

北京邮电大学 2015—2016 学年第 I 学期

《通信原理》期中考试试题 A 卷答案

一. 选择填空（每题 1 分，共有 52 空，得分限幅于 50 分）

在候选答案中选出最佳的一个答案写在下面的答题表中，写在别处不得分

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

1. SSB 信号表达式为 $s(t) = m(t)\cos(2\pi f_c t) - \hat{m}(t)\sin(2\pi f_c t)$ ，其中 $m(t)$ 是基带调制信号， $\hat{m}(t)$ 是 $m(t)$ 的(1)变换。 $\hat{m}(t)$ 与 $m(t)$ (2)。 $s(t)$ 的复包络是 $s_L(t) = (3)$ 。 $s_L(t)$ 是(4)信号，其频谱只有(5)分量。

(1)	(A) 傅里叶	(B) 拉普拉斯	(C) 希尔伯特	(D) 希特勒
(2)	(A) 正交	(B) 相等	(C) 反相	(D) 同相
(3)	(A) $\hat{m}(t) + j \cdot m(t)$		(B) $m(t) + j \cdot \hat{m}(t)$	
	(C) $m(t) - j \cdot \hat{m}(t)$		(D) $\hat{m}(t) - j \cdot m(t)$	
(4)	(A) 因果	(B) 实	(C) 正弦	(D) 解析
(5)	(A) 负频率	(B) 正频率	(C) 直流	(D) 线谱

2. 若 16 进制 PAM 信号的符号速率是 100Baud，则比特速率是(6)bit/s，比特间隔是(7)ms，符号间隔是(8)ms。

(6)	(A) 100	(B) 200	(C) 300	(D) 400
(7) (8)	(A) 1	(B) 2.5	(C) 5	(D) 10

3. 若基带调制信号 $m(t)$ 相同，已调信号 $s(t)$ 的功率相同，信道高斯白噪声的功率谱密度相同，则下列调制方式中，已调信号带宽最大的是(9)，最小的是(10)。解调输出信噪比最大的是(11)，最小的是(12)。解调输入信噪比最大的是(13)，最小的是(14)。

(9) (10) (11) (12) (13) (14)	(A) 调制指数为 5 的 FM		(B) DSB-SC	
	(C) 调制指数为 0.5 的 AM		(D) SSB	

4. 设 M 进制数字通信系统的比特错误率为 P_b 。每个符号携带 $\log_2 M$ 个比特，其中任何一个出错

则符号错。记符号错误率为 P_s ，则 P_s 与 P_b 的一般关系是(15)。

(15)	(A) $P_s = P_b$	(B) $P_s \geq P_b$	(C) $P_s \leq P_b$	(D) $P_s \neq P_b$
------	-----------------	--------------------	--------------------	--------------------

5. 已知 PAM 信号 $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - T_s)$ 的幅度序列 $\{a_n\}$ 是平稳随机序列。 $s(t)$ 的功率谱密度包含时钟线谱分量的条件是 a_n 的均值 $E[a_n]$ (16) 零， $g(t)$ 的傅氏变换在 $f = \frac{1}{T_s}$ 处的值 $G\left(\frac{1}{T_s}\right)$ (17) 零。

(16) (17)	(A) 等于	(B) 不等于	(C) 大于等于	(D) 小于等于
-----------	--------	---------	----------	----------

6. 若角调信号为 $s(t) = 2 \cos(2\pi f_c t + 4 \sin 200\pi t)$ ，则基带调制信号 $m(t)$ 是频率为(18)Hz 的单音信号，已调信号 $s(t)$ 的最大频偏为(19)Hz，近似带宽为(20)Hz。若 $s(t)$ 是 PM 信号，相位偏移常数为 $K_p = 4$ (rad/V)，则 $m(t) =$ (21)。若 $s(t)$ 是 FM 信号，频率偏移常数为 $K_f = 400$ (Hz/V)，则 $m(t) =$ (22)。

(18) (19) (20)	(A) 100	(B) 400	(C) 800	(D) 1000
(21) (22)	(A) $\sin 200\pi t$	(B) $4 \sin 200\pi t$	(C) $4 \cos 200\pi t$	(D) $\cos 200\pi t$

7. 数据 1111000011110000 经过 AMI 编码后是(23)，经过 HDB3 编码后是 (24)。

(23)	(A) $+-+ -0000+-+ -0000$	(B) $+-+ -0000-+-+0000$
(24)	(C) $+-+ -000-+-+ -000-$	(D) $+-+ -000-+-+ -+00+$

8. 假设二进制数据独立等概，速率为 1000bit/s。双极性 NRZ 码、单极性 RZ 码（半占空比）、AMI 码、数字双相码（Manchester 码）的主瓣带宽分别是(25)Hz、(26)Hz、(27)Hz、(28)Hz，其中对时钟提取最有利的是(29)。

(25) (26) (27) (28)	(A) 500	(B) 1000	(C) 1500	(D) 2000
(29)	(A) 双极性 NRZ	(B) 单极性 RZ	(C) AMI	(D) Manchester

9. MPAM 的符号速率是 1000Baud，按照奈奎斯特极限，无符号间干扰传输时所需的信道带宽最小是(30)Hz，相应的频带利用率是(31)Baud/Hz。

(30)	(A) 500	(B) 1000	(C) 1500	(D) 2000
(31)	(A) 0.5	(B) 1	(C) 1.5	(D) 2

10. 设 $m(t)$ 是平稳过程， m 在区间 $[-1, +1]$ 内均匀分布。 $m(t)$ 的平均功率是 $E[m^2(t)] =$ (32)。 $m(t)$ 对载波进行 AM 调制得到 $[1 + m(t)] \cos(2\pi f_c t)$ ，已调信号的调制效率是(33)，调制指数是(34)。

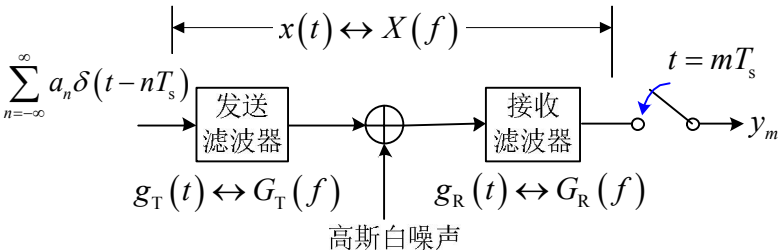
(32) (33) (34)	(A) 1/4	(B) 1/3	(C) 1/2	(D) 1
----------------	---------	---------	---------	-------

11. MPAM 系统的符号速率是 1000Baud，采用了升余弦滚降，滚降系数为 0.5。此系统所需的信道带宽是(35)Hz，相应的频带利用率是(36)Baud/Hz。

(35)	(A) 500	(B) 750	(C) 1000	(D) 1500
------	---------	---------	----------	----------

(36)	(A) 1	(B) 4/3	(C) 3/2	(D) 2
------	-------	---------	---------	-------

12. 下图是一个基带传输系统。为了使采样值中的符号间干扰最小，从时域来说，系统总体冲激响应 $x(t)$ 按符号间隔 T_s 采样后的采样值 $\{x(kT_s)\} = \{x_k\}$ 应满足(37)；从频域来说，系统的总体传递函数 $X(f)$ 应满足(38)。为了使采样值中的信噪比最大，从时域来说，接收滤波器的冲激响应 $g_R(t)$ 应满足(39)；从频域来说，接收滤波器的传递函数 $G_R(f)$ 应满足(40)。



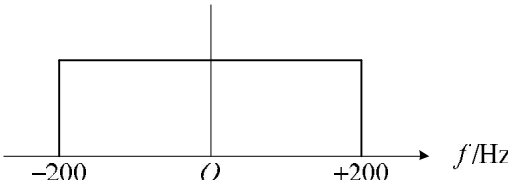
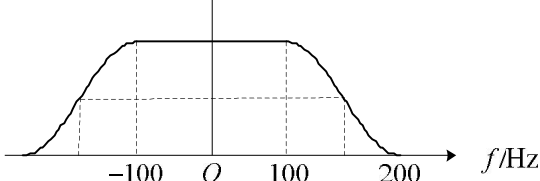
(37)	(A) $x_k = \begin{cases} 1, & k=0 \\ 0, & k=\pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$	(B) $x_k = \begin{cases} 0, & k=0 \\ 1, & k=\pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$
	(C) $\{x_k\}$ 的极性交替反转	(D) $x_k = 1, k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$
(38)	(A) $\sum_{n=-\infty}^{\infty} X\left(f - \frac{n}{T_s}\right) = \begin{cases} T_s, & f \leq \frac{1}{2T_s} \\ 0, & f > \frac{1}{2T_s} \end{cases}$	(B) $\sum_{n=-\infty}^{\infty} X\left(f - \frac{n}{T_s}\right) = \begin{cases} T_s, & f \leq \frac{1}{T_s} \\ 0, & f > \frac{1}{T_s} \end{cases}$
	(C) $\sum_{n=-\infty}^{\infty} X\left(f - \frac{n}{T_s}\right) = T_s, -\infty < f < \infty$	(D) $\sum_{n=-\infty}^{\infty} X\left(f - \frac{n}{T_s}\right) = 0, -\infty < f < \infty$
(39)	(A) $g_R(t) = g_T(-t)$	(B) $g_R(t) = g_T(t)$
	(C) $g_R(t) = -g_T(t)$	(D) $g_R(t) = 1/g_T(t)$
(40)	(A) $G_R(f) = G_T(f)$	(B) $G_R(f) = G_T^*(-f)$
	(C) $G_R(f) = G_T^*(f)$	(D) $G_R(f) = 1/G_T(f)$

13. 眼图在特定采样时刻的张开度决定了系统的(41)容限。

(41)	(A) 失真	(B) 干扰	(C) 噪声	(D) 抖动
------	--------	--------	--------	--------

14. MPAM 系统的传输速率是 200Baud，当系统的总体传递函数 $X(f)$ 是下列中的(42)时，采样点将存在符号间干扰，此时可以采用(43)来减小符号间干扰。

(42)	(A)	
	(C)	

	<div>(B)</div> 			
	<div>(D)</div> 			
(43)	(A) 部分响应	(B) 时域均衡器	(C) 匹配滤波器	(D) 预编码

15. 设基带信号 $m(t)$ 是平稳过程，其自相关函数为 $R_m(\tau) = \begin{cases} 1-1000|\tau|, & |\tau| < 0.001\text{s} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$ ，则已调信号

$m(t)\cos(2\pi f_c t)$ 的功率为(44)，主瓣带宽为(45)kHz。

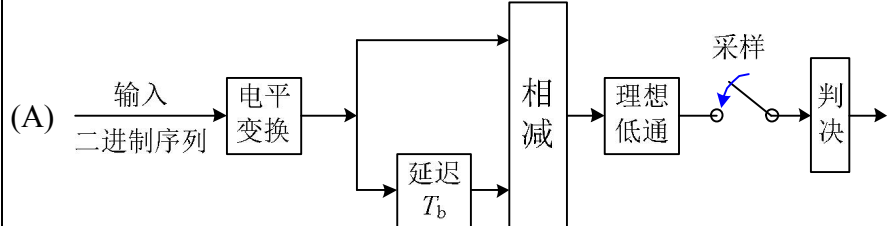
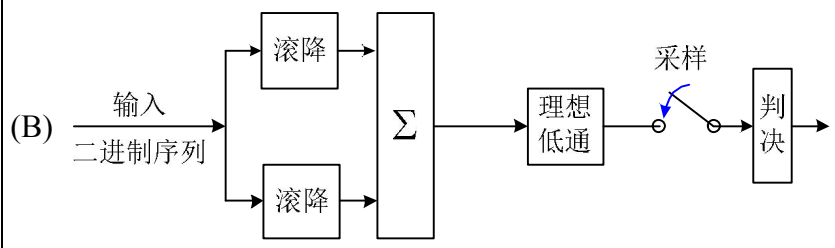
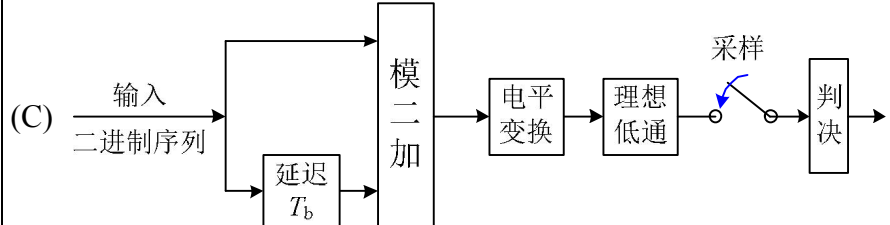
(44) (45)	(A) 1/2	(B) 1	(C) 2	(D) 4
-----------	---------	-------	-------	-------

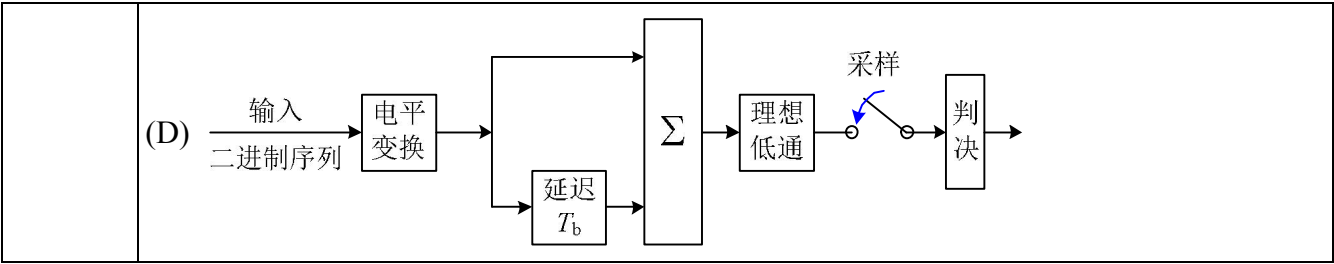
16. FM 鉴频器输出端噪声的功率谱密度呈现出(46)形状。

(46)	(A) 双曲线	(B) 抛物线	(C) 平坦	(D) 上凸
------	---------	---------	--------	--------

17. 部分响应系统通过引入人为的(47)来提高频谱利用率，其频谱利用率可达到(48)Baud/Hz。

下列框图中，(49)是第一类部分响应基带传输系统框图。

(47)	(A) 符号间干扰	(B) 噪声	(C) 差错	(D) 失真
(48)	(A) 1	(B) 2	(C) 3	(D) 4
(49)	<div>(A)</div> 			
	<div>(B)</div> 			
	<div>(C)</div> 			



18. 考虑几种二进制信号的时钟提取方案，假设数据独立等概，不考虑噪声。对幅度为 0、1 的单极性归零信号来说，平方没有意义，由于此信号包含时钟的线谱分量，故可以采用下面的方案(50)。双极性升余弦滚降信号适合采用线谱法，即方案(51)。双极性归零信号由于其自身的特点，可直接采用方案(52)来得到方波时钟。

(50)	(A) → 平方 → 窄带滤波或锁相环 →	(B) → 平方 →
(51)		
(52)	(C) → 窄带滤波或锁相环 →	(D) → 窄带滤波或锁相环 → 平方 →

二. 基带信号 $m(t) = \cos(200\pi t)$ 对载波 $\cos(2000\pi t)$ 做 AM 调制得到已调信号 $s(t) = 2[2 + m(t)]\cos(2000\pi t)$ 。

(1) 求 $s(t)$ 的复包络 $s_L(t)$ 的傅氏变换 $S_L(f)$ 、功率谱密度 $P_L(f)$;

(2) 求 $s(t)$ 的傅氏变换 $S(f)$ 、功率谱密度 $P_s(f)$ 。

参考答案:

$$s_L(t) = 2[2 + m(t)]$$

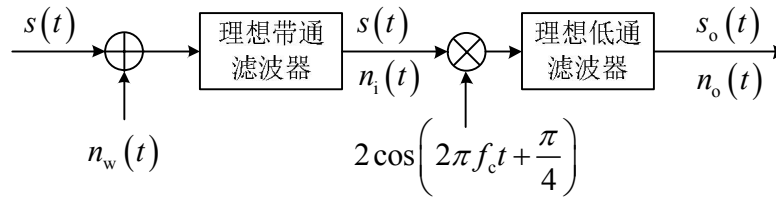
$$s_L(f) = 4\delta(f) + \delta(f - 100) + \delta(f + 100)$$

$$P_L(f) = 16\delta(f) + \delta(f - 100) + \delta(f + 100)$$

$$S(f) = 2\delta(f - 1000) + \frac{\delta(f - 1100)}{2} + \frac{\delta(f - 900)}{2} \\ + 2\delta(f + 1000) + \frac{\delta(f + 1100)}{2} + \frac{\delta(f + 900)}{2}$$

$$P_s(f) = 4\delta(f - 1000) + \frac{\delta(f - 1100)}{4} + \frac{\delta(f - 900)}{4} \\ + 4\delta(f + 1000) + \frac{\delta(f + 1100)}{4} + \frac{\delta(f + 900)}{4}$$

三. 下图中 $s(t) = m(t)\cos(2\pi f_c t)$, 其中 $m(t)$ 的带宽为 W , 功率为 P_m 。 $n_w(t)$ 是功率谱密度为 $N_0/2$ 的高斯白噪声。理想带通滤波器的中心频率是 f_c , 其带宽正好能使 $s(t)$ 无失真通过。 $n_i(t)$ 是带通滤波器输出的窄带高斯噪声。理想低通滤波器的截止频率是 W 。 $s_o(t)$ 和 $n_o(t)$ 分别是低通滤波器输出端的有用信号及噪声。试写出 $n_i(t)$ 、 $s_o(t)$ 、 $n_o(t)$ 的表达式, 并求带通滤波器输出端的信噪比 $\left(\frac{S}{N}\right)_i$ 以及低通滤波器输出端的信噪比 $\left(\frac{S}{N}\right)_o$ 。



参考答案:

$$n_i(t) = n_c(t)\cos 2\pi f_c t - n_s(t)\sin 2\pi f_c t$$

$$s_o(t) = \frac{m(t)}{\sqrt{2}}$$

$$n_o(t) = \frac{n_c(t)}{\sqrt{2}} + \frac{n_s(t)}{\sqrt{2}}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_i = \frac{P_m}{4N_0W}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_o = \frac{P_m}{4N_0W}$$

四. 设有 PAM 信号 $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT_b)$, 其中 $g(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq \frac{T_b}{4} \\ 0 & |t| > \frac{T_b}{4} \end{cases}$ 。序列 $\{a_n\}$ 中的元素以独立

等概方式取值于 $\{+3, -1\}$ 。令 $\mu(t) = E[s(t)]$ 、 $x(t) = s(t) - \mu(t)$, 试写出 $x(t)$ 、 $\mu(t)$ 的功率谱密度表达式。

参考答案:

$$G(f) = \frac{T_b}{2} \text{sinc}\left(\frac{fT_b}{2}\right) = \frac{\sin\left(\frac{\pi fT_b}{2}\right)}{\pi f}$$

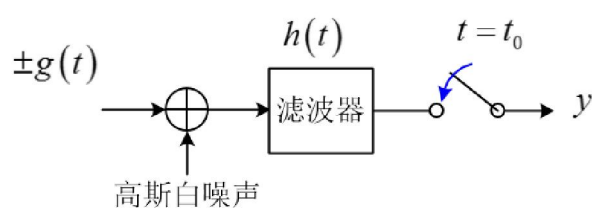
$$\mu(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(t - nT_b)$$

$$\begin{aligned} P_{\mu}(f) &= \frac{1}{T_b^2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left| G\left(\frac{n}{T_b}\right) \right|^2 \delta\left(f - \frac{n}{T_b}\right) \\ &= \frac{1}{4} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{sinc}^2\left(\frac{n}{2}\right) \delta\left(f - \frac{n}{T_b}\right) \\ &= \frac{1}{4} \delta(f) + \frac{1}{\pi^2} \sum_{n=\pm 1, \pm 3, \dots} \frac{1}{n^2} \delta\left(f - \frac{n}{T_b}\right) \end{aligned}$$

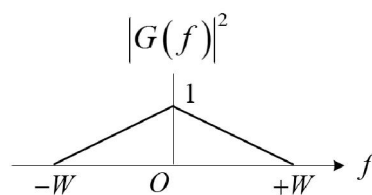
$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n g(t - nT_b)$, 其中 $\{b_n\}$ 的元素以独立等概方式取值于 $\{\pm 2\}$,

$$P_x(f) = \frac{4}{T_b} |G(f)|^2 = T_b \text{sinc}^2\left(\frac{fT_b}{2}\right) = \frac{4 \sin^2\left(\frac{\pi fT_b}{2}\right)}{T_b (\pi f)^2}$$

五. 图(a)中的基带传输系统在 $[0, T_b]$ 时间内等概发送 $+g(t)$ 或 $-g(t)$ 。 $g(t)$ 的傅氏变换的模平方 $|G(f)|^2$ 示于图(b)。发送信号叠加了功率谱密度为 $N_0/2$ 的高斯白噪声后通过冲激响应为 $h(t) = g(t_0 - t)$ 的滤波器，在 t_0 时刻采样得到样值 y 。



图(a)



图(b)

- (1) 画出滤波器输出的噪声的功率谱密度图，并求噪声功率；
- (2) 求发送 $+g(t)$ 条件下，样值 y 的均值、方差以及 $y < 0$ 的概率。

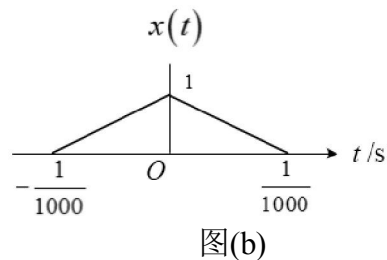
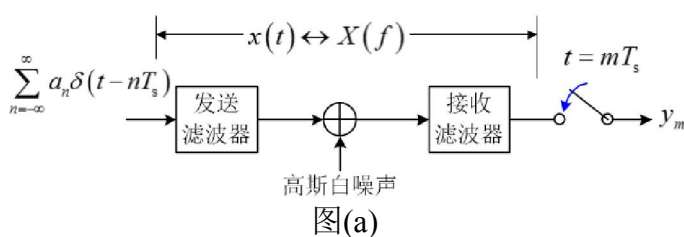
参考答案

(1) 噪声功率 $= \frac{N_0 W}{2}$ ；

(2) y 的均值 $=0$ 、方差 $= \frac{N_0 W}{2}$ ， $y < 0$ 的概率 $= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{W}{N_0}} \right)$

六. 图(a)中基带传输系统的传输速率是 $R_s = \frac{1}{T_s}$, 幅度序列 $\{a_n\}$ 的元素均值为 0, 方差为 1, 且不同的元素相互独立。系统的总体冲激响应 $x(t)$ 的时域波形如图(b)所示。第 m 个采样值是 $y_m = a_m + i_m + \gamma_m$, 其中 γ_m 是噪声分量, i_m 是符号间干扰。分别就符号速率为 $R_s=1000\text{Baud}$ 、 $R_s=2000\text{Baud}$ 的情形, 求符号间干扰 i_m 的均值、方差, 并求

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nR_s) = ?$$



参考答案:

$R_s=1000\text{Baud}$ 时, 无 ISI, i_m 的均值、方差都是零, $\sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nR_s) = \frac{1}{1000}$

$R_s=2000\text{Baud}$ 时, $\{x_k\} = \left\{ \cdots, 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2}, 0, \cdots \right\}$

$i_m = \frac{a_{m-1} + a_{m+1}}{2}$, 其均值=0, 方差是 $\frac{1}{2}$ 。

频域的平移叠加对应时域采样。 $\frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nR_s)$ 是理想采样

$x(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_n \delta(t - nT_s)$ 的傅氏变换, 今 $\sum_{n=-\infty}^{\infty} x_n \delta(t - nT_s) = \frac{\delta(t+T_s)}{2} + \delta(t) + \frac{\delta(t-T_s)}{2}$,

因此 $\sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nR_s) = T_s (1 + \cos 2\pi f T_s) = \frac{\cos^2\left(\frac{\pi f}{1000}\right)}{500}$