

# 中南大学网络教育课程考试复习题及参考答案

## 数字通信原理

### 一、填空题:

1. 已知二进制数字信号每个码元占有的时间为 1ms, 0、1 码等概率出现, 则码元速率为\_\_\_\_\_, 信息速率为\_\_\_\_\_;
2. 从信息传输角度来看, 数字通信系统的主要质量指标是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
3. 高斯白噪声是指噪声的概率密度服从\_\_\_\_\_分布, 功率谱密度服从\_\_\_\_\_分布。
4. 通常, 在纠、检错编码中引入的监督码元越多, 信道的\_\_\_\_\_下降也越多。
5. 若要检出 3 个错码, 则分组码的最小码距  $d_{\min}$  应\_\_\_\_\_。
6. 码重是码组中\_\_\_\_\_的个数。
7. 对线性分组码, 如果找到了码的\_\_\_\_\_, 那么编码方法就完全确定了。
8. 常用的简单差错控制码有奇偶监督码、水平奇偶监督码、水平垂直奇偶监督码、群计数码和\_\_\_\_\_码。
9. 已知 (5, 1) 重复码, 它的两个码组分别为 00000 和 11111, 则 (5, 1) 重复码的最小码距为\_\_\_\_\_, 只用于检错, 能检出\_\_\_\_\_位错码。
10. 四进制数字信号的信息传输速率为 800b/s, 其码元速率为\_\_\_\_\_, 若传送 1 小时后, 接收到 40 个错误码元, 其误码率为\_\_\_\_\_。
11. 数字信号有时也称离散信号, 这个离散是指信号的\_\_\_\_\_是离散变化的, 而不一定指\_\_\_\_\_离散。
12. 如果在已知发送独立的符号中, 符号 “E” 出现的概率为 0.125, 则符号 “E” 所包含的信息量为\_\_\_\_\_。
13. 对线性分组码, 如果找到了码的\_\_\_\_\_, 那么编码方法就完全确定了。
14. 在 2PSK 输出信号中存在倒相现象, 其解决方法是采用\_\_\_\_\_。
15. 假设分组码的最小码距为 8, 则它能检测误码的位数至多为\_\_\_\_\_。
16. 假设线性分组码信息码元长为 5。若希望所编码字能够纠正 1 位错, 码字最小码长为\_\_\_\_\_。
17. 通信系统的性能指标主要有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_, 在模拟通信系统中前者用有效传输带宽衡量, 后者用接收端输出的\_\_\_\_\_衡量。
18. 对于一个数字基带传输系统, 可以用实验手段通过在示波器上观察该系统的\_\_\_\_\_来定性的了解码间干扰及噪声的情况。
19. 2ASK 的功率谱由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两部分组成, 其带宽为基带信号带宽的\_\_\_\_\_倍。
20. 点对点之间的通信可分为\_\_\_\_\_, 半双工通信和\_\_\_\_\_三种。
21. 对信号  $m(t) = 5.12 \cos 6000\pi t$  (V) 进行 PCM 调制, 其抽样速率是\_\_\_\_\_, 对其进行 128 级均匀量化, 量化间隔为\_\_\_\_\_ V, 每个量化值可编成\_\_\_\_\_位自然二进制码。
22. 在数字调制系统中, 载波同步的方法可分为\_\_\_\_\_。
23. 在增量调制系统中, 当模拟信号斜率陡变时, 阶梯电压波形有可能跟不上信号的变化而形成很大失真, 这样的失真称为\_\_\_\_\_。
24. 形成高次群的方法一般采用\_\_\_\_\_。
25. A 律 PCM 基群共包括\_\_\_\_\_个时隙。
26. 改善码间串扰的方法有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
27. 设输入信号抽样值为 -131 个量化单位, 则其 A 律 13 折线法编码输出码组为\_\_\_\_\_。
28. 已知绝对码为 10011011, 则其相对码为\_\_\_\_\_ (设前一个相对码为 0)。
29. 若一个低通信号  $m(t)$  的频带范围为 0~108KHz, 则可以无失真恢复信号的最小采样频率为\_\_\_\_\_。
30. 载波同步的方法有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

## 二、选择题:

- 二进制数字基带传输信系统的误码率计算公式为 ( )  
 A.  $P_e = P(1) + P(0)$  B.  $P_e = P(1)P(0/1) + P(0)P(1/0)$   
 C.  $P_e = P(0/1) + P(1/0)$  D.  $P_e = P(0)P(0/1) + P(1)P(1/0)$
- 发端发送纠错码, 收端译码器自动发现并纠正错误, 传输方式为单向传输, 这种差错控制的工作方式被称为 ( )  
 A. FEC B. ARQ C. IF D. HEC
- 数字通信系统的有效性指标为 ( )  
 A. 误码率 B. 信噪比 C. 信号带宽 D. 信息速率
- 为了解决连 0 码而无法提取位同步信号的问题, 人们设计了 ( )  
 A. AMI 码 B. 多进值码 C. HDB3 码 D. 差分码
- 如果在已知发送独立的符号中, 符号“E”出现的概率为 0.125, 则符号“E”所包含的信息量为 ( )  
 A. 1bit B. 2 bit C. 3 bit D. 4 bit
- 码长  $n=7$  的汉明码, 监督位至少应是 ( )  
 A. 2 位 B. 3 位 C. 4 位 D. 5 位
- 由发送端发送专门的同步信息, 接收端把这个专门的同步信息检测出来作为同步信号的方法, 被称为 ( )  
 A. 外同步法 B. 自同步法 C. 位同步法 D. 群同步法
- 若要传输速率为 7200B 的数据流, 所需的最小传输带宽为 ( )  
 A. 2.4kHz B. 3.6kHz C. 5.4kHz D. 7.2kHz
- 不论是数字的还是模拟的通信系统, 只要进行相干解调都需要 ( )  
 A. 载波同步 B. 网同步 C. 位同步 D. 群同步
- 四进制等概率的每一波形包含的信息量为 ( )  
 A. 1bit B. 2 bit C. 3bit D. 4bit
- 低频成分少, 频带比较窄, 另外即使有长连 0 码时也能提取位同步信号编码是 ( )  
 A. AMI 码 B. 多进值码 C. HDB3 码 D. 差分码
- 已知码元速率为 200 波特, 则 2PSK 的带宽为 ( )  
 A. 200Hz B. 400Hz C. 800Hz D. 1600Hz
- 一个频带限制在 0 到  $f_x$  以内的低通信号  $x(t)$ , 用  $f_s$  速率进行理想抽样, 若要不失真的恢复  $x(t)$ , 要求  $f_s$  与  $f_x$  关系满足 ( )  
 A.  $f_s \geq 2f_x$  B.  $f_s \geq f_x$  C.  $f_s \leq 2f_x$  D.  $f_s \leq f_x$
- 数字通信系统的有效性指标为 ( )  
 A. 误码率 B. 信噪比 C. 信号带宽 D. 信息速率
- 如果在已知发送独立的符号中, 符号“E”出现的概率为 0.25, 则符号“E”所包含的信息量为 ( )  
 A. 1bit B. 2 bit C. 3 bit D. 4 bit
- 码长  $n=7$  的汉明码, 校正子至少有 ( )  
 A. 2 位 B. 3 位 C. 4 位 D. 5 位
- 发端发出检错码, 收端译码器判决码组中是否有错误出现, 再把判决信号送回发端, 发端根据判决信号将收端认为有错的消息重发到收端, 直到正确接收为止。这种差错控制的工作方式被称为 ( )

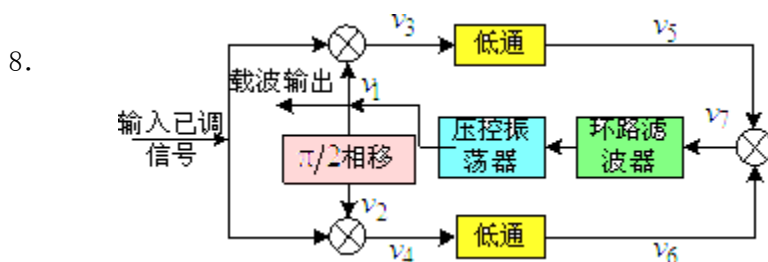
- A. FEC      B. HECC      C. IF      D. ARQ

18. 如果将全“0”码编为HDB3码其输出为 ( )  
 A.  $\cdots-100-1+100+1-100-1 \cdots$  B.  $\cdots-1000+1000-1000+1 \cdots$   
 C.  $\cdots+1000-1000+1000-1 \cdots$  D.  $\cdots-10000+10000-10000+1 \cdots$
19. 对于  $\Delta M$  编码过程, 过载量化噪声通常发生在 ( )  
 A. 信号幅值较大时 B. 信号频率较大时 C. 噪声较大时 D. 信号斜率较大时
20. 利用平方变换法提取载波同步时, 在电路中是由以下哪个部件造成载波同步的“相位模糊” ( )  
 A. 带通滤波器 B. 平方率部件 C. 窄带滤波器 D. 2 分频器
21. PCM 一次群一个复帧的时间是 ( )  
 A.  $250 \mu s$  B.  $500 \mu s$  C.  $1000 \mu s$  D.  $2000 \mu s$
22. 即使在“0”、“1”不等概率出现情况下, 以下哪种码仍然不包含直流成分:  
 A. AMI 码 B. 双极性归零码 C. 单极性归零码 D. 差分码
23. 具有检测误码能力的传输码型是 ( )  
 A. AMI 码 B. HDB3 码 C. CMI 码 D. 以上都是
24. 在各信源符号出现的概率不等的情况下, 不等长码编码的平均码长比等长码编码的平均码长要短, 下面的几种编码, 属于不等长码编码的是 ( )  
 A. PCM 码 B.  $\Delta M$  码 C. 循环码 D. 哈夫曼编码
25. 科斯塔斯环具有 ( ) 特点。 ( )  
 A. 能提取载波同步信号, 能解调信号 B. 能提取载波同步, 不能解调信号  
 C. 不能提取载波同步, 能解调信号 D. 不能提取载波同步, 不能解调信号

### 三、简答题:

- 简述奈奎斯特低通抽样定理。
- 某给定低通信道带宽为 3000Hz, 在此信道上进行基带传输, 当数字基带传输系统为理想低通时, 求无码间串扰传输的最高速率以及相应的频带利用率。
- 检错重发 (ARQ) 常用的三种实现形式是什么?
- 已知循环码的生成多项式为  $g(x) = x^4 + x^2 + x + 1$ , 信息码为 110, 求编码效率。
- 无码间干扰传输的条件是什么?
- 一码长  $n=7$  的汉明码, 监督位为 3 位, 试写出监督码元与信息码元之间的关系函数。
- 奈奎斯特第一准则: 无码间串扰的频域条件的物理意义。

$$H_{eq}(\omega) = \sum_i H\left(\omega + \frac{2\pi i}{T_B}\right) = \begin{cases} T_B, & |\omega| \leq \frac{\pi}{T_B} \\ 0, & |\omega| > \frac{\pi}{T_B} \end{cases}$$



利用 Costas 环提取载波的方法如上图所示, 请分析其工作原理。

9. 设一样值脉冲为-850 个量化单位, 求其 PCM 编码和编码误差。当接收端收到该码字后, 其译码值为

多少？

10. 已知  $g_1(x) = x^3 + x^2 + 1$  ,  $g_2(x) = x^3 + x + 1$  。讨论由  $g(x) = g_1(x)g_2(x)$  生成的 7 位循环码的检错和纠错能力。

#### 四、作图题：

1. 已知二进制数据序列为 01101011，以矩形脉冲为例，画出差分信号的波形图（假设“1”有电平变化。差分信号也叫相对码，只需要将对应单元格划线或涂色即可）

例如下图：

	0	1	0	1	1	0	1	0
1								
0								

请填下表：

	原来	0	1	1	0	1	0	1	1
1									
0									

2. 已知一数据序为 01101101，请以 A 方式（ $0^\circ$  — “0”， $180^\circ$  — “1”）填出它的 2DPSK 波形对应相位（假设初始相位为  $0^\circ$ ，每个周期一个波形）。

初始相位 $0^\circ$	0	1	1	0	1	1	0	1

3. 已知数字信息  $\{a_n\} = 1011010$ ，码元速率为 600 波特，载波频率为 600Hz，请分别画出 2ASK、2PSK 和 2DPSK 的波形。

(设前一相位为 $0^\circ$ )	1	0	1	1	0	1	0
2ASK							
2PSK							
2DPSK							

4. 二进制数字信号为 10100001，写出相应的单极性 AMI 码和 HDB3 码电平值。（设 AMI 码和 HDB3 码中前一个非零码为负电平）

	1	0	1	0	0	0	0	1
AMI								
HDB3								

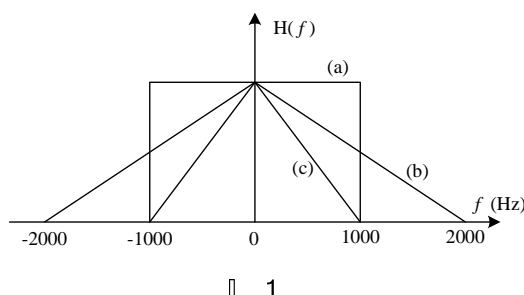
#### 五、综合题：

- 画出相位比较法解调 2DPSK 信号方框图，并利用数学推导法说明其工作过程。
- 设计 3 个抽头的迫零均衡器，以减小码间串扰。已知， $x_{-2}=0$ ， $x_{-1}=0.1$ ， $x_0=1$ ， $x_1=-0.2$ ， $x_2=0.1$ ，其余  $x$  均为 0。求 3 个抽头的系数  $C_{-1}$ ， $C_0$ ， $C_1$ ，并计算均衡前后的峰值失真。
- 已知 (7, 3) 分组码的监督关系式为：

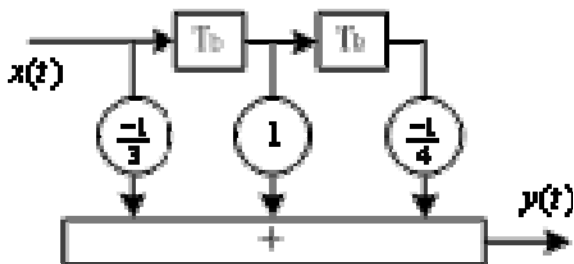
$$\begin{cases} x_6 + x_3 + x_2 + x_1 = 0 \\ x_5 + x_2 + x_1 + x_0 = 0 \\ x_6 + x_5 + x_1 = 0 \\ x_5 + x_4 + x_0 = 0 \end{cases}$$

求其监督矩阵和生成矩阵。

4. 信号  $x(t)$  的最高频率  $f_H = 2.5\text{kHz}$ ，振幅均匀分布在  $-4\text{V}$  到  $4\text{V}$  范围以内，按奈奎斯特速率进行采样，量化电平间隔为  $1/32(\text{V})$ ，进行均匀量化，采用二进制编码后在信道中传输。假设系统的平均误码率为  $P_e = 10^{-3}$ ，求传输 10 秒钟以后错码的数目。
5. 为了传送码元速率为  $R_b = 10^3$  (波特) 的数字基带信号，试问系统采取图 1 中那种传输特性较好，并说明理由。



6. 设信号  $x(t) = M \sin \omega_0 t$  进行简单增量调制，若量化台阶  $\sigma$  和抽样频率  $f_s$  选择得既能保证不过载，又保证不致因信号振幅太小而使增量调制器不能正常编码，试确定  $M$  的动态变化范围，同时证明  $f_s > \pi f_0$ 。
7. 设有一个三抽头的时域均衡器，如图 P4-8 所示。输入波形  $x(t)$  在各抽样点的值依次为  $x_{-2} = 1/8$ ,  $x_{-1} = 1/3$ ,  $x_0 = 1$ ,  $x_{+1} = 1/4$ ,  $x_{+2} = 1/16$  (在其它抽样点均为 0)。试求均衡器输出波形  $y(t)$  在各抽样点的值。



8. 设信号频率范围  $0 \sim 4\text{kHz}$ ，幅值在  $-2.048 \sim +2.048$  伏间均匀分布。(1) 若采用 A 律 13 折线对该信号非均匀量化编码，这时最小量化间隔等于多少？(2) 若采用均匀量化编码，以 PCM 方式传送，量化间隔为  $2\text{mV}$ ，用最小抽样速率进行抽样，码元波形是宽度为  $\tau$  的矩形脉冲，且占空比为 1，求传送该 PCM 信号实际需要最小带宽。
9. PCM 采用均匀量化，进行二进制编码，设最小的量化级为  $10\text{mV}$ ，编码范围是  $0\text{V}$  到  $2.56\text{V}$ ，已知抽样脉冲值为  $0.6\text{V}$ ，信号频率范围  $0 \sim 4\text{kHz}$ 。  
 (1) 试求此时编码器输出码组，并计算量化误差。  
 (2) 用最小抽样速率进行抽样，求传送该 PCM 信号所需要的最小带宽。

## 参考答案

### 一、填空题:

1. 1000B, 1000bit/s;
2. 传输速率, 误码率或有效性. 可靠性 (本小题顺序可以交换)
3. 正态, 均匀
4. 传输效率
5. 大于等于 4
6. 非零码元
7. 生成矩阵
8. 恒比
9. 5, 4
10. 400B,  $2.8 \times 10^{-5}$ ;
11. 状态, 时间
12. 3 bit
13. 生成矩阵
14. 2DPSK
15. 7
16. 9
17. 有效性; 可靠性; 信噪比
18. 眼图
19. 连续谱; 离散谱; 2
20. 单工; 全双工
21. 6000; 0.08V; 7
22. 插入导频法; 直接法 或 外同步法; 内同步法
23. 过载失真
24. 复接技术
25. 32
26. 部分响应系统 均衡技术
27. 0 100 0000
28. 11101101
29. 216KHz
30. 插入导频法 直接法

### 二、选择题:

1. B 2. A 3. D 4. C 5. C 6. B 7. A 8. B 9. A 10. B
11. C 12. B 13. A 14. D 15. B 16. B 17. D 18. A 19. D 20. D
21. D 22. A 23. D 24. D 25. A

### 三、简答题:

1. 一个频带限制在  $(0, f_H)$  赫兹内的时间连续信号  $m(t)$ , 如果以  $T_s \leq 1/(2f_H)$  秒的间隔对它进行等间隔 (均匀) 抽样, 则  $m(t)$  将被所得到的抽样值完全确定。  
或: 对频带限制在  $(0, f_H)$  赫兹内的模拟信号进行抽样, 抽样速率  $f_s$  (每秒内的抽样点数) 应不小于  $2f_H$ , 才不会产生失真。
2. 当基带形成滤波器为理想低通时, 则码间无串扰的最高码速率为:

$$R_B = 2 \times B = 2 \times 3000 = 6000 B$$

$$\text{频带利用率为: } \eta = \frac{R_B}{B} = \frac{6000}{3000} = 2 B/Hz$$

3. 检错重发 (ARQ) 常用的三种实现形式是什么?  
(1) 停发等待重发

(2) 返回重发

(3) 选择重发

4. 已知循环码的生成多项式为  $g(x) = x^4 + x^2 + x + 1$ , 信息码为 110, 求编码效率。

$X^4 \Rightarrow n-k=r=4$  (最高次) 由 110 得  $k=4$  所以  $n=k+r = 4 + 3 = 7$

由生成多项式可知监督码元  $r=4$

码组长  $3+4=7$

编码效率  $R=3/7=43\%$

5. 数字信号无码间传输准则为: 数字脉冲的传输速率  $f_b$  是等效理想低通信道截止频率  $f_c$  的两倍, 即以  $f_b=2f_c$  的速率传输数码信号时, 可实现无码间干扰传输。通常采用满足奇对称条件的滚降低通滤波器等等来有效理想低通。

6.  $A = [a_6 \ a_5 \ a_4 \ a_3]G$

7. 奈奎斯特第一准则——无码间串扰的频域条件的物理意义。

把  $H(\omega)$  波形在  $\omega$  轴上以  $2\pi/TB$  间隔切开, 然后分段沿  $\omega$  轴平移到  $(-\pi/TB, \pi/TB)$  区间内, 将它们叠加起来求和, 只要其结果是叠加出一个固定值 (水平线), 当以  $1/TB$  速率传输基带信号时, 无码间串扰。当以高于  $1/TB$  速率传输基带信号时, 存在码间串扰。

8. 设输入的抑制载波双边带信号为  $m(t)\cos\omega_c t$ , 则

$$\begin{cases} v_3 = m(t)\cos\omega_c t \cos(\omega_c t + \theta) = \frac{1}{2}m(t)[\cos\theta + \cos(2\omega_c t + \theta)] \\ v_4 = m(t)\cos\omega_c t \sin(\omega_c t + \theta) = \frac{1}{2}m(t)[\sin\theta + \sin(2\omega_c t + \theta)] \end{cases}$$

经低通后的输出分别为

$$\begin{cases} v_5 = \frac{1}{2}m(t)\cos\theta \\ v_6 = \frac{1}{2}m(t)\sin\theta \end{cases} \quad (7-5)$$

$$\text{乘法器的输出 } v_7 = v_5 \cdot v_6 = \frac{1}{4}m^2(t)\sin\theta\cos\theta = \frac{1}{8}m^2(t)\sin 2\theta \quad (7-6)$$

式中  $\theta$  是压控振荡器输出信号与输入已调信号载波之间的相位误差。当  $\theta$  较小时, 式 (7-6) 可以近似地表示为:  $v_7 \approx \frac{1}{4}m^2(t)\theta$

$v_7$  的大小与相位误差  $\theta$  成正比, 因此, 它就相当于一个鉴相器的输出。用  $v_7$  去调整压控振荡器输出信号的相位, 最后就可以使稳态相位误差  $\theta$  减小到很小的数值。这样压控振荡器的输出  $v_1$  就是所需要提取的载波。

不仅如此, 当  $\theta$  减小到很小的时候, 式 (7-5) 的  $v_1$  就接近于调制信号  $m(t)$ , 因此, 同相正交环法同时还具有了解调功能。9. 设一样值脉冲为 -850 个量化单位, 求其 PCM 编码和编码误差。当接收端收到该码字后, 其译码值为多少?

极性码为 0

段落码为 110

段内码 1010

编码误差:  $850 - 512 - 10 \times 32 = 18$  个量化单位

7/11 转化 01101010000, 译码值 = 848 个量化单位

10.  $g(x) = g_1(x)g_2(x) = x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1 = 1111111$

最小码距为 7

用于检错,  $d_0 \geq e+1$ , 可以检 6 位错;

用于纠错,  $d_0 \geq 2t+1$ , 可以纠 3 位错;

同时用于检纠错,  $d_0 \geq t+e+1$ , 可以纠 1 位错同时检 5 位错或纠 2 位错同时检 4 位错;

#### 四、作图题

1. 已知二进制数据序列为 01101011, 以矩形脉冲为例, 画出差分信号的波形图 (假设 “1” 有电平变化)。 差分信号 (也叫相对信号 (码))

	原来	0	1	1	0	1	0	1	1
1									
0									

2. 已知一数据序为 01101101, 请以 A 方式 ( $0^\circ$  — “0”,  $180^\circ$  — “1”) 填出它的 2DPSK 波形对应相位 (假设初始相位为  $0^\circ$ , 每个周期一个波形)。

初始相位 $0^\circ$	0	1	1	0	1	1	0	1
	$0^\circ$	$180^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$180^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$180^\circ$

3. 略

4. 二进制数字信号为 10100001, 写出相应的单极性 AMI 码和 HDB3 码电平值。(设 AMI 码和 HDB3 码中前一个非零码为负电平)

	1	0	1	0	0	0	0	1
AMI	+1	0	-1	0	0	0	0	+1
HDB3	+1	0	-1	0	0	0	V-	+1

#### 五、综合题:

1. 略 (详见教材)

2.

$$\begin{bmatrix} x_0 & x_{-1} & x_{-2} \\ x_1 & x_0 & x_{-1} \\ x_2 & x_1 & x_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{-1} \\ C_0 \\ C_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} C_{-1} + 0.1C_0 = 0 \\ -0.2C_{-1} + C_0 + 0.1C_1 = 1 \\ 0.1C_{-1} - 0.2C_0 + C_1 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow C_{-1} = -0.09606, C_0 = 0.9606, C_1 = 0.2017$$

$$y_k = \sum_{i=-N}^N C_i x_{k-i}$$

$$\rightarrow y_{-1} = 0, y_0 = 1, y_1 = 0$$

$$y_{-2} = 0.0096, y_2 = 0.0557$$

$$D_0 = \frac{1}{x_0} \sum_{k=-\infty}^{\infty} |x_k| \quad D_0=0.4$$

$$D = \frac{1}{y_0} \sum_{k=-\infty}^{\infty} |y_k|$$

3. 利用代数方程式, 化简后可以写出监督矩阵



$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = [PI_r]$$

根据监督矩阵和生成矩阵时间的关系可以得到生成矩阵:

$$G = [I_r P^T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4. 量化阶数:  $Q = \frac{(4+4)}{1/32} = 256 = 2^8 \quad k = 8$

最小抽样速率:

$$f_s = 2f_H = 8\text{kHz}$$

传码速率为:  $R_B = f_s \cdot k = 8 \times 8 = 64\text{kB}$

错码的数目:  $10 \times 10^{-3} \times 64 \times 10^3 = 640$  (个)

5. 解: 根据无码间干扰时系统传输函数  $H(\omega)$  应满足的条件分析, 图中所示的三个传输函数(a)、(b)、(c)都能够满足以  $R_B=10^3$  (波特) 的码元速率无码间干扰传输。此时需要比较(a)、(b)、(c)三个传输函数在频带利用率、单位冲激响应收敛速度、实现难易程度等方面的特性, 从而选择出最好的一种传输函数。(5 分)

(1) 传输函数(a)的频带宽度量为 1000Hz; 此时系统频带利用率为  $\frac{R_B}{B} = 1\text{B/Hz}$ ;

(2) 传输函数(b)的频带宽度量为 2000Hz; 此时系统频带利用率为  $\frac{R_B}{B} = 0.5\text{B/Hz}$ ;

(3) 传输函数(c)的频带宽度量为 1000Hz; 此时系统频带利用率为  $\frac{R_B}{B} = 1\text{B/Hz}$ ; (3 分)

从频带利用率性能方面比较可得: 图中传输函数(a)和(c)的频带利用率为 1B/Hz, 大于传输函数(b)的频带利用率。所以, 应选择传输函数(a)或(c)。传输函数(a)是理想低通特性, 其单位冲激响应为  $\text{Sa}(x)$  型, 与时间  $t$  成反比, 尾部收敛慢且传输函数难以实现; 传输函数(c)是三角形特性, 其单位冲激响应为  $\text{Sa}^2(x)$  型, 与时间  $t^2$  成反比, 尾部收敛快且传输函数较易实现。因此, 选择传输函数(c)较好。(2 分)

6. 解: 要使增量调制不过载, 必须使编码器最大跟踪斜率大于信号实际斜率, 即  $\left| \frac{dx(t)}{dt} \right|_{\max} \leq \sigma f_s$

已知信号为  $x(t) = M \sin \omega_0 t$  则

$$\left| \frac{dx(t)}{dt} \right|_{\max} = M \omega_0 = 2\pi f_0 M \leq \sigma f_s$$

要使增量调制编码正常, 又要求

$$|x(t)|_{\min} > \frac{\sigma}{2} \Rightarrow M > \frac{\sigma}{2}$$

因此:

$$\sigma f_s > 2\pi f_0 M > \frac{\sigma}{2} 2\pi f_0 = \pi f_0 \sigma \Rightarrow f_s > \pi f_0$$

7. 解:

$$y_1 = \sum_{i=1}^n c_i x_{i-1} = c_1 x_{0-1} + c_2 x_{1-1} + c_3 x_{2-1}$$

$$y_1 = c_1 x_{-1} + c_2 x_0 + c_3 x_1 = -\frac{1}{3} \times \frac{1}{8} + 0 = -\frac{1}{24}$$

$$y_2 = c_1 x_0 + c_2 x_1 + c_3 x_2 = -\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} + 1 \times \frac{1}{8} + 0 = -\frac{1}{9} + \frac{1}{8} = \frac{1}{72}$$

$$y_3 = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 = -\frac{1}{3} \times \frac{1}{4} + 1 \times \frac{1}{3} - \frac{1}{4} \times \frac{1}{8} = -\frac{1}{3} + \frac{1}{3} - \frac{1}{32} = -\frac{1}{32}$$

8. 设信号频率范围  $0 \sim 4\text{kHz}$ ，幅值在  $-2.048 \sim +2.048$  伏间均匀分布。(1) 若采用 A 律 13 折线对该信号非均匀量化编码，这时最小量化间隔等于多少？

(2) 若采用**均匀量化**编码，以 PCM 方式传送，量化间隔为  $2\text{mv}$ ，用最小抽样速率进行抽样，码元波形是宽度为  $\tau$  的矩形脉冲，且占空比为 1，求传送该 PCM 信号实际需要最小带宽。

$$(1) \frac{2.048 - (-2.048)}{2048 \times 2} = 1\text{mv}$$

$$(2) \frac{2.048 - (-2.048)}{0.002} = 2^{11} \quad f_s = 8\text{k} \quad T_s = \frac{1}{8\text{k}}$$

$$T_B = \frac{1}{8\text{k} \times 11} = \frac{1}{88\text{k}} \quad \tau = T_B \quad B = \frac{1}{\tau} = 88\text{k}$$

9.

$$\text{解：量化阶数} \quad Q = \frac{(2.56 - 0)}{0.01} = 256 = 2^8;$$

$$0.6\text{V 的二进制编码输出：} \left( \frac{0.6}{0.01} \right) = (60)_{10} = (00111100)_2;$$

量化误差为 0；

$$\text{最小抽样速率：} f_s = 2f_H = 8\text{kHz}$$

$$\text{最小带宽：} B = \frac{f_s \cdot k}{2} = \frac{8 \cdot 8}{2} = 32\text{kHz}$$