

# HT77XX DC/DC 轉換器的使用

文件編碼：HA0109T

## 簡介

HT77XX 是 PFM 控制 DC-DC 升壓轉換器，可用於 PDA 和 DSC 等便攜設備中。HT77XX 將脈衝頻率調節器 (PFM)、N 溝道 MOSFET、基準電壓源和電壓檢測器集成在一塊電路內，具有低靜態電流、高轉換效率、低起動和持續電壓等特性，使得在可攜式產品電池電壓較低的情況下也可工作，並且延長電池工作時間。

PFM 基本工作原理如下：輸出電壓通過分壓電阻與基準電壓作比較，並形成一個回饋。當輸出電壓減小並低於基準電壓，比較器輸出發生翻轉並觸發振盪電路開始工作。振盪電路輸出一個固定時間的脈衝，用於控制 MOS 管的導通；反之，MOS 管將截止。其中導通由振盪器控制，而截止時間取決於負載。按這種方法，即可控制輸出電壓，整個過程可以參考圖 1 理解。

當系統負載較輕，PFM 工作過程可參考圖 2。在輸出電壓由 0V 升至內部基準電壓前，比較器使能 115KHz 振盪器並打開 MOS 管 (6.5 $\mu$ s 高準位，2.2 $\mu$ s 低準位)。由於翻轉發生在比較器正端電壓低於負端電壓時，輸出電壓紋波將會影響 PFM 振盪。當系統負載較重時，輸出電壓會產生較大的紋波，振盪電路啟動並輸出脈衝信號控制 MOS 管，直到比較器的正端電壓高於基準電壓。當 MOS 管導通，外部電感電流上升存儲電量；當 MOS 管截止，電感兩端電壓反向，使電流經過二極體再由電容濾波後供給負載。當電感電流大於輸出電流，輸出電容用於存儲電量。在 MOS 管剛剛處於截止狀態時，由於電感共振作用會形成一個短暫的振盪，輸出電容可用於消除電感共振引起的容量偏離。儲存在電感上的電量被消耗，輸出電容上存儲的電量用於向負載提供穩定的電壓。當存儲的能量被耗盡，電流下降直至二極體截止後將進入下一個週期。

輸出電壓會隨負載增加而下降 (如圖 3)。當輸出電壓降至低於基準電壓，振盪電路啟動並輸出一個固定時間的脈衝，電感上通過的電流線性上升。當振盪電路啟動時，由於負載較

重，輸出電壓會有較大幅度的下降。當振盪電路關閉時，輸出電壓又會緩慢上升。所以振盪電路持續啓動，直到輸出電壓高於基準電壓。當負載再增加，整個電路進入連續工作模式，電感上電流不會降至零（如圖 3）。

## 外部元件選擇

### 電感

選擇正確的電感值需要在體積和轉換效率上權衡。在絕大多數應用場合，選用 47 $\mu$ F 電感即可使 HT77XX 良好工作。標稱值較小的電感價格低廉，可以提供較大輸出電流，但輸出有較大的紋波並且會降低效率；標稱值較大的電感可以減小輸出紋波提升轉換效率，但會限制輸出電流。電感必須有較小的直流等效電阻，通常要小於 1 $\Omega$ 。在實際應用中，所選用電感的飽和電流必須遠大於流過電感的峰值電流。另外必須選擇低 EMI、環型鐵氧體磁心電感。為得到最高轉換效率，最好選用等效電阻小於 20m $\Omega$ 的電感。

### 輸入旁路電容

輸入端使用電容可以減小來自電源的暫態大電流的影響，減小輸入電流的紋波並且改善器件 EMI 影響。輸入端電容必須儘量靠近 HT77XX 的 Lx 引腳，可以選用 22 $\mu$ F 到 47 $\mu$ F 的鉚電容或陶瓷電容。

### 輸出二極體

肖特基二極體有較低正向管壓降和較短的反向恢復時間，可以提高轉換效率。在選擇二極體時需符合如下特性：

- 低正向管壓降，Vf 低於 0.3V
- 低反向漏電流
- 高開關頻率
- 額定電流大於流通電感的峰值電流

### 輸出濾波電容

輸出電容的串聯等效電阻將直接影響到輸出電壓的紋波幅度（紋波幅度受電感峰值電流和電容的串聯等效電阻影響）。所以必須選擇串聯等效電阻較小的電容或使用多個電容並聯。在 HT77XX 應用電路中，可以使用兩個並聯的 22 $\mu$ F 的 SMD 陶瓷電容。下面的公式為輸出電容與紋波之間的關係，由公式可以看出輸出電容必須有較大的容量和較小的串聯等效電阻。

$$V_{P-P} = \frac{(I_{PK} - I_{OUT})^2}{2I_{PK}} \times \frac{t_{OFF}}{C_L} + \left(\frac{I_{PK} + I_{OUT}}{2}\right) \times R_{ESR}$$

$I_{PK}$  為電感峰值電流

### 能量損耗

電感能量損耗包括電流損耗和電壓損耗，電流損耗是由電感的直流等效電阻引起，電壓損耗是由電壓在電感線圈上作引起。電感上損耗公式如下：

$$P_{Inductor} = \left(\frac{I_o}{1-D}\right)^2 \times R_{esr} + P_{core}$$

電源開關損耗：

$$P_{sw} = \frac{2}{3} \left(\frac{t_{ON}}{L}\right) \times R_{DS(ON)} \times \left(\frac{V_{OUT} + V_D - V_{IN}}{V_{OUT}}\right) \times P_{OUT}$$

輸出二極體：

$$P_{Diode} = V_D \times I_o$$

其中： $R_{esr}$  為電感串聯等效電阻； $P_{core}$  為感應器核心損耗

$V_D$  二極體正向管壓降； $P_{OUT} = V_{OUT} \times I_o$

### 佈線規則

對於輸入電流回路的地線、輸出電流回路的地線和 HT77XX 引腳地必須採用單點接地的方式，以降低隨機雜訊。輸入和輸出地線回路必須寬而短。下列為樣板所採用的佈線規則。

- 寬而短的回路：Vin 到 L、L 到 D1 正極、L 到 HT77XX 的 Lx 引腳、D1 的負極到 Vo
- 地線儘量採用多邊形
- Cin 和 Cout 儘量靠近 L 和 HT77XX 的 GND 引腳
- Lx 回路不能在 HT77XX 下面

### 電源測量

正確的測量方式對電路分析和提升產品的性能有很大幫助，而錯誤的測量方式會導致錯誤的資訊，例如在效率高於 100% 的低電壓的應用場合。圖 7 為 HT77XX 電源測量電路，下列

內容可供用戶參考。

- 一般的儀器（如電源、電子裝載）在使用中有一定的限制（如帶寬），不能直接從其面板上讀出電流和電壓的 RMS 值。
- 用 RMS 萬用表或其他精確儀器測量電流和電壓。
- 測量輸入電流，將 RMS 萬用表串聯接入電路（正端接  $C_{in}$ ）；而測量輸入電壓，需要將 RMS 萬用表並聯接入電路（正端接  $C_{in}$ ）。測量輸出電流，將 RMS 萬用表串聯接入電路（正端接  $C_{out}$ ）；測量輸出電壓，需要將 RMS 萬用表並聯接入電路（正端接  $C_{out}$ ）。

### CE 引註腳注意事項

在 SOT-25 封裝中，當 CE 引腳下拉，HT77XX 晶片內部電路（如基準電壓、回饋電路和 PFM 控制電路）將關閉。此時 LX 引腳為高阻狀態，輸出端 VOUT 電壓為輸入電壓減去肖特基二極體壓降。VOUT 衰減速度取決於負載和輸出電容的大小。

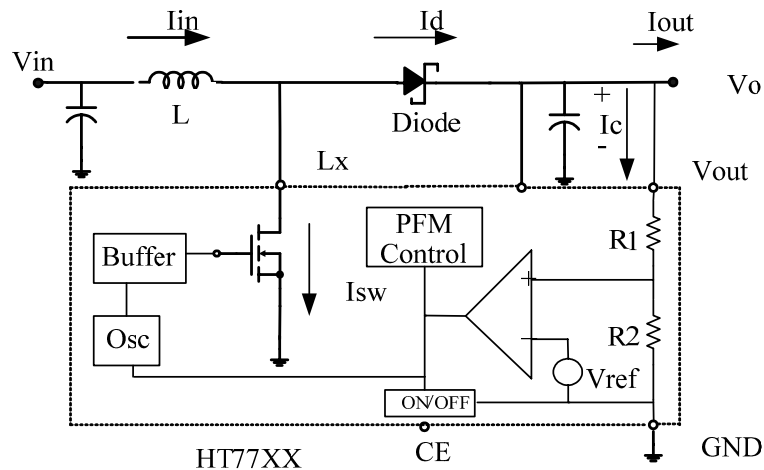


Figure 1. Step-Up Switching Regulator Circuit

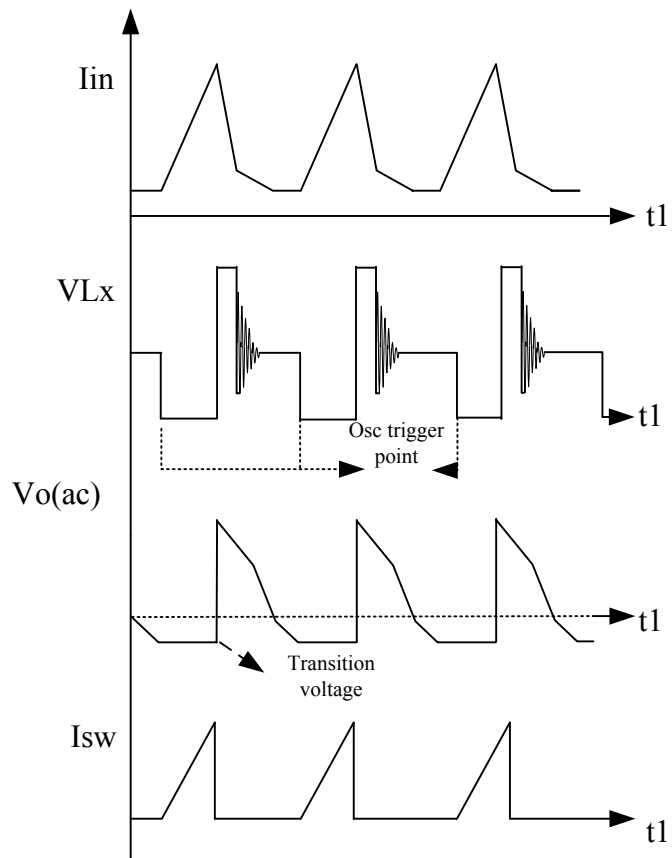


Figure 2. Discontinuous Conduction Mode for Light Loads

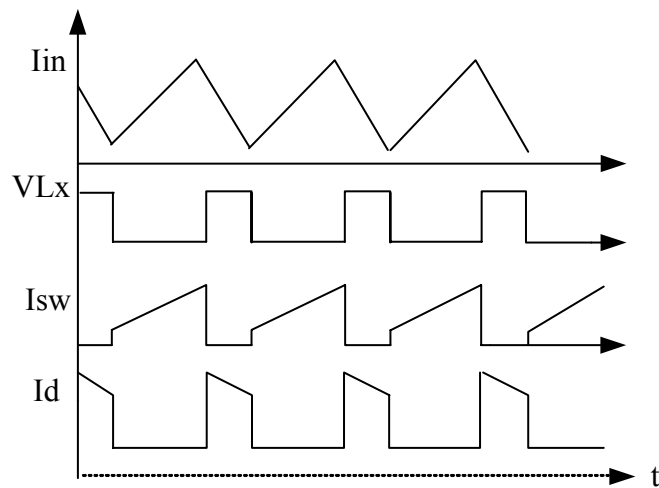


Figure 3. Continuous Conduction Mode

Type	Inductors	Capacitors	Diodes
Surface Mount	Sumida: CD54 Series CDR125 Series  Murata: LQN6C Series  Gangsong: GS54 Series	Nichicon: F91 Series  Kemet: T491 Series	Nihon: EC10 Series  Matsushita: MA735 Series  ON SEM: 1N5817 1N5819
Component value in HT77XX circuit	100 $\mu$ H (SMD Type)	COU1: 100 $\mu$ F (Tantalum)	1N5817 (SMD Type)

Table 1. Suggested Components and Suppliers

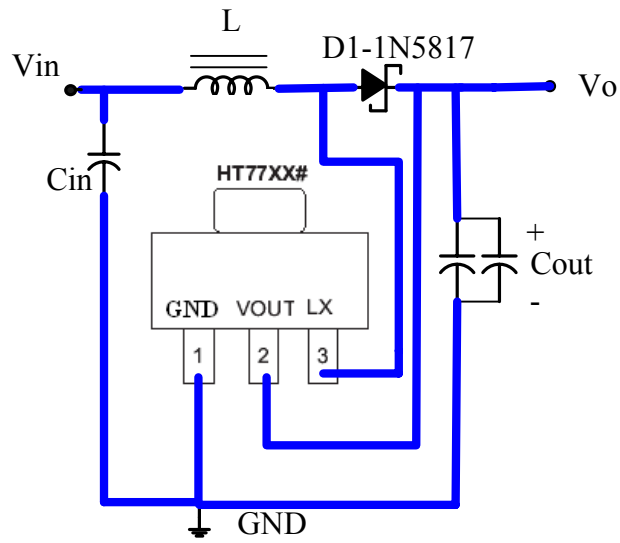


Figure 4. HT77XX Evaluation Board Schematic Circuit

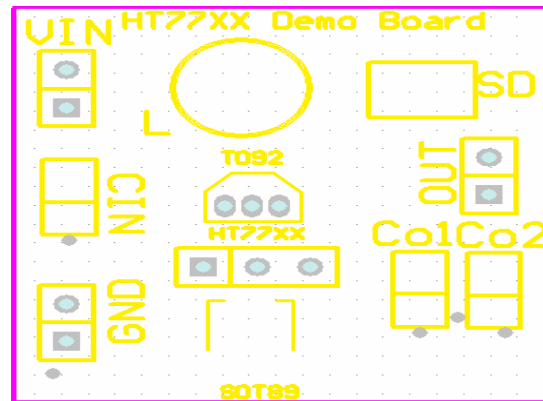


Figure 5. HT77XX PFM DC-DC Converter Evaluation Board Silkscreen

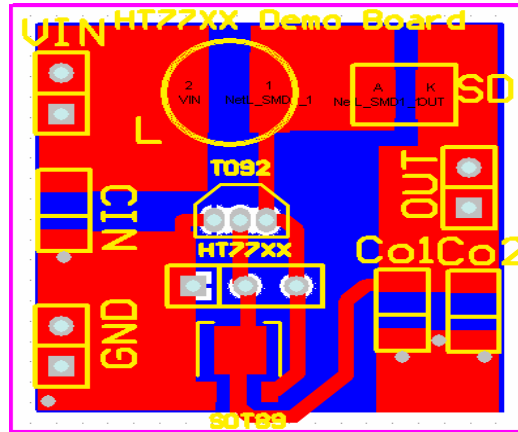


Figure 6. HT77XX PFM DC-DC Converter Evaluation Board Layout

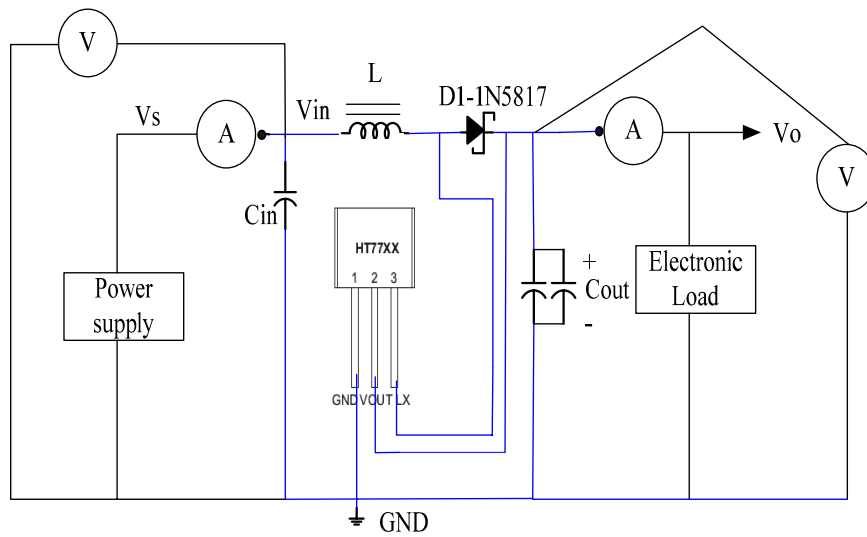


Figure 7. The Complete Power Measurement for the HT77XX