

圖片說明：整合式 2A 開關的 36V、同步 LED 驅動器 LT3922 可配置為升壓、降壓或升降壓 LED 驅動器

# 同步、低 EMI LED 驅動器具內建開關和內部 PWM 調光能力

■作者：Keith Szolusha/凌力爾特電源產品部應用工程組負責人  
Kyle Lawrence/副應用工程師

LED 的應用範圍不斷擴大，已經涉及從通用照明到汽車、工業和測試設備、招牌以及安全設備的各種領域，因此對 LED 驅動器的設計要求也隨之提高。最新 LED 解決方案要求驅動器具備纖巧的尺寸、高效率和低雜訊，並提供高的調光比和先進的故障保護功能。而 LT3922 則是非常容易滿足這些要求的元件。

## LT3922 具內建開關和內部 PWM 調光能力

LT3922 為一款 36V、同步 LED 驅動器，整合了 2A 開關，可配置為升壓、降壓或升降壓 LED 驅動器。該元件整合了高效率、同步電源開關，採用纖巧的 4mm x 5mm QFN 封裝，採用凌力爾特最先進的開關技術，雖然封裝尺寸很小，卻能夠提供很

大的功率，同時還能夠控制邊緣速度，並降低不想要的場致輻射。整合式同步開關邊緣是受控的，不產生振鈴，因而能夠在高效率和低雜訊之間提供恰當的平衡，這些開關還能夠以高達 2.5MHz 的頻率切換，因此可構成尺寸精小的解決方案。

## 拓撲選擇：升壓、降壓、升降壓模式

LED 串由受控的電流驅動，該電流不必直接返回地。LED<sup>+</sup> 和 LED<sup>-</sup> 或其中任一端子可以連至非地電位。這就為選擇包括降壓和升降壓拓撲在內的浮動輸出 DC/DC LED 驅動器拓撲創造了機會。LT3922 的高壓側 PWMTG 驅動器和同步開關可以配置為升壓、降壓或升降壓模式 LED 驅動器，同時保持該 IC 的所有功能都可用，也就是說，內部

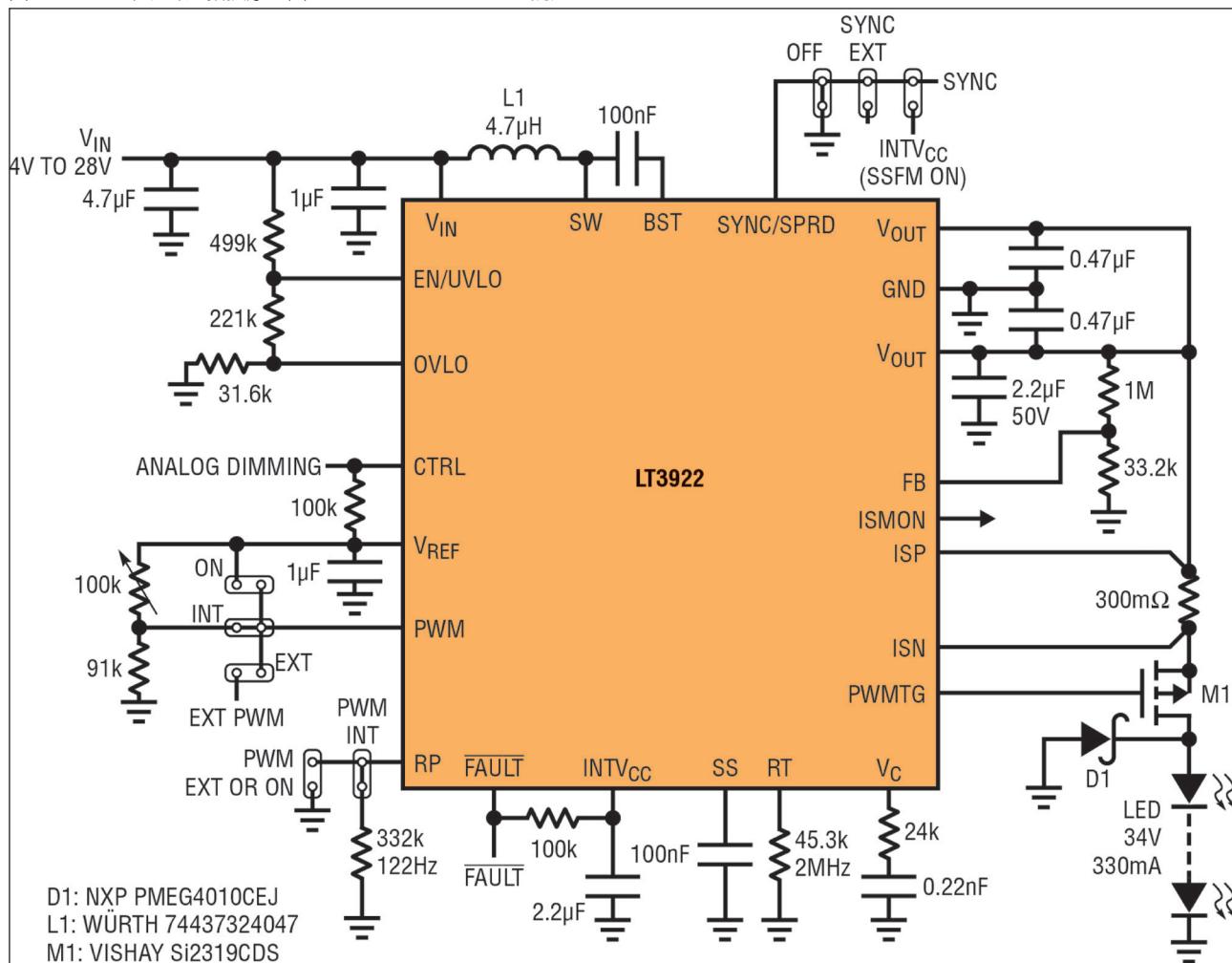
PWM 調光、SSFM( 擴展頻譜頻率調變 )、低 EMI、ISMON 輸出電流監視器、和輸出故障保護功能從標準升壓拓撲到降壓和升降壓拓撲也都提供。

## 升壓拓撲

LT3922 作為升壓轉換器運行時，可為高達 34V 的 LED 串供電，在 40V 以下留出一些空間，以防 LED 開路過衝。如圖 1 所示，2MHz、4V 至 28V 升壓 LED 驅動器為高達 34V 的 LED 串提供 330mA 電流。該元件可從外部以 120Hz 頻率和 2000:1 調光比進行 PWM 調光，或者可以從內部以 128:1 調光比、以 PWM 針腳上的類比輸入電壓調光。

該元件可以承受 LED 開路和 LED<sup>+</sup> 至地短路而不被損壞，並透過確定 FAULT 針腳報告這類故障。

圖 1：2MHz 常規升壓拓撲原理圖，120Hz、2000:1 PWM 調光比

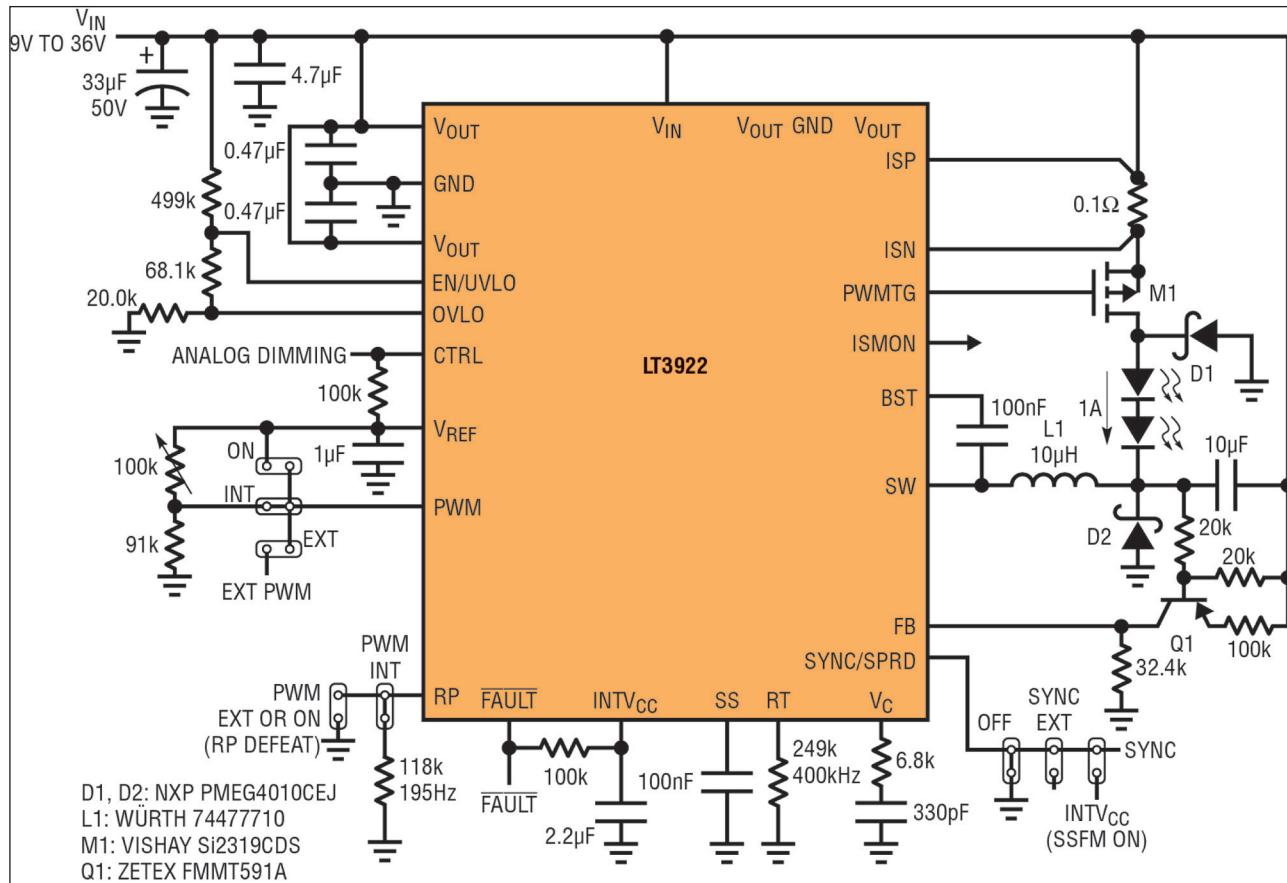


輸出電流可以透過 ISMON 針腳監視，甚至在 PWM 調光時也可以。在 2MHz 開關頻率時，其基頻 EMI 諧波駐留在高於 AM 頻段的頻率上，但其 EMI 仍然很低。還可以增加擴展頻譜頻率調變以擴展 2MHz 至 2.5MHz 的開關頻率，並降低基頻及很多諧波頻率上的 EMI。由於整合了同步開關，所以此 2MHz 升壓轉換器的效率在 12V<sub>IN</sub> 時依然保持高達 91%。在較低 V<sub>IN</sub> 時，當峰值電感器電流達到其限制值時，輸出電流無閃爍地平滑降低，同時 LED 仍然保持導通。

## 降壓拓撲

如圖 2 所示，當 LT3922 用於降壓模式拓撲時，輸入電壓可以高達 36V，並能夠以高達 1.5A 的電流驅動一個 LED 串。高壓側 ISP 及 ISN 電流感測輸入和 PWMTG PMOS 驅動器很容易轉移到 LED

圖 2：以 1000:1、100Hz PWM 調光進行亮度控制的 400kHz 降壓模式 LED 驅動器



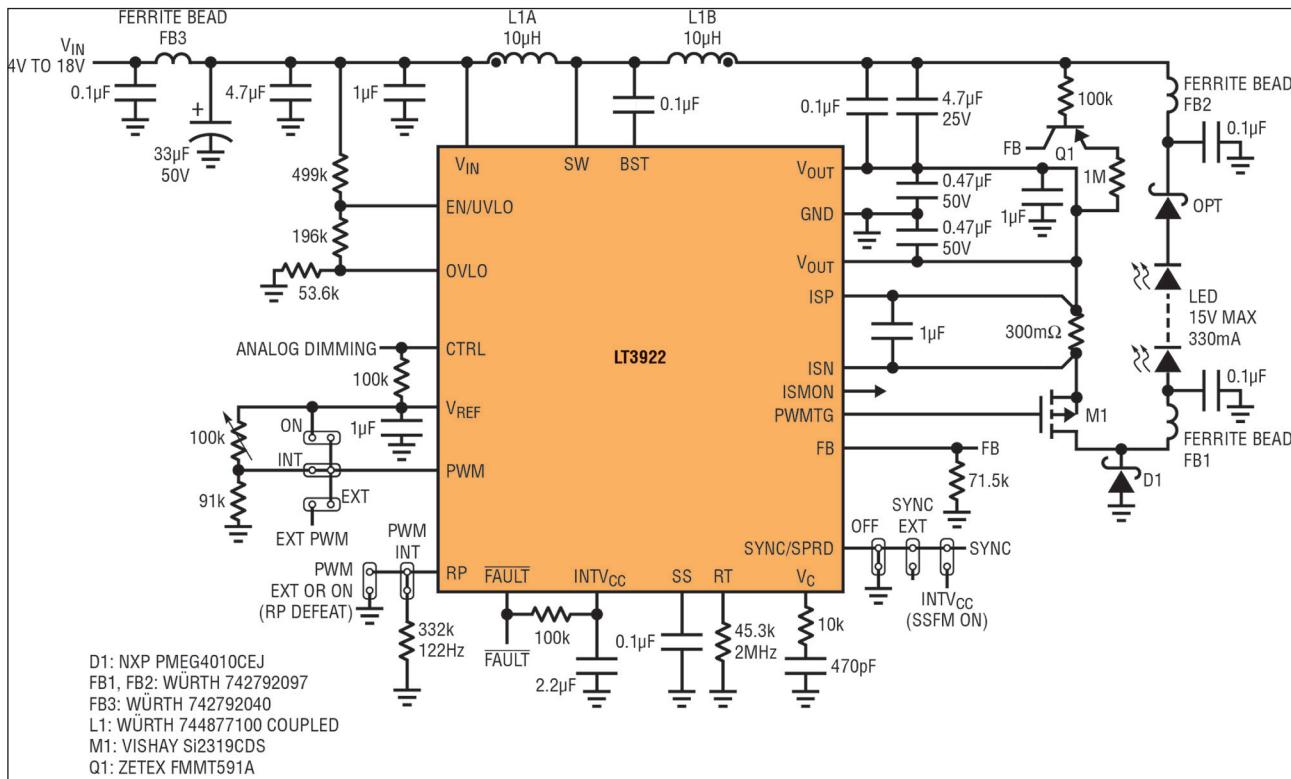
的高壓側，在降壓模式時，LED 的高壓側連至輸入。LED<sup>+</sup>直接連至電感器而不是對地。當以 6.5V 驅動兩個 1A LED 時， $V_{IN}$  為 12V 時的同步降壓模式效率高達 94%， $V_{IN}$  為 36V 時效率仍然保持高達 89%。該降壓模式轉換器具很大的頻寬，因此能夠在 100Hz 以 1000:1 PWM 調光比運行。

## 升降壓拓撲

圖 3 所示 LT3922 升降壓拓撲支援高於和低於 LED 串電壓的輸入電壓範圍。LED 串電壓之和以及輸入電壓必須保持低於 35V，以保持 ISP 和 ISN 電壓低於 40V 絶對最大值。

這種已獲專利的低 EMI 拓撲採用升壓型低漣波輸入電感和降壓低漣波輸出電感。採用 4V 至 18V 汽車輸入或化學組成不同的多種電池輸入 (5V、12V 和 19V) 時，升降壓轉換器可驅動電壓範圍為 3V 至

圖 3：2MHz 升降壓 LED 驅動器的輸入和輸出漣波很低。該解決方案通過 CISPR 25 Class 5 測試。



16V 的 LED 串。

與其他拓撲一樣，PWMTG 驅動器簡化了用於 PWM 調光的 MOSFET 的連接。在浮動 LED 拓撲中，開路和短路保護不受影響。在 LED<sup>+</sup> 端上的一個可選二極體防止受到 LED<sup>+</sup> 至 GND 短路的影響。

圖 3 中的 2MHz 轉換器在 12V V<sub>IN</sub>、15V V<sub>LED</sub>、330mA I<sub>LED</sub> 時效率為 85% (無 EMI 濾波器時為 87%)，在 120Hz 時提供 2000:1 PWM 調光比。這個解決方案尺寸小、具通用性和低 EMI，可滿足汽車白天行車燈、訊號指示燈或尾燈 LED 驅動器的要求。

## 汽車照明

LED 的諸多特點使其非常適合用於汽車照明。LED 尾燈和白天行車燈在視覺上具吸引力。高效率 LED 前燈堅固可靠，與之前相對容易燒壞和基於燈絲的前燈相比，LED 前燈的壽命長出幾個數量級。LED 驅動器很小，效率很高，有很寬的輸入和輸出電壓範圍，而且 EMI 也很低。

纖巧的 LT3922 LED 驅動器之 EMI 很低，具汽車環境所要求的高效率和故障保護功能。該元件可以在 9V 至 16V 汽車輸入範圍內運行，並可在 36V 暫態和低至 3V 的冷啓動情況下保持運作。其低 EMI Silent Switcher 架構、SSFM 和受控的開關波形邊緣使該元件非常適合為要求低 EMI 的 LED 供電。該元件的通用性使其能夠用於升壓、降壓和升降壓應用，例如外部白天行車燈、訊號指示燈、尾燈和前照燈以及內部儀錶板和具高調光比的平視顯示器。為防止受到 LED 串短路和開路的影響，需要保護電路，而該元件固有的彈性和內建故障保護功能有助於減少保護電路所需的元件數。

圖 4 所示的 400kHz 汽車用升壓 LED 驅動器通過了 CISPR 25 Class 5 EMI 測試，如圖 5 所示，圖中顯示了 LT3922 的傳導和輻射 EMI 測試結果以及 Class 5 EMI 限制。這是 LT3922 各項低 EMI 特性相結合所得到的結果，包括但不限於受控的開關波形邊緣和 SSFM。當然，恰當的佈局和少量鐵氧體珠濾波 (FB1 和 FB2) 也要使用，以獲得最佳 EMI 結

圖 4: 400kHz 汽車用升壓 LED 驅動器採用濾波器以實現低 EMI，可選擇內部產生的 100%、10% 或 1% PWM 調光。EMI 測試（圖 5）顯示，這個解決方案通過了 CISPR 25 Class 5 測試。

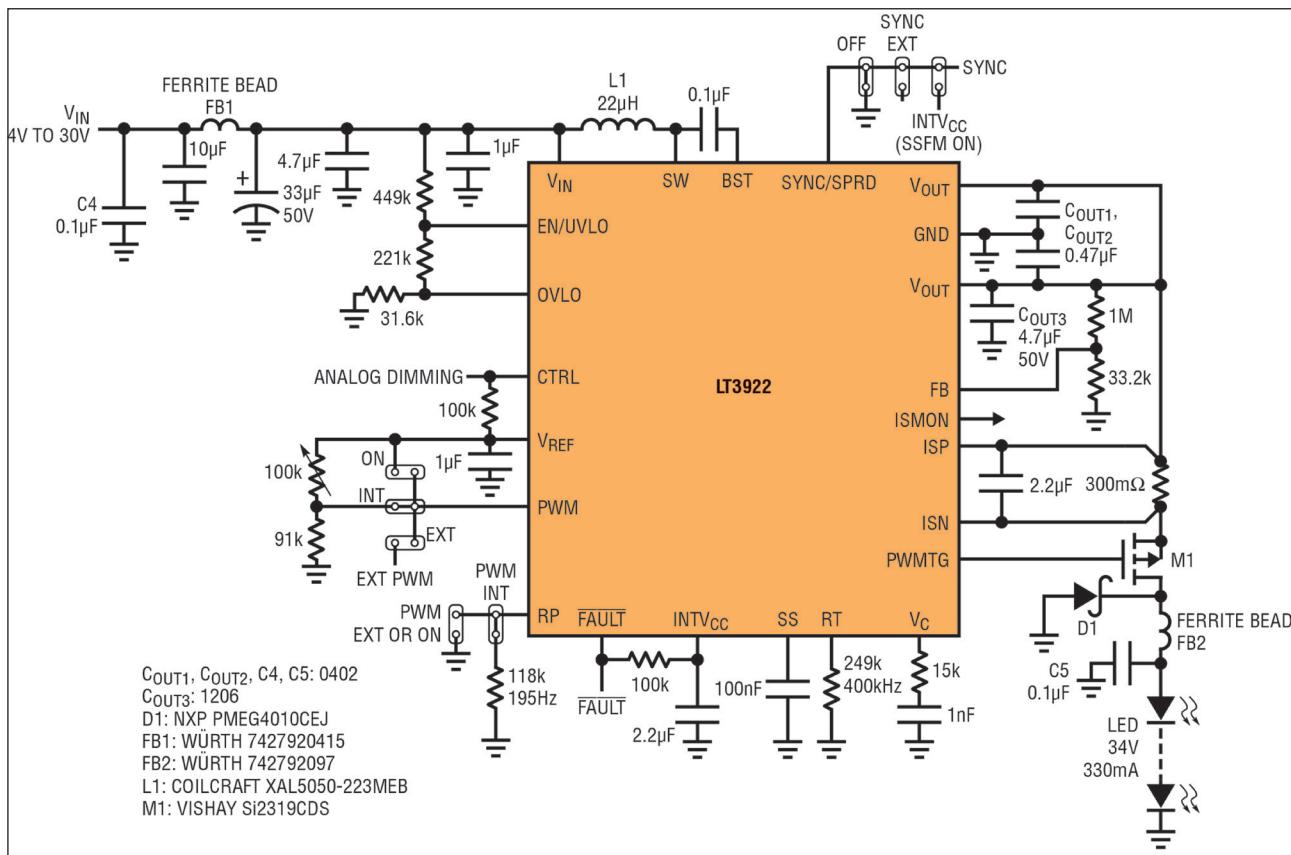
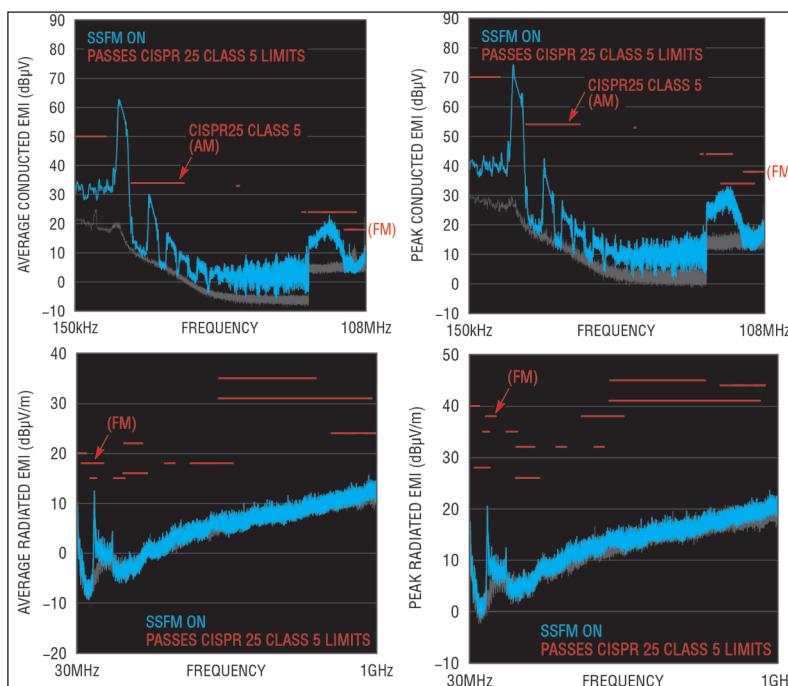


圖 5：圖 4 所示 400kHz LED 驅動器的 EMI 曲線，該驅動器採用了最小型的 EMI 濾波器。

波器，並已通過 CISPR 25 Class 5 測試。如果為了滿足製造商提出的特定 EMI 要求而需要進一步降低 EMI，還可以為輸入端增加一個較大的 LC 濾波器。



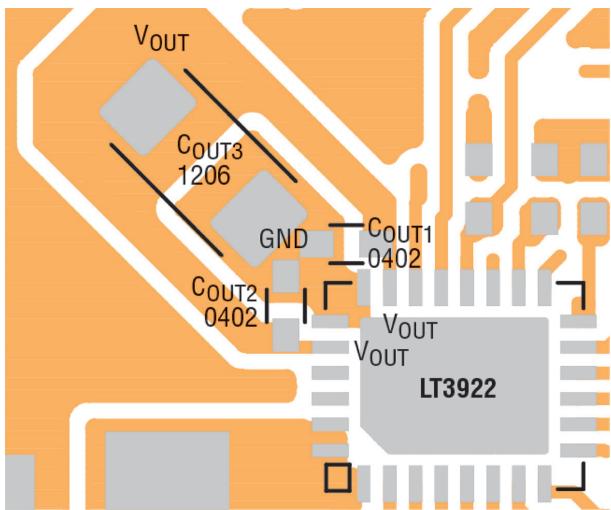
## 固有特性幫助實現低 EMI

LT3922 具備的一些特性使設計者能夠非常容易地實現低 EMI 解決方案。首先，LT3922 採用凌力爾特專利的 Silent Switcher 架構，在這種架構中，內部同步開關最大限度減小了熱切換迴路尺寸，而且受控的開關波形邊緣不會出現振鈴。

圖 6 顯示，LT3922 的針腳佈局允許靠近兩個  $V_{OUT}$  針腳放置小型、高頻電容，以最大限度減小熱迴路尺寸和 EMI。

LT3922 控制開關邊沿速率以消除高頻振鈴，在沒有這種控制功能的開關轉換器中，高頻振鈴很常見。由於 LT3922 的開關邊緣是受控的，所以可在不降低效率和供電能力的前提下，降低電源開關產生

圖 6：雙迴路佈局和高頻 0402 分裂電容構成了小型、方向相反的熱迴路，以降低高頻 EMI



的高頻 EMI。

LT3922 的 SSFM 以 1.6kHz 的速率將電阻器設定的、400kHz 轉換器之開關頻率範圍從 100% 向上和向下擴展為 125%。這降低了轉換器在低頻和高頻時的峰值 EMI 和平均 EMI。透過將 SYNC/SPRD 針腳分別連至 INTVcc 或 GND，可輕易地導通或關斷這功能。

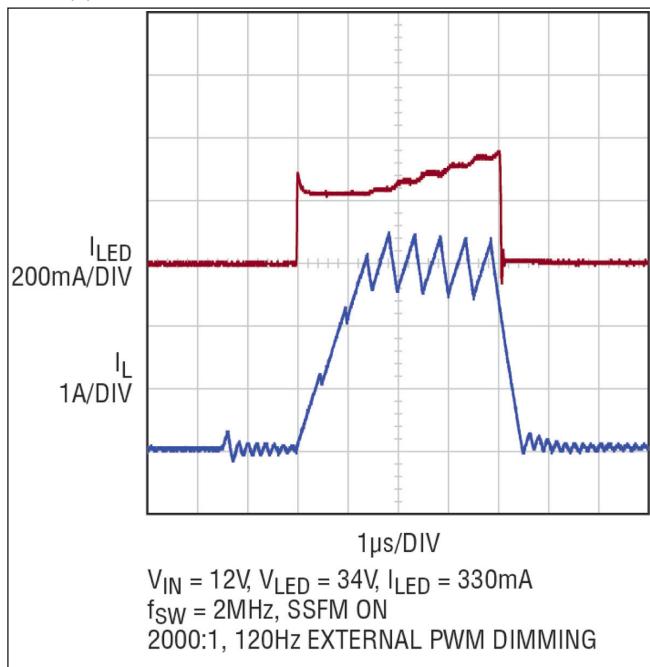
## 內部產生的 PWM 調光

透過 CTRL 針腳上的可調電壓進行類比調光，總是比進行更準確的 PWM 調光來得容易。迄今為止，PWM 調光一直需要一個外部時脈或微訊號，該訊號透過 PWM 輸入針腳以其工作週期控制亮度。不過，LT3922 具內部產生的 PWM 調光訊號，僅需要在 PWM 針腳加上一個外部電壓來設定工作週期，就可實現 128:1 PWM 調光比。PWM 週期（例如 122Hz）是由 RP 針腳上的單個電阻設定的。

對於具冗餘燈組的車輛而言，很有必要保證 LED 電流的準確度。很顯然，兩側燈的亮度必須匹配。以同樣方式製造出來的 LED 在採用同樣的驅動電流時，產生的亮度可能不同。LT3922 的內部調光功能可用來在接近或幾乎達到 100% 工作週期時微調亮度，然後設定準確的 10:1 或 100:1 調光比。這可以使燈組製造商避免因特別的分級 LED 而提高成本。

當需要較高調光比時，LT3922 可從外部以通常方式調光。圖 2 中的大頻寬 400kHz 降壓模式 LED 驅動器在 100Hz 時產生 1000:1 PWM 調光比。

圖 7：(a) 圖 1 電路從外部產生 2000:1 或 4000:1 PWM 調光：



(b) 圖 1 電路從內部產生 128:1 PWM 調光。

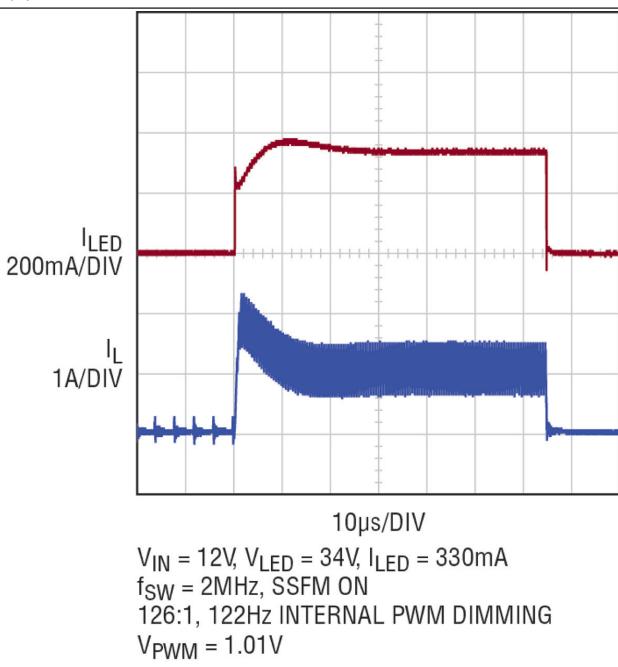


圖 1 中的 2MHz 升壓 LED 驅動器在 120Hz 時可實現 2000:1 調光比，如圖 7a 所示。透過在 RP 針腳放置一個設定 122Hz 頻率的電阻器，並將 PWM 針腳電壓設定在 1.0V 至 2.0V 之間，可以將相同的電路設定為從內部產生 PWM 調光，調光比為 128:1，如圖 7b 所示。在有些應用中，LT3922 可設定為以

5000:1 的外部 PWM 調光比運行，PWM 調光還可以與 LT3922 的類比調光相結合，提供超過 50000:1 的亮度控制。

### 機器視覺

在工業流水線應用中，機器視覺 (圖 8) 運用高

圖 8：採用機器視覺應用的流水線系統概述

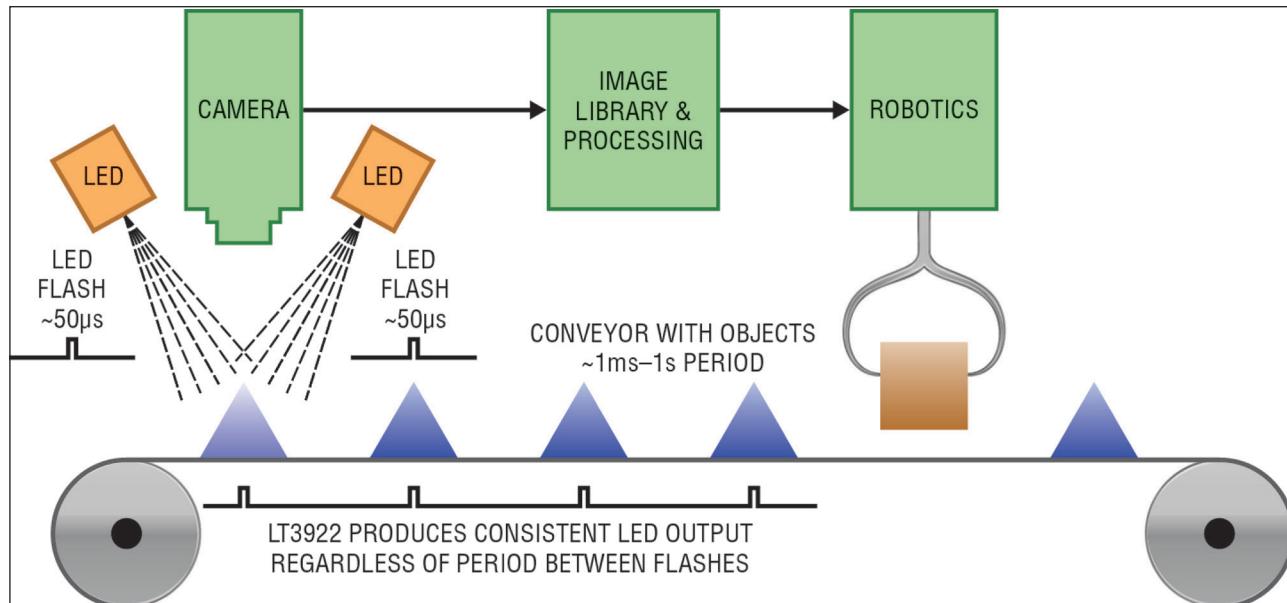


圖 9：無論空閒或停機時間多長，攝像機閃光燈的波形都是相同的。圖中波形顯示了 10ms 以後和一個小時以後的脈衝。空閒一個小時以後和空閒 10ms 以後，閃光燈的波形是相同的。這些波形是從圖 1 所示電路得出的。

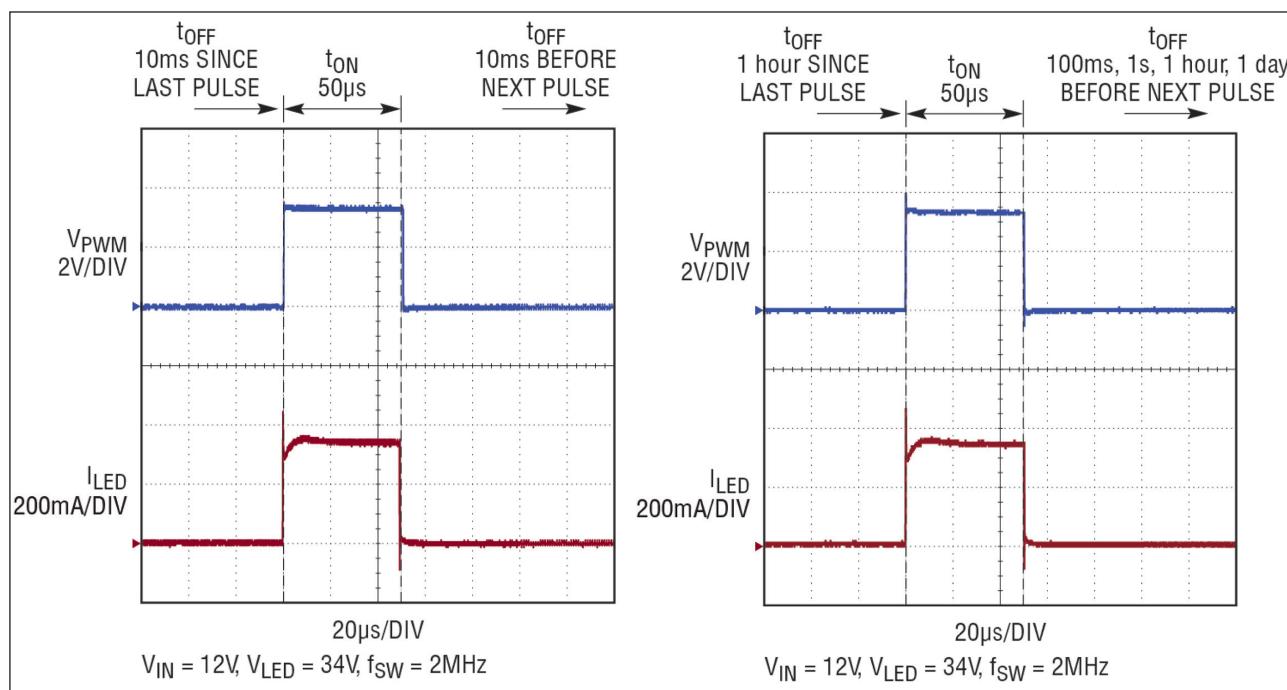


表 1：輸入範圍寬廣的 LED 驅動器

	LT3922	LT3795	LT8391	LT3952	LT3518
VIN 範圍	2.8V ~ 36V	4.5V ~ 110V	4V ~ 60V	3V ~ 42V	3V ~ 30V(40V 瞬態)
同步					
頻率範圍	200kHz ~ 2.5MHz	100kHz ~ 1MHz	150kHz ~ 650kHz	200kHz ~ 3MHz	250kHz ~ 2.5MHz
峰值開關電流	2A	10A+	10A+	4A	2.3A
SSFM					
TG PWM					
內部 PWM 調光					
防短路					
封裝	4mm x 5mm QFN	28 引線 TSSOP	4mm x 5mm QFN	28 引線 TSSOP	4mm x 4mm QFN
電源開關	兩個內部	單個外部	4 個外部	單個內部	單個內部

速數位攝影和數位成像處理，快速提供有關設備的視覺回饋資訊。這有助於在無需或很少需要人工檢查的情況下，迅速發現並隔離有缺陷的產品。機器視覺系統的照明必須與流水線的速度同步，同時能夠針對無限期的關斷時間產生一致的光脈衝。

對常規 LED 驅動器而言，只要 PWM 輸入訊號保持低位準，無論保持時間長短，驅動器都無法保持輸出電壓。這是因為輸出電容器在逐漸放電，因此通用 LED 驅動器不適合機器視覺這類應用。但 LT3922 在 PWM 訊號下降沿時，以數位方式對轉換器的輸出狀態採樣。然後，透過在 PWM 關斷且 LED 被高壓側 PMOS 斷開時執行“保持切換”，該元件能夠在長時間關斷時保持其輸出電壓。在以 100Hz 以上的頻率進行標準 PWM 調光時，最長關斷時間為 10ms 或更短，這時不會從輸出拉走太大的漏電流。機器視覺和頻閃應用可能有 100ms 和 5s( 或更長 ) 的關斷時間，因此洩漏電流會增大數十至數百倍。

“保持切換”確保輸出電容器保持在 LT3922 前一個採樣週期中記錄下的電壓。假定該 IC 得到不間斷的功率輸入，那麼轉換器狀態的數位採樣值可以無限期儲存，而允許 LT3922 在任何給定的關斷

時間內提供一致的輸出電流波形，如圖 9 所示。

## 結論

具內部同步、2A 開關的 36V LED 驅動器 LT3922 是一款精小、通用的 LED 驅動器。該元件非常容易用於升壓、降壓和升降壓拓撲。無論用於何種拓撲，所有特色都能發揮作用，包括高 PWM 調光比能力和內部產生 PWM 調光。用其 Silent Switcher 佈局和 SSFM 可非常簡易地實現低 EMI。其精小的同步開關可保持高效率，甚至在高達 2MHz 頻率時也是如此。憑藉堅固可靠的故障保護功能，這款 IC 非常容易滿足汽車以及其他要求非常嚴格的應用之需求。 