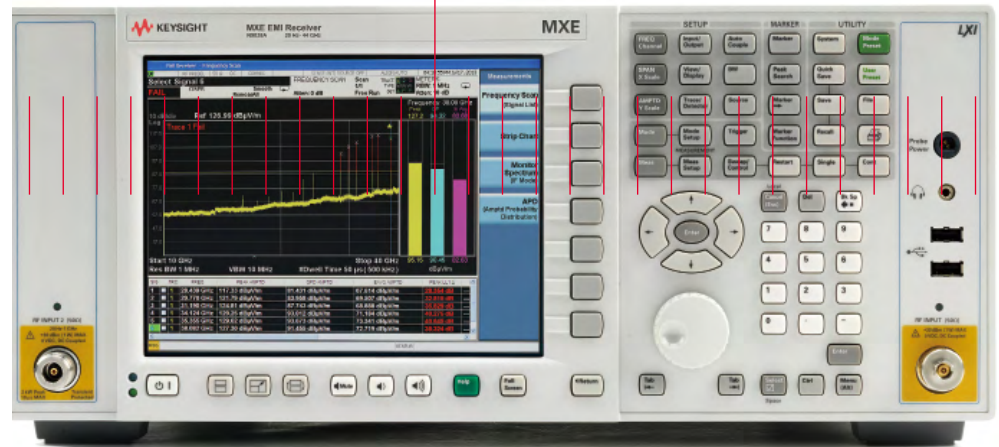


是德科技

电磁兼容性测试：  
通过时域扫描技术  
提高测试吞吐量

应用指南



## 简介

电磁兼容性(EMC)测试需要详细且准确的方法，以保证所有的辐射都能被准确测量。过长的测试时间影响了实验室的效率，减少了可认证的设备数目，影响了测试业务的收入，或是不通过第三方而由公司内部测试的新产品数目。

要增加收入，而不增加过多费用来购买新测试设备，公司必须缩短EMC产品测试周期——包括设备搭建，扫描，转台的旋转，和天线高度调整时间——从而最大化现有的兼容性测试设备的测试能力。时域扫描技术可以显著减少接收机的扫描时间，缩短总体测试时间，帮助提高业务收入，加快新产品上市速度。

本应用指南为您介绍时域扫描的概念，讨论最节省时间的测试场景，评价关于时域扫描速度和接收机过载保护的平衡。

## 时域扫描减少总体测试时间

商业测试标准和军方测试标准都要求对于每个信号达到一定的测量时间，即驻留时间 (dwell time)，以确保脉冲信号被正确的表征。时域扫描技术能减少接收机的扫描时间，同时保持所需的驻留时间。

基于 CISPR 标准的商业测试要求预扫描驻留时间最大到 1 秒钟，对于幅度随时间变化的辐射信号，最终测量时要达到 15 秒钟以上。而军方标准 MIL-STD-461 指定的驻留时间根据频率范围不同为 15ms 或 150ms。当所用的接收机采用基于步进式或扫描式本振的频域扫描，在每个独立分辨带宽上收集数据时，所有驻留时间都要累加起来。

CISPR 16-1-1:2010 版本接受时域扫描技术用于预扫描，如果你用到的 CISPR 16-1-1 标准特别声明使用该版本，则其最终测量也可以采用时域扫描。MIL-STD-461 标准允许任何方式的测量，只要能够达到标准的要求。

## 时域扫描的工作原理

时域扫描通过使用 FFT 频谱高度重叠技术来减少接收机的扫描时间，它可以在包含多个分辨带宽的频率扫宽内同时收集辐射数据 (图 1)。相反，频域扫描是在每个分辨带宽分别收集收据。用于时域扫描的 FFT 采集带宽的范围，从 1 MHz 到 10 MHz 甚至更大，比 CISPR 和 MIL 标准要求的分辨带宽明显加宽。接收机在更宽的采集带宽中收集数据，按规范的带宽进行处理，保证测量满足规范要求。因为在给定的 FFT 采集带宽内，采集一次数据仅需要按规范要求的时间驻留一次，和频域扫描的每个分辨带宽都要求驻留一次的时间相比，时域扫描节省了测量时间。

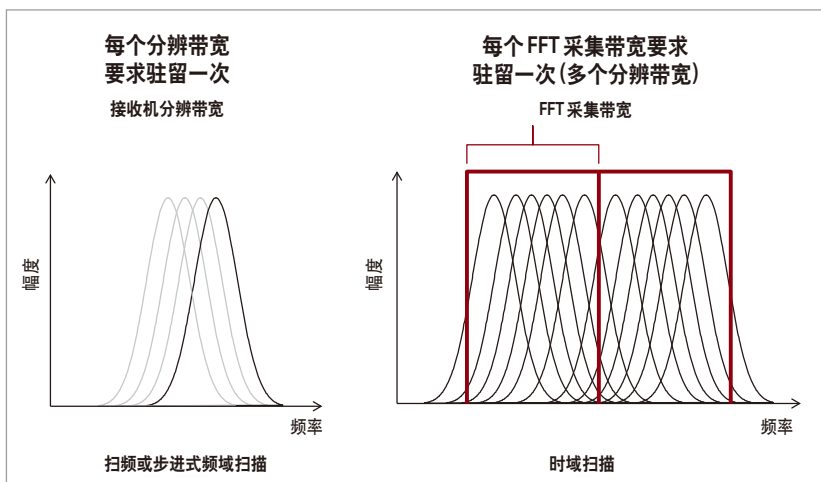


图 1. 分辨带宽和 FFT 采集带宽的比较

另一方面的时间节省，是通过扫描同样的频段范围使用更宽的采集带宽，减少频率步进数来实现的。每个频率步进都需要本振调整频率——更少的步进数，总体的本振重新锁定时间就更少。

时域扫描测量必须符合 CISPR 16-1-1:2010 和 MIL-STD-461 标准的幅度精度的要求。为满足所需的幅度精度，设计者采用了 FFT 频谱高度重叠 (~90%) 进行计算。此外，EMI 接收机必须在更宽的中频采集带宽上仍能保证幅度失真性能。

时域上的 FFT 频谱高度重叠，保证了脉冲信号被精确捕获和测量。图 2a 显示了时域中一个脉冲信号，使用连续的或者低频谱重叠 FFT。如果输入信号出现在 FFT 采集区间外，检测的信号幅度可能降低甚至完全丢失。图 2b 显示了时域中的脉冲信号，使用高度频谱重叠 FFT。这种情况下，捕获信号的可能性大大提高，并且得到正确的峰值幅度。

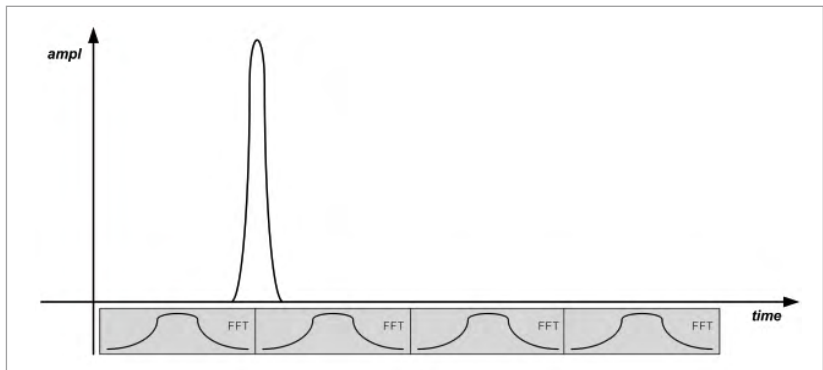


图 2a. 使用连续窗的传统严格采样 FFT 可能丢失输入脉冲信号

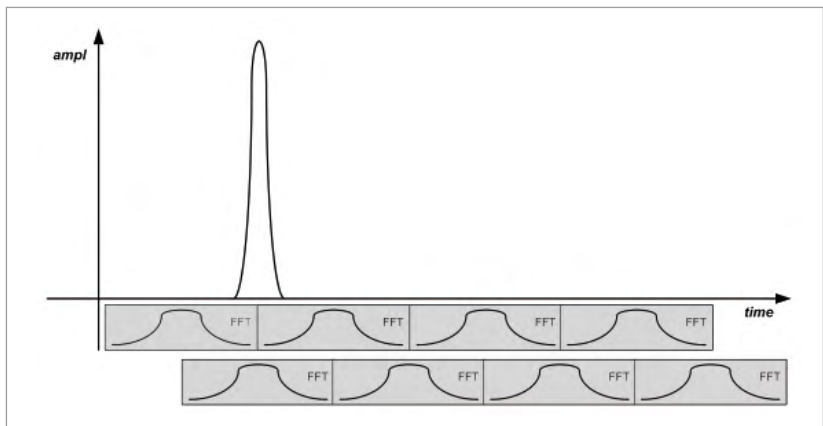


图 2b. 在时域使用 FFT 频谱高度重叠技术的测量增加了信号截获概率，使幅度测量的扇形误差最小化

时域扫描采集带宽必须考虑到射频和微波预选器带宽的影响。预选器滤波器在频段上限制了进入接收机第一级混频器的射频信号能量，提高了测量脉冲信号的动态范围。时域扫描需要考虑预选器的如下两个方面，保证FFT幅度精度：

- 在整个FFT采集带宽的宽度内调整幅度频率响应，补偿预选器频带边缘的响应。
- 减少最大的FFT采集带宽，使得FFT幅度频率响应不显著加到预选器的幅度频率响应上。

## 减少预扫描的时间：从数小时到数分钟

兼容性测试中需要占用测试实验室时间（测试能力受限因素）的主要因素是：

- 被测设备(EUT)的搭建和拆除
- 确定可疑频率的预扫描测量，包括天线的移动和转台的旋转次数和接收机预扫描次数
- 最终测量，包括天线的移动和转台的旋转次数和对每个频率接收机测量的次数

报告生成时间没有包括进来，因为这一工作不需要在实验室完成，可以在其他地方完成。

被测设备(EUT)搭建和拆除的时间根据EUT种类有很大不同，范围可能从不到一小时直到将近一天，甚至更长。天线移动时间与设备厂商相关，通常每个天线位置是5秒钟。转台运动时间也与设备厂商相关，通常范围是1-2 RPM。本文中，假设为~5秒钟每15度(degree)旋转。最终测量时间变化更大，取决于可疑信号列表中的频率数目，以及每个频率需要的驻留时间量。

时域扫描在预扫描中显著节省了时间（在最终测量前收集可疑信号），因为这一过程中，接收机在整个测量频段上调谐。例如，依据CISPR 16-2-3: 2010, ed. 3.1, section 7.6.6规定的方法收集可疑信号频率，转台每旋转15度，对于接收机天线的两个极化方向，都需要做一次扫描，总共是48次接收机扫描。此外，对于不同的天线高度也需要进行扫描。本例假设有3个高度需要测量，这样就总共有 $48 \times 3 = 144$ 次接收机扫描。

要测量 30 MHz 到 1 GHz 范围的辐射，生成一个可疑信号列表，预扫描时采用峰值检波器，每个分辨带宽 4 个测量点（本例中对于 120 kHz CISPR 分辨带宽，即每 30 kHz 一次测量），每个点要求 10 ms 驻留时间。对于频域扫描，一般商用接收机每次扫描时间大约 250 秒，这导致总体预扫描的扫描时间大约是 10 个小时！

而采用时域扫描的接收机，N9038A MXE EMI 接收机完成每次扫描时间大约 12 秒钟，总体预扫描的时间减少到 30 分钟以下——显著节省了大量测试时间。注意在这两种情况下，完成 144 次扫描需要的总的转台旋转和天线移动的时间，大约都是 12 分钟。

## 时域预扫描不能代替最终测量

当采用 CISPR 规定的加权检波器（准峰值检波器，EMI 平均检波器，RMS 平均检波器）时，使用时域扫描技术也可减少扫描时间。尽管这些加权检波器的充电和放电时间，导致了时域扫描的时间比使用峰值检波器的扫描时间长，但是对于同样的加权检波器时域扫描依然明显比频域扫描快。

这一加权检波器扫描时间的减少导致业界某些人建议，用加权检波器时域扫描替代最终测量来进一步节省时间。并且直接用加权检波器预扫描得到的信号幅度而不是用最终测量信号幅度来评估是否符合限值线。

不幸的是，该技术与 CISPR 推荐的测量方法不一致。在 CISPR 16-2-3:2010 ed. 3.1, section 6.5, 要求每个最终信号的加权幅度要被监测，以保证其信号稳定性。如果不够稳定，CISPR 要求监测幅度变化信号达到 15 秒钟。如果 15 秒内的幅度变化超过 2 dB，该信号必须被监测更长时间。为了使用加权检波器时域扫描得到的信号幅度来评估是否超过 CISPR 标准要求，用户不得不在预扫描时驻留更长时间——15 秒钟或更长——以确保捕获了扫描中所有信号的最大值。这样增加的驻留时间抵消了时域扫描节省的时间。

## 预选器的考虑: 要平衡扫描速度与过载保护

接收机设计能够采用更宽的采集带宽来提升时域扫描速度，每次采集中收集更多的测量带宽。为了利用更宽的采集带宽的优势，接收机预选器滤波器带宽也必须更宽。然而，加宽预选器带宽会减少脉冲测量动态范围，降低脉冲过载阈值。

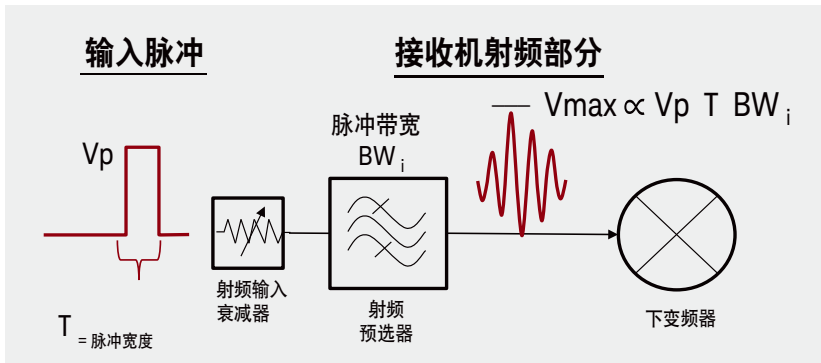


图3. 预选器脉冲带宽限制了进入接收机下变频链路的脉冲输入电压

射频和微波预选器滤波器的目的是减少进入第一级混频器的脉冲宽带能量，提高测量脉冲信号的过载电平和测量的动态范围(如图3)。对于一个给定脉冲信号，通过滤波器的最大信号电平与脉冲的电压幅度( $V$ )成正比，与脉冲宽度( $T$ )成正比，与滤波器的脉冲带宽成正比( $BW_i$ )。

$$V_{in\ max} \propto VT\ BW_i$$

加宽预选器滤波器来提高时域扫描速度，会增加滤波器脉冲带宽并且明显降低接收机脉冲信号的过载电平。过载保护能够通过设置额外的输入衰减值得到恢复，但代价是降低测量灵敏度。考虑到灵敏度是EMC测试的一个关键参数，系统设计师需要考虑是否愿意牺牲灵敏度来提高测量速度，并且考虑实际节省的时间和总体测量时间相比是否值得。许多情况下，只能节省很小比例的测试时间，不值得牺牲灵敏度。

为你的测试实验室评估一台接收机的指标时，理解时域扫描速度和过载保护的平衡是很重要的。决定接收机相关的过载保护指标的一个有效方法是，在相当的失真指标(1 dB压缩点和三阶截止点)情况下，比较某个给定频率上预选器6 dB滤波器带宽的比率。

采用计算公式：

$$20\log \left[ (\text{wider BW}_{6\text{dB}}) / (\text{narrower BW}_{6\text{dB}}) \right]$$

系统设计师能够获得一个合理的估计，得知使用更宽的预选器带宽的接收机需要的额外输入衰减是多少，来避免测量大脉冲信号导致的过载。

## 为时域扫描选择正确的接收机

时域扫描速度取决于接收机的架构。使用更大的采集带宽可以达到更快的速度，但是预选器带宽增大减小了接收机的脉冲动态范围，因为更多的脉冲信号能量进入到下变频器链路。当然，过载电平的降低可以使用额外的输入衰减来补偿，而代价是损失了测量灵敏度。

N9038A MXE EMI接收机同时提供出色的过载保护和快速时域扫描，成为任何兼容性测试实验室的极佳选择。通过使用一系列窄带射频预选滤波器，它提供了相当高级别的脉冲过载保护。16个滤波器(11个固定的，5个可调的)覆盖了从20 Hz到1 GHz的频域范围，滤波器带宽范围从300 kHz到60 MHz。对于3.6 GHz以上，使用了一个YIG预选器滤波器，提供~60 MHz带宽的预选器滤波。



## 总结

时域扫描技术，通过减少总体测量测试时间，显著提升了EMC测试实验室的测试吞吐量。这方面的时间节省，有助于提高业务收入，缩短由于实验室测试容量限制的新产品推出时间。尽管节省的时间随测量要求有所变化，但对于符合商业标准的测量，时域扫描仍然能够减少若干小时的测量时间。时域扫描技术最适用于需要转台旋转和天线高度调整的预扫描过程，为最终测量确定一个可疑频率信号列表。



myKeysight

myKeysight  
www.keysight.com/find/mykeysight  
个性化视图为您提供最适合自己的信息！

AXIe

www.axiestandard.org  
AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基于 AdvancedTCA 标准的一种开放标准, 将 AdvancedTCA 标准扩展到通用测试和半导体测试领域。是德科技是 AXIe 联盟的创始成员。

LXI

www.lxistandard.org  
局域网扩展仪器 (LXI) 将以太网和 Web 网络的强大优势引入测试系统中。是德科技是 LXI 联盟的创始成员。

PXI

www.pxisa.org  
PCI 扩展仪器 (PXI) 模块化仪器提供坚固耐用、基于 PC 的高性能测量与自动化系统。



3年保修  
是德科技卓越的产品可靠性和广泛的3年保修服务完美结合, 从另一途径帮助您实现业务目标: 增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。



是德科技保证方案  
www.keysight.com/find/AssurancePlans  
5年的周密保护以及持续的巨大预算投入, 可确保您的仪器符合规范要求, 精确的测量让您可以继续高枕无忧。



www.keysight.com/quality  
Keysight Electronic Measurement Group  
DEKRA Certified ISO 9001:2008  
Quality Management System

是德科技渠道合作伙伴  
www.keysight.com/find/channelpartners  
黄金搭档: 是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息, 请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表, 请访问:  
www.keysight.com/find/contactus

请通过 Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189  
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863

#### 是德科技(中国)有限公司

地址: 北京市朝阳区望京北路3号  
电话: (010) 64397888  
传真: (010) 64390278  
邮编: 100102

#### 上海分公司

地址: 上海市虹口区四川北路1350号  
中信泰富申虹广场5楼、16-19楼  
电话: (021) 36127688  
传真: (021) 36127188  
邮编: 200080

#### 广州分公司

地址: 广州市天河区北路233号  
中信广场66层07-08室  
电话: (020) 38113988  
传真: (020) 86695074  
邮编: 510613

#### 成都分公司

地址: 成都高新区南部园区  
天府四街116号  
电话: (028) 83108888  
传真: (028) 85330830  
邮编: 610041

#### 深圳分公司

地址: 深圳市福田区  
福华一路六号免税商务大厦3楼  
电话: (0755) 83079588  
传真: (0755) 82763181  
邮编: 518048

#### 西安分公司

地址: 西安市碑林区南关正街88号  
长安国际大厦D座5/F  
电话: (029) 88867770  
传真: (029) 88861330  
邮编: 710068

#### 是德科技香港有限公司

地址: 香港北角电气道169号25楼  
电话: (852) 31977777  
传真: (852) 25069292

香港热线: 800-938-693  
香港传真: (852) 25069233