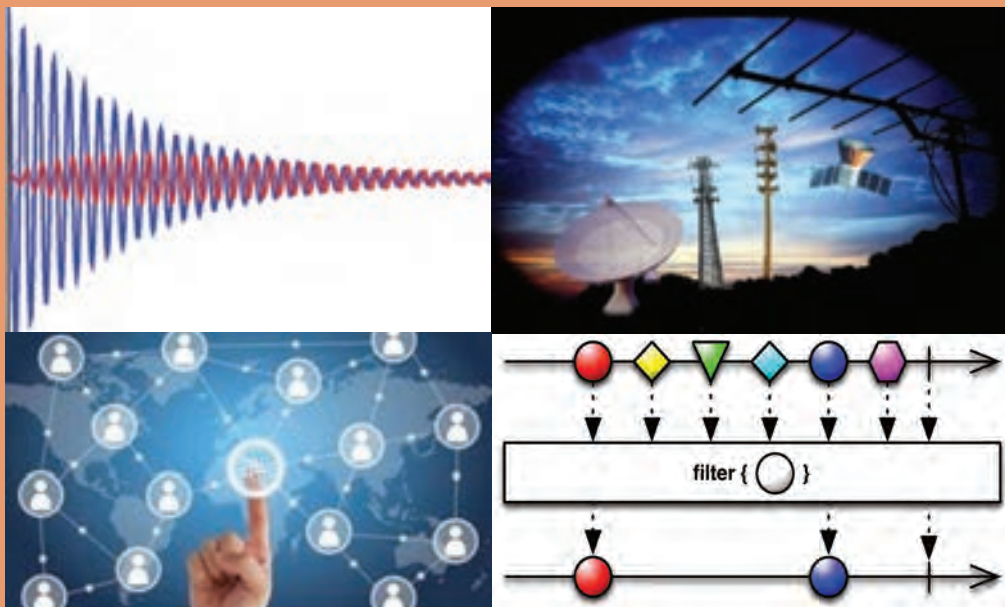


## پودمان ۴

### پروژه مخابراتی



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

## واحد یادگیری ۶

### ساخت پروژه کاربردی مخابراتی

#### آیا تا به حال فکر کرده‌اید

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

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

#### استاندارد عملکرد

راه‌اندازی و عیب‌یابی پروژه کاربردی مخابراتی با رعایت استانداردهای تعریف شده

## ۶-۱ مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ابزار عمومی برق یا الکترونیک - لوازم التحریر - منبع تغذیه - مولتی متر - اسیلوسکوپ - سیگنال ژنراتور - رایانه - نرم افزار مناسب - وسایل لحیم کاری - مواد پاک کننده - دریل - مته مناسب - قطعات الکترونیکی مورد نیاز پروژه

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

## ۶-۲ اجزاء سامانه های مخابراتی و نحوه ارتباط رادیویی

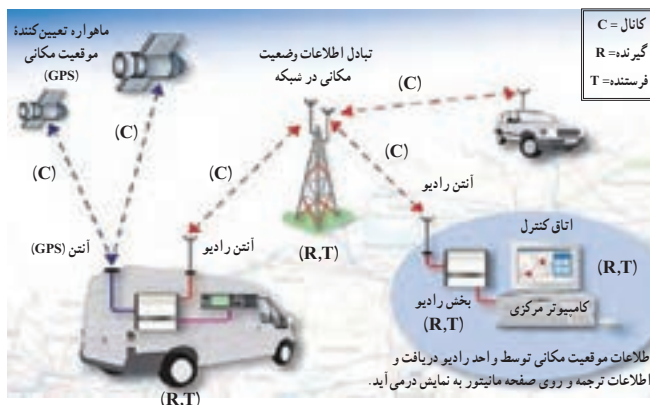
فیلم سامانه های مخابراتی و طبقه بندی فرکانس ها را ببینید.

فیلم



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

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



شکل ۶-۱ سامانه ارتباط رادیویی

در شکل ۶-۱ یک سامانه ارتباطی رادیویی ترسیم شده است. در این سامانه فرستنده رادیویی از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می کند. آنتن گیرنده، امواج رادیویی منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می کند. کانال ارتباطی در این سامانه، فضای بین فرستنده و گیرنده است. یادآور می شود که امواج ارسالی از آنتن فرستنده از نوع امواجی است که رفتاری مشابه امواج نورانی دارد و با سرعتی تقریباً برابر با سرعت نور در فضا حرکت می کند.

فکر کنید



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

.....

## ۳-۶ دسته‌بندی فرکانس‌ها

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

✓ **دسته‌بندی عمومی فرکانس‌ها:** تنوع تقسیم‌بندی فرکانس بسیار زیاد است. در این واحد یادگیری بیشتر به تقسیم‌بندی کلی فرکانس‌ها با تأکید روی فرکانس‌های رادیویی می‌پردازیم. فرکانس‌های کم و فرکانس‌های رادیویی را به محدوده‌های کوچک‌تری نیز تقسیم می‌کنند که حالت عمومی دارد. در این روش هر محدوده را باند فرکانسی (Frequency Band) می‌نامند. در جدول ۱-۶ این نوع تقسیم‌بندی را آورده‌ایم. توجه داشته باشید که این روش تقسیم‌بندی فرکانس‌ها با حاصل ضرب عدد ۳ در توان‌های صحیح عدد ۱۰ انجام شده است.

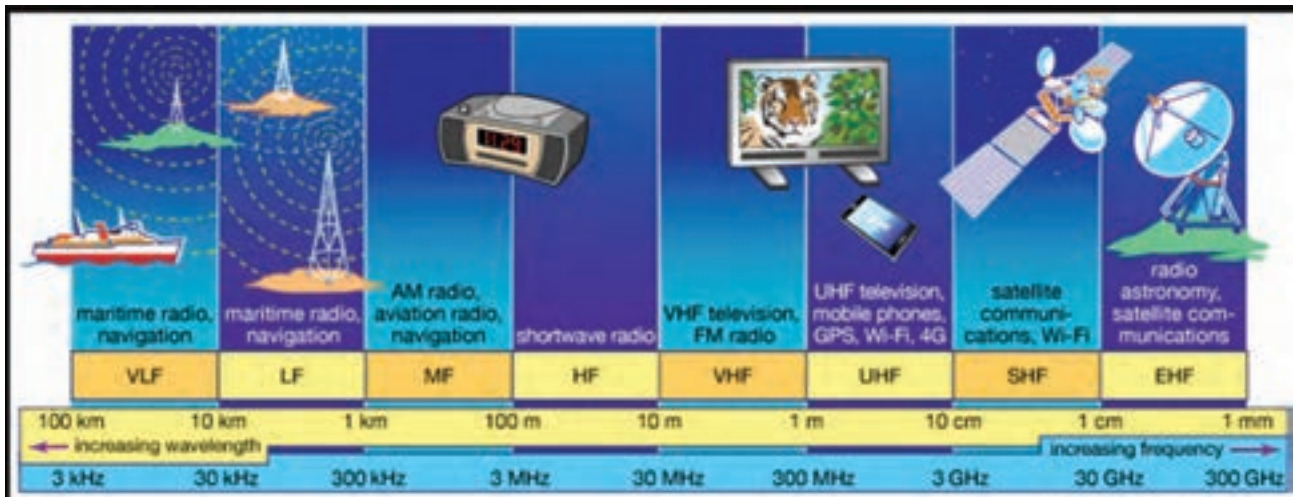
جدول ۱-۶ تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی

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

با توجه به شکل ۲-۶ جدول ۲-۶ را کامل کنید.

فعالیت گروهی





شکل ۲-۶ باندهای فرکانسی و کاربرد آنها

جدول ۲-۶

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

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

پژوهش



## الگوی پرسش

- ۱- درگفت‌وگویی بین دو انسان، دهان انسان به‌عنوان ..... و گوش انسان دیگر به‌عنوان ..... عمل می‌کند.
- ۲- ساده‌ترین سامانه مخابراتی را در دو سطر شرح دهید.
- ۳- کانال ارتباطی را تعریف کنید و برای آن چند مثال بزنید.
- ۴- به چه دلیل فرکانس‌ها را طبقه‌بندی می‌کنند؟ شرح دهید.
- ۵- موج کوتاه رادیو در فاصله ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد (با مراجعه به جدول ۱-۶).  
 صحیح  غلط
- ۶- فرکانس‌های محدوده ۳۰ GHz تا ۳۰۰ GHz کدام است؟  
VHF (۱)      UHF (۲)      SHF (۳)      EHF (۴)

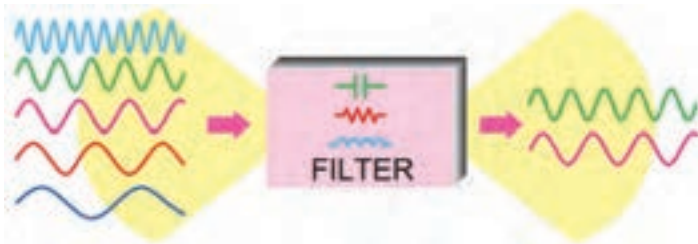
## ۶-۴ فیلترها (Filters)

فیلم فیلترها و کاربرد آنها را ببینید.

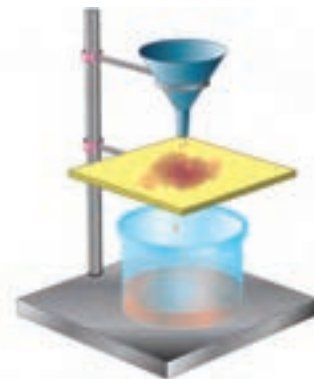
فیلم



فیلترها مدارهایی هستند که فرکانس یا باند فرکانسی معینی را از میان سایر فرکانس‌ها انتخاب می‌کنند. فیلترهای الکترونیکی از نظر نوع کار مشابه فیلتر هوای اتومبیل یا فیلتر آب هستند. در شکل ۳-۶ مقایسه فیلترهای الکترونیکی با فیلترهای معمولی آمده است. در فیلترهای معمولی مکانیکی برای صاف کردن مایعات از یک لایه نازک کاغذی، پارچه‌ای یا پلاستیکی استفاده می‌کنند. در فیلترهای الکترونیکی برای جداسازی فرکانس‌ها از یکدیگر، ترکیب اجزای الکترونیکی مانند سلف، خازن و مقاومت به کار می‌رود. در شکل الف-۳-۶ یک فیلتر مکانیکی ترسیم شده است. در این فیلتر یک لایه پارچه‌منفذدار نقش فیلتر کردن را بر عهده دارد. در شکل ب-۳-۶ به ورودی فیلتر الکترونیکی، پنج فرکانس مختلف وارد می‌شود و از میان این پنج فرکانس دو فرکانس انتخاب و جدا شده است. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است عمل فیلتر کردن با ترکیب عناصری مانند خازن، سیم‌پیچ و مقاومت صورت می‌گیرد.



ب) فیلتر الکترونیکی



الف) فیلتر مایعات

شکل ۳-۶ مقایسه فیلتر مکانیکی و الکترونیکی



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

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

### محدوده فرکانسی فیلتر (Filter Band Width)

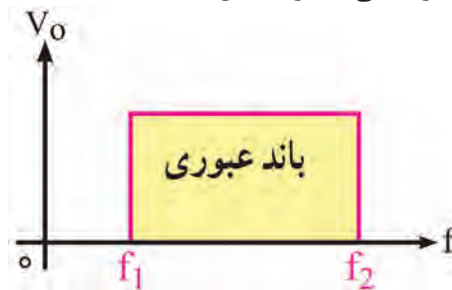
محدوده فرکانسی فیلتر عبارت است از مجموعه فرکانس‌هایی که فیلتر می‌تواند از خود عبور دهد. این محدوده فرکانسی را پهنای باند یا پاسخ فرکانسی فیلتر می‌نامند. شکل ۴-۶ این محدوده را نشان می‌دهد.

#### فیلتر ایده‌آل

فیلتر ایده‌آل فیلتری است که در خروجی آن دقیقاً فرکانس‌های معین و از پیش تعیین شده ظاهر می‌شود. مثلاً اگر قرار است فرکانس‌هایی را که در محدوده باند فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۵۰ کیلوهرتز قرار دارد در خروجی داشته باشیم، دقیقاً باید فقط این فرکانس‌ها را در خروجی داشته باشیم. در شکل ۵-۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ایده‌آل آمده است.



شکل ۵-۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ایده‌آل



شکل ۴-۶ محدوده فرکانسی فیلتر

### فیلتر واقعی (Real Filter)

به علت استفاده از مقاومت، سلف و خازن در فیلترها، نمی‌توانیم پاسخ فرکانسی ایده‌آل داشته باشیم، زیرا این عناصر نمی‌توانند مانند یک کلید عمل کنند و فرکانس‌های ناخواسته را در لحظه تعیین شده حذف کنند. این حالت دامنه فرکانس‌های ناخواسته به تدریج کم می‌شود تا به صفر می‌رسد. در شکل الف-۶-۶ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر واقعی ترسیم شده است.

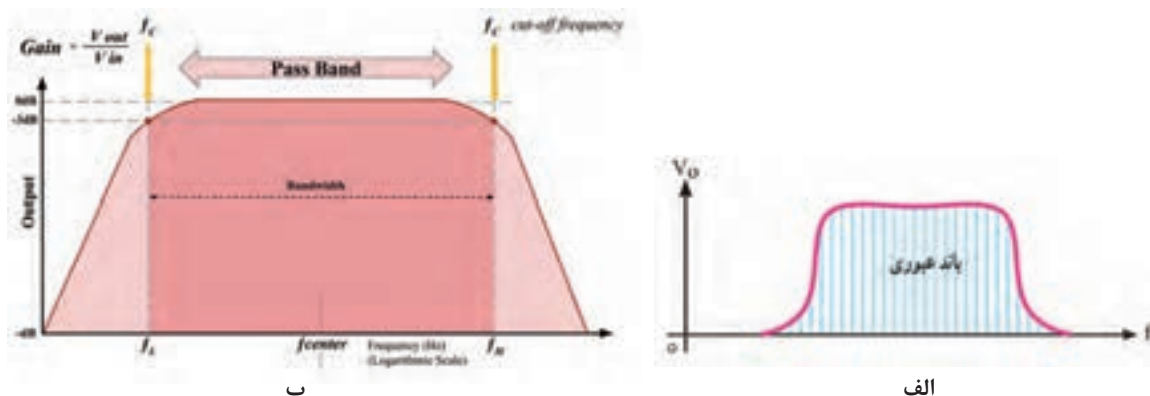
### فرکانس قطع فیلتر (Cut Off Frequency)

فیلم انواع فیلترها را از نظر فرکانس قطع ببینید.



حد فرکانس قابل قبول در خروجی فیلتر را فرکانس قطع فیلتر می‌نامند. فیلترها با توجه به کاربرد و ساختمان می‌توانند دارای یک، دو یا چند فرکانس قطع باشند. در فیلترهای ایده‌آل فرکانس قطع دقیقاً روی فرکانس مورد نظر قرار می‌گیرد. در شکل ۴-۶ فرکانس‌های قطع فیلتر ایده‌آل برابر با  $f_1$  و  $f_2$  است. در فیلترهای واقعی

ولتاژ خروجی به تدریج به حداکثر ولتاژ ورودی، یا صفر می‌رسد، از این رو نقاط متعددی وجود دارد که می‌تواند به عنوان فرکانس قطع فیلتر انتخاب شود. طبق تعریف در فیلترهای واقعی، فرکانس قطع فیلتر ( $f_c$ ) عبارت است از فرکانسی که در آن فرکانس، تطابق توان صورت می‌گیرد و نیمی از توان ورودی به خروجی منتقل می‌شود. در این نقطه معمولاً ۷۰٪ درصد ولتاژ ورودی در خروجی ظاهر می‌شود. این نقطه را نقطه نصف قدرت نیز می‌نامند. در شکل ب-۶ فرکانس قطع فیلتر واقعی نشان داده شده است.



شکل ۶-۶ منحنی پاسخ فرکانسی و فرکانس قطع فیلتر واقعی

در شکل ب-۶ فرکانس‌های قطع فیلتر روی منحنی مشخصه پاسخ فرکانسی نشان داده شده است. محور عمودی برحسب دسی بل (db) مدرج شده است. نقطه تقاطع خط ۳db- با منحنی، فرکانس قطع  $f_c$  و  $f_H$  را نشان می‌دهد. با استفاده از آموخته‌های خود در زمینه لگاریتم و از منابع معتبر در مورد دسی بل و نقطه ۳db- پژوهش کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

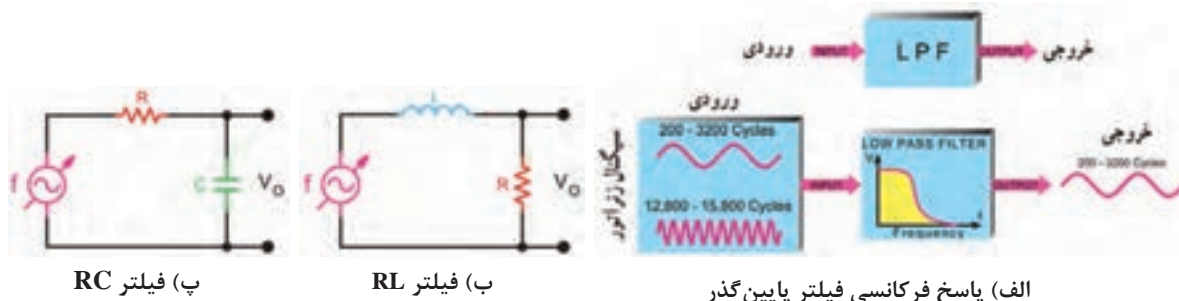
پژوهش



### انواع فیلترها از نظر کاربرد

فیلترها از نظر کاربرد به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

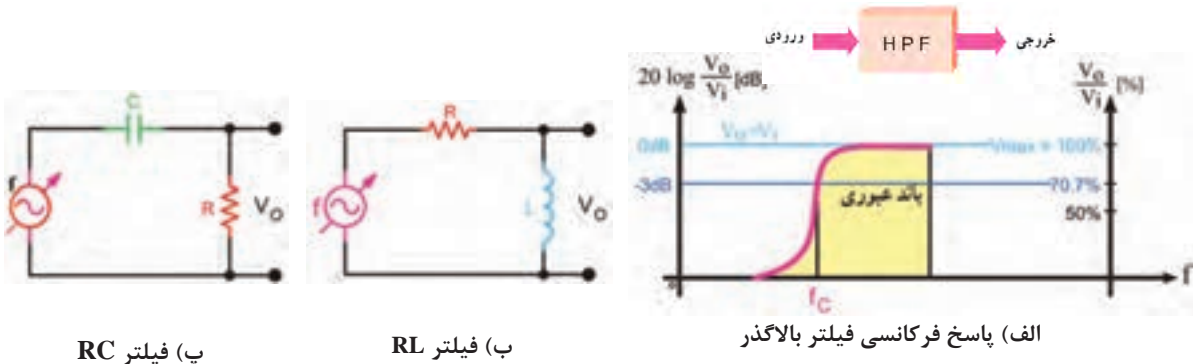
✓ **فیلتر پایین‌گذر (Low Pass Filter) LPF:** فیلتر پایین‌گذر فیلتری است که اجازه می‌دهد فرکانس‌هایی را از حد صفر تا مقدار معینی، که به عنوان فرکانس قطع مطرح می‌شود، از خود عبور دهد. در شکل الف-۶ پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر را مشاهده می‌کنید. در شکل ب و پ-۷ دو نوع مدار فیلتر پایین‌گذر RC و RL ترسیم شده است.



شکل ۶-۷ پاسخ فرکانسی و مدار فیلتر پایین‌گذر



✓ **فیلتر بالاگذر (High Pass Filter) HPF:** این فیلترها از یک فرکانس معینی به بالا را از خود عبور می‌دهند. اصول کار و ساختمان فیلترهای بالاگذر مشابه فیلترهای پایین‌گذر است، با این تفاوت که خروجی فیلتر بالاگذر، از نقطه مشخصی شروع به افزایش می‌کند. در شکل الف - ۸ - ۶ پاسخ فرکانسی این فیلتر را مشاهده می‌کنید. در شکل ب - ۸ - ۶ فیلتر RL بالاگذر را ملاحظه می‌کنید. خروجی این مدار از دو سر سلف (دو سر L) گرفته شده است. در شکل پ - ۸ - ۶ فیلتر بالاگذر RC ترسیم شده است. خروجی این مدار برخلاف فیلتر پایین‌گذر از دو سر مقاومت R گرفته شده است.



شکل ۸ - ۶ پاسخ فرکانسی و مدار فیلتر بالاگذر

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

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{فرکانس قطع فیلتر RC}$$

$$f_c = \frac{R}{2\pi L} \quad \text{فرکانس قطع فیلتر RL}$$

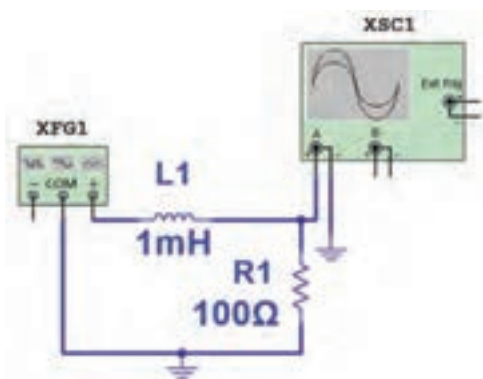
نکته



کار عملی ۱



### بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر به صورت نرم‌افزاری



شکل ۹ - ۶ مدار فیلتر پایین‌گذر

**هدف:** به دست آوردن فرکانس قطع و منحنی پاسخ

فرکانسی فیلتر پایین‌گذر

**مواد، ابزار و تجهیزات:** رایانه - نرم‌افزار مناسب -

لوازم التحریر

**مراحل اجرای کار**

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

۲- مدار شکل ۹ - ۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳- سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنه ۱۰ ولت پیک (۱۰ V<sub>PK</sub>) تنظیم کنید.

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

$$f_c = \dots\dots\dots \text{HZ}$$

۵- فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۳-۶ تغییر دهید و دامنه موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ موجود در نرم افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

نکته



برای اندازه گیری دقیق دامنه ولتاژ پیک تا پیک خروجی مدار فیلتر به ازای فرکانس های مختلف می توانید از پروب اندازه گیری (Measurement Probe) استفاده کنید. با اتصال این پروب به هر نقطه از مدار می توانید انواع ولتاژ و جریان را اندازه گیری کنید. این پروب در نوار ابزار نرم افزار وجود دارد.

۶- در فرکانس قطع دامنه موج خروجی فیلتر چند درصد دامنه موج ورودی است؟  
 ۷- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۰-۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس قطع را مشخص کنید.

جدول ۳-۶

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



شکل ۱۰-۶

### بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر با قطعات واقعی (سخت افزاری)

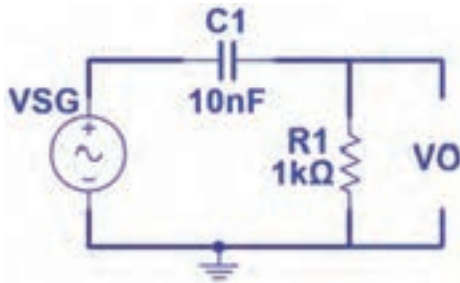
کار عملی ۲



هدف: به دست آوردن فرکانس قطع و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر مواد، ابزار و تجهیزات: سیگنال ژنراتور یک دستگاه - اسیلوسکوپ یک دستگاه - برد برد یک قطعه - مقاومت ۱۰۰۰ اهم  $\frac{1}{4}$  وات یک عدد - خازن ۱۰ nF یک عدد - سیم برد برد - سیم های رابط - لوازم التحریر

#### مراحل اجرای کار

۱- مدار شکل ۱۱-۶ را روی برد برد ببندید.



شکل ۶-۱۱

۲- سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنه ۴ ولت پیک تا پیک ( $4V_{pp}$ ) تنظیم کنید.

۳- فرکانس قطع فیلتر را با استفاده از رابطه  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$  محاسبه و یادداشت کنید.

$$f_c = \dots\dots\dots \text{HZ}$$

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

۵- در فرکانس قطع دامنه موج خروجی فیلتر چند درصد دامنه موج ورودی است؟ .....

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

نکته



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

جدول ۶-۴

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



شکل ۶-۱۲

### الگوی پرسش

- ۱- فیلتر مکانیکی را با فیلتر الکترونیکی مقایسه کنید.
- ۲- فیلتر ایده‌آل و فیلتر واقعی را تعریف کنید و منحنی پاسخ فرکانسی آنها را با هم مقایسه کنید.
- ۳- فرکانس قطع فیلتر را تعریف کنید و فرمول محاسبه آن را برای فیلتر RC و RL بنویسید.
- ۴- در فرکانس قطع دامنه ولتاژ خروجی فیلتر برابر  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  یا  $0.707$  دامنه ولتاژ ورودی فیلتر است.
 

غلط
 صحیح



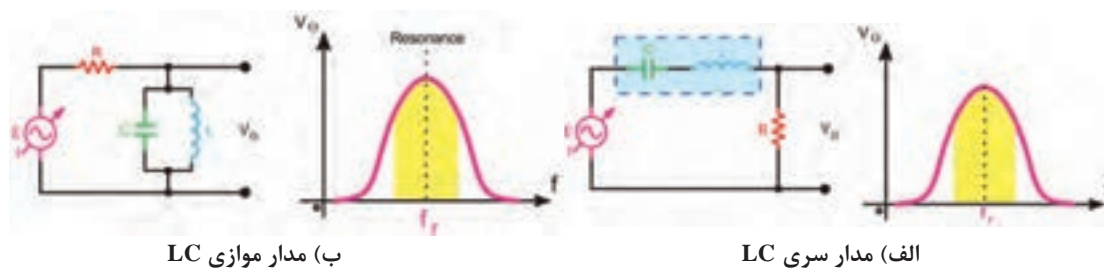
فیلم عملکرد فیلترهای میان‌گذر و حذف‌باند را ببینید و نکات مهم آن را یادداشت کنید.

### فیلترهای میان‌گذر: BPF (Band Pass Filters)

فیلترهای میان‌گذر فیلترهایی هستند که اجازه عبور باند فرکانسی معینی را می‌دهند. این فیلترها را فیلترهای عبور باند نیز می‌نامند. در فیلترهای میان‌گذر از مدارهای ترکیبی مقاومت، سلف و خازن به صورت سری و موازی استفاده می‌شود.

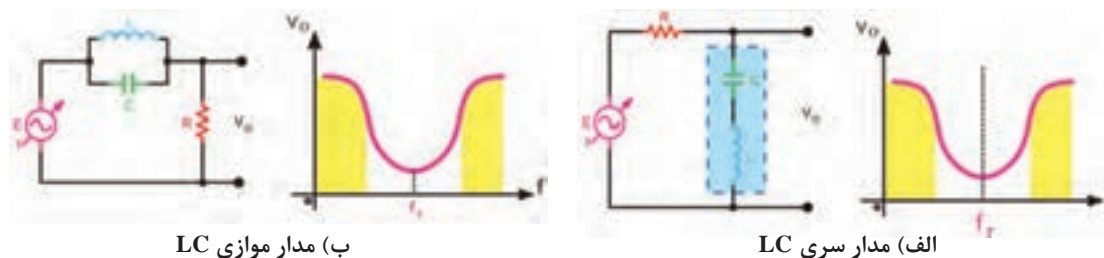
✓ **فیلتر حذف‌باند (Band Reject Filter = Notch filter) BRF**: فیلترهای حذف‌باند فیلترهایی هستند که باند معینی از فرکانس را حذف می‌کنند. این فیلترها از نظر چگونگی عملکرد، مشابه فیلترهای میان‌گذرند. با این تفاوت که باند خروجی آنها با هم متفاوت است.

✓ **انواع فیلترهای میان‌گذر و حذف‌باند**: همان‌طور که اشاره شد فیلترهای میان‌گذر از نظر قطعاتی که در مدار وجود دارد با هم مشابه هستند، یعنی در هر دو نوع فیلتر از مقاومت، سلف و خازن استفاده می‌شود. در شکل ۶-۱۳ دو نوع فیلتر میان‌گذر را ملاحظه می‌کنید که در آنها از مدارهای LC سری و موازی استفاده شده است.



شکل ۶-۱۳ فیلتر میان‌گذر

در شکل ۶-۱۴ دو نمونه فیلتر حذف‌باند (میان‌نگذر) را مشاهده می‌کنید که از مدارهای LC سری و موازی در آنها استفاده شده است.



شکل ۶-۱۴ فیلتر حذف‌باند

**بارش فکری:** عملکرد فیلترهای داده شده در شکل‌های ۶-۱۳ و ۶-۱۴ را از طریق بارش فکری مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید. از روش حالت‌های کلیدی  $X_L$  و  $X_C$  در فرکانس‌های کم و زیاد استفاده کنید. مدارهای ترکیبی LC سری و موازی را مدارهای رزونانس یا تشدید می‌نامند.

مدارهای رزونانس سری و موازی را ببینید.

فیلم



پژوهش



با مراجعه به منابع مختلف بررسی کنید به چه دلیل فرکانس رزونانس مدارهای LC سری و موازی از

رابطه  $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  محاسبه می‌شود.

### مشخصه‌های فیلتر میان‌گذر

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

**الف) فرکانس رزونانس (Resonance Frequency):** فرکانس رزونانس فیلترهای میان‌گذر از رابطه

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$
 قابل محاسبه است. در این فرکانس دامنه ولتاژ خروجی به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

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

پهنای باند از رابطه  $BW = F_H - F_L$  به دست می‌آید (شکل ۱۵-۶).

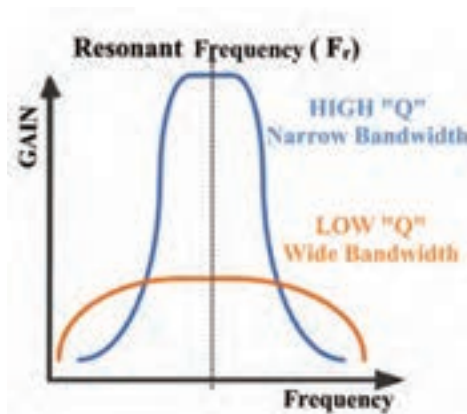
**پ) ضریب کیفیت (Quality Factor) Q:** این ضریب میزان تیزی منحنی مشخصه و پهنای باند را تعیین

می‌کند و مقدار آن از رابطه  $Q = \frac{F_r}{BW}$  به دست می‌آید. هر قدر ضریب کیفیت (Q) کمتر شود پهنای باند

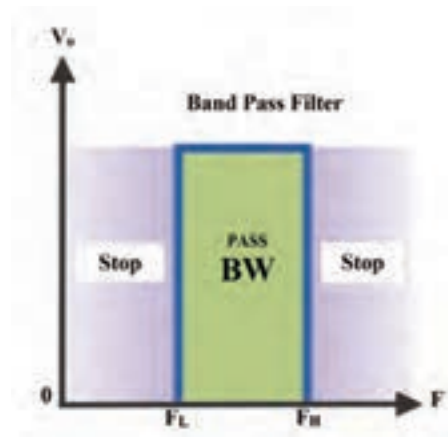
بیشتر می‌شود. در شکل ۱۶-۶ منحنی پاسخ فرکانسی مدار رزونانس موازی با یک فرکانس رزونانس و دو

مقدار Q متفاوت رسم شده است. مقدار Q مدار رزونانس بستگی به مقدار مقاومت اهمی مدار دارد. در این

شکل محور افقی برحسب فرکانس و محور قائم بر حسب بهره ولتاژ درجه‌بندی شده است.



شکل ۱۶-۶ پهنای باند فیلتر میان‌گذر با دو مقدار Q متفاوت



شکل ۱۵-۶ پهنای باند فیلتر میان‌گذر



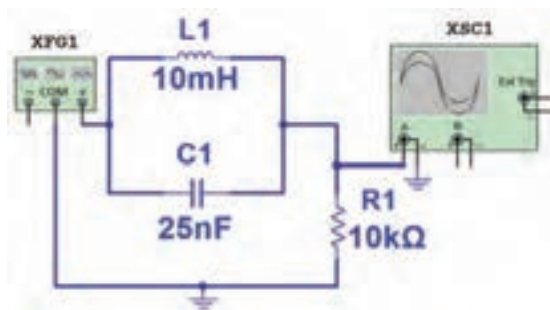
در مورد رابطه ضریب کیفیت (Q) در مدارهای رزونانس سری و موازی و نقش مقدار مقاومت R در پهنای باند تحقیق کنید و نتیجه را به کارگاه ارائه دهید.

### بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر حذف باند به صورت نرم افزاری

**هدف:** به دست آوردن فرکانس رزونانس و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر حذف باند

**مواد، ابزار و تجهیزات:** رایانه - نرم افزار مناسب - لوازم التحریر

#### مراحل اجرای کار



شکل ۱۷-۶ مدار فیلتر حذف باند

۱- نرم افزار مولتی سیم یا هر نرم افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

۲- مدار شکل ۱۷-۶ را در فضای نرم افزار ببندید.

۳- سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنه ۵ ولت پیک (۵ V<sub>PK</sub>) تنظیم کنید.

۴- فرکانس رزونانس فیلتر را با استفاده از رابطه

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

محاسبه و یادداشت کنید.

$$f_r = \dots\dots\dots \text{HZ}$$

۵- فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۵-۶ تغییر دهید و دامنه موج خروجی را به کمک اسیلوسکوپ

نرم افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۶- آیا در فرکانس رزونانس دامنه موج خروجی فیلتر کمترین مقدار را دارد؟

۷- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۸-۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس رزونانس و فرکانس های قطع را مشخص کنید.

جدول ۵-۶



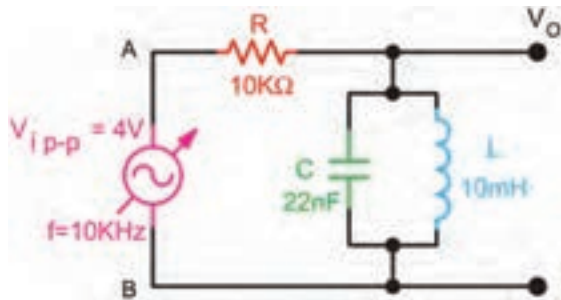
شکل ۱۸-۶

ردیف	فرکانس (KHZ)	V <sub>opp</sub> (V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۸	
۴	f <sub>r</sub>	
۵	۱۵	
۶	۲۰	



### بررسی پاسخ فرکانسی فیلتر میان گذر با قطعات واقعی

**هدف:** به دست آوردن فرکانس رزونانس و منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان گذر  
**مواد، ابزار و تجهیزات:** سیگنال ژنراتور یک دستگاه - اسیلوسکوپ یک دستگاه - برد بُرد یک قطعه -  
 مقاومت ۱۰ کیلو اهم  $\frac{1}{4}$  وات یک عدد - خازن ۲۲nF یک عدد - سلف ۱۰mH یک عدد - سیم بُرد یک عدد -  
 سیم های رابط - لوازم التحریر



شکل ۱۹-۶

#### مراحل اجرای کار

- ۱- مدار شکل ۱۹-۶ را روی برد بُرد ببندید.
- ۲- سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنه ۴ ولت پیک تا پیک (۴ Vpp) تنظیم کنید.
- ۳- فرکانس رزونانس فیلتر را با استفاده از رابطه  $F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  محاسبه و یادداشت کنید.

$$f_r = \dots\dots\dots \text{HZ}$$

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

در هر مرحله که فرکانس را تغییر می دهید دامنه سیگنال ورودی باید روی ۴ Vpp ثابت باشد.

نکته



- ۵- آیا در فرکانس رزونانس، دامنه موج خروجی فیلتر بیشترین مقدار را دارد؟
- ۶- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۲۰-۶ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس رزونانس و فرکانس های قطع را مشخص کنید.

جدول ۶-۶

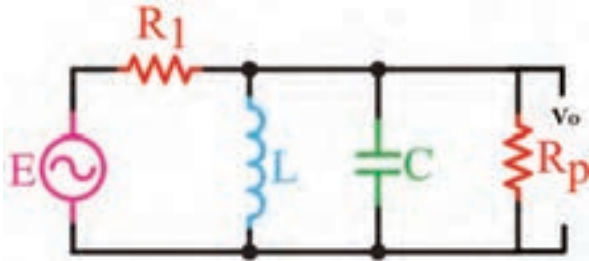
ردیف	فرکانس (KHZ)	$V_{opp}$ (V)
۱	۱	
۲	۵	
۳	۸	
۴	$f_r$	
۵	۱۵	
۶	۲۵	



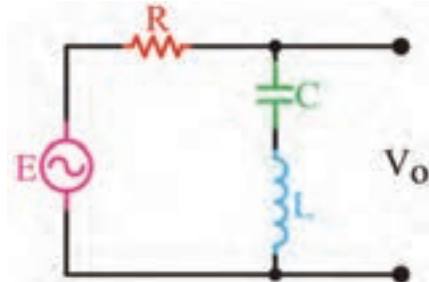
شکل ۲۰-۶

## الگوی پرسش

- ۱- فیلتر شکل ۲۱-۶ از نوع ..... باند با مدار رزونانس ..... است.  
 (۱ عبور - موازی (۲ حذف - سری (۳ حذف - موازی (۴ عبور - سری
- ۲- فیلتر شکل ۲۲-۶ از نوع ..... باند با مدار رزونانس ..... است.  
 (۱ عبور - موازی (۲ حذف - سری (۳ حذف - موازی (۴ عبور - سری
- ۳- دو نمونه فیلتر با مدار رزونانس سری رسم کنید و طرز کار هر یک را بنویسید.



شکل ۶-۲۲



شکل ۶-۲۱

- ۴- دو نمونه فیلتر با مدار رزونانس موازی رسم کنید و عملکرد آنها را شرح دهید.  
**بارش فکری:** درباره چگونگی ارسال و دریافت امواج رادیویی، از طریق بارش فکری بحث کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش دو صفحه‌ای جمع‌بندی کنید.

## ۵-۶ نوسان‌سازها (Oscillator)

فیلم مدارهای فیدبک و چگونگی نوسان‌سازی در نوسان‌سازها را ببینید.

فیلم



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



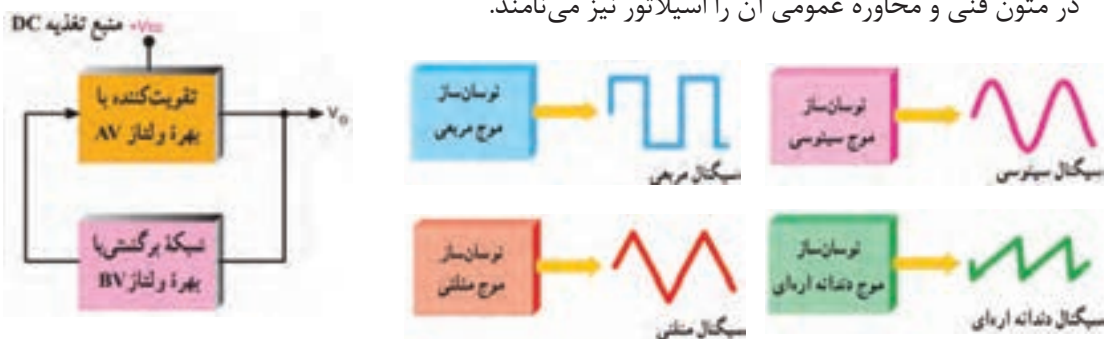
شکل ۶-۲۳ نقشه بلوکی نوسان‌ساز سینوسی

✓ **تعریف نوسان‌ساز:** نوسان‌ساز، مداری است که بدون اعمال سیگنال متناوب به ورودی آن، در خروجی، سیگنال متناوب تولید کند. شکل ۶-۲۳ نقشه بلوکی (بلوک دیاگرام) نوسان‌ساز سینوسی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید به مدار الکترونیکی نوسان‌ساز، ولتاژ DC داده می‌شود و مدار

نوسان‌ساز ولتاژ DC را به ولتاژ متناوب سینوسی تبدیل می‌کند. نوسان‌ساز ترجمه کلمه Oscillator است که



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



شکل ۶-۲۵ بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز

شکل ۶-۲۴ انواع نوسان ساز با توجه به شکل موج تولیدی

### انواع نوسان ساز از نظر شکل موج تولیدی

نوسان سازها می‌توانند انواع شکل موج‌ها را به وجود آورند. در شکل ۶-۲۴ چهار نمونه نوسان ساز و شکل موج خروجی آنها به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است. این نوسان سازها شامل نوسان سازهای موج سینوسی، مربعی، دندانه اره‌ای و مثلثی است.

### اصول کار مدارهای نوسان ساز

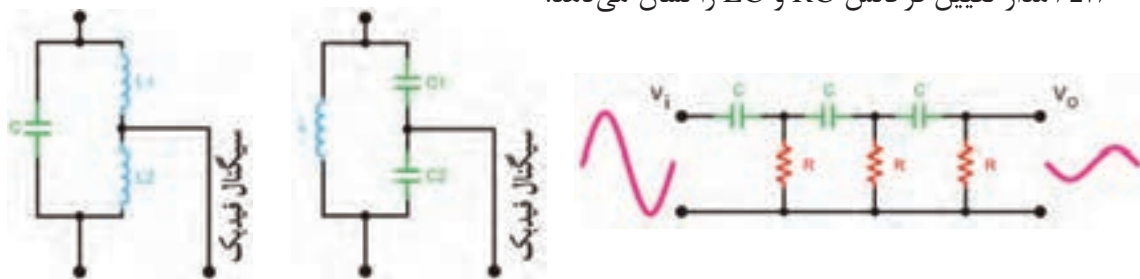
نوسان سازها از یک طبقه تقویت کننده و طبقه‌ای به نام شبکه برگشتی یا فیدبک (Feed Back) تشکیل شده‌اند. شبکه برگشتی معمولاً بخشی از سیگنال خروجی تقویت کننده را به ورودی تقویت کننده برگشت می‌دهد. شکل ۶-۲۵ بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز را نشان می‌دهد. هر مدار نوسان ساز نیاز به مدار تولید نوسان دارد که غالباً در شبکه برگشتی یا فیدبک گنجانده می‌شود.

### نیازهای اولیه برای نوسان سازی

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

☑ منبع انرژی: منبع انرژی می‌تواند منبع تغذیه، باتری شیمیایی یا باتری نوری باشد.

☑ مدار تعیین کننده فرکانس: این مدار معمولاً یک مدار رزونانس LC، مدار RC یا مدارهایی با مشخصات ویژه است. نوسان‌های اولیه برای شروع نوسان سازی، در این مدارها تولید می‌شود. شکل‌های الف، ب و پ ۶-۲۶ مدار تعیین فرکانس RC و LC را نشان می‌دهد.



پ) مدار رزونانس LC

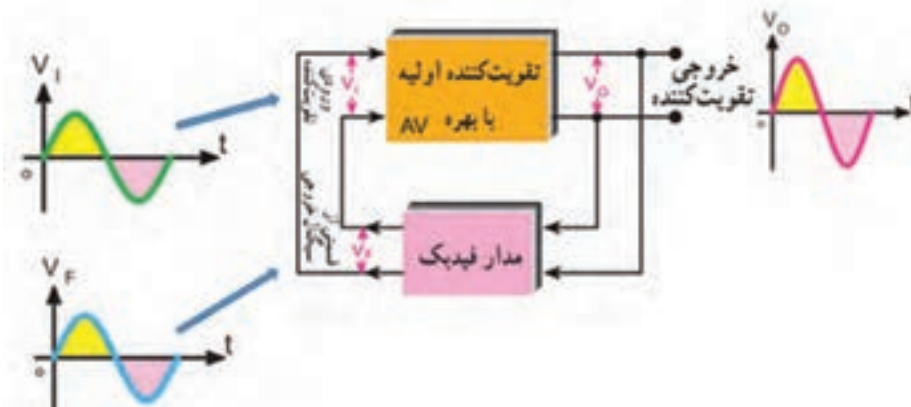
ب) مدار رزونانس LC

الف) مدار رزونانس RC

شکل ۶-۲۶ مدارهای رزونانس RC و LC

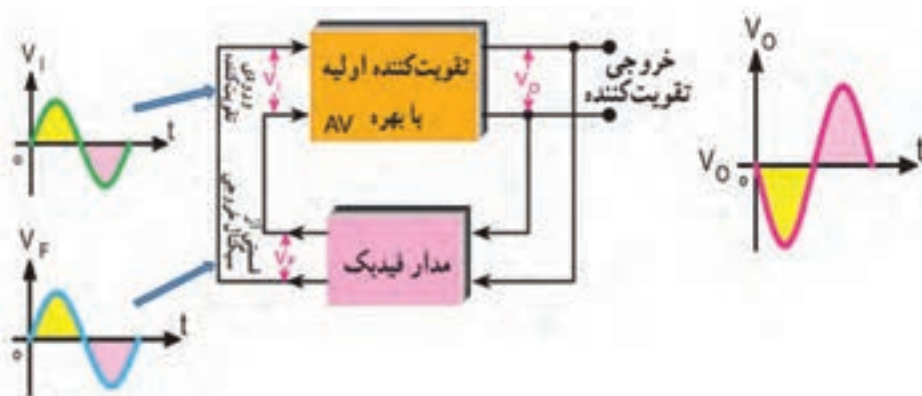
✓ **تقویت کننده:** مدار تقویت کننده معمولاً یکی از انواع تقویت کننده‌های ترانزیستوری یا IC است. سیگنال‌های اولیه تولید شده توسط مدار تعیین کننده فرکانس به وسیله مدار تقویت کننده تقویت می‌شود.

✓ **مدار فیدبک یا بازخورد (Feed Back):** فیدبک به مفهوم انتقال بخشی از سیگنال خروجی به ورودی مدار است. در نوسان سازها قسمتی از سیگنال خروجی طوری به ورودی منتقل می‌شود که با آن هم فاز باشد. در این حالت فیدبک را مثبت یا Positive Feed Back می‌نامند. در صورتی که سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی  $180^\circ$  اختلاف فاز داشته باشد به آن فیدبک منفی یا Negative Feed Back گویند. شکل ۶-۲۷ فیدبک مثبت را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۲۷ ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

در این حالت سیگنال خروجی مدار فیدبک با سیگنال ورودی تقویت کننده هم فاز است. در شکل ۶-۲۷ بین ورودی و خروجی تقویت کننده هیچ اختلاف فازی وجود ندارد. مدار فیدبک سیگنال خروجی را بدون اختلاف فاز به ورودی تقویت کننده برگشت می‌دهد. در شکل ۶-۲۸ سیگنال ورودی با  $180^\circ$  اختلاف فاز در خروجی و به صورت تقویت شده ظاهر می‌شود. در این حالت مدار فیدبک در سیگنال خروجی  $180^\circ$  اختلاف فاز ایجاد می‌کند تا سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی تقویت کننده هم فاز شود.



شکل ۶-۲۸ ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی



شکل ۶-۲۹ بخش‌های مورد نیاز برای نوسان‌سازی

نوسان‌های اولیه برای نوسان‌سازی به وسیله مدار تعیین‌کننده فرکانس تولید می‌شود. این نوسان‌ها توسط مدار تقویت‌کننده تقویت می‌شود و سپس از طریق مدار فیدبک به ورودی انتقال می‌یابد. اگر فیدبک مثبت باشد نوسان‌ها تداوم می‌یابد و پایدار می‌شود. در شکل ۶-۲۹ بخش‌های مورد نیاز جهت نوسان‌سازی به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است.

### اصل بارک‌هاوزن (Barkhausen Criterion):

بنابر اصل بارک‌هاوزن، زمانی نوسان‌های یک نوسان‌ساز پایدار می‌شود که حاصل ضرب بهره ولتاژ تقویت‌کننده ( $A_v$ ) در ضریب بهره ولتاژ مدار فیدبک ( $B_v$ ) برابر یک شود. تنها در این شرایط است که مدار دارای نوسان‌های پایدار می‌شود. در شکل ۶-۳۰ مفهوم اصل بارک‌هاوزن نشان داده شده است. با توجه به این اصل همواره باید بهره کل سامانه برابر با یک باشد تا نوسان‌های مدار تداوم یابد.



$$A_v \cdot B_v = 1$$

$A_v$  = بهره تقویت‌کننده  
 $B_v$  = بهره مدار فیدبک

شکل ۶-۳۰ بررسی اصل بارک‌هاوزن

معمولاً مدار فیدبک سیگنال را ضعیف می‌کند، در واقع ضریب بهره مدار فیدبک عددی کوچک‌تر از یک مثلاً  $B_v = \frac{1}{10}$  است. اصل بارک‌هاوزن زمانی برقرار می‌شود که  $A_v$  برابر ۱۰ و  $A_v \times B_v = \frac{1}{10} \times 10 = 1$  شود.

نکته



برای تولید نوسان پایدار در مدار باید سه شرط  $A_v \cdot B_v = 1$ ، فیدبک مثبت و مدار تولیدکننده نوسان وجود داشته باشد.

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

فعالیت



✓ یک اسیلاتور چگونه به نوسان درمی آید؟ در شکل ۶-۳۱ سه مرحله از تولید نوسان‌ها در نوسان‌ساز نشان داده شده است. این سه مرحله به ترتیب عبارت‌اند از:  
 الف) مرحله شروع کار یعنی روشن کردن دستگاه از طریق فعال کردن کلید  
 ب) تولید سیگنال اولیه  
 پ) مرحله پایدار شدن نوسان‌ها



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

شکل ۶-۳۱ مراحل تولید نوسان

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

نکته

!

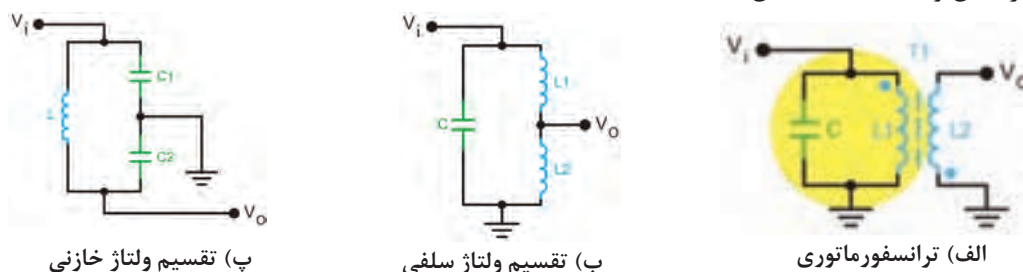
### انواع نوسان‌سازهای سینوسی

فیلم انواع نوسان‌سازهای سینوسی را ببینید.

فیلم

▶

همان‌طور که اشاره شده مدارهای نوسان‌ساز را از نظر نوع مدار تعیین‌کننده فرکانس و چگونگی انجام فیدبک، به دو دسته RC و LC تقسیم‌بندی می‌کنند. در مدارهای LC مدار تعیین‌کننده فرکانس، یک مدار هماهنگی موازی LC است. چون این مدار انرژی را در خود ذخیره می‌کند، آن را مدار تانک می‌نامند. در مدارهای RC، مدار تعیین‌کننده فرکانس یک مدار ترکیبی RC است. چون نوسان‌ساز LC بیشتر در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی به کار می‌رود، در این فصل، به تشریح نوسان‌ساز با شبکه تولید فرکانس LC می‌پردازیم و سپس یک یا چند نمونه مدار نوسان‌ساز RC را تشریح می‌نماییم. در شکل‌های ۶-۳۲ الف - ب - پ انواع شبکه‌های تعیین فرکانس و فیدبک LC نشان داده شده است.



پ) تقسیم ولتاژ خازنی

ب) تقسیم ولتاژ سلفی

الف) ترانسفورماتوری

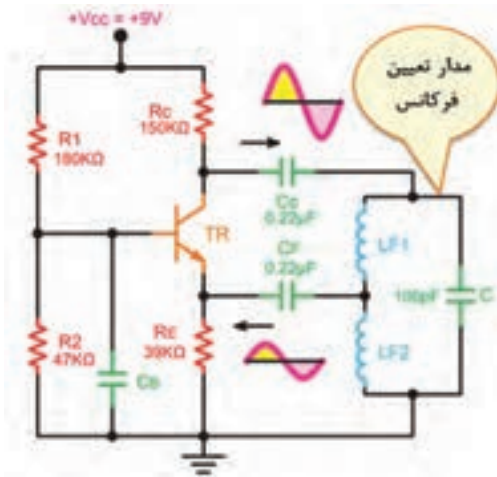
شکل ۶-۳۲ شبکه‌های تعیین فرکانس LC



درباره هریک از مدارهای شکل ۶-۳۲ بحث کنید و ارتباط بین ولتاژ ورودی و خروجی را از نظر دامنه و اختلاف فاز تعیین کنید، نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

**مدار چند نمونه نوسان ساز LC**

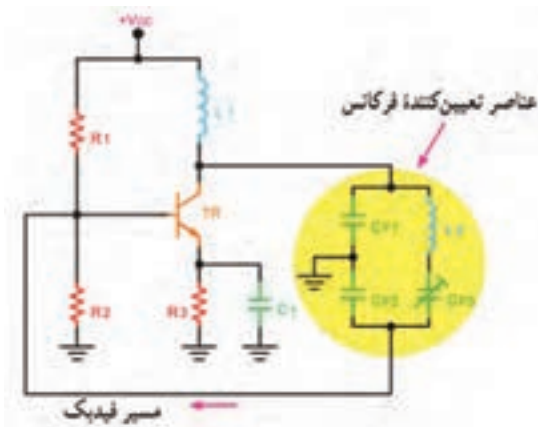
در شکل ۶-۳۳ مدار چهار نمونه نوسان ساز را مشاهده می کنید. در همه این مدارها تقویت کننده به صورت بایاس سرخود رسم شده است. تفاوت مدارها در نوع آرایش ترانزیستور (امیترمشترک یا بیس مشترک) و مدار تعیین فرکانس است.



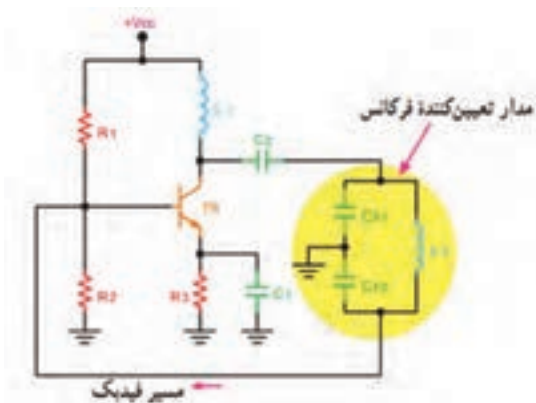
(ب) نوسان ساز هارتلی



(الف) نوسان ساز آرمسترانگ



(ت) نوسان ساز کلاپ



(ب) نوسان ساز کول پیتس

شکل ۶-۳۳ انواع نوسان ساز LC و نام آنها

با توجه به شکل ۶-۳۳ با هم گروهی خود بحث کنید سپس اطلاعات خواسته شده در جدول های ۶-۷ و ۶-۸ را کامل کنید.



جدول ۶-۷

ردیف	نام نوسان ساز	شماره فنی قطعات تعیین کننده فرکانس
۱	آرمسترانگ	
۲	هارتلی	
۳	کول پیتس	
۴	کلاپ	

جدول ۶-۸

ردیف	مشخصه ویژه نوسان ساز	نام نوسان ساز	نوع آرایش ترانزیستور
۱	استفاده از تقسیم کننده ولتاژ خازنی در مدار فیدبک		
۲	استفاده از تقسیم کننده ولتاژ سلفی در مدار فیدبک		
۳	استفاده از ترانسفورماتور در مدار فیدبک		
۴	استفاده از تقسیم کننده ولتاژ خازنی با خازن سری با سیم پیچ در مدار تانک		

نکته

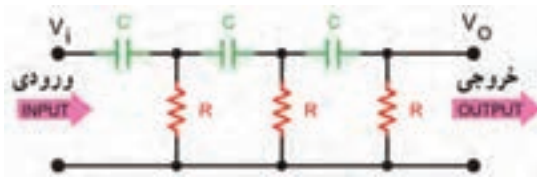


رابطه محاسبه فرکانس نوسان ایجاد شده در کلیه نوسان سازهای  $F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  است.

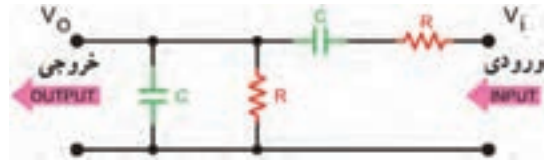
در مدار هارتلی از L معادل ( سلف های سری ) و در مدارهای کول پیتس و کلاپ از C معادل (خازن های سری) در رابطه استفاده شود.

### نوسان ساز RC

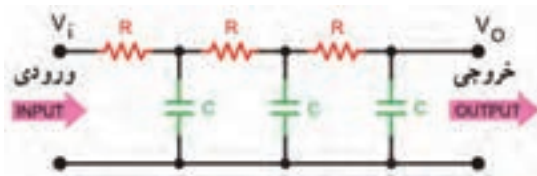
در این نوسان سازها مانند نوسان سازهای LC حداقل دو جزء تقویت کننده و مدار برگشتی وجود دارد. در این نوسان سازها مدار برگشتی معمولاً از R و C تشکیل می شود. در نوسان ساز RC مانند سایر نوسان سازها لازم است دو شرط اصلی ایجاد نوسان یعنی اصل بارک هاووزن و فیدبک مثبت برقرار شود تا مدار بتواند نوسان های پایداری را ایجاد کند. شکل های ۶-۳۴ الف، ب و پ آرایش های مختلف شبکه RC را نشان می دهد. این نوسان سازها برای تولید فرکانس های تا حدود ۱۰۰ KHz مناسب هستند.



(ب)



(الف)



(پ)

شکل ۶-۳۴ چند نمونه شبکه فیدبک نوسان ساز RC

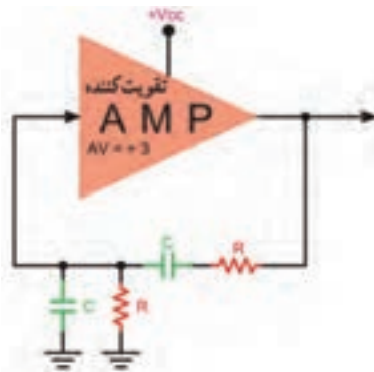
درباره انواع شبکه‌های نشان داده شده در شکل ۶-۳۴ تحقیق کنید و نتیجه را به صورت یک گزارش ارائه دهید.

پژوهش



### نوسان ساز پل وین (Wein Bridge Oscillator)

نوسان ساز پل وین یک مولد سیگنال سینوسی با اعوجاج کم است. مدار این نوسان ساز از یک تقویت کننده و شبکه برگشتی RC تشکیل می‌شود. شکل ۶-۳۵ نقشه بلوکی تقویت کننده و شبکه برگشتی نوسان ساز و رابطه محاسبه فرکانس آن را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۳۵ نوسان ساز RC پل وین

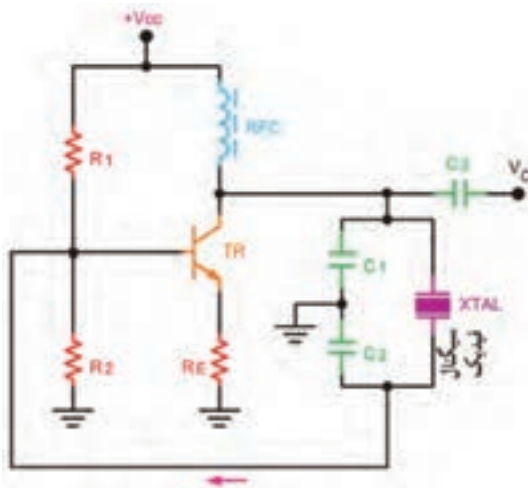
با توجه به شکل ۶-۳۵، در نوسان ساز پل وین، بین ورودی و خروجی شبکه برگشتی چند درجه اختلاف فاز وجود دارد و شبکه برگشتی چند مرتبه سیگنال ورودی خود را تضعیف می‌کند؟

فعالیت



### نوسان ساز کریستالی (Crystal Oscillator)

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



شکل ۳۶-۶ نوسان‌ساز کریستالی

عبور می‌دهد. شکل ۳۶-۶ یک نوسان‌ساز کریستالی که کریستال در مدار تعیین فرکانس قرار گرفته است را نشان می‌دهد.

### بررسی مدار نوسان‌ساز RC به صورت نرم‌افزاری

**هدف:** راه‌اندازی مدار نوسان‌ساز RC و به‌دست‌آوردن فرکانس آن

**مواد، ابزار و تجهیزات:** رایانه - نرم‌افزار مناسب - لوازم‌التحریر

### مراحل اجرای کار

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

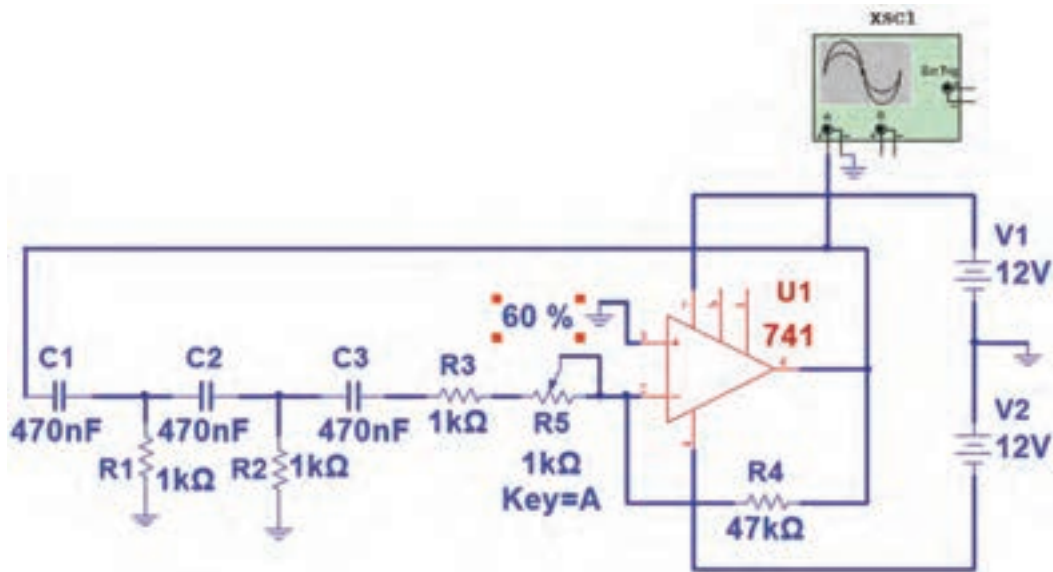
۲- مدار شکل ۳۷-۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

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

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

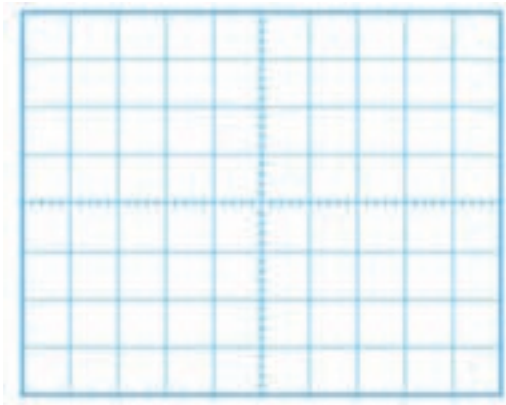
**توجه:** اسیلوسکوپ نرم‌افزار را فعال کنید و تا ایجاد نوسان پایدار دقایقی صبر کنید. مقادیر  $\frac{\text{Volt}}{\text{Div}}$  و  $\frac{\text{Time}}{\text{Div}}$

را به درستی تنظیم کنید تا حدود ۲ تا ۳ سیکل از موج به صورت پایدار روی صفحه آن ظاهر شود.



شکل ۳۷-۶ نوسان‌ساز RC





شکل ۶-۳۸

۵- شکل موج تولیدشده را در نمودار شکل ۶-۳۸ رسم کنید.  $\frac{Volt}{Div}$  و  $\frac{Time}{Div}$  را روی محورها مشخص کنید.

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

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

.....  
 .....  
 .....

Time/ Div =

Volt/ Div =

T =

F =

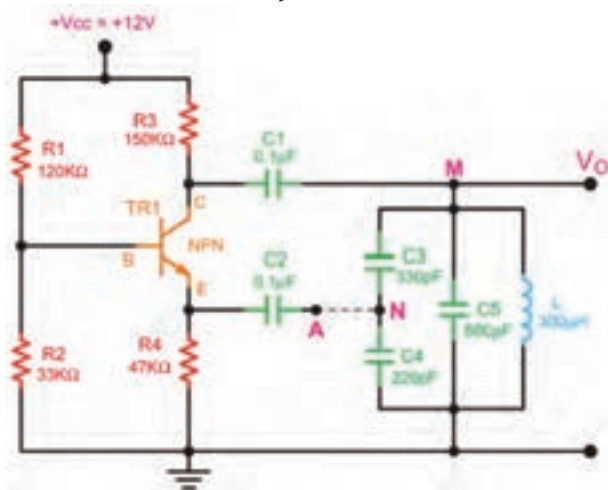
### بررسی مدار نوسان ساز LC با قطعات واقعی

کار عملی ۶



**هدف:** به دست آوردن فرکانس مدار نوسان ساز LC

**مواد، ابزار و تجهیزات:** اسیلوسکوپ یک دستگاه - منبع تغذیه یک دستگاه - برد بُرد یک قطعه - مقاومت



شکل ۶-۳۹

$120\text{ K}\Omega$  -  $33\text{ K}\Omega$  -  $47\text{ K}\Omega$  -  $150\text{ K}\Omega$ ،  
 $\frac{1}{4}$  وات از هر کدام یک عدد - خازن  $100\text{ nF}$  دو  
 عدد - خازن  $330\text{ PF}$  یک عدد - خازن  $220\text{ PF}$   
 یک عدد - خازن  $680\text{ PF}$  یک عدد - سلف  
 $300\text{ }\mu\text{H}$  یک عدد - ترانزیستور معمولی برای  
 کاربرد عمومی (General purpose) با بتای  
 ۷۵ تا ۱۲۰ مانند BC۳۳۷، ۲SC۹۴۵ (نوعی  
 که  $\beta$  آن بالای ۱۲۰ باشد) یا هر نوع ترانزیستور  
 عمومی دیگر - سیم بُرد - سیم‌های رابط -  
 لوازم‌التحریر

هنگام اتصال خازن‌های  $C_3$ ،  $C_4$  و  $C_5$  و سلف‌ها به مدار مراقب باشید که از طریق اتصال‌های داخلی بُرد بُرد اتصال کوتاه نشود. یکی از موارد مهمی که سبب ایجاد اشکال و عدم راه‌اندازی می‌شود همین موارد است. در صورت امکان مجموعه قطعات را روی بُرد هزار سوراخ و اتصال "پین هدر" به صورت یک پارچه نصب کنید و یک ماژول آماده فراهم کنید.

نکته



## مراحل اجرای کار

- ۱- مدار شکل ۶-۳۹ را روی بُرد ببندید.
- ۲- قبل از اتصال A و N، منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و ولتاژ پایه‌های ترانزیستور را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

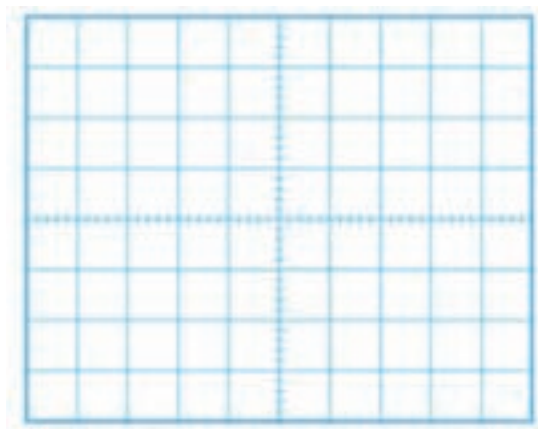
$$V_B = \quad V_{BE} =$$

$$V_E = \quad V_C =$$

**توجه:** ترانزیستور باید در حالت فعال باشد.

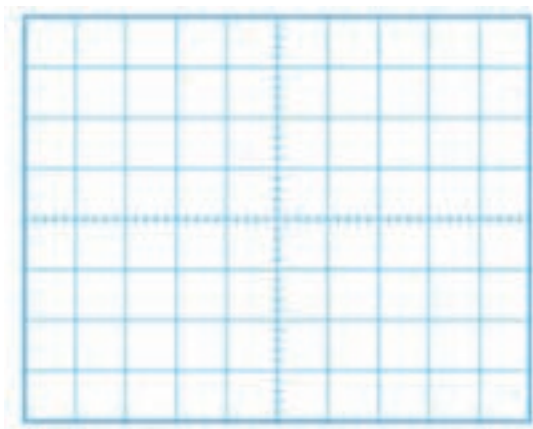
- ۳- اتصال بین A و N را برقرار کنید و مدار را راه‌اندازی کنید.
- ۴- به وسیله اسیلوسکوپ شکل موج نقاط M و N را با توجه به فاز آنها در نمودارهای شکل ۶-۴۰ رسم کنید.
- ۵- آیا ولتاژ ورودی و خروجی مدار تعیین فرکانس با هم هم‌فاز هستند؟ شرح دهید.

۶- مقدار فرکانس و دامنه پیک‌تا‌پیک سیگنال ورودی و خروجی را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.



ب) شکل موج نقطه N

Time/ Div =	
Volt/ Div =	
T =	F =
V <sub>pp</sub> =	



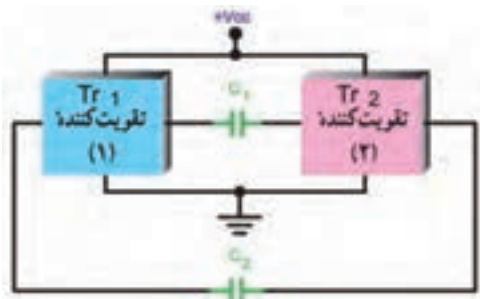
الف) شکل موج نقطه M

Time/ Div =	
Volt/ Div =	
T =	F =
V <sub>pp</sub> =	

شکل ۶-۴۰

## نوسان‌ساز مربعی

در بحث‌های گذشته با آی‌سی ۵۵۵ به عنوان مولد موج مربعی آشنا شده‌اید. نمونه دیگر نوسان‌ساز موج مربعی، مولتی‌ویبراتور آستابل نام دارد. این نوسان‌ساز شامل دو طبقه تقویت‌کننده

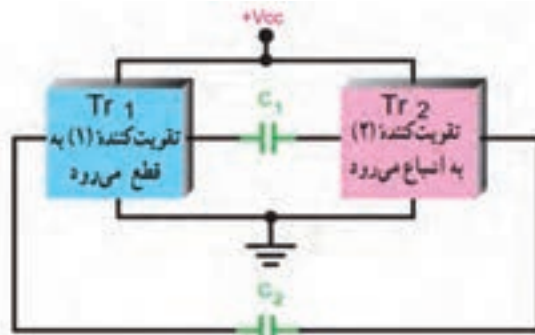


شکل ۶-۴۱ بلوک دیاگرام مدار نوسان ساز

است که خروجی هریک به ورودی دیگری با کوپلاژ خازنی متصل شده است. در شکل ۶-۴۱ این نوسان ساز به صورت بلوکی نشان داده شده است. هنگامی که یک تقویت کننده در حالت اشباع قرار دارد تقویت کننده دیگر به قطع می رود. وضعیت قطع و اشباع تقویت کننده ها دوام چندانی ندارد و پس از مدتی، وضعیت عوض می شود. شکل های الف و ب ۶-۴۲ این دو حالت را نشان می دهد.

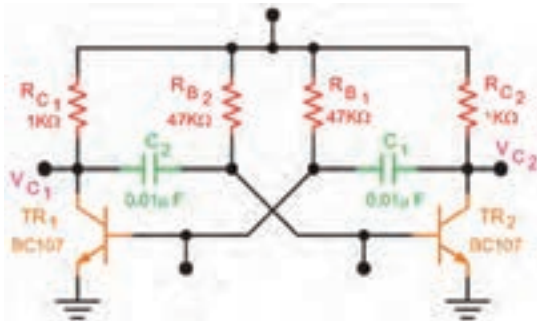


(ب)



(الف)

شکل ۶-۴۲ وضعیت تقویت کننده ها در حالت قطع و اشباع

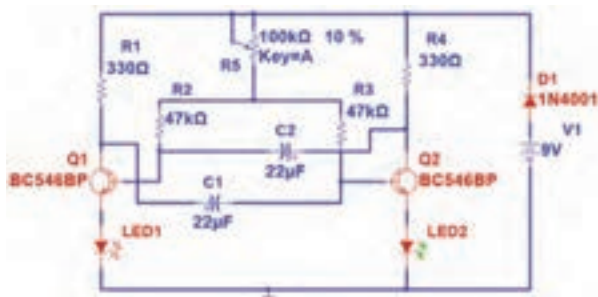


شکل ۶-۴۳ مدار مولتی ویراتور آستانبل

در شکل ۶-۴۳ مدار یک نمونه مولتی ویراتور آستانبل رسم شده است.

**فعالیت در ساعات غیردرسی**  
بررسی مدار مولتی ویراتور به عنوان چشمک زن با قطعات واقعی

کار عملی ۷



شکل ۶-۴۴ مدار مولتی ویراتور آستانبل

هدف: اجرای پروژه مدار چشمک زن

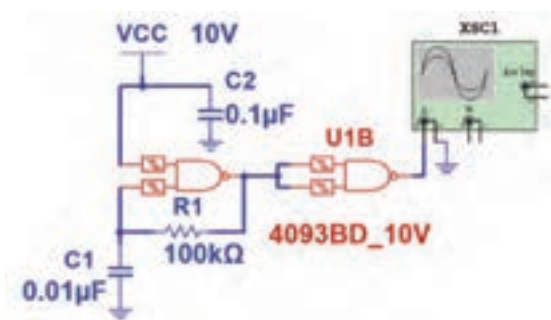
مواد، ابزار و تجهیزات: مقاومت  $330 \Omega$  دو عدد - مقاومت  $47 K\Omega$  دو عدد - پتانسیومتر  $100 K\Omega$  - یک عدد - خازن  $22 \mu F$  -  $15$  ولت دو عدد - LED - دو عدد - دیود  $1N4001$  یک عدد - ترانزیستور BC546 یا هر نوع ترانزیستور عمومی دیگر - بُرد مدار چاپی - وسایل اسیدکاری و لحیم کاری



### مراحل اجرای کار

- ۱- طرح مدار چاپی شکل ۶-۴۴ را در ابعاد  $4\text{cm} \times 5\text{cm}$  آماده کنید.
- ۲- طرح را به روی فیبر مدار چاپی انتقال دهید.
- ۳- فیبر را برای مونتاژ قطعات آماده کنید.
- ۴- قطعات را روی فیبر مونتاژ کنید.
- ۵- منبع تغذیه را به مدار وصل کنید و مدار را راه اندازی نمایید.
- ۶- پتانسیومتر را تغییر دهید و اثر تغییر را روی مدار ببینید.

### مولد موج مربعی در نرم افزار



شکل ۶-۴۵

**هدف:** راه اندازی مدار نوسان ساز موج مربعی و به دست آوردن فرکانس آن  
**مواد، ابزار و تجهیزات:** رایانه - نرم افزار مناسب - لوازم التحریر

### مراحل اجرای کار

۱- نرم افزار مولتی سیم یا هر نرم افزار مناسب دیگر را فعال کنید.

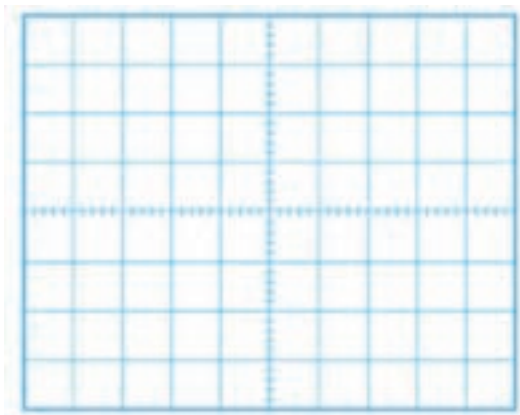
۲- با استفاده از دو گیت NAND اشمیت تریگر آی سی شماره ۴۰۹۳، مدار شکل ۶-۴۵ را در فضای نرم افزار ببندید.

۳- تغذیه مدار را وصل کنید و مدار را راه اندازی کنید.

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

۵- شکل موج تولید شده را در نمودار شکل ۶-۴۶ رسم کنید.

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



شکل ۶-۴۶

Time / Div =

Volt/ Div =

T =

F =

### الگوی پرسش

- ۱- اسپلاتور در مدارهای مخابراتی چه نقشی بر عهده دارد؟ شرح دهید.
- ۲- نیازهای اولیه برای نوسان سازی را نام ببرید و تشریح کنید.
- ۳- اصل بارکهاوزن را شرح دهید.
- ۴- سه مرحله از تولید نوسان را در نوسان ساز شرح دهید.
- ۵- شرط تولید موج مربعی را در نوسان ساز شرح دهید.
- ۶- در نوسان سازها نوع فیدبک ..... است.
- ۷- اگر تقویت کننده مربوط به مدار نوسان ساز در حالت قطع و اشباع کار کند، چه نوع سیگنالی تولید می شود؟ چرا؟
- ۸- انواع نوسان سازها را از نظر شبکه تعیین کننده فرکانس نام ببرید.
- ۹- انواع نوسان سازها را از نظر نوع فیدبک نام ببرید.
- ۱۰- در صورتی که در یک نوسان ساز مقدار  $A_V = 25$  و  $B_V = \frac{1}{10}$  باشد، چه تأثیری بر عملکرد مدار می گذارد؟

### ۶-۶ مدولاسیون



شکل ۶-۴۷ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیس

برای انتقال سیگنال های صوتی یا تصویری به فواصل دور باید این امواج را به امواج الکترومغناطیس تبدیل و آن را از طریق آنتن انتشار دهیم. شکل ۶-۴۷ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیس و انتشار آن را نشان می دهد.

آیا می توان امواج صوتی را به طور مستقیم در فضا پخش کرد؟ در صورتی که این امر امکان پذیر باشد، چه معایبی دارد؟ نتیجه پژوهش را به صورت یک گزارش ارائه دهید.

پژوهش



فیلم



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

### تعریف مدولاسیون

اگر سیگنال صوتی (سیگنال پیام) را روی سیگنال دیگری که دارای فرکانس بالا است سوار کنیم، می توانیم آن را به صورت امواج الکترومغناطیس در فضا پخش کنیم. به این عمل در اصطلاح عمومی، مدولاسیون (Modulation) می گویند. سیگنال پیام را سیگنال مدوله کننده (Modulating Signal) می نامند. سیگنالی که پیام روی آن سوار می شود، سیگنال حامل (Carrier) یا سیگنال مدوله شونده (Modulation Signal) نام دارد. به مدار یا دستگاهی



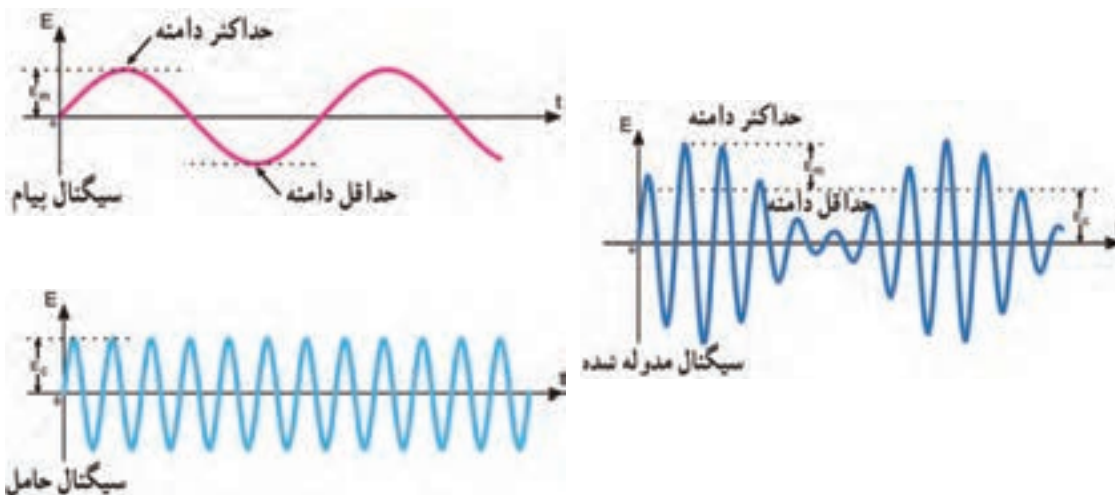
که عمل مدولاسیون را انجام می‌دهد، مدولاتور (Modulator) می‌گویند. شکل ۶-۴۸ چگونه انجام مدولاسیون را به صورت بلوکی نشان می‌دهد.

شکل ۶-۴۸ بلوک دیاگرام نحوه انجام مدولاسیون

### انواع مدولاسیون

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

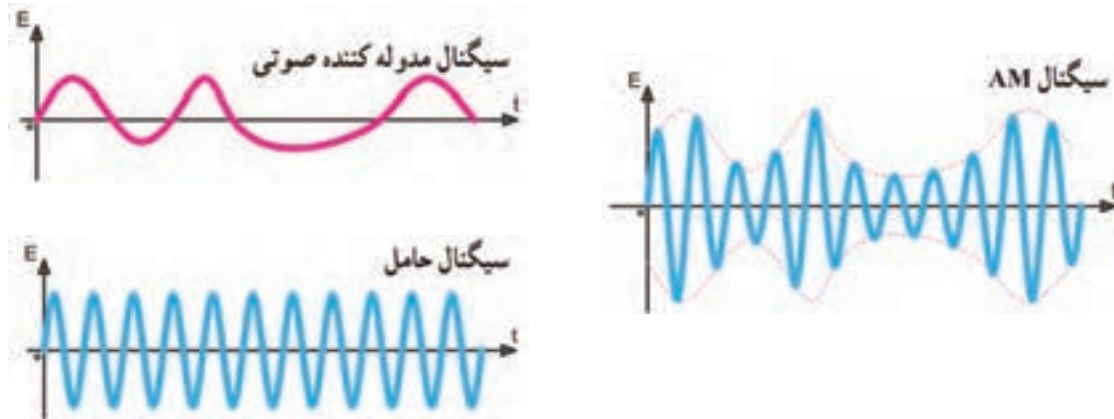
✓ **مدولاسیون دامنه (Amplitude Modulation):** در مدولاسیون دامنه، فرکانس موج حامل (کریئر) ثابت است و دامنه حامل متناسب با دامنه پیام (موج مدوله کننده) تغییر می‌کند. در این حالت سرعت تکرار تغییرات دامنه حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون دامنه را به اختصار به صورت AM می‌نویسند. در شکل ۶-۴۹ سیگنال پیام سینوسی، سیگنال حامل سینوسی و سیگنال مدوله شده AM را مشاهده می‌کنید.



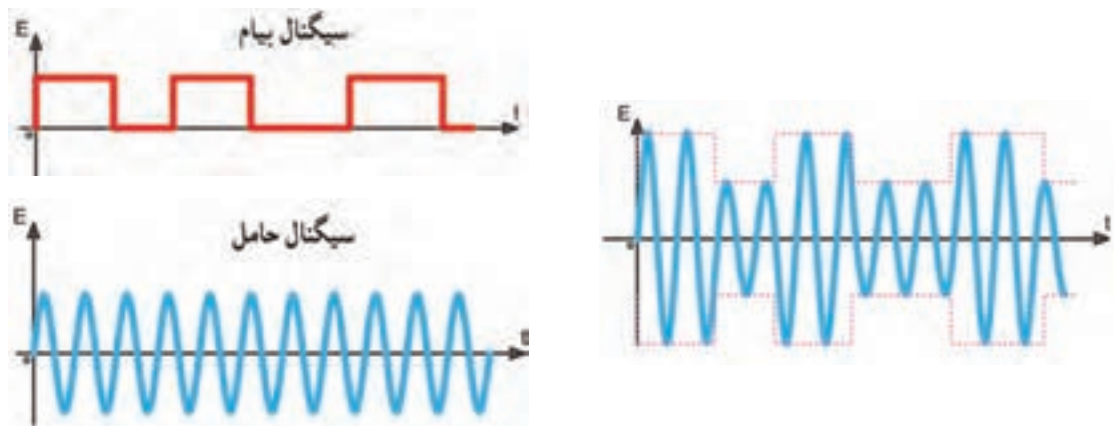
شکل ۶-۴۹ سیگنال مدوله شده AM

فصل چهارم: پروژه مخابراتی

در شکل های ۶-۵۰ و ۶-۵۱ دو نوع پیام غیر سینوسی و حامل سینوسی و موج مدوله شده AM مربوط به آنها را مشاهده می کنید.



شکل ۶-۵۰ سیگنال مدوله شده AM با سیگنال غیر سینوسی



شکل ۶-۵۱ سیگنال مدوله شده AM با پیام مربعی

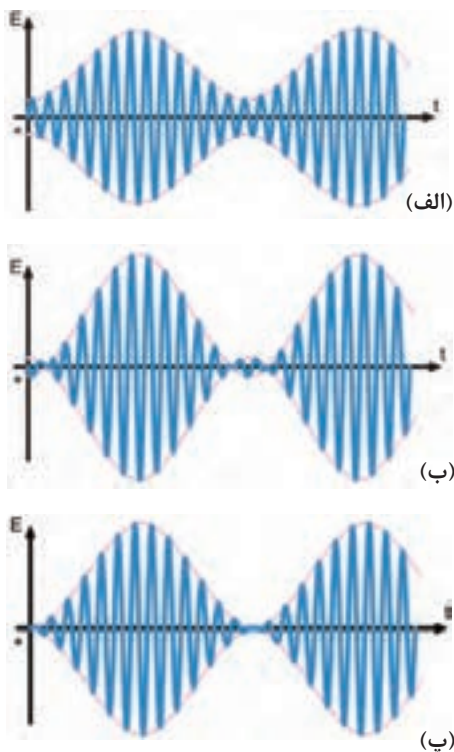
✓ **درصد مدولاسیون (Percent of Modulation):** میزان درصد نسبت دامنه سیگنال پیام به دامنه سیگنال حامل را درصد مدولاسیون می گویند و آن را با  $M$  یا  $m_p$  نشان می دهند.

$$\text{درصد مدولاسیون} = M = m_p = \frac{\text{دامنه پیام}}{\text{دامنه حامل}} \times 100\% = \frac{E_m}{E_c} \times 100\%$$

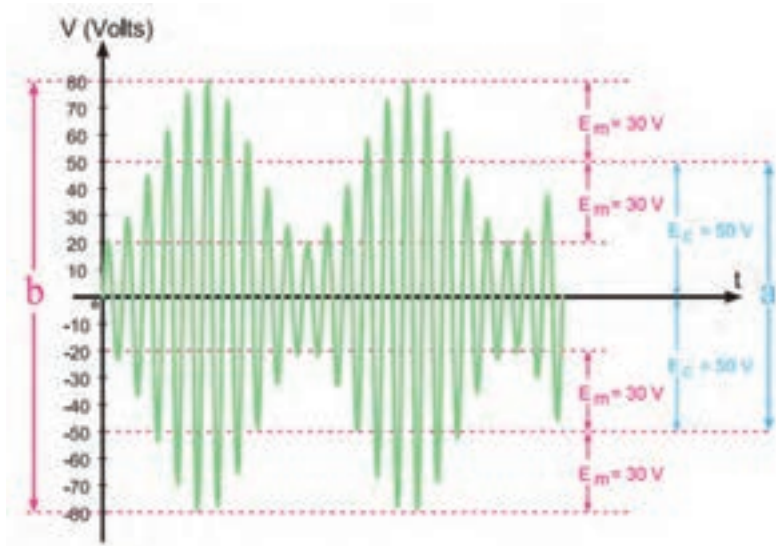
**مثال:** درصد مدولاسیون را در شکل ۶-۵۲ به دست آورید.

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

$$m = \frac{\text{دامنه پیام}}{\text{دامنه حامل}} = \frac{E_m}{E_c} = \frac{30}{50} = 0.6 \quad \quad M_p = \frac{30}{50} \times 100\% = 60\%$$



شکل ۶-۵۳



شکل ۶-۵۲ موج AM

در مورد درصد مدولاسیون، شکل‌های ۶-۵۳ الف - ب - پ با هم گروهی خود بحث کنید و نتیجه را یادداشت کنید.

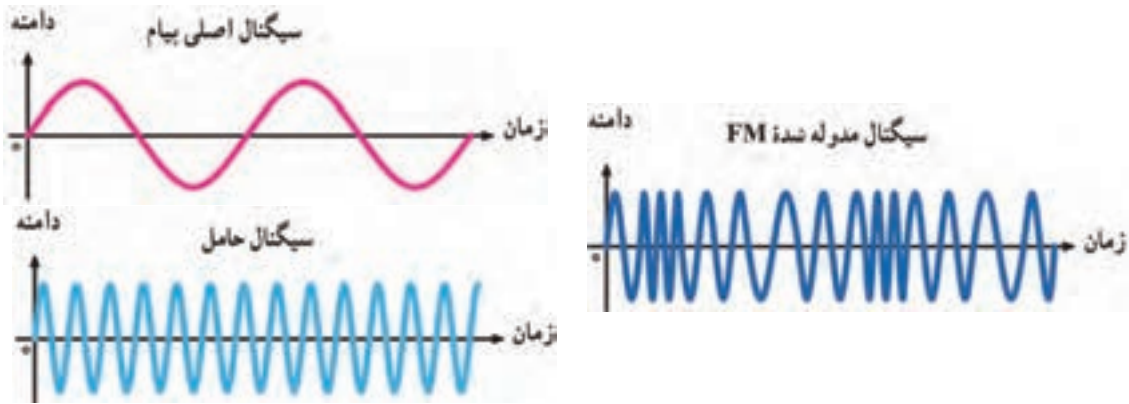
بحث گروهی



## ۶-۷ اشاره‌ای به مدولاسیون فرکانس (Frequency Modulation)

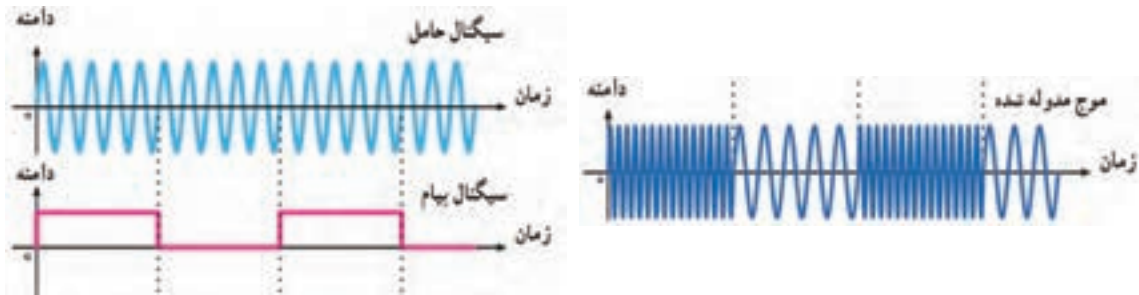
در صورتی که فرکانس سیگنال حامل، متناسب با تغییرات دامنه پیام تغییر کند مدولاسیون فرکانس ایجاد می‌شود. در این حالت سرعت تکرار تغییرات فرکانس موج حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فرکانس را با FM نشان می‌دهند. در شکل ۶-۵۴ مدولاسیون FM با پیام سینوسی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هنگامی که دامنه پیام صفر است، فرکانس موج مدوله شده برابر با موج حامل می‌شود. با افزایش دامنه سیگنال پیام، فرکانس حامل افزایش می‌یابد (فشرده می‌شود) و با کاهش دامنه پیام، فرکانس حامل کم می‌شود.





شکل ۶-۵۴ سیگنال مدوله شده FM با پیام سینوسی

شکل ۶-۵۵ پیام مربعی که روی سیگنال حامل سینوسی به صورت FM مدوله شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۵۵ سیگنال مدوله شده FM با پیام مربعی

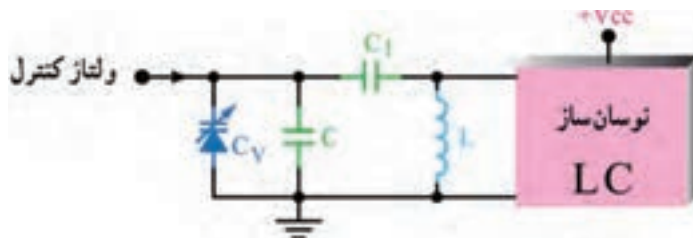
باند FM چه محدوده فرکانسی را اشغال می‌کند؟ در FM تجاری در اثر عمل مدولاسیون فرکانس حامل نسبت به مقدار طبیعی خود چقدر تغییر (انحراف) پیدا می‌کند؟ نتیجه را به صورت یک گزارش ارائه دهید.

پژوهش



## ۶-۸ نوسان ساز VCO (Voltage Controlled Oscillator)

اسیلاتور VCO یک نوع نوسان ساز است که فرکانس آن را می‌توان با استفاده از ولتاژ DC ورودی تغییر داد. در فرکانس‌های بالا برای کنترل فرکانس معمولاً دیود وریکتور (Varactor) به کار می‌رود. این دیود بخشی از مدار هماهنگ اسیلاتور LC را تشکیل می‌دهد. در شکل ۶-۵۶ بلوک نوسان ساز LC را همراه با مدار رزونانس آن و دیود خازنی مشاهده می‌کنید. با تغییر ولتاژ DC، ظرفیت دیود خازنی تغییر می‌کند و در نهایت ظرفیت خازنی معادل مدار تانک را تغییر می‌دهد. با تغییر ظرفیت خازنی فرکانس نوسان ساز تغییر می‌کند.



شکل ۶-۵۶ نوسان ساز VCO با دیود خازنی



شکل ۵۷-۶ نوسان‌ساز با فرکانس قابل کنترل با ولتاژ

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

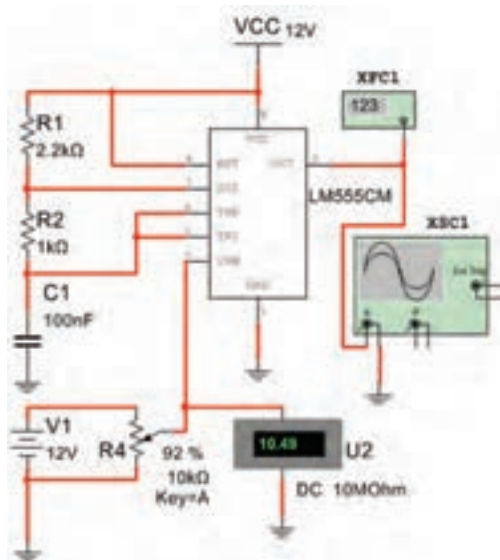
شکل ۵۷-۶ یک نوسان ساز VCO را نشان می‌دهد که به وسیله آی سی ۵۶۶ دو نوع موج مربعی و مثلثی را تولید می‌کند. ولتاژ DC کنترل کننده فرکانس از طریق پتانسیومتر  $R_1$  به پایه شماره ۵ آی سی می‌رسد. آی سی ۵۶۶ یک نوع مدار خاص است که با استفاده از آن می‌توانید فرکانس خروجی نوسان‌ساز موج مربعی و دندان‌اره‌ای را تغییر دهید.

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

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



## بستن مدار نوسان‌ساز VCO در فضای نرم‌افزار



شکل ۵۸-۶ مدار نوسان‌ساز VCO

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

مواد، ابزار و تجهیزات: رایانه - نرم‌افزار مناسب - لوازم التحریر

### مراحل اجرای کار

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

۲- مدار شکل ۵۸-۶ را در فضای نرم‌افزار ببندید.

۳- فرکانس متر را به خروجی اتصال دهید و طبق شکل

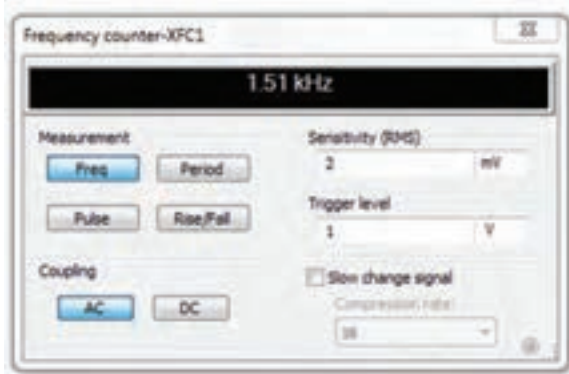
۵۹-۶ آن را تنظیم کنید.

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

موج تغییر می‌کند؟

۵- ولتاژ DC ورودی مدار را مطابق جدول ۹-۶ به وسیله پتانسیومتر تغییر دهید. فرکانس خروجی را به کمک فرکانس متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۹-۶



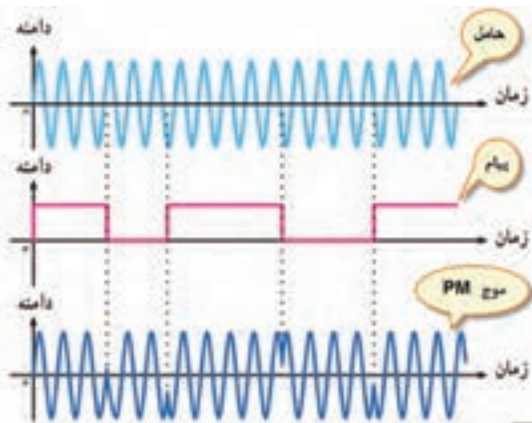
شکل ۵۹-۶ تنظیم فرکانس متر

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

۶- نتایج حاصل شده از جدول ۹-۶ را جمع بندی کنید.

.....

## ۹-۶ مدولاسیون فاز (Phase Modulation)



شکل ۶۰-۶ سیگنال مدوله شده PM با پیام مربعی

اگر فاز سیگنال حامل متناسب با دامنه سیگنال پیام تغییر کند مدولاسیون فاز به وجود می آید. در این حالت سرعت تکرار تغییرات فاز برابر با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فاز از پاره‌ای جهت مشابه مدولاسیون FM است. مدولاسیون فاز را با PM نشان می‌دهند (شکل ۶۰-۶).

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

فیلم



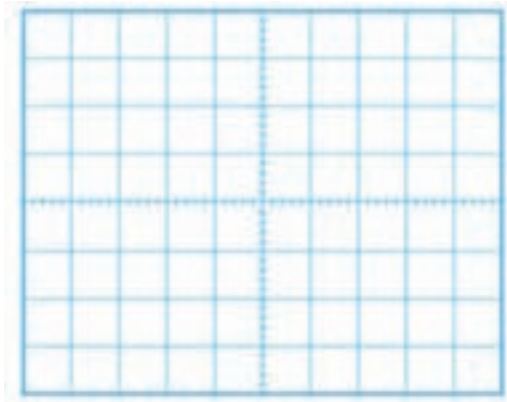
کار عملی ۱۰



مشاهده شکل موج AM به وسیله فانکشن ژنراتور یا مولد RF

هدف: مشاهده موج مدوله شده AM

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه - فانکشن ژنراتور - سیم‌های رابط  
مراحل اجرای کار



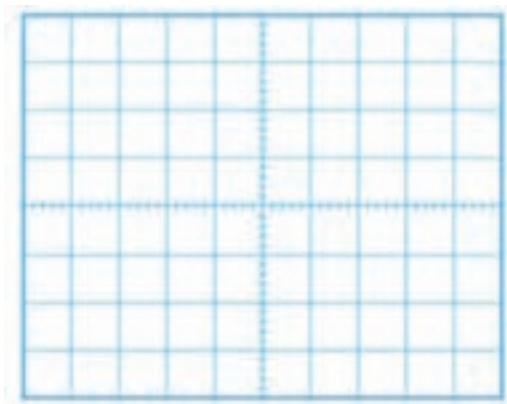
شکل ۶-۶۱

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

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

۳- دامنه درصد مدولاسیون سیگنال ژنراتور را آن قدر افزایش دهید تا دامنه پیام نصف دامنه حامل شود،  $(E_m = \frac{E_C}{2})$ . در این حالت مدولاسیون ۵۰ درصد به وجود می‌آید.

۴- شکل موج خروجی مدار را در نمودار شکل ۶-۶۱ رسم کنید.



شکل ۶-۶۲

۵- سیگنال ژنراتور را روی موج مربعی و فرکانس ۱ KHZ قرار دهید و درصد مدولاسیون را روی ۵۰ درصد تنظیم کنید و شکل موج خروجی مدار را در نمودار شکل ۶-۶۲ رسم کنید.

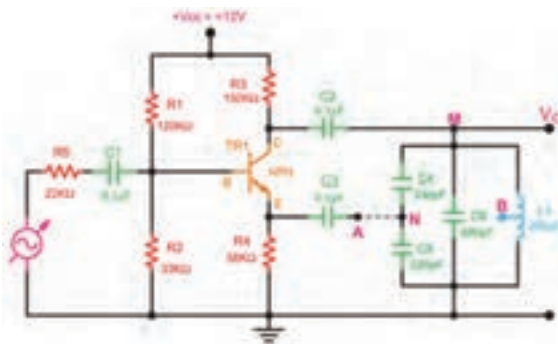
### فعالیت در ساعات غیردرسی

در صورت داشتن وقت اضافی، در ساعات غیردرسی می‌توانید مدار مدولاتور را با اسیلاتور شکل ۶-۶۳ ببندید و شکل موج مدوله شده را مشاهده کنید. همچنین می‌توانید با استفاده از مدولاسیون خارجی و یک سیگنال ژنراتور AF تغییرات درصد مدولاسیون را ملاحظه نمایید.

فعالیت



پژوهش



شکل ۶-۶۳ مدار مدولاتور AM

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

### الگوی پرسش نظری

- ۱- فرمول درصد مدولاسیون را بنویسید و برای آن مثالی طراحی کنید.
  - ۲- در مورد مدولاسیون AM کدام گزینه صحیح است؟
    - ۱) دامنه کریر متناسب با فرکانس پیام تغییر می کند. (۲) سرعت تغییر فرکانس کریر متناسب با دامنه پیام است.
    - ۳) دامنه کریر متناسب با دامنه پیام تغییر می کند. (۴) سرعت تغییر دامنه کریر متناسب با دامنه پیام است.
    - ۳- در مدولاسیون فرکانس، دامنه کریر ..... است و فرکانس کریر متناسب با ..... پیام تغییر می کند.
    - ۴- در مدولاسیون فاز، دامنه و فرکانس کریر ثابت است و فاز کریر متناسب با دامنه پیام تغییر می کند.
- غلط                       صحیح

## ۱۰-۶ مدولاسیون های پالس و دیجیتال (Pulse and Digital modulation)

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

فیلم



در روش های جدید مدولاسیون از مدولاسیون پالس و مدولاسیون دیجیتال استفاده می شود. در این نوع مدولاسیون ها، سیگنال های آنالوگ پیام به نوعی از سیگنال های پالسی یا دیجیتالی که منشأ آن موج های حامل یا کریر است تبدیل می شود. این نوع مدولاسیون ها انواع متنوع و گسترده ای دارد که در این قسمت به تشریح اختصاری و اجمالی آن می پردازیم.

اگر سیگنال کریر (حامل) به صورت پالس (به صورت منفصل) باشد، در این صورت مدولاسیون های پالسی شکل می گیرد. مدولاسیون های پالسی به دو دسته تقسیم می شوند.

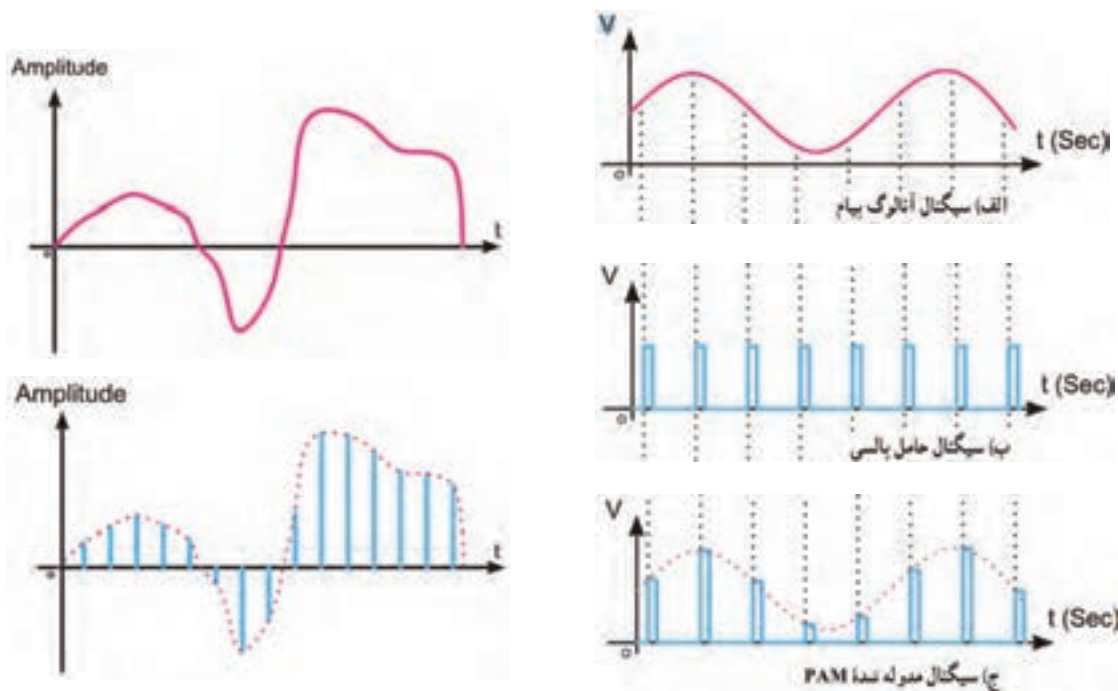
**الف) مدولاسیون های منفصل:** این نوع مدولاسیون ها به صورت PAM، PWM و PDM تولید می شوند که کاربردهای مخابراتی و صنعتی دارند، از کاربردهای مخابراتی می توان کاربرد PPM را در اندازه گیری های رادار نام برد. از کاربردهای صنعتی این نوع مدولاسیون می توان کنترل دور و سرعت موتور را با روش های PWM نام برد.

**ب) مدولاسیون های دیجیتال:** این نوع مدولاسیون بسیار متداول است مثلاً PCM که در سیستم های مخابره دیجیتال (مانند تلفنی، تصویری) به کار می رود. در PCM پیام به کدهای دیجیتالی تبدیل و منتقل می شود. برای مسافت های طولانی تر از انواع دیگر مدولاسیون های دیجیتال مانند FSK، ASK و PSK استفاده می شود.

## ۱۱-۶ سیگنال منفصل (گسسته - Discrete)

یکی دیگر از روش های مدولاسیون معمولاً استفاده از نمونه برداری است. اگر از سیگنال آنالوگ به صورت پالسی نمونه برداری (Sampling) کنیم، سیگنال منفصل به دست می آید. این نمونه برداری مطابق شکل ۶-۶۴ در فواصل زمانی معین که زمان تناوب نمونه برداری (Sampling Period) نامیده می شود، صورت می گیرد. عمل

نمونه برداری به وسیله پالس‌های سیگنال حامل صورت می‌گیرد. در این حالت دامنه سیگنال حامل (AC) تحت تأثیر سیگنال پیام قرار می‌گیرد و متناسب با آن تغییر می‌کند. سیگنال منفصل حاصل شده را سیگنال مدوله شده دامنه پالس (Pulse Amplitude Modulation یا PAM) می‌نامند. در شکل ۶-۶۴ یک نمونه سیگنال پیام آنالوگ، حامل پالسی و سیگنال مدوله شده PAM را مشاهده می‌کنید. در شکل ۶-۶۵ نوع دیگری از پیام را ملاحظه می‌کنید که به صورت PAM در آمده است. در این شکل پهنای پالس‌های حامل بسیار کم است که به آن پالس‌های سوزنی (Impulse) می‌گویند.



شکل ۶-۶۵ نمونه دیگری از پیام و سیگنال PAM

شکل ۶-۶۴ سیگنال پیام، حامل و سیگنال مدوله شده

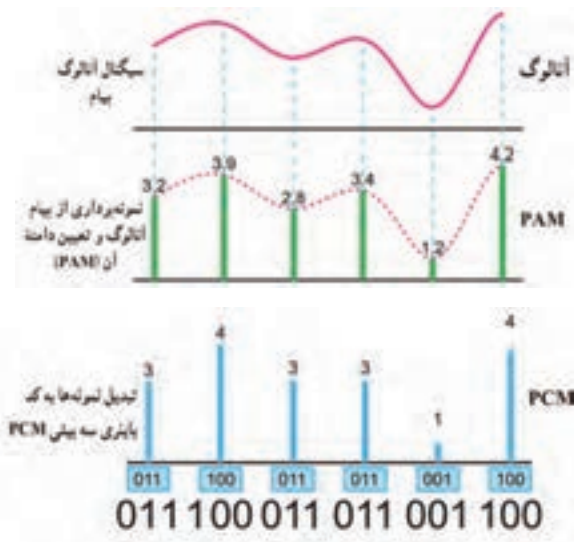
به چه دلیل به مدولاسیون PAM مدولاسیون منفصل می‌گویند. درباره این موضوع بحث کنید و نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

بحث گروهی



## ۱۲-۶ مدولاسیون پالسی کد شده (PCM) (Pulse Code Modulation)

اگر سیگنال منفصل (PAM) را با یک درجه‌بندی مشخص و تعریف شده به کدهای باینری تبدیل کنیم مدولاسیون PCM شکل می‌گیرد. این روش را کوآنتیزه کردن (Quantization) می‌نامند. در شکل ۶-۶۶ سیگنال آنالوگ را مشاهده می‌کنید که ابتدا به سیگنال PAM تبدیل شده است. در مرحله بعد سیگنال PAM را درجه‌بندی کرده‌ایم و کد معادل آن را به دست آورده‌ایم. در این مرحله سیگنال PAM



به PCM تبدیل شده است. کد استفاده شده در این تبدیل سه بیتی است.  
**پرسش:** تفاوت سیگنال PAM و PCM را در یک جمله شرح دهید.

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

کار گروهی



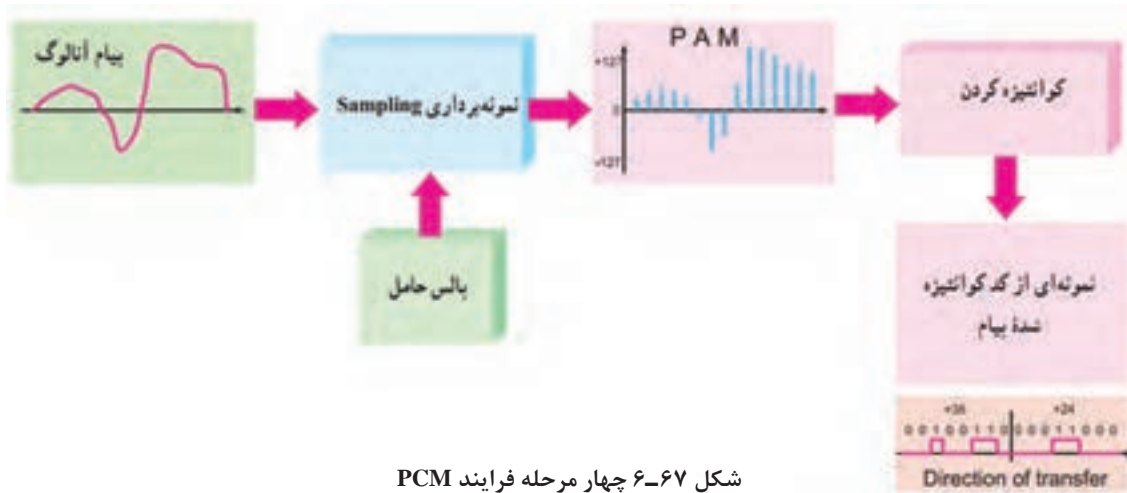
فیلم چگونگی اجرای فرایند PAM را ببینید.

فیلم



شکل ۶-۶۶ سیگنال آنالوگ و سیگنال PAM و PCM حاصل از آن

در شکل ۶-۶۷ چهار فرایند PCM که شامل PAM، کوآنتیزه کردن، کدبندی باینری و کدبندی دیجیتال به دیجیتال است، نشان داده شده است.

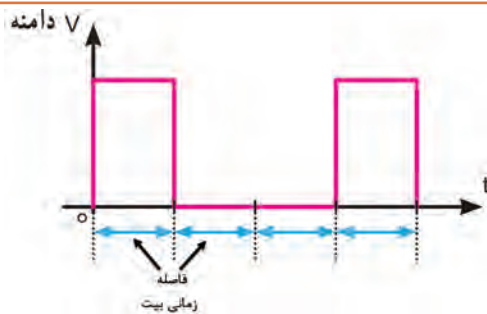


شکل ۶-۶۷ چهار مرحله فرایند PCM

### برخی از تعاریف مهم

#### فاصله زمانی بیت Bit Interval

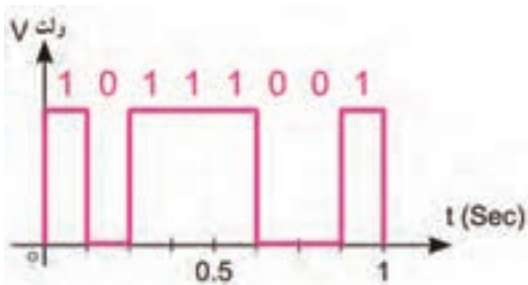
فاصله زمانی بیت، زمان لازم برای ارسال یک بیت است. شکل ۶-۶۸ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و فاصله زمانی یک بیت را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۶۸ فاصله زمانی یک بیت

### نرخ بیت Bit Rate

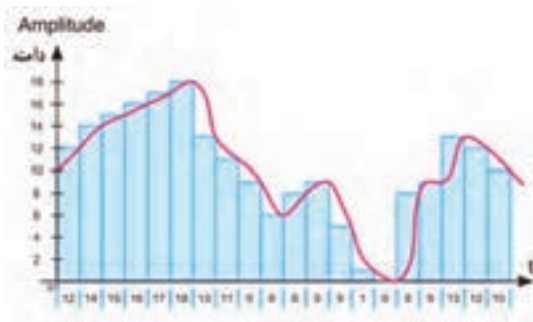
سرعت انتشار بیت‌ها را نرخ بیت می‌نامند. نرخ بیت برحسب بیت در ثانیه (Bit Per Second) BPS می‌باشد. در شکل ۶-۶۹ یک سیگنال دیجیتالی با BPS برابر ۸ رسم شده است. نرخ بیت در واقع تعیین‌کننده سرعت انتشار و انتقال اطلاعات است.



شکل ۶-۶۹ سیگنال دیجیتالی با هشت BPS

### فرکانس نمونه‌برداری (Sampling Rate)

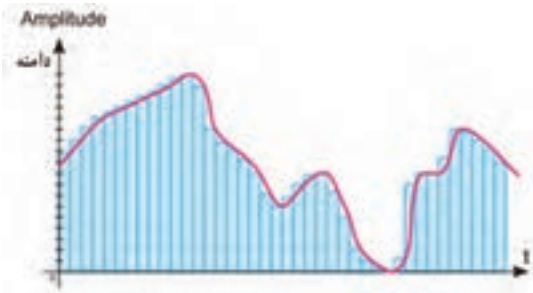
نرخ نمونه‌برداری Sampling Frequency: سرعت نمونه‌برداری عبارت از تعداد نمونه‌هایی است که در یک ثانیه از پیام برداشته می‌شود. هر قدر تعداد نمونه‌ها در ثانیه بیشتر شود، هنگام تبدیل و بازسازی نمونه‌ها (سیگنال منفصل یا PAM) به سیگنال آنالوگ با تغییر شکل موج کمتری روبه‌رو می‌شویم. در شکل ۶-۷۰ نمونه‌برداری از سیگنال آنالوگ و موج بازسازی شده آن را در شکل ۶-۷۱ مشاهده می‌کنید.



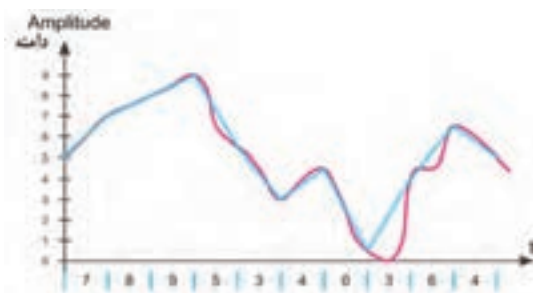
شکل ۶-۷۲ سرعت و دقت نمونه‌برداری دو برابر



شکل ۶-۷۰ نمونه‌برداری از سیگنال آنالوگ



شکل ۶-۷۳ سرعت و دقت نمونه‌برداری چهار برابر



شکل ۶-۷۱ موج بازسازی شده

در شکل‌های ۶-۷۲ و ۶-۷۳ نمونه‌های برداشته‌شده در یک ثانیه (سرعت نمونه‌برداری) و تعداد مقادیر که به هر نمونه اختصاص داده شده (دقت نمونه‌برداری) متفاوت است. پیام در کدام مورد دقیق‌تر بازسازی می‌شود؟ نتیجه را در قالب گزارش ارائه دهید.

فعالیت گروهی



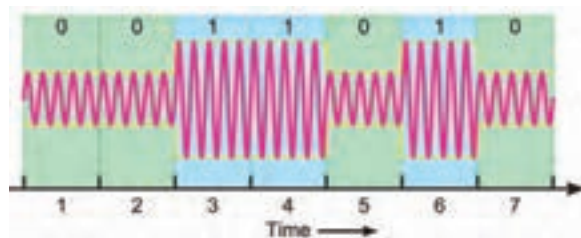


## ۱۳-۶ مدولاسیون‌های دیجیتال

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

### مدولاسیون ASK (Amplitude Shift Keying)

در مدولاسیون ASK برای نمایش ۰ یا ۱ باینری دامنه سیگنال حامل تغییر می‌کند و فرکانس و فاز حامل ثابت می‌ماند. مقدار دامنه کاربرد در مقادیر صفر و یک باینری به عهده طراحان سیستم است. شکل ۶-۷۴ یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را نشان می‌دهد. ASK بسیار نویزپذیر است زیرا نویز می‌تواند روی دامنه قرار گیرد و ۰ را به ۱ و ۱ را به ۰ تبدیل کند.



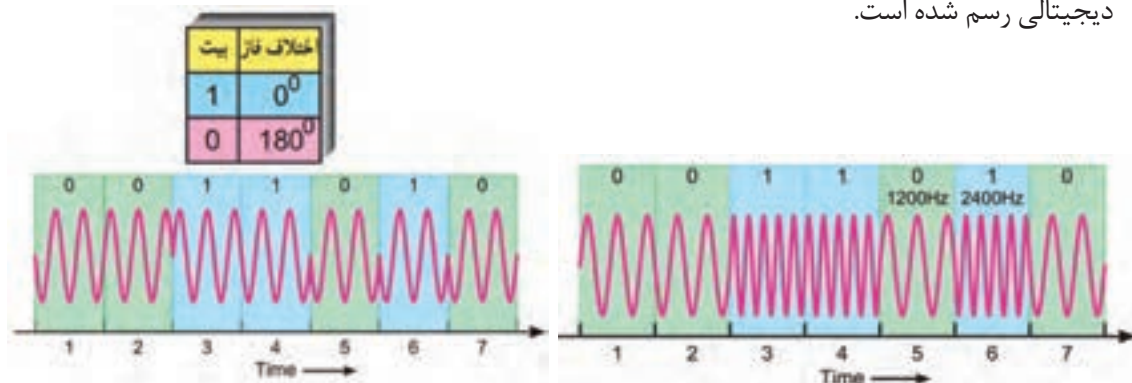
شکل ۶-۷۴ یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK

### مدولاسیون FSK (Frequency Shift Keying)

در مدولاسیون FSK برای نمایش ۰ یا ۱ باینری، فرکانس سیگنال حامل تغییر داده می‌شود و دامنه و فاز حامل ثابت باقی می‌ماند. فرکانس حامل در فاصله زمانی هر بیت مقدار ثابتی است. شکل ۶-۷۵ مدولاسیون FSK را نشان می‌دهد. FSK نسبت به نویز مقاوم‌تر از ASK است.

### مدولاسیون PSK (Phase Shift Keying)

در مدولاسیون PSK فاز سیگنال سینوسی را برای نمایش باینری «۱» و «۰» تغییر می‌دهند. در این حالت دامنه و فرکانس حامل ثابت است. به عنوان مثال اگر برای نمایش عدد باینری (۱)، سیگنال حامل با فاز صفر درجه شروع شود، می‌توان فاز سیگنال حامل را  $180^\circ$  درجه تغییر داد تا عدد باینری (۰) را ارسال نمود. فاز سیگنال حامل در طول هر بیت ثابت است. در شکل ۶-۷۶ مدولاسیون PSK برای یک نمونه سیگنال دیجیتال رسم شده است.



شکل ۶-۷۵ یک نمونه سیگنال مدوله شده FSK

شکل ۶-۷۶ یک نمونه سیگنال مدوله شده PSK



## مدولاسیون FSK با قطعات واقعی

هدف: تولید مدولاسیون FSK

مواد، ابزار و تجهیزات: اسیلوسکوپ یک دستگاه - آی سی XR-2207 یک عدد - منبع تغذیه یک دستگاه - برد بُرد یک قطعه - مقاومت  $1\text{K}\Omega$  چهار عدد -

مقاومت  $47\text{K}\Omega$  یک عدد (مقاومتها  $\frac{1}{4}$  وات) - پتانسیومتر  $10\text{K}\Omega$  سه عدد - پتانسیومتر  $50\text{K}\Omega$  یک عدد - خازن  $22\text{nF}$  یک عدد - خازن  $1\mu\text{F}$  دو عدد - سیم بُرد - سیم‌های رابط - لوازم التحریر

### مراحل اجرای کار

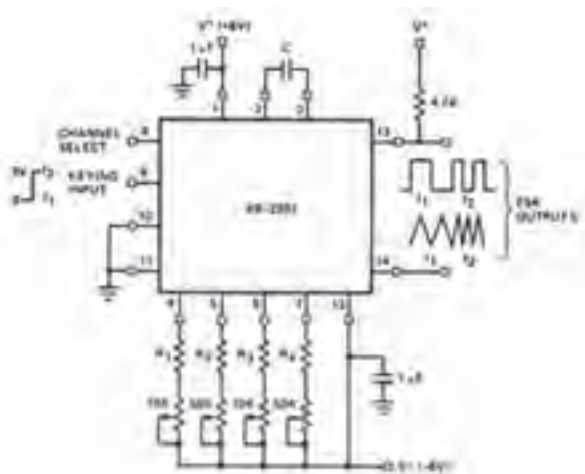
۱- مدار شکل ۶-۷۷ را روی بُرد بُرد ببندید.

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

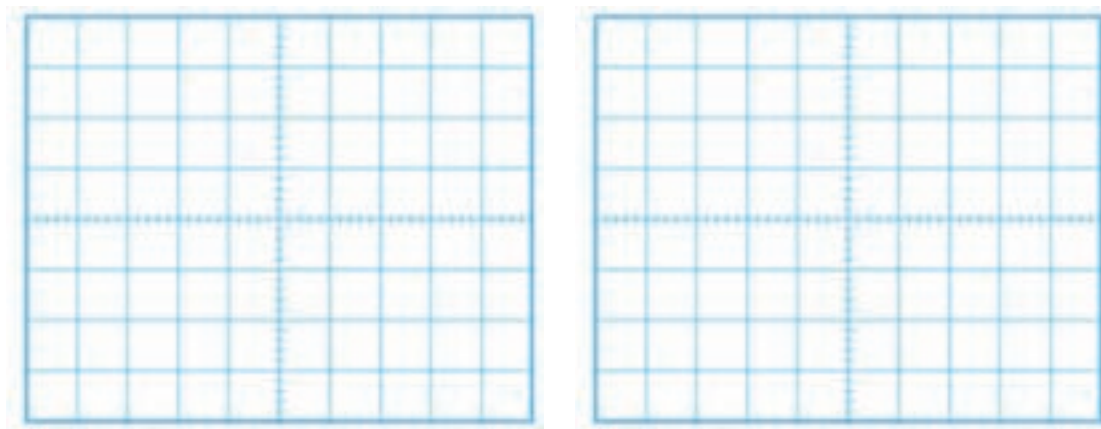
۳- پایه شماره ۸ را به  $+V$  یا زمین وصل کنید.

۴- پایه ۹ را یک‌بار به زمین و بار دیگر به ولتاژ ۳ ولت وصل کنید و هر بار شکل موج خروجی (پایه ۱۳) را

مشاهده و در نمودارهای شکل ۶-۷۸ رسم کنید. به ورودی آی سی، موج مربعی با دامنه ۳ ولت و فرکانس  $1\text{Hz}$  بدهید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید.



شکل ۶-۷۷



شکل ۶-۷۸

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

.....

.....

### الگوی پرسش

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

## فریب امواج مخابراتی در جنگ تحمیلی خلاقیت در ساخت سازه منحرف کننده موشک



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

برگرفته و تلخیص شده از اسناد اداره کل

امور ایثارگران وزارت جهاد کشاورزی

## ۱۴-۶ اجرای پروژه کاربردی

### مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)

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

فیلم ساختمان هوشمند را مشاهده کنید.

فیلم



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

جست و جو

### توضیح عملکرد پروژه

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

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



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

### بلوک دیاگرام مدار

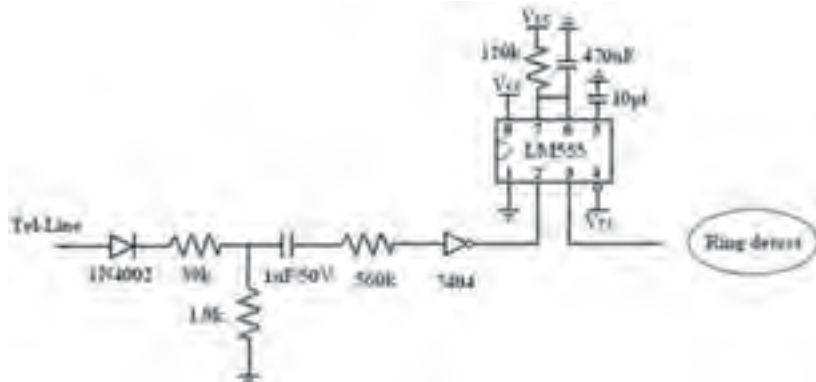
بلوک دیاگرام کلی مدار «شبه‌ساز حضور در منزل» در شکل ۶-۷۹ نشان داده شده است که دارای چهار قسمت اصلی است.



شکل ۶-۷۹ بلوک دیاگرام مدار

### بلوک تشخیص و آشکارسازی زنگ

وضعیت Ring یا حالت زنگ، یک ولتاژ AC سینوسی سوار بر ولتاژ DC (On Hook) است. ولتاژ زنگ یک موج سینوسی با دامنه ۸۰ تا ۱۳۰ ولت و فرکانس ۲۵ هرتز می‌باشد که برای آشکارسازی آن روش‌های متفاوتی وجود دارد. در شکل ۶-۸۰ یک نمونه مدار آشکارساز زنگ نمایش داده شده است. در این مدار از آی‌سی LM555 به‌عنوان تایمر استفاده کرده‌ایم که مدت زمان مشخصی را در اختیار تلفن می‌گذارد و پس از خوردن چند زنگ در صورتی که گوشی برداشته نشود دستگاه به‌طور خودکار وارد عمل شود.



شکل ۶-۸۰ یک نمونه آشکارساز مدار زنگ



## اجرای پروژه کاربردی مخابراتی

**هدف:** فرمان به یک دستگاه از طریق خط تلفن

**مواد، ابزار و تجهیزات:** رایانه - نرم افزار تهیه طرح مدار چاپی - اسیلوسکوپ یک دستگاه - منبع تغذیه یک دستگاه - برد یک قطعه - مولتی متر یک دستگاه - وسایل لحیم کاری - وسایل تهیه طرح مدار چاپی - وسایل سوراخ کاری برد مدار چاپی - قطعات پروژه مطابق جدول ۶-۱۰

### مراحل اجرای کار

۱- در آزمایشگاه مدار بلوک تشخیص و آشکارسازی زنگ مدار شکل ۶-۸۰ را روی برد ببندید و برای مشاهده عملکرد خروجی از یک LED استفاده کنید. خروجی مدار را هم‌زمان به اسیلوسکوپ وصل کنید و با شماره‌گیری خط تلفن، تغییرات شکل موج خروجی را مشاهده و بررسی نمایید.

### نکته

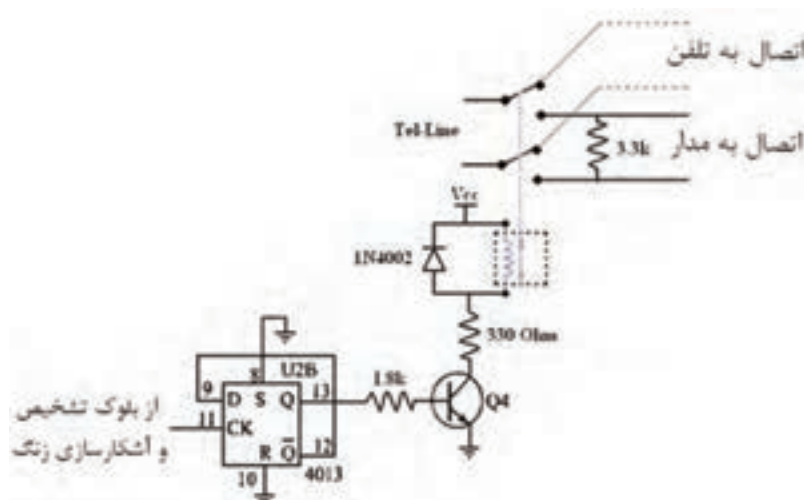
فهرست کلی قطعات در انتهای همین واحد یادگیری آمده است.



### ✓ بلوک ارتباطی بین خط، تلفن و دستگاه

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

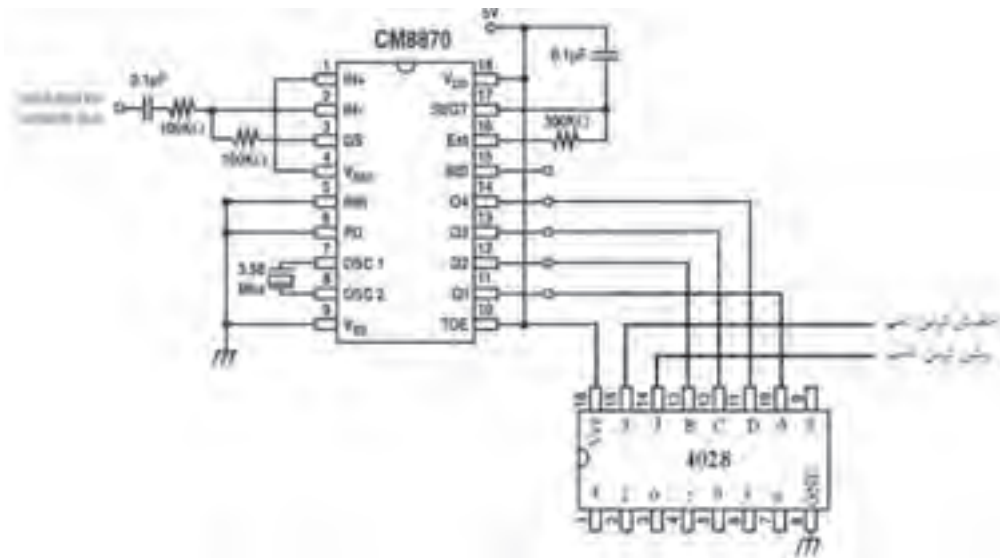
۲- در آزمایشگاه مدار بلوک ارتباطی بین خط، تلفن و دستگاه شکل ۶-۸۱ را به مدار مرحله ۱ اضافه کنید و برای تشخیص صحت عملکرد از یک گوشی تلفن متصل به سمت دیگر رله استفاده کنید. با شماره‌گیری خط حالت زنگ خوردن گوشی تلفن را بررسی نمایید.



شکل ۶-۸۱ مدار ارتباط بین خط تلفن و دستگاه

### ✓ بلوک دریافت شماره کد فرمان

بلوک دریافت شماره کد فرمان امکان کنترل متنوعی را برای دستگاه‌ها را فراهم می‌کند. این بلوک متناسب با نوع سیستم شماره‌گیری مورد استفاده (پالس یا تن) تقسیم‌بندی می‌شود. مدار شکل ۶-۸۲ به‌عنوان تبدیل‌کننده شماره‌گیری‌های تن به عدد دیجیتالی یا باینری (Binary) استفاده می‌شود. عدد باینری توسط آی سی ۴۰۲۸ با فعال شدن یکی از پایه‌ها رمزگشایی می‌شود.



شکل ۶-۸۲ مدار دریافت شماره کد فرمان

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

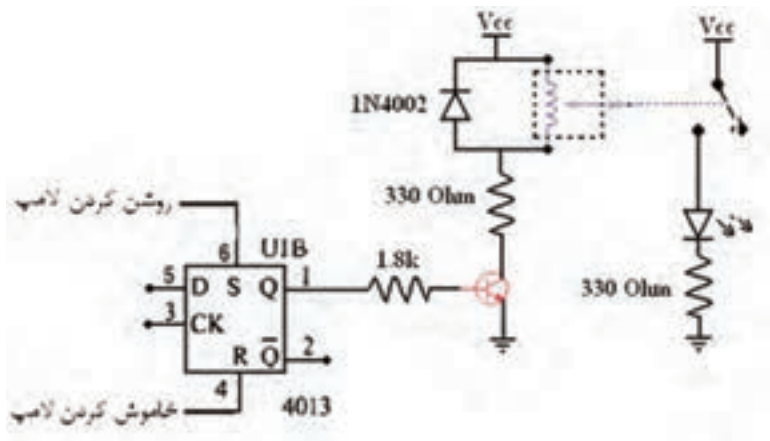
با مراجعه به کتاب مشخصات آی‌سی‌ها، چگونگی عملکرد آی‌سی ۴۰۲۸ را بررسی کنید.

تحقیق



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

### ✓ بلوک کنترل‌کننده دستگاه

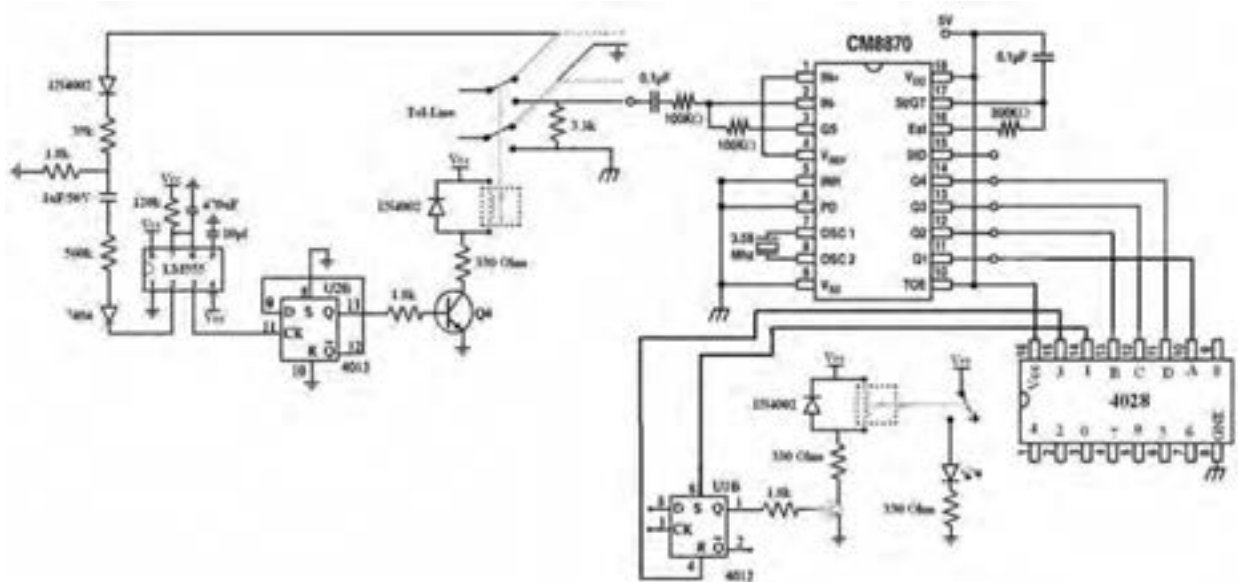


شکل ۶-۸۳ مدار کنترل‌کننده دستگاه

در بلوک کنترل کننده دستگاه، از یک ترانزیستور BC107 به عنوان سوئیچ الکترونیکی استفاده شده است. این بلوک دستور لازم جهت فعال شدن را از فلیپ فلاپ دوم آی سی ۴۰۱۳ دریافت می کند. این سوئیچ می تواند رله ای را که با ولتاژ ۲۲۰ کار می کند فعال کرده و دستگاه دیگری را راه اندازی کند. طبق شکل ۶-۸۳ جهت رعایت نکات ایمنی در آزمایشگاه، هنگام تست مدار، به جای دستگاه ۲۲۰ ولت از یک عدد LED استفاده کنید. ۴- بلوک کنترل کننده دستگاه را به طور کامل در آزمایشگاه ببینید و با شماره گیری تلفن، خروجی پایه متناسب با آن را با ولت متر اندازه گیری کنید.

#### ✓ نقشه فنی کلی مدار

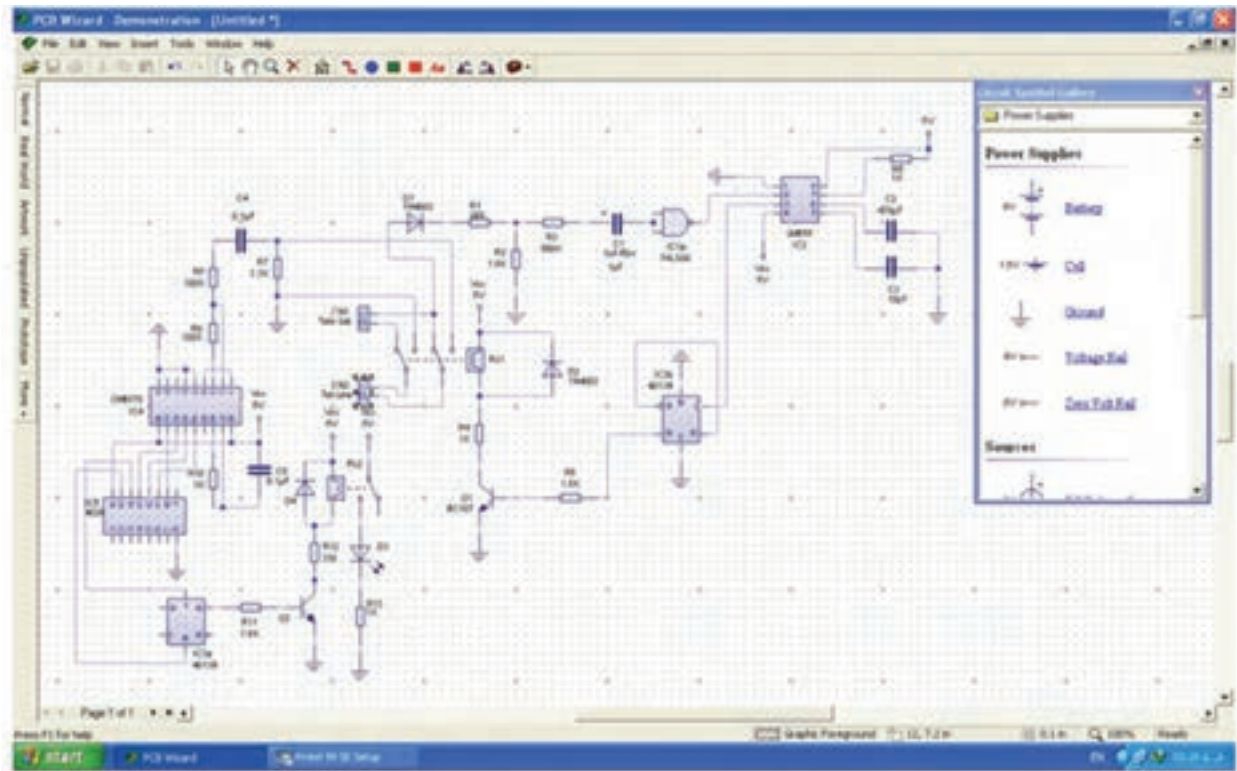
در شکل ۶-۸۴ نقشه فنی کلی مدار رسم شده است.



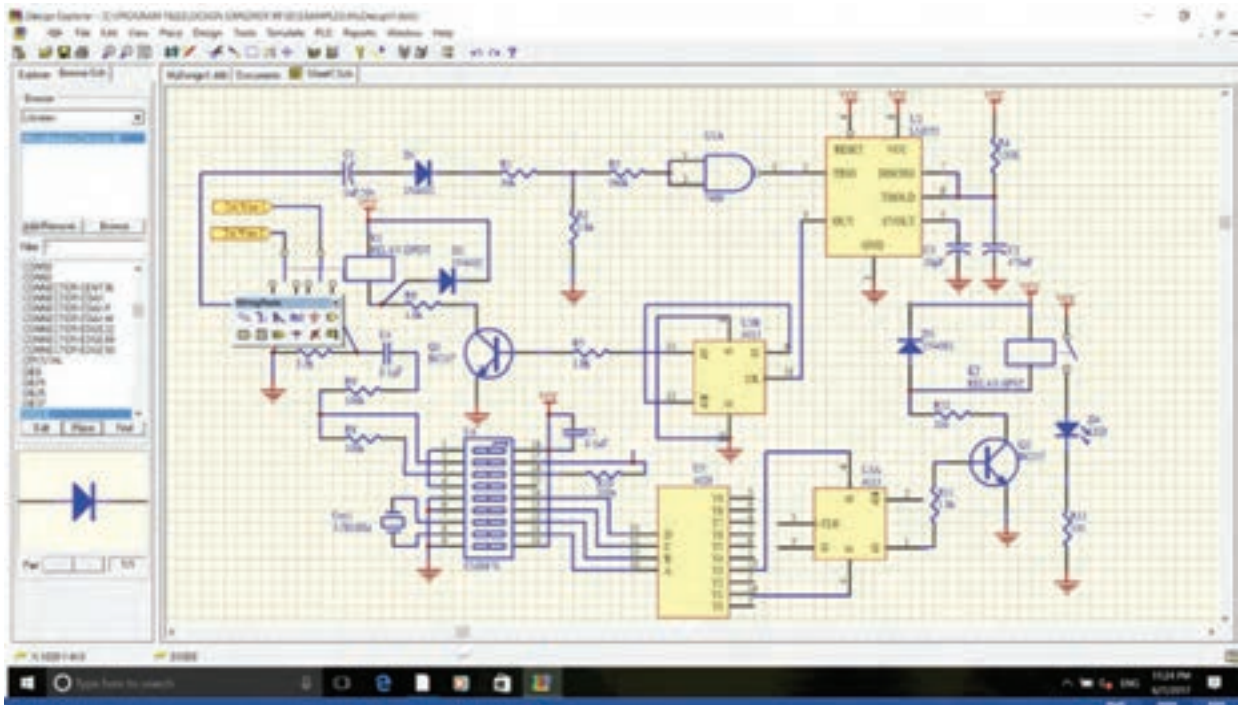
شکل ۶-۸۴ نقشه کلی مدار

۵- مدارهای بخش های مختلف را با استفاده از یکی از نرم افزارهای طراحی مدار چاپی کنار هم رسم کنید. توجه داشته باشید که از نام گذاری ها و علائم مناسب الکترونیکی استفاده نمایید. در شکل های ۶-۸۵ و ۶-۸۶ این مدار با استفاده از نرم افزار PCB Wizard و Protel 99 SE به طور کامل رسم شده است. شما می توانید از نرم افزار آلتیوم دیزاینر نیز استفاده کنید.





شکل ۸۵- مدار داخلی با نرم افزار PCB Wizard



شکل ۸۶- مدار داخلی با نرم افزار Protel 99 SE

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

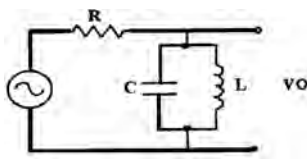
● فهرست قطعات مورد نیاز

کلیه قطعات مورد نیاز برای این پروژه در جدول ۶-۱۰ آمده است.

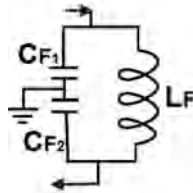
جدول ۶-۱۰ فهرست قطعات پروژه

مقدار	شماره	مقدار	شماره	نوع
۱۰۰k	R <sub>8</sub>	۳۹k	R <sub>1</sub>	مقاومت
۱۰۰k	R <sub>9</sub>	۱/۸k	R <sub>2</sub>	
۳۰۰k	R <sub>10</sub>	۵۶۰k	R <sub>3</sub>	
۱/۸k	R <sub>11</sub>	۱۲۰k	R <sub>4</sub>	
۳۳۰	R <sub>12</sub>	۱/۸k	R <sub>5</sub>	
۳۳۰	R <sub>13</sub>	۱/۸k	R <sub>6</sub>	
		۳/۳k	R <sub>7</sub>	
۰/۱uF	C <sub>4</sub>	۱uF/۵۰v	C <sub>1</sub>	خازن
۰/۱uF	C <sub>5</sub>	۴۷۰uF	C <sub>2</sub>	
		۱۰pF	C <sub>3</sub>	
۱N۴۰	D <sub>3</sub>	۱N۴۰۰۲	D <sub>1</sub>	دیود
LED	D <sub>4</sub>	۱N۴۰۰۲	D <sub>2</sub>	
BC۱۰۷	Q <sub>2</sub>	BC۱۰۷	Q <sub>1</sub>	ترانزیستور
CM۸۸۷۰	U <sub>4</sub>	۷۴۰۰	U <sub>1</sub>	آی سی
۴۰۲۸	U <sub>5</sub>	LM۵۵۵	U <sub>2</sub>	
		۴۰۱۳	U <sub>3</sub>	
SPST	K <sub>2</sub>	DPDT	K <sub>1</sub>	رله

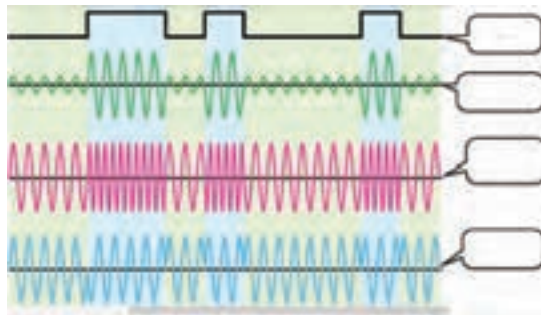
## الگوی آزمون نظری پایان واحد یادگیری (۶)



شکل ۶-۸۸



شکل ۶-۸۷

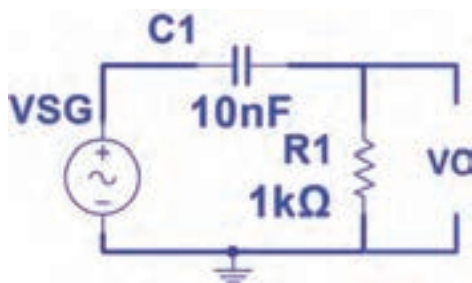


شکل ۶-۸۹

- ۱- اجزای سامانه‌های مخابراتی را نام ببرید و نام هر بخش را به انگلیسی بنویسید.
- ۲- محدوده فرکانسی ..... تا ..... کیلوهرتز LF نام دارد.
- ۳- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر را رسم کنید و روی منحنی فرکانس قطع را مشخص کنید.
- ۴- در فیلتر حذف باند، در فرکانس تشدید (رزونانس) دامنه ولتاژ خروجی کمترین مقدار خود را دارد. صحیح □ غلط □
- ۵- در فیلتر عبور باند با ..... مقدار Q پهنای باند فیلتر کمتر می‌شود.
- ۶- نیازهای اولیه برای نوسان‌سازی را نام فقط ببرید.
- ۷- مدار تعیین فرکانس شکل ۶-۸۷ مربوط به کدام نوع نوسان‌ساز است؟

- ۱) پل وین (۲) کول‌پیتس (۳) هارتلی (۴) آرمسترانگ
- ۸- نام فیلتر شکل ۶-۸۸ را بنویسید و منحنی پاسخ فرکانسی آن را رسم کنید.
- ۹- VCO اول چه کلمات انگلیسی است؟ کلمات انگلیسی را بنویسید و به فارسی معنی کنید. با مراجعه به اسناد مختلف، شماره فنی یک نمونه آی‌سی VCO را بنویسید.
- ۱۰- نام هر سیگنال در شکل ۶-۸۹ را در محل تعیین شده بنویسید.
- ۱۱- BMS اول کلمات انگلیسی Building Management System و به معنی ..... است.

## الگوی آزمون عملی نرم‌افزاری پایان واحد یادگیری (۶)



شکل ۶-۹۰

- ۱- نرم‌افزار مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار مناسب دیگر را فعال کنید.
- ۲- مدار شکل ۶-۹۰ را در فضای نرم‌افزار ببندید.
- ۳- سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی و دامنه ۸ ولت پیک (۸V<sub>PK</sub>) تنظیم کنید.
- ۴- فرکانس قطع فیلتر را با فرمول محاسبه و یادداشت نمایید.
- ۵- فرکانس موج سینوسی را مطابق جدول ۶-۱۱ تغییر دهید و دامنه موج خروجی را به کمک

اسیلوسکوپ نرم افزار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

جدول ۶-۱۱

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



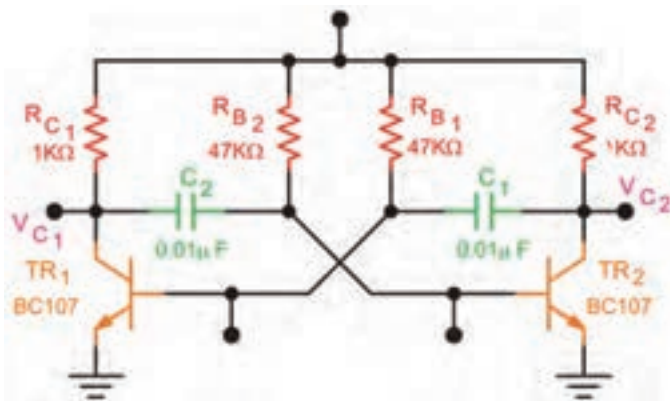
شکل ۶-۹۱

۶- در فرکانس قطع دامنه موج خروجی فیلتر چند درصد دامنه موج ورودی است؟  
 ۷- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۶-۹۱ رسم کنید. روی منحنی، فرکانس قطع را مشخص کنید.

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

الف) کار آزمایشگاهی

۱- مدار شکل ۶-۹۲ را روی برد برد ببندید.



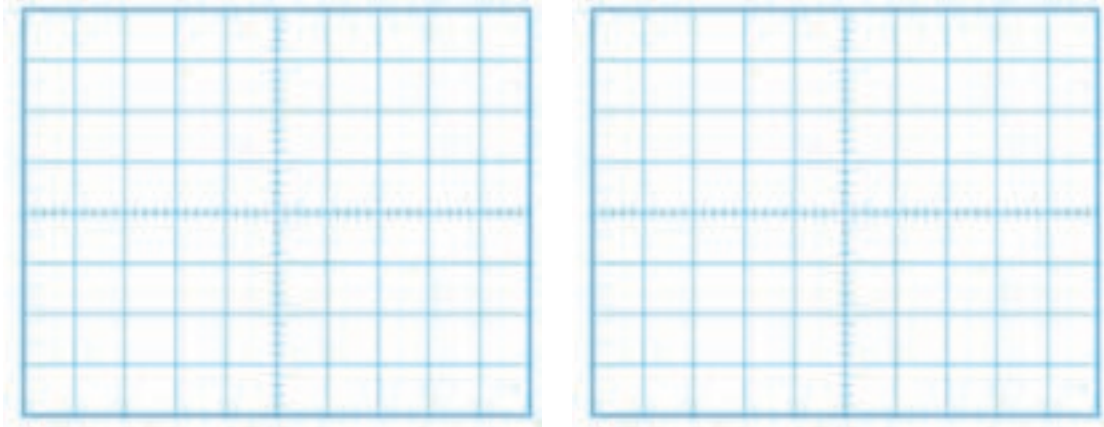
شکل ۶-۹۲

۲- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و به مدار وصل نمایید.

۳- مدار را راه اندازی کنید.

فصل چهارم: پروژه مخابراتی

- ۴- شکل موج کلکتور  $TR_2$  و بیس  $TR_1$  را در نمودارهای شکل ۶-۹۳ رسم کنید.
- ۵- زمان تناوب موج‌ها را اندازه بگیرید و فرکانس موج‌ها را محاسبه و یادداشت کنید.



شکل ۶-۹۳

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

## ارزشیابی شایستگی ساخت پروژه مخابراتی

**شرح کار:** ۱- تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها ۲- شرح انواع فیلترها و بستن مدار در نرم افزار و با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت ها ۳- شرح انواع نوسان سازها و بستن مدار در نرم افزار و با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت ها ۴- شرح انواع مدولاسیون و بستن مدار مدولاتور با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت ها ۵- آماده سازی طرح مدار چاپی پروژه ۶- مونتاژ قطعات روی فیبر ۷- آزمایش صحت عملکرد بُرد مونتاژ شده

**استاندارد عملکرد:** راه اندازی و عیب یابی پروژه کاربردی مخابراتی با رعایت استانداردهای تعریف شده  
**شاخص ها:** ۱- تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها (۵ دقیقه) ۲- تشخیص انواع فیلتر و بستن مدار آن در نرم افزار و یا با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت ها (۲۰ دقیقه) ۳- بستن مدار نوسان ساز در نرم افزار یا با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت ها (۳۰ دقیقه) ۴- شرح انواع مدولاتور و بستن یک نمونه مدار مدولاتور با قطعات واقعی و نرم افزاری (۳۰ دقیقه) ۵- آماده سازی طرح مدار چاپی پروژه (۲۰ دقیقه) ۶- مونتاژ قطعات روی فیبر (۳۰ دقیقه) ۷- تست صحت عملکرد بُرد مونتاژ شده (۱۵ دقیقه)

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:** مکان مناسب انجام کار با کف عایق یا آنتی استاتیک - نور مناسب برای کارهای ظریف - ابعاد حداقل ۶ مترمربع و دارای تهویه یا پنجره - دمای طبیعی (۲۷°C - ۱۸°C) و مجهز به وسایل اطفاء حریق - میز کار استاندارد با ابعاد ۸۰ cm \* ۸۰ cm \* ۱۸۰ L - مجهز به فیوز حفاظت جان - فرد با لباس کار - انجام کار در حال نشسته یا ایستاده - رایانه - پرینتر - نرم افزارهای مناسب - اسیلوسکوپ - منبع تغذیه - ابزار عمومی کارگاه الکترونیک - لوازم التحریر - وسایل تهیه مدار چاپی - وسایل اسید کاری - وسایل سوراخ کاری فیبر - وسایل مونتاژ - قطعات پروژه

ردیف	مراحل کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح انواع باند فرکانسی و کاربرد آنها	۱	
۲	تشخیص انواع فیلتر و بستن مدار آن در نرم افزار و با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت های آن	۲	
۳	بستن مدار نوسان ساز در نرم افزار یا با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت ها	۲	
۴	شرح انواع مدولاسیون و بستن مدار مدولاتور با قطعات واقعی و اندازه گیری کمیت ها	۲	
۵	اجرای کامل پروژه کاربردی مخابراتی	۲	
۶	آزمایش صحت عملکرد بُرد مونتاژ شده	۲	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- محافظت از دستگاه ها ۲- دقت و مسئولیت پذیری ۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر ۴- اخلاق حرفه ای ۵- رعایت نکات زیست محیطی ۶- به کارگیری فناوری نوین	۲	
<b>میانگین نمرات</b>			*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.