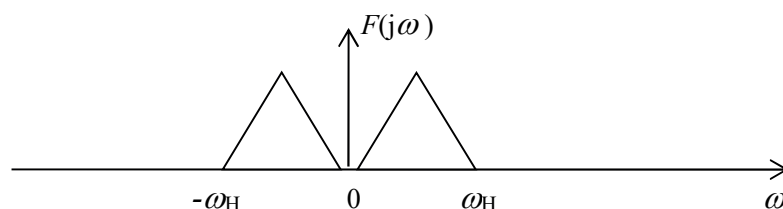


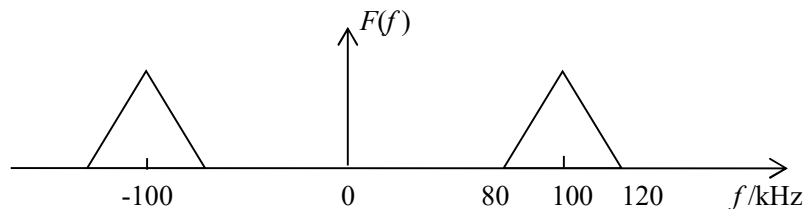
习题 3

一、填空题（每题 2 分，共 22 分）

- 1、模拟信号要通过数字通信系统传输，必须经过抽样、量化 和 编码 三个阶段将其转换为数字信号。
- 2、将模拟信号转换为时间上离散的信号，这一过程称为 抽样。
- 3、对 低通 信号，只能进行低通抽样；对 带通 信号，既可以采用低通抽样，也可以采用带通抽样。
- 4、发送端进行带通抽样时，接收端必须用 带通 滤波器进行重构。
- 5、已知某低通抽样器的抽样频率为 200 Hz，输入模拟信号的频谱如图所示，则 ω_H 必须满足 $\omega_H \leq 200\pi$ 。



- 6、已知模拟信号 $f(t)$ 的频谱如图所示，则所允许的最低抽样频率为 80 kHz。



- 7、对模拟信号抽样后进行 5 位均匀量化，已知量化器的最大量化电平为 4 V，则量化间隔为 0.25 V。
- 8、对模拟信号抽样后进行 5 位均匀量化，已知量化器的最大量化电平为 4 V，则量化噪声的功率为 -22.84 dB。
- 9、对正弦信号抽样后进行 6 位均匀量化，**已知最大量化电平为 1 V**，保证量化信噪比不低于 30 dB，要求输入正弦信号的功率不低于 0.08 W。

$$4.77 + 6.02 \times 6 + 20 \lg D \geq 30, \text{ 解得 } D \geq 0.285, P = D^2 V^2 = 0.08 \text{ W}$$

- 10、对频率范围为 300 Hz ~ 3400 Hz 的模拟信号进行抽样量化和 A 律非线性 PCM 编码，编码输出二进制序列的最低码元速率为 54.4 kB。
- 11、将 32 模拟信号进行时分复用 A 律 PCM 编码，要求编码输出的码元速率不超过 3.2 MBd，则各路模拟信号所允许的最高频率为 6.25 kHz。

二、简单分析题（每小题 12 分，共 36 分）

1、已知均匀量化器的量化范围为 $-2V \sim +2V$ ，某抽样值经量化后的线性 PCM 编码输出为 1010。

(1) 若采用自然码编码，求接收端对应的译码输出电平 V_1 ；

(2) 若采用折叠码编码，求接收端对应的译码输出电平 V_2 。

解：量化间隔 $\Delta = \frac{4}{2^4} = 0.25 V$

(1) 自然码编码， $V_1 = -2 + 10\Delta + \Delta/2 = 0.625 V$ (6 分)

(2) 折叠码编码， $V_2 = +(2\Delta + \Delta/2) = +(2 \times 0.25 + 0.25/2) = +0.625 V$ (6 分)

2、对模拟正弦信号进行 64 级均匀量化线性 PCM 编码。

(1) 求编码位数 n 和最大量化信噪比 $SNR_{\max} \text{ dB}$ ；

(2) 实际工作时，输入正弦信号峰值只能达到量化范围的一半，求此时的量化信噪比 SNR_{dB} 。

解：(1) $n = \log_2 64 = 6$ (4 分)

$SNR_{\max} \text{ dB} = 6.02n + 1.76 = 37.88 \text{ dB}$ (4 分)

(2) $D = \frac{A_m}{\sqrt{2}V} = \frac{1/2V}{\sqrt{2}V} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$, $20\log D \approx -9.03 \text{ dB}$

$SNR_{\text{dB}} = 4.77 + 20\log D + 6.02n \approx 31.86 \text{ dB}$ (4 分)

3、已知 A 律压缩非均匀量化器的量化范围为 $-4 \sim +4V$ ，输入抽样值 $x = 1.2 V$ ，量化输出信号再进行非线性 PCM 编码。求：

(1) PCM 编码输出序列；(2) 译码输出电平；(3) 量化误差。

解：(1) 量化间隔 $\Delta = 4/4096$ ，抽样值 x 的归一化量化电平为

$$x_{\Delta} = 1.2 \times 4096 / 4 \approx 1229\Delta$$

查表得到编码输出序列为 11100011 (4 分)

(2) 译码输出 $\hat{x} = 1024\Delta + 3 \times 64\Delta + 0.5 \times 64\Delta = 1248\Delta \approx 1.22 V$ (4 分)

(3) 量化误差 $q = x - \hat{x} = 0.02 V$ (4 分)

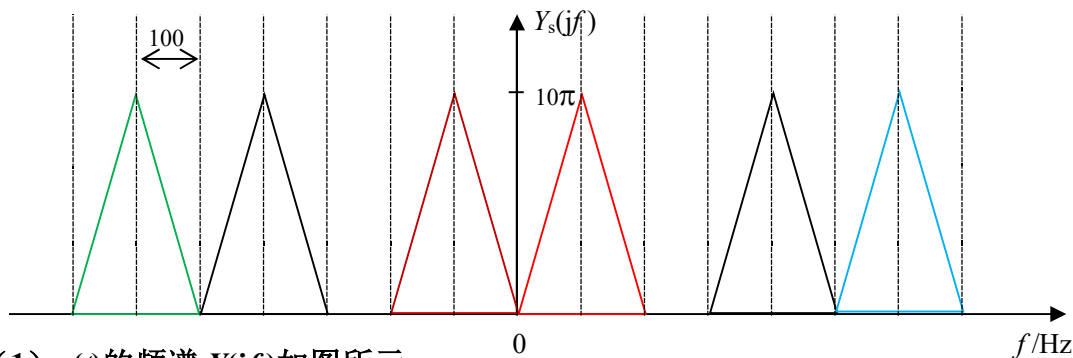
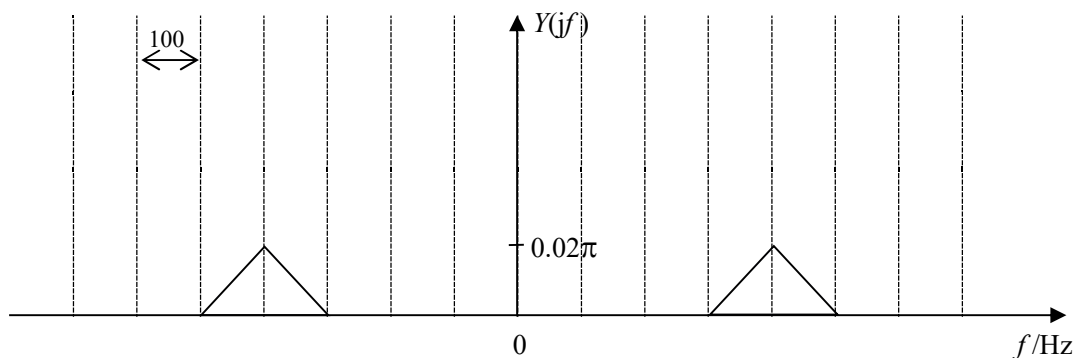
三、综合分析计算题（每小题 14 分，共 42 分）

1、已知模拟信号 $x(t)=4\pi\text{Sa}^2(100\pi t)$, $y(t)=x(t)\cos(800\pi t)$ 。

(1) 在下图中画出 $y(t)$ 的频谱 $Y(jf)$; (5 分)

(2) 对 $y(t)$ 进行理想抽样, 求所需要的最大抽样间隔 T_s ; (4 分)

(3) 假设抽样频率 $f_s = 500 \text{ Hz}$, 画出对应的抽样信号频谱 $Y_s(jf)$ 。 (5 分)



解: (1) $y(t)$ 的频谱 $Y(jf)$ 如图所示。

(2) 由频谱图可知, $y(t)$ 为带通信号, 最高频率 $f_H=500 \text{ Hz}$, 带宽 $B=200 \text{ Hz}$, $f_H/B=2.5$, 则根据带通抽样定理求得所允许的最低抽样频率和最大抽样间隔分别为

$$f_s = \frac{2 \times 500}{2} = 500 \text{ Hz}, T_s = \frac{1}{f_s} = 2 \text{ ms}$$

(3) 抽样信号的频谱 $Y_s(jf)$ 如图所示。

2、对模拟正弦信号进行均匀量化, 已知量化范围为 $-2\text{V} \sim +2\text{V}$, 要求最大量化信噪比达到 18 dB。

(1) 求编码位数 n 和量化间隔 Δ ; (4 分)

(2) 列出所有的量化电平; (4 分)

(3) 求抽样值 $x = 0.3 \text{ V}$ 对应的线性码编码和量化误差。 (6 分)

解：(1) 由 $1.76 + 6.02n \geq 18$ 求得 $n \geq 2.7$ ，取编码位数 $n=3$

$$\text{量化间隔 } \Delta = 4/2^3 = 0.5 \text{ V}$$

(2) $\pm 1.75 \text{ V}$ 、 $\pm 1.25 \text{ V}$ 、 $\pm 0.75 \text{ V}$ 、 $\pm 0.25 \text{ V}$

$$(3) \frac{x - (-2)}{\Delta} = \frac{0.3 - (-2)}{0.5} = 4.6, \text{ 则自然码编码为 } 100$$

$$\text{译码输出电平 } \hat{x} = -2 + 4\Delta + \Delta/2 = 0.25 \text{ V}$$

$$\text{量化误差 } q = x - \hat{x} = 0.05 \text{ V}$$

由 $0.3/0.5$ 商为 0，求得折叠码编码为 100，译码输出和量化误差相同。

3、某模拟信号进行抽样量化编码，已知信号的幅度变化范围为 $-8.192 \sim 8.192 \text{ V}$ 。

(1) 采用 A 律非线性 PCM 编码，求各段落的起始电平和量化间隔分别为多少伏，填在下表中；（每格 0.5 分，共 4 分）

段落号	段落起始电平 /V	量化间隔 /mV	段落号	段落起始电平 /V	量化间隔 /mV
1	0	4	5	0.512	32
2	0.064	4	6	1.024	64
3	0.128	8	7	2.048	128
4	0.256	16	8	4.096	256

(2) 若以段落 1 的量化间隔对同样的模拟信号进行均匀量化线性 PCM 编码，求量化电平数和量化信噪比。（5 分）

(3) 若以段落 8 的量化间隔对同样的模拟信号进行均匀量化线性 PCM 编码，求量化电平数和量化信噪比。（5 分）

解：(1) $1\Delta = 8.192/4096 = 2 \text{ mV}$ ，据此得到各段落的起始电平和量化间隔如表所示。

$$(2) \text{ 量化电平数 } M = \frac{2 \times 8.192}{0.004} = 4096,$$

$$\text{量化信噪比 } \text{SNR} = 1.76 + 6.02n = 1.76 + 6.02 \times \log_2 M = 74 \text{ dB}$$

$$(3) \text{ 量化电平数 } M = \frac{2 \times 8.192}{0.256} = 64,$$

$$\text{量化信噪比 } \text{SNR} = 1.76 + 6.02n = 1.76 + 6.02 \times \log_2 M = 37.88 \text{ dB}$$