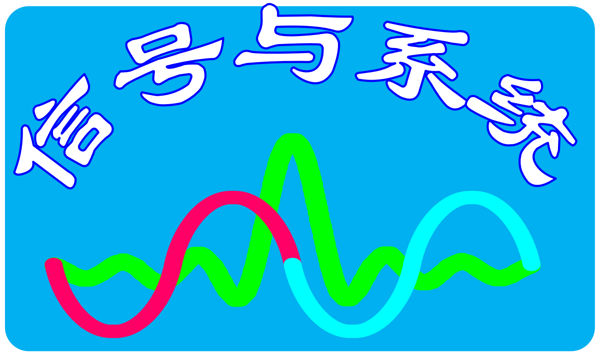


一、信号取样定理

二、调制与解调

课程目标

- 掌握信号取样的基本原理
- 掌握幅度调制及解调的基本思想，会画频谱图。（考点）

一、取样定理

取样定理论述了在一定条件下，一个连续信号完全可以用离散样本值表示。这些样本值包含了该连续信号的全部信息，利用这些样本值可以恢复原信号。可以说，取样定理在连续信号与离散信号之间架起了一座桥梁。为其互为转换提供了理论依据。

- 信号的取样
- 取样定理

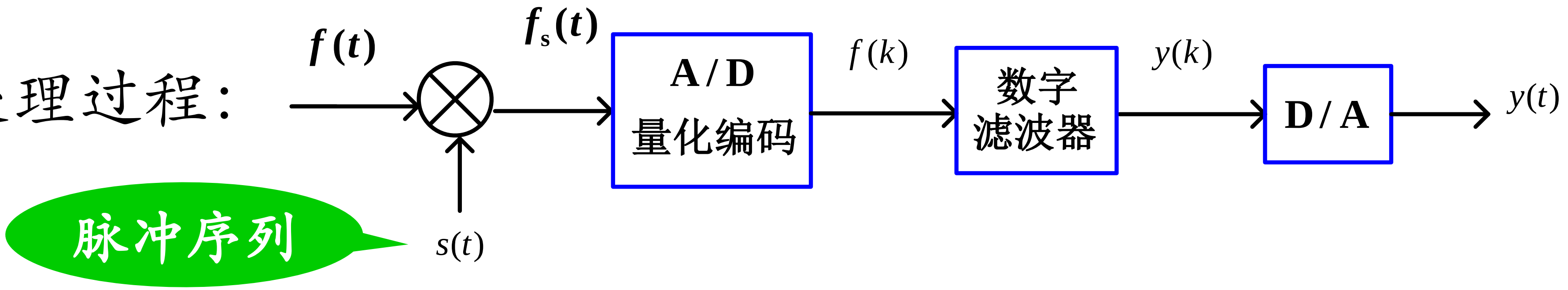
1.信号的取样

所谓“取样”就是利用取样脉冲序列$s(t)$从连续信号$f(t)$中“抽取”一系列离散样本值的过程。

这样得到的离散信号称为取样信号$f_s(t)$。

它是对信号进行数字处理的第一个环节。

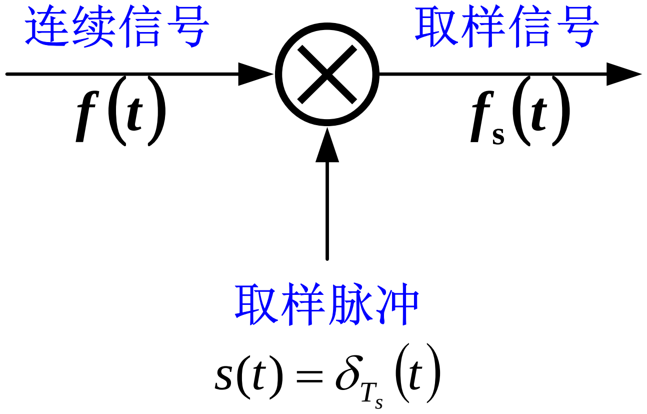
数字处理过程：



需要解决的问题：

- $F_s(j\omega)$与$F(j\omega)$的关系
- 由$f_s(t)$能否恢复$f(t)$?

2.理想取样（周期单位冲激取样）



$$f(t) \longleftrightarrow F(j\omega) \quad (-\omega_m < \omega < \omega_m)$$

$$s(t) \longleftrightarrow S(j\omega)$$

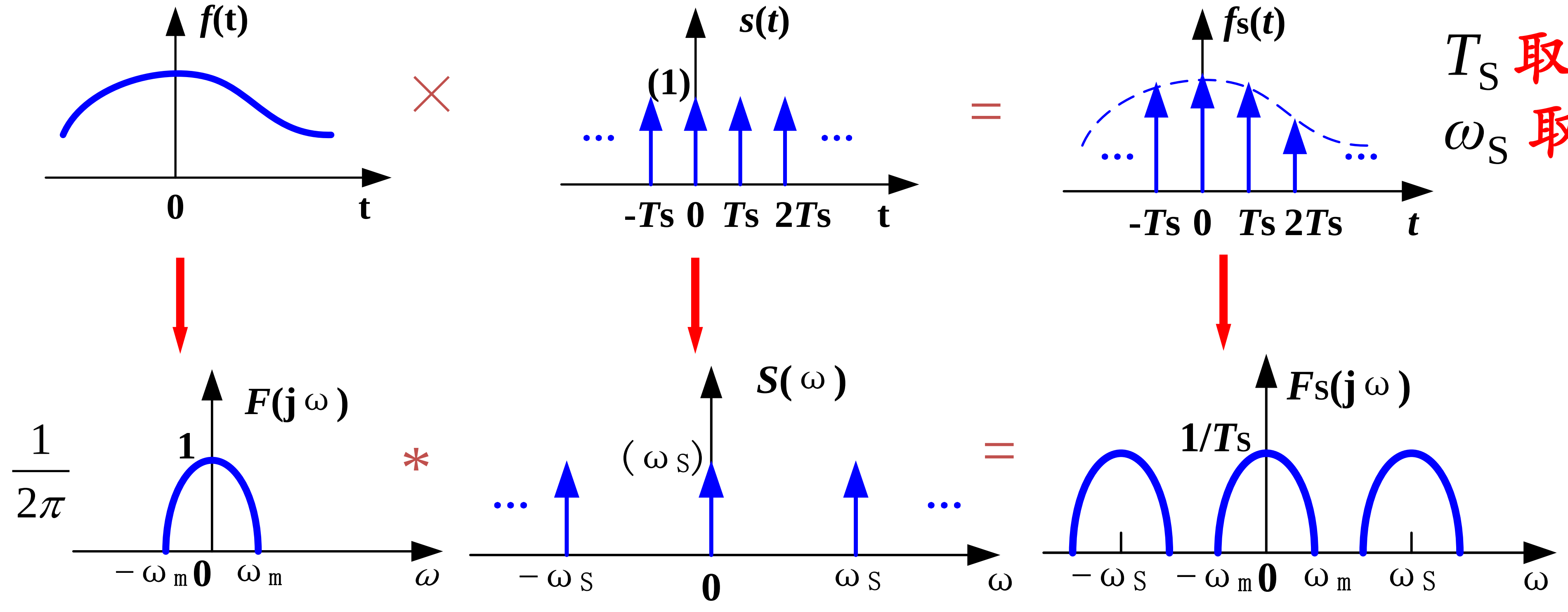
$$f_s(t) \longleftrightarrow F_s(j\omega)$$

$$s(t) = \delta_{T_s}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT) \leftrightarrow S(j\omega) = \omega \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - n\omega)$$

$$f(t) = f(t)\delta_{T_s}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT)\delta(t - nT)$$

$$F(j\omega) = \mathrm{F}\left[f(t)\delta_{T_s}(t)\right] = \frac{1}{2} F(j\omega) * \omega_S \delta_{\omega}(\omega) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F[j(\omega - n\omega)]$$

3.冲激取样信号的频谱



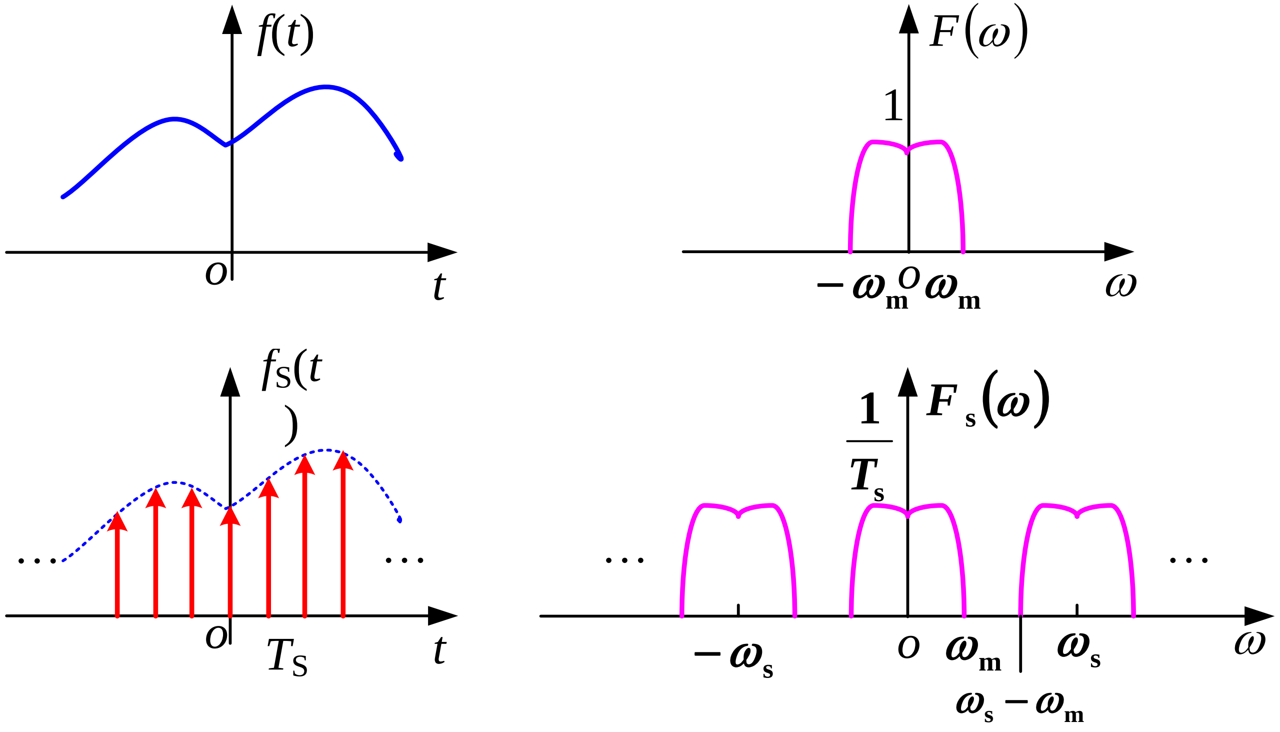
T_S 取样间隔

ω_S 取样角频率

画f_S(t)的频谱时， 设定$\omega_S \geq 2\omega_m$,这时其频谱不发生混叠，因此能设法(如利用低通滤波器)，从F_S(jω)中取出F(jω)，即从f_S(t)中恢复原信号f(t); 否则将发生混叠。

4.时域取样定理

一个频谱在区间（$-\omega_m$，ω_m）以外为0的带限信号$f(t)$，可唯一地由其在均匀间隔T_s [$T_s \le 1/(2f_m)$] 上的样点值$f(kT_s)$确定。



恢复

奈奎斯特(Nyquist) 频率和间隔

注意：为恢复原信号，必须满足两个条件：

（1）$f(\mathrm{t})$必须是带限信号；

（2）取样频率不能太低，必须$f_s \geq 2f_m$，

或者说，取样间隔不能太大，必须$T_s \leq 1/(2f_m)$；

否则将发生混叠。

通常把最低允许的取样频率$f_s=2f_m$称为奈奎斯特（Nyquist)频率；

把最大允许的取样间隔$T_s=1/(2f_m)$称为奈奎斯特间隔。

二、调制与解调

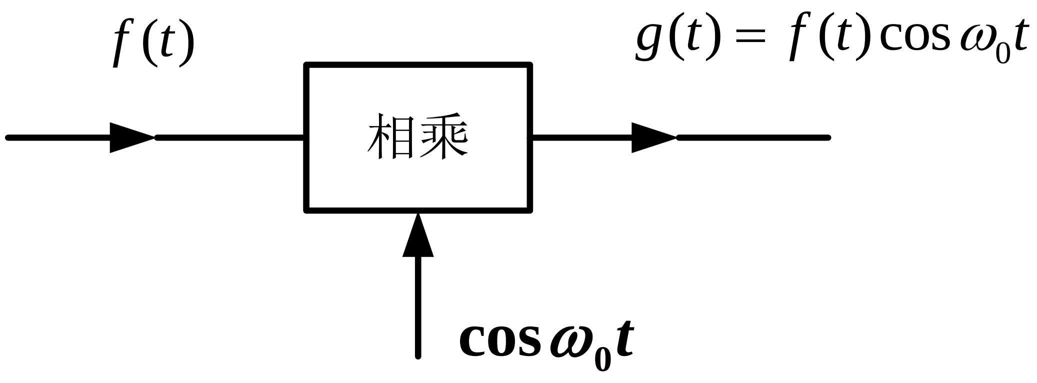
1.调制

定义：将信号的频谱搬移到任何所需的较高频段上的过程，使它们互不重叠地占据不同的频率范围。

它为在一个信道中传输多对通话提供了依据，这就是利用调制原理实现“多路复用”。

调制的方法：调幅(AM)、调相(PM)、调频(FM)

2.幅度调制



原理方框图

$f(t)$:调制信号

$g(t)$: 已调信号

$\cos\omega_0 t$: 载波信号

ω_0: 载波角频率

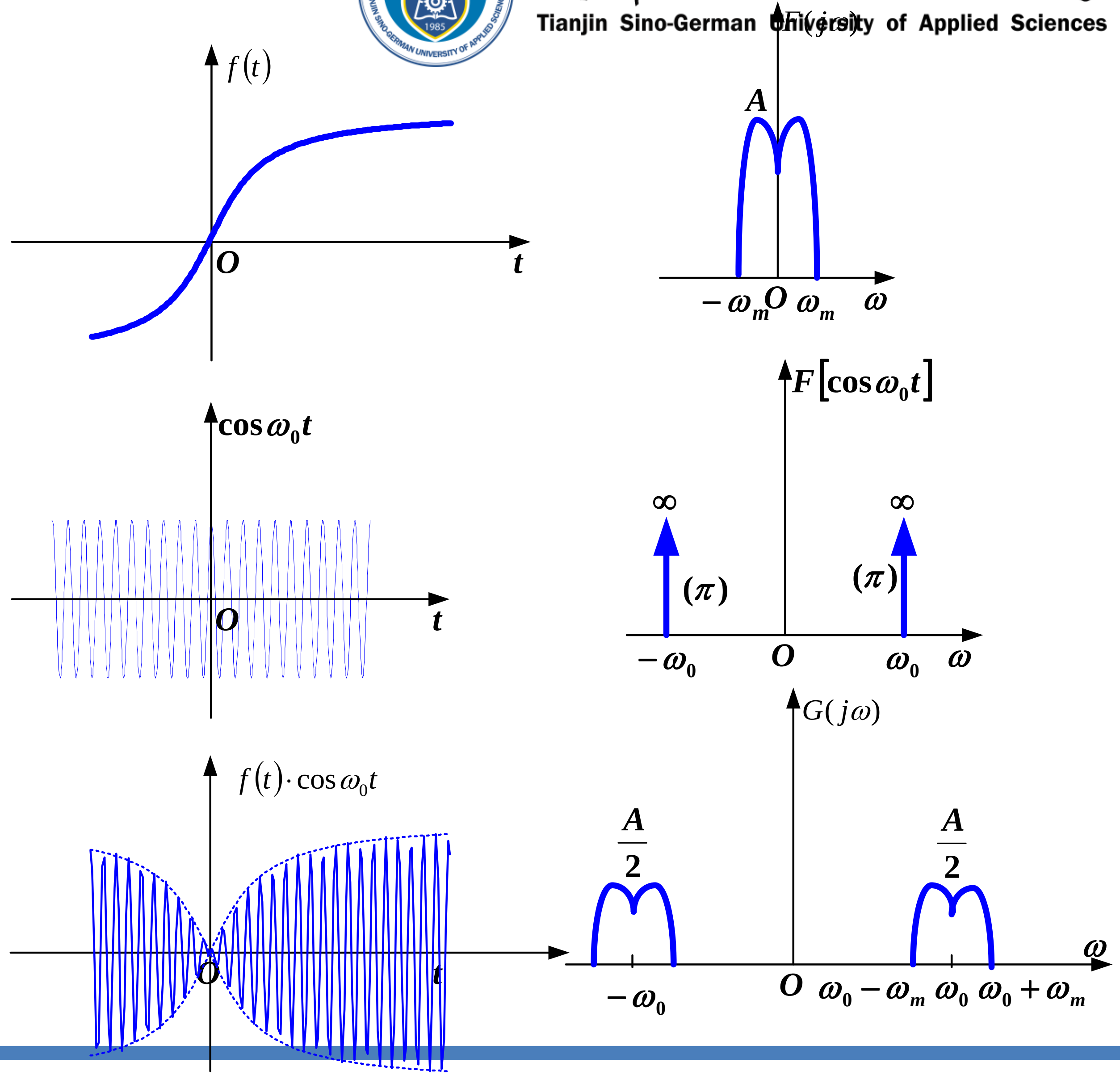
频谱结构

$$|\omega| > \omega_m 时, |G(\omega)| = 0$$

$$g(t) = f(t) \cdot \cos\omega_0 t$$

$$\omega_0 >> \omega_m$$

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



$$g(t)=f(t)\cdot\cos\omega_0 t \;\underline{\underline{\text{欧拉公式}}}\; \frac{1}{2}f(t)\left[e^{j\omega_0 t}+e^{-j\omega_0 t}\right]$$

频移性质

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

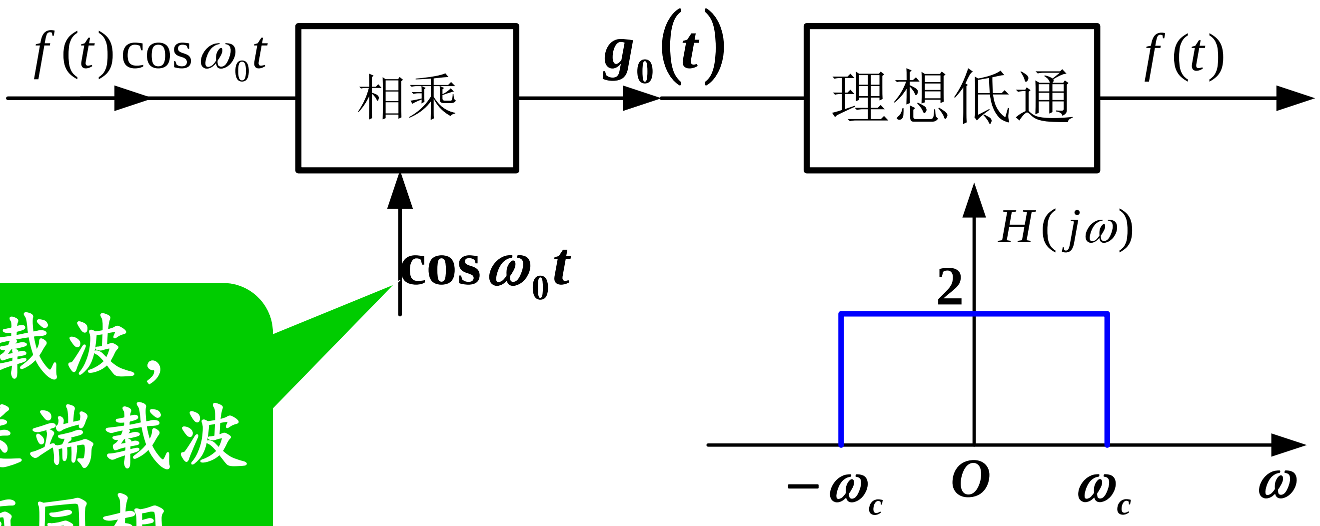
$$g(t)=f(t)\cos\omega_0 t \xleftrightarrow{\text{卷积定理}}$$

$\mathscr{F}[\cos\omega_0 t]$

$$\frac{1}{2\pi}F(j\omega)*\left[\pi\delta(\omega-\omega_0)+\pi\delta(\omega+\omega_0)\right]$$

3.解调

将已调信号恢复成原来的调制信号的过程。



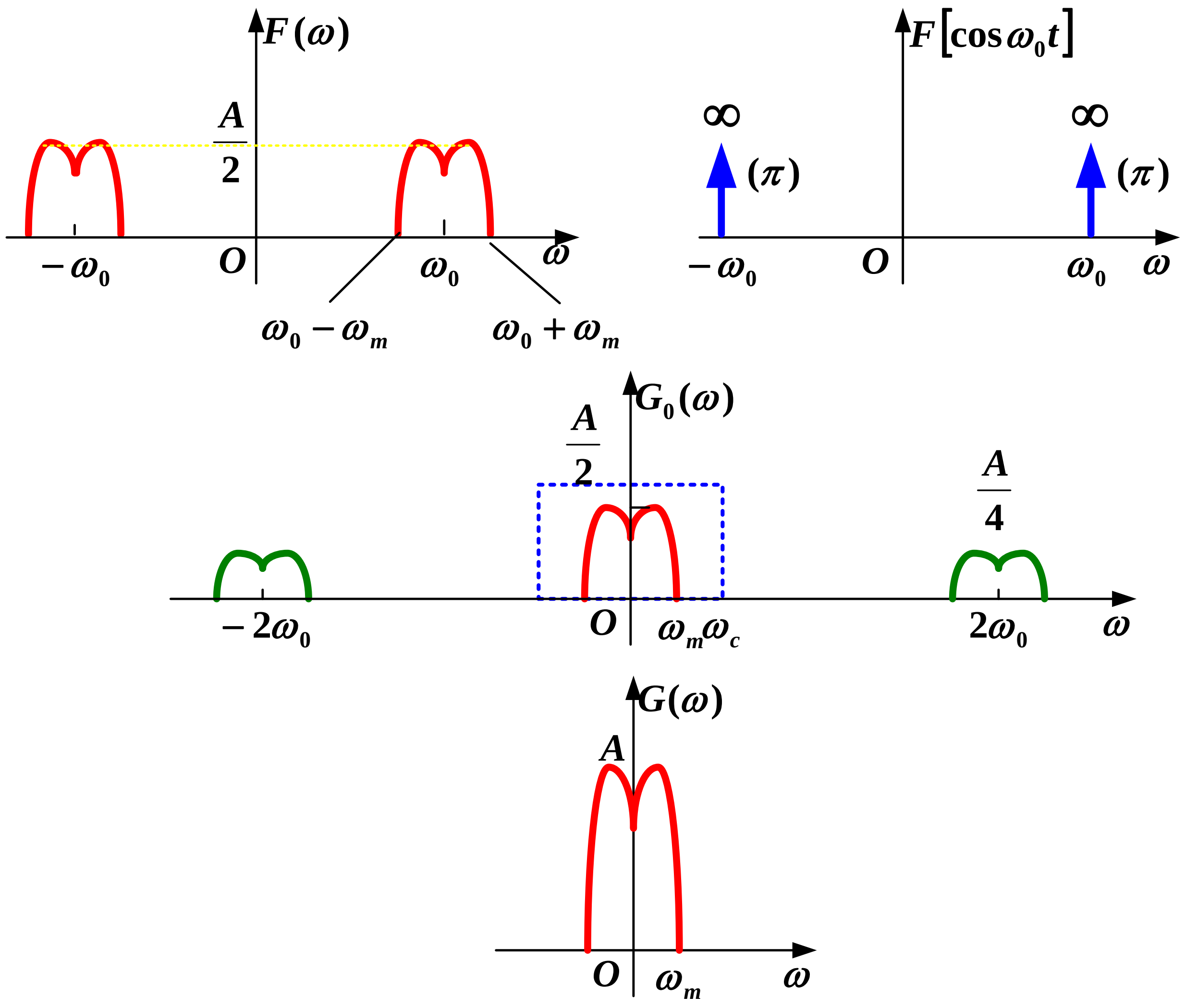
本地载波，
与发送端载波
同频同相

$$\omega_m < \omega_c < 2\omega_0 - \omega_m$$

$$g_0(t) = f(t)\cos^2\omega_0 t = \frac{1}{2}f(t)[1+\cos 2\omega_0 t]$$

$$G_0(j\omega) = \frac{1}{2}F(j\omega) + \frac{1}{4}F[j(\omega-2\omega_0)] + \frac{1}{4}F[j(\omega+2\omega_0)]$$

频谱结构



$F(\omega)$
$\frac{A}{2}$
$-\omega_0$
O
ω_0
ω
$\omega_0-\omega_m$
$\omega_0+\omega_m$
$F[\cos\omega_0 t]$
∞
(π)
∞
(π)
$-\omega_0$
O
ω_0
ω
$G_0(\omega)$
$\frac{A}{2}$
$\frac{A}{4}$
$-2\omega_0$
O
$\omega_m\omega_c$
$2\omega_0$
ω
$G(\omega)$
A
O
ω_m
ω

上述解调器称为乘积解调，需要在接收端产生与发送端频率相同的本地载波（同步解调），这将使接收机复杂化。因此，可采用如下方法以省去本地载波。在发送端的发射信号中加入一定强度的载波信号$A\cos\omega_0 t$，即合成发射信号为:

$$[A+f(t)]\cos\omega_0 t$$

如果A足够大，对于全部的t，A+g(t)>0,已调制信 号的包络就是A+g(t)。这时。利用包络检波器就可以恢复出g(t)。这种方法技术简单，价格低，常用于民用通讯设备。

总结

本节课我们主要讨论了

（1）信号取样的基本原理，掌握了时域波形及频谱变化的物理意义。

（2）幅度调制及解调的基本思想。

课后习题：4.8、4.14

预 习

下节课我们将要讨论调制与解调

（1）请思考，抽样定理的物理意义是什么？

（2）请思考，调制与解调的物理意义是什么？