

习题课

Chapter 5

忻杨璇

邮箱：xinyx@zju.edu.cn

微信：18867151153

Chapter 5

• 5-1 已知一低通信号 $m(t)$ 的频谱为 $M(f) = \begin{cases} 1 - \frac{|f|}{200}, & |f| < 200 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

(1) 假设以 $f_s = 300\text{Hz}$ 的速率对 $m(t)$ 进行理想抽样，试画出已抽样信号 $m_s(t)$ 的频谱草图；

(2) 若用 $f_s = 400\text{Hz}$ 的速率抽样，重做上题；

知识点：低通信号的抽样奈奎斯特抽样定理

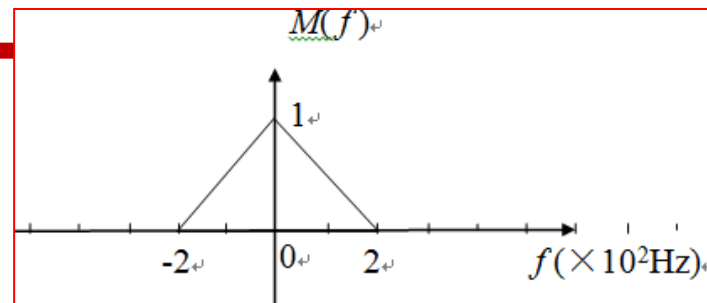
$$m(t) \xrightarrow{F} M(f)$$

$$\text{已抽样信号 } m_s(t) = m(t) \cdot \delta_{T_s} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} m(nT_s) \delta(t - nT_s)$$

$$\text{其频谱函数 } M_s(f) = M(f) * \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - nf_s) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(f - nf_s)$$

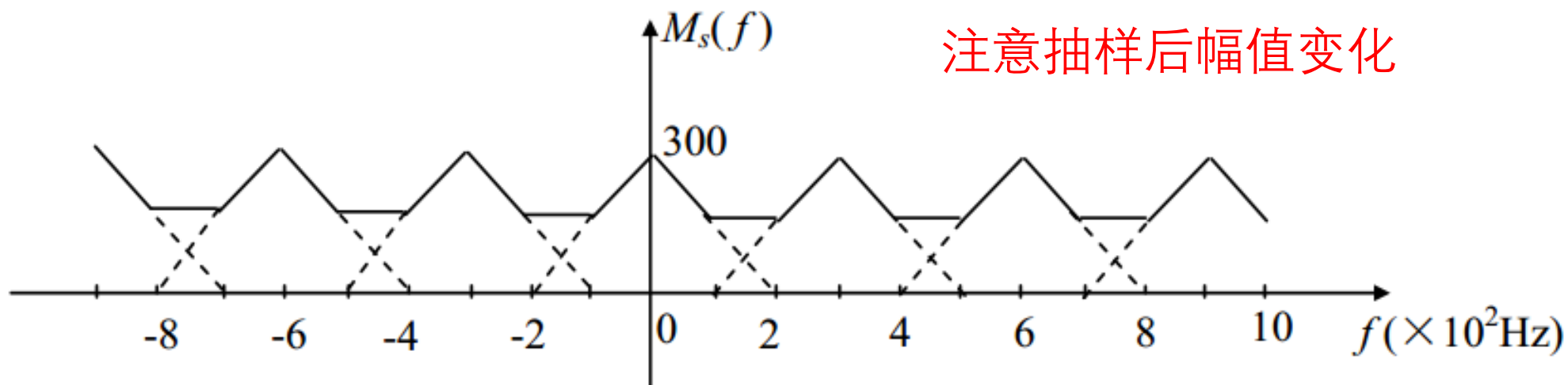
Chapter 5

- 5-1 已知一低通信号 $m(t)$ 的频谱为 $M(f) = \begin{cases} 1 - \frac{|f|}{200}, & |f| < 200 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$



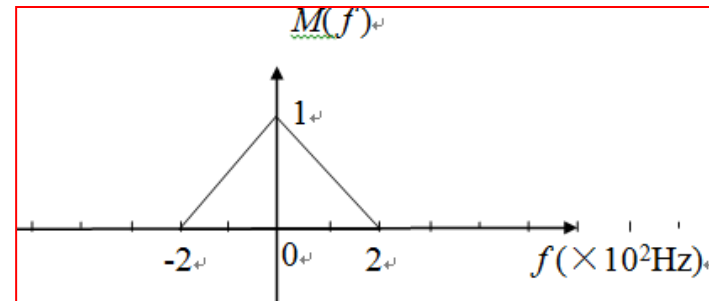
- (1) 假设以 $f_s = 300\text{Hz}$ 的速率对 $m(t)$ 进行理想抽样，试画出已抽样信号 $m_s(t)$ 的频谱草图；
- 知识点：低通信号的抽样奈奎斯特抽样定理

(1) $f_s = 300\text{Hz}$ ，则 $M_s(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(f - nf_s) = 300 \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(f - 300n)$



Chapter 5

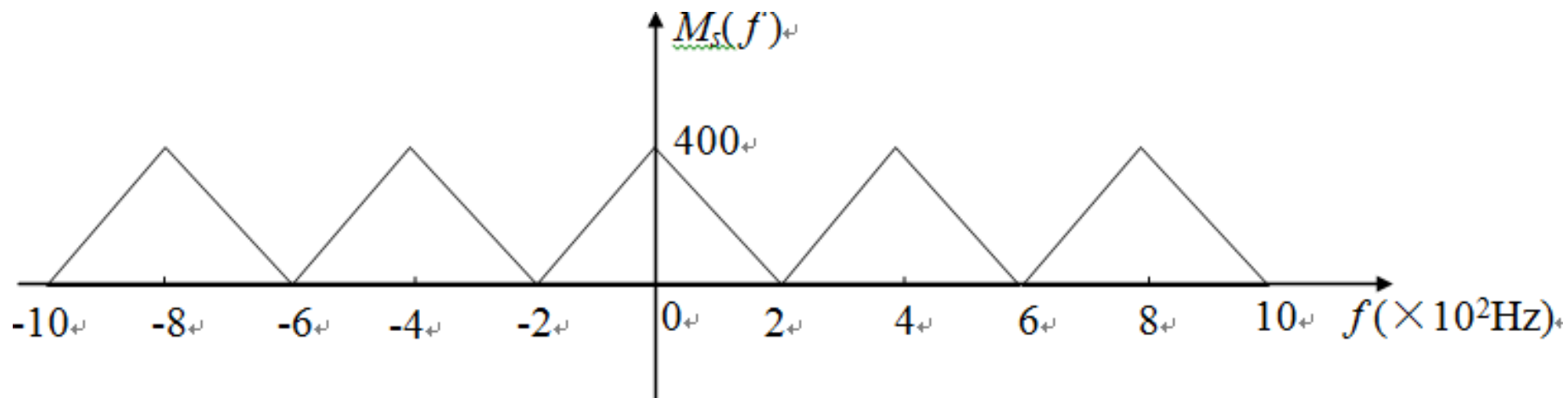
- 5-1 已知一低通信号 $m(t)$ 的频谱为 $M(f) = \begin{cases} 1 - \frac{|f|}{200}, & |f| < 200 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$



(2) 若用 $f_s = 400\text{Hz}$ 的速率抽样，重做上题；

知识点：低通信号的抽样奈奎斯特抽样定理

(2) $f_s = 400\text{Hz}$ ，则 $M_s(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(f - nf_s) = 400 \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(f - 400n)$



可见 $f_s \geq 2f_H$ ，则 $M_s(f)$ 是 $M(f)$ 的周期性重复而不重叠； $f_s < 2f_H$ ，则已抽样信号的频谱发生重叠。

Chapter 5

• 5-4 已知某信号 $m(t)$ 的频谱 $M(f)$ 如图所示。将它通过传输函数为 $H_1(f)$ 的滤波器后再进行理想抽样。

(1) 抽样速率应为多少？

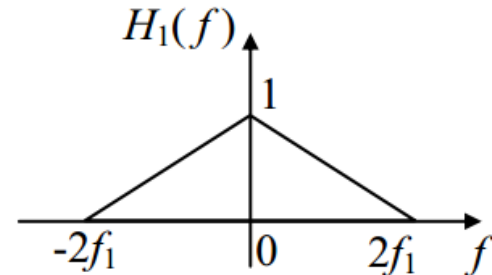
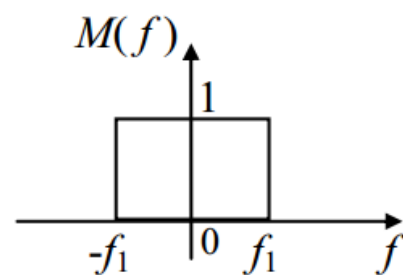
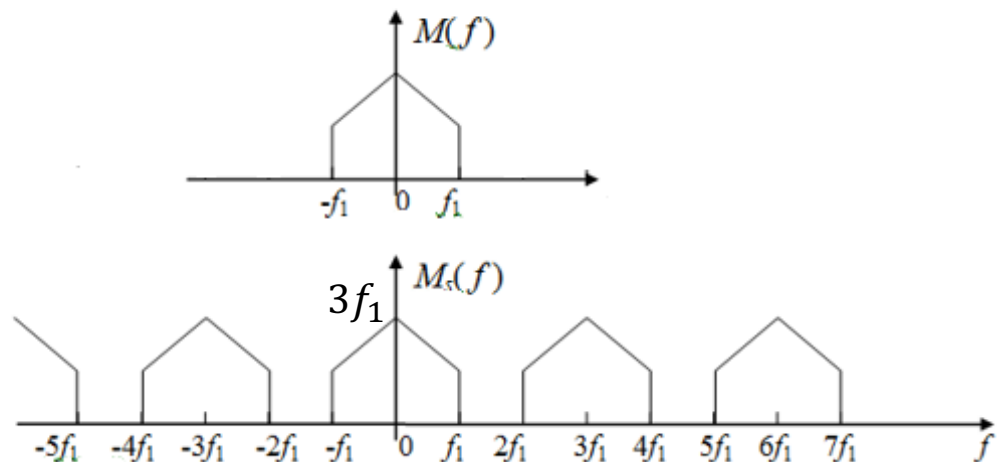
(2) 若设抽样速率 $f_s = 3f_1$ ，试画出已抽样信号 $m_s(t)$ 的频谱；

(3) 接收端的接收网络应具有怎样的传输函数 $H_2(f)$ ，才能由 $m_s(t)$ 不失真地恢复 $m(t)$ ？

知识点：低通信号的抽样奈奎斯特抽样定理

(1) 抽样速率 $f_s > 2f_1$

$$(2) \quad M_s(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(f - nf_s)$$



(3) 当不失真恢复时：

$$M(f) = M_s(f)H_2(f)$$

$$M_s(f) = f_s M(f)H_1(f)$$

$$H_2(f) = \begin{cases} \frac{1}{f_s H_1(f)}, & |f| \leq f_1 \\ 0, & |f| > f_1 \end{cases}$$

• 5-10 采用13折线A律编码，设最小量化间隔为1个单位，已知抽样脉冲值为+635单位。

(1) 求此时编码器输出码组，并计算量化误差；

(2) 写出对应于该7位码（不包含极性码）的均匀11位码（采用自然二进制编码）

知识点：例题5.3.1，P135

(1) 确定极性码：由于输入信号是正极性的，所以 $C_1 = 1$

确定段落码：0 16 32 64 128 256 512 1024（起始电平）

+635单位位于第7段，所以 $C_2C_3C_4 = 110$

确定段内码：在第7段内，量化间隔为32，由于

$$(512 + 3 \times 32) < 635 < (512 + 4 \times 32)$$

抽样值位于第7段序号为3的量化间隔，所以段内码 $C_5C_6C_7C_8 = 0011$

所以输出码组为： $C_1C_2C_3C_4C_5C_6C_7C_8 = 11100011$

相应的恢复电平为量化区间的中间值： $\hat{m} = 512 + 3.5 \times 32 = 624$ 单位

量化误差： $|m - \hat{m}| = 11$ 单位

(2) 等价于求恢复电平624对应的二进制码，为01001110000

• 5-11 采用13折线A律编码，设最小量化间隔为1个单位，已知抽样为-95量化单位：

(1) 求此时编码器输出码组，并计算量化误差；

(2) 写出对应于该7位码（不包括极性码）的均匀量化11位码

Solution：

(1) 确定极性码：由于输入信号是负极性的，所以 $C_1 = 0$

确定段落码：0 16 32 64 128 256 512 1024（起始电平）

95单位位于第4段，所以 $C_2C_3C_4 = 011$

确定段内码：在第4段内，量化间隔为4，由于

$$(64 + 7 \times 4) < 95 < (64 + 8 \times 4)$$

抽样值位于第4段序号为7的量化间隔，所以段内码 $C_5C_6C_7C_8 = 0111$

所以输出码组为： $C_1C_2C_3C_4C_5C_6C_7C_8 = 00110111$

相应的恢复电平为量化区间的中间值： $\hat{m} = 64 + 7.5 \times 4 = 94$ 单位

量化误差： $|m - \hat{m}| = 1$ 单位

(2) 等价于求恢复电平94对应的二进制码，为：00001011110

• 5-16 单路话音信号的最高频率为4kHz，抽样速率为8kHz，以PCM方式传输。设传输信号的波形为矩形脉冲，其宽度为 τ ，且占空比为1。

(1) 抽样后信号按8级量化，求PCM基带信号第一零点频宽；

(2) 抽样后信号按128级量化，求PCM系带信号第一零点频宽。

Solution：♦占空比：正脉冲持续时间与脉冲周期的比值

(1) 由抽样速率 $f_s = 8kHz$ ，可知抽样间隔为： $T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{8000} s$

对抽样后信号按8级量化，需要3位二进制编码，每位码元占用时间为： $T_b = \frac{T_s}{3} = \frac{1}{24000} s$

所以PCM基带信号第一零点频宽为： $B = \frac{1}{\tau} = 24kHz$

(2) 对抽样后信号按128级量化，需要7位二进制编码，每位码元矩形脉冲宽度为：

$$\tau = T_b = \frac{T_s}{7} = \frac{1}{7 \times 8000} = \frac{1}{56000} s$$

所以PCM系带信号第一零点频宽为： $B = \frac{1}{\tau} = 56kHz$