

## 处理有噪声的信号

### 利用示波器工具简化测量

#### 引言

噪声是一种无处不在的常见问题。几乎处理电路的每个人都要用一定的时间处理噪声，要么找到噪声来源修复它，要么减少噪声对测量的影响。

噪声可能来自无穷无尽的来源，包括设计内部来源或外部来源，噪声会挡住感兴趣的信号。您可能在测量低压(mV)信号方面正碰到麻烦，如在雷达传输或心脏监测仪中。噪声会使您很难找到信号的实际电压，可能会提高抖动，很难进行定时测量。您可能需要干净的没有噪声的轨迹，把重点放在设计中预计的信号上。干净的轨迹可以用于报告和文档，清楚地显示设计运行情况。

## 处理有噪声的信号

### 应用指南

您的示波器提供了相应的功能和工具，帮助您处理噪声。本应用指南将回顾常用的示波器功能，以在测量过程中降低噪声，包括只有泰克 MSO2000 和 DPO2000 系列示波器上才提供的创新工具。通过 FilterVu™ 可变低通滤波器，您可以从信号中滤掉不想要的噪声，同时仍直到示波器的全部带宽，捕获意想不到的毛刺，使您把重点放在感兴趣的信号上，而不会漏掉关键的高频事件。

### 使用示波器测量有噪声的信号

#### 要求稳定触发

在分析信号前，您需要稳定的显示，如果信号有噪声，稳定的显示可能是一个问题，进而很难创建稳定触发。大多数示波器拥有多种功能，帮助您解决这个问题。

通常情况下，创建稳定触发的第一步是测试哪种触发耦合模式效果最好。泰克许多示波器提供了高频(HF)抑制、低频(LF)抑制和噪声抑制触发耦合选项，每种选项都可以用来为信号创建稳定触发。

HF Reject 在触发路径上执行低通滤波，力图忽略任何高频不稳定性或噪声。LF Reject 在触发路径上执行高通滤波，力图防止低频信号产生噪声。Noise Reject 提高要求的触发粘滞值，防止随机噪声导致触发。可能很难预测这些模式怎样影响您的特定信号，在必要时逐个试试，以保持稳定触发。

大多数示波器中的触发系统还提供触发释抑控制。这种控制只允许在用户指定的延迟定时器之后触发。如果信号是重复的，试着调节触发释抑，忽略某些假触发。

如果触发仍不稳定，大多数示波器提供了一个带宽限制滤波器，使信号传送通过低通滤波器。低通滤波器一般只提供几种频率设置，通常不低于 20 MHz。对许多应用来说，如调试电源问题，这种设置可能不够低。试试不同的带宽设置，直到实现稳定触发。

#### 降低显示的信号上的噪声

一旦获得稳定触发，可以进一步在示波器上调节噪声显示。有多种工具可以完成这一点：带宽限制滤波器(如前所述)、平均采集模式、HiRes 采集模式和 FilterVu 低通滤波器，FilterVu 低通滤波器是泰克 MSO/DPO2000 系列示波器上提供的一种新功能。

#### 带宽限制滤波器

带宽限制滤波器把示波器的带宽降低到选择的频率。也就是说，高于选定频率的频率将从触发路径及采集和显示路径中衰减或完全去掉。带宽限制滤波器不仅可以用来保持稳定触发，还可以用来降低示波器上显示的噪声数量。

使用带宽限制滤波器是降低示波器中噪声的最简单的方式之一，如果所有不想要的噪声频率都高于固定截止频率，那么特别适合使用带宽限制滤波器。但是，它也会去掉可能发生的任何高速毛刺。

示波器提供的带宽限制设置一般非常有限，标准选项包括 250 MHz 和 20 MHz。

### 平均采集模式

平均采集模式进行若干个完整的采集，逐点进行平均，获得采集中每个时间样点的平均电压。用户可以调节平均包括的采集数量。噪声在采集之间一般是随机的，有时上升，有时下降。这些随机变化在数量足够的采集中平均时，它们将抵消，在屏幕上产生稳定的信号。为利用平均采集模式，您的波形必须是重复的。不重复的波形或单次事件不能平均。

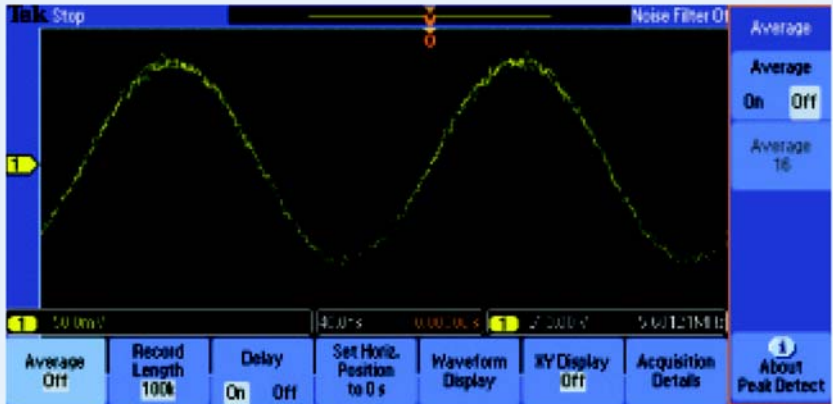
平均采集模式会降低各类不相关的信号和随机噪声，即使频率非常低。此外，它适用于所有示波器时间/格设置。

由于必须采集多个波形，才能创建一个平均后的波形，因此在输入信号变化或前面板旋钮变化时，显示画面更新速度可能会很慢。这意味着可能会漏掉偶发的毛刺。

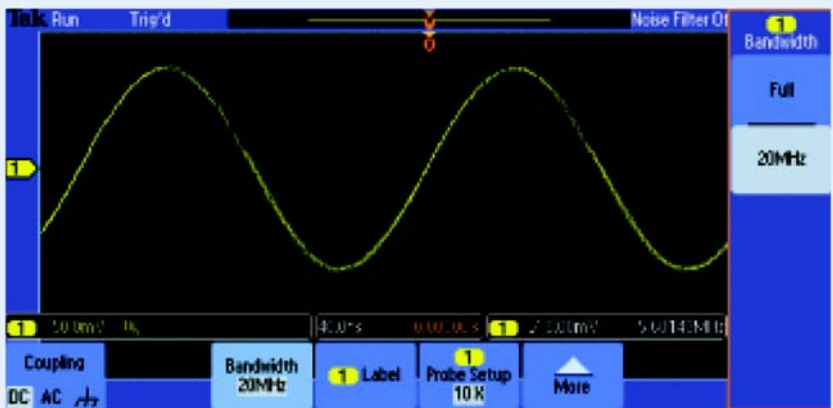
在某些应用中，平均采集模式要优于带宽限制滤波器，因为可以使用示波器的全部带宽，捕获高频重复事件。

降低噪声：

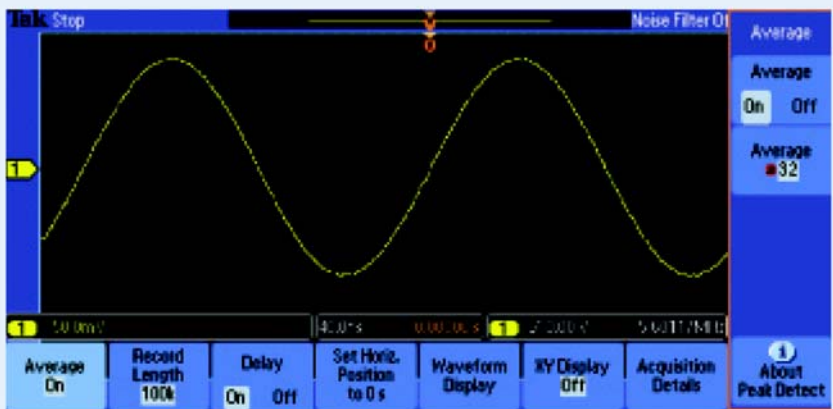
带宽限制滤波器和平均采集模式



默认采集和小的电压正弦波显示画面。注意信号的噪声为 30mV。



带宽限制滤波器设为 20 MHz。注意噪声数量已经大大减少。这表明部分噪声量大于 20 MHz，但仍有部分频率较低的噪声。



平均 32 次的平均采集模式。注意正弦波非常干净，几乎没有噪声。平均可以去掉所有频率的随机噪声。

## 处理有噪声的信号

### 应用指南

#### HiRes 采集模式

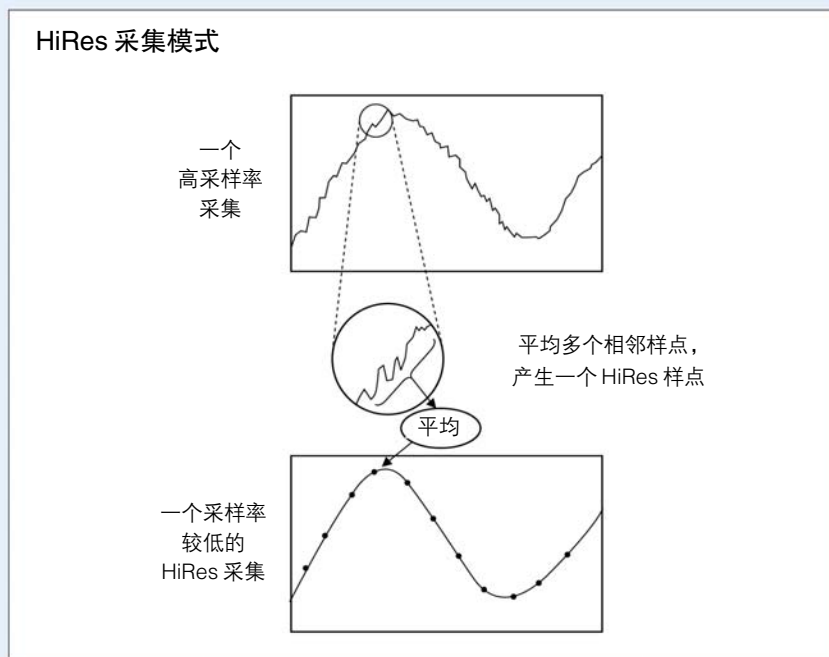
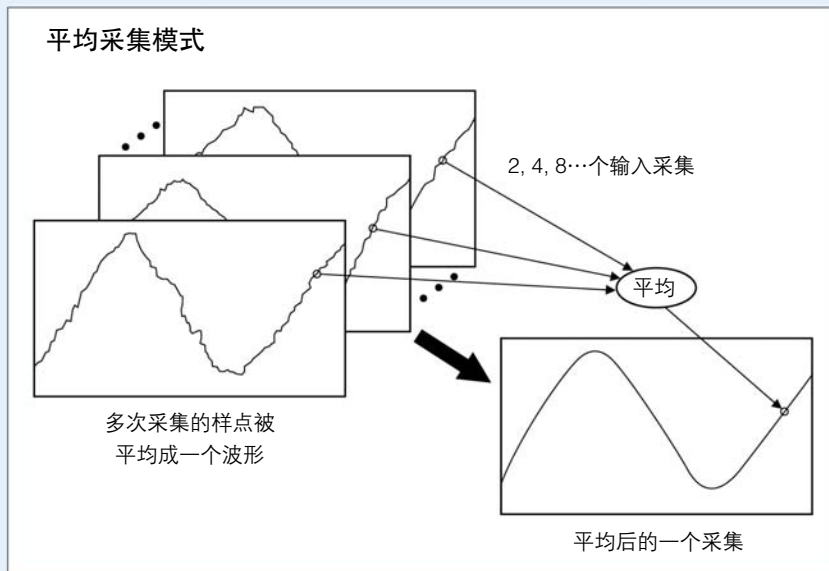
某些示波器包括 HiRes 采集模式，这种模式与平均采集模式类似，因为它使用平均消除噪声。HiRes 在每个采集上执行矩形波串平均，平均采集的一个波形内的多个相邻样点，产生一个平均后的样点。这会降低高频噪声，因为平均可以抵消噪声引起的电压高速变化。它还降低采样率，因为它把多个样点转换成一个样点。因此，HiRes 采集模式只适用于较慢的时间 / 格设置，在这种情况下，示波器仍有足够的采样率表示被测信号。

与平均采集模式不同，HiRes 采集模式可以用于不重复的波形和单次波形上。此外，由于只需采集一个波形，HiRes 采集模式在输入或前面板设置变化后显示更新速度要快得多。把时间上相邻的多个样点结合在一起，还减少了在较低时间 / 格设置上产生假信号的机会。

由于 HiRes 采集模式是低通滤波的一种，您可能会漏掉信号上的高速毛刺。HiRes 采集模式将使部分高频噪声通过，可能会使信号形状和边沿位置模糊。一般不会指明 HiRes 采集模式中去掉哪些频率。

HiRes 采集模式可能会从显示中减少部分有假信号的频率；由于 HiRes 低通滤波器的频率选择度差，可能仍会存在部分有假信号的频率。

降低噪声：  
平均采集模式和 HiRes 采集模式



## DSP 滤波器

某些示波器提供了后处理 DSP 滤波器，从信号中去掉某些频率的噪声。可以全面控制滤波频率。尽管这些滤波器可能会很灵活，但它们通常会很慢，只适合单次或更新速率较低的显示。它们可能会在您不知道的情况下，滤掉感兴趣的重要毛刺或异常事件。

## FilterVu™ 可变低通滤波

泰克 MSO/DPO2000 系列示波器提供了一种强大的功能—FilterVu™ 可变低通滤波，帮助从信号中滤掉不想要的噪声。FilterVu 允许选择应用到显示的采集中的低通滤波频率。除低通滤波后的轨迹外，可以使用不明显的背景轨迹，在干净的滤波后的波形下显示峰值检测 (min/max 采样) 的原始采集，防止漏掉任何意想不到的高频毛刺或高幅度噪声(参见图 1)。

可以从前面板上调节低通滤波截止频率，控制希望降低的噪声量。滤波频率读数允许检定信号上有哪些频率的噪声，而不必设置麻烦的 FFT (快速傅立叶变换)。这种调节甚至可以用于采集的后的单次波形，进而可以认真地检测信号。

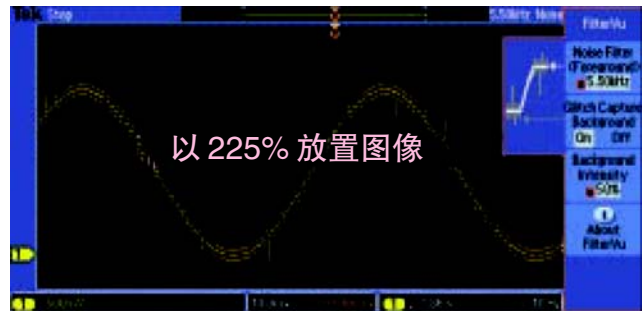


图 1. 通过FilterVu可变低通滤波器，干净的滤波后的波形下显示了背景轨迹，背景轨迹显示了峰值检测的原始采集。

作为采集流程的一部分，FilterVu可以快速更新HiRes采集模式显示，拥有后处理DSP滤波器的灵活性和控制功能，同时保持背景图像，显示高频毛刺和噪声幅度。

峰值检测背景轨迹直到示波器的带宽捕获信号的峰值漂移，即使是单次波形也不例外。这意味着在以最低的时间/格设置检测信号时，可以以最快时间/格设置捕获的任何毛刺仍能显示。

## 处理有噪声的信号

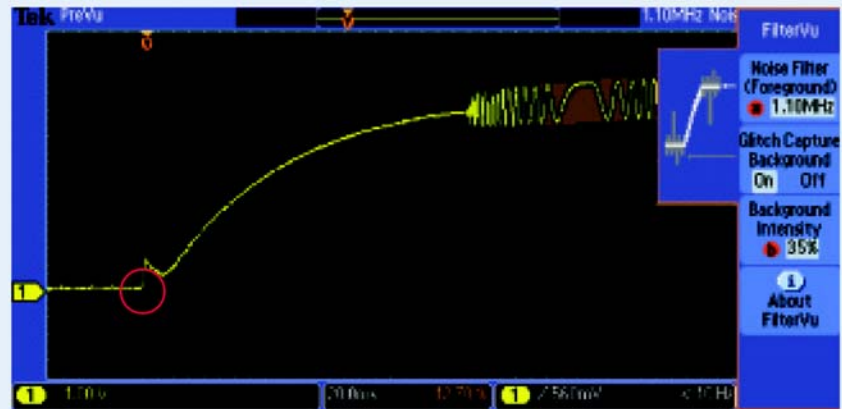
### 应用指南

与 HiRes 采集模式一样，FilterVu™ 滤波不能用于所有时间/格设置。在变成较快的设置时，滤波范围会下降。在最快的时间/格设置下，没有提供任何滤波，因为低通滤波器的工作方式是减少波形中的样点数量。在许多时间/格设置下，示波器以降低的采样率运行，有许多额外的点。在示波器以全部采样率或接近全部采样率运行时，额外的点数会减少，FilterVu 功能将下降。为降低最快时间/格设置下的噪声，最好使用平均采集模式。

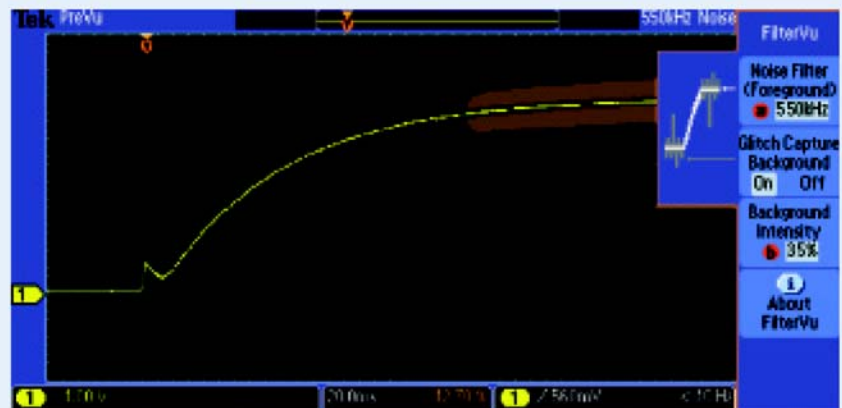
FilterVu 可以用于重复波形、不重复波形和单次波形。它拥有很宽的滤波频率可调节范围，允许去掉足够的噪声，而不会滚降信号。与带宽限制滤波器相比，FilterVu 可以进行低频滤波 (<1 MHz)；与 HiRes 采集模式不同，它不会传送通过可能使信号模糊的不想要的高频率。由于其峰值检测背景可以防止漏掉重要的毛刺，因此它为 HiRes 采集模式提供了优秀的替代方案。

FilterVu 可以降低假信号的影响。在每个时间/格设置下的最低噪声滤波频率上，当频率设为最小值，缩放关闭，运行采集时，导致假信号的不超过 1% 的高频成分会通过滤波器。它只会去掉假信号频率，而不会去掉感兴趣的信号。

Reducing Noise with FilterVu™ Variable Low-Pass Filter



FilterVu 捕获开关模式电源的开机功率。注意屏幕左面小的负尖峰。FilterVu 的毛刺捕获功能显示了这个尖峰(用红色圈住)。其它示波器可能会漏掉这个毛刺。



这是与上图相同的单次采集，其中滤波截止频率变成了 550 kHz。注意主信号中现在去掉了右侧的振荡。通过比较这两个实例中右上方的噪声滤波(前景)设置，可以确定振荡位于 550 kHz 和 1.1 MHz 之间。可以在停止采集时，在同一个单次捕获上执行这种分析。另外注意，毛刺捕获背景中仍显示了这个尖峰。尽管已经滤波了前景轨迹，但仍有背景轨迹显示毛刺。

## 总结

噪声是所有电气设计和调试工作中无处不在的极具挑战性的问题。在本应用指南中，我们讨论了用来降低、了解和检定测量噪声的部分示波器工具。泰克 MSO2000 和 DPO2000 系列示波器中的 FilterVu 低通滤波器增加了一种强大灵活的工具，而引发的代价非常低，使您能够更好地处理设计中的噪声问题。

## 不同滤波器和采集模式比较

模式	不重复采集和单次采集	用于最快的时间 / 格设置下	显示高频毛刺和异常事件	屏幕更新性能	频率范围
带宽限制滤波器	✓	✓		高	一般只适用于较高的频率 (20 MHz, 250 MHz)
平均采集模式		✓		中	N/A (所有频率)
HiRes 采集模式	✓			高	与时间 / 格有关
FilterVu™ 可变低通滤波器	✓		✓	高	与时间 / 格有关, 用户控制可用的滤波范围
DSP 滤波器	✓	✓		低	可以调节

模式	优点	缺点
触发耦合 (HF, LF, 噪声抑制)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 帮助获得稳定触发</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 只影响触发，显示画面中仍有噪声</li> </ul>
带宽限制滤波器	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 简单</li> <li>■ 滤波频率带有文档</li> <li>■ 帮助获得稳定触发</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 有限的一套滤波频率(如 20 MHz 和 25 MHz)</li> <li>■ 噪声源的频率通常低得多</li> <li>■ 可能会去掉重要毛刺</li> </ul>
平均采集模式	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 适合重复的波形</li> <li>■ 在所有时间 / 格设置下提供</li> <li>■ 可以调节 - 平衡降低噪声和屏幕更新性能</li> <li>■ 可以降低低频噪声</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 不能用于不重复的波形或单次波形</li> <li>■ 显示对示波器控制变化或信号变化的响应速度慢</li> <li>■ 去掉不重复的毛刺</li> <li>■ 不能帮助获得稳定触发。在触发不稳定时显示结果差</li> </ul>
HiRes 采集模式	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 适合重复的波形、不重复的波形和单次波形</li> <li>■ 更新速度快，实时输入响应</li> <li>■ 降低假信号机会</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 不能用于最快的时间 / 格设置</li> <li>■ 可能会去掉重要毛刺</li> <li>■ 可能会去掉某些高频成分</li> <li>■ 没有指明有效带宽或滤波频率</li> <li>■ 不能调节滤波</li> <li>■ 不能帮助获得稳定触发</li> </ul>
FilterVu 可变低通滤波器	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可以调节滤波频率电平，滤波频率范围相对较宽，在运行或停止时可以调节</li> <li>■ 频率读数表明滤波频率</li> <li>■ 可以调节，不明显地显示毛刺和噪声幅度</li> <li>■ 适用于重复的波形、不重复的波形和单次波形</li> <li>■ 快速更新显示，实时输入响应</li> <li>■ 可以消除产生假信号的机会</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 不适用于最快的时间 / 格设置</li> <li>■ 不能帮助获得稳定触发</li> </ul>

**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) 6235 1210/1230  
传真: (86 10) 6235 1236

**泰克上海办事处**  
上海市静安区延安中路841号  
东方海外大厦18楼1802-06室  
邮编: 200040  
电话: (86 21) 6289 6908  
传真: (86 21) 6289 7267

**泰克深圳办事处**  
深圳市罗湖区深南东路5002号  
信兴广场地王商业大厦G1-02室  
邮编: 518008  
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**  
西安市东大街  
西安凯悦(阿房宫)饭店345室  
邮编: 710001  
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**  
香港铜锣湾希慎道33号  
利园3501室  
电话: (852) 2585 6688  
传真: (852) 2598 6260

#### 更详尽信息

泰克公司备有内容丰富、并不断予以充实的应用文章、技术简介和其他资料,以帮助那些从事前沿技术研究的工程师们。请访问 [www.tektronix.com.cn](http://www.tektronix.com.cn)



© 2008 年 Tektronix, Inc. 版权所有。 全权所有。 Tektronix 产品, 不论已获得专利和正在申请专利者, 均受美国和外国专利法的保护。 本文提供的信息取代所有以前出版的资料。 本公司保留变更技术规格和售价的权利。 TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。 本文提及的所有其它商号分别为其各自所有公司的服务标志、商标或注册商标。 10/08 EAWOW 3GC-22049-0

**Tektronix®**