



دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده مهندسی برق  
بهار ۱۴۰۲

# الکترونیک ۲

دکتر محمد فخارزاده

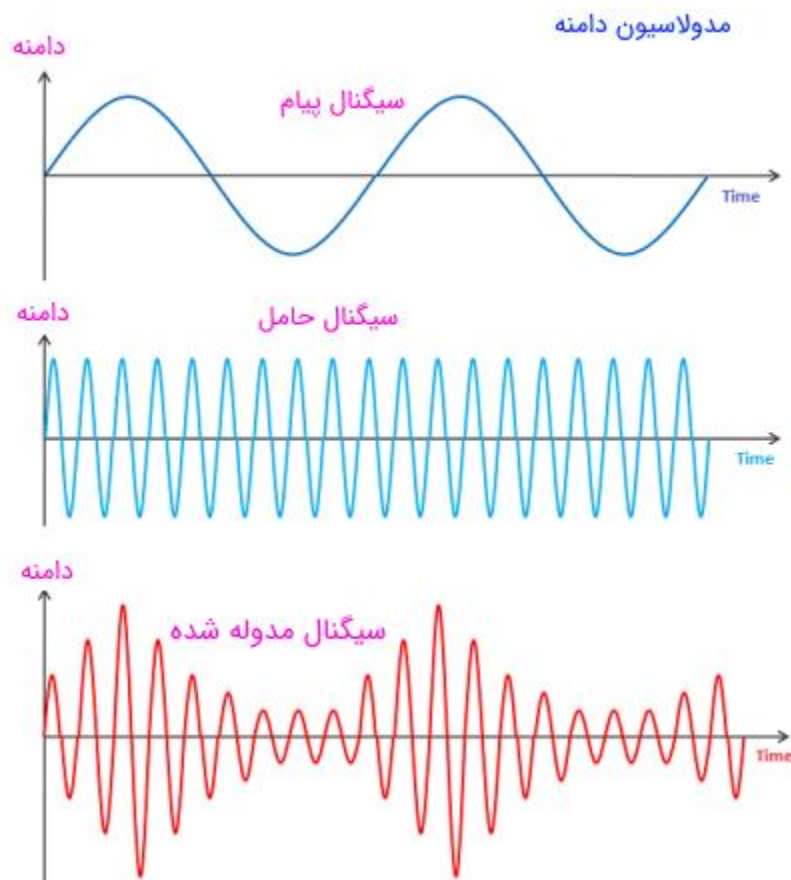
پروژه درس

مهلت تحویل: جمعه ۹ تیر

محاسبات و نتایج شبیه‌سازی‌ها را در قالب یک فایل pdf گزارش کنید و به همراه فایل‌های شبیه‌سازی به صورت یک فایل zip در سامانه بارگذاری کنید.

در این پروژه قصد داریم یک سیستم گیرنده و فرستنده AM طراحی کنیم.

در مخابرات برای ارسال یک سیگنال پیام آن را مدوله (modulate) می‌کنند یعنی سیگنال پیام را روی یک سیگنال با فرکانس بالاتر (سیگنال حامل یا Carrier) سوار می‌کنند. یکی از روش‌هایی که برای انجام این کار وجود دارد روش مدولاسیون دامنه یا AM (Amplitude Modulation) است. در این روش دامنه سیگنال حامل را متناسب با سیگنال پیام تغییر می‌دهند. می‌توانید این شیوه مدولاسیون را در شکل زیر ببینید.

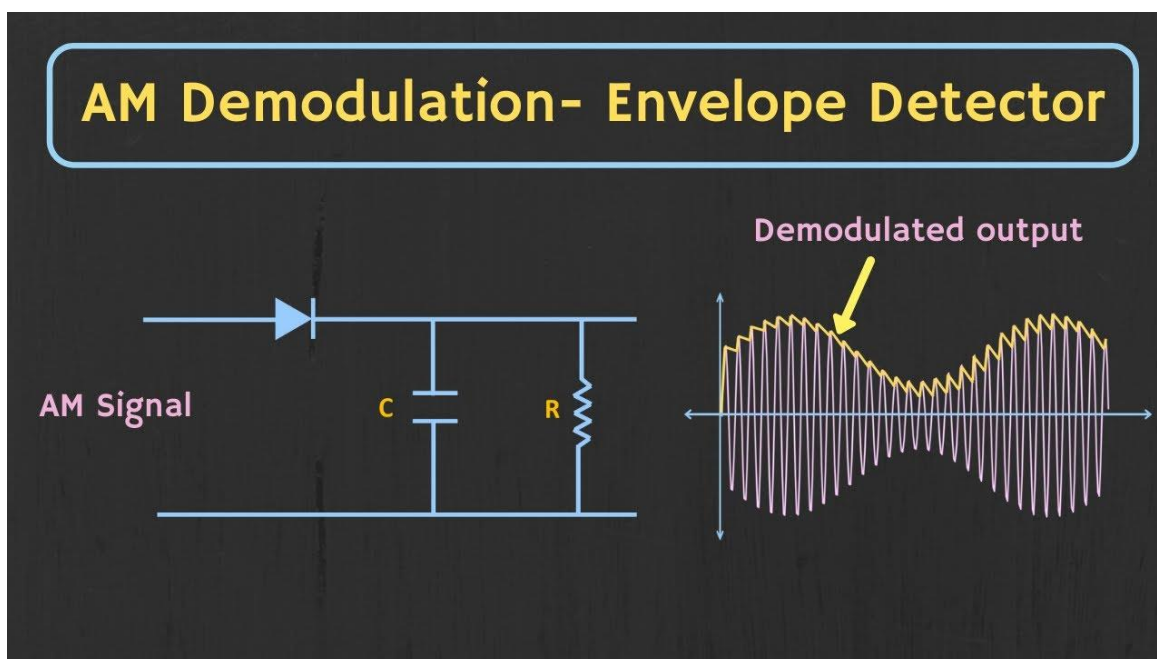


در ادامه فرض می‌کنیم سیگنال پیام  $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$  و سیگنال حامل  $c(t) = A_c \sin(2\pi f_c t)$  است. هدف این است که در خروجی گیرنده سیگنالی متناسب با  $m(t)$  دریافت کنیم. در مدولاسیون AM سیگنال پیام بالا به صورت زیر مدوله می‌شود.

$$x(t) = A_c \left[ 1 + \frac{1}{A_c} m(t) \right] \sin(2\pi f_c t) = A_c \left[ 1 + \frac{A_m}{A_c} \cos(2\pi f_m t) \right] \sin(2\pi f_c t) =$$

$$A_c \sin(2\pi f_c t) + A_m \cos(2\pi f_m t) \sin(2\pi f_c t) = A_c \sin(2\pi f_c t) + \frac{A_m}{2} [\sin(2\pi(f_c + f_m)t) + \sin(2\pi(f_c - f_m)t)]$$

برای آشکارسازی  $m(t)$  روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از این روش‌ها آشکارساز پوش است که در شکل زیر مدار آن را می‌بینید.



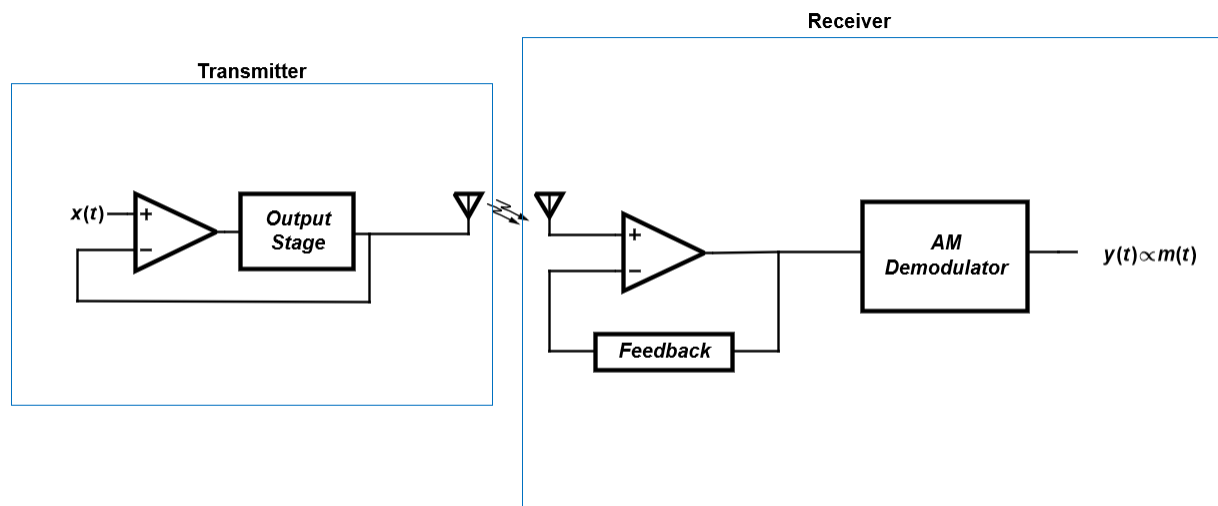
برای این که این مدار به درستی پوش را تشخیص دهد باید

$$2\pi f_m < \frac{1}{RC} \ll 2\pi f_c \Rightarrow \frac{1}{2\pi f_c} \ll RC < \frac{1}{2\pi f_m}$$

در این پروژه فرض می‌کنیم سیگنال  $x(t)$  ساخته شده است و ما به دنبال ارسال و دریافت آن و سپس آشکارسازی  $m(t)$  هستیم. همچنین پارامترهای ذکر شده را به صورت زیر در نظر می‌گیریم.

$$A_c = 2.5V, A_m = 1.5V, f_c = 1MHz, f_m = 1KHz, R = 10K\Omega, C = 10nF$$

بلوک دیاگرام سیستمی که قصد طراحی آن را داریم به صورت زیر است.



فرستنده:

در ورودی یک سیگنال AM با  $V_{p-p} = 8V$  در اختیار داریم. مقاومت منبع برابر  $100K\Omega$  است. قصد داریم این سیگنال را به یک آنتن با مقاومت  $25\Omega$  تزریق کنیم بدون این که شکل موج دچار هیچ اعوجاجی شود. برای این کار معیار زیر را در نظر می گیریم.

$$\frac{1}{T} \int_T (V_{out} - V_{in})^2 dt < A$$

منابع تغذیه ای که در اختیار داریم  $\pm 5V$  هستند. بازدهی مداری که طراحی می کنید باید بیش از B باشد. (برای سادگی بازدهی را برای ورودی سینوسی با دامنه  $\pm 4V$  در نظر بگیرید) برای طراحی خود می توانید از ترانزیستورهای زیر استفاده کنید.

NPN:  $I_S = 1f, V_A = 100, \beta = 90, r_b = 10, r_c = 4$

PNP:  $I_S = 5f, V_A = 75, \beta = 50, r_b = 10, r_c = 4$

گیرنده:

در گیرنده سیگنال زیر دریافت می شود.

$$V_{in,rx} = 100^{mV} + 0.01V_{o,tx}$$

در این رابطه  $V_{o,tx}$  ولتاژ خروجی فرستنده می باشد.

تقویت کننده ای با استفاده از ترانزیستورهای زیر طراحی کنید که این سیگنال را به اندازه کافی تقویت کند و سپس به کمک AM Demodulator سیگنال پیام را آشکار کند.

$$V_{DD} = 1.8V$$

NMOS & PMOS:  $K'_n=0.25\text{mA/V}$ ,  $K'_p=0.08\text{mA/V}$ ,  $V_{th}=\pm 0.6\text{V}$ ,  $\lambda=0.2\text{V}^{-1}$ ,  $L_{min}=180\text{nm}$

در تقویت کننده طراحی شده ضریب حلقه فیدبک (af) باید بزرگتر از C باشد. همچنین CMR ورودی باید حداقل D و سوینگ خروجی حداقل E باشد. توان متوسط مصرف شده نیز باید کمتر از F باشد.

به نظر شما چرا سیگنال آشکار شده دقیقاً ضریبی از  $m(t)$  نمی باشد؟

پارامترهای A,B,C,D,E,F به صورت زیر هستند

	انفرادی	گروهی (گروه های دو نفره)
A(V <sup>2</sup> )	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>
B(%)	50	60
C(dB)	60	90
D(V)	(0 , 0.9)	(0 , 1.1)
E(V <sub>p-p</sub> )	1.4	1.6
F(mW)	-	0.5