

Technical Article

高压摆率负载瞬态测试



Robert Taylor

微处理器和应用特定集成电路 (ASIC) 需要低电压、高电流电源。此类电源通常对输出电压偏差有非常严格的要求，对于负载瞬态事件尤其如此。测试此类电源会给设计人员带来一定的挑战，并且可能难以确认是否符合规范。

在[电源设计小贴士 63](#) 中，Robert Kollman 讲述了一些与负载瞬态测试相关的问题。在此，我将介绍更多详细信息以及可用于简化这些复杂测试的方法。

首先，需要了解所有瞬态规格，以便合理设计电源，同时还需要了解它们如何应用于测试。典型的瞬态规格包括：

- 负载阶跃大小，以安培为单位或以占满负载的百分比表示。
- 瞬态事件（有时为零）期间的最小负载。
- 负载阶跃的压摆率，通常以安培/微秒为单位。
- 阶跃两个边沿支持的最大电压偏差。
- 预期恢复时间。

图 1 展示了通常如何定义这些规格的示例。

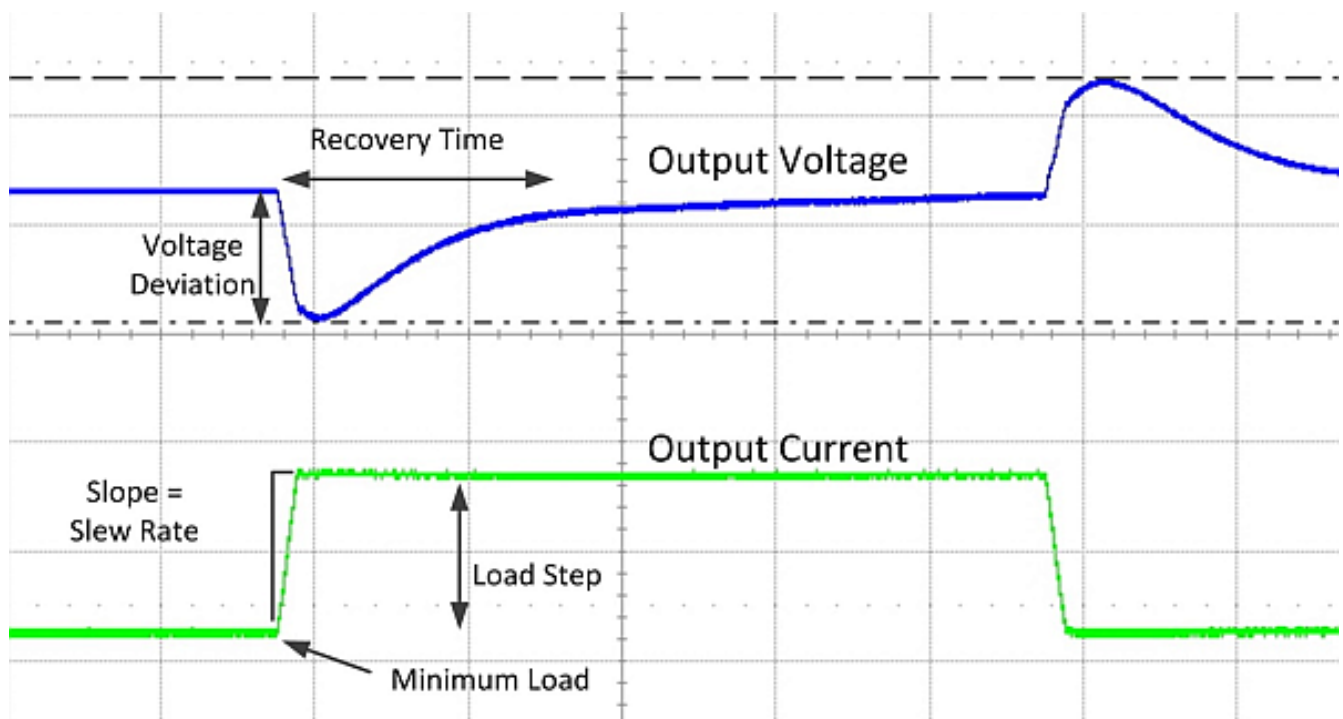


图 1. 负载瞬态测量的图形说明

了解所有规格后，可以尝试设计可满足要求的电源。但满足测试要求往往是一项挑战。1V 输出电压、100A 负载阶跃和 $1000\text{A}/\mu\text{s}$ 压摆率的要求再正常不过。在大多数测试情况下，限制因素是待测电源和负载之间的电感。在实际系统中，电源通常紧邻其所供电的负载放置，以便更大限度地减少寄生电感。

可以使用多种方法来测试给定电源的负载瞬态响应；每种方法都各有其优缺点。在本文中，我将比较以下方案：外部电子负载、外部瞬态电路板、“场效应晶体管 (FET) 冲击”、板载瞬态发生器和基于插槽的瞬变测试仪。

外部电子负载可能是测试瞬态响应的最常用，也是最方便的方法。大多数负载都具有可轻松设置电流电平和转换时间的模式。主要缺点是压摆率受限，这是源于外部接线或实际负载限制。

在压摆率方面，外部瞬态电路板通常具有更出色的表现，但会降低灵活性。根据设计的不同，负载瞬态电路板可能会在最大电流、热耗散或压摆率方面受到限制。瞬态电路板从外部连接，因此接线通常成为限制压摆率的因素。此外，还需要为测试的每个电源调整或配置电路板。

FET 冲击是一种获得高速瞬态结果的快速、直接方法。可以通过电阻器将金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 从漏极连接到源极，或直接连接到电源的输出端，并使用函数发生器控制栅极。由于外部接线较少，因此寄生电感显著降低。

虽然这种方法通常会产生高压摆率，但测试可能难以控制和实现可重复性。可能还需要修改印刷电路板 (PCB) (图 2)。此方法的另一个问题是，测量实际负载阶跃电流有一定困难，并且测量值可能不准确。

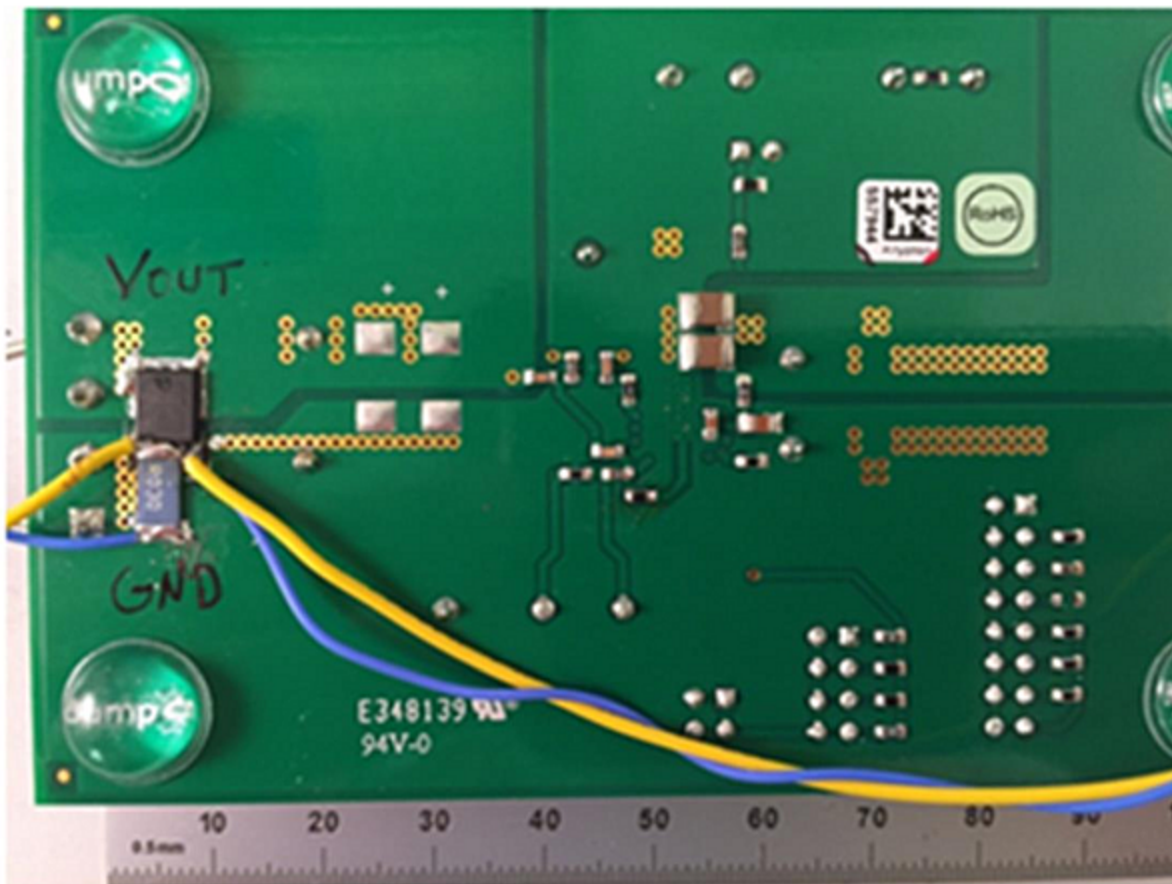


图 2. 包含 FET 冲击的 PCB 示例

在尝试测试高电流、高速瞬态的性能时，板载瞬态发生器会非常实用。可以按照确切的负载瞬态规格设计电路。主要缺点是元件会产生额外成本和空间占用。此外，灵活进行多种不同的测量可能既困难又耗时。

板载瞬态发生器的设计也可能非常复杂。它可以像由 555 计时器控制的电阻器和 FET 一样简单，也可以像图 3 中所示的一样复杂。更为复杂的设计采用尺寸更小、开关速度更快的多级 FET。此设计可实现 $1000\text{A}/\mu\text{s}$ 的压摆率。

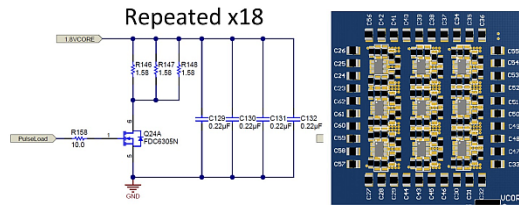


图 3. 板载瞬态发生器的更复杂版本

最后一个选择是使用处理器插槽和专用瞬变测试仪工具。这种方法成本最高，原因在于工具本身可能成本较高，而且 PCB 的成本也十分高昂。但对于一组给定的处理器要求，却可以获得最准确的结果。处理器或 ASIC 制造商经常开发此类工具，因而它们是专为满足特定的测试条件而构建。

表 1 总结了瞬态测试方案。

表 1. 不同瞬态测试方法的比较

方法	优点	缺点
外部电子负载	简单、灵活，可能无需额外成本	因外部连接导致压摆率受限
外部瞬态电路板	简单、低成本	需要针对每次测试进行修改；因外部连接导致压摆率受限
FET 冲击	低成本、快速压摆率	需要特定函数发生器；实际电流的测量可能存在困难且测量结果不准确；可能难以控制
板载瞬态发生器	超快压摆率；专为待测电源而设计	每个不同的测试条件都需要修改电路板；会占用 PCB 上的额外空间；可能会增加成本；难以测量电流
基于插槽的瞬变测试仪	非常具体的测试以确保完全符合要求；通常通过软件控制以简化测试	成本非常高；为了适应插槽，PCB 布局具有一定的难度；由于层数和插槽位置，PCB 可能成本高昂

测试负载瞬态是电源设计和合规性的非常重要的部分。测试装置中的寄生电感会阻碍实现所需压摆率。希望本文介绍的各种方法可以帮助您避免这个问题。

如需了解有关瞬态负载的更多信息，请阅读 [Power House 博客：电源设计小贴士：简单的电路可产生快速、可控的瞬态负载](#)。

要了解更多电源设计小贴士，请查看 TI 的 [电源设计小贴士博客系列](#)。

另请参阅：

- [测试电源](#)
- [针对稳压器的负载瞬态响应测试](#)
- [电源设计小贴士 63：测试高 di/dt 电源](#)
- [电源设计小贴士 78：同步整流器可优化反激式电源的交叉调节性能](#)
- [功率驱动器设计可处理难以应对的负载，帮助对 PSU 进行表征](#)
- [电源瞬态缓冲器可实现 IC & 电路测试](#)
- [瞬态负载有助于强化电源系统](#)

之前已在 [EDN.com](#) 上发布。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司