

## 产品概述

HE4056H 系列是一款输入极限耐压30V, 最大充电电流1.0A 的线性锂电池充电芯片, 采用涓流/恒流/恒压充电方式。充电电压设定为4.2V 或者4.35V, 充电电流可通过外部电阻设定。当电池电压达到4.2V或者4.35V后, 充电电流降至设定值的C/5时, HE4056H停止充电, 芯片进入待机模式。当去除电源后, HE4056H 自动进入低功耗待机状态。

HE4056H 可以适合USB 电源和适配器电源工作。由于采用了内部PMOSFET 架构, 加上防倒充电路, 所以不需要外部检测电阻器和隔离二极管。

## 功能特性

- 最高输入电压: 30V
- 集成固定 6.8V 过压锁定保护功能
- 高达 1000mA 可编程充电电流
- 精度达±1% 的4.20V 4.35V预设充电电压
- 无需外接MOSFET, 检测电阻以及隔离二极管
- 恒定电流/恒定电压操作, 并具有可在无过热危险的情况下实现充电速率最大化的热调节功能
- 充电状态、充电终止、无电池和故障状态显示
- 待机模式下的静态电流为 1.0μA (典型值)
- 支持热插拔28V (输入端接RC 吸收)
- BAT端电池正负极防反接保护
- 2.9V涓流充电门限; C/5充电终止;
- 软启动限制了浪涌电流
- 工作温度范围-40° C至105° C1.

## 应用领域

- 手机, MP3, PDA
- 蓝牙应用
- USB 接口充电器

## 封装

HE4056H采用ESOP-8L封装  
HE4056H采用DFN3X3-8L封装  
HE4056H采用DFN2X2-8L封装

## 典型应用电路

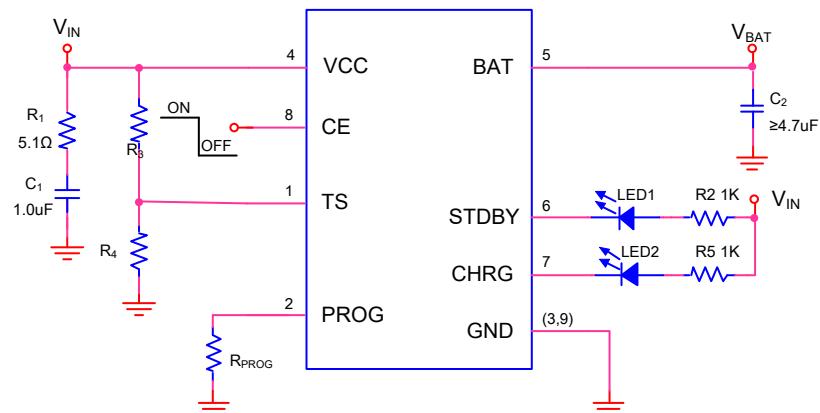
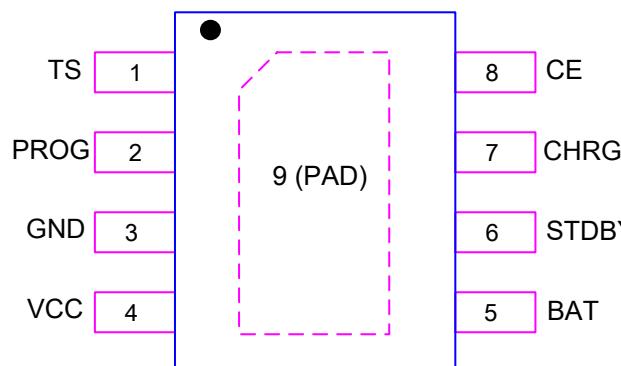
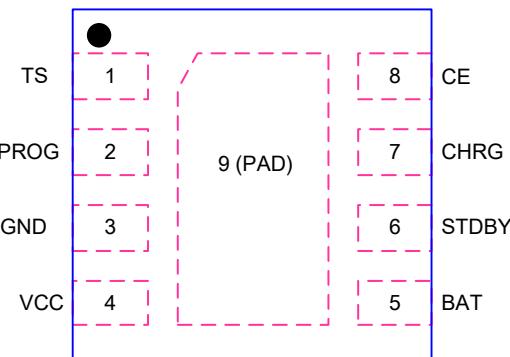


Figure 1. HE4056H Typical Application Circuit

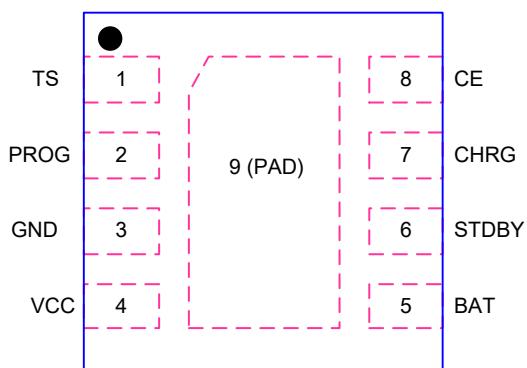
### 引脚设置 (俯视图)



**ESOP-8**  
**HE4056H**



**DFN3X3-8**  
**HE4056HDC**



**DFN2X2-8**  
**HE4056HDB**

### 引脚功能

引脚			名称	功能
HE4056H	HE4056HDB	HE4056HDC		
1	1	-	TS	电池NTC温度检测输入端, 不用时必须接地
2	2	6	PROG	可编程充电电流设置端
3	3	5	GND	接地端
4	4	8	VCC	电源输入端
5	5	1	BAT	连接电池正极
6	6	2	STDBY	电池充电完成指示端。
7	7	3	CHRG	电池充电状态指示端。
8	8	4	CE	芯片使能脚。开启接VCC, 关闭芯片接GND
-	-	7	NC	空脚。悬空
9PAD	在PCB布局中, 使用大面积的铜箔来覆盖这个焊盘, 以更好地散热, 需要接GND.			

### 绝对最大额定值<sup>(1)</sup>

项目	符号	范围	单位
VIN、CE输入电压	V <sub>IN</sub>	-0.3 ~ 33	V
BAT端电压	V <sub>BAT</sub>	-0.3 ~ 12	V
PROG端电压	V <sub>PROG</sub>	-0.3 ~ 10	V
CHRG、STDBY、TS端电压	V <sub>ce</sub> 、V <sub>CHRG</sub> 、V <sub>STDBY</sub> 、V <sub>TS</sub>	-0.3 ~ 30	V
BAT引脚电流	I <sub>BAT</sub>	1500	mA
PROG引脚电流	I <sub>PROG</sub>	1	mA
功率耗散P <sub>D</sub> @T <sub>A</sub> =+25°C	P <sub>D</sub>	Internally limited	mW
储存温度范围	T <sub>STG</sub>	-65 ~ +150	°C
最大工作结温	T <sub>J (MAX)</sub>	145	°C
封装热阻	θ <sub>JA</sub>	220	°C /W
封装热阻	θ <sub>J<sub>C</sub></sub>	130	°C /W
引脚焊锡温度(Soldering, 10sec)	T <sub>LEAD</sub>	260	°C
ESD静电 (Human Body Mode)		±2000	V
ESD静电(Machine Mode)		±200	V

备注 1：超过这些额定值可能会损坏器件，不能保证设备在其工作条件之外运行。

### 建议应用条件<sup>(2)</sup>

项目	符号	范围	单位
VIN输入电压	V <sub>IN</sub>	4.5 ~ 5.5	V
应用环温范围	T <sub>OP</sub>	-40 ~ +85	°C
充电电流	I <sub>BAT</sub>	30 ~1000	mA

备注 2：以上推荐工作条件均在 T<sub>A</sub>=25°C 条件下，除非另外特殊说明，超出上述推荐工作条件不保证芯片正常工作。

**电气特性(3)** (如果没有特殊说明, 环境温度  $T_A=25^\circ\text{C}$ , 输入电压  $V_{IN}=5\text{V}$ )

参数	符号	条件	最小	典型	最大	单位
输入电源电压	$V_{IN}$			5.0		V
输入过压锁定阈值电压	$V_{OVLO}$	$V_{CC}$ 上升	6.6	6.8	7.0	V
输入过压锁定阈值迟滞	$V_{OVLO-HYS}$	$V_{CC}$ 下降		500		mV
输入电源电流	$I_{CC}$	充电模式( $P_{PROG}=2\text{K}$ )		200	350	uA
		待机模式(充电终止)		100	150	uA
		停机模式( $P_{PROG}$ 未连接) $V_{CC} < V_{BAT}$ , or $V_{CC} < V_{OVLO}$		55	100	uA
稳定输出(浮充)电压	$V_{FLOAT}$	$0^\circ\text{C} \leq TA \leq 85^\circ\text{C}$ , $I_{BAT}=40\text{mA}$	4.158	4.20	4.242	V
			4.306	4.35	4.393	
BAT 端充电电流	$I_{BAT}$	恒流模式, $P_{PROG}=1\text{K}$	950	1000	1050	mA
		待机模式, $V_{BAT}=4.20\text{V}$		1.0		uA
		停机模式, ( $P_{PROG}$ 未连接)		1.0		uA
		睡眠模式, $V_{CC} = 0\text{V}$		0.1		uA
涓流充电电流	$I_{TRIKL}$	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$ , $P_{PROG}=1\text{K}$ , C/5	160	200	240	mA
涓流充电门限电压	$V_{TRIKL}$	$P_{PROG}=1\text{K}$ , $V_{BAT}$ 上升	2.8	2.9	3.0	V
涓流充电迟滞电压	$V_{TRHYS}$	$P_{PROG}=1\text{K}$ , $V_{BAT}$ 下降	40	80	120	mV
VCC 欠压保护阈值电压	$V_{OVLO}$	$V_{CC}$ 从低到高	3.6	3.8	4.0	V
VCC 欠压锁定迟滞电压	$V_{UVHYS}$	$V_{CC}$ 下降	150	200	250	mV
手动关断阈值电压	$V_{MSD}$	$V_{PROG}$ 上升	0.9	1.0	1.1	V
		$V_{PROG}$ 下降	0.9	1.0	1.1	V
VCC -VBAT 锁闭电压	$V_{ASD}$	$V_{CC}$ 上升	50	100	150	mV
		$V_{CC}$ 下降	35	50	75	mV
终止电流门限	$I_{TERM}$	$P_{PROG}=1\text{K}$ , C/5	160	200	240	mA
PROG 引脚电压	$V_{PROG}$	恒流模式, $P_{PROG}=1\text{K}$	0.9	1.0	1.1	V
CHRG 端输出低电平	$V_{CHRG}$	$I_{CHRG}=5\text{mA}$		0.35	0.5	V
STDBY 端输出低电平	$V_{STDBY}$	$I_{STDBY}=5\text{mA}$		0.35	0.5	V
再充电电池门限电压	$V_{RECHG}$	$I_{FLOAT}-V_{RECHG}$	100	150	200	mV
再充电延时时间	$t_{RECHG}$	$V_{BAT}$ 由高到低		1.2		ms
CE 开启阈值电压	$V_{CEH}$	CE 由低到高		1.2		V
CE 关断阈值电压	$V_{CEL}$	CE 由高到低		0.8		V
TS 脚高端翻转电压	$V_{TS\_H}$	TS 接 NTC 电阻		80		% $V_{CC}$
TS 脚低端翻转电压	$V_{TS\_L}$	TS 接 NTC 电阻		45		% $V_{CC}$
充电终止延时时间	$t_{TERM}$	$I_{BAT}$ 降至 $I_{CHRG}/5$ 以下		1.6		ms
PROG 端上拉电流	$I_{PROG}$			2.0		uA
功率 FET 导通抗阻	$R_{ON}$			500		$\text{m}\Omega$
软启动时间	$t_{SS}$	$I_{BAT}=0 \sim I_{BAT}=1000$ / $P_{PROG}$		450		us
限定温度模式中的结温	$T_{LIM}$			155		°C

Note: 部分参数可能会由于不同批次存在细微差别。

## 功能框图

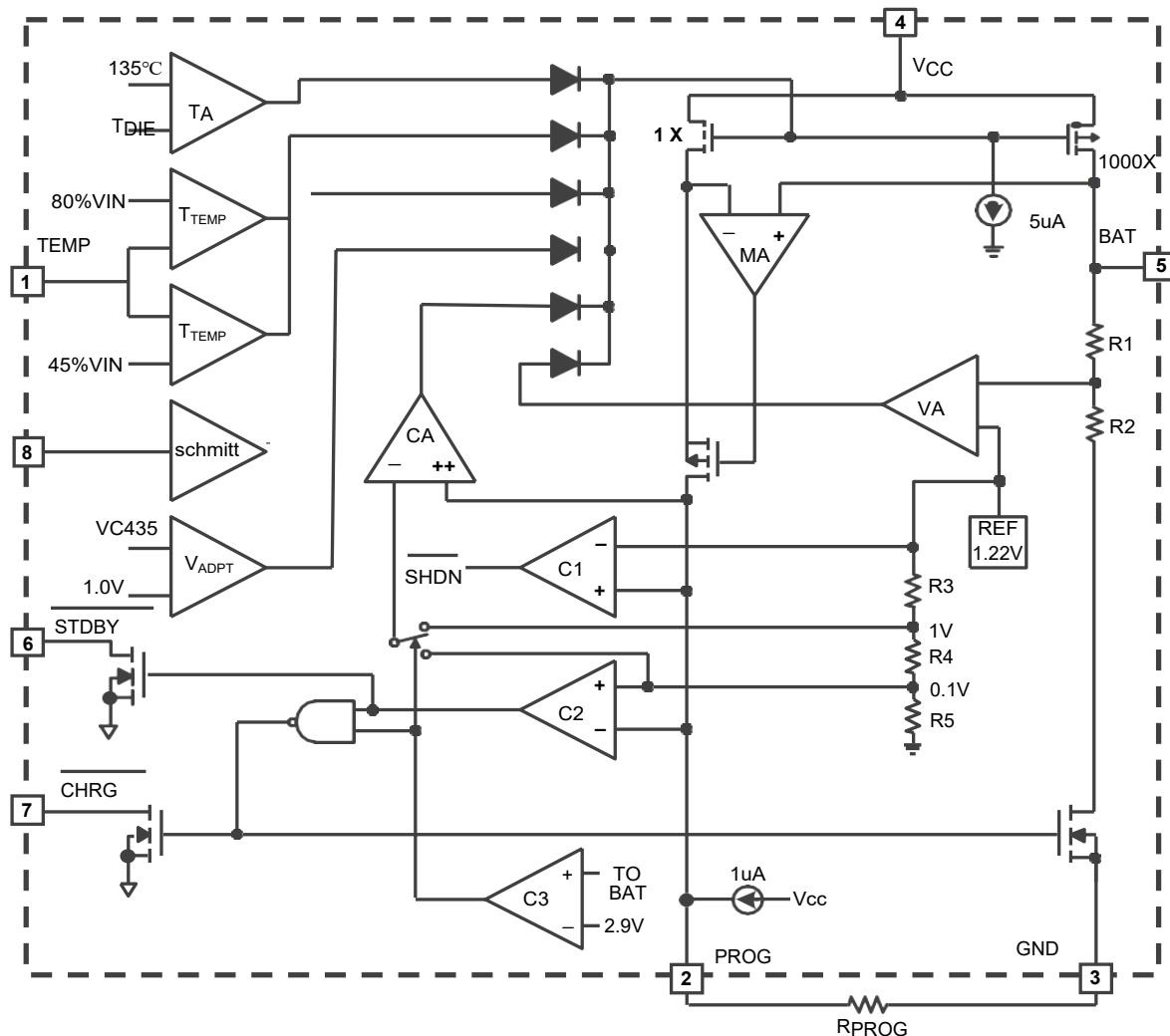


Figure 2.HE4056H Block Diagram

## 引脚功能描述

**CHRG引脚**：漏极开路输出的充电状态指示端。当充电器向电池充电时，CHRG 管脚被内部开关拉到低电平，表示充电正在进行；否则 CHRG 管脚处于高阻态。

**GND引脚**：地。

**BAT引脚**：充电电流输出。该引脚向电池提供充电电流并将最终浮充电压调节至4.2V。该引脚的一个精准内部电阻分压器设定浮充电压，在停机模式中，该内部电阻分压器断开。

**VCC引脚**：正输入电源电压。该引脚向充电器供电。最大输入电压是30V，输入电压超过 6.8 V 时，芯片进入停机保护模式。此处接一个 $10\mu F$  或更大的X5R陶瓷去耦电容，建议将电容放置在离引脚非常近的位置。可能需要接额外的电容以稳定输入电压。当 VCC 降至 BAT 引脚电压的 50mV 以内，HE4056H进入停机模式，从而使  $I_{BAT}$  降至  $2\mu A$  以下。

**STDBY引脚**：电池充电完成指示端。当电池充电完成时STDBY被内部开关拉到低电平，表示充电完成。除此之外，STDBY管脚将处于高阻态。

**PROG引脚**：充电电流设定、充电电流监控和停机引脚。在该引脚与地之间连接一个精度为 1% 的电阻器 RPROG可以设定充电电流。当在恒定电流模式下进行充电时，引脚的电压被维持在 1V。

**TS引脚**：电池温度监测输入端。通过外接一个负温度系数电阻和上拉电阻来设置电池温度保护点。如果 TS 引脚直接接 GND，电池温度检测功能取消，其他充电功能正常。

**CE引脚**：芯片使能脚。正常使用时，CE 端接VCC 端；关闭芯片，CE 接GND端。

## 工作原理

HE4056H是一款专门为锂离子电池设计的线性充电器，利用芯片内部的功率MOSFET对电池进行恒流/恒压充电。充电电流可以由外部电阻编程决定，最大充电电流可以达到600mA。HE4056H拥有两个漏极开路输出的状态指示输出端，充电状态指示端CHRG和电池充电完成指示输出端STDBY。芯片内部的功率管电路在芯片的结温超过 135°C 时自动降低充电电流，这个功能可以使用户最大限度利用芯片充电，不用担心芯片过热而损坏芯片或者外部元器件。不仅如此，HE4056H还能够从一个USB电源获得工作电源，另具有输入电源过压保护功能，从而在复杂的输入环境下保证芯片不受损坏。

### ■ 正常充电循环

当 Vcc 引脚电压升至 UVLO 门限电平以上且在 PROG 引脚与地之间连接了一个精度为 1% 的设定电阻器或当一个电池与充电器输出端相连时，一个充电循环开始。如果 BAT 引脚电平低于涓流充电门限电压 2.9V，则充电器进入涓流充电模式。在该模式中，HE4056H 提供约 20% 的设定充电电流，以便将电流电压提升至一个安全的电平，从而实现满电流充电。当 BAT 引脚电压升至涓流充电门限电压以上时，充电器进入恒定电流模式，此时向电池提供恒定的充电电流。当 BAT 引脚电压达到最终浮充电压4.2V 时，HE4056H 进入恒定电压模式，且充电电流开始减小。当充电电流降至设定值的 C/5，充电循环结束。

### ■ 充电电流设定

充电电流是采用一个连接在PROG引脚与地之间的电阻器来设定的。充电电流是PROG引脚输出电流的1000倍，设定电阻器和充电电流采用下列公式来计算：

$$R_{PROG} = \frac{1000}{I_{CHG}} \quad \text{或者} \quad I_{CHG} = \frac{1000}{R_{PROG}}$$

从 BAT 引脚输出的充电电流可通过监视 PROG 引脚电压随时确定，公式如下：

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \times 1000$$

在设置充电电流大于 1.0A 应用中，芯片热量相对较大，温度保护会减小充电电流，不同环境测试电流与公式计算理论值也变的不完全一致。客户应用中，可根据需求选取合适大小的 RPROG R<sub>PROG</sub> 选择推荐表：

R <sub>PROG</sub> (KΩ)	I <sub>CHG</sub> (mA)
1K	1000
1.6	600
2	500
3	330
5	200

### ■ 充电终止

当充电电流在达到最终浮充电压之后降至设定值的C/5，充电循环被终止。该条件是通过采用一个内部滤波比较器对PROG端进行监控来检测的。当PROG端电压降至 200mV 以下的时间超过 1.6ms 时，充电终止，HE4056H进入待机模式，此时的输入电源电流降至约25μA。

### ■ 充电状态指示

HE4056H有两个漏极开路状态指示输出端，CHRG和STDBY。当充电器处于充电状态时，CHRG 被拉到低电平，在其它状态，CHRG处于高阻态。当电池没有接到充电器时，CHRG 输出脉冲信号表示没有安装电池。当电池端连接的外接电容为1μF 时CHRG 闪烁周期约 0.1-0.8 秒，当电池连接端 BAT管脚的外接电容为 10μF 时CHRG 闪烁周期约 1-2秒。当不用状态指示功能时，将不用的状态指示输出端接到地，以下为完整的指示灯状态：

充电状态	CHRG灯	STDBY灯
正在充电状态	亮	灭
电池充满状态	灭	亮
输入欠压、过压，电池反接	灭	灭
BAT端接10μF电容，无电池	闪烁1-2S	亮

#### ■ 热限制

如果芯片温度升至135°C以上时，一个内部热反馈环路将减小设定的充电电流。该功能可防止HE4056H过热，并允许用户提高给定电路板功率处理能力的上限而减小损坏HE4056H的风险。

#### ■ 欠压闭锁

HE4056H内部一个欠压闭锁电路对输入电压进行监控，并在VCC升至欠压闭锁门限以上之前使充电器保持在停机模式。UVLO电路将使充电器保持在停机模式。如果UVLO比较器发生跳变，则在VCC升至比电池电压高100mV之前充电器将不会退出停机模式。

#### ■ 自动循环充电

电池电压达到浮充电压，充电循环被终止之后，HE4056H立即对BAT端电压进行监控。当BAT端电压低于4.1V时，充电循环重新开始。确保了电池被维持在一个接近满电的状态，同时免除了进行周期性充电循环启动的需要。

#### ■ 电池反接保护

HE4056H内置锂电池反接保护功能，当锂电池反接于芯片BAT引脚，芯片会停机显示故障状态，此时反接的锂电池漏电电流小于0.1mA。将反接的电池正确接入，芯片自动开始充电循环。反接后的芯片当电池去除后，由于芯片输出端BAT管脚电容电位仍为负值，则充电指示灯不会立刻正常亮，只有正确接入电池可自动激活充电。或者等待BAT端电容负电位的电量放光，BAT端电位大于零伏，芯片会显示正常的无电池指示灯状态。在BAT反接情况下，过高的电源电压在反接电池电压情形下，芯片压差会超过10V，故在反接情况下电源电压不宜过高。

#### ■ 充电电流软启动

HE4056H包括一个用于在充电循环开始时最大限度地减小涌入电流的软启动电路。当一个充电循环被启动时，充电电流将在20μs左右的时间里从0上升至满幅全标度值。在启动过程中，这能够起到最大限度地减小电源上的瞬变电流负载的作用。

#### ■ 输入电源电压保护 (OVP)

HE4056H具有输入电源电压OVP的功能，在Vcc输入电压达到6.8V时，芯片OVP保护，此时芯片停机，停止向电池充电；当电源电压再从6.8V降低到约6.5V时，芯片重新进入工作状态。

#### ■ 电池温度监测

为了防止温度过高或者过低对电池造成的损害，HE4056H内部集成有电池温度监测电路。电池温度监测是通过测量TEMP管脚的电压实现的，TEMP管脚的电压是由电池内的NTC热敏电阻和一个电阻分压网络实现的，HE4056H将TEMP管脚的电压同芯片内部的两个阈值V<sub>LOW</sub>和V<sub>HIGH</sub>相比较，以确认电池的温度是否超出正常范围。在HE4056H内部，V<sub>LOW</sub>被固定在45%×VCC，V<sub>HIGH</sub>被固定在80%×VCC。如果TS管脚的电压V<sub>TS</sub><V<sub>LOW</sub>，或者V<sub>TS</sub>>V<sub>HIGH</sub>，则表示电池的温度太高或者太低，充电过程将被暂停；如果TS管脚的电压V<sub>TS</sub>在V<sub>LOW</sub>和V<sub>HIGH</sub>之间，充电周期则继续。

### ■ 确定 R3 和 R4 的值

R3 和 R4 的值要根据电池的温度监测范围和热敏电阻的电阻值来确定，现举例说明如下：

假设设定的电池温度范围为  $T_L \sim T_H$ ，(其中  $T_L < T_H$ )；电池中使用的是负温度系数的热敏电阻 (NTC)， $R_{TL}$  为其在温度  $T_L$  时的阻值， $R_{TH}$  为其在温度  $T_H$  时的阻值，则  $R_{TL} > R_{TH}$ ，那么，在温度  $T_L$  时，第一管脚 TS 端的电压为：

$$V_{TS} = \frac{R_3 + \frac{R_4}{R_{TH}}}{R_3 + \frac{R_4}{R_{TH}} + 1} \times V_{IN}$$

然后由  $V_{TS} = V_{HIGH} = K_2 \times V_{CC}$  ( $K_2 = 0.8$ )； $V_{TS} = V_{LOW} = K_1 \times V_{CC}$  ( $K_1 = 0.45$ ) 可解得

$$R_3 = \frac{T_L \cdot T_H (2 - 1)}{(T_L - T_H) \cdot 1 - 2} \quad R_4 = \frac{T_L \cdot T_H (2 - 1)}{T_L (1 - 1 - 2) - T_H (2 - 1 - 2)}$$

同理，如果电池内部是正温度系数 (PTC) 的热敏电阻，则  $R_4 > R_3$ ，我们可以计算得到

$$R_3 = \frac{T_L \cdot T_H (2 - 1)}{(T_H - T_L) \cdot 1 - 2} \quad R_4 = \frac{T_L \cdot T_H (2 - 1)}{T_H (1 - 1 - 2) - T_L (2 - 1 - 2)}$$

从上面的推导中可以看出，待设定的温度范围与电源电压  $V_{CC}$  是无关的，仅与  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_{TH}$ 、 $R_{TL}$  有关；其中， $R_{TH}$ 、 $R_{TL}$  可通过查阅相关的电池手册或通过实验测试得到。

在实际应用中，若只关注某一端的温度特性，比如过热保护，则  $R_4$  可以不用，而只用  $R_3$  即可。

### ■ 输入输出电容和电阻选择以及 PCB 布局

为保证各种情况下可靠使用，防止尖峰和毛刺电压引起的芯片损坏建议电阻值，电容值：

$R_1 = 5.1 \Omega$   $C_1 = 1.0 \mu F$ ,  $C_2 \geq 4.7 \mu F$ , 同时 PCB 布板要求电容尽量靠近芯片引脚为优，不宜过远

建议电阻值： $R_5$ 、 $R_2 = 1K$ ，此电阻不可以省掉，以防止灯的状态故障。

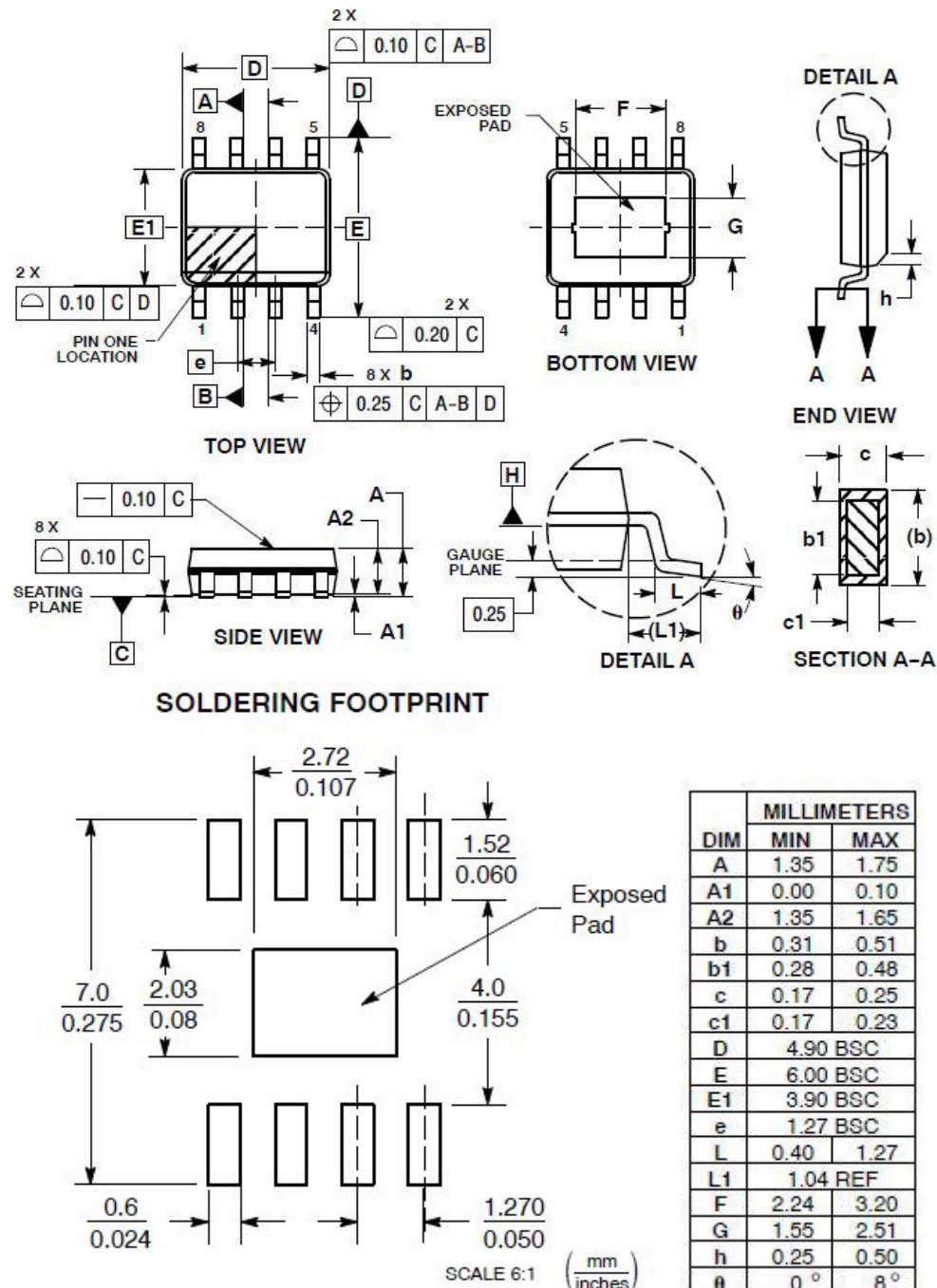
建议使用中需将芯片底部散热片 (PAD) 与 PCB 板焊接良好，底部散热区域需要加通孔，并有大面积铜箔散热为优。多层 PCB 加充分过孔对散热有良好的效果，散热效果不佳可能引起充电电流受温度保护而减小。在背面散热部分加适当的过孔，也方便了手工焊接，(可以从背面过孔处灌入焊锡，将散热面可靠焊接)。

应用在大电流充电 (800mA 以上)，为了缩短充电时间，需在  $V_{IN}$  端增加热耗散电阻。

阻值范围  $0.2 \sim 0.4 \Omega$ 。

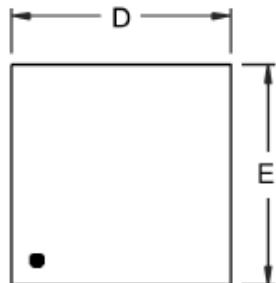
封装信息

**ESOP-8**

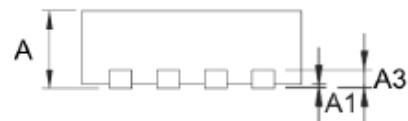


## 封装信息

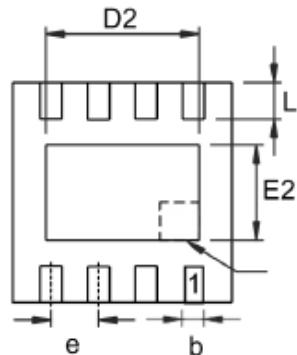
### DFN3X3-8L



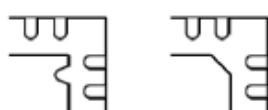
TOP VIEW



SIDE VIEW



BOTTOM VIEW



DFN3030-8L		
Dim	Min	Max
A	<b>0.700</b>	<b>0.800</b>
A1	0.000	0.050
A3	0.210 REF	
b	0.200	0.300
D	<b>2.950</b>	<b>3.050</b>
D2	2.250	2.350
E	<b>2.950</b>	<b>3.050</b>
E2	1.450	1.550
e	<b>0.650 BSC</b>	
L	0.250	0.350

All Dimensions in mm

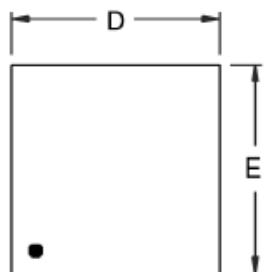
## DETAIL A

PIN #1 ID and Tie Bar Mark Options

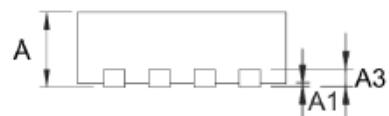
Note : The configuration of the Pin #1 identifier is optional, but must be located within the zone indicated.

## 封装信息

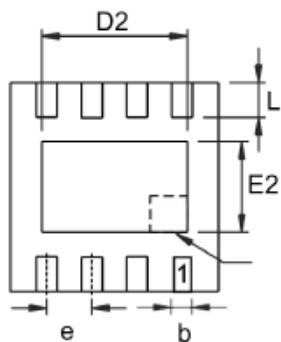
### DFN2X2-8L



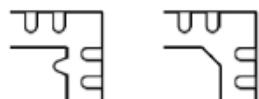
TOP VIEW



SIDE VIEW



BOTTOM VIEW



DFN2020-8L		
Dim	Min	Max
A	<b>0.500</b>	<b>0.600</b>
A1	0.000	0.050
A3	0.152 BSC	
b	0.250 REF	
D	<b>1.950</b>	<b>2.050</b>
D2	1.400	1.600
E	<b>1.950</b>	<b>2.050</b>
E2	0.800	1.000
e	<b>0.500 BSC</b>	
L	0.250	0.350

All Dimensions in mm

#### DETAILA

PIN #1 ID and Tie Bar Mark Options

Note : The configuration of the Pin #1 identifier is optional, but must be located within the zone indicated.