بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

گیرنده‌های رادیویی

پایهٔ دهم

دورهٔ دوم متوسطه

شاخهٔ : کاردانش

زمینهٔ : صنعت

گروه تحصیلی : برق

رشتهٔ مهارتی : سیستم‌های صوتی و تصویری

نام استاندارد مهارتی مبنا : تعمیر دستگاه‌های صوتی و رادیو

کد استاندارد متولی : ۵۴/۲۵/۱/۴ ـ ۸

۶۲۱ شبانی، محمود

۳۸۴/ گیرنده‌های رادیویی/ مؤلف : محمود شبانی. ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، وزارت

گ ۸۸۷ ش/ آموزش و پرورش.

۱۵۵ص. : مصور. ــ شاخهٔ کاردانش.

متون درسی شاخهٔ کاردانش، زمینهٔ صنعت، گروه تحصیلی برق، رشتهٔ مهارتی سیستم‌های صوتی و تصویری.

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

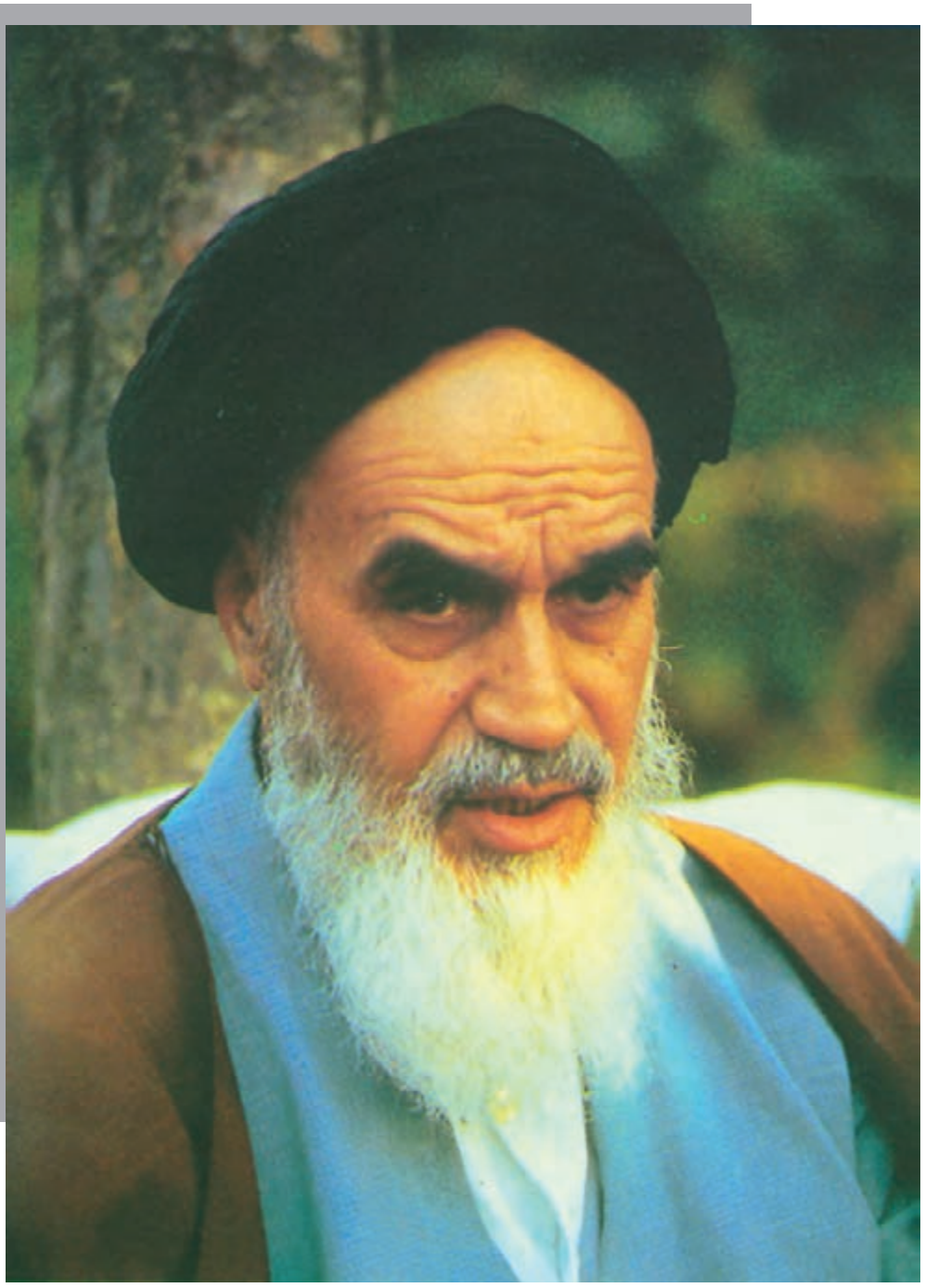
۱. رادیو ــ گیرنده‌ها. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب : گیرنده‌های رادیویی ـ ۳۱۰۱۶۴
پدیدآورنده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف : محمود شبانی (مؤلف)ـ سیدمحمود صموتی (ویراستار فنی) ـ ماهدخت عقیقی (ویراستار ادبی)
مدیریت آماده‌سازی هنری : ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی : صغریٰ عابدی (صفحه‌آرا) ـ هدیه بُندار (رسام) ـ علیرضا رضائی کُر (طراح جلد)ـ عباس رخ وند (عکاس)
نشانی سازمان : تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه : www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن : ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۴۰۲

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۴-۱۲۶۶-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1266-4**



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 اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب بـه نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

مقدمه ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنـامه‌ریزی تألیف «**پودمان‌های مهارت**» یا «**کتاب‌های تخصصی شاخه‌ی کاردانش**» بر مبنای استانداردهای کتاب «**مجموعه برنامه‌های درسی رشته‌های مهارتی شاخه‌ی کاردانش، مجموعه ششم**» صورت گرفته است. براین اساس ابتدا توانایی‌هـای هم‌خانواده (Harmonic Power) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم‌خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم‌خانواده با هم مجدداً دسته‌بندی شده و پودمان مهارتی (Module) را شکل می‌دهند.

دسته‌بندی «**توانایی‌ها**» و «**واحدهای کار**» توسط کمیسیون‌های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم پویا بر برنامه‌ریزی و تألیف پودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آشنایی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه‌ی کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین، «**پودمان‌های مهارت**»، توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمون برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار گیرد. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آن‌ها نیز تعیین می‌گردد، با روش مذکور یک «**پودمان**» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «**شاخه‌ی کاردانش**» چاپ سپاری می‌شود.

بـه‌طور کلی هر استاندارد مهارت بـه تعدادی پودمان مـهـارت (M_1 و M_2 و ...) و هـر پودمان نیز بـه تـعـدادی واحد کار (U_1 و U_2 و...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (P_1 و P_2 و ...) تقسیم می‌شوند. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها به‌کار می‌رود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه‌ی کاردانش و کلیه‌ی عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه‌ی آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

P=Power U= Unit M=Module

مقدمه

سپاس خداوند یکتا را که تمام علوم و زیبایی‌های خلقت از اوست و اوست که علم و دانش را نوری برای هدایت انسان در راه تکامل و پیشرفت قرار داده است تا بتوانیم از دنیای سیاهی رهایی یابیم و به دنیای روشنایی علوم انسانی، اجتماعی، تجربی و فنی برسیم. یکی از ابزارهای طی این مسیر کتاب است.

کتاب حاضر با دیدگاهی کاربردی براساس استاندارد مهارت و آموزش تعمیرکار دستگاه‌های صوتی و تصویری به‌عنوان مقدمه‌ای براصول کار گیرنده‌های رادیویی AM و FM برای فراگیران شاخه‌ی کاردانش تألیف شده است. شیوه ی نگارش کتاب خودآموز و پودمانی است و در آن به عمد از پرداختن به مباحث ریاضی و محاسباتی پیچیده پرهیز شده است.

کتاب به‌صورت کاملاً خودآموز و پودمانی تحریر شده و در انتهای هر مبحث کارهای عملی نیز درنظر گرفته شده است.

به همکاران محترم پیشنهاد می‌شود درصورت داشتن وقت اضافی کارهای عملی دیگری را متناسب با آزمایش‌های این کتاب و با توجه به تجهیزات و دستگاه‌های آموزشی گسترده‌ی موجود در مراکز آموزشی برای فراگیران درنظر بگیرند. این امر در جهت بهبود کمی و کیفی یادگیری علمی و عملی فراگیران نقش بسیار مهمی دارد.

کتاب حاضر نیز مانند هر اثر دیگری خالی از اشکال نیست؛ از این رو تقاضا دارم با ادامه‌ی نظرات اصلاحی خود به رفع این اشکالات در چاپ‌های بعدی یاری رسانید. امید است با تلاش همه‌ی دست‌اندرکاران تعلیم و تربیت و اساتید علم الکترونیک کلیه فراگیران بتوانند مراتب رشد و شکوفایی را در صنعت این کشور توانمند و اسلامی با موفقیت طی کنند.

برخود لازم می‌دانم از اعضای محترم کمیسیون تخصصی دفتر تألیف و برنامه‌ریزی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش آقایان مهندس سیدمحمود صموتی، مهندس شهرام نصیری سوادکوهی، علی مددی و خانم‌ها مهندس مهین ظریفیان، مهندس فرشته داودی و سهیلا ذوالفقاری که جهت تطبیق کتاب با استاندارد و بررسی علمی موجب بهبود کیفی کتاب شده‌اند سپاسگزاری نمایم.

مؤلف

فهرست

فصل اول ــ قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیویی FM-AM ۱
پیش‌آزمون (۱) ۳
۱ــ۱ــ مخابرات ۴
۱ــ۲ــ اصول مدولاسیون ۶
۱ــ۳ــ ضریب مدولاسیون AM ۹
۱ــ۴ــ مشخصات کلی مدولاسیون دامنه ۱۲
۱ــ۵ــ ضریب مدولاسیون FM ۱۴
۱ــ۶ــ مشخصات سیگنال مدوله شده‌ی FM ۱۵
۱ــ۷ــ فرستنده AM ۱۷
۱ــ۸ــ ویژگی‌های گیرنده‌های رادیویی ۲۳
۱ــ۹ــ گیرنده‌ی رادیویی AM ۲۸
۱ــ۱۰ــ آشنایی با بلوک دیاگرام فرستنده‌ی AM .. ۴۱
۱ــ۱۱ــ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی رادیویی FM ۴۴
۱ــ۱۲ــ آشنایی با خطوط انتقال در فرکانس‌های بالا ۵۱
۱ــ۱۳ــ آشنایی با نویز ۵۷
۱ــ۱۴ــ آشنایی با آکوستیک ۶۷
۱ــ۱۵ــ آشنایی با انواع میکروفون ۷۴
۱ــ۱۶ــ نحوه‌ی شناسایی و تشخیص قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیویی FM-AM ۷۸
۱ــ۱۷ــ کار عملی (۱) ۷۹
آزمون عملی (۱) ۸۸
۱ــ۱۸ــ کار عملی (۲) ۸۹
آزمون پایانی (۱) ۹۵

فصل دوم ــ تعمیر و تنظیم مدار آشکارساز صوت AM و FM ۹۷
پیش‌آزمون (۲) ۹۸
۲ــ۱ــ مقدمه ۹۹
۲ــ۲ــ آشنایی با اصول کار آشکارساز AM ۹۹
۲ــ۳ــ آشنایی با اصول کار و تحلیل مدار Avc و AGC ۱۰۱
۲ــ۴ــ عیب‌یابی و تعمیر آشکارساز AM صوت.. ۱۰۵
۲ــ۵ــ آشنایی با آشکارساز FM ۱۰۷
۲ــ۶ــ آشنایی با اصول کار مدار AFC ۱۱۱
۲ــ۷ــ کار عملی (۱) ۱۱۴
آزمون عملی (۲) ۱۱۷
۲ــ۸ــ کار عملی (۲) ۱۱۸
۲ــ۹ــ کار عملی (۳) ۱۲۰
آزمون پایانی (۲) ۱۲۴

فصل سوم ــ تیونر گیرنده‌ی رادیویی FM ۱۲۵
پیش‌آزمون (۳) ۱۲۶
۳ــ۱ــ آشنایی با روش‌های مختلف کوپلاژ آنتن.... ۱۲۷
۳ــ۲ــ آشنایی با مدارهای هماهنگی ۱۲۸
۳ــ۳ــ یک نمونه از اولین تقویت‌کننده‌ی RF در گیرنده‌ی FM ۱۲۸
۳ــ۴ــ قسمتی از نقشه‌ی یک گیرنده‌ی FM ۱۲۹
۳ــ۵ــ تیونر با ترانزیستور FET ۱۳۰
۳ــ۶ــ تیونر FM با دیود Varycap «دیود خازنی» ۱۳۱
۳ــ۷ــ تیونر FM ترانزیستوری ۱۳۴
۳ــ۸ــ تیونر گیرنده‌ی رادیویی FM با آی‌سی ۱۳۷
۳ــ۹ــ کار عملی ۱۳۸
آزمون پایانی (۳) ۱۴۲

پاسخ‌نامه ۱۴۴

منابع و مآخذ ۱۵۵

هدف کلی پودمان

تشخیص عیب در قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیویی و اصول سرویس ، عیب‌یابی و تعمیر آن

فصل	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	ساعات نظری	ساعات عملی	جمع
۱	۲	توانایی تشخیص قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیو FM ـ AM	۱۴	۴	۱۸
۲	۳	توانایی عیب‌یابی و تعمیر تنظیم مدار آشکارساز صوت FM ـ AM	۴	۱۶	۲۰
۳	۴	توانایی عیب‌یابی تعمیر و تنظیم تیونر رادیو FM	۵	۶	۱۱
		جمع کل	**۲۳**	**۲۶**	**۴۹**

فصل اول

قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیویی FM-AM

هدف کلی

بررسی و آموزش اصول کار قسمت‌های مختلف یک گیرنده‌ی رادیویی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که بتواند:

۱ــ تعاریف عمومی مخابرات را بیان کند.
۲ــ اصول مدولاسیون را شرح دهد.
۳ــ مدولاسیون AM و FM را تعریف کند.
۴ــ شکل موج مدوله شده AM و FM را ترسیم کند.
۵ــ ویژگی‌های مدولاسیون AM و FM را تشریح کند.
۶ــ قسمت‌های مختلف یک فرستنده AM و FM را از یک‌دیگر تشخیص دهد.
۷ــ ویژگی‌های یک گیرنده‌ی رادیویی را شرح دهد.
۸ــ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی رادیویی با مدولاسیون AM و FM را ترسیم کند.
۹ــ کار هر بلوک را در گیرنده‌های رادیویی شرح دهد.
۱۰ــ انواع خطوط انتقال را نام ببرد.
۱۱ــ خطوط انتقال برای فرکانس بالا را تشریح کند.
۱۲ــ نویز را تعریف کند.
۱۳ــ منابع نویز را نام ببرد.
۱۴ــ آکوستیک را شرح دهد.
۱۵ــ انواع میکروفون را نام ببرد و ساختمان داخلی آن‌ها را تشریح کند.

۱۶ــ دستگاه سیگنال ژنراتور صوتی (AF) و رادیویی (RF) را مورد استفاده قرار دهد.

۱۷ــ سیگنال‌های خروجی دستگاه ژنراتور رادیویی RF را شناسایی کند.

۱۸ــ موج مدولاسیون AM را توسط سیگنال ژنراتور RF و AF به‌دست آورد و بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کند.

۱۹ــ ضریب مدولاسیون AM را اندازه بگیرد.

۲۰ــ موج مدولاسیون FM را توسط فانکشن ژنراتور که دارای مدولاسیون FM است ساخته و برروی اسیلوسکوپ مشاهده کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۱۴	۴+۸*	۲۲

* زمان استاندارد آموزش عملی این توانایی ۴ ساعت است. به‌دلیل کمبود این زمان آموزش، ۸ ساعت از زمان آموزش عملی توانایی ۳ (عیب‌یابی،تعمیر و تنظیم آشکارساز صوت (FM/AM)، کسر و به این توانایی اضافه شده است.

پیش‌آزمون (۱)

۱ــ مدولاسیون را تعریف کنید.

۲ــ انواع مدولاسیون را نام ببرید.

۳ــ مدولاسیون فرکانس را تعریف کنید.

۴ــ محدوده‌ی فرکانس سیگنال حامل، چند کیلوهرتز است؟

۱) ۱kHz ۲) ۳۰kHk ۳) ۳۰MHz_۳۰kHz ۴) ۳۰۰MHz_۳۰۰kHz

۵ــ بلوک دیاگرام فرستنده AM را رسم کنید.

۶ــ نقش آنتن در گیرنده‌ی رادیویی را شرح دهید.

۷ــ مدار معادل خطوط انتقال در فرکانس بالا را رسم کنید ؛

۸ــ کابل کواکسیال را خط ..... یا ..... می‌نامند.

۹ــ آکوستیک چیست؟ شرح دهید.

۱۰ــ باند فرکانسی قابل قبول برای یک میکروفون خوب کدام است؟

۱) ۲۰Hz تا ۲۰kHz ۲) ۳۰Hz تا ۱۷kHz

۳) ۲۰kHz تا ۳۰۰kHz ۴) ۳۰Hz تا ۳۰kHz

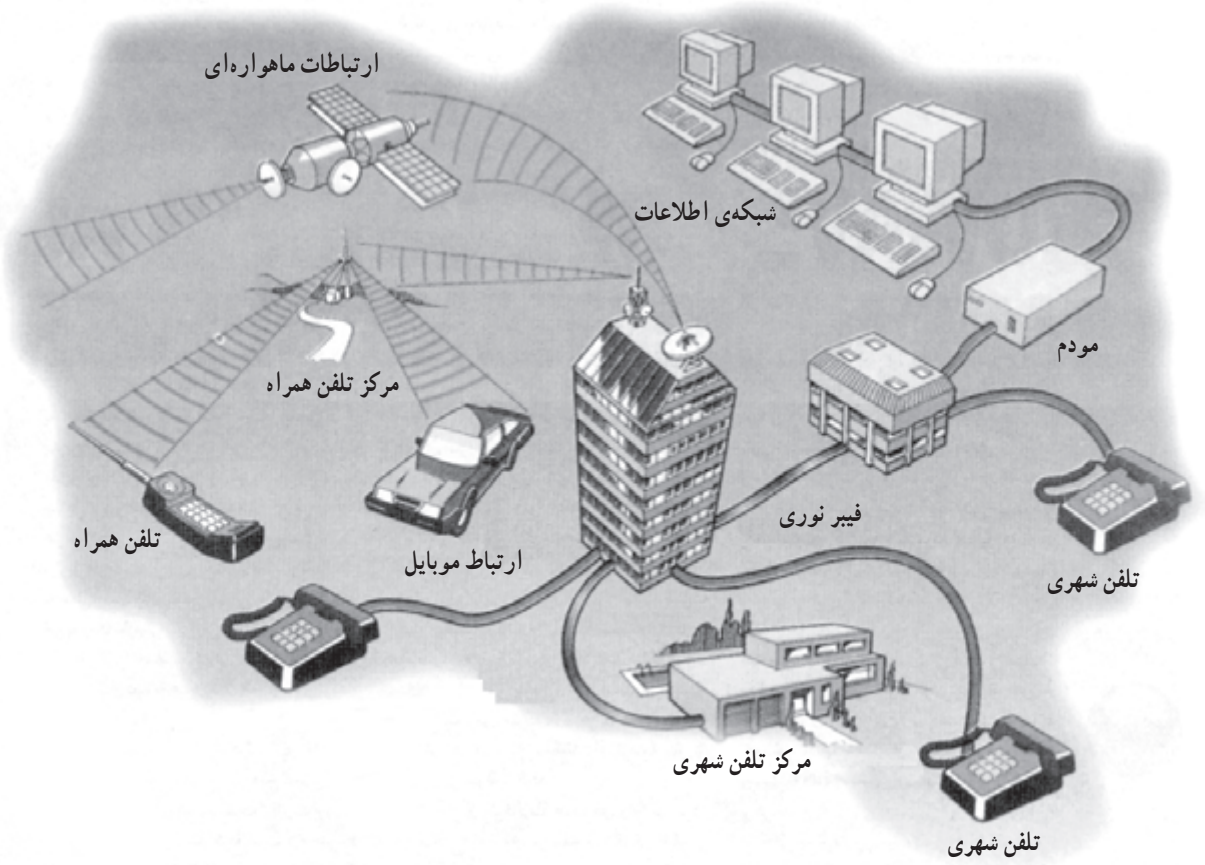
۱۱ــ در گیرنده‌ی رادیویی FM-AM نقش مدار نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کننده‌ی سیگنال را شرح دهید.

۱ــ۱ــ مخابرات

ارسال پیام از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر را مخابرات می‌نامند. هر نوع خبر و اطلاع را پیام می‌گویند. پیام می‌تواند گزارش‌های خبری، اقتصادی، سیاسی، نظامی، ترافیک، اطلاعات هواشناسی، امداد و یا موسیقی از مراکز رادیو و تلویزیون باشد.

پیام را نمی‌توان مستقیماً به نقاط دور فرستاد، بلکه باید توسط مبدل‌هایی پیام‌های صوتی و تصویری را به پیام‌های قابل ارسال تبدیل کرد.

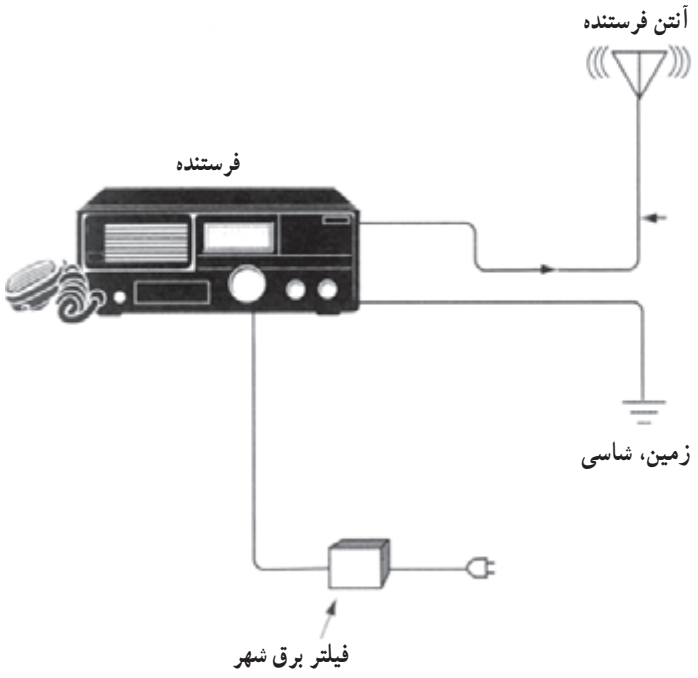
در شکل (۱ــ۱) نمونه‌ای از سیستم ارتباطی در عصر حاضر نمایش داده شده است.



شکل ۱ــ۱ ــ نمونه‌ای از سیستم مخابراتی امروزی

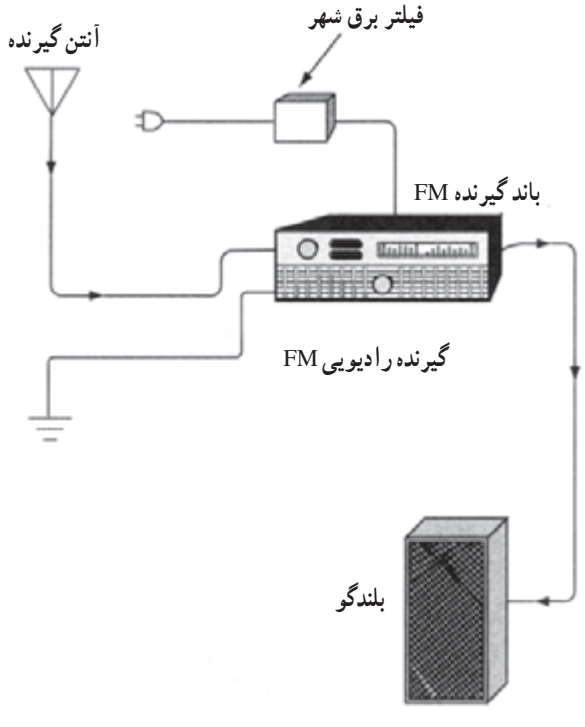
در سیستم‌های مخابراتی مانند مراکز رادیو و تلویزیونی، مخابرات دریایی، نظامی، هوایی، امداد و پلیس از وسایل ارتباطی بی‌سیم استفاده می‌شود.

در شکل (۲ــ۱) یک دستگاه فرستنده‌ی بی‌سیم رادیویی را مشاهده می‌کنید. این دستگاه شامل میکروفون، فرستنده‌ی رادیویی و آنتن است. دستگاه فرستنده‌ی رادیویی پیام را پس از تبدیل به سیگنال رادیویی[1]، ارسال می‌کند.



شکل ۲ــ۱ــ یک نمونه فرستنده‌ی رادیویی

در شکل (۳ــ۱) یک گیرنده‌ی رادیویی بی‌سیم نشان داده شده است. ورودی گیرنده‌ی رادیویی صوتی، آنتن و خروجی آن بلندگو است. گیرنده‌ی رادیویی، وظیفه‌ی دریافت سیگنال رادیویی فرستنده، تبدیل آن به پیام و پخش آن از بلندگو را به‌عهده دارد.

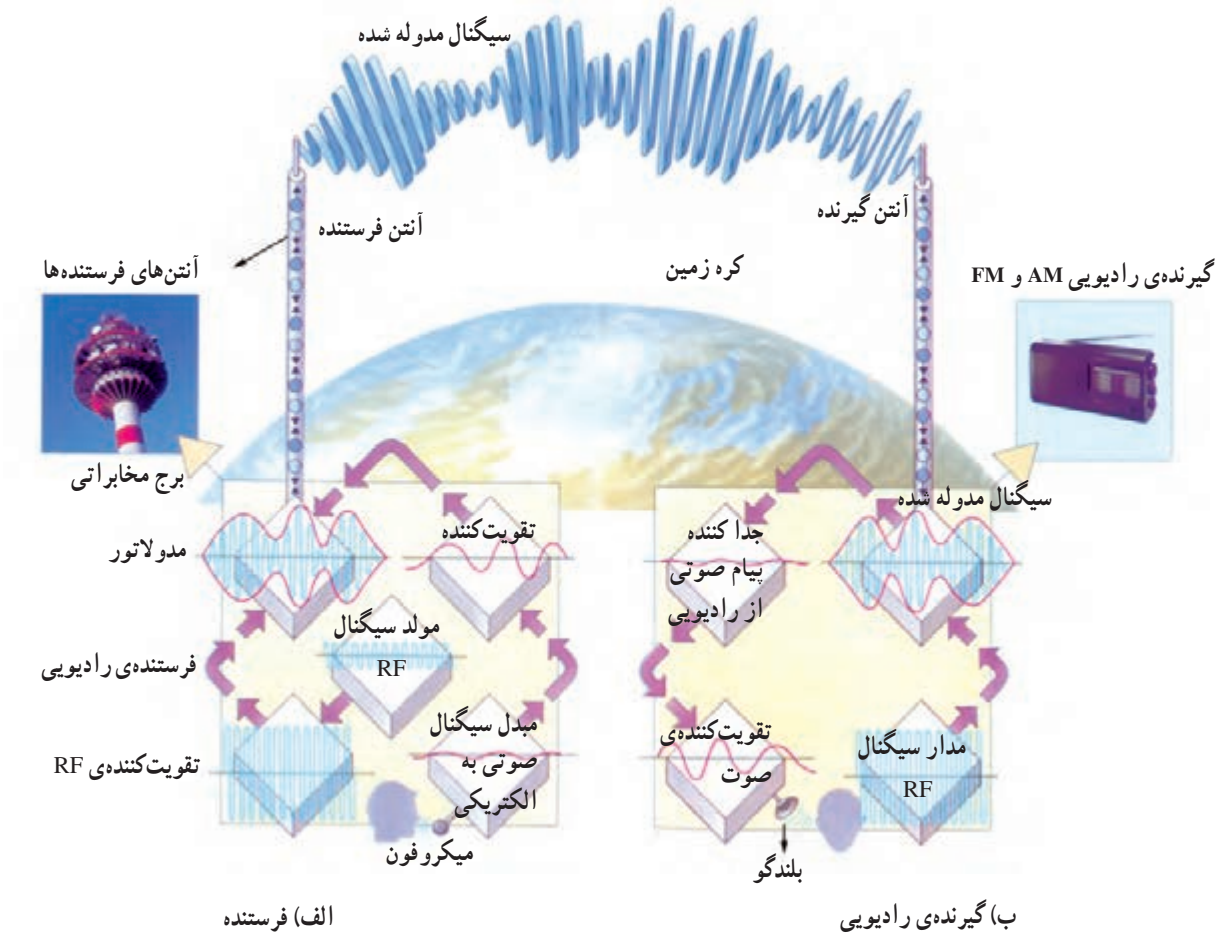


شکل ۳ــ۱ــ یک نمونه گیرنده‌ی رادیویی

۱ــ Radio Signal سیگنال رادیویی

۲ــ۱ــ اصول مدولاسیون[۱]

برای ارسال پیام صوتی به نقاط دور، در مرحله‌ی اوّل پیام گوینده به‌وسیله یک میکروفون به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود ؛ این سیگنال برروی فرکانس رادیویی سوار می‌شود. درنهایت سیگنال رادیویی توسط آنتن به‌صورت موج در فضا انتشار می‌یابد. عمل سوار شدن سیگنال پیام روی فرکانس رادیویی را مدولاسیون می‌گویند. در شکل (۴ــ۱ــ الف) سیستم فرستنده را ملاحظه می‌کنید. آنتن گیرنده، امواج انتشار یافته از فرستنده را دریافت می‌کند. این امواج در گیرنده سیگنال‌های رادیویی درحد ولتاژ قابل استفاده‌ای تقویت می‌شوند. در مرحله‌ی بعد فرکانس رادیویی و پیام را از یک‌دیگر جدا می‌کنند. پیام پس از تقویت به بلندگو می‌رود و به‌صوت قابل شنیدن تبدیل می‌شود. در شکل (۴ــ۱ــب) نحوه‌ی بازسازی سیگنال در گیرنده را مشاهده می‌کنید.

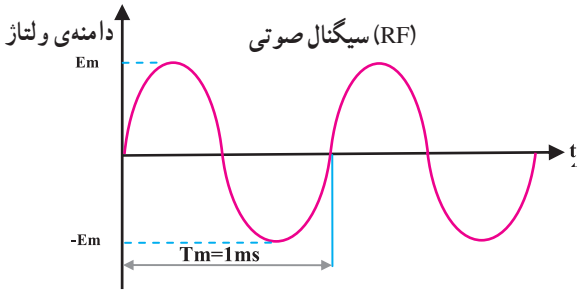


شکل ۴ــ۱ــ نمایش نحوه‌ی ارسال و دریافت سیگنال صوتی در فرستنده و گیرنده‌ی رادیویی

۱ــ Modulation سوار شدن سیگنال پیام روی سیگنال حامل

۱ــ۲ــ۱ــ مشخصات سیگنال صوتی (پیام):

به‌طورکلی طیف فرکانسی صدا که شامل صدای انسان و آلات موسیقی است در محدوده‌ی فرکانسی ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد. در شکل (۵ــ۱) یک سیگنال صوتی سینوسی با دامنه‌ی ماکزیمم یک ولت و فرکانس یک کیلوهرتز نشان داده شده است.



فرکانس سیگنال پیام $fm = \frac{۱}{tm} = \frac{۱}{۱\times۱۰^{-۳}} = ۱۰۰۰Hz$

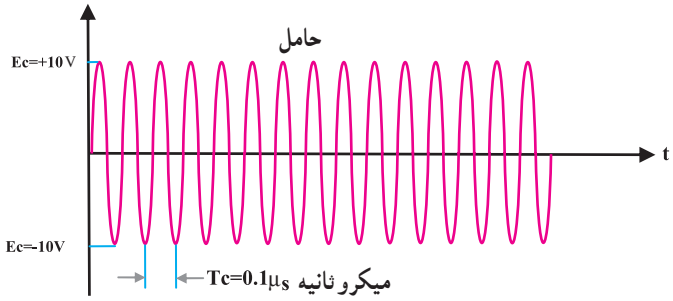
حداکثر دامنه‌ی پیام $E_m = ۱v$

شکل ۵ــ۱ ــ نمایش یک موج سینوسی صوتی

۲ــ۲ــ۱ــ مشخصات سیگنال رادیویی:

معمولاً سیگنال رادیویی در سیستم مخابراتی بی‌سیم را سیگنال حامل یا کریر[۱] می‌گویند.

محدوده‌ی فرکانس رادیویی را در فاصله ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳۰۰ مگاهرتز تقسیم‌بندی کرده‌اند. در شکل (۶ــ۱) یک سیگنال سینوسی با فرکانس RF را مشاهده می‌کنید. در این شکل مقدار فرکانس ۱۰ مگا هرتز و دامنه‌ی ماکزیمم ۱۰ ولت است.



فرکانس سیگنال حامل یا کریر $FC = \frac{۱}{Tc}$

$FC = \frac{۱}{۰/۱\times۱۰^{-۶}} = ۱۰/۰۰۰/۰۰۰Hz = ۱۰MHz$

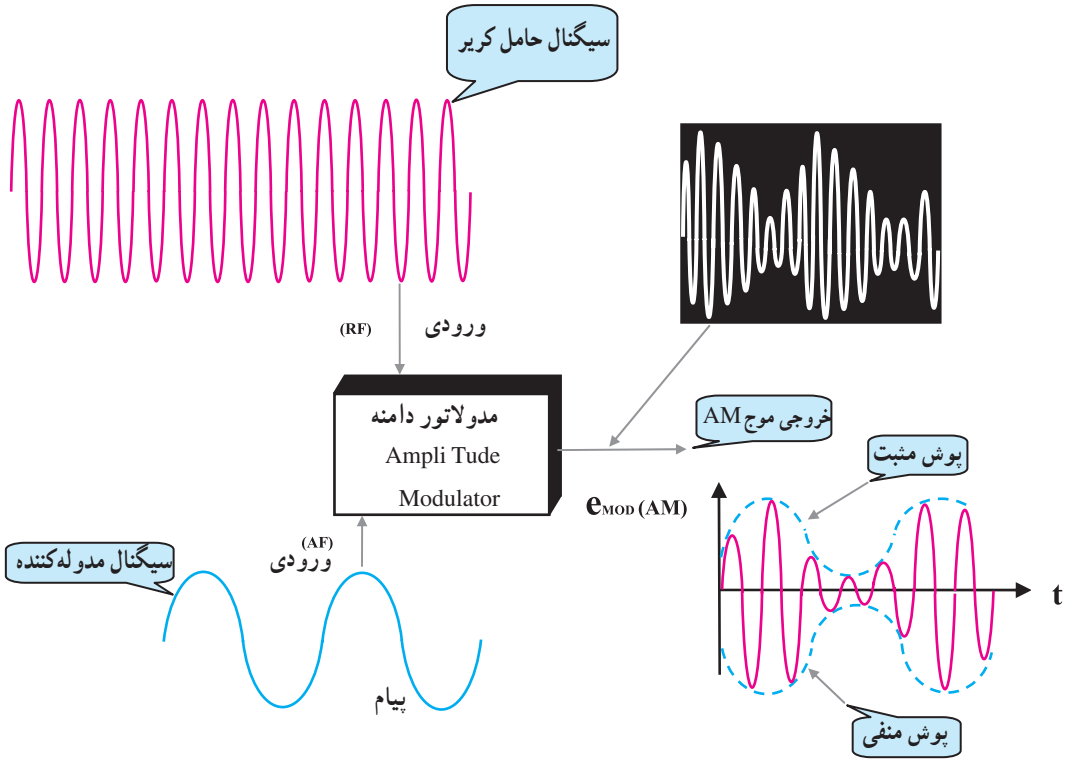
حداکثر دامنه‌ی کریر = Ec = lov

شکل ۶ــ۱ــ نمایش یک موج سینوسی رادیویی

۱ــ Carrier حامل

۳ــ۲ــ۱ــ تعریف مدولاسیون: عمل سوارکردن یک سیگنال صوتی (پیام) برروی سیگنال رادیویی RF یا حامل را مدولاسیون می‌گویند. سیگنال پیام را **مدوله‌کننده** و سیگنال حامل یا کریر را **مدوله شونده** می‌نامند. مدولاسیون انواع بسیار زیادی دارد. در این پودمان فقط به بررسی **مدولاسیون دامنه**[۱] (AM) و **فرکانس** (FM) می‌پردازیم.

۴ــ۲ــ۱ــ مدولاسیون دامنه AM: در مدولاسیون AM، دامنه سیگنال حامل، متناسب با سیگنال پیام تغییر می‌کند. در این حالت فرکانس سیگنال حامل، ثابت است. شکل (۷ــ۱) عمل مدولاسیون دامنه را نشان می‌دهد. به مداری که عمل مدولاسیون را انجام می‌دهد **مدولاتور**[۲] می‌گویند. تغییرات دامنه موج مدوله شده را، **پوش مدولاسیون**[۳] می‌نامند. پوش مدولاسیون شباهت زیادی به سیگنال پیام دارد.



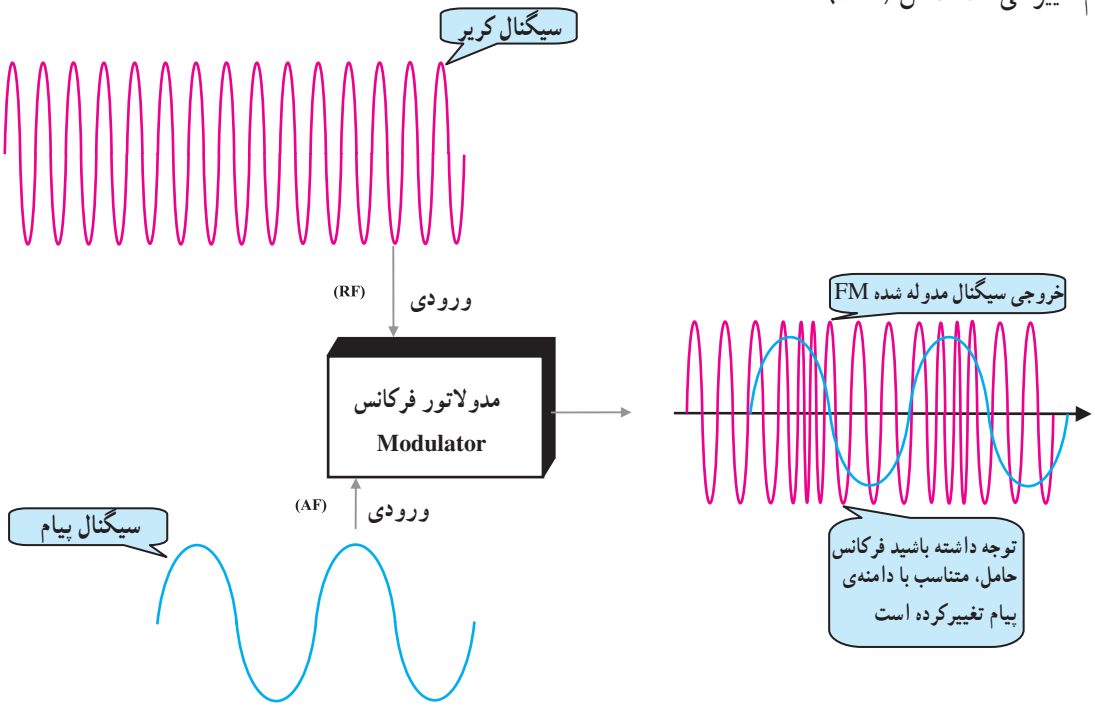
شکل ۷ــ۱ــ نحوه‌ی انجام مدولاسیون دامنه

۱ــ Amplitud modulation مدولاسیون دامنه

۲ــ Modulator مداری که عمل مدولاسیون توسط آن انجام شود

۳ــ Modulation envelope پوش مدولاسیون

۵ــ۲ــ۱ــ مدولاسیون فرکانس یا FM[1]: در مدولاسیون FM، دامنه‌ی سیگنال حامل ثابت است ولی مقدار فرکانس آن متناسب با دامنه‌ی پیام تغییر می‌کند، شکل (۸ــ۱).



شکل ۸ــ۱ــ نحوه‌ی انجام مدولاسیون فرکانس FM

۳ــ۱ــ ضریب مدولاسیون AM

در مدولاسیون دامنه، اگر مقدار دامنه‌ی پیام Em بزرگتر ازEc باشد، موج مدوله شده دچار اعوجاج می‌شود. نسبت حداکثر دامنه‌ی سیگنال پیام به حداکثر دامنه‌ی سیگنال حامل را **ضریب مدولاسیون** گویند.

ضریب مدولاسیون عددی بین ۰ و ۱ است که اگر در عدد صد ضرب و برحسب درصد بیان شود آن را درصد مدولاسیون می‌گویند و با M نشان می‌دهند.

$$\text{ضریب مدولاسیون} = \frac{\text{حداکثر دامنه‌ی سیگنال پیام}}{\text{حداکثر دامنه‌ی سیگنال حامل}}$$

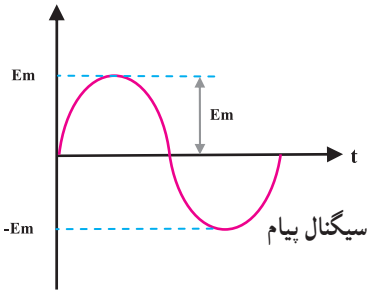
$$m = \frac{Em}{Ec}$$

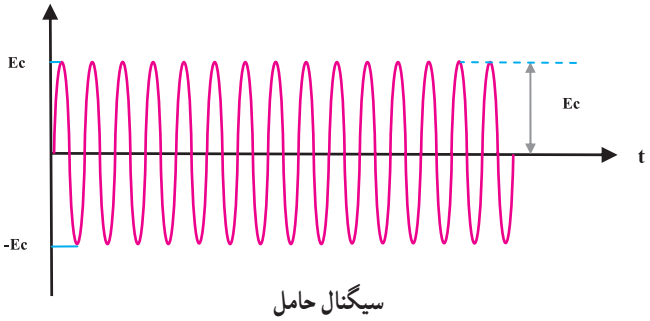
۱ــ FM=Frequency Modulation مدولاسیون فرکانس

مقدار ضریب مدولاسیون را می‌توان با استفاده از شکل (۹ــ۱) و رابطه زیر به‌دست آورد.

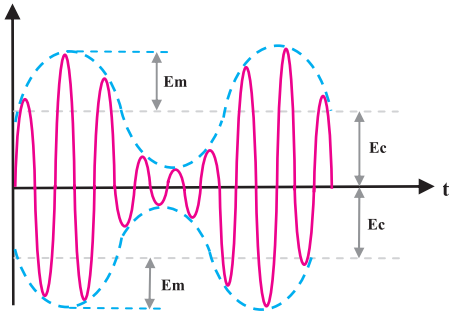
$$m = \frac{Em}{Ec}$$
$$M = \frac{Em}{Ec} \times ۱۰۰$$

با توجه به ضریب مدولاسیون AM می‌توان سه نوع مدولاسیون دامنه را نشان داد.



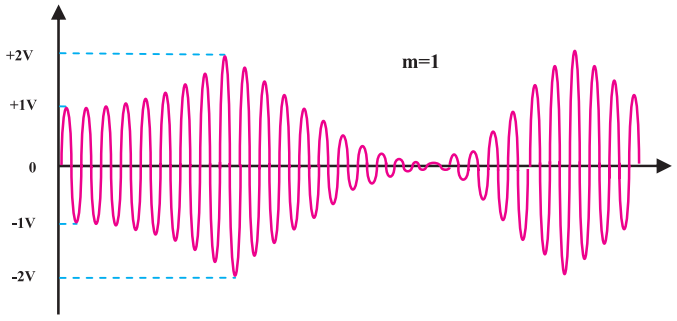


سیگنال حامل



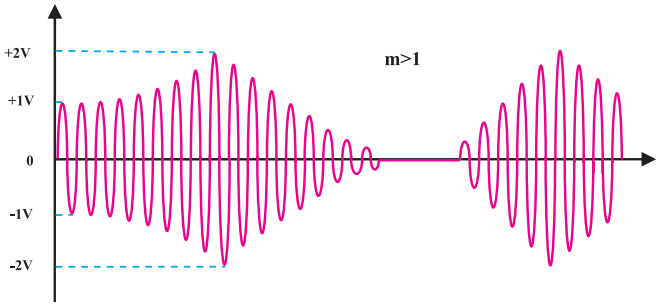
شکل ۹ــ۱ــ موج مدوله‌ی AM

ضریب مدولاسیون عددی بین ۰ و ۱ است که اگر در عدد صد ضرب و برحسب درصد بیان شود آن را درصد مدولاسیون می‌گویند و با M نشان می‌دهند.



شکل ۱۰ــ۱ــ مدولاسیون صددرصد (m = ۱)

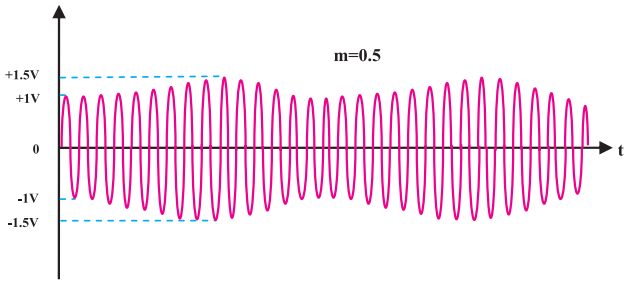
۱ــ۳ــ۱ــ مدولاسیون صددرصد: برای داشتن مدولاسیون صددرصد باید نسبت دامنه‌های دو سیگنال پیام و حامل، برابر یک شود یعنی Em = Ec باشد، شکل (۱۰ــ۱).



شکل ۱۱ــ۱ــ مدولاسیون بیشتر از صددرصد (m > ۱)

۲ــ۳ــ۱ــ مدولاسیون بیشتر از صددرصد: هرگاه دامنه‌ی پیام بیشتر از دامنه‌ی سیگنال حامل باشد، درصد مدولاسیون از صددرصد بیشتر می‌شود؛ در این حالت در سیگنال مدوله شده، اعوجاج حاصل می‌شود. شکل (۱۱ــ۱) این مدولاسیون را نشان می‌دهد.

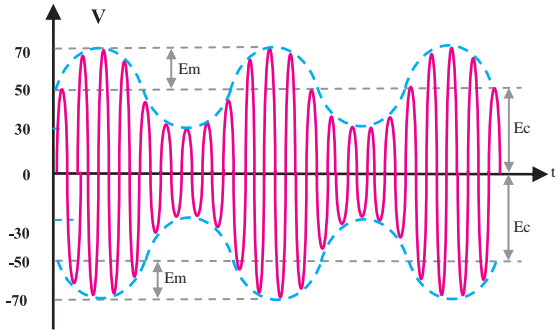
۳ــ۳ــ۱ــ مدولاسیون کمتر از صددرصد: در این مدولاسیون دامنه‌ی سیگنال پیام کوچک‌تر از دامنه‌ی سیگنال حامل است. شکل (۱۲ــ۱) این نوع مدولاسیون را نشان می‌دهد. در مدولاسیون AM، عملاً از مدولاسیون کمتر از صددرصد استفاده می‌شود.



شکل ۱۲ــ۱ ــ نمایش مدولاسیون در حالتی که $m < ۱$ است

مثال: ضریب مدولاسیون موج AM را با توجه به شکل (۱۳ــ۱) به‌دست آورید.

با توجه به شکل داریم :



شکل ۱۳ــ۱

$$Em = ۷۰ - ۵۰ = ۲۰v$$

$$Ec = ۵۰v$$

$$m = \frac{Em}{Ec} \quad , \quad M = \frac{Em}{Ec} \times ۱۰۰٪$$

$$Em = ۲۰v \qquad m = \frac{۲۰}{۵۰} = \frac{۲}{۵} = ۰/۴$$

$$Ec = ۵۰v \qquad M = ۰/۴ \times ۱۰۰ = ۴۰٪$$

۴ــ۱ــ مشخصات کلی مدولاسیون دامنه

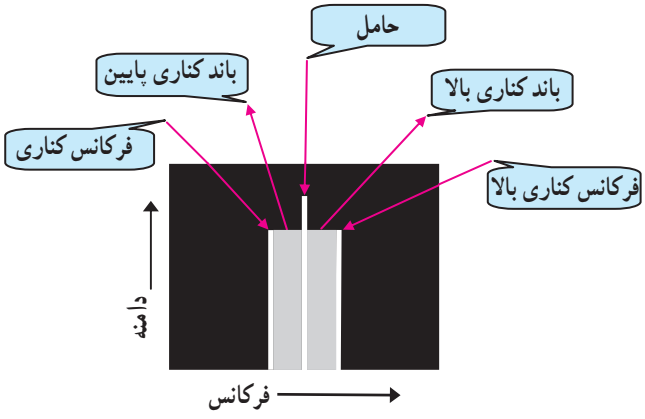
۱ــ۴ــ۱ــ پهنای باند[1]: اگر خروجی مدار مدولاتور AM را به اسیلوسکوپ وصل کنیم (شکل ۱۴ــ۱ــ ب)، شکل موج AM بر روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ قابل مشاهده است. درصورتی که خروجی مدولاتور به یک دستگاه طیف‌نما[2] وصل شود، طیف‌نما موج مدوله شده AM را به‌صورت (شکل ۱۴ــ۱ــ ج) نشان می‌دهد.

دستگاه طیف‌نما مانند اسیلوسکوپ است با این تفاوت که در آن محور افقی، بیانگر فرکانس و محور عمودی نشان‌دهنده‌ی مقدار دامنه ولتاژ است.

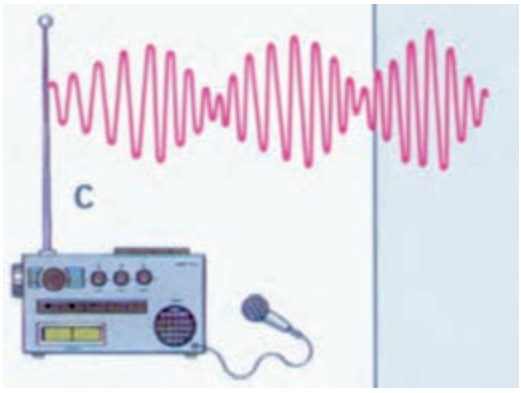
اگر فرکانس سیگنال پیام برابر با FM باشد دو محدوده‌ی فرکانسی در بالا و پایین فرکانس حامل ایجاد می‌شود (شکل ۱۴ــ۱ــ د) به این محدوده‌ها سایدباند[3] یا باند کناری می‌گویند. فاصله بین باندهای کناری را پهنای باند می‌نامند. مقدار پهنای باند دو برابر فرکانس پیام است.

$$Bw = USF - LSF$$

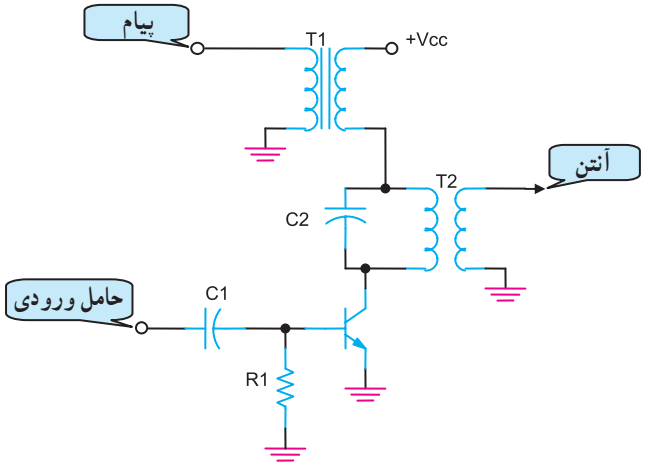
$$Bw = ۲Fm$$



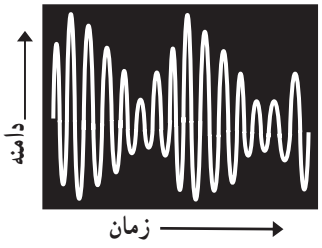
شکل ۱۴ــ۱ــ دــ نمایش AM در طیف‌نما



شکل ۱۴ــ۱ــ الف



شکل ۱۴ــ۱ــ ب ــ مدولاتور دامنه



شکل ۱۴ــ۱ــ ج ــ نمایش AM در اسیلوسکوپ

شکل ۱۴ــ۱ــ نمایش موج AM روی دستگاه اسیلوسکوپ و طیف‌نما

۱ــ Band Width پهنای باند

۲ــ دستگاه طیف‌نما دستگاهی است که طیف فرکانسی موجود در سیگنال غیر سینوسی را نشان می‌دهد.

۳ــ Side Band باندکناری

۲ــ۴ــ۱ــ پهنای باند در گیرنده‌های تجارتی AM:

در گیرنده‌های تجارتی AM، حداکثر فرکانس پیام را ۵ کیلوهرتز درنظر می‌گیرند. بنابراین پهنای باند در گیرنده‌های تجارتی AM، ۱۰ کیلوهرتز است.

مثال: پهنای باند سیگنال موج AM را در شکل (۱۵ــ۱)، به‌دست آورید.

باند کناری پایین $LSF = ۴۹۷kHz$ [۱]

فرکانس حامل $fc = ۵۰۰kHz$

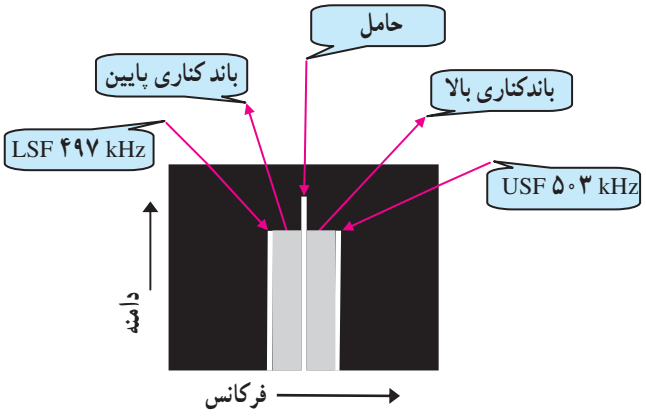
باند کناری بالا $USF = ۵۰۳kHz$ [۲]

پهنای باند $\boxed{Bw = USF - LSF}$

$$Bw = ۵۰۳kHz - ۴۹۷kHz = ۶kHz$$

و یا از طریق $\boxed{Bw = ۲fm}$

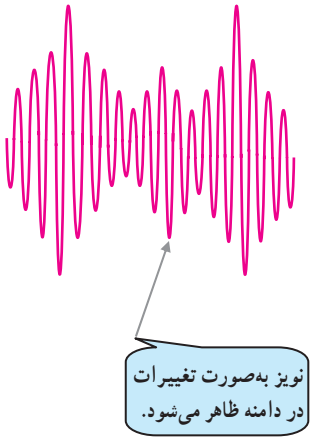
$$Bw = ۲ \times ۳kHz = ۶kHz$$



شکل ۱۵ــ۱ــ نمایش موج AM روی دستگاه طیف‌نما

۳ــ۴ــ۱ــ اثر پذیرش نویز:

معمولاً نویز برروی دامنه‌ی سیگنال مدوله شده، سوار می‌شود. در این حالت نویز با پیام جمع می‌شود (شکل۱۶ــ۱) و روی سیگنال باز سازی شده اثر می‌گذارد.

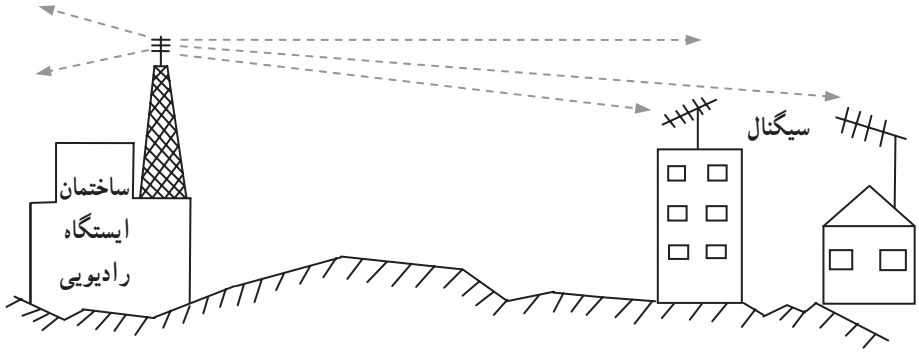


شکل ۱۶ــ۱ــ موج مدوله شده AM آلوده به نویز

۱ــ فرکانس باند کناری پایین Lower Side Frequency (LSF)

۲ــ فرکانس باند کناری بالا Upper Side Frequency (USF)

۴ــ۴ ــ۱ــ کاربرد مدولاسیون AM: محدوده‌ی فرکانس مدولاسیون دامنه در باند موج متوسط (MW)، در محدوده‌ی ۵۳۰ تا ۱۶۰۰ کیلوهرتز قرار دارد. به‌علت سادگی گیرنده‌های AM از مدولاسیون دامنه برای پخش برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی شبکه‌های محلی استفاده می‌شود (شکل ۱۷ــ۱).



شکل ۱۷ــ۱ــ آنتن و فرستنده‌ی رادیویی شبکه‌ی محلی

۵ ــ۱ــ ضریب مدولاسیون FM

نسبت حداکثر تغییرات فرکانس سیگنال حامل به فرکانس سیگنال پیام را ضریب مدولاسیون FM می‌نامند و آن را با m_f نشان می‌دهند.

حداکثر تغییرات فرکانس حامل را انحراف فرکانس می‌گویند و با (Δf) نشان می‌دهند. انحراف فرکانس برای رادیوهای FM تجارتی، حداکثر انحراف فرکانس ۷۵ کیلوهرتز و حداکثر فرکانس سیگنال پیام برابر با ۱۵ کیلوهرتز درنظر گرفته می‌شود به این ترتیب مقدار m_f برابر با ۵ می‌شود.

$$m_f = \frac{\Delta f}{fm} \quad \begin{matrix}\text{انحراف فرکانس}\\ \text{فرکانس پیام}\end{matrix}$$

در گیرنده‌ی تجارتی FM

$\Delta f_{max} = ۷۵kHz$

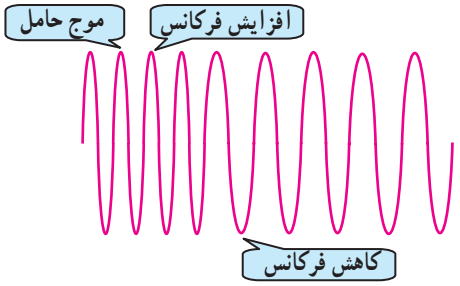
$fm_{max} = ۱۵kHz$

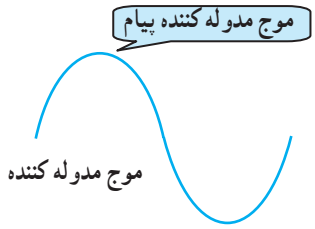
$$m_f = \frac{\Delta f}{fm} = \frac{۷۵kHz}{۱۵kHz} = ۵$$

۶ــ۱ــ مشخصات سیگنال مدوله شده‌ی FM

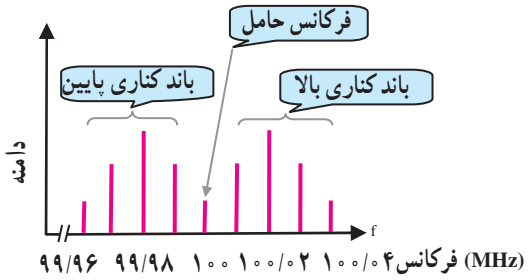
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در مدولاسیون FM، فرکانس حامل متناسب با تغییرات دامنه‌ی پیام تغییر می‌کند شکل (۱۸ــ۱).

شکل موج مدوله شده‌ی FM در حوزه‌ی فرکانس، مانند شکل (۱۹ــ۱) است. موج مدوله‌شده‌ی FM نسبت به موج مدوله‌شده‌ی AM دارای فرکانس‌های کناری زیادتری است. بنابراین پهنای باند مدولاسیون FM از پهنای باند مدولاسیون AM بیشتر می‌شود.





شکل ۱۸ــ۱ ــ مدولاسیون فرکانس



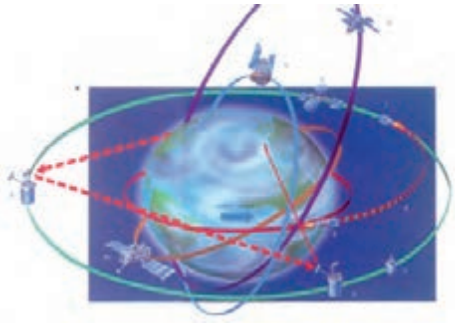
باندهای کناری مدولاسیون فرکانس

شکل ۱۹ــ۱ــ پهنای باند سیگنال FM

۱ــ۶ــ۱ــ محدوده‌ی باند فرکانس FM: باند ایستگاه‌های رادیویی FM برای پخش پیام صوتی در محدوده‌ی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز قرار دارد. این باند، استاندارد است. تمام ایستگاه‌های رادیویی FM در این محدوده قرار دارند.

شکل ۲۰ــ۱ــ پخش موسیقی با موج FM

۲ــ۶ــ۱ــ کاربرد مدولاسیون FM: به علت زیاد بودن فرکانس حامل در فرستنده‌ی FM، از باند FM برای پخش موسیقی (شکل ۲۰ــ۱) و برنامه‌های رادیویی شبکه‌های محلی استفاده می‌شود و به دلیل عدم نویزپذیری FM، این مدولاسیون در مخابرات بین زمین و ارتباط‌های ماهواره‌ای نیز کاربرد دارد، (شکل ۲۱ــ۱).



شکل ۲۱ــ۱ــ ارتباطات ماهواره‌ای

آزمون میانی (۱)

توجه: آزمون‌های میانی توسط فراگیر انجام و ارزشیابی می‌شود.

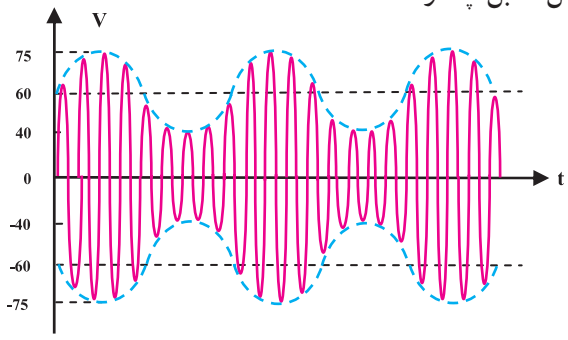
۱ــ مدولاسیون را تعریف کنید.

۲ــ در مدولاسیون، دامنه‌ی فرکانس سیگنال حامل ..... و دامنه‌ی سیگنال حامل متناسب با ..... سیگنال پیام تغییر می‌کند.

۳ــ کدام گزینه می‌تواند به‌عنوان فرکانس سیگنال حامل به‌کار رود؟

۱ــ ۲۰kHz ۲ــ ۳۰۰MHz ۳ــ ۲۰Hz ۴ــ ۳۰۰Hz

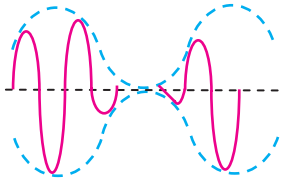
۴) ضریب مدولاسیون موج AM شکل مقابل چقدر است؟



۱ــ ۰/۳ ۲ــ ۰/۴

۳ــ ۰/۲۵ ۴ــ ۰/۵

۵) ضریب مدولاسیون (m) در شکل مقابل کدام است؟



۱ــ $m = ۱$ ۲ــ $m < ۱$

۳ــ $m > ۱$ ۴ــ $m = ۰/۵$

۶ــ رابطه‌ی پهنای باند را در سیگنال مدوله شده‌ی AM بنویسید.

۷ــ اگر در سیگنال AM، فرکانس حامل $f_c = ۴۰۰kHz$ و فرکانس سیگنال پیام $f_m = ۲kHz$ باشد، مقادیر فرکانس‌های باندهای کناری و پهنای باند موج AM را محاسبه کنید.

۸ ــ مدولاسیون FM را تعریف کنید.

۹ــ در مدولاسیون FM دامنه‌ی سیگنال حامل ..... است و فرکانس سیگنال ..... با دامنه سیگنال ..... تغییر می‌کند.

۱۰ــ محدوده‌ی باند رادیویی پخش و انتشار FM را بنویسید.

۱۱ــ کاربردهای مدولاسیون FM را نام ببرید.

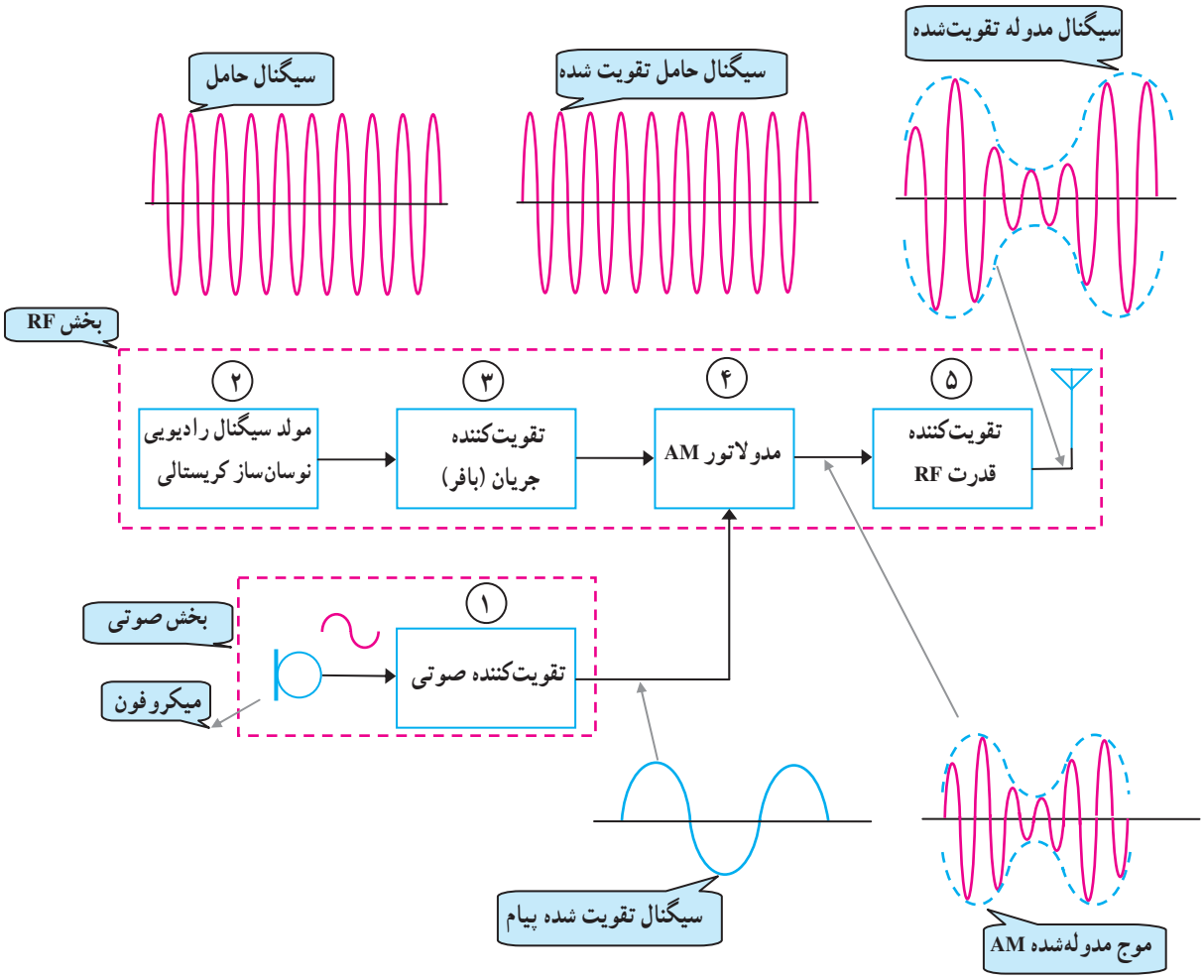
۱۲ــ در یک فرستنده‌ی FM، انحراف فرکانس حامل، ۴۵ کیلوهرتز و فرکانس پیام ۱۵ کیلوهرتز است. ضریب مدولاسیون FM را به‌دست آورید.

۷ــ۱ــ فرستنده AM

در این قسمت ابتدا به بررسی بلوک دیاگرام فرستنده رادیویی AM می‌پردازیم و پس از بیان وظایف هر بلوک، با برخی از مدارهای الکترونیکی فرستنده آشنا می‌شوید.

۱ــ۷ــ۱ــ بلوک دیاگرام فرستنده رادیویی AM:

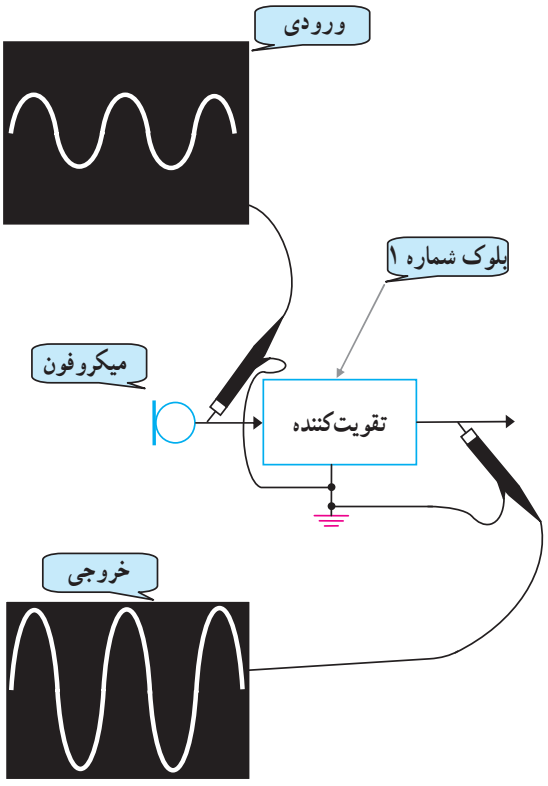
شکل (۲۲ــ۱) نقشه بلوکی یک فرستنده AM را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود فرستنده AM از دو بخش اصلی AF و RF تشکیل شده است.



شکل ۲۲ــ۱ــ بلوک دیاگرام فرستنده AM

۲ــ۷ــ۱ــ تقویت‌کننده صوتی بلوک ۱: دراین بلوک، سیگنال صوتی ابتدا توسط میکروفون به سیگنال‌های الکتریکی نسبتاً ضعیف، تبدیل و سپس توسط یک تقویت‌کننده، تقویت می‌شود. در شکل (۲۳ــ۱) نحوه‌ی تقویت سیگنال خروجی میکروفون نشان داده شده است.

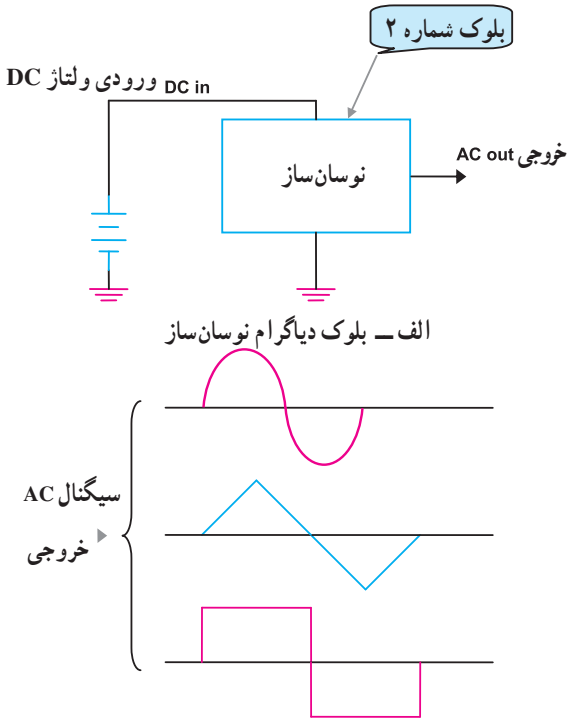
این تقویت کننده معمولاً در کلاس A کار می‌کند و می‌تواند امیتر مشترک یا بیس مشترک باشد.



شکل ۲۳ــ۱ــ بلوک تقویت کننده‌ی صوتی

۳ــ۷ــ۱ــ نوسان‌ساز[1] سیگنال حامل (RF) بلوک ۲: در فرستنده برای تولید سیگنال سینوسی با فرکانس حامل، از نوسان‌ساز RF استفاده می‌شود. در شکل (۲۴ــ۱) اساس کار یک نوسان‌ساز با انواع شکل موج‌هایی که می‌تواند تولید کند، نمایش داده شده است.

یادآوری: همان‌طور که در پودمان‌های الکترونیک کار عمومی فراگرفته‌اید برای نوسان‌سازی، نیاز به فیدبک داریم.



ب ــ انواع شکل موج که توسط نوسان‌ساز تولید می‌شود.

شکل ۲۴ــ۱ــ نوسان‌ساز در فرستنده AM

۱ــ Scillator

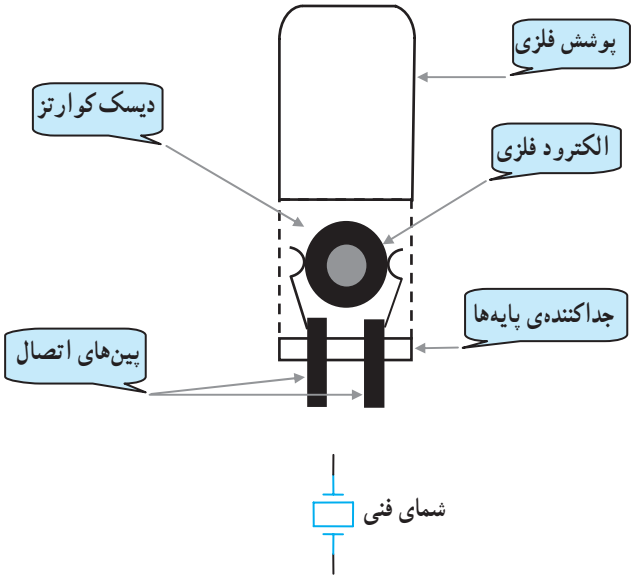
در فرستنده، فرکانس سیگنال حامل همواره باید ثابت باشد تا فرکانس ایستگاه انتخاب شده تغییر نکند. ازطرفی نوسان‌سازهای LC، انحراف فرکانس دارند و نمی‌توانند به‌عنوان نوسان‌ساز در فرستنده‌ها به‌کار روند. برای رفع این عیب، از نوسان‌ساز کریستالی استفاده می‌شود.

کریستال کوارتز قطعه‌ای است که هرگاه یک ضربه مکانیکی به آن وارد شود الکتریسیته تولید می‌کند و اگر جریان الکتریکی ضعیف به آن داده شود شروع به نوسان می‌کند و سیگنال الکتریکی متناوب به‌وجود می‌آورد.

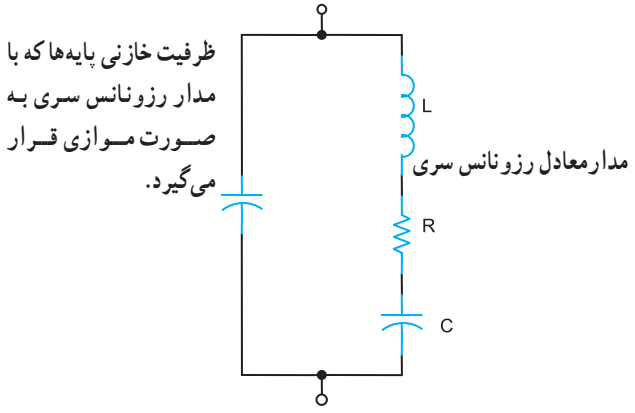
کریستال کوارتز باعث پایداری فرکانس نوسان‌ساز می‌شود.

در شکل (۲۵ــ۱ــ الف) ساختمان داخلی و شمای فنی و در شکل (۲۵ــ۱ــ ب) مدار معادل LC کریستال نشان داده شده است.

کریستال کوارتز باعث پایداری فرکانس نوسان‌ساز می‌شود.



الف ــ ساختمان داخلی و شمای فنی کریستال



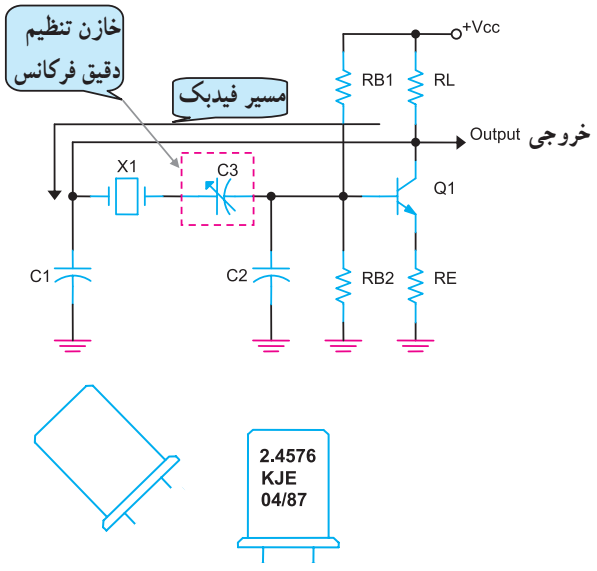
ب ــ مدار معادل کریستال کوارتز

شکل ۲۵ــ۱ــ کریستال جهت ثبات فرکانس نوسان‌ساز فرستنده

در شکل (۲۶ــ۱) یک نمونه مدار نوسان‌ساز کریستالی را مشاهده می‌کنید.

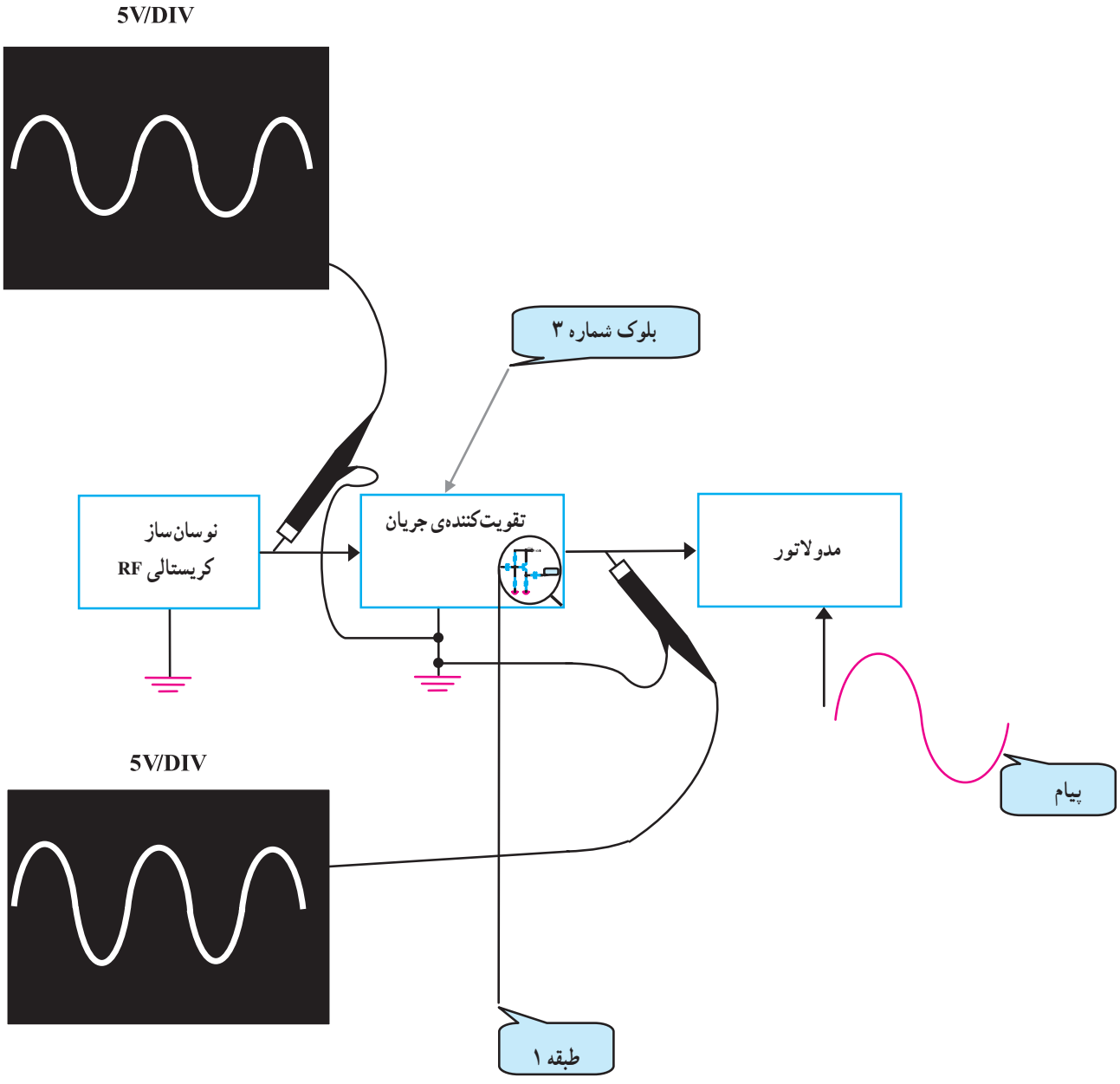
فرکانس نوسان‌ساز را با مقدار عددی که بر روی بدنه‌ی فلزی کریستال می‌نویسند مشخص می‌کنند.

برای تنظیم دقیق فرکانس خروجی نوسان‌ساز معمولاً از یک خازن متغیر با ظرفیت کم (تریمر) استفاده می‌شود. در مدار نوسان‌ساز شکل (۲۶ــ۱) خازن C۳ وظیفه تنظیم دقیق مقدار فرکانس را به عهده دارد.



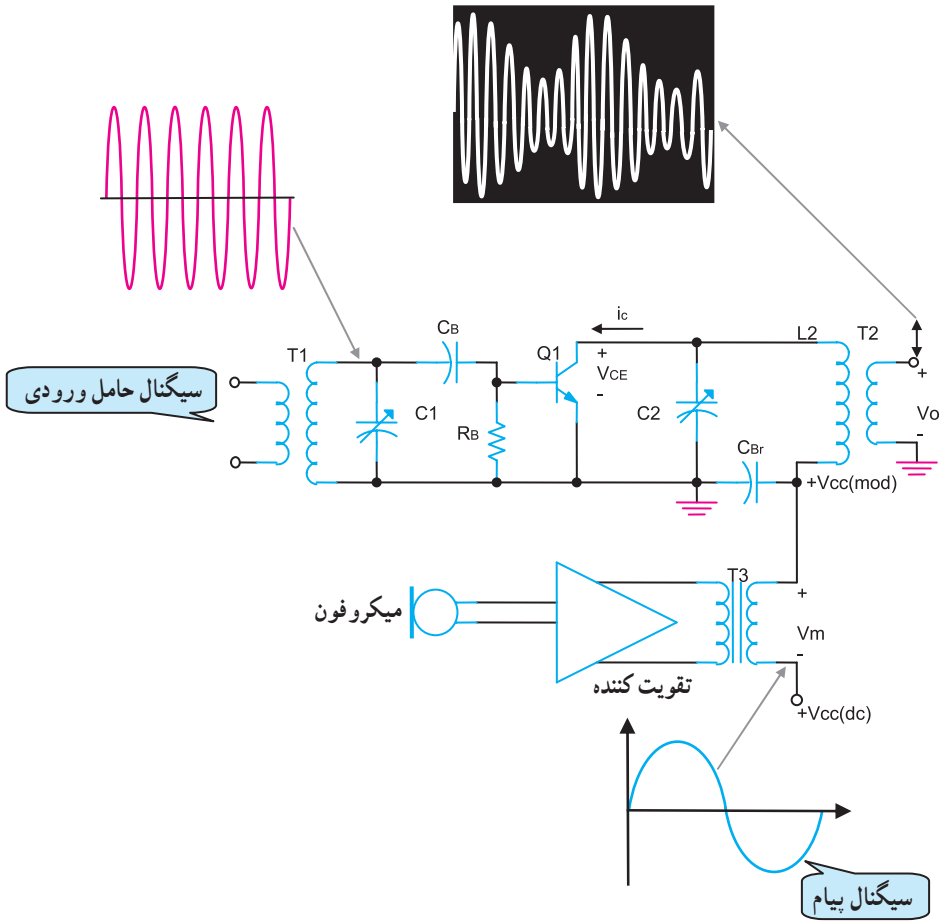
شکل ۲۶ــ۱ــ نوسان‌ساز کریستالی و شکل ظاهری کریستال

۴ــ۷ــ۱ــ تقویت کننده‌ی جریان بلوک ۳: سیگنال خروجی نوسان‌ساز RF قبل از این‌که به مدولاتور وارد شود باید تقویت جریان شود. برای تقویت این سیگنال از یک تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک یا بافر، قبل از مدولاتور استفاده می‌شود. شکل (۲۷ــ۱) سیگنال خروجی و ورودی تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک را نشان می‌دهد.

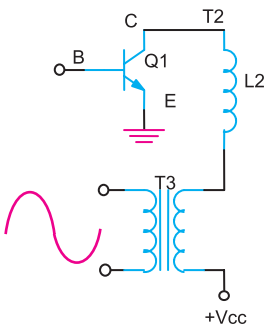


شکل ۲۷ــ۱ــ تقویت کننده‌ی جریان

۵ــ۷ــ۱ــ مدولاتور دامنه‌ی AM بلوک ۴: یک نمونه مدار مدولاتور دامنه، در شکل (۲۸ــ۱) نشان داده شده است. در این مدار از ترانزیستور به عنوان مدولاتور و تقویت موج مدوله شده استفاده شده است. سیگنال پیام از طریق میکروفون به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود و پس از تقویت از طریق ترانس T_3 شکل (۲۹ــ۱) و سیم‌پیچ اولیه ترانس T_2 یعنی L_2 به کلکتور ترانزیستور Q_1 می‌رسد.

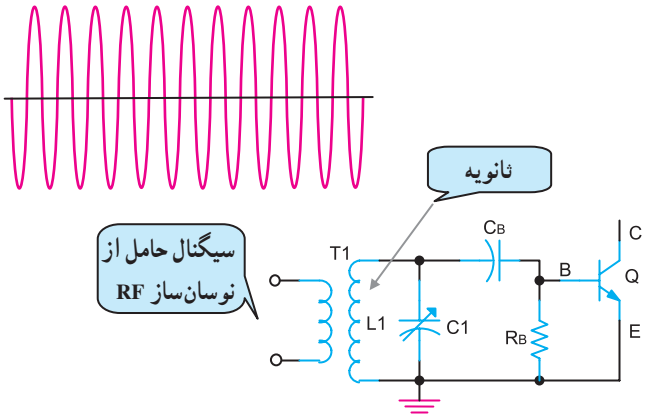


شکل ۲۸ــ۱ــ مدار نمونه مدولاتور دامنه



شکل ۲۹ــ۱ــ نحوه‌ی رسیدن سیگنال پیام به مدولاتور

سیگنال حامل یا کریر طبق شکل (۳۰ــ۱) به مدارهای هماهنگ موازی شامل سیم‌پیچ ثانویه ترانس T_1 (L_1) و خازن C_1 وارد می‌شود. سپس از طریق خازن کوپلاژ C_B، بیس ترانزیستور را تغذیه می‌کند.

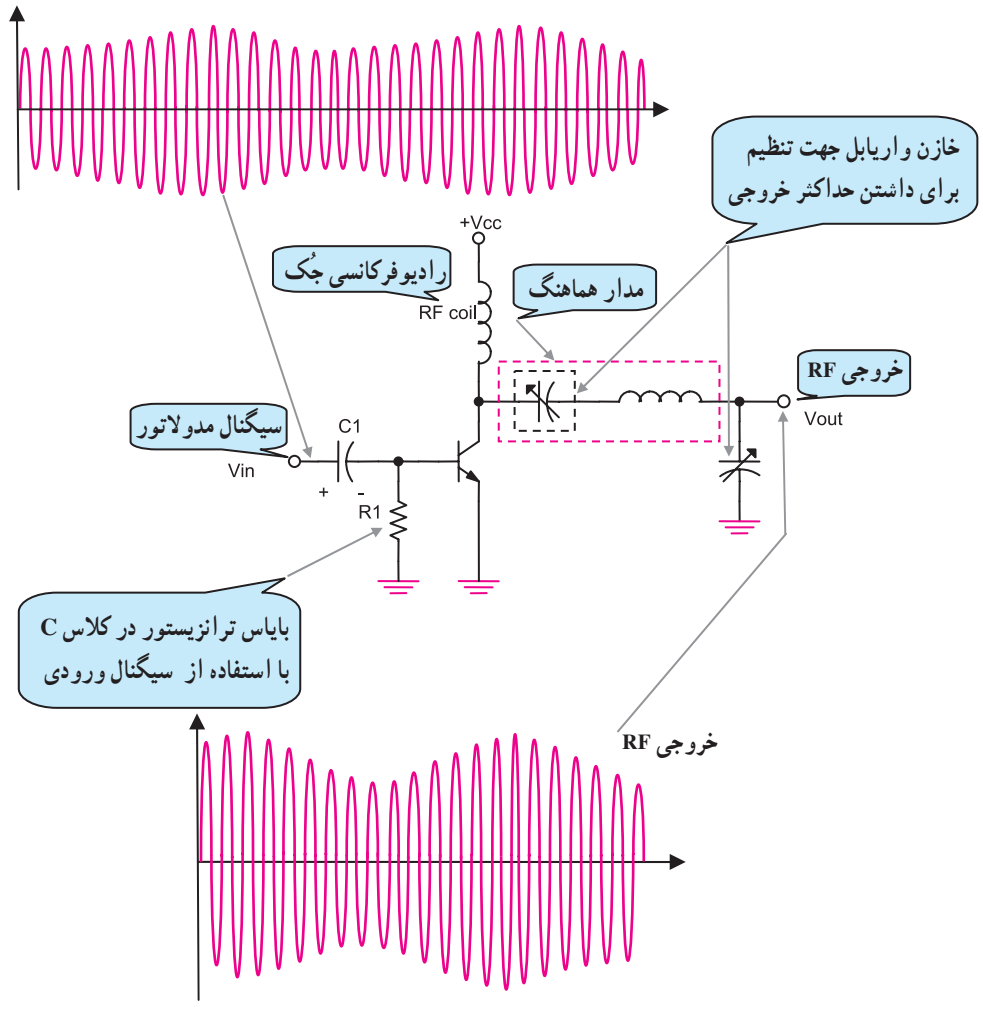


شکل ۳۰ــ۱ــ نحوه‌ی رسیدن سیگنال RF به مدولاتور

۶ــ۷ــ۱ــ تقویت کننده‌ی قدرت RF بلوک ۵:

سیگنال خروجی مدولاتور AM توسط یک تقویت‌کننده‌ی رادیویی RF تقویت می‌شود تا از طریق آنتن در فضا انتشار یابد.

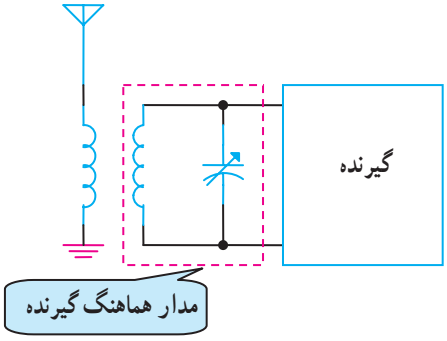
تقویت‌کننده‌ی قدرت رادیویی از نوع کلاس C است. در شکل (۳۱ــ۱) یک نمونه تقویت‌کننده‌ی قدرت RF کلاس C را مشاهده می‌کنید.

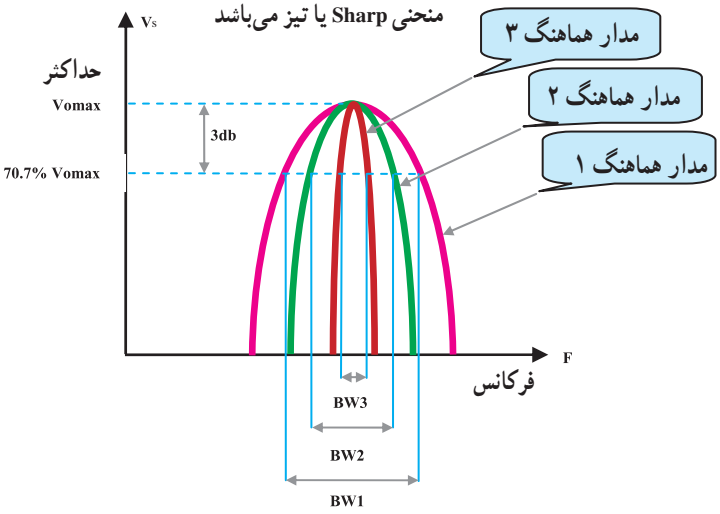


شکل ۳۱ــ۱ــ مدار تقویت کننده‌ی RF در فرستنده AM بلوک ۵

۸ــ۱ــ ویژگی‌های گیرنده‌های رادیویی

گیرنده‌های رادیویی ویژگی‌هایی دارند. از این ویژگی‌ها برای تشخیص یک گیرنده‌ی رادیویی مرغوب از یک گیرنده‌ی رادیویی نامرغوب استفاده می‌شود. مهم‌ترین ویژگی‌های هر گیرنده‌ی رادیویی انتخابگری، حساسیت، پایداری و وفاداری است. هرکدام از این ویژگی‌ها در طراحی یک گیرنده‌ی رادیویی نقش مهمی دارند.

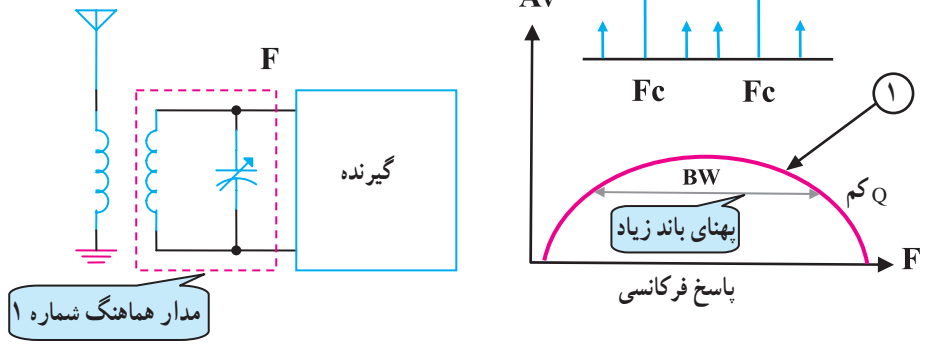




شکل ۳۲ــ۱ــ پاسخ فرکانسی مدار هماهنگ‌گیرنده‌های رادیویی

۱ــ ۸ ــ۱ــ انتخابگری یا سلکتیویته[1] : توانایی یک گیرنده در انتخاب فرکانس ایستگاه موردنظر و حذف و تضعیف فرکانس‌های ناخواسته را انتخابگری می‌نامند. انتخابگری با ضریب کیفیت مدار هماهنگی تعیین می‌شود، شکل (۳۲ــ۱).

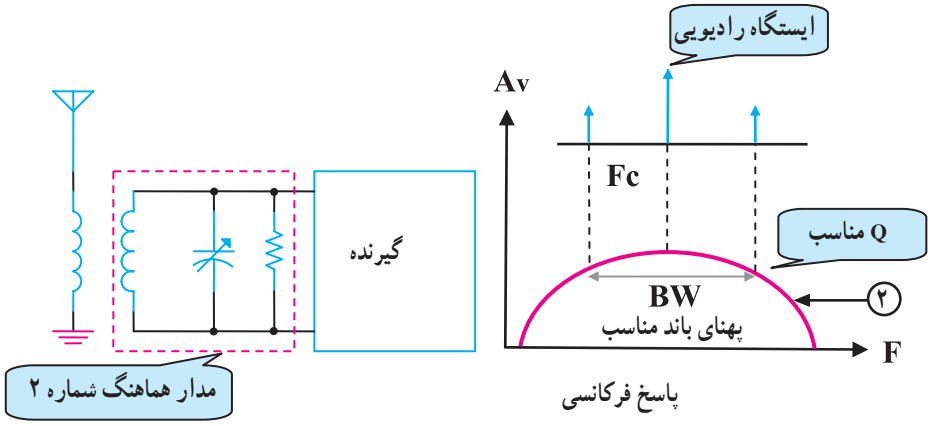
با توجه به شکل (۳۳ــ۱ــ الف) می‌توان گفت که پهنای باند مدار هماهنگی شماره یک زیاد است، از این رو هنگام دریافت ایستگاه‌های مختلف، تداخل به‌وجود می‌آورد و انتخابگری خوب نیست.



الف ــ انتخابگری خوب نیست.

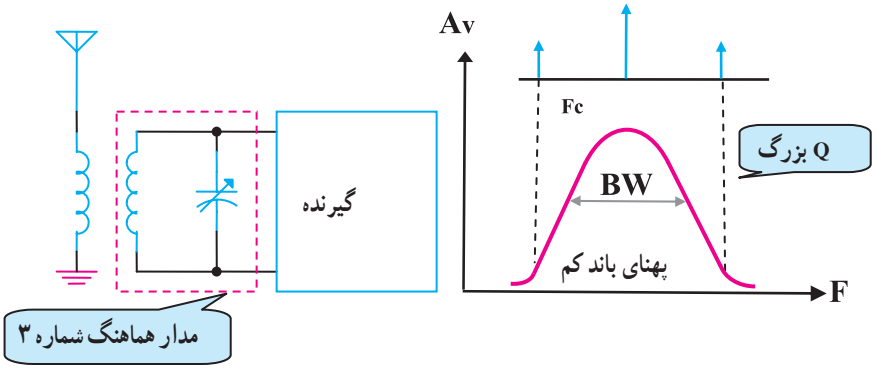
۱ــSelectivity انتخابگری

پهنای باند مدارهماهنگی شماره ۲ در محدوده‌ی باند کناری بالا و پایین قرار دارد. بنابراین انتخابگری مناسب است، شکل (۳۳ــ۱ــ ب).



ب ــ انتخابگری مناسب است.

پهنای باند مدار هماهنگی شماره ۳ کم است درنتیجه قسمتی از اطلاعات پیام حذف می‌شود ؛ بنابراین انتخابگری مناسب نیست، شکل (۳۳ــ۱ــ ج). پهنای باند مدارهای هماهنگی یک گیرنده باید به اندازه‌ای باشد که بتواند بالاترین فرکانس پیام را آشکار کند.

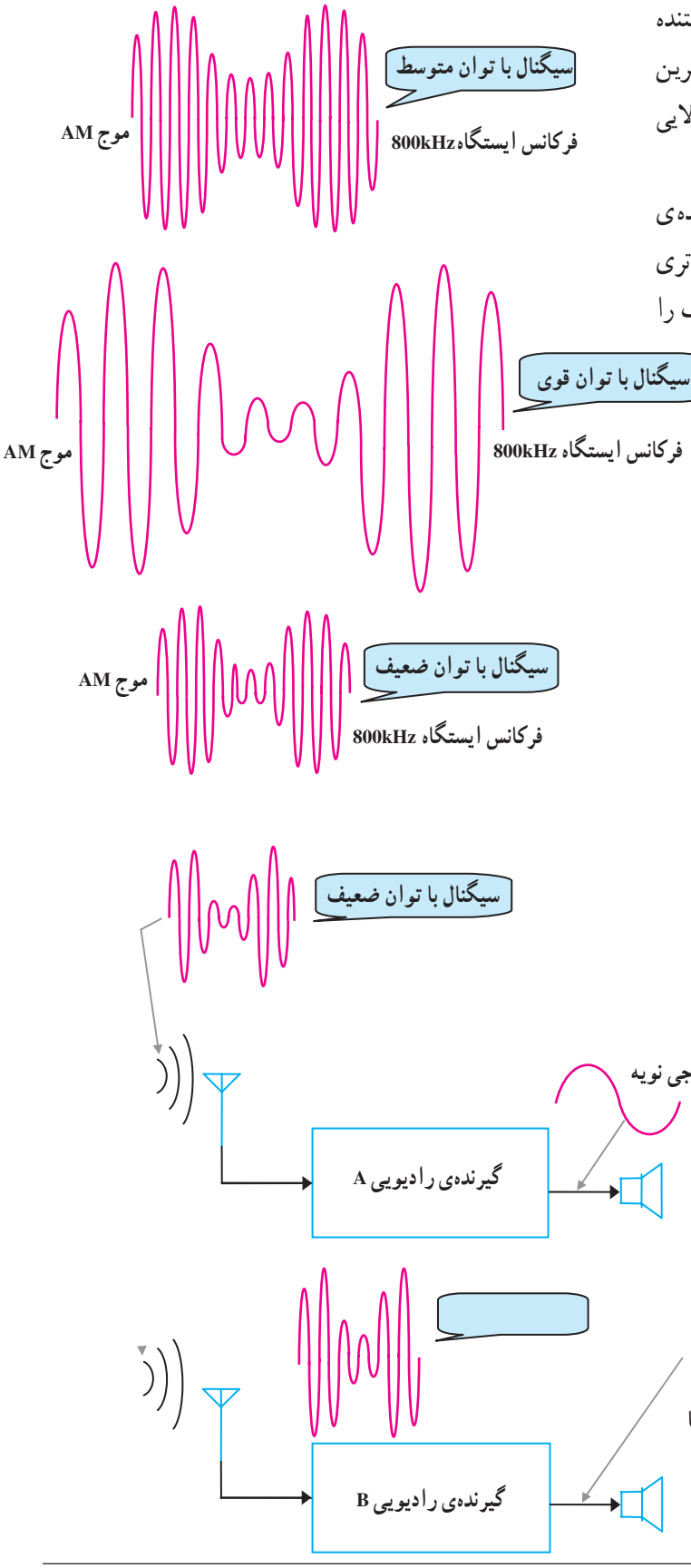


ج ــ پهنای باند تیز است و قسمتی از پیام حذف می‌شود.

شکل ۳۳ــ۱ــ مقایسه‌ی پهنای باند و ضریب کیفیت مدارهای هماهنگ

۲ــ ۸ ــ ۱ــ حساسیت (سنسیتویته)[1]: توانایی یک گیرنده در دریافت حداقل دامنه و قدرت، سیگنال ضعیف فرستنده را حساسیت گویند. اگر گیرنده‌ای بتواند سیگنال ضعیف‌ترین ایستگاه را دریافت و پیام را آشکار کند دارای حساسیت بالایی است، شکل (۳۴ــ۱ــ الف).

همان‌طور که در شکل (۳۴ــ۱) مشاهده می‌شود گیرنده‌ی رادیویی A نسبت به گیرنده‌ی رادیویی B دارای حساسیت بالاتری است از این رو می‌تواند سیگنال پیام ایستگاه رادیویی ضعیف را دریافت و بازسازی کند، شکل (۳۴ــ۱ــ ب).



الف ــ گیرنده‌ی A با حساسیت قوی می‌تواند سیگنال با توان ضعیف را دریافت و بازسازی کند.

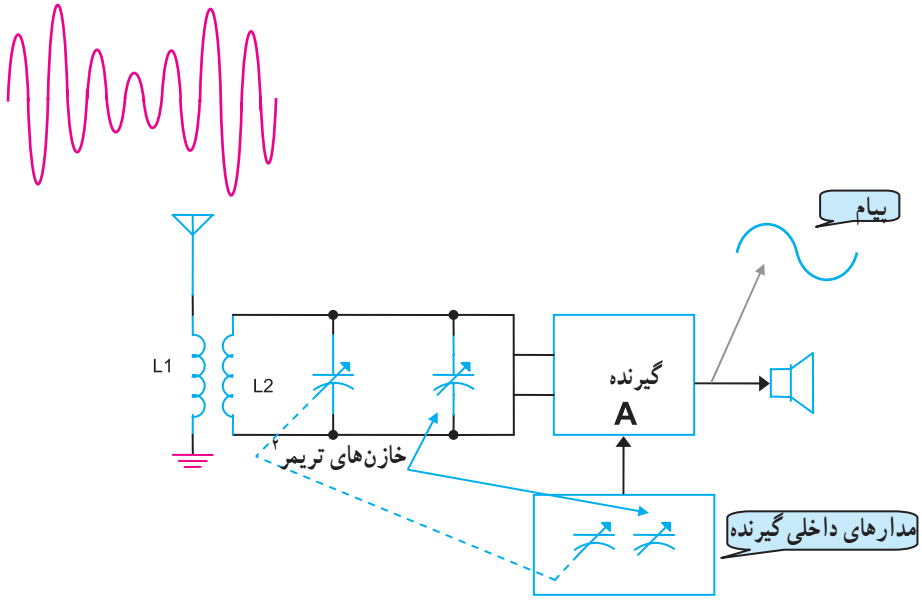
ب ــ گیرنده‌ی B با حساسیت ضعیف نمی‌تواند سیگنال با توان ضعیف را دریافت و بازسازی کند.

شکل ۳۴ــ۱ــ مقایسه‌ی دو گیرنده با حساسیت‌های متفاوت

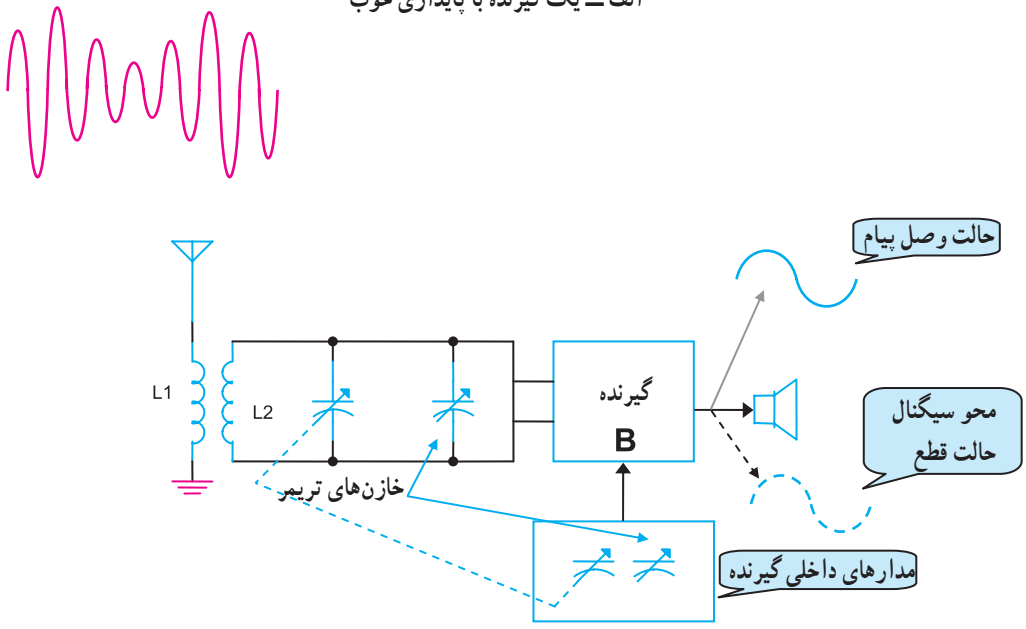
۱ــ Sensitivity حساسیت

۳ــ ۸ ــ ۱ــ پایداری (استابیلیته)[1]: میزان ثابت بودن فرکانس ایستگاه دریافتی در گیرنده را پایداری گویند.

چنانچه عوامل مختلفی در داخل گیرنده باعث قطع و وصل ایستگاه دریافتی شود گیرنده، پایداری خوبی ندارد. شکل (۳۵ــ۱) یک گیرنده‌ی رادیویی را نشان می‌دهد که با وجود قوی بودن سیگنال دریافتی توسط آنتن، سیگنال خروجی آن قطع و وصل می‌شود.



الف ــ یک گیرنده با پایداری خوب



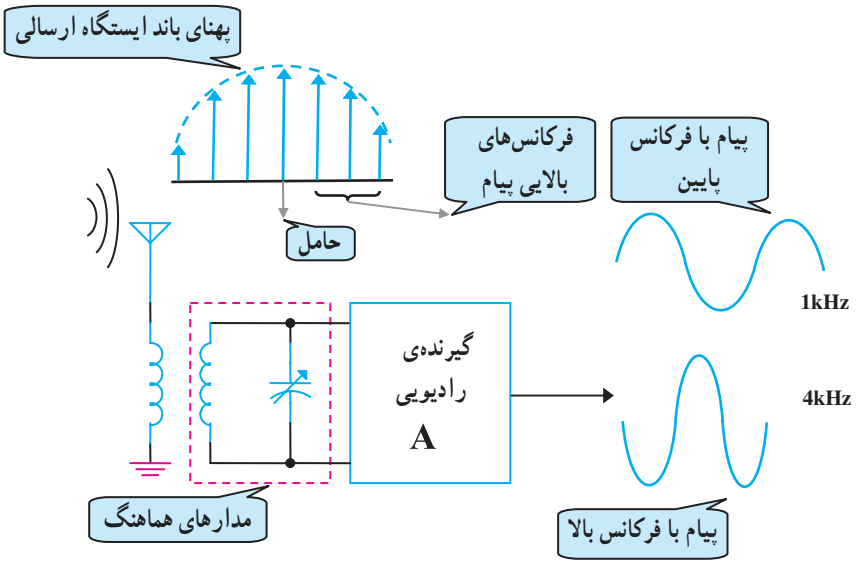
ب ــ یک گیرنده با پایداری ضعیف

شکل ۳۵ــ۱ــ پایداری در گیرنده‌های رادیویی

۱ــ Stability پایداری

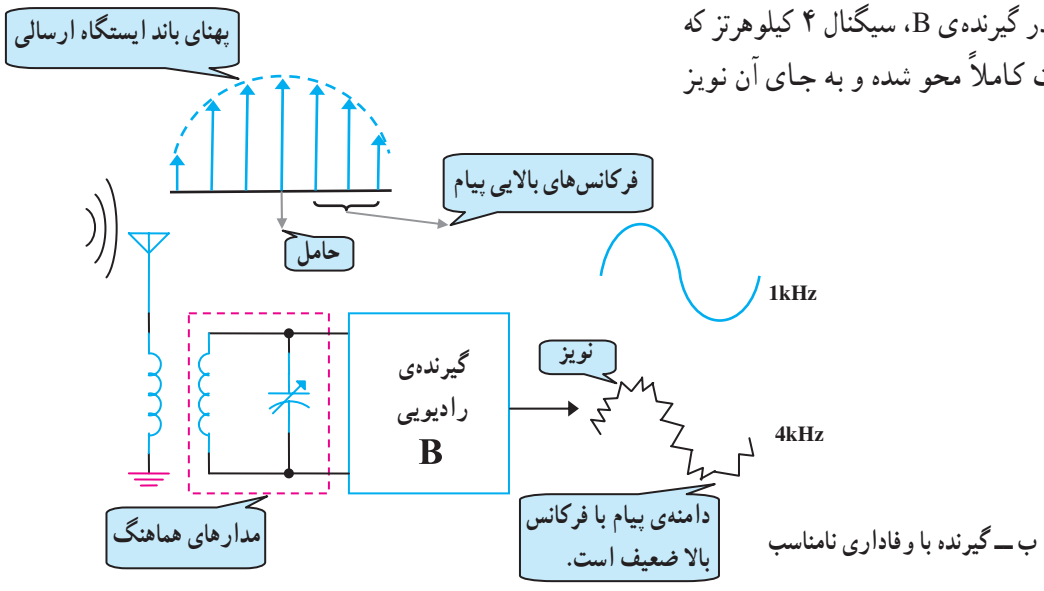
۲ــ Trimmer خازن متغیری است که برای تنظیم دقیق فرکانس به‌کار می‌رود.

۴ــ ۸ ــ ۱ــ وفاداری (فیدیلیته)[1]: تشابه سیگنال خروجی بازسازی شده به سیگنال ورودی گیرنده‌ی رادیویی را وفاداری می‌نامند. به عبارت ساده‌تر وفاداری بستگی به باند عبوری مدارهای انتخاب کننده یا مدار هماهنگی دارد. اگر Q در این مدارها بالا باشد، فرکانس‌های بالای سیگنال پیام، تضعیف می‌شوند وکیفیت صوت را کاهش می‌دهند. در این حالت میزان وفاداری گیرنده کم می‌شود.



الف ــ گیرنده با وفاداری خوب

در شکل (۳۶ــ۱) در گیرنده‌ی B، سیگنال ۴ کیلوهرتز که مربوط به پیام اصلی است کاملاً محو شده و به جای آن نویز به‌وجود آمده است.

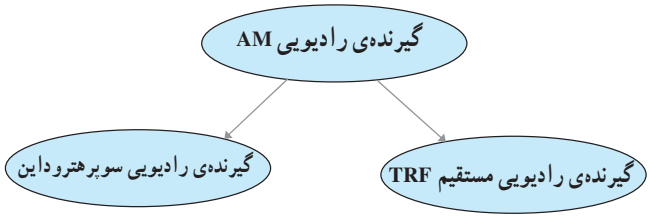


ب ــ گیرنده با وفاداری نامناسب

شکل ۳۶ــ۱ــ مقایسه‌ی وفاداری دو گیرنده‌ی رادیویی

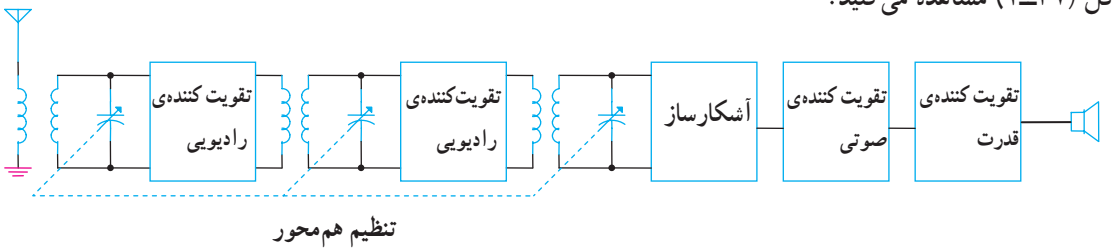
۱ــ Fidility وفاداری

۹ــ۱ــ گیرنده‌ی رادیویی AM



گیرنده‌های رادیویی AM به انواع مختلف تقسیم می‌شوند که دو نوع متداول آن گیرنده‌ی رادیویی مستقیم(TRF)[۱] و گیرنده‌ی رادیویی سوپرهترودایـن[۲] است. گیرنده‌های رادیویی که امروزه تولید می‌شوند، سوپرهترودایـن هستند. تأکید ما در این کتاب نیز روی گیرنده‌ی سوپرهترودایـن است.

۱ــ۹ــ۱ــ گیرنده‌ی رادیویی مستقیم (TRF): این گیرنده، ابتدایی‌ترین گیرنده‌ی رادیویی AM است. بلوک دیاگرام این گیرنده را در شکل (۳۷ــ۱) مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۷ــ۱ــ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی مستقیم

سیگنال RF از طریق آنتن دریافت می‌شود. پس از چند بار تقویت و انتخاب مجدد در ایستگاه موردنظر به آشکارساز می‌رسد.

در آشکارساز، سیگنال پیام از RF جدا می‌شود و در نهایت سیگنال پیام توسط یک طبقه تقویت‌کننده‌ی صوتی تقویت شده و به وسیله‌ی بلندگو به امواج صوتی قابل شنیدن تبدیل می‌شود. گیرنده‌ی TRF به علت داشتن معایب متعدد از خط تولید خارج شده است.

معایب گیرنده‌ی TRF

- نداشتن ضریب تقویت کنندگی یکنواخت در طول باند.
- نداشتن انتخابگری مناسب.

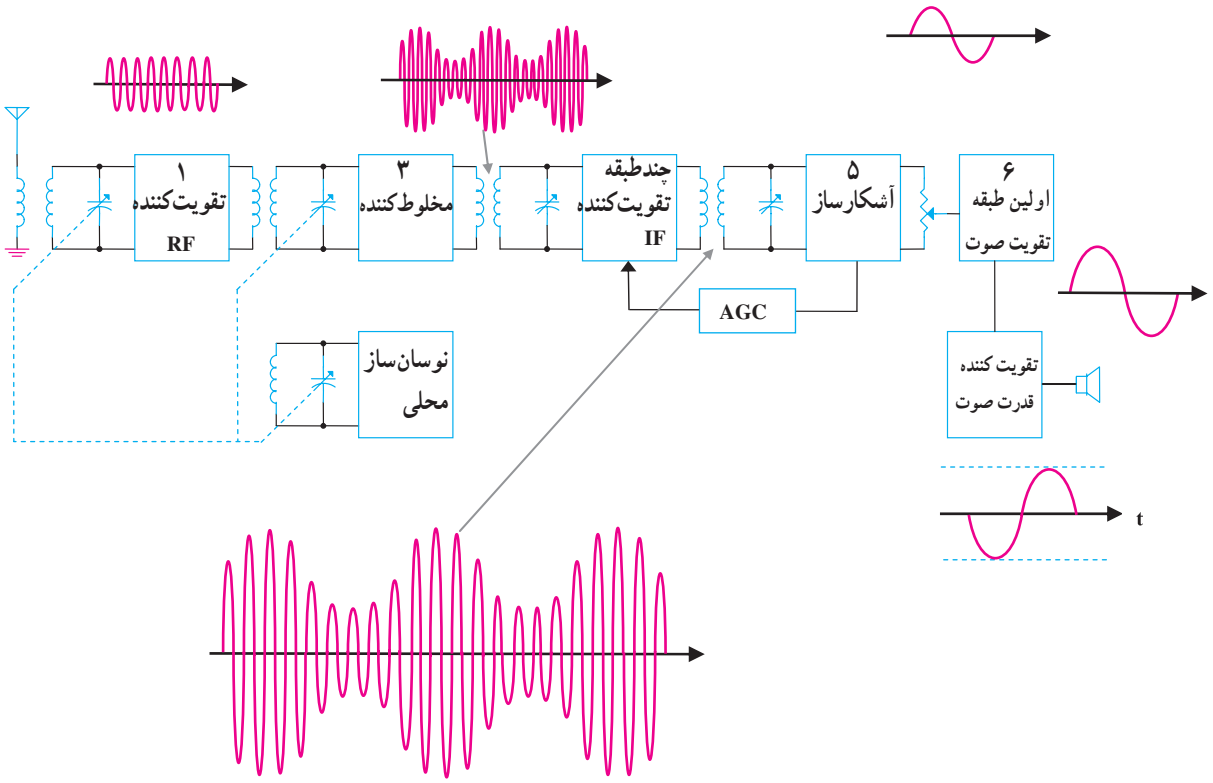
این گیرنده نمی‌تواند ایستگاه‌های رادیویی را که فرکانس حامل آن‌ها به یکدیگر نزدیک است، دریافت کند.

- داشتن حساسیت ضعیف.
- این گیرنده نمی‌تواند ایستگاه‌هایی را که توان کمی دارند (ضعیف هستند) دریافت کند.
- امکان به نوسان افتادن طبقات مختلف به دلیل استفاده‌ی بیش از حد از مدارهای هماهنگی بین تقویت‌کننده‌های RF گیرنده به نوسان می‌افتد و به نویز آلوده می‌شود.

۱ــ TRF , Tuned Radio Frequency

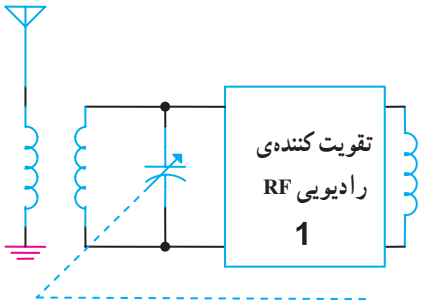
۲ــ Superhetrodyne Reciever

۲ــ۹ــ۱ــ گیرنده‌ی سوپرهترودایـن: این گیرنده به دلیل داشتن مزایایی چون پایداری، انتخابگری و حساسیت بالا امروزه کاربرد بسیار دارد. در گیرنده‌ی سوپر هترودایـن، عمل تقویت سیگنال در یک فرکانس خاص که آن را فرکانس میانی می‌نامند انجام می‌شود ؛ بنابراین عملاً فقط یک طبقه تقویت‌کننده RF و در مجموع، سه مدار هماهنگ LC قابل تنظیم هم‌محور دارد. در شکل (۳۸ــ۱) بلوک دیاگرام یک گیرنده‌ی سوپرهترودایـن نمایش داده شده است. در گیرنده‌های رادیویی تجاری، عمل تقویت RF و مخلوط کنندگی توسط یک ترانزیستور انجام می‌شود ؛ در نتیجه عملاً فقط دو خازن متغیر وجود دارد.

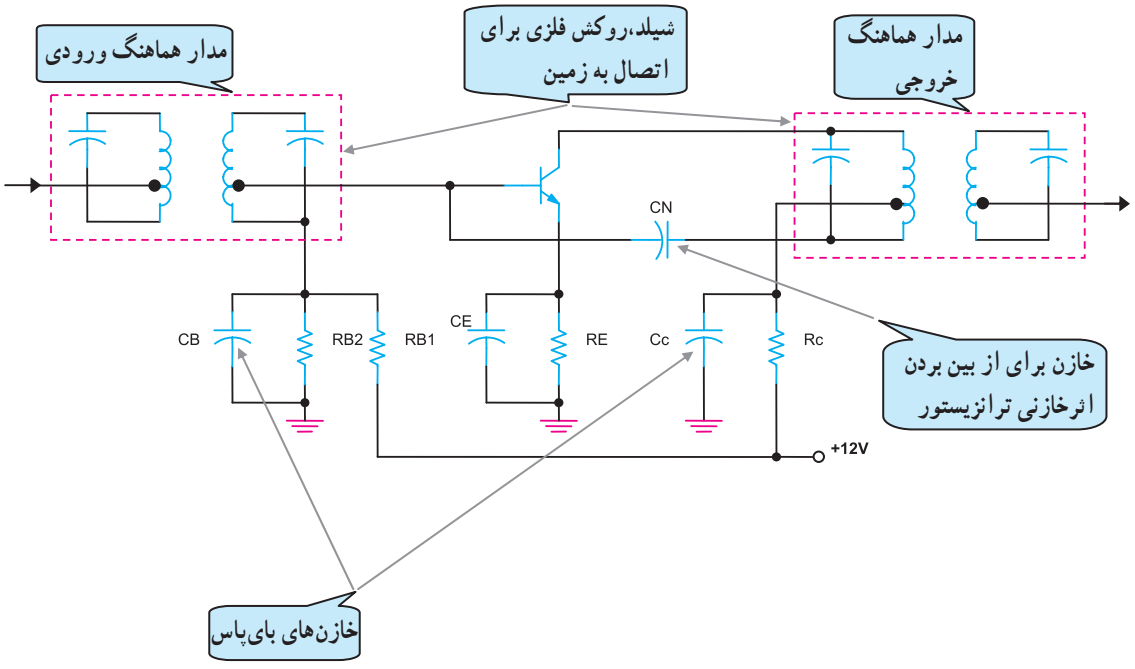


شکل ۳۸ــ۱ــ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی سوپر هترودایـن

تقویت کننده‌ی رادیویی RF بلوک ۱: امواج منتشر شده از فرستنده توسط آنتن گیرنده دریافت و به وسیله‌ی مدار هماهنگ ورودی تقویت کننده انتخاب می‌شوند، شکل (۳۹ــ۱). دامنه‌ی سیگنال درتقویت‌کننده‌ی RF تقویت می‌شود واز طریق مدار هماهنگ خروجی به مدار مخلوط کننده می‌رسد. در شکل (۴۰ــ۱) یک نمونه مدار تقویت کننده‌یRF نشان داده شده است. این تقویت کننده، مشابه یک تقویت کننده‌ی معمولی است با این تفاوت که در ورودی و خروجی آن، مدار هماهنگی وجود دارد.



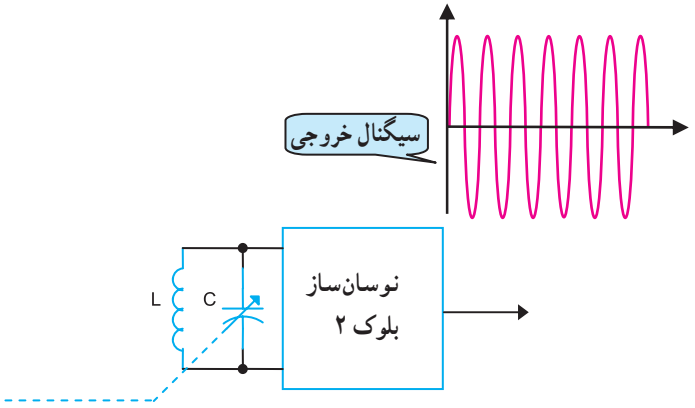
شکل ۳۹ــ۱ــ بلوک تقویت کننده‌ی RF



شکل ۴۰ــ۱ــ تقویت‌کننده‌ی RF

نوسان‌ساز محلی بلوک ۲: برای تولید فرکانس میانی که آن را «IF»[1] می‌نامند به یک اسیلاتور محلی[2] در گیرنده نیاز است، شکل (۴۱ــ۱). فرکانس IF در گیرنده‌ی AM بین ۴۵۰ تا ۴۶۵ کیلوهرتز است.

فرکانس اسیلاتور محلی می‌تواند به اندازه‌ی فرکانس IF، بیشتریا کمتر از فرکانس ورودی باشد ولی درصورتی که از فرکانس کمتراستفاده شود فرکانس اسیلاتور محلی در باند فرکانس MW قرار می‌گیرد ؛ بنابراین فرکانس ایستگاه رادیویی باید همیشه به اندازه‌ی فرکانس IF بالاتر از فرکانس ایستگاه رادیویی باشد. اگر F_{Lose} مقدار فرکانس خروجی نوسان‌ساز محلی گیرنده باشد،



شکل ۴۱ــ۱ــ نوسان‌ساز

۱ــ Intermediate Frequency ۲ــ Local Oscillator

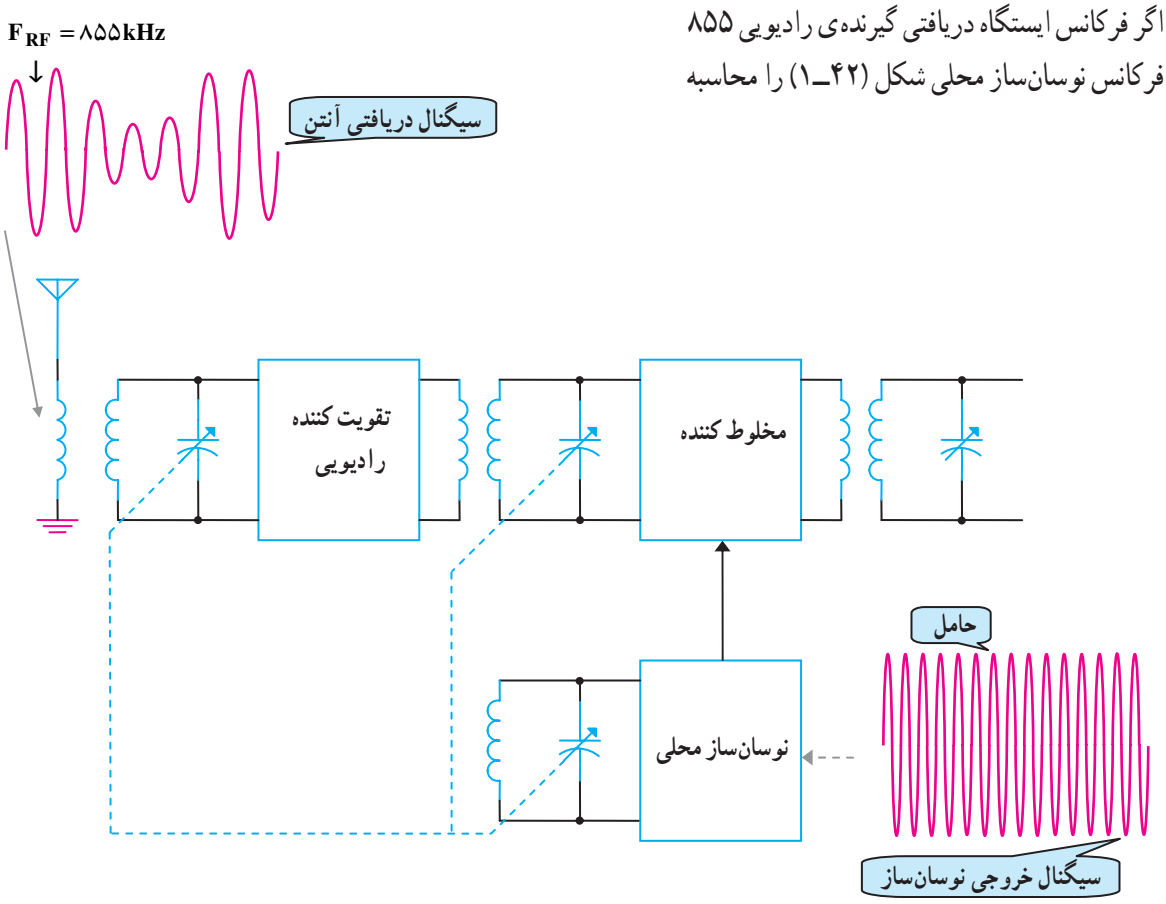
مقدار آن از مجموع فرکانس ایستگاه دریافتی و فرکانس میانی به‌دست می‌آید.

فرکانس میانی + فرکانس ایستگاه = فرکانس اسیلاتور محلی دریافتی

$$F_{Lose} = F_{RF} + F_{IF}$$

مثال: اگر فرکانس ایستگاه دریافتی گیرنده‌ی رادیویی ۸۵۵ کیلوهرتز باشد فرکانس نوسان‌ساز محلی شکل (۴۲ــ۱) را محاسبه کنید.

$$F_{Lose} = F_{RF} + F_{IF}$$
$$F_{Lose} = ۸۵۵kHz + ۴۵۵kHz$$
$$F_{Lose} = ۱۳۱۰kHz$$ فرکانس نوسان‌ساز

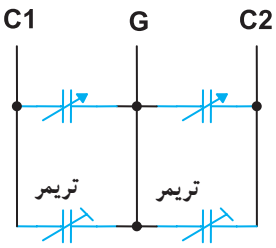


شکل ۴۲ــ۱ــ بلوک دیاگرام نوسان‌ساز و مخلوط کننده

فرکانس مدار هماهنگ ورودی کادر آنتن و نوسان‌ساز باید به‌طور همزمان تغییر کند. این عمل توسط دو خازن متغیر که به صورت هم‌محور هستند و در یک قاب قرار دارند انجام می‌شود. به این خازن «خازن واریابل[1]» می‌گویند.

در شکل (۴۳ــ۱) علامت اختصاری و نمای ظاهری خازن واریابل را مشاهده می‌کنید.

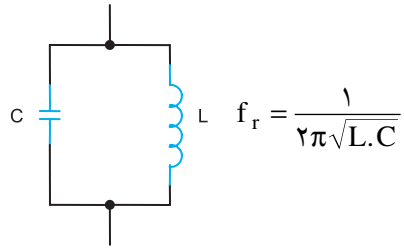
شکل ظاهری خازن واریابل



علامت اختصاری خازن واریابل

شکل ۴۳ــ۱ــ خازن واریابل

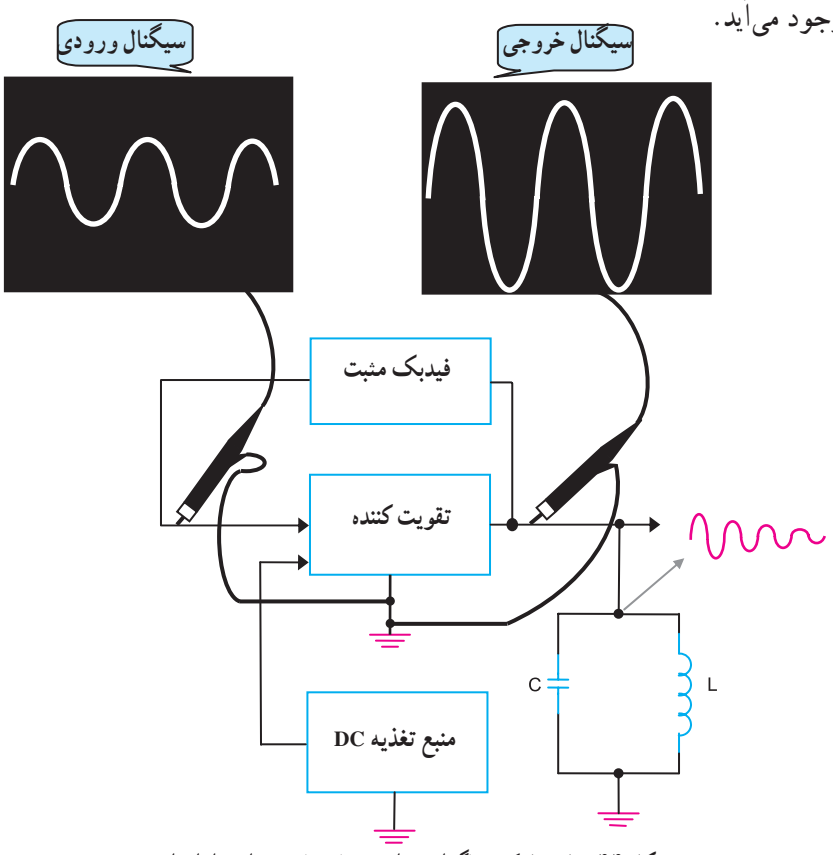
۱ــ Variable Capacitor



نوسان‌سازی که در گیرنده‌های رادیویی به‌کار می‌رود از نوع LC است. مقدار فرکانس اسیلاتور با فرکانس رزنانس مدار LC از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید.

در شکل (۴۴ـ۱) نحوه‌ی کار یک مدار اسیلاتور به‌صورت بلوک دیاگرام نشان داده شده است.

با روشن شدن منبع تغذیه درمدار هماهنگ LC پالس‌های میرائی ایجاد می‌شود که مقدار فرکانس آن‌ها با f_r برابر است. این پالس‌ها از طریق مدار فیدبک به تقویت‌کننده وارد و تقویت می‌شوند و در نهایت در خروجی، شکل موج سینوسی به‌وجود می‌آید.

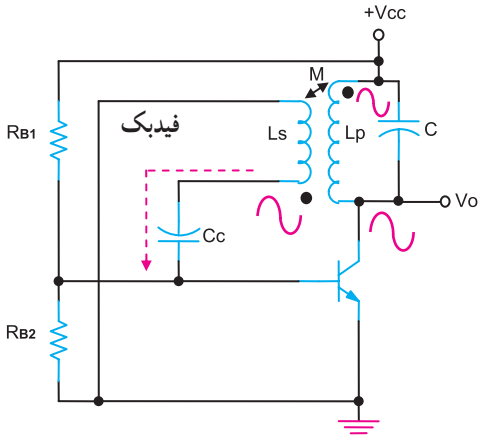


شکل ۴۴ـ۱ـ بلوک دیاگرام مدار نوسان‌ساز بعد از راه‌اندازی

یادآوری : این مطالب در الکترونیک کار عمومی آمده است و صرفاً به منظور یادآوری است.

در شکل‌های (۴۵ــ۱) ، (۴۶ــ۱) و (۴۷ــ۱) سه نمونه مدار نوسان‌ساز را مشاهده می‌کنید.

شکل (۴۵ــ۱) مدار نوسان‌ساز آرمسترانگ است که فرکانس نوسان آن از رابطه‌ی $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{Lp.C}}$ به‌دست می‌آید.

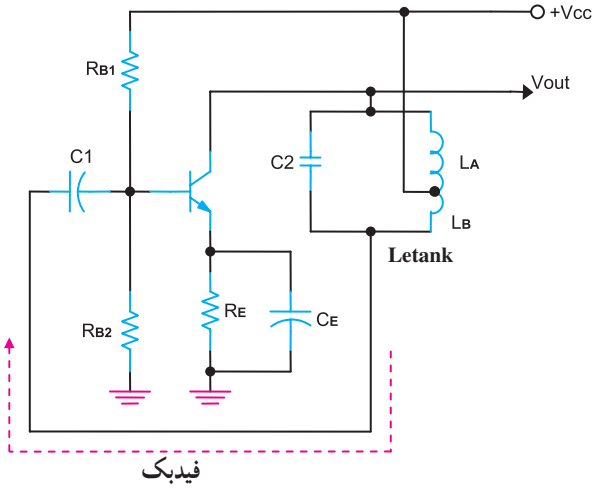


شکل ۴۵ــ۱ــ نوسان‌ساز آرمسترانگ

شکل (۴۶ــ۱) مدار نوسان‌ساز هارتلی را نشان می‌دهد، که مقدار فرکانس آن از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$L = L_A + L_B$$

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

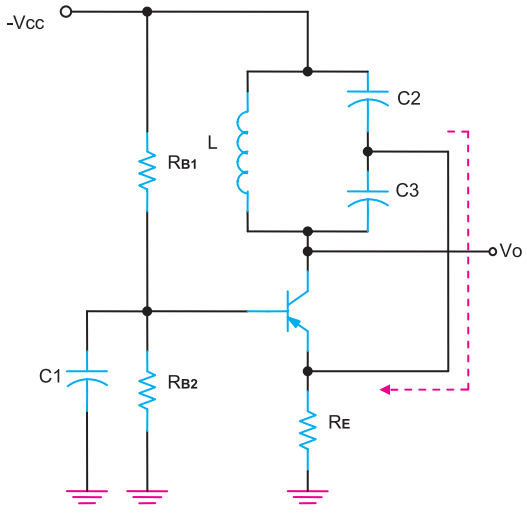


شکل ۴۶ــ۱ــ اسیلاتور هارتلی

در شکل (۴۷ــ۱) مدار نوسان‌ساز کول‌پیتس را مشاهده می‌کنید. مقدار فرکانس نوسان‌ساز کول‌پیتس از رابطه‌های زیر قابل محاسبه است.

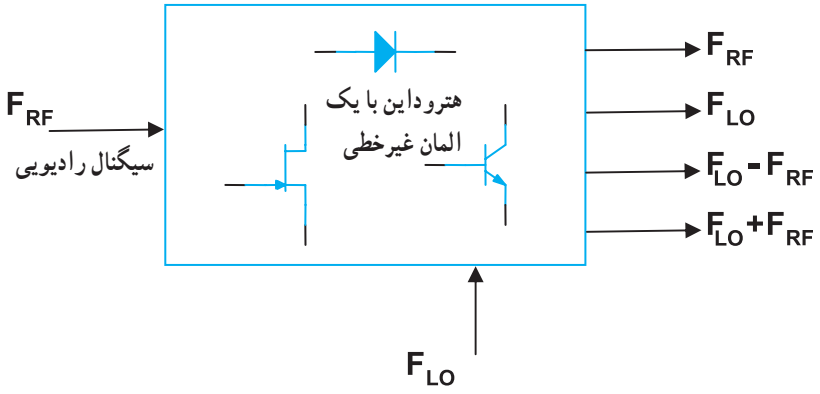
$$C_T = \frac{C_۲ . C_۳}{C_۲ + C_۳}$$

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC_T}}$$



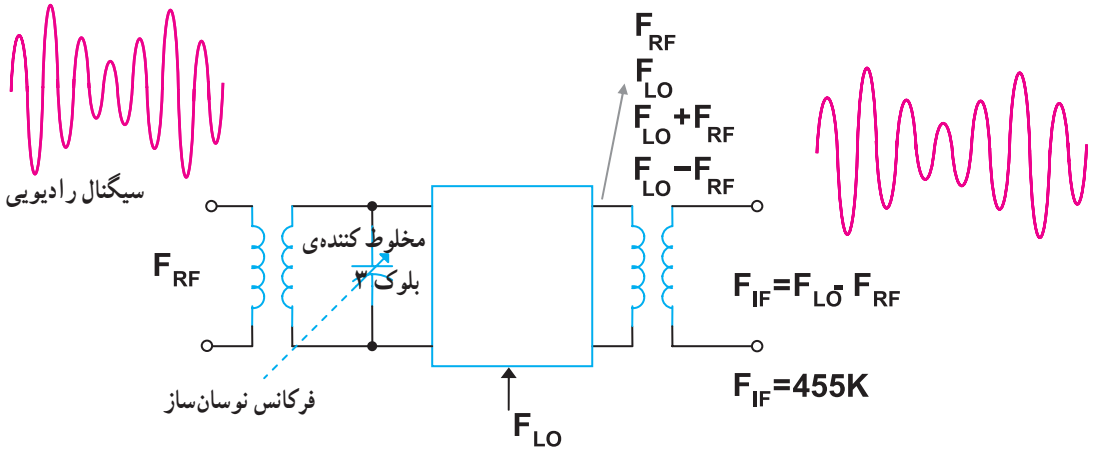
شکل ۴۷ــ۱ــ نوسان‌ساز کول‌پیتس

مخلوط‌کننده یا میکسر بلوک۳: در گیرنده‌ی سوپرهترودین، فرکانس میانی از تفاضل دو فرکانس نوسان‌ساز محلی و فرکانس ایستگاه دریافتی به‌دست می‌آید. عمل تفاضل مانند عمل مدولاسیون توسط یک المان غیرخطی در بلوک مخلوط‌کننده انجام می‌شود. در شکل (۴۸ــ۱) بلوک دیاگرام مخلوط کننده آمده است.



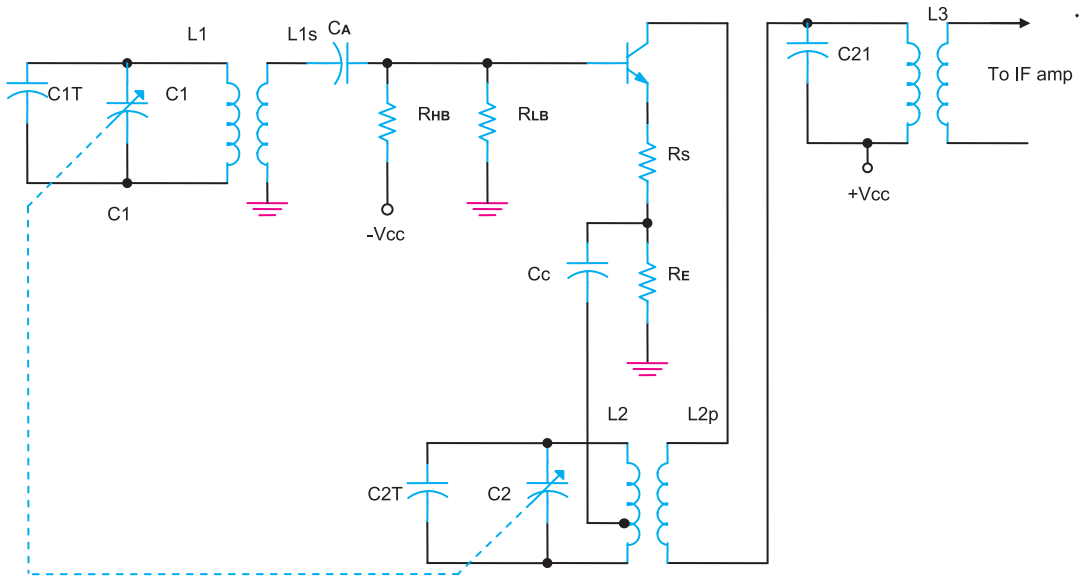
شکل ۴۸ــ۱ــ بلوک یک میکسر

در خروجی مخلوط‌کننده، چهار فرکانس ظاهر می‌شود، می‌توان توسط یک مدار هماهنگ LC فرکانس تفاضل را که همان فرکانس IF است از سایر فرکانس‌ها جدا کرد، شکل (۴۹ــ۱).



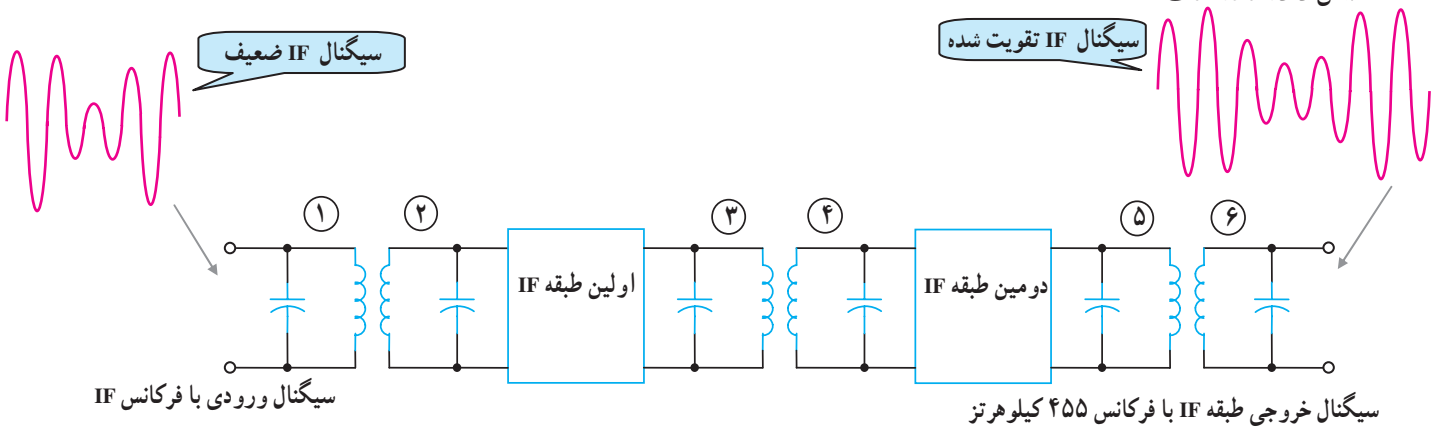
شکل ۴۹ــ۱ــ امواج ورودی و خروجی میکسر

در شکل (۵۰ــ۱) مدار یک میکسر ترانزیستوری نشان داده شده است. سیگنال رادیویی ایستگاه از طریق T_1 به بیس ترانزیستور اعمال می‌شود، سیگنال نوسان‌ساز به امیتر تزریق می‌شود و سیگنال AM با فرکانس IF از سیم‌پیچ ثانویه ترانس T_2 قابل دریافت است.



شکل ۵۰ــ۱ــ یک نمونه میکسر ترانزیستوری

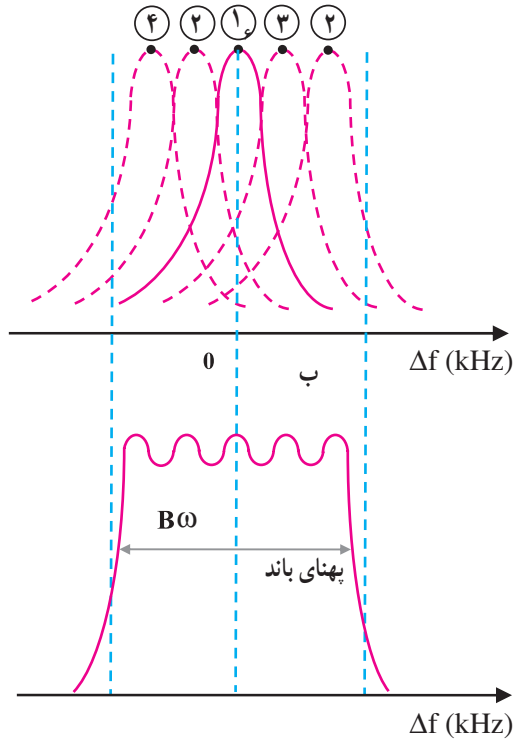
تقویت‌کننده محلی میانی[1] بلوک ۴: مقدار فرکانس میانی برای گیرنده‌های سوپرهترودین AM معمولاً برابر با ۴۵۵ کیلوهرتز است. برای تقویت سیگنال IF از یک یا چند طبقه تقویت‌کننده با کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده می‌شود. در شکل (۵۱ــ۱) طبقات IF را به صورت بلوکی مشاهده می‌کنید. در نمودار زیر شکل ترتیب تنظیم سیم‌پیچ‌های ترانس‌های IF برای عبور باند IF نشان داده شده است.



الف ــ بلوک ۴

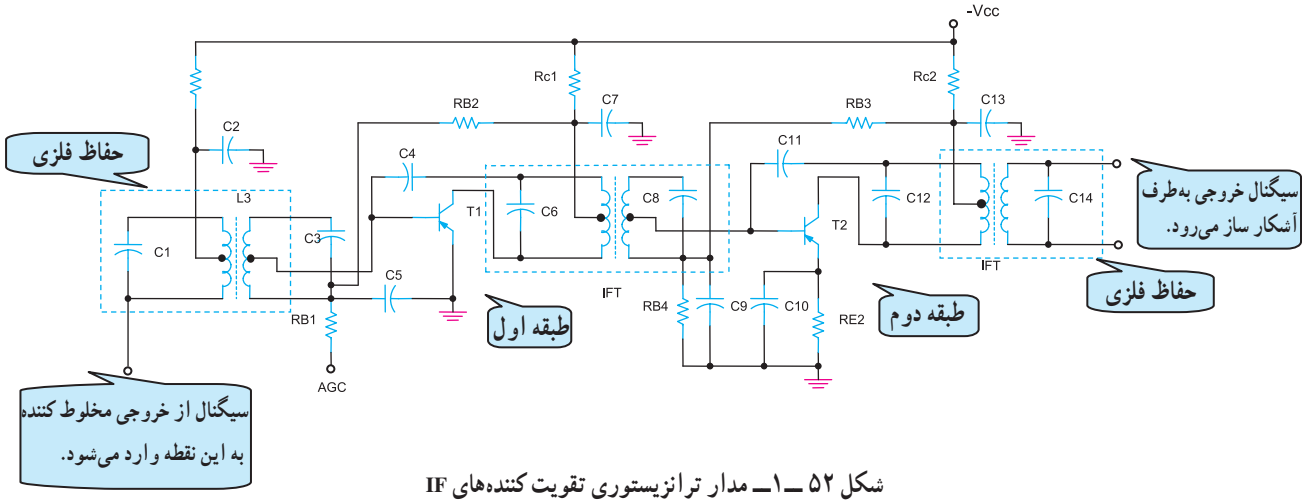
۱ــ Intermediatei Freyuency

برای تنظیم پهنای باند طبقات IF معمولاً در هر طبقه یک ترانسفورماتور IF با هسته‌ی متغیر وجود دارد. با تنظیم هسته‌ها می‌توان به باند IF موردنظر دسترسی پیدا کرد.



شکل ۵۱ ــ۱ــ بلوک دیاگرام تقویت کننده‌های IF

بهره‌ی تقویت‌کننده‌های IF توسط مدار AGC[1] کنترل می‌شود. AGC باعث می‌شود که هرگاه آنتن گیرنده، سیگنال ارسالی توسط فرستنده را در نقاط مختلف به‌طور ضعیف یا قوی دریافت کند، صدای خروجی از بلندگو همواره یکنواخت و ثابت باشد. در شکل (۵۲ ــ۱) مدار تقویت‌کننده‌ی IF دو طبقه را مشاهده می‌کنید.

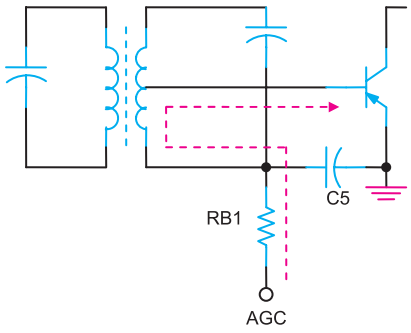


شکل ۵۲ ــ۱ــ مدار ترانزیستوری تقویت کننده‌های IF

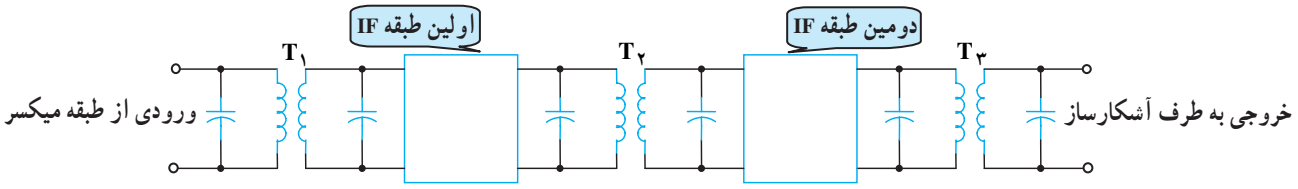
۱ــAutomatic Gain Control تنظیم بهره مدار به‌طور اتوماتیک

ولتاژ AGC معمولاً به اولین طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی IF اعمال می‌شود. همان‌طور که در شکل (۵۳ــ۱) مشاهده می‌شود ولتاژ AGC از طریق مقاومت R_{B1} به بیس ترانزیستور طبقه اول اعمال شده است.

ترانسفورماتورهای T_1 ، T_2 و T_3 ترانسفورماتورهای IF هستند که در بین طبقات IF قرار می‌گیرند، شکل (۵۴ــ۱). این ترانسفورماتورها به عنوان بار القایی عمل می‌کنند و ضمن تطبیق امپدانس بین طبقات، راندمان را نیز افزایش می‌دهند.

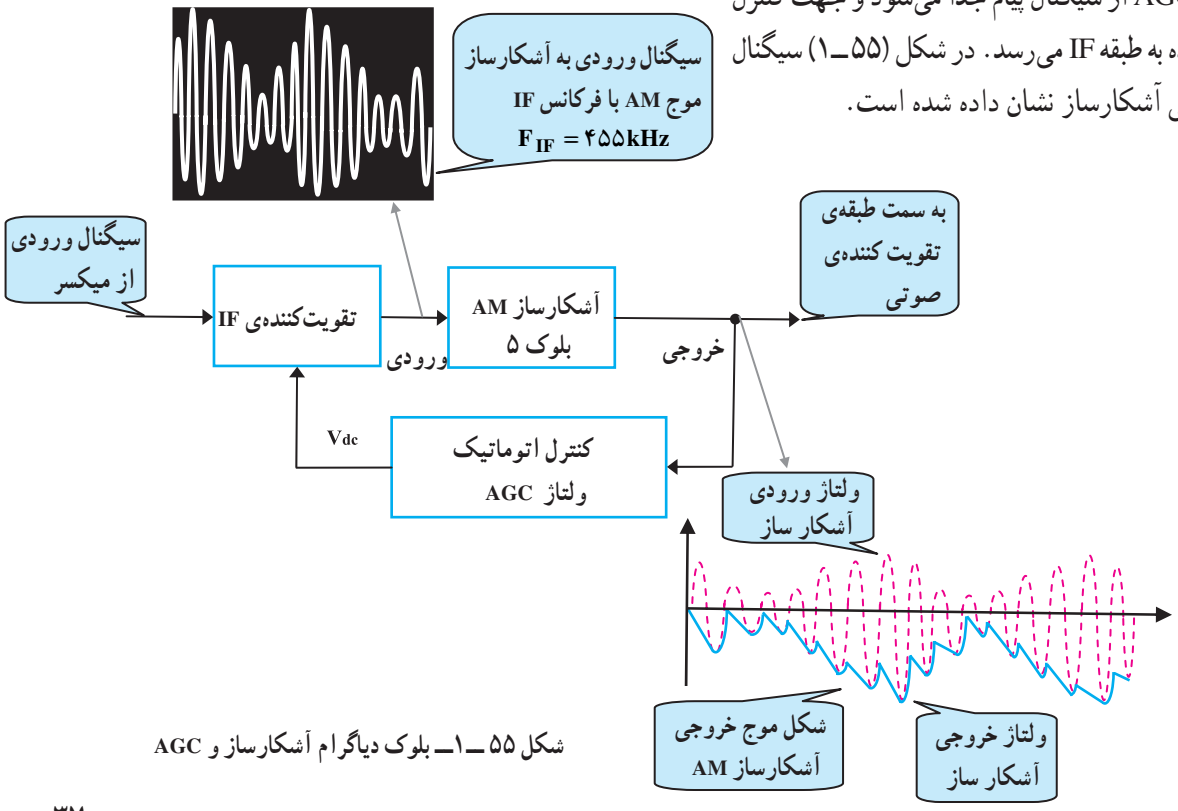


شکل ۵۳ ــ۱ــ اعمال AGC به اولین طبقه IF



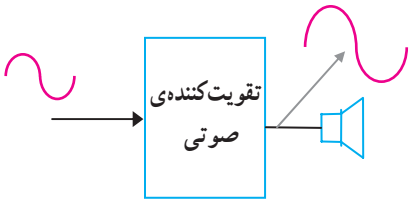
شکل ۵۴ــ۱ــ ترانسفورماتورهای IF

آشکارساز بلوک ۵: وظیفه‌ی بلوک آشکارسازی، جدا کردن پوش سیگنال مدوله شده (سیگنال صوتی) پیام از سیگنال RF است. سیگنال خروجی آشکارساز دارای دو مؤلفه‌ی AC و DC است. مؤلفه‌ی AC همان سیگنال پیام است که پس از تقویت، ازطریق بلندگو شنیده می‌شود ؛ مؤلفه‌ی DC و قسمتی از AC به‌وسیله‌ی طبقه AGC از سیگنال پیام جدا می‌شود و جهت کنترل بهره به تقویت کننده به طبقه IF می‌رسد. در شکل (۵۵ــ۱) سیگنال ورودی و خروجی آشکارساز نشان داده شده است.



شکل ۵۵ ــ۱ــ بلوک دیاگرام آشکارساز و AGC

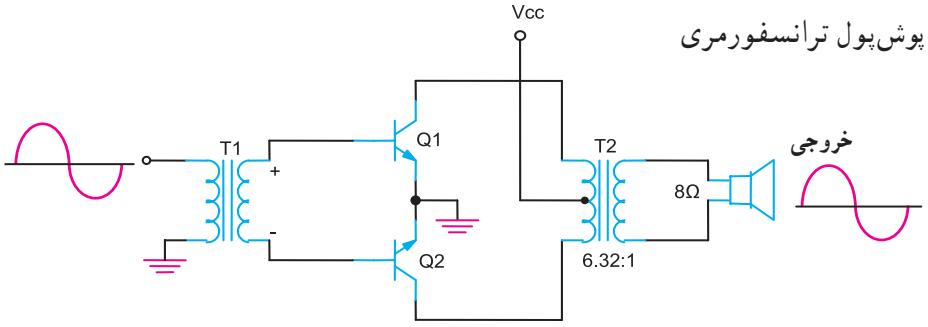
تقویت‌کننده‌ی صوت بلوک ۶: سیگنال صوتی ظاهر شده در خروجی آشکارساز، توسط یک تقویت‌کننده تا حد مطلوب تقویت و از بلندگو پخش می‌شود، شکل (۵۶ــ۱).



شکل ۵۶ ــ۱ــ بلوک تقویت کننده‌ی صوتی

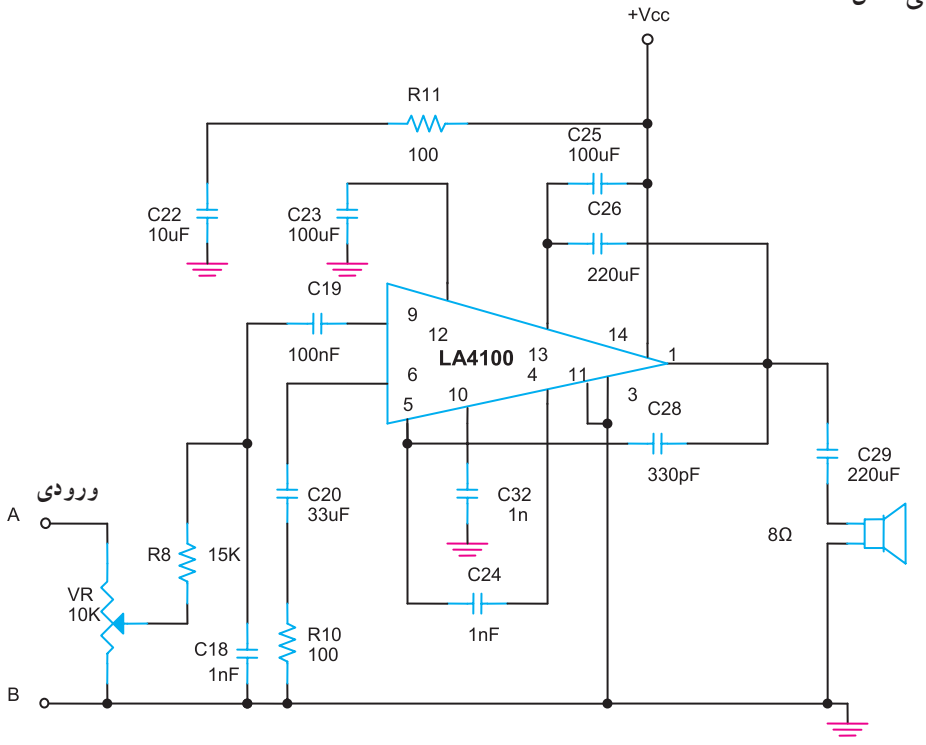
در اغلب گیرنده‌های رادیویی قدیمی از تقویت‌کننده‌ی شکل (۵۷ــ۱) استفاده شده است.

نوع این تقویت‌کننده‌ی قدرت، پوش‌پول ترانسفورمری کلاس B است.



شکل ۵۷ ــ۱ــ تقویت کننده‌ی پوش پول کلاس B قدیمی

امروزه در گیرنده‌های رادیویی جدید برای تقویت صوت از آی‌سی صوتی استفاده می‌شود. در شکل (۵۸ــ۱) یک نمونه مدار کامل تقویت‌کننده‌ی صوتی با آی‌سی نشان داده شده است.



شکل ۵۸ ــ۱ــ تقویت کننده‌ی صوتی با آی‌سی (IC)

آزمون میانی (۲) ــ تکوینی

۱ــ ویژگی‌های یک گیرنده‌ی رادیویی را نام ببرید.

۲ــ انتخابگری ایستگاه رادیویی با ..... مدارهای هماهنگی گیرنده‌ی رادیویی تعیین می‌شود.

۳ــ قابلیت دریافت حداقل سیگنال ضعیف را ..... گویند.

۴ــ میزان ثبات فرکانس در گیرنده‌ی رادیویی پس از دریافت ایستگاه را ..... گویند.

۵ــ اگر ضریب کیفیت (Q) مدارهای هماهنگ زیاد باشد کدام ویژگی گیرنده کاهش می‌یابد؟

۱) حساسیت ۲) وفاداری ۳) انتخابگری ۴) پایداری

۶ــ بلوک دیاگرام فرستنده‌ی رادیویی AM را ترسیم کنید.

۷ــ تقویت‌کننده‌ی صوتی فرستنده‌ی AM در چه کلاسی کار می‌کند؟

۱) AB ۲) A ۳) B ۴) C

۸ ــ دلیل استفاده از نوسان‌ساز کریستالی در فرستنده‌ی AM را بنویسید.

۹ــ وظیفه‌ی تقویت‌کننده‌ی جریان (بافر) در فرستنده‌ی AM را شرح دهید.

۱۰ــ تقویت‌کننده‌ی قدرت RF در فرستنده‌ی AM در کلاس ..... کار می‌کند.

۱۱ــ طبقات تشکیل‌دهنده‌ی یک گیرنده‌ی رادیویی مستقیم (TRF) را نام ببرید.

۱۲ــ معایب گیرنده‌ی رادیویی TRF را بنویسید.

۱۳ــ طبقات مختلف گیرنده‌ی رادیویی سوپرهترودین را نام ببرید.

۱۴ــ سیگنال‌های رادیویی ایستگاه‌های دریافتی توسط آنتن گیرنده در کدام طبقه تقویت می‌شود؟

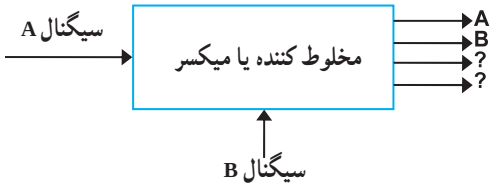
۱) تقویت کننده‌ی IF ۲) مخلوط کننده ۳) تقویت کننده‌ی RF ۴) تقویت‌کننده‌ی صوتی

۱۵ــ فرکانس ایستگاه دریافتی آنتن گیرنده‌ی رادیویی $F_{RF} = ۷۴۵kHz$ است. اگر $F_{IF} = ۴۵۰kHz$ باشد، فرکانس نوسان‌ساز محلی چند کیلوهرتز است؟

۱) ۱۵۳۵ ۲) ۲۹۵ ۳) ۱۲۰۵ ۴) ۱۱۹۵

۱۶ــ هترودین به معنی ..... دو فرکانس است.

۱۷ــ فرکانس خروجی‌هایی که با علامت سؤال مشخص شده کدام‌اند؟



۱) $2A$ ۲) $B-A, A-B$

۳) $A-B$ / $A+B$ ۴) $A+B$ / $2A-B$

۱۸ــ فرکانس میانی گیرنده‌ی رادیویی AM معمولاً چند کیلوهرتز است؟

۱) ۵۳۰ ۲) ۴۵۵ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۳۰۰

۱۹ــ در یک تقویت‌کننده‌ی IF دو ترانزیستوری، چند ترانسفورماتور IF موردنیاز است؟

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۲

۲۰ــ بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی طبقه‌ی IF توسط مدار ..... کنترل می‌شود.

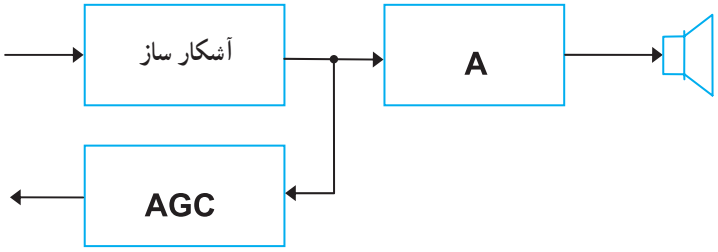
۲۱ــ وظایف ترانسفورماتورهای IF گیرنده‌های رادیویی سوپرهترودین را بنویسید.

۲۲ــ وظیفه‌ی آشکارسازی در گیرنده‌ی رادیویی سوپرهترودین چیست؟

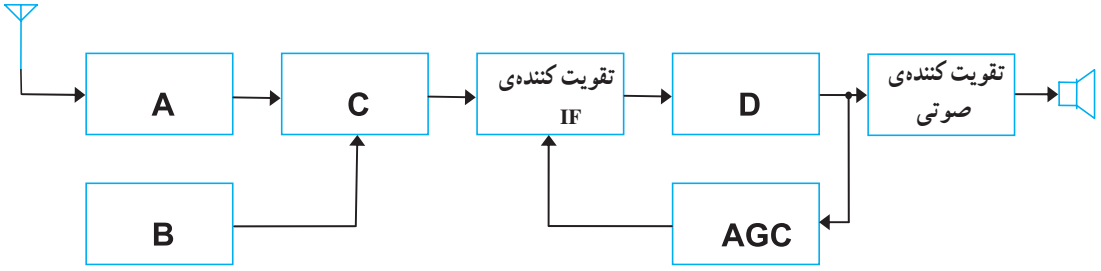
۲۳ــ نام بلوک A در گیرنده‌ی هترودایِن چیست؟

۱) تقویت‌کننده‌ی IF ۲) تقویت‌کننده‌ی RF

۳) تقویت‌کننده‌ی صوتی ۴) تقویت‌کننده‌ی قدرت RF



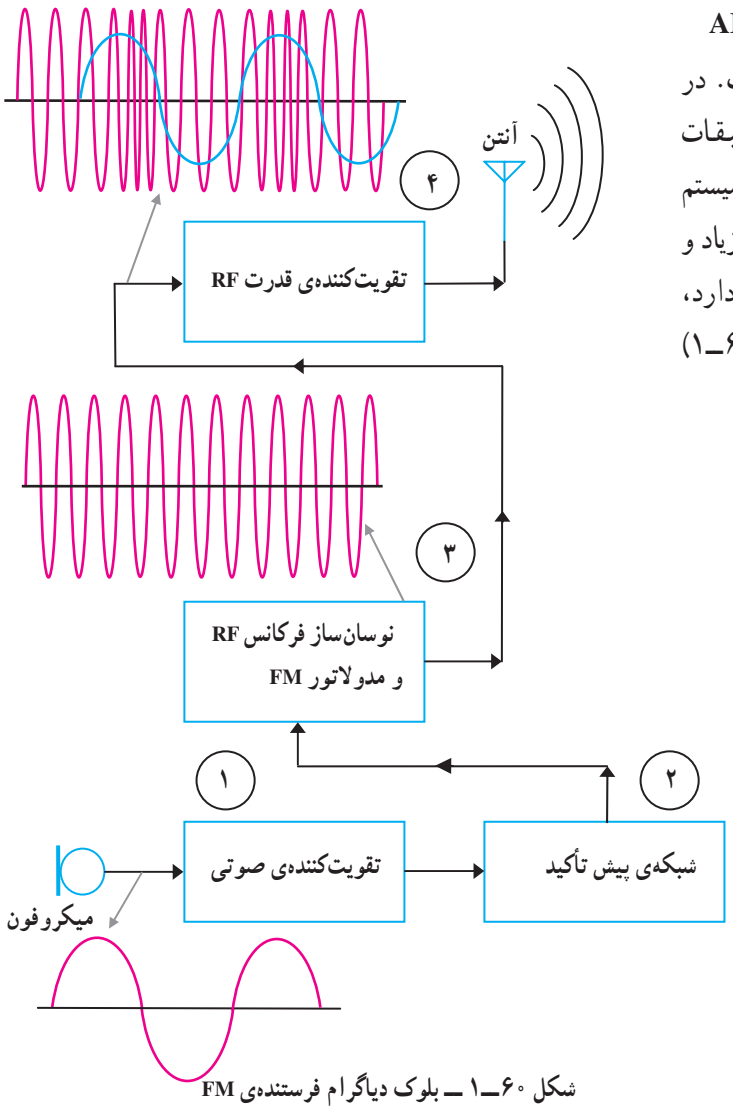
۲۴ــ در شکل (۵۹ــ۱) نام طبقات D، C، B و A را بنویسید.



شکل ۵۹ ــ۱ــ تعیین نام طبقات درگیرنده‌ی رادیویی

۱۰ــ۱ــ آشنایی با بلوک دیاگرام فرستنده‌ی AM

اصول کار فرستنده‌ی FM مشابه سیستم AM است. در این فرستنده به دلیل متفاوت بودن نوع مدولاسیون، طبقات اضافه‌تری نسبت به فرستنده‌ی AM دارد. نویزپذیری در سیستم FM نسبت به AM کم‌تر است و به علت داشتن پهنای باند زیاد و باند محافظ، امکان تداخل در بین ایستگاه‌ها کمتر وجود دارد، بنابراین صدا با کیفیت بهتری پخش می‌شود. در شکل (۶۰ــ۱) بلوک دیاگرام یک فرستنده‌ی FM نشان داده شده است.

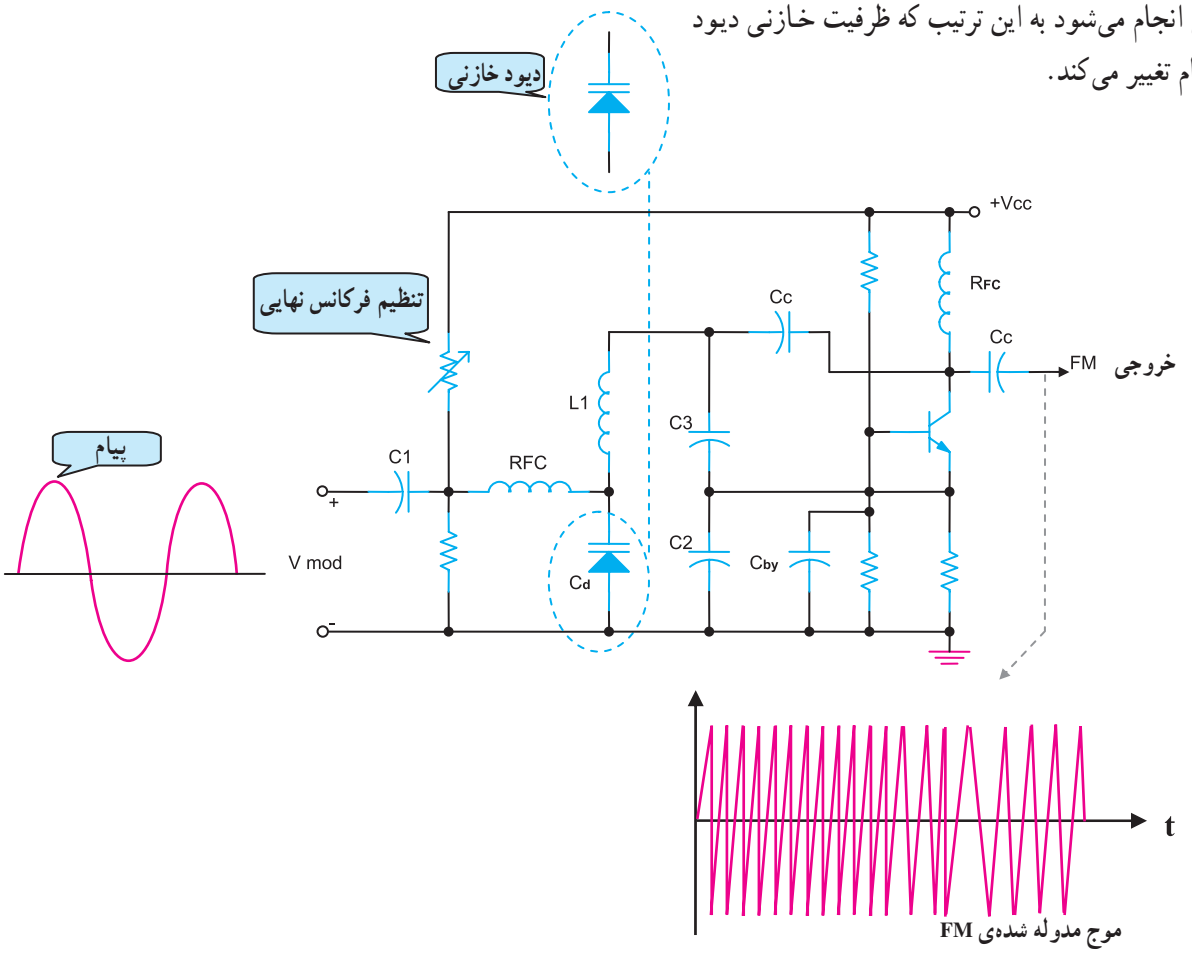


شکل ۶۰ــ۱ ــ بلوک دیاگرام فرستنده‌ی FM

بلوک ۱ و ۴ بلوک دیاگرام در بخش AM تشریح شده است. بلوک‌های ۲ و ۳ به طور خلاصه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

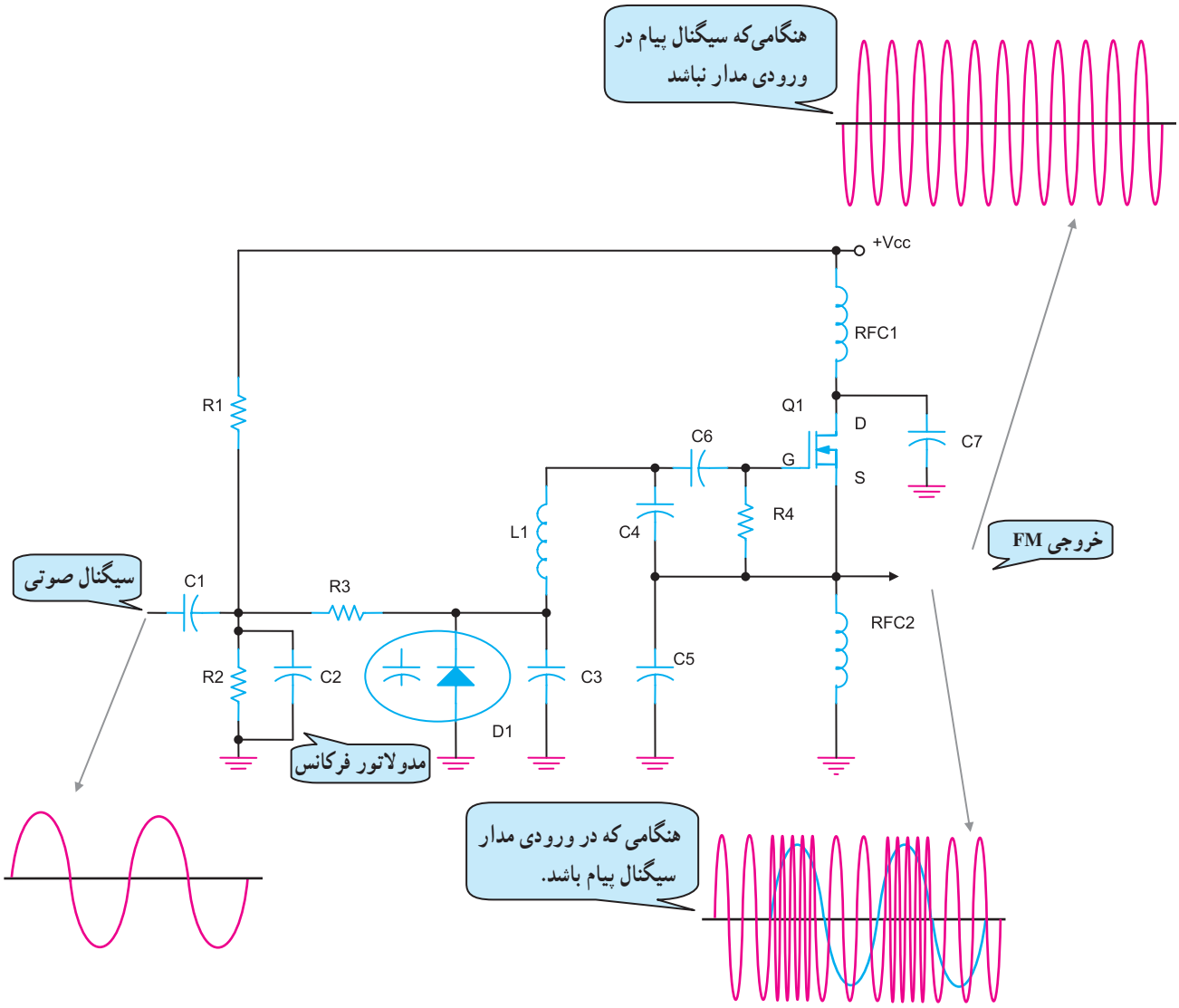
۱ــ۱۰ــ۱ــ نوسان‌ساز و مدولاتور FM (بلوک ۳):

مدولاتور FM در حقیقت یک نوسان‌ساز فرکانس بالا است شکل (۱ــ۶۱). در این مدار برای تولید FM، انحراف فرکانس توسط دیود خازنی انجام می‌شود به این ترتیب که ظرفیت خازنی دیود باسیگنال پیام تغییر می‌کند.



شکل ۱ــ۶۱ــ مدار ترانزیستوری مدولاتور فرستنده‌ی FM بلوک ۳

در شکل (۱ــ۶۲) نمونه‌ی دیگری از مدار یک مدولاتور FM را مشاهده می‌کنید. در این مدار نیز مدولاتور FM یک نوسان‌ساز فرکانس بالا است. اگر پیام به ورودی مدار اعمال نشود خروجی دارای فرکانس ثابت است در صورتی که پیام به ورودی مدار برسد، فرکانس خروجی متناسب با دامنه‌ی پیام تغییر می‌کند.



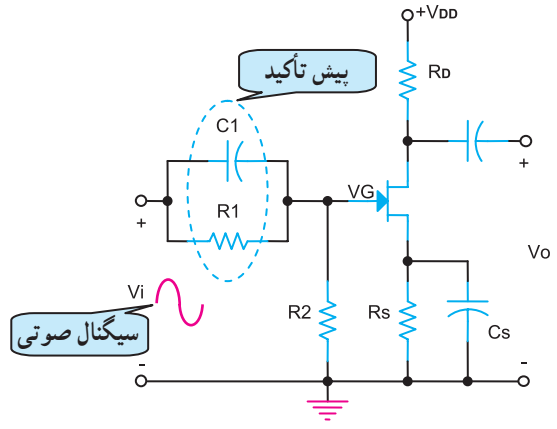
شکل ۶۲ــ۱ــ یک نمونه‌ی دیگر از فرستنده‌ی FM

۲ــ۱۰ــ۱ــ شبکه پیش تأکید[1] بلوک۲:

امواج الکترومغناطیسی منتشر شده از سوی فرستنده تحت تأثیر امواج ناخواسته یا نویز قرار می‌گیرند. نویز باعث ایجاد تداخل و تضعیف سیگنال‌های فرکانس بالای پیام اصلی می‌شود.

برای جلوگیری از این تضعیف در فرستنده، سیگنال‌های فرکانس بالای پیام را در مدار پیش تأکید بیشتر تقویت می‌کنند.

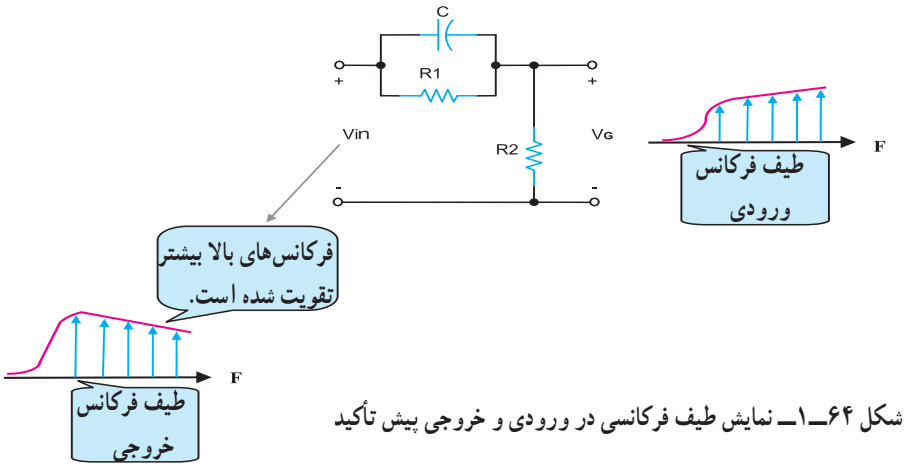
در شکل (۶۳ــ۱) مدار پیش تأکید را مشاهده می‌کنید. با افزایش فرکانس سیگنال پیام خاصیت مقاومت خازنی



شکل ۶۳ــ۱ــ مدار پیش تأکید بلوک ۲

۱ــ Preemphasis

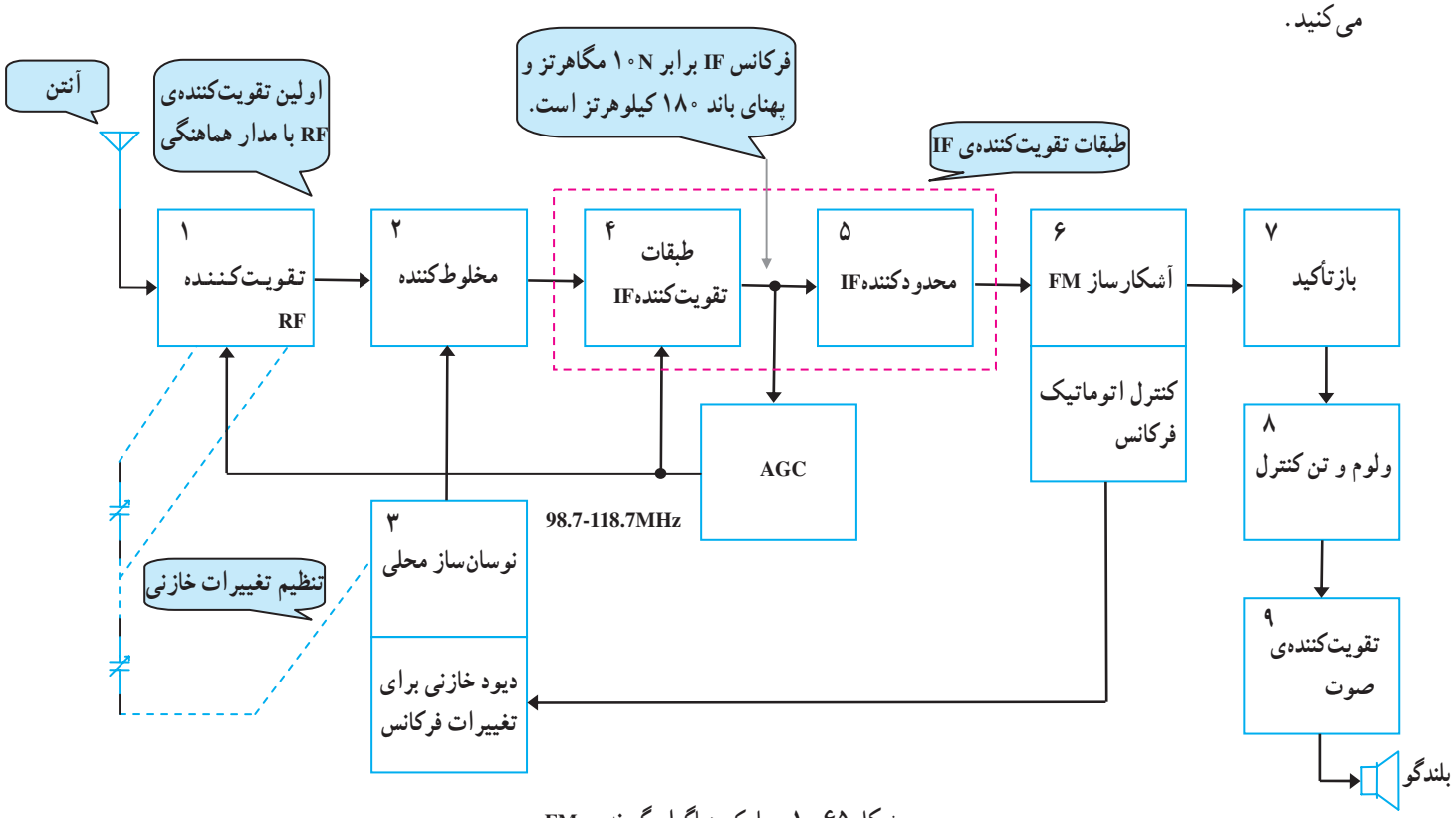
($X_C = \frac{1}{2\pi F_{C_1}} = 0$) کاهش می‌یابد، در نتیجه ولتاژ بیشتری از سیگنال ورودی بر روی مقاومت R_2 در شکل (۶۴ــ۱) افت می‌کند. به عبارت دیگر در خروجی دامنه‌ی سیگنال‌های فرکانس بالا نسبت به فرکانس‌های پایین بیشتر می‌شود.



شکل ۶۴ــ۱ــ نمایش طیف فرکانسی در ورودی و خروجی پیش تأکید

۱۱ــ۱ــ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی رادیویی FM

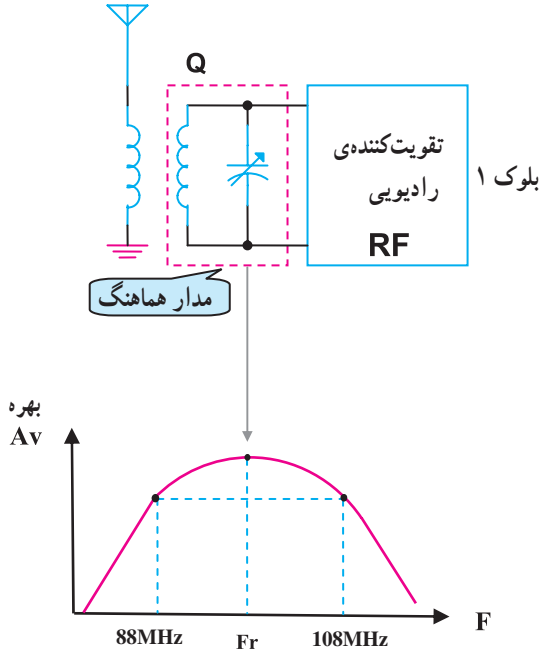
درگیرنده‌ی FM به دلیل باند فرکانس بالا طراحی مدارهای تقویت‌کننده‌ی RF، مخلوط کننده‌ی نوسان‌سازی محلی، مدارهای تقویت سیگنال IF و آشکارسازی نسبت به گیرنده‌ی AM متفاوت است. در شکل (۶۵ــ۱) بلوک دیاگرام گیرنده‌ی FM را مشاهده می‌کنید.



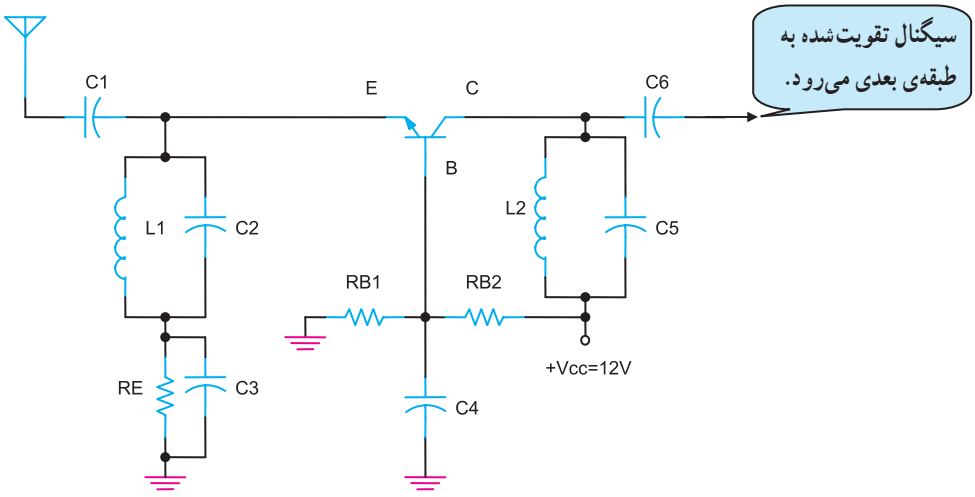
شکل ۶۵ــ۱ــ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی FM

۱ــ۱۱ــ۱ــ تقویت‌کننده‌ی RF بلوک ۱: وظیفه‌ی این طبقه، تقویت سیگنال رادیویی ایستگاه موردنظر است. در گیرنده‌های FM به غیر از فرکانس حامل، کلیه‌ی باندهای کناری FM از تقویت‌کننده‌های RF و IF عبور می‌کنند ؛ به همین دلیل مقادیر ضریب کیفیت (Q) مدارهای هماهنگ را کم در نظر می‌گیرند تا حدود تنظیم تقویت‌کننده‌ی FM وسعت پیدا کند و تمام باند سیگنال ورودی را عبور دهد، شکل (۶۶ــ۱). پهنای باند رادیویی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز است.

در شکل (۶۷ــ۱) یک تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک برای تقویت‌کننده‌ی سیگنال RF را مشاهده می‌کنید.

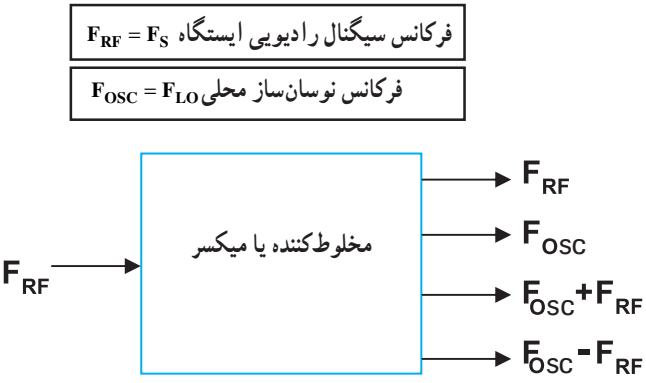


شکل ۶۶ــ۱ــ بلوک تقویت‌کننده‌ی RF و پهنای باند ایستگاه‌های رادیویی FM



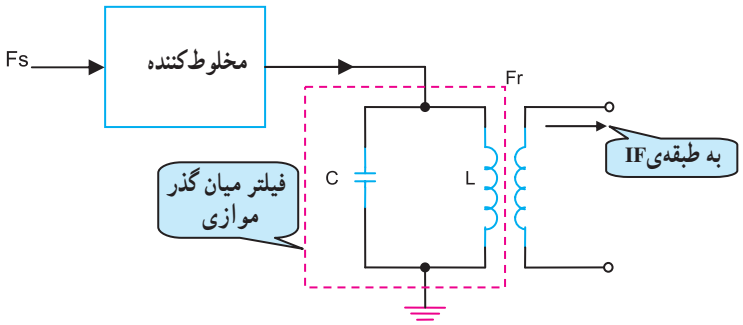
شکل ۶۷ــ۱ــ یک نمونه مدار تقویت‌کننده‌ی RF برای گیرنده‌ی FM

۲ــ۱۱ــ۱ــ مخلوط کننده‌ی بلوک ۲: این طبقه وظیفه‌ی مخلوط کردن فرکانس دو سیگنال رادیویی ایستگاه دریافتی F_{RF} و فرکانس سیگنال نوسان‌ساز محلی F_{OSC} را دارد. مانند AM، در خروجی این طبقه چهار سیگنال با فرکانس‌های مختلف ظاهر می‌شود. این فرکانس‌ها در شکل (۶۸ــ۱) نشان داده شده است.



شکل ۶۸ــ۱ــ بلوک دیاگرام مخلوط‌کننده بلوک ۲

خروجی این طبقه همواره سیگنال IF با فرکانس ثابت ۱۰/۷ مگاهرتز است که از تفاضل دو سیگنال F_{RF} و F_{OSC} به‌وجود می‌آید. این سیگنال توسط یک فیلتر میان‌گذر با فرکانس رزونانس ۱۰/۷ مگاهرتز از سایر فرکانس‌ها جدا می‌شود و به ورودی طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی IF می‌رسد. با توجه به شکل (۶۹ــ۱) مقدار فرکانس نوسان‌ساز همیشه ۱۰/۷ مگاهرتز بیشتر از فرکانس ایستگاه رادیویی دریافتی است.



$F_r = F_{IF}$ فرکانس رزونانس فیلتر

$F_{IF} = F_{Lo} - F_S$

$F_{IF} = ۱۰/۷ \ MHz$

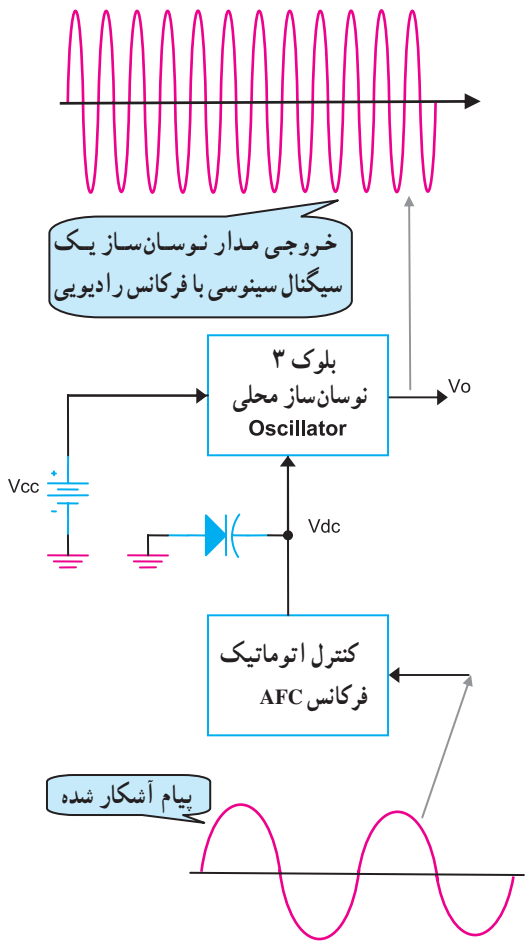
شکل ۶۹ــ۱ــ فرکانس IF و فیلتر خروجی در مخلوط‌کننده‌ی گیرنده‌ی FM

۳ــ۱۱ــ۱ــ نوسان‌ساز محلی بلوک ۳: وظیفه‌ی این طبقه تولید سیگنال فرکانس بالا با مقدار $F_{LOSC} = F_{RF} + F_{IF}$ است. در این طبقه پایداری فرکانس در محدوده‌ی باند FM بسیار مهم است. تغییرات فرکانس نوسان‌ساز بر اثر تغییر حرارت محیط، و تغییر بایاسینگ تقویت‌کننده‌ی نوسان‌ساز اتفاق می‌افتد.

برای ثابت نگهداشتن فرکانس از طبقه‌ی کنترل اتوماتیک فرکانس یا AFC [۱] استفاده می‌شود. شکل (۷۰ــ۱) نحوه‌ی کار نوسان‌ساز محلی را نشان می‌دهد.

به ورودی طبقه‌ی کنترل اتوماتیک فرکانس سیگنال آشکار شده پیام اعمال می‌شود. در خروجی طبقه AFC یک ولتاژ DC به‌وجود می‌آید که آن‌را به مدار نوسان‌ساز می‌دهند تا از تغییرات فرکانس نوسان‌ساز جلوگیری شود.

$F_{Losc} = F_{IF} + F_{RF}$

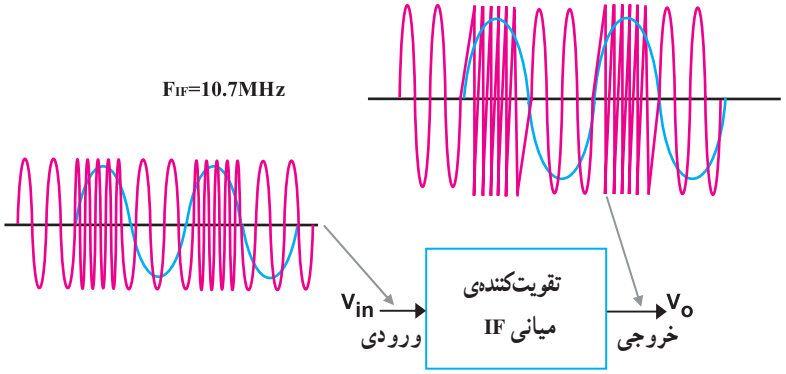


شکل ۷۰ــ۱ــ بلوک دیاگرام کنترل اتوماتیک فرکانس نوسان‌ساز محلی

۱ــ Automatic Frequency Control

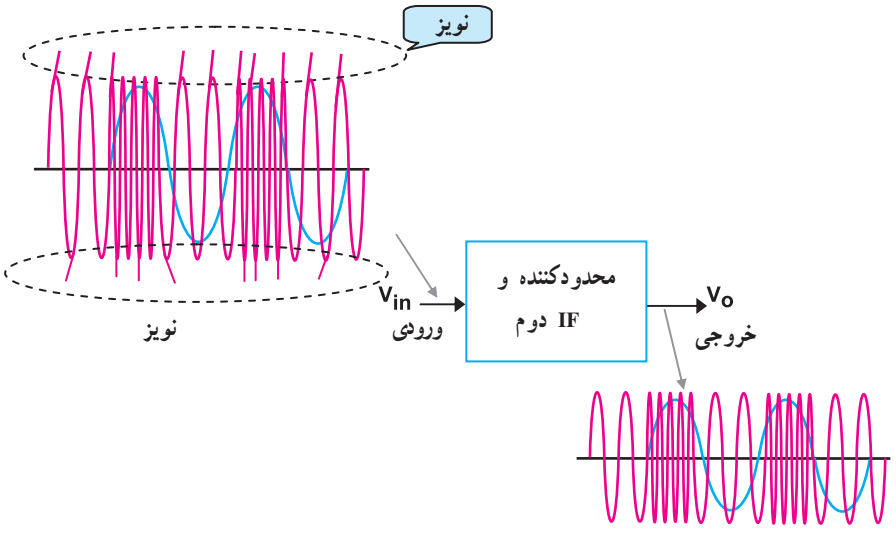
۴ــ۱۱ــ۱ــ تقویت‌کننده‌ی میانی IF بلوک ۴ و ۵:

سیگنال فرکانس میانی IF با فرکانس ۱۰/۷ مگاهرتز در این طبقه تقویت می‌شود، شکل (۷۱ــ۱). در طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی میانی، یک مدار به نام مدار محدودکننده وجود دارد. وظیفه‌ی این مدار، برش‌دادن دامنه‌های مثبت و منفی سیگنال خروجی IF است. مدار محدودکننده در بلوک ۵ قرار دارد.



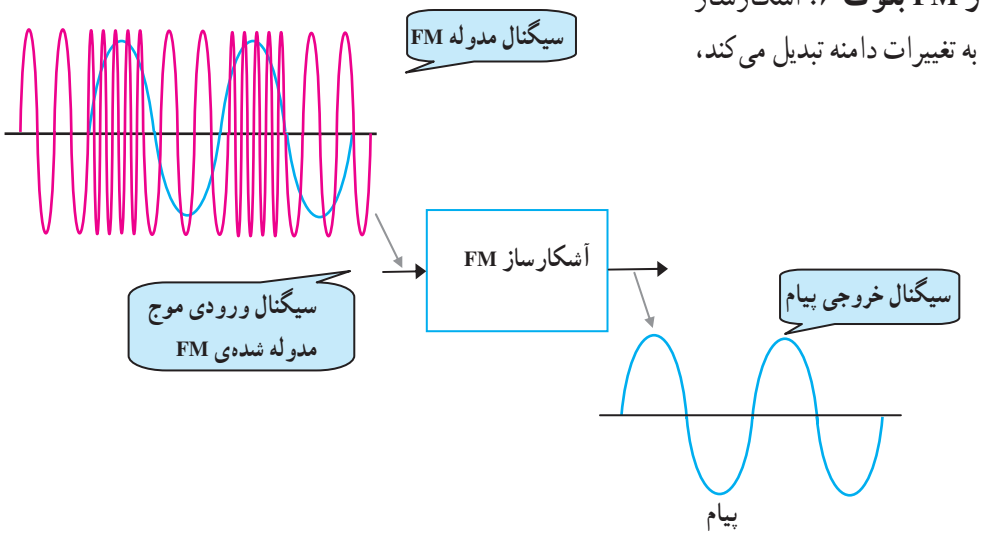
شکل ۷۱ــ۱ــ بلوک تقویت‌کننده میانی بلوک ۴

اگر نویز یا سیگنال مزاحمی روی دامنه‌ی موج مدوله شده‌ی FM قرار گیرد (شکل ۷۲ــ۱)، توسط مدار محدوده‌کننده حذف می‌شود. به این ترتیب پس از آشکارسازی پیام، اعوجاج به‌وجود نمی‌آید زیرا در سیگنال FM پیام به صورت تغییرات فرکانس در موج FM وجود دارد.



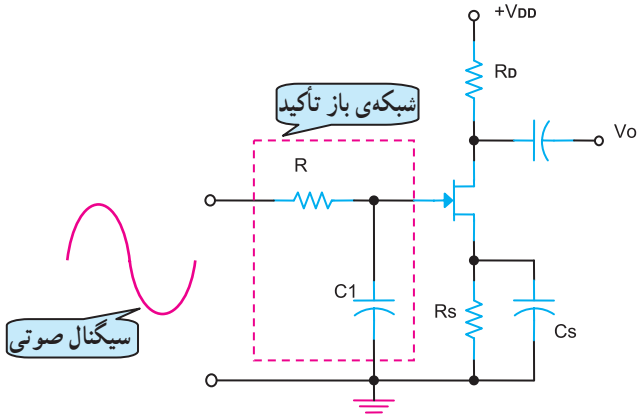
شکل ۷۲ــ۱ــ مدار محدودکننده‌ی بلوک ۵

۵ــ۱۱ــ۱ــ آشکارساز FM بلوک ۶: آشکارساز گیرنده‌ی FM، تغییرات فرکانس را به تغییرات دامنه تبدیل می‌کند، شکل (۷۳ــ۱).



شکل ۷۳ــ۱ــ بلوک دیاگرام آشکارساز FM بلوک ۶

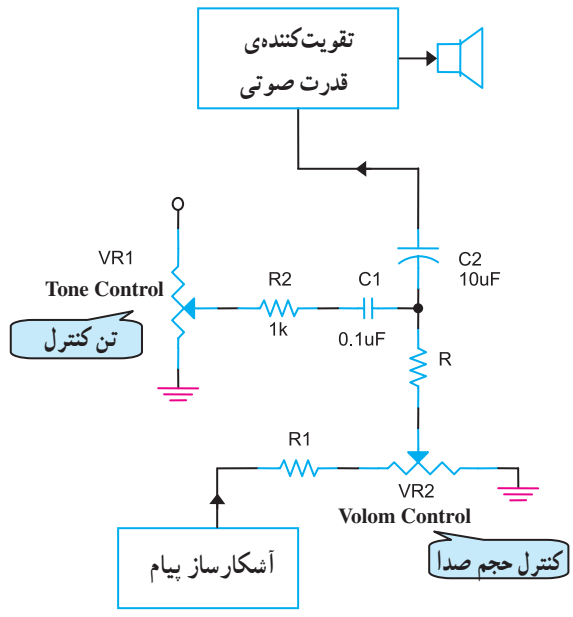
۶ــ۱۱ــ۱ــ شبکه‌ی باز تضعیف بلوک ۷: در این طبقه، سیگنال‌های فرکانس بالایی صوتی که در فرستنده تقویت شده بودند مجدداً تضعیف می‌شوند. در مدار شکل (۷۴ــ۱) فرکانس‌های بالایی صوتی مقدار X_{C_1} خازن را کاهش می‌دهند در نتیجه باعث کاهش دامنه‌ی سیگنال بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی صوتی می‌شوند. شبکه‌ی باز تضعیف یک فیلتر RC پایین‌گذر است.



شکل ۷۴ــ۱ــ مدار شبکه‌ی باز تضعیف بلوک ۷

۷ــ۱۱ــ۱ــ ولوم و کنترل تن[1] بلوک ۸: در این طبقه حجم صدای خروجی از بلندگو توسط پتانسیومتر ولوم صدا کنترل می‌شود.

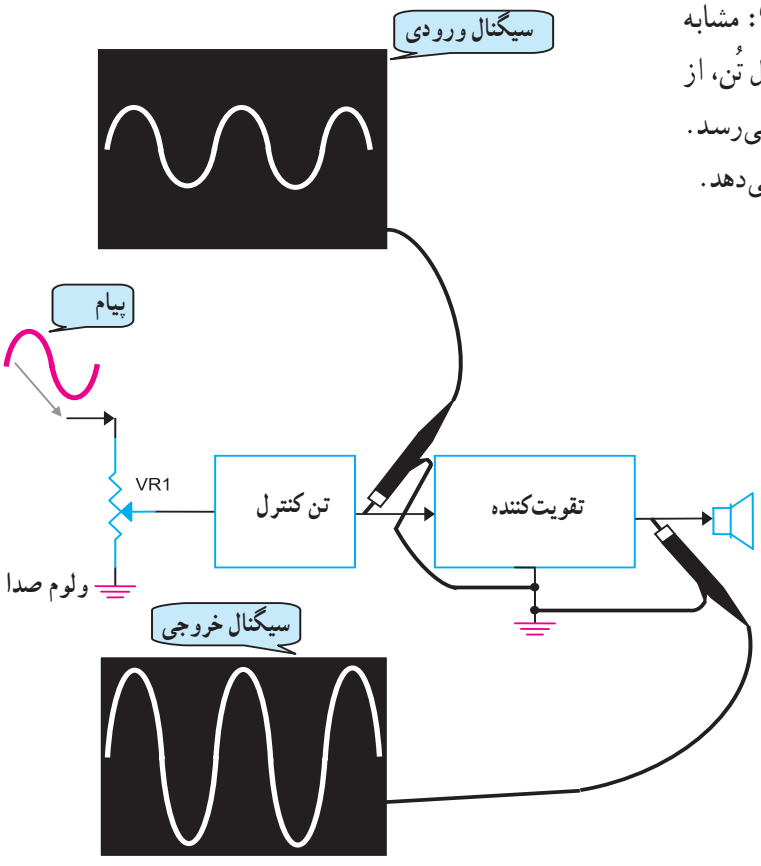
تنظیم صدای زیر و بم سیگنال پیام به کمک مدار کنترل تُن انجام می‌شود. با تنظیم پتانسیومتر تن، می‌توان صدا را با تُن دلخواه از بلندگو پخش کرد. در شکل (۷۵ــ۱) مدار کنترل تُن به همراه ولوم صدا نشان داده شده است.



شکل ۷۵ــ۱ــ مدار کنترل تن و ولوم صدا بلوک ۸

۱ ــ Deamphasis

۸ــ۱۱ــ۱ــ تقویت‌کننده‌ی صوتی بلوک ۹: مشابه گیرنده‌ی AM، سیگنال صوتی بعد از عبور از واحد کنترل تُن، از نظر دامنه و قدرت صوتی تقویت می‌شود و به بلندگو می‌رسد. شکل (۷۶ــ۱) نحوه‌ی تقویت سیگنال صوتی را نشان می‌دهد.

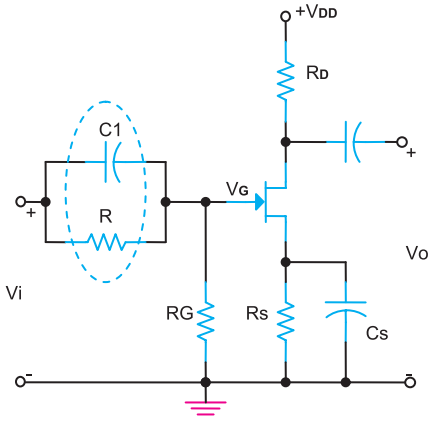


شکل ۷۶ــ۱ــ تقویت‌کننده‌ی صوت بلوک ۹

آزمون میانی (۳)

۱ــ مدولاتور فرکانس در واقع یک ..... رادیویی است.

۲ــ نام مدار شکل (۷۷ــ۱) و کاربرد آن را بنویسید.



شکل ۷۷ــ۱

۳ــ پهنای باند ایستگاه‌های رادیویی FM و فرکانس IF گیرنده‌ی FM را بنویسید.

۴ــ دلیل کم‌بودن مقدار ضریب کیفیت (Q) در مدارهای هماهنگ تقویت‌کننده‌ی RF گیرنده‌های FM چیست؟ شرح دهید.

۵ــ برای کنترل پایداری فرکانس نوسان‌ساز محلی از کدام بلوک گیرنده‌ی FM استفاده می‌شود؟

۶ــ برای حذف نویز در گیرنده‌ی FM از مدار ..... استفاده می‌شود.

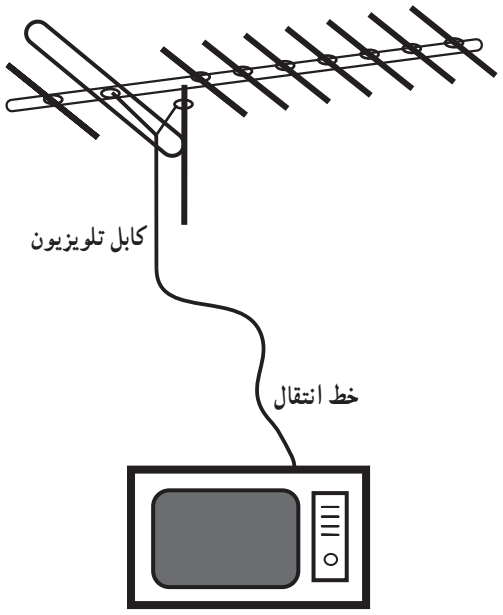
۷ــ وظیفه‌ی شبکه‌ی باز تضعیف را تشریح کنید.

۸ــ مدار کنترل تُن در گیرنده‌ی FM برای تنظیم ..... است.

۹ــ بلوک دیاگرام کامل یک گیرنده‌ی FM را ترسیم کنید.

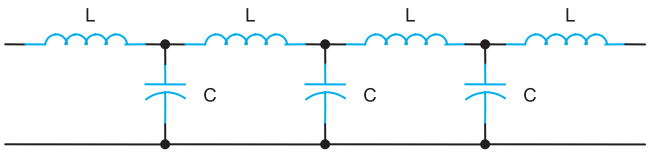
۱۲ــ۱ــ آشنایی با خطوط انتقال در فرکانس‌های بالا

در سیستم‌های مخابراتی، برای انتقال انرژی الکتریکی بین فرستنده، آنتن و گیرنده از خط انتقال استفاده می‌شود. به عنوان مثال سیم آنتن تلویزیون شکل (۷۸ــ۱) یک خط انتقال است.



شکل ۷۸ــ۱ ــ یک نمونه خط انتقال به عنوان سیم تلویزیون

خطوط انتقال در فرکانس‌های رادیویی RF مانند یک سیم معمولی عمل نمی‌کنند بلکه از خود سه خاصیت سلفی، خازنی و مقاومتی نشان می‌دهند. مدار معادل خط انتقال را به صورت ساده می‌توان مطابق شکل (۷۹ــ۱) در نظر گرفت.

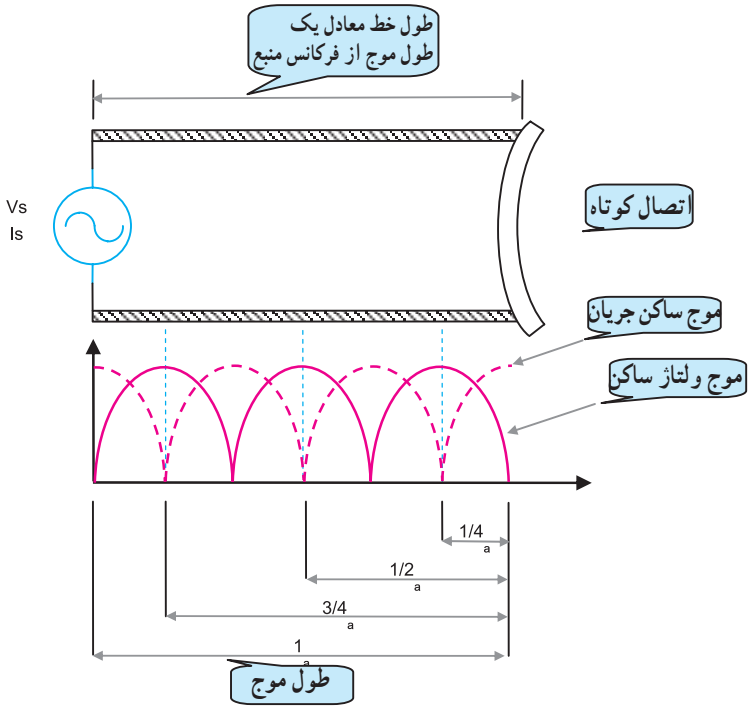


شکل ۷۹ــ۱ــ مدار معادل یک خط انتقال RF

۱ــ۱۲ــ۱ــ شدت جریان و ولتاژ در امواج ایستا[1]:

در شکل (۸۰ــ۱) یک قطعه خط انتقال را با طولی برابر با طول موج مشاهده می‌کنید. رفتار خطوط انتقال در مقابل امواج عبوری از آن‌ها با سیم‌های معمولی کاملاً متفاوت است؛ به عنوان مثال اگر انتهای خط انتقالی، اتصال کوتاه شود تمام انرژی منتشر شده در طول خط انتقال مجدداً به طرف منبع منعکس می‌شود و هیچ‌گونه انرژی به بار نمی‌رسد. در این شرایط دو موج هم فرکانس در طول خط به‌وجود می‌آید که جهت انتشار آن‌ها با هم فرق دارد.

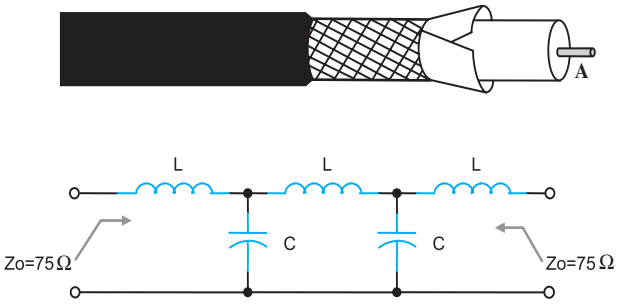
این دو موج شامل موج اصلی منتشر شده از منبع و موج انعکاسی منتشر شده در طول کامل است. در شکل (۸۰ــ۱) اثر این دو موج را بر یکدیگر ملاحظه می‌کنید. از ترکیب دو موج، امواج ایستایی به وجود می‌آید که آن‌ها را امواج ساکن گویند.



شکل ۸۰ــ۱ــ نمایش موج ساکن در یک خط انتقال اتصال کوتاه

۱ــ STANDING WAVES امواج ساکن

با توجه به موارد ذکر شده، هر خط انتقال دارای امپدانس مشخصه‌ی ویژه‌ای است که آن را با Z_o نشان می‌دهند. مثلاً امپدانس خط انتقال بین آنتن و گیرنده‌ی تلویزیون برابر با $Z_o = ۷۵$ اهم است شکل (۸۱ــ۱).



شکل ۸۱ــ۱ــ امپدانس خط انتقال هم محور

۲ــ۱۲ــ۱ــ مقاومت موج یا نسبت امواج ساکن:

نسبت مقاومت بار به امپدانس مشخصه خط را با ضریب امواج ساکن (SWR) بیان می‌کنند و با رابطه مقابل نشان می‌دهند.

$$SWR = \frac{R_L}{Z_o}$$

R_L = مقاومت بار خط انتقال

Z_o = مقاومت ظاهری خط انتقال

این رابطه به ما نشان می‌دهد اگر مقدار مقاومت بار و امپدانس خط انتقال برابر باشد $SWR = ۱$ می‌شود و به این ترتیب تمام انرژی منتشر شده از منبع، جذب بار خواهد شد.

۳ــ۱۲ــ۱ــ سرعت انتشار موج و ضریب سرعت:

سرعت امواج بستگی به محیط انتشار دارد؛ سرعت انتشار امواج رادیویی در هوا یا خلأ برابر با ۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه است. سرعت انتشار موج را با V_C نمایش می‌دهند.

سرعت انتشار موج در محیط‌های دیگر کمتر از هوا یا خلأ است. این سرعت در محیط‌های مختلف از رابطه‌ی $V = \frac{V_c}{\sqrt{k}}$ به‌دست می‌آید. در این رابطه $\frac{۱}{\sqrt{k}}$ ضریب سرعت در محیط و K ثابت دی‌الکتریک محیط است. ثابت‌های دی‌الکتریک مواد در خطوط انتقال بین ۱/۲ تا ۲/۸ تغییر می‌کند.

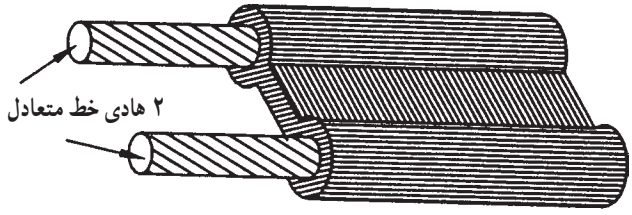
سرعت انتشار موج در هوا یا خلأ: $V_c = ۳\times۱۰^{۸}\ m/s$

ضریب سرعت انتشار در محیط‌های مختلف: $\frac{۱}{\sqrt{k}}$

سرعت موج در محیط موردنظر: $V_k = V = \frac{V_c}{\sqrt{k}}$

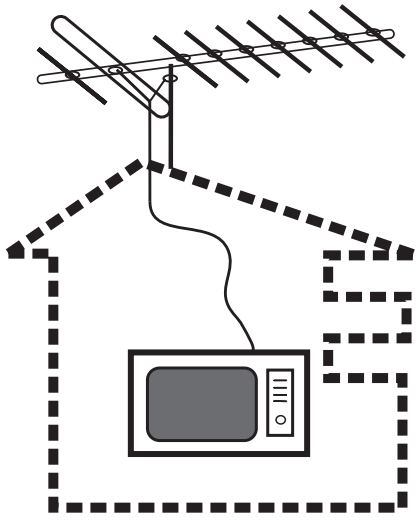
۴ــ۱۲ــ۱ــ انواع خطوط انتقال: برای انتقال امواج رادیویی (RF) تلویزیونی از طریق کابل، معمولاً از دو نوع خط انتقال دوسیمه[1] و هم محور[2] یا کواکسیال استفاده می‌شود.

یک نمونه خط انتقال متعادل یا دو سیمه در شکل (۸۲ــ۱) نشان داده شده است.



شکل ۸۲ــ۱ــ خط انتقال دو سیمه

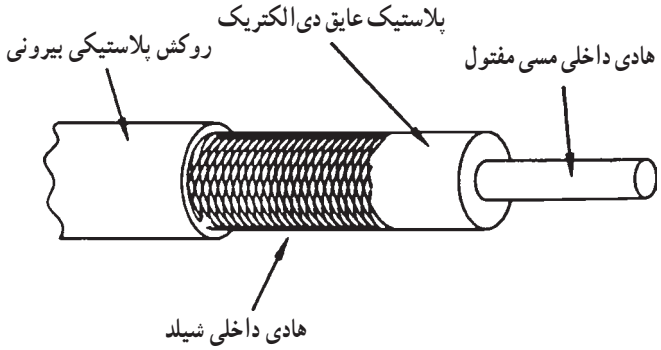
در این نوع خط انتقال هر دو سیم، انرژی سیگنال RF را منتقل می‌کنند و جهت جریان در هر یک از سیم‌ها ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد. این خط انتقال به عنوان سیم آنتن در تلویزیون سیاه و سفید به کار می‌رود. مقاومت اهمی خط انتقال دو سیمه حدوداً ۳۰۰ اهم است، شکل (۸۳ــ۱).



شکل ۸۳ــ۱ــ آنتن و سیم آنتن تلویزیون

خط انتقال هم محور (کواکسیال یا نامتعادل): این خط از دوهادی یا سیم هم محور خارجی و داخلی تشکیل شده است.

معمولاً هادی خارجی که به سیم اتصال زمین (مشترک) مدار وصل می‌شود، هادی داخلی را احاطه می‌کند. هادی خارجی را شیلد[3] یا سیم محافظ می‌نامند شکل (۸۴ــ۱).



شکل ۸۴ــ۱ــ ساختمان کابل کواکسیال

این کابل به عنوان سیم آنتن در تلویزیون رنگی و به عنوان سیم رابط در اتصالات شبکه‌ی کامپیوتری و سیم پراب در اسیلوسکوپ به کار می‌رود، شکل (۸۵ــ۱). مقاومت اهمی این کابل حدوداً ۷۵ اهم است.

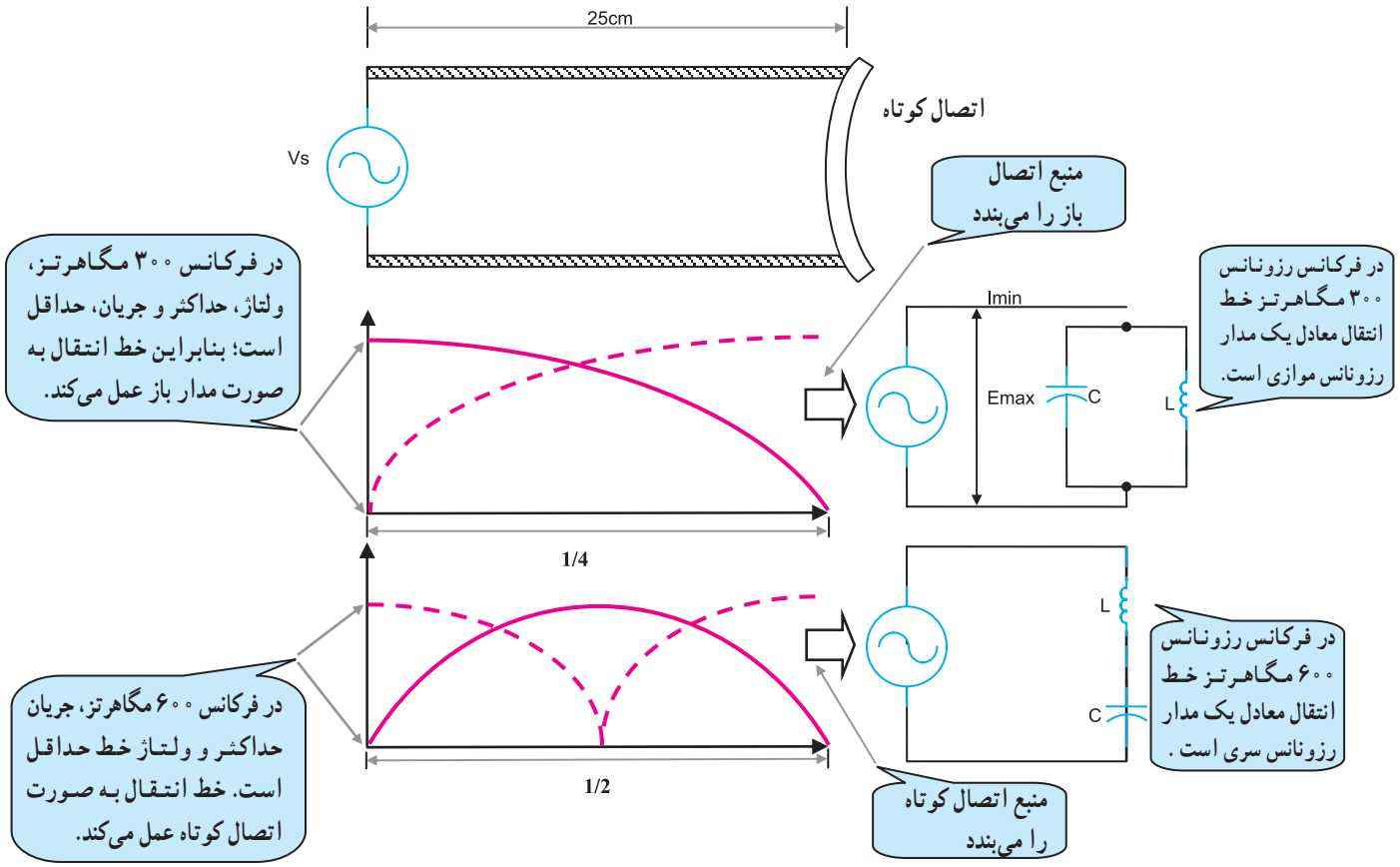
شکل ۸۵ــ۱ــ کاربرد کابل کواکسیال در پراب اسیلوسکوپ

۱ــ Dual in line ۲ــ Coxiul ۳ــ محافظ = هادی Shield

۵ــ۱۲ــ۱ــ استفاده از خطوط انتقال به عنوان

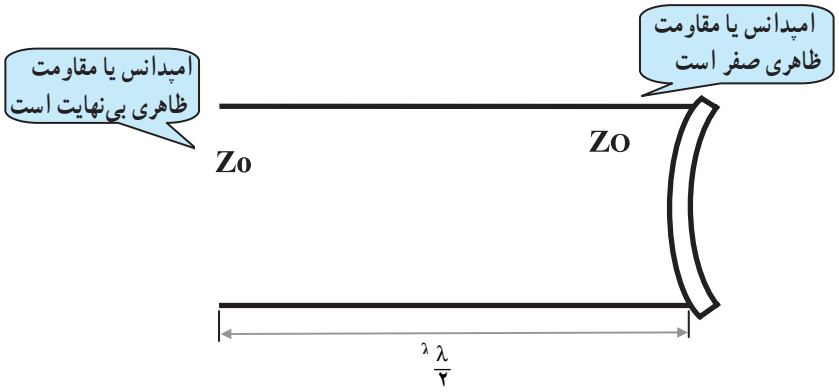
مدارهای رزونانس: هنگامی که در یک خط انتقال، موج ساکن به وجود آید، خط انتقال رفتاری شبیه به یک مدار رزونانسی از خود نشان می‌دهد.

در شکل (۸۶ــ۱) یک خط انتقال را مشاهده می‌کنید که در انتها اتصال کوتاه شده است. این خط انتقال می‌تواند مدار رزونانس یا تشدید موازی یا سری نسبت به منبع ظاهر شود.



شکل ۸۶ــ۱ــ مشخصه‌های خط انتقال اتصال کوتاه شده در دو فرکانس متفاوت که به صورت مدار رزونانس سری و موازی رفتار می‌کند.

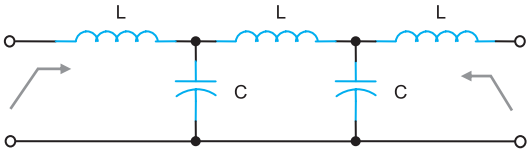
در یک خط انتقال با طول معین، مقدار امپدانس در نقاط مختلف کاملاً متفاوت است. در این حالت می‌توان از خط انتقال به عنوان یک مقاومت ظاهری مشخص که مورد نیاز است استفاده کرد، شکل (۸۷ــ۱).



شکل ۸۷ــ۱ــ خط انتقال با طول $\frac{\lambda}{۲}$ با انتهای اتصال کوتاه

۶ــ۱۲ــ۱ــ خطوط انتقال به عنوان یک مقاومت ظاهری معین در مدار (Z_o):

خط انتقالی که در فرکانس رادیویی RF کار می‌کند دارای یک مقاومت ظاهری یا امپدانس مشخصه معین است که آن را با Z_o نشان می‌دهند. مقدار Z_o به مقادیر اندوکتانس L و ظرفیت خازنی C توزیع شده در طول خط انتقال بستگی دارد. به عنوان مثال مقدار امپدانس مشخصه خط انتقال کابل نشان داده شده در شکل (۸۸ــ۱) از رابطه‌ی $Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$ به‌دست می‌آید. در این رابطه Z_o امپدانس مشخصه، L اندوکتانس در واحد طول و C ظرفیت خازنی در واحد طول است.



شکل ۸۸ــ۱ ــ مدار معادل یک خط انتقال در فرکانس RF

$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$	
$Z_o =$	امپدانس مشخصه
$L \Rightarrow$	اندوکتانس در واحد طول
$\frac{H}{m}$	$\frac{\text{هانری}}{\text{متر}}$
$C \Rightarrow$	ظرفیت خازنی در واحد طول
$\frac{F}{m}$	$\frac{\text{فاراد}}{\text{متر}}$

مثال: امپدانس مشخصه یک خط انتقال از نوع هم محور را با اندوکتانس $L = ۰/۲H/m$ و ظرفیت خازن $C = \frac{۲nf}{m}$ را محاسبه کنید.

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Z_o = \sqrt{\frac{۰/۲\times۱۰^{-۶}\ H/m}{۲\times۱۰^{-۹}\ F/m}} = \sqrt{۱۰۰} = ۱۰\Omega$$

آزمون میانی (۴)

۱ــ خطوط انتقال را تعریف کنید.

۲ــ خطوط انتقال فرکانس بالا مانند یک مدار ترکیبی ..... عمل می‌کنند.

۱ ■ سلفی و خازنی ۲ ■ سلفی و اهمی ۳ ■ فقط خازنی ۴ ■ اهمی و خازنی

۳ــ امواج ایستا (ساکن) در خط انتقال را شرح دهید.

۴ــ سرعت امواج رادیویی در خلأ چقدر است؟

۵ــ یک نمونه خط انتقال دو سیمه را رسم کنید و مشخصات آن را شرح دهید.

۶ــ نام قطعه شکل (۸۹ــ۱) چیست؟ اجزای تشکیل‌دهنده شکل را نام ببرید.

شکل ۸۹ــ۱

۷ــ طول معینی از خطوط انتقال در حالت تشدید و رزونانس به چه مدارهایی تبدیل می‌شود؟

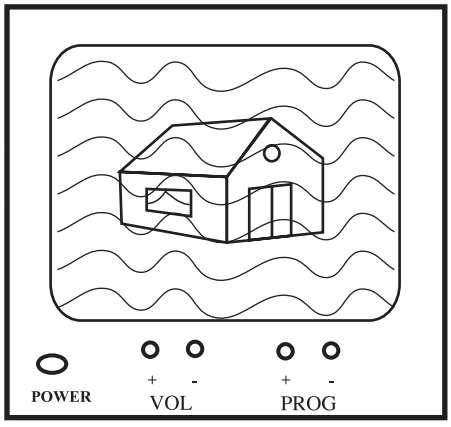
۸ــ امپدانس مشخصه یک خط انتقال را تعریف کنید.

۹ــ چگونه می‌توان از یک کابل انتقال به عنوان یک مقاومت ظاهری استفاده کرد؟

۱۰ــ مدار ساده یک کابل کواکسیال را رسم کنید.

۱۳ــ۱ــ آشنایی با نویز

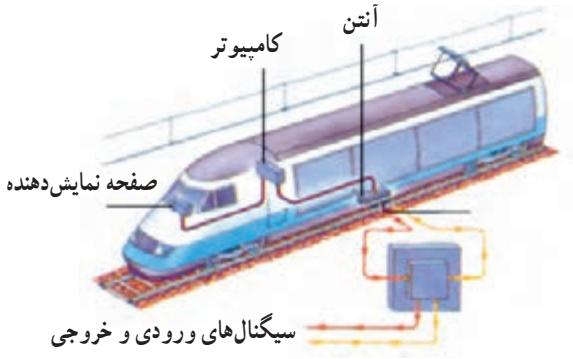
هرگونه انرژی الکتریکی ناخواسته‌ای که در یک مدار الکتریکی ظاهر شود و روی سیگنال الکتریکی اصلی مدار، تداخل و مزاحمت ایجاد کند را نویز می‌گویند. برای مثال در گیرنده‌های رادیویی نویز باعث ایجاد اغتشاش در پخش صدا از بلندگو می‌شود. در گیرنده تلویزیون، نویز سبب ایجاد برفک بر روی تصویر می‌شود و شفافیت تصویر را از بین می‌برد، شکل (۹۰ــ۱).



تصویر تلویزیون همراه با نویز

شکل ۹۰ــ۱ــ نویز باعث ایجاد برفک در تلویزیون می‌شود

اگر دامنه‌ی نویز خیلی قوی باشد می‌تواند در سیستم‌های مخابراتی، پیام را به طور کامل از بین ببرد. از این‌رو لازم است در گیرنده‌های ماهواره‌ایی، رادار هواپیما، قطارهای برقی و از این قبیل مدارهای الکترونیکی، به طور دقیق طراحی شوند و قطعات و المان‌های الکترونیکی بر روی مدارهای چاپی گیرنده‌های رادیویی و تلویزیون و سایر دستگاه مخابراتی به طور صحیح قرار گیرند تا میزان اثر نویز به حداقل برسد شکل (۹۱ــ۱).

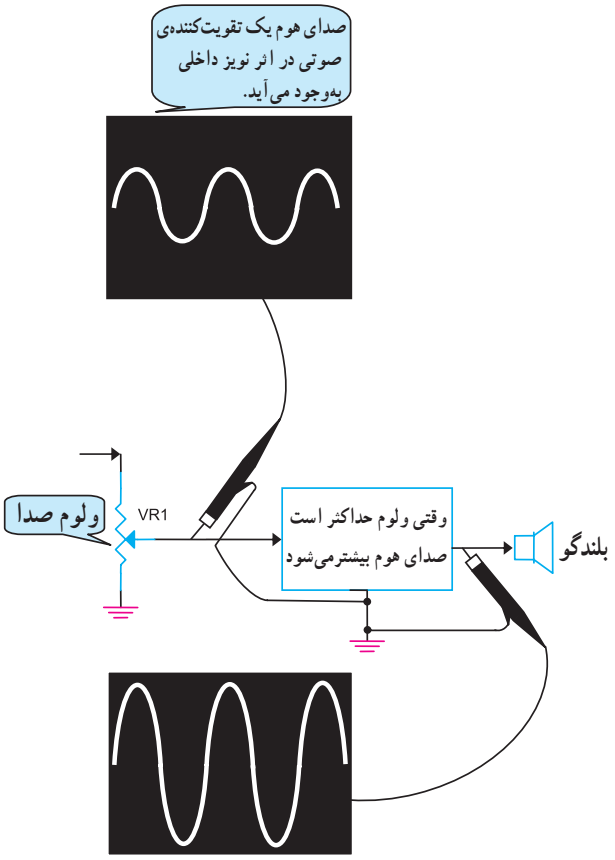


شکل ۹۱ــ۱ــ نویز می‌تواند در سیستم ارتباطی و کنترل قطارهای مسافربری اثر بگذارد و آن را از فعالیت بازدارد .

نویز باعث ایجاد اغتشاش در پخش صدا از بلندگو می‌شود

۱ــ۱۳ــ۱ــ عوامل ایجادکننده‌ی نویز: منابع تولید نویز را با توجه به اثرگذاری بر روی مدار گیرنده و یا سیستم مخابراتی می‌توان به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم کرد.

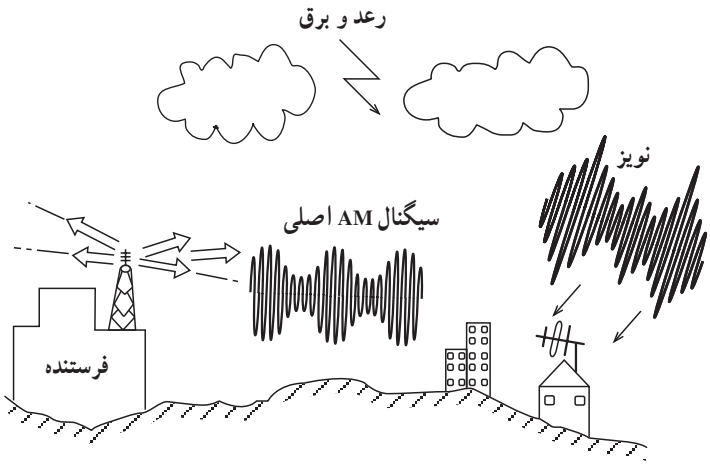
۲ــ۱۳ــ۱ــ نویز داخلی: نویز داخلی نویزی است که خودبه خود در داخل سیستم به وجود می‌آید ؛ مانند صدای هوم که از بلندگوی یک تقویت‌کننده‌ی صوتی در زمانی که هیچ سیگنالی در ورودی ندارد شنیده می‌شود، شکل (۹۲ــ۱).



شکل ۹۲ــ۱ــ نویز داخلی در تقویت‌کننده

۳ــ۱۳ــ۱ــ نویز خارجی: نویز تولید شده در خارج از مدارهای الکتریکی و گیرنده‌های مخابراتی را نویز خارجی می‌گویند. منابع نویز خارجی بسیار متنوع است ؛ از انواع آن می‌توان نویزهای ناشی از شرایط جوی و اتمسفری یا نویزهای ساخت بشر را نام برد.

نویز اتمسفری: در مواقعی که سیگنال رادیویی ارسالی از ایستگاه فرستنده (سخن پراکنی)[1] ضعیف باشد صدایی که از بلندگو شنیده می‌شود دارای اعوجاج و توأم با خش خش است. صدای خش‌خش در اثر تداخل امواج الکترومغناطیسی ناخواسته با امواج اصلی به‌وجود می‌آید، شکل (۹۳ــ۱). این امواج ناخواسته در اثر تخلیه الکتریکی ابرها، رعد و برق و ... به‌وجود می‌آیند و باعث القای ولتاژ ناخواسته به آنتن گیرنده می‌شوند.

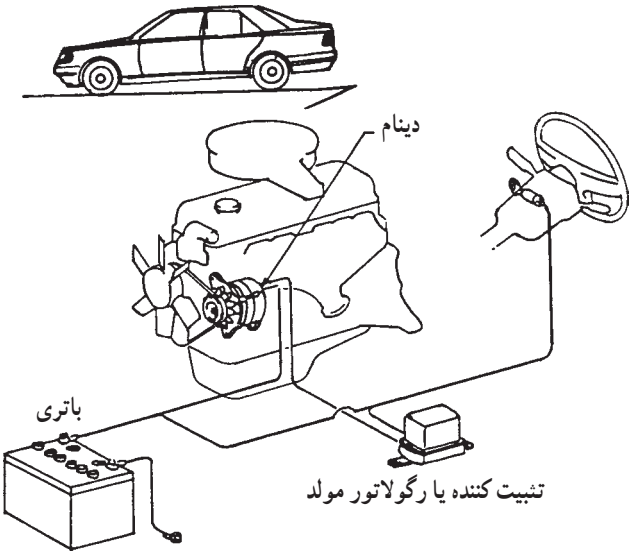


شکل ۹۳ــ۱ــ نویز رعد و برق یک نویز خارجی است.

۱ــ Broad Casting

نویز ساخت بشر: این نویز دارای منابع مختلفی است که به ذکر تعدادی از آن‌ها می‌پردازیم.

□ نویزی که بر اثر سیستم جرقه‌زنی یا دینام موتور خودروها و هواپیماها تولید می‌شود و بر روی گیرنده‌های رادیویی اثر می‌گذارد شکل (۹۴ــ۱).



شکل ۹۴ــ۱

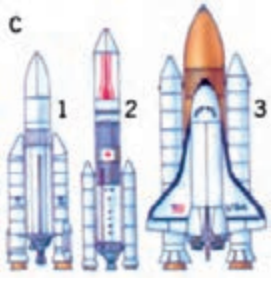
□ قطع و وصل‌کردن کلیدهای الکتریکی سیستم روشنایی ساختمان، درگیرنده‌های رادیویی AM به عنوان یک منبع نویز قابل شنیدن است.

□ دستگاه‌هایی که دارای موتور الکتریکی خاص هستند مانند جاروبرقی، چرخ خیاطی، چرخ‌گوشت و ... مولد نویز هستند شکل (۹۵ــ۱).

□ قطع و وصل اتصالات کنتاکت‌ها، سیم کابل‌ها یا پایه‌های آزاد شده‌ی المان‌های الکترونیکی بر روی برد دستگاه‌های الکتریکی و یا الکترونیکی تولید نویز می‌کند.

شکل ۹۵ــ۱

□ القای امواج الکترومغناطیسی که در اثر استفاده از تلفن‌های همراه، بی‌سیم و ... به‌وجود می‌آید، اگر در نزدیکی گیرنده‌های رادیویی باشد سبب تولید نویز می‌شود، شکل (۹۶ــ۱).



کنترل سفینه‌ها و موشک‌ها از راه دور ایجاد امواج الکترومغناطیسی مختلفی در فضا می‌نماید.

شکل ۹۶ــ۱ــ القای نویز ناشی از کاربرد وسایل مخابراتی روی سایر وسایل مخابراتی

۴ــ۱۳ــ۱ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری نویز: برای مقایسه‌ی کارآیی گیرنده‌ها و تقویت‌کننده‌های مختلف از نظر میزان تقویت سیگنال‌های اصلی و تضعیف نویز، معمولاً از ضریبی به نام عدد نویز استفاده می‌شود. برای محاسبه‌ی عدد نویز باید نسبت سیگنال به نویز را بشناسیم.

نسبت سیگنال به نویز: سیگنال به نویز به صورت نسبت توان سیگنال اصلی به توان نویز موجود در یک نقطه از مدار تقویت‌کننده یا گیرنده تعریف می‌شود.

رابطه‌ی نسبت سیگنال به نویز با دامنه نیز به صورت رابطه‌ی مقابل نوشته می‌شود. در این رابطه :

E_S : دامنه‌ی ولتاژ سیگنال اصلی برحسب ولت
E_N : دامنه‌ی ولتاژ سیگنال نویز

مثال: دامنه‌ی سیگنال رادیویی در ورودی یک گیرنده، ۱۰۰ میکرو ولت است، چنان‌چه نویز با دامنه ۲۵ میکروولت در ورودی یک گیرنده ظاهر شود نسبت $\frac{S}{N}$ را به‌دست آورید.

$$\text{نسبت سیگنال به نویز} = \frac{\text{توان سیگنال}}{\text{توان نویز}}$$

$$\frac{\text{توان سیگنال اصلی}}{\text{توان سیگنال نویز}} = \frac{S}{N} = \left(\frac{E_S}{E_n}\right)^2$$

حل: داریم

$E_S = ۱۰۰$ میکرو ولت

$E_N = ۲۵$ میکرو ولت

$$\frac{S}{N} = \left(\frac{E_S}{E_N}\right)^2$$

$$\frac{S}{N} = \left(\frac{۱۰۰}{۲۵}\right)^2 = (۴)^2 = ۱۶$$

$$\frac{S}{N} = ۱۶$$

۵ــ۱۳ــ۱ــ عدد نویز (F) : نسبت سیگنال به نویز ورودی $\left(\frac{S_{in}}{N_{in}}\right)$ به سیگنال به نویز خروجی $\left(\frac{S_o}{N_o}\right)$ در تقویت‌کننده یا گیرنده را عدد نویز می‌نامند.

اگر عدد نویز برابر یک بشود، مقدار نویز ورودی گیرنده عیناً به خروجی منتقل شده و نسبت سیگنال به نویز در ورودی و خروجی ثابت است به عبارت دیگر سیگنال و نویز به یک اندازه تقویت شده‌اند. عدد نویز را با F نشان می‌دهند و از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید.

مثال: نسبت $\frac{S}{N}$ در ورودی یک تقویت‌کننده، ۸۰ است، اگر دامنه‌ی نویز در خروجی ۶۰ میلی‌ولت و دامنه‌ی سیگنال خروجی ۱/۲ ولت باشد، عدد نویز تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$\text{عدد نویز} = \frac{\text{سیگنال به نویز ورودی}}{\text{سیگنال به نویز خروجی}}$$

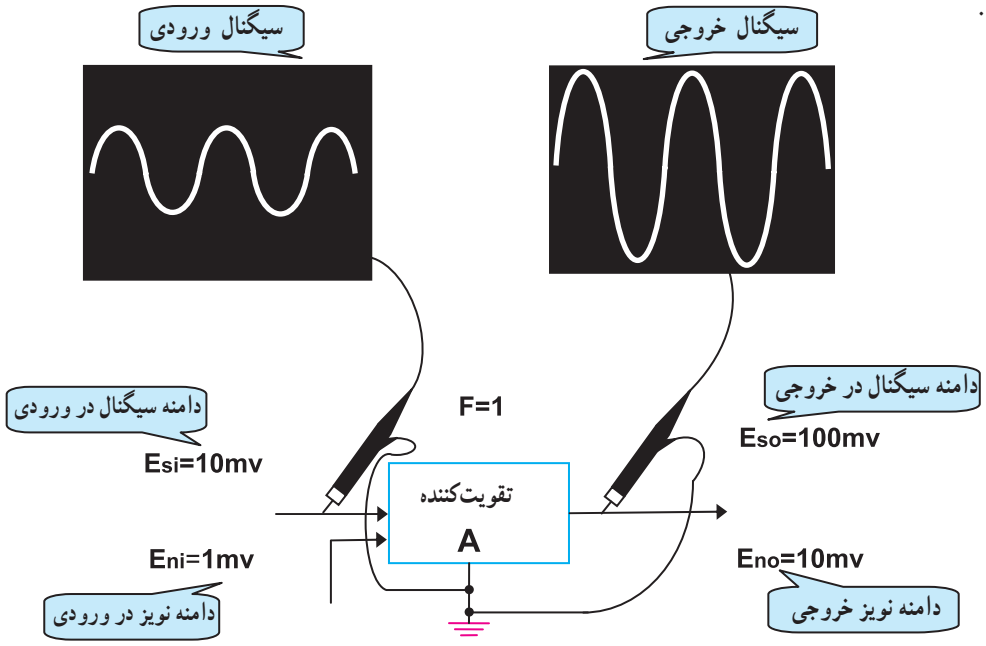
$$\text{عدد نویز } F = \frac{\text{ورودی } (S)}{\text{خروجی } (N)}$$

$$\text{خروجی } \frac{S}{N} = \left(\frac{۱/۲۷}{۶۰\text{mV}}\right)^2$$

$$\text{خروجی } \frac{S}{N} = \left(\frac{۱/۲\times۱۰^3}{۶۰}\right)^2 = (۲۰)^2 = ۴۰۰$$

$$F = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{ورودی}}}{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{خروجی}}} = \frac{۸۰}{۴۰۰} = ۰/۲$$

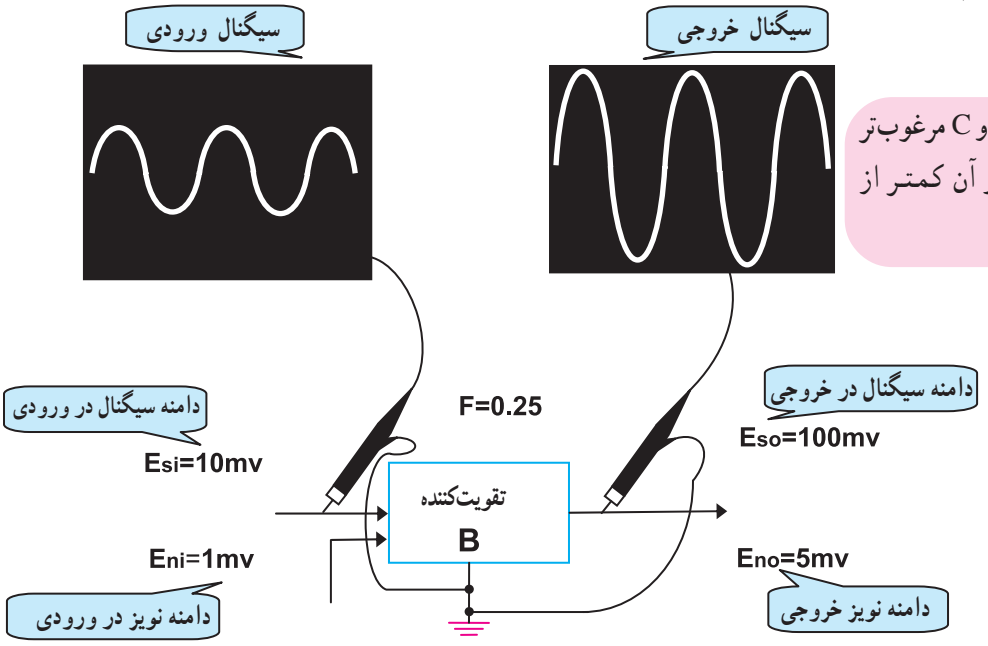
توجه: هرقدر عدد نویز کوچک‌تر باشد سیستم از نظر نویزپذیری دارای مصونیت بالاتری است زیرا در این حالت نسبت سیگنال به نویز در خروجی افزایش یافته و باعث شده است عدد نویز کوچک‌تر شود، شکل (۹۷ــ۱).



تصویر A

مثال: عدد نویز سه تقویت‌کننده، به ترتیب تقویت‌کننده A، $F_1 = ۰/۲$ ، تقویت‌کننده B، $F_2 = ۱$ و تقویت‌کننده C، $F_3 = ۵$ می‌باشد کدام تقویت‌کننده از نظر نویزپذیری بهتر است.

پاسخ: تقویت‌کننده A از B و C مرغوب‌تر است زیرا میزان تقویت نویز در آن کمتر از تقویت‌کننده‌های B و C است.



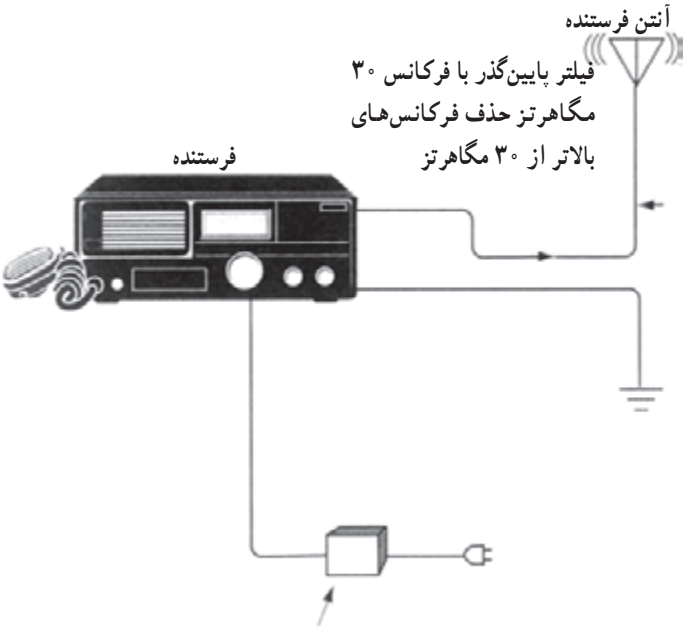
تصویر B

شکل ۹۷ــ۱ــ عدد نویز از مشخصه‌های تعیین کیفیت دستگاه است.

۶ــ۱۳ــ۱ــ نحوه‌ی حذف نویز: با توجه به منابع نویز می‌توان نتیجه گرفت که نویز هیچ‌گاه از بین نمی‌رود و همیشه به عنوان عاملی مزاحم در سیستم‌های الکترونیکی ظاهر می‌شود. برای کاهش اثرات نویز باید شدت منابع آن را تضعیف کرد. پاره‌ای از این نکات به شرح زیر است.

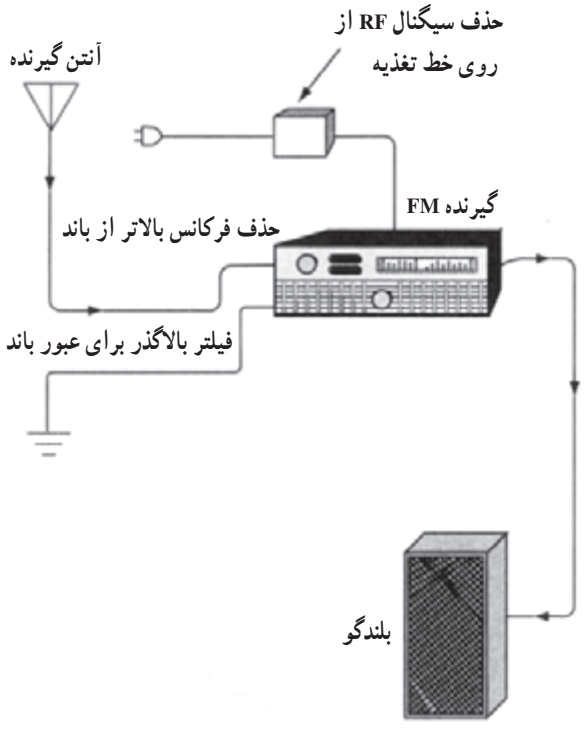
ــ با در نظرگرفتن نکات خاصی در طراحی و کاربری دستگاه‌های مخابراتی و گیرنده‌های رادیویی می‌توان نویز را کاهش داد.

ــ نویزهای ناشی از اتمسفر مانند رعد و برق با توجه به اینکه کمتر اتفاق می‌افتد قابل نادیده گرفتن است. چنانچه تأکیدی برحذف و تضعیف آن داشته باشید، چون حدود فرکانس آن ۳۰ مگاهرتز به بالاست می‌توان با قراردادن فیلترهای RC در روی خط آنتن و تغذیه اثر سیگنال نویز را کاهش داد. در شکل (۹۸ــ۱) این فیلترها را در ورودی تغذیه و خروجی یک فرستنده مشاهده می‌کنید.



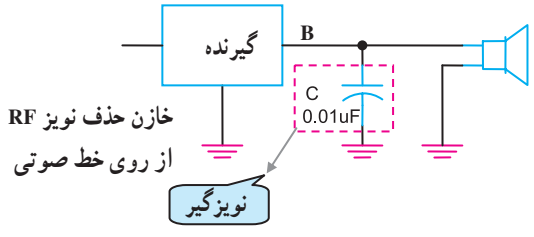
شکل ۹۸ــ۱ــ حذف نویز در خط تغذیه فرستنده و خط آنتن

در گیرنده‌های رادیویی علاوه بر قراردادن فیلتر RC در ورودی خط تغذیه و آنتن‌گیرنده، در خروجی آن نیز جهت جلوگیری از ورود سیگنال‌های فرکانس بالا به بلندگو از خازن‌های کم‌ظرفیت استفاده می‌کنند، شکل (۹۹ــ۱).



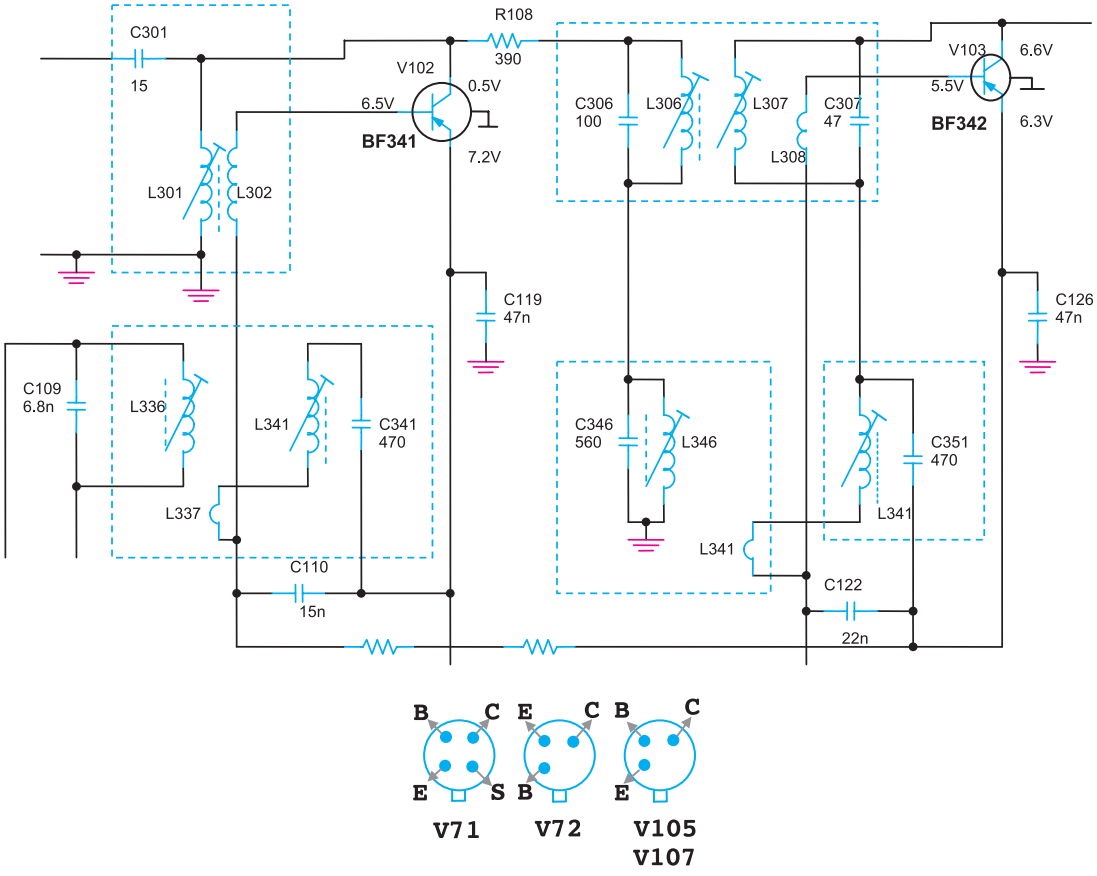
شکل ۹۹ــ۱

در شکل (۱۰۰ــ۱) یک خازن ۰/۰۱μf را مشاهده می‌کنید که سیگنال RF را از خط سیگنال صوتی بلندگو حذف می‌کند. خازن به طور موازی با خط سیگنال صوتی قرار می‌گیرد.



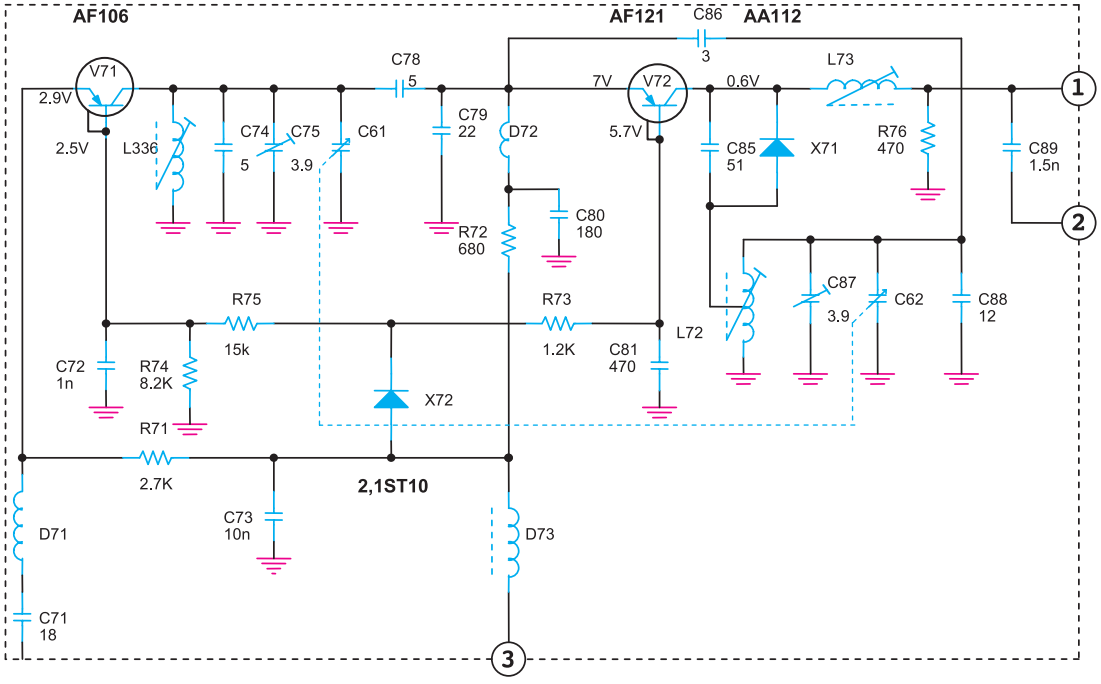
شکل ۱۰۰ــ۱ــ حذف نویز فرکانس بالا از بلندگو

ـ از ترانزیستورهای چهارپایه در مدارهای تقویت‌کننده‌ی فرکانس بالای RF و IF استفاده می‌کنند. در این شرایط با اتصال یکی از پایه‌های ترانزیستور به زمین مدار، امواج القایی ناخواسته به پایه‌های ترانزیستور نمی‌رسد و مستقیماً به زمین اتصال کوتاه می‌شود. در شکل (۱۰۱ـ۱) بخشی از نقشه‌ی فنی یک مدار گیرنده‌ی رادیویی را مشاهده می‌کنید. در طبقات تقویت IF از ترانزیستورهای چهارپایه استفاده شده است.



شکل ۱۰۱ـ۱ـ استفاده از ترانزیستورهای چهارپایه برای حذف نویز

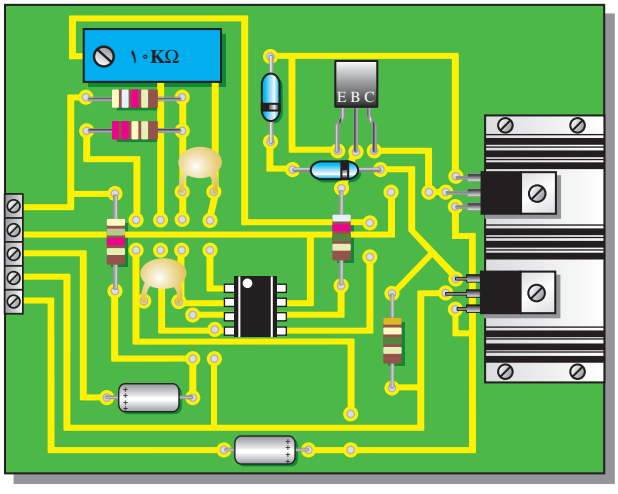
ــ قراردادن مدارهای فرکانس بالا در یک محفظه فلزی و اتصال بدنه‌ی آن به زمین. این کار سبب می‌شود که امواج القایی ناشی از نویز، با سیگنال‌های اصلی تداخل پیدا نکند معمولاً محفظه‌ی فلزی را در نقشه‌های فنی با کادر خط‌چین مطابق شکل (۱۰۲ــ۱) نشان می‌دهند.



شکل ۱۰۲ــ۱ــ قراردادن قسمت‌های فرکانس بالا در یک محفظه‌ی فلزی

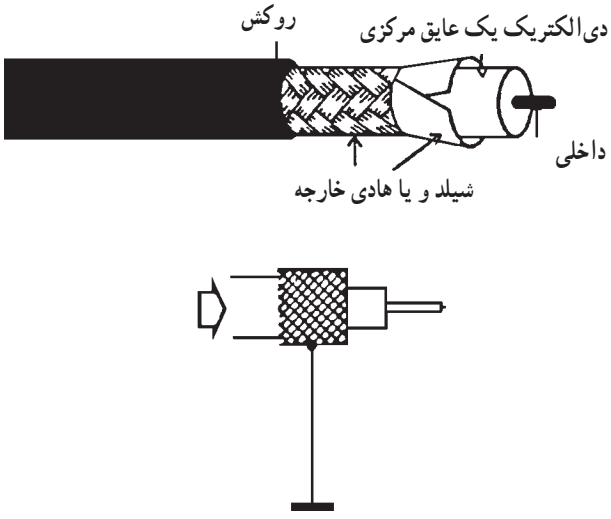
ــ نصب ترانزیستورهای طبقات قدرت مدارهای گیرنده بر روی گرماگیر.

این روش، نویز ناشی از حرارت را کاهش می‌دهد، و پایداری حرارتی تقویت‌کننده را تثبیت می‌کند. در شکل (۱۰۳ــ۱) یک نمونه ترانزیستور قدرت که بر روی گرماگیر نصب شده نشان داده شده است.



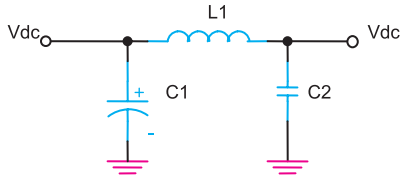
شکل ۱۰۳ــ۱ــ نصب ترانزیستور بر روی گرماگیر برای کاهش اثر نویز داخلی

ــ با استفاده از کابل‌های هم محور برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی RF از آنتن به مدار گیرنده یا اتصال خروجی مدار گیرنده به بلندگو می‌توان اثر نویز و تداخل امواج ناخواسته را کاهش داد. در شکل (۱۰۴ــ۱) سیم شیلد به زمین یا GND مدار وصل شده است تا مانع ورود فرکانس‌های مزاحم به مدار شود.



شکل ۱۰۴ــ۱ــ استفاده از سیم شیلد برای کاهش نویز

ــ برای حذف نویز ناشی از جرقه‌زنی موتورهای احتراقی و الکتریکی و قطع و وصل کلیدهای الکتریکی می‌توان با قراردادن فیلتر با خازن‌های پرظرفیت در مدارهای تغذیه سیگنال‌های اصلی را بدون اغتشاش دریافت کرد. مدار شکل (۱۰۵ــ۱) یک فیلتر پایین‌گذر π شکل است که برای حذف نوسانات ولتاژ تغذیه مدارهای الکترونیکی به‌کار می‌رود.



شکل ۱۰۵ــ۱ــ فیلتر حذف جرقه‌های موتورهای احتراقی و الکتریکی

آزمون میانی (۵)

۱ــ نویز را تعریف کنید.

۲ــ منابع ایجاد نویز را نام ببرید.

۳ــ عدد نویز را شرح دهید.

۴ــ دامنه‌ی سیگنال RF در ورودی یک تقویت‌کننده ۲۰۰ میکروولت و دامنه‌ی نویز ۵۰ میکروولت است. نسبت $\frac{S}{N}$ را محاسبه کنید.

۵ــ نویز روی خط انتقال آنتن تا دستگاه گیرنده را چگونه حذف می‌کنند؟

۶ ــ نصب ترانزیستور قدرت روی گرماگیر چه نوع نویزی را کاهش می‌دهد؟

۷ــ امواج القایی مزاحم روی طبقات RF و IF گیرنده‌های رادیویی را چگونه حذف می‌کنند؟

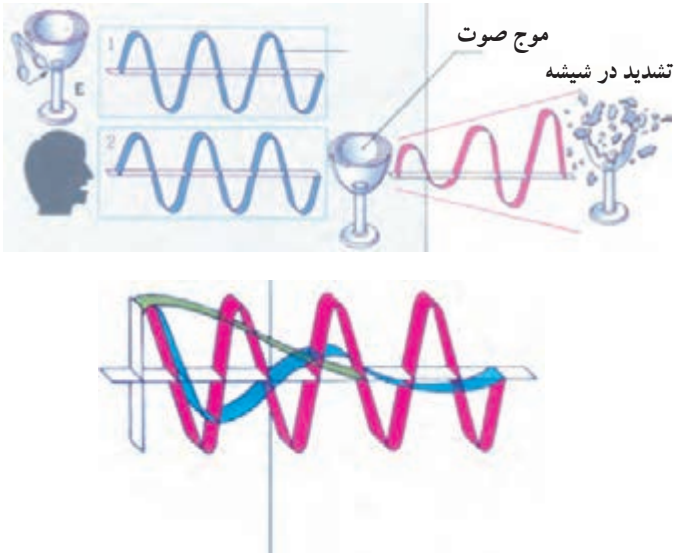
۸ ــ جهت جلوگیری از تداخل امواج مزاحم در تیونر گیرنده‌ها از چه تکنیکی استفاده می‌کنند؟

۹ــ برای محدودکردن نویز ناشی از جرقه‌ی موتورهای احتراقی و الکتریکی چه می‌توان کرد؟

۱۰ــ آیا نویز را می‌توان از بین برد؟

۱۴ــ۱ــ آشنایی با آکوستیک

آکوستیک به معنای تولید، فرستادن، و دریافت انرژی از طریق ایجاد ارتعاش در ماده است. امواج صوتی از نوع امواج مکانیکی هستند که مولکول‌های هوا را به ارتعاش درمی‌آورند. لذا انتشار، تولید و دریافت امواج صوتی از طریق هوا نیز با آکوستیک مرتبط است. اگر ارتعاشات در حدی باشد که حالت تشدید رخ دهد، میزان لرزش، زیاد می‌شود و ممکن است باعث شکستن شیشه شود، شکل (۱۰۶ــ۱).



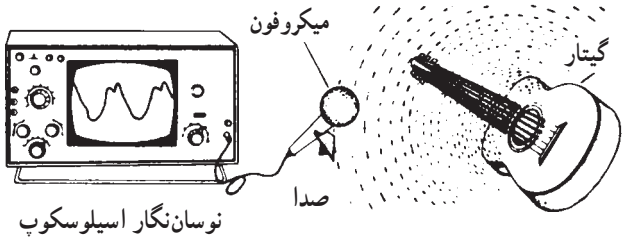
شکل ۱۰۶ــ۱ــ ارتعاشات صوتی که به آن‌ها آکوستیک نیز می‌گویند.

۱ــ۱۴ــ۱ــ چگونگی تولید صدا: تمامی صداها از حرکت و لرزش اشیا به‌وجود می‌آیند، بدون حرکت شئ هیچ صدایی تولید نمی‌شود. در شکل (۱۰۷ــ۱) برخی صداهایی را که در طبیعت و زندگی روزمره شنیده می‌شوند ملاحظه می‌کنید. اگر در هنگام صحبت‌کردن انگشتان را به آرامی روی گلو قرار دهید لرزش حنجره خود را حس خواهید کرد. همچنین اگر ضربه‌ی محکمی به یک طبل وارد کنید حرکت پوسته‌ی آن را می‌توانید حس کنید.

صفحه‌ی دیافراگم بلندگو نیز در هنگام پخش صوت و موسیقی جابه‌جا می‌شود.

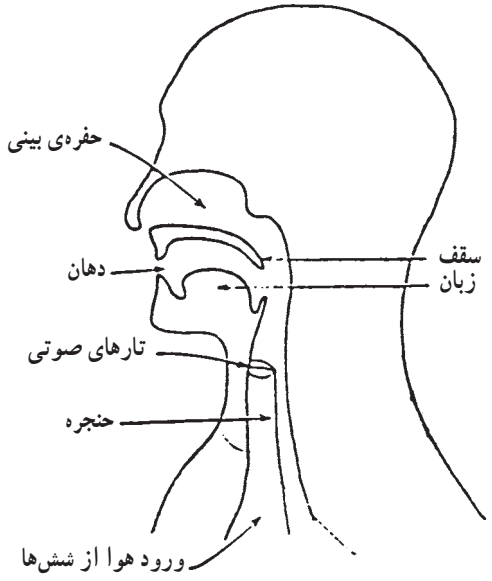
شکل ۱۰۷ــ۱ــ انواع صداها

اگر پس از کشیدن و رهاکردن سیم یک تار موسیقی آن را به آرامی با انگشتان خود لمس کنید، در می‌یابید که سیم در حال حرکت است که ایجاد صوت می‌کند. در شکل (۱۰۸ــ۱) موج صدای ایجاد شده از یک گیتار را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید.

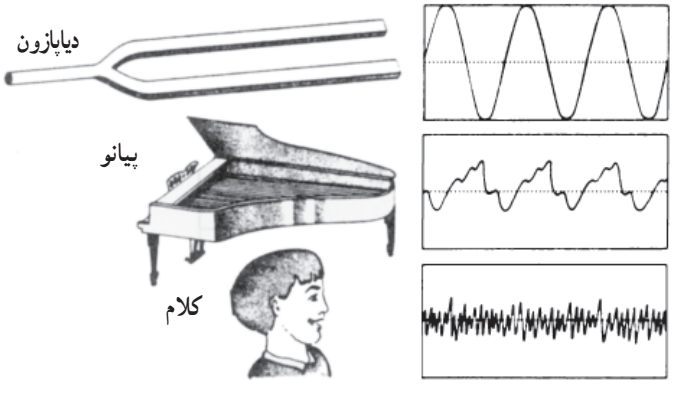


شکل ۱۰۸ــ۱ــ صدای گیتار روی اسیلوسکوپ

همچنین در شکل (۱۰۹ــ۱) نحوه‌ی ایجاد صوت از حنجره انسان نشان داده شده است. ارتعاش تارهای صوتی حنجره باعث ایجاد صدای انسان می‌شود. در شکل (۱۱۰ــ۱) چند نمونه شکل موج تولید شده از صداهای مختلف را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۰۹ــ۱ــ تارهای صوتی حنجره انسان مولد صوت است.

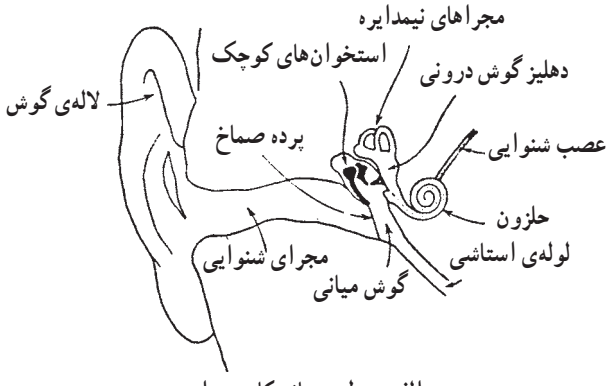


شکل ۱۱۰ــ۱ــ شکل موج چند نمونه صدا روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ

ارتعاش تارهای صوتی حنجره باعث ایجاد صدای انسان می‌شود.

۲ــ۱۴ــ۱ــ مشخصه‌ی فیزیکی گوش انسان: گوش انسان دارای سه قسمت شامل گوش بیرونی، گوش میانی و گوش درونی است. قسمت بیرونی گوش همان قسمت ظاهری اصلی گوش است که خود شامل لاله گوش، مجرای شنوایی، پرده‌ی صماخ و طبله‌ی گوش است.

همان‌طور که در شکل (۱۱۱ــ۱) مشاهده می‌کنید پشت پرده‌ی صماخ محفظه‌ای پر از هوا قراردارد. این قسمت را گوش درونی می‌گویند. استخوان‌های نازک به هم چسبیده، ارتعاش‌های صوتی از طریق پرده‌ی صماخ به گوش درونی منتقل می‌شود. گوش درونی محفظه‌ای است پر از مایع با شکلی پیچیده که در داخل استخوان سر قرار گرفته است. در این قسمت پرده‌هایی است که تغییر فشار آکوستیکی را تجزیه می‌کند و به عصب‌های شنوایی انتقال می‌دهد.



الف ــ طرح سازوکار شنوایی

ب

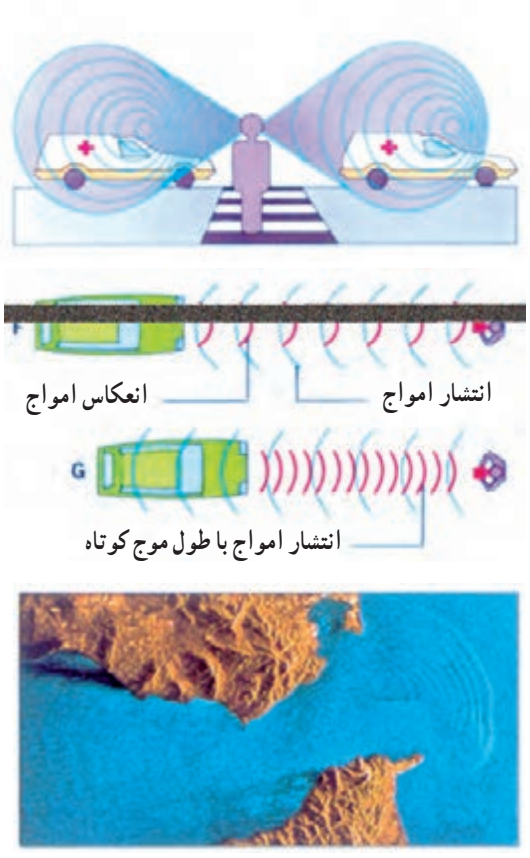
شکل ۱۱۱ــ۱ــ ساختمان گوش انسان

۳ــ۱۴ــ۱ــ آستانه شنوایی: حداقل شدت آکوستیکی را که برای تشخیص یک فرکانس لازم است آستانه شنوایی می‌نامند. حدود شنوایی گوش انسان را معمولاً با واحدی به نام بل یا یک دهم آن (دسی‌بل) اندازه‌گیری می‌کنند و آن‌را به اختصار با dB نشان می‌دهند. شکل (۱۱۲ــ۱) شدت و بلندی برخی از صداهای متداول را برحسب دسی‌بل نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۲ــ۱ــ حدود شنوایی برحسب دسی‌بل

مقادیر داده شده فقط جنبه‌ی آموزشی دارد و در سؤالات آزمون نباید پرسیده شود و یا در صورت سؤال باید جدول آن داده شود.

۴ــ۱۴ــ۱ــ انتشار امواج صوتی: امواج صوتی از منابع مختلفی تولید می‌شوند و بسته به نوع منبع صوتی درجهات معین مطابق شکل (۱۱۳ــ۱) و یا درهمه جهات انتشار می‌یابند امواج منتشر شده پس از مدتی در محیط انتشار خود استهلاک پیدا می‌کنند و از بین می‌روند.



شکل ۱۱۳ــ۱ــ نحوه‌ی انتشار امواج

نحوه‌ی انتشار امواج صوتی شبیه انتشار امواجی است که بر اثر پرتاب یک سنگ‌ریزه در سطح آب به‌وجود می‌آیند. شکل امواج منتشر شده در سطح آب بر اثر پرتاب سنگ در دریاچه و تشعشع امواج RF از دکل آنتن در شکل (۱۱۴ــ۱) نشان داده شده است. امواج صوتی نیز تقریباً به همین ترتیب منتشر می‌شوند.

شکل ۱۱۴ــ۱ــ مقایسه‌ی انتشار امواج رادیویی با انتشار امواج آب

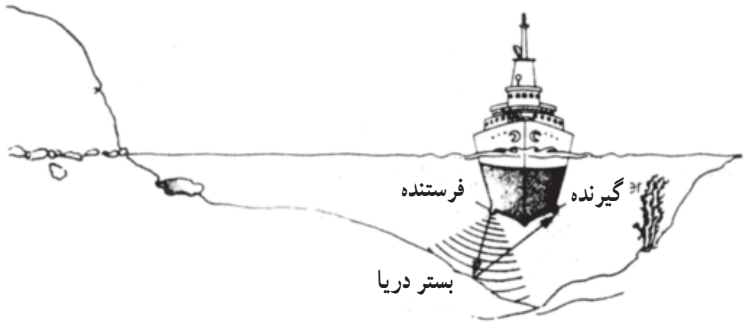
برای انتشار امواج صوتی ارتعاش‌های مختلفی وجود دارد ؛ ارتعاش‌هایی را که سبب تولید و انتقال امواج صوتی می‌شوند برحسب فرکانس‌شان به سه دسته تقسیم می‌شوند.

□ ***امواج صوتی:*** این ارتعاش‌ها صوتی هستند، موثرند و با گوش شنیده می‌شوند. حدود فرکانس امواج صوتی بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز است، شکل (۱۱۵ــ۱).

شکل ۱۱۵ــ۱ــ امواج صوتی

□ ***امواج فروصوتی***[1]***:*** این امواج دارای فرکانس‌های پایین‌تر از ۲۰ هرتز هستند.

□ ***امواج فراصوتی***[2] ***(بالا یا مافوق صوت)*** : این امواج دارای فرکانس بیشتر از ۲۰ کیلوهرتز هستند کاربرد امواج ماوراء صوت بیشتر در صنایع نظامی و عملیات دریایی، ناوبری، سونار، تعیین عمق آب، به کارانداختن اژدرهای آکوستیکی، زیر دریایی‌ها و کشف زیر دریایی‌های غرق شده است، شکل (۱۱۶ــ۱).



شکل ۱۱۶ــ۱ــ کاربرد امواج ماوراء صوت

۱ــ Infra Sonic ــ زیر صوت ــ مادون صوت ــ فروصوتی

۲ــ Ultra Sonic ــ ماوراء صوت ــ مافوق صوت ــ فراصوتی ــ بالای صوت

آزمون میانی (۶)

۱ــ آکوستیک را تعریف کنید.

۲ــ صدا چگونه تولید می‌شود؟

۳ــ قسمت‌های اصلی گوش انسان را نام ببرید.

۴ــ کدام بخش حنجره انسان صدا را ایجاد می‌کند؟

۱ــ دهان ۲ــ حنجره ۳ــ ارتعاش تارهای صوتی ۴ــ سقف زبان و دهان

۵ــ آستانه‌ی شنوایی را شرح دهید.

۶ــ شدت صوت در یک کارخانه‌ی پر سر و صدا چند دسی‌بل است؟

۱) ۹۰ ۲) ۵۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۲۰

۷ــ امواج صوتی چگونه منتشر می‌شوند؟

۸ــ انواع امواج صوتی را نام ببرید.

۹ــ کاربرد امواج فراصوتی را نام ببرید.

۱۰ــ کدام‌یک از فرکانس‌های زیر در محدوده‌ی امواج فراصوتی است؟

۱) ۲۰Hz ۲) ۲۰۰Hz ۳) ۳۰kHz ۴) ۱۰kHz

۱۵ــ۱ــ آشنایی با انواع میکروفون

میکروفون وسیله‌ای است که انرژی مکانیکی صوتی را به نوسانات الکتریکی تبدیل می‌کند.

میکروفون باید در برابر صوت حساس باشد. یعنی بتواند از یک سیگنال صوتی با یک شدت معین سیگنال الکتریکی قابل استفاده تولید کند. در شکل (۱۱۷ــ۱) ساختمان یک نوع میکروفون و تصویر آن را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۱۷ــ۱ــ سمبل مداری میکروفون

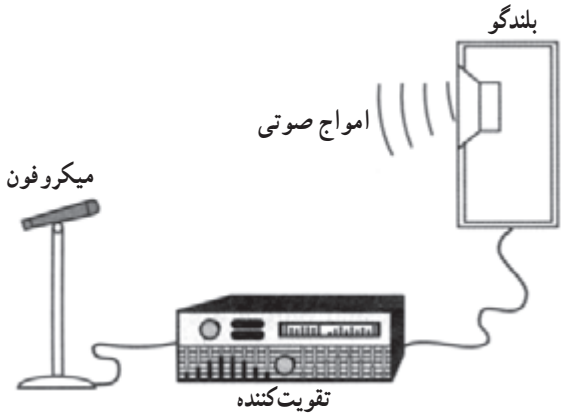
۱ــ۱۵ــ۱ــ مشخصه‌های میکروفون:

میکروفون دارای حساسیتی حدود ۰/۲ میلی‌ولت بر میکروبار[1] می‌باشد.

امپدانس خروجی میکروفون بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ اهم است.

باند فرکانسی میکروفون در محدوده‌ی ۳۰ هرتز تا ۱۷ کیلوهرتز قرار دارد.

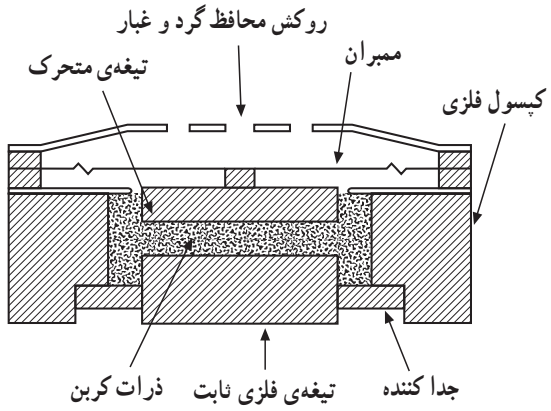
در شکل (۱۱۸ــ۱) نمونه اتصال یک میکروفون به تقویت کننده نمایش داده شده است.



شکل ۱۱۸ــ۱ــ اتصال میکروفون به تقویت کننده

۲ــ۱۵ــ۱ــ انواع میکروفون:

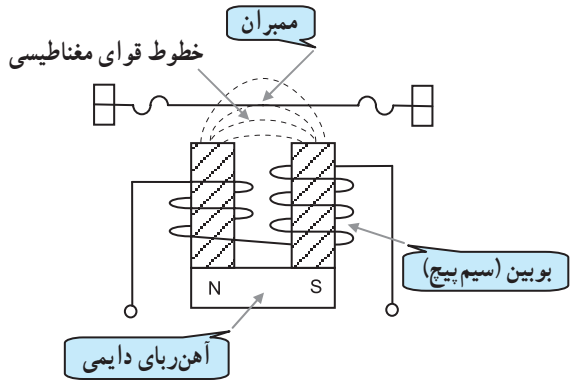
□ ***میکروفون زغالی:*** میکروفون زغالی ساختمانی ساده، کیفیتی نازل و قیمتی ارزان دارد. باند فرکانسی آن محدود است و تفکیک‌پذیری صدا را خیلی ضعیف انجام می‌دهد. ساختمان داخلی این میکروفون در شکل (۱۱۹ــ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱۱۹ــ۱ــ ساختمان داخلی میکروفون زغالی

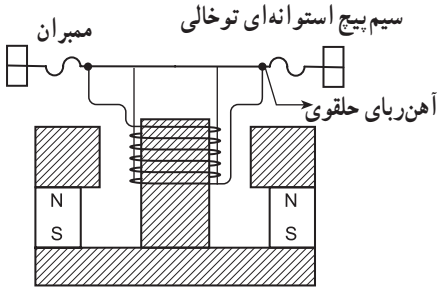
۱ــ میکروبار واحد فشار است.

□ ***میکروفون الکترومغناطیسی:*** این نوع میکروفون براساس تغییر خطوط قوای مغناطیسی در میدان ثابت مغناطیسی که توسط یک آهن‌ربای دائم به‌وجود می‌آید کار می‌کند. در شکل (۱۲۰ــ۱) ساختمان داخلی این نوع میکروفون را ملاحظه می‌کنید.



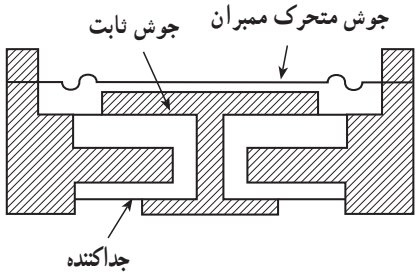
شکل ۱۲۰ــ۱ــ ساختمان داخلی میکروفون الکترومغناطیسی

□ ***میکروفون دینامیکی:*** این میکروفون ازنظر ساختمان نظیر میکروفون الکترومغناطیسی است. تنها تفاوتی که دارد در این است که ممبران به سیم‌پیچ اتصال دارد و با آن نوسان می‌کند. در شکل (۱۲۱ــ۱) ساختمان داخلی میکروفون دینامیکی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲۱ــ۱ــ ساختمان میکروفون دینامیکی

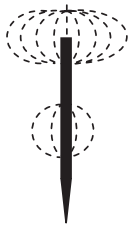
□ ***میکروفون خازنی:*** میکروفون خازنی یا الکترواستاتیک درواقع خازن متغیر کوچکی است که یکی از صفحات یا جوشن آن ثابت و دیگری متحرک است. به صفحه‌ی متحرک، ممبران می‌گویند. ظرفیت خازنی این میکروفون حدود ۱۰ تا ۲۰ پیکوفاراد است. در شکل (۱۲۲ــ۱) ساختمان داخلی میکروفون خازنی آمده است.



شکل ۱۲۲ــ۱ــ ساختمان داخلی میکروفون خازنی

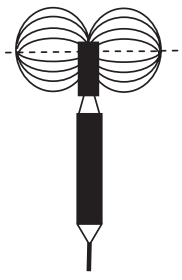
۳ــ۱۵ــ۱ــ نمودار گیرایی صوت در میکروفون‌ها:

میکروفون‌ها را ازنظر راستا و جهت دریافت امواج صوتی تقسیم‌بندی می‌کنند. میکروفون‌هایی که صدا را از همه‌ی جهات دریافت می‌کنند، میکروفون‌های همه‌جهته نام دارند، شکل (۱۲۳ــ۱).



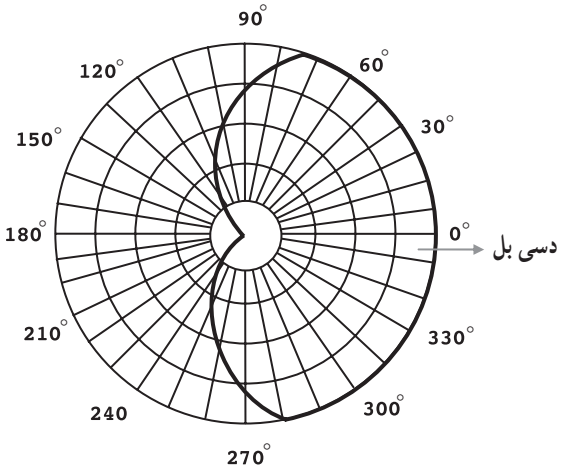
شکل ۱۲۳ــ۱ــ میکروفون‌های همه جهته

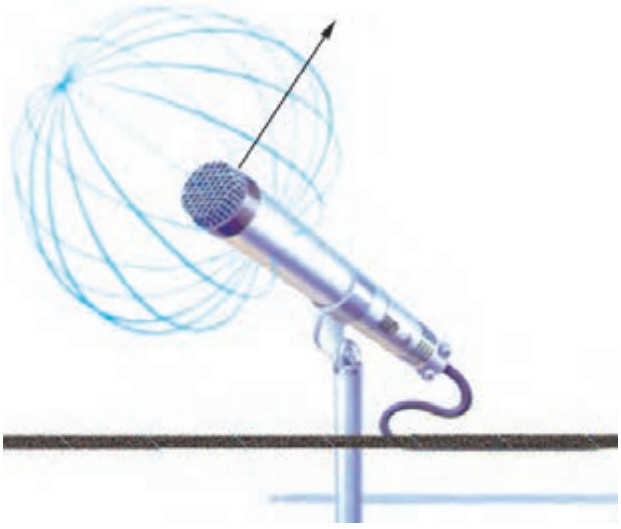
میکروفون‌هایی که صدا را از یک جهت مشخص دریافت می‌کنند میکروفون جهتی گویند و چنانچه میکروفون از دو جهت صدا را دریافت کند میکروفون دوجهته نامیده می‌شود، شکل (۱۲۴ــ۱)، محدوده‌ای که میکروفون در آن جهت صدا را می‌گیرد با مشخصه‌ی گیرایی میکروفون تعریف می‌شود.



شکل ۱۲۴ــ۱ــ میکروفون دو جهته

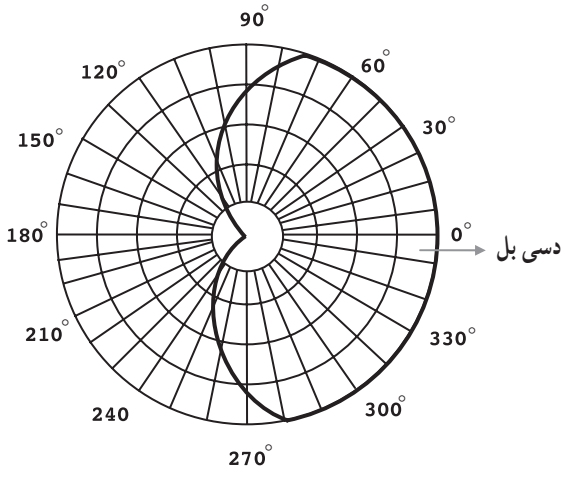
این محدوده‌ی گیرایی با نمودار قابل نمایش است. اغلب در میکروفون‌ها این محدوده شبیه به قلب انسان است و به همین دلیل منحنی میکروفون را دلوار[1] (مانند دل) می‌نامند. شکل (۱۲۵ــ۱) نمودار قطبی میکروفون دینامیکی را نشان می‌دهد.





شکل ۱۲۵ــ۱ــ منحنی مشخصه میکروفون

در این نمودار فرض بر این است که میکروفون در مرکز دایره‌ای فرضی قرار گرفته است و فاصله‌ی مرکز تا خطی که به‌دور آن رسم شده بیانگر حساسیت یا میزان دریافت انرژی صوتی در آن جهت است، شکل (۱۲۶ــ۱).



شکل ۱۲۶ــ۱ــ نمودار محدوده‌ی گیرایی میکروفون

۱ــ مشابه قلب Cardio

آزمون میانی (۷)

۱ــ میکروفون چیست؟ شرح دهید.

۲ــ انواع میکروفون را نام ببرید.

۳ــ امپدانس خروجی و باند فرکانسی میکروفون را تعریف کنید.

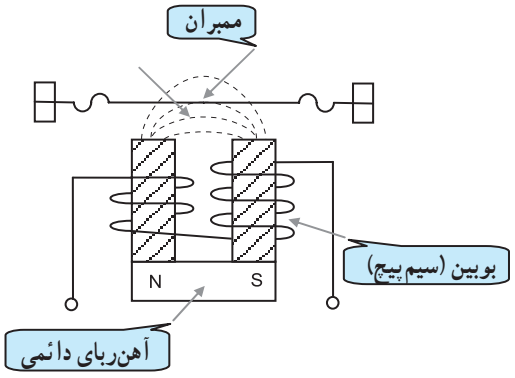
۴ــ میکروفون خازنی را شرح دهید.

۵ ــ میکروفون‌ها ازنظر دریافت امواج صوتی به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ شرح دهید.

۶ ــ شکل (۱۲۷ــ۱) ساختمان داخلی کدام میکروفون است.

۱) میکروفون دینامیکی ۲) میکروفون خازنی

۳) میکروفون الکترومغناطیسی ۴) میکروفون زغالی



شکل ۱۲۷ــ۱

۱۶ــ۱ــ نحوه‌ی شناسایی و تشخیص قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیویی AM ــ FM

جهت تشخیص اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک گیرنده رادیویی AM ــ FM لازم است موارد زیر را انجام دهیم.

۱. تعریف کلی از گیرنده بیان کنیم.

۲. وظایف هریک از قسمت‌های اصلی گیرنده را نام ببریم.

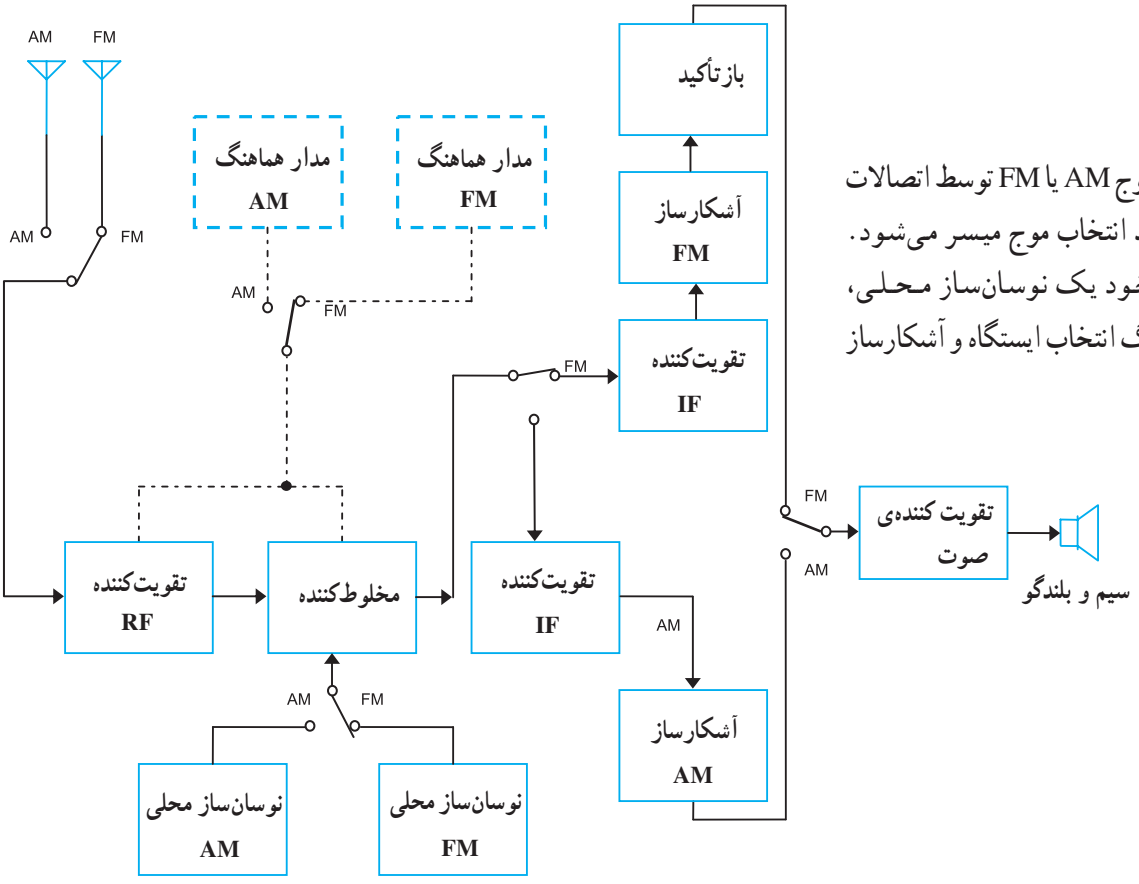
این امر سبب می‌شود که عملکرد صحیح مدارهای الکترونیکی گیرنده بهتر تجزیه و تحلیل و بررسی شود. درنهایت توانایی و مهارت فراگیر در عیب‌یابی و تعمیر گیرنده افزایش می‌یابد.

در شکل (۱۲۸ــ۱) بلوک دیاگرام یک گیرنده‌ی AM ــ FM نمایش داده شده است.

با توجه به شکل، طبقات مشترک AM و FM به ترتیب عبارت‌اند از :

- تقویت‌کننده‌ی RF
- مخلوط کننده
- طبقه‌ی صوتی و بلندگو

انتخاب موج AM یا FM توسط اتصالات کنتاکت‌های کلید انتخاب موج میسر می‌شود. هر موج برای خود یک نوسان‌ساز محلی، مدارهای هماهنگ انتخاب ایستگاه و آشکارساز مجزا دارد.



شکل ۱۲۸ــ۱ــ بلوک دیاگرام گیرنده AM ــ FM

۱۷ــ۱ــ کار عملی (۱)

زمان: ۴ساعت

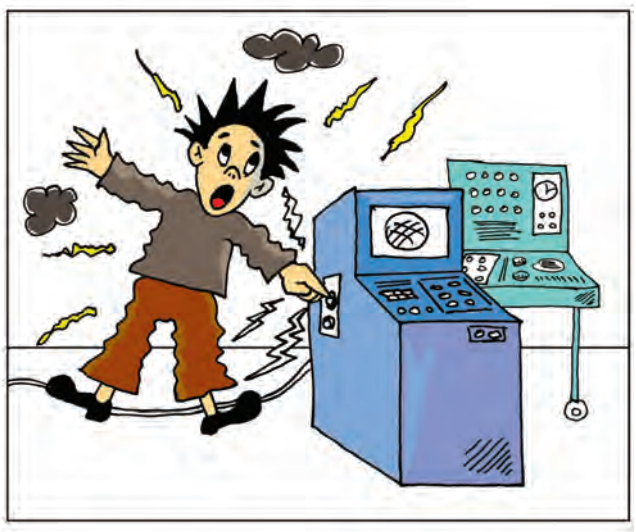
۱ــ۱۷ــ۱ــ خلاصه‌ی آزمایش: دراین آزمایش به بررسی نحوه‌ی استفاده از سیگنال ژنراتور RF می‌پردازیم. همچنین سیگنال مدوله شده‌ی AM را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۲ــ۱۷ــ۱ــ نکات ایمنی:

■ هنگام کار در محیط آزمایشگاه نظم و مقررات را رعایت کنید، شکل (۱۲۹ــ۱).

شکل ۱۲۹ــ۱

■ از روشن و خاموش کردن دستگاه‌هایی که به عملکرد آن‌ها آشنا نیستید و ارتباطی به‌کار شما ندارد جداً خودداری کنید، شکل (۱۳۰ــ۱).



به قسمت‌های الکتریکی دستگاه درحال کار دست نزنید!

شکل ۱۳۰ــ۱

■ از وسایل و دستگاه‌های اندازه‌گیری حساس و میزکار خود در آزمایشگاه مراقبت به‌عمل آورید، شکل (۱۳۱ــ۱).

شکل ۱۳۱ــ۱

■ از وسایل و ابزارهای مخصوص تعمیرات دستگاه‌های الکترونیکی استفاده کنید و از عایق بودن دسته‌های ابزارهایی از قبیل انبردست، دَم‌باریک و یا پیچ‌گوشتی اطمینان حاصل کنید، شکل (۱۳۲ــ۱).

شکل ۱۳۲ــ۱

■ هنگام اندازه‌گیری مقاومت قطعات و یا بررسی شاسی دستگاه و یا لحیم‌کاری، دوشاخه‌ی دستگاه ضبط‌صوت را از پریز برق بیرون بکشید، شکل (۱۳۳ــ۱).

شکل ۱۳۳ــ۱

■ از ترانس ایزوله‌ی ۱ :۱ با فیوز مناسب استفاده کنید تا دچار برق‌گرفتگی نشوید، شکل (۱۳۴ــ۱).

امروزه اگر به تعمیر لوازم الکتریکی می‌پردازید.باید ترانسفورمر ایزوله‌کننده را مورد استفاده قرار دهید.

شکل ۱۳۴ــ۱

۳ــ۱۷ــ۱ــ تجهیزات موردنیاز:

■ اسیلوسکوپ یک دستگاه

■ سیگنال ژنراتور صوتی AF

■ سیگنال ژنراتور رادیویی RF

■ پراپ اسیلوسکوپ و سیم‌های رابط

۴ــ۱۷ــ۱ــ مراحل اجرایی آزمایش:

■ ***معرفی سیگنال ژنراتور RF:*** مدار داخلی سیگنال ژنراتور RF یک نوسان‌ساز رادیویی با فرکانس‌های مختلف است. سیگنال ژنراتور RF شکل موجی سینوسی را در محدوده‌ی فرکانسی ۱۰۰kHz تا ۱۵۰MHz یا بالاتر تولید می‌کند. سیگنال ژنراتور RF می‌تواند شکل موج مدوله شده‌ی AM را با مدولاسیون داخلی با فرکانس پیام ۱ kHz ثابت، تولید کند.

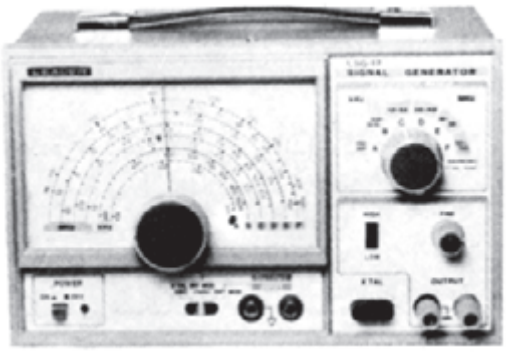
اسیلوسکوپ

دستگاه سیگنال ژنراتور AF

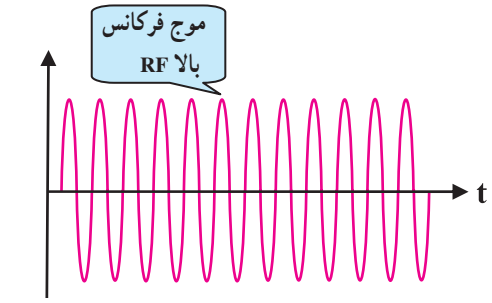
دستگاه سیگنال ژنراتور RF

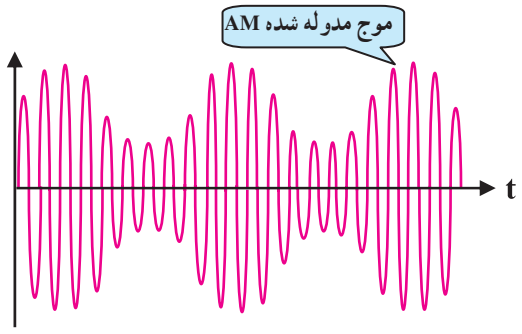
شکل ۱۳۵ــ۱

همچنین قادر است با استفاده از فرکانس‌های مختلف پیام، سیگنال مدوله شده با مدولاسیون خارجی به ما بدهد. در شکل (۱۳۶ــ۱ــ الف) یک نمونه سیگنال ژنراتور RF و در شکل (۱۳۶ــ۱ــ ب) شکل موج‌های خروجی دستگاه ژنراتور RF را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۳۶ــ۱ــ الف ــ سیگنال ژنراتور RF





شکل ۱۳۶ــ۱ــ ب ــ شکل موج‌های دستگاه سیگنال ژنراتور RF

■ ***معرفی دگمه‌های دستگاه به‌ترتیب شماره روی شکل (۱۳۷ــ۱):***

۱ــ کلید power-on ،off : کلید روشن و خاموش اصلی

۲ــ LED : نشان دهنده روشن شدن دستگاه

۳ــ کلید انتخاب موج RF مدوله شده‌ی AM با مدولاسیون داخلی یا خارجی

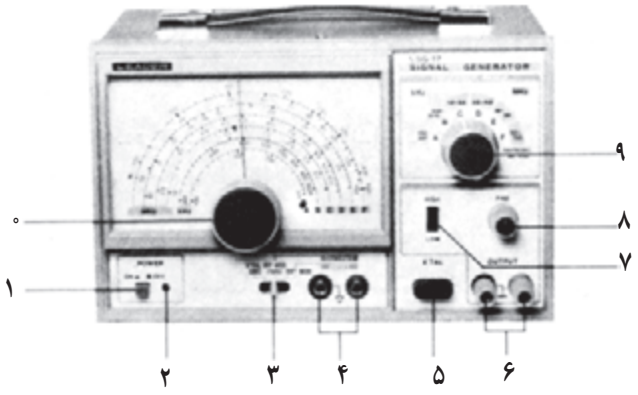
۴ــ ترمینال BNC برای ورودی سیگنال پیام جهت مدولاسیون خارجی

۵ــ ولوم تنظیم دامنه‌ی موج مدوله کننده‌ی پیام

۶ــ ولوم تنظیم سطح و یا دامنه‌ی ولتاژ سیگنال RF

۷ــ ترمینال خروجی BNC برای سیگنال RF

۸ــ ترمینال BNC برای فرکانس مونیتور (فرکانسی که یک دامنه‌ی ثابت برای سنکرون کردن اسیلوسکوپ تولید می‌کند).



شکل ۱۳۷ــ۱

۹ــ کلید انتخاب رنج و محدوده‌ی فرکانس

A . محدوده‌ی فرکانسی در فاصله ۱۰۰ kHz تا ۲۹۰ kHz است.

B. محدوده‌ی فرکانسی در فاصله ۲۹۰ kHz تا ۹۰۰ kHz است.

C. محدوده‌ی فرکانسی در فاصله ۰/۹ MHz تا ۳ MHz است.

D. محدوده‌ی فرکانسی در فاصله ۳ MHz تا ۱۱ MHz است.

E. محدوده‌ی فرکانسی در فاصله ۱۰ MHz تا ۳۵ MHz است.

F. محدوده‌ی فرکانسی در فاصله ۳۲ MHz تا ۱۵۰ MHz است.

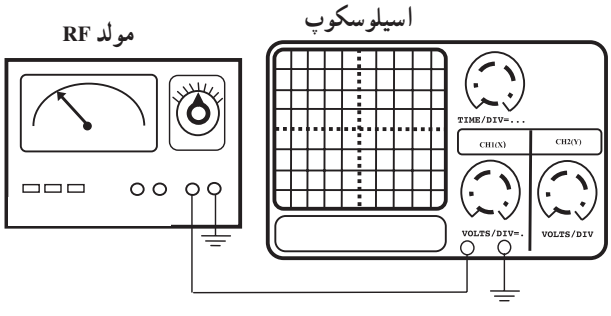
۱۰ــ واریابل : به کمک این واریابل فرکانس خروجی تنظیم می‌شود. عقربه روی هر عددی قرار گیرد، با توجه به محدوده‌ی فرکانسی انتخاب شده در حوزه‌ی کار A تا F می‌توان مقدار فرکانس خروجی را تعیین کرد.

■ دگمه‌های دستگاه را با توضیحات داده شده در مرحله‌ی قبل تطبیق دهید و سعی کنید کار آن‌ها را به‌خاطر بسپارید.

■ سیگنال ژنراتور RF را روشن کنید و آن‌را روی فرکانس ۲۰۰ kHz بگذارید.

■ خروجی RF را مطابق شکل (۱۳۹ــ۱) به اسیلوسکوپ وصل کنید. شکل موج را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید.

شکل ۱۳۸ــ۱



شکل ۱۳۹ــ۱ــ نحوه‌ی اتصال دستگاه سیگنال ژنراتور RF به اسیلوسکوپ

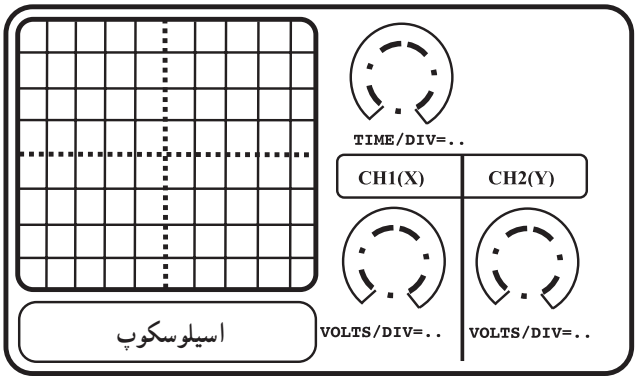
■ مقدار فرکانس و ضریب Time/Div را بنویسید.

Time / DIV = ·····

■ مقدار ضریب Volt / DIV را بنویسید.

Volt / DIV = ·····

■ شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۰ــ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۴۰ــ۱

■ با تغییر ولوم دامنه‌ی سیگنال خروجی RF، حداقل و حداکثر دامنه‌ی شکل موج‌خروجی را به‌دست آورید.

V_{max} = ····· ولت

V_{min} = ····· ولت

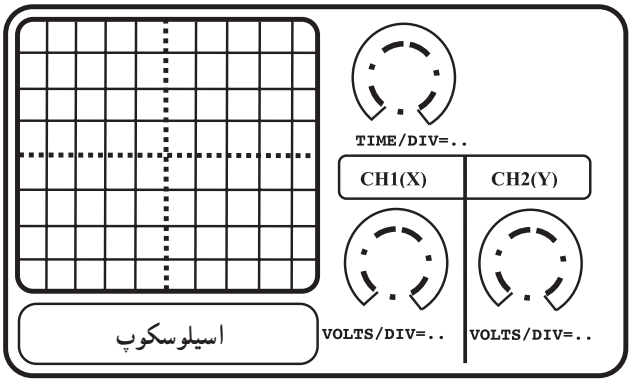
■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس $F_{IF} = ۴۵۵\,kHz$ تنظیم کنید.

■ شکل موج خروجی را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید و خروجی را با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۱ــ۱) ترسیم کنید.

مقدار فرکانس را با توجه به ضریب Time/DIV محاسبه کنید. مقدار ضریب Volt/DIV را بنویسید.

T = ····· ثانیه

$F = \frac{۱}{T}$ ····· هرتز

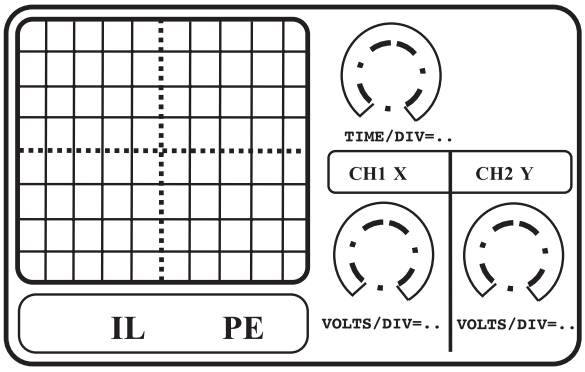


شکل ۱۴۱ــ۱

سؤال ــ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده از روی اسیلوسکوپ و عقربه‌ی فرکانس سیگنال ژنراتور با هم تطابق دارند؟ شرح دهید.

پاسخ

■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۴۵۵kHz و در وضعیت مدولاسیون داخلی قرار دهید. خروجی RF را به اسیلوسکوپ متصل کنید. شکل موج مدوله شده‌ی AM را مشاهده و با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۲ــ۱) ترسیم کنید.

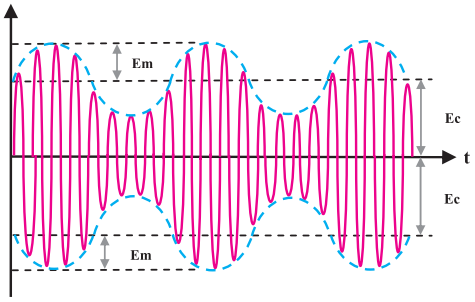


شکل ۱۴۲ــ۱

■ با توجه به شکل (۱۴۳ــ۱) مقدار ضریب مدولاسیون شکل موج مشاهده شده را به‌دست آورید.

Em : دامنه‌ی سیگنال پیام

Ec : دامنه‌ی سیگنال حامل



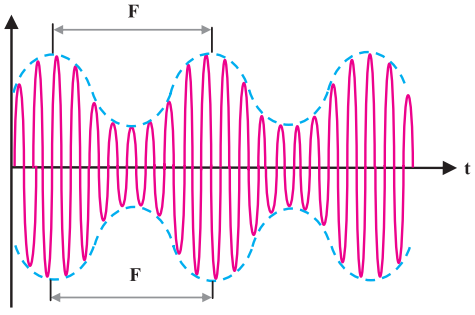
شکل ۱۴۳ــ۱

$$m = \frac{Em}{Ec} \qquad M = \frac{Em}{Ec} \times ۱۰۰٪$$

m = ... M = ...٪

F = ... Hz هرتز

■ فرکانس پوش مثبت و منفی سیگنال مدوله شده را مطابق شکل (۱۴۴ــ۱) به‌دست آورید.



شکل ۱۴۴ــ۱

■ آیا مقدارفرکانس اندازه‌گیری شده با فرکانس داخلی دستگاه سیگنال ژنراتور RF یعنی ۱kHz برابر است؟

آیا می‌توان فرکانس به‌دست آمده را برابر با فرکانس پیام قرار داد؟

پاسخ

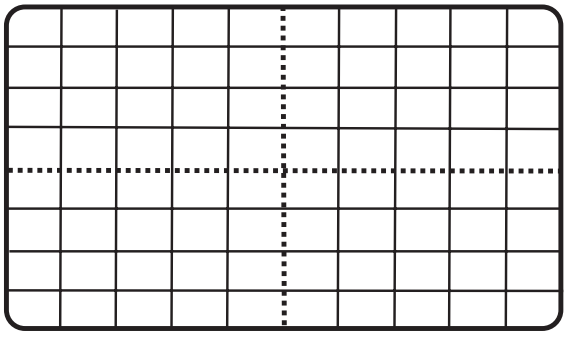
■ با تغییر ولوم، دامنه‌ی مدولاسیون تغییرات شکل موج مدوله‌شده‌ی AM را بررسی کنید.

$V_{min} = \cdots\cdots\cdots$ V ولت

$V_{max} = \cdots\cdots\cdots$ V ولت

با کاهش مقدار دامنه شکل موج مدوله شده را با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۵ــ۱) ترسیم کنید.

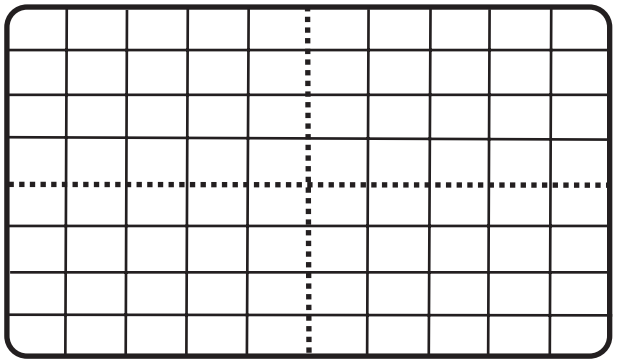
$E_c = \cdots\cdots\cdots$ V ولت ، $E_m = \cdots\cdots\cdots$ V ولت



شکل ۱۴۵ــ۱

با افزایش مقدار دامنه، شکل موج مدوله شده را با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۶ــ۱) ترسیم کنید.

$E_c = \cdots\cdots\cdots$ V ولت ، $E_m = \cdots\cdots\cdots$ V ولت



شکل ۱۴۶ــ۱

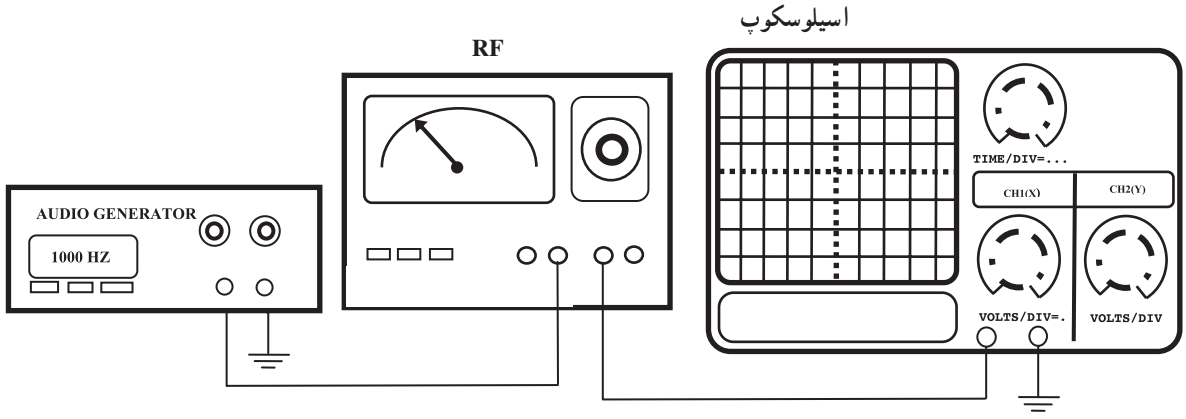
آیا مقادیر دامنه‌ی پیام B و دامنه‌ی سیگنال حامل A ثابت می‌باشند؟

■ کلید انتخاب موج مدوله شده‌ی AM در دستگاه RF را روی حالت مدولاسیون خارجی (EXT) قرار دهید.

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را به دلخواه روی مقادیر ۸۰۰kHz و یا ۱MHz بگذارید.

■ دامنه‌ی سیگنال ژنراتور RF را روی ۰/۸ Vp-p تنظیم کنید.

■ توسط سیگنال ژنراتور AF یک موج سینوسی با دامنه‌ی $۰/۴V_{p-p}$ و فرکانس ۱kHz ایجاد کنید و توسط سیم‌رابط مطابق شکل (۱۴۷ــ۱) به ورودی RF اتصال دهید.



شکل ۱۴۷ــ۱

■ خروجی دستگاه سیگنال ژنراتور RF را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور RF را با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۸ـ۱) ترسیم کنید.

■ مقدار ضریب مدولاسیون موج مدوله شده را به‌دست آورید.

$m =$

$M = \cdots\cdots\cdots\cdots\% ۱۰۰$

■ نوع مدولاسیون AM را ازنظر درصد مشخص کنید.

■ دامنه‌ی سیگنال ژنراتور AF را روی ۰/۸ Vp-p قرار دهید و مجدداً آن را به سیگنال ژنراتور RF اعمال کنید.

■ شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور RF را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۴۹ـ۱) ترسیم کنید.

■ مقدار ضریب مدولاسیون را به‌دست آورید.

$m = \cdots\cdots \quad M = \cdots\cdots\%$

■ درصد مدولاسیون AM را مشخص کنید.

پاسخ

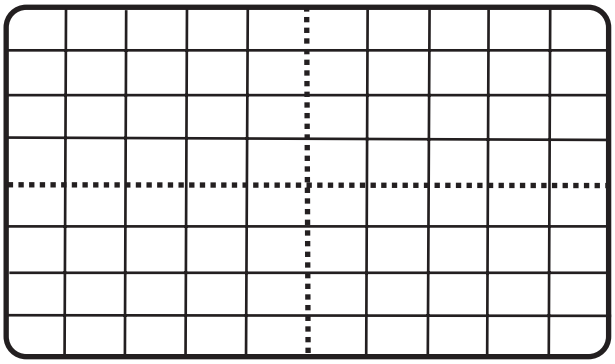
■ دامنه‌ی سیگنال ژنراتور AF را روی $۱/۲V_{p-p}$ قرار دهید و دوباره آن را به سیگنال ژنراتور RF وصل کنید.

■ شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور RF را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۵۰ـ۱) ترسیم کنید.

■ مدار ضریب مدولاسیون را به‌دست آورید.

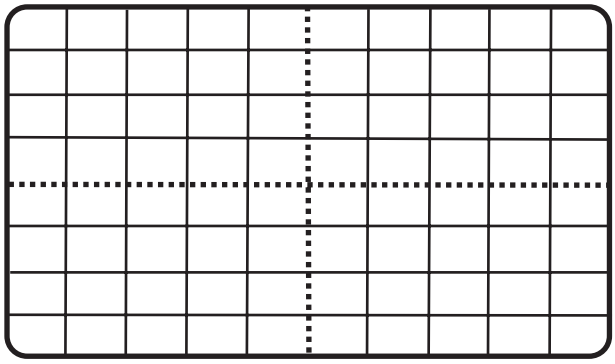
$m = \cdots\cdots \quad M = \cdots\cdots\%$

■ نوع مدولاسیون AM را با توجه به درصد مدولاسیون مشخص کنید.

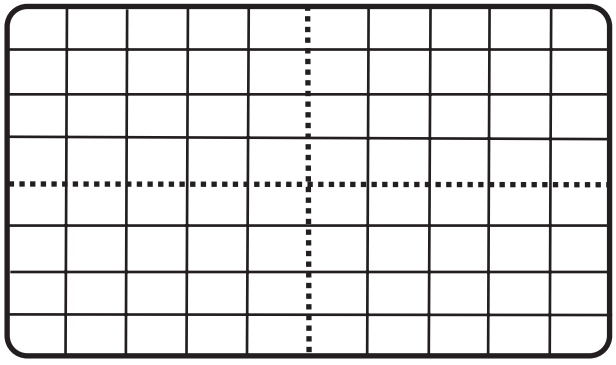


شکل ۱۴۸ـ۱

پاسخ



شکل ۱۴۹ـ۱



شکل ۱۵۰ـ۱

پاسخ

خودآزمایی عملی

۱ــ کاربرد دستگاه سیگنال ژنراتور AF را بنویسید.

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

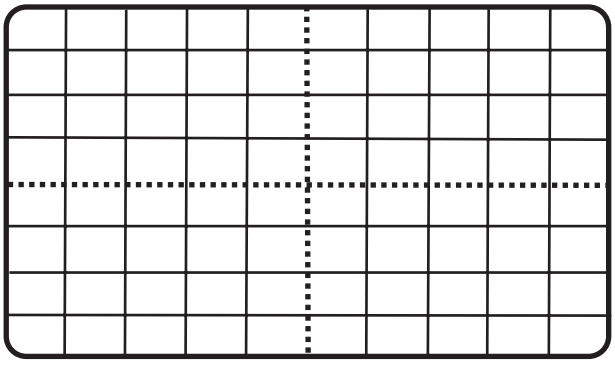
۲ــ کاربرد دستگاه سیگنال ژنراتور RF را بنویسید.

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

۳ــ آزمایش مربوط به مدولاسیون داخلی را با شکل موج مربعی انجام دهید و شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور RF را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۵۱ــ۱) ترسیم کنید.

۴ــ آیا می‌توان توسط سیگنال ژنراتور AF و RF یک فرستنده‌ی کوچک AM ساخت؟

شکل بلوک دیاگرام و نحوه‌ی اتصال سیگنال ژنراتور AF به RF را ترسیم کنید.



شکل ۱۵۱ــ۱

زمان: ۲ ساعت

آزمون عملی (۱)

۱ــ توسط سیگنال ژنراتور RF و AF یک موج مدولاسیون خارجی با فرکانس حامل $fc = ۸۰۰kHz$ و دامنه‌ی ولتاژ $Ec = ۰/۸V_{p-p}$ و فرکانس پیام $fm = ۲kHz$ و ضریب مدولاسیون ۵۰درصد ایجاد کنید. سپس شکل موج را با مقیاس مناسب روی کاغذ میلی‌متری بکشید.

۲ــ شکل موج AM استاندارد را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده و آن را ترسیم کنید.

۳ــ بلوک دیاگرام نحوه‌ی اتصال سیگنال ژنراتور AF به RF و اسیلوسکوپ را ترسیم کنید.

۱۸ــ۱ــ کار عملی (۲)

زمان: ۸ ساعت

۱ــ۱۸ــ۱ــ خلاصه آزمایش: در این آزمایش به بررسی دستگاه فانکشن ژنراتور دارای مدولاسیون FM می‌پردازیم و با نحوه‌ی ساخت موج مدوله شده‌ی FM آشنا می‌شویم.

۲ــ۱۸ــ۱ــ وسایل و تجهیزات لازم:

■ سیگنال ژنراتور و فانکشن ژنراتور با مدولاسیون FM ، شکل (۱۵۲ــ۱).

شکل ۱۵۲ــ۱ــ فانکشن ژنراتور

■ اسیلوسکوپ، شکل (۱۵۳ــ۱).

■ پراب و سیم‌های رابط

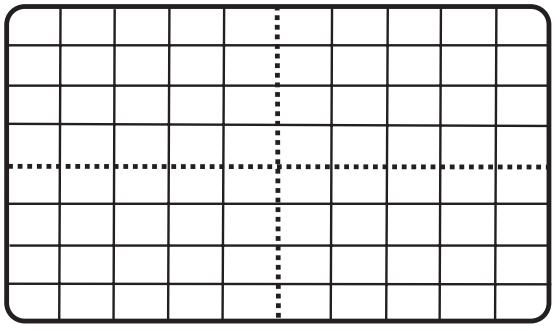
شکل ۱۵۳ــ۱ــ اسیلوسکوپ

۳ــ۱۸ــ۱ــ مراحل اجرای آزمایش:

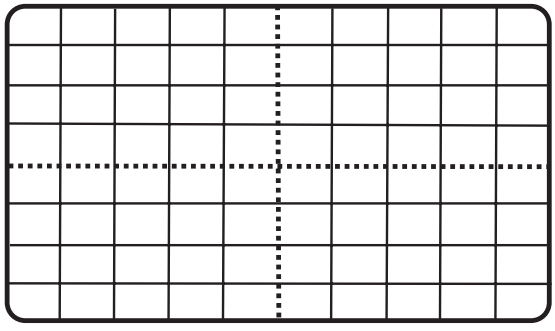
■ یک نوع دستگاه فانکشن ژنراتور دارای مدولاسیون FM را دراختیار بگیرید و کار تک‌تک دگمه‌های آن را موردبررسی قرار دهید.

□ با توجه به اصول کار فانکشن ژنراتور مراحل زیر را اجرا کنید.

الف ــ دستگاه فانکشن ژنراتور را فقط به‌عنوان سیگنال ژنراتور سینوسی استفاده کنید و شکل موج خروجی آن را برای حداقل و حداکثر فرکانس با مقیاس مناسب روی شکل‌های (۱۵۴ــ۱) و (۱۵۵ــ۱) ترسیم کنید. دامنه را روی حداکثر قرار دهید.

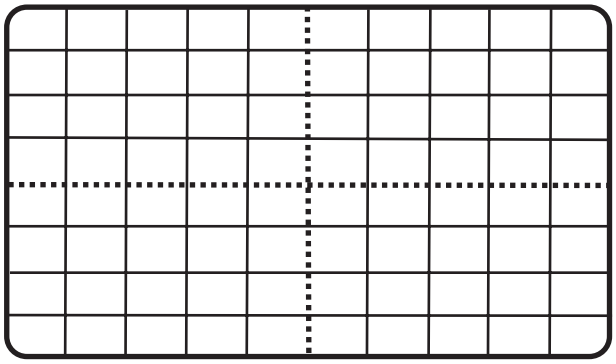


شکل ۱۵۴ــ۱

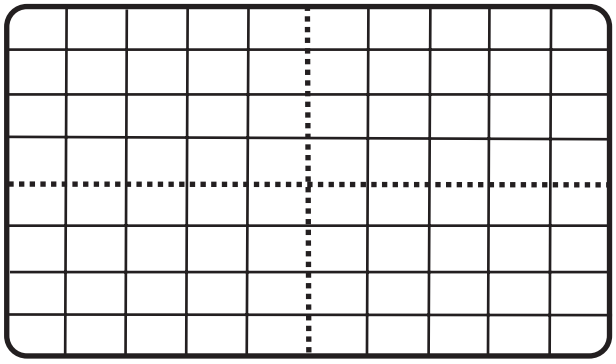


شکل ۱۵۵ــ۱

ب ــ فانکشن ژنراتور را به‌عنوان سیگنال ژنراتور مثلثی، مربعی، مثلثی متقارن و مربعی متقارن مورد استفاده قرار دهید. حداقل و حداکثر فرکانس آن را به‌دست آورید. در هر حال شکل موج خروجی را برای کمترین و بیشترین فرکانس با مقیاس مناسب روی شکل‌های (۱۵۶ــ۱)، (۱۵۷ــ۱)، (۱۵۸ــ۱) و (۱۵۹ــ۱) ترسیم کند.

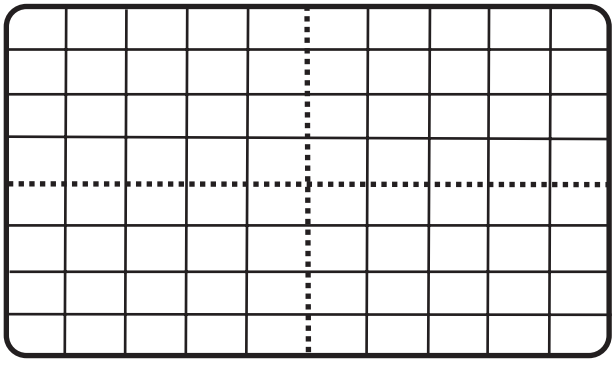


شکل ۱۵۶ــ۱

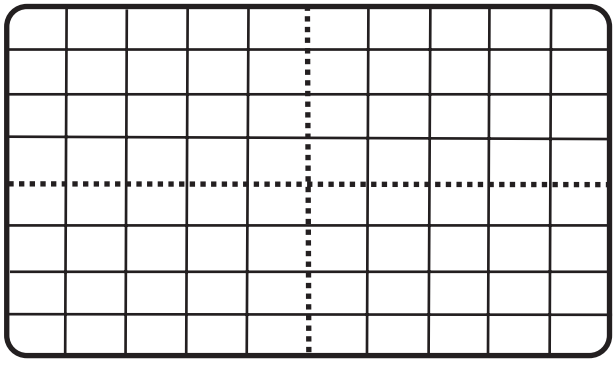


شکل ۱۵۷ــ۱

توجه: روی هر شکل ۲ منحنی یکی با فرکانس کمترین و دیگری با فرکانس بیشترین رسم کنید. مقدار فرکانس را روی هر منحنی بنویسید.



شکل ۱۵۸ــ۱



شکل ۱۵۹ــ۱

ج ــ درهریک از مراحل قبلی حداقل و حداکثر دامنه‌ی خروجی را به‌دست آورید.

حداقل ولتاژ خروجی $V_{o\,min} = \cdots\cdots ?V$

حداکثر ولتاژ خروجی $V_{o\,max} = \cdots\cdots ?V$

د ــ عملکرد دگمه‌ی DC offset را روی سیگنال خروجی بررسی کنید و توضیح دهید چه عملی را انجام می‌دهد؟

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

هـ ــ کار دگمه‌ی Atten را شرح دهید.

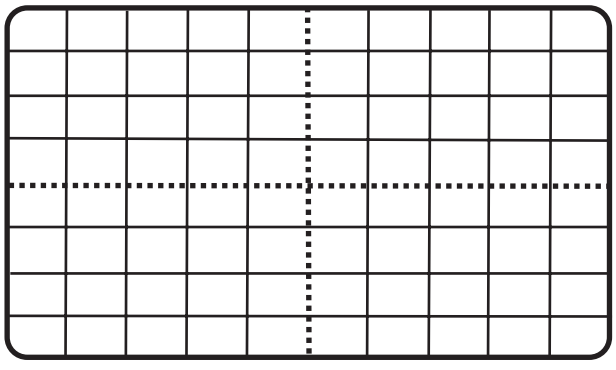
پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

■ قسمت مدولاسیون AM دستگاه را درنظر بگیرید و دستگاه را در وضعیت مدولاسیون AM قراردهید. شکل موج خروجی را در حالت‌های زیر ترسیم کنید.

توجه: فرکانس حامل و پیام دلخواه است.

الف ــ دامنه‌ی سیگنال حامل حداکثر و درصد مدولاسیون حداکثر.

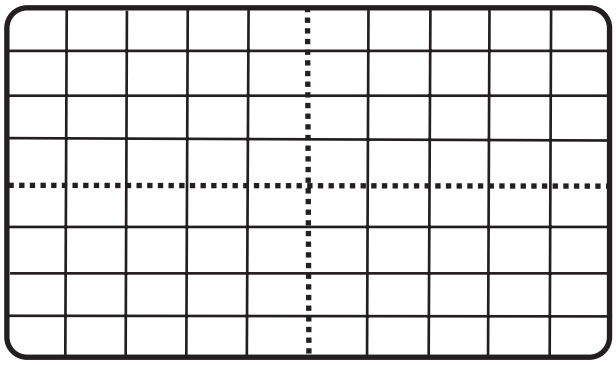
شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب بر روی شکل (۱۶۰ــ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۶۰ــ۱

ب ــ دامنه‌ی سیگنال حامل، $\frac{۱}{۲}$ حداکثر و درصد مدولاسیون ٪۵۰ .

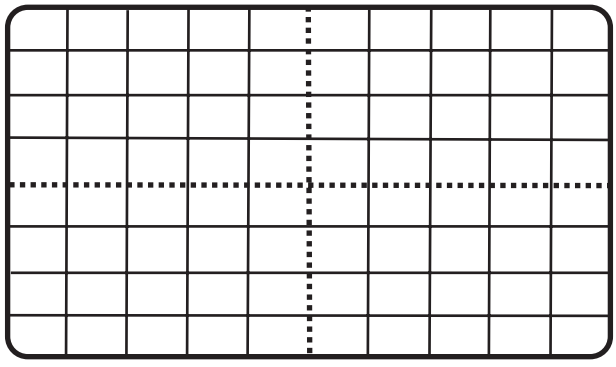
شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب بر روی شکل (۱۶۱ــ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۶۱ــ۱

ج ــ دامنه‌ی سیگنال حامل حداکثر و درصد مدولاسیون ٪۲۵ .

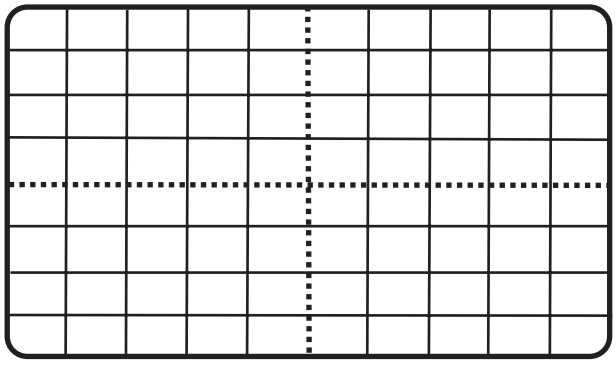
شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۲ــ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۶۲ــ۱

د ــ دامنه‌ی سیگنال حامل $\frac{۱}{۲}$ حداکثر و درصد مدولاسیون ٪۷۵ .

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۳ــ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۶۳ــ۱

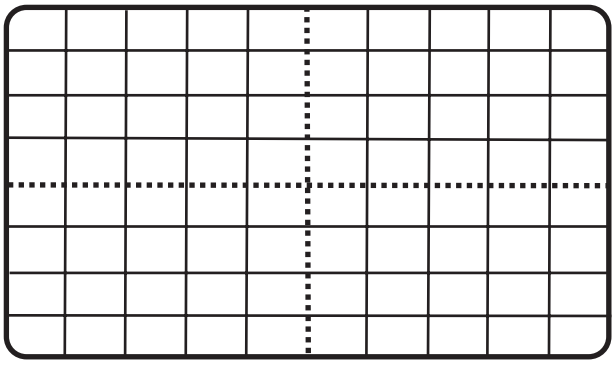
■ سایر کارآیی‌های Modulation را مشخص کرده و شرح دهید.

۴ــ۱۸ــ۱ــ ساخت موج FM: دستگاه را روی Sweep قرار دهید. شکل موج خروجی را در شرایط زیر ترسیم کنید و مقادیر آن را بنویسید.

الف ــ

۲MHz	f فرکانس
حداقل	Rate
حداقل	Width

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۴ــ۱) ترسیم کنید.

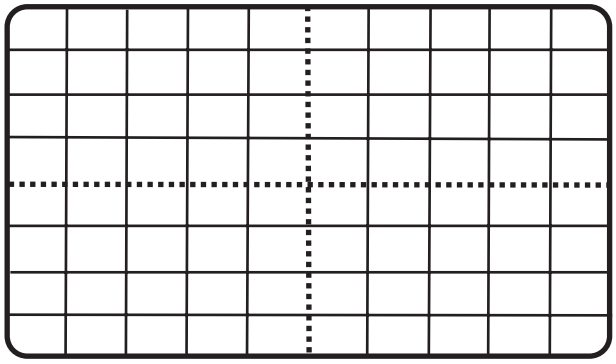


شکل ۱۶۴ــ۱

ب –

فرکانس f	۲MHz
Rate	حداقل
Width	حداکثر

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱ـ۱۶۵) ترسیم کنید.

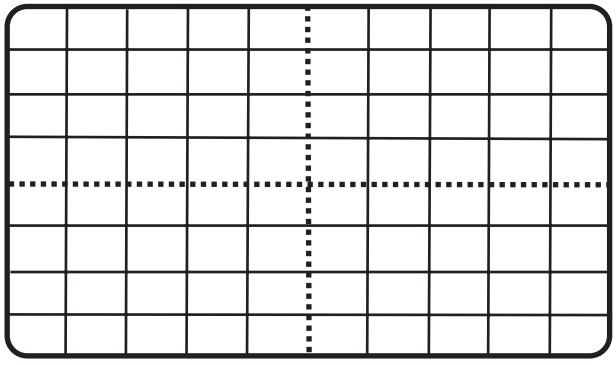


شکل ۱ـ۱۶۵

ج –

فرکانس f	۲MHz
Rate	حداکثر
Width	حداکثر

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱ـ۱۶۶) ترسیم کنید.

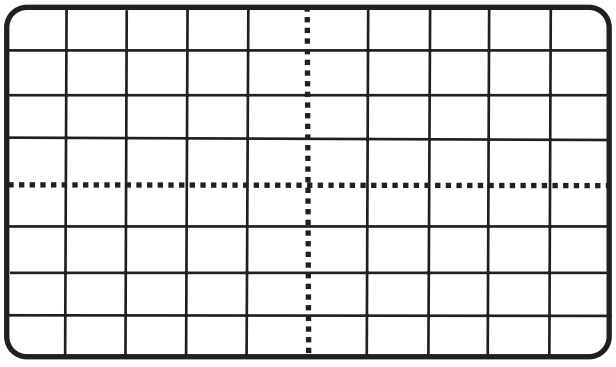


شکل ۱ـ۱۶۶

د –

فرکانس f	۲MHz
Rate	حداقل به‌گونه‌ای باشد که تغییرات فرکانس دیده شود.
Width	حداکثر

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱ـ۱۶۷) ترسیم کنید.



شکل ۱ـ۱۶۷

■ بررسی کنید آیا سیگنال به‌دست آمده در مراحل قبل، یک سیگنال FM است؟ شرح دهید.

پاسخ:

■ Rate و Width را طوری تنظیم کنید که انحراف فرکانس قابل اندازه‌گیری باشد.

$$F_D = F_H - F_L$$

■ مراحل کار ۴ــ۱۸ــ۱ را تکرار کنید تا مفهوم FM کاملاً قابل درک باشد. مقدار انحراف فرکانس برای حداکثر Rate و Width اندازه بگیرید.

■ Sweep را خاموش کنید و ترمینال‌های پشت دستگاه را شناسایی کنید و کار هریک را دقیقاً بنویسید. برای هرکدام یک آزمایش انجام دهید.

■ توسط سیگنال ژنراتور AF سیگنالی را به ورودی VCC پشت دستگاه اعمال کنید و آن را روی ۴ هرتز قرار دهید. دامنه‌ی خروجی روی عدد ۴ باشد.

■ خروجی سیگنال ژنراتور را به اسیلوسکوپ اعمال کنید و آن را روی ۱ مگاهرتز قرار دهید.

■ شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۸ــ۱) ترسیم کنید و انحراف فرکانس را اندازه بگیرید.

■ سیگنال ژنراتور AF را روی ۵۰ هرتز قرار دهید و میزان انحراف فرکانس را اندازه بگیرید.

■ شکل موج خروجی را در مرحله قبل با مقیاس مناسب بر روی شکل (۱۶۹ــ۱) ترسیم کنید. نحوه‌ی اندازه‌گیری انحراف فرکانس را تشریح کنید.

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

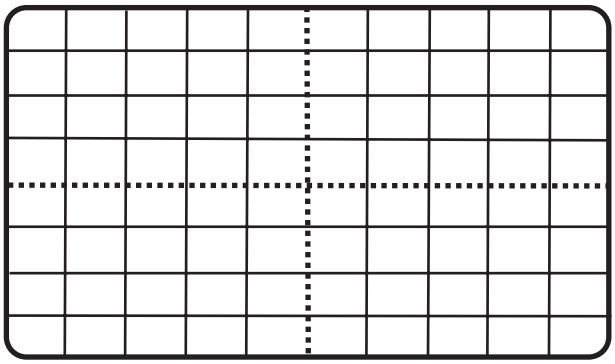
■ سیگنال ژنراتور AF را روی ۴ کیلوهرتز قرار دهید. شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب بر روی شکل (۱۷۰ــ۱) ترسیم کنید.

انحراف فرکانس را اندازه بگیرید.

■ کلیه‌ی آزمایش‌های فوق را، با فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز تکرار کنید.

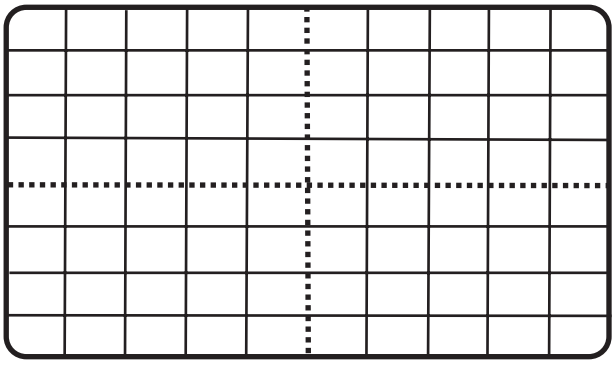
F_D =.....?Hz
حداکثر Rate

F_D =.....?Hz
حداکثر Width



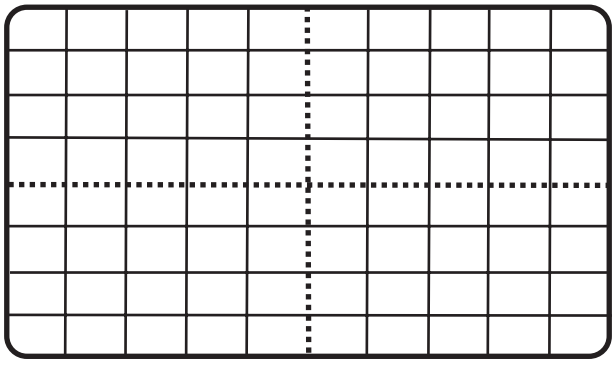
شکل ۱۶۸ــ۱

F_D = ?.....Hz



شکل ۱۶۹ــ۱

F_D =.....?Hz



شکل ۱۷۰ــ۱

F_D =.....?Hz

آزمون پایانی (۱)

۱ــ در سیگنال مدوله شده‌ی AM درصورتی که $E_C = ۱۲V$ و $E_m = ۳V$ باشد، ضریب مدولاسیون AM چقدر است؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۲۵ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۵

۲ــ وظیفه‌ی طبقات IF در گیرنده‌های رادیویی FM-AM چیست؟

۱) تقویت سیگنال صوتی ۲) تقویت فرکانس میانی

۳) نوسان‌ساز سیگنال RF ۴) مخلوط کردن سیگنال RF با نوسان‌ساز

۳ــ در گیرنده‌های سوپرهترودین AM، فرکانس IF حدوداً چقدر است؟

۱) ۴۵۵kHz ۲) ۱۰/۷kHz ۳) ۴۵۵MHz ۴) ۱۰/۷MHz

۴ــ اگر فرکانس پیام در AM ، ۳ کیلوهرتز باشد پهنای باند گیرنده چند کیلوهرتز است؟

۱) ۱۰ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۳

۵ــ انحراف فرکانس در FM تجارتی چند کیلوهرتز است؟

۱) ۷۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) ۲۵

۶ــ وظیفه AFC در گیرنده‌ی FM کدام است؟

۱) تولید فرکانس IF ۲) نوسان‌ساز سیگنالRF

۳) تقویت فرکانسIF ۴) پایدار کردن نوسان‌ساز محلی

۷ــ حساسیت در گیرنده یعنی :

۱) میزان ثابت بودن فرکانس ایستگاه در گیرنده

۲) درجه‌ی صحت و دقت سیگنال خروجی تقویت‌کننده‌ی RF

۳) قابلیت دریافت حداقل سیگنال ضعیف فرستنده

۴) انتخابگری سیگنال ایستگاه

۸ــ در فرکانس رادیویی خیلی زیاد در خطوط انتقال فقط.....ظاهر می‌شود.

۱) L ۲) RC ۳) RLC ۴) L,C

۹ــ مقدار امپدانس مشخصه‌ی کابل هم‌محور چند اهم است؟

۱) ۲۵۰ ۲) ۷۵ ۳) ۳۰۰ ۴) ۱۵۰

۱۰ــ امپدانس مشخصه‌ی خط انتقال از کدام رابطه به‌دست می‌آید؟

۱) $\frac{L}{C}$ ۲) $\frac{C}{L}$ ۳) $\sqrt{\frac{L}{C}}$ ۴) $\sqrt{\frac{C}{L}}$

۱۱ــ قطع و وصل کلیدهای الکتریکی و مدارها چه نوع نویزی تولید می‌کنند؟

۱) نویز خارجی ۲) نویز اتمسفر ۳) نویز بشر ۴) نویز حرارتی

۱۲ــ امپدانس خروجی میکروفون در محدوده‌ی..... اهم می‌باشد.

۱) ۲۰ تا ۶۰۰ ۲) ۲۰۰ تا ۶۰۰

۳) ۳۰ تا ۱۰۰۰ ۴) ۶۰۰ تا ۱۰۰۰

۱۳ــ در کدام میکروفون ممبران با سیم‌پیچ حرکت می‌کند؟

۱) خازنی ۲) الکترومغناطیسی

۳) زغالی ۴) الکترودینامیکی

۱۴ــ طبقات مشترک بین دو موج در گیرنده‌ی رادیویی FM-AM را نام ببرید.

فصل دوم

تعمیر و تنظیم مدار آشکارساز صوت AM و FM

هدف کلی

عیب‌یابی، تعمیر و تنظیم مدار آشکارساز صوت AM و FM

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که بتواند:

۱ــ اصول کار آشکارساز AM و FM را تشریح کند.
۲ــ اصول کار AVC و AGC را شرح دهد.
۳ــ مدار آشکارساز AM را تجزیه و تحلیل و عیب‌یابی کند.
۴ــ اصول کار مدار AFC را تشریح کند.
۵ــ مدار آشکارساز FM را تجزیه و تحلیل کند.
۶ــ مدار عملی آشکارساز AM را تشریح کند.
۷ــ شکل موج سیگنال‌های ورودی و خروجی آشکارساز AM را تشخیص دهد.
۸ــ مدار AFC را مورد بررسی عملی قرار دهد.
۹ــ مدولاسیون FM را شبیه‌سازی کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴	۸ ــ ۱۶*	۲۰

* ساعات عملی مربوط به این توانایی ۱۶ ساعت در استاندارد بوده است که به‌دلیل زیاد بودن ساعات با توجه به کار عملی داده شده در استاندارد، ۸ ساعت از این توانایی کسر شده و به توانایی ۲ (تشخیص گیرنده‌های مختلف رادیو) اضافه شده است.

پیش‌آزمون (۲)

۱ــ AGC را در یک سطر تعریف کنید.

۲ــ AFC را در یک سطر تعریف کنید.

۳ــ مدار آشکارساز AM را رسم کنید.

۴ــ وظیفه‌ی مدار AGC، کنترل بهره‌ی طبقه‌ی..... می‌باشد.

۱) مخلوط‌کننده ۲) RF ۳) IF ۴) AF

۵ــ سیگنال ورودی آشکارساز AM کدام است؟

۱) سیگنال صوتی با فرکانس پیام ۲) موج مدوله شده‌ی AM با فرکانس IF

۳) موج مدوله شده‌ی AM با فرکانس RF ۴) موج مدوله شده‌ی AM با فرکانس AF

۶ــ وظیفه مدار محدودکننده در گیرنده‌ی FM چیست؟

۱) حذف سیگنال نویز ۲) ایجاد ولتاژ AGC یا AVC

۳) حذف سیگنال پیام ۴) تقویت سیگنال RF

۷ــ در گیرنده‌ی رادیویی سوپرهترودین، ورودی AGC از کدام طبقه دریافت می‌شود؟

۱) آشکارساز ۲) مخلوط‌کننده

۳) تقویت‌کننده‌ی IF ۴) تقویت‌کننده‌ی صوتی

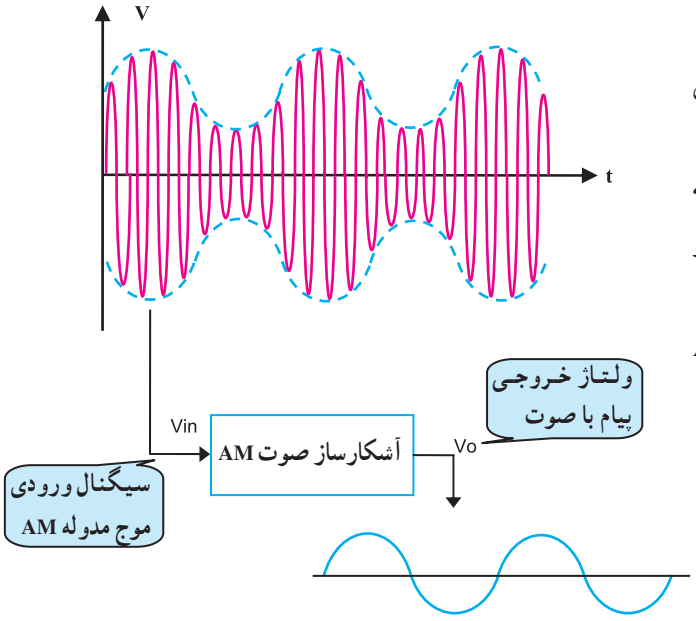
۸ــ در گیرنده رادیویی FM، سیگنال ورودی AFC از کدام طبقه دریافت می‌شود؟

۱) تقویت‌کننده‌ی IF ۲) نوسان‌ساز محلی ۳) محدودکننده ۴) آشکارساز صوت

۱ــ۲ــ مقدمه

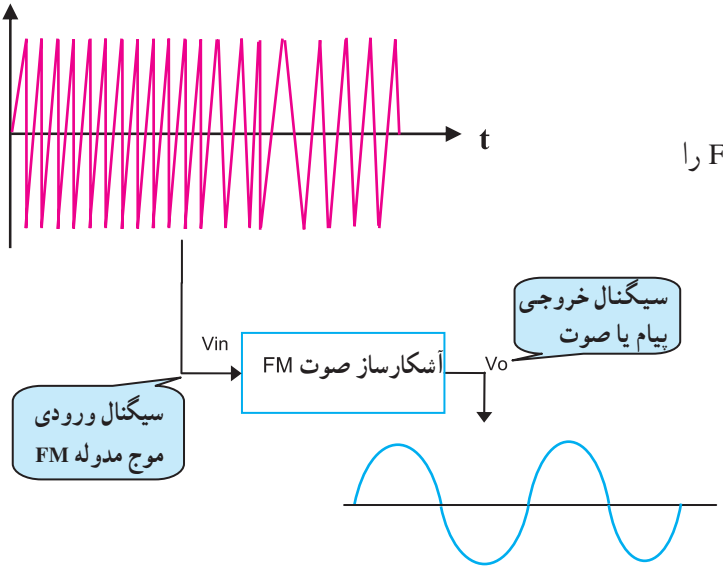
برای بازسازی پیام در یک گیرنده‌ی رادیویی باید مدارهایی به‌کار برده شود که بتواند پیام را از سیگنال مدوله شده جدا کند. این عمل را دِمدولاسیون[1] یا آشکارسازی می‌گویند. مداری که عمل آشکارسازی را انجام می‌دهد مدار دمدولاتور[2] یا آشکارساز نامیده می‌شود.

در شکل (۱ــ۲) بلوک دیاگرام آشکارساز صوت AM نشان داده شده است.



شکل ۱ــ۲ــ بلوک دیاگرام آشکار شده‌ی FM

در شکل (۲ــ۲) بلوک دیاگرام آشکارساز صوت FM را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ــ۲ــ بلوک دیاگرام آشکار شده‌ی FM

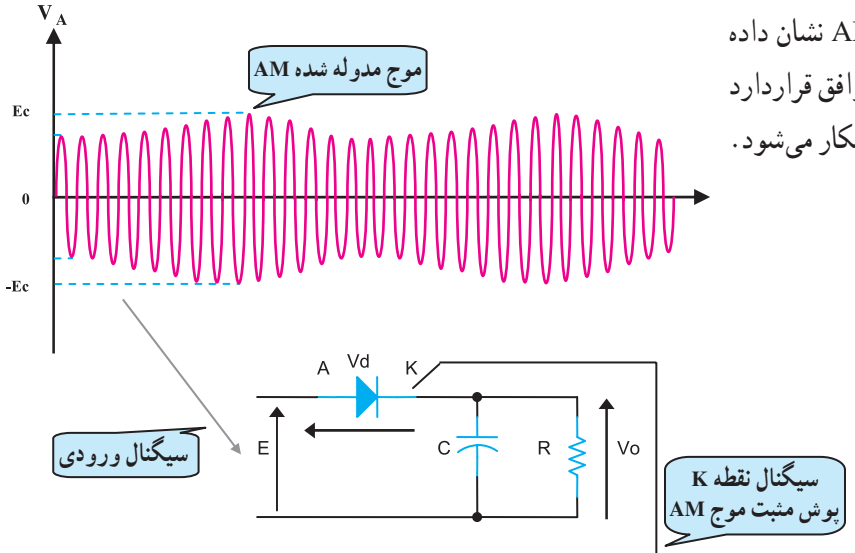
۲ــ۲ــ آشنایی با اصول کار آشکارساز AM

آشکارسازی در مدولاسیون AM یک عمل یکسوسازی است. این عمل در گیرنده‌های فرکانس متوسط و بالا، توسط دیود انجام می‌شود. به این عمل، آشکارساز خطی یا آشکارساز پوش گویند.

۱ــ De - modulation

۲ــ De - modulator

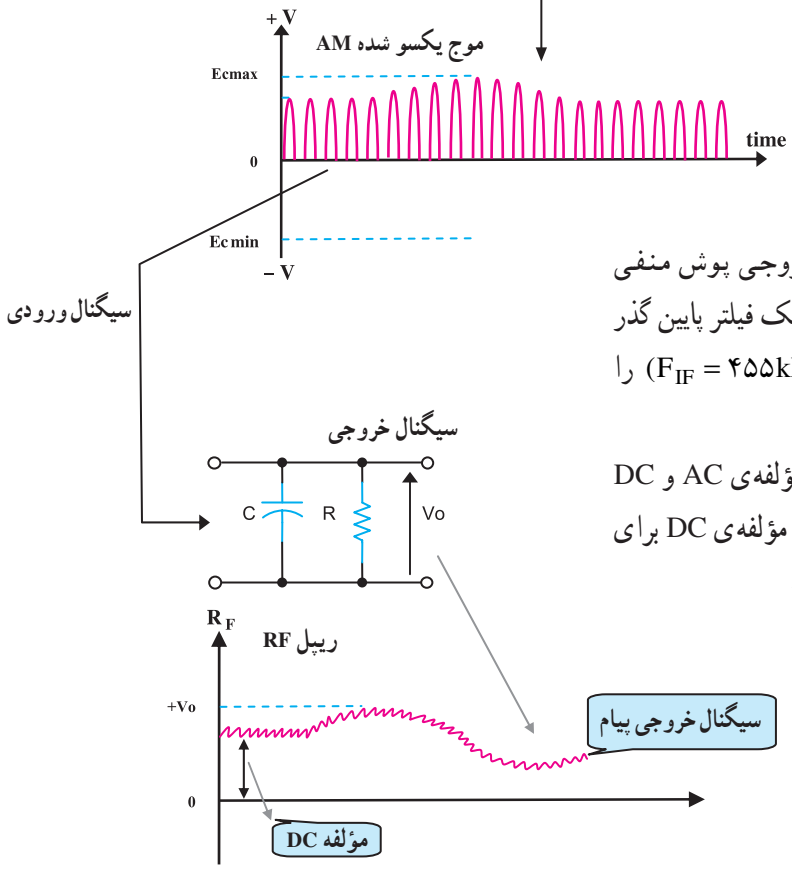
در شکل (۳ــ۲) مدار آشکارساز دیودی AM نشان داده شده است. در این مدار دیود آشکارساز در بایاس موافق قراردارد و در کاتد دیود پوش مثبت، موج مدوله شده AM آشکار می‌شود.



شکل ۳ــ۲ــ آشکارساز دیودی AM

اگر جهت دیود عوض شود، در خروجی پوش منفی خواهیم داشت. در خروجی مدار آشکارساز یک فیلتر پایین گذر RC قرار دارد که نوسانات فرکانس بالا (F_{IF} = ۴۵۵kHz) را حذف می‌کند، شکل (۴ــ۲).

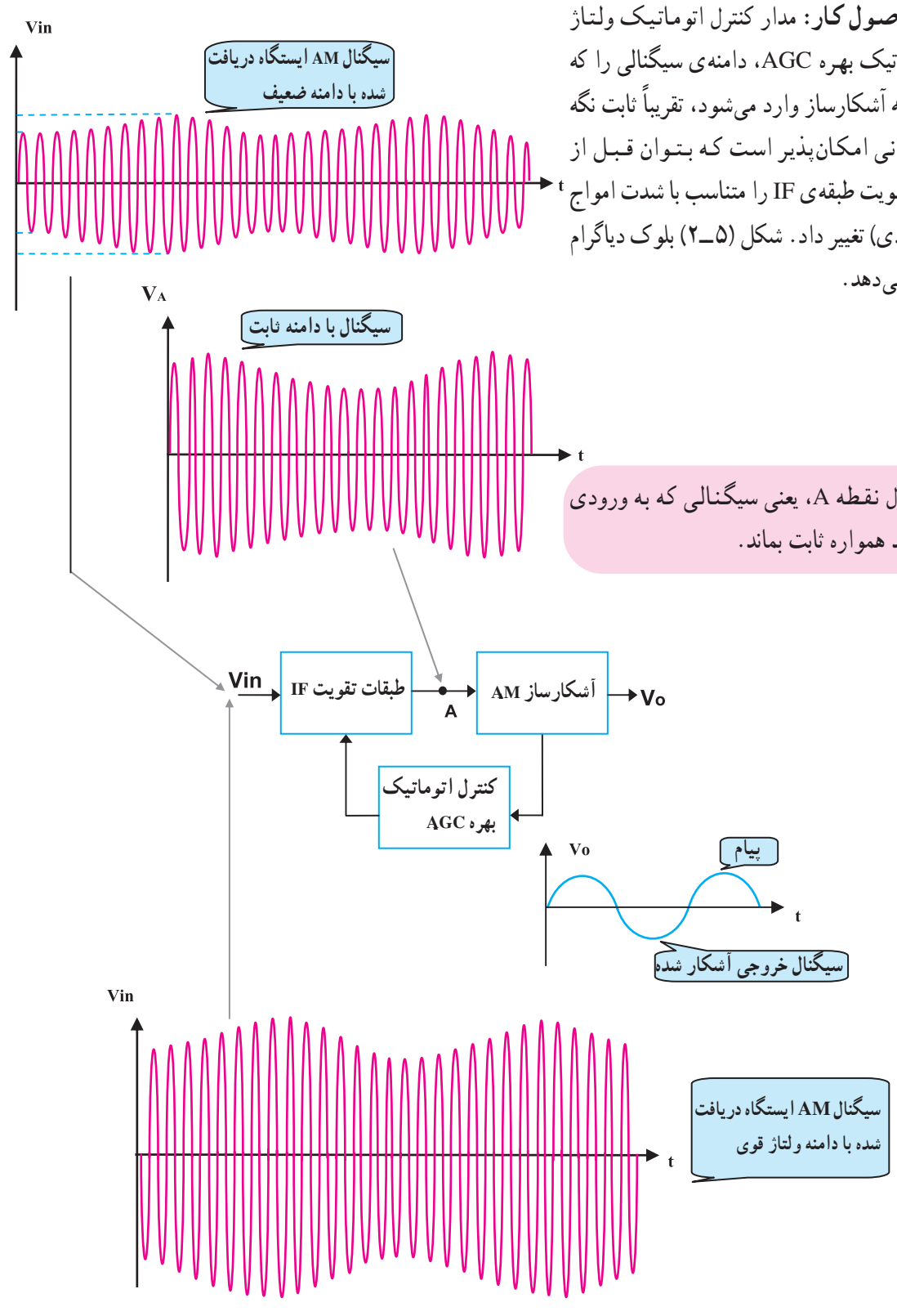
شکل موج خروجی فیلتر، دارای دو مؤلفه‌ی AC و DC است. مؤلفه‌ی AC، پیام را تشکیل می‌دهد و مؤلفه‌ی DC برای کنترل بهره‌ی طبقه‌ی IF گیرنده به‌کار می‌رود.



شکل ۴ــ۲ــ نقش فیلتر در مدار آشکارساز AM

۳ــ۲ــ آشنایی با اصول کار و تحلیل مدار AVC و AGC

۱ــ۳ــ۲ــ اصول کار: مدار کنترل اتوماتیک ولتاژ (AVC) یا کنترل اتوماتیک بهره AGC، دامنه‌ی سیگنالی را که در گیرنده‌ی رادیویی به آشکارساز وارد می‌شود، تقریباً ثابت نگه می‌دارد. این امر زمانی امکان‌پذیر است که بتوان قبل از آشکارسازی ضریب تقویت طبقه‌ی IF را متناسب با شدت امواج دریافتی (سیگنال ورودی) تغییر داد. شکل (۵ــ۲) بلوک دیاگرام مدار AGC را نشان می‌دهد.



دامنه‌ی سیگنال نقطه A، یعنی سیگنالی که به ورودی آشکارساز می‌رسد باید همواره ثابت بماند.

شکل ۵ــ۲ــ بلوک دیاگرام مدار AGC

دو نوع AGC برای کنترل بهره‌ی IF به‌کار می‌رود. در AGC نوع اول اگر ولتاژ بایاس تقویت‌کننده‌ی IF بیشتر شود، ضریب بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی IF بیشتر می‌شود و تقویت‌کننده به سمت اشباع می‌رود، شکل (۶ــ۲)، به این روش AGC مستقیم می‌گویند. در نوع دوم با افزایش ولتاژ AGC (ولتاژ بایاس) ضریب بهره‌ی تقویت‌کننده کاهش می‌یابد و تقویت‌کننده به سمت قطع می‌رود. این روش را AGC معکوس می‌گویند.

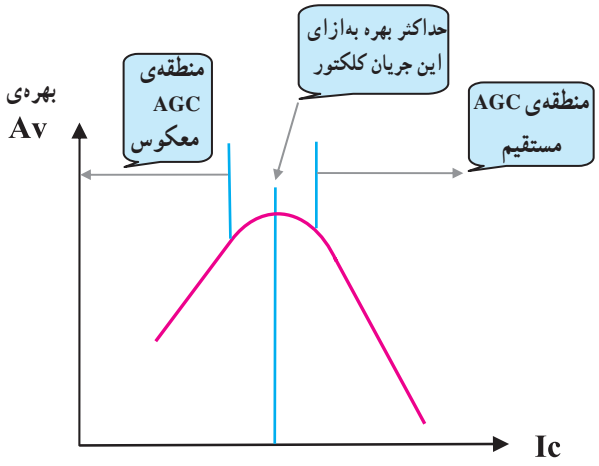
ترانزیستور Q به $\rightarrow V_{CE}\downarrow \Rightarrow \beta I_{BQ}\uparrow = I_{CQ}\uparrow \Rightarrow I_{BQ}\uparrow$ جریان بیس ترانزیستور طبقه IF سمت اشباع می‌رود $\leftarrow V_{AGC}\uparrow \leftarrow V_{BQ}\uparrow$

شکل ۶ــ۲ــ نحوه‌ی تغییرات نقطه کار طبقه‌ی IF، AGC مستقیم

ترانزیستور Q به $\rightarrow\rightarrow V_{CE}\uparrow \Rightarrow \beta I_{BQ} = I_{CQ} \Rightarrow I_{BQ}\downarrow$ ترانزیستور طبقه IF سمت قطع می‌رود. $\leftarrow V_{AGC}\downarrow \leftarrow V_{BQ}\downarrow \ldots$

شکل ۷ــ۲ــ AGC معکوس

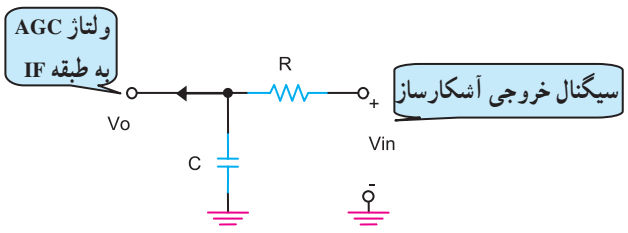
شکل‌های (۷ــ۲) و (۸ــ۲) منحنی تغییرات ضریب بهره نسبت به جریان کلکتور ترانزیستور در نقاط کار مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در منطقه‌ی AGC مستقیم، با افزایش IC، مقدار AV (ضریب بهره) کم می‌شود و با کم شدن IC، ضریب بهره زیاد می‌شود. در منطقه AGC معکوس عکس حالت فوق حاکم است یعنی با زیاد شدن IC، مقدار AV زیاد و با کم شدن IC، مقدار AV کم می‌شود.



شکل ۸ــ۲ــ منحنی مشخصه‌ی تغییرات بهره نسبت به جریان IC

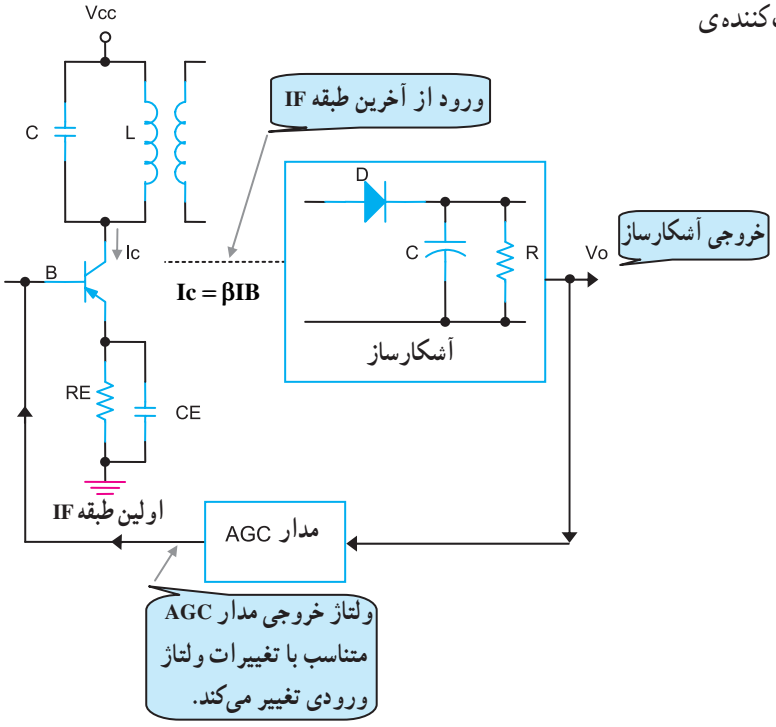
۲ــ۳ــ۲ــ مدارهای AGC: مدار AGC طبق شکل (۹ــ۲) از یک فیلتر پایین گذر RC تشکیل شده است. در این مدار، ظرفیت خازنی C بزرگ و از جنس الکترولیتی انتخاب می‌شود.

برای کنترل بهره‌ی طبقات IF می‌توانیم مؤلفه‌ی DC شکل موج خروجی دیود آشکارساز را به مدار بایاسینگ ترانزیستور طبقه یا طبقات IF اعمال کنیم. در این حالت بایاس طبقه‌ی IF متناسب با سیگنال ورودی تغییر می‌کند و ولتاژ بیس‌ترانزیستور طبقه‌ی اول IF با ولتاژ AGC، کم یا زیاد می‌شود. جریان متغیر بیس، جریان کلکتور ترانزیستور را تغییر می‌دهد و درنهایت با جابه‌جا شدن نقطه‌ی کار، ضریب بهره‌ی تقویت‌کننده تغییر می‌کند.



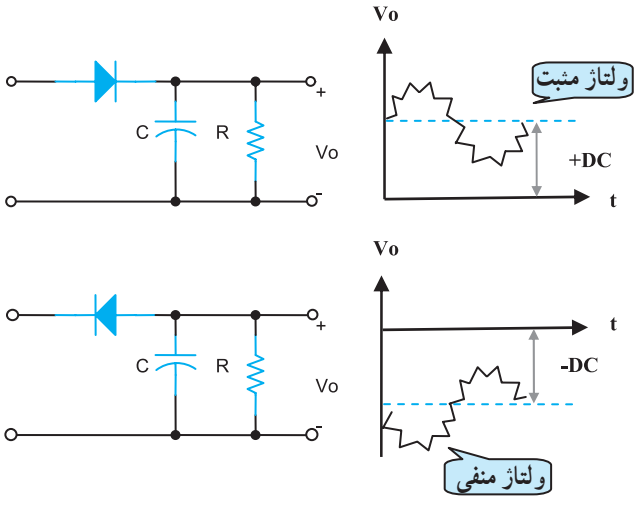
شکل ۹ــ۲ــ یک نمونه مدار AGC

شکل (۱۰ــ۲) نحوه‌ی تأثیر AGC را روی طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی IF نشان می‌دهد.



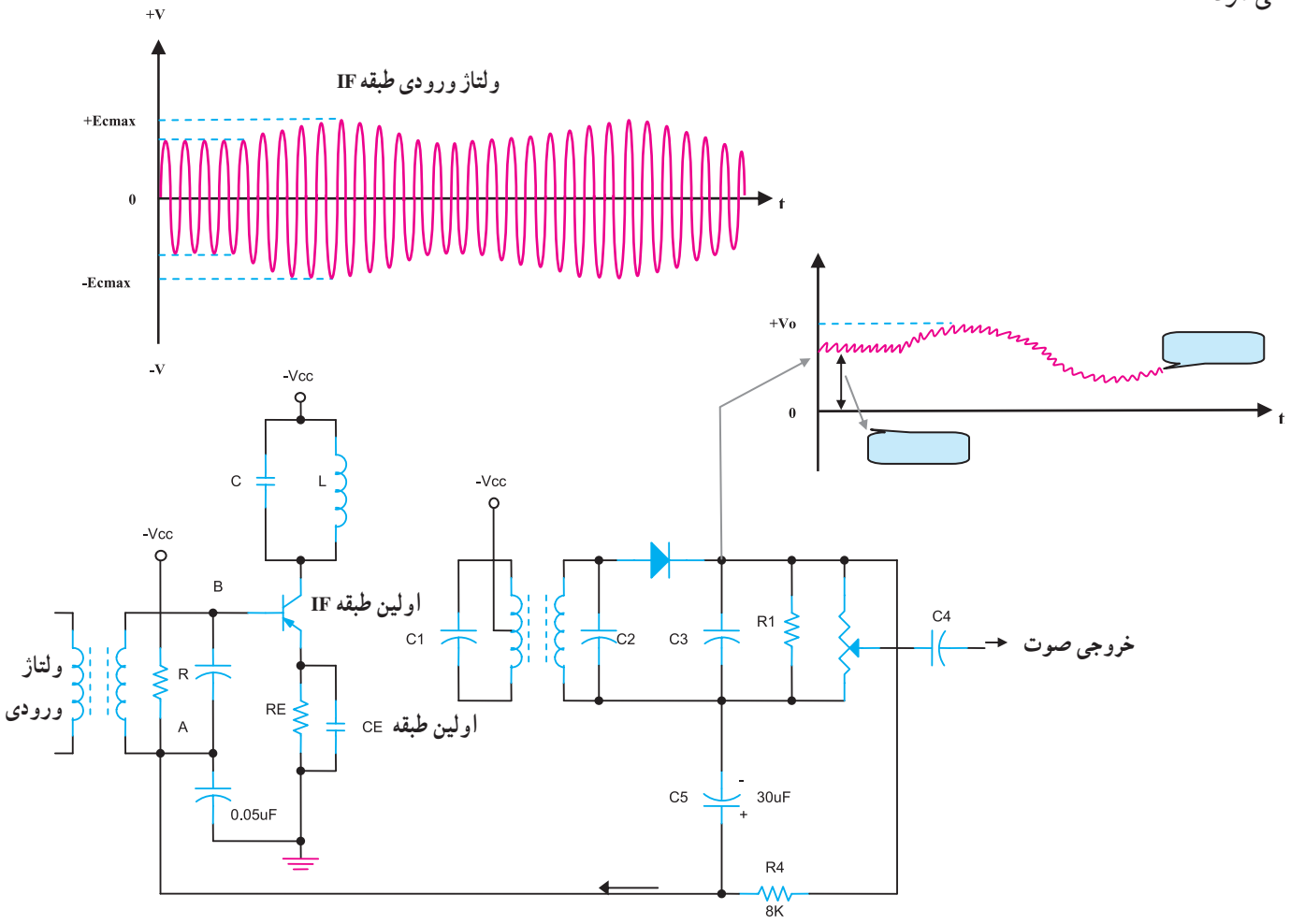
شکل ۱۰ــ۲ــ نحوه‌ی اثر ولتاژ روی بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی IF

قطب‌های ولتاژ dc خروجی مدار AGC با توجه به جهت دیود آشکارساز می‌تواند مثبت یا منفی باشد، شکل (۱۱ــ۲).

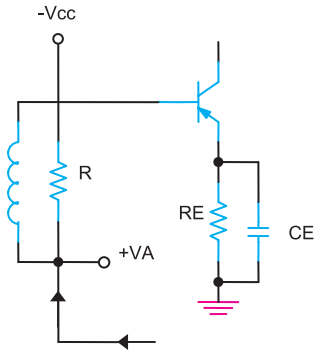


شکل ۱۱ــ۲ــ ولتاژ خروجی مدار آشکارساز با توجه به نحوه‌ی قرار گرفتن دیود

مدار شکل (۱۲ــ۲) نمونه‌ی کامل‌تری از مدار AGC (AVC) را نشان می‌دهد. در این مدار مقاومت $R_۴$ و خازن $C_۵$ فیلتر پایین گذر AGC را تشکیل می‌دهند. خازن $C_۵$ به‌عنوان فیلتر ولتاژ DC خروجی آشکارساز را در خود ذخیره می‌کند. این ولتاژ از طریق سیم‌پیچ $T_۱$ به بیس‌ترانزیستور اول IF اعمال می‌شود.



شکل ۱۲ــ۲ــ مدار آشکارساز AM و AGC



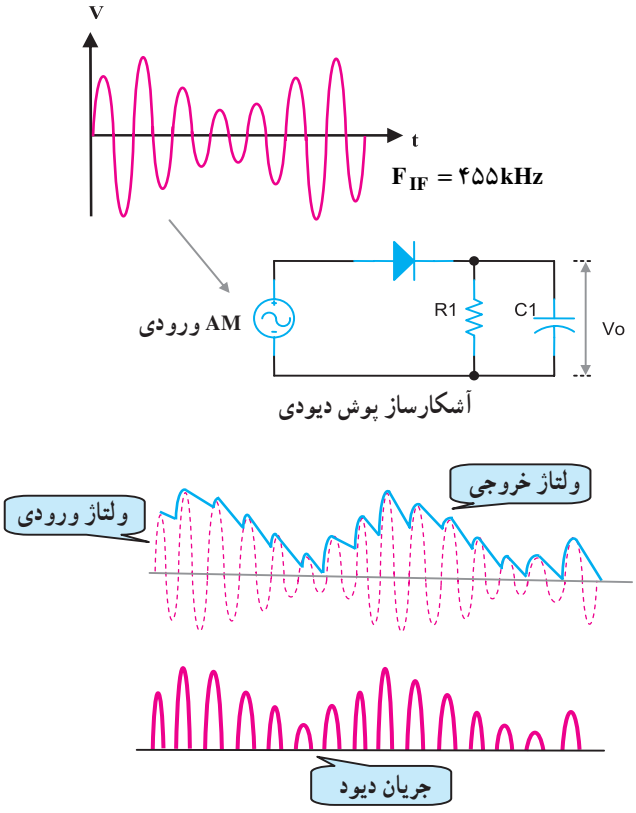
شکل ۱۳ــ۲ــ مسیر اعمال ولتاژ AGC

نوع AGC در این مدار معکوس است زیرا با افزایش ولتاژ dc مثبت نقطه B یا A هدایت ترانزیستور به‌دلیل PnP بودن آن کاهش می‌یابد، شکل (۱۳ــ۲). در این مدار درصورتی که جهت دیود معکوس شود AGC به‌صورت مستقیم درمی‌آید.

۴ــ۲ــ عیب‌یابی و تعمیر آشکارساز AM صوت

یک نمونه مدار آشکارساز پوش AM در شکل (۱۴ــ۲) نشان داده شده است. با توجه به نحوه‌ی قرار گرفتن دیود در زمانی که در بایاس مستقیم است جریان در دیود برقرار می‌شود و ولتاژ آند آن نسبت به ولتاژ کاتد مثبت می شود، بنابراین نیم‌سیکل مثبت موج AM در کاتد دیود ظاهر می‌شود. در هر نیم‌سیکل مثبت از سیگنال IF خازن C_1 را به اندازه مقدار حداکثر ولتاژ نیم‌سیکل مثبت ($V_{P_{IF}}$) شارژ می‌شود. در نیم‌سیکل‌های منفی سیگنال IF، دیود قطع است و از طریق R_1 دشارژ می‌شود به این ترتیب پوش سیگنال ورودی که همان پیام است در خروجی خواهیم داشت.

پوش سیگنال ورودی پیام است.



شکل ۱۴ــ۲ــ جدا کردن سیگنال پیام از موج مدوله شده‌ی AM با سیگنال حامل IF

۱ــ۴ــ۲ــ عیب‌یابی و تعمیر آشکارسازی صوت

AM: در جدول (۱ــ۲) عیب‌های متداول در آشکارساز AM با ذکر عیب اصلی، علامت ظاهری و علل آن آمده است.

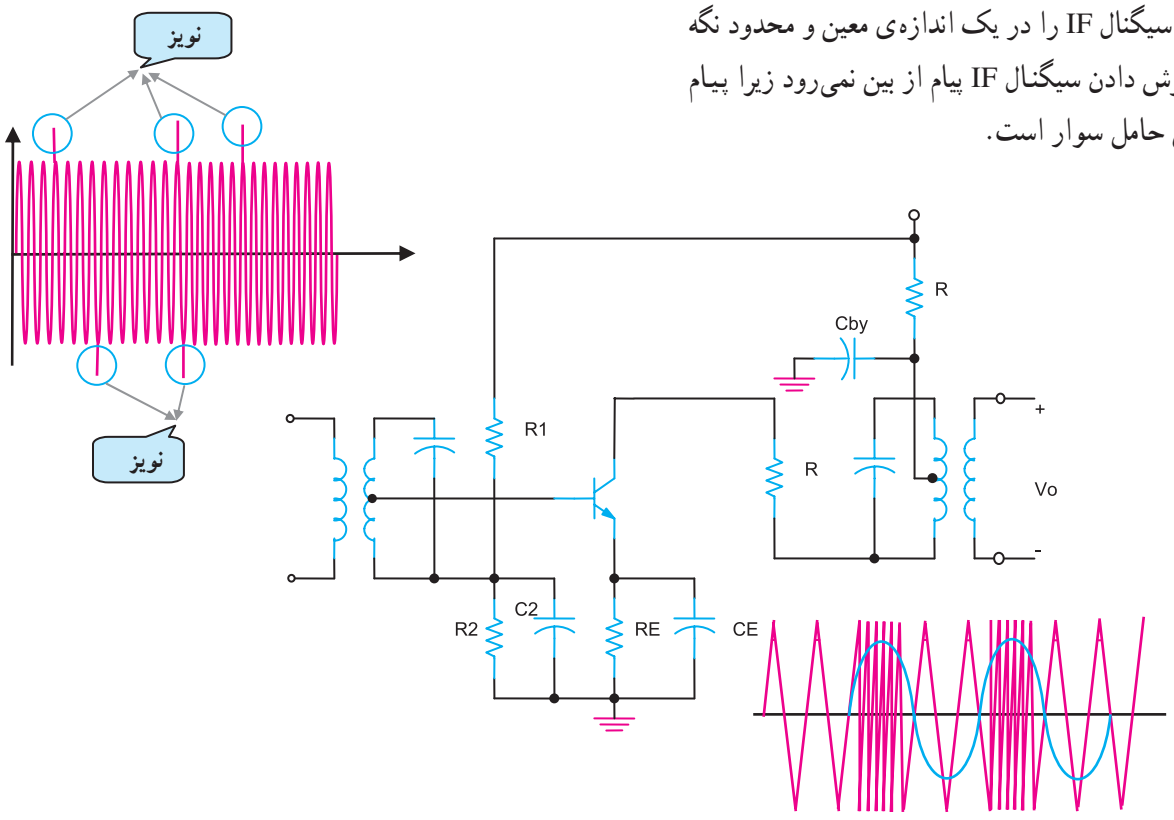
جدول ۱ــ۲

ردیف	عیب اصلی	علامت ظاهری	علت
۱	صدا قطع است.	۱ــ در ورودی IF به آشکارساز سیگنال وجود دارد. ۲ــ طبقه AF سالم است.	۱ــ قطع بودن دیود آشکارساز ۲ــ اتصال کوتاه بودن دیود آشکارساز ۳ــ اتصال کوتاه بودن خازن مربوط به فیلتر پایین‌گذر آشکارساز
۲	صدا قطع است.	۱ــ طبقه AF سالم است. ۲ــ در ورودی IF به آشکارساز سیگنال وجود ندارد. ۳ــ سیگنال RF دریافت می‌شود. ۴ــ در خروجی، مخلوط‌کننده‌ی سیگنال IF وجود دارد.	۱ــ معیوب بودن یکی از ترانزیستورهای تقویت‌کننده‌ی طبقات IF ۲ــ قطع بودن ترانسفورماتورهای IF ۳ــ تنظیم نبودن ترانسفورماتورهای IF
۳	۱ــ صدای پت‌پت از بلندگو شنیده می‌شود. ۲ــ صدا ضعیف است.	۱ــ طبقه AF سالم است. ۲ــ گیرنده‌ی ایستگاه‌های ضعیف را به‌خوبی دریافت می‌کند. ۳ــ در ایستگاه قوی صدای پت‌پت ظاهر می‌شود.	۱ــ قطع بودن مقاومت AGC ۲ــ خازن AGC نشتی دارد. ۳ــ بایاس طبقه IF به هم خورده است. ۴ــ هر نوع عیب دیگر در مدار AGC
۴	صدا دارای اعوجاج و نویز است.	۱ــ طبقه AF سالم است.	۱ــ خازن صافی یا AGC قطع است. ۲ــ اتصال زمین بدنه‌ی ترانسفورماتورهای IF برقرار نیست. ۳ــ دیود آشکارساز معیوب است.

۵ــ۲ــ آشنایی با آشکارساز FM

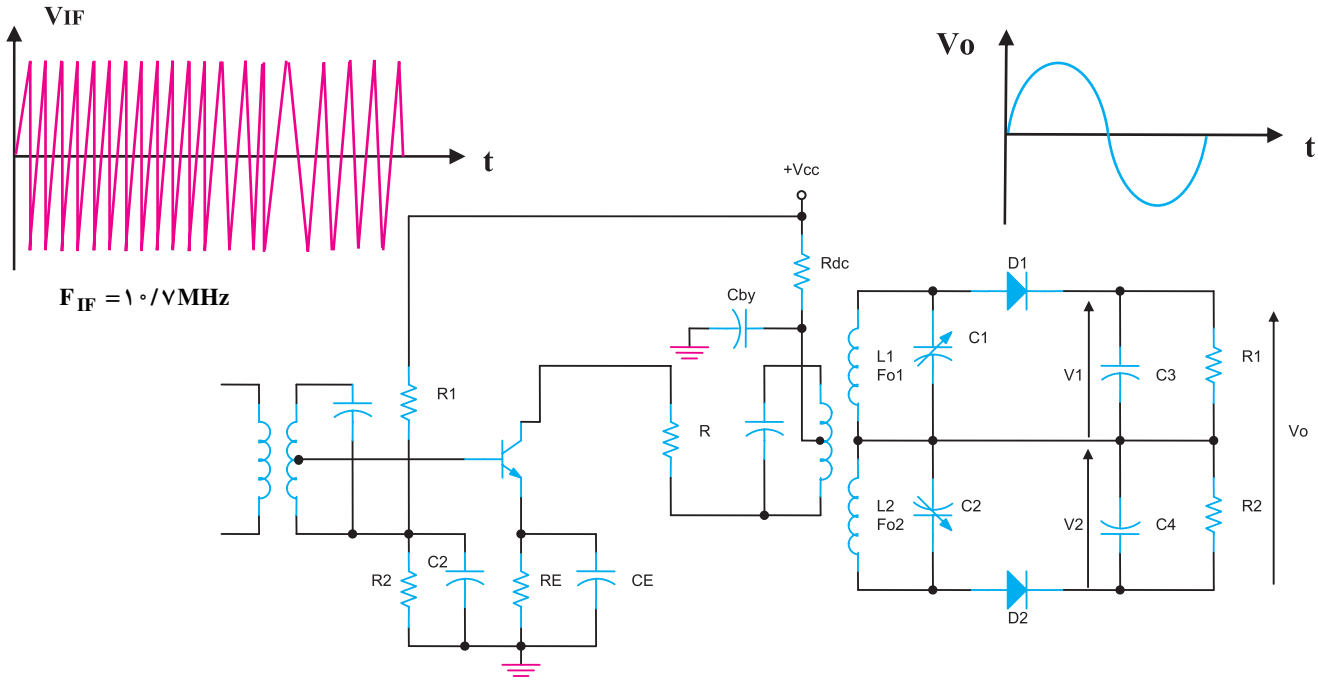
آشکارساز FM مجموعه‌ای از مدار محدودکننده‌ی سیگنال و آشکارساز FM است.

۱ــ۵ــ۲ــ محدودکننده: محدودکننده، تقویت‌کننده‌ای است که تغییرات دامنه‌ی سیگنال خروجی طبقه‌ی IF را حذف می‌کند ؛ بنابراین اگر نویز روی دامنه‌ی سیگنال سوار شود آن را از بین می‌برد و یک سیگنال با دامنه‌ی ثابت را به آشکارساز می‌رساند. در شکل (۱۵ــ۲) یک نمونه مدار محدودکننده نشان داده شده است. در این مدار تقویت‌کننده در نواحی اشباع و قطع کار می‌کند و سیگنال IF را در یک اندازه‌ی معین و محدود نگه می‌دارد. با برش دادن سیگنال IF پیام از بین نمی‌رود زیرا پیام روی فرکانس حامل سوار است.



شکل ۱۵ــ۲ــ طرز کار محدودکننده

۲ــ۵ــ۲ــ آشکارساز شیب متعادل[۱] FM: در این آشکارساز ابتدا سیگنال FM توسط محدودکننده محدود می‌شود. سپس اطلاعات صوتی را از سیگنال FM جدا می‌کنند. مدار شکل (۱۶ــ۲) از دو قسمت جدا از هم که هرکدام دارای یک مدار هماهنگ، یک دیود و یک مدار RC موازی است شکل می‌گیرد. این آشکارساز به آشکارساز شیب متعادل یا دو تنظیمی معروف است.

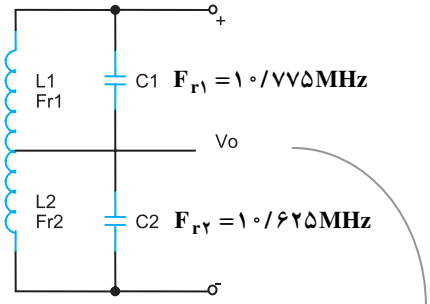


شکل ۱۶ــ۲ــ مدار آشکارساز شیب متعادل (FM)

۱ــ Dual slope Detector

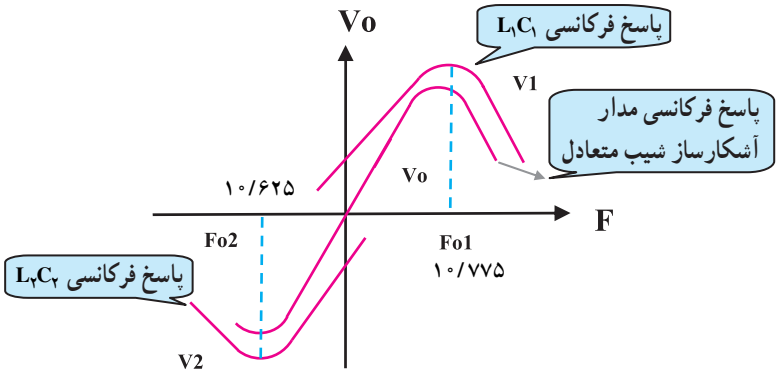
آشکارسازی است که در آن از دو مدار هماهنگی مشابه استفاده شده است ،این آشکارساز را دو تنظیمی می‌نامند.

مدار هماهنگ L_1C_1 برای فرکانس تشدید ۱۰/۷۷۵ مگاهرتز و مدار هماهنگ L_2C_2 برای فرکانس تشدید ۱۰/۶۲۵ مگاهرتز تنظیم می‌شود. در شکل (۱۷ــ۲) مدار هماهنگ و پاسخ فرکانسی هرکدام نشان داده شده است.



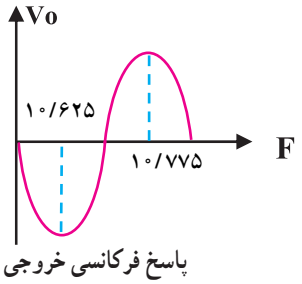
مدارهای هماهنگ آشکارساز شیب متعادل

فرکانس مرکزی IF ۱۰/۷ مگاهرتز است.



شکل ۱۷ــ۲ــ مدارهای هماهنگ و پاسخ فرکانسی

مدارهای هماهنگ L_1C_1 و L_2C_2

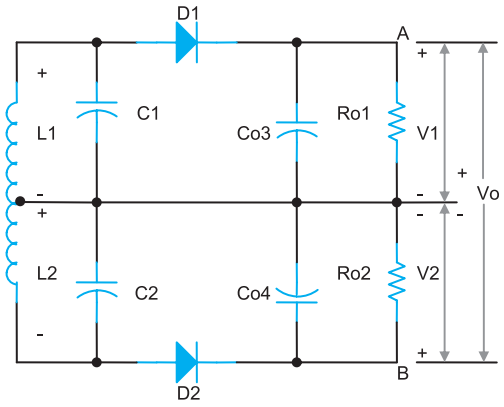


پاسخ فرکانسی خروجی

شکل ۱۸ــ۲ــ پاسخ فرکانسی مدار آشکارساز شیب متعادل

مدار هماهنگ L_1C_1 روی فرکانس $f_r = f_{IF} + 75kHz$ نوسان می‌کند. همچنین مدار هماهنگ L_2C_2 بر روی فرکانس رزونانس $f_r = f_{IF} - 75kHz$ تنظیم شده است.

شکل موج خروجی از ترکیب پاسخ فرکانسی ۲ فیلتر L_1C_1 و L_2C_2 مطابق شکل (۱۸ــ۲) به‌دست می‌آید.



شکل ۱۹ــ۲ــ ولتاژ خروجی در فرکانس ۱۰/۷ مگاهرتز

در فرکانس مرکزی ۱۰/۷ مگاهرتزی، ولتاژ خروجی هردو مدار تانک L_1C_1 و L_2C_2 با هم برابرند و دیودهای D_1 و D_2 هر دو به یک اندازه هدایت می‌کنند. در این شرایط ولتاژ دو سر مقاومت R_1 برابر با ولتاژ منفی دو سر مقاومت R_2 است. بنابراین ولتاژ خروجی صفر خواهد بود، شکل (۱۹ــ۲). اگر فرکانس سیگنال ورودی آشکارساز بیشتر از فرکانس میانی ۱۰/۷ مگاهرتز شود، در این‌صورت مدار هماهنگ L_1C_1 نسبت به L_2C_2 دارای

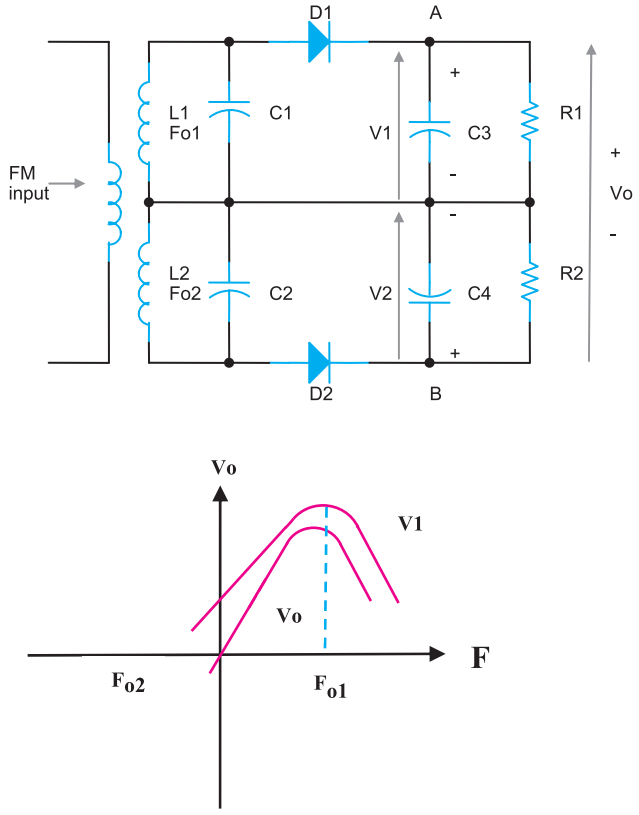
کوپلاژ بیشتری خواهد بود. در این حالت دیود D_1 بیشتر از دیود D_2 هدایت می‌کند و ولتاژ دو سر مقاومت R_1 بیشتر از ولتاژ دو سر مقاومت R_2 می‌شود. در شکل (۲۰ــ۲) مدار در حالت $f_r > f_{IF}$ و پاسخ فرکانسی L_1C_1 نشان داده شده است. در این شرایط ولتاژ خروجی دارای مقدار معینی خواهد بود.

$$V_1 = -V_2$$

$$V_O = V_1 + V_2$$

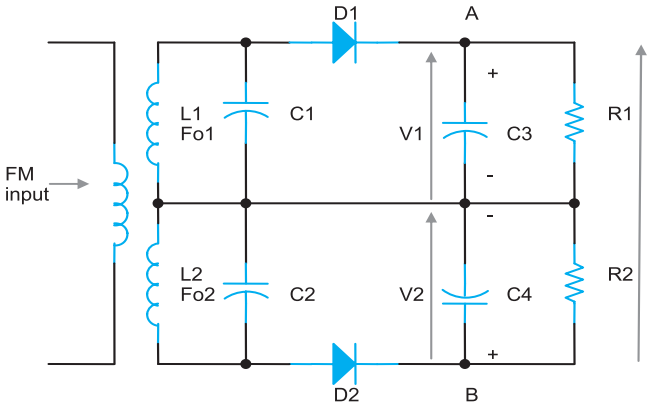
$$V_O = V_1 - V_1 = 0$$

$$V_O = -V_2 + V_2 = 0$$



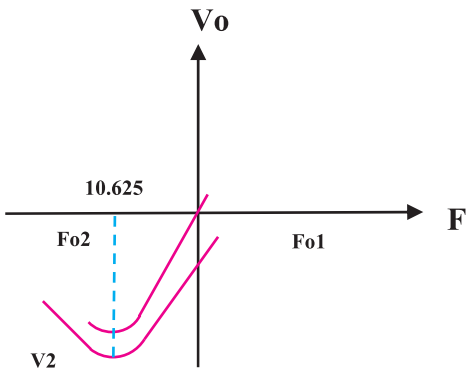
شکل ۲۰ــ۲ــ ولتاژ خروجی و پاسخ فرکانسی مدار در شرایطی که $f_r > ۱۰/۷$ مگاهرتز است.

هنگامی که فرکانس سیگنال ورودی آشکارساز کمتر از فرکانس میانی IF $(f_r < f_{IF})$ شود عکس حالت فوق اتفاق می‌افتد. در این حالت هدایت دیود D_2 بیشتر از دیود D_1 می‌شود و ولتاژ دو سر R_2 را نسبت به ولتاژ دو سر R_1 زیاد می کند. در شکل (۲۱ــ۲) مدار را در حالت $f_r = ۱۰/۶۲۵MHz$ نشان می‌دهد، در این شرایط که هدایت دیود D_2 از دیود D_1 بیشتر است.



$$V_1 < V_2$$

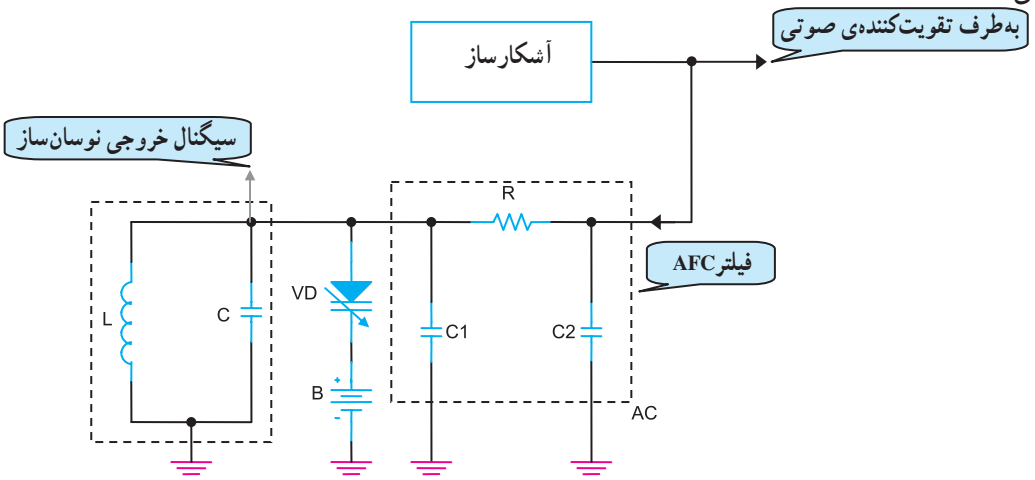
$$V_O = V_1 - V_2 = -V$$



شکل ۲۱ــ۲ــ ولتاژ خروجی و پاسخ فرکانسی مدار در شرایطی که $f_r > ۱۰/۷$ مگاهرتز یعنی برابر ۱۰/۶۲۵ مگاهرتز است.

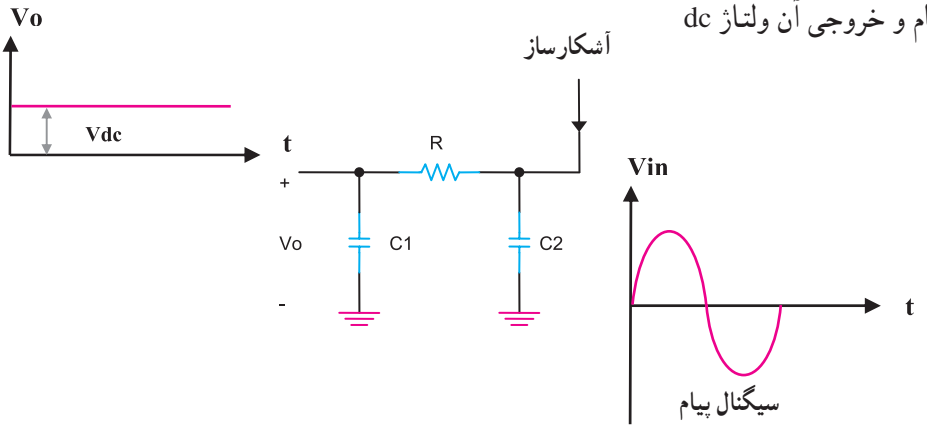
۶ــ۲ــ آشنایی با اصول کار مدار AFC[1]

فرکانس نوسان‌ساز محلی گیرنده‌ی رادیویی FM که در محدوده‌ی فرکانسی (۸۸+۱۰/۷) مگاهرتز تا (۱۰۸+۱۰/۷) مگاهرتز کار می‌کند، ممکن است در اثر عوامل مختلف از جمله حرارت تغییر کند. در این شرایط ایستگاه دریافتی محو می‌شود. برای دریافت مجدد می‌بایستی دوباره تنظیم شود. برای جلوگیری از تغییر فرکانس، از مدار AFC استفاده می‌شود. شکل (۲۲ــ۲) بلوک دیاگرام AFC را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲ــ۲ــ بلوک دیاگرام AFC

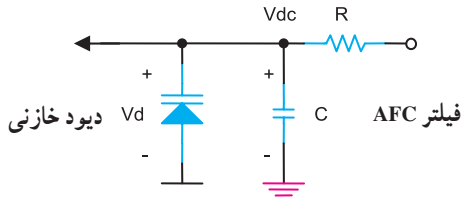
مدار AFC یک فیلتر پایین‌گذر است، نمونه‌ی آن را در شکل (۲۳ــ۲) مشاهده می‌کنید. این فیلتر یک فیلتر پایین‌گذر از نوع π است که سیگنال ورودی آن پیام و خروجی آن ولتاژ dc است.



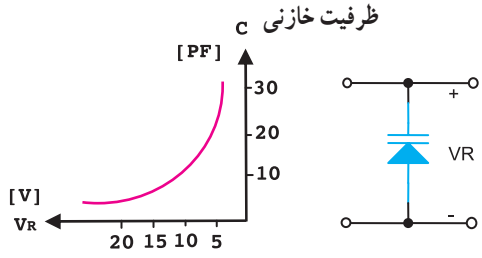
شکل ۲۳ــ۲ــ یک نمونه فیلتر نوع π که در مدار AFC به‌کار می‌رود.

۱ــ Automatic Frequency Control

کنترل فرکانس از طریق مقدار ولتاژ متوسط DC دریافت‌شده از سیگنال پیام صورت می‌گیرد. این ولتاژ به یک دیود خازنی[1] اعمال می‌شود و ظرفیت آن را تغییر می‌دهد. در شکل (۲۴ــ۲) خروجی AFC به دیود خازنی وصل شده است. با تغییر ولتاژ معکوس[2] دو سر دیود خازنی ظرفیت خازنی دیود تغییر می‌کند. در شکل (۲۵ــ۲) منحنی ظرفیت خازنی دیود برحسب ولتاژ معکوس نشان داده شده است.

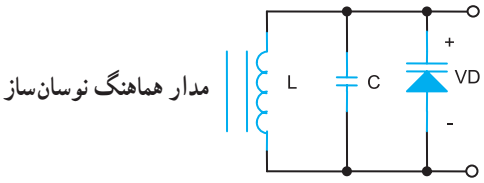


شکل ۲۴ــ۲ــ اعمال ولتاژ OC مدار AFC به دیود خازنی



شکل ۲۵ــ۲ــ منحنی تغییرات ظرفیت دیود خازنی برحسب ولتاژ مخالف

دیود خازنی با مدار هماهنگ نوسان‌ساز به‌صورت موازی قرار می‌گیرد. مطابق شکل (۲۶ــ۲) چنان‌چه ولتاژ دو سر دیود تغییر کند، ظرفیت خازنی آن را تغییر می‌دهد. از طرفی ظرفیت خازنی دیود با خازن مدار هماهنگ ترکیب می‌شود و ظرفیت خازن معادل تغییر می‌کند با تغییر ظرفیت خازن معادل مقدار فرکانس رزونانس مدار با توجه به رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.Ceq}}$ تغییر می‌کند و تغییر فرکانس اسیلاتور اصلاح می‌شود.

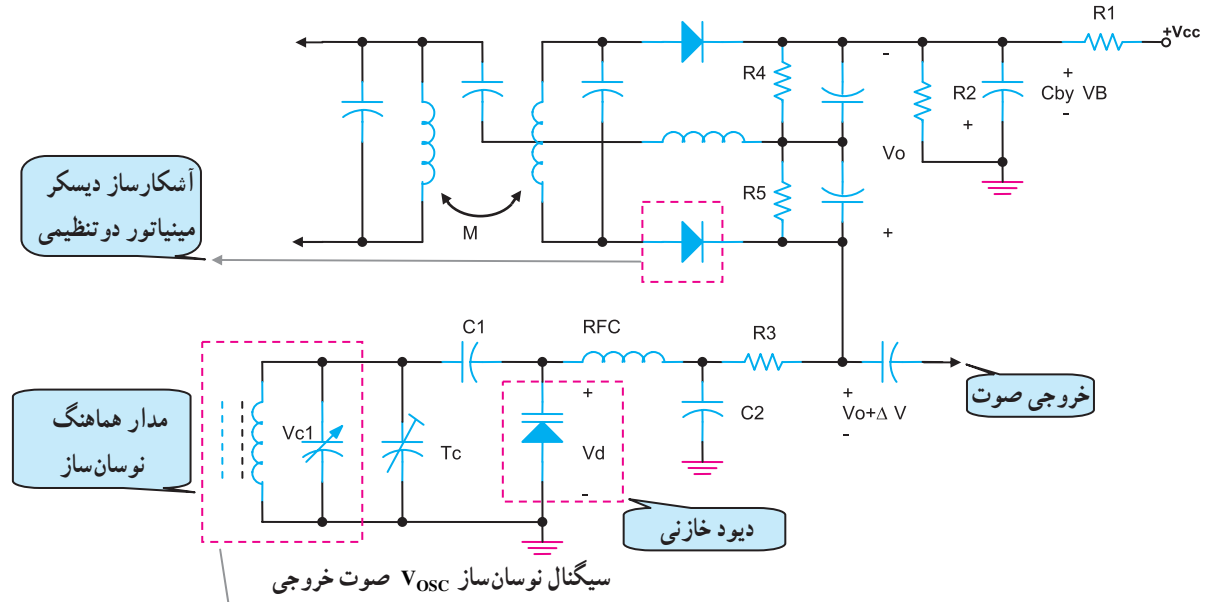


شکل ۲۶ــ۲ــ موازی شدن دیود خازنی با مدار هماهنگ نوسان‌ساز

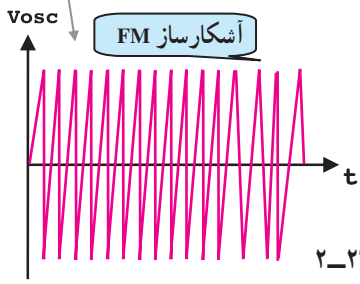
۱ــ Varactor diode

۲ــ Reverse voltage

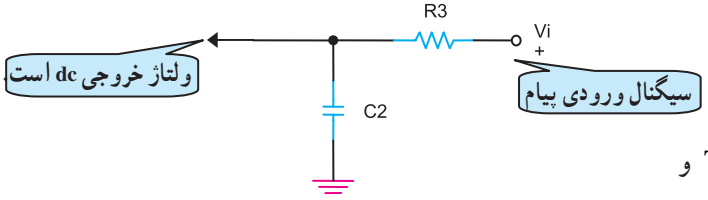
در شکل (۲۷ــ۲) یک نمونه مدار عملی آشکارساز FM همراه با مدار AFC و مدار هماهنگ نوسان‌ساز را مشاهده می‌کنید. این آشکارساز مرتبط به گیرنده‌ی رادیویی FM است، که آن را آشکارساز فاسترسیلی[1] می‌نامند. مدار آشکارساز FM را دیسکری‌مینیاتور[2] نیز می‌گویند. مدار AFC از مقاومت $R_۳$ و $C_۲$ مطابق شکل (۲۸ــ۲) تشکیل شده است.



سیگنال نوسان‌ساز V_{OSC} صوت خروجی

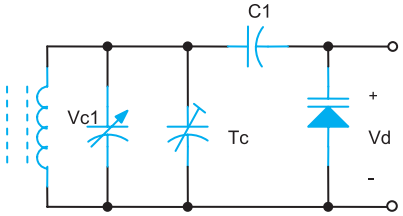


شکل ۲۷ــ۲



شکل ۲۸ــ۲ــ مدار AFC

دیود خازنی با خازن $C_۱$ سری و با خازن‌های T_C و $V_{C_۱}$ موازی است. در شکل (۲۹ــ۲) مدار مربوط به ترکیب خازن‌ها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۹ــ۲ــ ترکیب خازن‌ها در مدار هماهنگ نوسان‌ساز FM

۱ــ Foster - seely نام فردی است

۲ــ Discrimnator

۷ــ۲ــ کار عملی (۱)
آزمایش آشکارساز AM

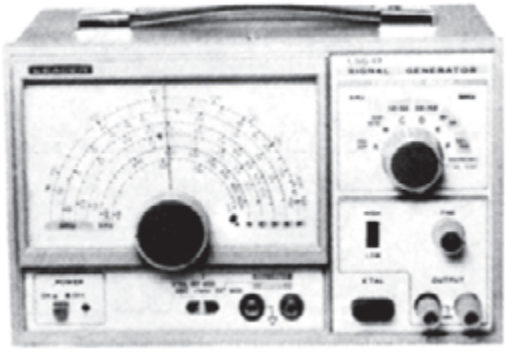
زمان: ۴ ساعت

۱ــ۷ــ۲ــ خلاصه آزمایش: در این آزمایش به بررسی مدار آشکارساز AM و نحوه‌ی آشکارسازی آن به‌صورت عملی می‌پردازیم. درنهایت عیب‌های مربوط به این مدار را بررسی خواهیم کرد.

۲ــ۷ــ۲ــ وسایل مورد نیاز:

- اسیلوسکوپ یک دستگاه شکل (۲ــ۳۰)
- سیگنال ژنراتور RF یک دستگاه شکل (۲ــ۳۱)
- دیود آشکارساز ۱N60
- مقاومت $\frac{۱}{۴}$W ۱۰kΩ
- خازن ۲۲nF
- بِرد بُرد
- پراپ اسیلوسکوپ و سیم‌های رابط

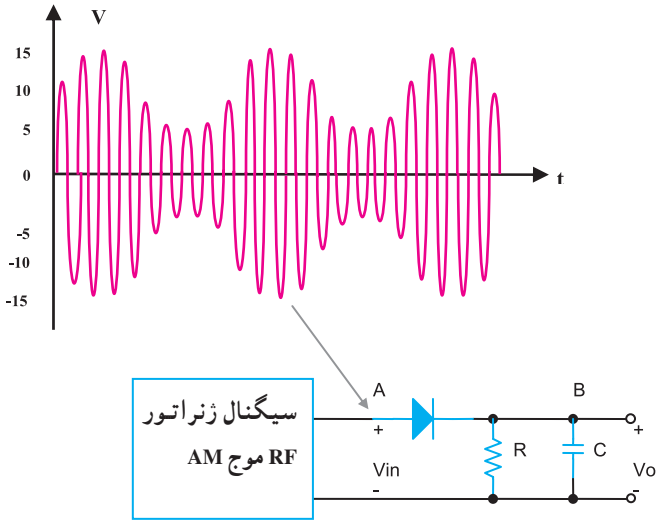
شکل ۲ــ۳۰ــ دستگاه اسیلوسکوپ



شکل ۲ــ۳۱ــ دستگاه سیگنال ژنراتور RF

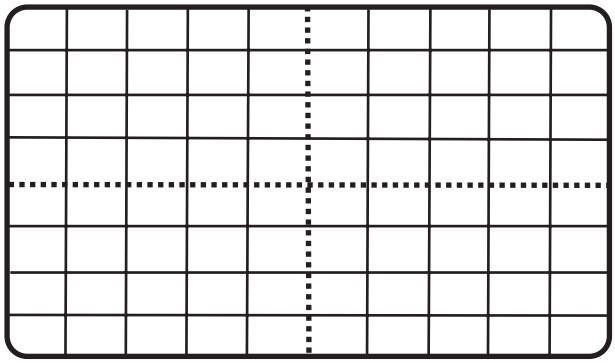
۳ــ۷ــ۲ــ مراحل اجرای آزمایش:

- سیگنال ژنراتور RF را در حالت مدولاسیون داخلی قرار دهید به‌طوری که در خروجی آن یک موج مدوله شده‌ی AM با ضریب $M = ۵۰٪$ ایجاد شود. در این حالت باید $f_c = ۴۵۵\,kHz$ انتخاب شود.
- موج مدوله شده را بر روی کانال یک اسیلوسکوپ مشاهده کنید.
- مدار شکل (۲ــ۳۲) را بر روی بردبرد ببندید.
- کانال ۱ اسیلوسکوپ را به نقطه A وصل کنید.
- کانال ۲ اسیلوسکوپ را به نقطه B اتصال دهید. volt+/Div را تنظیم کرده و سپس با تنظیم Time/Div هر دو کانال در محدوده‌ی



شکل ۲ــ۳۲ــ مدار عملی آشکارساز AM

میلی‌ثانیه باشند. شکل موج‌های نقاط B و A را روی نمودار شکل (۳۳ــ۲) با مقیاس مناسب زیر یکدیگر ترسیم کنید.



شکل ۳۳ــ۲

■ آیا شکل موج نقطه‌ی B پوش مثبت، سیگنال پیام است.

پاسخ:

چنان‌چه شکل موج آشکار شده، نقطه‌ی B سینوسی کامل نباشد می‌توان با تغییر ظرفیت خازن و مقدار مقاومت در محدوده‌ی اعلام شده در جدول مقابل، شکل موج را اصلاح نمود.

محدوده‌ی تغییرات R و C جهت بهبود شکل موج خروجی

$۲۰\,nf \leq C \leq ۳۳\,nf$

$۱۰k\Omega \quad R \leq ۲۷k\Omega$

■ فرکانس سیگنال آشکار شده را اندازه بگیرید و آن را با فرکانس پوش موج مدوله شده مقایسه کنید آیا این دو مقدار با یکدیگر برابرند؟

$f_O = \cdots\cdots\cdots Hz$

نتیجه مقایسه با فرکانس موج ورودی

.....

.....

.....

.....

■ سیگنال خروجی آشکارساز دارای چند مؤلفه است؟

پاسخ:.....

.....

.....

.....

.....

■ مقدار ولتاژ DC خروجی را با اسیلوسکوپ اندازه‌گیری کنید.

V_{ODC} =?.....[V]

آیا مقدار ولتاژ DC خروجی مثبت است؟

نتیجه مقایسه.....
.....
.....
.....
.....

■ دامنه‌ی سیگنال ژنراتور RF را افزایش دهید و سپس مقدار ولتاژ DC خروجی را اندازه بگیرید.

V_{ODC} =.....V ولت

■ ولتاژ DC خروجی آشکارساز در کدام قسمت گیرنده کاربرد دارد؟

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

۴ــ۷ــ۲ــ نتایج آزمایش: آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار بنویسید.

نتایج:.....
.....
.....
.....
.....

آزمون عملی (۲)

□ مدار آشکارساز شکل (۲ـ۳۴) را ببندید.

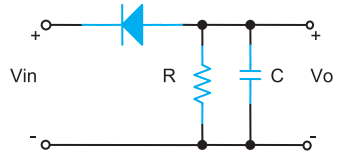
D_1 : دیود آشکارساز

R : ۱۰kΩ

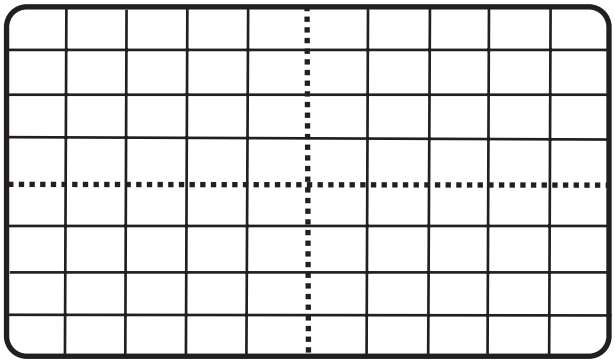
C: ۲۲nf

به ورودی، مدار سیگنال مدوله شده AM را از طریق دستگاه سیگنال ژنراتور RF اعمال کنید. فرکانس RF را روی ۶۰۰kHz تنظیم کنید.

شکل موج ورودی مدار را با مقیاس مناسب روی شکل (۲ـ۳۵) رسم کنید.

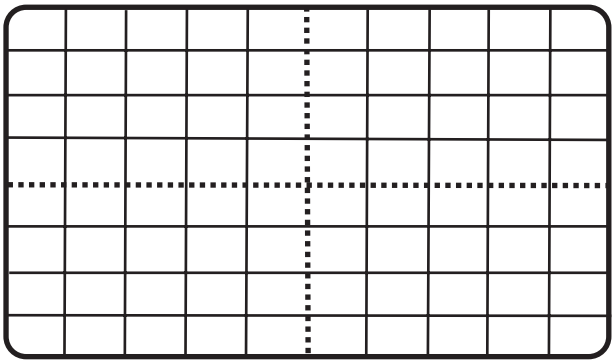


شکل ۲ـ۳۴



شکل ۲ـ۳۵

□ شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۲ـ۳۶) رسم کنید.



شکل ۲ـ۳۶

□ فرکانس شکل موج خروجی چند هرتز است؟

F = ?……H

□ ولتاژ dc خروجی چند ولت است و چه پلاریته‌ای دارد؟

V_O =……V

پلاریته‌ی ولتاژ خروجی =

□ جهت دیود را معکوس کنید و ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و نتیجه را با حالت قبل مقایسه کنید.

مقایسه ولتاژهای DC در دو حالت دیود :

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

۸ــ۲ــ کار عملی (۲)

آزمایش کاربرد دیود خارجی

زمان: ۲ ساعت

۱ــ۸ــ۲ــ خلاصه آزمایش: در این آزمایش به بررسی تغییرات ظرفیت خازنی دیود واری‌کپ با تغییر ولتاژ دو سر آن می‌پردازیم و اثرگذاری ظرفیت خازنی آن روی مدار رزونانس یک فیلتر را مشاهده می‌کنید.

۲ــ۸ــ۲ــ تجهیزات مورد نیاز:

- دستگاه اسیلوسکوپ یک دستگاه
- دستگاه سیگنال ژنراتور AF یک دستگاه، شکل (۲ــ۳۷)
- مقاومت $\frac{۱}{۴}W$ ۲/۲MΩ و $\frac{۱}{۴}W$ ۱۰۰Ω
- خازن ۱۰nf
- سلف ۱۰mH
- دیود خازنی (برگه اطلاعاتی دیود خازنی)

توجه: تغییرات ظرفیت خازنی دیود در محدوده ۱MHz – ۱۰۰kHz باشد.

- بردبرد
- پراب اسیلوسکوپ و سیم‌های رابط به مقدار کافی

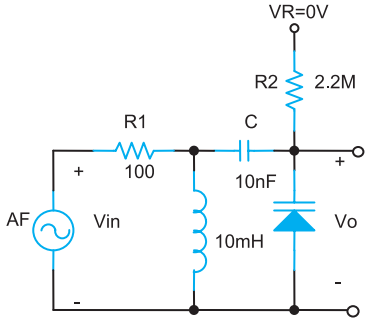
اسیلوسکوپ

دستگاه سیگنال ژنراتور AF

شکل ۲ــ۳۷

۳ــ۸ــ۲ــ مراحل اجرای آزمایش: مدار شکل (۲ــ۳۸) را بر روی بردبرد ببندید.

- سیگنال ژنراتور صوتی AF را به ورودی مدار وصل کنید و آن‌را در حالت سینوسی $۲V_{p-p}$ تنظیم کنید.
- خروجی مدار را به کانال یک اسیلوسکوپ اتصال دهید و شکل موج خروجی را مشاهده کنید.



شکل ۲ــ۳۸ــ مدار رزونانس با دیود خازنی

- با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور AF مدار را به رزونانس درآورید و فرکانس آن را یادداشت کنید.

f_r =…… Hz

■ مقدار ولتاژ V_R را طبق جدول (۲ــ۲) تغییر دهید سپس با تغییر فرکانس AF مجدداً فرکانس رزونانس را به‌دست آورید و در جدول ۲ــ۲ یادداشت کنید.

جدول ۲ــ۲ــ تغییر فرکانس با تغییر ولتاژ DC دیود ورکتور

V_R	f_r
۰V	
۲V	
۴V	
۶V	
۸V	
۱۰V	

■ ظرفیت خازنی دیود خازنی cd با خازن $C=10nf$ به چه صورت متصل است؟

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

■ آیا با تغییر ولتاژ V_R مقدار فرکانس رزونانس تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

زمان: ۴ ساعت

۹ــ۲ــ کار عملی (۳)

آزمایش شبیه‌ساز مدولاتور FM

۱ــ۹ــ۲ــ خلاصه آزمایش: مدولاتور FM یک نوسان‌ساز فرکانس بالا RF،۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز است.

آزمایش این مدارها مستلزم طراحی دقیق تقویت‌کننده، نوسان‌ساز و المان‌های سلف و خازن است. برای مشاهده‌ی شکل موج در این محدوده‌ی فرکانسی یک اسیلوسکوپ فرکانس بالا مورد نیاز است.

به همکاران عزیز پیشنهاد می‌شود در صورت تمایل و با داشتن وقت اضافی از مونتاژ یک فرستنده‌ی کم‌وات FM و آزمایش آن با گیرنده‌ی رادیویی FM در آزمایشگاه استفاده کنند. همچنین می‌توانید آزمایش‌هایی را بر روی گیرنده‌ی رادیویی جدید ۲ موج AM و FM با آی‌سی که در اختیار هنرستان‌ها و مراکز آموزشی کاردانش قرار گرفته است طراحی و ارائه دهید.

آزمایشی که در این بخش مطرح شده است نحوه‌ی تغییرات فرکانس یک نوسان‌ساز با شکل موج دندانه اره‌ای با کنترل ولتاژ را نشان می‌دهد. این مدار را در فرکانس پایین به‌عنوان VCO[1] و مدولاتور FM می‌توان درنظر گرفت و هدف آموزشی را پوشش داد.

۲ــ۹ــ۲ــ تجهیزات مورد نیاز:

- اسیلوسکوپ یک دستگاه
- منبع تغذیه یک دستگاه
- ولت‌متر یک دستگاه، شکل (۳۹ــ۲)
- آی‌سی CD۴۰۴۶
- ترانزیستور BC۱۴۰
- پتانسیومتر ولومی ۱۰kΩ
- مقاومت‌های $\frac{۱}{۴}$W ۱kΩ و $\frac{۱}{۴}$W ۱۰kΩ هرکدام یک عدد و مقاومت $\frac{۱}{۴}$W ۴/۷kΩ دو عدد
- خازن ۲/۲nf دو عدد و ۱۰۰nf یک عدد
- بردبُرد
- پراب اسیلوسکوپ و سیم‌های رابط به مقدار کافی

اسیلوسکوپ

ولت‌متر

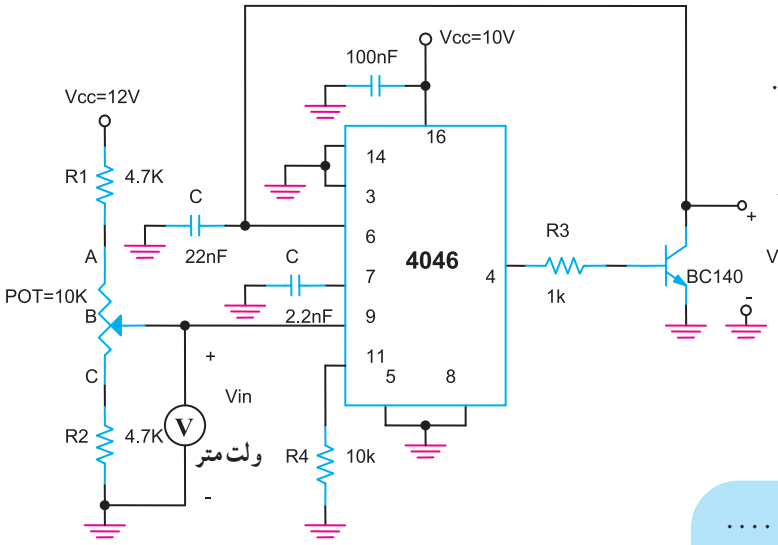
منبع تغذیه

شکل ۳۹ــ۲

۱ــ Voltage Control Oscillator

۳ــ۹ــ۲ــ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل (۴۰ــ۲) را بر روی بردبرد ببندید.
- پتانسیومتر را روی نقطه‌ی A قرار دهید.
- اسیلوسکوپ را به خروجی V_O وصل کنید.
- آیا در خروجی شکل موج ظاهر می‌شود؟



شکل ۴۰ــ۲ــ شبیه‌ساز مدولاتور FM

پاسخ:

.....

.....

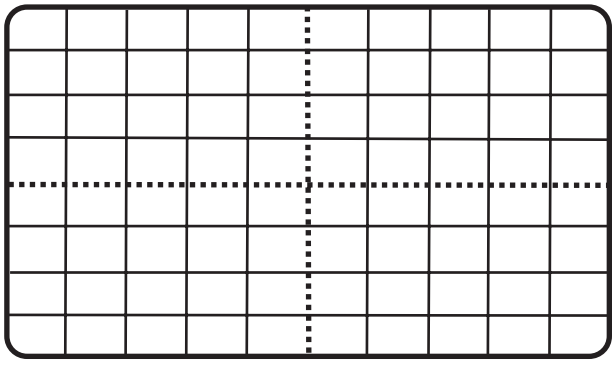
.....

.....

.....

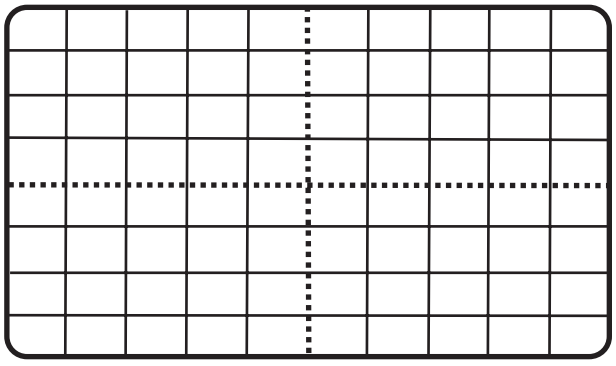
توجه: درصورتی که در خروجی شکل موج نداشتید، مدار را مجدداً مورد بازرسی قرار دهید و عیب آن را برطرف کنید.

- شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۴۱ــ۲) ترسیم کنید.



شکل ۴۱ــ۲

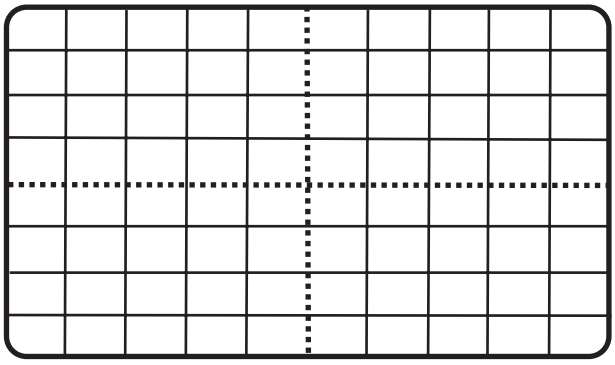
- پتانسیومتر را در نقطه‌ی B قرار دهید. شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۴۲ــ۲) رسم کنید.



شکل ۴۲ــ۲

■ پتانسیومتر را در نقطه C قرار دهید و شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۴۳ــ۲) رسم کنید.

■ شکل موج‌های ترسیم شده روی شکل‌های (۴۱ــ۲) و (۴۲ــ۲) و (۴۳ــ۲) را با هم مقایسه کنید.



شکل ۴۳ــ۲

آیا با تغییر پتانسیومتر، فرکانس خروجی تغییر کرده است؟

پاسخ: .....

.....

.....

.....

.....

■ پتانسیومتر را کم و زیاد کنید آیا فرکانس خروجی تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....

.....

جدول ۳ــ۲ــ اندازه‌گیری فرکانس خروجی در حالات مختلف

f_o فرکانس شکل موج خروجی	Vin ولتاژ ورودی
	حداقل $V_{i\,min} = OV$
	$V_i =$ ·····V
	$V_i =$ ·····V
	$V_{i\,max} = ?$ حداکثر ولتاژ ورودی

■ با تغییر پتانسیومتر، ولت‌متر را روی صفر ولت تنظیم کنید. مقدار فرکانس را اندازه بگیرید و در جدول (۳ــ۲) یادداشت کنید.

■ با تغییر پتانسیومتر از مقدار حداقل ولتاژ ورودی تا حداکثر مقدار ولتاژ ورودی، فرکانس شکل موج خروجی را طی حداقل ۴ مرحله اندازه بگیرید و در جدول (۳ــ۲) یادداشت کنید.

■ حداقل فرکانس خروجی را از روی جدول به‌دست آورید.

$f_{o\,min} = ?$·····Hz حداقل

■ حداکثر فرکانس خروجی را از روی جدول به‌دست آورید.

$f_{o\,max} = ?$·····Hz حداکثر

■ انحراف فرکانس خروجی را محاسبه کنید.

■ پتانسیومتر را از مدار جدا کنید.

■ توسط AF یک سیگنال دندانه اره‌ای یا سینوسی با دامنه ۵V و فرکانس ۱kHz یا کمتر به ورودی پایه ۹ اعمال کنید.

■ شکل موج ورودی و خروجی را به‌طور همزمان بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید.

آیا این مدار می‌تواند به‌عنوان مدولاتور FM فرض شود؟ شرح دهید.

$\Delta f = ?\cdots\cdots Hz$

پاسخ:.....

.....

.....

.....

.....

۴ــ۹ــ۲ــ نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بنویسید.

نتایج:.....

.....

.....

.....

.....

آزمون پایانی (۲)

۱ــ سیگنال خروجی آشکارساز AM دارای چند مؤلفه است؟

۱) فقط DC ۲) فقط AC پیام ۳) AC پیام و DC ۴) AGC و DC

۲ــ فیلتر بعد از آشکارساز AM، چه نوع فیلتری است؟

۱) RC پایین‌گذر ۲) RL بالاگذر ۳) RC بالاگذر ۴) RL پایین‌گذر

۳ــ نقش AGC چیست؟

۱) بهره‌ی تقویت طبقه‌ی صوتی را کنترل می‌کند.

۲) بهره‌ی تقویت طبقات IF را کنترل می‌کند.

۳) فیلتر پایین آشکارساز است.

۴) فرکانس نوسان‌ساز را پایدار می‌کند.

۴ــ AFC در FM چه نقشی دارد؟

۱) کنترل بهره‌ی طبقات IF

۲) کنترل بهره‌ی طبقه نوسان‌ساز

۳) کنترل و پایدار نمودن فرکانس نوسان‌ساز

۴) کنترل بهره و فرکانس مخلوط‌کننده

۵ــ کدام دیود در مدار AFC کاربرد دارد؟

۱) دیود معمولی ۲) دیود نورانی ۳) دیود خازنی ۴) دیود زنر

۶ــ مدار محدودکننده در FM در کدام طبقه‌ی گیرنده‌ی رادیویی FM قرار دارد؟

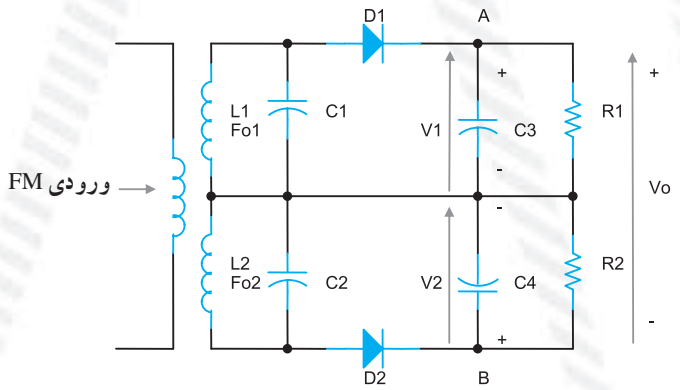
۱) آشکارساز ۲) تقویت‌کننده‌ی IF ۳) شبکه‌ی بازتأکید ۴) تقویت‌کننده‌ی صوتی

۷ــ در یک گیرنده‌ی AM طبقات AF و IF سالم و سیگنال مدوله شده‌ی IF موجود است. صدا نداریم؛ عیب در کجا است؟

۸ــ آشکارساز شیب متعادل FM را تعریف کنید.

۹ــ فرکانس رزونانس فیلتر L_1C_1 در شکل (۲ــ۴۴) چقدر است؟

۱۰ــ هدایت دیود D_2 در چه فرکانسی بیشتر از دیود D_1 در شکل (۲ــ۴۴) است.



شکل ۲ــ۴۴

فصل سوم

تیونر گیرنده‌ی رادیویی FM

هدف کلی

عیب‌یابی، تعمیر و تنظیم تیونر رادیویی FM

هدف‌های رفتاری: پس ازپایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که بتواند:

۱ــ مدارهای مختلف کوپلاژ آنتن را شرح دهد.
۲ــ مدارهای هماهنگی را شرح دهد.
۳ــ تقویت‌کننده‌ی RF مربوط به اولین طبقه‌ی گیرنده‌ی FM را تشریح کند.
۴ــ انواع تیونرهای FM را تشریح کند.
۵ــ یک نمونه فیلتر و مدار هماهنگ را روی بردبرد ببندد و پاسخ فرکانسی آن را به‌دست آورد.
۶ــ ورودی‌ها و خروجی‌های یک نوع تیونر جدید FM را تشخیص دهد.
۷ــ عیوب متداول در تیونر FM را برطرف کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۵	۶	۱۱

پیش‌آزمون (۳)

۱ــ تیونر به مجموعه‌ی طبقات..... گفته می‌شود.

۱) نوسان‌ساز، IF , RF ۲) RF و نوسان‌ساز و مخلوط‌کننده

۳) نوسان‌ساز، مخلوط‌کننده ۴) RF، مخلوط‌کننده

۲ــ وظیفه‌ی کوپلاژ آنتن چیست؟

۱) ایجاد تطبیق امپدانس

۲) انتقال سیگنال دریافت شده از آنتن به طبقه‌ی RF

۳) انتخاب ایستگاه

۴) هر سه مورد

۳ــ رابطه‌ی فرکانس رزونانس در مدارهای هماهنگی کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۲\pi LC}$ ۲) $\frac{۱}{۴\pi^{۲}LC}$

۳) $\frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ ۴) $\frac{LC}{۲\pi\sqrt{LC}}$

۴ــ از کدام دیود برای انتخاب ایستگاه رادیویی در تیونر FM استفاده می‌شود؟

۱) دیود معمولی ۲) دیود خازنی

۳) دیود زنر ۴) دیود آشکارساز

۵ــ آرایش تقویت‌کننده‌های RF در گیرنده‌ی FM کدام است؟

۱) C.B , C.E ۲) C.B ۳) C.C ۴) C.C , C.B

۶ــ دلیل ثابت بودن فرکانس نوسان‌ساز محلی در گیرنده‌ی FM را توضیح دهید.

۷ــ خازن‌های تریمر در تیونر FM چه نقشی دارند؟

۱) تنظیم فرکانس نوسان‌ساز

۲) تنظیم فرکانس رزونانس مدار هماهنگی مخلوط‌کننده

۳) تنظیم نهایی فرکانس ابتدا و انتهای باند FM

۴) تنظیم فرکانس رزونانس مدار هماهنگی RF

۸ــ در گیرنده‌های رادیویی جدید FM، بیشتر از کدام عنصر در تیونر استفاده می‌شود؟

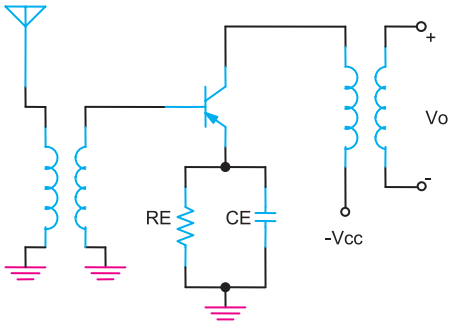
۱) ترانزیستور معمولی ۲) ترانزیستور FET

۳) آی‌سی ۴) دیود خازنی

۱ــ۳ــ آشنایی با روش‌های مختلف کوپلاژ آنتن

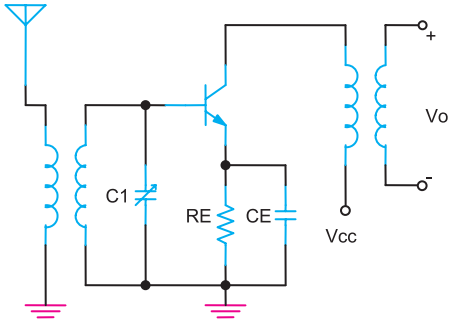
سیگنال دریافت شده از آنتن از طریق کوپلاژ به بیس اولین طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی RF گیرنده انتقال داده می‌شود.

کوپلاژ آنتن علاوه بر انتقال سیگنال عمل تطبیق امپدانس را نیز انجام می‌دهد. برای داشتن بازده یکنواخت در تمامی باند فرکانسی از کوپلاژ شکل (۱ــ۳) استفاده می‌شود. در این کوپلاژ چون از ترانسفورماتور استفاده شده است مدار، میزان انتخابگری ضعیفی دارد ولی در عوض می‌تواند تمام فرکانس‌ها را در طول باند به‌طور یکنواخت تقویت کند.



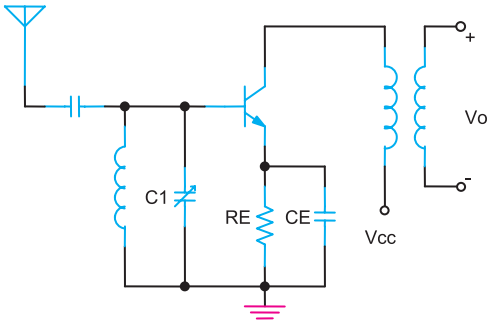
شکل ۱ــ۳ــ نوع اول کوپلاژ ترانسفورمری

کوپلاژ آنتن نشان داده شده در شکل (۲ــ۳) معمول‌ترین نوع کاربرد کوپلاژ در گیرنده‌هاست. دراین نوع کوپلاژ با تنظیم خازن مدار هماهنگ فرکانس سیگنال ایستگاه موردنظر بهتر تنظیم و دریافت می‌شود. در این نوع کوپلاژ انتخابگری و حساسیت گیرنده افزایش می‌یابد.

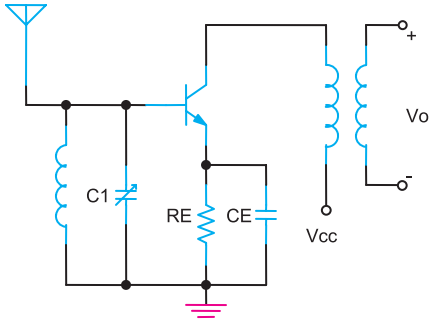


شکل ۲ــ۳ــ متداول‌ترین کوپلاژ در گیرنده‌های رادیویی

اگر به کوپلاژ دقیق‌تری برای دریافت سیگنال‌های بسیار ضعیف نیاز باشد، از کوپلاژ خازنی یا مستقیم مانند شکل‌های (۳ــ۳) و (۴ــ۳) استفاده می‌شود. در این نوع کوپلاژها انتخابگری کمی کاهش می‌یابد.



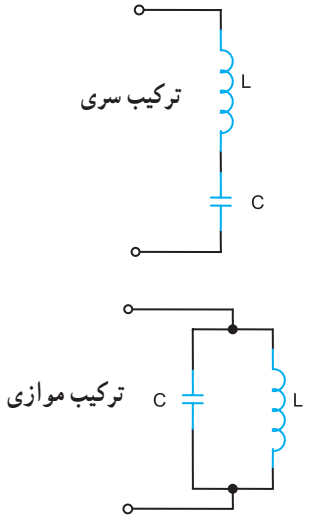
شکل ۳ــ۳ــ نوع سوم کوپلاژ مستقیم



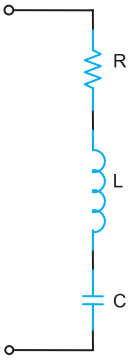
شکل ۴ــ۳ــ نوع چهارم کوپلاژ مستقیم

۲ــ۳ــ آشنایی با مدارهای هماهنگی (یادآوری)

در مدارهای مخابراتی برای انتخاب یک فرکانس خاص از میان چندین فرکانس، از مدارهای هماهنگ استفاده می‌شود. همچنین این مدارها برای حذف یا عبور یک باند فرکانسی مشخص درگیرنده‌های رادیویی کاربرد بسیار زیادی دارند. مدارهای هماهنگی از ترکیب سری یا موازی سلف و خازن تشکیل می‌شوند و در یک فرکانس به تشدید درمی‌آیند، شکل (۵ــ۳). در ترکیب سری سلف و خازن مقدار فرکانس رزونانس از رابطه‌ی $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ به‌دست می‌آید. در این شرایط مقدار امپدانس دو سر مدار صفر است $(Z_\circ = \circ)$. در فرکانس رزونانس رابطه‌ی $X_L = X_C$ برقرار است. مدار شکل (۶ــ۳) یک مدار RLC سری را نشان می‌دهد. در فرکانس رزونانس، سلف و خازن اثر یکدیگر را از بین می‌برند. در این حالت امپدانس مدار با مقدار مقاومت اهمی مدار برابر می‌شود $(Z_\circ = R)$. فرکانس رزونانس از رابطه‌ی $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ قابل محاسبه است.



شکل ۵ــ۳ــ مدارهای هماهنگ

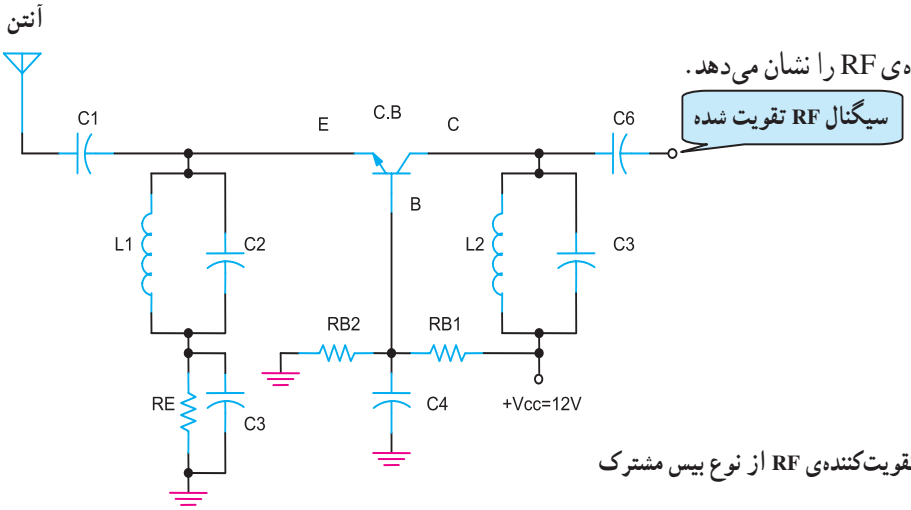


شکل ۶ــ۳ــ مدار هماهنگ RLC سری

۳ــ۳ــ یک نمونه از اولین تقویت‌کننده‌ی RF در گیرنده‌ی FM

تقویت‌کننده‌های طبقه RF، برای تقویت سیگنال دریافتی از آنتن به‌کار می‌روند. تقویت‌کننده‌های RF در گیرنده‌های FM معمولاً در کلاس A کار می‌کنند تا اعوجاجی در سیگنال دریافتی از آنتن به وجود نیاورند. آرایش تقویت‌کننده‌های RF از نوع بیس مشترک است تا بتواند پهنای باند ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز مربوط به FM را دریافت کند.

شکل (۷ــ۳) یک مدار تقویت‌کننده‌ی RF را نشان می‌دهد.



شکل ۷ــ۳ــ تقویت‌کننده‌ی RF از نوع بیس مشترک

۴ــ۳ــ قسمتی از نقشه‌ی یک گیرنده‌ی FM

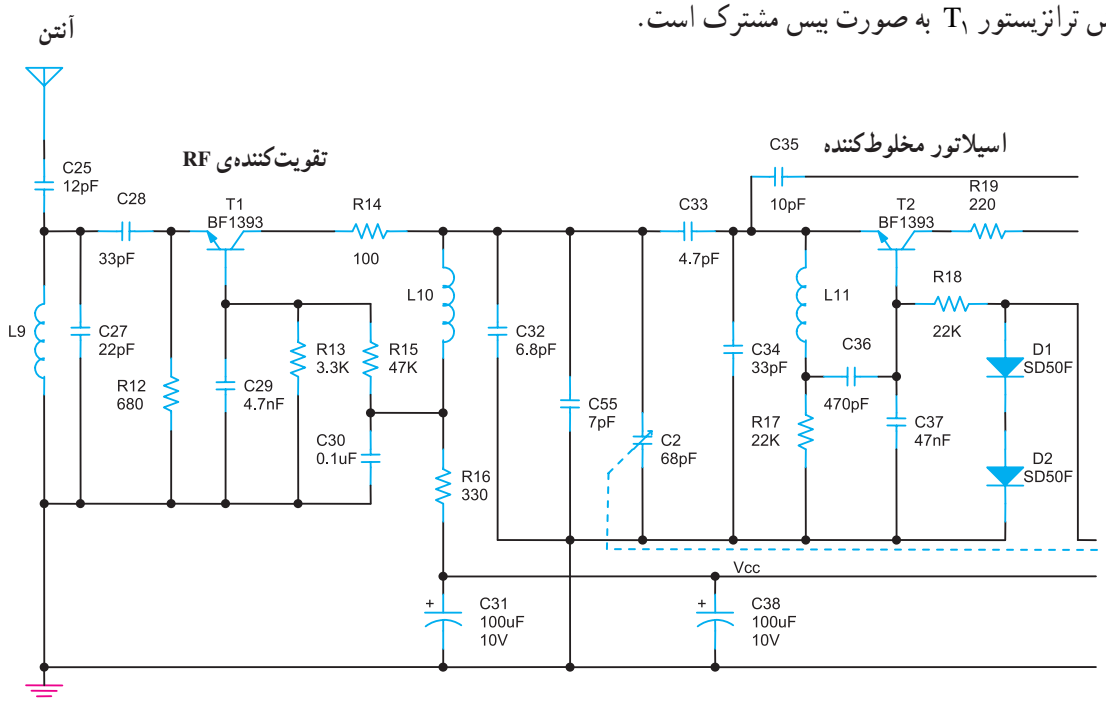
در شکل (۸ــ۳) قسمتی از نقشه‌ی یک گیرنده‌ی رادیویی FM را مشاهده می‌کنید.

ترانزیستور T_1 به عنوان تقویت‌کننده‌ی RF در گیرنده به کار رفته است.

ترانزیستور T_2 کار نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کنندگی را به عهده دارد.

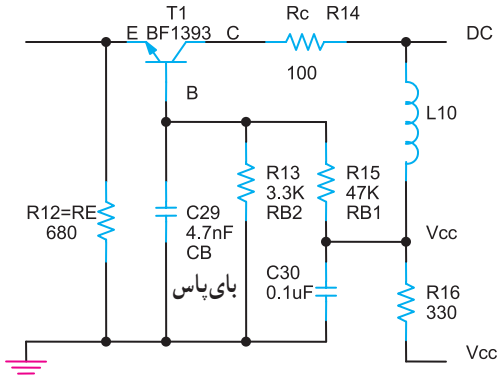
آرایش ترانزیستور T_1 به صورت بیس مشترک است.

توجه: در صورتی که گیرنده‌ی FM دیگری در اختیار دارید، مدار آن را مورد بررسی قرار دهید.



شکل ۸ــ۳ــ مدار تقویت‌کننده‌ی RF گیرنده‌ی FM

در شکل (۹ــ۳) بایاس DC ترانزیستور T_1 و مقاومت‌های بایاسینگ آن نشان داده شده است. مقاومت R_{12} مقاومت امیتر است که به عنوان پایداری حرارتی به کار می‌رود. خازن C_{29} خازن‌های بای‌پاس است. مقاومت‌های R_{15} و R_{13} مقاومت‌های بایاسینگ بیس هستند. مقاومت R_{14} به عنوان مقاومت کلکتور عمل می‌کند.



شکل ۹ــ۳ــ بررسی مدار تقویت‌کننده‌ی RF

سیگنال رادیویی ایستگاه موردنظر طبق شکل (۱۰ــ۳) توسط آنتن و خازن کوپلاژ $C_{۲۵}$ و مدار هماهنگ موازی کادر آنتن شامل $C_{۲۷}$ و $L_۹$ دریافت می‌شود. این سیگنال از طریق خازن کوپلاژ $C_{۲۸}$ به امیتر ترانزیستور $T_۱$ می‌رسد.

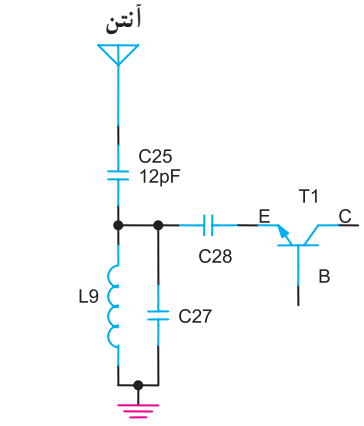
همان‌طور که در شکل (۱۱ــ۳) مشاهده می‌کنید. سیگنال پس از تقویت، از کلکتور ترانزیستور $T_۱$ و از طریق مقاومت $R_{۱۴}$ به ورودی مدار مخلوط‌کننده اعمال می‌شود. سلف $L_{۱۰}$ در فرکانس‌های RF قطع است و از ورودی سیگنال RF به خط تغذیه V_{CC} جلوگیری می‌کند.

۵ــ۳ــ تیونر با ترانزیستور FET[۱]

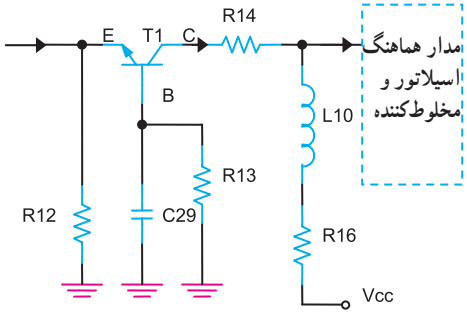
در گیرنده‌های رادیویی مجموعه‌ی تقویت‌کننده‌ی RF و نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کننده را تیونر می‌گویند. در شکل (۱۲ــ۳) یک تیونر گیرنده‌ی رادیویی FM نشان داده شده است.

در این مدار ترانزیستور $T_۱$ تقویت‌کننده‌ی RF، ترانزیستور $T_۲$ نوسان‌ساز محلی و ترانزیستور $T_۳$ میکسر یا مخلوط‌کننده است.

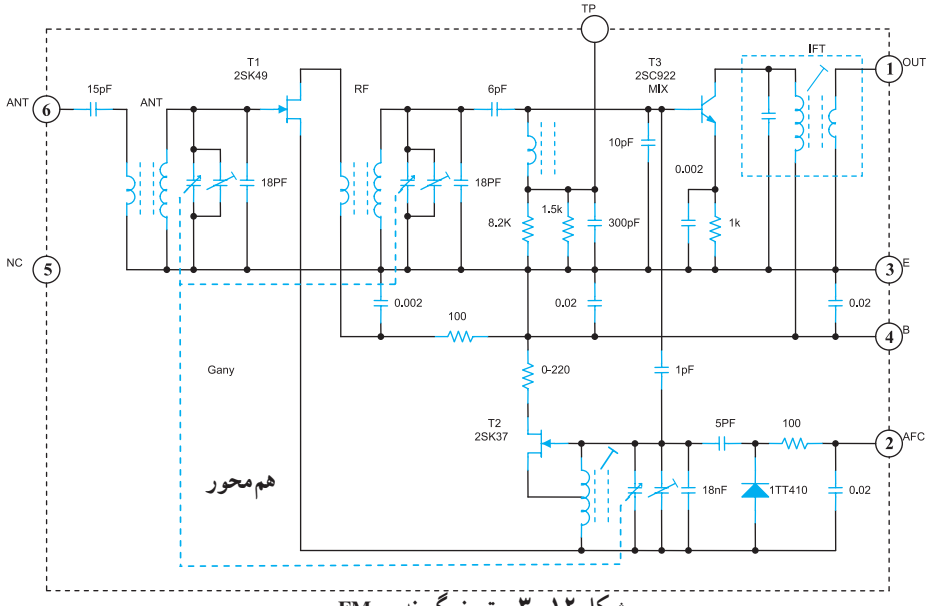
در این مدار عمل نوسان‌سازی با ترانزیستور FET انجام می‌شود. در تیونر FM مقدار فرکانس نوسان‌ساز باید همواره ثابت باشد زیرا تغییر در مقدار فرکانس باعث ایجاد اختلاف در مقدار فرکانس F_{IF} می‌شود و در آشکارسازی اعوجاج به‌وجود می‌آورد.



شکل ۱۰ــ۳ــ دریافت سیگنال RF توسط آنتن



شکل ۱۱ــ۳ــ تقویت سیگنال RF

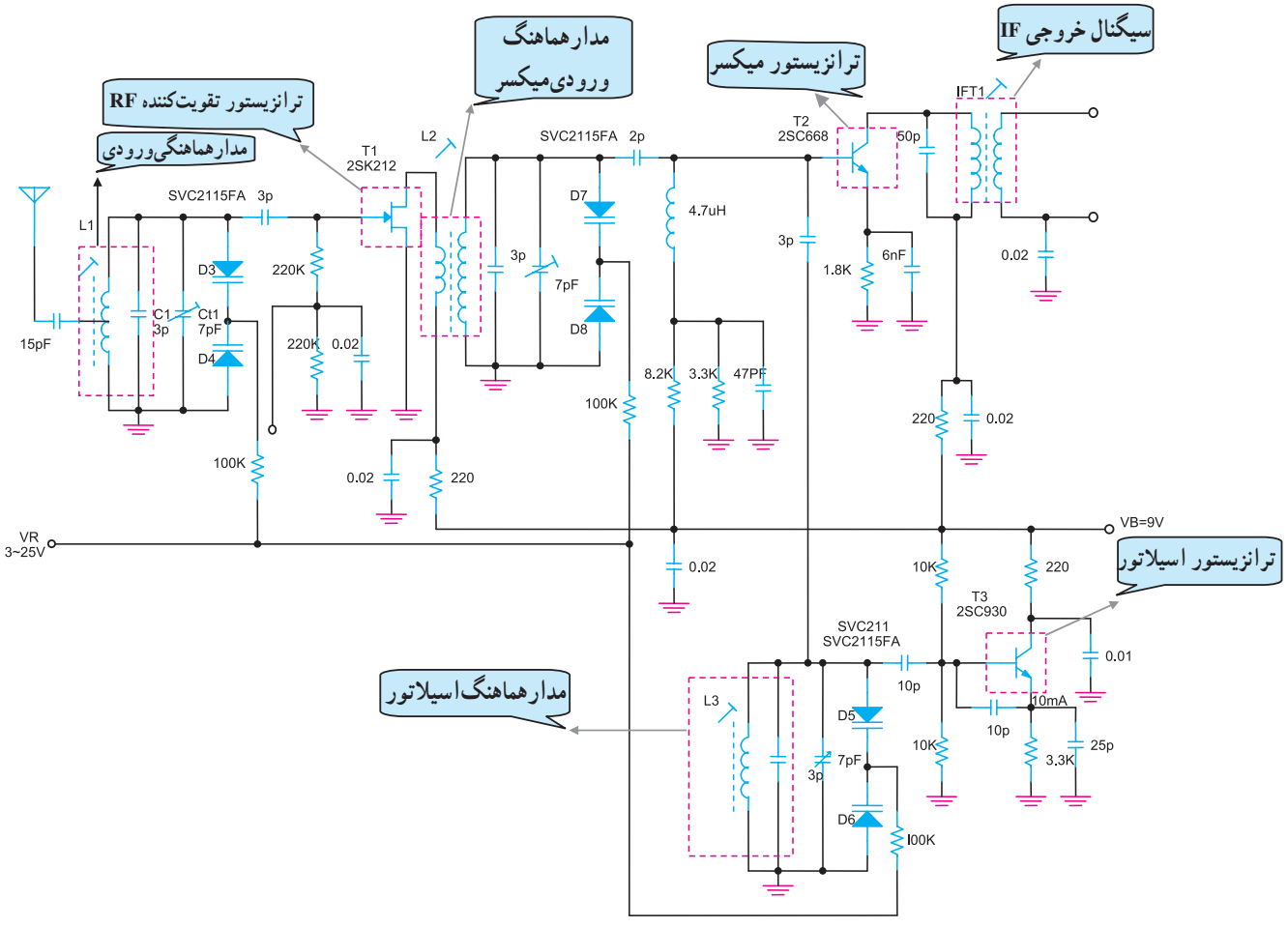


شکل ۱۲ــ۳ــ تیونر گیرنده‌ی FM

۱ـ Field Ellect Tranistors ترانزیستور اثر میدان

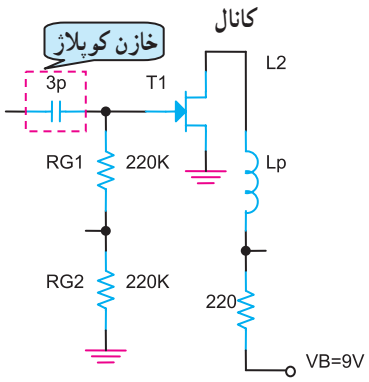
۶ــ۳ــ تیونر FM با دیود Varycap «دیود خازنی»

در قسمت‌های قبلی در مورد کاربرد دیود خازنی صحبت کرده‌ایم. می‌دانیم از دیود خازنی می‌توان به عنوان یک خازن تابع ولتاژ استفاده کرد. در تیونرهای گیرنده، برای تغییر فرکانس اسیلاتور محلی ومدار تانک ورودی از دیود خازنی استفاده می‌کنند. یک مدار تیونر گیرنده‌ی FM با دیود خازنی را در شکل (۱۳ــ۳) مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۳ــ۳ــ تیونر گیرنده‌ی FM با دیود

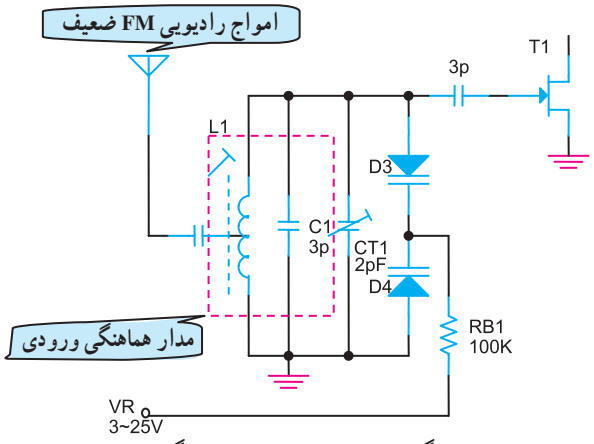
ترانزیستور T_1 یک JFET است که وظیفه‌ی تقویت RF را به عهده دارد. در شکل (۱۴ــ۳) مدار بایاسینگ FET نشان داده شده است. L_p سیم‌پیچ اولیه ترانس L_2 است.



شکل ۱۴ــ۳ــ مدار بایاسینگ FET

مدار هماهنگی کادر آنتن و طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی RF را در شکل (۱۵ــ۳) مشاهده می‌کنید.

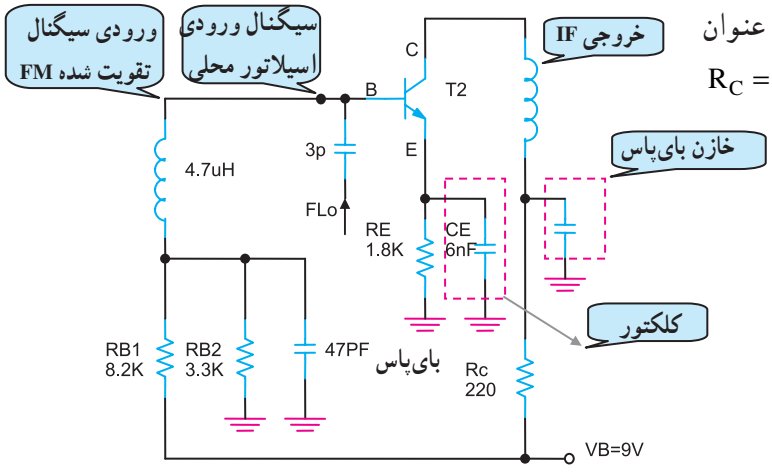
دیودهای خازنی d_3 و d_4 با یکدیگر سری و با خازن تریمر CT_1 و خازن C_1 موازی شده‌اند. ترکیب مجموعه‌ی خازن‌ها، خازن معادل مدار تانک طبقه RF را به‌وجود می‌آورد.



ترکیب هماهنگی دیود خازنی در مدار هماهنگی

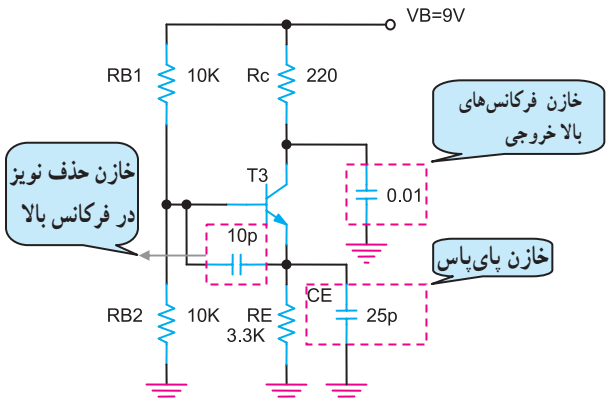
شکل ۱۵ــ۳ــ مدار هماهنگی کادر آنتن و طبقه تقویت‌کننده RF

مدار بایاسینگ ترانزیستور T_2 که به عنوان مخلوط‌کننده به کار می‌رود در شکل (۱۶ــ۳) نشان داده شده است. بایاس ترانزیستور T_2 به صورت سرخود است و مقاومت‌های $R_{B_1} = 8/2k\Omega$ و $R_{B_2} = 3/3k\Omega$ مقاومت‌های بایاس بیس ترانزیستور هستند. از مقاومت امیتر $R_E = 1/8k$ به عنوان پایداری حرارتی استفاده شده است. مقاومت $R_C = 220\Omega$ مقاومت بایاس کلکتور است.



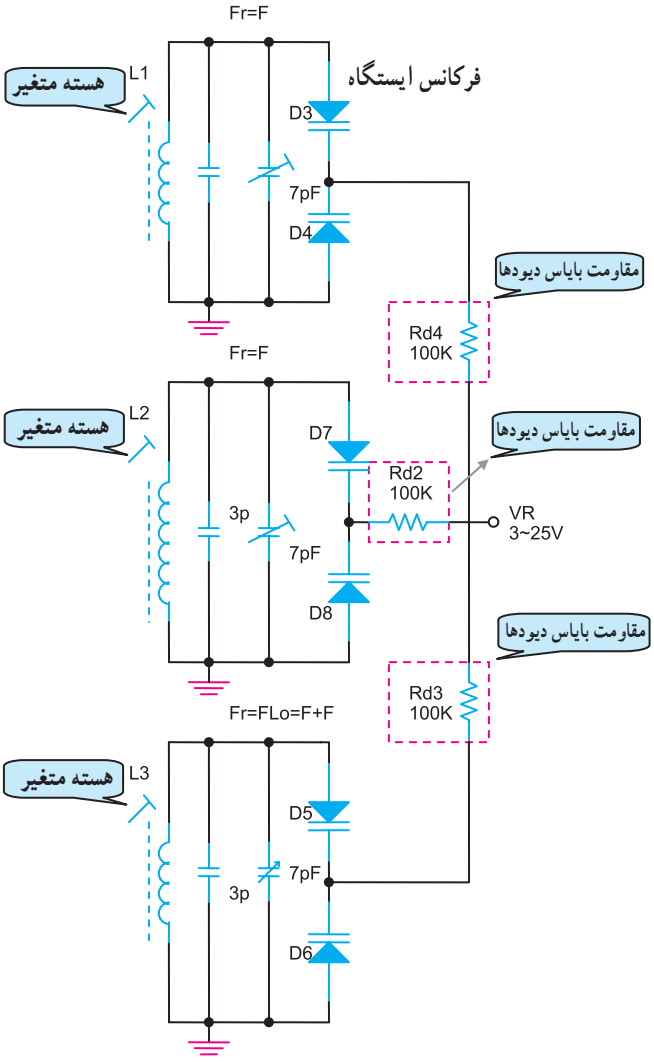
شکل ۱۶ــ۳ــ مدار مخلوط‌کننده

ترانزیستور T_3 نوسان‌ساز محلی گیرنده است. بایاسینگ T_3 را در شکل (۱۷ــ۳) مشاهده می‌کنید. برای دریافت ایستگاه رادیویی، باید فرکانس رزونانس مدارهای هماهنگ ورودی طبقه‌ی RF، ورودی مخلوط‌کننده و نوسان‌ساز محلی به طور همزمان با هم تغییر کنند. نحوه‌ی عملکرد همزمان مدارهای هماهنگی در شکل (۱۸ــ۳) نشان داده شده است.



شکل ۱۷ــ۳ــ بایاسینگ ترانزیستور نوسان‌ساز محلی

با تغییر ولتاژ VR [1] از ۳V+ تا ۲۵V+ ظرفیت خازنی دیودهای d_3 تا d_8 به‌صورت مشابه تغییر می‌کند. در هر مدار هماهنگی با تغییر ظرفیت خازنی دیودهای وری‌کپ ظرفیت معادل کل هر یک از مدارها را تغییر می‌دهد، این تغییرات در نهایت باعث تغییر فرکانس رزونانس $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LCeq}}$ طبقات می‌شود، به دلیل تغییرات مشابه و همزمان، دریافت ایستگاه امکان‌پذیر خواهد شد.

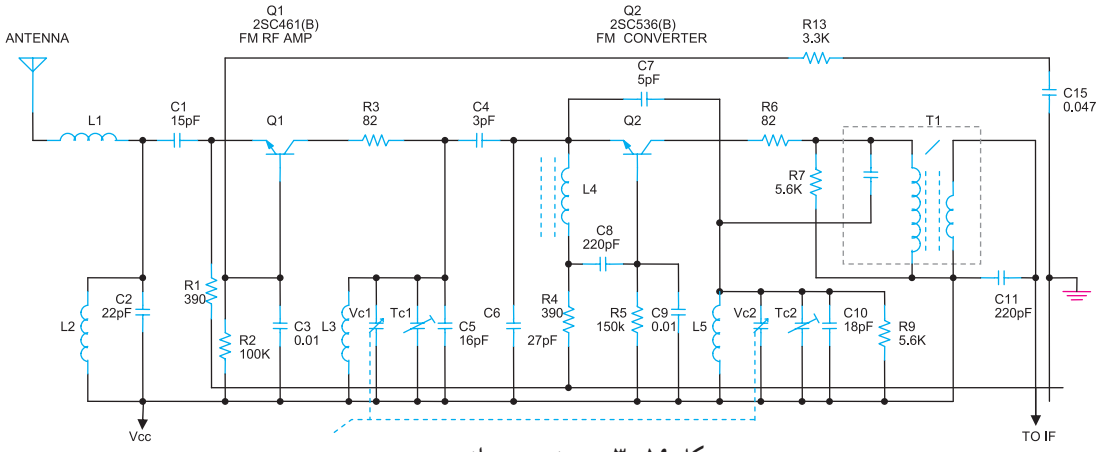


شکل ۱۸ــ۳ــ نحوه‌ی عملکرد همزمان مدارهای هماهنگی

۱ــ Voltage Reverse ولتاژ معکوس

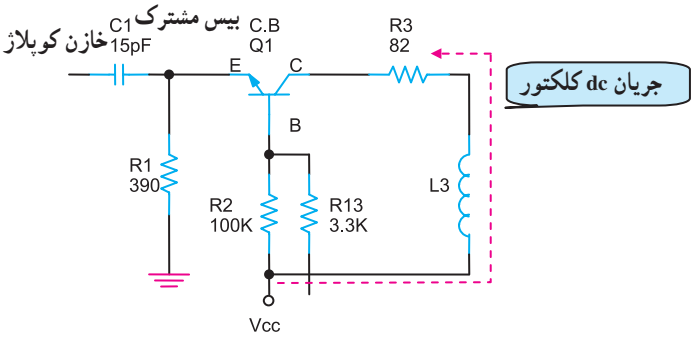
۷ــ۳ــ تیونر FM ترانزیستوری

در تیونرهای FM، تقویت‌کننده‌های RF باید نسبت سیگنال به نویز کمتری داشته باشند. بدین سبب معمولاً به صورت آرایش بیس مشترک به کار می‌روند. شکل (۱۹ــ۳) یک مدار ترانزیستوری را نشان می‌دهد.

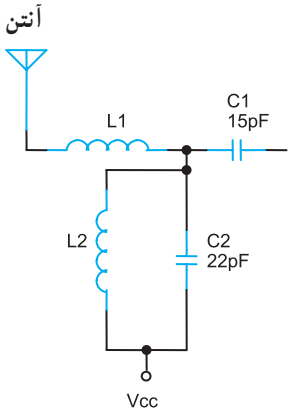


شکل ۱۹ــ۳ــ تیونر FM ترانزیستوری

ترانزیستور Q_1 تقویت‌کننده‌ی RF است. مدار بایاس DC ترانزیستور Q_1 را در شکل (۲۰ــ۳) مشاهده می‌کنید. R_1 مقاومت امیتر، R_3 مقاومت کلکتور و مقاومت‌های R_{13} و R_2 مقاومت‌های بایاس بیس هستند. مدار هماهنگ کادر آنتن را برای دریافت امواج ایستگاه‌های رادیویی در شکل (۲۱ــ۳) مشاهده می‌کنید.



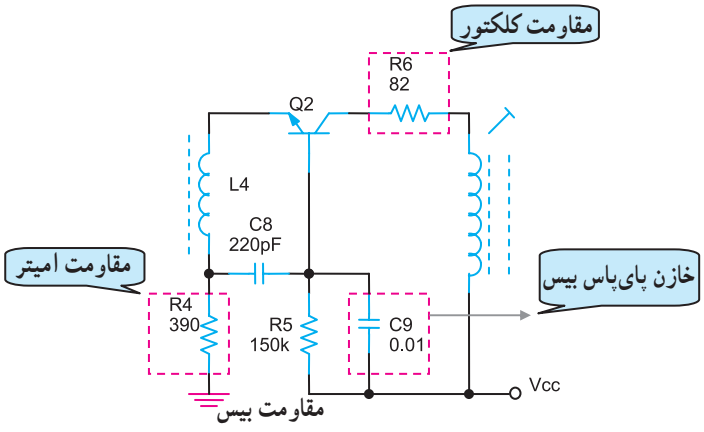
شکل ۲۰ــ۳ــ تقویت‌کننده‌ی RF ترانزیستوری



شکل ۲۱ــ۳ــ مدار هماهنگ ورودی تقویت‌کننده‌ی RF

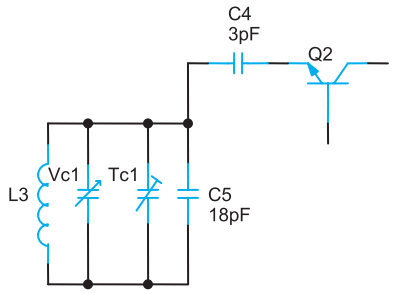
ترانزیستور Q_2 هم به‌عنوان مخلوط‌کننده و هم به عنوان نوسان‌ساز در مدار تیونر کار می‌کند. مجموعه‌ی نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کننده را در گیرنده‌ی رادیویی «کنورتور» می‌گویند.

مدار بایاس DC ترانزیستور Q_1 را در شکل (۲۲ــ۳) مشاهده می‌کنید. Q_2 در هنگام دریافت سیگنال تقویت شده‌ی RF از طریق مدار هماهنگی ورودی و خازن کوپلاژ C_4 به صورت بیس مشترک عمل می‌کند.



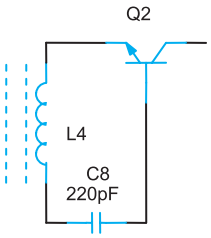
شکل ۲۲ــ۳ــ مدار بایاس DC ترانزیستور نوسان‌ساز

ایستگاه رادیویی از طریق مدار هماهنگی شامل المان‌های L_3 و V_{C_1} و T_{C_1} و C_5 مطابق شکل (۲۳ــ۳) دریافت می‌شود.



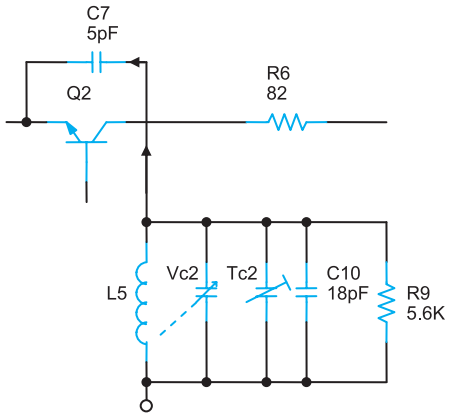
شکل ۲۳ــ۳ــ مدار هماهنگی دریافت ایستگاه

سلف L_4 در مدار شکل (۲۴ــ۳) به دلیل قطع بودن در فرکانس بالا، از عبور سیگنال RF از امیتر به بیس ترانزیستور جلوگیری می‌کند.



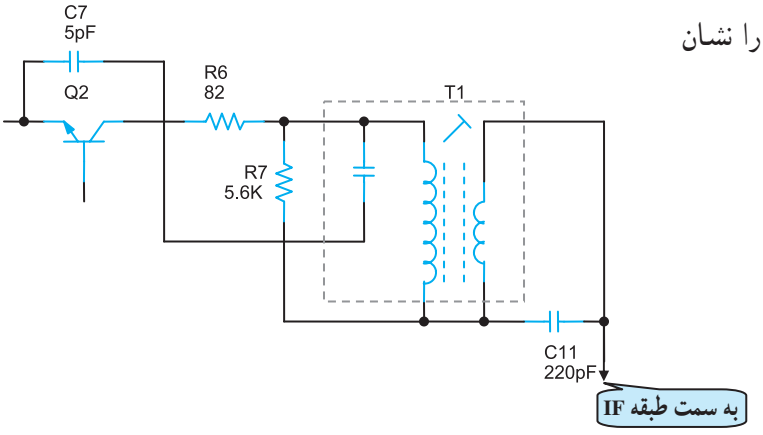
شکل ۲۴ــ۳ــ آرایش ترانزیستور Q_2 در زمان دریافت ایستگاه

مدار نوسان‌ساز محلی از ترانزیستور Q_2، مدار هماهنگ L_5 و V_{C_2} و T_{C_2} و C_{10} و R_8 تشکیل شده است. آرایش تقویت‌کننده‌ی ترانزیستور نوسان‌ساز (Q_2) به صورت بیس مشترک است. در شکل (۲۵ــ۳) مسیر سیگنال به امیتر Q_2 را مشاهده می‌کنید. سیگنال خروجی IF با فرکانس $f = ۱۰/۷$ مگاهرتز از طریق کلکتور Q_2 و مقاومت R_6 و ترانس T_1 به‌طبقه IF اعمال می‌شود.



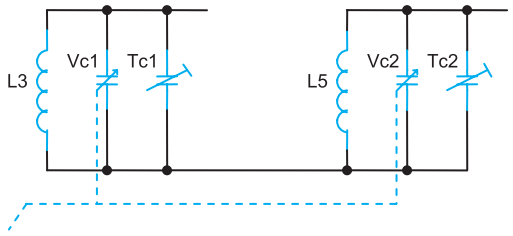
شکل ۲۵ــ۳ــ مسیر سیگنال به امیتر Q_2

شکل (۲۶ــ۳) مدار هماهنگ خروجی کنورتور را نشان می‌دهد.



شکل ۲۶ــ۳ــ مسیر سیگنال خروجی

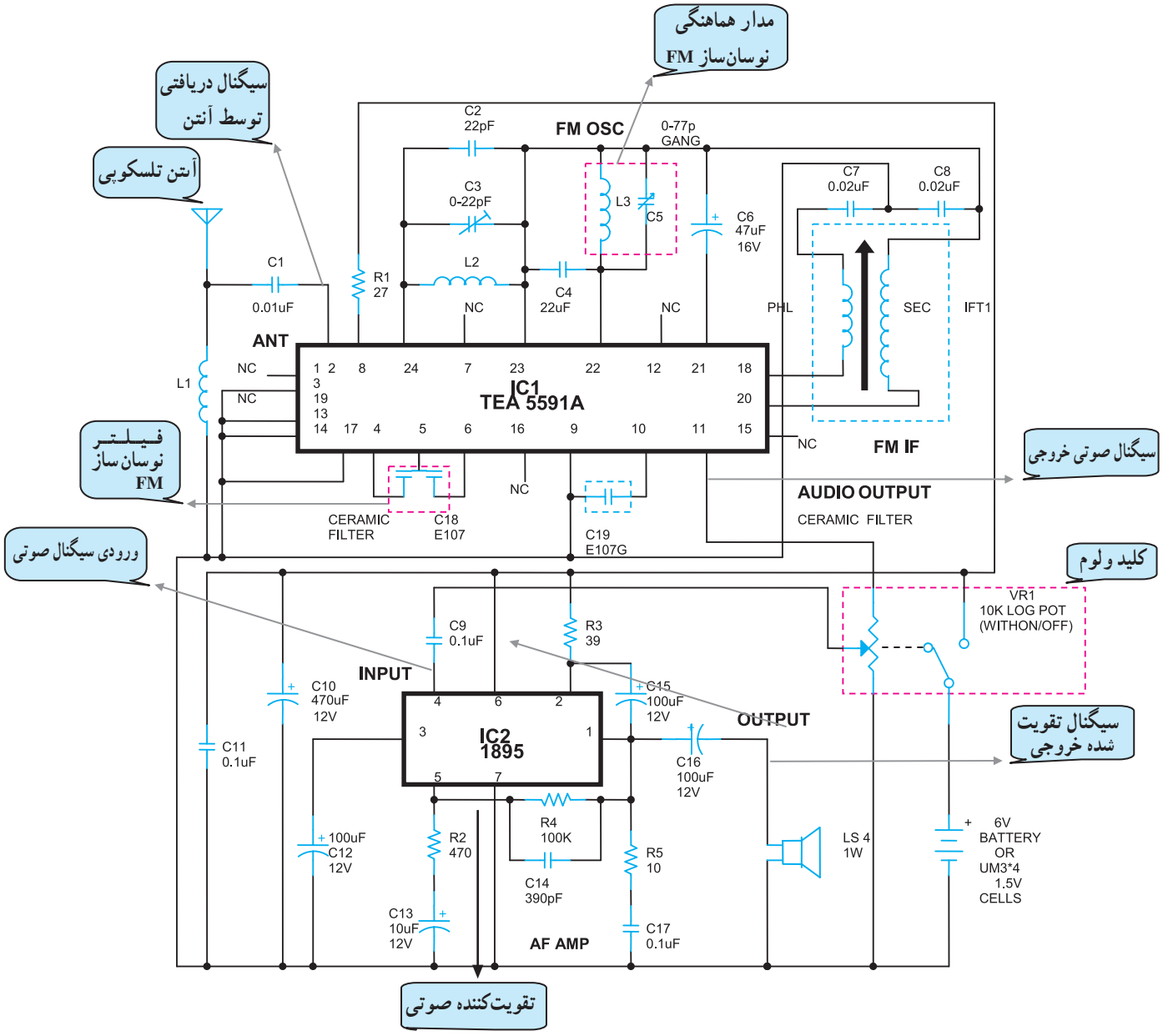
در شکل (۲۷ــ۳) خازن‌های متغیر مدار هماهنگی ورودی (V_{C_1}) و خازن نوسان‌ساز (V_{C_2}) به‌طور هم محور و هم زمان تغییر می‌کنند. خازن‌های تریمر T_{C_1} و T_{C_2} برای تنظیم نهایی فرکانس‌های ابتدا و انتهایی باند FM به کار می‌روند.



شکل ۲۷ــ۳ــ خازن‌های هم‌محور

۸ــ۳ــ تیونر گیرنده‌ی رادیویی FM با آی‌سی (IC)

درگیرنده‌های رادیویی جدید از مدارهای یکپارچه IC استفاده می‌شود. معمولاً در این گیرنده‌ها همه‌ی طبقات RF، نوسان‌ساز محلی، مخلوط کننده و IF و آشکارساز در داخل یک آی‌سی قرار دارند. در شکل (۲۸ــ۳) یک نمونه گیرنده‌ی رادیویی FM با IC را مشاهده می‌کنید. تیونر و طبقه IF و آشکارساز آن آی‌سی TEA5591A است و تقویت‌کننده صوتی آن آی‌سی IC1895 است.



شکل ۲۸ــ۳ــ مدار یک گیرنده‌ی رادیویی FM با آی‌سی

۹ــ۳ــ کار عملی

آزمایش مدار هماهنگی فیلتر میان گذر موازی ــ عیب‌یابی و تعمیر تیونر FM

۱ــ۹ــ۳ــ خلاصه آزمایش: فیلتر میان‌گذر موازی در مدارهای هماهنگی گیرنده‌ی رادیویی در طبقات RF، نوسان‌ساز محلی و مخلوط کننده و IF کاربرد وسیعی دارد. نمونه‌ای از پاسخ فرکانسی این گونه مدارها را در شکل (۲۹ــ۳) مشاهده می‌کنید. در این آزمایش به بررسی فرکانس رزونانس، پهنای باند، ضریب کیفیت و ترسیم پاسخ فرکانسی مدار هماهنگی RF می‌پردازیم.

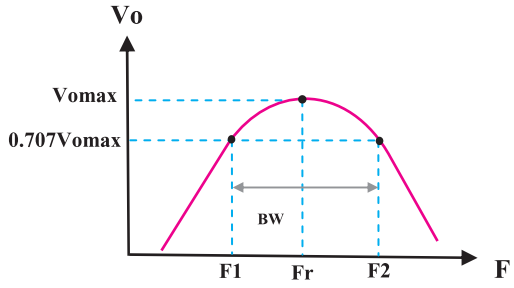
۲ــ۹ــ۳ــ تجهیزات موردنیاز:

- اسیلوسکوپ، شکل (۳۰ــ۳) — یک دستگاه
- سیگنال ژنراتور AF، شکل (۳۱ــ۳) — یک دستگاه
- مقاومت $\frac{۱}{۴}$W ۱/۲kΩ — یک عدد
- سلف ۱۰mH میلی هانری — یک عدد
- خازن ۱۰۰nf (نانوفاراد) — یک عدد
- برد بُرد — یک قطعه
- پروب اسیلوسکوپ و سیم رابط — به مقدار کافی

۳ــ۹ــ۳ــ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل (۳۲ــ۳) را روی برد برد ببندید.
- کانال یک اسیلوسکوپ را به نقطه‌ی A (V_i) مدار وصل کنید.
- کانال ۲ اسیلوسکوپ را به نقطه‌ی B (V_o) مدار وصل کنید.
- دامنه ولتاژ ورودی از مولد AF را روی ۴ ولت تنظیم کنید.

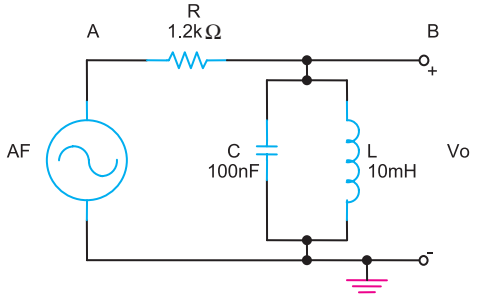
زمان: ۶ ساعت



شکل ۲۹ــ۳

شکل ۳۰ــ۳ــ اسیلوسکوپ

شکل ۳۱ــ۳ــ دستگاه سیگنال ژنراتور AF



شکل ۳۲ــ۳

□ فرکانس سیگنال ورودی را بین صفر تا ۲۵۰kHz مطابق جدول (۱ــ۳) تغییر دهید. با اندازه‌گیری دامنه ولتاژهای V_i و V_o به‌طور همزمان جدول را تکمیل کنید.

توجه: در طول مراحل آزمایش باید مقدار ولتاژ ورودی V_i روی عدد ۴ ولت ثابت باشد.

جدول ۱ــ۳

V_o ولتاژ خروجی	V_i ولتاژ ورودی	F فرکانس
	$4V_{p-p}$	۱۰kHz
	$4V_{p-p}$	۵۰kHz
	$4V_{p-p}$	۱۰۰kHz
	$4V_{p-p}$	۱۶۰kHz
	$4V_{p-p}$	۱۷۰kHz
	$4V_{p-p}$	۲۰۰kHz
	$4V_{p-p}$	۲۵۰kHz

□ فرکانس ورودی را در محدوده‌ی ۱۵۰ kHz تا ۱۷۰ kHz به آرامی تغییر دهید تا مقدار ولتاژ خروجی حداکثر شود، مقدار فرکانس را در این حالت یادداشت کنید.

$f_r = \cdots\cdots\cdots Hz$

نام این فرکانس چیست؟

پاسخ: .....

آیا این فرکانس را در جدول به‌دست آورده‌اید؟

□ آیا مقدار محاسبه شده فرکانس با مقدار اندازه‌گیری شده برابر است؟ دلیل آن‌را بنویسید.

پاسخ: $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \cdots\cdots\cdots Hz$

□ فرکانس سیگنال ورودی را از مقدار رزونانس به آرامی کاهش دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی $V_{O_C} = 0/707 V_{O_{max}}$ بشود. سپس مقدار این فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

پاسخ: $f_{L_C} = ?\cdots\cdots Hz$

$V_{O_C} = ?\cdots\cdots V$

□ نام فرکانس به‌دست آمده چیست؟

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

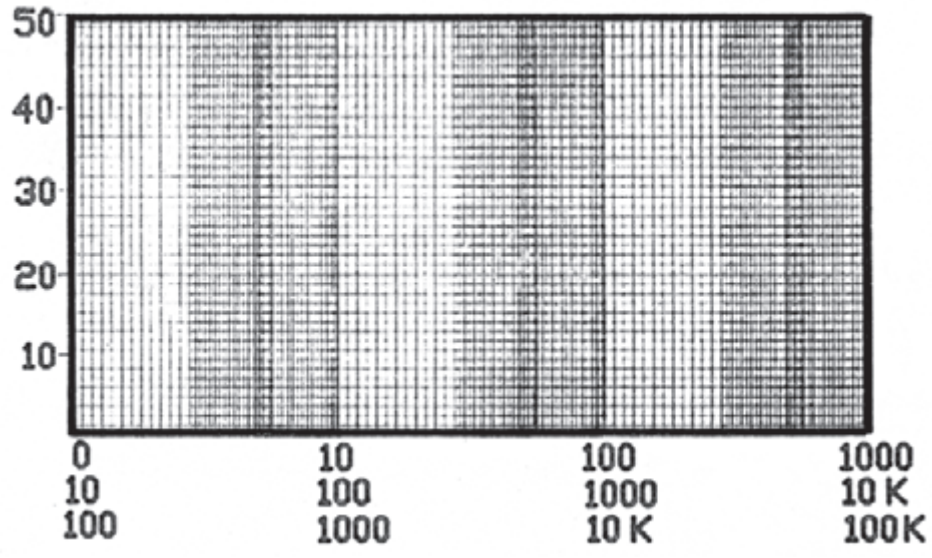
□ فرکانس سیگنال ورودی را مجدداً روی حالت رزونانس قرار دهید. سپس آن را به آرامی افزایش دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی $۰/۷۰۷V_{O_{max}}$ شود. مقدار فرکانس را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

پاسخ:
f_{H_C} = ?..... Hz
V_{O_C} = ?..... V
.....
.....
.....

□ نام فرکانس به‌دست آمده چیست؟

پاسخ:.....
.....
.....
.....
.....

□ با توجه به مقادیر جدول (۱ـ۳) پاسخ فرکانسی فیلتر را بر روی شکل (۳۳ـ۳) ترسیم کنید.



شکل ۳۳ـ۳

محور افقی را برحسب فرکانس تقسیم‌بندی کنید.
محور عمودی را برحسب ولتاژ تقسیم‌بندی کنید.

□ پهنای باند و ضریب کیفیت مدار را با توجه به منحنی پاسخ فرکانسی و روابط مقابل به‌دست آورید و با هم مقایسه کنید. نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بنویسید.

$$BW = f_H - f_L = \cdots\cdots\cdots Hz$$

$$Q = \frac{fr}{BW} = \cdots\cdots\cdots$$

نتایج:.....

.....

.....

.....

.....

□ با توجه به نوع گیرنده‌ی FM که در اختیار دارید ورودی وخروجی تیونر را تشخیص دهید آن را بررسی، عیب‌یابی و تعمیر کنید.

□ در صورتی که گیرنده‌ی FM از نوع آی‌سی‌دار باشد ولتاژ پایه‌ها را اندازه‌گیری و شکل موج آن را مشاهده کنید.

آزمون پایانی (۳)

۱ــ باند فرکانسی FM کدام است؟

۱) ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز ۲) ۸۸ تا ۱۰۸ کیلوهرتز ۳) ۵۳۰ تا ۱۶۰۰ کیلوهرتز ۴) ۳ تا ۸ مگاهرتز

۲ــ تیونر را تعریف کنید.

۳ــ افزایش کوپلاژ آنتن برای چه منظوری است؟

۴ــ کدام‌یک از موارد زیر از مزایای تیونر FM است؟

۱) افزایش انتخابگری سیگنال رادیویی ایستگاه ۲) کاهش تشعشع امواج فرکانس بالا

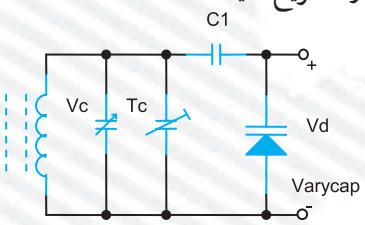
۳) افزایش نسبت سیگنال به نویز ۴) به حداقل رسیدن حساسیت

۵ــ تقویت‌کننده‌ی RF درگیرنده FM معمولاً در چه آرایشی قرار می‌گیرد؟ چرا؟

۶ــ کلاس تقویت‌کننده‌ی RF در تیونر FM کدام است؟

۱) C ۲) A ۳) AB ۴) B

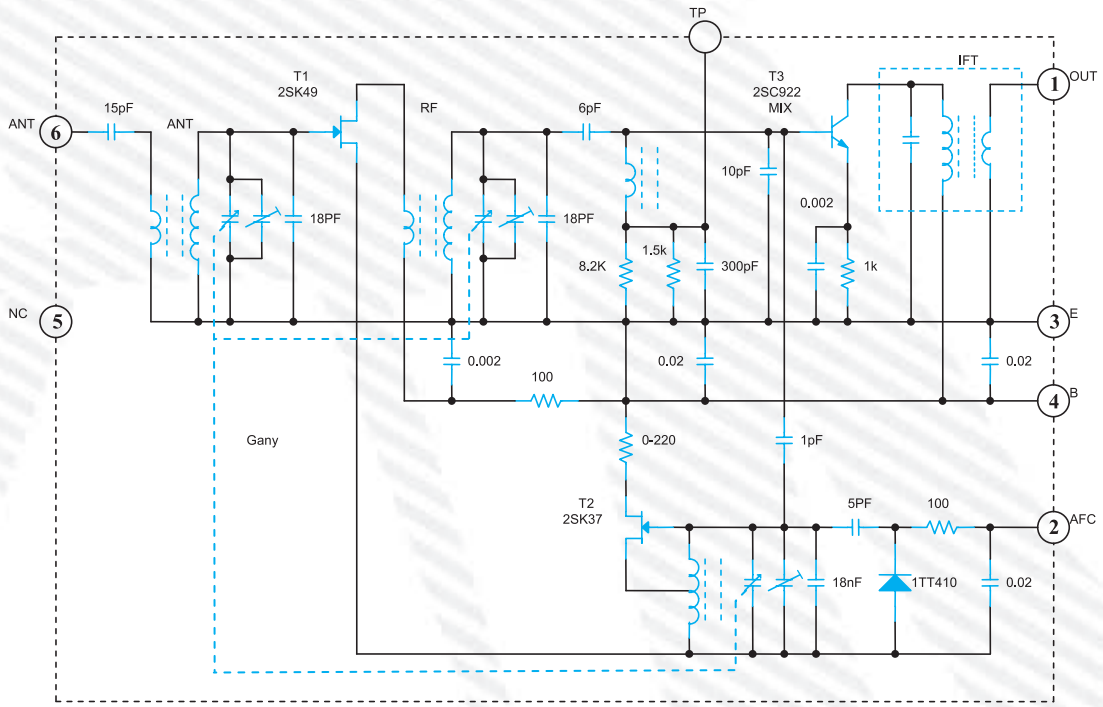
۷ــ نحوه‌ی تغییر فرکانس رزونانس مدار هماهنگ شکل (۳ــ۳۴) را تشریح کنید.



شکل ۳ــ۳۴

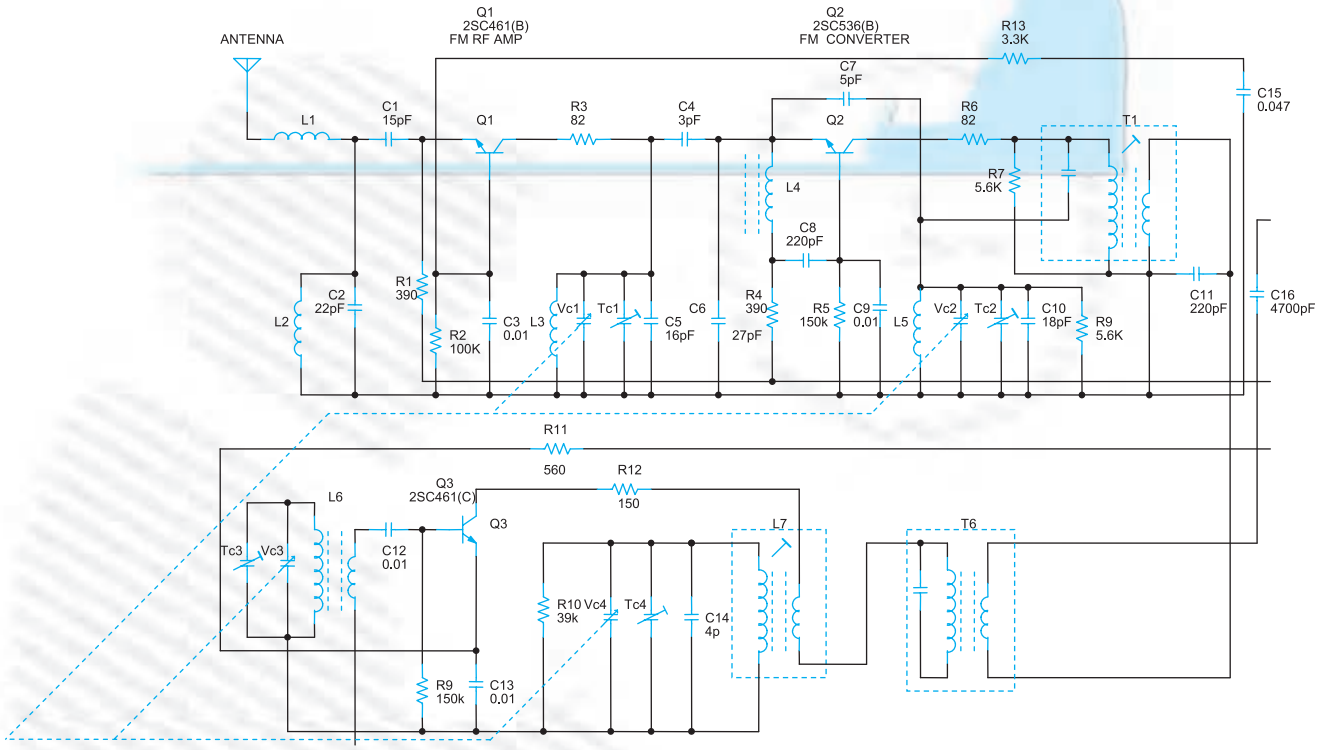
۸ــ نام مدار شکل (۳ــ۳۵) چیست؟

۱) تقویت‌کننده‌ی RF ۲) کنورتور ۳) نوسان‌ساز محلی ۴) تیونر



شکل ۳ــ۳۵

ـ با توجه به مدار شکل (۳۶ـ۳) به سؤالات زیر پاسخ دهید.



شکل ۳۶ـ۳

۹ـ ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 چه آرایشی دارند؟

۱۰ـ نام عناصر مدار هماهنگ دریافت سیگنال ایستگاه رادیویی را بنویسید.

۱۱ـ نقش ترانزیستور Q_1 و Q_2 را شرح دهید.

۱۲ـ مقاومت‌های بایاسینگ Q_1 و Q_2 را نام ببرید.

۱۳ـ نقش خازن‌های C_1 و C_2 را بنویسید.

پاسخ‌نامه‌ی پیش‌آزمون (۱)

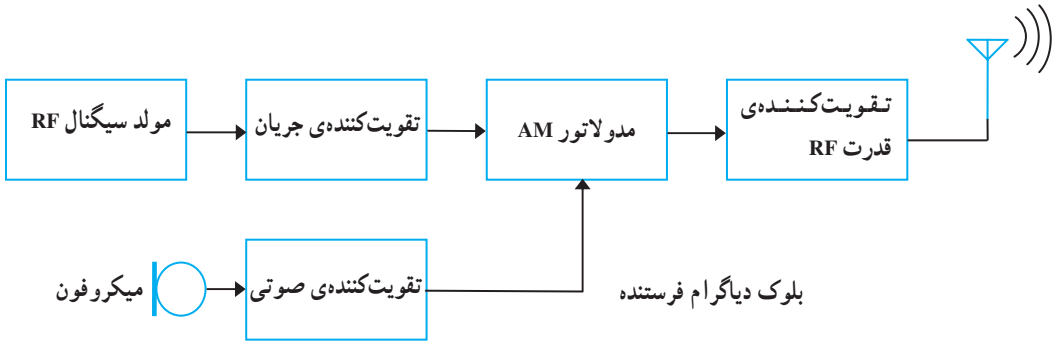
۱ــ عمل سوار کردن یک سیگنال صوتی «پیام» را بر روی سیگنال رادیویی RF یا «حامل»، مدولاسیون گویند.

۲ــ الف ــ مدولاسیون دامنه AM ب ــ مدولاسیون FM

۳ــ در مدولاسیون FM دامنه‌ی سیگنال حامل ثابت است ولی فرکانس آن متناسب با دامنه‌ی پیام تغییر می‌کند. تغییرات دامنه‌ی سیگنال پیام، فرکانس سیگنال حامل را تغییر می‌دهد.

۴ــ ۴

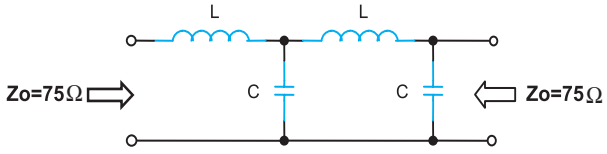
۵ــ



بلوک دیاگرام فرستنده

۶ــ نقش آنتن دریافت امواج الکترومغناطیسی سیگنال رادیویی ایستگاه می‌باشد.

۷ــ



۸ــ کابل کواکسیال را خط هم محور یا نامتعادل می‌نامند.

۹ــ آکوستیک یعنی، تولید، ارسال و دریافت انرژی به صورت ارتعاش در ماده است.

۱۰ــ ۲

۱۱ــ برای به‌دست آوردن سیگنال IF در گیرنده‌های AM و FM از نوسان‌ساز و مخلوط‌کننده استفاده می‌شود.

$$F_{IF} = F_{LOSC} - F_{RF}$$

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی «۱»

۱ــ عمل سوار کردن یک سیگنال صوتی «پیام» را بر روی سیگنال رادیویی RF یا حامل، مدولاسیون گویند.

۲ــ در مدولاسیون دامنه‌ی فرکانس سیگنال حامل، **ثابت** است و دامنه‌ی سیگنال حامل، متناسب با دامنه‌ی سیگنال پیام **تغییر** می‌کند.

۲ــ۳

۳ــ۴ $E_m = ۷۵ - ۶۰ = ۱۵ \qquad m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{۱۵}{۶۰} = ۰/۲۵$

$EC = ۶۰$

۱ــ۵

ــ۶

ــ۷ $BW = USF - LSF \ , \ BW = ۲f_m$

$USF = f_c + f_m = ۴۰۰kHz + ۲kHz = ۴۰۲\,kHz$

$LSF = f_c - f_m = ۴۰۰kHz - ۲kHz = ۳۹۸\,kHz$

$BW = USF - LSF = ۴۰۲\,kHz - ۳۹۸kHz = ۴\,kHz$

۸ــ در مدولاسیون FM فرکانس سیگنال حامل متناسب با دامنه‌ی سیگنال پیام تغییر می‌کند در این مدولاسیون دامنه‌ی سیگنال حامل، ثابت است.

۹ــ در مدولاسیون FM دامنه‌ی سیگنال حامل، ثابت است و فرکانس سیگنال حامل، متناسب با دامنه‌ی سیگنال پیام تغییر می‌کند.

۱۰ــ ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز

۱۱ــ پخش موسیقی و برنامه‌های رادیویی و مخابرات بین زمین وماهواره

ــ۱۲ $\Delta f = ۴۵\,kHz \ , \ f_m = ۱۵\,kHz \ , \ m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{۴۵\,kHz}{۱۵\,kHz} = ۳$

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۲)

۱ــ انتخابگری، حساسیت، پایداری، وفاداری

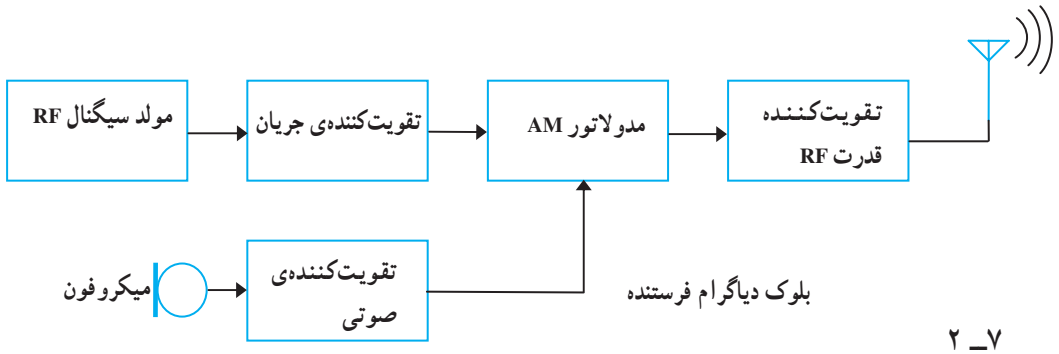
۲ــ انتخابگری ایستگاه رادیویی «با ضریب کیفیت» مدارهای هماهنگی گیرنده‌ی رادیو تعیین می‌شود.

۳ــ قابلیت دریافت حداقل سیگنال ضعیف را **حساسیت** گویند.

۴ــ میزان ثبات فرکانس درگیرنده‌ی رادیویی را پس از دریافت ایستگاه **پایداری** گویند.

۵ــ ۲

۶ــ



بلوک دیاگرام فرستنده

۷ــ ۲

۸ــ کریستال کوارتز باعث پایداری فرکانس نوسان‌ساز می‌شود.

۹ــ تقویت جریان سیگنال حامل فرستنده، توسط تقویت‌کننده‌ی بافر انجام می‌شود.

۱۰ــ تقویت‌کننده‌ی قدرت RF در فرستنده‌ی AM در کلاس C کار می‌کند.

۱۱ــ طبقات تقویت‌کننده‌های RF و آشکارساز، تقویت‌کننده‌ی صوتی و قدرت و بلندگو

۱۲ــ نداشتن ضریب تقویت‌کنندگی یکنواخت در طول باند، حساسیت ضعیف، به نوسان افتادن طبقات، نداشتن انتخابگری مناسب

۱۳ــ تقویت‌کننده‌ی RF و مخلوط‌کننده، نوسان‌ساز محلی، تقویت‌کننده‌ی IF و آشکارساز AGC و تقویت‌کننده‌ی صوتی، بلندگو

۱۴ــ ۳

۱۵ــ ۴ $F_{LOSC} = F_{RF} + F_{IF} = ۷۴۵ + ۴۵۰ = ۱۱۹۵kHz$

۱۶ــ هترودایِن به معنی **مخلوط کردن** دو فرکانس است.

۱۷ــ ۳

۱۸ــ ۲

۱۹ــ ۲

۲۰ــ بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی طبقه IF توسط مدار **AGC** کنترل می‌شود.

۲۱ــ وظایف ترانسفورماتورهای IF عبارتست از : تطبیق امپدانس بین طبقات، افزایش راندمان، و باراقلایی طبقات IF

۲۲ــ جدا کردن پوش سیگنال مدوله شده‌ی پیام از سیگنال RF

۲۳ــ ۳

۲۴ــ

C = مخلوط‌کننده　　A = RF تقویت‌کننده

D = آشکارساز　　B = نوسان‌ساز محلی

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۳)

۱ــ مدولاتور فرکانس در واقع یک **نوسان‌ساز فرکانس** RF است.

۲ــ مدار پیش تأکید و تقویت‌کننده. کاربرد آن برای تقویت دامنه‌ی سیگنال‌های فرکانس بالاست.

۳ــ ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز و فرکانس $F_{IF} = ۱۰/۷MHz$

۴ــ افزایش پهنای باند تقویت‌کننده. با موازی کردن یک مقاومت با مدار هماهنگ موازی ضریب کیفیت کاهش می‌یابد.

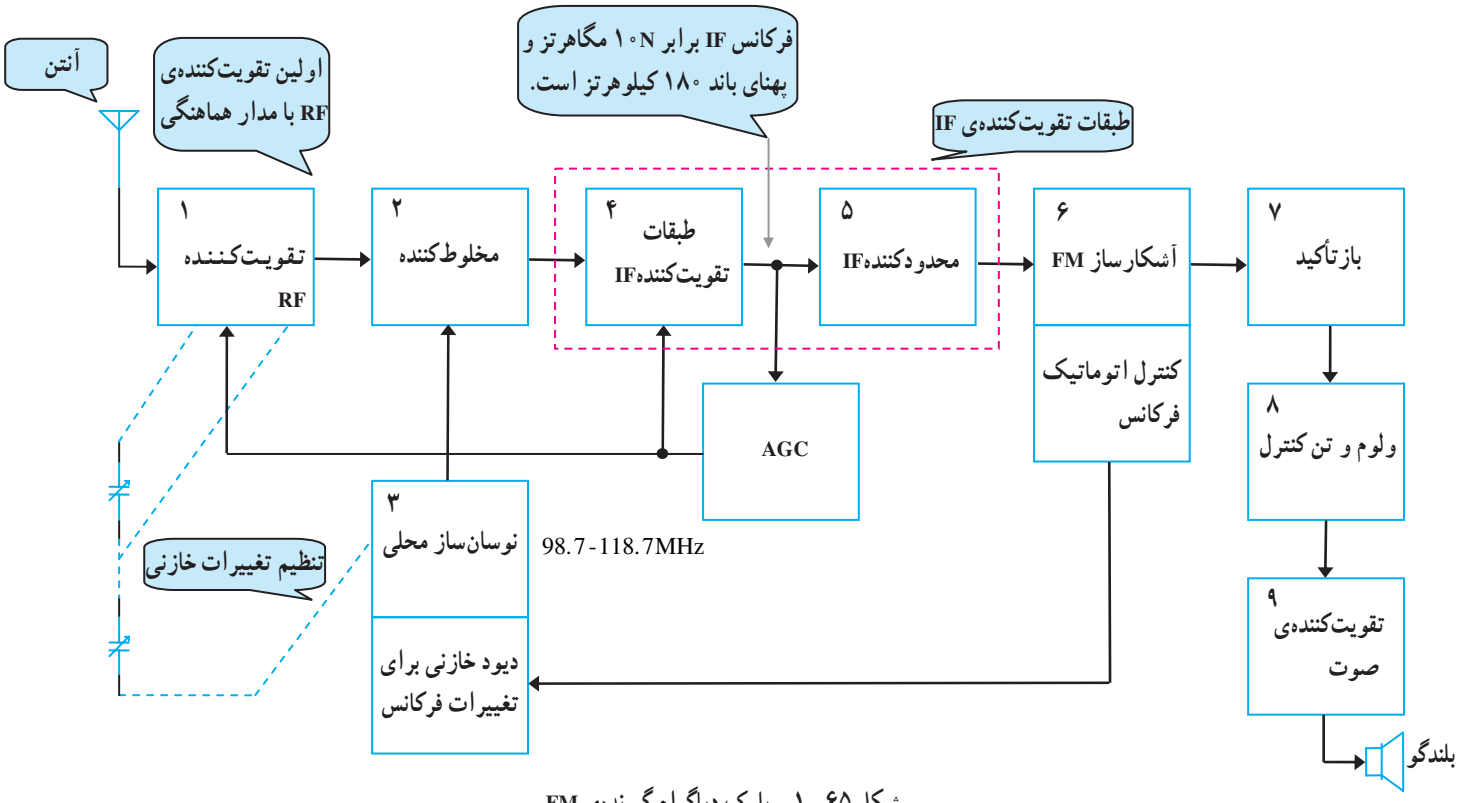
۵ــ AFC اتوماتیک کنترل فرکانس

۶ــ برای حذف نویز در گیرنده‌ی FM از مدار **محدودکننده** استفاده می‌شود.

۷ــ تضعیف دامنه‌ی سیگنال‌های فرکانس بالا در گیرنده توسط مدار باز تضعیف انجام می‌شود.

۸ــ مدار کنترل تن در گیرنده‌ی FM برای تنظیم صدای زیر و بم سیگنال صوتی است.

۹ــ شکل (۶۵ــ۱)



شکل ۶۵ــ۱ــ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی FM

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۴)

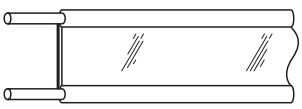
۱ــ برای انتقال انرژی الکتریکی بین فرستنده تا آنتن و همچنین از آنتن تا گیرنده از خطوط انتقال استفاده می‌شود.

۲ــ ۱

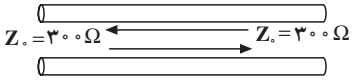
۳ــ در یک خط انتقال که در انتها، اتصال کوتاه شده است تمام انرژی منتشر شده از سوی منبع مجدداً به طرف منبع منعکس می‌شود و از ترکیب دو موج در طول خط امواج ایستا به‌وجود می‌آید؟

۴ــ $۳\times۱۰^{۸}\,m/s$

۵ــ

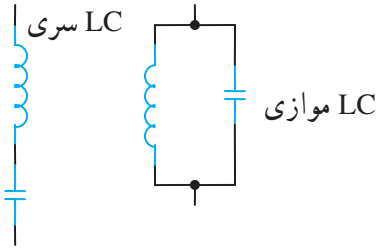


خط دوسیمه متعادل



۶ــ کابل هم محور یا نامتعادل به نام کواکسیال ۱ــ هادی داخلی ۲ــ عایق ۳ــ روکش ۴ــ هادی خارجی ۵ــروکش اصلی کابل

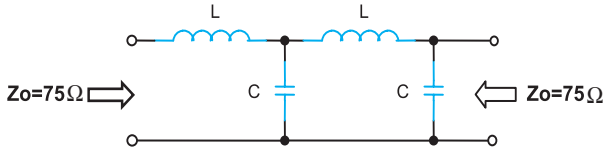
۷ــ



۸ــ یک خط انتقال در فرکانس RF دارای امپدانس مشخصه (Z_o) است که مقدار آن از رابطه $Z_o=\sqrt{\frac{L}{C}}$ به‌دست می‌آید.

۹ــ یک خط انتقال با طول معین دارای یک امپدانس خاصی است که می‌توان به عنوان یک مقاومت ظاهری در خطوط انتقال به‌کار برد.

۱۰ــ



پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۵)

۱ــ هرگونه انرژی الکتریکی ناخواسته که به راحتی در یک مدار الکتریکی ظاهر شود و روی سیگنال الکتریکی اصلی اغتشاش ایجاد کند نویز نامیده می‌شود.

۲ــ نویز داخلی، نویز خارجی، نویز ساخت بشر، نویز اتمسفری

۳ــ نسبت سیگنال به نویز ورودی به سیگنال به نویز خروجی یک تقویت‌کننده را عدد نویز گویند.

$$F = \frac{(S/N)_{in}}{(S/N)_o}$$

۴ــ

$$S/N = \left(\frac{۲۰\not{\mu V}}{۵\not{\mu V}}\right)^۲ = ۱۶ \qquad S_{RF} = ۲۰۰\mu V$$ دامنه‌ی سیگنال

$N = ۵۰\mu V$ دامنه‌ی سیگنال نویز

۵ــ با فیلتر RC، این فیلتر را روی خط انتقال و خط تغذیه قرار می‌دهند.

۶ــ نویز ناشی از حرارت

۷ــ با استفاده از ترانزیستورهای چهار پایه که پایه‌ی S ترانزیستور را به زمین مدار وصل می‌کنند.

۸ــ معمولاً تیونر گیرنده را در یک محفظه‌ی آلومینیومی قرار می‌دهند و بدنه‌ی آن‌را به زمین مدار وصل می‌کنند.

۹ــ از فیلترهای RC با خازن‌های پرظرفیت در مدارهای تغذیه گیرنده و یا دستگاه‌های صوتی استفاده شود.

۱۰ــ خیر، ولی می‌توان اثر آن را تضعیف کرد.

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی «۶»

۱ــ تولید، ارسال و دریافت انرژی به‌صورت ارتعاش در ماده.

۲ــ صدا بر اثر حرکت مولکول‌های هوا به‌وجود می‌آید، به عبارت دیگرصدا بر اثر حرکت و لرزش اشیا به‌وجود می‌آید.

۳ــ گوش بیرونی، گوش میانی، گوش درونی ــ قسمت بیرونی گوش شامل : لاله‌ی گوش، مجرای شنوایی، پرده‌ی صماخ و طبله‌ی گوش است.

۴ــ ۳

۵ــ حداقل شدت آکوستیکی را که برای تشخیص یک فرکانس لازم است، آستانه‌ی شنوایی گویند.

۶ــ ۹۰dB گزینه «۱»

۷ــ حرکت و انتشار امواج مشابه حرکت امواج آب در همه‌ی جهات است که پس از مدتی در محیط انتشار خود از بین می‌رود.

۸ــ امواج فروصوتی یا مادون صوت، امواج فراصوتی یا مافوق صوت، امواج صوتی

۹ــ در صنایع نظامی، تعیین عمق آب، کشف زیردریایی‌های غرق شده

۱۰ــ ۳

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی «۷»

۱ــ میکروفون وسیله‌ای است که انرژی مکانیکی صوتی را به نوسانات الکتریکی تبدیل می‌کند.

۲ــ میکروفون زغالی، الکترومغناطیسی، الکترودینامیکی و خازنی

۳ــ امپدانس خروجی میکروفون بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ اهم است و باند فرکانسی آن در محدوده‌ی ۳۰ هرتز تا ۱۷ کیلوهرتز قرار دارد.

۴ــ میکروفون خازنی یا الکترواستاتیکی یک خازن متغیر است که یکی از صفحات آن ثابت و دیگری متحرک بوده و به دیافراگم متصل است. با ارتعاش مولکول‌های هوا در مقابل صفحه‌ی دیافراگم (صفحه‌ی متحرک خازن) فاصله بین صفحات تغییر می‌کند و در نهایت باعث تغییر ظرفیت خازنی می‌شود.

۵ــ به سه دسته تقسیم می‌شوند یک میکروفون همه جهته که صدا را از تمام جهات دریافت می‌کند. میکروفون دو جهته که صدا را از دو جهت دریافت می‌کند و میکروفون یک جهته که صدا را فقط از یک جهت دریافت می‌کند.

۶ــ ۳ــ میکروفون الکترومغناطیسی

پاسخ‌نامه‌ی آزمون پایانی فصل «۱»

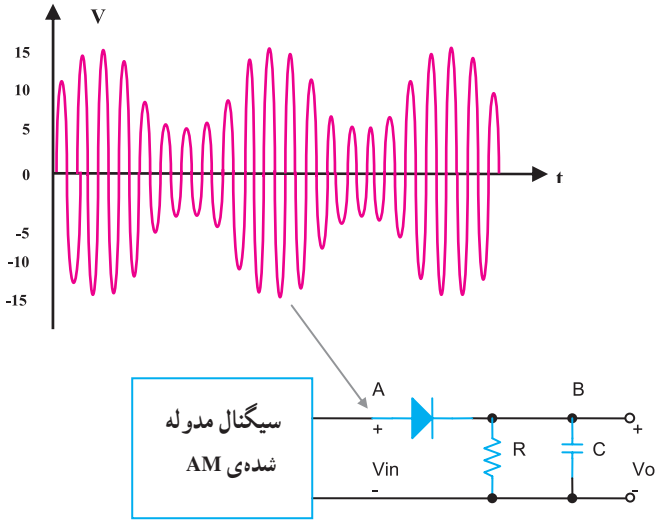
شماره سؤال	پاسخ
۱	۲
۲	۲
۳	۱
۴	۲
۵	۱
۶	۴
۷	۳
۸	۴
۹	۲
۱۰	۳
۱۱	۳
۱۲	۲
۱۳	۴
۱۴	تقویت‌کننده‌ی RF و مخلوط‌کننده‌ی طبقه صوتی و بلندگو

پاسخ‌نامه‌ی پیش‌آزمون «۲»

۱ــ مدارکنترل اتوماتیک ولتاژ (AVC) یا کنترل اتوماتیک بهره‌ی (AGC)، دامنه‌ی سیگنالIF را در گیرنده ثابت می‌کند.

۲ــ برای جلوگیری از تغییر فرکانس، از مدار کنترل اتوماتیک فرکانس استفاده می‌شود.

۳ــ



۳ــ۴

۲ــ۵

۱ــ۶

۱ــ۷

۴ــ۸

پاسخ‌نامه‌ی آزمون پایانی «۲»

۷ــ ۱) معیوب بودن دیود آشکارساز ۲) اتصال کوتاه بودن خازن فیلتر آشکارساز

۸ــ آشکارسازی است که در آن از دو مدار هماهنگی مشابه استفاده شده است.

۹ــ ۱۰/۷۷۵MHz

۱۰ــ ۱۰/۶۲۵MHz

شماره سؤال	پاسخ
۱	۳
۲	۱
۳	۲
۴	۳
۵	۳
۶	۲

پاسخ‌نامه‌ی پیش‌آزمون (۳)

شماره سؤال	پاسخ
۱	۲
۲	۴
۳	۳
۴	۲
۵	۲
۶	اگر فرکانس نوسان‌ساز محلی درگیرنده‌ی FM تغییر کند، فرکانس $I_F = ۱۰/۷MHz$ هم تغییر خواهد کرد، بنابراین در خروجی آشکارساز، پیام ظاهر نمی‌شود.
۷	۳
۸	۳

پاسخ‌نامه‌ی آزمون پایانی (۳)

۱ـ۱

۲ـ مجموعه‌ی تقویت‌کننده‌ی RF، نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کننده را تیونر گویند.

۳ـ سیگنال دریافت شده از آنتن از طریق کوپلاژ به تقویت‌کننده‌ی RF اعمال می‌شود.

۳ ـ۴

۵ـ بیس مشترک. زیرا دارای پاسخ فرکانسی و پهنای باند وسیع می‌باشد تا محدوده‌ی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز به طور یکنواخت تقویت شود.

۲ـ۶

۷ـ با تغییر ولتاژ معکوس دو سر دیود خازنی ظرفیت خازنی آن تغییر می‌کند. این تغییرات با ظرفیت خازنی C_1 به صورت سری قرار می‌گیرد و معادل آن‌ها با خازن‌های تریمر و واریابل موازی می‌شود و در نهایت ظرفیت معادل به‌دست می‌آید. $C_{eq} = \left(\frac{C_1.C_d}{C_1+C_d}\right) + T_C + V_C$ و به این ترتیب فرکانس تغییر می‌کند. $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$

۴ـ۸

۹ـ بیس مشترک

۱۰ـ آنتن L_1 و C_2 و L_2

۱۱ـ Q_1 به عنوان تقویت‌کننده‌ی RF و Q_2 مخلوط‌کننده‌ی گیرنده‌ی FM است.

۱۲ـ مقاومت R_{13} و R_2 مقاومت‌های بایاس بیس Q_1 هستند. مقاومت R_1 مقاومت امیتر Q_1 و پایداری حرارتی می‌باشد و مقاومت R_6 مقاومت کلکتور Q_1 است.

مقاومت R_5 مقاومت بایاس بیس Q_2 و R_4 مقاومت بایاس امیتر Q_2 و مقاومت R_6 مقاومت کلکتور Q_2 است.

۱۳ـ خازن C_1 کوپلاژ سیگنال رادیویی RF به امیتر ترانزیستور Q_1 است و خازن C_4 کوپلاژ سیگنال تقویت شده‌ی RF به امیتر ترانزیستور کنورتور است.

منابع و مآخذ

۱ــ ELECTRONIC COMMUNICATIONS

By: DENNIS RODDY and JOHN COOLEN. PHI

۲ــ Solid State Radio Engineering

By: Krauss and Bastion

۳ــ ELECTRONIC COMMUNICATIONS

SCHAUM'S VOCATIONAL AND TECHNICAL SERIES.

۴ــ ELECTRONICS Principles and Applications

By: schuler

۵ــ آنتن‌های زمینی ــ ماهواره‌ای، مترجم : علیرضا سرورالدین

Antennas and Transmission lines

By: THOMAS ADAMSON

۶ــ سیستم‌های فرستنده وگیرنده‌ی رادیویی AM-FM ، ترجمه و تألیف : سعادت، مجتمع دانشگاهی فنی و مهندسی.

۷ــ سیستم‌های مخابراتی الکترونیکی «جلد اول»، تألیف جُرج کندی، مترجمین : فرخ حجت کاشانی، صفی‌الدین صفوی نائینی.

۸ــ مبانی آکوستیک : لارنس نی ــ کینزلر ــ آستین آرفرای، ترجمه : دکتر ضیاءالدین اسمعیل بیگی، دکتر مهدی برکشلی.

۹ــ اصول و تعمیرات رادیو، مجتمع فنی تهران، تألیف : مهندس سعید خرازی‌زاده.

۱۰ــ کارگاه و آزمایشگاه الکترونیک سال سوم هنرستان کد ۶۳۷/۱ وزارت آموزش و پرورش.

۱۱ــ آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو، وزارت آموزش و پرورش سال سوم هنرستان کد ۴۷۲/۱ ــ مؤلفان : مهندس یدالله رضازاده، مهندس سیدمحمود صموتی.

۱۲ــ مبانی مخابرات و رادیو، وزارت آموزش و پرورش سال سوم هنرستان ــ کد ۴۶۶/۹ ــ مؤلفان : مهندس سیدمحمود صموتی، مهندس یدالله رضازاده.