

MDO3000 系列混合示波器

使您的工作更简单、更迅速！

5 项常见任务：

1. 发现信号异常
2. 验证串行和并行总线设计
3. 寻找噪声源
4. 利用噪声信号进行裕度测试
5. 验证开关电源设计

示波器内置 6 个重要工具！

为您节省验证和调试时间。工作范围从直流到射频，可查看模拟和数字信号，串行和并行总线。

泰克 MDO3000 系列示波器为您提供快速工作所需的所有重要工具！

标准：

- 示波器
- 综合频谱分析仪
- 数字伏特计

可随时选配和升级

- 任意 / 函数发生器
- 逻辑分析仪
- 协议分析仪

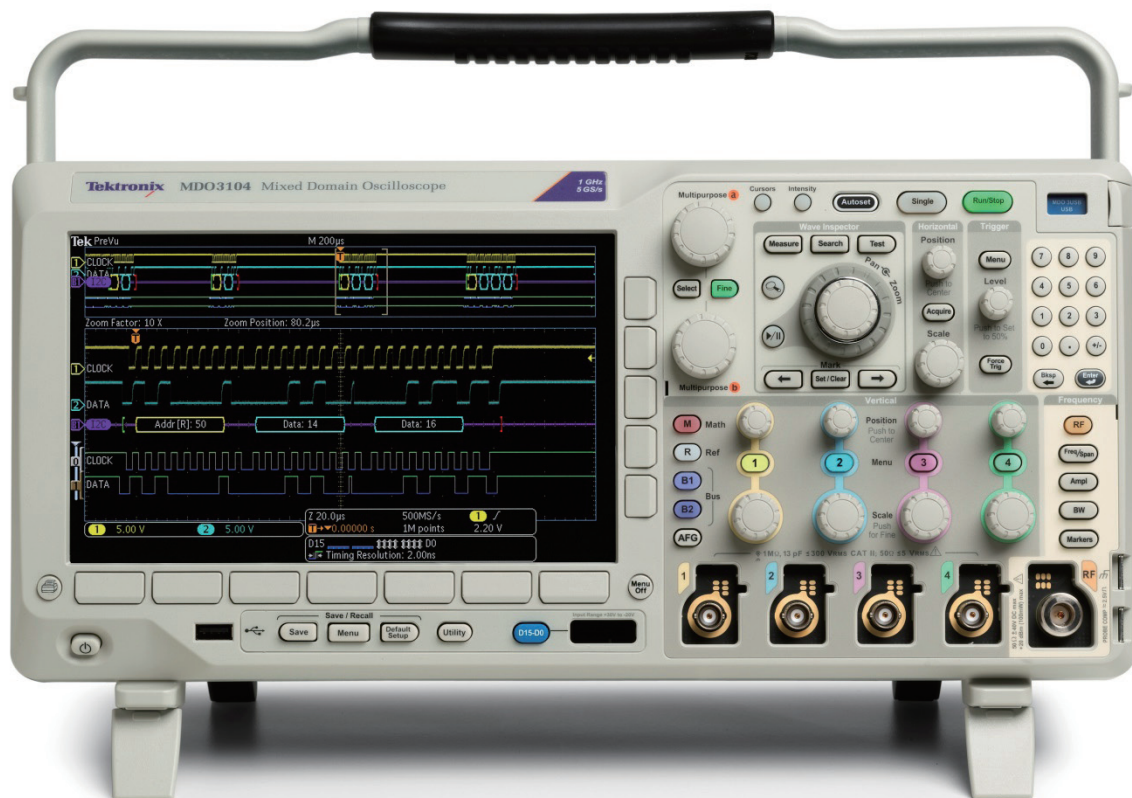


图 1. MDO3000 系列混合域示波器，配备数字荧光显示屏

1. 发现信号异常

发现和捕获信号异常可能是调试过程中最具挑战性的。信号中的微弱或偶发异常可能意味着设计是否可靠工作。

在这一部分，利用具有快速采集、高级触发和自动搜索功能的 MDO3000 来对数字信号中偶发事件进行发现、捕获和特性分析。

在本例中，对电路板信号进行探测时，在波形中偶尔看到淡色痕迹，说明存在偶发或突发事件，它们看上去不像数字信号。

图 2 中灰阶显示屏上的淡色痕迹表明在信号中存在偶发异常，但这些信号从显示屏上稍纵即逝，很难测量。虽然在查看单一信号时无线余辉可能有所帮助，

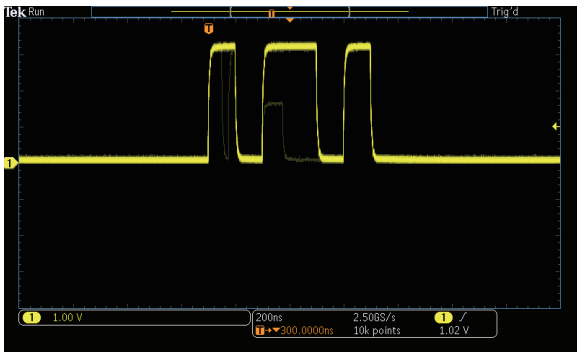


图 2: 偶发异常信号中的数字脉冲串

但对电路板快速探测时还是无济于事。

为了使用户对设计进行测试时能够迅速发现信号异常并得到异常出现的频率，可以启用彩色灰阶的 FastAcq 模式。FastAcq 采集模式将使波形采集速率提高到超过 280,000 波形 / 秒，从而迅速捕获和显示异常。表示温度时，用红色表示最常见的信号，用蓝色表示偶发信号。

由图 3 可见，在 3.3 V 数字信号中存在偶发窄脉冲或毛刺，还有低振幅短脉冲，少数振幅超过 1 V，都以蓝色表示。

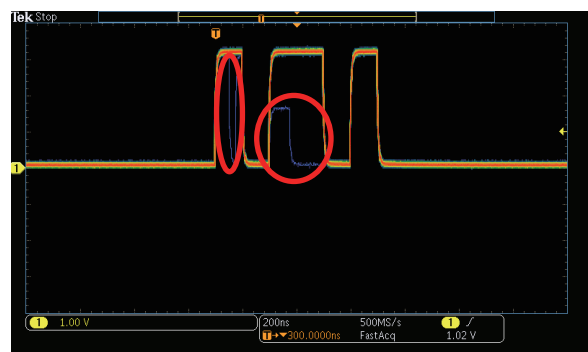


图 3: FastAcq 对信号异常的捕获

1. 发现信号异常

图 4 说明矮脉冲触发器怎样支持示波器隔离和捕获矮脉冲。

但矮脉冲出现的频率如何呢？

前面板的 Wave Inspector® 控制提供手动和自动引导工具的方便接入。有了大的 Wave Inspector 平移和缩放控制，即使长时间采集，也可以很容易检查。

不过，对长时间信号采集进行手动引导可能乏味且容易出错。手动滚动数百万个数

据点时，很容易错过感兴趣事件。因此，手动引导信号时，用户怎样才能有信心找到事件的全部细节呢？

有了 Wave Inspector (见图 5)，MDO3000 示波器可以自动搜多信号中指定事件的所有实例。指定搜索事件与指定触发事件相似。Wave Inspector 将自动标记每个事件，用户可以利用前面板的箭头按钮，通过在标记之间进行引导，从而轻松发现这些事件。



图 4: 矮波触发捕获的短脉冲



图 5: 前面板 Wave Inspector 控制

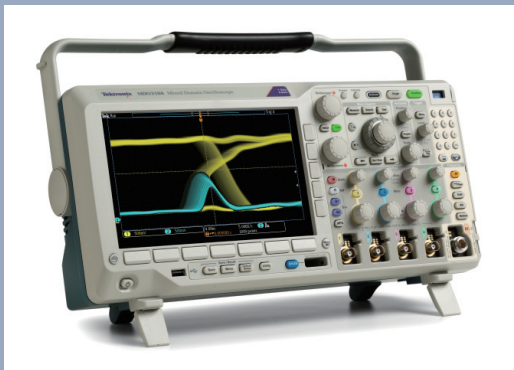
1. 发现信号异常

在本例中，矮脉冲触发器设置被复制到自动搜索设置中。

在图 6 中，Wave Inspector 在采集的信号中发现 3 个矮脉冲，其间隔大约是 3.25 ms。有个这个信息，用户可以迅速对以此速率发生的事件进行相关，并对引起这个信号异常的原因进行隔离。



图 6: 自动搜索发现 3 个矮脉冲，间隔大约是 3.25 ms



MDO3000 系列示波器提供能够高效发现和捕获信号异常所需的强大工具。

MDO3000 系列示波器标准配置

- 快速采集 (FastAcq)
- 高级触发
- Wave Inspector[®] 自动搜索

推荐配置

- MDO3000 系列示波器的任意型号都具有所需的模拟带宽 (因为所有型号标配都包括 FastAcq、高级触发和 Wave Inspector[®] 搜索)。
- TPP1000 或 TPP0500B 低电容无源探头是 MDO3000 的标配, 可实现探测载荷最小化。

2. 验证串行和并行总线设计

对于包括并行总线和串行总线的嵌入式系统快速调试，MDO3000 系列示波器提供内置协议分析仪，可与多种串行总线一起工作；还提供内置逻辑分析仪，可与并行总线一起工作。

启动后，示波器捕获组成 SPI 串行总线的 3 个信号，如图 8 所示。

简单定义几个串行总线参数（如数字阈值电平和串行信号配置）后，示波器将自动

对总线数据进行解码，由于省去对总线数据的手动解码，因此，不仅可节省数小时时间，而且避免了代价高昂的错误。

这个 SPI 串行总线驱动串行 - 并行转换器。为验证串行和并行总线之间的时序关系，数字通道采集 8 个并行总线信号。在定义少数几个总线参数后，可自动对并行总线进行解码并显示（图 10）。



图 7: 在查看波形时，对 I²C 总线进行解码

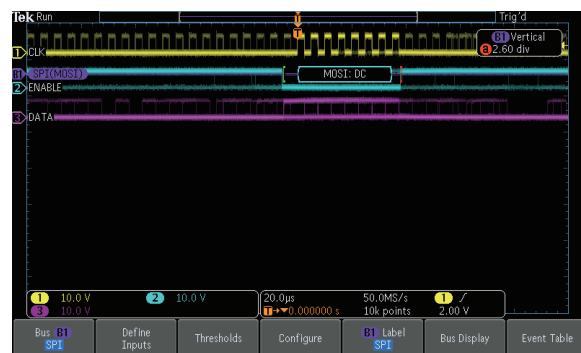


图 9: 对 SPI 串行总线进行自动解码

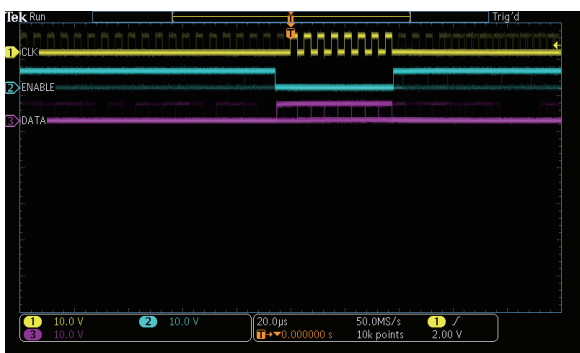


图 8: 3 线 SPI 串行总线信号

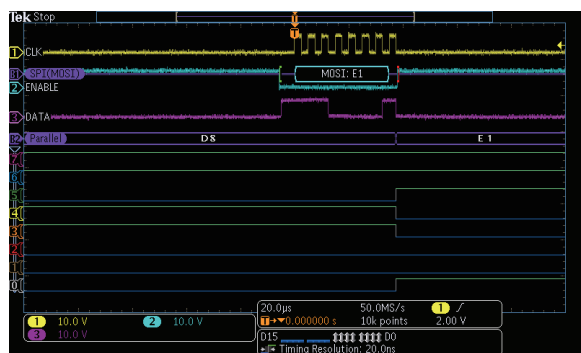


图 10: 显示屏上添加的数字通道和 8 位并行总线

2. 验证串行和并行总线设计

MDO3000 示波器一次可以对两个并行或串行总线进行解码和显示。如果能够对两个总线进行同步显示，那么串行总线和并行总线之间的时序关系就显而易见。在大多数情况下，串行包传输之后，并行总线值就被设置为串行总线数据值。

为使显示屏稳定并捕获具体串行事件，可对串行触发器进行设置。在这种情况下，触发器设置是：只要十六进制数据值 B0 在串行总线传输，就捕获信号。如图 11 所示，当串行值 B0 十六进制数传输时，并行总线值不变。进一步研究表明，该设计工作不像期望的那样有效。

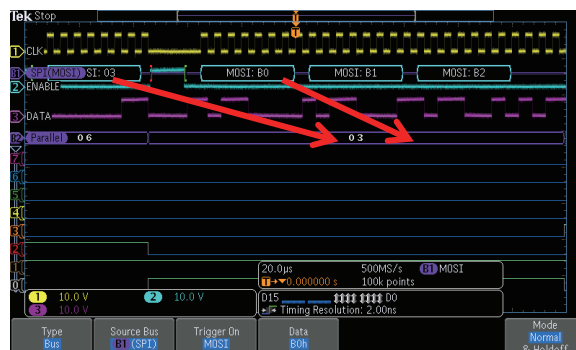


图 11: 利用串行触发器捕获 B0 十六进制数据包使混合信号显示屏稳定



泰克 MDO3000 系列示波器提供迅速完成任务所需的强大工具集，可用于包括串行和并行总线设计的验证和故障检测，并节省大量时间。

MDO3000 系列示波器支持串行总线

- I²C
- SPI
- USB 2.0
- RS-232/422/485/UART
- CAN / LIN
- FlexRay
- MIL-STD-1553
- I²S/LJ/RJ/TDM

推荐配置：

- MDO3000 系列任意 4 通道示波器都具有所需的模拟带宽。
- 可添加 MDO3MSO 选项，包括 16 通道数字探头和附件，支持 16 个数字通道。
- 可添加 MDO3EMBD 应用模块，以添加 I²C 和 SPI 串行触发、解码和分析功能。

3. 在嵌入式设计中寻找噪声源

另一项常见任务是跟踪发现设计中的噪声源。MDO3000 系列示波器的集成频谱分析仪为单台仪器的混合域调试提供恰当的工具 (图 12)。

在电路板周围进行探测时, 可以看到低频信号上寄居的高频信号, 如图 13 所示。

在时域显示中, 光标测量表明主要噪声大约

在 900 MHz, 如图 14 所示。

切换到集成频谱分析仪, 利用近场探头捕获辐射信号。将频谱分析仪中心频率设置为 900 MHz, 跨度设置为 2 MHz (参见图 15)。利用前面板的专用键盘, 可以迅速而容易地设置这些射频参数。

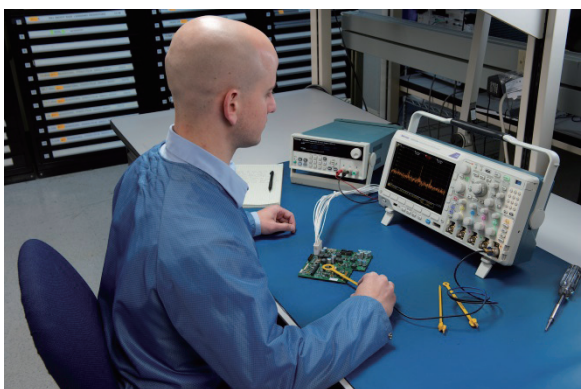


图 12: 使用集成频谱分析仪, 含近场探头

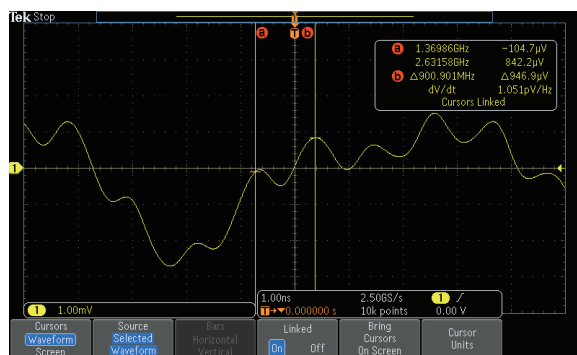


图 14: 光标测量识别出 900 MHz 噪声

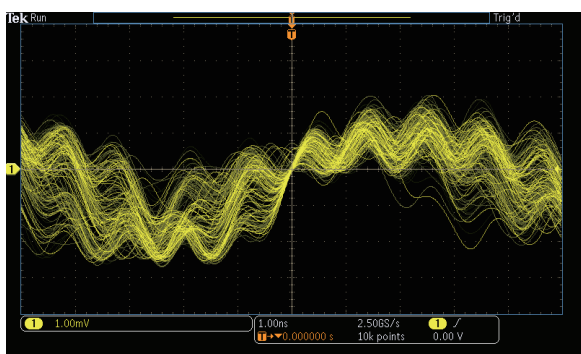


图 13: 关键信号中寄居的高频噪声

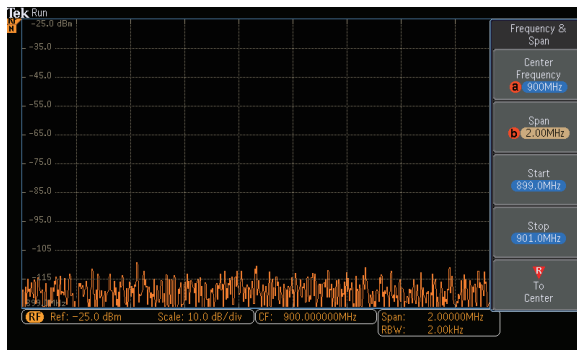


图 15: 设置频谱分析仪捕获 900 MHz 噪声

3. 在嵌入式设计中寻找噪声源

接着，近场 EMI 环形天线慢慢移到电路板上方，寻找 900 MHz 的最高信号电平。在 FPGA 的时钟发生器电路输出中发现最强的信号，如图 16 所示。

为了坚实频谱随时间变化情况，打开频谱

显示屏。如图 17 所示，信号似乎相当稳定。

在对 FPGA 电路板布局进行检查后，确定该信号对应 100 MHz 以太网时钟的第 9 级谐波。在这种情况下，糟糕的电路板布局将导致与设计其他信号的磁耦合。

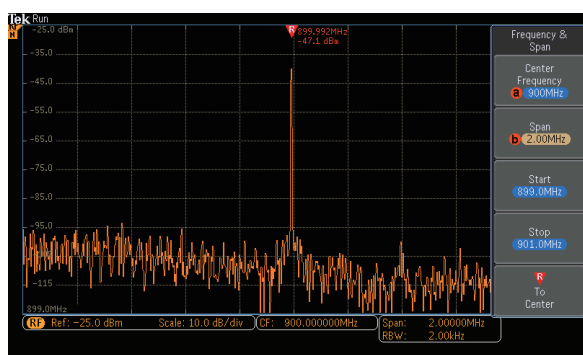


图 16: 在 FPGA 中探测到的 900 MHz 强烈辐射信号

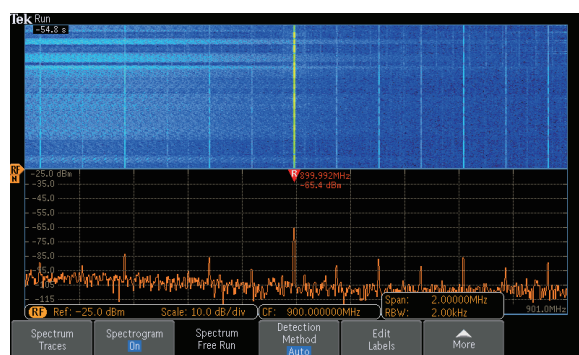
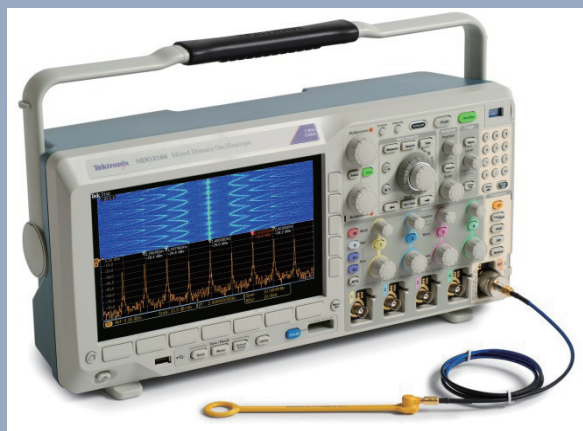


图 17: 光谱图表明 900 MHz 信号是非常稳定的



推荐配置:

- MDO3102 或 MDO3104, 适合 1 GHz 射频带宽
- 对任意 MDO3000 示波器添加 MDO 3SA 选项, 可将射频带宽扩展至 3 GHz
- 近场 EMI 环形天线

MDO3000 系列示波器内置综合频谱分析仪，是混合域调试的理想仪器。

MDO3000 系列综合频谱分析仪:

- 标准带宽: 9 kHz 到宽带扫描
- 可选带宽: 9 kHz ~ 3 GHz
- 操作像标准频谱分析仪一样简单
- 比示波器 FFT 性能更佳
- 设置中心频率、跨度或起始频率和终止频率

4. 利用噪声信号进行裕度测试

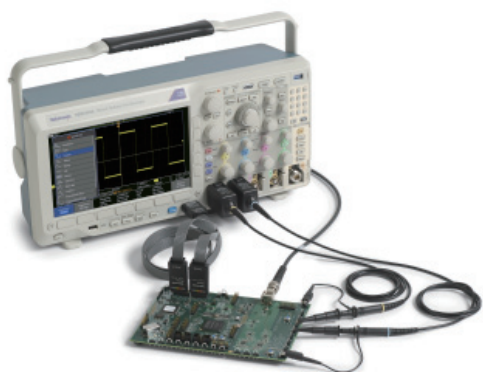


图 18: 利用集成的任意 / 函数发生器作为信号源

裕度测试也是一项常见任务。MDO3000 系列示波器内置综合信号发生器可以为设计裕度测试生成可预置激励。

在本例中，正对 CAN 总线串行接收机电路的噪声裕度进行特性分析。为了测试接收机裕度，利用示波器模拟通道对实际 CAN 信号进行采集，并下载值综合任意 / 函数发生器的编辑内存，如图 19 和图 20 所示。

然后，ARB 重复输出串行激励信号，以驱动接收机电路输入，参见图 21 通道 2(青色)波形。

利用通道 3(未给出波形)可以对接收机电路的串行输出信号进行采集，图 22 给出解码后的串行输出。注意，其中添加了总线触发器，目的是使显示稳定。

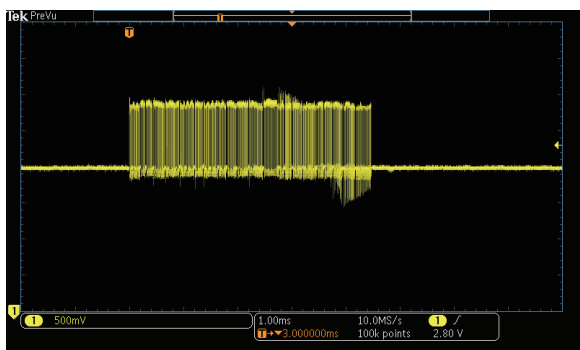


图 19: 利用 MDO3000 示波器采集 CAN 串行信号

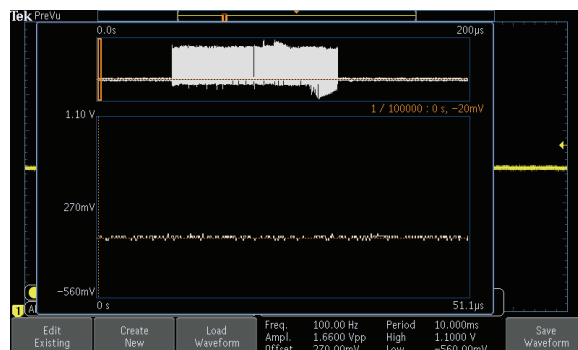


图 21: 利用 ARB 生成无噪声 CAN 信号

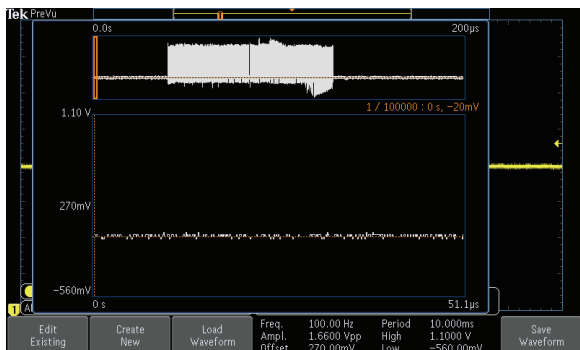


图 20: 采集的 CAN 信号被复制到 ARB 内存

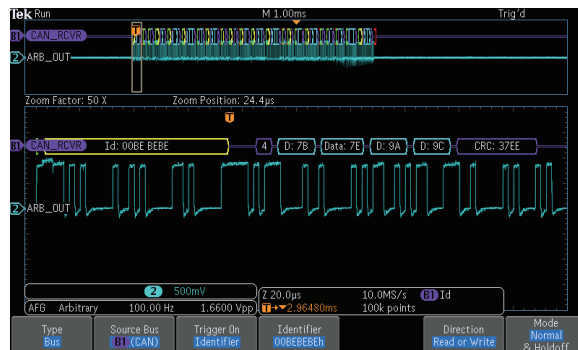


图 22: 利用 CAN 串行触发，实现解码串行输出信号显示的稳定

4. 利用噪声信号进行裕度测试

然后，为串行信号添加高斯噪声，并对接收机电路的解码输出进行监视，浏览数据包开始变化或消失，显示误码，如图 23 所示。

通过对接收机解码输出进行监视，可以看出，接收机设计良好，噪声电平约为串行信号振幅的 40%，当噪声电平达到信号振幅的 45–50% 时将出现重大错误。这个测试方法能够迅速检验接收机设计的噪声裕度。

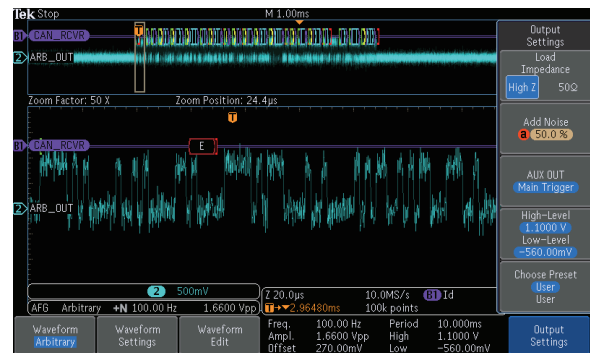


图 23: 在串行接收机输出端捕获遗失的串行包，这表示误码



推荐配置：

- 可根据所需的模拟带宽选择任意型号 MDO3000
- 添加 MDO3AFG 选项，支持任意 / 函数发生器
- 添加 MDO3AUTO 应用模块，支持 CAN 和 LIN 串行触发、解码和分析

MDO3000 系列任意 / 函数发生器为多种测试（包括裕度测试）提供信号，有助于对嵌入式设计进行全面验证和调试。

MDO3000 系列示波器任意 / 函数发生器的功能：

- 生成高达 50 MHz 函数
- 13 个预置函数
- 添加噪声
- 生成任意波形
 - 波形内存 128k
 - 采样速率 250 MS/s

5. 验证开关电源设计

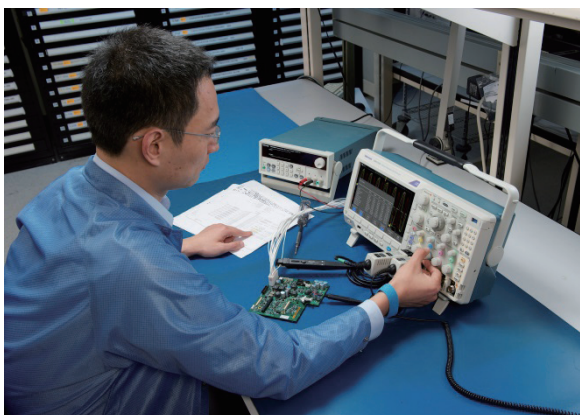


图 24: MDO3000 示波器及差分电压探头和电流探头

MDO3000 系列示波器电源测量使得用户就像电源专家那样，迅速获得精确和可重复的结果，即使他们很少与电源测量打交道。

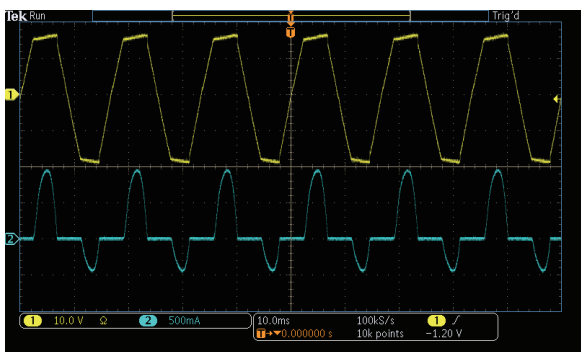


图 25: 交流输入电压 (黄色) 和电流 (蓝色) 波形

本实例给出常见的电源测量以及怎样利用 MDO3000 示波器进行操作，包括使用自动电源测量、综合数字电压计测量以及差分电压探头和电流探头。

图 25 给出在 AC-DC 转换器输入端的电压和电流。

3 位半数字电压计

然后，开启内置 3 位半数字电压计监视直流输出电压。该数字电压计显示屏右侧的测量统计表明输出电压非常稳定，图形读出提供电压变化的快速直观显示的 (图 26)。

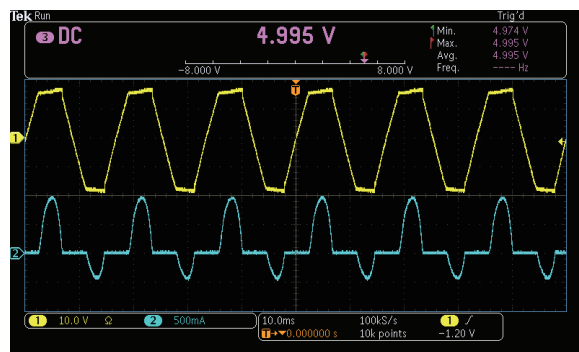


图 26: 利用数字电压计监视直流输出电压

5. 验证开关电源设计

可选配的 MDO3PWR 电源测量应用 (图 27) 能够利用推动按钮自动进行多种测量, 不仅容易而且可重复。

图 28 给出输入电源质量测量, 包括功

率、波峰因数和功率因数, 这些都是对交流电源供电效果的特性分析。

电力谐波测量以图形和表格形式提供输入电流的频域分析 (图 29 和图 30)。

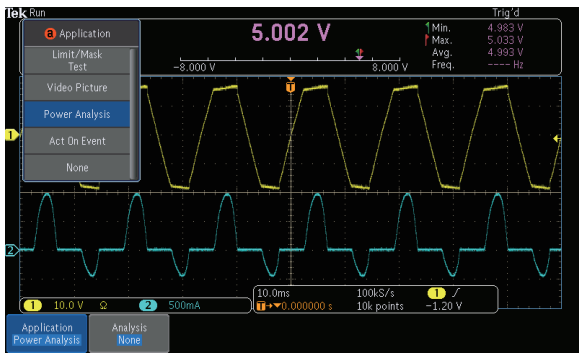


图 27: 选择自动电源测量

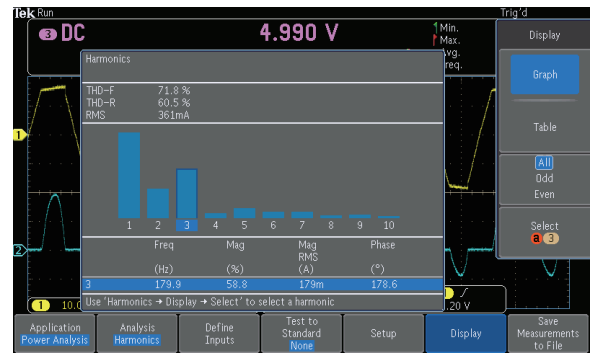


图 29: 输入电流谐波的图形显示

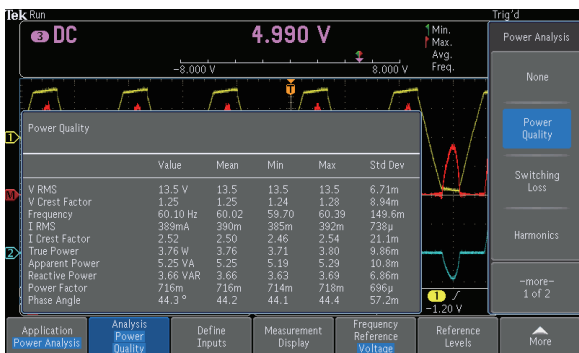


图 28: 电源输入电源质量测量

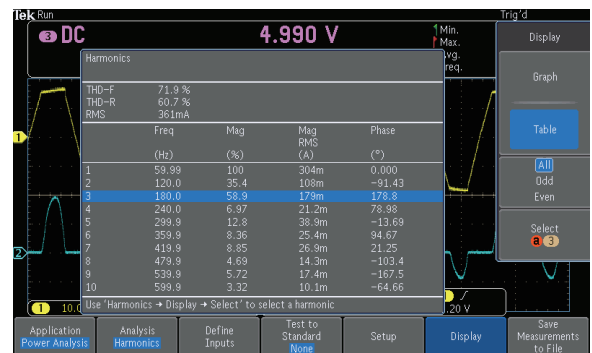


图 30: 输入电流谐波的表格显示

5. 验证开关电源设计

Another key power measurement is switching loss in the switching device, a major limitation to the efficiency of the power supply.

The differential voltage across the MOSFET (yellow waveform) is measured, as is the current flowing through the switching device (blue waveform). Then, with the touch of a button, the instantaneous power waveform is generated (red waveform) and switching loss power and energy

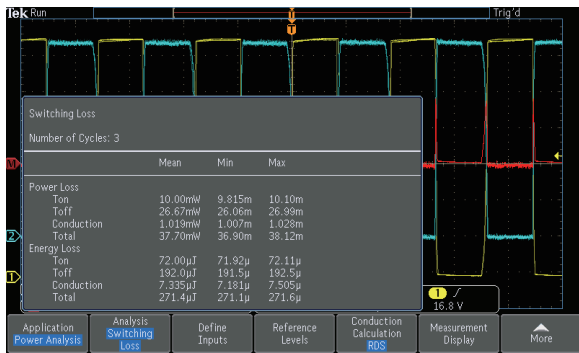


图 31: 开关损耗测量

measurements are displayed as in 图 31.

Finally, the Safe Operating Area measurement allows automatic monitoring of switching behavior over various input and load conditions In 图 32. By comparing the switching device's voltage, current, and instantaneous power levels relative to the device's maximum ratings, this measurement assures that the device reliability is not compromised by exceeding the specifications.

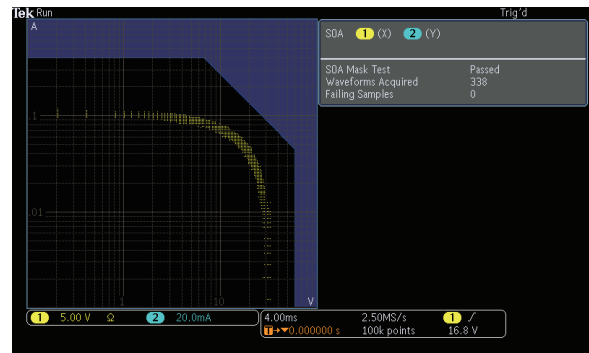
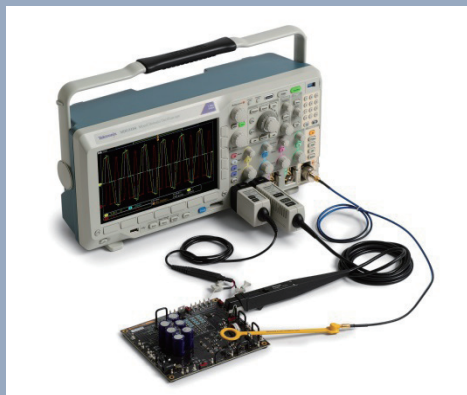


图 32: 自动通过 / 失败自动测试的安全工作区域



MDO3000 系列自动功率测量:

- 电源质量
- 开关损耗
- 谐波
- 波纹
- 调制
- 安全工作区域

推荐配置:

- 4 通道 MDO3000, 根据所需模拟带宽进行选择
- 包括 DVM
- 为自动功率测量添加 MDO3PWR 选项
- 为了安全和容易地测量非接地基准电压, 可添加 TDP1000 或 THDP0200 差分探头
- 为了精确地测量电流, 添加 TCP0030A 或 TCP0020 AC/DC 电流探头

利用 MDO3000 系列示波器完成日常设计与调试任务

这个应用笔记给出诸多日常任务中几个更常见的任务，利用 MDO3000 系列终极 6 合 1 混合示波器可以完成这些任务。



5 项日常设计与调试任务：

1. 发现信号异常
2. 验证串行和并行总线设计
3. 寻找噪声源
4. 利用噪声信号进行裕度测试
5. 验证开关电源设计

欲了解更多信息，请登陆 www.tek.com/mdo3000

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) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市徐汇区宜山路900号
科技大楼C楼7楼
邮编: 200233
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处
深圳市福田区南园路68号
上步大厦21层G/H/I/J室
邮编: 518031
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539

泰克成都办事处
成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编: 610063
电话: (86 28) 6530 4900
传真: (86 28) 8527 0053

泰克西安办事处
西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层C座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市解放大道686号
世贸广场1806室
邮编: 430022
电话: (86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处
香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

更多信息。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 cn.tektronix.com



© 泰克有限公司版权所有。保留所有权利。泰克产品受美国及国外专利（包括已公布专利和正在审查中的专利）的保护，本文所包含的信息取代先前出版的所有相关资料中的信息。泰克公司保留更改产品规格和价格的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克有限公司的注册商标。文中引用的其他所有商标名称是其各自公司的服务标志、商标或注册商标。

1/2014

48C-20067-0

Tektronix®