

用2600B系列源表SMU和MSO/DPO-5000或DPO-7000系列示波器简化DC-DC转换器特性分析

引言

DC-DC转换器是广泛应用的电子元器件。DC-DC转换器能将直流电源从一个电平转换至另一个电平，同时稳定输出电压。不论输入电压或者负载电流是否存在波动，电路输出都是恒定电压。这些电源管理器件广泛用于笔记本电脑、移动电话和测量仪器等各种电子产品。

由于开发更低功耗、更长电池寿命产品的压力不断增加，产品设计工程师必须提高电源转换效率。因此，分析DC-DC转换器电气参数需要进行大量测量。所进行的测试包括线路调整率、负载调整率、输入和输出电压准确度、静态电流、效率、导通时间、纹波和瞬态响应。一些测试的源和测量要用到直流测试仪器；另一些测试需要示波器，还有一些测试都要用到这两者。

此篇应用笔记说明了如何利用一台吉时利的双通道2600B系列源表SMU和一台泰克的MSO/DPO-5000或DPO-7000系列示波器简化DC-DC转换器测试。专为上述示波器开发的DPOPOWER应用软件支持常用电源管理器件参数的测量和分析。图1示出了DC-DC转换器测试的标准配置。

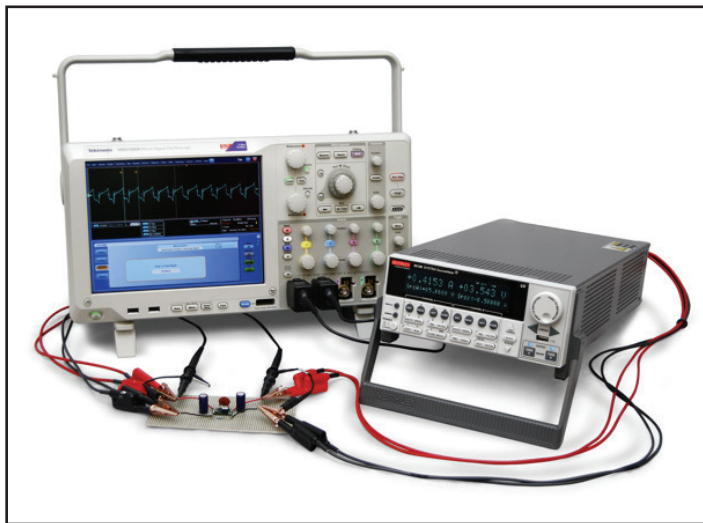


图1. 完整方案：MSO-5204示波器和2612B双通道SMU用于测试DC-DC转换器电路

DC-DC转换器

DC-DC转换器对于产生高于或低于输入电压的输出电压非常重要。降压（或buck）转换器产生的输出电压低于输入电压；升压（或boost）转换器产生的输出电压高于输入电压。在理想情况下，转换效率应当足够高以免浪费能量。图2是DC-DC转换器简图。相对于公共GND端子， V_{IN} 是器件的电压输入节点。 V_{OUT} 相对于此公共端子是稳压输出。

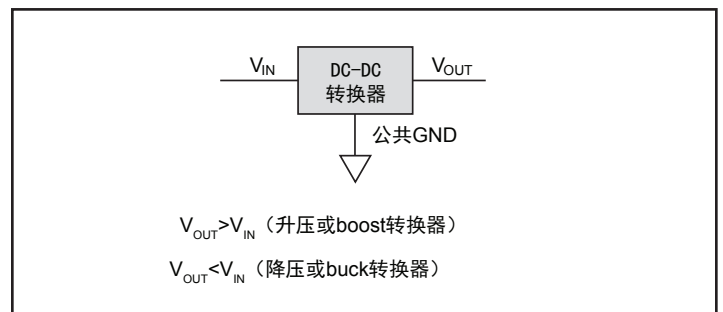


图2. DC-DC转换器简图

使用2600B系列SMU进行DC-DC转换器参数测试

通常，DC-DC转换器的电气特性分析包括源和测量输入电压（ V_{IN} ），测量输入电流（ I_{IN} ），测量输出电压（ V_{OUT} ）以及空载电流（ I_{OUT} ）。用这些测量结果可以确定效率和其它参数。对于大多数设计而言效率非常重要，特别是电池供电产品，因为效率直接影响器件的运行时间。转换器的效率是输出功率除以输入功率：

$$\text{效率} = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{(V_{OUT} \times I_{OUT})}{(V_{IN} \times I_{IN})}$$

按照惯例，分析这些器件的直流特性需要几台数字多用表、一个电源和电子负载。然而，用一台双通道2600系列源表SMU就能代替上述电子仪器，进而简化直流特性分析。因为SMU可以源和测量电流和电压并用做电子负载，所以非常适于测试DC-DC转换器的各种I-V参数。用一台仪器代替几台仪器简化了测试实现、软件和同步，而且占用的机架空间或工作台空间较少。

如图3所示，在DC-DC转换器的输入端使用一条SMU通道（CH1），在输出端使用另一条SMU通道（CH2）取代了几台测量仪器。

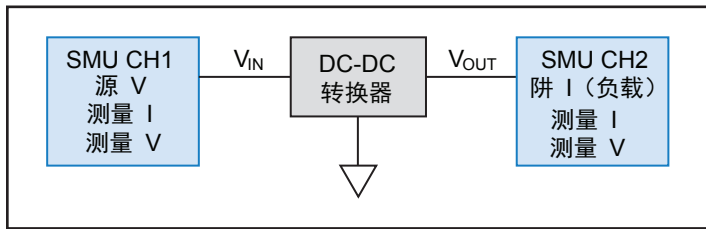


图3. 使用双通道SMU测试DC-DC转换器参数

尽管DC-DC转换器特性分析包括多个电气参数的测试，我们将详细讨论负载调整率和线路调整率，因为它们是常规测试。

负载调整率

负载调整率测试分析了在负载电流 (I_{LOAD}) 变化，输入电压 (V_{IN}) 恒定的条件下，将DC-DC转换器输出电压保持在规定值的能力。通常，负载调整率测试在整个负载电流范围内进行。

图4示出了使用双通道SMU的标准负载调整率测试。SMU CH1提供输入电压并监测输入电流。通过阱电流设置（源一个负电流），将SMU CH2配置为电子负载。在此模式下，2600B系列SMU将工作在第4象限并且阱电流。

SMU通过远端感测或4线连接进行配置。使用4线连接消除了测试线电阻对测量准确度的影响。使用4线法时，通过一对测试线（输出HI和输出LO之间）实现源输出，并通过另一组测试线（感测HI和感测LO之间）测量电压降。感测线的连接应尽量靠近器件，以防止感测线电阻影响测量结果。

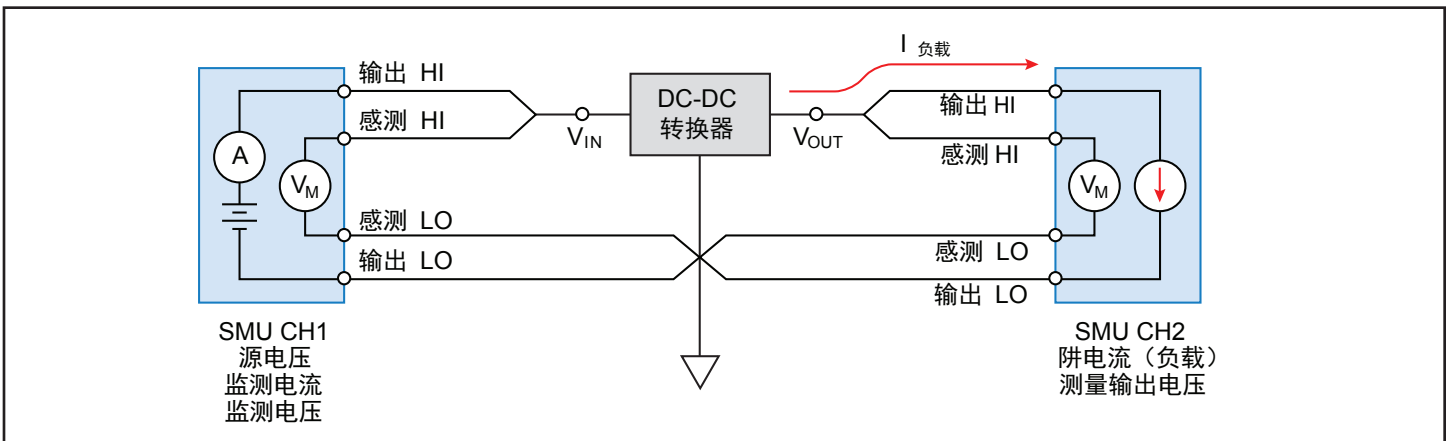


图4. 使用双通道2600B系列源表SMU进行负载调整率测试

图5示出了标准负载调整率测试的结果。本例中，DC-DC转换器配置为固定输出3.6V。设置SMU CH1为电压输入端子提供5V偏置（标称值）。配置SMU CH2扫描负载电流（从0至-1A）并测量产生的输出电压。上述测量采用嵌入式TSP® Express软件控制，因为该软件能快速完成I-V测试。而且，用户能通过I-V数据轻松计算得出负载调整率。

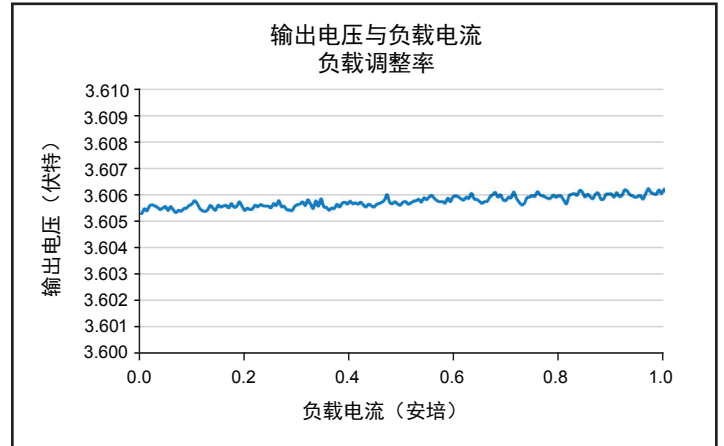


图5. 使用双通道2612B源表SMU的DC-DC转换器负载调整率曲线

线路调整率

线路调整率是在输入电压变化的情况下DC-DC转换器保持既定输出电压的能力。当输入电压在规定的电压输入范围内变化时，输出电压的变动幅度应当稳定在几个毫伏内。

对于线路调整率测试而言，双通道SMU与DC-DC转换器的连接方式与负载调整率测试的相同。但是，该测试在规定输入电压范围内扫描输入电压，并测量输出电压。负载电流通常设为0A。

图6示出了标准负载调整率的测试结果。本测试使用2612B SMU。将2612B的一个通道（SMU CH1）配置为扫描该器件的输入端电压。SMU的第二条通道（SMU CH2）配置为测量输出电压。通过I-V数据可以轻松计算出线路调整率的百分比。

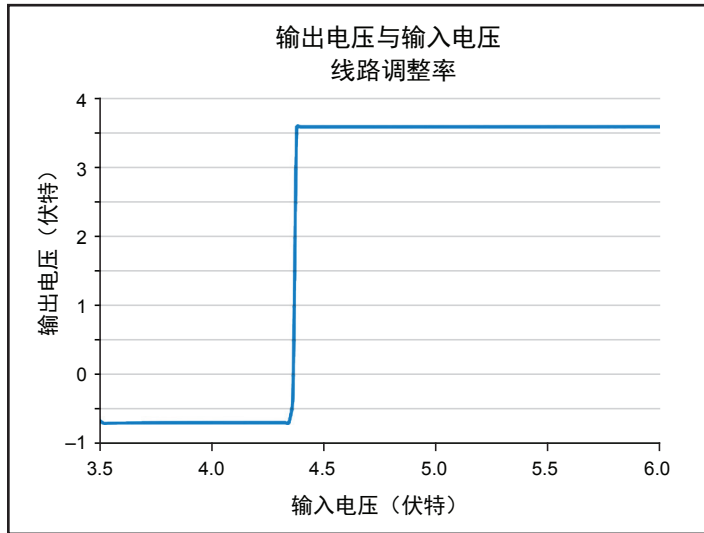


图6. 使用一台2612B源表SMU测量的DC-DC转换器线路调整率曲线

使用MSO/DPO-5000或DPO-7000系列示波器执行DC-DC转换器测试

除了用SMU进行直流参数测试外，一些DC-DC转换器测试要求使用示波器。这些交流测试包括测量导通时间、纹波、频谱分析和瞬态响应。对许多示波器测试而言，SMU能提供输入电压和负载电流。图7所示的一种典型测试配置中SMU和示波器都连至该器件。示波器探针的使用取决于器件和整个测试电路。

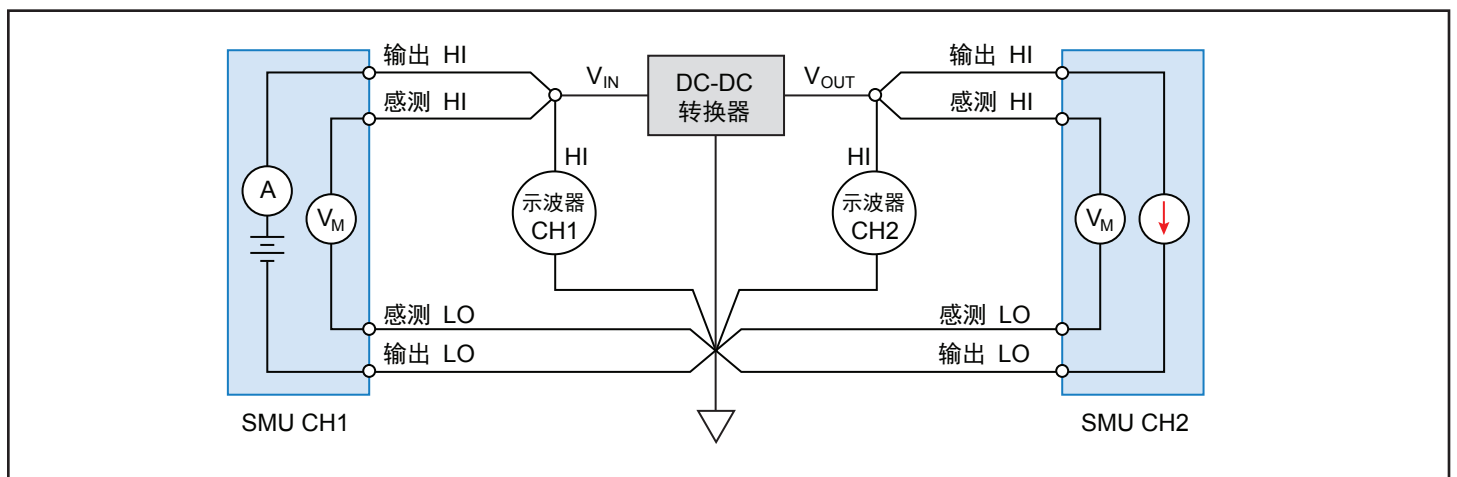


图7. 使用一台示波器和双通道SMU测试非隔离DC-DC转换器

为简化器件测试，示波器的DPOPWR应用软件选项提供了DC-DC转换器、AC-DC转换器、电源和其它电源管理器件的自动电源测量和分析。该软件配合泰克MSO/DPO-5000或DPO-7000系列示波器使用时，能完成电源测量器件有关磁的、电的和输入/输出分析的常规测量和计算。下面关于DC-DC转换器的导通时间和频谱分析测试实例有助于说明该软件的功能。

导通时间

DPOPWR应用软件的内建测试之一是确定DC-DC转换器的导通时间。导通时间测试测量了在输入电压至系统与形成稳定输出电压之间的时延。

对于该特定测试而言，2612B的SMU CH1施加输入电压并且示波器的通道1（CH1）连接至DC-DC转换器的输入端。图8示出了基于时间的测量结果。值得注意的是，除了屏幕上部基于时间的图形测量结果之外，DPOPWR软件的Results（测量结果）标签会自动计算和显示导通时间，进而实现可重复测量，用户无需手动测量屏幕的时间。

频谱分析

另一项内置测试功能是频谱分析功能，支持分析输出电压的无用交流分量并测量频域的输出噪声/纹波。频谱分析测试能根据所选的Start（启动），Stop（停止）和带宽值分析、测量和显示信号交流分量。

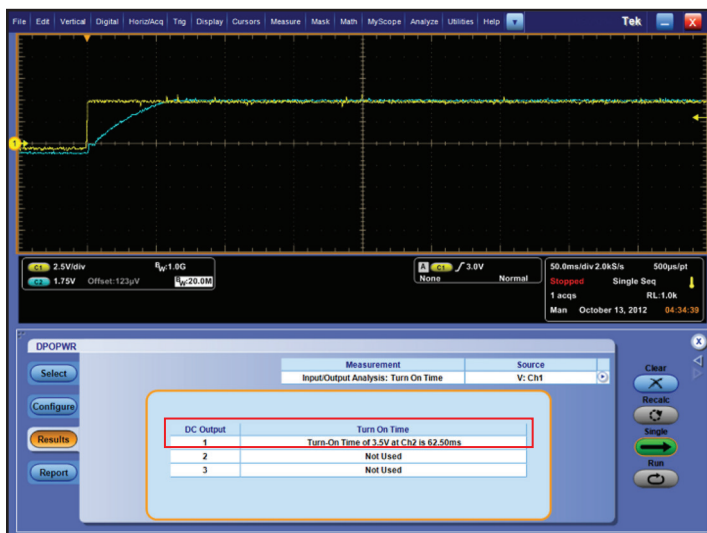


图8. MSO-5000示波器上DPOPWR软件测试导通时间的截屏，显示了测量的导通时间（红色高亮部分）

为生成DC-DC转换器的频谱分析图，2612B提供输入电压。示波器通道1（CH1）连至器件输入端，通道2（CH2）连至器件输出端。DC-DC转换器的频谱分析结果如图9所示。此软件绘制了电压幅度与频率关系图并且在屏幕的图上显示了最大峰值。此测量结果表明直流输出电压存在几个毫伏的开关频率纹波。

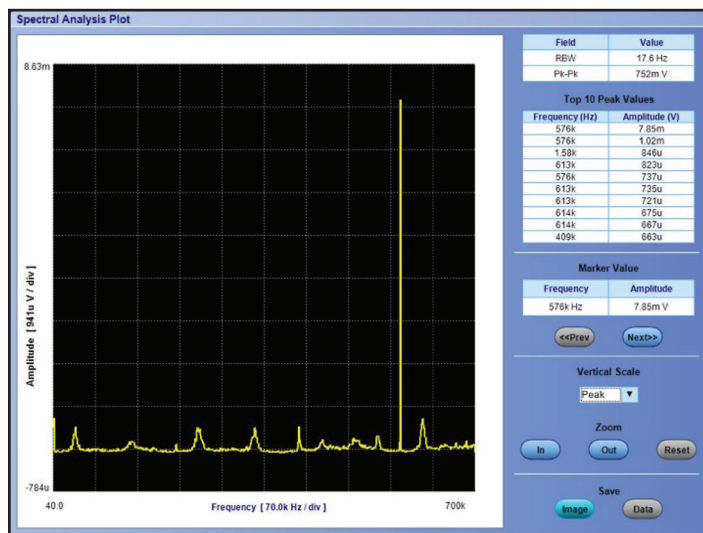


图9. DC-DC转换器的频谱分析图

关于DPOPWR应用程序的详细信息可以查阅泰克公司应用笔记“[Power Supply Measurement and Analysis with DPOPWR Application Software](#)（用DPOPWR应用程序进行电源测量和分析）”。

结论

DC-DC转换器的测试一般需要几台测试仪器。但是，一台双通道2600B系列源表SMU就能简化DC-DC转换器的电气特性分析，因为2600B系列源表SMU结合了多种测量仪器功能。将双通道2600B系列SMU和MSO/DPO-5000或DPO-7000系列示波器结合用于测试和分析DC-DC转换器是更全面的方案。

说明书如有变动不另行通知。所有吉时利的注册商标或商标名称都是吉时利仪器的财产。
所有其它注册商标或商标名称都是相应公司的财产。
此版本为中文译本，仅供参考。您购买或使用前请务必详细阅读本文件的英文原件。



更自信的测试

吉时利仪器

邮箱: china@keithley.com

网址: www.keithley.com.cn