

南京工业大学 通信原理 试题 (A) 卷 (闭)

2019-2020 学年第 1 学期 使用班级 通信 1701-02

班级 通信 1702 学号 1403170208 姓名 丁子一

题号	一	二	三	四	五								总分
得分	13	28	52										93

一、填空题 (每空 1 分, 共 15 分)

- 已知 4 进制数字信号的传输速率为 1600 波特, 若信息速率保持不变, 变换成二进制数字信号的传输速率为 800 波特。
- 出现概率越 小 的消息, 其所含有的信息量越大。
- 设英文字母 x 出现的概率为 0.002, 则 x 的信息量为 $\log_2 500$ bit。
- 能量信号的平均功率为 0。
- 对于一个平稳随机过程, 自相关函数 $R(0)$ 代表了信号的平均功率, $R(\infty)$ 代表了 有直流 功率, $R(0)-R(\infty)$ 代表了 交流 功率。
- AM 信号的频谱由 载频分量、上边带、下边带 三个部分构成, 其中后两者互为镜像关系。
- 在 AM、SSB、FM 系统中, 有效性最好的是 SSB, 可靠性最好的是 FM。
- 设基带信号的最高频率为 3.4kHz, 则 SSB 调制后信号带宽为 3.4kHz DSB 调制后信号的带宽为 6.8kHz。
- 部分响应传输系统中, 由于采用了相关编码, 会导致出现差错传播的现象, 一般情况下, 可以采用 解相关 的方法来克服该问题。
- 在 4 进制 PSK 调制系统中, 发送端经常采用 DPSK 调制 来克服相位模糊。
- 对一模拟信号进行数字化的时候, 若抽样速率是 10kHz, 量化电平数为 32, 则数字信号的传输速率为 312.5 bps。

二、简答题（每题 6 分，共 30 分）

1. 写出信源、消息、信号、信息的定义。

信源：将各种信号转换为原始电信号

信息：消息中包含的信息，是消息的函数。

消息：信息的表现形式，~~通信系统传输的信号~~

信号：通信系统中传输的物理量。

2. 写出随机过程的均值、方差和自相关函数的表达式，并说明其意义。

设 $x(t)$ 为随机过程。

均值 $E[x(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) dt$

方差 $D[x(t)] = E[(x(t) - a(t))^2]$

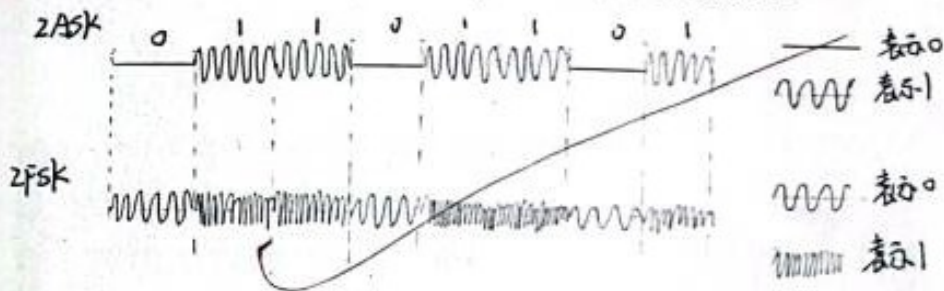
自相关函数 $R(t_1, t_2) = E[x(t_1)x(t_2)]$

意义：均值即数学期望，表明随机过程的平均取值。

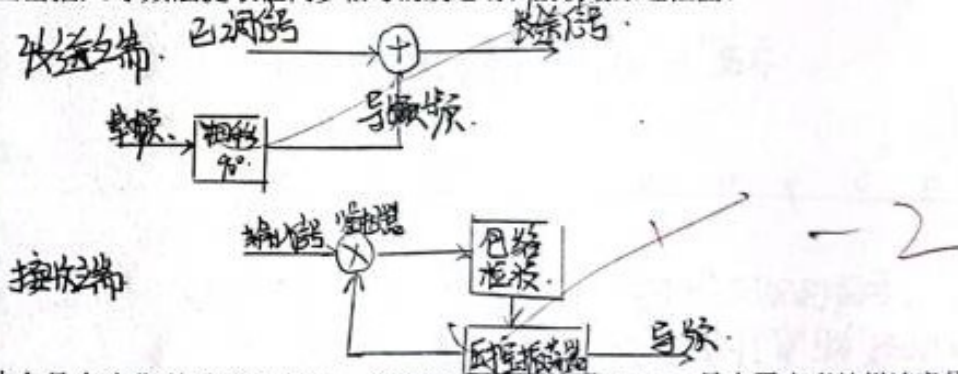
方差：表明随机过程与其均值的偏离程度。

自相关函数：表明同一随机过程在不同时刻取值的相似性。

3. 分别画出二进制数字序列 {01101101} 的 2ASK 和 2FSK 波形图。



4. 画出插入导频法提取位同步信号的发送端和接收端原理框图。



5. 什么是奈奎斯特速率？如果一个基带信号的带宽是 4kHz，最小无失真抽样速率是多少？

奈奎斯特速率：无失真抽样时所能达到的最小抽样速率。

$$f_{sm} = 2f_H = 8\text{kHz}$$

三、综合题（共 55 分）

1. （10 分）某信息源的符号集由 A、B、C、D 和 E 组成，设每一符号独立出现，其出现的概率分别为 $1/4$ ， $1/8$ ， $1/8$ ， $3/16$ 和 $5/16$ ；信息源以 1600B 码元速率进行传输，问：

- 1) 求该信源的熵；
- 2) 求该系统的平均信息速率；
- 3) 求该系统每小时传输的信息量；
- 4) 若各符号等概率出现时，求该信源的熵。

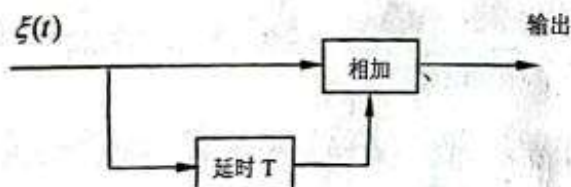
解 1) $H(X) = -\sum_{i=1}^5 P(x_i) \log_2 P(x_i) = -\frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} - 2 \times \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{3}{16} \log_2 \frac{3}{16} - \frac{5}{16} \log_2 \frac{5}{16}$
 $= 3\frac{1}{4} - \frac{3}{16} \log_2 3 - \frac{5}{16} \log_2 5$

2) $R_B = 1600 \text{ B}$ $R = R_B H(X) = 5200 - 300 \log_2 3 - 500 \log_2 5$

3) $R_{bt} = R_B \times 3600 = (5200 - 300 \log_2 3 - 500 \log_2 5) \times 10^4$

4) $H(X) = -\sum_{i=1}^5 P(x_i) \log_2 P(x_i) = 5 \times \frac{1}{5} \log_2 5 = \log_2 5$

2. （10 分）设 $\xi(t)$ 是平稳随机过程，其自相关函数为 $R_\xi(\tau)$ ，试求它通过图示系统后的自相关函数及功率谱密度。



解 输出过程为 $\xi(t) + \xi(t-T)$ 设 $\tau = t_1 - t_2$ $t_2 = t_1 - \tau$

$R_\xi(\tau) = E[\xi(t_1)\xi(t_2)] = E[\xi(t_1)\xi(t_1 - \tau)]$ 设 $P_\xi(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_\xi(\tau) e^{j\omega\tau} d\tau$

$R_o(\tau) = E[(\xi(t_1) + \xi(t_1 - T))(\xi(t_2) + \xi(t_2 - T))]$

$= E[(\xi(t_1) + \xi(t_1 - T))(\xi(t_1 - \tau) + \xi(t_1 - \tau - T))]$

$= 2R_\xi(\tau) + R_\xi(\tau - T) + R_\xi(\tau + T)$

功率谱密度 $P_o(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_o(\tau) e^{j\omega\tau} d\tau$

$= 2P_\xi(\omega) + P_\xi(\omega) [e^{j\omega T} + e^{-j\omega T}]$

$= 2P_\xi(\omega) + P_\xi(\omega + \omega_0) + P_\xi(\omega - \omega_0)$

3. (10分) 已调信号时域表示如下，其中 $A_m \sin \omega_m t$ 是调制信号。

$$s_m(t) = (A_0 + A_m \sin \omega_m t) \cos \omega_c t, A_0 \geq A_m$$

- 1) 如果发送该信号，计算 $s_m(t)$ 的发送功率；
- 2) 当 $A_0 = 0$ 时， $s_m(t)$ 为何信号？ $s_m(t)$ 能否用包络检波法解调？为什么？

解 1) $s_m(t) = A_0 \cos \omega_c t + A_m \sin \omega_m t \cos \omega_c t$
 \therefore 发送功率 $= \frac{1}{2} [A_0^2 + A_m^2 \sin^2 \omega_m t]$

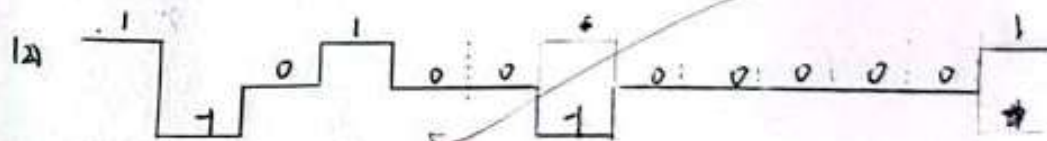
2) $s_m(t)$ 为单边带信号。

不能由包络检波法解调。因为此时其包络无法正确反映调制信号。

4. (10分) 已知数字基带信号序列 1101001000001。

- 1) 试写出 AMI 码的编码规则；
- 2) 试写出 AMI 码编码后的输出序列；
- 3) 试写出 HDB3 码的编码规则；
- 4) 试写出 HDB3 编码后的输出序列。

解 1) AMI 码：将信号中的 1 代替用 “+” 和 “-” 表示。

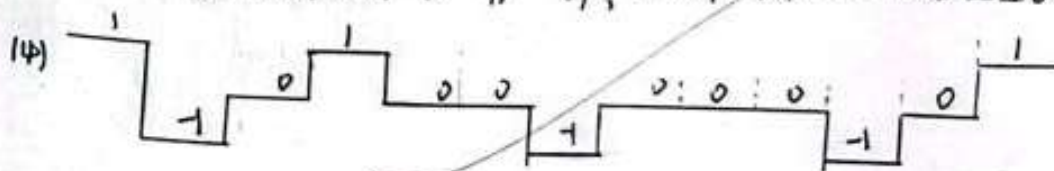


3) HDB3: ① 当信号中无连续 4 个 “0” 时与 AMI 码编码规则相同

② 当检测到有 4 个连续 “0” 时，则将连续 4 个 “0” 变为 “B00V” 其中 V 为破坏码，其与前一个非 “0” 信号保持同性，且相邻的 V 码极性相反。

③ V 码后面的信号序列也要进行极性交替。

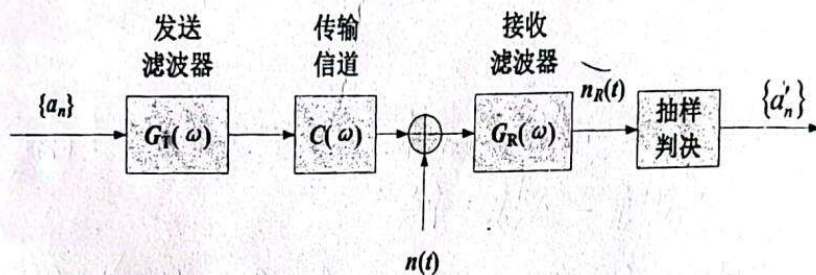
④ B 码可为 “0” “+” “-”，为调节码，使 V 码满足上述条件。



诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。

以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1.替他人考试或由他人替考；2.通讯工具作弊；3.组织作弊。

5. (15 分) 存在如下一个由发送滤波器 $G_T(\omega)$ 、传输信道 $C(\omega)$ 、加性噪声 $n(t)$ 、接收滤波器 $G_R(\omega)$ 、及抽样判决器构成数字基带信号传输模型，如下图所示，其中，输入到发送滤波器的符号序列为 $\{a_n\}$ ， $h(t)$ 是基带传输系统总传输特性的单位冲激响应，接收机的抽样判决器在 $t = kT_s + t_0$ 时刻上对接收信号 $r(t)$ 进行抽样，其中 T_s 是码元周期。



- 1) 试写出该数字基带传输系统的总传输特性 $H(\omega)$ 的表达式；
- 2) 试写出接收滤波器的输出信号 $r(t)$ 的时域表达式；
- 3) 为了确定第 k 个码元 a_k 的取值，试写出在该时刻的抽样结果 $r(kT_s + t_0)$ ，并说明其中各项的意义；
- 4) 试写出该基带传输系统可以实现无码间串扰传输的条件

解 1) $H(\omega) = G_T(\omega) C(\omega) G_R(\omega)$

2) 设符号序列 $\{a_n\}$ 为 $f(t)$

$\therefore r(t) = f(t) * h(t) + n(t)$ 。其中 $n(t)$ 为加性噪声通过接收滤波器的时域表示。

3) $r(kT_s + t_0) = a_k + n(kT_s + t_0)$ 。其中 a_k 为第 k 个码元 a_k 的值， $n(kT_s + t_0)$ 为加性噪声通过接收滤波器后，在 $(kT_s + t_0)$ 时刻的抽样。

4) 无码间串扰条件

$H(\omega) = \begin{cases} \sum_{i=1}^N H_i(\omega + \frac{2\pi i}{T_s}) = T_s & |\omega| \leq \frac{\pi}{T_s} \\ 0 & |\omega| > \frac{\pi}{T_s} \end{cases}$

诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。

以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1. 替他人考试或由他人替考；2. 通讯工具作弊；3. 组织作弊。

南京工业大学 通信原理 试题 (A) 卷 (闭)

2020 -2021 学年第 1 学期 使用班级 通信 1801-02

班级 通信 1802

学号 1403170205

姓名 陆佳燕

课程目标	课程目标 1			课程目标 2									
题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9				总分
得分	10	10	10	3	15	12	9	14	8				91

课程目标 1 题目：

1. (10 分) 设有一个四进制通信系统，传输的内容由四个符号组成，其中前三个符号的出现概率分别为 $1/4$, $1/8$, $1/8$ ，且各符号的出现是相互独立的。假设该传输系统每隔 0.4ms 发送一个符号

1) 试计算该符号集的平均信息量。

2) 该系统的信息传输速率：

$$H = -\sum_{i=1}^4 P(x_i) \log_2 P(x_i) = -\frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{3}{8} + \frac{3}{8} + \frac{1}{2} = \frac{14}{8} = 1.75 \text{ bit}$$

$$(2) R_B = \frac{1}{0.4\text{ms}} = 2500 \text{ Baud}$$

$$R_b = R_B \cdot H = 2500 \times 1.75 = 4375 \text{ bit/s}$$

2. (10 分) 存在一个交流耦合信道，信道带宽为 3kHz ，需要在该信道中传输 2 进制数据，符号 0 和 1 的出现概率相等，且相互统计独立：

1) 请写出信道容量公式，并说明影响信道容量的因素；

2) 在 NRZ 和曼彻斯特编码中选择一个合适的基带编码方式来传输该信号，说明理由；

3) 假设数据的符号速率为 115200 ，请计算无失真传输该信号所需要的信噪比。

$$C = B \log_2 (1 + \frac{S}{N})$$

信号带宽，信噪比

(2) 曼彻斯特编码。

交流耦合需要无直流成分且低频分量少，NRZ 具有低频分量且具有直流成分，而曼彻斯特码没有。

$$(3) C = B \log_2 (1 + \frac{S}{N})$$

$$115200 = 3000 \log_2 (1 + \frac{S}{N})$$

南京工业大学

第 1 页 共 6 页

$$\log_2 (1 + \frac{S}{N}) = 38.4$$

$$1 + \frac{S}{N} = 3.6 \times 10^{11}$$

$$\frac{S}{N} = 3.6 \times 10^{11}$$

$$10 \lg \frac{S}{N} \approx 116 \text{ dB}$$

3. (10分) 已知信码序列为 10110000000101,

1) 使用 AMI 码及 HDB₃ 码对该信码进行编码, 写出编码结果;

2) 基于频谱特性, 说明 AMI 和 HDB₃ 码相对于单极性非归零码的性能改善。

3) 将 HDB₃ 编码 +1/-100-/-100+/-1-1+1 译为原始信码

解: 1) AMI 码: +1 0 -1 +1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 +1

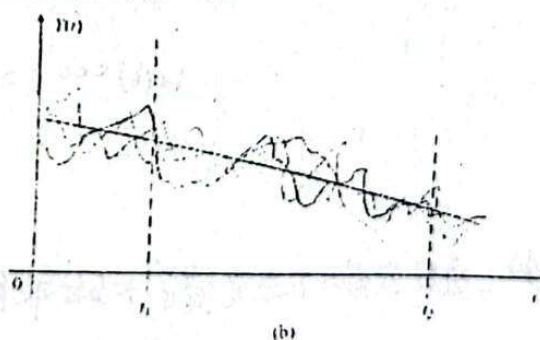
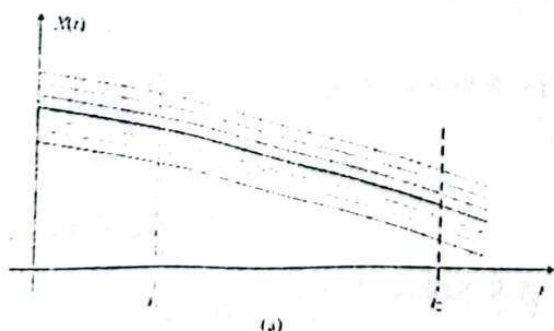
HDB₃ 码: +1 0 -1 +1 0 0 0 +V -B 0 0 -V 0 +1 0 -1

(2) 低频成分少, 适用于信道传输, 稳定性更好, 无直流成分,
适用于交流耦合信道, 频率集中在中频部分。

(3) 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1

课程目标 2 题目:

4. (5分) 观察以下两张图片所呈现的两个随机过程 $X(t)$ 和 $Y(t)$:



1) 从随机变量和样本函数角度出发, 说明什么是随机过程;

2) 从随机过程的统计特征的角度, 说明 $X(t)$ 和 $Y(t)$ 的异同点。

1) 对某一时刻所有样本函数的取值是一个随机变量。

所有样本函数的集合是一个随机过程

对每一个时刻的随机变量取时间轴上所有时间集合是一个随机过程。

(2) 从均值上看, $X(t)$ 和 $Y(t)$ 具有相同均值。

从方差上看, $X(t)$ 的方差较小, 每个样本函数偏离均值平稳。

$Y(t)$ 的方差较大, 每个样本函数起伏较大。

诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。

以下一种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1.替他人考试或由他人替考；2.通讯工具作弊；3.组织作弊。

5. (15分) 设随机过程 $Y(t) = X_1 \cos \omega_0 t - X_2 \sin \omega_0 t$ ，若 X_1 与 X_2 是彼此统计独立且均值为

0，方差为 σ^2 的高斯随机变量，试求：

1) $E[Y(t)]$ 、 $E[Y^2(t)]$ ；

2) $Y(t)$ 的一维概率密度函数 $f_Y(t)$ ；

3) $Y(t)$ 的相关函数 $R(t_1, t_2)$ 。

解：1) $E[Y(t)] = \cos \omega_0 t E[X_1] - \sin \omega_0 t E[X_2] = 0 - 0 = 0$
 $E[Y^2(t)] = D[Y(t)] + (E[Y(t)])^2 = D[Y(t)]$

$D[Y(t)] = \cos^2 \omega_0 t D[X_1] + \sin^2 \omega_0 t D[X_2] = \sigma^2$
 $\therefore E[Y^2(t)] = \sigma^2$

2) $f_Y(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}$

3) $R(t_1, t_2) = E[Y(t_1)Y(t_2)] = E[(X_1 \cos \omega_0 t_1 - X_2 \sin \omega_0 t_1)(X_1 \cos \omega_0 t_2 - X_2 \sin \omega_0 t_2)]$
 $= \cos \omega_0 t_1 \cos \omega_0 t_2 E[X_1^2] + \sin \omega_0 t_1 \sin \omega_0 t_2 E[X_2^2]$
 $= \sigma^2 \cos(\omega_0 t_1 - \omega_0 t_2)$

$E[X_1^2] = \sigma^2$

$E[X_2^2] = \sigma^2$

$E[X_1 X_2] = E[X_1]E[X_2] = 0$

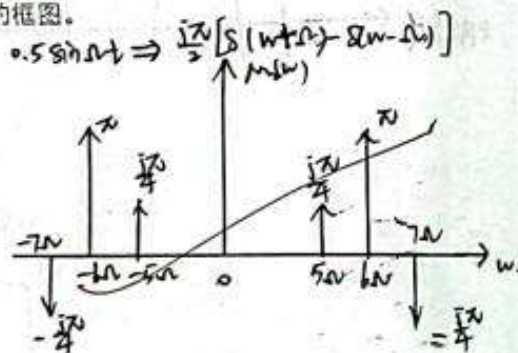
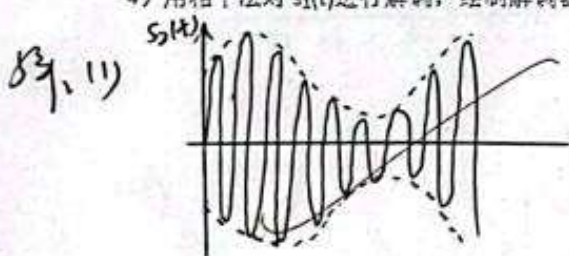
6. (15分) 已知 2 个已调信号表示式： $s_1(t) = \cos \Omega t \cos \omega_c t$ ； $s_2(t) = (1 + 0.5 \sin \Omega t) \cos \omega_c t$ ，式中 $\omega_c = 6\Omega$ ，2 个已调信号中的调制信号分别为 $\cos \Omega t$ 和 $0.5 \sin \Omega t$

1) 画出 $s_2(t)$ 的波形图和频谱图；

2) 计算 $s_2(t)$ 的调制效率；

3) 哪一个信号可以采用非相干解调的方案，说明理由；

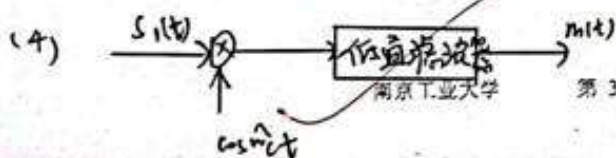
4) 用相干法对 $s_1(t)$ 进行解调，绘制解调器的框图。



2) $m = \frac{0.5}{1} = 0.5$
 $\eta = 50\%$

3) $s_2(t)$ 可以采用非相干解调。

$s_1(t)$ 的波形的包络是调制信号波形。



南京工业大学

第 3 页 共 6 页

诚信考试，公平竞争：以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。

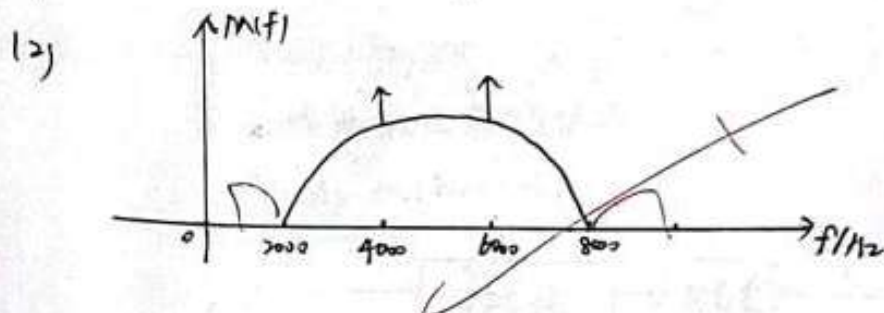
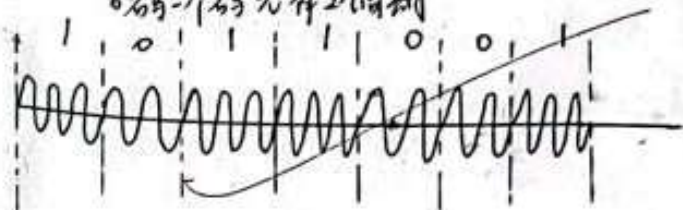
以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1. 替他人考试或由他人替考；2. 通讯工具作弊；3. 组织作弊。

7. (10分) 设某 2FSK 调制系统的码元速率为 2000Baud，已调信号的载频分别为 6000Hz (对应“1”码) 和 4000Hz (对应“0”码)。

- 1) 若发送的信息序列为 1011001，试画出 2FSK 信号的时间波形；
- 2) 试画出 2FSK 信号的功率谱密度示意图，并计算 2FSK 信号的第一谱零点带宽。
- 3) 选择什么合适的解调方法解调该 2FSK 信号，说明理由并绘制解调器的框图。

解 1) 1 码一个码元有 2 个周期

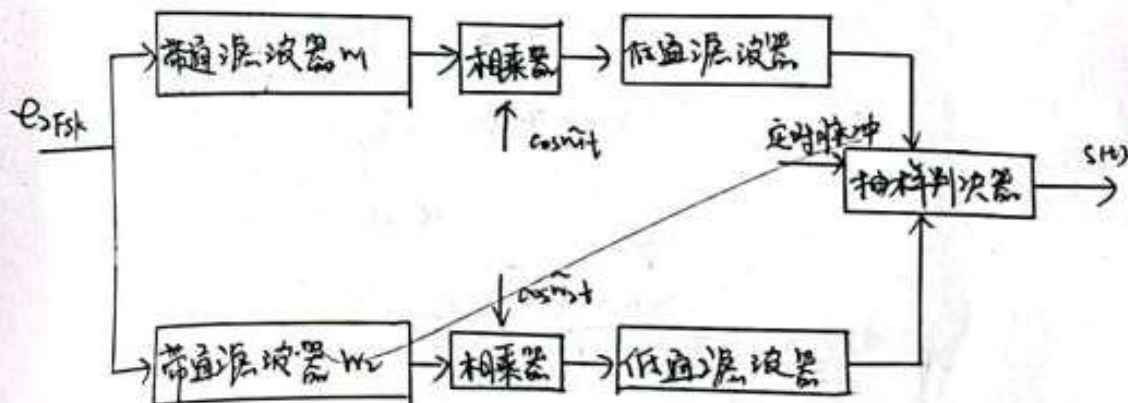
0 码一个码元有 2 个周期



$$B = |f_1 - f_2| + 2f_B = 2000 + 4000 = 6000 \text{ (Hz)}$$

13) 相干解调方法

该信号有两路信号调制参与，用非相干容易产生不确定因素，使两路信号不易容易被混叠，故采用相干解调。



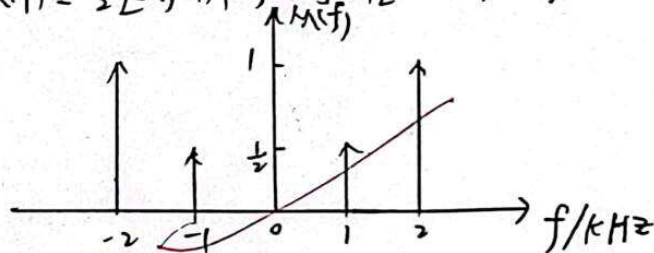
诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。

以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1.替他人考试或由他人替考；2.通讯工具作弊；3.组织作弊。

8. (15分) 对基带信号 $m(t) = \cos 2000\pi t + 2\cos 4000\pi t$ 进行理想抽样，为了在接收端能不失真地从抽样信号 $m_s(t)$ 中恢复 $m(t)$ 。

- 1) 绘制基带信号 $m(t)$ 的幅度谱；
- 2) 结合低通抽样定理说明针对 $m(t)$ 信号，抽样间隔应如何选择；
- 3) 若抽样间隔取为 0.2ms ，试画出已抽样信号 $m_s(t)$ 的幅度谱；
- 4) 请画出从抽样信号 $m_s(t)$ 中恢复 $m(t)$ 的过程中需要的滤波器的频率响应。

解: (1) $M(f) = \frac{1}{2} [\delta(f-1) + \delta(f+1)] + [\delta(f+2) + \delta(f-2)]$



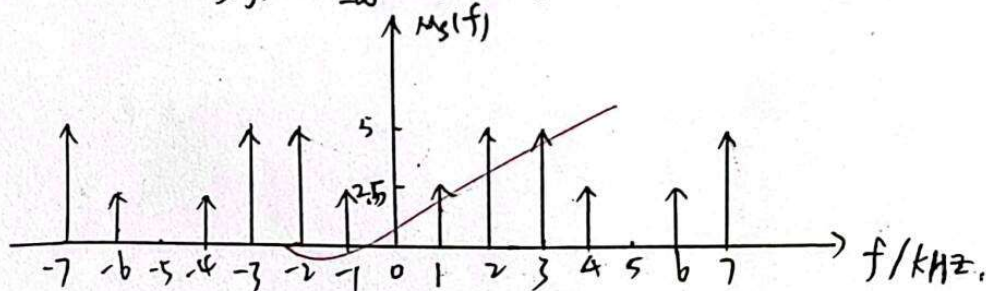
- (2) 抽样间隔应大于等于两倍最高截止频率

$$f_s \geq 2f_H$$

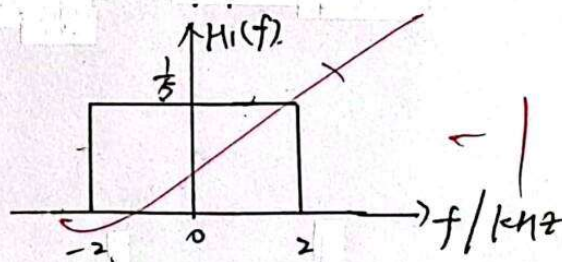
$$f_s \geq 4\text{kHz}$$

- (3) $T_s = 0.2\text{ms}$ 则 $f_s = 5\text{kHz}$

$$M_s(f) = 5 \sum_{-\infty}^{\infty} M(f - 5f_s)$$

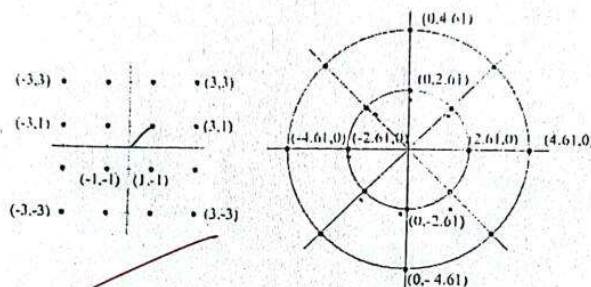


- (4)



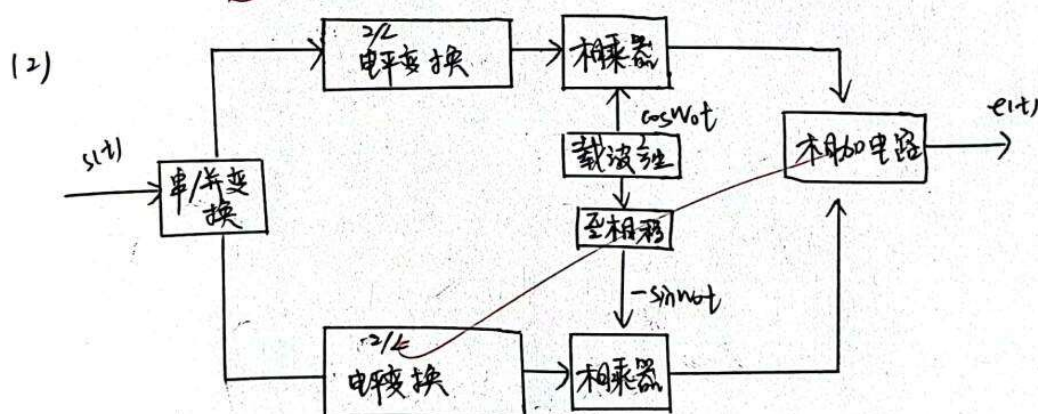
诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。
 以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1.替他人考试或由他人替考；2.通讯工具作弊；3.组织作弊。

9. (10分) 观察下图所示的星座图：
- 1) 请说明该星座图所代表的调制方式，并写出该信号的表达式。
 - 2) 请按照正交平衡调制的方法，构造一个调制发生器的框图；
 - 3) 按照括号内所示星座点的坐标(x,y)，计算两个调制的平均功率



解：(1) 正交平衡调制方式：
 用振幅和相位联合键控。

$$e(t) = A_k \cos(\omega_c t + \varphi_k)$$



16QAM:

$$P = \frac{A^2}{2} \sum_{i=1}^M (a_i^2 + b_i^2)$$

$$= \frac{2}{\pi} \times [(111) \times 4 + 10 \times 8 + 18 \times 4]$$

$$= \frac{2}{\pi} \times 160 = 20 \text{ W}$$

8PSK: $P = \frac{A_1^2 + A_2^2}{2} = \frac{2.61^2 + 4.61^2}{2} = 14.03 \text{ W}$

诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。

以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1. 替他人考试或由他人替考；2. 通讯工具作弊；3. 组织作弊。

南京工业大学 通信原理 试题 (A) 卷 (闭)

2021-2022 学年第 1 学期 使用班级 通信 1901-02

班级 通信1901

学号 201921018018

姓名 孙俊俊

课程目标	课程目标 1				课程目标 2			课程目标 3	课程目标 4	
题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	总分
得分	9	4	10	4	9	15	14	12	13	90

课程目标 1 题目：

一、(10 分) 设有一个记录学生成绩的数据库，其中，学生的成绩有优、良、中、差四种，出现概率分别为 $1/8$, $1/2$, $1/4$ 和 $1/8$ ，且各学生的成绩的出现是相互独立的。数据库用 ABCD 四种符号来记录优、良、中、差四种成绩。其中一 (11) 班的 40 位同学某学期期末成绩为 AABCBD CDBBCB CACBCCADDCB BBBBBBCDBBCB CADCBC。

- 1) 试计算该系统的熵；
- 2) 试计算一 (11) 班期末成绩的每符号的平均信息量；
- 3) 对比 1) 和 2)，说明为何两者不同。

解：1) $H = -\frac{1}{8}\log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{2}\log_2 \frac{1}{2} - \frac{1}{4}\log_2 \frac{1}{4} - \frac{1}{8}\log_2 \frac{1}{8}$
 $= \frac{7}{4} = 1.75$

2) $\bar{I} = \frac{5 \cdot \log_2 \frac{1}{8} + 17 \cdot \log_2 \frac{1}{2} + 12 \cdot \log_2 \frac{1}{4} + 6 \cdot \log_2 \frac{1}{8}}{40}$
 $= 1.85$

3) 第 2) 个里面的平均信息量只是在这 40 位同学里
 而第 1) 个里面的熵是一个系统的平均信息量

二、(5 分) 写出描述连续信道容量的香农公式。

- 1) 简要说明信道容量 C 与 B 、 S 、 n_0 之间的关系；
- 2) 增大带宽 B 是否可以无限增大信道容量。

$$C = B \lg \left(1 + \frac{S}{N} \right) = B \lg \left(1 + \frac{S}{n_0 B} \right)$$

B 是带宽 S 是平均功率 N 是噪声功率 $N = n_0 B$

4 不可以

以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严肃处理：1.替他人考试或由他人替考；2.通讯工具作弊；3.组织作弊。

三、(10分) 某零均值平稳高斯白噪声(双边功率谱密度为 $\frac{n_0}{2}$)通过一个上限频率为 ω_H 的理想

低通滤波器，即 $H(\omega) = \begin{cases} 1 & |\omega| \leq \omega_H \\ 0 & |\omega| > \omega_H \end{cases}$ ，试求：

1) 滤波器输出噪声的功率谱密度 $P_o(\omega)$ ，自相关函数 $R_o(\tau)$ ，输出功率 S_o ；

2) 输出噪声的一维概率密度函数 $f(x)$ 。

$$P_o(\omega) = \begin{cases} \frac{n_0}{2} & |\omega| \leq \omega_H \\ 0 & |\omega| > \omega_H \end{cases}$$

$$R_o(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_H}^{\omega_H} P_o(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega$$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_H}^{\omega_H} \frac{n_0}{2} e^{j\omega\tau} d\omega$$

$$= \frac{n_0}{2\pi\tau} \sin(\omega_H\tau) = n_0 f_H \text{sinc}(2\pi f_H\tau)$$

$$S_o = R_o(0)$$

$$= n_0 f_H$$

$$2) R_o(0) = R_o(0) = 6^2$$

$$\therefore n_0 f_H = 6^2$$

$$\therefore 6^2 = n_0 f_H$$

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

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi} n_0 f_H} \exp\left(-\frac{x^2}{2 n_0 f_H}\right)$$

四、(5分) 请说明什么是通信系统的有效性和可靠性。表征模拟通信系统和数字通信系统的指标各有哪些。

有效性：频率带宽利用率

码元传输速率，信息传输速率，信道利用率

可靠性：接收信息的准确性

误码率，误信率

模拟通信系统：时域连续

数字通信系统：时域离散

课程目标2题目：

五、(10分) 某基带通信系统采用HDB₃编码发送一个二进制序列 1000 0100 0000 1100 0000 0011

1) 简述HDB₃编码的编码规则；

1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1

2) 说明HDB₃编码主要要解决的问题；

2) 试写出发送序列经过HDB₃编码后的输出序列；

3) 接收机收到了一个HDB₃编码后的序列为：+1 -1 0 0 0 +1 0 0 -1 0 0 0 -1 0 0 +1，试写出编码前的原始序列。

解：如果没有连续4个0，编码方式与AMI相同，0即为0，1即交替“+1”“-1”。

如果出现连续4个0，即用B V表示，V的符号与前一非0符号相同，若不同，则用B表示。

2) 解决无法获取定位信号的问题，将0保持3个以内

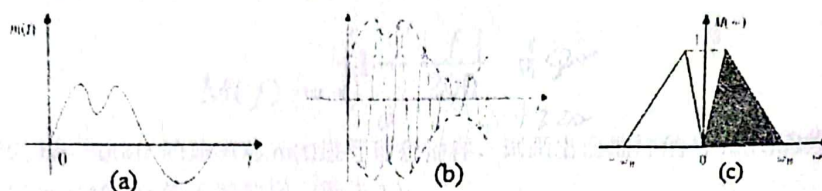
3) 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1

+1 0 0 0 +V -1 0 0 0 -V 0 0 +1 -1 0 0 +V -B 0 0 -V +1 -1

4) +1 -1 0 0 0 +1 0 0 -1 0 0 0 -1 0 0 +1

诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。
 以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严处理：1.替他人考试或由他人替考；2.通讯工具作弊；3.组织作弊。

六、(15分) 某调制信号 $m(t)$ 如图 a 所示，采用正弦载波调制后的已调信号如图 b 所示。 $m(t)$ 信号的频谱图如图 c 所示。



- 1) 请说明，图 b 采用的是什么调制方式，说明该调制和 DSB 调制的主要区别；
- 2) 请写出该调制的已调信号的表达式；
- 3) 请绘制该调制的调制器和非相干解调器框图；
- 4) 假设调制方式改为 DSB 调制，请绘制已调信号波形图；
- 5) 假设载波为 f_c ，请绘制该调制和 DSB 调制的已调信号频谱图。

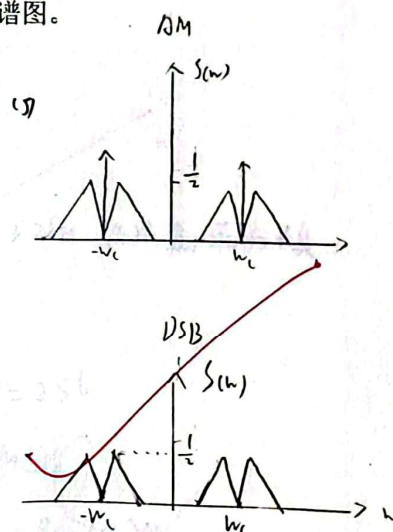
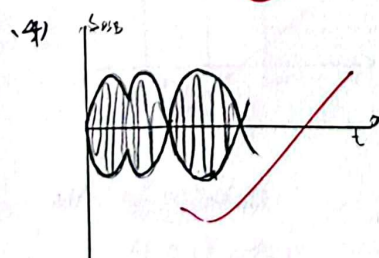
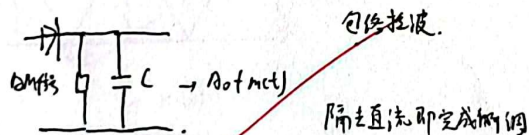
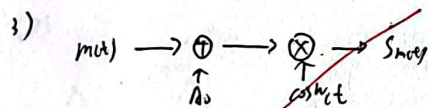
解：1) AM 调制

$$AM \quad s_{AM} = (A_0 + m(t)) \cos \omega_c t$$

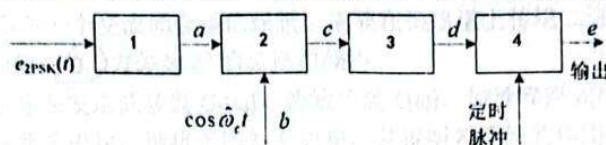
$$DSB \quad s_{DSB} = m(t) \cos \omega_c t$$

AM 调制加了一个直流分量

$$2) \quad s_{AM} = (A_0 + m(t)) \cos \omega_c t$$



七、(15 分) 某 2PSK 带通数字通信系统，接收机拟采用下图所示的解调器。



- 1) 根据上图判断拟采用的是什么解调方式，该解调方法的核心特征是什么；
- 2) 请写出上图中 1、2、3、4 各模块对应的处理环节的名称，并说明模块 1 的作用；
- 3) 假设符号速率为 1000 符号/Hz，载波频率为 1000Hz，发送符号为 0110，请在下图中绘制 2PSK 的波形图，并绘制解调器 a、b、c、d、e 各位置的波形图；
- 4) 请说明在采用平方环法时，b 处的波形是否唯一，如果不唯一，还可能是什么波形。

解：√ 相干解调

需要乘一个与本地载波严格同步的相干载波

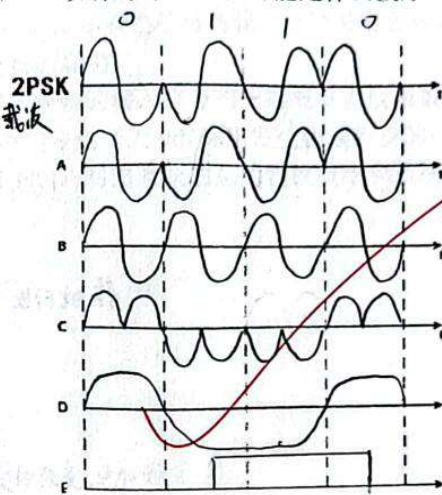
2) 1. 带通滤波器

消除噪声

2. 乘法器

3. 低通滤波器

4. 抽样判决器



4) 不唯一

相位相差 π 的波形

课程目标3 题目:

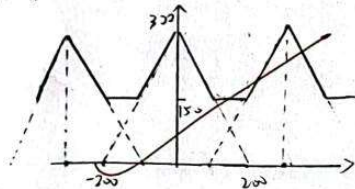
八、(15 分) 已知一低通信号 $m(t)$ 的频谱 $M(f)$ 为

$$M(f) = \begin{cases} 1 - \frac{|f|}{200} & |f| < 200 \\ 0 & |f| \geq 200 \end{cases}$$

- 1) 若以 $f_s = 300\text{Hz}$ 的速率对 $m(t)$ 进行理想抽样, 试画出已抽样信号 $m_s(t)$ 的频谱草图;
- 2) 若以 $f_s = 400\text{Hz}$ 的速率抽样, 重作 1);
- 3) 设计一个 DAC 方案, 将 2) 中的抽样信号还原成 $m(t)$, 画出方案的框图;
- 4) 说明 3) 中用到的滤波器的类型和频率响应;
- 5) 说明 1) 中的抽样信号是否能够通过 3) 的方案还原成 $m(t)$;
- 6) 将 2) 中的抽样信号按 256 级进行量化, 各级均匀分布且抽样点相互独立, 计算数字化系统的信息速率。

$$M(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} (f - n f_s)$$

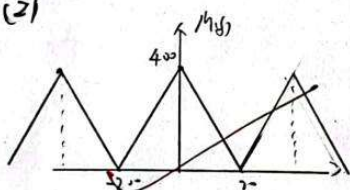
解: (1)



(1) 不能

f_s 没有 $\geq 2f_H$ 产生混叠, 还原失真

(2)



$$M^2 = 256$$

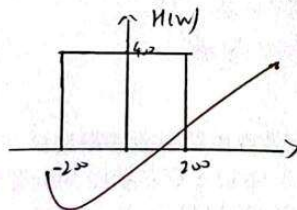
$$M = 16$$

$$R_b = R_s \cdot \log_2 M$$

$$= 4 R_s$$

-3

(3)



(4)

~~低通滤波器~~
低通滤波器

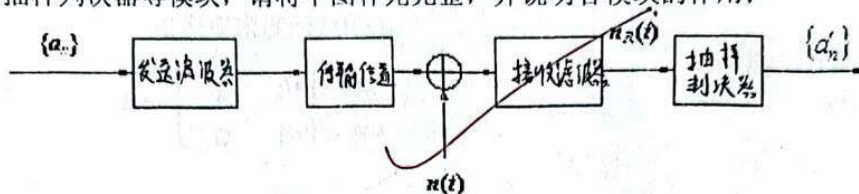
$$H(w) = \begin{cases} 1 & |w| \leq 200 \\ 0 & |w| > 200 \end{cases}$$

诚信考试，公平竞争；以实力争取过硬成绩，以诚信展现良好学风。
以下三种行为是严重作弊行为，学校将从严肃处理：1.替他人考试或由他人替考；2.通讯工具作弊；3.组织作弊。

课程目标 4 题目：

九、(15 分) 假设存在一个交流耦合通信场景，需要在该信道上传输二进制数字基带信号传输，信道中会叠加均值为 0，方差为 σ^2 的高斯白噪声。

- 1) 传输系统中存在发送滤波器 $G_T(\omega)$ 、传输信道 $C(\omega)$ 、加性噪声 $n(t)$ 、接收滤波器 $G_R(\omega)$ 、及抽样判决器等模块，请将下图补充完整，并说明各模块的作用：

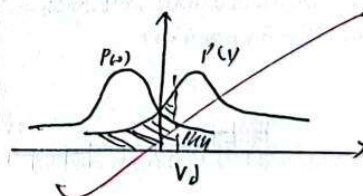


- 2) 假设存在两种传输设备，一种采用电平为 3V 和 0V 单极性信号传输，一种采用 $\pm 3V$ 双极性信号传输，请选择合理的设备，并说明选择的理由；
3) 根据 2) 的选择，试写出发送“1”时，抽样判决器的输入信号的一维概率密度函数。画出抽样信号的概率密度函数曲线图，假设判决门限电平为 V_d ，标出发生错误判决的区间；
4) 设发送“1”和“0”独立，且概率分别为 $P(1)$ 和 $P(0)$ ，写出系统的总的错误概率和系统的最佳判决门限表达式。

解：1) 滤波白噪声 传输 滤波加性噪声 进行抽样。

2) 双极性信号传输
无直流分量，不会随信道特性随时间的改变而改变，更加稳定。

3)
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$



4) 双极性
$$V_d = \frac{\sigma^2}{2A} \lg \frac{P(0)}{P(1)}$$

单极性
$$V_d = \frac{A}{2} + \frac{\sigma^2}{A} \lg \frac{P(0)}{P(1)}$$

误码率: $P(e) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma}\right)$

$P(e) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma}\right)$

- 2 .