« فصل پنجم »
فرستنده و گیرنده‌های رادیویی AM
(مطابق فصل ششم مبانی مخابرات و رادیو)

هدف کلی:
آزمایش نرم‌افزاری مدارهای فرستنده و گیرنده‌ی رادیویی AM

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

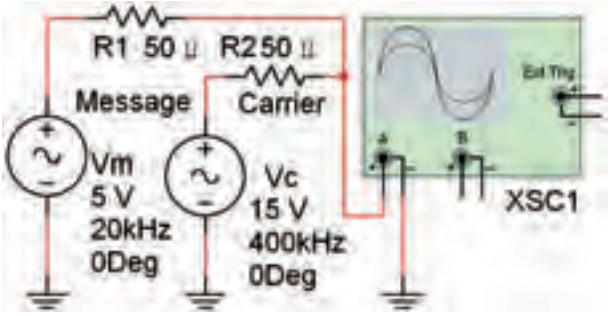
۱- مدار مدولاتور دیودی AM را ببندد.
۲- شکل موج خروجی مدولاتور دیودی را مشاهده کند و ولتاژ آن را به دست آورد.
۳- مدولاتور ترانزیستوری را ببندد و شکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۴- ضریب مدولاسیون AM در مدارهای مدولاتور AM را به دست آورد.
۵- مدار مخلوط‌کننده را ببندد و فرکانس خروجی را اندازه‌گیری کند.
۶- مدار تقویت‌کننده‌ی میانی (IF) را ببندد و ضریب بهره‌ی ولتاژ آن را به دست آورد .
۷- مدار آشکارساز AM را ببندد و شکل موج خروجی آن را مشاهده کند.
۸- مؤلفه‌ی DC سیگنال خروجی آشکارساز AM را اندازه‌گیری کند.

۱-۵آزمایش۱: مدولاتور دیودی

۱-۱-۵ برای تولید موج مدوله شده‌ی AM باید طبق شکل ۱-۵ ابتدا دو سیگنال پیام و حامل را با هم جمع کنیم. سپس سیگنال حاصل جمع را با یک دیود یک‌سو می کنیم و آن را به سیگنال DC ضربان‌دار تبدیل می‌نمائیم. سیگنال یک‌سو شده را به مدار هماهنگ LC موازی می‌دهیم تا با ظاهر شدن نیمه‌ی دوم موج یک‌سو شده در خروجی مدار تانک، سیگنال AM به وجود آید.

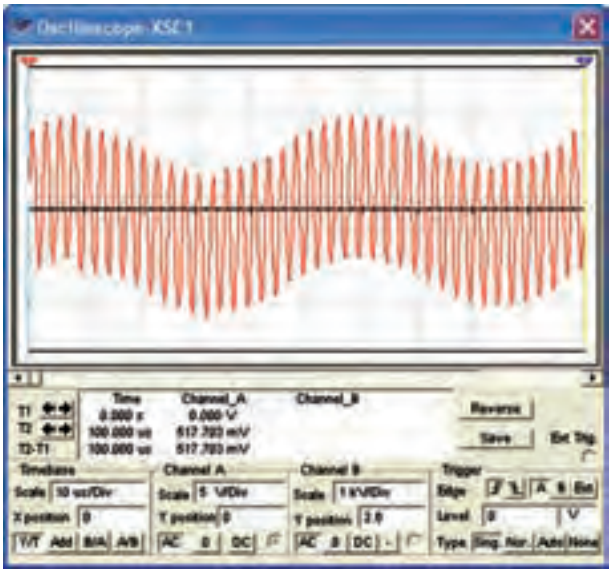
شکل ۱-۵ بلوک دیاگرام مدولاتور دیودی AM

۵-۱-۲ مدار شکل ۲-۵ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید و شکل موج خروجی آن را که مجموع دو سیگنال حامل و پیام است را مشاهده کنید.



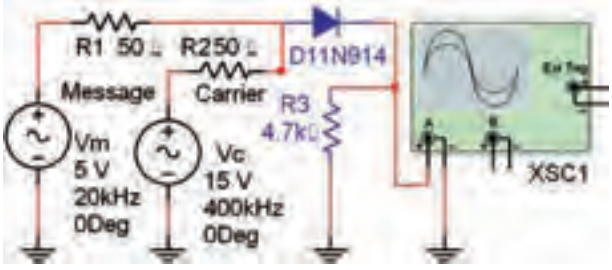
شکل ۲-۵ مدار مدولاتور دیودی AM

۵-۱-۳ شکل موج خروجی را مشاهده کنید. این شکل موج باید مشابه شکل ۳-۵ باشد.



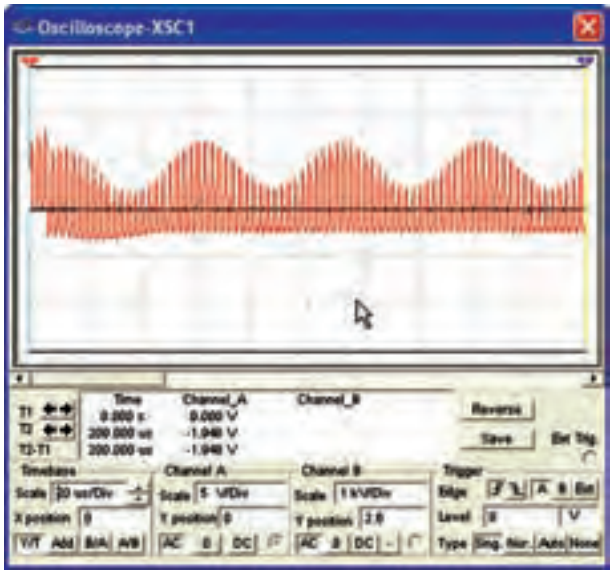
شکل ۳-۵ شکل موج مربوط به جمع دو سیگنال پیام و حامل

۵-۱-۴ مطابق شکل ۴-۵ یک دیود آشکارساز به مدار اضافه کنید.



شکل ۴-۵ فرآیند عمل مدولاسیون در مدولاتور AM

۵-۱-۵ شکل موج خروجی را مشاهده نمائید. شکل موج باید مشابه شکل ۵-۵ باشد که یک‌سو شده‌ی شکل موج مجموع دو سیگنال حامل و پیام است.



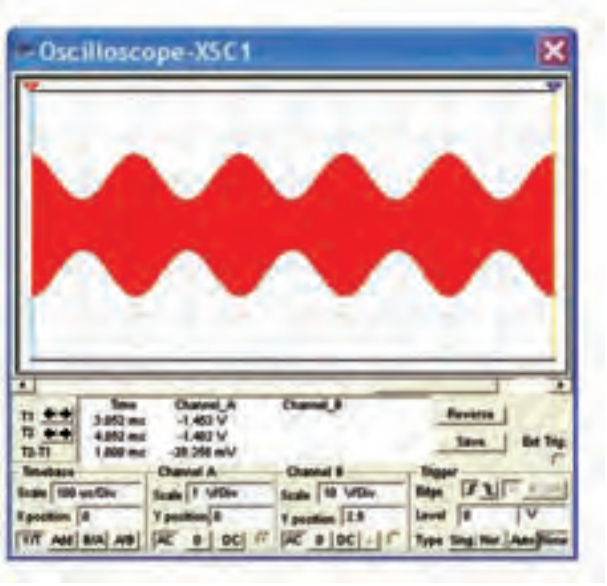
شکل ۵-۵ شکل موج یک‌سو شده‌ی
مجموع سیگنال حامل و پیام

۵-۱-۶ مدار مدولاتور دیودی شکل ۴-۵ را مطابق شکل۶-۵ کامل کنید. این مدار، مدار عملی مدولاتور دیودی است.

شکل ۶-۵ مدار عملی مدولاتور دیودی AM

۵-۱-۷ دستگاه اسیلوسکوپ را فعال کنید و آن را مطابق شکل ۷-۵ تنظیم نمائید و شکل موج خروجی را

مشاهده کنید.



شکل ۵-۷ شکل موج خروجی مدار مدولاتور دیودی AM

۵-۱-۸ ظرفیت خازن متغیر C_1 را به وسیله‌ی کلید A تغییر دهید، تا مدار هماهنگ در فرکانس رزنانس قرار گیرد. در این شرایط،دامنهٔ شکل موج خروجی در حداکثر مقدار خود ظاهر خواهد شد.

سؤال ۱: فرکانس رزنانس مدار تانک با فرکانس کدام سیگنال برابر است؟ چرا؟ توضیح دهید.

۵-۱-۹ فرکانس سیگنال خروجی مدار را با دستگاه فرکانس‌متر شکل ۵-۸ اندازه‌گیری کنیدو توجه داشته باشید که حساسیت(Sensitivity) فرکانس‌متر در حدی باشد که بتواند سیگنال خروجی را اندازه بگیرد.

شکل ۵-۸ اندازه‌گیری فرکانس خروجی مدولاتور

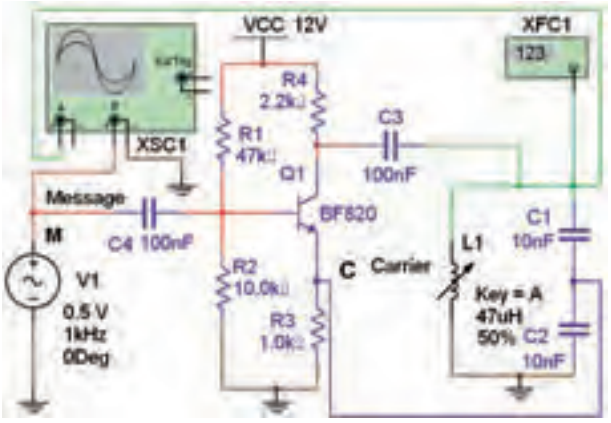
۵-۱-۱۰ ضریب مدولاسیون مدار مدولاتور را با استفاده از رابطه‌ی: $m = \frac{V_m}{V_C}$ به دست آورید.

$$V_m = ...V_{P-P} \qquad V_C = ...V_{P-P}$$
$$m = \frac{V_m}{V_C} = ...$$

تمرین ۱: دامنه‌ی پیام را تغییر دهید و موج مدوله شده‌ی AM با ضریب $m = ۰/۵$ و $m = ۱$ را به دست آورید. شکل موج خروجی را مشاهده کنید و در باره‌ی آن توضیح دهید.

۵-۲ آزمایش۲: مدولاتور ترانزیستوری

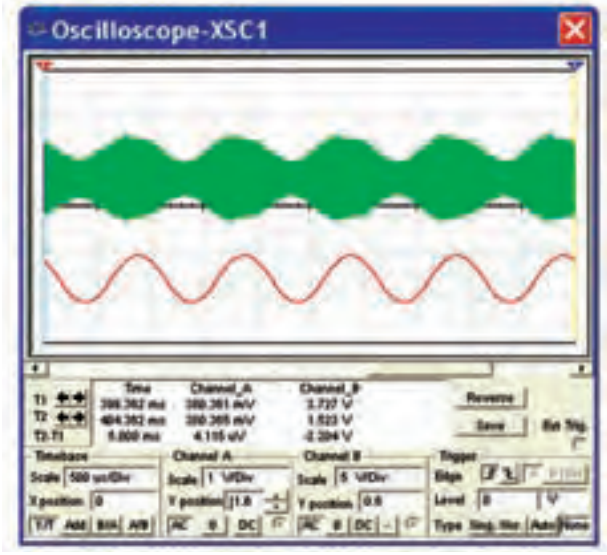
۵-۲-۱ از ترانزیستور نیز می‌توان به جای دیود برای تولید موج مدوله شده‌ی AM استفاده کرد. در ترانزیستور، دیود بیس ـ امیتر به عنوان مدولاتور عمل می‌کند. در مدولاتور ترانزیستوری سیگنال تقویت می‌شود و از پایه‌ی کلکتور ترانزیستور قابل دریافت است. مدار شکل ۵-۹ را ببندید.



شکل ۵-۹ مدولاتور ترانزیستوری

۵-۲-۲ دستگاه اسیلوسکوپ را فعال کنید و پس از

تنظیم، شکل موج ورودی و خروجی مشاهده کنید. این شکل موج باید مشابه شکل ۱۰-۵ باشد.



شکل ۱۰-۵ شکل موج ورودی و خروجی مدار مدولاتور ترانزیستوری

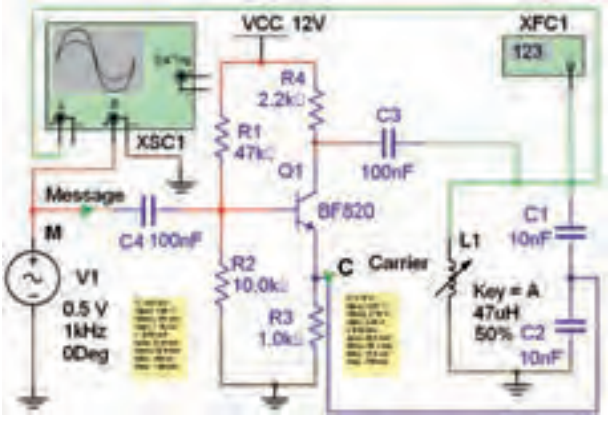
۵-۲-۳ با فعال کردن فرکانس‌متر شکل ۱۱-۵ فرکانس خروجی مدار را اندازه بگیرید.

شکل ۱۱-۵ فرکانس خروجی مدار مدولاتور ترانزیستوری

$$F_O = ...Hz$$

سؤال ۲ : نام مدار مدولاتور شکل ۱۱-۵ را بنویسید و نحوه‌ی کار آن را شرح دهید.

۵-۲-۴ با پروب اندازه‌گیری Measurement Probe مطابق شکل ۱۲-۵ ولتاژ پیک تا پیک نقاط M و C را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۱۲-۵ اندازه‌گیری دامنه‌ی ولتاژ پیام و حامل در مدار مدولاتور ترانزیستوری

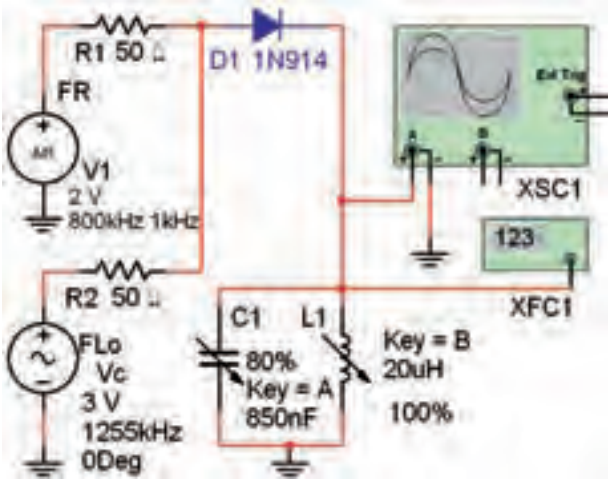
$$V_m = ...V_{P-P} \qquad V_C = ...V_{P-P}$$

۵-۲-۵ ضریب مدولاسیون مدار شکل ۱۰-۵ را محاسبه کنید.

$$m = \frac{V_m}{V_C} = ...$$

۵-۳ آزمایش ۳: مخلوط‌کننده در گیرنده‌های رادیویی

۵-۳-۱ فرکانس ایستگاه دریافتی RF همراه با فرکانس نوسان‌ساز محلی FLO به مدار مخلوط‌کننده (میکسر) وارد می‌شود. درخروجی مدار مخلوط‌کننده یک مدار تانک LC موازی با فرکانس رزنانس برابر با تفاضل دو فرکانس یعنی IF قرار دارد. وجود این مدار باعث می‌شود تا فرکانس IF در خروجی ظاهر شود. مدار شکل ۱۳-۵ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.

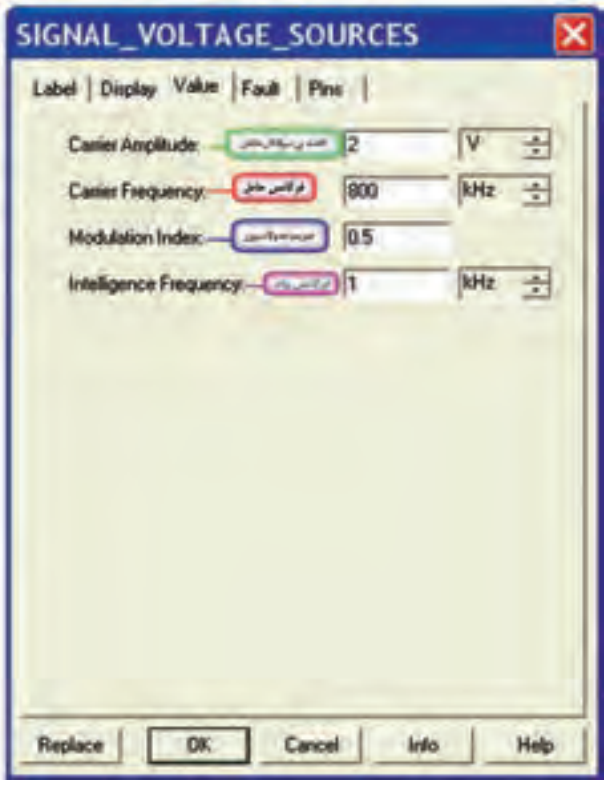


شکل ۱۳-۵ مدار میکسر دیودی

۵-۳-۲ منبع سیگنال‌ژنراتور سینوسی (نوسان‌ساز محلی) و مولد سیگنال AM را می‌توانید مطابق شکل ۱۴-۵ از نوار قطعات و گروه Source روی میز کار بیآورید.

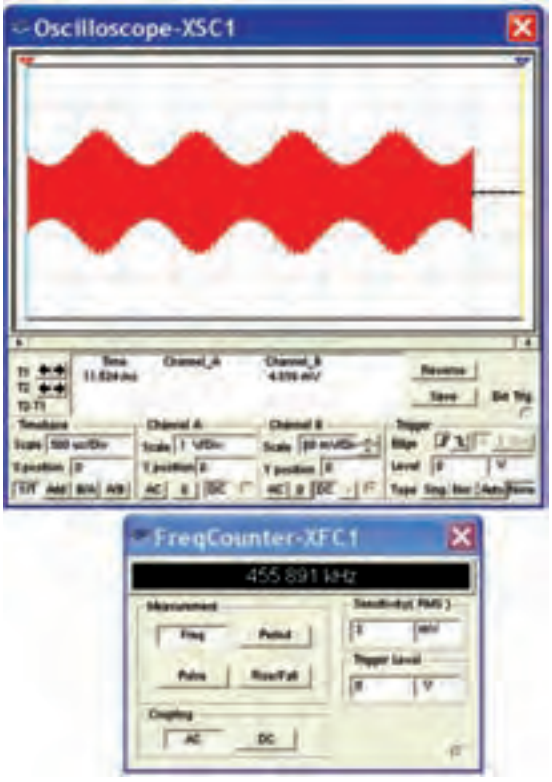
شکل ۱۴-۵ مسیر دسترسی به سیگنال‌ژنراتورهای صوتی و مدار سیگنال AM

۵-۳-۳ روی منبع سیگنال موج AM (ایستگاه رادیویی RF) دو بار کلیک کنید. شکل ۱۵-۵ ظاهر می‌شود. با استفاده از این شکل می‌توانید مشخصات موج AM را برای مدار شکل ۱۴-۵ تنظیم کنید.



شکل ۱۵-۵ مشخصات سیگنال مدوله شده‌ی AM

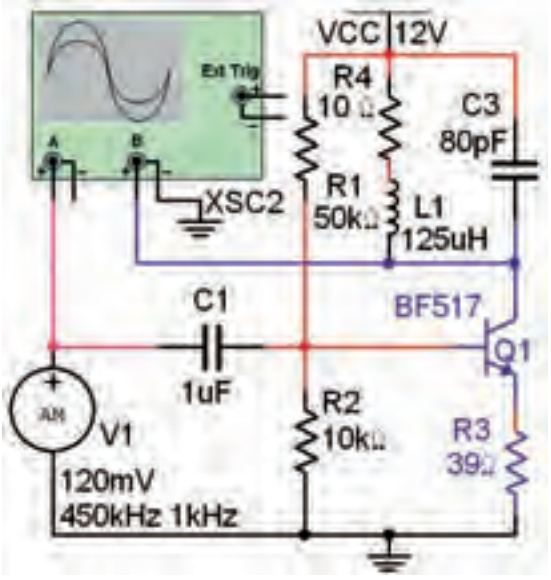
۵-۳-۴ شکل موج خروجی و مقدار فرکانس مدار میکسر شکل ۱۳-۵ را با استفاده از اسیلوسکوپ و فرکانس‌متر مطابق شکل ۱۶-۵ به دست آورید.



شکل ۱۶-۵ مقدار فرکانس و شکل موج خروجی مدار میکسر

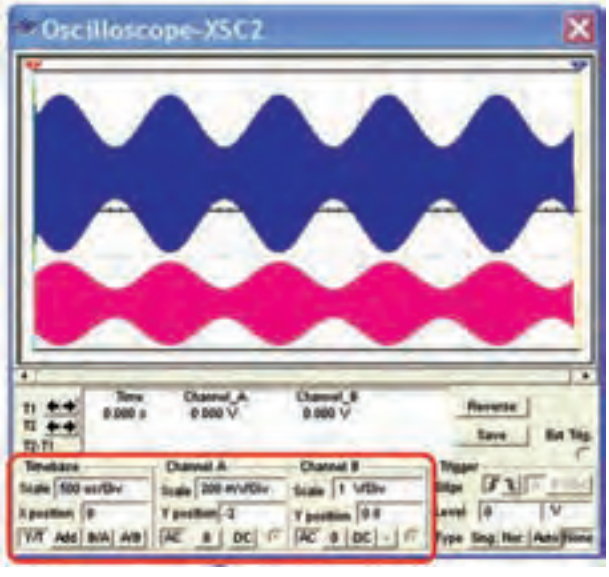
۵-۴آزمایش۴: تقویت‌کننده‌ی میانی IF

۵-۴-۱ فرکانس میانی در مدولاسیون AM، ۴۵۵ کیلو هرتز است. این فرکانس توسط یک یا چند طبقه مدار تقویت‌کننده‌ی IF تقویت می‌شود. مدار شکل ۵-۱۳ را ببندید.



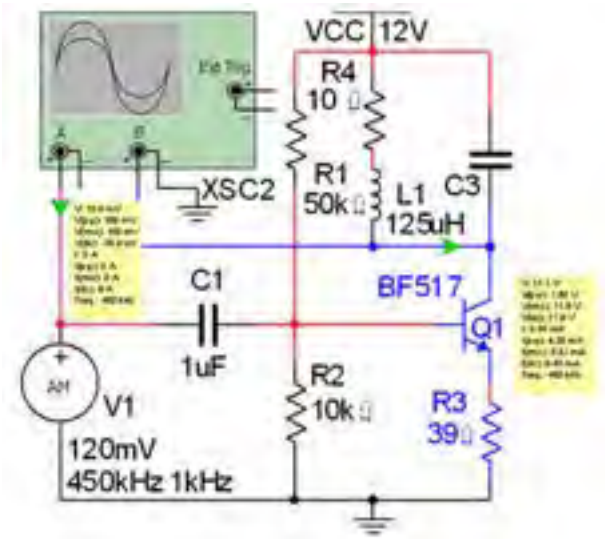
شکل ۵-۱۷ مدار تقویت‌کننده‌ی IF

۵-۴-۲ اسیلوسکوپ را فعال کنید و با توجه به شکل ۵-۱۸ آن را تنظیم کنید. سپس شکل موج‌های ورودی و خروجی را ببینید.



شکل ۵-۱۸ شکل موج‌های ورودی و خروجی مدار تقویت‌کننده IF

۵-۴-۳ با پراب اندازه‌گیری مطابق شکل ۵-۱۹ ولتاژ دقیق پیک تو پیک خروجی و ورودی مدار تقویت‌کننده‌ی IF را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۵-۱۹ اندازه‌گیری ولتاژهای ورودی و خروجی تقویت‌کننده‌ی IF

$V_m = \ldots\ldots V_{P-P} \qquad V_C = \ldots\ldots V_{P-P}$

۵-۴-۴ ضریب بهره‌ی ولتاژ (A_V) مدار تقویت‌کننده‌ی IFرا محاسبه کنید.

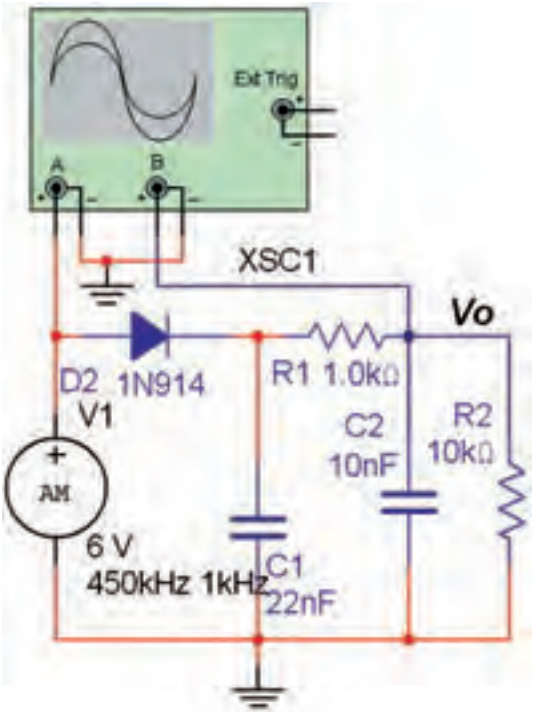
$$A_V = \frac{V_{O_{P-P}}}{V_{in_{P-P}}} = \ldots\ldots$$

تمرین۲: فرکانس رزنانس مدار هماهنگ LC خروجی مدار شکل ۵-۱۸ تقویت‌کننده‌ی IF را با فرکانس‌متر اندازه‌گیری کنید.

$F_{Out} = \ldots\ldots Hz$

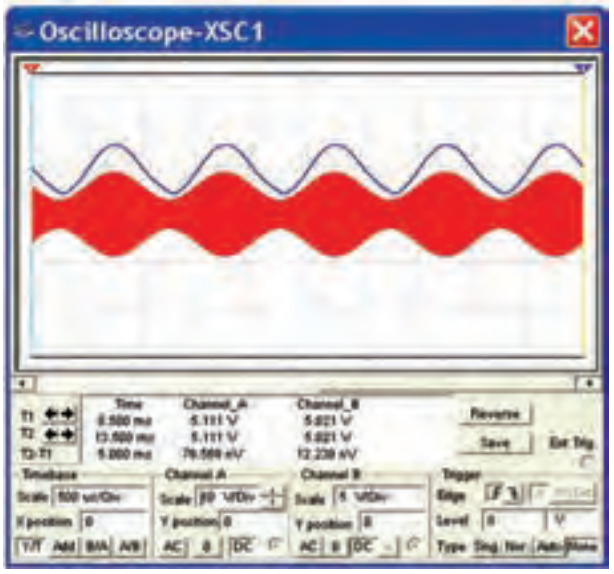
۵-۵آزمایش۵: آشکارساز AM

۵-۵-۱ در گیرنده‌ی رادیویی وظیفه‌ی پیاده کردن پیام از سیگنال IF بر عهده‌ی مدار آشکارساز، و خروجی آن سیگنال صوتی است. مدار شکل ۵-۲۰ را ببندید.



شکل ۲۰-۵ مدار آشکارساز AM

۵-۵-۲ شـکل موج ورودی و خروجی را پس از تنظیم اسیلوسکوپ مشاهده کنید. (شکل ۲۱-۵)



شکل ۲۱-۵ شکل موج‌های مدار آشکارساز AM

۵-۵-۳ فرکانس سـیگنال خروجی را با اسیلوسـکوپ اندازه‌گیری کنید.

F_{Out} = ...Hz

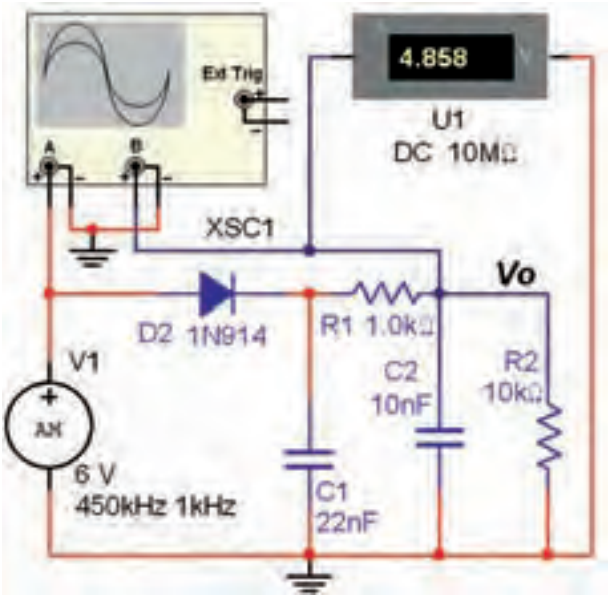
سـؤال ۳ : آیا فرکانس سـیگنال آشکارسـاز خروجی با فرکانس پوش موج مدوله شـده‌ی AM (پیام) برابر اسـت؟ شرح دهید.

۵-۵-۴ سیگنال خروجی آشکارساز دارای دو مؤلفه‌ی AC و DC اسـت. بـا تغییـر کلیـد AC و DC کانـال ۲ اسیلوسکوپ، ولتاژ DC سیگنال خروجی را اندازه بگیرید.

$V_{O_{DC}}$ = ...V

سؤال ۴ : کاربرد مؤلفه‌ی DC سیگنال خروجی آشکارساز را شرح دهید.

۵-۵-۵ بـه خروجی مدار شـکل ۲۰-۵ یـک ولت‌متر DC مانند شکل ۲۲-۵ اتصال دهید. دامنه‌ی سیگنال AM را طبق جدول ۱-۵ تغییر دهید. ولتاژ DC خروجی را با ولت‌متر اندازه‌گیری کنید و مقدار آن را بنویسید.



شکل ۲۲-۵ اندازه‌گیری ولتاژ DCخروجی مدار آشکارساز

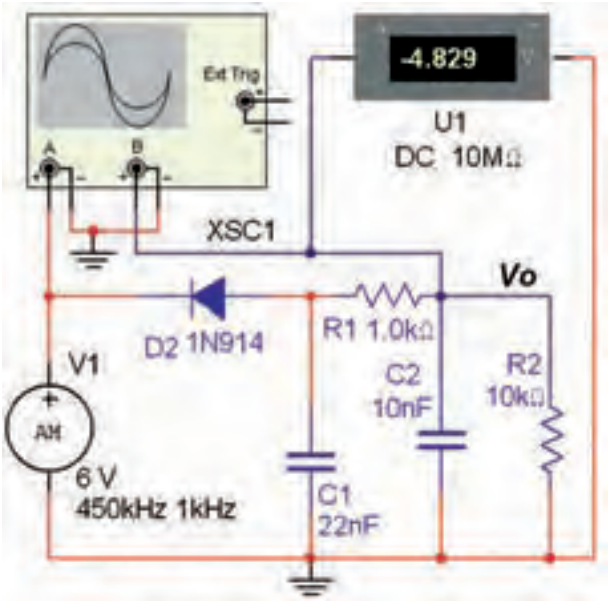
جدول ۱-۵ مقادیر اندازه‌گیری ولتاژ DC خروجی مدار آشکارساز

ولتاژ DCخروجی	دامنه‌ی سیگنال AM
	۶
	۵
	۴
	۳
	۲

سؤال ۵: آیا تغییرات ولتاژ DC در خروجی آشکارساز مشاهده می‌شود؟ این تغییرات چه کاربردی می‌تواند داشته باشد؟ شرح دهید.

سؤال ۶: تغییرات دامنه‌ی ولتاژ سیگنال رادیویی AM روی سیگنال خروجی بلندگوی گیرنده چه تأثیری دارد؟ برای رفع آن از چه مداری استفاده می‌شود؟

تمرین ۳: جهت دیود آشکارساز را مشابه مدار شکل ۲۳-۵ تغییر دهید. شکل موج خروجی مدار آشکارساز را مشاهده کنید و مؤلفه‌ی DC آن را اندازه بگیرید.



شکل ۲۳-۵ تغییر جهت دیود آشکارساز