1-2

（1）对于 M 个以概率 $P(x_i)$出现的符号 x_i，其平均信息量为

$$H(x)=-\sum_{i=1}^{M}P(x_i)\log_2 P(x_i)$$

等概时有最大平均信息量

$$H(x)=\log_2 M$$

因此第（1）问中的平均信息量为

$$H=-\frac{1}{4}\log_2\frac{1}{4}-\frac{1}{8}\log_2\frac{1}{8}-\frac{1}{8}\log_2\frac{1}{8}-\frac{3}{16}\log_2\frac{3}{16}-\frac{5}{16}\log_2\frac{5}{16}$$
$$\approx 2.23(\text{bit}/\text{符号})$$

（2）等概时每个符号的平均信息量为

$$H=\log_2 M=\log_2 5\approx 2.32(\text{bit}/\text{符号})$$

1-4

（1）每个字母包含 2 个二进制脉冲，每个脉冲宽度为 5ms，因此每个字母的持续时间（码元宽度）T=2×5=10ms，这样字母的传输速率（码元速率）为

$$R_\text{B}=\frac{1}{T}=\frac{1}{10\times10^{-3}}=100(\text{Baud})$$

当字母等概出现时，每个字母所含的平均信息量为

$$H=\log_2 4=2(\text{bit}/\text{符号})$$

平均信息速率为

$$R_\text{b}=R_\text{B}\cdot H=100\times2=200(\text{bit}/\text{s})$$

（2）此时每个字母所含的平均信息量为

$$H=-\frac{1}{5}\log_2\frac{1}{5}-\frac{1}{4}\log_2\frac{1}{4}-\frac{1}{4}\log_2\frac{1}{4}-\frac{3}{10}\log_2\frac{3}{10}$$
$$\approx 1.985(\text{bit}/\text{符号})$$

平均信息速率为

$$R_\text{b}=R_\text{B}\cdot H=100\times1.985=198.5(\text{bit}/\text{s})$$

1-8

（1）每个符号的平均信息量为 H=2.23(bit/符号)，码元速率为 R_B=1000Baud，则信息速率为

$$R_\text{b}=R_\text{B}\cdot H=1000\times2.23=2230(\text{bit}/\text{s})$$

传送 t=1h（3600s）的信息量 I 为

$$I=R_\text{b}\cdot t=2230\times3600=8.028\times10^{6}(\text{bit})$$

（2）等概时每个符号有最大平均信息量 H_{max}=$\log_2 5$≈2.32(bit/符号)，因此传送 1h 能够达到的最大信息量为

$$I_{max} = (R_B \cdot H_{max}) \cdot t = 1000 \times 2.32 \times 3600 = 8.352 \times 10^6 (\text{bit})$$

1-9

（1）二进制时

已知码元宽度为 T=0.5ms，则码元速率为

$$R_B = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.5 \times 10^{-3}} = 2000(\text{Baud})$$

独立等概时，每个二进制码元含有 1bit 信息，信息速率等于码元速率，即

$$R_b = R_B = 2000(\text{bit / s})$$

（2）四进制时，由于码元宽度不变，码元速率仍为

$$R_B = 2000(\text{Baud})$$

独立等概时，信息速率为

$$R_b = R_B \log_2 M = 2000 \times \log_2 4 = 4000(\text{bit/s})$$

注：码元速率仅与码元宽度有关；

对于独立等概的 M 进制码元，码元速率 R_B 与信息速率 R_b 间的关系为

$$R_b = R_B \log_2 M$$

1-10

四进制数字传输系统的码元速率为

$$R_B = \frac{R_b}{\log_2 M} = \frac{2400}{\log_2 4} = 1200(\text{Baud})$$

0.5h 内接收到的码元总数为 $N = 0.5 \times 3600 \times 1200 = 2.16 \times 10^6$(个)

已知错误码元数为 $N_e = 216$(个)

则误码率为

$$P_e = \frac{N_e}{N} = \frac{216}{2.16 \times 10^6} = 10^{-4}$$