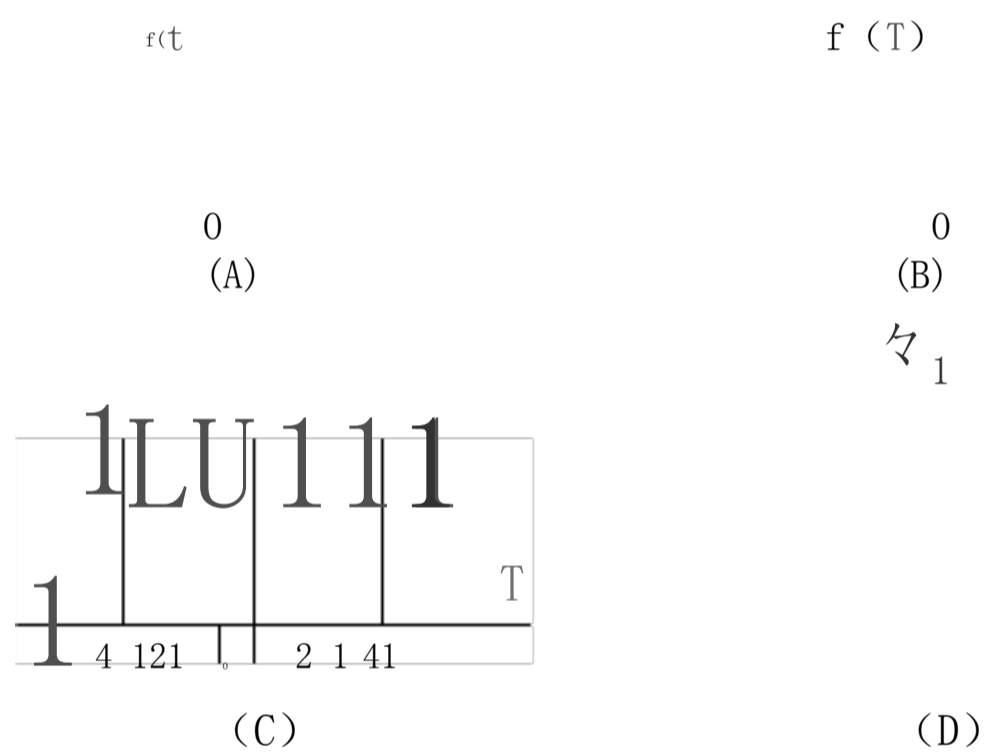


- 基带传输系统的总误码率依赖于信号峰值和噪声均方根值之比。
- 包络检波法的系统误码率取决于系统输入信噪比和归一化门限值。
- 模拟信号数字传输系统的主要功能模块是 A/D、数字传输系统和 D/A。
- 设一分组码 (110110)；则它的码长是 6，码重是 4，该分组码与另一分组码 (100011) 的码距是 3。缺点：传输带宽大；设备复杂。
- 任何一个采用线性调制的频带传输系统，总可以由一个等效的基带传输系统所替代。 (T)
- 白噪声是根据其概率密度函数的特点定义的。 (F)
- 基带传输系统的总误码率与判决门限电平有关。 (T)
- 对于受到高斯白噪声干扰的连续信道，B 与 SN 可以互换。 (F) 在调幅制中，由于信号带宽是固定的，无法进行带宽和信噪比的互换，这也是在抗噪性能方面调频系统优于调幅系统的重要原因。
- 恒参信道对信号传输的影响是变化极其缓慢的，因此，可以认为它等效于一个时变的线性网络。 (F)
- 一种编码的检错和纠错能力与该编码的最小码距的大小有直接关系。 (T)
- 若 $E[X(t_1)] = m_x(t_1)$, $E[Y(t_2)] = m_y(t_2)$, $E[X(t)Y(t)] = m_{xy}(t)$, 则随机过程 X(t) 与 Y(t) 的关系为 (A) 不相关; (B) 相关; (C) 正交; (D) 独立

12. 如上图所示的四条函数曲线，哪一条不是平稳过程的正确的自相关函数曲线



- 在抗加性高斯白噪声性能方面，2ASK 2FSK 2PSK 从优到差的次序为 2PSK 2DPSK (相干解调)、2FSK 2ASK 有效性: 2ASK=2PSK=ADPSK>2FSK=2fs+ /f1-f2/ 模拟调制系统的性能比较: 可靠性: FM>DSB>SSB=VSB>AM 效性: SSB>VSB>AM=DSB>FM=2(mf+1) fm 纤芯的折射率大于包层的折射率

- 提出部分响应系统的目的是为了提提高频带利用率，并 (B)。
 - 消除码间干扰
 - 加速传输波形的尾巴衰减
 - 降低噪声的影响
 - 使得传输波形的频谱变成理想低通特性

- 已知信道中传输 1100000, 0011100, 0000111 三个码组，则其最小码距为 4，可以检测 3 个错码，可以纠正 1 个错码

- 在简单增量调制系统中，设抽样速率为 f_s ，量化台阶为 b，则译码器最大跟踪斜率为 $b f_s$ ；当信号实际斜率超过最大跟踪斜率时，将会造成 过载失真

- 在数字通信中，产生误码的因素有两个：一是由传输特性不良引起的 码间串扰，二是传输中叠加的 加性噪声。

17. $\alpha = R_B / B$

- 码间串扰：由于系统传输总特性不理想，导致前后码元的波形畸变、展宽，并使前面的波形出现很长的拖尾，蔓延到当前码元的抽样时刻，从而对当前码元的判决造成干扰。

$$\text{奈奎斯特第一准则 } h(KT_s) \ll \begin{cases} 1, \dots, k=0 \\ 0, \dots, k=H \end{cases} \quad \begin{cases} 2\pi i \\ Z H^{\circledast} + h \end{cases} = \frac{1}{T_s} \dots X \quad T_s$$

- BPSK 二进制相位键控 ATM 异步传递方式 ISDN 综合业务数字网 ISO 国际标准化组织

- 高斯白噪声是分析信道加性噪声的理想模型，通信的主要噪声源，热噪声就是属于这类噪声。它在任意两个不同时刻上的取值之间互不相关，且统计独立

白噪声通过带限系统，其结果是带限噪声，理想分析中常见的有低通白噪声和带通白噪声。高斯白噪声是指噪声的概率密度服从一高斯分布一分布，功率谱密度服从一白噪声一分布。21 数字通信系统的主要优点是 一克服噪声积累_传输差错可控_、_易于集成_、_便于处理_。易于加密，保密性好

杂。

22. 在线性 PCM 中, 抽样频率为 8 KHZ, 对双极性信号编码时编码器输出码元速率为 72 KB, 则量化信噪比为 _____ dB。

23. 在 AM 系统中, 输入信号 $f(t) = A \cos 3 K t$, 抽样速率为 f^S , 量化台阶为 S, 要求系统不出现过载现象, 而且能正常编码, 输入信号 $f(t)$ 的幅度范围应为。

24. 简单增量调制系统的量化误差有 _____, 改进型增量调制方法包括 _____ 等。

25. 已知码元速率为 200 波特, 从信息速率方面考虑频带利用率, 8ASK 的频带利用率和带宽分别为 1/6 和 1200, 8PSK 的频带利用率和带宽分别为 1/6 和 1200, 8FSK 的频带利用率和带宽分别为和 _____ (这里假设 8FSK 两功率谱主瓣刚好互不重叠)。

26. 同步按功能可分为载波同步、码元同步、群同步、网同步, 按传输 _____、_____。

误差函数:

$$\text{erf}(X) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^X e^{-t^2} dt$$

2ASK 相干解调: $P_e = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$

$$e^{-x^2}$$

非相干解调: $P_e = \frac{1}{4} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) + \frac{1}{4}$

无穷, $P_e = \frac{1}{2} e^{-x^2}$

2FSK 相干解调: $P_e = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$ $r \gg 1$ 时, $P_e = \frac{1}{2} e^{-\frac{r^2}{2}}$

非相干解调: $P_e = \frac{1}{2} e^{-\frac{r^2}{2}}$

2PSK 相干解调: $P_e = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$ $r \gg 1$

2DPSK 相干解调: $P_e = \frac{1}{2} e^{-\frac{r^2}{2}}$ 非相干解调: $P_e = 2(1 - P_e) P_e = \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$

模拟调制的时域频域表达式

1. 设某信道具有均匀的双边噪声功率谱密度 $E_n(f) = 0.5 \times 10^{-3} \text{ W/Hz}$, 在该信道中传输抑制载波的双边带信号, 并设调制信号 $m(t)$ 的频带限制在 5kHz, 而载波为 100kHz, 已调信号的功率为 10kW 若接收机的输入信号在加至解调器之前, 先经过一理想带通滤波器滤波, 试问:

- (1) 该理想带通滤波器应具有怎样的传输特性 $H(f)$;
- (2) 解调器输入端的信噪功率比为多少?
- (3) 解调器输出端的信噪功率比为多少? 求出解调器输出端的噪声功率谱密度, 并用图形表示出来。解:

2. (1) 为了保证信号顺利通过和尽可能地滤除噪声, 带通滤波器的宽度等于已调信号带宽, 即:
 $B = 2f_m = 2 \times 5 = 10 \text{ kHz}$

其中心频率为 100 kHz, 故有:

$$95 \text{ kHz} < f < 105 \text{ kHz}$$

其它

$$N = \dots, 1$$

(2) 已知: $S = 10 \text{ kW}$

$$N_j = 2B \cdot E_n(f) = 2 \times 10 \times 10^3 \times 0.5 \times 10^{-3} = 10 \text{ W}$$

$$\text{故输入信噪比: } \frac{S_i}{N_i} = 1000$$

(3) 因有 $G_{\text{DSB}} = \frac{S_o}{S_i} = 2$ 故 $S_o = 2S_i = 20 \text{ kW}$

根据双边带解调器的输出噪声与输入噪声功率关系, 有:

$$\frac{N_o}{N_i} = \frac{1}{4} \Rightarrow N_o = 2.5 \text{ W}$$

$$\text{故: } P_{n_o}(f) = \frac{1}{2} P_{n_i}(f) = 0.25 \times 10^{-3} \text{ W/Hz} = P_{n_o}(f)$$

图:

4. 平稳随机过程 $X(t)$, 均值为 a , 自相关函数为 $R_X(\tau)$ (通过线性系统后的输出为 $Y(t) = X(t) + X(t-T)$). 求: (1) 输出过程 $Y(t)$ 的均值, (2) 输出过程 $Y(t)$ 的自相关函数, (3) 写出输出过程 $Y(t)$ 的功率谱密度。(10 分)

答: (1) $Y(t)$ 的均值 $= 2a$ (4 分)

$$\begin{aligned} (2) R_Y(\tau) &= E\{[X(t) + X(t-T)][X(t+\tau) + X(t+\tau-T)]\} \\ &= E\{[X(t)X(t+\tau) + X(t)X(t+\tau-T) + X(t-T)X(t+\tau) + X(t-T)X(t+\tau-T)]\} \\ &= E\{X(t)X(t+\tau) + X(t)X(t+\tau-T) + X(t-T)X(t+\tau) + X(t-T)X(t+\tau-T)\} \\ &= E\{X(t)X(t+\tau)\} + E\{X(t)X(t+\tau-T)\} + E\{X(t-T)X(t+\tau)\} + E\{X(t-T)X(t+\tau-T)\} \\ &= R_X(\tau) + R_X(\tau-T) + R_X(\tau) + R_X(\tau) \end{aligned}$$

$$= 2R_X(\tau) + R_X(\tau-T) + R_X(\tau) \quad (4 \text{ 分})$$

$$(3) X(t) = X(t) + X(t-T)$$

$$X(t+T) = X(t+T) + X(t+T-T)$$

$$R_X(0) = P_X \quad (\text{中心})$$

$$R_X(\omega) = P_X \quad ((4)) \text{ 逐} \quad (\text{傅氏变换的时延特})$$

$$R_X(\omega) = P_X \quad (\text{冷})$$

$$P_Y(\omega) = P_X \quad (\text{国卜 } e_j \text{ 曲})$$

=2 敗[®])+Px[®] 卜 r(3)+Px[®] 用戒

$$= P_X \otimes H_2 P_0 + e^{-\pm 2 \times 10^6 j} \text{ 即}$$

$$= P_X (\otimes) \text{ " } f e + 2 \cos S \text{ 国 T 9}$$

$$= 2FX (a \text{ 卜 } 1 + c_0 S^{\otimes T}) \text{] (2分)}$$

5. 某线性调制系统的输出信噪比为 30dB, 输出噪声功率为 10^{-6} W , 由发射机输出到解调器输入端总的传输损耗为 60dB, 试求:

- (1) DSB-SC 时的发射机输出功率;
 (2) SSB-SC 时的发射机输出功率。 (10 分)

$$\frac{S}{N_0} = 10^{30/10} = 10^3, N_0 = 10^{-6} \text{ W, 传输损耗 } L = 60\text{dB} = 10^6$$

答: (1) 已知 $10 = 30\text{dB}$

$$\text{二接收机的输出功率 } S_0 \text{ 为: } \frac{S_0}{N_0} = 1000 \times 10^{-6} = 10^{-3} \text{ W}$$

当采用 DSB/SC 时, 接收机的输入功率为:

$$S_j = \frac{1}{2} m^2(t) : = \frac{1}{2} dS_0 = 2 \times 10^{-3} \text{ W}$$

$$\times 10^6 = 2 \text{ W}$$

(2) 当采用 SSB/SC 时, 接收机的输入功率为:

$$S_j = \frac{1}{4} m^2(t) = \frac{1}{4} 16 S_0 = 4 \times 10^{-3} \text{ W}$$

二发射机的输出功率为:

$$= 4 \text{ W}$$

1. 设信道噪声具有均匀的双边功率谱密度 $n_0/2$, 接受滤波器的传输特性为

$$H(f) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & |f - f_c| < B \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

- (1) 求滤波器的输出噪声功率谱密度和平均噪声功率; 求滤波器输入噪声的自相关函数和输出噪声的自相关函数。 (8 分)

$$(1) R(f) = |H(f)|^2 P(f) = \frac{1}{2} n_0 B \text{ (2分)}$$

$$P_{0=Si} L = 4 \times 10^{-3} \times 10^6$$

$$= \int_{-B}^B n_0 df = n_0 B \text{ (2分)}$$

$$R(t) = \int_{-B}^B P(f) e^{j2\pi ft} df \text{ (1分)}$$

$$\text{苛) = 牛申) (1分)}$$

$$R_0(9 = \text{ (2分)}$$

2. 若对某一信号用 DSB 进行传输, $n_0 B k_2 S_a(t) \cos(2\pi f_c t)$ 的功率谱密度为:

接受记得输入信号在加至解调器之前, 先经过理想带通滤波器, 设加至接收机的调制信号

$$\frac{n}{m}$$

- (3) 若载波频率为 f_c , 该理想带通滤波器的中心频率及带宽为多少? (8 分)

$$P_n(f) \quad 2 f_m$$

试求：

- (1) 接收机的输入信号功率；
- (2) 接收机输出信号功率；

- (3) 若载波频率为 f_c ，该理想带通滤波器的中心频率及带宽为多少？（ 8分）

设 DSB 已调信号 $s_{DSB}(t) = m(t) \cos \omega_c t$, 则接收机的输入信号功率

$$P_s = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} P_m(f) df$$

$$= \frac{1}{2} P_m$$

(3 分)

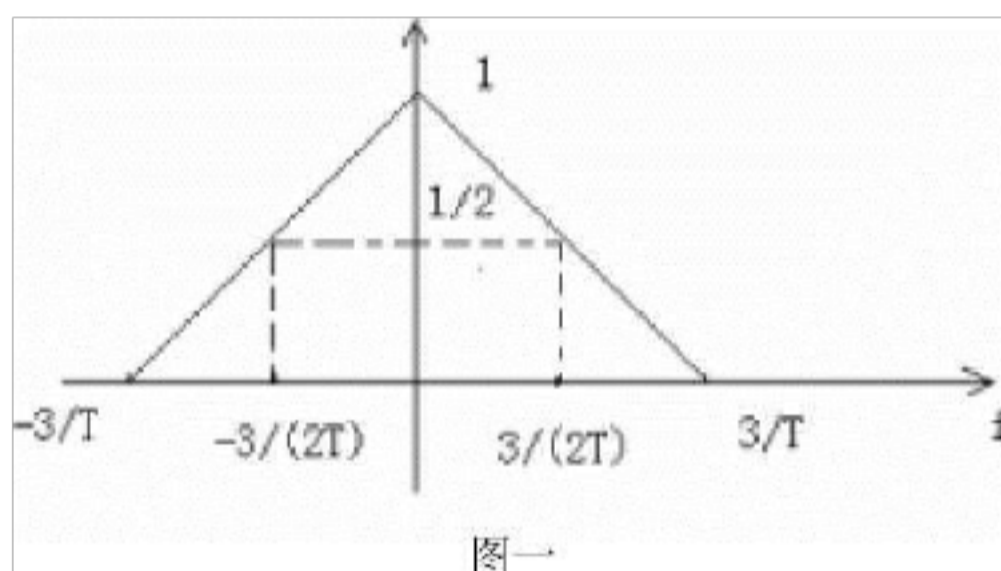
相干解调之后, 接收机的输出信号 $i_{uo}(t) = L/2 m(t) \cos \omega_c t$, 输出信号功率

$$P_{uo} = \frac{L^2}{4} P_m$$

(3) 理想带通滤波器的中心频率为: f_c (1 分)

带宽为: $2f_m$ (1 分)

3、一基带传输系统的传输特性如下图所示:



- (1) 求无码间串扰的最高码元传输速率和频带利用率;
 (2) 若以 $1/T$ 、 $2/T$ 、 $3/T$ 速率传输, 那些速率可以消除码间串扰? (8 分)

$$(1) R_B = 2f_N = \frac{3}{T}$$

$$R_B = 1 \text{ (B/Hz)} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 当 $R_{Bmax} \leq NR_B$ 可满足无码间串扰的条件, 故

可满足无码间串扰传输 (4 分)

5、在模拟信号数字化传输系统中, 模拟语音信号 $m(t)$ 带宽为 4kHz, 对其进行 13 折线 A 律编码。已知编码器的输入信号范围为 $\pm 10V$, 量化电平数为 4096, 个, 输入抽样脉冲幅度为 $10V$, 试求该编码器的输出码组, 并计算量化误差; 试求对应码组的线性码 (不带极性的 11 位码);

- (1) 若采用 PCM30/32 路时分多路系统传输 32 路模拟语音信号, 是确定 PCM30/32 路时分多路系统的信息传输速率。 (10 分)
 (2) 分)
 (3)

解:

(1) 输入量化电平 $\Delta = 43.984375 / (20/4096) = 4816$ (个量化单位) (1分)

输出码组为:
 北 16, $G = 1$ (份)

$512 \leq 816 < 1024$, $c_2 c_3 c_4 = 110$ (1分)

$816 > 512$, $432 * 9$, $c_5 c_6 c_7 = 1001$ (份)

$C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7 = 11101001$ 误差 (份)

为: $816 - (512 + 32 * 9 + 16) = 0$ (份)

(2) 对应该 PCM 码的编码电平为: 816 个量化单位; 所以相应的 11 位线性码为:

01100110000 (2分)

= 2.048 Mb ps (2分)

$4 \times 10^6 \times 2 \times 32 \times 8$

已知语音信号的最高频率 f_m 为 4kHz, 幅度范围为 $(-5.120V, +5.120V)$, 采用 13 折线法对其进行 PCM 试回答计算下列问题: 求当采样值为 $-1.450V$ 时编码器的输出 $C_0 C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7$ 段内码为戈雷码;

求量化误差为多少 (伏);

$C_0 C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7 = 110100$ 时, 表示的采样值是多少?

求编码器的输出速率 R_b ;

如果有 32 路同样信号, 设每帧头增加 2bit, 且每路也增加 1bit 做同步信息, 对它们进行 TDM 多路复用, 求编码器的输出速率 $R_2 = ?$

8. 采用 13 折线 A 律编码, 最小量化间隔为 1 个量化单位, 已知抽样脉冲值为 -95 量化单位:

(1) 试求此时编码器输出码组, 并计算量化误差;

(2) 写出对应于该 7 位码的均匀量化 11 位码。

解: (1) 已知抽样脉冲值 $1_0 = -95$, 设码组的 8 位码分别为 $c_7 c_6 c_5 c_4 c_3 c_2 c_1 c_0$

因为 $1_0 < 0$, 故 $c_7 = 0$ (2分)

又因为 $1_0 > 64$, 且 $|1_0| < 128$, 故位于第 4 段, 段落码 $GGC = 011$ (3分)

第 4 段内的量化间隔为 4, 由 $1_0 = 64 + 7 \times 4 + 3$ 知, 1_0 位于第 4 段第 7 量化级, $GOGC_8 = 0111$

因此, 输出码组为 $CCCC, GGGG = 00110111$ (1分)

--- (3分)

译码输出 $-(64 + 7 \times 4 + 2/2) = -94$,

量化误差为: $-95 - (-94) = -1$ (单位) (2分)

(2) 对应于该 7 位码的均匀量化 11 位码为:

$C_9 C_8 C_7 C_6 C_5 C_4 C_3 C_2 C_1 C_0 = 00001011110$

PCM 系统输入信号的动态范围为 $0 \sim 64$ 人, 作均匀量化, 量化级数 $M = 64$, 当输入信号 $I = 29$ 时, 其编

码器编出何种码组? 其量化误差 $\Delta = ?$ 收端的译码误差 $\Delta = ?$

6. 在 2DPSK 系统中, 载频为 1000 Hz, 码元速率为 1800 Bd, 已知发送数据序列为 1011100100, 且规定初相差为: $0 \rightarrow 0^\circ$

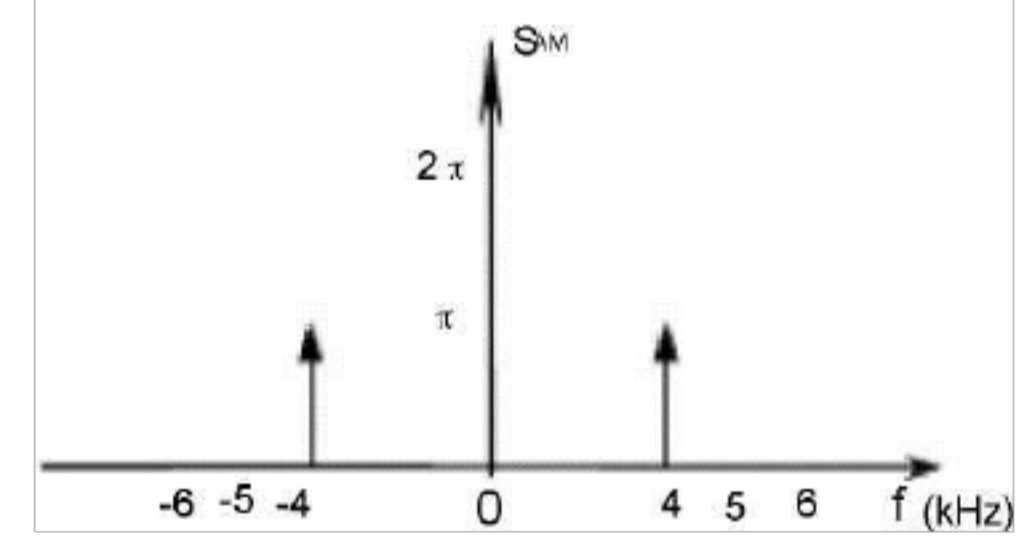
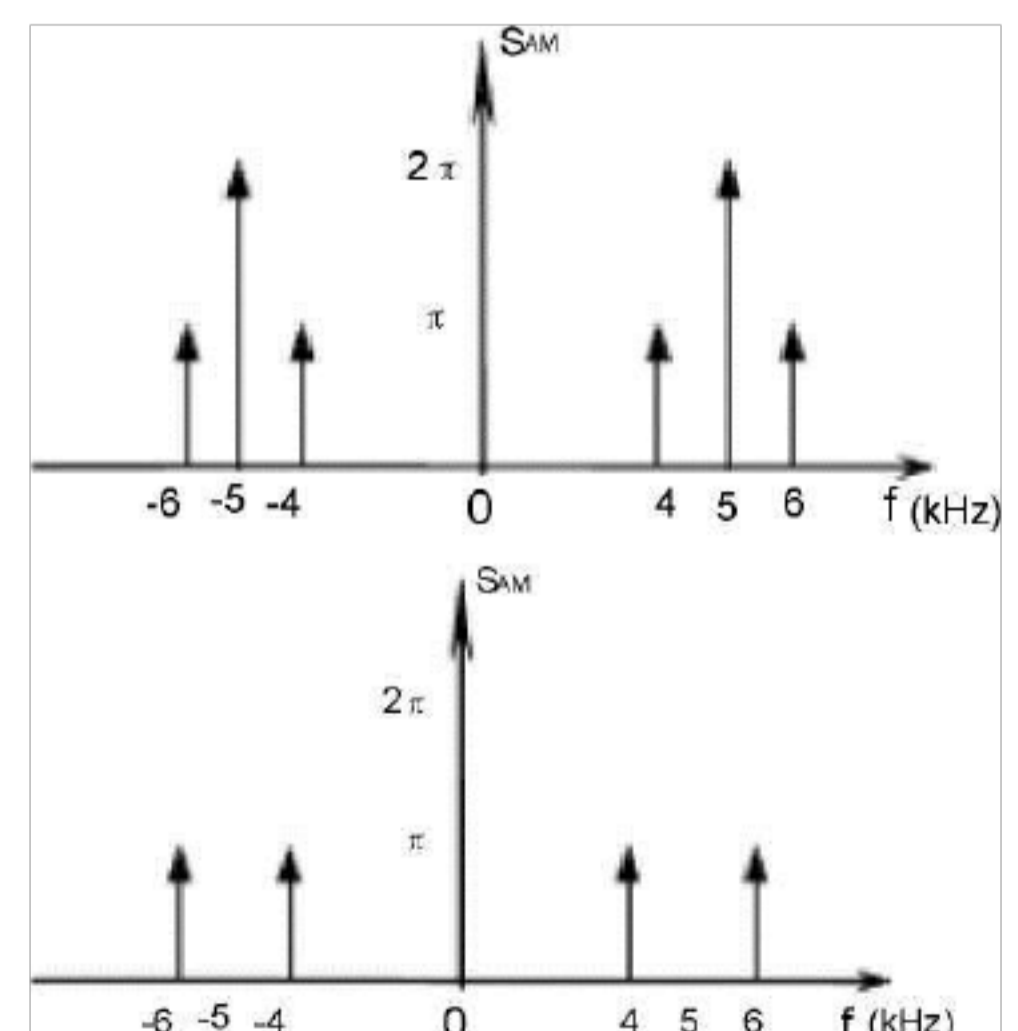
表示数据 “1”

(1) 若设参考相位 $\phi_0 = 0^\circ$, 试画出 2DPSK 信号波形;

(2) 若采用差分相干解调, 试画出解调波形。 (8分)

7. 已知调制信号 $m(t) = \cos 2005t$ 载波为 $2\cos 10^4 \pi t$, 分别画出

AM DSB SSB (下边带) 信号的频谱。 (6分)



9. 已知某高速信道的频带宽度为 6 MHz , 如果要求传输 24 Mbit/s 的数字信号, 试设计 (画出) 其发端的原理方框图, 并简单加以计算与说明。

10. 已知数字信息 $3 = 1011010, 1$ 分别以下面两种情况画出 2PSK 2DPSK 及相对码
- 1、 码元速率为 1200 波特，载波频率为 1200Hz
 - 2、 码元速率为 1200 波特，载波频率为 1800Hz;

$\{b_n\}$ 的波形。

1. 数字通信有哪些主要优点？

- (1) 数字传输的抗干扰能力强，尤其在中继时，数字信号可以再生而消除噪声的积累； 传输差错可以控制，从而改善了传输质量；
- (2) 便于使用现代数字信号处理技术来对数字信息进行处理； 数字信息易于作高保密性的加密处理；
- (3) 数字通信可以综合传输各种消息，使通信系统功能增强。
- (4) 2. 为什么双边带解调器的调制制度增益是单边带的二倍？
- (5)

因为是单边带信号中的 $m(t) \sin^2 ct$ 分量被解调器滤除了，而它在解调器输入端确是信号功率的组成部分。

3. 什么是门限效应？ AM 信号采用包络检波法解调时为什么会产生门限效应？

门限效应：就是当包络检波器的输入信噪比降低到一个特定的数值后，检波器输出信噪比出现急剧恶化的一种现象。 因为，门限效应是由包络检波器的 非线性解调作用所引起的，而 AM 信号采用了包络检波法，所以会产生门限效应。

4. 消除码间干扰的方法有几种，并说明它们的思想？

答：1) 奈奎斯特第一准则：

为了消除码间干扰，则基带传输特性应满足：

$$|H(f)| = 1 \quad \text{当 } |f| < \frac{1}{2T_s}$$

$$= 0 \quad \text{当 } |f| > \frac{1}{2T_s}$$

2) 奈奎斯特第二准则：

有控制地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， 到 那么就能使频带利用率提高理论上的最大值，同时又可以降低对定时精度的要求。

3) 频域均衡

在基带系统中插入一种可调（也可不调）滤波器将能减少码间干扰的影响。频域均衡就是利用可调滤波器的频率特 性去补偿基带系统的频率特性，使包括可调滤波器在内的基带系统的总特性满足实际性能的要求。

5.

什么是“倒 n 现象”？为什么二进制移相键控信号会出现“倒 n 现象”

答：在数字调制系统中，如果采用绝对移相方式，由于发送端是以某一个相位作为基准的，因而在接收端系统中也必须有这样一个固定基准相位作参考。如果这个参考相位发生变化（ 0 相位变 π 相位或 π 相位变 0 相位），则恢复的数字信息就会发生 0 变为 1 或 1 变为 0，从而造成错误的恢复。而实际通信时，参考基准相位的随机跳变是可能的，而且在通信过程中不易被发觉， 就会在接受端发生错误的恢复，这种现象就称为“倒 n 现象”。因为二进制移相键控信号采用是绝对移相方式，所以就可能出现“倒 n 现象”。

1、什么是广义平稳？什么是狭义平稳？两者有何关系？

答：狭义平稳：任意 n 维分布与时间起点无关。如一维分布与 t 无关，二维分布只与时间间隔有关。 广义平稳：数学期望为常数，自相关函数仅与时间间隔有关。狭义平稳一定是广义平稳，反之不一定成立。

4. 简述非均匀量化原理。与均匀量化相比，简述非均匀量化的主要优缺点。

答：非均匀量化是指间隔不相等的量化。信号小时，量化间隔小，信号大时，量化间隔大。

能改善小信号的量噪比，减小编码位数和传输带宽。实现相对复杂些。

5. 简述脉冲编码调制的主要过程。（6 分）

抽样是把时间连续、幅值连续的信号变换为时间离散，幅值连续的脉冲信号； 量化是把时间离散、幅值连续的脉冲信号变换为幅值离散、时间离散的多电平脉冲信号； 编码是把幅值、时间均离散的多电平脉冲信号用一组数字序列表示。

6. 简单叙述眼图和系统性能之间的关系？（ 6 分）

最佳抽样时刻对应眼睛张开最大时刻；对定时误差的灵敏度有眼图斜边的斜率决定；图的阴影区的垂直高度，表示信号幅度畸 变范围；图中央横轴位置对应判决门限电平；抽样时刻上，上下阴影区的间隔距离之半为噪声容限。

各章习题及解答

第 1 章绪论

1—1 设英文字母 E 出现的概率为 0.105, X 出现的概率为 0.002。试求 E 及 X 的信息量。

解: 英文字母 E 的信息量为

$$I_E = -\log_2 0.105 = 3.25 \text{ bit}$$

英文字母 X 的信息量为

$$I_X = -\log_2 0.002 = 8.97 \text{ bit}$$

1—2 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, 其出现概率分别为 1/4、1/8、1/8、3/16 和 5/16。试求该信息源符号的平均信息量。

解: 平均信息量, 即信息源的熵为

$$H = -\sum_{i=1}^n P(X_i) \log_2 P(X_i) = -\left[\frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} + \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} + \frac{3}{16} \log_2 \frac{3}{16} + \frac{5}{16} \log_2 \frac{5}{16} \right] = 2.23 \text{ bit/符号}$$

1—3 设有四个消息 A、B、C、D 分别以概率 1/4、1/8、1/8 和 1/2 传送, 每一消息的出现是相互独立的, 计算其平均信息量。

解: 平均信息量

$$H = -\sum_{i=1}^4 P(X_i) \log_2 P(X_i) = -\left[\frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} + \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} + \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} \right] = 1.75 \text{ bit/符号}$$

1—4 一个由字母 A、B、C、D 组成的字。对于传输的每一个字母用二进制脉冲编码, 00 代替 A, 01 代替 B, 10 代替 C, 11 代替 D, 每个脉冲宽度为 5ms

(1) 不同的字母是等可能出现时, 试计算传输的平均信息速率。

(2) 若每个字母出现的可能性分别为

$$P_A = 1/5, P_B = 1/4, P_C = 1/4, P_D = 3/10$$

试计算传输的平均信息速率。

解: (1) 不同的字母是等可能出现, 即出现概率均为

$$H = -\sum_{i=1}^4 P(X_i) \log_2 P(X_i) = -4 \times \left[\frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} \right] = 2 \text{ bit/符号}$$

因为每个脉冲宽度为 5ms 所以每个字母所占用的时间为

每秒传送符号数为 $100 \times 10^3 = 10^5$ 符号/秒 (2) 平均信息量为

$$H = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i) = -\log_2 \frac{1}{5} - \log_2 \frac{1}{4} - \log_2 \frac{1}{4} - \log_2 \frac{1}{4} - \log_2 \frac{1}{4} = 1.985 \text{ bit/符号}$$

平均信息速率为 198.5 比特/秒

1—5 国际莫尔斯电码用点和划的序列发送英文字母，划用持续 3 单位的电流脉冲表示，点用持续 1 个单位的电流脉冲表示；且划出现的概率是点出现概率的 1/3；

- (1) 计算点和划的信息量；
- (2) 平均信息量。

解：(1) 因为划出现的概率是点出现概率的 1/3，所以，点出现的概率为 $P_1 = 3/4$ ，划出现的概率为 $P_2 = 1/4$ 。故，点的信息量为

$$I_1 = -\log_2 \frac{3}{4} = 0.415 \text{ bit}$$

划的信息量为

$$I_2 = -\log_2 \frac{1}{4} = 2 \text{ bit}$$

(2) 平均信息量

$$H = 0.81 \text{ bit/符号}$$

1—6 设一信息源的输出由 128 个不同符号组成，其中 16 个符号出现的概率为 1/32，其余 112 个出现概率为 1/224。信息源每秒发出符号彼此独立，且每个符号算该信息源的平均信息速率。

解：平均信息量

$$H = -16 \times \frac{1}{32} \log_2 \frac{1}{32} - 112 \times \frac{1}{224} \log_2 \frac{1}{224} = 6.405 \text{ bit/符号}$$

平均信息速率

$$R_b = 6.405 \times 1000 = 6405 \text{ bA}$$

第 2 章随机信号分析

2- 1 设随机过程 $f(t)$ 可表示成

$$f(t) = 2 \cos(2\omega t + \theta)$$

式中 θ 为一个离散随机变量， $\theta = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ ，且 $P(\theta = 0) = P(\theta = \pi) = 1/2$ ， $P(\theta = \pi/2) = P(\theta = 3\pi/2) = 1/4$ 。

解： $E[f(t)] = E[2 \cos(2\omega t + \theta)] = 2 E[\cos \theta] = 2 \times 0 = 0$

$$R_f(0, 1) = E[2 \cos(2\omega t + \theta) \cdot 2 \cos(2\omega(t+1) + \theta)] = 4 E[\cos^2 \theta] = 2$$

2-2 设 $z(t) = A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t z$ 是一随机过程。若 x_i 和 x_2 是彼此独立且具有均值为 0、方差为 σ^2 的正态随机变量，试求

- (1) $E[z(t)]$ 及 $E[z^2(t)]$
- (2) $z(t)$ 的一维分布密度函数 $f(z)$;
- (3) $R_z(\tau)$ 与 $P_z(\omega)$

解: (1) $E[z(t)] = E[A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t z] = A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t E[z]$

$$E[z(t)] = E[A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t z] = A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t E[z]$$

$$= A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t E[z]$$

$$= A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t E[z]$$

(2) 因为 x_i 和 x_2 正态分布，则 $z(t)$ 也是正态分布
又 $E[z(t)] = 0, D[z(t)] = E[z^2(t)] - E^2[z(t)] = \sigma^2$

所以

所以 $z(t)$ 的一维分布密度函数为 $f(z) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right]$

$$(3) R_z(\tau) = E[z(t)z(t+\tau)]$$

$$= E[(A \cos \omega t - \sqrt{2} \sin \omega t z)(A \cos \omega(t+\tau) - \sqrt{2} \sin \omega(t+\tau) z)]$$

$$= A^2 \cos \omega t \cos \omega(t+\tau) - \sqrt{2} A \cos \omega t \sin \omega(t+\tau) E[z] - \sqrt{2} A \sin \omega t \cos \omega(t+\tau) E[z] + 2 \sin \omega t \sin \omega(t+\tau) E[z^2]$$

$$R_z(\tau) = A^2 \cos \omega \tau - 2 \sin \omega t \sin \omega(t+\tau) \sigma^2 = A^2 \cos \omega \tau - 2 \sigma^2 \sin \omega t \sin \omega(t+\tau)$$

2-3 求 $j(x) = X(z) r(t)$ 的自相关函数。已知 $x(t)$ 和 $y(t)$ 是统计独立的平稳随机过程，且它们的自相关函数分别为 $R_x(\tau)$ 、 $R_y(\tau)$ 。

2/.

$$\text{解? } R_{j(x)}(\tau) = E[j(x)j(x+\tau)] = E[X(z) r(t) X(z) r(t+\tau)]$$

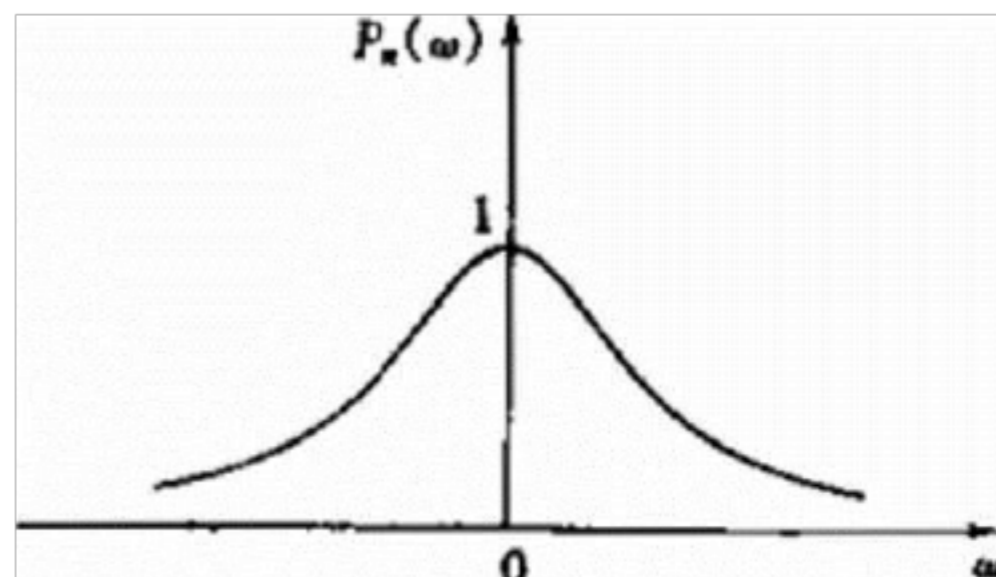
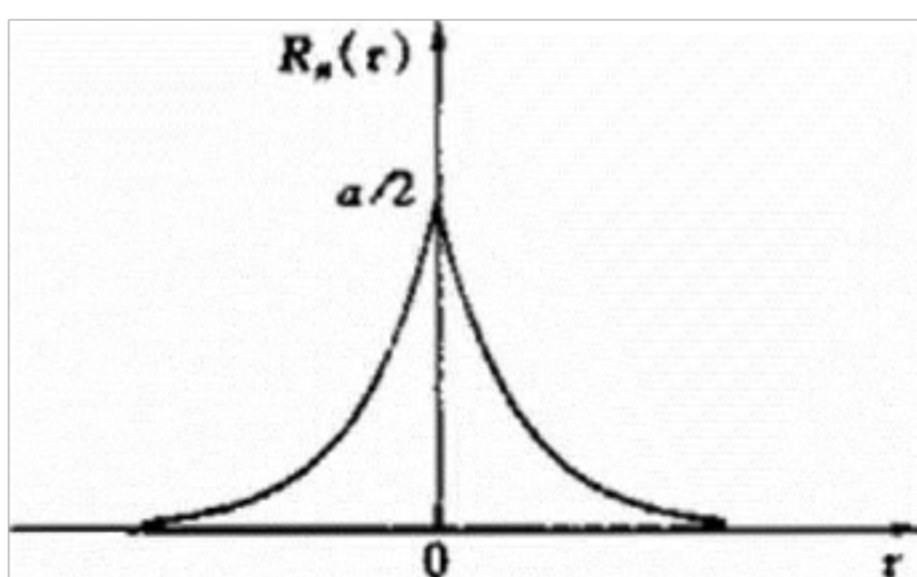
$$= E[X(z)X(z)] \cdot E[r(t)r(t+\tau)] = R_x(\tau) R_y(\tau)$$

2-5 已知噪声 $n(t)$ 的自相关函数 $R_n(\tau) = \sigma^2 e^{-a|\tau|}$ 为常数

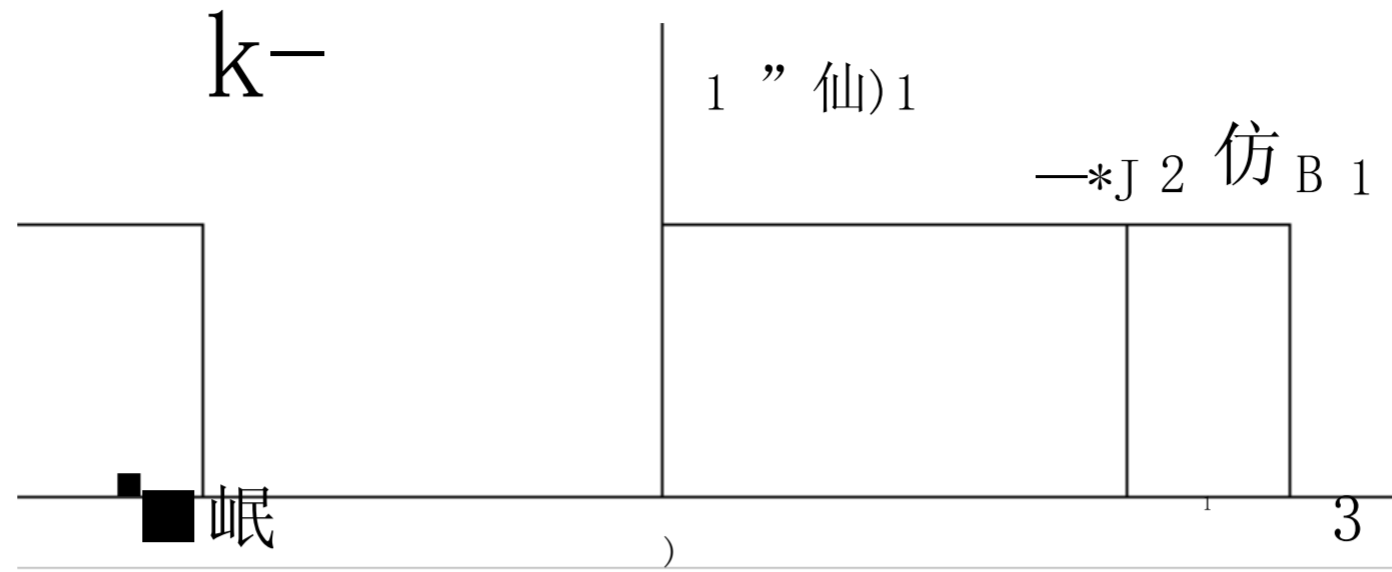
- (1) 求 $f(\omega)$ 及 S_n ;
- (2) 绘出 $f(\omega)$ 及 S_n 的图形。

解: (1) $f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_n(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} \sigma^2 e^{-a|\tau|} e^{-j\omega\tau} d\tau = \frac{2\sigma^2 a}{a^2 + \omega^2}$

(2) $f(\omega)$ 及 S_n 图形如图 2.3.1 所示。



2-7 将一个均值为零、功率谱密度为 $n_0/2$ 的高斯白噪声加到一个中心角频率为 ω_c 、带宽为 B 的理想带通滤波器上，如图 P2-1 所示。

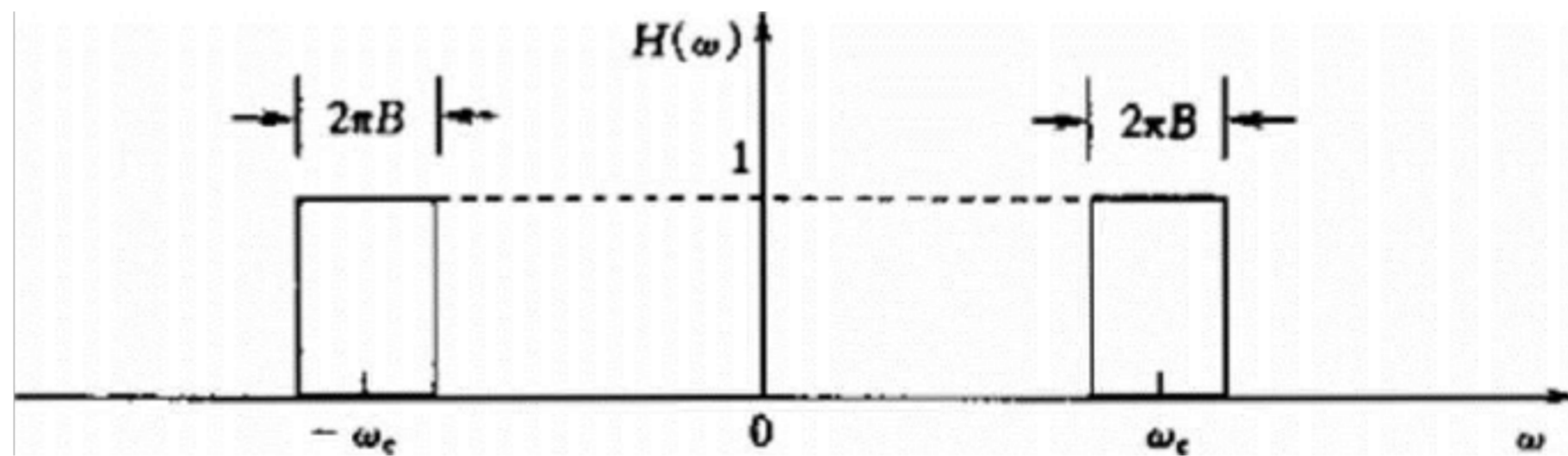


(1) 求滤波器输出噪声的自相关函数； (2) 写出输出噪声的一维概率密度函数。

解：(1) 因为高斯白噪声的功率谱密度为 $P_n = n_0/2$

所以其自相关函数为 $R_{nn}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} P_n(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega$ 根据图中滤波器的图形，对它作傅里叶反变换，得

$$A(\tau) = 2BSa(\omega_c\tau) \cos(M\tau)$$



所以滤波器输出噪声的自相关函数为

$$R_{Q}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} P_n(\omega) |H(\omega)|^2 e^{j\omega\tau} d\omega = \int_{\omega_c - B}^{\omega_c + B} \frac{n_0}{2} |H(\omega)|^2 e^{j\omega\tau} d\omega$$

(2) 因为滤波器的输入是高斯噪声，根据随机过程通过线性系统的特性，其输出仍然是高斯噪声。

因为 $R_Q(0) = E[g^2(t)] = 0$ ，所以输出噪声的期望 $E[g(t)] = 0$ 又因为 $R_Q(0) - R_Q(\infty) = \sigma^2 = n_0 B$ ，所以方差 $D[g(t)] = \sigma^2 = n_0 B$ ，故输出噪声的一维概率密度为

$$p(g) = \frac{1}{\sqrt{2\pi n_0 B}} \exp\left(-\frac{g^2}{2n_0 B}\right)$$

2-8 设 RC 低通滤波器如图 P2-2，求当输入均值为零、功率谱密度为 $n_0/2$ 的白噪声时，输出过程的功率谱密度和自相关函数。

R

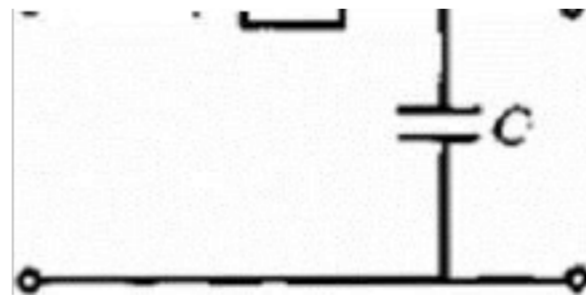


图 P2-2

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/768065126132007002>