FAIRCHILD™

Is Now Part of

ON Semiconductor®

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at
www.onsemi.com

www.fairchildsemi.com

# AN-8023
# 使用 FAN8303 降壓穩壓器實現負電壓管理

## 摘要

FAN8303 是具有內建功率電晶體（MOSFET）的 2A、370kHz 單晶片型整合降壓穩壓器。它使用簡單，並且只需要最少的外部元件。此技術應用文件將說明如何使用 FAN8303 來產生負電壓。文中將介紹應用範例，並討論升降壓電路的最佳設計。

## 簡介

降壓穩壓器廣泛用於高電壓至低電壓的直流（DC）轉換。同樣地，FAN8303 原本的設計是爲了需要調整DC 電壓準位的設備上，例如應用在電腦螢幕和電視的機上盒的微控制器，以及高效能前級線性穩壓器。在某些情況下，非同步降壓穩壓器也可以用於升降壓電路，藉以產生相對於接地電位的負電壓。這些應用包括音頻擴大器和 LCD 面板的定時控制電路等等。

圖 1所示爲 LCD 面板的實際應用；LCD 面板需要負電壓進行對比控制。在這個電路方塊中，通常會使用充電泵浦，因爲其設計簡單且成本低廉。但相對於輸入電壓的變化，它會有一定數量的功率耗損及較差的輸出電壓調整。具有負輸出的 FAN8303 將會是克服這些問題的解決方案。

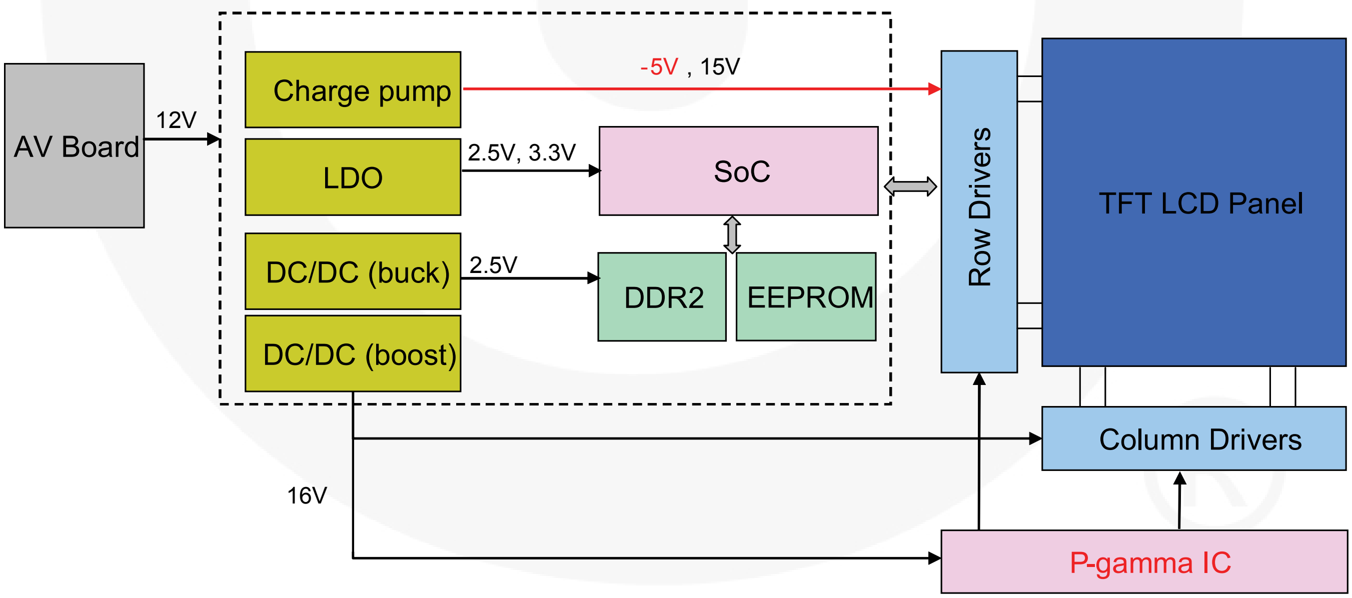


**圖 1.** 定時控制流程範例

## 工作原理

爲瞭解升降壓拓樸結構，以下將簡單比較降壓拓樸結構。當 MOSFET 開關（圖 3 中的 Q1）開啓時，電感器（$V_L$）兩端的電壓差爲 $V_{IN}$-$V_{OUT}$。當 Q1 關閉期間，降壓拓樸結構中的 $V_L$ 等於 -$V_{OUT}$。所以電感器電流（$I_L$）會依 ($V_{IN}$-$V_{OUT}$)/L 斜率上升，並依 $V_{OUT}$/L 斜率下降。因此，電感器所儲存的能量會被轉換成具有正輸出的電壓。此時，若把電感器和飛輪二極體位置交換，則此降壓拓樸結構會變成升降壓拓樸結構。當 MOSFET 開關 Q1（圖 2）開啓時，$V_L$ 與 $V_{IN}$ 相同，因此 $I_L$ 會依 $V_{IN}$/L 斜率上升。在 Q1 關閉期間，$V_L$ 具相反極性，以維持連續電感器電流。因此，它可以產生負輸出電壓-$V_{OUT}$。

在設計具降壓穩壓器的升降壓電路時，有幾點需要考量。表 1 概略比較降壓與升降壓電路之間的設計參數。

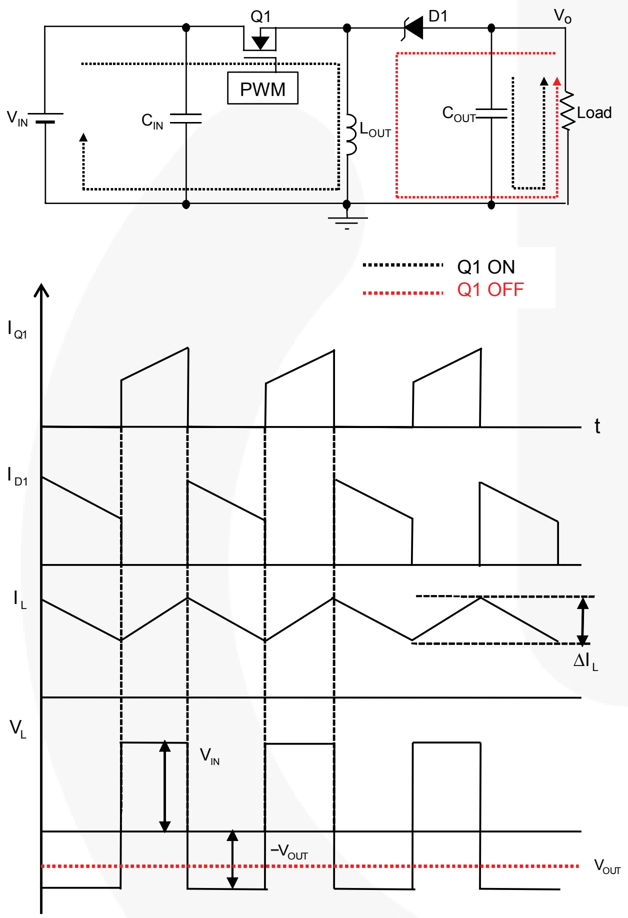


圖 2. 升降壓拓樸結構

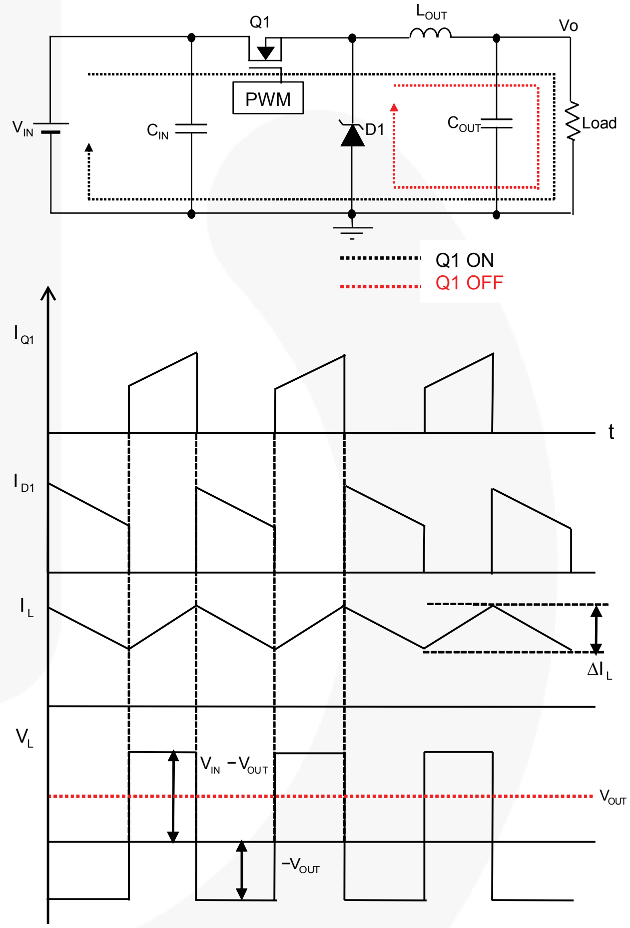


圖 3. 降壓拓樸結構

**表 1. 降壓與升降壓設計參數**

| 拓樸結構 | $I_L$（平均值） | 最大 $V_{SW}$ | 工作週期 |
|---|---|---|---|
| 升降壓 | $\frac{I_{OUT}}{1-D}$ | $V_{IN}+\lvert V_{OUT}\rvert$ | $\frac{\lvert V_{OUT}\rvert}{V_{IN}+\lvert V_{OUT}\rvert}$ |
| 降壓 | $I_{OUT}$ | $V_{IN}$ | $\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$ |

首先，電感器電流受限於（1–$D$）；所以請注意，降壓穩壓器的最大輸出電流，一定低於升降壓電路的最大電流。其次，開關節點$V_{SW}$爲升降壓電路中，輸入電壓與輸出電壓的總和。它亦必須受到降壓穩壓器的最大開關節點電壓的限制。由於與降壓電路比較起來，升降壓的輸入和輸出有許多雜訊，因此它需要高品質的 MLCC 作爲輸入和輸出濾波器。

# 設計考量

## 選擇電感器

在選擇電感器時，主要需考量到電感值、RMS 額定電流和 DCR。所採用的電感值通常高於最小電感，以便在「連續電流模式」Continuous Current Mode (CCM）中作業。RMS 電流應高於電感器電流，以防止沒有磁損的電感器飽和。當功率系統需要高效能時，通常會採用低 DCR 的電感器。

若要在連續電流模式中作業，請依下列方程式算出臨界最小電感量：

$$L = \frac{V_{IN} \times D}{f_{SW} \times \Delta I_L} \quad (1)$$

其中：

$D = \frac{|V_{OUT}|}{|V_{OUT}| + V_{IN}}$ = 工作週期；

$f_{SW}$ = 切換頻率；而

$\Delta I_L$ = 維持連續電流模式的漣波電流（一般爲 $I_L$ 的 20%~30%）。

## 輸出電容器

爲滿足輸出電壓的漣波需求，並在動態負載的情況下維持恆定的輸出電壓，需要使用輸出電容器。漣波電壓會隨 ESR、輸出電容量和 ESL 改變。若要獲得所需的輸出漣波，下列方程式非常有用，可用來計算所需的最小電容量：

$$C_{MIN} = \frac{I_{OUTMAX} \times D_{MAX}}{f_{SW} \times \Delta V_{OUT}} \quad (2)$$

其中：

$D_{MAX}$ = 最大工作週期；

$I_{OUTMAX}$ = 最大輸出電流；而

$\Delta V_{OUT}$ = 所需的輸出漣波電壓。

計算所需 ESR 的方程式爲：

$$ESR = \frac{\Delta V_{OUT}}{I_{LMAX}} \quad (3)$$

## 輸入電容器

輸入電容器應該要能處理最大輸入 RMS 電流，因此請使用下列方程式進行計算。以基層陶瓷電容（MLCC）爲例，合理的估計值爲每安培（amp）10µF 或 22µF。

最大 RMS 輸入電流：

$$I_{RMS\_MAX} = I_{OUTMAX} \times \sqrt{(D \times (1 - D))} \quad (4)$$

所需的最小電容量：

$$C_{MIN} = (I_{RMS} \times D)/(f_{SW} \times \Delta V_{IN}) \quad (5)$$

其中 $\Delta V_{IN}$ 是所需的輸入漣波電壓。

## 飛輪二極體

飛輪二極體的作用，是在開關關閉時，作爲電感器電流放電的路徑。要求低功率耗損時，需考慮崩潰電壓、較低的順向壓降和最大額定電流。此處最好使用蕭基（Schottky）二極體，因其擁有低順向壓降。

所需的二極體額定電流：

$$> I_{LMAX} \quad (6)$$

此處的 $I_{LMAX}$ 是最大電感器電流。

所需的崩潰電壓：

$$> V_{IN} + |V_{OUT}| \quad (7)$$

# 設計範例

以下所示爲設計範例，其測試條件爲：$V_{IN}$ =12V、$V_{OUT}$ = -5V、$I_{OUT}$ = 1A 和 $f_{SW}$ =370 kHz（固定）。第一個步驟是設定臨界設計參數，例如電感器漣波電流（$\Delta I_L$）和所需的輸出漣波電壓（$\Delta V_{OUT}$）。第二個步驟是計算工作週期。爲得出正確的值，需將二極體的順向壓降和 MOSFET 導通時的壓降納入考慮。Fairchild FAN8303 是非同步的降壓穩壓器，它整合了 0.22Ω 的 N 通道 MOSFET，因此壓降約爲 0.4V。蕭基（Schottky）二極體的順向電壓（$40V_{RRM}$/ 2A $I_{OUT}$）爲 0.45V。而關於電感器的部分，建議您使用高於計算值的電感值，並且最好使用低 DCR 電感器：

表 **2.** 設計範例計算

| | | |
|---|---|---|
| 工作週期： | $= (\lvert V_{OUT}\rvert + V_F) / (V_{IN} + \lvert V_{OUT}\rvert + V_F - V_{Q1})$ | 0.33 |
| 電感量： | $= (V_{IN} \times D) / (f_{SW} \times \Delta I_L)$ | 35.6µH（所需的 $\Delta I_L$ = 20%） |
| 輸出電容量： | $= (I_{OUT} \times D) / (f_{SW} \times \Delta V_{OUT})$ | 86.8µF（所需的 $\Delta V_{OUT}$ = 10mV） |
| 輸入電容量： | $I_{RMS} = I_{OUT} \times \sqrt{D \times (1-D)}$ | 0,47A |
| | $C_{IN} = I_{RMS} \times D / (\Delta V_{IN} \times f_{SW})$ | 4.05µF |
| 二極體額定電流： | $I_{DIODE\_MAX} = I_{AVG} + \Delta I_L/2$<br>此處 $I_{AVG}$ = 平均電感器電流 | 1.77A |

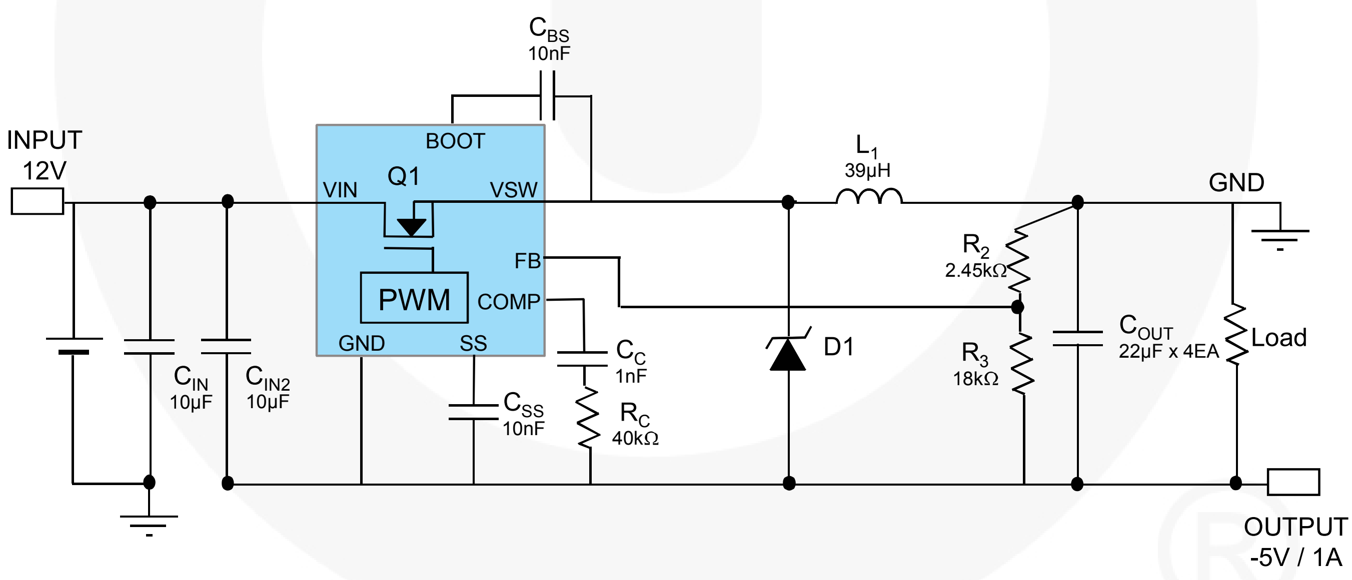


圖 **4.** 使用 **FAN8303** 的升降壓電路圖

# 一般波形和圖表

圖 5 和 圖 6 所示爲 FAN8303 輸出漣波電壓的一般波形。爲達到低漣波電壓，需使用低於 10mΩ 的 MLCC。

圖 7 所示爲 FAN8303 效率與功耗圖。圖中表示，當負載條件爲 400mA、功耗爲 0.31W 的情況下，最高效率爲 87%。

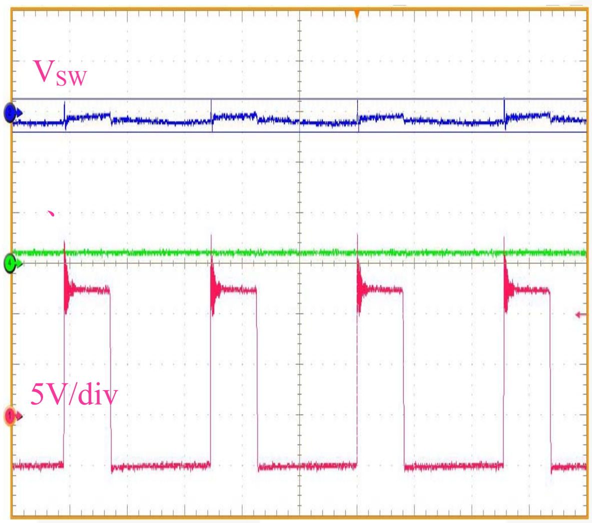


**圖 5. 33mV 在 100mA 時的 $V_{OUT}$ 漣波（1μs/div）**

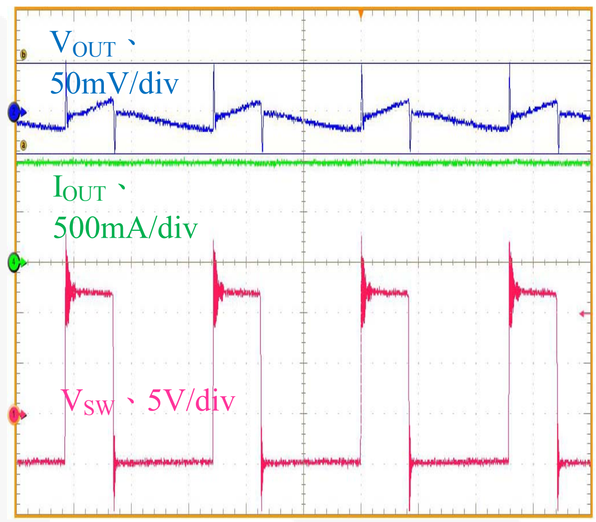


**圖 6. 89mV 在 1A 時的 $V_{OUT}$ 漣波（1μs/div）**

附註：

**1.** 測試條件： $V_{IN}$ =12V、$V_{OUT}$ = -5V、$f_{SW}$ = 固定 370 kHz 和 $I_{OUT}$ = 0~1A。

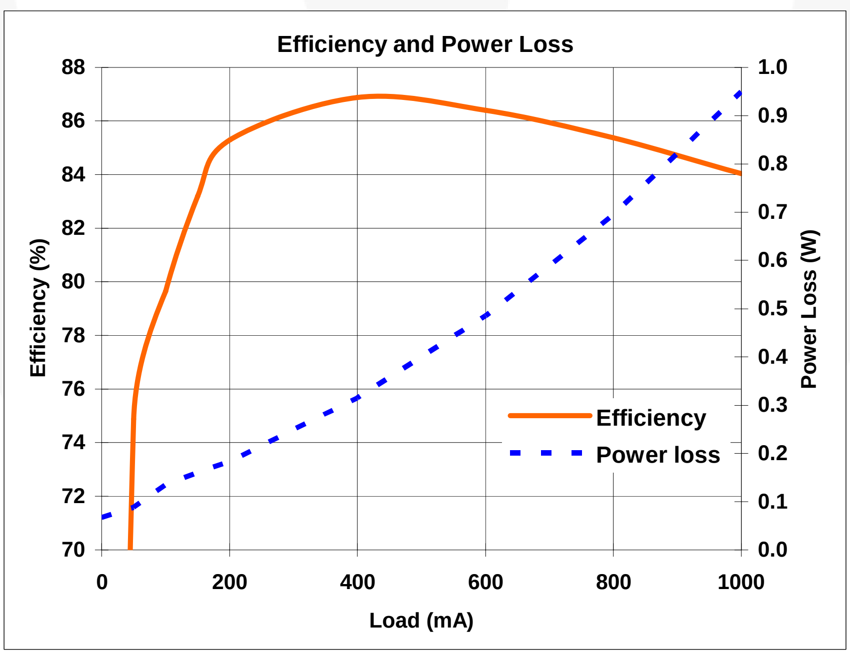


**圖 7.** 效率與功耗

# 結論

Fairchild 2A 單晶片型，非同步降壓穩壓器 FAN8303 的輸入範圍廣（~23V），並且有絕佳的負載和和線性調整率。儘管是降壓穩壓器拓樸架構，但只要變更被動元件，便可以在升降壓電路中使用 FAN8303 來產生負輸出電壓。

# 相關資料表

*FAN8303 — 2A 23V 非同步降壓式 DC/DC 穩壓器*

# 作者

*DSEOM* 應用工程師、*SGYOON* 應用工程師

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

**LITERATURE FULFILLMENT**:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
**Phone**: 303−675−2175 or 800−344−3860 Toll Free USA/Canada
**Fax**: 303−675−2176 or 800−344−3867 Toll Free USA/Canada
**Email**: orderlit@onsemi.com

**N. American Technical Support**: 800−282−9855 Toll Free USA/Canada
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**
Phone: 421 33 790 2910
**Japan Customer Focus Center**
Phone: 81−3−5817−1050

**ON Semiconductor Website**: **www.onsemi.com**

**Order Literature**: http://www.onsemi.com/orderlit

For additional information, please contact your local Sales Representative