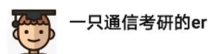


通信原理考研真题 PDF



PDF 河北工业大学891

PDF 江苏大学852

PDF 南京邮电大学801



需要报班、择校、答疑、求职就业问题可加我私人微信
也有个通信原理交流群：871381648

冲刺课程

火热招生中.....

课程介绍

- 1. 资料内容**
冲刺课不提供讲义, 附送院校适配的 4 套冲刺试卷(11 月中旬统一发货)。
- 2. 课程时长**
冲刺课以科目为单位, 单科时长约 10-20 课时。
- 3. 课程内容**
冲刺课分为课本重点串讲、重点题精讲和真题预测课:
(1) **课本重点串讲**: 归纳总结历年考点, 梳理完善知识体系。
(2) **重点题精讲**: 集中精讲经典题型, 查漏补缺补齐短板。
(3) **真题预测课**: 把握分析命题方向, 科学预测热门考点, 增长考场临变经验, 迅速提升应试能力。
- 4. 答疑及其他服务**
报班即享答疑群答疑, 当天问题当天解决。
各学科配备班主任, 提供复习规划和学习督导、每日一题、择校评估服务;
还赠送重点院校划重点视频, 非重点院校的教务老师一对一复习指导。
- 5. 直播答疑服务**
直播课: 伴随进度动态调整, 直播授课直奔要害, 第一时间解决学生疑难问题, 加强教学中的互动反馈。
答疑群内定期组织直播答疑服务, 报班即可按照答疑群通知时间参与直播答疑并开通往日直播答疑视频观看权限。
- 6. 收费及定价**
原价: 499 起
不同科目及院校定价不同, 具体可联系下方微信咨询。
- 7. 优惠说明**
买过公共课课程或者资料班的同学凭借淘宝订单截图**优惠 100 元**。
之前非水木观畴教育学员的同学, 可以无分组转发朋友圈或 QQ 空间集赞 10 个即可优惠 100 元(不设置分组可见, 30 分钟以上)、不与其他优惠叠加。

重要说明(必看)

- ▶▶ 冲刺卷不单卖, 只和冲刺课配套出售。
- ▶▶ 冲刺卷 11 月中旬统一发货, 冲刺课程 11 月初开始授课, 上课时间另行通知, 答疑服务报班之后立即提供。
- ▶▶ **全课程的同学本身课程中包含冲刺课部分, 无需重复购买。**

- 本文档适合大家把本校真题做完后用来查漏补缺使用, 也当作模拟啦, 有答案, 有解析, 有视频讲解, 相当 nice~
- 当然也适合 24 考研刚开始准备考研的同学拿来了解信号考什么使用~
- Ps: 另外我们这边也有针对冲刺的课程, 里面包含 4 套模拟卷, 全程的答疑服务, 20 小时的冲刺课程, 另外我们前面还有一些专题直播, 也都附赠一起了, 还有就是重点院校的划重点视频赠送, 非重点院校的教务老师一对一复习指导, 还有班主任监督, 每日一题。这个冲刺班用于查漏补缺都还是挺不错的, 如有需要的话可以联系我, 具体的介绍可以参考上图

河北工业大学 2021 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

(考生注意：全部答案必须写在答题纸上否则后果自负!)

考试科目代码：891

考试科目：通信与信息系统

注：①所有答案必须写在答题纸或答题卡上，写在本试题纸或草稿纸上均无效；

②本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回！

一、单项选择题（共 20 分，每题 2 分。答案一律写在答题纸上，否则无效。）

- 1.窄带高斯噪声相位服从（ ）分布，同相分量正交分量服从（ ）分布。
- 2.信道产生频率选择性衰退的原因是（ ）。
- 3.应用于实际的抽样方式有（ ）。
- 4.消除/减少码间干扰的办法是（ ）。

二、填空题（共 15 分，每空 1 分。答案一律写在答题纸上，否则无效。）

- 1.把幅度服从高斯分布，功率谱密度服从均匀分布的噪声称为（ ）。
- 2.在高斯信道中，当传输系统的信噪比下降时，要想保持信道容量不变，采用（ ）办法。
- 3.在模拟调制系统中，调制制度增益 G 增大，表示（ ）性能较好。
- 4.已知 8PSK 数字传输系统，其传码率为 800Baud，已调波带宽最小为（ ）Hz。
- 5.随机脉冲序列功率谱由离散谱和连续谱两部分组成，（ ）确定其是否存在直流分量和定时分量。
- 6.二进制数字信道中，设发送“1”码的概率 $p(1)$ 和“0”码的概率 $p(0)$ 与相等， $p(1/0) = 10^{-4}$, $p(0/1) = 10^{-5}$ ，则总差错概率为（ ）。
- 7.调制信道对信号的干扰分为（ ）和（ ）两种。
- 8.要得到一周期大于 1000 的伪随机序列，若用 m 序列，至少要（ ）级线性反馈移位寄存器。
- 9.均匀量化的 PCM 量化信噪比取决于（ ），每增加一位二进制编码，信噪比增大（ ）dB。
- 10.当信道中的信息传输速率相同时，2PSK 与 MSK 带宽较小的是（ ）。
- 11.接收机内采用一种滤波器，当某一时刻 t_0 使输出的瞬时功率与噪声平均功率之比达到最大时，是（ ）滤波器。

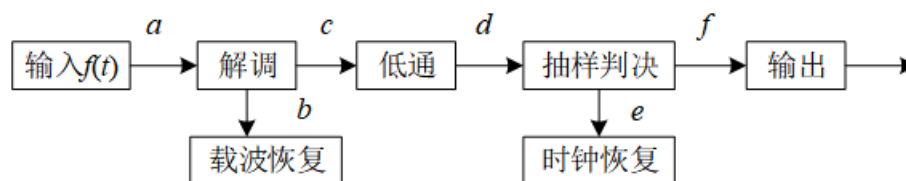
12. 已知系统传输的 HDB3 码序列为“+1 - 100 - 1 + 1000 + 1 - 1000 - 1”，写出原二进制码（ ）。

13. 当信道中的信息传输速率相同时，多进制和二进制调制，（ ）抗干扰能力强。

三、简答题（共 45 分，1~3 题每题 5 分，4~8 题每题 6 分，答案一律写在答题纸上，否则无效。）

1、写出两个与误码率有关的因素，定性说明其与误码率的关系。

2、某数字通信系统接收端组成如图，指出眼图应在哪个点观察，若其线迹宽且不清楚，请分析原因。



3、PCM 和 ΔM 的量化噪声与什么因素有关，用哪种方式可以防止/减小 ΔM 过载？

4、设一信息源输出由 256 个不同符号组成，其中 32 个符号出现的概率为 $1/64$ ，余下 224 个符号出现的概率为 $1/448$ ，信息源每秒发 4800 个符号，且每个符号相互独立，算出信息源的传输速率。

5、信道中传输一模拟信号 $m(t) = \cos(2 \times 10^3 \pi t) + 2\cos(4 \times 10^3 \pi t)$ ，问接收端最低抽样频率是多少？

6、两随机过程 $x(t) = A\cos\omega_0 t + B\sin\omega_0 t, y(t) = B\cos\omega_0 t - A\sin\omega_0 t$ ；其中 A、B 均为均值为 0，方差为 1 的高斯随机变量，且互不相关，统计独立，求同一时刻 $x(t)$ 与 $y(t)$ 的互相关值。

7、某调幅信号展开式 $S_{AM}(t) = 0.125\cos(2\pi \times 10^4)t + 4\cos 2\pi(1.1 \times 10^4)t + 0.125\cos 2\pi(1.2 \times 10^4)t$ ，求载波信号和调制信号的表达式。

8、20 路话音信号采用 SSB 调制进行频分复用传输，话音信号的最高频率为 4kHz，防护频带为 0.5kHz，求最小的传输带宽。

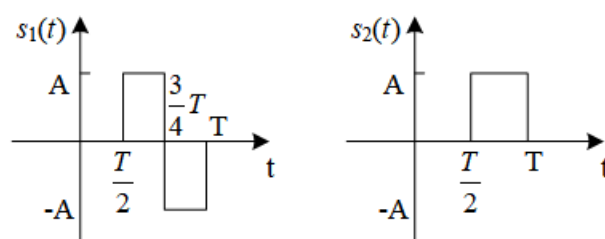
四、综合题（共 70 分，第 1 题 10 分，2~5 题每题 15 分。答案一律写在答题纸上，否则无效。）

1、信源信息码 a_k 为 11010110，采用第 I 类部分响应系统对其进行传输，试画出其基本原理框图，并写出该系统的编译过程。（设 b_{k-1} 的初始值为 0）

2、设调制信号是 $f_m = 5\text{kHz}$ 的单频余弦信号，NBFM 信号的载频 $f_1 = 100\text{kHz}$ ，最大频偏 $\Delta f_1 = 10\text{kHz}$ ；混频器参考频率 $f_2 = 5\text{MHz}$ ，选择信号频率次数 $n_1 = 64$ ， $n_2 = 48$ ，

- (1) 设计一宽带调频方案；
- (2) 求 NBFM 信号的调频指数；
- (3) 求宽带调频 WBFM 信号的最大频偏和调制指数。

3、设达到接收机输入端的二进制码元 $s_1(t)$ 、 $s_2(t)$ 的波形如下图。



分别对应 1、0，它们先验等概。

- (1) 画出匹配滤波器形式的最佳接收机结构（抽样时刻定在 $t_0=T$ ）；
- (2) 求系统误码率表达式；
- (3) 确定匹配滤波器冲激响应。

4、在 PCM 系统中，若采用 A 律 13 折线压缩，设最小的量化间隔为 1 个单位，已知抽样脉冲值为-138 个单位。

- (1) 求此编码输出的 PCM 码组和量化误差（段内采用自然二进制码）；
- (2) 写出该 7 位码（不包括极性码）的均匀量化 11 位码；
- (3) 如果有相同的 32 路信号进行 TDM，求复用系统的输出速率。

5、设发送的二进制信息为 110100111，采用 2PSK 传输，已知码元传输速率为 2400Baud，载波频率为 4800Hz。

- (1) 设计 2PSK 信号调制器原理框图，画出 2PSK 信号的时间波形；
- (2) 画出采用相干解调的原理框图和各点时间波形；
- (3) 若发出信息“0”和“1”等概，画出 2PSK 信号频谱结构示意图，算出带宽。

河北工业大学 2021 年攻读硕士学位研究生入学考试答案

一、选择题

1、【答案】均匀 高斯

【水木路研解析】一个均值为零的窄带平稳高斯过程 $\xi(t)$ ，它的同相分量 $\xi_c(t)$ 和正交分量 $\xi_s(t)$ 同样是平稳高斯过程，而且均值为零，方差也相同。此外，在同一时刻上得到的 $\xi_c(t)$ 和 $\xi_s(t)$ 是互不相关的或统计独立的。窄带高斯噪声相位服从均匀分布，同相分量正交分量服从高斯分布。

2、【答案】多径传播

【水木路研解析】所谓多径传播，是指由发射点出发的信号经过多条路径到达接收端。由于每条路径的时延和衰减都随时间而变化，所以接收信号是衰减和时延随时间变化的各路径信号的合成。产生的影响：1) 瑞利型衰落 2) 频率选择性衰落。

3、【答案】自然抽样（曲顶抽样）

【水木路研解析】理想抽样是无法物理实现的，有两种实际抽样方式：自然抽样和平顶抽样。

4、【答案】插入一种可调滤波器(均衡器)

【水木路研解析】均衡是一种减小码间串扰的信号处理或滤波技术，通过在系统中插入一种称为均衡器的滤波器来实现。它是现代数字通信，尤其是高速数字传输中的重要技术之一。

二、填空题

1、【答案】高斯白噪声

【水木路研解析】白噪声其功率谱密度在所有频率上均为常数，即服从均匀分布。如果白噪声取值的概率分布服从高斯分布，则称之为高斯白噪声。

2、【答案】增加带宽

【水木路研解析】根据香农公式 $C_t = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$ ，假如信噪比 $\frac{S}{N}$ 下降，则要保持 C_t 不变的话，需要增大带宽 B 。

3、【答案】解调器的抗噪声

【水木路研解析】在模拟通信系统中，制度增益 $G = \frac{S_0/N_0}{S_i/N_i}$ ，若 G 增大，说明输出信噪比增大，而输出信噪比代表可靠性，说明解调器的抗噪声性能变好。

4、【答案】1600

【水木路研解析】因为 $R_B/B = \frac{1}{1+\alpha}$ ，所以 $B=(1+\alpha)R_B$ ，所以 B 最多为 $2R_B=1600\text{Hz}$ 。

5、【答案】离散谱

【水木路研解析】通常，根据连续谱可以确定信号的带宽；根据离散谱可以确定

随机序列是否有直流分量和位定时分量。这也正是我们分析频谱的目的。

6、【答案】 5.5×10^{-5}

【水木珞研解析】 $P = P(1/0)P(0) + P(0/1)P(1) = 5.5 \times 10^{-5}$

7、【答案】加性干扰和乘性干扰

【水木珞研解析】加性干扰是叠加在信号上的各种噪声。其“加性”的含义是：没有信号输入时，信道输出端也有噪声输出，即噪声是独立于信号且始终存在的。乘性干扰是由于信道特性不理想造成的，它完全依赖于信道本身的特性。其“乘性”的含义是：没有信号输入时，信道输出端也没有乘性干扰输出，即乘性干扰与信号是“共存共失”的关系。

8、【答案】10

【水木珞研解析】一般来说，一个 n 级线性反馈移存器可能产生的最长周期等于 $(2^n - 1)$ 。我们将这种最长的序列称为 m 序列。 $(2^n - 1) > 1000$ ，所以需要 $n=10$ 。

9、【答案】编码位数 6

【水木珞研解析】 $(\frac{S}{N_q})_{DB} = 10 \log_{10} M^2 = 20N \log_{10} 2 = 6.02NdB$

式中： $M = 2^N$ ， N 为二进制编码位数。上式表明，每增加 1 位编码位数，信号量噪比就提高 6dB。因此信噪比只取决于编码位数。

10、【答案】MSK

【水木珞研解析】 $B_{2PSK} = 2R_B$ ，而 $B_{MSK} = 1.5R_B$ 。且因为 2PSK 和 MSK 都是二进制信号，所以 $R_b = R_B$ ，所以当信息速率相等时，MSK 信号的带宽小。

11、【答案】匹配

【水木珞研解析】匹配滤波器是一种能在特定时刻获得最大输出信噪比的最佳线性滤波器。所以当某一时刻使输出的瞬时功率与噪声平均功率之比达到最大时，是匹配滤波器。

12、【答案】10000100010000

【水木珞研解析】译码：若 3 连“0”的前后非零脉冲同极性，则后面的非零脉冲就是 V 码，将“000V”译为“0000”；若 2 连“0”的前后非零脉冲同极性，即为“BOOV”形式，将其译为“0000”，再将其余所有“-1”或“+1”译为“1”，即可恢复原信码。

13、【答案】二进制调制

【水木珞研解析】

(1)信息速率一定时，通过增加进制数 M ，可以降低码元速率，从而减小信号带宽，节约频带资源。

(2)码元速率一定时，通过增加进制数 M ，可以提高信息速率，从而在相同的带宽中传输更多比特的信息，提高频带利用率。

(3)在相同的噪声下，多进制调制系统的抗噪声性能低于二进制调制系统。换言之，若想得到相同的误码率，则需要更大的发送信号功率。

三、简答题

1、【水木珞研解析】误码率与信噪比 r 调制与解调的方式有关

①对于同一种调制方式， P_e 相干 $< P_e$ 非相干

②对于相同的解调方式，抗加性高斯白噪声性能从优到劣排列顺序是 DPSK、2DPSK、2FSK、2ASK

③相同误码率 P_e 条件下，对信噪比的要求：2ASK 比 2FSK 高 3dB，2FSK 比 2PSK 高 3dB，2ASK 比 2PSK 高 6dB。

2、【水木珞研解析】

眼图应在 d 点观察，眼图可以定性反映码间干扰的大小和噪声的大小。

当有噪声时，眼图的线迹变成了比较模糊的带状的线，噪声越大，线条越粗、越模糊。当存在码间干扰时，波形会失真，眼图线迹会杂乱，此条流线迹宽且不清楚，说明受噪声和码间干扰的影响较大。

3、【水木珞研解析】PCM 和 ΔM 的量化噪声与量化间隔有关，不过载条件： $\left| \frac{dm(t)}{dt} \right| \leq \sigma f_s$

4、【水木珞研解析】

$$H(x) = 32 \times \left(-\frac{1}{64} \log_2 \frac{1}{64} \right) + 224 \times \left(-\frac{1}{448} \log_2 \frac{1}{448} \right) \\ = 3 + 4.404 = 7.404 (\text{bit/符号})$$

$$R_b = H(x) \times R_B = 7.404 \times 4800 = 35539.2 (\text{bit/s})$$

5、【水木珞研解析】 $m(t)$ 的最高频率 $f_H = 2000\text{Hz}$ ，由抽样频率为 $f_s \geq 2f_H = 4000\text{Hz}$ ， \therefore 最低抽样频率为 4000Hz。

6、【水木珞研解析】

$$R_{xy}(t, t + \tau) = E[x(t)y(t + \tau)]$$

$$E(A^2) = E(B^2) = E[A \cos \omega_0 t + B \sin \omega_0 t][B \cos(\omega_0(t + \tau)) - A \sin \omega_0(t + \tau)] \\ = E[AB \cos \omega_0 t \cos \omega_0(t + \tau) - A^2 \sin \omega_0(t + \tau) \cos \omega_0 t + B^2 \sin \omega_0 t \cos \omega_0(t + \tau) \\ - AB \sin \omega_0 t \sin \omega_0(t + \tau)]$$

$$\text{令 } \tau = 0 \quad \therefore R_{xy} = 0$$

7、【水木珞研解析】

$$S_{AM(t)} = 0.125 \cos 2\pi \times 10^4 t + 4 \cos 2\pi \times 1.1 \times 10^4 t + 0.125 \cos 2\pi \times 1.2 \times 10^4 t \\ = (4 + 0.25 \cos 2\pi \times 10^3 t) \cos 2\pi \times 1.1 \times 10^4$$

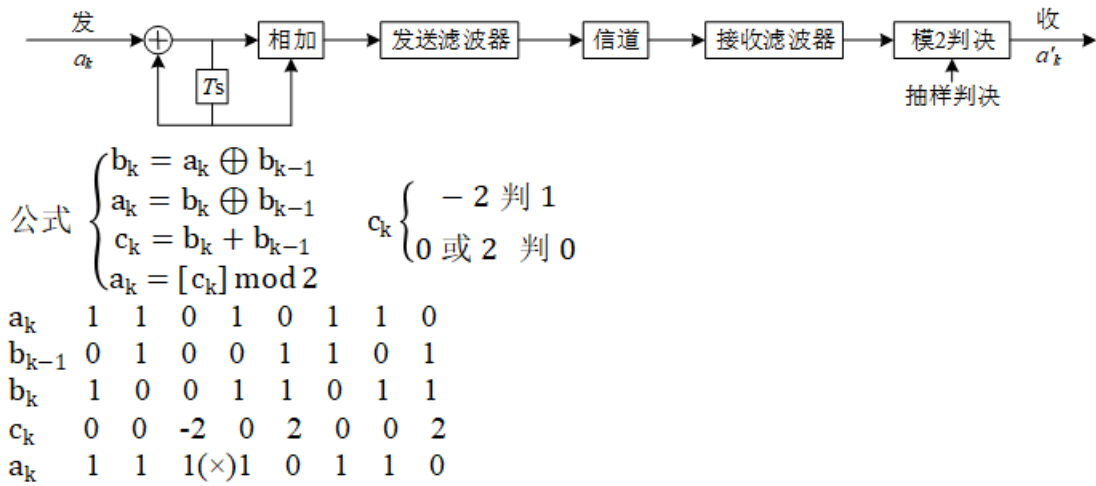
$$\therefore m(t) = 0.25 \cos 2\pi \times 10^3 t$$

载波信号为 $\cos 2\pi \times 10^4 \times 1.1t$

8、【水木珞研解析】 $B_{SSB} = 4K \times 20 + 19 \times 0.5K = 89.5\text{KHZ}$

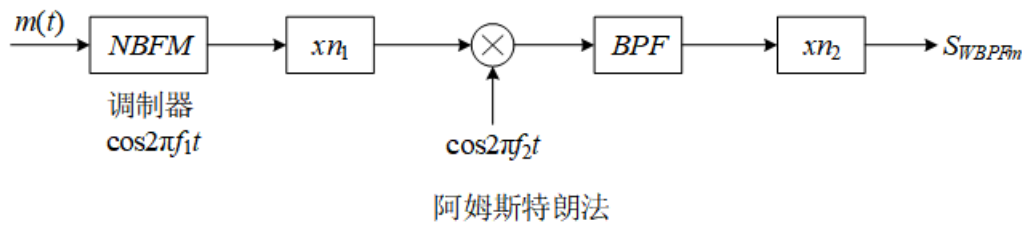
三、计算题

1、【水木珞研解析】



2、【水木路研解析】

(1)



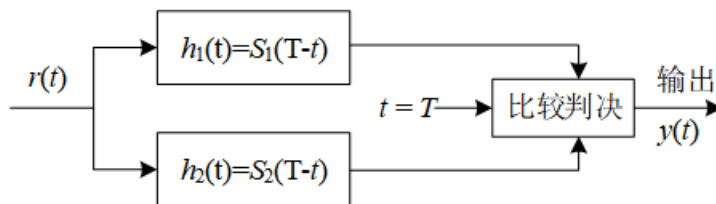
阿姆斯特朗法

(2) $m_1 = \frac{\Delta f_1}{f_m} = 2$

(3) $2\Delta f = n_1 n_2 \Delta f_1 = 30.72 \text{ MHz} \quad m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = 2048$

3、【水木路研解析】

(1)



(2)

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b(1-\rho)}{2n_0}}$$

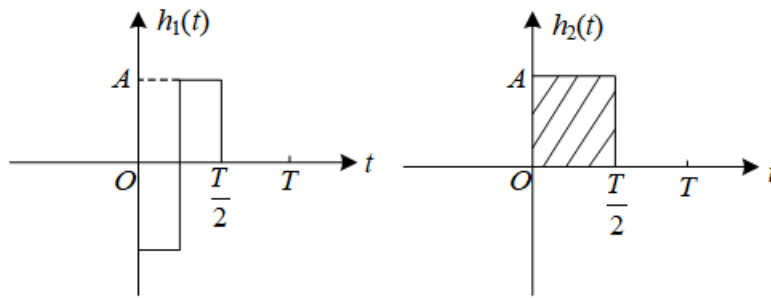
$$\rho = \frac{\int_0^T S_1(t) S_2(t) dt}{\sqrt{E_1 E_2}} = 0$$

$$\therefore P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{2n_0}}$$

$$E_b = \frac{A^2 T}{2}$$

$$\text{所以 } P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A^2 T}{4n_0}}$$

(3) $h_1(t) = S_1(T - t)$; $h_2(t) = S_2(T - t)$



4、【水木路研解析】

(1)

$$-(128\Delta + 4 \times 2\Delta) = -136\Delta$$

所以，编码输出的 PCM 码组为 00110010，电平为 -136Δ

$$\text{量化误差} = |(-136\Delta) - (-138\Delta)| = 2\Delta$$

(2) $-136\Delta = 2^7 + 2^1 \therefore$ 均匀量化 11 位码为 00010001000

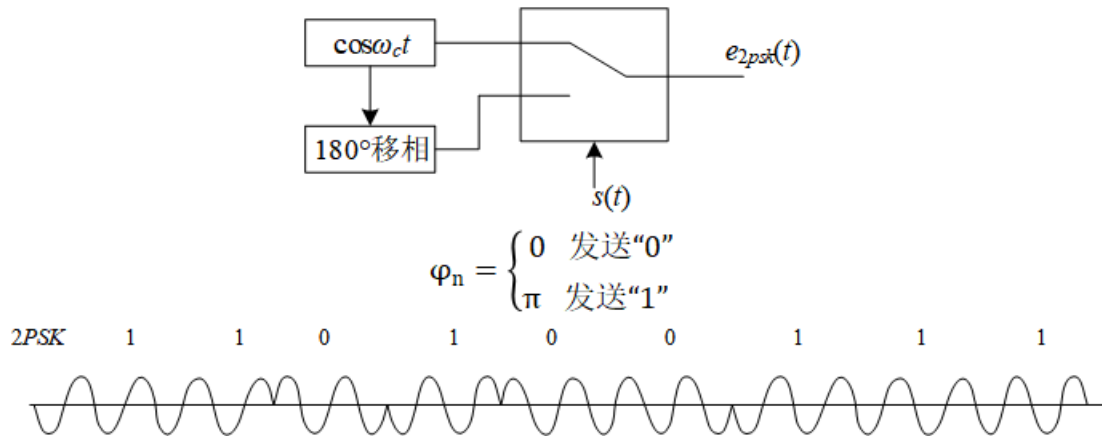
(3) $R_B = f_s \cdot N \cdot l = 8k \times 8 \times 32 = 2.048M(\text{Baud})$

5、【水木路研解析】

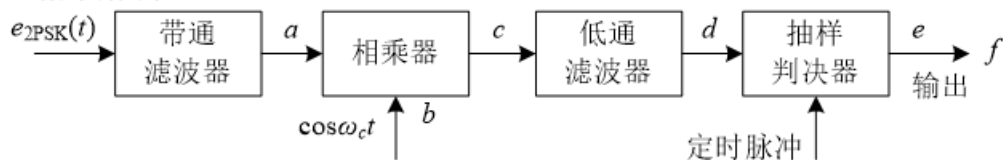
$$R_B = 2400\text{Baud}, f_c = 4800\text{Hz}$$

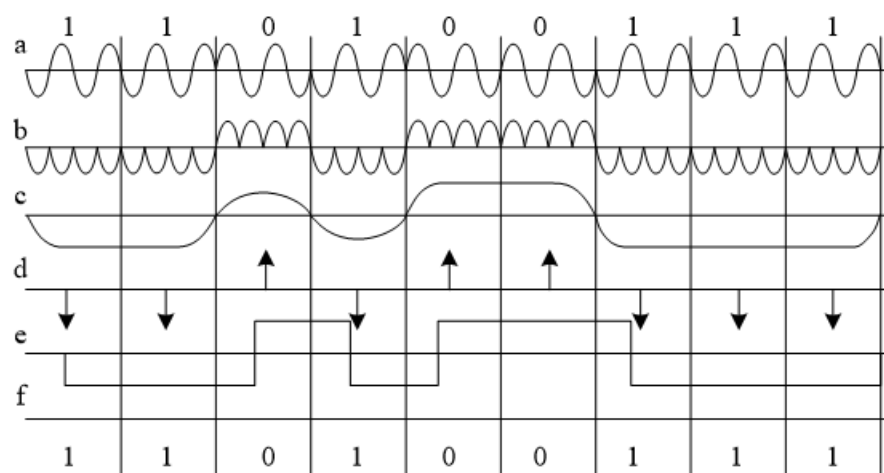
\therefore 一个码元周期内含有 2 个载波周期

(1)

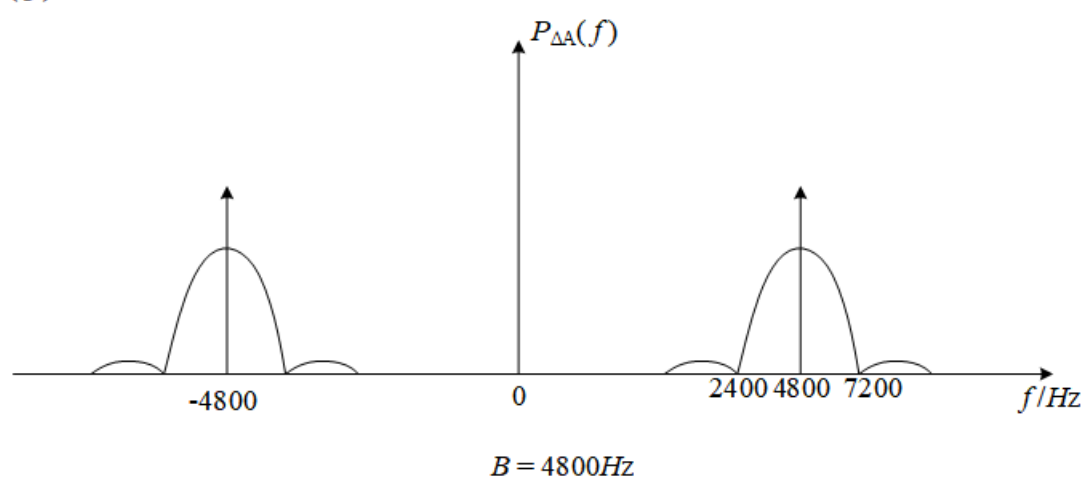


(2) 相干解调





(3)



江苏大学 2021 年硕士研究生入学考试试题

(考生注意：全部答案必须写在答题纸上否则后果自负！)

考试科目代码：852

考试科目：通信原理

注：①所有答案必须写在答题纸或答题卡上，写在本试题纸或草稿纸上均无效；

②本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回！

一、简答题 (70 分)

1、(1) 请画出数字通信系统的一般模型。(5 分)

(2) 衡量数字通信系统有效性和可靠性的性能指标有哪些？(4 分)

(3) 设 A 系统以 2000b/s 的比特率传输 2PSK 调制信号，已调波占用单边带宽为 2000Hz；B 系统以 2000b/s 的比特率传输 4PSK 调制信号，已调波占用单边带宽为 1000Hz，试问，哪个系统的有效性更好？(2 分)

2、(1) 高斯随机过程的主要性质有哪些？(写出两条，4 分)

(2) 设高斯型随机变量 x ，其均值为 a ，方差为 σ^2 ，写出其一维概率密度函数；(2 分)

(3) 设高斯型随机过程 $\xi_i(t)$ ，其均值为 a ，通过传输特性为 $H(\omega)$ 的线性时不变系统后，输出响应为随机过程 $\xi_o(t)$ ，试写出 $\xi_o(t)$ 的均值；(2 分)

- 3、（1）随参信道对传输信号的影响有哪些？（写出两条，4分）
（2）简述你理解的“信号带宽”概念；（2分）
（3）已知连续信道的单边带宽为 B (Hz)，信道输出的信号功率为 S (W)，信道加性噪声的单边带功率谱密度为 n_0 (W/Hz)，写出连续信道的信道容量公式，并分析参量 B 、 S 和 n_0 对信道容量的影响；（5分）
- 4、（1）单边带调制信号的产生方法有哪些？（2分）
（2）模拟调频技术为何被称为非线性调制？（2分）
（3）调频系统中会采用预加重和去加重技术，什么是预加重和去加重？（3分）
- 5、（1）已知信码序列为 1010000110000100000000，写出相应的 AMI 码和 HDB₃ 码（4分）
（2）部分响应系统设计的目的是什么？请简述其设计思想。（3分）
- 6、简述 2PSK 相干解调相位模糊现象，应该采用何种方法消除？（3分）

7、简述 MSK 信号的特点。（写出三条，4 分）

8、已知数字信号 $s_0(t)$ 和 $s_1(t)$ 的码元持续时间 T_B ，每个码元能量均为 E_b ，设 ρ 为 $s_0(t)$ 和 $s_1(t)$ 的互相关系数，请写出 ρ 的表达式（归一化），并计算 MSK 信号的互相关系数。（4 分）

9、（1）请写出模拟信号转换为数字信号的三个过程？（3 分）

（2）什么是均匀量化？什么是非均匀量化？比较两者的性能。（4 分）

（3）增量调制的量化噪声有哪两种？（2 分）

10、（1）请写出分组码中最小码距 d_0 与纠错能力 t 、检错能力 e 的关系。（4 分）

（2）5G 通信标准中，数据信道采用何种编码方案？控制信道采用何种编码方案？（2 分）

二、计算分析题（80 分）

1、已知随机过程 $Z(t) = m(t)\cos(100t + \theta)$ ，其中， $m(t)$ 是广义平稳过程，且其均值为零、自相关函数为 $R_m(\tau) = S\alpha(2\tau)$ ；随机变量 θ 在 $(0, 2\pi)$ 上服从均匀分布，它与 $m(t)$ 彼此统计独立。

（1）求 $Z(t)$ 的数学期望和自相关函数；（5 分）

（2）判断 $Z(t)$ 的平稳性，并说明原因；（3 分）

(3) 若将 $Z(t)$ 作为频响函数为 $H(j\omega)$ 的线性系统的输入，该系统输出响应为 $\eta(t)$ ，已知

$$H(j\omega) = \begin{cases} 2 & , 99 \leq \omega \leq 101 \\ 2 & , -101 \leq \omega \leq -99 \\ 0 & , \text{其他} \end{cases}$$

求① $\eta(t)$ 的功率谱 (2 分)；② $\eta(t)$ 的数学期望和自相关函数 (4 分)；③ $\eta(t)$ 的平均功率 (2 分)。

2、双边带相干接收机如图 1 所示，接收到的双边带已调信号为 $s_m(t) = m(t)\cos\omega_c t$ ，式中低频调制信号 $m(t) = A\cos 2\pi f_m t$ ， $f_m = 20\text{kHz}$ ；带通滤波器为理想滤波器，正好匹配双边带已调信号带宽，且通带增益为 1；信道白噪声双边功率谱密度 $n_0 = 2.5 \times 10^{-9}\text{W/Hz}$ ：

(1) 若要求接收机输出信噪比（即图中②点） $S_o/N_o = 20\text{dB}$ （提示：100 倍），求 A 。（8 分）

(2) 若信道传输衰耗为 80dB，求发射机输出功率 P_t 。（2 分）

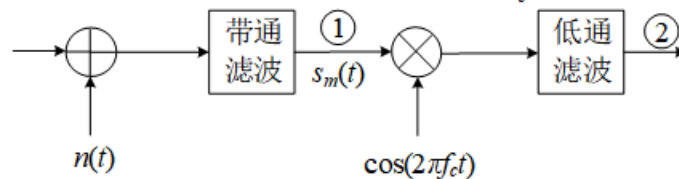


图1

3、已知二进制基带序列中的“1”和“0”分别由 $g_1(t)$ 和 $g_2(t)$ 表示，其中， $g_1(t)$ 定义如下式

$$g_1(t) = \begin{cases} A, & \frac{T_s}{4} \leq |t| \leq \frac{T_s}{2} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$g_2(t)$ 为零。若数字信息“1”出现概率为 $1/2$ ，“0”出现概率为 $1/2$ ，码元速率为 $1/T_s$ 波特（这里， $1/T_s = f_s$ ）：

（1）求该二进制基带序列的功率谱密度；（6分）

$$P_s(f) = f_s P(1-P) |G_1(f) - G_2(f)|^2 + \sum_{m=-\infty}^{\infty} |f_s [P G_1(m f_s) + (1-P) G_2(m f_s)]|^2 \delta(f - m f_s)$$

（2）分析该二进制基带序列中是否包含直流分量？说明分析理由。（4分）

（3）分析该二进制基带序列中能否直接提取码元同步分量？说明分析理由。若能提取，计算同步分量的功率。（5分）

4、某二进制数字基带系统所传送的是双极性矩形基带信号，通过加性高斯白噪声信道传输，接收端滤波后进行采样，并将采样值与门限电平0比较后给出判决。设采样值为 y ，若 $y > 0$ 则判决为“1”；若 $y \leq 0$ ，则判决为“0”。

已知采样值 y 由三部分组成， $y = x + n + I$ ，其中：

x 为采样值中的信号成分， x 以相等概率取值于 A 、 $-A$ 两个电平（发送“1”， $x = A$ ；发送“0”， $x = -A$ ）； n 为采样值中的噪声成分，是一个均值为0、方差为 σ^2 的高斯型随机变量； I 为采样值中的码间干扰分量， I 是一个均值为 $A/2$ 、方差为 σ^2 的高斯型随机变量； n 与 I 彼此独立。

（1）若发送“0”，请写出该情况下采样值 y 的数学期望、方差。（6分）

（2）若发送“1”，写出该情况下“1”误判为“0”的概率 P_{e1} ；（4分）

（3）试求该系统的平均误码率 P_e 。（4分）

5、设一个均匀量化器的量化电平数为 8，其输入信号抽样值 m_k 在区间 $[-2, 2]$ 内具有均匀分布的概率密度，量化器输出电平 q_i 为量化区间的中点（这里， $i = 1, 2, \dots, 8$ ）。

- (1) 试确定量化间隔 Δv 的大小；（2 分）
- (2) 求出该量化器输入的平均信号功率；（4 分）
- (3) 求出该量化器的平均信号量化噪声功率比。（4 分）

6、设某基带系统所传输的信号为四电平基带脉冲序列，能够实现无码间干扰传输的最高信息速率为 2400 (b/s)，试问：

- (1) 若该基带系统的总传输特性为理想低通型，请确定该系统的最高频带利用率、以及所需的最小信道带宽；（4 分）
- (2) 若该基带系统的总传输特性为余弦滚降型，且滚降系数为 $\alpha = 0.5$ ，请确定该系统的最高频带利用率、以及所需的最小信道带宽；（4 分）

7、已知 (7, 4) 循环码的全部码组为

0000000	0001011	0011101	0100111
0010110	0101100	0110001	0111010
1000101	1001110	1010011	1011000
1100010	1101001	1110100	1111111

(1) 写出该循环码的生成多项式 $g(x)$; (3 分)

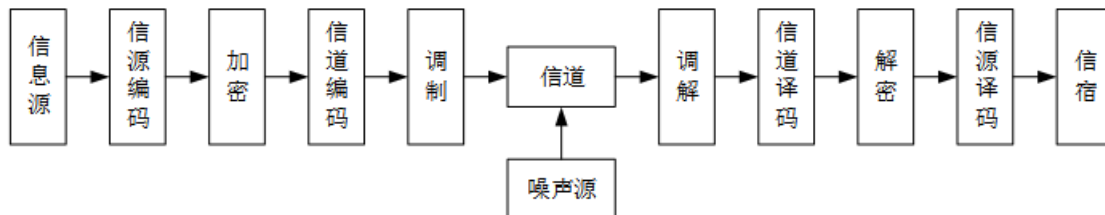
(2) 写出该循环码的生成矩阵 \mathbf{G} , 并化为典型阵; (4 分)

江苏大学 2021 年硕士研究生入学考试试题答案

一、简答题

1. 【水木路研解析】

(1)



(2) 有效性: 频带利用率 可靠性: 误码率、误信率

$$\begin{aligned}
 (3) \quad A \quad R_b &= 200 \text{ bps} & B \quad R_b &= 200 \text{ bps} \\
 R_B &= 2000 \text{ Baud} & R_B &= \frac{2000}{\log_2 4} = 1000 \text{ Baud} \\
 B &= 2000 \text{ Hz} & B &= 1000 \text{ Hz} \\
 \eta_6 &= \frac{R_b}{B} = \text{bps/Hz} & \eta_b &= 2 \text{ bps/Hz}
 \end{aligned}$$

B 系统完好

【解析】

(1) 信源编码与译码有两个基本功能: 一是提高信息传输的有效性, 即通过某种压缩编码技术设法减少码元数目以降低码元速率。二是完成模/数(A/D)转换, 即当信息源给出的是模拟信号时, 信源编码器将其转换成数字信号, 以实现模拟信号的数字传输。信道编码与译码的作用是进行差错控制。数字信号在传输过程中会受到噪声等影响而发生差错。为了减小差错, 信道编码器对传输的信息码元按一定的规则加入保护成分(监督码元), 组成所谓“抗干扰编码”。接收端的信道译码器按相应的逆规则进行解码, 从中发现错误或纠正错误, 提高通信系统的可靠性。

在需要实现保密通信的场合, 为了保证所传信息的安全, 人为地将被传输的数字序列扰乱, 即加上密码, 这种处理过程叫加密。在接收端利用与发送端处理过程相反的过程对收到的数字序列进行解密, 恢复原来信息。

数字调制是把数字基带信号的频谱搬移到高频处, 形成适合在信道中传输的带通信号。

(2) 有效性和可靠性是通信系统的两个主要指标。两者相互矛盾而又相对统一, 且可互换。在模拟通信系统中, 有效性可用带宽衡量, 可靠性可用输出信噪比衡量。在数字通信系统中, 有效性用频带利用率表示, 可靠性用误码率、误信率表示。

2. 【水木路研解析】

(1) ①广义平稳高斯过程是严格平稳的

②高斯过程经过线性变换后仍然是高斯过程

$$(2) f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

$$(3) E[\xi_0(t)] = aH(0)$$

【解析】

(1) 广义平稳的高斯过程也是严平稳的; 如果高斯过程在不同时刻的取值是不相关的, 那么它们也是统计独立的; 高斯过程经过线性变换后生成的过程仍是高斯过程。

(2) 高斯过程在任一时刻上的取值是一个正态分布的随机变量, 也称高斯随机变量。

(3) 一个均值为零的窄带平稳高斯过程 $\xi(t)$, 其包络的一维分布是瑞利分布, 相位的一维分布是均匀分布, 并且就一维分布而言, 两者是统计独立的。它的同相分量 $\xi_c(t)$ 和正交分量 $\xi_s(t)$ 同样是平稳高斯过程, 而且均值为零, 方差也相同。此外, 在同一时刻上得到的 $\xi_c(t)$ 和 $\xi_s(t)$ 是互不相关的或统计独立的。

3. 【水木路研解析】

(1) ①多径效应 (频率弥散频谱扩展, 频率选择性衰落, 瑞利型衰落)

②衰减时延随时间变化

(2) 信号最高频率与最低频率之差

$$(3) C_t = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{n_0 B} \right)$$

B 增加 C_t 增加 $B \rightarrow \infty C_t = 1.44 \frac{S}{n_0}$

S 增加 C_t 增加 n_0 增加 C_t 减少

【解析】

(1) 随参信道传输媒质的特点: 对信号的衰耗随时间的变化而变化; 传输时延随时间变化而变化; 具有多径传播(多径效应)。

(2) 信号带宽: 一个信号所包含谐波的最高频率与最低频率之差, 即该信号所拥有的频率范围, 定义为该信号的带宽。

(3) 连续信道的容量 C_t 和信道带宽 B 信号功率 S 及噪声功率谱密度 n_0 三个因素有关。

4. 【水木路研解析】

(1) 滤波法 相移法

(2) 调制后产生了新的频率分量

(3) 改善输出信噪比

预加重 在解调器 输出端接一个传输特性随频率增加而增加的线性网络 $H_p(f)$

去加重 在解调器 输出端接一个传输特性随频率增加而滚降的线性网络 $H_d(f)$

【解析】

(1) 滤波法是先产生一个双边带信号, 然后让其通过一个边带滤波器, 滤除不要的边带, 即可得到单边带信号。相移法是利用相移网络, 对载波和调制信号进行适当的相移, 以便在合成过程中将其中的一个边带抵消而获得 SSB 信号。相移法不需要滤波器具有陡峭的截止特性, 不论载频有多高, 均可一次实现 SSB 调制。

(2) 非线性调制与线性调制本质的区别在于: 线性调制不改变信号的原始频谱结构, 而非线性调制改变了信号的原始频谱结构。此外, 非线性调制往往占用较宽的带宽。

(3) 为了进一步改善调频解调器的输出信噪比, 针对鉴频器输出噪声谱呈抛物线形状这一特点, 在调频系统中广泛采用了加重技术, 包括预加重和去加重措施。预加重和去加重的设计思想是保持输出信号不变, 有效降低输出噪声, 以达到提高输出信噪比的目的。

5. 【水木路研解析】

(1)

AMI 码	+1	0	-1	0	0	0	0	+1	-1	0	0	0
HBB ₃ 码	+1	0	-1	0	0	0	-V	+1	-1	+B	0	0
即	+1	0	-1	0	0	0	-1	+1	-1	+1	0	0
	0	+1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	+V	-1	0	0	0	-V	+B	0	0	+V		
	+1	-1	0	0	0	-1	+1	0	0	+1		

(2) 人为地有规律地在码元抽样时刻引入码间串扰, 并在判决前加以清楚, 从而到达改善频谱特性压缩传输带宽, 使频带利用率达到理论上最大值 2Baud/Hz , 并加速传输波形尾巴衰减和降低对实时精度要求的目的。

【解析】

(1) AMI 码的全称是传号交替反转码, 其编码规则是将消息码的“1”(传号)交替地变换为“+1”和“-1”, 而“0”(空号)保持不变。HDB₃ 码的全称是三阶高密度双极性码。它是 AMI 码的一种改进型, 改进目的是为了保持 AMI 码的优点而克服其缺点, 使连“0”个数不超过三个。

(2) 有控制的在某些码元的抽样时刻引入码间干扰, 而在其余码元的抽样时刻无码间干扰, 那么就能使频带利用率提高到理论上的最大值, 同时又可以降低对定时精度的要求, 通常把这种波形称为部分响应波形。利用部分响应波形进行的基带传输系统称为部分响应系统。因为引入的码间干扰是确知的, 所以从最终抽样的结果中剔除掉码间干扰, 就可以获得本码元的抽样值。能够较好的提高频带利用率。

6. 【水木路研解析】恢复的本地载波与所需的相干载波可能同相也可能反相, 这种相位关系的不确定性, 将会造成解调出的数字基带信号与发送的数字基带信号正好相反, 即 1 变为 0, 0 变为 1, 使用 2DPSK 判决器输出数字信号全部出错。

【解析】由于在 2PSK 信号的载波恢复过程中存在着 180° 的相位模糊, 即恢复的本地载波与所需的相干载波可能同相, 也可能反相, 这种相位关系的不确定性将会造成解调出的数字基带信号与发送的数字基带信号正好相反, 即“1”变为“0”, “0”变为“1”, 判决器输出数字信号全部出错。这种现象称为 2PSK 方式的“倒 π ”现象或“反相工作”。这也是 2PSK 方式在实际中很少采用的主要原因。

7. 【水木路研解析】相位连续 包络恒定 严格正交

【解析】最小频移键控(MSK)是 2FSK 的改进。2FSK 体制虽然性能优良、易于实现, 并应用广泛, 但是它也有不足之处。首先, 它的频带利用率较低。其次, 若用开关法产生 2FSK 信号, 则相邻码元波形的相位可能不连续。若二进制信号的两种码元互相正交, 则其误码率性能将更好。为了克服上述缺点, 对于 2FSK 信号作了改进, 发展出 MSK 信号。MSK 信号是一种包络恒定、相位连续、带宽最小并且严格正交的 2FSK 信号。

$$8. \text{【水木路研解析】 } \rho = \frac{\int_0^{T_B} s_0(t)s_1(t)dt}{\sqrt{\int_0^{T_B} s_0^2(t)dt \int_0^{T_B} s_1^2(t)dt}} = \frac{\int_0^{T_B} s_0(t)s_1(t)dt}{E_b}$$

$$\text{MSK 正交, } \rho = \frac{\int_0^T s_0(t)s_1(t)dt}{E_0} = 0$$

【解析】

高斯最小频移键控

优点: 相位连续, 频谱旁瓣很小, 几乎消除传递干扰

缺点: 多径效应会引起严重码间串扰

MSK 和 GMSK 都属于改进的 FSK 体制。它们能够消除 FSK 体制信号的相位不连续性, 并且其信号是严格正交的。此外, GMSK 信号的功率谱密度比 MSK 信号的更为集中。OFDM 信号是一种多频率的频分调制体制。它具有优良的抗多径衰落能力和对信道变化的自适应能力, 适用于衰落严重的无线信道中。

9. 【水木路研解析】

(1) 采样 量化 编码

(2) 均匀量化 等间隔划分输入信号取值域

非均匀量化 量化间隔不相等的方法

(3) 基本量化噪声 (一般量化噪声)、过载量化噪声

【解析】

(1) 模拟信号首先被抽样。模拟信号被抽样后成为抽样信号, 它在时间上是离散的, 但是其取值仍然是连续的, 所以是离散模拟信号。第二步是量化。量化的结果使抽样信号变成量化信号, 其取值是离散的, 故量化信号已经是数字信号了, 它可以看成是多进制的数字脉冲信号。第三步是编码, 最基本和最常用的编码方法是脉冲编码调制。

(2) 均匀量化: 即把经过抽样得到的瞬时值将其幅度离散, 即用一组规定的电平, 把瞬时抽样值用最接近的电平值来表示。

非均匀量化: 即在小信号范围内提供较多的量化级, 而在大信号范围内提供少数的量化级。非均匀量化是一种在输入信号的动态范围内量化间隔不相等的量化。换言之, 非均匀量化是根据输入信号的概率密度函数来分布量化电平, 以改善量化性能。

(3) 由上述增量调制原理可知, 译码器恢复的信号是阶梯形电压经过低通滤波平滑后的解调电压。它与编码器输入模拟信号的波形近似, 但是存在失真。将这种失真称为量化噪声。这种量化噪声产生的原因有两个。第一个原因是由于编码、译码时用阶梯波形去近似表示模拟信号波形, 由阶梯本身的电压突跳产生失真。这是增量调制的基本量化噪声, 又称一般量化噪声。它伴随着信号永远存在, 即只要有信号, 就有这种噪声。第二个原因是信号变化过快引起失真; 这种失真称为过载量化噪声。

10. 【水木路研解析】

(1) 检测 e 个错码

$$d_0 \geq e + 1$$

纠正 t 个错码

$$d_0 \geq 2t + 1$$

检测 e 个、纠正 t 个错码

$$d_0 \geq e + t + 1 (e > t)$$

(2) 数据信道采用 LDPC (长码, 短码)

控制信道采用 Polar (短码)

【解析】

(1) 一种编码的最小码距 d_0 的大小直接关系着这种编码的检错和纠错能力。

(2) 2016 年 11 月 18 日，在美国内华达州里诺刚刚结束的会议上，国际移动通信标准化组织 3GPP 最终确定了 5G eMBB(增强移动宽带)场景的信道编码技术方案，其中，Polar 码作为控制信道的编码方案；LDPC 码作为数据信道的编码方案。

二、计算分析题 (80 分)

1. 【水木路研解析】

$$(1) Z(t) \text{ 的均值 } E[Z(t)] = E[m(t)\cos(100t + \theta)] = E[m(t)]E[\cos(100t + \theta)]$$

$$\because E[m(t)] = 0$$

$Z(t)$ 的均值为

$$E[z(t)] = 0$$

$Z(t)$ 的自相关为

$$\begin{aligned} R_z(t, t + \tau) &= E[Z(t)Z(t + \tau)] \\ &= E[m(t)\cos(100t + \theta)m(t + \tau)\cos(100(t + \tau) + \theta)] \\ &= E[m(t)m(t + \tau)]E[\cos(100t + \theta)\cos(100(t + \tau) + \theta)] \\ &= R_m(\tau)E\left[\frac{1}{2}\cos(100t + \theta - 100t - 100\tau - \theta) + \cos(100t + \theta + 100(t + \tau) + \theta)\right] \\ &= R_m(\tau)E\left[\frac{1}{2}\cos(-100\tau) + \cos(200t + 100\tau + \theta)\right] \\ E[\cos(200t + 100\tau + \theta)] &= \int_0^{2\pi} \frac{1}{2\tau} \cos 1200t + 100\tau + \theta d\theta = 0 \\ \therefore R_z(t, t + \tau) &= \frac{1}{2}\cos(100\tau)R_m(\tau) = \frac{1}{2}\cos(100\tau)Sa(2\tau) \end{aligned}$$

(2) 广义平稳

$$E[Z(t)] = 0 \text{ 为常数}$$

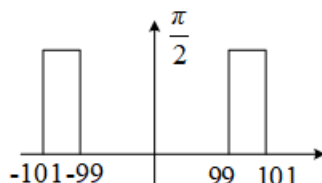
$$R_z(t, t + \tau) = \frac{1}{2}\cos(100\tau)Sa(2\tau) \text{ 仅与时间差 } \tau \text{ 有关}$$

$$(3) \textcircled{1} R_z(t, t + \tau) \Leftrightarrow P_z(\omega), Sa(2\tau) \Leftrightarrow \frac{\pi}{2}g_4(\omega)$$

$$\begin{aligned} P_z(\omega) &= \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot \pi[\delta(\omega - 100) + \delta(\omega + 100)] * \frac{\pi}{2}g_4(\omega) \\ &= \frac{\pi}{8}[g_4(\omega - 100) + g_4(\omega + 100)] \\ &= \begin{cases} \pi/8, 99 \leq |\omega| \leq 101 \\ 0, \text{其他} \end{cases} \end{aligned}$$

$$|H(j\omega)| = 2 \quad 99 \leq |\omega| \leq 101$$

$$\begin{aligned} P_\eta(\omega) &= |H(j\omega)|^2 \cdot P_1(\omega) = \begin{cases} 4 \cdot \frac{\pi}{8}, & 99 \leq |\omega| \leq 101 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \\ &= \begin{cases} \frac{\pi}{2}, & 99 \leq |\omega| \leq 101 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \end{aligned}$$



$$\textcircled{2} E[\eta(t)] = H(0)E[z(t)] = 0$$

$$P_{\eta}(\omega) = \begin{cases} \pi/2, 99 \leq |\omega| \leq 101 \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

$$R_{\eta}(t, t+\tau) \Leftrightarrow P_{\eta}(\omega)$$

$$P_{\eta}(\omega) = \frac{\pi}{2} g_2(\omega+100) + \frac{\pi}{2} g_2(\omega-100)$$

$$R_{\eta}(\tau) = \frac{1}{2} Sa(\tau) e^{100j\tau} + \frac{1}{2} Sa(\tau) e^{-100j\tau}$$

$$= Sa(\tau) \left[\frac{1}{2} (e^{100j\tau} + e^{-100j\tau}) \right]$$

$$= \cos(100\tau) Sa(\tau)$$

③ $P=R(0) = 1W$

2. 【水木路研解析】

(1) $B = 2f_m = 40\text{kHz}$

$$N_i = 2n_0B = 2 \times 2.5 \times 10^{-9} \times 40 \times 10^3 = 2 \times 10^{-4}W$$

$$G = 2 \quad \therefore S_i/N_i = 50$$

$$\therefore S_i = 10^{-2}W$$

$$S_i = \frac{1}{2} m^2(t) = \frac{1}{4} A^2 = 10^{-2}W$$

$$\therefore A = 0.2$$

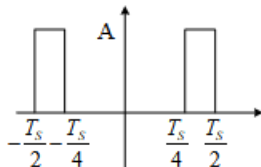
(2) $\alpha = 10^8$

$$S_i = \frac{S_T}{\alpha} \quad S_T = 10^8 \times 10^{-2} = 10^6W$$

$$\therefore P_t = 10^6W$$

3. 【水木路研解析】

(1)



$$g_1(t) = g_{\frac{T_s}{4}}\left(t - \frac{3T_s}{8}\right) + g_{\frac{T_s}{4}}\left(t + \frac{3T_s}{8}\right)$$

$$G_1(f) = A \cdot \frac{T_s}{4} Sa\left(\pi f \cdot \frac{T_s}{4}\right) e^{-j2\pi f \cdot \frac{3T_s}{8}} + A \cdot \frac{T_s}{4} Sa\left(\pi f \cdot \frac{T_s}{4}\right) e^{j2\pi f \cdot \frac{3T_s}{8}}$$

$$= \frac{AT_s}{2} Sa\left(\pi f \cdot \frac{T_s}{4}\right) \cos\left(2\pi f \cdot \frac{3T_s}{8}\right)$$

$$G_2(f) = 0$$

$$P_s(f) = f_s \cdot \frac{1}{4} \left| \frac{AT_s}{2} Sa\left(\pi f \cdot \frac{T_s}{4}\right) \cos\left(2\pi f \cdot \frac{3T_s}{8}\right) \right|^2$$

$$P_s(f) = f_s \cdot \frac{1}{4} \left| \frac{AT_s}{2} Sa\left(\pi f \cdot \frac{T_s}{4}\right) \cos\left(2\pi f \cdot \frac{3T_s}{8}\right) \right|^2$$

$$= \frac{A^2 T_s}{16} S_a^2\left(\pi f \cdot \frac{T_s}{4}\right) \cos^2\left(2\pi f \cdot \frac{3T_s}{8}\right) + \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \frac{A^2}{16} S_a^2\left(\frac{\pi m}{4}\right) \cos^2\left(\frac{3\pi}{4} m\right) \delta(f - mf_s)$$

(2) $P_s(f)|_{f=0} = \frac{A^2 T_s}{16} \neq 0$ 含直流分量

$$(3) m = \pm 1 \quad P_r(f) = \frac{A^2}{16} S_a^2\left(\frac{\pi}{4}\right) \cos^2\left(\frac{3\pi}{4}\right) \delta(f - f_s) + \frac{A^2}{16} S_a^2\left(-\frac{\pi}{4}\right) \cos^2\left(-\frac{3\pi}{4}\right) \delta(f + f_s)$$

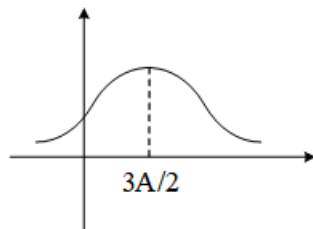
$$P = \int_{-\infty}^{+\infty} P_r(f) df = \frac{A^2}{16} \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\pi^2}{16}} \cdot 2 \times \frac{1}{2} = \frac{A^2}{2\pi^2} W$$

4. 【水木路研解析】

$$(1) \text{“0”} \quad E[y] = E[-A] + E[n] + E[I] = -\frac{A}{2} \quad D[y] = 2\sigma^2$$

$$(2) \text{“1”} \quad E[y] = A + \frac{A}{2} = \frac{3A}{2} \quad D[y] = 2\sigma^2$$

$$\begin{aligned} P_{e1} &= \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{\left(x - \frac{3A}{2}\right)^2}{2\sigma^2}\right\} dx \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{\left(\frac{3A}{2} - 0\right)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{9A^2}{8\sigma^2}} \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{9A^2}{16\sigma^2}} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} (3) P_{e0} &= \int_0^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{\left(x + \frac{A}{2}\right)^2}{2\sigma^2}\right\} dx \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{\left(\frac{A}{2}\right)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A^2}{8\sigma^2}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A^2}{16\sigma^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_e &= P(1)P_{e1} + P(0)P_{e0} = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{9A^2}{8\sigma^2}} + \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A^2}{8\sigma^2}} \\ &= \frac{1}{4} \operatorname{erfc}\left(\frac{3A}{4\sigma}\right) + \frac{1}{4} \operatorname{erfc}\left(\frac{A}{4\sigma}\right) \end{aligned}$$

5. 【水木路研解析】

$$(1) \text{量化间隔为 } \Delta v = \frac{b-a}{M} = \frac{4}{8} = 0.5$$

(2)

$$m_i = a + i\Delta v = -2, -1.5, -1, -0.5, 0, 0.5, 1, 1.5, 2$$

输入的平均信号功率为

$$S = \int_a^b m_k^2 f(m_k) dm_k$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_{-a}^a \frac{1}{2a} m^2 k dm_k \\
 &= \frac{1}{6a} m_k^3 \Big|_{-a}^a = \frac{2a^3}{6a} = \frac{a^2}{3} = \frac{M^2 \Delta v}{12} \\
 (3) \quad N_q &= \frac{(\Delta v)^2}{12} = E[(m_k - m_q)^2] = \int_m^b (m_k - m_q)^2 f(m_k) dm_k \\
 &= \sum_{i=1}^M \int_{m_{i-1}}^{m_i} (m_k - q_i)^2 f(m_k) dm_k \\
 S/N_q &= \mu^2 = 64
 \end{aligned}$$

6. 【水木路研解析】

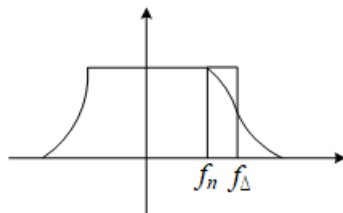
(1) $R_b = 2400 \text{ bit/s}$

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{R_b}{\log_2 4} = 1200 \text{ Baud} = 2f_N = \frac{1}{T_B} \\
 B &= \frac{1}{2T_B} = f_N = 600 \text{ Hz} \\
 \eta &= \frac{R_B}{B} = 2 \text{ Baud/Hz}
 \end{aligned}$$

(2) $B = (1 + \alpha)f_N = 1.5 \times 600 = 900 \text{ Hz}$

频带利用率为

$$\eta = \frac{R_B}{B} = \frac{1200}{900} = \frac{4}{3} \text{ Baud/Hz}$$



7. 【水木路研解析】

(1) $n - k = 3$ 现对 $x^7 + 1$ 进行因式分解：

$$x^7 + 1 = (x + 1)(x^3 + x + 1)(x^3 + x^2 + 1)$$

由于本题中 $n - k = 7 - 4 = 3$ ，所以可以选取 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 或 $g(x) = x^3 + x + 1$

又因为在给定的全部码组中有“0001011”，故应选用与其对应的生成多项式：

$$\therefore g[x] = x^3 + x + 1$$

(2)

$$G = \begin{bmatrix} x^{k-1}g(x) \\ \vdots \\ g(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^3g(x) \\ x^2g(x) \\ xg(x) \\ g(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^6 + x^4 + x^3 \\ x^5 + x^3 + x^2 \\ x^4 + x^2 + x \\ x^3 + x + 1 \end{bmatrix} \text{ 写成 } G = \begin{bmatrix} 1011000 \\ 0101100 \\ 0010110 \\ 0001011 \end{bmatrix}$$

对 G 进行初等行变换，可以将其化成典型阵：

$$G = \begin{bmatrix} 1000 & 101 \\ 0100 & 111 \\ 0010 & 110 \\ 0001 & 011 \end{bmatrix} = [I_k Q]$$

南京邮电大学 2021 年硕士研究生入学考试真题（回忆版）

（考生注意：全部答案必须写在答题纸上否则后果自负！）

考试科目代码：801

考试科目：通信原理

注：①所有答案必须写在答题纸或答题卡上，写在本试题纸或草稿纸上均无效；

②本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回！

一、选择题（2 分一空，共 30 分）

1. 采用四进制传输， R_B 为 240kB， R_b 为 ① bit/s。若采用八进制传输 R_B 为 ② kB。若改变后的信号平均每秒有 1 个码元发生错误，误码率为：③ 。

2. 随参信道的多径传播会导致接收信号产生 ④ 。

3. 码元传输速率为 R_B 的数字基带信号，对其传输的最佳特性为 ⑤ ，带宽为 ⑥ ；实际应用中才采用 ⑦ 特性，带宽为 ⑧ 。

4. OFDM 是一种 ⑨ 调制，可采用 ⑩ 解调，大大简化了设备，实际应用中可采用 ⑪ 进行调制加快运算速度。

5. 模拟信号数字化中，对信号抽样是在 ⑫ 上离散化，量化是在 ⑬ 上离散化。

6. 欲得到周期大于 1000 的 m 移位寄存器，至少需要 ⑭ 级线性反馈移存器，其实际周期为 ⑮ 。

①A. 120k B. 240k C. 480k D. 960k

②A. 160k B. 320k C. 480k D. 640k

③A. 1.25×10^{-6} B. 1.6×10^{-6} C. 5×10^{-6} D. 6.25×10^{-6}

④A. 慢衰落 B. 多普勒扩展 C. 频率选择性衰落 D. 阴影衰落

⑤A. 理想低通 B. 理想带通 C. 余弦滚降 D. 部分响应

⑥A. $\frac{R_B}{2}$ B. $\frac{1+\alpha}{2}R_B$ C. R_B D. $2R_B$

⑦A. 理想低通 B. 理想带通 C. 余弦滚降 D. 部分响应

⑧A. $\frac{R_B}{2}$ B. $\frac{1+\alpha}{2}R_B$ C. R_B D. $2R_B$

⑨A. 直接 B. 间接 C. 单载波 D. 多载波

⑩A. DFT B. FFT C. IDFT D. IFFT

⑪A. DFT B. FFT C. IDFT D. IFFT

⑫A. 时间 B. 幅度 C. 频率 D. 相位

⑬A. 时间 B. 幅度 C. 频率 D. 相位

⑭A. 6 B. 10 C. 500 D. 1000

⑮A. 1008 B. 1012 C. 1023 D. 1024

二、填空题（2 分一空，共 14 分）

1. 信息码 1000000001 对应的 HDB₃ 码为 (-V) ，双相码 。若 HDB₃ 码 10-110010-10，对应的信息码 。

2. 某模拟信号最高频率为 f_m ，对其进行 PCM 编码二进制传输，允许传输带宽为 B ，则每采样值最多可编_____位码，量化电平数为_____。

3. 某信号传输进行纠错编码，若码距 $d_0 = 6$ ，采用纠检结合，则纠检结合的方案 (t, e) 分别为_____。 $(t$ 为纠错个数， e 为检错个数)。

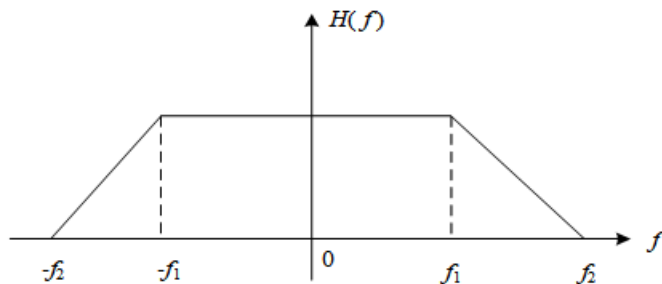
三、判断题（2 分一题，共 10 分）

1. 消息所含信息量与消息出现的概率成反比。（ ）
2. 由于有效性和可靠性可以互换，故允许信道误码，可提高信息传输速率。（ ）
3. 模拟调制解调都存在门限效应。（ ）
4. 信号呈均匀分布时，适合采用均匀量化。（ ）
5. 同步是要使得接收机与接收信号步调一致。（ ）

四、(12 分) 某八进制对称信道，传输正确率为 0.93，错成其他符号的概率为 0.01。信源的概率分布为：4 个符号为 1/8；2 个符号为 1/16；2 个 3/16。求

- (1) 信源信息熵。
- (2) 信道信息传输速率。
- (3) 信道容量。

五、(12 分) 某数字基带传输系统有具体如图所示的传输特性。



已知 $f_1 = 10.8\text{MHz}$ ， $f_2 = 18\text{MHz}$ 。

- (1) 它实现无 ISI 最大传输速率为多少？
- (2) 求此时系统的滚降系数 α 和频带利用率 η 。

(3)若码元速率分别为 14.4MB, 20MB, 30MB, 问能否在此系统中无码间干扰传输? 为什么?

(4)若不能传输 30MB 信号, 在不改变传输带宽的情况下, 改变哪个参数可以使其传输, 为什么? 此时参数 f_1 ?

六、(12 分) 对数字序列分别进行 2PSK 和 2DPSK 调制, 传码率为 2048kBaud, 载波频率为 2048kHz。码元与相位 φ 或相位变化 $\Delta\varphi$ 对应关系: $0 \rightarrow 0$ $1 \rightarrow \pi$ 。信道噪声双边功率谱为 $\frac{n_0}{2} = 10^{-12}\text{W/Hz}$, 接收端信号总功率为 5mW

(1)设输入序列为 101101, 分别画出 2PSK 和 2DPSK(参考相位为 0)的已调信号波形。

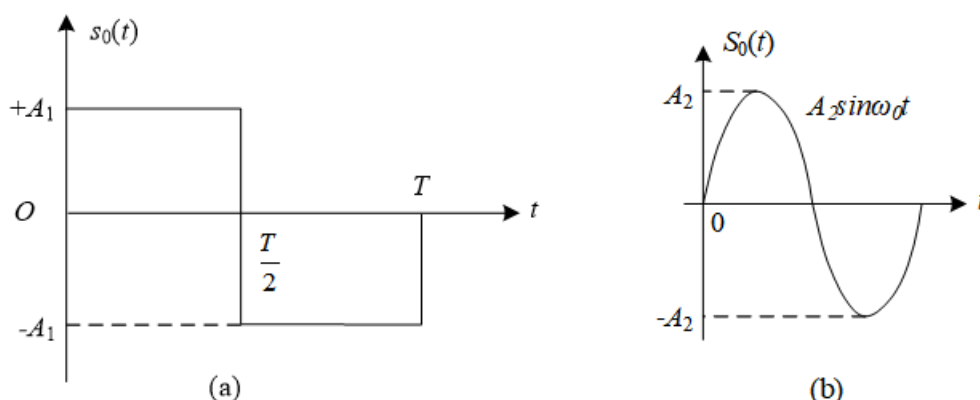
(2)分别求 2PSK 和 2DPSK 信号相干检测的误码率。

(3)求 2PSK 和 2DPSK 最佳接收时的误码率。

(4)若改用 QPSK 调制传输, 分别求其相干检测和最佳接收的误码率。(近似公式 $\text{erfc}(\sqrt{x}) \approx \frac{1}{\sqrt{\pi x}} e^{-x}$, 当 $x \gg 1$)

七、(12 分) (1)画出 8PSK 和 8QAM 调制的信号星座图。(2)分别计算它们的归一化平方最小欧式距离 d_{\min}^2/E_s ，其中 d_{\min} 是最小距离， E_s 是平均符号能量，并比较谁的抗噪声性能更好？

八、(12 分) 在噪声功率谱密度为 $n_0/2$ 的高斯信道上，传输等概二进制数字，分别以 $s_0(t)$ 、 $s_1(t)$ 代表 0、1，接收端采用最佳接收。



- (1)画出(相关型)最佳接收框图。
- (2)若 $s_0(t)$ 波波形如图(a)所示，设计另一信号 $s_1(t)$ 的最佳波形。
- (3)若接收的波形为 $s_0(t)$ ，画出接收机主要点的波形(无须表达式)。
- (4)求该接收机误码率。
- (5)若将 $s_0(t)$ 改为图(b)重做(2)、(4)，两波形性能相同吗？说明理由。

九、(12 分) 由生成多项 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 式构成码长为 7 的循环码。

- (1) 有多少个校验位？
- (2) 求相应的系统码生成矩阵和校验矩阵；
- (3) 若输入信息为 1011，编出系统码；
- (4) 若接收码为 1101011，求其伴随式，是否正确码？若为错码，纠正之。

十、(12 分) 4 路基带模拟信号最高为 1kHz、2kHz、3kHz 和 4kHz。以时分复用方式对他们进行抽样、量化、编码为二进制码。

- 求(1)最低抽样速率；
- (2) 画出帧结构简图(属于各路的时隙分别用 m_i ， i 为路号表示。不考虑同步码、信令码)；
 - (3) 若采用 A 律 13 折线 PCM8 位编码，求总码速率；
 - (4) 若对该数字信号进行二进制基带传输，求最小占用带宽。若采用 $\alpha = 0.25$ 的余弦滚降特性传输，求占用带宽。

十一、(12 分) 二元域多项式 $f(x) = x^3 + x + 1$ 。

- (1) 它是否是本原多项式，证明之；
- (2) 把它作为线性反馈移位寄存器(LFSR)的特征多项式，画出 LSFR 的结构图；
- (3) 写出它所产生的序列(一个周期以上，用下划线标出一个周期)；
- (4) 写出 LSFR 级数，序列周期，是否为 m 序列？

南京邮电大学 2021 年硕士研究生入学考试试题参考答案

一、选择题

1. 【答案】①C ②A ③D

【水木路研解析】

$$R_b = R_B \times \log_2^4 = 240 \times 2 = 480 \text{ kb/s}$$

$$R_B = \frac{R_b}{\log_2^8} = \frac{480k}{3} = 160 \text{ kB}$$

$$p_e = \frac{1}{160k}$$

2. 【答案】④C

【水木路研解析】

多径效应导致频率选择性衰落。

3. 【答案】⑤A ⑥A ⑦C ⑧B

【水木路研解析】

理想低通是最佳传输特性，占用带宽最少，为 $\frac{R_B}{2}$ ，但实际中无法实现，因此采用余弦滚降特性。

4. 【答案】⑨D ⑩A ⑪D

【水木路研解析】

OFDM 的基本原理是将发送的数据流分散到多个子载波上,使各子载波的信号速率大为降低,从而提高抗多径和抗衰落的能力。由于 OFDM 信号表达式的形式如同逆离散傅里叶变换 (IDFT), 所以可以使用 IDFT 对信号进行调制, DFT 对信号进行解调。实际应用中可采用快速傅里叶变换算法提高运算速度。为了提高频谱利用率,OFDM 方式中各路子载波的已调信号频谱有重叠,但保持相互正交。

5. 【答案】⑫A ⑬B

【水木路研解析】

抽样是时间上离散，量化是幅度上离散。

6. 【答案】⑭B ⑮C

【水木路研解析】

移位寄存器的周期为 $2^n > 1000$ ，则 $n \geq 10$ ，实际周期为 $2^n - 1 = 2^{10} - 1 = 1023$ 。

二、填空题

1. 【答案】+1000+V-B00-V+1

10010101010101010110 1010000010

【水木路研解析】

考查信道编码规则，见课本 6.2.2 节

2. 【答案】 $\text{round}(B/f_m), 2^{\text{round}(B/f_m)}$

【水木路研解析】

$f_s \geq 2f_m$, $R_B \geq 2f_m N$, $B = \frac{R_B}{2} \geq f_m N$, $N \leq B/f_m$, $M = 2^N = 2^{B/f_m}$, 由于编码位数 N 为整数, 因此更贴切的答案需要对 B/f_m 向下取整。

3. 【答案】(2,3) (1,4)

【水木路研解析】

纠正 t 个同时可检 e 个错码, 要求 $d_0 \geq e + t + 1$ 且 $e > t$ 。

三、判断题

1. 【答案】√

【水木路研解析】

消息出现的概率越低, 信息量越大, $I = \log_a \frac{1}{P(x)} = -\log_a P(x)$

2. 【答案】×

【水木路研解析】

不允许信道误码 (可以通过提高对误码率的容忍程度增大信息传输速率)

3. 【答案】×

【水木路研解析】

见通信原理樊昌信第七版 5.2.4 节, 用相干解调的方法解调各种线性调制信号时不存在门限效应, AM 信号包络检波解调在小信噪比情况下输出信噪比不是按比例随着输入信噪比下降, 而是急剧恶化, 出现门限效应。这种门限效应是由包络检波器的非线性解调作用所引起的。同时, 见通信原理樊昌信第七版 5.4.3 节, 调频系统同样在小信噪比情况下存在门限效应。因此采用非相干解调的 AM 系统和调频系统是存在门限效应的。

4. 【答案】×

【水木路研解析】

均采用均匀量化, 对小信号不利, 量噪比很低。

5. 【答案】×

【水木路研解析】

同步是使收发两端的信号步调一致, 而非仅接收端。

四、【水木路研解析】

(1) 信源信息熵: $H(x) = -\sum_{j=1}^8 p_j \log_2 p_j = 4 \times \frac{1}{8} \times \log_2 8 + 2 \times \frac{1}{16} \times \log_2 16 + 2 \times \frac{3}{16} \times \log_2 \frac{16}{3} = 2.9056 \text{ bit/符号}$

(2) $P(y=A) = P(y=B) = P(y=C) = P(y=D) = \frac{1}{8} \times 0.93 + \frac{7}{8} \times 0.01 = \frac{1}{8}$

$P(y=E) = P(y=F) = \frac{1}{16} \times 0.93 + \frac{15}{16} \times 0.01 = 0.0675$

$P(y=G) = P(y=H) = \frac{3}{16} \times 0.93 + \frac{13}{16} \times 0.01 = 0.1825$

$H(y) = \frac{1}{8} \times \log_2 8 \times 4 + 0.0675 \times \log_2 (1/0.0675) \times 2 + 0.1825 \times \log_2 (1/0.1825) \times 2 = 2.9207 \text{ bit/符号}$

$$\begin{aligned}
 H(y|x) &= \frac{1}{8} \times \left[0.93 \times \log_2 \frac{1}{0.93} + 7 \times 0.01 \times \log_2 \frac{1}{0.01} \right] \times 4 \\
 &+ \frac{1}{16} \times \left[0.93 \times \log_2 \frac{1}{0.93} + 7 \times 0.01 \times \log_2 \frac{1}{0.01} \right] \times 2 \\
 &+ \frac{3}{16} \times \left[0.93 \times \log_2 \frac{1}{0.93} + 7 \times 0.01 \times \log_2 \frac{1}{0.01} \right] \times 2 \\
 &= 0.5624 \text{ bit/符号}
 \end{aligned}$$

$I(x; y) = H(x) - H(x|y) = H(y) - H(y|x) = 2.9207 - 0.5624 = 2.3583 \text{ bit/符号}$
(两种互信息计算方法均可)。

(3) 令发送等概，则 $H(x) = H(y) = \log_2 8 = 3 \text{ bit/符号}$

$$H(y|x) = \frac{1}{8} \times \left[0.93 \times \log_2 \frac{1}{0.93} + 7 \times 0.01 \times \log_2 \frac{1}{0.01} \right] \times 8 = 0.5624 \text{ bit/符号}$$

对称信道的信道容量 $C = H(y) - H(y|x) = 2.4376 \text{ bit/符号}$

五、【水木路研解析】

(1) 由 $R_{B\max} = 2f_N = (f_1 + f_2)$ ，得无码间干扰传输的最大传输速率为： $R_{B\max} = f_1 + f_2 = 2.88 \times 10^7 \text{ Baud/Hz}$

(2) 滚降系数 $\alpha = \frac{f_2 - f_N}{f_N} = \frac{18 - 14.4}{14.4} = 0.25$

频带利用率： $\eta = \frac{R_{B\max}}{B} = \frac{2f_N}{(1+\alpha)f_N} = \frac{28.8 \times 10^6}{18 \times 10^6} = 1.6 \text{ Baud/Hz}$

(3) 若实际传码率与最高传码率满足 $\frac{R_{B\max}}{R_B} = n \ (n = 1, 2, 3 \dots)$ 则表示以该速率传输时，可以实现抽样时刻上无码间串扰

$R_B = 14.4 \text{ MB}$, $\frac{R_{B\max}}{R_B} = \frac{28.8}{14.4} = 2$ ，无 ISI

$R_B = 20 \text{ MB}$, $\frac{R_{B\max}}{R_B} = \frac{28.8}{20} = 1.44$ ，有 ISI

$R_B = 30 \text{ MB}$, $\frac{R_{B\max}}{R_B} = \frac{28.8}{30} = 0.96$ ，有 ISI

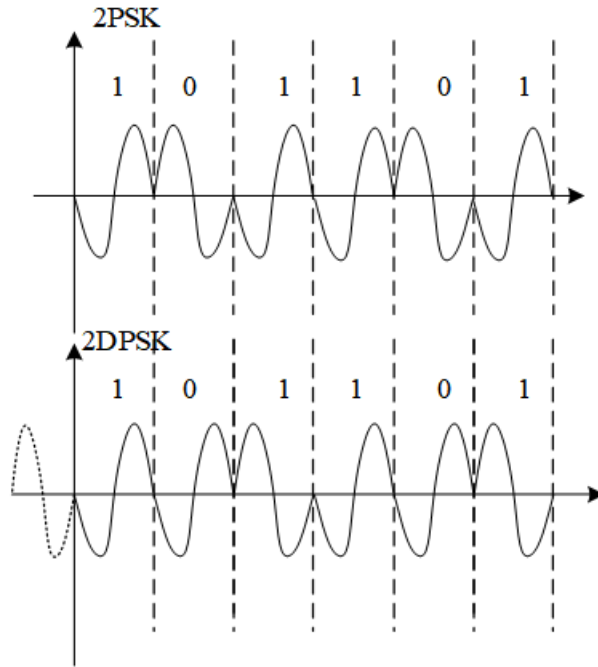
(4) 若 30MB 可以无码间串扰传输，此时最大传码率为 30MB 即可。

等效带宽 $f_N = \frac{R_{B\max}}{2} = 15 \text{ MHz} = \frac{f_1 + 18 \text{ M}}{2}$

故改变 f_1 ，令 $f_1 = 12 \text{ MHz}$ 即可。

六、【水木路研解析】

(1) 每个码元周期内波形个数 $n = \frac{f_c}{R_B} = 1$ 个



(2)相干检测: $B_{2PSK} = B_{2DPSK} = 2R_B = 4096\text{kHz}$

解调器输入信噪比 $r = \frac{S_o}{N_o} = \frac{5 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-12} \times 2 \times 2048 \times 10^3} \approx 610$

相干检测 2PSK: $P_{e_{2PSK}} = \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{r} = \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{610}$

相干检测 2DPSK: $P_{e_{2DPSK}} = 2P_{e_{2PSK}}(1 - P_{e_{2PSK}}) = \text{erfc} \sqrt{610}(1 - \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{610})$

(3)最佳接收时: $\frac{E_b}{n_0} = \frac{ST_B}{n_0} = \frac{S}{n_0 R_B} = \frac{5 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-12} \times 2048 \times 10^3} = 1221$

$$P_{e_{2PSK}} = \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{1221} \approx \frac{1}{2\sqrt{\pi 1221}} e^{-1221} \approx 0$$

$$P_{e_{2DPSK}} = 2P_{e_{2PSK}}(1 - P_{e_{2PSK}}) = \text{erfc} \sqrt{1221}(1 - \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{1221}) \approx 0$$

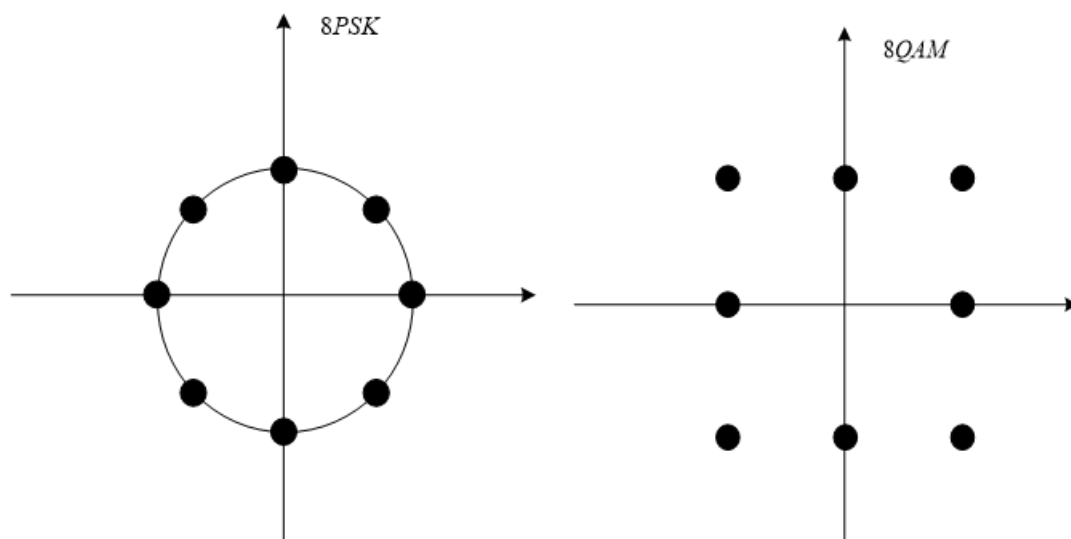
(4)相干检测: $P_{e_{QPSK}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{\frac{r}{2}}\right)^2 = 1 - \left(1 - \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{305}\right)^2 \approx 0$

最佳接收: $P_{e_{QPSK}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{2n_0}}\right)^2 = 1 - \left(1 - \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{610.5}\right)^2 \approx 0$

七、【水木路研解析】

(1) 8PSK 星座图如下左图

(2) 8QAM 的星座图如下右图



(3)对于 8PSK: 最大振幅设为 A_1 ,

则因为 $\cos 45^\circ = \frac{A_1^2 + A_1^2 - d_{1\min}^2}{2A_1^2}$, $d_{1\min} = \sqrt{(2 - \sqrt{2})A_1^2} = 0.785A_1$

归一化平方最小欧式距离: $\frac{d_{1\min}^2}{E_{s1}} = \frac{(0.785A_1)^2}{\frac{A_1^2}{2}} = 1.23$

对于 8QAM: 最大振幅设为 A_2 , 则 $2 \times (d_{2\min})^2 = A_2^2$, 故 $d_{2\min} = \frac{\sqrt{2}}{2} A_2$

平均功率 $\overline{P_{8QAM}} = \frac{1}{8} \left(4 \times \frac{1}{2} \times d_{2\min}^2 + 4 \times \frac{1}{2} \times A_2^2 \right) = 0.375A_2^2$

平均符号能量 $E_{s2} = \overline{P_{8QAM}} \cdot 1 = 0.375A_2^2$

故归一化平方最小欧式距离: $\frac{d_{2\min}^2}{E_{s2}} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2}}{0.375} = 1.33$

8QAM 的 $\frac{d_{\min}^2}{E_s}$ 大于 8PSK, 所以 8QAM 的抗噪声性能更好

八、【水木路研解析】

(1)最佳接收机框图如下图 1 所示

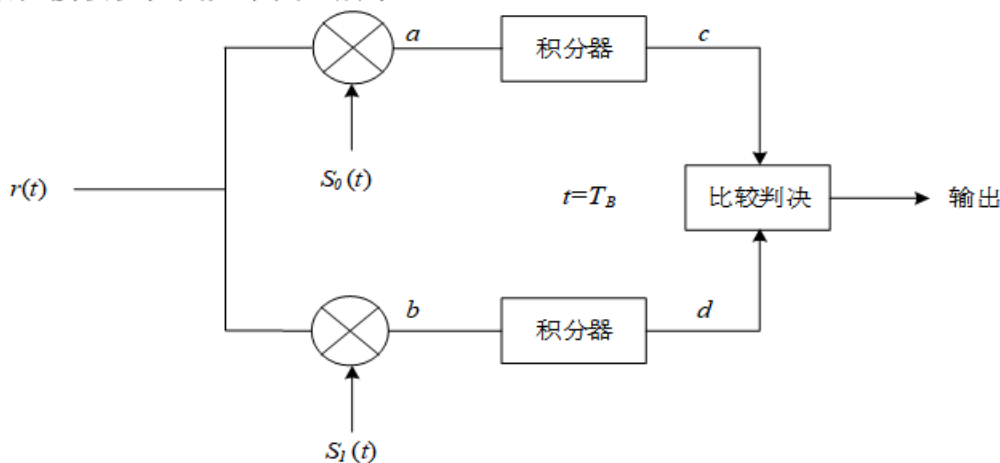


图 1 最佳接收机框图

(2) $s_1(t)$ 最佳波形如下图 2 所示

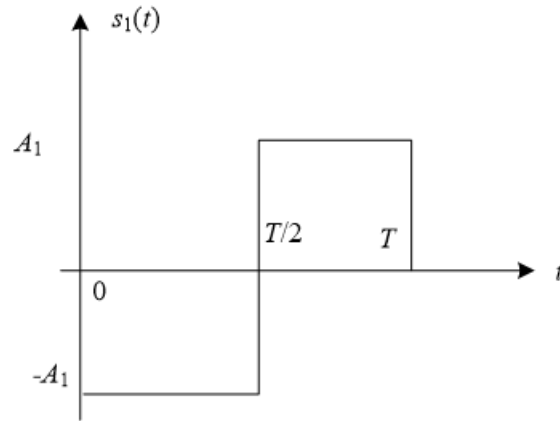


图 2 $s_1(t)$ 最佳波形

(3)

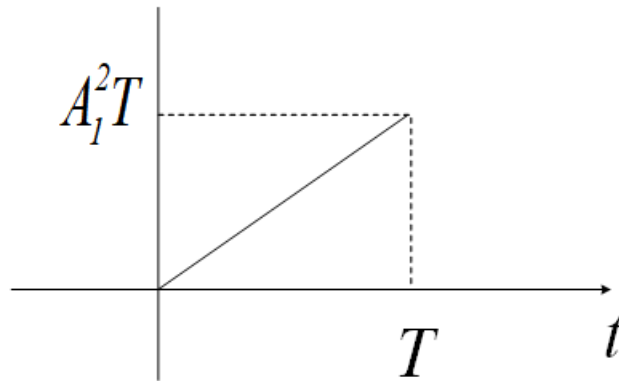


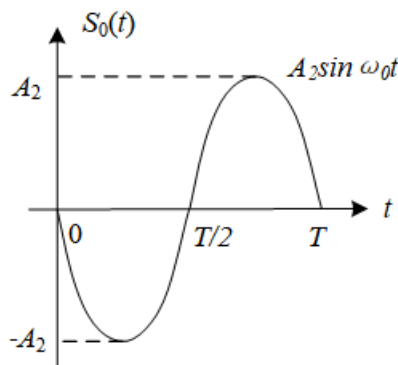
图 3 接收机波形

(4)误码率: $E_b = \sqrt{E_0 E_1} = E_0 = \int_0^T S_0^2(t) dt = \int_0^T A_1^2 dt = A_1^2 T$

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b(1-\rho)}{2n_0}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A_1^2 T}{n_0}}$$

(5)对于图 (b)

重做 (2):



重做 (4): $E_b = \sqrt{E_0 E_1} = E_0 = \int_0^T S_0^2(t) dt = 2 \int_0^{T/2} A_2^2 \sin^2 \omega_0 t dt = \frac{1}{2} A_2^2 T$

$\rho = -1$, $P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b(1-\rho)}{2n_0}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{n_0}} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A_2^2 T}{2n_0}}$

两种波形性能一般不同, 若要相同, 要求 $A_2 = \sqrt{2}A_1$, 两者误码率相同。

九、【水木路研解析】

(1) 由生成多项式 $g(x) = x^3 + x^2 + 1$ 是 $x^7 + 1$ 的 $n - k$ 次因子
故检验位为 $r = 3$, 信息位 $k = 4$ 。

(2) 由生成多项式:

$$G(x) = \begin{bmatrix} x^3 g(x) \\ x^2 g(x) \\ x g(x) \\ g(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^6 + x^5 + x^3 \\ x^5 + x^4 + x^2 \\ x^4 + x^3 + x \\ x^3 + x^2 + 1 \end{bmatrix} \rightarrow G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{系统矩阵 } G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{校验矩阵 } H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(3) \text{ 编出系统码 } C = mG = (1011) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = (1011100)$$

(4) 校正子 $S = (1101011) \cdot H^T = (011) \neq (000)$, 不是正确码。

由校验矩阵 H 可知, $a_6 a_4 a_3 a_2$, $a_6 a_5 a_4 a_1$, $a_5 a_4 a_3 a_0$ 构成偶数监督关系, 故校正子 011 表示 a_5 发生错误。纠正为 (1001011)

十、【水木路研解析】

$$(1) T_{s1} = \frac{1}{f_{s1}} = \frac{1}{2f_{h1}} = 5 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$\text{故帧时长 } T_{\text{帧}} = T_{s1} = 5 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$\text{最低抽样速率: } f_{\text{min}} = \frac{1}{T_{\text{帧}}} = 2 \text{ kHz}$$

$$(2) n_1 = \frac{T_{\text{帧}}}{T_{s1}} = 1 \quad n_2 = \frac{T_{\text{帧}}}{T_{s2}} = 2 \quad n_3 = \frac{T_{\text{帧}}}{T_{s3}} = 3 \quad n_4 = \frac{T_{\text{帧}}}{T_{s4}} = 4$$

$T_{\text{帧}} = \frac{1}{f_z} = 5 \times 10^{-4} \text{ s} \longrightarrow$									
m_1	m_2	m_2	m_3	m_3	m_3	m_4	m_4	m_4	m_4

帧结构答案不唯一, 满足条件即可。

$$(3) R_b = 2(f_{s1} + f_{s2} + f_{s3} + f_{s4}) \cdot N = 20 \times 10^3 \times 8 = 160 \text{ kbit/s}$$

$$(4) \text{ 最小占用带宽 } B_{\text{min}} = \frac{1}{2} R_b = 80 \text{ kHz}$$

$$\text{采用 } \alpha = 0.25 \text{ 的余弦滚降特性传输, 占用带宽 } B = \frac{1+\alpha}{2} R_b = 100 \text{ kHz}$$

十一、【水木路研解析】

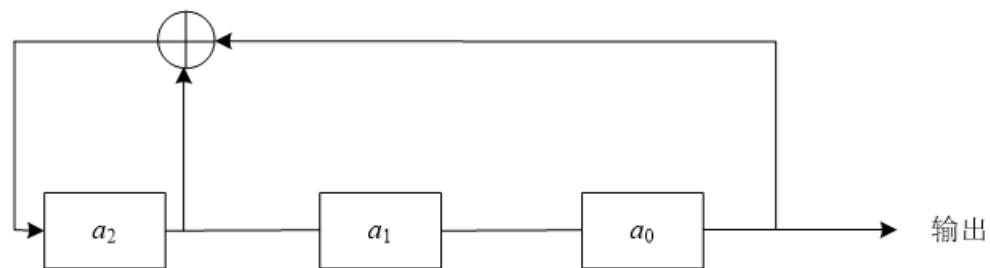
(1) ① 因为 $f(x) = x^3 + x + 1$ 为不可再分解式子, 为既约多项式

② $f(x)$ 可整除 $x^7 + 1$

③ $f(x)$ 除不尽 $x^8 + 1$

故为本原多项式。

(2)



(3)

寄存器状态

100 输出 0

110 输出 0

111 输出 1

011 输出 1

101 输出 1

010 输出 0

001 输出 1

100 输出 0

产生序列：00111010

(4) 级数 $n = 3$ 序列周期为 $T = 7$

因为 $2^n - 1 = 2^3 - 1 = 7$

因为特征多项式为本原多项式，所以为 m 序列。