	文件名稱		文件日期
	FP7209 應用說明		20180425
			版別

一般描述

FP7209 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 2.8V，工作電壓 5V， V_{FB} 反饋電壓 0.25V，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，LED 短路保護透過 SC 控制 NMOS；調光控制 DIM Pin，DIM 內部有濾波器，可以實現線性與數位調光；輸入透過分壓電阻接到 EN pin，可以控制 FP7209 啓動與關閉電壓準位；有過電流保護，避免開關 NMOS 電流過大造成損壞；內置過熱保護功能。

特色

- 啓動電壓 2.8V
- 工作電壓範圍 5V~24V
- V_{FB} 反饋電壓 0.25V
- 線性與數位調光控制
- 關機耗電流最大 6 μ A
- 固定工作頻率 150kHz/ SOP-8L(EP)
- 可調工作頻率 100kHz ~ 1000kHz/ TSSOP-14L
- 可調軟啓動時間/ TSSOP-14L
- 可調輸入低電壓保護(UVP)/ TSSOP-14L
- LED 開路保護(OVP)
- LED 短路保護(SCP)/ TSSOP-14L
- 開關 NMOS 過電流保護(OCP)
- 過溫保護(OTP)
- 封裝 SOP-8L(EP), TSSOP-14L(EP)

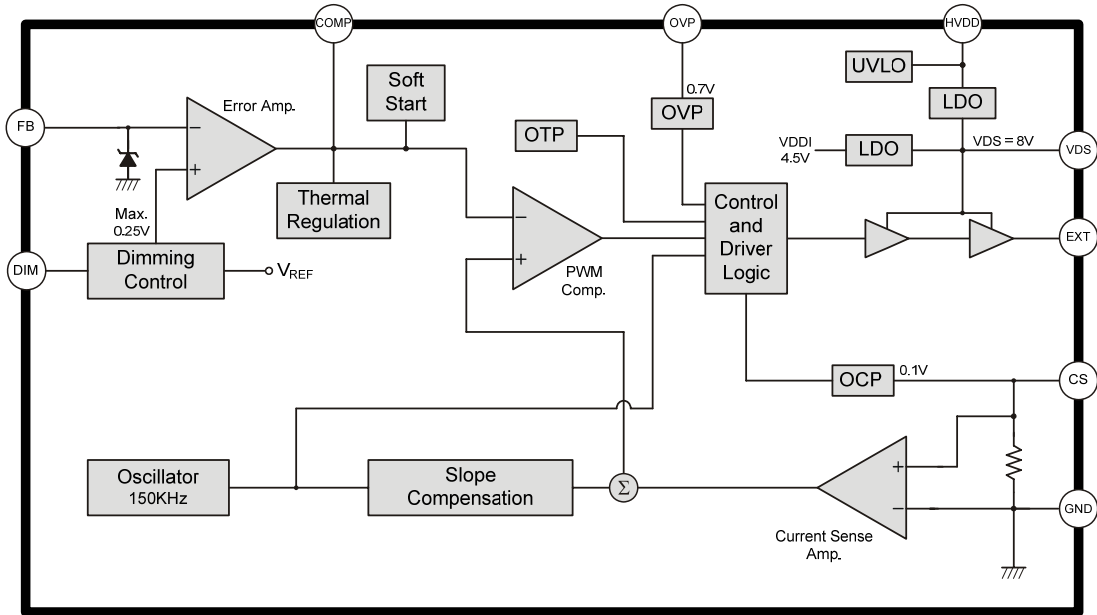
應用範圍

- LED 模組
- 顯示器背光
- 車燈
- 手持式照明

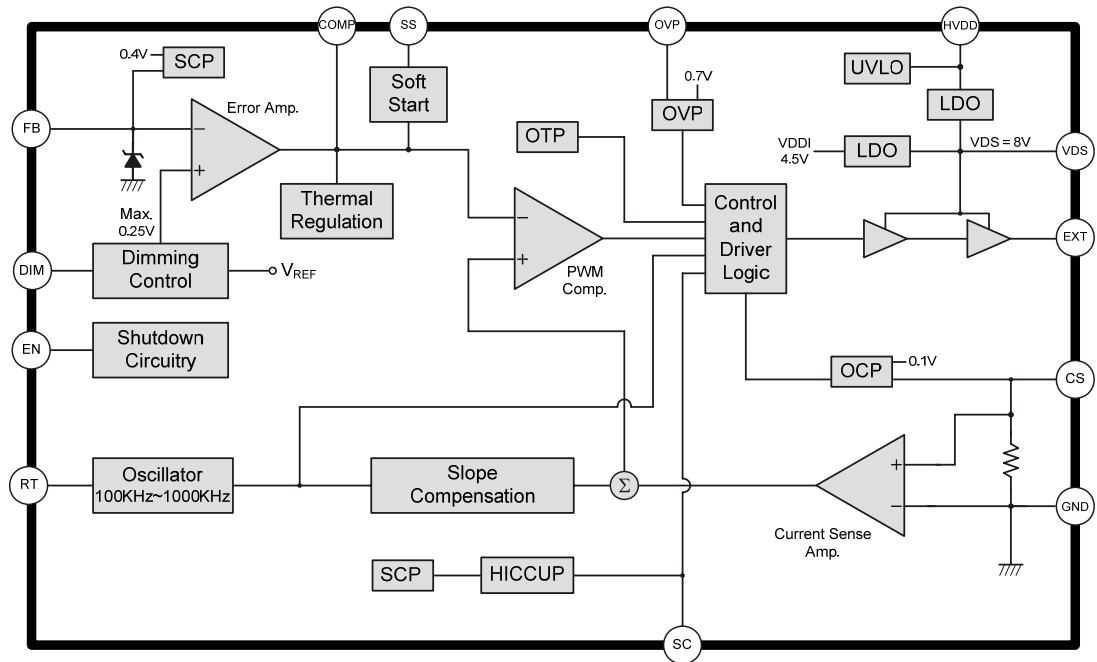
	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

IC 內部方塊圖

SOP-8L(EP)



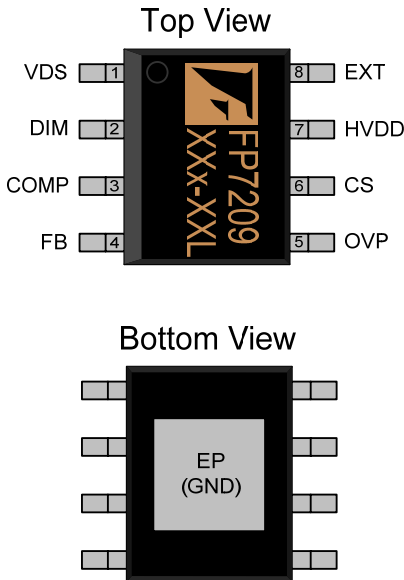
TSSOP-14L



	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

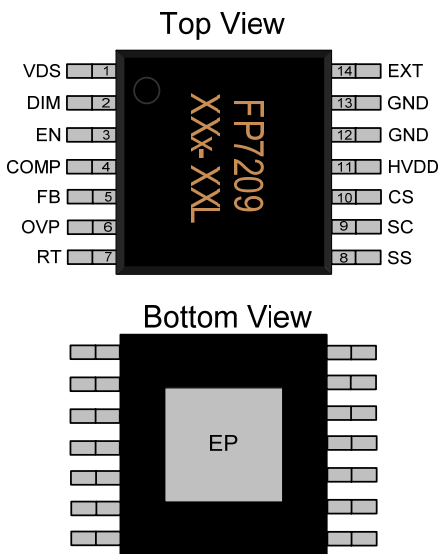
PIN 腳描述

SOP-8L(EP)



Name	No.	I/O	Description
VDS	1	P	產生 8V 提供內部電路與 EXT Pin 驅動 NMOS 閘極使用
DIM	2	I	開關與調光控制
COMP	3	O	迴路補償腳
FB	4	I	反饋電壓
OVP	5	I	輸出過電壓保護，外部接電阻調整
CS	6	I	電感峰值電流檢測與過電流偵測
HVDD	7	P	輸入電源，工作電壓 5V~24V
EXT	8	O	PWM 開關控制，連接到 NMOS 閘極
GND	9(EP)	P	底部散熱片是 IC 的地，一定要連接到地

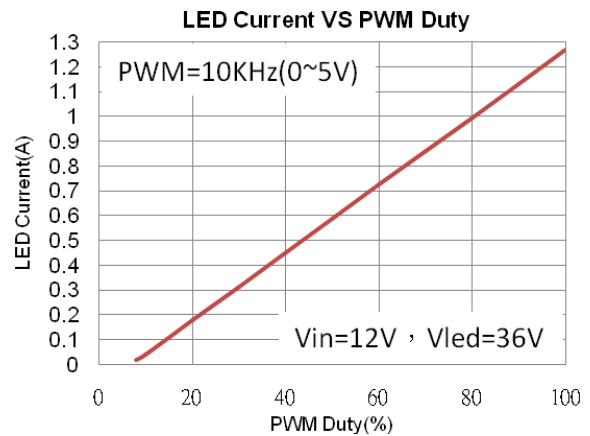
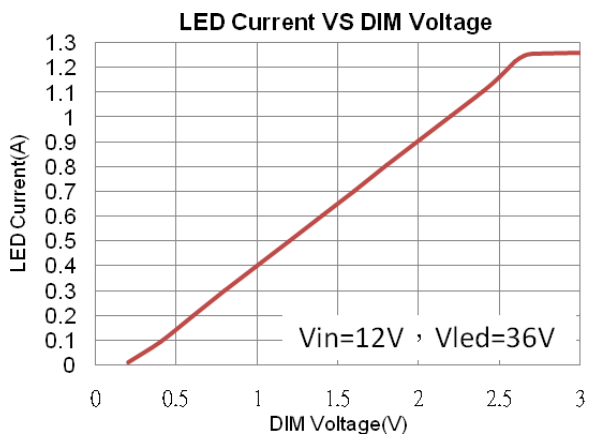
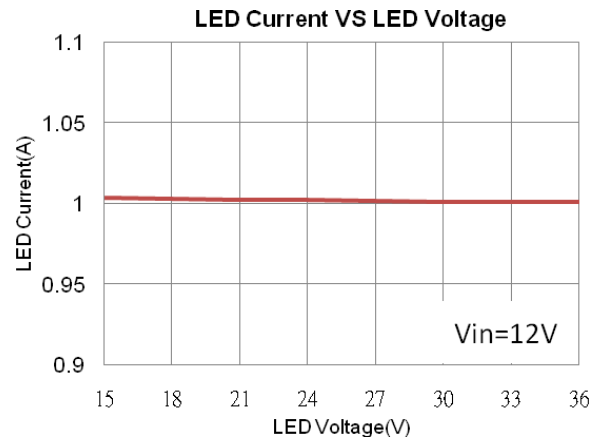
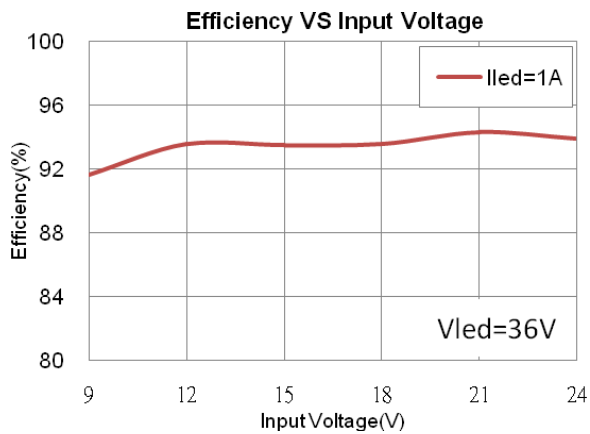
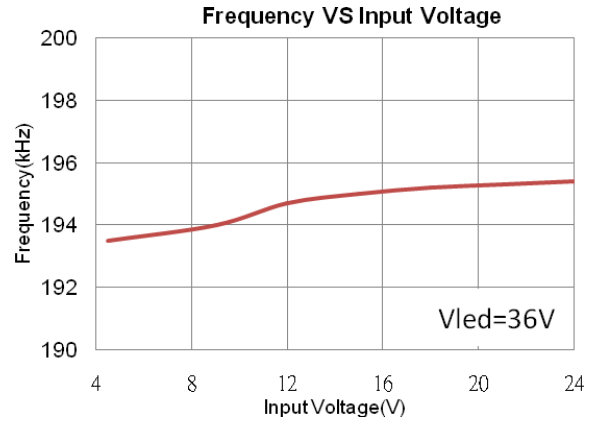
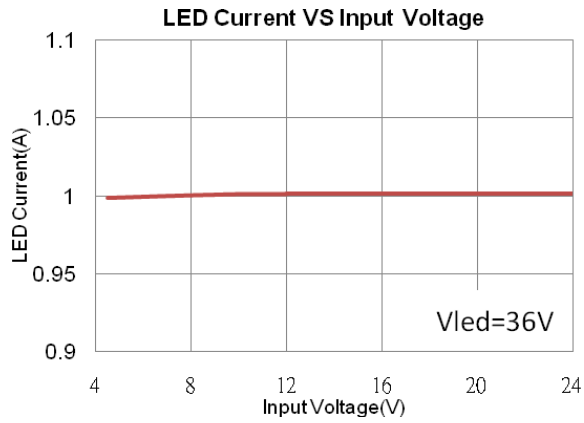
TSSOP-14L

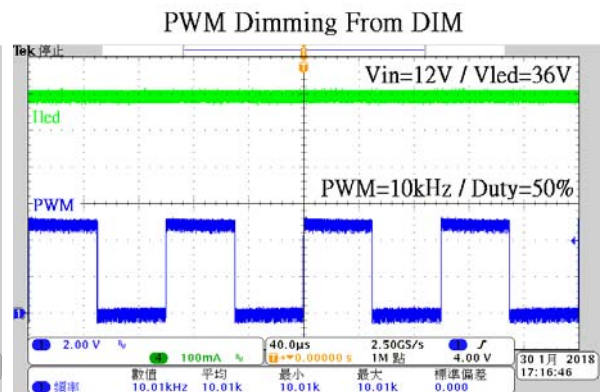
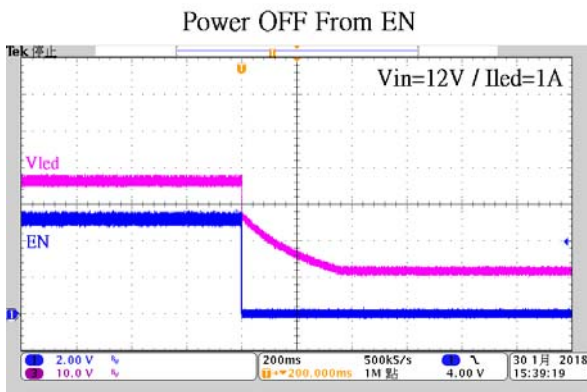
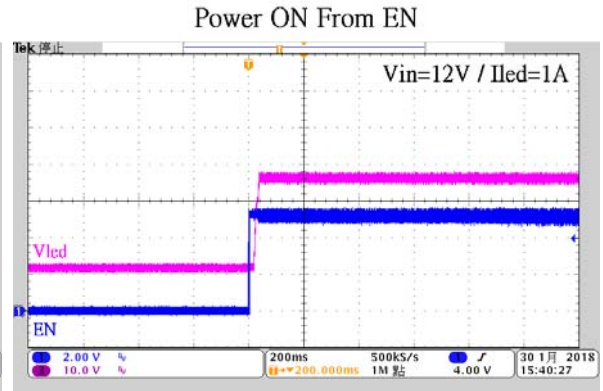
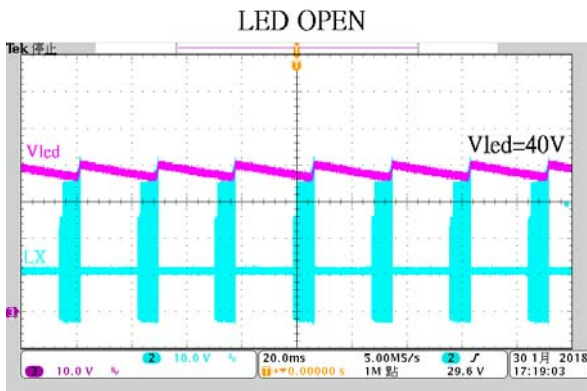
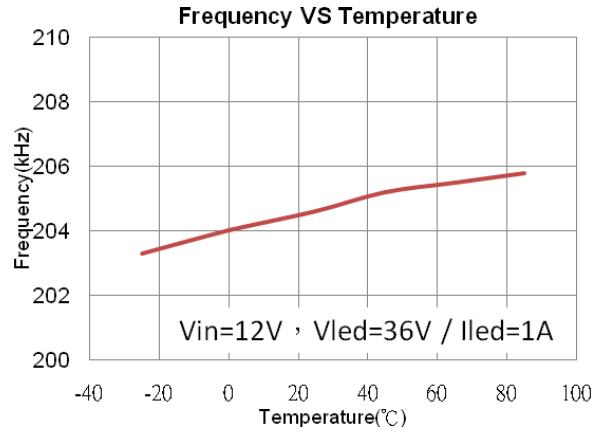
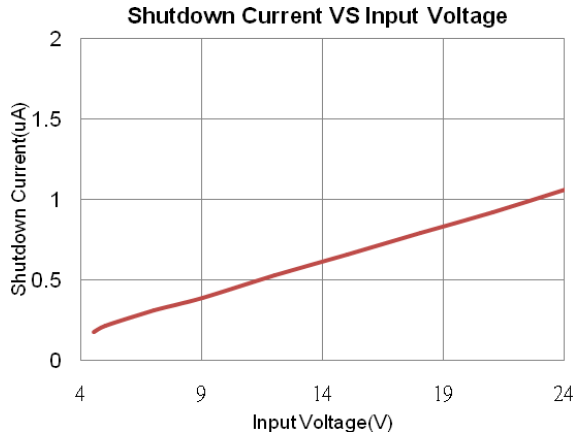


Name	No.	I/O	Description
VDS	1	P	產生 8V 提供內部電路與 EXT Pin 驅動 NMOS 閘極使用
DIM	2	I	線性與數位調光控制，開關控制
EN	3	I	開關控制
COMP	4	O	迴路補償腳
FB	5	I	反饋電壓
OVP	6	I	輸出過電壓保護，外部接電阻調整
RT	7	I	工作頻率外部接電阻調整
SS	8	I	軟啟動外部接電容調整時間
SC	9	O	LED 短路保護控制
CS	10	I	電感峰值電流檢測與過電流偵測
HVDD	11	P	輸入電源，工作電壓 5V~24V
GND	12	P	IC 的地
GND	13	P	IC 的地
EXT	14	O	PWM 開關控制，連接到 NMOS 閘極
EP	15	-	Exposed PAD 接到地

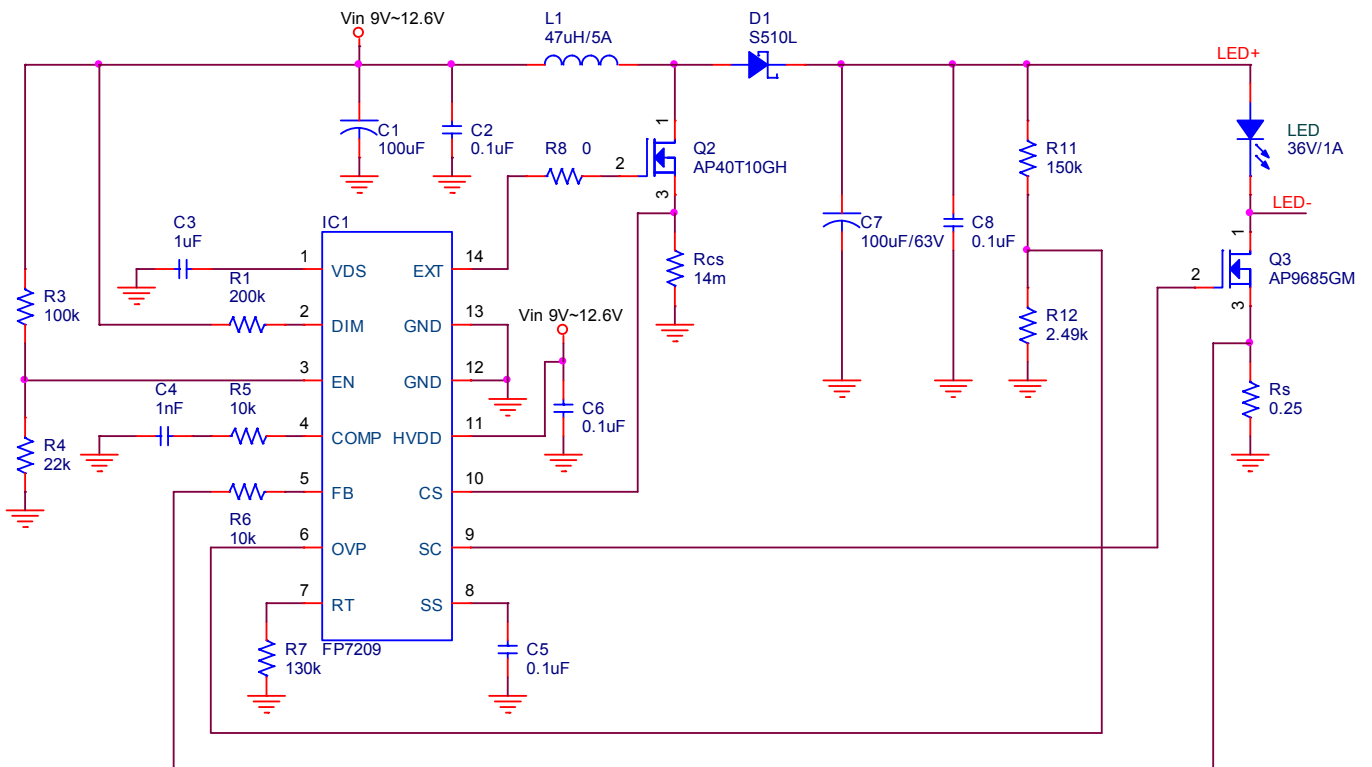
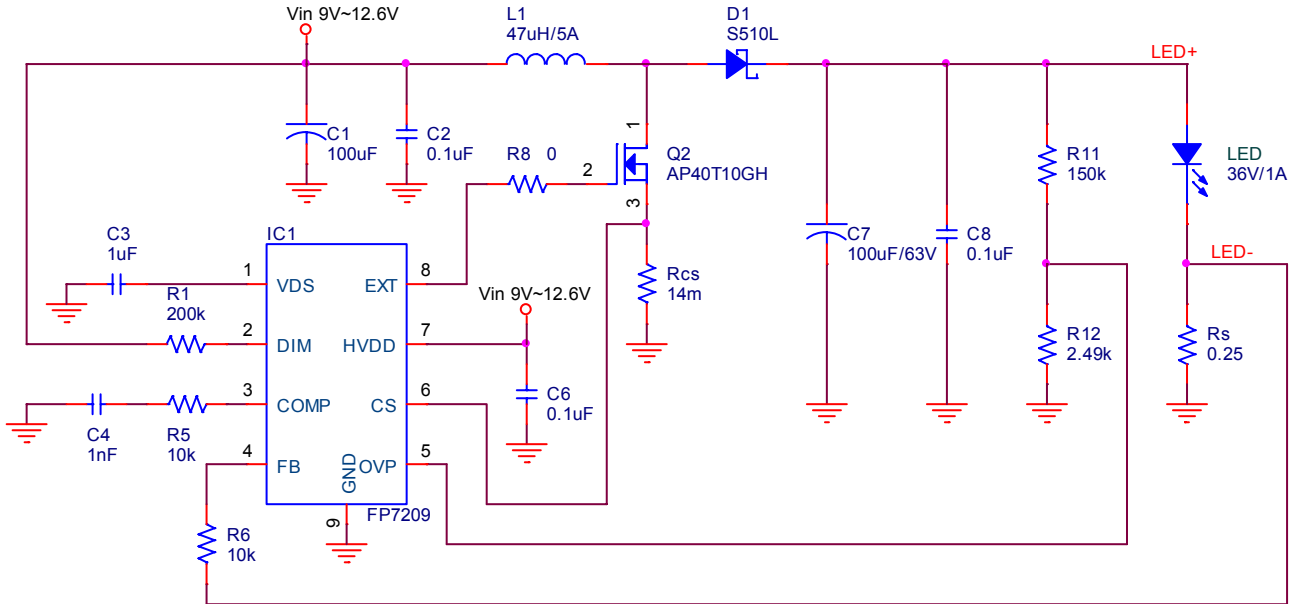
	文件名稱	文件日期
	FP7209 應用說明	20180425
		版別


特性曲線





應用電路圖



	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

應用元件

- C1,C7：輸入與輸出穩壓電容。
- C2,C6,C8：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 8V，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,R5：系統的補償迴路，關係到系統的穩定度。
- C5：軟啟動電容，改變電容值調整啟動時間。
- 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。
- Q3：LED 短路保護 NMOS，發生短路阻隔大電流路徑。
- R1：接在 Vin 與 DIM Pin 之間，將 DIM 電壓提高超過 2.7V，讓 FB 電壓固定 0.25V。
- R3、R4：分壓電阻設定 FP7209 開啓與關閉電壓。
- R6：FB 內部穩壓管限流電阻，避免高壓大電流將 FB 內部元件擊傷。
- R7：調整工作頻率，電阻不接(懸空)，預設頻率 150kHz。
- R8：預留作為 EMI 對策。
- R11,R12：分壓電阻設定輸出過電壓保護。
- Rcs：電感峰值檢測與過電流偵測電阻。
- Rs：取樣電阻接到 FB Pin，設定 LED 電流， V_{FB} 除以 R_S 等於 LED 電流。

	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

功能說明

a. 軟啟動

SS Pin 接電容到地，可以調整軟啟動時間；當 FP7209 啟動時，利用軟啟動限制 EXT pin 的 PWM 佔空比大小，讓佔空比緩慢打開，避免瞬間輸入湧浪電流過大；內部定電流 3.5μA 對外部電容充電。

b. EN 開關控制

EN Pin 透過分壓電阻連接到 Vin，可以調整 FP7209 開啓與關閉電壓，當 EN 超過 1.5V 開啓，EN 低於 1.3V 關閉，遲滯電壓 0.2V 可以避免 IC 反覆開關；EN 低於 1.3V 時 EXT PWM 訊號、VDS 電壓、SC 訊號都會被關閉，HVDD 耗電流小於 6μA；若不設定開啓與關閉電壓，EN 與 Vin 之間接 200kΩ，此外 EN Pin 不能空接(懸空)。

c. FB 電壓設定

不調光時，在 Vin 與 DIM 之間接 200kΩ，將 DIM 電壓提升超過 2.7V，讓 FB 反饋電壓固定在 0.25V，DIM Pin 不能空接(懸空)。

d. 線性調光控制

直流電壓連接到 DIM Pin 做調光控制，如下公式改變 DIM 電壓，就能改變 FB 電壓，調整 LED 電流， V_{DIM} 大於 0.2V 開始產生 V_{FB} ，當 V_{DIM} 等於 2.7V， V_{FB} 是最大 0.25V， V_{DIM} 大於 2.7V，會被 DIM 內部穩壓管限制在 2.7V，即使 V_{DIM} 到 5.5V，都是用 2.7V 代入公式計算 LED 電流； V_{DIM} 低於 0.09V，FP7209 完全關閉，HVDD 耗電流低於 6μA。

$$V_{FB} = \frac{V_{DIM} - 0.2V}{10}, \quad I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_S}$$

e. 數位調光控制

PWM 訊號連接到 DIM Pin 調光控制，DIM 內部先有穩壓管限制最高電壓 2.7V，再經過濾波器將 PWM 濾成直流，如下公式，改變 PWM 佔空比(Duty)，就能改變內部 $V_{DIM}(V_{DIM}=V_{PWM} \times Duty)$ ，當 V_{PWM} 振幅超過 2.7V 被內部穩壓管限制在 2.7V，即使 V_{PWM} 到 5.5V， V_{PWM} 都是用 2.7V 代入公式計算 LED 電流；PWM 佔空比 7.4%~100%， V_{FB} 是 0V~0.25V。PWM 頻率建議大於 10kHz。

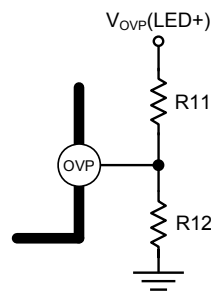
$$V_{FB} = \frac{V_{PWM} \times Duty - 0.2V}{10}, \quad I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_S}$$

	文件名稱	文件日期
	FP7209 應用說明	20180425
		版別

f. 過電壓保護(OVP)

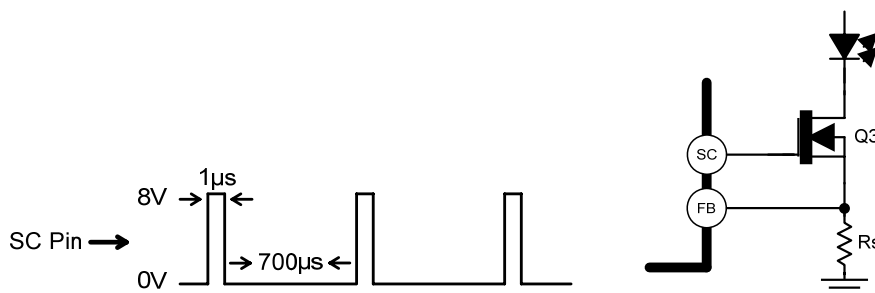
當 LED 開路，FB Pin 由取樣電阻 R_s 到地，FB 電壓 0V，EXT 會將佔空比開大，導致輸出電壓衝高，擊傷升壓元件，將分壓電阻 R_{11} 與 R_{12} 接到 LED+ 與 OVP Pin，OVP Pin 超過 0.7V 佔空比關閉，低於 0.7V 再打開，避免輸出電壓衝高，利用以下公式設定輸出 V_{OVP} 。

$$V_{OVP} = 0.7V \times \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{12}} \right)$$



g. 短路保護(SCP)

LED 發生短路，大電流流過 Q_3 與 R_s ， R_s 連接到 FB Pin，當 FB 超過 0.4V(中心值)，SC 會下拉將 Q_3 關閉，停止 700 μ s 再打開(停止 700 μ s 時也會將 EXT 訊號關閉)，若 FB 仍超過 0.4V 持續以上動作，若 FB 低於 0.4V，恢復正常 SC=8V 讓 Q_3 導通。



h. 過熱與過溫保護

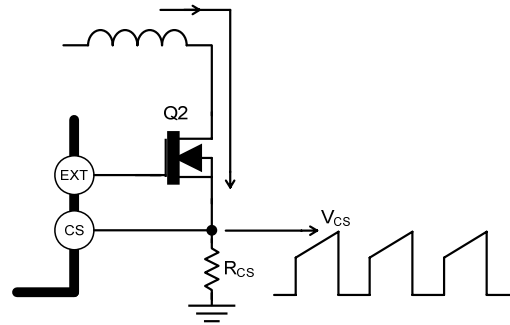
IC 內部晶片溫度達到 135 $^{\circ}$ C，LED 電流開始降低，若溫度持續升高，電流會持續下降，晶片溫度達到 150 $^{\circ}$ C，將 EXT 訊號關閉，直到晶片溫度降低為 130 $^{\circ}$ C 再將 EXT 打開。

i. 過電流保護

過電流檢測電阻 R_{cs} 連接 Q_2 S 端與地之間， Q_2 打開電感電流通過 R_{cs} 產生 V_{cs} ，CS 檢測 V_{cs} 峰值電壓，以下公式計算 R_{cs} ，0.092V 是 CS 檢測電壓下限值， I_{LP} 是電感峰值電流，常數 1.3 是提供 30% 的誤差範圍，避免 R_{cs} 、電感、頻率誤差，而誤觸發過電流保護。當觸發過電流保護，EXT 佔空比會縮小，限制電感電流，避免 Q_2 損傷。

	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

$$R_{cs}(\Omega) = \frac{0.095V}{I_{LP}(A) \times 1.3}$$



電感平均電流(輸入電流)

$$I_{Lavg} = \frac{V_{out} \times I_{out(max)}}{V_{in} \times Eff}$$

V_{in} 輸入電壓， V_{out} 輸出電壓(LED 電壓)， $I_{out(max)}$ 輸出最大電流(LED 電流)， Eff 轉換效率

電感峰對峰值電流

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

F_s 工作頻率， L 電感


電感峰值電流

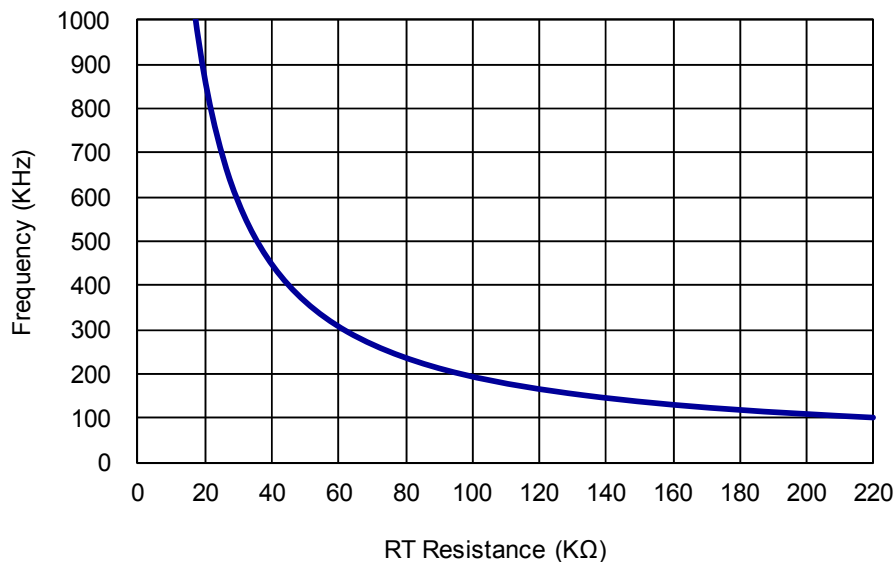
$$I_{Lp} = I_{Lavg} + \frac{I_{Lpp}}{2}$$

j. 工作頻率

RT Pin 與地之間接電阻調整工作頻率，頻率範圍 100kHz ~ 1000kHz，對應電阻 220kΩ~ 17kΩ；當 RT Pin 不接電阻(懸空)，FP7209 內部預設頻率 150kHz，以下是電阻值對應工作頻率圖與計算公式。

$$RT(K\Omega) = \frac{17000}{f_{OSC}(KHz) - 25}$$

	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01



應用說明

a. 輸入低電壓應用

輸入電壓會低於 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 5V~8.5V，且考量 OVP 電壓接近或超過 24V，將輸入電壓連接到 HVDD 與 VDS Pin，可以提升轉換效率；輸入高於 8.5V，接到 HVDD Pin，不要接到 VDS Pin。

b. 電感計算

電感值計算公式， V_{in} 輸入電壓， V_{out} 輸出電壓(LED 總電壓)， F_s 工作頻率， I_{out} (LED 最大電流)， Eff 轉換效率， r 電感峰對峰值 ΔI_L 與電感平均電流的比(一般設定在 0.3~0.5)。舉例： $V_{in}=10V$ 、 $V_{out}=36V$ 、 $I_{out}=1A(max)$ 、 $F_s=150kHz$ 、 $Eff=90\%$ 、 $r=0.3$ ，代入公式求得電感 $L=40\mu H$ ，選用 $47\mu H$ 。

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

c. 電容與蕭特基選用

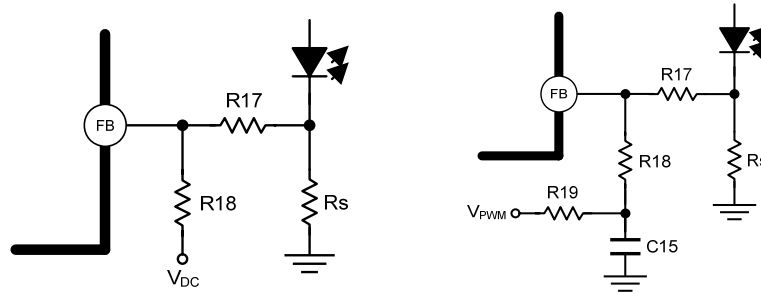
MLCC 陶瓷電容選用 X5R,X7R 材質，不建議使用 Y5V 材質(內阻高，電容值隨溫度變化大)；蕭特基選用低導通電壓，平均電流大於輸入與電感峰值電流，耐壓大於輸出電壓的 1.5 倍。

	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

d. FB Pin 調光控制

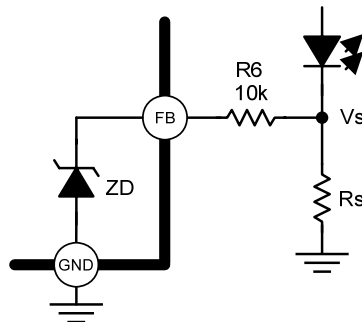
調光也可以透過 FB Pin，提供直流與 PWM 訊號，改變 V_{DC} 與 V_{PWM} Duty，就可以調整 LED 電流，電路與公式如下。

$$I_{LED} = \frac{V_{FB} - \frac{R_{17} \times (V_{DC} - V_{FB})}{R_{18}}}{R_s} \quad , \quad I_{LED} = \frac{V_{FB} - \frac{R_{17} \times (V_{PWM} \times Duty - V_{FB})}{R_{18} + R_{19}}}{R_s}$$



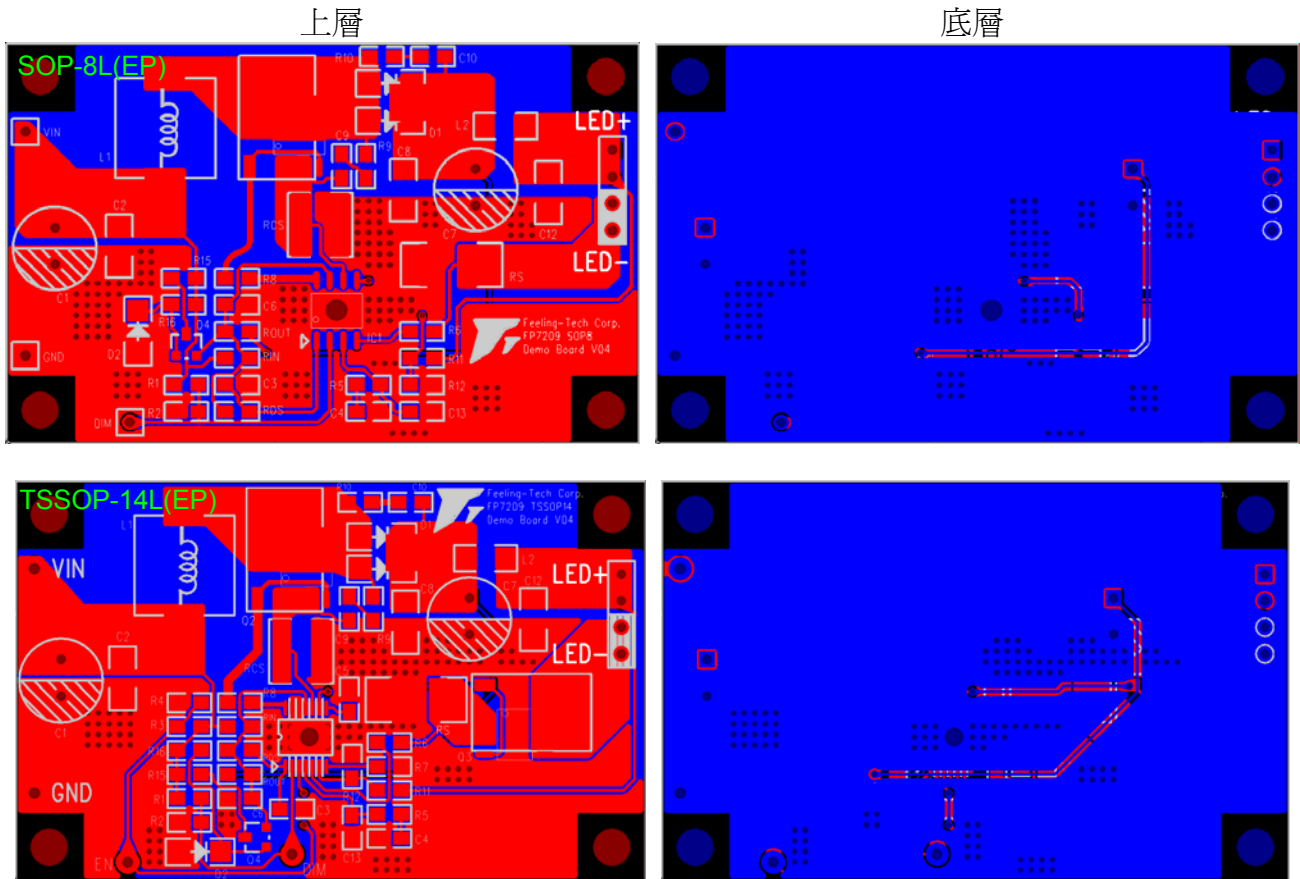
e. FB Pin 保護電路

LED 短路 V_s 電壓衝高，若超過 FB Pin 耐壓會造成 IC 損壞，在 FB 與 R_s 之間加 R_6 限流，FP7209 內部 FB 與 GND 之間有穩壓管 ZD，防止 IC 損壞。



 遠翔科技 Feeling Technology	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

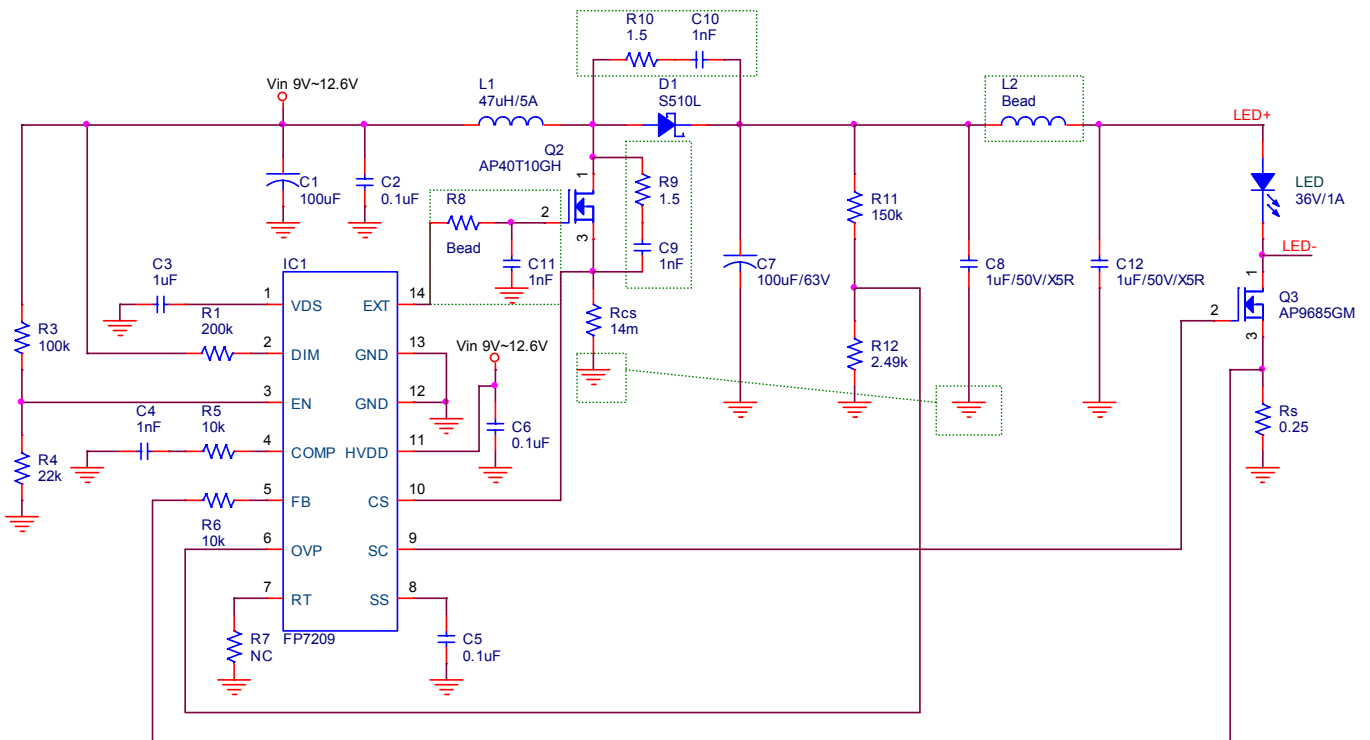
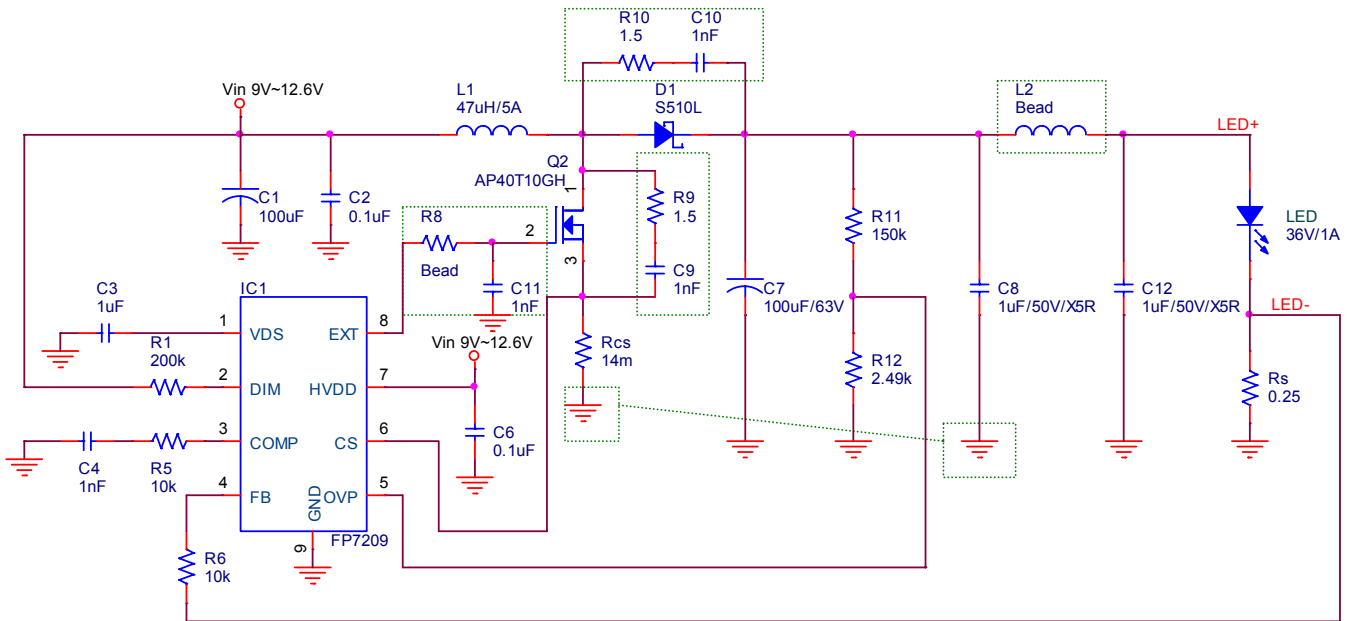
f. 佈板說明



- 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 C6 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。
- 電感電流檢測電阻 Rcs 靠近 CS 與 GND Pin。
- R11,R12 靠近 OVP 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 C7,C8 與 Rcs 的地，鋪銅走線，上下層地多打洞連接。
- 輸出電容 C7,C8 的地一定要靠近 Rcs 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。

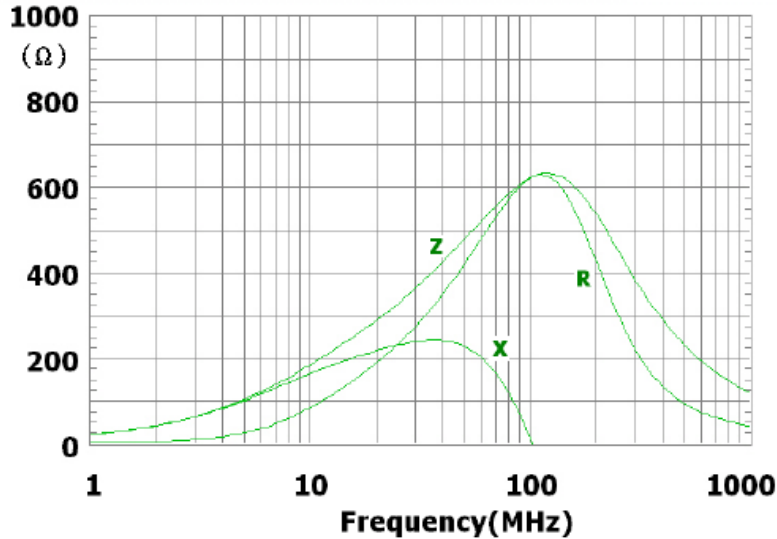
g. EMI 對策

R8 使用磁珠規格如下，C11=1nF 靠近 Q2 Gate 端，R9 與 C9 兩者靠近，且要靠近 Q2 的 Drain 與 Source 端；R10 與 C10 兩者靠近，且要靠近 D1，輸出電容 C8 的地一定要靠近 Rcs 的地，L2 使用磁珠規格如下。測試 Vin=12V、VLED=10 串 2 並白光 LED、ILED=1A，如下測試結果垂直低標 4.69dB 與水平低標 10.64dB。



	文件名稱	文件日期
	FP7209 應用說明	20180425
		版別

磁珠 FI321611U601



垂直

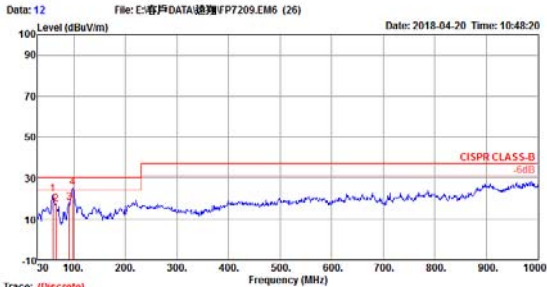
水平



No. 8 Lane 724, Bo Ai Street, Zhubei City,
Hsin Chu Hsien 302, Taiwan, R.O.C.
TEL:03-656-9065
FAX:03-656-9085

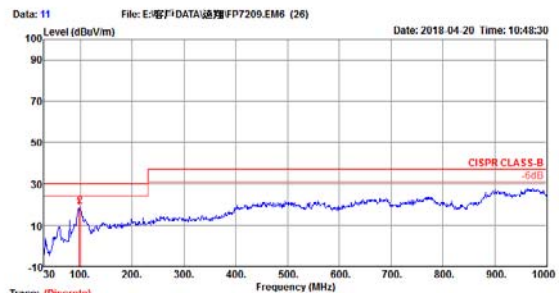


No. 8 Lane 724, Bo Ai Street, Zhubei City,
Hsin Chu Hsien 302, Taiwan, R.O.C.
TEL:03-656-9065
FAX:03-656-9085



Data: 12 File: E:\客戶DATA\磁珠\FP7209.EM6 (26) Date: 2018-04-20 Time: 10:48:20
Site : chamber
Condition: CISPR CLASS-B 10m 05 1G ANT-1004 VERTICAL
Lot : FP7209
Mode : Normal
Power : 12V TO 10SERIES LED 1A
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	59.10	21.99	30.00	-8.01	41.42	1.27	12.01	32.41	100	99 Peak VERTICAL
2	65.89	17.13	30.00	-12.82	37.49	1.10	12.60	32.40	100	322 Peak VERTICAL
3	91.11	18.07	30.00	-11.93	37.96	0.79	15.45	32.38	100	46 Peak VERTICAL
4	98.87	25.31	30.00	-4.69	42.80	0.83	16.91	32.37	100	261 Peak VERTICAL



Data: 11 File: E:\客戶DATA\磁珠\FP7209.EM6 (26) Date: 2018-04-20 Time: 10:48:30
Site : chamber
Condition: CISPR CLASS-B 10m 05 1G ANT-1004 HORIZONTAL
Lot : FP7209
Mode : Normal
Power : 12V TO 10SERIES LED 1A
Memo 5-1 :
Memo 5-2 :

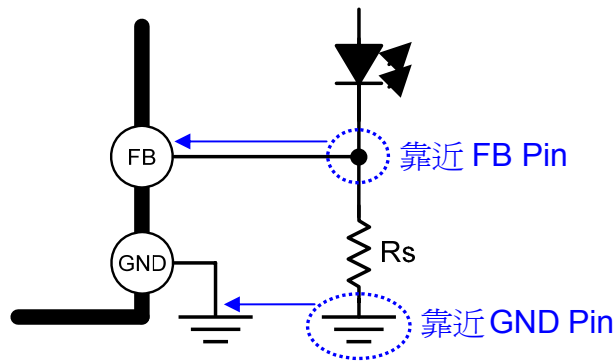
Freq	Level	Limit	Over	Read	CableAntenna	Preamp	A/Pos	T/Pos	Remark	Pol/Phase
MHz	dBuV/m	dBuV/m	dB	dBuV	dB	dB/m	dB	cm	deg	
1	96.93	10.47	30.00	-11.53	42.72	0.84	16.53	32.37	100	320 Peak HORIZONTAL
2	99.84	19.36	30.00	-10.64	40.80	0.83	17.10	32.37	100	249 Peak HORIZONTAL

	文件名稱	文件日期
	FP7209 應用說明	20180425
		版別

常見問題

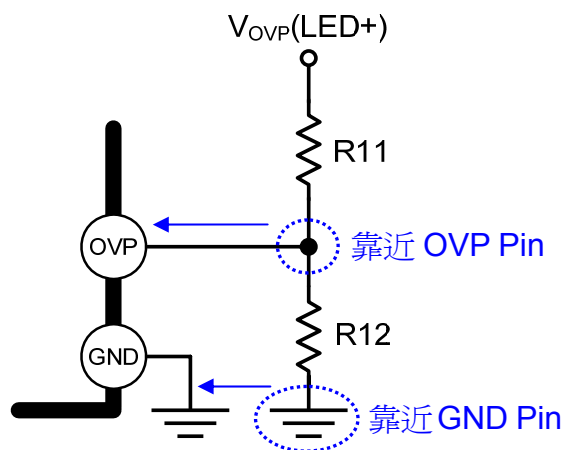
a. LED 電流不準確

LED 電流設定值與應用板測試值差異大，取樣電阻 R_s 要靠近 FP7209 的 FB 與 GND Pin，封裝 SOP-8L(EP)的 GND Pin 在底部散熱片，單層板走線需要特別注意，且要遠離 L1,Q2 的 Drain 與 D1 開關切換點。



b. OVP 設定不準，會有跳動

OVP 電壓設定值與應用板測試值差異大，R11 與 R12 要靠近 FP7209 的 OVP 與 GND Pin，封裝 SOP-8L(EP)的 GND Pin 在底部散熱片，單層板走線需要特別注意；且要遠離電感,Q2,L1 開關切換點。



c. 電感與開關 NMOS Q2 發熱

電感峰值電流大會造成電感與開關 NMOS Q2 發熱，工作頻率高會造成 Q2 發熱，參考以上應用說明中 b.電感計算，r 設定在 0.3 代入公式求得電感值，若計算為 $40\mu\text{H}$ ，選用 $47\mu\text{H}$ 。

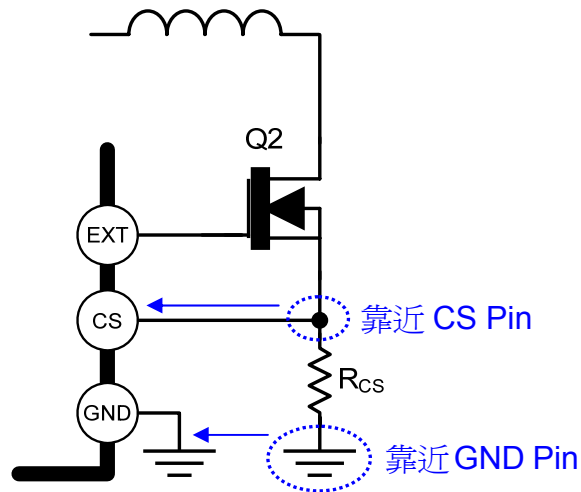
	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20180425	
			版別	V01

d. 無法升壓

FP7209 封裝 SOP-8L(EP)的地是底部散熱片，散熱片一定要接到板子的地；另外 R_{cs} 電阻值是否正確；OVP 電阻 R11 與 R12 是否正確。

e. 過電流保護誤動作

設定過電流保護值與應用板測試值差異大，偵測電阻 R_{cs} 要靠近 FP7209 的 CS 與 GND Pin，封裝 SOP-8L(EP)的 GND Pin 在底部散熱片，單層板走線需要特別注意。



f. 加入 EMI 對策元件，NMOS Q2 溫度升高

EMI 對策元件 R8(磁珠)、C11=1nF、R9=1.5 Ω 、C9=1nF、R10=1.5 Ω 、C10=1nF 會讓 Q2 開關切換損耗增加，造成溫度升高，Q2 加散熱片、增加銅箔面積、增加銅箔厚度，可以幫助散熱，降低工作頻率會減少 Q2 開關切換損耗，也會降低 Q2 溫度，例如 150kHz 降到 100kHz。