

6-1 如果一台通用计算机计算一次复数乘法需要  $100 \mu s$ ，计算一次复数加法需要  $20 \mu s$ ，现在用它来计算  $N=1024$  点的 DFT，问直接计算 DFT 和用 FFT 计算 DFT 各需要多少时间？

解：

直接计算离散傅里叶变换所需的复数乘法运算时间为

$$T_{D1} = 100 \mu s * N^2 = 100 \mu s * 1024^2 = 104.8576s$$

直接计算离散傅里叶变换所需的复数加法运算时间为

$$T_{D2} = 20 \mu s * N * (N - 1) = 20 \mu s * 1024 * 1023 = 20.95104s$$

因此，直接计算离散傅里叶变换所需的时间为

$$T_D = T_{D1} + T_{D2} = 104.8576 + 20.95104 = 125.80864 \approx 126s$$

FFT 运算所需的复数乘法运算时间为

$$T_{F1} = 100 \mu s * \frac{N}{2} \log_2 N = 100 \mu s * 512 * 10 = 0.512s$$

FFT 运算所需的复数加法运算时间为

$$T_{F2} = 20 \mu s * N \log_2 N = 20 \mu s * 1024 * 10 = 0.2048s$$

因此，FFT 运算所需的时间为

$$T_F = T_{F1} + T_{F2} = 0.512 + 0.2048 = 0.7168s$$

6-2

解：由奈奎斯特定理：

$$f_s > 2f_h = 2 \times 2.5 = 5kHz$$

$$T_s = \frac{1}{f_s}$$

可得：

$$T_s = 0.0002$$

$$N > \frac{f_s}{f_0} = \frac{5 \times 10^3}{10} = 500$$

由于  $N$  为 2 的次幂，故有：

$$N = 512 (\text{为 } 2^9)$$

$$T_0 = NT_s = 512 \times \frac{1}{5 \times 10^3} = 0.1024s$$

(1)、(2)、(3) 问解决

6-6 对模拟信号  $x(t)$  使用 1024 点离散傅里叶变换进行频谱分析, 若  $x(t)$  的最高频率  $f_b = 4\text{kHz}$ , 时域抽样频率  $f_s = 10\text{kHz}$ , 则频谱抽样的频率间隔为多少? 第 257 根谱线  $X(256)$  对应于连续信号频谱的哪个频率点值?

解:

频谱抽样的频率间隔为

$$F_0 = f_s / N = (10 \times 10^3) / 1024 = 9.765$$

对应的频率点值为

$$F_0 \times 256 = 9.765 \times 256 = 2499$$

题目:  $x(n) = \{1 \ 1 \ 1 \ 1\}$ , 分别用 DIT-FFT 和 DIF-FFT 计算 4 点  $X(k)$ , 绘制 FFT 流程图, 并标注中间计算结果。

解:

