مدار را با استفاده

از رابطه‌ی: $\varphi = \tan^{-1} \frac{R}{X_L}$ محاسبه کنید.

$\varphi = \dots\dots\dots$

سؤال ۹. اختلاف فاز اندازه‌گیری شده را با اختلاف فاز

محاسبه شده مقایسه کنید و نتایج را بنویسید.



۲-۲-۱۳ روی وات‌متر دو بار کلیک کنید. توان مؤثر

اندازه‌گیری شده را مشاهده و یادداشت کنید.

$P_e = \dots\dots\dots W$

۲-۲-۱۴ توان مؤثر مدار را با مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی

جریان، ولتاژ و ضریب توان محاسبه کنید.

$P_e = \dots\dots\dots W$

سؤال ۱۰. آیا می‌توان مقدار اختلاف فاز را توسط وات‌متر

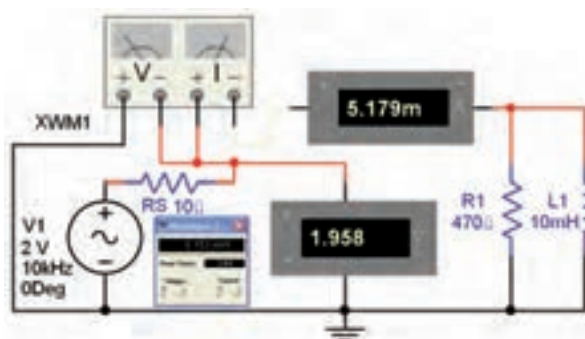
اندازه‌گیری کرد؟ شرح دهید.



۱۱۸

۲-۲-۱۲ مدار شکل ۲-۱۱ را ببندید و توان مؤثر و

ضریب توان مدار را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۲-۱۱ مدار برای اندازه‌گیری توان مؤثر
به وسیله‌ی وات‌متر

نکته :

ترمینال‌های ولتاژ و جریان وات‌متر را به

طور صحیح به مدار اتصال دهید.



سؤال ۱۱. آیا مقادیر توان مؤثر اندازه‌گیری شده با وات‌متر

و مقدار محاسبه شده برابر است؟ شرح دهید.



« فصل سوم »

مدارهای RC سری و موازی

(مطابق فصل چهارم کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی :

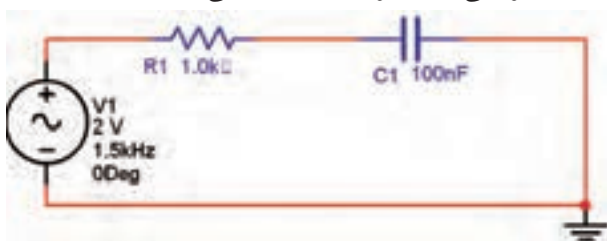
بررسی مدارهای RC سری و موازی با استفاده از نرم افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری :

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- مدار عملی RC سری را ببندد.
- ۲- جریان ها و ولتاژهای مدار RC سری را اندازه گیری کند.
- ۳- امپدانس و اختلاف فاز جریان و ولتاژ مدار RC سری را اندازه گیری کند.
- ۴- توان موثر و ضریب توان مدار RC سری را با وات متر اندازه گیری کند.
- ۵- با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان، توان موثر و ضریب توان در مدار RC سری را محاسبه کند.
- ۶- مدار RC موازی را ببندد.
- ۷- جریان کل و جریان هرشاخه را در مدار RC موازی اندازه گیری کند.
- ۸- امپدانس و اختلاف فاز مدار RC موازی را اندازه گیری کند.
- ۹- توان موثر و ضریب توان مدار RC موازی را با وات متر اندازه گیری کند.
- ۱۰- با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده برای ولتاژ و جریان توان موثر و ضریب توان را در مدار RC موازی محاسبه کند.

اهمی است که می توان آن را به صورت سری یا موازی با یک قطعه ای دیگر در مدار اتصال داد. در مدار شکل ۳-۱ مدار الکتریکی RC سری را ملاحظه می کنید.



شکل ۳-۱ مدار RC سری

۳-۱ آزمایش ۱: مدار RC سری

۳-۱-۱ مدارهای RC در مدارهای الکترونیکی، الکتریکی و مخبراتی کاربرد وسیع دارند. از مدار RC در مدارهایی مانند فیلتر یا صافی، تصحیح کننده ی ضریب توان و کوپلاژ بین تقویت کننده ها استفاده می کنند. هر خازن در جریان متناوب یک راکتانس خازنی دارد که مقدار آن برابر با $X_C = \frac{1}{\omega RC}$ است. راکتانس خازنی مانند مقاومت

رابطه‌های زیر به دست آورید.

$$V_C = I_T X_C = \dots\dots\dots V$$

$$V_R = I_T R = \dots\dots\dots V$$

۳-۱-۶ ولتاژ دو سر مقاومت و خازن را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_C = \dots\dots\dots V$$

$$V_R = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱: آیا مقادیر ولتاژهای محاسبه شده و اندازه‌گیری شده با یک‌دیگر برابر است؟ توضیح دهید.



سؤال ۲: آیا جمع برداری ولتاژها با استفاده از رابطه‌ی:

$$\vec{V}_e = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

توضیح دهید.



۳-۱-۷ امپدانس مدار را با توجه به مقدار جریان

$$\text{اندازه‌گیری شده از رابطه‌ی: } Z = \frac{V_e}{I_T} \text{ محاسبه کنید.}$$

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \text{ : امپدانس مدار را از رابطه‌ی:}$$

به دست آورید.

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

در این مدار ولتاژ منبع از جمع برداری ولتاژهای V_R و V_C به دست می‌آید.

$$\vec{V}_e = \vec{V}_R + \vec{V}_C \Rightarrow \vec{V}_e = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

در مدار سری جریان در هر دو قطعه‌ی R و C برابر است.

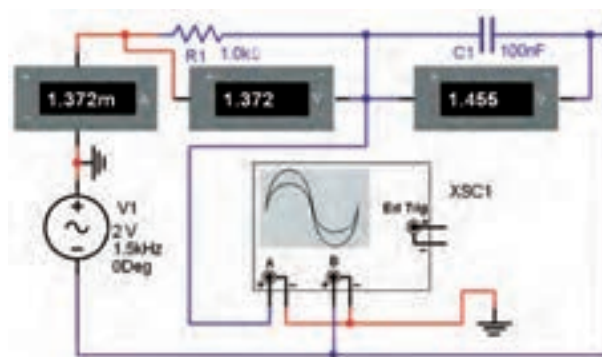
$$I_T = I_R = I_C$$

ولتاژ V_R با جریان I_T هم‌فاز است و ولتاژ V_C از جریان I_T به اندازه‌ی 90° درجه عقب‌تر است. امپدانس مدار RC سری از رابطه‌ی: $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ تعیین می‌شود.

۱۲۰

۳-۱-۲ مدار شکل ۳-۲ را بر روی میز نرم‌افزار مولتی‌سیم

ببندید.



شکل ۳-۲ مدار عملی RC سری

۳-۱-۳ آمپر متر و ولت‌مترهای مدار را در حالت AC

قرار دهید. ولتاژ خروجی سیگنال‌ژنراتور را روی ۲ ولت موثر و فرکانس آن را $1/5$ کیلوهرتز بگذارید. به وسیله‌ی آمپر متر جریان مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_e = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۳-۱-۴ مقدار X_C را از رابطه‌ی مرحله‌ی ۳-۱-۱ محاسبه

کنید و یادداشت نمایید.

$$X_C = \dots\dots\dots \Omega$$

۳-۱-۵ مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت و خازن را مطابق

از رابطه‌ی: $\varphi = \tan^{-1} \frac{X_C}{R}$ محاسبه کنید.

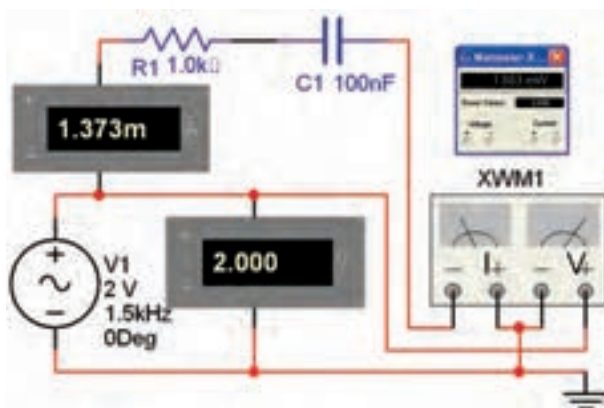
سؤال ۴: اختلاف فاز محاسبه شده و اندازه گیری شده را با یکدیگر مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



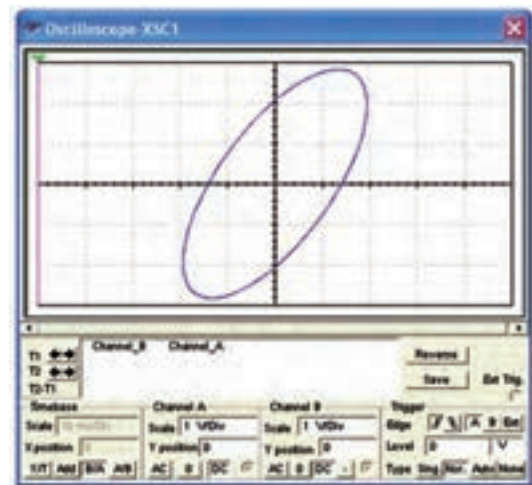
سؤال ۳: آیا مقدار امپدانس اندازه گیری شده با مقدار محاسبه شده برابر است؟ توضیح دهید.

۱۲۱

۳-۱-۱۲ برای اندازه گیری توان موثر و ضریب توان ($\cos \varphi$) در مدار RC سری از دستگاه وات متر استفاده کنید. وات متر را مطابق شکل ۳-۴ به مدار اتصال دهید.



شکل ۳-۴ اتصال وات متر به مدار RC سری



شکل ۳-۳ منحنی اختلاف فاز مدار RC سری

۳-۱-۱۳ روی وات متر دو بار کلیک کنید و مقدار توان موثری را که وات متر نشان می دهد، یادداشت کنید.

$$P_e = \dots\dots\dots W$$

۳-۱-۱۴ مقدار ضریب توان ($\cos \varphi$) را که وات متر نشان می دهد، بخوانید و یادداشت کنید.

$$\cos \varphi = \dots\dots\dots$$

۳-۱-۱۰ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار را از منحنی لیسازور و با استفاده از رابطه‌ی: $\varphi = \sin^{-1} \frac{B}{A}$ به دست آورید.

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{B}{A} = \dots\dots\dots \text{درجه}$$

۳-۱-۱۱ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مدار را با استفاده

۳-۱-۱۵ ضریب توان مدار را از رابطه‌ی:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \dots\dots\dots$$

محاسبه کنید.

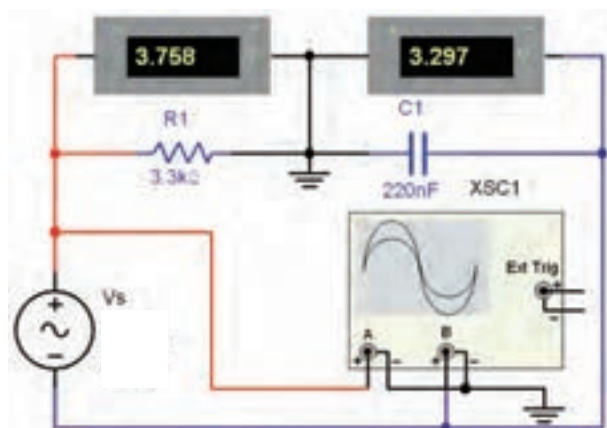
سؤال ۵: مقدار ضریب توان اندازه‌گیری شده را با

مقدار محاسبه شده مقایسه کنید. در صورت اختلاف علت را بررسی و نتیجه را توضیح دهید.



۱۲۲

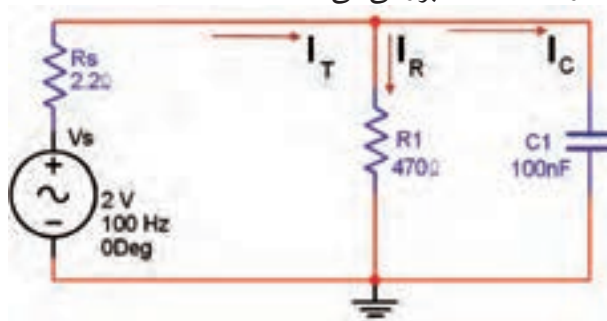
اندازه بگیرید و با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید.



شکل ۳-۵ مدار عملی تمرین ۱

۳-۲ آزمایش ۲: مدار RC موازی

۳-۲-۱ برای تشریح رفتار یک خازن در مدار واقعی معمولاً خازن ایده‌آل را با یک مقاومت اهمی موازی در نظر می‌گیرند. به عبارت دیگر آن را مدل الکتریکی می‌کنند. شکل ۳-۶ با استفاده از این مدل، شارژ و دشارژ خازن را در مدارهای مختلف بررسی می‌کنند.



شکل ۳-۶ مدار RC موازی

در مدار RC موازی ولتاژ دو سر مقاومت و خازن برابر با ولتاژ منبع است. جریان I_R با ولتاژ منبع هم‌فاز است و جریان I_C از ولتاژ منبع به اندازه‌ی ۹۰ درجه جلو می‌افتد. در مدار RC موازی جریان کل مدار از جمع برداری جریان‌های I_R و I_C تعیین می‌شود.

$$\vec{I}_T = \vec{I}_R + \vec{I}_C \quad \text{و} \quad I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

۳-۱-۱۶ مقدار توان اکتیو را با استفاده از مقادیر

اندازه‌گیری شده و رابطه‌ی: $P_e = V_e \cdot I_e \cos \varphi$ محاسبه کنید.

$$P_e = \dots\dots\dots W$$

سؤال ۶: آیا مقدار توان موثر محاسبه شده با توانی که

وات‌متر نشان می‌دهد برابر است؟ شرح دهید.



تمرین ۱: در مدار RC سری شکل ۳-۵ ولتاژ دو سر خازن و

مقاومت به ترتیب $V_C = ۳/۲۹V$ و $V_R = ۳/۷۵۸V$ است. تعیین کنید:

الف: جریان و ولتاژ منبع

ب: امپدانس مدار و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ

ج: مدار عملی را ببندید. سپس مقادیر خواسته شده را

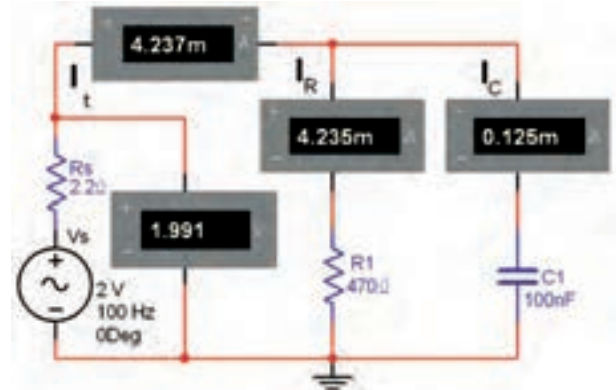
سؤال ۷: آیا جمع برداری جریان‌ها با جریان کل برابر است؟ شرح دهید.



امپدانس Z مدار RC موازی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

۳-۲-۲ مدار شکل ۳-۷ که یک مدار RC موازی است را بر روی میز کار نرم‌افزار مولتی‌سیم ببینید.



شکل ۳-۷ مدار عملی RC موازی

۱۲۳

۳-۲-۶ امپدانس مدار را با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی I_e و V_e و رابطه‌ی: $Z = \frac{V_e}{I_e}$ محاسبه کنید.

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

۳-۲-۷ امپدانس مدار را از رابطه‌ی: $Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{X_C^2 + R^2}}$ محاسبه کنید.

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

سؤال ۸: مقادیر امپدانس به دست آمده در دو مرحله را با یک‌دیگر مقایسه کنید. آیا مقادیر با هم برابر است؟ توضیح دهید.



۳-۲-۳ آمپرترهای مدار را در حالت AC قرار دهید. ولتاژ منبع تغذیه را طوری تنظیم کنید که بتواند مقدار ولتاژ موثر را به مدار بدهد. مقاومت R_s مقاومت داخلی منبع محسوب می‌شود. جریان کل مدار را با میلی‌آمپرتر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_e = I_T = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۳-۲-۴ جریان هر یک از شاخه‌ها را با توجه به مقدار ولتاژ عملی مدار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_L = \frac{V_C}{X_C} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

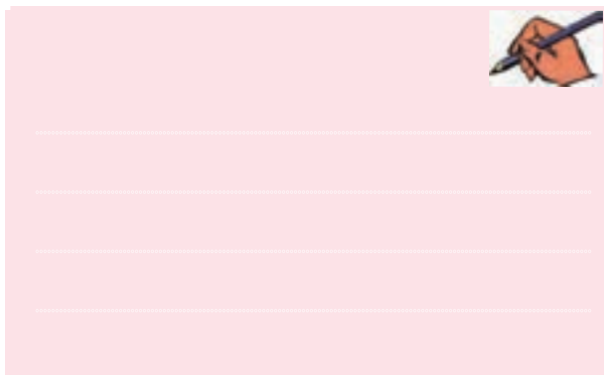
$$I_R = \frac{V_R}{R} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۳-۲-۵ جریان شاخه‌ها را با آمپرترهای مدار شکل ۳-۷ اندازه بگیرید و با مقادیر محاسبه شده در مرحله‌ی ۳-۲-۴ مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

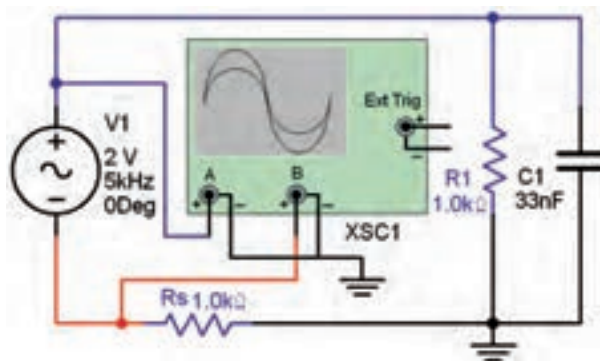
$$I_L = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$I_R = \dots\dots\dots \text{mA}$$

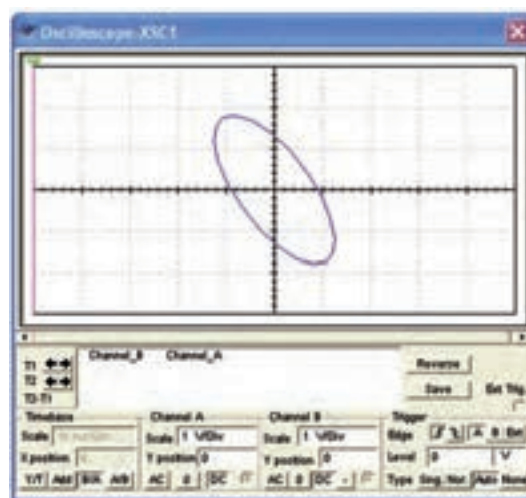
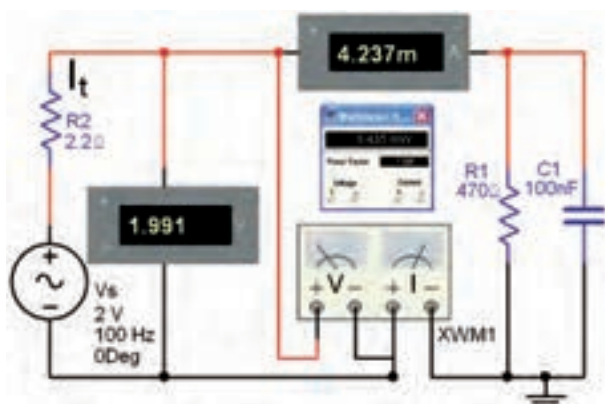
محاسبه شده مقایسه کنید و نتایج را بنویسید.



۳-۲-۸ مدار شکل ۳-۸ را ببندید. اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار را اندازه گیری کنید.



۳-۲-۱۱ مدار شکل ۳-۹ را ببندید و توان موثر و ضریب توان مدار را اندازه گیری کنید.



۱۲۴

شکل ۳-۸ اتصال اسیلوسکوپ مدار RC موازی برای اندازه گیری اختلاف فاز

۳-۲-۱۲ ترمینال های جریان و ولتاژ وات متر را به طور صحیح به مدار اتصال دهید. روی وات متر دو بار کلیک کنید. توان موثر اندازه گیری شده را مشاهده و یادداشت کنید.

$$P_e = \dots\dots\dots W$$

۳-۲-۱۳ ضریب توان نشان داده شده توسط وات متر را مشاهده و یادداشت کنید.

$$\cos \varphi = \dots\dots\dots$$

۳-۲-۱۴ توان موثر مدار را با مقادیر اندازه گیری شده ی جریان، ولتاژ و ضریب توان محاسبه کنید.

$$P_e = \dots\dots\dots W$$

۳-۲-۹ اسیلوسکوپ را در وضعیت لیسازور قرار دهید. اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را از رابطه ی: $\varphi = \sin^{-1} \frac{B}{A}$ اندازه بگیرید.

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{B}{A} = \dots\dots\dots \text{درجه}$$

۳-۲-۱۰ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مدار را با استفاده از رابطه ی: $\varphi = \tan^{-1} \frac{R}{X_c}$ محاسبه کنید.

سؤال ۹: اختلاف فاز اندازه گیری شده را با اختلاف فاز

سؤال ۱۰: آیا مقادیر توان مؤثر اندازه گیری شده با وات متر و مقدار محاسبه شده برابر است؟ شرح دهید.



« فصل چهارم »

مدارهای LC

(مطابق فصل پنجم کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی :

بررسی رفتار مدارهای LC سری و موازی با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

هدف های رفتاری :

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- مدار LC سری را ببندد.
- ۲- شکل موج‌های جریان و ولتاژ را در مدار LC سری مشاهده کند.
- ۳- اختلاف فاز مدار LC سری را مشاهده و اندازه‌گیری کند.
- ۴- فرکانس مدار LC سری را اندازه‌گیری کند.
- ۵- منحنی تغییرات جریان مدار LC سری را در اثر تغییرات فرکانس مشاهده کند.
- ۶- مدار LC موازی را ببندد.
- ۷- شکل موج جریان و ولتاژ را در مدار LC موازی مشاهده کند.
- ۸- اختلاف فاز مدار LC موازی را مشاهده و اندازه‌گیری کند.
- ۹- فرکانس مدار LC موازی را اندازه‌گیری کند.
- ۱۰- منحنی تغییرات جریان مدار LC موازی را در اثر تغییرات فرکانس مشاهده کند.

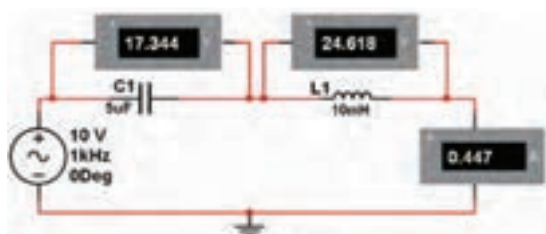
یادآوری :

برای اندازه‌گیری جریان و ولتاژ، دستگاه آمپرمتر و ولت‌متر را در حالت AC بگذارید.

۴-۱ آزمایش ۱ : مدار LC سری

۴-۱-۱ داشتن نقش اساسی در تولید امواج الکتریکی در نوسان‌سازها و تنظیم ایستگاه‌های رادیویی و تلویزیونی بر روی موج معین در فرستنده‌ها و گیرنده‌ها از جمله موارد کاربرد مدارهای LC است.

۴-۱-۲ مدار شکل ۴-۱ را روی میز کار مجازی ببندید. ولتاژ دو سر خازن و سلف و جریان عبوری از مدار را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۴-۱ اندازه‌گیری جریان و ولتاژ مدار LC سری

ورودی بیشتر است؟ توضیح دهید.



$$I = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_L = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_C = \dots\dots\dots \text{mA}$$

توجه: برای به دست آوردن اعداد مناسب

و ملموس ظرفیت خازن‌های بی‌پلار مدار را زیاد انتخاب کرده‌ایم. زیرا در فضای مجازی آزمایش انجام می‌شود و معمولاً به دلیل حجیم شدن خازن‌ها، خازن بی‌پلار با ظرفیت‌های بالا ساخته نمی‌شود.

سؤال ۱: چه رابط‌های بین ولتاژ سلف، ولتاژ خازن و ولتاژ کل در مدار برقرار است؟ توضیح دهید.



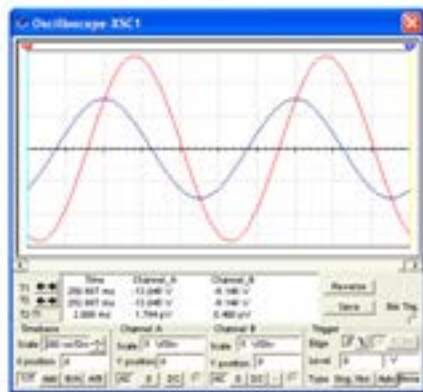
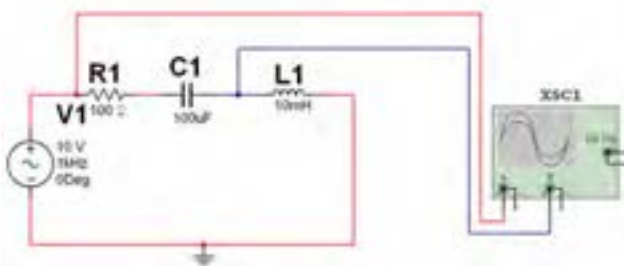
سؤال ۲: آیا مدار شکل ۴-۱ در حالت تشدید قرار دارد؟ توضیح دهید.



توجه: مقاومت R_1 را به این دلیل در مدار قرار داده‌ایم که بتوانیم شکل موج جریان مدار را اندازه بگیریم. در مورد علت آن توضیح دهید.

۴-۱-۴: برای اندازه‌گیری اختلاف فاز مدار، باید حوزه‌ی Time/Div را در حالت A/B قرار دهید. در مدار شکل

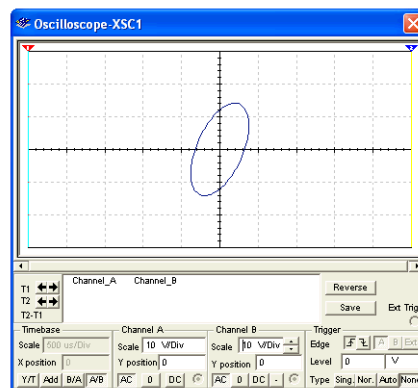
سؤال ۳: به چه دلیل ولتاژ دو سر سلف و خازن از ولتاژ



فرکانس را محاسبه کنید.



۴-۲ دستگاه اسیلوسکوپ را در حالت A/B بگذارید. در این حالت می‌توانید اختلاف فاز بین ولتاژ کل و جریان مدار را طبق شکل ۴-۳ مشاهده نمایید.



شکل ۴-۳ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار LC سری

سؤال ۶: در مدار شکل ۴-۱ مدار دارای چه خاصیتی است (سلفی یا خازنی)? شرح دهید.



سؤال ۷: اگر در مدار شکل ۴-۱ ظرفیت خازنی افزایش یابد، مدار چه خاصیتی پیدا می‌کند؟ در این شرایط در فرکانس رزونانس چه تغییری ایجاد می‌شود؟ توضیح دهید.



سؤال ۸: در کدامیک از مراحل سؤال ۶ و سؤال ۷ مدار شکل ۴-۱ جریان نسبت به ولتاژ پس فاز است؟ توضیح دهید.



برای مشاهده‌ی منحنی لیسازور نشان داده شده در شکل ۴-۳، باید پس از بستن مدار و راه‌اندازی آن چند ثانیه صبر کنید تا به حالت پایدار برسد.

سؤال ۴: با توجه به شکل ۴-۳ اختلاف فاز بین ولتاژ کل و جریان مدار را اندازه‌گیری کنید و مقدار آن را بنویسید.

درجه $\varphi =$

۵-۱-۴ با توجه به مقادیر اندوکتانس سلف و ظرفیت خازن در شکل ۴-۲ مقادیر راکتانس سلف و راکتانس خازن را به دست آورید.

$$X_C = \dots\dots\dots \Omega$$

$$X_L = \dots\dots\dots \Omega$$

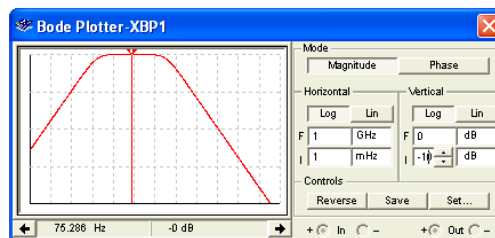
سؤال ۵: در چه فرکانسی مقادیر راکتانس سلف و خازن با هم برابر می‌شود؟ رابطه‌ی آن را بنویسید و مقدار

در دستگاه Bode Plotter نمودار تغییرات فرکانس مدار بر جریان عبوری از آن را ملاحظه می کنید.

سؤال ۱۰: در فرکانس رزونانس امپدانس مدار چه مقدار است؟ توضیح دهید.

سؤال ۹: یک وات متر در مدار شکل ۱-۴ قرار دهید و توان مؤثر مدار را اندازه گیری نمایید، در چه شرایطی توان مؤثر برابر صفر می شود؟ توضیح دهید.

۶-۱-۴ برای نمایش منحنی پاسخ فرکانسی فیلترها از دستگاه Bode Plotter یا ترسیم کننده‌ی منحنی پاسخ فرکانسی استفاده می‌کنند. این دستگاه در نوار ابزار Instruments قرار دارد. در شکل ۴-۴ شکل ظاهری دستگاه Bode Plotter را ملاحظه می‌کنند.



شکل ۴-۴ دستگاه Bode Plotter

۴-۱-۷ همانطور که در شکل ۴-۴ مشاهده می‌شود روی دستگاه زبان‌های متعددی برای تنظیم وجود دارد. در شکل ۴-۵ زبان‌ها تعریف شده است.



شکل ۴-۵ تنظیم‌های دستگاه Bode Plotter

۴-۱-۸ با استفاده از مدار شکل ۴-۱ و تغییر فرکانس منبع

ولتاژ و قرار دادن واتمتر در مدار جدول ۴-۱ را کامل کنید.

جدول ۴-۱ اندازه گیری مقادیر امپدانس، ولتاژ قطعات، راکتانس، اختلاف فاز، توان موثر و خاصیت مدار LC سری

F	V_L	V_C	X_L	X_C	$Z = X_L - X_C $	φ	$V_L - V_C$	خاصیت مدار	P_e
۲۵۰ Hz									
۵۰۰ Hz									
۱ KHz									
۱/۲۵ KHz									
۱/۵ KHz									
۲ KHz									

سؤال ۱۳: چه رابطه‌ای بین جریان‌های مدار برقرار است؟

توضیح دهید.

سؤال ۱۲: نتایجی را که از جدول ۴-۱ به دست

آورده‌اید بنویسید.

۱۳۰



اختلاف فاز مدار را در $\cos \varphi$ متر دستگاه واتمتر مشاهده کنید و در جدول ۴-۱ استفاده نمایید.

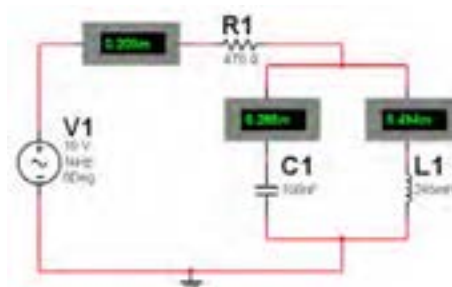
۴-۲ آزمایش ۲: بررسی مدار LC موازی

۴-۲-۱ مدار شکل ۴-۵ را ببندید. توسط آمپر متر جریان

عبوری از سلف و خازن و همچنین جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.

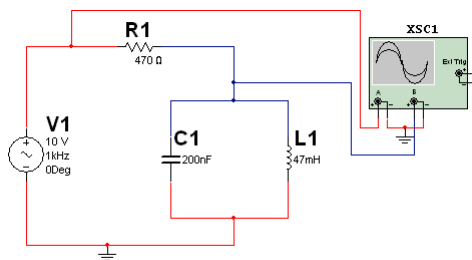


در مدارهای LC سری یا موازی یک مقاومت به صورت سری با منبع مدار قرار داده می‌شود تا بتوان توسط دستگاه اسیلوسکوپ ولتاژ دو سر آن را اندازه گرفته و به کمک ولتاژ، جریان کل مدار را محاسبه نمود.



شکل ۴-۵ اندازه‌گیری جریان در مدار LC موازی

۴-۲-۴ در مدار شکل ۴-۷ دستگاه اسیلوسکوپ را در حالت A/B قرار دهید و اختلاف فاز مدار را در شکل ۴-۸ مشاهده نمایید.



شکل ۴-۸ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار LC موازی

۱۳۱

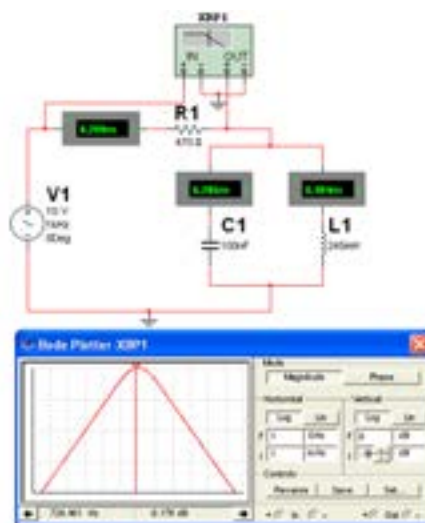
سؤال ۱۴: با توجه به شکل ۴-۸ اختلاف فاز را اندازه گیری کنید و مقدار آن را بنویسید.



سؤال ۱۵: مقادیر اختلاف فاز در مدار LC سری و مدار LC موازی را با هم مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

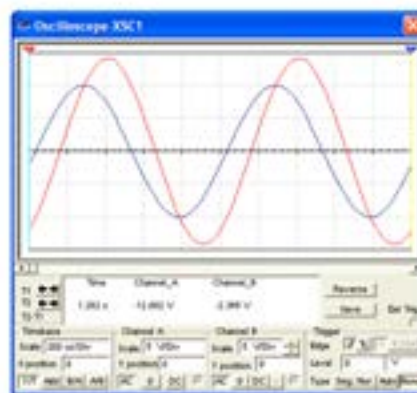
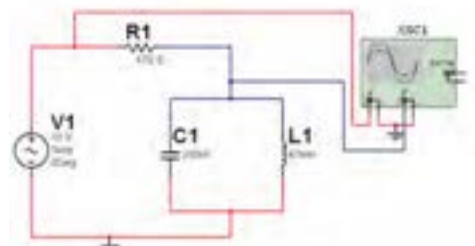


۴-۲-۲ با استفاده از دستگاه Bode Plotter نمودار تغییرات فرکانس مدار بر جریان عبوری از آن را در شکل ۴-۶ مشاهده کنید.



شکل ۴-۶ مشاهده‌ی منحنی جریان در مدار LC موازی و اندازه‌گیری فرکانس رزونانس با استفاده از Bode Plotter

۴-۲-۳ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ منحنی ولتاژ کل و جریان را مطابق شکل ۴-۷ مشاهده کنید.



شکل ۴-۷ مدار LC موازی و شکل موج‌های ولتاژ و جریان

۴-۲-۷ با توجه به شکل منحنی در دستگاه Bode Plotter نمودار تغییرات فرکانس مدار بر جریان عبوری از آن را ملاحظه کنید.

سؤال ۱۸: فرکانس رزونانس مدار چه مقدار است؟



سؤال ۱۹: در فرکانس رزونانس امپدانس مدار چه مقدار است؟ توضیح دهید.



۴-۲-۵ با توجه به مقادیر اندوکتانس سلف و ظرفیت خازن در مدار شکل ۴-۷ مقادیر راکتانس سلف و راکتانس خازن را به دست آورید.

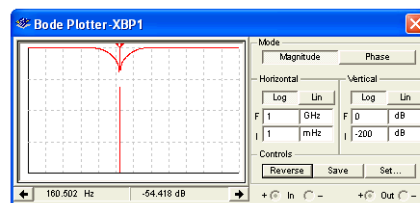
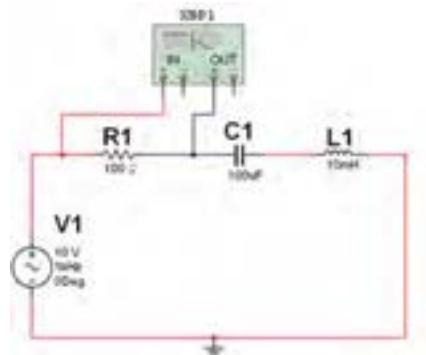
سؤال ۱۶: در چه فرکانسی مقادیر راکتانس سلف و خازن برابر خواهد شد؟ محاسبه کنید و رابطه‌ی آن را بنویسید.



سؤال ۱۷: مقادیر فرکانس رزونانس در مدار LC سری و مدار LC موازی را با هم مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



۴-۲-۶ مدار شکل ۴-۹ را ببینید. با استفاده از دستگاه Bode Plotter منحنی مشخصه‌ی مدار را مشاهده نمایید. این مدار یک فیلتر میان‌گذر است. با حرکت دادن میله‌ی نشانه‌ی عمودی دستگاه و قرار دادن آن در فرکانس رزونانس مقدار فرکانس رزونانس مشخص خواهد شد.



شکل ۴-۹ اندازه‌گیری فرکانس رزونانس با استفاده از دستگاه Bode Plotter

« فصل پنجم »

مدارهای RLC

(مطابق فصل ششم کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی :

آزمایش و بررسی رفتار مدارهای RLC سری ، موازی با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- مدار RLC سری را ببندد.
- ۲- منحنی‌های جریان و ولتاژ را در مدار RLC سری مشاهده کند.
- ۳- اختلاف فاز مدار RLC سری را مشاهده و اندازه‌گیری کند.
- ۴- فرکانس مدار RLC سری را اندازه‌گیری کند.
- ۵- منحنی تغییرات جریان را در اثر تغییرات فرکانس برای مدار RLC سری مشاهده کند.
- ۶- مدار RLC موازی را ببندد.
- ۷- منحنی‌های جریان و ولتاژ را در مدار RLC موازی مشاهده کند.
- ۸- اختلاف فاز مدار RLC موازی را مشاهده و اندازه‌گیری کند.
- ۹- فرکانس مدار RLC موازی را اندازه‌گیری کند.
- ۱۰- منحنی تغییرات جریان را در اثر تغییرات فرکانس برای مدار RLC موازی مشاهده کند.

۵-۱ آزمایش ۱: بررسی مدار RLC سری

۵-۱-۱ در سیستم‌های مخابراتی از قبیل گیرنده رادیو و تلویزیون، فرستنده‌های رادیویی و تلویزیونی، مدارهای مکالمه‌ی تلفن و.... ترکیب‌های متنوعی از مدارهای RLC سری، موازی و مختلط (ترکیبی) وجود دارد.

۵-۱-۲ مدار شکل ۵-۱ را ببندید. با استفاده از ولت‌متر ولتاژ دو سر مقاومت، سلف و خازن و با استفاده از آمپر‌متر جریان مدار را اندازه‌گیری کنید. مقادیر به دست آمده را یادداشت کنید.



دستگاه‌های ولت‌متر و آمپر‌متر را در حالت

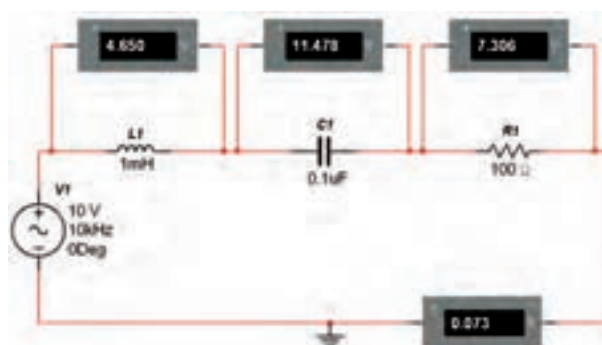
AC قرار دهید.

۵-۱-۴ امپدانس مدار را از رابطه‌ی زیر نیز به دست آورید.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

سؤال ۲: آیا مقادیر به دست آمده برای امپدانس از هر دو رابطه یکسان است؟ در صورت وجود تفاوت، علت را توضیح دهید.



شکل ۵-۱ اندازه‌گیری جریان و ولتاژ در مدار RLC سری

توجه: هنگام کار در آزمایشگاه به محدوده‌های فرکانس کار ولت‌متر، آمپر‌متر و وات‌متر در شرایط AC توجه کنید و دستگاهی را انتخاب نمایید که بتواند در فرکانس مورد نظر شما کار کند.

۱۳۴

۵-۱-۵ فرکانس منبع ولتاژ را دو برابر کنید. چه تأثیری بر روی مقادیر راکتانس و ولتاژهای سلف و خازن می‌گذارد؟ در این حالت امپدانس مدار افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟ به طور کامل توضیح دهید.



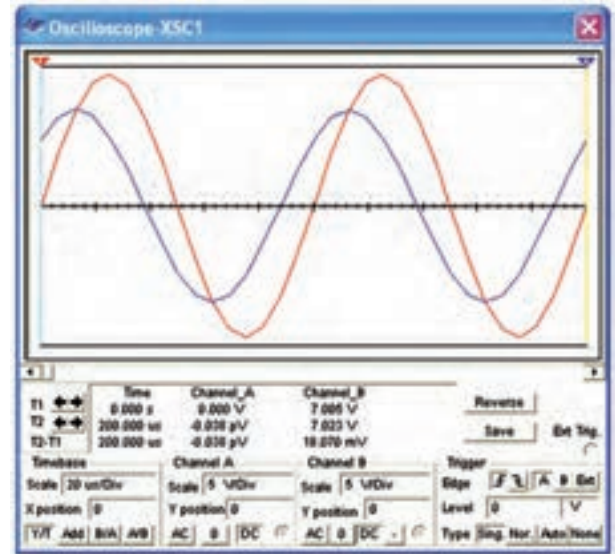
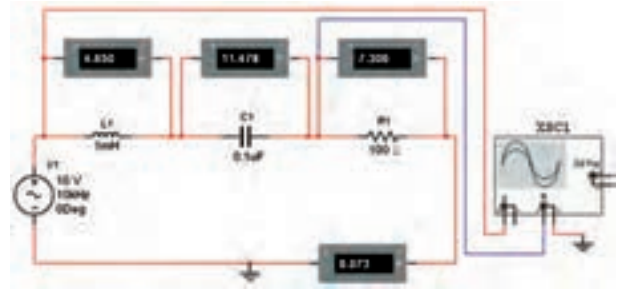
سؤال ۱: چه رابطه‌ای بین ولتاژ کل و ولتاژ دو سر هر یک از قطعات مدار برقرار است؟ توضیح دهید.



۵-۱-۶ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ منحنی‌های ولتاژ و جریان مدار را مشاهده کنید. شکل ۵-۲ منحنی‌های ولتاژ و جریان را روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ نشان می‌دهد.

۵-۱-۳ با استفاده از مقادیر جریان و ولتاژ کل مدار، امپدانس را به دست آورید.

$$Z = \frac{V}{I} = \dots \Omega$$



شکل ۵-۲ مدار و شکل موج‌های ولتاژ و جریان آن

۷-۱-۵ اختلاف فاز مدار شکل ۵-۲ را با استفاده از

شکل موج‌های ولتاژ و جریان مدار به دست آورید.

$\phi = \dots\dots\dots$

سؤال ۳: آیا اختلاف فاز مدار شکل ۵-۲ را می‌توانید از

رابطه $\cos \phi = \frac{R}{Z}$ نیز به دست آورید؟ تجربه کنید و در

مورد آن توضیح دهید.



۸-۱-۵ حوزه‌ی کار دکمه‌ی Time/Div دستگاه

اسیلوسکوپ مدار شکل ۵-۲ را در حالت A/B قرار دهید و اختلاف فاز مدار را از طریق ترسیمی (منحنی لیسازور) محاسبه کنید.

$\phi = \dots\dots\dots$

سؤال ۵: آیا اختلاف فاز به دست آمده از مرحله‌ی ۸-۱-۵ با

مقادیر حاصل شده از مراحل قبل برابری می‌کند؟ در صورتی که پاسخ منفی است علت را بنویسید.



سؤال ۶: اختلاف فاز حاصل شده بین جریان یا ولتاژ چگونه

است؟ (پیش فاز یا پس فاز)؟ چرا؟ شرح دهید.



۹-۱-۵ فرکانس مدار شکل ۵-۲ را دو برابر کنید.

امپدانس مدار را محاسبه نمایید.

$Z = \dots\dots\dots \Omega$

سؤال ۴: مقادیر اختلاف فازی را که از مراحل ۷-۱-۵ و

سؤال ۳ به دست آورده‌اید، با هم مقایسه کنید و نتیجه را

بنویسید.

سؤال ۷: با توجه به نتایج به دست آمده مدار دارای خاصیت سلفی است یا خازنی؟ چرا؟ شرح دهید.



سؤال ۸: آیا در این حالت امپدانس افزایش می یابد یا کم می شود؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.



۱۳۶

سمت چه خاصیتی میل می کند؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.



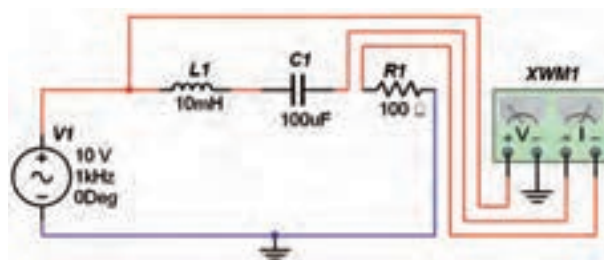
سؤال ۱۰: تغییر امپدانس با شرایط جدید، چه تأثیری روی اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می گذارد؟ شرح دهید.



سؤال ۱۱: توان مؤثر مدار را از رابطه ی: $P_e = V_e I_e \cos \phi$ به دست آورید و با توان نشان داده شده توسط وات متر در شکل ۵-۳ مقایسه کنید و نتیجه ی حاصل از مقایسه ی دو حالت را بنویسید.



۵-۱-۱۰ طبق شکل ۵-۳ با استفاده از وات متر، توان مدار را اندازه بگیرید.

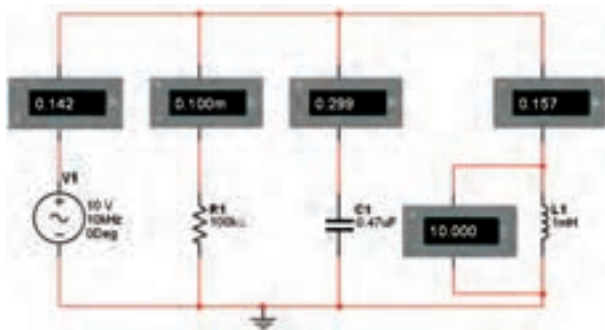


شکل ۵-۳ اندازه گیری توان مدار RLC سری

سؤال ۹: آیا با توجه به منحنی های جریان و ولتاژ، در شرایط افزایش فرکانس مقدار جریان کاهش می یابد؟ مدار به



دستگاه وات متر، علاوه بر نمایش توان مصرفی مدار، ضریب قدرت مدار ($\cos \phi$) را نیز نشان می دهد. با استفاده از این قابلیت دستگاه می توانید نتیجه ی محاسبه ی توان سؤال ۱۱ را تحقیق کنید.



شکل ۵-۵ اندازه‌گیری جریان و ولتاژ مدار RLC موازی

$$\begin{aligned} V &= \dots\dots\dots V \\ I_L &= \dots\dots\dots \text{mA} \\ I_C &= \dots\dots\dots \text{mA} \\ I_R &= \dots\dots\dots \text{mA} \\ I_T &= \dots\dots\dots \text{mA} \end{aligned}$$

سؤال ۱۳: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با رابطه‌ی:
 $I_C - I_L = 0$ تئوری جریان‌ها مطابقت دارد؟ بررسی کنید و در مورد آن توضیح دهید.



۵-۲-۲ با استفاده از مقادیر جریان و ولتاژ کل مدار، امپدانس را به دست آورید.

$$Z = \frac{V}{I} = \dots\dots\Omega$$

۵-۲-۳ امپدانس مدار را از رابطه‌ی زیر نیز به دست آورید.

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \right)^2$$

$$Z = \dots\dots\dots\Omega$$

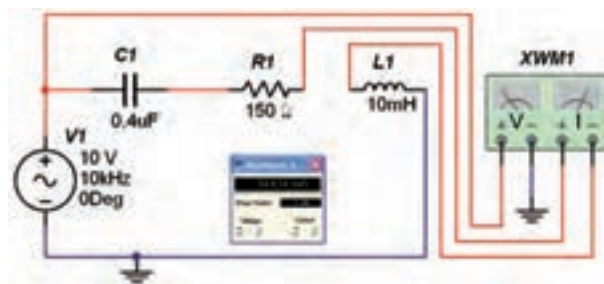
سؤال ۱۴: آیا در مدار شکل ۵-۵ رابطه‌ی $I_C - I_L = 0$ برقرار است؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.



سؤال ۱۲: آیا می‌توانید توان غیر مؤثر (راکتیو) شکل ۵-۳ را محاسبه کنید؟ روش محاسبه را توضیح دهید.



۵-۱-۱۱ مقادیر مدار شکل ۵-۳ را به صورت مدار شکل ۵-۴ تغییر دهید. با استفاده از دستگاه وات‌متر، توان مصرفی مدار را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۵-۴ اندازه‌گیری توان مدار RLC سری

۵-۱-۱۲ مقدار توان مؤثر را با استفاده از روابط مربوطه به دست آورید و نتایج به دست آمده را با مرحله‌ی ۵-۱-۱۱ مقایسه کنید و نتیجه را توضیح دهید.



۵-۲ آزمایش ۲: مدار RLC موازی

۵-۲-۱ مدار شکل ۵-۵ را ببندید. با استفاده از ولت‌متر ولتاژ کل مدار و با استفاده از آمپرترهای جداگانه جریان عبوری از مقاومت، سلف، خازن و جریان کل مدار را اندازه‌گیری کنید. مقادیر اندازه‌گیری شده را بنویسید.

می‌دانیم: در مدار RLC موازی ولتاژ دو سر قطعات با هم مساوی و جریان کل از رابطه‌ی: به دست می‌آید.

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

۴-۲-۵ فرکانس منبع ولتاژ را دو برابر کنید. چه تأثیری بر مقادیر راکتانس سلفی و خازنی می‌گذارد؟ در این حالت امپدانس مدار افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟ به طور کامل توضیح دهید.



نکته:

برای مشاهده‌ی همزمان شکل موج ولتاژ و جریان در مدار RLC موازی مقاومت R_S (مقاومت فرضی به عنوان مقاومت داخلی منبع) را به مدار اضافه کرده‌ایم.

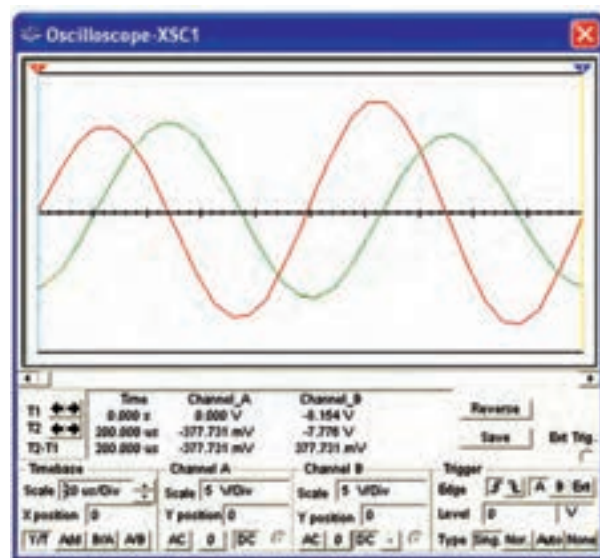
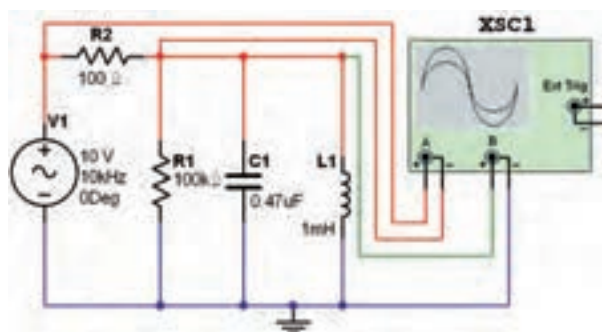
۶-۲-۵ اختلاف فاز مدار شکل ۶-۵ را از روی شکل موج‌های ولتاژ و جریان به دست آورید.

$$\varphi = \dots\dots\dots$$

سؤال ۱۵: مدار شکل ۵-۵ خاصیت سلفی دارد یا خازنی؟ با افزایش فرکانس مدار شکل ۵-۵ خاصیت مدار چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.



۵-۲-۵ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ، منحنی‌های ولتاژ و جریان مدار را مشاهده کنید. شکل ۶-۵ منحنی‌های ولتاژ و جریان را نشان می‌دهد.



سؤال ۱۶: آیا مقادیر به دست آمده برای امپدانس در هر دو حالت یکسان است؟ در صورت وجود تفاوت، علت را با ذکر دلیل توضیح دهید.



سؤال ۱۷: آیا اختلاف فاز مدار شکل ۶-۵ را می‌توانید از رابطه $\cos \varphi = \frac{Z}{R}$ نیز به دست آورید؟ با ذکر مراحل

شکل ۶-۵ مدار و شکل موج‌های ولتاژ و جریان آن

دهید.



توضیح دهید.



۸-۲-۵ فرکانس مدار شکل ۵-۶ را دو برابر کنید.
امپدانس مدار را محاسبه نمایید.

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

سؤال ۲۱: آیا در این حالت امپدانس افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.



سؤال ۲۲: در شرایط جدید که فرکانس دو برابر شده است، اختلاف فاز چه تغییری کرده است؟ با ذکر دلیل شرح دهید.



۹-۲-۵ طبق شکل ۵-۷ با استفاده از وات‌متر توان مدار را به دست آورید.

سؤال ۱۸: اختلاف فازی را که از مرحله ۵-۲-۶ و سؤال ۱۵ به دست آورده‌اید، با هم مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه را بنویسید.



۷-۲-۵ حوزه‌ی کار دکمه‌ی Time/Div دستگاه اسیلوسکوپ مدار شکل ۵-۶ را در حالت A/B قرار دهید و اختلاف فاز مدار را با استفاده از منحنی لیسازور محاسبه کنید.

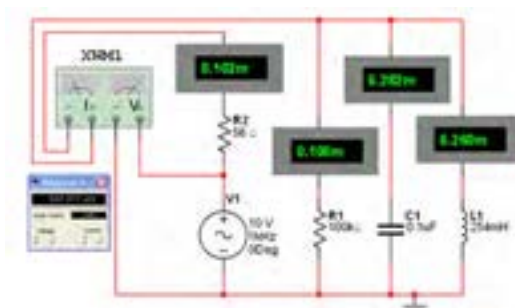
$$\varphi = \dots\dots\dots$$

سؤال ۱۹: آیا اختلاف فاز به دست آمده از مرحله ۵-۲-۷ در مقایسه‌ی با مقادیر به دست آمده در مراحل قبل یکسان است؟ در صورتی که پاسخ منفی است، علت را بنویسید.



سؤال ۲۰: با توجه به زاویه‌ی اختلاف فاز به دست آمده آیا جریان نسبت به ولتاژ پیش فاز است یا پس فاز؟ چرا؟ شرح

سؤال ۲۵: با استفاده از مقادیر فرکانس قطع بالا و فرکانس قطع پایین فرکانس رزونانس و پهنای باند مدار را به دست آورید.



شکل ۵-۷ اندازه‌گیری توان مدار RLC موازی

سؤال ۲۳: توان مؤثر مدار RLC موازی را از رابطه‌ی تئوری آن نیز به دست آورید و با توان به دست آمده توسط وات‌متر مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه را با ذکر دلیل بنویسید.



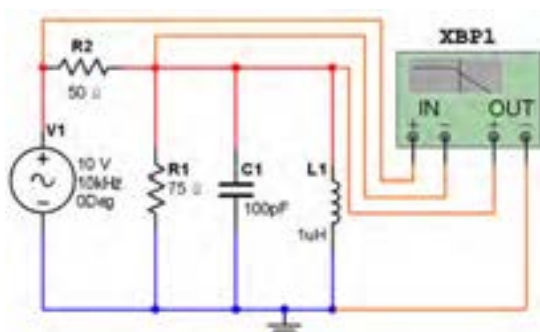
۱۴۰

توجه: برای آشنایی با عملکرد قابلیت‌های دستگاه Bode Plotter می‌توانید به فصل فیلترها بخش مبانی مخابرات مراجعه کنید.

۱۱-۲-۵ مکان‌نما را در مدار شکل ۵-۸ تغییر دهید تا بر روی صفر dB قرار گیرد. فرکانس نشان داده شده بر روی کادر دستگاه، فرکانس رزونانس مدار است. آیا این مقدار فرکانس با مقدار به دست آمده از رابطه‌ی: $F_r = F_H - F_L$ یکی است؟ توضیح دهید.



۱۰-۲-۵ مدار شکل ۵-۸ را ببندید. دستگاه Bode Plotter را به ورودی و خروجی مدار وصل کنید. با تغییر مکان‌نما منحنی در فرکانس -۳dB، فرکانس قطع پایین و فرکانس قطع بالا را اندازه بگیرید.



شکل ۵-۸ مدار RLC موازی و فرکانس قطع پایین



در دستگاه Bode Plotter در شرایطی که نسبت بین ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی برابر با یک شود مقدار دسی بل برابر با صفر خواهد شد. این موضوع در مورد منحنی‌های جریان و توان نیز صدق می‌کند. توجه داشته باشید که به دلیل وجود مقاومت سری R_s و موازی R_1 هیچگاه ولتاژ خروجی (دو سر RLC موازی) برابر با ورودی نخواهد شد. در این شرایط معمولاً مقدار به صورت دسی بل منفی نشان داده می‌شود. مثلاً در شکل ۸-۵ در زمانی که مکان‌نما روی ماکزیمم منحنی قرار می‌گیرد خروجی برابر با -7dB - نشان داده می‌شود. حال برای به دست آوردن F_L و F_H با جابه‌جایی مکان‌نما به نقطه‌ی ترسیم که به اندازه‌ی 3dB - است، -7dB - اضافه شده مثلاً به -10dB - برسد.

تمرین ۱: مدار RLC سری را ببندید و دستگاه Bode Plotter را به مدار متصل نمایید. مقادیر فرکانس رزونانس، فرکانس قطع بالا، فرکانس قطع پایین، پهنای باند و ضریب کیفیت مدار را به دست آورید.

$$F_H = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

$$F_L = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

$$F_r = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

$$BW = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

$$Q = \dots\dots\dots$$

توجه: هنگام کار در آزمایشگاه به محدوده‌های فرکانس کار ولت‌متر، آمپر‌متر و وات‌متر در شرایط AC توجه کنید و دستگاهی را انتخاب نمایید که بتواند در فرکانس مورد نظر شما کار کند.

« فصل ششم »

مدارهای سه فازه

(مطابق فصل هفتم کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی :

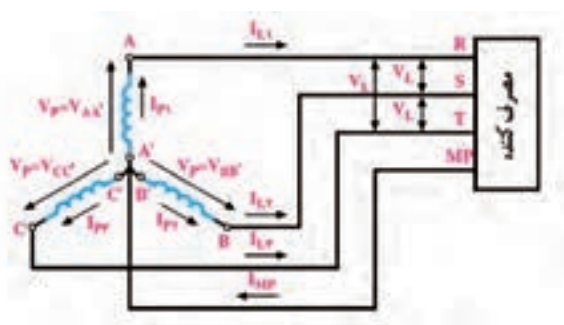
بررسی رفتار مدارهای سه فازه با استفاده از نرم افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۴- ولتاژها و جریان های خطی و فازی را در اتصال ستاره اندازه گیری کند.
- ۵- توان های مؤثر و ضریب توان هر فاز را در بارهای متعادل اتصال ستاره و مثلث اندازه گیری کند.

- ۱- مدارهای مربوط به جریان متناوب سه فاز را با مولدهای ستاره و مثلث ببندد.
- ۲- شکل موج جریان متناوب سه فاز را بر روی اسیلوسکوپ چهار کاناله ی نرم افزار مشاهده کند.
- ۳- ولتاژها و جریان های خطی و فازی را در اتصال



شکل ۴-۱ روش انتقال جریان سه فازه با استفاده از سیم (اتصال ستاره)

۱-۶ آزمایش ۱: شکل موج جریان سه فاز

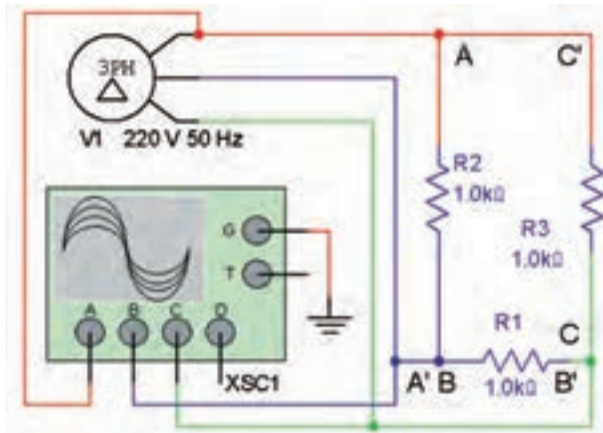
۱-۶-۱ در جریان متناوب سه فاز به دلیل وجود سه سیگنال با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه، توان الکتریکی هیچ وقت به صفر نمی رسد. مصرف کننده های سه فاز راندمان بهتری در مقایسه با مصرف کننده های تک فاز دارند. جریان متناوب سه فاز را با دو روش تولید می کنند و به مصرف کننده انتقال می دهند.

● روش اول: انتقال با استفاده از چهار سیم

در شکل ۶-۱ روش انتقال چهار سیمه نشان داده شده است.

در این روش سیم پیچ های مولد مطابق شکل ۶-۱ به صورت اتصال ستاره بسته می شوند. اتصال ستاره را با نماد نشان می دهند.

۳-۱-۶ مدار شکل ۴-۶ را بر روی میز کار نرم‌افزار ببندید. در این مدار، مولد و بار به صورت مثلث بسته شده‌اند. از آن‌جا که بار مربوط به هر ضلع مثلث یک مقاومت اهمی خالص است ولتاژ دو سر مقاومت با جریان آن هم فاز است. بنابراین شکل موج مشاهده شده در دو سر هر مقاومت مشابه شکل موج جریان آن است.



شکل ۴-۶ مدار عملی مولد سه فاز مثلث جهت اتصال به مصرف‌کننده به صورت مثلث

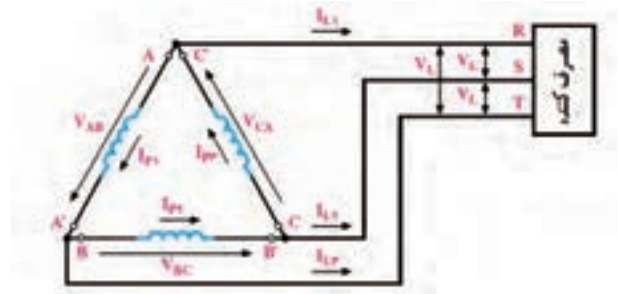


در محیط نرم‌افزار مولتی سیم نمی‌توانیم خط ارتباطی به صورت مورب ترسیم کنیم. بنابراین برای رسم شکل مثلث، خطوط به صورت عمودی و یک ضلع آن به صورت افقی قرار می‌گیرند.

۴-۱-۶ مدار شکل ۴-۶ را فعال کنید و اسیلوسکوپ را مطابق شکل ۵-۶ تنظیم کنید.

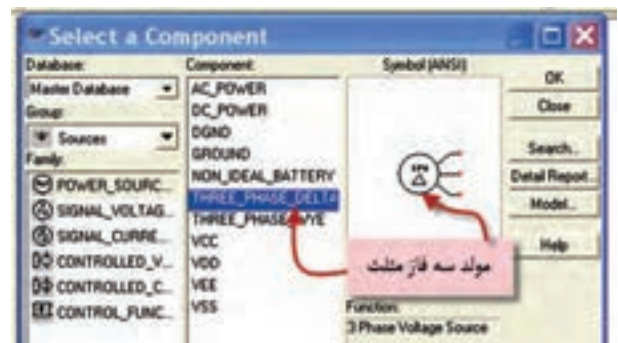
● روش دوم: انتقال با استفاده از سه سیم

در این روش انتهای هر یک از سیم‌پیچ‌های مربوط به هر مولد به ابتدای سیم‌پیچ بعدی مطابق شکل ۲-۶ متصل می‌شود. این روش انتقال را انتقال سه سیم و نوع اتصال سیم‌پیچ‌های مولد را اتصال مثلث می‌گویند. اتصال مثلث را با نماد Δ یا Δ (دلتا) نشان می‌دهند.

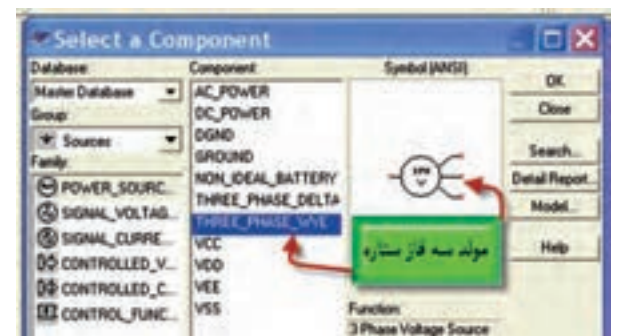


شکل ۲-۶ روش انتقال جریان سه فاز سه سیم (اتصال مثلث)

۲-۱-۶ مولد سه فاز را به صورت اتصال مثلث یا ستاره می‌توانید در محیط نرم‌افزار مولتی سیم، مطابق شکل‌های ۳-۶ الف و ۳-۶ ب از گروه Source نوار قطعات انتخاب کنید.

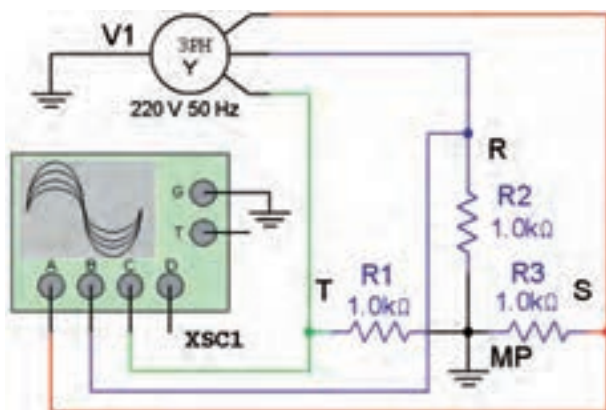


الف



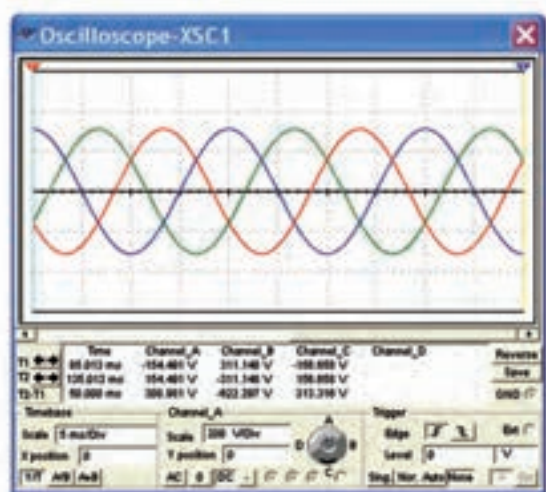
ب

شکل ۳-۶ انتخاب مولد سه فاز اتصال مثلث و ستاره



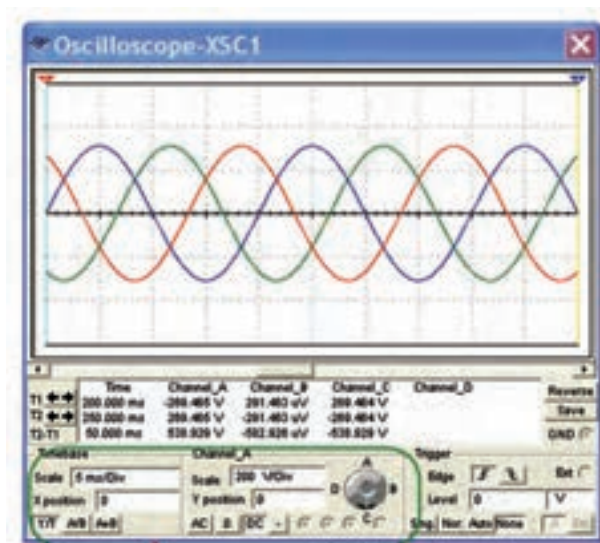
شکل ۶-۶ مدار عملی مولد سه فاز با اتصال چهار سیمه

۶-۱-۶ مدار شکل ۶-۶ را در محیط نرم افزار فعال کنید و با تنظیم اسیلوسکوپ مطابق شکل ۶-۷ اختلاف فاز بین ولتاژهای متناوب سه فاز را اندازه بگیرید.



شکل ۶-۷ شکل موج ولتاژها در مولد سه فاز

سؤال ۳: چگونه می‌توانید جریان عبوری از هر یک از مقاومت‌های مدار در شکل ۶-۶ را محاسبه کنید؟ شرح دهید.



شکل ۶-۵ شکل موج متناوب ولتاژهای (جریان‌ها) سه فاز در حالت مثلث

سؤال ۱: اختلاف فاز بین ولتاژهای سه فاز چند درجه است؟

$$\varphi = \dots\dots\dots$$

سؤال ۲: مقدار جریان عبوری از مقاومت‌ها چند آمپر است؟ محاسبه کنید.



۵-۱-۶ مدار شکل ۶-۶ را روی میز کار نرم افزار ببینید. در این مدار مولد و بار به صورت ستاره بسته شده‌اند. از آنجا که مقاومت بار یک مقاومت اهمی خالص است، جریان عبوری از آن با ولتاژ دو سر آن هم‌فاز است.

۵-۲-۶ ولتاژ فاز یک یعنی ولتاژ مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$$V_P = V_{R_1} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۴: جریان فاز و جریان خط چه رابطه‌ای با یکدیگر دارند؟ توضیح دهید.



۱۴۵

سؤال ۵: ولتاژ خط چند برابر ولتاژ فاز است؟ توضیح دهید.



۶-۲-۶ ولتاژهای $V_L = V_{ST}$ ، $V_L = V_{TR}$ ، V_{R_2} و V_{R_3} را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$\begin{array}{ll} V_L = V_{ST} = \dots\dots\dots V & V_L = V_{TR} = \dots\dots\dots V \\ V_{R_2} = \dots\dots\dots V & V_{R_3} = \dots\dots\dots V \end{array}$$

سؤال ۶: آیا مقادیر ولتاژهای خطی و فازی با هم برابرند؟ توضیح دهید.

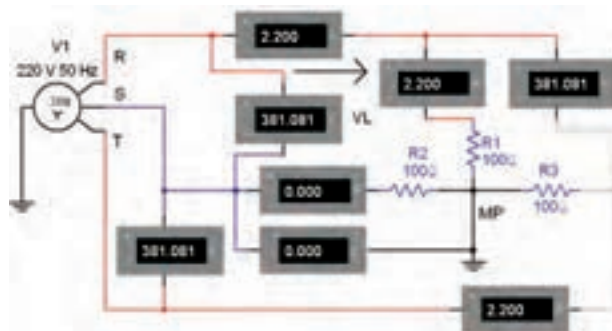


۶-۲ آزمایش ۲: اندازه‌گیری ولتاژها و

جریان‌ها در اتصال ستاره

۶-۲-۱ در شکل ۸-۶ که یک اتصال ستاره است، ولتاژ بین خطوط $R-S (V_{RS})$ ، $S-T (V_{ST})$ و $T-R (V_{TR})$ ولتاژ خطی می‌گویند و آن را با V_L نشان می‌دهند. جریانی که در هر یک از خطوط انتقال R ، S و T جاری می‌شود را جریان خطی می‌گویند. آن را با I_L نشان می‌دهند.

۶-۲-۲ مدار شکل ۸-۶ را ببندید.



شکل ۸-۶ مدار عملی اتصال مولد سه فاز ستاره با بار ستاره



حوزه‌ی کار آمپرمترها و ولت‌مترها را در حالت AC قرار دهید.

۶-۲-۳ همان‌طور که در شکل ۸-۶ مشاهده می‌شود در اتصال ستاره ولتاژ خطی، ولتاژ بین دو خط اصلی (مثلاً R و S) و ولتاژ فازی ولتاژ بین هر یک از خطوط و سیم نول است. در این مدار جریان فازی، جریان عبوری از هر فاز و جریان خطی جریان عبوری از خط است که از خط اصلی مثلاً از سیم R عبور می‌کند. در اتصال ستاره اگر بارها متعادل باشند جریان فاز و جریان خط با هم برابر است.

۶-۲-۴ ولتاژ $V_L = V_{RS}$ و جریان I_L و جریان فازی I_{R_1} را اندازه‌گیری کنید.

$$\begin{array}{l} V_L = V_{RS} = \dots\dots\dots V \\ I_P = I_{R_1} = \dots\dots\dots \text{mA} \end{array}$$

سلفی و بار اهمی وجود دارد؟ توضیح دهید. در مدار عملی این تفاوت چگونه است؟ شرح دهید.



۶-۲-۷ جریان‌های I_{R2} ، $I_L = I_T$ ، $I_L = I_S$ و I_{R3} را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

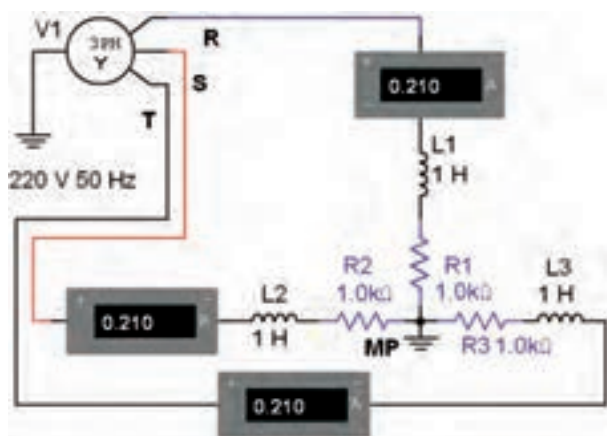
$$I_L = I_S \dots \text{mA} \quad I_L = I_T = \dots \text{mA}$$

$$I_{R2} = \dots \text{mA} \quad I_{R3} = \dots \text{mA}$$

سؤال ۷: آیا مقادیر جریان‌های خطی و فازی با هم برابرند؟ توضیح دهید.



تمرین ۱: مدار شکل ۶-۱۰ را ببینید. ولتاژها و جریان‌های هر فاز را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۶-۱۰ مدار تمرین ۱

تمرین ۲: مدار سه فاز با اتصال ستاره با بار RC سری را ببینید. ولتاژها و جریان‌های هر فاز را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_S = \dots \text{mA} \quad I_T = \dots \text{mA}$$

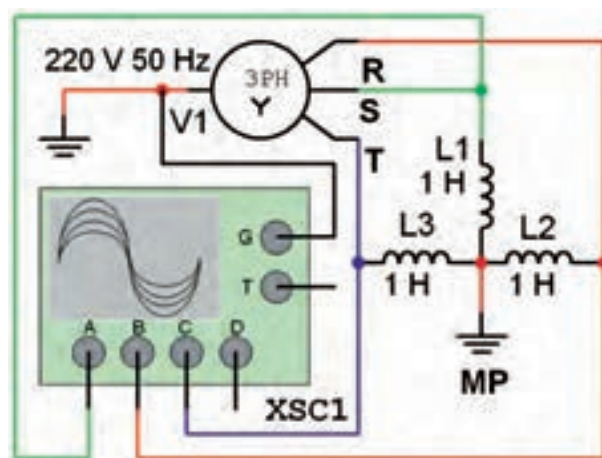
$$I_R = \dots \text{mA} \quad V_R = \dots \text{V}$$

$$V_S = \dots \text{V} \quad V_T = \dots \text{V}$$

سؤال ۹: چه تفاوتی بین ولتاژ و جریان‌های مدار با بار RL و بار RC وجود دارد؟ توضیح دهید.



۶-۲-۸ مدار شکل ۶-۹ را ببینید. در مدار از سلف به عنوان بار استفاده شده است. ولتاژ و جریان هر فاز را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۶-۹ مدار سه فاز با بار سلفی

$$I_S = \dots \text{mA} \quad I_T = \dots \text{mA}$$

$$I_R = \dots \text{mA} \quad V_R = \dots \text{V}$$

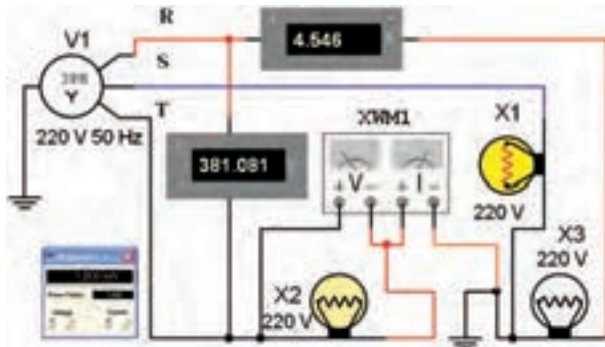
$$V_S = \dots \text{V} \quad V_T = \dots \text{V}$$

سؤال ۸: چه تفاوتی بین ولتاژ و جریان‌های مدار با بار

۶-۴ آزمایش ۴: اندازه‌گیری توان در اتصال ستاره

۶-۴-۱ توان مصرفی (واته) در هر فاز در مقاومت اهمی و توان غیر مفید در راکتانس القایی یا خازنی مصرف می‌شود. از جمع توان مصرفی فازها، توان مصرفی (مفید) کل به دست می‌آید.

۶-۴-۲ مدار شکل ۶-۱۲ را روی میز آزمایشگاه مجازی ببندید. توان لامپ‌ها را روی ۱۰۰۰ W تنظیم کنید.



شکل ۶-۱۲ توان در مدار سه فاز با اتصال ستاره

۶-۴-۳ به کمک وات‌متر توان مصرفی فاز مربوط به مصرف کننده‌های X1 و X2 را اندازه‌گیری کنید.

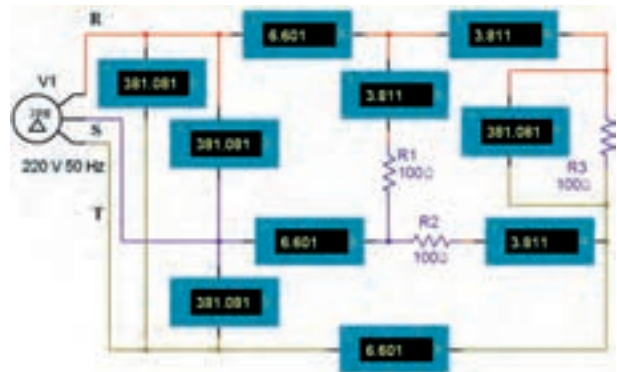
$$P_{X1} = P_{e1} = \dots W \quad P_{X2} = P_{e2} = \dots W$$

سؤال ۱۲: توان مصرفی فازهای اول و سوم چند وات است؟ توضیح دهید.



۶-۳ آزمایش ۳: اندازه‌گیری ولتاژها و جریان‌ها در اتصال مثلث

۶-۳-۱ مدار شکل ۶-۱۱ را ببندید. جریان هر یک از فازها و خط‌ها را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۶-۱۱ مدار عملی مولد سه فاز مثلث با بار متعادل

$$I_{P1} = \dots mA \quad I_{P2} = \dots mA$$

$$I_{P3} = \dots mA \quad I_{L1} = \dots mA$$

$$I_{L2} = \dots mA \quad I_{L3} = \dots mA$$

سؤال ۱۰: آیا مقادیر جریان هر فاز با جریان هر خط برابر است؟ شرح دهید.



۶-۳-۲ ولتاژ هر یک از فازها و ولتاژ هر یک از خط‌ها را اندازه‌گیری کنید و مقادیر آن‌ها را بنویسید.

$$V_{P1} = V_{R1} \dots V \quad V_{P2} = V_{R2} \dots V$$

$$V_{P3} = V_{R3} \dots V \quad V_{L1} = \dots V$$

$$V_{L2} = \dots V \quad V_{L3} = \dots V$$

سؤال ۱۱: آیا در اتصال مثلث ولتاژهای فازی با ولتاژهای خطی برابر است؟ توضیح دهید.



۶-۴-۴ توان مصرفی کل سه فاز را به دست آورید.

۳-۵-۶ توان مصرفی فاز سوم (مصرف کننده ی X_3) را به کمک وات متر اندازه گیری کنید.

$$P_{X_3} = P_{e_T} = \dots\dots\dots W$$

سؤال ۱۵: توان مصرفی فاز اول و دوم مدار چند وات است؟ اندازه گیری کنید و در باره ی آن توضیح دهید.



۴-۵-۶ توان مفید کل سه فاز را محاسبه کنید.

$$P_{e_T} = P_{e_1} + P_{e_2} + P_{e_3} = \dots\dots W$$

۵-۵-۶ جریان خط و ولتاژ خط را به کمک آمپرمتر و ولت متر مدار اندازه گیری کنید.

$$I_L = \dots\dots\dots A \quad V_L = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۶: با توجه به نوع مصرف کننده ها ضریب توان $\cos \phi$ هر فاز چقدر است؟

$$\cos \phi = \dots\dots\dots$$

۶-۵-۶ توان مفید کل را از رابطه ی: $\sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$ محاسبه کنید.

$$P_{e_T} = \dots\dots\dots W$$

سؤال ۱۷: آیا رابطه ی: $P_{e_T} = 3P_{e_1}$ نیز در این مدار برقرار است؟ توضیح دهید.



۵-۴-۶ به کمک آمپرمتر و ولت متر موجود در مدار جریان y خط و ولتاژ خط را اندازه گیری کنید.

$$I_L = \dots\dots\dots A \quad V_L = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۳: با توجه به نوع مصرف کننده ها ضریب توان $\cos \phi$ هر فاز چقدر است؟

$$\cos \phi = \dots\dots\dots$$

۶-۴-۶ توان مفید کل را از رابطه ی:

$$P_{e_T} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$$

محاسبه کنید.

$$P_{e_T} = \dots\dots\dots W$$

سؤال ۱۴: آیا در مدار شکل ۱۲-۶ رابطه ی: $P_{e_T} = P_{e_1} + P_{e_2} + P_{e_3}$ برقرار است؟ شرح دهید.

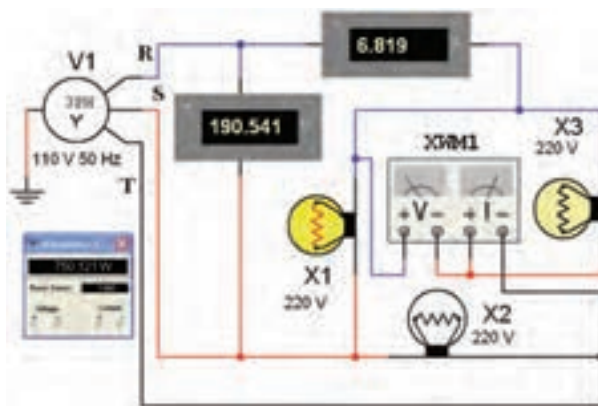


۶-۵ آزمایش ۵: اندازه گیری توان در اتصال

مثلث

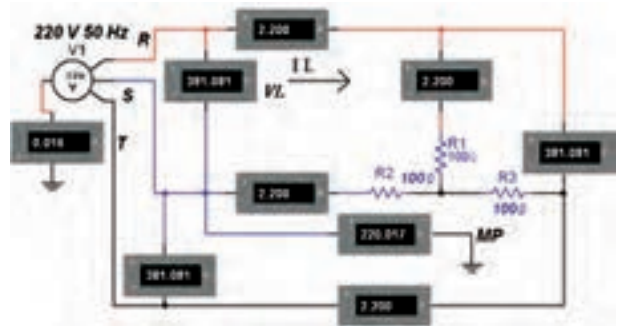
۱-۵-۶ در اتصال مثلث با بار متعادل، توان مؤثر و غیر مؤثر تمام فازها با هم برابرند. بنابراین در این گونه مدارها مقدار توان مفید کل سه برابر توان مؤثر هر یک از فازها است.

۲-۵-۶ مدار شکل ۱۳-۶ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببینید.



شکل ۱۳-۶ توان در مدار سه فاز با اتصال مثلث

۷-۵-۶ در مدار شکل ۱۴-۶ سیم نول قطع شده است. جریان هر فاز را اندازه بگیرید و نتیجه‌ی اندازه‌گیری را با مرحله‌ی ۱-۵-۶ مقایسه کنید.



شکل ۱۴-۶ قطع سیم نول در مدار سه فاز ستاره

تمرین ۳: یکی از فازها را (مثلاً فاز R) مدار شکل ۱۴-۶ را قطع کنید. جریان و ولتاژهای فاز را اندازه بگیرید و بنویسید.



برای اجرای تمرین ۳، ابتدا سیم نول را وصل کنید. سپس اقدام به قطع فاز نمایید.

سؤال ۱۸: چه تفاوتی بین نتایج حاصل از قطع سیم نول و قطع سیم فاز وجود دارد؟ توضیح دهید.



« فصل اول »

یادآوری و آشنایی با تقویت کننده‌های ترانزیستوری

(مطابق فصل اول کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی :

یادآوری دیود، ترانزیستور و تقویت کننده‌های ترانزیستوری

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

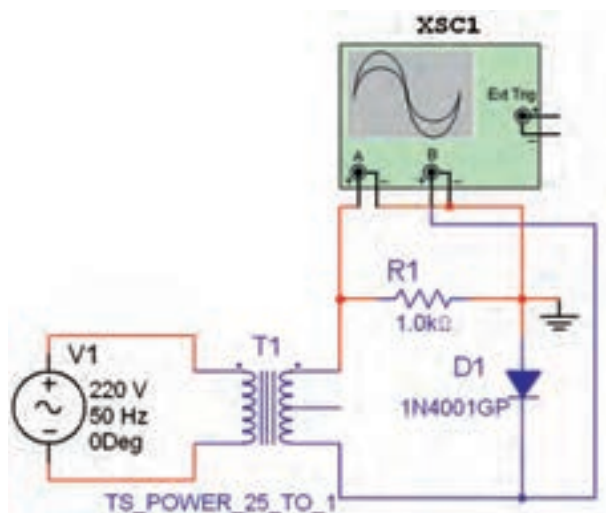
- ۶- منحنی مشخصه انتقالی ترانزیستور را پس از به دست آوردن جریان های ترانزیستور ترسیم کند.
- ۷- ولتاژ و جریان پایه های ترانزیستور را در بایاس ثابت اندازه گیری کند.
- ۸- نقطه ی کار ترانزیستور را در بایاس خود کار اندازه گیری کند.
- ۹- نقطه ی کار و توان مصرفی ترانزیستور را در بایاس با تقسیم ولتاژ (سرخود) اندازه گیری کند.

- ۱- منحنی مشخصه ی ولت-آمپر دیود معمولی را بر روی صفحه ی اسیلوسکوپ مشاهده کند.
- ۲- مقاومت استاتیکی و دینامیکی را اندازه گیری کند.
- ۳- ولتاژ و جریان مورد نیاز مدار دیودی را اندازه گیری کند.
- ۴- حالت قطع یا وصل دیود را با اندازه گیری جریان و ولتاژ آن تشخیص دهد.
- ۵- منحنی مشخصه ی ورودی ترانزیستور را از طریق نقطه یابی جریان و ولتاژ رسم کند.

۱۵۰

۱-۱-۱ آزمایش ۱: منحنی مشخصه ی ولت- آمپر دیود

۱-۱-۱-۱ جریان عبوری از دیود وابسته به ولتاژ دو سر آن است. در بایاس مستقیم هرگاه ولتاژ دو سر دیود از ولتاژ سد بیشتر شود، دیود هادی می شود و جریان زیادی از آن عبور می کند. برای مشاهده منحنی مشخصه ی دیود، مدار شکل ۱-۱ را بر روی میز کار نرم افزار ببندید.



شکل ۱-۱ مدار عملی برای مشاهده ی منحنی مشخصه ی ولت- آمپر دیود

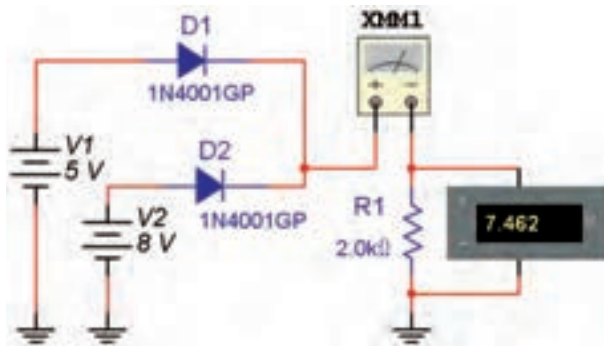
۱-۱-۵ مقاومت استاتیکی دیود را از رابطه‌ی:

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} \quad \text{و مقاومت دینامیکی را از رابطه‌ی: } R_d = \frac{26\text{mV}}{I_D}$$

محاسبه کنید.

$$R_D = \dots\dots\dots\Omega \quad R_d = \dots\dots\dots\Omega$$

۱-۱-۶ مدار شکل ۱-۴ را در نرم‌افزار مولتی سیم ببندید.



شکل ۱-۴ مدار ترکیب موازی دیودها

۱-۱-۷ در مدار شکل ۱-۴ جریان و ولتاژ مقاومت بار

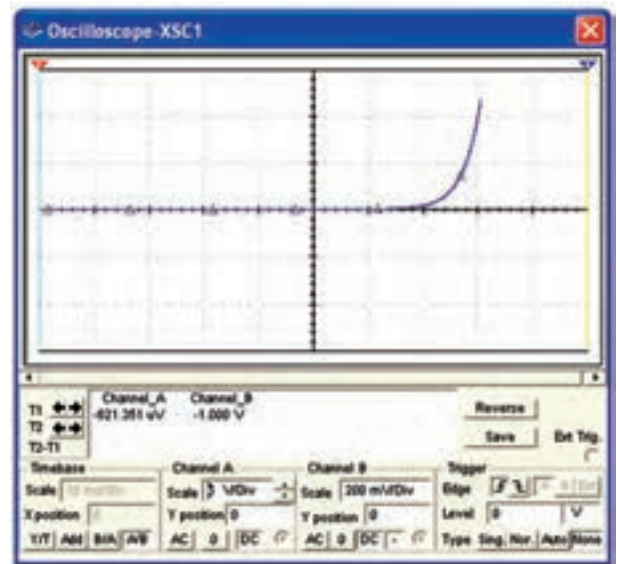
R_L را اندازه بگیرید.

$$V_{R_L} = \dots\dots\dots\text{V} \quad I = \dots\dots\dots\text{mA}$$

سؤال ۱: چگونه می‌توان وضعیت قطع و وصل بودن دیودها را در شکل ۱-۴ مشخص کرد؟ شرح دهید.



۱-۱-۲ اسیلوسکوپ را مطابق شکل ۱-۲ در وضعیت (A/B)X-Y قرار دهید. با توجه به شکل ۱-۲ می‌توانید ولتاژ دو سر دیود را در بایاس مستقیم اندازه بگیرید.



شکل ۱-۲ منحنی مشخصه ولت-آمپر دیود

۱-۱-۳ در شکل ۱-۲ محور عمودی ولتاژ دو سر مقاومت را نشان می‌دهد. اگر این ولتاژ را بر مقدار مقاومت مدار تقسیم کنیم جریان عبوری از دیود به دست می‌آید. مقادیر ولتاژ و جریان عبوری از دیود را در شکل ۱-۲ اندازه بگیرید.

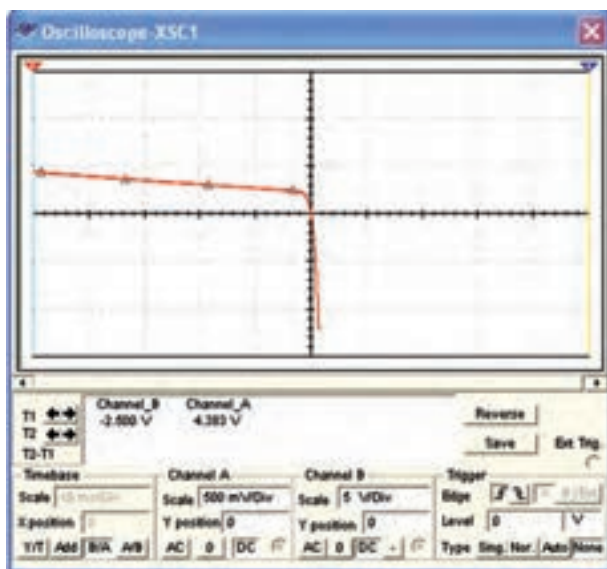
$$V_D = \dots\dots\dots\text{V} \quad I_D = \dots\dots\dots\text{mA}$$

۱-۱-۴ مقاومتی که دیود در مقابل جریان مستقیم از خود نشان می‌دهد را مقاومت استاتیکی می‌گویند. مدار شکل ۱-۳ را روی میز کار نرم‌افزار ببندید و جریان دیود را اندازه بگیرید.



شکل ۱-۳ بایاس مستقیم دیود برای محاسبه‌ی مقاومت استاتیکی و دینامیکی دیود

$$I_D = \dots\dots\dots\text{mA}$$



شکل ۹-۱ منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور

نکته:

دلیل معکوس ظاهر شدن منحنی مشخصه این است که ولتاژ صفحه‌های انحراف افقی X نسبت به زمین منفی تر است.

۱۵۳

سؤال ۴: آیا می‌توانید برای ولتاژ $V_{CE} = 1V$ جریان کلکتور را اندازه بگیرید؟ شرح دهید.



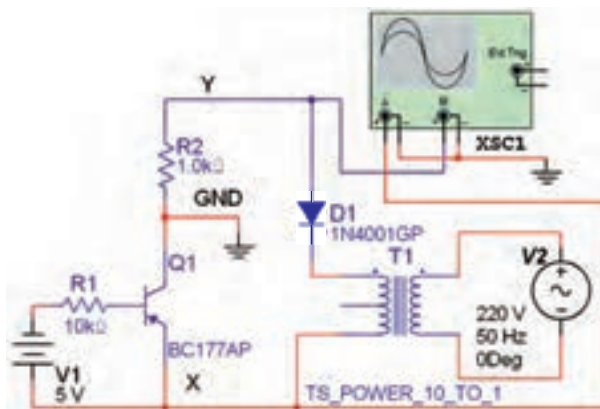
۳-۱ آزمایش ۳: مدارهای بایاس ترانزیستور

۳-۱-۱ برای آن که ترانزیستور بتواند یک سیگنال الکتریکی را تقویت کند باید آن را طوری بایاس کنید که مقادیر جریان‌ها و ولتاژهای بایاس آن (نقطه‌ی کار) در ناحیه‌ی فعال قرار گیرد. به عبارت دیگر باید دیود بیس آمیتر در بایاس مستقیم و دیود کلکتور بیس در بایاس معکوس باشد. مدار بایاس مستقیم ترانزیستور را مطابق شکل ۱۰-۱ ببینید.

سؤال ۳: چگونه می‌توان بهره‌ی جریان دینامیکی ترانزیستور را به دست آورد؟ شرح دهید.



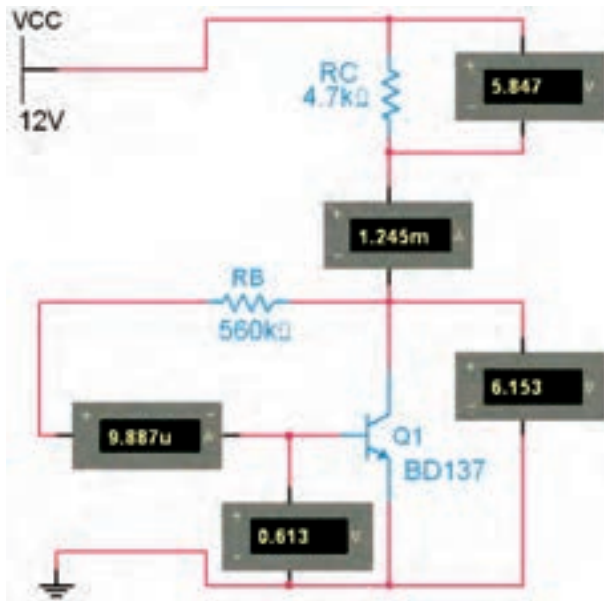
۵-۲-۱ جریان کلکتور I_C تابعی از ولتاژ کلکتور آمیتر V_{CE} به ازاء جریان ثابت بیس است. مدار شکل ۸-۱ را به منظور به دست آوردن منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ببینید.



شکل ۸-۱ مدار برای به دست آوردن منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

۶-۲-۱ اسیلوسکوپ را در حالت $X-Y(A/B)$ قرار دهید. پس از تنظیم اسیلوسکوپ، مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور را مطابق شکل ۹-۱ بر روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود.

جریان I_C بر روی مقدار I_B تأثیر معکوس می گذارد. این تأثیر سبب پایداری نقطه‌ی کار میشود. مدار شکل ۱-۱۱ را ببندید. ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.



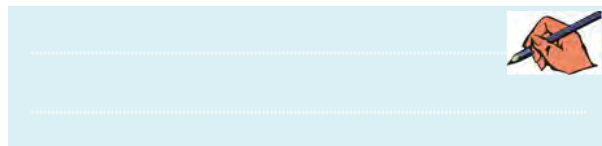
شکل ۱-۱۱ مدار تغذیه‌ی خودکار ترانزیستور

$$\begin{aligned} I_B &= \dots\dots \text{mA} & I_C &= \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} &= \dots\dots \text{V} & V_{CE} &= \dots\dots \text{V} \\ & & I_E &= \dots\dots \text{mA} \end{aligned}$$

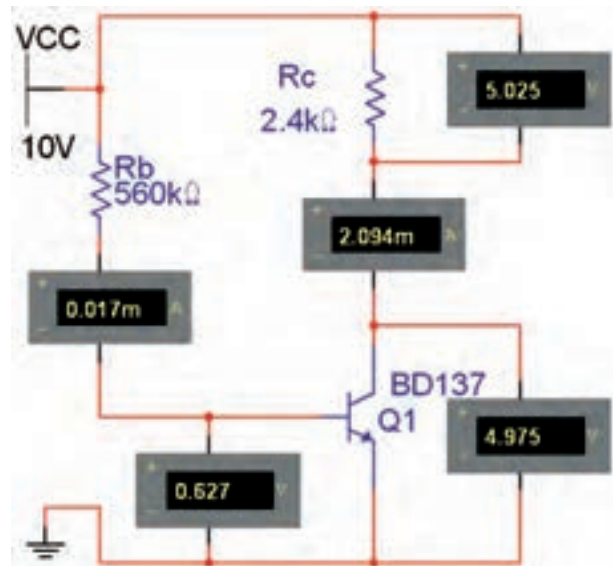
سؤال ۸: توان مصرفی ترانزیستور را محاسبه کنید.

$$P_C = \dots\dots \text{W}$$

سؤال ۹: آیا می‌توانید توان مصرفی ترانزیستور را با دستگاه وات متر نرم‌افزار اندازه‌گیری کنید؟ شرح دهید.



سؤال ۱۰: نام دیگر بایاس خودکار ترانزیستور را بنویسید.

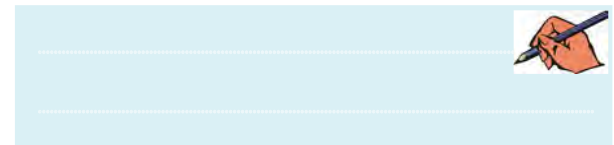


شکل ۱-۱۰ مدار بایاس مستقیم (ثابت) ترانزیستور

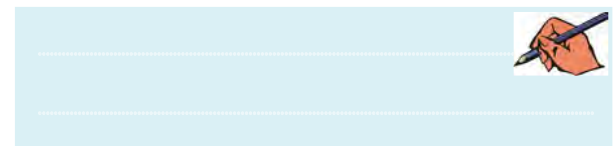
۲-۳-۱ با استفاده از ولت‌متر و آمپر متر مقادیر جریان‌ها و ولتاژهای نقطه‌ی کار I_{BQ} , I_{CQ} , V_{BEQ} , V_{CEQ} ترانزیستور را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$\begin{aligned} I_B &= \dots\dots \text{mA} & I_C &= \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} &= \dots\dots \text{V} & V_{CE} &= \dots\dots \text{V} \end{aligned}$$

سؤال ۵: عامل تعیین‌کننده‌ی جریان بیس و جریان کلکتور در مدار بایاس ثابت ترانزیستور را بنویسید.



سؤال ۶: عیب بایاس مستقیم ترانزیستور را شرح دهید.



سؤال ۷: توان مصرفی ترانزیستور را محاسبه کنید.

$$P_C = \dots\dots \text{W}$$

۳-۳-۱ در مدار بایاس اتوماتیک (خودکار) ترانزیستور، جریان بیس از ولتاژ کلکتور تأمین می‌شود، بنابر این تغییرات



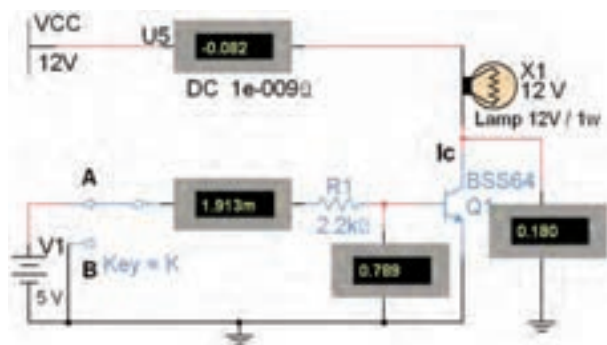
سؤال ۱۲: دلیل مناسب بودن مدار بایاس با تقسیم کننده ولتاژ (سرخود) را نسبت به سایر بایاس ها شرح دهید.



شکل ۱۲-۱ مدار بایاس سرخود (تقسیم ولتاژ) ترانزیستور

$$\begin{array}{ll} I_B = \dots\dots\text{mA} & I_C = \dots\dots\text{mA} \\ V_{BE} = \dots\dots\text{V} & V_C = \dots\dots\text{V} \\ V_E = \dots\dots\text{V} & I_E = \dots\dots\text{mA} \\ & V_{CE} = \dots\dots\text{V} \end{array}$$

سؤال ۱۱: آیا مقدار جریان کلکتور تقریباً با جریان امیتر برابر است؟ علت را توضیح دهید.



شکل ۱۳-۱ مدار کلیدزنی ترانزیستور

توجه: به مشخصات لامپ توجه کنید و لامپ را با توجه به مقادیر خواسته شده در مدار قرار دهید.

۵-۳-۱ توان مصرفی ترانزیستور را محاسبه کنید. آیا می‌توانید حداکثر توان مصرفی ترانزیستور را از برگه‌ی اطلاعات موجود در نرم‌افزار (Detail Report) استخراج کنید و آن را با توان مصرفی محاسبه‌شده‌ی مدار مقایسه کنید؟

۱-۴-۲ با قرار دادن کلید در وضعیت A و B جریان‌ها و ولتاژهای ترانزیستور را اندازه‌گیری کنید. وضعیت روشن شدن لامپ را مشخص کنید و در جدول ۱-۲ بنویسید.

جدول ۱-۲ جریان‌ها و ولتاژهای ترانزیستور

وضعیت لامپ	ناحیه‌ی ترانزیستور	I_C (mA)	I_B (μA)	V_{CE} (V)	V_{BE} (V)	وضعیت کلید
						A
						B

سؤال ۱۳: مشخصات ناحیه‌ی قطع و اشباع ترانزیستور را بنویسید.



سؤال ۱۴: مزایای استفاده از کلید الکترونیکی (ترانزیستوری) نسبت به کلیدهای مکانیکی و الکترومغناطیسی را شرح دهید.



سؤال ۱۵: با تحقیق کاربردهای کلیدهای الکترونیکی را در دستگاه‌های مختلف الکترونیکی و مخابراتی بنویسید.



« فصل دوم »

مشخصات ویژه‌ی تقویت کننده‌های ترانزیستوری

(مطابق فصل دوم کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی :

بررسی عملی انواع تقویت کننده‌های ترانزیستوری با استفاده از نرم افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

۳- مدار تقویت کننده‌ی امیتر مشترک با فیدبک منفی را ببندد و تاثیر آن را بر مشخصات تقویت کننده مشاهده کند.

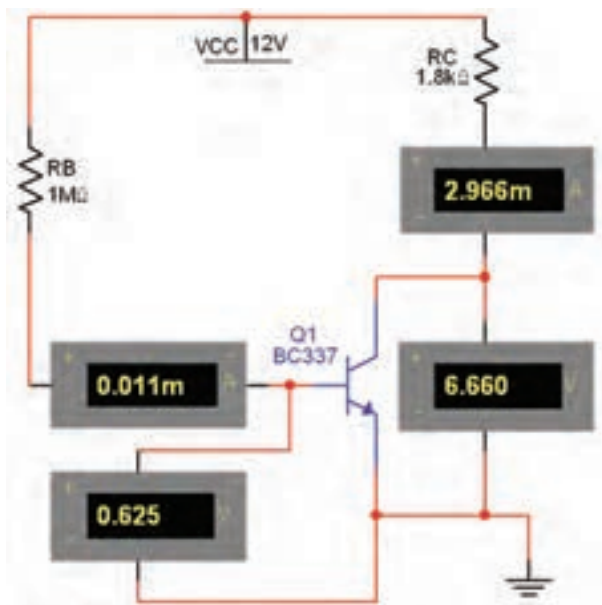
۱- مدار انواع روش های تغذیه‌ی ترانزیستور (بایاسینگ) را ببندد.

۲- مدار تقویت کننده‌های امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک را ببندد.

۱۵۷

۲-۱ آزمایش ۱: بایاسینگ مستقیم (ثابت)

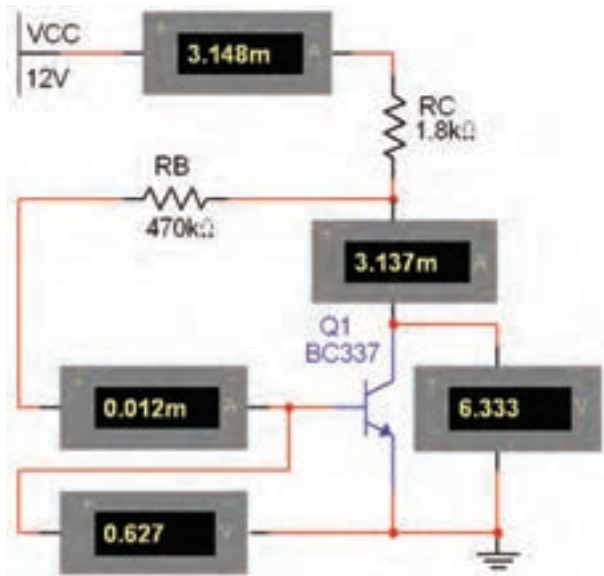
۲-۱-۱ برای این که ترانزیستور بتواند به صورت تقویت کننده‌هایی مانند سویچ عمل کند، باید ترانزیستور را از نظر dc تغذیه کنیم، اعمال ولتاژ به پایه‌های ترانزیستور را بایاسینگ ترانزیستور می نامند. مدار شکل ۲-۱ که مربوط به بایاسینگ مستقیم ترانزیستور است را روی میز آزمایشگاه مجازی ببندید و با استفاده از مولتی متر ولتاژ و جریان پایه‌های ترانزیستور را اندازه بگیرید.



شکل ۲-۱ مدار بایاسینگ مستقیم

$$\begin{array}{ll} V_{BE} = \dots\dots V & V_{CE} = \dots\dots V \\ I_B = \dots\dots mA & I_C = \dots\dots mA \end{array}$$

۲-۱-۲ نوع دیگری از انواع بایاسینگ، بایاس با مقاومت کلکتور بیس یا خودکار (اتوماتیک) است. مدار شکل ۲-۲ را ببینید. ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۲-۲ مدار بایاسینگ اتوماتیک (خودکار)

$$\begin{aligned} I_B &= \dots\dots \text{mA} & I_C &= \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} &= \dots\dots \text{V} & V_{CE} &= \dots\dots \text{V} \\ V_B &= \dots\dots \text{V} & I_E &= \dots\dots \text{mA} \\ V_E &= \dots\dots \text{V} \end{aligned}$$

سؤال ۵: مزیت مدار بایاس با مقاومت کلکتور بیس را در مقایسه با مدار بایاس مستقیم شرح دهید.



سؤال ۶: چه رابطه‌ای بین جریان‌های مدار برقرار است؟

بنویسید.



سؤال ۱: اشکال مدار بایاسینگ مستقیم را توضیح دهید.



سؤال ۲: اگر مقدار مقاومت R_B را افزایش یا کاهش دهید چه تاثیری روی نقطه‌ی کار ترانزیستور می‌گذارد؟ تجربه کنید و نتیجه را شرح دهید.



سؤال ۳: به نظر شما آیا با کاهش مقاومت بیس، جریان بیس افزایش می‌یابد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، چه تاثیری بر جریان کلکتور و V_{CE} دارد؟ روی نرم‌افزار اجرا کنید و توضیح دهید.



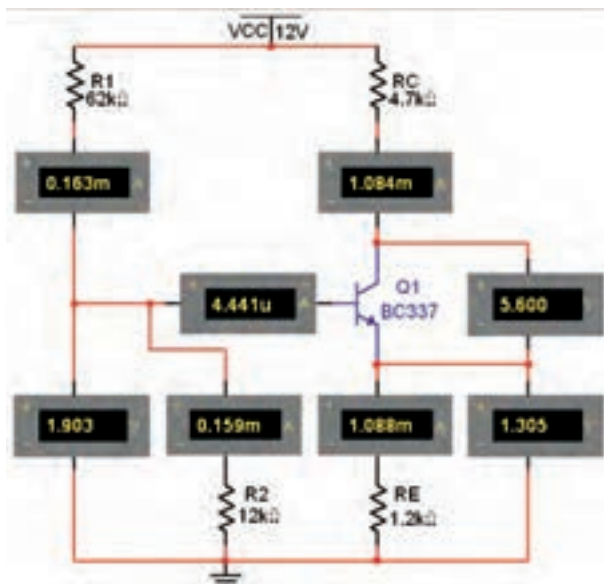
سؤال ۴: آیا افزایش جریان کلکتور بر میزان حرارت ایجاد شده در ترانزیستور اثر می‌گذارد؟ در صورتی که جواب مثبت است، چه اشکالی برای ترانزیستور ایجاد می‌کند؟ شرح دهید.



نکته:

در درجه‌ی حرارت‌های پایین می‌توان از مدار بایاسینگ مستقیم استفاده کرد.



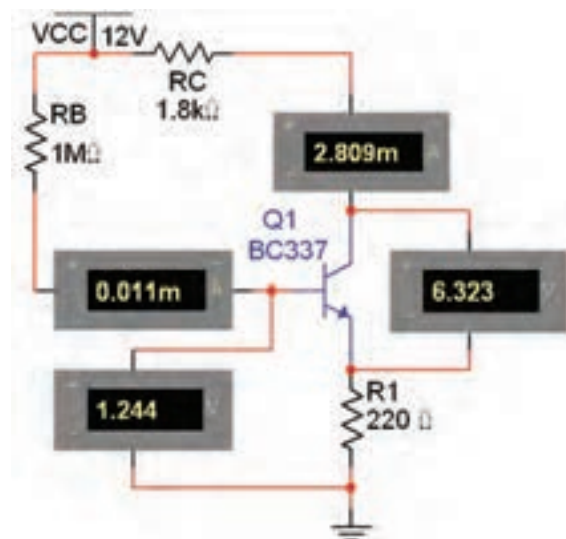


شکل ۲-۴ مدار بایاسینگ با تقسیم‌کننده مقاومتی

سؤال ۷: اگر مقاومت بیس را افزایش دهید چه تغییری در مدار ایجاد می‌شود؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.



۲-۱-۳ مدار شکل ۲-۳ مدار بایاسینگ با فیدبک در امیتر است. برای جلوگیری از تأثیر حرارت روی نقطه‌ی کار ترانزیستور، یک مقاومت را در امیتر قرار می‌دهند. مدار شکل ۲-۳ را ببندید و ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه بگیرید.



شکل ۲-۳ مدار بایاسینگ با فیدبک در امیتر

$$\begin{aligned} V_{BE} &= \dots\dots V & V_{CE} &= \dots\dots V \\ I_B &= \dots\dots \text{mA} & I_C &= \dots\dots \text{mA} \end{aligned}$$

۲-۱-۴ یکی دیگر از روش‌های بایاسینگ برای ایجاد ثبات حرارتی بیش‌تر، بایاس با تقسیم‌کننده ولتاژ مقاومتی (سرخود) است. مدار بایاسینگ با تقسیم‌کننده مقاومتی را مطابق شکل ۲-۴ ببندید و ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه بگیرید.



$$\begin{aligned} I_B &= \dots\dots \text{mA} & I_C &= \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} &= \dots\dots \text{V} & V_{CE} &= \dots\dots \text{V} \\ V_B &= \dots\dots \text{V} & I_E &= \dots\dots \text{mA} \end{aligned}$$



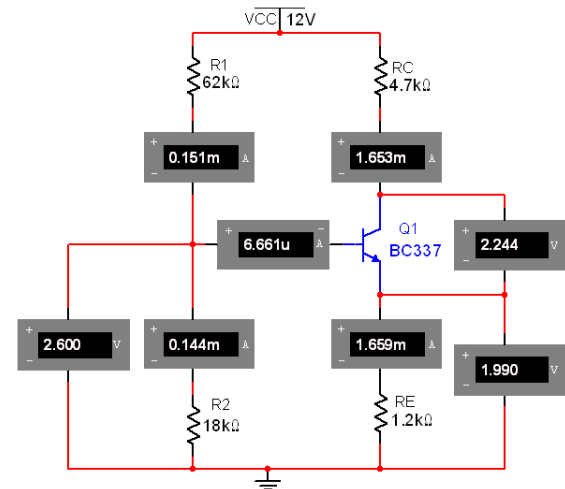
نکته: مدار بایاسینگ با تقسیم‌کننده مقاومتی (سرخود) از ثبات حرارتی بالایی برخوردار است.

سؤال ۸: اگر مقاومت R_E در مدار شکل ۲-۴ کاهش یابد، چه تأثیری بر روی جریان بیس و جریان کلکتور می‌گذارد؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

سؤال ۹: اگر مقاومت R_p در مدار شکل ۴-۲ افزایش یابد، چه تأثیری بر روی جریان بیس و جریان کلکتور می گذارد؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.



۲-۱-۵ مقاومت R_p را در مدار شکل ۵-۲ زیاد کرده ایم. مدار را ببندید و ولتاژها و جریان های مدار را اندازه گیری کنید. مقادیر اندازه گیری شده در این مرحله را با مرحله ی ۴-۲-۱ مقایسه نمایید و نتیجه ی آن را بنویسید.



شکل ۵-۲ مدار بایاسینگ با تقسیم کننده ی مقاومتی در حالت افزایش مقاومت R_p

$$\begin{array}{ll} I_B = \dots\dots \text{mA} & I_C = \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} = \dots\dots \text{V} & V_{CE} = \dots\dots \text{V} \\ V_B = \dots\dots \text{V} & I_E = \dots\dots \text{mA} \end{array}$$

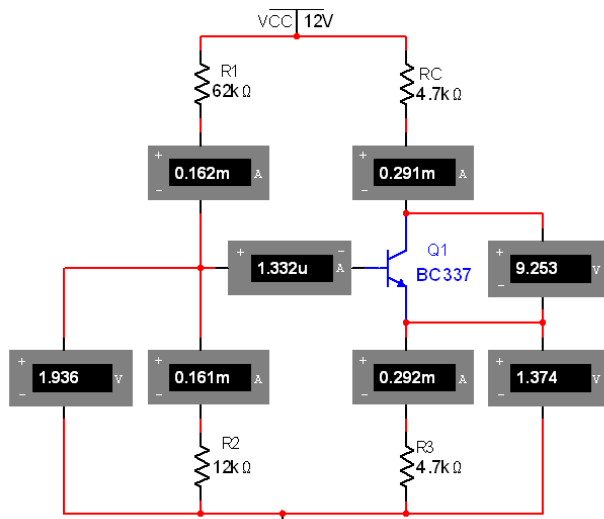


تمرین ۱: اندازه ی مقاومت کلکتور را افزایش دهید و تأثیر آن را بر روی مقادیر ولتاژ و جریان پایه های ترانزیستور بررسی

کنید و نتیجه ی آن را بنویسید.



۲-۱-۶ در مدار شکل ۶-۲ مقاومت امیتر را افزایش داده ایم. با اندازه گیری ولتاژ و جریان پایه های ترانزیستور اثر این افزایش را مشاهده کنید و نتیجه ی تغییرات ولتاژ و جریان را نسبت به مدار شکل ۴-۲ بنویسید.



شکل ۶-۲ تأثیر افزایش مقاومت امیتر بر عملکرد مدار

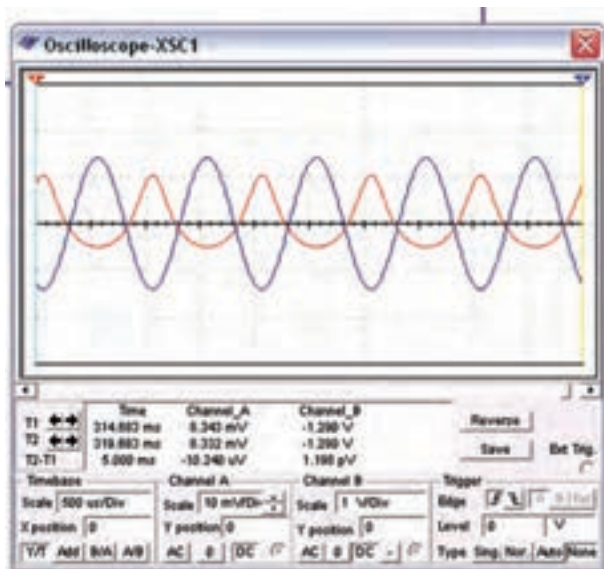
$$\begin{array}{ll} I_B = \dots\dots \text{mA} & I_C = \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} = \dots\dots \text{V} & V_{CE} = \dots\dots \text{V} \\ V_B = \dots\dots \text{V} & I_E = \dots\dots \text{mA} \end{array}$$



تمرین ۲: مقاومت امیتر را کاهش دهید و تأثیر آن را بر روی ولتاژ و جریان پایه های ترانزیستور بررسی کنید و نتیجه را بنویسید.



۲-۲-۴ ولتاژ منبع تغذیه‌ی DC را کاهش دهید و تأثیر آن را بر روی شکل موج خروجی مدار شکل ۲-۷ ملاحظه کنید. اثر این تغییر در شکل ۲-۹ نشان داده شده است.



شکل ۲-۹ شکل موج خروجی مدار تقویت کننده پس از کاهش ولتاژ تغذیه

سؤال ۱۰: پس از کاهش ولتاژ تغذیه در مدار تقویت کننده‌ی امیتر مشترک، چه اشکالی در شکل موج خروجی به وجود می‌آید؟ چرا؟ توضیح دهید.



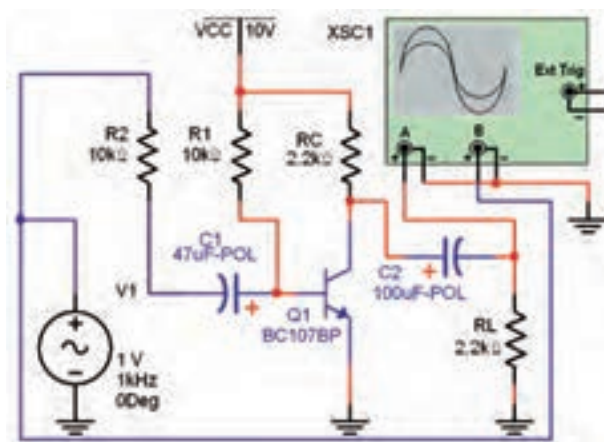
تمرین ۳: ولتاژ تغذیه‌ی مدار شکل ۲-۷ را افزایش دهید و تأثیر آن را بر روی شکل موج خروجی مشاهده کنید و نتیجه را بنویسید.



۲-۲ آزمایش ۲: مدار تقویت کننده

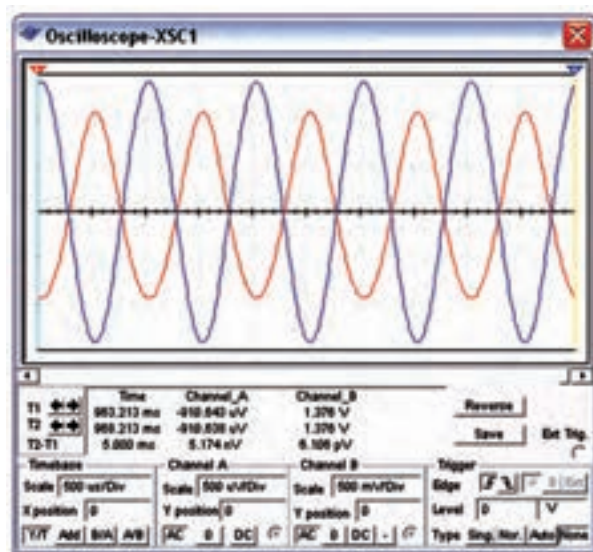
۲-۲-۱ برای تقویت ولتاژ یا جریان یک سیگنال الکتریکی لازم است مدار را از نظر ولتاژ DC (یکی از انواع بایاسینگ) به طور صحیح تغذیه کنیم، پس از بایاسینگ می‌توانیم با اعمال سیگنال به ورودی مدار، سیگنال تقویت شده از خروجی تقویت کننده را دریافت کنیم.

۲-۲-۲ شکل ۲-۵ مدار یک نمونه تقویت کننده‌ی امیتر مشترک را نشان می‌دهد. مدار را ببینید و شکل موج ورودی منبع و خروجی مدار را مشاهده کنید.



شکل ۲-۷ تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

۲-۲-۳ در شکل ۲-۸، شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار تقویت کننده‌ی امیتر مشترک را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۸ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

۲-۳ آزمایش ۳: مدار تقویت کنندهی امیتر مشترک

و یادداشت کنید. مقادیر به دست آمده در این مرحله را با مقادیر مرحله ی ۲-۳-۱ مقایسه کنید و نتیجهی مقایسه را بنویسید.

$$\begin{array}{ll} I_B = \dots\dots \text{mA} & I_C = \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} = \dots\dots \text{V} & V_{CE} = \dots\dots \text{V} \\ V_B = \dots\dots \text{V} & I_E = \dots\dots \text{mA} \end{array}$$



۲-۳-۳ دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی مدار وصل کنید و دامنهی پیک تو پیک ورودی را اندازه بگیرید. با استفاده از رابطه ی: $A_v = \frac{V_{OP-P}}{V_{IP-P}}$ مقدار بهرهی ولتاژ را در حالت بی باری به دست آورید.

$$A_v = \dots\dots\dots$$

۲-۳-۴ مقاومت بار را به مدار متصل کنید و بهرهی ولتاژ را در حالت بار داری به دست آورید.

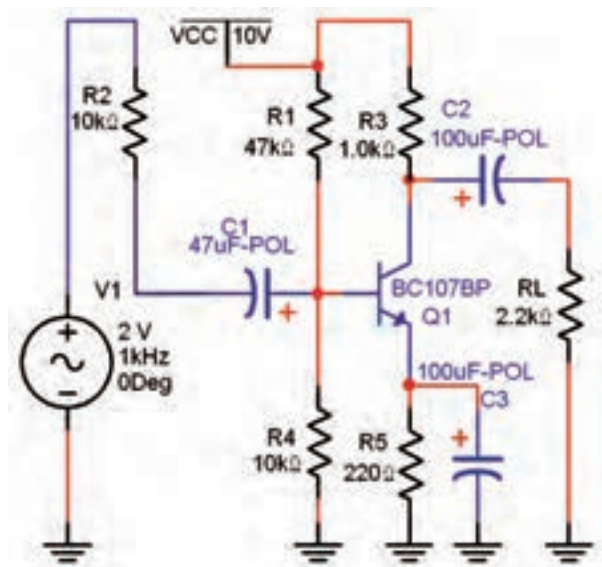
$$A_v = \dots\dots\dots$$

۲-۳-۵ مقادیر بهره های ولتاژ اندازه گیری شده را در دو حالت بی باری و بار داری با هم مقایسه کنید و در مورد آن توضیح دهید.



۲-۳-۶ جریان بار و جریان ورودی را به وسیلهی اسیلوسکوپ اندازه گیری کنید و ضریب بهرهی جریان را به دست آورید.

۲-۳-۱ مدار تقویت کنندهی امیتر مشترک نشان داده شده، در شکل ۲-۱۰ را ببینید. در این مرحله مقاومت بار و سیگنال ژنراتور به مدار اتصال ندارد. با استفاده از مولتی متر مشخصات نقطه ی کار مدار را اندازه گیری کنید و مقادیر را بنویسید.



شکل ۲-۱۰ مدار تقویت کنندهی امیتر مشترک

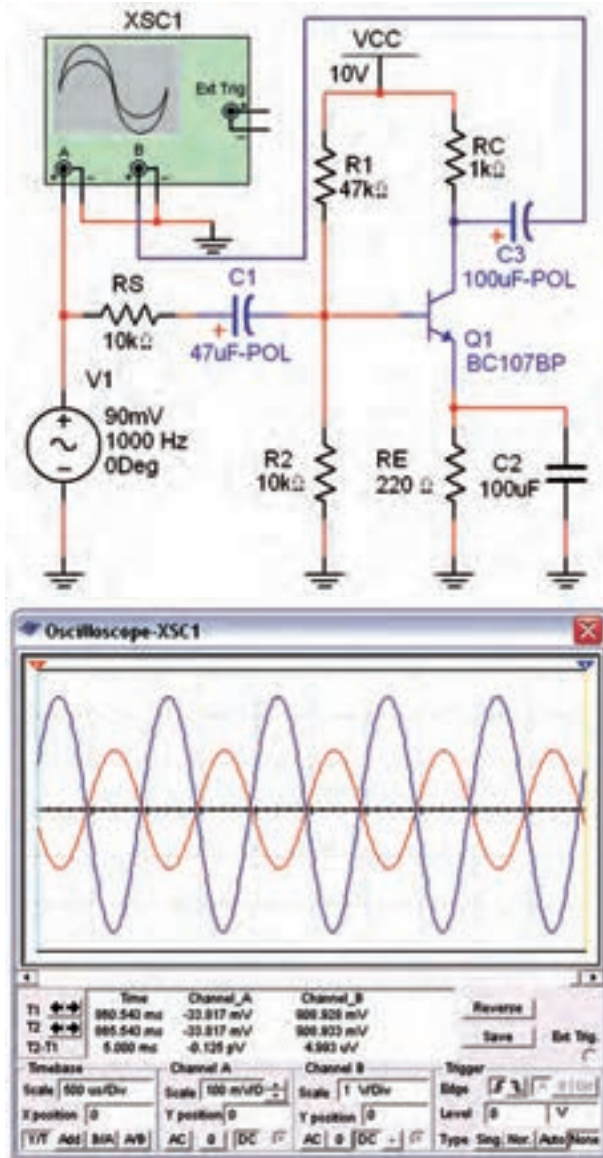
$$\begin{array}{ll} I_B = \dots\dots \text{mA} & I_C = \dots\dots \text{mA} \\ V_{BE} = \dots\dots \text{V} & V_{CE} = \dots\dots \text{V} \\ V_B = \dots\dots \text{V} & I_E = \dots\dots \text{mA} \end{array}$$

سؤال ۱۱: آیا مقدار ولتاژ کلکتور امیتر، نصف ولتاژ منبع تغذیه است؟ توضیح دهید. در این شرایط ترانزیستور در چه کلاسی قرار دارد؟



۲-۳-۲ سیگنال ژنراتور را به مدار شکل ۲-۱۰ وصل کنید. دستگاه اسیلوسکوپ را به خروجی مدار متصل نمائید و دامنه ی سیگنال ژنراتور را آن قدر تغییر دهید تا دامنه ی سیگنال خروجی روی ۵ ولت پیک تو پیک تنظیم شود. در این حالت مقاومت بار را به مدار اتصال ندهید. بار دیگر توسط مولتی متر، مشخصات نقطه ی کار مدار را اندازه بگیرید

خروجی را روی صفحه‌ی نمایش دستگاه مشاهده نمایید.



شکل ۱۱-۲ مدار تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک و شکل موج‌های ورودی و خروجی

سؤال ۱۳: آیا در مدار امیتر مشترک بین شکل موج ورودی و خروجی اختلاف فازی وجود دارد؟ چند درجه؟ توضیح دهید.



۲-۳-۹ خازن بای‌پس را از مدار خارج کنید. با استفاده از شکل موج‌های ورودی و خروجی ضریب بهره‌ی ولتاژ

توجه: جریان بار را از رابطه‌ی $I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L}$ و جریان ورودی را از رابطه‌ی $I_i = \frac{V_{R_s}}{R_s} = \frac{V_s - V_i}{R_s}$ به دست آورید.
 $R_r = R_s$
 $V_i = V_s$

$$A_i = \frac{I_L}{I_i} = \dots\dots$$

۲-۳-۷ مقاومت ورودی تقویت‌کننده را از رابطه‌ی:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i}$$

اندازه بگیرید و مقادیر را بنویسید. مقادیر

V_{OFL} و V_{ONL} را اندازه بگیرید و مقاومت خروجی را از

$$R_o = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}}$$

رابطه‌ی محاسبه کنید.

$$R_o = \dots\dots\Omega \quad R_i = \dots\dots\Omega$$

سؤال ۱۲: آیا مقادیر به دست آمده برای ضریب بهره‌ی ولتاژ، ضریب بهره‌ی جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی در مدار امیتر مشترک با مقادیر تئوری که در کتاب الکترونیک عمومی ۲ آموخته‌اید، مطابقت دارد؟ توضیح دهید.



۲-۳-۸ دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی و خروجی

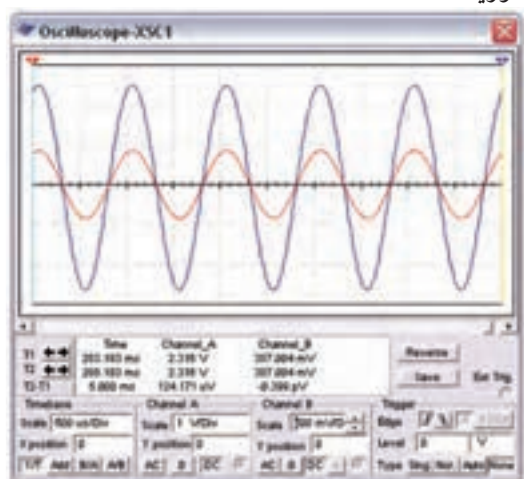
مدار شکل ۱۱-۲ وصل کنید و شکل موج‌های ورودی و

مدار را به دست آورید.

$$A_v = \dots\dots\dots$$

سؤال ۱۴: آیا ضریب بهره‌ی ولتاژ نسبت به مرحله‌ی

۲-۳-۴ تغییری کرده است؟ توضیح دهید.



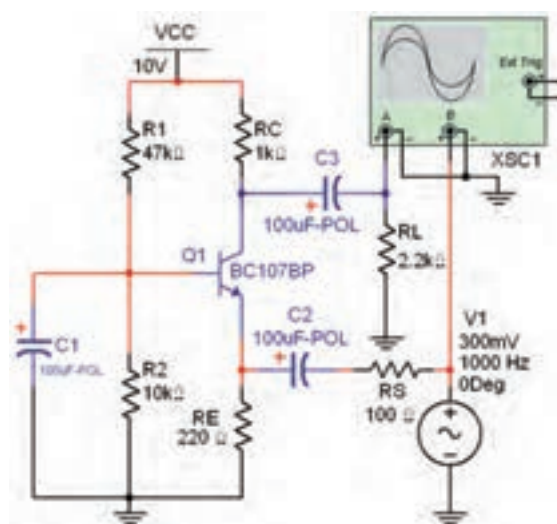
شکل ۱۳-۲ شکل موج‌های ورودی و خروجی در مدار بیس مشترک

$$V_{iP-P} = \dots\dots\dots V_{oP-P} = \dots\dots\dots$$

$$A_v = \frac{V_{oP-P}}{V_{iP-P}} = \dots\dots\dots$$

سؤال ۱۵: آیا در مدار بیس مشترک بین شکل موج ورودی

و خروجی اختلاف فاز وجود دارد؟ چند درجه؟ توضیح دهید.



شکل ۱۲-۲ مدار تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

$$V_{BE} = \dots\dots\dots V \quad V_{CE} = \dots\dots\dots V$$

$$I_B = \dots\dots\dots mA \quad I_C = \dots\dots\dots mA$$

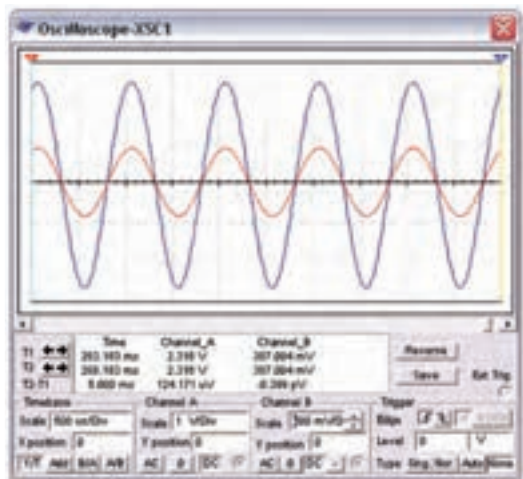
۲-۴-۲ در شکل ۱۳-۲ شکل موج‌های ورودی و

خروجی مدار تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک را نشان داده‌ایم.

با استفاده از نرم‌افزار دامن‌ی سیگنال ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و مقادیر را بنویسید. ضریب بهره‌ی ولتاژ را به

سؤال ۱۶: آیا مقادیر به دست آمده برای ضریب بهره‌ی

ولتاژ، ضریب بهره‌ی جریان، مقاومت ورودی و مقاومت



شکل ۲-۱۵ شکل موج‌های ورودی و خروجی تقویت‌کنندهی کلکتور مشترک

$$V_{iP-P} = \dots\dots\dots V_{OP-P} = \dots\dots\dots$$

$$A_V = \frac{V_{OP-P}}{V_{iP-P}} = \dots\dots\dots$$

۱۶۵

سؤال ۱۷: آیا در مدار تقویت‌کنندهی کلکتور مشترک ضریب بهره‌ی ولتاژ بیشتر از یک است؟ در صورت منفی بودن پاسخ، این مدار چه کمیتی را تقویت می‌کند؟ توضیح دهید.



۲-۵-۳ مقدار جریان بار را با استفاده از آمپر متر AC اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$I_L = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۲-۵-۴ ولتاژ دو سر مقاومت R_S را اندازه بگیرید و مقدار جریان ورودی را از رابطه‌ی $I_i = \frac{V_{R_S}}{R_S}$ محاسبه کنید. با استفاده از جریان ورودی و خروجی ضریب بهره‌ی جریان را به دست آورید.

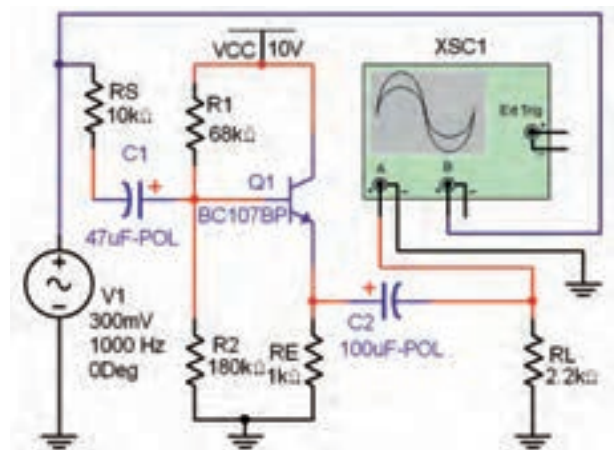
$$I_i = \dots\dots\dots \text{mA} \quad A_I = \frac{I_L}{I_i} = \dots\dots\dots$$

خروجی در مدار بیس مشترک با مقادیر تئوری که در کتاب الکترونیک عمومی ۲ آموخته‌اید، مطابقت دارد؟ توضیح دهید.



۲-۵ آزمایش ۵: تقویت‌کنندهی کلکتور مشترک

۲-۵-۱ مدار تقویت‌کنندهی کلکتور مشترک شکل ۲-۱۴ را ببینید. با استفاده از مولتی‌متر مقادیر نقطه‌ی کار تقویت‌کننده را به دست آورید.



شکل ۲-۱۴ مدار تقویت‌کنندهی کلکتور مشترک

$$V_{BE} = \dots\dots\dots \text{V} \quad I_B = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$I_C = \dots\dots\dots \text{mA} \quad V_{CE} = \dots\dots\dots \text{V}$$

۲-۵-۲ دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی و خروجی مدار وصل کنید و دامنه‌ی سیگنال ورودی و خروجی را با استفاده از شکل ۲-۱۵ اندازه‌گیری نمایید. بهره‌ی ولتاژ را محاسبه کنید و مقادیر را یادداشت کنید.

۲-۵-۵ ولتاژ ورودی را اندازه بگیرید و مقدار R_i را از

رابطه‌ی: $R_i = \frac{V_i}{I_i}$ به دست آورید.

$$R_i = \dots\dots\dots \Omega$$

۲-۵-۶ ولتاژ خروجی را در دو حالت بدون بار و با

بار اندازه بگیرید. مقدار مقاومت خروجی تقویت کننده را

با استفاده از رابطه‌ی: $R_o = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}}$ محاسبه

کنید.

$$R_o = \dots\dots\dots \Omega$$

سؤال ۱۸: آیا مقادیر به دست آمده برای ضریب بهره‌ی

ولتاژ، ضریب بهره‌ی جریان، مقاومت ورودی و مقاومت

خروجی در مدار کلکتور مشترک با مقادیر تئوری که در

کتاب الکترونیک عمومی ۲ آموخته‌اید، مطابقت دارد؟

توضیح دهید.

۱۶۶



۲-۵-۷ با توجه به شکل ۲-۱۵ آیا بین شکل موج

ورودی و خروجی اختلاف فازی وجود دارد؟ توضیح دهید.



« فصل سوم »

ترانزیستورهای اثر میدان

(مطابق فصل سوم کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی:

آزمایش نرم‌افزاری ترانزیستورهای اثر میدان و کاربرد آن با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

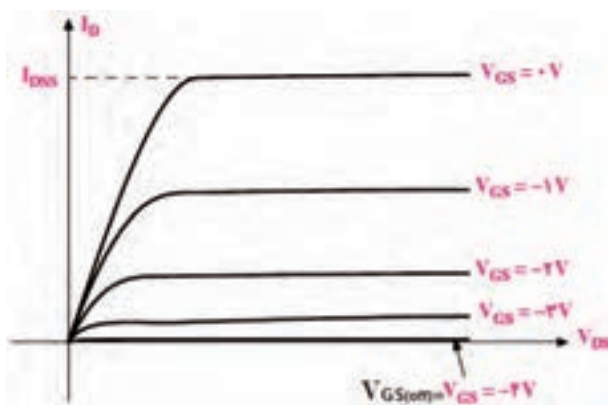
هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۵- نقطه‌ی کار JFET را در مدار تأمین بایاس با روش تقسیم ولتاژ در نرم‌افزار به دست آورد.
- ۶- مقدار بهره‌ی ولتاژ و اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی تقویت‌کننده‌ی سورس مشترک را به وسیله‌ی اسیلوسکوپ در نرم‌افزار اندازه‌گیری کند.
- ۷- مدار تقویت‌کننده‌ی گیت مشترک را ببندد و بهره‌ی ولتاژ مدار را به دست آورد.
- ۸- مدار تقویت‌کننده‌ی درین مشترک را ببندد و بهره‌ی ولتاژ و اختلاف فاز را اندازه‌گیری کند.

- ۱- منحنی مشخصه‌های خروجی و انتقالی ترانزیستور JFET را مشاهده کند.
- ۲- ولتاژ و جریان‌های مورد نیاز در انواع بایاسینگ ترانزیستور JFET را با استفاده از نرم‌افزار اندازه‌گیری کند.
- ۳- مدار تأمین بایاس ثابت ترانزیستور JFET را با نرم‌افزار ببندد.
- ۴- نقطه‌ی کار JFET را در مدار بایاس سرخود در نرم‌افزار اندازه‌گیری کند.

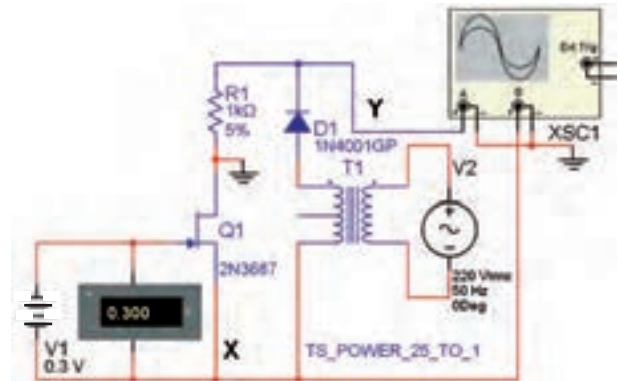
۳-۱ آزمایش ۱: منحنی مشخصه‌های ترانزیستور JFET



شکل ۳-۱ منحنی مشخصه‌ی خروجی JFET

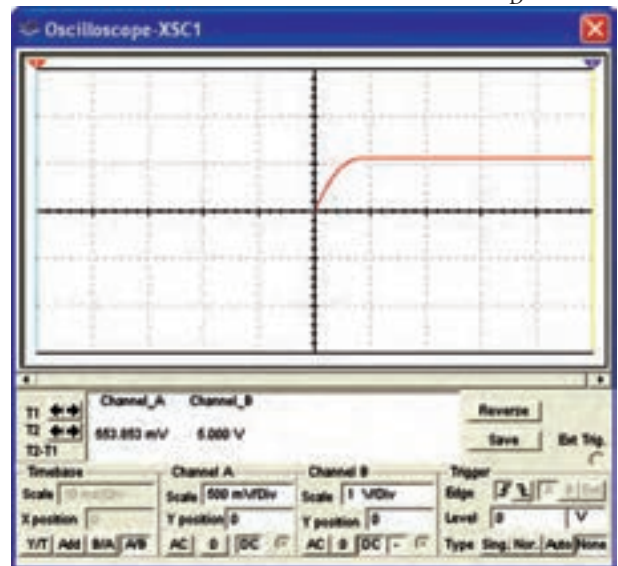
۳-۱-۱ در ترانزیستور JFET تغییرات جریان درین وابسته به تغییرات دو عامل V_{DS} و V_{GS} است. منحنی مشخصه‌ی خروجی JFET شکل ۳-۱، تغییرات I_D بر حسب V_{DS} با پنج مقدار V_{GS} که در هر مرحله ثابت در نظر گرفته شده است را نشان می‌دهد.

۳-۱-۲ برای مشاهده‌ی منحنی مشخصه‌ی خروجی JFET مدار شکل ۳-۲ را ببینید.



شکل ۳-۲ مدار عملی جهت مشاهده‌ی منحنی مشخصه‌ی خروجی JFET

۳-۱-۳ شکل ۳-۳ منحنی مشخصه‌ی ترانزیستور را در ربع اول صفحه‌ی نمایش اسیلوسکوپ نشان می‌دهد. چنانچه دکمه‌ی CHinv را فعال نکنید منحنی مشخصه در ربع دوم ظاهر می‌شود زیرا ولتاژ صفحات انحراف X اسیلوسکوپ نسبت به زمین منفی‌تر است و جریان I_D از مقاومت $R_D = 1K\Omega$ عبور می‌کند.



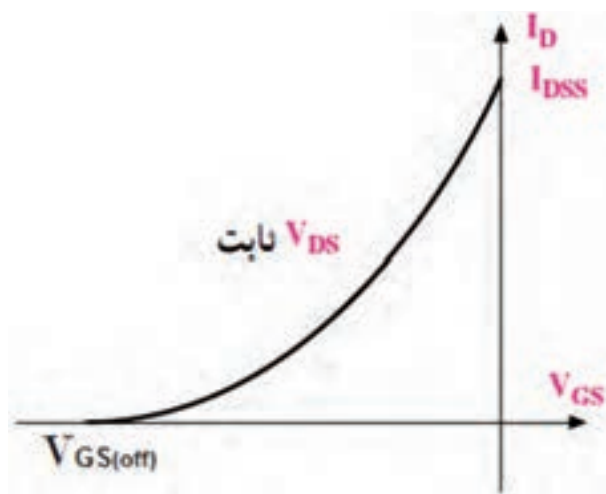
شکل ۳-۳ منحنی مشخصه‌ی خروجی JFET در ربع اول جریان I_D از مقاومت $R_D = 1K\Omega$ عبور می‌کند و ولتاژ را برای کانال A (Y) تولید می‌کند. این ولتاژ اشعه را در جهت عمودی به صفحه‌ی اسیلوسکوپ منحرف می‌کند. ولتاژ کانال B (X) همان ولتاژ درین - سورس V_{DS} است.

برای به دست آوردن جریان درین باید ولتاژ کانال A را بر مقاومت R_D تقسیم کنید.

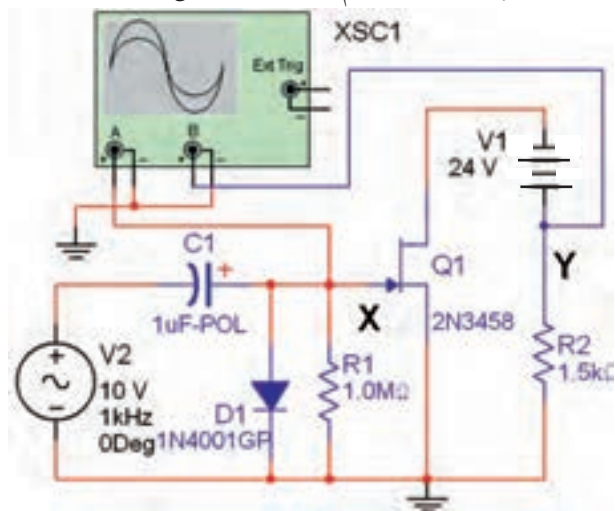
۳-۱-۴ در مدار شکل ۳-۲ ولتاژ V_{GS} را روی مقدار $V_{DS} = 2V$ ولت تنظیم کنید و جریان I_D را برای $V_{DS} = 2V$ اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{DS} = \dots\dots\dots V \quad I_D = \dots\dots\dots mA$$

۳-۱-۵ منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور JFET مطابق شکل ۳-۴ است. این منحنی تغییرات جریان I_D را بر حسب ولتاژ معکوس V_{GS} در حالتی که V_{DS} ثابت است نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴ منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور JFET برای مشاهده‌ی منحنی مشخصه‌ی انتقالی روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ موجود در نرم‌افزار، مدار شکل ۳-۵ را ببینید.



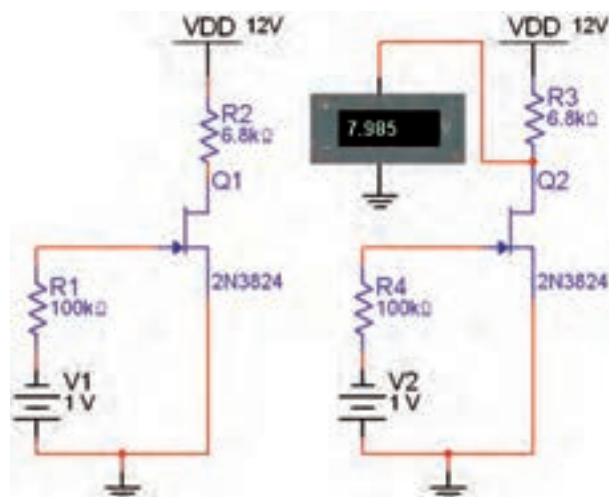
شکل ۳-۵ مدار عملی جهت مشاهده‌ی منحنی مشخصه‌ی انتقالی

در این مدار به دلیل این که مقاومت ورودی ترانزیستور JFET خیلی بزرگ است از جریان گیت (I_G) که ناچیز است، می توانیم صرف نظر کنیم و بنویسیم:

$$V_{GS} + V_{GG} = 0 \quad V_{GS} = -V_{GG}$$

۳-۲-۲ مدار شکل ۳-۸ را بر روی میز کار نرم افزار

ببندید.



شکل ۳-۸ مدار عملی بایاس ثابت

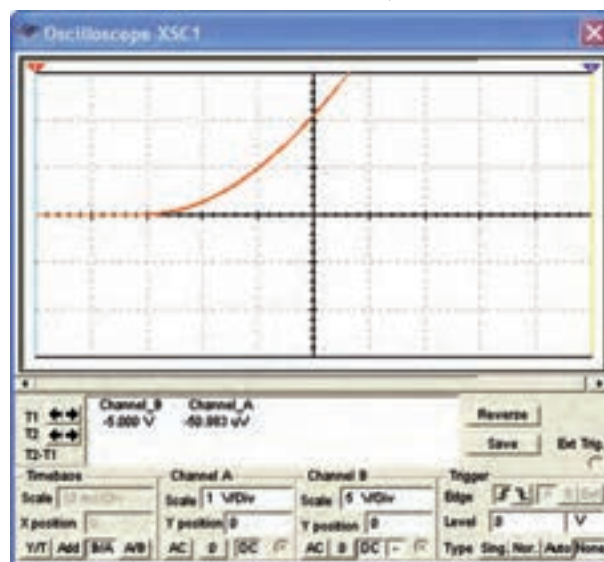
۳-۲-۳ با استفاده از مولتی متر DC ولتاژهای خواسته شده و جریان درین را مطابق جدول ۳-۱ اندازه گیری کنید و مقادیر را در جدول بنویسید.

جدول ۳-۱ مقادیر نقطه‌ی کار بایاس ثابت

واحد	مقدار	کمیت
		V_G
		V_S
		V_{GS}
		V_D
		I_D

۳-۲-۴ مدار شکل ۳-۹ بایاس سرخود ترانزیستور JFET را نشان می دهد.

۳-۱-۶ مدار شکل ۳-۵ را فعال کنید و اسیلوسکوپ را مطابق شکل ۳-۶ تنظیم کنید.



شکل ۳-۶ تنظیم اسیلوسکوپ جهت مشاهده‌ی دقیق منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور JFET

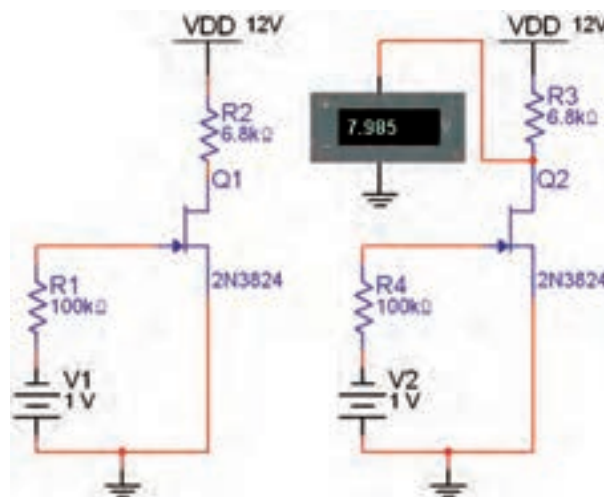
۳-۱-۷ مقدار ولتاژ گیت - سورس آستانه ($V_{GS(off)}$) و جریان درین - سورس اشباع (I_{DSS}) را اندازه گیری و یادداشت کنید.

$$V_{GS(off)} = \quad V \quad I_{DSS} = \quad \text{mA}$$

۳-۲ آزمایش ۲: بایاسینگ ترانزیستور JFET

۳-۲-۱ مدار بایاسینگ ثابت در شکل ۳-۷ نشان داده

شده است.



شکل ۳-۷ مدار بایاس ثابت

۳-۲-۶ مقادیر نقطه‌ی کار ترانزیستور را اندازه‌گیری کنید و مقادیر را در جدول ۳-۲ بنویسید.

جدول ۳-۲ مقادیر نقطه‌ی کار بایاس سرخود JFET

واحد	مقدار	کمیت
		V_G
		V_S
		V_{DS}
		V_D
		I_D
		I_S

۳-۲-۷ تغذیه‌ی JFET با روش تقسیم ولتاژ در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۱ مدار بایاس با تقسیم‌کننده‌ی ولتاژ JFET

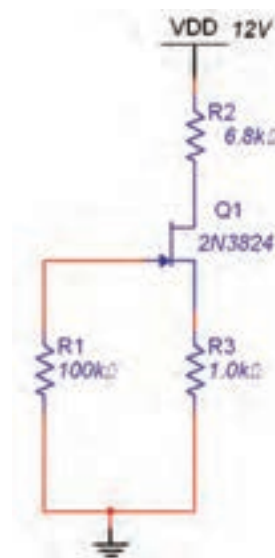
مقدار ولتاژ V_{GS} با توجه به روابط زیر به دست می‌آید:

$$V_{GS} = \frac{R_v}{R_1 + R_v} \cdot V_{DD}$$

$$V_{GS} = V_G - I_D R_S$$

میدانیم

ولتاژ V_G مثبت است. برای این که V_{GS} منفی شود باید مقدار R_S را طوری محاسبه کنیم که ولتاژ دو سر آن به حدی بیش از مقدار V_G برسد تا گیت به طور صحیح بایاس شود.



شکل ۳-۹ مدار بایاس سرخود JFET

در این بایاس $I_G = 0$ است بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

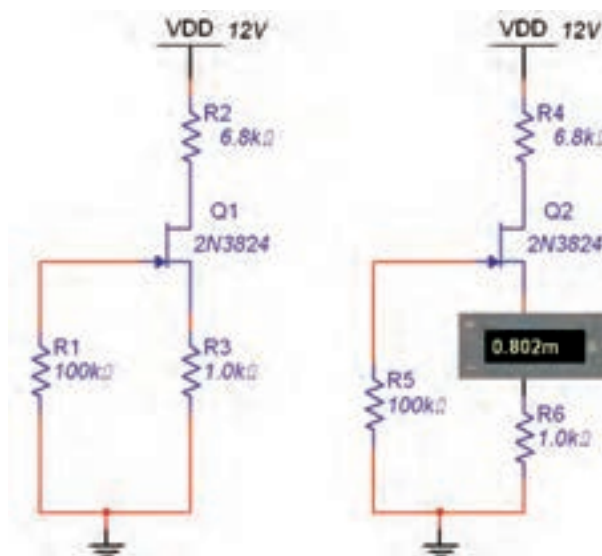
$$V_{GS} + R_S I_D = 0 \quad V_{GS} = -I_D R_S$$

۱۷۰

ولتاژ گیت سورس از ولتاژ معکوس سورس تأمین می‌شود.

۳-۲-۵ مدار بایاس سرخود JFET شکل ۳-۱۰ را بر

روی میز کار نرم‌افزار ببندید.



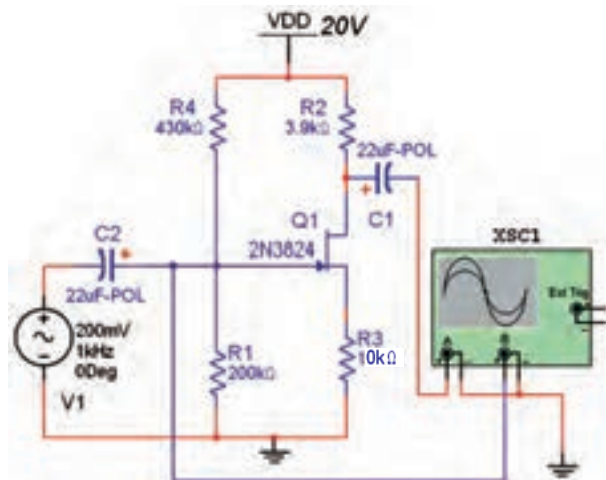
شکل ۳-۱۰ مدار عملی بایاس سرخود

برای هنرجویان علاقه‌مند:

سه نوع بایاس JFET را با هم مقایسه کنید. برتری‌های آنها را در مقایسه با هم بنویسید و موارد کاربرد آنها را شرح دهید.

۳-۳ آزمایش ۳: تقویت‌کننده با ترانزیستور JFET

۳-۳-۱ یکی از کاربردهای مهم ترانزیستورهای اثر میدان FET مدارهای تقویت‌کننده است. تقویت‌کننده‌های FET به صورت سورس مشترک، گیت مشترک و درین مشترک شکل می‌گیرد. در تقویت‌کننده سورس مشترک سیگنال ورودی به پایه‌ی گیت داده می‌شود و سیگنال خروجی تقویت شده از پایه‌ی درین دریافت می‌گردد. شکل ۳-۱۳ مدار تقویت‌کننده‌ی سورس مشترک را نشان می‌دهد.



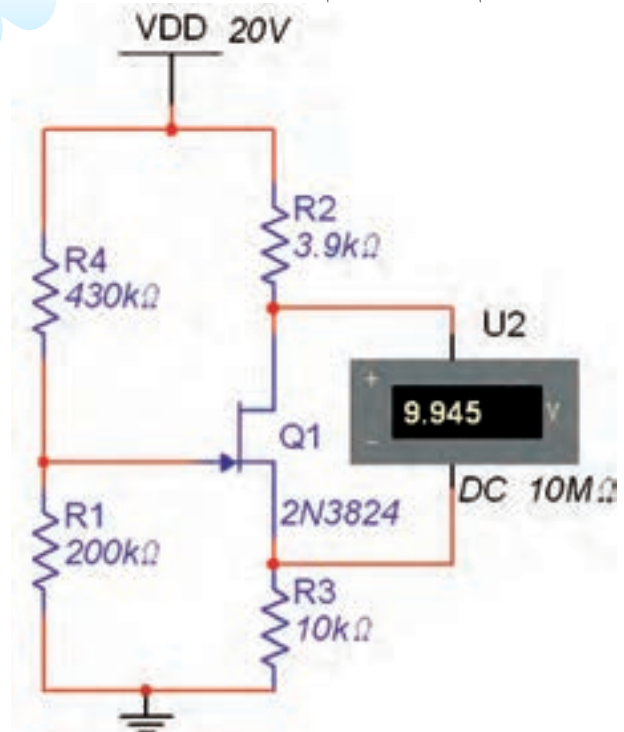
شکل ۳-۱۳ مدار تقویت‌کننده‌ی سورس مشترک

۳-۳-۲ مدار تقویت‌کننده‌ی سورس مشترک شکل ۳-۱۳ را ببینید.

۳-۳-۳ به وسیله‌ی اسیلوسکوپ شکل ۳-۱۴ مقدار پیک تا پیک سیگنال ورودی و خروجی تقویت شده را

۳-۲-۸ مدار بایاس با تقسیم ولتاژ JFET ۳-۱۲ را در

محیط کار نرم‌افزار مولتی‌سیم ببینید.



شکل ۳-۱۲ مدار عملی بایاس ولتاژ با تقسیم JFET

۳-۲-۹ با استفاده از مولتی‌متر DC مقادیر جریان و

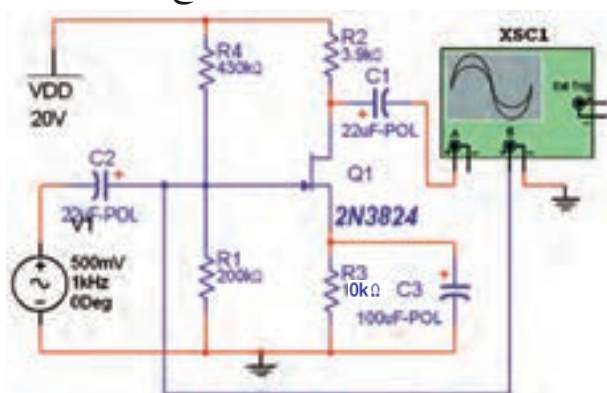
ولتاژهای خواسته شده در جدول ۳-۳ را اندازه‌گیری کنید و در آن بنویسید.

جدول ۳-۳ مقادیر ولتاژ نقطه‌ی کار در JFET با بایاس تقسیم ولتاژ

واحد	مقدار	کمیت
		V_G
		V_S
		V_{GS}
		V_{DS}
		V_D
		I_D
		I_S

اندازه گیری کنید و بنویسید.

۳-۳-۶ مدار شکل ۳-۱۵ را ببندید. دامنه ی سیگنال ورودی را به گونه ای تنظیم کنید، که دامنه ی سیگنال خروجی به حداکثر مقدار خود برسد و بدون اعوجاج باشد.



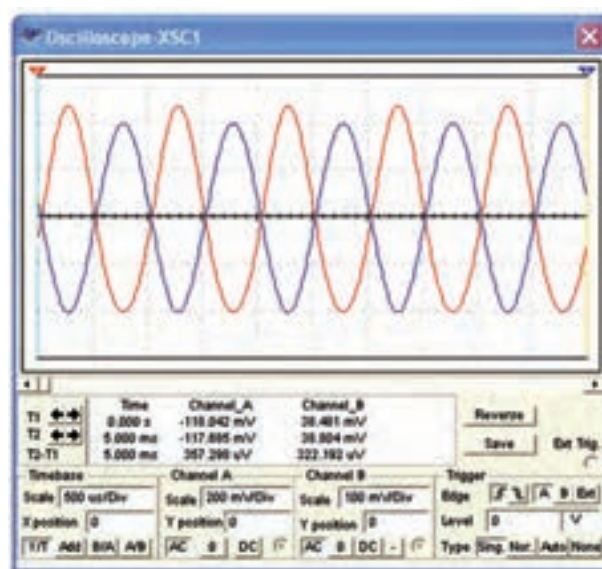
شکل ۳-۱۵ مدار تقویت کننده ی سورس مشترک با خازن بای پس (C_S)

۳-۳-۷ دامنه ی سیگنال ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و بهره ی ولتاژ مدار را محاسبه کنید.

$$V_{inP-P} = \dots\dots\dots V \quad V_{OP-P} = \dots\dots\dots V$$

$$A_V = \frac{V_{OP-P}}{V_{inP-P}} = \dots\dots\dots$$

سؤال ۱: بهره ی ولتاژ مدار شکل ۳-۱۵ را با بهره ی ولتاژ مدار شکل ۳-۱۳ مقایسه کنید و نتیجه ی مقایسه را بنویسید.



شکل ۳-۱۴ سیگنال های ورودی و خروجی تقویت کننده ی سورس مشترک (C_S)

$$V_{GP-P} = V_{inP-P} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{DP-P} = V_{OP-P} = \dots\dots\dots V$$

۳-۳-۴ با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده، بهره ی ولتاژ و اختلاف فاز سیگنال ورودی و خروجی مدار سورس مشترک را محاسبه کنید.

$$A_V = \frac{V_{OP-P}}{V_{inP-P}} = \dots\dots\dots, \quad \phi = \dots\dots\dots$$

۳-۳-۵ در تقویت کننده ی سورس مشترک جهت پایداری مدار در مقابل بروز نوسان از مقاومت R_S استفاده می کنیم که فیدبک منفی را به وجود می آورد. برای ایجاد فیدبک منفی، قسمتی از سیگنال خروجی روی مقاومت R_S افت می کند. این افت ولتاژ باعث کاهش بهره ی ولتاژ میشود. در بسیاری از موارد، مدار نیاز به فیدبک منفی ندارد و عملاً نوسان نمی کند. لذا کاهش بهره ی ولتاژ در مدار، نوعی عیب محسوب میشود. برای رفع این عیب خازن C_S را در مدار قرار می دهند تا مقاومت R_S را در سیگنال AC بای پس کند.

۱۷۳



۳-۳-۱۱ به وسیله ی اسیلوسکوپ دامنه ی پیک تا پیک سیگنال نقاط V_S و V_{in} را نسبت به نقطه ی زمین مدار اندازه گیری کند و مقدار آن را بنویسد.

$$V_{SP-P} = \dots\dots\dots V \quad V_{inP-P} = \dots\dots\dots V$$

۱۲-۳-۳ جریان ورودی مدار را از رابطه‌ی:

$$I_{in} = I_S = \frac{V_S - V_{in}}{R_s} \text{ محاسبه کنید.}$$

$$I_{in} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۱۳-۳-۳ مقاومت ورودی مدار را از رابطه‌ی:

محاسبه کنید. $R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}}$

$$R_{in} = \Omega$$

سؤال ۳: مقاومت ورودی تقویت کننده‌ی سورس مشترک با توجه به مدار معادل a_c و مقاومت بسیار زیاد گیت-Sورس JFET، تقریباً چه قدر است؟ شرح دهید.



شکل ۱۶-۳ اضافه کردن مقاومت بار R_L به مدار تقویت کننده

۳-۳-۹ ولتاژ خروجی بدون بار (V_{ONL}) و ولتاژ خروجی

با بار کامل (V_{OFL}) را با اسیلوسکوپ اندازه گیری کنید. سپس

با استفاده از رابطه‌ی: $R_O = R_L = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}}$ مقاومت

خروجی را به دست آورید.

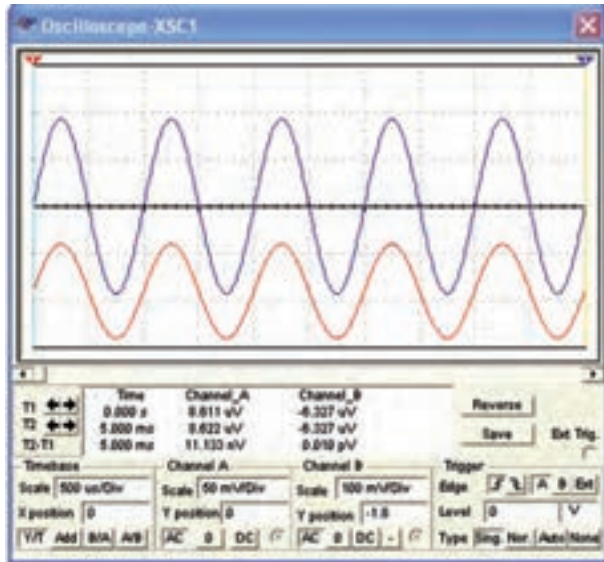
$$R_0 = \dots\dots\dots\Omega$$

سؤال ۲: آیا ولتاژ خروجی به دست آمده برای R_0

تقویت کننده‌ی سورس مشترک با مقدار طبیعی آن تقریباً انطباق دارد؟ شرح دهید.



۳-۳-۱۵ دامنه‌ی پیک تا پیک سیگنال ورودی و خروجی تقویت کننده را با اسیلوسکوپ شکل ۳-۲۰ اندازه گیری کنید و مقدار آن را بنویسید.



شکل ۳-۲۰ سیگنال‌های ورودی و خروجی مدار گیت مشترک

$$V_{S_{P-P}} = V_{in_{P-P}} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{D_{P-P}} = V_{O_{P-P}} = \dots\dots\dots V$$

۳-۳-۱۶ ضریب بهره‌ی ولتاژ و اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی تقویت کننده‌ی گیت مشترک را اندازه گیری و یادداشت کنید.

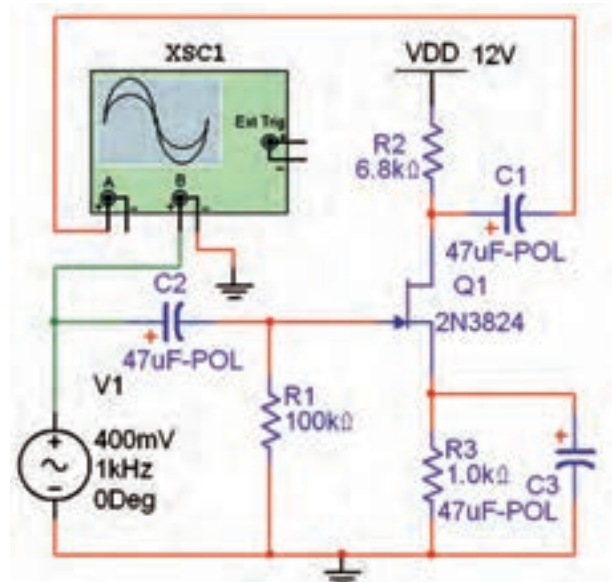
$$A_V = \frac{V_{O_{P-P}}}{V_{in_{P-P}}} = \dots\dots\dots, \phi = \dots\dots\dots$$

تمرین ۲: مقاومت خروجی تقویت کننده‌ی گیت مشترک تقریباً برابر با R_D است. یک مقاومت بار $R_L = 3/9K\Omega$ را به مدار تقویت کننده‌ی شکل ۳-۱۹ اضافه کنید و مقاومت خروجی آن را اندازه بگیرید.

$$R_O = \dots\dots\dots\Omega$$

۳-۳-۱۷ در مدار تقویت کننده‌ی درین مشترک یا سورس پیرو مطابق شکل ۳-۲۱، سیگنال ورودی را به پایه‌ی

تمرین ۱: مدار تقویت کننده‌ی سورس مشترک با بایاس سرخود شکل ۳-۱۸ را ببندید. سپس مقادیر R_{in} و A_V را اندازه گیری و یادداشت کنید.

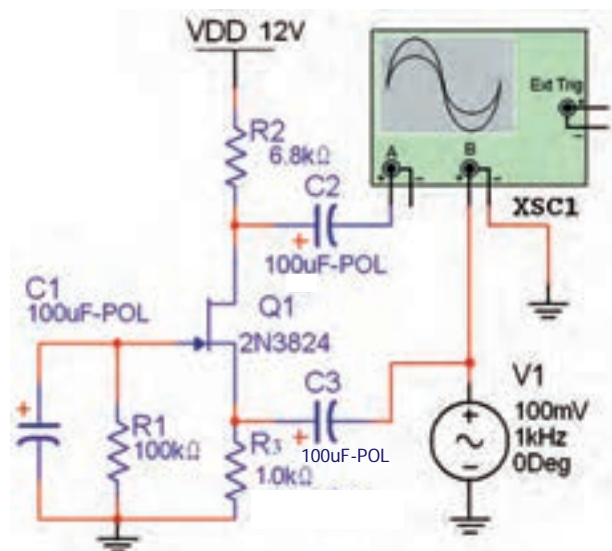


شکل ۳-۱۸ تقویت کننده‌ی سورس مشترک با بایاس سرخود

$$R_{in} = \dots\dots\dots\Omega \quad R_O = \dots\dots\dots\Omega$$

$$A_V = \dots\dots\dots$$

۳-۳-۱۴ تقویت کننده‌ی گیت مشترک برای تقویت دامنه‌ی ولتاژ در فرکانس بالا به کار می‌رود. مدار گیت مشترک شکل ۳-۱۹ را ببندید.



شکل ۳-۱۹ مدار تقویت کننده‌ی گیت مشترک (C.G)

$$V_{Gp-p} = V_{inp-p} = \dots V \quad V_{Sp-p} = V_{Op-p} = \dots V$$

$$A_v = \frac{V_{Op-p}}{V_{inp-p}} = \dots \quad \phi = \dots$$

سؤال ۴: از کدام منحنی مشخصه‌ی JFET می‌توان نواحی کار ترانزیستور JFET را به دست آورد؟



سؤال ۵: از منحنی مشخصه‌ی انتقالی کدام کمیت مربوط به ترانزیستور JFET به دست می‌آید؟



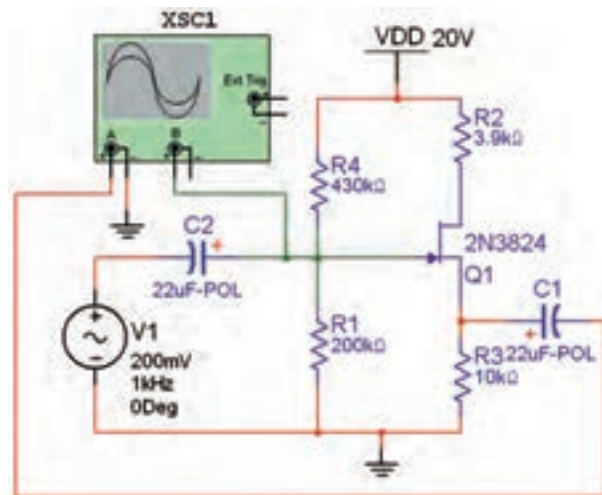
سؤال ۶: کدام تقویت کننده‌ی JFET تقویت کننده‌ی جریان است؟



سؤال ۷: تقویت کننده‌های ترانزیستوری اثر میدانی FET را با تقویت کننده‌های BJT از نظر بهره‌ی ولتاژ، مقاومت ورودی، مقاومت خروجی، بهره‌ی جریان و کاربرد با یکدیگر مقایسه کنید.

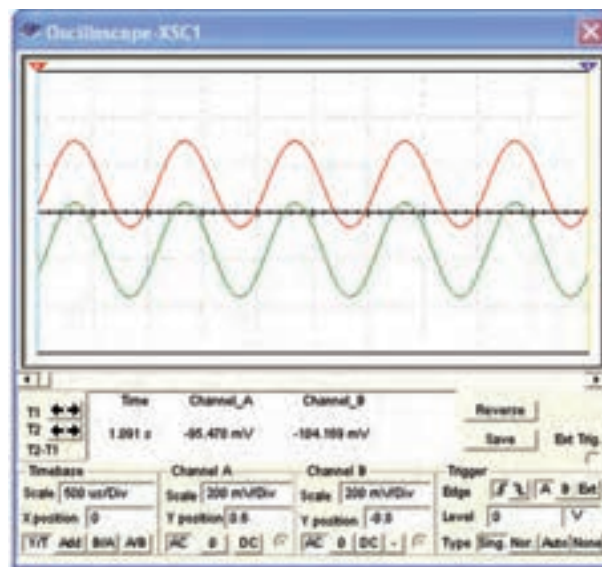


گیت می‌دهیم و سیگنال خروجی مدار را از پایه‌ی سورس می‌گیریم.



شکل ۳-۲۱ مدار تقویت کننده‌ی درین مشترک

۳-۳-۱۸ مدار تقویت کننده‌ی درین مشترک شکل ۳-۲۱ را در نرم افزار ببینید. با استفاده از اسیلوسکوپ مطابق شکل ۳-۲۲ مقادیر دقیق دامنه‌های ولتاژ ورودی و خروجی و اختلاف فاز بین آن دو را اندازه گیری کنید و بهره‌ی ولتاژ مدار را به دست آورید.



شکل ۳-۲۲ سیگنال‌های ورودی و خروجی مدار درین مشترک

« فصل چهارم »

تقویت کننده‌های چند طبقه

(مطابق فصل چهارم کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی :

تقویت کننده‌های چند طبقه، مدارهای زوج دارلینگتون و تقویت کننده‌های آبشاری با استفاده از BJT با کاربرد نرم افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- بهره‌ی تقویت کننده‌های چند طبقه را محاسبه کند.
- ۲- مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی را از نظر DC بررسی کند.
- ۳- شکل موج نقاط مختلف تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی را مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۴- سیگنال خروجی را در تقویت کننده‌های با فرکانس زیاد مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۵- سیگنال خروجی را در تقویت کننده‌های با فرکانس کم مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۶- مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری را از نظر DC بررسی کند.
- ۷- شکل موج نقاط مختلف تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری را مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۸- راندمان را در تقویت کننده‌ها با کوپلاژ ترانسفورماتوری بررسی کند.
- ۹- مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم را از نظر DC بررسی کند.
- ۱۰- شکل موج نقاط مختلف تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم را مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۱۱- جریان عبوری از پایه‌های ترانزیستورهای زوج دارلینگتون را اندازه گیری کند و رابطه‌ی $\beta_T = \beta_1 \times \beta_2$ را تحلیل کند.
- ۱۲- ولتاژ نقاط مختلف یک تقویت کننده‌ی آبشاری را اندازه گیری کند.

۱۷۶

مقاومت‌ها و خازن‌هایی در بین طبقات وجود دارد.

۴-۱ آزمایش ۱: تقویت کننده‌ی دو طبقه با

کوپلاژ خازنی

۴-۱-۱ مدارهای تقویت کننده‌ی چند طبقه که ارتباط بین طبقات به یکدیگر به وسیله‌ی خازن انجام می شود، را مدار با کوپلاژ خازنی می گویند. به کوپلاژ خازنی، کوپلاژ RC نیز گفته می شود. عبارت " کوپلاژ RC " نشان می دهد که

۴-۱-۲ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی شکل ۴-۱ را در فضای نرم افزاری ببینید و ولتاژ DC پایه‌های مختلف ترانزیستورها را توسط ولت متر اندازه گیری کنید.

سؤال ۱: آیا با تغییر مقادیر مقاومت‌های بایاس ترانزیستور Q_1 ، ولتاژ بایاس پایه‌های ترانزیستور Q_2 نسبت به مرحله ۴-۱-۲ تغییری کرده‌اند؟ توضیح دهید.



۴-۱-۴ مقادیر مقاومت‌های مربوط به ترانزیستور Q_2 را حدوداً دو برابر افزایش دهید. ولتاژ بایاس پایه‌های هر دو ترانزیستور را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

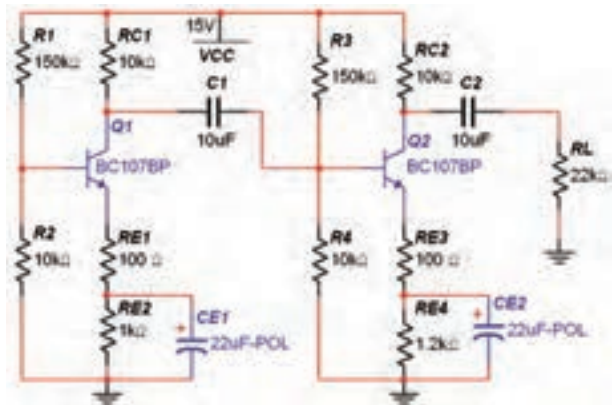
سؤال ۲: آیا با تغییر مقادیر مقاومت‌های ترانزیستور Q_2 ، ولتاژ پایه‌های ترانزیستور Q_1 نسبت به مرحله ۴-۱-۲ تغییری کرده‌اند؟ توضیح دهید.



سؤال ۳: نتیجه‌ای که از آزمایش مراحل ۴-۱-۳ و ۴-۱-۴ به دست آورده‌اید، به طور خلاصه بنویسید.



در کوپلاژ خازنی، طبقات از نظر DC از یکدیگر کاملاً تفکیک شده و جدا هستند.



شکل ۴-۱ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

۴-۱-۳ مقادیر مقاومت‌های بایاس ترانزیستور Q_1 را به حدود ۱/۵ برابر افزایش دهید. ولتاژ بایاس پایه‌های هر دو ترانزیستور را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

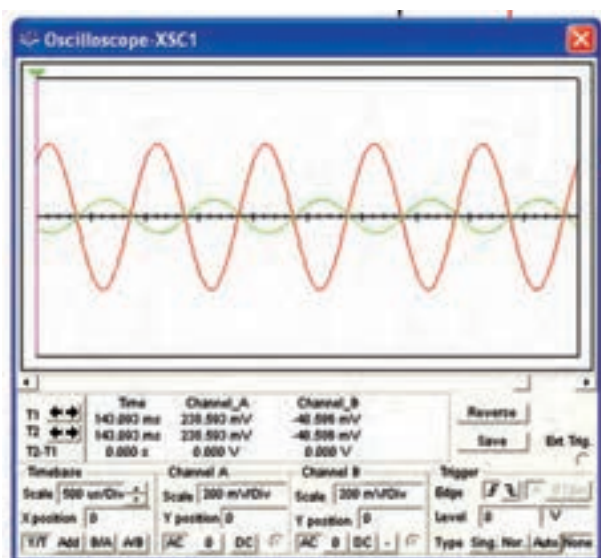
$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

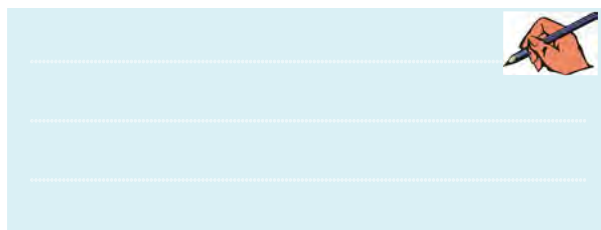
$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

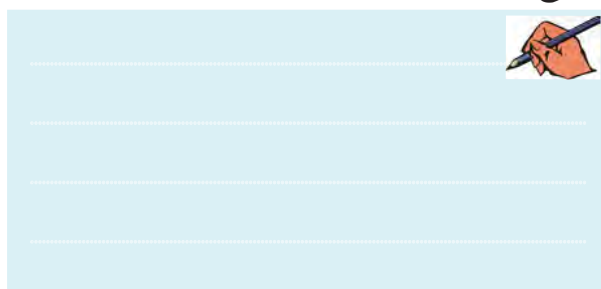


شکل ۴-۲ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی و شکل موج‌های خروجی هر دو طبقه

تمرین ۱: دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی مدار و خروجی طبقه‌ی آخر اتصال دهید و شکل موج‌های مربوطه را مشاهده کنید. آیا بین این دو شکل موج اختلاف فازی وجود دارد؟ توضیح دهید.



تمرین ۲: دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی مدار و خروجی طبقه‌ی اول اتصال دهید و شکل موج‌های مربوطه را مشاهده کنید. آیا بین این دو شکل موج اختلاف فازی وجود دارد؟ توضیح دهید.



۴-۱-۵ خازن کوپلاژ C_p را از مدار قطع کنید. یعنی دو طبقه را از لحاظ تغذیه‌ی DC از یکدیگر جدا نمایید. ولتاژ پایه‌های هر دو ترانزیستور را اندازه‌گیری کنید و نتیجه را با مقادیر اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی ۲-۱-۴ مقایسه کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

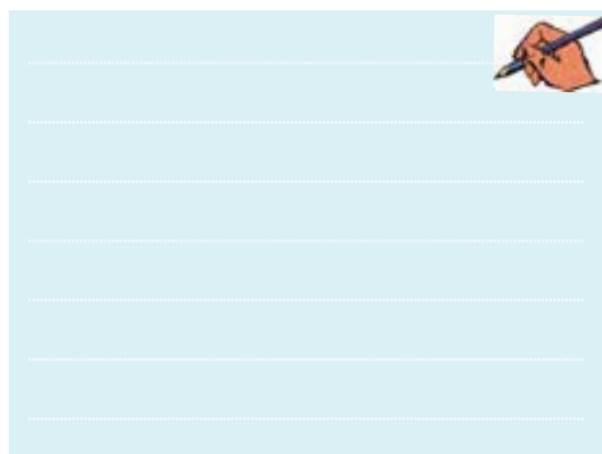
$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

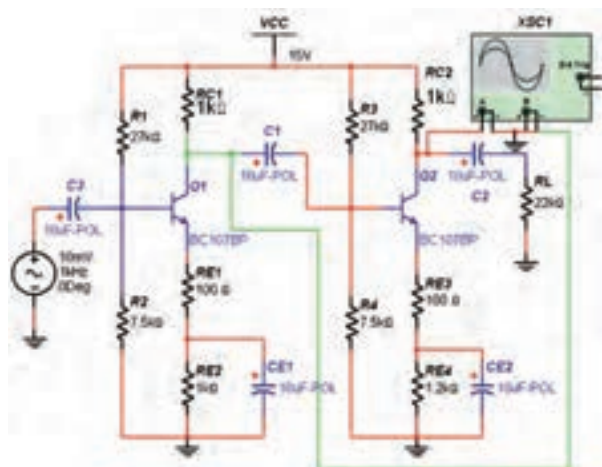
$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$



۴-۱-۶ منبع ولتاژ AC و خازن C_p را به مدار شکل ۴-۱ اضافه کنید. با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ پیک تا پیک کلکتور ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 و سیگنال ورودی را مطابق شکل ۴-۲ اندازه‌گیری و ضریب بهره‌ی هر طبقه را به دست آورید.



سؤال ۷: آیا موج کلکتور ترانزیستور Q_1 با موج کلکتور ترانزیستور Q_2 اختلاف فاز دارد؟ شرح دهید.



۷-۱-۴ ضریب بهره‌ی کل مدار از رابطه‌ی:

$$A_v = A_{v_1} \times A_{v_2}$$

به دست می‌آید. هم‌چنین ضریب بهره‌ی هر طبقه از رابطه‌ی: $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ حاصل می‌شود. در مدار شکل ۷-۲ با استفاده از مقادیر دامنه‌ی ورودی و خروجی، ضریب بهره‌ی هر طبقه و سپس ضریب بهره‌ی کل را به دست آورید.

$$A_{v_1} = \dots\dots\dots$$

$$A_{v_2} = \dots\dots\dots$$

$$A_{v_T} = \dots\dots\dots$$

سؤال ۸: آیا اختلاف فازی بین شکل موج ورودی و شکل موج خروجی وجود دارد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.



سؤال ۴: آیا روش‌های دیگری برای به دست آوردن ضریب بهره‌ی کل مدار وجود دارد؟ توضیح دهید.



سؤال ۹: آیا شکل موج روی آمپتر ترانزیستورها سینوسی است؟ شرح دهید.



سؤال ۵: ضریب بهره‌ی کل چه رابطه‌ای با ضریب بهره‌ی هر طبقه دارد؟ شرح دهید.



۸-۱-۴ با اندازه‌گیری ولتاژها و جریان‌های دریافتی از منبع تغذیه I_{DC} و V_{CC} و ولتاژ و جریان AC خروجی، راندمان مدار را با استفاده از رابطه‌ی: $\eta = \frac{P_o}{P_i}$ به دست آورید.



با توجه به شکل ۷-۲ به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.

سؤال ۶: آیا موج کلکتور ترانزیستور Q_1 با موج ورودی روی بیس ترانزیستور Q_2 اختلاف فاز دارد؟ توضیح دهید.



۴-۱-۱۲ مقادیر V_{ONL} و V_{OFL} را اندازه بگیرید و مقدار امپدانس خروجی تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$V_{ONL} = \dots\dots\dots$$

$$V_{OFL} = \dots\dots\dots$$

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

۴-۱-۱۳ منبع ولتاژ را روی فرکانس ۱۰ کیلو هرتز تنظیم کنید و بهره‌ی مدار را با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی به دست آورید.

$$A_V = \dots\dots\dots$$


۴-۱-۱۴ منبع ولتاژ را روی فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز تنظیم کنید و بهره‌ی مدار را با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی به دست آورید.

$$A_V = \dots\dots\dots$$


۴-۱-۱۵ منبع ولتاژ را روی فرکانس ۵۰ کیلو هرتز تنظیم کنید و بهره‌ی مدار را با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی به دست آورید.

$$A_V = \dots\dots\dots$$

سؤال ۱۰: در کدام یک از مراحل ۴-۱-۱۳، ۴-۱-۱۴ و ۴-۱-۱۵ بهره‌ی ولتاژ بیشتر است؟



سؤال ۱۱: با مقایسه‌ی بهره‌ی ولتاژ در مراحل ۴-۱-۱۳، ۴-۱-۱۴ و ۴-۱-۱۵ آیا می‌توان نتیجه گرفت تقویت کننده با کوپلاژ خازنی در سیگنال‌های با فرکانس کم و زیاد ضریب بهره‌ی کمتری دارد؟ و در فرکانس‌های میانی بالاترین بهره را دارد؟ توضیح دهید.



توجه داشته باشید توان ورودی از حاصل ضرب I_{DC} و V_{CC} و توان خروجی از حاصل ضرب I_{RL} و V_{RL} به دست می‌آید.

۴-۱-۹ در مدار شکل ۴-۲ به وسیله‌ی اسیلوسکوپ ولتاژ منبع AC، ولتاژ بیس و کلکتور ترانزیستور اول، ولتاژ بیس و کلکتور ترانزیستور دوم و ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$$V_{P-Pi} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PO} = \dots\dots\dots V$$

۴-۱-۱۰ در مدار شکل ۴-۲ مقاومت بار را از مدار قطع کنید و ولتاژهای مرحله‌ی ۴-۱-۹ را اندازه‌گیری و یادداشت نمایید.

$$V_{P-Pi} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_2} = \dots\dots\dots V$$


$$V_{P-PC_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PO} = \dots\dots\dots V$$

۴-۱-۱۱ مقادیر بهره را در دو حالت با مقاومت بار و بدون مقاومت بار به دست آورید و نتیجه را با هم مقایسه کنید و درمورد تأثیر مقاومت بار توضیح دهید.

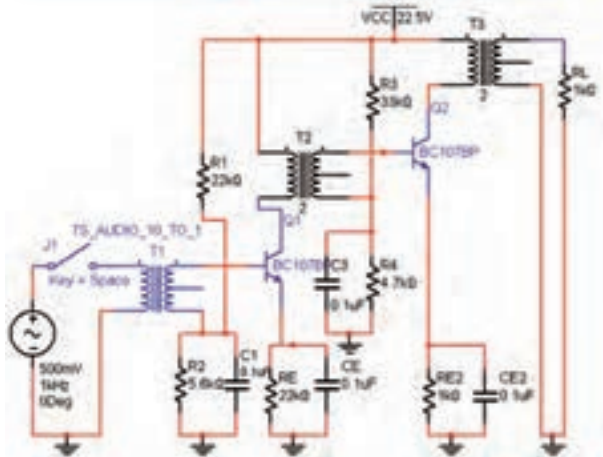
$$A_{V_{FL}} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_{NL}} = \dots\dots\dots$$



نکته

در کوپلاژ ترانسفورماتوری طبقات از نظر DC از یکدیگر جدا هستند.



شکل ۴-۴ مدار تقویت کننده‌ی کوپلاژ ترانسفورماتوری

۴-۲-۴ ولتاژ DC پایه‌های ترانزیستورها را اندازه

بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

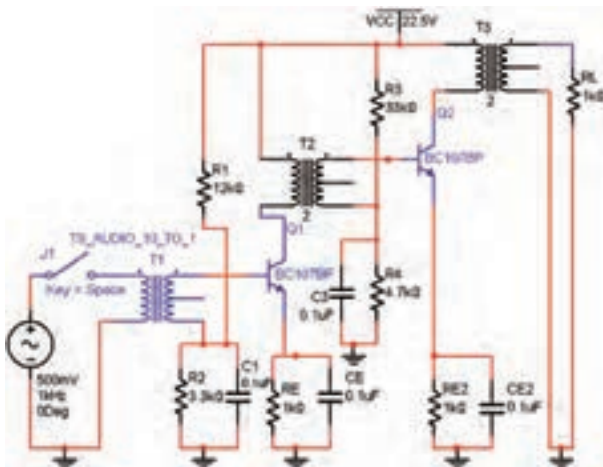
$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

۴-۲-۵ مقدار مقاومت‌های بایاس ترانزیستور Q_1 را

مطابق شکل ۴-۵ تغییر دهید و مدار را ببندید.



شکل ۴-۵ مدار تقویت کننده‌ی کوپلاژ ترانسفورماتوری


۴-۲ آزمایش ۲: تقویت کننده‌ی دو طبقه

با کوپلاژ ترانسفورماتوری

۴-۲-۱ برای دست آوردن راندمان بیشتر در

تقویت کننده‌های قدرت می‌توانیم از کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده کنیم. در این حالت در کلکتور ترانزیستور به جای مقاومت R_C ، اولیه‌ی یک ترانسفورماتور قرار می‌گیرد. از کوپلاژ ترانسفورماتوری در تطابق امپدانس و همچنین نیاز به راندمان بالا استفاده می‌کنند.

۴-۲-۲ در تقویت کننده‌های ترانسفورماتوری با کوپلاژ

ترانسفورماتوری، می‌توانید از ترانسفورماتور نوع  استفاده کنید. برای استفاده از آن مطابق شکل ۴-۳ ترانسفورماتور را از نوار Virtual به روی صفحه‌ی کار بیاورید.



شکل ۴-۳ نحوه‌ی استفاده از نوار Virtual برای آوردن ترانسفورماتور روی صفحه‌ی کار

۴-۲-۳ مدار شکل ۴-۴ که یک تقویت کننده‌ی دو

طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری است را ببندید.

۴-۲-۸ برای مشاهدی شکل موج پایه‌های مختلف تقویت کننده‌های دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری اسیلوسکوپ را بر روی پایه‌های ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۴ قرار دهید و ولتاژ پیک‌تاپیک آن‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_r} = \dots\dots\dots V$$

۴-۲-۹ ولتاژ و جریان خروجی و ورودی مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_i = \dots\dots\dots V$$

$$I_i = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_o = \dots\dots\dots V$$

$$I_o = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۴-۲-۱۰ با توجه به مقادیر ولتاژ ورودی و خروجی ضریب بهره را محاسبه و یادداشت کنید.

$$A_v = \dots\dots\dots$$

۴-۲-۱۱ راندمان مدار را با اندازه‌گیری جریان و ولتاژ ورودی (V_{DC} , I_{DC}) و جریان و ولتاژ خروجی (V_{RL} , I_{RL}) محاسبه کنید.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

سؤال ۱۴: راندمان‌های به دست آمده در مراحل ۴-۱-۷ مدار شکل ۴-۱ و ۴-۲-۹ مدار شکل ۴-۴ را با هم مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



۴-۲-۶ ولتاژ پایه‌های ترانزیستورهای شکل ۴-۵ را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_r} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۲: آیا با تغییر مقدار مقاومت‌های بایاس ترانزیستور Q_1 مدار شکل ۴-۵ مقدار ولتاژ DC پایه‌های مختلف ترانزیستور Q_1 با مدار شکل ۴-۴ تفاوتی دارد؟ توضیح دهید.



۱۸۲

۴-۲-۷ ترانسفورماتور T_1 را در مدار شکل ۴-۵ قطع کنید و ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_r} = \dots\dots\dots V$$

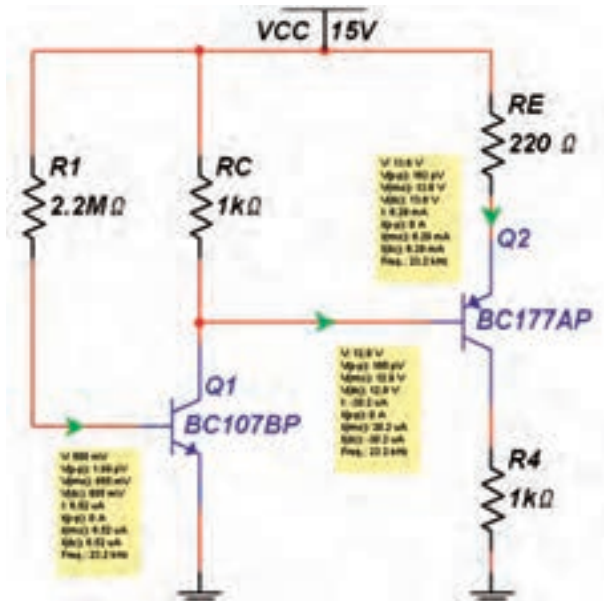
$$V_{E_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_r} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۳: مقادیر ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها در مراحل ۴-۲-۶ و ۴-۲-۷ را با هم مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



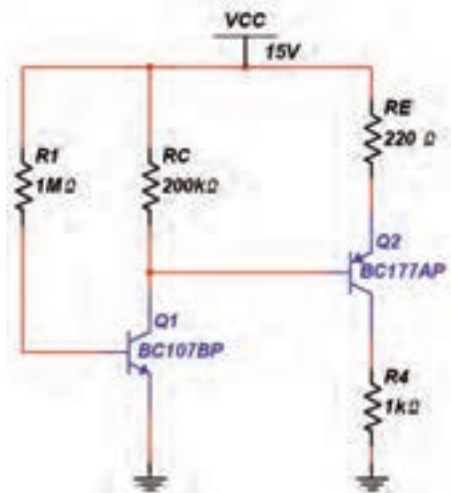
۳-۳-۴ ولتاژ DC پایه‌های ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۷ را با استفاده از پروب اندازه‌گیری مطابق شکل ۴-۸ اندازه‌گیری کنید.



شکل ۴-۸ مقادیر اندازه‌گیری شده توسط پروب اندازه‌گیری

$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$	$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$
$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$	$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$
$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$	$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$

۴-۳-۴ مقدار مقاومت‌های R_C و R_E را مطابق شکل ۴-۹ تغییر دهید و ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها را اندازه‌گیری نمایید.



شکل ۴-۹ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه‌ی کوپلاژ مستقیم

سؤال ۱۵: با مقایسه‌ی راندمان بین دو مدار فوق چه نتیجه‌ی کلی حاصل می‌شود؟



یکی از ابزارهای اندازه‌گیری در نرم‌افزار مولتی سیم پروب اندازه‌گیری است. با اتصال این پروب به هر نقطه از مدار می‌توانید انواع ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری کنید. این پروب را مطابق شکل ۴-۶ از نوار ابزار، مورد استفاده قرار دهید.

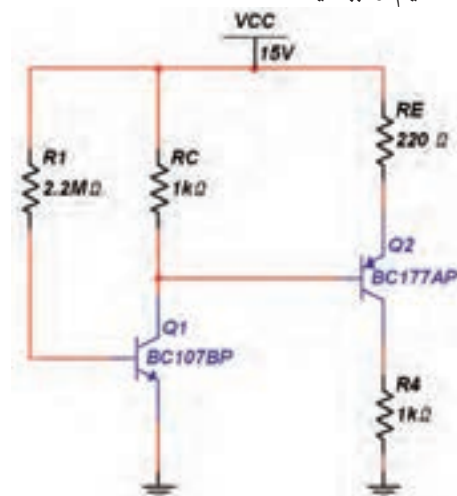


شکل ۴-۶ موقعیت پراب اندازه‌گیری در نوار ابزار

۳-۴ آزمایش ۳: تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

۴-۳-۱ در این نوع کوپلاژ، میزان تقویت در فرکانس‌های پایین، بالا است.

۴-۳-۲ مدار شکل ۴-۷ تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم را ببینید.




شکل ۴-۷ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

سؤال ۱۸: با استفاده از مقادیر به دست آمده از مرحله‌ی ۶-۳-۴ ضریب بهره‌ی هر طبقه و ضریب بهره‌ی کل را به دست آورید.

$$A_{V_1} = \dots\dots\dots A_{V_r} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_T} = \dots\dots\dots$$

سؤال ۱۹: کدام نوع از انواع کوپلاژ با شرایط یکسان ضریب بهره‌ی ولتاژ بیشتری دارد؟ کاربرد هر یک از انواع کوپلاژها را بنویسید.



.....

.....

.....

.....

.....

۴-۴ آزمایش ۴: تقویت کننده‌ی زوج دارلینگتون

۴-۴-۱ زوج دارلینگتون نمونه‌ای از تقویت کننده‌های دو طبقه با کوپلاژ مستقیم است.


۴-۴-۲ مدار شکل ۴-۱۰ را ببینید. در این مدار ترانزیستور BD۱۳۷ نسبت به ترانزیستور BC۱۷۷ از β کوچک‌تری برخوردار است، به همین دلیل ترانزیستور BD۱۳۷ را در دومین طبقه‌ی مدار قرار دهید. دستگاه آمپر متر را بر روی پایه‌های ورودی و خروجی مدار وصل کنید و جریان عبوری از این پایه‌ها را اندازه‌گیری نمایید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V \quad V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V \quad V_{B_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_r} = \dots\dots\dots V \quad V_{C_r} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۶: با مقایسه‌ی ولتاژ DC ترانزیستورها در مدارهای شکل های ۴-۸ و ۴-۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.



.....

.....


.....

سؤال ۱۷: مقدار A_V را در مدار تقویت کننده با کوپلاژ مستقیم در فرکانس‌های ۱۰۰Hz و ۱KHz و ۱۰KHz به دست آورید و در مورد نتیجه‌ی حاصل شده توضیح دهید.

$$A_{V_1} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_r} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_T} = \dots\dots\dots$$



.....

.....

۴-۳-۵ مدار را مجدداً به حالت اولیه برگردانید. منبع سیگنال را به ورودی مدار شکل ۴-۸ وصل کنید و شکل موج پایه‌های ترانزیستورها را با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ مشاهده و ولتاژ پیک تا پیک آنها را توسط پروب اندازه‌گیری کنید.

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_1} = \dots\dots\dots V$$

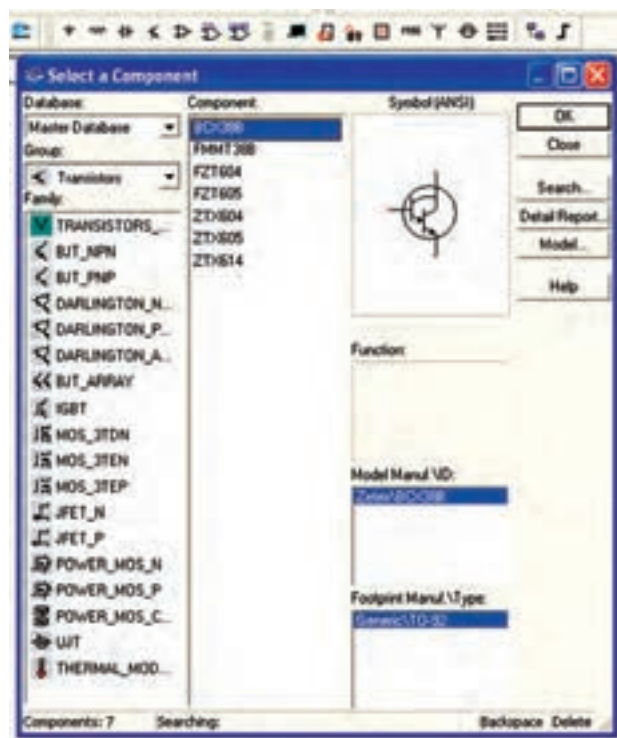
$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_r} = \dots\dots\dots V$$

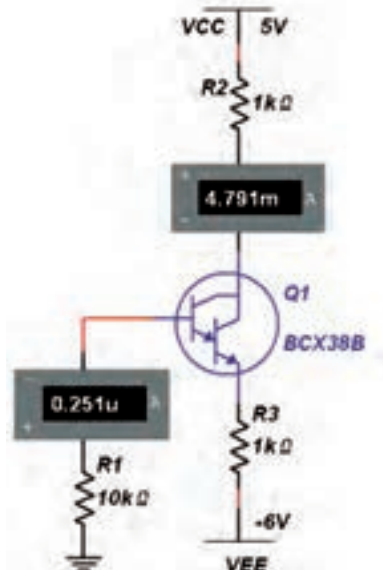
$$V_{P-PC_r} = \dots\dots\dots V$$

معادل NPN زوج دارلینگتون را می‌توانید در اختیار بگیرید.

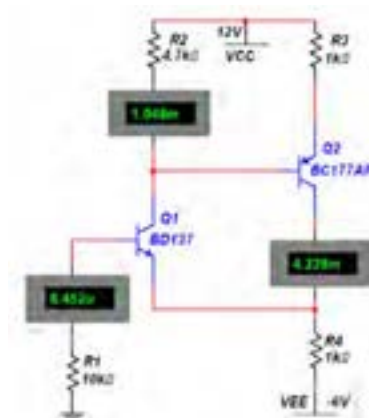


شکل ۴-۱۱ نحوه‌ی قراردادن ترانزیستور زوج دارلینگتون

۴-۴-۵ مدار شکل ۴-۱۲ را ببندید و جریان عبوری از مدار را توسط آمپر متر اندازه‌گیری نمایید. مقدار β مدار را به دست آورید.



شکل ۴-۱۲ مدار زوج دارلینگتون



شکل ۴-۱۰ مدار زوج دارلینگتون و اندازه‌گیری جریان‌های مدار

$$I_{B_1} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$I_{C_1} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$I_{C_2} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۴-۴-۳ با توجه به نسبت اندازه‌ی جریان‌های ورودی و خروجی مدار شکل ۴-۱۰ به این نتیجه می‌رسیم که مدار تقویت کننده‌ی جریان است.

سؤال ۲۰: آیا می‌توانید β کل و β هر یک از ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۱۰ را با توجه به مقادیر جریان‌های مدار به دست آورید؟ روش محاسبه را توضیح دهید.



$$\beta_1 = \dots\dots\dots$$

$$\beta_2 = \dots\dots\dots$$

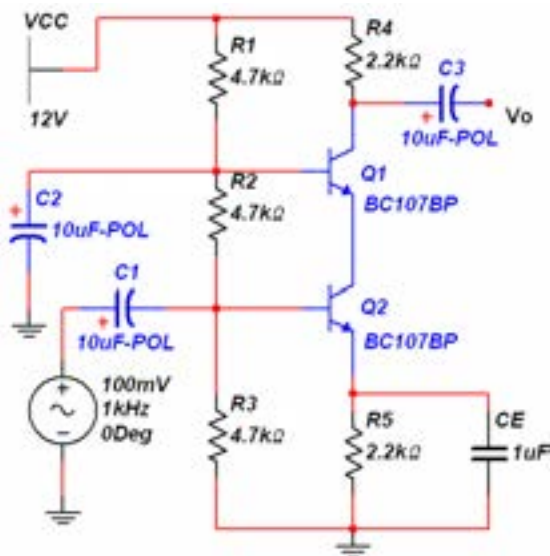
$$\beta_T = \dots\dots\dots$$

۴-۴-۴ برای آزمایش زوج دارلینگتون می‌توانید از ترانزیستورهای ترکیبی خاص نیز استفاده کنید. از نوار Component قسمت ترانزیستور DARLINGTON_N را مطابق شکل ۴-۱۱ انتخاب کنید و بر روی میز کار انتقال دهید. در این حالت یک ترانزیستور

۴-۵ آزمایش ۵: تقویت کنندهی آبشاری

مدار تقویت کنندهی آبشاری ترکیب دیگری از اتصال کوپلاژ مستقیم دو ترانزیستور است. کاربرد این مدار برای تقویت سیگنال‌های فرکانس بالا است.

۴-۵-۱ مدار شکل ۴-۱۳ را ببینید و ولتاژ پایه‌های هر یک از ترانزیستورها را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۴-۱۳ مدار تقویت کنندهی آبشاری

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۲۴: ویژگی مدار شکل ۴-۱۳ از نظر پایداری حرارتی چیست؟ توضیح دهید.



$$I_{B_1} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$I_{C_2} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$\beta_T = \dots\dots\dots$$

سؤال ۲۱: نتایج β_T مراحل ۴-۴-۲ و ۴-۴-۵ را با هم مقایسه کنید و نتیجه را شرح دهید.



تمرین ۳: با استفاده از انواع دیگر ترانزیستورهای زوج دارلینگتون مدار آزمایش مرحله‌ی ۴-۴-۵ را تکرار کنید و نتیجه را بنویسید.



سؤال ۲۲: آیا می‌دانید چه رابطه‌ای بین جریان ورودی و جریان خروجی در مدار شکل ۴-۱۲ برقرار است؟ توضیح دهید.



سؤال ۲۳: آیا می‌دانید اگر در مدار زوج دارلینگتون از دو ترانزیستور npn یا pnp استفاده شود، مدار به چه صورتی طراحی می‌شود؟ تجربه کنید و نتیجه را بنویسید.



$$V_{CE} = \dots\dots\dots V$$

$$I_C = \dots\dots\dots mA$$

$$P_C = \dots\dots\dots mW$$

سؤال ۲۷: مدار شکل ۴-۱۴ چه نوع تقویت کننده‌ای را

نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.



سؤال ۲۸: نتایجی که از این آزمایش به دست آورده‌اید

را بنویسید.



سؤال ۲۵: توان تلف شده در ترانزیستورهای مدار

شکل ۴-۱۳ را محاسبه کنید. توان تلف شده از رابطه‌ی:

$$P_C = V_{CE} I_C \text{ به دست می‌آید. توان تلف شده‌ی مدار}$$

مذکور را محاسبه کنید.

$$V_{CE} = \dots\dots\dots V$$

$$I_C = \dots\dots\dots mA$$

$$P_C = \dots\dots\dots mW$$

۴-۵-۲ در مدار تقویت کننده‌ی آبشاری شکل ۴-۱۳

دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی و خروجی وصل کنید.

ولتاژ پیک تا پیک ورودی و خروجی را اندازه‌گیری نمایید و

ضریب بهره‌ی مدار را به دست آورید.

$$V_{P-Pi} = \dots\dots\dots$$

$$V_{P-PO} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_T} = \dots\dots\dots$$

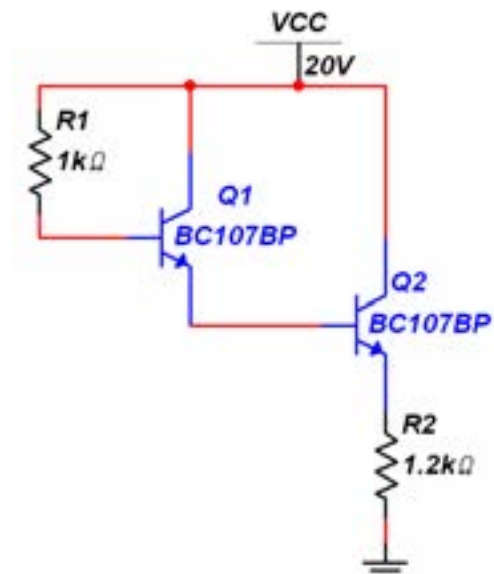
سؤال ۲۶: آرایش ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۱۳ را

بنویسید.



تمرین ۴: مدار شکل ۴-۱۴ را ببندید. توان تلف شده‌ی

کل مدار را با استفاده از جریان و ولتاژ به دست آورید.



شکل ۴-۱۴ مدار تقویت کننده دو طبقه

« فصل پنجم »

تقویت کننده‌های قدرت

(مطابق فصل پنجم کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی :

اجرای نرم‌افزاری تقویت کننده‌های قدرت در کلاس‌های A , AB , B و C توسط نرم افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۸- بازده تقویت کننده‌ی کلاس A با بار ترانسفورماتوری را اندازه بگیرد و با بازده تقویت کننده‌ی کلاس A با بار اهمی مقایسه کند.

۹- مدار تقویت کننده‌های قدرت در کلاس B را ببیند و شکل موج خروجی را مشاهده کند.

۱۰- بازده تقویت کننده‌ی کلاس B را اندازه بگیرد.

۱۱- مدار تقویت کننده‌های قدرت در کلاس AB را ببیند.

۱۲- شکل موج خروجی در تقویت کننده‌ی کلاس AB را مشاهده کند.

۱۳- مدار تقویت کننده‌های قدرت در کلاس C را ببیند.

۱۴- شکل موج خروجی در تقویت کننده‌ی کلاس C را مشاهده کند.

۱- مدار تقویت کننده‌های قدرت در کلاس A با بار اهمی را ببیند و شکل موج خروجی را مشاهده کند.

۲- ولتاژهای DC تقویت کننده‌ی کلاس A را اندازه بگیرد.

۳- توان خروجی تقویت کننده‌ی کلاس A را محاسبه کند.

۴- بازده‌ی تقویت کننده‌ی کلاس A با بار اهمی را اندازه بگیرد.

۵- مدار تقویت کننده‌های قدرت کلاس A با بار ترانسفورماتوری را ببیند و شکل موج خروجی را مشاهده کند.

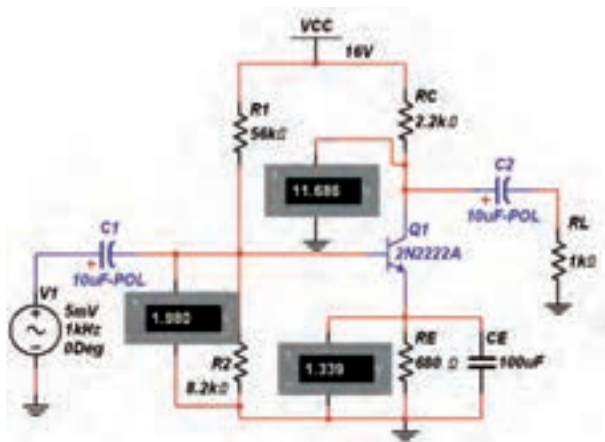
۶- ولتاژهای DC تقویت کننده‌ی کلاس A را اندازه بگیرد.

۷- توان خروجی تقویت کننده‌ی کلاس A با بار ترانسفورماتوری را محاسبه کند.

سؤال ۱: چرا اختلاف فاز ورودی و خروجی در مدار شکل ۵-۱، برابر با ۱۸۰ درجه است؟ توضیح دهید.



۵-۱-۳ ولتاژ پایه‌های ترانزیستور تقویت کننده‌ی قدرت کلاس A مدار شکل ۵-۱ را مطابق شکل ۵-۳ اندازه‌گیری کنید.



شکل ۵-۳ نحوه‌ی اندازه‌گیری ولتاژ پایه‌های ترانزیستور

$$V_B = \dots\dots V \quad V_B = \dots\dots V$$

$$V_C = \dots\dots V \quad A_V = \frac{V_{C-P-P}}{V_{B-P-P}} = \dots\dots$$

سؤال ۲: بهره‌ی ولتاژ مدار تقویت کننده‌ی کلاس A چقدر است؟ محاسبه‌ی نتایج را بنویسید.

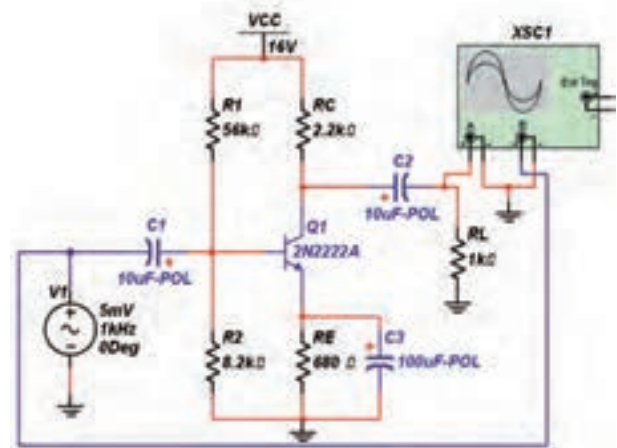


۵-۱-۴ در مدار شکل ۵-۱ جریان خروجی را اندازه‌گیری کنید و توان ورودی و خروجی مدار را محاسبه‌ی نمایید. برای

۵-۱ آزمایش ۱: تقویت کننده‌ی قدرت کلاس A

۵-۱-۱ مدار تقویت کننده‌ی قدرت کلاس A با بار

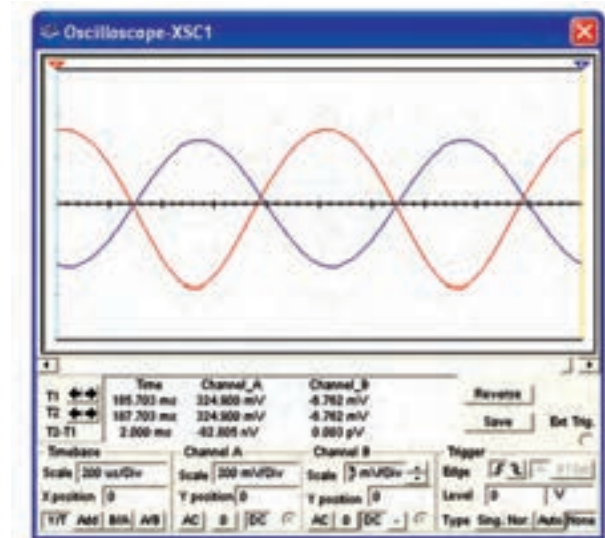
اهمی شکل ۵-۱ را ببینید. در مدار تقویت کننده‌ی کلاس A هر دو نیم سیکل ورودی تقویت می‌شود.



شکل ۵-۱ مدار تقویت کننده‌ی کلاس A

۵-۱-۲ دستگاه اسیلوسکوپ را به پایه‌های ورودی و

خروجی مدار تقویت کننده‌ی قدرت کلاس A وصل نمائید و شکل موج‌های مدار را مطابق شکل ۵-۲ مشاهده کنید.

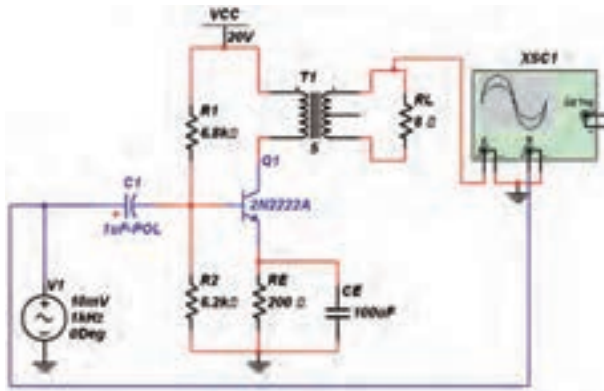


شکل ۵-۲ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار شکل ۵-۱

نکته:

در تقویت کننده‌ی قدرت کلاس A تمام سیکل ورودی تقویت می‌شود.

۵-۱-۷ دستگاه اسیلوسکوپ را به خروجی و ورودی مدار وصل کنید. در این حالت می توانید شکل موج های ورودی و خروجی را در شکل ۵-۵ مشاهده کنید.

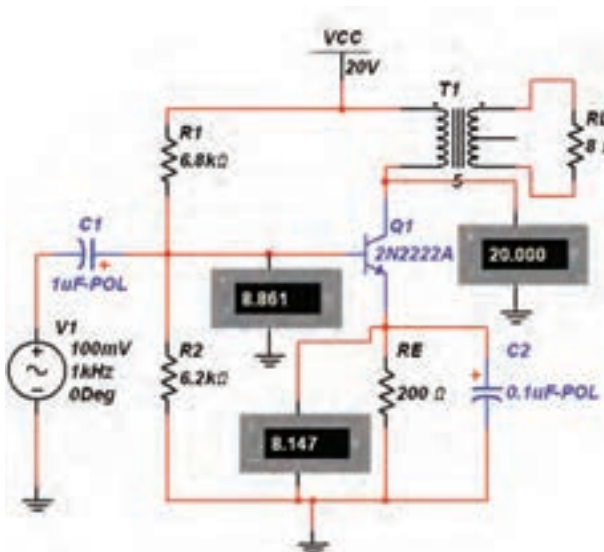


شکل ۵-۵ مشاهده موج های ورودی و خروجی در مدار تقویت کنندهی کلاس A

سؤال ۴: آیا در تقویت کنندهی قدرت کلاس A با بار ترانسفورماتوری تمام شکل موج ورودی در خروجی تقویت شده است؟ توضیح دهید.



۵-۱-۸ ولتاژ پایه های ترانزیستور تقویت کنندهی قدرت کلاس A مدار شکل ۵-۴ را مطابق شکل ۵-۶ اندازه گیری کنید.



شکل ۵-۶ نحوه ی اندازه گیری ولتاژ پایه های ترانزیستور

محاسبه ی توان های مدار از روابط زیر استفاده کنید:

$$P_{dc} = V_{CC} \cdot I_{CQ} \quad , \quad P_L = \frac{1}{8} \times \frac{V_{CC}^2}{R_C}$$

$$I_C = \dots\dots\dots \text{mA}$$

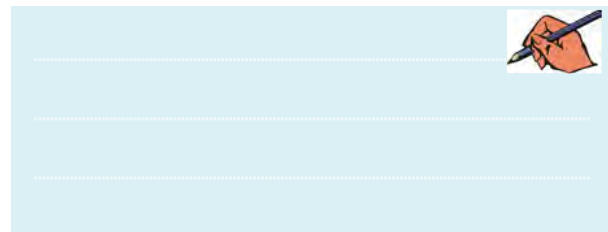
$$P_{dc} = \dots\dots\dots \text{mW}$$

$$P_L = \dots\dots\dots \text{mW}$$

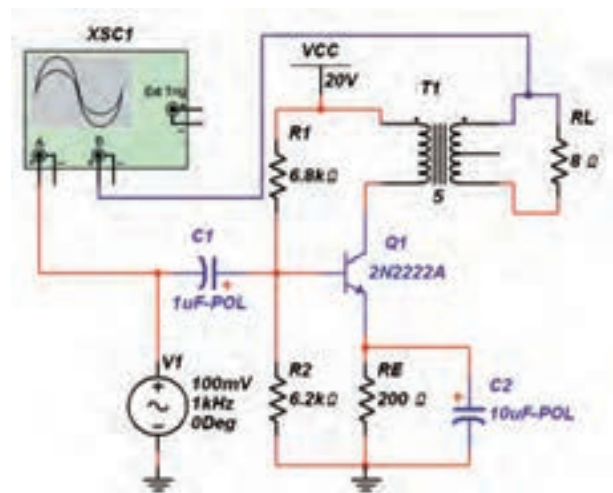
۵-۱-۵ با توجه به مقادیر توان ورودی و خروجی به دست آمده، بازده (راندمان) مدار تقویت کنندهی قدرت کلاس A را محاسبه کنید.

$$\eta = \frac{P_L}{P_{dc}} \times 100 = \dots\dots\dots$$

سؤال ۳: آیا راندمان تقویت کنندهی کلاس A با بار اهمی به مقدار تئوری که در مباحث نظری خوانده اید، نزدیک است؟ توضیح دهید.

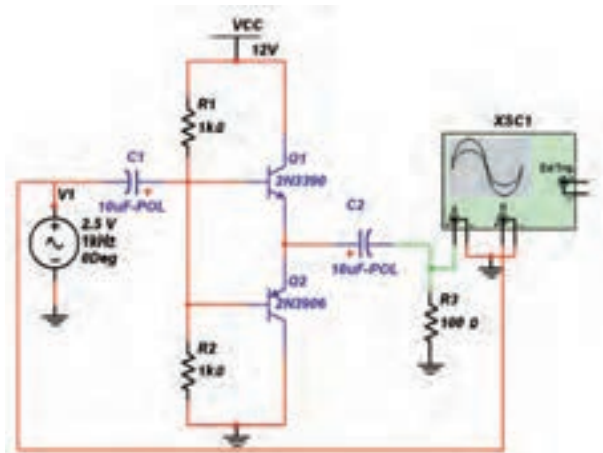


۵-۱-۶ مدار شکل ۵-۴ تقویت کنندهی قدرت کلاس A با بار ترانسفورماتوری را ببندید.



شکل ۵-۴ مدار تقویت کنندهی قدرت کلاس A با بار ترانسفورماتوری

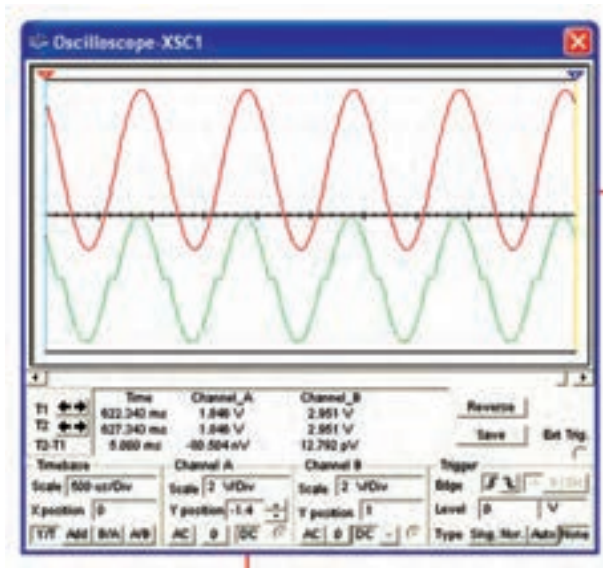
۵-۷ را ببندید.



شکل ۵-۷ مدار تقویت کننده‌ی قدرت کلاس B

۵-۲-۲ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار

تقویت کننده‌ی قدرت کلاس B را در شکل ۵-۸ مشاهده می‌کنید.



شکل ۵-۸ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار تقویت کننده‌ی قدرت کلاس B

سؤال ۸: در شکل موج خروجی مدار تقویت کننده‌ی کلاس B چه اشکالی وجود دارد؟ شرح دهید.



$$V_B = \dots\dots\dots V \quad V_E = \dots\dots\dots V$$

$$V_C = \dots\dots\dots V \quad A_V = \frac{V_C}{V_B} = \dots\dots\dots$$

سؤال ۵: بهره‌ی ولتاژ مدار تقویت کننده‌ی کلاس A چقدر است؟ محاسبه‌ی نمائید و نتیجه را بنویسید.



۵-۱-۹ در مدار شکل ۵-۶ جریان خروجی را اندازه‌گیری کنید و توان ورودی و خروجی مدار را محاسبه‌ی نمائید.

$$I_C = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$P_{dc} = \dots\dots\dots \text{mW}$$

$$P_L = \dots\dots\dots \text{mW}$$

۵-۱-۱۰ با توجه به مقادیر توان ورودی و خروجی به دست آمده، بازده (راندمان) مدار تقویت کننده‌ی قدرت کلاس A را محاسبه‌ی کنید.

$$\eta = \frac{P_L}{P_{dc}} \times 100 = \dots\dots\dots$$

سؤال ۶: آیا مقدار بازدهی این مدار با مدار ۵-۱ تفاوت دارد؟ توضیح دهید.



سؤال ۷: در کدام حالت از موارد بالا (مدار ۵-۱ و ۵-۴) بازده بیشتر است؟ شرح دهید.



۵-۲ آزمایش ۲: مدار تقویت کننده‌ی کلاس B

۵-۲-۱ مدار تقویت کننده‌ی قدرت کلاس B شکل

$$\eta = \frac{P_L}{P_{dc}} \times 100 = \dots$$

سؤال ۱۰: آیا راندمان تقویت کننده ی کلاس B با مقدار تئوری که در مباحث نظری خوانده اید، نزدیک است؟ توضیح دهید.

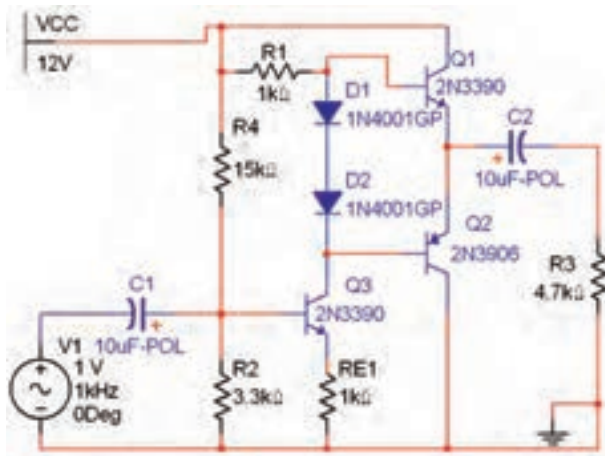


سؤال ۱۱: راندمان در مدارهای کلاس A بیشتر است یا در کلاس B؟



۵-۳-۳: مدار تقویت کننده ی کلاس AB

۵-۳-۱: مدار تقویت کننده ی کلاس AB شکل ۵-۱۰ را ببینید.

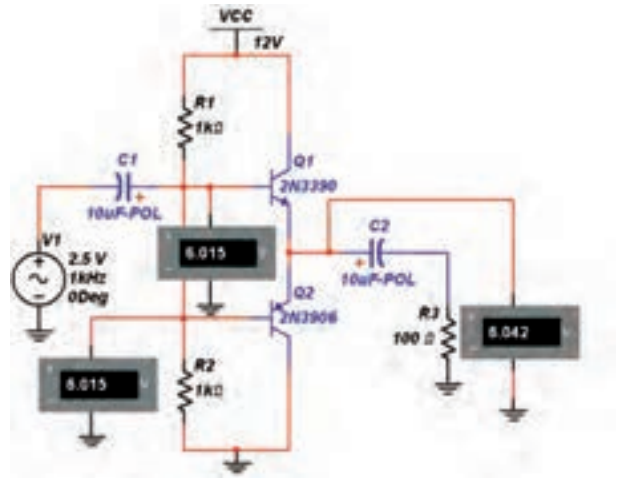


شکل ۵-۱۰: مدار تقویت کننده ی کلاس AB

سؤال ۱۲: آیا می دانید در مدار تقویت کننده ی کلاس AB چه تغییراتی ایجاد شده است تا اشکال مدار تقویت کننده ی قدرت کلاس B را بر طرف کند؟ توضیح دهید.



۵-۲-۳: ولتاژ پایه های ترانزیستور تقویت کننده ی قدرت کلاس B مدار شکل ۵-۷ را مطابق شکل ۵-۹ اندازه گیری کنید.



شکل ۵-۹: نحوه ی اندازه گیری ولتاژ پایه های ترانزیستور

$$V_{B_r} = \dots\dots\dots V \quad V_{B_l} = \dots\dots\dots V$$

$$V_E = \dots\dots\dots V \quad A_V = \frac{V_E}{V_B} = \dots$$

سؤال ۹: بهره ی ولتاژ مدار تقویت کننده ی کلاس B چقدر است؟ محاسبه نمایید و نتیجه را بنویسید.



۵-۲-۴: در مدار شکل ۵-۷ جریان خروجی را اندازه گیری کنید و توان ورودی و خروجی مدار را محاسبه نمایید. برای محاسبه ی توان های مدار از روابط زیر استفاده کنید:

$$P_{dc} = V_{CC} \frac{I_m}{\pi}, \quad P_L = \frac{1}{2} \times V_m I_m$$

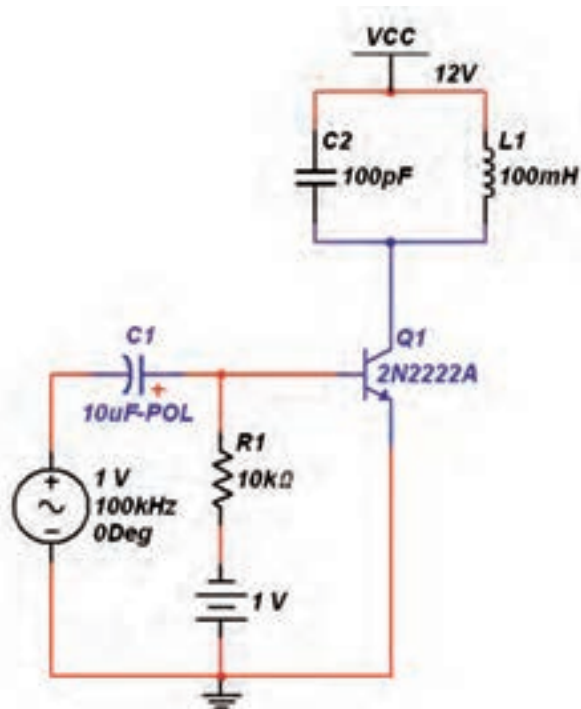
$$I_C = \dots\dots\dots mA$$

$$p_{dc} = \dots\dots\dots mW$$

$$p_L = \dots\dots\dots mW$$

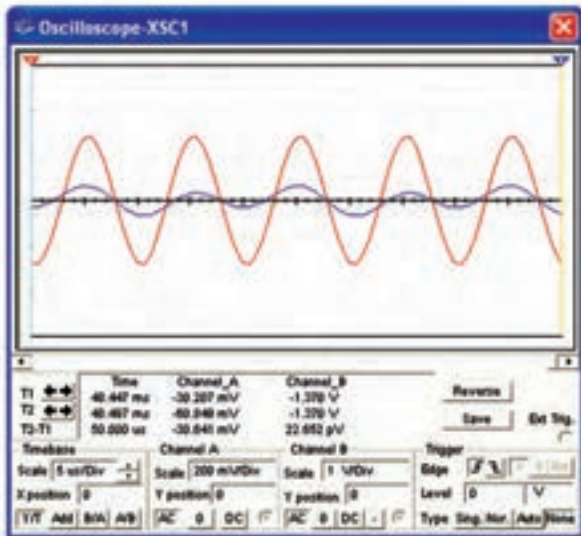
۵-۲-۵: با توجه به مقادیر توان ورودی و خروجی به دست آمده، بازده (راندمان) مدار تقویت کننده ی قدرت کلاس B را محاسبه کنید.

بندید.



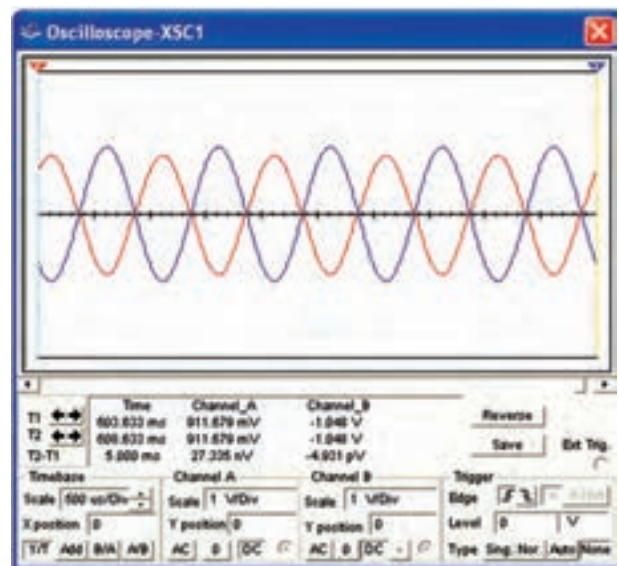
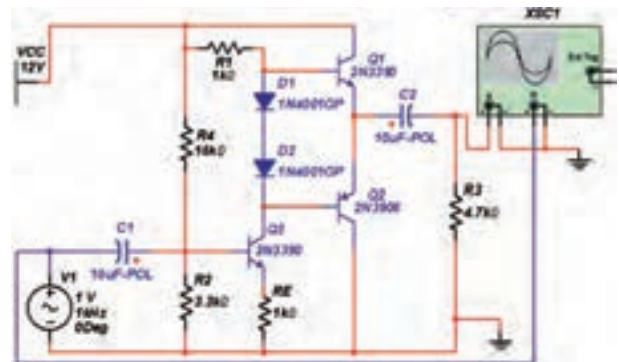
شکل ۵-۱۲ مدار تقویت کننده‌ی کلاس C

۵-۴-۲ با اتصال دستگاه اسیلوسکوپ به ورودی و خروجی مدار شکل ۵-۱۲ شکل موج‌های آن را مطابق شکل ۵-۱۳ مشاهده کنید.



شکل ۵-۱۳ شکل موج‌های ورودی و خروجی کلاس C

۵-۳-۲ دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی و خروجی مدار تقویت کننده‌ی کلاس AB مطابق شکل ۵-۱۱ وصل کنید و شکل موج‌های ورودی و خروجی این مدار را مشاهده نمایید.



شکل ۵-۱۱ مدار تقویت کننده‌ی کلاس AB و شکل موج‌های ورودی و خروجی آن

سؤال ۱۳: در کدام یک از مدارهای شکل ۵-۷ و ۵-۱۱ شکل موج خروجی بدون اعوجاج است؟ شرح دهید.



۵-۴-۴ آزمایش ۴: مدار تقویت کننده‌ی کلاس C

۵-۴-۱ مدار تقویت کننده‌ی کلاس C شکل ۵-۱۲ را

« فصل ششم »

تقویت کننده‌ی تفاضلی و عملیاتی

(مطابق فصل ششم و هفتم کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی:

آزمایش تقویت کننده‌ی عملیاتی و تفاضلی با استفاده از نرم افزار مولتی سیم نسخه‌ی ۱۰/۱

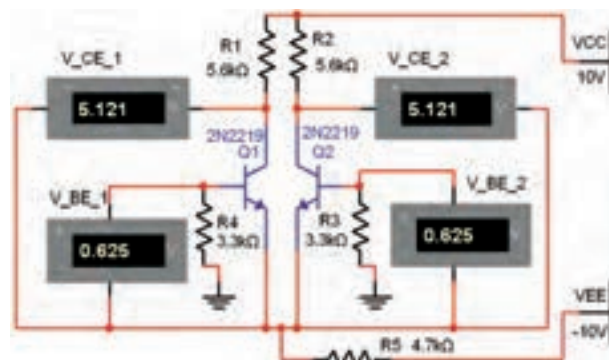
هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- مدار تقویت کننده‌ی تفاضلی را ببندد و عملکرد آن را تحلیل کند.
- ۲- مدار جدا کننده‌ی فاز را ببندد و عملکرد آن را تحلیل کند.
- ۳- تقویت کننده‌ی عملیاتی را با Op Amp ببندد و عملکرد آن را مشاهده کند.
- ۴- مدار جمع کننده را با استفاده از Op Amp ببندد و عملکرد آن را مشاهده کند.
- ۵- مدار انتگرال گیر را با Op Amp ببندد و عملکرد آن را مشاهده کند.

۱۹۴

۲-۱-۶ مدار شکل ۱-۶ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی مولتی سیم ببندید. دقت کنید که اندازه‌ی مقاومت‌ها صحیح انتخاب شود.



شکل ۱-۶ تقویت کننده‌ی تفاضلی

توجه: آزمایش های این فصل با نرم افزار مولتی سیم نسخه‌ی ۱۰/۱ اجرا شده است.

۶-۱-۱: تقویت کننده‌ی تفاضلی

۶-۱-۱ یکی از مدارهای پر کاربرد در صنعت الکترونیک، تقویت کننده‌ی تفاضلی است. تقویت کننده‌ی تفاضلی در بسیاری از مدارهای الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد. در این آزمایش می خواهیم با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، این نوع مدارها را شبیه سازی کنیم.

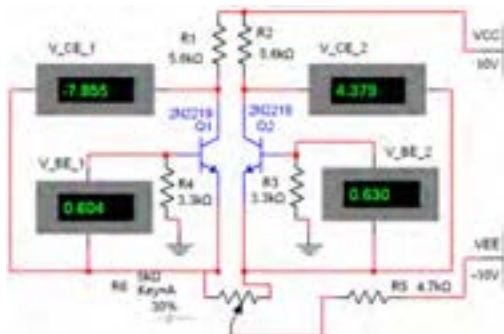
ترانزیستورها را اندازه‌گیری کنید و در جدول ۶-۳ بنویسید. این پروب در نوار ابزار Instrument قرار دارد.

جدول ۶-۳ اندازه‌گیری جریان و ولتاژ پایه‌های ترانزیستور با پروب اندازه‌گیری

پایه	B		C		E	
	V	I	V	I	V	I
کمیت	Volt	mA	Volt	mA	Volt	mA
Q_1						
Q_2						



۶-۱-۷ مدار شکل ۶-۱ را به مدار ۶-۲ تغییر دهید. اثر تغییرات پتانسیومتر را روی ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها بررسی کنید. در شرایط تعادل ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها با هم برابر باشند. برای این منظور از پروب اندازه‌گیری استفاده نمائید. برای مشاهده مقادیر ولتاژ روی پروب در کلکتور ترانزیستورها کلیک کنید تا بتوانید ولتاژ لحظه‌ای را ببینید.



شکل ۶-۲ بررسی اثر پتانسیومتر روی مدار تقویت‌کننده‌ی تفاضلی



در مدار تقویت‌کننده‌ی تفاضلی به دلیل این که ترانزیستورها و مقاومت‌ها دارای تولرانس هستند، معمولاً مقادیر ولتاژها در کلکتور ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 با هم برابر می‌شود.

۶-۱-۳ در شکل ۶-۱ روی ولت‌مترها علامت گذاری شده است. برای مثال ولتاژ V_{BE} ترانزیستور Q_1 ، $V - BE - 1$ نام گذاری شده است. نام گذاری را تغییر دهید. در مورد اجرای کار توضیح دهید.

۶-۱-۴ ولتاژ پایه‌های هر یک از ترانزیستورها را با ولت‌متر موجود در مدار اندازه‌گیری کنید و در جدول ۶-۱ بنویسید.

جدول ۶-۱ اندازه‌گیری ولتاژ پایه‌های ترانزیستور

	Q_1	Q_2
V_{BE}		
V_{CE}		
V_C		
V_E		

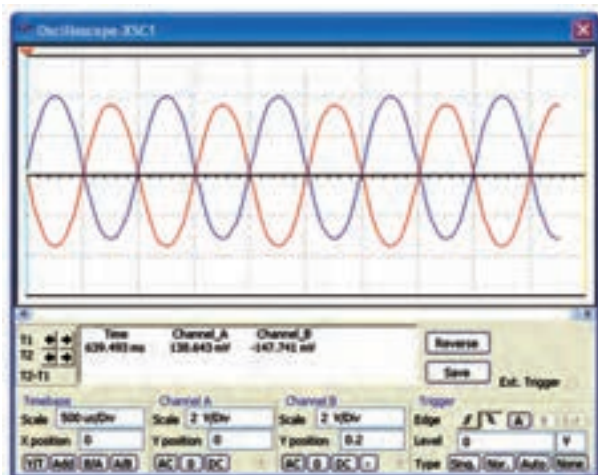
۶-۱-۵ هر یک از ترانزیستورها در چه وضعیتی قرار دارند (اشباع - قطع - فعال)؟ نتیجه را در جدول ۶-۲ بنویسید و دلیل آن را توضیح دهید.

جدول ۶-۲ وضعیت ترانزیستورها

وضعیت	ترانزیستور
	Q_1
	Q_2



۶-۱-۶ با استفاده از پروب اندازه‌گیری در نرم‌افزار مولتی‌سیم (measurment probe) ولتاژ و جریان پایه‌های



شکل ۶-۴ شکل موج خروجی تقویت کنندهی تفاضلی در حالتی که ورودی Q_2 زمین شده است.

۶-۱-۱۱ دامنه‌ی ورودی را در حدی تنظیم کنید که شکل موج خروجی با حداکثر دامنه و بدون اعوجاج باشد. مقادیر ولتاژ خروجی‌ها را یادداشت کنید.

$$V_{C_{Q_1}} = \dots\dots\dots V \quad V_{C_{Q_2}} = \dots\dots\dots V$$

۶-۱-۱۲ با توجه به شکل موج ترسیم شده روی اسیلوسکوپ اختلاف فاز بین ولتاژهای $V_{C_{Q_1}}$ و $V_{C_{Q_2}}$ چند درجه است؟ توضیح دهید.

$$\varphi = \dots\dots\dots$$



۶-۱-۱۳ با توجه به سیگنال ورودی و ولتاژهای به دست آمده در مرحله‌ی قبل، مقدار A_{V_r} و A_{V_i} را از رابطه‌های:

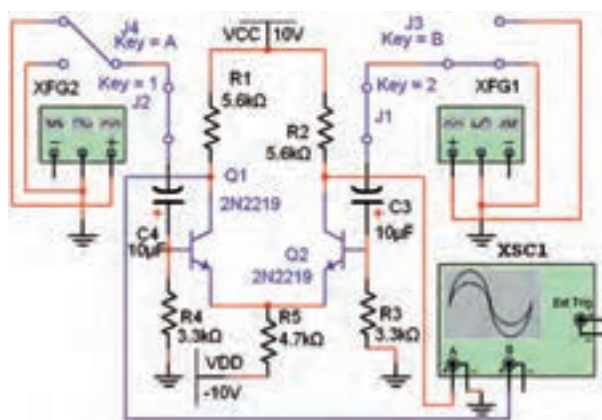
$$A_{V_r} = \frac{V_{O_r}}{V_i} \quad \text{و} \quad A_{V_i} = \frac{V_{O_i}}{V_i} \quad \text{به دست آورید.}$$

$$A_{V_i} = \frac{V_{O_i}}{V_i} = \dots\dots\dots A_{V_r} = \frac{V_{O_r}}{V_i} = \dots\dots\dots$$

۶-۱-۸ مقدار پتانسیومتر را تغییر دهید و اثر آن را روی ولتاژ کلکتور ترانزیستورها مشاهده کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



۶-۱-۹ مدار شکل ۶-۳ را ببندید.



شکل ۶-۳ عمل تقویت در تقویت کننده‌های تفاضلی



کلیدهای J_1 و J_2 برای بستن مسیر سیگنال و کلیدهای J_3 و J_4 برای انتخاب اتصال مشترک زمین و سیگنال‌ژنراتور است.

۶-۱-۱۰ سیگنال‌ژنراتور صوتی را روی سیگنال سینوسی با دامنه‌ی ۵۰ میلی ولت پیک تو پیک و فرکانس ۱ کیلوهرتز تنظیم کنید. کلید J_3 را به زمین و کلید J_4 را به سیگنال‌ژنراتور متصل کنید. در این شرایط کلیدهای J_1 و J_2 در حالت بسته قرار می گیرند. در این حالت شکل موج خروجی‌ها باید مشابه شکل ۶-۴ باشد.

تمرین ۱: نوع ترانزیستورها را به BC107 تغییر دهید و کلیه مراحل این قسمت را تکرار کنید.

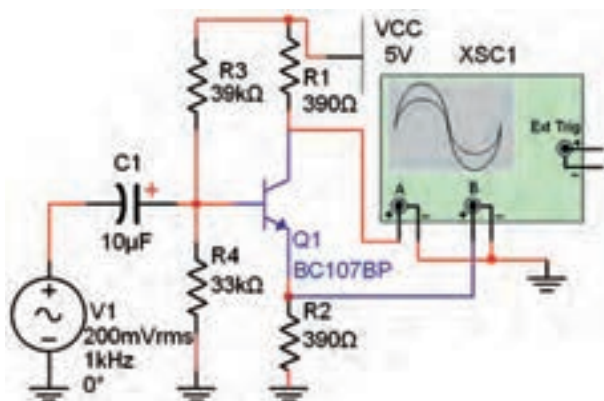


این که بتوانیم دو سیگنال با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه داشته باشیم، به مدار جداکننده‌ی فاز نیاز داریم. در بخش بعدی به شرح مدار جداکننده‌ی فاز می‌پردازیم.

۶-۲ آزمایش ۲: مدار جداکننده‌ی فاز

۶-۲-۱ مدار جداکننده‌ی فاز برای تهیه‌ی دو سیگنال با دامنه‌ی مساوی و اختلاف فاز ۱۸۰ درجه به کار می‌رود. با استفاده از ترانسفورماتور سه سر نیز می‌توانیم مدارهای ترانزیستوری با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه ایجاد کنیم.

۶-۲-۲ مدار شکل ۶-۵ را ببندید.



شکل ۶-۵ مدار جداکننده‌ی فاز

۶-۲-۳ شکل موج خروجی در کلکتور و امیتر را مشاهده و بررسی کنید. این شکل موج باید مشابه شکل ۶-۶ باشد.

۶-۱-۱۴ مقدار ΔA_V را محاسبه کنید.

$$\Delta A_V = A_{V_r} - A_{V_i} = \dots\dots$$

۶-۱-۱۵ اختلاف فاز بین دو سیگنال خروجی را به کمک اسیلوسکوپ و در حالت X/Y و از طریق منحنی لیسازور به دست آورید.

$$\varphi = \dots\dots$$

۶-۱-۱۶ در مدار شکل ۶-۳ ورودی مدار را از طریق کلید B به سیگنال ژنراتور و کلید A را به زمین وصل کنید. مراحل آزمایش ۶-۱-۱۰ تا ۶-۱-۱۶ را با این شرایط تکرار کنید و نتایج را با هم مقایسه نمایید. در باره‌ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



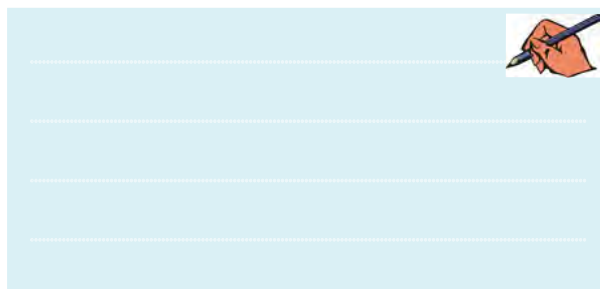
۶-۱-۱۷ هر دو ورودی Q_1 و Q_2 را به وسیله‌ی کلیدهای A و B به سیگنال ژنراتور وصل کنید. خروجی‌های V_{CQ_1} و V_{CQ_2} را مشاهده نمایید. آیا سیگنال خروجی وجود دارد؟ توضیح دهید.



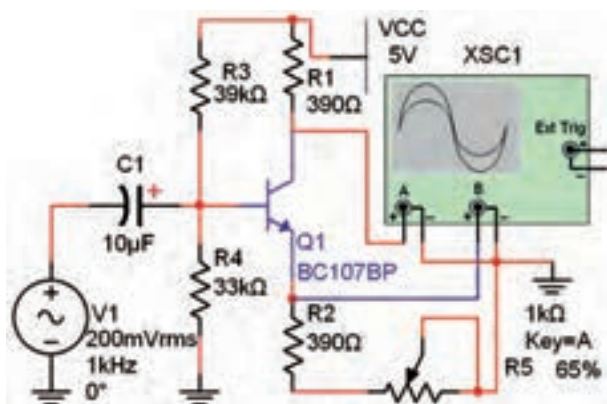
۶-۱-۱۸ نتایج حاصل از این آزمایش را تحلیل کنید و به طور خلاصه بنویسید.



ولتاژ کانال‌های ۱ و ۲ را بنویسید.

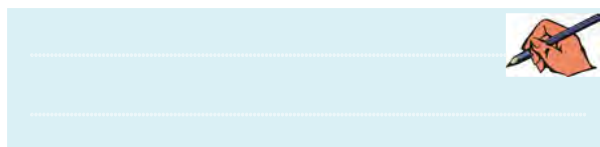


۸-۲-۶ مطابق شکل ۸-۶ یک پتانسیومتر $1K\Omega$ با مقاومت 390Ω با پایه‌ی آمپر مدار جداکننده‌ی فاز سری کنید. منبع V_1 را به دستگاه اسیلوسکوپ وصل نمایید. پتانسیومتر را تغییر دهید و اثر آن را روی شکل موج‌های خروجی مشاهده کنید.

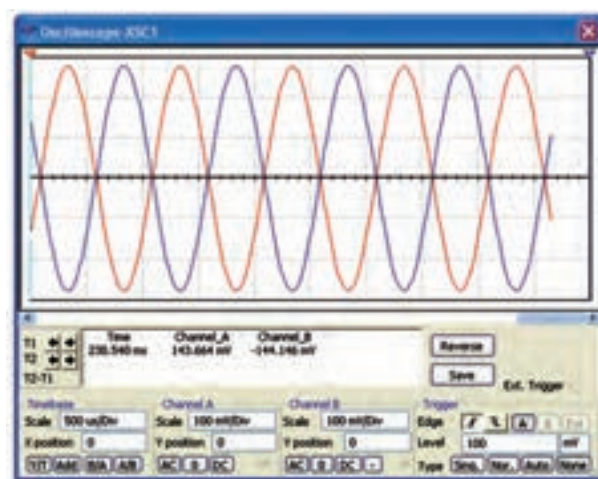
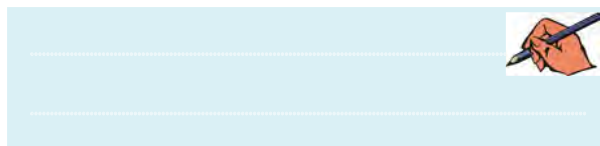


شکل ۸-۶ اثر تغییر پتانسیومتر روی شکل موج در مدار جداکننده‌ی فاز

۹-۲-۶ با افزایش ۲۵٪ مقاومت شکل موج خروجی چه تغییری می‌کند؟ تجربه کنید و توضیح دهید.



۱۰-۲-۶ با کاهش ۲۵٪ مقاومت اثر تغییرات را بر روی شکل موج خروجی بنویسید.



شکل ۶-۶ شکل موج خروجی‌های مدار جداکننده‌ی فاز

۴-۲-۶ بهره‌ی ولتاژ هر یک از خروجی‌ها را محاسبه کنید.

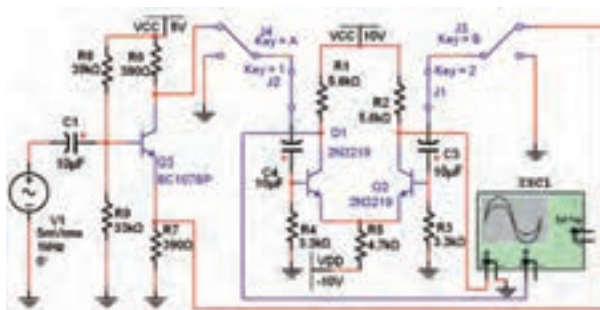
$$A_{V_1} = \frac{V_{O_1}}{V_i} = \dots\dots\dots A$$

$$A_{V_2} = \frac{V_{O_2}}{V_i} = \dots\dots\dots$$

بهره‌ی ولتاژ آمپر

۱۹۸

۵-۲-۶ خروجی V_1 و V_2 در مدار شکل ۵-۶ را به ترتیب به ورودی‌های مدار شکل ۳-۶ وصل کنید. تمام کلیدهای شکل ۳-۶ را به صورت بسته مشابه شکل ۶-۷ در آورید.

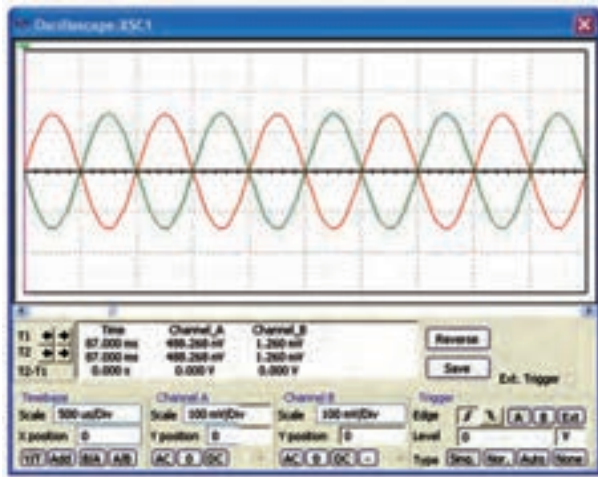


شکل ۶-۷ مدار تقویت‌کننده‌ی تفاضلی با مدار جداکننده‌ی فاز

۶-۲-۶ اسیلوسکوپ را به V_{O_1} و V_{O_2} متصل کنید. منبع V_1 را طوری تغییر دهید که V_{O_1} و V_{O_2} بدون اعوجاج و در بیش‌ترین مقدار خود باشد.

۷-۲-۶ شکل موج خروجی را رسم کنید و حوزه‌ی کار

۲-۳-۶ مدار را راه اندازی کنید و با استفاده از اسیلوسکوپ مطابق شکل ۱۰-۶ دامنه ی V_i و V_o را به دست آورید و مقدار بهره ی مدار را محاسبه کنید.



شکل ۱۰-۶ شکل موج های ورودی و خروجی Op Amp

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \dots\dots\dots$$

۳-۳-۶ با توجه به رابطه ی $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_F}{R_i}$ بهره ی مدار

را محاسبه کنید.
$$A_v = \frac{V_{O_i}}{V_i} = -\frac{R_F}{R_i} \dots\dots\dots$$

۴-۳-۶ آیا مقادیر به دست آمده از طریق اندازه گیری با مقادیر محاسبه شده برابر است؟ توضیح دهید.



۵-۳-۶ مقاومت R_F را در مدار به $20\text{ K}\Omega$ تغییر دهید و شکل موج ورودی و خروجی را در مدار شکل ۹-۶ مشاهده نمائید. مقدار A_v را از طریق عملی و تئوری به دست آورید.

عملی $A_v = \dots\dots\dots$

تئوری $A_v = \dots\dots\dots$

سؤال ۱. نقش پتانسیومتر در مدار جداکننده ی فاز را شرح دهید.



سؤال ۲. مدار جداکننده ی فاز علاوه بر تقویت کننده ی تفاضلی چه کاربرد دیگری دارد؟ توضیح دهید.

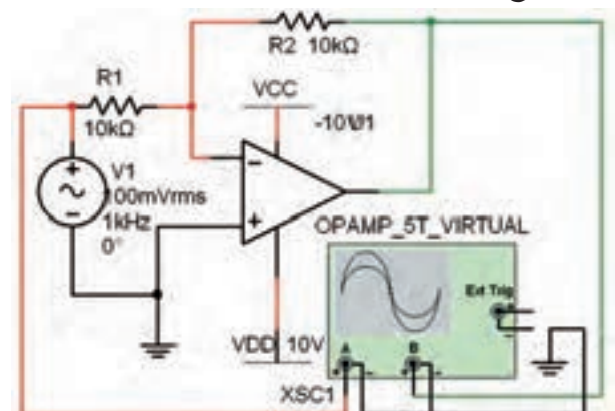


تمرین ۲: آزمایش مربوط به تقویت کننده ی تفاضلی را با ترانزیستور ۲N۲۲۲۲ تکرار کنید و نتایج را با هم مقایسه نمائید. آیا نتایج مشابه است؟ چرا؟ توضیح دهید.



۳-۶ آزمایش ۳: تقویت کننده ی عملیاتی

۱-۳-۶ مدار شکل ۹-۶ یک مدار تقویت کننده ی عملیاتی با ضریب منفی است. مدار را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببینید. توجه داشته باشید که Op Amp انتخاب شده از نوع Virtual است.



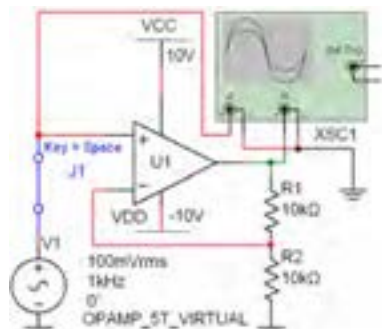
شکل ۹-۶ مدار تقویت کننده ی عملیاتی با ضریب منفی

دست می‌آید. در مدار شکل ۱۱-۶ مقدار A_V را محاسبه کنید.

$$A_V = \dots\dots$$

۹-۳-۶ مطابق شکل ۱۲-۶ یک کلید به ورودی وصل

کنید تا بتوانید سیگنال ژنراتور را قطع و وصل کنید.



شکل ۱۲-۶ اتصال کلید به مدار Op Amp

۱۰-۳-۶ ولتاژ DC پایه‌های Op Amp در حالتی که

کلید باز و مدار بدون سیگنال است را با پروب مخصوص

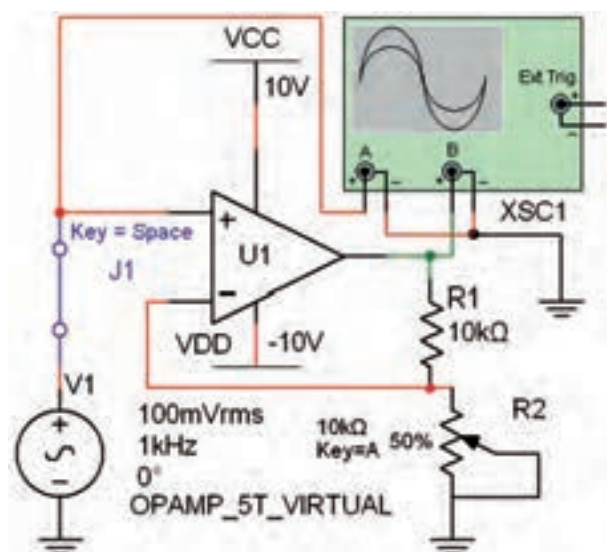
اندازه‌گیری مشخص کنید و در جدول ۴-۶ بنویسید.

جدول ۴-۶ ولتاژ پایه‌های Op Amp

پایه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
ولتاژ							

۱۱-۳-۶ مقاومت R_p را با توجه به شکل ۱۳-۶ با یک

پتانسیومتر $10K\Omega$ تعویض نمایید.



شکل ۱۳-۶ اثر تغییرات R_p روی بهره‌ی مدار

۱۲-۳-۶ بهره‌ی مدار را در شرایطی که پتانسیومتر روی

مقادیر ۰٪، ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ (۶ حالت) قرار

سؤال ۳ آیا مقادیر به دست آمده در دو حالت عملی و

تئوری هم برابر است؟ توضیح دهید.



۶-۳-۶ مقاومت R_p را به ۵۰ کیلو اهم و مقاومت R_p

را به ۱۵۰ کیلو اهم تغییر دهید. شکل موج‌های ورودی و

خروجی را مشاهده کنید و ضریب بهره را از روی شکل موج

محاسبه نمایید. آیا مقادیر به دست آمده در دو روش تئوری و

عملی با هم انطباق دارد؟ شرح دهید.

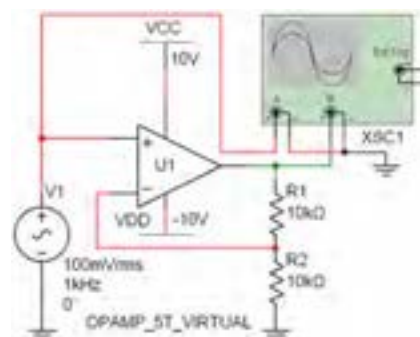


۲۰۰

۷-۳-۶ مدار شکل ۱۱-۶ یک مدار تقویت کننده‌ی

عملیاتی با ضریب مثبت است. مدار را روی میز کار آزمایشگاه

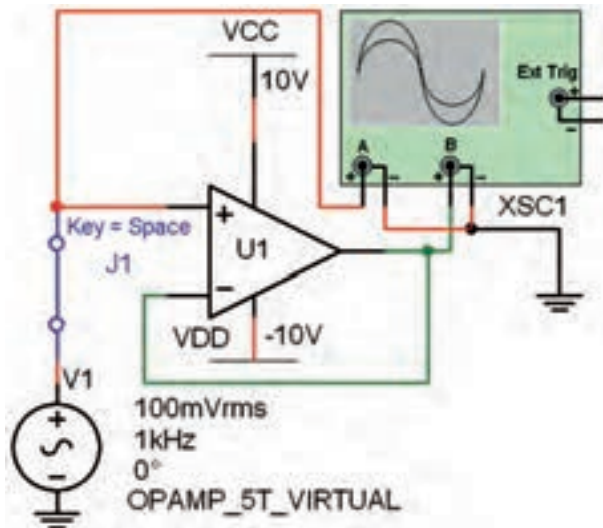
مجازی ببینید.



شکل ۱۱-۶ مدار تقویت کننده‌ی عملیاتی با ضریب مثبت

۸-۳-۶ می‌دانیم در تقویت کننده‌ی عملیاتی با ضریب

تقویت مثبت مقدار A_V از رابطه‌ی: $A_V = \frac{V_{O_r}}{V_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$ به



شکل ۱۴-۶ مدار بافر مثبت

۱۷-۳-۶ در مدار شکل ۱۴-۶ کلید J1 را باز کنید تا سیگنال AC از مدار قطع شود. ولتاژ DC پایه‌های Op Amp را به کمک پروب اندازه‌گیری به دست آورید و نتایج را در جدول ۶-۶ بنویسید. جدول ۶-۶ اندازه‌گیری ولتاژهای DC مدار بافر مثبت

ولتاژ	پایه
	مثبت
	منفی
	خروجی

۱۸-۳-۶ شکل موج ورودی و خروجی مدار بافر مثبت را مشاهده و رسم نمایید.



سؤال ۵ با توجه به شکل موج، مدار بافر مثبت است یا منفی؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.



دارد به کمک اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و در جدول ۵-۶ بنویسید.

جدول ۵-۶ تغییر پتانسیومتر و اثر آن روی بهره

R_p درصد	A_v		R_1 اندازه‌گیری با اهم‌متر
	اندازه‌گیری	تئوری	
۰٪			
۲۰٪			
۴۰٪			
۶۰٪			
۸۰٪			
۱۰۰٪			

۱۳-۳-۶ با استفاده از اهم‌متر مقاومت هر یک از حالات را اندازه‌گیری و در جدول ۵-۶ بنویسید.

۱۴-۳-۶ بهره‌ی مدار را با استفاده از رابطه‌ی تئوری به دست آورید و در جدول ۵-۶ بنویسید.

۱۵-۳-۶ جدول ۵-۶ را بررسی کنید و در باره‌ی نتایج حاصل از آن توضیح دهید.



سؤال ۴: آیا با افزایش مقاومت R_p ، مقدار بهره‌ی مدار تغییر می‌کند؟ چرا؟ توضیح دهید.



۱۶-۳-۶ مدار شکل ۱۴-۶ یک بافر مثبت است. مدار را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.

۶-۴-۴ مقدار ولتاژ خروجی مدار را با استفاده از رابطه‌ی

مربوط به مدار محاسبه کنید. $V_o = \dots\dots$

سؤال ۲: مقادیر به دست آمده از طریق اندازه‌گیری و

محاسبه را مقایسه کنید و نتیجه را توضیح دهید.



۶-۴-۵ اگر مقاومت فیدبک دو برابر شود، ولتاژ

خروجی چه تغییری می‌کند؟ روی نرم‌افزار تجربه کنید و

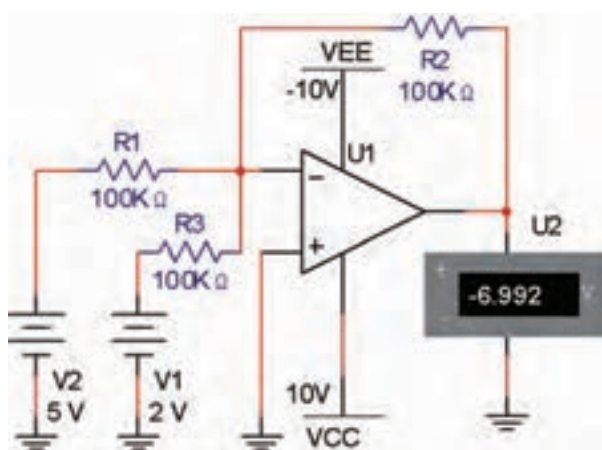
نتایج را توضیح دهید.



۶-۴ آزمایش ۴: مدار جمع‌کننده

۶-۴-۱ یکی از نیازها در مدارهای الکترونیک جمع

کردن چند سیگنال با یکدیگر است. برای این کار می‌توانیم از یک مدار جمع‌کننده که با Op - Amp ساخته می‌شود استفاده کنیم. برای این منظور هر یک از منابع تغذیه را با یک مقاومت به پایه منفی Op - Amp وصل می‌کنیم و یک مقاومت فیدبک نیز بین ورودی و خروجی قرار می‌دهیم، هم‌چنین پایه مثبت ورودی را مطابق شکل ۱۵-۶ به زمین وصل می‌کنیم.



شکل ۱۵-۶ مدار جمع‌کننده

۶-۴-۲ اگر پایه‌ی منفی را به عنوان یک گره در نظر

بگیریم، طبق قانون KCL خواهیم داشت:

$$V_o = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots \right)$$

تمرین ۳: فرض کنید یک منبع ۱۰ ولتی داریم و با

استفاده از مدار جمع‌کننده می‌خواهیم ولتاژ خروجی را به ۲۳

ولت برسانیم. مقادیر مقاومت‌ها را محاسبه کنید.

$$\begin{aligned} R_1 &= \dots\dots\dots \Omega & R_f &= \dots\dots\dots \Omega \\ R_2 &= \dots\dots\dots \Omega & R_3 &= \dots\dots\dots \Omega \end{aligned}$$

۶-۴-۶ مدار جمع‌کننده‌ی تمرین ۳ را در فضای

نرم‌افزاری ببینید و در باره‌ی نتایج آن توضیح دهید.



سؤال ۶: اگر $R_3 = R_2 = R_1$ باشد، چه رابطه‌ای بین ولتاژ

ورودی و ولتاژ خروجی برقرار خواهد شد؟ توضیح دهید.



۶-۴-۳ مدار شکل ۱۵-۶ را در فضای آزمایشگاه

مجازی ببینید. نرم‌افزار را فعال کنید و مقدار ولتاژ نشان داده

شده توسط مولتی‌متر را بنویسید.

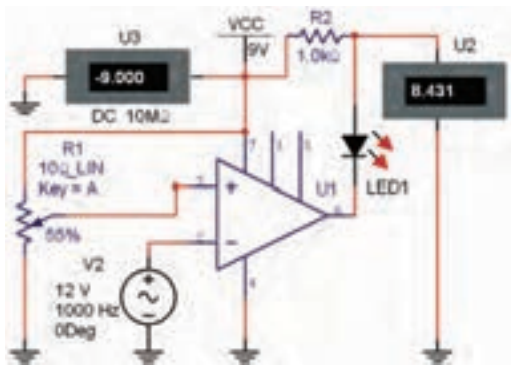
$$V_o = \dots\dots\dots$$

ورودی مثبت و ورودی منفی، چگونه با هم مقایسه می شود؟
توضیح دهید.



۶-۵-۶ مدار شکل ۶-۱۷ را روی میز آزمایشگاه مجازی

ببندید.



شکل ۶-۱۷ نمونه‌ی دیگری از مدار مقایسه‌کننده



در این مدار حتماً از آی‌سی شماره‌ی ۷۴۱ استفاده کنید. چنانچه از آی‌سی Virtual استفاده نمائید، باید تنظیم‌های آن را دقیقاً مشابه آی‌سی ۷۴۱ تغییر دهید تا مدار عمل کند.

۶-۵-۷ مولد سیگنال سینوسی را روی ۱۲ ولت پیک تو پیک و فرکانس ۱۰۰۰ هرتز بگذارید. تئولرانس مقدار مقاومت متغیر را روی ۵ درصد قرار دهید. مدار را روشن کنید. مقدار مقاومت R_1 را به گونه‌ای تغییر دهید تا مطابق جدول ۶-۷ ولتاژ V_r تغییر کند. در هر مرحله مقدار V_O را در جدول بنویسید.

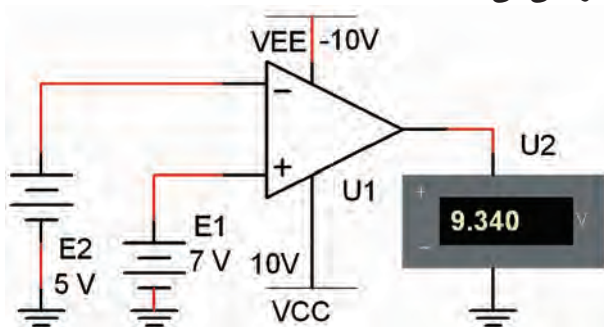
جدول ۶-۷ تغییر ولتاژ V_r و تاثیر آن روی V_O

V_r	۰	۲	۳	۴	۶	۷	۹
V_O							
وضعیت LED							

۶-۵-۸ با توجه به مقادیر به دست آمده در جدول ۶-۱

۶-۵-۵: مدار مقایسه‌کننده

۶-۵-۱ مدارهای مقایسه‌کننده مدارهایی هستند که برای مقایسه‌ی دو سطح ولتاژ به کار می‌روند. در شکل ۶-۱۶ یک نمونه مدار مقایسه‌کننده را ملاحظه می‌کنید. در این مدار دو منبع ولتاژ E_1 و E_2 با هم مقایسه می‌شود و فرمان لازم را به خروجی می‌دهد.



شکل ۶-۱۶ مقایسه‌ی دو ولتاژ E_1 و E_2 توسط Op - Amp

۶-۵-۲ مدار شکل ۶-۱۶ را روی میز آزمایشگاه مجازی ببندید. ولتاژ E_1 را روی ۷ ولت بگذارید و ولتاژ E_2 را روی ۵ ولت تنظیم کنید. مقدار ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید. ۶-۵-۳ مقدار ولتاژ E_1 را روی ۵ ولت بگذارید و ولتاژ E_2 را روی ۷ ولت تنظیم کنید. مقدار ولتاژ خروجی را در این حالت اندازه بگیرید.

۶-۵-۴ مقادیر اندازه‌گیری شده در مراحل ۶-۵-۲ و ۶-۵-۳ را با هم مقایسه کنید. در کدام حالت Op - Amp فرمان مثبت دریافت کرده و خروجی مثبت است؟ توضیح دهید.



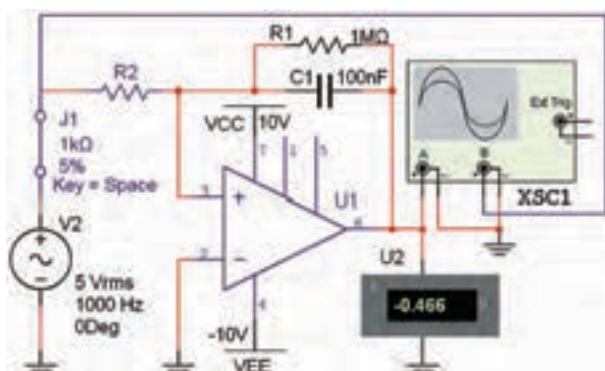
۶-۵-۵ رفتار مدار را با ولتاژهای متفاوت تکرار کنید و

نتایج حاصل را بنویسید.



سؤال ۸: در مدار Op - Amp ولتاژهای داده شده به

۲-۶-۶ مدار شکل ۱۹-۶ را روی میز آزمایشگاه مجازی ببندید.



شکل ۱۹-۶ مدار انتگرال گیر

۳-۶-۶ طبق شکل ۱۹-۶ یک کلید با سیگنال ژنراتور سری کنید و آن را در حالت باز بگذارید. ولتاژ DC خروجی را با ولت متر یا پروب اندازه گیری، اندازه بگیرید. آیا ولتاژ خروجی صفر است؟ چرا؟ توضیح دهید.



۴-۶-۶ سیگنال ژنراتور را روی دامنه‌ی ۵ ولت و فرکانس یک کیلو هرتز تنظیم کنید. مقاومت $1M\Omega$ را با خازن $1\mu F$ موازی نمایید. شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده و رسم نمایید. در باره‌ی نتایج حاصل توضیح دهید.



۵-۶-۶ جای خازن و مقاومت را عوض کنید و مقاومت $1M\Omega$ حذف نمایید. سیگنال ژنراتور را به موج مثلثی تغییر دهید. شکل موج خروجی را مشاهده و رسم نمایید.

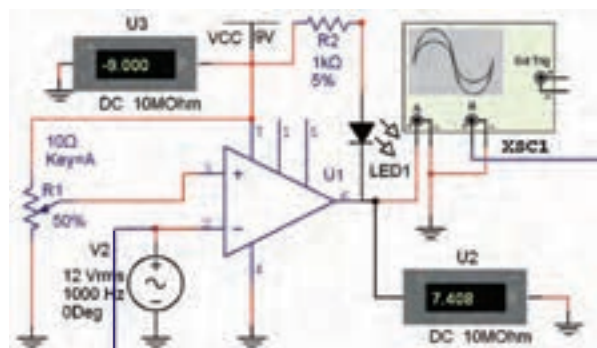


۶-۶-۶ نتایج به دست آمده را تحلیل کنید و در باره‌ی

در کدام مراحل LED روشن یا خاموش است؟ شرایط را در جدول ۱-۶ بنویسید و در باره‌ی چگونگی روشن شدن LED توضیح دهید.



۹-۵-۶ اسیلوسکوپ را به خروجی مدار مطابق شکل ۱۸-۶ متصل کنید و شکل موج خروجی (دو سر LED) و ورودی را به طور هم‌زمان ببینید.



شکل ۱۸-۶ مدار مقایسه کننده برای مشاهده‌ی شکل موج

۱۰-۵-۶ در باره‌ی نتایج حاصل شده توضیح دهید.



۶-۶ آزمایش ۶: مدار انتگرال گیر یا

تغییر دهنده‌ی شکل موج

۱-۶-۶ مدار انتگرال گیر مداری است که می‌تواند شکل موج ورودی را به گونه‌ای تغییر دهد که خروجی آن انتگرال موج ورودی باشد. برای مثال اگر سیگنال ورودی سیگنال مربعی باشد، شکل موج سیگنال خروجی مثلث خواهد بود. هم‌چنین در صورتی که موج ورودی سینوسی باشد، در خروجی موج سینوسی با 90° درجه تقدم فاز خواهیم داشت.

آن توضیح دهید.



۷-۶-۶ با استفاده از نرم افزار مولتی سیم ۹ یا ۱۰ مدار بافر منفی را ببینید و درباره‌ی نتایج حاصل شده توضیح دهید.



۸-۶-۶ با استفاده از نرم افزار مولتی سیم ۹ یا ۱۰ مدار مشتق گیر را ببینید و درباره‌ی نتایج حاصل شده توضیح دهید.



« فصل هفتم »

رگولاتورها (تنظیم کننده های ولتاژ)

(مطابق فصل هشتم کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی :

آزمایش انواع تثبیت کننده های ولتاژ با استفاده از نرم افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- مدار رگولاتور زنری را ببندد.
- ۲- جریان بار مدار رگولاتور زنری را اندازه بگیرد.
- ۳- مدار رگولاتور ولتاژ با تقویت کننده ی جریان را ببندد.
- ۴- ولتاژ خروجی مدار رگولاتور زنری را اندازه بگیرد.
- ۵- مدار رگولاتور ولتاژ با زوج دارلینگتون را ببندد.
- ۶- ولتاژ خروجی مدار رگولاتور ولتاژ با زوج دارلینگتون را اندازه بگیرد.
- ۷- مدار رگولاتور ولتاژ با فیدبک را ببندد.
- ۸- مدار رگولاتور جریان را ببندد.
- ۹- مدار گولاتور با استفاده از آی سی را ببندد.
- ۱۰- مدار مبدل DC به DC را ببندد.
- ۱۱- مدار رگولاتور کلیدزنی را ببندد.
- ۱۲- اثر تغییر بار بر سطح ولتاژ خروجی را مشاهده کند.

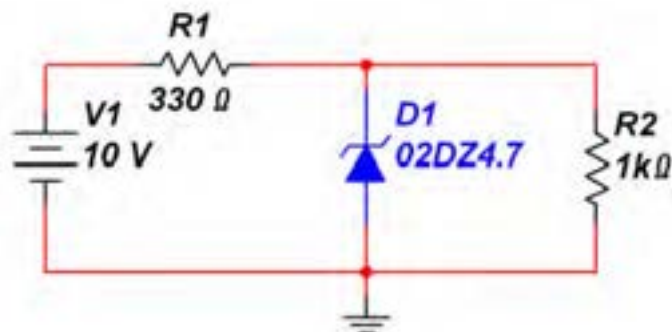
۲۰۶

۷-۱ آزمایش ۱: مدار رگولاتور زنری

۷-۱-۱ در اکثر مدارها و دستگاه های الکترونیکی، برای

تامین قدرت خروجی و توان مصرفی سیستم، به منابع تغذیه نیازمندیم. این منابع می توانند از نوع ولتاژ یا جریان باشند. منابع تغذیه، ولتاژ DC مورد نیاز را از برق شهر دریافت و به بار می دهند. اگر ولتاژ برق شهر یا جریان بار تغییر کند ولتاژ خروجی منبع تغذیه نیز تغییر می کند. برای جلوگیری از این مشکل باید ولتاژ خروجی را تثبیت کنیم. رگولاتورهای ولتاژ زنری از جمله مدارهایی هستند که ولتاژ خروجی را ثابت نگه می دارند.

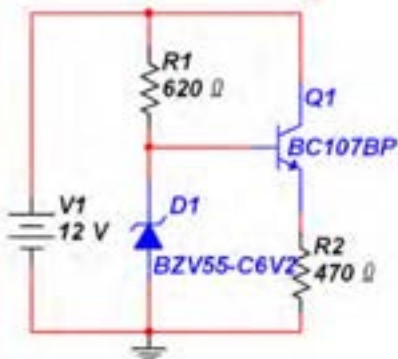
۷-۱-۲ مدار رگولاتور زنری شکل ۷-۱ را ببندید.



شکل ۷-۱ مدار رگولاتور زنری

۷-۲ آزمایش ۲: مدار رگولاتور ترانزیستوری

۷-۲-۱ مدار رگولاتور ولتاژ شکل ۷-۲ را بنویسید.



شکل ۷-۲ مدار رگولاتور ترانزیستوری

۷-۲-۲ ولتاژ دو سر مقاومت بار (R_p) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V = \dots\dots V$$

۲۰۷

۷-۲-۳ مقدار ولتاژ ورودی را ثابت نگه دارید و مقاومت بار را تغییر دهید. با تغییر مقاومت بار، جریان بار و ولتاژ خروجی را مطابق جدول ۷-۱ اندازه بگیرید.

جدول ۷-۱ تغییر مقاومت بار با ثابت نگهداشتن ولتاژ ورودی

R_L	100	150	300	620
I_L				
V_o				

سؤال ۳: آیا می‌توانید با استفاده از جدول ۷-۱ ضریب

تثبیت جریان را با استفاده از رابطه‌ی: $S_I = \frac{\Delta V_o}{\Delta I_L}$ محاسبه کنید؟ توضیح دهید.



سؤال ۴: آیا با تغییر مقاومت بار ولتاژ خروجی ثابت

می‌ماند؟ شرح دهید.

۷-۱-۳ جریان عبوری و ولتاژ دو سر مقاومت R_p را

اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V = \dots\dots V \quad I = \dots\dots mA$$

۷-۱-۴ مقدار مقاومت R_p را به ۸۲۰ اهم کاهش دهید،

جریان و ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V = \dots\dots V \quad I = \dots\dots mA$$

۷-۱-۵ مقدار مقاومت R_p را به ۲/۲ کیلو اهم افزایش

دهید و ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V = \dots\dots V \quad I = \dots\dots mA$$

سؤال ۱: آیا با تغییر مقدار مقاومت R_p اندازه‌ی ولتاژ دو سر

آن تغییری می‌کند؟ شرح دهید.



سؤال ۲: چنانچه ولتاژ خروجی با تغییرات مقاومت بار

ثابت بماند، چه خاصیتی از دیود زنر را مشخص می‌کند؟

۷-۱-۶ مقدار مقاومت R_p را به ۱۰۰ Ohm تغییر دهید و

ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید. آیا در این مرحله نیز مانند

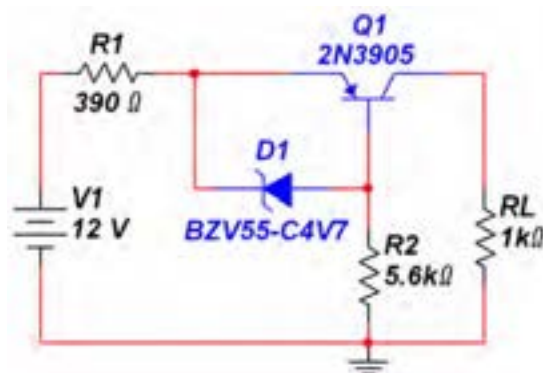
مراحل قبل ولتاژ ثابت می‌ماند؟ توضیح دهید. در صورتی که

ولتاژ تغییر کرده است، علت آن را شرح دهید.

$$V = \dots\dots V$$



۷-۲-۴ مدار رگولاتور ولتاژ با تقویت کننده‌ی جریان شکل ۷-۳ را ببینید.



شکل ۷-۳ مدار رگولاتور ولتاژ با تقویت کننده‌ی جریان

۷-۲-۵ مقدار ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی و جریان خروجی را مطابق شکل ۷-۴ اندازه بگیرید و مقادیر اندازه گیری شده را یادداشت کنید.



شکل ۷-۴ مقادیر اندازه گیری شده‌ی ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی و جریان خروجی

$$\begin{aligned} V_I &= \dots\dots\dots V \\ I_O &= \dots\dots\dots \text{mA} \\ V_O &= \dots\dots\dots V \end{aligned}$$

سؤال ۵: آیا جریان خروجی مدار ۷-۴ نسبت به جریان خروجی مدار ۷-۱ بیشتر شده است؟ توضیح دهید.



تمرین ۱: مقدار مقاومت بار را به مقادیر 500Ω و $2K\Omega$ تغییر دهید و ولتاژ خروجی را در هر دو حالت اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$\begin{aligned} V_O &= \dots\dots\dots V && \text{ولتاژ خروجی با افزایش مقاومت بار} \\ V_O &= \dots\dots\dots V && \text{ولتاژ خروجی با کاهش مقاومت بار} \end{aligned}$$

سؤال ۶: آیا با تغییر مقاومت بار مقدار ولتاژ خروجی ثابت می ماند؟ توضیح دهید.



تمرین ۲: آیا می توانید با استفاده از مطالب تئوری که تا کنون خوانده اید، مدار دیگری از رگولاتور ولتاژ را ببینید؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.



۷-۲-۸ ولتاژ خروجی مدار ۷-۵ را اندازه بگیرید.

$$V_O = \dots\dots V$$

سؤال ۱۰: چه رابطه‌ای بین ولتاژ خروجی و ولتاژ زبر برقرار است؟ توضیح دهید.



سؤال ۱۱: آیا ولتاژ خروجی از رابطه‌ی:

$$V_O = V_Z - (V_{BE1} + V_{BE2})$$

تبعیت می‌کند؟ توضیح دهید.

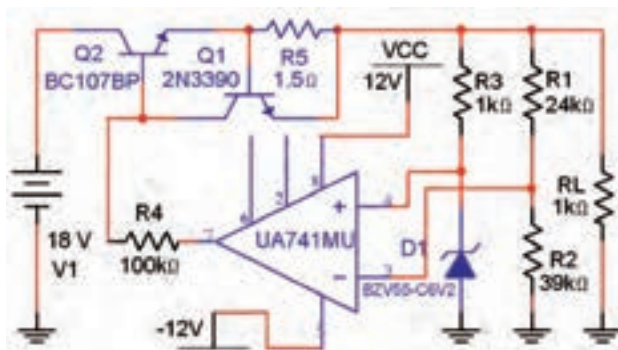


۷-۳ آزمایش ۳: مدار رگولاتور ولتاژ با

فیدبک OP-AMP

۷-۳-۱ مدار رگولاتور ولتاژ با فیدبک OP-AMP

شکل ۶-۷ را ببینید.



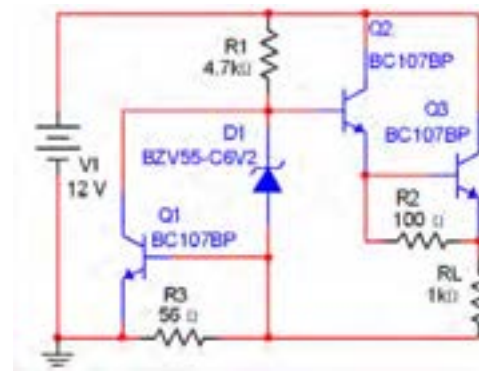
شکل ۶-۷ مدار رگولاتور ولتاژ با فیدبک OP-AMP

۷-۳-۲ ولتاژ خروجی مدار شکل ۶-۷ را طبق جدول

۷-۲ تغییر دهید، و در هر حالت ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.

۷-۲-۶ مدار رگولاتور ولتاژ با زوج دارلینگتون که در

شکل ۷-۵ نشان داده شده است را ببینید.



شکل ۷-۵ مدار رگولاتور ولتاژ با زوج دارلینگتون

۷-۲-۷ با استفاده از آمپر متر جریان بار اندازه بگیرید.

$$I_O = \dots\dots mA$$

سؤال ۲: جریان بار مدار شکل ۷-۵ نسبت به جریان بار در

مدار شکل ۷-۳ چه تغییری کرده است؟ توضیح دهید.



سؤال ۸: جریان بار در مدار شکل ۷-۵ در مقایسه با جریان

بار در مدار شکل ۷-۲ چه تغییری کرده است؟ آیا جریان بار

در مدار ۷-۵ بیشتر است؟ توضیح دهید.



سؤال ۹: زیاد شدن جریان در مدار رگولاتور ولتاژ با زوج

دارلینگتون چه ویژگی از زوج دارلینگتون را نشان می‌دهد؟

توضیح دهید.



۷-۴ آزمایش ۴: مدار رگولاتور ولتاژ با

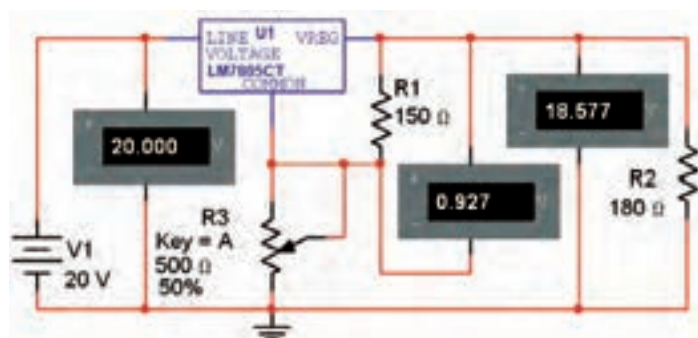
استفاده از آی سی رگولاتور

۷-۴-۱ آی سی های رگولاتور ولتاژ را مطابق شکل ۷-۷ از نوار قطعات (Component) گروه Misc بر روی میز کار آزمایشگاه مجازی بیاورید.



شکل ۷-۷ چگونگی انتخاب آی سی های رگولاتور

۷-۴-۲ مدار رگولاتور ولتاژ شکل ۷-۸ را با استفاده از آی سی ۷۸۰۵ ببندید. پتانسیومتر را روی حداقل بگذارید. ولتاژ دو سر مقاومت بار را اندازه گیری کنید و یادداشت نمایید.



شکل ۷-۸ مدار رگولاتور ولتاژ با استفاده از آی سی ۷۸۰۵

$$V_L = \dots\dots V$$

۷-۴-۳ با استفاده از دکمه A صفحه کلید کامپیوتر مقدار مقاومت پتانسیومتر را در مدار شکل ۷-۸ افزایش دهید و تغییرات ولتاژ خروجی را مشاهده کنید و نتایج این آزمایش را بنویسید.



جدول ۷-۲ تاثیر تغییر ولتاژ ورودی روی ولتاژ خروجی مدار رگولاتور با OP-AMP

V_i	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
V_o					

سؤال ۱۲: ولتاژ خروجی در چه حدی از مقدار ولتاژ ورودی ثابت می ماند؟ توضیح دهید.



۷-۳-۳ ولتاژ ورودی مدار ۷-۶ را روی ۱۵ ولت تنظیم کنید. مقاومت بار را طبق جدول ۷-۳ تغییر دهید و ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و در جدول یادداشت نمایید.

جدول ۷-۳ اثر تغییر مقاومت بار روی ولتاژ خروجی در مدار رگولاتور با OP-AMP

R_L	100Ω	$1K\Omega$	$10K\Omega$	$100K\Omega$
V_o				

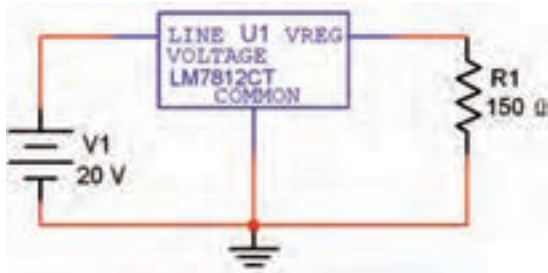
سؤال ۱۳: در چه حدودی از تغییرات از مقاومت بار، ولتاژ خروجی ثابت می ماند؟



سؤال ۱۴: کاربرد مدار ۷-۶ (رگولاتور ولتاژ با فیدبک) را توضیح دهید.



۷-۴-۵ مدار شکل ۷-۱۰ را ببندید. مقدار مقاومت R_1 را مطابق جدول ۷-۵ تغییر دهید. با استفاده از ولت‌متر ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول ۷-۵ بنویسید.



شکل ۷-۱۰ مدار رگولاتور ولتاژ با استفاده از آی‌سی ۷۸۱۲

جدول ۷-۵ اندازه‌ی ولتاژ خروجی در اثر تغییر مقاومت بار

R_1	47Ω	150Ω	330Ω	$1K\Omega$
V_O				

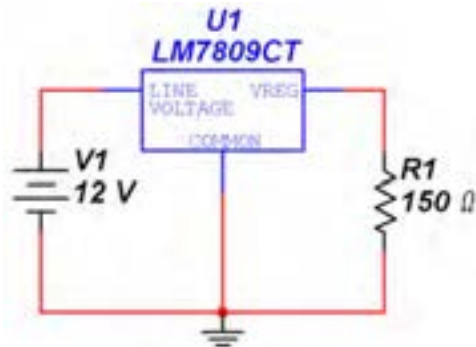
تمرین ۴: با استفاده از آی‌سی‌های سری ۷۹XX مدار رگولاتور ولتاژ را مشابه مدار شکل ۷-۱۰ ببندید و با تغییر مقاومت R_1 ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کنید و نتایج به دست آمده را بنویسید.



نکته:

آی‌سی‌های رگولاتور سری ۷۹XX ولتاژ تثبیت شده با قطب منفی را به وجود می‌آورند. در این گونه رگولاتورها قطب منفی منبع تثبیت نشده را به پایه‌ی ورودی وصل می‌کنیم و قطب مثبت را به پایه‌ی مشترک اتصال می‌دهیم.

۷-۴-۴ مدار شکل ۷-۹ را ببندید. مقدار ولتاژ ورودی را مطابق جدول ۷-۴ تغییر دهید و اندازه‌ی ولتاژ خروجی را در جدول ۷-۴ بنویسید.



شکل ۷-۹ مدار رگولاتور ولتاژ با استفاده از آی‌سی ۷۸۰۹
جدول ۷-۴ تغییرات ولتاژ ورودی و اثر آن بر ولتاژ خروجی

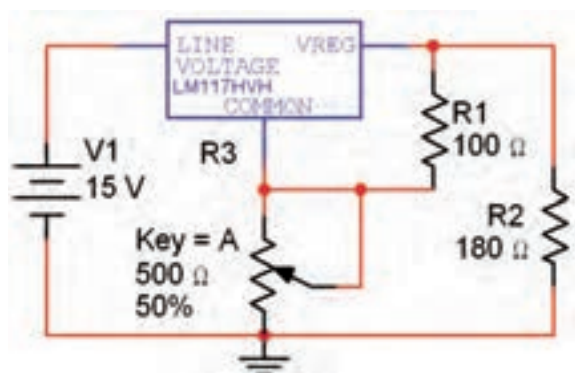
V_i	۵	۱۰	۱۲	۱۴
V_O				

سؤال ۱۵: نتایجی که از تغییرات ولتاژ ورودی در مدار شکل ۷-۹ به دست آورده‌اید، را بنویسید.



تمرین ۳: با استفاده از آی‌سی‌های سری ۷۸XX مدار رگولاتور ولتاژ را ببندید و با تغییر ولتاژ ورودی، تغییرات ولتاژ خروجی را بررسی نمایید. نتایج به دست آمده را در چند سطر توضیح دهید.





شکل ۷-۱۲ مدار رگولاتور ولتاژ با استفاده از آی سی رگولاتور LM۱۱۷

ولتاژ خروجی در حالتی که پتانسیومتر روی حداقل قرار دارد $V_O = \dots\dots\dots V$

ولتاژ خروجی در حالتی که پتانسیومتر روی حداکثر قرار دارد $V_O = \dots\dots\dots V$

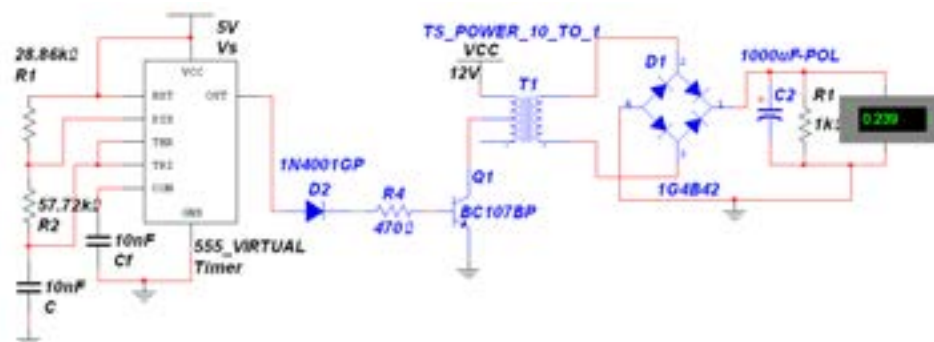
سؤال ۱۶: با توجه به آزمایش‌های انجام شده کدامیک از رگولاتورها بهتر و مناسبتر است؟ شرح دهید.



۷-۵ آزمایش ۵: مبدل DC به DC

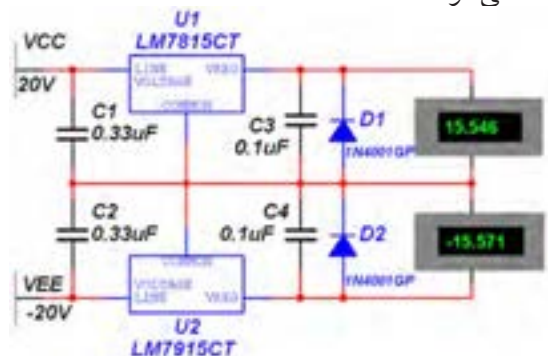
۷-۵-۱ در اکثر مبدل‌های DC به DC، ولتاژ DC ورودی به یک نوسان‌ساز موج مربعی داده می‌شود که خروجی آن سیم‌پیچ اولیه‌ی یک ترانسفورماتور را تحریک می‌کند. معمولاً مقدار فرکانس نوسان‌ساز تعیین‌کننده‌ی میزان ولتاژ خروجی است.

۷-۵-۲ مدار شکل ۷-۱۳ را ببینید. ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. در این مدار از آی سی ۵۵۵ به عنوان تولیدکننده‌ی موج مربعی استفاده شده است.



شکل ۷-۱۳ مدار مبدل DC به DC با استفاده از آی سی ۵۵۵

۷-۴-۶ مدار شکل ۷-۱۱ را ببینید. در این مدار دو نوع ولتاژ خروجی داریم. از این رگولاتور معمولاً برای مدارهایی که به هر دو نوع مثبت و منفی ولتاژ نیاز دارند، استفاده می‌شود.



شکل ۷-۱۱ مدار رگولاتور ولتاژ مثبت و منفی

تمرین ۵: مدار رگولاتور ولتاژ مثبت و منفی ۱۲ ولتی را ببینید و مراحل کار را توضیح دهید.





« فصل هشتم »

الکترونیک صنعتی

(مطابق فصل نهم کتاب الکترونیک عمومی ۲)

هدف کلی :

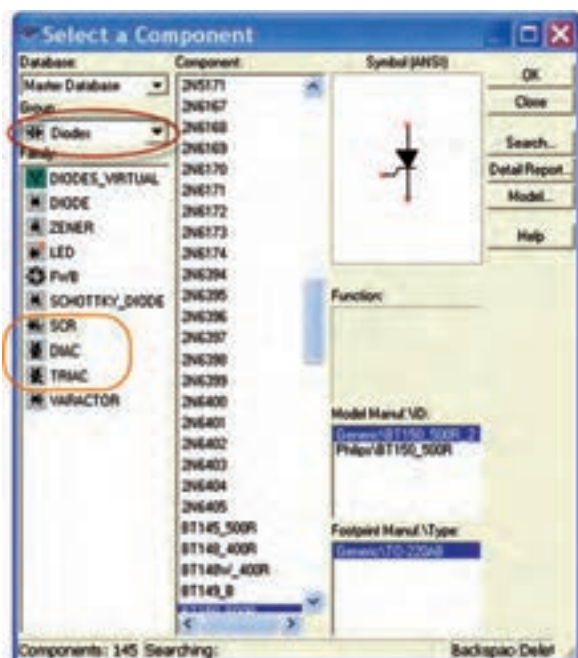
بررسی نرم‌افزاری مدارهای کاربردی قطعات الکترونیک صنعتی

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- منحنی مشخصه‌ی SCR را مشاهده کند.
- ۲- چگونگی روشن و خاموش کردن SCR را تجربه کند.
- ۳- مدار دایمر را با SCR را ببندد.
- ۴- جریان بار را در مدار دایمر با SCR از صفر تا ۱۸۰ درجه کنترل کند.
- ۵- مدار نوسان‌ساز موج دندان‌اره‌ای را با SCR ببندد و
- ۶- مدار برق اضطراری را با SCR ببندد.
- ۷- منحنی مشخصه‌ی دی‌اک را مشاهده کند.
- ۸- منحنی مشخصه‌ی تریاک را مشاهده کند.
- ۹- مدار دایمر را با دی‌اک و تریاک ببندد.
- ۱۰- نوسان‌ساز موج دندان‌اره‌ای با UJT را ببندد.

۲۱۴



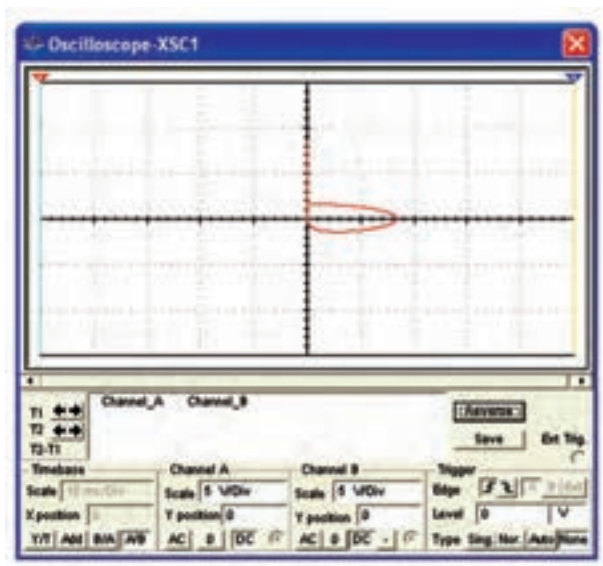
۸-۱ آزمایش ۱: منحنی مشخصه‌ی SCR

۸-۱-۱ برای انتخاب قطعات صنعتی Diac، SCR و

Triac در نرم‌افزار مولتی‌سیم می‌توانیم مطابق مسیر شکل

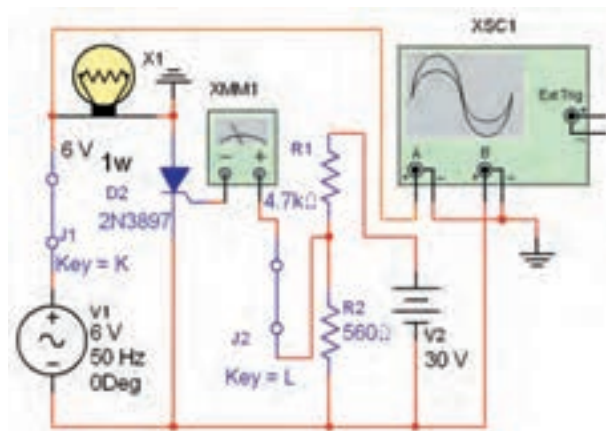
۸-۱ آن‌ها را به میز کار انتقال دهیم.

شکل ۸-۱ مسیر انتخاب قطعات الکترونیک صنعتی



شکل ۸-۳ نمایش منحنی مشخصه ولت- آمپر SCR

۸-۱-۲ برای مشاهده منحنی مشخصه ولت- آمپر SCR مدار شکل ۸-۲ را ببندید.



شکل ۸-۲ مدار مشاهده منحنی مشخصه ولت- آمپر SCR

سؤال ۱: آیا منحنی بر روی صفحه ایسیلوسکوپ ظاهر می شود؟ شرح دهید. به چه دلیل این منحنی کمی با منحنی واقعی تفاوت دارد؟

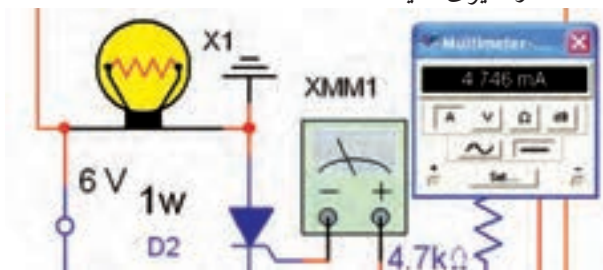
۸-۱-۳ اگر جریان گیت (I_G) را با دادن ولتاژ بایاس به گیت، در حد زیاد انتخاب کنیم. مقدار ولتاژ مستقیم برای هدایت SCR خیلی کم می شود.

نکته مهم:

هنگام راه اندازی مدار دقت کنید که مولتی متر روی آمپر متر قرار گیرد.

۸-۱-۵ با مولتی متر جریان DC گیت را مطابق شکل

۸-۴ اندازه گیری کنید.



شکل ۸-۴ اندازه گیری جریان گیت

$$I_G = \dots\dots\dots \text{mA}$$

سؤال ۲: آیا جریان گیت برای راه اندازی SCR مناسب

۸-۱-۴ برای مشاهده منحنی مشخصه ولت- آمپر SCR، دستگاه ایسیلوسکوپ را مطابق شکل ۸-۳ تنظیم کنید. کلید K را وصل کنید. نرم افزار را راه اندازی کنید و منحنی مشخصه SCR را مشاهده کنید. آیا منحنی مشاهده شده مشابه شکل ۸-۳ است؟

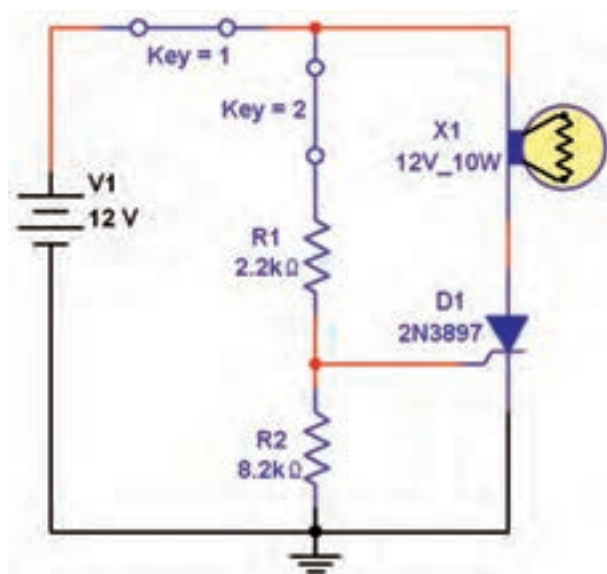
است؟



چنانچه شروط فوق برقرار باشد، تریستور هدایت خواهد کرد. برای خاموش کردن SCR باید یکی از شرایط زیر را فراهم آوریم:

- برای لحظه‌ای ولتاژ آند را قطع کنیم.
- برای لحظه‌ای جریان آند را قطع کنیم.
- برای لحظه‌ای آند را نسبت به کاتد اتصال کوتاه کنیم.

۸-۲-۲ مدار شکل ۸-۶ را ببندید. کلید K_1 را برای یک لحظه‌ی کوتاه وصل و سپس آن را قطع نمایید.



شکل ۸-۶ مدار روشن و خاموش شدن SCR

سؤال ۴: آیا لامپ روشن می‌شود؟ توضیح دهید.

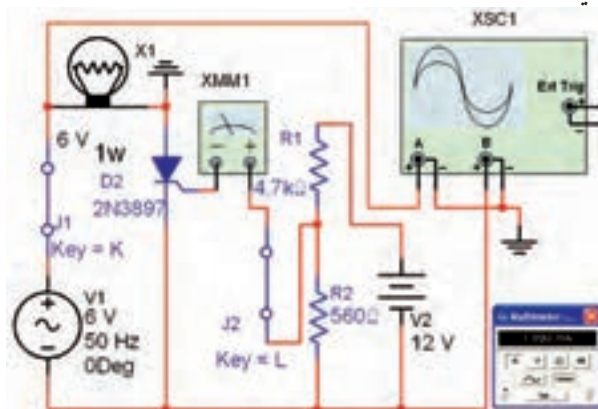


۸-۲-۳ در مدار شکل ۸-۶ کلید K_1 را فقط برای یک لحظه وصل کنید، سپس آن را قطع نمایید.

سؤال ۵: آیا لامپ روشن می‌شود؟ توضیح دهید.



۸-۱-۶ مقدار ولتاژ V_p را مطابق شکل ۸-۵ به ۱۲ ولت کاهش دهید. جریان گیت را با استفاده از آمپر متر اندازه گیری کنید.



شکل ۸-۵ کاهش ولتاژ در مدار SCR و اندازه‌گیری جریان

سؤال ۳: آیا لامپ در مدار شکل ۸-۴ روشن می‌شود؟

توضیح دهید.



۸-۲ آزمایش ۲:

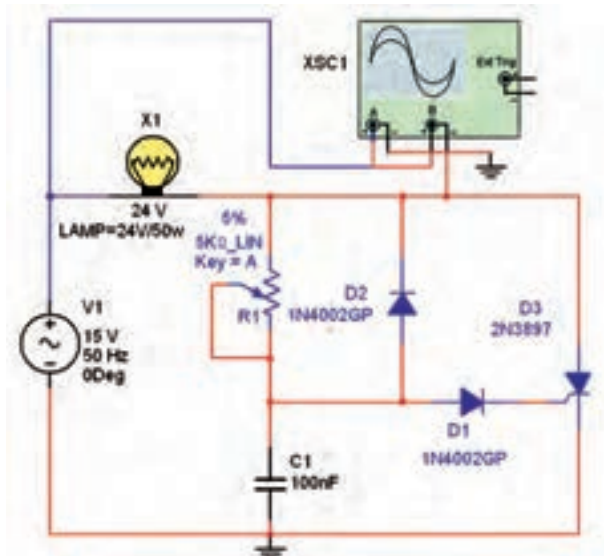
چگونگی روشن و خاموش کردن SCR

۸-۲-۱ برای روشن کردن تریستور باید دو شرط زیر

برقرار باشد:

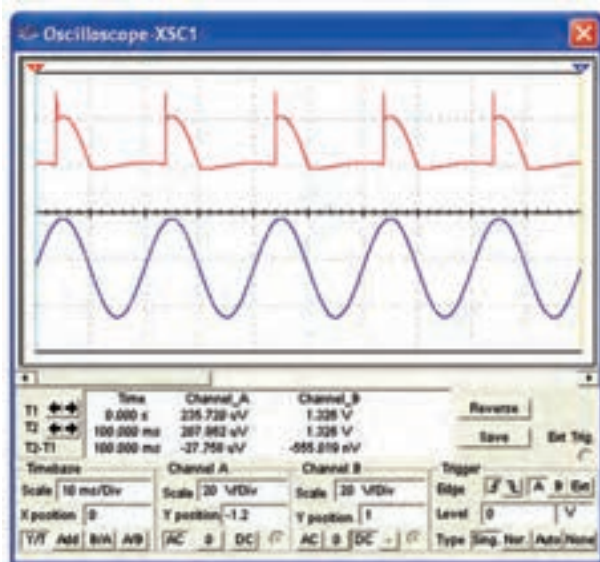
- آند نسبت به کاتد در بایاس مثبت قرار گیرد.
- به گیت تریستور یک سیگنال فرمان داده شود.

۸-۲-۷ مدار شکل ۷-۸ یک مدار دیمر یا تاریک کننده است. آن را ببندید.



شکل ۷-۸ مدار دیمر با SCR

۸-۲-۸ پتانسیومتر $R_1 = 5\text{ K}\Omega$ را روی ۵۰٪ بگذارید تا لامپ روشن شود. شکل موج ورودی و خروجی را توسط دستگاه اسیلوسکوپ مطابق شکل ۸-۸ مشاهده کنید.



شکل ۸-۸ شکل موج ورودی و دو سر بار مدار دیمر

با SCR در حالتی که پتانسیومتر روی ۵۰٪ قرار دارد.

سؤال ۸: لامپ در کدام نیم سیکل روشن می شود؟ دلیل

۸-۲-۴ ابتدا کلید K_1 را وصل، سپس کلید K_2 را فعال نمائید.

سؤال ۶: آیا لامپ روشن می شود؟ دلیل آن را بنویسید.



۸-۲-۵ کلید K_2 را قطع کنید. آیا لامپ خاموش می شود؟ توضیح دهید.



سؤال ۷: با قطع فقط کدام کلید لامپ خاموش می شود؟ علت را توضیح دهید.



۸-۲-۶ کلیدها را دوباره به صورت های مختلف فعال کنید. آیا SCR مطابق آنچه که در درس تئوری خوانده اید فعال می شود؟ توضیح دهید.



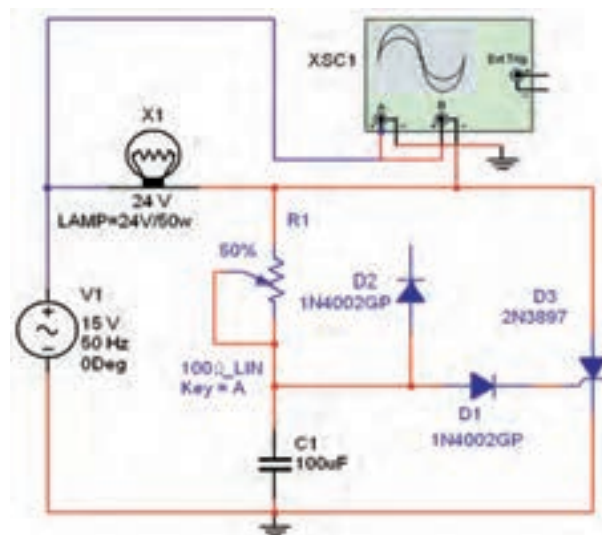
آن را بنویسید.



۸-۲-۱۱ با تغییر مقاومت R_1 می‌توانیم در نیم سیکل مثبت ولتاژ شارژ خازن را کنترل کنیم. چرا؟ شرح دهید.

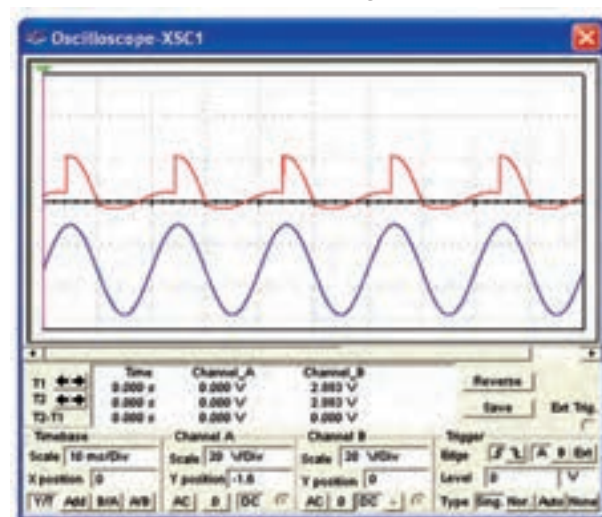


۸-۲-۹ در مدار شکل ۸-۷ پتانسیومتر را به ۱۰۰ اهم و خازن را به $100\mu\text{F}$ تغییر داده‌ایم. دیود D_1 را مطابق شکل ۸-۹ از مدار قطع کنید.



شکل ۸-۹ مدار تغییر یافته جهت مشاهده‌ی زاویه‌ی آتش SCR

۸-۲-۱۰ پتانسیومتر R_1 را تغییر دهید و روی ۵۰٪ بگذارید. شکل موج‌های ورودی و خروجی را توسط دستگاه اسیلوسکوپ مطابق شکل ۸-۱۰ مشاهده کنید.



شکل ۸-۱۰ شکل موج دو سر بار در شرایطی که دیود DC قطع است.

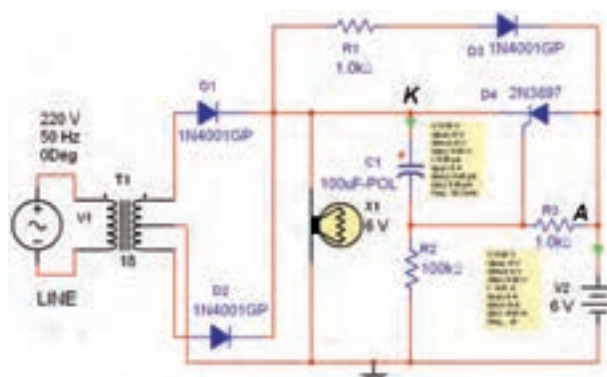
سؤال ۹: در مدار شکل ۸-۹ جریان عبوری از بار تقریباً چند درجه قابل کنترل است؟



۸-۲-۱۲ مدار شکل ۸-۷ با مدار شکل ۸-۹ چه تفاوتی دارد؟ شکل موج خروجی آن‌ها را مقایسه کنید و توضیح دهید.

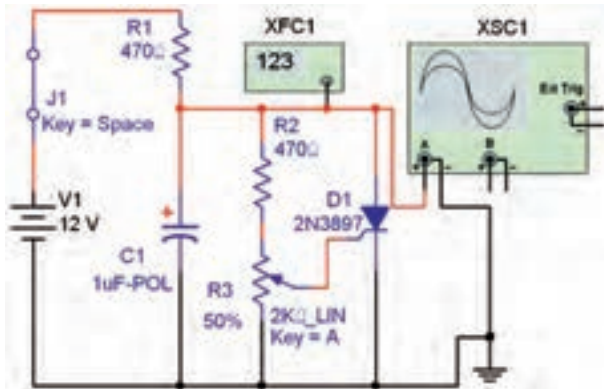


۸-۲-۱۳ مدار برق اضطراری با SCR را در شکل ۸-۱۱ مشاهده می‌کنید. در این مدار باتری ۶ ولتی توسط دیود D_1 شارژ می‌شود.



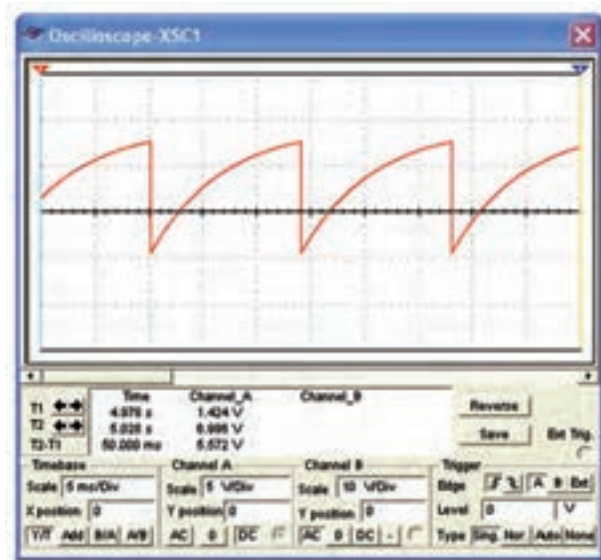
شکل ۸-۱۱ مدار برق اضطراری با SCR

۸-۲-۱۶ یکی از کاربردهای دیگر SCR استفاده‌ی آن در مدار نوسان‌ساز است. عمل نوسان‌سازی با شارژ و دشارژ یک خازن و تولید موج دندان‌اره‌ای انجام می‌شود. مدار شکل ۸-۱۲ را ببینید.



شکل ۸-۱۲ مدار نوسان‌ساز با SCR

۸-۲-۱۷ به وسیله‌ی دستگاه اسیلوسکوپ شکل موج خروجی را مطابق شکل ۸-۱۳ مشاهده کنید. دامنه‌ی ولتاژ و فرکانس خروجی مدار را اندازه بگیرید.



شکل ۸-۱۳ شکل موج خروجی نوسان‌ساز با SCR

$$V_o = \dots\dots\dots V$$

$$F_o = \dots\dots\dots \text{HZ}$$

۸-۲-۱۴ مدار شکل ۸-۱۱ را ببینید و ولتاژ نقاط A و K را اندازه بگیرید.

$$V_{A(P-P)} = \dots\dots\dots V \quad V_{A(DC)} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{K(P-P)} = \dots\dots\dots V \quad V_{K(DC)} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۰: آیا در شرایطی که برق شهر به مدار اتصال دارد، SCR وصل است؟ شرح دهید.



۸-۲-۱۵ خط Line برق شهر ورودی شهر را در مدار شکل ۸-۱۱ قطع کنید و ولتاژ نقاط A و K را دوباره اندازه بگیرید.

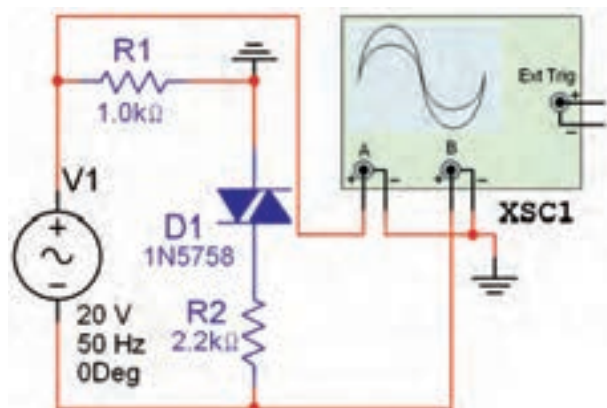
$$V_{A(P-P)} = \dots\dots\dots V \quad V_{A(DC)} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{K(P-P)} = \dots\dots\dots V \quad V_{K(DC)} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۱: دلیل روشن بودن لامپ در هنگام قطع برق شهر را شرح دهید.

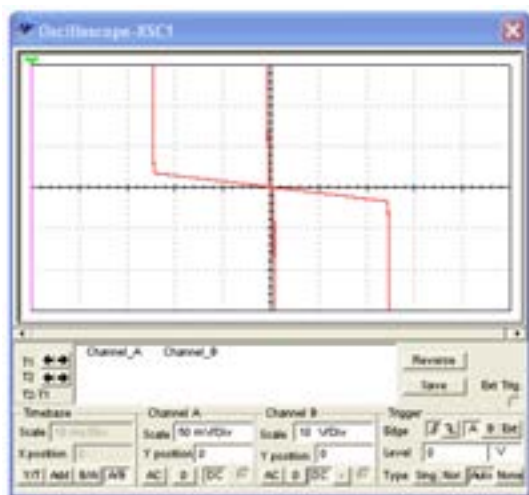


مشخصه‌ی ولت-آمپر دیاک را بر روی صفحه ظاهر کنید. در این مرحله تنظیم‌های اسیلوسکوپ بسیار مهم است و باید با دقت انجام شود.



شکل ۸-۱۵ مدار برای مشاهده‌ی منحنی مشخصه‌ی ولت-آمپر دیاک

۸-۳-۲ با توجه به شکل ۸-۱۶ ولتاژ شکست دیاک را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



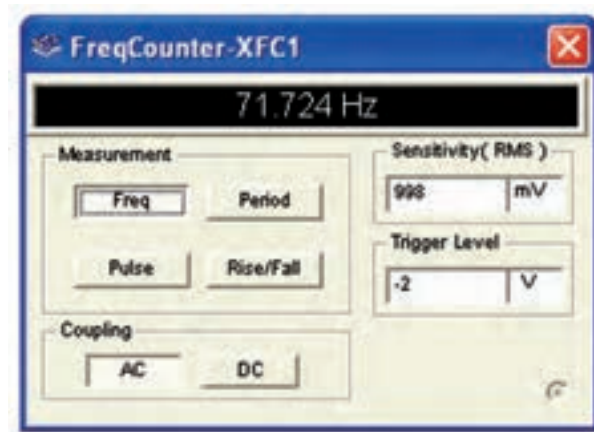
شکل ۸-۱۶ منحنی مشخصه‌ی ولت-آمپر دیاک

$$V_B = \dots\dots\dots V$$

۸-۴ آزمایش ۴: ترایاک و کاربردهای آن

۸-۴-۱ ترایاک قطعه‌ای صنعتی است که در هر دو نیم سیکل مثبت و منفی هدایت جریان را انجام می‌دهد. ترایاک با ولتاژ مثبت و منفی تریگر گیت (فرمان)، هادی می‌شود. ولتاژ شکست ترایاک با کنترل جریان گیت قابل کنترل است. مدار

۸-۲-۱۸ مقدار پتانسیومتر R_p مدار شکل ۸-۱۴ را تغییر دهید و با تنظیم فرکانس متر تغییرات فرکانس سیگنال خروجی را مشاهده کنید. حداقل و حداکثر فرکانس خروجی را اندازه بگیرید.



شکل ۸-۱۴ فرکانس اندازه‌گیری شده‌ی مدار نوسان‌ساز

$$F_{Omin} = \dots\dots\dots \text{HZ} \quad F_{Omax} = \dots\dots\dots \text{HZ}$$

سؤال ۱۲: تغییرات پتانسیومتر چگونه روی مقدار فرکانس اثر می‌گذارد؟ به چه دلیل هنگامی که پتانسیومتر به مقداری در حدود بیش‌تر از ۶۵ درصد می‌رسد، مدار نوسان نمی‌کند؟ توضیح دهید.

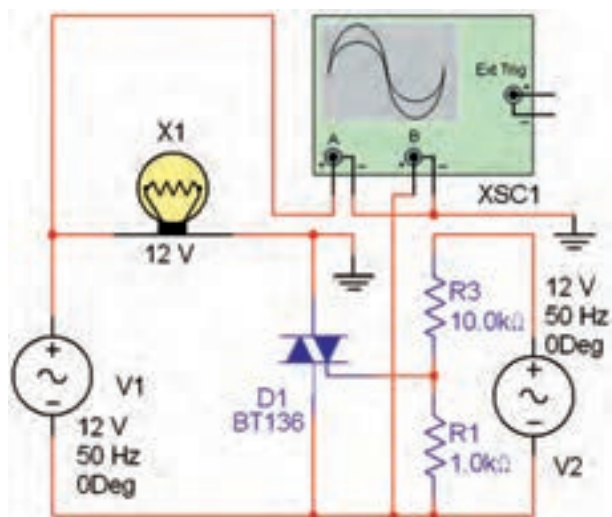


۸-۳ آزمایش ۳: منحنی مشخصه‌ی دیاک

۸-۳-۱ برای مشاهده‌ی منحنی مشخصه‌ی دیاک مدار شکل ۸-۱۵ را ببندید. به وسیله‌ی اسیلوسکوپ منحنی



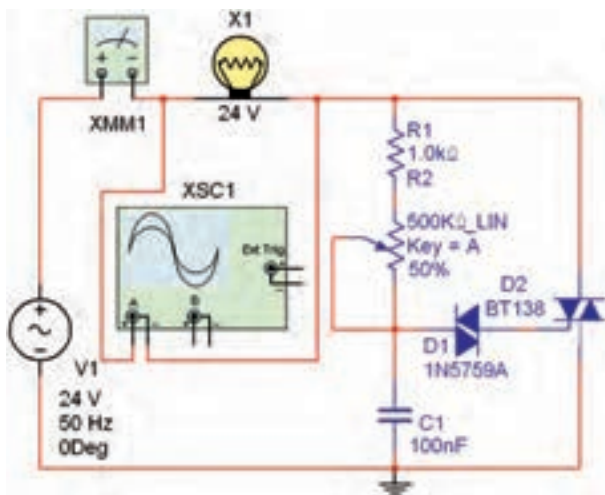
شکل ۱۷-۸ را ببندید.



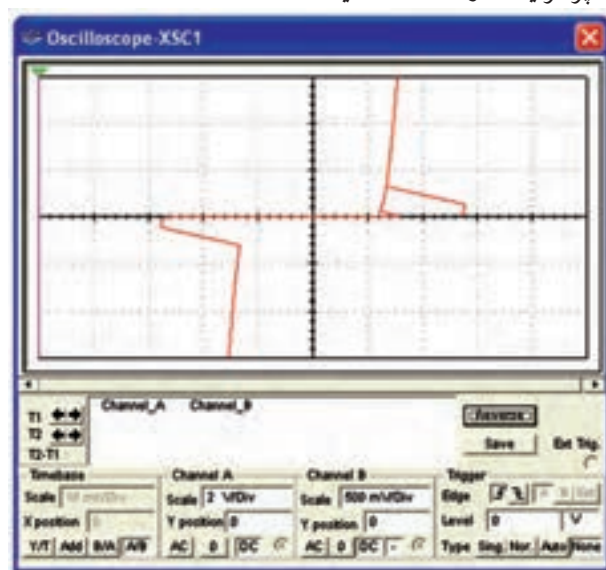
شکل ۱۷-۸ مدار منحنی مشخصه ولت-آمپر ترایاک

۸-۴-۳ مدار دیمر با دیاک و ترایاک را در شکل ۱۹-۸ مشاهده می کنید. در این مدار با تغییر پتانسیومتر می توانید زاویه ی برش موج را تغییر دهید و ولتاژ موثر دو سر بار را تنظیم کنید. مدار شکل ۱۹-۸ را ببندید.

۸-۴-۲ مدار شکل ۱۷-۸ را فعال کنید و با تنظیم اسیلوسکوپ مطابق شکل ۱۸-۸ منحنی مشخصه ولت-آمپر ترایاک را مشاهده کنید.



شکل ۱۹-۸ مدار دیمر با ترایاک و دیاک



شکل ۱۸-۸ منحنی مشخصه ولت-آمپر ترایاک

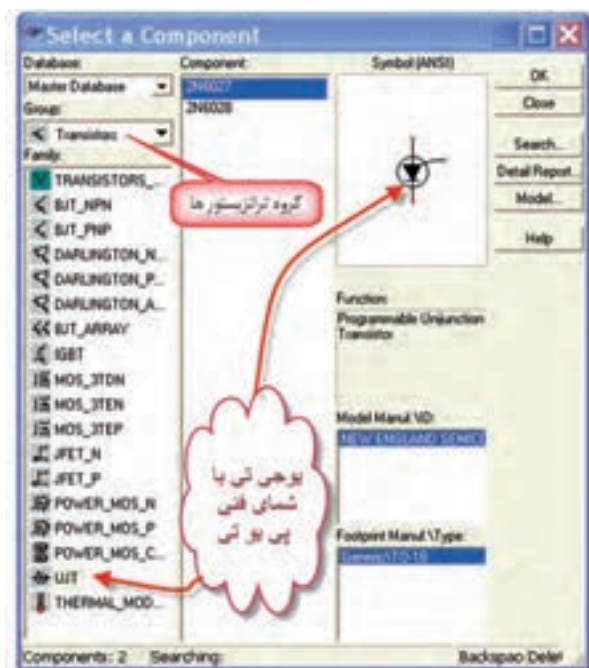
۸-۴-۴ به کمک مولتی متر جریان بار را اندازه گیری کنید.

$$I_L = \dots\dots\dots \text{mA}$$

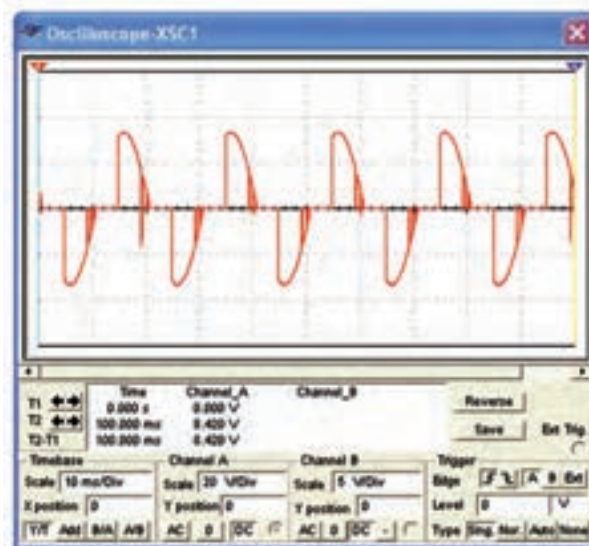
سؤال ۱۳: با توجه به منحنی مشخصه ولت-آمپر ترایاک در شکل ۱۸-۸ آیا ولتاژ شکست ترایاک در هر دو جهت یکسان است؟ توضیح دهید.

۸-۴-۵ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ مطابق

نماد UJT را مشابه PUT نشان داده‌اند.

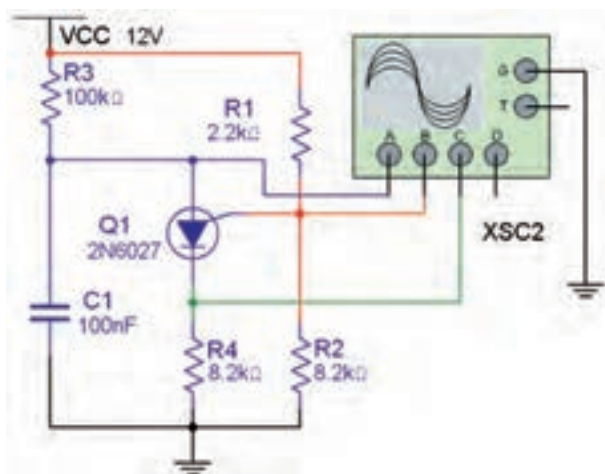


شکل ۸-۲۰ شکل موج ولتاژ دو سر بار را مشاهده می‌کنید. پتانسیومتر را آهسته تغییر دهید و زاویه‌ی برش را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۸-۲۰ شکل موج دو سر بار در مدار دیمر با دیپاک و ترایاک

شکل ۸-۲۱ مسیر انتخاب ترانزیستور UJT
۸-۵-۲ مدار نوسان‌ساز UJT را مطابق شکل ۸-۲۲ ببینید.



شکل ۸-۲۲ مدار نوسان‌ساز UJT

۸-۵-۳ وقتی مولد موج PUT در حال کار است، سه نوع موج با شکل‌های مختلف تولید می‌شود. می‌توانید با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ ۴ کاناله این شکل موج‌ها را به طور هم‌زمان مطابق شکل ۸-۲۳ مشاهده کنید و فرکانس آن‌ها را نیز به دست آورید.

سؤال ۱۴: در مدارهای کنترل صنعتی برای کنترل جریان بار، زاویه‌ی برش را به صورت خودکار کنترل می‌کنند. برای این منظور معمولاً از چه سیگنال‌ها و مدارهای قطعات صنعتی استفاده می‌کنند؟ توضیح دهید.



۸-۵ آزمایش ۵: ترانزیستور تک پیوندی PUT و UJT

۸-۵-۱ از ترانزیستورهای UJT و PUT به عنوان مولد موج دندانه‌اره‌ای و تهیه‌ی پالس فرمان جهت گیت‌های SCR و DIAC در مدارهای کنترل اتوماتیک صنعتی استفاده می‌شود. UJT را می‌توان مطابق شکل ۸-۲۱ در نرم‌افزار مولتی‌سیم انتخاب کرد و به محیط کار انتقال داد. در نرم‌افزار



شکل ۲۳-۸ شکل موج‌های تولید شده مدار نوسان‌ساز PUT

$$F = \dots\dots\dots \text{HZ}$$

۲۲۳

سؤال ۱۵: شکل موج نقطه‌ی آند منحنی شارژ و دشارژ خازن C است. مسیر شارژ خازن را بنویسید.



سؤال ۱۶: ولتاژ روی کدام پایه‌ی PUT در هنگام شارژ خازن در حدود صفر است؟ دلیل آن را توضیح دهید.



« فصل اول »

دستگاه طیف‌نما (Spectrum Analyzer)

(مطابق فصل اول کتاب مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

استفاده از دستگاه طیف‌نما در فضای نرم‌افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود :

۵- یک موج مثلی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۶- یک موج دندان‌اره‌ای را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۷- موج یک‌سوشده‌ی تمام موج و نیم موج را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۸- کاربرد دستگاه طیف‌نما را شرح دهد.

۱- دستگاه طیف‌نما را از منوی Instrument بر روی میز کار بیاورد.

۲- دکمه‌ها و کلیدهای دستگاه طیف‌نما را شناسایی کند.

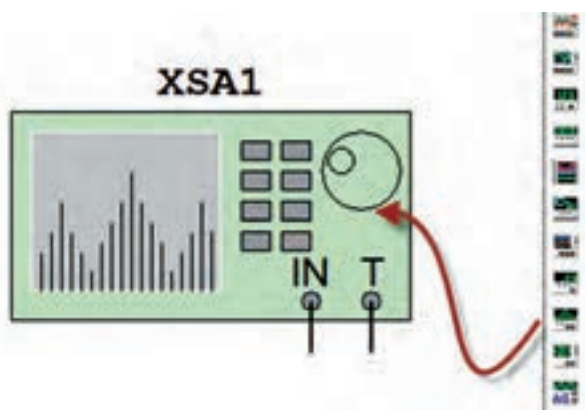
۳- یک موج سینوسی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۴- یک موج مربعی را در دستگاه طیف‌نما مشاهده کند.

۲۲۴

۲-۱ شناسایی دکمه‌ها و چگونگی کار با دستگاه طیف‌نما.

۱-۲-۱ با استفاده از منوی Instrument طبق شکل ۱-۱ دستگاه طیف‌نما را روی میز کار بیاورید.



شکل ۱-۱ آوردن دستگاه طیف‌نما روی میز کار

۱-۱-۱ آزمایش ۱: آشنایی با دستگاه طیف‌نما

۱-۱-۱ دستگاه طیف‌نما دستگاهی است که توسط آن می‌توانید طیف فرکانسی را مشاهده کنید. همان‌طور که در بحث هارمونیک‌ها گفته شد، هر موج غیر سینوسی از تعدادی موج سینوسی خالص تشکیل می‌شود. با استفاده از دستگاه طیف‌نما می‌توانید یک سیگنال غیر سینوسی مانند مربعی، مثلی و دندان‌اره‌ای را تجربه کنید و هارمونیک‌های آن را مشاهده نمایید. دستگاه طیف‌نما امواج را در حوزه‌ی زمان نشان نمی‌دهد، بلکه آن‌ها را در حوزه‌ی فرکانس نمایش می‌دهد. به عبارت دیگر محور افقی، با فرکانس و محور عمودی با دامنه درجه بندی می‌شود.

که در این دستگاه محور افقی بر حسب فرکانس درجه بندی می شود. در شکل ۱-۲ کلیدها و دکمه های دستگاه طیف نما را که به صورت زبانه هستند نشان داده ایم.

۱-۲-۲ روی دستگاه دو بار کلیک کنید. دستگاه طیف نما مطابق شکل ۱-۲ باز می شود. دکمه ها و زبانه های دستگاه طیف نما تا حدودی مشابه اسیلوسکوپ است، با این تفاوت

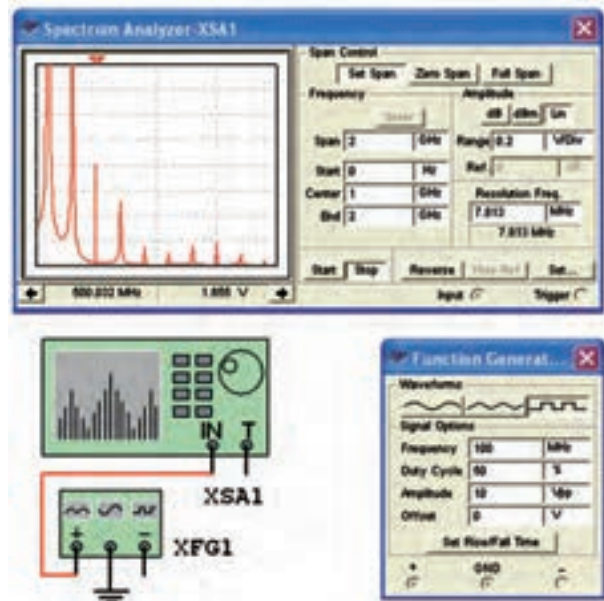


شکل ۱-۲ نمای ظاهری دستگاه طیف نما در نرم افزار

نمایش هارمونیک های آن را ملاحظه می کنید. از آن جا که هارمونیک های این موج مربعی فرد است، هارمونیک فرد سوم که فرکانس آن ۵۰۰ مگاهرتز است را مشخص کرده ایم.

با توجه به شرایط کار و مراحل استفاده از دستگاه طیف نما، هر یک از دکمه ها و کلیدها را توضیح خواهیم داد. در این قسمت به معرفی کلیدهای اصلی پرداخته ایم.

۱-۲-۳ همان طور که قبلاً اشاره شد، دستگاه طیف نما می تواند طیف فرکانسی را در حوزه ی فرکانس نشان دهد. عملکرد دستگاه مشابه اسیلوسکوپ است و محدوده ی فرکانسی کار مشخصی دارد. در دستگاه طیف نما، سیگنال ورودی تجزیه می شود و با استفاده از یک سیستم مرور گر یا جاروب (Scan-Sweep) فرکانس محور افقی را جاروب می کند و فرکانس های طیف فرکانسی مورد نظر را نمایش می دهد. هر یک از مؤلفه های نمایش داده شده دارای فرکانس و دامنه ی مشخصی هستند. دستگاه طیف نما علاوه بر اندازه گیری دامنه و فرکانس می تواند قدرت سیگنال های دریافتی را نیز اندازه بگیرد. در شکل ۱-۳ یک موج مربعی با فرکانس ۱۰۰ مگاهرتز را به دستگاه داده ایم. روی صفحه ی



شکل ۱-۳ نمایش هارمونیک های موج مربعی روی دستگاه طیف نما

عبارت از فرکانس‌هایی است که دستگاه می‌تواند سیگنال‌ها را تجزیه و تحلیل کند. برای این منظور در شکل ۴-۱ دو محدوده‌ی فرکانسی در نظر گرفته شده است.



شکل ۴-۱ فرکانس شروع و پایان

فرکانس شروع (F-start) حداقل فرکانس قابل انتخاب، برای این قسمت صفر هرتز است. فرکانس پایان (F-end) حداکثر فرکانس قابل انتخاب روی دستگاه ۲ گیگاهرتز است که برای فرکانس انتهایی می‌توانید انتخاب نمایید.



برای این دستگاه نمی‌توانید فرکانس صفر را انتخاب کنید. زیرا دستگاه به فرکانس صفر پاسخ نمی‌دهد.

۷-۲-۱ حوزه‌ی جابه‌جایی فرکانس در جهت افقی (Frequency Span) در این پارامتر تقسیمات فرکانس روی محور افقی را تعیین می‌کنند و مطابق شکل ۵-۱ دارای

یکی از زمینه‌های کاربرد وسیع دستگاه زمینه‌های مخابراتی است. برای مثال در سامانه‌های رادیویی سلولی باید هارمونیک‌های سیگنال‌های حامل را بررسی کنیم تا در آن تداخل و مزاحمتی (interference) وجود نداشته باشد. مشاهده‌ی شکل موج مدوله شده در طیف آن نیز از موارد دیگری است که مورد توجه قرار می‌گیرد.

توجه داشته باشید، هنگامی که نیاز به مشاهده‌ی شکل موج باشد از اسیلوسکوپ استفاده می‌کنیم. دستگاه طیف‌نما نمی‌تواند مواردی مانند زمان صعود، زمان نزول، سرعت تکرار و زمان دوام پالس را اندازه بگیرد. در این حالت از اسیلوسکوپ استفاده می‌کنیم.

۴-۲-۱ در دستگاه‌های طیف‌نمای واقعی به خاطر حرکت الکترون‌ها در عناصر موجود در مدار، مقداری نویز تولید می‌شود. این نویز پس از تقویت از طریق لامپ اشعه‌ی کاتدیک روی صفحه‌ی نمایش طیف‌نما به نمایش در می‌آید. در طیف‌نمای موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم این حالت رخ نمی‌دهد. هم‌چنین به دلیل مجازی بودن طیف‌نما در نرم‌افزار مولتی‌سیم، این دستگاه هیچ‌گونه نویزی را به مدار تحمیل نمی‌کند.

۵-۲-۱ هنگام کار با دستگاه طیف‌نما باید به موارد زیر که از پارامترهای اصلی دستگاه هستند توجه کنید. ● محدوده‌ی فرکانسی که دستگاه با آن کار می‌کند.

(Frequency Range)

● محدوده‌ی جابه‌جایی فرکانس در جهت افقی

(Frequency Span)

● سطح مرجع اولیه جهت سنجش (Reference Level)

● محدوده‌ی اندازه‌گیری (Measurement Range)

هر یک از موارد بالا در دستگاه طیف‌نمای نرم‌افزار مولتی‌سیم مشخص شده است و می‌بایستی به صورت دستی تنظیم شود.

۶-۲-۱ محدوده‌ی فرکانس کار (Frequency Range)

Set Span باشد. مقدار فرکانس ابتدا و انتها از روش زیر محاسبه می‌شود:



شکل ۶-۱ تنظیم جابه‌جایی در جهت افقی با استفاده از Span Control

● تحلیل فرکانس با روش کنترل فرکانس Frequency Control، در این روش F-Start و F-End به صورت دستی تعریف می‌شود. توجه داشته باشید که در این حالت باید مقادیر مخالف صفر و در محدوده‌ی فرکانس دستگاه باشد. با دادن مقادیر شروع و پایان با فعال کردن کلید Enter مقادیر Center و Span به طور خودکار محاسبه می‌شود. یادآور می‌شویم که در هیچ یک از روش‌ها، شما نمی‌توانید تمام پارامترها را تغییر دهید. در هر بار فقط دو پارامتر تعریف شده قابل تغییر است.

بسیار مهم:

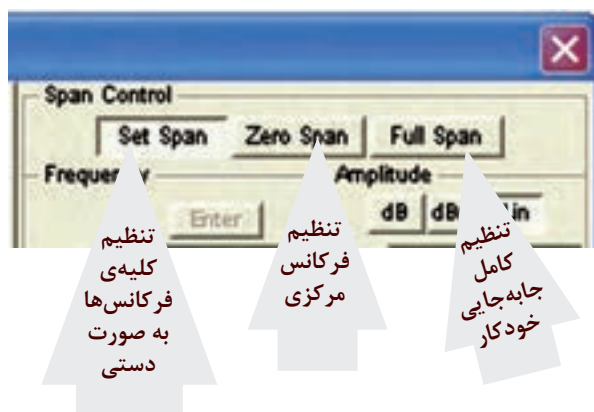
توصیه می‌شود همیشه از زبانه‌ی Full Span استفاده کنید و در صورت نیاز برخی از مقادیر را تغییر دهید تا نمودار واضح‌تر شود.

سه محدوده‌ی تنظیم به شرح زیر است:

● جابه‌جایی کامل (Full Span) در حالتی به کار می‌رود که بخواهیم همه‌ی محدوده‌ی ۱ KHz تا ۴ GHz را مورد استفاده قرار می‌دهیم. در این شرایط به طور خودکار، محدوده‌ی اشاره شده در اختیار ما قرار می‌گیرد.

● جابه‌جایی صفر Zero Span در حالتی به کار می‌رود که بخواهیم فرکانس خاصی را در مرکز صفحه‌ی نمایش تعریف کنیم. در این حالت فقط یک فرکانس نمایش داده می‌شود.

● تنظیم جابه‌جایی به صورت دستی Set Span در شرایطی به کار می‌رود که بخواهیم کلیه‌ی فرکانس‌های مربوط به Span Control و Frequency Control را به طور دستی تنظیم کنیم. در قسمت تحلیل فرکانس Frequency Analysis در این باره توضیح خواهیم داد.

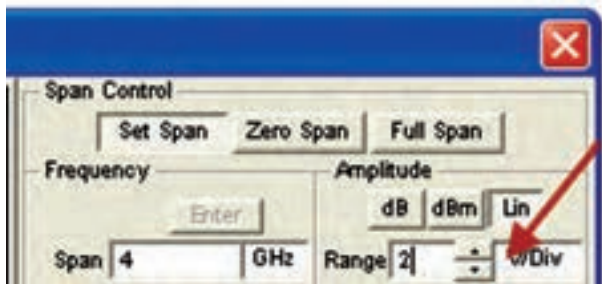


شکل ۵-۱ حوزه‌ی کنترل جابه‌جایی در جهت افقی

۸-۲-۱ برای تحلیل فرکانس دو روش به شرح زیر وجود دارد:

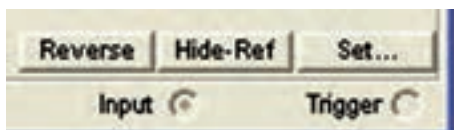
● کنترل جابه‌جایی Span Control، در این روش فرکانس جابه‌جایی و فرکانس مرکزی تعریف می‌شود. برای تنظیم فرکانس مرکزی مطابق شکل ۶-۱ فرکانس Span و فرکانس Center را انتخاب می‌کنیم. سپس با کلیک کردن روی زبانه‌ی Enter مقدار فرکانس ابتدا و انتها محاسبه می‌شود. در این حالت باید دکمه‌ی Span Control روی

● اگر زبانه را روی قسمت خطی یا Lin قرار دهید، اندازه گیری به صورت خطی انجام می شود. برای تغییر مقادیر مربوط به هر یک از اندازه گیری ها، عدد مورد نظر را در زبانه وارد کنید یا با استفاده از جهت نماهای نشان داده شده در سمت راست زبانه مطابق شکل ۸-۱، مقادیر را تغییر دهید.



شکل ۸-۱ تغییر مقدار دامنه‌ی ولتاژ با استفاده از جهت نما

۱۰-۲-۱ یکی دیگر از دکمه های دستگاه طیف نما زبانه‌ی Show Ref یا Hide Ref است. Ref مخفف کلمه‌ی Reference به معنی مرجع است. در شکل ۹-۱ این زبانه را مشاهده می کنید. این زبانه زمانی فعال می شود که دستگاه روی dB یا dBm قرار دارد. برای آشنایی با عملکرد این کلید در هنگام آزمایش در باره‌ی آن بحث خواهیم کرد.



شکل ۹-۱ زبانه‌ی مرجع Reference

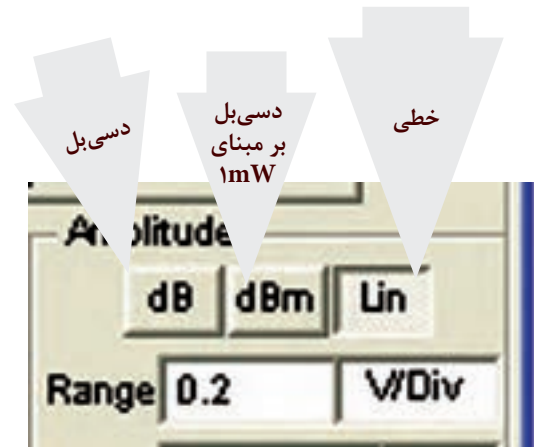
۱۱-۲-۱ زبانه‌ی میزان دقت جابه جایی فرکانس در جهت محور افقی با نام Frequency Resolution در سمت راست و پایین دستگاه طبق شکل ۱۰-۱ قرار دارد.



شکل ۱۰-۱ زبانه‌ی دقت جابه جایی فرکانس

این زبانه به طور خود کار تنظیم می شود و مقدار اولیه‌ی

۹-۲-۱ تنظیم دامنه Amplitude Range، در این دستگاه با سه روش دسی بل (dB)، دسی بل بر مبنای یک میلی وات (dBm) و خطی (Lin) صورت می گیرد. در شکل ۷-۱ زبانه های مربوط به تنظیم دامنه را مشاهده می کنید.



شکل ۷-۱ زبانه های مربوط به تنظیم دامنه

● در صورتی که زبانه‌ی dB فعال شود مقادیر کمیت ها به صورت $20 \log_{10} V$ (۲۰ لگاریتم ولتاژ ورودی در مبنای ده) اندازه گیری می شود که همان دسی بل ولتاژ (dB) است. از دسی بل برای اندازه گیری توان نیز استفاده می شود. در این شرایط لازم است مقاومت دستگاه مورد آزمایش را داشته باشیم.

● چنانچه دستگاه روی dBm قرار گیرد مقدار کمیت بر اساس رابطه‌ی: $10 \log_{10} \frac{V^2}{R}$ اندازه گیری می شود. بر اساس این عبارت قدرت تلف شده در یک مقاومت ۶۰۰ اهمی در حالتی که ولتاژ دو سر آن ۰/۷۷۵ ولت باشد برابر با یک میلی وات خواهد بود. در صورتی که سطح ولتاژ را ۱۰ دسی بل در نظر بگیریم، توان تلف شده در مقاومت ۶۰۰ اهمی برابر با ۱۰ میلی وات است.

● هنگامی که از این تقسیم بندی استفاده می کنید سیگنال نمایش داده شده بر مبنای صفر dBm اندازه گیری می شود. توجه داشته باشید که در این اندازه گیری مقاومت بار ۶۰۰ اهم در نظر گرفته شده است.

۲-۳-۱ روی دستگاه طیف‌نما دو بار کلیک کنید تا شکل ۱-۱۲ روی صفحه ظاهر شود. همان طور که ملاحظه می‌شود طیف فرکانسی در سمت چپ صفحه‌ی نمایشگر دستگاه ظاهر شده است: این طیف خیلی روشن و واضح نیست.



شکل ۱-۱۲ طیف فرکانسی موج مربعی ۸۰ مگاهرتز در حالتی که دستگاه طیف‌نما روی Full Span قرار دارد.

در این شرایط، دستگاه به طور خودکار مقادیر را انتخاب کرده است. با کمی تغییر در مقادیر می‌توانیم وضعیت طیف فرکانسی ظاهر شده را بهبود بخشیم.

۳-۳-۱ در حالی که نرم‌افزار روشن است رنج (Range) مربوط به دامنه (Amplitude)، مقدار V/Div را به ۰/۵ ولت کاهش دهید، شکل ۱-۱۳ ظاهر می‌شود که شکل موج طیف فرکانسی تا حدودی بهتر شده است.

مکان‌نما



شکل ۱-۱۳ بهبود طیف فرکانسی مکان‌نما که در سمت چپ صفحه‌ی نمایشگر وجود دارد

آن برابر با $\Delta F = \frac{F - \text{End}}{1024}$ است. کاربر می‌تواند مقدار دقت جابه‌جایی را افزایش دهد. این افزایش باید مضرب صحیحی از میزان دقت جابه‌جایی اولیه باشد و مقدار آن کم‌تر از ΔF محاسبه شده نشود. برای مثال اگر برابر ۱۰۰ مگاهرتز است. میزان Frequency Resolution نباید از

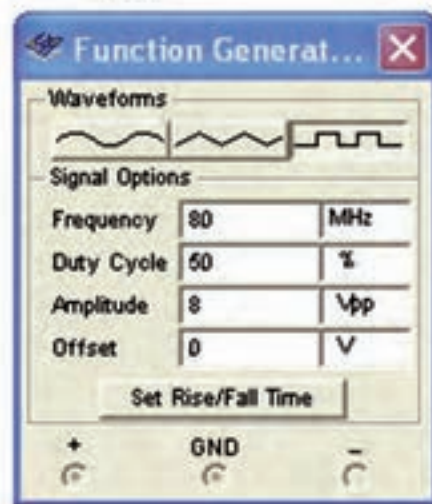
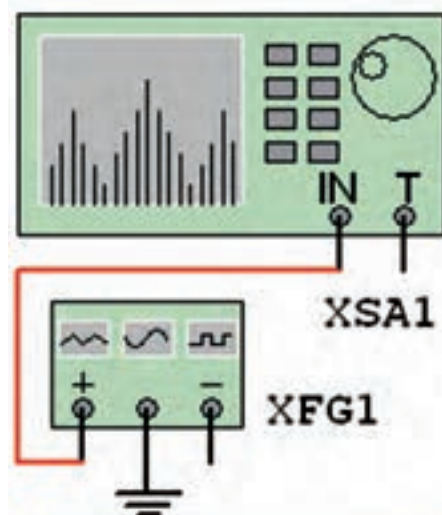
$$\Delta F = \frac{100000 \text{ KHz}}{1024} = 97 \text{ KHz}$$

کم‌تر باشد.

۱-۳ آزمایش ۲:

مشاهده‌ی هارمونیک‌های موج مربعی

۱-۳-۱ مدار شکل ۱-۱۱ را روی میز آزمایشگاهی نرم‌افزار ببندید. فانکشن ژنراتور را روی مقادیر داده شده به طور دقیق تنظیم کنید.

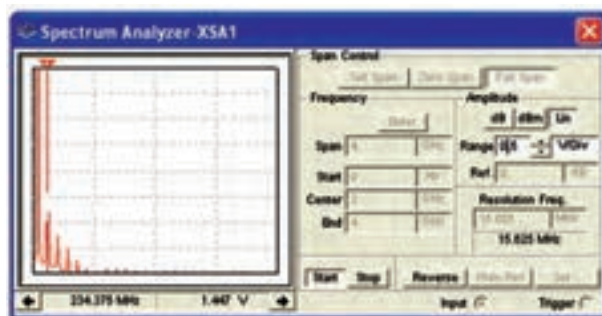


شکل ۱-۱۱ مدار مشاهده‌ی هارمونیک‌های موج مربعی

سؤال ۳: مقادیر Span Control را با استفاده از دو حالت Set Span و Zero Span تغییر دهید و اثر آن را روی شکل موج خروجی مشاهده کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



را با استفاده از موشواره حرکت دهید و مقدار دامنه و فرکانس دومین هارمونیک را طبق شکل ۱۴-۱ اندازه بگیرید.



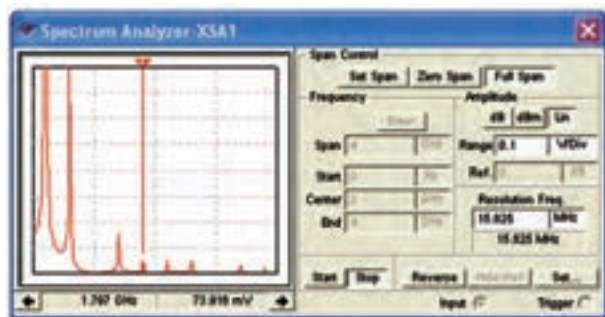
شکل ۱۴-۱ اندازه‌گیری دامنه و فرکانس دومین هارمونیک

$$F_p = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_p = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

سؤال ۱: آیا مقدار فرکانس دومین هارمونیک روی دستگاه طیف‌نما تقریباً برابر فرکانس فانکشن ژنراتور است؟ توضیح دهید.



۵-۳-۱ فرکانس فانکشن ژنراتور را روی ۲۰۰ مگاهرتز بگذارید و فرکانس هر یک از هارمونیک‌ها را اندازه بگیرید. در شکل ۱۵-۱ اندازه‌گیری فرکانس چهارم نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۱ اندازه‌گیری فرکانس هارمونیک چهارم موج مربعی ۲۰۰ مگاهرتز

سؤال ۴: آیا رابطه‌ی بین فرکانس‌ها و دامنه‌های هارمونیک‌ها در این مرحله نیز مشابه مرحله‌ی قبل است؟ توضیح دهید.



۴-۳-۱ مکان‌نما را روی سایر هارمونیک‌ها با موشواره جابه‌جا کنید و برای هر یک از هارمونیک‌ها مقدار فرکانس و دامنه را به دست آورید.

$$F_1 = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_1 = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

$$F_2 = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_2 = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

$$F_3 = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad V_3 = \dots\dots\dots V_{p-p}$$

سؤال ۲: رابطه‌ی بین فرکانس‌ها و ولتاژهای هارمونیک‌های اول، دوم، سوم و چهارم را به دست آورید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



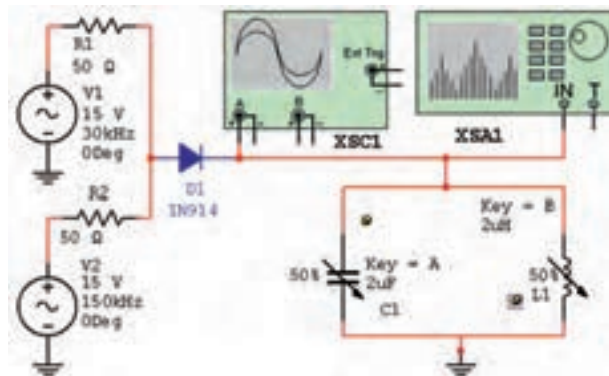
تمرین ۲: با استفاده از مدار مدولاتوری که در فضای نرم‌افزاری بسته‌اید، طیف فرکانسی موج مدوله شده‌ی AM را مشاهده کنید و در باره‌ی نتایج توضیح دهید.



۱-۳-۷ آن‌چه را که در این آزمایش یاد گرفته‌اید به اختصار توضیح دهید.



۱-۳-۸ مدار شکل ۱-۱۸ را ببینید. شما می‌توانید این مدار را در قسمت نمونه‌های (Samples) موجود در نرم‌افزار مولتی سیم پیدا کنید و آن را مورد استفاده قرار دهید.

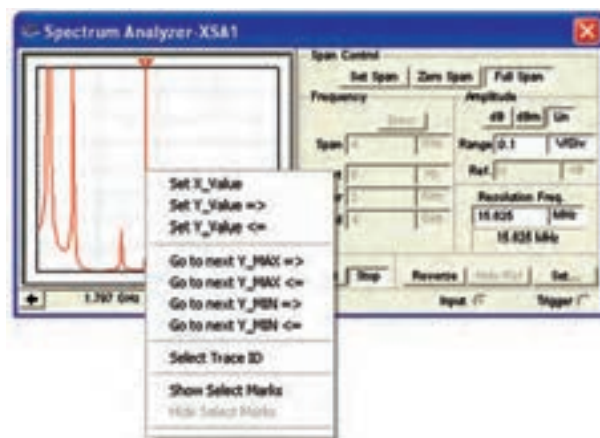


شکل ۱-۱۸ مدار مدولاتور AM

همان‌طور که مشاهده می‌شود، این مدار یک مدولاتور AM است.

۱-۳-۹ مدار را راه‌اندازی کنید. باید روی اسیلوسکوپ سیگنال AM مطابق شکل ۱-۱۹ ظاهر شود.

۱-۳-۶ برای این که راحت‌تر بتوانید مکان‌نما را روی هارمونیک‌ها جا به جا نمائید، روی مکان‌نما راست کلیک کنید، طبق شکل ۱-۱۶ صفحه‌ای باز می‌شود.



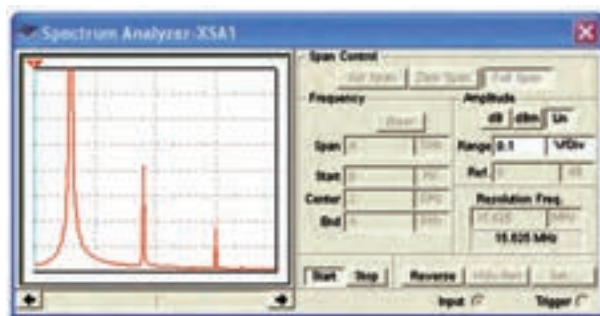
شکل ۱-۱۶ منوی مربوط به مکان‌نما

با استفاده از منوی مکان‌نما می‌توانید مقادیر X و Y را تنظیم کنید و تغییر دهید، یا می‌توانید با استفاده از گزینه‌ی Go To Next Max به دامنه‌ی هارمونیک بعدی بروید و علامت گذاری کنید.

سؤال ۵: با استفاده از منوی مکان‌نما و تغییر مقادیر و مشاهده‌ی آن‌ها، در باره‌ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



تمرین ۱: هارمونیک‌های موج مثلثی با فرکانس ۱۵۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ مگاهرتز را به دست آورید. در شکل ۱-۱۷ هارمونیک‌های موج مثلثی با فرکانس ۵۰۰ مگاهرتز نشان داده شده است.

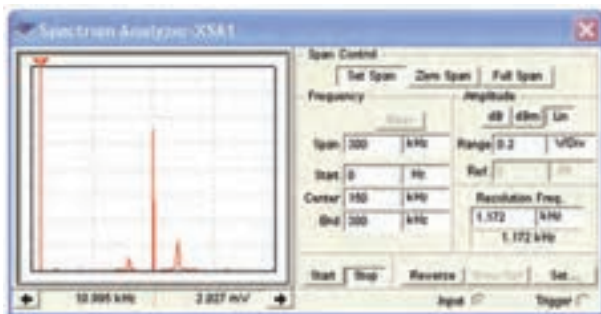


شکل ۱-۱۷ هارمونیک‌های موج مثلثی با فرکانس ۶۰۰ مگاهرتز

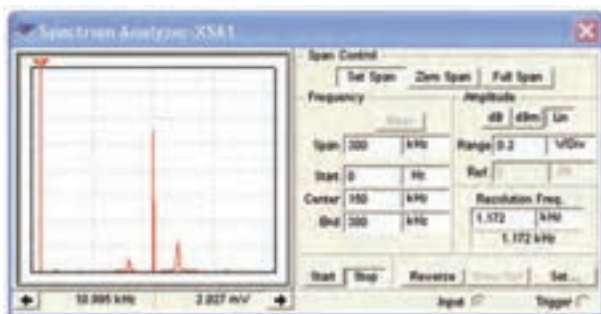
زبان‌ی Center روی دستگاه طیف‌نما را فعال کنید در این حالت تنظیم‌های Start و Stop به طور خودکار انجام می‌شود.

۱۱-۳-۱ پس از تنظیم دستگاه طیف‌نما مدار نرم‌افزار را فعال کنید و کمی صبر کنید تا شکل موج نشان داده شده روی آن کاملاً تثبیت شود. در شکل ۱-۲۱ طیف فرکانسی موج AM مدار شکل ۱-۱۸ نشان داده شده است.

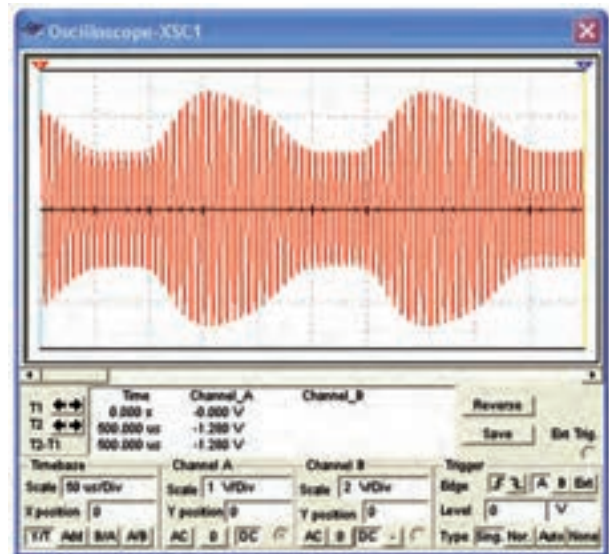
توجه: برای مشاهده‌ی طیف فرکانسی لازم است فرکانس پیام را ۳۰ KHz انتخاب کنید.



شکل ۱-۲۱ طیف فرکانسی موج AM روی دستگاه طیف‌نما
۱۲-۳-۱ طبق شکل ۱-۲۲ مقدار فرکانس و دامنه‌های حامل فرکانس کناری بالا (USF) و فرکانس کناری پایین (LSF) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۱-۲۲ اندازه‌گیری فرکانس و دامنه‌ی طیف فرکانسی موج AM



شکل ۱-۱۹ موج مدوله شده‌ی AM

۱۰-۳-۱ مدار نرم‌افزاری را غیر فعال کنید (خاموش کنید) دستگاه اسیلوسکوپ را ببندید و دستگاه طیف‌نما را باز کنید و مطابق شکل ۱-۲۰ تنظیم نمایید.

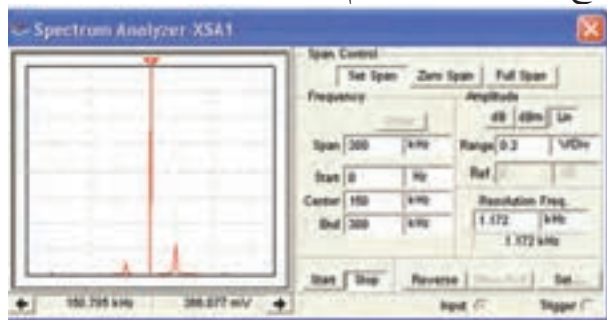


شکل ۱-۲۰ تنظیم زبان‌های دستگاه طیف‌نما

نکته بسیار مهم:

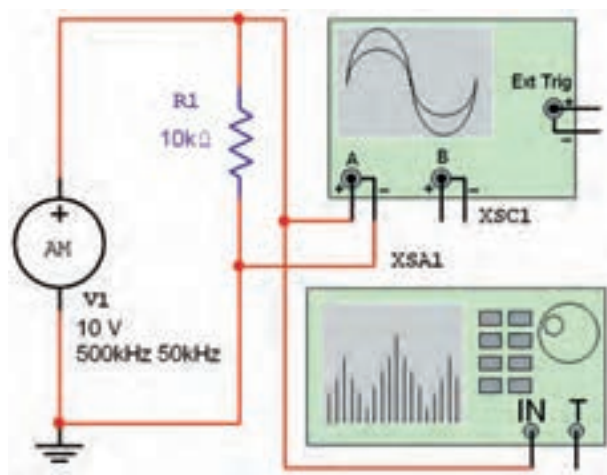
برای تنظیم دستگاه طیف‌نما فقط فرکانس‌های Span و Center را تنظیم نمایید. هم‌چنین زبان‌ی Span Control روی Set باشد.

۱۴-۳-۱ مدار شکل ۲۳-۱ را ببندید. در این مدار می‌خواهیم شکل موج AM تولید شده توسط دستگاه مولد موج AM را مشاهده کنیم.



شکل ۲۳-۱ مشاهده‌ی مدار مولد موج AM

۱۵-۳-۱ نرم‌افزار را روشن کنید و اسیلوسکوپ XSC1 را فعال نمایید. تنظیمات اسیلوسکوپ را به گونه‌ای انجام دهید تا شکل موج مدار نشان داده شده در شکل ۲۴-۱ روی صفحه ظاهر شود.



شکل ۲۴-۱ سیگنال مدوله شده‌ی AM

۱۶-۳-۱ دستگاه طیف‌نما را طبق شکل ۲۵-۱ تنظیم کنید. برای دستگاه از زبانه‌ی Start و Stop استفاده نمایید. ابتدا زبانه‌ی Stop را فعال کنید، مقادیر Center و Span را طبق شکل تنظیم نمایید. پس از تنظیم این مقادیر، زبانه‌ی Center را فعال کنید. مقادیر مربوط به Start و End به طور خودکار تنظیم می‌شود. توجه داشته باشید که زبانه‌ی Span Control باید روی Set Span قرار گیرد، تا تنظیم‌های فوق

$$\begin{aligned} F_C &= \dots\dots\dots \text{MHz} & E_C &= \dots\dots\dots V_{P-P} \\ F_{USF} &= \dots\dots\dots \text{MHz} & E_{USF} &= \dots\dots\dots V_{P-P} \\ F_{LSF} &= \dots\dots\dots \text{MHz} & E_{LSF} &= \dots\dots\dots V_{P-P} \end{aligned}$$

سؤال ۶: آیا با توجه به آنچه که در مباحث تئوری خوانده‌اید، این آزمایش با مطالب گفته شده انطباق دارد؟ توضیح دهید.



تحقیق کنید:

به چه دلیل مقدار دامنه‌ی LSF کم‌تر از دامنه‌ی USF است؟

۱۳-۳-۱ مقادیر فرکانس حامل و فرکانس پیام را تغییر دهید و طیف فرکانسی حاصل را مشاهده کنید. نتایج به دست آمده را به طور خلاصه تشریح کنید.



توجه:

دستگاه طیف‌نما یک دستگاه گران‌قیمت و کاملاً تخصصی است که در زمینه‌های مخابراتی و صوتی خاص به کار می‌رود. لذا اجرای سخت‌افزاری آن در آزمایشگاه هنرستان ضرورتی ندارد.

$$F_C = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad E_C = \dots\dots\dots V_{P-P}$$

$$F_{USF} = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad E_{USF} = \dots\dots\dots V_{P-P}$$

$$F_{LSF} = \dots\dots\dots \text{MHz} \quad E_{LSF} = \dots\dots\dots V_{P-P}$$

سؤال ۷: آیا با توجه به آنچه که در ارتباط با مدولاسیون AM آموخته‌اید، می‌توانید با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده، ضریب مدولاسیون را اندازه بگیرید و شرح دهید.



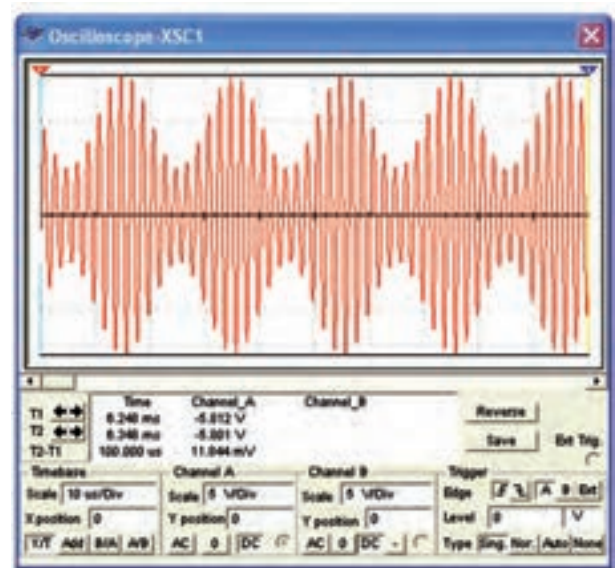
تمرین ۳: در شکل ۱-۲۳ مقدار فرکانس حامل را به ۲۰۰ KHz و مقدار فرکانس پیام را به ۲۵ KHz تغییر دهید و طیف فرکانسی را به دست آورید.

تمرین ۴: مقدار فرکانس پیام را در شکل ۱-۲۳ به ۱۰۰ KHz تغییر دهید و طیف فرکانسی را به دست آورید.

۱۸-۳-۱ آنچه را که در این آزمایش انجام داده‌اید به طور خلاصه شرح دهید.



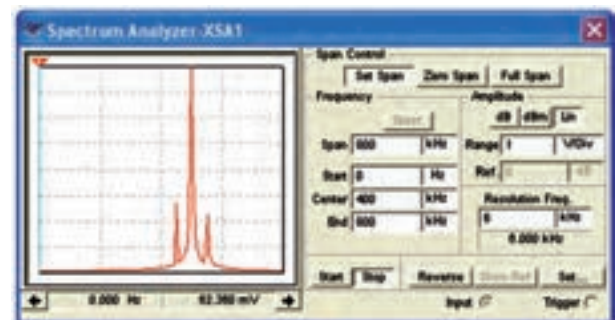
امکان‌پذیر باشد. زبانه‌ی Amplitude را روی Lin و رنج آن را روی ۱ V/Div و زبانه‌ی Resolution Frequency را روی ۶ یا ۷ کیلوهرتز قرار دهید. کلید Start را فعال کنید. کمی صبر کنید تا طیف فرکانسی روی صفحه ظاهر شود.



شکل ۱-۲۵ طیف فرکانسی سیگنال AM

۲۳۴

۱۷-۳-۱ مقدار فرکانس و دامنه‌ی سیگنال‌های حامل و باندهای کناری را اندازه بگیرید. برای جابه‌جایی مکان‌نما می‌توانید از فلش‌های پایین نمایشگر یا موشواره استفاده کنید. در شکل ۱-۲۶ مقدار فرکانس و دامنه‌ی LSF نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۶ اندازه‌گیری فرکانس و دامنه‌ی LSF

« فصل دوم »

مدولاسیون و انواع آن

(مطابق فصل سوم کتاب مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

نمایش شکل موج انواع مدولاسیون‌ها در فضای نرم‌افزاری

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- شکل موج مدوله شده‌ی مدولاسیون AM را مشاهده کند.
- ۲- شکل موج مدوله شده‌ی مدولاسیون FM را مشاهده کند.
- ۳- شکل موج مدولاسیون دیجیتالی را مشاهده کند.
- ۴- شاخص مدولاسیون AM را اندازه‌گیری کند.
- ۵- شاخص مدولاسیون FM را اندازه‌گیری کند.
- ۶- سیگنال با مدولاسیون AM کم‌تر از صددرصد را مشاهده کند.
- ۷- سیگنال با مدولاسیون AM صددرصد را مشاهده کند.
- ۸- سیگنال با مدولاسیون AM بیش‌تر از صددرصد را مشاهده کند.
- ۹- درصد مدولاسیون را اندازه‌گیری کند.
- ۱۰- طیف فرکانسی AM را در حوزه‌ی فرکانس مشاهده کند.
- ۱۱- طیف فرکانسی AM را با استفاده از سیگنال مربعی مشاهده کند.

۱-۲ آزمایش ۱: مدولاسیون AM

مدولاسیون FM نسبت انحراف فرکانس به فرکانس پیام را شاخص مدولاسیون تشکیل می‌دهد.

۲-۱-۲ برای مشاهده‌ی انواع مدولاسیون در نرم‌افزار مولتی سیم می‌توانیم از دستگاهی به نام فانکشن ژنراتور که مشابه فانکشن ژنراتور واقعی است و قابلیت مدولاسیون داخلی AM و FM را نیز دارد استفاده کنیم. این دستگاه را مطابق شکل ۱-۲ از قسمت ابزار بر روی صفحه‌ی کار می‌آوریم.

۱-۱-۲ چنان‌چه یکی از مشخصه‌های اصلی سیگنال حامل توسط سیگنال پیام طوری کنترل شود که گیرنده بتواند اطلاعات ارسال شده مانند صوت، موسیقی و را دوباره بازسازی کند، عمل مدولاسیون صورت می‌گیرد. از انواع مدولاسیون می‌توان مدولاسیون‌های FM، AM و PM را نام برد. هم‌چنین انواع مدولاسیون‌ها به صورت دیجیتالی نیز صورت می‌گیرد. در مدولاسیون AM نسبت دامنه‌ی سیگنال پیام به سیگنال حامل را شاخص مدولاسیون می‌نامند. در

۵-۱-۲ برای تنظیم فرکانس مورد نظر نیز می‌توانید پس از فعال کردن دکمه‌ی فرکانس، مقدار دل‌خواه را با چرخاندن کلید سلکتور به وسیله‌ی موشواره مطابق شکل ۴-۲ انتخاب کنید.



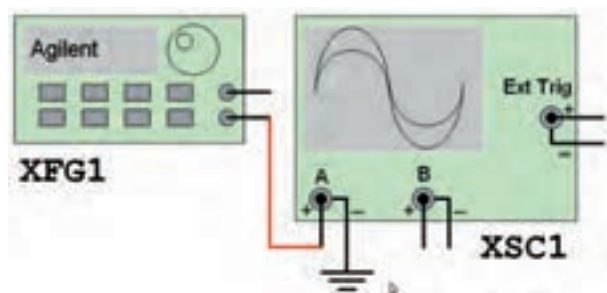
شکل ۴-۲ تنظیم فرکانس در حالت AM

۶-۱-۲ جهت تعیین در صد مدولاسیون، باید پس از انتخاب حالت AM، دکمه‌ی shift و Ampl را فشار دهیم تا مقدار در صد بر روی نمایشگر دستگاه ظاهر شود. با چرخاندن کلید سلکتور به وسیله‌ی موشواره میزان درصد مدولاسیون دل‌خواه را مشابه شکل ۵-۲ انتخاب می‌کنیم.

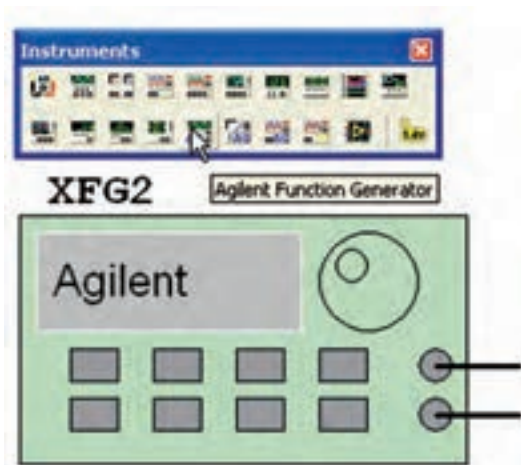


شکل ۵-۲ تنظیم درصد مدولاسیون در حالت AM

۷-۱-۲ فانکشن ژنراتور را مطابق شکل ۶-۲ به اسیلوسکوپ متصل کنید. برای مشاهده‌ی شکل موج به صورت مدوله شده‌ی AM، تنظیمات اسیلوسکوپ را بر اساس آموخته‌های قبلی خود انجام دهید.



شکل ۶-۲ (الف) اتصال فانکشن ژنراتور به اسیلوسکوپ



شکل ۱-۲ چگونگی آوردن فانکشن ژنراتور Agilent بر روی صفحه‌ی کار

۳-۱-۲ بر روی دستگاه دو بار کلیک کنید تا شکل ۲-۲ ظاهر شود.



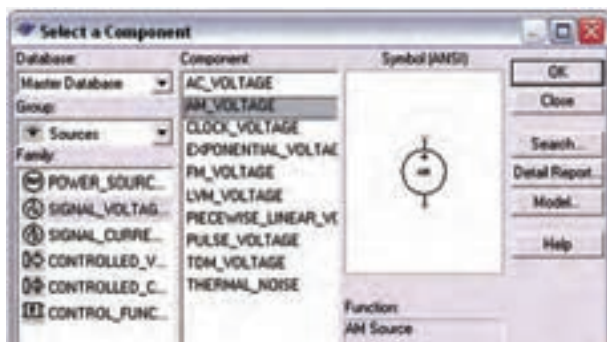
شکل ۲-۲ نمای ظاهری دستگاه فانکشن ژنراتور

۴-۱-۲ دکمه‌ی خاموش/روشن دستگاه را فعال کنید تا دستگاه روشن شود. دکمه‌های shift و AM را به طور هم‌زمان فعال کنید تا علامت AM روی صفحه‌ی دستگاه ظاهر شود. سپس دکمه‌ی level را فعال کنید و با چرخاندن کلید سلکتور، به وسیله‌ی موشواره مقدار دامنه‌ی دل‌خواه را مطابق شکل ۳-۲ تنظیم کنید.



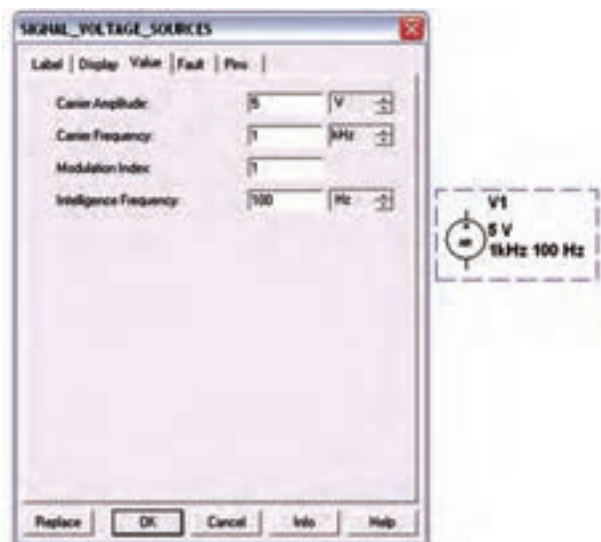
شکل ۳-۲ تنظیم دامنه در حالت AM

۸-۱-۲ برای مشاهده‌ی شکل موج مدوله شده‌ی AM علاوه بر فانکشن ژنراتور می‌توانید از قسمت منابع موجود در نوار Components مطابق شکل ۷-۲ منبع AM را انتخاب کنید.



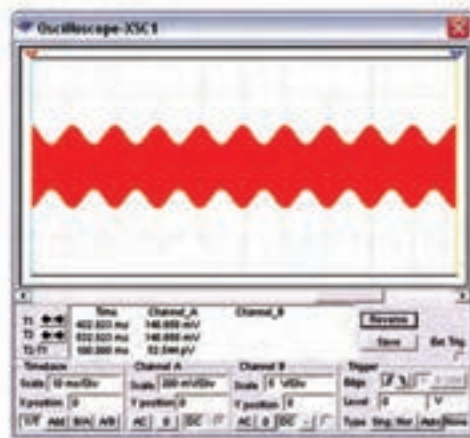
شکل ۷-۲ انتخاب منبع مولد موج AM

۹-۱-۲ منبع مولد موج AM را بر روی میز کار بیاورید. روی دستگاه دو بار کلیک کنید تا صفحه‌ای مطابق شکل ۸-۲ ظاهر شود. در این صفحه تنظیم‌های دامنه، فرکانس و درصد مدولاسیون را انجام دهید.



شکل ۸-۲ صفحه‌ی مربوط به تنظیمات منبع مولد موج AM

۱۰-۱-۲ منبع مولد موج AM را مطابق شکل ۹-۲ به اسیلوسکوپ وصل کنید. نرم‌افزار را راه‌اندازی نمایید و شکل موج مدوله شده‌ی خروجی را مشاهده کنید.



شکل ۶-۲ (ب) نمایش شکل موج AM

تمرین ۱: فرکانس فانکشن ژنراتور را تغییر دهید و تغییرات ایجاد شده در شکل موج مدوله شده را مشاهده کنید. با استفاده از مطالب تئوری که در درس مبانی مخابرات و رادیو آموخته‌اید، دامنه‌ی موج پیام و موج حامل را اندازه بگیرید.

$$V_m = \dots\dots\dots V \quad V_c = \dots\dots\dots V$$

تمرین ۲: موج مربعی را برای سیگنال ژنراتور انتخاب کنید و شکل موج مدوله شده‌ی AM را مشاهده و رسم کنید.



تمرین ۳: موج دندانه‌اره‌ای را انتخاب کنید و شکل موج خروجی را مشاهده و رسم نمایید.



سؤال ۳: در کدام حالت از در صد مدولاسیون ها اطلاعات پیام حذف می شود؟ توضیح دهید.

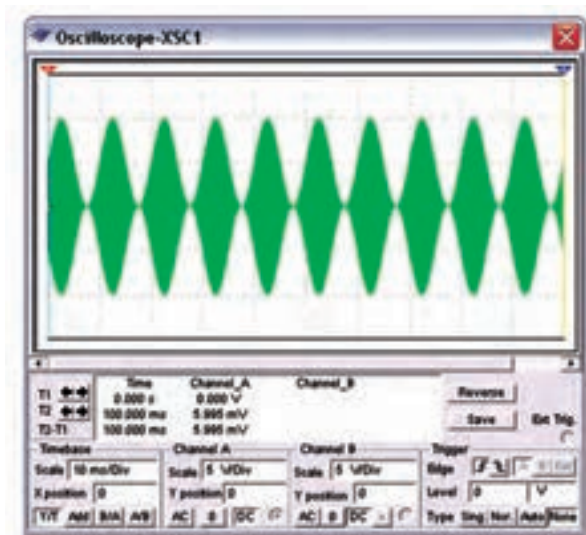


سؤال ۴: چه در صدی در مدولاسیون AM معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد؟ شرح دهید.

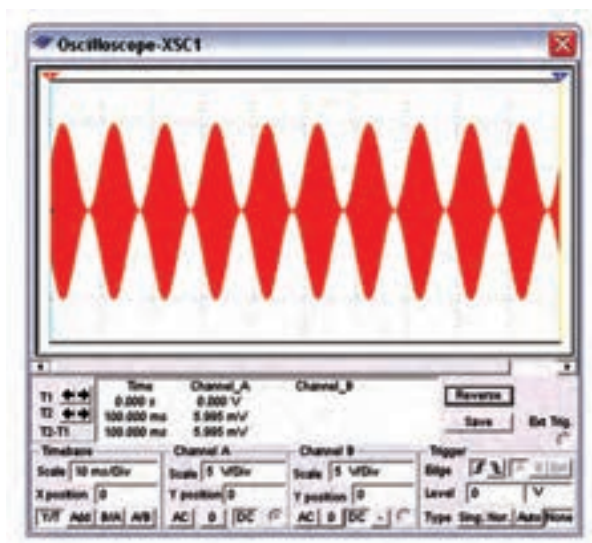


۲۳۹

سؤال ۵: در شکل ۲-۱۳ درصد مدولاسیون را به دست آورید.

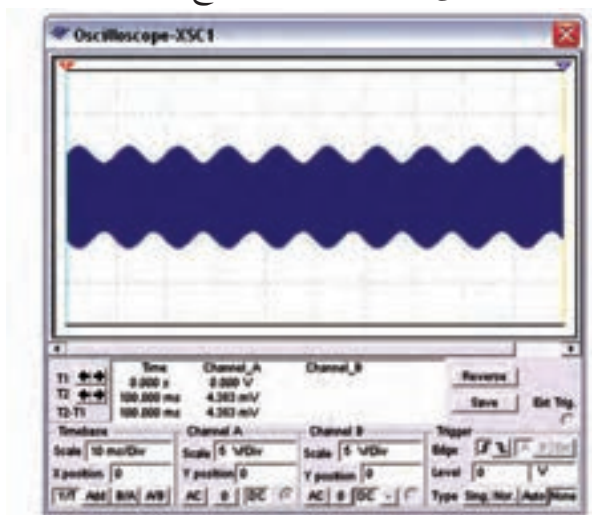


شکل ۲-۱۳ نمایش درصد مدولاسیون مربوط به سؤال ۵



شکل ۲-۱۱ مدولاسیون صد در صد

تمرین ۵: در شکل ۲-۱۲ در صد مدولاسیون را به دست آورید و چگونگی محاسبه ی آن را توضیح دهید.



شکل ۲-۱۲ تعیین درصد مدولاسیون مربوط به تمرین ۵

تمرین ۶: با تغییر در صد مدولاسیون در دستگاه فانکشن ژنراتور مدولاسیون بیش تر از صد در صد را نشان دهید و شکل آن را رسم کنید.



۳-۲ آزمایش ۳: مدولاسیون FM

۳-۲-۱ مدولاسیون FM یکی دیگر از انواع مدولاسیون است. برای مشاهده‌ی این نوع مدولاسیون باید دستگاه فانکشن ژنراتور را مطابق شکل ۲-۱۴ در حالت FM قرار دهید.



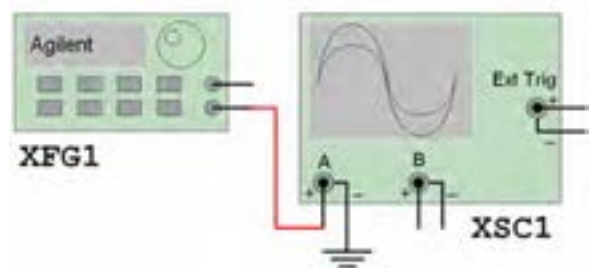
شکل ۲-۱۴ دستگاه فانکشن ژنراتور در حالت FM

۳-۲-۲ برای تنظیم شاخص مدولاسیون باید دکمه‌ی Shift را همراه با دکمه‌ی Frequency انتخاب کنید. درصد مدولاسیون را مطابق شکل ۲-۱۵ تنظیم نمایید.

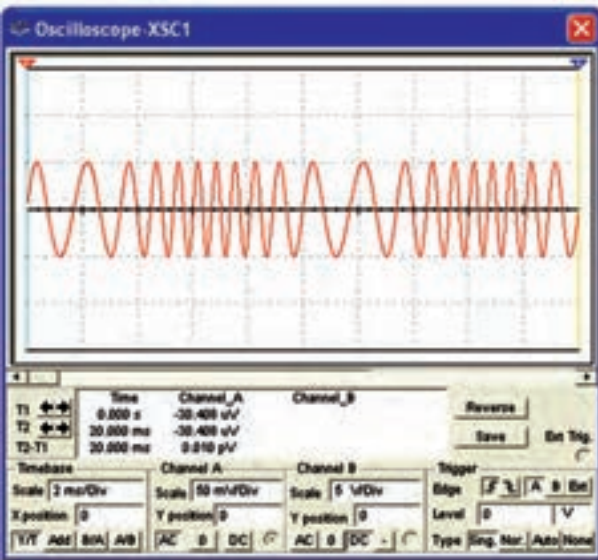


شکل ۲-۱۵ چگونگی تنظیم شاخص مدولاسیون در حالت FM

۳-۲-۳ مطابق شکل ۲-۱۶ فانکشن ژنراتور را به اسیلوسکوپ وصل کنید و شکل مدوله شده را مشاهده نمایید. در این شکل فرکانس حامل ۱ KHz و فرکانس پیام ۱۰۰ هرتز و انحراف فرکانس ۵۰۰ هرتز در نظر گرفته شده است.



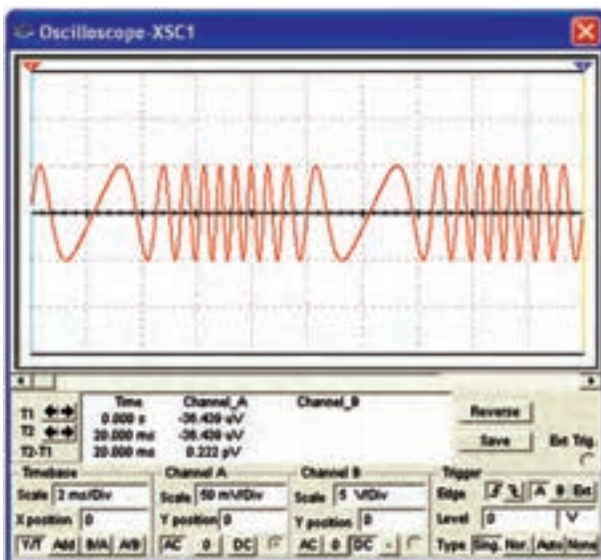
شکل ۲-۱۶ (الف) اتصال فانکشن ژنراتور به اسیلوسکوپ



شکل ۲-۱۶ (ب) شکل موج مدوله شده در حالت FM

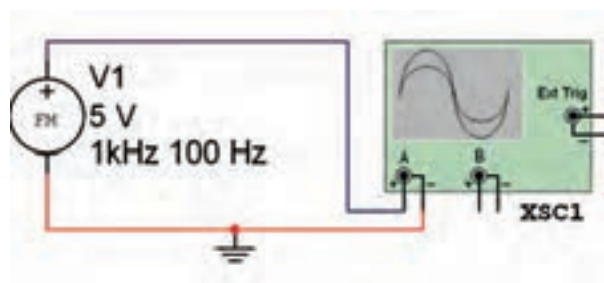
تمرین ۷: درصد مدولاسیون و فرکانس مدار شکل ۲-۱۶ را تغییر دهید و شکل موج را مشاهده کنید. نتیجه‌ی تغییرات را بنویسید.

۳-۲-۴ در شکل ۲-۱۷ انحراف فرکانس را در حدود ۸۰۰ Hz قرار داده‌ایم. چه تغییراتی را در شکل مدوله مشاهده می‌کنید؟ توضیح دهید.



شکل ۲-۱۷ انحراف فرکانس در حدود ۸۰۰ Hz

۳-۲-۵ با استفاده از منبع FM در قسمت منابع مدار شکل ۲-۱۸ را ببندید.



شکل ۲-۱۸ مدار مربوط به شکل موج مدوله شده FM

تمرین ۸: فرکانس و دامنه‌ی منبع FM مدار شکل ۲-۱۸ را تغییر دهید و شکل موج مدوله‌ی ایجاد شده را مشاهده و رسم کنید.



« فصل سوم »

فیلترها

(مطابق فصل چهارم کتاب مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

بررسی عملی مدار انواع فیلترها توسط نرم افزار مولتی سیم

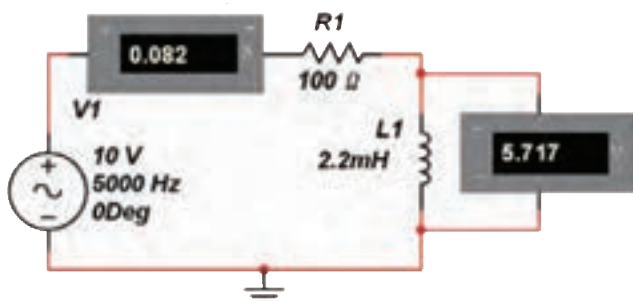
هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- اثر تغییر فرکانس بر روی راکتانس سلف را مشاهده کند.
- ۲- اثر تغییر فرکانس بر روی راکتانس خازن را مشاهده کند.
- ۳- مدارهای فیلتر بالاگذر را ببندد.
- ۴- پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر را مشاهده کند.
- ۵- فرکانس قطع فیلتر بالاگذر را اندازه گیری کند.
- ۶- مدارهای فیلتر پایین گذر را ببندد .
- ۷- پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر را مشاهده کند.
- ۸- فرکانس قطع فیلتر پایین گذر را اندازه گیری کند.
- ۹- مدارهای فیلتر میان گذر را ببندد.
- ۱۰- پاسخ فرکانسی فیلتر میان گذر را مشاهده کند.
- ۱۱- فرکانس تشدید فیلتر میان گذر را اندازه گیری کند.
- ۱۲- فرکانس قطع بالا و قطع پایین فیلتر میان گذر را اندازه گیری کند.
- ۱۳- مدارهای فیلتر میان نگذر (حذف باند) را ببندد.
- ۱۴- پاسخ فرکانسی فیلتر میان نگذر را مشاهده کند.
- ۱۵- فرکانس تشدید فیلتر میان نگذر را اندازه گیری کند.
- ۱۶- فرکانس قطع بالا و قطع پایین فیلتر میان نگذر را اندازه گیری کند.

۲۴۲

ولتاژ دو سر سلف و جریان مدار را اندازه گیری کنید و مقادیر را بنویسید.



شکل ۳-۱ اندازه گیری ولتاژ و جریان در مدار RL

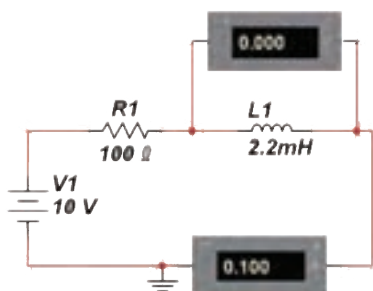
۳-۱-۳ آزمایش ۱:

اندازه گیری راکتانس سلفی و خازنی مدار

۳-۱-۱-۱ فیلترها مدارهایی هستند که توسط آن ها می توانید فرکانس یا باند فرکانسی معینی را از میان سایر فرکانس ها انتخاب کنید. فیلترها قادرند محدوده ی فرکانسی خاصی را از خود عبور دهند یا حذف کنند.

۳-۱-۲-۲ مدار شکل ۳-۱ را ببندید. با کمک مولتی متر

را اندازه بگیرید.



شکل ۳-۲ اندازه‌گیری ولتاژ و جریان در مدار DC

سؤال ۴: در مدار شکل ۳-۲ با توجه به مقداری که ولت‌متر نشان می‌دهد، چه ویژگی خاصی دارد؟ توضیح دهید.



۲۴۳

سؤال ۵: مدار شکل ۳-۲ با کدام وضعیت مدار شکل ۳-۱ مطابقت دارد؟ شرح دهید.



سؤال ۶: از آزمایش‌های مراحل سؤال ۳ و ۳-۱-۵ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.



سؤال ۷: سلف در مدار DC چه ویژگی از خود نشان می‌دهد؟ بنویسید.



$$V_L = \dots\dots V \quad I = \dots\dots \text{mA}$$

۳-۱-۳ با استفاده از رابطه‌ی: $X_L = \frac{V_L}{I}$ مقدار راکتانس سلف را به دست آورید.

$$X_L = \dots\dots \Omega$$

۳-۱-۴ فرکانس منبع ولتاژ را در مدار شکل ۳-۱ افزایش دهید. ولتاژ دو سر سلف و جریان مدار را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطه‌ی راکتانس سلف، مقدار راکتانس را به دست آورید و با مرحله‌ی ۳-۱-۲ مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

$$V_L = \dots\dots V \quad I = \dots\dots \text{mA}$$

$$X_L = \dots\dots \Omega$$

سؤال ۱: با افزایش فرکانس، راکتانس سلفی چه تغییری می‌کند؟



سؤال ۲: چه رابطه‌ای بین فرکانس و راکتانس سلفی مدار برقرار است؟



سؤال ۳: اگر فرکانس منبع را تا حد قابل ملاحظه‌ای (چند هرتز) کاهش دهیم، راکتانس سلفی چه مقدار خواهد شد؟ تجربه کنید و نتیجه را بنویسید.



۳-۱-۵ مدار شکل ۳-۲ را ببندید و با استفاده از مولتی‌متر DC ولتاژ دو سر سلف و جریان عبوری از مدار

سؤال ۱۰: چه رابطه‌ای بین فرکانس و راکتانس خازنی است؟ شرح دهید.



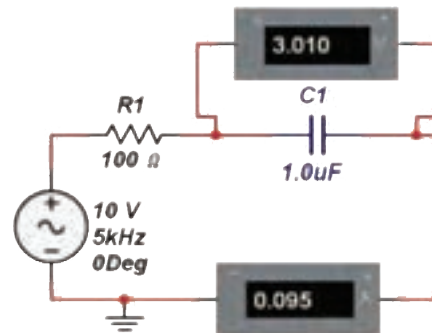
سؤال ۸: سلف در مدار AC در فرکانس‌های خیلی زیاد چه ویژگی از خود نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.



سؤال ۱۱: اگر فرکانس منبع ولتاژ را تا حد بالایی (گیگاهرتز) افزایش دهیم، راکتانس خازنی چه مقدار خواهد شد؟ تجربه کنید و نتیجه را بنویسید.

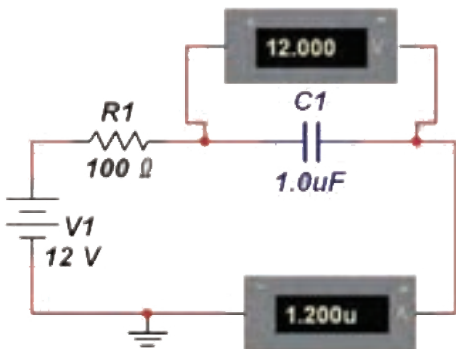


۳-۱-۶ مدار شکل ۳-۳ را ببندید و با کمک مولتی‌متر ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۳-۳ اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مدار RC

۳-۱-۹ مدار شکل ۳-۴ را ببندید، با استفاده از مولتی‌متر DC ولتاژ دو سر خازن و جریان مدار را اندازه بگیرید و مقادیر را یادداشت کنید.



شکل ۳-۴ اندازه‌گیری ولتاژ و جریان در مدار DC

$$V = \dots\dots V \quad I = \dots\dots mA$$

۳-۱-۷ با استفاده از رابطه‌ی: $X_C = \frac{V_C}{I}$ ، مقدار راکتانس خازن را محاسبه کنید و مقادیر را بنویسید.

$$X_C = \dots\dots \Omega$$

۳-۱-۸ در مدار شکل ۳-۳ فرکانس منبع ولتاژ را کاهش دهید. با استفاده از مولتی‌متر، ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرید. مقادیر اندازه‌گیری شده را در رابطه‌ی راکتانس خازن قرار دهید و مقدار راکتانس را محاسبه کنید.

$$V_C = \dots\dots V \quad I = \dots\dots mA$$

$$X_C = \dots\dots \Omega$$

سؤال ۱۲: مدار ۳-۴ چه ویژگی خاصی مربوط به خازن را بیان می‌کند؟ توضیح دهید.



سؤال ۹: با کاهش فرکانس، راکتانس خازنی چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

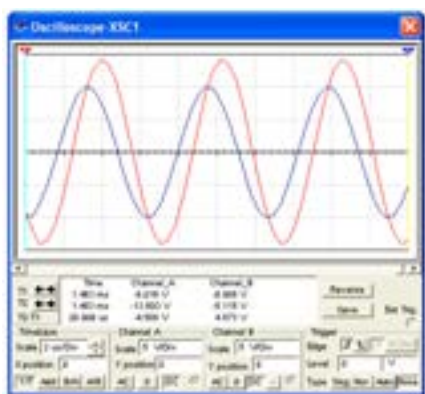
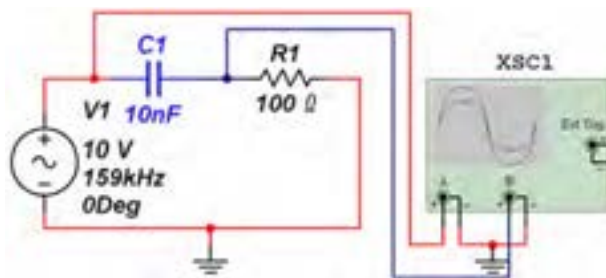


سؤال ۱۳: مدار شکل ۳-۴ با کدام وضعیت مدار شکل ۳-۳ مطابقت دارد؟ پاسخ دهید.



۳-۲ آزمایش ۲: فیلتر بالاگذر

۳-۲-۱ مدار فیلتر بالاگذر شکل ۳-۵ را ببندید و توسط دستگاه اسیلوسکوپ شکل موج دو سر خازن و منبع ولتاژ را مشاهده کنید.



۲۴۵

شکل ۳-۵ فیلتر بالاگذر و شکل موج‌های ورودی و خروجی آن

سؤال ۱۷: چه رابطه‌ای بین دامنه‌ی موج ورودی و دامنه‌ی موج خروجی برقرار است؟ محاسبه کنید.



سؤال ۱۸: چه رابطه‌ی دیگری بین مقدار ولتاژ ورودی و ولتاژ خروجی برقرار است؟ بنویسید و با هم مقایسه کنید.



۳-۲-۲ دستگاه بودپلاتر Bode Plotter را مطابق

سؤال ۱۴: از اجرای آزمایش در مراحل ۳-۱-۶ و ۳-۱-۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.



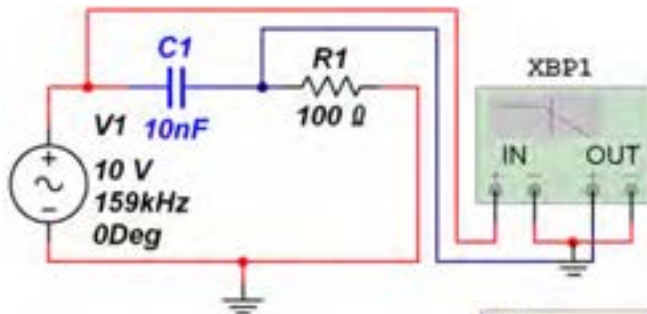
سؤال ۱۵: خازن در مدار DC چه ویژگی از خود نشان می‌دهد؟ شرح دهید.



سؤال ۱۶: خازن در مدار AC در فرکانس‌های خیلی زیاد چه ویژگی از خود نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.



۳-۲-۴ مدار فیلتر بالا گذر شکل ۳-۷ را ببندید و با استفاده از دستگاه بود پلاتر پاسخ فرکانسی آن را مشاهده کنید.

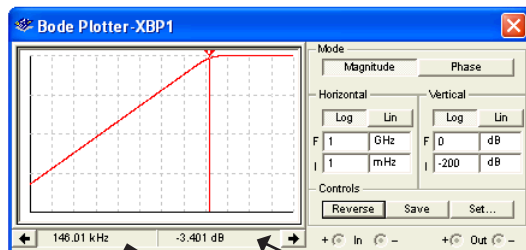


شکل ۳-۷ اتصال مدار فیلتر بالا گذر به دستگاه Bode Plotter

۳-۲-۵ بر روی دستگاه Bode Plotter دو بار کلیک کنید تا صفحه تنظیمات باز شود. همانطور که در شکل ۳-۸ مشاهده می کنید، منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالا گذر توسط این دستگاه رسم می شود. با جابه جا کردن مکان نما فرکانس قطع فیلتر در نقطه -3dB در کادر پایین صفحه مشخص می شود. مقدار فرکانس قطع فیلتر را از رابطه ی:

$$F = \frac{1}{2\pi RC}$$

نیز محاسبه کنید.



کادر مربوط به مقدار فرکانس

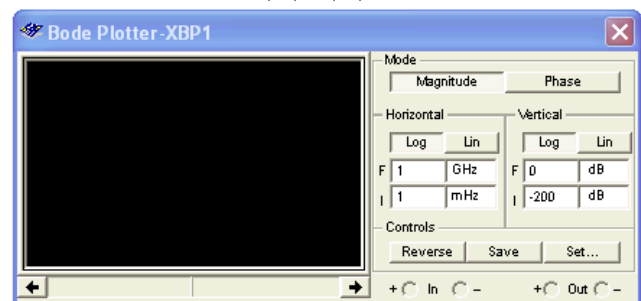
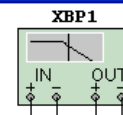
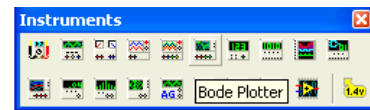
کادر مربوط به مقدار دسی بل

شکل ۳-۸ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالا گذر و فرکانس قطع آن

$$F_c = \dots\dots\text{Hz}$$



شکل ۳-۶ از نوار ابزار بر روی میز کار آزمایشگاه مجازی بیاورید. از این دستگاه برای رسم و تحلیل منحنی های پاسخ فرکانسی مدارهای تقویت کننده و فیلترها استفاده می شود. با قرار دادن مکان نما روی دستگاه، کلمات Bode Plotter ظاهر می شود.



شکل ۳-۶ موقعیت دستگاه Bode Plotter در نوار ابزار

۳-۲-۳ دستگاه Bode Plotter دارای دو پایانه ی ورودی و دو پایانه ی خروجی است. برای رسم منحنی پاسخ فرکانسی گزینه ی Magnitude را فعال کنید. در قسمت عمودی (Vertical) و در قسمت افقی (Horizontal) تقسیمات محورهای عمودی و افقی را به صورت خطی (Line) یا لگاریتمی (Log) انتخاب نمایید. برای بررسی مقادیر نقاط روی منحنی می توانید از مکان نما ی دستگاه استفاده نمایید.

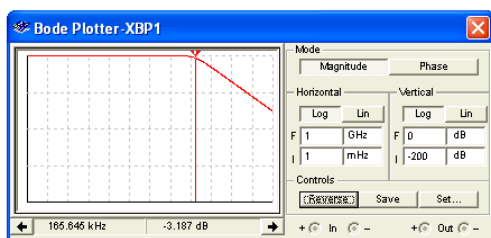
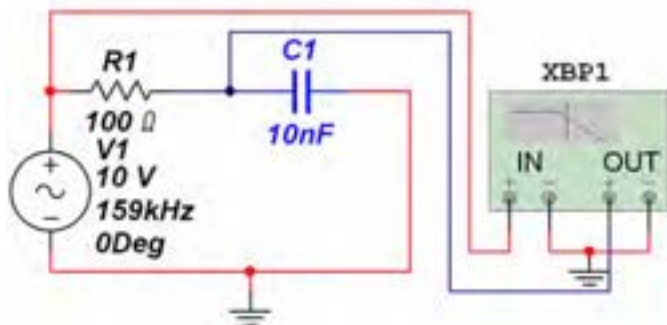
۲۴۶

نکته مهم:

معمولاً دستگاه به طور خود کار اعداد مناسب را برای نمایش منحنی انتخاب می کند. در صورتی که بخواهید شکل ظاهری یا شرایط منحنی را تغییر دهید می توانید تنظیمات را دست کاری کنید.

۳-۳ آزمایش ۳: فیلتر پایین گذر

- ۳-۳-۱ مدار فیلتر پایین گذر شکل ۳-۹ را ببندید.
پاسخ فرکانسی مدار را توسط دستگاه بودپلاتر مشاهده کنید.
فرکانس قطع مدار را از روی شکل به دست آورید.



شکل ۳-۹ فیلتر پایین گذر و پاسخ فرکانسی آن

$$F_C = \dots\dots\text{Hz}$$

- سؤال ۲۱:** فرکانس قطع فیلتر پایین گذر مدار شکل ۳-۹ را از رابطی مربوط به آن به دست آورید.

$$F_C = \dots\dots\text{Hz}$$

تمرین ۲: آیا مدار دیگری برای فیلتر پایین گذر می شناسید؟

- مدار را رسم کنید، سپس مراحل زیر را انجام دهید.
- مدار فیلتر را ببندید.
- پاسخ فرکانسی آن را مشاهده کنید.
- فرکانس قطع فیلتر را محاسبه کنید و با مقدار نشان داده شده در دستگاه Bode Plotter مقایسه نمایید.
- در باره ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.



تمرین ۱: مدار فیلتر بالا گذر دیگری را رسم کنید و مراحل زیر را اجرا نمایید.

- مدار را ببندید.
- پاسخ فرکانسی آن را مشاهده نمایید.
- فرکانس قطع آن را محاسبه کنید.
- مقدار محاسبه شده را با مقدار نشان داده شده در دستگاه Bode Plotter مقایسه کنید.
- نتایج به دست آمده را بنویسید.



سؤال ۱۹: فرکانس قطع فیلتر بالا گذر RL از چه رابطی به دست می آید؟ با توجه به مداری که برای نوع دیگر فیلتر بالا گذر رسم کرده اید، آیا مقدار فرکانس قطع آن را می توانید محاسبه کنید؟ توضیح دهید.

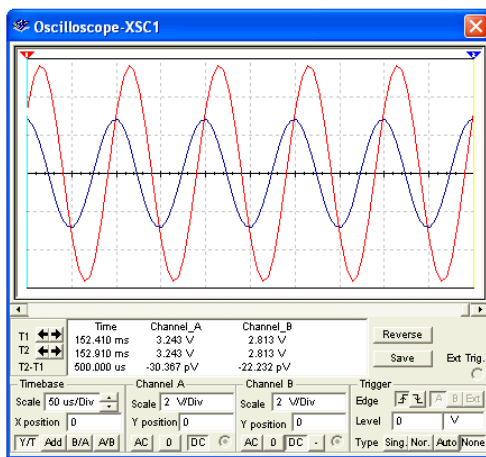
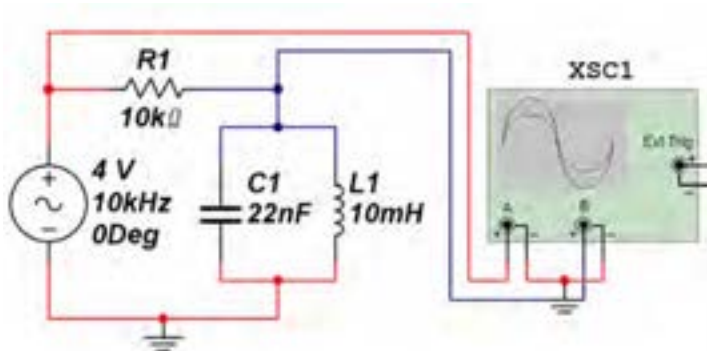


سؤال ۲۰: آیا فرکانس قطع به دست آمده توسط دستگاه بودپلاتر، با فرکانس به دست آمده در سؤال ۱۹ برای مداری که رسم کرده اید، برابر است؟ شرح دهید.



۳-۴ آزمایش ۴: فیلتر میان گذر

۳-۴-۱ مدار فیلتر میان گذر شکل ۱۰-۳ را ببینید و دامنه‌ی ولتاژ ورودی و خروجی آن را به دست آورید.



شکل ۱۰-۳ مدار فیلتر میان گذر و شکل موج‌های ورودی و خروجی آن

$$V_{ip-p} = \dots\dots\dots V \quad V_{op-p} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۲۵: چه رابطه‌ای بین ولتاژ ورودی و خروجی برقرار است؟ توضیح دهید.



سؤال ۲۲: رابطه‌ی فرکانس قطع فیلتر جدید را بنویسید و مقدار آن را محاسبه کنید.



سؤال ۲۳: با استفاده از دستگاه بود پلاتر و مشاهده‌ی منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر رسم شده، فرکانس قطع فیلتر را به دست آورید و مقدار آن را با مقدار به دست آمده از طریق محاسباتی مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



تمرین ۳: با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ مقدار ولتاژ ورودی و خروجی فیلتر رسم شده را به دست آورید و نتیجه را بنویسید.

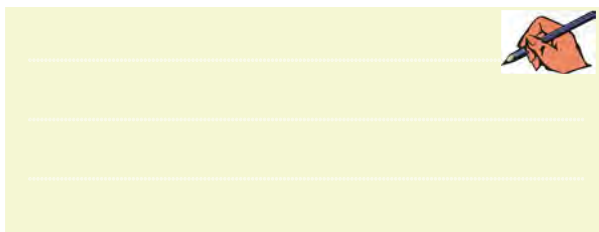


سؤال ۲۴: ولتاژ خروجی چه رابطه‌ای با ولتاژ ورودی در تمرین ۳ دارد؟ توضیح دهید.

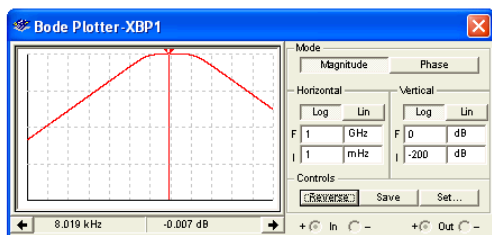
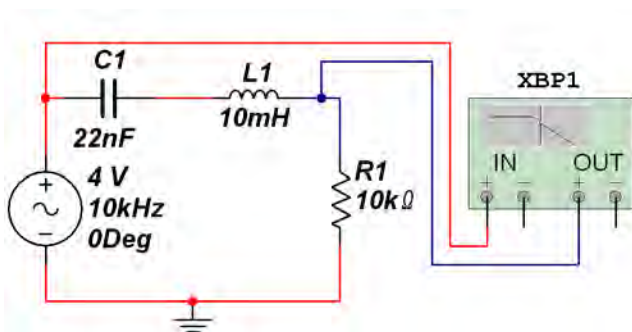


۳-۴-۲ با استفاده از دستگاه بود پلاتر پاسخ فرکانسی

سؤال ۲۷: در فیلترهای میان گذر به جز فرکانس تشدید چه فرکانس‌های دیگری را می‌شناسید؟ نام ببرید و روابط آن‌ها را بنویسید.



۳-۴-۴ مدار شکل ۳-۱۲ را ببندید. با استفاده از دستگاه بود پلاتر فرکانس تشدید را مشاهده کنید. و مقدار آن را بنویسید.

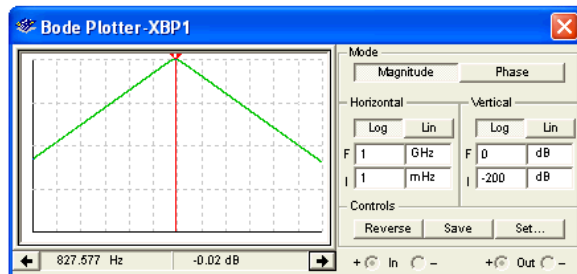
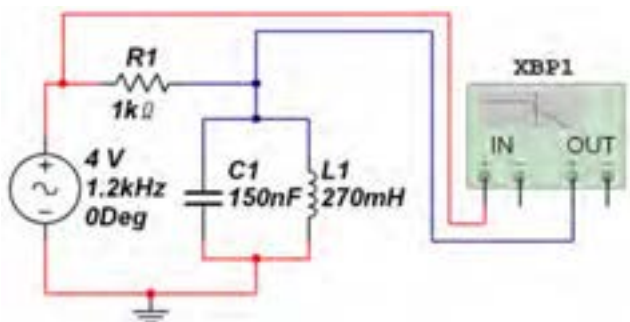


شکل ۳-۱۲ مدار و پاسخ فرکانسی فیلتر میان گذر

$$F_r = \dots\dots\text{Hz}$$

۳-۴-۵ در شکل ۳-۱۲ میله‌ی شاخص، فرکانس رزونانس را در نقطه‌ی تقریباً صفر dB نشان می‌دهد.
۳-۴-۶ با حرکت دادن میله‌ی شاخص فرکانس‌های قطع پایین و قطع بالا را مطابق شکل ۳-۱۳ به دست آورید.
 در شکل ۳-۱۳ فرکانس‌های قطع در نقطه‌های -۳dB (۷۰٪) نشان داده شده است.

فیلتر میان گذر را در شکل ۳-۱۱ مشاهده کنید.



شکل ۳-۱۱ مدار و پاسخ فرکانسی فیلتر میان گذر

۳-۴-۳ مقدار فرکانس رزونانس مدار را اندازه بگیرید.

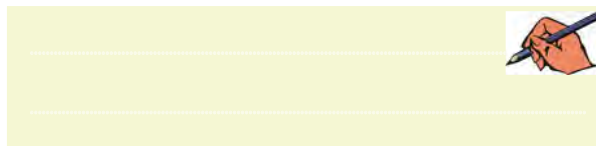
$$F_r = \dots\dots\text{Hz}$$

تمرین ۴: آیا مدار دیگری برای فیلتر میان گذر می‌شناسید؟
 مدار را رسم کنید، سپس مراحل زیر را انجام دهید.

مدار را ببندید.

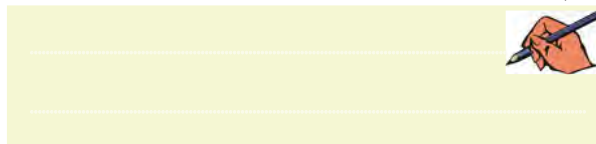
پاسخ فرکانسی آن را به کمک دستگاه بود پلاتر مشاهده کنید.

فرکانس رزونانس را با استفاده از دستگاه به دست آورید.



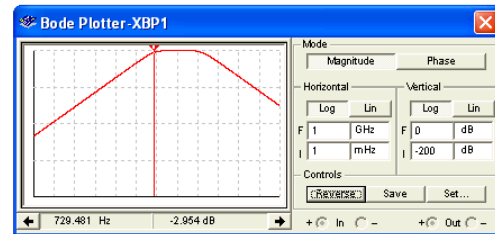
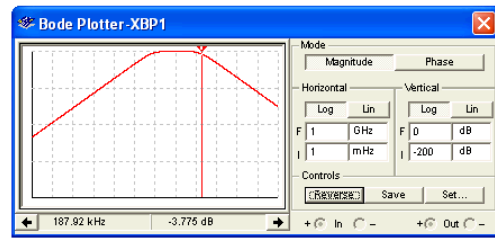
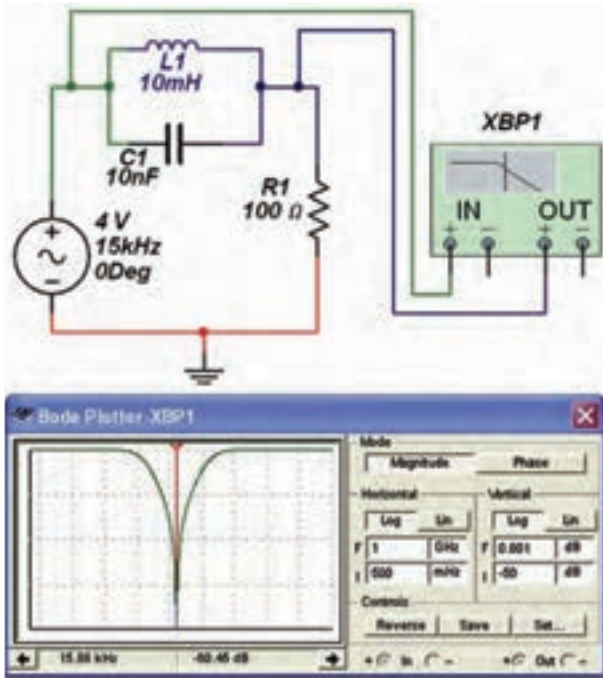
$$F_r = \dots\dots\text{Hz}$$

سؤال ۲۶: فرکانس تشدید فیلتر مدار ۳-۱۱ را از طریق محاسبه به دست آورید و با فرکانس به دست آمده از دستگاه بود پلاتر مقایسه کنید، نتیجه‌ی مقایسه را بنویسید.



۵-۳ آزمایش ۵: فیلتر میان‌نگذر

۵-۳-۱ مدار فیلتر میان‌نگذر شکل ۱۴-۳ را ببینید. با استفاده از دستگاه بود پلاتر منحنی پاسخ فرکانسی آن را مشاهده کنید.



شکل ۱۳-۳ فرکانس‌های قطع فیلتر میان‌گذر

$$F_L = \dots\dots\text{Hz} \quad F_H = \dots\dots\text{Hz}$$

سؤال ۲۸: آیا می‌دانید فاصله‌ی بین دو فرکانس قطع را پهنای باند می‌نامند؟ مقدار آن را محاسبه کنید و بنویسید.

$$BW = \dots\dots\text{Hz}$$

۲۵۰

سؤال ۲۹: چه رابطه‌ای بین فرکانس‌های قطع پایین، قطع بالا و رزونانس (تشدید) برقرار است؟ توضیح دهید. مقادیر به دست آمده را با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



شکل ۱۴-۳ مدار و پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌نگذر

تمرین ۵: آیا مدار دیگری برای فیلتر میان‌نگذر می‌شناسید؟
 آن مدار را رسم کنید، سپس مراحل زیر را انجام دهید.

■ مدار را ببینید.

■ پاسخ فرکانسی آن را به کمک دستگاه بود پلاتر

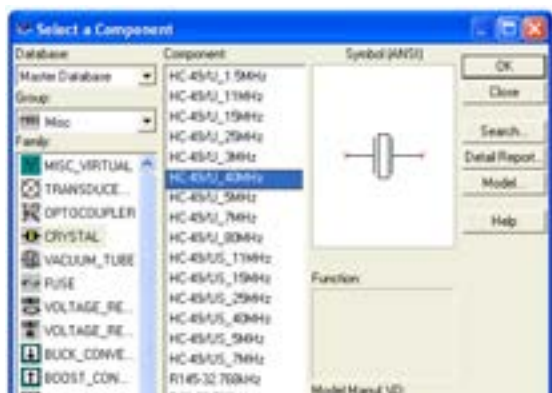
مشاهده کنید.



تمرین ۶: با روشی که در مرحله‌ی فیلتر میان‌گذر آموختید، فرکانس‌های قطع پایین، قطع بالا و هم چنین پهنای باند را به دست آورید.

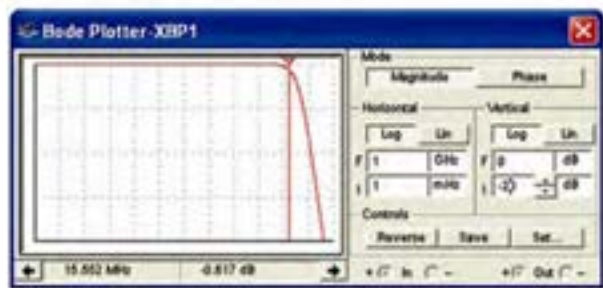
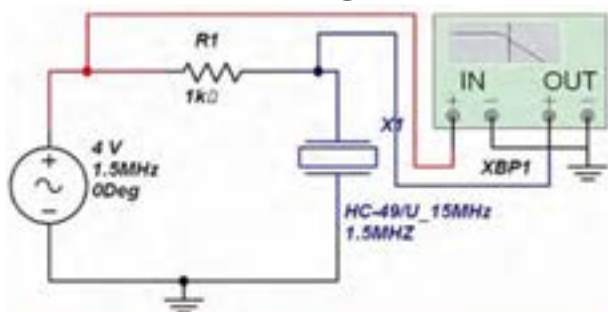


آزمایشگاهی بیاورید.



شکل ۳-۱۵ نحوه‌ی قرار دادن فیلتر سرامیکی بر روی میز کار

۳-۶-۲ مدار شکل ۳-۱۶ را ببندید و با استفاده از دستگاه بودپلاتر منحنی پاسخ فرکانسی را مشاهده کنید.



شکل ۳-۱۶ مدار و پاسخ فرکانسی فیلتر کریستالی

سؤال ۳۱: اگر فرکانس فیلتر کریستالی را تغییر دهیم پاسخ فرکانسی چه تغییری می‌کند؟ تجربه کنید و نتیجه‌ی آن را بنویسید.



تمرین ۷: با تغییر مقادیر سلف و خازن انواع فیلترهای پایین‌گذر، بالاگذر، میان‌گذر و میان‌نگذر را آزمایش کنید و در مورد نتایج به دست آمده به طور خلاصه توضیح دهید.



سؤال ۳۰: ولتاژ ورودی و خروجی فیلترهایی را که آزمایش می‌کنید به دست آورده و رابطه‌ی بین آن‌ها را بنویسید. آیا می‌توانید یک دستور کلی برای رابطه‌ی ولتاژ ورودی و ولتاژ خروجی در مورد فیلترها بیان کنید؟ در صورت مثبت بودن جواب دستور را بنویسید و در صورتی که پاسخ منفی است در مورد آن توضیح دهید.



۳-۶ آزمایش ۶: فیلتر سرامیکی

۳-۶-۱ فیلتر کریستال را مطابق شکل ۳-۱۵ از

قسمت Misc در بخش قطعات بر روی صفحه‌ی میز کار

« فصل چهارم »

نوسان سازها

(مطابق فصل پنجم کتاب مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

تحلیل عملی مدار انواع نوسان ساز توسط نرم افزار مولتی سیم

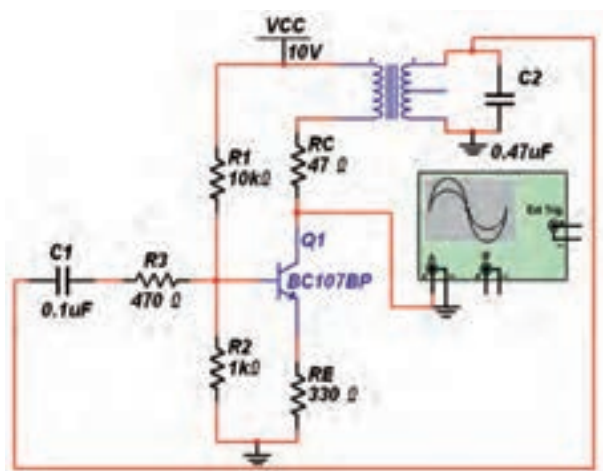
هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- مدار نوسان ساز آرمسترانگ را ببندد.
- ۲- فرکانس نوسان ساز آرمسترانگ را به دست آورد.
- ۳- مدار نوسان ساز هارتلی را ببندد.
- ۴- فرکانس نوسان ساز هارتلی را به دست آورد.
- ۵- مدار نوسان ساز کولپیتس را ببندد.
- ۶- فرکانس نوسان ساز کولپیتس را به دست آورد.
- ۷- مدار نوسان ساز کلاپ را ببندد.
- ۸- فرکانس نوسان ساز کلاپ را به دست آورد.
- ۹- مدار نوسان ساز پل وین را ببندد.
- ۱۰- فرکانس نوسان ساز پل وین را به دست آورد.
- ۱۱- مدار نوسان ساز مولتی ویراتور را ببندد.
- ۱۲- فرکانس نوسان ساز مولتی ویراتور را به دست آورد.
- ۱۳- مدار نوسان ساز موج مربعی را با آی سی ۵۵۵ ببندد.
- ۱۴- مدار نوسان ساز کریستالی را ببندد.
- ۱۵- فرکانس نوسان ساز کریستالی را به دست آورد.

۲۵۲

را مشاهده کنید.



شکل ۴-۱ مدار نوسان ساز آرمسترانگ

۴-۱ آزمایش ۱: نوسان سازهای موج سینوسی

۴-۱-۱ نوسان سازها مدارهای ویژه ای هستند که کاربرد نسبتاً گسترده ای در مدارهای مخابراتی دارند. بدون نوسان سازها ارسال و دریافت پیام های رادیویی امکان پذیر نیست. نوسان سازها یا مولدهای شکل موج، در دستگاه هایی مانند مولتی مترهای دیجیتالی، اسیلوسکوپ، گیرنده ها و فرستنده های رادیویی، رایانه ها و وسایل دیجیتالی به کار می روند.

۴-۱-۲ مدار نوسان ساز آرمسترانگ را مطابق شکل ۴-۱

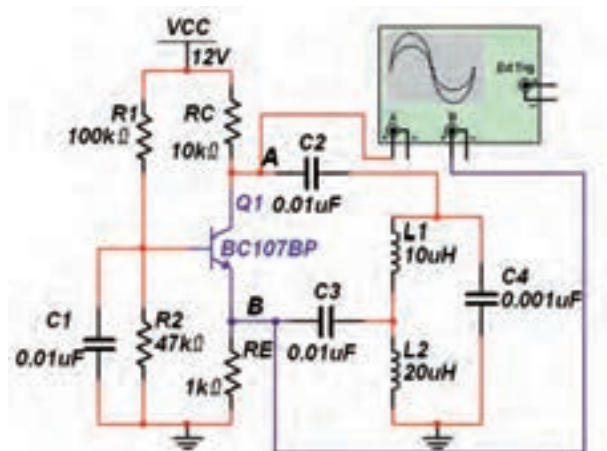
ببندید و به وسیله ی دستگاه اسیلوسکوپ، شکل موج خروجی



سؤال ۳: نوسان ساز آرمسترانگ در کدام دسته از نوسان سازها قرار دارد؟ توضیح دهید.

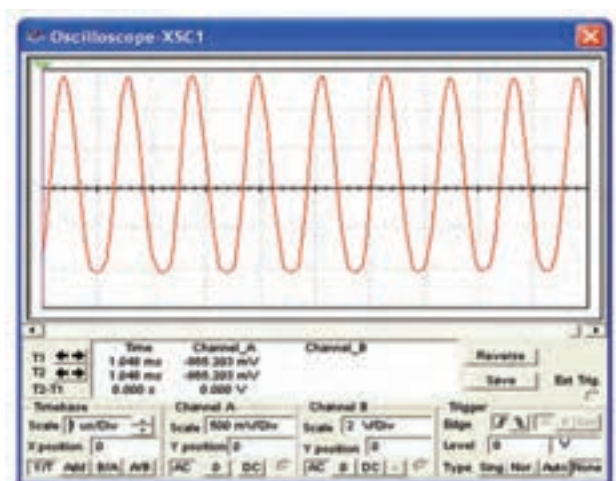


۴-۱-۴ مدار نوسان ساز هارتلی شکل ۴-۳ را ببندید.



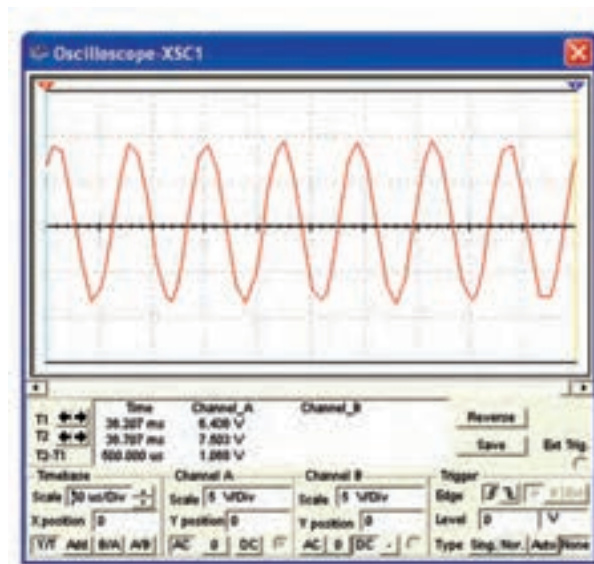
شکل ۴-۳ مدار نوسان ساز هارتلی

۴-۱-۵ در شکل ۴-۴ نوسان های ایجاد شده توسط مدار نوسان ساز هارتلی را مشاهده می کنید. فرکانس، زمان تناوب و دامنه ی شکل موج تولید شده در نقطه ی A را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۴-۴ شکل موج نوسان ساز هارتلی

۴-۱-۳ در شکل ۴-۲ نوسان های ایجاد شده توسط مدار نوسان ساز آرمسترانگ را مشاهده می کنید. فرکانس، زمان تناوب و دامنه ی شکل موج تولید شده را اندازه بگیرید و مقدار آنها را بنویسید.



شکل ۴-۲ شکل موج نوسان ساز آرمسترانگ

$$V_{p-p} = \dots V \quad T = \dots \mu \text{sec}$$

$$F = \dots \text{KHz}$$

سؤال ۱: در نوسان ساز آرمسترانگ فرکانس نوسان از چه رابطه ای محاسبه می شود؟ مقدار فرکانس را محاسبه کنید.



سؤال ۲: آیا فرکانس محاسبه شده در سؤال ۱ با فرکانس به دست آمده از شکل ۴-۲ با هم مساوی است؟ در صورت متفاوت بودن علت را شرح دهید.



تمرین ۱: مدار نوسان ساز آرمسترانگ را با ترانزیستور BD۱۳۵، خازن $2/2 \mu\text{F}$ و ترانسفورماتور ۱۰۰:۱ Audio ببندید و شکل موج خروجی را مشاهده و با شکل موج مدار ۴-۱ مقایسه کنید. نتیجه را بنویسید.



$$V_{p-p} = \dots V \quad T = \dots \mu \text{sec}$$

$$F = \dots \text{KHz}$$

توجه: اگر مقادیر $L_1 = 10 \mu\text{H}$, $L_2 = 1/5 \mu\text{H}$ و ترانزیستورهای فرکانس بالا مثل BF 420 در مدار قرار دهید شکل موج خروجی کاملاً بدون اعوجاج خواهد شد.

سؤال ۴: کدام قطعات مربوط به مدار فیدبک این نوسان ساز

است؟



سؤال ۵: فیدبک نوسان ساز از نوع مثبت است یا منفی؟



سؤال ۶: فرکانس نوسان از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ توضیح دهید.

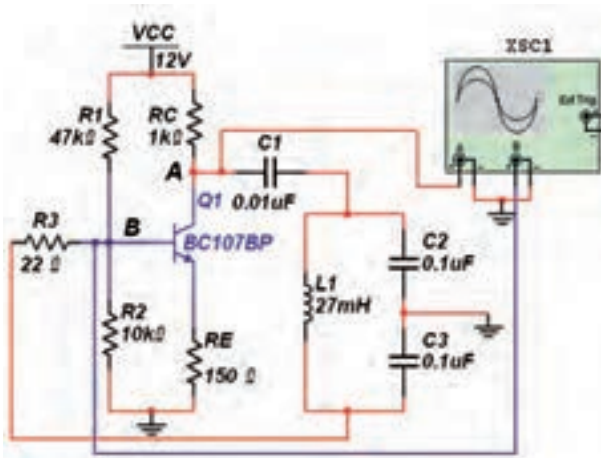


سؤال ۷: با توجه به این که شکل موج نقطه‌ی A مربوط به پایه‌ی کلکتور و شکل موج نقطه‌ی B مربوط به پایه‌ی امیتر است، چرا اختلاف فازی بین دو شکل موج مشاهده نمی‌شود؟ توضیح دهید.



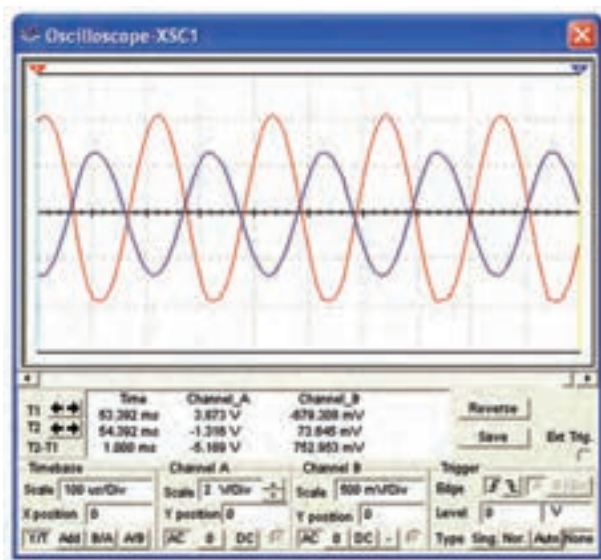
سؤال ۸: مقدار سلف را تغییر دهید فرکانس را اندازه‌گیری کنید. آیا مقدار آن با فرکانس مدار شکل ۴-۴ تفاوت دارد؟ شرح دهید.

۴-۱-۶ مدار شکل ۴-۵ را ببندید.



شکل ۴-۵ مدار نوسان ساز

۴-۱-۷ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ مطابق شکل ۴-۶ شکل موج نقاط A و B را مشاهده کنید و دامنه، زمان تناوب و فرکانس آن‌ها را اندازه بگیرید و مقدار آن را بنویسید.



شکل ۴-۶ شکل موج ایجاد شده توسط نوسان ساز

میکروفراد خازن ۰/۰۴۷ میکروفرادی قرار دهید. در این حالت مقدار فرکانس را به دست آورید و با مرحله ی ۷-۱-۴ مقایسه کنید. نتیجه ی مقایسه را بنویسید.



$$V_{p-p(A)} = \dots\dots V \quad T_{(A)} = \dots\dots \mu \text{sec}$$

$$F_{(A)} = \dots\dots \text{KHz} \quad V_{p-p(B)} = \dots\dots V$$

$$T_{(A)} = \dots\dots \mu \text{sec} \quad F_{(B)} = \dots\dots \text{KHz}$$

سؤال ۹: نوسان ساز مدار شکل ۵-۴ چه نوع نوسان سازی

است؟



سؤال ۱۰: فرکانس نوسان ها از چه رابطه ای به دست

می آید؟ توضیح دهید. مقدار فرکانس را محاسبه کنید.



سؤال ۱۱: چرا در شکل ۶-۴ بین دو شکل موج نقاط A و B

اختلاف فاز وجود دارد؟ شرح دهید.



سؤال ۱۲: نام دیگر نوسان ساز شکل ۵-۴ را بنویسید.



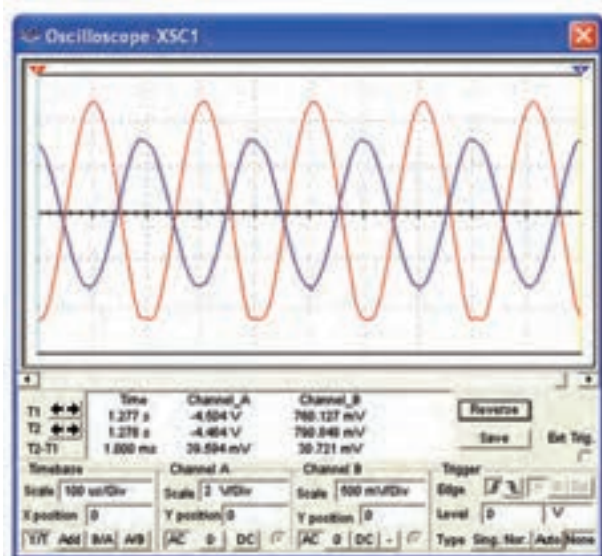
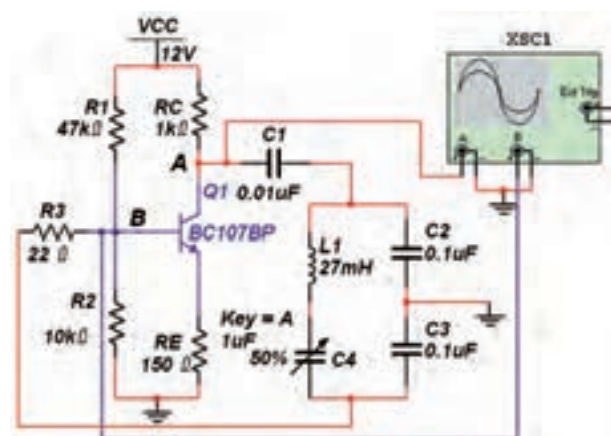
سؤال ۱۳: آیا فرکانس اندازه گیری شده در شکل ۶-۴ با

مقدار فرکانس محاسبه شده یکسان است؟ در صورت وجود

اختلاف علت را توضیح دهید.



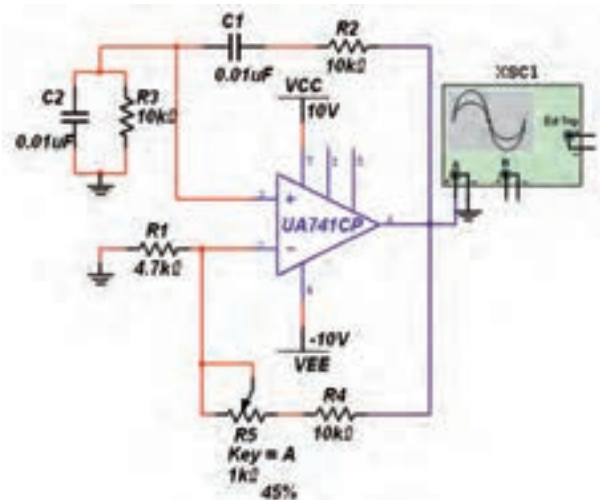
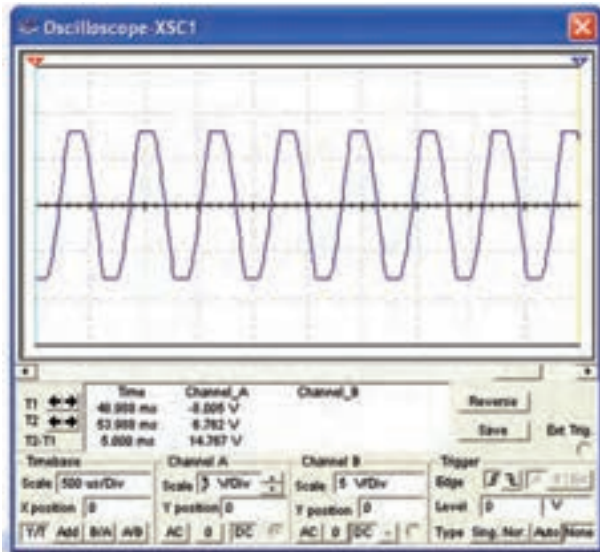
سؤال ۱۴: در مدار شکل ۵-۴ به جای خازن ۰/۱



شکل ۷-۴ نوسان ساز کلاپ و شکل موج های آن

آن را از قسمت قطعات اساسی بخش OP-AMP بر روی میز کار مجازی بیاورید.

$$F = \dots\dots\dots \text{KHz} \quad V_{Op-p} = \dots\dots \text{V}$$



شکل ۴-۸ مدار نوسان‌ساز پل‌وین و شکل موج خروجی آن

سؤال ۱۸: آیا شکل موج خروجی مدار نوسان‌ساز پل‌وین مشابه شکل موج مدارهای نوسان‌سازهای از نوع LC است؟ توضیح دهید.



$$F = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

تمرین ۲: مقدار ظرفیت خازن متغیر C_f را با فشار دادن کلید A روی صفحه کلید تغییر دهید. شکل موج خروجی را مشاهده کنید و آن را با شکل موج مدار ۴-۷ مقایسه نمایید، نتیجه‌ی این مقایسه را بنویسید.



سؤال ۱۵: فرکانس مدار شکل ۴-۷ از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ بنویسید.



سؤال ۱۶: چه تفاوتی بین شکل موج مدار ۴-۵ و مدار ۴-۷ وجود دارد؟ توضیح دهید.



۲۵۶

سؤال ۱۷: آیا می‌توان مدار شکل ۴-۷ را اصلاح شده‌ی مدار شکل ۴-۵ دانست؟ چرا؟ شرح دهید.



۴-۲ آزمایش ۲: نوسان‌سازهای موج مربعی

۴-۲-۱ مدار نوسان‌ساز پل‌وین که از نوع نوسان‌سازهای

RC است را در شکل ۴-۸ مشاهده می‌کنید. این مدار را ببندید و دامنه‌ی موج خروجی آن را توسط دستگاه اسیلوسکوپ اندازه بگیرید. فرکانس نوسان‌ها را به دست آورید. برای بستن این مدار به آی سی ۷۴۱ نیاز است که باید



سؤال ۲۲: ضریب تقویت شبکه‌ی فیدبک مدار شکل ۴-۹

را از رابطه‌ی $B_V = \frac{V_{ipp}}{V_{Opp}}$ به دست آورید و بنویسید.



سؤال ۲۳: بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده‌ی مدار شکل ۴-۹ را

از رابطه‌ی: $A_V = \frac{V_{Opp}}{V_{ipp}}$ به دست آورید.



سؤال ۲۴: آیا می‌توانید با استفاده از اطلاعات به دست

آمده، اصل بارک‌هاوزن را در مورد این نوسان‌ساز اثبات کنید؟ توضیح دهید.



سؤال ۲۵: در مدارهای ۴-۷ و ۴-۸، چرا مدتی پس

از راه‌اندازی مدار، نوسان‌ها، شکل ثابت شده‌ای به خود می‌گیرند؟



سؤال ۲۶: اختلاف فاز بین ورودی و خروجی مدار شکل

۴-۹ را به دست آورید.



سؤال ۱۹: فرکانس نوسان‌ساز پل‌وین از چه رابطه‌ای به

دست می‌آید؟ رابطه را بنویسید.



سؤال ۲۰: آیا فرکانس محاسبه شده در سؤال ۱۹ با فرکانس

اندازه‌گیری شده در مدار شکل ۴-۸ برابر است؟



سؤال ۲۱: چند نوع از نوسان‌سازهای مربعی را

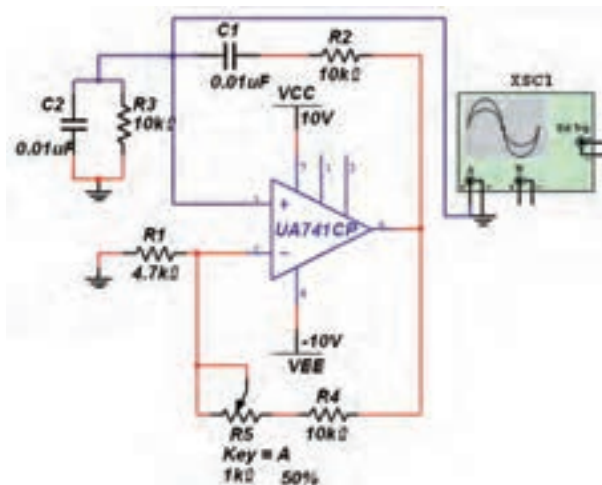
می‌شناسید؟ توضیح دهید.



۴-۲-۲ دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی مدار شکل

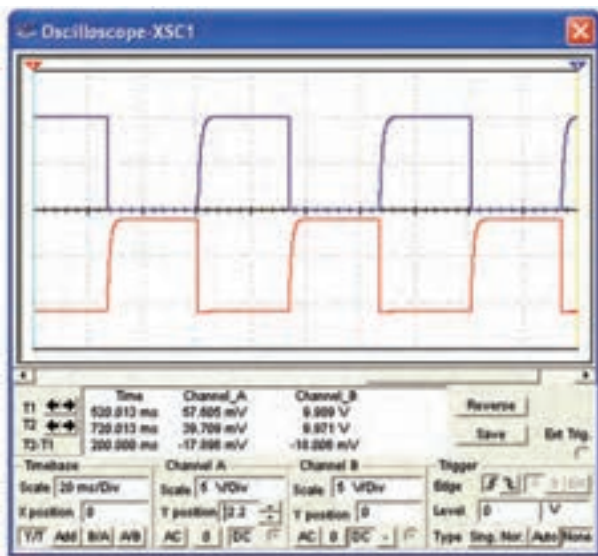
۴-۸ وصل کنید و دامنه‌ی ورودی را مطابق شکل ۴-۹

اندازه‌گیری نمائید و مقدار آن را به دست آورید.



شکل ۴-۹ مدار نوسان‌ساز پل‌وین و شکل موج ورودی آن

$$V_{in-p-p} = \dots V$$



شکل ۴-۱۰ مدار مولتی‌ویراتور و شکل موج خروجی‌های آن

$$F = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

سؤال ۳۰: فرکانس نوسان‌ساز مولتی‌ویراتور از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ پس از محاسبه، مقدار آن را با مقدار اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی ۳-۲-۴ مقایسه کنید. نتیجه‌ی مقایسه را بنویسید.



سؤال ۳۱: آیا می‌دانید مدار شکل ۴-۱۰ چه نوع مولتی‌ویراتوری است؟ توضیح دهید.



۴-۲-۴ مدار مولتی‌ویراتور مونواستابل شکل ۴-۱۱ را ببینید. به وسیله‌ی اسیلوسکوپ خروجی‌های مدار را مشاهده

سؤال ۲۷: در مدار شکل ۴-۹ برای تغییر فرکانس موج ایجاد شده توسط نوسان‌ساز، چه قطعاتی را باید تغییر داد؟



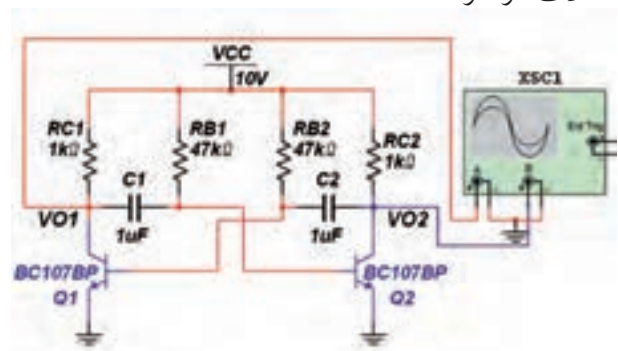
سؤال ۲۸: نوع فیدبک در نوسان‌ساز پل‌وین مثبت است یا منفی؟



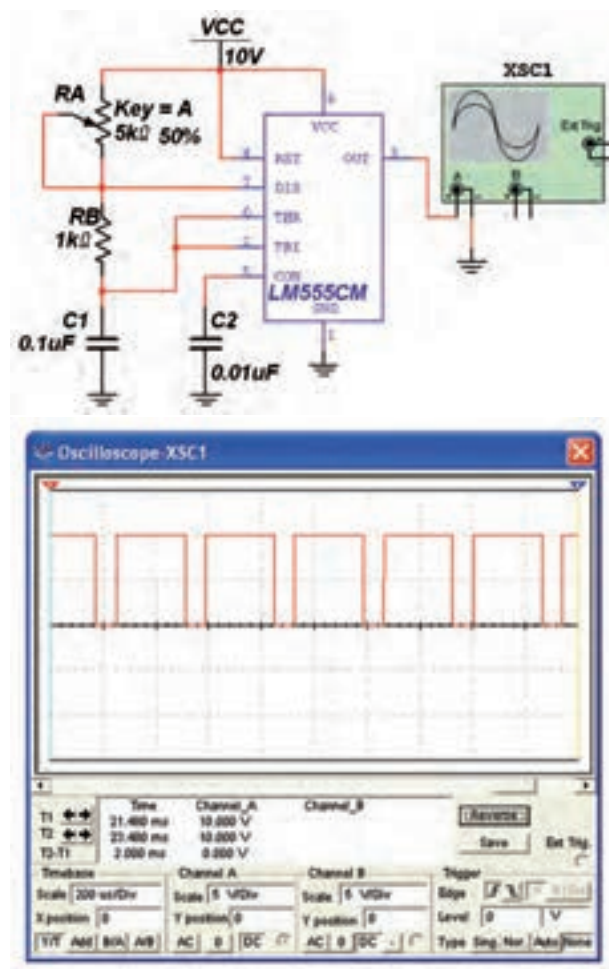
سؤال ۲۹: مدار شبکه‌ی فیدبک مربوط به مدار نوسان‌ساز پل‌وین شامل چه قطعاتی است؟ نام ببرید.



۴-۲-۳ مدار نوسان‌ساز مولتی‌ویراتور شکل ۴-۱۰ را ببینید و شکل موج خروجی را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کنید، فرکانس آن را اندازه بگیرید و مقدار آن را بنویسید. خروجی‌های این مدار از پایه‌ی کلکتورها دریافت می‌شود، همانطور که ملاحظه می‌کنید، شکل موج‌ها با هم ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند.



۴-۲-۵ مدار نوسان ساز مربعی شکل ۱۲-۴ را با استفاده از آی سی ۵۵۵ ببندید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید. فرکانس نوسان ها را اندازه بگیرید.



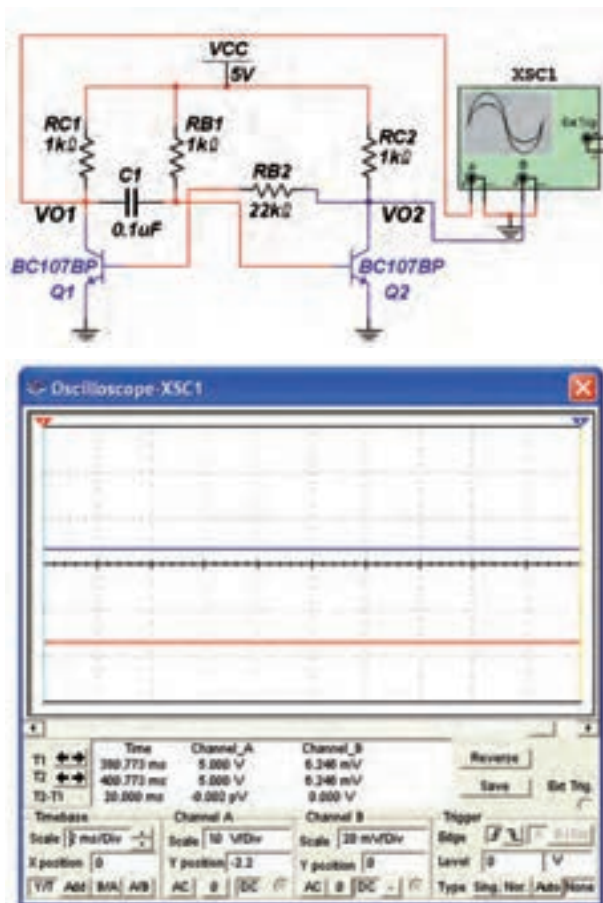
شکل ۱۲-۴ مدار نوسان ساز موج مربعی و شکل موج خروجی آن

$$F = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

سؤال ۳۴: فرکانس نوسان های مدار شکل ۱۲-۴ از چه رابطه ای به دست می آید؟ مقدار فرکانس را محاسبه کنید.



کنید و فرکانس خروجی را اندازه بگیرید.



شکل ۱۱-۴ مدار مولتی ویراتور مونواستابل و شکل موج های خروجی آن

$$F = \dots\dots\dots \text{KHz}$$

سؤال ۳۲: چرا در شکل موج نشان داده شده فقط یک خروجی مشاهده می شود و آن هم به صورت یک سیگنال ثابت است؟ توضیح دهید.



سؤال ۳۳: رابطه ی فرکانس مدار شکل ۱۱-۴ را

بنویسید.



سؤال ۳۵: فرکانس محاسبه شده را با مقدار اندازه گیری شده مقایسه کنید. نتیجه‌ی مقایسه را بنویسید.



تمرین ۳: مقدار R_A را به $6/8$ کیلو اهم تغییر دهید و فرکانس را اندازه گیری کنید. چه تفاوتی با حالت قبل دارد؟ توضیح دهید.



۲۶۰

تمرین ۴: مقدار ولتاژ V_{CC} را افزایش دهید و تغییرات به وجود آمده را مشاهده کنید.

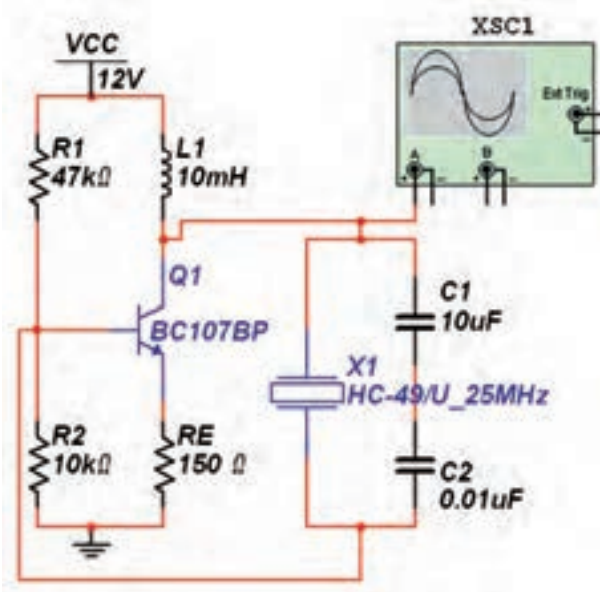


سؤال ۳۶: با تغییر ولتاژ تغذیه چه تغییراتی در مقادیر فرکانس و دامنه‌ی موج خروجی ایجاد شده است؟



۴-۲-۶ مدار نوسان ساز کریستالی شکل ۴-۱۳ را ببینید. فرکانس مدار را اندازه گیری کنید و شکل موج خروجی را

مشاهده نمایید.



شکل ۴-۱۳ مدار نوسان ساز کریستالی

سؤال ۳۷: اگر کریستال را تغییر دهیم، چه کمیتی در مدار تغییر خواهد کرد؟ توضیح دهید.



نتایج: نتیجه‌ای را که از این آزمایش به دست آورده‌اید، بنویسید.



« فصل پنجم »

فرستنده و گیرنده‌های رادیویی AM (مطابق فصل ششم مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

آزمایش نرم‌افزاری مدارهای فرستنده و گیرنده‌ی رادیویی AM

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- مدار مدولاتور دیودی AM را ببندد.
- ۲- شکل موج خروجی مدولاتور دیودی را مشاهده کند و ولتاژ آن را به دست آورد.
- ۳- مدولاتور ترانزیستوری را ببندد و شکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
- ۴- ضریب مدولاسیون AM در مدارهای مدولاتور AM را به دست آورد.
- ۵- مدار مخلوط کننده را ببندد و فرکانس خروجی را اندازه گیری کند.
- ۶- مدار تقویت کننده‌ی میانی (IF) را ببندد و ضریب بهره‌ی ولتاژ آن را به دست آورد .
- ۷- مدار آشکارساز AM را ببندد و شکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
- ۸- مؤلفه‌ی DC سیگنال خروجی آشکارساز AM را اندازه گیری کند.

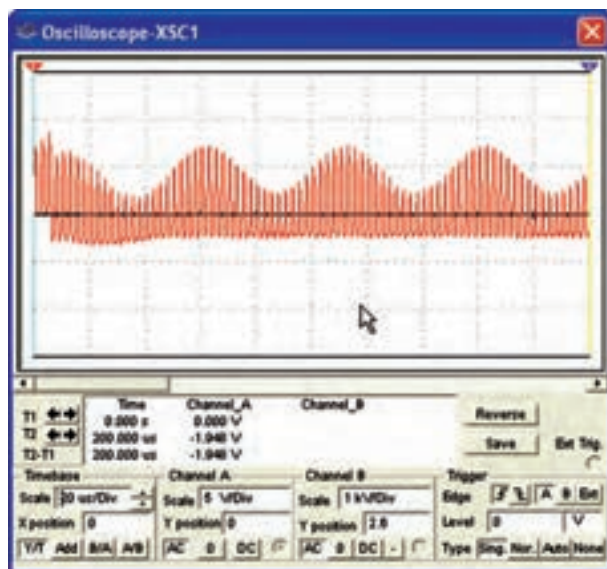
۵-۱-۱ آزمایش ۱: مدولاتور دیودی

۵-۱-۱-۱ برای تولید موج مدوله شده‌ی AM باید طبق شکل ۵-۱-۱ ابتدا دو سیگنال پیام و حامل را با هم جمع کنیم. سپس سیگنال حاصل جمع را با یک دیود یک سو می‌کنیم و آن را به سیگنال DC ضربان دار تبدیل می‌نمائیم. سیگنال یک سو شده را به مدار هماهنگ LC موازی می‌دهیم تا با ظاهر شدن نیمه‌ی دوم موج یک سو شده در خروجی مدار تانک، سیگنال AM به وجود آید.



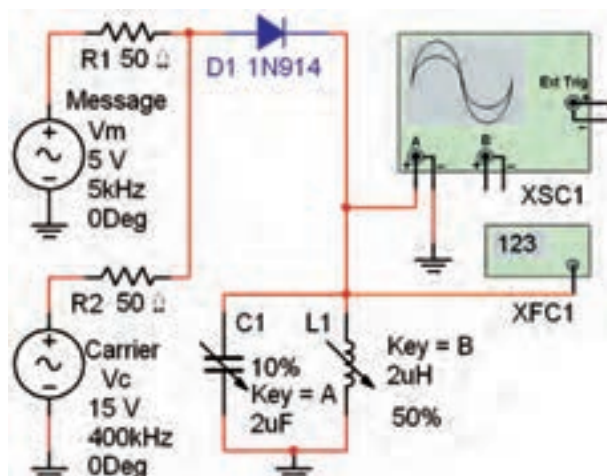
شکل ۵-۱-۱ بلوک دیاگرام مدولاتور دیودی AM

۵-۱-۵ شکل موج خروجی را مشاهده نمایید. شکل موج باید مشابه شکل ۵-۵ باشد که یک‌سو شده‌ی شکل موج مجموع دو سیگنال حامل و پیام است.



شکل ۵-۵ شکل موج یک‌سو شده‌ی مجموع سیگنال حامل و پیام

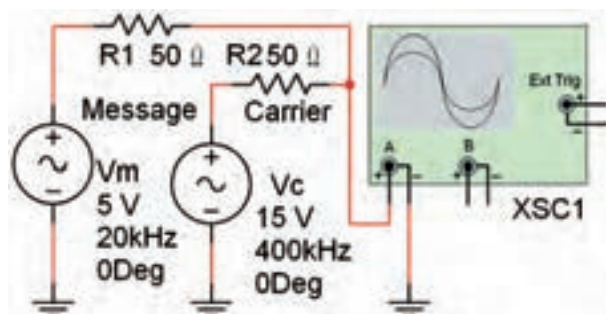
۵-۱-۶ مدار مدولاتور دیودی شکل ۵-۴ را مطابق شکل ۵-۶ کامل کنید. این مدار، مدار عملی مدولاتور دیودی است.



شکل ۵-۶ مدار عملی مدولاتور دیودی AM

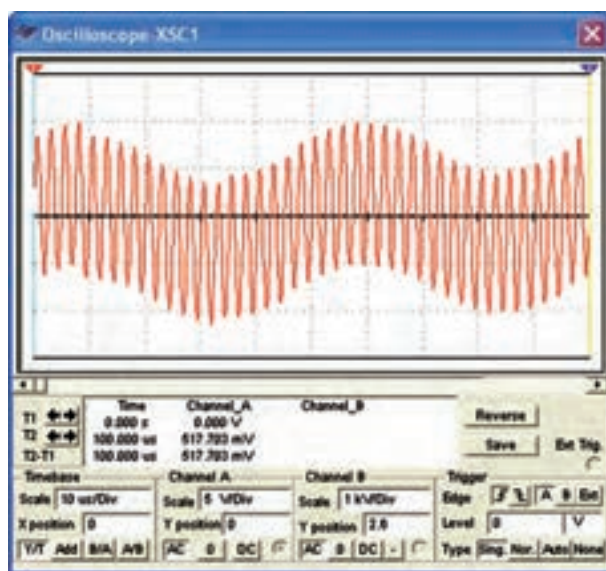
۵-۱-۷ دستگاه اسیلوسکوپ را فعال کنید و آن را مطابق شکل ۵-۷ تنظیم نمایید و شکل موج خروجی را

۵-۱-۲ مدار شکل ۵-۲ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببینید و شکل موج خروجی آن را که مجموع دو سیگنال حامل و پیام است را مشاهده کنید.



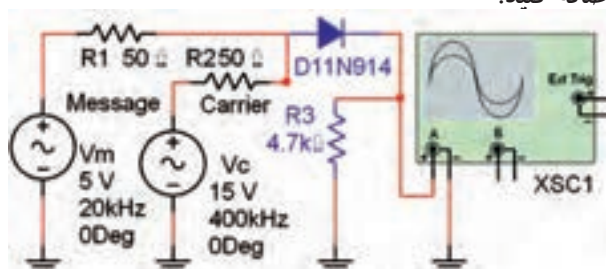
شکل ۵-۲ مدار مدولاتور دیودی AM

۵-۱-۳ شکل موج خروجی را مشاهده کنید. این شکل موج باید مشابه شکل ۵-۳ باشد.



شکل ۵-۳ شکل موج مربوط به جمع دو سیگنال پیام و حامل

۵-۱-۴ مطابق شکل ۵-۴ یک دیود آشکارساز به مدار اضافه کنید.



شکل ۵-۴ فرآیند عمل مدولاسیون در مدولاتور AM

مشاهده کنید.

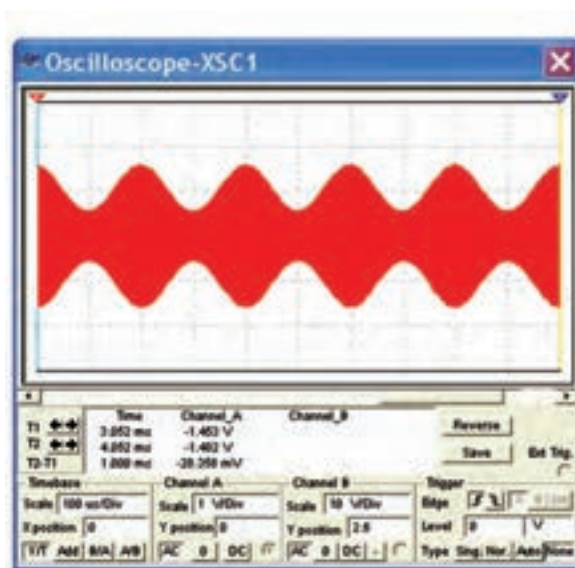
۱۰-۱-۵ ضریب مدولاسیون مدار مدولاتور را با استفاده

از رابطه‌ی: $m = \frac{V_m}{V_C}$ به دست آورید.

$$V_m = \dots\dots V_{P-P} \quad V_C = \dots\dots V_{P-P}$$

$$m = \frac{V_m}{V_C} = \dots\dots$$

تمرین ۱: دامنه‌ی پیام را تغییر دهید و موج مدوله شده‌ی AM با ضریب $m = 0.5$ و $m = 1$ را به دست آورید. شکل موج خروجی را مشاهده کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.



شکل ۷-۵ شکل موج خروجی مدار مدولاتور دیودی AM

۸-۱-۵ ظرفیت خازن متغیر C_1 را به وسیله‌ی کلید A

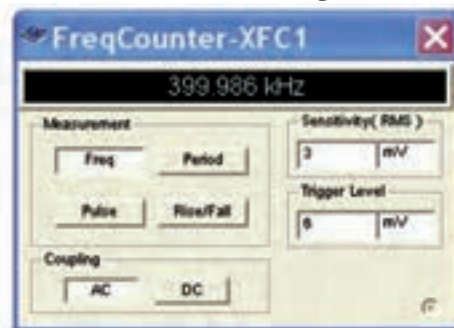
تغییر دهید، تا مدار هماهنگ در فرکانس رزونانس قرار گیرد. در این شرایط، دامنه‌ی شکل موج خروجی در حداکثر مقدار خود ظاهر خواهد شد.

سؤال ۱: فرکانس رزونانس مدار تانک با فرکانس کدام سیگنال برابر است؟ چرا؟ توضیح دهید.



۹-۱-۵ فرکانس سیگنال خروجی مدار را با دستگاه

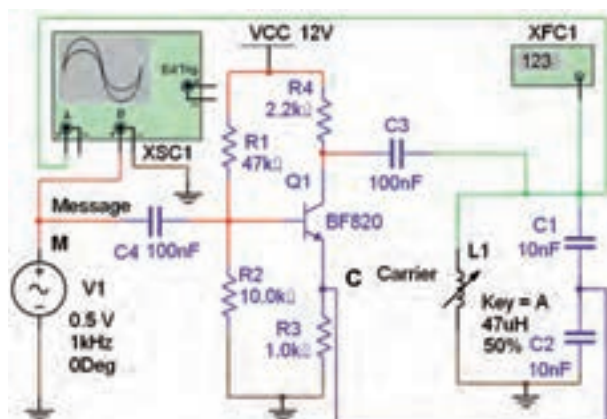
فرکانس متر شکل ۸-۵ اندازه‌گیری کنید و توجه داشته باشید که حساسیت (Sensitivity) فرکانس متر در حدی باشد که بتواند سیگنال خروجی را اندازه بگیرد.



شکل ۸-۵ اندازه‌گیری فرکانس خروجی مدولاتور

۲-۵ آزمایش ۲: مدولاتور ترانزیستوری

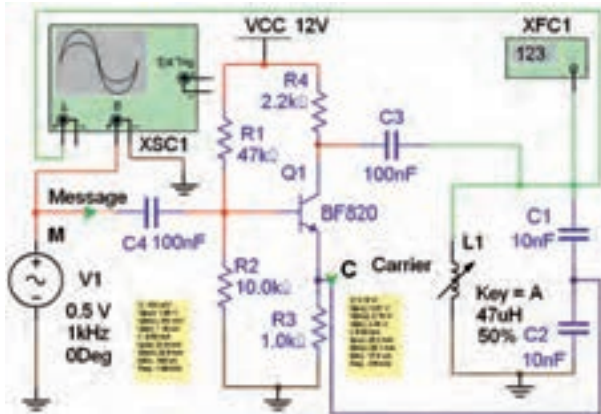
۱-۲-۵ از ترانزیستور نیز می‌توان به جای دیود برای تولید موج مدوله شده‌ی AM استفاده کرد. در ترانزیستور، دیود بیس _ امیتر به عنوان مدولاتور عمل می‌کند. در مدولاتور ترانزیستوری سیگنال تقویت می‌شود و از پایه‌ی کلکتور ترانزیستور قابل دریافت است. مدار شکل ۹-۵ را ببینید.



شکل ۹-۵ مدولاتور ترانزیستوری

۲-۲-۵ دستگاه اسیلوسکوپ را فعال کنید و پس از

۴-۲-۵ با پروب اندازه گیری Measurement Probe مطابق شکل ۱۲-۵ ولتاژ پیک تا پیک نقاط M و C را اندازه گیری کنید.



شکل ۱۲-۵ اندازه گیری دامنه ی ولتاژ پیام و حامل در مدار مدولاتور ترانزیستوری

$$V_m = \dots\dots\dots V_{P-P} \quad V_C = \dots\dots\dots V_{P-P}$$

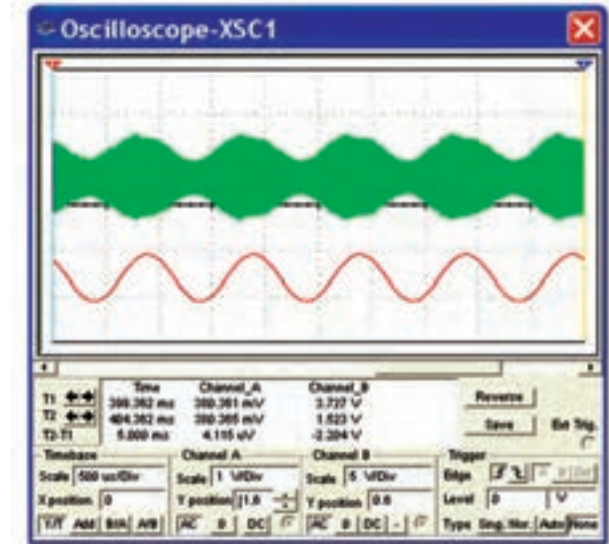
۵-۲-۵ ضریب مدولاسیون مدار شکل ۱۰-۵ را محاسبه کنید.

$$m = \frac{V_m}{V_C} = \dots\dots\dots$$

۳-۵ آزمایش ۳: مخلوط کننده در گیرنده های رادیویی

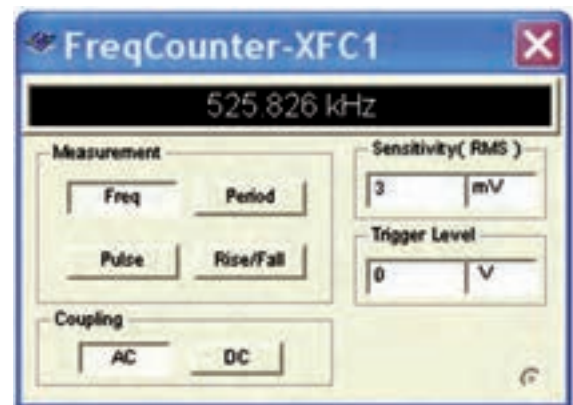
۱-۳-۵ فرکانس ایستگاه دریافتی RF همراه با فرکانس نوسان ساز محلی FLO به مدار مخلوط کننده (میکسر) وارد می شود. در خروجی مدار مخلوط کننده یک مدار تانک LC موازی با فرکانس رزونانس برابر با تفاضل دو فرکانس یعنی IF قرار دارد. وجود این مدار باعث می شود تا فرکانس IF در خروجی ظاهر شود. مدار شکل ۱۳-۵ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.

تنظیم، شکل موج ورودی و خروجی مشاهده کنید. این شکل موج باید مشابه شکل ۱۰-۵ باشد.



شکل ۱۰-۵ شکل موج ورودی و خروجی مدار مدولاتور ترانزیستوری

۳-۲-۵ با فعال کردن فرکانس متر شکل ۱۱-۵ فرکانس خروجی مدار را اندازه بگیرید.

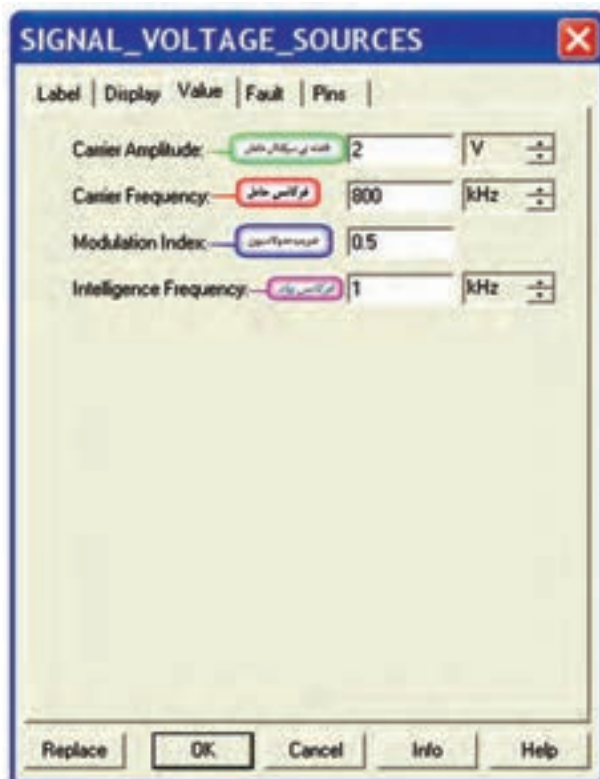


شکل ۱۱-۵ فرکانس خروجی مدار مدولاتور ترانزیستوری

$$F_0 = \dots\dots\dots \text{Hz}$$

سؤال ۲: نام مدار مدولاتور شکل ۱۱-۵ را بنویسید و نحوه ی کار آن را شرح دهید.

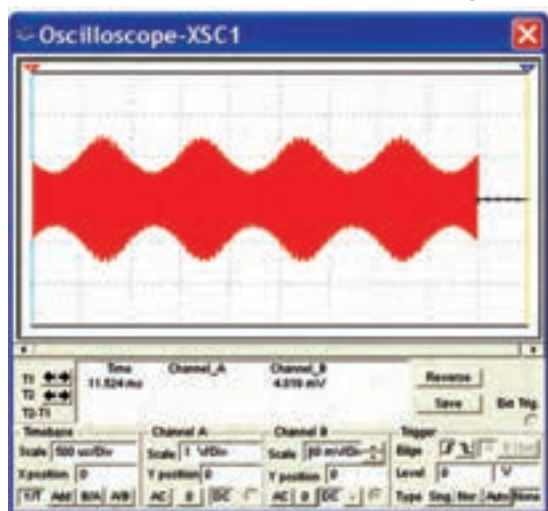




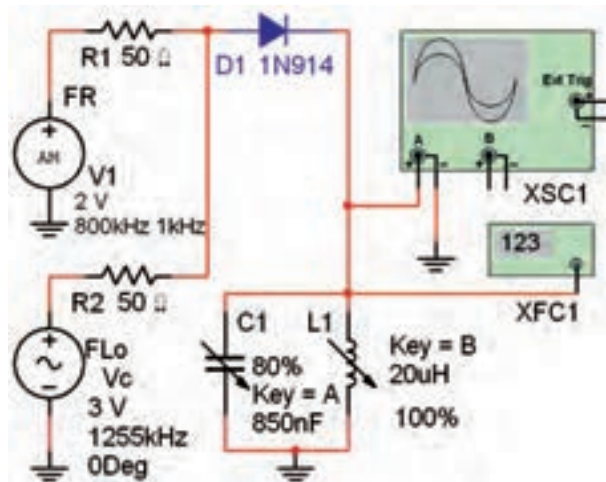
شکل ۵-۱۵ مشخصات سیگنال مدوله شده‌ی AM

۲۶۵

۵-۳-۴ شکل موج خروجی و مقدار فرکانس مدار میکسر شکل ۵-۱۳ را با استفاده از اسیلوسکوپ و فرکانس متر مطابق شکل ۵-۱۶ به دست آورید.

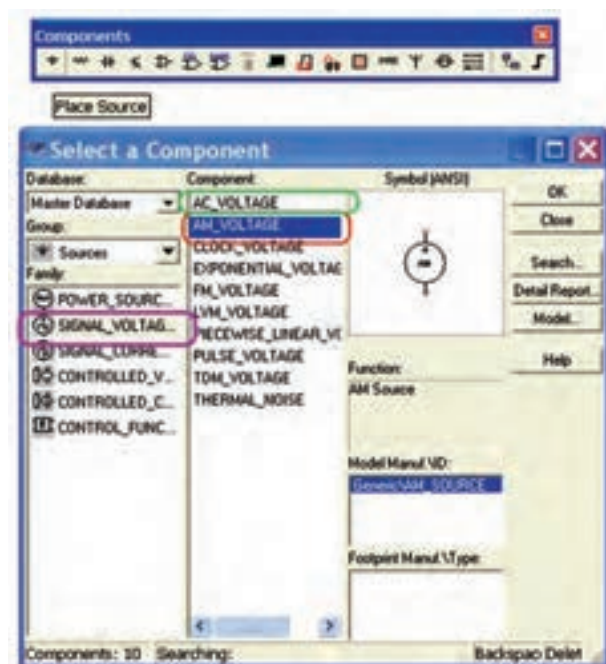


شکل ۵-۱۶ مقدار فرکانس و شکل موج خروجی مدار میکسر



شکل ۵-۱۳ مدار میکسر دیودی

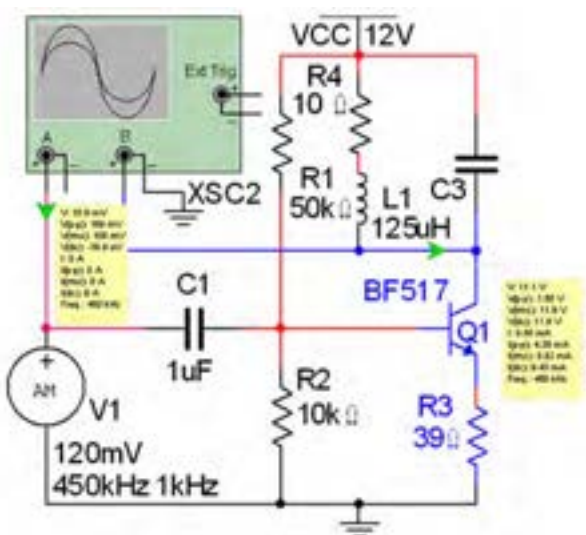
۵-۳-۲ منبع سیگنال ژنراتور سینوسی (نوسان ساز محلی) و مولد سیگنال AM را می‌توانید مطابق شکل ۵-۱۴ از نوار قطعات و گروه Source روی میز کار بیاورید.



شکل ۵-۱۴ مسیر دسترسی به سیگنال ژنراتورهای صوتی و مدار سیگنال AM

۵-۳-۳ روی منبع سیگنال موج AM (ایستگاه رادیویی RF) دو بار کلیک کنید. شکل ۵-۱۵ ظاهر می‌شود. با استفاده از این شکل می‌توانید مشخصات موج AM را برای مدار شکل ۵-۱۴ تنظیم کنید.

۳-۴-۵ با پراب اندازه گیری مطابق شکل ۱۹-۵ ولتاژ دقیق پیک تو پیک خروجی و ورودی مدار تقویت کننده‌ی IF را اندازه گیری کنید.



شکل ۱۹-۵ اندازه‌گیری ولتاژهای ورودی و خروجی تقویت کننده‌ی IF

$$V_m = \dots\dots\dots V_{P-P} \quad V_C = \dots\dots\dots V_{P-P}$$

۴-۴-۵ ضریب بهره‌ی ولتاژ (A_V) مدار تقویت کننده‌ی IF را محاسبه کنید.

$$A_V = \frac{V_{OP-P}}{V_{inP-P}} = \dots\dots\dots$$

تمرین ۲: فرکانس رزونانس مدار هماهنگ LC خروجی مدار شکل ۱۸-۵ تقویت کننده‌ی IF را با فرکانس متر اندازه گیری کنید.

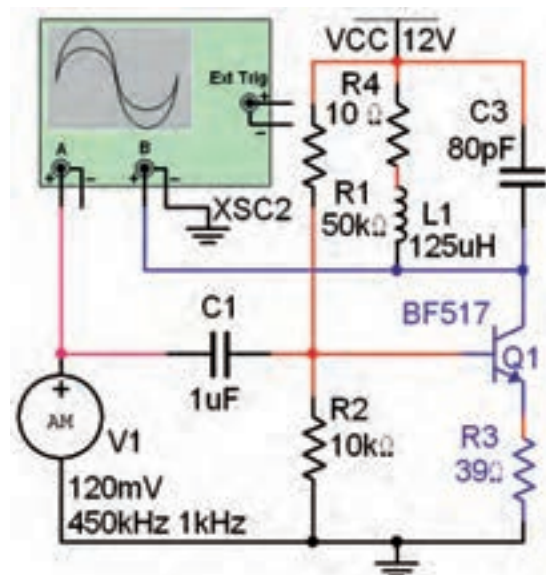
$$F_{Out} = \dots\dots\dots \text{Hz}$$

۵-۵-۵: آزمایش آشکارساز AM

۱-۵-۵ در گیرنده‌ی رادیویی وظیفه‌ی پیاده کردن پیام از سیگنال IF بر عهده‌ی مدار آشکارساز، و خروجی آن سیگنال صوتی است. مدار شکل ۲۰-۵ را ببینید.

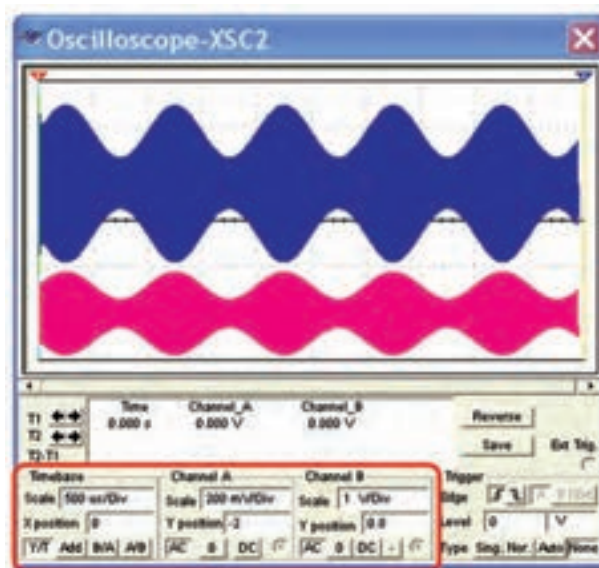
۴-۵-۵: آزمایش تقویت کننده‌ی میانی IF

۱-۴-۵ فرکانس میانی در مدولاسیون AM، ۴۵۵ کیلو هرتز است. این فرکانس توسط یک یا چند طبقه مدار تقویت کننده‌ی IF تقویت می‌شود. مدار شکل ۱۳-۵ را ببینید.



شکل ۱۷-۵ مدار تقویت کننده‌ی IF

۲-۴-۵ اسیلوسکوپ را فعال کنید و با توجه به شکل ۱۸-۵ آن را تنظیم کنید. سپس شکل موج‌های ورودی و خروجی را ببینید.



شکل ۱۸-۵ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار تقویت کننده IF

$$F_{Out} = \dots\dots\dots \text{Hz}$$

سؤال ۳: آیا فرکانس سیگنال آشکارساز خروجی با فرکانس پوش موج مدوله شده‌ی AM (پیام) برابر است؟ شرح دهید.



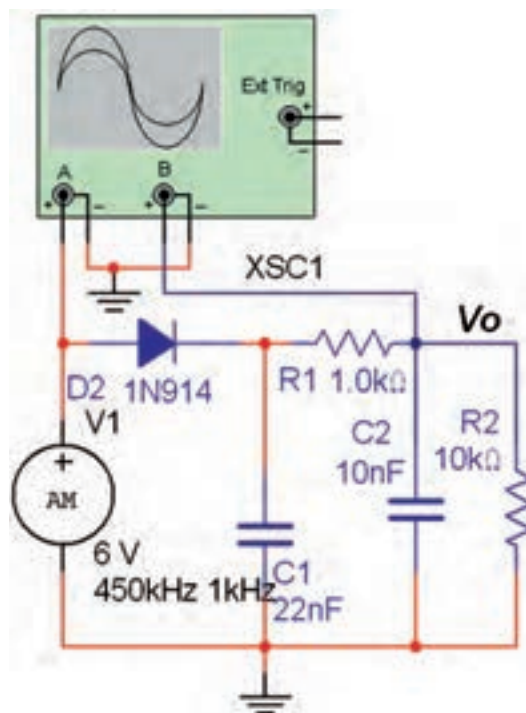
۴-۵-۵: سیگنال خروجی آشکارساز دارای دو مؤلفه‌ی AC و DC است. با تغییر کلید AC و DC کانال ۲ اسیلوسکوپ، ولتاژ DC سیگنال خروجی را اندازه بگیرید.

$$V_{O_{DC}} = \dots\dots\dots \text{V}$$

سؤال ۴: کاربرد مؤلفه‌ی DC سیگنال خروجی آشکارساز را شرح دهید.

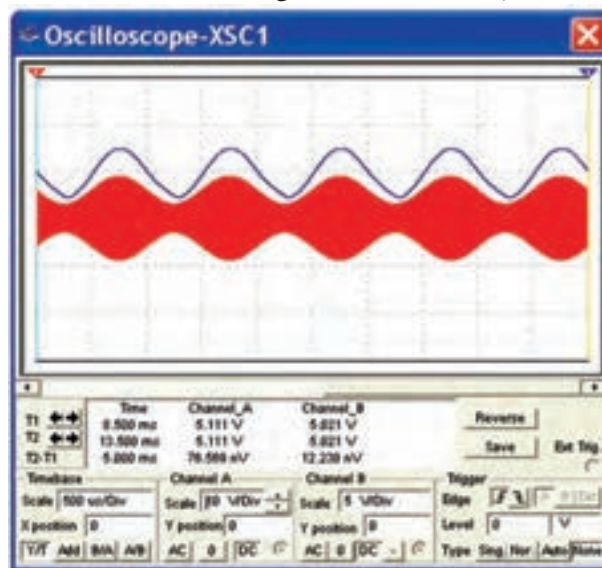


۵-۵-۵: به خروجی مدار شکل ۵-۲۰ یک ولت‌متر DC مانند شکل ۵-۲۲ اتصال دهید. دامنه‌ی سیگنال AM را طبق جدول ۵-۱ تغییر دهید. ولتاژ DC خروجی را با ولت‌متر اندازه‌گیری کنید و مقدار آن را بنویسید.



شکل ۵-۲۰ مدار آشکارساز AM

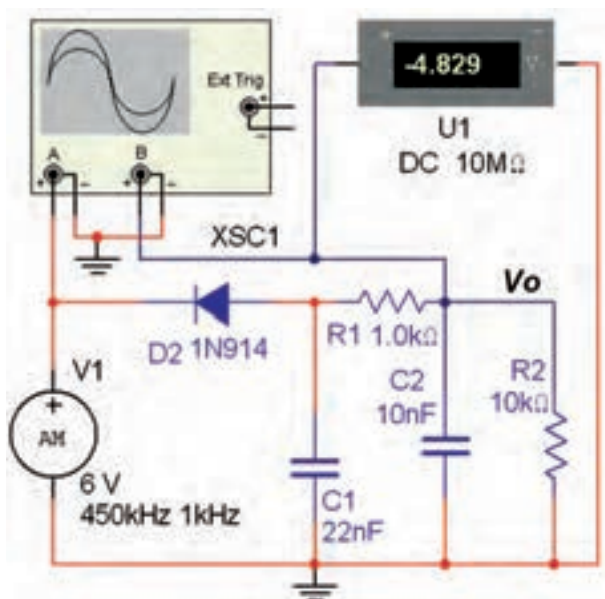
۲-۵-۵: شکل موج ورودی و خروجی را پس از تنظیم اسیلوسکوپ مشاهده کنید. (شکل ۵-۲۱)



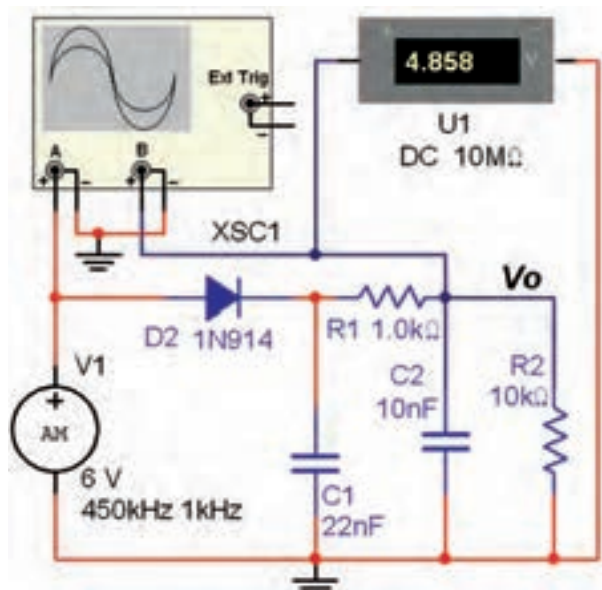
شکل ۵-۲۱ شکل موج‌های مدار آشکارساز AM

۳-۵-۵: فرکانس سیگنال خروجی را با اسیلوسکوپ اندازه‌گیری کنید.

تمرین ۳: جهت دیود آشکارساز را مشابه مدار شکل ۵-۲۳ تغییر دهید. شکل موج خروجی مدار آشکارساز را مشاهده کنید و مؤلفه ی DC آن را اندازه بگیرید.



شکل ۵-۲۳ تغییر جهت دیود آشکارساز



شکل ۵-۲۲ اندازه گیری ولتاژ DC خروجی مدار آشکارساز

جدول ۵-۱ مقادیر اندازه گیری ولتاژ DC خروجی مدار آشکارساز

ولتاژ DC خروجی	دامنه ی سیگنال AM
	۶
	۵
	۴
	۳
	۲

۲۶۸

سؤال ۵: آیا تغییرات ولتاژ DC در خروجی آشکارساز مشاهده می شود؟ این تغییرات چه کاربردی می تواند داشته باشد؟ شرح دهید.



سؤال ۶: تغییرات دامنه ی ولتاژ سیگنال رادیویی AM روی سیگنال خروجی بلندگوی گیرنده چه تأثیری دارد؟ برای رفع آن از چه مداری استفاده می شود؟



« فصل ششم »

کلیدهای چند حالت

(مطابق فصل هشتم مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

آزمایش کلیدهای چند حالت و کاربرد آن‌ها در فضای نرم‌افزار مولتی سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۴- مدار کاربردی کلید الکترونیکی را شبیه سازی کند.

۵- کلید تابع ولتاژ را شناسایی کند و در مدار به کار برد.

۶- مدار کاربردی کلید باند و کلید تابع ولتاژ را ببندد.

۱- اتصال‌های داخلی و شکل ظاهری چند نمونه کلیدهای چند حالتی مکانیکی را شناسایی کند .

۲- مدار کاربردی کلید تبدیل دوبل (کلید باند) را ببندد.

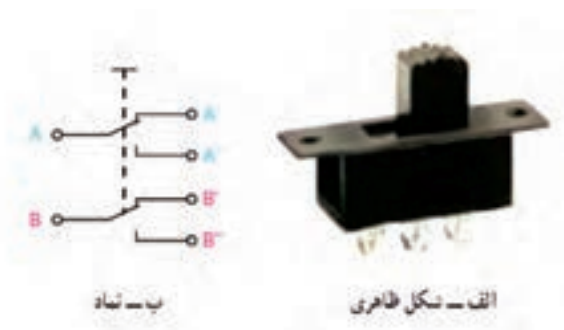
۳- مدار کاربردی کلید چند حالتی چرخشی را ببندد.

۲۶۹

۱-۶ آزمایش ۱: کلیدهای چند حالتی

مکانیکی

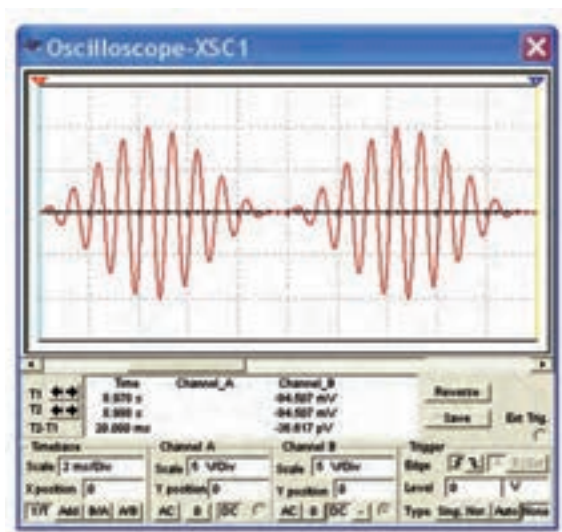
۱-۱-۶ در محیط نرم‌افزار مولتی سیم می‌توان برخی از انواع کلیدهای به کار رفته در یک گیرنده رادیویی AM/FM یا یک سیستم صوتی یا دستگاه‌های دیگر را شبیه سازی کرد. ساده‌ترین کلید چند حالتی تبدیل ساده است. با استفاده از این نوع کلید می‌توانیم به طور هم‌زمان مداری را قطع و مدار دیگری را وصل کنیم. در شکل ۱-۶ تصویر کلید تبدیل دوبل و نماد فنی آن را مشاهده می‌کنید. در این نوع کلید، جابه‌جایی کليه‌ی کنتاکت‌ها فقط از طریق تغییر مکان اهرم یا کشویی اجرا می‌شود.



شکل ۱-۶ تصویر کلید تبدیل دوبل و نماد فنی آن

۲-۱-۶ برای دسترسی به کلید تبدیل (کلید باند) در

۶-۱-۴ دستگاه اسیلوسکوپ را مطابق شکل ۶-۴ تنظیم کنید و شکل موج خروجی را مشاهده نمایید.



شکل ۶-۴ شکل موج خروجی مدار کلید باند

سؤال ۲: دستگاه اسیلوسکوپ کدام موج رادیویی را نشان می‌دهد؟



نرم‌افزار مولتی سیم باید در نوار قطعات، پنجره‌ی مربوط به گروه الکترومکانیکال را باز کنید. سپس مطابق شکل ۶-۲ از خانواده‌ی SUPPLEMENTARY کلید DPDT-SB را انتخاب کنید.



شکل ۶-۲ مسیر دسترسی به کلید باند (کلید تبدیل)

سؤال ۱: آیا در خانواده‌ی SUPPLEMENTARY کلید تبدیل دو حالت با سه سری کنتاکت وجود دارد؟ توضیح دهید.



۶-۱-۵ دکمه‌ی Space را از روی صفحه کلید کامپیوتر فعال کنید.

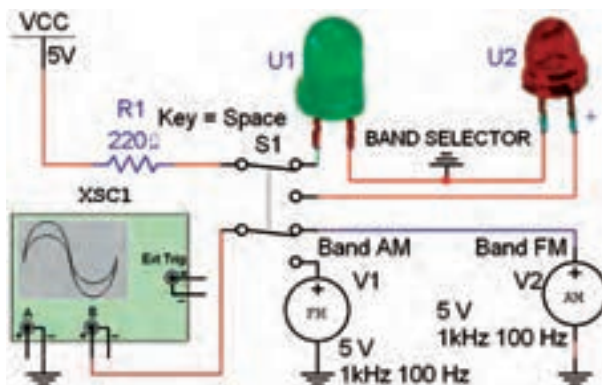


سؤال ۳: کدام موج رادیویی روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ دیده می‌شود؟



سؤال ۴: کلید باند استفاده شده در مدار شکل ۶-۳، چند مدار را می‌تواند قطع و وصل کند؟

۶-۱-۳ مدار شکل ۶-۳ را ببندید.



شکل ۶-۳ مدار کلید باند

چند مدار را به طور هم‌زمان قطع یا وصل کنیم. شکل ۶-۶ نمونه‌هایی از کلیدهای چند حالتی چرخشی را نشان می‌دهد. از این کلیدها در گیرنده‌های تلویزیونی قدیمی برای انتخاب کانال تلویزیون استفاده می‌کردند. هم‌چنین این نوع کلیدها در دستگاه‌هایی مانند سیگنال‌ژنراتور برای انتخاب شکل موج‌های مربعی، سینوسی و مثلثی به کار می‌رود.



شکل ۶-۶ انواع کلیدهای چرخشی چند حالتی

۶-۲-۲ یک کلید چند حالتی چرخشی با پنج کنتاکت با نام فنی (Electromechanical) 5POS-ROTARY را از گروه الکترومکانیکال مطابق شکل ۶-۷ انتخاب کنید.

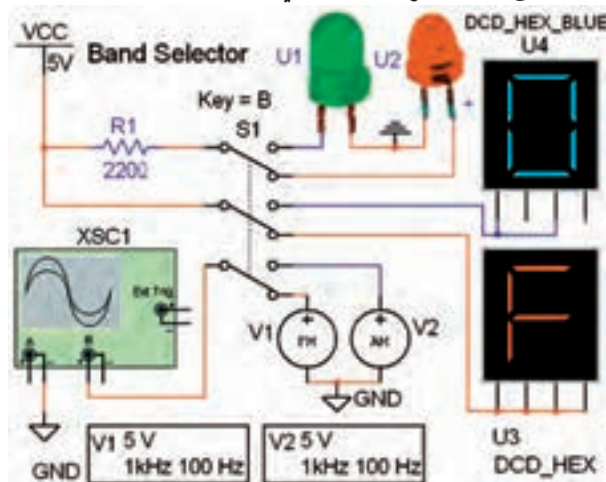


شکل ۶-۷ مسیر انتخاب کلید چند حالتی گردشی

سؤال ۵: کاربرد مدار شکل ۳-۶ را شرح دهید.



تمرین ۱: مدار شکل ۵-۶ را ببندید. دستگاه اسیلوسکوپ را طوری تنظیم کنید که با تغییر کلید باند موج رادیو بتوانید حالت‌های مختلف را مشاهده کنید.



شکل ۵-۶ کاربردی از کلید تغییر باند

سؤال ۶: با تغییر کلید باند در مدار شکل ۵-۶ به طور هم‌زمان چند مدار قطع یا وصل می‌شوند؟ توضیح دهید.



سؤال ۷: تفاوت مدار شکل ۳-۶ و مدار شکل ۵-۶ را شرح دهید.

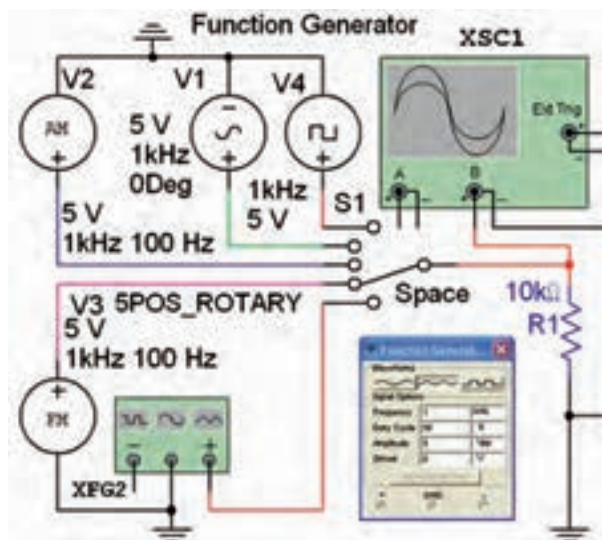


۶-۲ آزمایش ۲: کلید چند حالتی چرخشی

۶-۲-۱ کلیدهای چند حالتی در دستگاه‌های الکترونیکی مختلف به کار می‌روند. با استفاده از یک کلید چند حالتی می‌توانیم با یک تغییر حالت به صورت چرخشی یا کشویی،

۶-۲-۳ مدار شکل ۶-۸ را بر روی میز کار نرم افزار

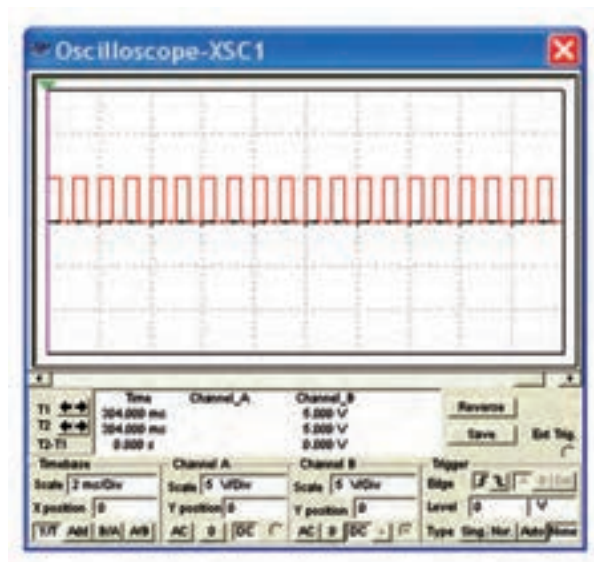
ببندید.



شکل ۶-۸ مدار عملی کلید چند حالته‌ی چرخشی

۶-۲-۴ کلید S1 با دکمه‌ی Space صفحه کلید کار

می‌کند. این کلید را به ترتیب از بالا به پایین تغییر حالت دهید. در هر مرحله با تنظیم دستگاه اسیلوسکوپ طبق شکل ۶-۹، شکل موج‌های دریافتی را مشاهده کنید.

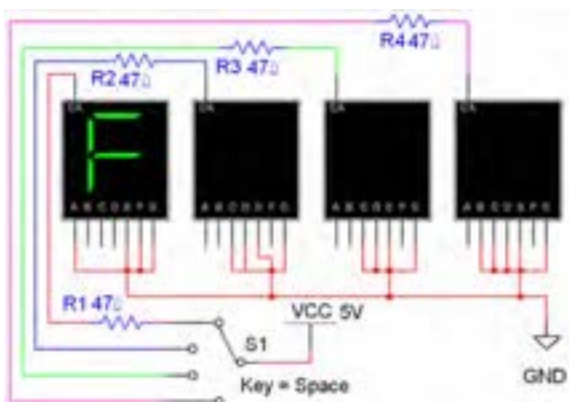


شکل ۶-۹ یکی از شکل موج‌های خروجی مدار شکل ۶-۸

شبیه‌سازی شده است؟ شرح دهید.



تمرین ۲: مدار تابلوی روان شکل ۶-۱۰ را ببندید. کلید S1 که با کلید Space فعال می‌شود را مرحله به مرحله تغییر دهید. تا حروف مختلف بر روی نمایشگرهای هفت قطعه‌ای ظاهر و جابه‌جا شود. (کلید Space را در حالت فشرده نگه دارید تا مدار به صورت تابلوی روان کار کند).



شکل ۶-۱۰ مدار تابلوی روان با کلید چند حالته‌ی چرخشی

تمرین ۳: پایه‌ی نمایشگرهای ۷ قطعه‌ای را برای نمایش کلمه‌های Load، Fine و Tape تغییر دهید. مراحل کار را توضیح دهید.

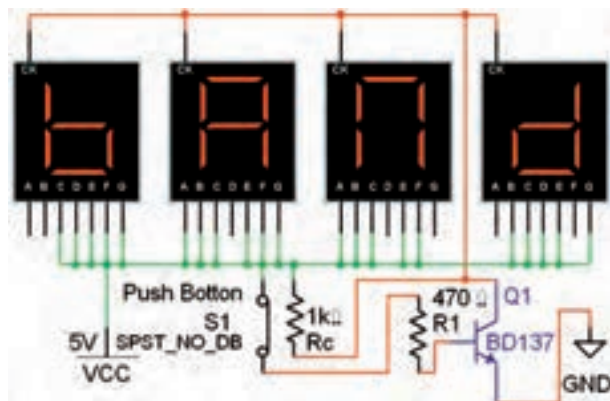


۶-۳ آزمایش ۳: کلید الکترونیکی

۶-۳-۱ در دستگاه‌های پیشرفته برای کاهش وزن و حجم سعی می‌کنند از کلیدهای الکترونیکی به جای کلیدهای

سؤال ۸: در مدار شکل ۶-۸ کدام دستگاه الکترونیکی

می‌کند. این مدار را ببندید و کلید Space را فشار دهید.



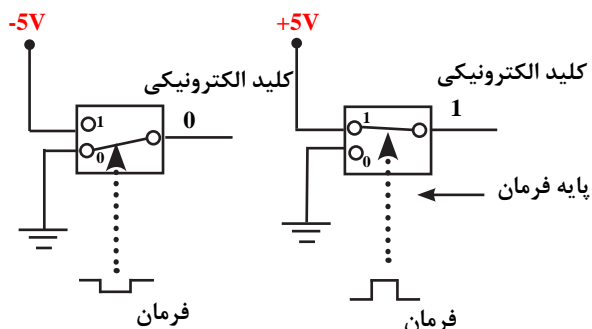
شکل ۶-۱۳ مدار عملی یک کلید الکترونیکی

سؤال ۹: برای روشن شدن صفحه‌ی نمایشگر شکل ۶-۱۳ ترانزیستور Q1 باید در کدام ناحیه‌ی کار قرار داشته باشد؟ توضیح دهید.



۲۷۳

۴-۳-۶ کلیدهای الکترونیکی دو وضعیتی نیز وجود دارند که با ولتاژ کنترل می‌شوند. در این کلیدها به جای تیغه‌ی اهرمی یا کشویی با استفاده از یک ولتاژ متغیر فرمان می‌گیرند و تغییر حالت می‌دهند. این نوع کلیدها را کلید تابع ولتاژ یا کلیدهای قابل کنترل با ولتاژ می‌نامند. شکل ۶-۱۴ چگونگی عملکرد یک نوع کلید الکترونیکی تابع ولتاژ را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱۴ چگونگی عملکرد یک نمونه کلید الکترونیکی تابع ولتاژ فرمان



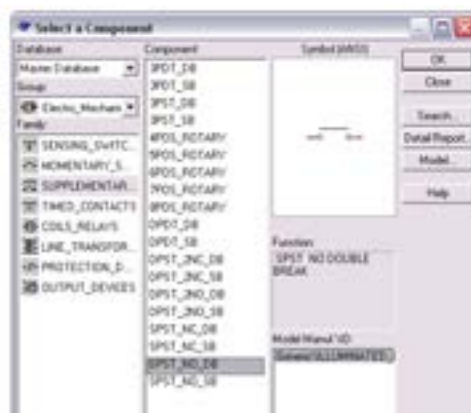
مکانیکی استفاده‌کنند. در کلیدهای الکترونیکی عمل قطع و وصل مدارها به وسیله‌ی قطعات الکترونیکی مانند ترانزیستور و یک کلید فشاری (push button) انجام می‌شود. در شکل ۶-۱۱ یک نمونه کلید الکترونیکی نشان داده شده است. در این نوع کلید الکترونیکی با یک بار فشار به شستی، دستگاه روشن و با فشار مجدد دستگاه خاموش می‌شود.



کلید یک حالتی الکترونیکی با استفاده از یک ترانزیستور

شکل ۶-۱۱ کلید یک حالتی الکترونیکی با استفاده از یک ترانزیستور

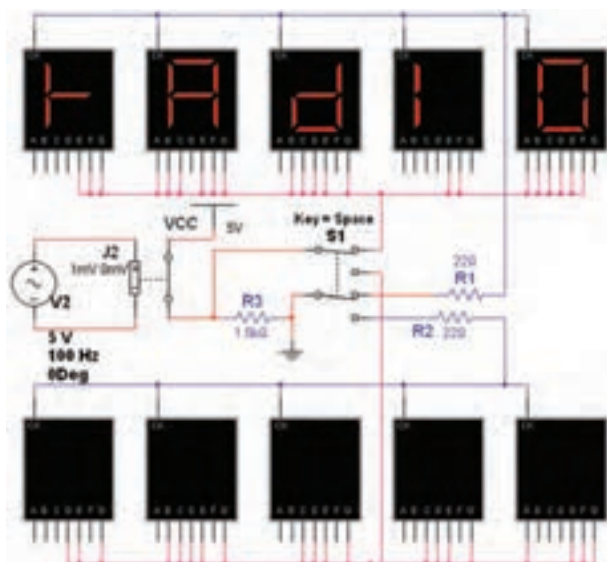
۲-۳-۶ کلید پوش باتون را طبق شکل ۶-۱۲ از گروه الکترومکانیکال انتخاب کنید و به میز کار انتقال دهید.



شکل ۶-۱۲ کلید پوش باتون

۳-۳-۶ شکل ۶-۱۳ مربوط به مدار راه اندازی صفحه‌ی نمایشگر یک دستگاه گیرنده‌ی رادیویی را شبیه‌سازی

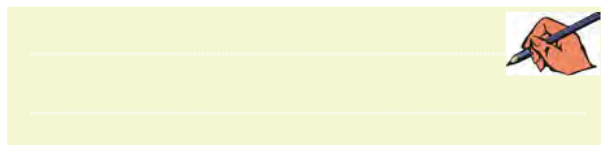
تمرین ۴: مدار شکل ۶-۱۷ را روی میز آزمایشگاه مجازی ببندید.



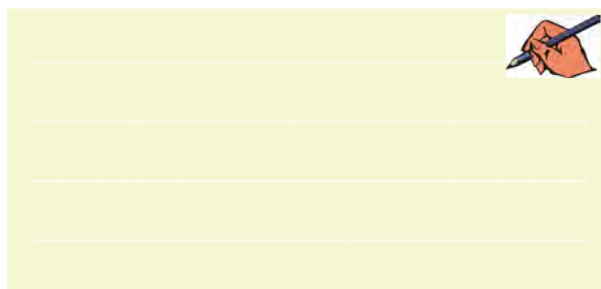
شکل ۶-۱۷ مدار تمرین ۴

۶-۳-۷ کلید S1 را تغییر وضعیت دهید تا کلمه‌ی صفحه‌ی نمایشگرهای بالایی نمایان شود. کمی صبر کنید، باید با فاصله‌ی زمانی معین نمایشگر خاموش و روشن شود.

سؤال ۱۱: زمان روشن و خاموش شدن صفحه‌ی نمایشگر مدار تابع کدام عناصر است؟ شرح دهید.



۶-۳-۸ کلید S1 را تغییر وضعیت دهید در این حالت باید نمایشگرهای پایین صفحه روشن شوند. رفتار نمایشگرهای پایین صفحه را بررسی کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.

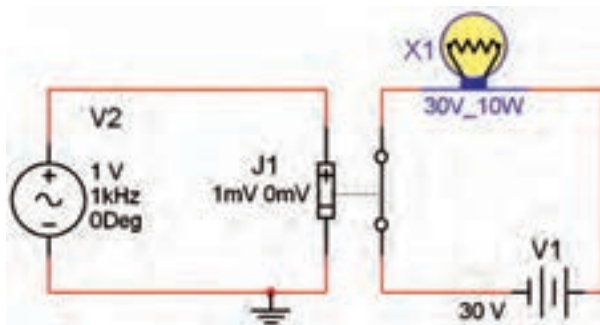


۶-۳-۵ یک نوع کلید تابع ولتاژ (قابل کنترل با ولتاژ) در محیط نرم‌افزار وجود دارد. این کلید را می‌توانید از گروه Basic و خانواده‌ی سوئیچ (Switch) طبق شکل ۶-۱۵ انتخاب کنید.



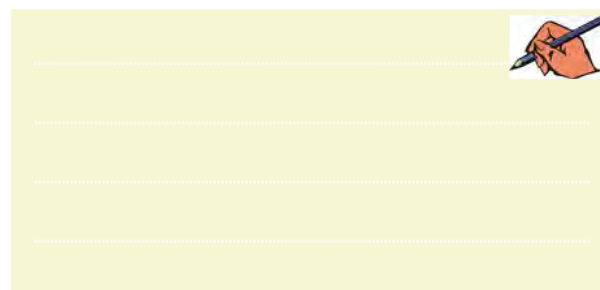
شکل ۶-۱۵ مسیر انتخاب کلید تابع ولتاژ

۶-۳-۶ مدار شکل ۶-۱۶ را روی میز آزمایشگاه مجازی ببندید.



شکل ۶-۱۶ مدار عملی کاربرد کلید تابع ولتاژ

سؤال ۱۰: روشن شدن لامپ در مدار شکل ۶-۱۶ به چه عاملی بستگی دارد؟



« فصل هفتم »

مخابرات نوین

(مطابق فصل دهم مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی :

آزمایش نرم‌افزاری مدارهای ساده مرتبط با انواع مدولاسیون‌های دیجیتال

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

۴- مدار مدولاسیون PSK را با یک مدار ساده شبیه‌سازی کند.

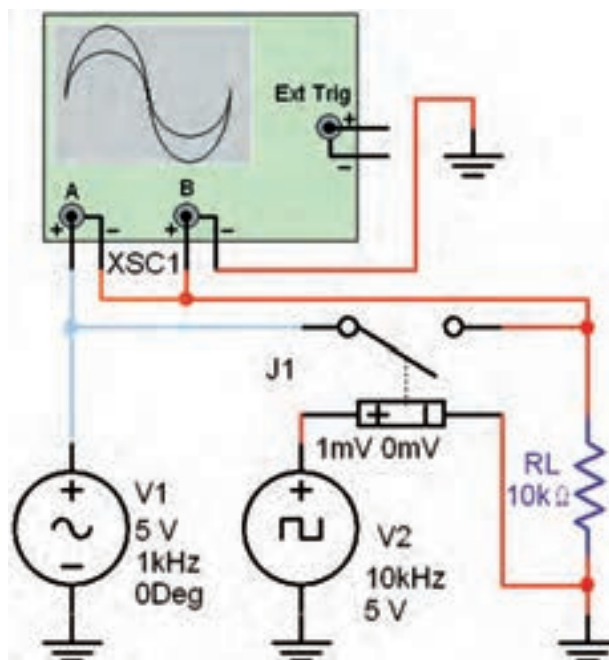
۵- یک وسیله‌ی ساده مانند لامپ را با استفاده از فرستنده و گیرنده‌ی کنترل از راه دور (نور نامرئی) در فضای نرم‌افزاری شبیه‌سازی کند.

۱- مدار ساده‌ی مدولاسیون دامنه‌ی پالس (PAM) را ببندد .

۲- مدولاسیون ASK را با یک مدار ساده شبیه‌سازی کند.

۳- مدار مدولاسیون FSK را با یک مدار ساده شبیه‌سازی کند.

۲۷۵



شکل ۷-۱ مدار مدولاسیون دامنه‌ی پالس

۷-۱ آزمایش ۱: مدولاسیون دامنه‌ی پالس (PAM)

۷-۱-۱ نمونه برداری از سیگنال آنالوگ را مدولاسیون دامنه‌ی پالس می‌گویند و آن را با PAM نشان می‌دهند (Pulse Amplitude Modulation). در مدولاسیون PAM از تکنیک نمونه برداری استفاده می‌شود. به عبارت دیگر دامنه‌ی سیگنال آنالوگ در لحظه‌های خاصی توسط یک کلید قطع و وصل می‌شود. قطع و وصل کلید از طریق یک نوسان‌ساز سیگنال مربعی صورت می‌گیرد.

۷-۱-۲ مدار شکل ۷-۱ را روی میز کار آزمایشگاه

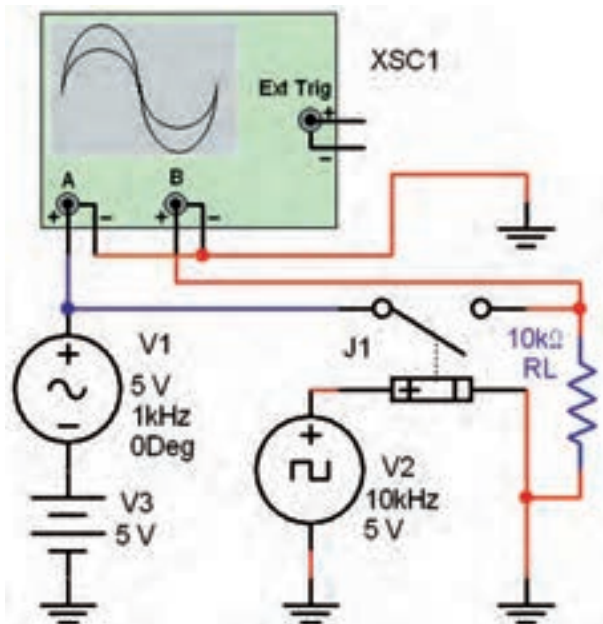
مجازی ببندید.

V.....= مقدار ولتاژ نمونه‌ی پالس A

V.....= مقدار ولتاژ نمونه‌ی پالس B

۷-۱-۵ برای اندازه‌گیری دقیق باید قسمت منفی موج را به مثبت تبدیل کنیم تا به راحتی بتوانیم آن را به کد باینری تبدیل نمائیم. این کار را با افزودن ولتاژ DC به سیگنال آنالوگ انجام می‌دهیم و نمونه‌های منفی را حذف می‌کنیم.

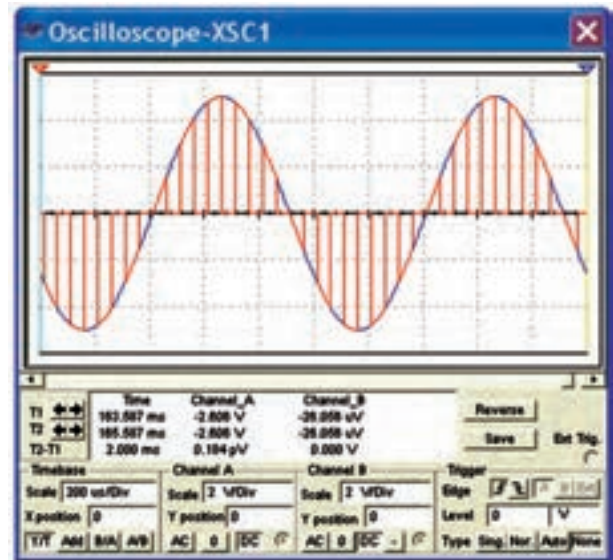
۷-۱-۶ مدار شکل ۷-۴ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.



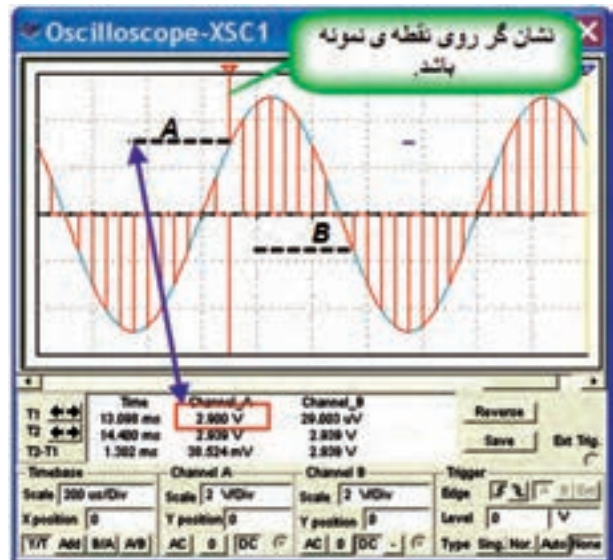
شکل ۷-۴ اضافه کردن ولتاژ DC به سیگنال آنالوگ

۷-۱-۷ با تنظیم اسیلوسکوپ مطابق شکل ۷-۵ شکل موج خروجی را مشاهده کنید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این شرایط همه‌ی نمونه‌ها را دارای مقدار مثبت هستند. لذا می‌توانیم آن‌ها را به کد باینری تبدیل کنیم.

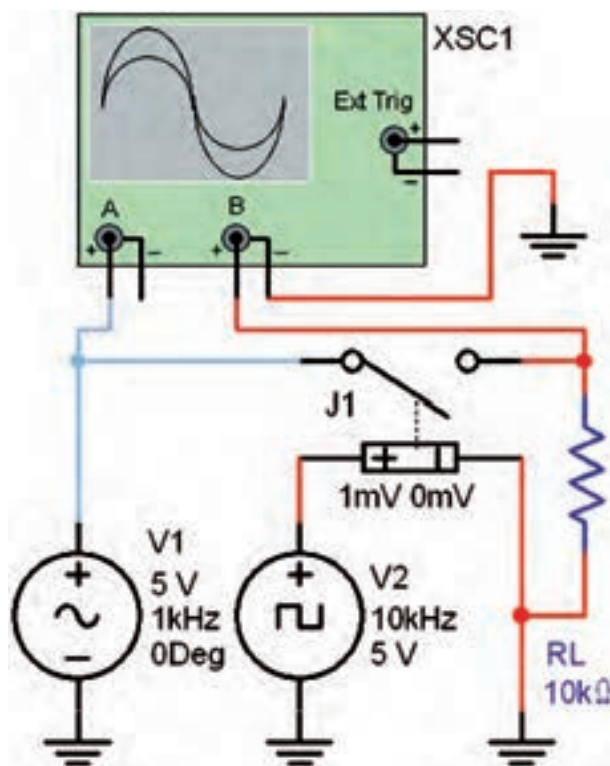
۷-۱-۳ هر دو کانال دستگاه اسیلوسکوپ را در حالت DC بگذارید و با تنظیم کلیدهای Time/Div و Volt/Div شکل موج خروجی را مطابق شکل ۷-۲ مشاهده کنید.



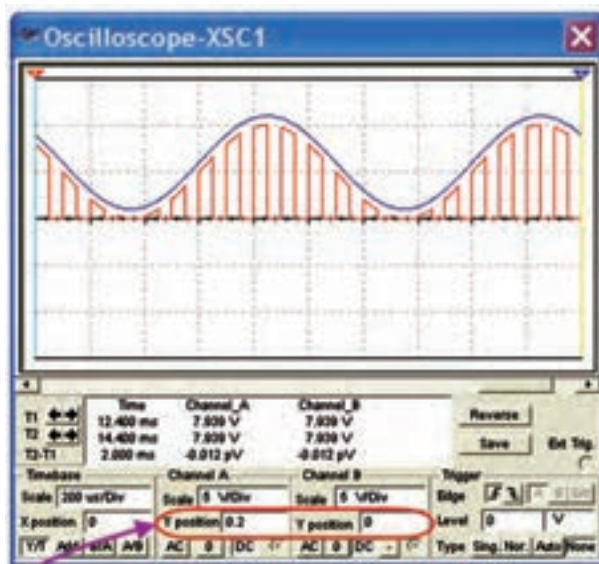
شکل ۷-۲ شکل موج خروجی مدار مدولاسیون دامنه‌ی پالس ۷-۱-۴ همان‌طور که در شکل ۷-۲ مشاهده می‌شود در سیگنال PAM موج آنالوگ اصلی به دنباله‌ای از پالس‌ها تبدیل شده است. برای ارسال باید از دامنه‌ی هر یک از پالس‌ها نمونه برداری کنیم و به آن یک مقدار صحیح اختصاص دهیم. در نهایت لازم است که مقدار صحیح به دست آمده را به کد باینری تبدیل نمائیم. مقدار دامنه‌ی نمونه‌های A و B را مطابق شکل ۷-۳ اندازه‌گیری کنید.



شکل ۷-۳ اندازه‌گیری دامنه‌ی دو نمونه پالس



شکل ۷-۶ مدار مدولاسیون PAM



کلیدهای تغییر مکان عمودی تنظیم شود.

شکل ۷-۵ شکل موج خروجی مدار PAM با نمونه‌های مثبت
سؤال ۱: حداقل دامنه‌ی ولتاژ نمونه‌های برداشته شده از دامنه‌ی سیگنال آنالوگ چند ولت است؟

$$V_{\min} = \dots\dots V$$

۲۷۷

۷-۱-۱۰ فرکانس سیگنال مربعی را مطابق جدول ۷-۱ تغییر دهید و تعداد نمونه‌ها را مشاهده کنید و در جدول بنویسید.

جدول ۷-۱ کیفیت سیگنال سینوسی و تعداد نمونه‌ها بر اساس تغییرات فرکانس سیگنال مربعی

فرکانس سیگنال مربعی (KHz)	تعداد نمونه	کیفیت سیگنال
		ضعیف، متوسط، خوب
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		
۸		
۱۰		

۷-۱-۸ با استفاده از مدولاسیون PAM و PCM

می‌توان تعداد نمونه‌های زیادی برداشت و پس از ارسال دریافت مجدد سیگنال آنالوگ را در گیرنده بازسازی کرد. برای این که تولید مجدد سیگنال آنالوگ با کیفیت مطلوبی داشته باشیم، باید فرکانس سیگنال مربعی (نمونه بردار) حداقل دو برابر بالاترین فرکانس سیگنال آنالوگ باشد.

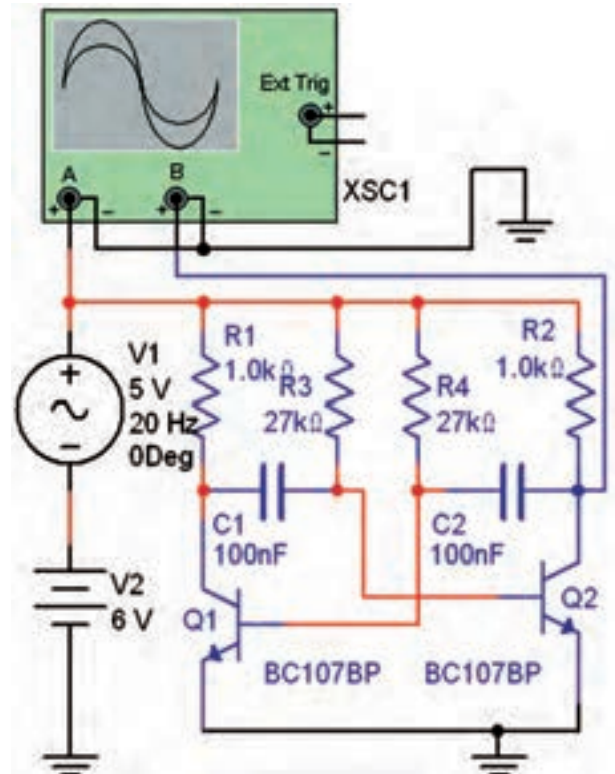
۷-۱-۹ مدار شکل ۷-۶ را روی میز کار آزمایشگاه

مجازی ببندید.

سؤال ۲: کیفیت سیگنال در کدام فرکانس بهتر است و تعداد نمونه‌ها در کدام فرکانس بیش‌تر است؟ توضیح دهید.



تمرین ۱: مدار شکل ۷-۷ را ببینید و شکل موج آن را مشاهده کنید.

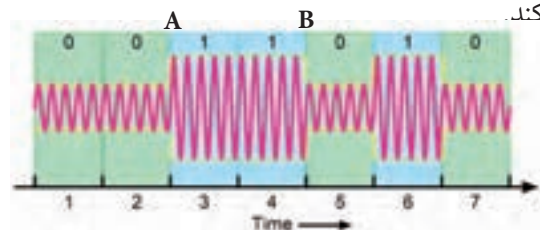


شکل ۷-۷ مدار مدولاتور PAM

سؤال ۳: نام نوسان‌ساز مربعی مدار مدولاتور PAM نشان داده شده در شکل ۷-۷ را بنویسید.

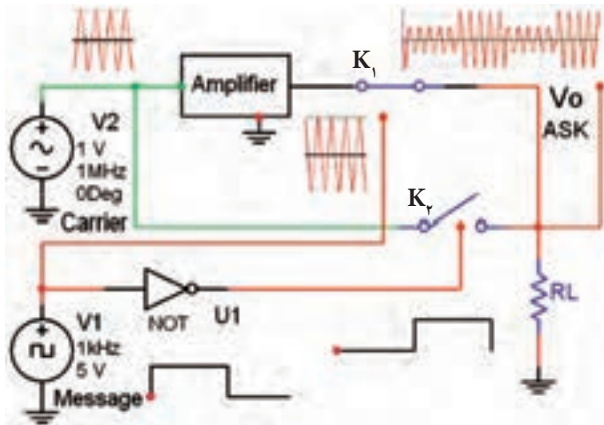
۷-۲ آزمایش ۲: مدولاسیون ASK

۷-۲-۱ در مدولاسیون ASK برای ارسال اطلاعات دیجیتال دانه‌ی سیگنال حامل مطابق شکل ۷-۸ تغییر می‌کند.



شکل ۷-۸ مدولاسیون ASK

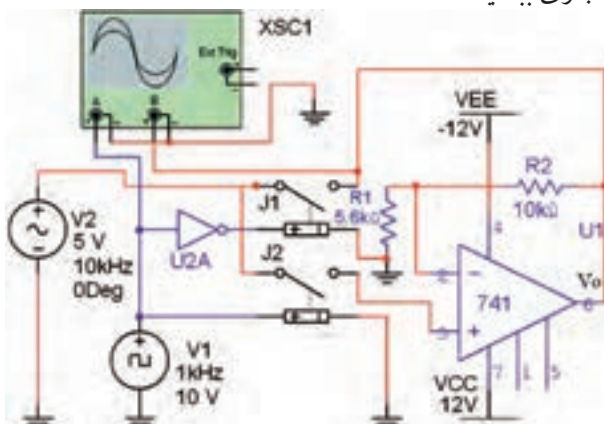
۷-۲-۲ با توجه به شکل ۷-۹ که مربوط به بلوک دیاگرام مدولاتور ASK است، می‌توان نتیجه گرفت که در فاصله‌ی زمانی A تا B در شکل ۷-۸ سطح سیگنال دیجیتال در سطح منطقی یک قرار دارد و دانه‌ی سیگنال حامل تقویت شده است.



شکل ۷-۹ بلوک دیاگرام مدولاسیون ASK

۷-۲-۳ برای این منظور در فاصله‌ی زمانی A تا B سیگنال تقویت شده‌ی حامل به وسیله‌ی کلید K_1 به سمت بار هدایت می‌شود. زمانی که پیام در سطح منطقی صفر قرار دارد، سیگنال حامل بدون تقویت دانه از طریق کلید K_2 به بار می‌رسد. به این ترتیب دانه‌ی شکل موج خروجی بین دو مقدار مشخص که نشان‌گر صفر و یک منطقی است تغییر می‌کند.

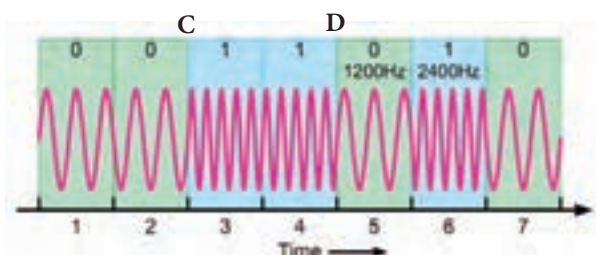
۷-۲-۴ مدار شکل ۷-۱۰ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببینید.



شکل ۷-۱۰ مدار مدولاتور ASK

۷-۳ آزمایش ۳: مدولاسیون FSK

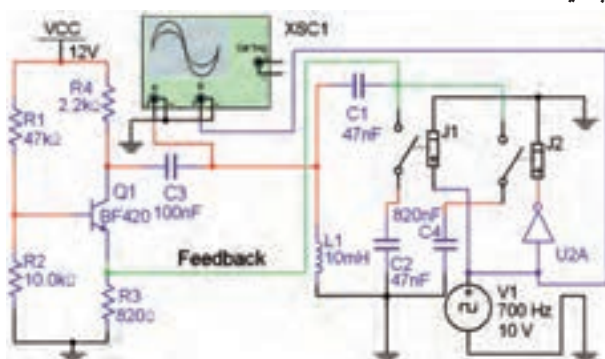
۷-۳-۱ برای تولید موج FSK طبق شکل ۷-۱۲ باید در فاصله‌ی زمانی C و D فرکانس سیگنال حامل افزایش یابد.



شکل ۷-۱۲ موج مدولاسیون FSK

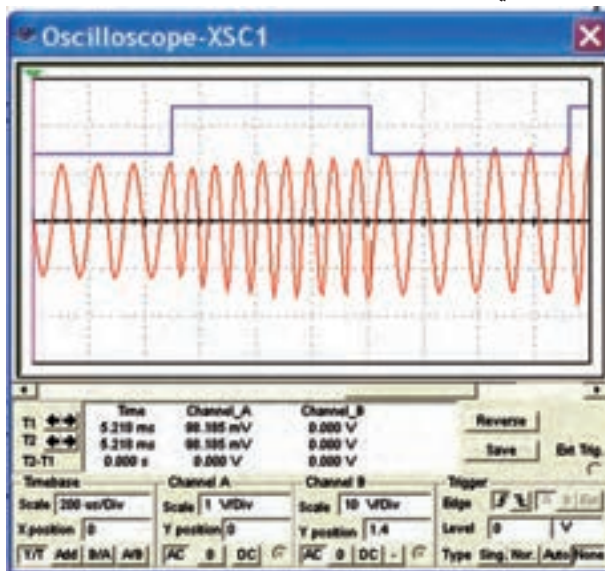
۷-۳-۲ مدار مدولاتور FSK را مطابق شکل ۷-۱۳

ببندید.



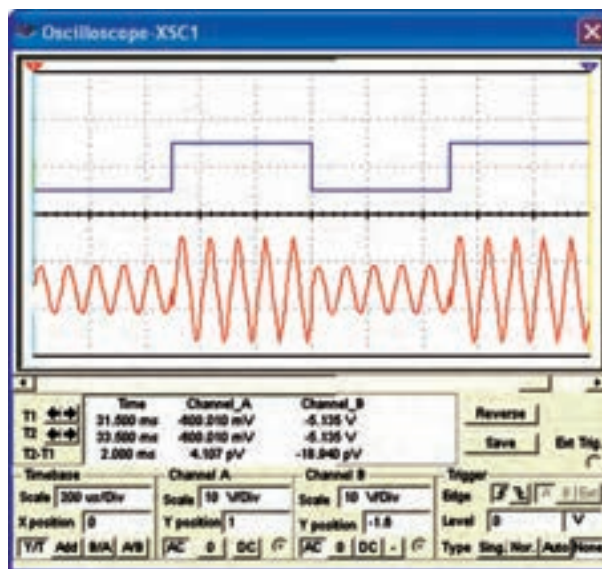
شکل ۷-۱۳ مدار مدولاتور FSK

۷-۳-۳ با تنظیم اسیلوسکوپ، شکل موج ورودی و خروجی مدولاتور FSK که مشابه شکل ۷-۱۴ است را مشاهده کنید.



شکل ۷-۱۴ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار مدولاتور FSK

۷-۲-۵ با تنظیم اسیلوسکوپ شکل موج خروجی مدار مدولاتور در شکل ۷-۱۰ را مطابق شکل ۷-۱۱ مشاهده کنید.



شکل ۷-۱۱ شکل موج ورودی و خروجی مدار مدولاتور ASK



برای دوران و جابه‌جایی پایه‌های آی‌سی ۷۴۱، در مدار شکل ۷-۱۰ می‌توانید از کلید میان‌بر Alt + Y استفاده کنید.

سؤال ۴: مدار تقویت‌کننده‌ی مدولاتور شکل ۷-۱۰ را

توضیح دهید.



سؤال ۵: وظیفه‌ی گیت NOT را در شکل ۷-۱۰ شرح

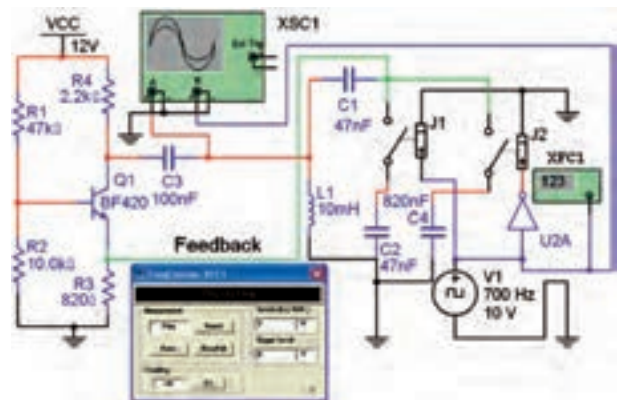
دهید.



سؤال ۶: نوع نوسان ساز سیگنال حامل در مدار مدولاتور FSK از چه نوعی است؟ نام ببرید.



تمرین ۲: به مدار شکل ۷-۱۳ مطابق شکل ۷-۱۵ یک فرکانس متر اتصال دهید. حداقل و حداکثر فرکانس خروجی مدولاتور FSK را اندازه بگیرید.

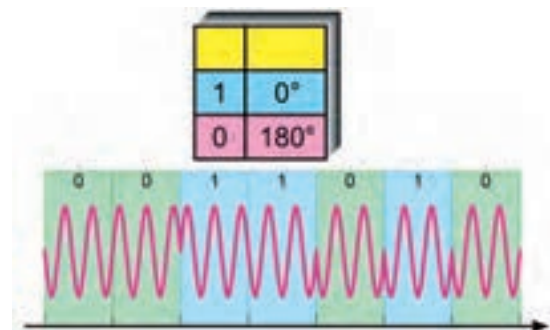


شکل ۷-۱۵ اتصال فرکانس متر به مدار مدولاتور FSK

$$F = \dots \text{Hz}$$

۷-۴ آزمایش ۴: مدولاتور PSK

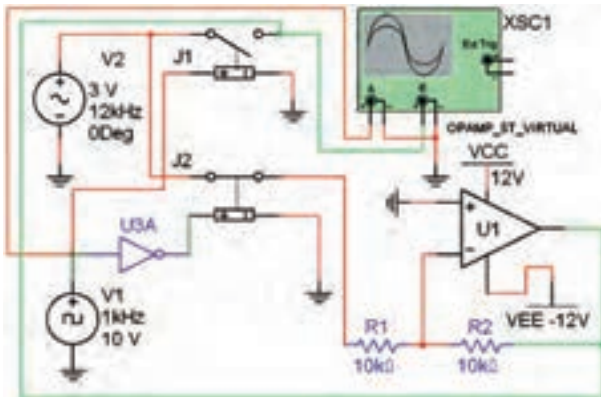
۷-۴-۱ در مدولاسیون PSK دامنه و فرکانس سیگنال حامل ثابت است ولی فاز آن با توجه به سطح منطقی یک و صفر سیگنال دیجیتالی پیام مطابق شکل ۷-۱۶ تغییر می کند.



شکل ۷-۱۶ موج مدولاسیون PSK

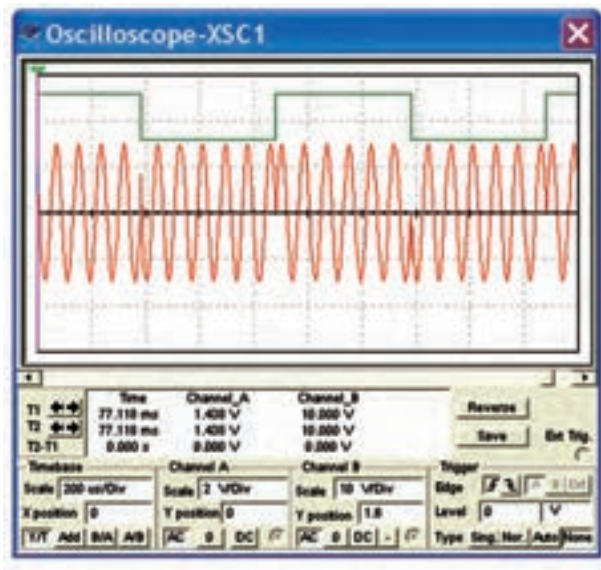
۷-۴-۲ مدار مدولاتور PSK شکل ۷-۱۷ را روی میز

آزمایشگاه مجازی ببندید.



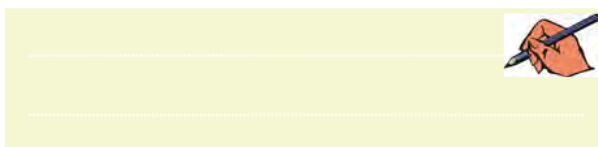
شکل ۷-۱۷ مدار مدولاتور PSK

۷-۴-۳ با تنظیم اسیلوسکوپ مطابق شکل ۷-۱۸ شکل موج خروجی مدولاتور PSK را مشاهده کنید. این شکل موج باید مشابه شکل ۷-۱۶ باشد.



شکل ۷-۱۸ شکل موج ورودی و خروجی مدار مدولاتور PSK

سؤال ۷: مدار اختلاف فاز دهنده مدولاتور PSK شکل ۷-۱۷ را شرح دهید.

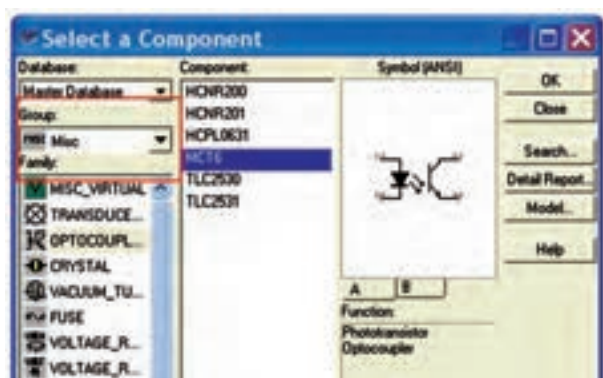


۷-۵ آزمایش ۵: کنترل از راه دور توسط امواج نوری ۷-۵-۳ جدا ساز نوری را می‌توانید مطابق شکل ۷-۲۱

الف و ب از نوار قطعات گروه Miscellaneous روی میز کار نرم افزار بیاورید.



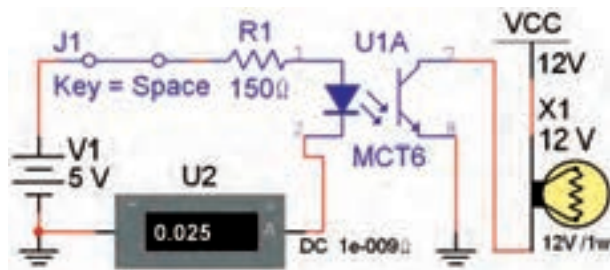
الف



ب

شکل ۷-۲۱ جدا ساز نوری یا اپتوکوپلر

۷-۵-۴ مدار شکل ۷-۲۲ را ببندید. با وصل کردن کلید J1، لامپ ۱۲ ولتی، یک وات را روشن کنید.



شکل ۷-۲۲ مدار جدا کننده نوری

سؤال ۸: جریان دیود نورانی (IR) چند میلی آمپر است؟



۷-۵-۱ برای شبیه سازی سیستم های کنترل از راه دور با استفاده از نور نامرئی می‌توانید در نرم افزار مولتی سیم یک مدار ساده فرستنده و گیرنده نوری را طراحی کنید. در خروجی این مدار یک لامپ قرار دارد که به عنوان یک دستگاه در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور از ترانزیستور (جدا ساز نوری) مطابق شکل ۷-۱۹ استفاده کنید.



شکل ۷-۱۹ جدا ساز نوری

۷-۵-۲ جدا ساز نوری یا اپتوکوپلر برای حفاظت و جدا کردن مدار ولتاژ پایین از مدار و قطعات ولتاژ یا جریان بالا استفاده می‌شود. دستگاه ها و قطعاتی مانند موتور، لامپ و SCR معمولاً با ولتاژ و جریان بالا کار می‌کنند. این وسایل در مدارهای الکترونیکی به کار می‌روند. جدا ساز نوری مشابه یک رله الکترومکانیکی عمل می‌کند. شکل ۷-۲۰ یک نمونه کاربرد جدا ساز نوری را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۲۰ کاربرد جدا ساز نوری برای راه اندازی یک مصرف کننده پرمات

سؤال ۹: حداکثر مقاومت سری R_p را برای بایاس شدن دیود IR و فعال شدن مدار را به دست آورید.



منابع و مآخذ

- ۱- مبانی دیجیتال (کد ۴۸۹/۸) - مؤلفان: یدالله رضازاده - غلامحسین نصری - فتح الله نظریان - مهین ظریفیان جولایی - رسول ملک محمد - محمود شبانی - انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۲- مدارهای الکتریکی (کد ۴۸۷/۸) - مؤلفان: علی عراقی - فریدون علومی - انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۳- الکترونیک عمومی ۲ (کد ۴۹۰/۵) - مؤلفان: یدالله رضازاده - غلامحسین نصری - انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۴- مبانی مخابرات و رادیو (کد ۴۶۶/۹) - مؤلفان: سید محمود صموتی - یدالله رضازاده - شهرام نصیری سواد کوهی - محمود شبانی - انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران
- ۵- قسمت help نرم‌افزارهای مولتی سیم ۹، ۱۰ و ۱۱- نرم‌افزار peht
- ۶- تجربه‌ی شخصی مؤلفین
- ۷- سایت‌های اینترنتی:

- a) <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>
- b) [WWW. Diptrace.com/](http://WWW.Diptrace.com/)
- c) WWW.iranmicro.ir
- d) WWW.lab center.com/
- e) WWW.new electronics.co.uk
- f) WWW.freedown load scenter.com/
- g) WWW. newfree downloads.com/
- h) WWW.electronic circuits design.com/
- i) WWW.top ۴ download.com/
- j) WWW.electronics-lab.com/
- k) WWW.bestdownloads center.com/
- l) WWW.windowns v download.com/
- m) WWW.software۱۱۲.com/
- n) WWW.download ۳ k.com/
- o) WWW.freewarebox.com/
- p) WWW.freedownloadmanager.org/
- q) WWW.ni.com/multisim
- r) WWW.interactive.com
- s) WWW.Amazon.com



