

	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

### 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

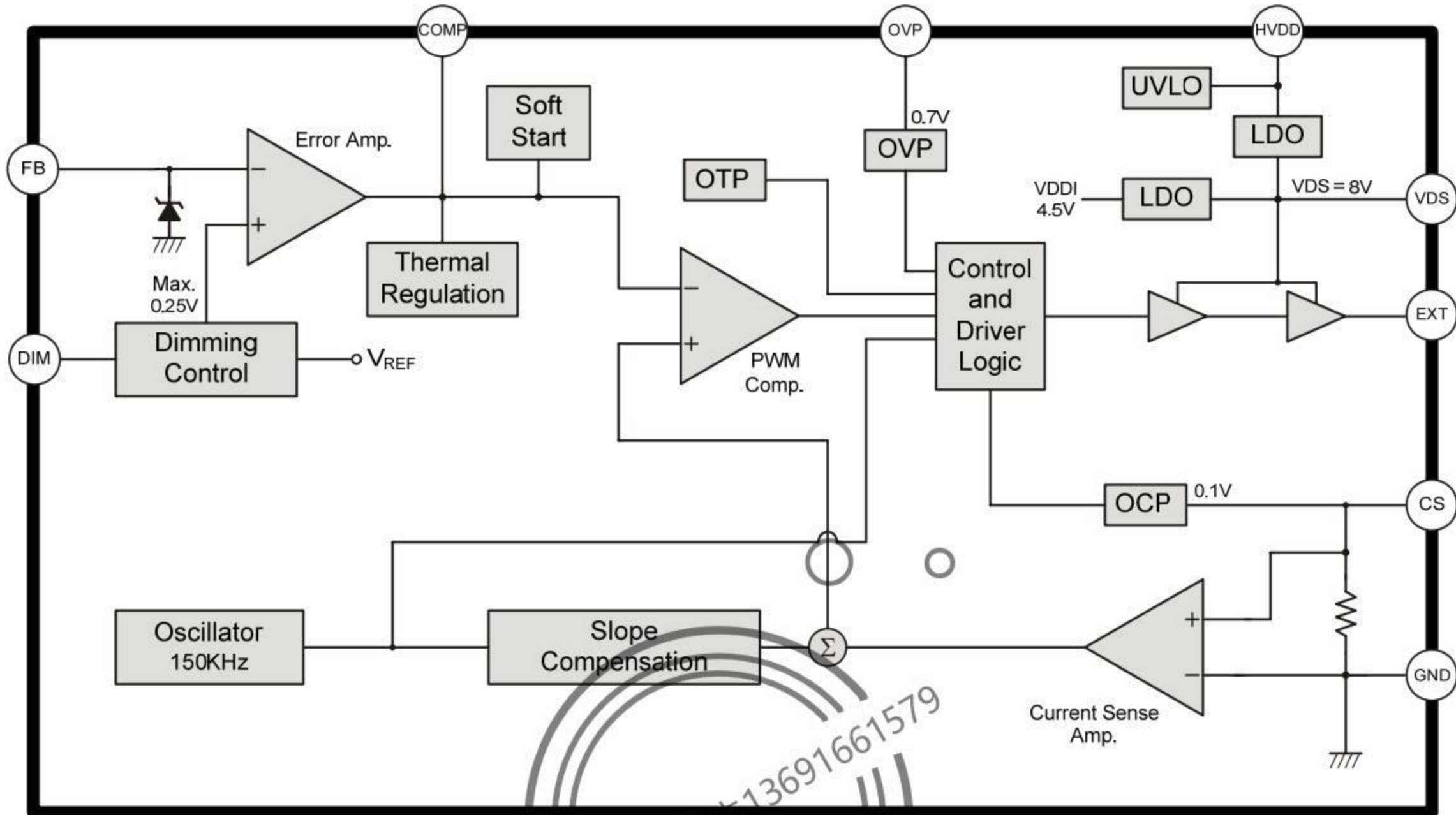
- 啓動電壓 2.8V
- 工作電壓範圍 5V~24V
- $V_{FB}$  反饋電壓 0.25V
- 線性與數位調光控制
- 關機耗電流最大 6 $\mu$ A
- 固定工作頻率 150kHz/ SOP-8L(EP)
- 可調工作頻率 100kHz ~ 1000kHz/ TSSOP-14L(EP)
- 可調軟啓動時間/ TSSOP-14L(EP)
- 可調輸入低電壓保護(UVP)/ TSSOP-14L(EP)
- LED 開路保護(OVP)
- LED 短路保護(SCP)/ TSSOP-14L(EP)
- 開關 NMOS 過電流保護(OCP) ○
- 過熱降 LED 電流保護
- 過溫保護(OTP)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

### 應用範圍

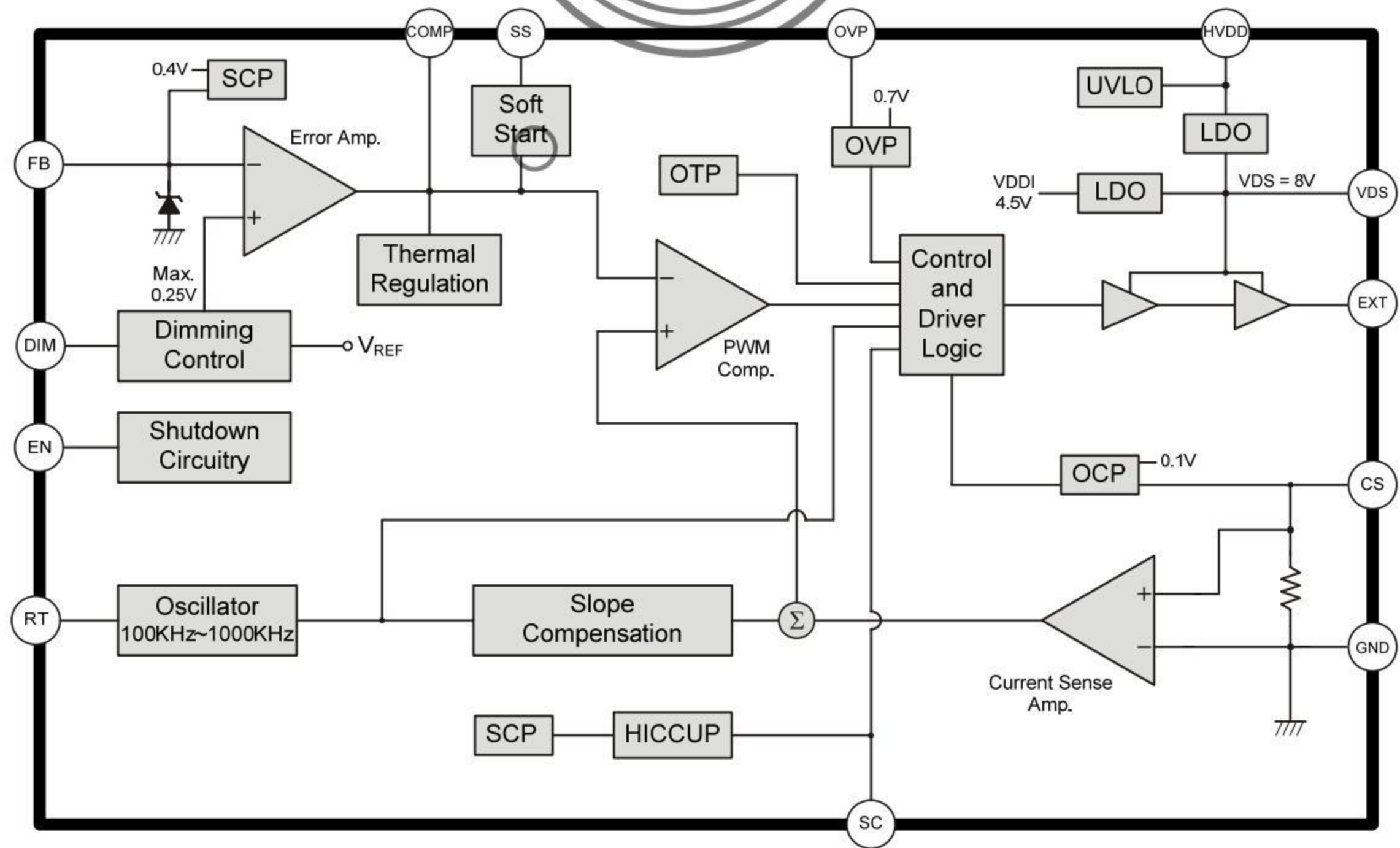
- LED 模組
- 顯示器背光
- 車燈
- 手持式照明

IC 內部方塊圖

SOP-8L(EP)



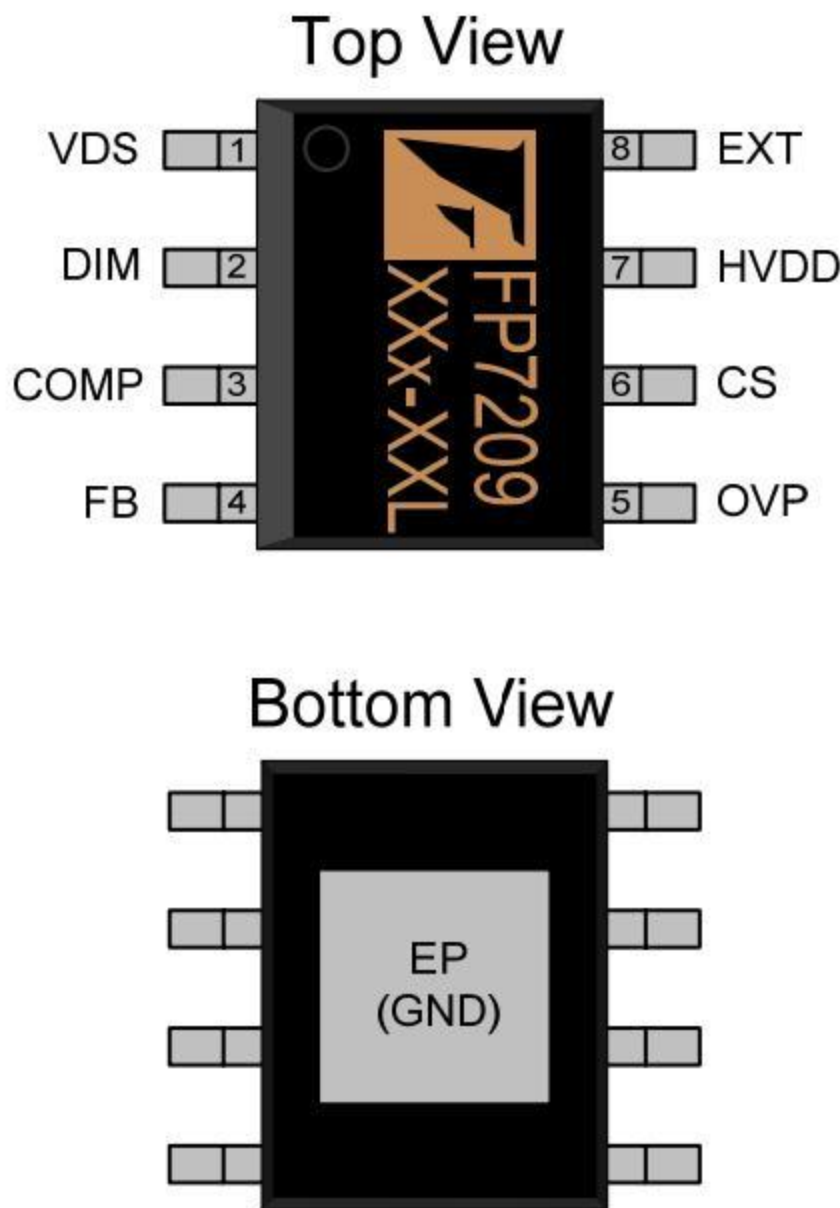
TSSOP-14L(EP)



	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20201210	
			版別	V06

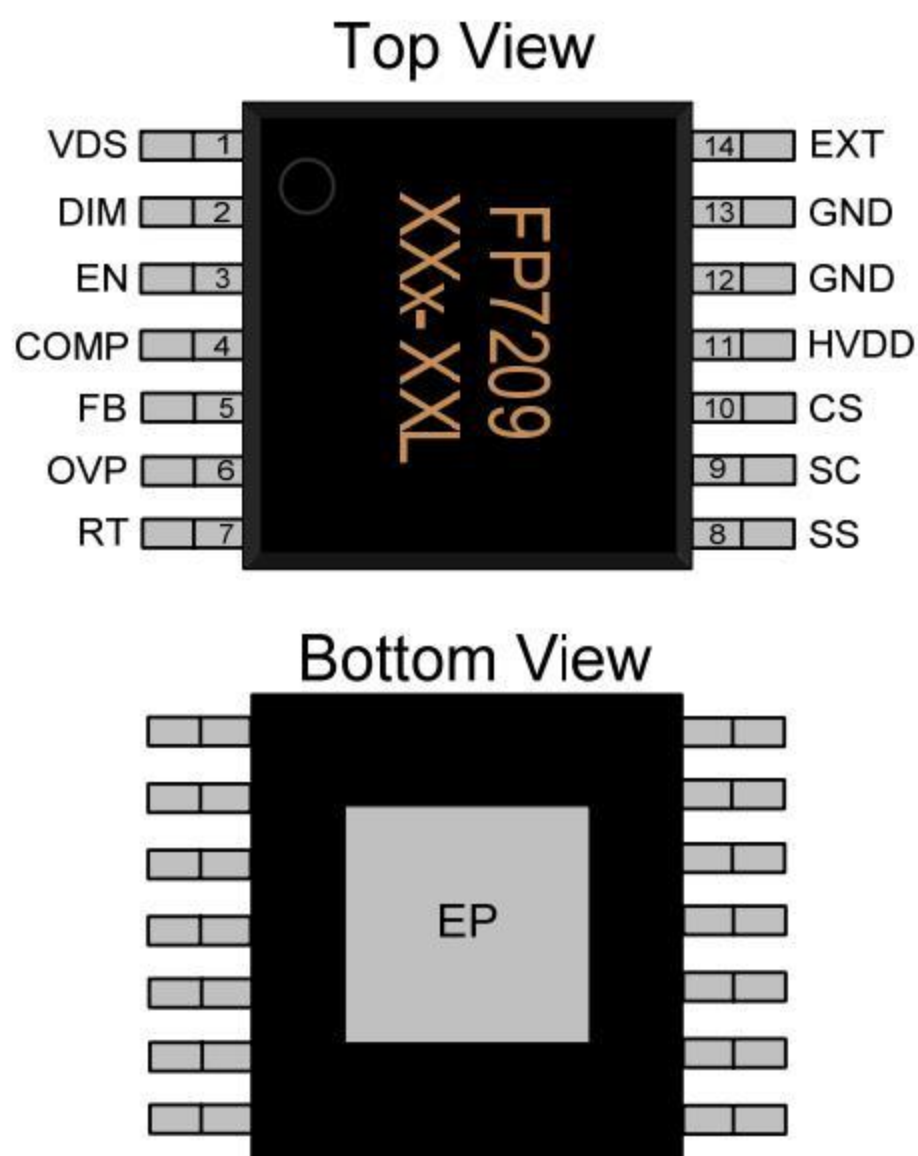
## PIN 腳描述

### 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)	R	底部散熱片是 IC 的地，一定要連接到地

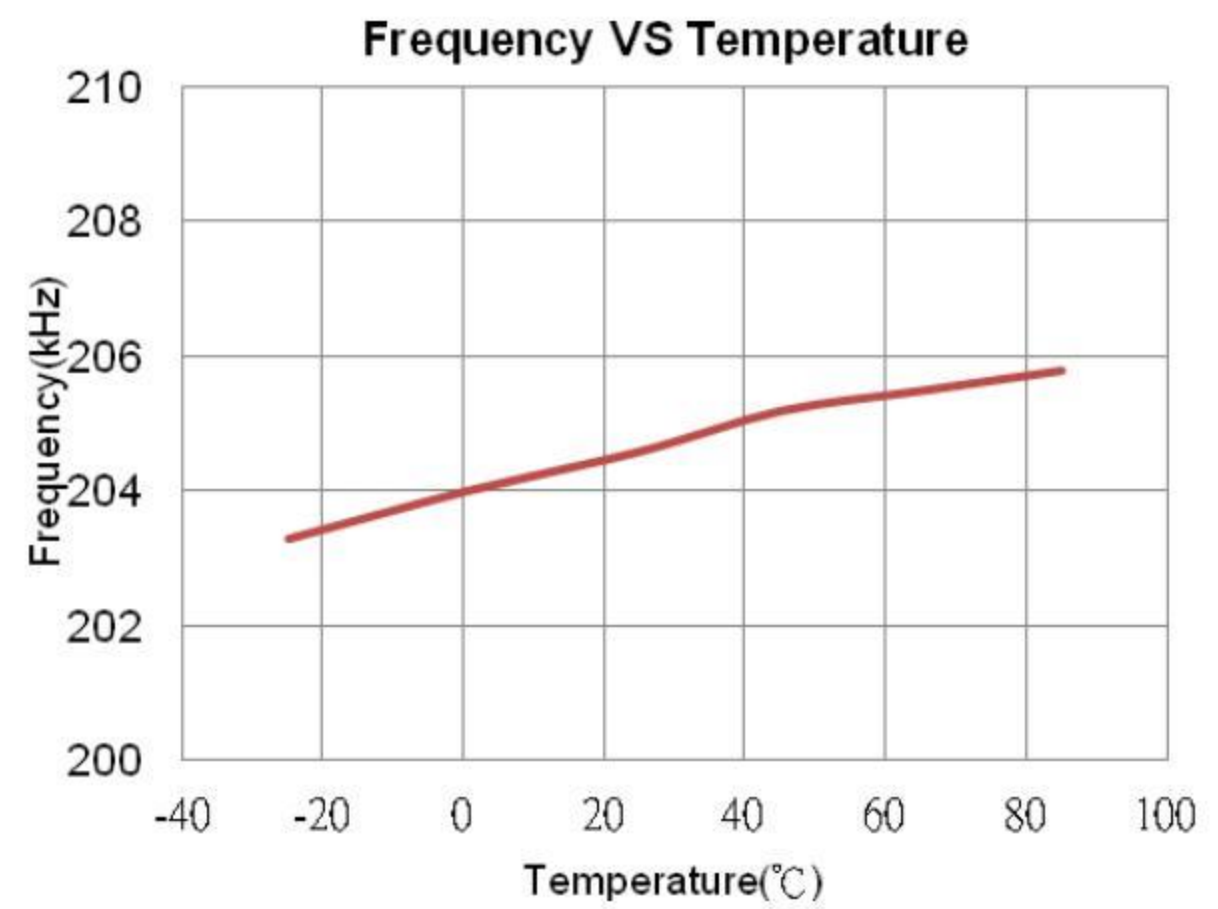
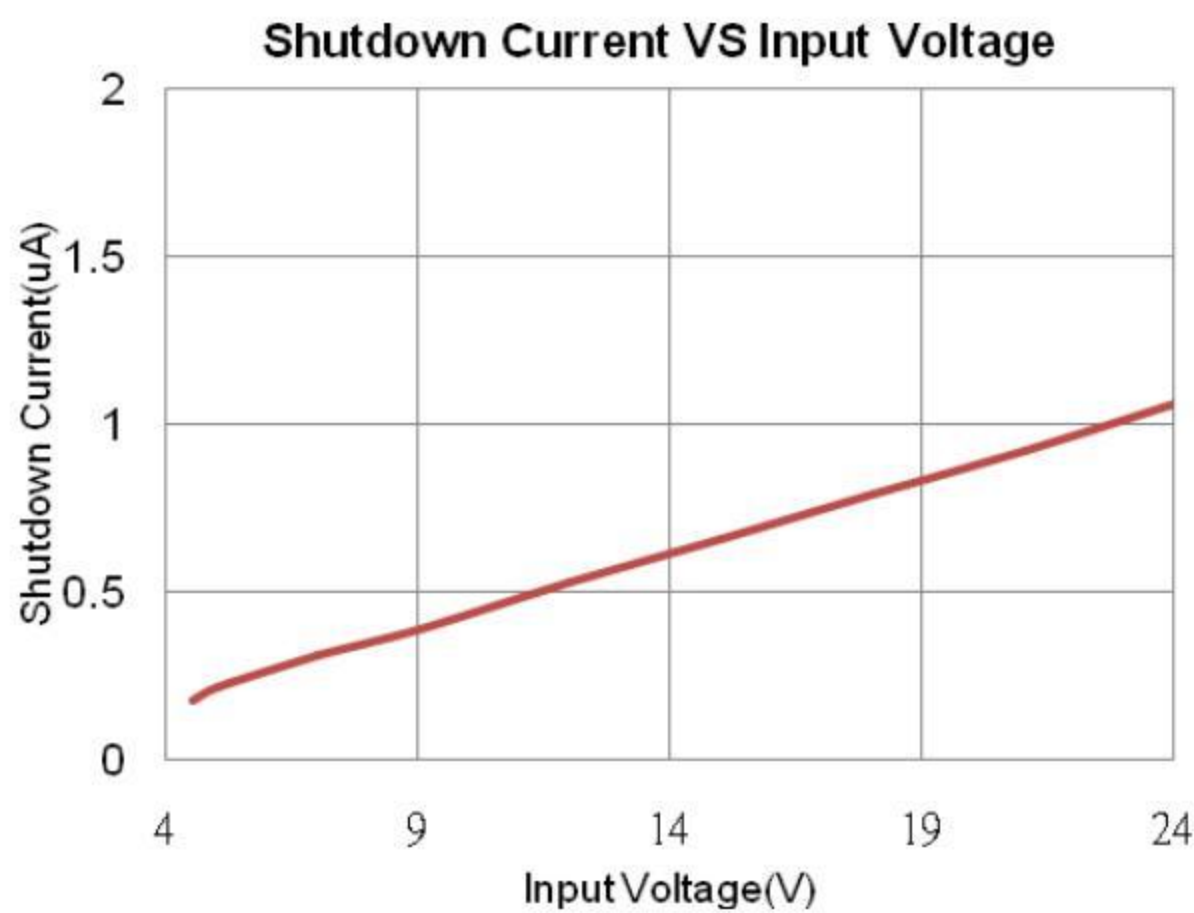
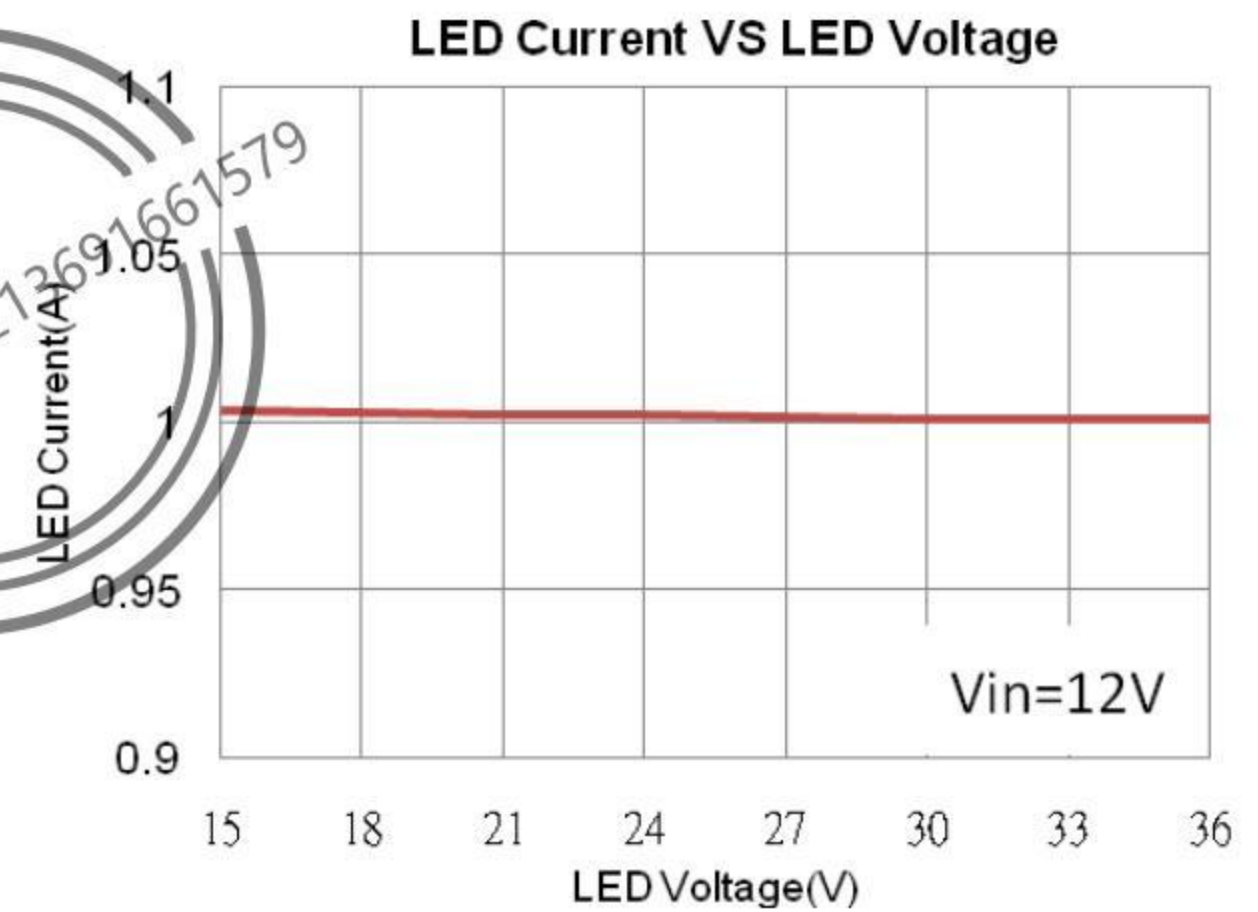
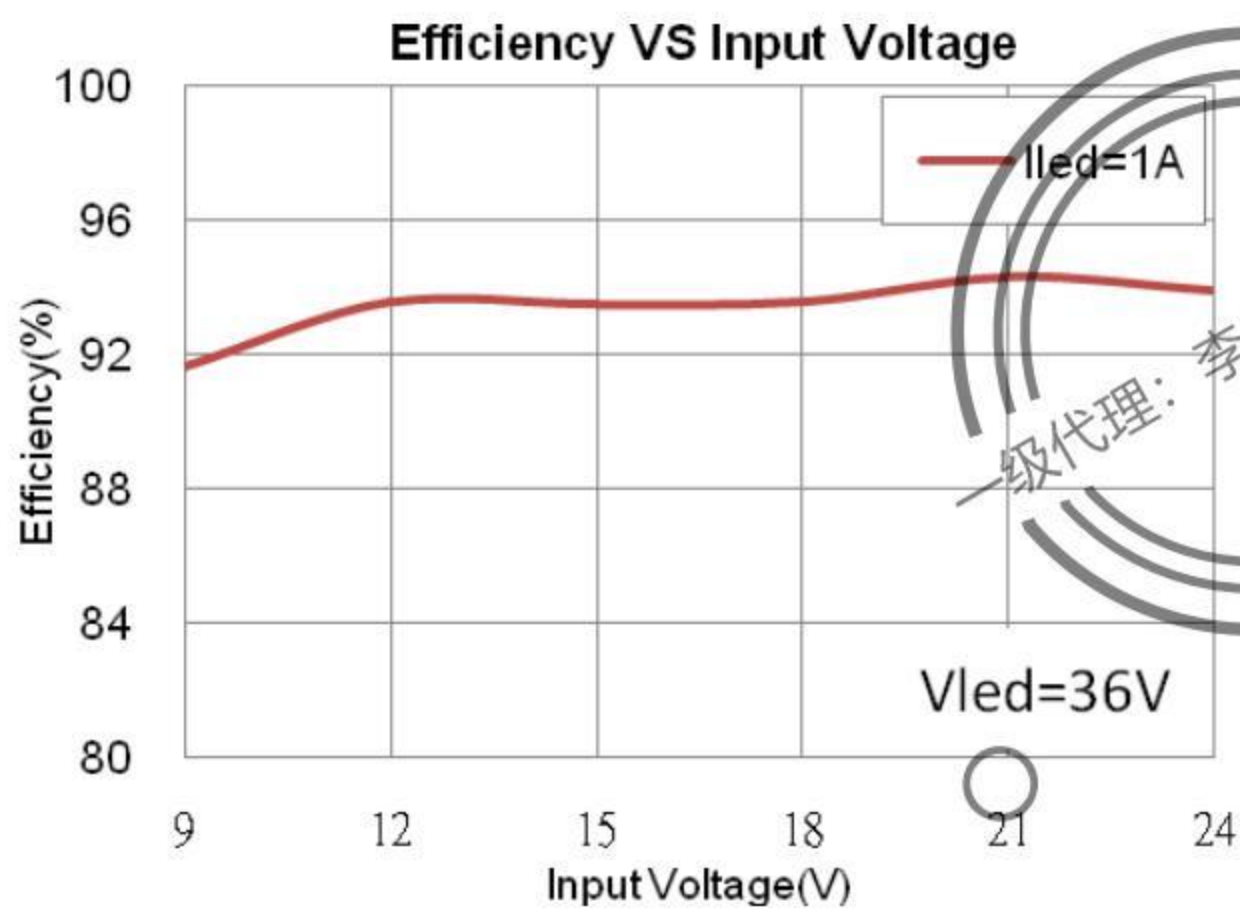
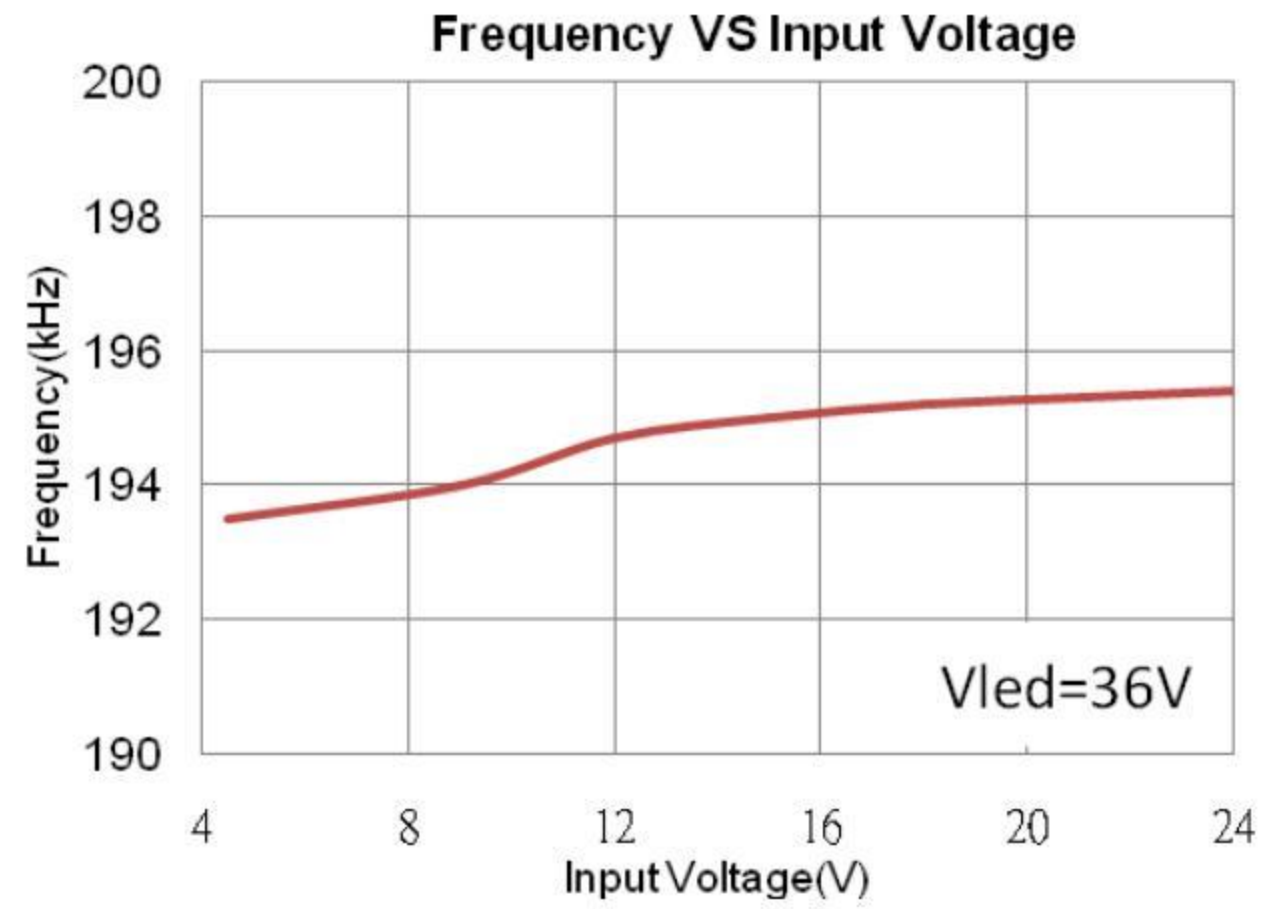
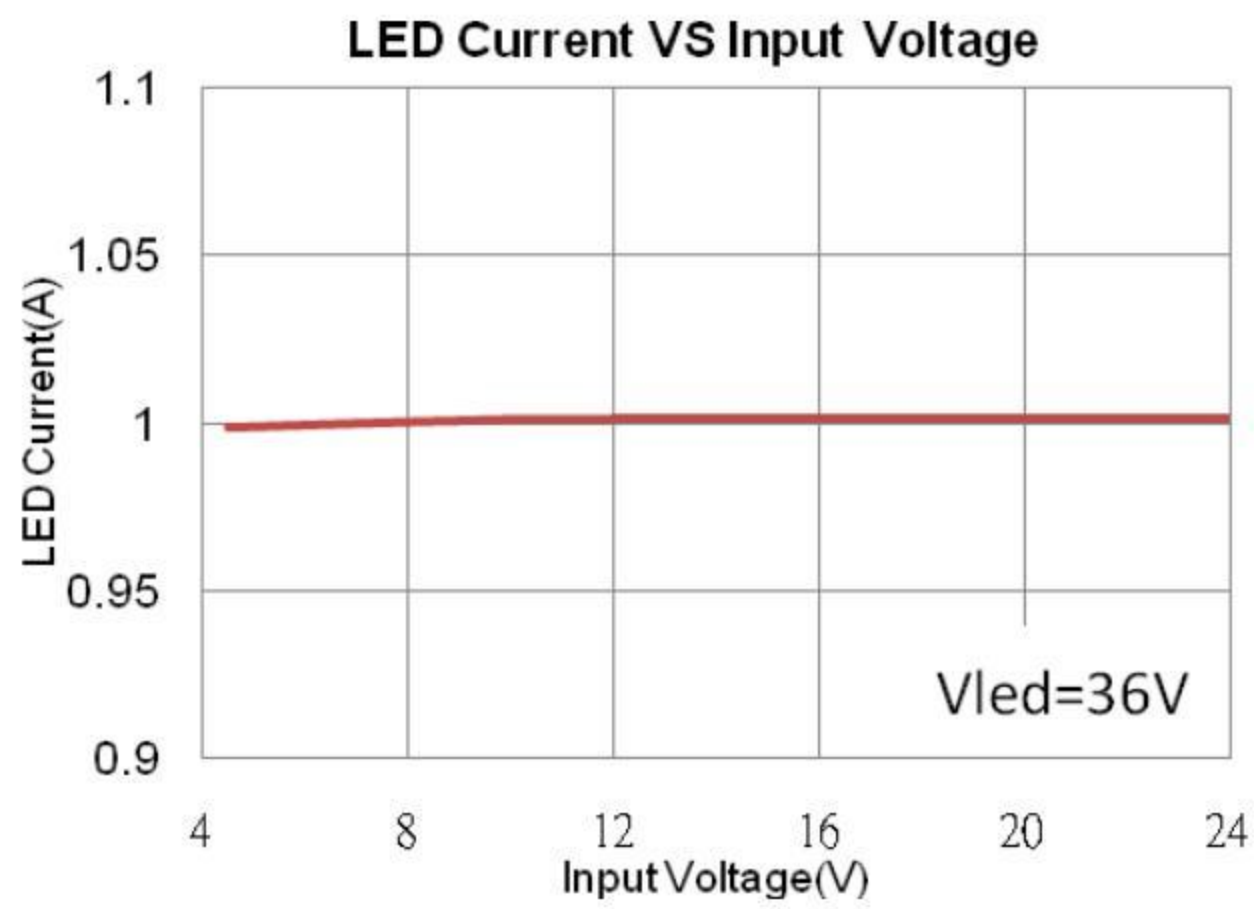
### TSSOP-14L(EP)

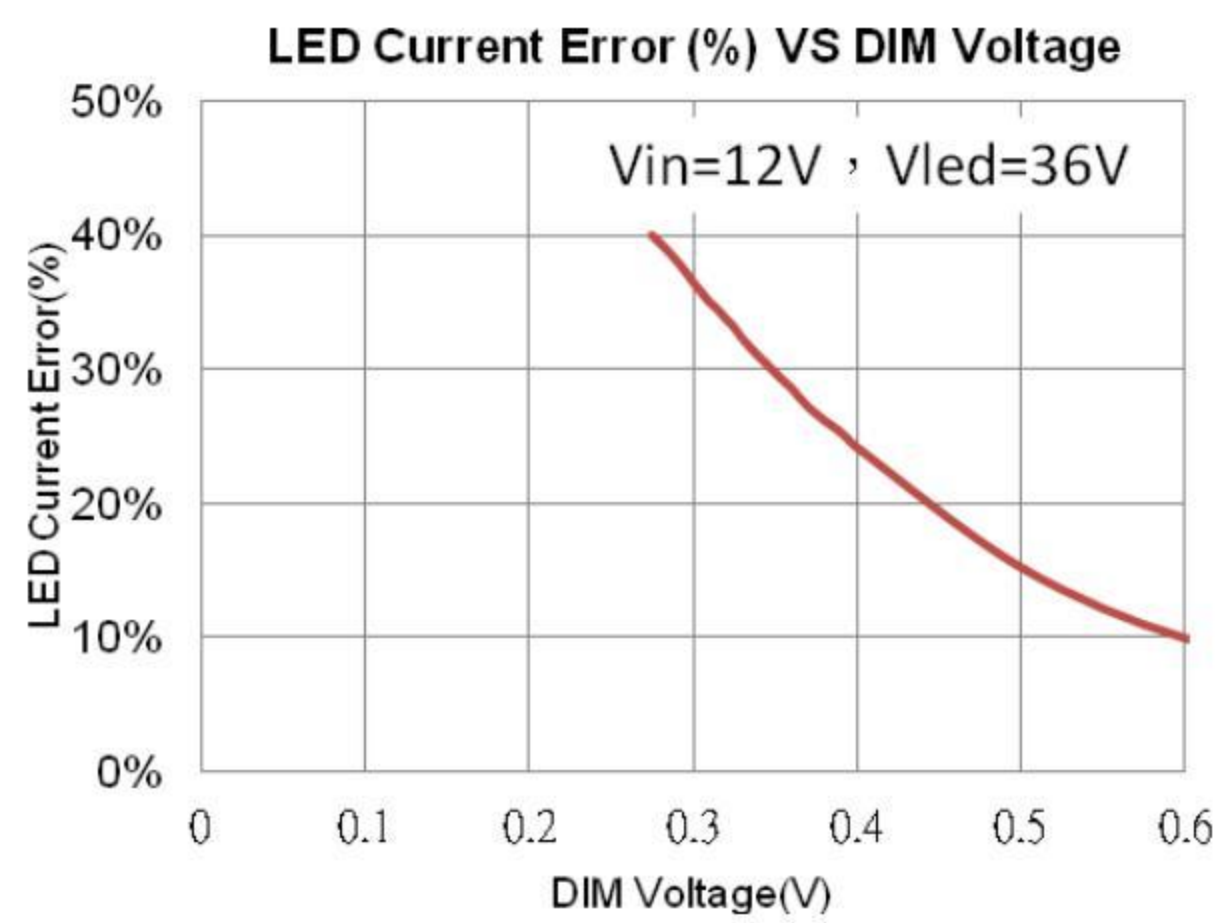
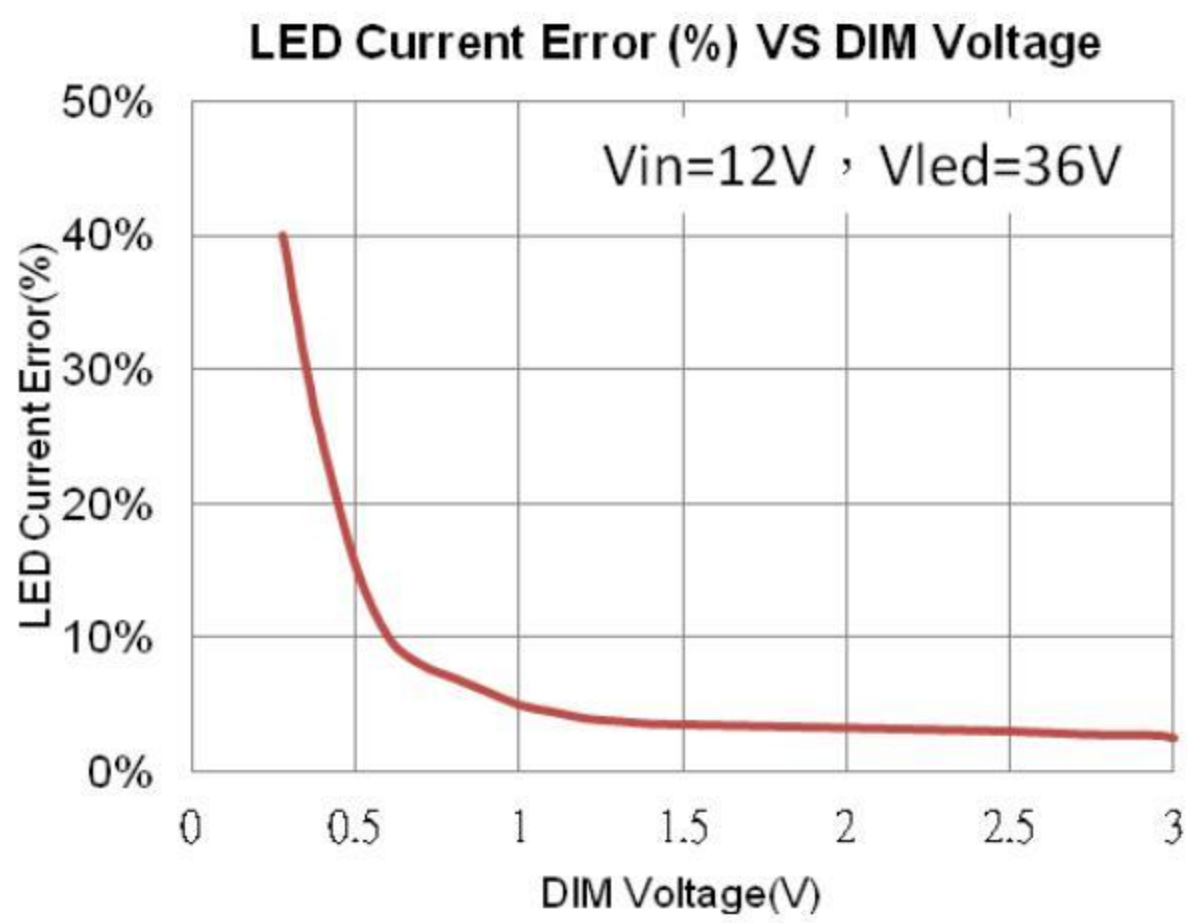
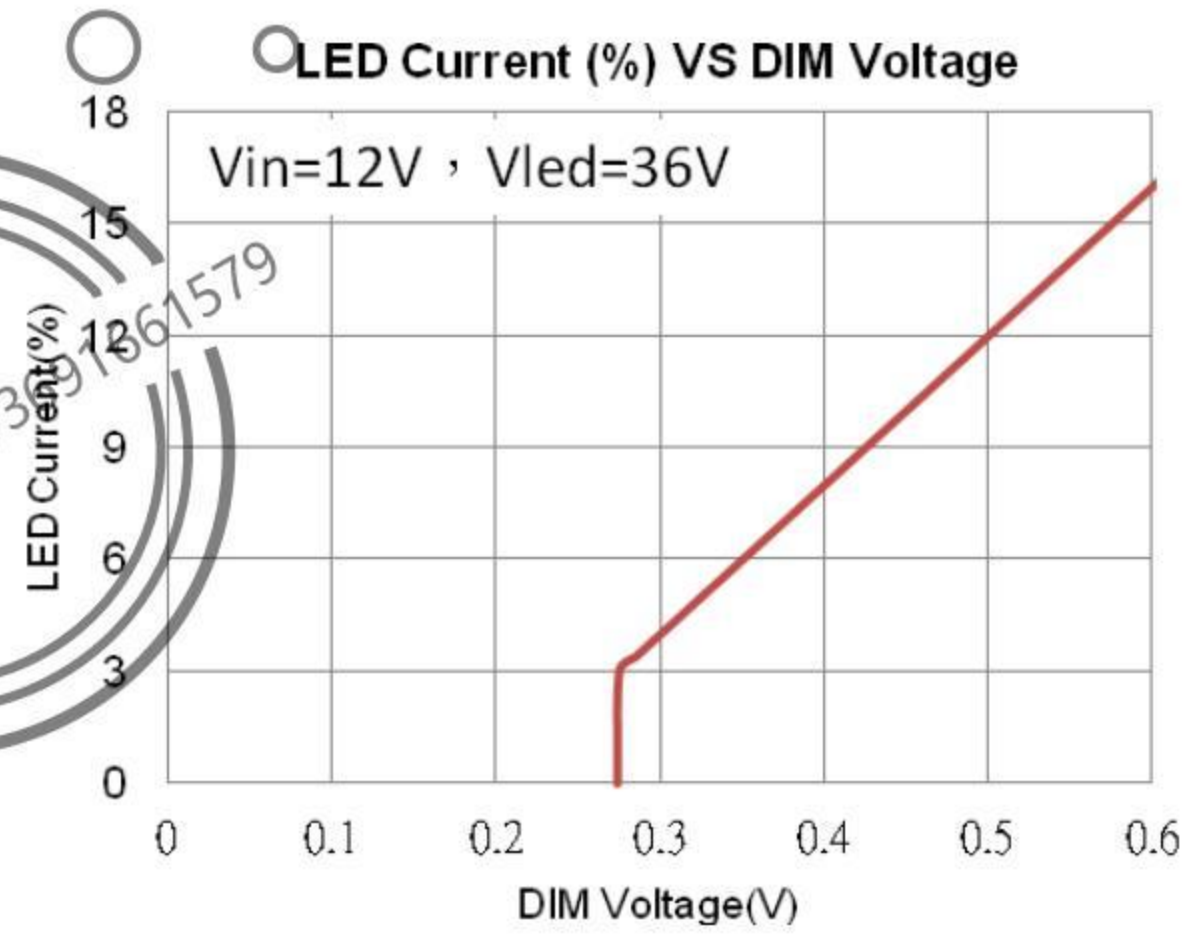
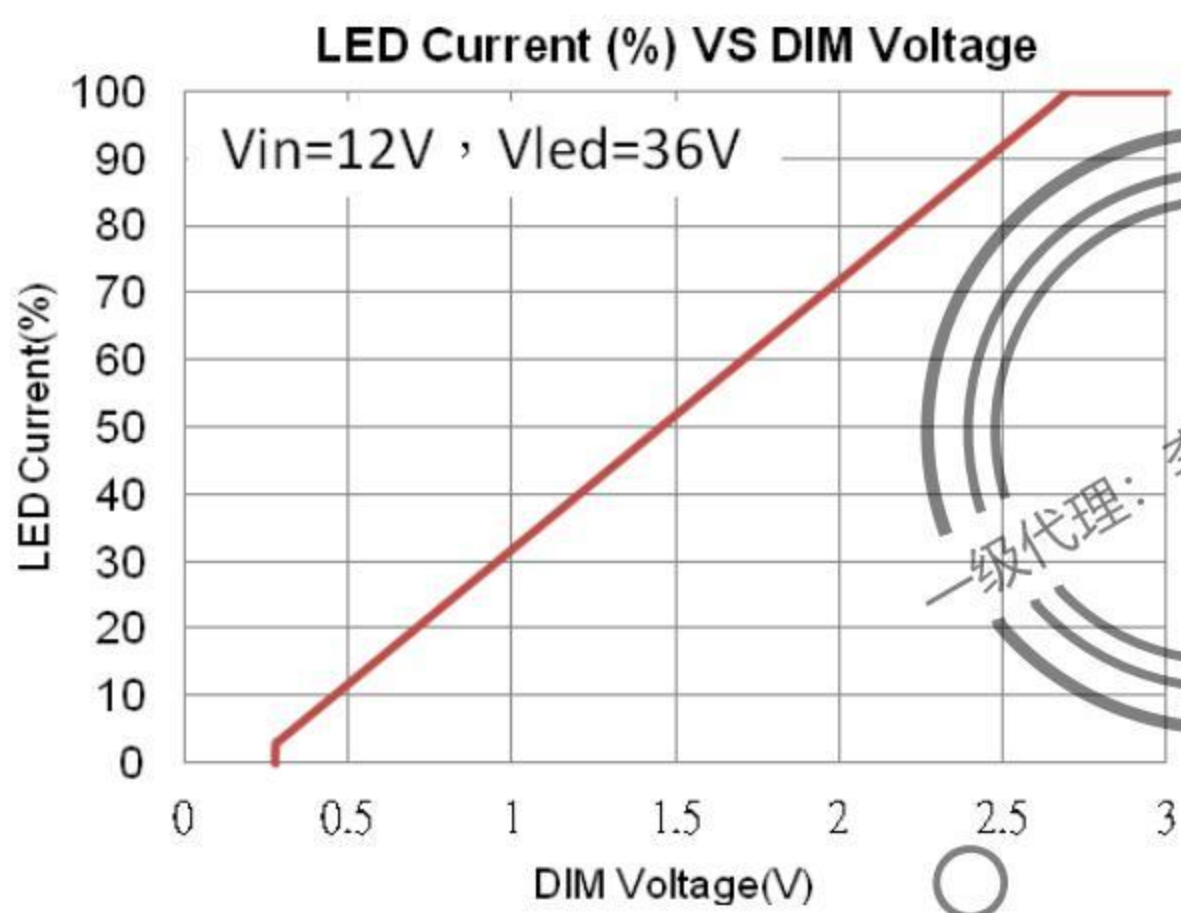
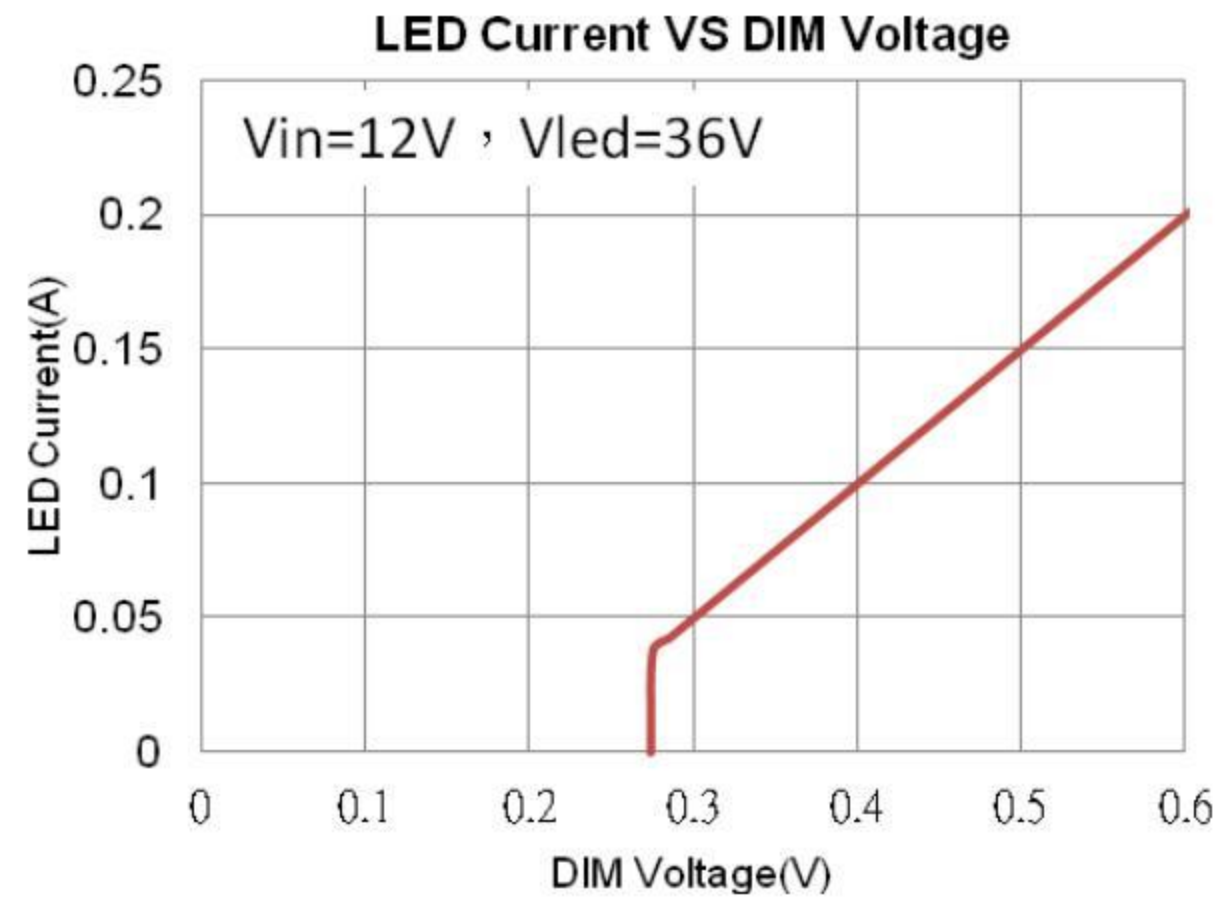
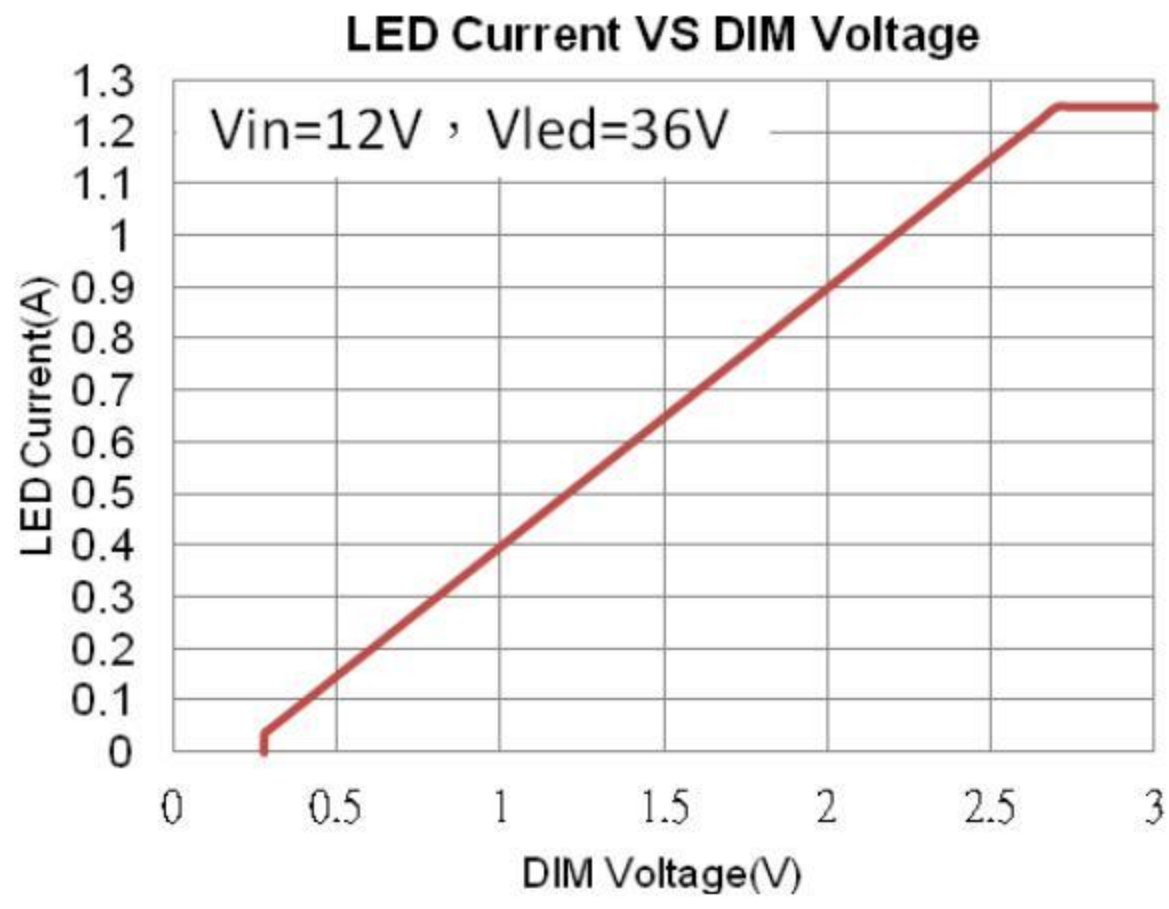


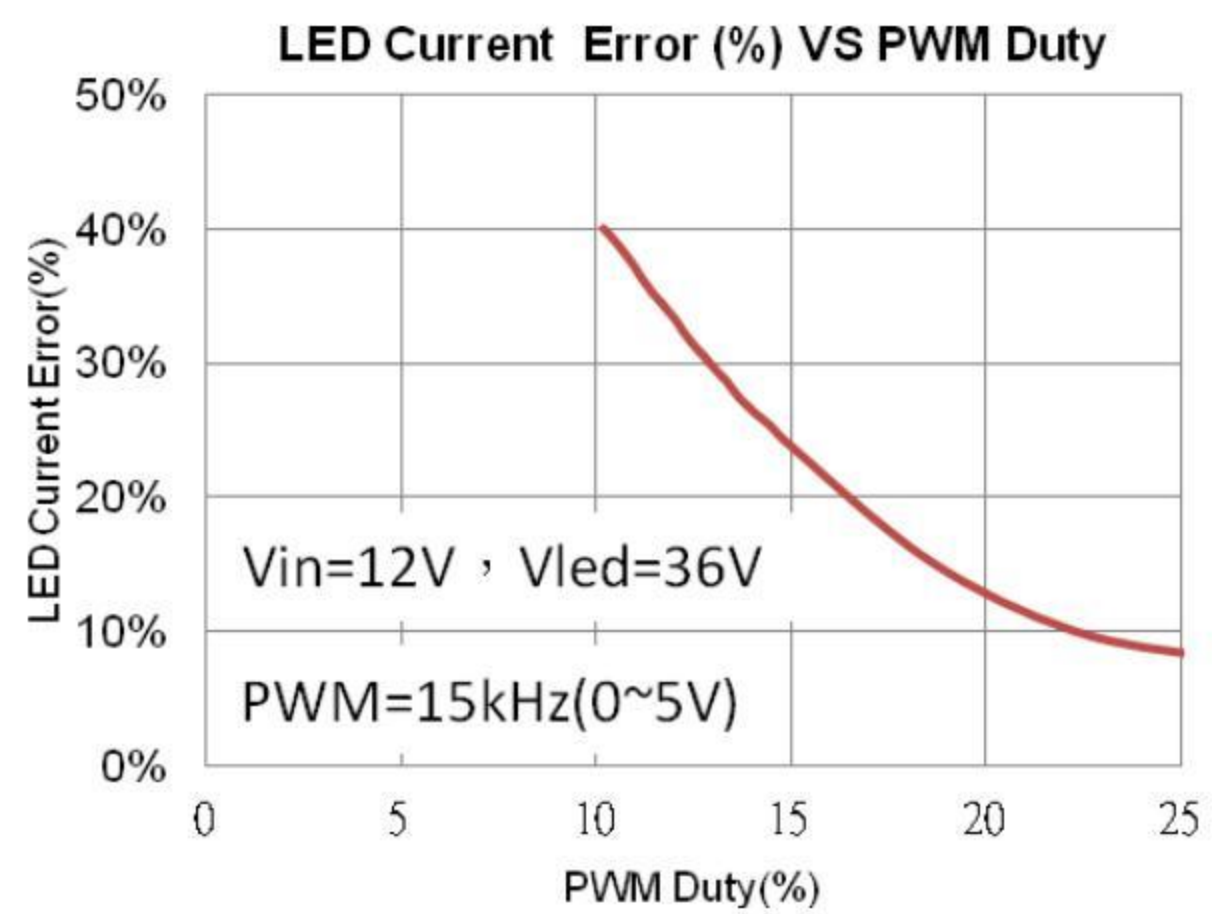
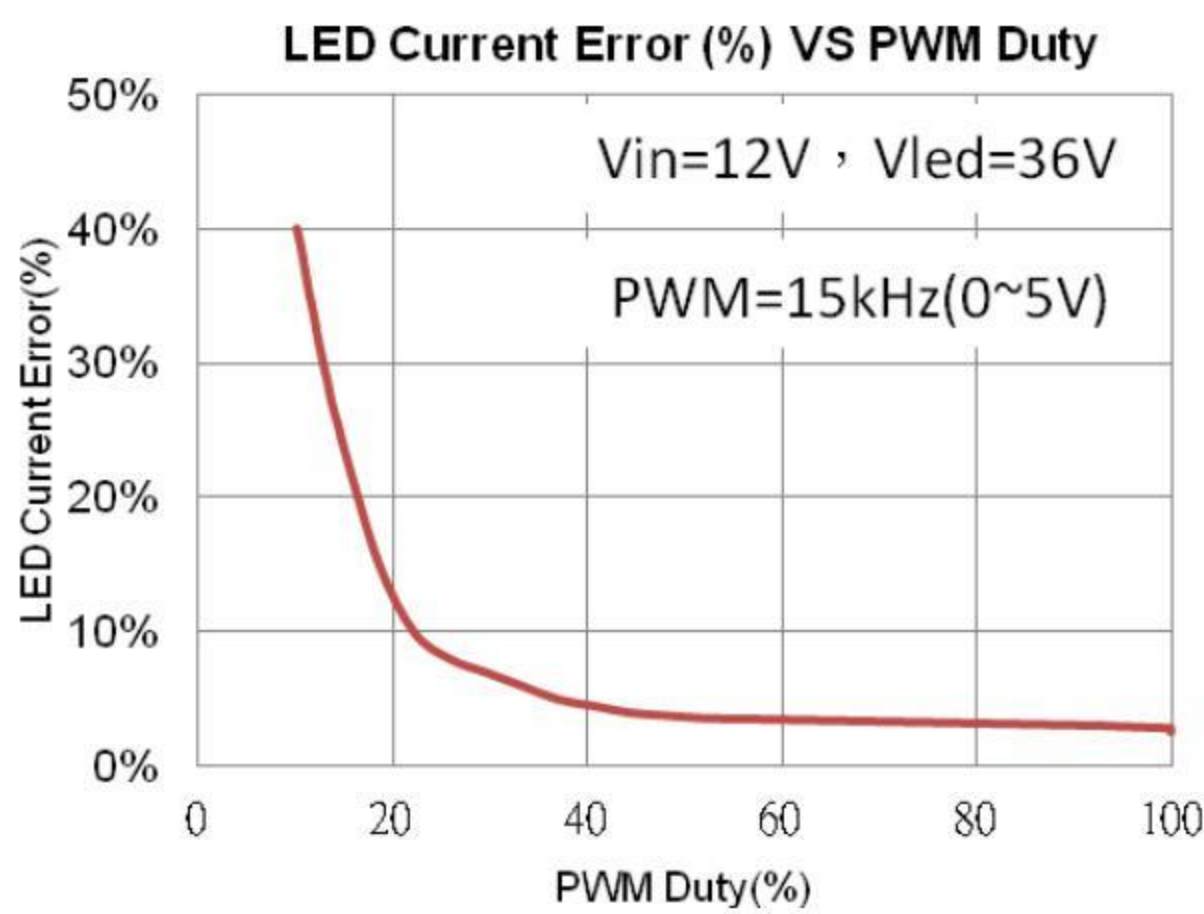
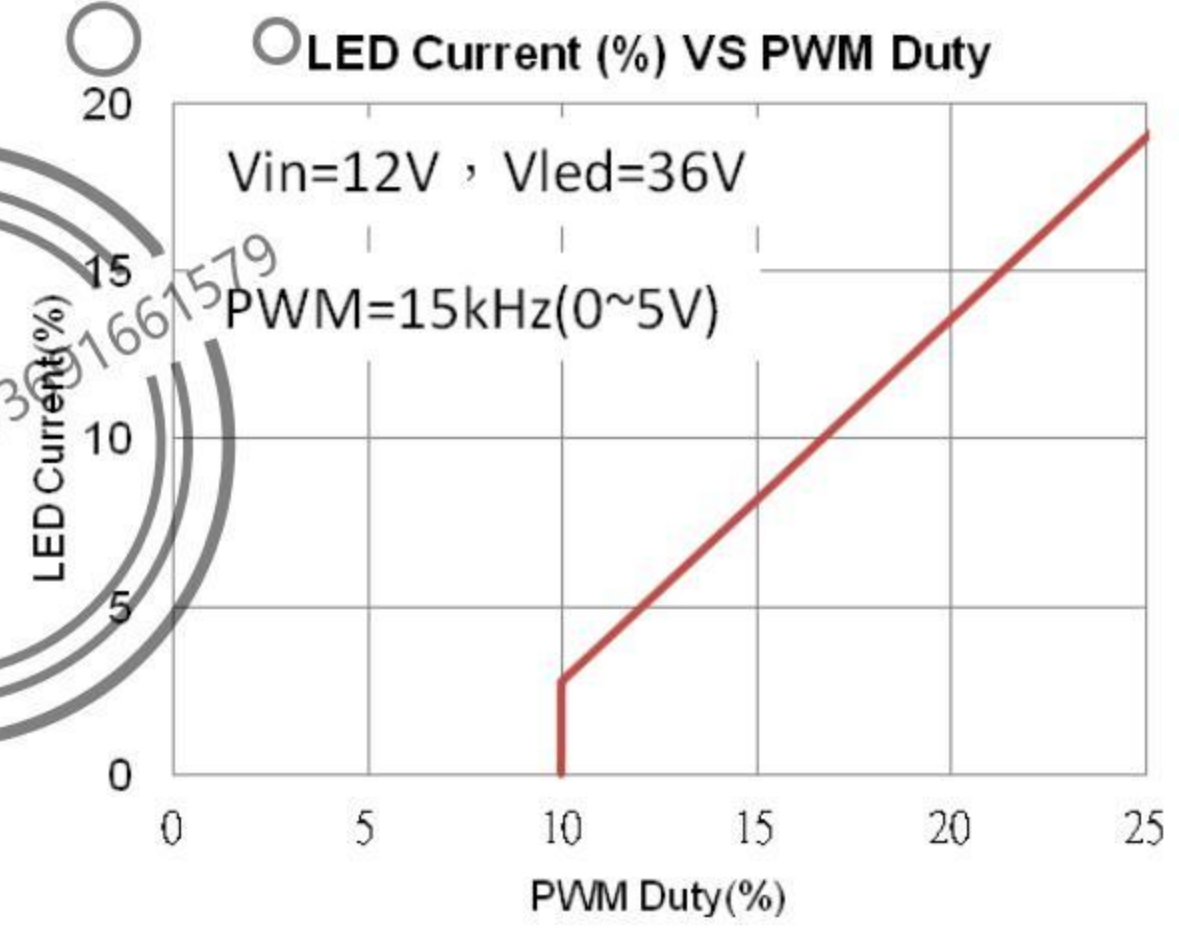
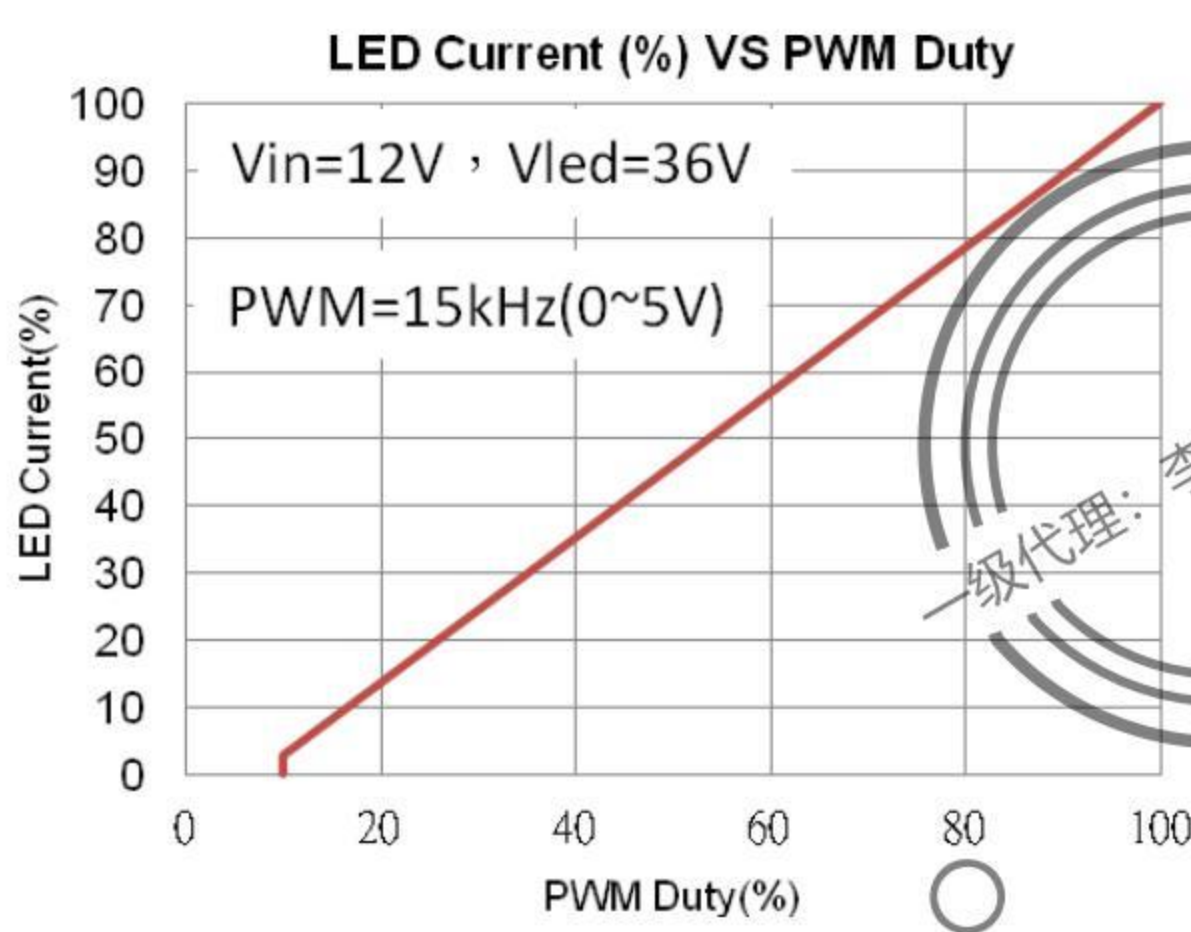
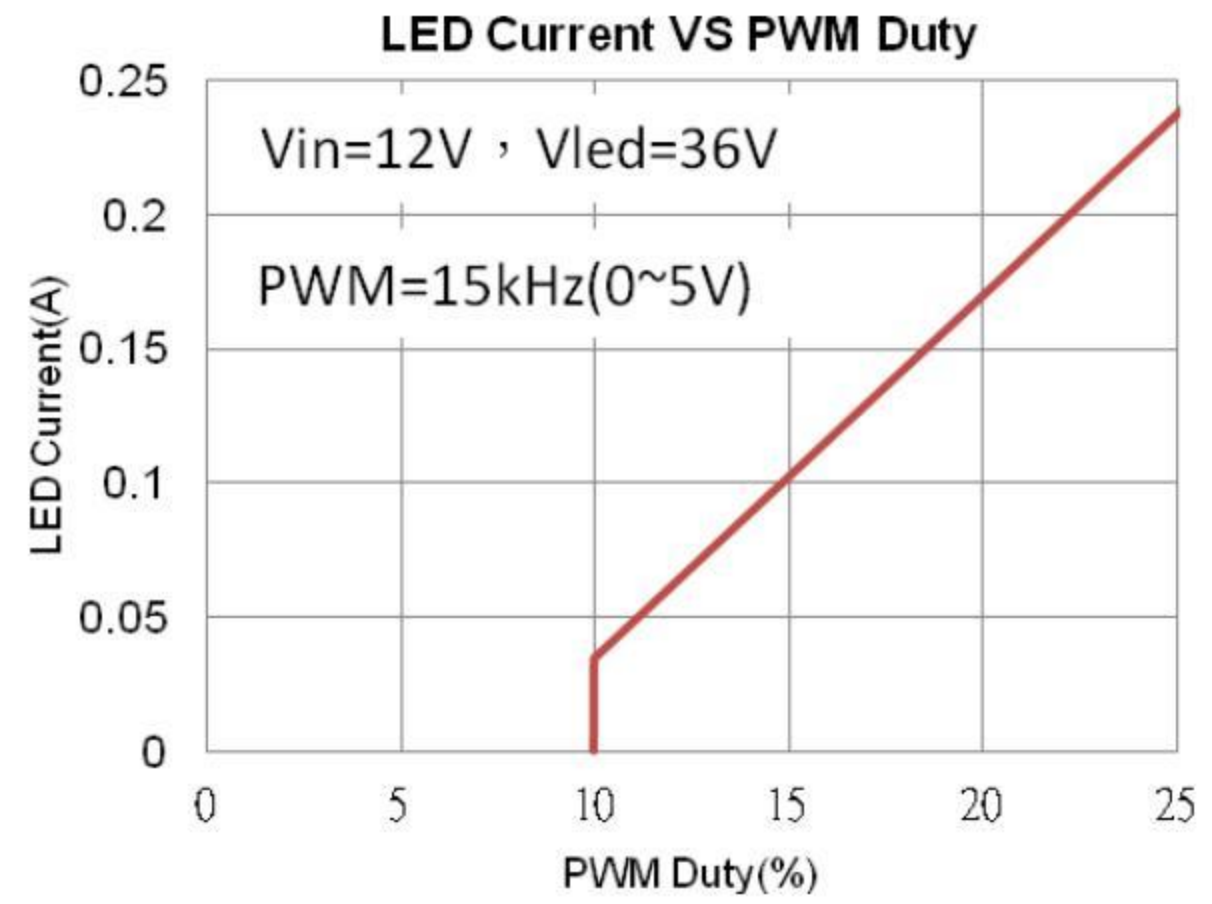
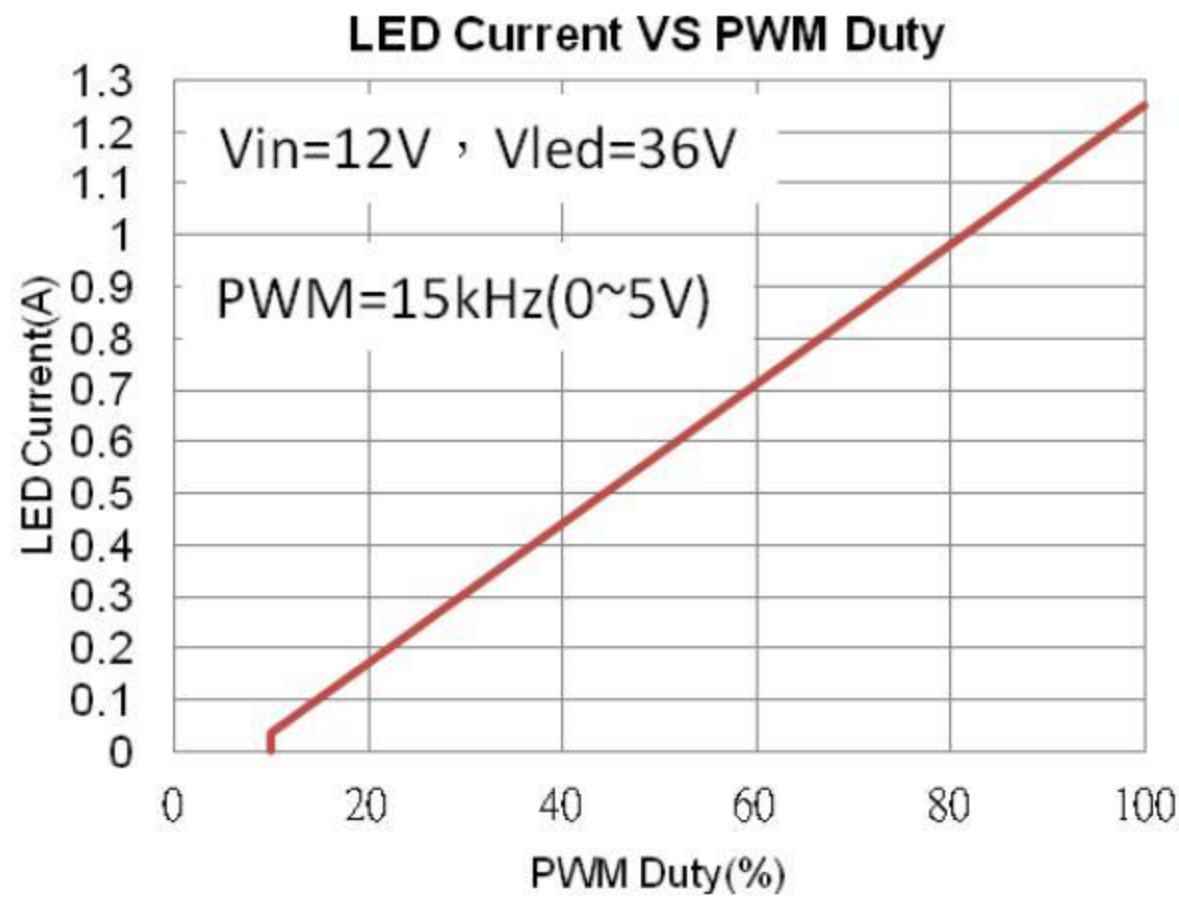
Name	No.	I/O	Description
VDS	1	P	產生 8V 提供內部電路與 EXT Pin 驅動 NMOS 閘極使用
DIM	2	I	線性與數位調光控制，開關控制
EN	3	I	開關控制
COMP	4	O	迴路補償腳
FB	5	I	反饋電壓
OVP	6	I	輸出過電壓保護，外部接電阻調整
RT	7	I	工作頻率外部接電阻調整
SS	8	I	軟啓動外部接電容調整時間
SC	9	O	LED 短路保護控制
CS	10	I	電感峰值電流檢測與過電流偵測
HVDD	11	P	輸入電源，工作電壓 5V~24V
GND	12	P	IC 的地
GND	13	P	IC 的地
EXT	14	O	PWM 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	20201210	
		版別	V06

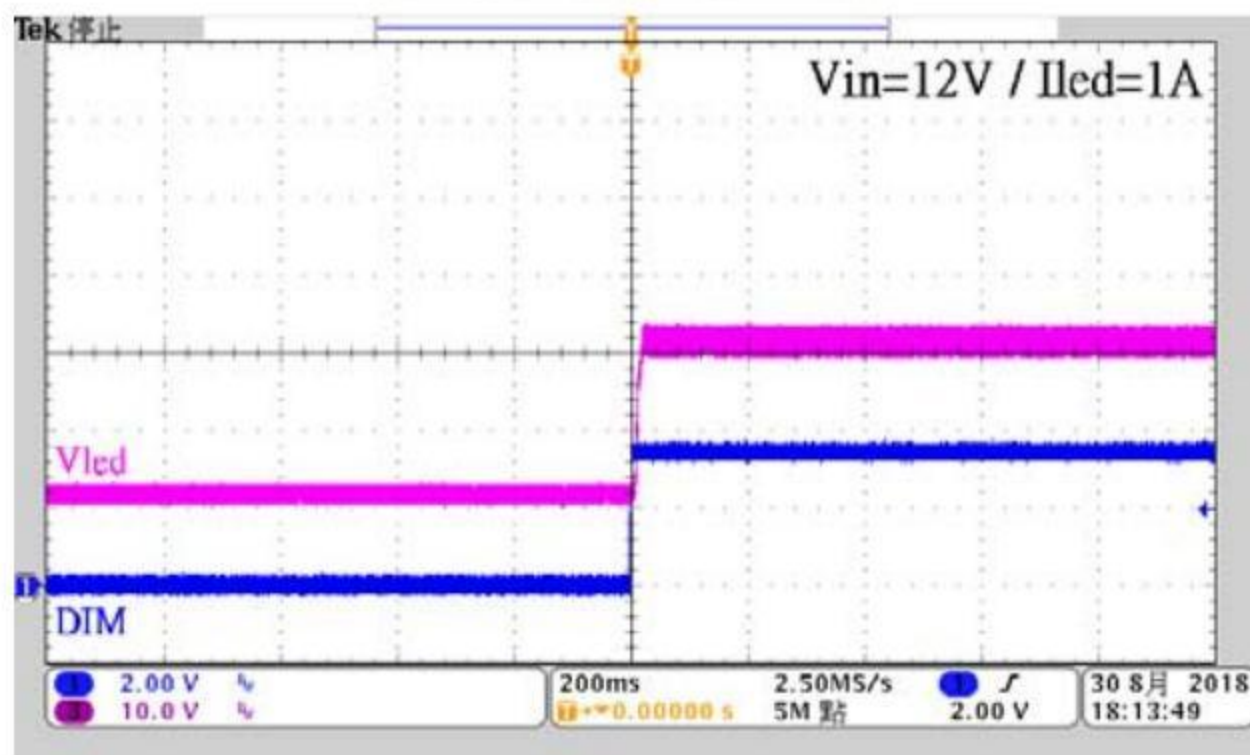
特性曲線



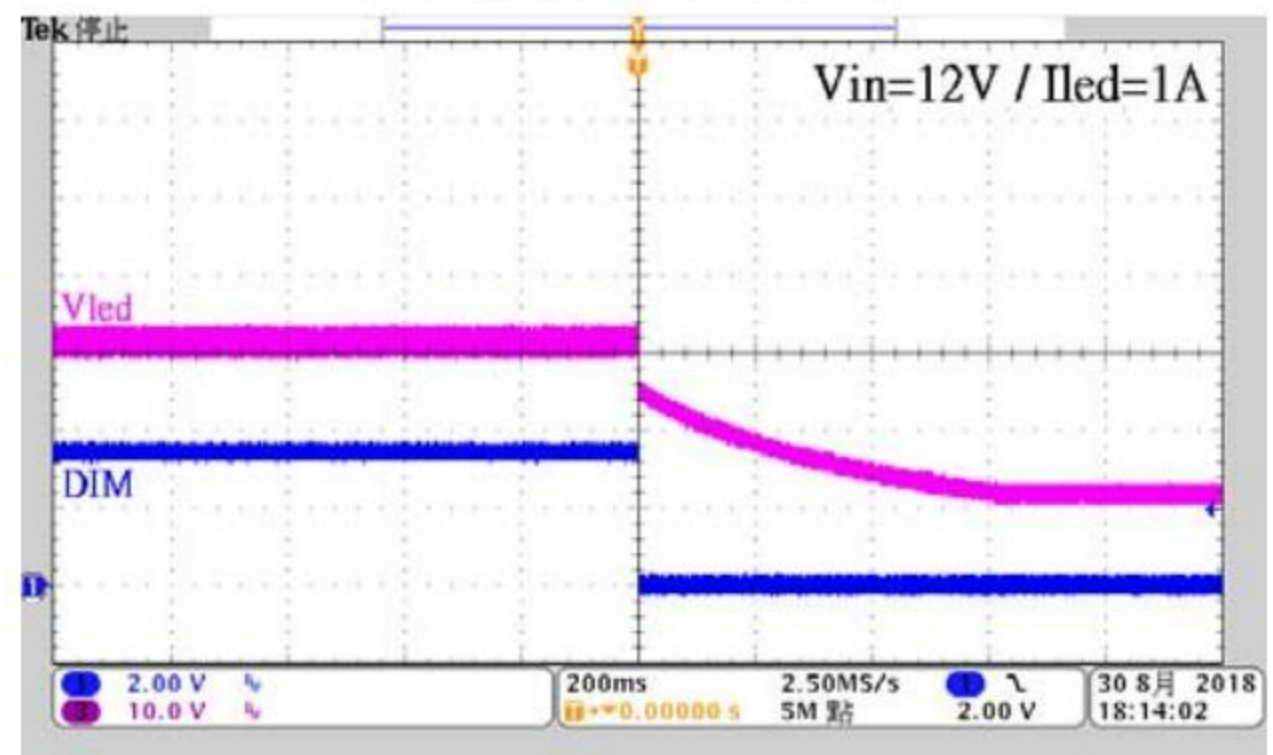




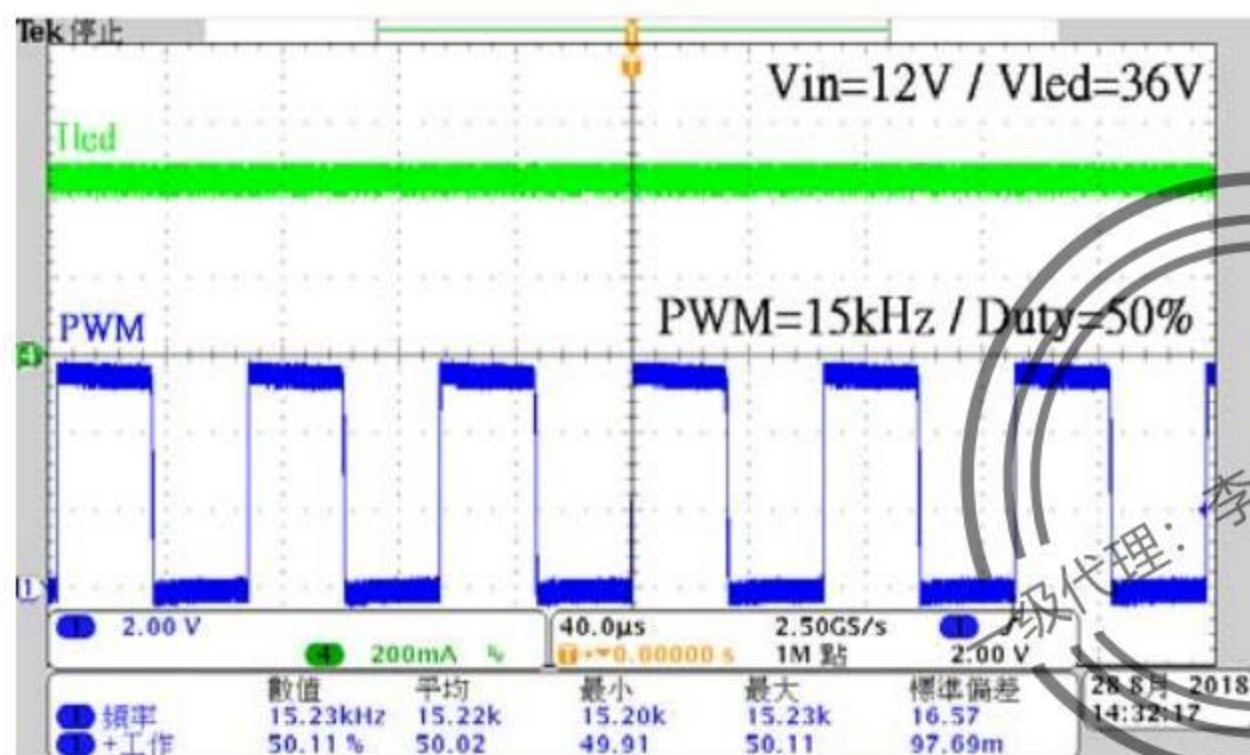
Power ON From DIM



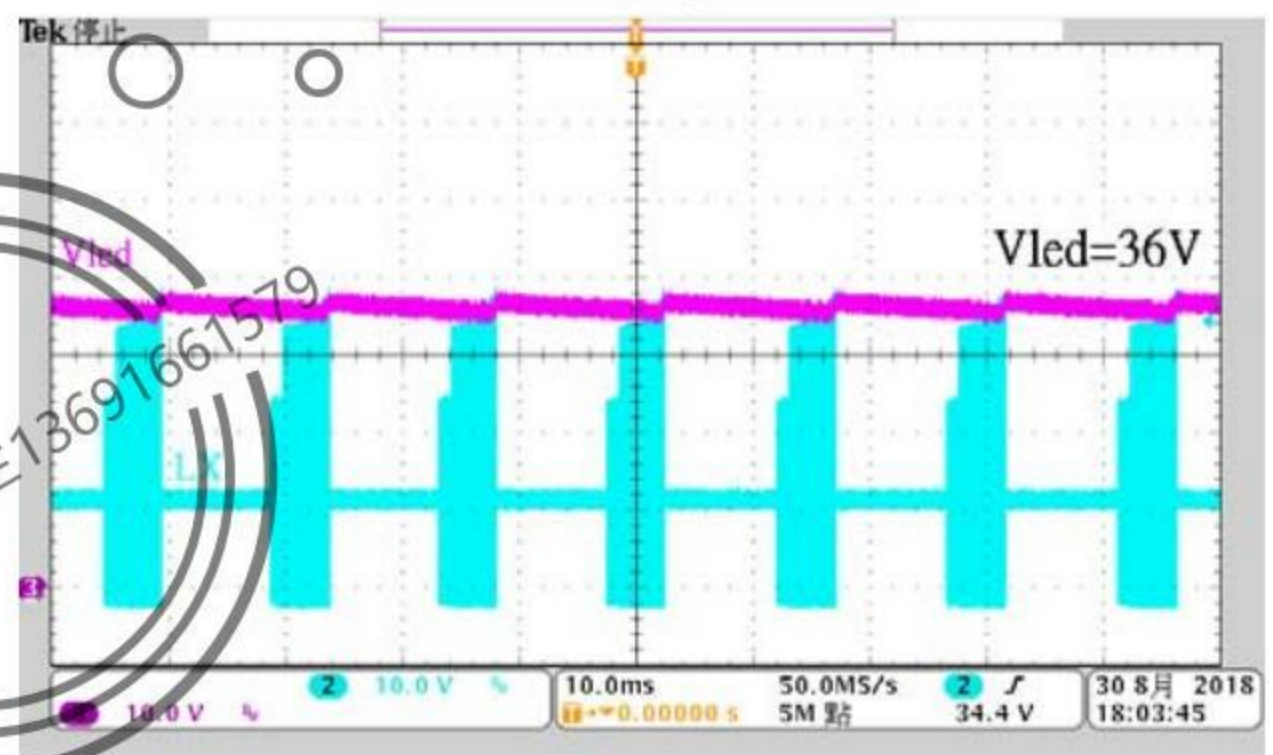
Power OFF From DIM



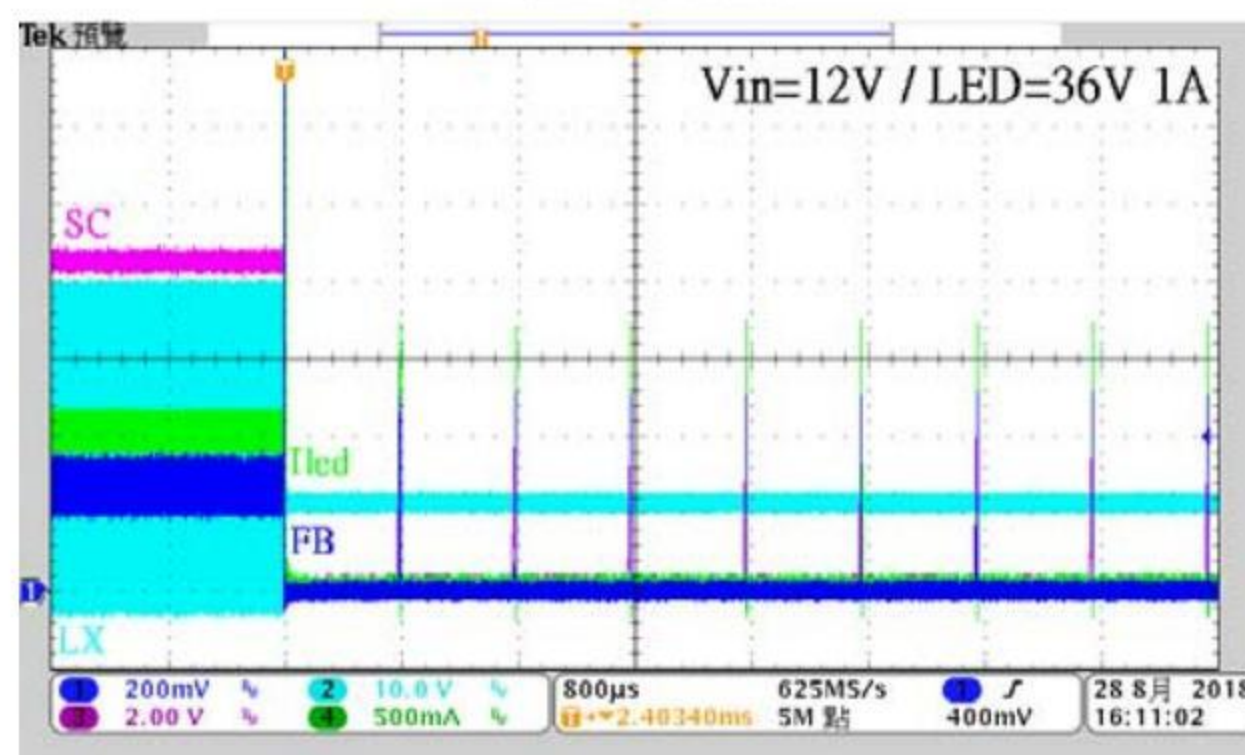
PWM Dimming From DIM



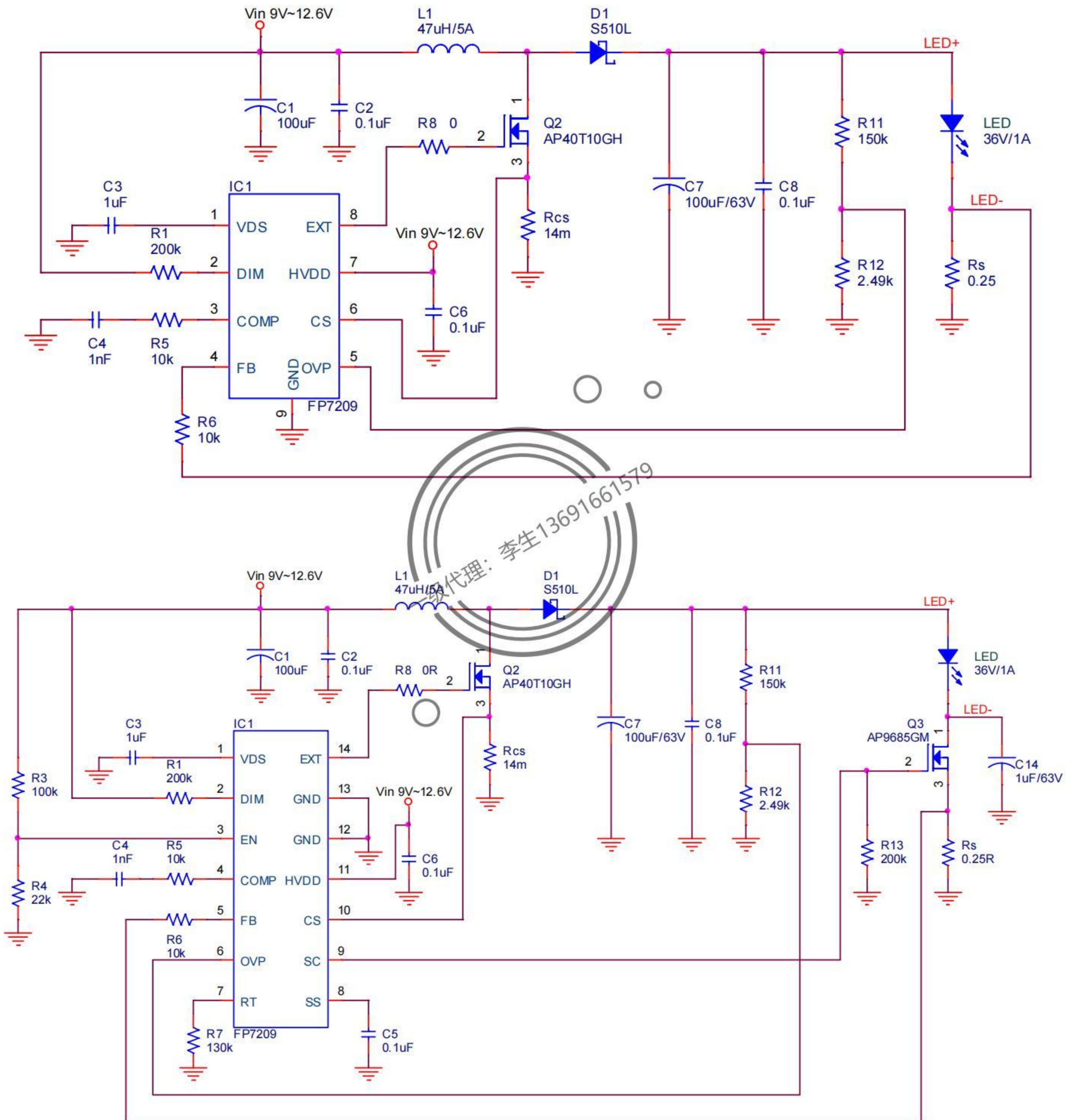
LED Open



LED Short



應用電路圖





	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

### 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。
- C14：LED 正負兩端短路會產生高壓突波，造成 Q3 損壞，在 LED 負端與地之間加 1uF 電解電容吸收突波，電容耐壓大於 LED 開路電壓的 1.3 倍。
- 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。
- R13：短路保護 NMOS(Q3)的 Gate 對地下拉電阻。
- 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	20201210	
		版別	V06

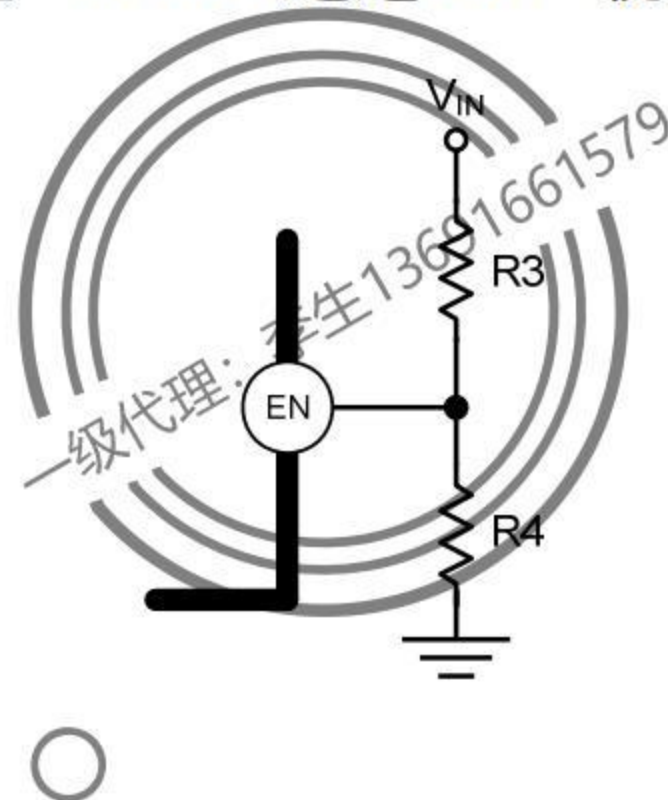
## 功能說明

### 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

如下分壓電阻 R3、R4 連接 Vin 與 EN，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 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；不設定開啓與關閉電壓，R3 接 200kΩ、R4 不接，EN 內部拑位電路限制  $V_{EN} < 5.5V$ ，此外 EN Pin 不能空接(懸空)。HVDD 電壓低於 5V，不能使用 R3、R4 控制 EN 開關，例如單節鋰電池 3V~4.2V，輸出端接到 HVDD，當 Vin 降低 EN 關閉，輸出不升壓，HVDD 趨近 Vin，就會低於 5V。



### 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 0.275V 開始產生  $V_{FB}=7.5mV$ ，當  $V_{DIM}$  等於 2.7V， $V_{FB}$  是最大 0.25V，LED 電流範圍 3%~100%， $V_{DIM}$  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 0.05V，FP7209 完全關閉，HVDD 耗電流低於 6μA。

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

	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

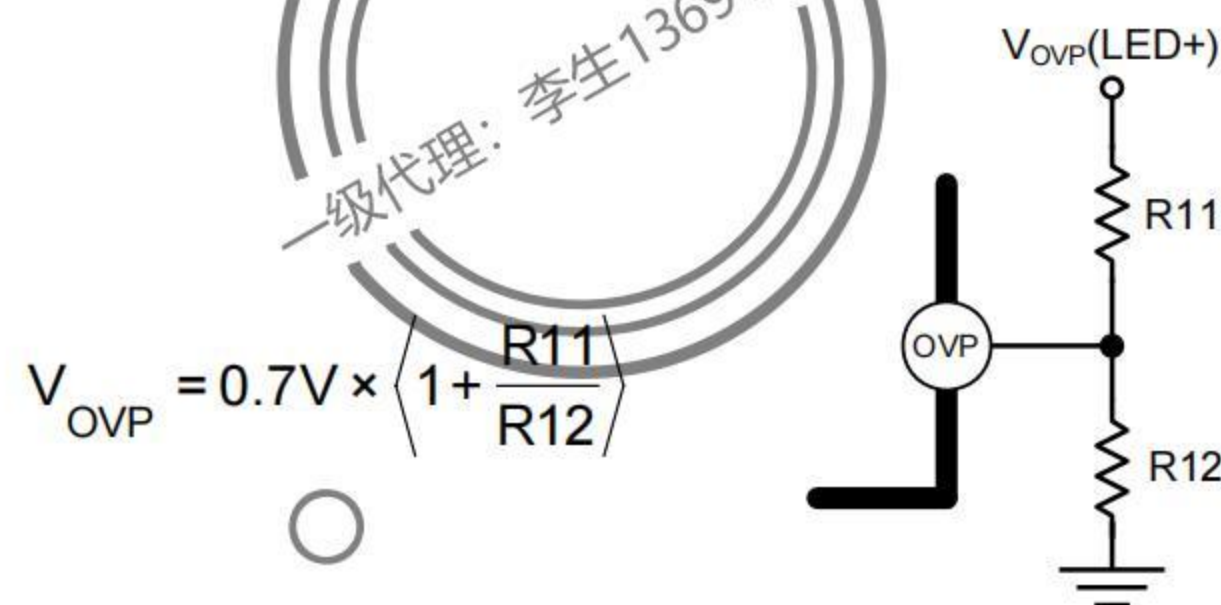
### e. 數位調光控制

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 10.2%~100%， $V_{FB}$  是 7.5mV~250mV，LED 電流範圍 3%~100%。PWM 頻率大於 15kHz。當輸入電壓低於 5V，調光 PWM 佔空比起始值從 10.2% 變成約 13%，LED 電流 3%變 6%。

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

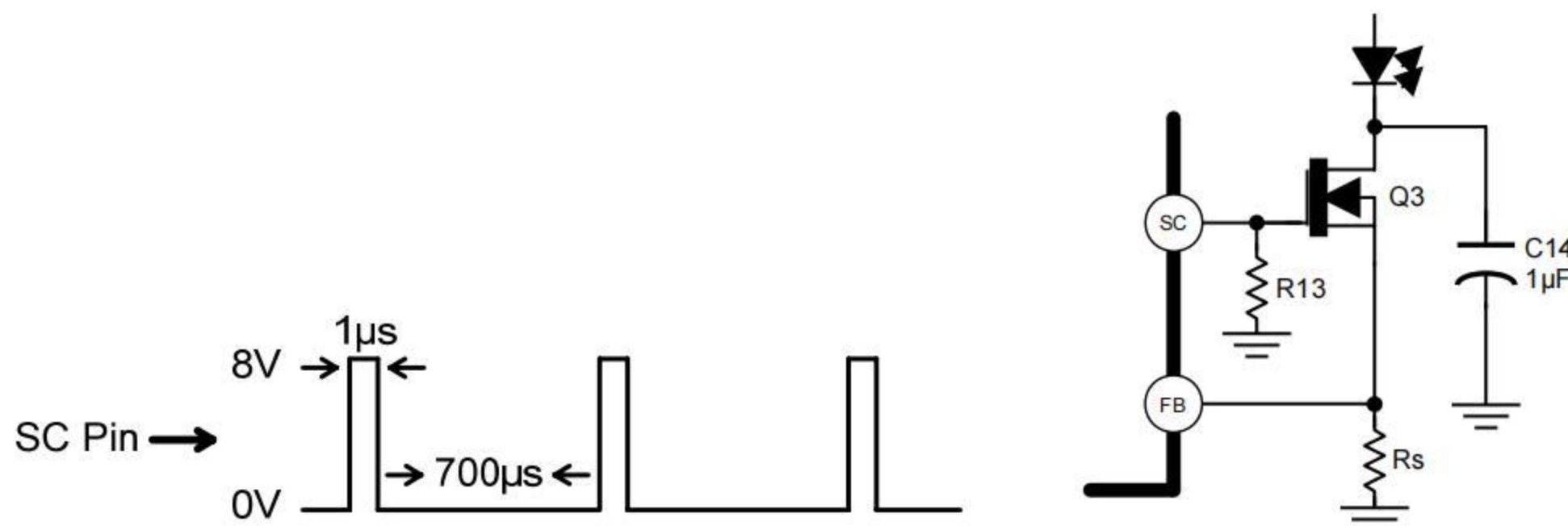
### f. 過電壓保護(OVP)

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 R11 與 R12 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  $V_{OVP}$ 。



### g. 短路保護(SCP)

LED 發生短路，大電流流過 Q3 與  $R_s$ ， $R_s$  連接到 FB Pin，當 FB 超過 0.4V(中心值)，SC 會下拉將 Q3 關閉，停止 700 $\mu$ s 再打開(停止 700 $\mu$ 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 Q3 導通。LED 正負兩端短路會產生高壓突波，造成 Q3 損壞，在 LED 負端與地之間加 C14 電解電容 1 $\mu$ F 吸收突波，電容耐壓大於 LED 開路電壓的 1.3 倍。



	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20201210	
			版別	V06

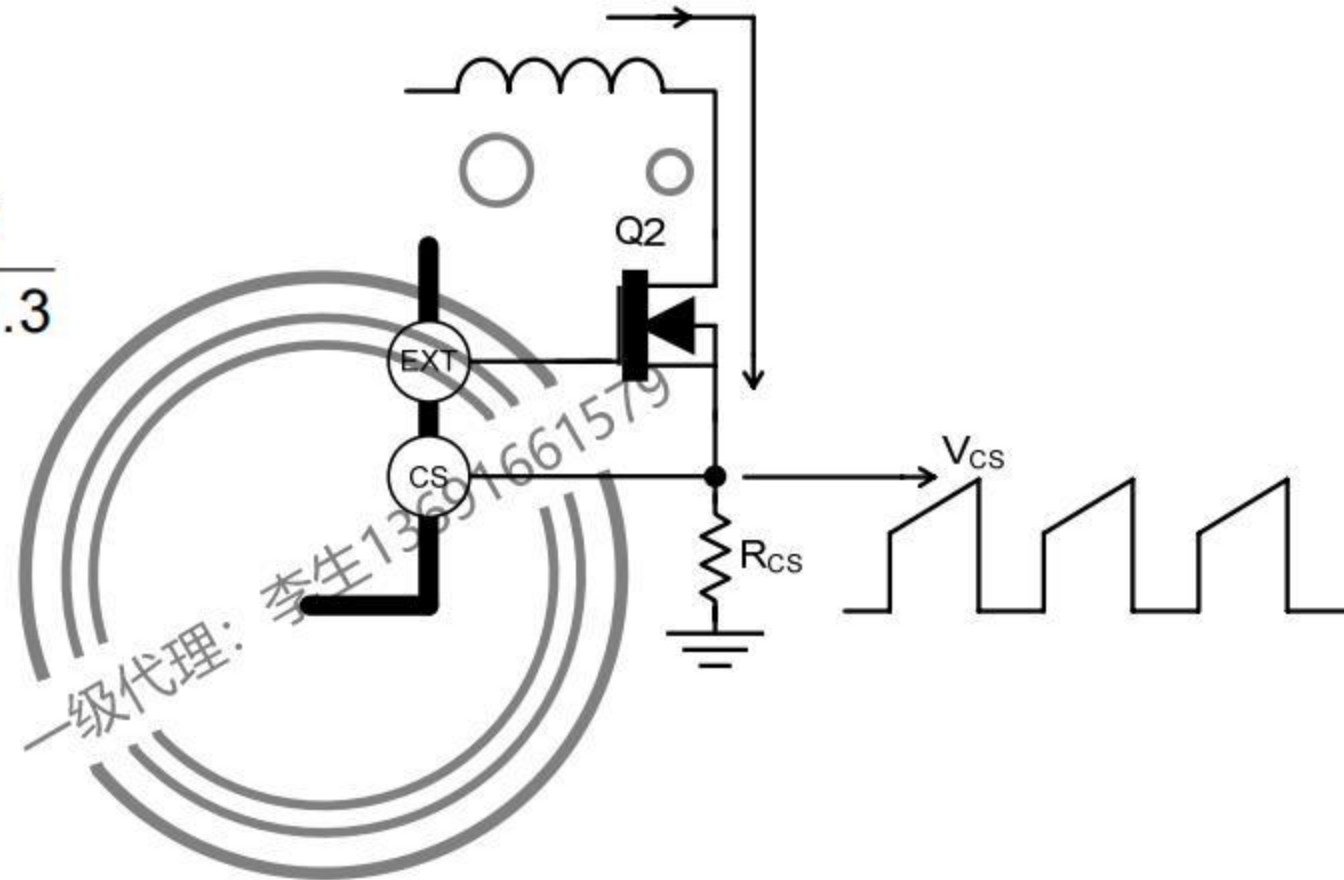
#### h. 過熱與過溫保護

IC 內部晶片溫度達到 135°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°C，將 EXT 訊號關閉，直到晶片溫度降低為 130°C 再將 EXT 打開。

#### i. 過電流保護

過電流檢測電阻  $R_{CS}$  連接 Q2 S 端與地之間，Q2 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  $R_{CS}$ ，0.085V 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 Q2 損傷。

$$R_{CS}(\Omega) = \frac{0.085V}{I_{LP}(A) \times 1.3}$$



#### 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

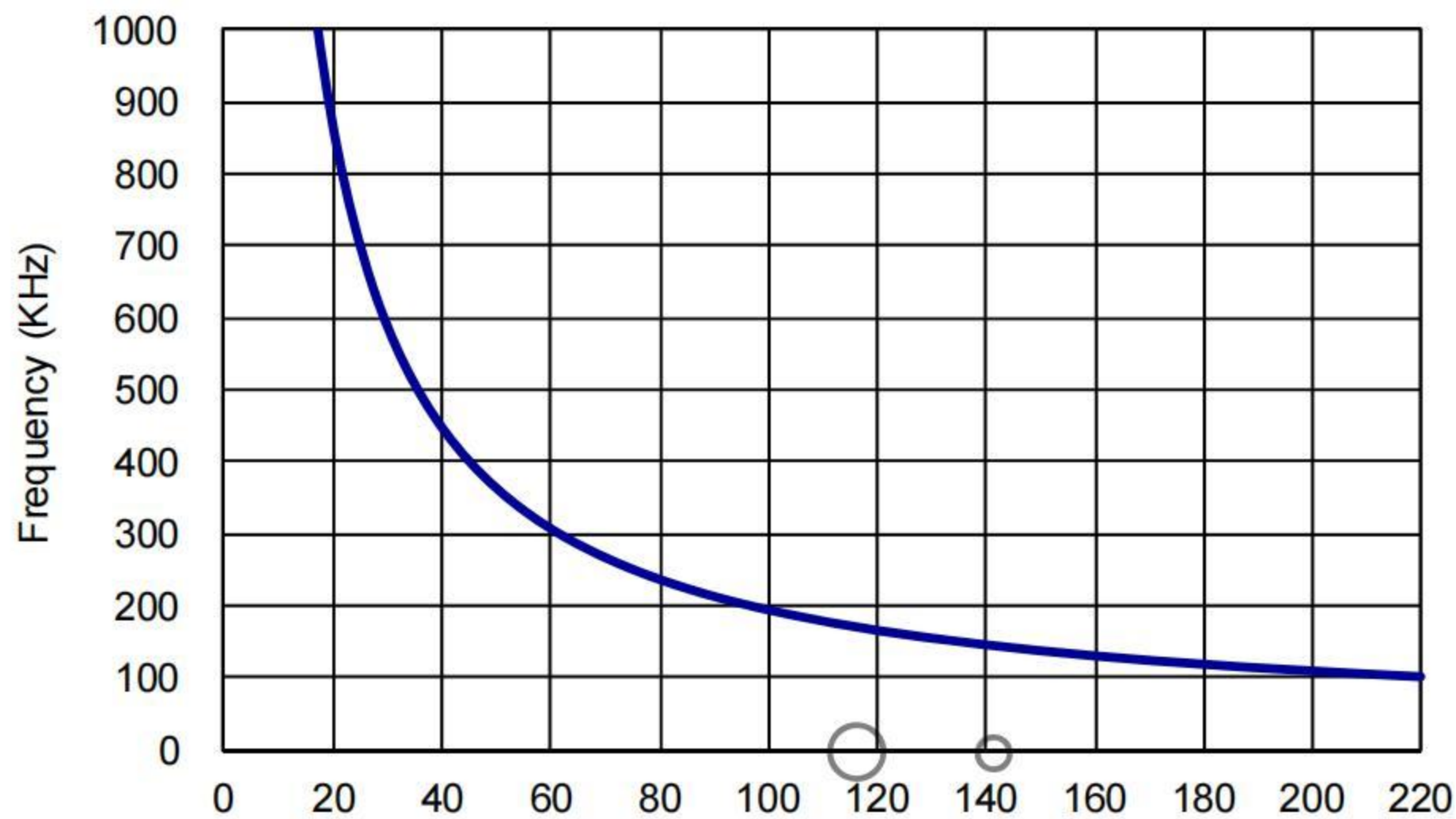
$$I_{LP} = I_{Lavg} + \frac{I_{Lpp}}{2}$$

#### 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。

	文件名稱		文件日期	
	FP7209 應用說明		20201210	
			版別	V06

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



## 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，Vin 輸入電壓，Vout 輸出電壓(LED 總電壓)，Fs 工作頻率，Iout(LED 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：Vin=10V、Vout=36V、Iout=1A(max)、Fs=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. 電容與蕭特基管選用

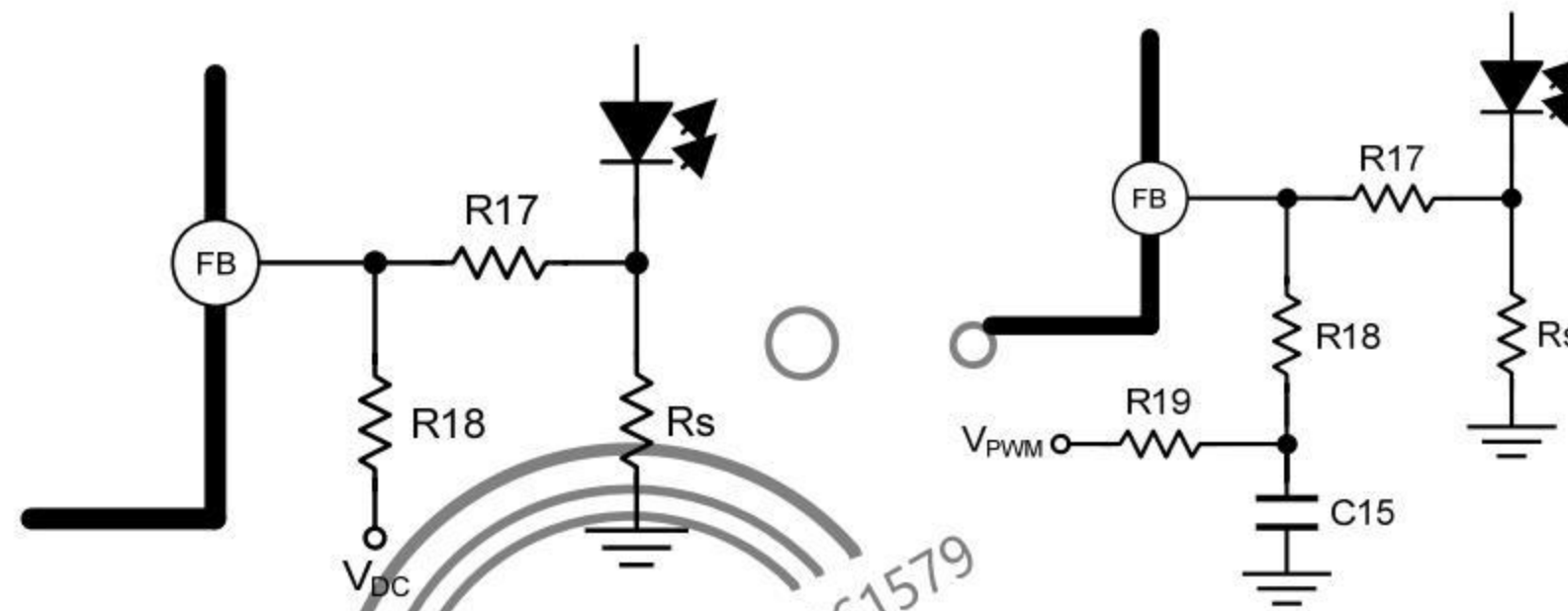
MLCC 陶瓷電容選用 X5R,X7R 材質，不建議使用 Y5V 材質(內阻高，電容值隨溫度變化大)；蕭特基管選用低導通電壓，平均電流大於輸入與電感峰值電流，耐壓大於輸出電壓的 1.5 倍。

	文件名稱	文件日期
	FP7209 應用說明	20201210
		版別

#### d. FB Pin 調光控制

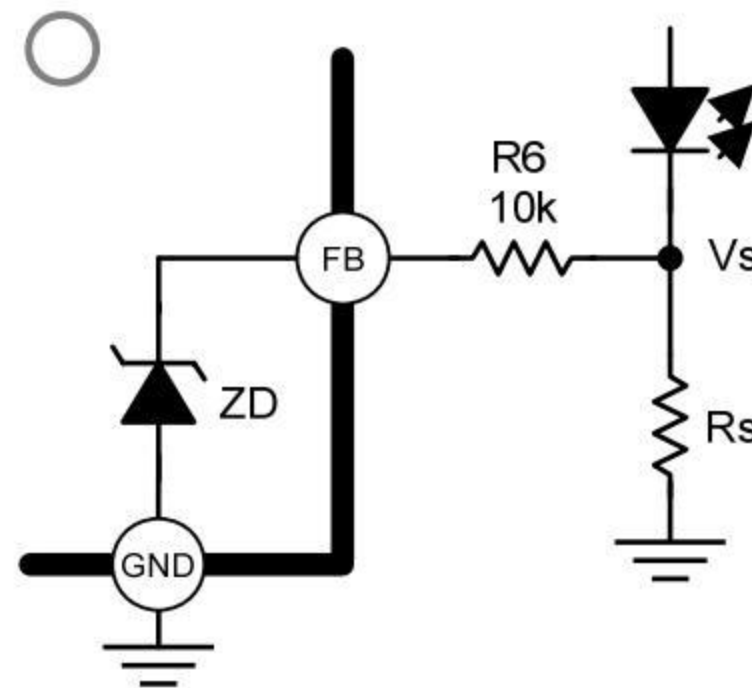
調光也可以透過 FB Pin，提供直流與 PWM 訊號，改變  $V_{DC}$  與  $V_{PWM}$  Duty，就可以調整 LED 電流，電路與公式如下。當輸入電壓低於 5V，不能控制 FB Pin 調光。

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



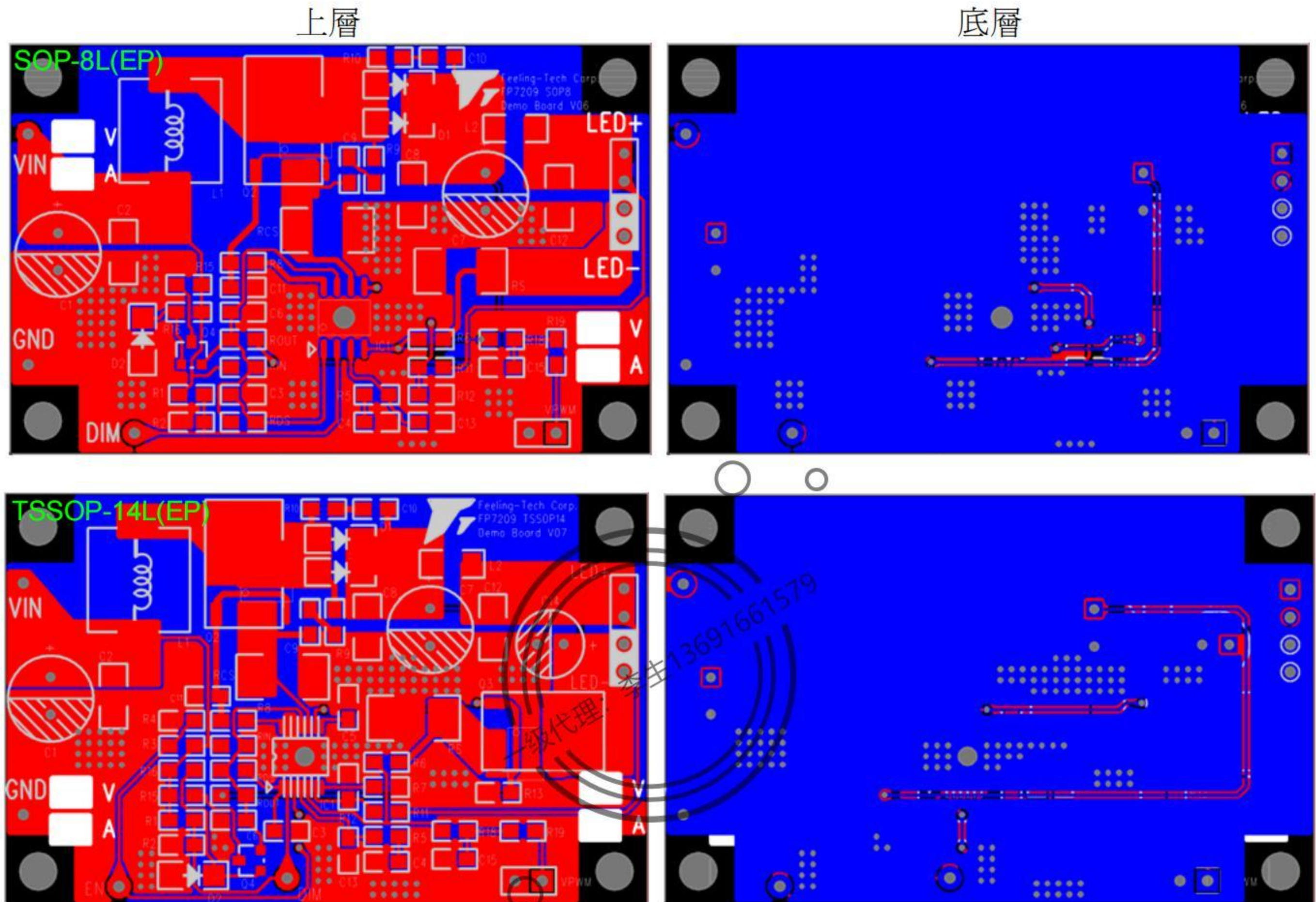
#### e. FB Pin 保護電路

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。



	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

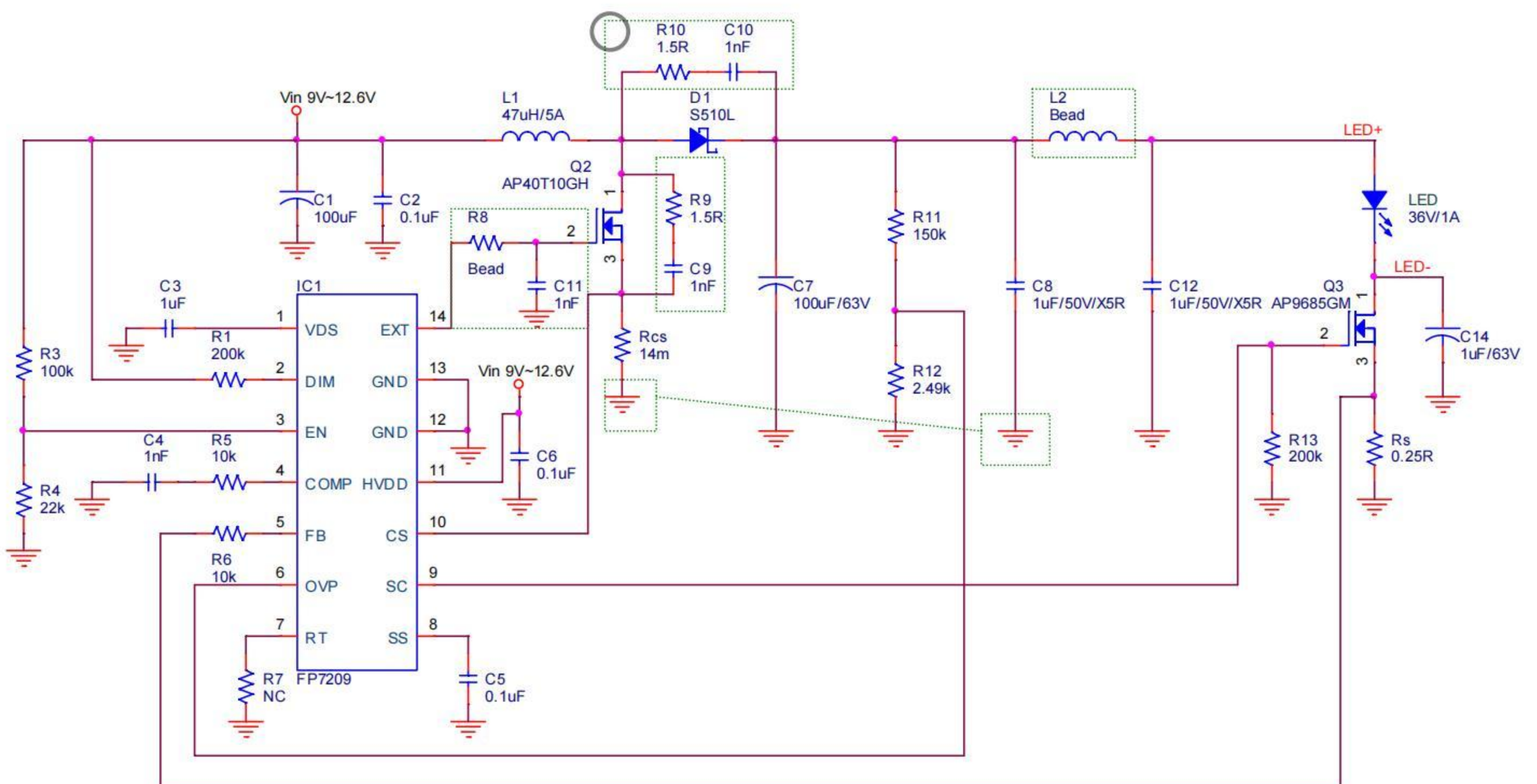
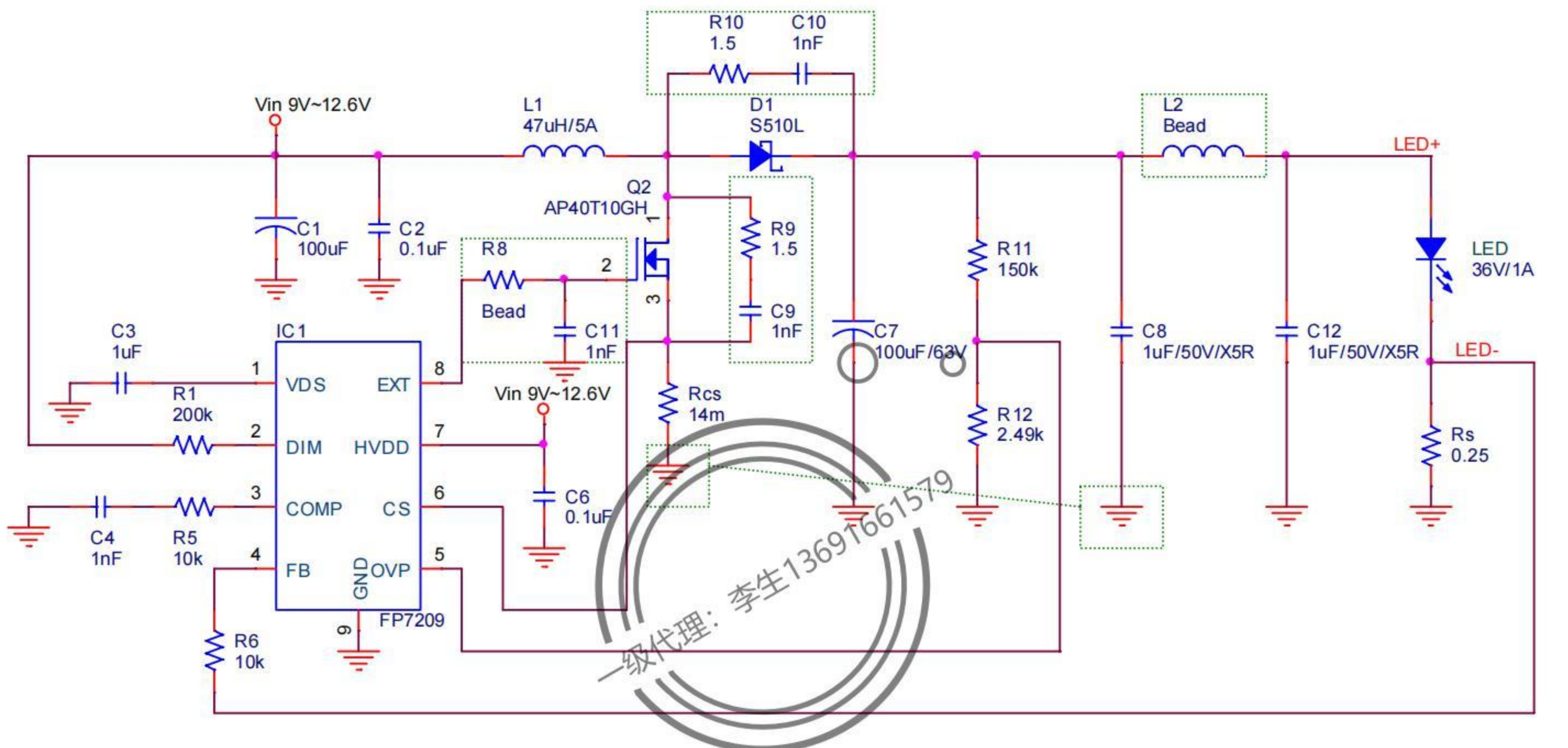
## f. 佈板說明



- 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**

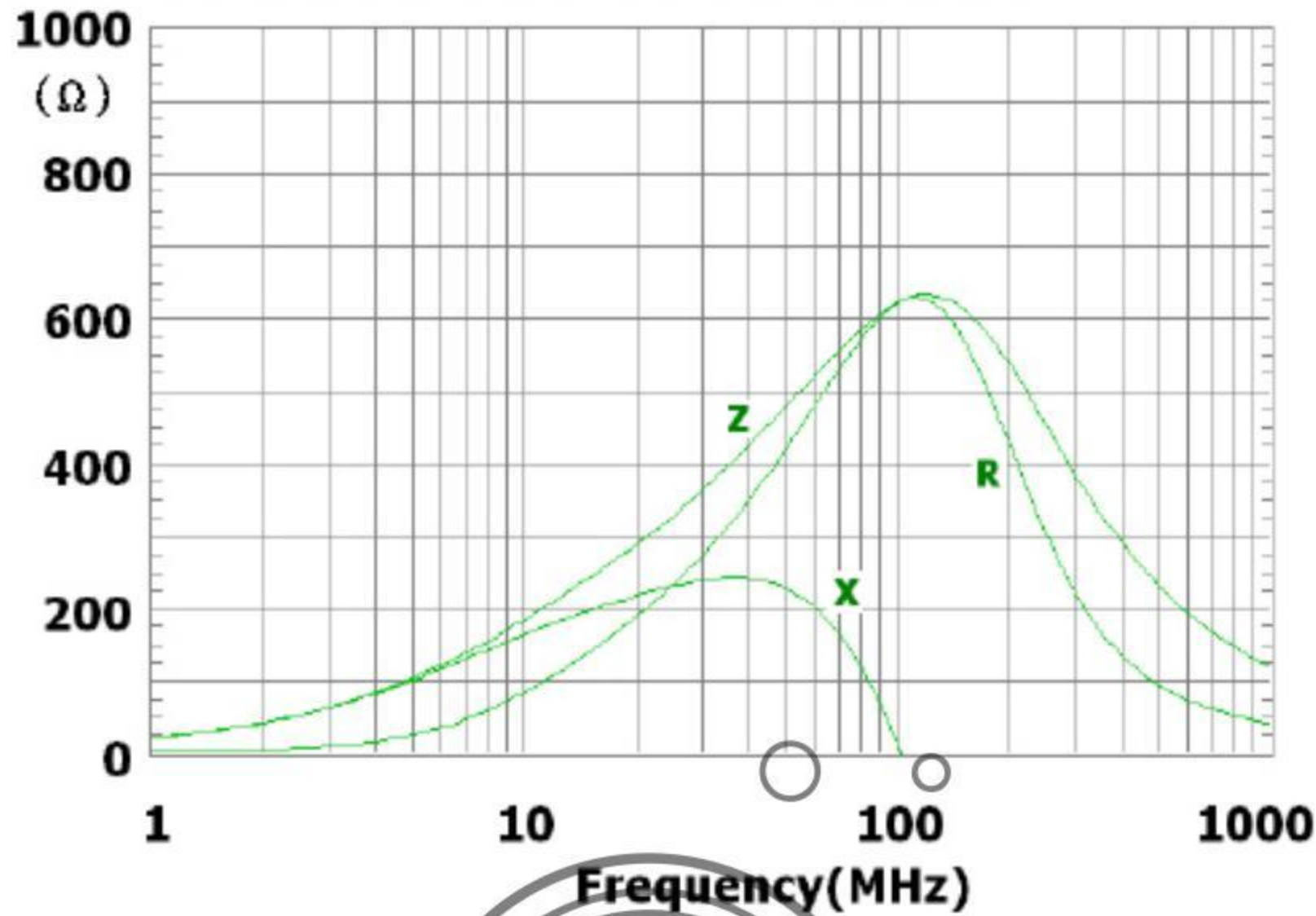
R8 使用磁珠規格如下，C11=1nF 靠近 Q2 Gate 端，R9 與 C9 兩者靠近，且要靠近 Q2 的 Drain 與 Source 端；R10 與 C10 兩者靠近，且要靠近 D1，輸出電容 C8 的地一定要靠近 Rcs 的地，L2 使用磁珠規格如下。測試  $V_{in}=12V$ 、 $V_{LED}=10$  串 2 並白光 LED、 $I_{LED}=1A$ ，如下測試結果垂直低標 4.69dB 與水平低標 10.64dB。





	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

磁珠 FI321611U601



垂直

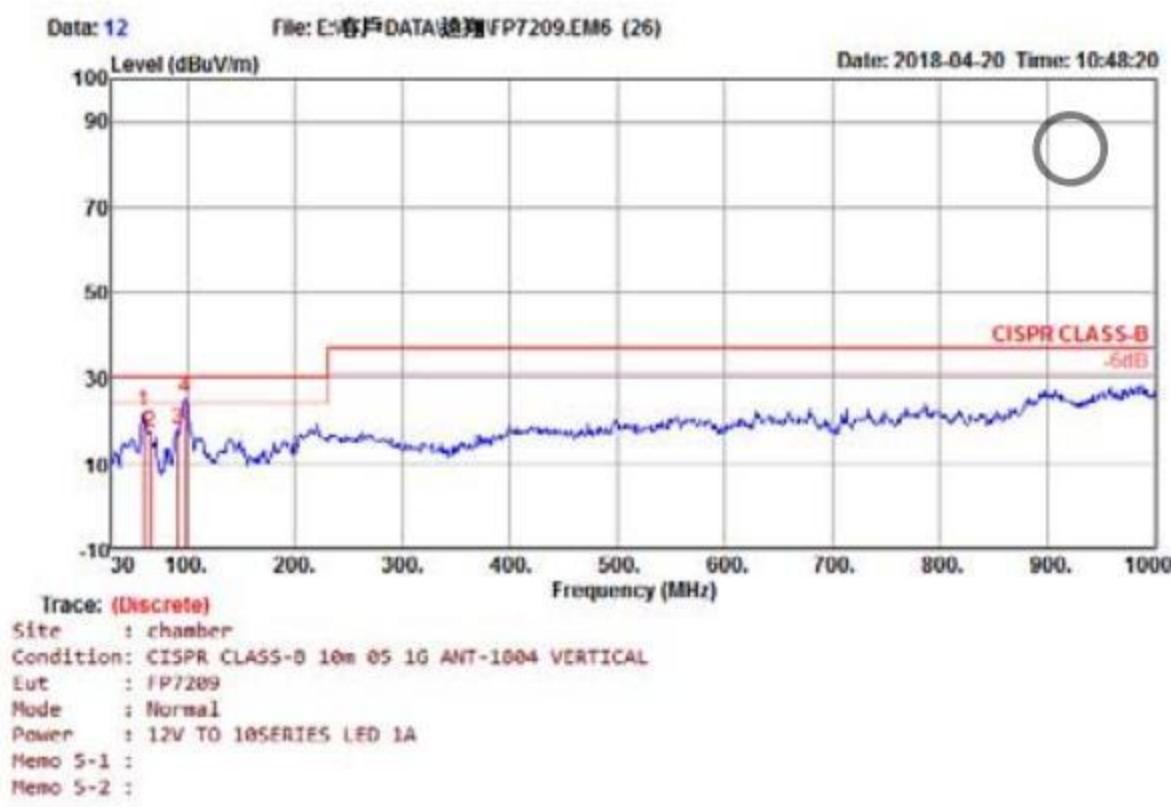
水平



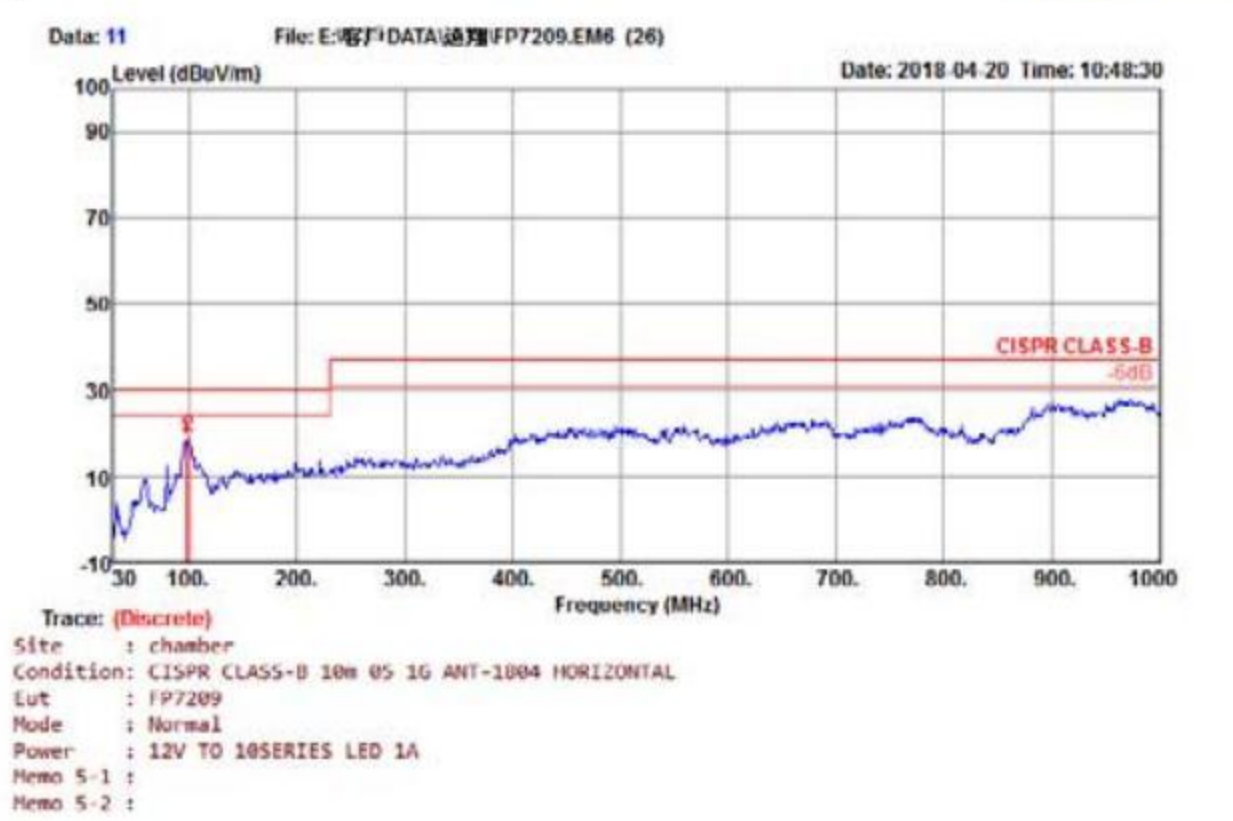
No. 8 Lane 724, Bo Ai Street, Zhubei City,  
Hsin Chu Hsien 302, Taiwan, R.O.C.  
TEL:03-656-9065  
FAX:03-656-9085



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



	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	12.81	32.41	100	99 Peak	VERTICAL
2	65.89	17.18	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



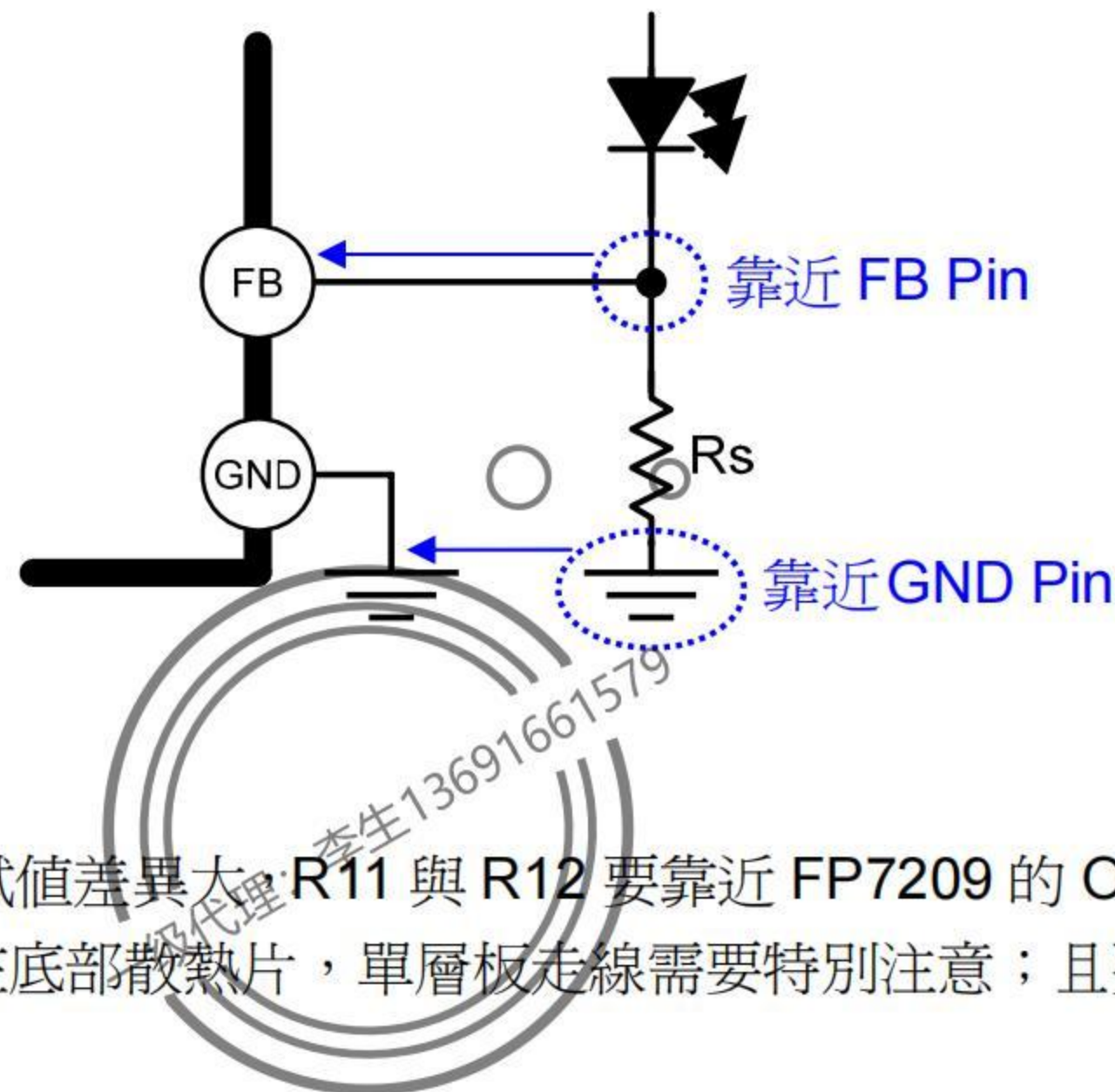
	Freq	Level	Limit	Over	Read	CableAntenna	Preamp	A/Pos	T/Pos	Remark	Pol/Phase
	MHz	dBuV/m	dBuV/m	dB	dBuV	dB	dB/m	dB	cm	deg	
1	96.93	18.47	30.00	-11.53	42.72	0.84	16.53	32.37	100	320 Peak	HORIZONTAL
2	99.84	19.36	30.00	-10.64	40.80	0.83	17.10	32.37	100	249 Peak	HORIZONTAL

	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

### 常見問題

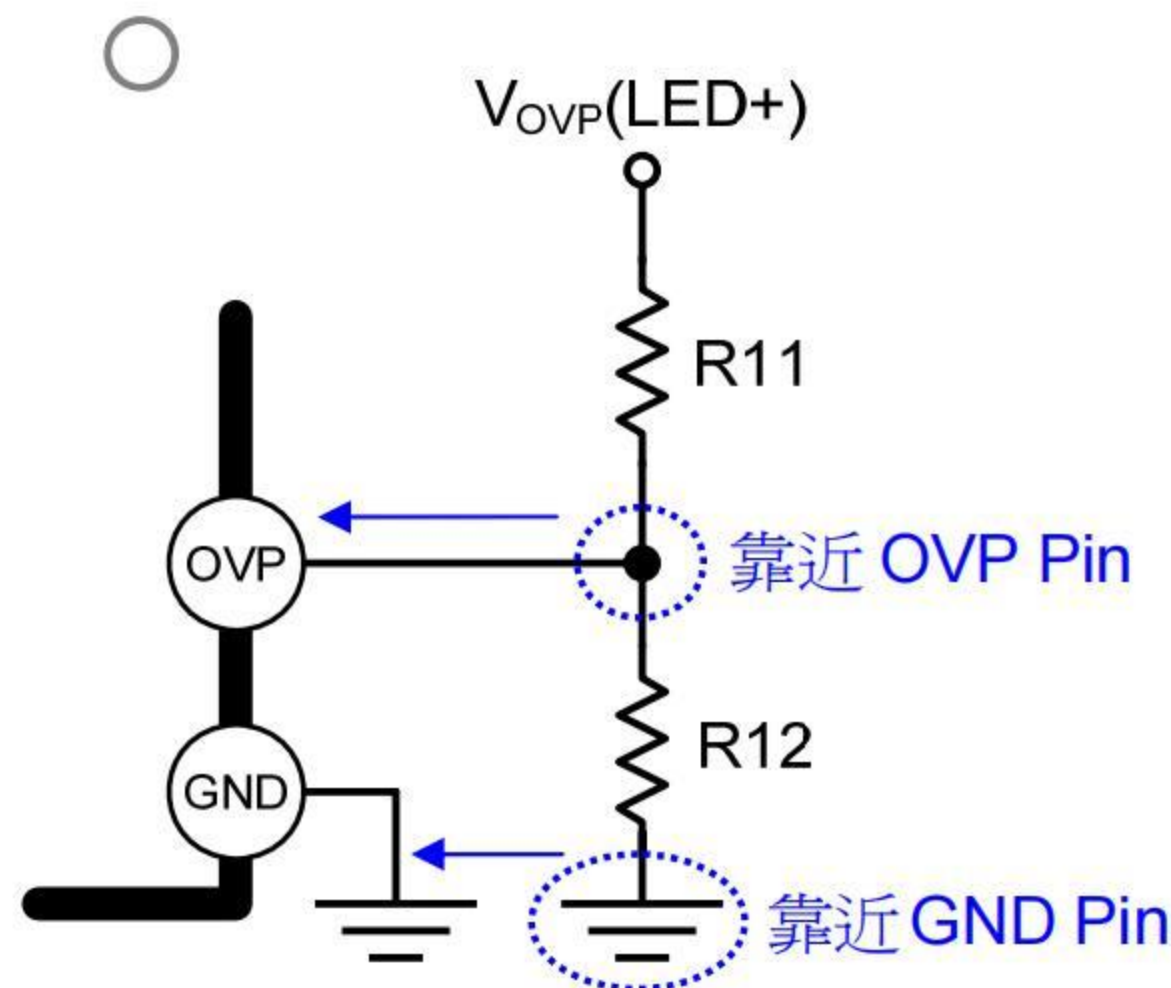
#### a. LED 電流不準確

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， $R_{11}$  與  $R_{12}$  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  $47\mu\text{H}$ 。

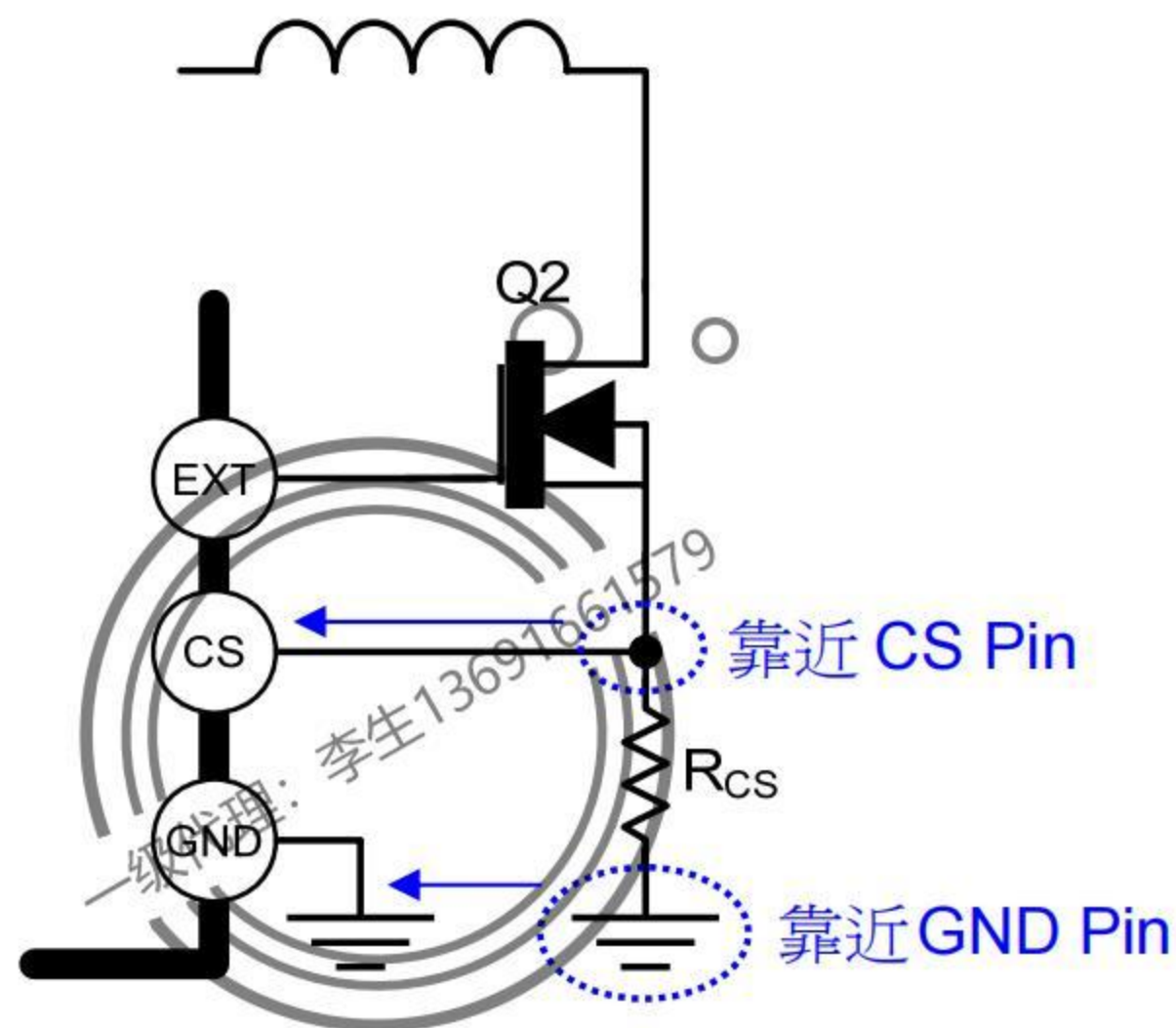
	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

**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。

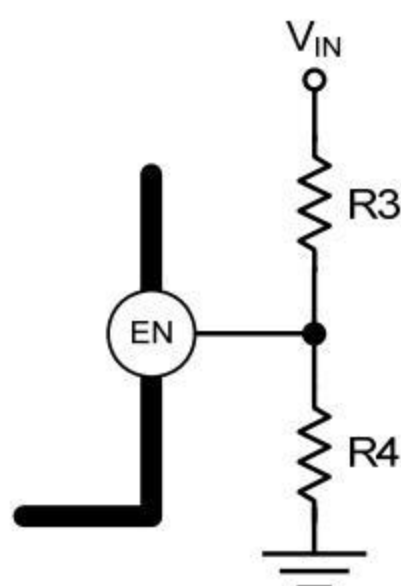


**f. 加入 EMI 對策元件，NMOS Q2 溫度升高**

EMI 對策元件 R8(磁珠)、C11=1nF、R9=1.5Ω、C9=1nF、R10=1.5Ω、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 200kHz 降到 150kHz。

**g. HVDD 電壓低於 5V，不能使用 R3、R4 分壓電阻控制 EN 開關**

HVDD 電壓低於 5V，不能使用 R3、R4 分壓電阻連接  $V_{in}$  與 EN，設定 EN 開啓與關閉電壓，例如單節鋰電池輸入 3V~4.2V，HVDD 是接輸出電壓，當  $V_{in}$  降低 EN 關閉，輸出不升壓，HVDD 趨近  $V_{in}$ ，就會低於 5V。



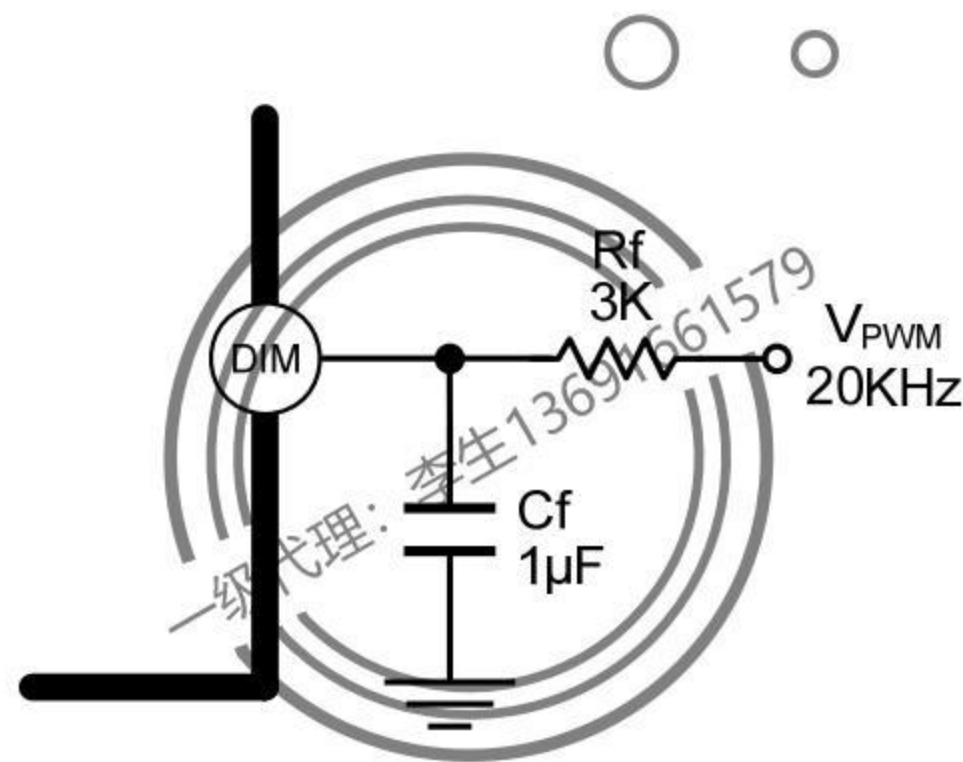
	文件名稱	文件日期	
	FP7209 應用說明	20201210	
		版別	V06

**h. 輸出使用電子負載 CV 模式測試不穩定**

輸出使用電子負載 CV 模式測試，EXT Pin 開關方波不穩，導致噪音問題，在電子負載正負兩端加電解電容 100 $\mu$ F~220 $\mu$ F，就能讓方波穩定，解決噪音問題，接 LED 不會有這種問題。

**i. HVDD 電壓低於 5V，DIM 與 FB Pin 調光問題**

當輸入電壓低於 5V，例如單節鋰電池應用 3V~4.2V，HVDD Pin 是從 LED+ 供電，一般白光 LED 至少兩顆串聯，正常工作 VLED 約 6.6V 供電給 HVDD，控制將 FP7209 關閉不升壓，HVDD 只剩下 VBAT 減掉蕭特基管的電壓，已經低於 5V，不能控制 FB Pin 調光；若 PWM 直接控制 DIM Pin 調光，PWM 起始值會從 10.2% 變成約 13%，LED 電流 3% 變 6%；輸入電壓低於 5V，對調光低電流要求高的應用，如下電路先將 PWM 經過 Rf、Cf 濾波成直流，讓 DIM 變成直流調光，LED 電流起始值維持 3%。



**j. 開關機短路保護 NMOS(Q3)誤動作**

在短路保護 NMOS(Q3)的 Gate 對地加 R13=200k $\Omega$ ，在 SC Pin 未輸出訊號時，確保 NMOS 關閉狀態。

