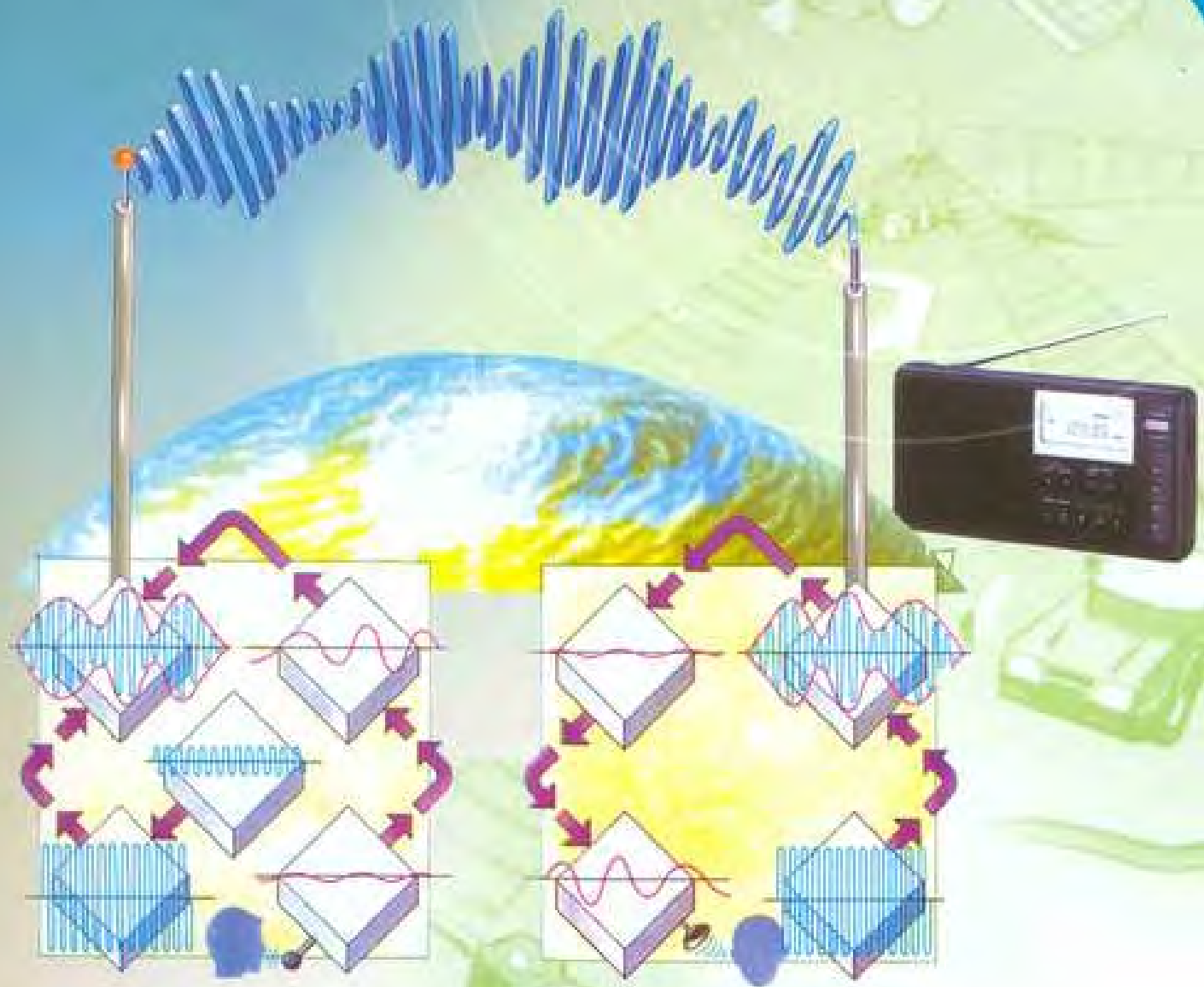
جمهوری اسلامی ایران

گیرنده های رادیویی

شاخه‌ی کاردانش (گروه تحصیلی برق)

رشته‌ی مهارتی: تعمیر تلویزیون رنگی



۶۰۵/۸

پودمانهای مهارتی شاخه‌ی کاردانش

بسم الله الرحمن الرحیم

گیرنده‌های رادیویی

شاخه‌ی: کاردانش

زمینه‌ی: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیر گروه: الکترونیک

رشته‌ی مهارتی: تعمیر تلویزیون رنگی

شماره‌ی رشته‌ی مهارتی: ۱۰۱-۳۰۲-۱۰-۱

کد رایانه‌ای رشته‌ی مهارتی: ۹۳۸۱

نام استاندارد مهارتی مبنا: تعمیر دستگاه‌های صوتی و رادیو

کد استاندارد متولی: ۷۷/۸-۵۴/۲۵

شماره‌ی درس: نظری ۸۸۵۶/۱ و عملی ۸۸۵۷/۱

۶۲۱ شیانی، محمود.
/۳۸۴ گیرنده‌های رادیویی / مؤلف: محمود شیانی. ـ تهران: شرکت صنایع آموزشی وابسته به
گ ۸۸۷ ش/ وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۳.
۱۳۸۳ ۱۵۵ص.: مصور. ـ (شاخه‌ی کاردانش؛ شماره‌ی درسی نظری ۸۸۵۶/۱ و عملی ۸۸۵۷/۱)
متون درسی شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت، گروه تحصیلی برق، زیرگروه الکترونیک، رشته‌ی مهارتی تعمیر تلویزیون رنگی.
برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
۱. رادیو ـ گیرنده‌ها. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان.

۱۳۸۳

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را درباره‌ی محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شماره‌ی ۲۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایید.

پست الکترونیکی info@tvoced.sch.ir

آدرس الکترونیکی www.tvoced.sch.ir

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب: گیرنده‌های رادیویی ـ ۴۰۵/۸

مؤلف: محمود نیائی

ویراستار فنی: مهندس سیدمحمود حسینی

ویراستار ادبی: ماهدخت طیفی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

رسام: هدیه بندار

عکاسی: استودیو عکاسی شرکت صنایع آموزشی (عباس رخ‌رخا)

صفحه‌آرا: صغری عابدی

طراح جلد: علیرضا رضائی‌نژاد

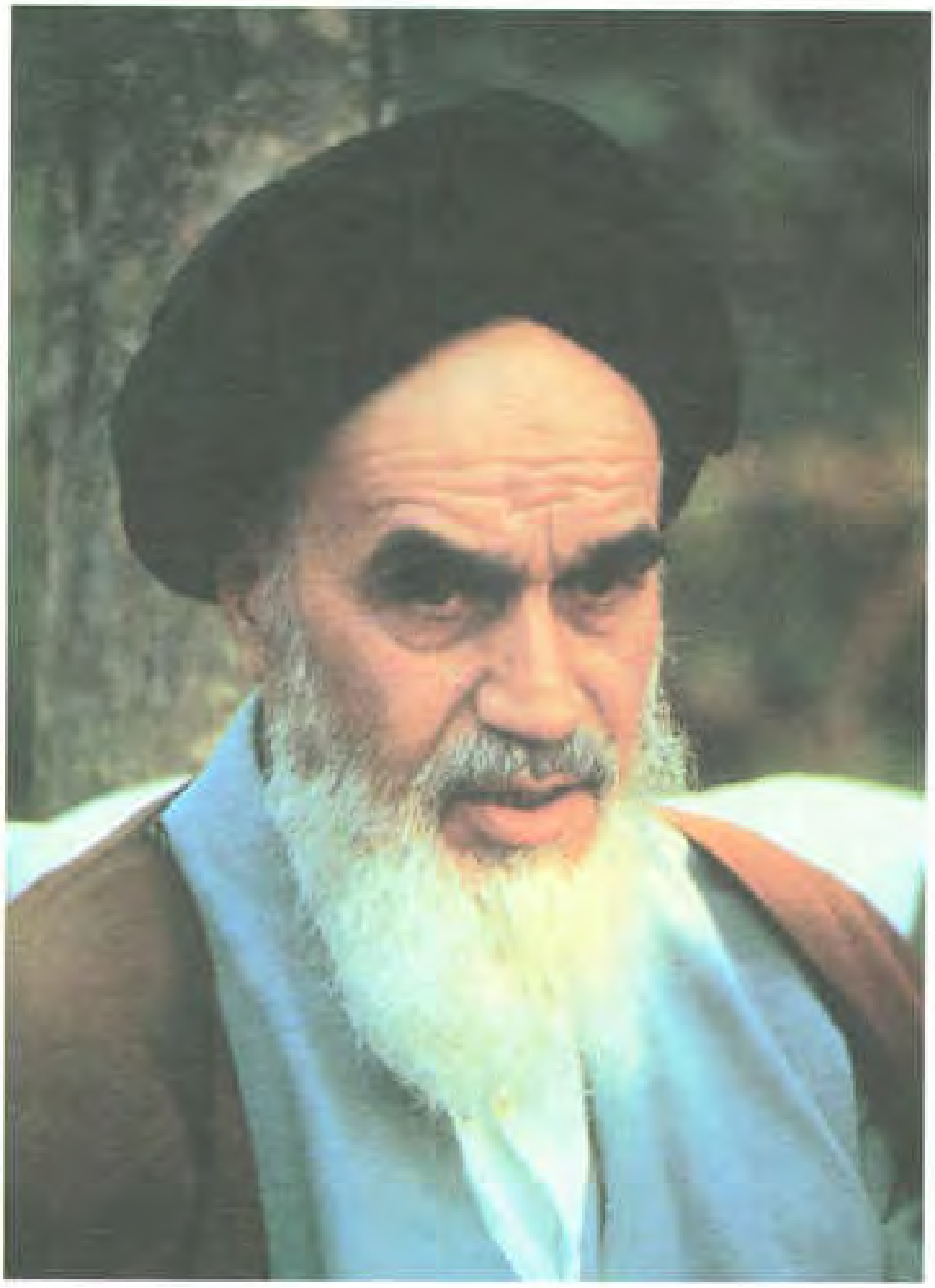
ناشر: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تهران ـ جاده‌ی مخصوص کرج ـ بعد از کیلومتر ۷ ـ ابتدای بزرگراه آزادگان به طرف جنوب، تلفن ۲۵۲۲۴۲۲، دورنگار ۲۵۰۳۷۷۰، صندوق پستی ۱۳۴۴۵/۳۷۹

چاپخانه: آتی‌بین

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۸۳

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۹۶۴-۰۵-۱۲۶۶-۴ 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 اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه‌ریزی 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 توانایی‌های هم‌خانواده (Harmonic Power) مورد مطالعه و بررسی قرارگرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم‌خانواده به‌صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم خانواده 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 سباری می‌شود.

به‌طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت (M_1 و M_2 و ...) و هر پودمان نیز به تعدادی 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 کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است، یاری رسانند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

P=Power U= Unit M=Module

پیشگفتار

حمد و ستایش پروردگاری را که جای جای هستی را با آیات و جلوه‌های خویش پیراست، تا صاحبان خرد در آن اندیشه کنند.

هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز:

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب‌های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه کاردانش، زمینه صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تألیف و چاپ شده است. این شرکت در سال ۱۳۵۴ با هدف طراحی، تولید و تأمین تجهیزات آموزشی، کمک آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی (از پیش‌دبستانی تا دانشگاه) تأسیس شده است. مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه جانبه از آموزش کشور می‌باشد. از این‌رو از آغاز تأسیس تاکنون همواره با بهره‌گیری از آخرین دستاوردها و فناوری‌های کشورهای پیشرفته صنعتی اقدام به تولید بسیاری از تجهیزات آموزشی برای کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مراکز آموزشی نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تألیف و چاپ کتاب‌های درسی می‌باشد. در تألیف این کتاب پیشکسوتان و صاحب‌نظران آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در نهایت صمیمیت، شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران قرار داده شود. شیوه نگارش این کتاب منطبق با شیوه آموزش مهارت پودمانی (Modular) می‌باشد. این شیوه آموزش مهارت، هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی در حال اجرا می‌باشد.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هر چه بهتر این شیوه نوین آموزش مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه اهداف آموزشی کتاب جامعه عمل بپوشانیم. با دستیابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز می‌توانند در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند.

شرکت صنایع آموزشی
واحد تحقیقات و طرح و برنامه

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. شیوه‌ی 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 ارائه‌ی نظرات اصلاحی خود به رفع این اشکالات در چاپ‌های بعدی یاری رسانید. امید است با تلاش همه‌ی دست‌اندرکاران تعلیم و تربیت و اسناد 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 تصیری سوادکوهی، علی مددی و خانم‌ها مهندس مهین ظریفیان، مهندس فرشته داودی و مهیلا ذوالفقاری که جهت تطبیق کتاب با استاندارد و بررسی علمی موجب بهبود کیفی کتاب شده‌اند سپاسگزاری نمایم.

مؤلف

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول ــ قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیویی FM-AM	۱
پیش‌آزمون (۱)	۳
۱ــ۱ــ مقایسه	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	۴۲
۱ــ۱۲ــ آشنایی با خطوط انتقال در فرکانس‌های بالا	۵۱
۱ــ۱۳ــ آشنایی با تویز	۵۷
۱ــ۱۴ــ آشنایی با آکوستیک	۶۷
۱ــ۱۵ــ آشنایی با انواع میکروفون	۷۲
۱ــ۱۶ــ نحوه‌ی شناسایی و تشخیص قسمت‌های مختلف گیرنده‌ی رادیویی AM - FM	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 Ave 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 AM ـ FM	۱۴	۴	۱۸
۲	۳	توانایی عیب‌یابی و تعمیر تنظیم مدار آشکارساز صوت AM ـ FM	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:

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

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

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

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

۱۹ـ ضریب مدولاسیون AM را اندازه بگیرد.

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

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۱۴	*۸+۴	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)

۱ـ مدولاسیون را تعریف کنید.

۲ـ انواع مدولاسیون را نام ببرید.

۳ـ مدولاسیون فرکانس را تعریف کنید.

۴ـ محدوده‌ی فرکانس سیگنال حامل، چند کیلوهرتز است؟

۱) ۱kHz ۲) ۳۰kHk ۳) ۳۰MHz ـ ۳۰kHz ۴) ۳۰۰MHz ـ ۳۰۰kHz

۵ـ بلوک دیاگرام فرستنده AM را رسم کنید.

۶ـ نقش آنتن در گیرنده‌ی رادیویی را شرح دهید.

۷ـ مدار معادل خطوط انتقال در فرکانس بالا را رسم کنید.

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

۹ـ آکوستیک چیست؟ شرح دهید.

۱۰ـ 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 ۲۰kHz

۱۱ـ در گیرنده‌ی رادیویی FM-AM نقش مدار نوسان‌ساز محلی و مخلوط کننده‌ی سیگنال را شرح دهید.

۱ـ۱ـ 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.

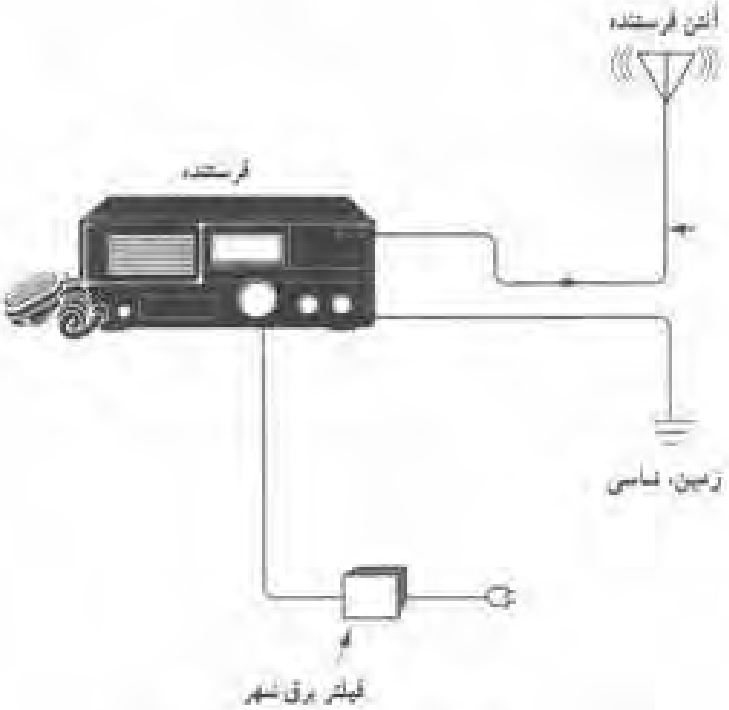
پیام را نمی‌توان مستقیماً به نقاط دور فرستاد، بلکه باید توسط مبدل‌هایی پیام‌های صوتی و تصویری را به پیام‌های قابل ارسال تبدیل کرد.

در شکل (۱ـ۱) نمونه‌ای از سیستم ارتباطی در عصر حاضر نمایش داده شده است.

شکل ۱ـ۱ ـ نمونه‌ای از سیستم مخابراتی امروزی

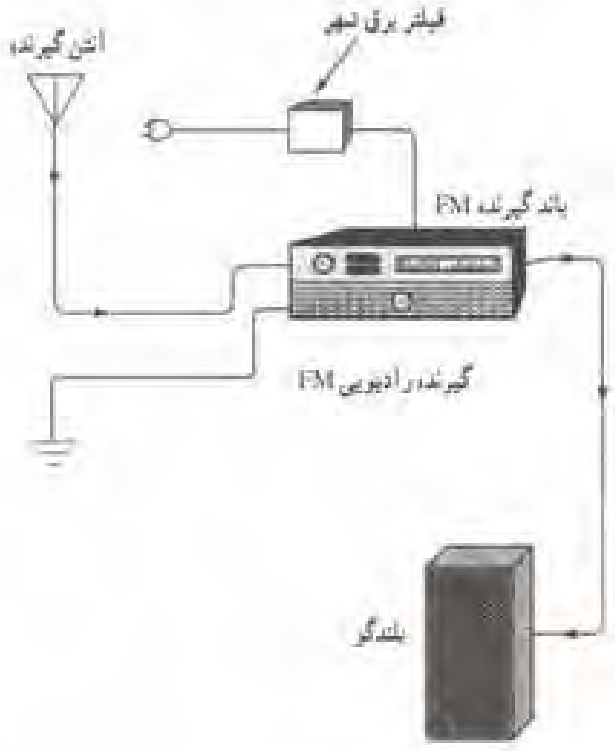
در سیستم‌های مخابراتی مانند مراکز رادیو و تلویزیونی، مخابرات دریایی، نظامی، هوایی، امداد و پلیس از وسایل ارتباطی بی‌سیم استفاده می‌شود.

در شکل (۲ـ۱) 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 ۲ـ۱ـ یک نمونه فرستنده‌ی رادیویی

در شکل (۳ـ۱) 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.

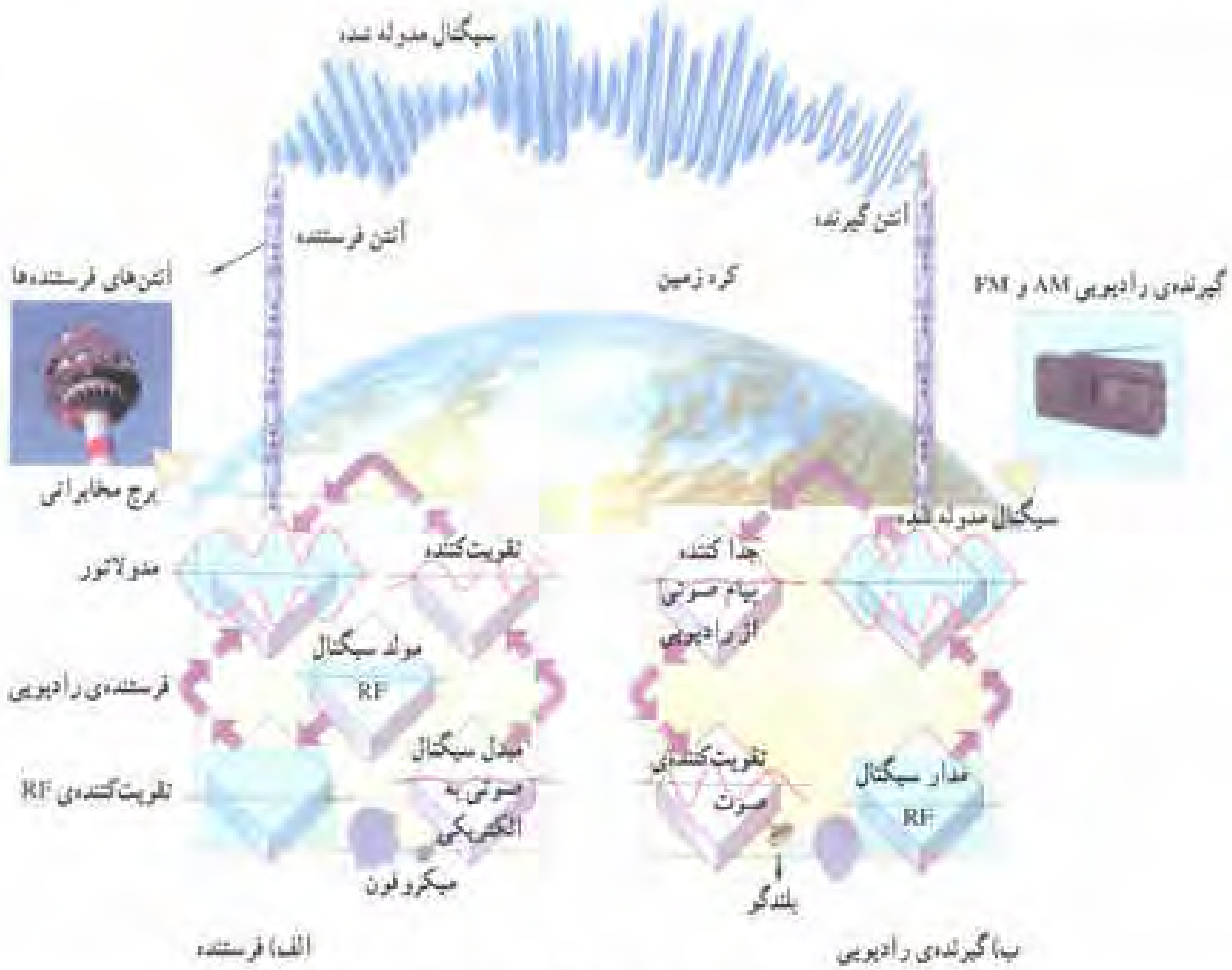


شکل ۳ـ۱ـ یک نمونه گیرنده‌ی رادیویی

۱ـ Radio Signal سیگنال رادیویی

۲ــ۱ــ اصول مدولاسیون[1]

برای ارسال پیام صوتی به نقاط دور، در مرحله‌ی اول 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 (۲ــ۱ــ 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 (۲ــ۱ــ ب) نحوه‌ی بازسازی سیگنال در گیرنده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ــ۱ــ 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):

به‌طور کلی 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.

$$fm = \frac{1}{tm} = \frac{1}{1\times10^{-3}} = 1000\,Hz$$ فرکانس سیگنال پیام

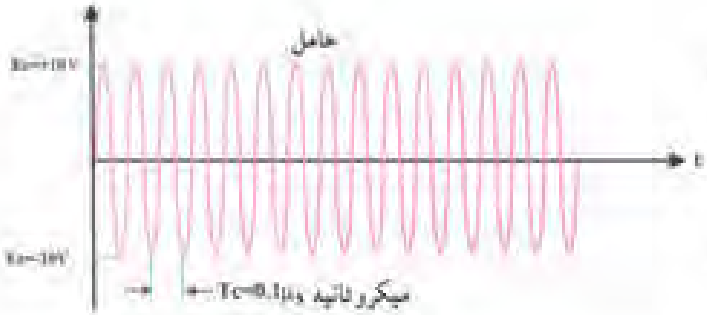
$E_m = 1V$ حداکثر دامنه‌ی پیام

شکل ۵ــ۱ ــ نمایش یک موج سینوسی صوتی

۲ــ۲ــ۱ــ مشخصات سیگنال رادیویی:

معمولاً سیگنال رادیویی در سیستم مخابراتی بی‌سیم را سیگنال حامل یا کریر[1] 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.



$$FC = \frac{1}{Tc}$$ فرکانس سیگنال حامل یا کریر

$$FC = \frac{1}{0.1\times10^{-6}} = 10{,}000{,}000\,Hz = 10\,MHz$$

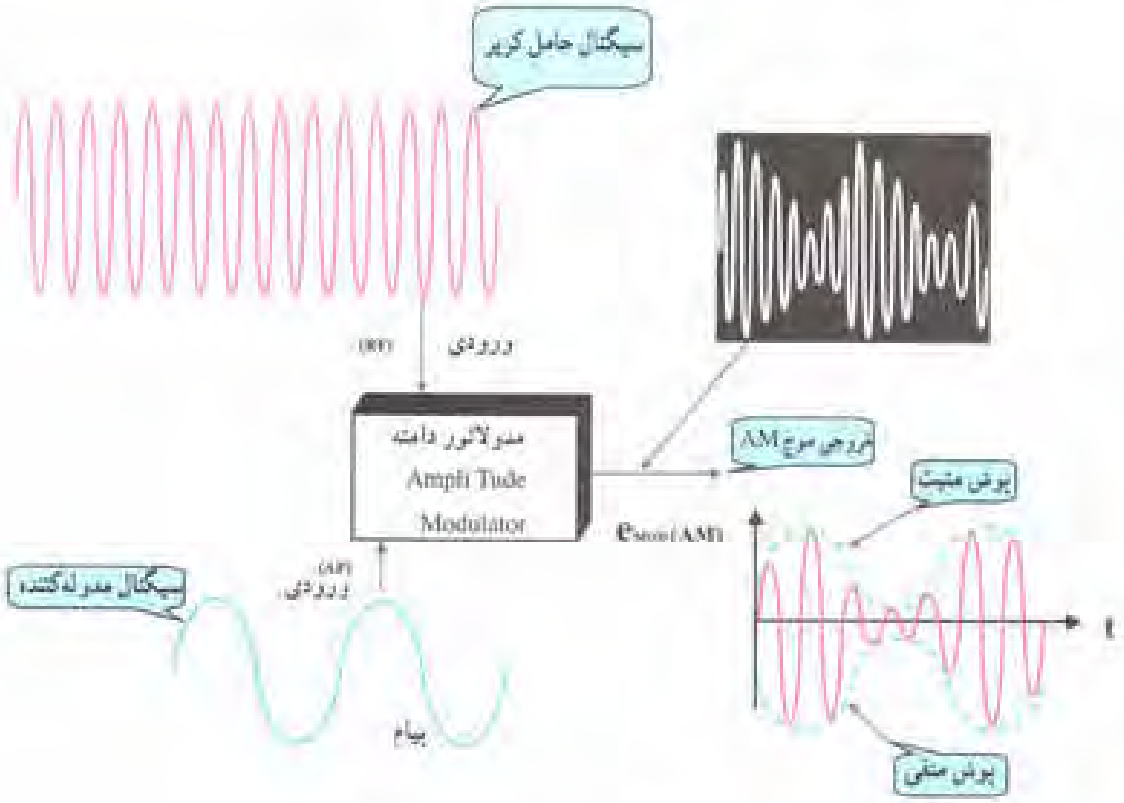
$Ec = 10V$ حداکثر دامنه‌ی کریر

شکل ۶ــ۱ــ نمایش یک موج سینوسی رادیویی

۱ــ Carrier حامل

۳ـ۲ـ۱ـ تعریف مدولاسیون: عمل سوار کردن 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 بودمان فقط به بررسی **مدولاسیون دامنه**[1] (AM) و **فرکانس** (FM) می‌پردازیم.

۴ـ۲ـ۱ـ مدولاسیون دامنه AM: در مدولاسیون AM، دامنه سیگنال حامل، متناسب با سیگنال پیام تغییر می‌کند. در این حالت فرکانس سیگنال حامل، ثابت است. شکل (۷ـ۱) عمل مدولاسیون دامنه را نشان می‌دهد. به مداری که عمل مدولاسیون را انجام می‌دهد **مدولاتور**[2] می‌گویند. تغییرات دامنه موج مدوله شده را، **پوش مدولاسیون**[3] می‌نامند. پوش مدولاسیون شباهت زیادی به سیگنال پیام دارد.



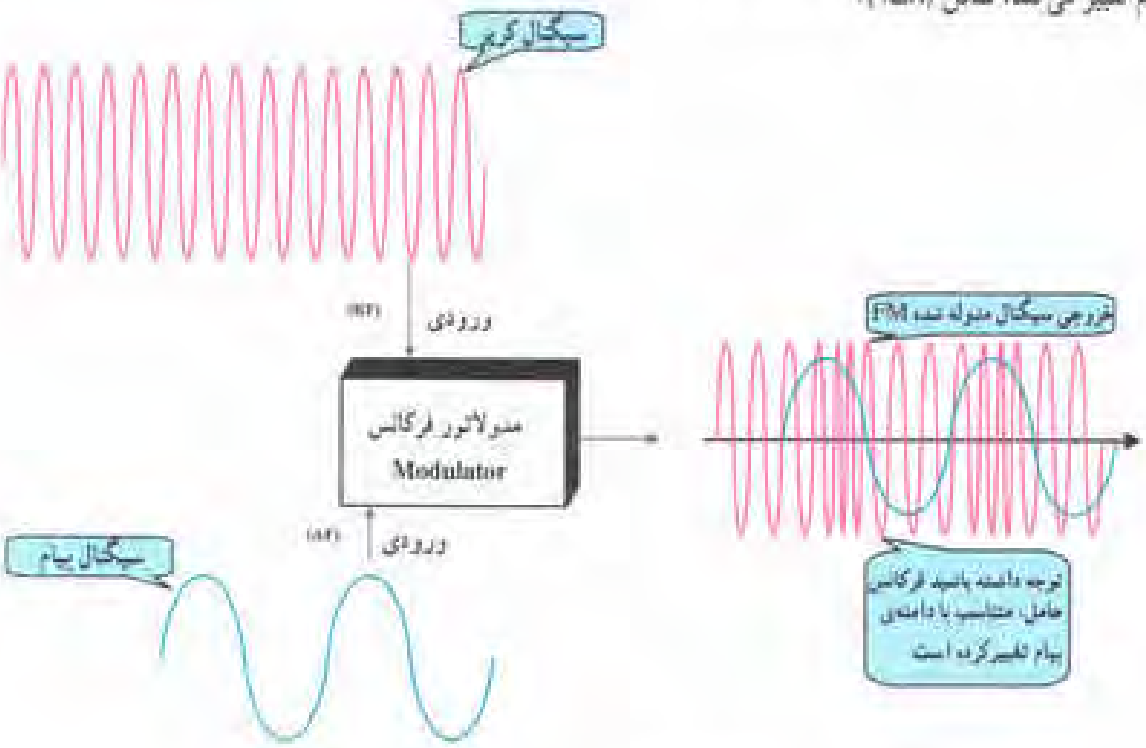
شکل ۷ـ۱ـ نحوه‌ی انجام مدولاسیون دامنه

۱ـ Amplitud modulation مدولاسیون دامنه

۲ـ Modulator مداری که عمل مدولاسیون توسط آن انجام شود

۳ـ Modulation envelope پوش مدولاسیون

۵ـ۲ـ۱ـ مدولاسیون فرکانس یا FM[1]: در مدولاسیون FM، دامنه‌ی سیگنال حامل ثابت است ولی مقدار فرکانس آن متناسب با دامنه‌ی پیام تغییر می‌کند، شکل (۸ـ۱).



شکل ۸ـ۱ـ نحوه‌ی انجام مدولاسیون فرکانس FM

۳ـ۱ـ 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.

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

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

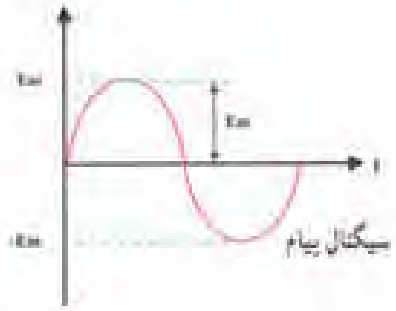
ضریب مدولاسیون عددی بین ۰ و ۱ است که اگر در عدد صد ضرب و برحسب درصد بیان شود آن را درصد مدولاسیون می‌گویند و با M نشان می‌دهند.

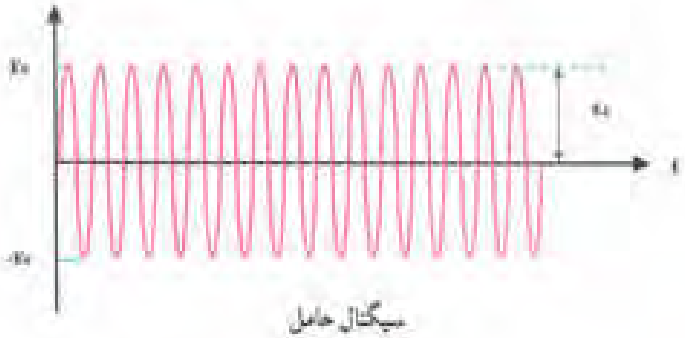
۱ـ FM=Frequency Modulation مدولاسیون فرکانس

مقدار ضریب مدولاسیون را می‌توان با استفاده از شکل (۹ـ۱) و رابطه زیر به‌دست آورد.

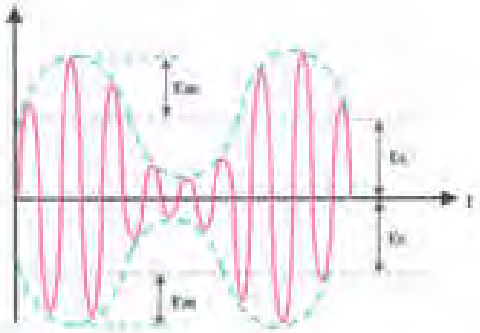
$$m = \frac{Em}{Ec}$$
$$M = \frac{Em}{Ec} \times ۱۰۰$$

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



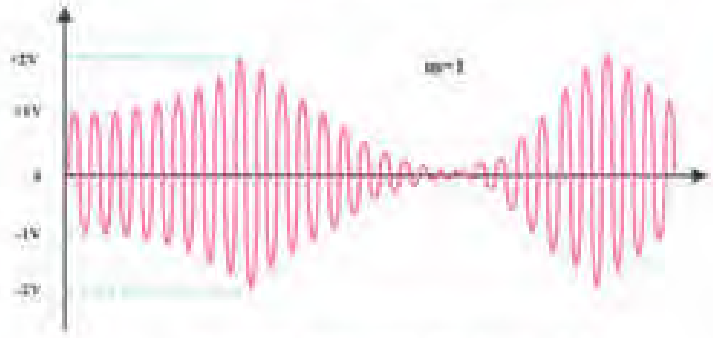


سیگنال حامل



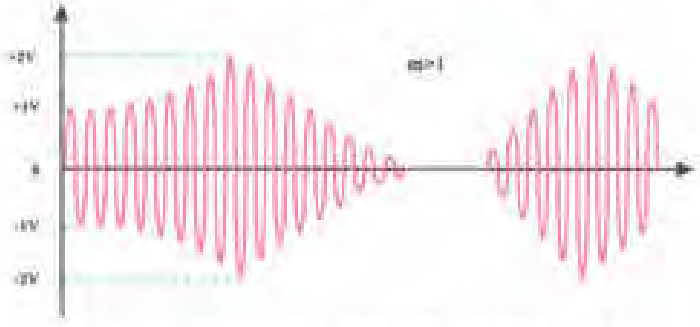
شکل ۹ـ۱ـ موج مدوله‌ی AM

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 ۱۰ـ۱ـ مدولاسیون صددرصد (m = ۱)

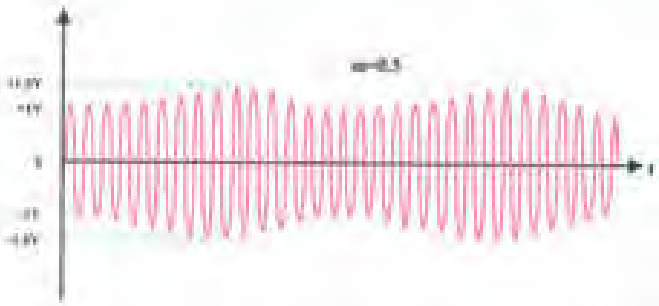
۱ـ۳ـ۱ـ مدولاسیون صددرصد: برای داشتن مدولاسیون صددرصد باید نسبت دامنه‌های دو سیگنال پیام و حامل، برابر یک شود یعنی Em = Ec باشد، شکل(۱۰ـ۱).



شکل ۱۱ـ۱ـ مدولاسیون بیشتر از صددرصد (m > ۱)

۲ـ۳ـ۱ـ 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 (۱۱ـ۱) این مدولاسیون را نشان می‌دهد.

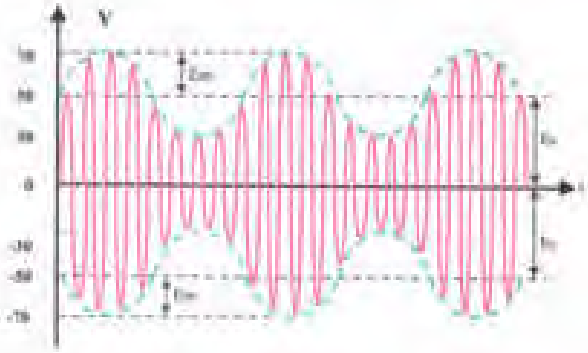
۳ـ۳ـ۱ـ مدولاسیون کمتر از صددرصد: در این مدولاسیون دامنه‌ی سیگنال پیام کوچک‌تر از دامنه‌ی سیگنال حامل است. شکل (۱۲ـ۱) این نوع مدولاسیون را نشان می‌دهد. در مدولاسیون AM، عملاً از مدولاسیون کمتر از صددرصد استفاده می‌شود.



شکل ۱۲ـ۱ ـ نمایش مدولاسیون در حالتی که $m < 1$ است

مثال: ضریب مدولاسیون موج AM را با توجه به شکل (۱۳ـ۱) به‌دست آورید.

با توجه به شکل داریم:



شکل ۱۳ـ۱

$$Em = ۷۰ - ۵۰ = ۲۰v$$

$$Ec = ۵۰v$$

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

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

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

۴ـ۱ـ مشخصات کلی مدولاسیون دامنه

۱ـ۴ـ۱ـ پهنای باند[1]: اگر خروجی مدار مدولاتور AM را به اسیلوسکوپ وصل کنیم (شکل ۱۲ـ۱ـ 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 ۱۲ـ۱ـ ج) نشان می‌دهد.

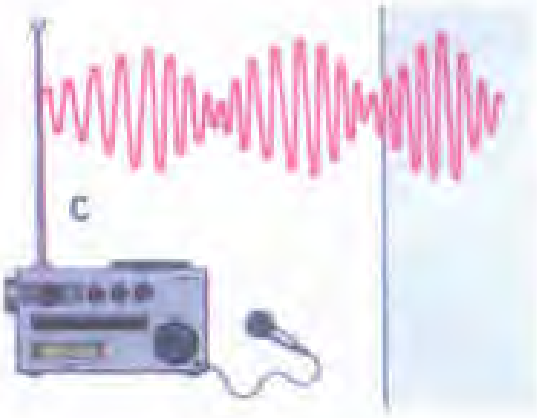
دستگاه طیف‌نما مانند اسیلوسکوپ است با این تفاوت که در آن محور افقی، بیانگر فرکانس و محور عمودی نشان‌دهنده‌ی مقدار دامنه ولتاژ است.

اگر فرکانس سیگنال پیام براور یا FM باشد دو محدوده‌ی فرکانسی در بالا و پایین فرکانس حامل ایجاد می‌شود (شکل ۱۲ـ۱ـ 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.

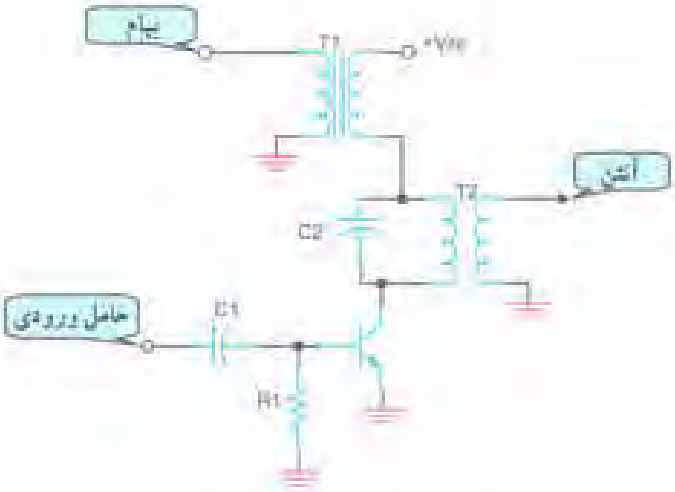
$$Bw = USF - LSF$$

$$Bw = ۲Fm$$

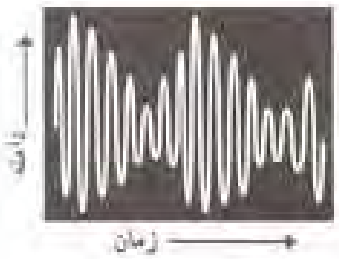
شکل ۱۲ـ۱ـ د ـ نمایش AM در طیف‌نما



شکل ۱۲ـ۱ـ الف



شکل ۱۲ـ۱ـ ب ـ مدولاتور دامنه



شکل ۱۲ـ۱ـ ج ـ نمایش AM در اسیلوسکوپ

شکل ۱۲ـ۱ـ نمایش موج AM روی دستگاه اسیلوسکوپ و طیف‌نما

۱ـ Band Width پهنای باند

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

۳ـ Side Band باند کناری

۲ـ۴ـ۱ـ بهنای باند در گیرنده‌های تجارتی AM:
در گیرنده‌های تجارتی AM، حداکثر فرکانس پیام را ۵ کیلوهرتز درنظر می‌گیرند. بنابراین بهنای باند در گیرنده‌های تجارتی AM، ۱۰ کیلوهرتز است.

مثال: بهنای باند سیگنال موج AM را در شکل (۱۵ـ۱)، به‌دست آورید.

باند کناری پایین $LSF = 995kHz$[1]

فرکانس حامل $fc = 1000kHz$

باند کناری بالا $USF = 1005kHz$[2]

بهنای باند $Bw = USF - LSF$

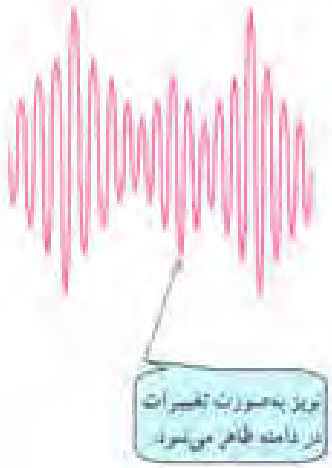
$Bw = 1005kHz - 995kHz = 10kHz$

و یا از طریق $Bw = 2fm$

$Bw = 2 \times 5kHz = 10kHz$

شکل ۱۵ـ۱ـ نمایش موج AM روی دستگاه طیف‌نما

۳ـ۴ـ۱ـ اثر پذیرش نویز: معمولاً نویز برروی دامنه‌ی سیگنال مدوله شده، سوار می‌شود. در این حالت نویز با پیام جمع می‌شود (شکل ۱۶ـ۱) و روی سیگنال باز سازی شده اثر می‌گذارد.

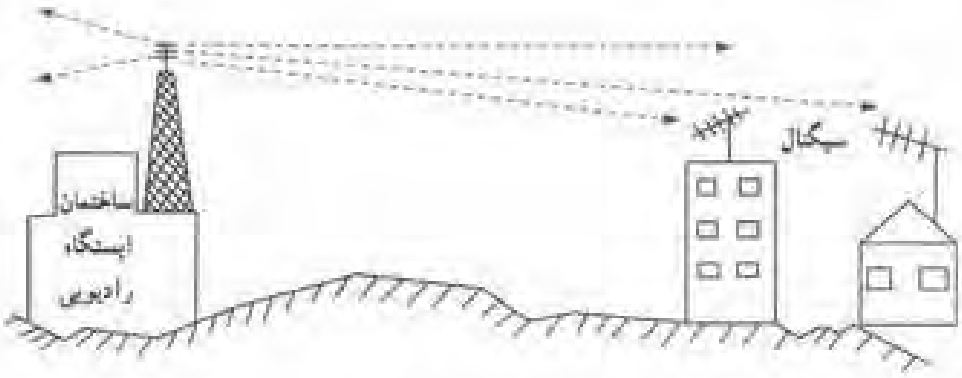


شکل ۱۶ـ۱ـ موج مدوله شده AM آلوده به نویز

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

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

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.

$$m_f = \frac{\Delta f \text{ انحراف فرکانس}}{fm \text{ فرکانس پیام}}$$

در گیرنده‌ی تجارتی FM

$\Delta f_{max} = ۷۵kHz$

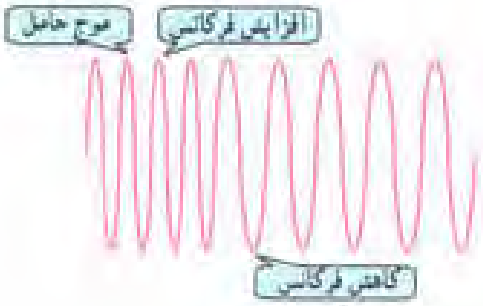
$fm_{max} = ۱۵kHz$

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

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.



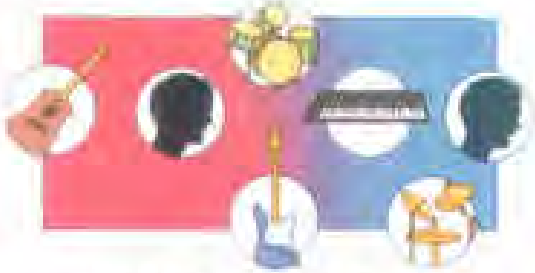
شکل ۱۸ــ۱ ــ مدولاسیون فرکانس

باندهای کناری مدولاسیون فرکانس

شکل ۱۹ــ۱ــ پهنای باند سیگنال FM

۱ــ۶ــ۱ــ محدوده‌ی باند فرکانس FM: باند

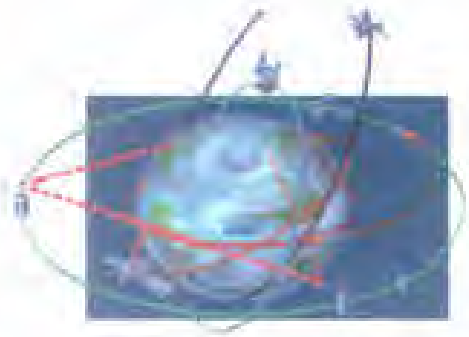
ایستگاه‌های رادیویی FM برای پخش پیام صوتی در محدوده‌ی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز قرار دارد. این باند، استاندارد است. تمام ایستگاه‌های رادیویی FM در این محدوده قرار دارند.



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؟

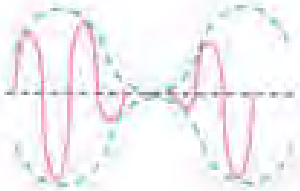
۱ــ ۲۰kHz ۲ــ ۳۰MHz ۳ــ ۲۰Hz ۴ــ ۳۰Hz

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 $m = 1$ ۲ــ $m < 1$

۳ــ $m > 1$ ۴ــ $m = 0/5$

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

۷ــ اگر در سیگنال AM، فرکانس حامل $f_c = 200kHz$ و فرکانس سیگنال پیام $f_m = 2kHz$ باشد، مقادیر فرکانس‌های باندهای کناری و پهنای باند موج AM را محاسبه کنید.

۸ــ 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.

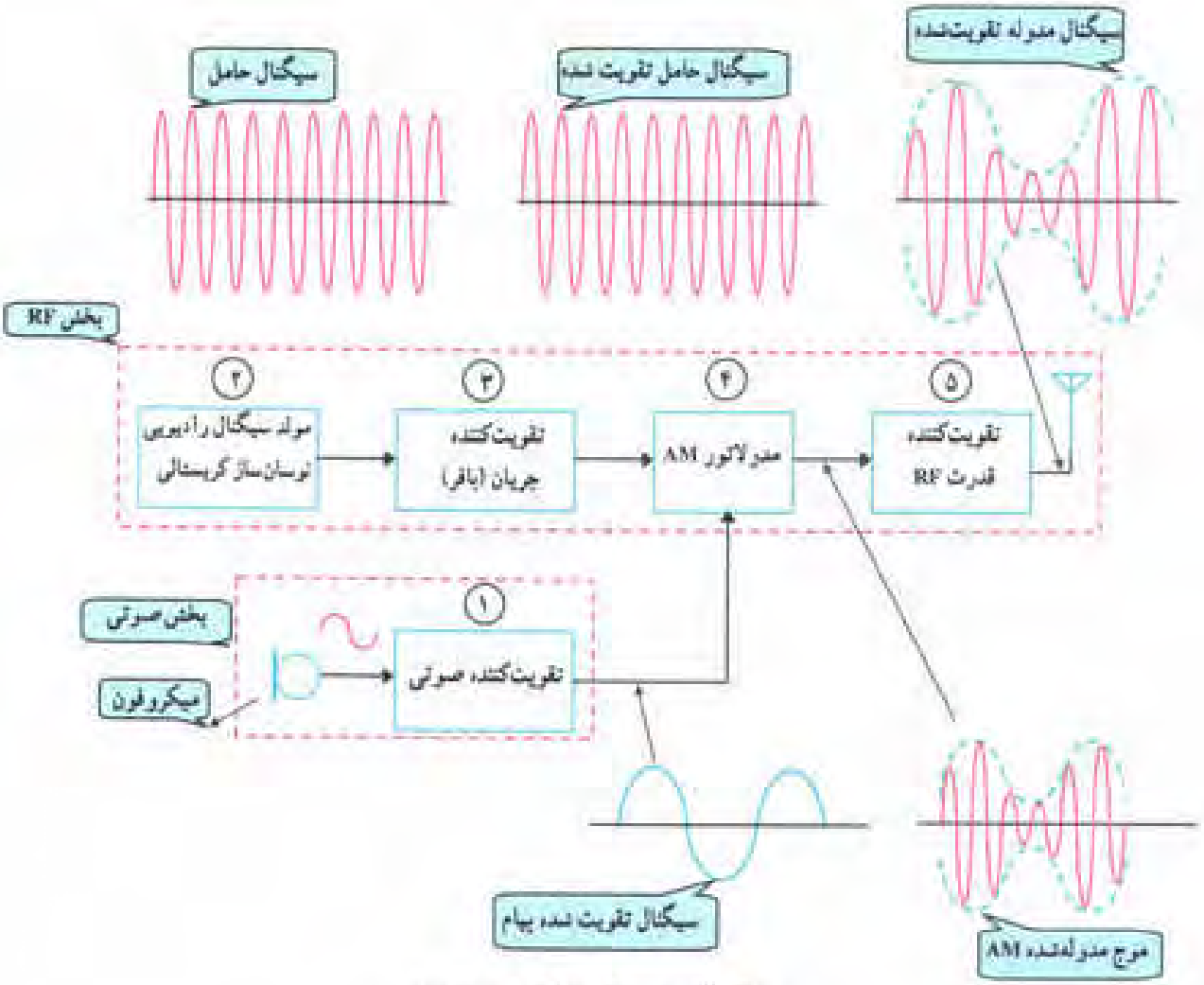
۱۲ــ در یک فرستنده‌ی FM، انحراف فرکانس حامل، ۴۵ کیلوهرتز و فرکانس پیام ۱۵ کیلوهرتز است. ضریب مدولاسیون FM را به‌دست آورید.

۷ـ۱ـ فرستنده AM

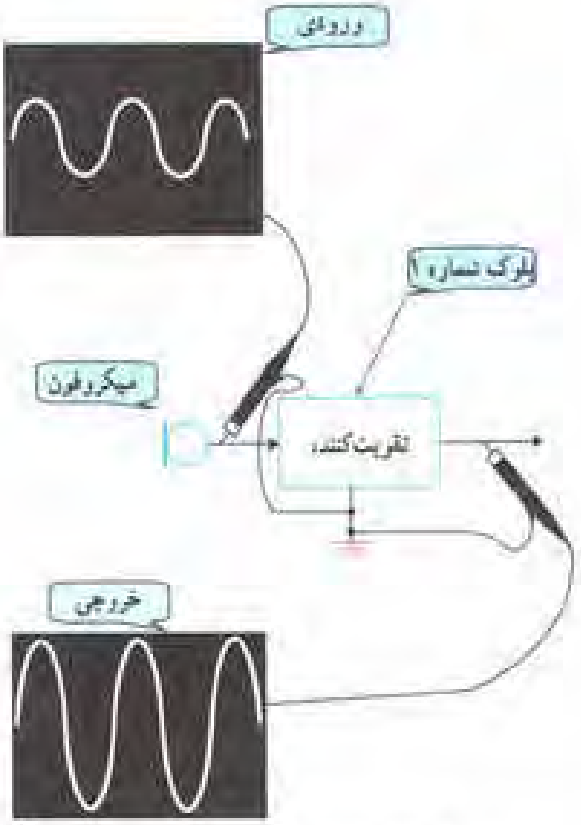
در این قسمت ابتدا به بررسی بلوک دیاگرام فرستنده رادیویی AM می‌پردازیم و پس از بیان وظایف هر بلوک، با برخی از مدارهای الکترونیکی فرستنده آشنا می‌شوید.

۱ـ۷ـ۱ـ بلوک دیاگرام فرستنده رادیویی AM:

شکل (۲۲ـ۱) 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.



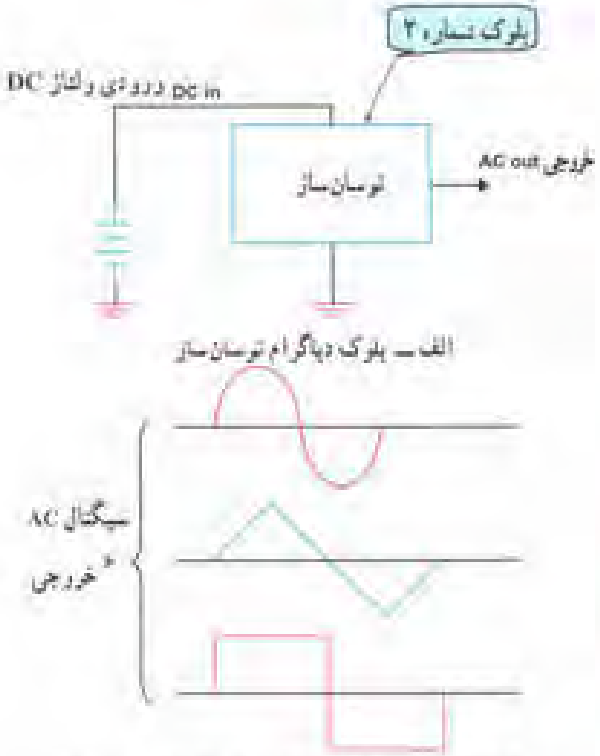
شکل ۲۲ـ۱ـ بلوک دیاگرام فرستنده AM



شکل ۲۳ـ۱ـ بلوک تقویت کننده‌ی صوتی

۲ـ۷ـ۱ـ تقویت‌کننده صوتی بلوک ۱: در این بلوک، سیگنال صوتی ابتدا توسط میکروفون به سیگنال‌های الکتریکی نسبتاً ضعیف، تبدیل و سپس توسط یک تقویت‌کننده، تقویت می‌شود. در شکل (۲۳ـ۱) 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.



الف ـ بلوک دیاگرام توسان‌ساز

ب ـ انواع شکل موج که توسط توسان‌ساز تولید می‌شود.

شکل ۲۴ـ۱ـ توسان‌ساز در فرستنده AM

۳ـ۷ـ۱ـ توسان‌ساز[1] سیگنال حامل (RF) بلوک ۲: در فرستنده برای تولید سیگنال سینوسی با فرکانس حامل، از توسان‌ساز RF استفاده می‌شود. در شکل (۲۴ـ۱) اساس کار یک توسان‌ساز با انواع شکل موج‌هایی که می‌تواند تولید کند، نمایش داده شده است.

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

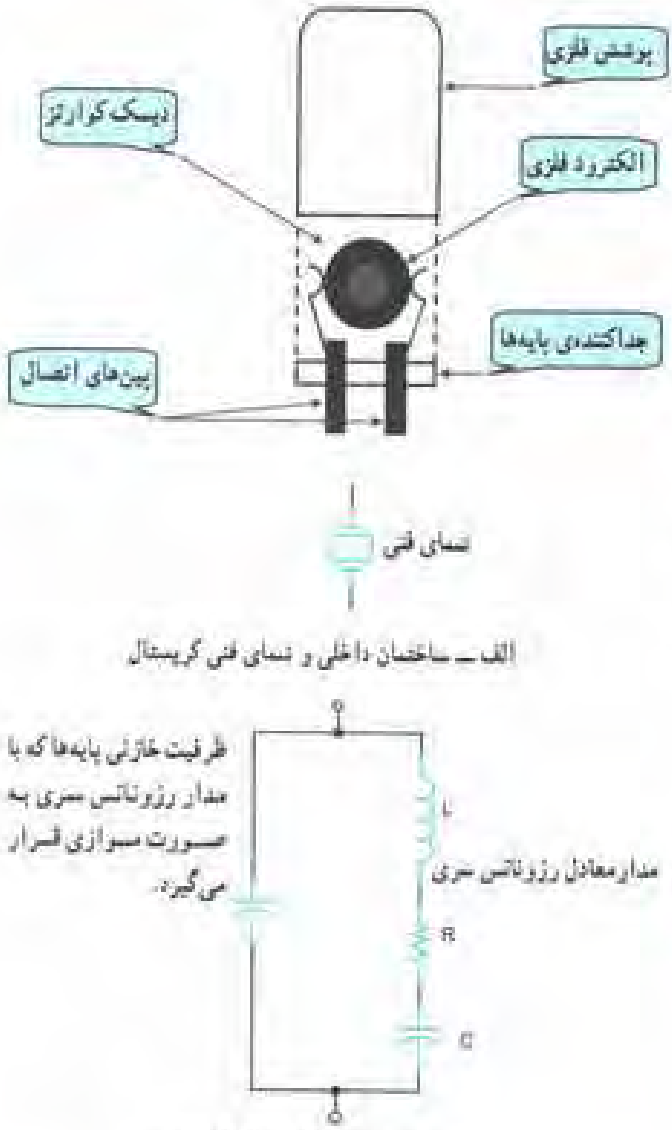
1ـ Oscillator

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 (۲۵ـ۱ـ الف) ساختمان داخلی و شمای فنی و در شکل (۲۵ـ۱ـ ب) مدار معادل LC کریستال نشان داده شده است.



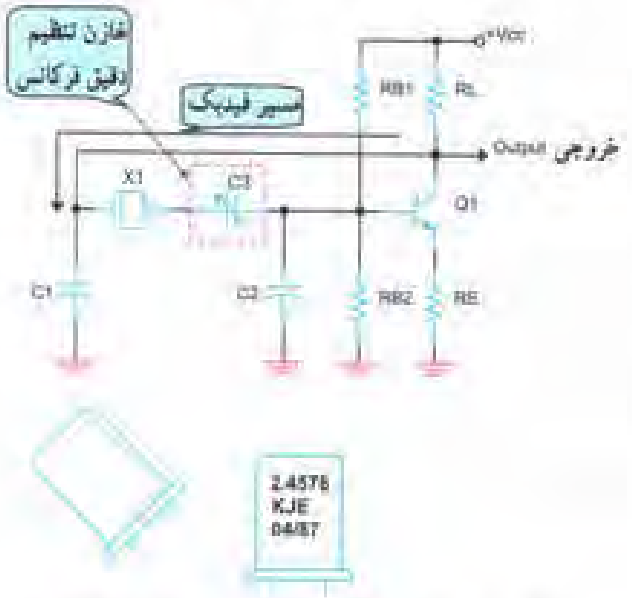
شکل ۲۵ـ۱ـ کریستال جهت ثبات فرکانس نوسان‌ساز فرستنده

کریستال کوارتز باعث پایداری فرکانس نوسان‌ساز می‌شود.

در شکل (۲۶ـ۱) یک نمونه مدار نوسان‌ساز کریستالی را مشاهده می‌کنید.

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

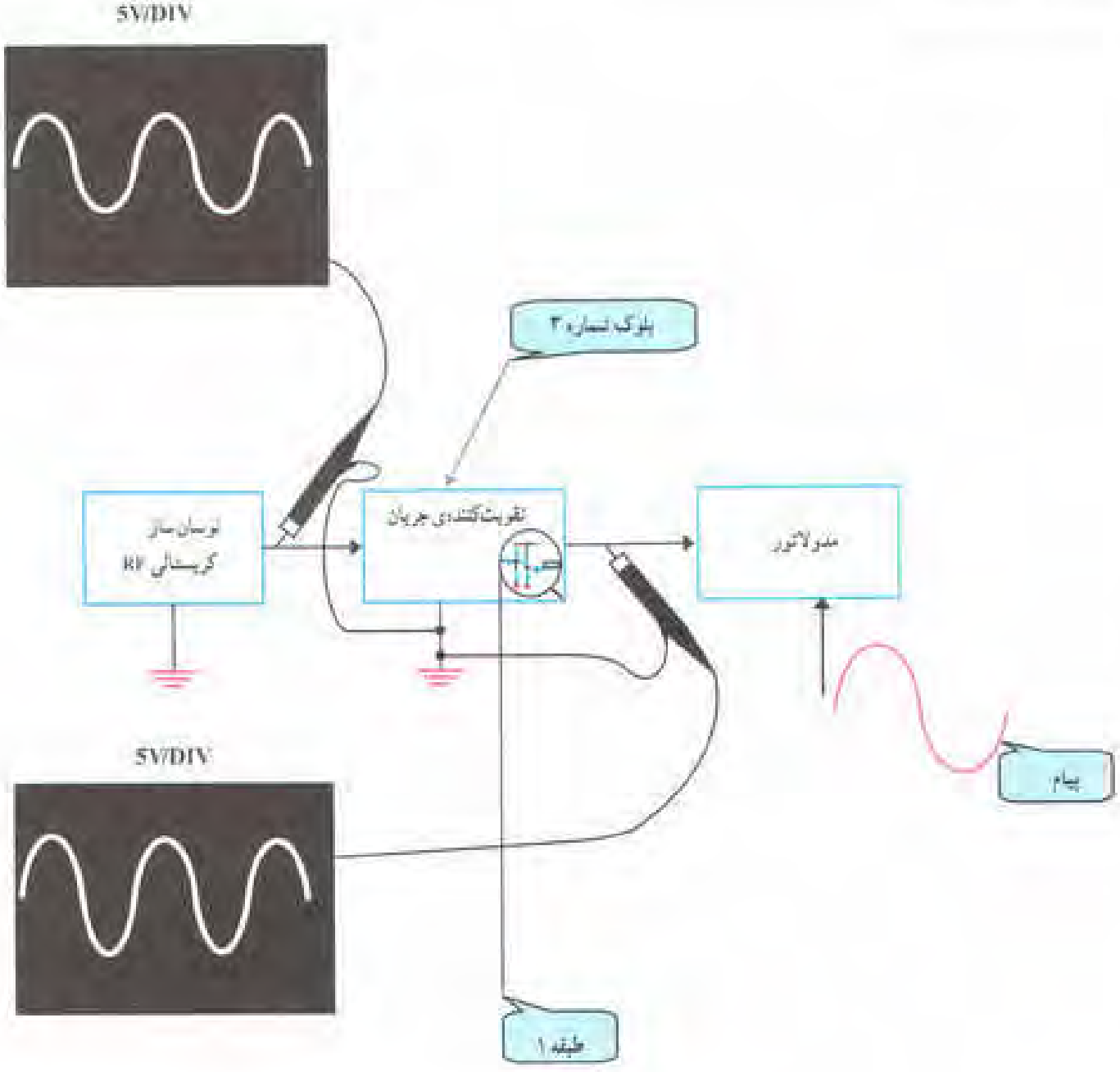
برای تنظیم دقیق فرکانس خروجی نوسان‌ساز معمولاً از یک خازن متغیر با ظرفیت کم (تریمر) استفاده می‌شود. در مدار نوسان‌ساز شکل (۲۶ـ۱) خازن C۳ وظیفه تنظیم دقیق مقدار فرکانس را به عهده دارد.



شکل ۲۶ـ۱ـ نوسان‌ساز کریستالی و شکل ظاهری کریستال

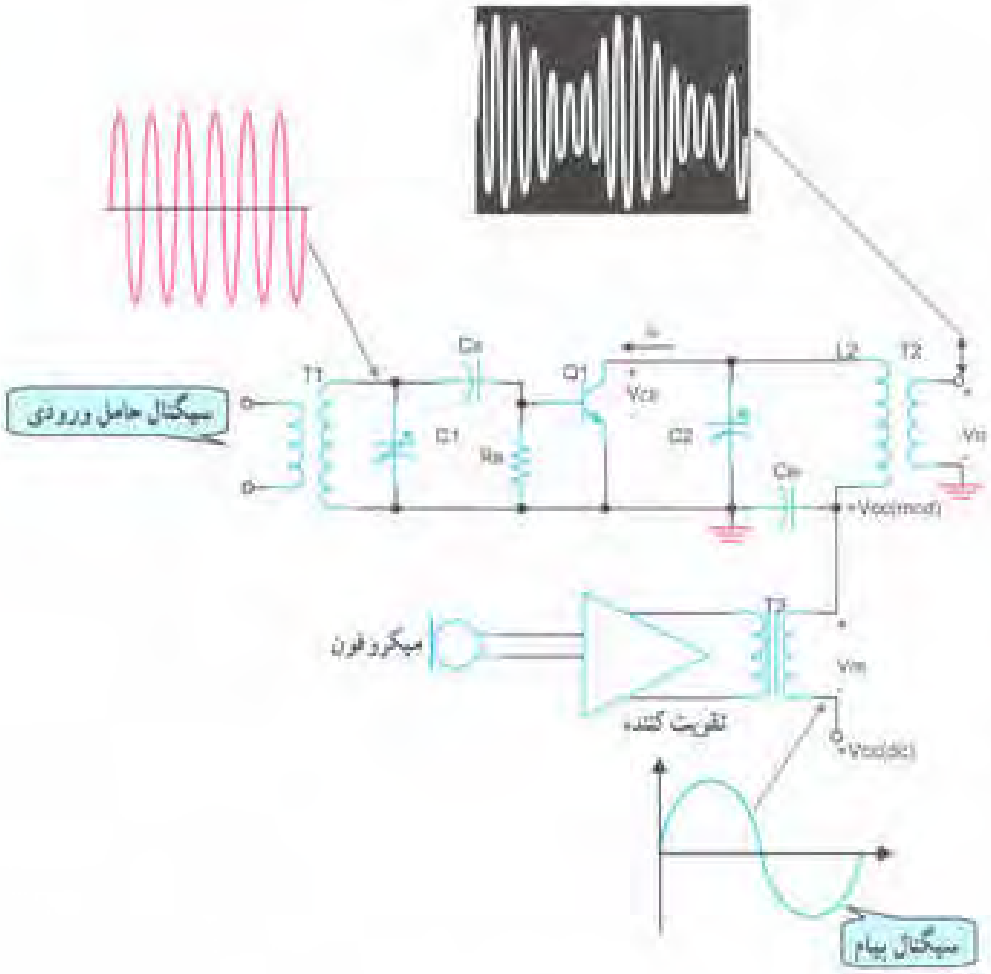
۴ـ۷ـ۱ـ تقویت کننده‌ی جریان بلوک ۳: سیگنال

خروجی نوسان‌ساز RF قبل از این که به مدولاتور وارد شود باید تقویت جریان شود. برای تقویت این سیگنال از یک تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک یا بافر، قبل از مدولاتور استفاده می‌شود. شکل (۲۷ـ۱) سیگنال خروجی و ورودی تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک را نشان می‌دهد.

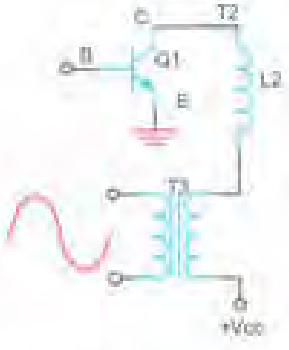


شکل ۲۷ـ۱ـ تقویت کننده‌ی جریان

۵ـ۷ـ۱ـ مدولاتور دامنه‌ی AM بلوک ۴: یک نمونه مدار مدولاتور دامنه، در شکل (۲۸ـ۱) 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_2 شکل (۲۹ـ۱) و سیم‌پیچ اولیه ترانس T_2 یعنی L_1 به کلکتور ترانزیستور Q_1 می‌رسد.

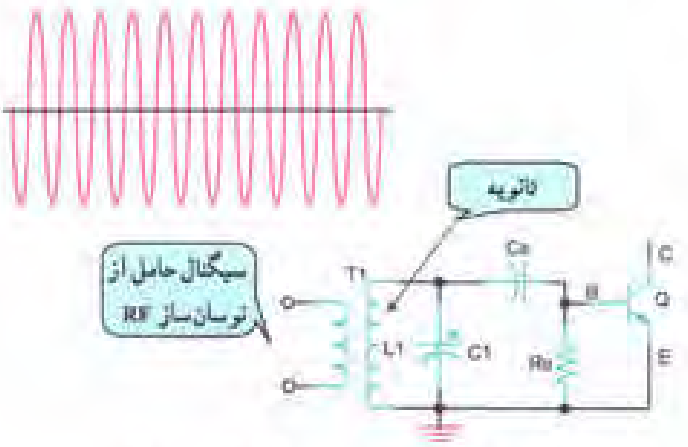


شکل ۲۸ـ۱ـ مدار نمونه مدولاتور دامنه



شکل ۲۹ـ۱ـ نحوه‌ی رسیدن سیگنال پیام به مدولاتور

سیگنال حامل با کریر طبق شکل (۳۰ـ۱) به مدارهای هماهنگ موازی شامل سیم‌پیچ ثانویه ترانس T_1 (L_{ss}) و خازن C_1 وارد می‌شود. سپس از طریق خازن کوپلاژ C_{11}، بیس ترانزیستور را تغذیه می‌کند.

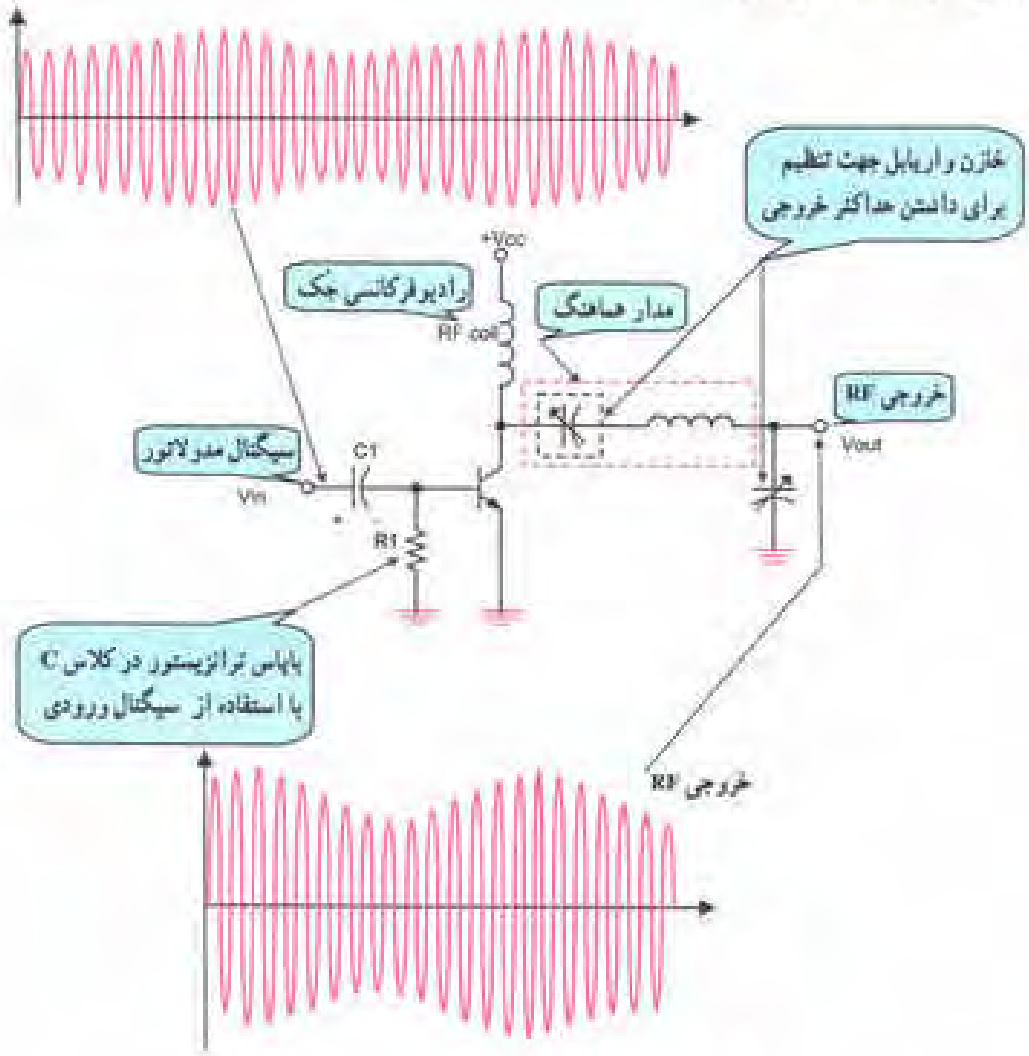


شکل ۳۰ـ۱ـ نحوه‌ی رسیدن سیگنال RF به مدولاتور

۶ـ۷ـ۱ـ 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.

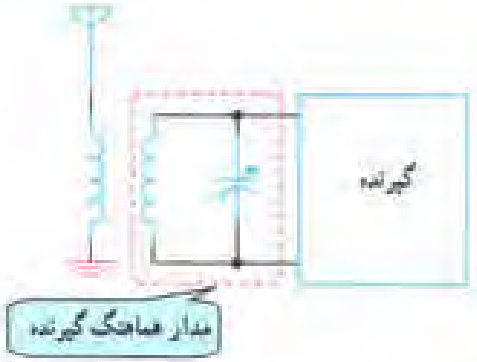
تقویت‌کننده‌ی قدرت رادیویی از نوع کلاس C است. در شکل (۳۱ـ۱) یک نمونه تقویت‌کننده‌ی قدرت RF کلاس C را مشاهده می‌کنید.

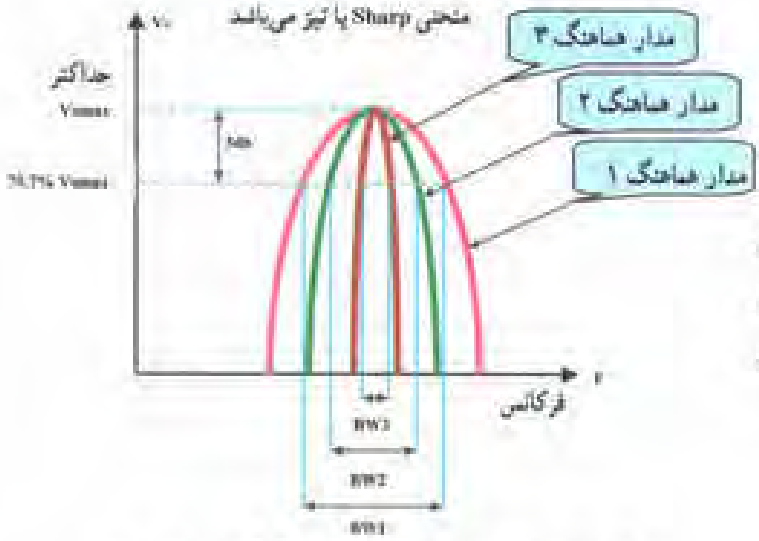


شکل ۳۱ـ۱ـ مدار تقویت کننده‌ی RF در فرستنده AM بلوک ۵

۸ـ۱ـ 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.

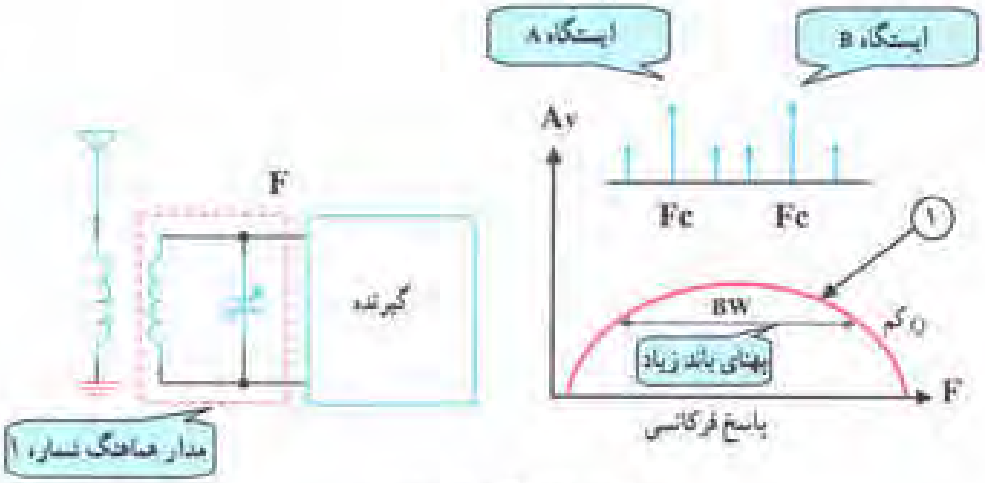




شکل ۳۲ـ۱ـ پاسخ فرکانسی مدار هماهنگ گیرنده‌های رادیویی

۱ـ۸ـ۱ـ 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 (۳۲ـ۱).

با توجه به شکل (۳۳ـ۱ـ 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.

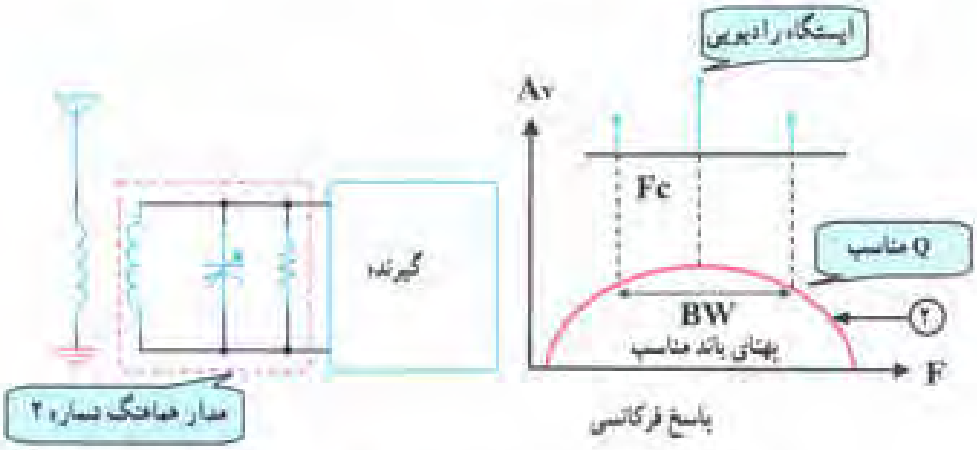


الف ـ انتخابگری خوب نیست.

۱ـ Selectivity انتخابگری

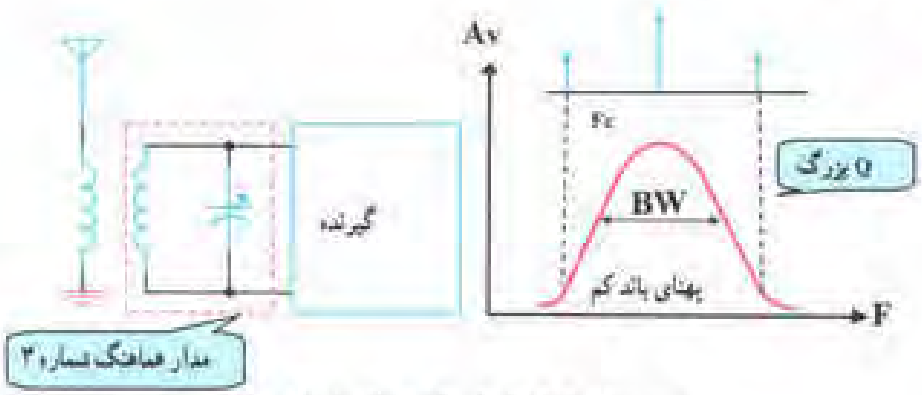
۲ـ Sharp

پهنای باند مدار هماهنگی شماره ۲ در محدوده‌ی باند کناری بالا و پایین قرار دارد. بنابراین انتخابگری مناسب است، شکل (۳۳ـ۱ـ ب).



ب ـ انتخابگری مناسب است.

پهنای باند مدار هماهنگی شماره ۳ کم است درنتیجه قسمتی از اطلاعات پیام حذف می‌شود؛ بنابراین انتخابگری مناسب نیست، شکل (۳۳ـ۱ـ ج). پهنای باند مدارهای هماهنگی یک گیرنده باید به اندازه‌ای باشند که بتواند بالاترین فرکانس پیام را آشکار کند.

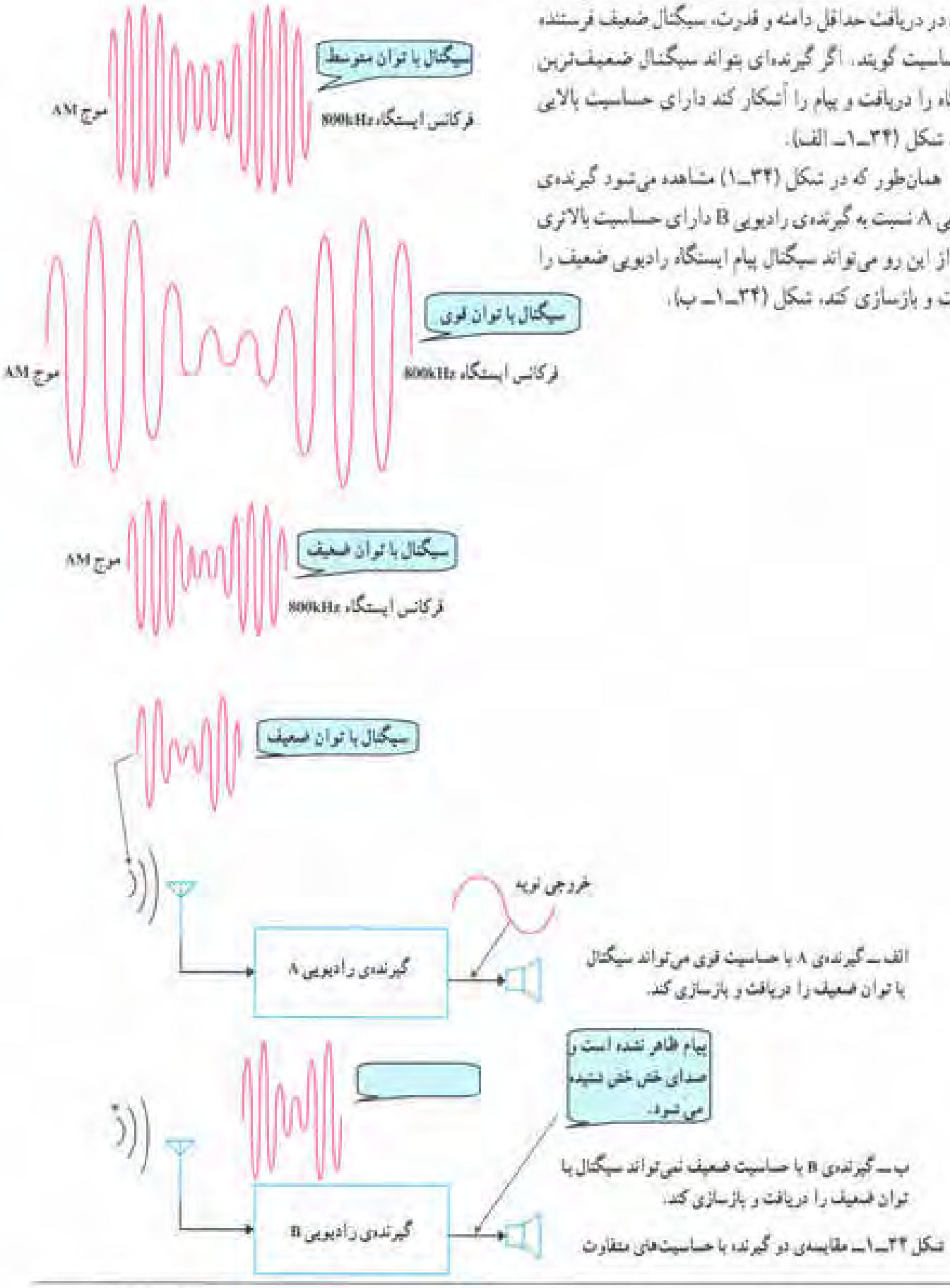


ج ـ پهنای باند تیز است و قسمتی از پیام حذف می‌شود.

شکل ۳۳ـ۱ـ مقایسه‌ی پهنای باند و ضریب کیفیت مدارهای هماهنگ

۲ــ ۸ ــ۱ــ حساسیت (سنسیتویته)[۱]: 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.

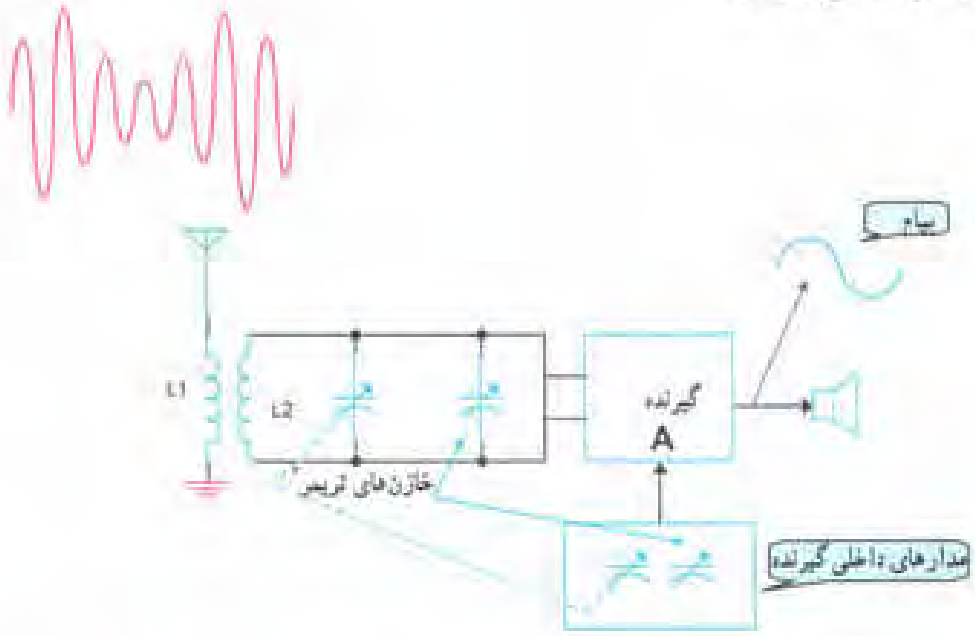
ب ــ گیرنده‌ی B با حساسیت ضعیف نمی‌تواند سیگنال با توان ضعیف را دریافت و بازسازی کند.

شکل ۳۴ــ۱ــ مقایسه‌ی دو گیرنده با حساسیت‌های متفاوت

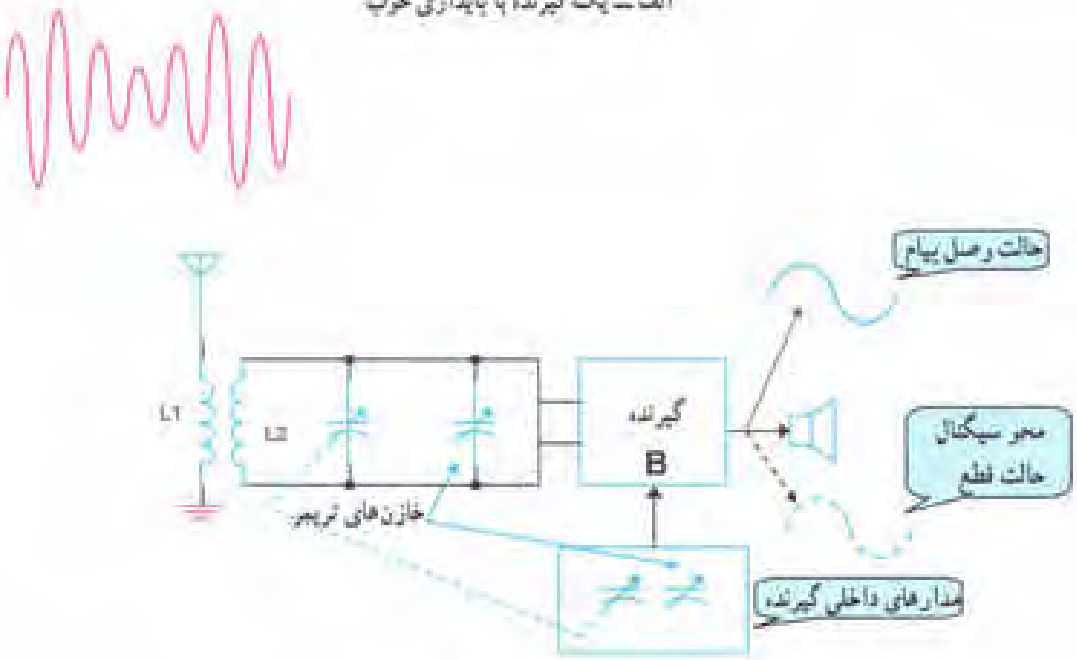
۱ــ Sensitivity حساسیت

۳ـ ۸ ـ ۱ـ 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 (۳۵ـ۱) یک گیرنده‌ی رادیویی را نشان می‌دهد که با وجود قوی بودن سیگنال دریافتی توسط آنتن، سیگنال خروجی آن قطع و وصل می‌شود.



الف ـ یک گیرنده با پایداری خوب



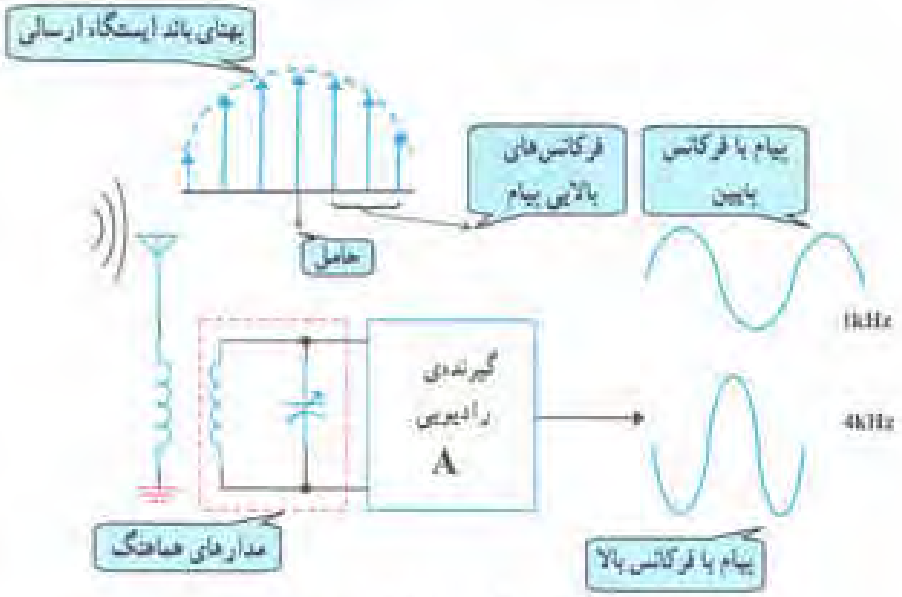
ب ـ یک گیرنده با پایداری ضعیف

شکل ۳۵ـ۱ـ پایداری در گیرنده‌های رادیویی

۱ـ Stability پایداری

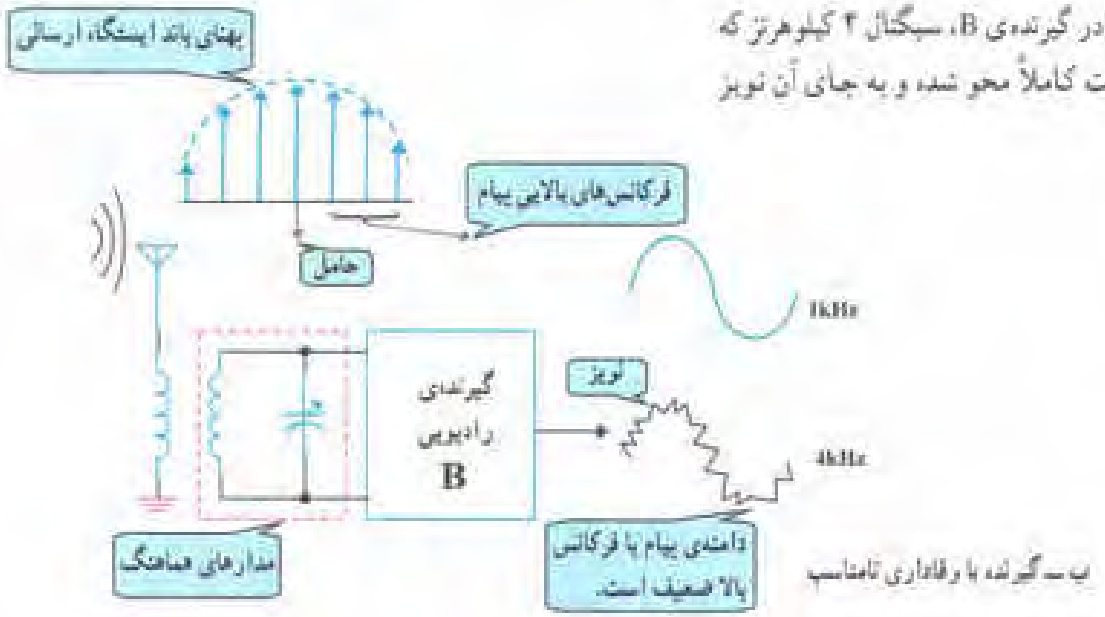
۲ـ Trimmer خازن متغیری است که برای تنظیم دقیق فرکانس به‌کار می‌رود.

۲ـ۸ـ۱ـ 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 ـ گیرنده با وفاداری خوب

در شکل (۳۶ـ۱) در گیرنده‌ی B، سیگنال ۴ کیلوهرتز که مربوط به پیام اصلی است کاملاً محو شده و به جای آن نویز به‌وجود آمده است.



ب ـ گیرنده با وفاداری نامناسب

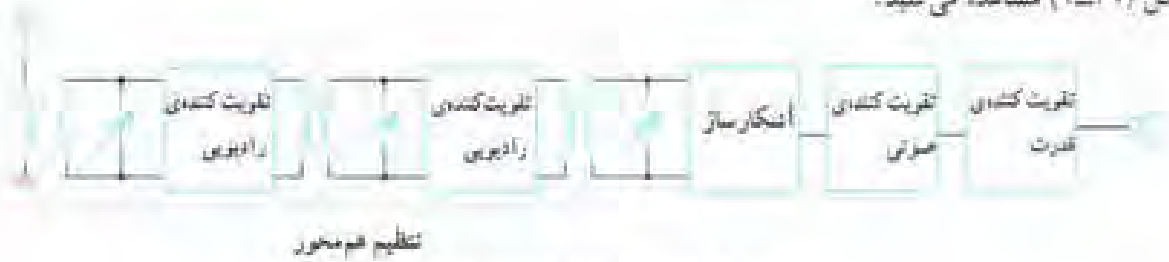
شکل ۳۶ـ۱ـ مقایسه‌ی وفاداری دو گیرنده‌ی رادیویی

۱ـ Fidility وفاداری

۹ـ۱ـ گیرنده‌ی رادیویی AM

گیرنده‌های رادیویی AM به انواع مختلف تقسیم می‌شوند که دو نوع متداول آن گیرنده‌ی رادیویی مستقیم(TRF)[1] و گیرنده‌ی رادیویی سوپرهتروداین[2] است. گیرنده‌های رادیویی که امروزه تولید می‌شوند، سوپرهتروداین هستند. تأکید ما در این کتاب نیز روی گیرنده‌ی سوپرهتروداین است.

۱ـ۹ـ۱ـ گیرنده‌ی رادیویی مستقیم (TRF): این گیرنده، ابتدایی‌ترین گیرنده‌ی رادیویی AM است. بلوک دیاگرام این گیرنده را در شکل (۳۷ـ۱) مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۷ـ۱ـ 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.

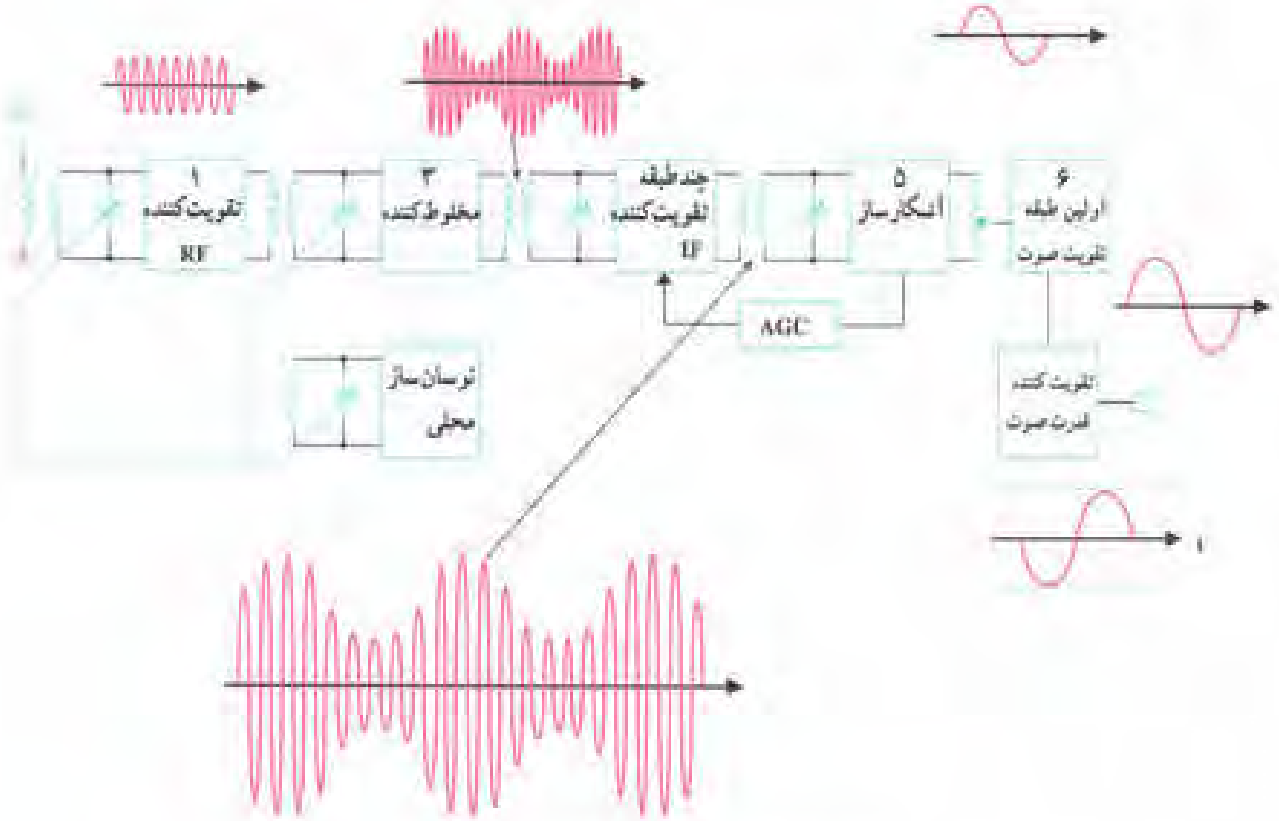
این گیرنده نمی‌تواند ایستگاه‌های رادیویی را که فرکانس حامل آن‌ها به یکدیگر نزدیک است، دریافت کند.

- 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.

۱ـ TRF , Tuned Radio Frequency

۲ـ Superhetrodyne Reciever

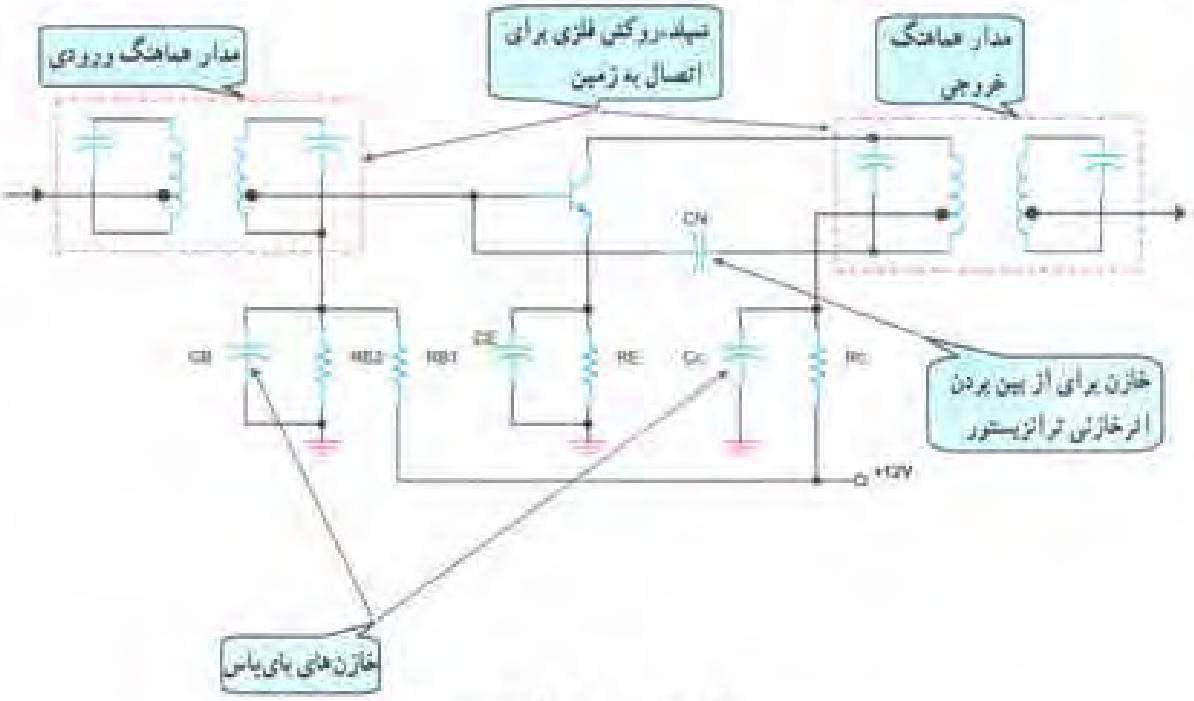
۲ـ۹ـ۱ـ گیرنده‌ی سوپرهتروداین: این گیرنده به دلیل داشتن مزایایی چون پایداری، انتخابگری و حساسیت بالا امروزه کاربرد بسیار دارد. در گیرنده‌ی سوپر هتروداین، عمل تقویت سیگنال در یک فرکانس خاص که آن را فرکانس میانی می‌نامند انجام می‌شود؛ بنابراین عملاً فقط یک طبقه تقویت‌کننده RF و در مجموع، سه مدار هماهنگ LC قابل تنظیم هم‌محور دارد. در شکل (۳۸ـ۱) بلوک دیاگرام یک گیرنده‌ی سوپرهتروداین 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 ۳۸ـ۱ـ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی سوپر هتروداین

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 (۳۹ـ۱). دامنه‌ی سیگنال در تقویت کننده‌ی RF تقویت می‌شود واز طریق مدار هماهنگ خروجی به مدار مخلوط کننده می‌رسد. در شکل (۴۰ـ۱) یک نمونه مدار تقویت کننده‌ی RF 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.

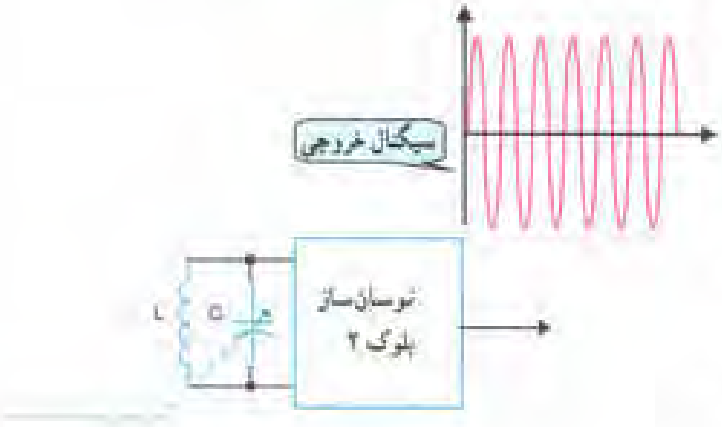
شکل ۳۹ـ۱ـ بلوک تقویت کننده‌ی RF



شکل ۴۰ـ۱ـ 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 (۴۱ـ۱). فرکانس IF در گیرنده‌ی AM بین ۴۵۰ تا ۴۶۵ کیلوهرتز است.

فرکانس اسیلاتور محلی می‌تواند به اندازه‌ی فرکانس IF، بیشتر یا کمتر از فرکانس ورودی باشد ولی درصورتی که از فرکانس کمتر استفاده 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 باشند. اگر F_{Local} مقدار فرکانس خروجی نوسان‌ساز محلی گیرنده باشد،



شکل ۴۱ـ۱ـ نوسان‌ساز

۱ـ Intermediate Frequency ۲ـ Local Oscillator

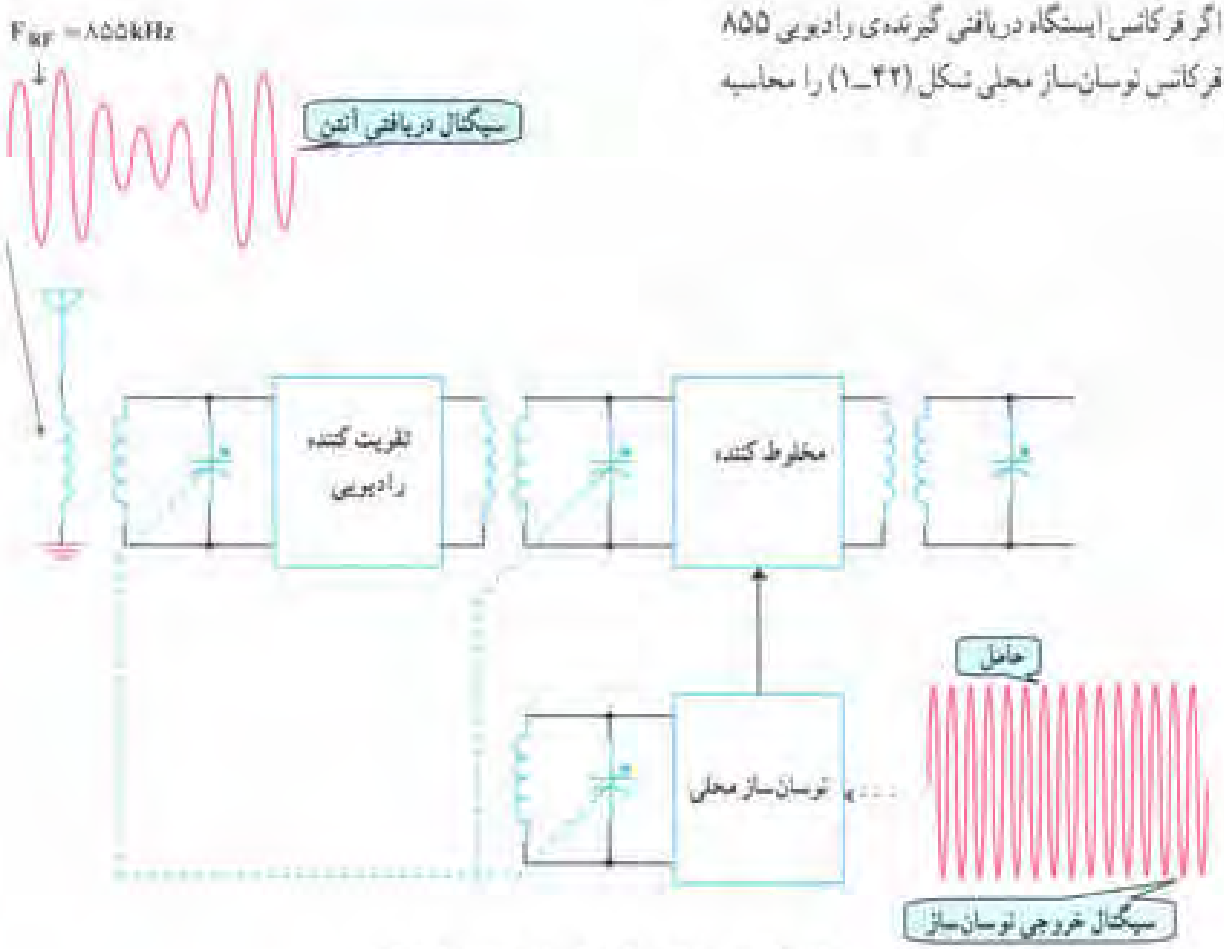
مقدار آن از مجموع فرکانس ایستگاه دریافتی و فرکانس میانی به‌دست می‌آید.

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 (۴۲ـ۱) را محاسبه کنید.

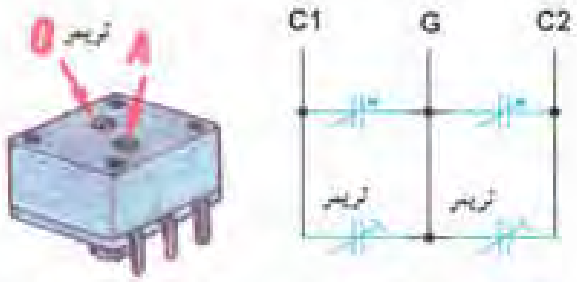
$$F_{Lose} = F_{RF} + F_{IF}$$
$$F_{Lose} = ۸۵۵kHz + ۴۵۵kHz$$
$$F_{Lose} = ۱۳۱۰kHz$$ فرکانس نوسان‌ساز



شکل ۴۲ـ۱ـ 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.

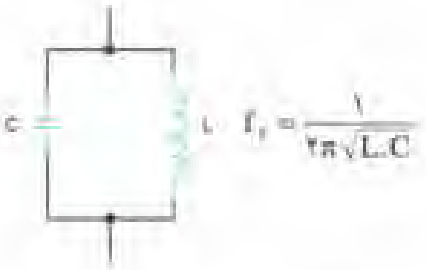
در شکل (۴۳ـ۱) علامت اختصاری و نمای ظاهری خازن واریابل را مشاهده می‌کنید.



علامت اختصاری خازن واریابل — شکل ظاهری خازن واریابل

شکل ۴۳ـ۱ـ خازن واریابل

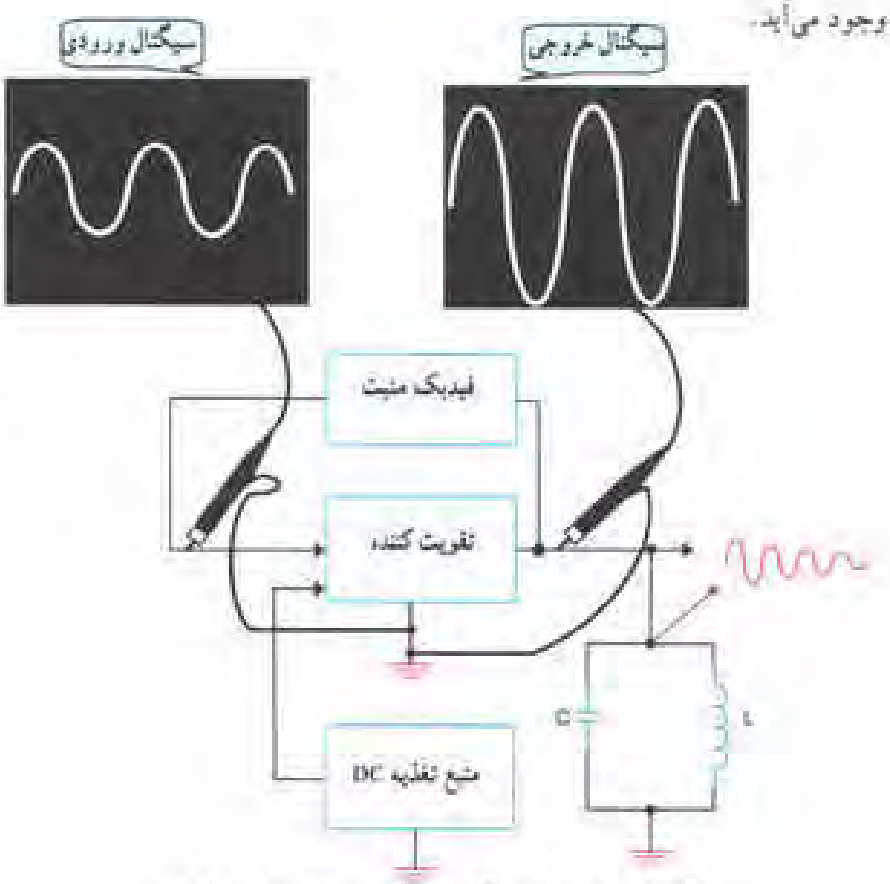
۱ـ Variable Capacitor



نوسان‌سازی که در گیرنده‌های رادیویی به‌کار می‌رود از نوع LC است. مقدار فرکانس اسیلاتور یا 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 تقویت کننده وارد و تقویت می‌شوند و در نهایت در خروجی، شکل موج سینوسی به‌وجود می‌آید.

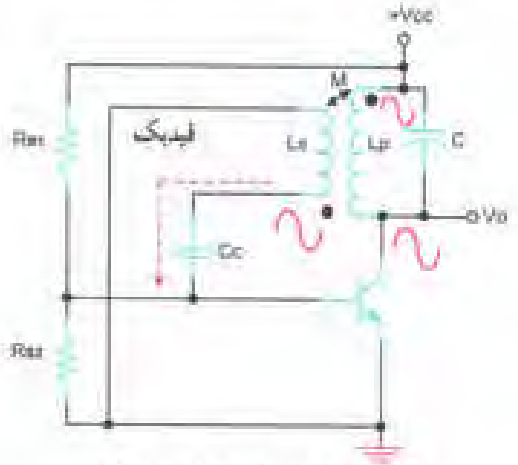


شکل ۴۴ـ۱ـ بلوک دیاگرام مدار نوسان‌ساز بعد از راه‌اندازی

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

در شکل‌های (۱ـ۴۵) ، (۱ـ۴۶) و (۱ـ۴۷) سه نمونه مدار نوسان‌ساز را مشاهده می‌کنید.

شکل (۱ـ۴۵) مدار نوسان‌ساز آرمسترانگ است که فرکانس نوسان آن از رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p C}}$ به‌دست می‌آید.

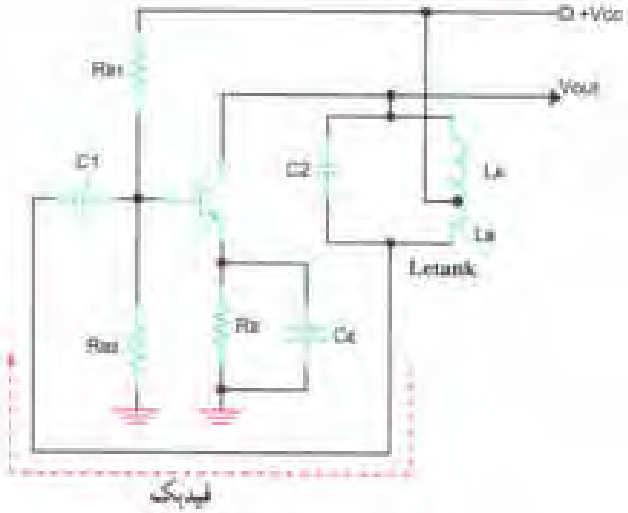


شکل ۱ـ۴۵ـ نوسان‌ساز آرمسترانگ

شکل (۱ـ۴۶) مدار نوسان‌ساز هارتلی را نشان می‌دهد، که مقدار فرکانس آن از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$L = L_A + L_B$$

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

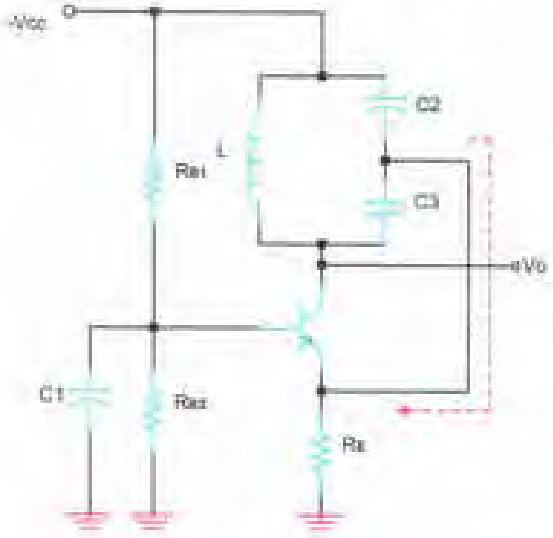


شکل ۱ـ۴۶ـ اسیلاتور هارتلی

در شکل (۱ـ۴۷) مدار نوسان‌ساز کولپیتس را مشاهده می‌کنید. مقدار فرکانس نوسان‌ساز کولپیتس از رابطه‌های زیر قابل محاسبه است.

$$C_T = \frac{C_2 . C_3}{C_2 + C_3}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$



شکل ۱ـ۴۷ـ نوسان‌ساز کولپیتس

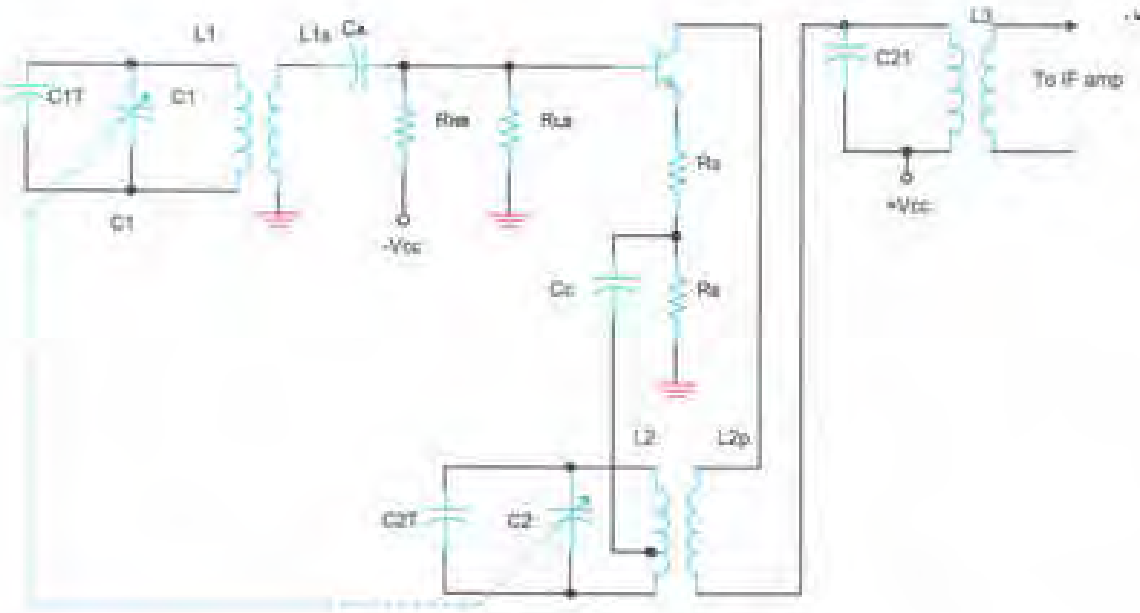
مخلوط‌کننده یا میکسر بلوک۳: در گیرنده‌ی سوپرهتروداین، فرکانس میانی از تفاضل دو فرکانس نوسان‌ساز محلی و فرکانس ایستگاه دریافتی به‌دست می‌آید. عمل تفاضل مانند عمل مدولاسیون توسط یک المان غیرخطی در بلوک مخلوط‌کننده انجام می‌شود. در شکل (۲۸ـ۱) بلوک دیاگرام مخلوط کننده آمده است.

شکل ۲۸ـ۱ـ 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 (۲۹ـ۱).

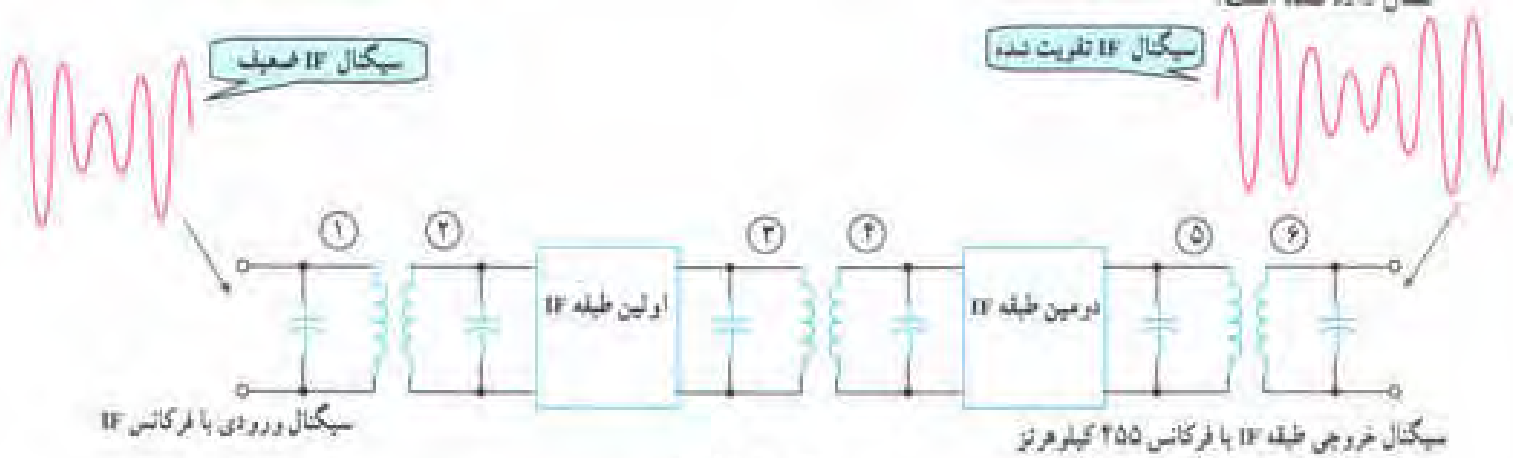
شکل ۲۹ـ۱ـ امواج ورودی و خروجی میکسر

در شکل (۵۰ ـ ۱) 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 ۵۰ ـ ۱ ـ یک نمونه میکسر ترانزیستوری

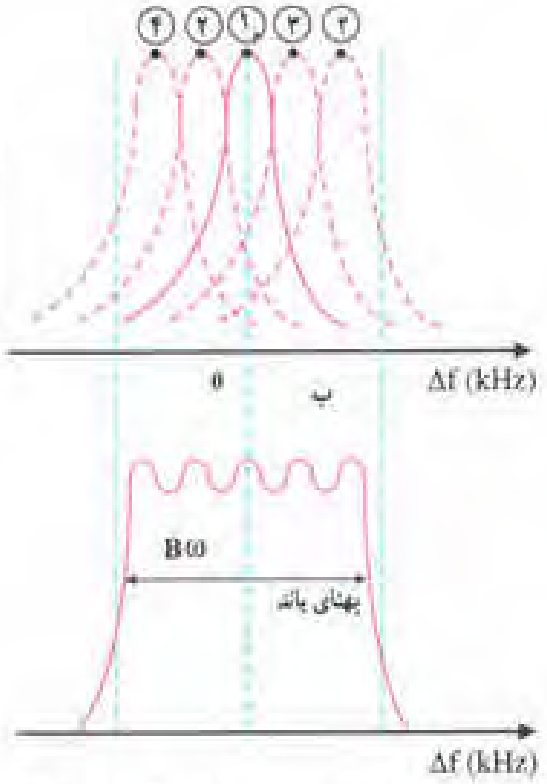
تقویت‌کننده محلی میانی[1] بلوک ۴: مقدار فرکانس میانی برای گیرنده‌های سوپرهتروداین AM معمولاً برابر با ۴۵۵ کیلوهرتز است. برای تقویت سیگنال IF از یک یا چند طبقه تقویت‌کننده با کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده می‌شود. در شکل (۵۱ ـ ۱) طبقات IF را به صورت بلوکی مشاهده می‌کنید. در نمودار زیر شکل ترتیب تنظیم سیم‌پیچ‌های ترانس‌های IF برای عبور باند IF نشان داده شده است.



الف ـ بلوک ۴

۱ـ Intermediate Frequency

برای تنظیم بهنای 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 ـ ۱ـ بلوک دیاگرام تقویت کننده‌های IF

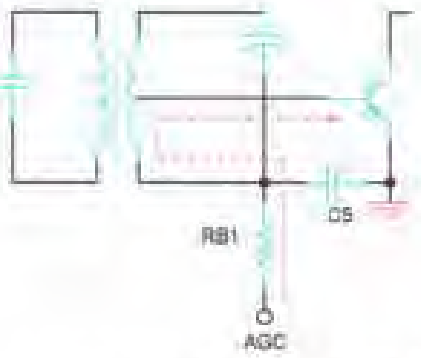
بهره‌ی تقویت‌کننده‌های IF توسط مدار AGC[1] کنترل می‌شود. AGC باعث می‌شود که هرگاه آنتن گیرنده، سیگنال ارسالی توسط فرستنده را در نقاط مختلف به‌طور ضعیف یا قوی دریافت کند، صدای خروجی از بلندگو همواره یکنواخت و ثابت باشد. در شکل (۵۲ ـ ۱) مدار تقویت‌کننده‌ی IF دو طبقه را مشاهده می‌کنید.

شکل ۵۲ ـ ۱ـ مدار ترانزیستوری تقویت کننده‌های IF

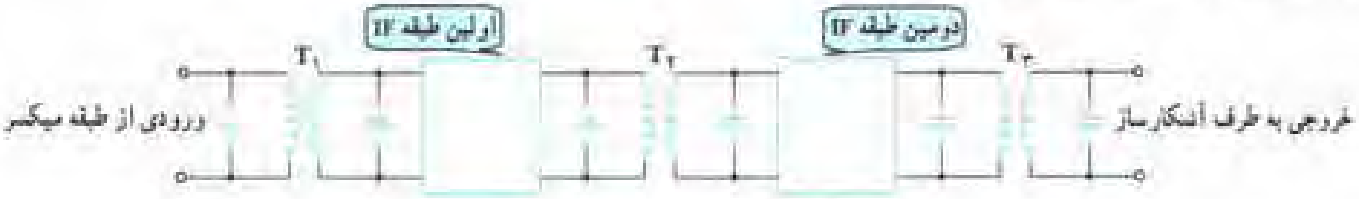
۱ـ Automatic Gain Control تنظیم بهره مدار به‌طور اتوماتیک

ولتاژ AGC معمولاً به اولین طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی IF اعمال می‌شود. همان‌طور که در شکل (۵۳ـ۱) 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 (۵۴ـ۱). این ترانسفورماتورها به عنوان باز الفایی عمل می‌کنند و ضمن تطبیق امپدانس بین طبقات، راندمان را نیز افزایش می‌دهند.

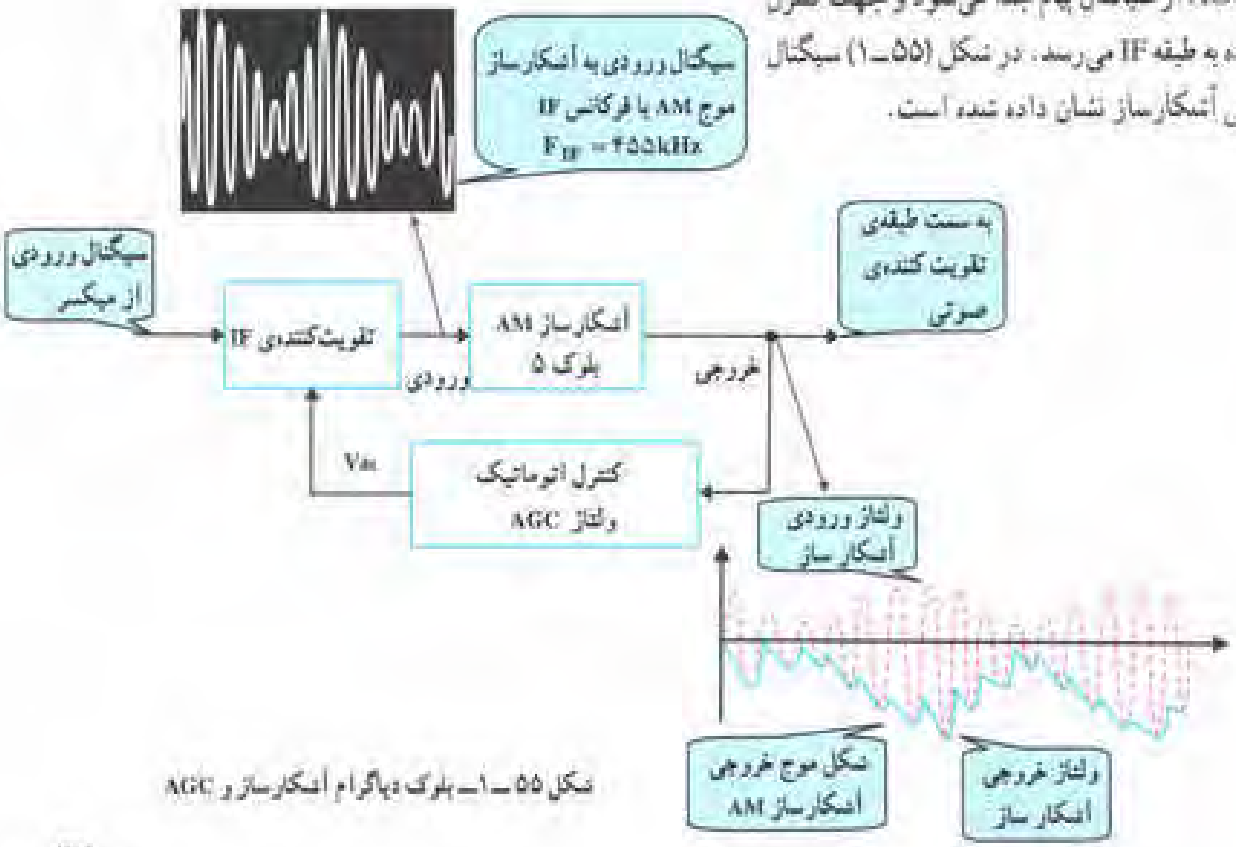


شکل ۵۳ ـ۱ـ اعمال AGC به اولین طبقه IF



شکل ۵۴ ـ۱ـ 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 (۵۵ـ۱) سیگنال ورودی و خروجی آشکارساز نشان داده شده است.



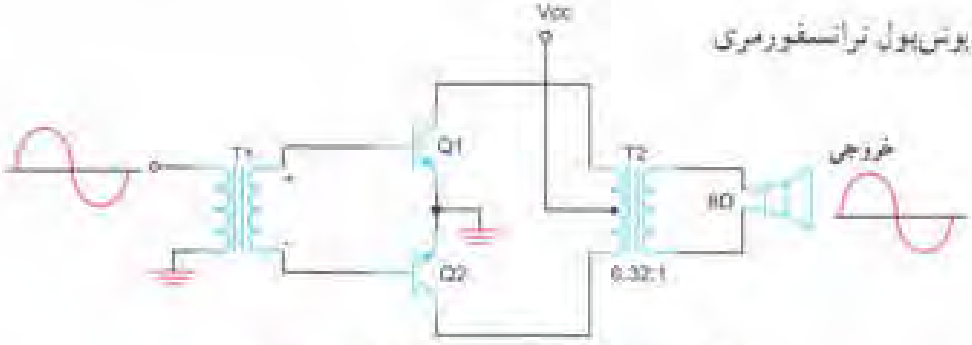
شکل ۵۵ ـ۱ـ بلوک دیاگرام آشکارساز و AGC

تقویت‌کننده‌ی صوت بلوک ۶: سیگنال صوتی ظاهر شده در خروجی آشکارساز، توسط یک تقویت‌کننده تا حد مطلوب تقویت و از بلندگو پخش می‌شود، شکل (۵۶ـ۱).

شکل ۵۶ ـ۱ـ بلوک تقویت کننده‌ی صوتی

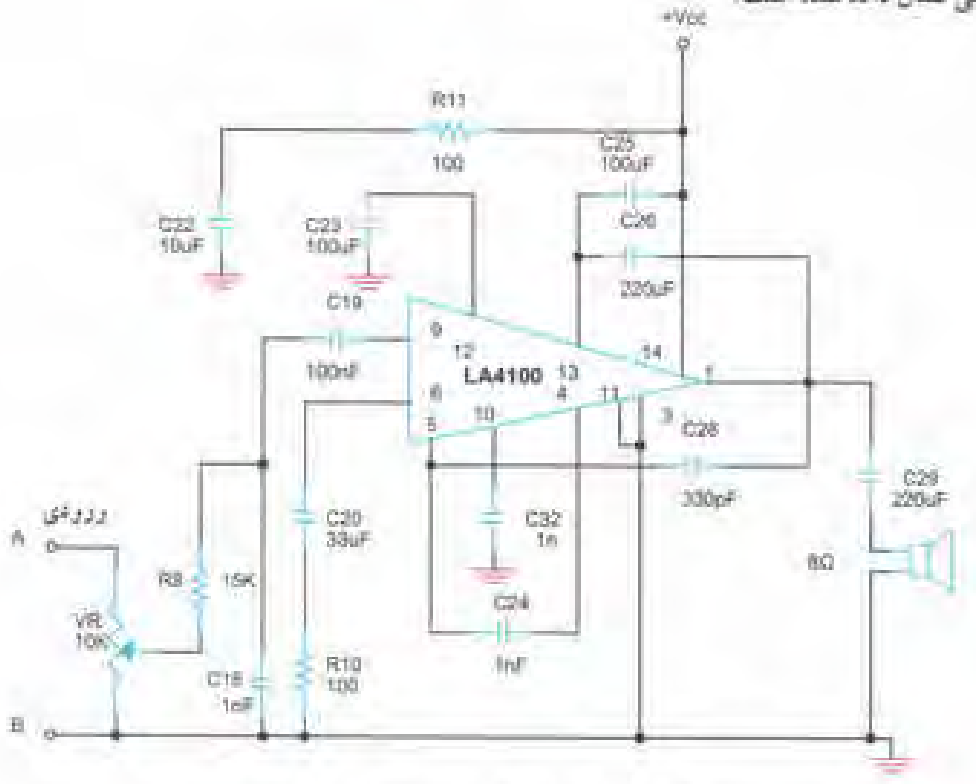
در اغلب گیرنده‌های رادیویی قدیمی از تقویت‌کننده‌ی شکل (۵۷ـ۱) استفاده شده است.

نوع این تقویت‌کننده‌ی قدرت، پوش‌پول ترانسفورمری کلاس B است.



شکل ۵۷ ـ۱ـ تقویت کننده‌ی پوش پول کلاس B قدیمی

امروزه در گیرنده‌های رادیویی جدید برای تقویت صوت از آی‌سی صوتی استفاده می‌شود. در شکل (۵۸ـ۱) یک نمونه مدار کامل تقویت‌کننده‌ی صوتی با آی‌سی نشان داده شده است.



شکل ۵۸ ـ۱ـ 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 سوپرهتروداین 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 هتروداین به معنی ..... دو فرکانس است.

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

۱) ۲A ۲) B − A, A − B

۳) A − B, A + B ۴) A + B, ۲A − B

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

۱) ۵۳۰ ۲) ۴۵۵ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۳۰۰۰

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

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۶

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

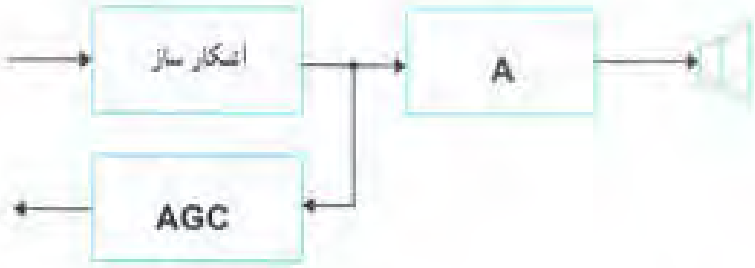
۲۱ــ وظایف ترانسفورماتورهای IF گیرنده‌های رادیویی سوپرهتروداین را بنویسید.

۲۲ــ وظیفه‌ی آشکارسازی در گیرنده‌ی رادیویی سوپرهتروداین چیست؟

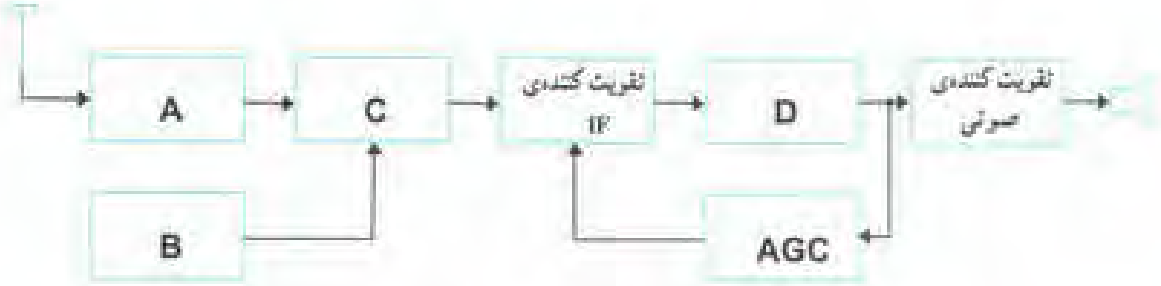
۲۳ـ نام بلوک A در گیرنده‌ی هتروداین چیست؟

۱) تقویت‌کننده‌ی IF ۲) تقویت‌کننده‌ی RF

۳) تقویت‌کننده‌ی صوتی ۴) تقویت‌کننده‌ی قدرت RF



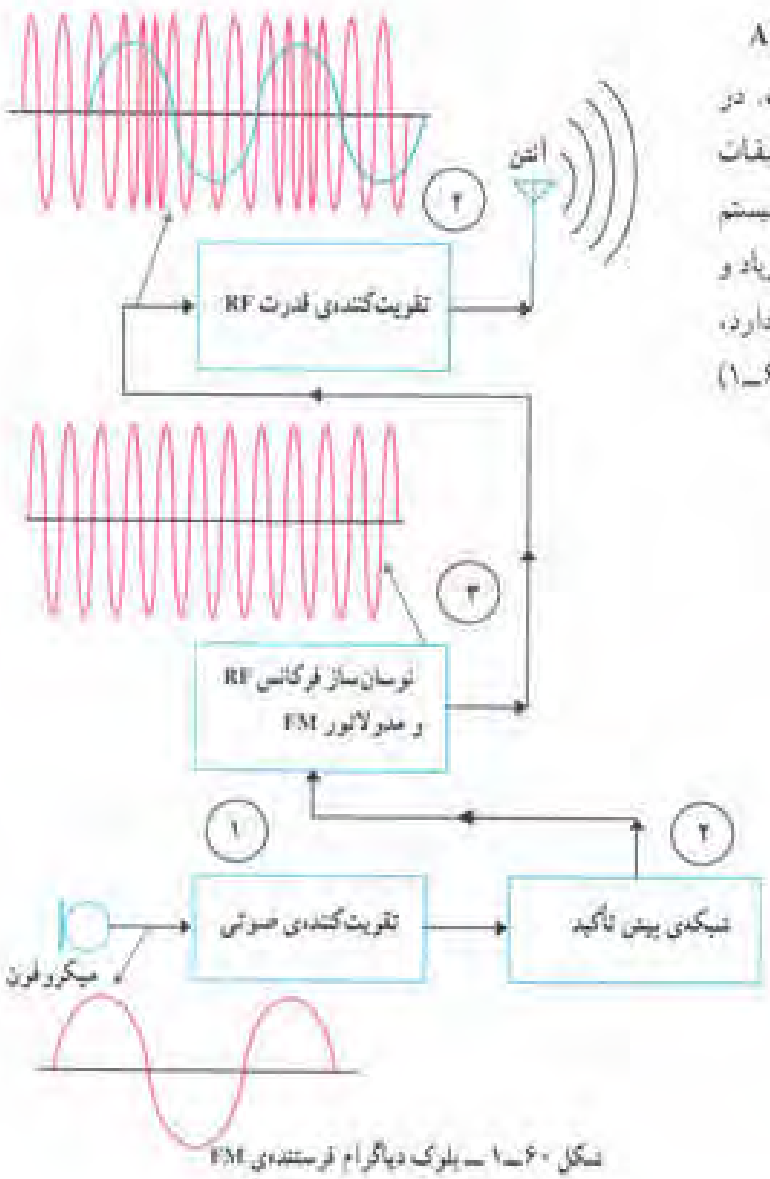
۲۴ـ در شکل (۵۹ـ۱) نام طبقات D، C، B و A را بنویسید.



شکل ۵۹ ـ۱ـ 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.

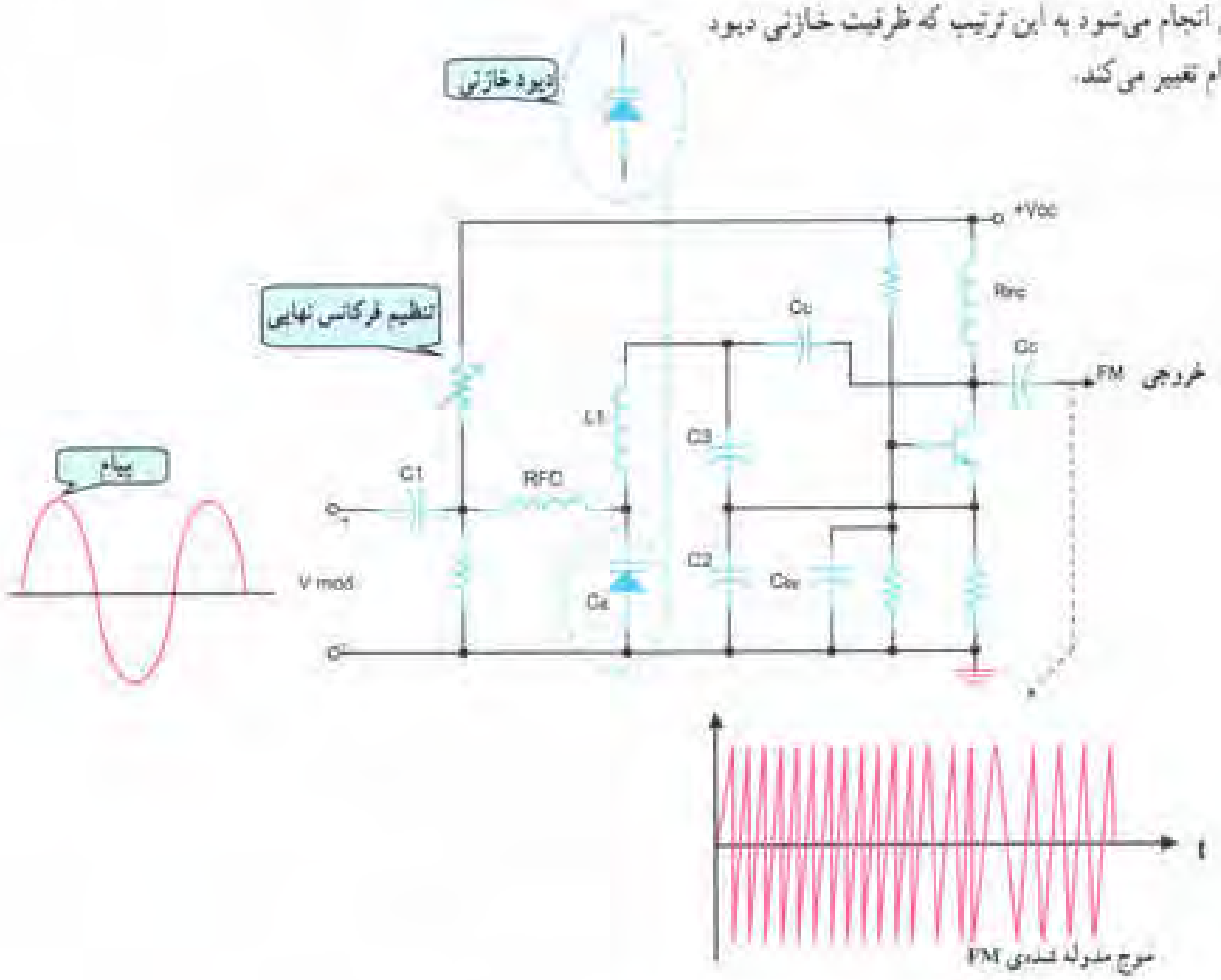


شکل ۶۰ــ۱ ــ بلوک دیاگرام فرستنده‌ی FM

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

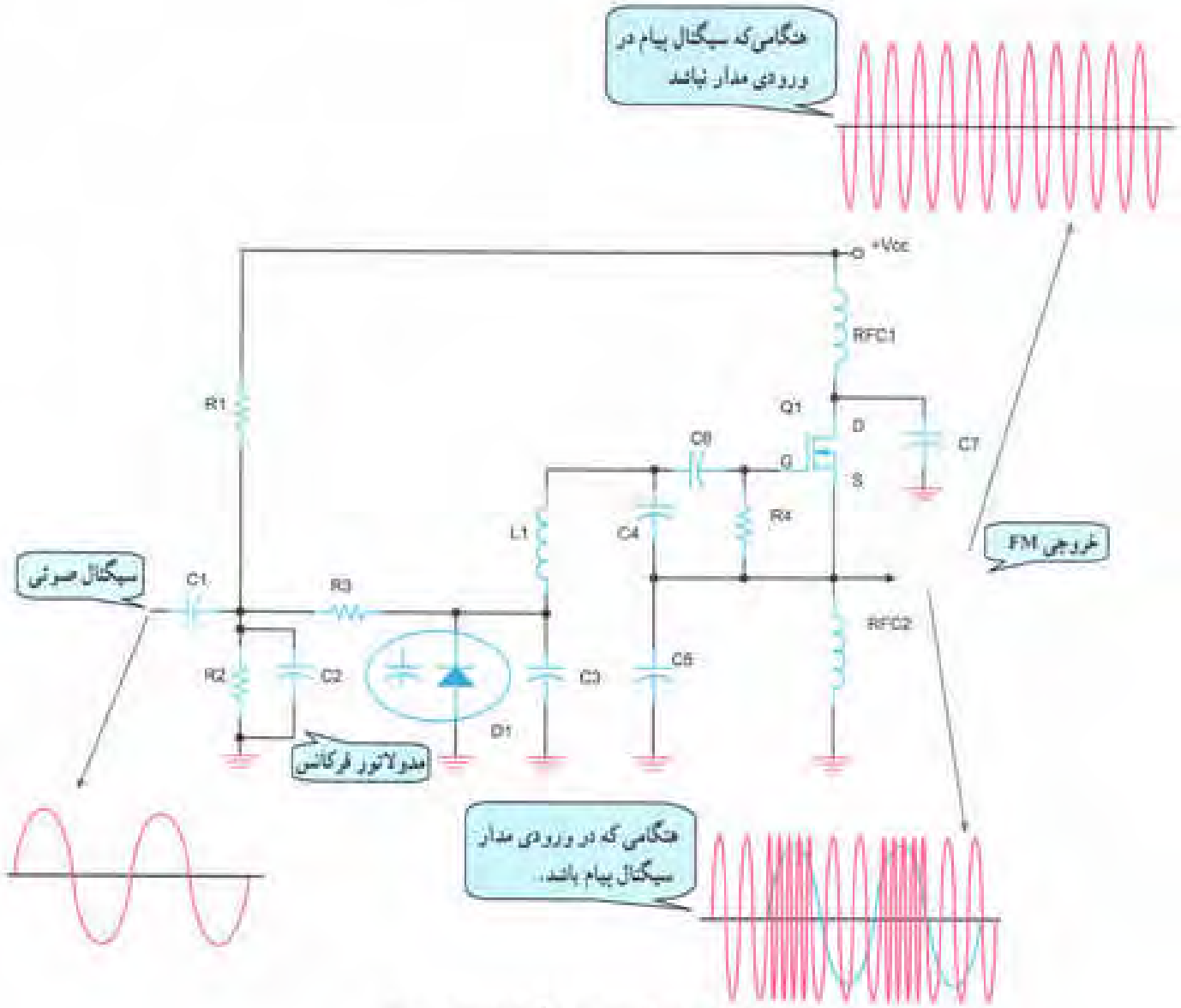
۱ـ۱۰ـ۱ـ نوسان‌ساز و مدولاتور FM (بلوک ۳):

مدولاتور FM در حقیقت یک نوسان‌ساز فرکانس بالا است شکل (۶۱ـ۱). در این مدار برای تولید FM، انحراف فرکانس توسط دیود خازنی انجام می‌شود به این ترتیب که ظرفیت خازنی دیود باسیگنال پیام تغییر می‌کند.

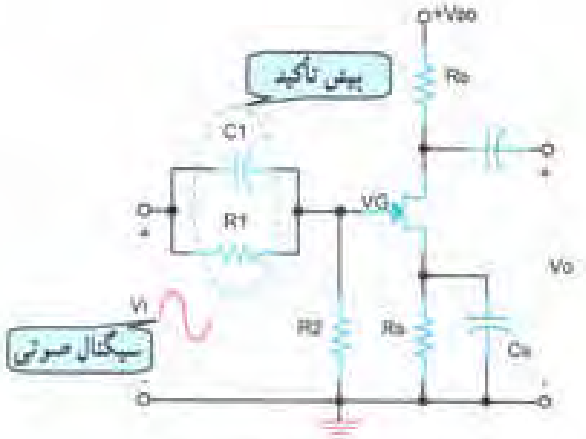


شکل ۶۱ـ۱ـ مدار ترانزیستوری مدولاتور فرستنده‌ی FM بلوک ۳

در شکل (۶۲ـ۱) 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 ۶۲ـ۱ـ یک نمونه‌ی دیگر از فرستنده‌ی FM



شکل ۶۳ـ۱ـ مدار پیش تأکید بلوک ۲

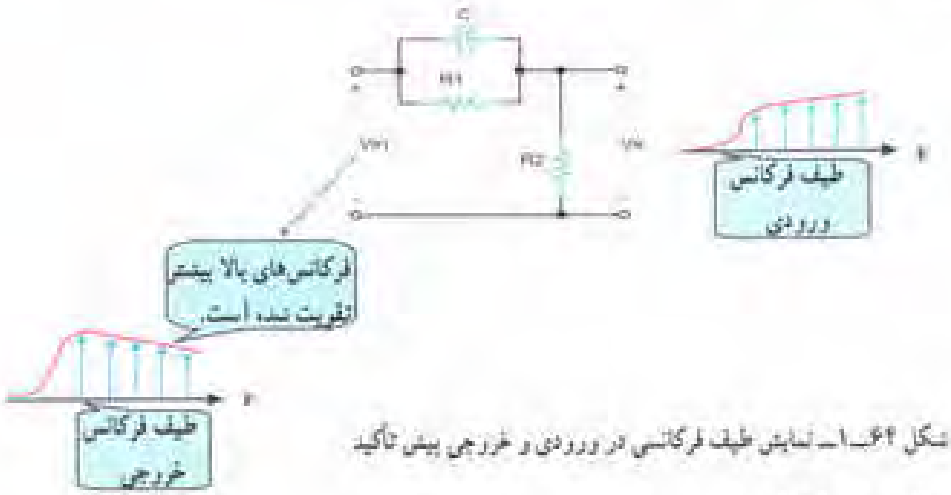
۲ـ۱۰ـ۱ـ شبکه پیش تأکید[1] بلوک ۲: امواج الکترومغناطیسی منتشر شده از سوی فرستنده تحت تأثیر امواج ناخواسته یا نویز قرار می‌گیرند. نویز باعث ایجاد تداخل و تضعیف سیگنال‌های فرکانس بالای پیام اصلی می‌شود.

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

در شکل (۶۳ـ۱) مدار پیش تأکید را مشاهده می‌کنید. با افزایش فرکانس سیگنال پیام خاصیت مقاومت خازنی

۱ـ Preemphasis

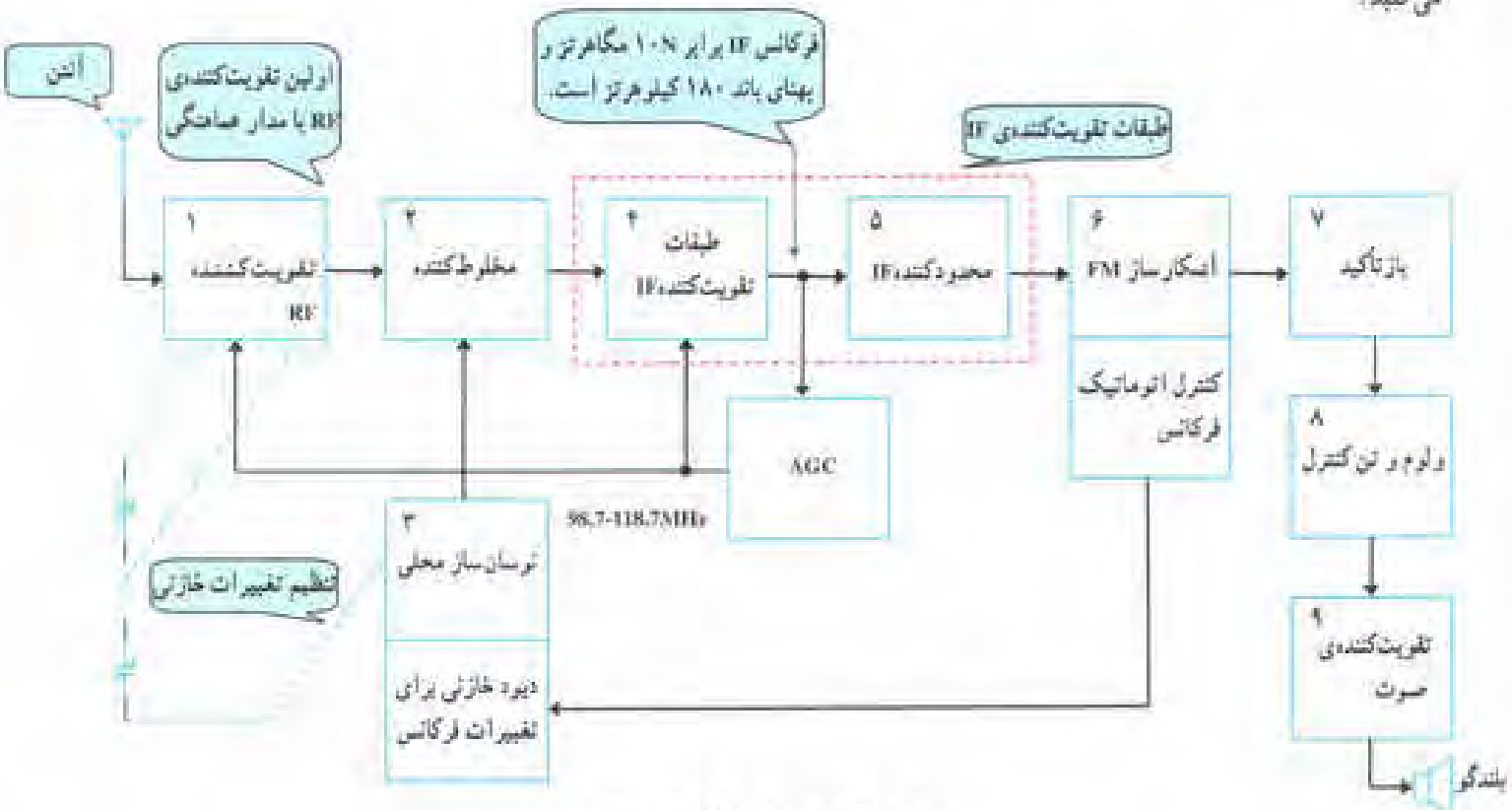
($X_C = \frac{1}{2\pi F C} = 0$) کاهش می‌یابد. در نتیجه ولتاژ بیشتری از سیگنال ورودی بر روی مقاومت R_2 در شکل (۶۴ـ۱) افت می‌کند. به عبارت دیگر در خروجی دامنه‌ی سیگنال‌های فرکانس بالا نسبت به فرکانس‌های پایین بیشتر می‌شود.



شکل ۶۴ـ۱ـ نمایش طیف فرکانسی در ورودی و خروجی پیش تأکید

۱۱ـ۱ـ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی رادیویی FM

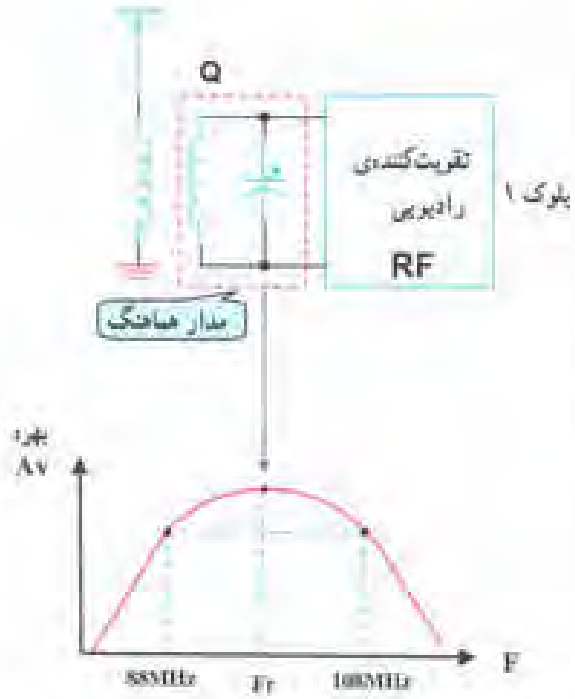
در گیرنده‌ی FM به دلیل باند فرکانس بالا طراحی مدارهای تقویت‌کننده‌ی RF، مخلوط کننده‌ی نوسان‌سازی محلی، مدارهای تقویت سیگنال IF و آشکارسازی نسبت به گیرنده‌ی AM متفاوت است. در شکل (۶۵ـ۱) بلوک دیاگرام گیرنده‌ی FM را مشاهده می‌کنید.



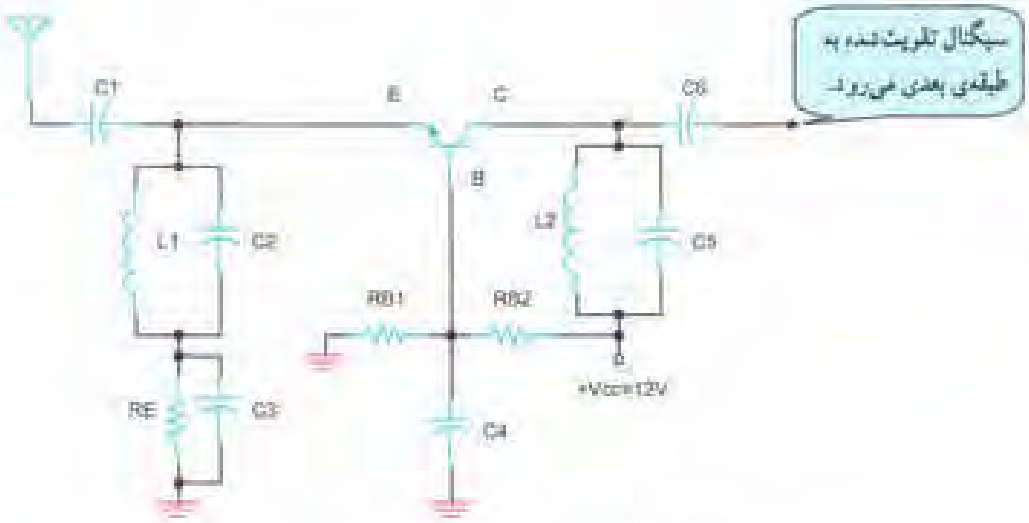
شکل ۶۵ـ۱ـ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی FM

۱ـ۱۱ـ۱ـ 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 (۶۶ـ۱). پهنای باند رادیویی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز است.

در شکل (۶۷ـ۱) یک تقویت‌کننده‌ی پیش متشرک برای تقویت‌کننده‌ی سیگنال RF را مشاهده می‌کنید.

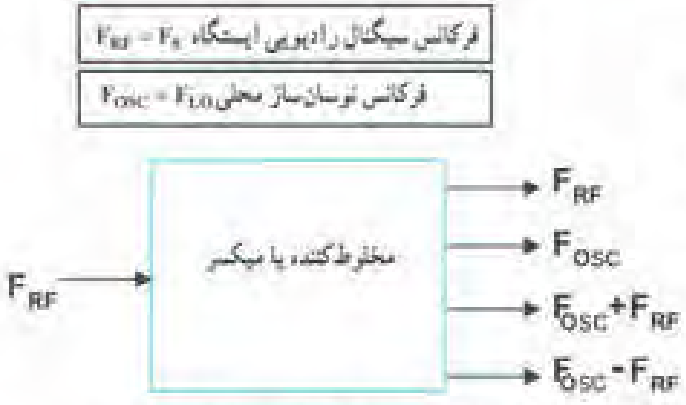


شکل ۶۶ـ۱ـ بلوک تقویت‌کننده‌ی RF و پهنای باند ایستگاه‌های رادیویی FM



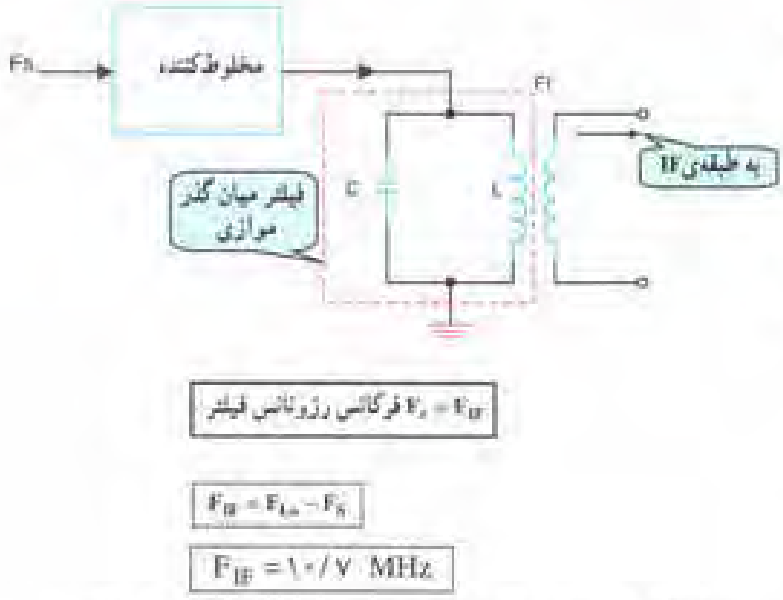
شکل ۶۷ـ۱ـ یک نمونه مدار تقویت‌کننده‌ی RF برای گیرنده‌ی FM

۲ـ۱۱ـ۱ـ 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 (۶۸ـ۱) نشان داده شده است.



شکل ۶۸ـ۱ـ 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 رزوناس ۱۰/۷ مگاهرتز از سایر فرکانس‌ها جدا می‌شود و به ورودی طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی IF می‌رسد. با توجه به شکل (۶۹ـ۱) مقدار فرکانس نوسان‌ساز همیشه ۱۰/۷ مگاهرتز بیشتر از فرکانس ایستگاه رادیویی دریافتی است.



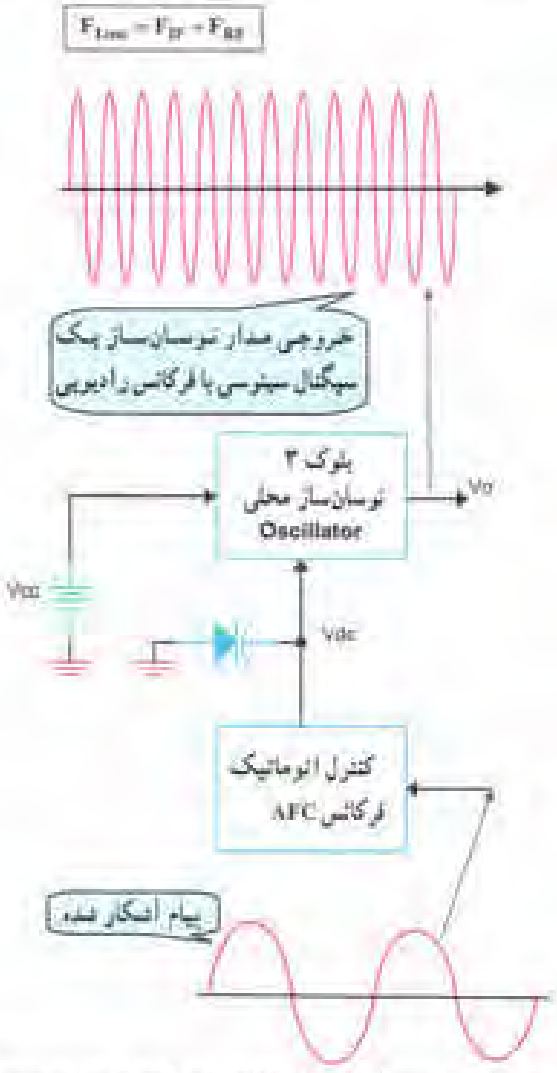
شکل ۶۹ـ۱ـ فرکانس IF و فیلتر خروجی در مخلوط‌کننده‌ی گیرنده‌ی FM

۳ـ۱۱ـ۱ـ نوسان‌ساز محلی بلوک ۳:

وظیفه‌ی این طبقه تولید سیگنال فرکانس بالا با مقدار $F_{OSC} = F_{RF} + F_{IF}$ 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 (۷۰ـ۱) 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.

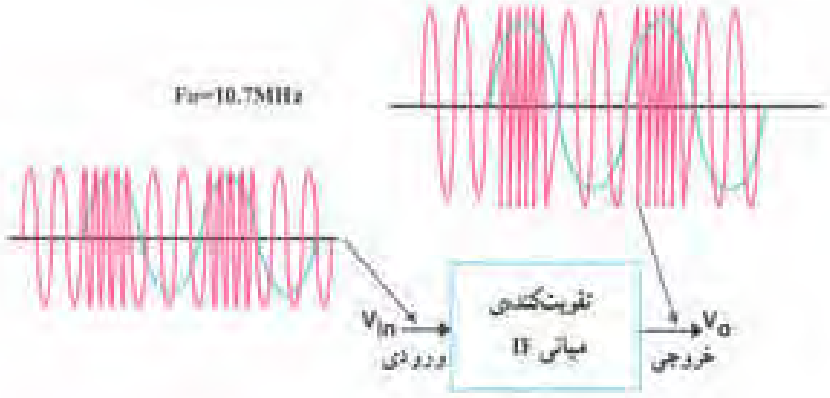


شکل ۷۰ـ۱ـ بلوک دیاگرام کنترل اتوماتیک فرکانس نوسان‌ساز محلی

۱ـ Automatic Frequency Control

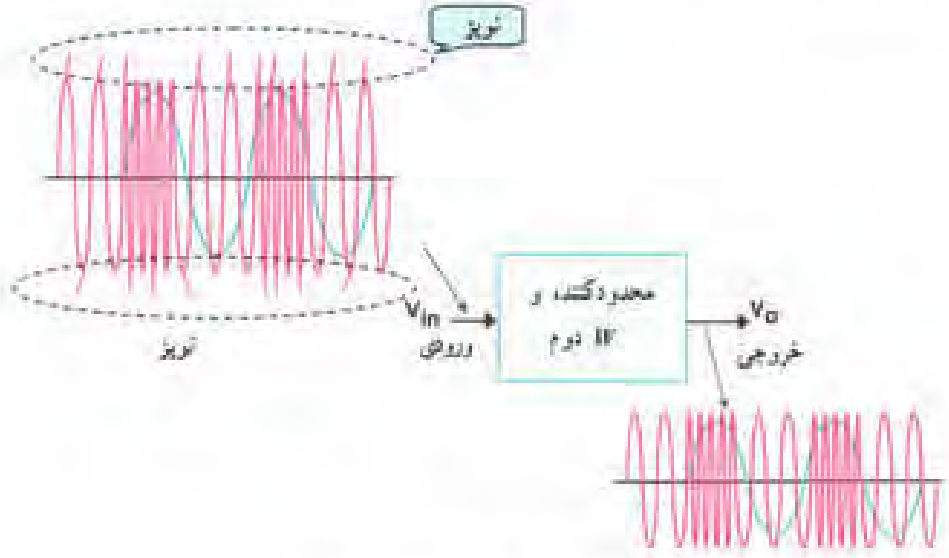
۴ـ۱۱ـ۱ـ تقویت‌کننده‌ی میانی IF بلوک ۴ و ۵:

سیگنال فرکانس میانی IF یا فرکانس ۱۰/۷ مگاهرتز در این طبقه تقویت می‌شود، شکل (۷۱ـ۱). 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.



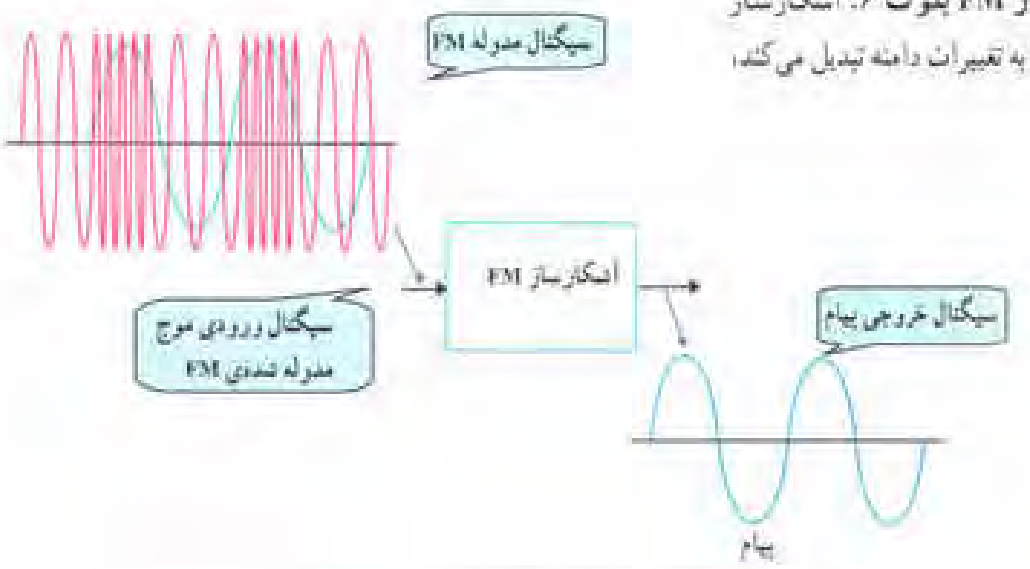
شکل ۷۱ـ۱ـ بلوک تقویت‌کننده میانی بلوک ۴

اگر نویز یا سیگنال مزاحمی روی دامنه‌ی موج مدوله شده‌ی FM قرار گیرد (شکل ۷۲ـ۱)، 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.



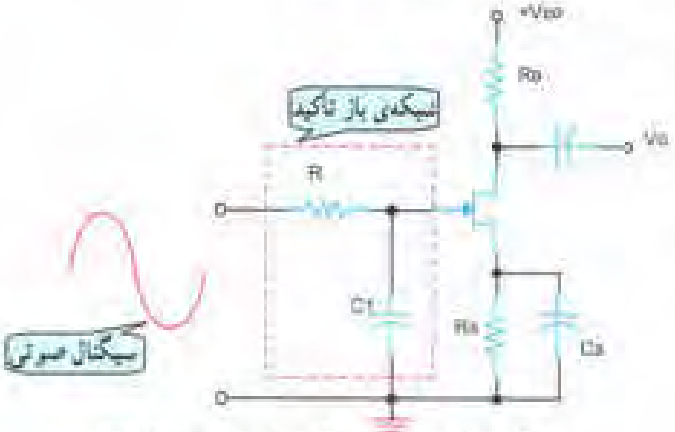
شکل ۷۲ـ۱ـ مدار محدودکننده‌ی بلوک ۵

۵ـ۱۱ـ۱ـ آشکارساز FM بلوک ۶: آشکارساز گیرنده‌ی FM، تغییرات فرکانس را به تغییرات دامنه تبدیل می‌کند، شکل (۷۳ـ۱).



شکل ۷۳ـ۱ـ بلوک دیاگرام آشکارساز FM بلوک ۶

۶ـ۱۱ـ۱ـ شبکه‌ی باز تضعیف بلوک ۷: در این طبقه، سیگنال‌های فرکانس بالای صوتی که در فرستنده تقویت شده بودند مجدداً تضعیف می‌شوند. در مدار شکل (۷۴ـ۱) فرکانس‌های بالای صوتی مقدار Xc خازن را کاهش می‌دهند در نتیجه باعث کاهش دامنه‌ی سیگنال بهره‌ی تقویت کننده‌ی صوتی می‌شوند. شبکه‌ی باز تضعیف یک فیلتر RC پایین‌گذر است.



شکل ۷۴ـ۱ـ مدار شبکه‌ی باز تضعیف بلوک ۷

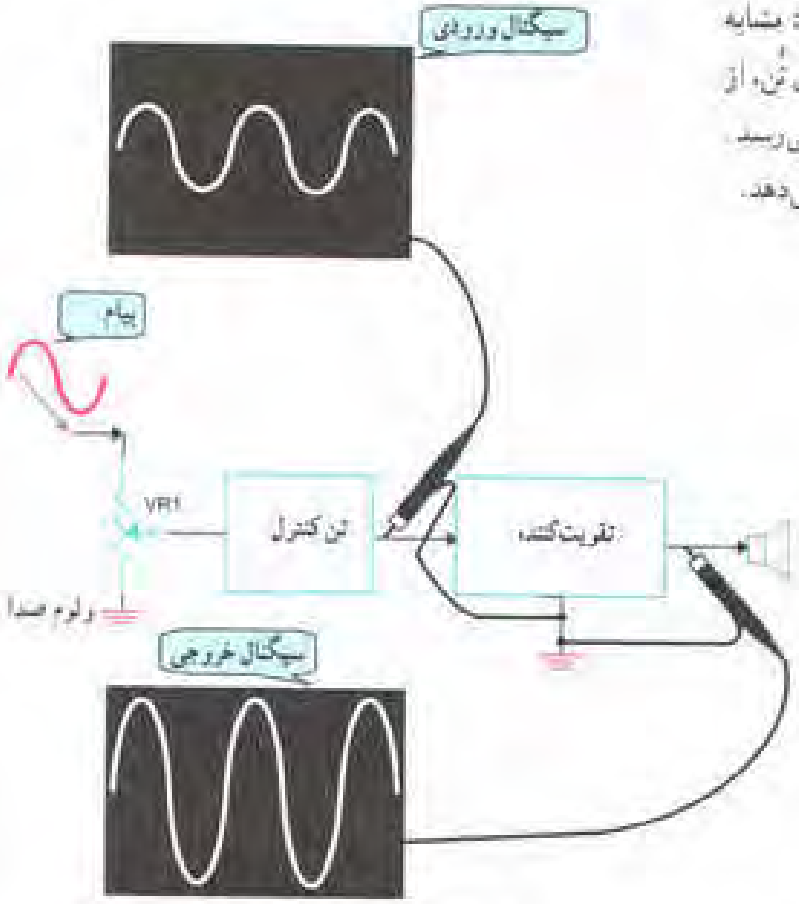
۷ـ۱۱ـ۱ـ ولوم و کنترل تن[1] بلوک ۸: در این طبقه حجم صدای خروجی از بلندگو توسط پتانسیومتر ولوم صدا کنترل می‌شود.

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 (۷۵ـ۱) مدار کنترل تُن به همراه ولوم صدا نشان داده شده است.

شکل ۷۵ـ۱ـ مدار کنترل تن و ولوم صدا بلوک ۸

۱ـ Deamphasis

۸ـ۱۱ـ۱ـ 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 (۷۶ـ۱) نحوه‌ی تقویت سیگنال صوتی را نشان می‌دهد.

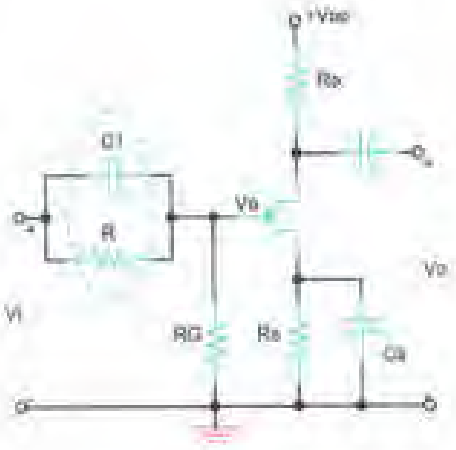


شکل ۷۶ـ۱ـ تقویت‌کننده‌ی صوت بلوک ۹

آزمون میانی (۳)

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

۲ـ نام مدار شکل (۷۷ـ۱) و کاربرد آن را بنویسید.



شکل ۷۷ـ۱

۳ـ بهنای باند ایستگاه‌های رادیویی FM و فرکانس IF گیرنده‌ی FM را بنویسید.

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

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

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

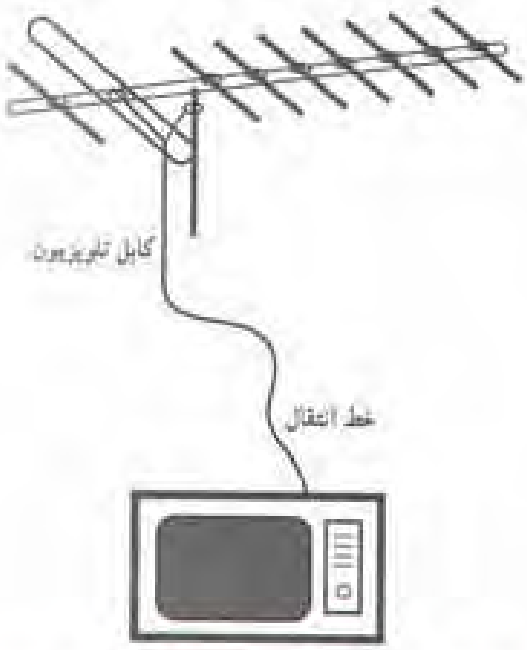
۷ـ وظیفه‌ی شبکه‌ی باز تضعیف را تشریح کنید.

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

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

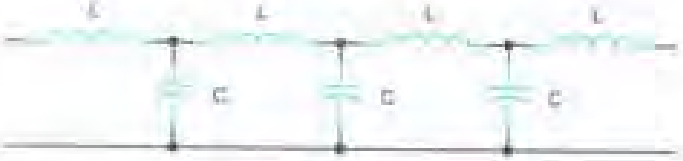
۱۲ـ۱ـ آشنایی با خطوط انتقال در فرکانس‌های بالا

در سیستم‌های مخابراتی، برای انتقال انرژی الکتریکی بین فرستنده، آنتن و گیرنده از خط انتقال استفاده می‌شود. به عنوان مثال سیم آنتن تلویزیون شکل (۷۸ـ۱) یک خط انتقال است.



شکل ۷۸ـ۱ ـ یک نمونه خط انتقال به عنوان سیم تلویزیون

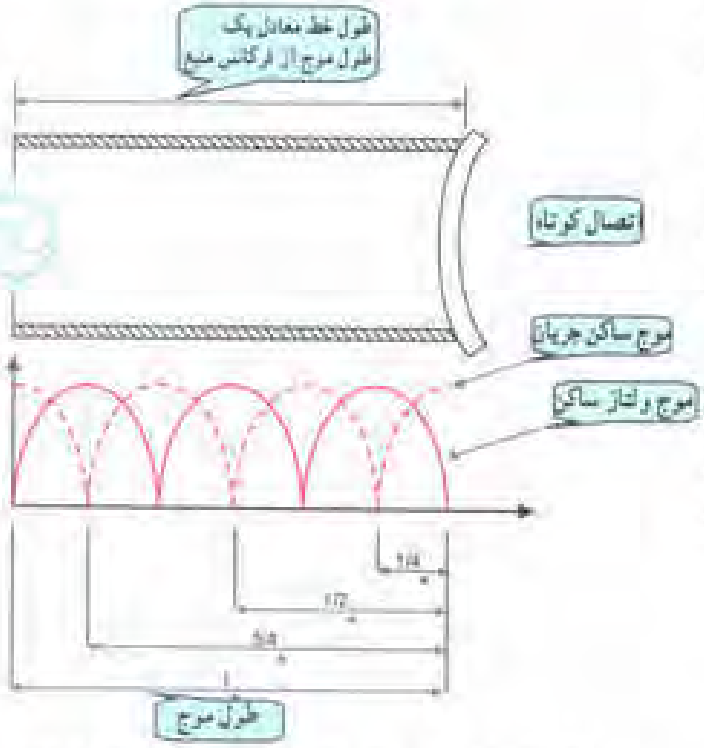
خطوط انتقال در فرکانس‌های رادیویی RF مانند یک سیم معمولی عمل نمی‌کنند بلکه از خود سه خاصیت سلفی، خازنی و مقاومتی نشان می‌دهند. مدار معادل خط انتقال را به صورت ساده می‌توان مطابق شکل (۷۹ـ۱) در نظر گرفت.



شکل ۷۹ـ۱ـ مدار معادل یک خط انتقال RF

۱ـ۱۲ـ۱ـ شدت جریان و ولتاژ در امواج ایستا[1]:

در شکل (۸۰ـ۱) 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.

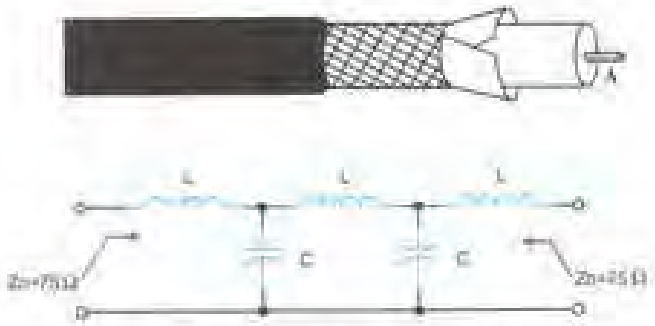


شکل ۸۰ـ۱ـ نمایش موج ساکن در یک خط انتقال اتصال کوتاه

این دو موج شامل موج اصلی منتشر شده از منبع و موج انعکاسی منتشر شده در طول کامل است. در شکل (۸۰ـ۱) اثر این دو موج را بر یکدیگر ملاحظه می‌کنید. از ترکیب دو موج، امواج ایستایی به وجود می‌آید که آن‌ها را امواج ساکن گویند.

۱ـ STANDING WAVES امواج ساکن

با توجه به موارد ذکر شده، هر خط انتقال دارای امپدانس مشخصه‌ی ویژه‌ای است که آن را با Z_0 نشان می‌دهند. مثلاً امپدانس خط انتقال بین آنتن و گیرنده‌ی تلویزیون برابر با $Z_0 = 75\ \Omega$ اهم است شکل (۸۱ـ۱).



شکل ۸۱ـ۱ـ امپدانس خط انتقال هم محور

۲ـ۱۲ـ۱ـ 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.

$$SWR = \frac{R_L}{Z_0}$$

R_L = مقاومت بار خط انتقال

Z_0 = مقاومت ظاهری خط انتقال

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

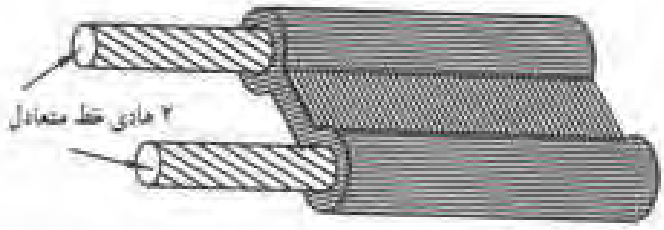
۳ـ۱۲ـ۱ـ سرعت انتشار موج و ضریب سرعت:
سرعت امواج بستگی به محیط انتشار دارد. سرعت انتشار امواج رادیویی در هوا یا خلأ برابر با ۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه است. سرعت انتشار موج را با V_c نمایش می‌دهند.

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_c = $V = \frac{V_c}{\sqrt{k}}$

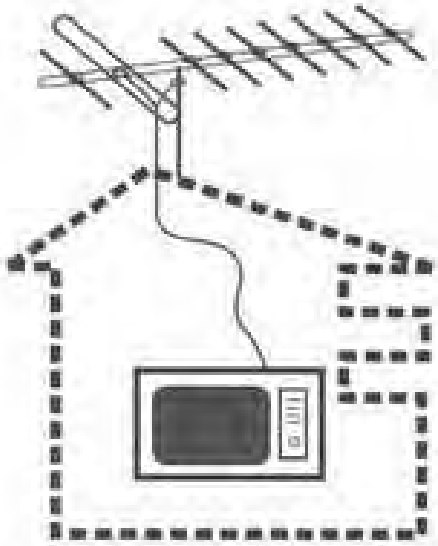
۴ـ۱۲ـ۱ـ انواع خطوط انتقال: برای انتقال امواج رادیویی (RF) تلویزیونی از طریق کابل، معمولاً از دو نوع خط انتقال دوسیمه[1] و هم محور[2] یا کواکسیال استفاده می‌شود.

یک نمونه خط انتقال متعادل یا دو سیمه در شکل (۸۲ـ۱) نشان داده شده است.



شکل ۸۲ـ۱ـ خط انتقال دو سیمه

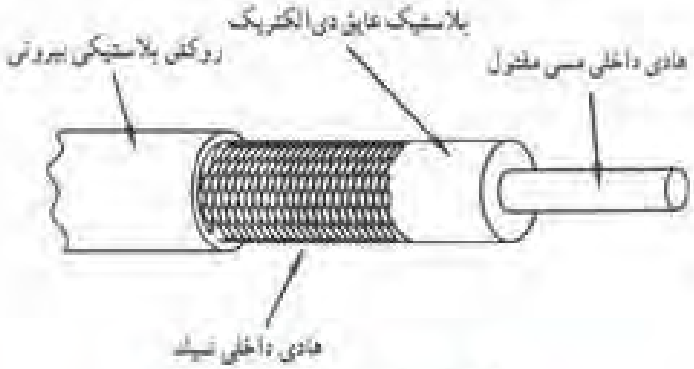
در این نوع خط انتقال هر دو سیم، انرژی سیگنال RF را منتقل می‌کنند و جهت جریان در هر یک از سیم‌ها ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد. این خط انتقال به عنوان سیم آنتن در تلویزیون سیاه و سفید به کار می‌رود. مقاومت اهمی خط انتقال دو سیمه حدوداً ۳۰۰ اهم است، شکل (۸۳ـ۱).



شکل ۸۳ـ۱ـ 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 (۸۴ـ۱).



شکل ۸۴ـ۱ـ 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 (۸۵ـ۱). مقاومت اهمی این کابل حدوداً ۷۵ اهم است.

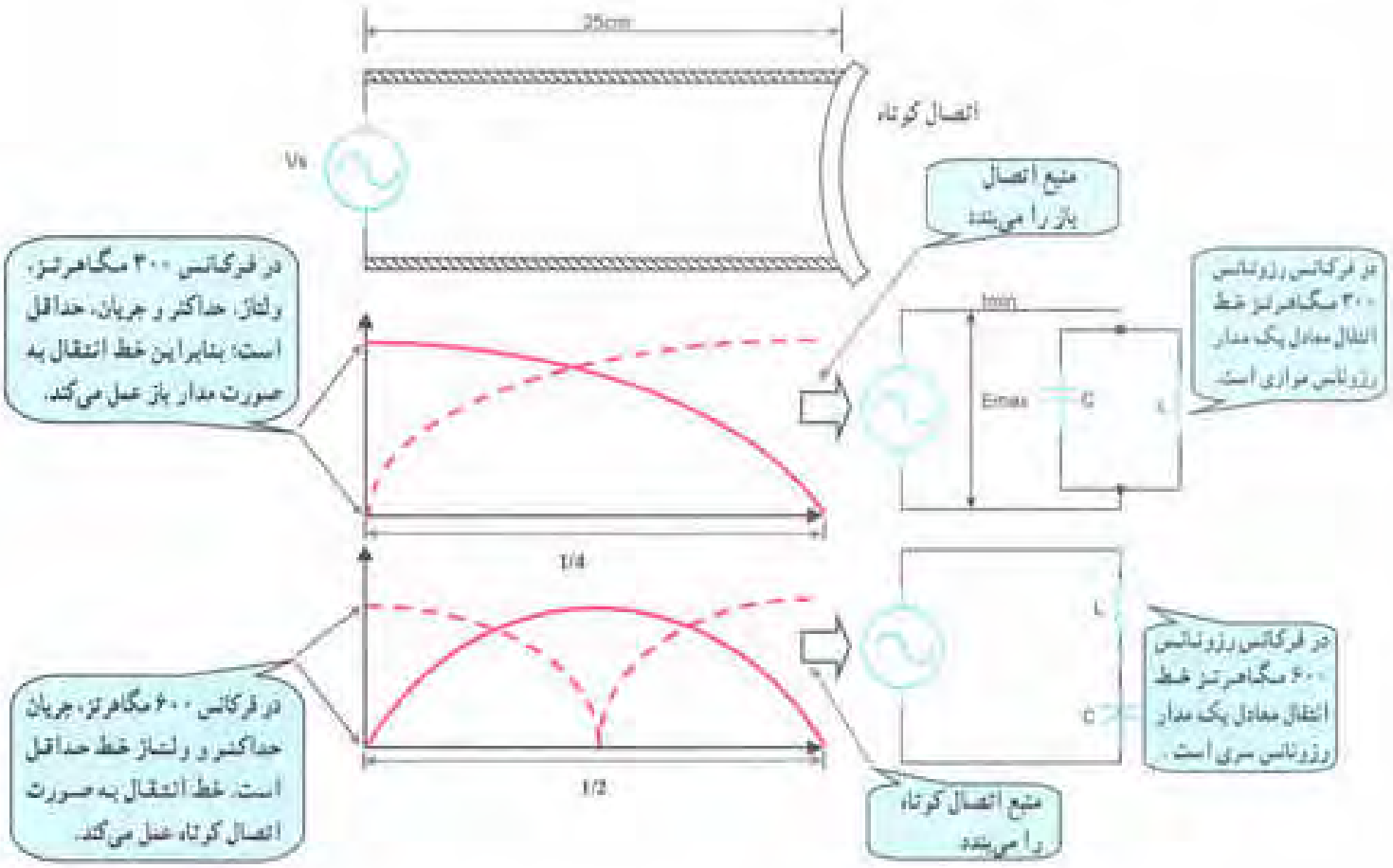
شکل ۸۵ـ۱ـ کاربرد کابل کواکسیال در پراب اسیلوسکوپ

۱ـ Dual in line ۲ـ Coaxial ۳ـ محافظ = هادی Shield

۵ـ۱۲ـ۱ـ استفاده از خطوط انتقال به عنوان مدارهای رزونانس:

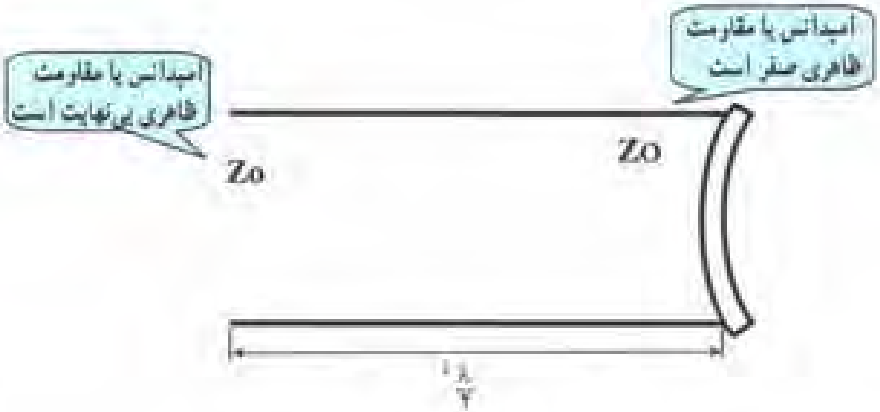
هنگامی که در یک خط انتقال، موج ساکن به وجود آید، خط انتقال رفتاری شبیه به یک مدار رزونانسی از خود نشان می‌دهد.

در شکل (۸۶ـ۱) یک خط انتقال را مشاهده می‌کنید که در انتها اتصال کوتاه شده است. این خط انتقال می‌تواند مدار رزونانس با تشدید موازی یا سری نسبت به منبع ظاهر شود.



شکل ۸۶ـ۱ـ مشخصه‌های خط انتقال اتصال کوتاه شده در دو فرکانس متفاوت که به صورت مدار رزونانس سری و موازی رفتار می‌کند.

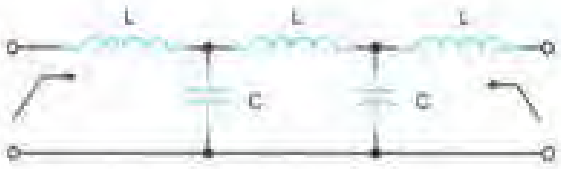
در یک خط انتقال با طول معین، مقدار امپدانس در نقاط مختلف کاملاً متفاوت است. در این حالت می‌توان از خط انتقال به عنوان یک مقاومت ظاهری مشخص که مورد نیاز است استفاده کرد، شکل (۸۷ـ۱).



شکل ۸۷ـ۱ـ خط انتقال با طول $\frac{\lambda}{4}$ با انتهای اتصال کوتاه

۶ـ۱۲ـ۱ـ خطوط انتقال به عنوان یک مقاومت ظاهری معین در مدار (Z_0)

خط انتقالی که در فرکانس رادیویی RF کار می‌کند دارای یک مقاومت ظاهری یا امپدانس مشخصه معین است که آن را با Z_0 نشان می‌دهند. مقدار Z_0 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 (۸۸ـ۱) از رابطه‌ی $Z_0=\sqrt{\frac{L}{C}}$ به‌دست می‌آید. در این رابطه Z_0 امپدانس مشخصه، L اندوکتانس در واحد طول و C ظرفیت خازنی در واحد طول است.



شکل ۸۸ـ۱ ـ مدار معادل یک خط انتقال در فرکانس RF

$Z_0=\sqrt{\frac{L}{C}}$		
امپدانس مشخصه	=	Z_0
اندوکتانس در واحد طول	⇒	L
هانری / متر		$\frac{H}{m}$
ظرفیت خازنی در واحد طول	⇒	C
فاراد / متر		$\frac{F}{m}$

مثال: امپدانس مشخصه یک خط انتقال از نوع هم محور را با اندوکتانس $L=0/2\,H/m$ و ظرفیت خازنی $C=\frac{2\pi l}{m}$ را محاسبه کنید.

$$Z_0=\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Z_0=\sqrt{\frac{0/2\times10^{-6}\,H/m}{2\times10^{-9}\,F/m}}=\sqrt{100}=10\,\Omega$$

آزمون میانی (۴)

۱ـ خطوط انتقال را تعریف کنید.

۲ـ 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

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

۴ـ سرعت امواج رادیویی در خلأ چقدر است؟

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

۶ـ نام قطعه شکل (۸۹ـ۱) چیست؟ اجزای تشکیل‌دهنده شکل را نام ببرید.

شکل ۸۹ـ۱

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

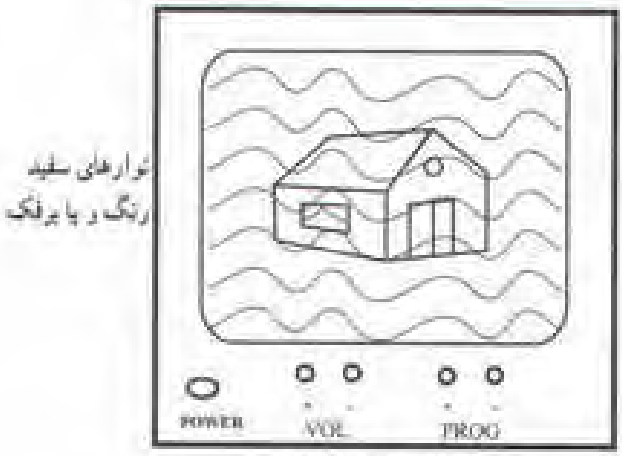
۸ـ امپدانس مشخصه یک خط انتقال را تعریف کنید.

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

۱۰ـ مدار ساده یک کابل کواکسیال را رسم کنید.

۱۳ـ۱ـ آشنایی با نویز

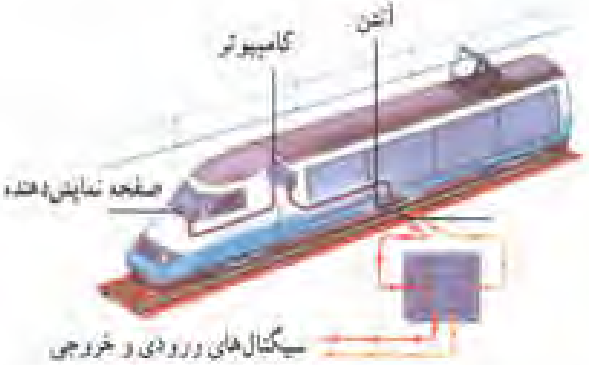
هرگونه انرژی الکتریکی ناخواسته‌ای که در یک مدار الکتریکی ظاهر شود و روی سیگنال الکتریکی اصلی مدار، تداخل و مزاحمت ایجاد کند را نویز می‌گویند. برای مثال در گیرنده‌های رادیویی نویز باعث ایجاد اغتشاش در پخش صدا از بلندگو می‌شود. در گیرنده تلویزیون، نویز سبب ایجاد برفک بر روی تصویر می‌شود و شفافیت تصویر را از بین می‌برد، شکل (۹۰ـ۱).



تصویر تلویزیون همراه با نویز

شکل ۹۰ـ۱ـ 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 (۹۱ـ۱).

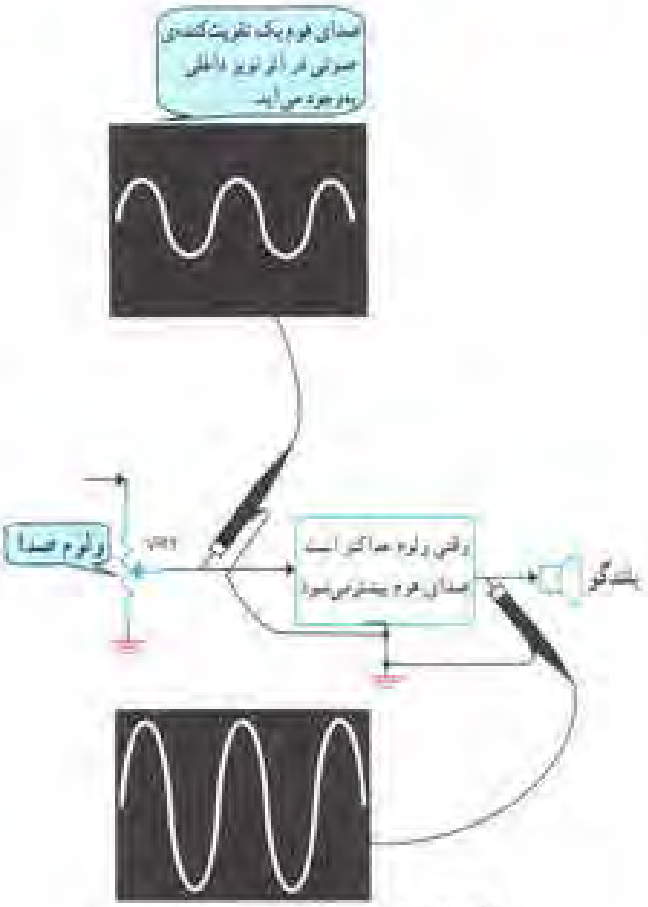


شکل ۹۱ـ۱ـ نویز می‌تواند در سیستم ارتباطی و کنترل قطارهای مسافربری اثر بگذارد و آن را از فعالیت بازدارد.

نویز باعث ایجاد اغتشاش در پخش صدا از بلندگو می‌شود

۱ـ۱۳ـ۱ـ عوامل ایجادکننده‌ی نویز: منابع تولید نویز را با توجه به انرژی‌ای که بر روی مدار گیرنده و یا سیستم مخابراتی می‌توان به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم کرد.

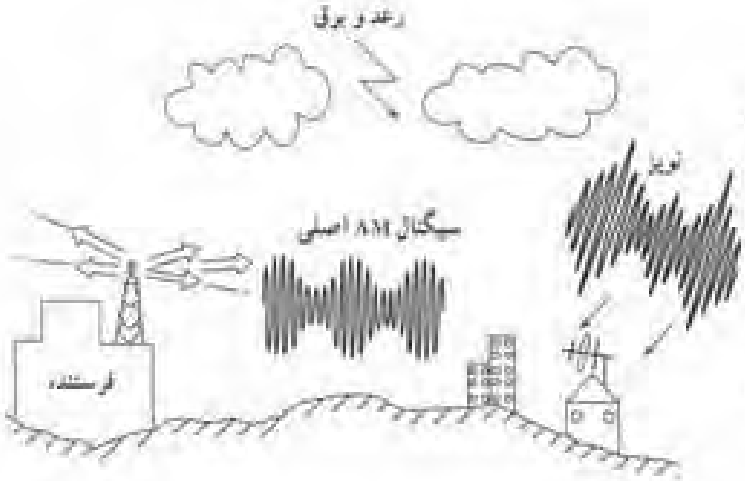
۲ـ۱۳ـ۱ـ نویز داخلی: نویز داخلی نویزی است که خودبه‌خود در داخل سیستم به وجود می‌آید؛ مانند صدای هوم که از بلندگوی یک تقویت‌کننده‌ی صوتی در زمانی که هیچ سیگنالی در ورودی ندارد شنیده می‌شود. شکل (۹۲ـ۱).



شکل ۹۲ـ۱ـ نویز داخلی در تقویت‌کننده

۳ـ۱۳ـ۱ـ 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 (۹۳ـ۱). این امواج ناخواسته در اثر تخلیه الکتریکی ابرها، رعد و برق و ... به‌وجود می‌آیند و باعث القای ولتاژ ناخواسته به آنتن گیرنده می‌شوند.



شکل ۹۳ـ۱ـ نویز رعد و برق یک نویز خارجی است.

۱ـ 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 (۹۴ـ۱).

شکل ۹۴ـ۱

□ قطع و وصل کردن 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، چرخ گوشت و ... مولد نویز هستند شکل (۹۵ـ۱).

□ 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 ۹۵ـ۱

□ 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 (۹۶ـ۱).

شکل ۹۶ـ۱ـ القای نویز ناشی از کاربرد وسایل مخابراتی روی سایر وسایل مخابراتی

۴ـ۱۳ـ۱ـ نحوه‌ی اندازه‌گیری نویز: برای مقایسه‌ی کارآیی گیرنده‌ها و تقویت‌کننده‌های مختلف از نظر میزان تقویت سیگنال‌های اصلی و تضعیف نویز، معمولاً از هریبی 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

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

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

$$\frac{S}{N} = ۱۶$$

۵ـ۱۳ـ۱ـ 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.

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

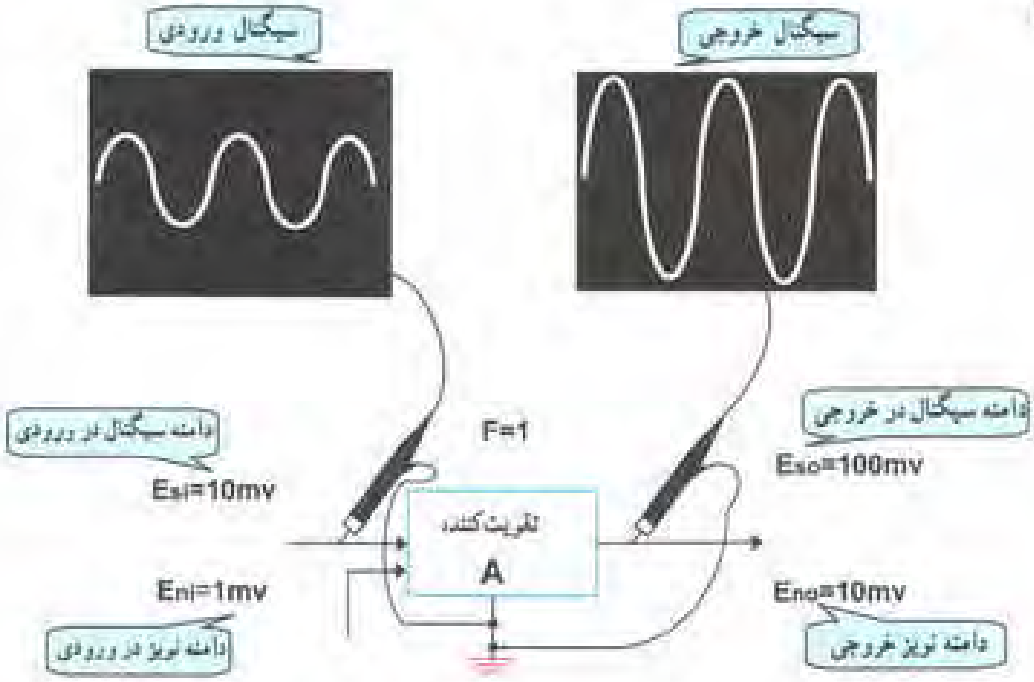
$$\text{خروجی } \frac{S}{N} = \left(\frac{۱/۲V}{۶۰mV}\right)^2$$

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

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

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

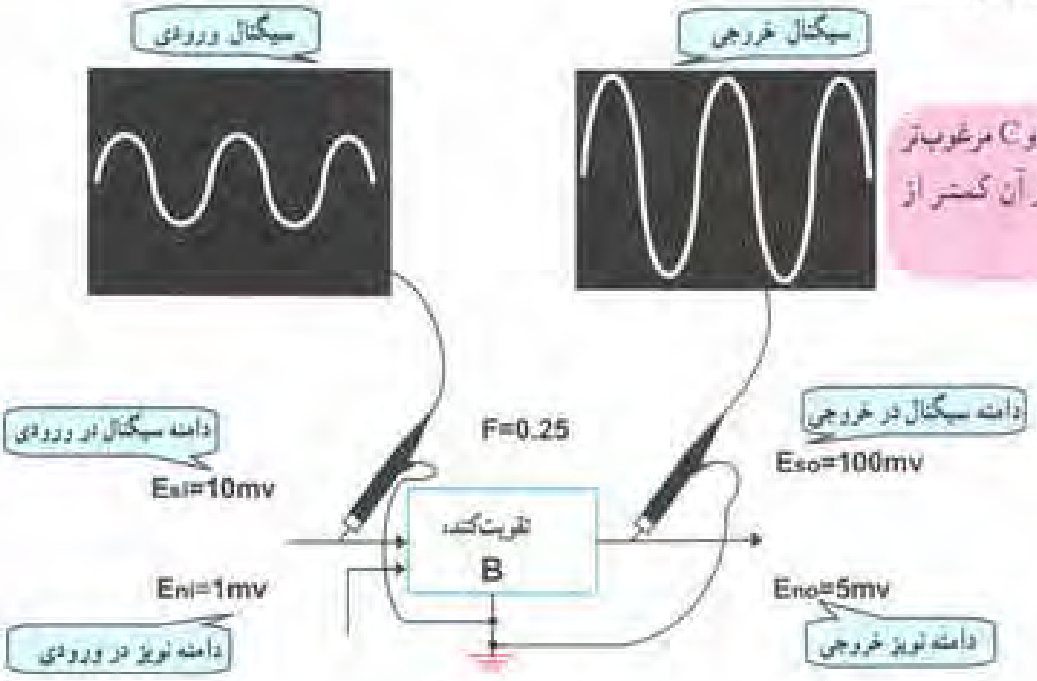
توجه: هرقدر عدد نویز کوچک‌تر باشد سیستم از نظر نویزپذیری دارای مصونیت بالاتری است زیرا در این حالت نسبت سیگنال به نویز در خروجی افزایش یافته و باعث شده است عدد نویز کوچک‌تر شود، شکل (۹۷ـ۱)



تصویر A

مثال: عدد نویز سه تقویت‌کننده، به ترتیب تقویت‌کننده A، $F_1 = 0/2$، تقویت‌کننده B، $F_2 = 1$ و تقویت‌کننده C، $F_3 = 5$ 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



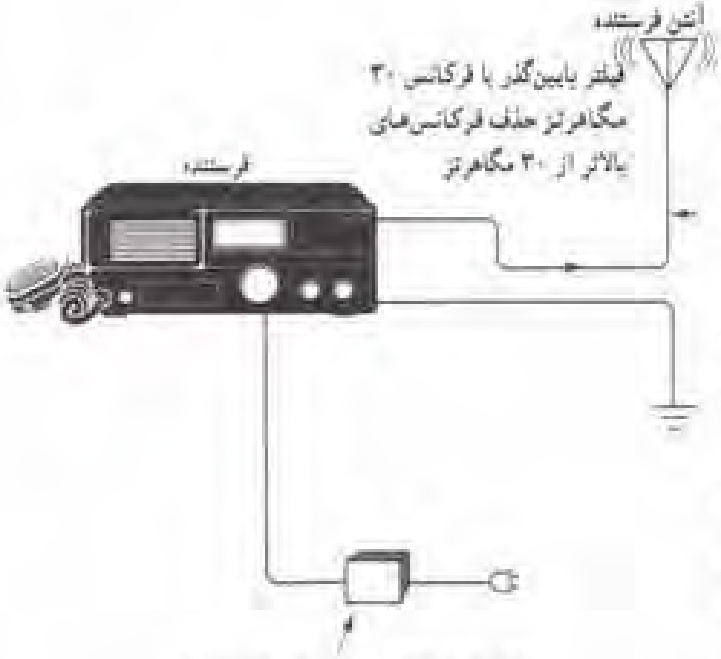
تصویر B

شکل ۹۷ـ۱ـ عدد نویز از مشخصه‌های تعیین کیفیت دستگاه است.

۶ـ۱۳ـ۱ـ 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.

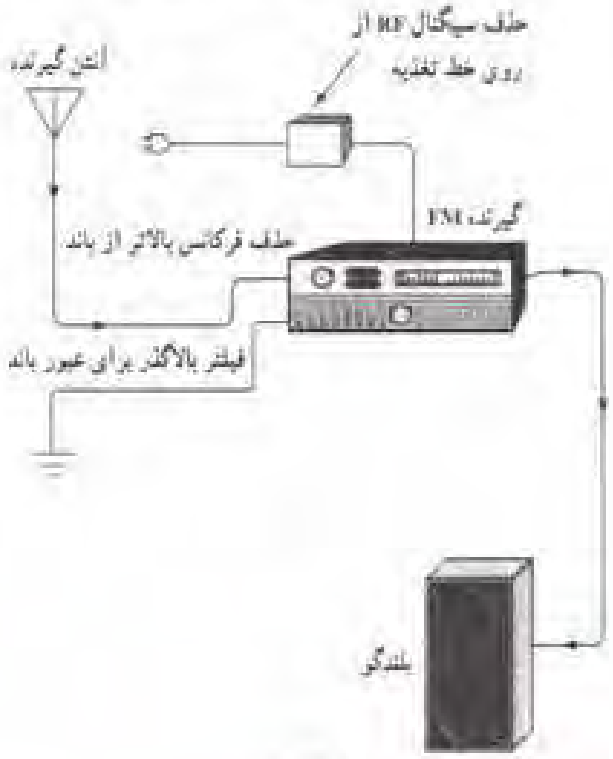
ـ با در نظرگرفتن نکات خاصی در طراحی و کاربری دستگاه‌های مخابراتی و گیرنده‌های رادیویی می‌توان نویز را کاهش داد.

ـ نویزهای ناشی از انتقال مانند رعد و برق با توجه به اینکه کمتر اتفاق می‌افتد قابل تاخیر گرفتن است. چنانچه تأکیدی برحذف و تضعیف آن داشته باشید، چون حدود فرکانسی آن ۳۰ مگاهرتز به بالاست می‌توان با قراردادن فیلترهای RC در روی خط آنتن و تغذیه از سیگنال نویز را کاهش داد. در شکل (۹۸ـ۱) این فیلترها را در ورودی تغذیه و خروجی یک فرستنده مشاهده می‌کنید.



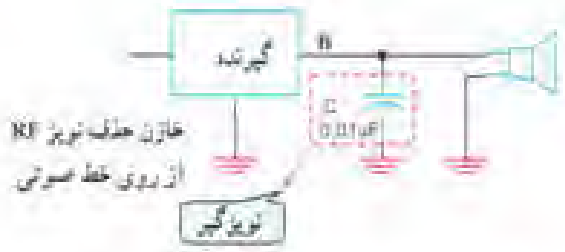
شکل ۹۸ـ۱ـ حذف نویز در خط تغذیه فرستنده و خط آنتن

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 (۹۹ـ۱).



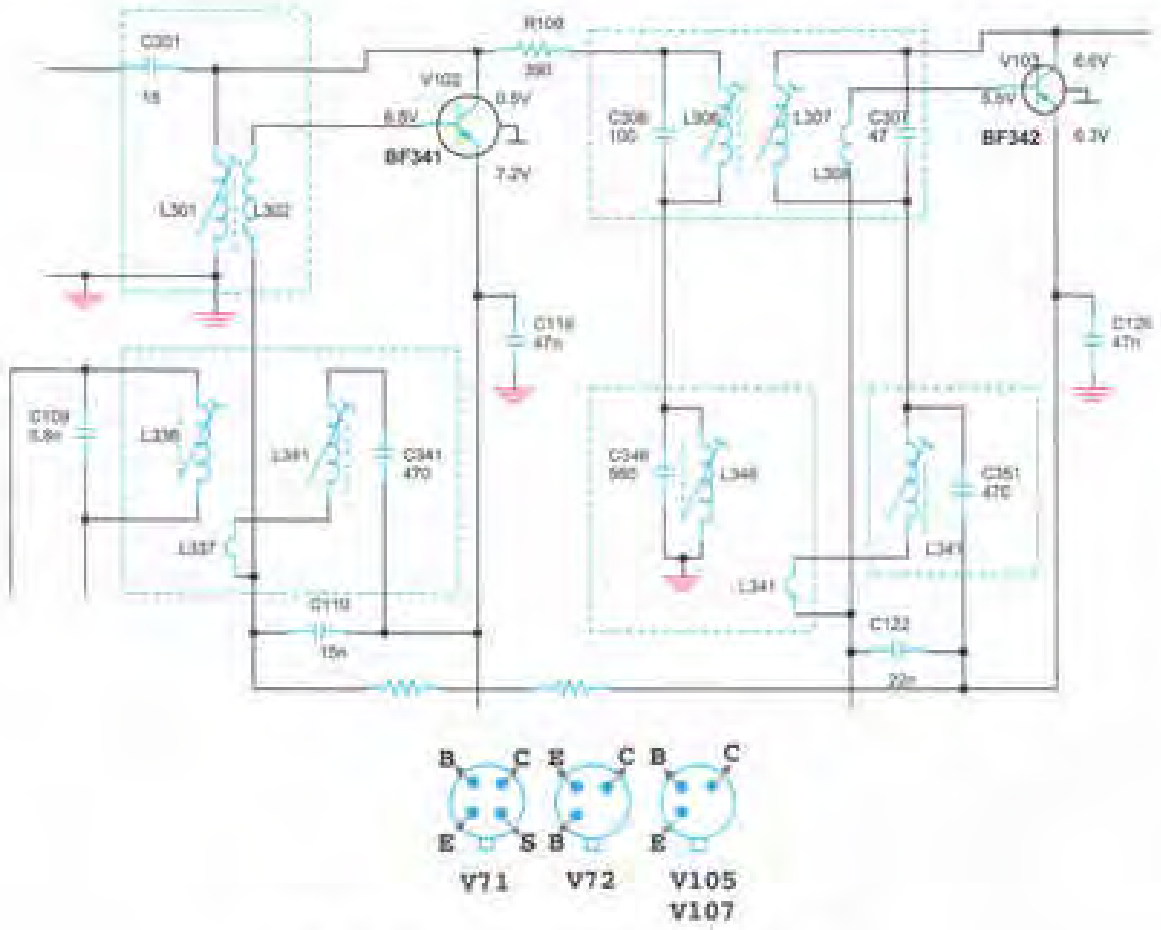
شکل ۹۹ـ۱

در شکل (۱۰۰ـ۱) 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.



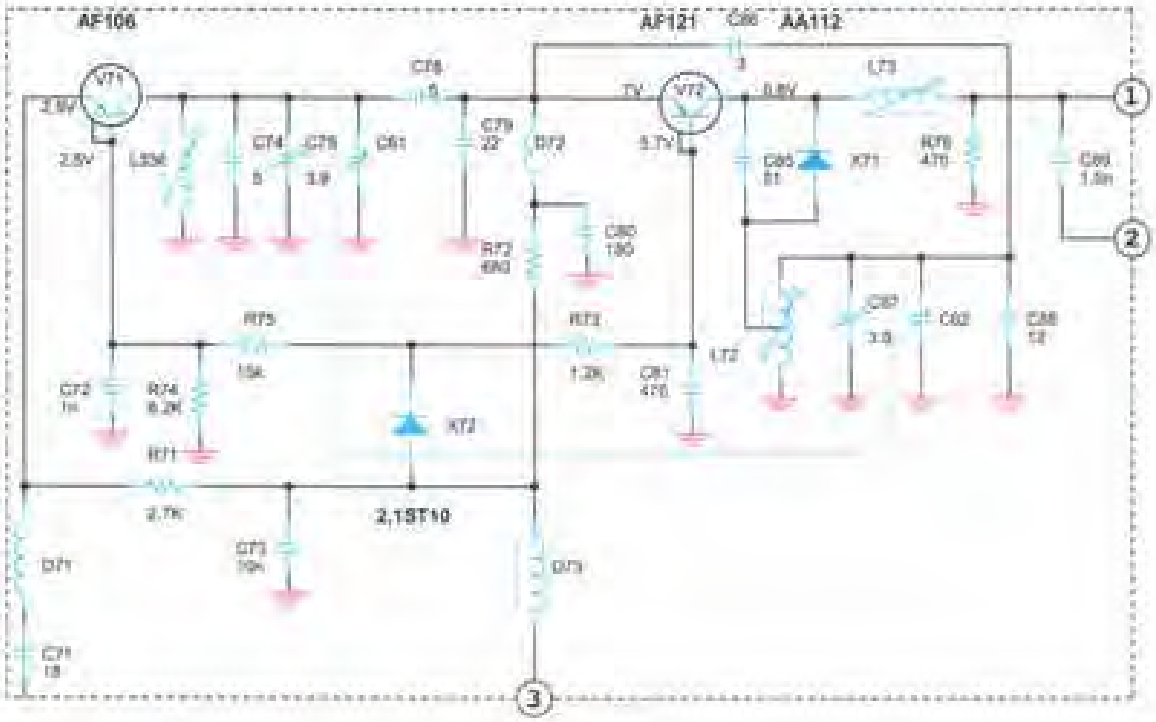
شکل ۱۰۰ـ۱ـ حذف نویز فرکانس بالا از بلندگو

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

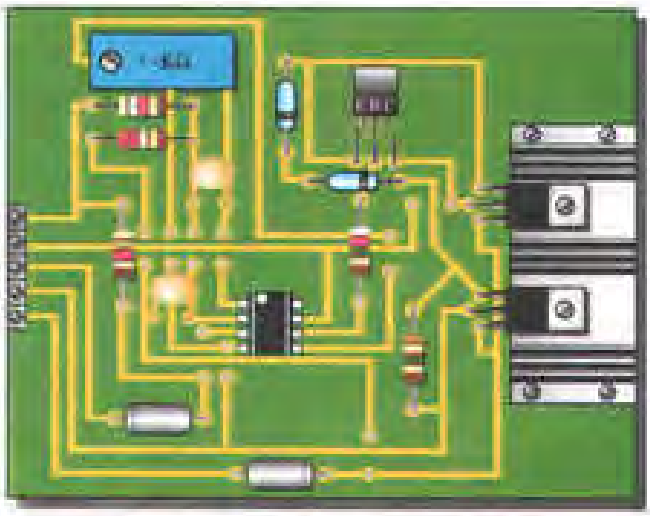
ـ قراردادن مدارهای فرکانس بالا در یک محفظه فلزی و اتصال بدنه‌ی آن به زمین. این کار سبب می‌شود که امواج الفایی ناشی از نویز، با سیگنال‌های اصلی تداخل پیدا نکنند معمولاً محفظه‌ی فلزی را در نقشه‌های فنی با کادر خط‌چین مطابق شکل (۱۰۲ـ۱) نشان می‌دهند.



شکل ۱۰۲ـ۱ـ قراردادن قسمت‌های فرکانس بالا در یک محفظه‌ی فلزی

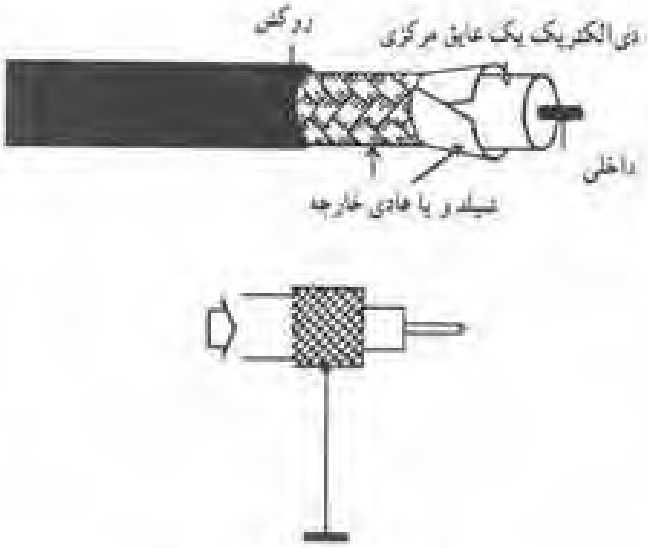
ـ نصب ترانزیستورهای طبقات قدرت مدارهای گیرنده بر روی گرماگیر.

این روش، نویز ناشی از حرارت را کاهش می‌دهد، و پایداری حرارتی تقویت‌کننده را تثبیت می‌کند. در شکل (۱۰۳ـ۱) یک نمونه ترانزیستور قدرت که بر روی گرماگیر نصب شده نشان داده شده است.



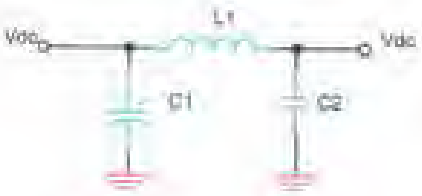
شکل ۱۰۳ـ۱ـ نصب ترانزیستور بر روی گرماگیر برای کاهش اثر نویز داخلی

ـ 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 (۱۰۴ـ۱) سیم شیلد به زمین یا GND مدار وصل شده است تا مانع ورود فرکانس‌های مزاحم به مدار شود.



شکل ۱۰۴ـ۱ـ استفاده از سیم شیلد برای کاهش نویز

ـ 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 (۱۰۵ـ۱) یک فیلتر پایین‌گذر π شکل است که برای حذف نوسانات ولتاژ تغذیه مدارهای الکترونیکی به کار می‌رود.



شکل ۱۰۵ـ۱ـ فیلتر حذف جرقه‌های موتورهای احتراقی و الکتریکی

آزمون میانی (۵)

۱ـ نویز را تعریف کنید.

۲ـ منابع ایجاد نویز را نام ببرید.

۳ـ عدد نویز را شرح دهید.

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

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

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

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

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

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

۱۰ـ آیا نویز را می‌توان از بین برد؟

۱۴ـ۱ـ 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 (۱۰۶ـ۱).

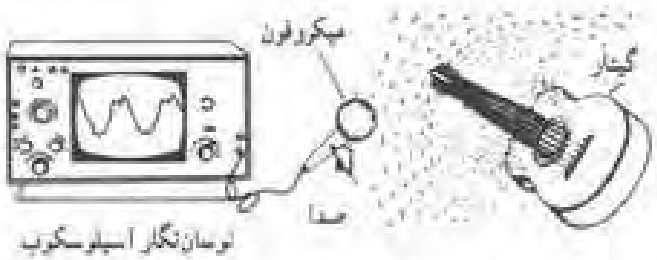
شکل ۱۰۶ـ۱ـ ارتعاشات صوتی که به آن‌ها آکوستیک نیز می‌گویند.

۱ـ۱۴ـ۱ـ چگونگی تولید صدا: تمامی صداها از حرکت و لرزش اشیا به‌وجود می‌آیند، بدون حرکت شئ هیچ صدایی تولید نمی‌شود. در شکل (۱۰۷ـ۱) 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.

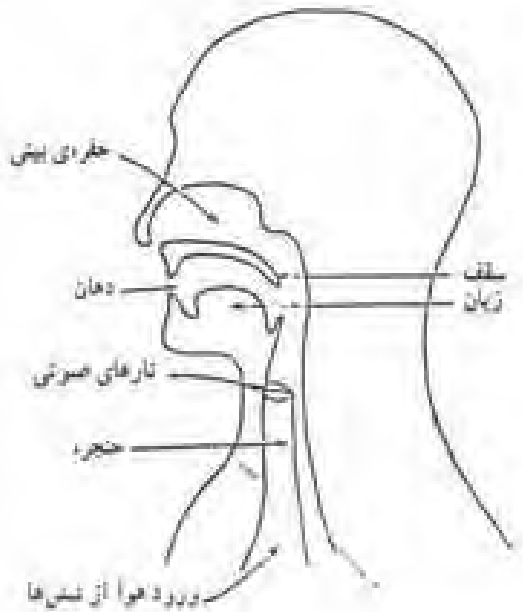
شکل ۱۰۷ـ۱ـ انواع صداها

اگر پس از کشیدن و رها کردن 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 (۱۰۸ـ۱) موج صدای ایجاد شده از یک گیتار را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید.

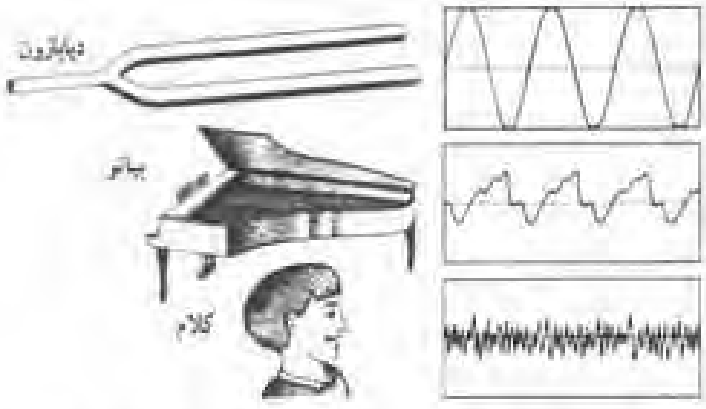


شکل ۱۰۸ـ۱ـ صدای گیتار روی اسیلوسکوپ

همچنین در شکل (۱۰۹ـ۱) نحوه‌ی ایجاد صوت از حنجره انسان نشان داده شده است. ارتعاش تارهای صوتی حنجره باعث ایجاد صدای انسان می‌شود. در شکل (۱۱۰ـ۱) چند نمونه شکل موج تولید شده از صداهای مختلف را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۰۹ـ۱ـ تارهای صوتی حنجره انسان مولد صوت است.



شکل ۱۱۰ـ۱ـ شکل موج چند نمونه صدا روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ

ارتعاش تارهای صوتی حنجره باعث ایجاد صدای انسان می‌شود.

۲ـ۱۴ـ۱ـ 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 (۱۱۱ـ۱) 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 ـ طرح سازوکار شنوایی

ب

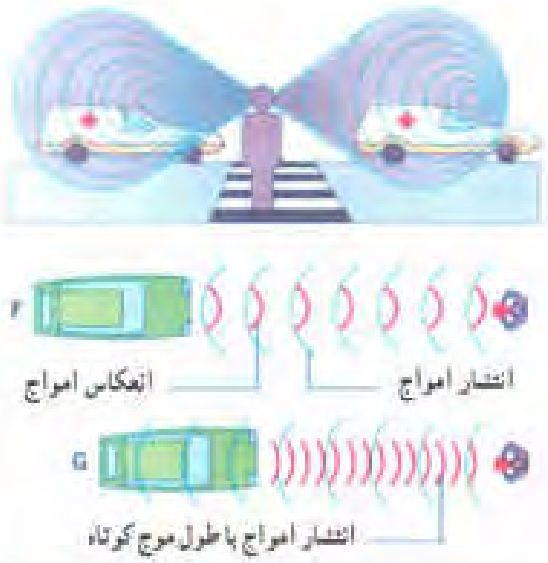
شکل ۱۱۱ـ۱ـ ساختمان گوش انسان

۳ـ۱۴ـ۱ـ 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 یا dB نشان می‌دهند. شکل (۱۱۴ـ۱) شدت و بلندی برخی از صداهای متداول را برحسب دسی‌بل نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۴ـ۱ـ 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.

۴ـ۱۴ـ۱ـ انتشار امواج صوتی: امواج صوتی از منابع مختلفی تولید می‌شوند و بسته به نوع منبع صوتی درجهات معین مطابق شکل (۱۱۳ـ۱) و یا درهمه جهات انتشار می‌یابند امواج منتشر شده پس از مدتی در محیط انتشار خود استهلاک پیدا می‌کنند و از بین می‌روند.



شکل ۱۱۳ـ۱ـ نحوه‌ی انتشار امواج

نحوه‌ی انتشار امواج صوتی شبیه انتشار امواجی است که بر اثر برتاب یک سنگ‌ریزه در سطح آب به‌وجود می‌آیند. شکل امواج منتشر شده در سطح آب بر اثر برتاب سنگ در دریاچه و تشعشع امواج RF از دکل آنتن در شکل (۱۱۴ـ۱) نشان داده شده است. امواج صوتی نیز تقریباً به همین ترتیب منتشر می‌شوند.

شکل ۱۱۴ـ۱ـ مقایسه‌ی انتشار امواج رادیویی با انتشار امواج آب

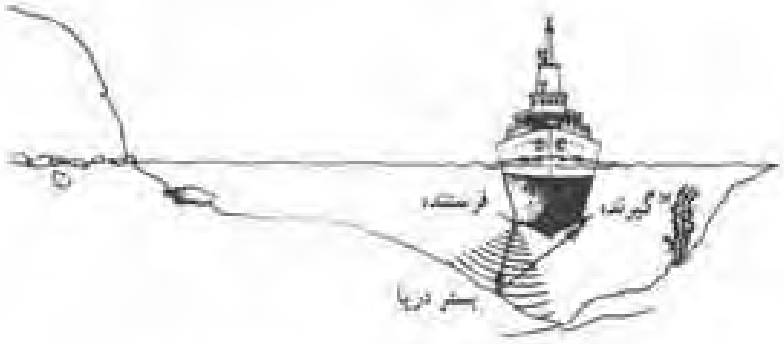
برای انتشار امواج صوتی ارتعاش‌های مختلفی وجود دارد ؛ ارتعاش‌هایی را که سبب تولید و انتقال امواج صوتی می‌شوند برحسب فرکانس‌شان به سه دسته تقسیم می‌شوند.

□ ***امواج صوتی***: این ارتعاش‌ها صوتی هستند، مولد و با گوش شنیده می‌شوند. حدود فرکانس امواج صوتی بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز است، شکل (۱۱۵ـ۱).

شکل ۱۱۵ـ۱ـ امواج صوتی

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

□ ***امواج فراصوتی***[2] ***(بالا یا مافوق صوت)*** : این امواج دارای فرکانس بیشتر از ۲۰ کیلو هرتز هستند کاربرد امواج ماوراء صوت بیشتر در صنایع نظامی و عملیات دریایی، ناوبری، سونار، تعیین عمق آب، به کارانداختن ازدرهای آکوستیکی، زیر دریایی‌ها و کشف زیر دریایی‌های غرق شده است، شکل (۱۱۶ـ۱).



شکل ۱۱۶ـ۱ـ کاربرد امواج ماوراء صوت

۱ـ Ultra Sonic : ماوراء صوت ـ مافوق صوت ـ فراصوتی ۲ـ بالای صوت

۱ـ Infra Sonic : زیر صوت ـ مادون صوت ـ فروصوتی

آزمون میانی (۶)

۱ـ آکوستیک را تعریف کنید.

۲ـ صدا چگونه تولید می‌شود؟

۳ـ قسمت‌های اصلی گوش انسان را نام ببرید.

۴ـ کدام بخش حنجره انسان صدا را ایجاد می‌کند؟

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

۵ـ آستانه‌ی شنوایی را شرح دهید.

۶ـ شدت صوت در یک کارخانه‌ی پر سر و صداچند دسی‌بل است؟

۱) ۹۰ ۲) ۵۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۲۰

۷ـ امواج صوتی چگونه منتشر می‌شوند؟

۸ـ انواع امواج صوتی را نام ببرید.

۹ـ کاربرد امواج فراصوتی را نام ببرید.

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

۱) ۲۰Hz ۲) ۲۰۰Hz ۳) ۳۰kHz ۴) ۱۰kHz

۱۵ـ۱ـ 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 (۱۱۷ـ۱) ساختمان یک نوع میکروفون و تصویر آن را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۱۷ـ۱ـ سمبل مداری میکروفون

۱ـ۱۵ـ۱ـ مشخصه‌های میکروفون:

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

امپدانس خروجی میکروفون بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ اهم است.

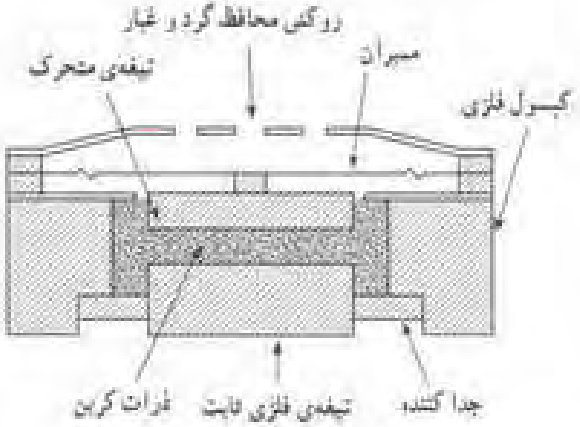
باند فرکانسی میکروفون در محدوده‌ی ۳۰ هرتز تا ۱۷ کیلوهرتز قرار دارد.

در شکل (۱۱۸ـ۱) نمونه اتصال یک میکروفون به تقویت کننده نمایش داده شده است.

شکل ۱۱۸ـ۱ـ اتصال میکروفون به تقویت کننده

۲ـ۱۵ـ۱ـ انواع میکروفون:

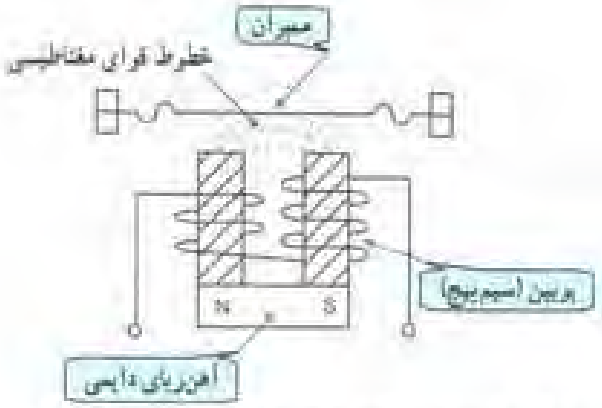
□ **میکروفون زغالی:** میکروفون زغالی ساختمانی ساده، کیفیتی نازل و قیمتی ارزان دارد. باند فرکانسی آن محدود است و تفکیک‌پذیری صدا را خیلی ضعیف انجام می‌دهد. ساختمان داخلی این میکروفون در شکل (۱۱۹ـ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱۱۹ـ۱ـ ساختمان داخلی میکروفون زغالی

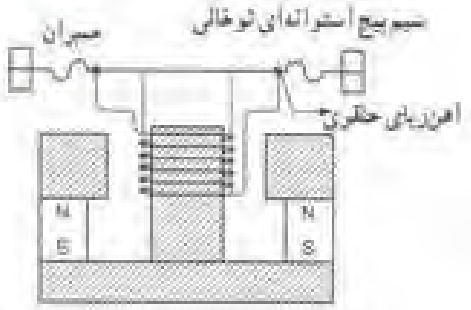
۱ـ میکروبار واحد فشار است.

□ **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 (۱۲۰ـ۱) ساختمان داخلی این نوع میکروفون را ملاحظه می‌کنید.



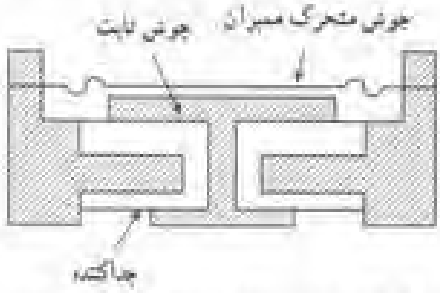
شکل ۱۲۰ـ۱ـ ساختمان داخلی میکروفون الکترومغناطیسی

□ **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 توسان می‌کند. در شکل (۱۲۱ـ۱) ساختمان داخلی میکروفون دینامیکی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲۱ـ۱ـ ساختمان میکروفون دینامیکی

□ **میکروفون خازنی:** میکروفون خازنی یا الکترواستاتیک درواقع خازن متغیر کوچکی است که یکی از صفحات یا چوشن آن ثابت و دیگری متحرک است. به صفحه‌ی متحرک، ممبران می‌گویند. ظرفیت خازنی این میکروفون حدود ۱۰ تا ۲۰ پیکوفاراد است. در شکل (۱۲۲ـ۱) ساختمان داخلی میکروفون خازنی آمده است.



شکل ۱۲۲ـ۱ـ ساختمان داخلی میکروفون خازنی

۳ـ۱۵ـ۱ـ نمودار گیرایی صوت در میکروفون‌ها:

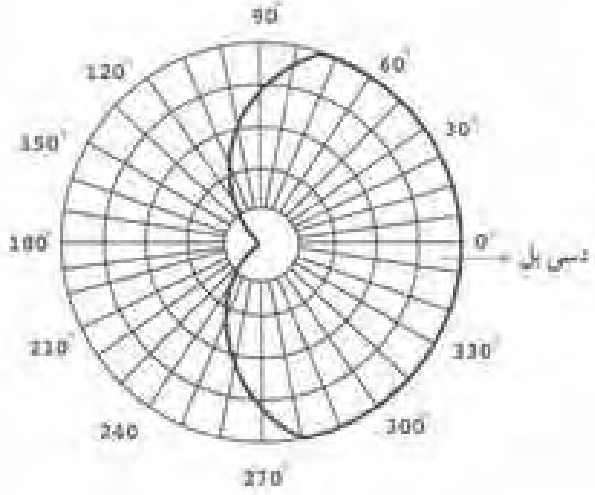
میکروفون‌ها را ازنظر راستا و جهت دریافت امواج صوتی تقسیم‌بندی می‌کنند. میکروفون‌هایی که صدا را از همه‌ی جهات دریافت می‌کنند، میکروفون‌های همه‌جهته نام دارند، شکل (۱۲۳ـ۱).

شکل ۱۲۳ـ۱ـ 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 (۱۲۴ـ۱)، محدوده‌ای که میکروفون در آن جهت صدا را می‌گیرد یا مشخصه‌ی گیرایی میکروفون تعریف می‌شود.

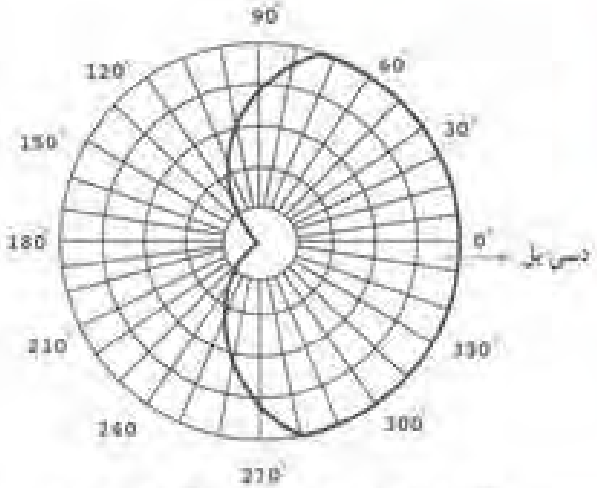
شکل ۱۲۴ـ۱ـ میکروفون دو جهته

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 (۱۲۵ـ۱) نمودار قطبی میکروفون دینامیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲۵ـ۱ـ 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 (۱۲۶ـ۱).



شکل ۱۲۶ـ۱ـ نمودار محدوده‌ی گیرایی میکروفون

---

[1] مشابه قلب Cardio ـ۱

آزمون میانی (۷)

۱ـ میکروفون چیست؟ شرح دهید.

۲ـ انواع میکروفون را نام ببرید.

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

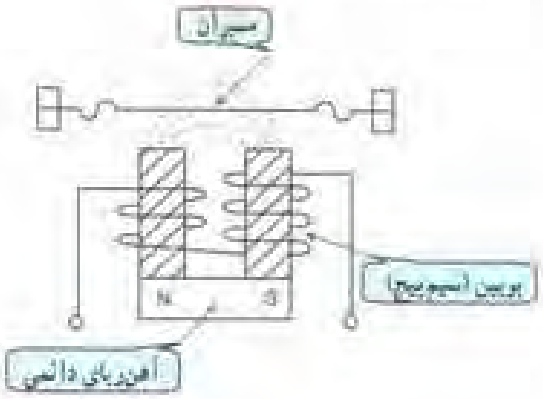
۴ـ میکروفون خازنی را شرح دهید.

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

۶ـ شکل (۱۲۷ـ۱) ساختمان داخلی کدام میکروفون است.

۱) میکروفون دینامیکی ۲) میکروفون خازنی

۳) میکروفون الکترومغناطیسی ۴) میکروفون زغالی



شکل ۱۲۷ـ۱

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

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

۱. تعریف کلی از گیرنده بیان کنیم.

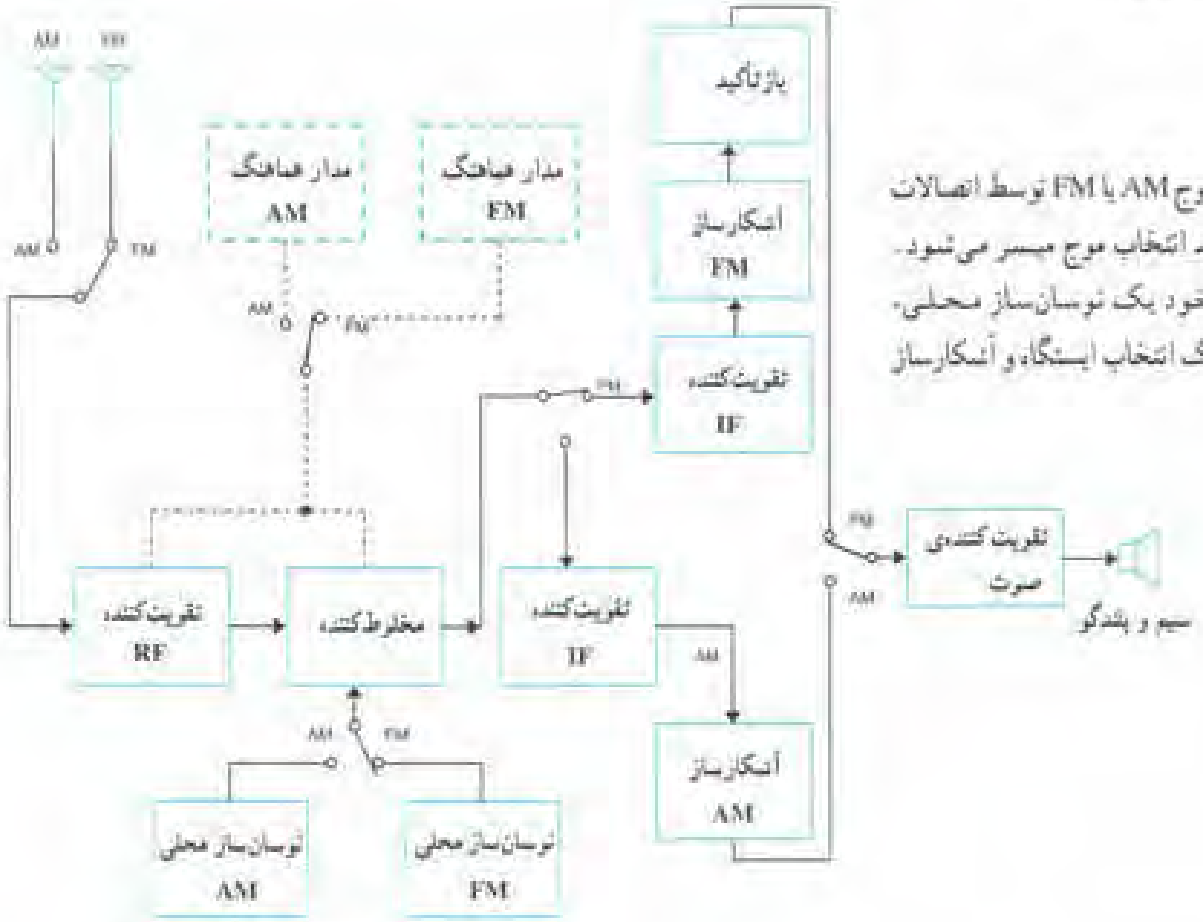
۲. وظایف هریک از قسمت‌های اصلی گیرنده را نام ببریم.

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: ۴ ساعت

۱ــ۱۷ــ۱ــ خلاصه‌ی آزمایش: در این 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 به کار شما ندارد جداً خودداری کنید، شکل (۱۳۰ــ۱).

به قسمت‌های الکتریکی دستگاه، در حال کار دست نزنید!

شکل ۱۳۰ــ۱

■ از وسایل و دستگاه‌های اندازه‌گیری حساس و میزکار خود در آزمایشگاه مراقبت به‌عمل آورید، شکل (۱۳۱ـ۱).

شکل ۱۳۱ـ۱

■ از وسایل و ابزارهای مخصوص تعمیرات دستگاه‌های الکترونیکی استفاده کنید و از عایق بودن دسته‌های ابزارهایی از قبیل انبردست، دم‌باریک و پیچ‌گوشتی اطمینان حاصل کنید، شکل (۱۳۲ـ۱).

شکل ۱۳۲ـ۱

■ هنگام اندازه‌گیری مقاومت قطعات و یا بررسی شاسی دستگاه و یا لحیم‌کاری، دوشاخه‌ی دستگاه ضبط‌صوت را از برق بیرون بکشید، شکل (۱۳۳ـ۱).

شکل ۱۳۳ـ۱

■ از ترانس ایزوله‌ی ۱:۱ با فیوز مناسب استفاده کنید تا دچار برق‌گرفتگی نشوید، شکل (۱۳۴ـ۱).

امروزه اگر به تعمیر لوازم الکتریکی می‌پردازید باید ترانسفور مر ایزوله کننده را مورد استفاده قرار دهید.

شکل ۱۳۴ـ۱

۳ـ۱۷ـ۱ـ تجهیزات موردنیاز:

■ اسیلوسکوپ یک دستگاه

■ سیگنال ژنراتور صوتی AF

■ سیگنال ژنراتور رادیویی RF

■ پراب اسیلوسکوپ و سیم‌های رابط

۴ـ۱۷ـ۱ـ 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 ۱۰۰ kHz تا ۱۵۰ MHz 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

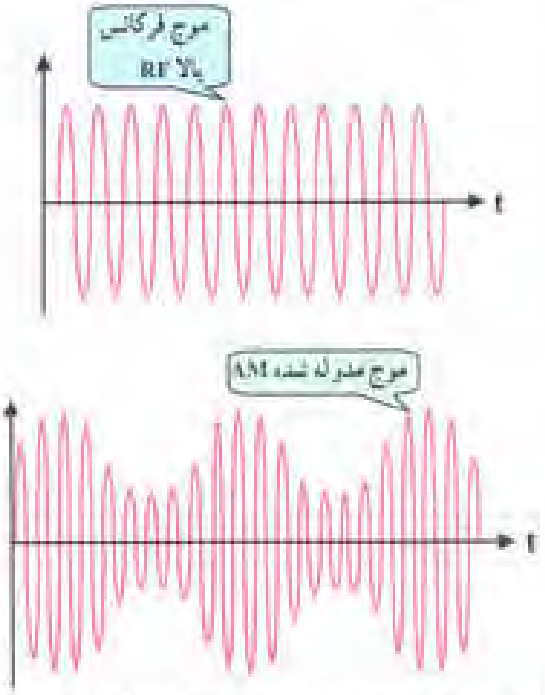
دستگاه سیگنال ژنراتور AF

دستگاه سیگنال ژنراتور RF

شکل ۱۳۵ـ۱

همچنین قادر است با استفاده از فرکانس‌های مختلف پیام، سیگنال مدوله شده یا مدولاسیون خارجی به ما بدهد. در شکل (۱۳۶ـ۱ـ الف) یک نمونه سیگنال ژنراتور RF و در شکل (۱۳۶ـ۱ـ ب) شکل موج‌های خروجی دستگاه ژنراتور RF را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۳۶ـ۱ـ الف ـ سیگنال ژنراتور RF



شکل ۱۳۶ـ۱ـ ب ـ شکل موج‌های دستگاه سیگنال ژنراتور RF

■ **معرفی دگمه‌های دستگاه به‌ترتیب شماره روی شکل (۱۳۷ـ۱):**

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

۲ـ LED : نشان دهنده روشن شدن دستگاه

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

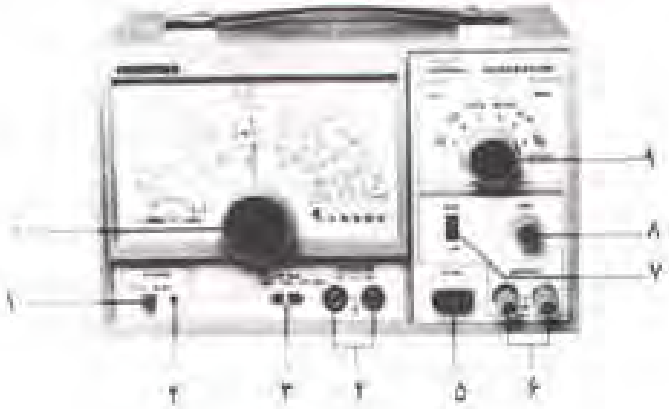
۴ـ ترمینال BNC برای ورودی سیگنال پیام جهت مدولاسیون خارجی

۵ـ ولوم تنظیم دامنه‌ی موج مدوله کننده‌ی پیام

۶ـ ولوم تنظیم سطح و یا دامنه‌ی ولتاژ سیگنال RF

۷ـ ترمینال خروجی BNC برای سیگنال RF

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



شکل ۱۳۷ـ۱

۹ـ کلید انتخاب رنج و محدوده‌ی فرکانس

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

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

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

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

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

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

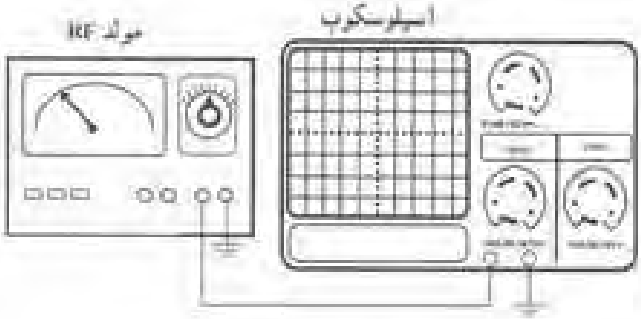
۱۰ـ واریابل : به کمک این واریابل فرکانس خروجی تنظیم می‌شود. عقربه روی هر عددی قرار گیرد، با توجه به محدوده‌ی فرکانسی انتخاب شده در حوزه‌ی کار A تا F می‌توان مقدار فرکانس خروجی را تعیین کرد.

■ 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 ۲۰۰kHz بگذارید.

■ خروجی RF را مطابق شکل (۱۳۹ـ۱) به اسیلوسکوپ وصل کنید. شکل موج را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید.

شکل ۱۳۸ـ۱



شکل ۱۳۹ـ۱ـ نحوه‌ی اتصال دستگاه سیگنال ژنراتور RF به اسیلوسکوپ

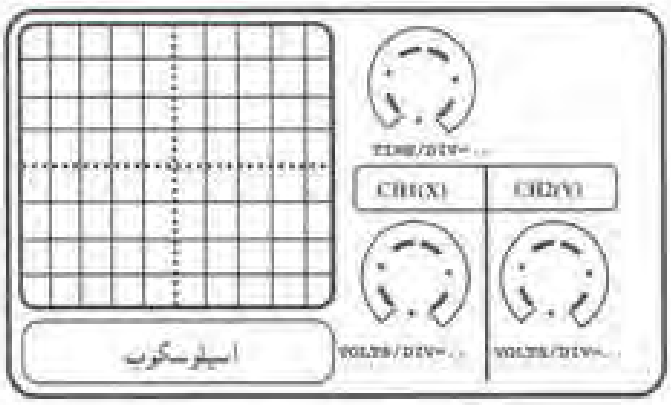
■ مقدار فرکانس و ضریب Time/Div را بنویسید.

Time / DIV = ...

■ مقدار ضریب Volt / DIV را بنویسید.

Volt / DIV = ...

■ شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۰ـ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۴۰ـ۱

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

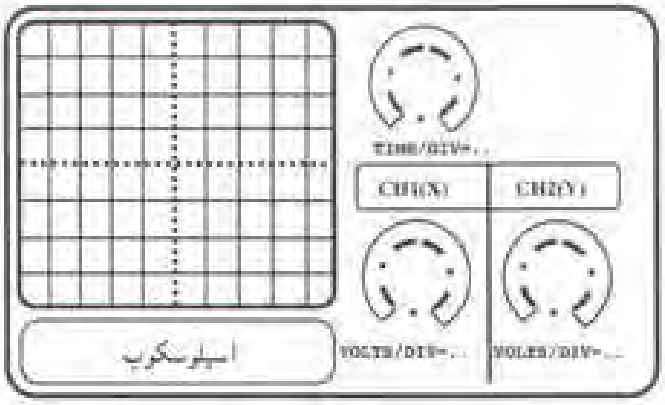
■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس F_G = ۴۵۵kHz تنظیم کنید.

■ شکل موج خروجی را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید و خروجی را با مقیاس مناسب در شکل (۱۴۱ـ۱) ترسیم کنید.

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

V_{max} = ...۷	ولت
V_{min} = ...۷	ولت

T = ...	ثانیه
$F = \frac{1}{T}$	هرتز

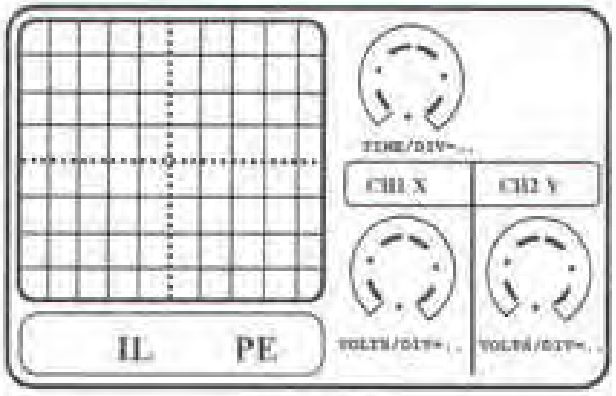


شکل ۱۴۱ـ۱

سؤال ـ 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 (۱۴۲ـ۱) ترسیم کنید.

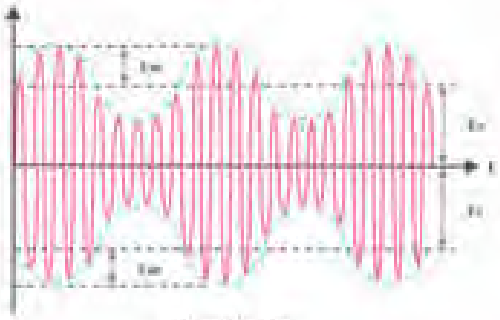


شکل ۱۴۲ـ۱

■ با توجه به شکل (۱۴۳ـ۱) مقدار ضریب مدولاسیون شکل موج مشاهده شده را به‌دست آورید.

Em : دامنه‌ی سیگنال پیام

Ec : دامنه‌ی سیگنال حامل



شکل ۱۴۳ـ۱

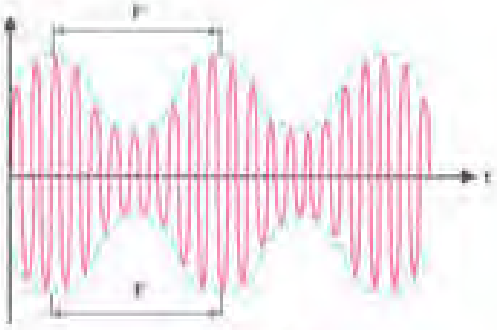
$$m = \frac{Em}{Ec}$$

$$M = \frac{Em}{Ec} \times ۱۰۰٪$$

m = ... M = ...٪

■ فرکانس پوش مثبت و منفی سیگنال مدوله شده را مطابق شکل (۱۴۴ـ۱) به‌دست آورید.

F = ... Hz فرکانس



شکل ۱۴۴ـ۱

■ آیا مقدار فرکانس 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

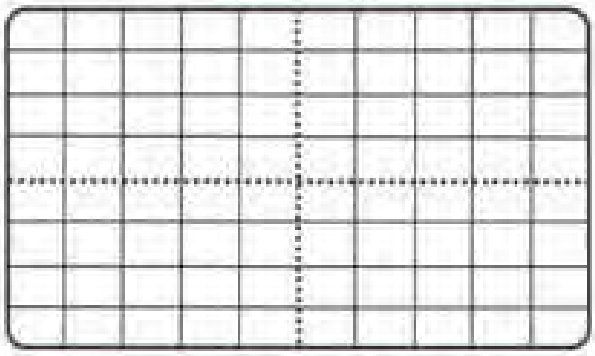
■ با تغییر ولوم، دامنه‌ی مدولاسیون تغییرات شکل موج مدوله‌شده‌ی AM را بررسی کنید.

$V_{min} = \cdots\cdots$ ولت

$V_{max} = \cdots\cdots$ ولت

با کاهش مقدار دامنه شکل موج مدوله شده را با مقیاس مناسب در شکل (۱۲۵ـ۱) ترسیم کنید.

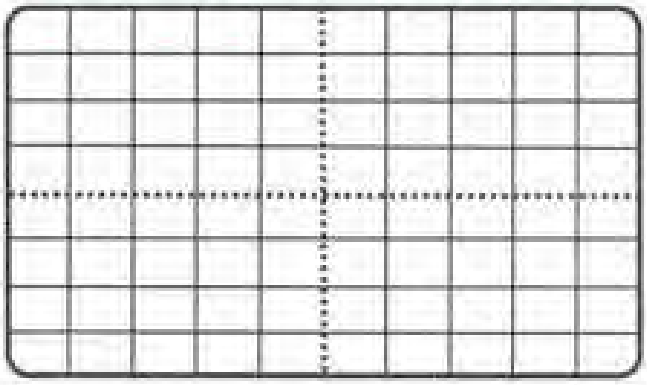
$E_m = \cdots\cdots$ ولت ، $E_c = \cdots\cdots$ ولت



شکل ۱۲۵ـ۱

با افزایش مقدار دامنه، شکل موج مدوله شده را با مقیاس مناسب در شکل (۱۲۶ـ۱) ترسیم کنید.

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



شکل ۱۲۶ـ۱

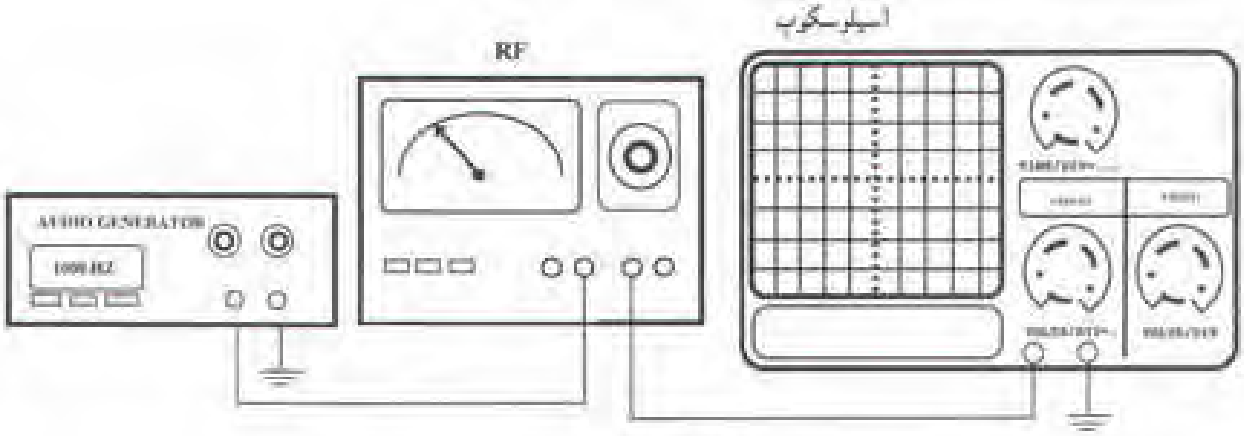
آیا مقادیر دامنه‌ی پیام B و دامنه‌ی سیگنال حامل A ثابت می‌باشند؟

■ 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 ۸۰۰ kHz و یا ۱MHz بگذارید.

■ دامنه‌ی سیگنال ژنراتور RF را روی ۰/۸Vp-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 (۱۲۷ـ۱) به ورودی RF اتصال دهید.



شکل ۱۲۷ـ۱

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

شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور RF را با مقیاس مناسب در شکل (۱۲۸ـ۱) ترسیم کنید.

■ مقدار ضریب مدولاسیون موج مدوله شده را به‌دست آورید.

m =
M = ... ٪۱۰۰

■ نوع مدولاسیون AM را از نظر درصد مشخص کنید.

■ دامنه‌ی سیگنال ژنراتور AF را روی $0/8V_{p-p}$ قرار دهید و مجدداً آن را به سیگنال ژنراتور RF اعمال کنید.

■ شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور RF را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۲۹ـ۱) ترسیم کنید.

■ مقدار ضریب مدولاسیون را به‌دست آورید.

m = ... M = ...٪

■ درصد مدولاسیون AM را مشخص کنید.

پاسخ

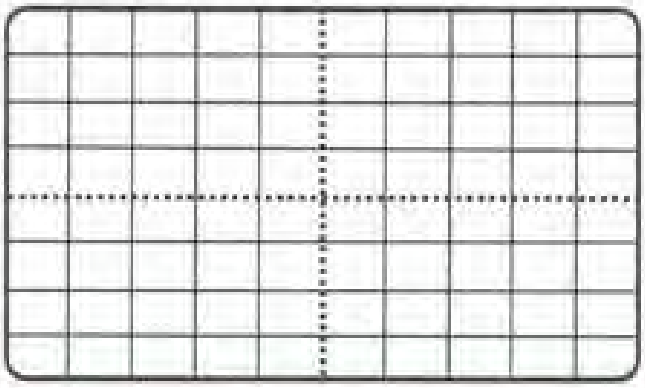
■ دامنه‌ی سیگنال ژنراتور AF را روی $1/2V_{p-p}$ قرار دهید و دوباره آن را به سیگنال ژنراتور RF وصل کنید.

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

■ مدار ضریب مدولاسیون را به‌دست آورید.

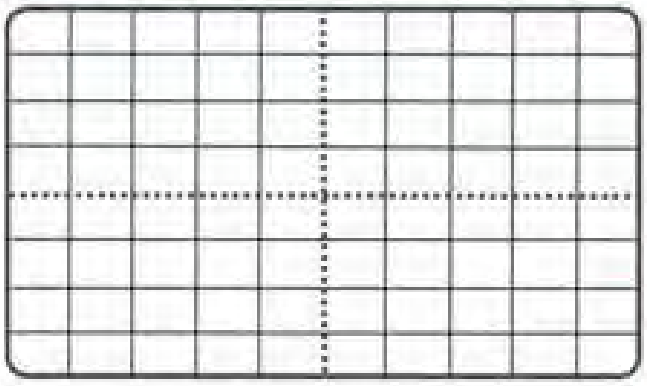
m = ... M = ...٪

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

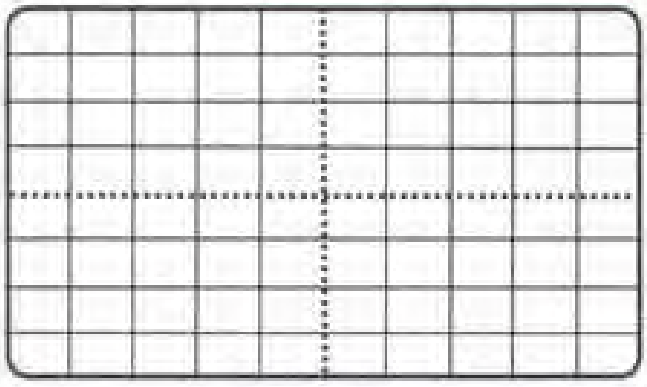


شکل ۱۲۸ـ۱

پاسخ



شکل ۱۲۹ـ۱



شکل ۱۵۰ـ۱

پاسخ

خودآزمایی عملی

۱ـ کاربرد دستگاه سیگنال ژنراتور AF را بنویسید.

پاسخ:

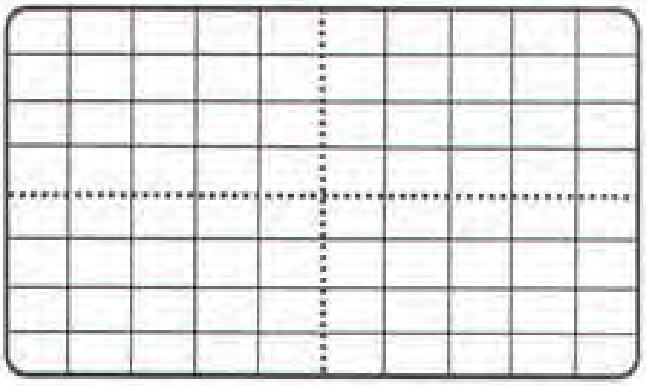
۲ـ کاربرد دستگاه سیگنال ژنراتور RF را بنویسید.

پاسخ:

۳ـ 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 (۱۵۱ـ۱) ترسیم کنید.

۴ـ 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 ۱۵۱ـ۱

زمان: ۲ ساعت

آزمون عملی (۱)

۱ـ 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.

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

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

۱۸ـ۱ـ کار عملی (۲)

زمان: ۸ ساعت

۱ـ۱۸ـ۱ـ خلاصه آزمایش: در این آزمایش به بررسی دستگاه فانکشن ژنراتور دارای مدولاسیون FM می‌پردازیم و با نحوه‌ی ساخت موج مدوله شده‌ی FM آشنا می‌شویم.

۲ـ۱۸ـ۱ـ وسایل و تجهیزات لازم:

■ سیگنال ژنراتور و فانکشن ژنراتور با مدولاسیون FM، شکل (۱۵۲ـ۱).

شکل ۱۵۲ـ۱ـ فانکشن ژنراتور

■ اسیلوسکوپ، شکل (۱۵۳ـ۱).

■ پراب و سیم‌های رابط

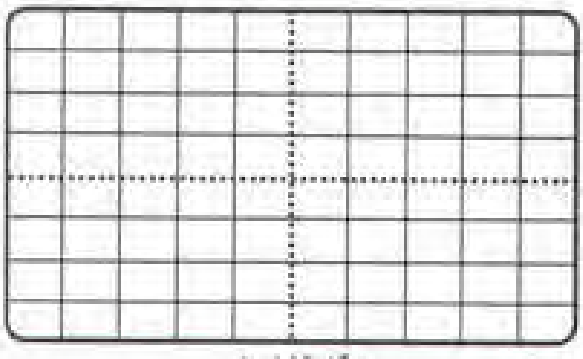
شکل ۱۵۳ـ۱ـ اسیلوسکوپ

۳ـ۱۸ـ۱ـ مراحل اجرای آزمایش:

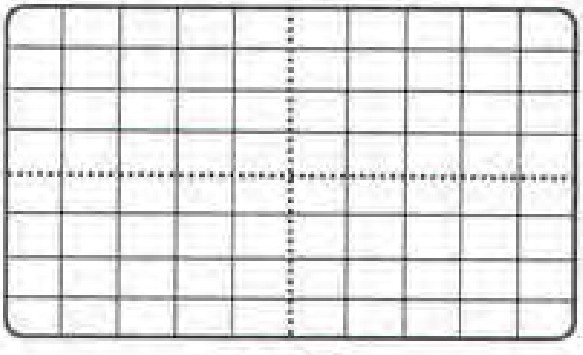
■ یک نوع دستگاه فانکشن ژنراتور دارای مدولاسیون FM را دراختیار بگیرید و کار تک‌تک دگمه‌های آن را موردبررسی قرار دهید.

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

الف ـ 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 (۱۵۴ـ۱) و (۱۵۵ـ۱) ترسیم کنید. دامنه را روی حداکثر قرار دهید.

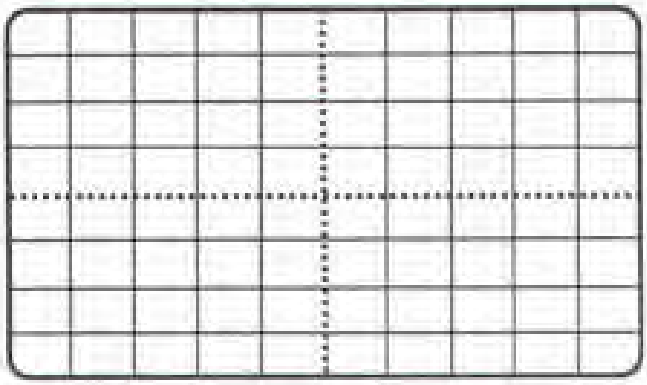


شکل ۱۵۴ـ۱

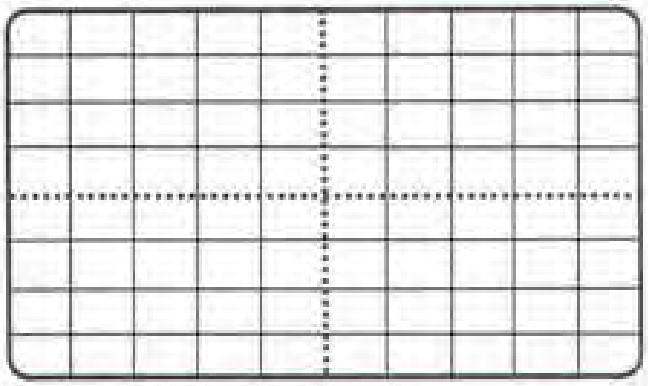


شکل ۱۵۵ـ۱

ب ـ 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 (۱۵۶ـ۱)، (۱۵۷ـ۱)، (۱۵۸ـ۱) و (۱۵۹ـ۱) ترسیم کنید.

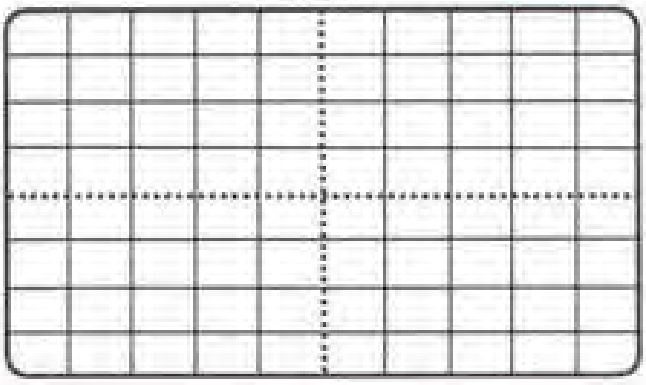


شکل ۱۵۶ـ۱

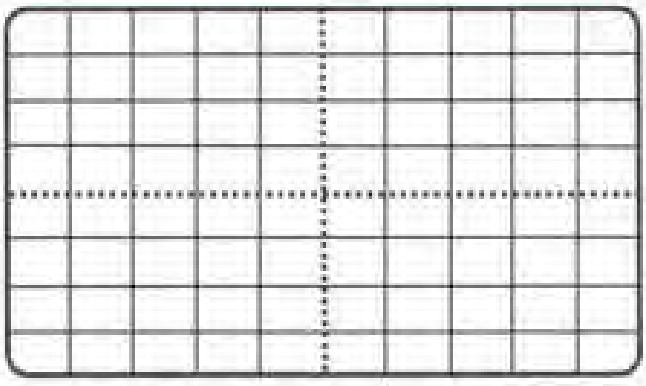


شکل ۱۵۷ـ۱

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 ۱۵۸ـ۱



شکل ۱۵۹ـ۱

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

$V_{o\min} = \ldots\ldots ?V$	حداقل ولتاژ خروجی
$V_{o\max} = \ldots\ldots ?V$	حداکثر ولتاژ خروجی

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

پاسخ:

هـ ـ کار دگمه‌ی Atten را شرح دهید.

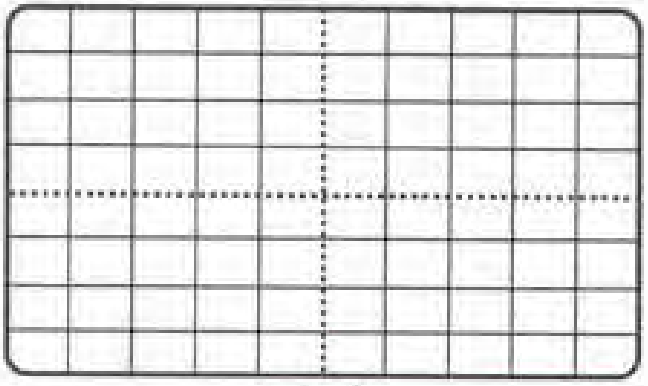
پاسخ:

■ 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 ـ دامنه‌ی سیگنال حامل حداکثر و درصد مدولاسیون حداکثر.

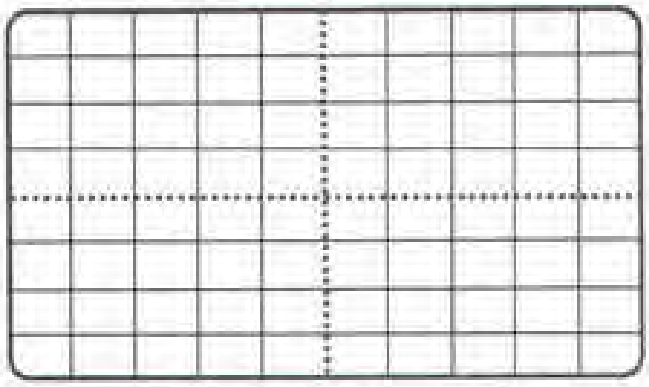
شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب بر روی شکل (۱۶۰ـ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۶۰ـ۱

ب ـ دامنه‌ی سیگنال حامل، $\frac{1}{2}$ حداکثر و درصد مدولاسیون ٪۵۰.

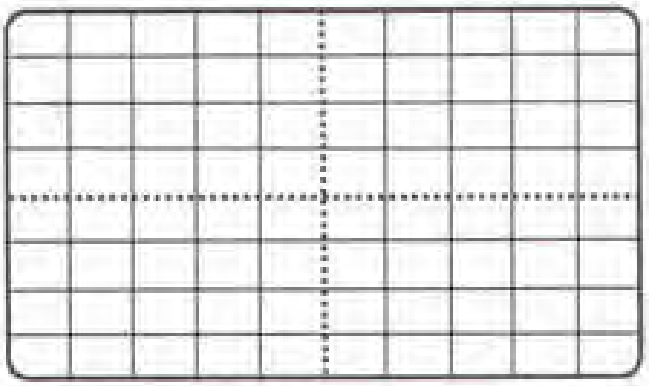
شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب بر روی شکل (۱ـ۱۶۱) ترسیم کنید.



شکل ۱ـ۱۶۱

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

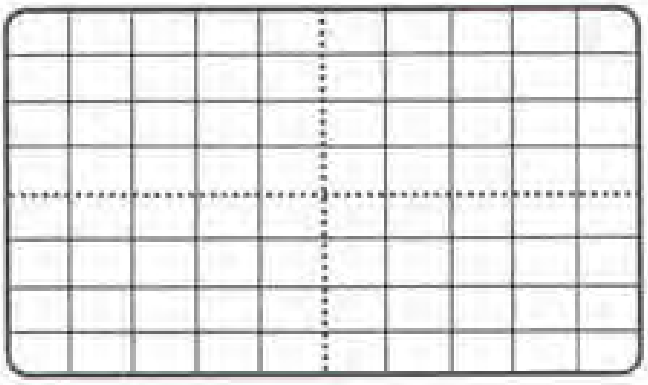
شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱ـ۱۶۲) ترسیم کنید.



شکل ۱ـ۱۶۲

د ـ دامنه‌ی سیگنال حامل $\frac{1}{2}$ حداکثر و درصد مدولاسیون ٪۷۵.

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱ـ۱۶۳) ترسیم کنید.



شکل ۱ـ۱۶۳

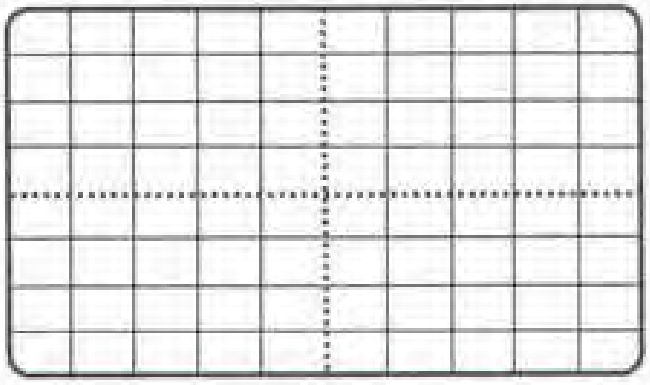
■ سایر کارآیی‌های Modulation را مشخص کرده، و شرح دهید.

۴ـ۱۸ـ۱ـ ساخت موج FM: دستگاه را روی Sweep قرار دهید. شکل موج خروجی را در شرایط زیر ترسیم کنید و مقادیر آن را بنویسید.

الف ـ

۲MHz	فرکانس
حداقل	Rate
حداقل	Width

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱ـ۱۶۴) ترسیم کنید.

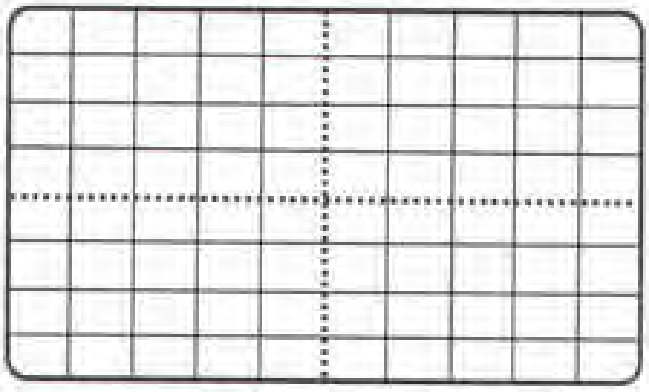


شکل ۱ـ۱۶۴

ب ـ

f فرکانس	۲MHz
Rate	حداقل
Width	حداکثر

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۵ـ۱) ترسیم کنید.

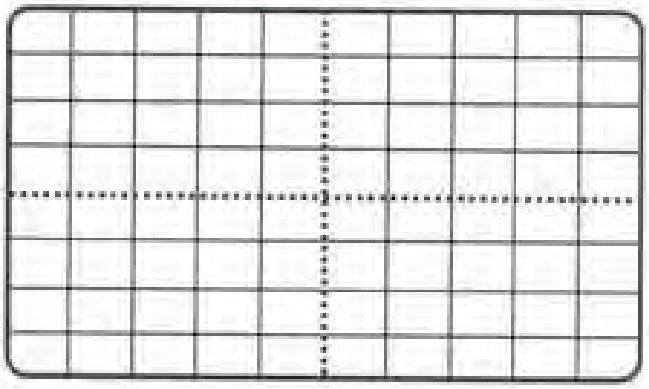


شکل ۱۶۵ـ۱

ج ـ

f فرکانس	۲MHz
Rate	حداکثر
Width	حداکثر

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۶ـ۱) ترسیم کنید.

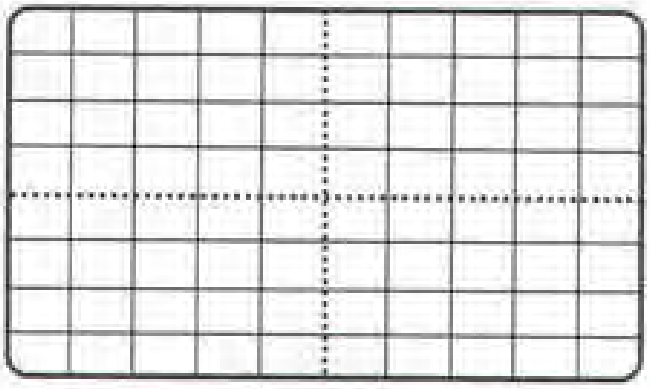


شکل ۱۶۶ـ۱

د ـ

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

شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۷ـ۱) ترسیم کنید.



شکل ۱۶۷ـ۱

■ 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 ۴ـ۱۸ـ۱ 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 میلی‌هرتز قرار دهید.

■ شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۱۶۸ـ۱) 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 (۱۶۹ـ۱) ترسیم کنید. نحوه‌ی اندازه‌گیری انحراف فرکانس را تشریح کنید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....

.....

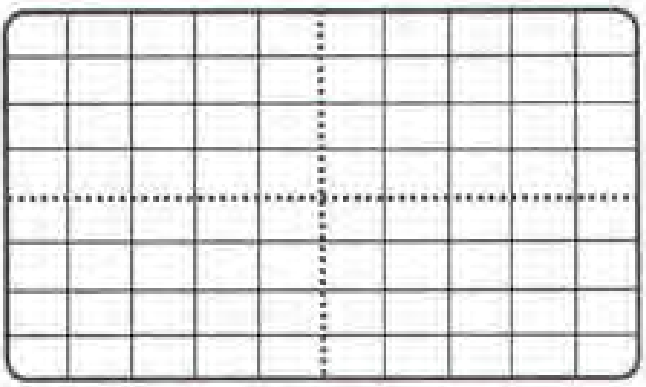
■ سیگنال ژنراتور AF را روی ۴ کیلوهرتز قرار دهید. شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب بر روی شکل (۱۷۰ـ۱) ترسیم کنید.

انحراف فرکانس را اندازه بگیرید.

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

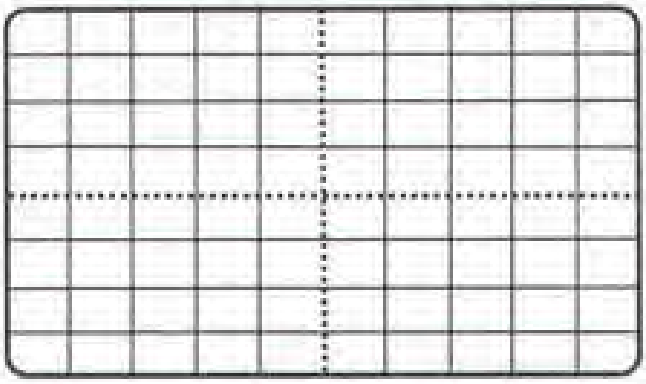
F_D =.....?Hz
حداکثر Rate

F_D =.....?Hz
حداکثر Width



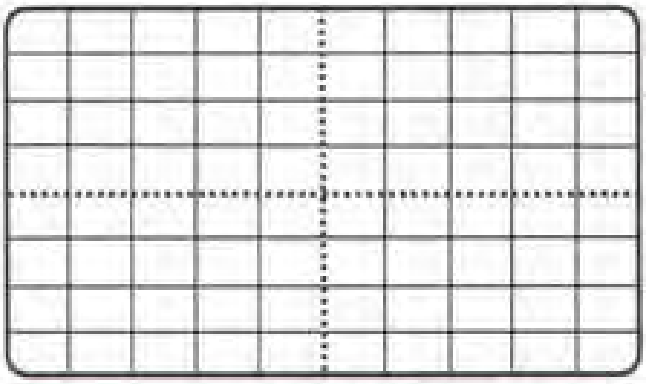
شکل ۱۶۸ـ۱

F_D = ?.....Hz



شکل ۱۶۹ـ۱

F_D =.....?Hz



شکل ۱۷۰ـ۱

F_D =.....?Hz

آزمون پایانی (۱)

۱ـ در سیگنال مدوله نشده‌ی AM درصورتی که $E_c = 12V$ و $E_{max} = 3V$ باشد، ضریب مدولاسیون AM چقدر است؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۲۵ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۵

۲ـ 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

۳ـ در گیرنده‌های سوپرهتروداین AM، فرکانس IF حدوداً چقدر است؟

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

۴ـ اگر فرکانس پیام در AM ۲۰ کیلوهرتز باشد پهنای باند گیرنده چند کیلوهرتز است؟

۱) ۱۰ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۴

۵ـ انحراف فرکانس در FM تجاری چند کیلوهرتز است؟

۱) ۷۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) ۲۵

۶ـ وظیفه AFC در گیرنده‌ی FM کدام است؟

۱) تولید فرکانس IF ۲) نوسان‌ساز سیگنال RF

۳) تقویت فرکانس IF ۴) پایدار کردن نوسان‌ساز محلی

۷ـ حساسیت در گیرنده یعنی :

۱) میزان ثابت بودن فرکانس ایستگاه در گیرنده

۲) درجه‌ی صحت و دقت سیگنال خروجی تقویت کننده‌ی RF

۳) قابلیت دریافت حداقل سیگنال ضعیف فرستنده

۴) انتخابگری سیگنال ایستگاه

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

۱) L ۲) RC ۳) RLC ۴) LC

۹ـ مقدار امپدانس مشخصه‌ی کابل هم‌محور چند اهم است؟

۱) ۲۵۰ ۲) ۷۵ ۳) ۳۰۰ ۴) ۱۵۰

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

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

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

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

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

۱) ۲۰ تا ۶۰۰ ۲) ۲۰۰ تا ۶۰۰

۳) ۳۰ تا ۱۰۰۰ ۴) ۶۰۰ تا ۱۰۰۰

۱۳ـ در کدام میکروفون ممبران با سیم‌پیچ حرکت می‌کند؟

۱) بلورزنی ۲) الکترومغناطیسی

۳) زغالی ۴) الکترودینامیکی

۱۴ـ 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:

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

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴	۸ ـ 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.

پیش آزمون (۲)

۱ـ AGC را در یک سطر تعریف کنید.

۲ـ AFC را در یک سطر تعریف کنید.

۳ـ مدار آشکارساز AM را رسم کنید.

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

۱) مخلوط کننده ۲) RF ۳) IF ۴) AF

۵ـ 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

۶ـ 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

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

۱) آشکارساز ۲) مخلوط کننده

۳) تقویت‌کننده‌ی IF ۴) تقویت‌کننده‌ی صوتی

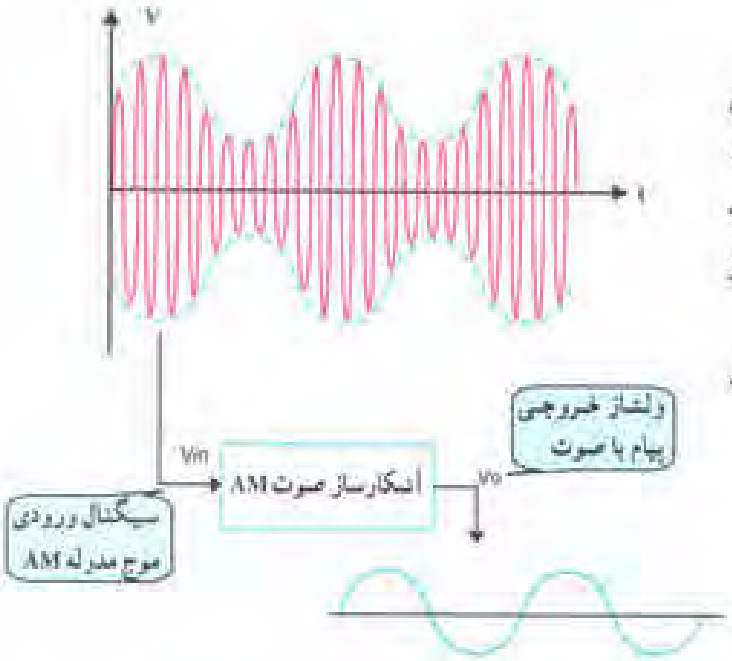
۸ـ در گیرنده رادیویی FM، سیگنال ورودی AFC از کدام طبقه دریافت می‌شود؟

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

۱ــ۲ــ مقدمه

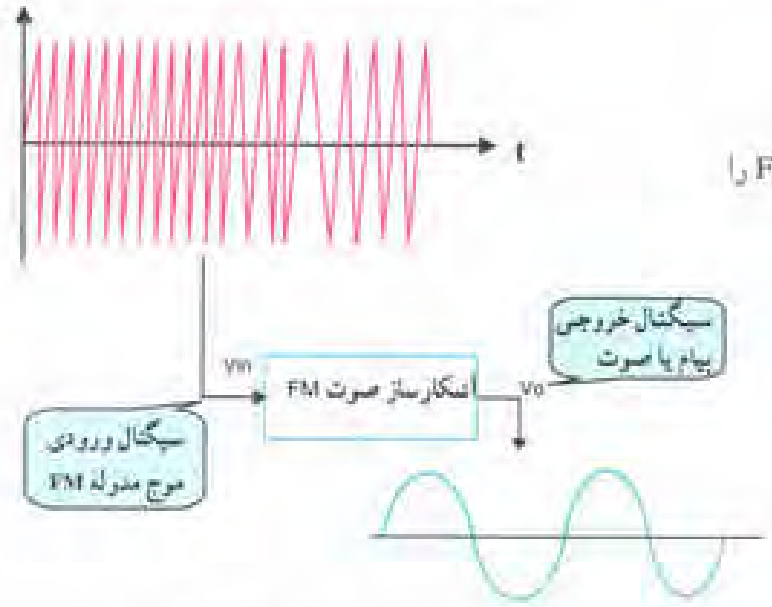
برای بازسازی پیام در یک گیرنده‌ی رادیویی باید مدارهایی به‌کار برده شود که بتواند پیام را از سیگنال مدوله شده جدا کند. این عمل را دِمدولاسیون[1] یا آشکارسازی می‌گویند. مداری که عمل آشکارسازی را انجام می‌دهد مدار دمدولاتور[2] یا آشکارساز نامیده می‌شود.

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

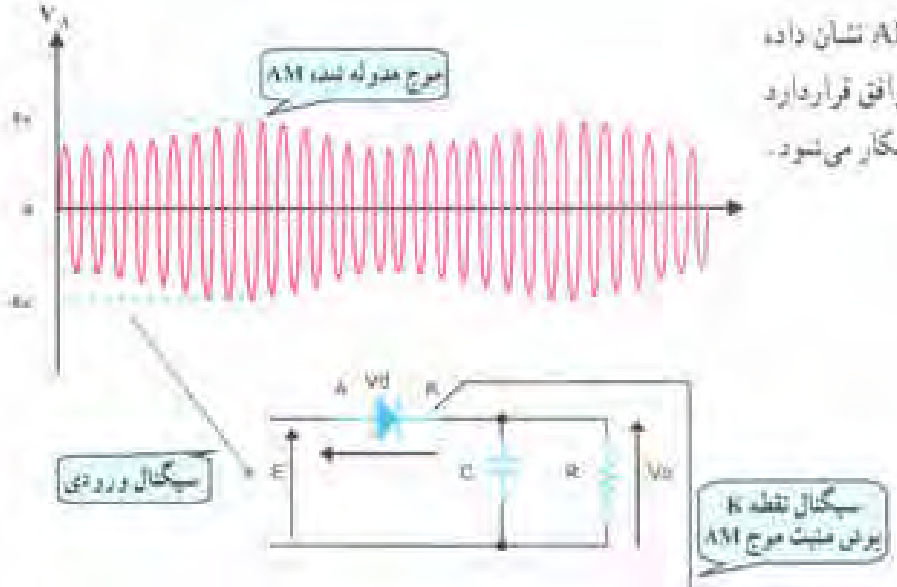
۲ــ۲ــ آشنایی با اصول کار آشکارساز AM

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.

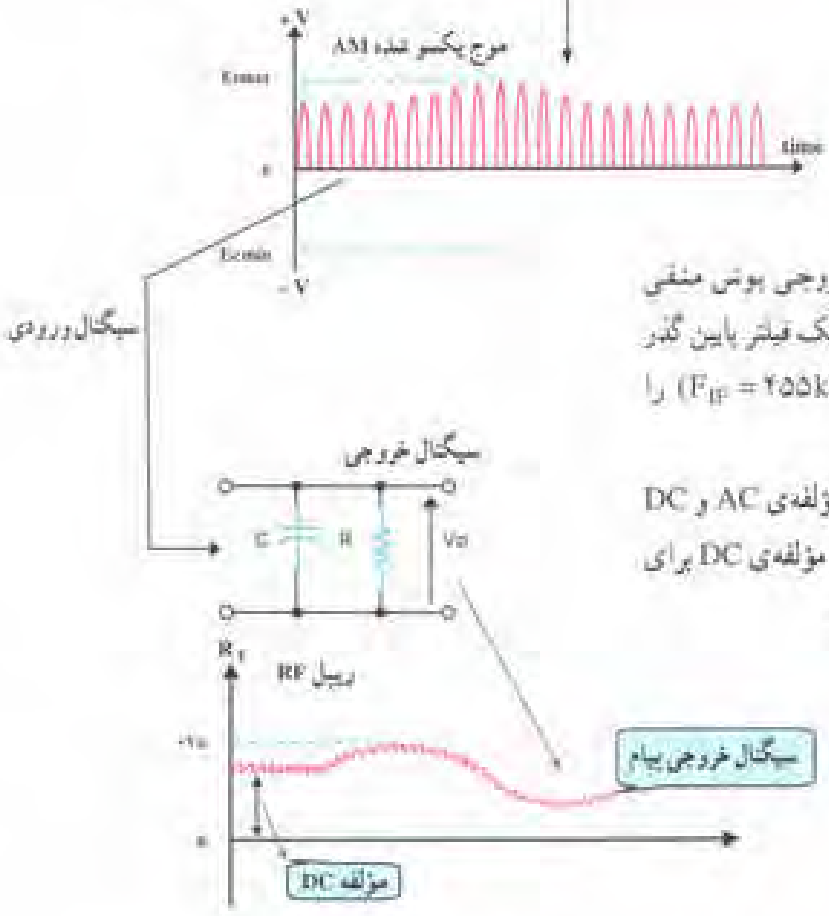
۱ــ De - modulation

۲ــ De - modulator

در شکل (۳ـ۲) مدار آشکارساز دیودی AM نشان داده شده است. در این مدار دیود آشکارساز در بایاس موافق قراردارد و در کاتد دیود پونی مثبت، موج مدوله شده AM آشکار می‌شود.



شکل ۳ـ۲ـ آشکارساز دیودی AM



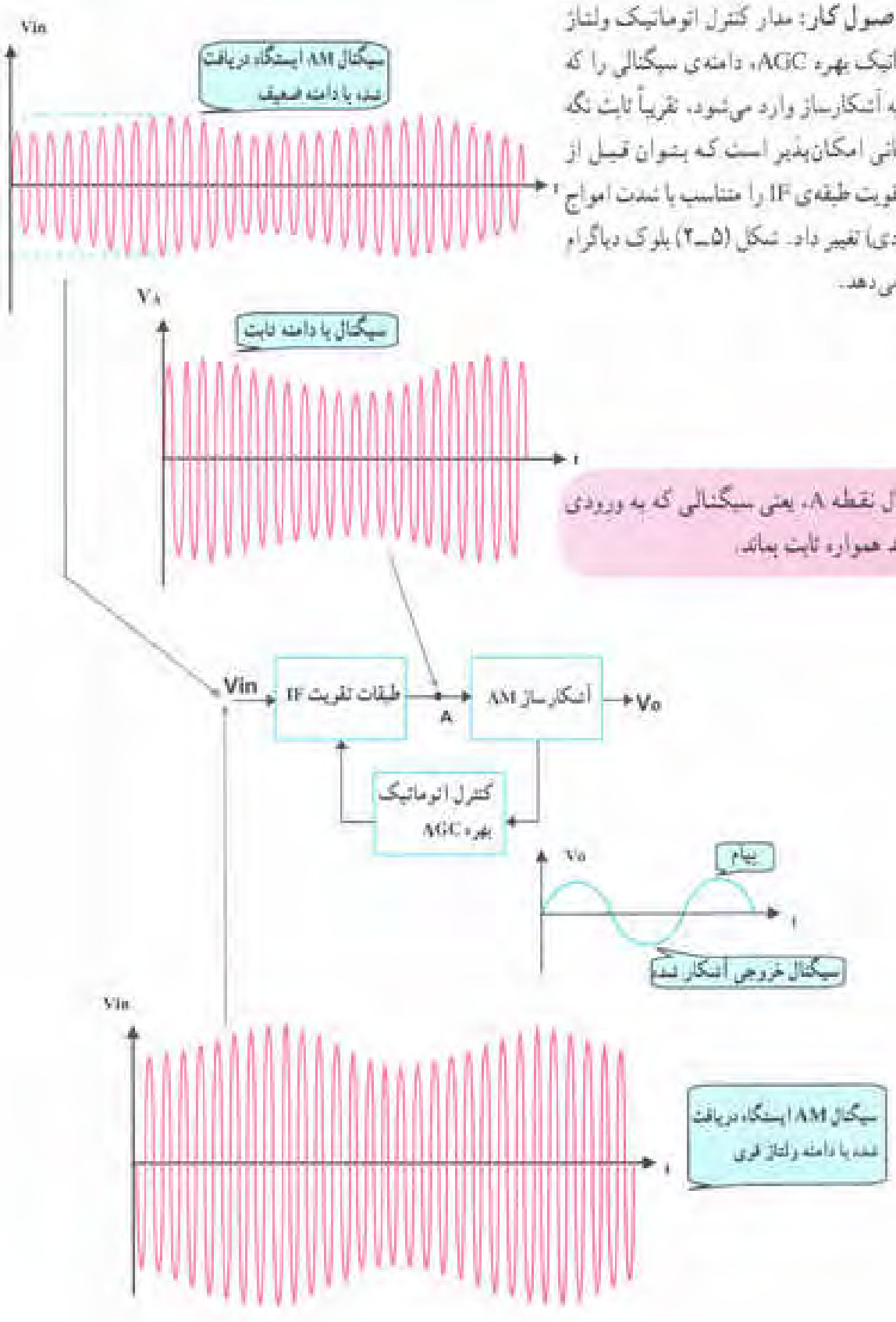
شکل ۴ـ۲ـ نقش فیلتر در مدار آشکارساز AM

اگر جهت دیود عوض شود، در خروجی پونی 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 (۴ـ۲).

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.

۳ـ۲ـ آشنایی با اصول کار و تحلیل مدار AVC و AGC

۱ـ۳ـ۲ـ 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 (۵ـ۲) بلوک دیاگرام مدار AGC را نشان می‌دهد.



شکل ۵ـ۲ـ 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 (۶ـ۲)، 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.

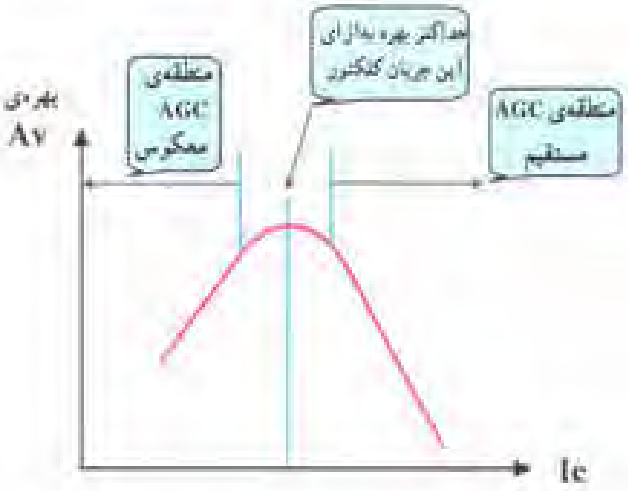
ترانزیستور Q به ← $V_{CQ} \Rightarrow \beta I_{BQ} \Rightarrow I_{CQ} \Rightarrow I_{gQ}$ جریان بیس
سمت اشباع می‌رود ← $V_{BQ} = V_{AGC}$ ← ترانزیستور طبقه IF

شکل ۶ـ۲ـ نحوه‌ی تغییرات نقطه کار طبقه‌ی IF، AGC مستقیم

ترانزیستور Q به ← $V_{CQ} \uparrow \Rightarrow \beta I_{BQ} \Rightarrow I_{CQ} \Rightarrow I_{BQ}$
سمت قطع می‌رود ← $V_{BQ} = V_{AGC}$ ← ترانزیستور طبقه IF

شکل ۷ـ۲ـ AGC معکوس

شکل‌های (۷ـ۲) و (۸ـ۲) 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.



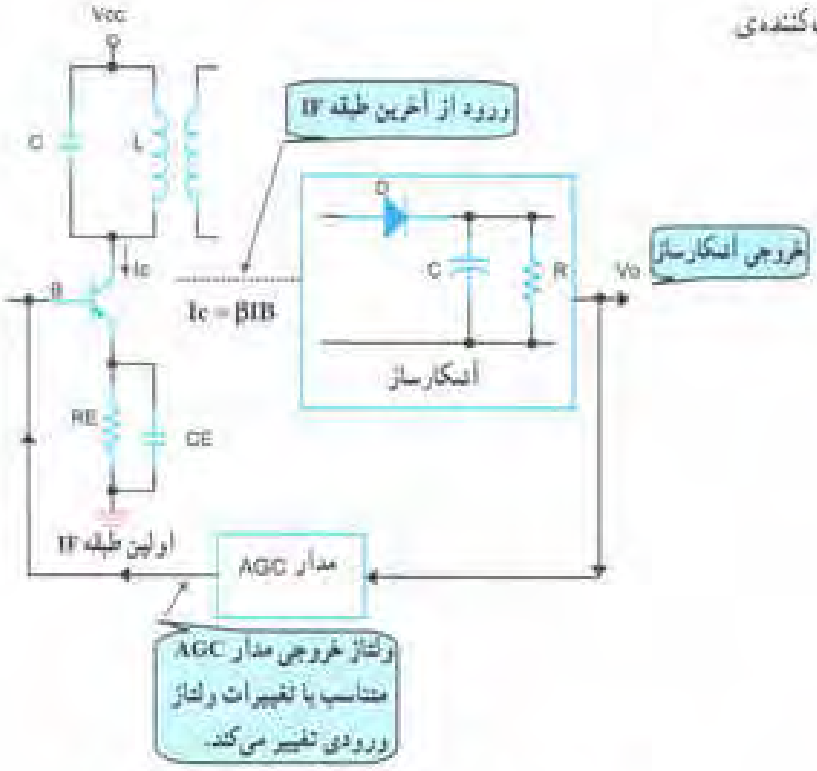
شکل ۸ـ۲ـ منحنی مشخصه‌ی تغییرات بهره نسبت به جریان IC

۲ـ۳ـ۲ـ مدارهای AGC: مدار AGC طبق شکل (۹ـ۲) از یک فیلتر پایین گذر RC تشکیل شده است. در این مدار، ظرفیت خازنی C بزرگ و از جنس الکترولیتی انتخاب می‌شود.

شکل ۹ـ۲ـ یک نمونه مدار AGC

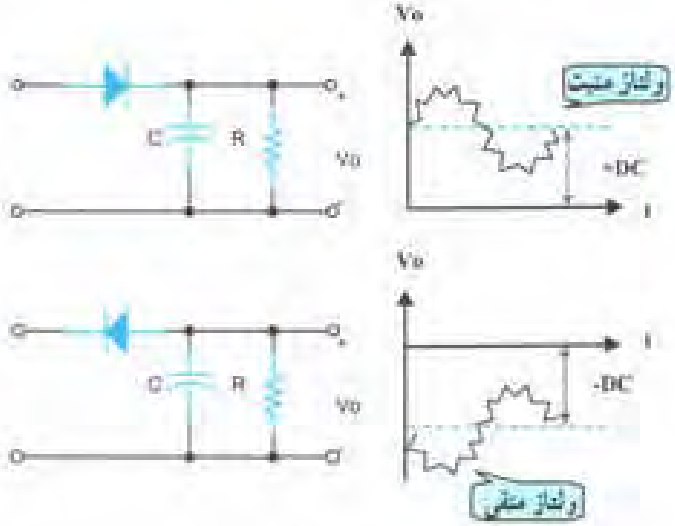
برای کنترل بهره‌ی طبقات IF می‌توانیم مؤلفه‌ی DC شکل موج خروجی دیود آشکارساز را به مدار بایاسینگ ترانزیستور طبقه یا طبقات IF اعمال کنیم. در این حالت بایاس طبقه‌ی IF متناسب با سیگنال ورودی تغییر می‌کند و ولتاژ پس‌ترانزیستور طبقه‌ی اول IF یا ولتاژ AGC، کم یا زیاد می‌شود. جریان متغیر بیس، جریان کلکتور ترانزیستور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

شکل (۱۰ـ۲) نحوه‌ی تأثیر AGC را روی طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی IF نشان می‌دهد.



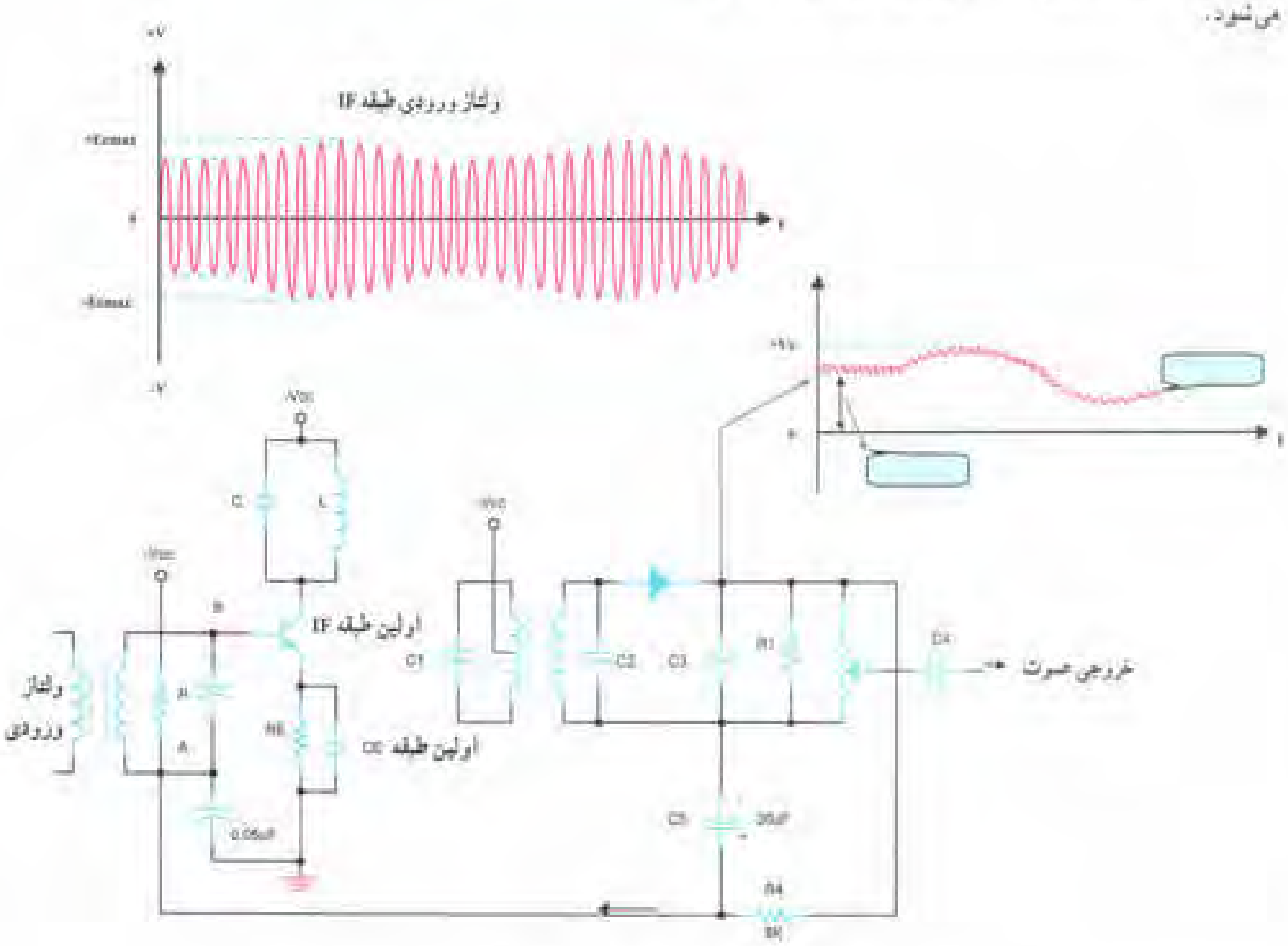
شکل ۱۰ـ۲ـ نحوه‌ی اثر ولتاژ روی بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی IF

قطب‌های ولتاژ dc خروجی مدار AGC با توجه به جهت دیود آشکارساز می‌تواند مثبت یا منفی باشد. شکل (۱۱ـ۲).

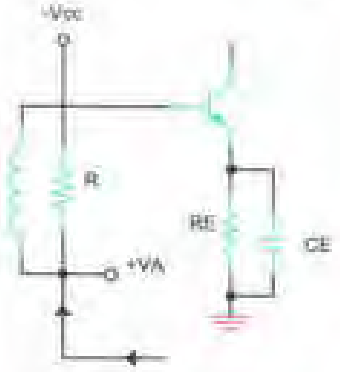


شکل ۱۱ـ۲ـ ولتاژ خروجی مدار آشکارساز با توجه به نحوه‌ی قرار گرفتن دیود

مدار شکل (۱۲ـ۲) نمونه‌ی کامل‌تری از مدار AGC (AVC) را نشان می‌دهد. در این مدار مقاومت R_1 و خازن C_3 فیلتر پایین گذر AGC را تشکیل می‌دهند. خازن C_3 به‌عنوان فیلتر ولتاژ DC خروجی آشکارساز را در خود ذخیره می‌کند. این ولتاژ از طریق سیم‌پیچ T_1 به بیس ترانزیستور اول IF اعمال می‌شود.



شکل ۱۲ـ۲ـ مدار آشکارساز AM و AGC

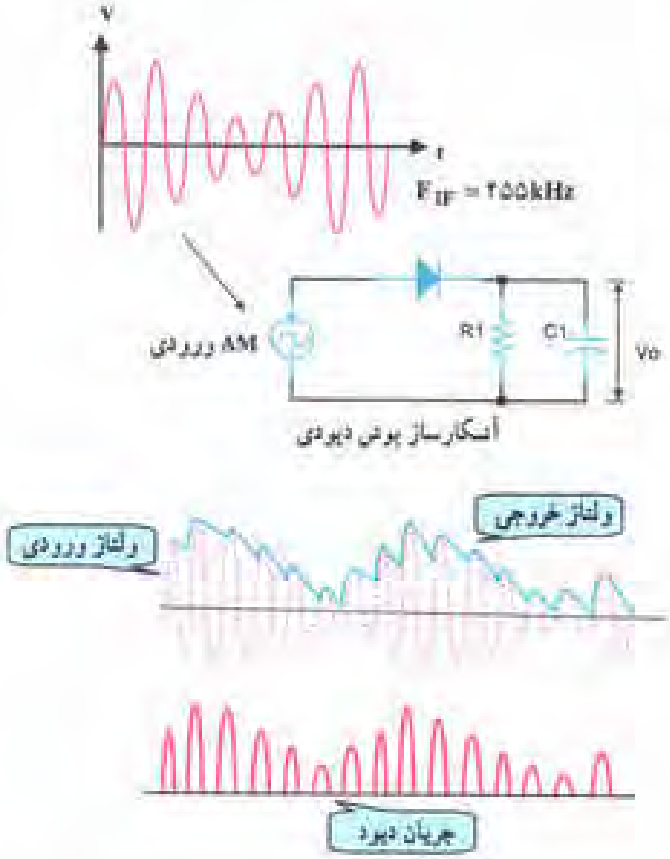


شکل ۱۳ـ۲ـ مسیر اعمال ولتاژ AGC

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 (۱۳ـ۲). در این مدار درصورتی که جهت دیود معکوس شود AGC به‌صورت مستقیم درمی‌آید.

۴ـ۲ـ عیب‌یابی و تعمیر آشکارساز AM صوت

یک نمونه مدار آشکارساز پوش AM در شکل (۱۴ـ۲) 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_p}) 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.



شکل ۱۴ـ۲ـ جدا کردن سیگنال پیام از موج مدوله شده‌ی AM یا سیگنال حامل IF

پوش سیگنال ورودی پیام است.

۱ـ۴ـ۲ـ عیب‌یابی و تعمیر آشکارسازی صوت

AM: در جدول (۱ـ۲) عیب‌های متداول در آشکارساز AM با ذکر عیب اصلی، علامت ظاهری و علل آن آمده است.

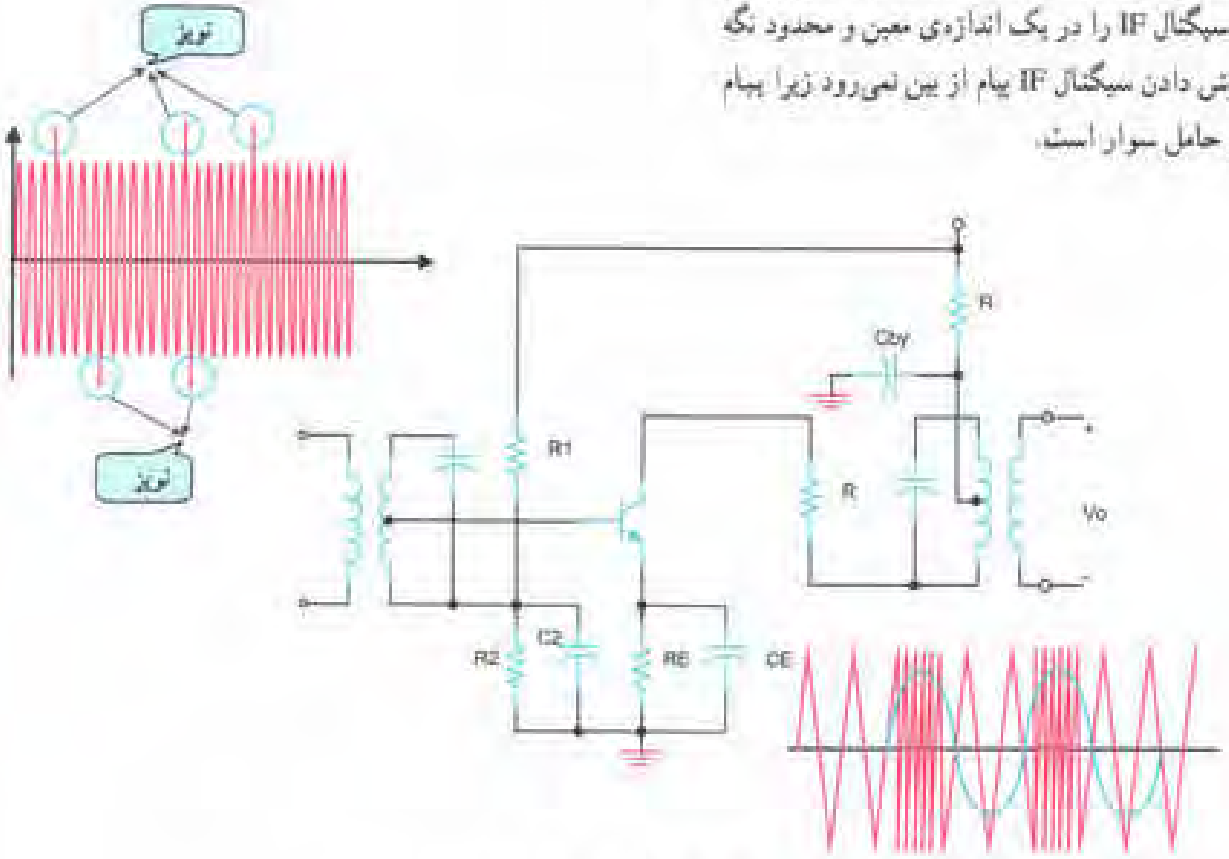
جدول ۱ـ۲

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

۵ـ۲ـ آشنایی با آشکارساز FM

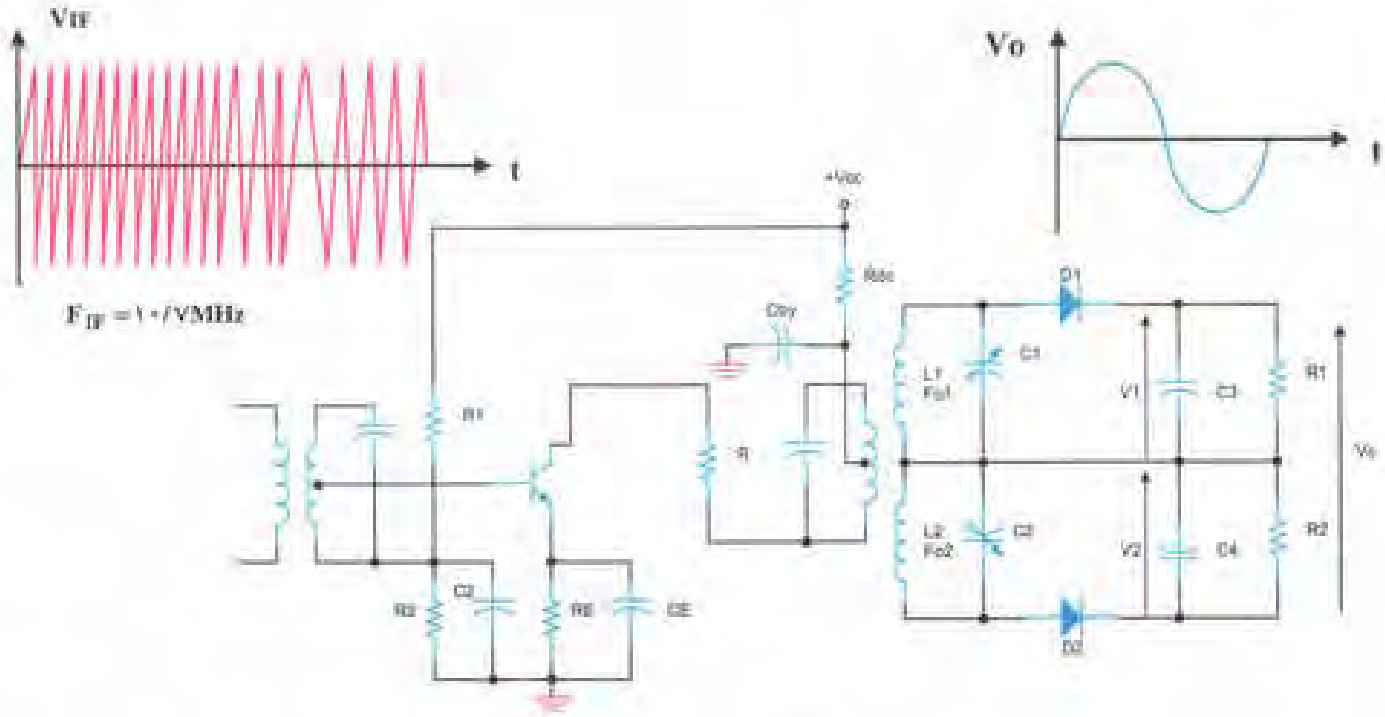
آشکارساز FM مجموعه‌ای از مدار محدودکننده‌ی سیگنال و آشکارساز FM است.

۱ـ۵ـ۲ـ 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 (۱۵ـ۲) 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 ۱۵ـ۲ـ طرز کار محدودکننده

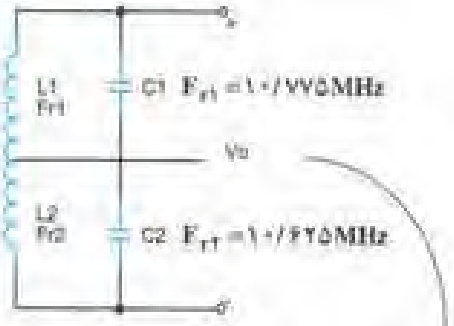
۲ـ۵ـ۲ـ آشکارساز شیب متعادل[1] FM: در این آشکارساز ابتدا سیگنال FM توسط محدودکننده، محدود می‌شود. سپس اطلاعات صوتی را از سیگنال FM جدا می‌کنند. مدار شکل (۱۶ـ۲) از دو قسمت جدا از هم که هرکدام دارای یک مدار هماهنگ، یک دیود و یک مدار RC موازی است شکل می‌گیرد. این آشکارساز به آشکارساز شیب متعادل با دو تنظیمی معروف است.



شکل ۱۶ـ۲ـ مدار آشکارساز شیب متعادل (FM)

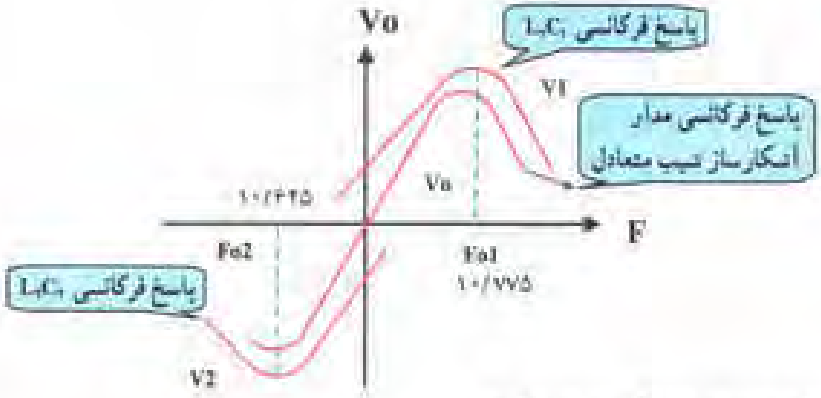
۱ـ Dual slope Detector — آشکارسازی است که در آن از دو مدار هماهنگی مشابه استفاده شده است، این آشکارساز را دو تنظیمی می‌نامند.

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 (۱۷ـ۲) مدار هماهنگ و پاسخ فرکانسی هرکدام نشان داده شده است.



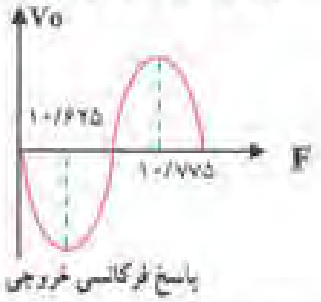
مدارهای هماهنگ آشکارساز شیب متعادل

فرکانس مرکزی IF ۱۰/۷ مگاهرتز است.



شکل ۱۷ـ۲ـ مدارهای هماهنگ و پاسخ فرکانسی

مدارهای هماهنگ L_1C_1 و L_2C_2

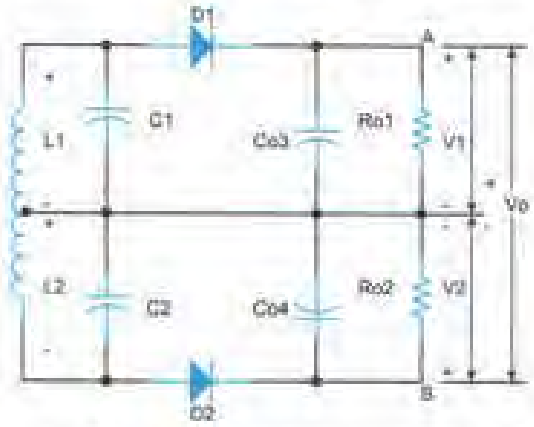


شکل ۱۸ـ۲ـ پاسخ فرکانسی مدار آشکارساز شیب متعادل

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 (۱۸ـ۲) به‌دست می‌آید.

در فرکانس مرکزی ۱۰/۷ مگاهرتزی، ولتاژ خروجی هر دو 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 (۱۹ـ۲). 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



شکل ۱۹ـ۲ـ ولتاژ خروجی در فرکانس ۱۰/۷ مگاهرتز

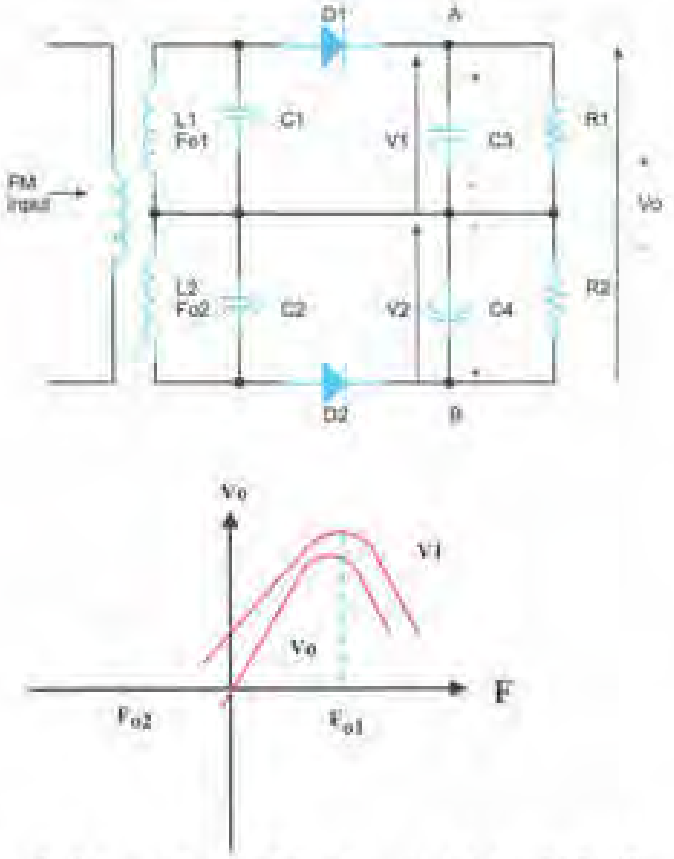
کوپلاژ بیشتری خواهد بود. در این حالت دیود D_1 بیشتر از دیود D_2 هدایت می‌کند و ولتاژ دو سر مقاومت R_1 بیشتر از ولتاژ دو سر مقاومت R_2 می‌شود. در شکل (۲۰ـ۲) مدار در حالت $f_c > f_{IF}$ و پاسخ فرکانسی L_1C_1 نشان داده شده است. در این شرایط ولتاژ خروجی دارای مقدار معینی خواهد بود.

$$V_1 = -V_2$$

$$V_O = V_1 - V_2$$

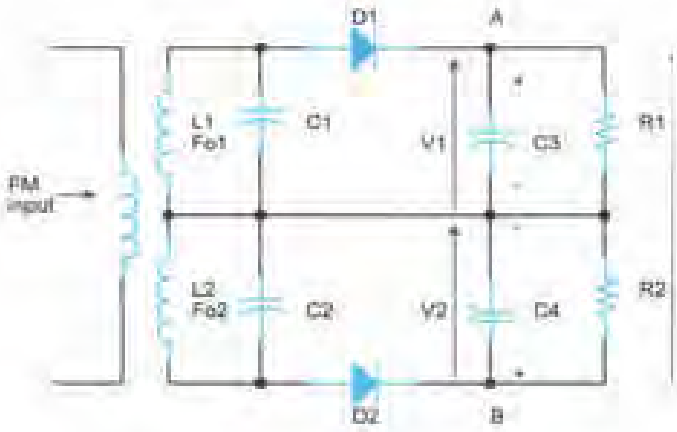
$$V_O = V_1 - V_1 = 0$$

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



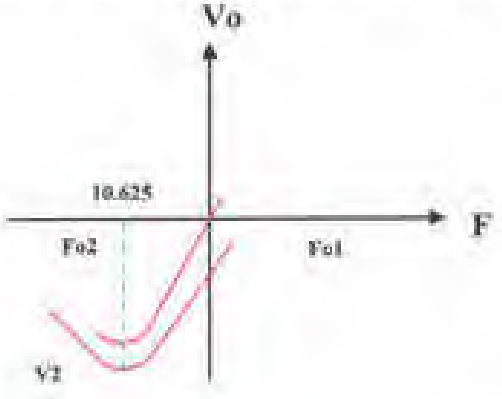
شکل ۲۰ـ۲ـ ولتاژ خروجی و پاسخ فرکانسی مدار در شرایطی که $f_c > 10/7$ مگاهرتز است.

هنگامی که فرکانس سیگنال ورودی آشکارساز کمتر از فرکانس میانی IF ($f_c < f_{IF}$) 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 (۲۱ـ۲) مدار را در حالت $f_c = 10/625MHz$ نشان می‌دهد، در این شرایط که هدایت دیود D_2 از دیود D_1 بیشتر است.



$$V_1 < V_2$$

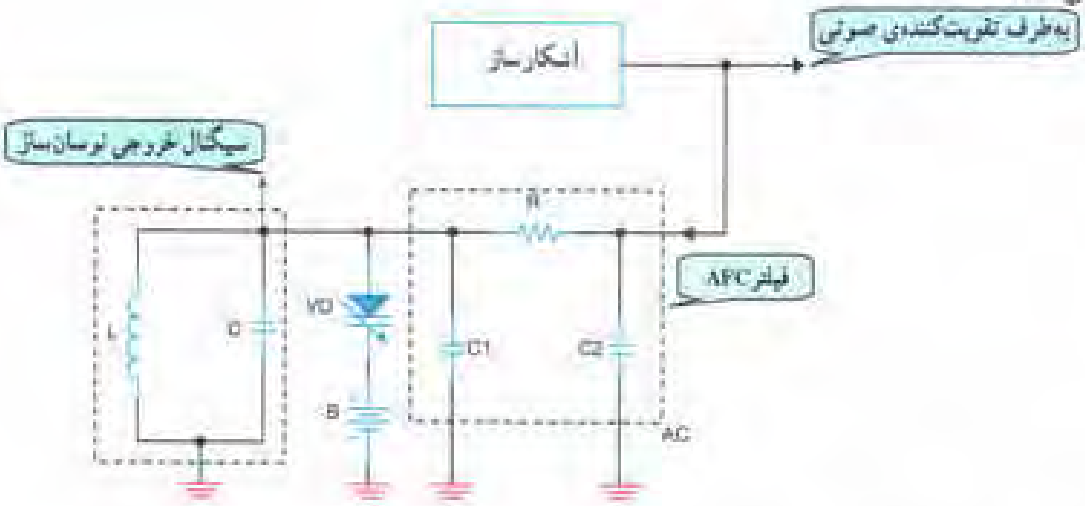
$$V_O = V_1 - V_2 = -V$$



شکل ۲۱ـ۲ـ ولتاژ خروجی و پاسخ فرکانسی مدار در شرایطی که $f_c < 10/7$ مگاهرتز یعنی برابر ۱۰/۶۲۵ مگاهرتز است.

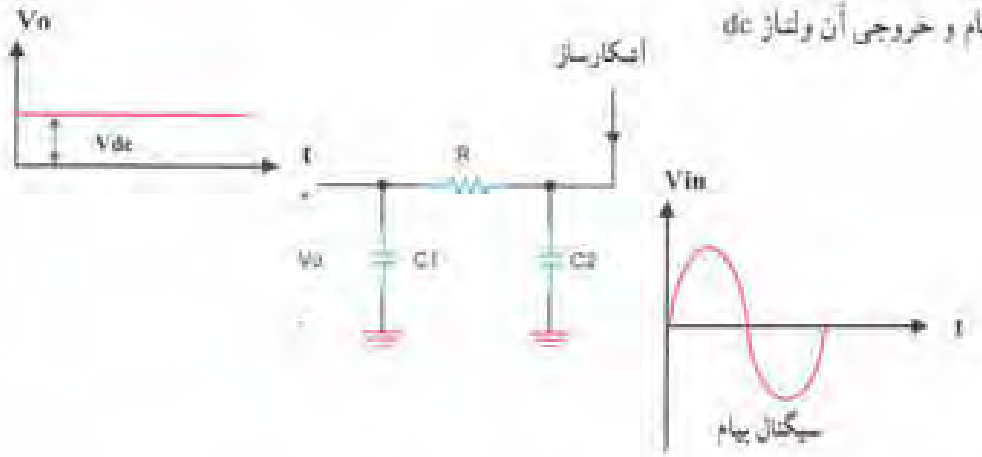
۶ــ۲ــ آشنایی با اصول کار مدار AFC[1]

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

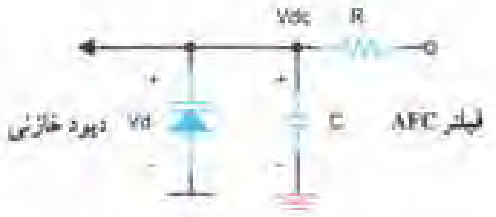
مدار AFC یک فیلتر پایین‌گذر است، نمونه‌ی آن را در شکل (۲۳ــ۲) مشاهده می‌کنید. این فیلتر یک فیلتر پایین‌گذر از نوع π است که سیگنال ورودی آن پیام و خروجی آن ولتاژ dc است.



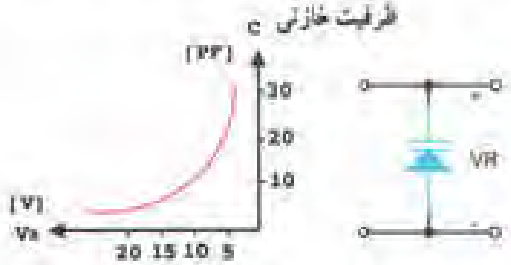
شکل ۲۳ــ۲ــ یک نمونه فیلتر نوع π که در مدار AFC به‌کار می‌رود.

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 (۲۴ـ۲) خروجی AFC به دیود خازنی وصل شده است. با تغییر ولتاژ معکوس[2] دو سر دیود خازنی ظرفیت خازنی دیود تغییر می‌کند. در شکل (۲۵ـ۲) منحنی ظرفیت خازنی دیود برحسب ولتاژ معکوس نشان داده شده است.



شکل ۲۴ـ۲ـ اعمال ولتاژ DC مدار AFC به دیود خازنی



شکل ۲۵ـ۲ـ منحنی تغییرات ظرفیت دیود خازنی برحسب ولتاژ مخالف

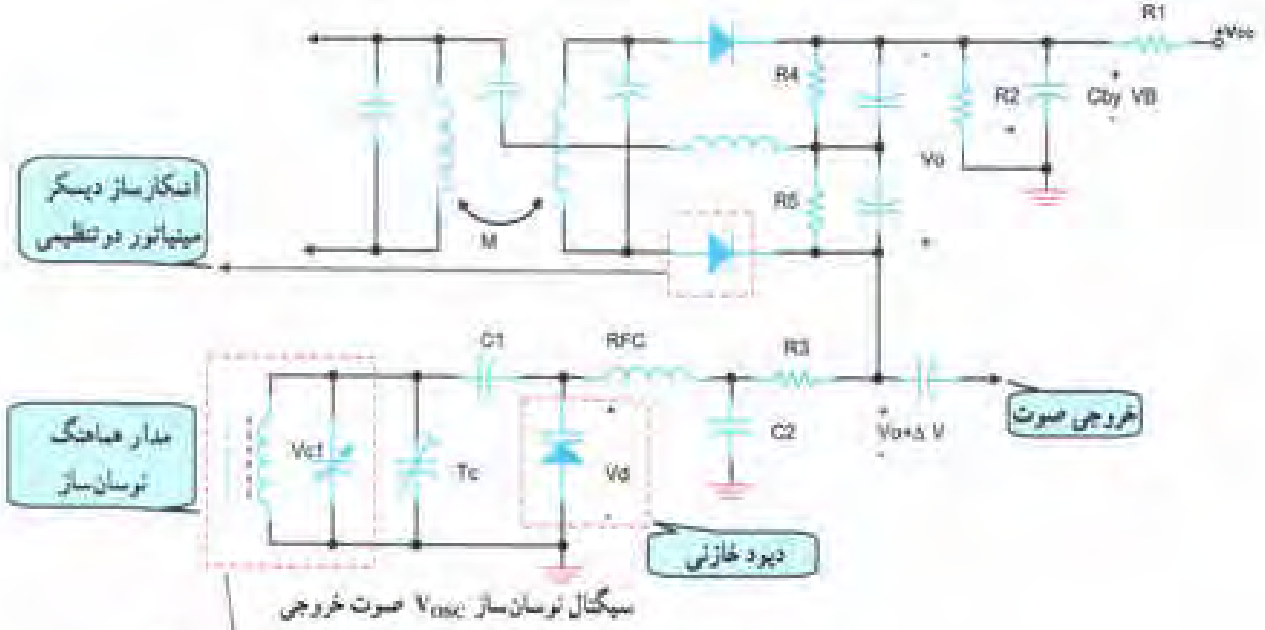
دیود خازنی با مدار هماهنگ نوسان‌ساز به‌صورت موازی قرار می‌گیرد. مطابق شکل (۲۶ـ۲) چنان‌چه ولتاژ دو سر دیود تغییر کند، ظرفیت خازنی آن را تغییر می‌دهد. از طرفی ظرفیت خازنی دیود با خازن مدار هماهنگ ترکیب می‌شود و ظرفیت خازن معادل تغییر می‌کند یا تغییر ظرفیت خازن معادل مقدار فرکانس رزونانس مدار یا توجه به رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.Ceq}}$ تغییر می‌کند و تغییر فرکانس اسیلاتور اصلاح می‌شود.

شکل ۲۶ـ۲ـ موازی شدن دیود خازنی با مدار هماهنگ نوسان‌ساز

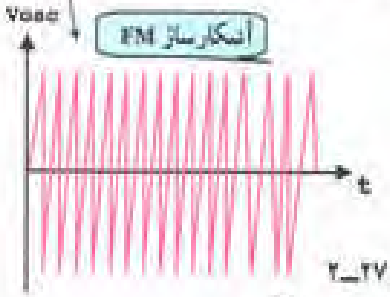
۱ـ Varactor diode

۲ـ Reverse voltage

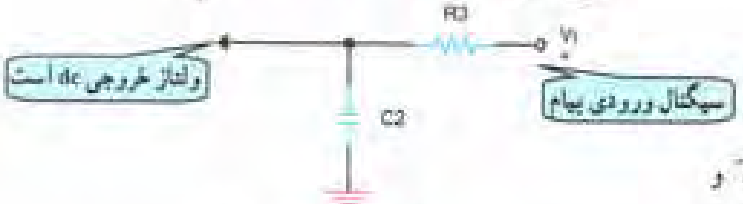
در شکل (۲۷ـ۲) یک نمونه مدار عملی آشکارساز FM همراه با مدار AFC و مدار هماهنگ نوسان‌ساز را مشاهده می‌کنید. این آشکارساز مرتبط به گیرنده‌ی رادیویی FM است، که آن را آشکارساز فاسترسیلی[1] می‌نامند. مدار آشکارساز FM را دیسکری‌مینیاتور[2] نیز می‌گویند. مدار AFC از مقاومت $R_۴$ و $C_۲$ مطابق شکل (۲۸ـ۲) تشکیل شده است.



سیگنال نوسان‌ساز V_{osc} صوت خروجی

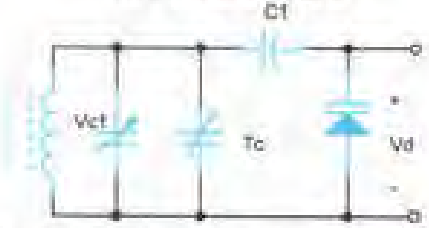


شکل ۲۷ـ۲



شکل ۲۸ـ۲ـ مدار AFC

دیود خازنی با خازن $C_۱$ سری و با خازن‌های T_C و V_C موازی است. در شکل (۲۹ـ۲) مدار مربوط به ترکیب خازن‌ها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۹ـ۲ـ ترکیب خازن‌ها در مدار هماهنگ نوسان‌ساز FM

۱ـ Foster - seely نام فردی است ۲ـ Discriminator

۷ـ۲ـ کار عملی (۱)
آزمایش آشکارساز AM

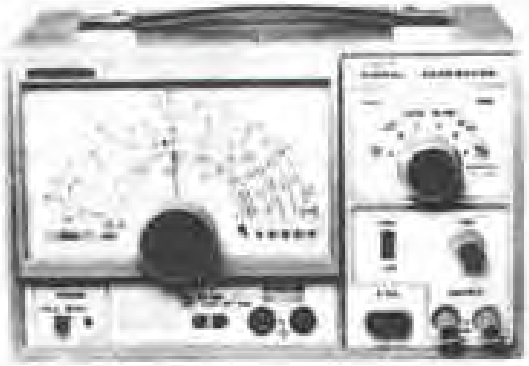
۱ـ۷ـ۲ـ خلاصه آزمایش: در این آزمایش به بررسی مدار آشکارساز AM و نحوه‌ی آشکارسازی آن به‌صورت عملی می‌پردازیم. درنهایت عیب‌های مربوط به این مدار را بررسی خواهیم کرد.

۲ـ۷ـ۲ـ وسایل مورد نیاز:

- اسیلوسکوپ یک دستگاه شکل (۳۰ـ۲)
- سیگنال ژنراتور RF یک دستگاه شکل (۳۱ـ۲)
- دیود آشکارساز 1N60
- مقاومت $10k\Omega - \frac{1}{4}W$
- خازن ۲۲nF
- بردبرد
- پراب اسیلوسکوپ و سیم‌های رابط

زمان: ۴ ساعت

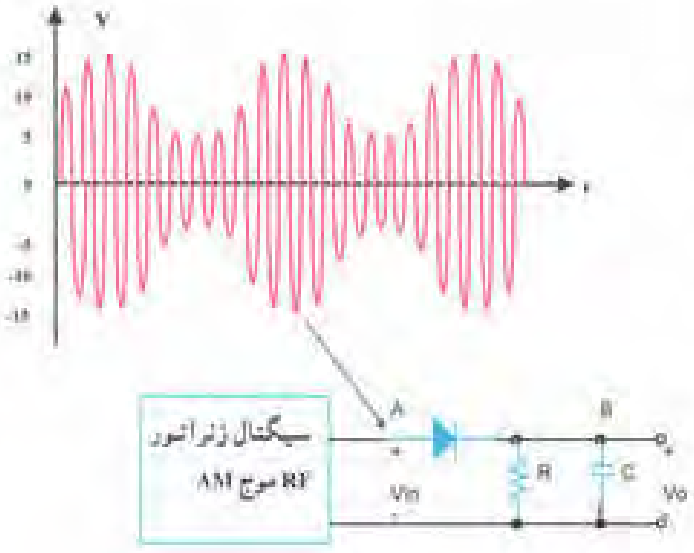
شکل ۳۰ـ۲ـ دستگاه اسیلوسکوپ



شکل ۳۱ـ۲ـ دستگاه سیگنال ژنراتور RF

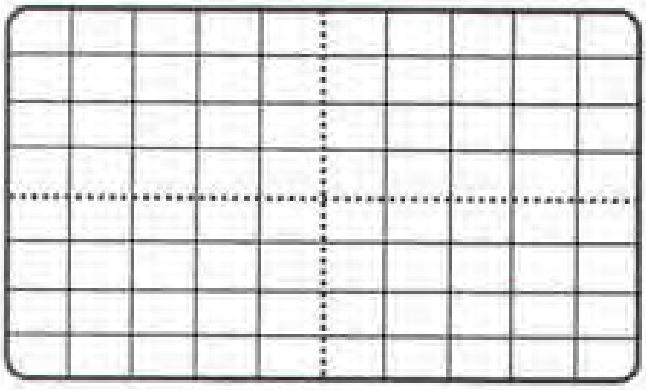
۳ـ۷ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش:

- سیگنال ژنراتور RF را در حالت مدولاسیون داخلی قرار دهید به‌طوری که در خروجی آن یک موج مدوله شده‌ی AM با ضریب $M = 50\%$ ایجاد شود. در این حالت باید $f_c = 455\,kHz$ انتخاب شود.
- موج مدوله شده را بر روی کانال یک اسیلوسکوپ مشاهده کنید.
- مدار شکل (۳۲ـ۲) 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 ۳۲ـ۲ـ مدار عملی آشکارساز AM

میلی‌ثانیه باشند. شکل موج‌های نقاط B و A را روی نمودار شکل (۳۳ـ۲) با مقیاس مناسب زیر یکدیگر ترسیم کنید.



شکل ۳۳ـ۲

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

پاسخ:

جنان‌چه 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

$۲۰nf \leq C \leq ۳۳nf$

$۱۰k\Omega \leq R \leq ۲۷k\Omega$

■ 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؟

$f_O = \cdots\cdots Hz$

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} = ... ولت

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

پاسخ:.....

۴ـ۷ـ۲ـ نتایج آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار بنویسید.

نتایج:.....

آزمون عملی (۲)

□ مدار آشکارساز شکل (۳۴ـ۲) را ببندید.

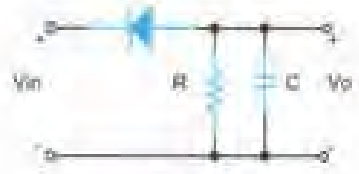
D_1 : دیود آشکارساز

R : ۱۰kΩ

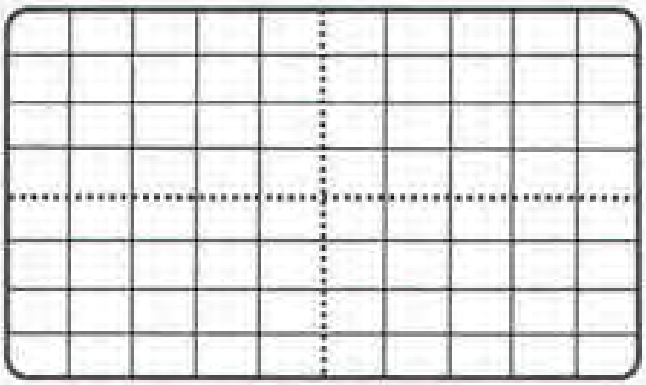
C: ۲۲nf

به ورودی، مدار سیگنال مدوله نشده 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 (۳۵ـ۲) رسم کنید.

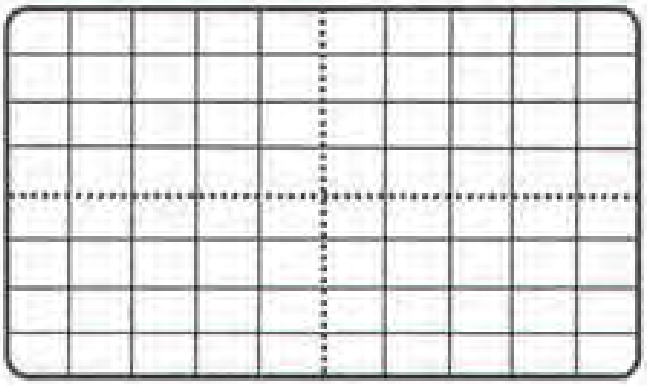


شکل ۳۴ـ۲



شکل ۳۵ـ۲

□ شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۳۶ـ۲) رسم کنید.



شکل ۳۶ـ۲

□ فرکانس شکل موج خروجی چند هرتز است؟

F = ؟۰۰۰۰H

□ 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 خازنی

زمان: ۲ ساعت

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

۲ــ۸ــ۲ــ تجهیزات مورد نیاز:

- دستگاه اسیلوسکوپ یک دستگاه
- دستگاه سیگنال ژنراتور AF یک دستگاه، شکل (۲ــ۳۷)
- مقاومت $\frac{1}{4}W$ ــ ۲/۲MΩ و $\frac{1}{4}W$ ــ 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

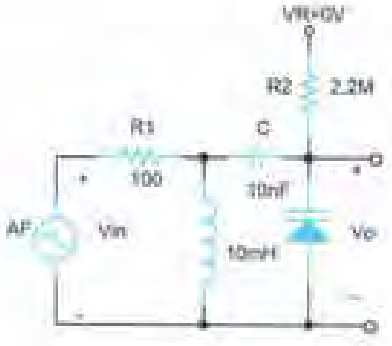
اسیلوسکوپ

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 برآورید و فرکانس آن را یادداشت کنید.

f_r =..... Hz

■ مقدار ولتاژ V_R را طبق جدول (۲ـ۲) تغییر دهید سپس با تغییر فرکانس AF مجدداً فرکانس رزونانس را به‌دست آورید و در جدول ۲ـ۲ یادداشت کنید.

جدول ۲ـ۲ـ 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:.....

.....

.....

.....

.....

۹ــ۲ــ کار عملی (۳)

آزمایش شبیه‌ساز مدولاتور FM

زمان: ۲ ساعت

۱ــ۹ــ۲ــ خلاصه آزمایش: مدولاتور FM یک نوسان‌ساز فرکانس بالا ۸۸،RF 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 $\frac{1}{4}$W ــ ۱kΩ و $\frac{1}{4}$W ــ ۱۰kΩ هرکدام یک عدد و مقاومت $\frac{1}{4}$W ــ ۴/۷kΩ دو عدد
- خازن ۴/۷nf دو عدد و ۱۰۰nf یک عدد
- بردبرد
- پراب اسیلوسکوپ و سیم‌های رابط به مقدار کافی

اسیلوسکوپ

ولت‌متر

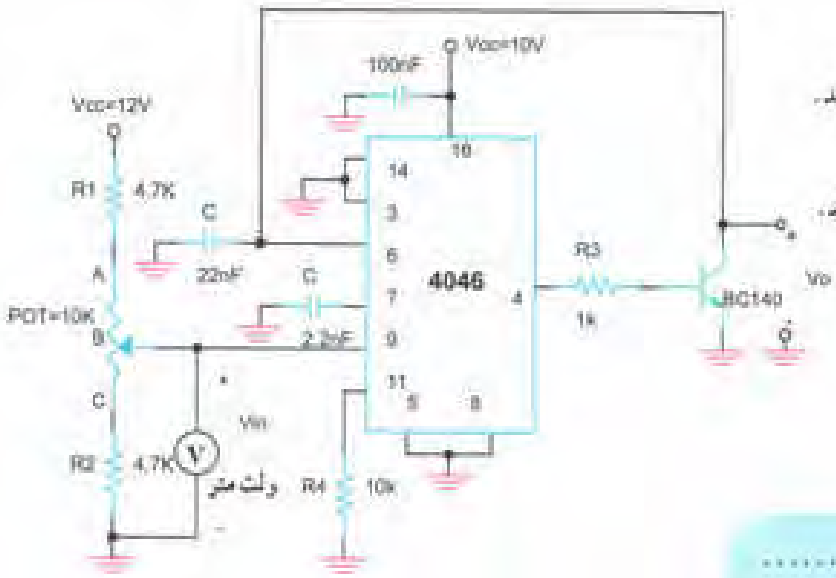
منبع تغذیه

شکل ۳۹ــ۲

۱ــ Voltage Control Oscillator

۳ـ۹ـ۲ـ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل (۴۰ـ۲) 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 ۴۰ـ۲ـ شبیه‌ساز مدولاتور FM

پاسخ:

.....

.....

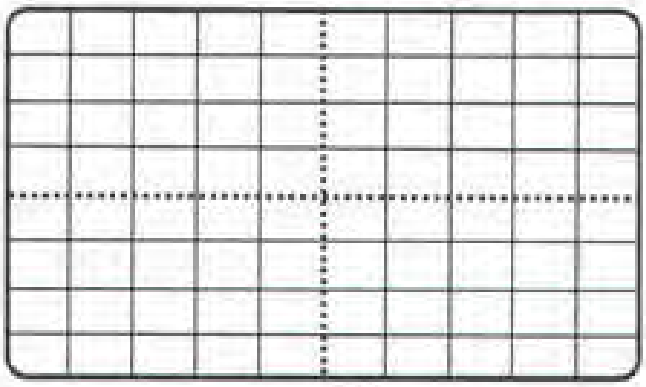
.....

.....

.....

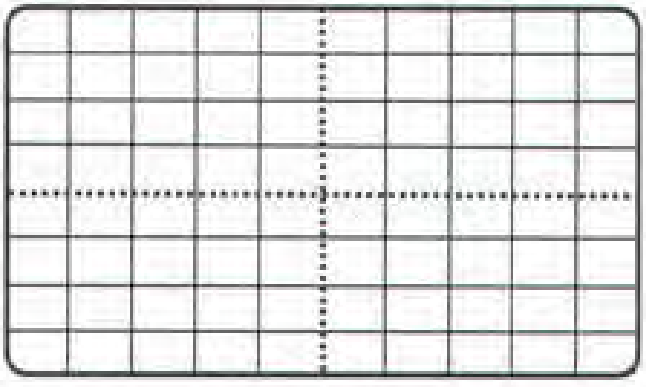
توجه: درصورتی که در خروجی شکل موج ندانستید، مدار را مجدداً مورد بازرسی قرار دهید و عیب آن را برطرف کنید.

- شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۴۱ـ۲) ترسیم کنید.



شکل ۴۱ـ۲

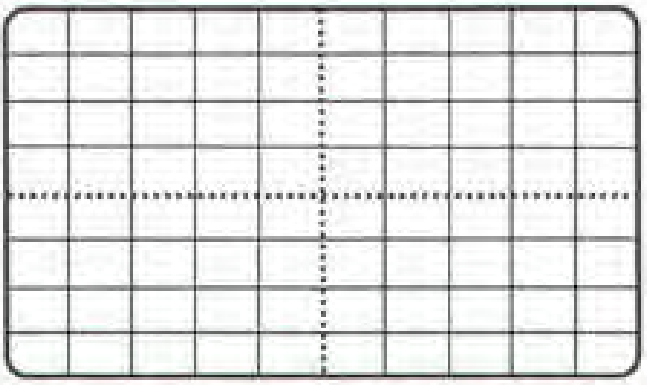
- پتانسیومتر را در نقطه‌ی B قرار دهید. شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۴۲ـ۲) رسم کنید.



شکل ۴۲ـ۲

■ پتانسیومتر را در نقطه C قرار دهید و شکل موج خروجی را با مقیاس مناسب روی شکل (۴۳ـ۲) رسم کنید.

■ شکل موج‌های ترسیم شده روی شکل‌های (۴۱ـ۲) و (۴۲ـ۲) و (۴۳ـ۲) را با هم مقایسه کنید.



شکل ۴۳ـ۲

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 ۳ـ۲ـ اندازه‌گیری فرکانس خروجی در حالات مختلف

V_{in} ولتاژ ورودی	f_O فرکانس شکل موج خروجی
$V_{in} = 0V$ حداقل	
$V_i = \cdots\cdots V$	
$V_i = \cdots\cdots V$	
$V_{imax} = ?$ حداکثر ولتاژ ورودی	

■ با تغییر پتانسیومتر، ولت‌متر را روی صفر ولت تنظیم کنید. مقدار فرکانس را اندازه بگیرید و در جدول (۳ـ۲) 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 (۳ـ۲) یادداشت کنید.

■ حداقل فرکانس خروجی را از روی جدول به‌دست آورید.

$f_{omin} = ?\cdots\cdots Hz$ حداقل

■ حداکثر فرکانس خروجی را از روی جدول به‌دست آورید.

$f_{omax} = ?\cdots\cdots Hz$ 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 قرض شود؟ شرح دهید.

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

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

.....

۴ـ۹ـ۲ـ نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بنویسید.

نتایج:

.....

.....

.....

.....

.....

آزمون پایانی (۲)

۱ـ سیگنال خروجی آشکارساز AM دارای چند مولفه است؟

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

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

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

۳ـ 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.

۴ـ 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

۵ـ کدام دیود در مدار AFC کاربرد دارد؟

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

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

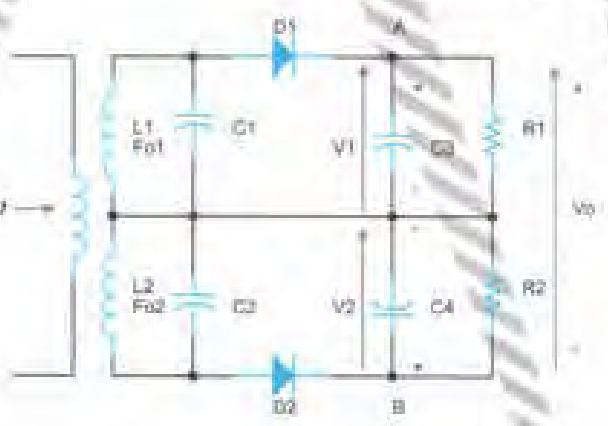
۱) آشکارساز ۲) تقویت‌کننده‌ی IF ۳) شبکه‌ی بازتاکید ۴) تقویت‌کننده‌ی صوتی

۷ـ در یک گیرنده‌ی AM طبقات AF و IF سالم و سیگنال دموله شده‌ی IF موجود است، صدا نداریم؛ عیب در کجا است؟

۸ـ آشکارساز شیب متعادل FM را تعریف کنید.

۹ـ فرکانس رزونانس فیلتر LC در شکل (۴۲ـ۲) چقدر است؟

۱۰ـ هدایت دیود D_2 در چه فرکانسی بیشتر از دیود D_1 در شکل (۴۲ـ۲) است.



شکل ۴۲ـ۲

فصل سوم

تیونر گیرنده‌ی رادیویی FM

هدف کلی

عیب‌یابی، تعمیر و تنظیم تیونر رادیویی FM

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

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

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۵	۶	۱۱

پیش‌آزمون (۳)

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

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

۳) نوسان‌ساز، مخلوط‌کننده ۴) RF، مخلوط‌کننده

۲ـ وظیفه‌ی کویلاز آنتن چیست؟

۱) ایجاد تطبیق امپدانس

۲) انتقال سیگنال دریافت شده از آنتن به طبقه‌ی RF

۳) انتخاب ایستگاه

۴) هر سه مورد

۳ـ 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) $\frac{LC}{۲\pi\sqrt{LC}}$

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

۱) دیود معمولی ۲) دیود خازنی

۳) دیود زنر ۴) دیود آشکارساز

۵ـ آرایش تقویت‌کننده‌های RF در گیرنده‌ی FM کدام است؟

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

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

۷ـ 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

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

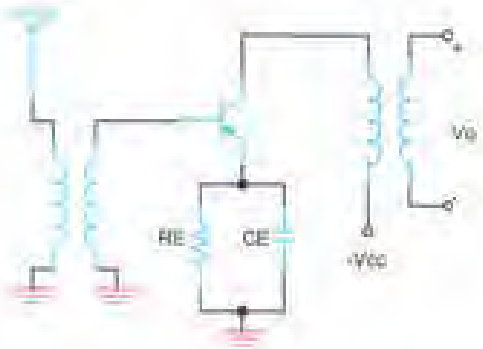
۱) ترانزیستور معمولی ۲) ترانزیستور FET

۳) آی‌سی ۴) دیود خازنی

۱ـ۳ـ آشنایی با روش‌های مختلف کوپلاژ آنتن

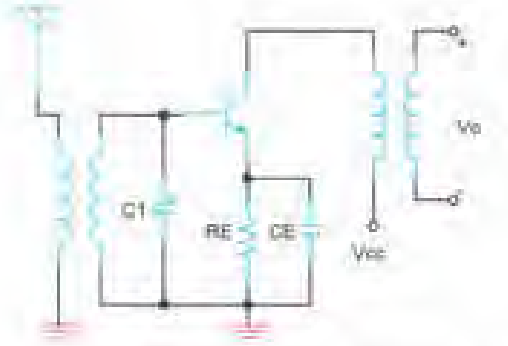
سیگنال دریافت شده از آنتن از طریق کوپلاژ به پیش اولین طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی RF گیرنده انتقال داده می‌شود.

کوپلاژ آنتن علاوه بر انتقال سیگنال عمل تطبیق امپدانس را نیز انجام می‌دهد. برای داشتن بازده یکنواخت در تمامی باند فرکانسی از کوپلاژ شکل (۱ـ۳) 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.



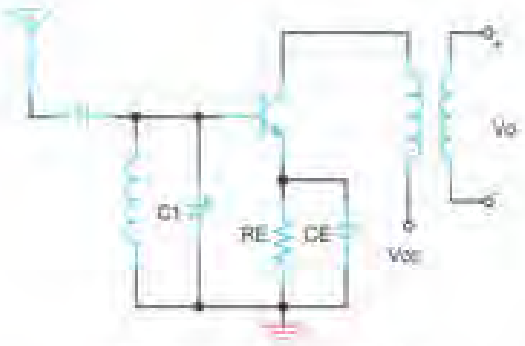
شکل ۱ـ۳ـ نوع اول کوپلاژ ترانسفورمری

کوپلاژ آنتن نشان داده شده در شکل (۲ـ۳) معمول‌ترین نوع کاربرد کوپلاژ در گیرنده‌هاست. در این 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.

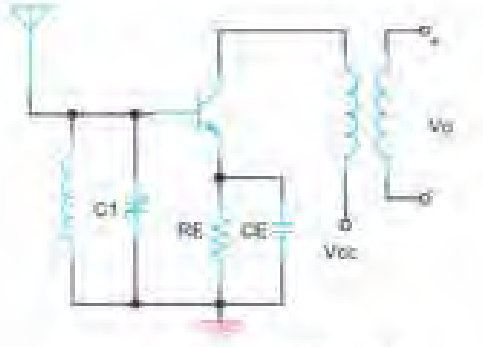


شکل ۲ـ۳ـ متداول‌ترین کوپلاژ در گیرنده‌های رادیویی

اگر به کوپلاژ دقیق‌تری برای دریافت سیگنال‌های بسیار ضعیف نیاز باشد، از کوپلاژ خازنی یا مستقیم مانند شکل‌های (۳ـ۳) و (۴ـ۳) استفاده می‌شود. در این نوع کوپلاژها انتخابگری کمی کاهش می‌یابد.



شکل ۳ـ۳ـ نوع سوم کوپلاژ مستقیم



شکل ۴ـ۳ـ نوع چهارم کوپلاژ مستقیم

۲ـ۳ـ 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 در گیرنده‌های 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 (۵ـ۳). در ترکیب سری سلف و خازن مقدار فرکانس رزونانس از رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ به‌دست می‌آید. در این شرایط مقدار امپدانس دو سر مدار صفر است ($Z_r = 0$). در فرکانس رزونانس رابطه‌ی $X_L = X_C$ برقرار است. مدار شکل (۶ـ۳) 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 ($Z_r = R$). فرکانس رزونانس از رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ قابل محاسبه است.

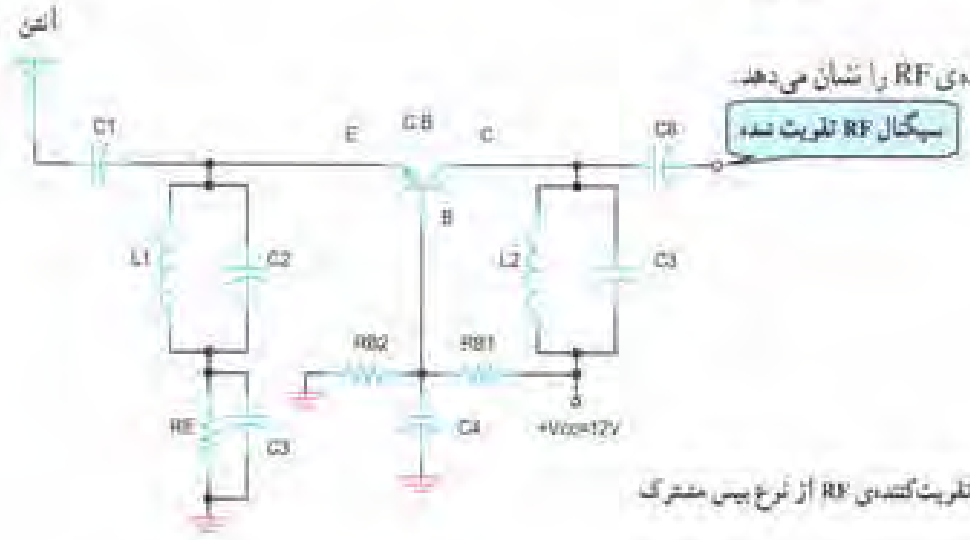
شکل ۵ـ۳ـ مدارهای هماهنگ

شکل ۶ـ۳ـ مدار هماهنگ RLC سری

۳ـ۳ـ 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 (۷ـ۳) یک مدار تقویت‌کننده‌ی RF را نشان می‌دهد.



شکل ۷ـ۳ـ تقویت‌کننده‌ی RF از نوع بیس مشترک

۴ـ۳ـ قسمتی از نقشه‌ی یک گیرنده‌ی FM

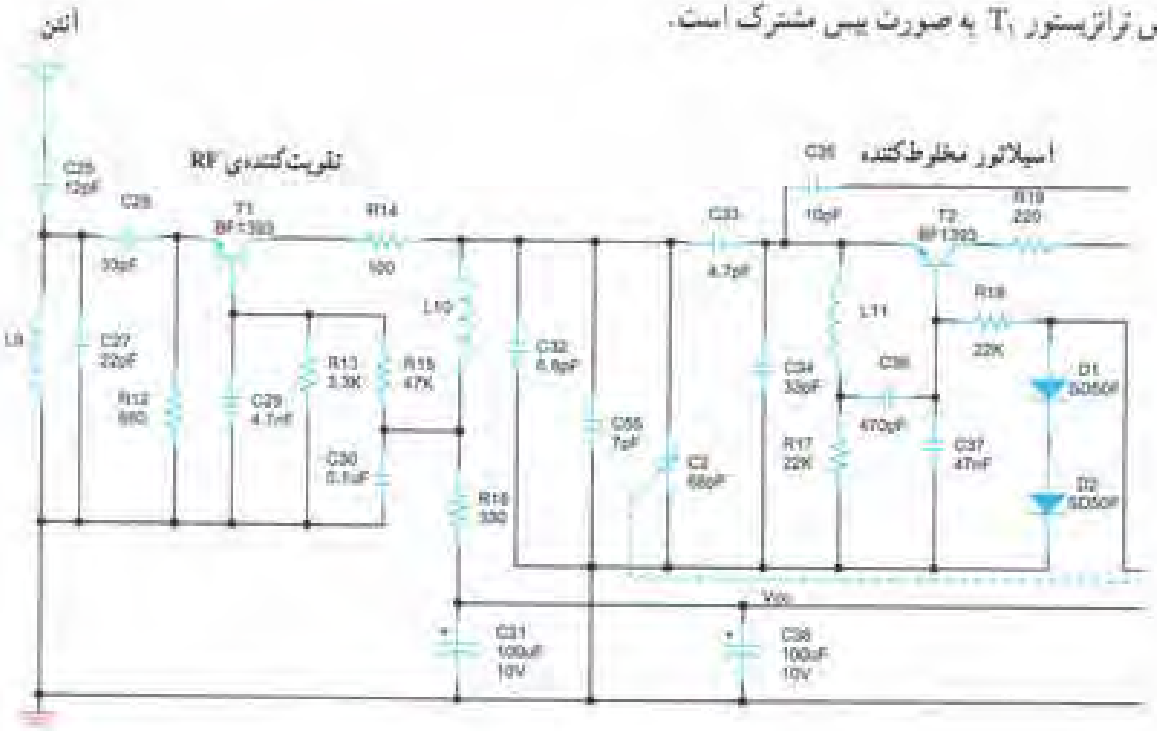
توجه: در صورتی که گیرنده‌ی FM دیگری در اختیار دارید، مدار آن را مورد بررسی قرار دهید.

در شکل (۸ـ۳) قسمتی از نقشه‌ی یک گیرنده‌ی رادیویی FM را مشاهده می‌کنید.

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

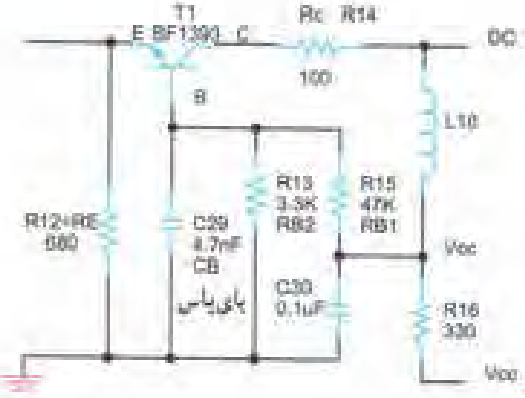
ترانزیستور T_2 کار نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کنندگی را به عهده دارد.

آرایش ترانزیستور T_1 به صورت بیس مشترک است.



شکل ۸ـ۳ـ مدار تقویت‌کننده‌ی RF گیرنده‌ی FM

در شکل (۹ـ۳) بایاس DC ترانزیستور T_1 و مقاومت‌های بایاسینگ آن نشان داده شده است. مقاومت R_{11} مقاومت امیتر است که به عنوان پایداری حرارتی به کار می‌رود. خازن C_{29} خازن‌های بای‌پاس است. مقاومت‌های R_{12} و R_{13} مقاومت‌های بایاسینگ بیس هستند. مقاومت R_{14} به عنوان مقاومت کلکتور عمل می‌کند.

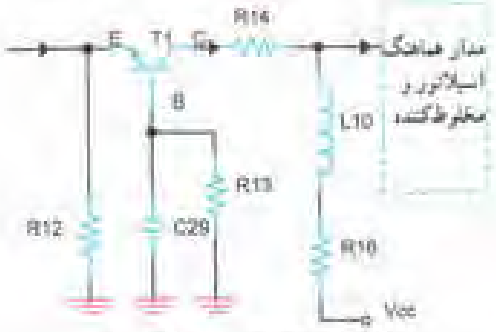


شکل ۹ـ۳ـ بررسی مدار تقویت‌کننده‌ی RF

سیگنال رادیویی ایستگاه موردنظر طبق شکل (۱۰ـ۳) توسط آنتن و خازن کوپلاژ $C_{۲۶}$ 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 (۱۱ـ۳) مشاهده می‌کنید، سیگنال پس از تقویت، از کلکتور ترانزیستور $T_۱$ و از طریق مقاومت $R_{۱۲}$ 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.

شکل ۱۰ـ۳ـ دریافت سیگنال RF توسط آنتن



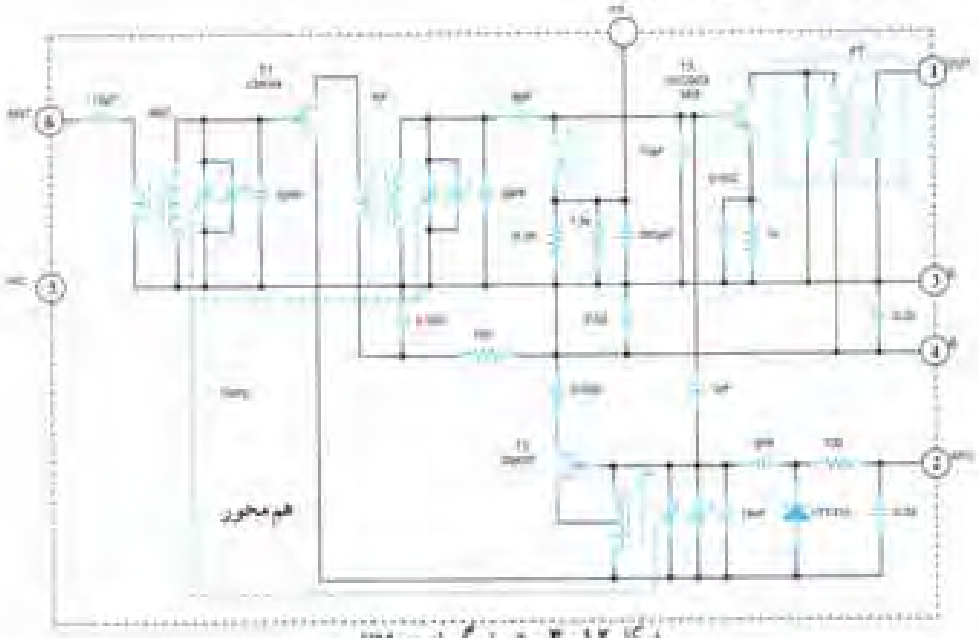
شکل ۱۱ـ۳ـ تقویت سیگنال RF

۵ـ۳ـ تیونر یا ترانزیستور FET[1]

در گیرنده‌های رادیویی مجموعه‌ی تقویت‌کننده‌ی RF و نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کننده را تیونر می‌گویند. در شکل (۱۲ـ۳) 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.

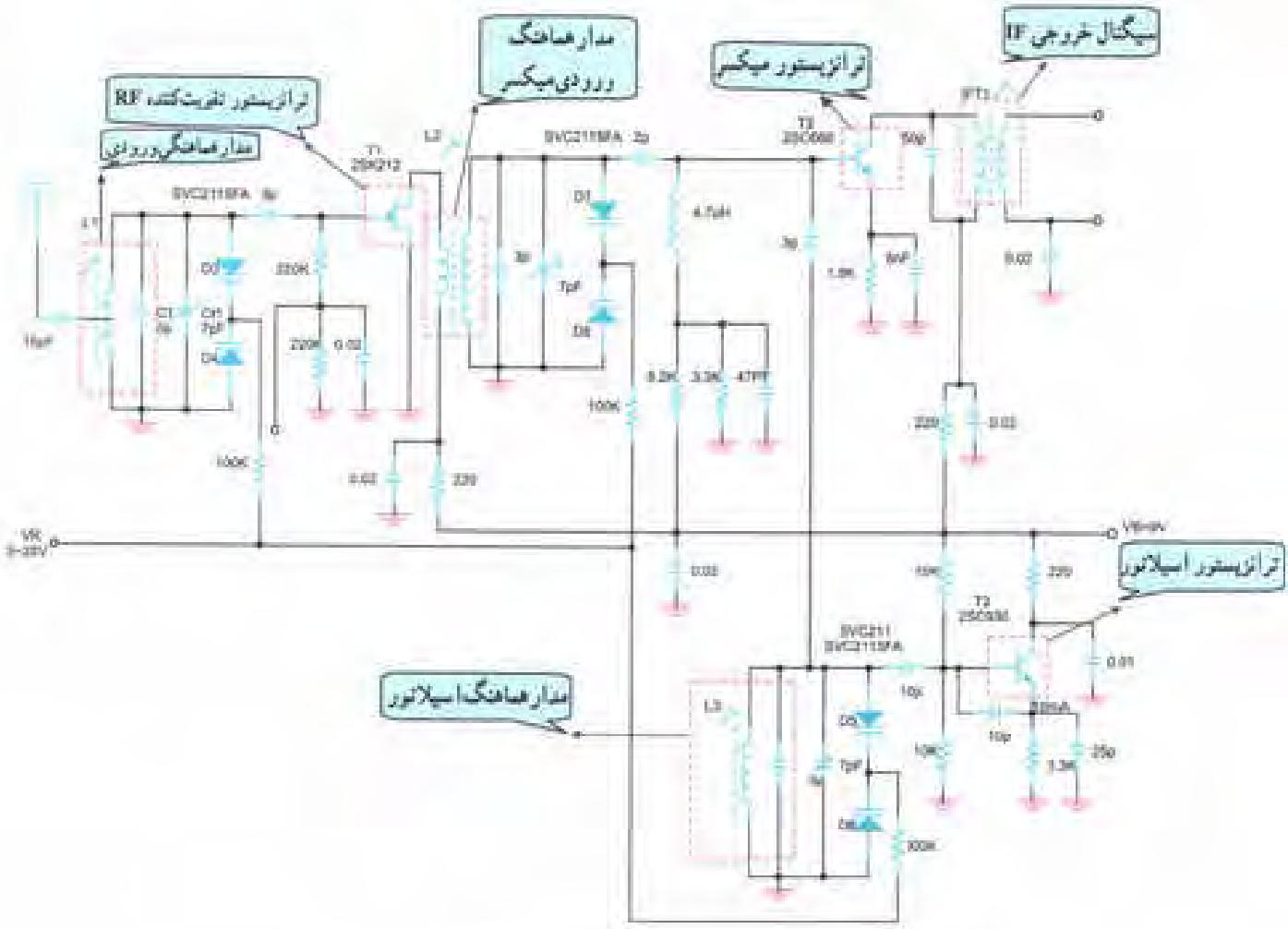


شکل ۱۲ـ۳ـ تیونر گیرنده‌ی FM

۱. Field Effect Transistors ترانزیستور اثر میدان

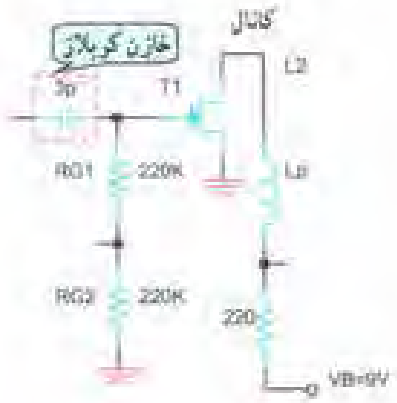
۶ــ۳ــ تیونر FM با دیود Varycap «دیود خازنی»

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 (۱۴ـ۳) مدار بایاسینگ FET نشان داده شده است. L_p سیم‌پیچ اولیه ترانس L_1 است.



شکل ۱۴ـ۳ـ مدار بایاسینگ FET

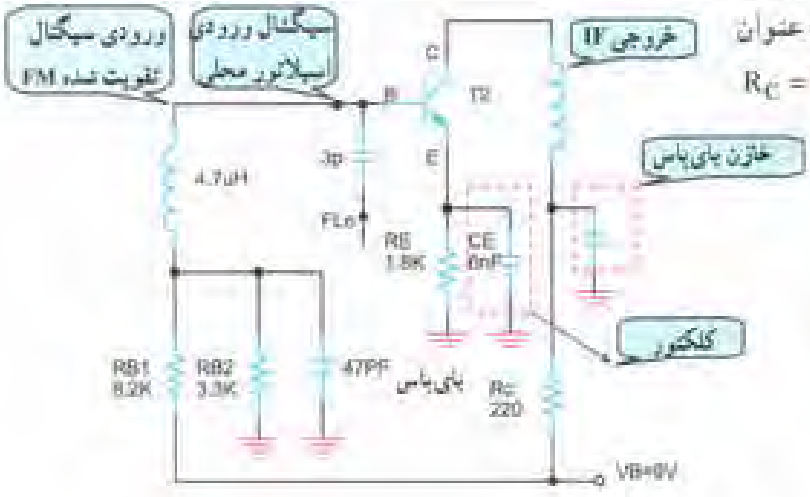
مدار هماهنگی کادر آنتن و طبقه‌ی تقویت‌کننده‌ی RF را در شکل (۱۵ـ۳) مشاهده می‌کنید.

دیودهای خازنی d_3 و d_4 با یکدیگر سری و با خازن تریمر CT_1 و خازن C_3 موازی شده‌اند. ترکیب مجموعه‌ی خازن‌ها، خازن معادل مدار تانک طبقه RF را به‌وجود می‌آورد.

ترکیب هماهنگی دیود خازنی در مدار هماهنگی

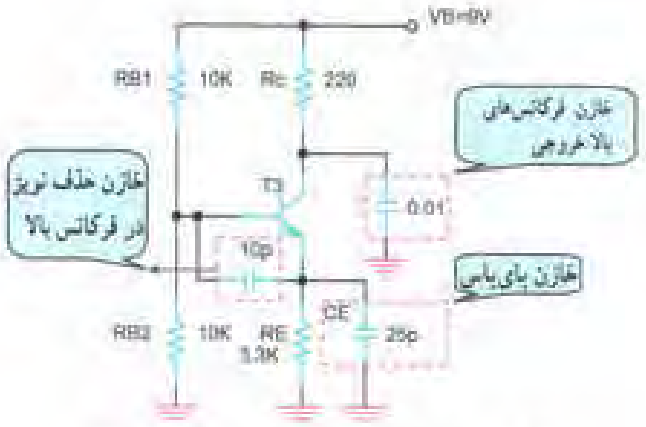
شکل ۱۵ـ۳ـ مدار هماهنگی کادر آنتن و طبقه تقویت‌کننده RF

مدار بایاسینگ ترانزیستور T_2 که به عنوان مخلوط کننده به کار می‌رود در شکل (۱۶ـ۳) نشان داده شده است. بایاس ترانزیستور T_2 به صورت سرخود است و مقاومت‌های $R_{B_1} = ۳/۳k\Omega$ و $R_{B_2} = ۸/۲k\Omega$ مقاومت‌های بایاس پیس ترانزیستور هستند. از مقاومت امیتر $R_E = ۱/۸k$ به عنوان پایداری حرارتی استفاده شده است. مقاومت $R_C = ۲۲۰\Omega$ مقاومت بایاس کلکتور است.

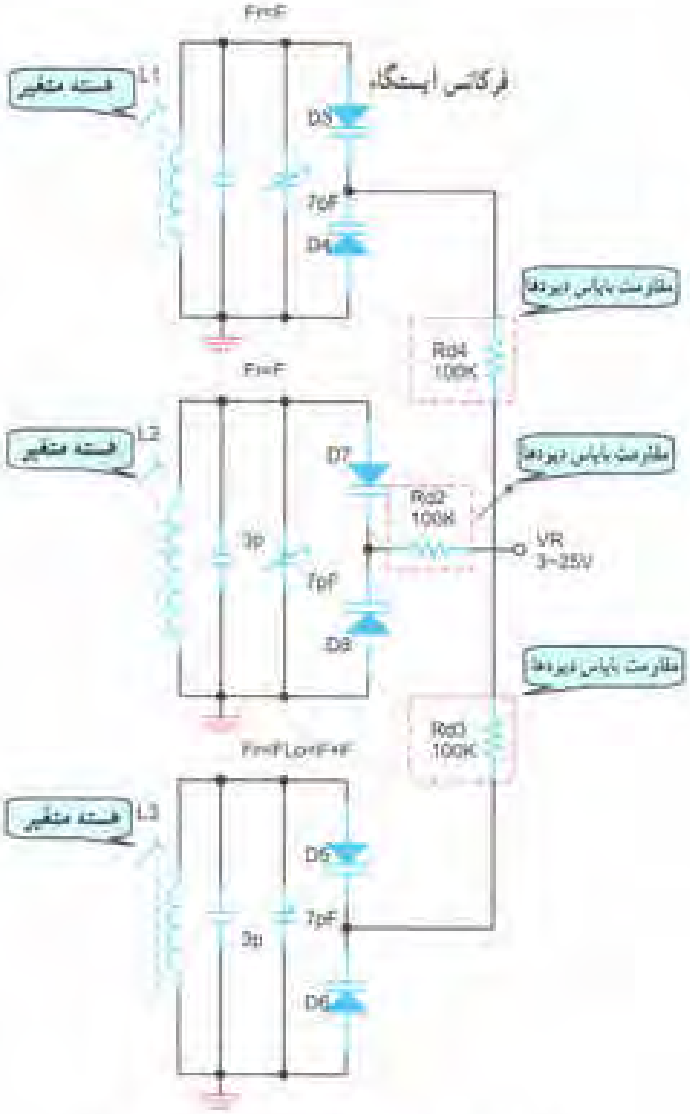


شکل ۱۶ـ۳ـ مدار مخلوط‌کننده

ترانزیستور $T_۳$ نوسان‌ساز محلی گیرنده است. بایاسینگ $T_۳$ را در شکل (۱۷ـ۳) 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 (۱۸ـ۳) نشان داده شده است.



شکل ۱۷ـ۳ـ بایاسینگ ترانزیستور نوسان‌ساز محلی



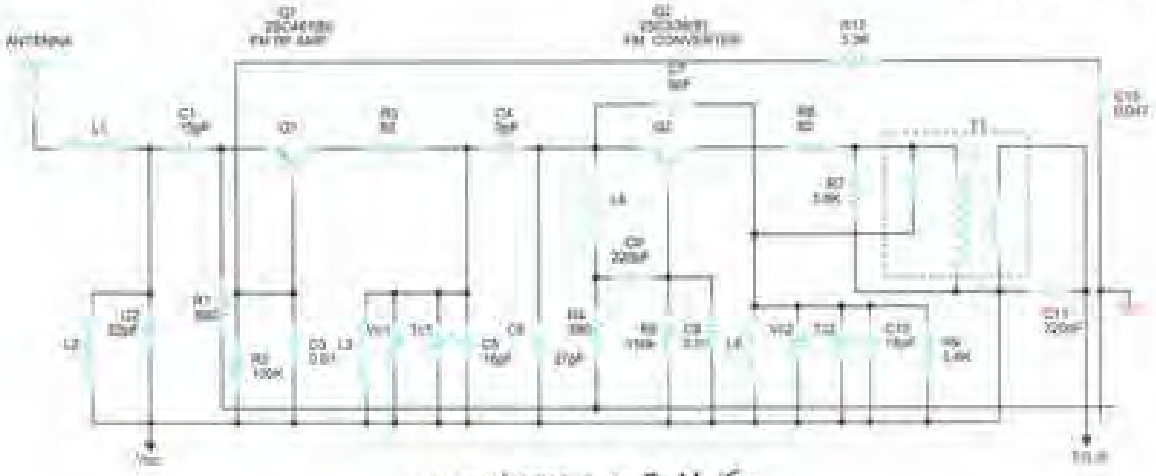
شکل ۱۸ـ۳ـ نحوه‌ی عملکرد همزمان مدارهای هماهنگی

با تغییر ولتاژ VR [۱] از ۳V+ تا ۲۵V+ ظرفیت خازنی دیودهای $d_۳$ تا $d_۸$ به‌صورت مشابه تغییر می‌کند. در هر مدار هماهنگی با تغییر ظرفیت خازنی دیودهای ورزی کپ ظرفیت معادل کل هر یک از مدارها را تغییر می‌دهد، این تغییرات در نهایت باعث تغییر فرکانس رزونانس $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LCeq}}$ طبقات می‌شود، به دلیل تغییرات مشابه و همزمان، دریافت ایستگاه امکان‌پذیر خواهد شد.

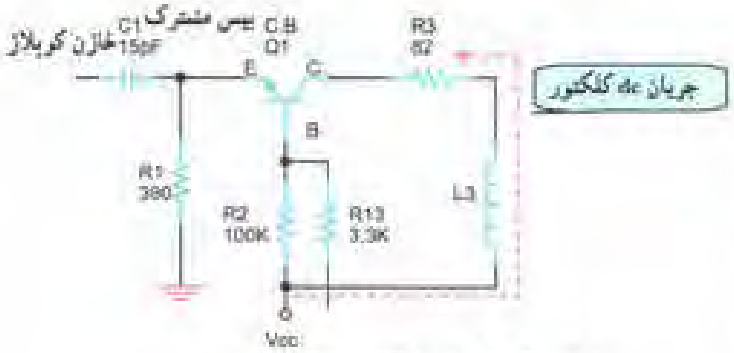
۱ـ Voltage Reverse ولتاژ معکوس

۷ـ۳ـ 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 (۱۹ـ۳) یک مدار ترانزیستوری را نشان می‌دهد.

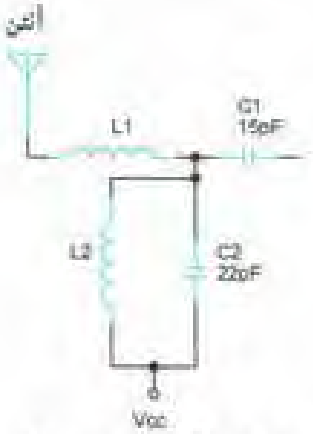


شکل ۱۹ـ۳ـ تیونر FM ترانزیستوری



شکل ۲۰ـ۳ـ تقویت‌کننده‌ی RF ترانزیستوری

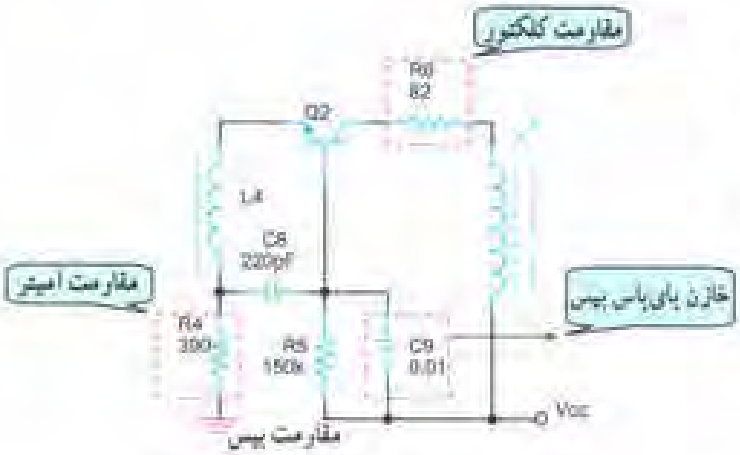
ترانزیستور Q_1 تقویت‌کننده‌ی RF است. مدار بایاس DC ترانزیستور Q_1 را در شکل (۲۰ـ۳) مشاهده می‌کنید. R_1 مقاومت امیتر، R_2 مقاومت کلکتور و مقاومت‌های R_{13} و R_3 مقاومت‌های بایاس بیس هستند. مدار هماهنگ کادر آنتن را برای دریافت امواج ایستگاه‌های رادیویی در شکل (۲۱ـ۳) مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۱ـ۳ـ مدار هماهنگ ورودی تقویت‌کننده‌ی RF

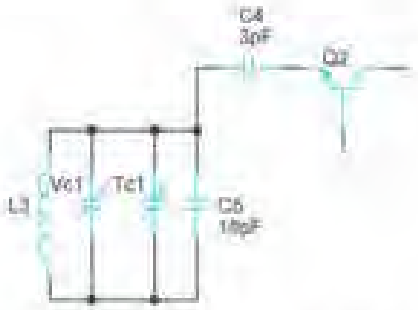
ترانزیستور Q_2 هم به‌عنوان مخلوط‌کننده و هم به عنوان نوسان‌ساز در مدار تیونر کار می‌کند. مجموعه‌ی نوسان‌ساز محلی و مخلوط‌کننده را در گیرنده‌ی رادیویی «کنورتور» می‌گویند.

مدار بایاس DC ترانزیستور Q_1 را در شکل (۲۲ـ۳) مشاهده می‌کنید. Q_1 در هنگام دریافت سیگنال تقویت شده‌ی RF از طریق مدار هماهنگی ورودی و خازن کوپلاژ C_1 به صورت بیس مشترک عمل می‌کند.



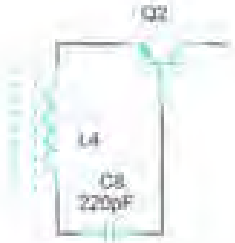
شکل ۲۲ـ۳ـ مدار بایاس DC ترانزیستور نوسان‌ساز

ایستگاه رادیویی از طریق مدار هماهنگی شامل المان‌های L_3 و V_{C_1} و T_{C_1} و C_3 مطابق شکل (۲۳ـ۳) دریافت می‌شود.



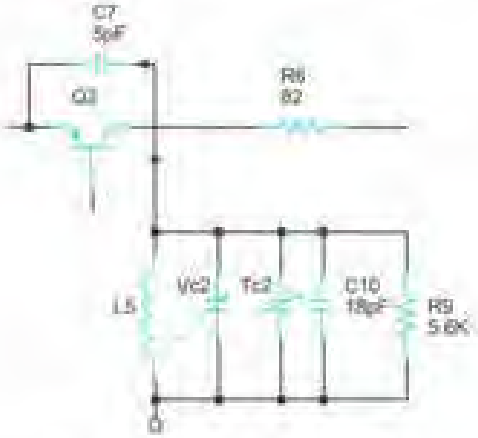
شکل ۲۳ـ۳ـ مدار هماهنگی دریافت ایستگاه

سلف L_4 در مدار شکل (۲۴ـ۳) به دلیل قطع بودن در فرکانس بالا، از عبور سیگنال RF از امیتر به بیس ترانزیستور جلوگیری می‌کند.



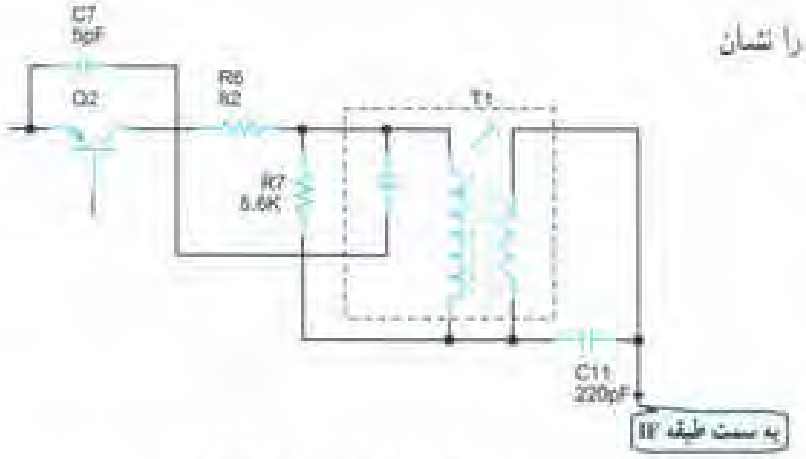
شکل ۲۴ـ۳ـ آرایش ترانزیستور Q_2 در زمان دریافت ایستگاه

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 (۲۵ـ۳) 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.



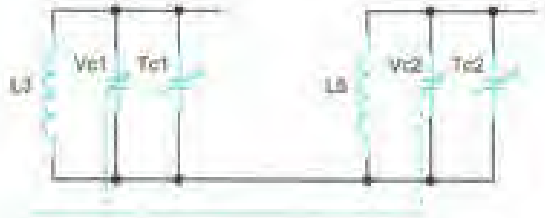
شکل ۲۵ـ۳ـ مسیر سیگنال به امیتر Q_2

شکل (۲۶ـ۳) مدار هماهنگ خروجی کنورتور را نشان می‌دهد.



شکل ۲۶ـ۳ـ مسیر سیگنال خروجی

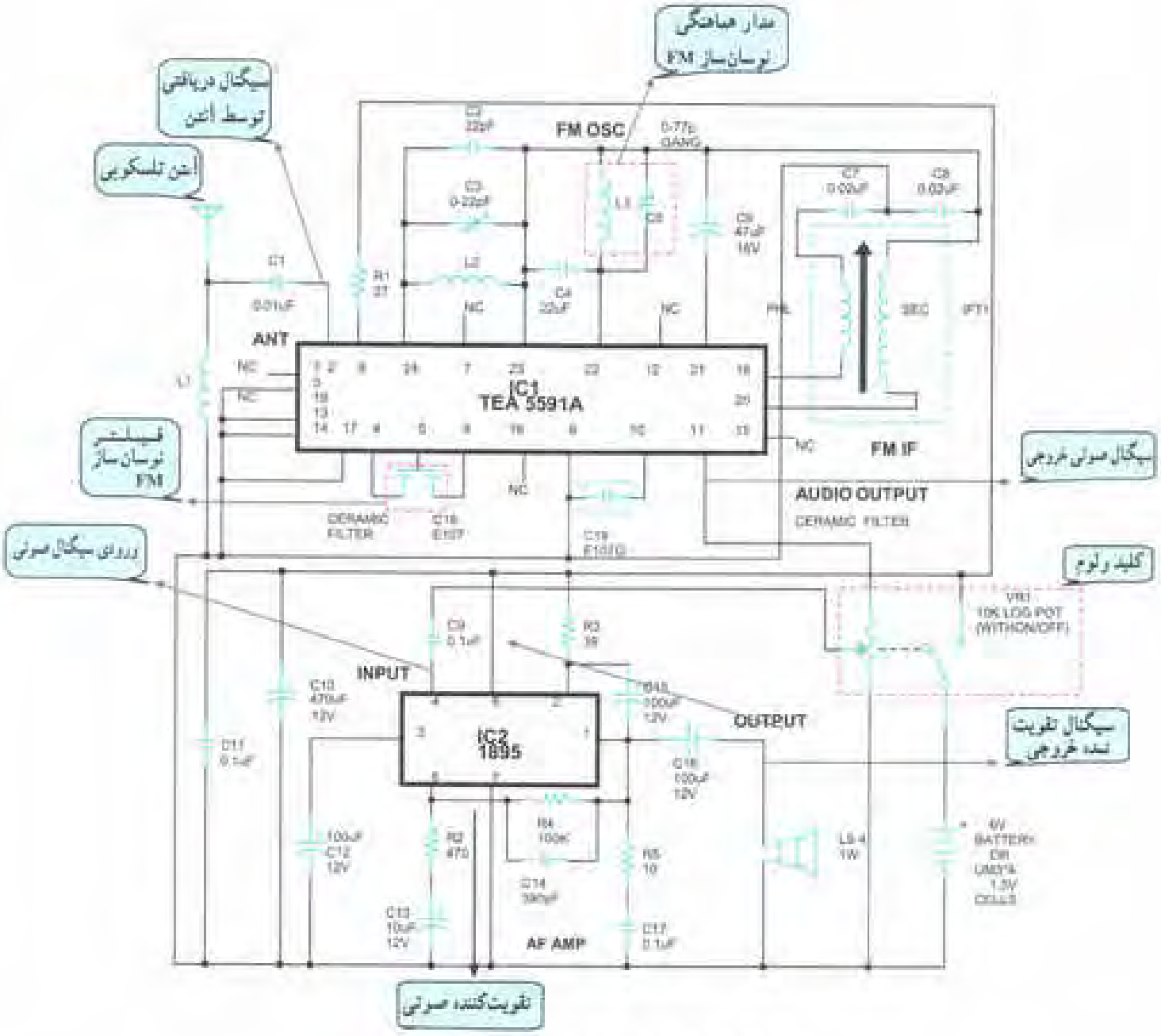
در شکل (۲۷ـ۳) خازن‌های متغیر مدار هماهنگی ورودی (V_{C_1}) و خازن نوسان‌ساز (V_{C_2}) به‌طور هم محور و هم زمان تغییر می‌کنند. خازن‌های تریمر T_{C_1} و T_{C_2} برای تنظیم نهایی فرکانس‌های ابتدا و انتهایی باند FM به کار می‌روند.



شکل ۲۷ـ۳ـ خازن‌های هم‌محور

۸ـ۳ـ تیونر گیرنده‌ی رادیویی FM با آی‌سی (IC)

در گیرنده‌های 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 (۲۸ـ۳) 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.

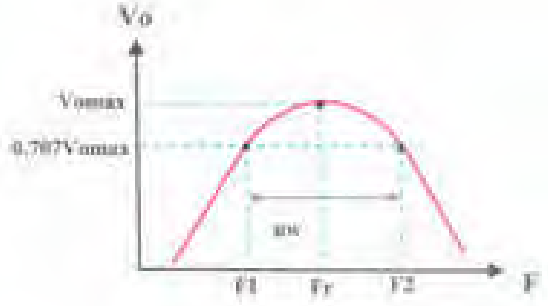


شکل ۲۸ـ۳ـ مدار یک گیرنده‌ی رادیویی FM با آی‌سی

۹ـ۳ـ کار عملی

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

۱ـ۹ـ۳ـ 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 (۲۹ـ۳) مشاهده می‌کنید. در این آزمایش به بررسی فرکانس رزونانس، پهنای باند، ضریب کیفیت و ترسیم پاسخ فرکانسی مدار هماهنگی RF می‌پردازیم.



شکل ۲۹ـ۳

۲ـ۹ـ۳ـ تجهیزات موردنیاز:

■ اسیلوسکوپ، شکل (۳۰ـ۳)	یک دستگاه
■ سیگنال ژنراتور AF، شکل (۳۱ـ۳)	یک دستگاه
■ مقاومت $\frac{1}{4}$W ـ ۱/۲kΩ	یک عدد
■ سلف ۱۰mH میلی هانری	یک عدد
■ خازن ۱۰۰nf (نانو فاراد)	یک عدد
■ برد بُرد	یک قطعه
■ پروب اسیلوسکوپ و سیم رابط	به مقدار کافی

شکل ۳۰ـ۳ـ اسیلوسکوپ

شکل ۳۱ـ۳ـ دستگاه سیگنال ژنراتور AF

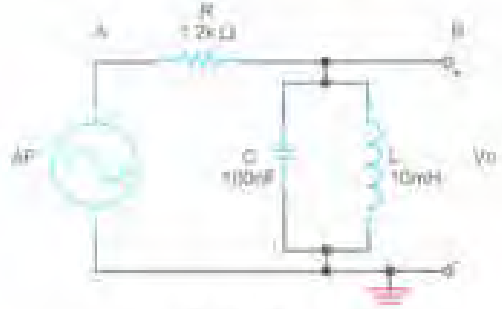
۳ـ۹ـ۳ـ مراحل اجرای آزمایش:

□ مدار شکل (۳۲ـ۳) 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.



شکل ۳۲ـ۳

□ فرکانس سیگنال ورودی را بین صفر تا ۲۵۰kHz مطابق جدول (۱ـ۳) 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 ۱ـ۳

V_o ولتاژ خروجی	V_i ولتاژ ورودی	f فرکانس
	$۴V_{p-p}$	۱۰kHz
	$۴V_{p-p}$	۵۰kHz
	$۴V_{p-p}$	۱۰۰kHz
	$۴V_{p-p}$	۱۶۰kHz
	$۴V_{p-p}$	۱۷۰kHz
	$۴V_{p-p}$	۲۰۰kHz
	$۴V_{p-p}$	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.

$f_r =$ .....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 آن را بنویسید.

پاسخ: $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}} =$ ..... Hz

.....

.....

.....

.....

□ فرکانس سیگنال ورودی را از مقدار رزونانس به آرامی کاهش دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی $V_{O_c} = ۰/۷۰۷V_{O_{max}}$ شود. سپس مقدار این فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

پاسخ: $f_{f_c} = ?$..... Hz

$V_{O_c} = ?$..... 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 $V_{O_{pp}}$ ۰/۷۰۷۷ شود. مقدار فرکانس را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

پاسخ:

$f_{H_C} = ?$..... Hz

$V_{O_C} = ?$..... V

.....

.....

.....

□ نام فرکانس به‌دست آمده چیست؟

پاسخ:

.....

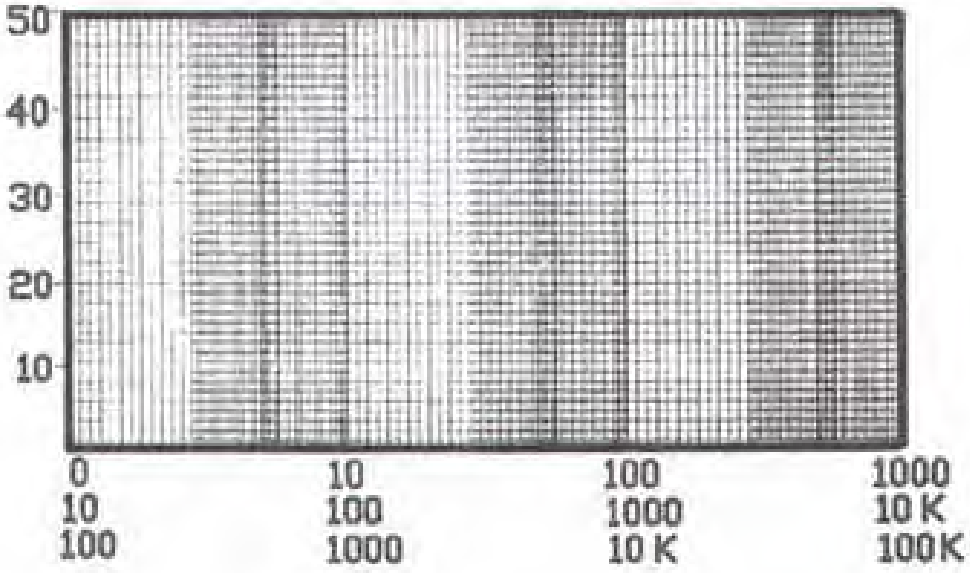
.....

.....

.....

.....

□ 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.

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

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

نتایج:

.....

.....

.....

.....

.....

□ با توجه به نوع گیرنده‌ی FM که در اختیار دارید ورودی و خروجی 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)

۱ـ 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

۲ـ تیونر را تعریف کنید.

۳ـ افزایش کوپلاژ آنتن برای چه منظوری است؟

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

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

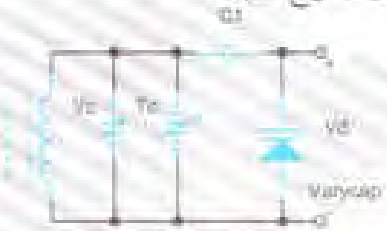
۳) افزایش نسبت سیگنال به نویز ۴) به حداقل رسیدن حساسیت

۵ـ تقویت‌کننده‌ی RF دریافت‌کننده FM معمولاً در چه آرایشی قرار می‌گیرد؟ چرا؟

۶ـ کلاس تقویت‌کننده‌ی RF در تیونر FM کدام است؟

۱) C ۲) A ۳) AB ۴) B

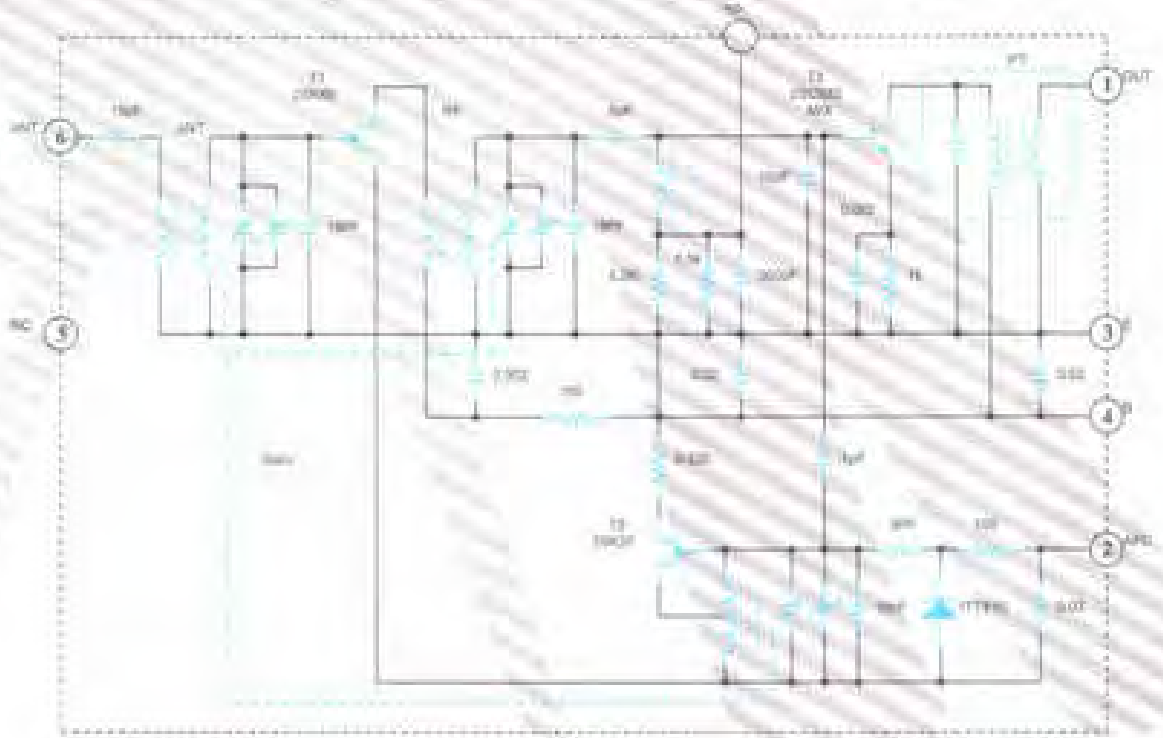
۷ـ نحوه‌ی تغییر فرکانس رزونانس مدار هماهنگ شکل (۳۴ـ۳) را تشریح کنید.



شکل ۳۴ـ۳

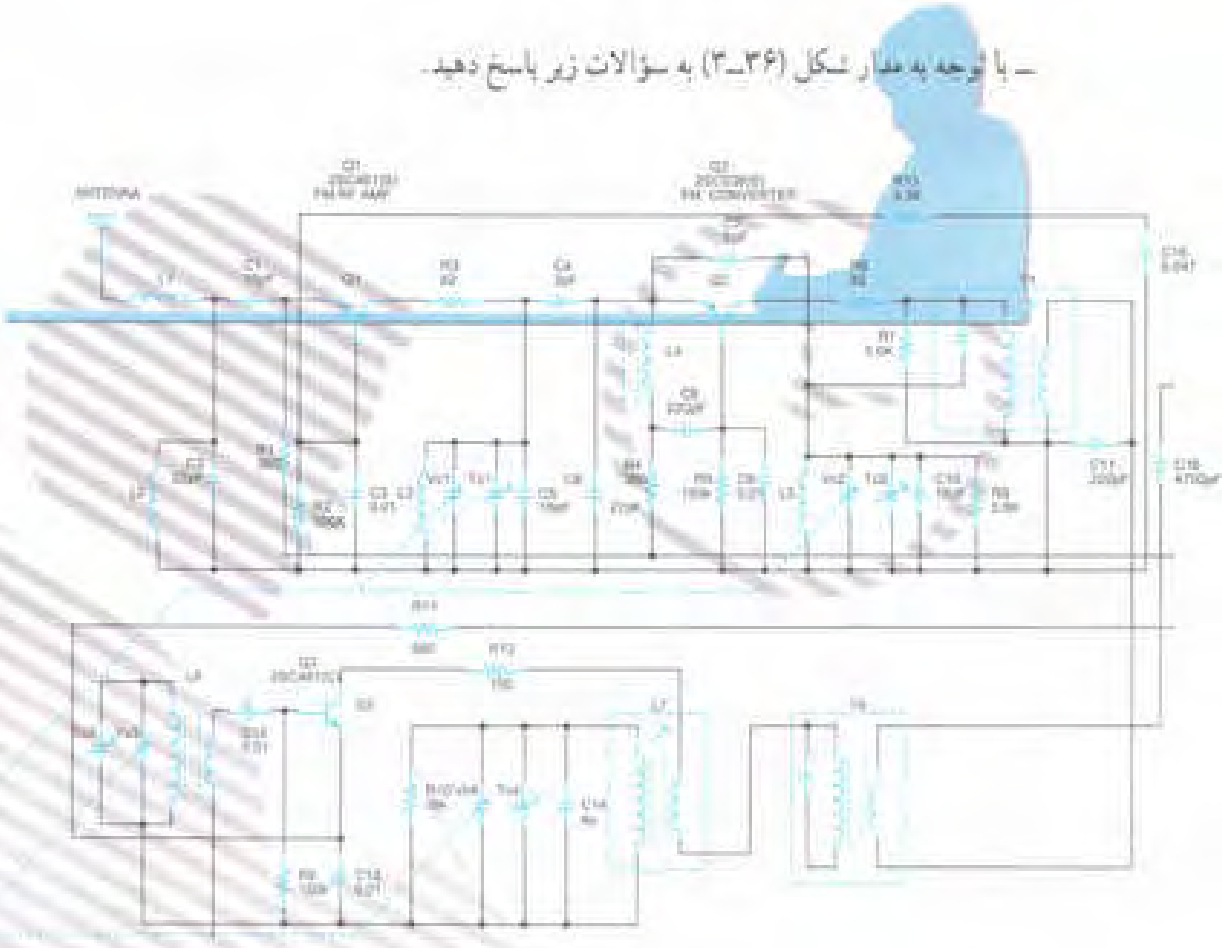
۸ـ نام مدار شکل (۳۵ـ۳) چیست؟

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



شکل ۳۵ـ۳

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_4 را بنویسید.

پاسخ‌نامه‌ی پیش‌آزمون (۱)

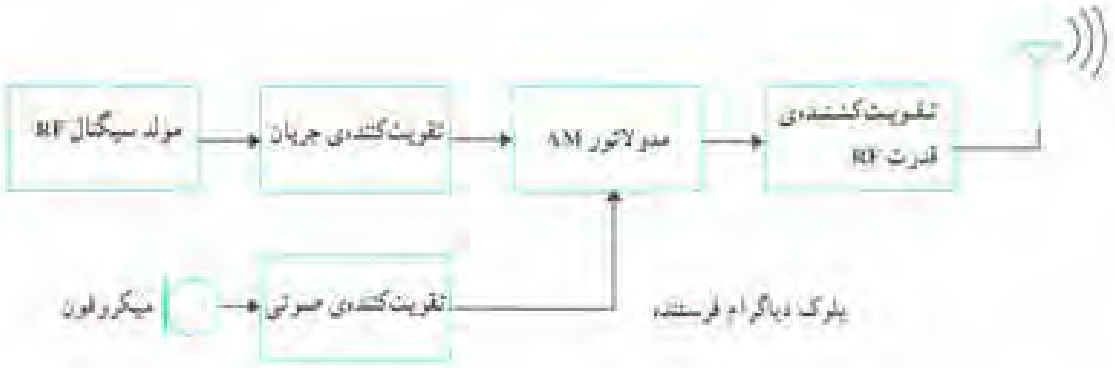
۱ـ عمل سوار کردن یک سیگنال صوتی «پیام» را بر روی سیگنال رادیویی RF یا «حامل»، مدولاسیون گویند.

۲ـ الف ـ مدولاسیون دامنه AM　　ب ـ مدولاسیون FM

۳ـ 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.

۴ـ

۵ـ



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

۷ـ

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

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

۱۰ـ ۲

۱۱ـ 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»

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

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

۳ـ ۲

۴ـ ۳

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

$$EC = ۶۰$$

۵ـ ۱

۶ـ

۷ـ

$$BW = USF - LSF \quad , \quad BW = ۲f_m$$

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

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

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

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

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

۱۰ـ ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز

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

۱۲ـ

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

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۲)

۱ـ انتخابگری، حساسیت، پایداری، وفاداری

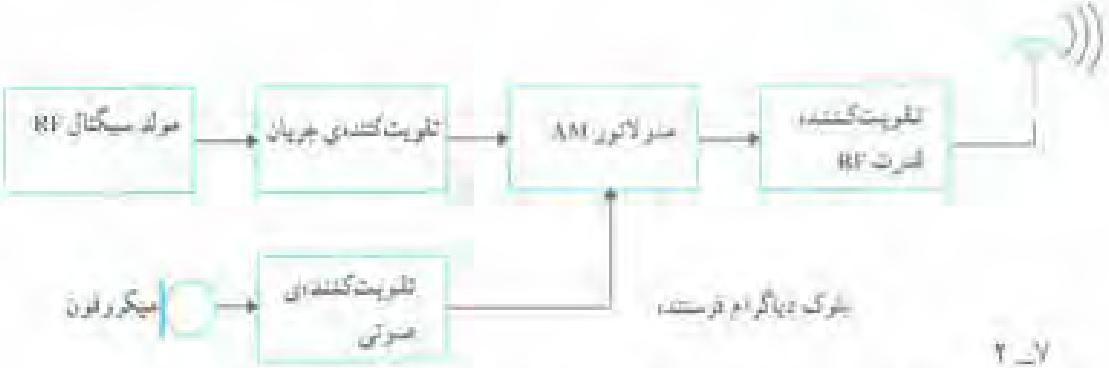
۲ـ انتخابگری ایستگاه رادیویی «با ضرب کیفیت» مدارهای هماهنگی گیرنده‌ی رادیو تعیین می‌شود.

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

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

۵ـ ۲

۶ـ



بلوک دیاگرام فرستنده

۷ـ ۲

۸ـ کریستال کوارتز باعث پایداری فرکانس نوسان‌ساز می‌شود.

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

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

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

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

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

۳ـ ۱۴

۲ـ ۱۵

$$F_{LOSC} = F_{RF} + F_{IF} = ۷۶۵ + ۴۵۰ = ۱۱۹۵kHz$$

۱۶ـ فرودین به معنی **مخلوط کردن** دو فرکانس است.

۳ـ ۱۷

۲ـ ۱۸

۲ـ ۱۹

۲ـ بهره‌ی تقویت‌کننده‌ی طبقه IF توسط مدار **AGC** کنترل می‌شود.

۲۱ـ وظایف ترانسفورماتورهای IF عبارتست از: تطبیق امپدانس بین طبقات، افزایش راندمان، و بار القایی طبقات IF

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

۳ـ ۲۳

۲۴ـ

مخلوط‌کننده = C	تقویت‌کننده RF = A
آشکارساز = D	نوسان‌ساز محلی = B

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۳)

۱ـ مدولاتور فرکانس در واقع یک نوسان‌ساز فرکانس RF است.

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

۳ـ ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز و فرکانس $F_{IF} = 10.7\,MHz$

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

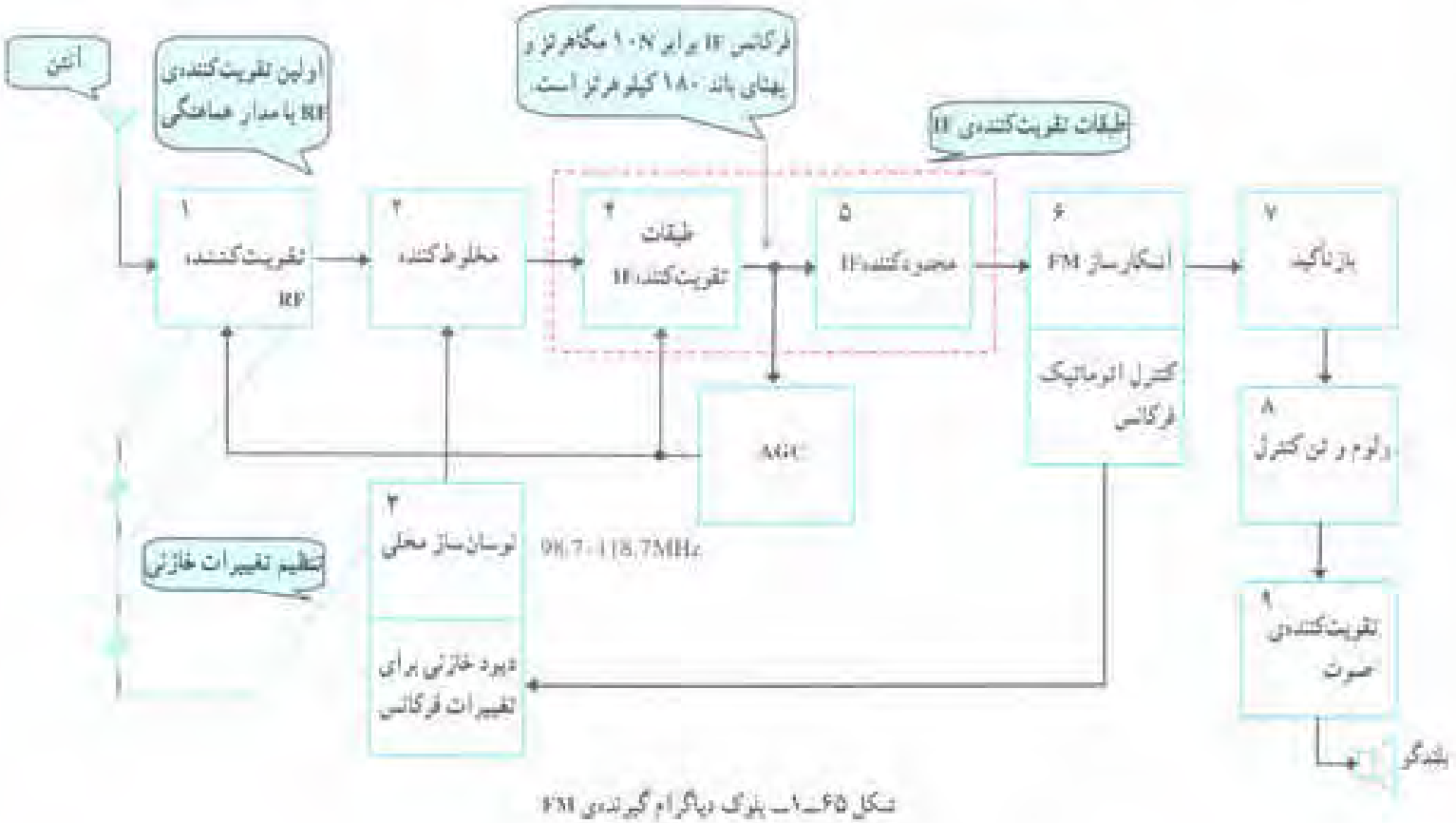
۵ـ AFC اتوماتیک کنترل فرکانس

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

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

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

۹ـ شکل (۶۵ـ۱)



شکل ۶۵ـ۱ـ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی FM

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۴)

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

۲ـ ۱

۳ـ 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؟

۴ـ $3\times10^{8}\ m/s$

۵ـ

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

۷ـ

۸ـ یک خط انتقال در فرکانس RF دارای امپدانس مشخصه (Z_0) است که مقدار آن از رابطه $Z_0=\sqrt{\frac{L}{C}}$ به‌دست می‌آید.

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

۱۰ـ

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی (۵)

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

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

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

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

۴ـ

$$S/N = \left(\frac{۲۰/\mu V}{۵/۴\mu V}\right)^{۲} = ۱۶ \qquad S_{pp} = ۲۰۰\mu V \text{ دامنه‌ی سیگنال}$$

$N = ۵۰\mu V$ دامنه‌ی سیگنال نویز

۵ـ یا فیلتر RC، این فیلتر را روی خط انتقال و خط تغذیه قرار می‌دهند.

۶ـ نویز ناشی از حرارت

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

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

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

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

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میان «۶»

۱ـ تولید، ارسال و دریافت انرژی به‌صورت ارتعاشی در ماده.

۲ـ صدا بر اثر حرکت مولکول‌های هوا به‌وجود می‌آید، به عبارت دیگر صدا بر اثر حرکت و لرزش اتمها به‌وجود می‌آید.

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

۴ـ ۳

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

۶ـ dB ۹۰ گزینه «۱»

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

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

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

۱۰ـ ۳

پاسخ‌نامه‌ی آزمون میانی «۷»

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

۲ـ میکروفون زغالی، الکترومغناطیسی، الکترودینامیکی و خازنی

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

۴ـ 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.

۵ـ 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.

۶ـ ۳ـ میکروفون الکترومغناطیسی

پاسخ‌نامه‌ی آزمون پایانی فصل «۱»

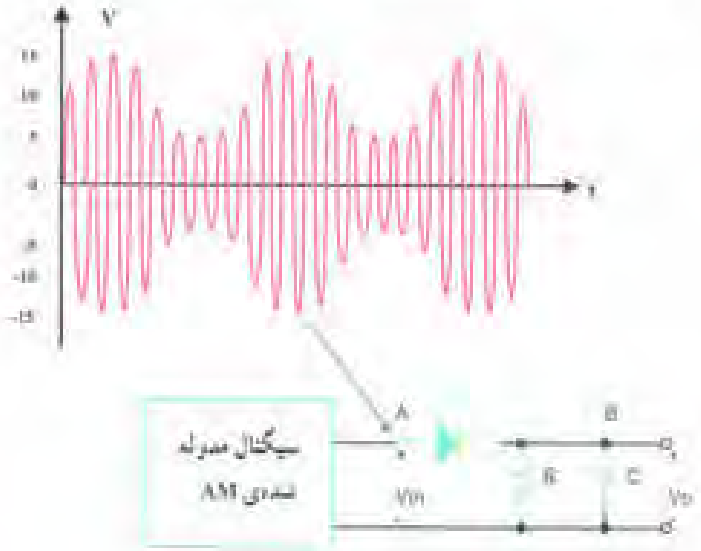
شماره سؤال	پاسخ
۱	۲
۲	۲
۳	۱
۴	۲
۵	۱
۶	۲
۷	۳
۸	۲
۹	۲
۱۰	۳
۱۱	۳
۱۲	۲
۱۳	۲
۱۴	تقویت‌کننده‌ی RF و مخلوط‌کننده‌ی طبقه صوتی و بلندگو

پاسخ‌نامه‌ی پیش‌آزمون «۲»

۱ـ مدار کنترل اتوماتیک ولتاژ (AVC) یا کنترل اتوماتیک بهره‌ی (AGC)، دامنه‌ی سیگنال IF را در گیرنده ثابت می‌کند.

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

۳ـ



۴ـ ۳

۵ـ ۴

۶ـ ۱

۷ـ ۱

۸ـ ۴

پاسخ‌نامه‌ی آزمون پایانی «۲»

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

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

۹ـ ۱۰/۷۷۵MHz

۱۰ـ ۱۰/۶۲۵MHz

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

پاسخ‌نامه‌ی پیش‌آزمون (۳)

شماره سؤال	پاسخ
۱	۲
۲	۴
۳	۳
۴	۲
۵	۲
۶	اگر فرکانس نوسان‌ساز محلی دریافت‌کننده‌ی FM تغییر کند، فرکانس $f_0 = 10/7MHz$ 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.

۴ـ۳

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

۶ـ۲

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. $C_{eq} = (\frac{C_1 . C_{11}}{C_1 + C_{11}}) + T_2 + V_2$ و به این ترتیب فرکانس تغییر می‌کند. $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$

۸ـ۴

۹ـ پیش 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_{12} و R_9 مقاومت‌های بایاس پیش Q_1 هستند. مقاومت R_1 مقاومت امیتر Q_1 و پایداری حرارتی می‌باشند و مقاومت R_3 مقاومت کلکتور Q_1 است.

مقاومت R_5 مقاومت بایاس پیش 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

۱ـ ELECTRONIC COMMUNICATIONS

By: DENNIS RODDY and JOHN COOLEN. PHI

۲ـ Solid State Radio Engineering

By: Krauss and Bastion

۳ـ ELECTRONIC COMMUNICATIONS

SCHAUM'S VOCATIONAL AND TECHNICAL SERIES.

۴ـ ELECTRONICS Principles and Applications

By: schuler

۵ـ آنتن‌ها زمینی ـ ماهواره‌ای، مترجم : علیرضا سرورالدین

Antennas and Transmission lines

By: THOMAS ADAMSON

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

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

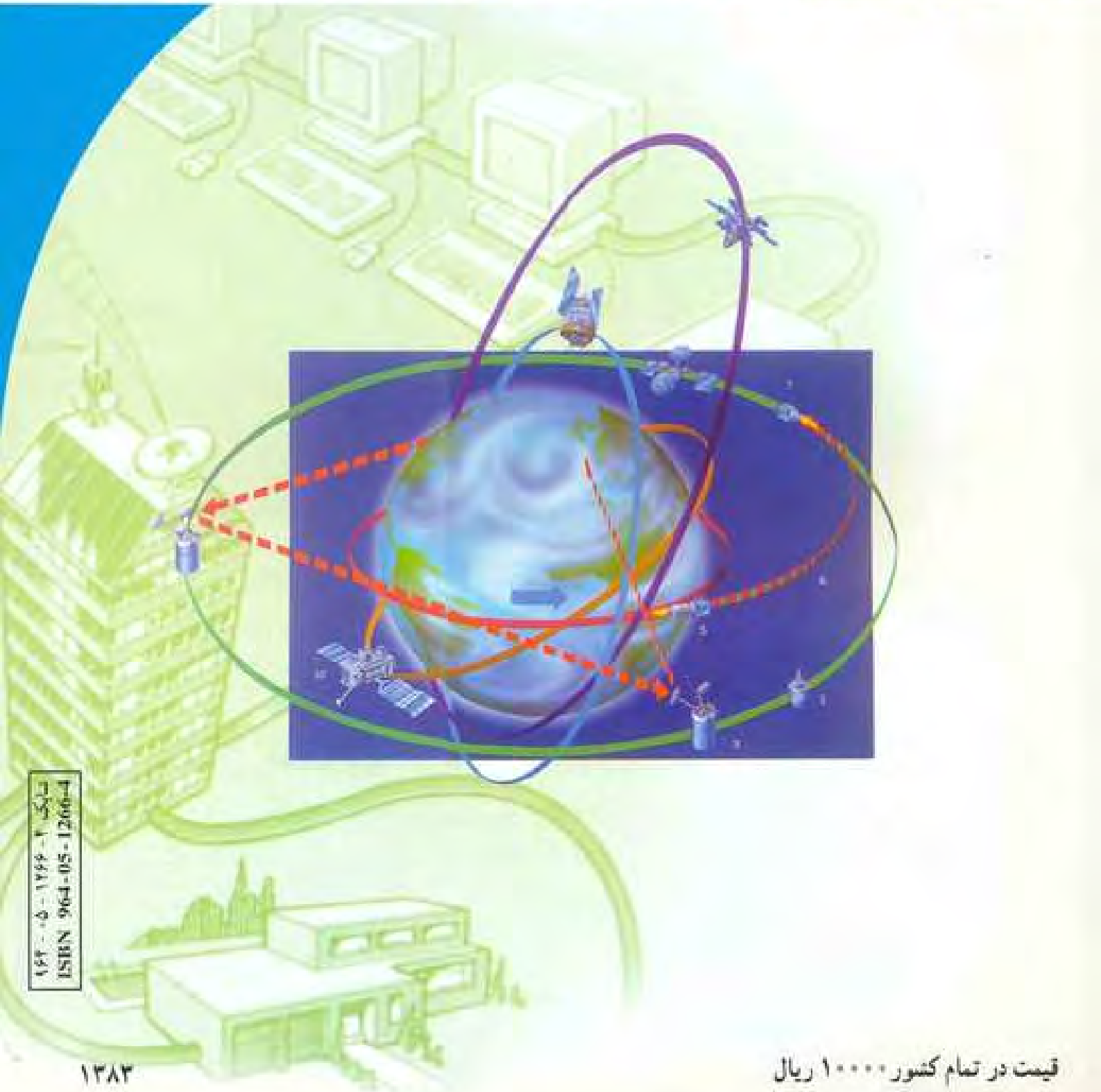
۸ـ مبانی آکوستیک : لارنس بی ـ کینزلر ـ آستین آرفرای، ترجمه : دکتر ضیاءالدین اسمعیل بیگی، دکتر مهدی برکشلی.

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

۱۰ـ کارگاه و آزمایشگاه الکترونیک سال سوم هنرستان کد ۶۳۷/۸ وزارت آموزش و پرورش.

۱۱ـ آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو، وزارت آموزش و پرورش سال سوم هنرستان کد ۴۷۲/۸ ـ مؤلفان : مهندس یدالله رضازاده، مهندس سیدمحمود صموتی.

۱۲ـ مبانی مخابرات و رادیو، وزارت آموزش و پرورش سال سوم هنرستان ـ کد ۴۶۶/۸ ـ مؤلفان : مهندس سیدمحمود صموتی، مهندس یدالله رضازاده.



شابک ۴ - ۵ - ۱۲۶۶ - ۹۶۴
ISBN 964-05-1266-4

۱۳۸۳

قیمت در تمام کشور ۱۰۰۰۰ ریال