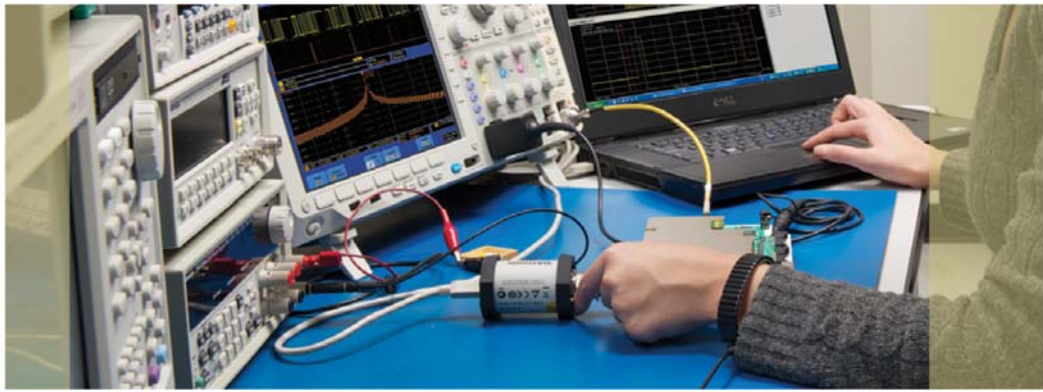




选择 RF 或微波功率传感器 / 功率计

应用指南

引言

从普及的手机到完善的雷达系统,功率测量是任何RF或微波产品开发周期的基础。毫不奇怪的是,除了应用以外,调制范围和复用方式变化也非常大。这种情况再加上以前为高端分析仪预留的功率计中提供的各种新功能,使得RF或微波功率测量系统的选择比以前更加复杂。由

于制造商产品技术资料中提供的产品和技术数据变化很大,因此在制订采购决策前,评价功率传感器的最佳途径是进行对照比较。本应用指南将介绍购买USB功率传感器时要考虑的部分因素。

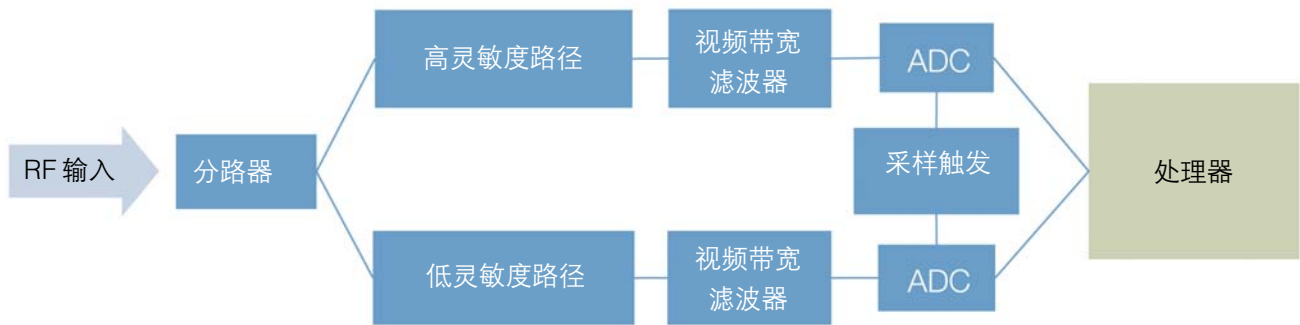


图 1. 泰克 PSM 功率计多路径方框图。

要考虑的基本因素

选择 USB 功率传感器涉及许多与传统功率计和传感器相同的指标，频率范围、动态范围、准确度、清零和校准、测量速度和触发等因素对选型过程仍至关重要。

频率范围— 率传感器的频率范围非常广，覆盖从几 kHz 到 110 GHz 的频率范围。最常用的频率范围是 6 GHz – 20 GHz。由于功率传感器是宽带检测器，因此它们在整个频率范围内检测输入上所有 RF 功率。传感器内部存储的校准表会考虑传感器的频响变化。

动态范围— 态范围是传感器能够进行实用测量的功率范围。这个范围取决于采用的传感器技术类型。基于二极管的传感器动态范围最宽，通常在 -60 dBm – +20 dBm 或更高。宽动态范围与快速响应时间相结合，使二极管成为大多数应用首选的解决方案。通过使用校正因数及使用多条二极管路径，二极管传感器把二极管的实用范围扩展到平方律区域之外，实现宽动态范围。在使用多条路径时，在这些路径之间切换使用的方法可能会影响线性度。大多数传感器一次测量一条路径，在某个门限

上切换，一般是在范围中点周围。这个跳变点变成潜在的不连续点或粘滞值，可能会导致非线性度或测量延迟。

泰克功率计同时连续数字化两条路径，在跳变点上使用加权后的平均值。这可以在多条测量通道之间实现平滑连续跳变，在所有时间提供传感器的动态范围，而没有不连续点。

与基于二极管的传感器相比，基于热敏电阻的传感器的动态范围有限，在 -20 dBm 到 +10 dBm 之间；而电热偶传感器的动态范围一般则在 -35 dBm 到 +20 dBm 之间。

大多数功率传感器典型的最大输入功率是 +20 – +23 dBm。如果超过这个值，则会损坏传感器。可以使用功率衰减器和耦合器，降低功率传感器输入上的最大功率，位移传感器的动态范围。这有助于减少可能发生的意外损坏，但使用功率衰减器会在传感器和衰减器之间增加反射。这些反射会降低测量准确度，要求正确匹配及更多的设置时间，来校准 VSWR 不匹配。

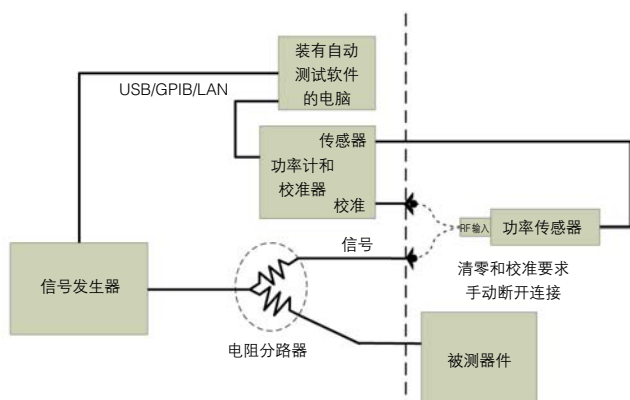


图 2a. 为适应功率传感器清零和校准设计的测试系统。

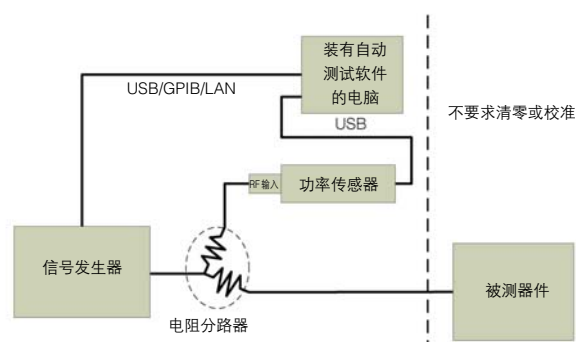


图 2b. 采用不要求清零或校准的功率传感器的简化的测试系统。

准确度— 整体准确度是多种误差来源的综合结果，一般通过以标准化方式综合多种误差计算得出。这些误差来源包括：传感器到 DUT 不匹配、校准因数、线性度、噪声、温度和零偏置。尽管全面讨论这些来源超出了本应用指南的范畴，但应该指出，这些误差因素通常以 RSS 方式组合在一起。与泰克一样，大多数制造商遵守《ISO 测量不确定度表达指引》，其中全面详细地解释了多种不确定因素怎样组合在一起。功率传感器的整体准确度在 2% – 5% 之间，具体视制造商及采用的检测技术类型而定。

清零和校准— 校准功率传感器时，要求把传感器连接到外部参考源上。清零传感器通常要求把传感器从被测器件上断开。清零和校准要求是重要的考虑因素，因为这些要求会提高测试时间，增加费用，特别是在自动测试

系统中，每一秒都至关重要。如果功率传感器要求定期清零或校准，那么 ATE 系统必须设计成适应这些程序。这通常要求结合使用昂贵的开关、手动设置程序或专用软件。校准要求使用外部参考源，清零通常要求用户断开被测器件。

泰克功率计完全消除了用户清零和校准，提供了完美的测量稳定性和准确度，缩短了测试时间，减少了连接器磨损，降低了软件和开关硬件。泰克 PSM 功率计采用已获专利的技术，确保在整个温度范围内的稳定性和校准，在变化的环境温度中，其准确度要超过市场上任何其它传感器。大多数其它功率传感器要求清零，至少在某些条件下，如环境温度变化或在测量低电平信号时。请查阅仪器用户手册，确认要求清零或校准的情况。

测量速度—功率传感器一般会指定与测量速度有关的多个参数，使用的术语在不同制造商之间会变化。产品技术资料上经常看到的部分典型术语有：“采样率”、“读取速率”、“测量速率”。采样率是模数转换发生的速率。读取速率说明仪表可以以多快的速度把原始样点转换成测量数据。这些都是重要的指标，但根本问题是：“我可以以多快的速度得到稳定的测量数据？”传感器的采样率有助于确定传感器测量脉冲特点的能力，但采样率高并不能直接表示快速稳定的测量。读取速率对测量速度有着更直接的影响，但它可能并不能准确地反映仪器提供稳定的功率测量的速率。稳定的测量不仅取决于采样率，还取决于信号噪声、信号幅度、传感器结构和稳定测量要求的整合时间。例如，功率计的实时采样率是500K 样点 / 秒，读取速率约为每秒读取 2000 次。即使在 -40 dBm 时，泰克泰克 PSM3000 功率计仍能在大约 1 毫秒内进行稳定测量。PSM4000 和 PSM5000 功率计可以在大约250 μ s内，在动态范围低端获得稳定测量。在相同功率电平上，普通传感器的典型稳定时间一般在1–4秒。在评价功率传感器的测量速度时，最好对照比较这些传感器，而不是单纯看产品技术资料。

触发—对大多数基本功率测量来说，触发并不是一种关键功能。但是，如果您需要在脉冲式信号的某个部分上进行测量，或想努力缩短高吞吐量ATE系统的测试时间，那么触发是需要考虑的一个重要因素。

基本功率传感器触发通常由外部 TTL 输入组成。这可以用来把功率测量与其它仪器同步，如信号发生器、网络分析仪、示波器或其它功率传感器。在自动化测试应用中，外部同步测量的能力对缩短测试时间、最大限度地提高吞吐量至关重要。功率计包括一个触发输入和一个触发输出，优化了测试速度。这个触发输出可以告诉您传感器什么时候执行测量，并把这些信息传送给沿线的其它仪器。

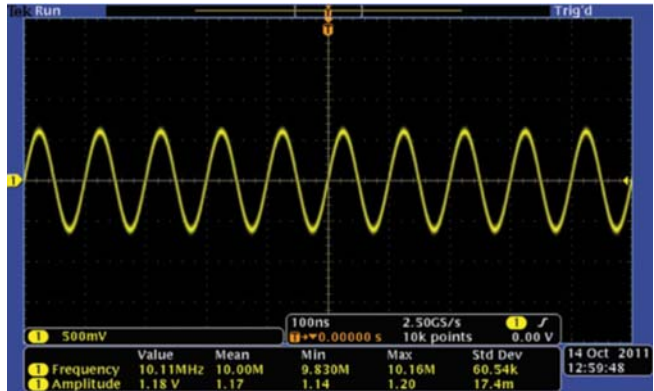


图 3. 恒定幅度和频率的连续波(CW)信号。

新型传感器还提供了更加先进的功率电平触发功能。这些传感器可以相对于输入 RF 信号实现测量同步。在测量脉冲式信号，进行突发测量时，这种触发非常重要。我们将在本应用指南“突发测量和脉冲曲线”部分进一步对此展开探讨。

测量功能

为应用选择适当的功率传感器明显取决于您需要测量的信号特点。但在某种程度上，您可以经济地测量的项目也可能会引导您的测试战略。传感器的测量功能包括基本平均功率测量直到您希望从矢量信号分析仪或专用脉冲分析仪中看到、但可能没有预期从功率传感器中看到的详细脉冲特点。

平均功率测量

大多数功率计能够在连续波(CW)信号上提供准确的平均功率测量功能。这些常见信号拥有恒定的幅度和频率。它们相对并不复杂，大多数 USB 功率传感器都能执行平均功率测量。图3是连续波信号实例。所有功率计都能准确地测量平均功率。尽管所有 USB 功率传感器都能测量平均功率，但有一个子集，其平均功率测量称为“真实平均功率”或“真实 RMS”。



图 4. 泰克功率计应用程序，显示真实平均功率(CW)测量。

什么是真实平均功率测量？

真实平均功率测量提供传感器上发生的总功率，而不管输入信号的调制带宽是多少。可以使用带有热量检测单元或在平方律区域内使用二极管检测器，来测量真实平均功率。热量传感器根据RF能量产生的热量生成真实平均功率测量数据。真实平均功率二极管检测器包括整合检测器收到的能量使用的电容，进而获得近似于热量传感器获得的测量数据。

由于泰克泰克PSM3000功率计是真实平均功率传感器，因此它们特别适合在宽带调制信号上执行测量，可以测量传感器输入上发生的所有RF能量，而不管功率是脉冲式的、CW、AM/FM、还是采取复合调制格式。

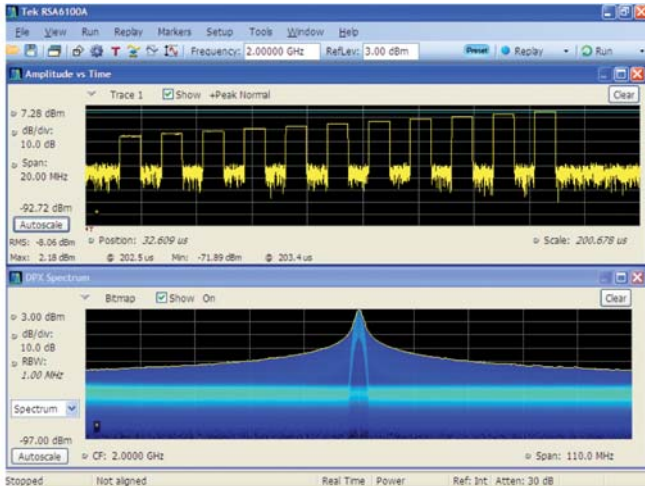


图 5. 泰克 RSA6100A 对阶跃脉冲串的时域和频域屏幕图。

测量脉冲式 RF 和微波信号

选择传感器分析脉冲式信号带来了更广泛的一套备选方案和某些额外的考虑因素。脉冲式信号在RF应用中非常流行，如在雷达及采用时间复用的数字通信格式中。

脉冲功率测量

在测量脉冲式信号时，用户可能仍会关心整个信号的平均功率，但脉冲的特点变得更加重要。了解脉冲内部包含的平均功率和峰值功率，是检定功放及脉冲式系统中其它信号路径要素的关键组成部分。

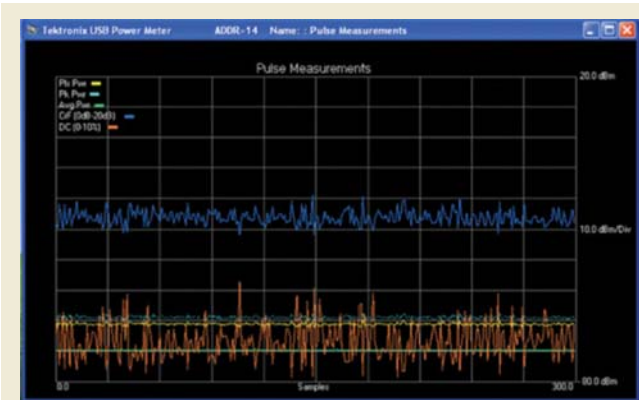


图6. 泰克功率计应用程序内部的Data Logger(数据记录程序)屏幕图。

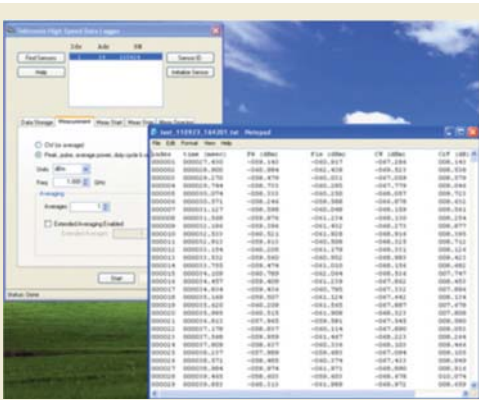


图7. High Speed Data Logger(高速数据记录程序)屏幕图，显示了多个数据点的样点日志。

USB 传感器提供新的优势

与传统功率计和传感器配置相比，当前基于 USB 的功率测量系统有着某些重要优势。

成本低—由于USB传感器直接连接到PC上，因此不要基本单元。这节约了成本，由于多个传感器可以使用一台计算机，因此 USB 传感器非常经济。

尺寸和便携能力— USB 功率传感器灵活性高，因为重量轻、体积小。它们可以用于普通功率计不适合或很麻烦的应用中。多个传感器可以嵌入自动测试系统中，或部署在边远地点。在实验室中，它们体积小，占用的机架和工作台空间少。

集成测试系统— USB功率传感器使用提供的电缆和集线器连接到PC上。其一般通过专用API或USBTCM，支持常用的Microsoft编程环境。可以通过Windows API控制泰克传感器，其支持下述语言：C++、C#、LabView和VB.net。所有泰克功率计都包括样本代码、驱动程序、程序员手册及为测试不同功能设计的代码生成器，允许程序员熟悉各种调用操作。

熟悉的Windows用户界面— 软件界面是任何基于USB的功率计的关键组成部分。对USB功率计陌生的客户来说，软件界面对用户友好、容易理解非常重要。泰克功率计包括简便易用的软件套件，其直观的界面采用专门设计，仿真传统台式仪表，尽可能简便地转换到基于USB的系统。用户熟悉的工具条和下拉菜单使得大多数用户能够快速上手。

性能— USB 2.0中提供的高传送速率及广泛使用的PC的处理能力保证了这些紧凑的功率传感器的性能满足或超过了传统功率计的性能。

数据采集— 由于USB传感器直接接口PC，因此PC上的数据采集是无缝的。泰克USB功率传感器提供了两种不同的数据记录功能，每种功能有不同的用途：

- Data Logger (数据记录程序) – 泰克功率计应用程序内的这种功能允许用户从虚拟前面板中追踪测量期间的读数。
- High Speed Data Logger (高速数据记录程序) – 泰克作为单独的应用软件提供这一功能。这一软件可以迅速采集原始数据点，然后再使用软件分析工具进行后处理。

兼容其它仪器— USB功率传感器可以与内置计算能力的其它测试设备集成，如信号发生器、频谱分析仪和示波器，从而不需要单独的PC，降低了成本，节约了实验室工作台空间。泰克PSM系列功率传感器目前兼容下述泰克产品：

- 示波器
 - MSO5000 – DPO5000 – DPO7000
 - DPO/DSA/MSO7000 – DSA8300
- 频谱分析仪
 - RSA5000 – RSA6000
- 任意波形发生器
 - AWG5000 – AWG7000

占空比校正方法

测量脉冲功率的方法之一是假设占空比值不变及方形脉冲包络。对方形脉冲(拥有最小的过冲、陡峭的上升时间和下降时间)和精心确定的占空比,把平均功率除以占空比,可以得到脉冲功率。这种方法非常简单,可以用于低成本平均功率传感器,只要知道占空比,且脉冲是方形的,那么就会提供良好的效果。所有功率计都包括一个实用工具,可以在软件中指定占空比。这样,软件可以根据已知的占空比计算脉冲功率。这是在泰克 PSM3000 功率计真实平均功率计系列和其它仅平均功率传感器上测量脉冲功率的唯一方式。但是,在占空比不恒定,脉冲幅度和形状变化时,这种方法会引入误差。

直接脉冲测量方法

PSM4000 和 PSM5000 可以直接测量脉冲功率,而不是象 CW 传感器使用的占空比方法那样计算测量数据。脉冲功率测量在传感器内部在被采样的功率数据上执行。功率计直接测量脉冲功率,而不是以假设的占空比为依据确定测量数据,可以降低脉冲式功率测量中的不确定度。

峰值功率测量

除测量脉冲内部包含的平均功率外,峰值功率也是一个重要参数。峰值功率是信号波形中功率最高的点,在脉冲中,通常是上升沿的过冲,但在发生明显振铃时可能会发生在别的地方。峰值功率测量是评估功放输入上的信号的重要工具。超出放大器规范的峰值会引起失真。雷达发射机发出的高峰值功率电平可能会导致带外和杂散辐射,可能会影响其它频谱使用。

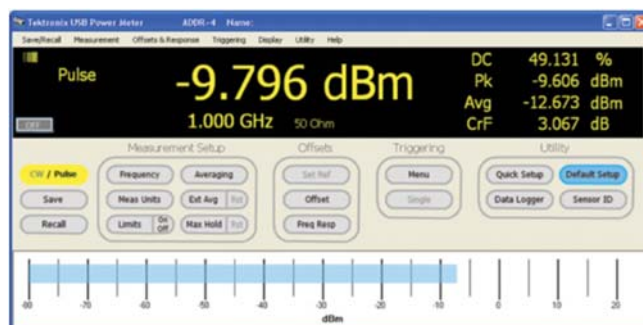


图 8. 泰克功率计应用程序,显示峰值/脉冲功率测量。

PSM4000和PSM5000结合使用采样技术和信号处理,准确地测量峰值功率和脉冲功率。

实时采样

脉冲测量和峰值功率测量的关键在于捕获脉冲数据使用的采样技术。如图 1 所示,模数转换器用来把传感器检测器输出转换成数字形式。仪器采样速度越快(也就是采样率越高),时间分辨率越好,测量精度越高,捕获峰值的能力越好。所有功率计的实时采样率为 500 kS/s,这是由转换器的时钟速率驱动的。

由于采样功率包络,捕获准确峰值的可能性会随着记录变长而提高。这样,测量时间必须足够长,才能捕获多个调制周期。在泰克功率计上,这通过调整平均次数实现,延长了测量时间。在平均次数提高时,传感器可以更加可靠准确地计算脉冲功率、波峰因数和占空比。

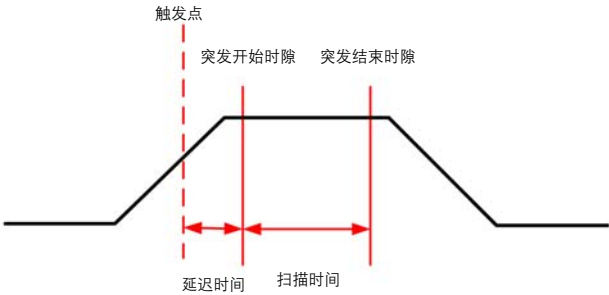


图 9. 突发时隙图。

突发测量

突发信号，如 GSM/Edge 及其它 TDMA 信号，都是脉冲式 RF 波形，其特点是脉宽长、时间周期长。在许多情况下，人们都关心突发某个部分的功率。

泰克 PSM4000 和 PSM5000 功率计提供了时间门突发测量功能，允许用户指定突发测量窗口。用户通过设置延迟和扫描时间，创建这个窗口，如图 9 所示。然后，传感器测量指定门内部的平均功率、峰值功率和最小功率。在功率计中，可以在内部或在外部触发突发测量。自动内部触发为同步测量提供了一种简便的方式。在选择自

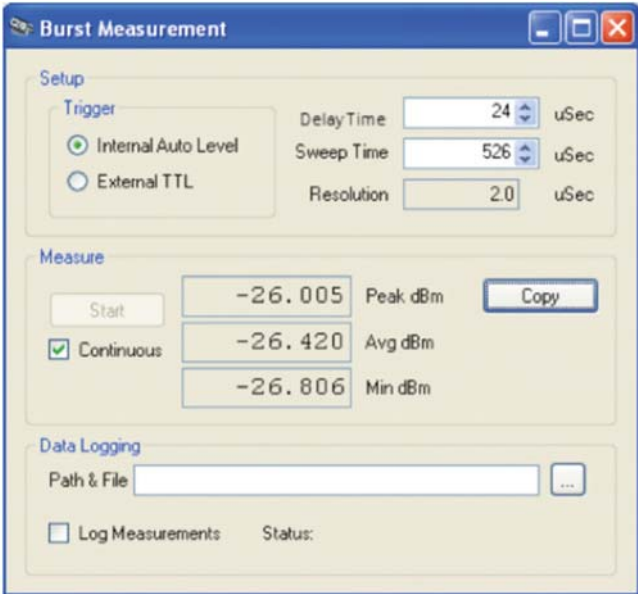


图 10. 泰克功率计应用程序 Burst Measurement 窗口。

动触发时，仪器自动确定触发电平，它对输入信号采样，检查数据的最大值和最小值，然后在最大值点和最小值点之间设置触发电平。在信号变化时，自动触发电平也会相应调整。

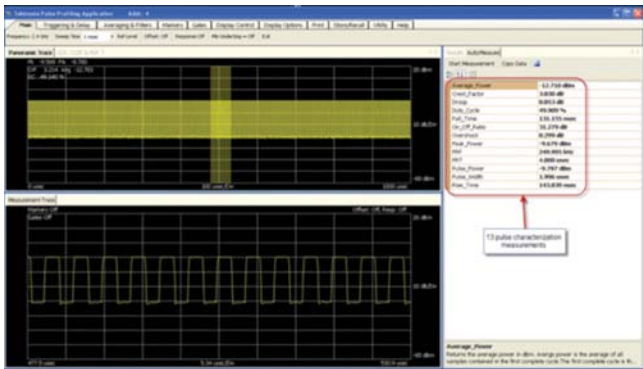


图 11. 泰克 Pulse Profiling(脉冲曲线)应用程序，显示脉冲式信号及 13 种不同的脉冲检定测量。

检定 RF 和微波脉冲—脉冲曲线

在商用蜂窝传输分析或脉冲式雷达等应用中，更加详细地观察调制包络可能具有重要价值。这不仅需要测量脉冲平均功率和峰值功率，过冲、上升时间和下降时间等指标也非常重要。观察调制包络可以更好地以定性方式分析信号。泰克 PSM5000 系列采用等效时间采样，提供脉冲包络 20.8 ns 分辨率的时域视图，而不要求完善的分析仪(参见第 10 页等效时间采样)。这种脉冲曲线功能在 USB 功率传感器中很少见，是功率计的特色。

在电子通信中，带宽是信号使用的频率范围的宽度，是频率最高的信号成分与频率最低的信号成分之差。类似的，脉冲曲线系统测量信号调制包络中包含的频率的能力称为视频带宽。视频带宽越高，系统就越能测量更高的频率成分，上升时间和下降时间也就越快。泰克 PSM5000 系列上的视频带宽是 10 MHz。

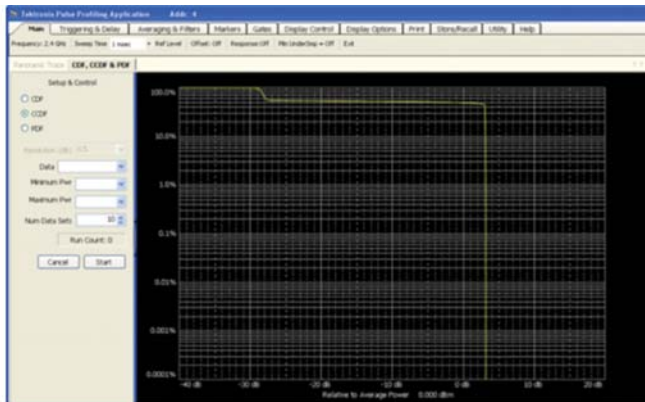


图 12. 泰克 Pulse Profiling(脉冲曲线)应用程序 CCDF 显示屏。

泰克 PSM5000 系列功率计标配 Pulse Profiling(脉冲曲线)应用程序(如图 11 所示)，提供了 13 种测量，包括：

- 上升时间
- 下降时间
- 脉宽
- 脉冲重复时间
- 脉冲重复频率
- 占空比
- 脉冲功率
- 峰值功率
- 平均功率
- 波峰因数
- 过冲
- 衰落
- 开关比

泰克 Pulse Profiling(脉冲曲线)应用程序还可以提供统计信号分析功能：

- 概率分布函数(PDF)
- 累积分布函数(CDF)
- 互补累积分布函数(CCDF)

这些统计工具提供了信号内部发生的功率电平的概率视图。

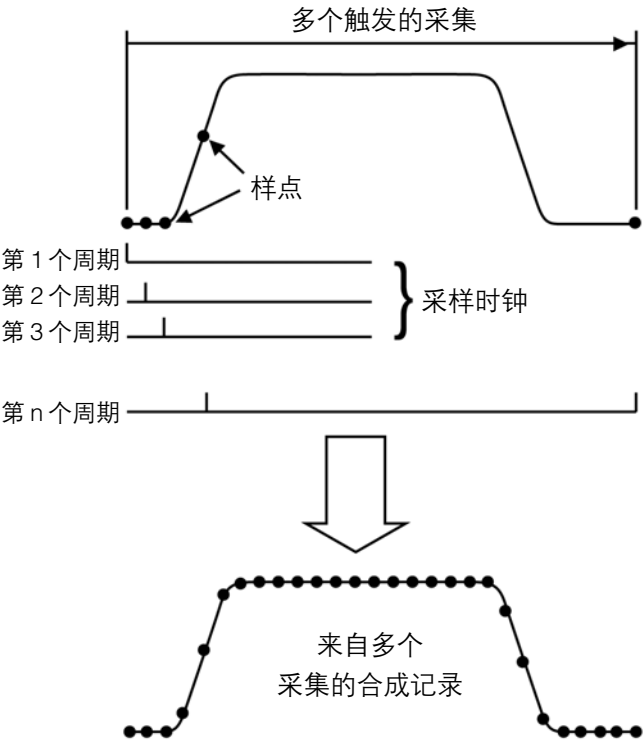


图 13. 等效时间采样。

等效时间采样

在以可视方式表示信号包络时，仪表的采样率越快，其显示信号特点的准确度越高。对重复的脉冲式信号，传感器可以使用等效时间采样，以快得多的速率高效采样，可以以更高的保真度重建信号包络。等效时间采样技术使用从完全相同的重复波形中获得的一串样点创建代表性波形。它允许传感器准确地捕获频率成分高于传感器

特点	PSM3000 系列	PSM4000 系列	PSM5000 系列
频率范围	10 MHz – 26.5 GHz	10 MHz – 20 GHz	50 MHz – 20 GHz
动态范围	–55 dBm – +20 dBm	–60 dBm – +20 dBm	–60 dBm – +20 dBm
测量速度	2000 读取 / 秒	2000 读取 / 秒	2000 读取 / 秒
测量			
真实平均功率	X		
平均(CW)功率		X	X
校正占空比后的脉冲功率	X	X	X
峰值功率, 脉冲功率, 占空比		X	X
测量记录	X	X	X
脉宽, 上升时间 / 下降时间, 过冲, 衰落			X
时间门测量			X
脉冲波形显示, 带标记			X

表 1. 泰克 PSM 系列 USB 功率计。

实时采样率的信号，但是，信号必须是重复的。在使用 Pulse Profiling(脉冲曲线)软件时，泰克 PSM5000 系列功率计通过在多个触发中采集必要数量的样点，实现 48 MS/s 的等效时间采样率。重复的输入信号为等效时间采样生成多个触发，允许测量系统收集重建合成波形图像所需的一串数据。

总结

目前市场上有各种RF和微波功率测量选项。对基于USB的功率计,许多传统功率传感器/功率计技术指标仍然适用。然而,USB 传感器 / 功率计可以帮助简化选择解决方案的苦差,因为您不需要捆绑在某台主机上。由于USB 2.0 提供的高传送速率及广泛使用的电脑中提供的处理能力,以前要求专用分析仪的这些紧凑仪器中提供了许多新功能。

请立即联系泰克授权一级分销商:

北京东方中科集成科技股份有限公司

服务电话: 400-650-5566

网 址: www.jicheng.net.cn