

## 利用數位螢光示波器進行精密功率損耗分析



### 迅速找出交換式電源供應器功率損耗

隨著對電源的需求漸增使交換式電源系統的架構不斷改變，具備量測及分析下一代交換式電源供應器功率消耗能力就愈顯重要。使用Tektronix數位螢光示波器並搭配DPOPWR功率量測軟體，能輕鬆完成您所需量測分析。

新型交換模式電源供應器 (SMPS) 架構，提供更高電流及較低輸出電壓以滿足超高資料速度及GHz級處理器，這些都帶給電源供應器的設計人員在效率、功率密度、可靠性及成本方面的新壓力。為因應這些需求，設計人員紛紛採用同步整流器、主動功率濾波器修正，及更高交換頻率等全新架構。但這些技術也隨之帶來新難題，例如交換裝置中的高功率損耗、熱耗散及更高的EMI/EMC等。

## 利用數位螢光示波器進行精密功率損耗分析

### ► 應用摘要

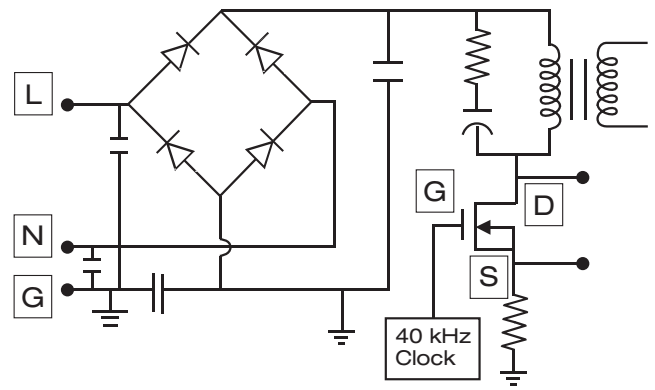
從「關閉」到「開啓」狀態轉換期間，電源供應器會出現較高的功率損耗。(因為通過裝置的電流或電壓相當小，交換裝置在「開啓」或「關閉」狀態時的功率損耗較小)。電感器與變壓器會隔離輸出電壓並使負載電流順暢，但同時易受交換頻率的影響，造成功率損耗及偶爾因飽和導致的故障。因為交換式電源供應器中消耗的功率將決定電源供應器之整體效率及熱效應，量測交換裝置及電感器/變壓器的功率損耗相當重要，此量測表示功率效率及熱耗散。

設計人員在準確量測並分析不同裝置的瞬間功率損耗時，將面臨以下困難：

- 正確的儀器架設以準確量測功率損耗
- 修正因電壓及電流探棒傳輸延遲造成的誤差
- 計算非週期性交換週期時功率損耗
- 分析負載動態變化期間功率損耗
- 計算電感器或變壓器的磁損

### 測試設定以準確量測功率損耗

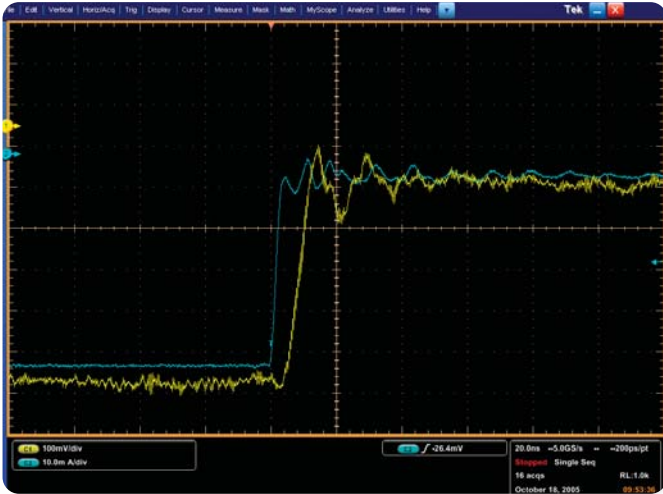
圖1為交換器內部電路簡圖。MOSFET 在40 kHz時脈驅動下控制電流，圖1中的MOSFET沒有與交流電主要接地線或電路輸出接地線連接，因此無法使用示波器進行一端接地的單端電壓量測。因為如果把探棒的接地線連接在MOSFET任何端子上，將使其由示波器的接地線而短路到地電位。



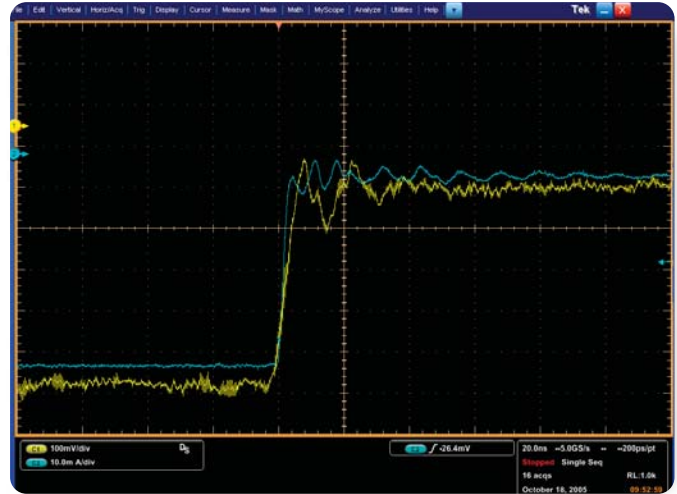
► 圖1 交換器內部電路簡圖

量測MOSFET的電壓波形最佳方法為差動量測，透過差動量測，您可量測汲極到源極電壓 (voltage drain-to-source, VDS)，即通過MOSFET汲極及源極終端的電壓。VDS電壓可在數十至數百伏特範圍的電壓上浮動，視電源供應器的電壓範圍而定。可透過下列幾種方法量測VDS：

- 浮接示波器的機箱接地線。我們的建議不要使用，因為非常不安全且對使用者、待測裝置及示波器都有危險。
- 使用兩組傳統被動式探棒，將探棒接地線彼此連接，接著利用示波器的數學運算功能進行量測。這種量測法稱為準差動 (quasi-differential) 量測。雖然被動式探棒可與示波器放大器結合使用，但缺少足以隔離共模電壓的共模互斥比 (Common Mode Rejection Ratio, CMRR)。這種設定無法準確量測電壓，但您可利用手邊已有的探棒進行量測。



► 圖2 電壓及電流訊號傳輸延遲



► 圖3 圖2中的訊號顯示使用DPOPWR功率量測及分析軟體進行自動偏移校正作業後情形

– 使用市售的探棒隔離器來隔離示波器機箱接地線。探棒接地線將不再為接地電位，而且您可直接將探棒與測試點連接。探棒隔離器為有效的解決方案，但不便宜，成本為差動探棒的二到五倍。

– 在寬頻示波器上使用真正的差動探棒，差動探棒可讓您準確量測VDS電壓。

透過MOSFET量測電流時，請先將電流探棒夾好，然後微調量測系統，許多差動探棒都裝有內建直流偏移微調電容器。可先關閉待測裝置並等示波器及探棒充分預熱後，再設定示波器量測電壓與電流波形的平均值。使用實際量測中所使用的靈敏度設定，在沒有訊號出現的情況下，調整微調電容器，將每個波形的平均值調至0 V。此步驟可大幅降低因量測系統內靜態電壓與電流所造成的量測誤差機率。

### 修正電壓及電流探棒傳輸延遲造成的誤差

在交換式電源供應器中進行任何功率損耗量測之前，同時量測電壓及電流訊號以消除傳輸延遲相當重要，此過程稱為「偏移校正」。傳統方法為先計算電壓及電流訊號間偏移，然後再以手動方式通過示波器的偏移校正範圍調整偏移，但這是非常冗長乏味的過程。

Tektronix示波器及偏移校正治具能簡化這個過程。進行偏移校正時，將差動電壓探棒與電流探棒連接到偏移校正治具的測試點上，偏移校正治具由示波器的輔助輸出或Cal-out訊號驅動。如果有需要，還可用外部訊號源驅動偏移校正治具。另外DPOPWR軟體的偏移校正功能可自動設定示波器，並計算因探棒造成的傳輸延遲。偏移校正功能隨後可使用示波器的偏移校正範圍自動消除偏移，現在測試設定已準備好進行準確量測了。圖2及圖3顯示偏移校正前及校正後的電流和電壓訊號。

## 利用數位螢光示波器進行精密功率損耗分析

### ► 應用摘要



► 圖4 交換式裝置開啓時最小、最大及平均功率損耗



► 圖5 交換式裝置負載變化時的最小、最大及平均功率損耗

### 計算非週期性交換訊號功率損耗

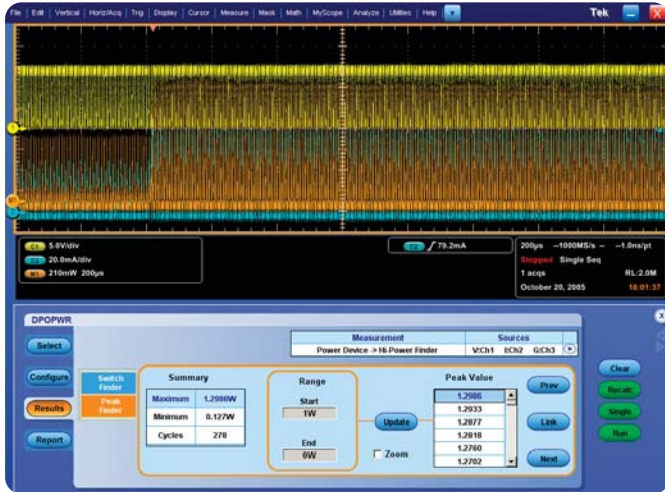
如果射極或汲極有接地，則量測動態的交換參數較為簡單。但在浮動電壓上，便需要量測差動電壓。如果要精確分析並量測差動交換訊號，最好使用差動探棒，可透過霍爾效應電流探棒檢視通過交換式裝置的電流，而不需要電路斷路。

也可使用DPOWPR軟體的自動偏移校正功能消除上述因探棒造成的傳輸延遲。

DPOWPR軟體的「交換損耗」功能可自動計算功率波形，並根據交換裝置所擷取的資料，量測最小、最大和平均功率損耗。

如圖4所示，顯示為「Turn on Loss」、「Turn off Loss」和「Power Loss」。在分析元件的功率損耗時，這些資料非常有用。知道開啓和關閉時的功率損耗後，便可著手解決電壓和電流轉態，以減少功率損耗。

在負載變化期間，SMPS的控制迴路將變成交換頻率以驅動輸出負載。圖5顯示交換負載時的功率波形。請注意，當負載交換時，元件的功率損耗也隨之變化，而使功率波形變成非週期性波形。分析非週期性功率波形是冗長乏味的工作，但DPOWPR軟體的進階量測功能可自動計算最小、最大及平均功率損耗，提供交換裝置的相關資訊。



► 圖6 HiPower Finder功能顯示結果：交換式裝置負載變化時的功率波形



► 圖7 可使用HiPower Finder及示波器縮放功能進行進一步分析

### 分析負載動態變化期間功率損耗

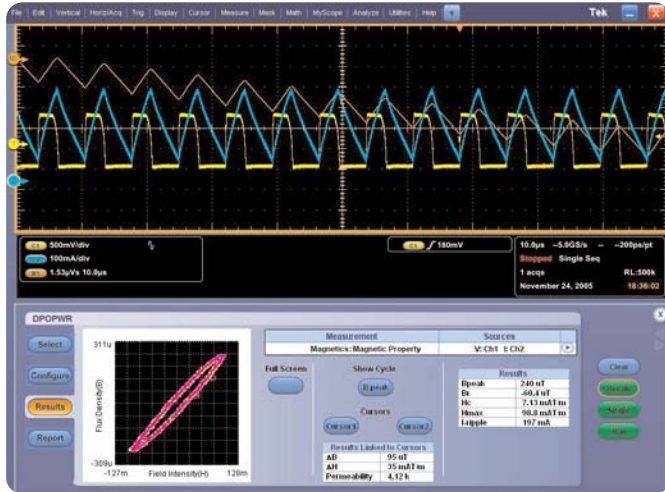
在實際執行環境中，電源供應器會連續產生動態負載變化，圖5顯示負載變化期間交換時功率損耗也隨之改變。因此擷取整個負載變化事件並分析交換損耗，以確保元件不會過載便顯得格外重要。

今日大部份設計人員都採用具有深度記憶體 (2 MB) 和高取樣率的示波器，依所需的解析度擷取事件。但隨之而來的難題，是如何分析交換式元件在波形轉態時所形成的損耗，而DPOPWR軟體的「HiPower Finder」功能可解決要分析大量資料的難題。圖6為在交換式元件上使用HiPower Finder功能所得典型功率波形結果。

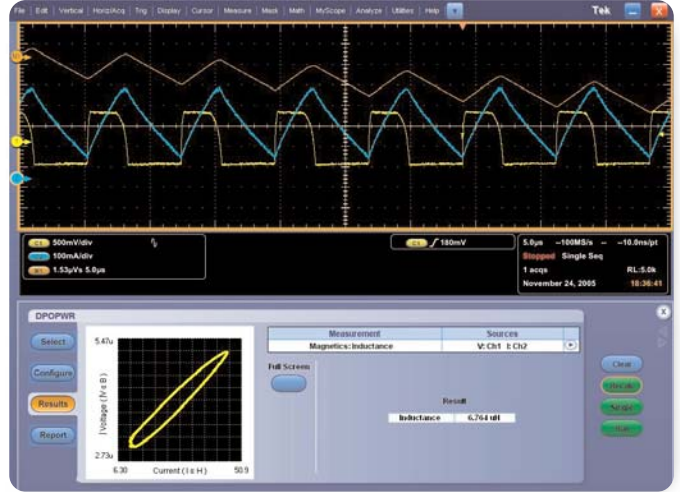
圖7展示HiPower Finder的獨特功能，該結果顯示擷取資料中的轉態次數和其瞬間損耗之最大值/最小值，您可在這時輸入感興趣的範圍，以檢視所需的功率損耗大小。只需在範圍內選擇感興趣的點，並利用HiPower Finder功能在長記憶體資料內找出該點，游標會連結至所需區域。找出該點後，您可用DPOPWR軟體放大游標位置周圍，以仔細觀察更詳細的活動。該功能以及上述提到的交換損耗功能，可迅速有效地分析交換式元件的功率損耗。

## 利用數位螢光示波器進行精密功率損耗分析

### ► 應用摘要



► 圖8 所擷取波形的瞬間B-H圖形，顯示游標連結



► 圖9 功率損耗及電感器數值

### 計算電磁元件功率損耗

另一種減少功率損耗的方法與磁損有關。從典型交流/直流和直流/交流電路圖來看，電感器和變壓器也是有功率損耗，不僅影響效率，且會產生熱。

通常採用LCR錶來測試電感值，並使用正弦波作為測試訊號。但在交換式電源供應器中，電感器加載的是高電壓、高電流交換訊號，並非正弦波。因此電源供應器設計人員更需要電感器實際在電路中以大電壓/電流動作時的實測值，這些特性是無法由LCR錶的量測得來的。

監控磁損最有效的方法是透過B-H曲線，因為B-H曲線能迅速顯示電源供應器中電感器的特性。DPOPWR軟體能迅速分析B-H曲線，您只需使用實驗室中的示波器，不再需要昂貴及專用的工具。

在電源供應器開啓和穩定狀態期間，電感器和變壓器會出現不同的行為。過去，如果想檢視及分析B-H特性，設計人員必須先擷取訊號，然後在個人電腦上執行進一步分析。而DPOPWR軟體則可讓您直接在示波器上進行B-H分析，即時檢視電感器的特性。如要進一步分析時，DPOPWR軟體還可在示波器上提供B-H圖形和擷取資料間的游標連結（請參考圖8）。

DPOPWR軟體的B-H分析功能，還可在實際SMPS環境中自動量測功率損耗和電感器數值。如果想知道電感器或變壓器的磁損，可在一次側及二次側上進行功率損耗量測，量測結果的差距即為磁損的大小。同時，在無負載情況下，一次側功率損耗是二次側功率損耗加上變壓器的磁損的總合，這些量測值可進一步顯示功率損耗的相關特性。

## 結論

DPOPWR功率量測及分析軟體的主要功能包括：量測交換式元件功率損耗、HiPower Finder功能與B-H曲線分析、提供交換式電源供應器快速量測等。使用Tektronix數位螢光示波器時，您可迅速找出高功率損耗區域，並檢視動態狀況下功率損耗的行為。

請聯絡Tektronix：

東南亞國協/大洋洲/巴基斯坦 (65) 6356 3900  
奧地利 +41 52 675 3777  
巴爾幹半島、以色列、南非及其他 ISE 國家 +41 52 675 3777  
比利時 07 81 60166  
巴西與南美洲 55 (11) 3741-8360  
加拿大 1 (800) 661-5625  
中東歐、烏克蘭及波羅的海諸國 +41 52 675 3777  
中歐與希臘 +41 52 675 3777  
丹麥 +45 80 88 1401  
芬蘭 +41 52 675 3777  
法國及北非 +33 (0) 1 69 86 81 81  
德國 +49 (221) 94 77 400  
香港 (852) 2585-6688  
印度 (91) 80-22275577  
義大利 +39 (02) 25086 1  
日本 81 (3) 6714-3010  
盧森堡 +44 (0) 1344 392400  
墨西哥、中美洲與加勒比海諸國 52 (55) 56666-333  
中東、亞洲及北非 +41 52 675 3777  
荷蘭 090 02 021797  
挪威 800 16098  
中華人民共和國 86 (10) 6235 1230  
波蘭 +41 52 675 3777  
葡萄牙 80 08 12370  
大韓民國 82 (2) 528-5299  
俄羅斯及獨立國協 7 095 775 1064  
南非 +27 11 254 8360  
西班牙 (+34) 901 988 054  
瑞典 020 08 80371  
瑞士 +41 52 675 3777  
台灣 886 (2) 2722-9622  
英國與愛爾蘭共和國 +44 (0) 1344 392400  
美國 1 (800) 426-2200  
其他地區請以下列電話連絡Tektronix公司：1 (503) 627-7111  
2005年6月15日修訂

#### 如需詳細資訊

Tektronix維護豐富的應用摘要、技術簡介與其他資源，並定期擴充這些文件的收集，以協助工程人員處理創新的科技。請造訪[www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)



Copyright © 2005 Tektronix, Inc. 版權所有。Tektronix產品受美國和外國專利權的保護、聲明與審查。本出版品中的資訊可取代之前任何出版品中的資訊。本公司保留變更規格與價格的權利。TEKTRONIX和TEK為Tektronix, Inc.的註冊商標。其他商標名稱則是該相關公司的使用標記、商標或註冊商標。

9/05 FLG/WOW

55T-15754-4

**Tektronix**  
Enabling Innovation

