



北京交通大学

信号与系统



主讲人：陈后金

电子信息工程学院



连续时间信号的幅度调制与解调

- 为何对信号进行调制
- 信号调制的基本概念
- 连续信号的幅度调制
- 已调信号的同步解调
- 单边带幅度调制技术
- 信号传输的频分复用



为何对信号进行调制

- 无线电广播系统中，信号发射天线的尺度约为信号波长的十分之一。
- 音乐信号的最高频率为20kHz，对应的无线电波长为15公里。
- 因此，若直接将音乐信号以无线电波的形式发射，则难以实现。



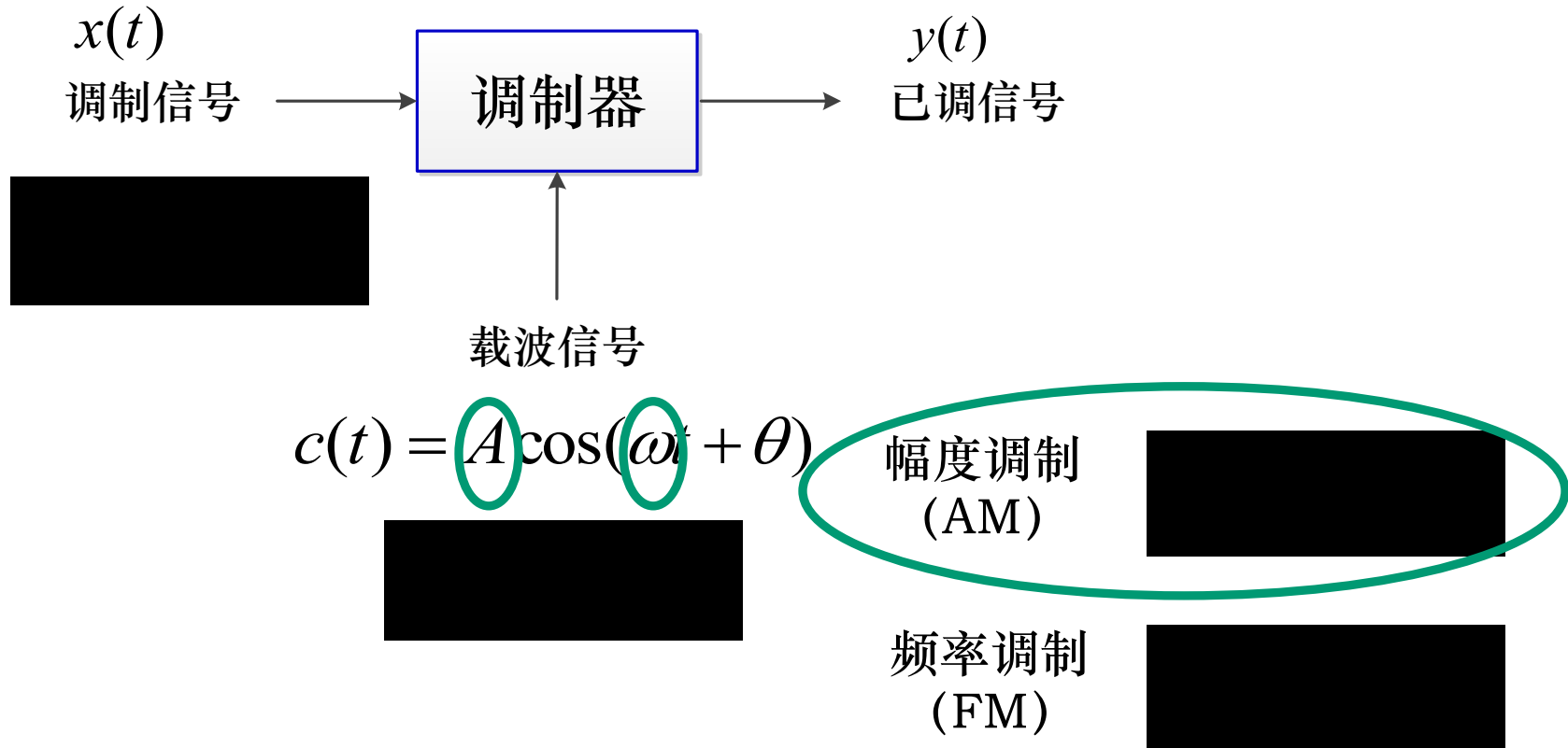
为何对信号进行调制

- 将低频信号搬移至较高的频段，方便无线发射。
- 不同信号可以使用不同频段，充分利用信道。





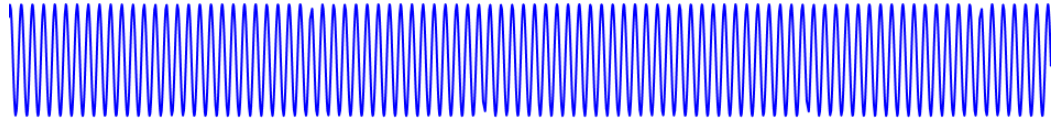
信号调制的基本概念





信号调制的基本概念

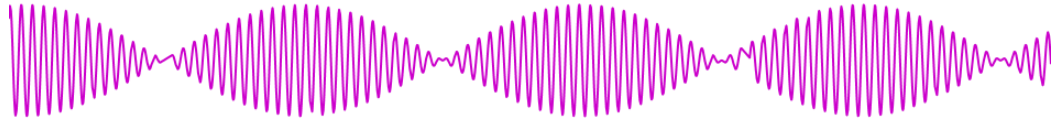
载波信号



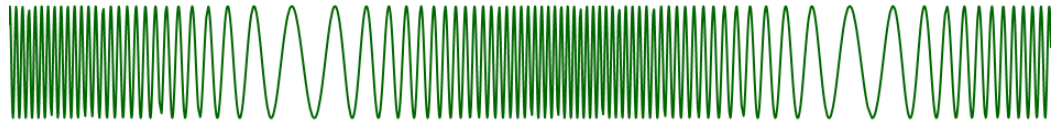
调制信号



幅度调制AM



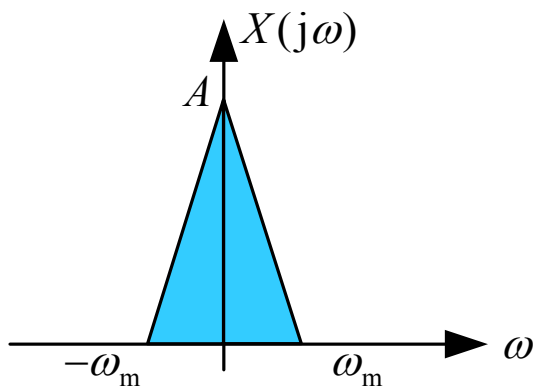
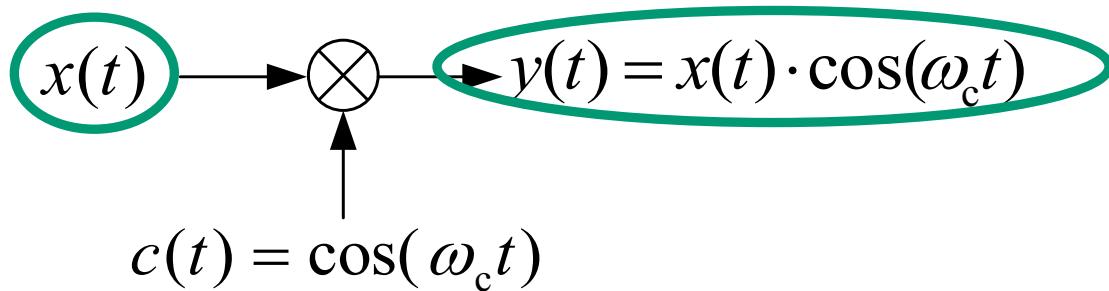
频率调制FM



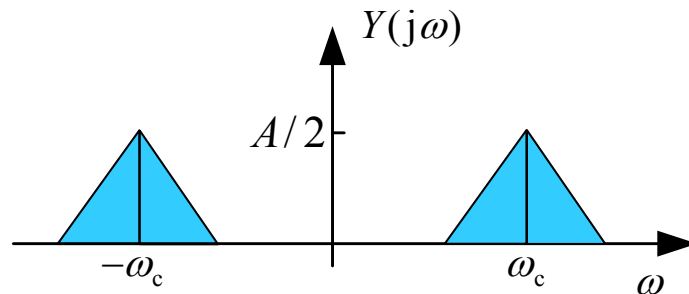


连续信号的幅度调制

幅度调制
原理框图



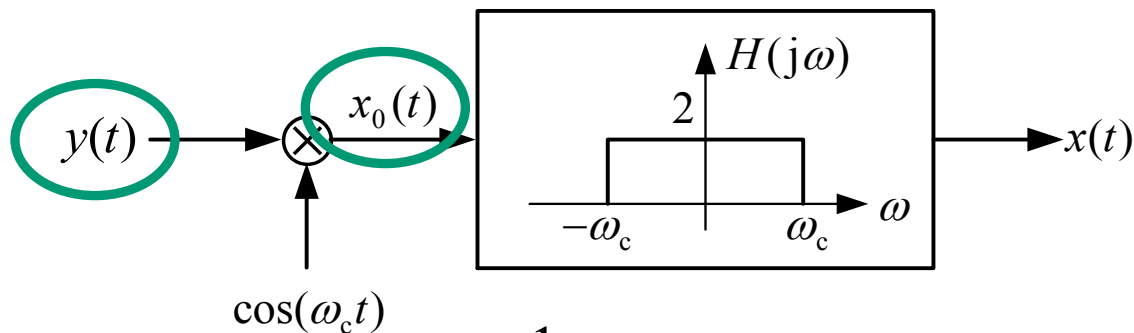
$$Y(j\omega) = \frac{1}{2} \{X[j(\omega + \omega_c)] + X[j(\omega - \omega_c)]\}$$



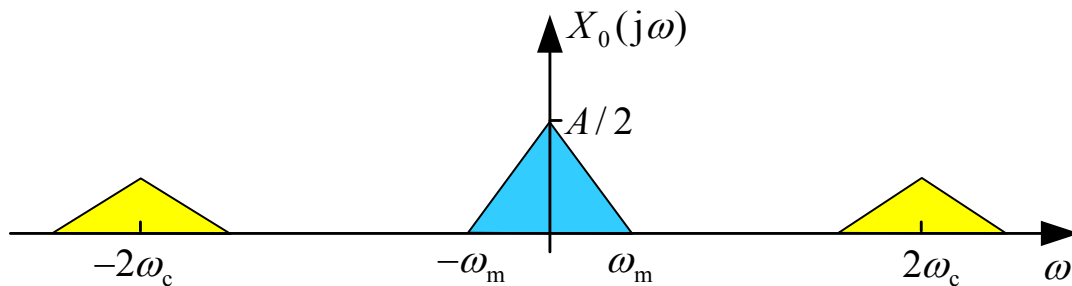
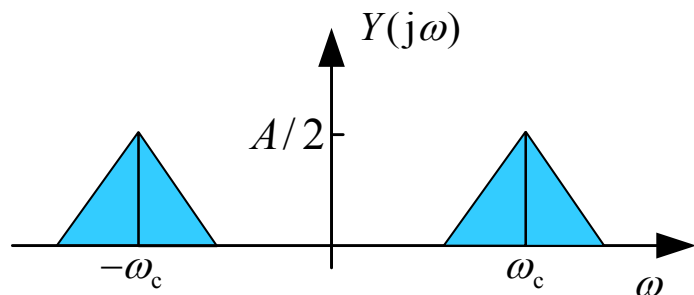


已调信号的同步解调

同步解调
原理框图



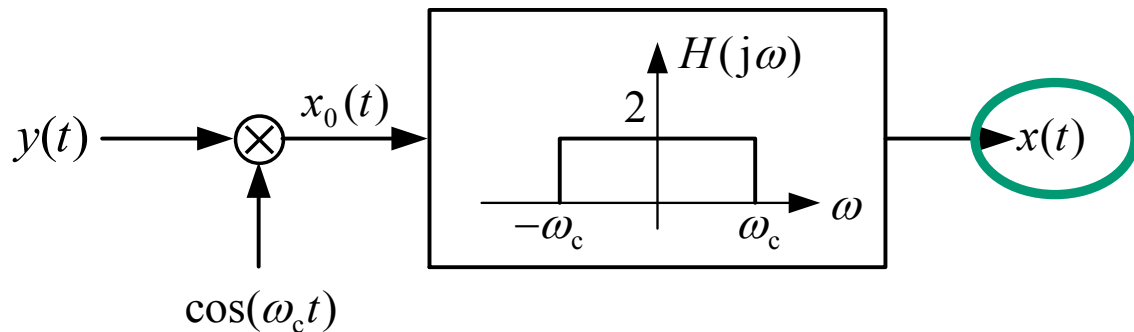
$$X_0(j\omega) = \frac{1}{2} \{Y[j(\omega + \omega_c)] + Y[j(\omega - \omega_c)]\}$$





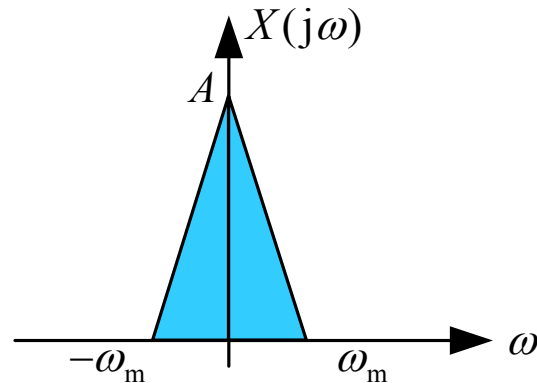
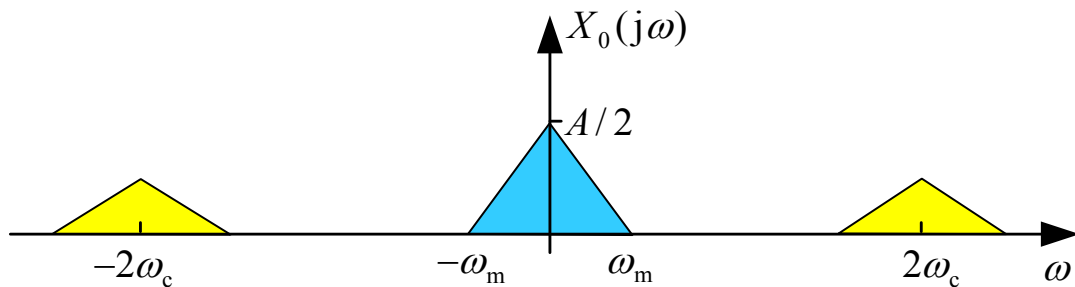
已调信号的同步解调

同步解调 原理框图



$$X_0(j\omega) = \frac{1}{2} \{Y[j(\omega + \omega_c)] + Y[j(\omega - \omega_c)]\}$$

$$X(j\omega) = X_0(j\omega)H(j\omega)$$

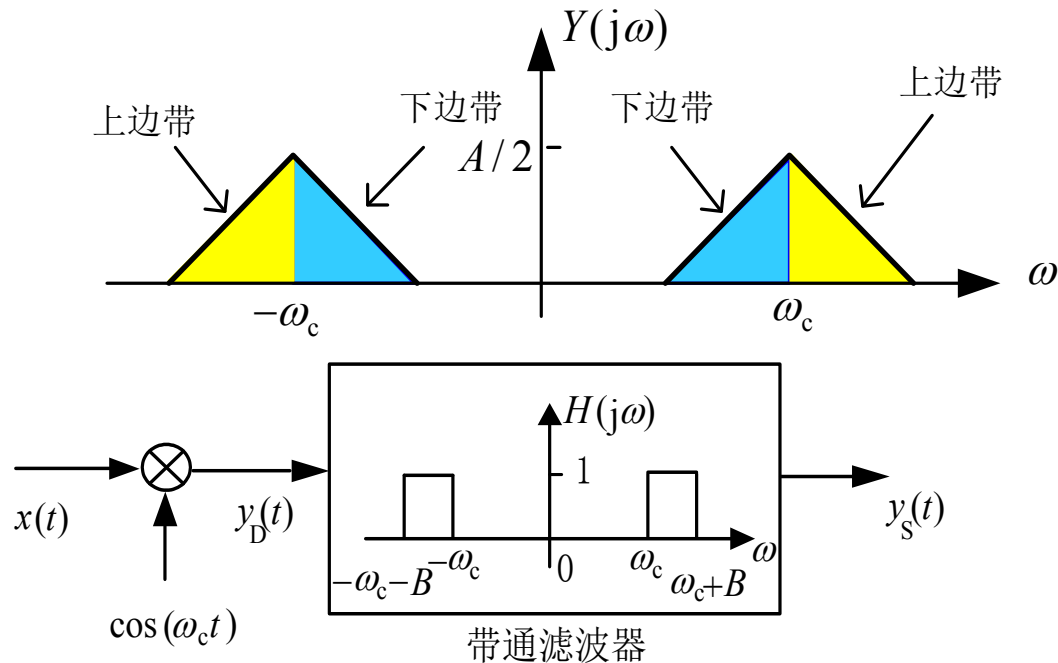




单边带幅度调制技术

为提高信道频带的利用率，可采用单边带幅度调制技术

上边带幅度调制的原理框图

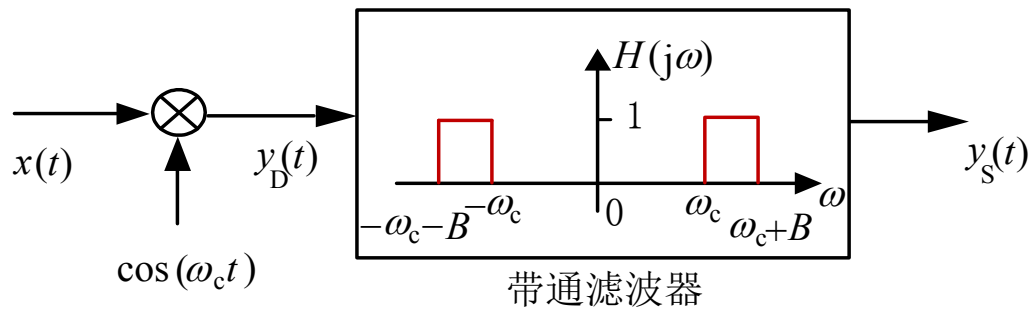


适当改变带通滤波器的通频带则可实现下边带调制



单边带幅度调制技术

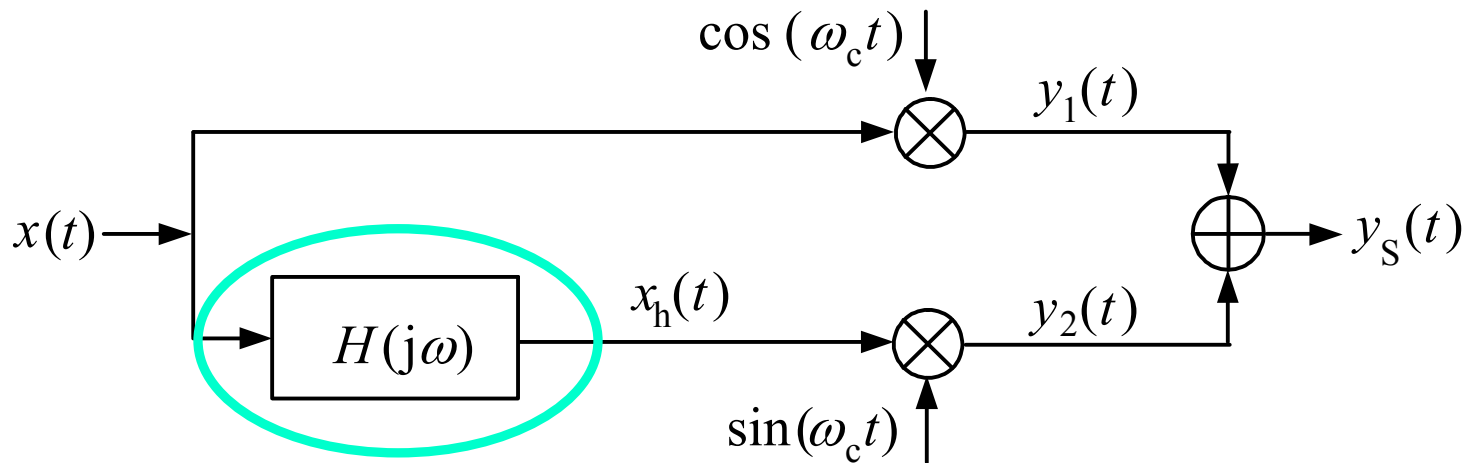
然而理想带通滤波器在工程上无法实现





单边带幅度调制技术

实际应用中常采用**希尔伯特变换器**实现信号单边带幅度调制

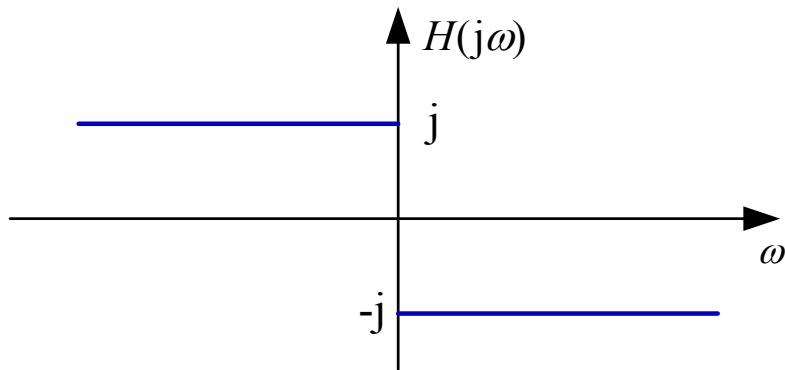




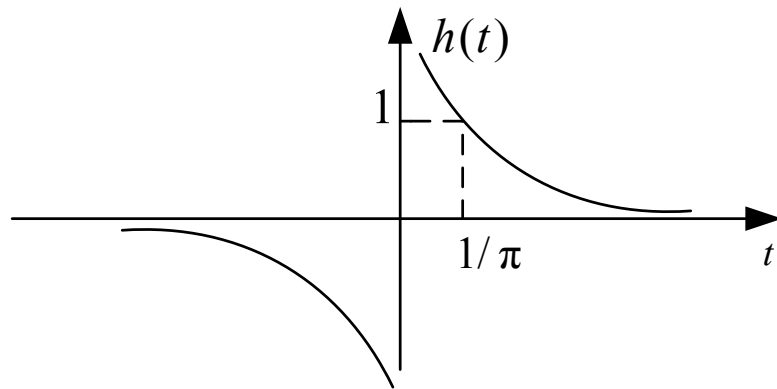
单边带幅度调制技术

希尔伯特变换器

$$H(j\omega) = -j \cdot \text{sgn}(\omega) = \begin{cases} -j, & \omega > 0 \\ j, & \omega < 0 \end{cases}$$



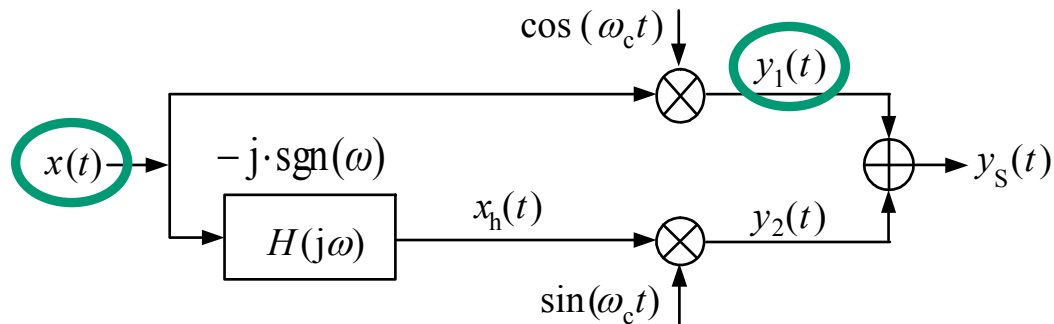
$$h(t) = \mathcal{F}^{-1}\{H(j\omega)\} = \frac{1}{\pi t}$$



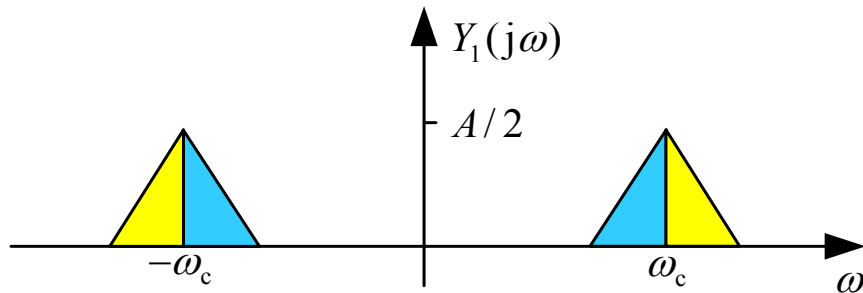
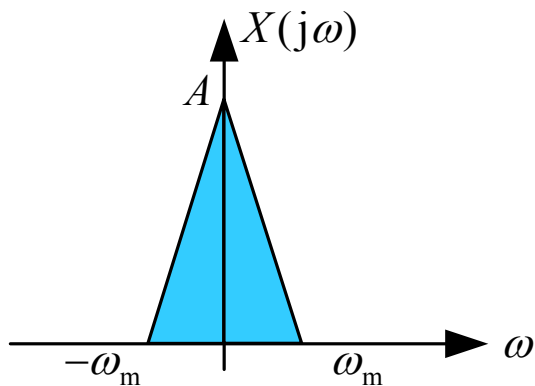


单边带幅度调制技术

下边带调幅 的频域分析



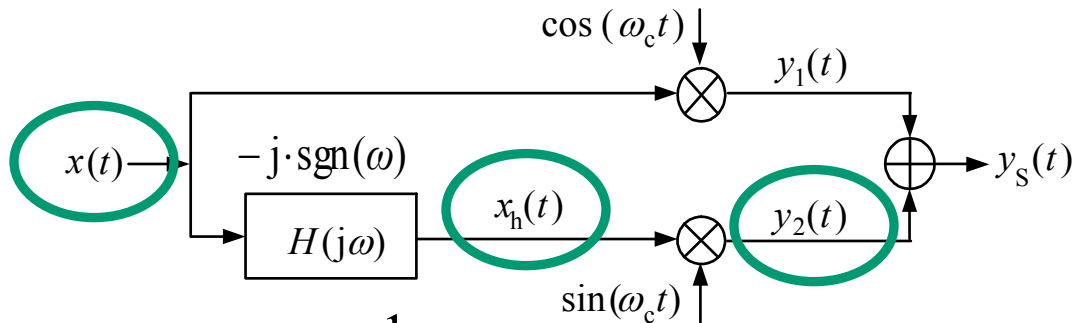
$$Y_1(j\omega) = \frac{1}{2} \{X[j(\omega + \omega_c)] + X[j(\omega - \omega_c)]\}$$





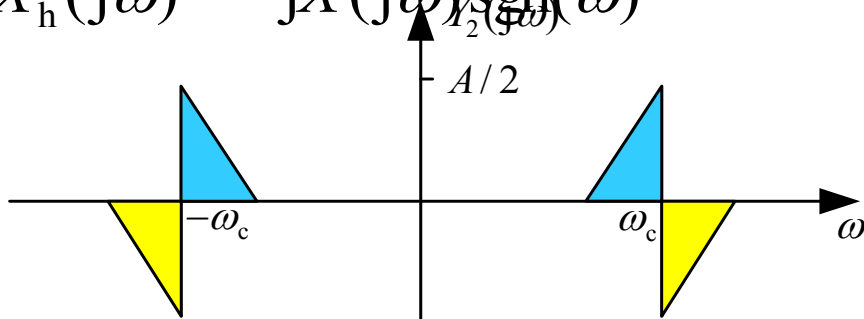
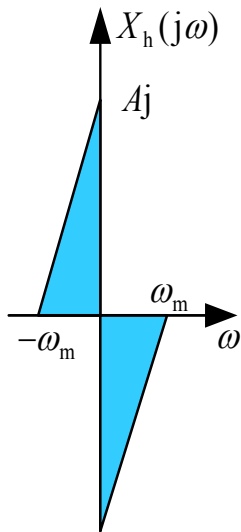
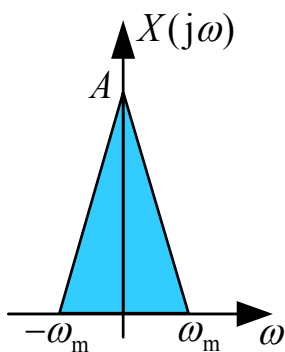
单边带幅度调制技术

下边带调幅 的频域分析



$$Y_2(j\omega) = \frac{1}{2j} \{X_h[j(\omega - \omega_c)] - X_h[j(\omega + \omega_c)]\}$$

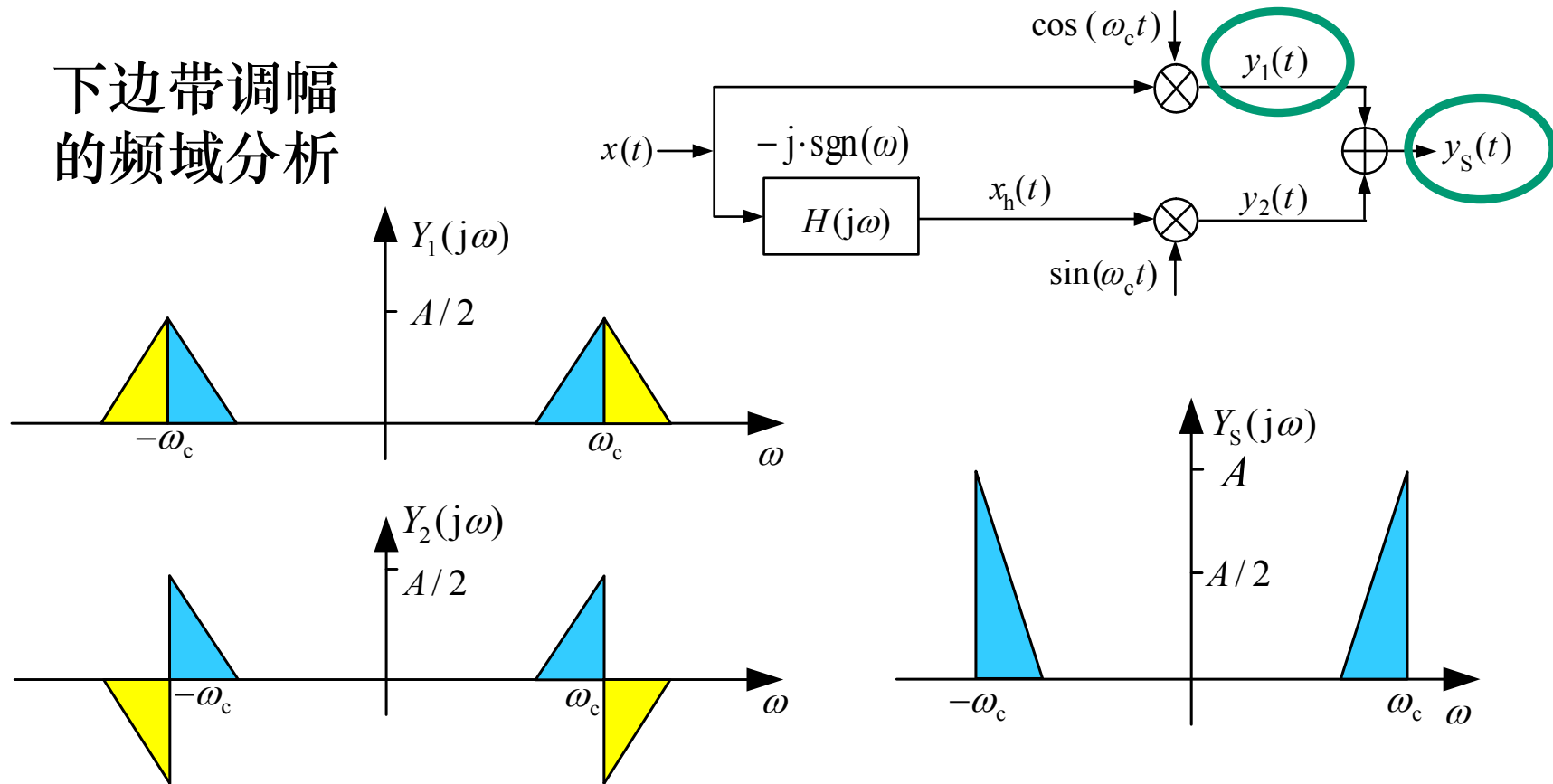
$$X_h(j\omega) = -jX(j\omega)\text{sgn}(\omega)$$





单边带幅度调制技术

下边带调幅 的频域分析



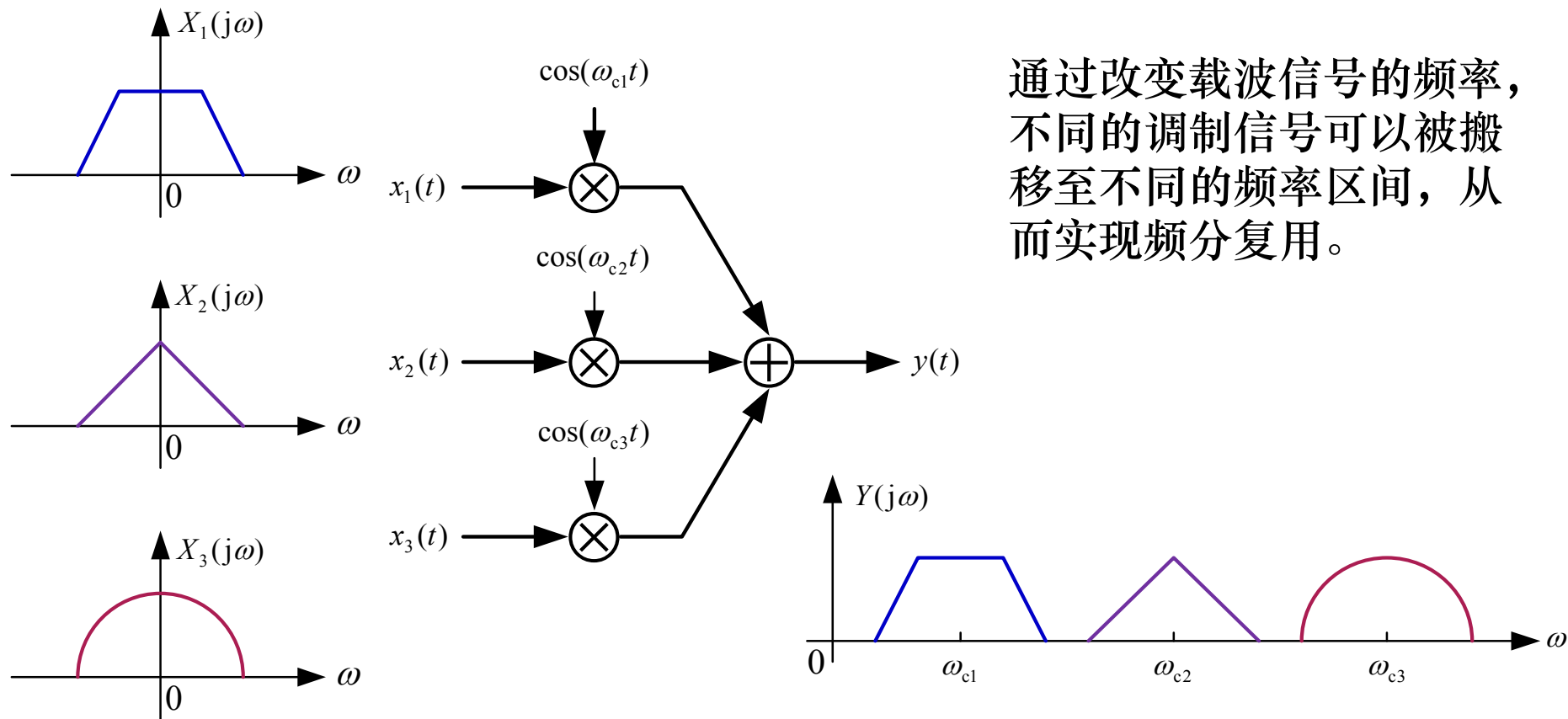


信号传输的频分复用

- 无线电广播信号的有效频带一般比较窄，远远小于传输信道的频带宽度
- 例如，调幅广播的中波频段为526.5-1606.5kHz，而广播信号的有效带宽小于几十kHz
- 频分复用技术能够充分利用信道的宽度



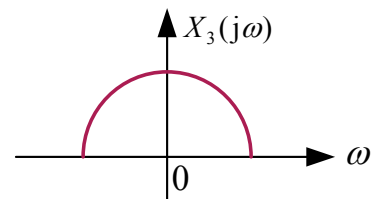
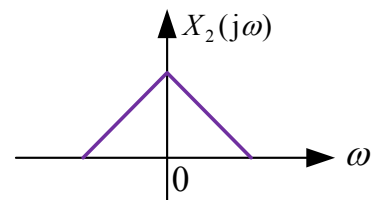
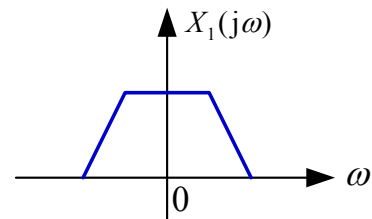
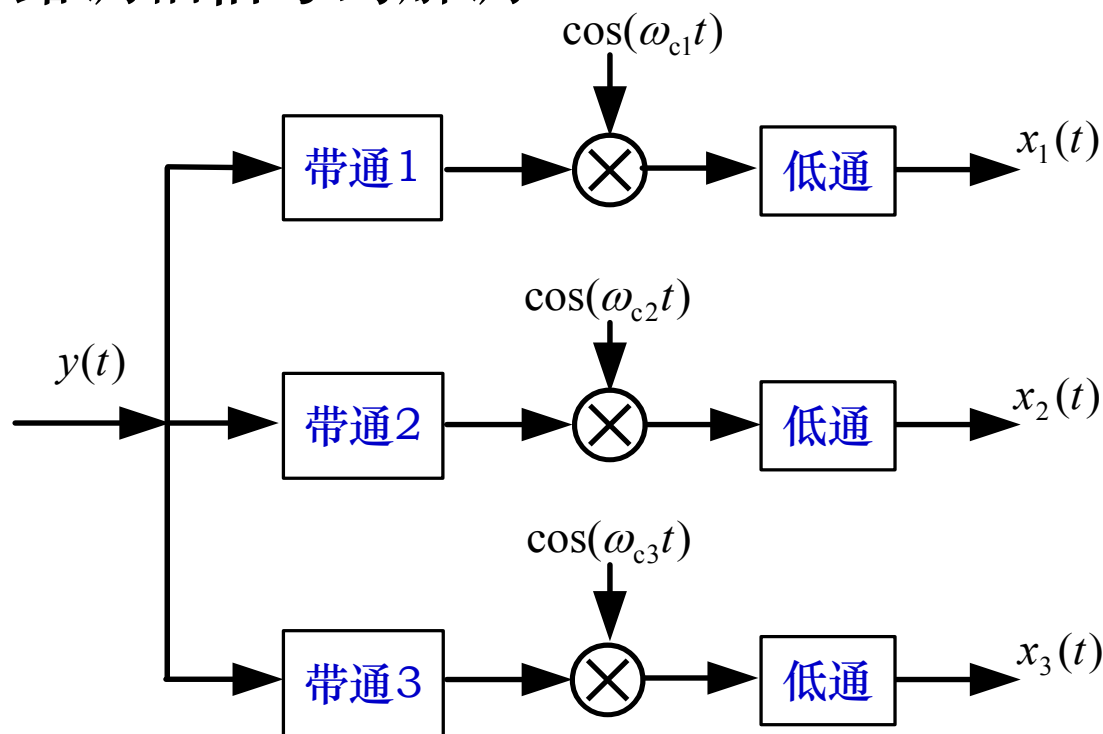
信号传输的频分复用





信号传输的频分复用

多路调幅信号的解调





连续时间信号的幅度调制与解调

谢 谢

本课程所引用的一些素材为主讲老师多年的教学积累，来源于多种媒体及同事、同行、朋友的交流，难以一一注明出处，特此说明并表示感谢！