

# 以 100V DC 能量監視器 測量能量

作者：Christopher Gobok/ 凌力爾特產品行銷工程師

## 引言

在現今關注功耗的電子產品世界中，“能量監測”和“功率監測”常常可以互換使用，然而事實上，它們在含義、應用和優勢方面略有不同。能量通常被定義為一段時間裡的功率消耗量，其以“焦耳”(J)或“千瓦時”(kWh)為單位，而功率則是一個恒定的能量使用率，其以“瓦特”(W)為單位。因此，額定功率通常用於表示設備在某個時刻將會消耗多少即時電力，而能量則是在事後確認在一個規定的時間週期內實際消耗了多少電力。所以，雖然能量監視器和功率監視器的“綠能”目標最終可能是相同的，但是在大多數應用中能量監視器或許更加有用，因為它考慮到功率級別隨時間所產生的變化，從而更進了一步。

撇開 AC 負載不談，能量監測正變得日益普及並已經在一些 DC 負載應用中確立了地位。掌上型、機架式和線上能量計已獲得廣泛使用，設施管理人員等可以用這些能量計追蹤和分配設備或部門以及其他很多系統使用的能量。能量計的用途也可包括負載分析，在這種應用中，對預期能耗規律和當前使用情況加以比較，並根據與能耗規律模型偏離的程度，對所關注區域做出標記。透過調整負載大小，使用者可以決定，在某個時段，可以將多少照明燈、電腦、電池等連接到系統中。能量監視在可再生能源應用中的使用也隨處可見，例如在風力渦輪發電機或太陽能電池板等應用中，監視產生了多少 DC 電量。類似地，電動自行車和電動汽車可以報告每公里能量使用情況，並量化從電池汲取或

返回電池的能量。

儘管可以用一個微處理器加上少數其他元件組成一個分立式能量監視解決方案，但是這種方法為了執行資料計算和分析，需要連續輪詢資料，因此導致系統開銷增大。一款很適合的能量監視 IC 提供了一種簡單的解決方案，減輕了這類繁重任務造成的大量負擔，在這種解決方案中，包括電壓、電流、功率和能量等所測參數合起來，可說明即時洞察系統健康情況。可編成門檻警報是提供早期故障檢測，以能夠在災難性事件發生之前採取預防性行動所必需的。另外，僅僅通過瞭解使用規模，就可以優化系統。憑藉這類資訊，可以相對地將寶貴的資源用於別處，負擔過重的設備可以將任務卸載到沒有得到充分利用的設備上。

## 能量監視器作用模型

能量監視器可以透過很多不同的方式開發，想想對系統中能量使用情況進行監視所必需的各種元件就知道，這並不奇怪。為了測量電流，需要檢測電阻和放大器，最方便的情形是，該放大器的共模範圍擴展到正的電源軌，並將其輸出轉換到地。測量電壓需要精確的電阻分壓器，而且如果要監視一個以上的電壓，那麼所需元件清單中還必須增加一個多路轉換器。接下來是多通道類比數位轉換器(ADC)，具備精確基準以及與微處理器連接的一些方法，同時也許還要與相鄰 IC 共用 I/O 連線。ADC 轉換可能需要同步至微處理器時基，以便追蹤時間。微處理器還必須使電壓和電流相乘以得到功率

值，然後針對一段時間求出這些功率值之和，用這些和值計算能量。如果需要針對某參數檢測最小值和最大值或報警訊號，那麼需要編寫額外的代碼並連續執行這些代碼。因為找到適合的元件總體上既複雜又困難，所以能量監視常常適合採用整合式解決方案。

許多應用因空間、複雜性或成本因素而無法考慮分立式解決方案，凌力爾特的 LTC2946 透過在小型 4mm x 3mm QFN 或 MSOP 封裝中整合所有必需的功能構件，使能量監視對這類應用而言變得非常實用。LTC2946 以低至 2.7V 的電壓工作，但是可以監視任何 0V 至 100V 軌的電壓和電流以及自身的電源電壓和一個額外的電壓輸入。內建並聯穩壓器支援高於 100V 的電源。為了實現彈性而使用外部檢測電阻，從而允許 LTC2946 準確地監視從毫安培到數十安培或更大的電流。ADC 具 12 位元解析度，電壓最大總體未調整誤差 (TUE) 為 0.4%，電流最大總體未調整誤差為 0.6%。另一個 ADC 輸入 (ADIN 針腳) 的 TUE 也僅為 0.3%，可用來監視協助工具。LTC2946 還整合了一個數位多路轉換器，以計算 24 位功率值，還有累加器和振盪器，以計算 32 位能量和電荷值。所有值、測量結果、狀態和使用者配

圖 1：LTC2946 的簡化方框圖

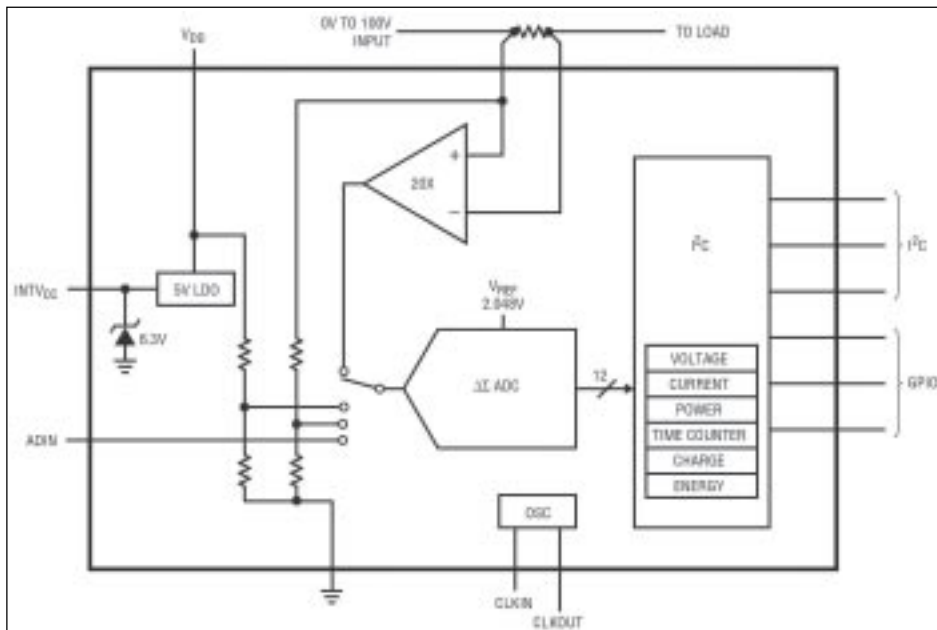
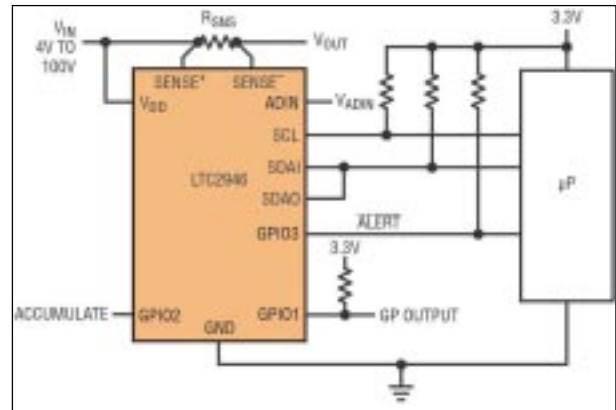


圖 2：LTC2946 高壓側能量計



置資料都儲存在可透過 I<sup>2</sup>C 存取的暫存器中。

LTC2946 可用於很多複雜和空間受限的應用中，包括 RAID 系統、電信、交通運輸、太陽能監視系統以及工業電腦 / 控制系統。幸運的是，此元件僅需幾個簡單的連接。圖 2 顯示，LTC2946 在監視一個 3.3V 微處理器的輸入電壓和電流，同時由 12V 電壓供電。所需外部元件僅為一個檢測電阻和 3 個上拉電阻。

由於 LTC2946 提供寬廣的軌對軌工作範圍，所以該元件在很多不同的低壓和高壓系統中都很實用。不僅絕對最大額定值為 100V 的電源和檢測針腳提供大量空間，例如在 48V 或 -48V 應用中，而且

零伏檢測監視能力在短路或停電情況下也很適合用來監視電流值。無需額外電路，零伏時的故障電流值就能夠立刻指示，電源或負載是否已經出問題了。內部 12 位元 ADC 本身可以在測量視窗中平均輸入雜訊，因此在有雜訊的環境中工作不是問題。在掃描模式下，ADC 分別以  $25\text{ }\mu\text{V}$ 、 $25\text{mV}$  和  $0.5\text{mV}$  的解析度，順序連續監視差分檢測電壓、電源或正的檢測電壓以及備用 ADC 輸入電壓。在連續掃

描模式下，轉換的有效刷新率高達 20Hz(取決於執行內部校準的頻度)，儘管用戶還可以進入瞬像(snapshot)模式，取得單個可選輸入的測量值。高壓監視 IC 通常有較大的靜態電流，因此在以節能為目標的應用中，不適合使用這種 IC。不過，LTC2946 監視 48V 軌時僅消耗 0.9mA 電流，並可停機，以使功耗降至僅為 15  $\mu$ A。

### 增添能量監視器的活力

LTC2946 可以透過多種電源獲得功率，這大幅簡化了任何應用的設計過程。圖 3 a 顯示，LTC2946 用來監視一個範圍從 4V 至 80V 的電源。無需輔助偏置電源，因為  $V_{DD}$  電源針腳可直接連接到被監視的電源上。如果 LTC2946 用來監視一個可以低至 0V 的電源，那麼該元件可以用連接到  $V_{DD}$  的多種輔助電源獲得功率，如圖 3 b 所示。類似地，如果是一個低至 2.7V 的低壓電源，那麼 LTC2946 可以配置為如圖 3 c 所示，以最大限度地

降低功耗。

對於高於  $\pm 100V$  的電源而言， $INTV_{CC}$  針腳上的內建線性穩壓器可用於高壓側和低壓側配置，以透過一個外部並聯電阻為 LTC2946 供電。圖 4a 顯示了一個高壓側功率監視器，其輸入監視範圍超過 100V，採用高壓側並聯穩壓器配置。LTC2946 的接地透過  $R_{SHUNT}$  與電路地隔離，並箝位在比輸入電源低 6.3V 的電壓上。由於不同的接地位準，LTC2946 的  $I^2C$  訊號需要進行位準轉換，以與其他以地為基準的零組件通訊。另外還需要一個鏡像電流，以測量備用 ADC 輸入上的外部電壓。圖 4b 顯示，LTC2946 用一個高於 -100V 的電源供電。這裡，低壓側並聯穩壓器配置允許將  $INTV_{CC}$  處的電壓箝位元至比輸入電源高 6.3V，並在這樣的情況下工作，在這種情況下，輸入電源是負軌。如圖 4c 所示，如果輸入電源和瞬態電壓限制為低於 -100V，就不需要並聯電阻器，其中  $V_{DD}$  是相對於 LTC2946 地的電路地處之電源電壓。

圖 3a：LTC2946 從被監測的電源獲得功率

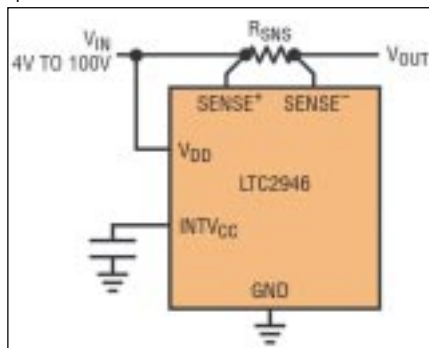


圖 3b：LTC2946 從一個寬廣範圍輔助電源獲得功率

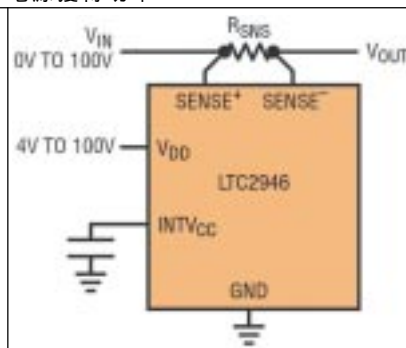


圖 3c：LTC2946 從一個低電壓輔助電源獲得功率

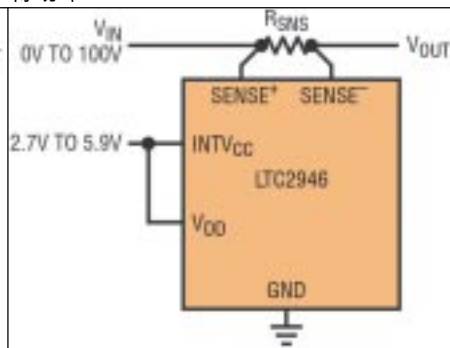


圖 4a：LTC2946 透過高壓側並聯穩壓器獲得功率

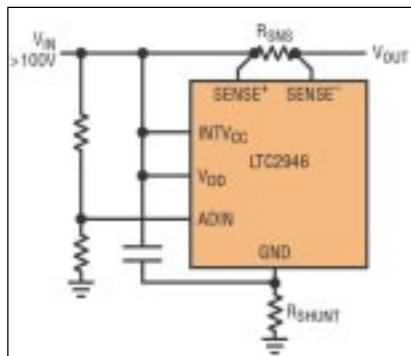


圖 4b：LTC2946 在低壓側電流檢測拓撲透過低壓側並聯穩壓器獲得功率

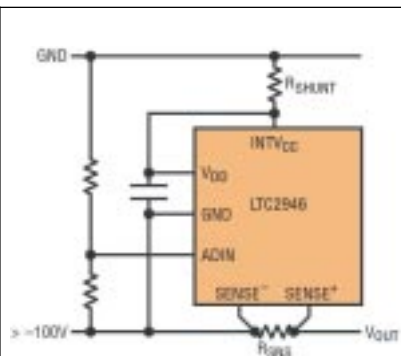
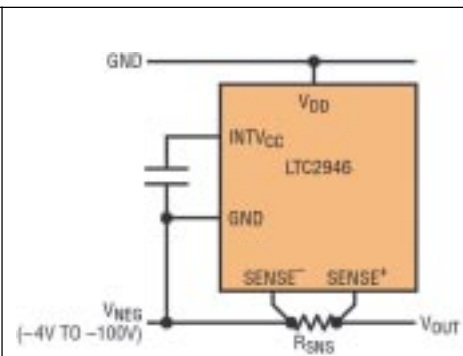


圖 4c：LTC2946 在低壓側電流檢測拓撲從被監視的電源獲得功率



## 數位功能帶來便利性

與彈性的供電選項一樣，LTC2946 還包括很多便利、簡化設計的數位功能。最顯而易見的數位功能是整合式的數位多工器與累加器，可為用戶提供 24 位功率、32 位能量和電荷值，既減輕了大量輪詢電壓和電流資料的負擔，又可執行額外的計算任務。LTC2946 透過將測得的 12 位電流與測得的 12 位元電壓相乘來計算功率。在連續模式下，透過測量差分檢測電壓得到負載電流資料。不過，電壓資料可在電源電壓、正的檢測電壓或備用 ADC 輸入電壓之間選擇。每次進行電流測量之後，計算 24 位功率值。最後，能量和電荷累加器中逐步增加功率和電流資料，在通常的電流和功率值情況下，能夠存儲幾個月的資料。

對於電流、電壓和功率，LTC2946 有最小和最大值暫存器，因此無需軟體連續輪詢，使 I<sup>2</sup>C 匯流排和主機能夠釋放出來執行其他任務。除了檢測和儲存最小 / 最大值，LTC2946 還有最小 / 最大限制值寄存器，可用來在超出限制值時發出警報，因此微處理器也無需不斷輪詢 LTC2946 及分析資料。LTC2946 還可配置為在提供了規定的能量或電荷量以後，或者當預設的時間已經過去時，將產生溢出警報。對於一個能量監視器而言，報警可能與最小和最大值暫存器同樣重要。圖 5 顯示 LTC2946 如何通過軟體和硬體產生警報。所測得的資料與使用者定義的門檻相比較；過壓、欠壓、過流、欠流、功率過大、功率不足門檻值均可定義並同時監視。然後，狀態暫存器通知使用者，哪個參數門檻值已超過，同時實際故障值被記錄到另一個暫存器中，可以在以後查詢。單獨的警報寄存器允許用戶選擇，

按照 SMBus 報警回應協議回應哪些參數，該協議中的報警回應位址(Alert Response Address)被廣播出去，ALERT 針腳被拉低，以通知主機出現了警報事件。

LTC2946 採用功能獲得強化的標準 I<sup>2</sup>C 介面與外部世界通訊。有 9 個 I<sup>2</sup>C 元件位址可使用，因此可以非常容易地將多個 LTC2946 設計到同一個系統中。所有 LTC2946 元件都響應一個公共位址，這允許主匯流排同時對幾個 LTC2946 進行寫操作，而不管其各自的位址是什麼。阻塞匯流排重設計時器使內部 I<sup>2</sup>C 狀態機重定，以在 I<sup>2</sup>C 訊號保持為低位準的時間超過 33ms(阻塞匯流排條件)時，允許恢復正常通信。由於有分路 I<sup>2</sup>C 資料線，所以無需使用 I<sup>2</sup>C 分路器或整合器實現雙向傳輸以及跨隔離邊界接收資料，這提供了便利性。此外，LTC2946-1 版本提供反相資料輸出，以用於負輸出光隔離器配置。

## 結論


LTC2946 是一款通用的電路板級能量監視器，適用於多種應用，並為用戶提供了簡單但非常有效的電流、電壓、功率、能量、電荷及時間監視方法。高性能基本構件允許 LTC2946 以同類元件中最高的準確度、方便地監視 0V 至 100V 正和負軌。由於具有獨立的高壓監視和電源引腳，而且內建穩壓器支援超過 100V 的電源，所以用戶有各種偏置選擇。LTC2946 的類比功能與其主資源節省的數位功能同樣出色，包括多工器、累加器、最小 / 最大值暫存器、可配置警報以及功能非常強大的 I<sup>2</sup>C 介面。 

圖 5：LTC2946 怎樣產生故障警報

