

Technical Article

高轉換速率的負載暫態測試



Robert Taylor

微處理器和特定應用積體電路 (ASIC) 需要低電壓、高電流電源供應器。這些電源供應器通常對輸出電壓偏差有非常嚴格的要求，特別是負載暫態事件。對設計人員而言，測試這些電源供應器可能會面臨許多挑戰，並且難以確認是否符合特定規格。

在 [用電訣竅 63](#) 中，Robert Kollman 介紹了與負載暫態測試相關的一些問題。本文中將說明更多詳細資訊，以及您可用來在困難條件下簡化測試的一些方法。

為了正確設計電源供應器，首先，您需了解所有暫態規格，同時也需了解其在測試中的應用方式。典型的暫態規格包括：

- 負載步進的大小，以安培為單位或以全負載的百分比表示。
- 暫態事件期間的最小負載 (有時為零)。
- 負載步進的電壓轉換速率，通常以每微秒安培為單位。
- 步進兩個邊緣允許的最大電壓偏差。
- 預期恢復時間。

圖 1 顯示了通常如何定義這些規格的範例。

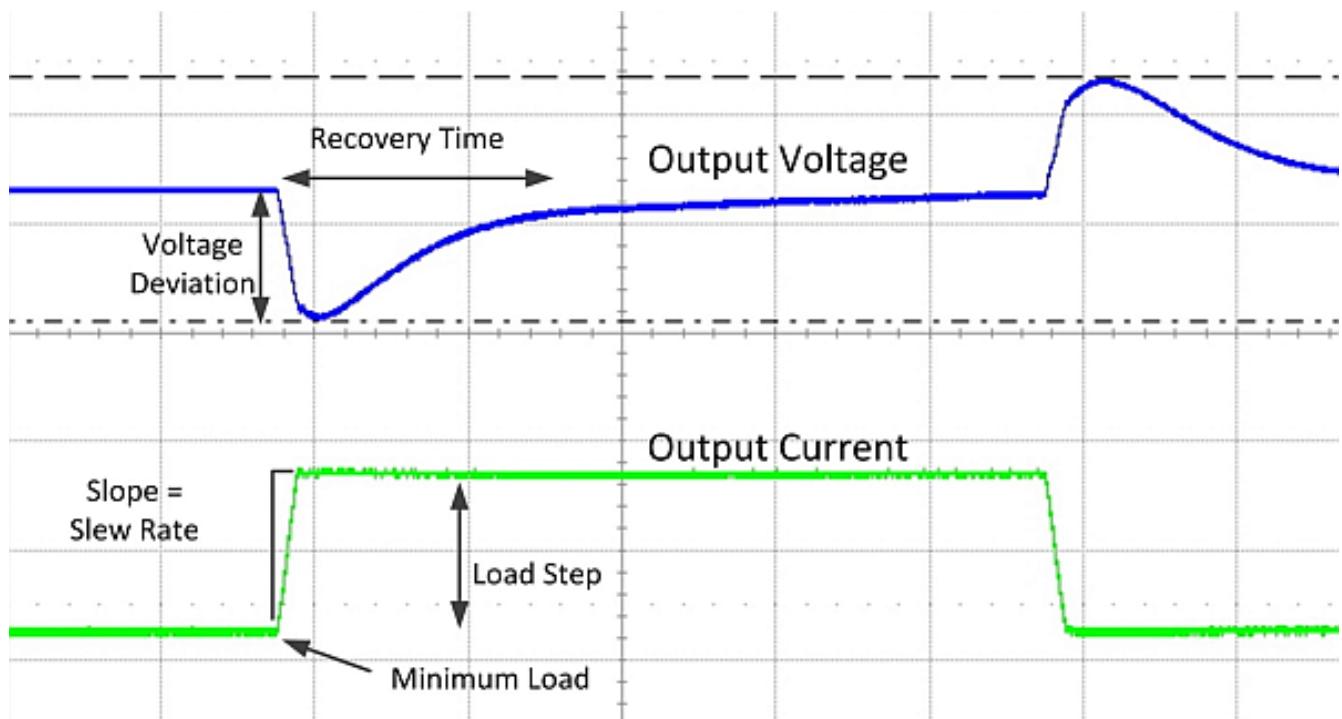


圖 1. 負載暫態測量的圖形說明

了解所有規格後，即可嘗試設計符合需求的電源供應。然而，按上述要求測試卻成為一大挑戰。輸出電壓為 1V、負載步進為 100A，且電壓轉換速率為 $1,000\text{A}/\mu\text{s}$ 的要求並不常見。在大多數測試情況下，限制因數是待測電源供應器和負載之間的電感。在實際系統中，電源供應器往往正好靠近其供電的負載，進而使寄生電感最小化。

您可使用數種方式來測試指定電源供應器的負載暫態響應，但每種方式皆有其優缺點。此處將比較下列選項：外部電子負載、外部暫態電路板、場效應電晶體 (FET) Slammer、板載暫態產生器和插座式暫態測試器。

外部電子負載可能是測試暫態響應最常見的方式，也是最方便的方式。大多數負載均具有可讓您輕鬆設定電流位準與轉換時間的模式。由於外部接線或實際負載限制，其主要缺點就是電壓轉換速率有所限制。

外部暫態電路板通常可在電壓轉換速率方面獲得更佳結果，但這會降低一定的靈活性。根據設計而定，負載暫態電路板可能會在最大電流、散熱或電壓轉換速率方面受到限制。因為暫態電路板屬於外部連接，接線通常是電壓轉換速率限制的瓶頸。此外，您也需針對每個測試的電源供應器調整或設定電路板。

FET Slammer 是獲得高速暫態結果的一種快速且簡單的方法。您可透過電阻器或直接穿過電源供應器輸出端，將金屬氧化物半導體場效電晶體 (MOSFET) 從汲極連接至源極；並使用函數產生器控制閘極。由於使用最少的外部接線，所以大幅降低了寄生電感。

雖然此方法通常可以產生高電壓轉換速率，但控制和重複測試則可能有難度。您可能還需要修改印刷電路板 (PCB) (圖 2)。此方法的另一個問題是測量實際負載步進電流十分困難，而且所測得的結果可能不準確。

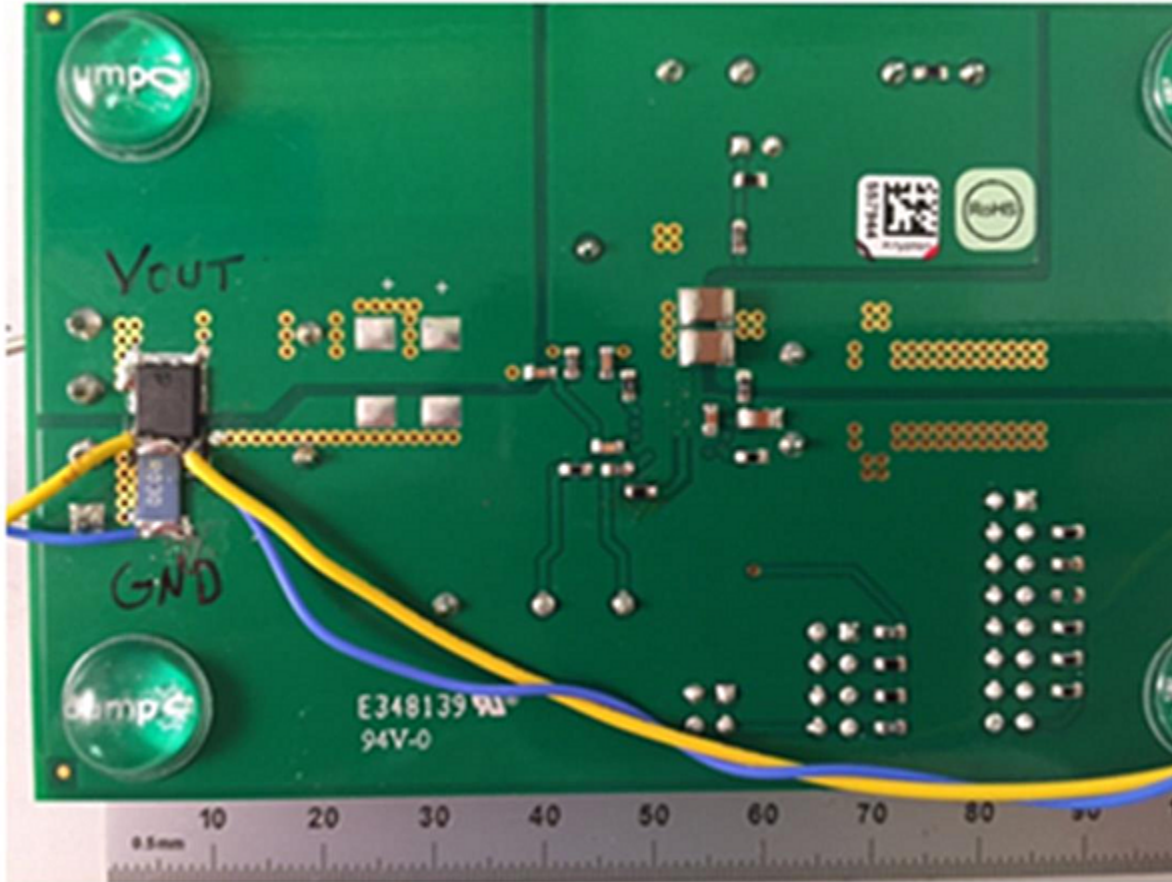


圖 2. 具有 FET Slammer 的 PCB 範例

在嘗試測試高電流高速暫態性能時，板載暫態產生器將是非常實用的工具。您可針對確切的負載暫態規格設計電路。主要的缺點是元件會產生額外的成本並占用空間。此外，採取多種不同測量可能難以兼具靈活性或比較耗時。

板載暫態產生器的設計也相當複雜。其設計可以如 555 定時器控制的電阻器和 FET 一樣簡單，也可以如圖 3 中所示的複雜。較複雜的設計採用多級，以及更小型、更快速的切換 FET。這種設計可以達到 $1,000A/\mu s$ 的電壓轉換速率。

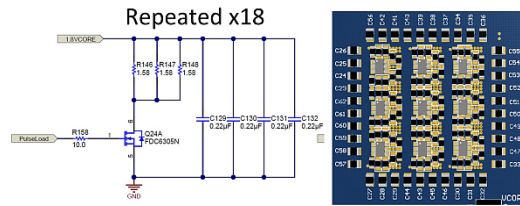


图 3. 更複雜的板載暫態產生器版本

最後一個選項是使用處理器插座和專用暫態測試器工具。此選項是最昂貴的方法，因為工具本身可能很昂貴，而且 PCB 成本也日益上漲。但是，您可以針對一組給定的處理器要求獲得最準確的結果。處理器或 ASIC 製造商通常會開發這些工具，因此這些工具是專為提供正確的測試條件而打造。

表 1 總結了暫態測試選項。

表 1. 不同暫態測試方法的比較

方法	優點	缺點
外部電子負載	簡單、靈活，可能無需額外成本	電壓轉換速率因外部連接而有所限制
外部暫態電路板	簡單、低成本	需要為每項測試進行修改、電壓轉換速率因外部連接而有所限制
FET Slammer	低成本、高電壓轉換速率	需要複雜的函數產生器、測量實際電流可能存在困難且不準確，而且可能難以控制
板載暫態產生器	電壓轉換速率極高、專為待測電源供應而設計	每種不同的測試條件都需要對電路板進行修改、在 PCB 上占用額外的空間、可能會增加成本，且難以測量電流
插座式暫態測試器	非常具體的準確合規性測試；通常透過軟體進行控制以簡化測試	非常昂貴、PCB 佈局難以容納插座、由於層數和插座佈置，PCB 可能會非常昂貴

負載暫態測試是電源供應器設計與合規性中非常重要的一環。測試夾具中的寄生電感可能會對您達到所需電壓轉換速率的能力造成負面影響。若使用此處所描述的方法，我希望您可以避免此問題。

若要進一步了解暫態負載，請閱讀 Power House 部落格：用電訣竅：簡單的線路可產生快速、可控制的暫態負載。

如需其他用電訣竅，歡迎查看 TI 的 [用電訣竅部落格系列](#)。

另請參閱：

- [測試電源供應器](#)
- [電壓穩壓器的負載暫態響應測試](#)
- [用電訣竅 63：測試 High-di/dt 電源供應器](#)
- [用電訣竅 #78：同步整流器可改善返馳式電源供應的交互調節](#)
- [電源驅動器設計可處理困難的負載，協助找出 PSU 的特性](#)
- [電源暫態緩衝器可進行 IC 和電路測試](#)
- [暫態負載為電源系統提供試驗](#)

先前發佈於 [EDN.com](#)。

重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated