

電子指南

切換式電源供應器分析

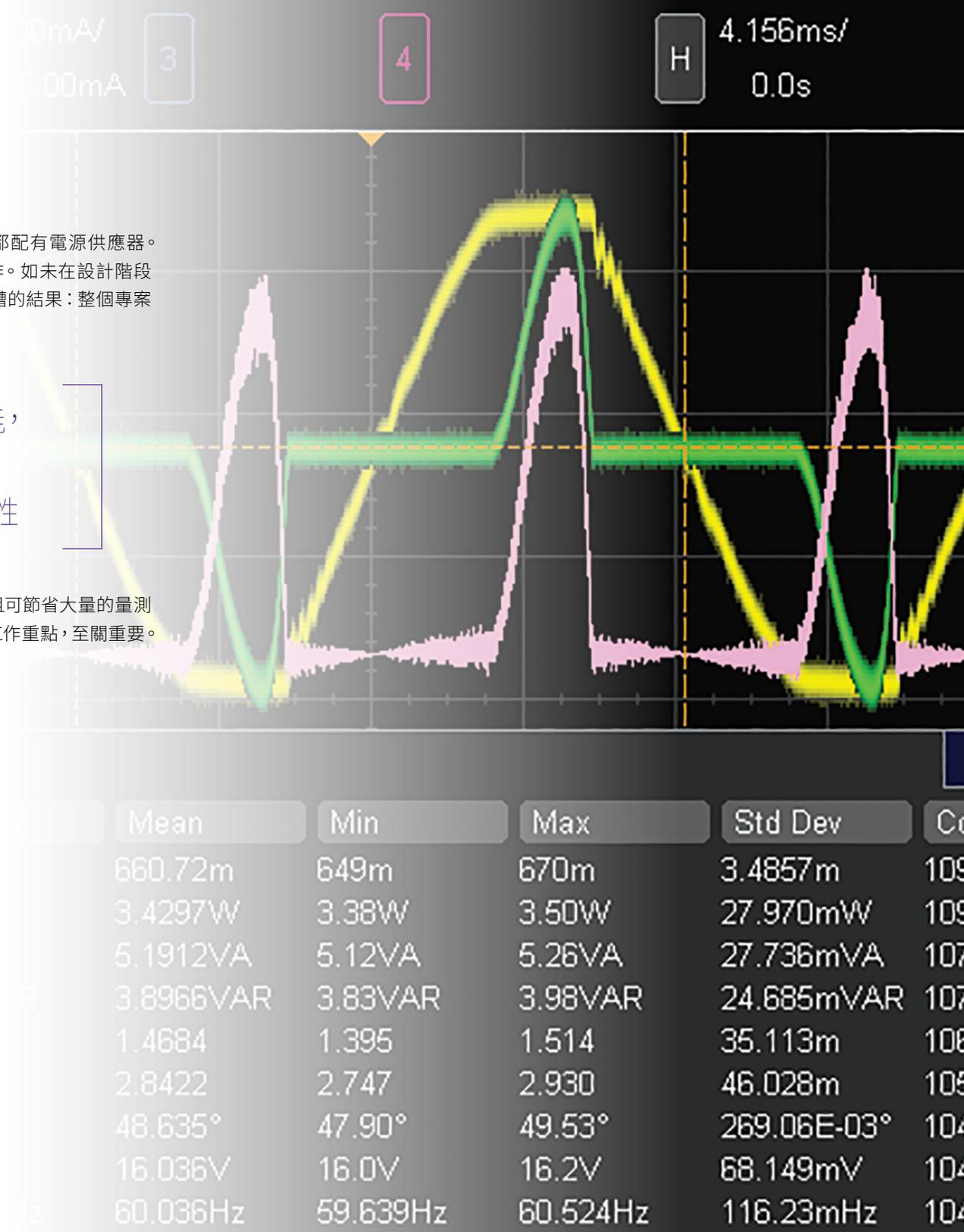


概述

從筆記型電腦到吸塵器，所有電氣產品都有一個共同點：它們都配有電源供應器。如果沒有穩定且調節良好的直流電源，電子裝置將無法正常運作。如未在設計階段對此進行適當的測試，可能會損壞設計中的其他元件，或導致更糟的結果：整個專案因而受到延誤。

為了確保您的裝置具有適當的效能，
您必須嚴謹地驗證切換式
電源供應器 (SMPS) 的幾項關鍵屬性

藉由使用現代示波器**電源應用軟體**，此過程將變得輕而易舉，而且可節省大量的量測設定時間。然而，全面了解每一項量測，以及建構穩定 SMPS 的工作重點，至關重要。



目錄

切換式電源供應器
分析指南





第1章 基本原理



第 1 章 基本原理

從前，線性電源供應器是主要的電源供應器。如今，SMPS 設計主宰了市場。不同於使用變壓器的線性電源供應器，SMPS 結合使用電晶體開關與電容器，以便將穩定的電流輸出至負載。這項設計上的改變，使得 SMPS 能夠提供比線性供應器高一倍的效率。

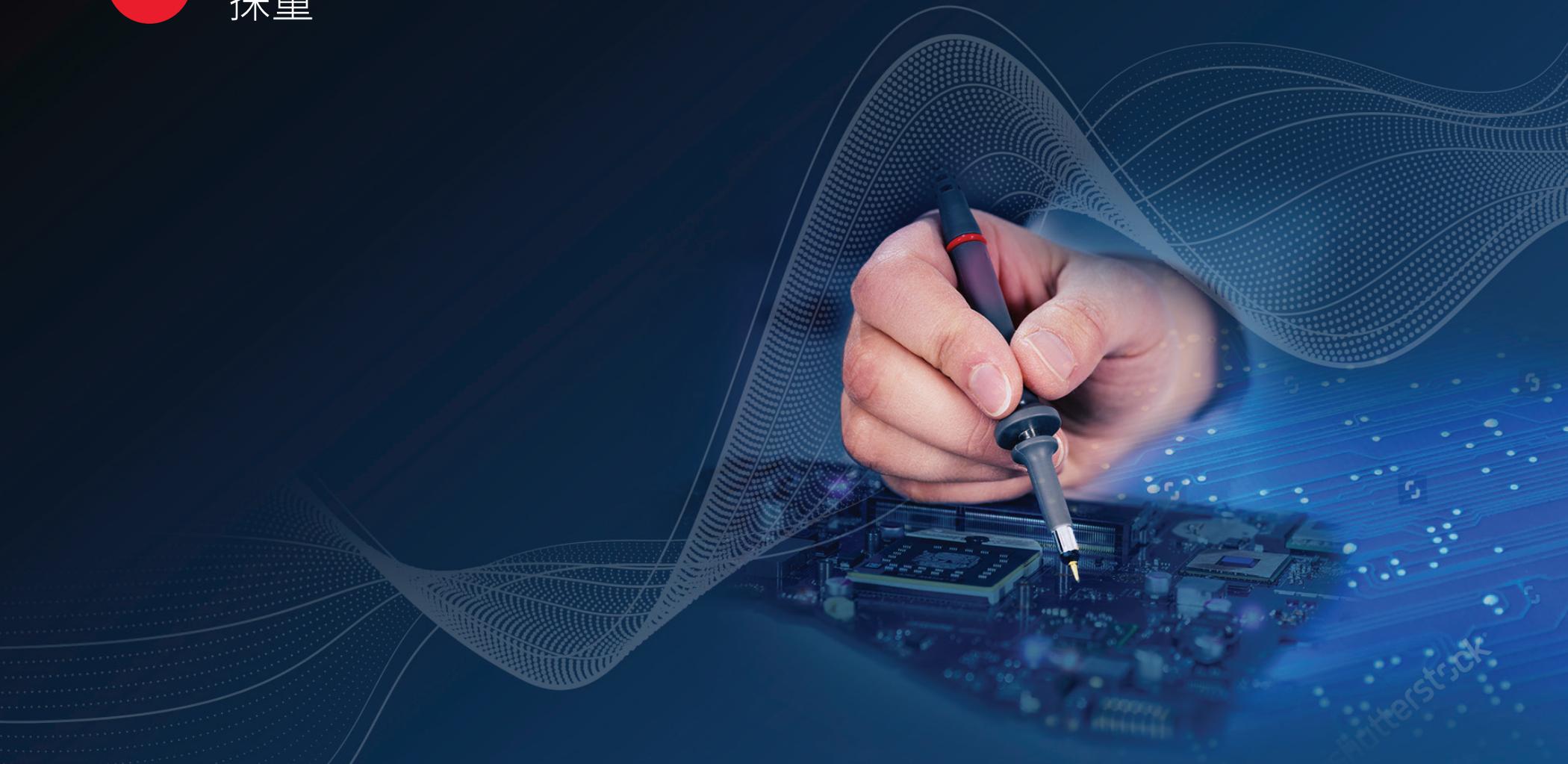
SMPS 的另一個主要優點是體積小。現代裝置不斷追求更小的尺寸、更強的功能性，因而需要將更多的元件安裝在更小的電路板上。然而，線性電源供應器需要體積大又笨重的元件，而 SMPS 可輕易納入更小的空間。

由於 SMPS 的切換特性，它需要進行的量測比線性供應器更多。乍看之下，這項工作令人怯步，但是只要使用示波器電源應用軟體，分析和測試 SMPS，就像線性供應器一樣容易。

Keysight InfiniiVision 示波器 (例如 **4000 X 系列** 和 **6000 X 系列**) 隨附的電源應用軟體，可幫助您輕鬆設定每一項量測。如此一來，您可花更多的時間在設計上，減少反覆設定示波器的時間。立即取得**電源軟體套件免費試用版**。



第 2 章 探量



第 2 章 探量

測試 SMPS 時，您可能需要同時探量電路板上不同位置的電壓與電流。部分量測可直接分析功率 ($P = V \cdot I$)。此時，示波器將兩個通道相乘，並在螢幕上顯示功率軌跡。這代表進行某些量測時，您需同時使用電壓探棒和電流探棒。

視 SMPS 的電壓而定，您或許需要一支高電壓差動主動式探棒。請針對您的待測信號選擇合適的探棒。

進行電流量測時，通常需用到鉤鉗式電流探棒，因此需安裝臨時電流迴路，如圖 1 所示的銲接跳線，以進行量測。

使用電流探棒時，不要忘記對探棒進行消磁並將偏移歸零。



圖 1: 用於進行電流量測的臨時電流迴路

了解詳情



請閱讀《避免 7 個常見的示波器探量陷阱》電子書，以了解並輕鬆避免常見的探量錯誤。



第 3 章 輸入分析

第3章 輸入分析

電源品質

大多數 SMPS 設計都是從電力網的 AC 輸入開始。然而，若是輸入電源的品質過低，可能會損壞待測裝置。透過電源品質分析（參見圖 2），您可深入了解輸入電源的基本參數，

包括有效功率、視在功率和無功功率；功率係數；電壓與電流波峰因數；以及相位角。

此外，藉由檢查電壓波形是否有不穩定的行為（例如驟降或驟升），您可確保待測裝置不會受到非線性交流負載引起的問題所影響。



圖 2：透過電源品質分析，您可對交流輸入進行特性分析

電流諧波

當您將裝置連接至交流電源並開啟電源，頻率成分會被注入交流線路，亦即諧波。請務必監控電流的諧波現象，因為國際電工技術委員會 (IEC) 標準明確規範了裝置可產生的最大諧波失真，避免連接至電力網的其他裝置因而受損。

電流諧波分析（參見圖 3）可自動找到並量測每個諧波，最多可處理第 40 次諧波。分析結果包括一份比較表，便於與使用者指定之 IEC 標準進行比對，並顯示每次諧波的通過/不通過狀態。



圖 3：電流諧波分析可依據 IEC 相符性進行監測

湧入電流

開啟電源時，裝置會汲取電容器的電能，進而導致電流湧入現象，代表能量被白白浪費，因此您須盡可能減低此現象對設計的衝擊。首次通電時，湧入電流分析（參見圖 4）會自動提供電壓和電流波形的單次量測結果，並回報湧入期間的最大電流位準。

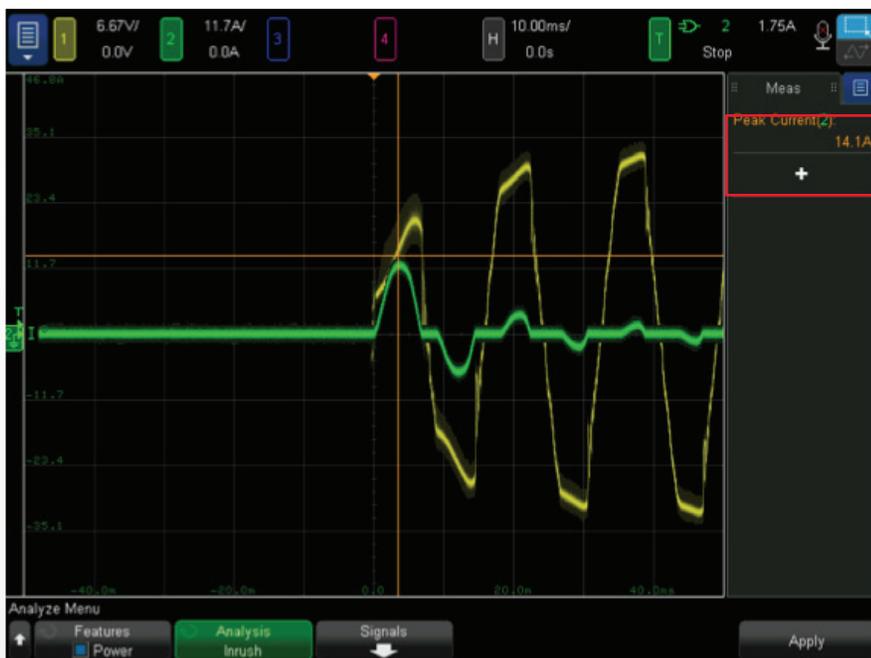
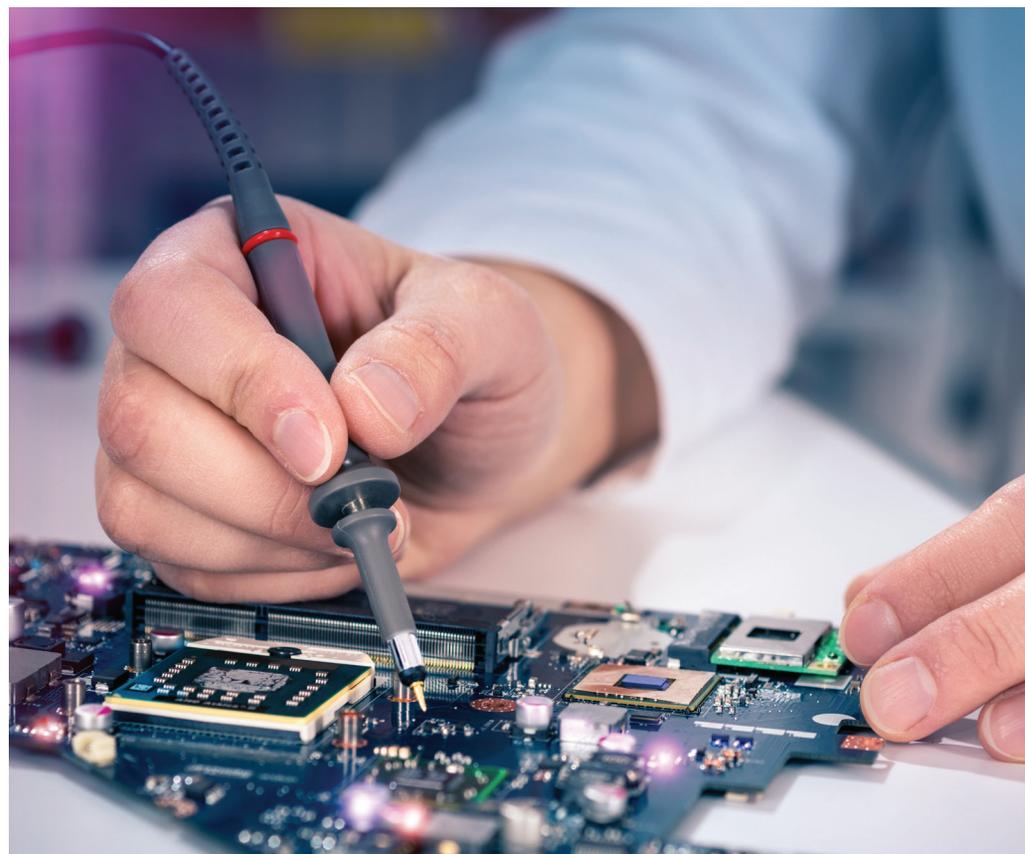
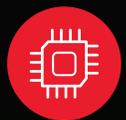


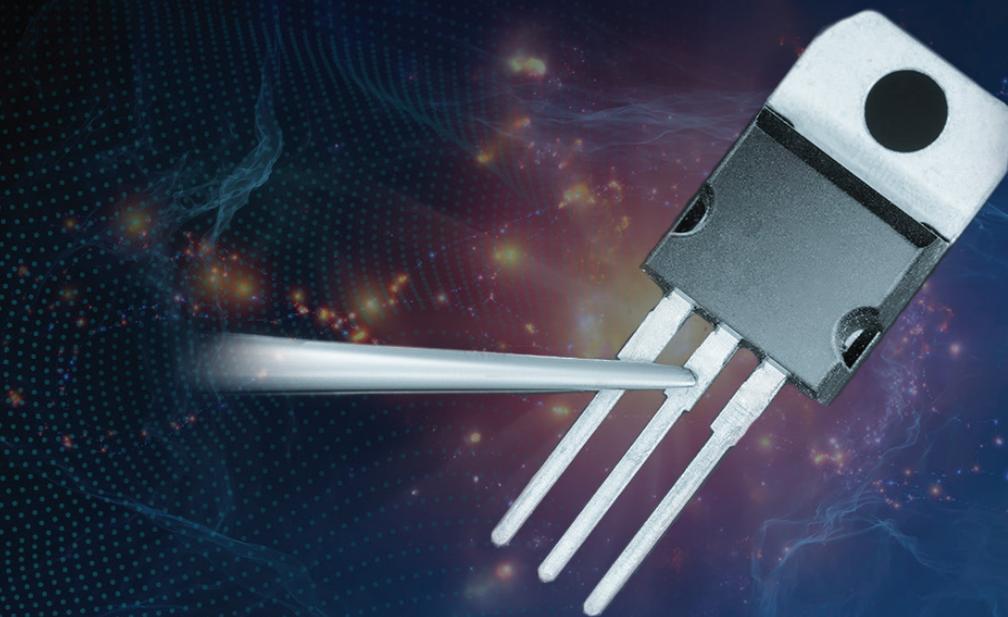
圖 4：湧入電流分析可量測初始的電流突波

立即下載電源軟體套件
免費試用版，實際體驗
看看它是否適合您的應用。





第 4 章 切换分析



第 4 章 切換分析

切換損耗

SMPS 的大部分能量損耗都發生在切換階段，也就是電晶體開啟或關閉時，因為電晶體在其線性區域中運作了一段時間，導致電壓和電流位準在大於 0 的正值處相交，最後造成該點產生功率尖峰 ($P = V \cdot I$)。

由於存在極小的正飽和電壓，損耗也有可能發生在傳導階段。自動切換損耗分析 (參見圖 5) 可以幫助您分析這些損耗。

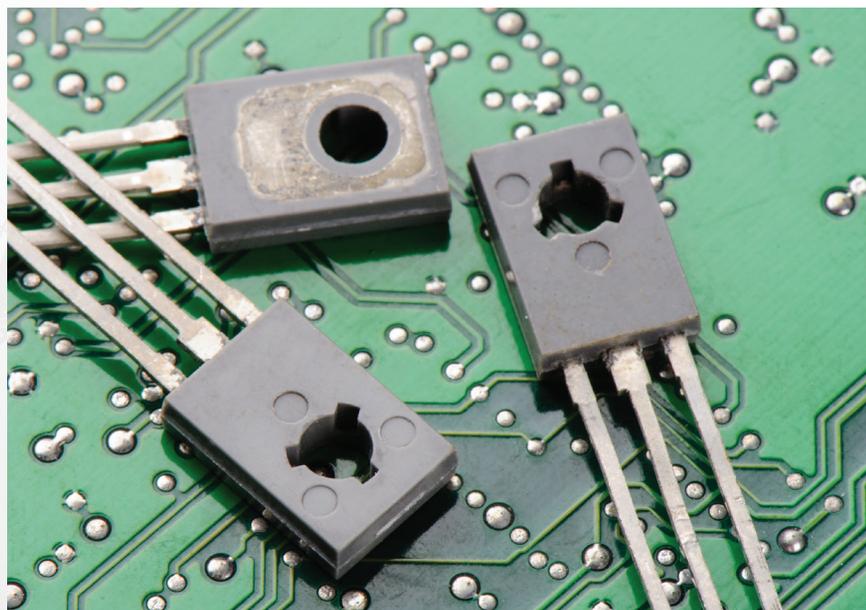


圖 5：切換損耗分析可分析整個切換週期的功率損耗

RDS(ON) 與 VCE(SAT)

執行切換損耗量測時，在電晶體的傳導階段，通常會有一個小的飽和電壓。但是因為探棒/示波器有偏移誤差，您很難準確地量測到這個現象。您可以將 Rds(on) 和 Vce(sat) 分析 (參見圖 6) 獲得的參數，插入切換損耗分析中，以獲得更準確的結果。

Rds(on) 是 MOSFET 的汲極到源極的有效電阻，示波器利用該值來計算功率 ($P = I^2R$)。Vce(sat) 則是雙極性接面型電晶體，從集極到射極的飽和電壓量測值。理論上該值應為零，但現實中，它是一個較低的正值。

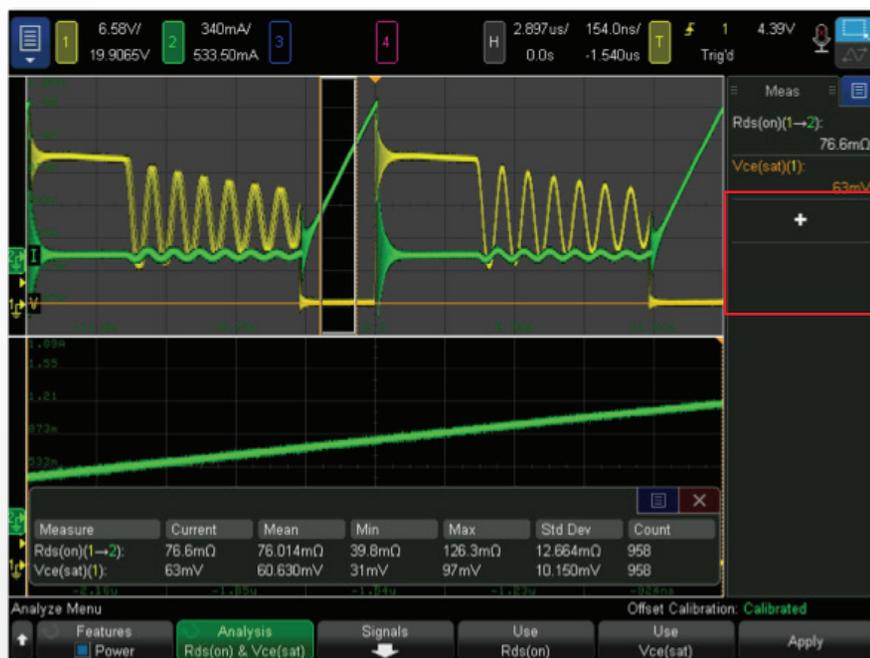


圖 6：Rds(on) 和 Vce(sat) 分析可提高切換損耗分析的準確度

調變分析

由於電晶體開關是 SMPS 中最重要的元件，您必須確保其正常運作，尤其是在電晶體開啟時。調變分析 (參見圖 7) 可以分析從直流輸出至電晶體開關閘極的脈衝寬度調變反饋，並提供趨勢波形，方便您分析連續信號週期量測。



圖 7：調變分析可以分析電晶體開關的開啟特性

轉換率

在開啟和關閉階段，SMPS 電晶體在線性區域中運作的時間越長，其切換損耗就越大。因此，您希望能盡可能縮短此階段的時間。轉換率分析（參見圖 8）可幫助您得出電壓和電流波形，在傳導階段和非傳導階段之間切換的速率。

量測結果會自動繪製成一個數學波形，顯示您的電壓波形的導數 (dV/dt)。

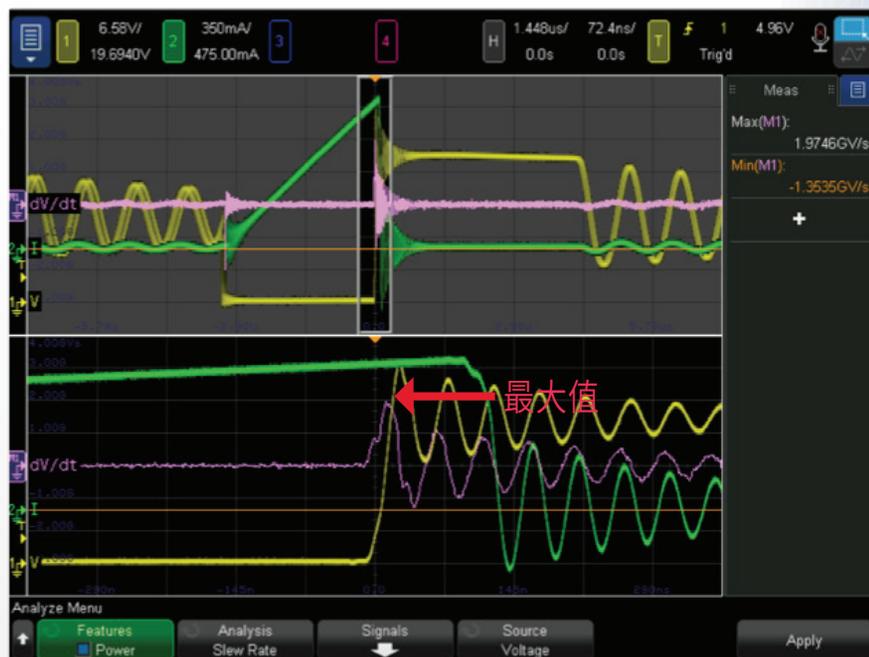


圖 8：轉換率分析可得出電壓和電流波形開啟和關閉的速率



第 5 章 輸出分析

第5章 輸出分析

輸出漣波

SMPS 有一項關鍵問題，其切換動作產生的大量雜訊，會耦合至輸出電軌上。輸出漣波分析（參見圖 9）可量測直流輸出的最大峰對峰值電壓，讓您能夠了解裝置的雜訊振幅表現，同時還提供隨機雜訊分析常用的 RMS 電壓值（標準差）。

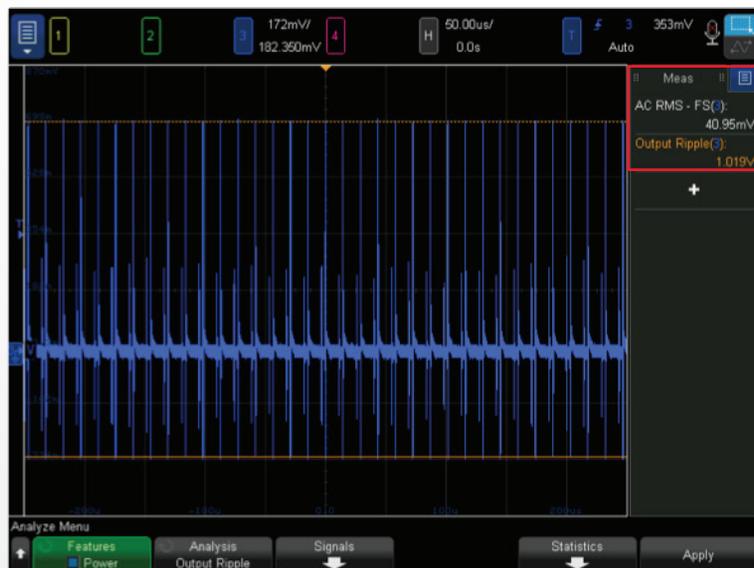


圖 9：輸出漣波分析可分析直流電軌雜訊

暫態響應

現代裝置常執行許多複雜的動作，使得負載經常發生劇烈變化。當 SMPS 的輸出電流驟變，您須確保電源供應器能夠處理這樣的情況，並維持穩定的電壓位準。

暫態響應分析（參見圖 10）可分析負載變化後電壓回復穩定的速度。



圖 10：暫態響應分析可評估負載變化後，回復穩定的表現

立即下載 [電源軟體套件免費試用版](#)，實際體驗看看它是否適合您的應用。



第 6 章 輸入/輸出分析



第 6 章 輸入/輸出分析

開啟/關閉時間

SMPS 從開啟到輸出電壓上升期間，一定稍有延遲。同樣地，關閉與電壓下降之間也會有延遲。監測這些時間延遲很重要，以確保系統中的所有元件都正確同步，並以正確的順序開啟和關閉。

開/關時間分析 (參見圖 11) 的計算，通常是使用穩態電壓的 90% 來認定開啟時間，並使用穩態電壓的 10% 來認定關閉時間。



圖 11：開啟/關閉時間分析可以得出輸出電壓上升和衰減時間

效率

對於所有 SMPS 設計而言，效率是評估 SMPS 效能的關鍵基準規格。電源供應器或電池中的能源浪費越少，裝置的運作成本就越低，使用壽命也越長，最後客戶也會更開心。

效率分析 (參見圖 12) 可以計算輸入和輸出的有效功率 ($V \cdot I$)，然後將效率以 $P(\text{out})/P(\text{in})$ 呈現。



圖 12：效率分析可自動計算整體用電量

立即下載[電源軟體套件免費試用版](#)，實際體驗看看它是否適合您的應用。



第 7 章 頻率響應分析



第 7 章 頻率響應分析

電源斥拒比

視需要供電的電路而定，您可能需要超低的輸出軌雜訊底線。為此，您可以將 DC-DC 電源供應器與最初的 AC-DC 電源供應器串聯使用，以便供電。但是，若要確定該系統是否正常運行，您需要測試電源供應器拒斥不同頻率之擾人成分的能力。電源供應器拒斥比 (PSRR) 分析 (參見圖 13) 可以幫助您做到這一點。

PSRR 量測主要用於對 DC-DC 電源供應器或低壓差穩壓器進行分析。

通常需使用向量網路分析儀。不過，借助示波器內建的函數產生器，您可以使用示波器來執行這項分析並獲得波特圖。Keysight 3000T X 系列、4000 X 系列和 6000 X 系列 InfiniiVision 示波器中的電源應用軟體，都具有此功能，以便模擬各種信號環境 (在 PSRR 分析中，它會以不同交流頻率掃描直流輸入) 並量測裝置的響應。



圖 13: PSRR 分析可以分析直流輸入上各種頻率成分的拒斥現象

控制迴路響應

由於負載變化頻繁，在暫態下，SMPS 反饋迴路不應產生大幅振盪。藉由控制迴路響應分析（參見圖 14），您可更深入了解您的 SMPS 遇到負載變化的反應。

執行這項量測時，您需在反饋路徑中插入一個小的（約 5 Ω ）分流電阻器，然後探量電阻兩端的電壓。一旦測試完畢，示波器將產生一份波特圖，呈現控制迴路增益和相位跟頻率的關係。



圖 14：透過控制迴路響應分析，您可了解反饋迴路對暫態的響應

了解詳情



影片：如何在示波器上執行頻率響應分析

了解詳情

依照逐步指示親自實作

任何系統都需要一個乾淨的穩定直流電源，才能正常運作。SMPS 設計具備效率高、尺寸小的優點，是業界最廣泛使用的電源供應器。

不過，想要設計出色的電源供應器，您需對輸入、切換電晶體、輸出等，進行廣泛的量測。

了解如何執行這些量測，有助開發穩定的設計，並減少錯誤和故障。

請即下載此軟體的**免費試用版**，實際對您的裝置進行量測。

請依《[如何實現最高效率的切換式電源供應器量測](#)》應用說明中提供的逐步指示親自實作，以了解如何執行每一項量測。

信心滿滿地執行各種量測

Keysight InfiniiVision 電源應用軟體可以設定所有最關鍵的 SMPS 量測，確保您的設計穩定、高效。配置圖和內建的輔助說明，將逐步引導您，輕鬆快速地對裝置完成全面分析。

Keysight 3000T X 系列、4000 X 系列和 6000 X 系列示波器，以及各項應用軟體，可幫助您創造改變未來的設計。InfiniiVision 是最快、最直覺的示波器，其簡易的區域觸控觸發和全球最快的波形更新速率 (1,000,000 wfms/s)，可幫助您擷取信號細節和突波。

3000T X 系列

4000 X 系列

6000 X 系列

