

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

一、前言：	2
二、IC 接腳圖：	2
三、內部方塊圖：	3
1.方塊功能：	3
2.設計限制：	4
四、功能說明與公式計算：	5
1. 軟啓動及短路保護：	5
2. 過溫保護：	7
3. 參考電壓與分路點：	7
五、系統應用：	8
1.設計規格：	8
2.FP6101 應用電路圖：	9
3.設計說明及公式：	10
4.實驗數據量測及紀錄：	13
5.量測波形：	14
6. PCB 佈局.....	16
7. FP6101 EVAL BOARD 零件表.....	17

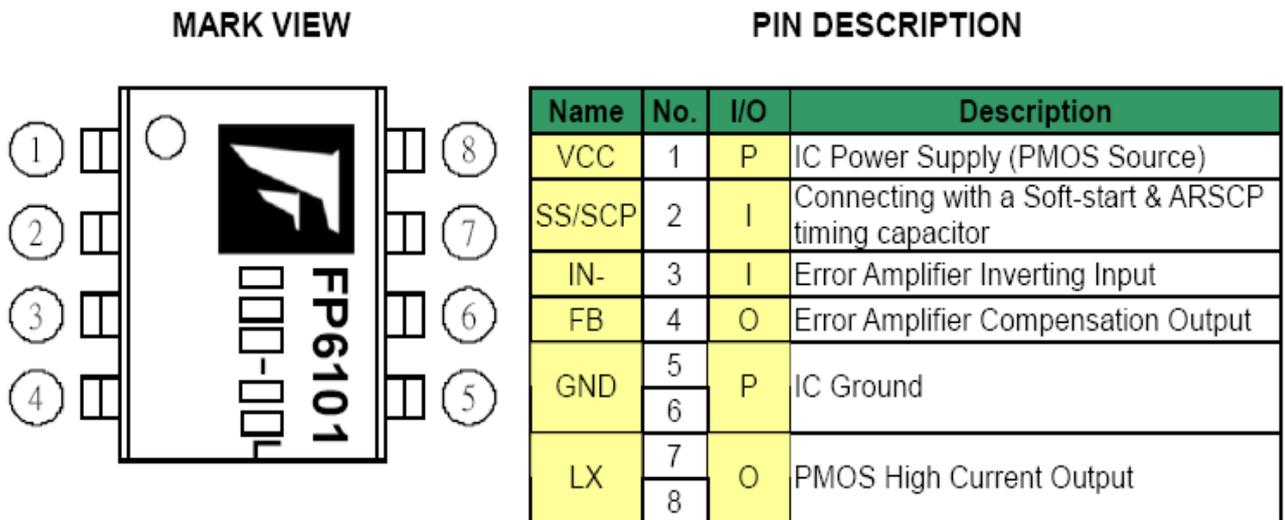
	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

一、前言：

FP6101 是遠翔科技一顆單組電源轉換用之脈波調變(Pulse Width Modulation)的控制 IC，並內含切換之 PMOS，吾人於系統電源設計上主要是做成降壓轉換器型式 (Buck Converter Circuits)輸出，內部並產生參考電源用以做為誤差放大器之參考電壓外，本身還提供軟啟動及短路保護功能，並具有過溫保護，其基本具備特性如下：

1. 提供高精確度參考電壓源：0.5V(2%)。
2. 內含 PMOS，IC 輸出即為 PMOS 之輸出。
3. 工作頻率固定 360KHz。
4. 低壓栓鎖功能(UVLO)。
5. 軟起動功能。
6. 短路保護功能。
7. 過溫保護。
8. SOP8 封裝型態。

二、IC 接腳圖：



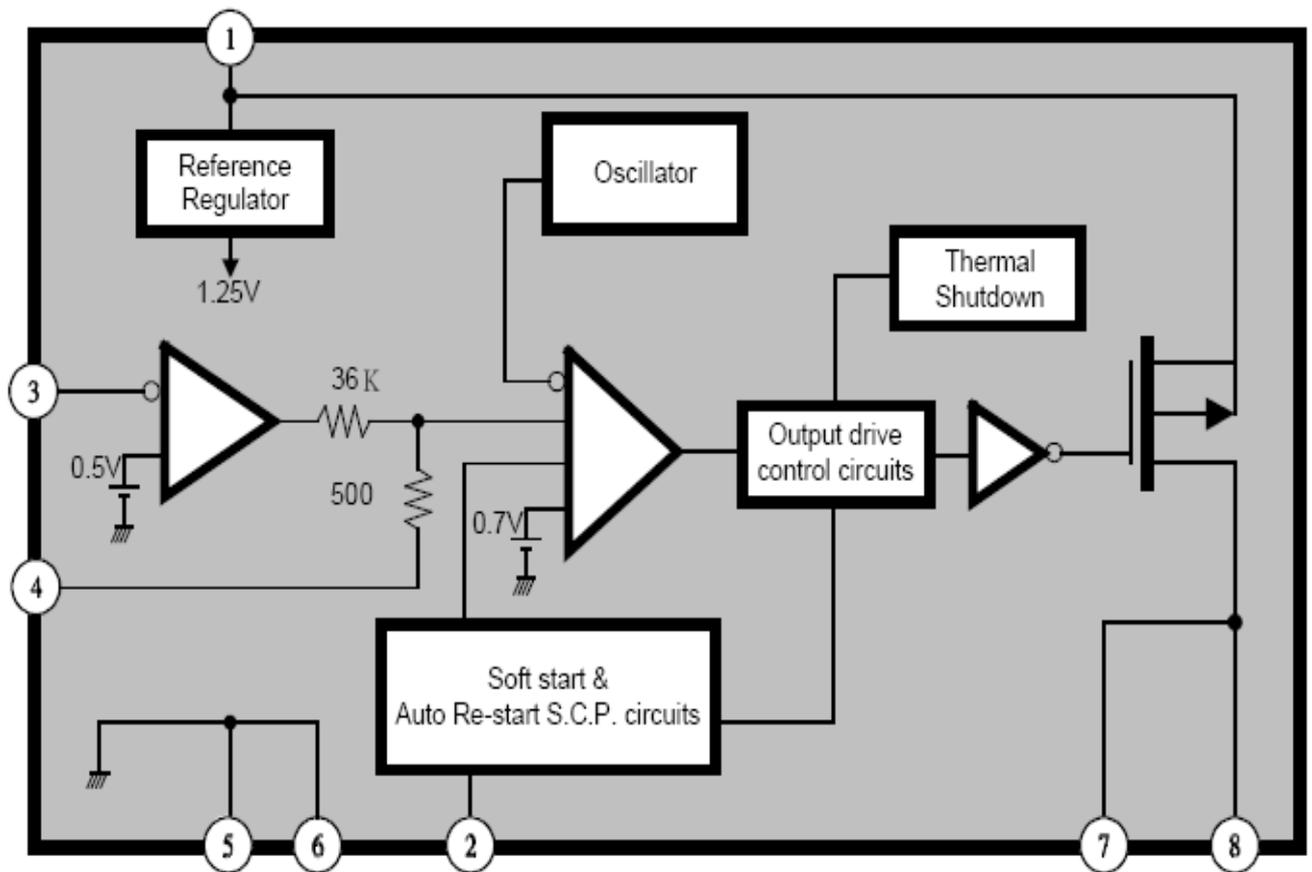
	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

三、內部方塊圖：

1.方塊功能：

FP6101 由不同特性之電晶體元件所構成，簡單分為下面數個部分：

- i. 輸出驅動級。
- ii. 參考電壓源產生。
- iii. 短路保護線路及栓鎖。
- iv. 軟啟動電路。
- v. 過溫保護線路。
- vi. 誤差放大器。
- vii. 震盪產生電路及 PWM 比較器。
- viii. PMOS



	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

2.設計限制：

設計限制在於根據 IC 規格書及特性給予使用上的規格限制，其目的在告訴設計者如何能設計在 IC 使用上安全的範圍內，一般設計者對於規格上的盲點可在此得到初步澄清。

- i. 工作電壓: IC 本身有限制最低及最高工作電壓，依規格書描述 UVLO 的臨界電壓 V_c 為 3.3V 附近，此時參考電源尚未穩定，故在低壓上應以參考電壓穩定為前提，設計上工作電壓至少為 3.6V 以上為安全值，高電壓工作下，漏電流及 IC 本身功率損耗會上升，不利於高溫環境使用。
- ii. 在高壓環境下(12V 以上)，由於短路保護動作瞬間會有大電流通過 PMOS，雖然有 SCP 功能但其瞬間最大電流以電源供應器供給能力為限，若電源供應器瓦數過大其瞬間峰值電流將超出 PMOS 的規格，因此不適用於大瓦數電源供應器，低壓系統則不受此限制。
- iii. 短路保護在動作後會重新啟動不需重開機。
- iv. 由於軟啟動及短路保護在同一 Pin，因此其 C_{SCP} 之容值應慎選，於高壓環境下(12V 以上)過小的容值將造成軟啟動時間不足而無法開機或是 SCP 之 Auto Restart 過於頻繁而導致 IC 本體過熱；過大則會造成 SCP 動作時間過久超過 PMOS 規範，目前建議固定使用 0.47uF，低壓系統則不受此限制。
- v. IC 內建過溫保護，若 IC 抽載過大或超過使用規範導致 IC 本體發熱，將會啟動過溫保護關閉輸出，當恢復正常使用溫度降低時則自動重開機。
- vi. FB 接腳接地可關閉輸出，可藉此設計一外加電路做 ON/OFF 功能，此開關再重開將無軟啟動，使用上應注意開機有無過電壓。
- vii. FP6101 內部的 V_{GS} 電壓高低會影響導通效率；也就是說在 $V_{GS} > 4.5V$ 得到的導通效率較好，要得到此效果，必須給予 V_{in} 較高的電位，因此雖然於 3.6V 環境下可轉換出電壓，但於重載(2A)環境下應使用於大於 4.5V 系統。

以上，為挑選 **FP6101** 做為 PWM 控制電源設計前需要先做的評估與考量。

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

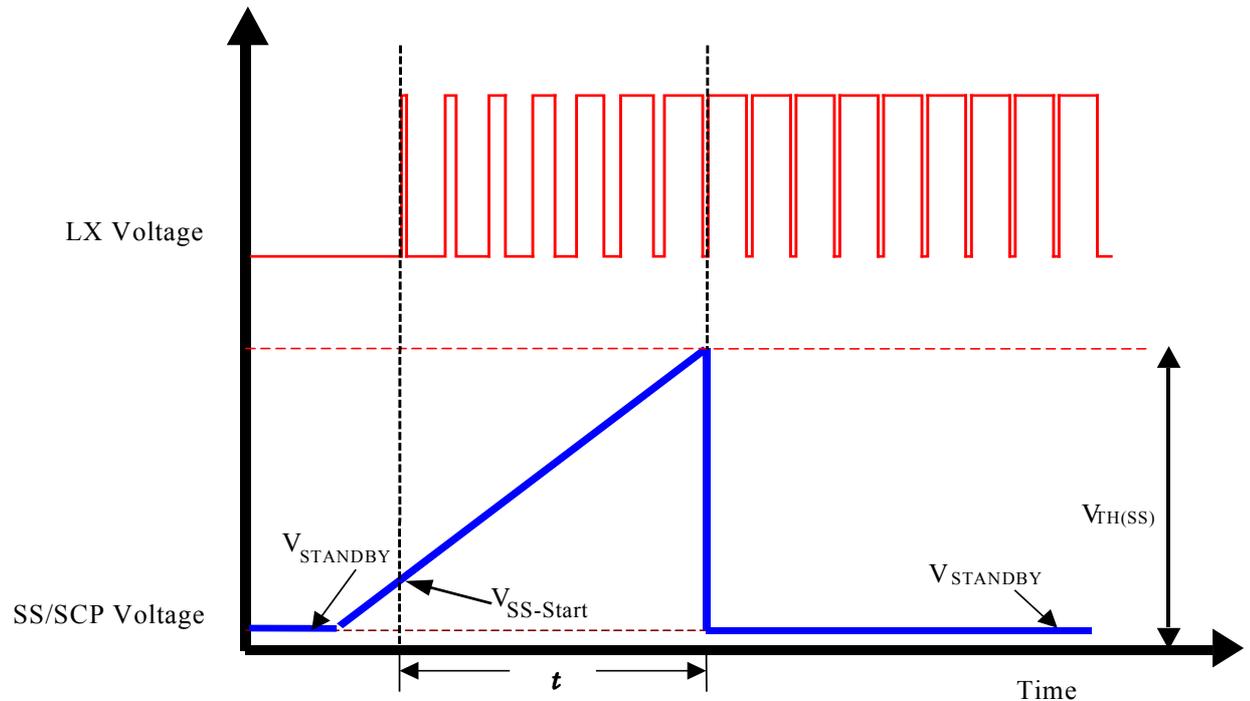
四、功能說明與公式計算：

1. 軟啓動及短路保護：

這兩項功能，是內建在 IC 內部同一個方塊電路中，並共用同一接腳(Pin2)來實現：

軟啓動(Soft Start)：

在電源剛啓動時，由於輸出電壓尚未建立，使得回授到誤差放大器的電壓(FB)會小於參考電壓，若無軟啓動會使 PWM Duty Cycle 直接張放到最大，而 SS/SCP 以定電流開始對外接電容充電直到達 1V，此一電位送進 PWM 的比較器，用來限制比較器輸出張開的線性變化比例，從而達到軟啓動的效果；在軟啓動完成後，此腳位會被重置到 Standby 電壓 0.1V 並進入短路保護偵測狀態。



軟啓動公式來源為：

$$Q = C * V = I * t$$

其中 C 為 IC Pin2 電容，電流 I 與電壓 V 為 IC 規格，t 為軟啓動作用時間，推導得到軟啓動的計算公式為：

$$t_{SS} = \frac{V * C}{I} = \frac{C * (V_{th} - V_{SS-Start})}{I_{source}} = \frac{C * (1V - 0.3V)}{10\mu A} = 0.07 * C$$

(註：當電容單位為 u 時單位為秒)

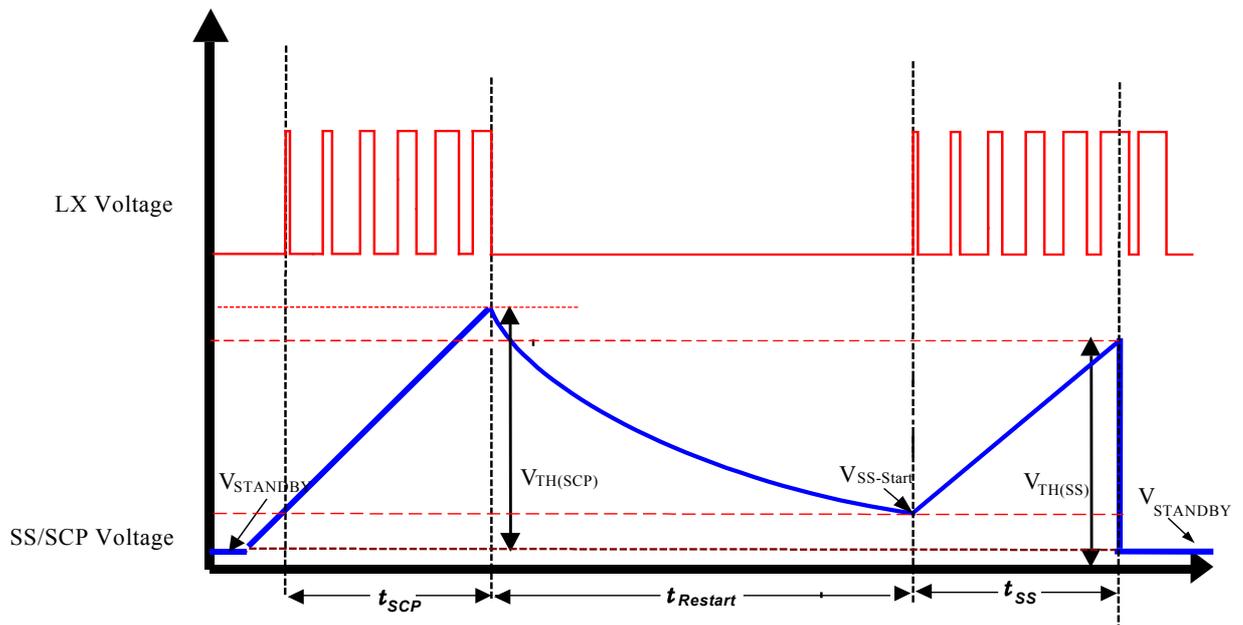
舉例：

電容使用 1uF，則軟啓動時間為 0.08 秒

	文件名稱	文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明	PW-AN0024	
		版別	A2

短路保護(Short-Circuit Protection)：

當系統完成軟啟動後，IC 會進入短路保護偵測狀態，此時若系統突然短路或重載，IC 之 SS/SCP 以定電流對外接電容充電，當電壓達到 1.2V 時，PWM 輸出將被關閉，而後 IC 將再次對此外接電容放電，當放電達 SS-Start 電壓(0.3V)後，將再次做軟啟動重開，若軟啟動動作完之前，系統若已恢復正常，則將進入短路保護偵測狀態，若仍處於異常狀態，則將重複此動作直到系統恢復正常為止。



短路保護公式來源亦為：

$$Q = C * V = I * t$$

其中 C 為 IC Pin2 電容，電流 I 與電壓 V 為 IC 規格，t 為短路保護作用時間，推導得到短路保護的計算公式為：

$$t_{SCP} = \frac{V * C}{I} = \frac{C * (V_{th} - V_{SS-Start})}{I_{source}} = \frac{C * (1.2V - 0.3V)}{10\mu A} = 0.09 * C$$

(註：當電容為 u 時單位為秒)

而重啟動(Restart)時間大約為 SCP 時間的 20 倍，因此重啟動時間 $t_{Restart}$

$$t_{Restart} = 1.8 * C$$

(註：當電容單位為 u 時單位為秒)

舉例：

電容使用 1uF，則短路保護時間為 0.09 秒，重啟動時間為 1.8 秒

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

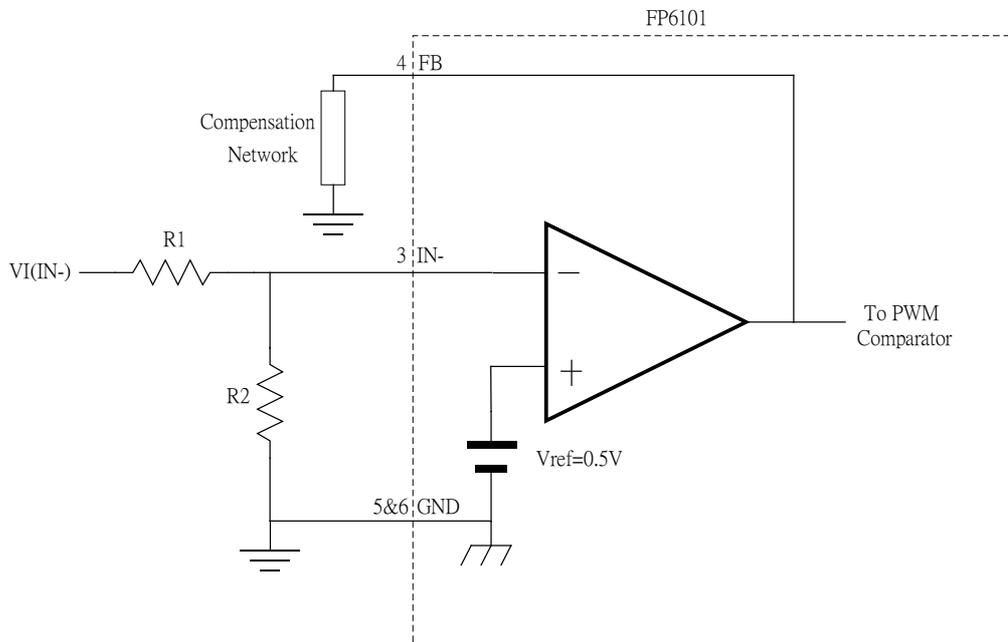
2. 過溫保護：

IC 內部具有內建的過溫保護，當抽載電流過大超過額定的規範時，IC 內將因此產生高溫，當內部溫度達到 145°C 時，其輸出將被關閉，此動作與 SCP 連動，因此動作時 SCP 亦同時有短路保護狀態的波形，也同樣持續做自動重開的動作，因此若抽載恢復正常溫度下降後，將再次做軟啓動而後重開。

注意：若此抽重載速度過快，過溫保護將來不及動作，輸出電壓亦無降低至短路保護點，IC 有燒毀的危險，因此仍然同先前設計限制一樣，必須限制電源供應器的瓦數。

3. 參考電壓與分路點：

IC 內部之誤差放大器提供一個 0.5V 參考電壓和輸出電壓之分壓作比較，藉此誤差放大器輸出訊號，控制 PWM 開關，調整開關的比例，以得到穩定的輸出電壓，此輸出電壓可藉由調整 R1、R2 比例而得：



其關係為：

$$V_o = (1+R1/R2)*(0.5V)$$

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

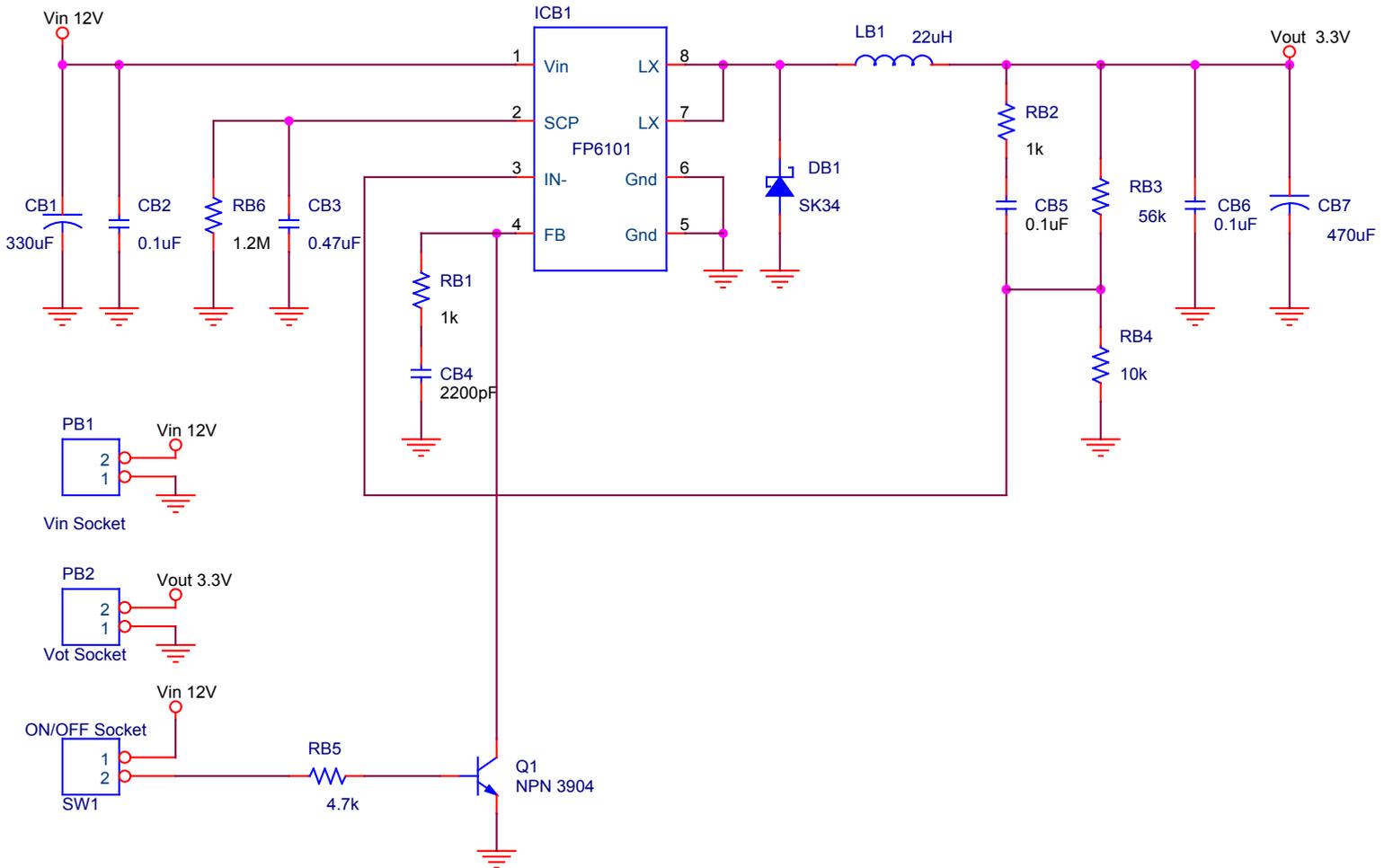
五、系統應用：

1.設計規格：

	規格值
輸入電壓	DC 12V
輸出電壓	DC 3.3V (2A)
全載轉換效率	84.5%
負載變動率	±0.1% Max
線電壓變動率	±0.1% Max
輸出漣波	30mVp-p (2A)

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
	版別	A2		

2.FP6101 應用電路圖：



FP6101 輸出級為 Power MOSFET 之輸出，其目的為節省零件的使用並增加轉換效率。

[周邊 R-C 用件說明]

RB1-CB4 是回授補償用，建議使用中預留該種補償結構以方便調整誤差放大器的回授特性，避免整個閉回路發生振盪。

CB3 進行軟啓動(Soft-start)，使電源能夠正常轉出，及短路保護(Short-Circuit Protection)則是當短路發生，輸出電壓降低，而回授在電壓 V_{FB} 低於 0.5V 時，則短路保護起動。

轉換電壓 3.3V 是由 **FP6101** 的 FB 回授參考電壓與 **RB3-RB4** 的比值決定。

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

3.設計說明及公式：

計算出 Buck 3.3V 在 2A 所需使用的 LB1，公式如下：

$$L_{MIN} = (V_{IN} - V_{OUT}) * V_{OUT} * ESR / (f * V_{IN} * V_{P-P})$$

V_{IN} 最小為 12V， V_{OUT} 為 3.3V， C_O 電容的 ESR 為 80mΩ， f 為 360KHz，容許的 V_{P-P} 為 30mV，將上述各數值代入公式中得到：

$$L_{MIN} = (12 - 3.3) * 3.3 * 80m / (360K * 12 * 30m) = 17.72\mu H \text{ (LB1 選用 } 20\mu H)$$

計算出 C_{OMIN} 的計算公式如下：

$$C_O = \frac{1}{8 * ESR * f_s}$$

代入公式 $C_O = 4.34\mu F$ (CB7 選用 470μF, ESR 為 80mΩ)

FP6101 轉換輸出電壓公式如下：

$$V_{3.3V} = (1 + RB3 / RB4) * V_{FB}$$

其中 **FP6101** 的回授電壓 V_{FB} 為 0.5V，想要得到 3.3V 的輸出電壓，則取決於 $RB3$ 與 $RB4$ 的比值為 5.6 倍的關係，在設計上我們考慮負載變動的大小，所以取 $RB3$ 為 56KΩ， $RB4$ 為 10KΩ，將上述各值代入公式中得到輸出電壓：

$$V_{3.3V} = 0.5 * (1 + 56K / 10K) = 3.3(V)$$

所以，要得到精確的輸出電壓除了 IC 的參考電壓精確外，電阻誤差也需考慮到。

FP6101 之軟啟動與時間關係為：

$$T_{SS} = 0.07 * C_{SS}(s)$$

$C_{SS} = CB3 = 0.47\mu F$ 代入，得到軟啟動時間為 32.9ms

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

FP6101 之短路保護與時間關係為：

$$T_{Scp} = 0.09 * C_{Scp} (s)$$

$C_{scp} = CB3 = 0.47 \mu F$ 代入，得到短路保護時間為 42.3ms

FP6101 之短路保護重啓動(Restart)與時間關係為：

$$T_{Restart} = 1.8 * C_{Restart} (s)$$

$C_{Restart} = CB3 = 0.47 \mu F$ 代入，得到重啓動(Restart)時間為 0.846 秒

FP6000Series 的選取上則根據設計規格來制訂；採用 FP6101 的原因可減少零件空間，且連續電流可至 2A，應用上可依據不同環境更換之。而 SBD 採用 SK34 在 2A 時 V_F 約為 0.5V 上述兩顆零件的導通功率消耗計算公式可如下計算：

FP6101：內含 IC 本體與 PMOS

$$IC : (V_{CC} * I_{CC} + I_O * V_{SAT}) * D \text{ (Duty cycle)} + (V_{CC} * I_{CC}) * (1-D)$$

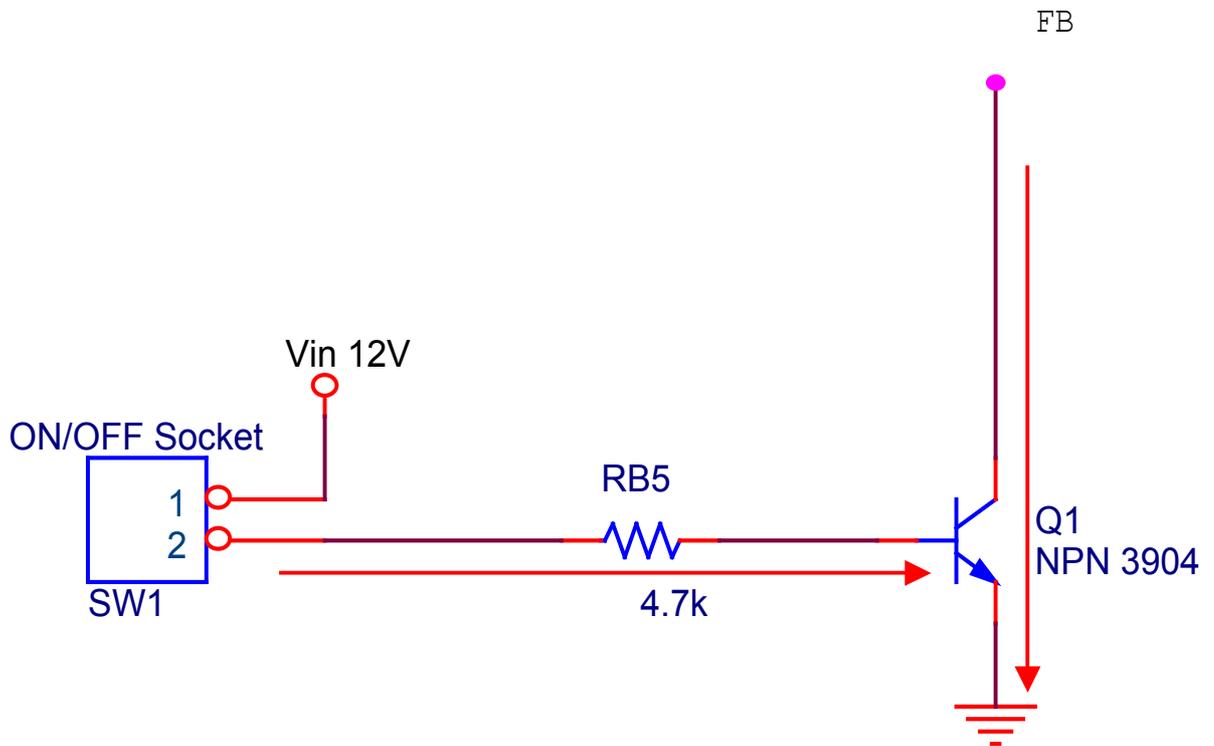
$$PMOS : P_{MOS} = R_{DS(ON)} * I_D^2 * D$$

計算上應將以上兩值相加即為 FP6101 消耗總功率

$$SK34 : P_{SBD} = V_F * I_D * (1-D)$$

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

外加之開關電路：



動作原理分析：

ON/OFF 為 High 時：

經由 RB5 限流，而驅動 Q1 Turn ON，致使 IC 之 FB 被拉至 GND 而關閉輸出。

ON/OFF 為 Low(0V)時：

Q5 無動作，IC 之 FB 將恢復為受 IN 控制，電壓也再次轉出。

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

4.實驗數據量測及紀錄：

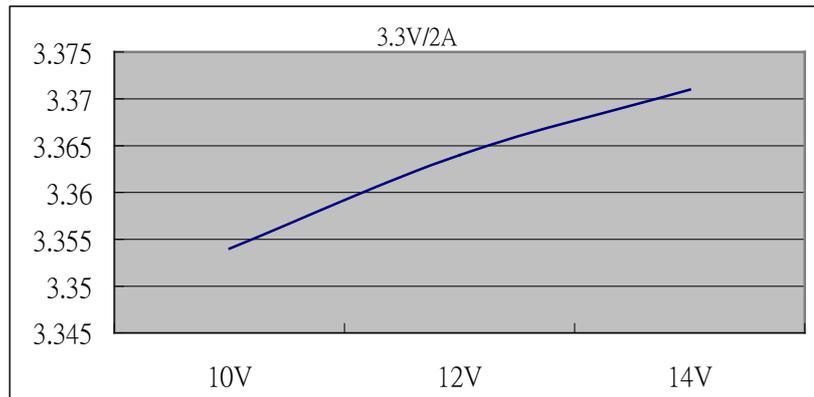
測試環境溫度 25°C

Vin=12V

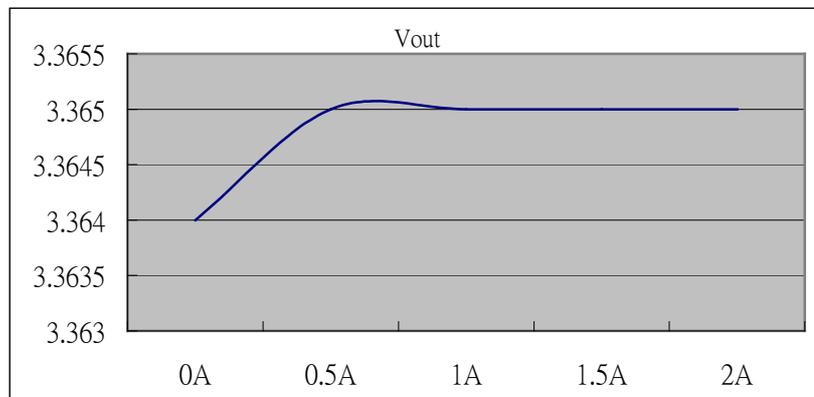
Vout=3.3V / 2A 輸出漣波：26.4mV

工作頻率為：360KHz

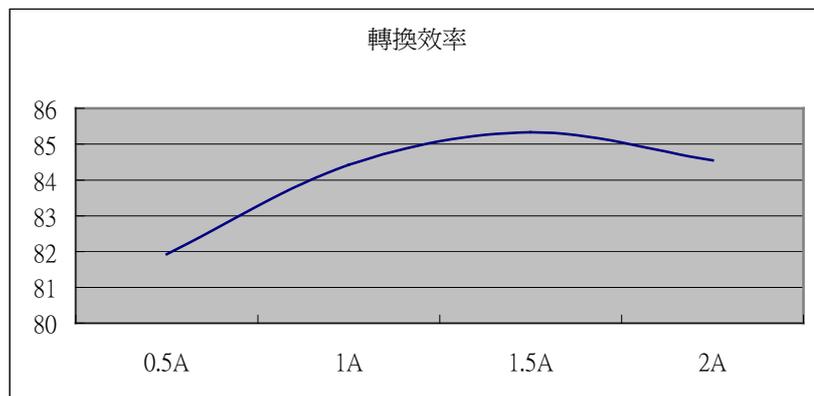
不同輸入電壓輸出電壓比較



不同負載輸出電壓比較

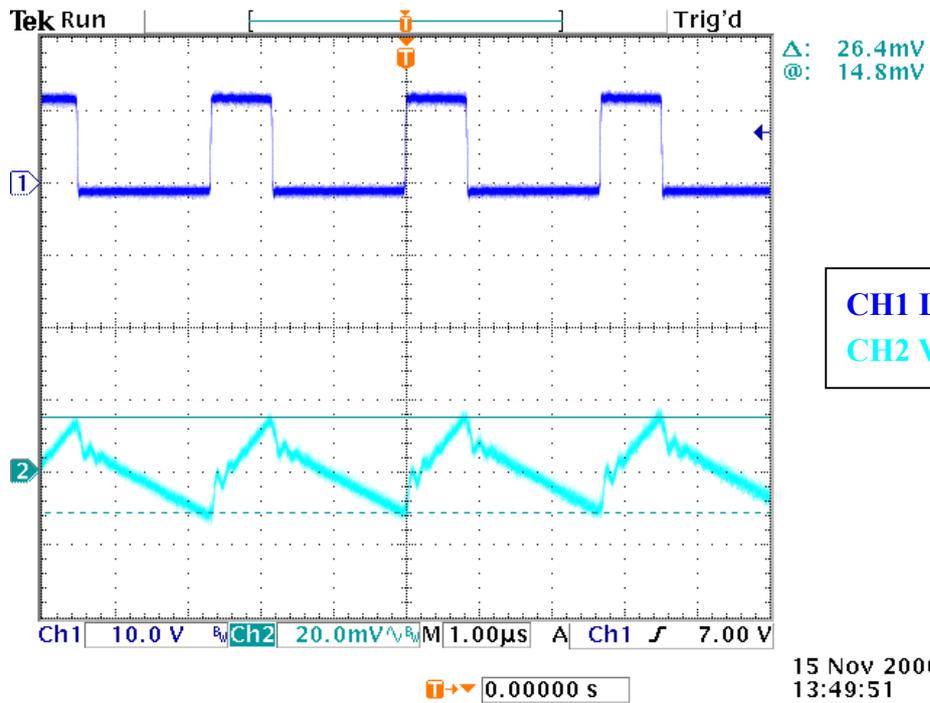


不同負載轉換效率比較



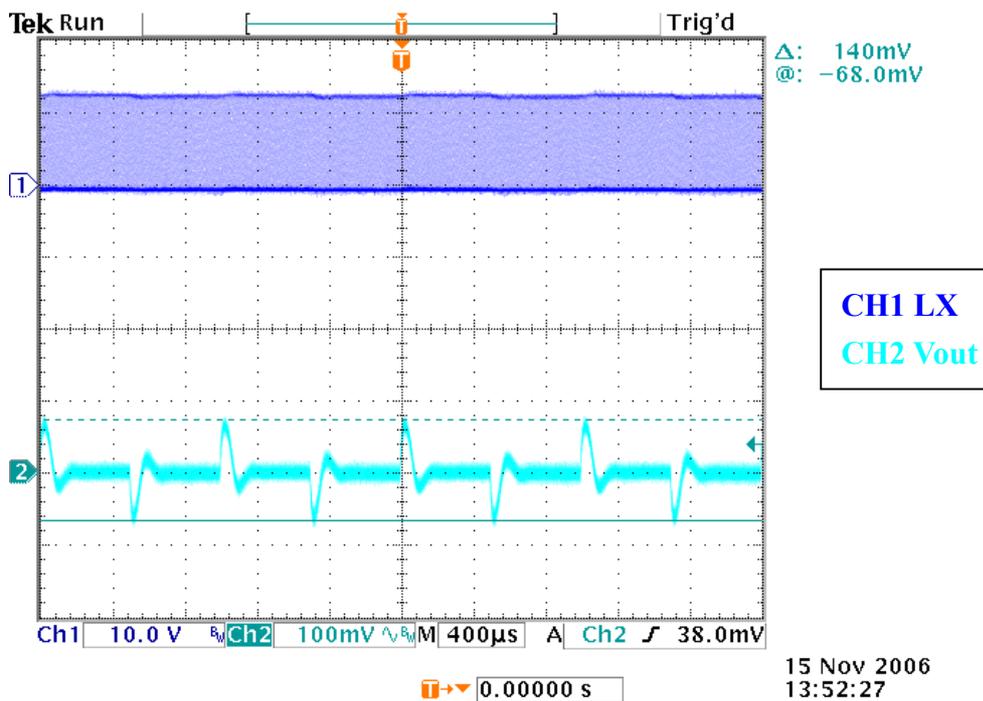
	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
	版別	A2		

5.量測波形：



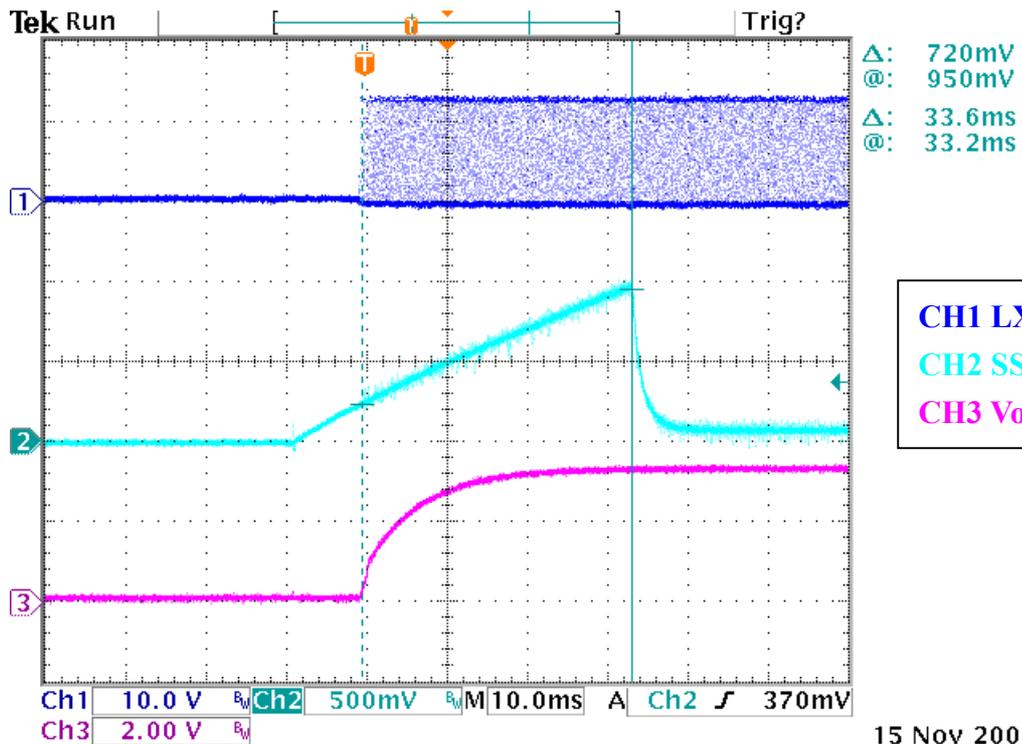
15 Nov 2006
13:49:51

PWM 與輸出漣波



15 Nov 2006
13:52:27

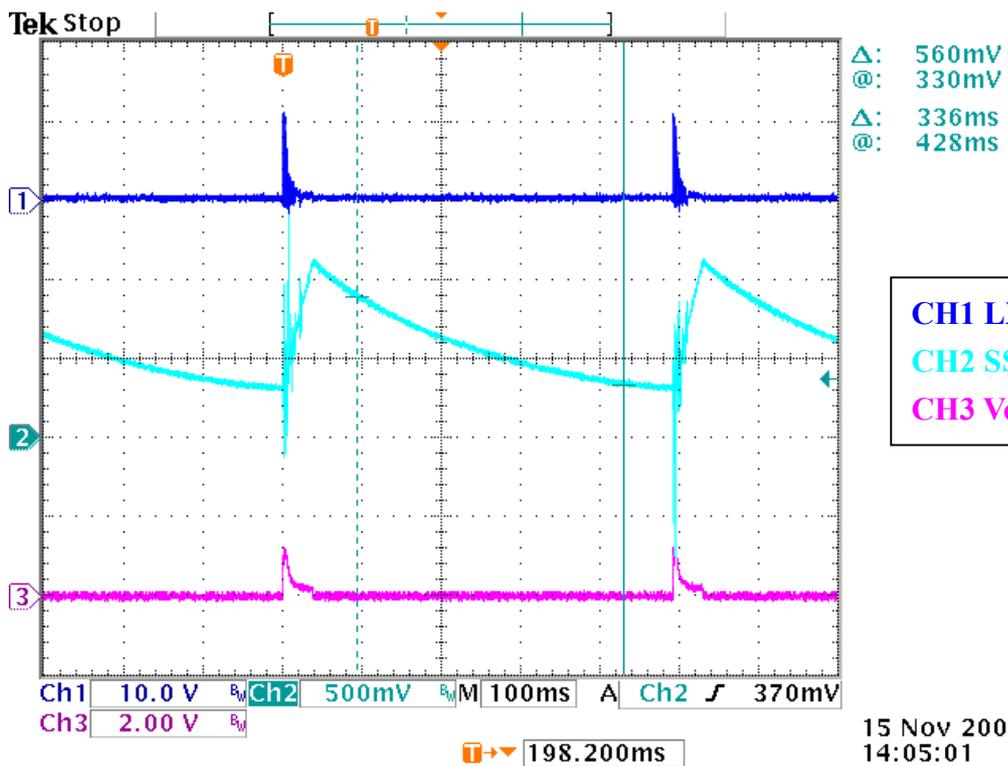
LX 與輸出漣波—動態抽載 1A->2A(500ms)



CH1 LX
CH2 SS/SCP
CH3 Vout

15 Nov 2006
14:03:30

PWM 與軟啓動關係



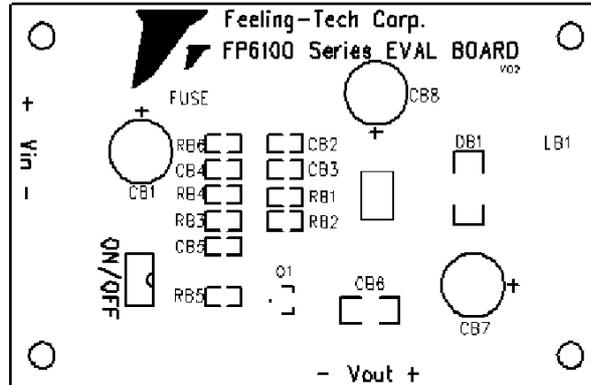
CH1 LX
CH2 SS/SCP
CH3 Vout

15 Nov 2006
14:05:01

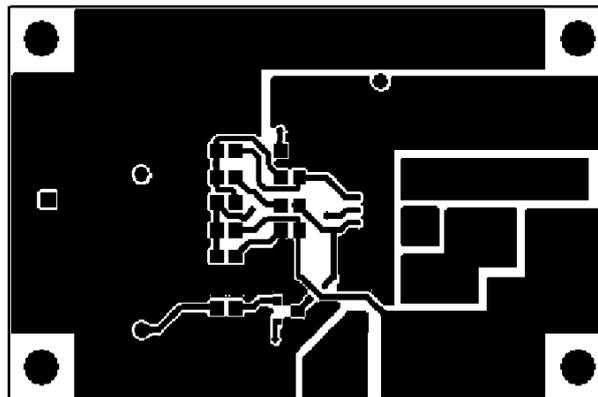
短路時 PWM 與輸出關係

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
	版別	A2		

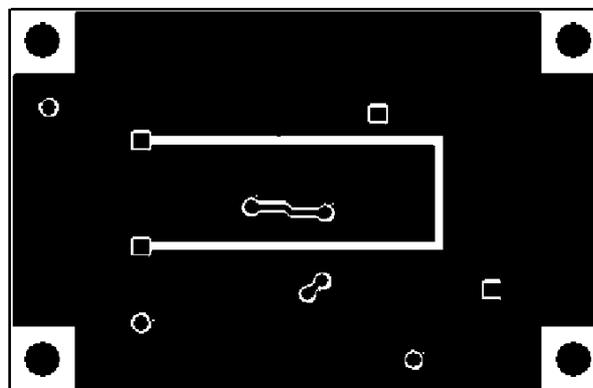
6. PCB 佈局



Silk Screen



Top Layer



Bottom Layer

	文件名稱		文件編號	
	FP6101 DC/DC 應用說明		PW-AN0024	
			版別	A2

7. FP6101 EVAL BOARD 零件表

Reference	Quantity	Description
CB1, CB8	2	330uF
CB2, CB5, CB6	3	0.1uF
CB3	1	0.47uF
CB4	1	2200pF
CB7	2	470uF
DB1	1	SK34
RB1	1	0Ω
RB2	1	1k
RB3	1	56k 1%
RB4	1	10K 1%
RB5	1	4.7K
LB1	1	20uH
Q1	1	3904
ICB1	1	FP6101

FP6101 EVAL Board Bill of Materials