

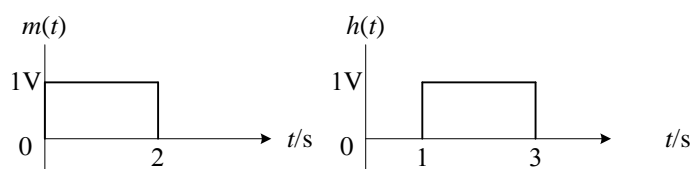
# 北京邮电大学 2020—2021 学年第 I 学期

## 《通信原理 I》期中考试（4 学分）

### 一. 选择填空（每空 1 分）

空格号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
答案	B	D	A	C	A	C	A	C	B	A
空格号	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
答案	D	C	D	C	D	A	C	A	C	B
空格号	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
答案	B	D	B	A	B	C	B	C	A	D
空格号	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)
答案	A	A	D	B	D	C	D	B	B	D

1. 设下图中  $m(t)$  代表小明,  $h(t)$  代表小华。小明和小华的能量都是(1)J, 小明加小华的能量是(2)J, 小明与小华之间的互能量是(3)。

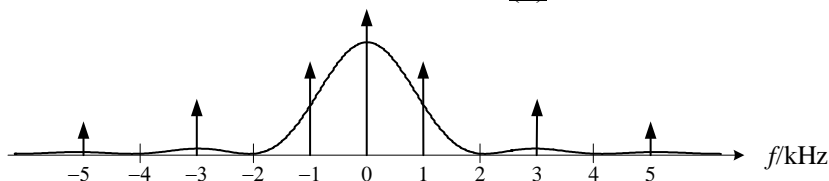


(1)(2)	(A) 1	(B) 2	(C) 4	(D) 6
(3)	(A) 正能量	(B) 负能量	(C) 暗能量	(D) 虚能量

2. 设载频  $f_c$  充分大, 基带调制信号  $m(t)$  的均值为零、带宽为  $W$ 。将 DSB-SC 已调信号  $m(t)\cos(2\pi f_c t)$  通过一个冲激响应为  $h(t) = \text{Re}\{h_L(t)e^{j2\pi f_c t}\}$  的带通滤波器, 其中  $h_L(t)$  是  $h(t)$  的复包络。该带通滤波器的等效基带冲激响应是(4)。当  $h_L(t)$  的傅氏变换为(5)时, 滤波器输出是上边带 SSB 信号。

(4)	(A) $h(t)\cos(2\pi f_c t)$	(B) $h(t)$	(C) $\frac{1}{2}h_L(t)$	(D) $h_L(t)e^{j2\pi f_c t}$
(5)	(A) $\begin{cases} 1, & 0 \leq f \leq W \\ 0, & \text{其他} f \end{cases}$	(B) $\text{rect}\left(\frac{f}{W}\right)$	(C) $-j \cdot \text{sgn}(f)$	(D) $\begin{cases} 1, & -W \leq f \leq 0 \\ 0, & \text{其他} f \end{cases}$

3. 假设二进制数据独立等概, 速率为 1kbit/s。下图是(6)的功率谱密度图。



(6)	(A) 双极性 NRZ 码	(B) 单极性 NRZ 码
	(C) 单极性 RZ 码 (半占空)	(D) 双极性 RZ 码 (半占空)

4. 零均值窄带平稳高斯过程的包络服从(7)分布。

(7)	(A) 瑞利	(B) 拉普拉斯	(C) 莱斯	(D) 高斯
-----	--------	----------	--------	--------

5. 若能量信号  $x(t)$  的自相关函数是  $\text{sinc}(\tau)$ , 则其能量是(8)J, 带宽是(9)Hz。

(8)(9)	(A) 1/4	(B) 1/2	(C) 1	(D) 2
--------	---------	---------	-------	-------

6. 信号  $x(t) = \cos(200\pi t) - \sin(200\pi t)$  的功率谱密度  $P_x(f) = \underline{(10)}$ , 希尔伯特变换  $\hat{x}(t) = \underline{(11)}$ 。  $x(t)$  的自相关函数  $R_x(\tau) = \underline{(12)}$ 。  $\hat{x}(t)$  与  $x(t)$  的互相关函数  $R_{\hat{x}x}(\tau) = \overline{\hat{x}(t+\tau)x(t)} = \underline{(13)}$ 。

(10)		(A) $\frac{1}{2}\delta(f-100)+\frac{1}{2}\delta(f+100)$		(B) $\frac{1}{2}\delta(f-200)-\frac{1}{2}\delta(f+200)$					
		(C) $\frac{1}{2}\delta(f-200)+\frac{1}{2}\delta(f+200)$		(D) $\frac{1}{2}\delta(f-100)-\frac{1}{2}\delta(f+100)$					
(11)		(A) $-\cos(200\pi t)-\sin(200\pi t)$		(B) $\cos(200\pi t)-\sin(200\pi t)$					
		(C) $-\cos(200\pi t)+\sin(200\pi t)$		(D) $\cos(200\pi t)+\sin(200\pi t)$					
(12)	(13)	(A) $\frac{1}{2}\cos(200\pi\tau)$		(B) $\frac{1}{2}\sin(200\pi\tau)$		(C) $\cos(200\pi\tau)$		(D) $\sin(200\pi\tau)$	

7. 假设二进制数据“1”、“0”的出现概率不等。下列信号中无直流分量的是 (14)。

(14)	(A) 双极性 NRZ 码	(B) 差分编码的双极性 NRZ 码
	(C) 数字双相 (Manchester) 码	(D) 单极性 NRZ 码

8. 将模拟基带信号先微分再调频, 得到的是 (15) 信号。

(15)	(A) AM	(B) SSB	(C) FM	(D) PM
------	--------	---------	--------	--------

9. 在 DSB-SC 已调信号中插入导频信号可以 (16)。

(16)	(A) 帮助接收端建立同步载波	(B) 提高调制效率
	(C) 减小带宽	(D) 提高抗噪声能力

10. 将多路消息信号合成为一路信号后在一个公共信道上传输称为 (17)。

(17)	(A) 调制	(B) 多址	(C) 复用	(D) 共享
------	--------	--------	--------	--------

11. 二进制数据信息序列 000010000110000 经过 AMI 编码后是 (18), 经过 HDB3 编码后是 (19)。

(18)	(A) 0000+0000-+0000	(B) 000+-000-+-000-
(19)	(C) -00-+000+-+-00-	(D) +00+-000-+-000+

12. 若序列  $a_0a_1\cdots$  的差分编码结果是  $b_{-1}b_0b_1\cdots = 1010101\cdots$ , 则  $a_0a_1\cdots$  是 (20)。

(20)	(A) 10101010...	(B) 11111111...	(C) 11001100...	(D) 0000000...
------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------

13. 设二进制数据独立等概, 速率为 96kbit/s。双极性 NRZ 码的主瓣带宽是 (21) kHz, 占空比为 1/3 的单极性 RZ 码的主瓣带宽是 (22) kHz。

(21)(22)	(A) 48	(B) 96	(C) 144	(D) 288
----------	--------	--------	---------	---------

14. 若四进制 PAM 系统的比特速率是 2kbit/s, 则其符号速率是 (23) kBaud、比特间隔是 (24) ms、符号间隔是 (25) ms。

(23)(24)(25)	(A) 0.5	(B) 1	(C) 2	(D) 4
--------------	---------	-------	-------	-------

15. 某八进制基带传输系统在 10s 时间内发送了  $9 \times 10^6$  个八进制符号, 接收端收到的符号中发现有 30 个符号出错。该系统的误符号率为 (26), 其误比特率至少是 (27), 至多是 (28)。

(26)(27)(28)	(A) $\frac{10^{-6}}{3}$	(B) $\frac{10^{-5}}{9}$	(C) $\frac{10^{-5}}{3}$	(D) $10^{-5}$
--------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------

16. 以下调制方式中, 频带利用率最高的是 (29), 抗噪声能力最强的是 (30)。

(29)(30)	(A) SSB	(B) DSB-SC	(C) AM	(D) FM
----------	---------	------------	--------	--------

17. 数字基带传输系统的接收端采用匹配滤波器能够(31)。

(31)	(A) 使采样点的信噪比最大	(B) 彻底消除噪声
	(C) 保持波形无失真	(D) 缩减信号带宽

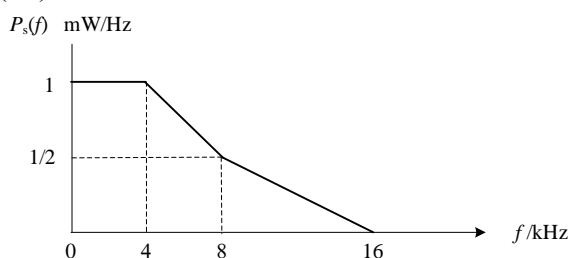
18. 在(32)条件下, AM 包络检波输出信噪比近似等于相干解调输出信噪比。

(32)	(A) 大信噪比	(B) 小信噪比	(C) 高调制效率	(D) 低调制效率
------	----------	----------	-----------	-----------

19. 假设二进制数据等概。对于相同的误比特率  $P_b$ , 双极性 PAM 系统所需的  $E_b/N_0$  比单极性 PAM 系统低(33)dB。

(33)	(A) 0	(B) 1	(C) 2	(D) 3
------	-------	-------	-------	-------

20. 某 PAM 信号  $s(t)$  的单边功率谱密度如下图所示, 该信号的绝对带宽是(34)kHz, 3dB 带宽是(35)kHz, 等效矩形带宽是(36)kHz。



(34)(35)(36)	(A) 18	(B) 16	(C) 9	(D) 8
--------------	--------	--------	-------	-------

21. 若基带调制信号的带宽是 4kHz, 则 DSB-SC 已调信号的带宽是(37)kHz, SSB 已调信号的带宽是(38)kHz。

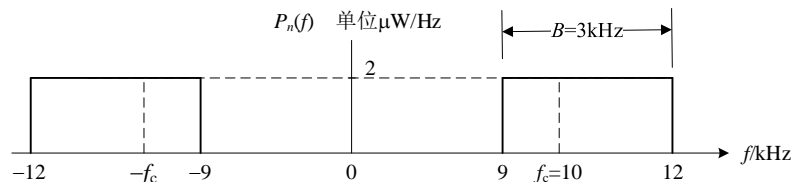
(37)(38)	(A) 2	(B) 4	(C) 6	(D) 8
----------	-------	-------	-------	-------

22. 设某十六进制 PAM 系统的数据速率是 1000bit/s, 发送信号功率是  $P = 1W$ , 其平均比特能量是(39)mJ、平均符号能量是(40)mJ。

(39)(40)	(A) 0.5	(B) 1	(C) 2	(D) 4
----------	---------	-------	-------	-------

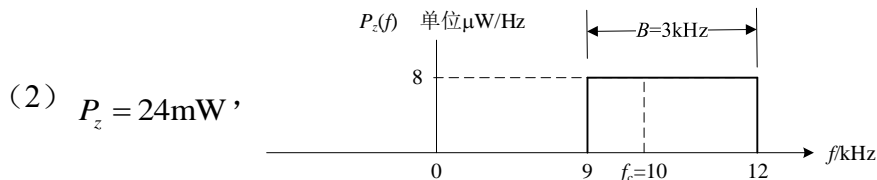
二. (15 分) 白高斯噪声通过某带通滤波器后成为窄带高斯过程  $n(t) = n_c(t)\cos(2\pi f_c t) - n_s(t)\sin(2\pi f_c t)$ 。  $n(t)$  的双边功率谱密度如下图所示, 其中  $f_c = 10kHz$ , 功率谱密度单位为  $\mu W/Hz$ 。试:

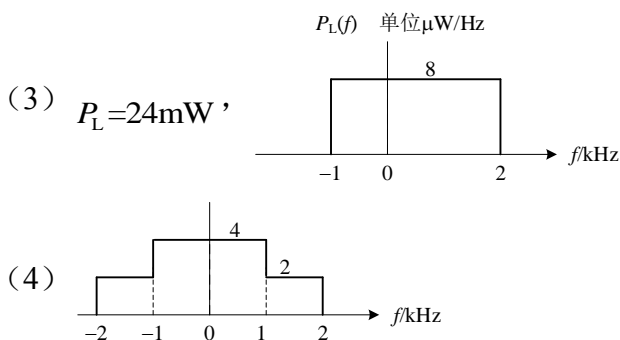
- 写出  $n(t)$  及其希尔伯特变换  $\hat{n}(t)$ 、同相分量  $n_c(t)$  的功率;
- 写出解析信号  $z(t) = n(t) + j\hat{n}(t)$  的功率, 并画出  $z(t)$  的功率谱密度图;
- 写出复包络  $n_L(t) = z(t)e^{-j2\pi f_c t}$  的功率, 并画出  $n_L(t)$  的功率谱密度图;
- 画出  $n_c(t)$  的功率谱密度图。



答案

- (1)  $P_n = P_{n_c} = P_{n_s} = 12mW$





三、(15 分) 设某模拟调制系统的基带调制信号  $m(t) = 2\cos(200\pi t)$  V, 频带已调信号  $s(t)$  的载波频率为  $f_c = 2000\text{Hz}$ 。

- (1) 若采用调制指数为  $a=1$  的 AM 调制, 试写出  $s(t)$  的表达式、调制效率;
- (2) 若采用上边带 SSB 调制, 试写出  $s(t)$  的表达式、 $s(t)$  的复包络表达式;
- (3) 若采用调制指数为  $\beta=4$  的 FM 调制, 试写出  $s(t)$  的表达式、近似带宽;
- (4) 若采用相位偏移常数为  $K_p = 2\text{rad/V}$  的 PM 调制, 试写出  $s(t)$  的表达式。

答案

- (1)  $A_c [2 + 2\cos(200\pi t)] \cos(4000\pi t)$ , 或  $A_c [1 + \cos(200\pi t)] \cos(4000\pi t)$ 。  $A_c$  任意。

调制效率为 1/3

- (2)  $s(t) = 2\cos(200\pi t)\cos(4000\pi t) - 2\sin(200\pi t)\sin(4000\pi t) = 2\cos(4200\pi t)$

$$s_L(t) = 2\cos(200\pi t) + j \cdot 2\sin(200\pi t) = 2e^{j200\pi t}$$

$$\text{或者: } s_L(t) = m(t) + j \cdot \hat{m}(t) = 2e^{j200\pi t}, \quad s(t) = \text{Re}\{s_L(t)e^{j4000\pi t}\} = 2\cos(4200\pi t)$$

- (3)  $s(t) = \cos[4000\pi t + 4\sin(200\pi t)]$ ,  $B \approx 2(\beta + 1)f_m = 1000\text{Hz}$

- (4)  $s(t) = \cos[4000\pi t + 4\cos(200\pi t)]$

四、(15 分) 设  $s_1(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g_1(t - nT_b)$ ,  $s_2(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g_2(t - nT_b)$ , 其中  $a_n$  以独立等概方式取值

于  $\pm 1$ ,  $g_1(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T_b}\right)$ ,  $g_2(t) = g_1\left(t + \frac{T_b}{2}\right) + g_1\left(t - \frac{T_b}{2}\right)$ 。试求:

- (1)  $g_1(t)$ 、 $g_2(t)$  的傅氏变换  $G_1(f)$ 、 $G_2(f)$ ;
- (2)  $s_1(t)$  的功率谱密度、主瓣带宽;
- (3)  $s_2(t)$  的功率谱密度、主瓣带宽。

答案:

- (1)  $G_1(f) = T_b \cdot \text{sinc}(fT_b)$ ,  $G_2(f) = 2T_b \text{sinc}(fT_b) \cos(\pi fT_b) = 2T_b \text{sinc}(2fT_b)$

方法 1:  $g_2(t)$  是  $g_1(t)$  左移  $\frac{T_b}{2}$ 、右移  $\frac{T_b}{2}$ , 结果是宽度加倍的矩形, 故  $G_2(f) = 2T_b \cdot \text{sinc}(2fT_b)$

方法 2:  $G_2(f) = G_1(f) [e^{j\pi fT_b} + e^{-j\pi fT_b}] = 2T_b \text{sinc}(fT_b) \cos(\pi fT_b)$

- (2)  $P_1(f) = \frac{1}{T_b} |G_1(f)|^2 = T_b \cdot \text{sinc}^2(fT_b)$ , 主瓣带宽  $\frac{1}{T_b}$

- (3)  $P_2(f) = \frac{1}{T_b} |G_2(f)|^2 = 4T_b \cdot \text{sinc}^2(2fT_b)$ , 主瓣带宽  $\frac{1}{2T_b}$

五. (15 分) 某基带传输系统在比特周期  $[0, T_b]$  内等概发送  $s_1(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T_b \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$  或

$s_2(t) = -s_1(t)$ 。发送信号叠加了双边功率谱密度为  $N_0/2$  的加性白高斯噪声  $n_w(t)$  后通过对  $s_1(t)$  匹配的匹配滤波器  $h(t)$ ，然后在  $t = T_b$  时刻采样判决。已知  $h(t)$  的能量为 1。试：

(1) 求出平均比特能量  $E_b$ ；

(2) 写出匹配滤波器冲激响应  $h(t)$  的表达式；

(3) 求出发送  $s_1(t)$ 、 $s_2(t)$  条件下采样值  $y$  的均值以及采样点的信噪比；

(4) 写出最佳判决门限，求出系统的平均误比特率。

答案：

(1)  $E_b = T_b$

(2)  $h(t) = K \cdot s_1(T_b - t)$ 。  $h(t)$  的能量为 1，  $s_1(t)$  的能量为  $T_b$ ， 故  $K = \frac{1}{\sqrt{T_b}}$ ，

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{T_b}} s_1(T_b - t) = \frac{1}{\sqrt{T_b}} s_1(t)$$

(3)  $y = \int_{-\infty}^{\infty} [s_i(\tau) + n_w(\tau)] h(T_b - \tau) d\tau = \frac{1}{\sqrt{T_b}} \int_{-\infty}^{\infty} s_i(\tau) s_1(\tau) d\tau + \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} n_w(\tau) h(T_b - \tau) d\tau}_Z$

发送  $s_1(t)$ 、 $s_2(t)$  条件下均值分别是  $\sqrt{T_b}$ ，  $-\sqrt{T_b}$ ， 方差是  $\sigma^2 = \frac{N_0}{2} E_h = \frac{N_0}{2}$ ， 信噪比  $\frac{2E_b}{N_0} = \frac{2T_b}{N_0}$

(4) 门限是 0，  $P_b = P(e | s_2) = P(Z > 0) = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{T_b}{N_0}}\right)$