

## LM2596 開關電壓調節器

LM2596 開關電壓調節器是降壓型電源管理單片積體電路，能夠輸出 3A 的驅動電流，同時具有很好的線性和負載調節特性。固定輸出版本有 3.3V、5V、12V，可調版本可以輸出 1.2V~37V 之間的各種電壓。

該器件內部集成頻率補償和固定頻率發生器，開關頻率為 150KHz，與低頻開關調節器相比較，可以使用更小規格的濾波元件。由於該器件只需 4 個外接元件，可以使用通用的標準電感，這更優化了 LM2596 的使用，極大地簡化了開關電源電路的設計。

其封裝形式包括標準的 5 腳 TO-220 封裝 (DIP) 和 5 腳 TO-263 表貼封裝 (SMD)。

該器件還有其他一些特點：在特定的輸入電壓和輸出負載的條件下，輸出電壓的誤差可以保證在±4%的範圍內，振蕩頻率誤差在±15%的範圍內；可以用僅 80 μA 的待機電流，實現外部斷電；具有自我保護電路（一個兩級降頻限流保護和一個在異常情況下斷電的過溫完全保護電路）

### 特點

3.3V、5V、12V 的固定電壓輸出和可調電壓輸出

可調輸出電壓範圍 1.2V~37V±4%

輸出線性好且負載可調節

輸出電流可高達 3A

輸入電壓可高達 40V

採用 150KHz 的內部振蕩頻率，屬於第二代開關電壓調節器，功耗小、效率高

低功耗待機模式， $I_Q$  的典型值為 80 μA

TTL 斷電能力

具有過熱保護和限流保護功能

封裝形式：TO-220 (T) 和 TO-263 (S)

週邊電路簡單，僅需 4 個外接元件，且使用容易購買的標準電感

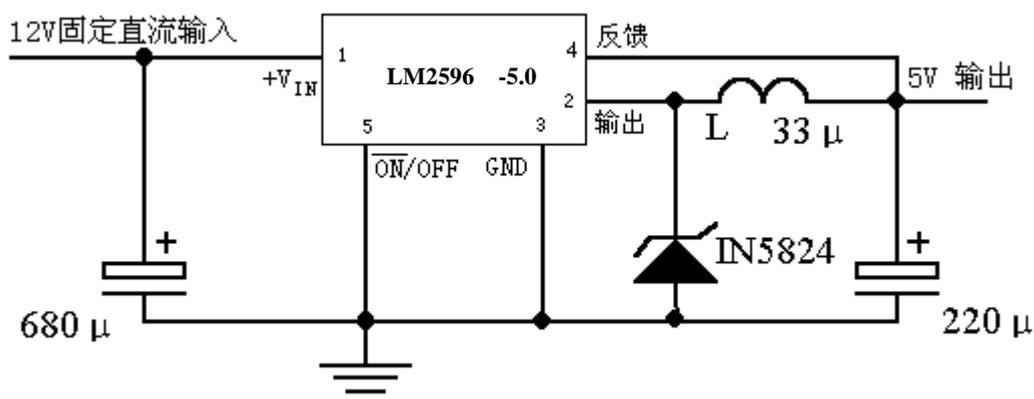
### 應用領域

高效率降壓調節器

單片開關電壓調節器

正、負電壓轉換器

### 典型應用（固定輸出）



## 管脚图



## 極限參數

名稱		範圍	單位	
最大電源電壓		45	V	
ON/OFF 腳輸入電壓		-0.3~25	V	
“反饋”腳電壓		-0.3~25	V	
到地的輸出電壓（靜態）		-1	V	
功耗		由內部限定	--	
儲存溫度		-65~150	°C	
靜電釋放（人體放電 <sup>1</sup> ）		2000	V	
焊接時的管腳溫度	TO-263	氣流焊（60 秒）	215	°C
		紅外線焊接（10 秒）	245	°C
	TO-220	波峰焊/電烙鐵焊接（10 秒）	260	°C
最高結溫		150	°C	
工作條件	溫度範圍	-40~125	°C	
	電源電壓	4.5~40	V	

注 1：人體放電模式相當於一個 100PF 的電容通過一個 1.5K 的電阻向每個管腳放電。

## 電氣特性

說明：標準字體對應的專案適合於  $T_j=25^\circ\text{C}$  時，帶下劃線的粗斜體字對應的專案適合於整個溫度範圍；

系統參量<sup>(4)</sup> 測試電路見圖 1

符號	參量	條件	典型值 <sup>(2)</sup>	極限值 <sup>(3)</sup>	單位
<b>LM2596□—3.3</b> (見注 14)					
$V_{OUT}$	輸出電壓	4.75V $V_{IN}$ 40V , 0.2A $I_{LOAD}$ 3A	3.3	3.168/ <u><b>3.135</b></u> 3.432/ <u><b>3.465</b></u>	V V (min) V (max)
$\eta$	效率	$V_{IN}=12\text{V}$ , $I_{LOAD}=3\text{A}$	73		%
<b>LM2596□—5.0</b> (見注 14)					
$V_{OUT}$	輸出電壓	7V $V_{IN}$ 40V , 0.2A $I_{LOAD}$ 3A	5.0	4.800/ <u><b>4.750</b></u> 5.200/ <u><b>5.250</b></u>	V V (min) V (max)
$\eta$	效率	$V_{IN}=12\text{V}$ , $I_{LOAD}=3\text{A}$	80		%

符號	參量	條件	典型值 <sup>(2)</sup>	極限值 <sup>(3)</sup>	單位
<b>LM2596□—12</b> (見注 14)					
$V_{OUT}$	輸出電壓	15V $V_{IN}$ 40V , 0.2A $I_{LOAD}$ 3A	12.0	11.52/ <u><b>11.40</b></u> 12.48/ <u><b>12.60</b></u>	V V (min) V (max)
$\eta$	效率	$V_{IN}=25V$ , $I_{LOAD}=3A$	88		%
<b>LM2596□—ADJ</b> (見注 14)					
$V_{FB}$	反饋電壓	4.5V $V_{IN}$ 40V , 0.2A $I_{LOAD}$ 3A $V_{OUT}$ 調為 3V , 電路圖見圖 1	1.230	1.193/ <u><b>1.180</b></u> 1.267/ <u><b>1.280</b></u>	V V (min) V (max)
$\eta$	效率	$V_{IN}=25V$ , $V_{OUT}=3V$ , $I_{LOAD}=3A$	73		%
		$V_{IN}=25V$ , $V_{OUT}=15V$ , $I_{LOAD}=3A$	90		%

### 電氣特性 (所有輸出)

說明：標準字體對應的專案適合於  $T_J=25^\circ C$  時，帶下劃線的粗斜體字對應的專案適合於整個溫度範圍。除非特別說明， $V_{IN}=12V$  對應於 **LM2596□—3.3**、**LM2596□—5.0**、**LM2596□—ADJ**， $V_{IN}=24V$  對應於 **LM2596□—12**。  
 $I_{LOAD}=500mA$ 。(見注 14)

符號	參量	條件	LM2596□—XX		單位
			典型值 <sup>(2)</sup>	極限值 <sup>(3)</sup>	
<b>器件參數</b>					
$I_b$	反饋偏置電流	只適用於輸出可調節的情況， $V_{FB}=1.3V$	10		nA
				50/ <u><b>100</b></u>	nA(max)
$f_o$	振蕩器頻率	見注 5	150		KHz
				127/ <u><b>110</b></u>	KHz(min)
				173/ <u><b>173</b></u>	KHz(max)
$V_{SAT}$	飽和電壓	$I_{OUT}=3A$ <sup>(6,7)</sup>	1.16		V
				1.4/ <u><b>1.5</b></u>	V(max)
DC	最大工作周期 (ON)	見注 7	100		%
	最小工作周期 (OFF)	見注 8	0		%
$I_{CL}$	極限電流	峰值電流 <sup>(6,7)</sup>	4.5		A
				3.6/ <u><b>3.4</b></u>	A(min)
				6.9/ <u><b>7.5</b></u>	A(max)
$I_L$	輸出漏電流	輸出為 0V <sup>(6,8)</sup>		50	$\mu A$ (max)
		輸出為 -1V <sup>(9)</sup>	2		mA
				30	mA(max)
$I_Q$	靜電流	見注 9	5		mA
				10	mA(max)
$I_{STBY}$	待機靜電流	ON/OFF 腳=5V (OFF) <sup>(9)</sup>	80		$\mu A$
				200/ <u><b>250</b></u>	$\mu A$ (max)

符號	參量	條件	LM2596□—XX		單位
			典型值 <sup>(2)</sup>	極限值 <sup>(3)</sup>	
$\theta_{JC}$	熱阻	TO-220 或 TO-263	2		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-263 <sup>(10)</sup>	50		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-263 <sup>(11)</sup>	50		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-263 <sup>(12)</sup>	30		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-263 <sup>(13)</sup>	20		°C/W
<b>ON/OFF 控制</b> ( 測試電路見圖 1 )					
$V_{IH}$ $V_{IL}$	ON/OFF 腳邏輯輸入 門檻電壓		1.3		V
		低 ( 調節器開 )		0.6	V(max)
		高 ( 調節器關 )		2.0	V(min)
$I_H$	ON/OFF 腳輸入電流	$V_{LOGIC}=2.5V$ ( 調節器關 )	5		$\mu A$
				15	$\mu A(max)$
$I_L$		$V_{LOGIC}=0.5V$ ( 調節器開 )	0.02		$\mu A$
				5	$\mu A(max)$

注 2：典型值是指在 25°C 下的數值，代表最常見的情況。

注 3：所有的極限參數都必須適合於室溫（用正常字體表示）和極限溫度（用帶下劃線的粗斜體字表示），所有室溫下的極限參數都是經過測試得出的，所有的極限溫度下的極限參數都可以通過使用相關的標準靜態質量控制方法來加以保證。

注 4：二極體、電感、輸入和輸出端的電容以及調節輸出電壓的電阻等外接元件可能會影響開關調節器的系統性能。當 LM2596 用在如圖 1 所示測試電路中時，其系統性能如電氣特性中系統參量所示。

注 5：當第二級電流極限功能啟動時，開關頻率會有所下降，下降的程度取決於過電流的嚴重程度。

注 6：輸出管腳不連接電感、電容或二極體。

注 7：把反饋管腳和輸出管腳斷開，把反饋管腳連到 0V，以強制輸出開關電晶體導通。

注 8：把反饋管腳和輸出管腳斷開，把反饋管腳連到 12V（當  $V_{OUT}=3.3V$ 、5V 或 ADJ 時）或 15V（當  $V_{OUT}=12V$  時），以強制輸出開關電晶體截止。

注 9： $V_{IN}=40V$

注 10：環境熱阻（不外加散熱片）是指 TO-220 封裝的 LM2596 垂直焊接在覆蓋有面積約為 1 平方英寸銅箔的 PCB 上所對應的值。

注 11：TO-263 封裝的 LM2596 垂直焊接在覆蓋有面積約為 0.5 平方英寸銅箔的單面 PCB 上所對應的環境熱阻。

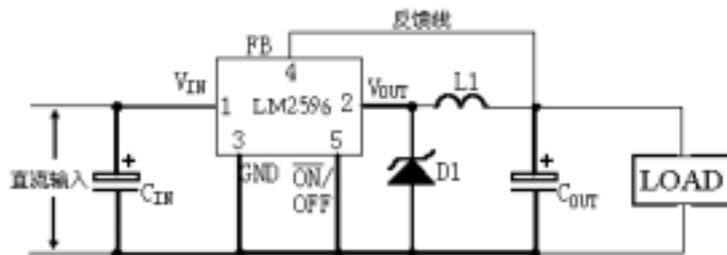
注 12：TO-263 封裝的 LM2596 垂直焊接在覆蓋有面積約為 2.5 平方英寸銅箔的單面 PCB 上所對應的環境熱阻。

注 13：TO-263 封裝的 LM2596 垂直焊接在覆蓋有面積約為 3 平方英寸銅箔的雙面 PCB 上所對應的環境熱阻，而 PCB 的另一面覆蓋有面積約為 16 平方英寸銅箔。

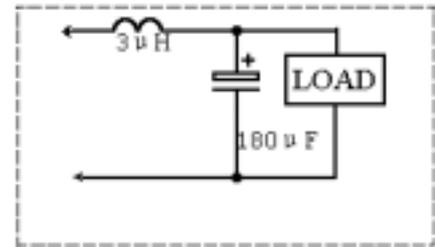
注 14：LM2596T-3.3, LM2596T-5.0, LM2596T-12, LM2596T-ADJ 為 TO-220 封裝（DIP）；

LM2596S-3.3, LM2596S-5.0, LM2596S-12, LM2596S-ADJ 為 TO-263 封裝（SMT）。

## 測試電路及其佈線方案（固定輸出）



注：反饋線要遠離電感，電路中的粗線一定要短，最好用地線屏蔽。

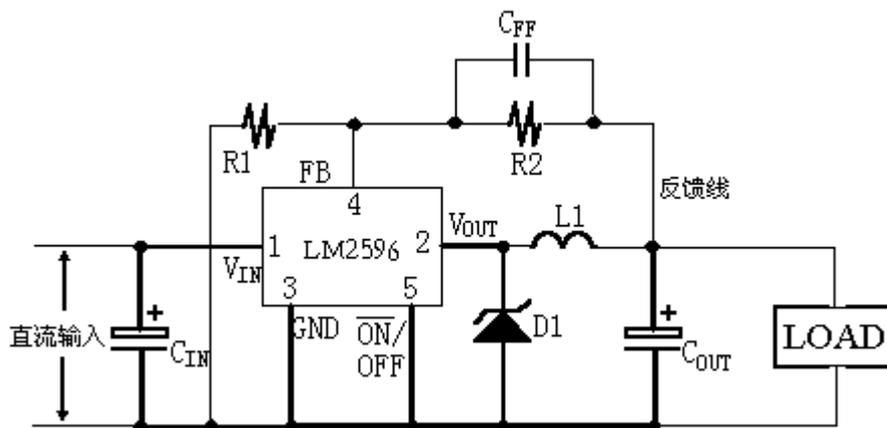


紋波濾波電路

$C_{IN}$ ---470  $\mu$ F/50V  $C_{OUT}$ ---220  $\mu$ F/25V

$D_1$ ---5A/40V IN5825  $L_1$ ---68  $\mu$ H, L38

測試電路及其佈線方案（輸出可調）



注：反饋線要遠離電感，電路中的粗線一定要短，最好用地線遮罩，調節輸出電壓的電阻  $R_1$ 、 $R_2$  要靠近 LM2596 的 4 腳。

輸出電壓的計算可由下式給出：

$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right), \text{ 其中 } V_{REF}=1.23V,$$

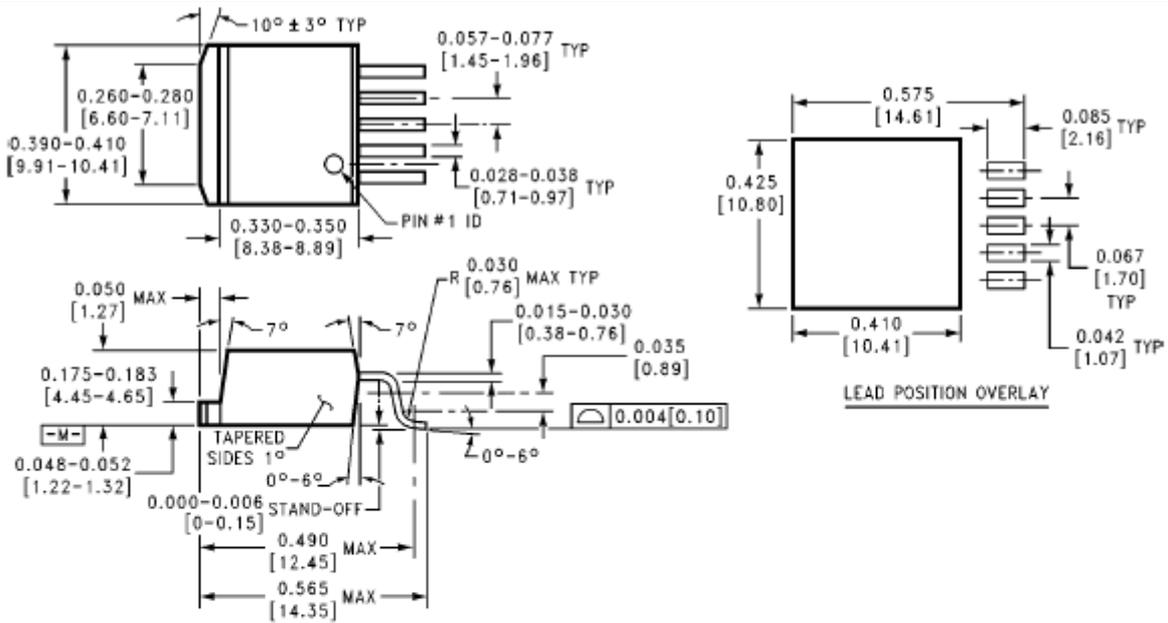
$$R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right), \text{ 爲了確保輸出穩定, } R_1 \text{ 選用標稱阻值爲 } 1K\Omega, \text{ 精度爲 } 1\% \text{ 的電阻。}$$

$C_{IN}$ ---470  $\mu$ F/50V  $C_{OUT}$ ---220  $\mu$ F/35V  $R_1$ ---1K, 1%

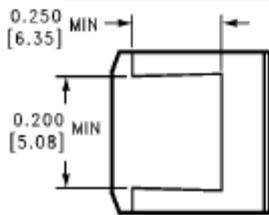
$D_1$ ---5A/40V IN5825  $L_1$ ---68  $\mu$ H  $C_{FF}$ ---參照有關的應用資訊

圖 1 標準測試電路

在開關調節器中，PCB 版面佈局圖非常重要，開關電流與環線電感密切相關，由這種環線電感所產生的暫態電壓往往會引起許多問題。要使這種感應最小、地線形成回路，圖中所示的粗線部分在 PCB 板上要印製得寬一點，且要盡可能地短。爲了取得最好的效果，外接元器件要盡可能地靠近開關型積體電路，最好用地線遮罩或單點接地。最好使用磁遮罩結構的電感器，如果所用電感是磁芯開放式的，那麼，對它的位置必須格外小心。如果電感通量和敏感的反饋線相交叉，則積體電路的地線及輸出端的電容  $C_{OUT}$  的連線可能會引起一些問題。在輸出可調的方案中，必須特別注意反饋電阻及其相關導線的位置。在物理上，一方面電阻要靠近 IC，另一方面相關的連線要遠離電感，如果所用電感是磁芯開放式的，那麼，這一點就顯得更加重要。

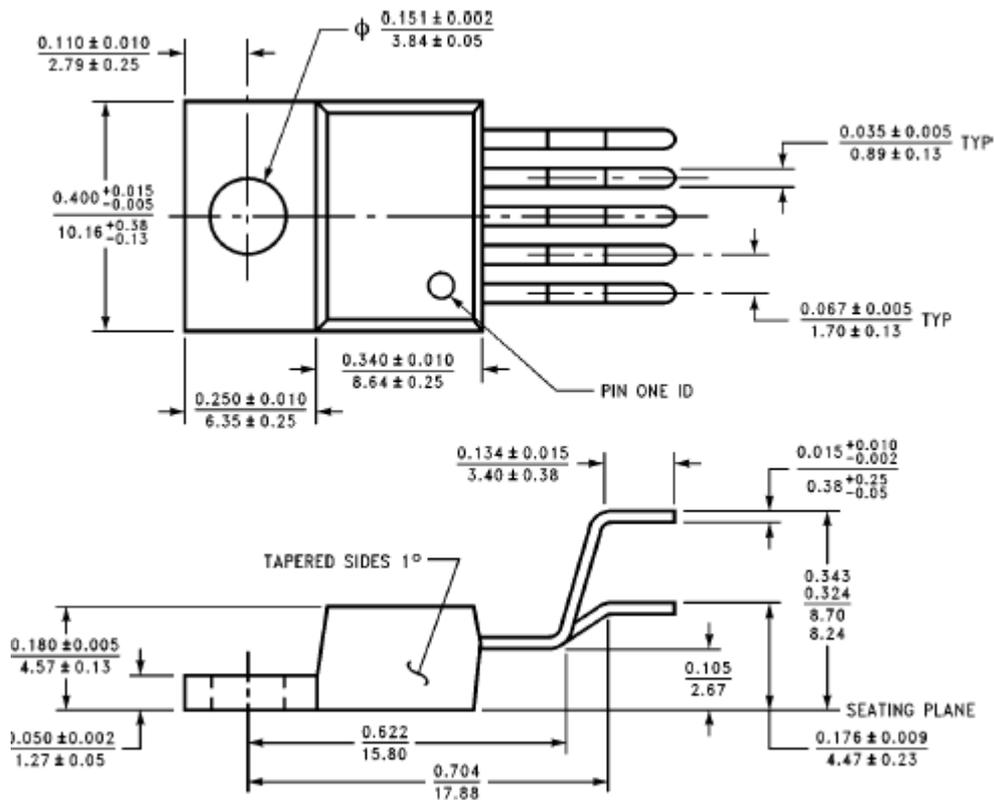


CONTROLLING DIMENSION: INCH



TO-263 封装 (S) 尺寸图

单位：英寸/毫米



TO-220 封装 (T) 尺寸图

单位：英寸/毫米

## 設計步驟及實例

### 固定輸出調節器的設計步驟

條件： $V_{OUT}=3.3$ （或 5、或 12）V， $V_{IN}(\max)$  為最大直流輸入電壓， $I_{LOAD}(\max)$  為最大負載電流

步驟：

#### 1. 電感的選擇 (L1)

- A. 要根據圖 4、圖 5 和圖 6 所示的資料選擇電感的適當值（分別對應輸出電壓為 3.3V、5V 和 12V），對於所有的其他輸出電壓的情況，請看輸出可調的調節器的設計步驟。
- B. 在圖 4、圖 5 和圖 6 上，由最大輸入電壓線和最大負載電流線的交叉區域確定電感的值，每一個區域都對應一個電感值和一個電感代號 (LXX)。
- C. 從圖 8 中所列的 4 個廠家所列的產品號中選擇一個合適的電感，**最好使用磁遮罩結構的電感器。**

#### 2. 輸出電容的選擇 (C<sub>OUT</sub>)

- A. 在大多數的應用中，**低等效電阻 (Low ESR) 的電解電容**值在  $82\mu\text{F}$  到  $820\mu\text{F}$  之間，而**低等效電阻 (Low ESR) 鉭電容**值在  $10\mu\text{F}$  到  $470\mu\text{F}$  之間效果最好。電容應該靠近 IC，同時，電容的管腳要短，連接的銅線也要短，電容值不要大於  $820\mu\text{F}$ 。
- B. 為了簡化電容選擇步驟，請參閱表 2 所示的電容快速選擇，這個表包含了最好的設計方案所需的不同的輸入電壓、輸出電壓、負載電流、不同的電感和輸出電容。
- C. 電解電容的耐壓至少應是輸出電壓的 1.5 倍，為了得到紋波更低的輸出電壓，需要更高耐壓值的電容器。

#### 3. 續流二極體的選擇 (D1)

- A. 續流二極體的最大承受電流能力至少要為最大負載電流的 1.3 倍，如果設計的電源要承受連續的短路輸出，則續流二極體的最大承受電流能力要等於 LM2596 的極限輸出電流。對續流二極體來說，最壞的情況是過載或輸出短路。
- B. 續流二極體的反向耐壓至少要為最大輸入電壓的 1.25 倍。
- C. 續流二極體必須是**快恢復**的且必須靠近 LM2596，此二極體的管腳要短，連接的銅線也要短。由於所需的二極體開關速度快、正向壓降低，所以，**肖特基二極體**是首選，同時，它的性能和效率都很好，特別是在低輸出電壓情況下更是如此。使用超快恢復或高效整流二極體效果也很好。超快恢復二極體的典型恢復時間為 50ns 或更快，象 IN5400 系列的整流二極體速度很慢，通常不用。

#### 4. 輸入電容的選擇 (C<sub>IN</sub>)

為了防止在輸入端出現大的瞬態電壓，在輸入端和地之間要加一個低等效電阻的鋁或鉭電容作為旁路電容，這個電容要靠近 IC。另外，輸入電容電流的均方根值至少要為直流負載電流的一半。要確保所選的電容的這個參數不能低於直流負載電流的一半。幾個不同的鋁電解電容的典型均方根電流值所對應的曲線如圖 13 所示。對**鋁電解電容**，其耐壓值要為最大輸入電壓的 1.5 倍。必須注意的是，**如果使用了鉭電容，則它的耐壓要為輸入電壓的 2 倍**，推薦使用生產廠家測試過浪湧電流的電容。使用瓷片電容為輸入旁路電容時要特別小心，因為這可能會在輸入腳處引起非常嚴重的雜訊。

### 固定輸出調節器設計實例

條件： $V_{OUT}=5\text{V}$ ， $V_{IN}(\max)=12\text{V}$ ， $I_{LOAD}(\max)=3\text{A}$

步驟：

#### 1. 電感的選擇 (L1)

- A. 按圖 5 所示的電感選擇方法選擇輸出為 5V 時的電感。
- B. 由圖 5 可見，電壓為 12V 的水平線和電流為 3A 的垂直線的交叉區域所對應的電感值為  $33\mu\text{H}$ ，代號為 L40。

C. 所需的電感值為  $33\mu\text{H}$ ，從表 8 中 L40 那行所列的 4 個廠家的電感序列號中選擇一個電感（通常，表貼和直插的電感都有），最好使用磁遮罩結構的電感器。

## 2. 輸出電容的選擇 ( $C_{\text{OUT}}$ )

A. 從表 2 所示的快速設計器件選擇中，先選擇輸出電壓為 5V 的那幾行，在負載電流列中，選擇一條與你應用中所需電流最接近的一條電流線，在本例中，選擇 3A 的電流線。在最大輸入電壓列中，選擇一條與你應用中所需輸入電壓最接近的一條電壓線，在本例中，選擇 15V 所對應的電壓線。在這條線上所列的就是使用效果最好的電感和電容。

B. 輸出電壓為 5V 時，則電容的耐壓至少應為 7.5V 或更高。但是，即使在低等效電阻下和開關級， $220\mu\text{F}/10\text{V}$  的鋁電解電容也會產生大約  $225\Omega$  的等效阻抗，這麼大的等效電阻會在輸出端產生相對高的輸出紋波電壓。要把紋波電壓降到輸出電壓的 1% 或更低，就需要選擇一個耐壓（低等效電阻的）更高或容值更高的電容。一個 16V 或 25V 的電容幾乎可以把紋波電壓降到原來的一半。

## 3. 續流二極體的選擇 ( $D1$ )

參考圖 9。在這個例子中，5A/20V 的肖特基二極體 IN5823 可以產生很好的效果，而且，在輸出短路的情況下，也不會過載。

## 4. 輸入電容的選擇 ( $C_{\text{IN}}$ )

輸入耐壓和電流均方根是輸入電容的重要參數。如果輸入電壓是 12V，那麼，鋁電解電容的耐壓要大於  $18\text{V}$  ( $1.5 \times V_{\text{IN}}$ )，下一個更高的電容耐壓值為 25V。在調節器中輸入電容的電流均方根大約是直流負載電流的一半，在本例中，負載電流為 3A，那麼，輸入電容的電流均方根至少為 1.5A，利用圖 13 所示的曲線圖可以選擇合適的電容。在曲線圖中，35V 的電壓線所對應的電流均方根值大於 1.50A 的電容為  $680\mu\text{F}$ ，於是，我們就可以選出一個  $680\mu\text{F}/35\text{V}$  的電容。對於選擇直插元件的設計， $680\mu\text{F}/35\text{V}$  的電解電容就足夠了，其他種類或其他廠家的電容可以用來提供足夠的均方根紋波電流。對於選擇表貼元件的設計，可以選用固態鉭電容，但是，要注意的是，必須測試電容的浪湧電流值。AVX 公司的 TPS 系列及 VISHAY 公司的 593D 系列的器件的浪湧電流值都經過測試了。

條件			電感		輸出電容			
					直插式電解電容		表貼式鉭電容	
輸出電壓 V	負載電流 A	最大輸入電壓 V	電感值 $\mu\text{H}$	電感號#	PANASONIC HFQ 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	NICHICON PL 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	AVX TPS 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	VISHAY 595D 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )
3.3	3	5	22	L41	470/25	560/16	330/6.3	390/6.3
		7	22	L41	560/35	560/35	330/6.3	390/6.3
		10	22	L41	680/35	680/35	330/6.3	390/6.3
		40	33	L40	560/35	470/35	330/6.3	390/6.3
	2	6	22	L33	470/25	470/35	330/6.3	390/6.3
		10	33	L32	330/35	330/35	330/6.3	390/6.3
5	3	8	22	L41	470/25	560/16	220/10	330/10
		10	22	L41	560/25	560/25	220/10	330/10
		15	33	L40	330/35	330/35	220/10	330/10
		40	47	L39	330/35	270/35	220/10	330/10
	2	9	22	L33	470/25	560/16	220/10	330/10
		20	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
		40	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10

12	3	15	22	L41	470/25	470/25	100/16	180/16
		18	33	L40	330/25	330/25	100/16	180/16
		30	68	L44	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	68	L44	180/35	180/35	100/16	120/20
	2	15	33	L32	330/25	330/25	100/16	180/16
		20	68	L38	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	150	L42	82/25	82/25	68/20	68/25

圖 2 LM2596 固定輸出快速設計器件選擇表

## 可調輸出調節器的設計步驟

條件： $V_{OUT}$  為可調節的輸出電壓， $V_{IN}(\max)$  為最大直流輸入電壓， $I_{LOAD}(\max)$  為最大負載電流， $F$  為開關頻率（為固定值 150KHz）

步驟：

### 1. 輸出電壓值的計算（即選擇圖 1 中的 R1 和 R2）

利用以下的公式來選擇適當的電阻值，

$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

這裏的  $V_{REF}=1.23V$ ，在 240Ω 和 1.5KΩ 之間為 R1 選擇一個適當的阻值。低阻值使敏感的反饋腳的雜訊容限降到最小（選用精度為 1% 金屬膜電阻，可以使溫度係數降低，隨時間的穩定度最好）。

$$R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

### 2. 電感的選擇 (L1)

A. 可以通過以下的公式計算電感電壓與微秒的乘積 E·T

$$E \cdot T = (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SAT}) \cdot \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} - V_{SAT} + V_D} \cdot \frac{1000}{150KHz} \quad (V \cdot \mu s)$$

其中  $V_{SAT}$  為內部開關飽和電壓，且  $V_{SAT}=1.16V$

$V_D$  為二極體正向壓降， $V_D=0.5V$ 。

B. 用前面公式中所得的 E·T 的值，從圖 7 的縱坐標上找一個相匹配的電感序號。在橫坐標上選一個最大的負載電流。

C. 由 E·T 值和最大的負載電流值的交叉處確定一個電感區域，每個區域都由一個電感值和一個電感序號 (LXX) 表徵。

D. 從圖 8 所列的 4 個生產廠家的元件號中選一個適當的電感，最好使用磁遮罩結構的電感器。

### 3. 輸出電容的選擇 (C<sub>OUT</sub>)

A. 在大多數的使用中，使用 82μF~820μF 之間的低等效電阻 (Low ESR) 的電解電容或固態鋁電容效果最好，電容要靠近 IC，管腳要短，連接的銅線要短。不要使用大於 820μF 的電容。

B. 為了簡化電容選擇步驟，請參閱表 3 所示的電容快速選擇，這個表包含了最好的設計方案所需的不同的輸出電壓和輸出電容。

C. 電容的耐壓至少應是輸出電壓的 1.5 倍，有時，爲了得到紋波低的輸出電壓需要更高的電容耐壓值。

#### 4. 前饋電容 (C<sub>FF</sub>，見圖 1)

當輸出電壓大於 10V 時，就需要一個補償電容，這個電容的典型值在 100pF~33nF 之間，同時，與輸出電壓設置電阻 R<sub>2</sub> 並聯。對於高輸出電壓、低輸入-輸出電壓時和/或低等效電阻的輸出電容等情況，這個電容可以使電路格外穩定，如固態鉭電容。

$$C_{FF} = \frac{1}{31 \times 10^3 \times R_2}$$

這個電容可以是瓷片電容、塑膠或雲母電容等（因爲 Z5U/Y5V 瓷片電容性能不穩定，所以建議不要使用這種電容）。

#### 5. 續流二極體的選擇 (D1)

- A. 續流二極體的最大承受電流能力至少要爲最大負載電流的 1.3 倍，如果設計的電源要承受連續的短路輸出，則續流二極體的最大承受電流能力要等於 LM2596 的極限輸出電流。對續流二極體來說，最壞的情況是過載或輸出短路。
- B. 續流二極體的反向耐壓至少要爲 最大輸入電壓的 1.25 倍。
- C. 續流二極體必須是**快恢復**的且必須靠近 LM2596，此二極體的管腳要短，連接的銅線也要短。由於所需的二極體開關速度快、正向壓降低，所以，**肖特基二極體**是首選，同時，它的性能和效率都很好，特別是在低輸出電壓情況下更是如此。使用超快恢復或高效整流二極體效果也很好，但是，一些有突然關斷性能的這種器件可能會引起不穩定或電磁感應的問題。超快恢復二極體的典型恢復時間爲 50ns 或更快，但 IN5400 系列的整流二極體速度很慢，通常不用。

#### 6. 輸入電容的選擇 (C<sub>IN</sub>)

爲了防止在輸入端出現大的瞬態電壓，在輸入端和地之間要加一個**低等效電阻 (Low ESR) 的鋁或鉭電容**作爲旁路電容，這個電容要靠近 IC。另外，輸入電容電流的均方根值至少要爲直流負載電流的一半。要確保所選的電容的這個參數不能低於直流負載電流的一半。幾個不同的鋁電解電容的典型均方根電流值所對應的曲線如圖 13 所示。對鋁電解電容，其耐壓值要爲最大輸入電壓的 1.5 倍且要靠近 IC。必須注意的是，如果使用了鉭電容，則推薦使用生產廠家測試過浪湧電流的電容。使用電介質固定的瓷片電容爲輸入旁路電容時要特別小心，因爲這可能會在輸入腳處引起非常嚴重的雜訊。

### 可調輸出調節器設計實例

條件：V<sub>OUT</sub>=20V，V<sub>IN</sub> (max) =28V，I<sub>LOAD</sub> (max) =3A，F=開關頻率（爲固定值 150KHz）

步驟：

#### 1. 輸出電壓值的計算（即選擇圖 1 中的 R1 和 R2）

選擇精度爲 1% 的 1KΩ 的電阻 R<sub>1</sub>，來計算 R<sub>2</sub>，

$$R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) = 1K \left( \frac{20V}{1.23V} - 1 \right)$$

R<sub>2</sub>=1K (16.26-1) =15.26K，接近於精度爲 1% 的 15.4K，所以，取 R<sub>2</sub>=15.4KΩ。

#### 2. 電感的選擇 (L1)

- A. 可以通過以下的公式計算電感電壓與微秒的乘積 E·T

$$E \cdot T = (28 - 20 - 1.16) \cdot \frac{20 + 0.5}{28 - 1.16 + 0.5} \cdot \frac{1000}{150} \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$$

$$E \cdot T = (6.84) \cdot \frac{20.5}{27.34} \cdot 6.67 \text{ (V} \cdot \mu\text{s)} = 34.2 \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$$

- B.  $E \cdot T = 34.2 \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$
- C.  $I_{LOAD} \text{ (max)} = 3\text{A}$
- D. 由圖 7， $34 \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$  的水平線和  $3\text{A}$  的垂直線的交叉處所確定的電感為  $47 \mu\text{H}$ ，電感代號為 L39。
- E. 如圖 8 所示的表格，在 L39 所在的行中，選擇一個電感器件號，最好使用磁遮罩結構的電感器。

### 3. 輸出電容的選擇 ( $C_{OUT}$ )

- A. 從表 3 所示的快速設計器件選擇中，先選擇一個輸出電壓列，在輸出電壓列中，選擇一條與你應用中所需電壓最接近的一條電壓線，在本例中，選擇  $24\text{V}$  的電壓線。在輸出電容部分，從 4 個不同的生產廠家所列的直插的電解電容和表貼的鉭電容中選擇一個。
- B. 輸出電壓為  $20\text{V}$  時，則電容的耐壓至少應為  $30\text{V}$  或更高。在本例中， $35\text{V}$  或  $50\text{V}$  的電容都可使用。如果需要低的輸出紋波電壓時，也可以選擇  $50\text{V}$ 。只要與表中所列的相近，則其他廠家的低 ESR 電容也可以使用。

### 4. 前饋電容 ( $C_{FF}$ )

表 3 包括不同輸出電壓所對應的前饋電容值，在本例中，需要一個  $560\text{pF}$  的電容。

### 5. 續流二極體的選擇 ( $D1$ )

參考圖 11。在這個例子中， $5\text{A}/40\text{V}$  的肖特基二極體 IN5825 可以產生很好的效果，而且，在輸出短路的情況下，也不會過載。

### 6. 輸入電容的選擇 ( $C_{IN}$ )

輸入耐壓和電流均方根是輸入電容的重要參數。如果輸入電壓是  $28\text{V}$ ，那麼，鋁電解電容的耐壓要大於  $42\text{V}$  ( $1.5 \times V_{IN}$ )，既然下一個更高的電容耐壓值為  $50\text{V}$ ，那麼，就要使用一個  $50\text{V}$  的電容。使用電容耐壓值是一種保守的方法，願意時可以對它加以修正。LM2596 的輸入電容的電流均方根大約是直流負載電流的一半，在本例中，負載電流為  $3\text{A}$ ，那麼，輸入電容的電流均方根至少為  $1.5\text{A}$ ，利用圖 13 所示的曲線圖可以選擇合適的電容。在曲線圖中，注意  $50\text{V}$  的電壓線所對應的電流均方根值大於  $1.50\text{A}$  的電容，於是，我們就可以選出一個  $680 \mu\text{F}/50\text{V}$  或為  $470 \mu\text{F}/50\text{V}$  的電容。對於選擇直插元件的設計， $680 \mu\text{F}/50\text{V}$  的電解電容就足夠了，其他種類或其他廠家的電容可以用來提供足夠的均方根紋波電流。對於選擇表貼元件的設計，可以選用固態鉭電容，但是，要注意的是，必須測試電容的浪湧電流值。AVX 公司的 TPS 系列及 VISHAY 公司的 593D 系列的器件的浪湧電流值都經過測試了。

輸出電壓 V	直插式輸出電容			表貼式輸出電容		
	PANASONIC HFQ 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	NICHICON PL 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	前饋電容	AVX TPS 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	VISHAY 595D 系列 ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	前饋電容
2	820/35	820/35	33nF	330/6.3	470/4	33 nF
4	560/35	470/35	10 nF	330/6.3	390/6.3	10 nF
6	470/25	470/25	3.3 nF	220/10	330/10	3.3 nF
9	330/25	330/25	1.5 nF	100/16	180/16	1.5 nF
12	330/25	330/25	1 nF	100/16	180/16	1 nF

輸出電壓 V	直插式輸出電容		輸出電壓 V	表貼式輸出電容		輸出電壓 V
	直插式輸出電容	表貼式輸出電容		直插式輸出電容	表貼式輸出電容	
15	220/35	220/35	680pF	68/20	120/20	680 pF
24	220/35	150/35	560 pF	33/25	33/25	220 pF
28	100/50	100/50	390 pF	10/35	15/50	220 pF

圖 3 輸出電容和前饋電容選擇表

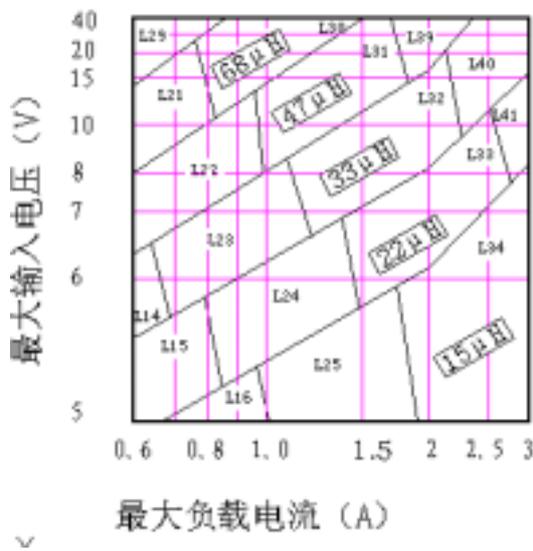


圖 4 LM2596□—3.3

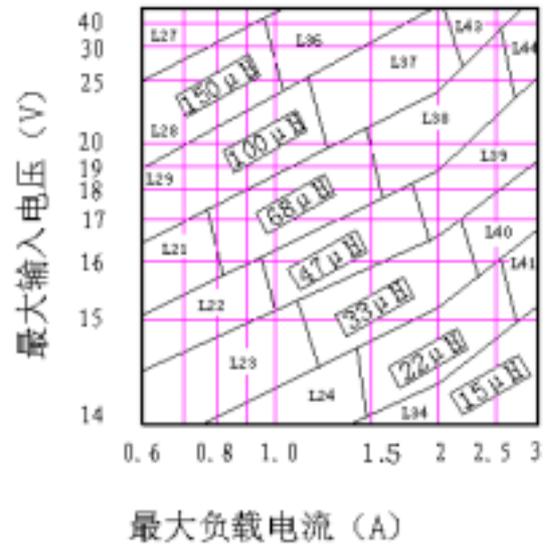


圖 6 LM2596□—12

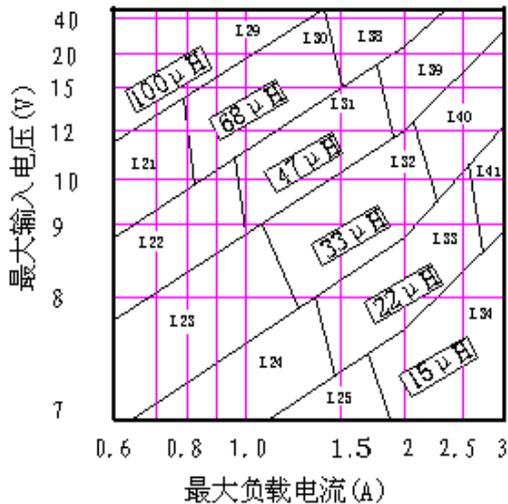


圖 5 LM2596□—5.0

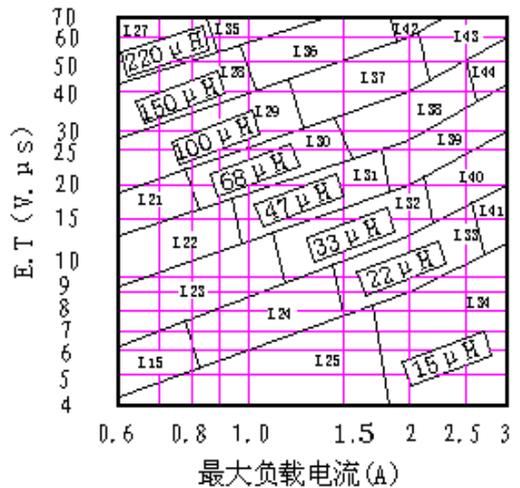


圖 7 LM2596□—ADJ

序號/電感 $\mu\text{H}$ /電流 (A)	Schott		Renco		Pulse Engineering		Coilcraft
	直插式	表貼	直插式	表貼	直插式	表貼	表貼
L15/22/0.99	67148350	67148460	RL-1284-22-43	RL1500-22	PE-53815	PE-53815-S	DO3308-223
L21/68/0.99	67144070	67144450	RL-5471-5	RL1500-68	PE-53821	PE-53821-S	DO3316-683
L22/47/1.17	67144080	67144460	RL-5471-6	--	PE-53822	PE-53822-S	DO3316-473
L23/33/1.40	67144090	67144470	RL-5471-6	--	PE-53823	PE-53823-S	DO3316-333
L24/22/1.70	67148370	67148480	RL-1283-22-43	--	PE-53824	PE-53825-S	DO3316-223
L25/15/2.10	67148380	67148490	RL-1283-15-43	--	PE-53825	PE-53824-S	DO3316-153
L26/330/0.80	67144100	67144480	RL-5471-1	--	PE-53826	PE-53826-S	DO5022P-334
L27/220/1.00	67144110	67144490	RL-5471-2	--	PE-53827	PE-53827-S	DO5022P-224
L28/150/1.20	67144120	67144500	RL-5471-3	--	PE-53828	PE-53828-S	DO5022P-154
L29/100/1.47	67144130	67144510	RL-5471-4	--	PE-53829	PE-53829-S	DO5022P-104
L30/68/1.78	67144140	67144520	RL-5471-5	--	PE-53830	PE-53830-S	DO5022P-683
L31/47/2.20	67144150	67144530	RL-5471-6	--	PE-53831	PE-53831-S	DO5022P-473
L32/33/2.50	67144160	67144540	RL-5471-7	--	PE-53932	PE-53832-S	DO5022P-333
L33/22/3.10	67144390	67144500	RL-1283-22-43	--	PE-53933	PE-53833-S	DO5022P-223
L34/15/3.40	67144400	67144790	RL-1283-15-43	--	PE-53934	PE-53834-S	DO5022P-153
L35/220/1.70	67144170	--	RL-5473-1	---	PE-53935	PE-53835-S	--
L36/150/2.10	67144180	--	RL-5473-4	--	PE-54036	PE-53836-S	--
L37/100/2.50	67144190	--	RL-5472-1	--	PE-54037	PE-53837-S	--
L38/68/3.10	67144200	--	RL-5472-2	--	PE-54038	PE-53838-S	--
L39/47/3.50	67144210	--	RL-5472-3	--	PE-54039	PE-53839-S	--
L40/33/3.5	67144220	67148290	RL-5472-4	---	PE-54040	PE-53840-S	--
L41/22/3.50	67144230	67148300	RL-5472-5	--	PE-54041	PE-53841-S	--
L42/150/2.70	67144410	--	RL-5473-4	--	PE-54042	PE-53842-S	--
L43/100/3.4	67144240	--	RL-5473-2	--	PE-54043		--
L44/68/3.40	67144250	--	RL-5473-3	--	PE-54044		--

圖 8 電感廠家的產品型號

VR	輸出電流 3A				輸出電流 4A~6A					
	直插		表貼		直插		表貼			
	肖特基	超快恢復	肖特基	超快恢復	肖特基	超快恢復	肖特基	超快恢復		
20V		所有這類二極體的最低耐壓為 50V	IN5820	所有這類二極體的最低耐壓為 50V		所有這類二極體的最低耐壓為 50V	SR502	所有這類二極體的最低耐壓為 50V		
	SK32		SR302				IN5823			
			MBR320				SB520			
30V	30WQ03		IN5821		50WQ03				MURS620 50WF10	SR503
	SK33		MBR330				IN5824			
			31DQ03				SB530			
40V			IN5822		50WQ04				SR504	
	SK34		SR304				IN5825		MUR620	
	MBRS340		MBR340				SB540		HER601	
	30WQ04		31DQ04							
50V 或更高	SK35	SR305	50WQ05							
	MBRS360	MBR350		SB550						
	30WQ05	31DQ05		50SQ080						

圖 9 二極體選擇表

## 使用說明

### 管腳描述



**V<sub>IN</sub>** 正輸入端，在這個管腳處必須加一個適當的輸入旁路電容來減小暫態電壓，同時為 LM2596 提供所需的開關電流。

**GND** 接地端。

**Output** 輸出端，這個腳上的電壓可在 (+V<sub>IN</sub>-V<sub>SAT</sub>) 和 -0.5V (大約) 間轉換。為了減小耦合，PCB 上連接到該腳的銅線區域要儘量小。

**Feedback** 反饋端，這個管腳把輸出端的電壓反饋到閉環反饋回路。

**ON/OFF** 這個管腳可以利用邏輯電平把 LM2596 切斷，使輸入電流就降到大約 80 μA。將這個管腳的電壓下拉到低於大約 1.3V 時，LM2596 就被打開；而上拉到高於 1.3V (最大到 25V) 時，LM2596 就被關斷。如果不需要使用這個功能，就可以把這個管腳接地或開路，使 IC 處於打開的狀態。

### 外接元件

#### 輸入電容 C<sub>IN</sub>

這是一個加在輸入端和地之間的低等效電阻 (Low ESR) 的鋁或鉍旁路電容。且必須通過短導線，使其靠近 LM2596，這個電容可以防止在輸入端出現過大的瞬態電壓，同時為 LM2596 在每次開關時提供瞬態電流。

對輸入電容而言，最重要的參數是耐壓和均方根電流。由於在開關調節器 (LM2596) 的輸入電容中流過相對較高的均方根電流，所以，是以均方根電流而不是以電容值或耐壓值為標準來選擇輸入電容。

可以把電容的均方根電流範圍看作是電容的功率範圍，即均方根電流流過電容內部的等效電阻產生的功率而使電容的溫度上升。電容的均方根電流是由產生使內部溫度高於環境溫度 (105°C) 10°C 所需熱量的電流值來決定的，電容把熱量散發到周圍環境中的能力將決定電容可以安全工作的最大電流。表面大的電容的均方根電流範圍也較大。對於給定的電容值，在體積上，高電壓的電解電容要大於低電壓的電解電容，這樣就有利於把更多的熱量散發到周圍的環境中去，同樣，它的均方根電流範圍也更大。

使電解電容在高於均方根電流的情況下工作會縮短它工作壽命，高溫會加速電容電解液的蒸發，最終導致電容的損壞。

在選擇電容時，要參照 (查閱) 生產廠家提供的資料表上的最大均方根紋波電流。在最大環境溫度為 40°C 時，一般要選擇一個最大均方根紋波電流為直流負載電流的 0.5 倍的電容，當環境溫度達到 70°C 時，最好選擇最大均方根紋波電流為直流負載的 0.75 倍的電容，而電容的耐壓值至少要高於最大輸入電壓的 1.25 倍，有時為了滿足均方根電流的需要，常常選擇耐壓值更高的電容。

圖 13 示出了電解電容耐壓值、電容值和均方根電流之間的關係。這些曲線包括了設計有關開關調節器的應用所需的低等效阻抗、高穩定度的尼古拉斯 PL 系列的電解電容。其他的電容廠家也提供了類似的電容，但是，使用時一般要檢查其電容資料表。“標準的”電解電容一般等效阻抗高，均方根電流低，壽命短。

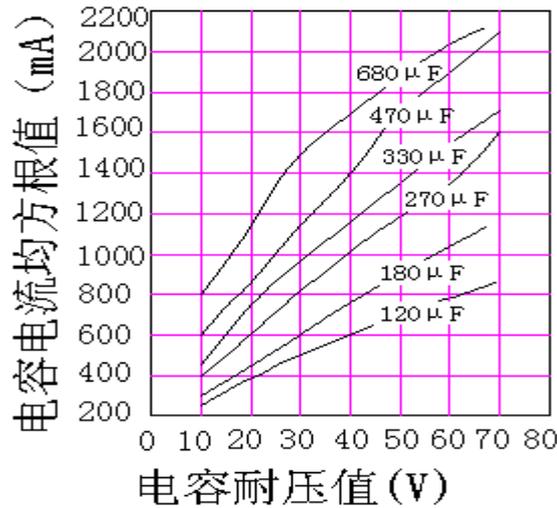


圖 13 電解電容耐壓值、電容值和均方根電流之間的關係

由於尺寸小、性能好，所以，一般使用表貼固態鉭電容作為輸入旁路電容，但是，有幾點必須事先預防。當超過所能承受的突變電流時，有一小部分固態鉭電容會被擊穿。有幾個電容廠家對其全部產品做了浪湧電流檢查，以使這種潛在的問題達到最少。如果需要高的啓動電流時，就要在鉭電容前面加一些電阻或電感，或選擇耐壓值高的電容。對鋁電解電容，均方根紋波電流必須達到負載電流那麼大。

### 前饋電容 ( $C_{FF}$ )

當輸出電壓大於 10V 或輸出電容的等效電阻很小時，要加一個前饋電容  $C_{FF}$ ，如圖 1 (b) 所示，這個電容是用來對反饋環路進行補償和增加相位裕量以提高環路的穩定度。對  $C_{FF}$  的選擇，請參閱相關的設計步驟。

### 輸出電容 ( $C_{OUT}$ )

這個電容是用來對輸出濾波以及提高環路的穩定性，在設計開關調節器的應用中，必須使用小阻抗或低等效電阻 (LOW ESR) 的電解電容或固態鉭電容。在選擇輸出電容時，幾個重要的參數是：

- (1) 100KHz 時的等效阻抗 (ESR)；
- (2) 最大紋波電流均方根值；
- (3) 耐壓值；
- (4) 標稱容量。

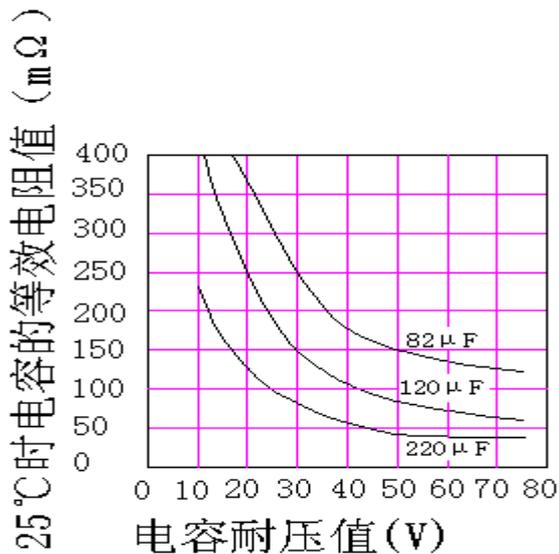


圖 14 電容等效電阻值與耐壓值間的關係曲線

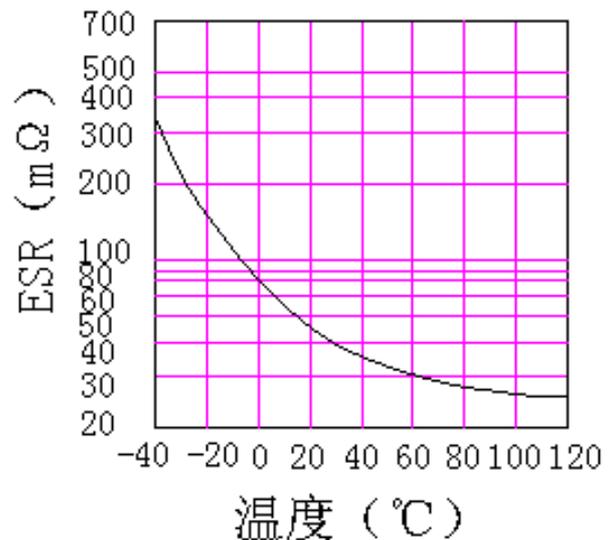


圖 15 電容等效電阻值與溫度間的關係曲線

等效電阻 (ESR) 是最主要的參數。輸出電容的等效電阻值有一個上限和一個下限，如果需要輸出電壓的紋波電壓小時，則希望輸出電容的等效電阻值小些，這個值由可容許的最大紋波電壓決定，一般是輸出電壓的 1% ~ 2%，但是，如果輸出電容的等效電阻值太小，就有可能使反饋環路不穩定，最終導致輸出端起振。使用表中所列的電容或相類似的電容，會解決這個問題。

鋁電解電容的等效電阻值與其電容值和耐壓值有關，在許多情況下，電解電容的耐壓值低則其等效電阻就小（見圖 14），通常，在需要輸出紋波電壓小等效阻抗低的情況下，要選用耐壓值高的電解電容。許多不同的開關電源的設計中，只需要三、四種電容值或幾種不同的耐壓值的輸出電容就可以滿足設計要求。在溫度低於-25°C時，建議不要使用電解電容，因為低溫下電解電容的等效電阻值會急劇增加（見圖 15）。由於固態鉭電容在溫度低於-25°C時等效電阻很好，所以，建議在溫度低於-25°C時，要使用固態鉭電容。

## 續流二極體

在 LM2596 的應用（調節器）中，需要一個續流二極體來為電感電流（當開關閉合時）提供通路，這必須是一個快速二極體且要靠近 LM2596，管腳要短、相連接的導線也要短。

由於肖特基二極體開關速度快、正向壓降小，所以，使用中其性能很好，特別是在輸出電壓低的應用中（5V 或更低）。超快恢復或高效整流二極體在使用中性能也很好。但是在突然關閉時，可能會引起不穩定或電磁干擾。

## 電感的選擇

所有的調節器都有兩種基本的工作方式：連續型和非連續型，兩者之間的區別在於流過電感的電流的不同，或者是連續流過，或者是在一個開關周期內經過一段時間後變為 0。每一種工作模式都有可以影響調節器性能和需求的不同特點。當負載電流很小時，許多設計中都採用非連續模式。

LM2596 既可以用於連續型也可以用於非連續型。

### 連續工作模式：

在多數情況下，人們更喜歡用連續模式，它能夠提供更大的輸出功率，同時，峰值開關電流、電感電流、二極體電流和輸出紋波電壓很小。但是，這就需要更大的電感以維持流過電感中的電流的連續性，尤其是在輸出負載電流小或輸入電壓很大的情況下。

為了簡化選擇電感的過程，請參閱圖 4~圖 7。這是在假定調節器工作於連續模式，並且電感的紋波電流的峰值為設計的最大輸出電流的某個百分數。這個電感紋波電流峰峰值的百分數不是固定的，它可以隨著不同的負載電流而改變。如圖 16 所示。

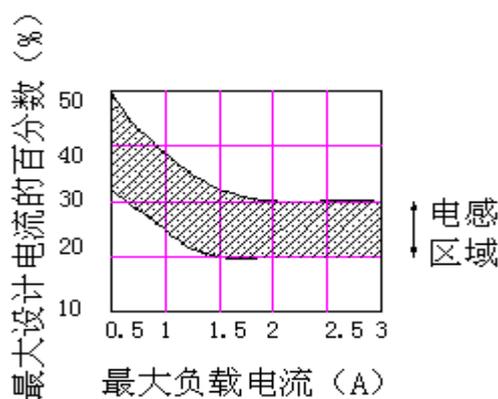


圖 16

當工作在連續模式時，電感電流波形從三角波到鋸齒波變化（由輸入電壓決定），而電流波形的平均值等於輸出的直流負載電流。

### 非連續工作模式：

以上所將的電感選擇方式只適用於連續工作模式，而對於低電流或和高輸入電壓的應用情況下，非連續模式就是更好的選擇。在這種情況下所需的電感尺寸更小，而電感值只需要連續模式的 1/2 ~ 1/3，在非連續模式下，峰值開關電流和電感電流會更高些，但是在這種低負載電流（1A 或小於 1A）的情況下，最大的開關電流仍小於極限開

關電流。非連續工作模式的電壓波形和連續工作模式的電壓波形有很大的區別，在輸出腳波形上有較弱的正弦噪音存在，但是，對非連續工作模式而言，這是正常的，並不是由反饋環路的不穩定所引起的。在非連續工作模式下，有一段時間內開關管和二極體都不工作，電感電流降到了 0，在這段時間內，有少量的能量在電感和開關管/二極體之間流通，同時由寄生電容引起了噪音，通常情況下，這不會成為問題，除非放大倍數足夠大以至於使它超過了輸入電壓，即便如此，也只有很下的能量損耗。不同的電感類型或不同的磁芯材料會造成不同的程度的噪音，磁芯為鐵素體的電感，由於其磁芯損耗很小，於是造成了很大的噪音，而磁芯損耗很大的鐵芯電感造成的噪音反而很小。如果需要，可以在給電感家一些 RC 網路（與電感並聯）以抑制噪音。

### 輸出紋波電壓和暫態電壓

工作在連續模式下的開關電源的輸出電壓可能會在開關頻率上包含一些鋸齒波電壓，而在鋸齒波的峰值上可能會含有一些短毛刺。

輸出紋波電壓是由電感的紋波電流和電容的等效電阻引起的，典型的輸出紋波電壓可以叢輸出電壓的 0.5% 到 3%。要獲得小的紋波電壓，輸出電容的等效電阻一定要小，但是，當使用等效電阻極小的輸出電容時，一定要注意這可能會影響反饋環路的穩定性，並最終導致輸出端的振蕩問題。如果希望輸出紋波電壓很小（低於 20mV），則推薦使用後置紋波濾波器，所需電感的典型值為  $1\mu\text{H}\sim 5\mu\text{H}$ 。也需要低等效阻抗的輸出濾波電容以確保良好的動態負載回應和紋波抑制。電壓毛刺是由輸出開關管和二極體的快速開關、輸出濾波電容的寄生電感以及與此相關的導線等引起的。要降低這些電壓毛刺，就要用專門的適合於開關調節器的電容，同時，它的管腳一定要短。環線電感、分佈電容以及用於測量暫態電壓的示波器探針都會硬氣毛刺電壓。當調節器工作于連續模式時，電感電流波形從三角波變化到鋸齒撥（由輸入電壓決定）。對一個給定的輸入和輸出電壓，電感電流波形的峰峰值就是一個常數，隨著負載電流的升或降，電流的鋸齒波也會升或降，電流波形的平均值等於直流負載電流值。如果負載電流降到足夠的低，電流鋸齒波的波谷就變為 0，調節器（開關電源）就可以在連續和非連續之間轉化。在開關調節器的設計中，如果知道電感紋波電流的峰峰值將有利於電路中其他參數的確定，象電感或開關管的峰值電流、電路在轉換為非連續模式之前的最小負載電流、輸出紋波電壓以及輸出電容等效阻抗這些參數都可以由電感紋波電流的峰峰值計算出來。利用圖 4~8 來選擇電感值，則電感紋波電流的峰峰值就可以立即算出，圖 17 示出了可由不同的負載電流確定的電感紋波電流的峰峰值的範圍。

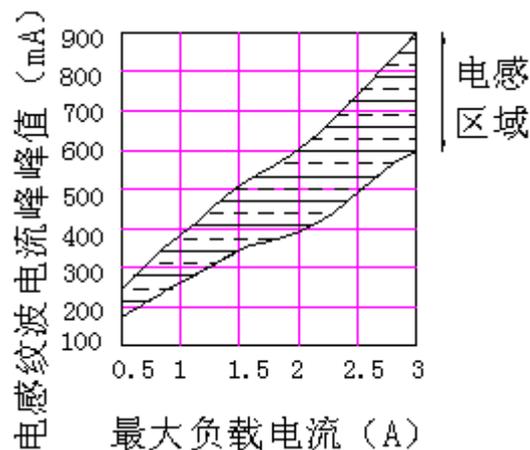


圖 17 電感紋波電流的峰峰值與負載電流的關係曲線

曲線圖也示出了當電感區域從底邊到頂邊變化時電感紋波電流的峰峰值的變化，頂邊代表高輸入電壓，底邊代表低輸入電壓。這些曲線圖只有在連續工作模式時才正確，也只能用來選擇電感值。

考慮如下的例子： $V_{\text{OUT}}=5\text{V}$ ， $I_{\text{LOAD}(\text{max})}=2.5\text{A}$ ， $V_{\text{IN}}=12\text{V}$ （在 10~16V 間變化）。

如圖 5，2.5A 的垂直線和 12V 的水平線的交叉處幾乎是  $33\mu\text{H}$  電感區域頂邊和底邊的中間， $33\mu\text{H}$  電感峰值電流是最大負載電流的一個百分數。參照圖 17，2.5A 電流線所經過的電感區域的中間所對應的電感紋波電流的峰峰值約為 620 mA。

當輸入電壓增加到 16V 時，交點就到了電感區域的頂邊，對應的電感紋波電流的峰峰值也增加，參照曲線圖 17，可見負載電流為 2.5A 時，輸入電壓為 12V 時，對應的電感紋波電流的峰峰值為 620 mA；當輸入電壓為 16V

時，對應的電感紋波電流的峰峰值為 740 mA；當輸入電壓為 10V 時，對應的電感紋波電流的峰峰值為 500 mA。一旦電感紋波電流的峰峰值已知，就可以利用下面的公式計算開關調節器電路的其他參數。

1. 電感和開關管的峰值電流

$$I_{PP} = \left( I_{LOAD} + \frac{\Delta I_{IND}}{2} \right) = \left( 2.5 + \frac{0.62}{2} \right) = 2.81A$$

2. 電路工作模式變為非連續之前的最大負載電流

$$I_{LOAD'} = \frac{\Delta I_{IND}}{2} = \frac{0.62}{2} = 0.31A$$

3. 輸出紋波電壓 =  $(\Delta I_{IND}) \times (C_{OUTESR}) = 0.62A \times 0.1 \Omega = 62mV_{pp}$

4. 輸出電容的等效電阻

$$R_{COUT} = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{IND}} = \frac{0.062V}{0.62A} = 0.1 \Omega$$

### 散熱方面的一些考慮

LM2596 有兩種封裝形式，5 腳的 TO-220 (T) 和 5 腳的 TO-263 (S) 封裝。

一般情況下，TO-220 (T) 封裝需要散熱片。散熱片的尺寸由輸入電壓、輸出電壓、負載電流和環境溫度決定。圖 18 示出了負載電流為 3A，輸入電壓和輸出電壓不同時 LM2596 的溫度高出環境溫度的有關曲線。這些資料是在 LM2596 作為開關調節器在環境溫度為 25°C 時測出的，這些溫度上升的資料都是近似的，而且有許多因素可以影響這些溫度，環境溫度越高，需要散發的熱量也就越多。

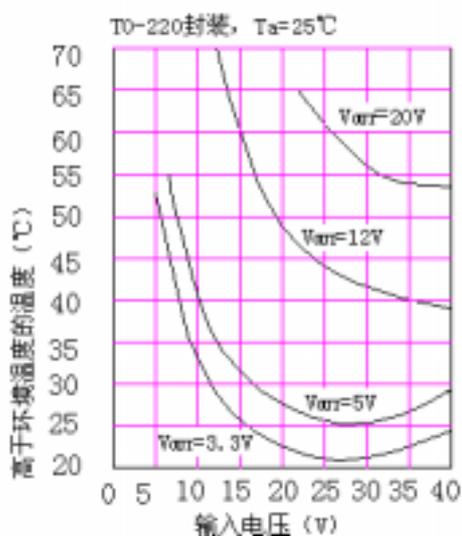


圖 18

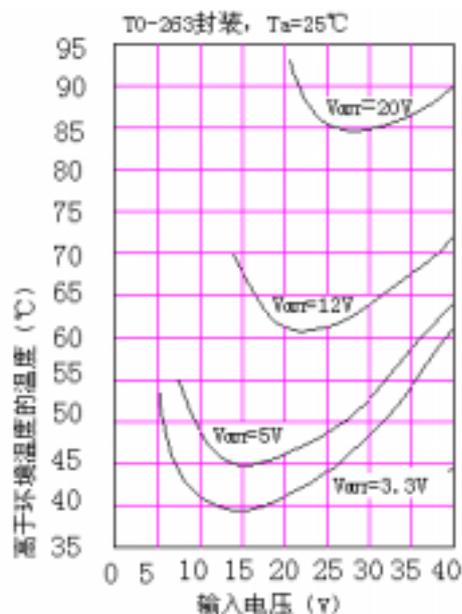


圖 19

TO-263 (S) 封裝的 LM2596 是要焊接在 PCB 板上的表貼元件，銅和 PCB 板有助於這種封裝器件和其他散熱元件，如續流二極體和電感的散熱。焊接這種封裝器件的 PCB 上的覆銅區域至少要有 0.4 平方英寸，更多的覆銅區域會改善熱特性，但是，當的面積大於 6 平方英寸時，在散熱方面的改善就很小，如果還需要進一步改善散熱，就建議使用覆銅區域大的多次 PCB 板或在通風的情況下使用。圖 19 是在負載電流為 2A，不同輸入電壓和輸出電壓情況下，TO-263 封裝的 LM2596 的溫度高出環境溫度的有關曲線。

(END)