

第三章

3.4 某载波电话通信系统的频率范围为 60~108kHz。若对它采用低通抽样，最低抽样频率是多少？若对它采用带通抽样，最低抽样频率又是多少？

解：由题可知

$$f_L = 60\text{KHz}, f_H = 108\text{KHz}, W = f_H - f_L = 48\text{KHz}$$

(1) 若采用低通抽样 根据低通抽样定理

$$f_s = 2f_H = 216\text{KHz}$$

(2) 若采用带通抽样 根据带通抽样定理

$$N = \left\lfloor \frac{108}{48} \right\rfloor = 2, \quad M = \frac{f_H}{W} - \left\lfloor \frac{f_H}{W} \right\rfloor = \frac{108}{48} - \left\lfloor \frac{108}{48} \right\rfloor = 2.25 - 2 = 0.25$$

$$f_s = 2W \left(1 + \frac{M}{N} \right) = 2 \times 48 \left(1 + \frac{0.25}{2} \right) = 108\text{KHz}$$

有同学出现计算错误

④ 采用带通抽样

$$\begin{aligned} W &= W_H - W_L \\ &= 48\text{KHz} \\ N &= \left\lfloor \frac{W_H}{W} \right\rfloor = 2 & M &= \frac{W_H}{W} - N = 0.25 \\ W_s &= 2W \cdot \left(1 + \frac{M}{N} \right) \end{aligned}$$

$W_s = 120\text{KHz}$
则 最低抽样频率为 120KHz

3.6 设模拟信号 $s(t)$ 的幅值在 $[-2, 2]$ 内均匀分布，其最高频率为 4kHz 。现对它进行奈奎斯特抽样，并经过均匀量化后编为二进制码。设量化间隔为 $1/64$ 。试求该 PCM 系统的比特速率和输出的量化信噪比。

解：由题已知： $a = -2, b = +2; \Delta = \frac{1}{64}; f_H = 4\text{kHz}$

$$\text{量化电平数: } M = \frac{b-a}{\Delta} = \frac{2-(-2)}{1/64} = 256; \quad N = \log_2 M = \lg M = \lg 256 = 8$$

$$\text{所需抽样频率: } f_s = 2f_H = 2 \times 4\text{kHz} = 8\text{kHz}$$

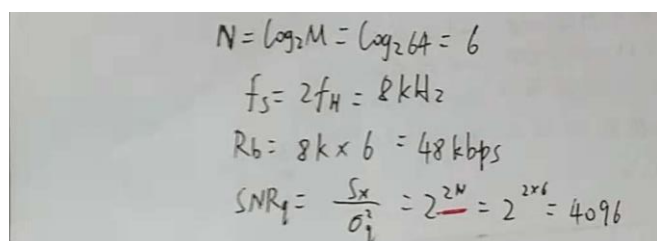
$$\text{比特速率: } R_b = N \cdot f_s = 8 \times 8\text{kHz} = 64\text{Kbps}$$

输出的量化信噪比：

$$SNR_q = \frac{S_x}{\sigma_q^2} = 2^{2N} = 2^{2 \times 8} = 2^{16} = 65536$$

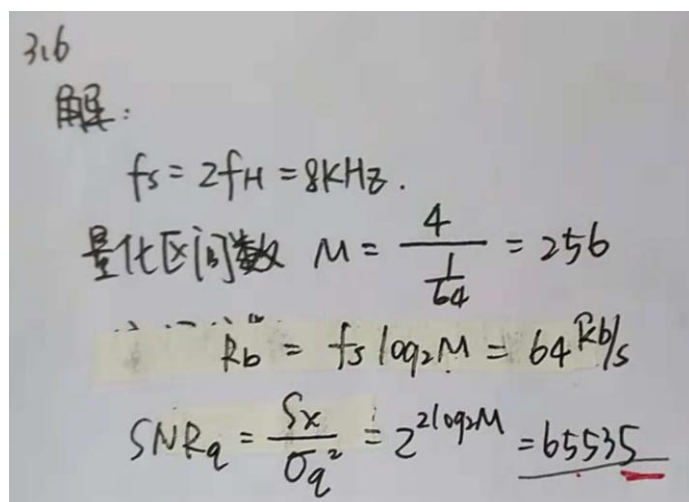
$$SNR_{q,dB} = 10 \lg \frac{S_x}{\sigma_q^2} = 10 \lg 65536 = 48.16\text{dB}$$

出现计算错误



$$\begin{aligned} N &= \log_2 M = \log_2 64 = 6 \\ f_s &= 2f_H = 8\text{kHz} \\ R_b &= 8\text{k} \times 6 = 48\text{kbps} \\ SNR_q &= \frac{S_x}{\sigma_q^2} = 2^{2N} = 2^{2 \times 6} = 2^{12} = 4096 \end{aligned}$$

不够细心，应该是 65536



$$\begin{aligned} 3.6 \text{ 解:} \\ f_s &= 2f_H = 8\text{kHz} \\ \text{量化区间数 } M &= \frac{4}{\frac{1}{64}} = 256 \\ R_b &= f_s \log_2 M = 64\text{Kb/s} \\ SNR_q &= \frac{S_x}{\sigma_q^2} = 2^{2 \log_2 M} = 65536 \end{aligned}$$

3.7 在 CD 播放机中，抽样率为 44.1kHz，对抽样值采用 16 比特/样本的量化器进行量化。求出持续时间为 5 分钟（约一首歌）的立体声音乐所需要的容量。

解：

所需的存储容量 V 为

$$\begin{aligned} V &= 2f_H \cdot N \cdot R_b = N \cdot f_s \cdot T_{Time} = \\ &= 423360 \text{ Kbits} = 4.2336 \times 10^8 \text{ bits} \\ &= 5.292 \times 10^7 \text{ Bytes} = 52.92 \text{ MBytes} \end{aligned}$$

本题虽然没有说双声道，但考虑输出为立体声，应该考虑双声道的影响，因此答案

若不考虑双声道：

3.7 解： $f_s = 44.1 \text{ kHz}$. $t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$.
 样本数量 $n = t \cdot f_s = 1.323 \times 10^7$
 所需容量为： $n \cdot 16 = 2.1168 \times 10^8 \text{ bits}$

3.7 解： 立体声？
 容量： $V = N \cdot f_s \cdot T = 16 \times 44.1 \text{ k} \times (5 \times 60) = 211680 \text{ kbits}$
 $= 26.46 \text{ M}$

加上双声道的影响：

3.7. 立体声
 双声道
 $\therefore V = N \cdot f_s \cdot T \cdot 2$
 $= 16 \times 44.1 \text{ k} \times 5 \times 60 \times 2$
 $= 4.2336 \times 10^8 \text{ bits}$

主要错误有：

缺失单位：

3.7 $16 \times 44.1 \times 5 \times 60 = 211680 \text{ k bits}$

计算错误，对 CD 机的采样率不了解计算时多乘了 2：

3.7. 解: $f_s = 2f_H = 88.2 \text{ kHz}$.

出现计算错误，前面的数值相乘是得不到后面的结果的。

$44.1 \times 10^3 \times 2 \times 5 \times 60 = 2.646 \times 10^7 \text{ B} = 26.46 \text{ MB}$

3.7
 $V = N \cdot f_s \cdot T = 16 \times 4.41 \times 300 = 423360 \text{ kbit}$

所需的存储容量 $V = 2f_H \cdot N \cdot R_b = N \cdot f_s \cdot T_{\text{time}}$
 $= 16 \times 44.1 \text{ k} \times (5 \times 60) = 423360 \text{ kbits} = 4.2336 \times 10^8 \text{ bits}$
 $= 5.292 \times 10^7 \text{ Bytes} = 52.92 \text{ MBytes}.$

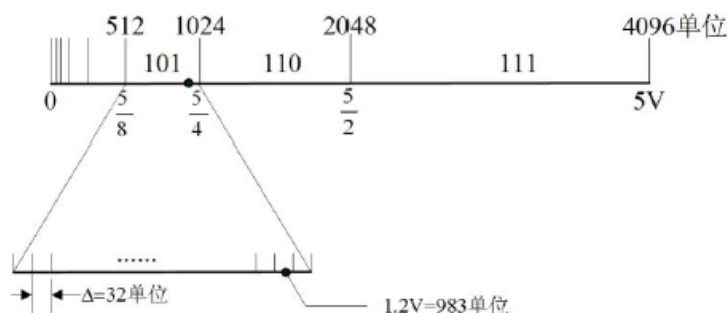
3.13 某 A 律 13 折线 PCM 编码器的输入动态范围是 $(-5, 5) \text{ V}$ 。若某抽样值的幅度 $x = 1.2 \text{ V}$ 。

- (1) 求编码器的输出码组；
- (2) 求解码器输出的量化电平值，并计算量化误差；
- (3) 写出对应于 A 律 13 折线 PCM 码组的均匀量化线性编码的码组(13 位码)。

解：

- (1) $x > 0$ 所以极性码为 1；

$|x| = 1.2 \text{ V}$ ，折合为 $\frac{1.2}{5} \times 4096 = 983.04$ 量化单位。



从此图可见，该样值落在第五段（512,1024）内，段落码是 101。此段落的量化间隔是 $\frac{512}{16} = 32$ 量化单位。因此段内码是 $\left\lfloor \frac{983.04 - 512}{\Delta} \right\rfloor = 14 = (1110)_2$ ，因此输出码组是 11011110。

(2) 所在量化区间的起点是 960 单位，终点是 992 单位，因此量化电平是 976 个量化单位，即 $976 \times \frac{5}{4096} = 1.1914V$ 。量化误差为 $983.04 - 976 = 7.04$ 量化单位，即 0.0086 伏

(3) $976 = 512 + 256 + 128 + 64 + 16 = 2^9 + 2^8 + 2^7 + 2^5 + 2^4 = (1001111010000)_2$ 。

主要出现有计算错误，最终编码错误

3.13 (a): $x > 0$ \therefore 极性码为 1 $|x| = 1.2$ $y_n = \frac{|x|}{V_p} x$

$m = \left\lfloor \frac{983.04 - 512}{32} \right\rfloor = 14 = 1110$ $\therefore M_1 M_2 M_3 \dots M$

(2) $y_n \hat{x} = \frac{1}{4096} (V_K + m \cdot \Delta_K + \frac{\Delta_K}{2}) \cdot V_p = 1.15$

$e = x - \hat{x} = 0.05$

$|\frac{e}{x}| = 4.17\%$

3.13. (17) 设 $C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6 C_7 C_8$

因为抽样脉冲值是 $+635 > 0$, 所以极性码 $C_1 = 1$

因为 $512 < 635 < 1024$, 所以落入第7段, 段落码为 $C_2 C_3 C_4 = 110$

这一段长度为 $1024 - 512$, 再进行16级均匀量化, 量化间

隔为 $512/16 = 32$ 抽样脉冲值位置为 $635 - 512 = 123$.

$3 < 123/32 < 4$

因此落在段落内位置的第三段, 即 $C_5 C_6 C_7 C_8 = 0011$.

因此编码器的码组输出为 11100011 .

量化输出电平为 $512 + 3 \times 32 \times 3 + 32/2 = 624$ 个量化单位

则量化误差为 $635 - 624 = 11$ 个量化单位

误差值为 $e = \Delta$

(3) ~~100111100000~~ 10011110****

取 100111100000

3). 该码编码为 10011110****

第五章

- (4) 画出 HDB3 码波形图;
- (5) 曼彻斯特码;
- (6) 画出曼彻斯特码波形图;
- (7) 差分曼彻斯特码;
- (8) 画出差分曼彻斯特码波形图;

5.6 请完成下列编码。

已知信息代码: 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1

- (1) AMI 码; (第一个信息代码为正脉冲);
- (2) 画出 AMI 码波形图;
- (3) HDB3 码; (假定前一个破坏点为负脉冲, 第一个信息代码为正脉冲);

解：

信息代码： 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1

AMI 码： +1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 +1 -1 0 0 +1 0 0 0 0 -1 0 +1

HDB3 码： +1 0 0 0 +V-B 0 0 -V 0 0 +1 -1 +1 0 0 -1+B 0 0 +V -1 0 +1

曼彻斯特码： 10010101010101010101 1010 10 0101 1001010101 1001 10

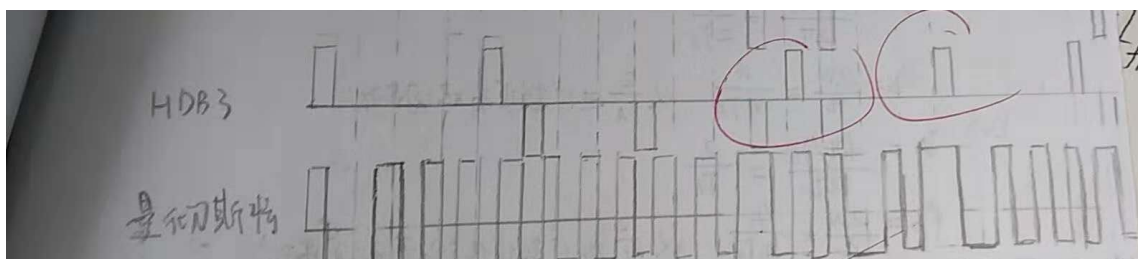
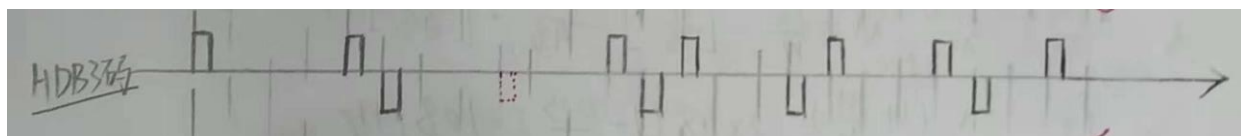
差分曼彻斯特码： 10101010101010101010 0110 01 0101 1010101010 0101 10

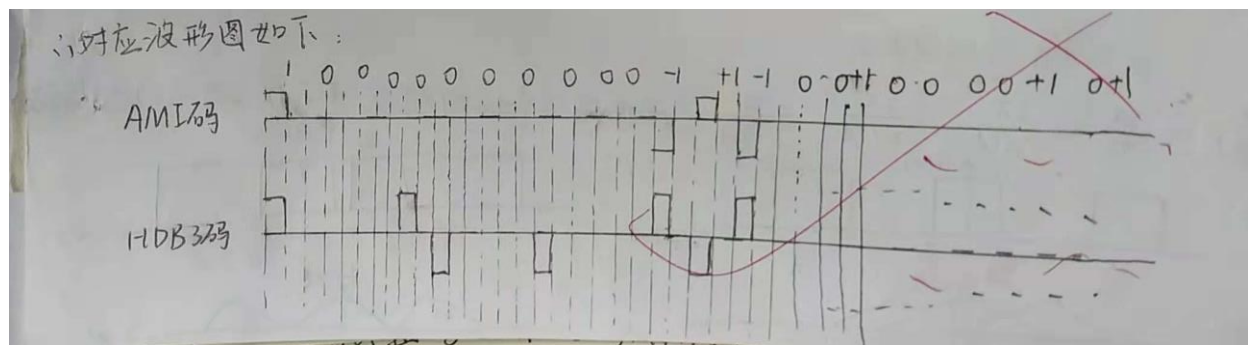
编码后的波形图如题图 5.6 所示：



题图 5.6

在绘制波形时出现错误与缺漏





HDB3 中 V 码和 B 码的理解有误

13)

HDB3码 $B^+ 000V^+ B^- 00V^- 00 B^+ B^- B^+ 00B^- B^+ 00V^+ B^- 0B^+$

有同学提出的疑问：

+1 0 0 0 +V-B 0 0 -V 0 0 +1 -1 +1 0 0 -1 0 0 0 V^- +1 0 -1

奇数个变为什么事答案写了 B^+ ?

5.8 一个双极性二进制信号 $s_i(t) (i=1,2)$ 的可能取值为+1 和-1，加性高斯白噪声的方差为 $0.1V^2$ ，用匹配滤波器检测信号。

(1) 试分别对 (a) $P(s_1)=0.5$ ；(b) $P(s_1)=0.7$ ；(c) $P(s_1)=0.2$ 求最佳判决门限 γ_0 。

(2) 解释先验概率对 γ_0 的影响。

解：(1) 由 $P_b = P(s_1)P(e|s_1) + P(s_2)P(e|s_2)$

$$\gamma = \frac{\sigma_x^2}{2} \ln \frac{p(s_2)}{p(s_1)}$$

(a) $P(s_1)=0.5$ 时， $\gamma_0=0$ ；

(b) $P(s_1)=0.7$ 时， $\gamma_0=-0.042365$ ；

(c) $P(s_1)=0.2$ 时， $\gamma_0=0.069315$ 。

(2) 由 (a) (b) (c) 结果可知，若先知发送某一信号的概率大于 0.5，则最佳判决门限应适当向先验概率小的一方偏移，若先验等概，则 r 为两信号的平均值。

部分同学出现理解错误，最佳判决门限是向先验概率小的一方偏移。

(2) 若发送某信号概率大于 0.5， γ_0 向概率小的一方偏移，
若发送某信号概率小于 0.5， γ_0 向概率大的一方偏移。

5.10 设滚降系数为 $\alpha=1$ 的升余弦滚降无码间干扰基带传输系统的输入是十六进制码元, 其码元速率是 1200 波特, 求:

- (1) 此基带传输系统的截止频率值;
- (2) 该系统的频带利用率;
- (3) 该系统的信息传输速率。

解:

(1) 该系统的码元周期为: $T_s = \frac{1}{1200} s$;

截止频率值为: $W = \frac{1+\alpha}{T_s} = \frac{1+1}{1/1200} = 2400 Hz$ 。

此处有误, 应该除以 $2T_s$, 正确答案为

- (2) 该系统的频带利用率为:

$$\eta = \frac{R_b}{W} = \frac{R_s \log M}{(1+\alpha)/T_s} = \frac{(1/T_s) \log M}{(1+\alpha)/T_s} = \frac{\log M}{1+\alpha} = \frac{\log 16}{1+1} = 2 \text{ bits}/(s \cdot Hz)$$

- (3) 该系统的信息传输速率为:

$$R_b = R_s \log M = 1200 \times \log_2 16 = 4800 \text{ bps}$$

同理, 在第一问的基础上, 答案为 $4 \text{ bits}/(s \cdot Hz)$

一位同学的理解

13) $R_b = R_s \log_2 M = 4800 \text{ bps}$.

~~由奈奎斯特~~ $R_s = \frac{2}{T_s}$ $T = \frac{1}{R_s} = \frac{T_s}{2}$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{T_s/2} = \frac{4\pi}{T_s}$

求出的是 ω 需要转换为周期, 转换为后现在一个周期内是否本实部横为常数

第一问在计算时没有除 $2T_s$, 同理第二问计算错误

15-10

解: (1) 由已知: $T_s = \frac{1}{1200} \text{ s}$.

$\therefore W = \frac{1+\alpha}{T_s} = 2400 \text{ Hz}$

(2) $\eta = \frac{R_b}{W} = \frac{R_s \cdot \log M}{W} = \frac{\frac{1}{T_s} \cdot \log 16}{W} = \frac{\log 16}{2} = 2 \text{ bits/(s} \cdot \text{Hz)}$

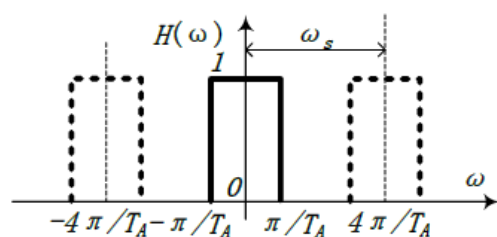
第一问计算错误, 第二问没有写单位

5.10. 解: (1) $T = \frac{1}{1200} \text{ s}$ $W = \frac{1+\alpha}{T} = 4.8 \text{ kHz}$.

(2) $\eta = \frac{2}{\text{Hz}} \log_2 16 = 4$.

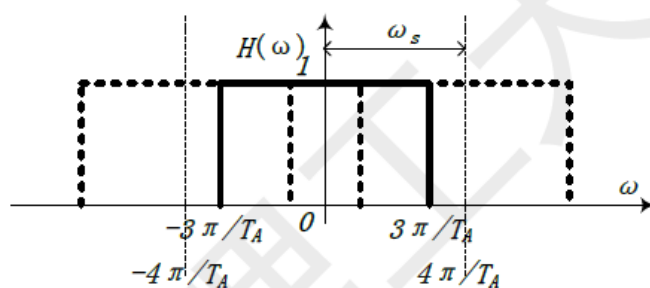
(3) $1200 \times \log_2 16 = 4800 \text{ bit/s}$.

(1) 对于图 (a), 由图



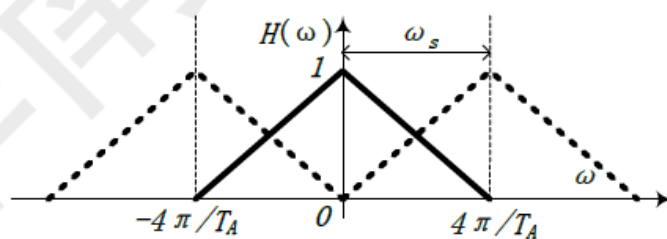
可见不满足无码间串扰的条件。

(2) 对于图 (b), 由图



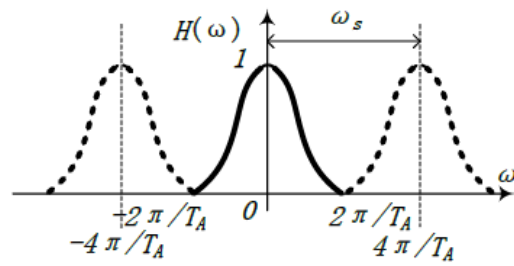
可见也不满足无码间串扰的条件。

(3) 对于图 (c), 由图



可见此时可以满足无码间串扰的条件。

(4) 对于图 (d), 由图



可见也不满足无码间串扰的条件。

有同学提出疑问

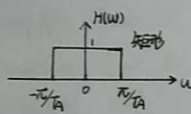
希望老师讲一下
第5.14题

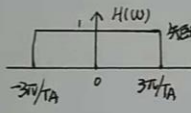
有的同学缺少计算过程

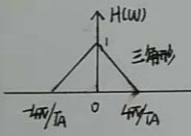
5.14.
(a)、(b) 不满足
(c) 满足
(d) 不满足
过程!

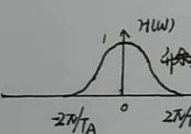
第二问判断错误

码间串扰的条件?

(1)  矩形
系统所需最小带宽 $W_{IL} = \frac{\pi/T_A}{2\pi} = \frac{1}{2T_A}$
奈奎斯特速率 $R_s = 2W_{IL} = \frac{1}{T_A}$ 不能

(2)  矩形
系统所需最小带宽 $W_{IL} = \frac{3\pi/T_A}{2\pi} = \frac{3}{2T_A}$
奈奎斯特速率 $R_s = 2W_{IL} = \frac{3}{T_A}$ 能

(3)  三角形
系统所需最小带宽 $W_{IL} = \frac{\pi/T_A}{2\pi} = \frac{1}{2T_A}$
奈奎斯特速率 $R_s = 2W_{IL} = \frac{1}{T_A}$ 能

(4)  sinc²
系统所需最小带宽 $W_{IL} = \frac{2\pi/T_A}{2\pi} = \frac{1}{T_A}$
奈奎斯特速率: $R_s = 2W_{IL} = \frac{1}{T_A}$ 不能

5.15

解：

时间序号	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
输入数据 $\{b_n\}$		1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
预编码输出 $\{d_n\}$	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
二电平序列 $\{a_n\}$	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	-1	+1
抽样序列 $\{c_n\}$		0	2	2	0	-2	0	0	-2	-2	0
判决输出 $\{\hat{b}_n\}$		1	0	0	1	0	1	1	0	0	1

在编码时出现错误

时间序号 n	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
输入数据 $\{b_n\}$		1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
预编码输出 $\{d_n\}$	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
二电平序列 $\{a_n\}$	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	-1	+1
抽样序列 $\{c_n\}$		0	2	2	0	-2	0	0	-2	-2	0
判决输出 $\{\hat{b}_n\}$		1	0	0	1	0	1	1	0	0	1

此处为书内错误，说明看题仔细认真，值得鼓励

5.15 没有找到图 5.15，不会做。