

测试降压转换器稳定性的简单方法

AN075

本应用笔记提供了一个详尽的指南，讨论如何评估转换器的稳定性。对设计者来说，考虑对转换器应用快速负载阶跃，并监控输出电压响应以识别潜在问题非常重要。实际上，具有不同补偿网络的不同降压转换器，可能有不同的方式来解决负载阶跃响应中的振铃问题。在本文的最后，将介绍一个简单且实用的，由锂离子电池驱动的自制工具，用于量测快速负载。

目录

1	时间域分析	2
2	如何改善振铃	3
3	简单的自制便携式负载瞬变工具范例.....	5

1 时间域分析

检查转换器稳定性的常见方法是通过频率域分析，通过测量开环频率响应，并观察交叉点的控制回路交叉频率，和相位裕量。这是一种复杂的测量，需要专门的昂贵设备。快速检查转换器稳定性的简单方法，是通过将一个快速变化的阶跃负载施加到转换器，并观察负载阶跃期间的输出电压响应进行时间域分析：这个方法将突显出可能的回路稳定性、输入供应稳定性、斜率补偿问题、负载调节和布局问题。

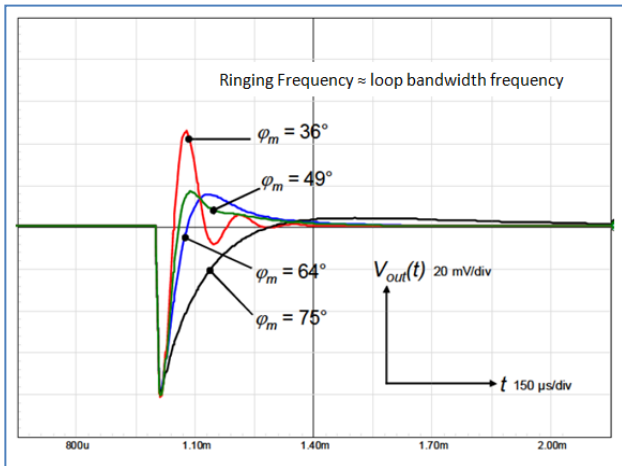


图 1

图 1 中的阶跃负载响应显示了几种转换器回路稳定性情况，从非常稳定（相位裕量 75° ）到非常不稳定（相位裕量 36° ）。可以看到，阶跃负载响应中的任何振铃都表示相位裕量过低，这增加了向振荡的倾向。重要的是，负载阶跃的速度（上升时间）应该比转换器的控制回路速度快得多，以便看到这些不稳定性效应。上升/下降时间为 200 至 500nsec 的阶跃负载将足以测试大多数降压转换器的稳定性。

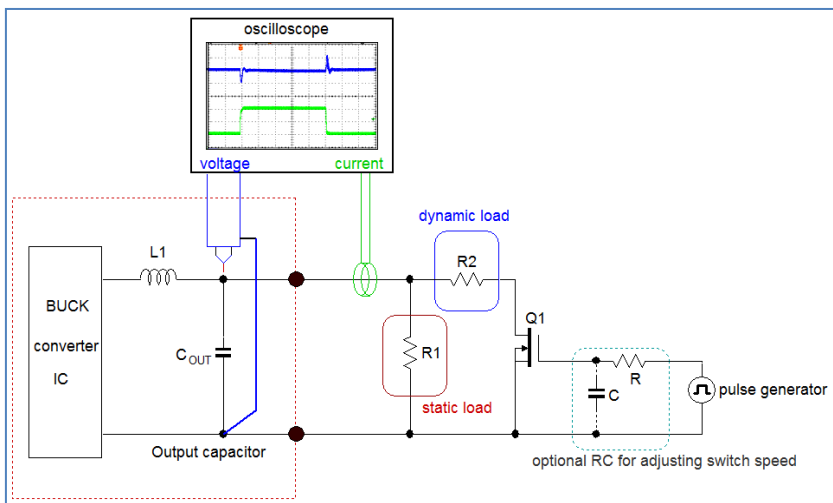


图 2

图 2 展示了一种简单的工具，用于对转换器产生快速负载阶跃：由脉冲发生器驱动的 MOSFET 在转换器输出处打开和关闭一个负载电阻。固定电阻提供静态负载。通过电流探头测量负载电流，并直接在转换器输出电容器上测量转换器输出电压。使用此设置，可以轻松达到 500nsec 的负载阶跃上升和下降时间。

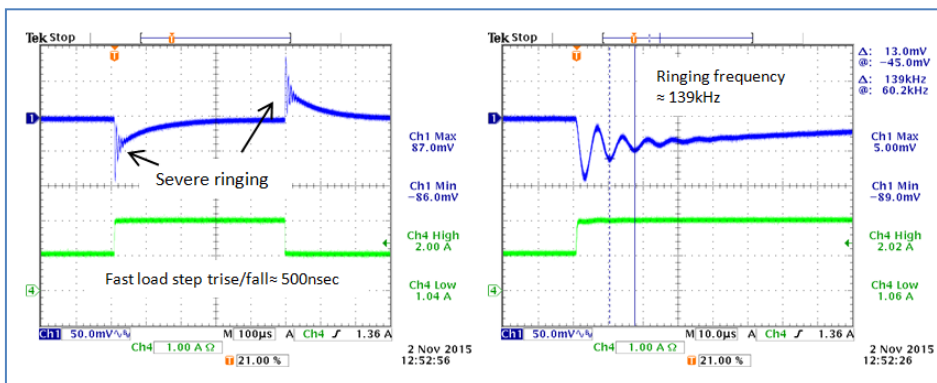


图 3

图 3 显示了一个带有过多振铃的快速负载阶跃响应的例子。通过测量阶跃负载振铃频率，可以估计转换器的交叉频率。这对于找出不稳定性的原因可能有帮助。

2 如何改善振铃

具有 Gm 类型误差放大器的电流模式降压转换器具有连接到地的补偿网络。

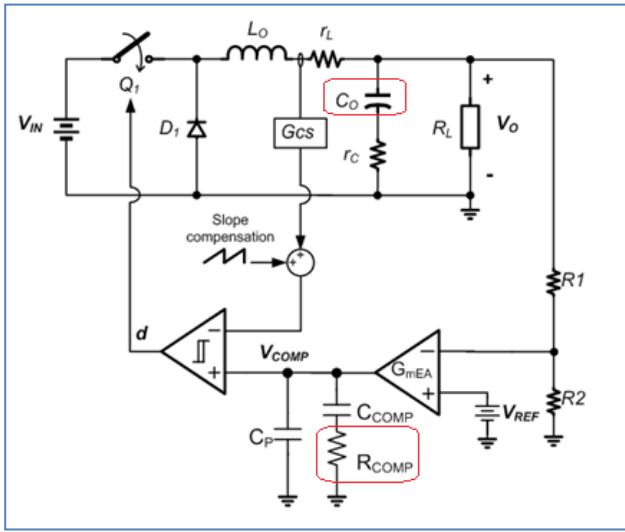


图 4

转换器回路带宽大约为：

$$f_c = \frac{R_{COMP} \cdot G_{mEA} \cdot G_{CS} \cdot V_{REF}}{2\pi C_O \cdot V_O}$$

其中 f_c 通常为 1/10 – 1/20 的切换频率。

如果测量的交叉频率远高于公式计算的值，则必须找出偏差的原因。

在许多情况下，由于 DC 偏置较高或 AC RMS 涟波电压较低导致电容量下降，MLCC 输出电容器的值可能低于额定值。如果是这种情况，可以增加输出电容（添加更多电容器）或减小 RCOMP，这两种方法都会降低转换器的带宽。请参见图 4。

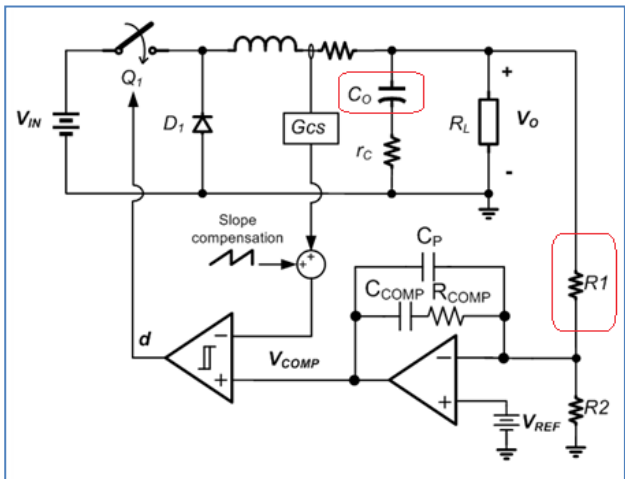


图 5

具有 OPAMP 类型误差放大器的电流模式降压转换器有连接补偿网络，如图 5 所示。

$$f_c = \frac{R_{COMP} \cdot G_{CS} \cdot V_{REF}}{R1 \cdot 2\pi C_O \cdot V_O}$$

具有内部补偿的降压转换器 IC 经常使用此配置。重要的是，要了解到反馈电阻 R1 的值在转换器稳定性中会造成影响。R1 的值过低将导致交叉频率过高，并造成相位裕量低和阶跃负载响应中的振铃。

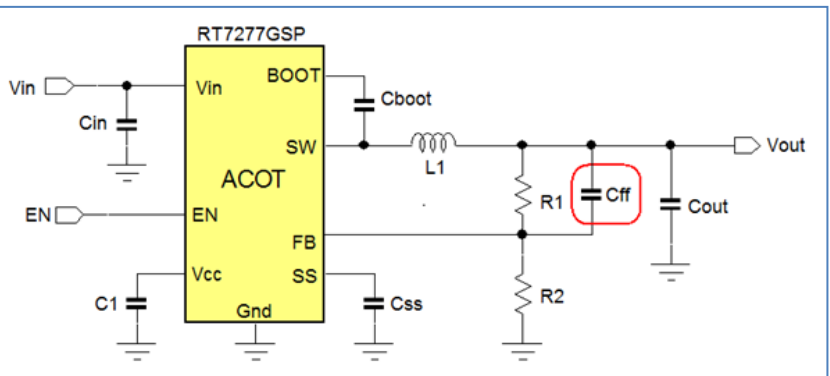
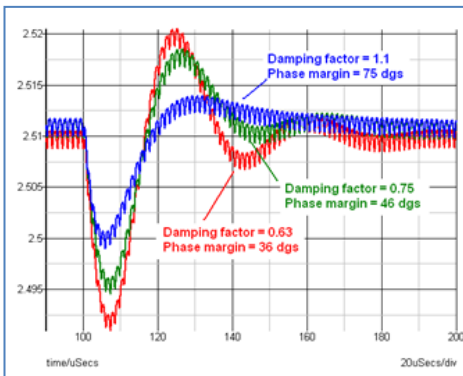


图 6

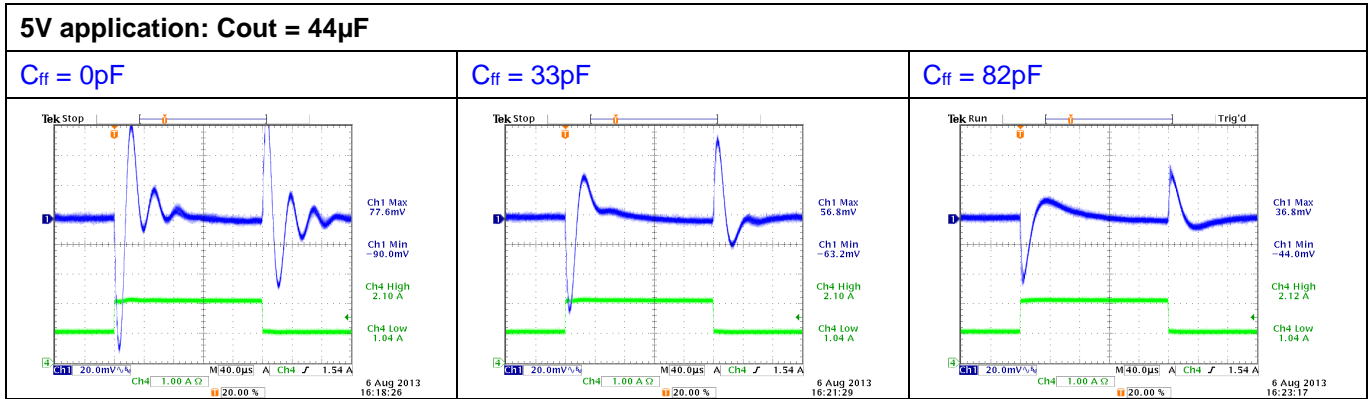
Richtek 新一代 18V ACOT[®] 产品，例如 [RT6252A/RT6252B](#)、[RT6253A/RT6253B](#)、[RT6262A/RT6262B](#)、[RT6263A/RT6263B](#)、[RT6264A/RT6264B](#)，调整稳定度方式与 [RT7277](#) 相同。

2.1 立锜 ACOT[®]转换器稳定度

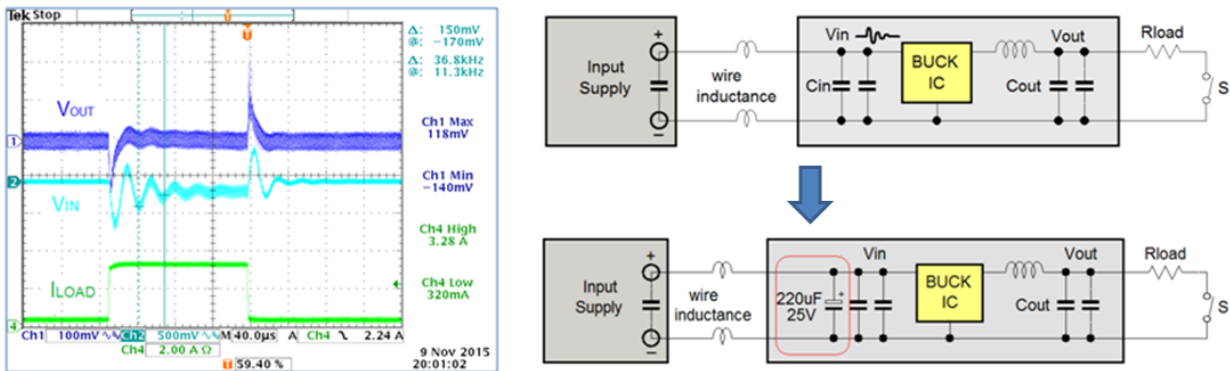
立锜 ACOT[®]转换器没有误差放大器，因为它们以基于涟波的滞后控制模式运行。由于滞后控制回路的阻尼不足，ACOT[®]转换器可能会在负载阶跃中显示振铃。这种情况经常出现在输出电压较高或占空比较高的应用中。较大的输出电容也会增加输出振铃的机会。要增加控制回路的阻尼，请添加 C_{ff}，如图 6 所示。

C_{ff} 的最佳值可以从振铃频率推导出来： $C_{ff} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R1 \cdot 0.8 \cdot f_{RING}}$ 。

下面的测量结果显示了一个 5V 应用与不同 C_{ff} 值的例子。



阶跃负载响应中振铃的其他原因：输入供应振铃。



转换器输出处的负载阶跃也将导致转换器输入处的负载阶跃。如果输入供应存在稳定性问题，或者输入供应线中存在电感，则输入供应的不稳定或共振也可能在输出轨道上可见。输入供应的共振问题可以通过在转换器 MLCC 输入电容器中，平行添加一个电解电容器来解决。它将充当 RC 抑制电路并进行平抑。

3 简单的自制便携式负载瞬变工具范例

图 7 中的原理图显示了一种实用的灵活快速瞬变工具的解决方案。

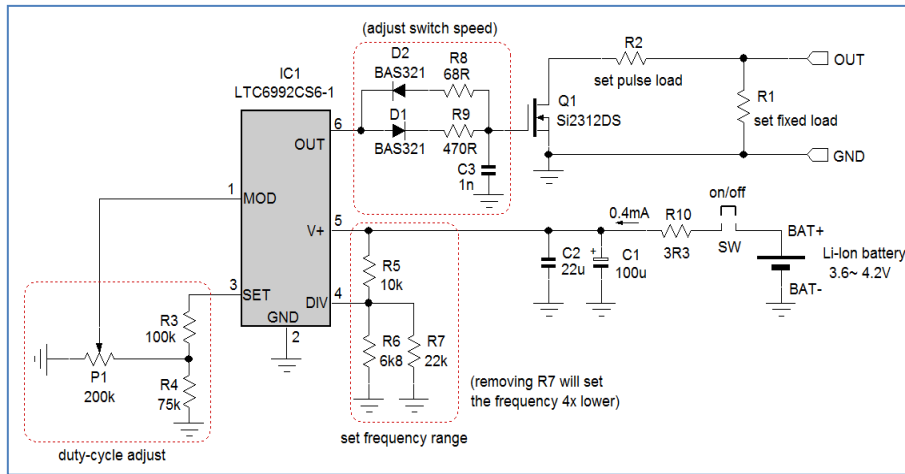
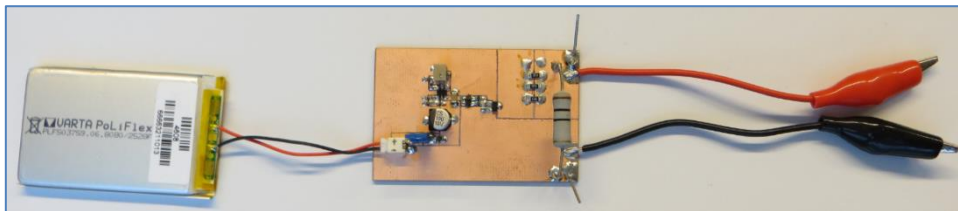


图 7

IC1 是一种电压控制的 PWM 生成器 IC。MOD 脚上的电压设定了 PWM 的占空比，DIV 脚上的电压设定了频率范围，并且连接到 SET 脚的电阻值设定了精确的频率。OUT 脚具有足够的驱动能力，可以驱动上升时间和下降时间快的小型 MOSFET。占空比通常设定在较低的水平，大约为 5%。这使得在限制脉冲负载电阻和 MOSFET 中的总功率的同时，可以吸引较大的脉冲电流。大约 150 μ sec 的脉冲宽度就足以在大多数 DC/DC 转换器中看到完整的电压下降和恢复，因此 PWM 频率可以设定在大约 330Hz。

最方便的是通过锂离子电池为电路供电；这使得电路完全隔离，避免了接地设备之间的地面反弹。这种电路的设计中，电池电压变化不会影响频率或占空比设定，并且由于电流消耗仅为 0.4mA，因此电池的寿命非常长。



如需获得更多信息，请阅读完整的应用说明：[降压转换器稳定性测试](#)

若要获得更多产品的产品信息，请[订阅我们的电子报](#)。

Richtek Technology Corporation

14F, No. 8, Tai Yuen 1st Street, Chupei City

Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-3-5526789

Richtek products are sold by description only. Richtek reserves the right to change the circuitry and/or specifications without notice at any time. Customers should obtain the latest relevant information and data sheets before placing orders and should verify that such information is current and complete. Richtek cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Richtek product. Information furnished by Richtek is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Richtek or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Richtek or its subsidiaries.