

用高精度信号发生器与示波器精确测量信号频率的一种方法

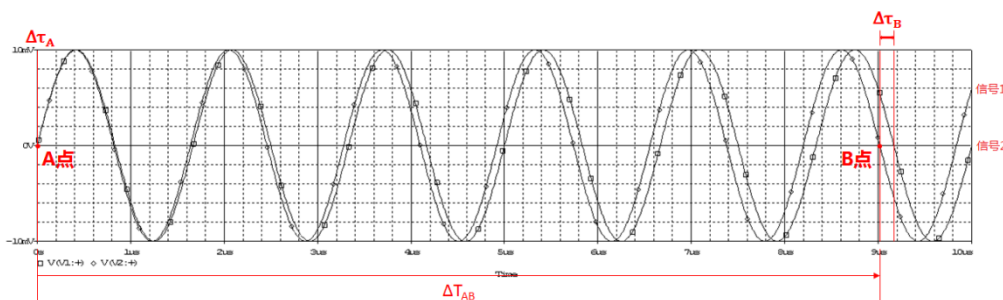
袁木子, 董明科

摘要: 本文介绍了一种基于示波器波形比较, 使用高精度信号发生器与低精度示波器精确测量待测信号频率的一种方法。此方法可以避免使用昂贵的高精度频率计, 可以对简单波形、复杂周期波形或弱小信号进行精确的频率测量。

普通示波器 Measure 功能的频率测试精度不够高, 为了精确测试待测信号的频率, 现通过高精度信号发生器引入一个频率已知、频率精度较高的标准信号与待测信号进行比较。通过示波器波形采集显示, 由波形上可见的时间差距求出频率上的微小差别。

一、测试原理

如下图所示的两个正弦信号, 它们在频率上有较小的差距 (示例图中两信号信



号 1 和信号 2 的频率分别为 $f_1=610\text{KHz}$ 与 $f_2=600\text{KHz}$ 。

现在图像中找两个点 A 与 B (比如电位 0V 点), 记录这两点时间距 ΔT_{AB} , 并分别记录 A, B 两点处信号 2 对信号 1 的时间延迟 $\Delta\tau_A$ (图中特例为 0) 与 $\Delta\tau_B$ 。那么, 在频率差不大 ($\Delta f < f_1$), 延迟差 $\Delta\tau_B - \Delta\tau_A$ 不超过 $T_1=1/f_1$ 的情况下有:

$$\frac{\Delta f}{f_1} \approx \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{\Delta\tau_B - \Delta\tau_A}{\Delta T_{AB}}$$

再根据上式调整标准信号的频率 f_1 , 即可得到与待测信号频率极为相近的信号。此时在示波器上便可以看到相对稳定 (相对很慢滑动, 甚至不动) 的两个信号。

二、测试步骤

1. 示波器 2 通道接入待测信号 f_2 , 1 通道接入标准信号 f_1 。先通过示波器的 Measure 功能粗测待测信号的频率。设置标准信号的频率为粗测结果。
2. 触发源可以使用标准信号, 可以在示波器上看到稳定的标准信号和高速移动的待测信号。按下“Run/Stop”键, 屏幕上的波形被固定下来。

3. 寻找两个波形时延比较容易测量的点, 测量这两点的时间差 ΔT_{AB} 与位移量差值 $\Delta\tau_A - \Delta\tau_B$ 。
4. 使用公式 $\frac{\Delta f}{f_1} = \frac{\Delta\tau_B - \Delta\tau_A}{\Delta T_{AB}}$ 计算 Δf , 并根据计算出的 Δf 修正信号发生器上的频率 f_1 值为 $f_1 - \Delta f$ 。
5. 重复步骤 2-步骤 4。一两次后便能看到屏幕上的待测信号不再移动或有视觉可看清的缓慢滑动。这说明两信号频率差足够小, 即在 1 秒内相差的周期数很少。此时认为信号发生器的设置频率 (往往优于 $1E-6$ 稳准度) 为待测信号频率, 此时也可观察手靠近振荡电路对振荡频率的影响。

讨论:

- 1) 视觉观察, 示波器两通道波形 4 秒内波形相对滑动个 1 周期, 两波形频率差为多少? 频率偏差的正负如何定? 此频偏估计值和 600KHz 被测频率比相对误差大吗?
- 2) 此测法的量程和误差如何? 举例说明。
- 3) 本文侧重了测试原理, 实际操作的时候有些细节需补充, 请列出一些细节。