

理解 FFT 重叠处理



泰克实时频谱分析仪基本读物

泰克实时频谱分析仪

► 基本读物

目录

引言	3
需要查看速度更快的随时间变化的信号	3
扩展您的眼界	3
图 1. 与缩放类似	3
工作方式	4
重叠多个 FFT	4
图 2. 重叠 FFT 处理	4
部分比较	5
图 3. 非重叠的频谱图	5
重叠的 FFT	5
图 4. 重叠的 FFT 频谱图	5
伪随机调制脉冲	6
图 5. 重叠 FFT 频谱图伪随机跳频	6
图 6. 频率随时间变化 - 伪随机跳频器	6
展宽时间	7
图 7. 时间上重叠的脉冲应用	7
图 8. 查看随时间变化的 RF	7
频谱图上升时间	8
泰克 RTSA FFT 重叠	8
FFT 对时间分辨率的窗口效应	8
跨度和取样速率的影响	8
测量频谱图上升时间	9
表 1. 频谱图有效上升时间	9
不使用 FFT 窗口的影响	9
图 9. 矩形 FFT 窗口	9
图 10. BLACKMAN-HARRIS 4B 窗口 - 默认值	9
图 11. 频谱图中的 MOIRÉ 码型	10
新的人为信号	10
测量时间事件	10
图 12. 测量时间事件	10
时间相关的多域分析	10
幅度效应	11
短脉冲	11
图 13. 较低的频率在这里以较低幅度显示	11
表 2. 短脉冲的幅度下降程度	11
图 14. 重叠 FFT 帧和一个脉冲	12
图 15. 应用窗口函数的 FFT 帧	12
BLACKMAN-HARRIS 窗口	13
图 16. BH-4B 窗口图	13
图 17. 显示多个跳频的一个时间标尺	13
计算幅度下降程度	13
其它窗口	14
超短脉冲	14
图 18. 在时间视图中可以简便地测量 250 NS 脉冲	14
图 19. 在频谱中看不到 250 NS 脉冲	14
图 20. 现在可以看到 250 NS 脉冲	15
重叠功能不能做什么	16
总结	17
附录 A: 脉冲发生文件	18
表 3. 演示文件名称	18

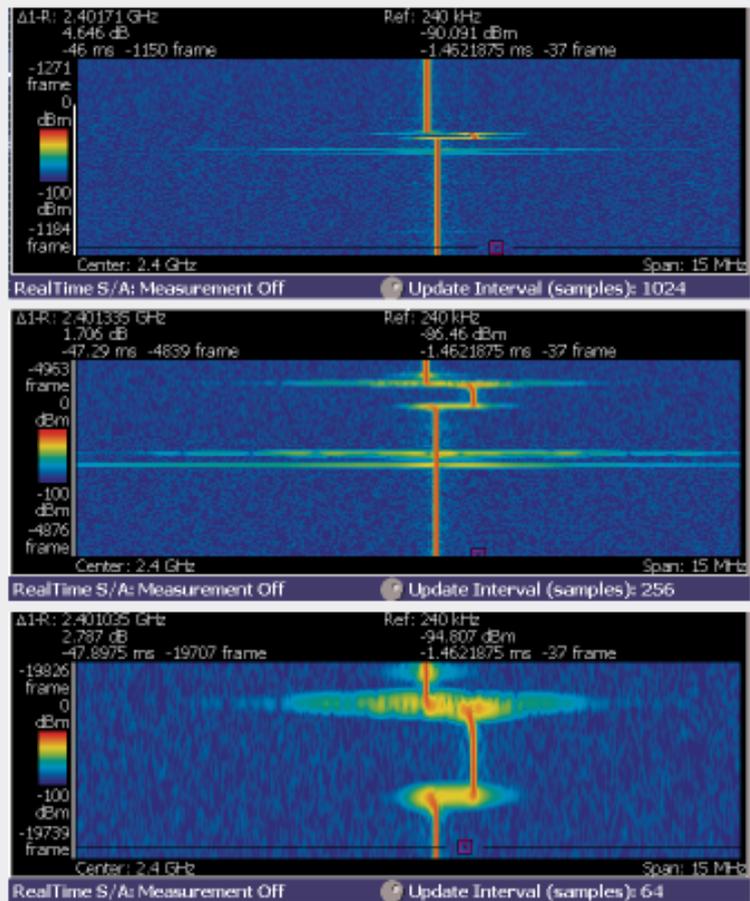
本读物假设读者已经了解了RTSA工作的基础知识。如需了解介绍实时频谱分析技术基础知识的教育信息，请参阅：www.tektronix.com/rsa。

扩展您的眼界

- 顶部频谱图显示没有重叠
帧时长 = 20 us

- 768 FFT 点重叠
(FFT 时间间隔 - 256 点)
帧时长 = 5 us

- 960 FFT 点重叠
(FFT 时间间隔 - 64 点)
帧时长 = 1.25 us



► 图 1. 与缩放类似。

需要查看速度更快的随时间变化的信号

随着速度更快的随时间变化的频率信号越来越普遍，泰克提供了采用可以完全重叠的 FFT 帧的实时频谱分析仪 (RTSA)，满足广大用户更好地查看超短时间事件的需求。

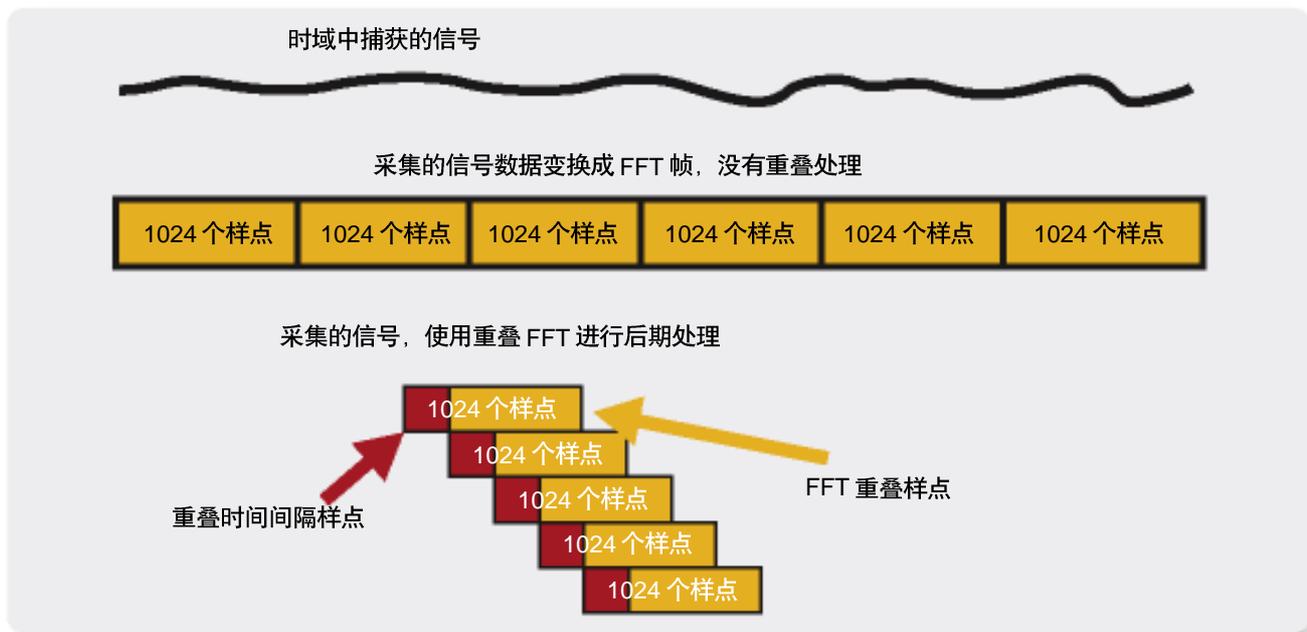
在本读物中，我们将显示这一技术的分析优势。我们还将考察其工作方式，及怎样最有效地使用这一技术，更加清楚地查看随时间变化的 RF 信号。

重叠 FFT 的工作方式与频谱图“缩放”有些类似。它有效展宽时间标度，来实现这一点。它重叠小的时间事件，频谱图中提供的更大的查看能力则大大提高了查看频率随时间变化的能力。

图 1 中下面的频谱图可以查看瞬时事件行为。在这种情况下，两个单独的频率步骤在上方的频谱图中仅显示为一个步骤。下方的整个频谱图只包含在上方的频谱图的 5 个帧中。

泰克实时频谱分析仪

▶ 基本读物



▶ 图 2. 重叠 FFT 处理

工作方式

重叠多个 FFT

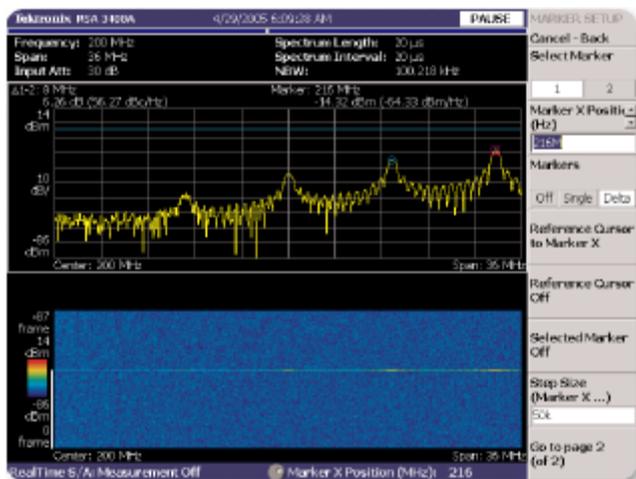
前一代 RTSA 大多以直接顺序方式处理来自模数转换器的数据。第一个 1024 个字节进入第一个 FFT (第一个帧), 第二个 1024 字节进入第二个 FFT (第二个帧), 依此类推。

通过这种新功能, 用户可以在 0-1023 范围内选择重叠的数据点数量。也就是说, 在 0 重叠时, 我们对与前一个 FFT 相邻的每个 FFT 使用顺序方式。重叠数量指明了任何 FFT 帧中最后面多少个数据点变成下一个帧中包括的开始的数据点。在选择 1023 个重叠时, 第二个 FFT 帧将在末尾只有一个新的数据点, 在前一个 FFT 中只在开头丢掉一个点。1023 个数据点在这些相邻的帧之间共享。图 2 说明了带有重叠和没有重叠的 FFT 处理之间的差异。

这也意味着在显示每个 FFT 频谱时, 它包含着来自上一个频谱的部分信息。在图 1 中间图形所示的重叠 FFT 处理实例中, 使用 256 个样点的 FFT 时间间隔, 每个帧上重叠了 768 个样点。每个帧在前一个帧后 5 微秒时开始, 显示了 15 MHz 的跨度。跨度越窄, 每个频谱占用的时间越多, 可以同时查看的频率成分相互之间的距离越近。

通过这种技术, 可以查看非常短的频谱事件(特别是持续时间短于一个 FFT 帧的频谱事件), 即使其幅度下降, 并位于相互相邻显示的多个 FFT 频谱中。

其优势是可以查看一个信号内部非常短的时间变化。其缺点是由于 FFT 在时间上重叠, 因此各种频率事件也会出现在频谱图显示中, 且重叠数量相同。这种效果可以防止频谱事件之间的相对定时测量与频谱查看能力一样提高分辨率。



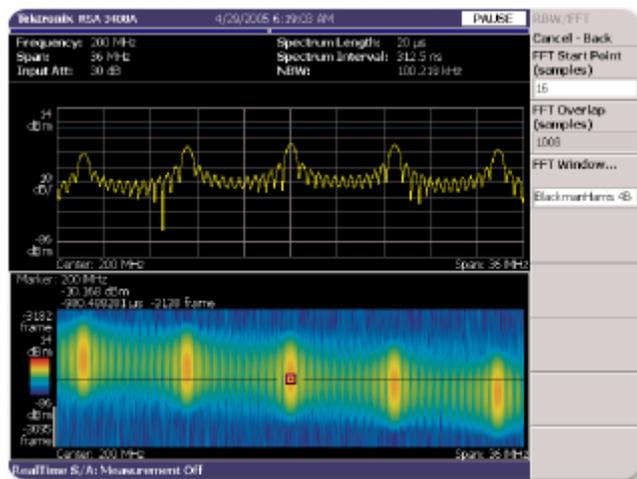
► 图 3. 非重叠的频谱图。

部分比较

在图 3 中，我们看到的是包括雷达脉冲的频谱图。这个脉冲采用跳频，在 32 MHz 中有五个阶跃。它长 8 微秒，包括全部 5 个跳。由于使用 36 MHz 跨度，其约为一个 20 微秒 FFT 频谱帧的 1/3。此外，每个跳持续仅约为一个 FFT 帧的 1/12。因此，它只存在于一个帧中，我们不能看到跳频脉冲中的太多细节。

RTSA 可以触发和捕获这样的脉冲。但是，在频谱图中显示相当困难。

为触发非常短的脉冲，首选使用功率触发器。前面提到的脉冲是由泰克 AWG710B 任意波形发生器生成的。附录 A 中列明了这个脉冲及本文中所有其它脉冲使用的文件。



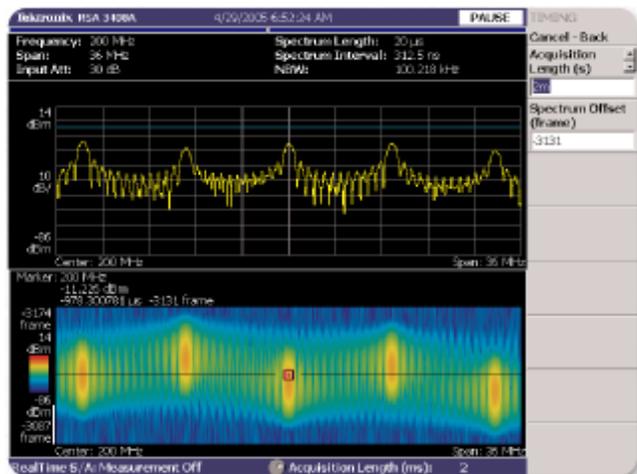
► 图 4. 重叠的 FFT 频谱图。

重叠的 FFT

在图 4 中，带宽为 36 MHz 的泰克 RTSA 使用重叠 FFT 处理技术显示了同一个跳频脉冲，其中 FFT 帧与帧之间的时间间隔从 1024 个样点（没有重叠）下降到 16 个样点，有 1008 个样点重叠。结果变化非常大。尽管脉冲仍要短于一个帧，但各个帧以 320 ns 间隔顺序定位。这清楚地显示了在整个脉冲中频率不断提高的阶跃以及每个阶跃相应的时间。

泰克实时频谱分析仪

▶ 基本读物



▶ 图 5. 重叠 FFT 频谱图伪随机跳频。

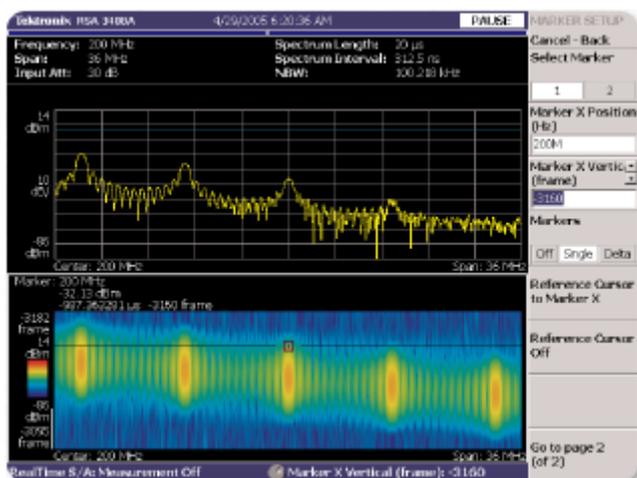
伪随机调制脉冲

另外还提供了伪随机跳频脉冲波形，如图5和图6所示。它采用与上一个脉冲相同的跳频时间和相同的频率间隔。但是其频率不会随每一跳线性提高，而是在整个带宽中随机跳频。

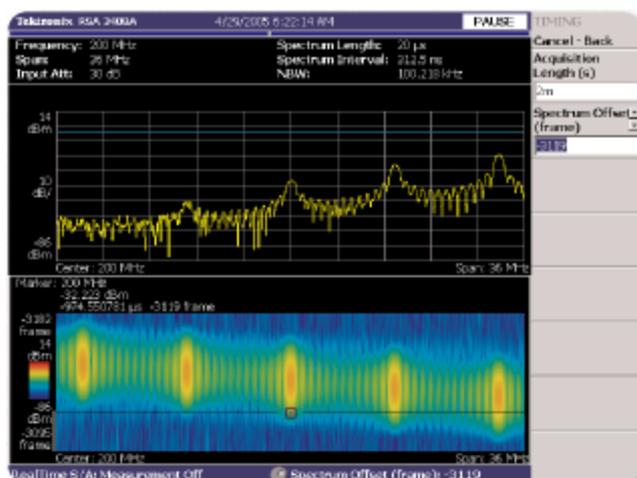


▶ 图 6. 频率随时间变化 - 伪随机跳频器。

在图6中，我们看到重叠FFT的时间重叠效应需要使用频率随时间变化图，测量各个跳上的定时。图中说明了这一显示的优势，因为它与图5中的时间明显相反，并顺序显示时间。



► 图 7. 时间上重叠的脉冲应用。



► 图 8. 查看随时间变化的 RF。

展宽时间

重叠技术实际带来的效果并不是真正的“缩放”，而更多的是“展宽”时间。这大大改善了查看随时间变化的现象的能力，但事件完全展宽重叠在一起。

在图 7 中，我们把标尺放在脉冲中间跳的开始处。注意，由于 FFT 帧重叠，各个阶跃表现得 在时间上重叠。这种重叠是不真实的，而是由 FFT 帧重叠引起的。

图 8 显示了标尺放在同一个中间跳的末尾。这些图片清楚地显示了频率及这个脉冲随时间变化的特点，其完全位于一个 FFT 的帧时间内部。如果没有重叠 FFT 帧，是不可能实现这种查看能力的。

时间展宽效应使得这一脉冲的所有跳看起来大多数在时间上是并发的，但我们知道这些跳在时间上都是分开的。对这一效应影响最大的因素之一，是这些特定事件都要短于一个 FFT 帧。

FFT 流程并不是无限短的时间段。它要求处理输入频率的多个周期，以把它们相互分开。因此，如果在这个帧内有多个不同的频率，那么 FFT 将报告所有这些频率。此外，这个 FFT 将只创建一个频谱。因此，即使这些跳频在时间上分开，但如果存在于一个 FFT 帧内部，它们仍会一起显示在一个频谱中。

泰克实时频谱分析仪

► 基本读物

频谱图上升时间

限制频谱图中实际提供时间分辨率能力的另一个效应是使用重叠 FFT 时频谱图的视在“上升时间”。这还会提高这个脉冲显示不同跳频段的时间重叠程度。

泰克 RTSA FFT 重叠

在使用非重叠 FFT 时, 每个频谱从 20 微秒数据(1024 个样点除以每个样点 20 ns)组成的下一帧中生成。因此, 如果在两个顺序帧之间的某一点上打开一个信号, 那么它不会给第一个帧带来任何能量, 而所有能量会进入下一个帧。这意味着在使用频谱图时, 可以以 20 微秒的“分辨率”测量时间事件。

有人可能会推断出, 如果使用完全重叠的 FFT (因此一个频谱开始与下一个频谱开始之间的时间是 20 ns), 那么时间分辨率将是 20 ns。事实并不是这样。

通过了解这个过程, 可能会有助于了解错误理解结果的潜力。

FFT 对时间分辨率的窗口效应

模数转换器一直以 102.4 MHz 速率连续数字化, 它以 51.2 MHz 的有效速率同时提供 I 样点和 Q 样点, 填充内存记录。将从内存记录(一个帧)内部某个地方为每个 FFT 提供 1024 个连续的样点。在我们使用的实例中, 36 MHz 跨度的帧长度为 20 微秒。

让我们更仔细地考察重叠 FFT 是怎样处理的。我们将考察的第一个 FFT 是 RF 短突发之前的最后一个 FFT。RF 突发对这个 FFT 的功率没有影响, 因为突发还没有开始。第二个 FFT 重叠了 1023, 因此在推迟一个样点后开始。它只包含突发中一个样点的功率。每个后续帧将包含突发的另一个样点, 直到最后有一个帧包含整个突发(如果突发比一个帧短), 或直到有一个帧被突发整个填充(如果突发等于或长于 20 微秒的一个帧)。

由于每个帧包含的功率都要高于以前的帧, 我们看到我们考察的第二个帧最多包含整个突发可能功率的 1/1024。这事实上可以通过 Parseval 定理解释, 这一定理指出, FFT 将生成频谱, 显示相干信号的功率电平, 这个相干信号会与 FFT 中包括的信号样点数的平方直接成比例提高。公式如下:

$$\text{功率(dB)}=20 \text{ Log (信号样点数 / 总样点数)}$$

如需与这一现象有关的更多信息, 请参阅本文‘幅度效应’部分。

FFT 窗口还会引起第二个效应。这降低了帧末尾样点对频谱的影响程度(最末尾的样点基本上会降到零)。一时间滤波器的用途是消除突然开始和/或突然结束对帧中信号的“末尾效应”。在帧的一端或另一端附近存在该信号的任何部分时, 这个窗口进一步降低了信号给功率带来的影响(参见图 7 和图 8)。

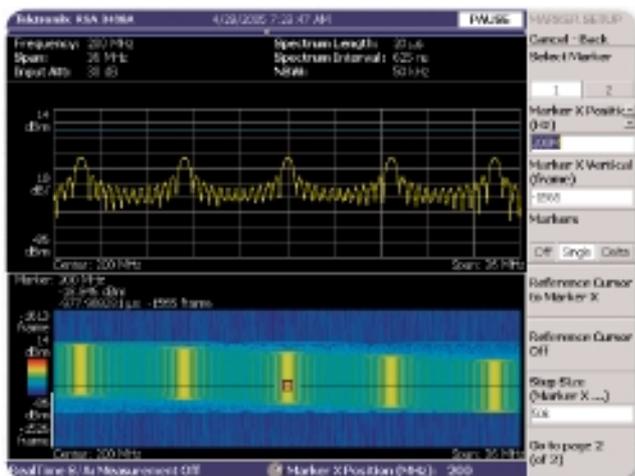
这两种效应相结合, 意味着包含突发一个样点的第一个频谱基本上没有感兴趣的信号的频谱。下一个频谱拥有的频谱会多一点点。直到我们得到接近整个突发 1/4 的频谱时, 才能显示明显的突发幅度。

这放慢了频谱图有效的“上升时间”及相应的“时间分辨率”。

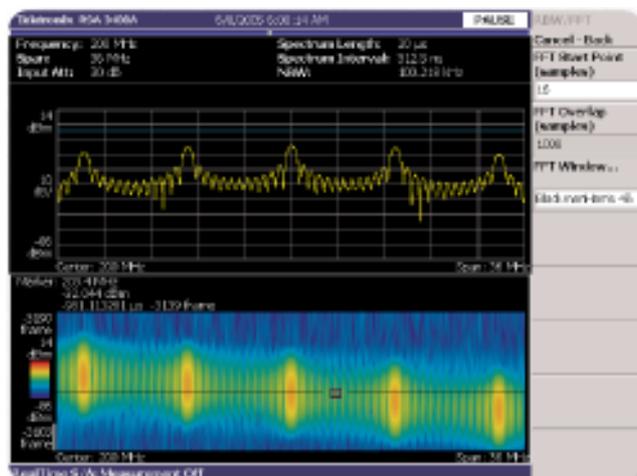
跨度和取样速率的影响

“频谱图上升时间”还取决于选择的跨度(它决定着使用的实际有效取样速率, 因此决定着噪声带宽)。这个上升时间与 FFT 重叠量无关, 而只是取决于选择的跨度及相应的有效取样速率。

注意, 在脉冲或其它频率事件末尾有一个同等的“下降时间”和涂抹时间。脉冲的两端都应用相同的效应。



► 图 9. 矩形 FFT 窗口。



► 图 10. Blackman-Harris 4B 窗口 - 默认值。

测量频谱图上升时间

下表(表 1)提供了频谱图上升时间测量结果。

跨度 / NBW	重叠		
	1023	1022	992
10 MHz / 25 kHz	27.0 μ s	28.0 μ s	31.0 μ s
20 MHz / 50 kHz	14.6 μ s	14.4 μ s	14.1 μ s
36 MHz / 100 kHz	7.2 μ s	7.2 μ s	7.1 μ s

► 表 1. 频谱图有效上升时间。

注: 这些测量使用 RF 脉冲上的 10% 和 90% 电压点实现。

在使用重叠 FFT 频谱图测量频谱事件的定时时, 这个“上升时间”极限限制着提供的“时间分辨率”。

不使用 FFT 窗口的影响

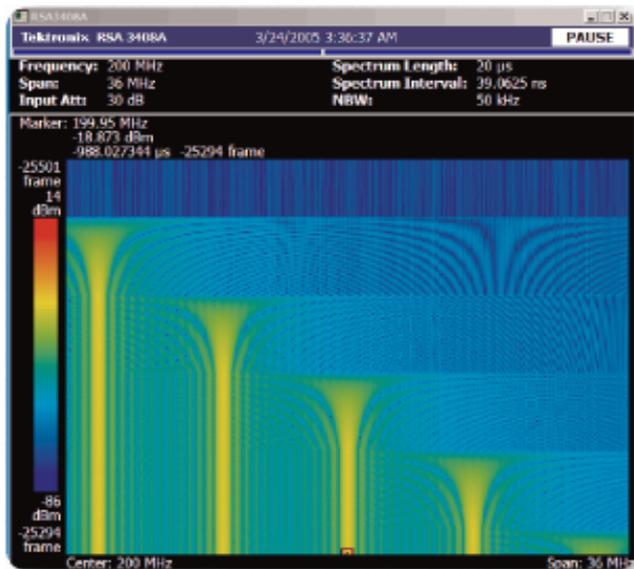
由于 FFT 窗口在频谱图上升时间限制中发挥着巨大的作用, 我们应该考察在去掉这个滤波器时会发生的什么情况。其中一个滤波器选项是“Rect”(矩形滤波器, 或根本没有滤波器)。

我们预计这将改善频谱图的视在“上升时间”。但我们还知道, 我们现在将得到帧突然结束的影响。图 9 说明了结果。

各个跳的开始和末尾在时间上仍然重叠。这在重叠 FFT 中不可避免。但现在, 我们看到每一段非常明快的开始和结尾。再把这个与图 10 (默认窗口) 比较一下。由于使用矩形窗口, “有效上升时间”事实上变得好多了。对 Blackman-Harris 4B (BH-4B) (图 10) 中 36 MHz 的跨度, 上升时间是 7.2 微秒。在去掉滤波器时, 上升时间为 1.27 微秒! 改进程度非常好。

泰克实时频谱分析仪

► 基本读物



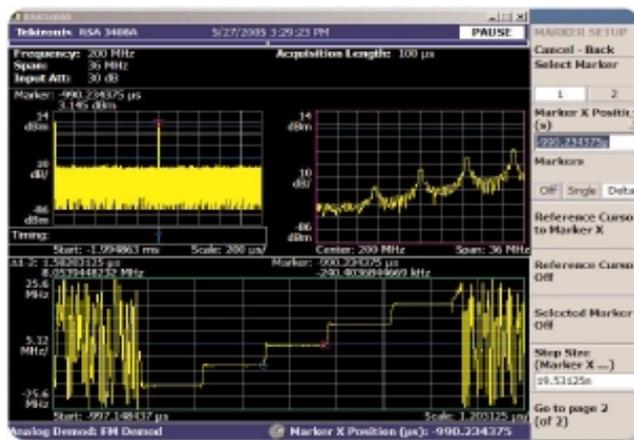
► 图 11. 频谱图中的 Moiré 码型。

新的人为信号

在使用矩形窗口时，可以更好地查看随时间变化的跳，但来自跳边沿的人为信号现在非常讨厌。它们将掩盖可能需要查看的任何小信号。事实上，其中一个跳频段的末尾效应在频谱图中表现为明显的 Moiré 码型，如图 11 所示。

脉冲只在 FFT 帧包括其中某些样点时开始，在脉冲结束时结束，从而形成末尾效应。如果没有窗口滤波器，那么在移动通过重叠 FFT 时，在第一个 FFT 帧中将看到陡峭的窄脉冲，在每个后续帧中看到略宽的脉冲，直到整个脉冲位于一个帧内。由于每个帧分析前一个 FFT 看到的略宽的脉冲，因此 sinex/x 脉冲频谱会改变周期，频谱图中会形成码型。

另外，我们看到在没有滤波器时，这个跳频脉冲的所有频率成分在时间上都展宽成至少和一个 FFT 帧一样长的时间的一部分，而且没有任何一个频率的阶跃下降程度会降到其它频率阶跃之下。它们会以同等的脉冲缩短程度降低。此外，重叠 FFT 允许我们在这个时间位置上选择一个 FFT 窗口。图 9 中的上方频谱图说明了这一点，所有跳频成分以相等幅度显示，而不是‘倾斜’。



► 图 12. 测量时间事件。

测量时间事件

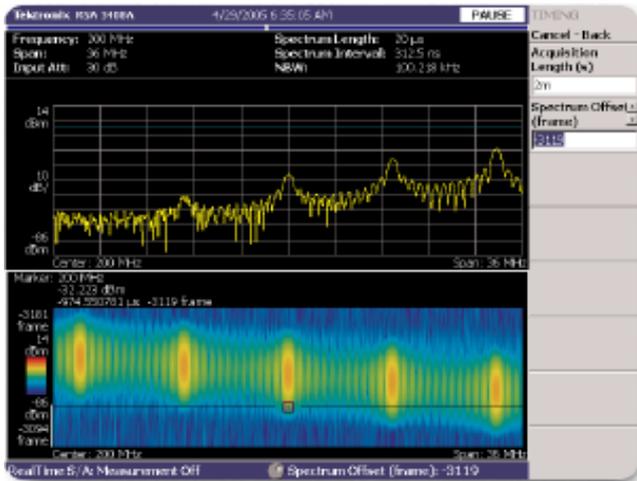
那么如果我们想测量时间，我们该怎么做？泰克 RTSA 是为正确测量随时间变化的现象而优化的。您只需使用时间模式或解调模式。

RTSA 还拥有时间相关的多域分析功能，我们可以通过这一功能，精确测量时间变量。对这个跳频脉冲，我们选择频率解调(FM)模式(频率随时间变化)。

时间相关的多域分析

图 12 显示了底部窗口中的频率随时间变化(选择了 FM 解调)。增量标尺放在脉冲单跳部分的转换点。读数显示了 1.602 微秒的跳时间。

由于它们放在阶跃的拐角上，标尺还可以精确测量 8 MHz 的频率阶跃尺寸。



► 图 13. 较低的频率在这里以较低幅度显示。

幅度效应

短脉冲

如前所述，比一个 FFT 帧短的脉冲或其它 RF 事件将转换成频谱信息，但其幅度下降，下降程度与这些信号占用的 FFT 帧的数量成比例(Parseval 定理)。

看一下图 13。包含脉冲的一个 FFT 生成的频谱在幅度上明显变化。最上面的频率显示为约 -15 dBm，下面一个频率显示为 -21 dBm，下面两个频率是 -31 和 -45 dBm，最后一个位于噪声之下而看不见。

但我们知道，所有跳频段的幅度相同。整体幅度下降是由于各个段比一个 FFT 帧短而导致的。

各个段之间的幅度差是由于其在 FFT 窗口滤波器内部的位置引起的(在帧中的位置)。由于脉冲与 FFT 帧完全异步，因此我们测量的脉冲恰好位于帧开始点附近。因此，第一跳(频率最低的跳)由于对 FFT 应用的“窗口”函数而严重下降。跳发生在帧的位置越靠后，下降程度越小，越接近窗口函数中间。

在 20 微秒 FFT 帧中间短脉冲中看到的
幅度下降程度
(归一化到整个帧幅度)

脉冲长度 (微秒)	矩形滤波器 (无)	Blackman-Harris BH-4B (测得值)	BH-4B (理论值)
20 或以上	0 dB	0 dB	0 dB
8	-7.96 dB	-1.61 dB	1.45 dB
4	-13.98 dB	-5.72 dB	5.74 dB
2	-20.00 dB	-11.29 dB	11.37 dB
1	-26.02 dB	-17.23 dB	17.18 dB
0.5	-32.04 dB	-23.19 dB	23.34 dB
0.25	-38.06 dB	-29.11 dB	29.62 dB

► 表 2. 短脉冲的幅度下降程度。

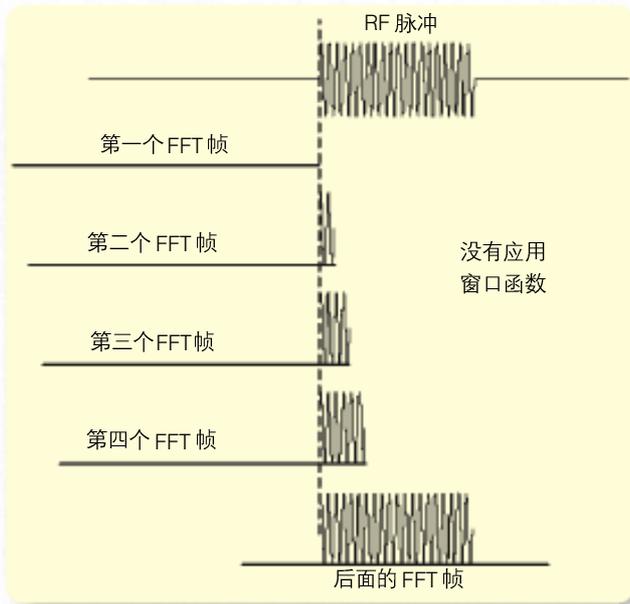
这个表显示了多个短脉冲长度的相关值。对这个表，我们使用 36 MHz 的实时带宽。这个带宽使用 20 微秒的 FFT 帧长度。将正确测量等于或长于帧时间的脉冲长度的幅度。这个表列出了引起短脉冲报告的幅度下降的误差。这个表使用的计算假设脉冲位于帧的中心，使用的窗口是无或 BH-4B(如该栏标题所示)。

另一个假设是没有因进入信号的中心频率不同于分析仪调谐的中心频率而导致的扇形误差。在信号没有完全位于 FFT 中心时，会发生扇形误差，会额外导致十分之几 dB 的误差。通过改变滤波器，可以处理这些误差。

BH-4B 窗口有两栏 - 理论值和测得值。测得结果与理论值非常接近。

泰克实时频谱分析仪

► 基本读物

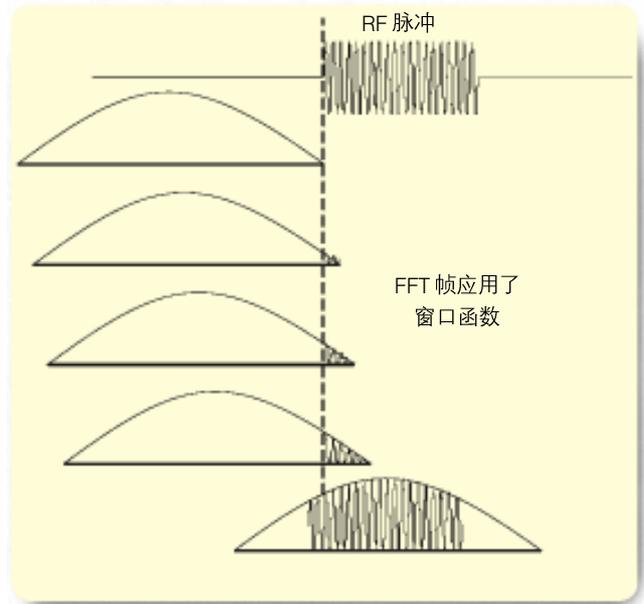


► 图 14. 重叠 FFT 帧和一个脉冲。

在图 14 中，我们在顶部看到一个 RF 脉冲，下面我们画了四条线，表示四个连续的重叠 FFT 帧时间。每个帧向前推进，包含更多的 RF 脉冲。

可以看到，每个帧中包含的功率要超过前面的帧。然后，在底部是一个帧(在时间上相当靠后)，在中间部分包含整个脉冲。这个帧将显示脉冲的幅度，是任何帧中最高的。

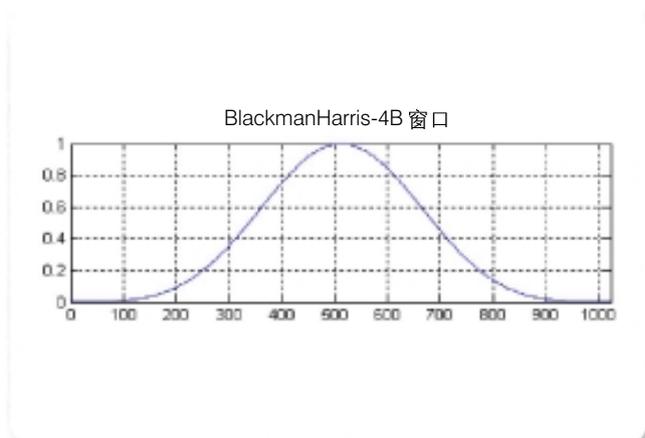
这些 FFT 帧没有使用任何窗口滤波器。



► 图 15. 应用窗口函数的 FFT 帧。

在图 15 中，在增加时间窗口滤波器时，我们看到相同的脉冲和 FFT 帧。这显示脉冲幅度更大程度地下降，这是由于脉冲位于滤波器的一个边沿或另一个边沿导致的，而帧中间的脉冲幅度只会略微下降。

对等于或长于一个帧、且在整个帧中连续的 RF 信号，将测量其正确幅度。FFT 流程报告的幅度归一化为窗口函数使用的滤波器的响应。下面，我们将考察这里使用的特定滤波器。



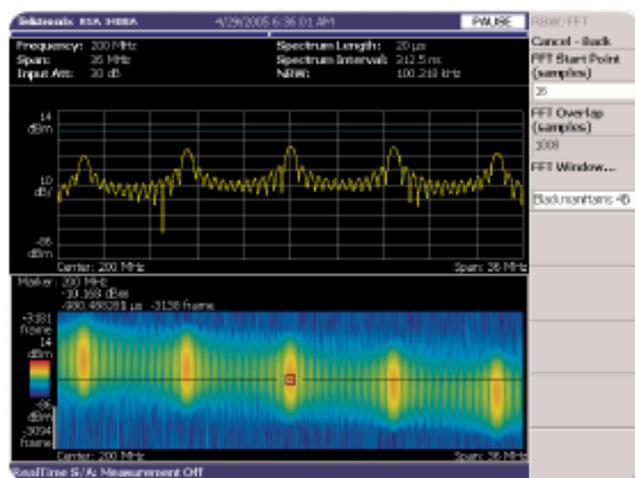
► 图 16. BH-4B 窗口图。

Blackman-Harris 窗口

泰克RTSA产品的默认FFT时间窗口是Blackman-Harris BH-4B窗口。图16是这一滤波器的归一化响应图。

如果在没有这一滤波器时在由多个输入样点组成的一个帧上执行FFT，那么由于频谱突然开始及突然结束，会产生大量的频谱人为信号。解决方案是使用这个滤波器（或类似的滤波器），降低从帧末尾到零的响应。然后，逐渐提高距帧中间更近的样点产生的影响。这个图的水平轴是由1024个样点组成的帧。

从这个图中，我们为脉宽与显示的幅度关系表(表2)计算得出滤波的帧数和没有滤波的帧数之差。



► 图 17. 显示多个跳频的一个时间标尺。

计算幅度下降程度

图17说明如果我们使用重叠FFT，并把标尺放在“展宽的”显示画面中间或大体放在中间，那么我们会看到一个FFT产生的频谱，其中脉冲位于帧的中间。在这里，我们看到所有跳频都包含在一个帧内部，并位于应用到帧的窗口函数的中间。其读数位于-13 dBm和-16 dBm之间。

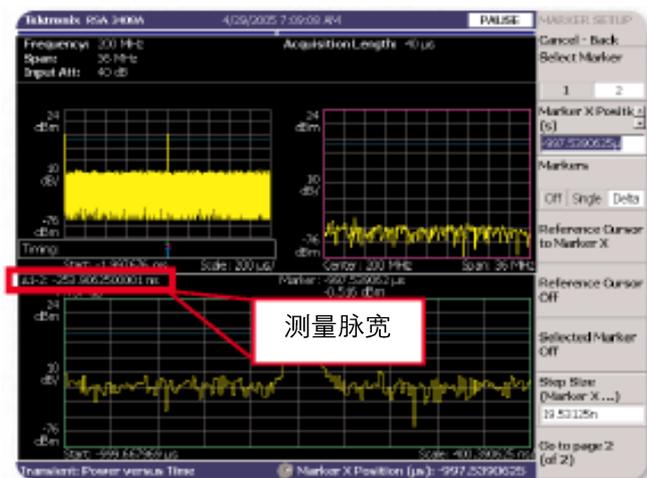
由于每一跳长1.6微秒，整个帧长20微秒，我们预计看到频谱图中记录的功率按Parseval定理下降。计算方法是 $20\text{Log}(1.6/20) = -21.9 \text{ dB}$ 。我们必须考虑因为FFT窗口滤波器对20微秒帧的功率读数所作的校正(表2 BH-4B滤波响应) = +8.24 dB，总计 -13.66 dB。

通过这种方式，我们要手动校正窄脉冲幅度的读数。中心脉冲的读数是-10.071 dBm，校正将补偿13.66 dB的幅度下降。这一脉冲的正确幅度是+3.589 dBm。在这个脉冲展宽成一个FFT帧长时，其测得值为+3.51 dBm。实际测量结果与理论计算值非常接近。

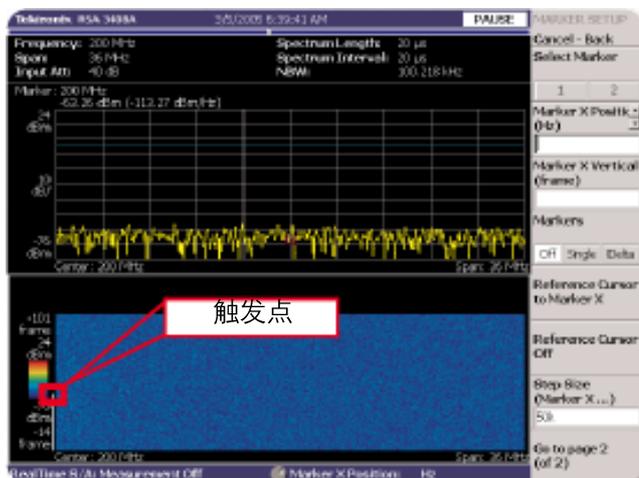
对没有位于窗口中心的脉冲，计算其幅度校正值要困难得多，要求对滤波的每一侧单独使用BH-4B曲线。

泰克实时频谱分析仪

▶ 基本读物



▶ 图 18. 在时间视图中可以简便地测量 250 ns 脉冲。



▶ 图 19. 在频谱中看不到 250 ns 脉冲。

其它窗口

泰克RTSA产品中提供了多种不同的窗口。本文已经介绍了BH-4B和矩形滤波器的问题。其它窗口的时间和幅度效应要么大于、要么小于默认窗口。如果您正使用别的窗口，那么您需要重新计算幅度和视在频谱图“上升时间”效应。

为特定信号选择最适合的窗口函数是本文要介绍的主题之一。

超短脉冲

频谱图或频谱视图(Spectrum View)中都看不到明显比一个FFT帧短的脉冲。这些脉冲只能由功率触发器触发，将以与脉冲完全一致的方式触发和启动FFT帧。这把脉冲放在FFT帧开始的地方，从而位于窗口滤波器的一端。

功率随时间变化显示画面用来测量短脉冲。我们指定了脉冲测量套件，以检定最短400 ns的脉冲。对于比400 ns短的脉冲，最好采用时间相关多域测量。

功率触发适用于极短的脉冲。它简单地查找位于选择门限之上的任何数字化样点。

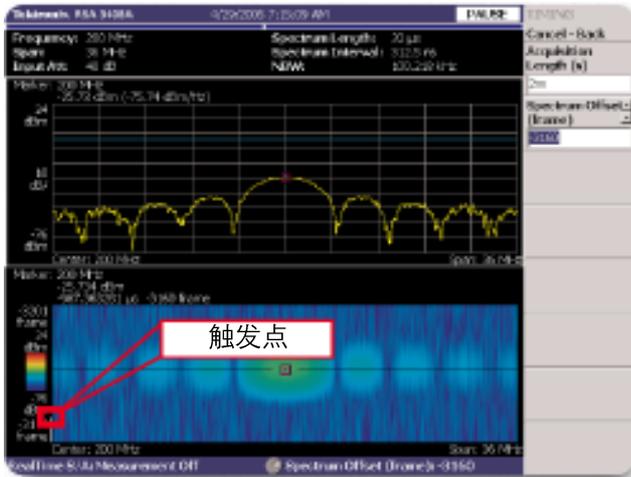
在图 18 中，我们看到 250 ns 脉冲上的标尺报告宽 254 ns 的测量结果。由于宽度很窄，脉冲幅度已经非常低。但是，由于脉冲只位于帧的边沿，因此窗口函数会进一步降低低于噪声的幅度。参见图 19。

这个脉冲长 250 ns，只是略高于一个帧的 1%。如果我们在时域中还没有看到这个脉冲，那么我们唯一能怀疑的是分析仪是否已经触发，频谱图显示了视图中途的触发点，而没有显示任何信号。

在这种情况下，重叠FFT决定着是根本看不到这个脉冲的频谱，还是能很好地看到频谱。比较图 19 与图 20，我们现在已经设置成在相邻帧之后 16 个样点时开始重叠每个帧。

泰克实时频谱分析仪

► 基本读物



► 图 20. 现在可以看到 250 ns 脉冲。

现在有 64 个 FFT 帧包括这个脉冲。其中有五个帧拥有的脉冲距中心非常近，从而其可以测量 0.2 dB 范围内的幅度。

重叠设置的关键是拥有足够的重叠数量，以找到最小的脉冲，或者显示随时间变化的现象，但不要超过必要的重叠数量。重叠过多会导致频谱事件的时间涂抹过多。

当我们选择一个脉冲位于窗口中间的频谱时，在图 20 中，我们现在可以清楚地看到频谱图和频谱。只有 FFT 重叠能够做到这一点。

注意可以看到“触发点”（左边白条顶部）和看得到的脉冲开始点之间的时延。这是因为触发发生在包含信号的第一个帧上（非重叠）。这个帧没有信号的外观，因为窗口滤波器把它降到零。然后，随着重叠推进，帧拥有越来越多的信号，直到看得到的量。这就是前面提到的导致这一明显延迟的“上升时间”。

泰克实时频谱分析仪

► 基本读物

重叠功能不能做什么

FFT 处理重叠功能只能用于实时频谱分析模式，它可以数字化连续记录，而不改变 RTSA 硬件设置。在跨度宽于 RTSA 的实时带宽时，必须使用不同的 RF 转换器设置把多次采集拼凑在一起，因此不能使用重叠 FFT 功能。在我们的实例中，实时带宽是 36 MHz。

重叠不能象其改进的视觉那样提供同样高的测量分辨率。即使我们去掉窗口滤波器，仍会有“有效上升时间”限制，仍有时间展宽效应。通过使用 RTSA 中的时域显示，可以克服这些限制。

总结

重叠FFT大大提高了查看短时间变化的RF现象的能力(改善了约2000倍)。它可以显示时间短于标准(非重叠)FFT帧的多个随时间变化的事件,从而可以查看前一代RTSA上看不到的极短的脉冲。

重叠FFT只是泰克RTSA产品提供的部分强大的分析功能,为获得最完整、最精确结果,必须与其它深入分析模式一起使用重叠FFT。对时间非常短的RF现象。“Time”(时间)或“Demod”(解调)模式可以进行精确的时间和功率测量,而没有被重叠FFT流程中发生的某些负面效应所影响。

重叠FFT是非常高效的频谱图时间增强功能,使得工程师能够识别以前看不到的非常短的RF事件。

泰克实时频谱分析仪

► 基本读物

产品	示意图号码	AWG 文件名称	RTSA 数据文件	RTSA 状态文件
RSA3408A	图 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13 和 17	IF_HOP_LIN_LAP.EQU	Hop-1.iqt	Hop-1.sta
	图 18, 19 和 20	IF_Pulse250ns.EQU	QuartUsPulse.iqt	QuartUsPulseSpec.sta QuartUsPulseFM.sta
	(这个脉冲串没有 示意图)	IF_Pulse250nsTrain.EQU		
	图 5 和 6	IF_HOP_RND_LAP.EQU	RND-HOP.iqt	RND-HOP-SA.sta RND-HOP-SA-LAP.sta RNS-HOP-FM.sta

► 表 3. 演示文件名称。

附录 A: 脉冲发生文件

我们使用泰克AWG710B任意波形发生器提供本文中的所有信号。它为所有这些波形提供了公式文件。这些公式文件需要装载到AWG上，然后汇编成必要的波形和序列文件。

我们还提供了数据文件，其中包含RTSA数字化的信号。另外，我们还提供了设置文件，可以预设RTSA设置，显示测量结果，这里提供的屏幕图进行了这种设置。

表3列出了帮助演示这里概念的部分文件名称及其它文件。可以在泰克公司网站(tektronix.com)软件和驱程部分，通过搜索Overlap FFT Primer (重叠FFT读物)文件，找到这些文件。

泰克实时频谱分析仪

▶ 基本读物

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

泰克广州办事处
广州市环市东路403号
广州国际电子大厦2807A室
邮编：510095
电话：(86 20) 8732 2008
传真：(86 20) 8732 2108

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322室
邮编：710001
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市武昌区民主路788号
白玫瑰大酒店924室
邮编：430071
电话：(86 27) 8781 2760/2831
传真：(86 27) 8730 5230

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

有关信息

泰克公司备有内容丰富的各种应用文章、技术简介和其他资料，并不断予以充实，可为从事前沿技术研究的工程师提供帮助。请访问泰克公司网站 www.tektronix.com



© 2005 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。 06/05 EA/WOW 37C-18839-0

Tektronix
Enabling Innovation