

第一章

1. 设一信息源的输出由 128 个不同的符号组成, 其中 16 个出现的概率为 $1/32$, 其余 112 个出现概率为 $1/224$ 。信息源每秒发出 1000 个符号, 且每个符号彼此独立。试计算该信息源的平均信息速率。

解:

该信息源的平均信息量为

$$\begin{aligned} H(x) &= - \sum_{i=1}^M P(x_i) \log_2 P(x_i) \\ &= - \frac{16}{32} \log_2 \frac{1}{32} - \frac{112}{224} \log_2 \frac{1}{224} = 6.405 \text{ bit/符号} \end{aligned}$$

另由题意可知, 码元速率 $R_B = 1000\text{B}$, 所以该信息源的平均信息速率为 R_b 为

$$R_b = R_B \times H(x) = 6405 \text{ bit/s}$$

2. 信源分别以 $1/3, 1/6, 1/4, 1/4$ 的概率发出 4 个符号 s_0, s_1, s_2, s_3 。这些连续符号是统计独立的。计算该信源的熵。

解:

$$\begin{aligned} H(s) &= - \sum_{i=0}^3 P(S_i) \log_2 P(S_i) \\ &= - \left(\frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} + \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} \right) \\ &= 1.96 \text{ bit/符号} \end{aligned}$$

3. 设某四进制数字传输系统的信息速率为 2400b/s , 接收端在 0.5h 内共收到 216 个错误码元, 试计算该系统的误码率 P_e 。

解:

$$R_B = \frac{R_b}{\log_2 M} = 1200 \text{ Baud}$$

$$\text{误码率: } P_e = \frac{216}{1200 \times 1800} = 0.0001$$

第四章

1. 设一副彩色图片由 3×10^6 个像素组成, 每个像素有 16 个亮度等级, 并假设每个亮度等级等概率出现。现将该幅彩色图片在一信噪比为 20 dB 的信道中传输, 要求 4 分钟传完, 试计算所需的信道带宽。

解:

每个像素的信息量为: $I_p = \log_2 16 = 4 \text{ bit}$,

一副图片的信息量为: $I = 3 \times 10^6 \times I_p = 1.2 \times 10^7 \text{ bit}$,

该信道的信息速率为: $R_b = \frac{I}{4 \times 60} = 5 \times 10^4 \text{ bit/s}$,

因为要求信道容量 C_t 最小为 R_b , 所以由香农公式可得信道带宽最小为:

$$B = \frac{C}{\log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)} = \frac{5 \times 10^4}{\log_2(1 + 100)} \approx 7.51 \times 10^3 \text{ Hz}。$$

2. 设一幅黑白数字照片有 400 万个像素, 每个像素有 16 个亮度等级。若用 3kHz 带宽的信道传输它, 且信号噪声功率比等于 10dB, 试问需要多少传输时间?

解:

每个像素的信息量为: $\log_2 \frac{1}{16} = 4 \text{ bit/ 像素}$

照片包含的所有信息量为: $4 \times 400 \times 10^4 = 1.6 \times 10^7 \text{ bit}$

信噪比 $\frac{S}{N} = 10\text{dB} = 10^{10/10} = 10$, 信道带宽为 $3 \times 10^3 \text{ Hz}$

代入香农公式可求得信道的信道容量为:

$$C_t = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) = 3 \times 10^3 \times \log_2(1 + 10) = 10378.1 \text{ bit/s}$$

传输照片所需要的传输时间为: $\frac{1.6 \times 10^7}{10378.1} \approx 1542 \text{ s}$

3. 已知窄带噪声功率谱为 $P_n(f) = \begin{cases} \frac{n_0}{2}, & |f| < f_H \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$, 求噪声功率 P 。

解: $P = \int_{-f_H}^{f_H} \frac{n_0}{2} df = n_0 f_H$

第五章

1. 已知调制信号 $m(t) = \cos(2000\pi t)$, 载波为 $2\cos 10^4\pi t$, 分别求 AM、DSB 的时域表示式。

解:

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

2. 某频率调制信号为 $S_m(t) = 10\cos(2 \times 10^6\pi t + 10\cos 2000\pi t)$ 试确定:

- (1) 载波频率、调制信号频率;
- (2) 调频指数和信号带宽;

解:

(1) 载波频率: $f_c = \frac{2 \times 10^6 \pi}{2\pi} = 10^6 \text{ Hz}$

调制频率: $f_m = \frac{2000\pi}{2\pi} = 10^3 \text{ Hz}$

(2) 调频指数 $mf = 10$

卡森公式带宽 $B_{FM} = 2(mf + 1)f_m = 22 \times 10^3 \text{ Hz}$

3. 在宽带 FM 信号调制过程, 窄带 FM 信号经过倍频混频和倍频, 设调制信号是 $f_m = 15 \text{ kHz}$ 的单频余弦信号, NBFM 信号的载频 $f_1 = 200 \text{ kHz}$, 最大频偏 $\Delta f_1 = 25 \text{ Hz}$; 混频器参考频率 $f_2 = 10 \text{ MHz}$, 选择倍频次数 $n_1 = 64, n_2 = 16$ 。

- (1) 求 NBFM 信号的调频指数;
- (2) 求调频发射信号 (即 WBFM 信号) 的载频、最大频偏。

解:

(1) 窄带信号调频指数 $m_1 = \frac{\Delta f_1}{f_m} = \frac{25}{15 \times 10^3} = 1.67 \times 10^{-3}$

(2) 载频 $f_c = n_2(n_1 f_1 - f_2) = 16(64 \times 200 \times 10^3 - 10 \times 10^6) = 44.8 \text{ MHz}$

最大频偏 $\Delta f = n_1 n_2 \Delta f_1 = 64 \times 16 \times 25 = 25.6 \text{ kHz}$

第六章

1. 信息码为 101000010000110000101, 写出其 AMI 码和其 HDB3 码。

解:

AMI 码: -1 0 +1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 +1 -1 0 0 0 0 +1 0 -1

HDB3 码: -1 0 +1 0 0 0 +1 -1 0 0 0 -1 +1 -1 +1 0 0 +1 -1 0 +1

2. HDB3 码为-1 0 +1 0 0 0 +1 -1 0 0 0 -1 +1 -1 +1 0 0 +1 -1 0 +1, 试译出原信息码。

解:

原信息码: 101 0000 1 0000 11 0000 101

3. 已知一个三抽头的横向滤波器, 其抽头系数为 $C_{-1} = -0.1779$, $C_0 = 0.8897$, $C_1 = 0.2847$, 输入信号 $x(t)$ 在各抽样点的值依次为 $x_{-2} = 0, x_{-1} = 0.2, x_0 = 1, x_{+1} = -0.3, x_{+2} = 0.1$, 其余均为零。

(1) 求均衡器输出 $y(t)$ 在各抽样点上的值;

(2) 比较均衡前、后的峰值失真。

解:

(1) $N=1$, 由 $y_k = \sum_{i=-N}^N C_i x_{k-i}$ 可得:

$y_{-3} = 0, y_{-2} = -0.0356, y_{-1} = 0, y_0 = 1, y_1 = 0, y_2 = 0.00356, y_3 = 0.0285$

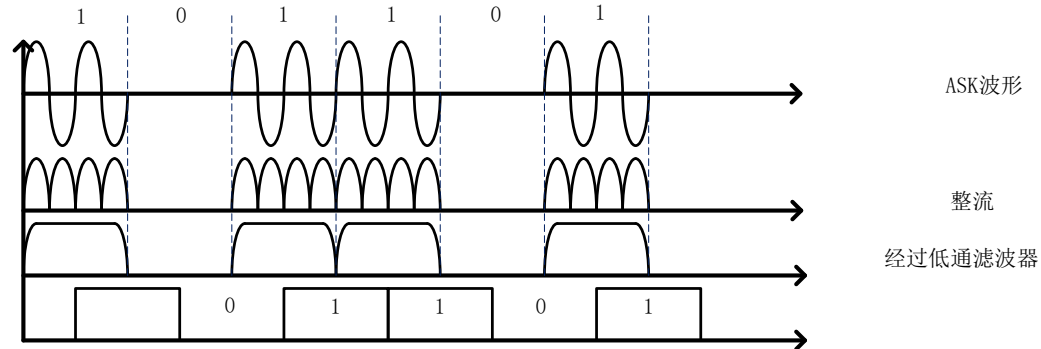
(2) 输入波形 $x(t)$ 的峰值失真为 $D_x = \frac{1}{x_0} \sum_{k=-\infty, k \neq 0}^{\infty} |x_k| = 0.6$

输出波形 $y(t)$ 的峰值失真为 $D_y = \frac{1}{y_0} \sum_{k \neq 0}^{\infty} |y_k| = 0.06766$

第七章

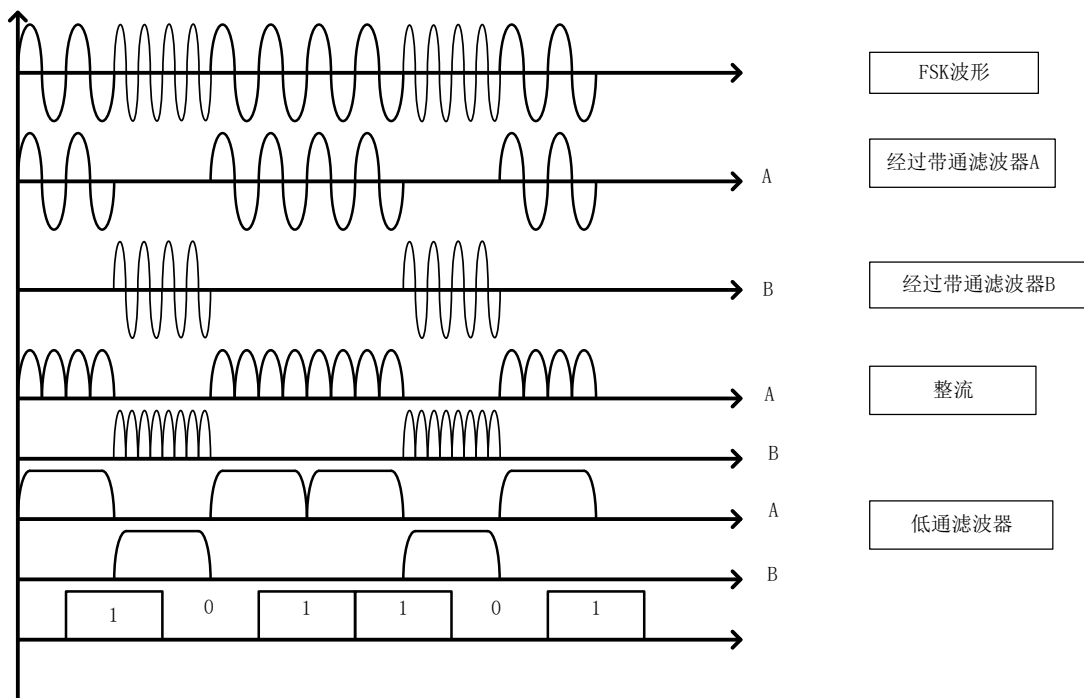
1. 设二进制信息为 101101，码元速率为 1200 波特，当载波频率为 2400Hz 时，试画出非相干解调的 2ASK 的波形。

解：



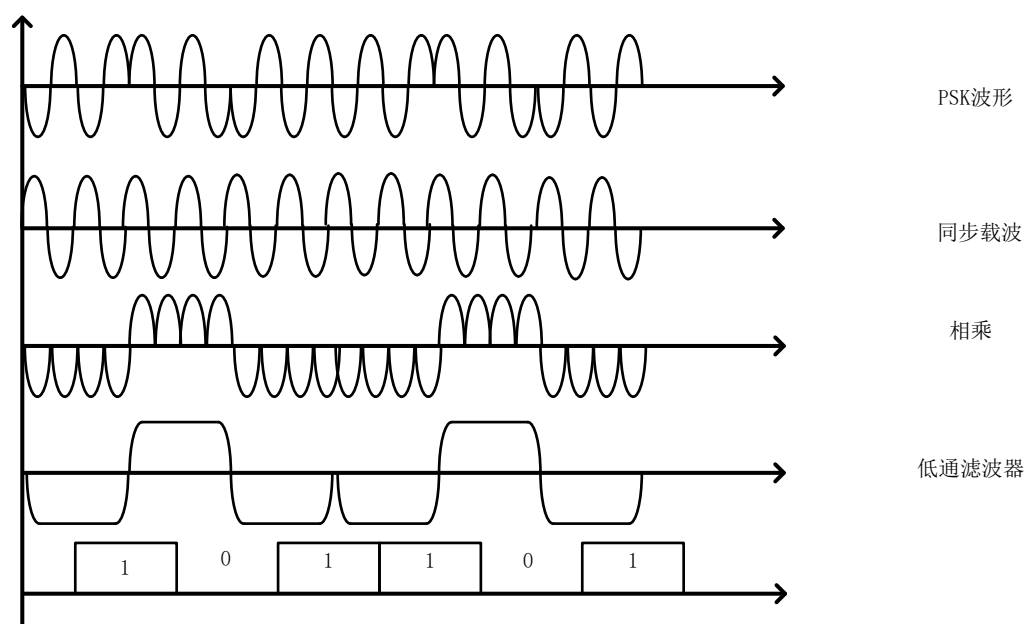
2. 设二进制信息为 101101，码元速率为 1200 波特，2FSK 的两个载波频率分别为 2400Hz 和 4800Hz，画出调制波形，并画出非相干解调的波形。

解：

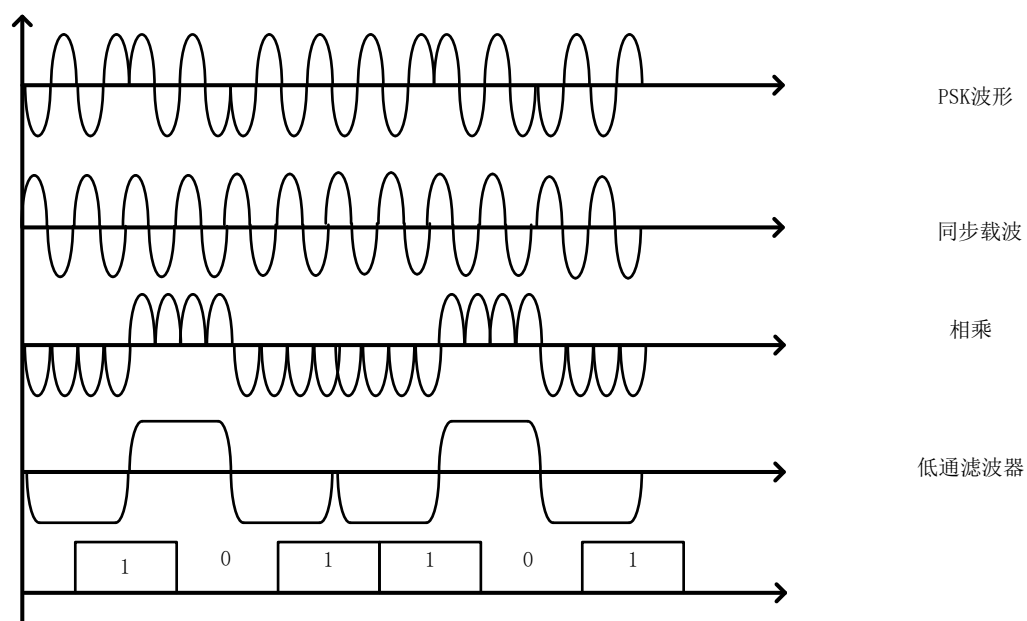


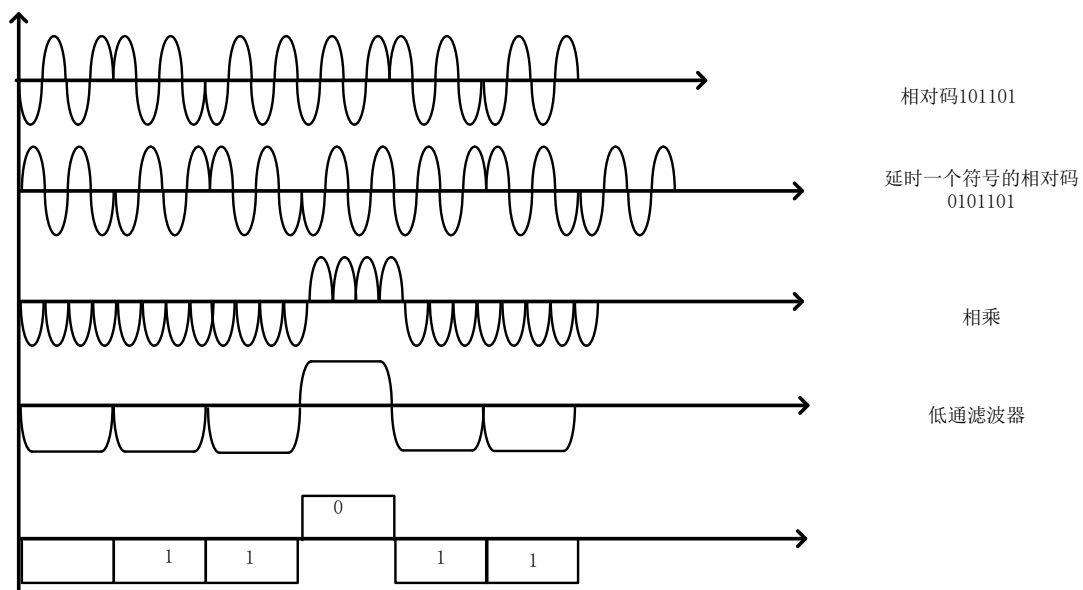
3. 设二进制信息为 101101，码元速率为 1200 波特，载波频率为 2400Hz，画出 PSK 的调制和相干解调过程。

解：



4. 设二进制信息为 111011，码元速率为 1200 波特，载波频率为 2400Hz，相对码初始 0，写出相对码，画出 DPSK 的调制，以及相干解调波形和差分相干解调法。
- 解：相对码：101101





第十一章

1. (7, 4) 汉明码生成矩阵为 $G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。

(1) 写出监督位的表达式。

(2) 已知消息码为 1001，求编码后的码字。

解：(1)

$$\begin{cases} a_2 = a_6 \oplus a_5 \oplus a_4 \\ a_1 = a_5 \oplus a_4 \oplus a_3 \\ a_0 = a_6 \oplus a_5 \oplus a_3 \end{cases}$$

(2) 编码后码字为 $A = [a_6 a_5 a_4 a_3] \cdot G = 1001110$

2. (7,4) 汉明码的监督矩阵为 $H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ ，收到的码字为 1000110，

写出解码结果。

校正子	错误图样
000	0000000
001	0000001
010	0000010
011	0001000
100	0000100
101	1000000
110	0010000
111	0100000

解：令 $B = [1000110]$ ，计算校正子 $H^T \cdot B$ 或 $H \cdot B^T$ 结果为 011

对照表发现错误图样为 0001000，加在 B 上得解码结果为 1001110