

数字基带传输系统 - 分章节总结

第1章：数字基带信号波形

1.1 基本表达式

- 通用数学表示：

$$s(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT_B)$$

- a_n ：第n个码元的电平取值
- $g(t)$ ：脉冲波形
- T_B ：码元持续时间

1.2 常见波形及特点

波形类型	电平特点	同步信息	直流分量
单极性不归零	0, +E	长连0/1时无	有
双极性不归零	-E, +E	长连0/1时无	0/1等概率时无
单极性归零	0, +E (<T_B)	长连0/1时无	有
双极性归零	-E, +E (<T_B)	有利于提取	0/1等概率时无
差分波形	电平变化表示信息	有利于提取，消除相位模糊	0/1等概率时无
多电平波形	多电平对应多位二进制	-	-

特点：多电平波形频带利用率高。

第2章：功率谱与线路编码

2.1 功率谱密度

- 一般表达式：

$$P_s(f) = \frac{\sigma^2}{T_s} |G_T(f)|^2 + \frac{\mu_a^2}{T_s^2} \sum_{m=-\infty}^{\infty} |G_T(\frac{m}{T_s})|^2 \delta(f - \frac{m}{T_s})$$

2.2 线路编码选择原则

- 无直流分量，限制带宽
- 包含定时信息，便于同步
- 透明性（与信源统计特性无关）
- 具有内在检错能力
- 高可靠性，低设备复杂度

2.3 常见码型

码型	编码规则	优点	缺点
AMI码	"1"交替为+1/-1，"0"不变	无直流，编解码简单，可检错	长连0时同步困难
HDB3码	4连0替换为000V或B00V	无直流，同步好，有检错能力	编码复杂
数字双相码	"0"→"01"，"1"→"10"	无直流，易同步，编码简单	带宽加倍
CMI码	"1"交替为"11"/"00"，"0"→"01"	无直流，易同步，编码简单	带宽加倍
nBmB码	n位二进制→m位二进制(m>n)	提高频带利用率	-
nBmT码	n位二进制→m位三元码	提高频带利用率	-

第3章：码间干扰(ISI)

3.1 数学表示

- 接收信号：

$$x(kT_B + t_0) = a_k h(t_0) + \sum_{n \neq k} a_n h[(k - n)T_B + t_0] + n_R(kT_B + t_0)$$

- 第一项：本码元贡献
- 第二项：码间干扰
- 第三项：噪声

3.2 无ISI条件

- 时域条件：

$$h(mT_B) = \begin{cases} 1, & m = 0 \\ 0, & m \neq 0 \end{cases}$$

- 频域条件（奈奎斯特第一准则）：

$$\sum_i H\left(\omega + \frac{2\pi i}{T_B}\right) = T_B, \quad |\omega| \leq \frac{\pi}{T_B}$$

3.3 余弦滚降特性

- 滚降系数： $\alpha = \frac{f_\Delta}{f_N}$
 - 系统带宽： $B = (1 + \alpha)f_N$
 - 频带利用率： $\eta = \frac{2}{1+\alpha}$ (Baud/Hz)
-

第4章：眼图分析

4.1 概念

- 多个码元波形在示波器上重叠形成的图形

4.2 观察指标

眼图特征	反映的系统性能
眼睛张开大小	ISI 强弱 (越大越好)
迹线清晰度	噪声大小 (越清晰越好)
垂直宽度	噪声畸变程度 (越细越好)
过零点变动范围	定时提取精度 (越小越好)
眼框斜率	对定时误差灵敏度 (越小越好)
噪声容限	系统抗噪声能力 (越大越好)

第5章：误码率与最佳接收

5.1 误码率基本公式

$$P_e = P(0)P(1|0) + P(1)P(0|1)$$

5.2 匹配滤波器

- 设计目标：最大化输出信噪比
- 冲激响应：
$$h(t) = s(T_B - t)$$
- 最大输出信噪比：
$$r_0 = \frac{2E}{n_0}$$

5.3 最佳接收机

- 最大似然准则：比较似然函数 $f_0(r)$ 与 $f_1(r)$
- 接收机结构：
 - 相关器形式：比较接收信号与 $s_0(t)$ 、 $s_1(t)$ 的相关性
 - 匹配滤波器形式：使用 $h_0(t) = s_0(T_B - t)$ 和 $h_1(t) = s_1(T_B - t)$

5.4 系统误码率

- 与信号相关性 ρ 有关：

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b(1-\rho)}{2n_0}} \right)$$

- 最佳情况： $\rho = -1$ (如双极性基带信号、2PSK)