آزمایش شمارهٔ ۱۲

زمان اجرا:
۱۲ ساعت

مخلوط کننده (mixer)

هدف کلی آزمایش

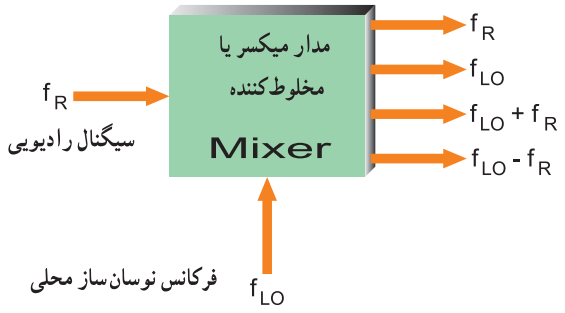
بررسی حالات DC و AC یک نمونه مدار مخلوط کننده.

هدف‌های رفتاری : در پایان این آزمایش، از فراگیرنده انتظار می‌رود :

- به سؤالات نظری و کارگاهی آزمایش شمارهٔ ۱۱ پاسخ دهد.
- مدار یک مخلوط کنندهٔ ترانزیستوری را با استفاده از سیگنال ژنراتور ببندد.
- مقادیر ولتاژ DC نقطهٔ کار مدار مخلوط کننده را اندازه بگیرد.
- شکل موج نقاط مختلف مدار مخلوط کننده را مشاهده و ترسیم کند.
- با استفاده از نرم‌افزار مدار مخلوط کننده را ببندد و شکل موج خروجی مدار را با اسیلوسکوپ نرم‌افزار مشاهده کند.
- فرکانس سیگنال خروجی مدار نرم‌افزار را با دستگاه فرکانس‌متر موجود در نرم‌افزار اندازه‌گیری کند.
- گزارش کار را به‌طور کامل، مستند و دقیق ارائه کند.
- کلیه هدف‌های رفتاری که در حیطه عاطفی در آزمایش شماره ۱ آمده است را در این آزمایش مورد توجه قرار دهد.

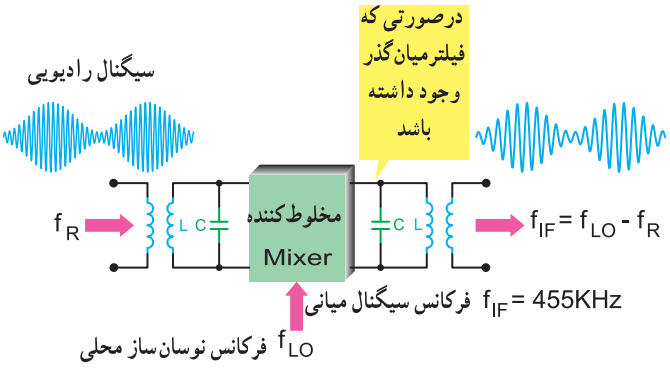
۱ـ۱۲ـ اطّلاعات اوّلیه

میکسر یا مخلوط کننده مداری است که دو سیگنال سینوسی را در هم ضرب می‌کند و از ضرب دو سیگنال چهار فرکانس ظاهر می‌شود. در شکل ۱ـ۱۲، بلوک دیاگرام مخلوط کننده و فرکانس‌های ورودی و خروجی آن، نشان داده شده است.



شکل ۱ـ۱۲ـ بلوک دیاگرام مخلوط کننده

معمولاً با قراردادن یک فیلتر میان‌گذر (مدار هماهنگ LC) فرکانس تفاضل ($F_{LO}-F_R$) را از سایر فرکانس‌ها جدا می‌کنند. در رادیو، معمولاً از مدار مخلوط کننده برای تبدیل فرکانس ایستگاه رادیویی RF به فرکانس IF، که برابر با ۴۵۵ کیلوهرتز است، استفاده می‌کنند. شکل ۲ـ۱۲، بلوک دیاگرام مخلوط کننده و شکل موج‌های ورودی و خروجی آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲ـ۱۲ـ امواج ورودی و خروجی مخلوط کننده

۲ـ۱۲ـ دستورهای حفاظت و ایمنی

◄ به هنگام اتصال ترانزیستورها روی بردبرد دقت کنید. بیس امیتر یا بیس کلکتور ترانزیستور به هم اتصال کوتاه نشود.

◄ از اتصال صحیح سیگنال ژنراتور به مدار، اطمینان حاصل کنید.

◄ هنگام اندازه‌گیری ولتاژ مراقب باشید پایه‌های قطعات به یک‌دیگر اتصال کوتاه نشود.

◄ هنگام استفاده از مولتی‌متر، مراقب باشید تا حوزهٔ کار مناسب را انتخاب کنید.

◄ رعایت نظم و مقررات کارگاه الزامی است.

۳ـ۱۲ـ قطعات و تجهیزات مورد نیاز

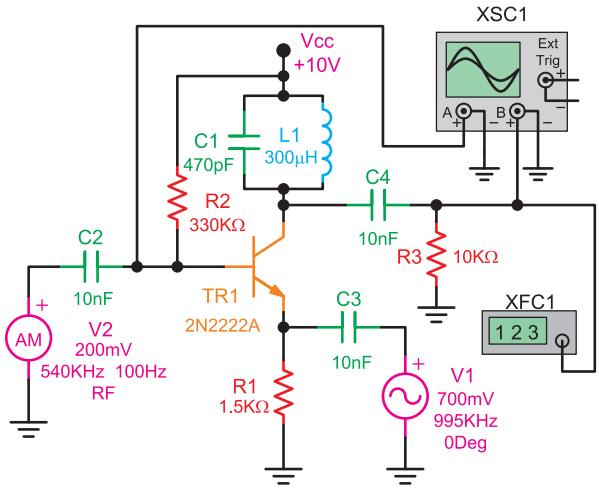
- منبع تغذیه DC، یک دستگاه
- سیگنال ژنراتور صوتی، یک دستگاه
- سیگنال ژنراتور رادیویی RF، یک دستگاه
- مولتی‌متر، یک دستگاه
- اسیلوسکوپ، یک دستگاه
- مقاومت‌های ۱/۵K، ۱/۵MΩ و ۱۰K، از هرکدام یک عدد
- خازن ۱۰nF، سه عدد
- خازن ۴۷۰pF، یک عدد
- سیم‌های رابط، به مقدار کافی
- سلف پیچیده‌شده مورد استفاده در آزمایش شماره ۹ (نوسان‌ساز) ۳۰۰ میکروهانری
- ترانزیستور ۲N۲۲۲۲ یا هر نوع ترانزیستور مشابه دیگر با hfe هفتاد و پنج یا بیش‌تر، یک عدد
- رایانه و نرم‌افزار مورد نیاز

۴ـ۱۲ـ مراحل اجرای آزمایش

موارد که با ستاره (*) مشخص شده است و هدف کلی آزمایش را در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.

*۱ـ۱۴ـ۱۲ـ مدار شکل ۳ـ۱۲ را با نرم‌افزار مولتی‌سیم ببندید و مقادیر ولتاژ DC مربوط به V_B، V_E و V_C نقطهٔ کار ترانزیستور را اندازه بگیرید و در جدول ۱ـ۱۲ یادداشت کنید.

آزمایش ۱۲



شکل ۳ــ۱۲ــ مدار مخلوط‌کننده با نرم‌افزار

۲ــ۴ــ۱۲ــ سیگنال ژنراتور RF را روی دامنه ولتاژ ۲۰۰ میلی‌ولت و فرکانس ۵۴۰ کیلوهرتز تنظیم کنید، سیگنال ژنراتور را روی مقادیر دامنهٔ ۷۰۰ میلی‌ولت و فرکانس ۹۹۵ کیلوهرتز قرار دهید.

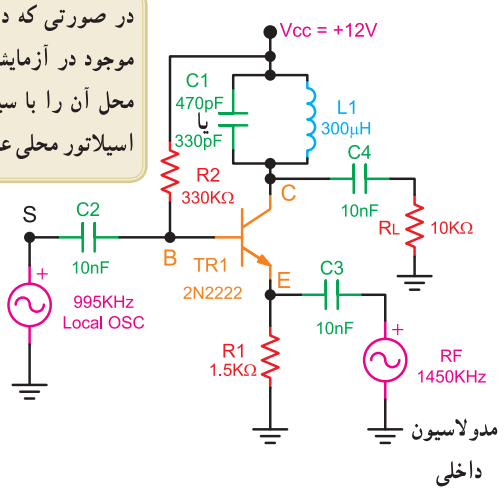
۳ــ۴ــ۱۲ــ دستگاه اسیلوسکوپ و فرکانس‌متر را به خروجی مدار اتصال دهید و آن‌ها را روشن کنید.

***۴ــ۴ــ۱۲ــ** کلید نرم‌افزار را روشن کنید فرکانس سیگنال خروجی مدار را با اسیلوسکوپ و فرکانس‌متر اندازه‌گیری کنید و مقادیر را یادداشت نمایید.

***۵ــ۴ــ۱۲ــ** مدار شکل ۴ــ۱۲ را بر روی بردبرد ببندید. به کمک مولتی‌متر مقادیر DC، V_B، V_E و V_C را اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول ۲ــ۱۲ بنویسید.

۶ــ۴ــ۱۲ــ سیگنال خروجی RF را روی مدولاسیون داخلی و فرکانس ۱۴۵۰ کیلوهرتز و m=۰/۴ و دامنهٔ ۲۰۰mV تنظیم کنید، هم‌چنین خروجی سیگنال ژنراتور AF را روی دامنهٔ ۲۰۰mV پیک تا پیک و فرکانس ۹۹۵ کیلوهرتز قرار دهید. سپس با سیم‌های مناسب آن‌ها را به مدار اتصال دهید. برای به‌دست آوردن بهترین حالت، مقدار دامنه و فرکانس سیگنال ژنراتورها را تغییر دهید تا بهترین حالت نول پدید آید.

در صورتی که دامنهٔ مولد RF موجود در آزمایشگاه کم است، محل آن را با سیگنال ژنراتور اسیلاتور محلی عوض کنید.



شکل ۴ــ۱۲ــ مدار مورد آزمایش

۷ــ۴ــ۱۲ــ دو سر مقاومت بار R_L را به ورودی اسیلوسکوپ متصل کنید. فرکانس سیگنال ژنراتور RF را به‌گونه‌ای تغییر دهید که سیگنال خروجی را با حداکثر دامنه در روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید. در صورت نیاز مقدار دامنهٔ ورودی‌ها را تغییر دهید تا بهترین حالت (فرکانس موج مدوله شدهٔ AM با فرکانس IF بدون اعوجاج) به‌دست آید. مدار زمانی به طور صحیح کار می‌کند که با قطع کردن هر یک از ورودی‌ها خروجی IF حذف شود.

***۸ــ۴ــ۱۲ــ** شکل موج‌های نقاط S، E و G را، به‌ترتیب با اسیلوسکوپ مشاهده کنید. سپس آن‌ها را بر روی نمودارهای ۱ــ۱۲، ۲ــ۱۲ و ۳ــ۱۲ رسم کنید.

به منظور اجرایی شدن آزمایش، در این مدار فرکانس اسیلاتور محلی کم‌تر از فرکانس ورودی مدوله شدهٔ AM در نظر گرفته شده است. در ضمن توجه داشته باشید که برای به‌دست آوردن حداکثر دامنهٔ IF در خروجی، باید تفاضل فرکانس RF مدوله شده و اسیلاتور محلی دقیقاً برابر با فرکانس رزونانس مدار LC روی کلکتور باشد. اگر خازن ۳۳۰pF انتخاب شود حدود فرکانس رزونانس ۴۵۵KHz و اگر خازن ۴۷۰pF انتخاب شود حدود فرکانس رزونانس ۳۸۰KHz می‌شود.

مخصوص هنرجویان علاقه‌مند

در صورت امکان، با استفاده از یک آی‌سی، مدار مخلوط‌کننده را ببندید و مراحل آزمایش را اجرا کنید.

* ۹ــ۴ــ۱۲ــ شکل موج‌ها را با هم مقایسه کنید. آیا عمل مخلوط‌کنندگی انجام شده است؟ توضیح دهید.

* ۵ــ۱۲ــ نتایج آزمایش

آن‌چه را که در این آزمایش آموخته‌اید، به اختصار جمع‌بندی کنید.

۶ــ۱۲ــ الگوی پرسش

سؤالات زیر را به‌دقت مطالعه کنید و پاسخ آن‌ها را در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.

۱ــ۶ــ۱۲ــ فرکانس رزونانس مدار هماهنگ LC شکل ۳ــ۱۲ مخلوط‌کننده را محاسبه کنید.

۲ــ۶ــ۱۲ــ حداقل و حداکثر فرکانس نوسان‌ساز را در باند MW محاسبه کنید.

۳ــ۶ــ۱۲ــ در شکل ۴ــ۱۲ اگر سیگنال ورودی RF قطع شود، فرکانس سیگنال خروجی چه تغییری می‌کند؟

۴ــ۶ــ۱۲ــ در یک گیرندهٔ رادیویی به جای مدار هماهنگ با LC ثابت شکل ۳ــ۱۲ چه قطعه‌ای را قرار می‌دهند؟

آزمایش شمارهٔ ۱۳

زمان اجرا:
۱۲ ساعت

تقویت کنندهٔ IF و آشکارساز AM

هدف کلی آزمایش

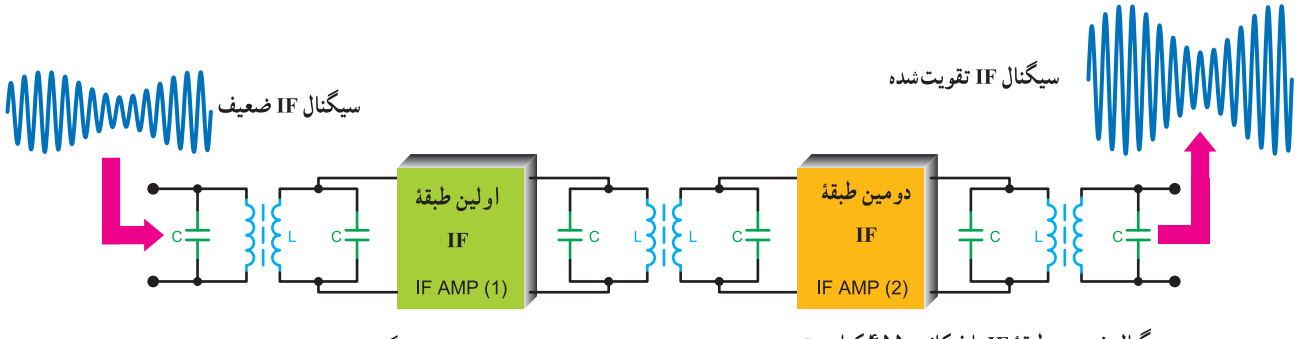
بررسی عملی مدارهای تقویت کنندهٔ IF و آشکارساز AM و AGC

هدف‌های رفتاری : در پایان این آزمایش، از فراگیرنده انتظار می‌رود :

- به سؤالات آزمون نظری و کارگاهی آزمایش شمارهٔ ۱۲ پاسخ دهد.
- مدار تقویت کنندهٔ IF را ببندد و ولتاژ بایاس ترانزیستور آن را اندازه بگیرد.
- شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار تقویت کننده IF را به کمک اسیلوسکوپ رسم کند.
- سیگنال مدوله‌شده AM را از طریق سیگنال ژنراتور RF به ورودی مدار تقویت کنندهٔIF اعمال کند و سیگنال تقویت شده را از مدار هماهنگ LC خروجی دریافت کند.
- بهرهٔ ولتاژ تقویت کننده IF را اندازه‌گیری کند.
- مدار آشکارساز AM را به تقویت کنندهٔ IF اضافه کند.
- سیگنال‌های ورودی و خروجی مدار آشکارساز را به‌وسیلهٔ اسیلوسکوپ رسم کند.
- ولتاژ DC خروجی مدار آشکارساز را اندازه بگیرد.
- شکل موج خروجی آشکارساز را با موج پیام سیگنال ژنراتور RF مقایسه کند.
- مدار تقویت کنندهٔ IF با آشکارساز AM را با نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا کند.
- مدار AGC را به مدار بسته شدهٔ روی بردبُرد اضافه کند.
- گین تقویت کنندهٔ IF را در حالتی که AGC وجود دارد اندازه بگیرد.
- مقادیر گین را در حالت وجودAGC و عدم وجود AGC مقایسه کند و نوع AGC را مشخص کند.
- مدار با وجودAGC را با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم ببندد و نتایج آن را یادداشت کند.
- گزارش کار جامعی از مراحل عملی آزمایش‌ها تهیه کند و آن را در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسد (خارج از محیط آزمایشگاه).
- کلیهٔ هدف‌های رفتاری در حیطهٔ عاطفی که در آزمایش ۱ آمده است را در این آزمایش مورد توجه قرار دهد.

۱ـ۱۳ـ اطّلاعات اوّلیه

فرکانس تفاضلی خروجی مدار مخلوط کننده، به نام فرکانس میانی (IF)، توسط طبقات تقویت کنندهٔ IF تقویت می‌شود. شکل ۱ـ۱۳، بلوک دیاگرام طبقات IF را نشان می‌دهد.

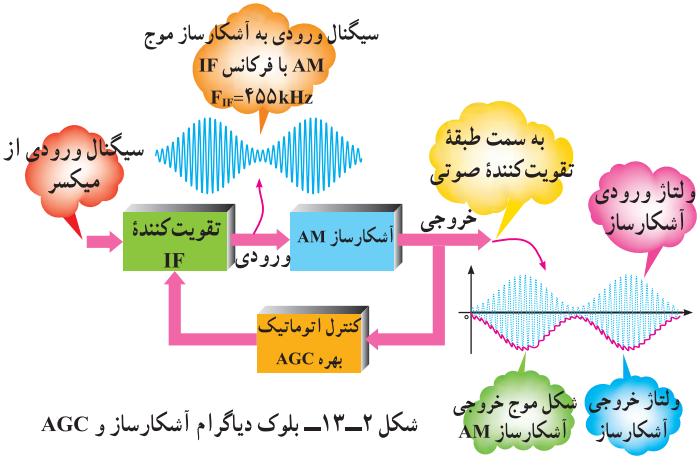


شکل ۱ـ۱۳ـ بلوک دیاگرام طبقات IF

میزان تقویت کنندگی طبقهٔ IF باید در حدی باشد که مدار آشکارساز، بتواند پوش منحنی موج مدوله‌شدهٔ AM (پیام) را به‌راحتی آشکار کند.

سیگنال خروجی آشکارساز دارای دو مؤلفهٔ AC و DC است. مؤلفهٔ AC همان سیگنال پیام است که پس از حذف DC به طبقهٔ تقویت کنندهٔ صوت وارد می‌شود و پس از تقویت از بلندگو شنیده می‌شود. قسمتی از مجموعه‌های مؤلفهٔ DC و AC به مدار AGC اعمال می‌شود. مدار AGC، که معمولاً یک فیلتر پایین‌گذر RC است، مؤلفهٔ AC را حذف می‌کند و مؤلفهٔ DC، که از خروجی آن دریافت می‌شود، به ترانزیستور مدار تقویت کنندهٔ IF اعمال می‌گردد.

در شکل ۲ـ۱۳، بلوک دیاگرام آشکارساز و AGC نشان داده شده است.



شکل ۲ـ۱۳ـ بلوک دیاگرام آشکارساز و AGC

۲ـ۱۳ـ دستورهای حفاظت و ایمنی

- قبل از شروع آزمایش، کلیهٔ دستورهای حفاظتی و ایمنی را که در آزمایش‌های شمارهٔ ۱۰ تا ۱۲ به آن اشاره شده است، مرور کنید و درخلال اجرای این آزمایش آن‌ها را به‌کار ببندید.
- از اتصال صحیح سیم‌ها به مدار، اطمینان حاصل کنید تا از اتصال کوتاه‌شدن منبع تغذیه و ترانزیستور جلوگیری به عمل آید.
- هنگام استفاده از مولتی‌متر مراقب باشید تا حوزهٔ کار مناسب را انتخاب کنید.
- هنگام استفاده از اسیلوسکوپ، مراقب پروب آن باشید تا عمل اتصال کوتاه در مدار رخ ندهد.

۳ـ۱۳ـ قطعات و تجهیزات مورد نیاز

- منبع تغذیه DC، یک دستگاه
- سیگنال ژنراتور رادیویی RF، یک دستگاه
- اسیلوسکوپ دوکاناله، یک دستگاه
- ترانزیستور ۲N۲۲۲۲ یا ترانزیستور معادل آن، یک عدد
- مقاومت‌های ۲۲K، ۱/۵K، ۳۳۰K، ۱۸۰K، ۱۰۰K، ۱۲K و ۳۳K، از هرکدام یک عدد
- خازن ۱۰nf، یک عدد
- خازن ۳۰۰pf، یک عدد
- خازن ۱۰۰nf، یک عدد

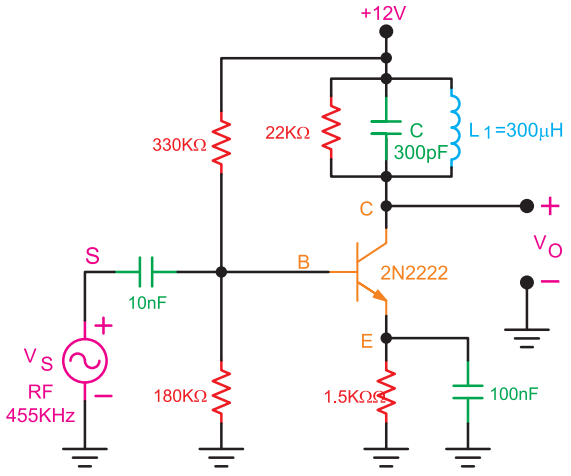
آزمایش ۱۳

- خازن ۱۰μF، یک عدد
- دیود آشکارساز ۱N۶۰ یا معادل آن، یک عدد
- سلف پیچیده‌شده در آزمایش شمارهٔ ۹ (نوسان‌ساز) ۳۰۰ میکروهانری، یک عدد
- ترانس آبی رنگ نیز می‌تواند به‌جای L_1 و C قرار گیرد.

۴ـ۱۳ـ مراحل اجرای آزمایش

> مواردی که با ستاره (*) مشخص شده است و هدف کلی آزمایش را در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.

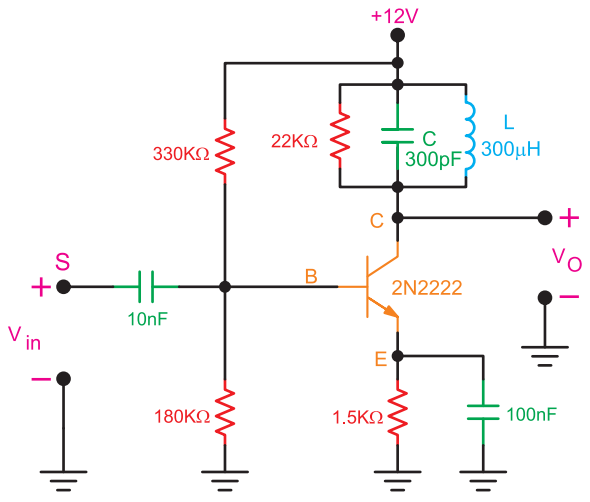
* ۱ـ۴ـ۱۳ـ مدار شکل ۳ـ۱۳ را بر روی بِرد بُرد ببندید و تغذیه را به مدار وصل و مدار را راه‌اندازی کنید. نقشهٔ مدار را رسم کنید. سپس مقادیر ولتاژ DC، V_B، V_E، V_C و V_{CE} را اندازه بگیرید و در جدول ۱ـ۱۳ بنویسید.



شکل ۳ـ۱۳ـ مدار تقویت‌کنندهٔ IF

۲ـ۴ـ۱۳ـ دستگاه سیگنال ژنراتور RF را در حالت مدولاسیون خارجی قرار دهید.

فرکانس سیگنال حامل را روی ۴۵۵ کیلوهرتز و دامنهٔ آن را روی ۴۰ میلی‌ولت تنظیم کنید و خروجی آن را به ورودی مدار شکل ۴ـ۱۳ اتصال دهید.



شکل ۴ـ۱۳ـ اتصال سیگنال ژنراتور RF به ورودی مدار تقویت‌کننده IF

۳ـ۴ـ۱۳ـ کانال یک اسیلوسکوپ را به ورودی مدار (شکل ۴ـ۱۳) در نقطهٔ S و کانال دو اسیلوسکوپ را به خروجی مدار، نقطهٔ C وصل کنید، سپس فرکانس سیگنال ژنراتور RF را به گونه‌ای تغییر دهید که سیگنال خروجی مدار با حداکثر دامنه و بدون اعوجاج باشد.

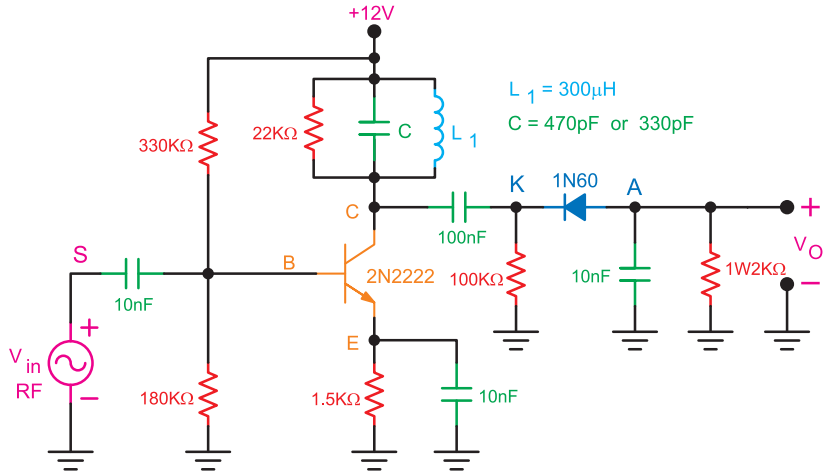
* ۴ـ۴ـ۱۳ـ با اندازه‌گیری دامنهٔ سیگنال ورودی و خروجی، ضریب بهره ولتاژ A_V مدار را اندازه‌گیری کنید و مقادیر را در جدول ۲ـ۱۳ یادداشت نمایید.

۵ـ۴ـ۱۳ـ دستگاه سیگنال ژنراتور RF را از مدار قطع کنید و آن را روی مدولاسیون داخلی با ضریب مدولاسیون m=۰/۴ قرار دهید. سپس آن را به مدار متصل کنید.

۶ـ۴ـ۱۳ـ دو سیگنال ورودی و خروجی را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید و ضریب بهرهٔ ولتاژ A_V مدار را اندازه بگیرید و مقادیر را در جدول ۳ـ۱۳ یادداشت کنید.

* ۷ـ۴ـ۱۳ـ آیا مقادیر اندازه‌گیری شده A_V در دو مرحله قبل یک‌سان است؟ توضیح دهید.

۸ـ۴ـ۱۳ـ دستگاه منبع تغذیه و سیگنال ژنراتور RF را خاموش کنید و مدار آشکارساز را به مدار تقویت‌کنندهٔ IF (شکل ۵ـ۱۳) اضافه کنید.



شکل ۵ــ۱۳ــ مدار تقویت‌کنندهٔ IF به همراه مدار آشکارساز

۹*ــ۴ــ۱۳ــ شکل مدار ترسیم‌شده در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی را کامل کنید.

۱۰ــ۴ــ۱۳ــ کانال یک اسیلوسکوپ را به نقطهٔ K و کانال دو آن را به نقطهٔ A اتصال دهید و منبع تغذیه و سیگنال ژنراتور RF را روشن کنید.

۱۱*ــ۴ــ۱۳ــ شکل موج‌های مشاهده‌شده را با مقیاس صحیح و مناسب به‌ترتیب روی نمودارهای ۱ــ۱۳ و ۲ــ۱۳ رسم کنید.

۱۲*ــ۴ــ۱۳ــ فرکانس سیگنال خروجی را اندازه بگیرید و مقادیر را ثبت کنید. آیا فرکانس سیگنال آشکارشده با فرکانس پوش موج مدوله‌شده AM برابر است؟ توضیح دهید.

۱۳*ــ۴ــ۱۳ــ کلید ورودی انتخاب کانال ۲ اسیلوسکوپ را ابتدا در حالت AC و سپس در حالت DC قرار دهید. آیا شکل موج خروجی دارای ولتاژ DC است؟ مقدار آن چند ولت است؟ شرح دهید.

۱۴*ــ۴ــ۱۳ــ مولتی‌متر را به خروجی مدار اتصال دهید و دامنهٔ سیگنال مدوله‌شده ورودی را مطابق جدول ۴ــ۱۳ تغییر دهید. سپس تغییرات دامنهٔ خروجی DC آشکارساز را اندازه بگیرید و جدول ۴ــ۱۳ را تکمیل کنید.

جدول ۴ــ۱۳

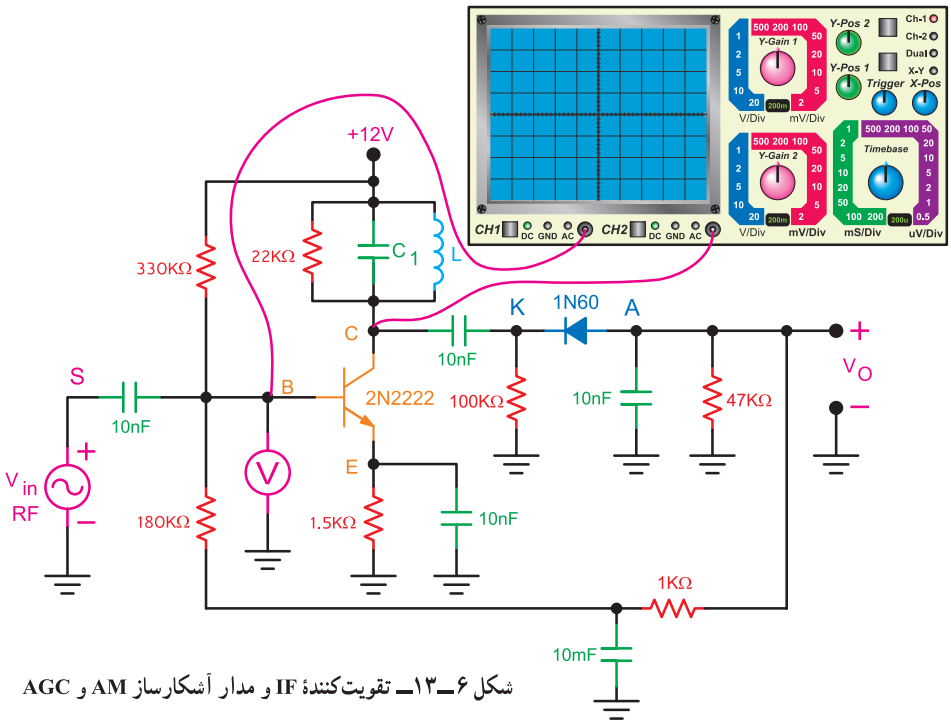
شمارهٔ آزمایش	دامنهٔ سیگنال ورودی مدوله شده
۱	۰V
۲	۵۰mV
۳	۱۰۰mV
۴	۱۵۰mV
۵	۲۰۰mV
۶	۳۰۰mV

۱۵*ــ۴ــ۱۳ــ در مرحله‌ای که دامنهٔ سیگنال ورودی ۵۰mV و ۳۰۰mV است، سیگنال خروجی آشکارشده را همراه با مؤلفه‌ی DC آن در نمودارهای ۳ــ۱۳ و ۴ــ۱۳ رسم کنید.

۱۶*ــ۴ــ۱۳ــ ولتاژ DC خروجی آشکارساز چه کاربردی دارد؟ توضیح دهید.

۱۷*ــ۴ــ۱۳ــ مدار شکل ۵ــ۱۳ را خاموش کنید و آن را مطابق شکل ۶ــ۱۳ ببندید. کانال شمارهٔ یک اسیلوسکوپ را به نقطهٔ B اتصال دهید. کانال شمارهٔ دو اسیلوسکوپ را به خروجی (نقطهٔ C) مدار متصل کنید.

مولتی‌متر را بین نقطهٔ B و زمین قرار دهید. این کار را یکبار با اتصال مدار AGC و یکبار بدون اتصال AGC انجام دهید و نتایج را مقایسه کنید.



شکل ۶ــ۱۳ــ تقویت‌کنندهٔ IF و مدار آشکارساز AM و AGC

❊ ۱۸ــ۴ــ۱۳ــ دامنهٔ سیگنال خروجی سیگنال ژنراتور RF را از صفر تا ۳۰۰ میلی‌ولت (مطابق جدول ۴ــ۱۳) به‌آهستگی افزایش دهید و مقدار ولتاژ DC بیس ترانزیستور و دامنهٔ سیگنال خروجی تقویت‌کنندهٔ IF (نقطهٔ C) را اندازه بگیرید و در جدول ۵ــ۱۳ یادداشت کنید.

❊ ۱۹ــ۴ــ۱۳ــ در مرحله‌ای که دامنهٔ سیگنال ورودی روی ۵۰mV و ۳۰۰mV است، سیگنال‌های ورودی و خروجی آشکار شده را همراه با مؤلفهٔ DC آن در نمودارهای ۵ــ۱۳ و ۶ــ۱۳ رسم کنید.

❊ ۲۰ــ۴ــ۱۳ــ آیا وجود مدار AGC مانع تغییرات وسیع دامنهٔ سیگنال خروجی آشکار شده می‌شود یا خیر؟ شرح دهید.

❊ ۲۱ــ۴ــ۱۳ــ با افزایش دامنهٔ سیگنال ورودی مدوله شده RF، تغییرات دامنهٔ نقاط C و B را بررسی کنید و بهرهٔ ولتاژ را اندازه بگیرید و در جدول ۶ــ۱۳ یادداشت کنید.

❊ ۲۲ــ۴ــ۱۳ــ با توجه به نتایج کسب‌شده از تغییرات دامنهٔ سیگنال ورودی RF، نوع AGC مدار را مشخص کنید.

❊ ۲۳ــ۴ــ۱۳ــ با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم مدار را ببندید و مراحل آزمایش را تکرار کنید و نتایج به‌دست آمده را شرح دهید.

❊۵ــ۱۳ــ نتایج آزمایش

نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها را به‌طور خلاصه جمع‌بندی کنید.

۶ــ۱۳ــ الگوی پرسش

۱ــ۶ــ۱۳ــ نوع کوپلاژ بین تقویت‌کننده‌های IF در شکل ۱ــ۱۳ را نام ببرید.

۲ــ۶ــ۱۳ــ در یک طبقهٔ تقویت‌کنندهٔ IF دو ترانزیستوری چند ترانسفورماتور مورد نیاز است؟

۳ــ۶ــ۱۳ــ سیگنال خروجی آشکارساز AM دارای چند مؤلفه است؟ توضیح دهید.

۴ــ۶ــ۱۳ــ فیلتر بعد از آشکارساز AM چه نوع فیلتری است؟

۵ــ۶ــ۱۳ــ در مدار آشکارساز شکل ۵ــ۱۳ اگر جهت دیود تغییر کند. کدام المان باید تغییر کند؟ سبب آن را توضیح دهید.