

Ch4 傅立叶变换在系统分析中的应用

- 系统的频率响应 $H(j\omega)$ **frequency response**
- 无失真传输
- 理想低通滤波器

- 调制与解调
- 零阶保持抽样
- 多路复用

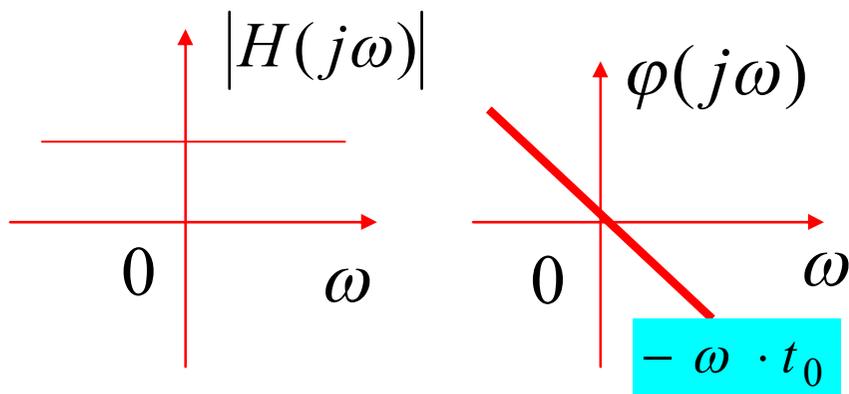
1 频率响应 $H(j\omega)$

$$H(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{F(j\omega)} = FT[h(t)]$$

2 无失真传输

时域上 $r(t) = Ke(t - t_0)$

$$H(j\omega) = Ke^{-j\omega t_0} = |H(j\omega)| e^{j\varphi(\omega)}$$



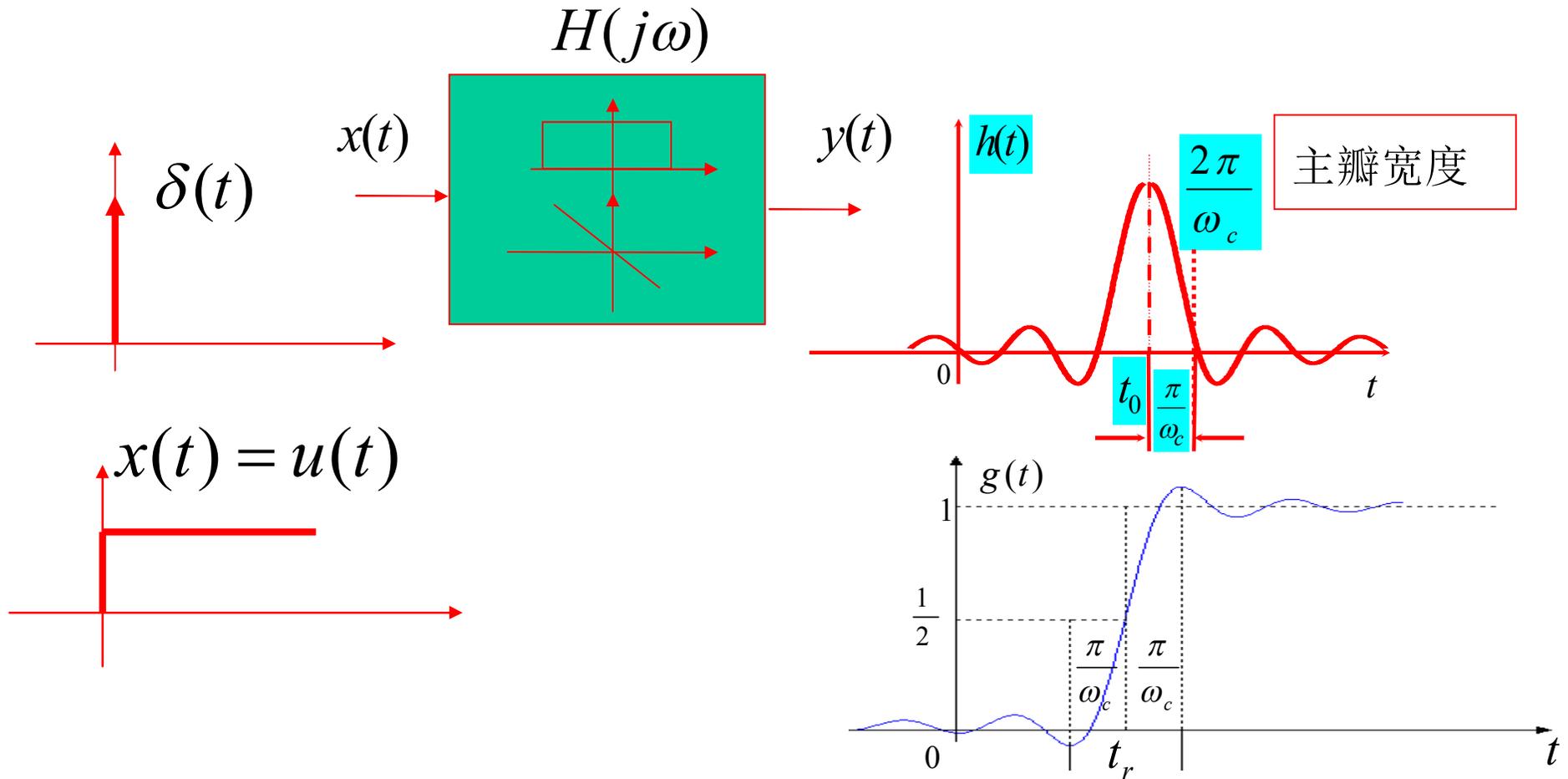
$$\begin{cases} |H(j\omega)| = K \\ \varphi(\omega) = -\omega \cdot t_0 \end{cases}$$

3 理想低通滤波器

——物理不可实现

$$H(j\omega) = |H(j\omega)|e^{j\varphi(j\omega)} = \begin{cases} e^{-j\omega t_0} & |\omega| < \omega_c \\ 0 & \text{other} \end{cases}$$

$$h(t) = \frac{\omega_c}{\pi} \text{Sa}[\omega_c(t-t_0)]$$



4 物理可实现系统的约束条件

系统物理可实现要求：

(1) 时域——因果系统

$$t < 0, \quad h(t) = 0$$

(2) 频域——

a. 佩利维纳准则：

幅频响应不能在一个频带内为零

b. 希尔伯特变换 (Hilbert)

因果系统频响的实部和虚部之间相互限制

常见滤波器：1、巴特沃兹 (Butterworth)

2、切比雪夫 (Chebyshev)

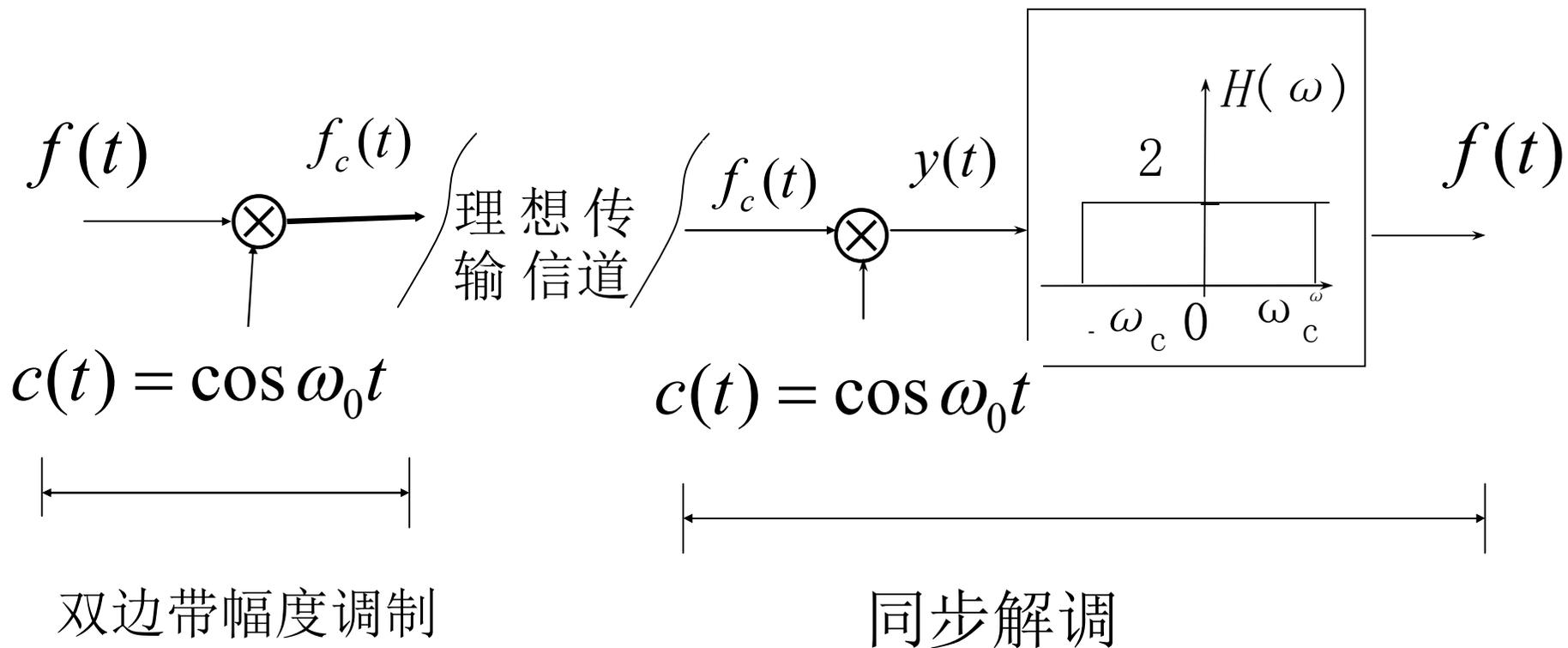
4.7 调制与解调

- **调制的目的：发送和传输信号**
以某个较高的频率发送信号
在该特定频率的信道中传输
- **调制的手段：进行频谱搬移**

调制的优点

- 把消息信号的谱搬移到适合的通信信道中传输
GSM: 824~849MHz, 869~894MHz,
Optical fiber: 10^{14} Hz, 带宽大, 损耗小, 抗干扰
- 调制后的信号形式能抗干扰
- 允许复用
- 使天线的尺寸变小

4.7.1 双边带调制与解调 (DSB)



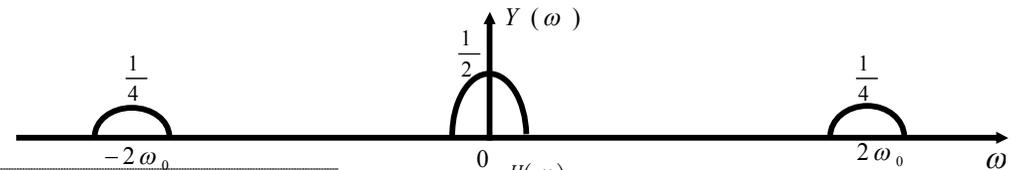
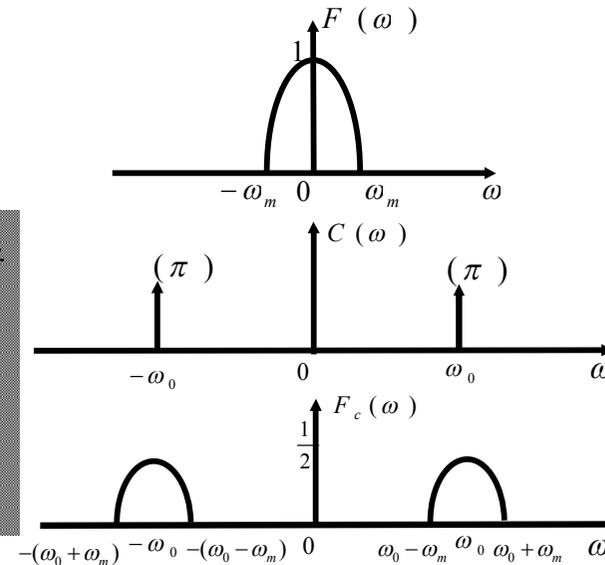
同步: synchronization

非同步解调: asynchronous demodulation

同步解调:

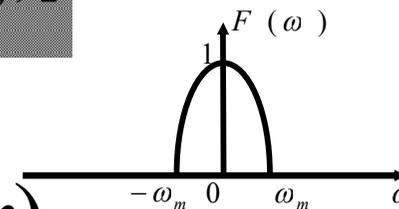
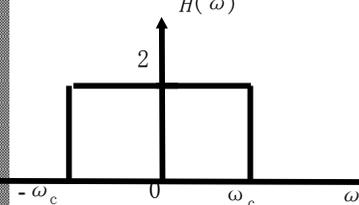
$$y(t) = f_c(t) \cos \omega_0 t = f(t) \cos^2 \omega_0 t$$

$$= \frac{1}{2} f(t) + \frac{1}{2} f(t) \cos 2\omega_0 t$$



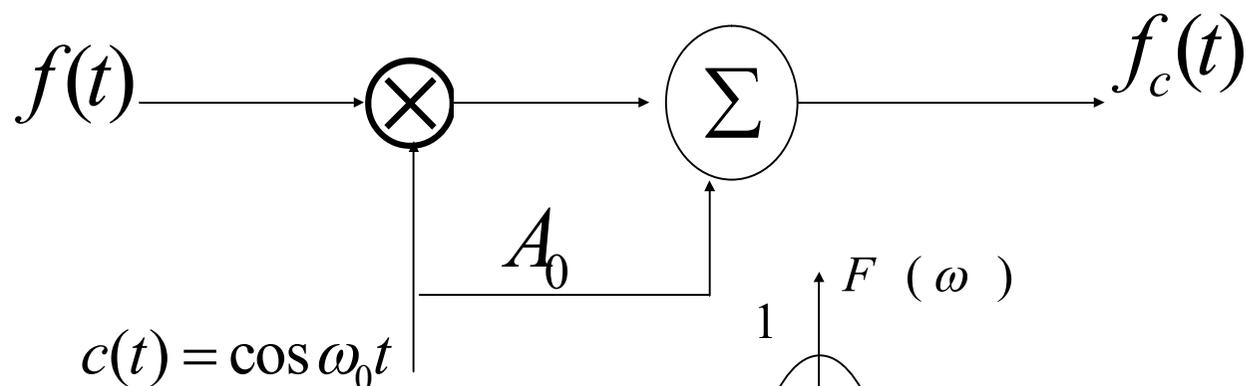
$$FT[y(t)] = Y(\omega)$$

$$= \frac{1}{2} F(\omega) + \frac{1}{4} [F(\omega + 2\omega_0) + F(\omega - 2\omega_0)]$$

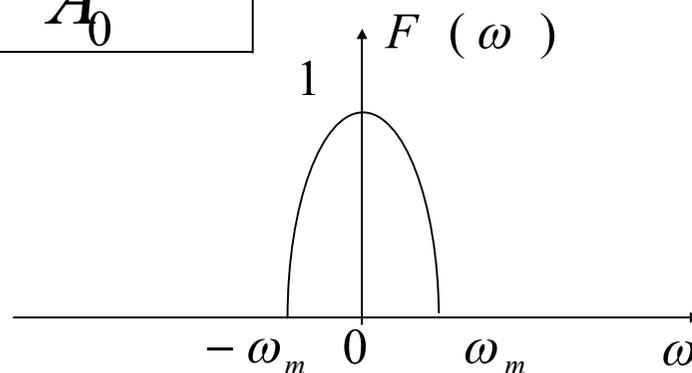


DSB-SC (suppressed carrier)

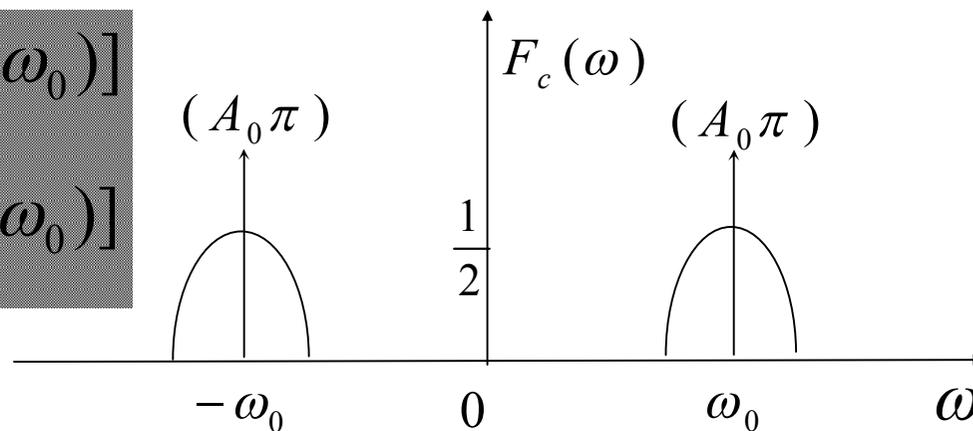
4.7.2 幅度调制(AM)与解调

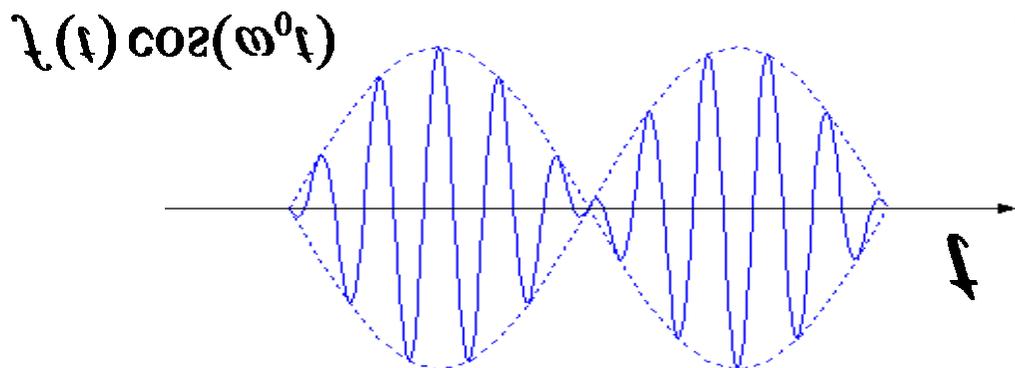
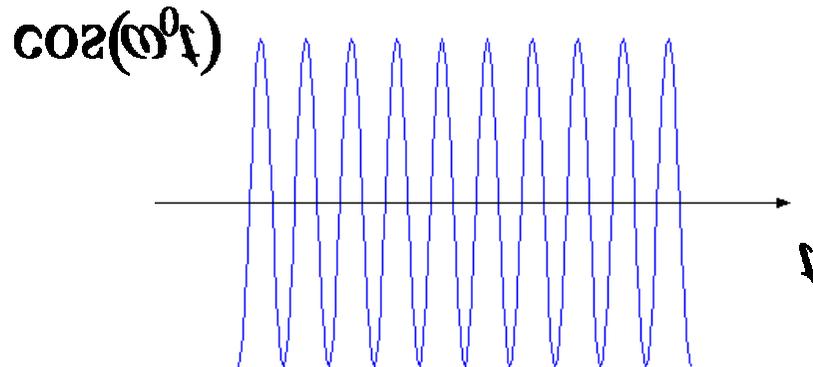
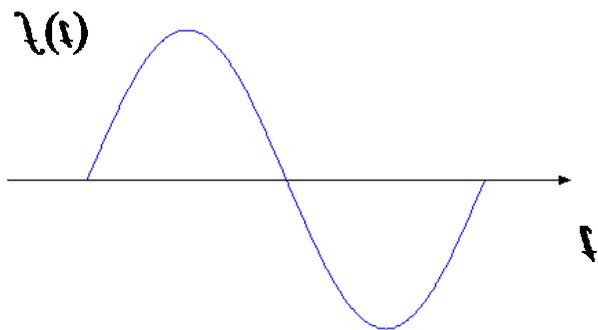


$$f_c(t) = [A_0 + f(t)] \cos \omega_0 t$$

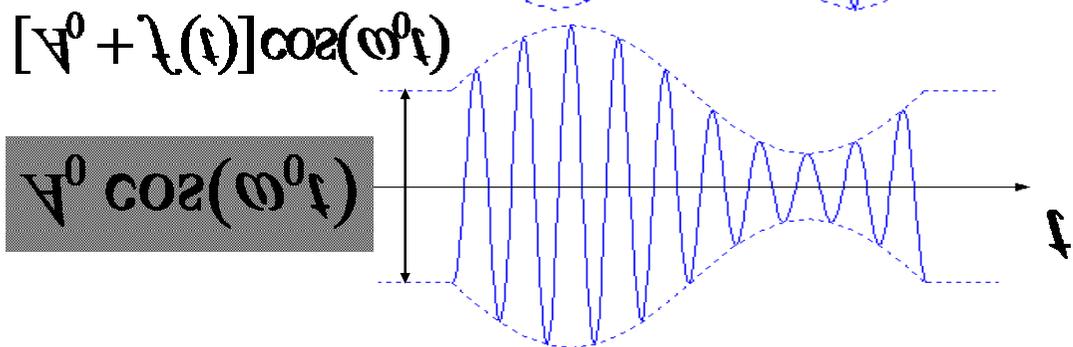


$$F_c(\omega) = A_0 \pi [\delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0)] + \frac{1}{2} [F(\omega + \omega_0) + F(\omega - \omega_0)]$$

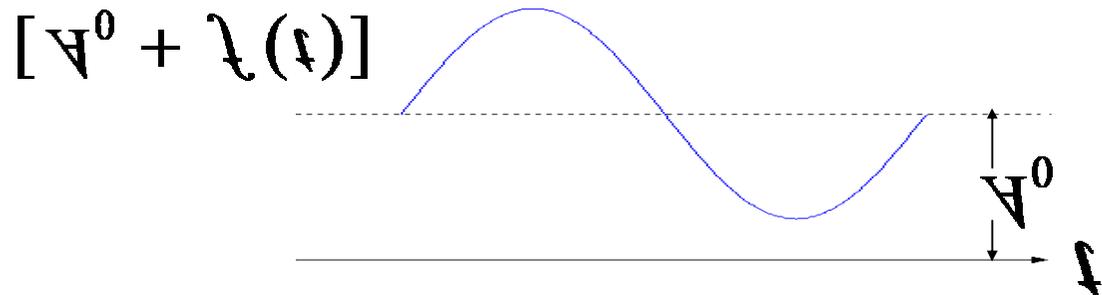




A_0 的选取:
保证 $A_0+f(t)$ 大于0



调幅指数: $m=K/A_0$
 K 为 $f(t)$ 的最大幅值,
 $K < A_0$



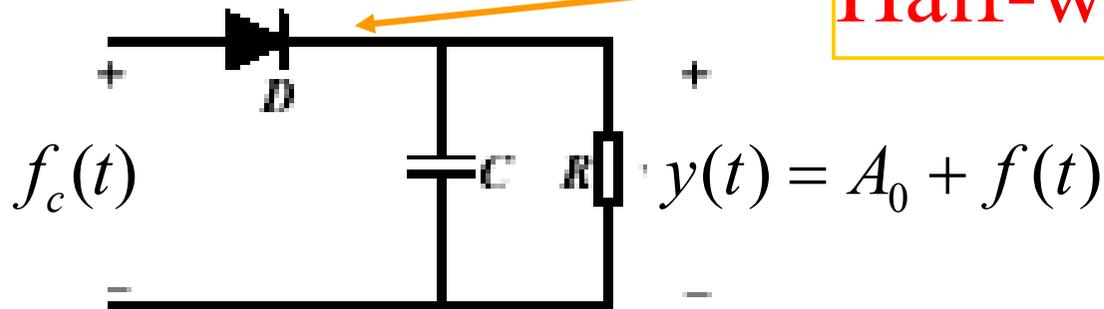
$m < 1$

AM的解调——包络检波

- 接收端不需要本地载波
- 简单低通电路提取包络

Envelope detection

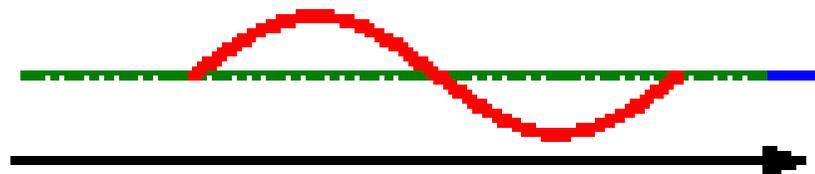
Half-wave rectifier



解调



$$A_0 + f(t)$$



4.10 频分多路复用和时分多路复用

复用： 在一个信道上传输多路信号。 Multiplexing

频分复用（**FDM**） **Frequency-division Multiplexing**

时分复用（**TDM**）

空分复用（**SDM**）

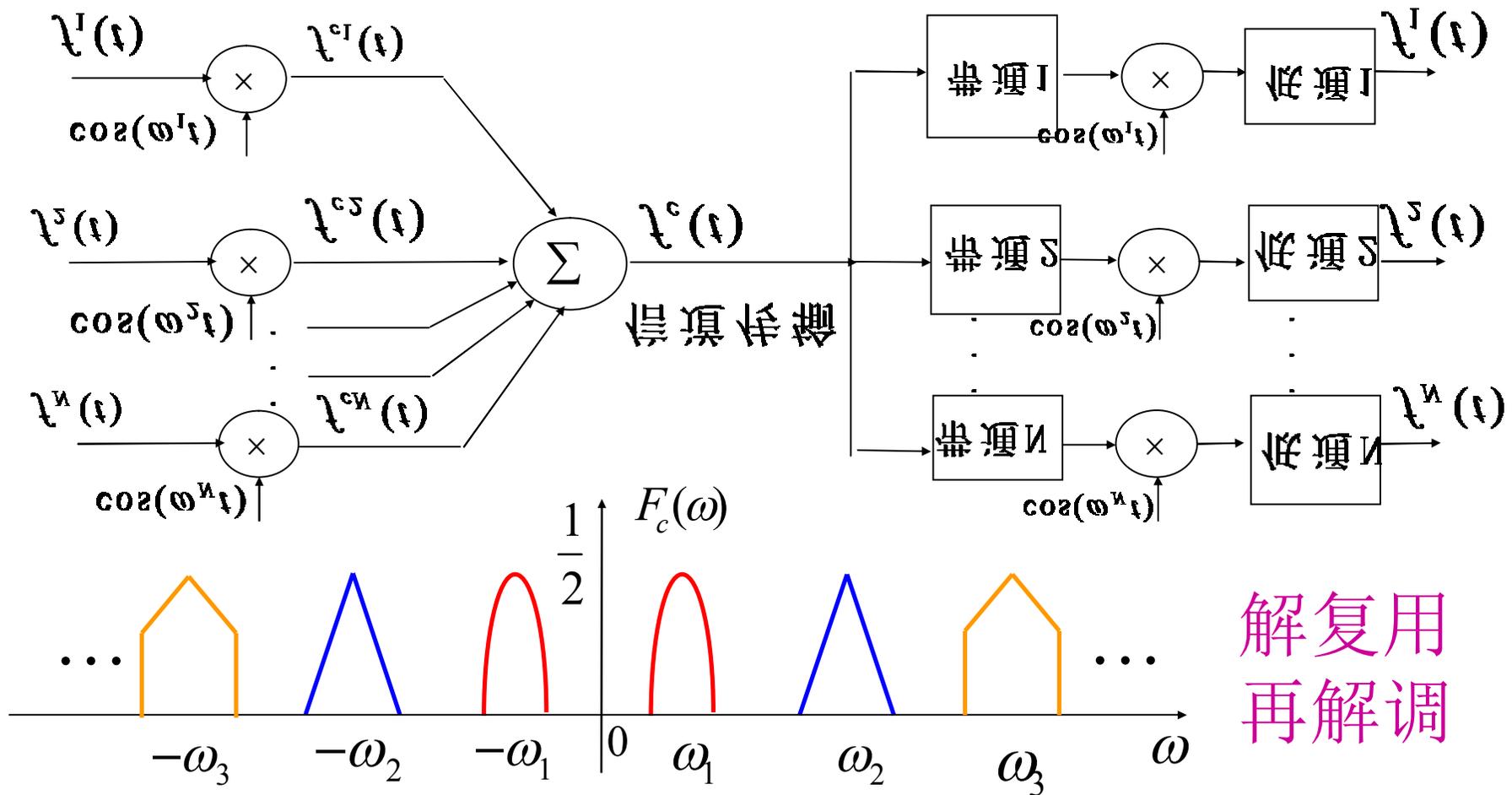
波分复用（**WDM**）

码分复用（码分多址）（**CDMA**）

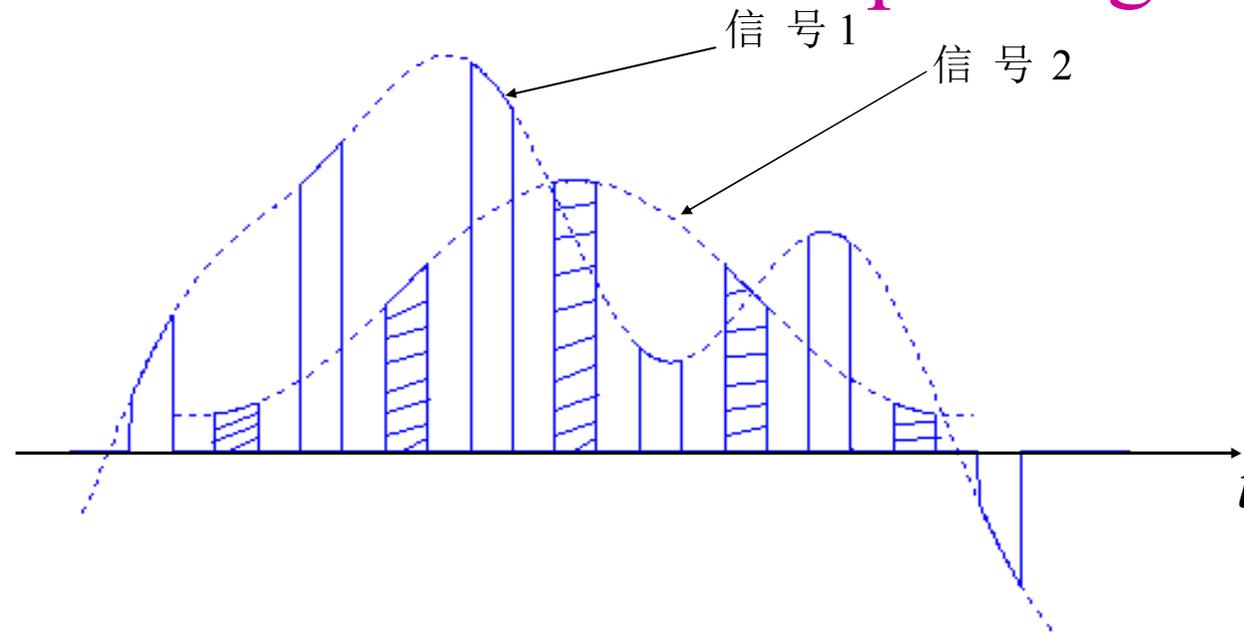
Code Division Multiple Access

频分复用： 以频段分割的方法在一个信道内实现多路通信的传输体制。

4.10.1 频分多路复用 (FDM) Frequency-division Multiplexing



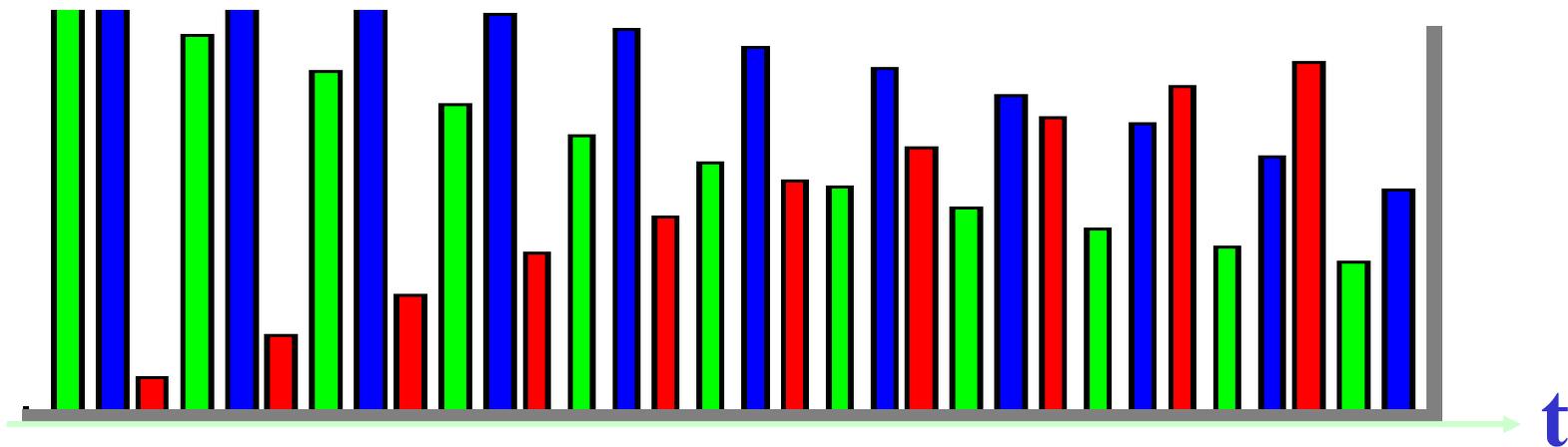
4.10.2 时分多路复用 (TDM) Time-division Multiplexing



❖ 每路信号都要符合**抽样定理**

Time Division Multiplexing (TDM)

- 主要用于数字信号的传输和接入
- 把传输信道按时间进行分割成不同的时间段
- 每部分时间段称为时隙 (Time Slot)
- 占用较少的频率资源，设备量少



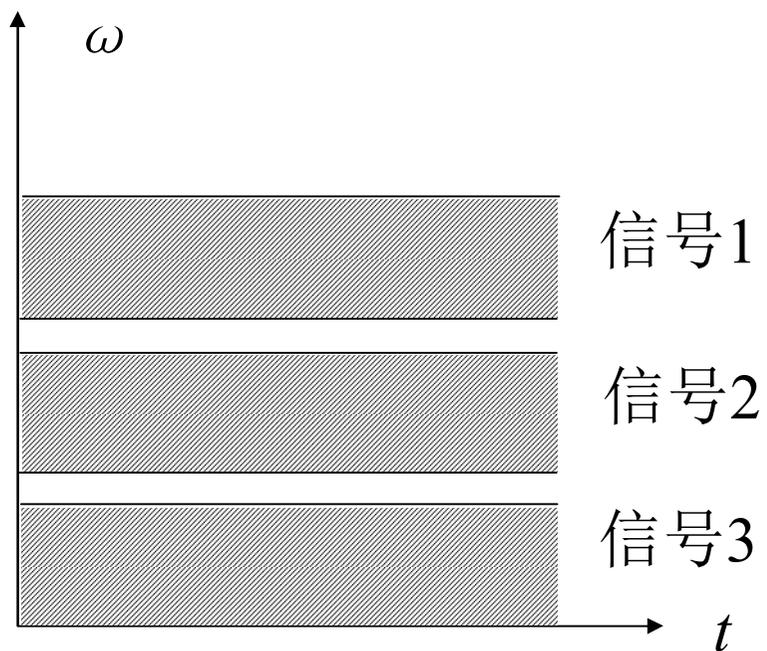
- | | |
|---|----------|
| <ul style="list-style-type: none">• 固定时隙：绿、蓝、红三个信源。• 竞争时隙：e.g. 共享总线。 | 频带
相同 |
|---|----------|

EX: 市话通信标准:

PCM信号速率: $8\text{bit} * 8\text{kHz} = 64 \text{ Kbit/s}$

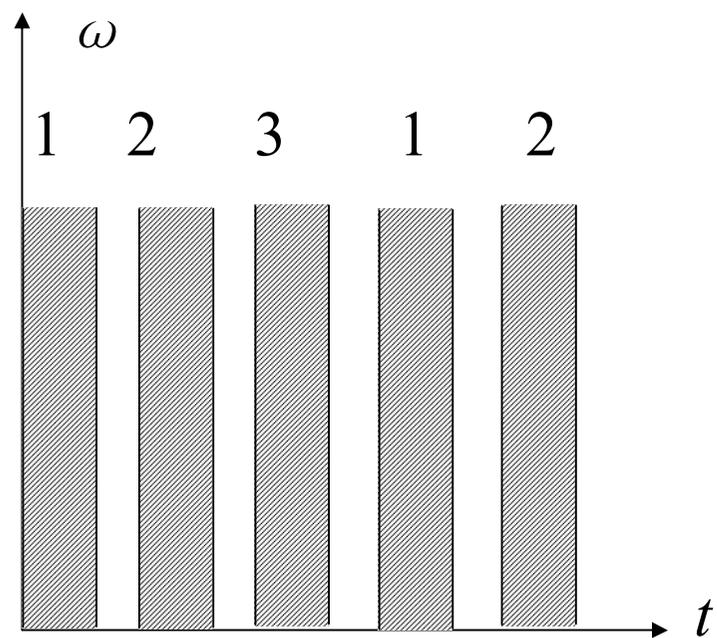
一个基群32路信号, 30路话音, 1路同步, 1路控制

基群速率: $32 * 64 \text{ Kbit/s} = 2.048\text{Mbit/s}$



FDM

时域共用



TDM

频域共用

Homework

- 4.17 更正: $f(t)=[3+\cos 10t]\cos(1000t)$
- 4.27