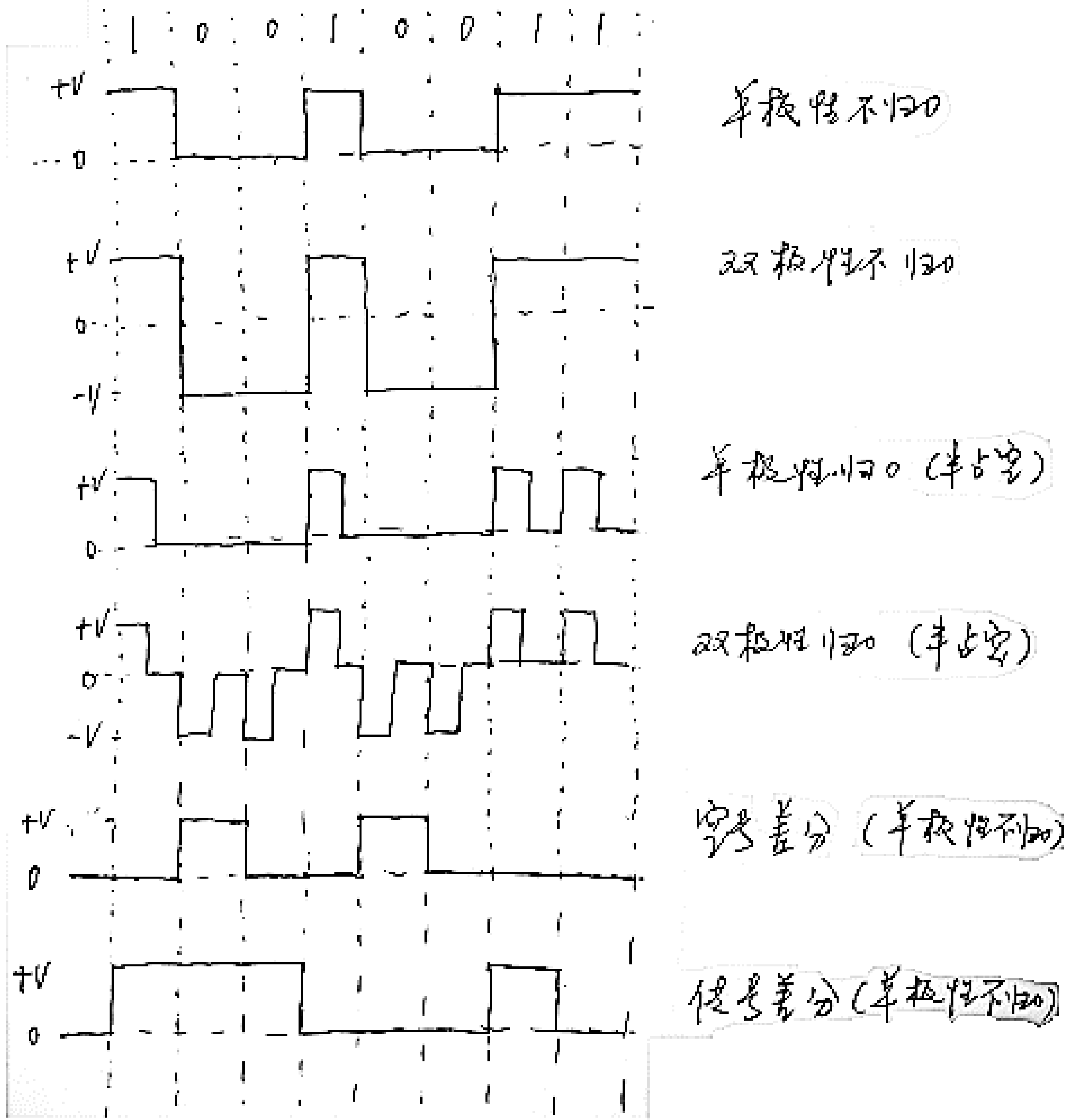
第六章 习题

6-1. 设二进制符号序列为10010011，试以矩形脉冲为例，分别画出相应的单极性、双极性、单极性归零、双极性归零、空号差分（0变1不变）和传号差分（1变0不变）波形。

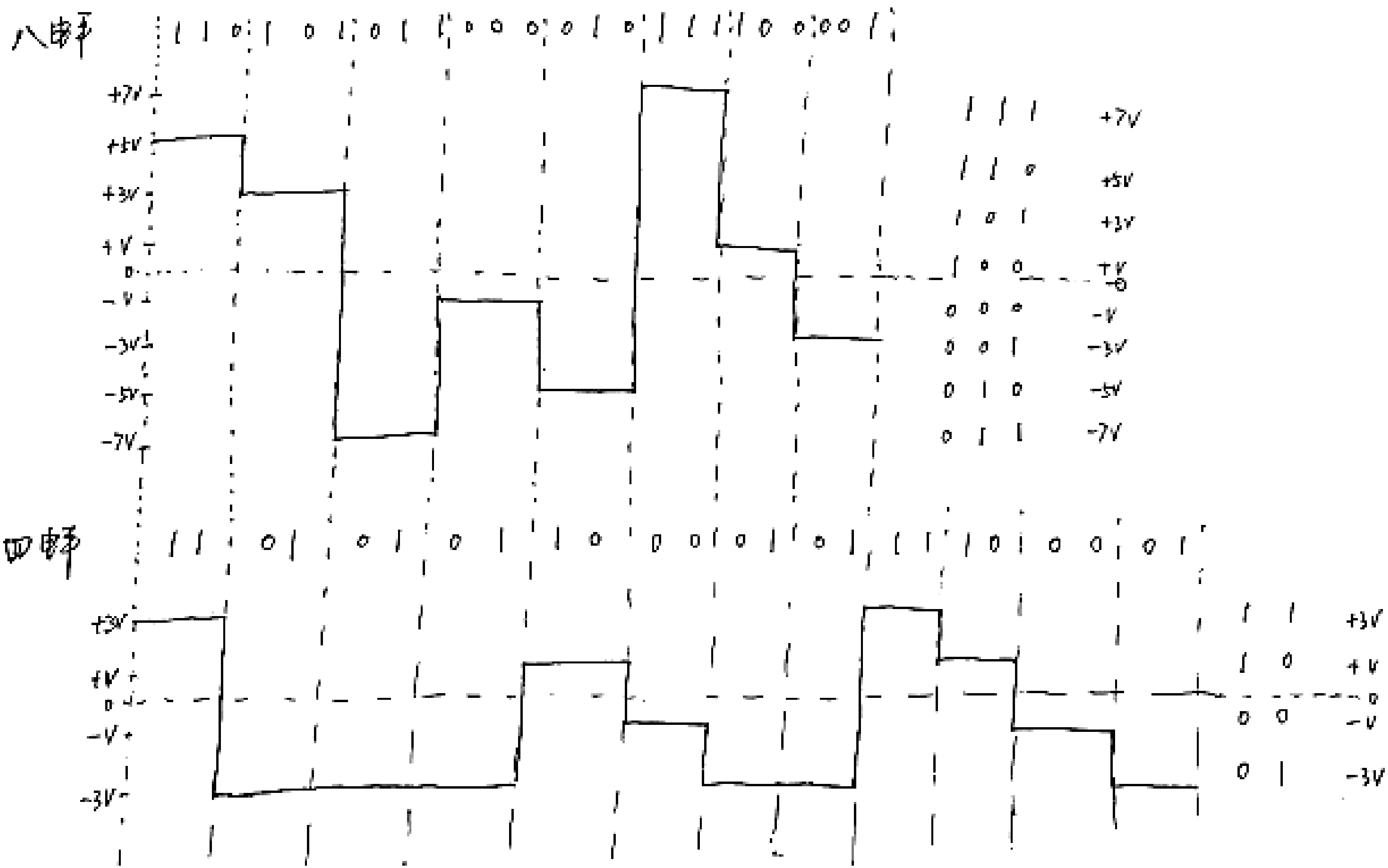
6-1 解：


1 0 0 1 0 0 1 1
+V
0
单极性不归0
+V
0
-V
双极性不归0
+V
0
单极性归0（半占空）
+V
0
-V
双极性归0（半占空）
+V
0
空号差分（单极性不归0）
+V
0
传号差分（单极性不归0）

6-2. 设二进制符号序列为110101011000010111100001，试画出相应的八电平和四电平波形。若波特率相同时，谁的比特率更高？

解：八电平每个码元波形对应3bit，四电平对应 2bit。由$R_b = R_B \log_2 M$，若八电平与四电平波形R_B相同，八电平进制数更高，则八电平R_b更高。

6-2 解：



6-3. 设二进制随机序列由$g_1(t)$和$g_2(t)$组成，出现$g_1(t)$的概率为P，出现$g_2(t)$的概率为$(1-P)$。试证明下式成立时，脉冲序列将无离散谱。

$$P=\frac{1}{1-\frac{g_1(t)}{g_2(t)}}$$

证明：由上式可得 $Pg_1(t)+(1-P)g_2(t)=0$

由付氏变换：$PG_1(f)+(1-P)G_2(f)=0$

当 $f=mf_s$时，则：$PG_1(mf_s)+(1-P)G_2(mf_s)=0$

代入基带信号离散谱：

$$P_v(f)=\sum_{m=-\infty}^{\infty}f_s^2|PG_1(mf_s)+(1-P)G_2(mf_s)|^2\cdot\delta(f-mf_s)=0$$

则：上式成立时，脉冲序列无离散谱。

6.4 设二进制随机序列中的“0”和“1”分别由$g(t)$和$-g(t)$组成，它们的出现概率分别为P及$(1-P)$：

概率未必相等

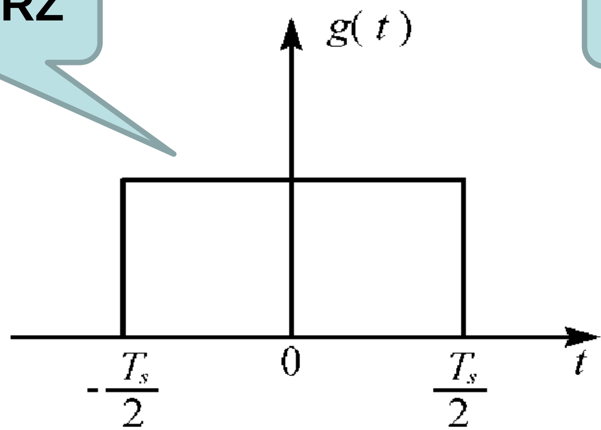
双极性

(1)求该序列的功率谱密度及功率；

(2)若$g(t)$为如图P6-1(a)所示波形，T_B为码元宽度，问该序列是否存在频率为 $f_B = 1/T_B$ 的离散分量？

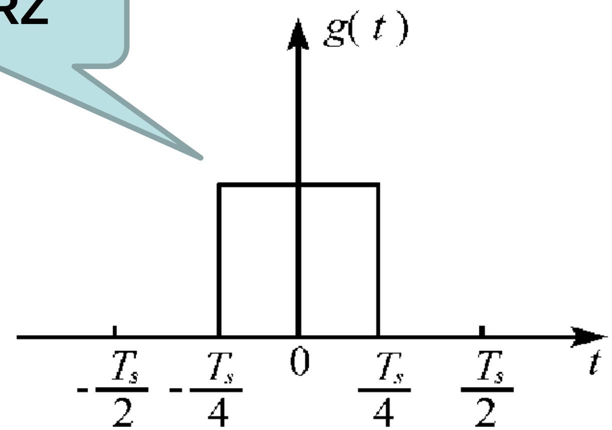
(3)若$g(t)$改为图P6-1(b)，重新回答题(2)所问。

不归零NRZ



(a)

归零RZ



(b)

6.4 解(1)双极性码波形的功率谱密度和功率为：

由数字基带信号功率谱一般式：$P_s(f)=P_v(f)+P_u(f)$

$$=f_B^2\sum_m|PG_1(mf_B)+(1-P)G_2(mf_B)|^2\delta(f-mf_B)$$

$$+f_B\cdot P(1-P)|G_1(f)-G_2(f)|^2$$

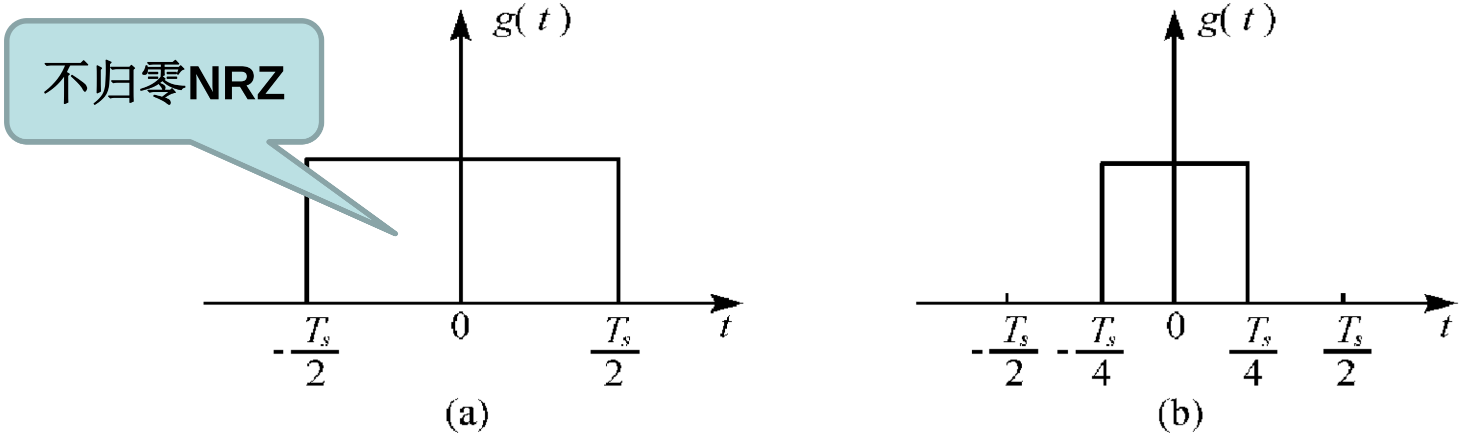
当 $g_1(t)=g(t)$，$g_2(t)=-g(t)$时，得：

$$P_s(f)=f_B^2(2P-1)^2\sum_m|G(mf_B)|^2\delta(f-mf_B)$$

$$+4f_B\cdot P(1-P)|G(f)|^2$$

$$P=\int_{-\infty}^{\infty}P_s(f)df=4f_B\cdot P(1-P)\int_{-\infty}^{\infty}|G(f)|^2df$$

$$+f_B^2(2P-1)^2\sum_m|G(mf_B)|^2$$



(2)

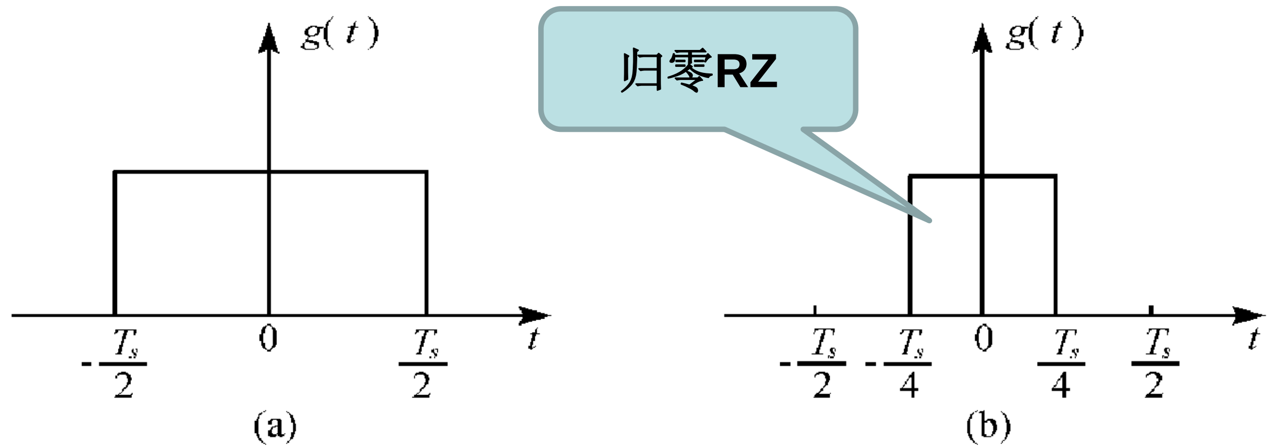
$$g(t)=\begin{cases}1, & |t|\le \dfrac{T_B}{2}\\ 0, & \text{其他}t\end{cases} \Leftrightarrow G(f)=T_B Sa(\pi f T_B)$$

$$G(mf_B)=T_B Sa(\pi\cdot mf_B\cdot T_B)=T_B Sa(m\pi)$$

当$m=\pm1,\pm2\cdots$时，$G(mf_B)=0$

则：$P_v(f)=f_B^2(2P-1)^2\sum_m |G(mf_B)|^2\delta(f-mf_B)=0$

故该二进制序列不存在离散分量 $f_B=\dfrac{1}{T_B}$



(3) $$g(t)=\begin{cases}1, & |t|\le \dfrac{T_B}{4}\\ 0, & 其他t\end{cases} \Leftrightarrow G(f)=\frac{T_B}{2}Sa\left(\pi f\frac{T_B}{2}\right)$$

$$G(mf_B)=\frac{T_B}{2}Sa\left(\pi\cdot mf_B\cdot\frac{T_B}{2}\right)=\frac{T_B}{2}Sa\left(\frac{m\pi}{2}\right)$$

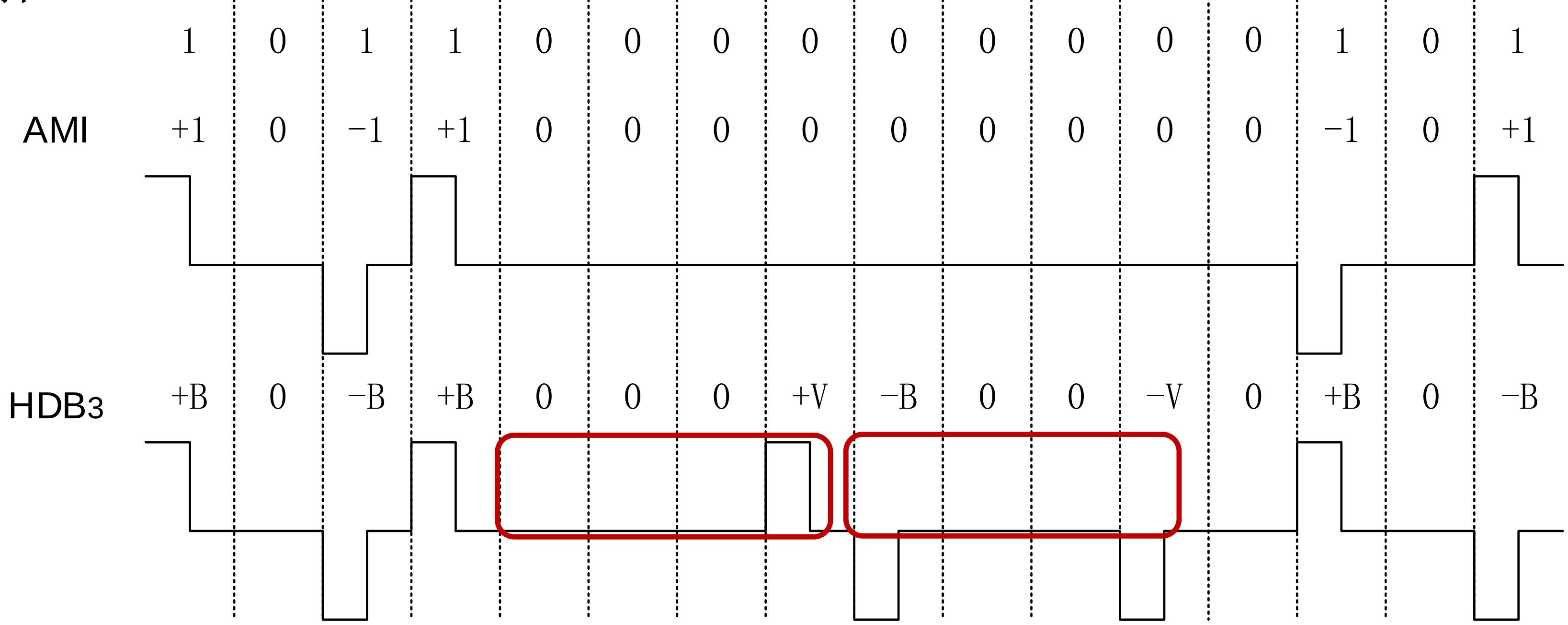
当$m=\pm1,\pm3\cdots$时，$G(mf_B)\neq 0$，且$P\neq\dfrac{1}{2}$

则：$P_v(f)=f_B^2(2P-1)^2\sum\limits_m |G(mf_B)|^2\delta(f-mf_B)\neq 0$

故序列存在离散分量 $f_B=\dfrac{1}{T_B}$；但若0、1等概，则无离散分量。

6.7 已知信码序列为10110000000000101，试确定相应的AMI码及HDB_3码，并分别画出它们的波形图。

解:

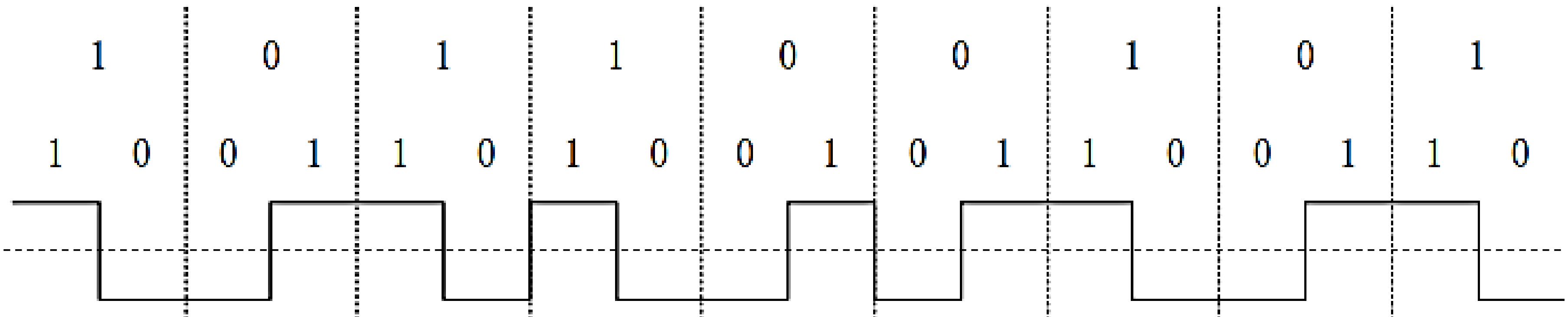


波形为双极性半占空脉冲

设AMI，HDB3均以第一个码元为正极性，HDB3第一个取代码为000V

6.8 已知信码序列为101100101，试确定相应的双相码~~和CMI~~码，并分别画出它们的波形图。

解：双相码，用双极性不归零波形表示

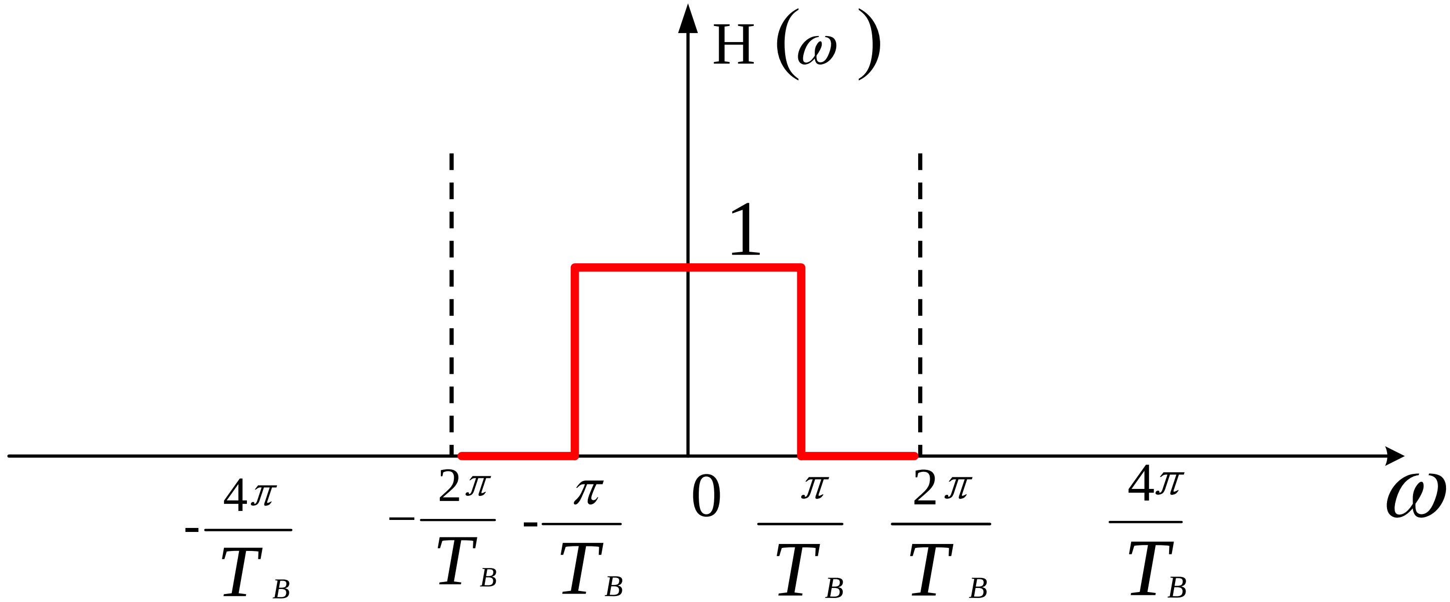


6.11 设基带传输系统的发送滤波器、信道及接收滤波器组成总特性为$H(\omega)$，若要求以$2/T_B$波特的速率进行数据传输，试验证图P6-5所示的各种$H(\omega)$能否满足抽样点上无码间串扰的条件？

解：根据奈奎斯特准则

以$R_B = 2/T_B\ baud$的速率进行数据传输，系统若要实现无码间串扰传输，则系统的传输特性应该满足：

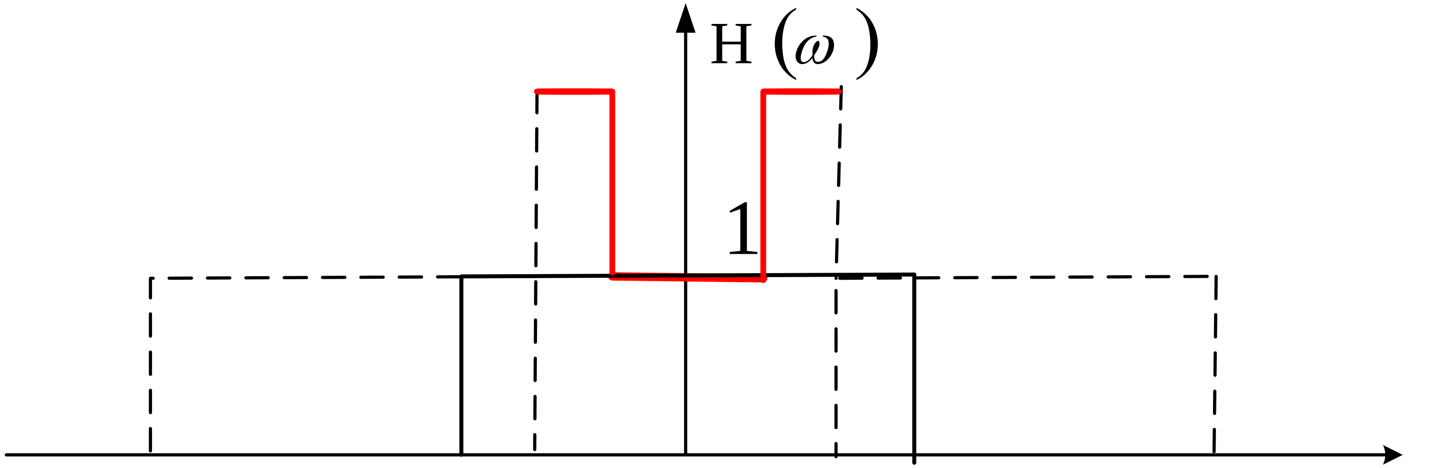
$$H(\omega)=\begin{cases}\sum_i H\left(\omega+\dfrac{4\pi}{T_B}i\right)=C & |\omega|\le\dfrac{2\pi}{T_B}\\[2ex] 0 & |\omega|>\dfrac{2\pi}{T_B}\end{cases}$$



切割宽度为$4\pi/T_B$，平移到$\left(-\frac{2\pi}{T_B},\frac{2\pi}{T_B}\right)$内叠加，不为直线，即：

当 $|\omega| \le \frac{2\pi}{T_B}$ 时， $\sum_i H\left(\omega+\frac{4\pi}{T_B}i\right) \ne C$

所以不满足无码间串扰传输的条件

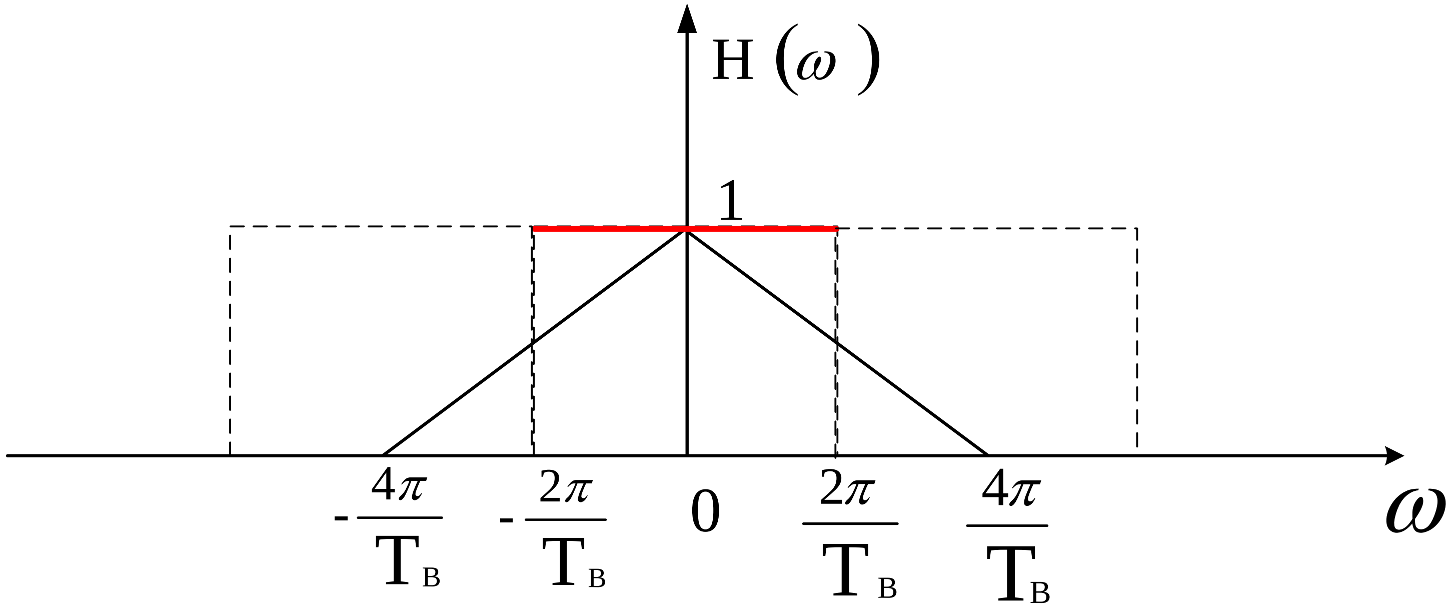


$$-\frac{4\pi}{T_B} \quad -\frac{3\pi}{T_B} \quad -\frac{2\pi}{T_B} \quad 0 \quad \frac{2\pi}{T_B} \quad \frac{3\pi}{T_s} \quad \frac{4\pi}{T_B}$$

切割宽度为$4\pi/T_B$，平移到$\left(-\frac{2\pi}{T_B},\frac{2\pi}{T_B}\right)$内叠加，不为直线，即：

$$当\ |\omega| \le \frac{2\pi}{T_B}\ 时，\quad \sum_i H\left(\omega+\frac{4\pi}{T_B}i\right) \ne C$$

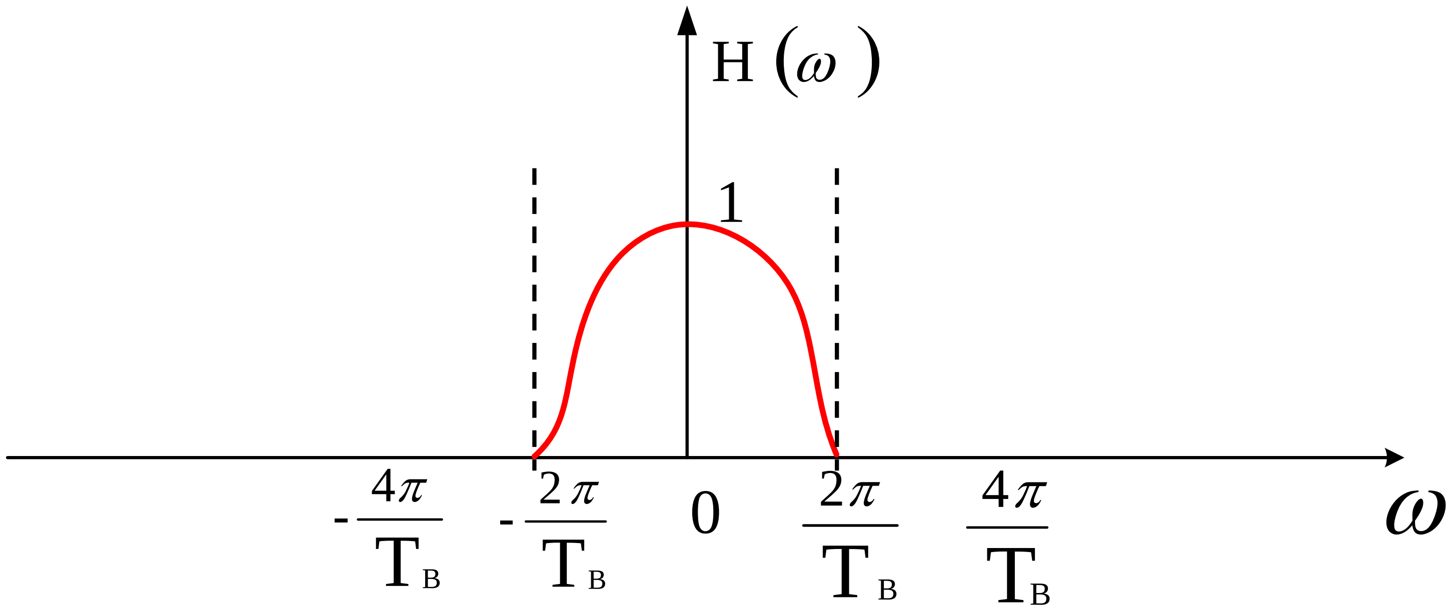
所以不满足无码间串扰传输的条件



切割宽度为$4\pi/T_B$，平移到$\left(-\frac{2\pi}{T_B},\frac{2\pi}{T_B}\right)$内叠加，为直线，即：

$$当\ |\omega| \le \frac{2\pi}{T_B}\ 时，\quad \sum_i H\left(\omega + \frac{4\pi}{T_B} i\right) = C$$

所以满足无码间串扰传输的条件

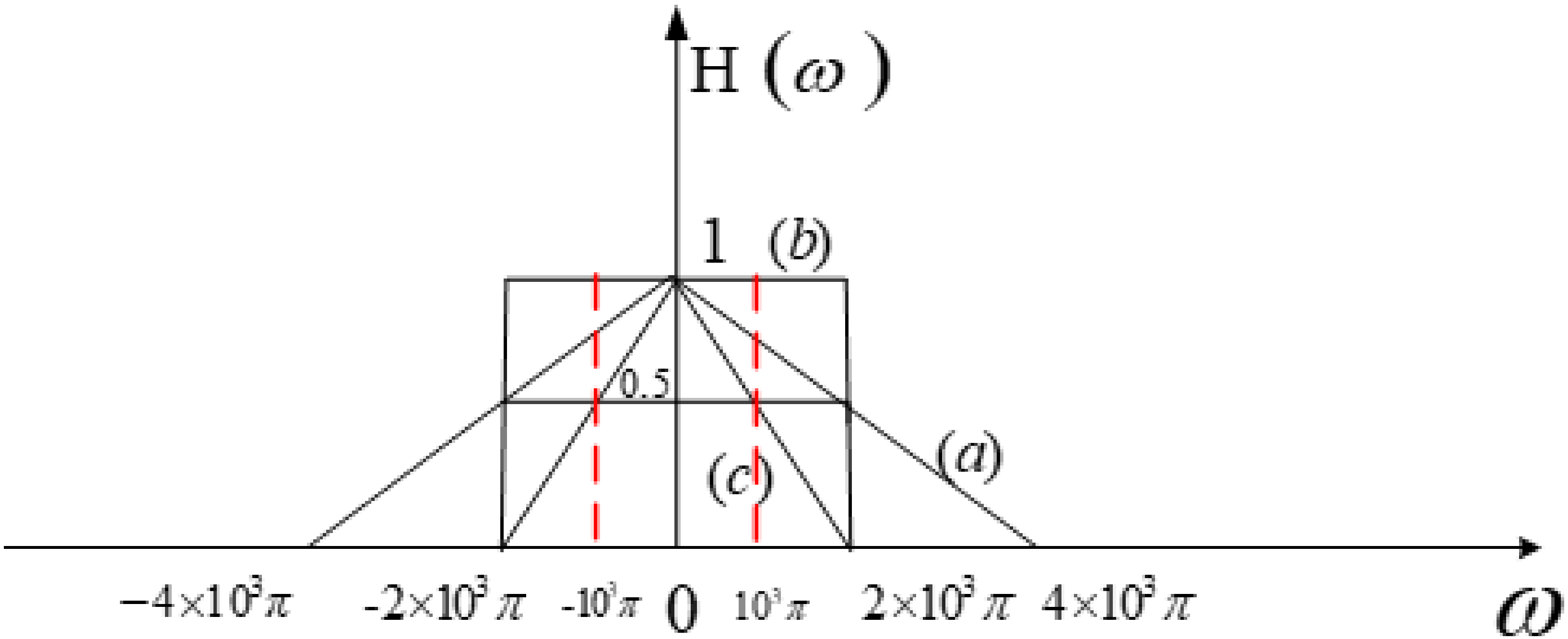


切割宽度为$4\pi/T_B$，平移到$\left(-\frac{2\pi}{T_B},\frac{2\pi}{T_B}\right)$内叠加，不为直线，即：

$$\text{当 } |\omega| \le \frac{2\pi}{T_B} \text{ 时}, \sum_i H\left(\omega + \frac{4\pi}{T_B} i\right) \ne C$$

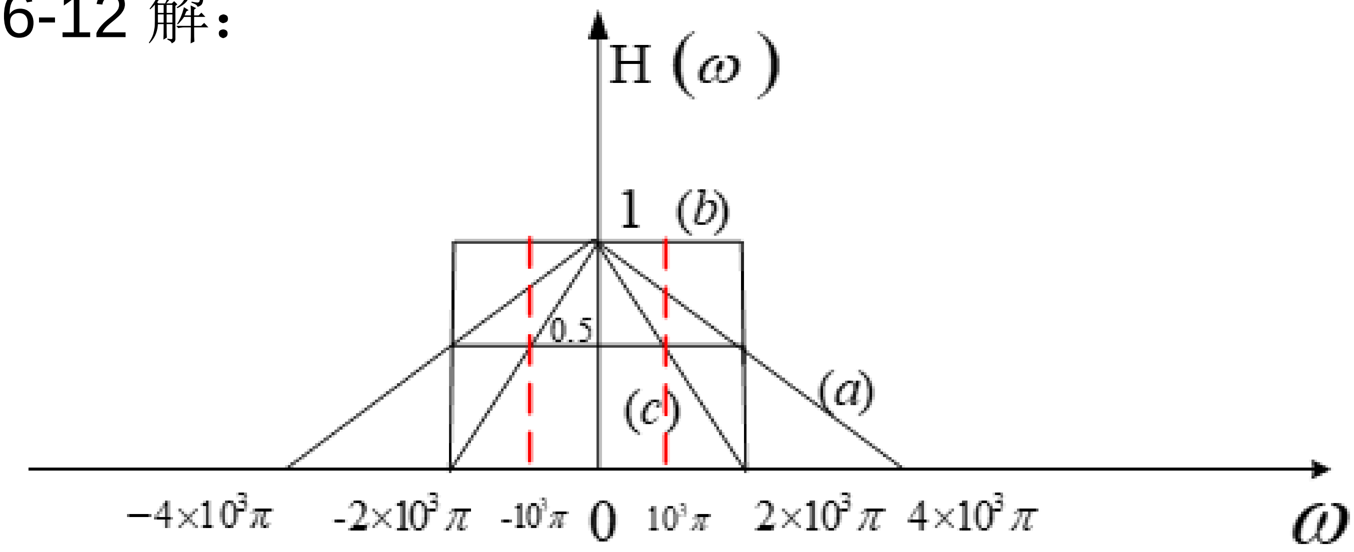
所以不满足无码间串扰传输的条件

6-12 欲以$R_B = 10^3$波特的速率传输数字基带信号，试问系统采用图P6-6中所画的哪一种传输特性较好？并简要说明其理由。



传输特性比较可考虑以下三方面：
1）有无码间干扰；2）频带利用率；3）波形拖尾和特性实现难易

6-12 解：



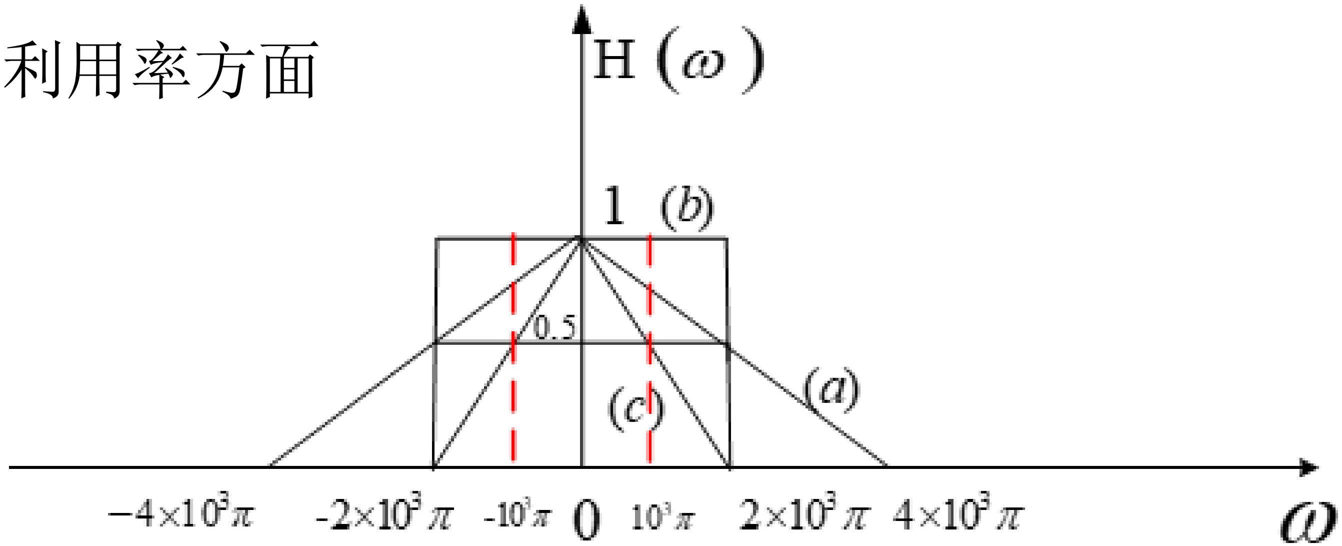
1）有无码间干扰方面

$\because R_B = 1000baud$

$\therefore$切割宽度$2 \times 10^3\pi$，叠加范围$(-10^3\pi, 10^3\pi)$

则(a)(b)(c)均满足奈奎斯特准则，都可实现无码间干扰传输。

2）频带利用率方面



$\because R_B = 1000baud$

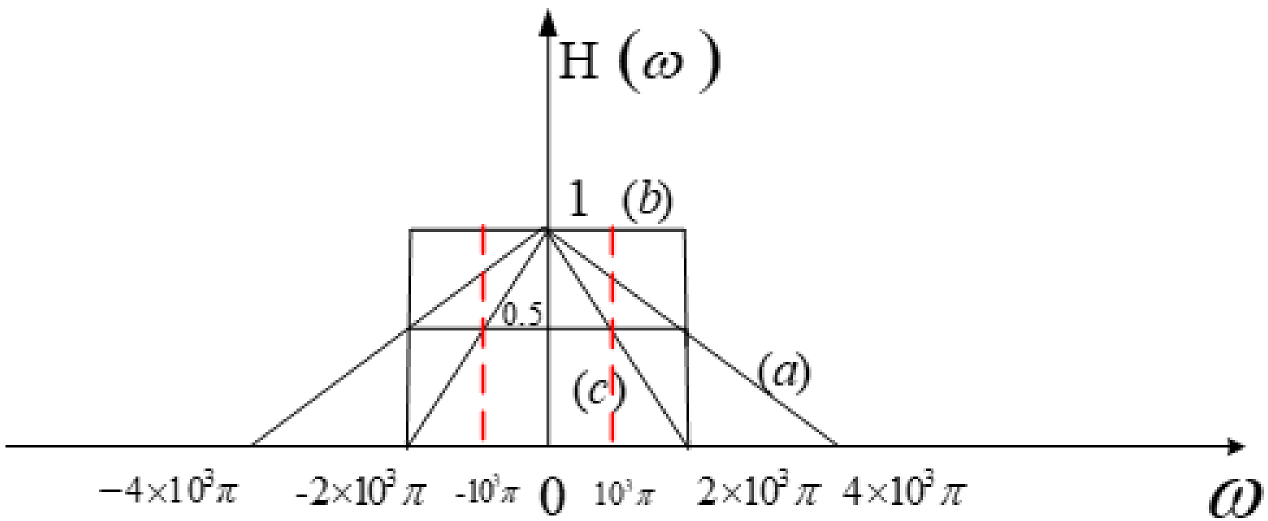
$B_a = 2000Hz$，，$\therefore \eta_a = \frac{R_B}{B_a} = 0.5baud/Hz$

$B_b = 1000Hz$，，$\therefore \eta_a = \frac{R_B}{B_a} = 1baud/Hz$

$B_c = 1000Hz$，，$\therefore \eta_a = \frac{R_B}{B_a} = 1baud/Hz$

则(b)(c)的频带利用率要高于(a)。

3）波形拖尾和传输特性实现难易程度方面



由于(b)为理想低通，在实际应用中很难实现，且波形拖尾收敛慢，从这方面特性最差；

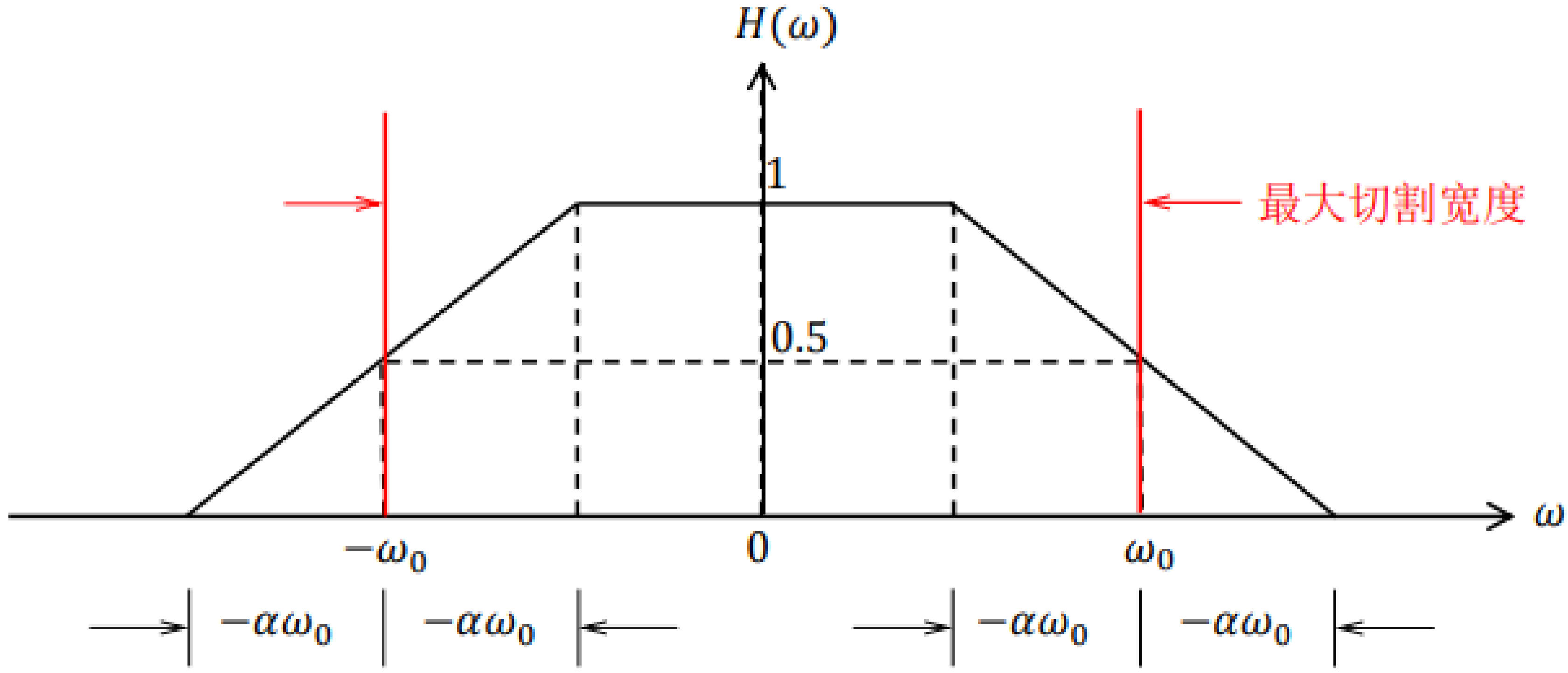
比较(a)和(c)，如图所示，(a)和(c)特性均易实现，但因(a)带宽更宽，对应时域波形拖尾收敛更快。从这方面(a)特性更好。

总之，(a)(c)特性好于(b)，(c)有效性好于(a)，(a)可靠性好于(c)。

6.13 设某数字基带系统传输特性$H(\omega)$如图所示，图中α为某个常数($0 \le \alpha \le 1$)：

（1）试检验该系统能否实现无码间串扰条件。

（2）该系统的最高码元传输速率为多大？这时的系统频带利用率为多大?



解：

（1）由图可知，以$2\omega_0$为宽度进行切割，平移，在$(-\omega_0,\omega_0)Hz$范围内叠加，可等效为理想低通$H_{eq}(\omega)$，故可实现无码间串扰。

（2）系统最高传码率：$R_B=\dfrac{1}{T_s}=\dfrac{2\omega_0}{2\pi}=\dfrac{\omega_0}{\pi}$

系统带宽为：$B=\dfrac{\omega_0+\alpha\omega_0}{2\pi}=\dfrac{(1+\alpha)\omega_0}{2\pi}$

系统最高频带利用率：$\eta=\dfrac{R_B}{B}=\dfrac{2}{1+\alpha}$

6-17. 某二进制数字基带系统所传送的是单极性基带信号，且数字信息“1”和“0”的出现概率相等。

(1) 若数字信息为“1”时，接收滤波器输出信号在抽样判决时刻的值$A=1(V)$，且接收滤波器输出噪声是均值为0、均方根值为$0.2(V)$的高斯噪声，试求这时的误码率P_e。

(2) 若要求误码率P_e不大于10^{-5}，试确定A至少应该是多少？

解：(1) $\because P(1)=P(0)=1/2$，“1”为$1V$，“0”码为$0V$

$\therefore$最佳判决门限$v_d^*=A/2=0.5V$

又$\because$ 均值为0，均方根值$\sigma_n=0.2V$，故误码率为

$$p_e=\frac{1}{2}erfc\left(\frac{A}{2\sqrt{2}\sigma_n}\right)=\frac{1}{2}erfc\left(\frac{A}{2\times\sqrt{2}\times0.2}\right)=6.21\times10^{-3}$$

(2) 若$P_e\le10^{-5}$，即：$$\frac{1}{2}erfc\left(\frac{A}{2\sqrt{2}\sigma_n}\right)\le10^{-5}$$

则查表可得：$A\ge8.6\sigma_n$

6-18. 某二进制数字基带系统所传送的是双极性基带信号，且数字信息“1”和“0”的出现概率相等。

(1) 若数字信息为“1”时，接收滤波器输出信号在抽样判决时刻的值$A=1(V)$，且接收滤波器输出噪声是均值为0、均方根值为0.2(V)的高斯噪声，试求这时的误码率P_e。

(2) 若要求误码率P_e不大于10^{-5}，试确定A至少应该是多少？

解：(1) $\because P(1)=P(0)=1/2$，“1”为$1V$，“0”码为$-1V$

$\therefore$最佳判决门限$v_d^*=0V$

又$\because$ 均值为0，均方根值$\sigma_n=0.2V$，故误码率为

$$p_e=\frac{1}{2}erfc\left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_n}\right)=\frac{1}{2}erfc\left(\frac{A}{\sqrt{2}\times 0.2}\right)=2.87\times 10^{-7}$$

(2) 若$P_e\leq 10^{-5}$，即：$\frac{1}{2}erfc\left(\frac{A}{\sqrt{2}\sigma_n}\right)\leq 10^{-5}$

则查表可得：$A\geq 4.3\sigma_n$