

北京邮电大学 2011 年硕士研究生入学考试试题

考试科目：信息与通信工程专业综合

注意：(1)所有答案一律写在答题纸上，否则不计成绩；(2)不得使用计算器；(3)试卷最后一页有附录

第一部分 信号与系统 (60 分)

一、填空题 (共 10 分，每空 2 分)

- (1) 卷积 $f(t) * \delta(t-t_0) =$ _____，乘积 $f(t)\delta(t-t_0) =$ _____。
- (2) 已知两个级联的子系统的单位冲激响应分别为 $h_1(t)$ 和 $h_2(t)$ ，则激励为 $e(t)$ 时整个系统的零状态响应为 _____。
- (3) 已知信号 $f(t)$ 的傅立叶变换为 $F(\omega)$ ，则 $f(t)e^{j2t}$ 的傅立叶变换为 _____， $f(t) * [f(t)e^{j2t}]$ 的傅立叶变换为 _____。
- (4) 已知某系统的幅频特性和相频特性分别为图 1.1(a)、1.1(b)所示，则信号 $\sin(2t) \cdot \sin(3t)$ 经过该系统后是否产生失真？ _____。

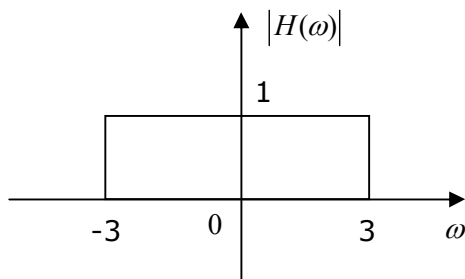


图 1.1(a)

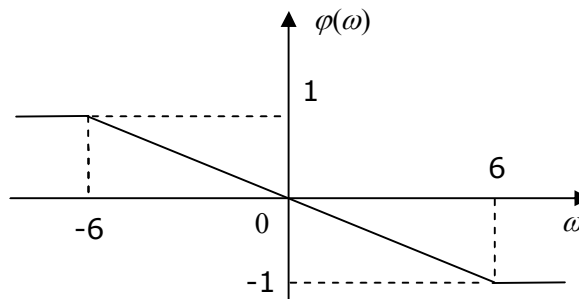


图 1.1(b)

- (5) 如果信号 $f(t)$ 的频带宽度为 B ，则 $f(2t)$ 的频带宽度为 _____。
- (6) 已知 $X(z)$ 的零极点图如图 1.2 所示，则当 $X(z)$ 的收敛域为 $|z| > 3$ 时，对应 _____ 序列；当 $X(z)$ 的收敛域为 $|z| < 1$ 时，对应 _____ 序列；当 $X(z)$ 的收敛域为 $1 < |z| < 3$ 时，对应 _____ 序列。

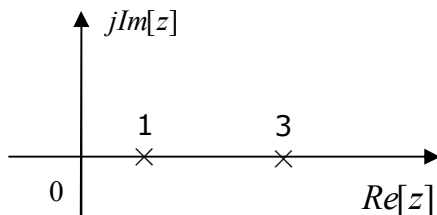


图 1.2

二、计算题 (共 20 分，每题 10 分)

- (1) 已知 $f_1(t)$ 和 $f(t)$ 的波形如图 2.1 所示， $f_1(t)$ 的傅里叶变换为 $F_1(\omega) = 2T \cdot \text{Sa}(\omega T)$ ，试利用傅里

叶变换的尺度变换、位移和线性性质求 $f(t)$ 的傅里叶变换。

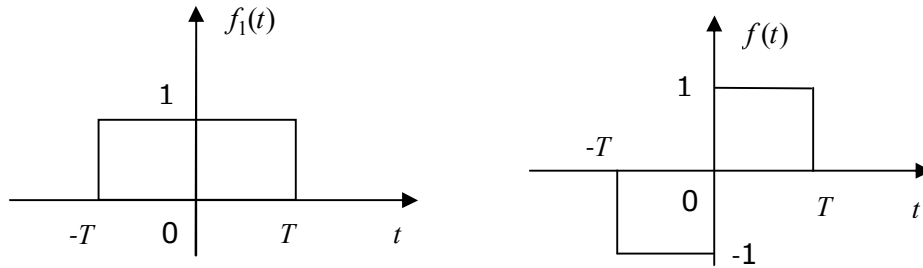


图 2.1

- (2) 已知某线性时不变系统在相同初始条件下, 当激励为 $e_1(t)$ 时的完全响应为 $r_1(t) = (2e^{-t} - e^{-3t})u(t)$, 当激励为 $0.5e_1(t)$ 时的完全响应为 $r_2(t) = (e^{-t} - 2e^{-3t})u(t)$, 试用时域方法求在相同初始条件下当激励为 $2e_1(t-1)$ 时的完全响应 $r_3(t)$ 。

三、综合题 (共 20 分, 每题 10 分)

- (1) 已知某线性时不变系统的微分方程为 $\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 4\frac{dy(t)}{dt} + 3y(t) = 2x(t)$ 。

- (a) 求该系统的系统函数, 画出零极点图并判断该系统是否稳定。
 (b) 求该系统的冲激响应。

- (2) 已知某线性离散因果系统框图如图 3.1 所示。

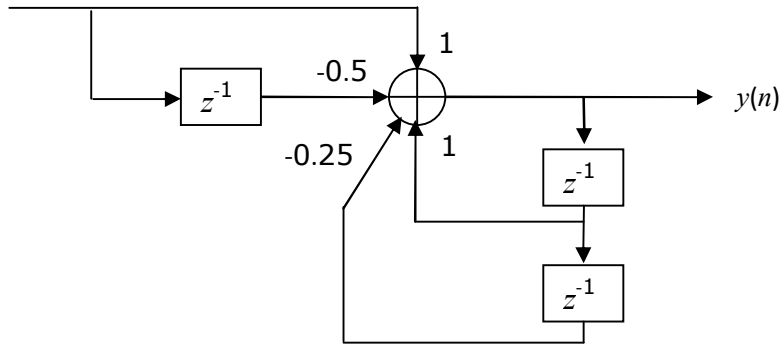


图 3.1

- (a) 请写出描述该系统的差分方程。
 (b) 求该系统的系统函数 $H(z)$, 并指明其收敛域。
 (c) 求该系统的单位样值响应 $h(n)$ 。
 (d) 写出该系统的频率响应表达式。

第二部分 通信原理 (90 分)

四、(15 分)

- (1) 一基带平稳随机过程 $M(t)$ 的自相关函数为 $R_M(\tau) = 2\sin^2(1000\tau)$ 。产生 DSB-SC AM 信号的框图如图 4.1 所示, 其中 $A_c = 10$ 伏, $f_c = 100\text{kHz}$ 。

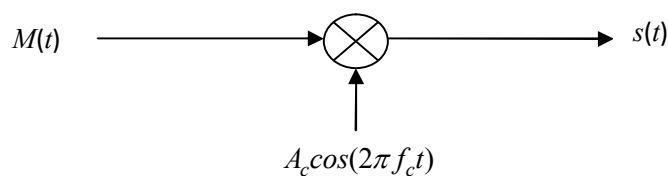


图 4.1

(a) 请写出该基带随机过程 $M(t)$ 的功率谱密度 $P_M(f)$ 表达式, 画出 $P_M(f)$ 图, 并求 $M(t)$ 的平均功率 P_M 。

(b) 出 $DSB-SC$ AM 信号 $s(t)$ 的平均自相关函数 $\bar{R}_s(\tau)$ 表达式及对应的功率谱密度 $P_s(f)$ 表达式, 画出 $P_s(f)$ 图, 并求出 $s(t)$ 的平均功率 P_s 。

(2) 将模拟基带信号 $m_1(t)$ 、 $m_2(t)$ 分别按图 4.2(a)框图进行复合调制, $m_1(t)$ 及 $m_2(t)$ 的傅里叶频谱 $M_1(f)$ 及 $M_2(f)$ 如图 4.2(b)、(c)所示, 其中角度调制器的调制指数为 5。

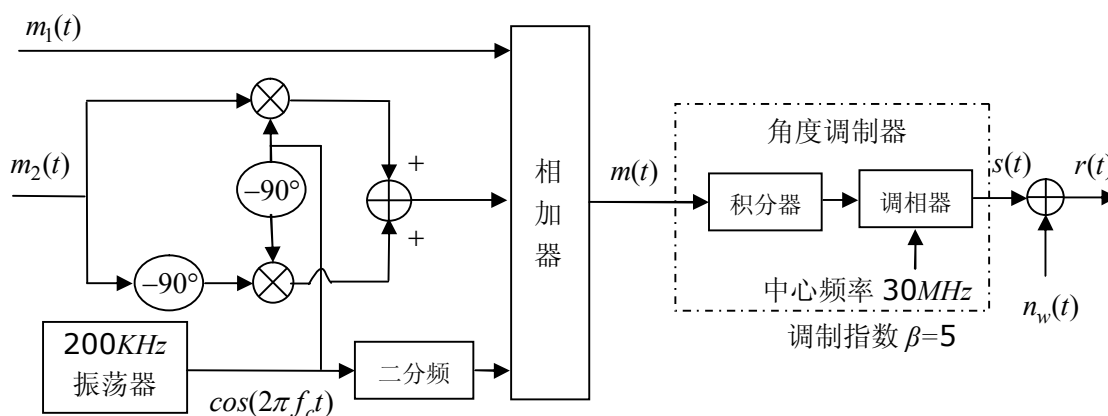


图 4.2(a)

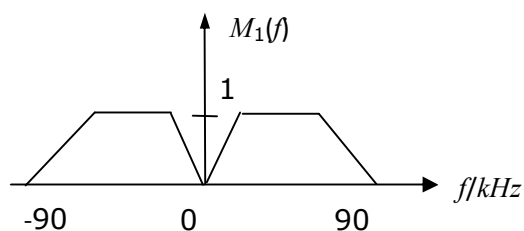


图 4.2(b)

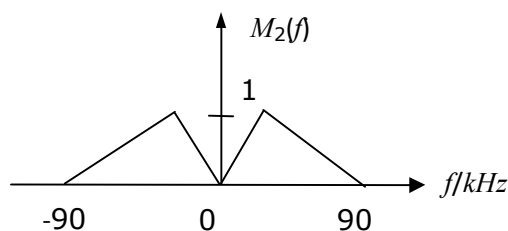


图 4.2(c)

(a) 画出图 4.2(a)中相加器输出信号 $m(t)$ 的傅里叶频谱 $M(f)$ 图。

(b) 求出角调信号 $s(t)$ 的近似带宽 B 值。

(c) 画出从接收信号 $r(t)$ 解调出 $m_1(t)$ 及 $m_2(t)$ 的接收框图。

(d) 假设无噪声时, (c)中的接收机对应第 1 路和第 2 路的输出分别是 $m_1(t)$ 及 $m_2(t)$ 。试求有噪声的情况下, 解调第 2 路输出中的噪声平均功率与第 1 路噪声平均功率之比。

五、(15 分)

(1) 一数字基带传输系统如图 5.1 所示, 其中 $\{b_n\}$ 是速率为 40Mbps 的独立等概二进制数据。

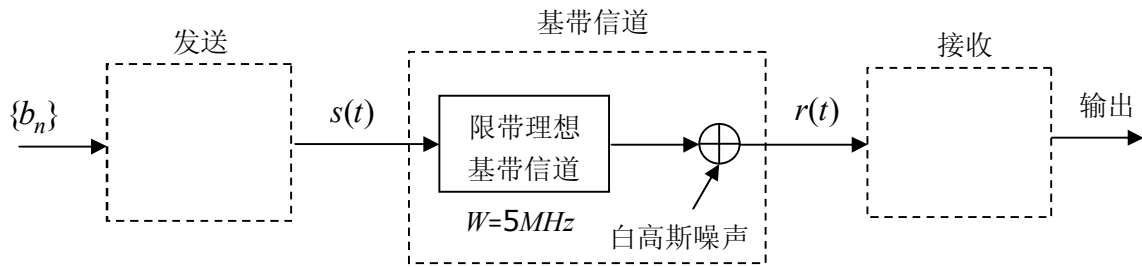


图 5.1

(a) 请按最佳基带传输系统设计图 5.1 中的发送和接收部分，要求进制数 M 必须是 2 的整幂，脉冲成形滤波的滚降因子 α 必须大于 0。

(b) 在(a)的设计下，若基带信道变成不理想信道使得系统不再满足奈奎斯特准则，请问接收端可采取什么样的措施？

(2) 一曼彻斯特编码其将信息“1”映射为 10，信息“0”映射为 01，与此对应的信号波形 $s_1(t)$ 及 $s_2(t)$ 如图 5.2(a)、(b)所示，其中 T_b 是信息比特间隔。设 $s_1(t)$ 及 $s_2(t)$ 等概率出现。若在 $[0, T_b]$ 时间内的接受信号是 $r(t) = s_1(t) + n_w(t)$ ，请画出最佳接受框图，并求系统的误比特率。

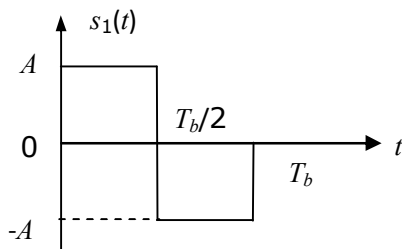


图 5.2(a)

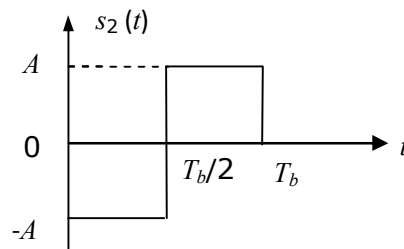


图 5.2(b)

六、(15 分)

产生 16QAM 数字调制信号的框图如图 6.1 所示。图中的输入是速率为 40Mbps 的独立等概二进制序列；每个 16QAM 符号的同相分量和正交分量 a_c 、 a_s 取值于 $\{-3, -1, +1, +3\}$ ；脉冲成形采用幅度为 1、持续时间为 T_s 的矩形脉冲。在 $0 \leq t \leq T_s$ 时间内，两个归一化正交基函数分别为 $f_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}} \cos(2\pi f_c t)$ 和

$f_2(t) = -\sqrt{\frac{2}{T_s}} \sin(2\pi f_c t)$ ，其中 $f_c = 900\text{MHz}$ ；接收信号为 $r(t) = s_{QAM}(t) + n_w(t)$ ，对应的接收机如图

6.2 所示。

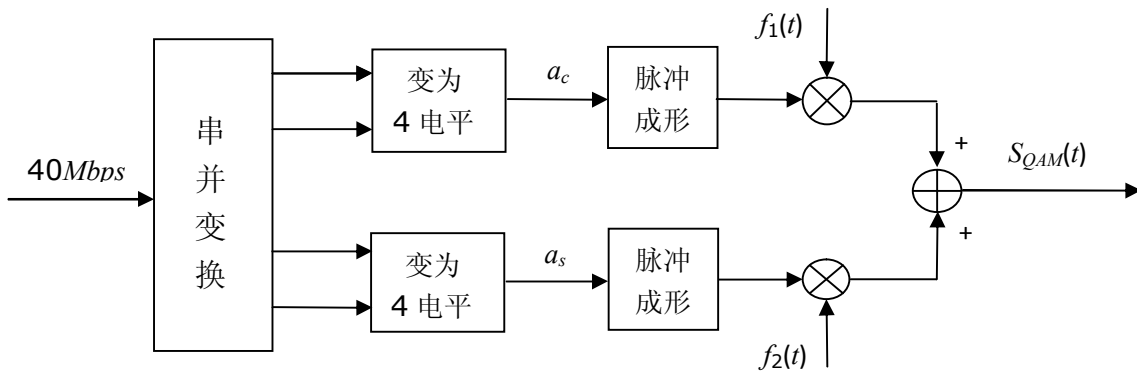


图 6.1

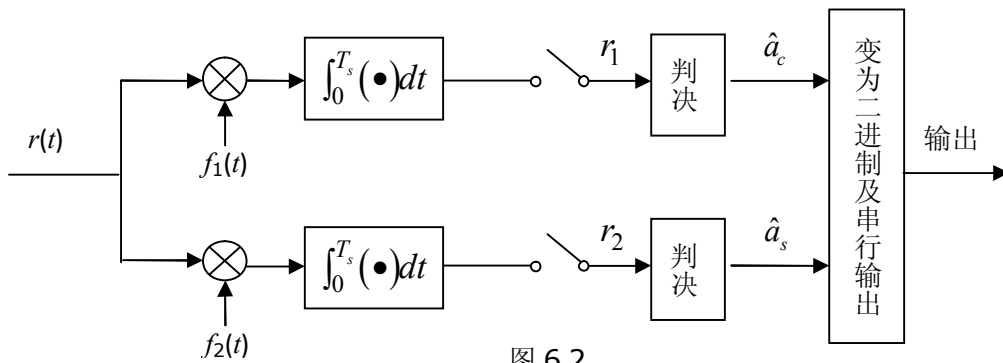


图 6.2

- (1) 写出该 QAM 信号的正交展开式, 画出信号空间图(星座图), 写出相邻星座点之间的最小欧氏距离 d_{\min} 值。
- (2) 画出该 QAM 信号的功率谱密度图。
- (3) 对于图 6.2 中同相支路 r_1 的判决, 画出判决域, 并求发送 $a_c = -3$ 时的错判概率 $P(e|a_c = -3)$ 。
- (4) 求同相支路的平均误符号率 $P_{\sqrt{M}} = Pr(\hat{a}_c \neq a_c)$ 。
- (5) 求该 16QAM 系统的平均误符号率 $P_M = Pr\{(\hat{a}_c, \hat{a}_s) \neq (a_c, a_s)\}$ 。

七、(16 分)

- (1) 服从标准正太分布的随机变量 X 通过一个 4 电平均量化器后成为 4 进制随机变量 Y 。量化器的特性如图 7.1 所示, 其中 a 满足 $Q(2a) = 1/8$

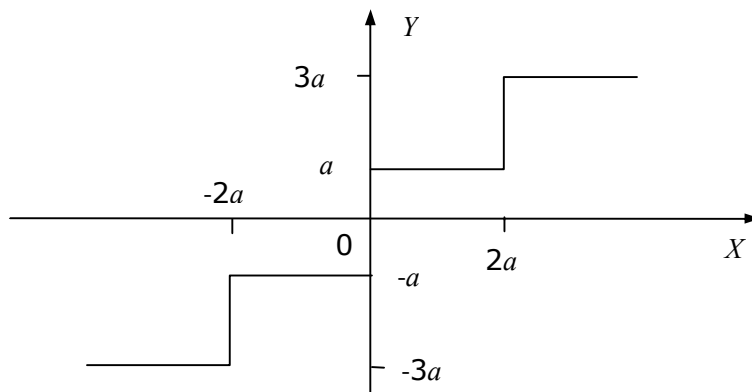


图 7.1

(a) 求量化输出 Y 的各量化电平的出现概率。

(b) 求 Y 的熵。

(c) 求量化输出的均方误差 $MSE = E[(Y - X)^2]$ 。

(2) 在图 7.2 中, 模拟基带信号 $m(t)$ 经过 A 律 13 折线 PCM 编码后与另一路速率为 40kbps 的数据时分复用, 然后经过信道编码和频带调制后送往频带信道传输。已知 $m(t)$ 的最高频率分量 $f_h = 5\text{kHz}$ 。

(a) 若图 7.2 中的编码是 $(2,1,3)$ 卷积编码, 调制是滚降因子为 $\alpha = 0.5$ 的 8PSK 。为使接收端采样点处的码间干扰趋于 0, 需要的信道带宽 B 是多少?

(b) 若图 7.2 中的编码和调制是能达到信道容量的理想编码调制, 发送信号 $s(t)$ 的平均功率是 1, 信道中加性高斯噪声的功率是 $1/15$, 为使接收端译码后的错误概率趋于 0, 需要的信道带宽 B 是多少? 对任意的 t , 写出此时发送信号的电压 s 的概率密度函数。

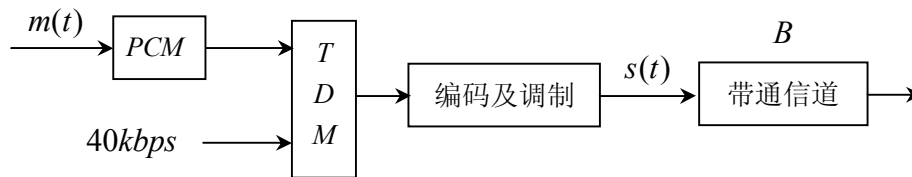


图 7.2

八、(14 分)

(1) 某无线随参信道的输入为 $\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t)$, 输出为 $A_1 \cos(2\pi f_1 t + \varphi_1) + A_2 \cos(2\pi f_2 t + \varphi_2)$ 。已知随机变量 $A_i (i=1,2)$ 的取值小于 a 的概率为 $\Pr(A_i < a) = \Pr(A_2 < a) = p$, 信道的相干带宽是 B_c 。请分别就 $|f_1 - f_2| \gg B_c$ 及 $|f_1 - f_2| \ll B_c$ 的情形, 写出 A_1 、 A_2 同时小于 a 的概率 $\Pr(A_1 < a, A_2 < a)$ 。

(2) 指出下面陈述中的逻辑错误, 并说明结论是否正确。

大前提: 香农公式 $C = B \log_2(1 + SNR)$ 表明, 在 $AWGN$ 信道下, 对于固定的传输速率, 提高带宽可以换取信噪比的降低。

小前提: 直接序列扩频提高了系统的带宽。

结论: 直接序列扩频可以通过增加扩频因子来提高系统抗白高斯噪声的能力。

(3) 在图 8.1 中, m 序列特征多项式的八进制表示是 45; $c(t)$ 是 m 序列对应的双极性不归零信号, 幅度为 ± 1 (0 对应 +1, 1 对应 -1), 脉冲宽度等于码片宽度 T_c ; N 是 m 序列的周期; z 是 $y(t)$ 在一个周期时间 (NT_c) 内的面积的绝对值。

(a) 给出该 m 序列的周期 N 。

(b) 当 $n=1$ 时, $y(t)$ 所对应的二进制序列是何种序列?

(c) 分别按 $n=0, 1$ 给出 z 的值。

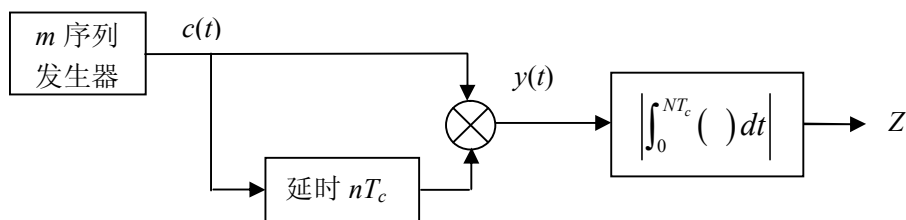


图 8.1

(4) 令 H_8 表示 8 阶哈达玛矩阵, 其所有行向量构成一个集合 $C = \{W_h(0), W_h(1), \dots, W_h(7)\}$, 其中 $W_h(i)$ 表示 H_8 的第 i 行 ($i = 0, 1, \dots, 7$)。

(a) 写出 H_8 。

(b) 写出 C 中任意两个不同向量之间的汉明距离和欧式距离。

九、(15 分)

(1) $(7, 3)$ 线性分组码如表 9.1 所示

表 9.1

信息码	码字
000	0000000
001	0011101
010	0100111
011	0111010
100	1001110
101	1010011
110	1101001
111	1110100

(a) 若从它的八个码字中挑出其中的三个码字 1001110、0100111、1101001, 请问此三个码字可作为该码的生成矩阵吗? 为什么?

(b) 该 $(7, 3)$ 码也是循环码, 请写出该循环码的生成多项式 $g(x)$ 。

(2) 某 (n, k) 线性分组码的监督矩阵为 $H = \begin{pmatrix} 0111100 \\ 1011010 \\ 1110001 \end{pmatrix}$

(a) 写出该线性分组码的 n 及 k 值。

(b) 写出此码的最小码距 d 值, 并说明理由。

(3) 某 $(7, 3)$ 循环码的生成多项式为 $g(x) = x^4 + x^2 + x + 1$, 若经过二元无记忆对称信道后的输出是 1101011, 请写出最大似然译码结果。

(4) 某卷积码的状态图如图 9.1 所示, 请画出该卷积码的编码器框图。

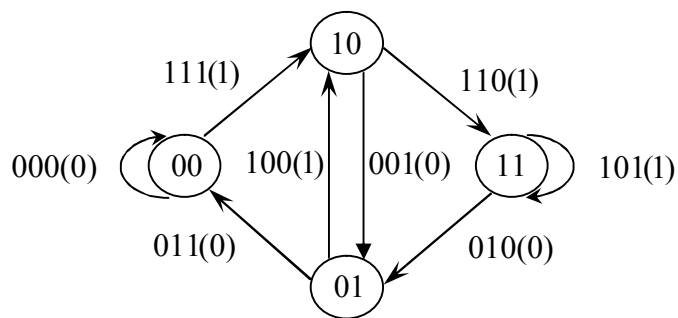


图 9.1

附录:

$n_w(t)$ 表示均值为 0、双边功率谱密度为 $N_0/2$ 的加性白高斯噪声

T_b 表示比特间隔; T_s 表示码元间隔或者采样间隔; T_c 表示码片间隔

$$\text{若 } X \sim N(0,1), Pr(X > x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = Q(x)$$

$$\text{若 } X \sim N\left(0, \frac{1}{2}\right), Pr(X > x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt = \frac{1}{2} \text{erfc}(x)$$

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin \pi x}{\pi x}$$

$$\text{Sa}(x) = \frac{\sin x}{x}$$

$$\log_2 3 \approx 1.6$$