

# 高效同步整流技術 滿足市場多元需求

■文：ROHM

## 前言

憑藉出色的性能，寬頻隙 (WBG) 功率半導體像是碳化矽 (SiC) 或氮化鎵 (GaN)，正在取代傳統占主導地位的矽解決方案，這意味著市場需求已出現轉折。在許多應用場景如手機充電器，尤其得益於 GaN 技術的快速發展。GaN 電晶體不僅提供了比矽電晶體更高的切換速度，而且還降低了大多數 MOSFET 必須面對的傳導損耗問題。考慮到手機充電器 AC/DC 轉換所需的源極 ~ 汲極電壓，650 VDS GaN 電晶體顯然是一個比較好的解決方案。因此，一些手機充電器製造商已經在使用 GaN。

與傳統充電器相比，GaN 充電器的體積可以減小一半。為了提高人們對節能和地球氣候變遷的意識，對高效率的要求變得日益重要。儘管 GaN 電晶體具有良好的切換性能，但是市場還是希望能夠進一步提高功率轉換效率。提高效率的方法之一就是採用同步整流 (SR) 代替無源整流器。本文中介紹的 SR 控制器就是一種能夠提高效率的解決方案。

## 關鍵資料 “SR 控制器 提高電源效率”

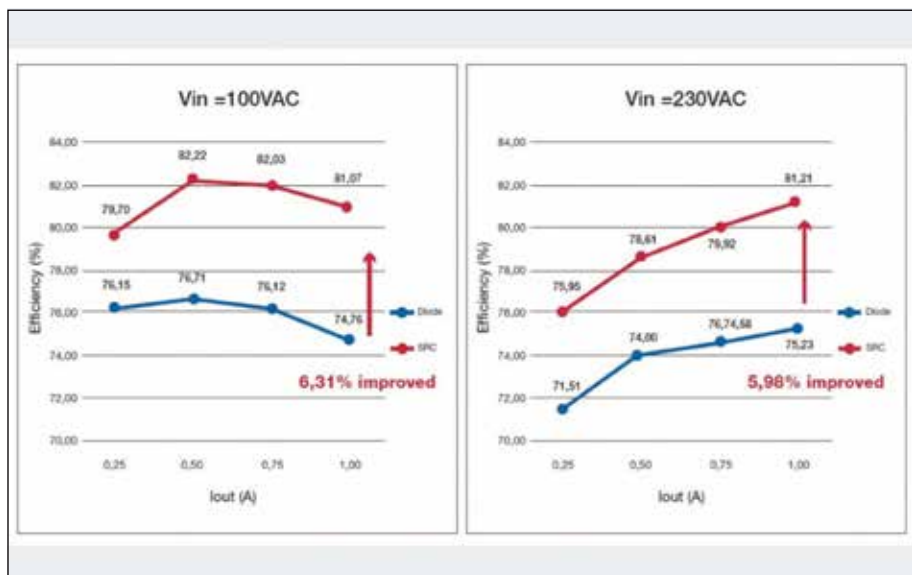
寬頻隙半導體因其小型化優勢和良好的切換性能，而在

各種充電解決方案中變得越來越受歡迎。但是，製造商還是需要持續提高電源轉換效率。SR 控制器是提高電源效率的一種潛在解決方案。它具有許多優點，能夠使實驗室的電源設計人員的工作變得更輕鬆。

## 更高的功率轉換效率

同步整流在提高功率轉換效率方面的優勢如圖 1 所示。這裡比較了兩個 ROHM 評估套件 BM2P094FEVK-001 和 BM1R00147F 的測試結果。結果顯示，相較於二次側的二極體整流方案，基於 SR MOSFET 控制器的 BM1R00147F 同步整流解決方案的優勢要大得多。根據評估套件的規格 (90V 至 264VAC)，測試輸入電壓範圍採用了全球通用範圍。

圖 1：二極體整流和 SR 控制器之間的功率轉換效率比較



圖片來源：ROHM

BM2P094-001-EVK 在不連續電流模式 (DCM) 下工作，輸出規格為 5V 和 1A。在  $V_{in} = 100VAC$  的滿載條件下，二極體整流的功率轉換效率為 74.76%，而 SR 控制器的功率轉換效率為 81.07%。功率轉換效率提高了 6.31%。而在  $V_{in} = 230V AC$  條件下，效率也提高了 5.98%。

## 更高的充電功率

隨著充電電流的增大，小型電源（如手機、平板電腦和筆記型電腦充電器等）需要更高的額定功率。在過去一般充電器的充電功率是 5W (5V, 1A) 和 10W (5V, 2A)，但是由於手機、平板電腦及其他外接螢幕的尺寸不斷增加，市場已出現 30W 快充的需求。

如果增加充電功率，充電電流就會增加，這會造成幾種可能狀況。充電電流較大時電源是在連續電流模式 (CCM) 下工作，而充電電流較小時電源主要是在不連續電流模式 (DCM) 下工作。對於整流二

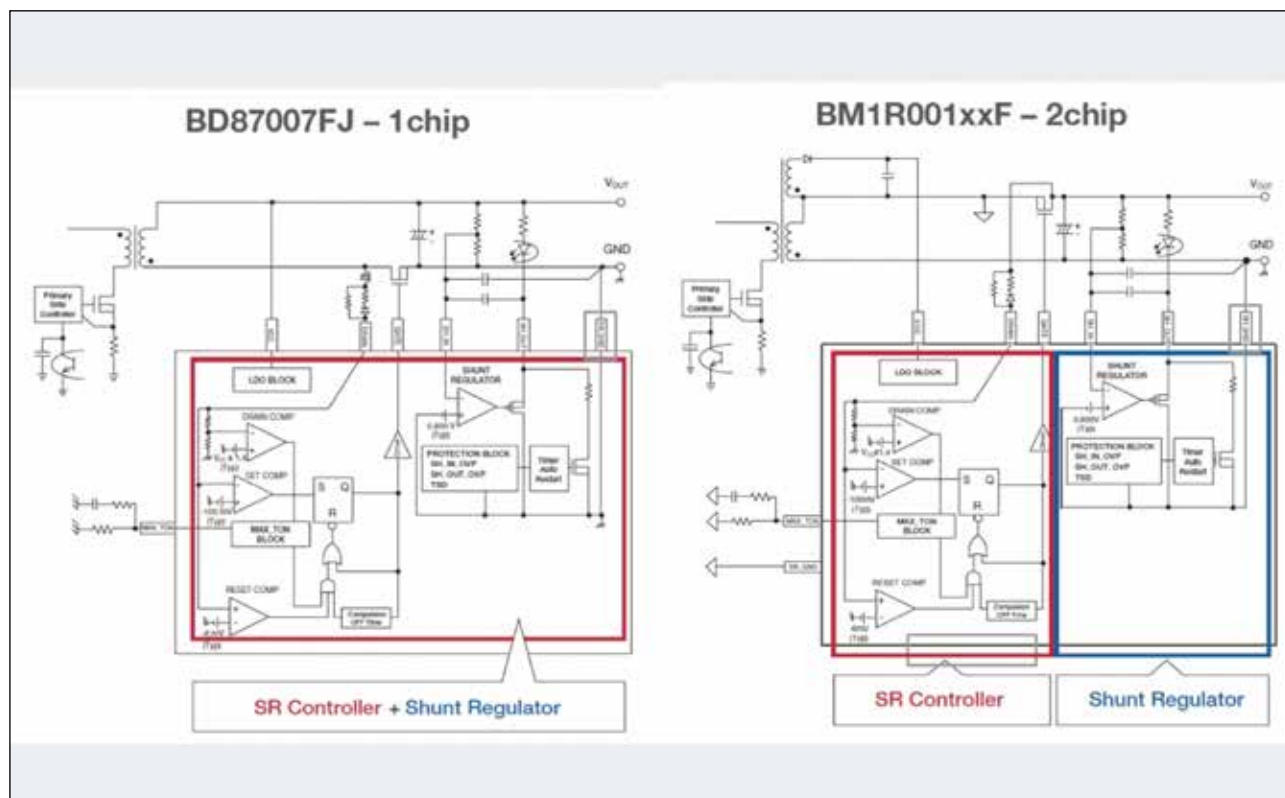
極體來說，這意味著負載會因硬切換而增加。借助 ROHM SR 控制 IC 的控制特性，可以將這種額外的負載降至更低。在 CCM 模式下，整個電路的效率通常更高。另外，由於二極體整流器電流越大，其損耗就越高，因此相比之下同步整流方式更具優勢。

為了盡可能有效地滿足市場需求，ROHM 研發了單通道和雙通道同步 MOSFET 控制器（圖 2）。BD1R001xxF 內建有二顆晶片。BD87007FJ（單通道）和 BD85006F（雙通道）內建有一顆晶片，可以實現二種功能：SR 控制器和並聯穩壓器。這些元件的封裝類型和規格概要請參見圖 3。下文將介紹這些控制器的部分功能。

## 設定強制 OFF 時間

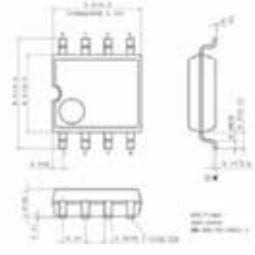
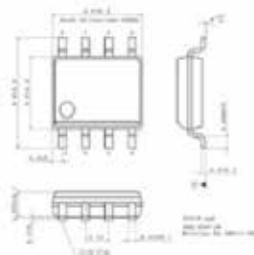
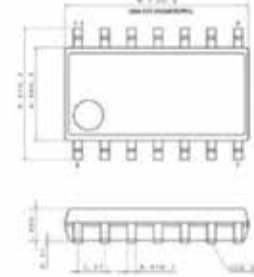
與 CCM 模式相比，MOSFET 解決方案中 DCM 模式下的汲極～源極電流會提前截止，而 MOSFET 還需要延遲一段時間才能關斷。當二次側 MOSFET 關斷時，變壓器線圈、MOSFET 的寄生

圖 2：ROHM 單通道和雙通道同步 MOSFET 控制器透過高效率滿足市場需求



圖片來源：ROHM

圖 3：同步 MOSFET 控制器的參數概要

	BM1R series	BD87007FJ	BD85506F
PKG	<b>SOP8</b> W(Typ)xD(Typ)xH(Max) 5.0mmx6.2mmx1.71mm 	<b>SOP-J8</b> W(Typ)xD(Typ)xH(Max) 4.9mmx6mmx1.65mm 	<b>SOP14</b> W(Typ.) x D(Typ.) x H(Max.) 8.70mm x 6.20mm x 1.71mm 
Chip	2chip	1chip	1chip
PIN	4pin SH_GND	4pin NC	14pin
Shunt Regulator Accuracy	±0.5 %	±1.0 %	Comparator
Sleep mode	○	×	○
Shunt regulator current	40 $\mu$ A (Typ)	10 $\mu$ A (Typ)	10 $\mu$ A (Typ)
MAX_TON 無効化 (not using)	Pull up to VCC	$R_{MAX\_TON} \geq 300k\Omega$	-
FET配置	L/H side	L side only	2ch

圖片來源：ROHM

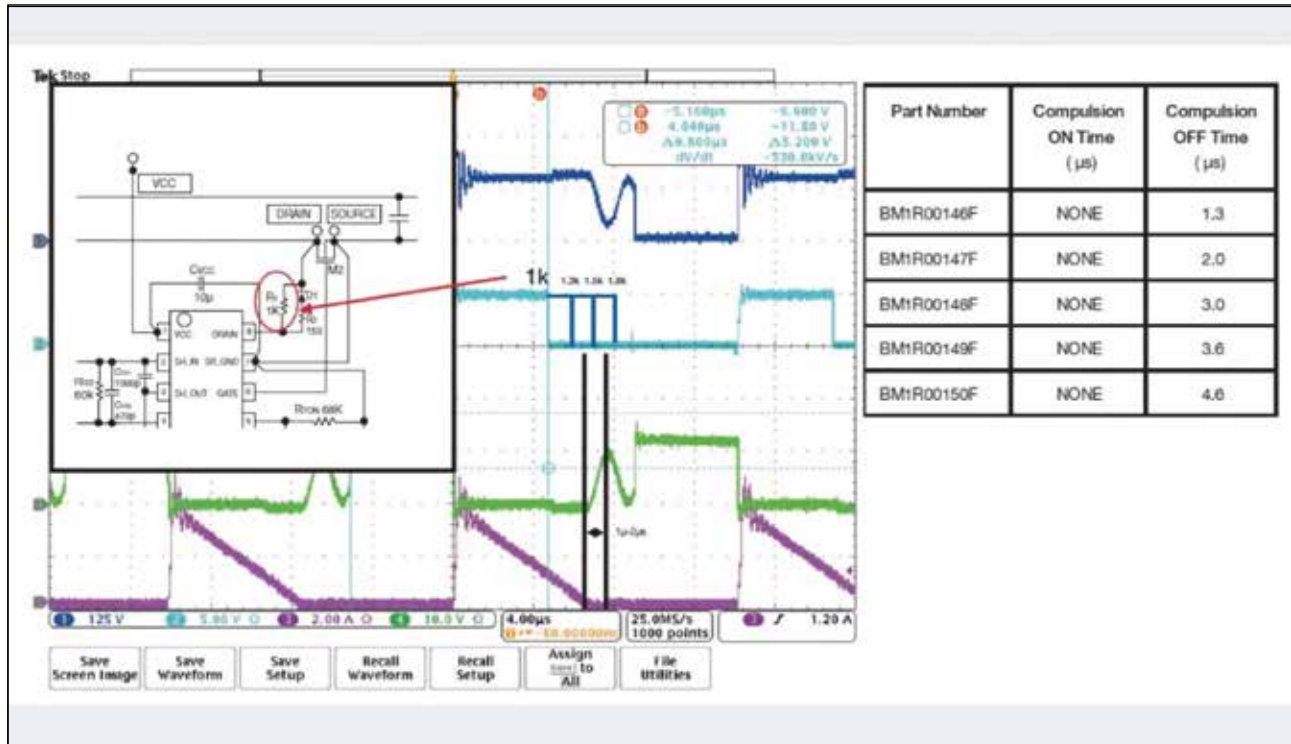
電容和輸出電容會產生諧振。為了防止這種諧振 ( 可能會導致汲極有所響應，從而意外啓動閘極 )，設計人員應設定一個遮罩時間。ROHM SR 系列的強制 OFF 時間可實現一個遮罩時間 — 從閘極未啓動開始到二次側 MOSFET 的汲極響應。憑藉強制 OFF 時間，BM1R001xxF 系列可用於各種電源。研發人員可以透過汲極引腳上的外部電阻 ( 圖 4 ) 手動設定強制 OFF 時間。該時間的設計必須短於一次側控制器切換頻率 ( 從二次側 MOSFET TON 中減去該切換時間 )

## 設定最大 Ton 時間

在連續電流模式 (CCM) 下，下一個切換週期

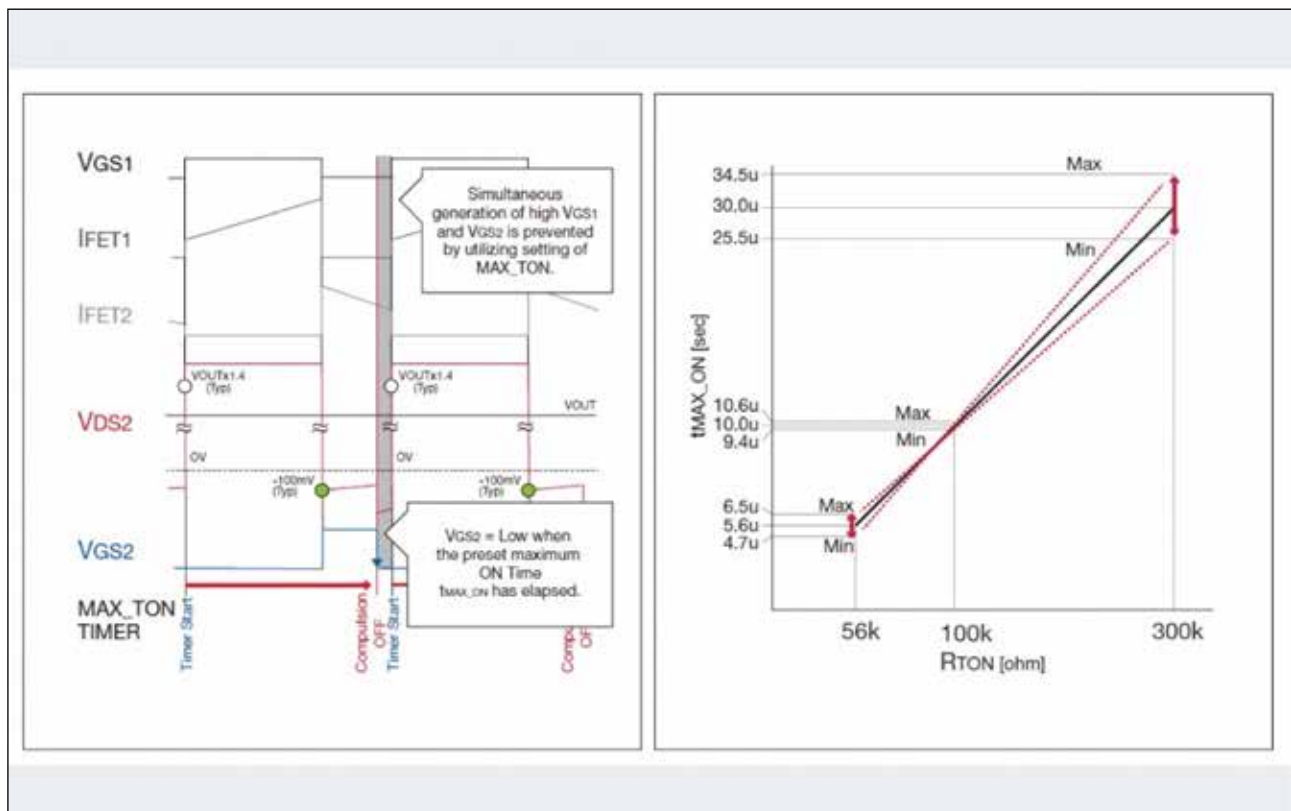
會在前一個切換週期仍處於活動狀態時開始，因此 MOSFET 會經歷一個行為突變。因此，強烈建議在使用二極體整流方案時採用超快速恢復二極體。SR 控制器的 MOSFET 設有具恢復延遲時間功能的閘極引腳。這將允許電流同時流過一次側切換和二次側 MOSFET，除非未指定合理的延遲時間。BM1R001xxF 在  $V_{out} \times 1.4$  處開始計算汲極電壓的上升沿，而控制器會在一個設計階段 ( 透過外部 Max\_Ton 電阻設定 ) 後斷路。如圖 5 所示，研發人員必須使 Max\_Ton 始終短於一次側控制器的切換頻率。Max\_Ton 電阻的設定範圍應為 56k 至 300k。當 Max\_Ton 接近 10  $\mu$ sec ( $R_{Ton} = 100k\Omega$ ) 時，精度會提高。

圖 4：不同產品的強制 OFF 時間



圖片來源：ROHM

圖 5：透過外部電阻設定 Max\_Ton 和精度



圖片來源：ROHM

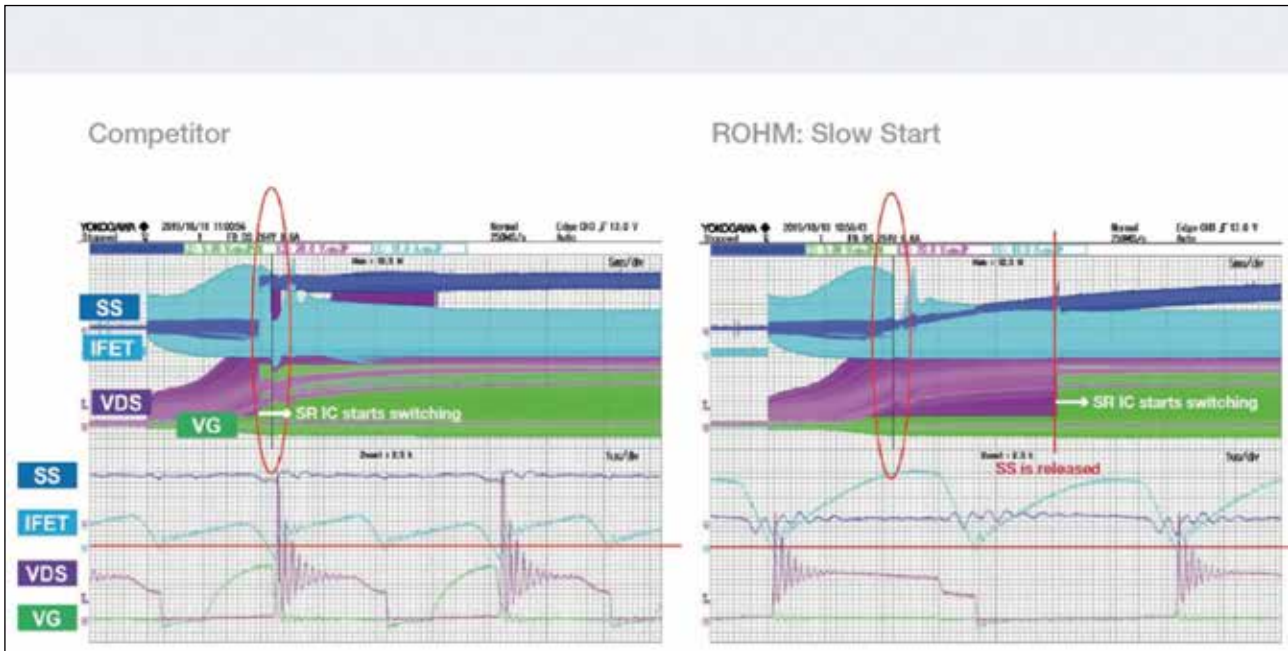


## 電流消耗減少 90% 的內建並聯穩壓器

為了調節輸出級的電壓，需要一個並聯穩壓器作為電壓參考。為了用電阻維持所需的電壓，需要

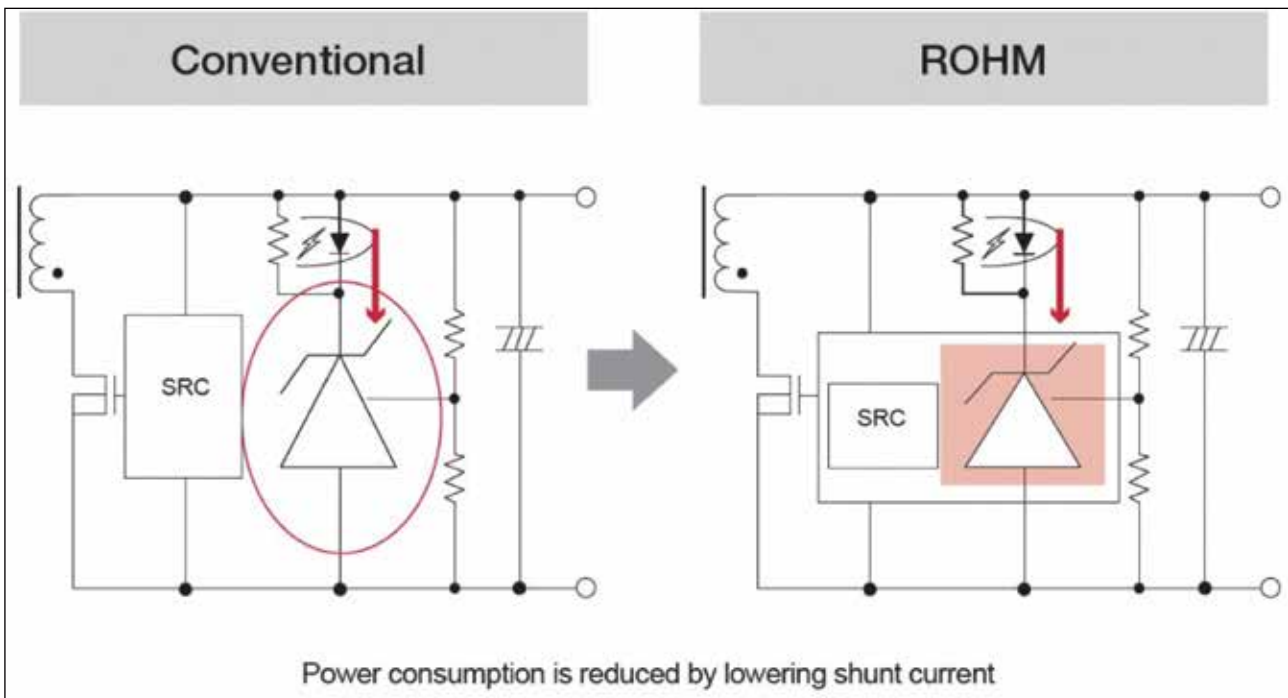
使並聯電流流過並聯穩壓器。BM1R001xxF 系列包含一個內建並聯穩壓器，與傳統的並聯穩壓器相比，它僅消耗十分之一的電流。這不僅簡化了設計，而且還降低了待機模式下並聯控制器的電流消耗。

圖 6：啟動時處於電容模式的波形 [ 左 ] 以及 BD85506F 的緩啟動行為 [ 右 ]



圖片來源：ROHM

圖 7：與傳統並聯穩壓器相比，ROHM 內建並聯穩壓器的並聯電流僅為十分之一



圖片來源：ROHM

此外，晶片內部的並聯穩壓器與 SR 控制器是分開的。如果用在 H 側，那麼可以將並聯穩壓器的接地用作 H 側的接地。如果不採用內建並聯穩壓器，則引腳“SH\_IN、SH\_OUT 和 SH\_GND”保持未使用狀態即可。針對在外部使用並聯穩壓器的應用場景，ROHM 還研發了 BD87007FJ。BD87007FJ 的並聯電流明顯低於 BM1R001xxF 系列（圖 6）。

## 用於 LLC 拓撲的雙通道 SR MOSFET 控制器

當啟動和輸出級不穩定時，LLC 電路容易進入電容模式。如果電流峰值夠大，那麼在最壞的情況下會損壞 MOSFET。ROHM 針對 LLC 拓撲設計的雙通道同步整流 MOSFET 控制器 BD85506F 配備了一個緩啟動功能。在電容模式下，IC 在啟動階段後不再工作，但是 SS 引腳會被充電。當 SS 引腳上的電壓高於 0.5V 時，緩啟動功能被啟用，IC 開始工作。

## 利用輸入開路保護 MOSFET

如果控制器的輸出和閘極之間存在不連續的情況，那麼 MOSFET 將無法打開，且電流會流過本體二極體，從而導致 MOSFET 過熱。而 BD85506F 則配備了一個引腳開路保護功能。如果開路狀態持續時間超過 2ms，系統會透過一個光電耦合器減少 BD85506F SH\_out 引腳上的電流。這會讓一次側控制器停止工作。

## 結論

ROHM 的 SR 控制器能夠支援本文中所介紹的許多功能，並且只需要很少的外部零件。因此，ROHM 的 SR 控制器在 CCM 和 DCM 模式下都能實現高性能的同步整流解決方案。SR-IC 的其他可選型號還內建有並聯穩壓器，不僅具有靈活的接地參考，待機功耗也非常低。CTA

## ROHM 推出耐壓高達 80V、輸出電流達 5A 電源 IC



ROHM 針對處理大功率的 5G 基地台和 PLC、逆變器等 FA 裝置，研發出二款具高耐壓和大電流、內建 MOSFET 的降壓型 DC/DC 轉換 IC「BD9G500EFJ-LA」和「BD9F500QUZ」。

近年來，如 5G 基地台和 FA 裝置等工控裝置中，配備了更多融合 AI 和 IoT 技術的新功能。因此也對所使用的電源 IC 出現了小型高效、高耐壓等需求，確保即使受到雷擊等引起的 Burst 性突波電壓也不會造成損壞，並且希望能夠支援大電流。

本次新產品是非隔離型 DC/DC 轉換 IC，利用 ROHM 擅長的類比設計技術研發而成，採用電源系統的 BiCDMOS 高耐壓製程，可提供各類先進工控裝置所需的電源功能。

「BD9G500EFJ-LA」適用於 48V 電源系統，不但具有業界頂級的 80V 耐壓，更具內建 MOSFET 的同類型產品中，高達 5A 的輸出電流，因此也支援大功率，有助 5G 基地台和充電樁等裝置提升可靠性和性能。而「BD9F500QUZ」則適用於 24V 電源系統，採用小型封裝（3.0mm×3.0mm×0.4mm），具備 39V 耐壓和 5A 輸出電流，有助 FA 裝置等先進工控裝置實現高性能和小型化。

新產品已於 2021 年 5 月開始投入量產。