

10

有效使用安捷伦频率计数器的10项提示 应用指南

计数器是一种即插即用的仪器，从外表来看相当简单。您只需把信号接到输入端，数字显示就会告诉您频率或其它参数。但要得到最好的结果，无论是对于测试速度还是测试质量，设置计数器的测量是很重要的。



选择最好的计数器

首先是选择最符合您测试需要的计数器。以下是几种适用于不同频率范围测量任务的计数器：

- **通用计数器**
可进行频率和时间间隔，以及一些相关参数测量。
- **射频频率计数器**
进行达 3 GHz 或更高的精确频率测量。
- **微波频率计数器**
进行达 40 GHz 或更高的精确频率测量。
- **时间间隔分析仪**
最适合进行精确的时间间隔测量。
- **调制域分析仪**
专用于显示调制量，如频率-时间，相位-时间和时间间隔-时间。



Agilent Technologies

提示 1

认识分辨率和精度的差别

认为显示位数越多的测量结果越精确的想法也许并不正确。通常犯的一个错误就是把分辨率和精度看等同起来。它们的确相互联系，但却是不同的概念。

计数器的分辨率是指计数器能够在相近频率中检测的最小变化量。在所有其它情况均相同时（如测量时间和产品成本），位数是越多越好——但您看到的显示位数必须得到精度的支持。当其它误差使计数器的分辨能力偏离真实频率时，其位数并无实际意义。也就是说计数器提供的可能是对不正确频率的非常精确读数。

精度由随机误差和系统误差确定。随机误差是分辨率不确定度的来源，它包括：

- **量化误差**

计数器测量时，最后一位有效数字存在 ± 1 的不确定性。产生原因是内部时钟频率和输入信号间的非相干性。

- **触发误差**

输入信号的噪声或来自计数器输入通道的噪声都可能引起噪声毛刺触发。

- **时基误差**

时基振荡器频率和其标称频率的不同都会直接导致测量误差。

系统误差是测量系统读数对信号实际频率的偏离。包括老化、温度和线电压变化对时基晶体的影响。

图1中比较了两台计数器。计数器A有好的分辨率但系统误差较大，计数器B分辨率差但系统偏移误差较小，结果是在大多数情况下，计数器A显示结果的精度要比计数器B低。

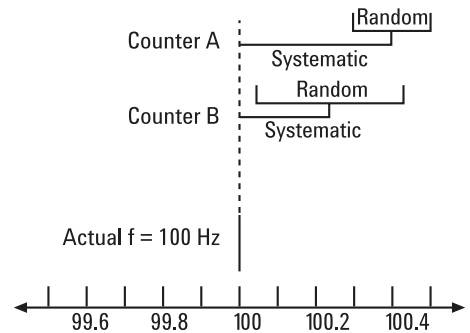


图1. 分辨率—精度简图。系统误差与时基使显示频率偏离实际频率。随机误差产生一个频率范围，计数器不能区分此范围内的不同信号。

提示

2

理解计数器的测量方法

频率计数器分成两类：直接计数和倒数计数。理解这两种不同方法的影响将帮助您选择最佳的计数器并正确地使用计数器。

直接计数器简单记录已知周期（选通时间）的信号循环次数。所得到的计数直接送至计数器的读出显示。

这种方法既简单又便宜，但也意味着直接计数器的分辨率固定为Hz。例如，对于1s的选通时间，计数器能检测到的最低频率为1Hz（根据定义，1s内信号循环一次为1Hz）。因此如果您正在测量10Hz信号，对1s选通时间的预期最好分辨率为1Hz，或2位显示。对于1kHz信号和1s选通，您能得到4位。100kHz信号为6位，依此类推。图2表明了这一关系。还应注意直接计数器的选通时间只能选为1s的十倍数或十分数，这也限制了您的测量灵活性。

与之相反，倒数计数器测量输入信号的周期，然后将周期取倒数得到频率。鉴于其测量体系结构，对于给定的选通时间，所得到的分辨率为显示位数（而非Hz）。

也就是说倒数计数器永远显示同样的分辨率位数，而与输入频率无关。注意对于特定的选通时间，您将看到按位数规定的倒数计数器分辨率，如“每秒10位”。

只需查看频率分辨率指标，您就能确定是直接计数器还是倒数计数器。如果分辨率以Hz表示，就是直接计数器。如果用位/秒表示，就是倒数计数器。

计数器行业规定的标准化测量是相对于1s选通时间。图3比较直接计数器和倒数计数器的分辨率。在较低频率时，倒数计数器有明显的优势。例如对于1kHz，直接计数器给出1Hz的分辨率（4位）。而10位/秒的倒数计数器给出1μHz（10位）的分辨率。

即使精密分辨率不是您的主要要求，倒数计数器还具有速度优势：倒数计数器在1ms时得到1mHz分辨率，而直接计数器却要花整整1s，才能得到1Hz分辨率（图4）。倒数计数器也提供连续可调的选通时间（不只是十进制步进），因此您能以最少的时间得到所需要的分辨率。

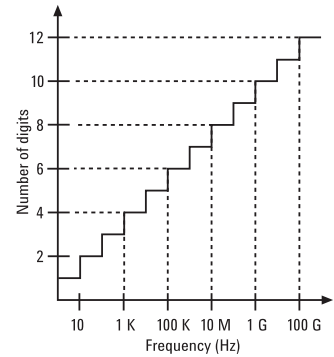


图2. 直接计数器显示的位数 — 频率（对于1s选通时间）

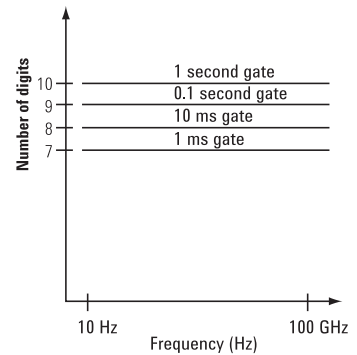


图3. 比较直接计数器和倒数计数器的分辨率（对于1s选通时间）

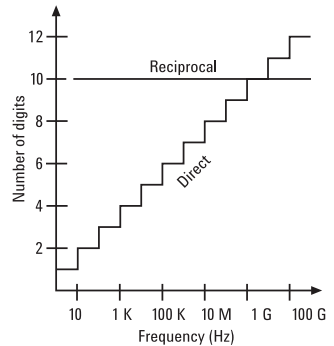


图4. 这里是10位/秒倒数计数器不同分辨率所需要的选通时间

选择也依据性价比。如果您对分辨率没有严格要求，也不太关心速度，那么直接计数器就可能是经济的选择。而对于快速和高分辨率测量，则应选倒数计数器。

提示

3

选择合适的时基

频率计数器的测量精度与时基稳定性密切相关。时基建立了测量输入信号的参考标准。更好的时基有可能得到更好的测量。环境温度对石英晶体的振动频率有很大影响，可根据热行为把时基技术分为三类：

- **室温晶体振荡器(RTXO)**

这类时基不使用任何温度补偿或控制。振荡器在0°C至50°C温度范围内有最小的频率变化。为

此，要在制造过程中正确切割晶体。优质RTXO在此环境温度的变化约为2.5ppm。这对于1MHz信号是±2.5Hz，因此是测量中必须考虑的重要因素。它的优点是便宜，但会带来较大的频率误差。

- **温度补偿晶体振荡器(TCXO)**

对于温度变化造成的频率变化，一种补偿方法是通过增加外部元件补偿热响应，从而得到更稳定的频率。这种方法可稳定其热

行为，把相对于RTXO的时基误差降低一个数量级(约1ppm，对1MHz信号为±1Hz)。

- **恒温槽控制晶体振荡器(OCXO)**

这种技术是把晶体振荡器放在恒温槽中，把槽内温度保持在热响应曲线的特定点上。从而得到更好的时基稳定度，典型误差只有0.0025ppm(对于1MHz信号为±0.0025Hz)。此外，恒温槽控制时基还能降低晶体老化效应，因此不需要频繁地送校计数器。

提示

4

为满足性能要求进行定期校准

校准计数器的频度由几项因素决定。

- 时基类型
- 计数器在测量期间经受的条件
- 测量需要多高的精度

校准并非一个简单问题，通常与计数器精度直接相关。您在显示器上看到的测量质量取决于四个因素：

1. 时间不变的计数器性能因素(如提示3中讨论的时基温度稳定性)

2. 时间变化的计数器性能因素(如时基的老化率)

3. 输入信号纯净度和噪声级

4. 计数器设置和配置

第2项是校准所扮演的角色。尽管计数器是测量电信号的电子仪器，但作为每台计数器时基心脏的石英晶体却是一种机械元件。由于晶体是机械元件，因此在受到各种物理扰动时会改变它的振动频率，并进而影响计数器精度。这些不同扰动的累积效应即晶体的老化，校准计数器即是对老化的补偿。

老化是一项容易预测和能通过校准得到补偿的因素。您可通过查看计数器的老化率指标确定何时需要校准。

例如：如果老化率为 4×10^{-8} 天。在校准后的第300天，老化将在总精度计算中增加 1.2×10^{-5} 的时基误差。如果该不确定度(对于1MHz信号为±12Hz)加上其它固有误差对您的测量是可接受的，您就不需要校准。否则就要校准。

提示

5

进行最精确的测量

• 选择最好的待命模式

如果您要进行快速的测量，一种简单方法是使用频率计数器的自动待命模式。但在四种典型待命模式(自动、外部、时间和位)中，自动模式的精度最低。您可以通过增加外部、时间，或位待命模式的选通时间改进分辨率和系统不确定度(如提示2所述，两者都是测量误差的组成部分)。

• 使用最好的时基和经常进行校准

时基的质量和校准的频度将影响您的测量质量。对于大多数应用，您需要兼顾精度、时基质量和校准周期。如果购买的是较高质量的时基，就可适当延长校准周期。如果频繁地校准，较便宜的时基就也能达到您的精度要求。时基不需要放在计数器中，可用外部精密频率源和时基改进测量精度。

• 保持计数器时基温度

如我们在提示3中讨论的，大多数精密频率计数器都使用温度补偿频率振荡器(TCXO)或恒温槽控制频率振荡器(OCXO)。保持频率振荡器的连续通电将避免输出频率的变动。振荡器断电，即使是很短时间的断电，在回到稳定频率前也会有波动。为保证最稳定的晶体工作：

- 把计数器放在不会被拔掉电源的位置，使仪器在开机模式和待机模式间交替。

- 在校准时基时，要把校准设备拿到计数器处，而不是相反，因此不必给仪器断电。
- 保护频率计数器免受搬移和温度变化也将改进它的稳定性。

当您断开计数器电源时，即使是短暂的，老化率也要按天数重新开始计算。

• 监视触发电平时误差

在您进行定时测量(时间间隔，脉冲宽度，上升时间，下降时间，相位和占空比)时，需要考虑触发电平时误差的影响。有几项需考虑的因素：触发电平电路的分辨率和精度，输入信号在触发点的斜率，以及输入滞后带的宽度。

为减小这些影响，应在正弦波或方波信号的偏置值处触发。这样能得到最大斜率，也把滞后带误差减到最小。如果您进行的是偏置至偏置测量(如整个周期，两信号间 0° 相位)，那么滞后窗效应可能被抵消。应注意大多数计数器都最适合 $0V$ 触发电平设置。

• 如有可能，把所有时基锁定到单一时钟

两个独立时基间产生的偏离和/或抖动将增加误差。使用独立时基就像是观看视频和音频通道在不同的系统上的电影。在电影开始时，音频和视频可能同步，但随着时间推移，两者差距越来越大。在使用现代测试和测量设备的应用中，这种偏离不能忽略的。

提示

6

进行最快的测量

您可以配置现代频率计数器，以得到每秒数百次的读数，这对于表征随时间变化的信号是非常有用的。应记住频率计数器最适合测量稳定，或慢变化的信号。还应记住为获得精确读数，得到一个好的读数比平均大量读数更好。

• 把计数器设置到已知状态

在发送复位命令后，仪器返回到就绪状态前最好不要发送其它命令。对于大多数仪器返回就绪状态，程序中增加一秒的等待或延迟就足够了。仪器有可能丢失复位时接收的命令。

• 设置与仪器使用数据类型一致的输出格式

这将避免后处理期间因转换数据格式造成的延迟。

• 禁用所有后处理和打印操作

当您禁用这些功能时，处理器就能把它的资源用于读数和把读数送至计算机，而不是用来响应额外的中断，例如更新显示。

• 配置预期频率

Agilent 53100 系列计数器能按您的测量频率优化配置。实际被测信号必须在您命令中提供值的 10% 内。

• 设置触发电平

当输入信号通过命令中的电平设置值时，就建立了触发条件。把触发电平设置在信号的最大斜率处，从而把满足触发条件的时量减到最小。正弦波或方波在过零时(假定为 $0V$ 偏置)有最大的斜率。

• 把触发设置为立刻读数

当仪器使用双电平触发时，在得到读数前必须同时符合这两个触发条件。设置触发待命条件，以立刻满足第一级触发电平。

提示

7

调节灵敏度, 避免噪声触发

现代计数器是一种具有灵敏输入电路的宽带仪器。对计数器来说, 所有信号看来都是相同的。正弦波、方波、谐波和随机噪声都像是一连串过零点。计数器通过这些过零点触发测量信号频率。如果信号纯净, 这一过程就不存在问题。但带有噪声的信号会造成计数器在寄生过零点上触发。当这种情况发生时, 您就不能得到预期的测量结果。

幸而有针对这些问题的办法。

- 计数器要求在记录过零点前, 信号需先通过两个低和高的滞后阈值。这两个电平间的间隔称为**触发灵敏度、滞后带 或触发带**。
- 高质量的计数器能让您调节这一带的宽度, 从而把不需要的触发减到最少。图5示出会造成测量

问题的带有寄生成分的信号。由于触发带很窄, 因此有害噪声(在点1和点3)及实际信号(在点2和点4)都会造成计数器触发。实际仅有2个周期的信号就得到4个计数。

通过调节触发带让计数器变得不太灵敏, 您就能避免这些寄生触发。在图6中, 触发带有足够的宽度(也就是灵敏度足够低), 使过零点的寄生不会引起计数。计数器记录2次有效过零点, 并按此计算相应的频率。如果您认为信号可能存在噪声问题, 可尝试把计数器转为低灵敏度模式。如果显示频率有变化, 表明有时是在噪声上触发。

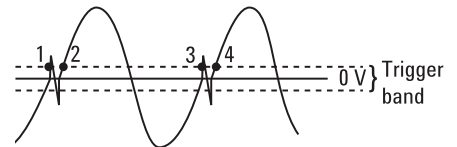


图5. 由于触发带设置过窄, 2个小峰值(此处为寄生信号)在点1和点3产生不需要的触发。

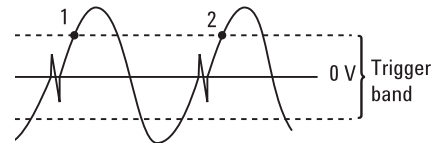


图6. 通过展宽触发带降低触发灵敏度, 得到所需要的计数。

提示

8

减小跳动显示

跳动显示是最后几个数字会快速跳动。如果您要实时调整电路, 或要按计数器显示完成某项任务, 跳动显示将是一项挑战。根据您计数器的能力, 稳定这些数字有几种可选的方案。

• 减少显示位数

大多数计数器都有“缩位”功能。虽然能得到稳定的显示, 但

您判定电路行为所需的信息也可能被隐藏。应注意它完全是一项显示功能, 对实际测量没有任何影响。

• 使用极限测试

如果您仅需要知道信号是否在特定频率带内, 如果计数器有此能力, 即可使用带可视指示器的极限测试。

• 使用信号平均

在考虑跳动信号时, 平均(在许多计数器上标为“Mean”)始终是一种好的选择。与单纯减少显示位数不同, 平均能实际改进您的测量质量。通过减小信号中随机变动量的影响, 平均减少了显示的变化数字。

提示

9

改进低频测量

提示 7 讨论了信号噪声触发问题。这一问题可能对低频信号(约为100 Hz和更低)影响更大,因为此时在不相关高频成份上的寄生触发机会将更多。此外,信号的斜率也影响触发精度——斜率越低,产生这种错误的机会就越大。

这里是帮助您改进计数器低频信号测量质量的一些步骤:

• 利用低通滤波器

假定您的计数器上有低通滤波器,就能用它减少在谐波和高频噪声上触发的机会。

• 使用手动触发

当把计数器设置为使用自动触发时,它会估计信号的峰峰电平并计算中点电平,以建立触发电平。这种方法一般能得到良好的结果,但对于低频信号却会造成问题。问题在于自动触发算法所取的时间有可能小于信号在最小值和最大值间的过渡时间。其结果是自动触发跟着信号电平上下游走,而不是根据对最小值和最大值的一致估计设置一个触发电平。解决方案是关断自动触发而手动设置触发电平。

• 使用直流耦合

许多计数器提供主输入通道的DC和AC耦合选择。AC耦合可去掉信号中的任何直流偏移,而DC耦合则包容整个信号、偏移及所有一切。AC耦合的问题在于它也衰减了低频成分。由于这一原因,有些计数器可能并未规定AC耦合时特定频率之下的性能指标。

• 降低计数器灵敏度

低频信号可能有低斜率——这意味着信号改变状态慢。越慢的斜率越难建立可重复触发。降低计数器灵敏度会有所帮助。为让计数器相继触发,信号需通过低阈值和高阈值。计数器灵敏度确定了触发带,即高低阈值之差。降低灵敏度将拓宽上下阈值差,即拓宽了触发带。

• 监视状态寄存器

完成低频测量要花较多时间。如果您是从计算机控制计数器,就可在要求读数前先检查状态寄存器。计数器将连续进行测量,直到接到指示测量结束的第二个有效触发条件。如果输入信号断开连接,计数器会无限期等待测量的完成。如果您要求测量,计算机则一直在等待,一直到计数器响应查询时才结束测量。为避免这种情况,开始测量,然后检查状态寄存器,从而在请求读数前确认测量已经完成。

提示

10

利用极限测试能力

获得每秒10-12位读数的计数器并不少。极限测试能让您更容易地解释读数。您能用几种方法配置和完成极限测试:

- 用显示器上的可视指示器指示超出极限的读数。
- 设置计数器,在达到极限时停止读取数据。
- 当输出超出极限时,命令计数器在 GPIB 接口上发送 SRQ
- 用提供的硬件线指示已产生超过极限的读数
- 您可将计数器设置成在统计测量中忽略超过极限的读数。

您可在把极限测试与计数器的统计,标度和偏移特性组合使用。标度和偏移通常用于把频率测量转换成物理测量(如速度或转速)。

最后,您可将计数器配置为超过极限后继续读数或停止读数。如果您的计数器似乎停止了触发,可能是把计数器配置成在超出极限读数后停止。此外,当您把计数器配置成输出外部信号时,它将关机后再开机,进入默认状态,因此要确保您保存和调用该频率计数器的设置。

欢迎订阅免费的



安捷伦电子期刊

www.agilent.com/find/emailupdates
得到您所选择的产品和应用的最新信息。



Agilent Direct

www.agilent.com/find/agilentdirect
高置信地快速选择和使用您的
测试设备解决方案

Agilent
Open

Agilent Open简化连接和编程测试系统的过程,以帮助工程师设计、验证和制造电子产品。Agilent的众多系统就绪仪器,开放工业软件,PC标准I/O和全球支持,将加速测试系统的开发。要了解更详细的情况,请访问:
www.agilent.com/find/openconnect。



www.lxistandard.org

LXI是GPIB的LAN基继承者,提供更快和更有效的连通能力。安捷伦是LXI联盟的发起成员。

有关安捷伦开放实验室暨测量方案中心和安捷伦测试与测量技术认证,请访问:
www.agilent.com.cn/find/openlab

安捷伦电子测量事业部中文资料库: <http://www.tm.agilent.com.cn/chcn/>

Remove all doubt

使您的设备恢复如新并准时送还

安捷伦承诺经我们维修和校准的设备在返回您时就像新设备一样。安捷伦设备在整个生命期中都保持其全部价值。您的设备将由接受过安捷伦专业培训的技术人员,使用全新的工厂校准规范、自动维修诊断步骤和正品备件进行维修和校准。您可对您的测量充满信心。

安捷伦还为您的设备提供各种测试和测量服务,包括入门级培训、现场培训,以及系统集成和项目管理。

要了解有关维修和校准服务的详细情况,请访问:

www.agilent.com/find/removealldoubt

www.agilent.com

请通过Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。

在线帮助: www.agilent.com/find/assist

热线电话: 800-810-0189

热线传真: 800-820-2816

安捷伦科技有限公司总部

地址: 北京市朝阳区望京北路3号

电话: 800-810-0189

(010) 64397888

传真: (010) 64390278

邮编: 100102

上海分公司

地址: 上海市西藏中路268号

来福士广场办公楼7层

电话: (021) 23017688

传真: (021) 63403229

邮编: 200001

广州分公司

地址: 广州市天河北路233号

中信广场66层07-08室

电话: (020) 86685500

传真: (020) 86695074

邮编: 510613

成都分公司

地址: 成都市下南大街6号

天府绿洲大厦0908-0912室

电话: (028) 86165500

传真: (028) 86165501

邮编: 610012

深圳分公司

地址: 深圳市高新区南区

黎明网络大厦3楼东区

电话: (0755) 82465500

传真: (0755) 82460880

邮编: 518057

西安办事处

地址: 西安市高新区科技路33号

高新国际商务中心

数码大厦23层01-02室

电话: (029) 88337030

传真: (029) 88337039

邮编: 710075

安捷伦科技香港有限公司

地址: 香港太古城英皇道1111号

太古城中心1座24楼

电话: (852) 31977777

传真: (852) 25069256

香港热线: 800-938-693

香港传真: (852) 25069233

E-mail: tm_asia@agilent.com

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改
©Agilent Technologies, Inc. 2008

出版号: 5989-8431CHCN

2008年7月 印于北京



Agilent Technologies