

## 北京邮电大学 2012—2013 学年第 I 学期

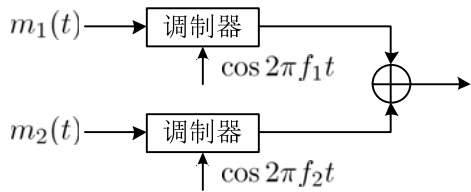
### 《通信原理》期中考试 A 卷

考试 注 意 事 项	一、参加考试须带学生证或学院证明，未带者不准进入考场。 二、学生必须按照监考教师指定座位就坐。 三、书本、参考资料、书包等与考试无关的东西一律放到考场指定位置。 四、不得自行携带草稿纸，本试卷的背页以及最后一页可作为草稿纸。 五、答题必须写在规定的位置，也可做在背面并有清晰标注，不能做在草稿纸上。 六、不得使用计算器。							
考试课程	通信原理			考试时间		2012 年 11 月 17 日		
姓名			班级				学号	
题号	一	二	三	四	五	六	附加题	总分
满分	60	8	8	8	8	8	8	
得分								
阅卷教师								

#### 一. 判断（每题 1 分，共 60 分。请在“正误”栏中打√或×）

序号	题目	正误
1	设模拟基带信号 $m(t)$ 的带宽是 10kHz，用 $m(t)$ 对高频载波进行调频指数为 4 的 FM 调制，已调信号的带宽近似是 40kHz。	×
2	FM 的解调器可以不需要提取相干载波。	√
3	若随机过程 $X(t)$ 是循环平稳过程，则它也是平稳过程。	×
4	模拟基带信号 $m(t)$ 对载频 $f_c$ 进行上单边调制得到 SSB 信号 $s(t)$ ，其复包络是 $s_L(t) = m(t) + j\hat{m}(t)$ 。	√
5	和 DSB 相比，SSB 能节约一半带宽，但因为 Q 路传输的信号对解调器输出无贡献，因此在相同输出信噪比要求下，SSB 需要的发射功率要比 DSB 高 1 倍。	×
6	设 $x_1(t), x_2(t)$ 是任意两个功率信号，其功率谱密度分别是 $P_1(f)$ 和 $P_2(f)$ 。这两个信号之和 $s(t) = x_1(t) + x_2(t)$ 的功率谱密度是 $P_s(f) = P_1(f) + P_2(f)$ 。	×

姓名： 班级： 学号

7	在升余弦滚降系统中，滚降系数 $\alpha$ 越大，频带利用率越高。	×
8	设 $g(t)$ 是高度为 $A$ ，宽度为 $\tau$ 的矩形脉冲，则其能量谱密度是 $[A\tau \text{sinc}(f\tau)]^2$ 。	√
9	白噪声的自相关函数是冲激。	√
10	若 $m(t)$ 的自相关函数是 $R_m(\tau)$ ，则其希尔伯特变换 $\hat{m}(t)$ 的自相关函数是 $R_m(\tau)$ 的希尔伯特变换。	×
11	若基带传输系统的信道带宽是 20kHz，则无码间干扰传输的最高速率是 40k 波特。	√
12	对 DSB-SC 信号进行相干解调时，如果解调器所用载波的相位和接收信号中的载波相位相差 90 度，则输出信噪比将成为 0。	√
13	某 FM 信号 $s(t) = \cos[2\pi \times 10^6 t + 4 \cos 200\pi t]$ ，此信号的带宽近似为 200Hz。	×
14	<p>下图是将两个带宽不超过 <math>W</math> 的模拟基带信号进行频分复用(FDM)。如果其中的调制器采用 SSB，则 <math> f_1 - f_2 </math> 至少应当是 <math>W</math>。</p> 	√
15	PAM 信号的功率谱除了与脉冲形状有关外，还与幅度序列的相关性有关。	√
16	单边带信号 $s(t)$ 的频谱 $S(f)$ 满足 $S(f) = 0, f < 0$ 。	×
17	若 $s(t)$ 的自相关函数为 $R_s(\tau) = \frac{\sin(800\pi\tau)}{800\pi\tau}$ ，则其带宽是 400Hz。	√
18	FM 信号的带宽一般介于 AM 和 SSB 之间。	×
19	发送幅度为 $\pm 2$ 的双极性 NRZ 信号，传输过程中受到白高斯噪声的干扰，接收端用理想低通滤波器滤波后对采样值进行门限判决。当 $\pm 2$ 等概出现时，最佳门限是 0。若接收端已知发送 +2 的概率比发送 -2 更大，那么为了能使判决错误率更小，应将判决门限向正值方向提高。	×

20	FM 解调器输出端的噪声功率谱呈现出抛物线形状。	✓
21	设模拟基带信号 $m(t)$ 的带宽是 10kHz，用 $m(t)$ 对高频载波进行调幅指数为 0.4 的 AM 调制，则已调信号的带宽是 20kHz。	✓
22	白高斯噪声通过匹配滤波器的输出仍然是白的。	×
23	FM 接收机输出端的信噪比与频率 $f$ 的平方成正比关系。频率越高，信噪比越大。	×
24	若 16 进制通信系统的符号速率是 $R_s=1000$ 波特，则其比特速率是 16000bps	×
25	设 $X_1, X_2$ 是两个独立同分布的高斯随机变量，令 $Z_1 = X_1 + X_2$ , $Z_2 = X_1 - X_2$ ，则 $Z_1, Z_2$ 独立同分布。	
26	每个八进制符号可携带 3 个二进制比特。	✓
27	某 $M=32$ 进制的基带 PAM 系统的比特速率是 5000bps，该系统采用了滚降系数为 0.5 的升余弦滚降，则其所需的信道带宽是 3000Hz。	×
28	若 $z(t)$ 是解析信号，则其虚部是实部的傅氏变换。	×
29	设 $\alpha = 1$ 的升余弦滚降系统的输入是速率为 1200Baud 的 16 进制码元，则此基带传输系统的截止频率是 1200Hz。	✓
30	某功率信号 $g(t)$ 的自相关函数是 $R_g(\tau) = 2\text{sinc}(400\tau)$ ，其功率为 2。	✓
31	某四进制数字通信系统的符号间隔是 1ms，发送功率是 1mW，则平均每个比特的发送能量是 1 焦耳。	×
32	设 $x_{\text{AMI}}(t), x_{\text{HDB3}}(t)$ 分别表示同一信息流分别编码成 AMI 码和 HDB3 码后的信号。令 $s(t) = x_{\text{AMI}}(t) - x_{\text{HDB3}}(t)$ ，则 $s(t)$ 不为零处的码元对应的二进制信息是 “0”。	×
33	DSB-SC 信号的功率谱中不包含载频的线谱分量。	✓
34	设 $n(t) = n_c(t)\cos 2\pi f_c t - n_s(t)\sin 2\pi f_c t$ 是平稳窄带高斯噪声。对 $n_c(t)$ 在 $t_1$ 时刻采样，对 $n_s(t)$ 在 $t_2$ 时刻采样，则对任意 $t_1, t_2$ ，随机变量 $n_c(t_1)$ 和 $n_s(t_2)$ 相互独立。	×
35	已知模拟基带信号 $m(t)$ 的均值是 1， $ m(t) _{\max} = 0.5$ 。则 $s(t) = m(t)\cos 2\pi f_c t$ 是调幅系数为 0.5 的 AM 信号。	

姓名： 班级： 学号

36	为了避免长连零，HDB3 码编码时将输入信息中的所有 3 连零进行了替换。	×
37	如果调制信号 $m(t)$ 相同，则 VSB 占用的带宽比 SSB 大。	√
38	将 DSB 信号 $m(t)\cos 2\pi f_c t$ 通过一个带通滤波器 $H(f)$ 得到输出为 $s(t)$ 。如欲 $s(t)$ 是 VSB 信号， $H(f)$ 必须满足奈奎斯特准则。	×
39	若信息速率是 $R_b=100\text{kbps}$ ，则双极性不归零码的主瓣带宽是 100kHz。	√
40	设有 AM 信号 $s(t) = [1 + 0.5m(t)] \cos 2\pi f_c t$ ，其中基带信号 $m(t)$ 的功率已知是 1。那么，此 AM 信号的调制效率是 1/5。	√
41	单极性归零(RZ)信号的功率谱存在时钟的线谱分量。	√
42	设有 AM 信号 $s(t) = [1 + 2m(t)] \cos 2\pi f_c t$ 。为了使接收机能用包络检波器解调，模拟基带信号 $m(t)$ 的幅度应小于 1。	×
43	用相同的模拟基带信号 $m(t)$ 分别做 FM 调制和 AM 调制，假设两种调制下，到达接收机的已调信号功率相同，接收机噪声功率谱密度相同，则 FM 的输出信噪比显著高于 AM 的输出信噪比。	√
44	若 $X_1 = \int_0^T n_w(t)\varphi_1(t)dt$ ， $X_2 = \int_0^T n_w(t)\varphi_2(t)dt$ ，其中 $n_w(t)$ 是双边功率谱密度为 $N_0/2$ 的白高斯噪声， $\varphi_1(t), \varphi_2(t)$ 为确定信号，则 $E[X_1 X_2] = \frac{N_0}{2} \int_0^T \varphi_1(t)\varphi_2(t)dt$ 。	√
45	信号 $s(t) = \cos [2\pi f_c t + 2\pi \cos 200\pi t]$ 的单边功率谱主要集中在区间 $[f_c - 100, f_c + 100]$ 内。	×
46	已知白高斯噪声 $n_w(t)$ 的双边功率谱密度是 $N_0/2$ ，将 $n_w(t)$ 通过一个带宽为 $B$ 的理想带通滤波器，则输出的噪声功率是 $N_0 B$ 。	√
47	信号 $3e^{j(200\pi t + \frac{\pi}{8})}$ 的功率谱密度是 $9\delta(f - 100)$ 。	√
48	实现 VSB 调制的一种方法是：先产生 SSB 信号，然后将 SSB 信号通过一个线性时不变滤波器，通过适当设计就能使该滤波器的输出成为 VSB 已调信号。	×
49	对于 AM 信号，可以采用包络检波器进行解调。	√

50	若信号 $s(t)$ 的面积为零，则其傅氏变换 $S(f)$ 满足 $S(0)=0$ 。	✓
51	当 $x$ 取非零的整数时，函数 $\text{sinc}(x) = \frac{\sin \pi x}{\pi x}$ 的值为 0。	✓
52	若随机过程 $X(t)$ 满足 $E[X(t)] = 0$ ， $E[X^2(t)]$ 与 $t$ 无关，则 $X(t)$ 是广义平稳（宽平稳）过程。	×
53	保持发送功率不变，AM 的调制指数越大时，解调器输出的信噪比也越高。	✓
54	FM 发送信号的带宽与调制信号 $m(t)$ 的幅度无关。	×
55	设 $X$ 是均值为 0，方差为 1/2 的高斯随机变量，则 $\Pr\{X > a\} = \frac{1}{2}\text{erfc}(a)$	✓
56	SSB 信号是解析信号。	×
57	设 $n(t) = n_c(t)\cos 2\pi f_c t - n_s(t)\sin 2\pi f_c t$ 是平稳窄带高斯噪声。若已知 $n_c(t)$ 的功率是 2W，则 $n(t)$ 的功率是 4W。	×
58	某 4 进制通信系统的符号错误率是 $P_s=0.001$ ，其比特错误率 $P_b$ 可能大于 0.001，也可能小于 0.001。	×
59	信号 $\sin(2\pi t)$ 的希尔伯特变换是 $-\sin(2\pi t)$ 。	×
60	函数 $\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt$ 是单调减函数。	✓

姓名： 班级： 学号

二. (8 分) 设  $Y(t) = X(t) \cos(2\pi f_c t + \theta)$ ，其中  $X(t)$  是均值为 0，自相关函数为  $R_X(\tau)$  的平稳随机过程。 $\theta$  是在  $[0, \pi]$  内均匀分布的随机变量，且  $\theta$  与  $X(t)$  独立。求  $Y(t)$  的均值  $E[Y(t)]$ 、自相关函数  $R_Y(t, \tau) = E[Y(t + \tau)Y(t)]$  以及平均自相关函数  $\bar{R}_Y(\tau)$ 。

解：

2 分  $E[Y(t)] = 0$

4 分  $R_Y(t, \tau) = E[Y(t + \tau)Y(t)] = R_X(\tau)E[\cos(2\pi f_c(t + \tau) + \theta) \cos(2\pi f_c t + \theta)]$   
 $= \frac{1}{2}R_X(\tau)E[\cos(2\pi f_c \tau) + \cos(4\pi f_c t + 2\pi f_c \tau + 2\theta)] = \frac{1}{2}R_X(\tau) \cos(2\pi f_c \tau)$

2 分  $\frac{1}{2}R_X(\tau) \cos(2\pi f_c \tau)$

三. (8 分) 将模拟基带信号  $m(t) = \cos 2\pi f_m t$  与载波  $c(t) = 2 \cos 12\pi f_m t$  相乘得到 DSB-SC 信号  $s(t) = m(t)c(t)$ 。

(1) 求  $s(t)$  对应的解析信号  $z(t)$  以及复包络  $s_L(t)$ 。

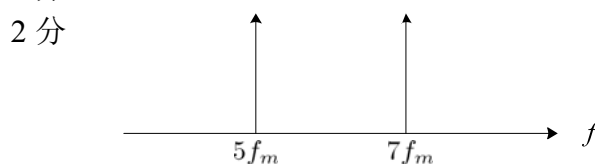
(2) 求  $z(t)$  的傅立叶变换  $Z(f)$ ，并画出  $|Z(f)|$ 。

解：

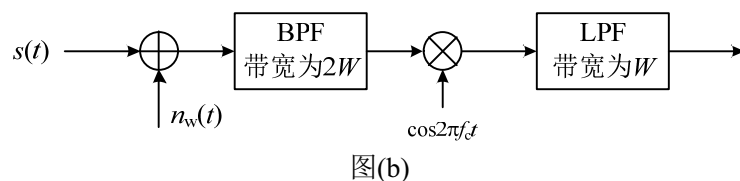
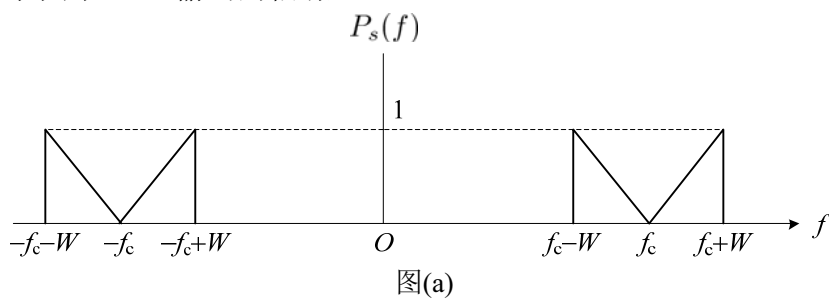
2 分  $z(t) = 2 \cos 2\pi f_m t e^{j12\pi f_m t}$

2 分  $s_L(t) = 2 \cos 2\pi f_m t$

2 分  $Z(f) = \delta(f - 5f_m) + \delta(f - 7f_m)$



四. (8 分) 一双边带调幅信号  $s(t) = m(t) \cos 2\pi f_c t$  具有图(a)所示的功率谱密度，在传输中受到双边功率谱密度为  $N_0/2$  的加性白高斯噪声干扰，其解调框图如图(b)所示，求图中 LPF 输出的信噪比。



解：

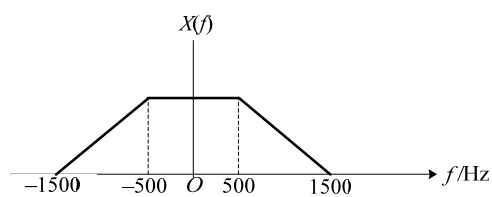
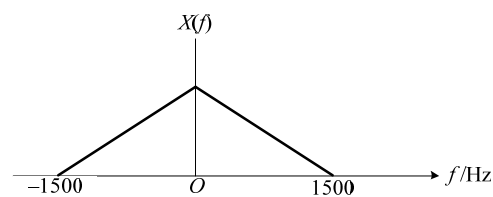
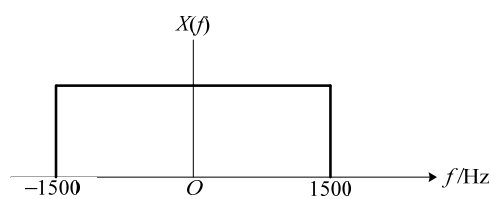
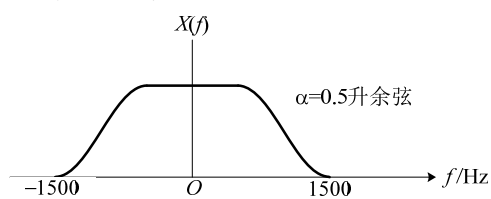
3 分  $s(t)$  的功率是  $2W$

2 分 BPF 输出的噪声功率是  $2N_0W$

3 分 输入信噪比是  $1/N_0$ ，输出信噪比是  $2/N_0$

【可以有其他解法】

五、(8 分) 设基带传输系统的发送滤波器，信道及接收滤波器构成的总体系统传递函数为  $X(f)$ 。就下图所列的各种情形，求无码间干扰传输条件下最大可能的频带利用率 (Baud/Hz)。

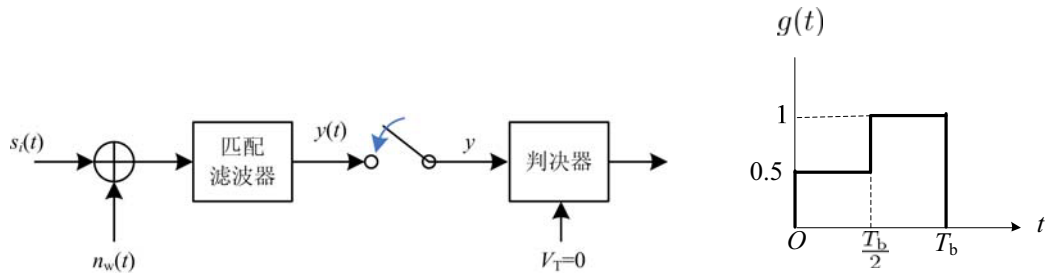


解：每个 2 分

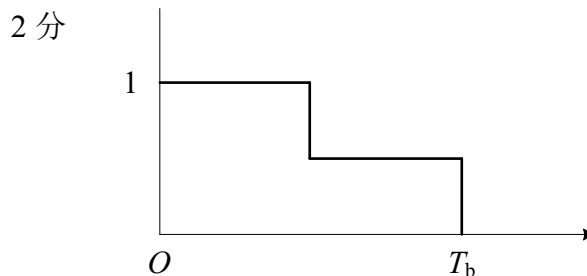
4/3、2、1、4/3

姓名： 班级： 学号

六. (8 分) 下图中  $s_i(t), i=1,2$  在区间  $[0, T_b]$  内等概取  $+g(t)$  或  $-g(t)$ ,  $g(t)$  示于图右.  $n_w(t)$  是功率谱密度为  $N_0/2$  的加性白高斯噪声。



- (1) 画出匹配滤波器的冲激响应。
- (2) 求发送  $s_1(t)$  时，匹配滤波器最佳采样时刻输出的样值  $y$  的均值、方差。
- (3) 求发送  $s_1(t)$  时，判决出现错误的概率。



4 分  $\frac{5T_b}{8}, \frac{5N_0T_b}{16}$

2 分  $\frac{1}{2}\text{erfc}\left(\sqrt{\frac{5T_b}{8N_0}}\right)$

附加题(8 分) 某 PAM 基带传输系统在不考虑噪声的情况下，接收滤波器的输出信号是  $y(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x(t - nT_s)$ , 其中  $\{a_0, a_1, a_2, \dots\}$  是 PAM 系统发送的幅度序列。已知码元间隔  $T_s = 0.5$ , 系统的总体冲激响应  $x(t) = \text{sinc}(t) \cdot \frac{\cos \pi t}{1 - 4t^2}$ 。令  $y_m = y(mT_s)$ ,  $x_m = x(mT_s)$ 。求  $x_0, x_1, x_{-1}, x_2, x_{-2}$  的数值以及  $y_0, y_1, y_2$  的表达式。

解：每个 1 分

$$x_0 = 1, x_{\pm 1} = \frac{1}{2}, x_{\pm 2} = 0$$

$$y_m = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x_{m-n}$$

$$y_0 = a_0 + \frac{1}{2}a_1, y_1 = a_1 + \frac{a_0+a_2}{2}, y_2 = a_2 + \frac{a_1+a_3}{2}$$