

## 习题 5

### 一、填空题（每空 2 分，共 16 分）

- 1、已知半占空 RZ 码基带信号的码元速率为 1 kBd，对其进行 2ASK 调制传输，所需的传输带宽为 4 kHz。（以下所有题，无单位或单位错误不给分）
- 2、对 NRZ 码基带信号进行 2FSK 调制，已知码元速率为 1 kBd，载波频率分别为 2 kHz 和 4 kHz，则码元频带利用率为 0.25 Bd/Hz。
- 3、对二进制代码序列采用双极性 NRZ 码编码后，进行 2PSK 调制传输，已知信道带宽为 10 kHz，则所允许的最高信息速率为 5 kbit/s。
- 4、代码序列 00110011 的传号差分码序列为 00100010，假设第一位码元为 0。
- 5、在 2ASK、2FSK、2PSK 中，可靠性最好的是 2PSK，可靠性最差的是 2ASK。
- 6、在 2DPSK 的差分相干解调中，信道输出信噪比为 4 dB，信道和接收机中 BPF 的带宽分别为 5 kHz 和 1 kHz，则误比特率为  $1.75 \times 10^{-6}$ ，传输 1 h 的错码个数为 3.2。

$$P_b = 1/2e^{-r}, r = 5 \times 10^{4/10} = 12.56, P_b = 1.75 \times 10^{-6}, \text{错码个数} = 3600 \times R_s \times P_b, R_s = 500 \text{ baud}$$

### 二、简单分析题（每小题 10 分，共 30 分）

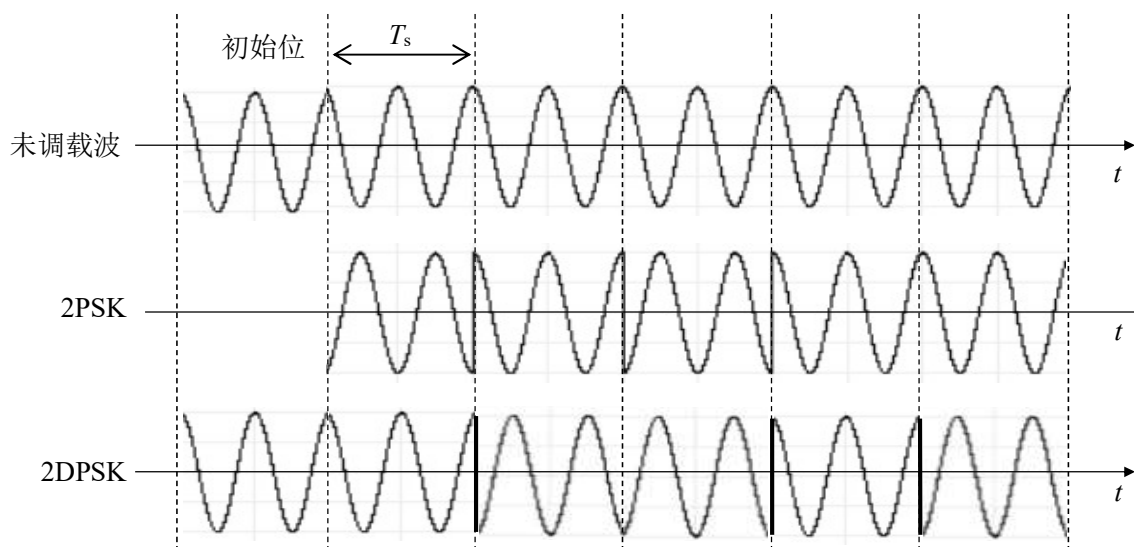
- 1、已知未调载波和 2PSK 信号的波形如图所示， $T_s$  为码元间隔，2PSK 的调制规则为“1 变 0 不变”。

绝对码

相对码 001101，再进行 2PSK 调制

- (1) 该 2PSK 信号对应的代码序列为 10100。（4 分）

- (2) 已知差分编码采用空号差分码，初始位为 0，画出相应的 2DPSK 信号波形。



每个码元 1 分，共 6 分

2、已知解调器输入端的峰值信噪比为 8 dB，分别计算 2ASK 和 2PSK 相干解调的误比特率，并进行比较。

解：  $r = 8 \text{ dB} = 10^{8/10} \approx 6.31$

则 2ASK,  $P_b = Q(\sqrt{r/2}) \approx Q(1.78) = 3.75 \times 10^{-2}$  (3 分)

2PSK,  $P_b = Q(\sqrt{2r}) \approx Q(3.55) = 1.93 \times 10^{-4}$  (3 分)

由此可见，在相同的接收条件下，2PSK 传输的可靠性高于 2ASK。(4 分)

3、已知信息速率为 16 kbps，基带信号采用  $\alpha=0.6$  的升余弦滚降信号，对其进行 256ASK 调制传输。

(1) 求已调信号带宽  $B$ ;

(2) 求信息频带利用率  $\eta_b$ 。

解：  $\eta_b = \eta_s \log_2 M = \frac{\log_2 256}{1 + \alpha} = 5 \text{ bit/s/Hz}$  (5分) 无单位分别扣2分

$B = \frac{R_b}{\eta_b} = \frac{16}{5} = 3.2 \text{ kHz}$  (5分)

### 三、综合分析计算题（每小题 18 分，共 54 分）

1、对 2ASK 信号进行非相干接收，已知基带信号为单极性 NRZ 码，码元速率  $R_s = 1 \text{ kbaud}$ ，信道噪声单边功率谱密度  $n_0 = 0.1 \text{ mW/Hz}$ 。

(1) 求所需的传输带宽  $B$ ;

(2) 为了使 1 min 内错码个数不超过 1，求误比特率  $P_b$ ;

(3) 假设信道传输没有损耗，求满足上述要求的发送载波幅度  $A$ ;

解：(1)  $B = 2R_s = 2 \text{ kHz}$

(2)  $P_b = \frac{1}{60 \times 1000} = 1.67 \times 10^{-5}$

(3) 由  $P_b = \frac{1}{2} e^{-r/4} = 1.67 \times 10^{-5}$  求得  $r \approx 41.23$

再由  $r = \frac{A^2 / 2}{\sigma^2} = \frac{A^2 / 2}{n_0 B}$  求得  $A = \sqrt{2n_0 B r} = \sqrt{2 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 \times 41.23} \approx 4.06 \text{ V}$

2、已知信源发送已调信号的振幅 $A = 1\text{ V}$ ，信道对信号衰减40 dB，接收端采用非相干解调，解调器输入噪声功率 $N = 4\text{ }\mu\text{W}$ 。要求传输1 s内错码个数不超过 $2.78 \times 10^{-4}$ 。

- (1) 在2ASK和2DPSK中**选择**一种合适的调制传输方案；
- (2) 如果分配的信道传输带宽为10 kHz，求码元速率 $R_s$ ；
- (3) 如果数字代码来自于对模拟信号的32电平线性PCM编码，求所允许的模拟信号的最高频率 $f_h$ 。

解：(1) 解调器输入端的信噪比为  $r = \frac{A^2}{2\sigma^2} = \frac{(1 \times 10^{-40/20})^2}{2 \times (4 \times 10^{-6})} = 12.5$

2ASK:  $P_{b1} = 1/2e^{-r/4} = 2.20 \times 10^{-2}$ ； 2DPSK:  $P_{b2} = 1/2e^{-r} = 1.86 \times 10^{-6}$  (4分)

要求 $P_b \leq 2.78 \times 10^{-4}$ ，因此应该采用2DPSK调制传输。(3分)

(2)  $R_s = \eta_s B = 0.5 \times 10 = 5\text{ kBd}$  (4分) 单位错误扣2分

(3) 32电平线性PCM编码输出的码元速率为  $R_s = 2f_h \log_2 32 = 10f_h$

由此求得  $f_h = R_s / 10 = 500\text{ Hz}$  (7分)

3、某2FSK传输系统中，两个载频分别为1.2 kHz、2 kHz，码元速率为400 Baud，并且0、1等概，发送信号的振幅为4V。信道对信号衰减20 dB，信道引入加性高斯白噪声的单边功率谱密度 $n_0 = 2\text{ }\mu\text{W/Hz}$ 。

- (1) 求2FSK信号的带宽 $B$ 和频带利用率 $\eta_s$ ；
- (2) 求采用非相干解调时的误比特率 $P_b$ ；
- (3) 根据上述计算过程，分析如何才能提高传输的可靠性？

解：(1)  $B = 2f_s + |f_2 - f_1| = 1.6\text{ kHz}$ ，  $\eta_s = f_s / B = 0.25\text{ baud/Hz}$  (6分)

(2) 解调器输入端的信噪比为  $r = \frac{A^2}{2\sigma^2} = \frac{(4 \times 10^{-20/20})^2}{2 \times (2 \times 10^{-6} \times 2 \times 400)} = 50$

则非相干解调时的误比特率为  $P_b = 1/2e^{-r/2} = 6.94 \times 10^{-12}$  (6分)

(3) 为提高可靠性，降低误比特率，可以增大接收端信号的振幅。

为此，可以(a)提高发送信号的振幅，(b)减少信道传输对信号的衰减，或者(c)降低码元速率以减小接收端BPF带宽和输入噪声功率。(6分)