

## 实时频谱分析在 EMI 诊断中的应用

### 概述

本应用指南从测试设备和测量技术出发，简单考察了设计和测试的不同阶段，同时回顾了当前规定的检测和滤波方法，介绍了规定频段及相关滤波器和检测器。最后，它给出了一个 EMI 诊断实例，其中使用独一无二的 DPX 频谱显示技术发现信号，使用频率模板触发技术捕获信号。

## 实时频谱分析在 EMI 诊断中的应用

### 应用指南

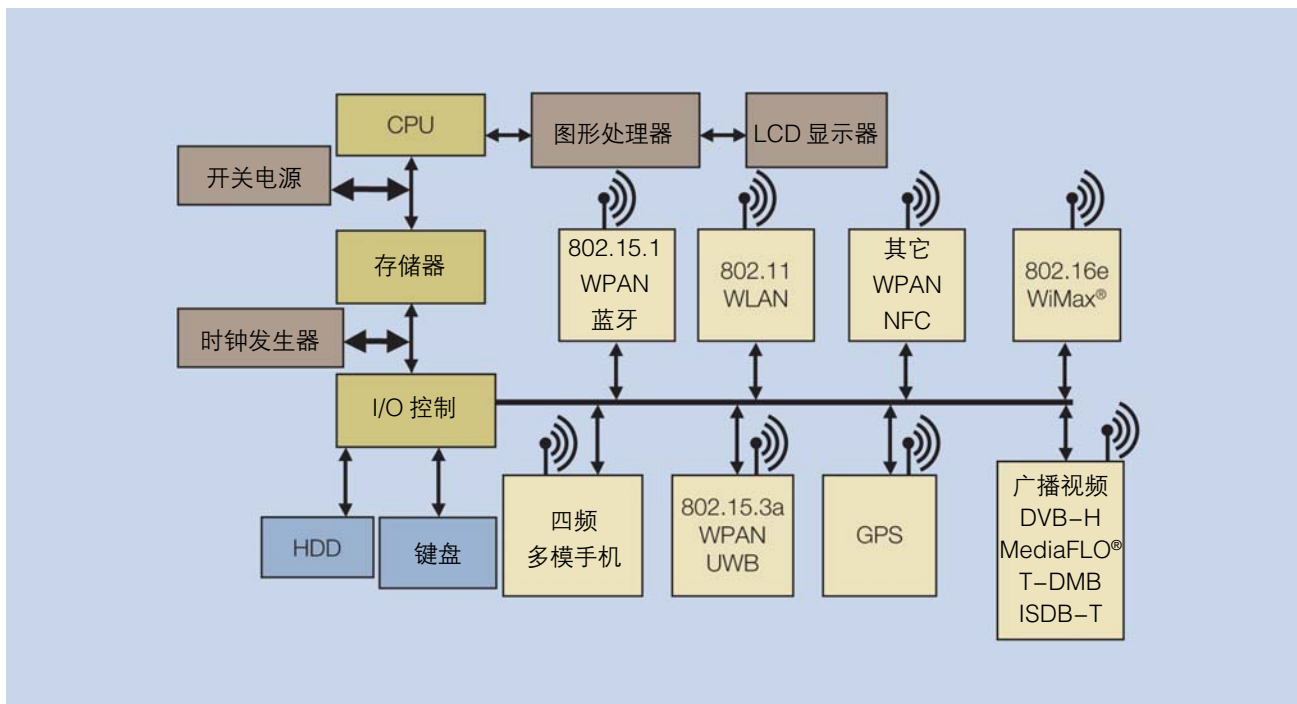
#### 引言

从第一次进行无线传输开始,设计工程师就一直关注电磁干扰(EMI)。最早的火花隙式发射机没有频谱控制机制,如果临近区域同时有两台发射机,就会给接收机带来干扰。最早的信号传输是“一对一”的,即一台发射机与一台接收机通信,信息采用数字形式,使用开关键控(OOK)的摩斯码。随着越来越多的公司进入无线通信领域,这些竞争对手之间通过协商,规定了频段使用的规范。这导致出现了更加高效的调制技术、频率分配及选择度更好的接收机。随着电子技术发展,以模拟形式发送语音和视频成为可能,传输变成一对多广播。这样不仅需要为领取牌照的运营商划分独家使用的广播频段,还需要规范可能干扰这些传输的设备。兜了一圈,传输再次具有数字特点,可能被要求管理自己的干扰,如超宽带(UWB)系统及不需要牌照的工业、科学和医疗(ISM)频段中迅猛增长的应用系统,包括蓝牙、WLAN及其它系统。在需要牌照的频段中,我们有蜂窝系统、卫星系统、广播系统和其它系统,创造了一个复杂动态的频谱环境。同时,其它系统如计算机、电子和电工机械迅速普及,进一步提升了干扰概率。

法规机构已经确立了EMI的限制,规定了符合性测试中使用的测量方法。这些方法已经应用了几十年,撰写这

些方法的目的是满足语音和视频的模拟广播需求以及撰写时采用的测试方法,如 CISPR 平均方法和准峰值检波器。这些测量技术旨在对人的耳朵和眼睛分别接收声音和视频时提供可以接受的干扰水平。随着数字调制数据传输和超宽带(UWB)传输方法出现,加上高速数字时钟形式的非预计辐射装置的频率日益提高,当前EMI规范标准已经不能全面解决目前存在的所有干扰类型及其对通信系统的影响。例如,短时间的偶发干扰的瞬间幅度可能会相对较高,但如果不是频发,那么它仍能满足标准法规。这样的脉冲对广播模拟无线传输的影响可以忽略不计,但在数字系统中会导致整个数据包丢失,或堵塞相邻的雷达系统。

偶发的短高频干扰突发在所有消费电子和通信中正变得越来越常见,如计算机中使用的与模式相关的扩频时钟,以及许多嵌入式系统设计中运行有噪声的定期硬盘访问周期的硬盘驱动器。这些复杂的数字设备正日益接近以频率捷变、基于分组模式运行的无线通信系统。看一下笔记本电脑或智能手机(图 1),其中包含着完善的数字计算机或电话中必需的一切高速数字系统,同时包括连接必需的无线发射机和接收机。这些非预计辐射装置位于临近区域,再加上灵敏的接收机,产生了大量的干扰机会,如图 1 非预计辐射源和接收机频段表中所示。



典型时钟源	
CPU	200+ MHz
存储器	200+ MHz
I/O 控制器	133 MHz
开关电源	400 kHz
图形处理器	200+ MHz

典型发射机 / 接收机系统及其接收带宽		
RF 接收机技术	RF 载波	接收带宽
四频手机	800/900/1800/1900/2100 MHz	200 kHz 或 5 MHz
蓝牙	2.4 GHz	1 MHz
WLAN	2.4 GHz 或 5-6 GHz	20 MHz - 40 MHz
WiMax	2.3/2.5/3.5/4.9/5.0 GHz	1.25/5/10/20 MHz
UWB	3.1-4.8 GHz	最高 1584 MHz
广播视频	~200/470/700/1400/1600 MHz	1.5 或 6-8 MHz
GPS	1.5 GHz	1 MHz
NFC	13 MHz	最高 2 MHz

图 1. 当前系统在临近区域包含 RF 发射机、接收机和非预计辐射装置，使得 EMC 设计及查找难以发现的瞬态干扰源变得越来越具有挑战性、也越来越重要。

随着通信系统的干扰特点发生变化，测试设备也在变化。模拟电路以前实现的功能，现在可以以数字方式实现，测量速度不断提高，我们可以更快地获得测量结

果。泰克实时频谱分析仪现在可以即时查看非常宽的频谱跨度，而不会丢失频段中的信息，从而可以发现、捕获并测量对传统技术极具挑战性的瞬态峰值。

## 实时频谱分析在 EMI 诊断中的应用

### 应用指南

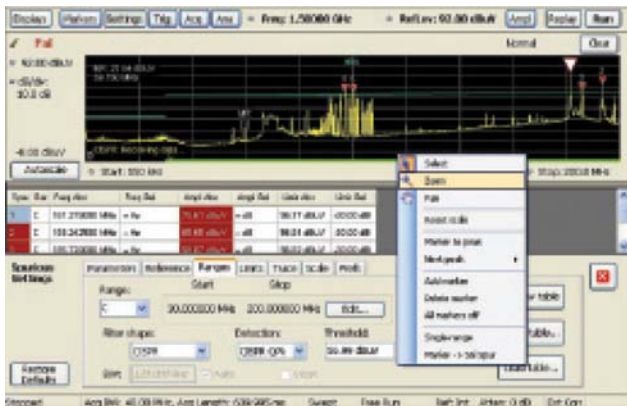


图 2. 扫描 150 kHz – 200 MHz 的环境信号，整个扫描采用准峰值检波。RSA6100A 中的杂散测量功能设置为随频率变化的门限，已经导入天线因子，显示的信号中有斜坡噪声底。超过用户设置极限的违规部分在表中用红色显示。可以使用屏幕菜单放大显示任何部分，更清晰地进行评估。

### 诊断、预一致性和一致性测试

在电磁兼容性(EMC)领域中,设计和检验的不同阶段会使用不同的设备和技术。在开发的早期阶段, EMC 设计技术与诊断相结合导致较低的 EMI 特征,对外部干扰和内部干扰的灵敏度低。通常使用带有相应滤波器和检波器的通用频谱分析仪,确定设计优化对 EMC 的影响。探测通常直接在电路板上完成,或使用 E 场和 H 场探头,确定设计优化的影响和屏蔽效果。当然,诊断在保证优秀的 EMC 性能方面没有限制;系统集成通常要求全面诊断和调试,以保证所有 RF 子系统达到要求的性能水平,而不会被集成系统的其它部分劣化。预一致性测试在系统集成后完成,确定设计中的任何问题区域。满足国际标准并不要求进行预一致性测试,预一致性测试的目标是发现潜在问题,降低一致性测试阶段发生故障的风险。使用的设备可以是非标准设备,如果在测试结果中增加充足的余量,其精度和动态范围可以低于标准接收机。预一致性测试可以在认证实验室中使用快速测量技术完成,这些测量技术旨在“迅速查看”问题区域;预一致性测试也可以在临时地点由工程设计人员完成。预认证通常采用包含相应滤波器和检波器的通用频谱分析仪,因为它们提供了快速测量工具,这些工具通常已经用于设计流程中,不要求额外的资本开支。如果在这

个阶段发现问题,那么要求进行进一步诊断和设计改动。RSA6100A 上提供的功能除诊断外,还可以进行某些预一致性测量。图 9 是预一致性扫描实例,它把 CISPR QP 检波的轨迹与天线因子表格和杂散信号搜索功能结合在一起。在本例中,轨迹是“环境扫描”,考察的是在没有被测设备时存在的背景信号。

一致性测试要求符合国际标准规定的方法、设备和测量地点。一致性测试通常作为设备生产前设计检验的一部分完成。一致性测试是穷尽型测试,耗时长,产品开发这一阶段的 EMC 故障可能会导致昂贵的重新设计,耽误产品推出。

### 滤波器、检测器和平均

接收机和频谱分析仪可以建模为拥有接收机带宽、信号检波方法和结果平均方法,以完成信号电平测量。

在许多商用 EMI 测量中,这些测量单元由 Comite International Special des Perturbations Radioelectriques (CISPR) 规定, CISPR 是国际标准机构 -- 国际电气技术委员会(IEC)下属的一家技术机构。其它标准和认证机构,如日本的 TELEC,也对测量方法和认证技术提出了要求。在美国,国防部已经开发了 MIL-STD 461E 标准,对军事设备提出了特殊要求。

测量带宽由接收机带宽形状或频谱仪的分辨率带宽(RBW)滤波器决定。测试带宽通常是频谱中可能存在干扰的频段,而随着频率的不同测试带宽也不尽相同。本应用指南讨论了 CISPR 和 MIL-STD 要求的滤波器形状。

检波器用来计算在某个时点上代表信号的单个点。检波方法可以计算正峰值或负峰值、电压的 RMS 或均值,或在许多 EMI 测量中,计算准峰值(QP)。本应用指南详细考察了 QP 检波技术。

在测量期间,对检测到的信号使用平均方法。CISPR 标准定义的平均算法旨在复现使用拥有规定响应时间的电压表读取信号值所产生的影响。通过对检测到的输出应用指定带宽,还可以使用“视频滤波器”进行平均。对 EMI 测试,TELEC 标准中规定了视频滤波。本应用指南讨论了 CISPR 平均和视频滤波器。

频率范围	带宽 (6 dB)	参考带宽
9 kHz–150 kHz (频段 A)	100 Hz–300 Hz	200 Hz
0.15 MHz–30 MHz (频段 B)	8 kHz–10 kHz	9 kHz
30 MHz–1000 MHz (频段 C 和频段 D)	100 kHz–500 kHz	120 kHz
1 GHz–18 GHz (频段 E)	300 kHz–2 MHz	1 MHz

表 1. CISPR 16-1-1 规定的测量带宽与频率。

### 滤波器定义

接收机或频谱分析仪测量的任何非连续信号的电平取决于使用的测量带宽。为实现一致的结果，法规机构规定了一致性测量中使用的滤波器带宽和形状。CISPR 中规定了峰值检测器、RMS 检测器和均值检测器的带宽，如表 1 所示；CISPR 16-1-1 还规定了滤波器的形状。ANSI、CISPR 和 MIL-STD 461E 滤波器由其 -6 dB 带宽规定，频谱分析仪分辨率带宽传统上则规定在 -3 dB 上。历史上，频谱分析仪的分辨率带宽被规定为创建频谱显示画面中刚好看得到的“短时间下降”所需的两个幅度相等的 CW 信号要求的隔离度，因此指定了 3 dB 带宽。设计用于 EMI 应用的频谱分析仪把 -6 dB 滤波器定义作为用户选择的设置(参见图 4)。使用 -3 dB 滤波器定义而不是 -6 dB 定义具有深远的影响。对 RTSA 中使用的形状系数为 4.1:1、接近高斯形状的滤波器，在 -6 dB 处指定的 100 kHz 滤波器在 -3 dB 点上测量时宽仅 71 kHz。

频率范围	带宽 (6 dB)
10 Hz–20 kHz	10, 100, 和 1000 Hz
10–150 kHz	1 和 10 kHz
150 kHz–30 MHz	1 和 10 kHz
30 MHz–1 GHz	10 和 100 kHz
1–40 GHz	0.1, 1.0 和 10 MHz

表 2. ANSI C63.2 规定的峰值、均值和 RMS 检测器的带宽对频率。

频率范围	带宽 (6 dB)
30 Hz–1 kHz	10 Hz
1 kHz–10 kHz	100 Hz
10 kHz–150 kHz	1 kHz
150 kHz–30 MHz	10 kHz
30 MHz–1 GHz	100 kHz
1 GHz 以上	1 MHz

表 3. Mil-STD-461E 规定的带宽对频率。

测得的随机噪声功率差将是  $10 \cdot \log_{10}(71/100)$ ，与 -3 dB 处指定的传统 100 kHz 滤波器相比，大约为 -1.49 dB，如图 4 所示。在 RBW 值相同时，使用 -3 dB RBW 指标的频谱分析仪测得的随机噪声和脉冲噪声要高于使用 EMI 指定滤波器测得的值。

美国国家标准学会(ANSI)和 MILSTD 461E 也规定了测量的滤波器带宽。选择的带宽随测量频率变化，如表 2 和表 3 所示。



# 实时频谱分析在 EMI 诊断中的应用

## 应用指南

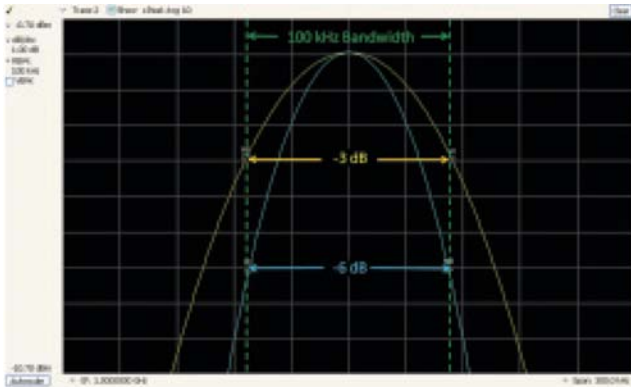


图 3. 频谱分析仪，可以选择 -3 dB (RBW)和 -6 dB 滤波器定义，1 dB/division。

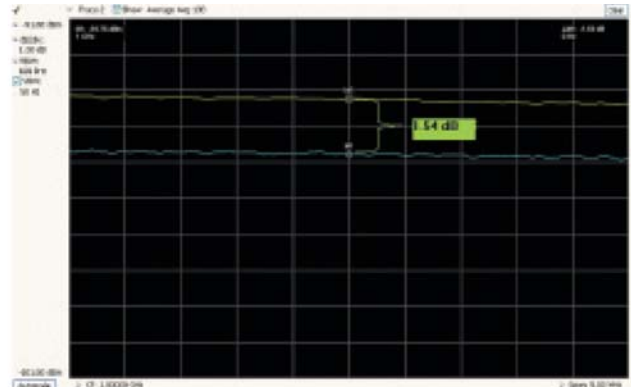


图 4. 使用 100 kHz 滤波器测量的随机噪声。-3dB, 100 kHz 响应用黄色表示，-6dB, 100 kHz 响应用蓝色表示。功率差是 1.54 dB，与理论值非常接近。

	9 kHz– 150 kHz (频段 A)	0.15 MHz– 30 MHz (频段 A)	30 MHz– 1000 MHz (频段 C 和 D)
特点			
带宽 (6 dB)	0.2 kHz	9 kHz	120 kHz
检测器充电时间	45 ms	1 ms	1 ms
检测器放电时间	500 ms	160 ms	550 ms
临界阻尼表的时间常数	160 ms	160 ms	100 ms

表 4. CISPR 16-1-1 和 ANSI C63.2 中规定的准峰值检测器与频率特点。

### 检测方法

尽管许多 EMI 测量可以使用简单的峰值检波器完成，但 EMI 测量标准规定了一种专用测量方法，即准峰值 (QP) 检波器。QP 检波器用来检测信号包络加权后的峰值 (准峰值)。它根据信号时长和重复率加权多个信号。QP 检波器的特点是响应快、衰减慢，包含一个表示临界阻尼表的时间常数，参见表 4。发生频次较高的信号，其 QP 测量值要高于偶发的脉冲。

准峰值检波器在传统上一直用于模拟设计中，如图 5 所示。

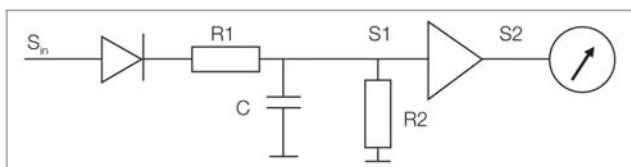


图5. 模拟实现方案中的准峰值检测器。准峰值检波器的响应快(充电时间)、衰减慢(放电时间)特点源于这条电路中实现的 R-C 常数。得到的波形驱动着临界阻尼表。

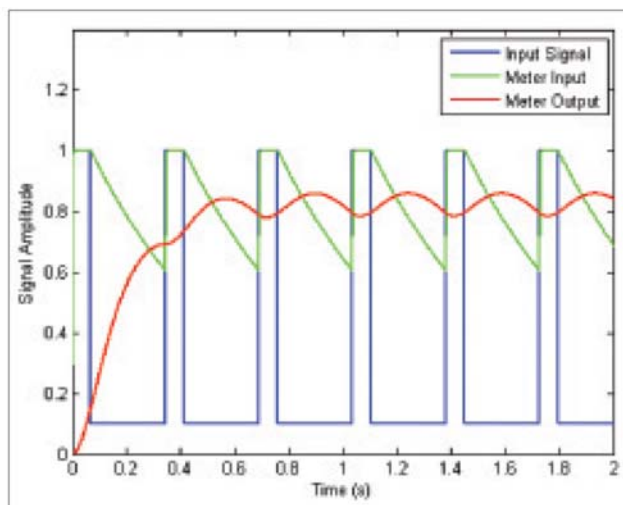


图6. 对重复信号的准峰值响应。

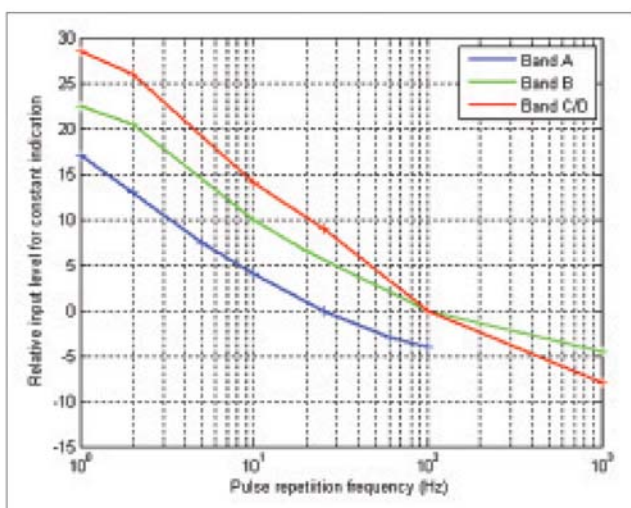


图7. 准峰值检波器的脉冲响应曲线。

在图5中，只要  $S_n$  高于  $S1$ ，那么信号  $S_n$  的包络就会对电容器  $C$  到电阻器  $R1$  充电。如果输入信号  $S_n$  小于  $S1$ ，那么电阻器  $R2$  会对电压  $S1$  放电。

为帮助查看准峰值检波器与相关仪表组合的响应，图6把输入响应(重复脉冲，用蓝色表示)、得到的准峰值检波器响应(具有响应快、衰减慢特点，用绿色表示)及检波器与仪表的综合响应(用红色表示)分开。

对带有 QP 检波器的接收机上的常数指标，图7表明了 CISPR 16-1-1 标准描述的幅度和重复频率之间的关系。

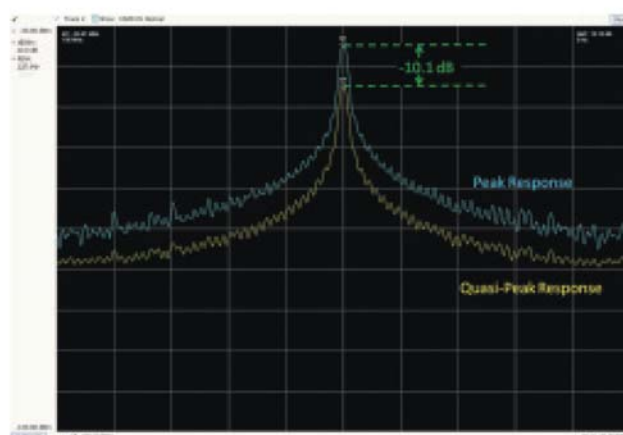


图8. 峰值和准峰值检波对8 us脉宽和10 ms重复率的信号的影响。准峰值比峰值低10.1 dB。

图8是峰值检波和QP检波实例。这里，峰值检波和QP检波中查看了8  $\mu$ s脉宽和10 ms重复率的信号。得到的QP值比峰值低10.1 dB。在测量被测设备的EMI时，通常会先测量峰值，找到超过或接近规定极限的问题区域。然后只在接近或超过限制的信号上进行速度较慢的准峰值测量。通常使用带有标准峰值检波器的频谱分析仪，迅速评估任何问题区域。

## 实时频谱分析在 EMI 诊断中的应用

### 应用指南

标准	VBW 要求	分析仪 VBW 设置
CISPR	不使用 VBW	最大值或失效
TELEC	VBW = RBW 或 VBW=RBW 或失效 VBW ≥ 3*RBW	
MIL	最大值或不使用	最大值或失效

表 5. EMI 测量中规定的视频带宽要求。

### 平均和视频滤波器

除 QP 检波外，实时频谱分析仪还支持 CISPR 规范中规定的峰值和均值检波器。峰值检波器检测信号包络的峰值。均值检波器计算包络的平均值。RTSA 能够从同一输入信号中同时测量 QP、峰值和均值，以独一无二的方式了解 DUT 的信号特点。

某些 EMI 测量指定了视频滤波器，视频滤波器是频谱分析仪中最早采用的方法，以降低测量噪声变化所产生的影响。视频滤波器一词源于最早的实现方案，即低通滤波器被放在检测到的输出与频谱分析仪 CRT 的 Y 轴模拟驱动输入之间。RTSA 和部分现代频谱分析仪采用数字技术来平滑信号上的噪声。

在大多数 EMI 测量中，视频滤波器指定为关闭，或视频滤波器指定为至少比测量的指定 RBW 高出三倍(参见表 5)。

指定视频滤波器关闭(或大于等于三倍 RBW)的目的，是消除视频滤波器对检测到的信号的影响。图 8 是视频带宽(VBW)与 RBW 之比变化时视频带宽的影响。在  $VBW \geq 3 \cdot RBW$  或  $10 \cdot RBW$  (或失效)时，噪声标准偏差保持在 5.4 dB。在  $VBW=RBW$  时，如在 TELEC 规范部分章节中，噪声变化降低到大约 4.7 dB。

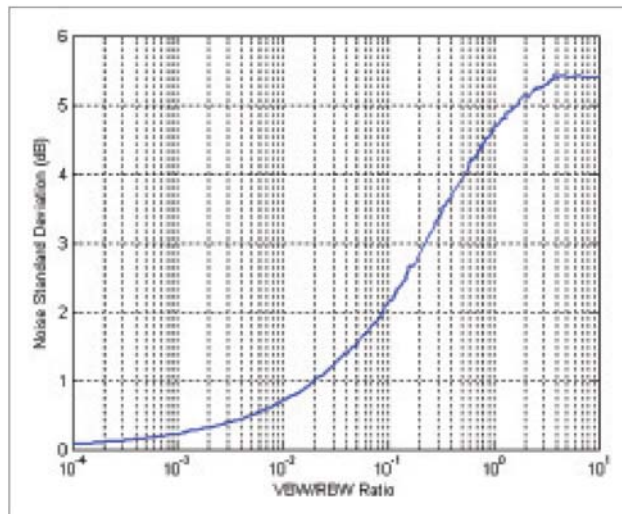


图 9. VBW/RBW 之比对随机噪声信号标准偏差的影响。在  $VBW \geq 3$  倍的分辨率带宽时，其对 VBW 的信号偏差没有实际影响。

### EMI 滤波器、检波器和平均算法的数字实现方案

对基于离散傅立叶变换(DFT)技术的频谱分析仪，通过对离散采集数据应用窗口功能，可以以数字方式执行滤波。采集数量取决于要求的滤波器的带宽。在采样频率相同时，要求更多的样点来实现更小的滤波带宽。

RTSA 采用 Kaiser 窗口仿真 EMI 滤波器。窗口功能的频响幅度决定着 IF 滤波器形状，必须满足 CISPR 16-1-1 中规定的带通选择限制。

在 RTSA 中，准峰值检波器使用数字滤波器实现。可以使用数字滤波器，如无穷脉冲响应(IIR)滤波器，仿真传统 EMI 接收机使用的 RC 充电电路和放电电路。这种临界阻尼表还可以建模为二阶数字 IIR 滤波器。仪表上显示的最大值取为准峰值检波器器值。

在 RTSA 上，视频滤波器采用平均技术实现。使用的平均数量取决于选择的视频带宽及测量时使用的 RBW。在使用 VBW 时，得到的测量分析长度取决于选择的 VBW，如果在没有视频带宽时使用 RBW，那么会比较长。RTSA 选择平均数量，实现与噪声变化对 VBW/RBW 曲线的良好相关性，如图 9 所示。



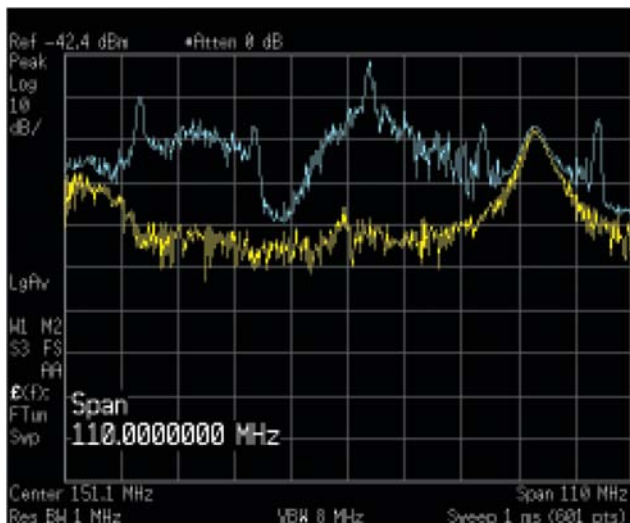


图 10. 扫频分析仪峰值扫描(黄色轨迹)中漏掉的瞬态 EMI, 在 DUT 循环通过磁盘高速缓存操作、保持 Max-hold 模式一分钟后被发现。

### 测量速度和实时频谱分析仪

QP 和均值的测量速度一直是测量接收机和频谱分析仪所面临的一项挑战。QP 检波器和仪表响应时间长, 因此在很宽的频率中一次扫描一个频率并不现实。为解决这个问题, 测量使用峰值检波器完成, 可以迅速确定被测设备中最高 EMI 峰值。然后在所有问题区域使用单频率测量, 重复执行测量。最近, 市场上已经出现了能够处理大的信号跨度的接收机和 RTSA, 其应用 QP 检波和平均功能的速度要比单频率测量技术高出几个量级。这种计算频宽中所有频率点的方法产生了明显的速度优势, 同时还有一个优势, 即与扫描技术相比, 其可以以高得多的侦听概率查看频段中的瞬态信号。这一点在当前的设计环境中尤为重要, 因为信号随时间变化和移动, 单频率测量不能表示这些动态变化的信号。

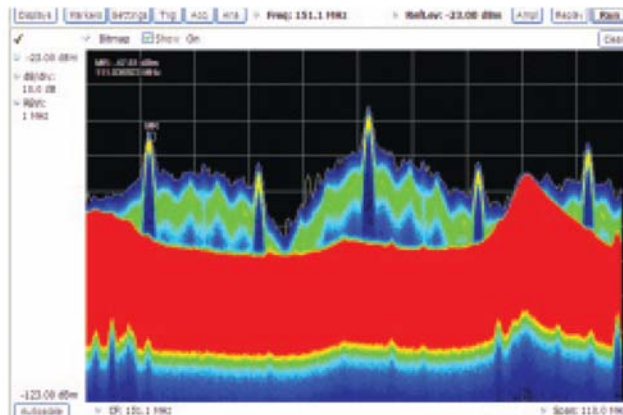


图 11. 使用 DPX 在 5 秒后发现的偶发瞬态信号。红色区域是频繁发生的信号, 蓝色部分和绿色部分是瞬态信号。

### 查找当前的 EMI 问题

尽管上面介绍的基于标准的测量方法对法定的一致性测试必不可少, 但它们通常不能解决、甚至不能检测到当前系统中 EMI 设计所面临的问题。20 世纪 30 年代前后的 QP 检波器并不是为确定当前复杂的多处理器消费电子对现代通信和计算系统中使用的瞬态信号、跳频数字调制信号和超宽带信号的影响而设计的。

幸运的是, 测量技术已经演进以满足这些需求。本章考察了使用实时频谱分析仪发现瞬态信号和 EMI 隐患, 在存在这些信号和隐患时会触发系统, 并分析其特点。

在下面的实例中, 单个的瞬态信号会产生一串瞬态信号, 这些信号每次只持续很短的时间。在本例中, 该设备是一种嵌入式系统, 在系统被要求把数据缓存到硬盘时导致了瞬态 EMI。在使用扫频分析仪的峰值检波器简单检查后(黄色轨迹, 图 10), 似乎只有一个连续信号; 把仪器保持 Max-hold 几分钟, 同时循环 DUT 工作模式, 会指明问题(蓝色轨迹)。但在峰值检波模式下进行快速扫描会得到黄色轨迹, 没有检测到问题。

## 实时频谱分析在 EMI 诊断中的应用

### 应用指南

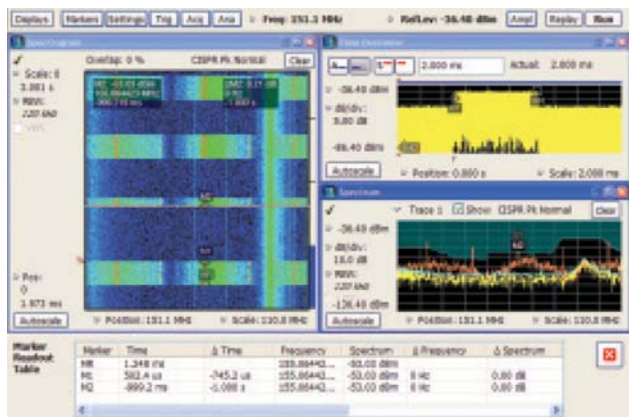


图12. 使用频率模板触发技术捕获以1秒重复率发生的瞬态信号。

图 11 使用数字荧光处理(DPX)技术考察 DUT 的 EMI 特性, 立即发现问题。泰克 RTSA 独有的 DPX™ 频谱显示技术每秒处理超过 48,000 个频谱, 保证瞬时捕获和显示持续时间超过几十微秒的任何信号。应用指南 37W-19638-2 进一步介绍了 RTSA 中 DPX 频谱处理器的运作过程。显示画面中的颜色等级表明了信号发生频次。

在图 10 中, 发生频次较高的信号用红色表示, 发生频次较低的信号用蓝色和绿色表示。可以立即看到哪些信号是连续的, 哪些信号是瞬态的。瞬态信号偶尔出现, 但其电平要比连续信号高出 15 dB。

在使用 DPX 发现潜在问题后, 还要触发和捕获信号, 以便进一步进行分析。通过根据连续信号曲线定义频率模板触发, 然后在频谱中捕获偶发的瞬态信号, 可以轻松触发和捕获信号。持续时间超过 10.3 μs、高出频率模板门限的任何信号都会导致触发, 并把触发前和触发后的信号存储到存储器中。图 12 左侧的三维频谱图显示了瞬态信号触发的 4 个采集结果。

现在可以全面分析信号了。图 12 中的标记显示了瞬态信号的重复率是 1.0 秒, 但瞬态信号的长度并不是一直相同的, 而是在 5 次采集过程中在 752 μs 到 200 μs 之间变化。这种重复频率和变化的脉宽提供了重要线索, 以确定电路中瞬态信号的来源, 在本例中是磁盘高速缓存操作, 这种操作只在被测设备的特殊工作条件下发生。

## 总结

进行基于标准的 EMI 测量要求使用标准机构规定的专用滤波器和检波器。接收机、传统频谱分析仪和泰克 RTSA 提供了这些专用滤波器和检波器。RTSA 和某些接收机使用的 DSP 技术的测量速度要比扫频方法快几个量级，因为其可以同时分析整个实时带宽(高达 110 MHz)。

与扫频技术相比，实时分析技术大大缩短了保证 100% 瞬态信号侦听概率所需的最低信号时长。通过使用拥有 DPX 频谱处理技术的 RTSA，可以最简便地调试产生各种瞬态信号的系统，保证在分析过程中不会漏掉瞬态信号。这缩短了获得信息的时间，提高了确定被测设备质量的信心。

## 参考资料

CISPR 16-1-1 “无线干扰和抗干扰测量仪器和方法规范 – 第 1-1 部分 无线干扰和抗干扰测量仪器 – 测量仪器”，国际电气技术委员会第 2.1 版，2006-11。

ANSI C63.2 “美国国家电磁噪声和场强仪器标准，10Hz -40 GHz 规范”，美国国家标准学会，1996 年 1 月。

MIL-STD-461E “子系统和设备电磁干扰特点控制要求”，美国国防部，1999 年 8 月。

军用 EMC 规范发展史，Warren Kesselman, IEEE 和 Herbert Mertel, IEEE。

[http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer00/emc\\_stan.htm](http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer00/emc_stan.htm)

准峰值检测器，Edwin L. Bronaugh, ANSI ASC C63 Historian。

<http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer01/pp.bronaugh.htm>

[http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer00/emc\\_stan.htm](http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer00/emc_stan.htm)

准峰值检测器，Edwin L. Bronaugh, ANSI ASC C63 Historian。

<http://www.ieee.org/organizations/pubs/newsletters/emcs/summer01/pp.bronaugh.htm>

**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**  
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

**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.cn](http://www.tektronix.com.cn)



版权所有 © 2008, 泰克有限公司。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国和国际专利权保护, 包括已发布和尚未发布的产品。以往出版的相关资料信息由本出版物所代替。泰克公司保留更改产品规格和定价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克有限公司的注册商标。所有其他相关商标名称是各自公司的服务商标、或注册商标。  
06/08 EA/PDF 37C-22084-0

**Tektronix®**