

电子测量技术（含实验）第4章作业

1. 简述电子计数器测频与测周、测频与测频率比、测周与测时间间隔的异同。

解

相同之处：

都是频率较低的信号作为门控信号，控制主门的开闭，频率较高的信号作为计数脉冲，在主门开启的时间内计数，然后根据定义即可进行频率、周期、频率比和时间间隔的测量。

不同之处：

测频适合于测量频率较高的信号，被测信号接 A 通道作为计数脉冲，晶振信号接 B 通道，时标信号作为门控信号；

测周适合于测量频率较低的信号，被测信号接 B 通道作为门控信号，晶振信号接 A 通道，时标信号作为计数脉冲，根据周期和频率的关系，可得被测信号的频率；

测频率比是将频率较高的被测信号接 A 通道作为计数脉冲，频率较低的被测信号作为门控信号，控制主门的开闭，计数器计得的个数就是两信号的频率比；

测时间间隔是将晶振信号接 A 通道，时标信号作为计数脉冲，被测信号接 B、C 通道，以被测的时间间隔作为主门开启的时间，对计数脉冲计数。

2. 电子计数器在测频率和周期时存在哪些主要误差？如何减小这些误差？

解

电子计数器测频率主要误差有量化误差和标准频率误差，

电子计数器测周期除了量化误差和标准频率误差，还有触发误差。

减小量化误差的方法：扩大主门时间，测周时也可使用周期倍乘法扩大主门时间；

减小标准频率误差的方法：改用晶振频率准确度更高，稳定度更好的电子计数器；

减小触发误差的方法：使用周期倍乘法扩大主门时间。

3. 用一个 6 位电子计数器测量频率为 2000Hz 的信号，试计算当闸门时间 T 分别为 1s、0.1s 和 10ms 时，由 ± 1 误差产生的测频误差。

分析

测频法量化相对误差： $\Delta N/N = \pm 1/N = \pm 1/Tf_x$ 。

其中 ΔN 为量化误差（ ± 1 误差）， N 为计数值， T 为主门时间， f_x 为被测量信号频率。

解

当 T 为 1s 时：

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{1}{f_x T_1} = \pm 0.05\%$$

当 T 为 0.1s 时：

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{1}{f_x T_2} = \pm 0.5\%$$

当 T 为 10ms 时：

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{1}{f_x T_3} = \pm 5\%$$

4. 测量一个频率为200Hz的信号频率,采用测频法(闸门时间 $T = 1\text{s}$)和测周法(时标信号周期 $T_s = 0.1\mu\text{s}$)两种方法,分别计算由 ± 1 误差引起的测量误差。

分析

测周法量化相对误差: $\Delta N/N = \pm 1/N = \pm 1/T_x f_s = \pm T_s/T_x$ 。

其中 ΔN 为量化误差(± 1 误差), N 为计数值, T_x 为被测周期, f_s 为时标信号频率。

解

采用测频法:

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{1}{f_x T} = \pm 0.5\%$$

采用测周法:

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{T_s}{T_x} = \pm 0.002\%$$

5. 利用电子计数器测频,已知内部晶振频率 $f_c = 1\text{MHz}$, $\Delta f_c/f_c = \pm 1 \times 10^{-7}$,被测频率 $f_x = 100\text{kHz}$,若要求 $\Delta N/N$ 为 $\pm 1 \times 10^{-6}$,则闸门时间应取多大?若被测频率 $f_x = 1\text{kHz}$,且闸门时间保持不变,上述要求是否满足?

解

电子计数器测频量化相对误差:

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{1}{f_x T} = \pm 1 \times 10^{-6}$$

闸门时间:

$$T = \frac{1}{f_x \left| \frac{\Delta N}{N} \right|} = 10\text{s}$$

若被测频率 $f_x = 1\text{kHz}$,量化相对误差:

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{1}{f_x T} = \pm 1 \times 10^{-4}$$

故不满足要求。

6. 用电子计数器测周法测量信号的周期,晶振频率为10MHz,其相对误差为 $\Delta f_c/f_c = \pm 5 \times 10^{-8}$,周期倍乘开关置“ $\times 100$ ”,求测量被测信号周期 $T_x = 10\mu\text{s}$ 时的测量误差。

分析

测频法最大允许误差: $\Delta f_x/f_x = \pm (\Delta N/N + |-\Delta T/T|) = \pm (1/f_x T + |\Delta f_c/f_c|)$;

测周法最大允许误差： $\Delta T_x/T_x = \pm \left(KT_c/mT_x + \left| \Delta f_c/f_c \right| + U_N/\sqrt{2m\pi}U_m \right)^\circ$

解

忽略触发误差，

$$\frac{\Delta T_x}{T} = \pm \left(\frac{T_c}{mT_x} + \left| \frac{\Delta f_c}{f_c} \right| \right) = \pm 0.00010005$$

7. 某电子计数器，测频的闸门时间为1s，测周时倍乘最大为“× 10000”，时标信号最高频率为10MHz，求中界频率。

分析

中界频率： $f_{x0} = \sqrt{f_{sf} \cdot f_{sT}}$ ，其中 f_{sf} 为时标信号最小频率， f_{sT} 为时标信号最大频率。

当 f_x 高于中界频率时，采用测频法测量频率；当 f_x 低于中界频率时，采用测周法测量频率。

解

$$f_{x0} = \sqrt{f_{sf} \cdot f_{sT}} = \sqrt{\frac{10000 \times 10 \times 10^6}{1}} = 316\text{kHz}$$