

《通信原理》期中试题及参考答案

一. 选择填空

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 空格号 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 答案 | A | D | C | D | A | B | C | B | D | B | A |
| 空格号 | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) | (19) | (20) | (21) | (22) |
| 答案 | D | D | B | C | A | C | A | B | A | D | C |
| 空格号 | (23) | (24) | (25) | (26) | (27) | (28) | (29) | (30) | (31) | (32) | (33) |
| 答案 | C | A | D | A | B | D | A | C | B | B | A |
| 空格号 | (34) | (35) | (36) | (37) | (38) | (39) | (40) | (41) | (42) | (43) | (44) |
| 答案 | B | B | D | A | B | A | C | B | A | B | C |
| 空格号 | (45) | (46) | (47) | (48) | (49) | (50) | (51) | (52) | (53) | (54) | (55) |
| 答案 | A | B | D | D | C | A | D | B | C | D | A |

1. 若 $x(t)$ 、 $y(t)$ 的傅氏变换分别是 $X(f)$ 、 $Y(f)$ ，则它们的互能量谱密度是 $E_{xy}(f) = \underline{(1)}$ 。

| | | |
|-----|--|--|
| (1) | (A) $X^*(f)Y(f)$ | (B) $X(f)Y(f)$ |
| | (C) $\int_{-\infty}^{\infty} X^*(f)Y(f)df$ | (D) $\int_{-\infty}^{\infty} X(f)Y(f)df$ |

2. 平稳过程 $X(t)$ 通过一个传递函数为 $H(f)$ 的滤波器后成为 $Y(t)$ 。若 $X(t)$ 的功率谱密度是 $P_X(f)$ ，则 $Y(t)$ 的功率谱密度是 $P_Y(f) = \underline{(2)}$ ， $Z(t) = X(t) + Y(t)$ 的功率谱密度是 $P_Z(f) = \underline{(3)}$ 。

| | | |
|-----|---------------------------|---------------------------|
| (2) | (A) $H(f)P_X(f)$ | (B) $ H(f) P_X(f)$ |
| | (C) $ H(f) ^2 P_X^2(f)$ | (D) $ H(f) ^2 P_X(f)$ |
| (3) | (A) $[1 + H(f)] P_X(f)$ | (B) $P_X(f) + P_Y(f)$ |
| | (C) $ 1 + H(f) ^2 P_X(f)$ | (D) $P_X(f) + H(f)P_Y(f)$ |

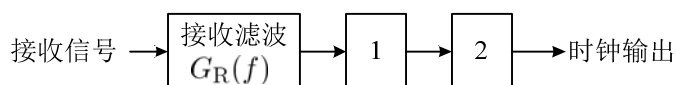
3. 周期单位冲激序列 $\sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$ 的傅氏变换是 $\underline{(4)}$ 。

| | | |
|-----|---|--|
| (4) | (A) $\frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{j2\pi \frac{n}{T_s} t}$ | (B) $\frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{-j2\pi \frac{n}{T_s} t}$ |
| | (C) $\frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - nT_s)$ | (D) $\frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - \frac{n}{T_s})$ |

4. 若能量信号 $g(t)$ 的傅氏变换为 $G(f)$ ，则其能量为 $\underline{(5)}$ 。

| | | |
|-----|---|---|
| (5) | (A) $\int_{-\infty}^{\infty} G(f) ^2 df$ | (B) $\int_{-\infty}^{\infty} G^2(f) df$ |
| | (C) $\int_0^{\infty} G(f) ^2 df$ | (D) $\frac{1}{T_s} \int_{-\infty}^{\infty} G(f) ^2 df$ |

5. 已知 PAM 信号的数学期望为零，带宽大于奈奎斯特极限带宽。下图是用线谱法从接收到的 PAM 信号中提取时钟的框图，图中的装置 1 应为 $\underline{(6)}$ ，装置 2 应为 $\underline{(7)}$ 。

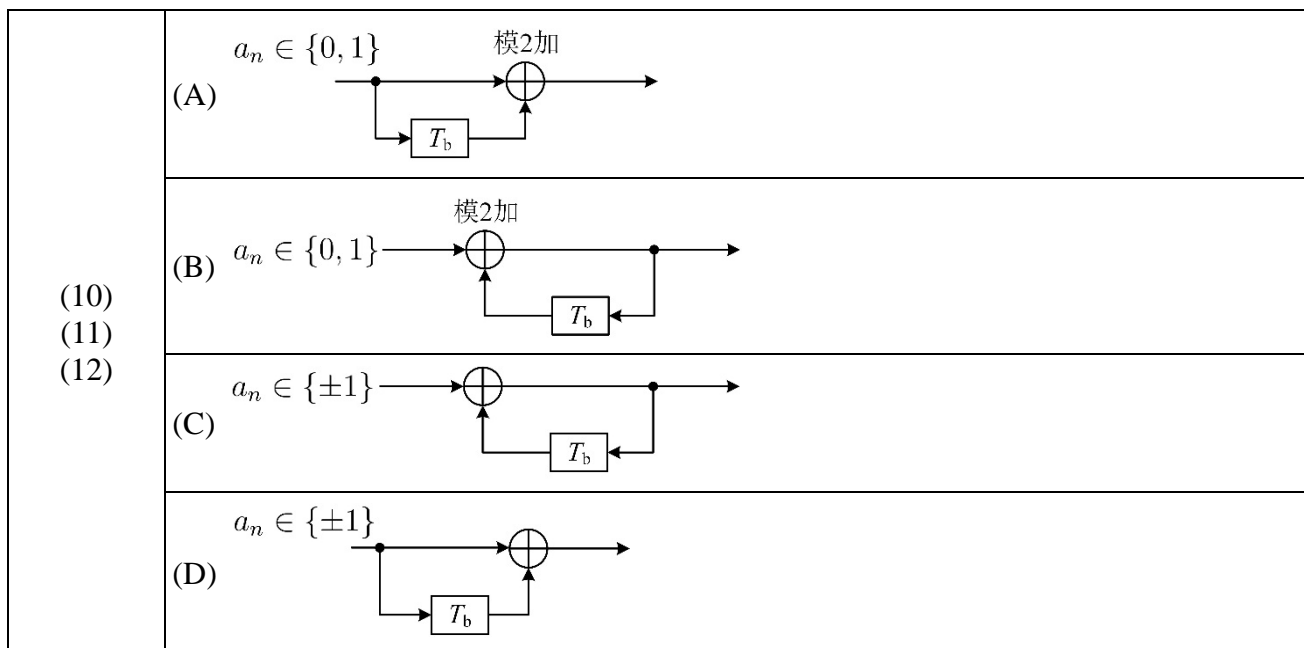


| | | | | |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| (6) (7) | (A) 均衡器 | (B) 平方器 | (C) 窄带滤波器 | (D) 压控振荡器 |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|

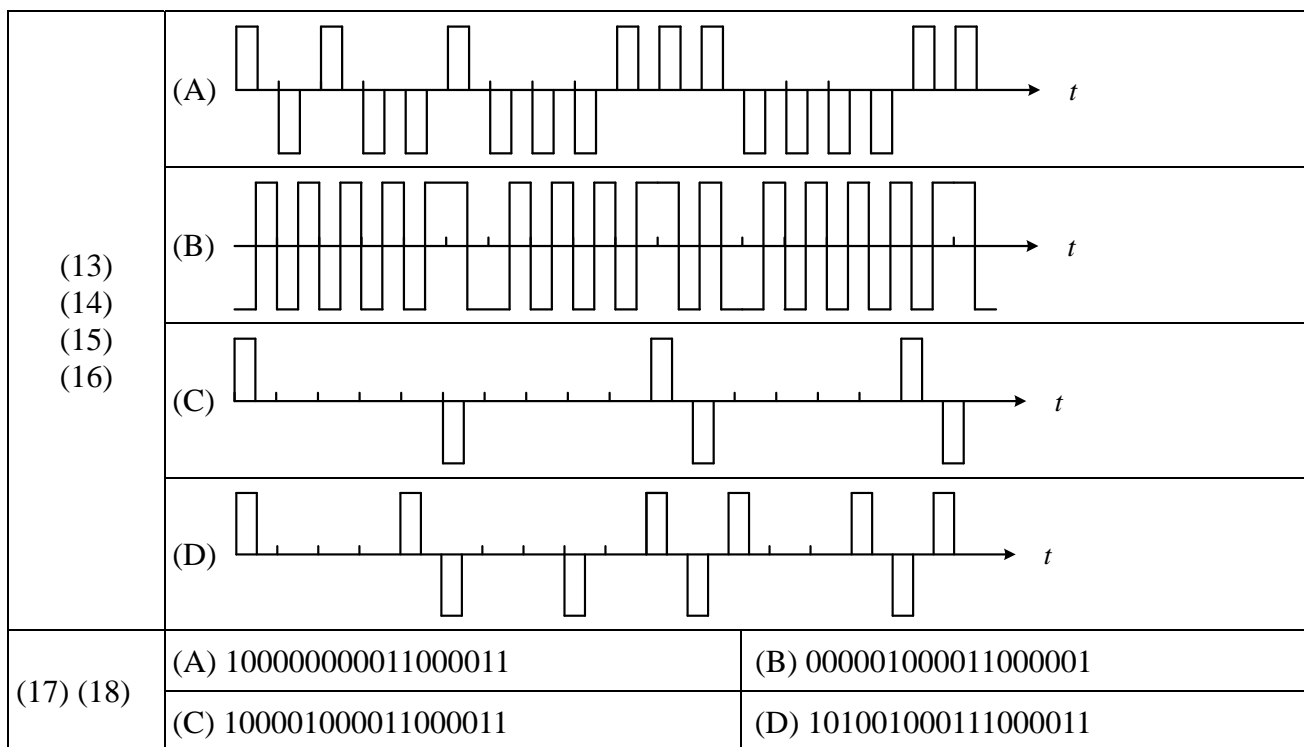
6. 某二进制基带传输系统在 $[0, T_b]$ 内发送 $s_1(t) = +2$ 或 $s_2(t) = -2$ 之一。信号经过信道传输后叠加了零均值白高斯噪声。接收端将接收信号通过一个带宽为 $2/T_b$ 的理想低通滤波器之后在 $t = T_b/2$ 时刻采样。若 $s_1(t), s_2(t)$ 等概出现, 则最佳判决门限(8), 若 $s_1(t)$ 的出现概率比 $s_2(t)$ 大, 则最佳判决门限(9)。

| | | | | |
|---------|---------|---------|----------|---------|
| (8) (9) | (A) 大于零 | (B) 等于零 | (C) 等于 1 | (D) 小于零 |
|---------|---------|---------|----------|---------|

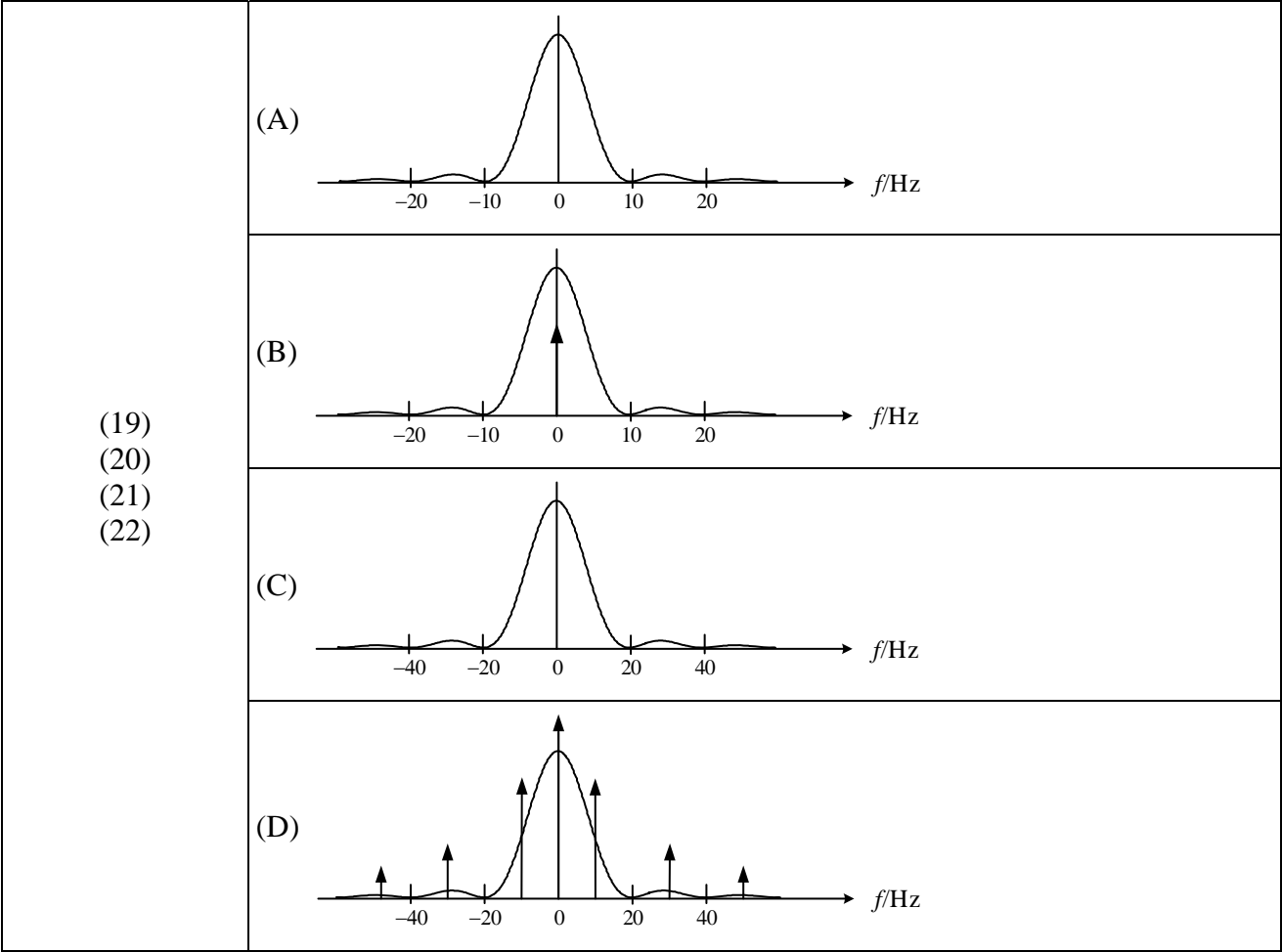
7. 下列框图中, (10)是差分编码, (11)是差分译码, (12)是相关编码。



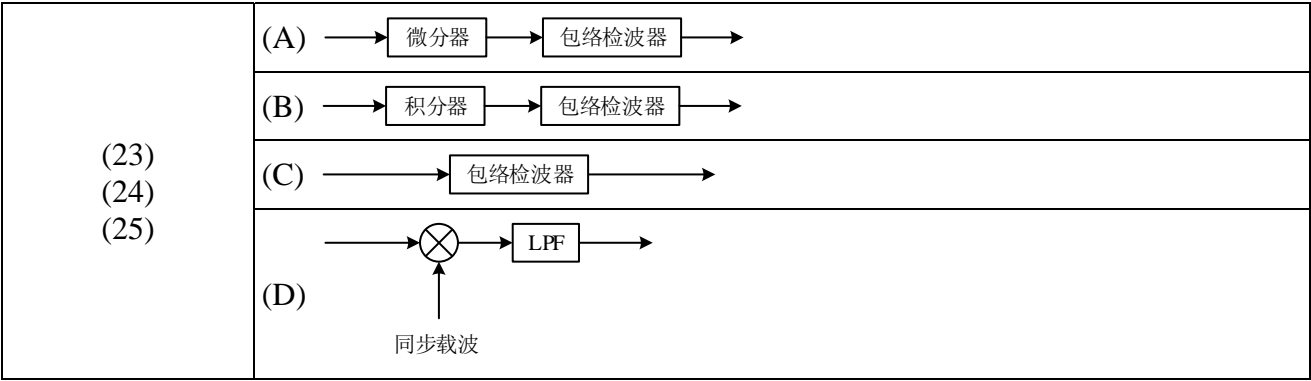
8. 下列波形中, (13)是 HDB3 码, (14)是数字双相码 (Manchester 码), (15)是 AMI 码, (16)是双极性归零码。其中 AMI 码译码后的数据是(17), HDB3 码译码后的数据是(18)。



9. 假设发送数据独立等概，数据速率为 10b/s。下列功率谱密度图中，(19)对应单极性不归零码，(20)对应双极性不归零码，(21)对应单极性归零码，(22)对应双极性归零码。



10. 下列框图中，(23)可用于 AM 信号的非相干解调，(24)可用于解调 FM 信号，(25)可用于解调 SSB 信号。



11. 若 16 进制数字信号的数据速率是 400b/s，则其符号速率是(26)Baud，比特间隔是(27)ms，符号间隔是(28)ms。

| | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| (26) | (A) 100 | (B) 200 | (C) 300 | (D) 400 |
| (27) (28) | (A) 1 | (B) 2.5 | (C) 5 | (D) 10 |

12. 若 $s(t)$ 的功率谱密度 $P_s(f)$ 在 $f = 0$ 处最大, 则 3dB 带宽定义为满足(29)的 B 。

| | | |
|------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| (29) | (A) $P_s(B) = \frac{1}{2}P(0)$ | (B) $P_s(B) = \frac{1}{3}P(0)$ |
| | (C) $P_s(B) = \frac{1}{\sqrt{2}}P(0)$ | (D) $P_s(B) = \frac{1}{\sqrt{3}}P(0)$ |

13. 设单极性不归零码的比特间隔是 $T_b=0.5\text{s}$, 发送数据“1”时的幅度是 2V, 发送数据“0”时的幅度为 0V。若“1”出现的概率是 0.5, 则平均功率是(30)W, 平均比特能量是(31)J。若“1”出现的概率是 0.25, 则平均功率是(32)W, 平均比特能量是(33)J。

| | | | | |
|------------------------|---------|-------|-------|-------|
| (30) (31) (32) (33) | (A) 0.5 | (B) 1 | (C) 2 | (D) 4 |
|------------------------|---------|-------|-------|-------|

14. 设 $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT_b)$ 是双极性不归零信号, 其中序列 $\{a_n\}$ 的元素以独立等概方式取值于 $\{\pm 1\}$, $g(t)$ 的傅氏变换是滚降因子为 1 的升余弦滚降频谱, 则 $s(t)$ 是(34)过程。

| | | | | |
|------|--------|----------|--------|--------|
| (34) | (A) 平稳 | (B) 循环平稳 | (C) 高斯 | (D) 泊松 |
|------|--------|----------|--------|--------|

15. 若 $m(t)$ 是偶函数, 则其希尔伯特变换 $\hat{m}(t)$ 是(35)函数。

| | | | | |
|------|-------|-------|----------|--------|
| (35) | (A) 偶 | (B) 奇 | (C) 非奇非偶 | (D) 复值 |
|------|-------|-------|----------|--------|

16. $e^{j200\pi t}$ 是(36)信号。

| | | | | |
|------|-------|--------|---------|--------|
| (36) | (A) 实 | (B) 能量 | (C) 非周期 | (D) 解析 |
|------|-------|--------|---------|--------|

17. 若保持解调输入的 DSB-SC 信号和 SSB 信号的平均功率 P_R 相同, 加性白高斯噪声的单边功率谱密度 N_0 相同, 模拟基带调制信号的带宽相同, 则 DSB-SC 和 SSB 的输出信噪比关系是(37)。输出信噪比 $(\frac{S}{N})_o$ 与输入信噪比 $(\frac{S}{N})_i$ 的关系在 DSB-SC 中是(38), 在 SSB 中是(39)。

| | | |
|-----------|--|--|
| (37) | (A) $(\frac{S}{N})_{\text{DSB}} = (\frac{S}{N})_{\text{SSB}}$ | (B) $(\frac{S}{N})_{\text{DSB}} = 2(\frac{S}{N})_{\text{SSB}}$ |
| | (C) $2(\frac{S}{N})_{\text{DSB}} = (\frac{S}{N})_{\text{SSB}}$ | (D) $(\frac{S}{N})_{\text{DSB}} > (\frac{S}{N})_{\text{SSB}}$ |
| (38) (39) | (A) $(\frac{S}{N})_o = (\frac{S}{N})_i$ | (B) $(\frac{S}{N})_o = 2(\frac{S}{N})_i$ |
| | (C) $2(\frac{S}{N})_o = (\frac{S}{N})_i$ | (D) $(\frac{S}{N})_o < (\frac{S}{N})_i$ |

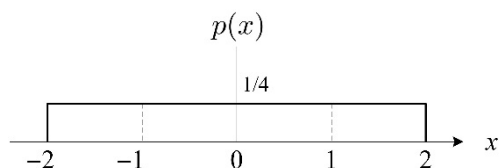
18. 某数字基带传输系统采用升余弦滚降波形进行信息传输, 其符号速率 R_s 、带宽 W 和滚降因子 α 之间的关系是(40)。

| | | | | |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| (40) | (A) $\frac{R_s}{W(1+\alpha)} = 2$ | (B) $\frac{R_s}{W(1+\alpha)} = 1$ | (C) $\frac{R_s(1+\alpha)}{W} = 2$ | (D) $\frac{R_s(1+\alpha)}{W} = 1$ |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|

19. (41)技术的基本思想是: 在既定的信息传输速率下, 采用相关编码法, 在前后符号直接注入相关性, 用来改变信号的频谱特性, 以达到提高系统频带利用率的目的。(42)技术的基本思想是: 在接收端增加一个装置来补偿信道特性的不完善, 从而减小在收端采样时刻的符号间干扰。

| | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| (41) (42) | (A) 信道均衡 | (B) 部分响应 | (C) 匹配滤波 | (D) 升余弦滚降 |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|

20. 平稳随机过程 $X(t)$ 的一维概率密度函数如下所示。此随机过程的均值是(43)，平均功率是(44)。



| | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|
| (43) | (A) -1 | (B) 0 | (C) 1 | (D) 2 |
| (44) | (A) 1/3 | (B) 2/3 | (C) 4/3 | (D) 5/3 |

21. 设有零均值窄带平稳过程 $X(t) = X_c(t) \cos 2\pi f_c t - X_s(t) \sin 2\pi f_c t$ ，已知其方差为 1。 $X(t)$ 的希尔伯特变换为 $\hat{X}(t) =$ (45)，其方差为(46)。 $X(t)$ 的复包络为 $X_L(t) =$ (47)，其方差为(48)。 $X(t)$ 的同相分量 $X_c(t)$ 的方差为(49)。

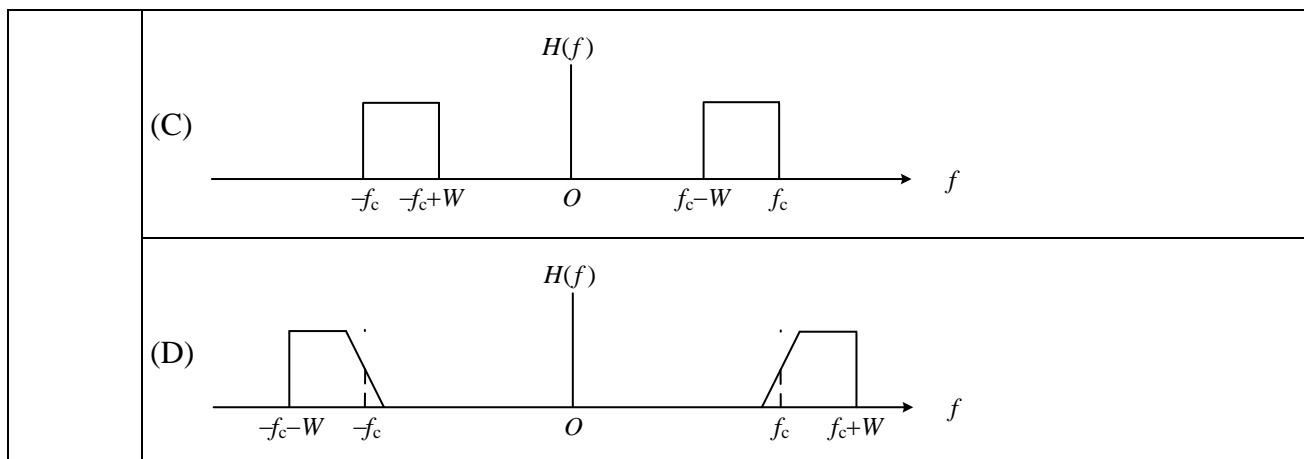
| | | | | |
|-----------|---|---------|---|-------|
| (45) | (A) $X_c(t) \sin 2\pi f_c t + X_s(t) \cos 2\pi f_c t$ | | (B) $X_c(t) \cos 2\pi f_c t + X_s(t) \sin 2\pi f_c t$ | |
| | (C) $X_c(t) \sin 2\pi f_c t - X_s(t) \cos 2\pi f_c t$ | | (D) $X_s(t) \sin 2\pi f_c t - X_c(t) \cos 2\pi f_c t$ | |
| (46) | (A) 0.5 | (B) 1 | (C) 2 | (D) 4 |
| (47) | (A) $X_c(t) + X_s(t)$ | | (B) $X_c(t) - X_s(t)$ | |
| | (C) $X_c(t) - jX_s(t)$ | | (D) $X_c(t) + jX_s(t)$ | |
| (48) (49) | (A) 0 | (B) 0.5 | (C) 1 | (D) 2 |

22. 设 FM 系统中的调制信号是 $m(t) = 4 \cos 200\pi t$ ，调制指数是 $\beta_f = 5$ ，则已调信号是(50)，其带宽近似是(51)Hz。

| | | | | |
|------|--|---------|---|----------|
| (50) | (A) $2 \cos(2\pi f_c t + 5 \sin 200\pi t)$ | | (B) $2 \cos(2\pi f_c t + 5 \cos 200\pi t)$ | |
| | (C) $2 \cos(2\pi f_c t + 4 \sin 200\pi t)$ | | (D) $2 \cos(2\pi f_c t + 20 \sin 200\pi t)$ | |
| (51) | (A) 100 | (B) 200 | (C) 1000 | (D) 1200 |

23. 设 $m(t)$ 是均值为 0，带宽为 W 的模拟基带信号。将 DSB SC 信号 $m(t) \cos 2\pi f_c t$ ($f_c \gg W$) 通过一个传递函数为 $H(f)$ 的带通滤波器后输出是 $s(t)$ 。若 $H(f)$ 是下列中的(52)，则 $s(t)$ 是上单边带 SSB 信号；若 $H(f)$ 是下列中的(53)，则 $s(t)$ 是下单边带 SSB 信号；若 $H(f)$ 是下列中的(54)，则 $s(t)$ 是 VSB 信号。

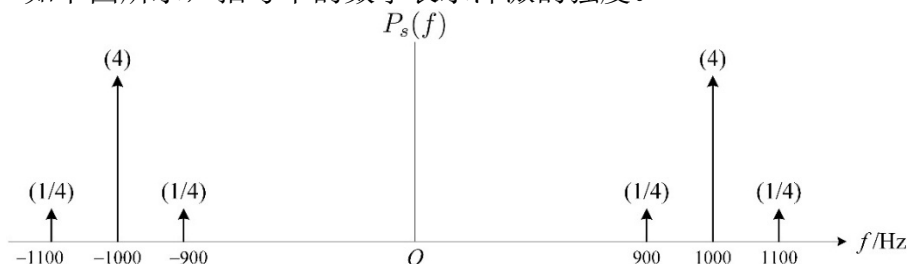
| | | |
|----------------------|-----|--|
| (52) (53) (54) | (A) | |
| | (B) | |
| | | |



24. 接收端通过观察测量眼图不能获得的信息是(55)。

| | | |
|------|-------------------|------------------|
| (55) | (A) 发送数据是否经过了差分编码 | (B) 信道是否引起了符号间干扰 |
| | (C) 发送数据是否采用了多电平 | (D) 接收信号是否有明显的噪声 |

二. 零均值模拟基带信号 $m(t)$ 对频率为 $f_c=1000\text{Hz}$ 的载波作 AM 调制, 已调信号 $s(t)$ 的功率谱密度 (W/Hz) 如下图所示, 括号中的数字表示冲激的强度。

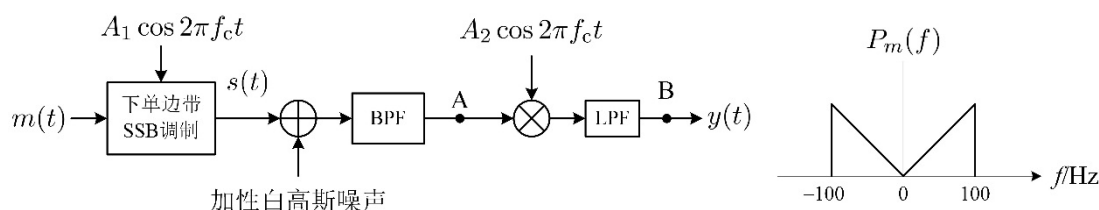


- (1) 求此 AM 信号的功率及调制效率;
- (2) 令 $m_n(t) = m(t) / \max |m(t)|$ 为 $m(t)$ 的归一化表示式, 试写出 $m_n(t)$ 的表达式 (取初相为 0);
- (3) 写出 $s(t)$ 的表达式;
- (4) 若保持 AM 已调信号中的载频功率不变, 提高 $m(t)$ 的幅度使调幅系数成为 1, 求此时 AM 信号的功率及调制效率。

参考答案:

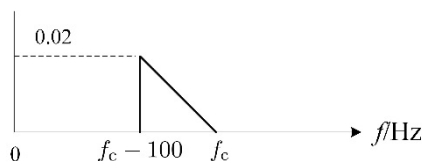
- (1) 对功率谱积分得到功率是 $2 \times 4 + 4 \times \frac{1}{4} = 9$ 。边带功率是 1, 调制效率是 $1/9$ 。
- (2) 从图中可以看出 $m(t)$ 是频率为 100Hz 的单音, 幅度归一化之后的表达式为 $m_n(t) = \cos 200\pi t$ 。
- (3) $s(t) = A[1 + am_n(t)] \cos 2\pi f_c t$, $m_n(t)$ 的功率是 0.5, $s(t)$ 的功率是 $\frac{A^2}{2} [1 + \frac{a^2}{2}] = 9$, 载频功率是 $\frac{A^2}{2} = 8$, 故 $A=4$, $a=1/2$, $s(t) = 4[1 + 0.5 \cos 200\pi t] \cos 2000\pi t$ 。
- (4) 需要将 $m(t)$ 的幅度加倍, $m(t)$ 的功率加 4 倍, 边带功率成为 4, 总功率是 12, 调制效率是 $1/3$ 。

三. 下图中模拟信号 $m(t)$ 的功率谱密度如图右示, $m(t)$ 对载频 f_c ($f_c \gg 100$) 进行下单边带 SSB 调制后成为功率为 1W 的已调信号 $s(t)$, 然后叠加了单边功率谱密度为 $N_0=0.002\text{W/Hz}$ 的加性白高斯噪声。BPF 是理想带通滤波器, 其通带正好能使 $s(t)$ 通过, LPF 的截止频率为 100Hz 。 A_1, A_2 是常数。

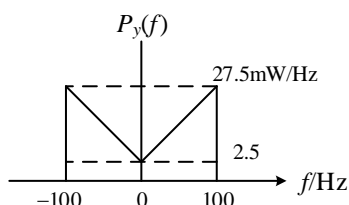


- (1) 画出 $s(t)$ 的单边功率谱密度图;
- (2) 求 A 点的信噪比;
- (3) 若已知 B 点输出 $y(t)$ 的功率是 3W, 求 $y(t)$ 中的有用信号功率及噪声功率, 并画出 $y(t)$ 的双边功率谱密度图。

参考答案: (1)



- (2) 噪声功率是 0.2W, 信噪比是 5
- (3) 输出信噪比=输入信噪比=5, 故信号功率是 2.5W, 噪声功率是 0.5W



四. 设有 PAM 信号 $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT_b)$, 其中 $\{a_n\}$ 是取值于 $\{\pm 1\}$ 的独立等概序列, $g(t) = \text{rect}(\frac{t}{T_b})$ 是矩形脉冲。 $s(t)$ 与其延迟加权相加得到 $y(t) = s(t) + \beta s(t - \tau)$, 其中 $\tau > 0$, β 是定值。

- (1) 写出 $s(t)$ 的功率谱密度 $P_s(f)$ 表达式;
- (2) 写出 $y(t)$ 的功率谱密度 $P_y(f)$ 表达式;
- (3) 求能使 $P_y(f)$ 的主瓣带宽成为 $1/(2T_b)$ 的最小时延 τ 以及相应的 β 值;
- (4) 求能使 $P_y(f)$ 的主瓣带宽成为 $1/(2T_b)$ 并能使 $P_y(0) = 0$ 的最小时延 τ 以及相应的 β 值。

参考答案:

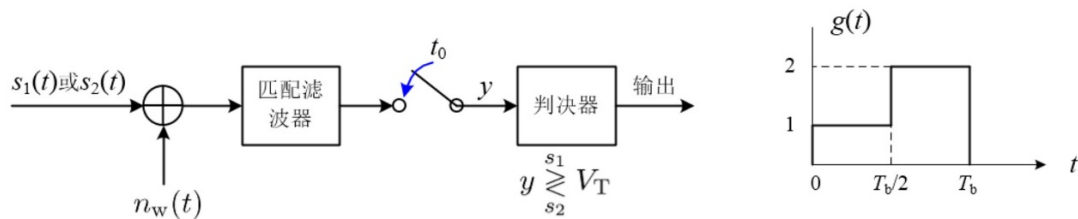
$$(1) P_s(f) = \frac{1}{T_b} |G(f)|^2 = T_b \text{sinc}^2(fT_b)$$

$$(2) P_y(f) = |1 + \beta e^{-j2\pi f\tau}|^2 \cdot T_b \text{sinc}^2(fT_b)$$

$$(3) \text{此时要求 } \beta e^{-j2\pi \frac{1}{2T_b} \tau} = -1, \text{ 满足此式的最小时延是 } \tau = T_b, \text{ 相应的 } \beta = 1$$

$$(4) \text{此时还要求 } \beta e^{-j2\pi \cdot 0 \cdot \tau} = -1, \text{ 即 } \beta = -1, \text{ 同时还需要 } \beta e^{-j2\pi \frac{1}{2T_b} \tau} = -1, \text{ 得到最小时延是 } \tau = 2T_b.$$

五. 下图所示的数字基带传输系统在 $[0, T_b]$ 时间内发送 $s_1(t) = g(t)$ 或 $s_2(t) = -g(t)$ 之一, $g(t)$ 如图右所示。图中加性白高斯噪声 $n_w(t)$ 的单边功率谱密度是 $N_0 = 1$, t_0 是最佳采样时刻。

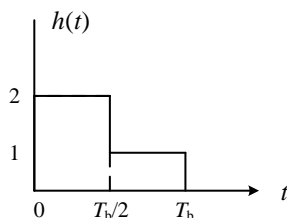


- (1) 求 $g(t)$ 的能量 E_g ;
- (2) 画出匹配滤波器的冲激响应;
- (3) 写出发送 $s_1(t)$ 条件下 y 的概率密度函数;
- (4) 若判决门限 $V_T = 0$, 求发送 $s_1(t)$ 条件下的错判概率。

参考答案: :

(1) $E_g = 2.5T_b$

(2)



(3) 条件均值是 $2.5T_b$, 条件方差是 $\frac{5}{4}T_b$, $\frac{1}{\sqrt{2.5\pi T_b}} e^{-\frac{2(y-2.5T_b)^2}{5T_b}}$

(4) $\frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{2.5T_b}) = Q(\sqrt{5T_b})$

六. 某基带传输系统收发总体的冲激响应是 $x(t)$, 总体传递函数是 $X(f)$ 。

- (1) 若 $x(t) = \operatorname{sinc}(2t)$, 写出能使采样值满足 $x(nT_s) = \begin{cases} 1, & n=0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases}$ 的最小 T_s 、该系统无符号间干扰传输的最大传输速率 R_s 、系统带宽、 $X(f)$ 表达式以及该系统的频带利用率 (Baud/Hz);
- (2) 若 $x(t) = \operatorname{sinc}(2t) \operatorname{sinc}(t)$, 写出该系统无符号间干扰传输的最大传输速率 R_s 、 $x(t)$ 的带宽、系统的频带利用率 (Baud/Hz), 并画出 $X(f)$ 图。

参考答案:

(1) $T_s = \frac{1}{2}$, $R_s = 2 \text{ Baud}$, $B = 1 \text{ Hz}$, $X(f) = \frac{1}{2} \operatorname{rect}(f/2)$, 频带利用率是 2 Baud/Hz ;

(2) 能使 $x(nT_s) = \begin{cases} 1, & n=0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases}$ 的最小 T_s 仍然是 $T_s = \frac{1}{2}$, 故所求 $R_s = 2 \text{ Baud}$

$\operatorname{sinc}(t)$ 的带宽是 0.5 Hz , $\operatorname{sinc}(2t)$ 的带宽是 1 Hz , 两者卷积后带宽是 1.5 Hz 。频带利用率是 $4/3 \text{ Baud/Hz}$ 。 $X(f)$ 如下

