

به نام خدا



دانشکده مهندسی برق

پروژه درس اصول الکترونیک و آزمایشگاه

بهار ۹۶

## AM Transmitter

زمان های مقرر شده برای پروژه:

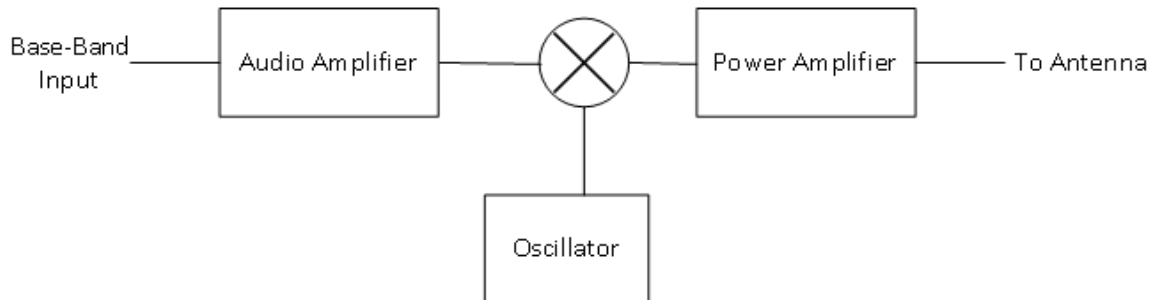
- کارگاه آموزش پروژه: ۲۰ اردیبهشت در مکان آزمایشگاه
- جلسه اول عملی و تحویل فاز ۱: چهارشنبه ۲۰ اردیبهشت ماه
- جلسه دوم عملی: چهارشنبه ۳ خرداد ماه
- تحویل فاز دوم و تکمیل پروژه: ۱۰ خرداد ماه
- تحویل بخش های اختیاری: بعد از امتحانات

### مقدمه

در این پروژه یک فرستنده AM طراحی کرده و آن را در آزمایشگاه پیاده سازی می کنید. در ادامه، ابتدا با عملکرد کلی این فرستنده آشنا می شویم؛ سپس مراحل اجرای پروژه را خواهیم دید و در پایان مداری را که باید طراحی کنید و نکات تکمیلی را مرور خواهیم کرد.

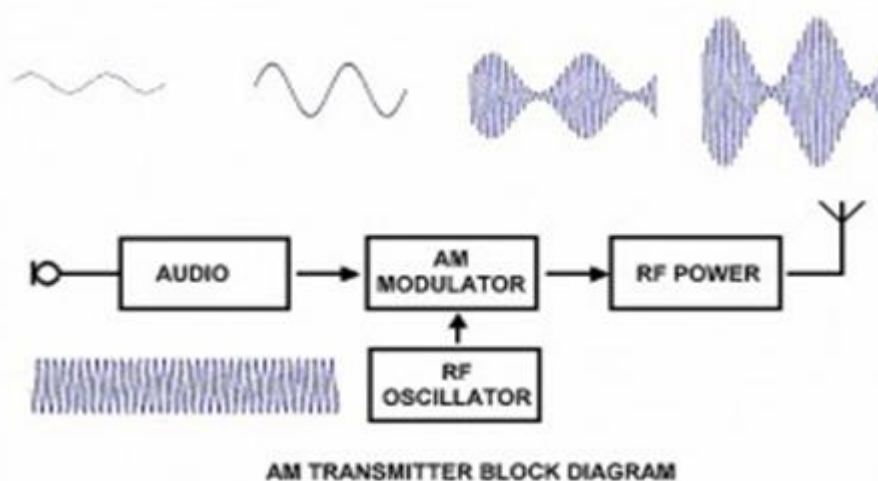
## آشنایی کلی با فرستندهی AM

فرستندهی AM، فرستندهای برای ارسال سیگنالهای با مدولاسیون دامنه و در فواصل طولانی است. باند فرکانسی موج متوسط AM، که به طور عمده برای پخش کانالهای رادیویی استفاده می شود؛ 535 kHz تا 1700 kHz است. این فرستنده از بخش های مختلفی تشکیل شده است. بلوک دیاگرام فرستنده را در شکل 1 می بینید.



شکل 1- بلوک دیاگرام فرستندهی AM

ابتدا سیگنال باند پایه (در اینجا سیگنال صوت) توسط بلوک Audio Amplifier تقویت می شود، سپس سیگنال تقویت شده در یک فرکانس حامل ضرب می شود تا به باند فرکانسی مورد نظر انتقال یابد و در نهایت سیگنال مدوله شده، برای ارسال، توسط یک طبقه ی توان به آنتن فرستاده می شود. در شکل 2 می توان، شکل موج ها را در هر مرحله مشاهده کرد.



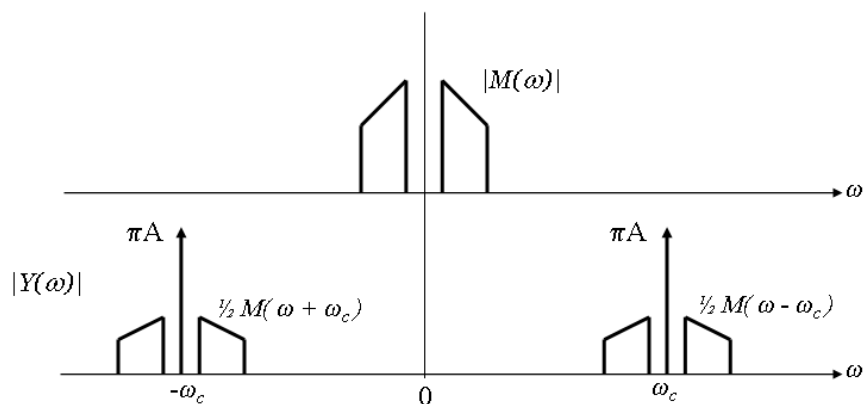
شکل 2- شکل موج ها در هر مرحله

اگر برای سادگی فرض کنیم، سیگنال باند پایه، یک سینوسی با فرکانس  $\omega_m$  و دامنه  $A_m$  باشد، و فرکانس نوسان اسیلاتور را با  $\omega_c$  نشان دهیم، می‌توان خروجی فرستنده‌ی AM را به صورت معادله‌ی (1) مدل کرد:

$$V_{out} = A_m(1 + m \cos(\omega_m t)) \times \cos(\omega_c t) \\ = A_m \cos(\omega_c t) + \frac{m}{2} A_m (\cos((\omega_c - \omega_m)t) + \cos((\omega_c + \omega_m)t)) \quad (1)$$

که در آن  $m$  ضریب مدولاسیون را نشان می‌دهد و عددی کوچکتر از 1 است. همان طور که در شکل 2 نشان داده شده است؛ در این حالت، پوش سیگنال خروجی را سیگنال باند پایه تعیین می‌کند و گذر از صفرها توسط موج حامل (اسیلاتور) تعیین می‌شود.

از معادله‌ی (1) می‌توان دریافت که سیگنال باند پایه به محدوده‌ی فرکانسی سیگنال حامل انتقال یافته است. در حوزه‌ی فرکانس، این موضوع معادل انتقال یافتن طیف فرکانسی سیگنال باند پایه به  $\omega_c$  و  $-\omega_c$  است. می‌توان این موضوع را در حوزه‌ی فرکانس به صورت شکل 3 نشان داد.



شکل 3- نمایش مدولاسیون AM در حوزه‌ی فرکانس

حال به معرفی اجمالی هر بخش می‌پردازیم.

### 1- تقویت‌کننده‌ی باند پایه

این تقویت‌کننده برای تقویت سیگنال صوت به کار می‌رود و شامل طبقات تقویت، کنترل تقویت و طبقه‌ی خروجی است.

## 2- ضرب کننده (Mixer)

این بلوک یک مدار غیرخطی با دو ورودی و یک خروجی است؛ که خروجی به صورت ایده‌آل، برابر با ضرب دو ورودی است.

## 3- اسیلاتور

این بخش تولید سیگنال حامل در بازه‌ی 535 kHz تا 1700 kHz را بر عهده دارد.

## 4- تقویت کننده‌ی توان

برای افزایش توان ارسالی و درایو کردن آنتن به کار می‌رود. این توان ارسالی برد فرستنده را تعیین می‌کند.

علاوه بر اجزایی که معرفی شد، ممکن است در مراحل مختلف، از جمله بعد از ضرب کننده و یا تقویت کننده‌ی توان به فیلتر نیاز باشد تا سیگنال در باند فرکانسی مورد نظر جدا شود و یا فرکانس‌های مزاحم تولید شده، تضعیف شوند.

## اجرای پروژه

پروژه در قالب گروه‌های آزمایشگاه انجام می‌شود و شامل دو فاز است.

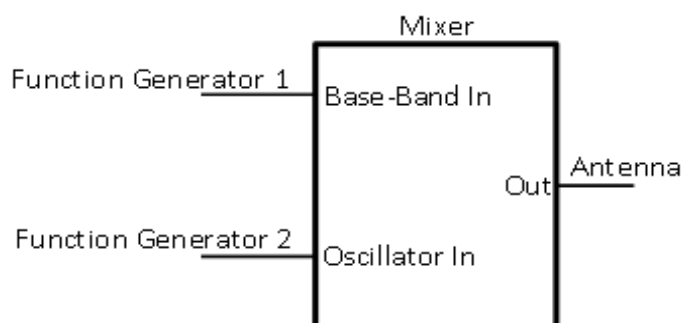
### فاز اول:

این فاز شامل طراحی، شبیه‌سازی و پیاده‌سازی مدار ضرب‌کننده (میکسر) است. گزارش مربوط به این فاز باید شامل موارد زیر باشد:

- توضیحاتی در مورد نحوه‌ی طراحی مدار به همراه محاسبات مربوط به آن
- شبیه‌سازی مدار با Hspice به همراه تصاویر و نتایج آن

یک نسخه از فایل گزارش به همراه فایل‌های شبیه‌سازی در یک فایل Zip تا تاریخ چهارشنبه 3 خرداد ماه، به آدرس sharif.pelec@gmail.com با عنوان Projectphase1\_StudentNum1\_StudentNum2 ارسال شود.

در این فاز ابتدا باید مدار میکسری را که طراحی کرده‌اید، روی بردبرد ببندید و با استفاده از فانکشن ژنراتور، یک سیگنال سینوسی را ارسال کنید. برای تولید سیگنال حامل از فانکشن ژنراتور استفاده خواهید کرد. بنابراین بلوک دیاگرام مدار به صورت شکل 4 خواهد بود.

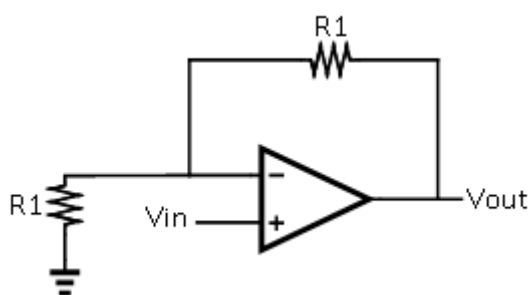


شکل 4- بلوک دیاگرام مرحله‌ی اول فاز یک

توجه: از آنجا که در فاز دوم نیز به مدار میکسرتان نیاز خواهید داشت، با خودتان بردبرد به آزمایشگاه بیاورید تا بتوانید مدار میکسر را که روی برد بسته‌اید با خودتان ببرید و در فاز دوم از همان استفاده کنید.

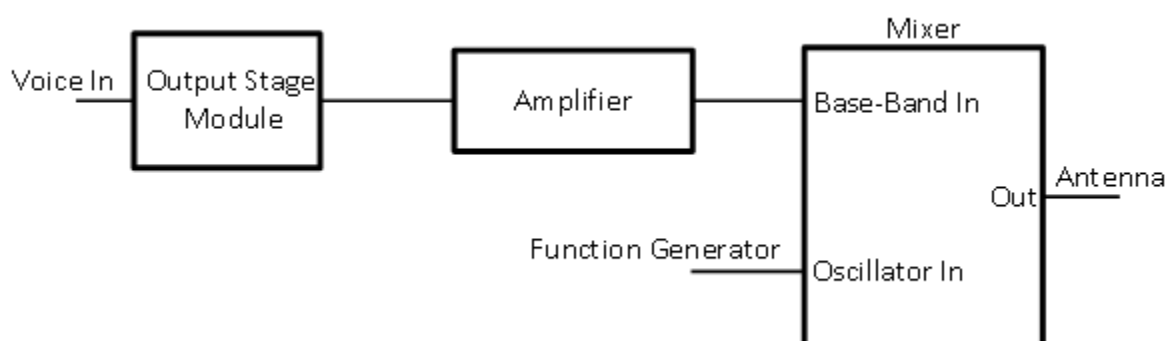
پس از مرحله‌ی اول، با استفاده از ماژول‌های پیش‌ساخته‌ی طبقه‌ی خروجی موجود در آزمایشگاه، سیگنال صوت را تقویت کرده و به میکسر اعمال می‌کنید. در هر مرحله، سیگنال فرستاده شده باید توسط رادیو دریافت شود. (پس در صورتی که رادیو AM قابل حمل دارید، برای سرعت بخشیدن به روند تحویل، آن را با خود بیاورید).

توجه: در مرحله‌ای که از ماژول‌های آزمایشگاه استفاده می‌کنید، به یک تقویت‌کننده بعد از ماژول نیاز خواهید داشت. پس تقویت‌کننده‌ی عملیاتی (Op-Amp)، مثل UA741، به همراه داشته باشید. این تقویت‌کننده را به صورت شکل 5، بعد از ماژول طبقه‌ی خروجی قرار خواهید داد.



شکل 5- تقویت‌کننده‌ی لازم بعد از ماژول طبقه‌ی خروجی

پس در این مرحله بلوک دیاگرام به صورت شکل 6 خواهد بود.



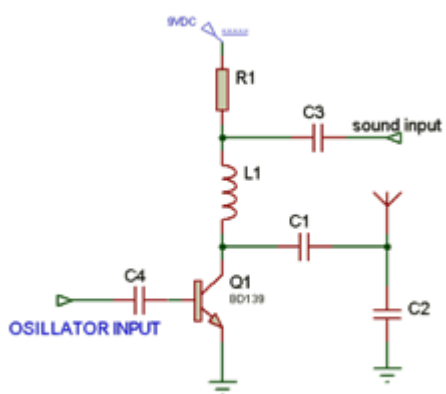
شکل 6- بلوک دیاگرام مرحله‌ی دوم از فاز یک

## فاز دوم:

این فاز شامل طراحی، شبیه سازی و پیاده سازی تقویت کننده ی باند پایه (Audio Amplifier در اینجا) و همین طور تحویل مدار نهایی است. در این فاز بخش های تکمیلی مدار فرستنده را روی بردبورد خواهید بست و به وسیله ی یک میکروفن صدای خود را روی موج اختصاصی گروهتان فرستاده و آن را با رادیو دریافت خواهید کرد. مشخصات مورد انتظار برای تقویت کننده و جزئیات مربوط به فاز 2 متعاقبا اعلام خواهد شد.

## نکات تکمیلی در طراحی مدار

- برای ضرب کننده می توانید از مدار شکل 3 استفاده کنید.



شکل 3 - مدار پیشنهادی ضرب کننده

آنتن:

یکی از مهم ترین بخش های ارسال و انتقال امواج می باشد که برای طول موج  $L$  باید طول آن  $L/4$  انتخاب شود. پس برای آنتن خود اندیشیده و طراحی قابل اطمینانی انجام دهید تا برد ارسال اطلاعات افزایش یابد.

می توانید سوال های خود را در کلاس رفع اشکال پروژه یا از طریق ایمیل درس مطرح نمایند.

موفق باشید