



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

سیستمهای مخابراتی

جلسه ۱۳

مدرس: دکتر محمدعلی...



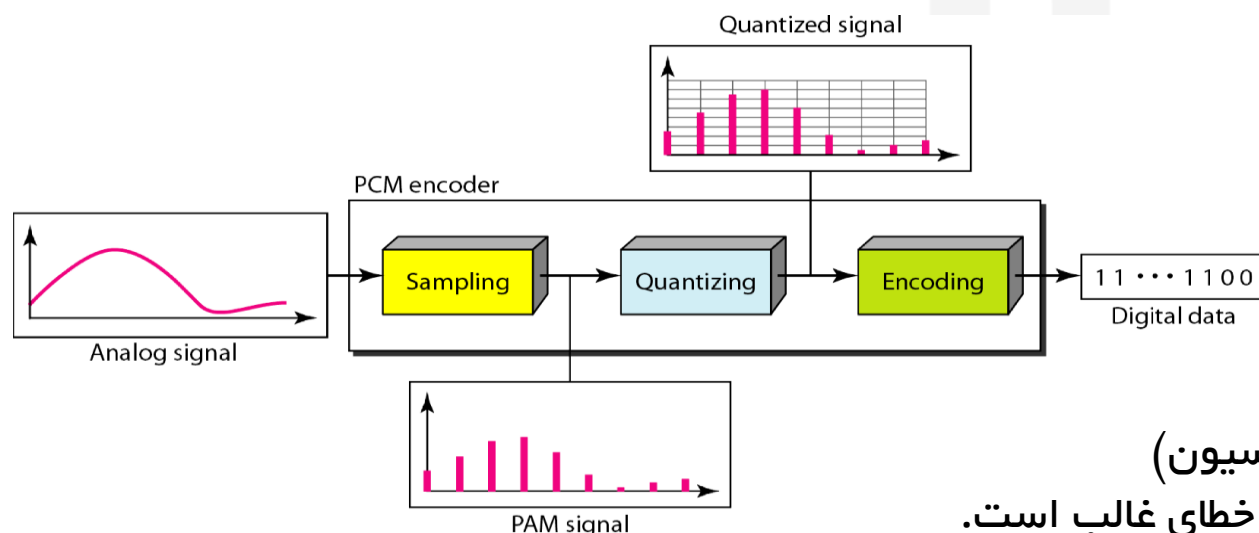
روش‌های ارسال سیگنال در کانال مخابراتی

- روش ارسال به چه صورت است؟
- برای روش‌های مختلف SNR_D چقدر است؟ که بتوان روش‌ها را مقایسه کرد.

- به نوع سیگنال بستگی دارد.
- آنالوگ: صوت، تصویر و ویدئو
- دیجیتال: دیتا (ایمیل، فایل، ...) صفر و یک

• روش ارسال سیگنال آنالوگ:

- ۱) به صورت دامنه‌های آنالوگ و زمان پیوسته
- ۲) نمونه‌برداری

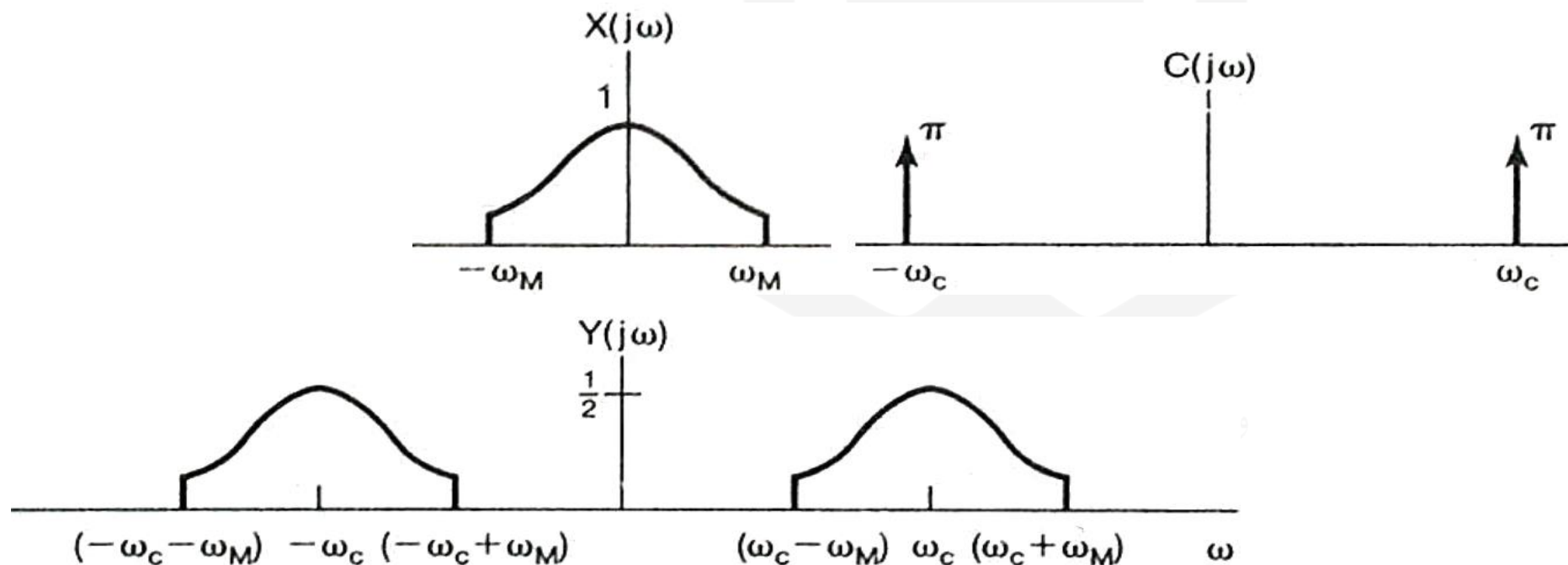


- ۱ - دامنه آنالوگ
- ۲ - دامنه دیجیتال - صفر و یک (خطای کوانتیزاسیون)
- اگر نویز بیش از خطای کوانتیزاسیون باشد نویز خطای غالب است.



روش‌های ارسال سیگنال در کانال مخابراتی

- در روش‌های مختلف مدولاسیون، ساخت سیگنال $x_c(t)$ از روی $x(t)$ متفاوت است.
- سیگنال باند پایه (Baseband)، باند میانگذر (Bandpass) و سیگنال حامل (Carrier)

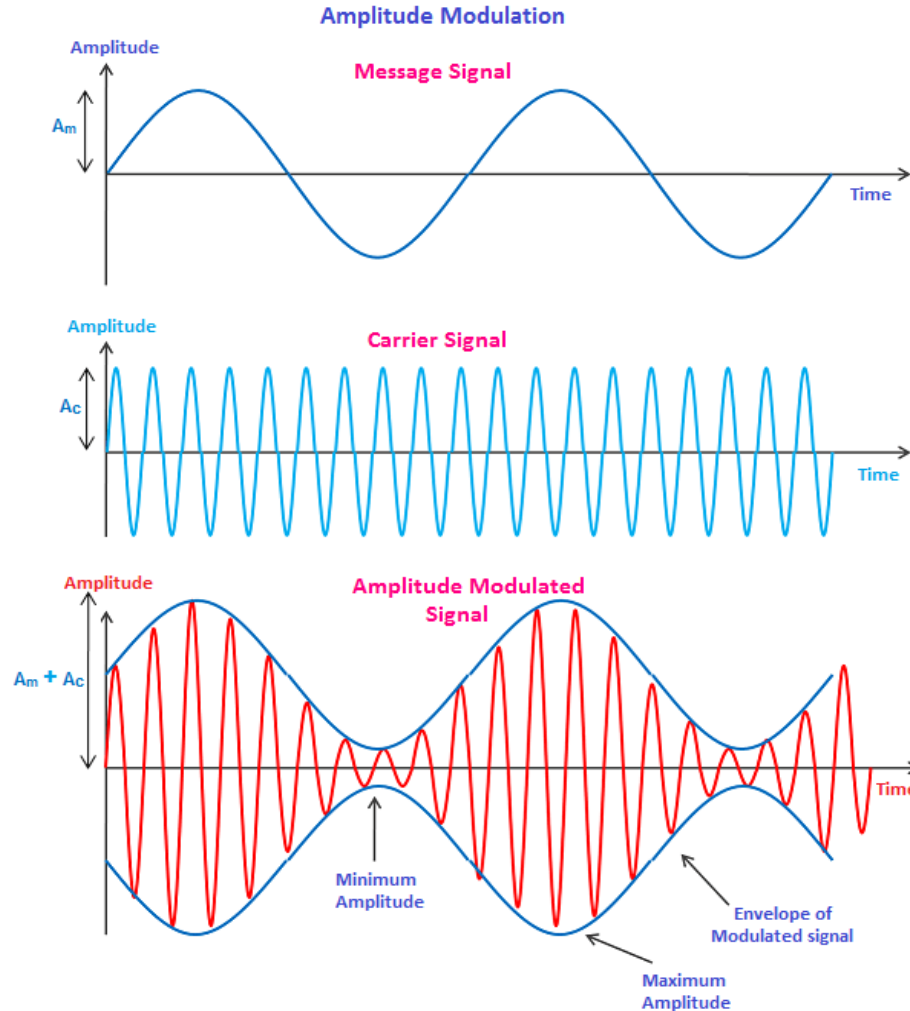




انتقال سیگنال به فرکانس حامل



• ساده‌ترین نوع مدولاسیون



Modulating
Signal

$x(t)$



Carrier
Signal

$c(t)$

$y(t) = x(t)c(t)$

Modulated
Signal



انتقال سیگنال به فرکانس حامل

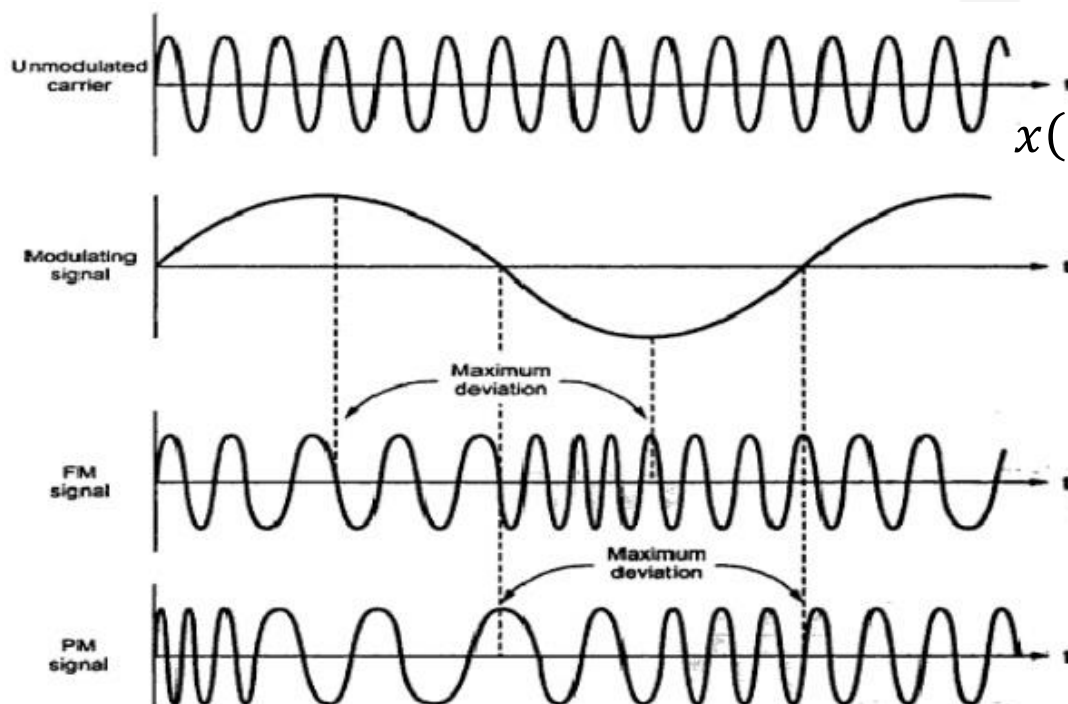


• سوال: آیا از روی یک موج کاریب (حامل) با دامنه و فرکانس ثابت و سیگنال ارسالی $x(t)$ می‌توان سیگنال‌های $x_c(t)$ دیگری ساخت؟

• جواب: بله انواع مختلفی می‌توان ساخت. مورد گفته شده تنها یکی روش‌ها بود.

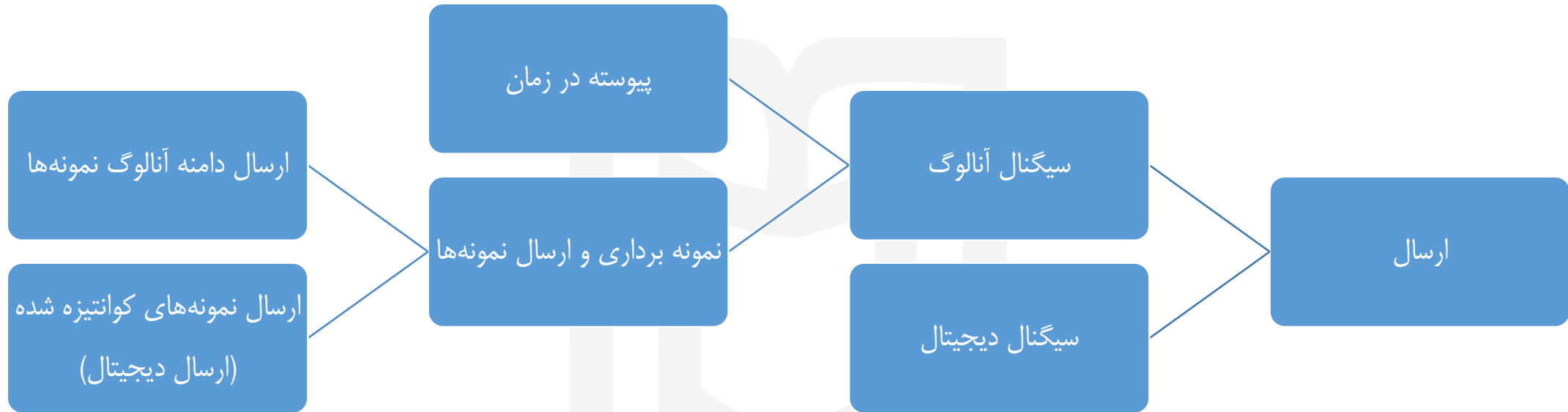
• روش‌های دیگر:

• تغییر فرکانس موج کاریب به صورت لحظه‌ای از روی دامنه $x(t)$





خلاصه



- تغییر دامنه کاریب

- تغییر فرکانس کاریب

- تغییر فاز کاریب



مدولاسیون

- سیگنال کاریر: $A_c \cos(\omega t + \phi)$

- سیگنال میانگذر که در ادامه با آن سر و کار داریم:

- $$v(t) = \underbrace{A(t)}_{\text{تغییرات دامنه}} \cos \left(\omega_c(t) + \underbrace{\phi(t)}_{\text{تغییرات فاز و فرکانس}} \right)$$

- این سیگنال جدید مدوله شده است.

- در گیرنده از روی این سیگنال پیام بازیابی می‌شود.



مدولاسیون

• تغییر فرکانس: $2\pi(f_c + \Delta f)t = 2\pi f_c t + \underbrace{2\pi \Delta f t}_{\phi(t)}$ پس تغییر فرکانس را در $\phi(t)$ هم می‌توان مدل کرد.

• $v(t) = A(t) \cos \phi(t) \cos \omega_c t - A(t) \sin \phi(t) \sin \omega_c t$

• دو قسمت مختلف فوق را به این صورت نام گذاری می‌کنیم:

• $v_i(t) = A(t) \cos \phi(t)$ *in_phase*

• $v_q(t) = A(t) \sin \phi(t)$ *quadrature*



مدولاسیون

- پس مدولاسیون‌های مختلف را با استفاده از یکی از این دو مورد می‌توان فرمول بندی کرد:

$$\begin{cases} \text{فاز و پوش سیگنال } A(t), \phi(t) \\ v_i(t), v_q(t) \Rightarrow A(t) = \sqrt{v_i^2(t) + v_q^2(t)}, \phi(t) = \tan^{-1} \frac{v_q(t)}{v_i(t)} \end{cases}$$

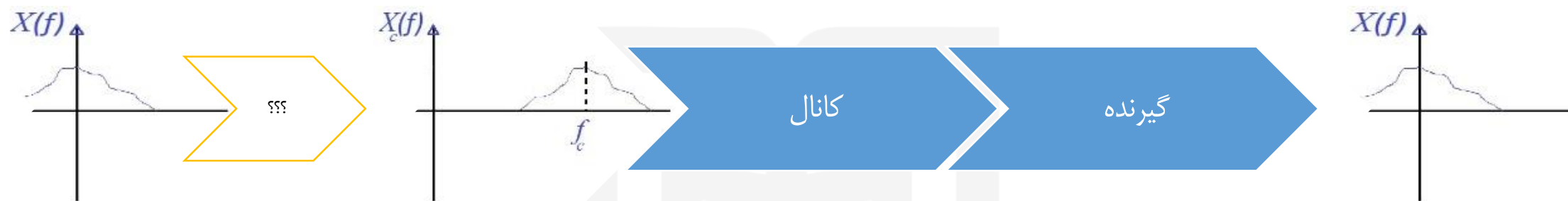
- سوال: چگونه می‌توانیم اطلاعات $x(t)$ را روی $A(t)$ و $\phi(t)$ منتقل کنیم؟



- فقط اطلاعات $x(t)$ مهم است.



مدولاسیون



- نویز بین کانال و گیرنده اضافه می‌شود. برای اندازه گیری کمی اثر نویز از نسبت سیگنال به نویز (SNR) استفاده می‌شود.
- در جلسه قبل محاسبه SNR برای سیگنال پایه (Baseband) انجام شد.
- **نکته مهم:** به دلیل انجام شدن مدولاسیون باید سیگنال دریافت شده در گیرنده تغییر می‌کند پس نویز هم تغییر می‌کند و محاسبه SNR را مشکل می‌کند. هدف در گیرنده بازیافت $x(t)$ بدون خطا است.
- N_D توان نویز است و S_D توان سیگنال است



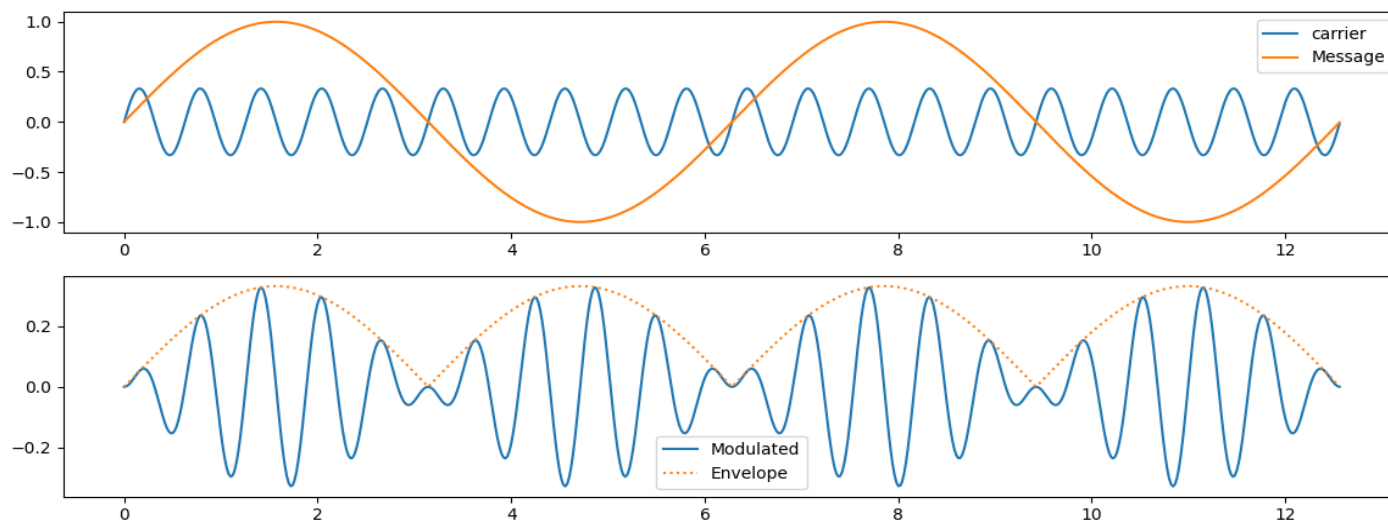
مدولاسیون



- بین انتخاب‌های گسترده برای $\phi(t)/A(t)$ یا v_i/v_q برای انتقال اطلاعات $x(t)$ ، تعدادی ساختار «متداول» وجود دارد که به آنها اشاره می‌کنیم.



مدولاسیون AM



- اطلاعات روی پوش سیگنال است.
- ساده‌ترین نوع AM این است که :
- ضرب در سیگنال کسینوسی
- $x_c(t) = x(t) \cos \omega_c t$
- آیا به نتیجه مورد نظر می‌رسیم؟
- آیا اطلاعات روی پوش سیگنال است؟
- خیر! قسمت‌های منفی مثبت ظاهر خواهد شد.



مدولاسیون AM



• یک مقدار به سیگنال مدوله شده اضافه می‌کنیم تا اطلاعات آن در پوش باشد.

• مدولاسیون AM $x_c(t) = A_c(1 + \mu x(t)) \cos \omega_c t$

• در اینجا $\underbrace{A_c(1 + \mu x(t))}_{A(t)} > 0$ است. برای برقراری این نا مساوی باید $|\mu x(t)| \leq 1$ باشد. معمولاً

سیگنال پیام را به $v_i(t) = A(t), v_q(t) = 0, \phi(t) = 0$ صورت $A(t) = A_c(1 + \mu x(t))$ $|x(t)| \leq 1$ نرمالیزه می‌کنند.

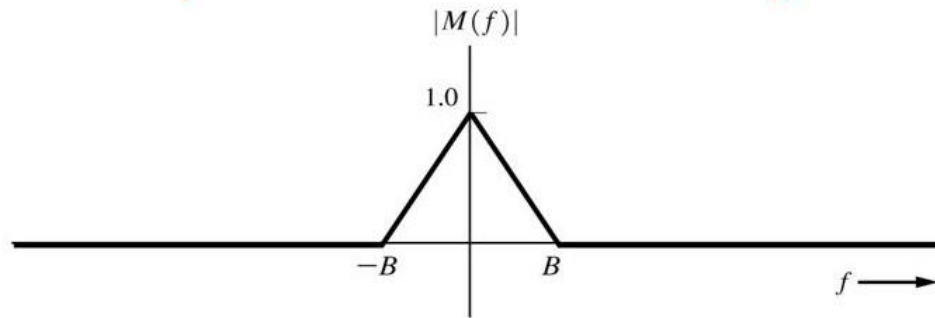
• با انتخاب فوق می‌خواهیم مقادیر $A(t), \phi(t), v_i(t), v_q(t)$ را بدست آوریم.

• در اینجا: $A(t) = A_c(1 + \mu x(t)), \phi(t) = 0, v_i(t) = A(t), v_q(t) = 0$

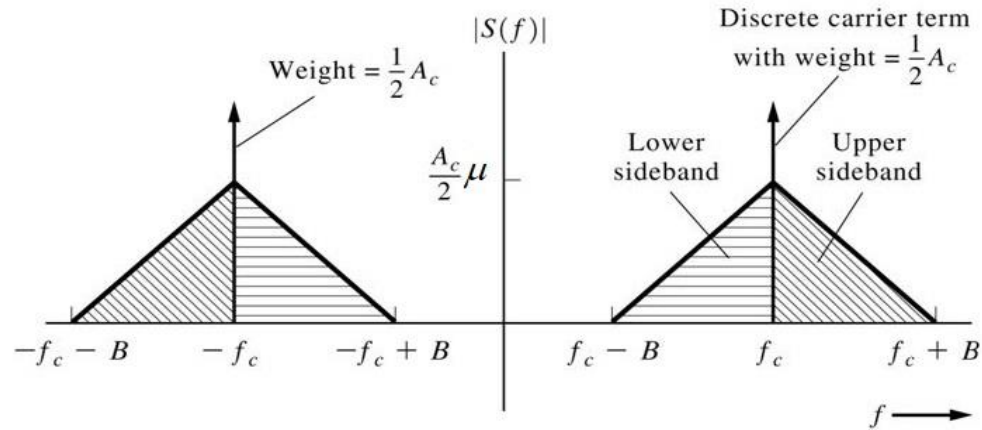


مدولاسیون AM حوزه فرکانس

Example : Amplitude-Modulated Signal



(a) Magnitude Spectrum of Modulation



(b) Magnitude Spectrum of AM Signal

Spectrum of AM signal.

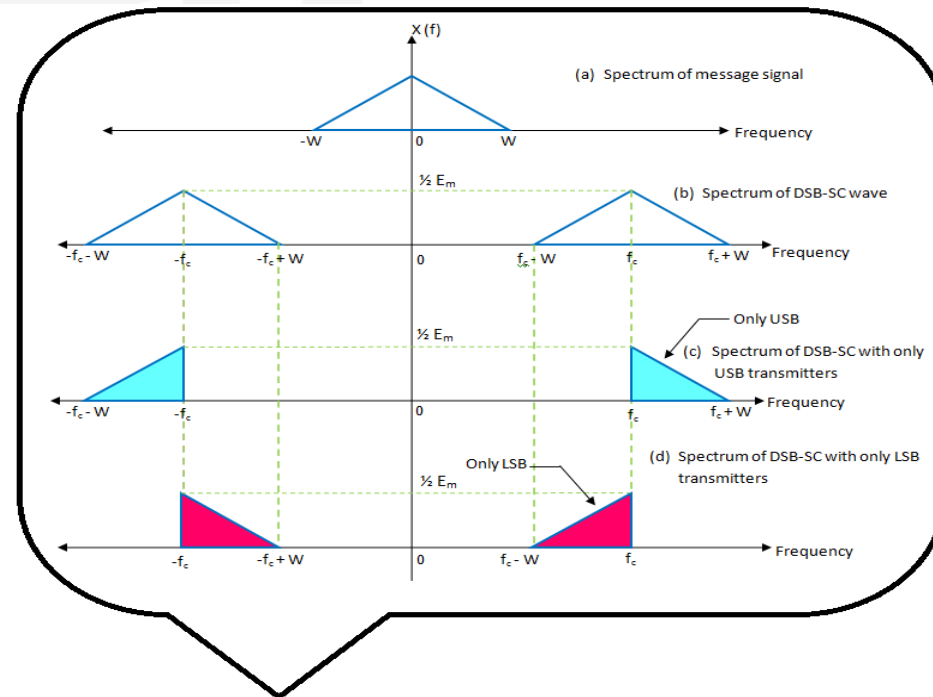
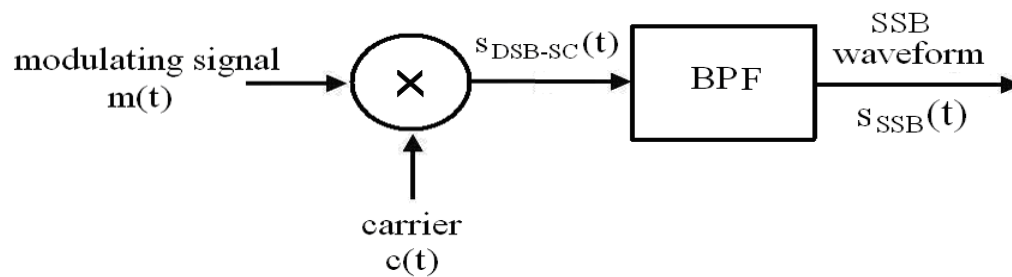
- مؤلفه طیف اصلی به اضافه دو تا ضربه است.
- بودن ضربه در اینجا بد است چون توان تلف می‌شود و هیچ اطلاعاتی ندارد.
- چرا چنین روشی که معقول هم نیست رایج‌ترین نوع سیستم مخابراتی در دنیا بوده است؟
- 😞 احتمالاً به سادگی با چیز دیگری ربط دارد! (اطلاعات در پوش است)
- حداقل بیش از ۵۰ درصد توان ارسالی اتلافی است. چون یک مقدار ثابت را جمع کرده‌ایم تا همواره بیش از صفر باشد.



مدولاسیون AM حوزه فرکانس



- از نظر فرکانس چه آیا خوب است یا خیر؟ این پهنای باند $2W$ است (در شکل $2B$ است، نام گذاری است و فرقی ندارد).
- یک راه کاهش توان ارسال تنها یک سمت از فرکانس‌های سیگنال است:





روش‌های دیگر مدولاسیون دامنه

• روش‌های دیگر مدولاسیون دامنه

۱- حل مشکل توان با ارسال همان سیگنال $x_c = A_c x(t) \cos \omega_c t$ را ارسال کنیم. به این سیگنال، *DSB* می‌گویند. *Double-Side Band*

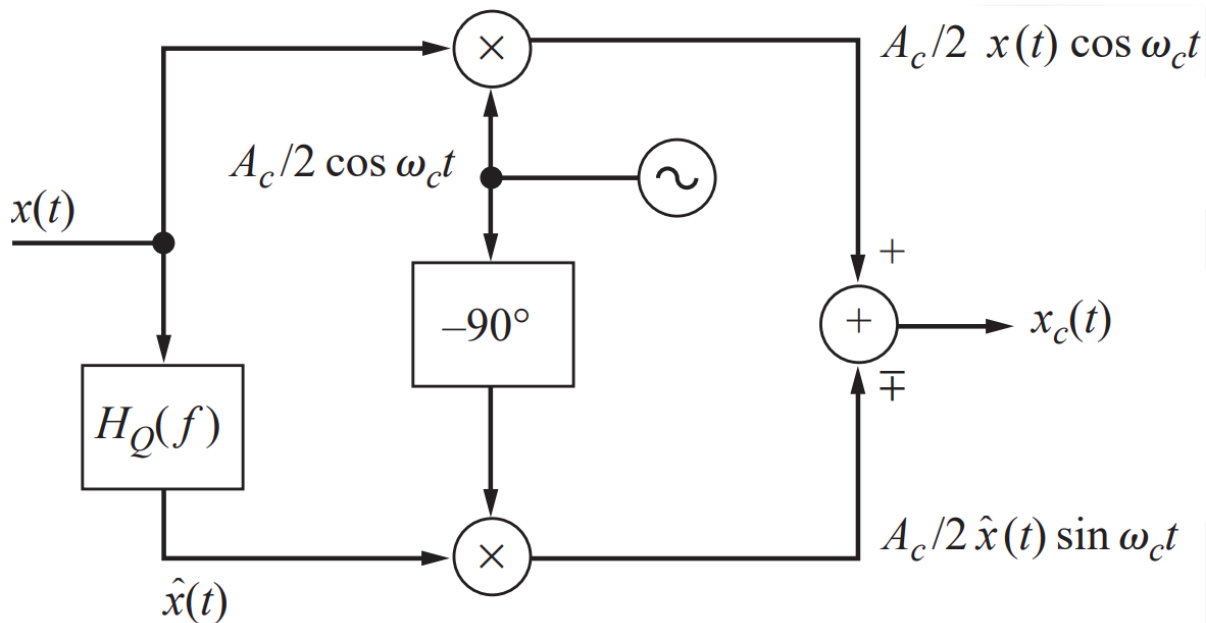
۲- حل مشکل توان + مشکل فرکانس، مدولاسیون *SSB*. *Single-Side Band* که می‌تواند به شکل حذف قسمت بالاتر *USSB* یا پایین‌تر *LSSB* باشد.

• سؤال: مؤلفه‌های $A(t), \phi(t), v_i(t), v_q(t)$ چگونه محاسبه می‌شوند؟

• جواب: $v(t) = v_i(t) \cos \omega_c t - v_q(t) \sin \omega_c t$



روش‌های دیگر مدولاسیون دامنه



$$v(t) = v_i(t) \cos \omega_c t - v_q(t) \sin \omega_c t \cdot$$

Phase-shift method for SSB generation.



روش‌های دیگر مدولاسیون دامنه



• فیلتر $H_Q(f)$ می‌تواند به این صورت باشد:

