

通信原理

D11-3009 专属

Author: Anand Zhang

[资源地址](#)

客观题

1. 与模拟通信相比，数字通信的优点：

- 抗干扰能力强，可靠性高
- 体积小，功耗低，易于集成
- 便于进行各种数字信号处理
- 有利于实现综合业务传输
- 便于保密

2. 区分线性调制和非线性调制：

调制方式			用途
连续载波调制	线性调制	常规双边带调幅 AM	广播
		抑制载波双边带调幅 DSB	立体声广播
		单边带调幅 SSB	载波通信、无线电台、数传
		残留边带调幅 VSB	电视广播、数传、传真
	非线性调制	频率调制 FM	微波中继、卫星通信、广播
		相位调制 PM	中间调制方式
	数字调制	幅度键控 ASK	数据传输
		频率键控 FSK	数据传输
		相位键控 PSK、DPSK、QPSK 等	数据传输、数字微波、空间通信
		其他高效数字调制 QAM、MSK 等	数字微波、空间通信
脉冲调制	脉冲模拟调制	脉幅调制 PAM	中间调制方式、遥测
		脉宽调制 PDM (PWM)	中间调制方式
		脉位调制 PPM	遥测、光纤传输
	脉冲数字调制	脉码调制 PCM	市话、卫星、空间通信
		增量调制 DM	军用、民用电话
		差分脉码调制 DPCM	电视电话、图像编码
		其他语言编码方式 ADPCM、APC、LPC	中低数字电话

3. 通信系统按信号复用方式分类：频分复用、时分复用、码分复用。

4. 从消息传输的角度来说，通信的 有效性 与 可靠性 是主要的性能指标。

有效性：消息传输的“速度”问题；可靠性：消息传输的“质量”问题。

这是两个相互矛盾的问题，这对矛盾通常只能根据实际需求取得相对统一。

5. 码元传输速率 R_s ：每秒钟传输的码元个数，单位波特（Baud），记作B。码元传输速率简称传码率/符号速率。

$$R_s = \frac{1}{T_s}(\text{Baud})$$

T_s 为码元间隔。

6. 信息传输速率 R_b ：单位时间内传递的信息量或比特数，单位比特/秒，记为bit/s。信息传输速率简称传信率/比特率。

对于二进制数字通信系统，传输的是**二进制码元**。系统的信息速率在数值上等于码元速率，但两者的含义不同。

对于 M 进制数字系统：

$$R_b = R_s * \log_2 M(\text{bit/s})$$

7. 频带利用率 η ：传输速率与频带宽度之比，即单位频带内的传输速率。

$$\eta = \frac{R_s}{B}(\text{Baud/Hz})$$

或

$$\eta = \frac{R_b}{B}(\text{bit/(s * Hz)})$$

B 为所需信道带宽。

8. 信道一般有两种定义：狭义信道和广义信道。

狭义信道：通常把发送设备和接受设备之间用以传输信号的 **传输媒介** 定义为狭义信道。

广义信道：**除了传输媒介外**，还可以包括有关的转换器，通常将这种扩大了范围的信道称为广义信道。

广义信道也可分为：**调制信道** 和 **编码信道**。

调制信道中传输的为模拟信号，编码信道中传输的为数字信号。

9. 基带信号经过 调制后/解调前 的信号为已调信号。
10. 信道对信号的影响可归纳为：**乘性干扰** $k(t)$ 、**加性干扰** $n(t)$ 。
11. 调制信道分为：恒参信道、随参信道。

恒参信道： $k(t)$ 可看成不随时间变化或变化缓慢的一类信道

随参信道： $k(t)$ 是随时间变化随机变化的信道

12. 随参信道特点（了解？）
- 信号的损耗随时间随机变化
 - 信号传输的时延随时间随机变化
 - 多径传播

13. 信道容量

设信道带宽B(Hz)，信号功率为S(W)，加性高斯噪声功率为N(W)，则可以证明该信道的信道容量为

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

这个式子就是香农公式，它的另一种形式：

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{n_0 B} \right)$$

14. 调制

定义：通过基带信号改变载波的某个参数，实现基带信号的频谱搬移。

目的：1. 基带信号转化为频带信号(已调信号) 2. 提高信道利用率 3. 增强抗干扰能力

15. 通过对载波参数进行改变可以把调制分为：**调幅(幅度)**、**调频(频率)**、**调相(相位)**。

16. 线性调制：振幅调制 (AM)、双边带调制 (DSB)、单边带调制 (SSB)、残留边带调制 (VSB)。

它们的频带宽度(带宽)比较：AM = DSB > VSB > SSB。

17. 实现模拟信号数字化需要进行**抽样**、**量化**和**编码**。

模拟信号数字化会造成信号失真，但是不会造成干扰。

18. 低通抽样定理：一个频带限制在 $(0, f_H)$ 内的时间连续信号 $m(t)$ ，如果抽样频率 f_s 大于或等于 $2f_H$ ，则可以由样值序列 $m_s(t)$ 无失真的重建原始信 $m(t)$ 。

19. 非均匀量化的优点/目的：

- 当输入量化器的信号具有非均匀分布的概率密度时，非均匀量化器的输出端可得较高的平均信号量化噪声功率比。
- 非均匀量化时，量化噪声功率的均方根值基本上与信号抽样值成正比。因此，量化噪声对大、小信号的影响大致相同。即改善小信号时的量化噪声比。

20. 美国采用 μ 压缩律，我国和欧洲各国采用 A 律压缩 (A 压缩律)。

21. 脉冲编码调制 (PCM)：把模拟信号变换为数字信号的一种调制方式。

原理：**首先**，对模拟信号进行抽样，将时间和幅值都连续的模拟信号转化为时间离散、幅值连续的抽样信号。**然后**，对抽样信号进行量化，将时间离散、幅值连续的抽样信号转换为时间和幅值都离散的量化信号。**最后**，进行编码，将时间和幅值都离散的量化信号转换为二进制数字信号。

22. 抽样判决器 (P153)：它的作用是在信道特性不理想及有噪声干扰的情况下，正确恢复出原来的基带信号 (了解)。抽样判决采用**位同步信号**。

23. 区分基带信号常见码型：

- 二元码
- 三元码 P157：有正负的
- HDB3 码

24. 为什么产生码间串扰？

由于系统传输总特性不理想，导致前后码元波形畸变展宽，使前面波形出现很长的拖尾，蔓延到当前抽样信号从而对码元的判决造成干扰。

25. 怎么消除码间串扰？

最好让前一个码元的波形在到达后一个码元抽样判决时刻已衰减到 0。

26. 使用示波器观察眼图。P179

27. 时域均衡：能减少码间串扰的影响。

28. 数字调制和模拟调制比较：

相同点：

- 载波相同，都是对正弦载波进行调制

- 调制目的相同，都是把基带信号频谱搬移到正弦载波频率附近，以便与信道频率特性相匹配。
- 调制参数相同，由于正弦波有振幅、频率和相位3个参量，因而相应地两者都有振幅调制（AM、ASK）、频率调制（FM、FSK）、相位调制（PM、PSK）3中调制方式。

不同点：

类型	调制信号	调制过程	解调过程
模拟调制	模拟信号（连续取值）	以调制信号对载波参量作连续调制	对已调载波的参量作连续估值
数字调制	数字信号（离散取值）	以载波参量的离散状态来表征数字信号	对已调载波的离散参量进行检测

29. 二进制数字调制系统比较 P238

2FSK 是带宽最大，频带利用率最小。

30. 与二进制调制相比，多进制数字调制的优点是可以提高频带利用率 η_b 。

主观题

1. 2-3 设一恒参信道的幅频特性和相频特性分别为：

$$|H(\omega)| = K_0$$

$$\varphi(\omega) = -\omega t_d$$

其中， K_0 和 t_d 是常数。试确定信号 $s(t)$ 通过该信道后的输出信号的时域表达式。

解：传输函数： $H(\omega) = |H(\omega)|e^{j\varphi(\omega)} = K_0 e^{-j\omega t_d}$

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_0 e^{-j\omega t_d} e^{j\omega t} d\omega$$

$$= \frac{K_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{j\omega(t-t_d)} d\omega$$

由于 $s(t - t_d) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t_d} e^{j\omega t} d\omega$

则 $s(t) = K_0 s(t - t_d)$

输出信号 $y(t) = s(t) * h(t) = K_0 s(t - t_d)$

相关：

傅立叶变换对：

$$s(t) \rightleftharpoons 1$$

$$s(t - t_0) \rightleftharpoons e^{-j\omega t_0}$$

$$1 \rightleftharpoons 2\pi s(\omega)$$

$$e^{j\omega t} \rightleftharpoons 2\pi s(\omega - \omega_0)$$

2. 2-4 设一恒参信道的传输特性为 $H(\omega) = [1 + \cos\omega T_0]e^{-j\omega t_d}$ ，其中， t_d 是常数。试确定信号 $s(t)$ 通过该信道后的输出信号表达式。

解：

$$\begin{aligned}
 H(\omega) &= [1 + \cos\omega T_0]e^{-j\omega t_d} \\
 &= e^{-j\omega t_d} + \cos\omega T_0 * e^{-j\omega t_d} \\
 &= e^{-j\omega t_d} + \frac{1}{2}(e^{j\omega T_0} + e^{-j\omega T_0})e^{-j\omega t_d}
 \end{aligned}$$

$$h(t) = s(t - t_d) + \frac{1}{2}s(t - t_d + T_0) + \frac{1}{2}s(t - t_d - T_0)$$

则输出信号： $y(t) = s(t) * h(t) = s(t - t_d) + \frac{1}{2}s(t - t_d + T_0) + \frac{1}{2}s(t - t_d - T_0)$

相关：

欧拉公式：

$$\begin{aligned}
 e^{j\omega t} &= \cos\omega t + j\sin\omega t \\
 e^{-j\omega t} &= \cos\omega t - j\sin\omega t
 \end{aligned}$$

3. 【例 3-1】已知调制信号 $m(t) = \cos(2000\pi t)$ ，载波为 $2\cos 10^4\pi t$ ，分别写出AM、DSB、USB和LSB信号的表达式，并画出频谱图。

解：

AM信号：

$$\begin{aligned}
 s_{AM}(t) &= 2[A_0 + \cos(2000\pi t)] * \cos 10^4\pi t \\
 &= 2A_0\cos 10^4\pi t + \cos(1.2 * 10^4\pi t) + \cos(0.8 * 10^4\pi t)
 \end{aligned}$$

DSB信号：

$$\begin{aligned}
 s_{DSB}(t) &= 2\cos(2000\pi t) * \cos 10^4\pi t \\
 &= \cos(1.2 * 10^4\pi t) + \cos(0.8 * 10^4\pi t)
 \end{aligned}$$

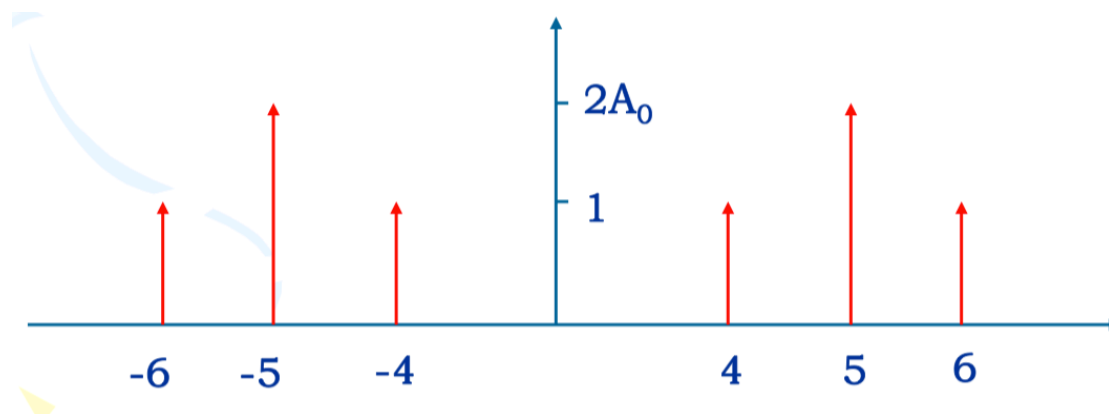
USB信号：

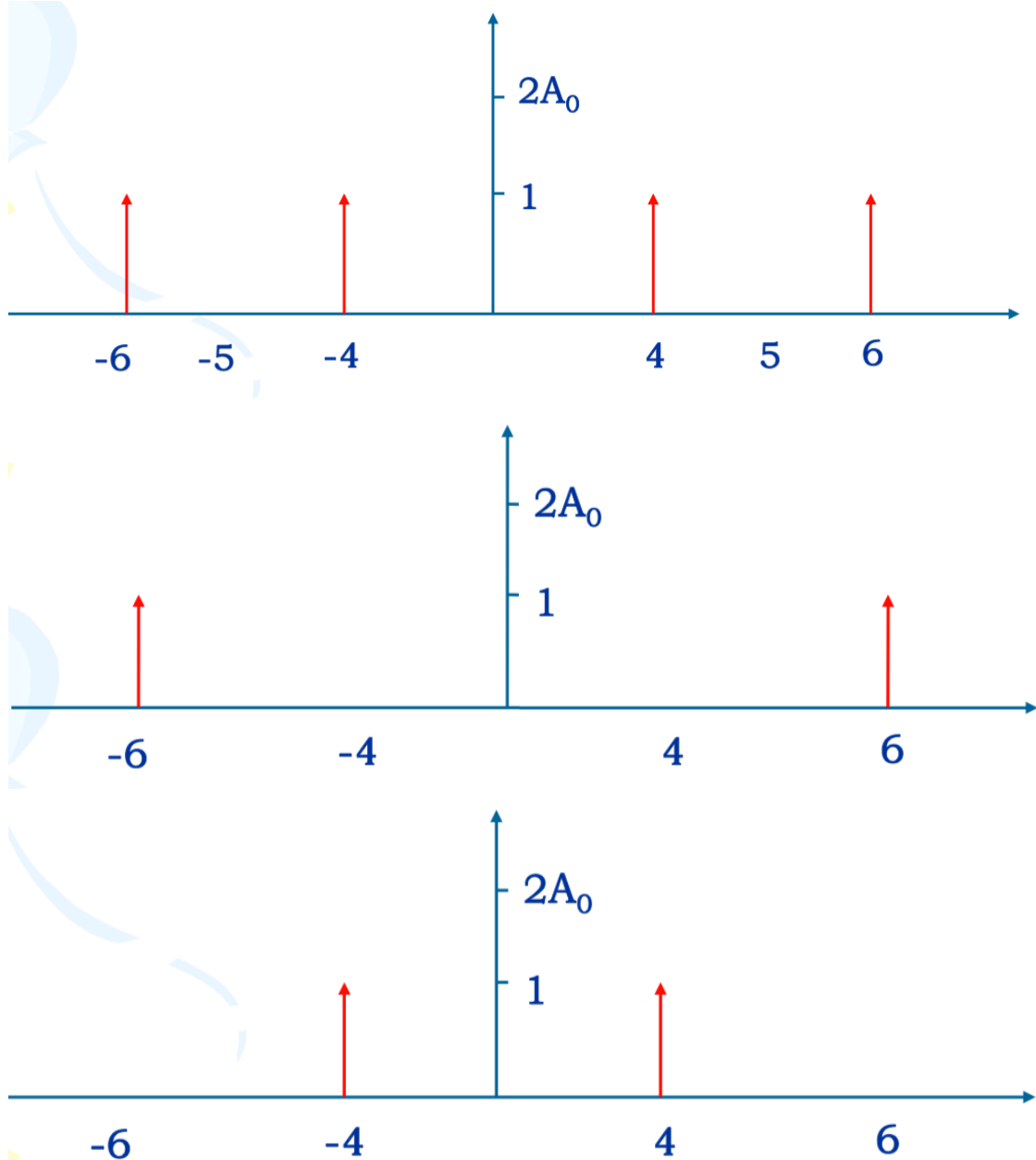
$$s_{USB}(t) = \cos(1.2 * 10^4\pi t)$$

LSB信号：

$$s_{LSB}(t) = \cos(0.8 * 10^4\pi t)$$

其频谱图分别如图：





USB 上边带；LSB 下边带。

$$\omega = 2\pi f \text{ 去求 } f = \frac{\omega}{2\pi}$$

cos里进行比较：大就是USB

4. 【例 3-3】已知某单频调频波的振幅是10V，瞬时频率为 $f(t) = 10^6 + 10^4 \cos 2\pi * 10^3 t (Hz)$ ，试求：1.此调频波的表达式 2.此调频波的频率偏移、调频指数和频带宽度 3.若调制信号频率提高到 $2 * 10^3 Hz$ ，调频波的频偏、调频指数和频带宽度如何变化？

解：

1.

该调频波的瞬时角频率为：

$$\omega(t) = 2\pi f(t) = 2\pi * 10^6 + 2\pi * 10^4 \cos 2\pi * 10^3 t \quad (rad/s)$$

此时，该调频波的总相位 $\theta(t)$ 为：

$$\theta(t) = \int_{-\infty}^t \omega(\tau) d\tau = 2\pi * 10^6 t + 10 \sin 2\pi * 10^3 t$$

因此，调频波的时域表达式：

$$s_{FM}(t) = A\cos\theta(t) = 10\cos(2\pi * 10^6 t + 10\sin 2\pi * 10^3 t) \quad (V)$$

2.

根据频率偏移的定义：

$$\Delta f = |\Delta f|_{max} = |10^4 \cos 2\pi * 10^3 t|_{max} = 10(kHz)$$

调频指数为：

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{10^4}{10^3} = 10$$

满足 $m_f \gg 1$ ，认为是宽带调频，因此由 $B_{WBFM} \approx 2(m_f + 1)f_m = 2(\Delta f + f_m)$ 得：

$$B = 2(\Delta f + f_m) = 2 * (10 + 1) = 22(kHz)$$

3. 根据题意调频信号的频率偏移仍然是 $\Delta f = 10kHz$ ，此时调频指数：

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{10^4}{2 * 10^3} = 5$$

相应的调频信号的带宽为：

$$B \approx 2(\Delta f + f_m) = 2 * (10 + 2) = 24(kHz)$$

所以调制信号频率 f_m 增加了一倍，但调频信号的带宽B变化很小。

5. 【例 4-2】设输入信号抽样值 $I_s = +1200\Delta$ (Δ 为一个量化单位，表示输入信号归一化值的 $1/2048$)，采用逐次比较型编码器，按A律13折线编码成8位码 $C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7 C_8$ 。

① 确定极性码 C_1 ：由于输入信号抽样值 I_s 为正，故极性码 $C_1 = 1$ 。

② 确定段落码：由13折线的编码和量化电平表得 I_s 处于13折线8个段落中的第8段 $I_s > 1024\Delta$ ，所以段落码 $C_2 C_3 C_4$ 为“111”。

③ 确定段内码：由13折线的编码和量化电平表得第8段的量化间隔 $\Delta_8 = 64\Delta$ ， $I_s = 1024 + 64 * 2 + 48\Delta$ 的 I_s 处于序号为2的量化间隔，故段内码 $C_5 C_6 C_7 C_8$ 为“0010”。

则：PCM码组为11110010

6. P209 6-2