

	文件名稱		文件日期	
	FP7208 應用說明		20170330	
			版別	V04

### 一般描述

FP7208 是一顆非同步升壓 LED 驅動 IC，控制外部開關 NMOS，輸入低啓動電壓 2.5V，工作電壓 4.5V， $V_{FB}$  反饋電壓 0.2V，反饋電壓低，取樣電阻功率損耗也降低，整體轉換效率提升。軟啓動時間透過外部電容調整，LED 開路保護透過外部電阻調整；調光控制 EN Pin，EN 內部有濾波器，可以實現線性與數位調光，內置過熱保護功能。

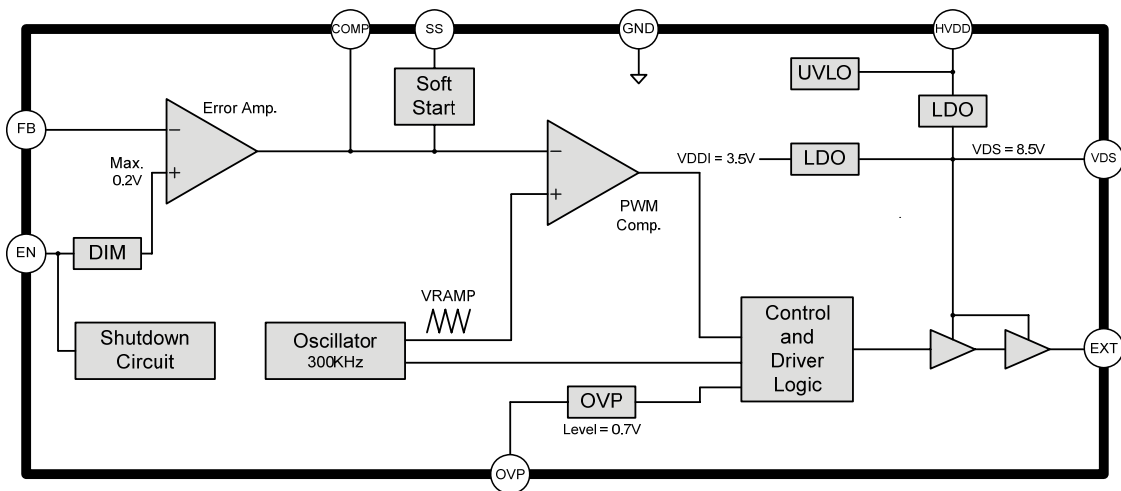
### 特色

- 啓動電壓 2.5V
- 工作電壓範圍 4.5V~24V
- $V_{FB}$  反饋電壓 0.2V
- 線性與數位調光控制
- 關機耗電流最大 6 $\mu$ A
- 固定工作頻率 300kHz
- 可調軟啓動時間
- LED 開路保護
- 過溫保護
- 封裝 SOP-8L(EP)

### 應用範圍

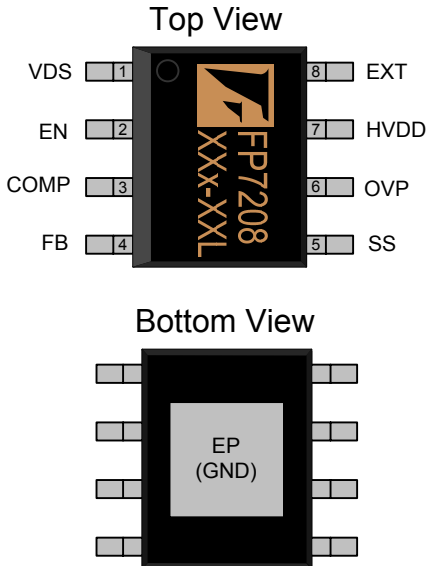
- LED 模組
- 顯示器背光
- 車燈
- 手持式照明

### IC 內部方塊圖



	文件名稱		文件日期	
	FP7208 應用說明		20170330	
			版別	V04

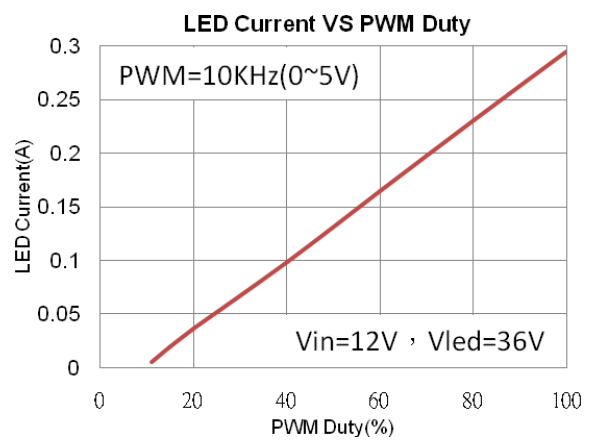
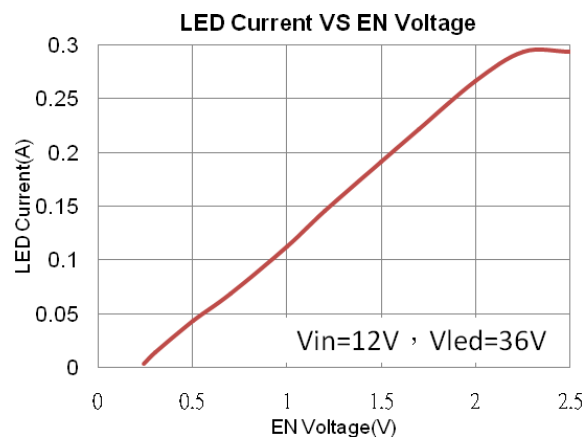
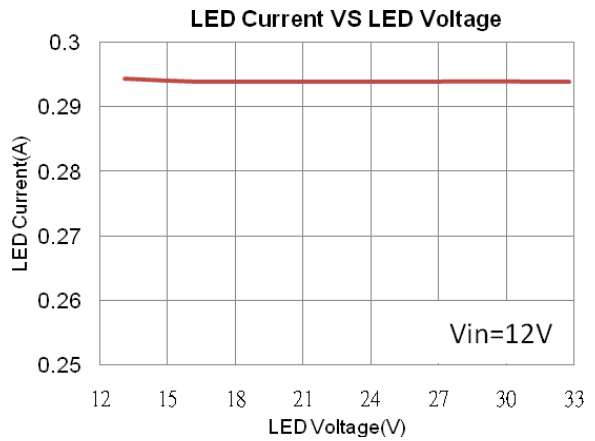
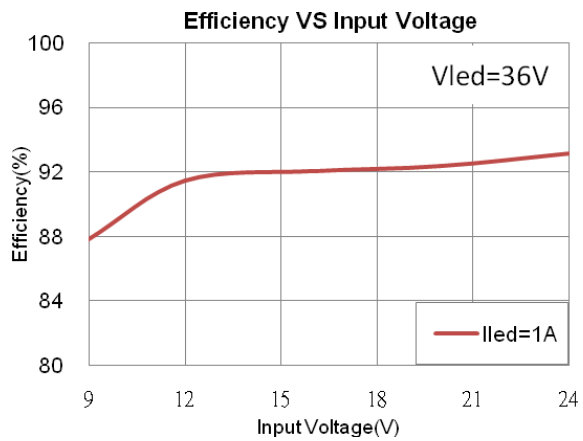
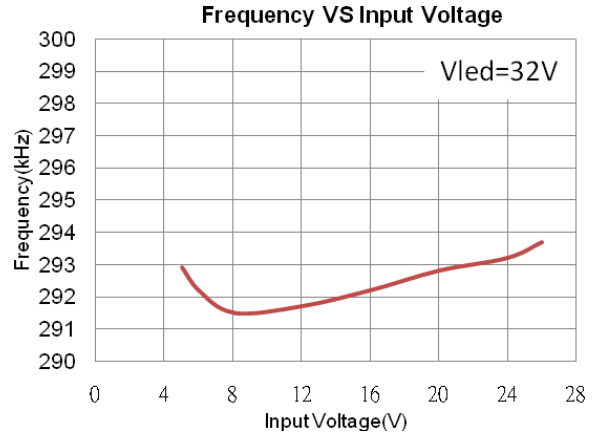
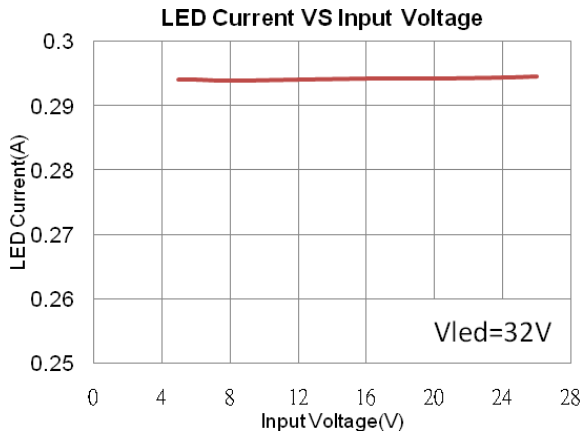
## PIN 腳描述

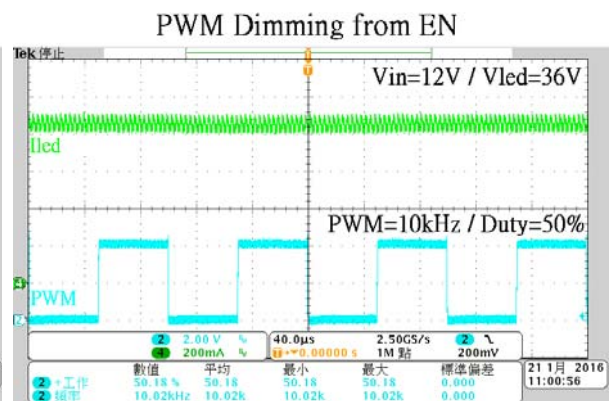
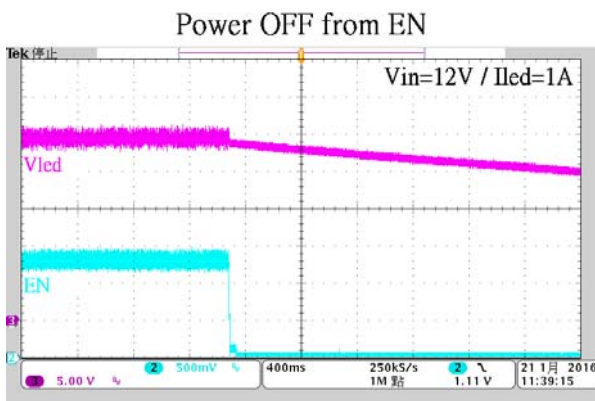
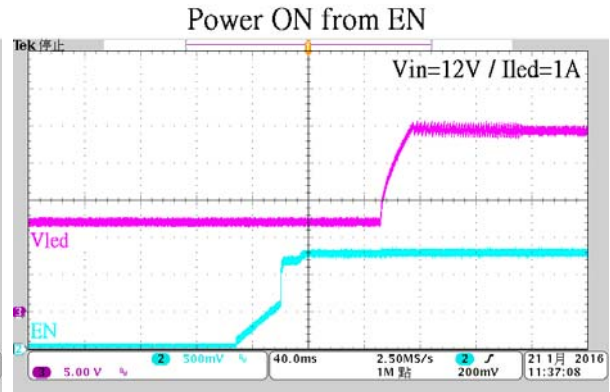
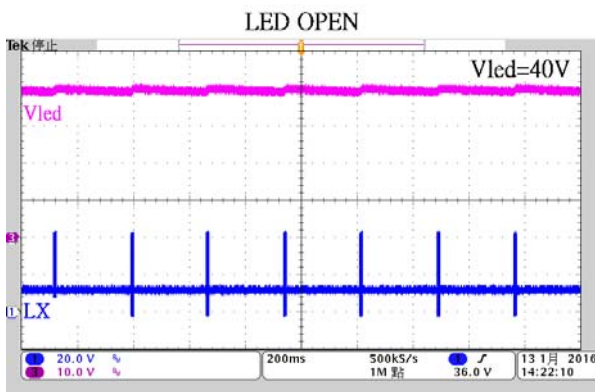
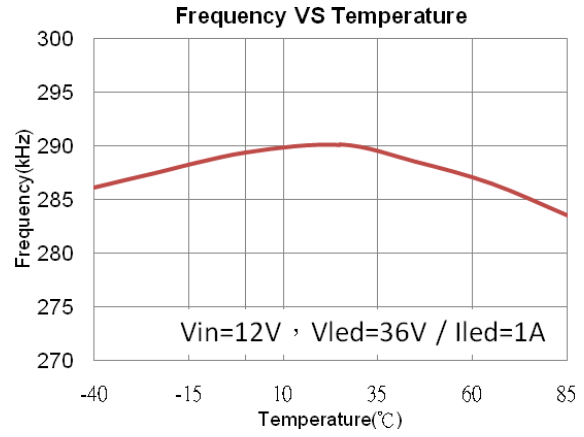
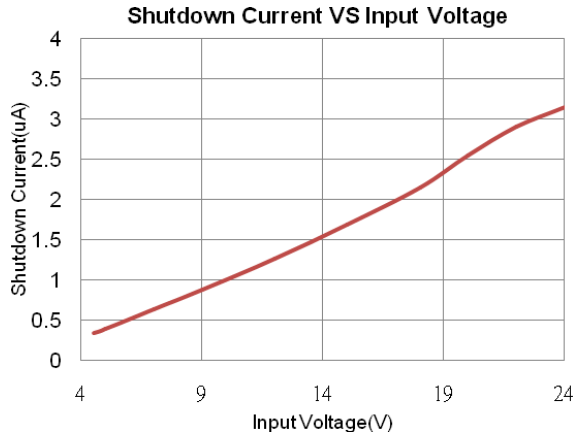



Name	No.	I/O	Description
VDS	1	P	產生 8.5V 提供內部電路與 EXT Pin 驅動 NMOS 閘極使用
EN	2	I	開關與調光控制
COMP	3	O	迴路補償腳
FB	4	I	反饋電壓
SS	5	I	軟啟動外部接電容調整時間
OVP	6	I	輸出過電壓保護，外部接電阻調整
HVDD	7	P	輸入電源，工作電壓 4.5V~24V
EXT	8	O	PWM 開關控制，連接到 NMOS 閘極
GND	9	P	底部散熱片是 IC 的地，一定要連接到地

	文件名稱		文件日期	
	FP7208 應用說明		20170330	
			版別	V04

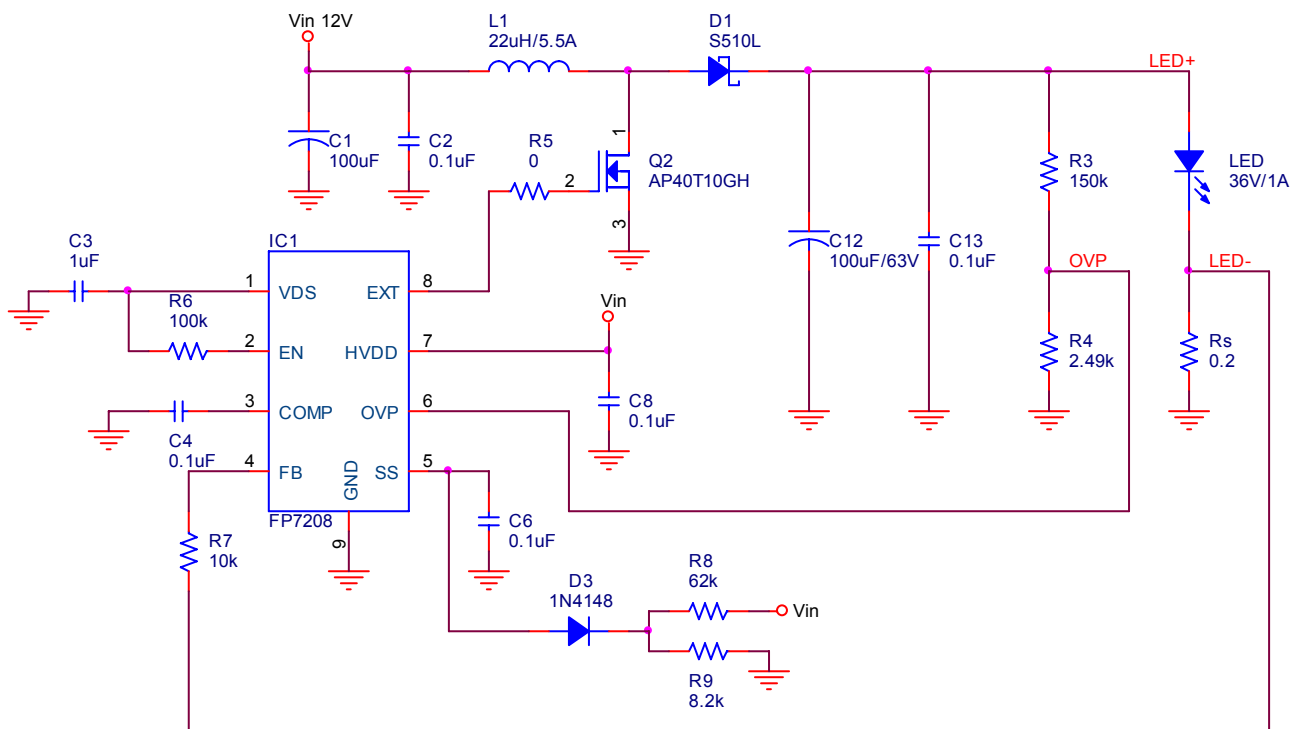
特性曲線






	文件名稱		文件日期	
	FP7208 應用說明		20170330	
			版別	V04

## 應用電路圖



## 應用元件

- C1,C12：輸入與輸出穩壓電容。
- C2,C8,C13：高頻雜訊濾波電容。
- C3：輸入電源接 HVDD 經過內部穩壓管到 VDS 產生 8.5V，此電壓會提供內部電路與 EXT Pin 驅動外部 Q2 的閘極，需要加穩壓電容。
- C4：系統的補償迴路，關係到系統的穩定度。
- C6：軟啓動電容，改變電容值調整啓動時間。
- L1：電感具有儲能與濾波功用，感值越大電感漣波越小，相對感值越小漣波越大。選用電感需注意電感是否適合高頻操作，及電感額定飽和電流值。
- D1：當 Q2 截止時，D1 蕭特基管導通提供電感放電迴路。
- Q2：使用內阻低的 NMOS，Drain 端高電壓等於輸出 36V，耐壓選用 36V 的 1.5 倍。
- R3、R4：分壓電阻設定 LED 開路保護電壓，電阻接在輸出端。
- R5：預留作為 EMI 對策。
- R6：接在 VDS 與 EN Pin 之間，將 EN 電壓提高超過 2.25V，讓 FB 電壓固定 0.2V。
- R7：如果 Rs 產生高壓突波，加限流電阻，防止 IC 損壞。
- Rs：取樣電阻接到 FB Pin，設定 LED 電流， $V_{FB}$  除以  $R_S$  就是 LED 電流。
- D3,R8,R9：輸入產生大電流電壓被拉低，把 SS 電壓拉低，限制佔空比，防止 L1,Q2 損壞。

	文件名稱		文件日期	
	FP7208 應用說明		20170330	
			版別	V04

## 功能說明

### a. 軟啓動

SS Pin 接電容到地，可調整軟啓動時間；當 IC 啓動時，利用軟啓動限制 PWM 佔空比大小，讓佔空比慢慢打開，避免瞬間輸入湧浪電流過大；內部定電流 1.5μA 對外部電容充電，SS 電壓 3.6V。

### b. EN 開關控制

EN 小於 0.07V 將 IC 完全關閉，關機 HVDD 最大耗電流 6μA，EN 大於 0.25V 啓動 IC，EXT Pin 送出 PWM 訊號。

### c. FB 電壓設定

不調光時，在 VDS 與 EN Pin 之間接 100kΩ，將 EN 電壓提升超過 2.25V，讓 FB 反饋電壓固定在 0.2V。

### d. 線性調光控制

直流電壓連接到 EN Pin 做調光控制，如下公式改變 EN 電壓，就能改變 FB 電壓，改變 LED 電流，EN 大於 0.25V 開始產生  $V_{FB}$ ，當 EN 等於 2.25V， $V_{FB}$  是 0.2V，EN 大於 2.25V，會被 IC 內部穩壓管限制住，即使 EN 到 5.5V， $V_{EN}$  都是用 2.25V 代入公式計算 LED 電流。

$$V_{FB} = \frac{V_{EN} - 0.25V}{10}, \quad I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_S}$$

### e. 數位調光控制

PWM 訊號連接到 EN Pin 做調光控制，EN 內部有濾波器，會將 PWM 濾波成直流，如下公式改變 PWM 佔空比(Duty)，就能改變內部  $V_{EN}(V_{EN}=V_{PWM} \times Duty)$ ，當  $V_{PWM}$  超過 2.25V 一樣會被內部穩壓管限制住，即使  $V_{PWM}$  到 5.5V， $V_{PWM}$  都是用 2.25V 代入公式計算 LED 電流。PWM 頻率建議大於 10kHz。

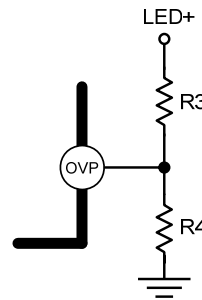
$$V_{FB} = \frac{V_{PWM} \times Duty - 0.25V}{10}, \quad I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_S}$$

	文件名稱		文件日期	
	FP7208 應用說明		20170330	
			版別	V04

#### f. 過電壓保護(OVP)

當 LED 開路，FB Pin 由取樣電阻  $R_s$  到地，FB 電壓 0V，EXT 會將佔空比開大，導致輸出電壓衝高，擊傷外部元件，將分壓電阻  $R_3$  與  $R_4$  接到 LED+ 與 OVP Pin，OVP 超過 0.7V 佔空比關閉，低於 0.7V 再打開，避免輸出電壓衝高，利用以下公式設定輸出  $V_{OVP}$ 。

$$V_{OVP} = 0.7V \left( 1 + \frac{R_3}{R_4} \right)$$



#### g. 過熱與過溫保護

IC 內部晶片溫度達到  $140^{\circ}\text{C}$ ，LED 電流降低，若溫度持續升高，電流會持續下降，晶片溫度達到  $150^{\circ}\text{C}$ ，將 IC 關閉，等溫度降低到  $130^{\circ}\text{C}$  再打開。

### 應用說明

#### a. 輸入低電壓應用

輸入電壓會低於 4.5V，像是單節鋰電池，將 HVDD Pin 接到輸出 LED+，並且注意 LED 開路 OVP 電壓設定不能超過 HVDD 工作電壓 24V；輸入 4.5V~8.5V，且考量 OVP 電壓接近或超過 24V，將輸入電壓接 HVDD 與 VDS Pin，可以提升轉換效率；輸入高於 8.5V，只接到 HVDD。

#### b. 電感計算

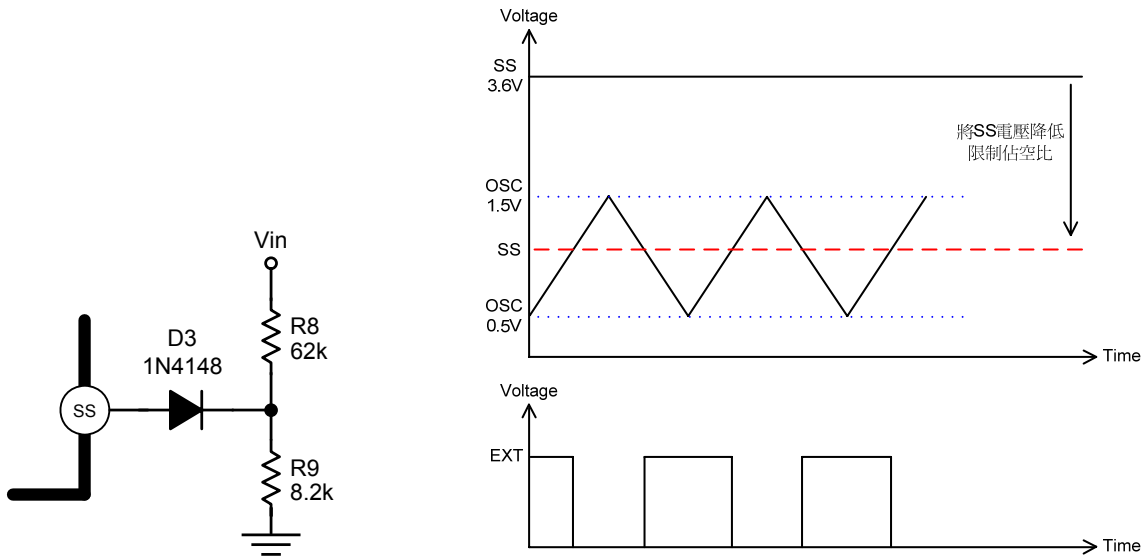
電感值計算公式， $V_{in}$  輸入電壓， $V_{out}$  輸出電壓， $F_s$  工作頻率， $I_{out(max)}$  輸出最大電流， $Eff$  轉換效率， $r$  電感峰對峰值  $\Delta I_L$  與電感平均電流的比(一般設定在 0.3~0.5)。舉例： $V_{in}=12V$ 、 $V_{out}=36V$ 、 $I_{out}=1A(max)$ 、 $F_s=300kHz$ 、 $Eff=90\%$ 、 $r=0.4$ ，代入公式求得電感  $L=20\mu H$ ，選用  $22\mu H$ 。

$$L = \left( \frac{V_{in}}{V_{out}} \right)^2 \left( \frac{V_{out} - V_{in}}{F_s \times I_{out(max)}} \right) \left( \frac{Eff}{r} \right)$$

	文件名稱	文件日期
	FP7208 應用說明	20170330
		版別

### c. 輸入低電壓與限流保護

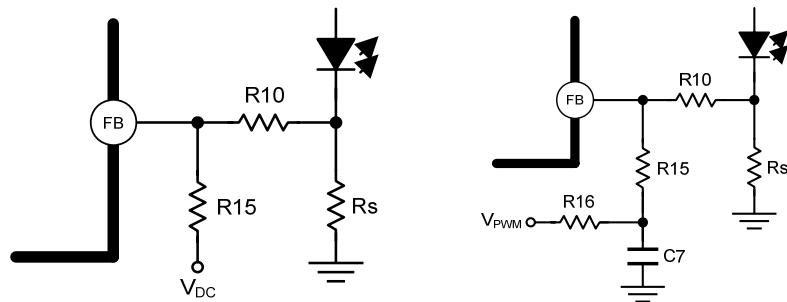
當輸入電壓降低，電流增加，導致 Q2(NMOS)過熱，在 Vin 與 SS 之間加電路，如下 SS 正常為 3.6V，IC 內部 OSC 震盪器最低 0.5V，最高 1.5V，Vin 降低 SS 電壓透過 D2 被拉低於 1.5V，EXT Pin PWM 最大佔空比被 SS 電壓限制，Vin 越低 SS 電壓越低，佔空比越小，限制住輸入電流。



### d. FB Pin 調光控制

調光也可以透過 FB Pin，提供直流與 PWM 訊號，改變 V<sub>DC</sub> 與 V<sub>PWM</sub> Duty，就會調整 LED 電流，電路與公式如下。

$$I_{LED} = \frac{V_{FB} - \frac{R_{10} \times (V_{DC} - V_{FB})}{R_{15}}}{R_S} \quad , \quad I_{LED} = \frac{V_{FB} - \frac{R_{10} \times (V_{PWM} \times Duty - V_{FB})}{R_{15} + R_{16}}}{R_S}$$

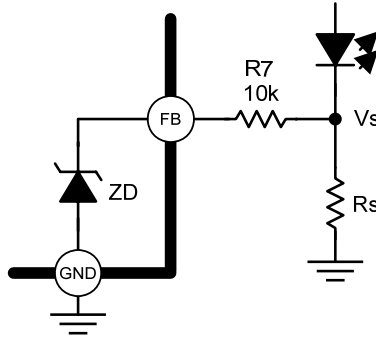




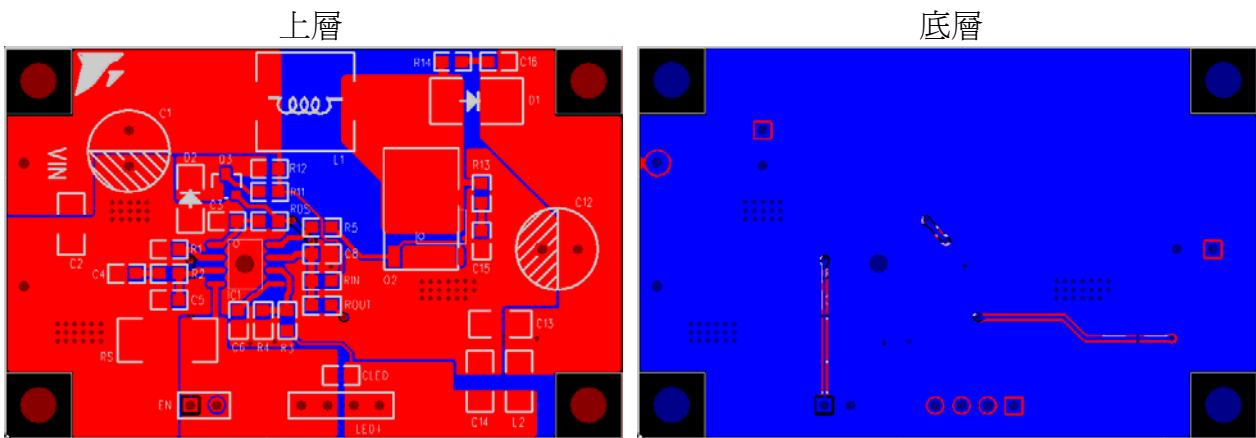
	文件名稱	文件日期
	FP7208 應用說明	20170330
		版別

### e. FB Pin 保護電路

LED 短路 Vs 電壓衝高，超過 FB Pin 耐壓會造成 IC 損壞，在 FB 與 Rs 之間加 R7 限流，IC 內部 FB 到 GND 有穩壓管 ZD，防止 IC 損壞。



### f. 佈板說明

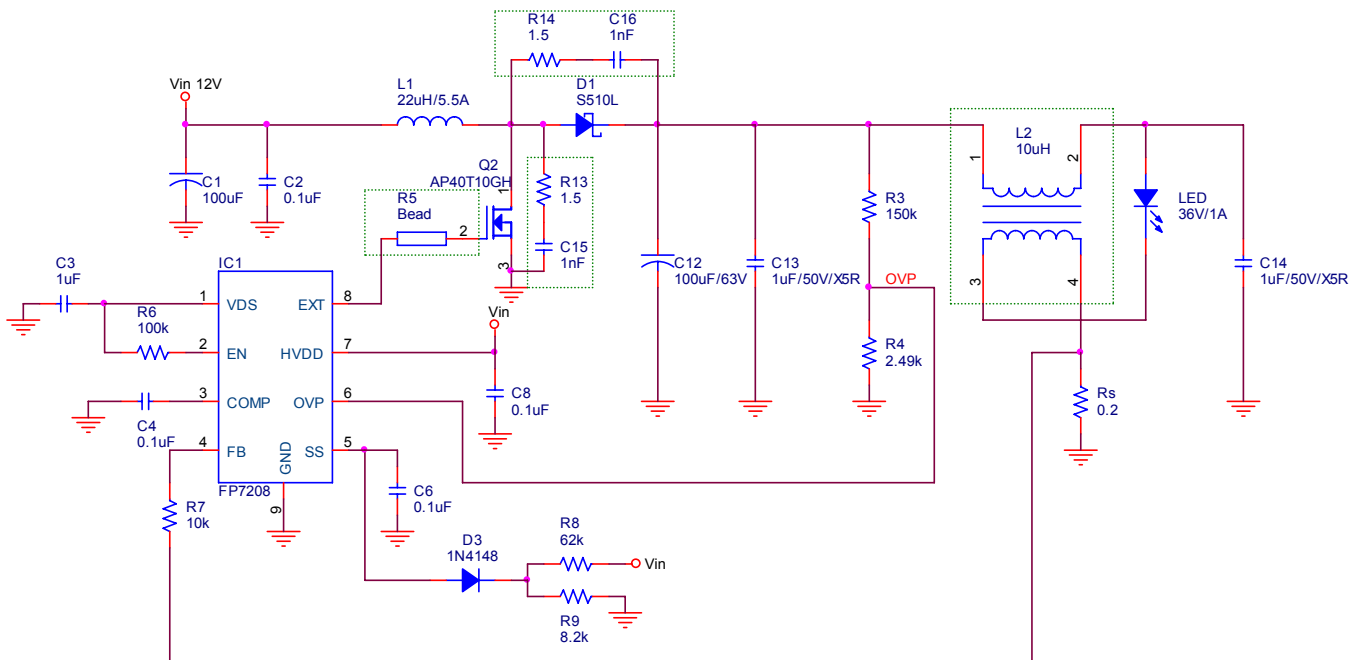


- 大電流路徑走線要粗，鋪銅走線最佳。
- 開關切換連接點 L1、Q2 的 Drain 與 D1，走線要短與粗，鋪銅走線最佳。
- 輸入電容 C8 靠近 HVDD 與 GND Pin，達到穩壓與濾波功效。
- 取樣電阻 Rs 靠近 FB 與 GND Pin。
- FB Pin 遠離開關切換點 L1、Q2 的 Drain 與 D1，避免受到干擾。
- 輸入電容 C1,C2 的地、輸出電容 C12,C13 與 Q2 的地，鋪銅走線，上下層地多打洞連接。
- 輸出電容 C12,C13 的地一定要靠近 Q2 的地，可以降低開關切換突波，降低輸出高頻雜訊。
- 板子多餘空間建議鋪地。

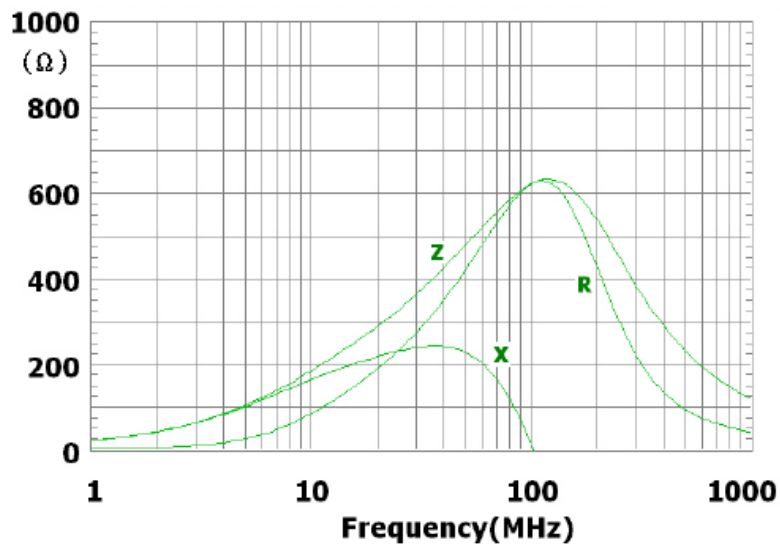
	文件名稱	文件日期	
	FP7208 應用說明		20170330
	版別	V04	

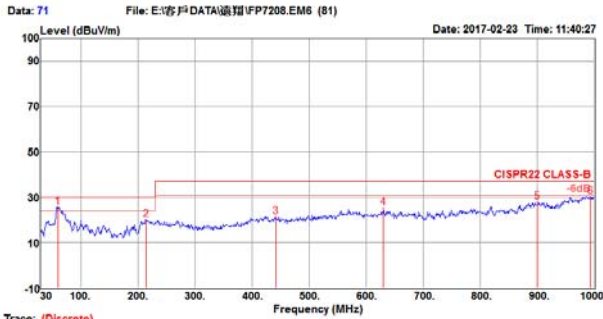
### g. EMI 對策

R5 使用磁珠規格如下，R13 與 C15 兩者靠近，且要靠近 Q2 的 Drain 與 Source；R14 與 C16 兩者靠近，且要靠近 D1，輸出電容 C13 的地一定要靠近 Q2 地，L2 使用共模電感。測試輸入電源線短，輸出接 10 串白光 LED，如下測試結果垂直與水平都通過。



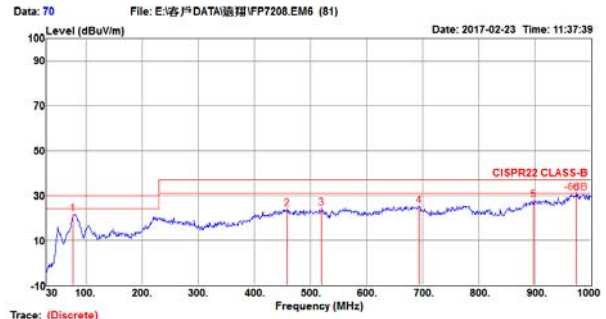
磁珠 FI321611U601





Trace: (Discrete)  
Condition: CISPR22 CLASS-B 10m 05 1G ANT-1511 VERTICAL  
Eut :  
Mode :  
Power :  
Memo 5-1 :  
Memo 5-2 :

	Freq	Level	Limit	Over	Read	CableAntenna	Preamp	A/Pos	T/Pos	Remark	Pol/Phase
	MHz	dBuV/m	dBuV/m	dB	dBuV	dB	dB/m	dB	cm	deg	
1	60.07	25.78	30.00	-4.22	43.74	0.74	13.70	32.40	100	295 Peak	VERTICAL
2	214.30	20.28	30.00	-9.72	34.06	1.40	16.79	32.33	100	179 Peak	VERTICAL
3	441.28	21.48	37.00	-15.52	34.92	2.07	23.12	32.30	100	360 Peak	VERTICAL
4	630.43	25.31	37.00	-11.69	34.94	2.44	25.83	32.40	100	46 Peak	VERTICAL
5	900.09	27.95	37.00	-9.05	34.03	2.91	27.70	31.69	100	330 Peak	VERTICAL
6	993.21	30.26	37.00	-6.74	33.37	3.16	28.53	30.80	100	354 Peak	VERTICAL



Trace: (Discrete)  
Condition: CISPR22 CLASS-B 10m 05 1G ANT-1511 HORIZONTAL  
Eut :  
Mode :  
Power :  
Memo 5-1 :  
Memo 5-2 :

	Freq	Level	Limit	Over	Read	CableAntenna	Preamp	A/Pos	T/Pos	Remark	Pol/Phase
	MHz	dBuV/m	dBuV/m	dB	dBuV	dB	dB/m	dB	cm	deg	
1	77.53	21.93	30.00	-8.07	50.76	0.84	13.43	32.42	100	162 Peak	HORIZONTAL
2	458.74	24.19	37.00	-12.81	35.14	2.11	23.36	32.30	100	185 Peak	HORIZONTAL
3	519.85	24.26	37.00	-12.74	35.05	2.22	24.31	32.32	100	171 Peak	HORIZONTAL
4	693.48	25.45	37.00	-11.55	34.37	2.54	25.92	32.38	100	12 Peak	HORIZONTAL
5	897.18	27.96	37.00	-9.04	34.23	2.91	27.68	31.71	100	310 Peak	HORIZONTAL
6	973.81	31.20	37.00	-5.80	34.05	3.07	28.33	31.00	100	360 Peak	HORIZONTAL

### h. LED 短路保護

LED+/LED-短路，Q5 關閉，Q4 閘極電壓為零，Q4 關閉後斷開短路路徑；計算好 Q4 V<sub>GS</sub> 最大電壓，ZD1 可以不接，V<sub>GS</sub> 要與選用 NMOS 匹配，低導通阻抗；Q4 內阻 ≤ 40mΩ 才能有效保護。

