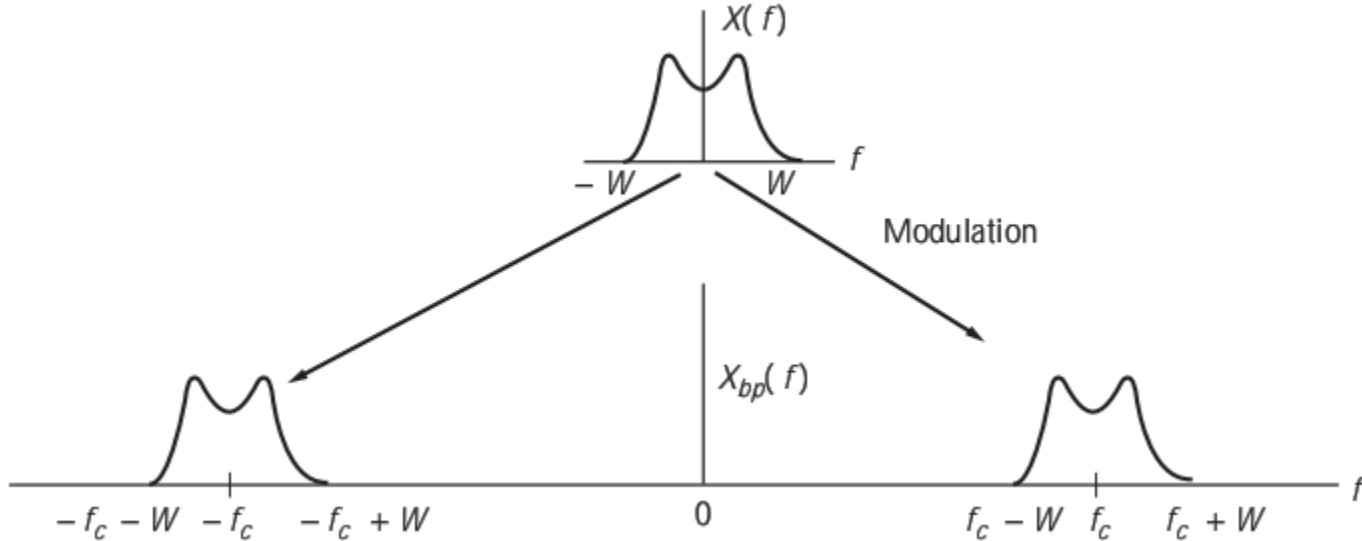


# فصل چهارم – رئوس مطالب

- مقدمه
- مدولاسیون آنالوگ
- مدولاسیون خطی DSB-SC
- دمولاسیون DSB-SC
- مدولاسیون و دمدمولاسیون AM
- مدولاسیون SSB

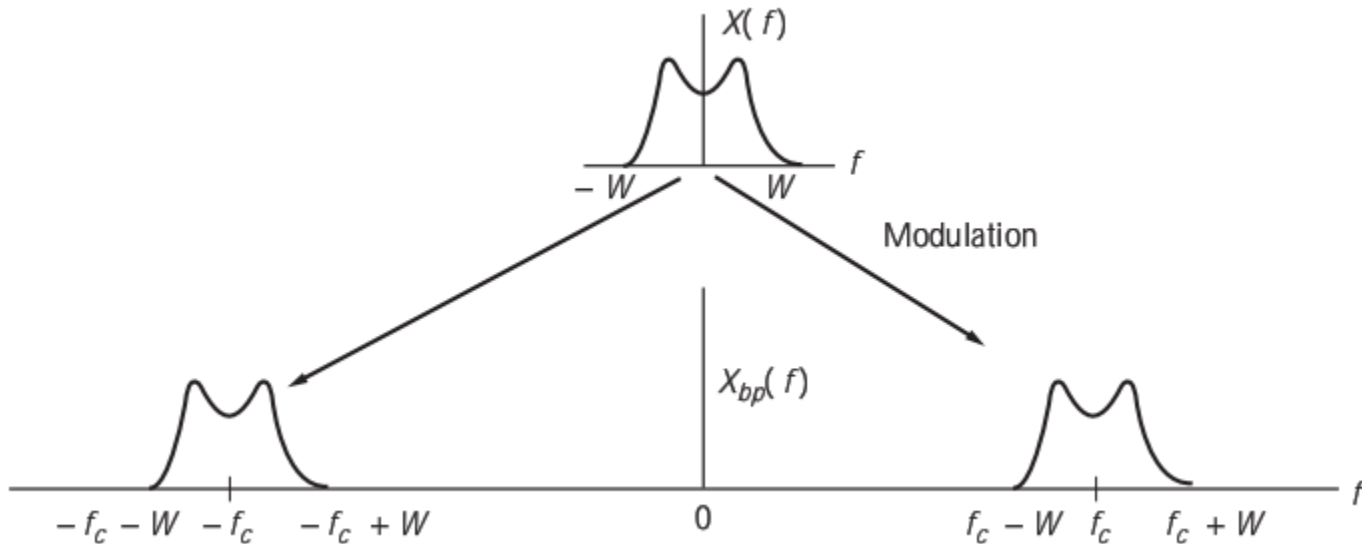
## فصل چهارم - مقدمه -

□ هدف اصلی مدولاسیون : تطبیق مشخصات سیگنال باند پایه به مشخصات کانال، باند میانی، است.



## فصل چهارم – مقدمه –

- سیگنال باند پایه : سیگنالی که طیف آن حول  $f = 0$  مقدار داشته باشد.
- سیگنال باند میانی : سیگنالی که طیف آن حول  $f \neq 0$  مقدار داشته باشد.



## فصل چهارم – مقدمه –

□ سیگنال حامل : سیگنال واسط جهت انجام عمل مدولاسیون سیگنالی که سیگنال باند پایه روی آن سوار میشود تا به باند میانی برسد.

□ سیگنال باند میانی را به صورت زیر میتوان نوشت:

$$x(t) = A(t) \cos(2\pi f_c t + \varphi(t))$$

❖ دامنه  $A(t)$  متغیر با زمان

❖ فاز  $2\pi f_c t + \varphi(t)$  متغیر با زمان

# فصل چهارم – مدولاسیون آنالوگ CW

□ مدولاسیون خطی ( دامنه ) AM

انتقال طیف پیام بدون تغییر شکل طیف میباشد.  
سیگنال روی دامنه سیگنال حامل سوار میشود.

DSB-SC ❖

DSB معمولی ❖

S.S.B ❖

V.S.B ❖

□ مدولاسیون غیر خطی ( فاز ) PM

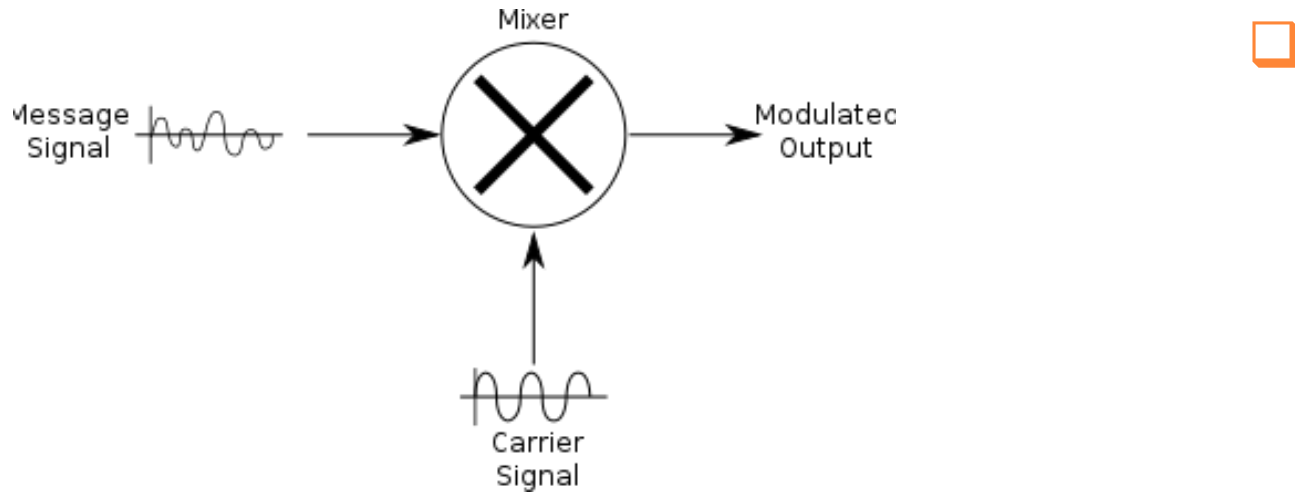
انتقال پیام با تغییر شکل طیف میباشد.  
سیگنال روی فاز سیگنال حامل سوار میشود.

FM ❖

PM ❖

# فصل چهارم – مدولاسیون خطی BSD-SC

## Double Sideband Suppressed Carrier Transmission



$$x_c(t) = x(t) \cdot A_c \cos(2\pi f_c t)$$

$$X_C(f) = X(f) * F\{A_c \cos(2\pi f_c t)\}$$

$$X_C(f) = X(f) * \left\{ \frac{A_c}{2} \delta(f - f_c) + \frac{A_c}{2} \delta(f + f_c) \right\}$$

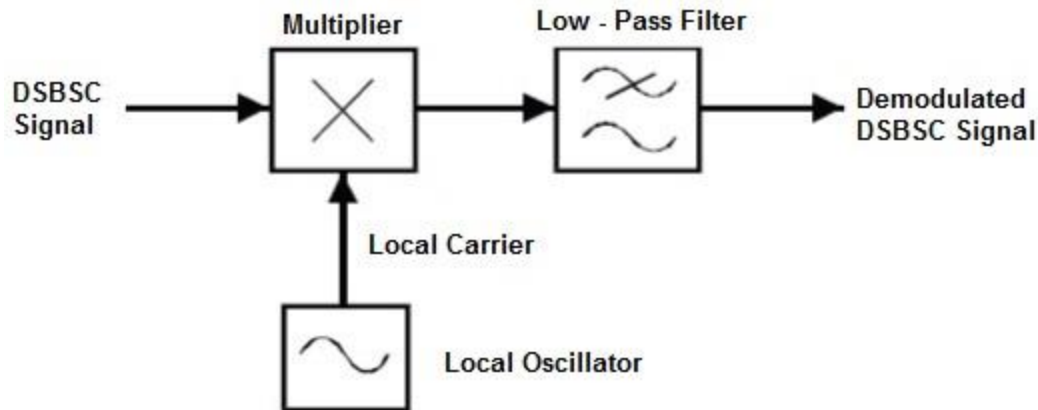
$$X_C(f) = \frac{A_c}{2} X(f - f_c) + \frac{A_c}{2} X(f + f_c)$$

# فصل چہارم – مدولاسیون خطی BSD-SC

Double Sideband Suppressed Carrier Transmission

طیف فرکانسی سیگنال DSB-SC □

## فصل چهارم – دمدولاسیون BSD-SC



□ دمدولاسیون سنکرون ( آشکارساز سنکرون )

این دمدولاسیون را به این دلیل سنکرون گوئیم که در آشکار ساز به فرکانس کاملاً یکسان با فرستنده نیاز داریم.

آشکارسازی سنکرون به لحاظ عملی بسیار پیچیده است چون نیاز به طراحی اسلاتوری در گیرنده دارد که کاملاً شبیه به اسیلاتور فرستنده است، که این امر مستلزم محدودیت های فیزیکی است.



## فصل چهارم – دمدولاسیون BSD-SC

$$x_1(t) = x_c(t) \cdot A_c \cos(2\pi f_c t)$$

$$X_1(f) = X_c(f) * \left[ \frac{A_c}{2} \delta(f - f_c) + \frac{A_c}{2} \delta(f + f_c) \right]$$

$$= \left[ \frac{A_c}{2} X(f - f_c) + \frac{A_c}{2} X(f + f_c) \right]$$

$$* \left[ \frac{A_c}{2} \delta(f - f_c) + \frac{A_c}{2} \delta(f + f_c) \right]$$

$$= \frac{A_c}{4} X(f - 2f_c) + \frac{A_c}{4} X(f) + \frac{A_c}{4} X(f) + \frac{A_c}{4} X(f + 2f_c)$$

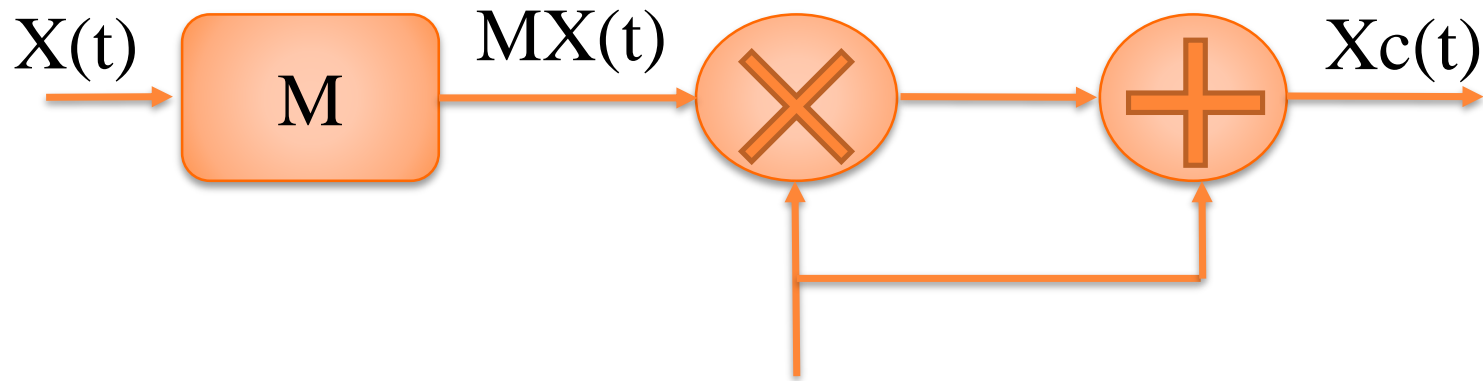
$$= \frac{A_c}{4} X(f - 2f_c) + \frac{A_c}{2} X(f) + \frac{A_c}{4} X(f + 2f_c)$$

## فصل چهارم – دمدولاسیون BSD-SC

□ با استفاده از یک فیلتر LPF سیگنال های باند میانی را حذف میکنیم.

# فصل چهارم – مدولاسیون AM (DSB با حامل)

□ بلوک دیاگرام



$$A_c \cos(2\pi f_c t)$$

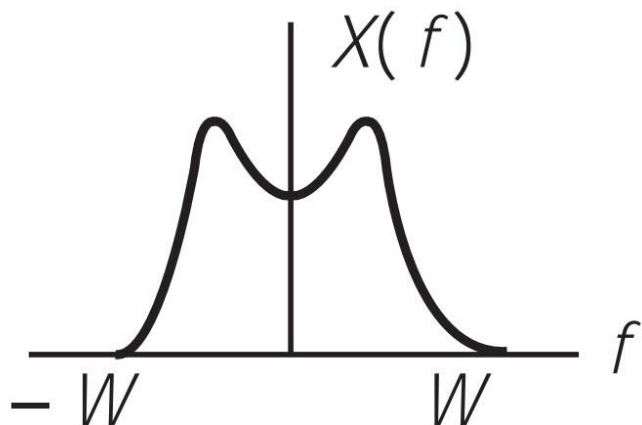
$$\begin{aligned} x_c(t) &= Mx(t) \cdot A_c \cos(2\pi f_c t) + A_c \cos(2\pi f_c t) \\ &= A_c \cos(2\pi f_c t) [1 + Mx(t)] \end{aligned}$$

M: ضریب مدولاسیون  $0 < M \leq 1$

$A_c$ : دامنه سیگنال کریر

## فصل چهارم – مدولاسیون AM (DSB با حامل)

□ در مدولاسیون AM فرض میکنیم که پیام در باند پایه است و پهنای باند آن  $W$  است.



## فصل چهارم – مدولاسیون AM (DSB با حامل)

بررسی مدولاتور AM در حوزه فرکانس □

$$x_c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) [1 + Mx(t)]$$

$$X_c(f) = F\{A_c \cos(2\pi f_c t)\} * F\{1 + Mx(t)\}$$

$$X_c(f) = \left\{ \frac{A_c}{2} \delta(f - f_c) + \frac{A_c}{2} \delta(f + f_c) \right\} * \{1 + MX(f)\}$$

$$= \frac{A_c}{2} \delta(f - f_c) + \frac{A_c}{2} \delta(f + f_c) + \frac{MA_c}{2} X(f - f_c)$$

$$+ \frac{MA_c}{2} X(f + f_c)$$

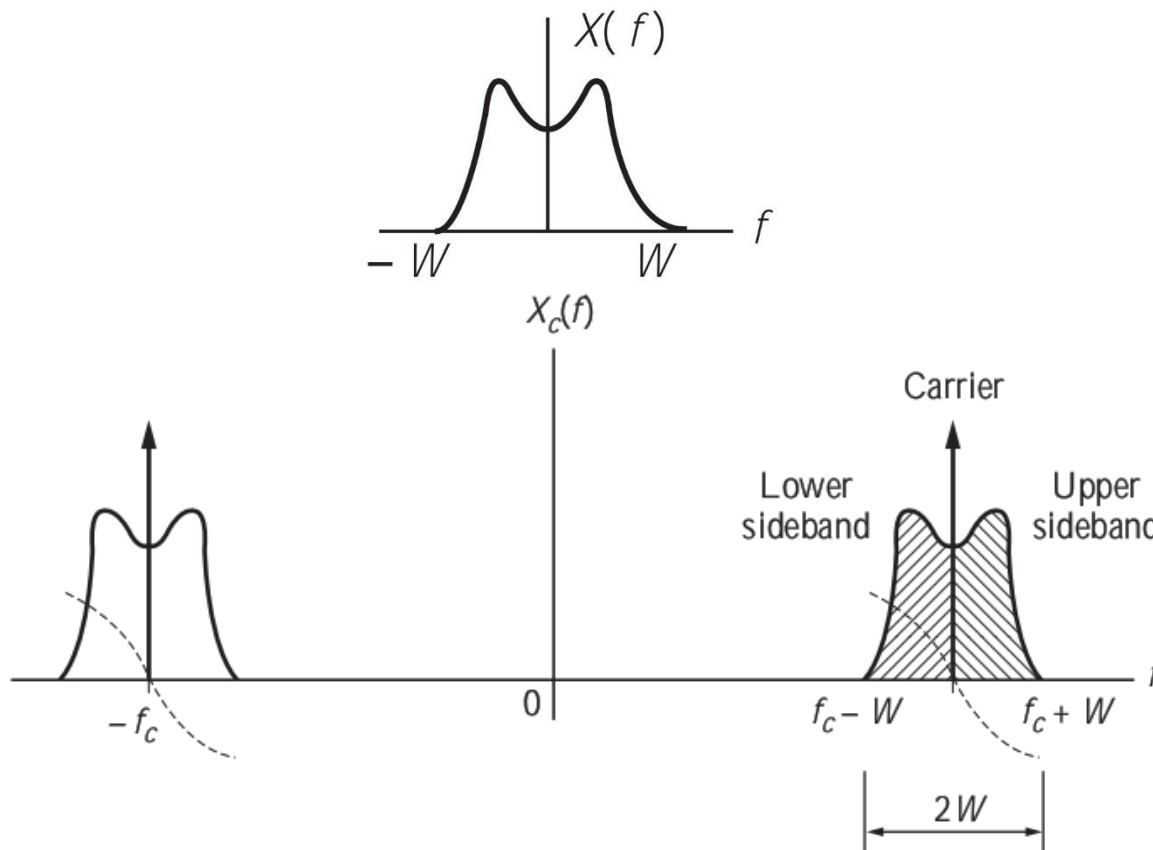
$$X_c(f)$$

$$= \frac{A_c}{2} \{ \delta(f - f_c) + \delta(f + f_c) \} + \frac{MA_c}{2} \{ X(f - f_c) + X(f + f_c) \}$$

# فصل چهارم – مدولاسیون AM (DSB با حامل)

بررسی مدولاتور AM در حوزه فرکانس □

$$X_c(f) = \frac{A_c}{2} \{ \delta(f - f_c) + \delta(f + f_c) \} + \frac{MA_c}{2} \{ X(f - f_c) + X(f + f_c) \}$$



# فصل چهارم – مدولاسیون AM ( DSB با حامل )

□ بررسی مدولاتور AM در حوزه زمان

□ برای دمدولاسیون AM از آشکار ساز پوش استفاده میکنیم.

# فصل چهارم – مدولاسیون AM ( DSB با حامل )

□ مقایسه آشکارساز پوش و آشکارساز سنکرون

❖ در آشکارسازی سنکرون برای یکسان سازی اسیلاتورهای فرستنده و گیرنده پیچیدگی زیاد است، در عوض توان ارسالی سیگنال کمتر از مدولاتور AM میباشد. ( زیرا در مدولاتور DSB موج کریر با اطلاعات حمل نمیشود و تمام توان فرستنده صرف انتقال سیگنال پیام میشود. )

❖ در آشکارسازی پوش، توان و انرژی در فرستنده بسیار زیاد است ولی در عوض آشکارسازی ساده ای دارد.

❖ هنگامی که تعداد گیرنده ها بیشتر از فرستنده ها باشد ( مانند رادیو ) از آشکارسازی پوش استفاده میکنیم.

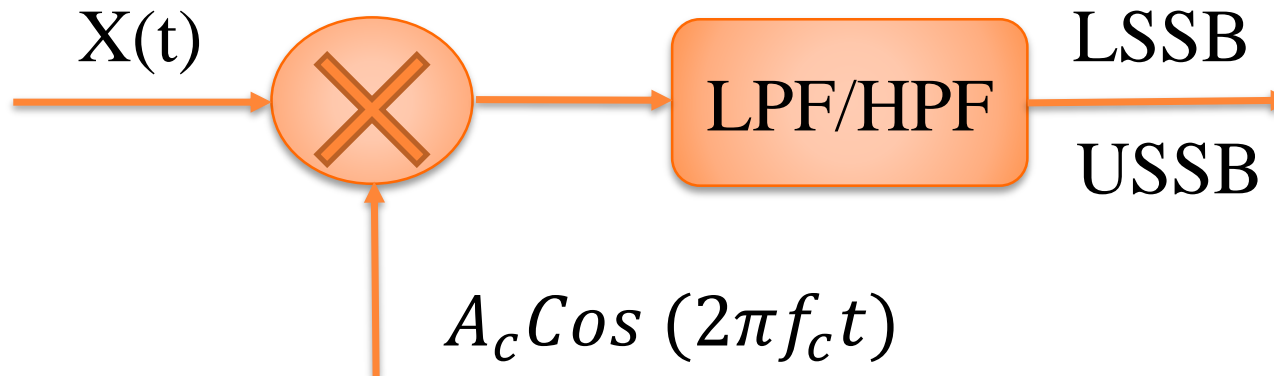
□ یکی از معایب DSB پهنای باند زیادی است که اشغال میکند .



# فصل چهارم – مدولاسیون خطی SSB

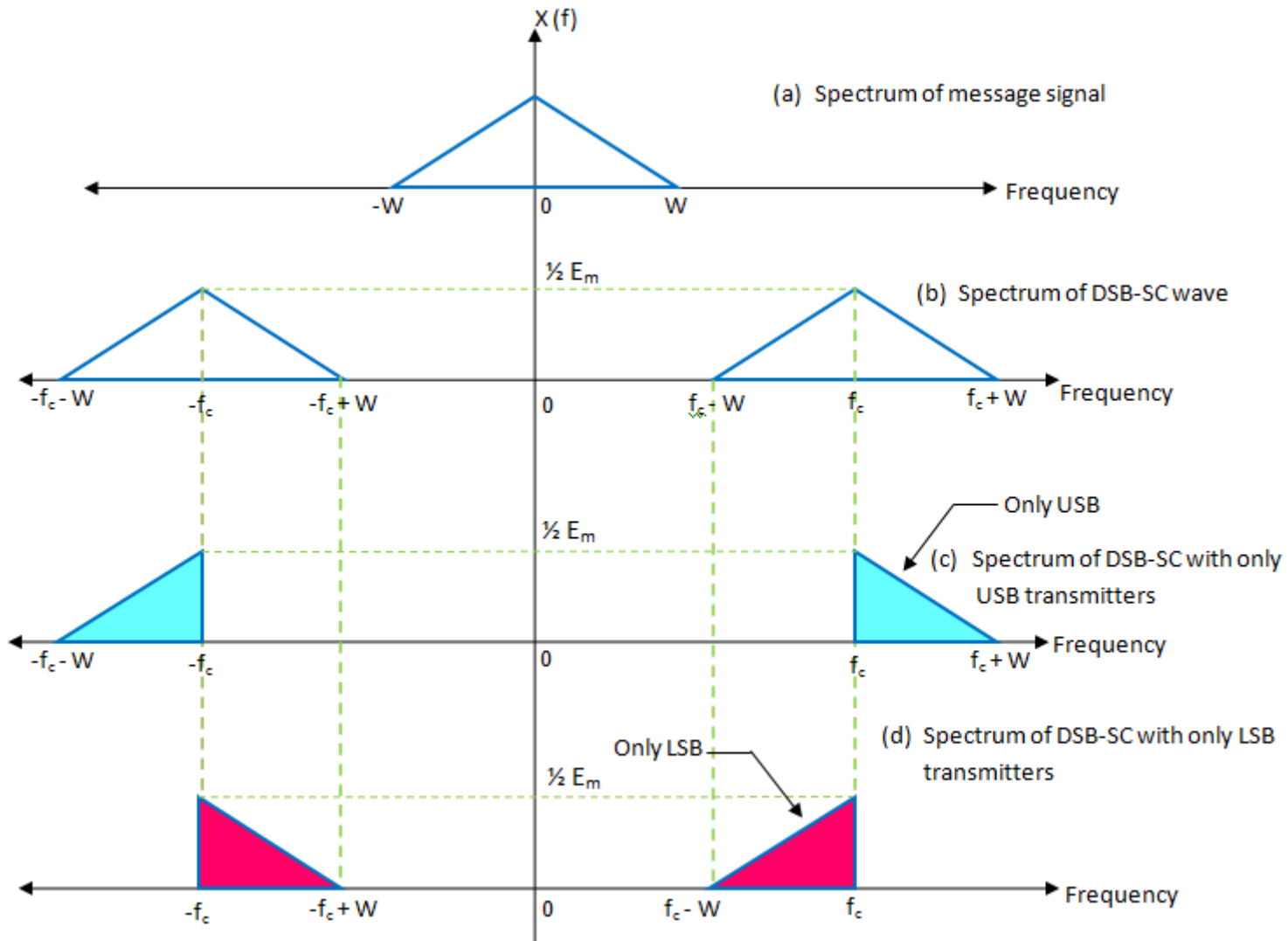
## □ Single Side Band Modulation

□ بیان کمی SSB در حوزه زمان



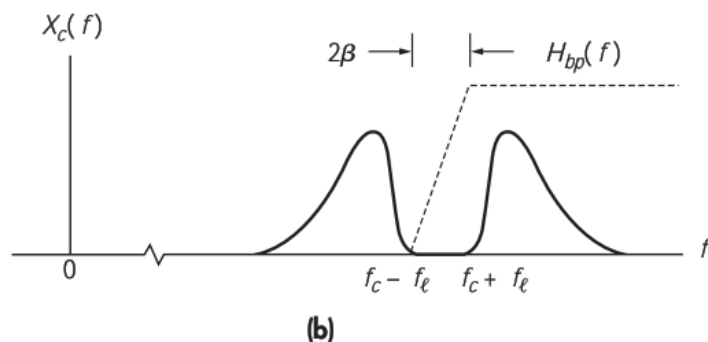
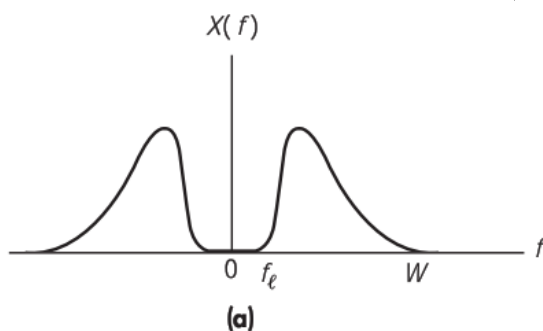
# فصل چهارم – مدولاسیون خطی SSB

□ بیان کمی SSB در حوزه فرکانس



# فصل چهارم – مدولاسیون خطی SSB

یکی از معایب SSB استفاده از فیلترهای بسیار تیز نزدیک به ایده آل است تا بتوان دقیقاً نصف طیف سیگنال را به طور متقارن جدا کرد. از آنجا که ساخت فیلترهای ایده آل غیر ممکن است، این نوع مدولاسیون را برای سیگنال هایی استفاده میکنیم که سیگنال خبر اطراف صفر مقدار نداشته باشند.



(a) Message spectrum with zero-frequency hole; (b) practical sideband filter.

# فصل چهارم – مدولاسیون خطی SSB

بررسی حوزه فرکانس □

$$X_{CLP}(f) = X_c(f) \cdot U(f) \cdot \frac{A_c}{2}$$

تبدیل فوریه معکوس :

$$x_{cLp}(t) = \frac{A_c}{2} x(t) * F^{-1}\{U(f)\}$$

$$\begin{aligned} u(t) &\xleftrightarrow{\text{Fourier Transform}} \frac{1}{2} \delta(f) + \frac{1}{j2\pi f} \\ U(f) &\xleftrightarrow{\text{Inverse Fourier transform}} \frac{1}{2} \delta(t) - \frac{1}{j2\pi t} \\ U(f) &\xleftrightarrow{\text{Inverse Fourier transform}} \frac{1}{2} \delta(t) + j \frac{1}{2\pi t} \end{aligned}$$

## فصل چهارم – مدولاسیون خطی SSB

بررسی حوزه فرکانس □

$$X_{CLP}(f) = X_c(f) \cdot U(f) \cdot \frac{A_c}{2}$$

تبدیل فوریه معکوس :

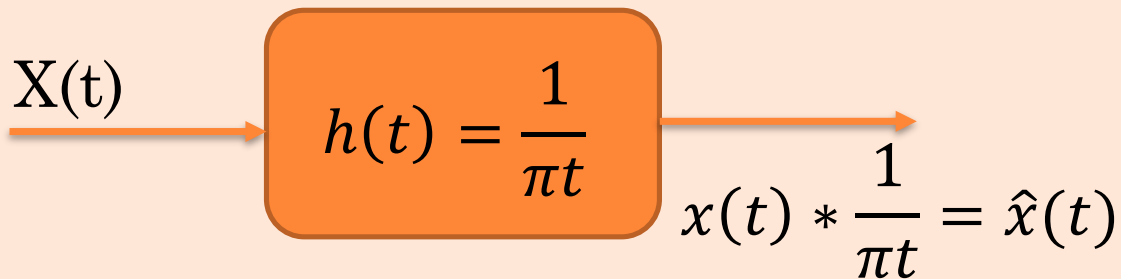
$$\begin{aligned}x_{cLp}(t) &= \frac{A_c}{2} x(t) * F^{-1}\{U(f)\} \\&= \frac{A_c}{2} x(t) * \left[ \frac{1}{2} \delta(t) + \frac{j}{2\pi t} \right] \\&= \frac{A_c}{2} \left\{ \frac{1}{2} x(t) * \delta(t) + x(t) * \frac{j}{2\pi t} \right\} \\&= \frac{A_c}{4} x(t) + \frac{A_c}{4} x(t) * \frac{j}{\pi t} = \frac{A_c}{4} x(t) + j \frac{A_c}{4} \hat{x}(t)\end{aligned}$$

# فصل چهارم – مدولاسیون خطی SSB

بررسی حوزه فرکانس □

$$x_{cLp}(t) = \frac{A_c}{4} x(t) + j \frac{A_c}{4} \hat{x}(t)$$

تبدیل هیلبرت



# فصل چهارم - مدولاسیون خطی SSB

$$x_{cLp}(t) = \frac{A_c}{4} x(t) + j \frac{A_c}{4} \hat{x}(t)$$

$$x_c(t) = \frac{A_c}{2} x(t) \cos(2\pi f_c t) - j \frac{A_c}{2} \hat{x}(t) \sin(2\pi f_c t)$$

