



振荡器制造商的时间和频率测量

使用 FCA3000 和 FCA3100 系列定时器 / 计数器 / 分析仪

应用指南

引言

振荡器设计和制造要求准确地测量时间和频率参数，如果没有适当的测试计量技术，这可能是一个挑战。本应用指南考察了使用泰克 FCA3000/3100 系列定时器 / 计数器/分析仪快速准确地测量设计环境和生产环境中的高精度振荡器有关的技术和技巧。

| 常用测量 | |
|---------------------------------|----------------|
| 振荡器设计和制造过程中进行的常用时间和频率测量包括： | |
| 测量任务 | 环境 |
| ■ 调节和检验频率 | ■ 生产 |
| ■ 根据技术规范进行频率检验 | ■ 质量控制 |
| ■ 振荡器的长期稳定性 | ■ 生产 |
| ■ 质量控制 | ■ 振荡器的温度稳定性测量 |
| ■ 研发 | ■ 质量控制 |
| ■ 短期稳定性测试；ADEV 对 τ | ■ 研发 |
| ■ 生产 | ■ 开机测试 |
| ■ 研发 | ■ 质量控制 |
| ■ 电信时钟模块中的漂移 参数测量(TIE, TDEV) | ■ 研发 ■ 质量控制 |
| ■ 检验频率纯度 | ■ 研发 |
| ■ PLL 参数测试 | ■ 研发 |



图 1. 使用 FCA3100 系列上的艾伦偏差(Adev)统计报告功能, 识别短期不稳定性。

在设计过程中全面准确地检定振荡器

在研发中, 工程师必须执行多项任务, 检定振荡器设计, 包括检定振荡器的开机性能、检验短期稳定性(ADEV 对 τ)、分析时钟 PLL 的行为、采样测试漂移参数(TIE, TDEV)、检测频率毛刺。

FCA3100 系列拥有 12 位/秒的频率分辨率和 50 ps 的时间分辨率, 提供了精确测量功能, 保证准确地检定振荡器。自动测量功能如 TIE (时间间隔误差)、TDEV (时间偏差)、频率和相位, 简化了在振荡器设计过程中进行的许多必要测量的工作。

为追踪振荡器输出怎样随时间变化或在环境条件下的变化, 测量统计模式可以查看测量趋势。设计人员经常发现, 艾伦偏差是检定短期不稳定性的一个主要测量指标。

使用艾伦偏差(ADEV)进行短期不稳定性测试

在试图隔离抖动引起的短期不稳定性时, 使用标准偏差技术是不可能实现的, 因为标准偏差考虑所有类型的偏差的影响, 把样本中的所有样点与总平均值进行对比。



图 2. OCXO 的 ADEV vs t 的 TimeView™ 曲线。

泰克定时器/计数器/分析仪可以隔离及基本上缩窄短期不稳定性的范围。

艾伦偏差是通过以短的间隔采样(测量)来检定短期不稳定性使用的统计指标, 其基本概念是消除由于老化、温度或漂移引起的长期位移的影响。它连续比较相邻样点, 而不是在整个数据样本中进行比较。ADEV 是在任意 2τ 周期上任何两个背对背频率样点 f_k 和 $f_{k+\tau}$ 之差的 RMS, 其中每个样点长 τ 。

正确计算 ADEV 时会假设死区时间为零或进行背对背测量, 因此不能使用传统计数器。只有零死区时间及带有时间标记的计数器, 如 FCA3100 系列, 才能完成这一任务。用户只需在前面板上按一下 Analyze 按钮, 就可以在统计读数中看到艾伦偏差, 如图 1 所示。也可以使用调制域分析软件。

使用 TimeView™ 调制域分析软件

TimeView™ 有哪些功能

对研发工程师来说，如果没有适当的测量工具，试图了解振荡器的短期行为和开机行为会是一项极具挑战性的任务。泰克 FCA3000/3100 系列定时器/计数器与选配的 TimeView 调制域分析软件相结合，轻松提供了这一功能，而没有任何其它类型的仪器能够做到这一点。此外，TimeView 可以监测老化，测量时间间隔误差(对网络时钟)，找到振荡器中的任何频率异常信号(毛刺、相移)。

TimeView 怎样工作

TimeView 从 FCA3100 系列产品中获得零死区时间数据(频率、时间或相位)，然后显示和处理数据。基本演示模式显示频率变化、时间或相位随时间变化。这种独特的调制域演示模式揭示的信号特点补充了传统时域(示波器视图)或频域(频谱分析仪视图)。

TimeView 统计演示模式提供数字统计和直方图表示，揭示抖动类型和可能的调制。FFT 演示模式检测振荡器频率故意的不想要的调制，可以使用时间标记演示模式，计算短期不稳定性 ADEV over τ 。参见图 2 中的曲线。

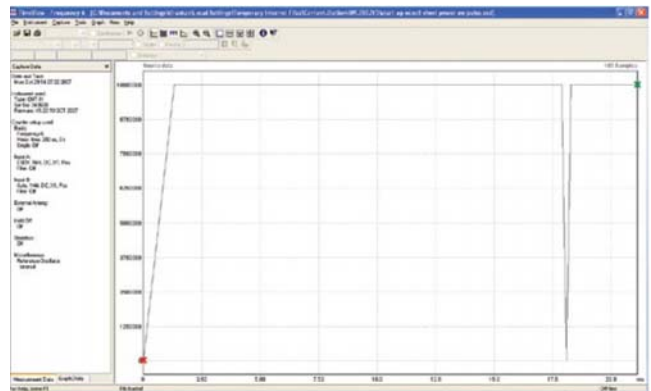


图 3. 在开机后 TCXO 输出频率随时间变化(最左面的红色光标)。

使用 TimeView 测量振荡器预热时间

在试图捕获振荡器预热时间时，您可以把 TimeView 设置成进行频率背对背(BtB)测量及自由运行数据捕获，迅速捕获振荡器的预热时间。如图 3 所示，被测设备为 10 MHz TCXO，使用的测量时间为 200 μ s。TimeView 图表显示了频率样点(Y)随时间轴(X)变化。第一个样点是带时间标记的开机触发(红色光标)，另外还有 TimeView 时间标度的原点。

测量电信时钟模块中的漂移参数(TIE, TDEV)

预计用于同步电信网络中的振荡器和时钟模块有时会有额外的漂移参数指标(有时是最大时间间隔误差(MTIE)，但最主要的是与漂移有关的时间偏差(TDEV))。这些漂移参数是基本时间间隔误差指标(TIE)的后处理结果。TIE 是实际时钟或数据信号的触发事件(正常情况下是零交点)与理想或参考时钟信号相比的时间差。TIE = 0 是时间 $t=0$ 时获得的第一个值，TIE 是相对于采集的第一个样点之间累积的相位差。由于连续零死区时间测量原理，FCA3100 系列是市场上唯一内置 TIE 测量功能的频率计数器。

改善生产环境中的生产效率

世界各地的制造商都尽最大努力寻求各种技术来改善生产效率。不管是实施精密制造还是缩短测试时间，提高生产效率都可以降低成本，提高利润。对所有制造或测量振荡器或时钟模块、并希望改善处理时间的公司来说，泰克 FCA 系列定时器 / 计数器 / 分析仪提供了理想的选择。例如，在生产测试台中，产品的高时间和频率分辨率与业内最优秀的定时器 / 计数器测量速度及 53131A/53132A GPIB 兼容能力模式相结合，使得 FCA3000/3100 系列成为振荡器制造的最佳选择。

节约生产过程中的测试时间

振荡器的大批量生产测试一般在采用定制设计的测试夹的自动化测试系统中进行，其适用于多个振荡器，可以并行测量，也可以顺序切换。总吞吐量受到生产操作人员、测量时间、振荡器开关开销及数据传送时间的限制。在这些测量中，总线测量速度和分辨率是关键参数。

FCA3100 系列产品提供了最优秀的分辨率(在测量时间为 100 ms 时分辨率为 $1E-11$)及 GPIB 总线速度(每秒高达 4000 个低分辨率测量)。检验 8 个有效位的频率只要求 5 ms 的测量时间。

在生产环境中最大限度地利用定时器 / 计数器

在 FREQ A 和 FREQ B 之间快速切换

在振荡器 DUT(DUT = 被测设备)上快速进行频率测量的方式之一，是让生产操作人员一次把两个振荡器连接到一台计数器上，因此，测试顺序是：

- 把 DUT 1 和 2 连接到输入 A 和 B 上，测量 A，测量 B
- 切换到 DUT 3 和 4，连接到输入 A 和 B 上，测量 A，测量 B，依此类推

而不是：

- 把 DUT 1 连接到输入 A 上，测量 A
- 切换到 DUT 2，把 DUT 2 连接到输入 A 上，测量 A
- 切换到 DUT 3，依此类推

在使用 FCA3100 系列时，先测量 A、然后再测量 B 的切换时间为 <30 ms，具体时间与生产操作人员切换 DUT 所需的时间有关。

检测有问题 DUT 的开机超时时间短

振荡器快速生产测试的其中一个问题是 DUT 可能有故障，也就是说，您让分拣装置把 DUT 连接到计数器上，开始进行测量，结果没有什么反应。被测振荡器有问题，没有提供任何输出信号。某些计数器或多或少会一直等下去，直到控制器中止开始的频率测量。其它计数器拥有程控超时功能，可以自动中止测量工作。

传统计数器中超时设置的问题之一是，它们定义了测量应该已经结束、还没有开始的时间，而超时时间必须长于门限触发时间(测量时间)。例如，如果测量时间是 500 ms，那么超时应设置为 500 ms 或以上，也就是说，您需要等 500 ms 以上的时间，才能知道 DUT 是否损坏。

FCA3100 系列计数器 / 定时器可以设置测量开始和结束的超时，可以设置成非常短的开始超时时间(仅 10 ms)，迅速检测有问题的振荡器。

小批量生产测试

在小批量生产测试中，您可能会看到半自动测试台，手动处理 DUT，有时还会看到手动读数。在这些应用中，FCA3100 系列产品提供了独特的优势，如：

- 在内置显示器上以图形方式表示测试极限
- 使用 USB 连接器连接运行测试软件的 PC，不需要购买 GPIB 卡

生产质量控制

在质量控制部门中，所有类型的频率或时间参数检验都可以使用 FCA 系列定时器 / 计数器进行，通过增加泰克 TimeView 调制域分析软件，可以测量振荡器在几天、几周、甚至几个月内的老化，监测由于环境变化(如温度)导致的频率变化。

校准实验室

在校准实验室中，FCA3100 系列定时器 / 计数器 50 ps 的高时间间隔分辨率及选配的高稳定性恒温振荡器可以在内部频率标准(如铷标准或铯标准)之间快速准确地比较相位。作为多功能测量工具，FCA3100 系列可以作为信号发生器、频谱分析仪和示波器时间间隔或相位校准中理想的频率时基校准装置使用。

小结

FCA3000 或 FCA3100 系列定时器 / 计数器 / 分析仪与 TimeView 软件相结合, 为在研发或制造环境中进行振荡器测量提供了一套强大的多功能工具。这些工具简便易用, 提供了杰出的测量吞吐速度, 明显改善了多种应用中的生产效率。

FCA 系列提供了多种型号, 可以满足您的需求和预算:

| | FCA3000 | FCA3100 |
|--------|--|---|
| 最大频率 | 300 MHz, 3 GHz, 20 GHz 三种型号 | 300 MHz, 3 GHz, 20 GHz 三种型号 |
| 分辨率 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 100 ps (时间) ■ 12 位 / 秒(频率) | <ul style="list-style-type: none"> ■ 50 ps (时间) ■ 12 位 / 秒 (频率) |
| 数据传送速率 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 250 k 样点 / 秒(内存) ■ 5 k 样点 / 秒 (数据块) | <ul style="list-style-type: none"> ■ 250 k 样点 / 秒 (内存) ■ 15 k 样点 / 秒 (数据块) |
| 提供的测量 | 13 种自动测量 频率, 周期, 比率, 时间间隔, 时间间隔误差, 脉宽, 上升 / 下降时间, 相角, 占空比, V_{max} , V_{min} , V_{p-p} | 14 种自动测量 频率, 周期, 比率, 时间间隔, 时间间隔误差, 脉宽, 上升 / 下降时间, 相角, 占空比, V_{max} , V_{min} , V_{p-p} , 积分 |
| 内置分析模式 | 趋势图, 测量统计, 艾伦偏差, 直方图 | 趋势图, 测量统计, 艾伦偏差, 直方图 |
| 后面板连接 | USB, GPIB | USB, GPIB |

泰克科技(中国)有限公司
上海市浦东新区川桥路1227号
邮编: 201206
电话: (86 21) 5031 2000
传真: (86 21) 5899 3156

泰克北京办事处
北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编: 100088
电话: (86 10) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市徐汇区宜山路900号
科技大楼C楼7楼
邮编: 200233
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处
深圳市福田区南园路68号
上步大厦21层G/H/I/J室
邮编: 518031
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539

泰克成都办事处
成都市人民南路一段86号
城市之心23层D-F座
邮编: 610016
电话: (86 28) 8620 3028
传真: (86 28) 8620 3038

泰克西安办事处
西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦20层K座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市汉口建设大道518号
招银大厦1611室
邮编: 430022
电话: (86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处
九龙尖沙咀加连威老道2-6号
爱宾大厦15楼6室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

如需进一步信息

泰克维护完善的一套应用指南、技术简介和其它资源, 并不断扩大, 帮助工程师处理尖端技术。请访问: www.tektronix.com.cn



版权所有©泰克公司, 侵权必究。泰克产品受到已经签发及正在申请的美国 and 国外专利的保护。本文中的信息代替以前出版的所有资料。技术数据和价格如有变更, 恕不另行通告。Tektronix 和 TEK 是泰克公司的注册商标。本文提到的所有其它商号均为各自公司的服务标志、商标或注册商标。

08/10 EA/WWW

3GC-25569-0

Tektronix®