

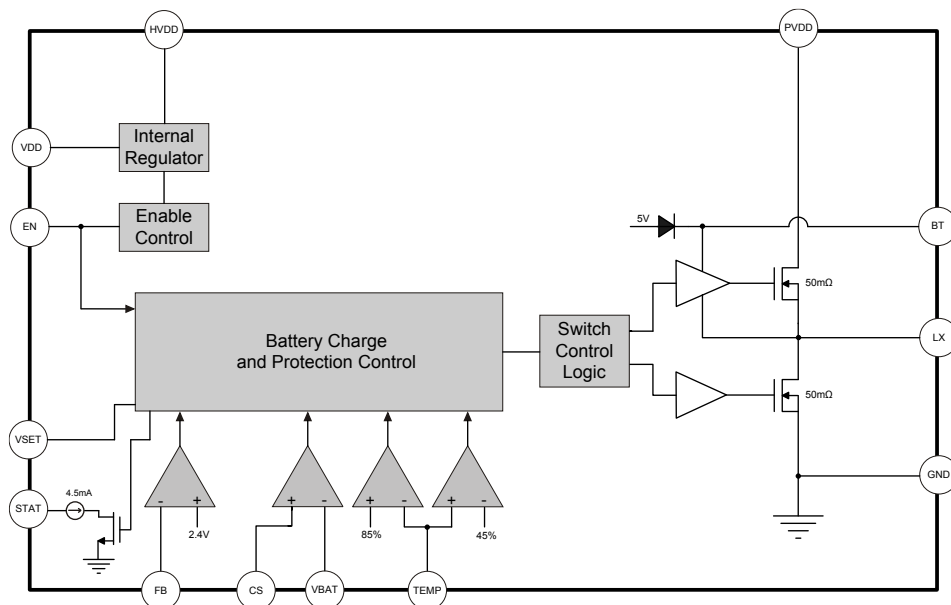
一般描述：

HM4093 是一款開關模式的電池充電控制器，輸入電壓應用範圍為 **4.9V~16V**，可對單節或是多節鋰離子電池(最多三節)進行定電流或是恒壓充電，其最大充電電流為 **3A**，可用外部電阻進行設定，在充電方面細分成 **3** 種模式，包含了涓流模式、定電流模式與定電壓模式，另有第三個控制回路可對來自電源轉接器的輸入電流進行限制，這可保證讓系統持續工作的同時還能讓電池以最高速率進行充電，但卻不會超出電源供應器的能力。**HM4093**集成了多項保護機制，包含了內置輸入欠壓保護、芯片過溫保護、電池短路保護、電池溫度監控。

特色說明：

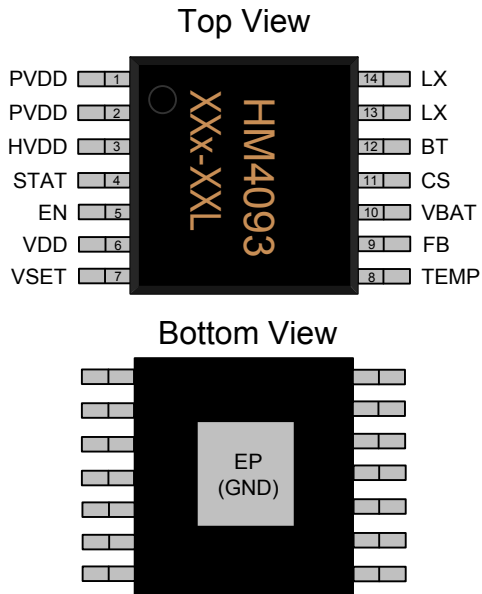
- 寬輸入工作電壓範圍 **4.9V~16V**
- 可調式截止電壓範圍 **4.1V~12.6V**
- 可調式充電電流最高可達 **3A**
- 精準參考電壓：**±1%**
- 精準充電電流：**±5%**
- 固定工作頻率 **500kHz**
- 充電指示燈顯示
- 多種保護功能：輸入欠壓保護、芯片過溫保護、電池短路保護、電池溫度監控
- 封裝 **TSSOP-14L** 帶散熱片
- 可應用在手持式裝置、太陽能供電型應用、鋰電池充電應用、遠程監控站

IC 內部方塊圖：



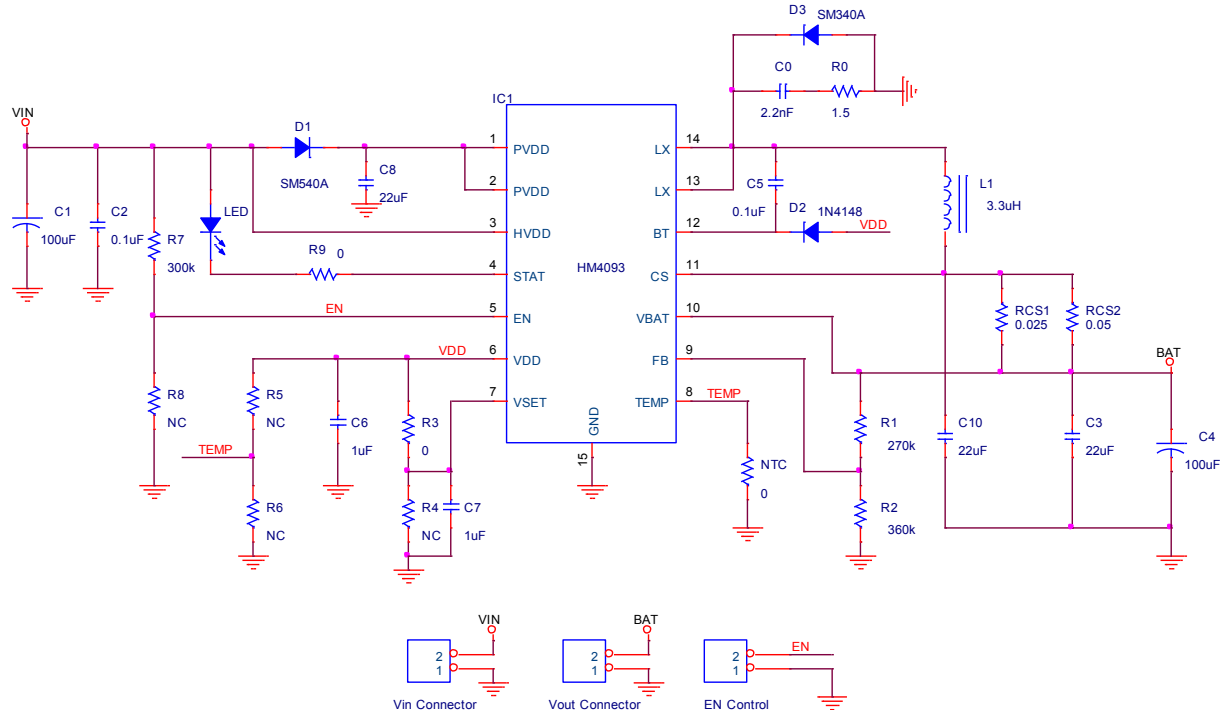
封装脚位：

TSSOP-14L(EP)



Name	No.	I / O	Description
PVDD	1	P	IC 輸入端電源，應用範圍為 4.9V~16V
PVDD	2	P	IC 輸入端電源，應用範圍為 4.9V~16V
HVDD	3	P	IC 控制電路電源，應用範圍為 4.9V~16V
STAT	4	O	充電指示燈
EN	5	I	IC 開關，可控制充電電流
VDD	6	O	5V 輸出(HVDD > 6V)，最大供應 1mA 電流
VSET	7	I	可用來調整充電電流
TEMP	8	I	電池溫度監控
FB	9	I	反饋電壓，可用來調整截止電壓
VBAT	10	P	電池電壓
CS	11	I	最大充電電流設定腳
BT	12	O	Bootstrap 腳
LX	13	O	連接到電感的切換開關腳
LX	14	O	連接到電感的切換開關腳
EP	15	P	IC 接地腳

應用電路圖：



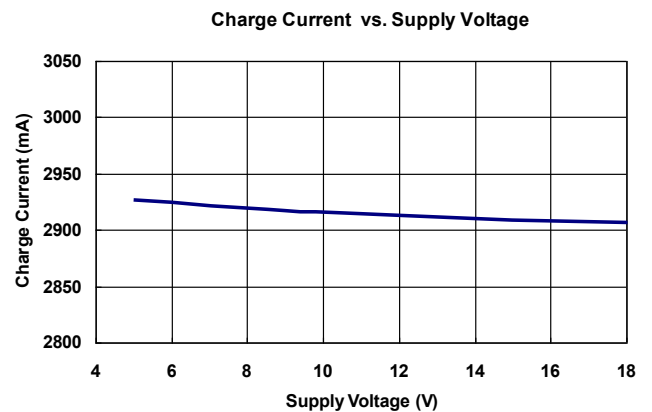
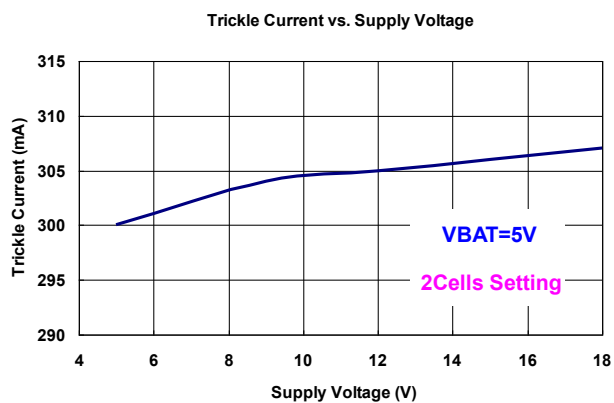
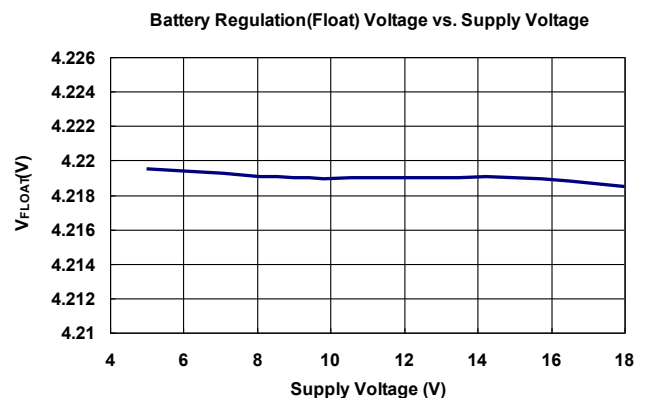
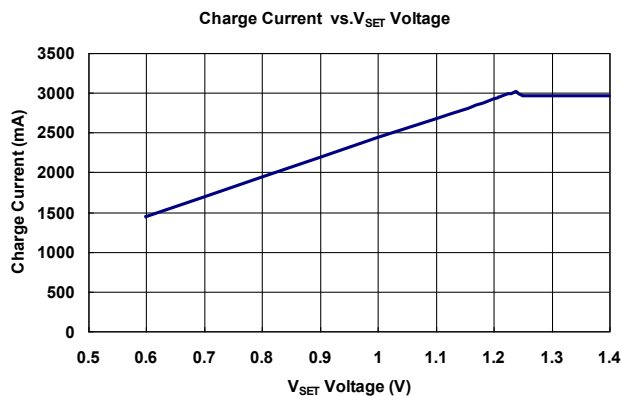
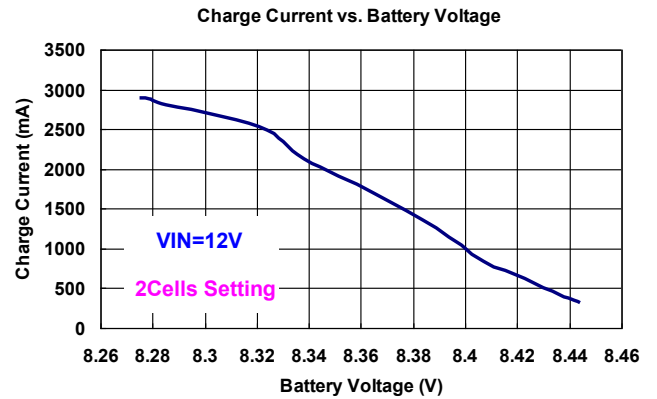
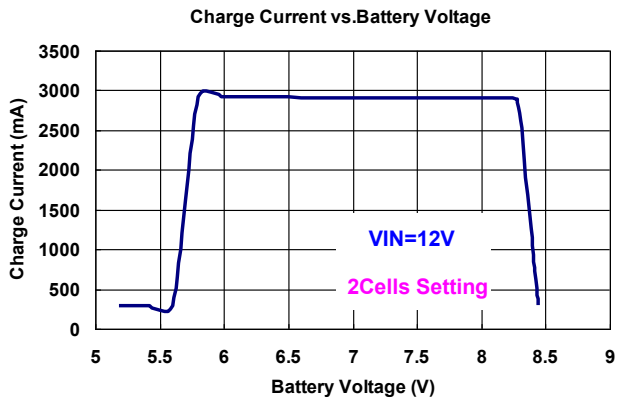
※電池端設定 1~2 節鋰電池時，C4 可以省略不接，三節鋰電池 C4 必須加上。

應用元件介紹：

- C1、C2、C3、C4、C10：輸入與輸出穩壓電容，輸入輸出都需加上電解電容防止插拔突波。
- C5：Bootstrap 電容，用來儲能以供給 High Side MOS 導通。
- C6：5V LDO 輸出穩壓電容，當輸入端 HVDD 電壓大於 6V 時可達到 LDO 5V 輸出。
- C7：VSET 腳穩壓電容，
- C8：IC Power 穩壓電容。
- L1：電感有儲能與濾波功用。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：蕭特基管用來防止電池回灌。
- D2：VDD 對 BT PIN 接上 1N4148，用來確保 BT 有足夠電壓可以打開 High Side Mos。
- D3：可抗雜訊干擾，一定要接上。
- LED：IC 充電指示燈，IC 設計為定電流 4.5mA。
- R0、C0：可吸收在切換時產生的突波電壓，可改善 EMI，通常設定在 R0=1.5Ω、C0=2.2nF，這兩元件盡可能靠近 LX，以達最佳效果，一定要接上。
- R1、R2：分壓電阻可設定截止電壓。
- R3、R4：可利用 VDD 電壓來調整 VSET 腳電壓，用來控制充電電流。
- R5、R6、NTC：電池溫度監控用。
- R7：VIN 接到 EN PIN 電阻，讓輸入高壓時 EN PIN 還可保持在 5.5V 以下。
- Rcs1、Rcs2：可調整充電最大電流，最大可達 3A。

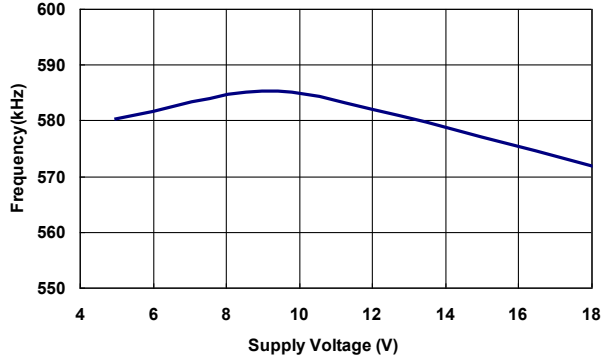
特性曲線：

(輸入電壓=12V, 充電電流=3A, 電池電壓=3.7V, 環溫= 25°C, 如果沒有特別註明的話)

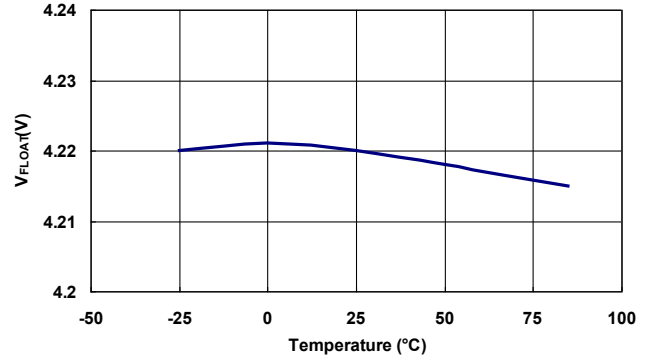


(輸入電壓=12V, 充電電流=3A, 電池電壓=3.7V, 環溫= 25°C, 如果沒有特別註明的話)

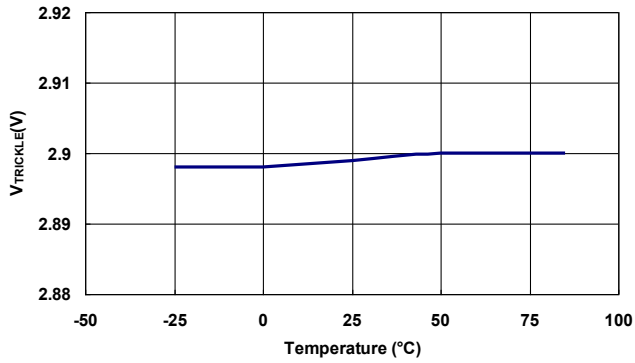
Frequency vs. Supply Voltage



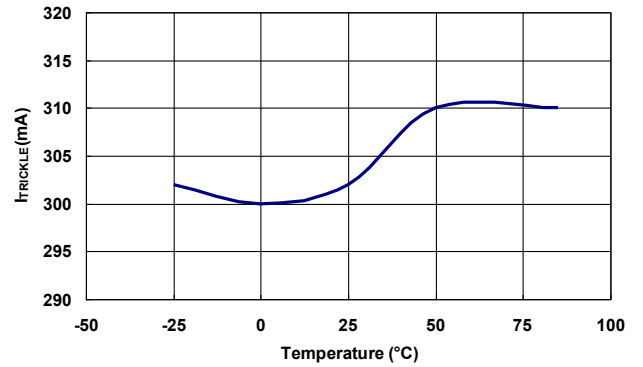
Battery Regulation(Float) Voltage vs. Temperature



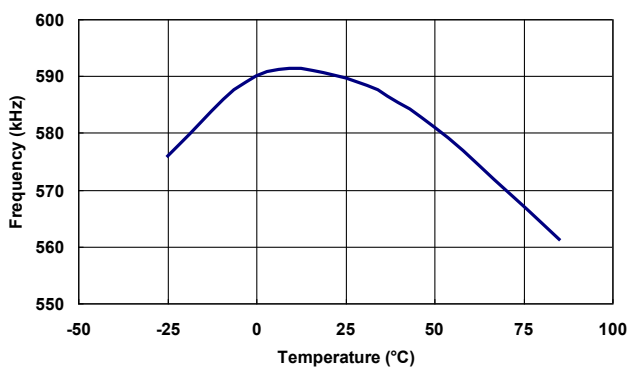
Trickle Voltage vs. Temperature



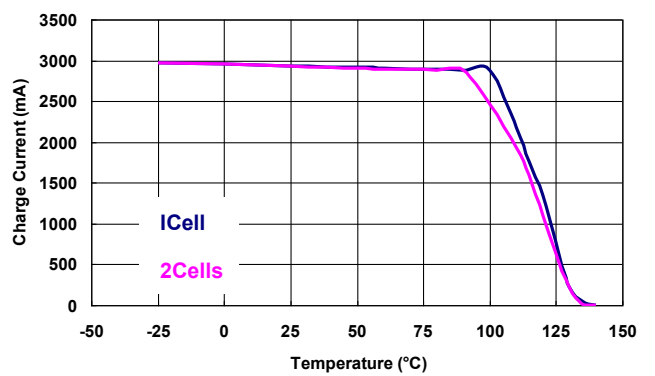
Trickle Charge Current vs. Temperature



Frequency vs. Temperature



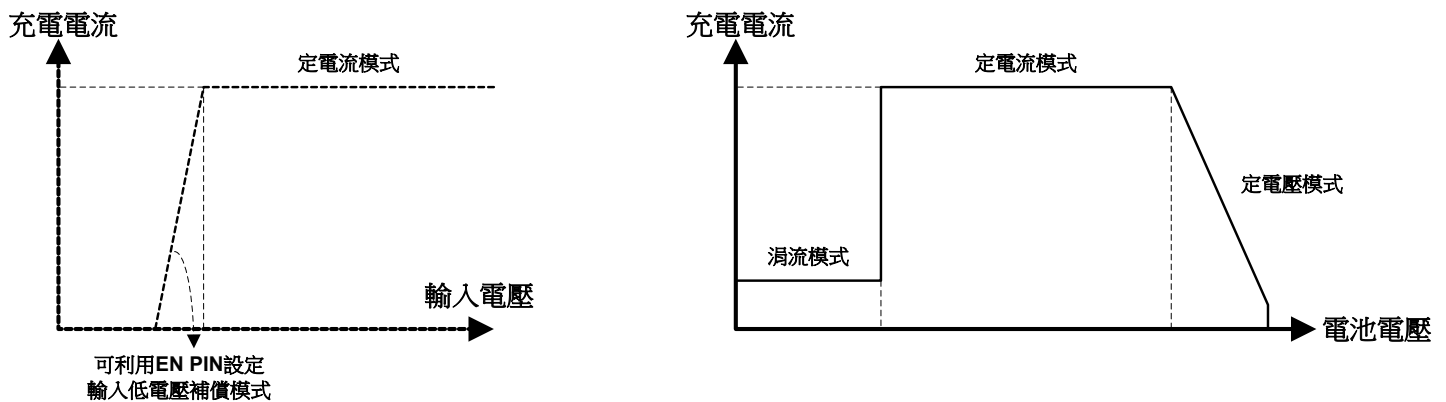
Charge Current vs. Temperature



應用功能說明：

a. 充電模式介紹

HM4093充電分成了涓流模式、定電流模式與定電壓模式，另外可利用 EN PIN 來設定輸入電壓調節充電電流點，避免輸入端(adaptor)功率輸出不夠而導致停止充電，相對應關係如下圖所示：

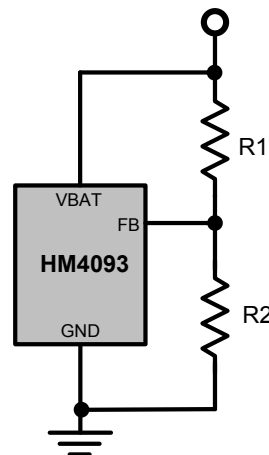


b. 可調式電池截止電壓

FB PIN 內部的參考電壓為 2.4V，可藉由外部分壓電阻設定電池的截止電壓，HM4093可調整的截止電壓範圍為 4.1V~12.6V，可參考下面計算方法。

$$\text{電池截止電壓} = 2.4 \times \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

建議分壓電阻	R1	R2
單顆鋰電池	270kΩ	360 kΩ
兩顆鋰電池串聯	750kΩ	300kΩ
三顆鋰電池串聯	680kΩ	160kΩ



c. 最大充電電流設定

最大充電電流可利用 CS pin 與 VBAT pin 中間的 Rcs 電阻做設定，電流最大 3A，設定公式如下：

$$R_{cs} = \frac{50\text{mV}}{\text{充電電流}}$$

d. 充電電流調變

當設定好最大充電電流後，HM4093還可以利用 VSET 腳隨時調變充電電流，**VSET 設定電壓範圍是 0.6V~1.2V**，超過 1.2V 就會以最大電流充電，低於 0.2V 以下會停止充電，**此功能只能使用在 CC Mode(定電流模式下)**，設定公式如下：

$$\text{充電電流} = \frac{50\text{mV}}{R_{cs}} \times \frac{V_{SET}}{1.2\text{V}} \quad (0.6\text{V} \leq V_{SET} \leq 1.2\text{V})$$

$$\text{充電電流} = \frac{50\text{mV}}{R_{cs}} \quad (V_{SET} \geq 1.2\text{V})$$

e. 充電指示燈

IC 進入正常充電時燈號會恆亮，充電截止時燈號會熄滅，當電池充飽後又放電至 Recharge 電壓 (95%的截止電壓)，而此時輸入電源還在的話，指示燈會再度亮起來，IC 會開始充電直到充電截止。指示燈採用定電流方式去做，不隨著輸入電壓的高低影響指示燈亮度，LED 定電流為 4.5mA。

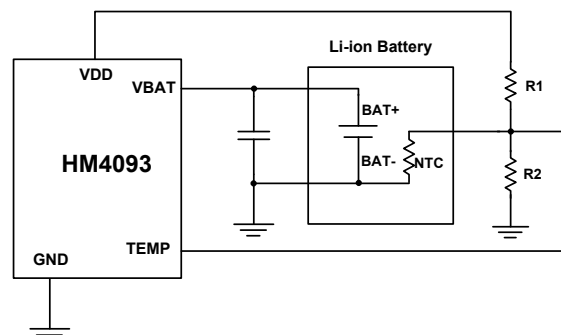
充電狀態	充電指示燈(STAT)
電池充電中	燈亮
電池充飽充電結束	燈滅
進入保護狀態或是電池未接上	燈滅

f. 熱調節保護

當 IC 內部晶片溫度達到 125°C 時，IC 熱保護啟動後會開始降低充電電流，溫度越高電流降越多，直到充電電流掉到零，當 IC 晶片溫度達到 150°C 時，IC 進入 Shutdown 模式關閉指示燈，需回溫至 125°C 才會重新開始充電。

g. 電池溫度監控

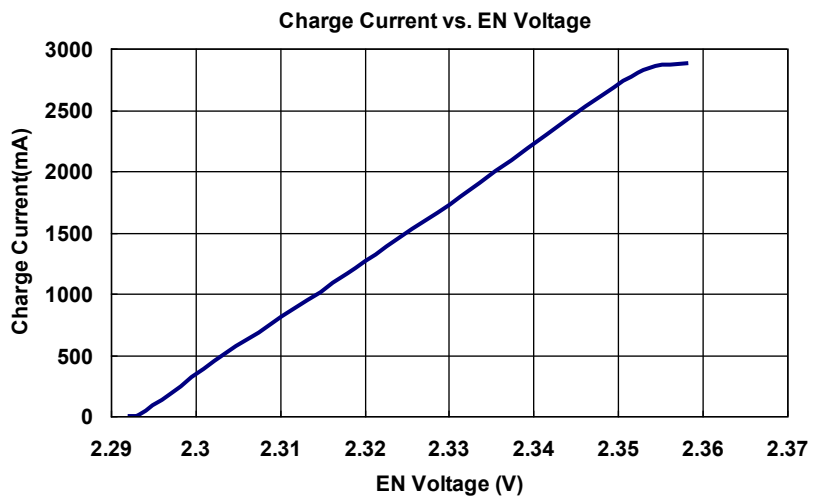
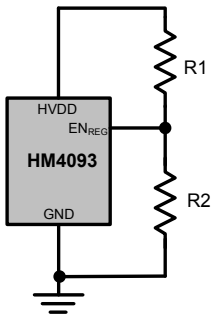
將 TEMP 腳接到電池的 NTC(負溫度係數熱敏電阻)傳感器的輸出端，若 TEMP 腳的電壓小於 VDD 的 45%或者大於 VDD 的 80%，代表著電池溫度過低或過高，充電將會停止，直接將 TEMP 腳接地將會把電池溫度監控功能取消。



h. 輸入電壓調節充電電流

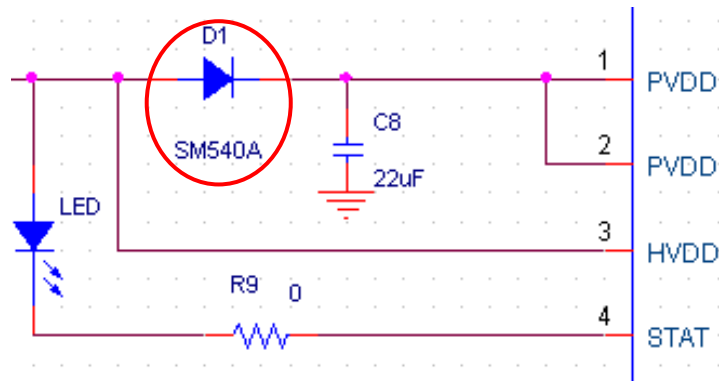
可藉由 EN PIN 設定此功能，VIN(min)為開始降低充電電流的輸入電壓點，輸入電壓低於 VIN(min) 會慢慢降低充電電流，這功能讓系統持續工作的同時還能讓電池以最高速率進行充電，但卻不會超出電源供應器的能力。若不使用此功能的話直接在 EN 腳對 HVDD 腳中間接上 300kΩ 電阻即可，注意此腳電壓不可高過 5.5V，設定計算公式如下。

$$\frac{R1}{R2} = \frac{VIN(min)}{2.4} - 1$$

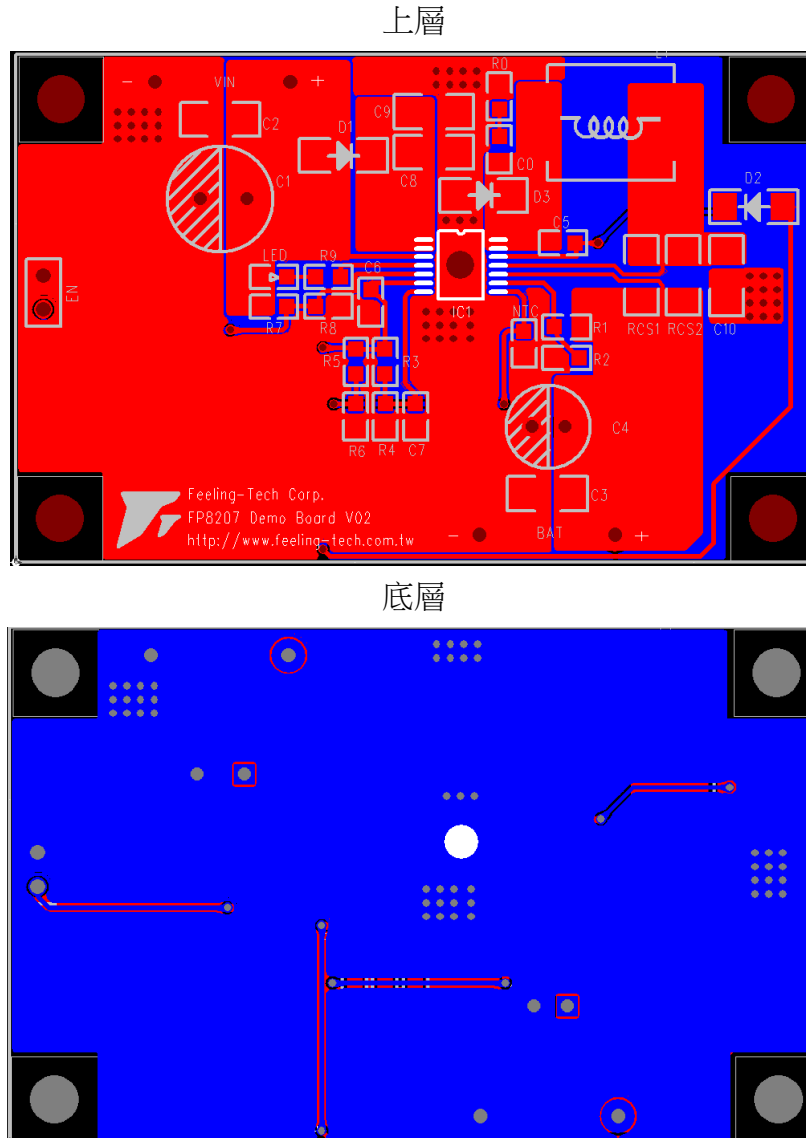


i. 元件選擇

HM4093建議使用電感 3.3uH，輸入端加上電解電容，防止插拔突波超過 IC 最高耐壓，可藉由分壓電阻調整截止電壓，若應用在三串鋰電池時，建議輸出加上電解電容(22uF~100uF)，避免電池打件或點焊時造成突波，超過 VBAT PIN 最高耐壓。另外輸入端 HVDD 到 PVDD 間接上一個蕭特基管 D1，Adaptor 拔掉時可以防止電池電壓經過內部 MOS 的 body diode 到達輸入端 HVDD，如下面電路所示。



j. 佈局說明

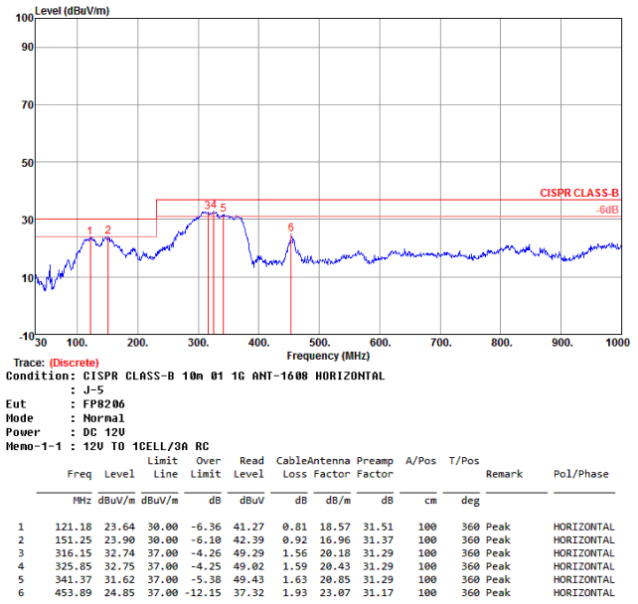
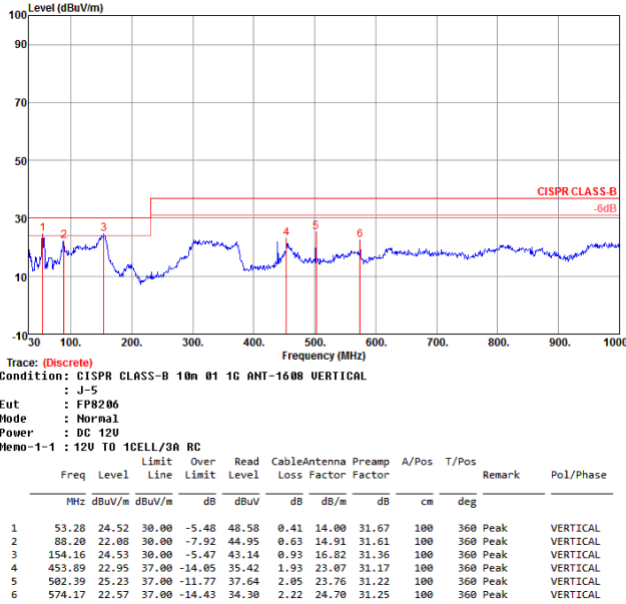


注意事項:

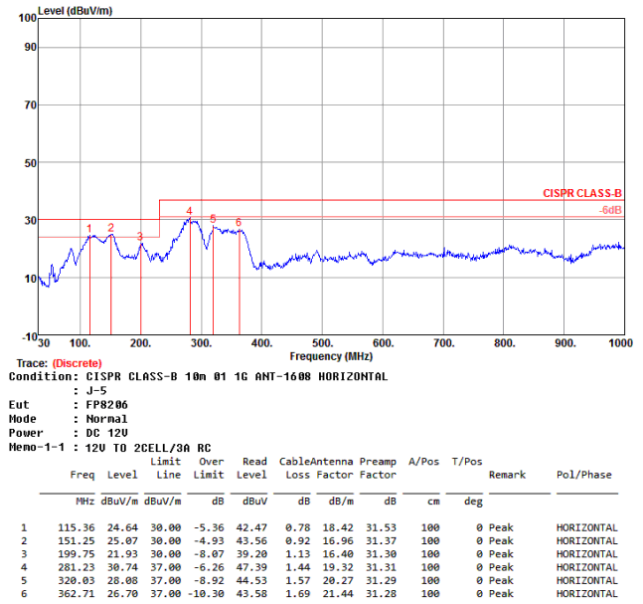
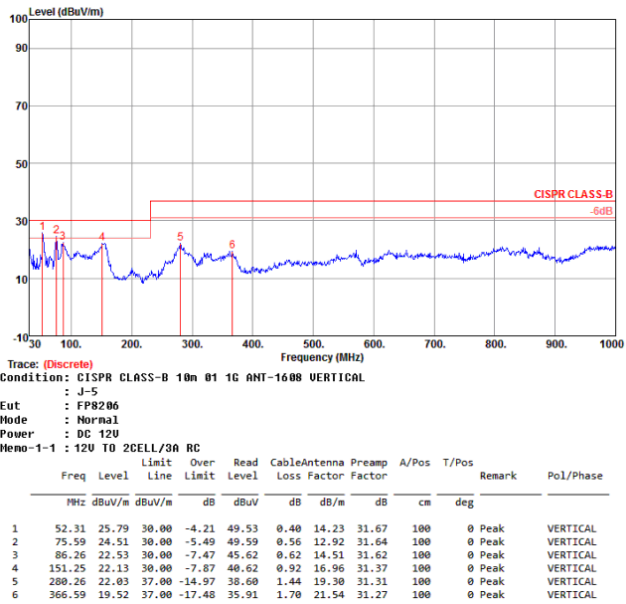
- 大電流路徑需鋪銅，避免走細線，大電流路徑為VIN進來到D1再到PVDD PIN，再從LX PIN到電感經過RCS電阻到電池端。
- LX PIN到電感之間會產生切換訊號，這些元件之間的距離要盡量靠近並且以鋪銅方式連接，減少寄生電感產生震盪，可改善EMI。
- C0、R0、D3為吸收LX切換突波的元件，盡可能接近LX PIN與GND。
- 輸入電容C1、C2盡量靠近IC的地，減少電流迴路路徑，降低在切換使產生的接地反彈雜訊。
- 取樣電阻RCS靠近CS PIN與VBAT Pin。
- 回授電阻R1與R2與IC間的距離越短越好，減少被雜訊干擾的可能。
- IC的散熱片EP連接到GND，所以盡可能加大GND面積，加強散熱效果。

k. EMI 測試

測試條件：LX 對地加 RC， $R_0=1.5\Omega$ ， $C_0=2.2nF$ ，輸入 12V，輸出單節鋰電，充電電流 3A。



測試條件：LX 對地加 RC， $R_0=1.5\Omega$ ， $C_0=2.2nF$ ，輸入 12V，輸出雙節鋰電，充電電流 3A。



常見問題說明：

a. 單顆鋰電池應用時若輸入電壓太低，充電電流提前下降

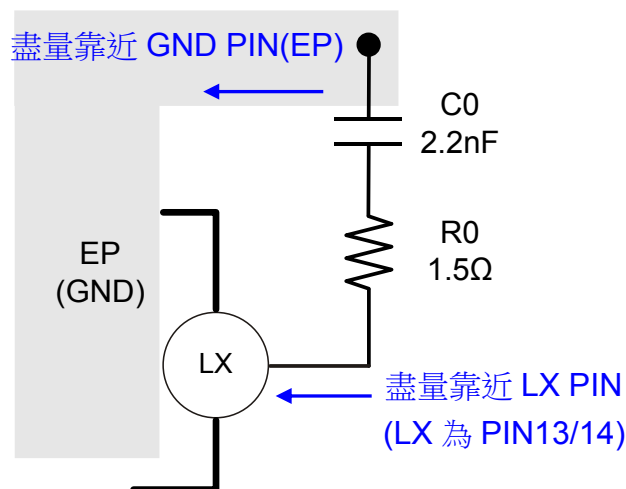
當單顆鋰電池應用時，輸出截止電壓為 4.2V，此時若輸入端電壓使用 5V 時，在電池電壓 4.05V 會因為卡到 HM4093 的最大佔空比 94%，而有充電電流開始下降的現象發生。輸入端電壓越低，降低充電電流的電池電壓點會更提前。

b. IC 耐壓注意事項

當輸入端電壓超過 12V 時，一定需要加上 C1 電解電容 100uF，防止輸入端插拔突波過高打傷 IC，輸出電池使用在三顆鋰電池串聯應用時，電池電壓最高約為 12.6V，輸出端需加上 C4 電解電容以防止電池端插拔時突波過高打傷 IC，若應用在一串或兩串鋰電池時則不需要加上 C4 電解電容。

c. EMI 對策

C0、R0 為吸收 LX 切換突波的元件，盡量接近 LX PIN 與 GND，除了可以改善 EMI 之外，也可以避免 LX PIN 突波太高而超過 IC 耐壓，元件值通常設定在 $R0=1.5\Omega$ 、 $C0=2.2nF$ 。



d. 定電壓模式時使用 VSET 功能，截止電流會偏低

當設定好最大充電電流後，HM4093 還可以利用 VSET 腳隨時調變充電電流，VSET 設定電壓範圍是 0.6V~1.2V，超過 1.2V 就會以最大電流充電，低於 0.2V 以下會停止充電。

若客戶使用 RCS1/RCS2 電阻設定充電電流為 3A，但是 VSET 電壓設定在 0.6V，此時充電電流約為 1.5A，但是截止電流不會是 $C/10$ ，會落在 $C/10 \sim C/20$ 之間，也就是截止電流會是 75~150mA，建議客戶使用 RCS1/RCS2 去設定需要的充電電流，在定電流模式(CC)時可以用 VSET 腳去調整充電電流，但是進入定電壓模式(CV)時不要使用，否則會有截止電流偏低的情況發生。