

HE4036X是一款完整的单节磷酸铁锂电池采用恒定电流/恒定电压线性充电器。其底部带有散热片的ESOP8封装与较少的外部元件数目使得HE4036X成为便携式应用的理想选择。HE4036X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，所以不需要外部隔离二极管。热反馈可对充电电流进行自动调节，以便在大功率操作或高环境温度条件下对芯片温度加以限制。充电电压可以从3.6V开始通过外围电阻向上调节。而充电电流可通过一个电阻器进行外部设置。当充电电流在达到最终浮充电压之后降至设定值1/10时，HE4036X将自动终止充电循环。当输入电压（交流适配器或USB电源）被拿掉时，HE4036X自动进入一个低电流状态，将电池漏电流降至1uA以下。HE4036X的其他特点包括欠压闭锁、自动再充电和两个用于指示充电、结束的LED状态引脚。

功能特性

- 最高输入电压：30V
- 集成固定6.3V过压锁定保护功能
- 高达1000mA可编程充电电流
- 精度达±1%的3.6V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）
- 可激活0V电池充电
- BAT端电池正负极防反接保护
- 2.2V涓流充电门限；C/10充电终止；自动再充电
- 软启动限制了浪涌电流
- 恒压充电电压3.6V，也可通过一个外部电阻向上调节

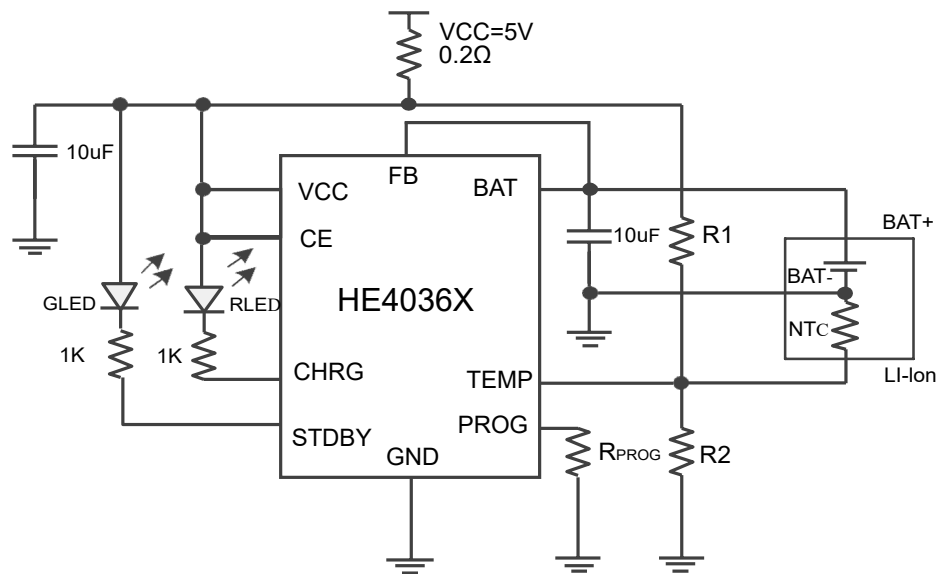
应用领域

- 手机，MP3，PDA
- 蓝牙应用
- USB接口充电器

封装

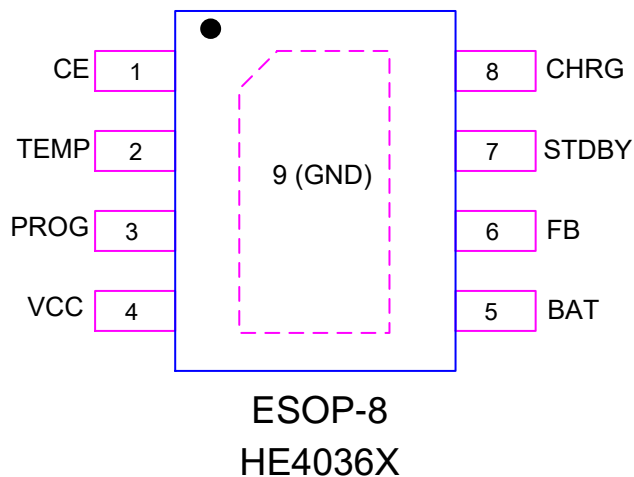
HE4036X采用ESOP-8L封装

典型应用电路



HE4036X应用电路（恒定电压充电3.6V）

引脚设置（俯视图）



引脚功能

引脚	名称	功能
HE4036X		
1	CE	芯片使能脚。开启接VCC，关闭芯片接GND
2	TEMP	电池NTC温度检测输入端，不用时必须接地
3	PROG	可编程充电电流设置端
4	VCC	电源输入端
5	BAT	连接电池正极
6	FB	电池电压物设压路源连检测输入端
7	STDBY	电池充电完成指示端
8	CHRGR	电池充电状态指示端
9GND		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.

典型应用

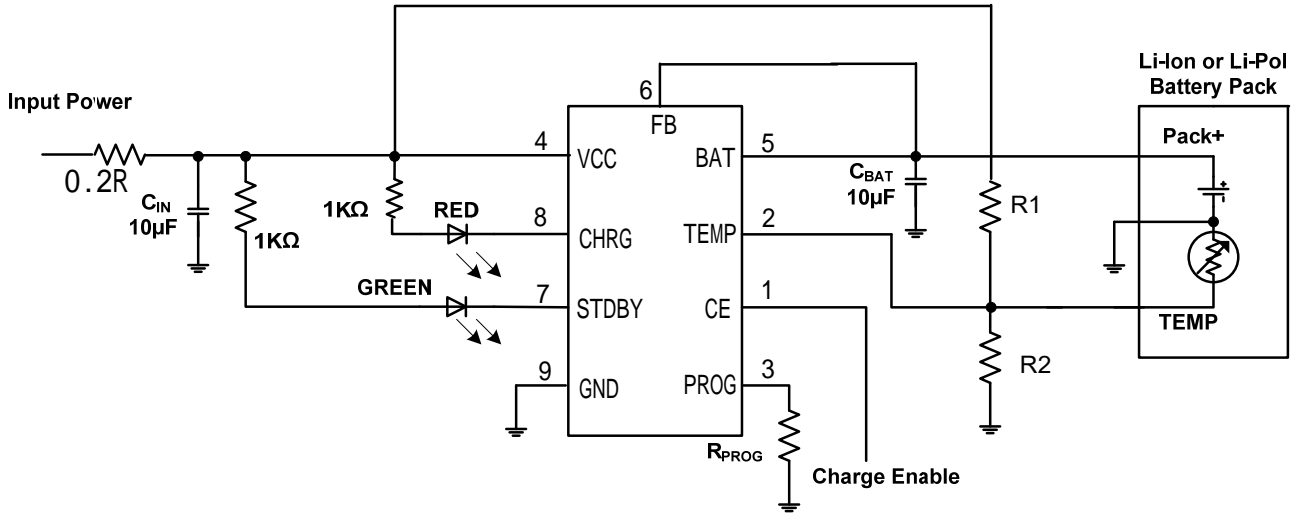


图 1 应用电路（恒定电压充电3.6V）

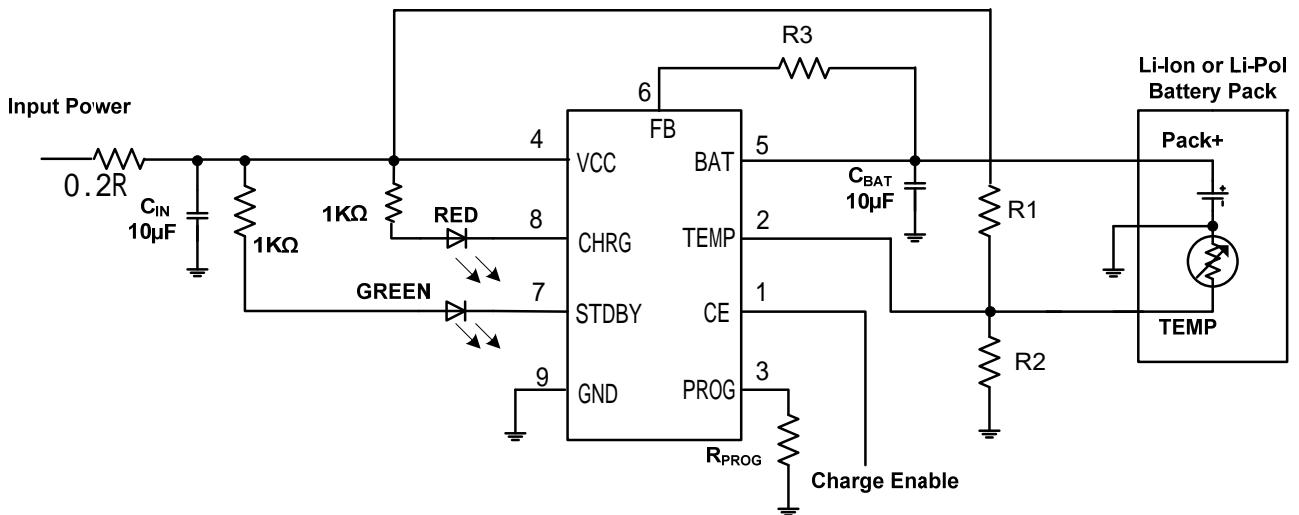


图 2 应用电路（利用外接电阻调整恒压充电电压）

在图 2 中，电池正极的恒压充电电压为：

$$V_{bat} = 0.012 \times R3 + 3.6$$

R3 的单位为 K

R3 每调大1K电压就上升12MV

绝对最大额定值⁽¹⁾

项目	符号	范围	单位
V _{IN} 、CE输入电压	V _{IN} 、V _{CE}	-0.3 ~ 30	V
BAT、FB端电压	V _{BAT} V _{FB}	-0.3 ~ 22	V
PROG端电压	V _{PROG}	-0.3 ~ 7	V
CHRG、STDBY、TEMP端电压	V _{CHRG} 、V _{STDBY} 、V _{TEMP}	-0.3 ~ 30	V
BAT引脚电流	I _{BAT}	1200	mA
PROG引脚电流	I _{PROG}	1	mA
功率耗散P _D @T _A =+25°C	P _D	Internally limited	mW
储存温度范围	T _{STG}	-65 ~ +125	°C
最大工作结温	T _{J (MAX)}	150	°C
封装热阻	θ _{JA}	220	°C /W
封装热阻	θ _{JC}	130	°C /W
引脚焊锡温度(Soldering, 10sec)	T _{LEAD}	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⁽²⁾

项目	符号	范围	单位
V _{IN} 输入电压	V _{IN}	4.5 ~ 5.8	V
应用环温范围	T _{OP}	-40 ~ +85	°C
充电电流	I _{BAT}	30 ~ 1000	mA

备注 2: 以上推荐工作条件均在 T_A=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。

电特性

凡表注●表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{CC}=5\text{V}$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}	输入电源电压		●		5		V
V_{CC}	OVP输入电源电压闭锁门限		●		6.3		V
I_{CC}	输入电源电流	待机模式（充电终止）	●		100		μA
		停机模式（ R_{PROG} 未连接， $V_{CC}<V_{BAT}$ ，或 $V_{CC}<V_{UV}$ ）	●		50		μA
V_{FLOAL}	稳定输出（浮充）电压	$0^{\circ}\text{C}\leq T_A\leq 85^{\circ}\text{C}$ ，		3.55	3.6	3.65	V
I_{BAT}	BAT引脚电流	$R_{PROG}=2\text{K}$ ，电流模式	●		500		mA
		$R_{PROG}=1\text{K}$ ，电流模式	●		1000		mA
		待机模式， $V_{BAT}=3.6\text{V}$	●	0	-2.5	-6	μA
		停机模式（ R_{PROG} 未连接）			± 1	± 2	μA
	睡眠模式， $V_{CC}=0\text{V}$			-1	-2	μA	
I_{TRIKL}	涓流充电电流	$V_{BAT}<V_{TRIKL}$ ， $R_{PROG}=1\text{K}$	●		120		mA
V_{TRIKL}	涓流充电门限电压	$R_{PROG}=1\text{K}$ ， V_{BAT} 上升		2.1	2.2	2.3	V
V_{UV}	V_{CC} 欠压闭锁门限	从 V_{CC} 低至高	●		3.9		V
I_{BAT}	C/10 终止电流门限	$R_{PROG}=2\text{K}$	●		70		mA
		$R_{PROG}=1\text{K}$	●		130		mA
V_{PROG}	PROG 引脚电压	$R_{PROG}=1\text{K}$ ，电流模式	●	0.9	1.0	1.1	V
$V_{\overline{\text{CHRG}}}$	$\overline{\text{CHRG}}$ 引脚输出低电压	$I_{\overline{\text{CHRG}}}=3\text{mA}$			0.3	0.6	V
$V_{\overline{\text{STDBY}}}$	$\overline{\text{STDBY}}$ 引脚输出低电平	$I_{\overline{\text{STDBY}}}=3\text{mA}$			0.3	0.6	V
ΔV_{RECHRG}	再充电电池门限电压	$V_{FLOAT}-V_{RECHRG}$			150		mV
V_{TEMP-H}	TEMP 引脚高端翻转电压				82		% V_{CC}
V_{TEMP-L}	TEMP 引脚低端翻转电压				43		% V_{CC}
T_{LIM}	限定温度模式中的结温				150		$^{\circ}\text{C}$
R_{ON}	功率 FET “导通” 电阻（在 V_{CC} 与 BAT 之间）				650		$\text{m}\Omega$

功能框图

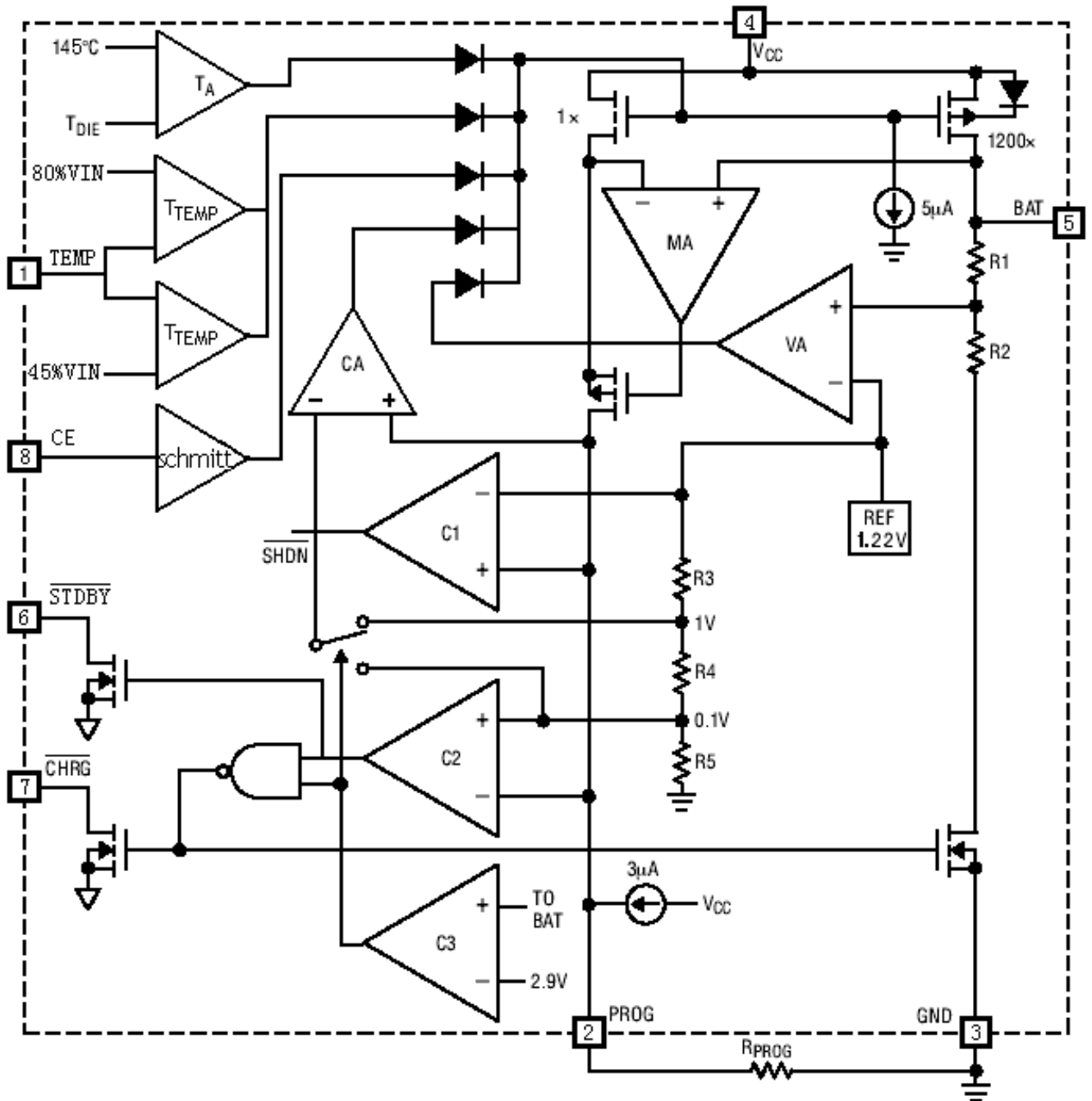
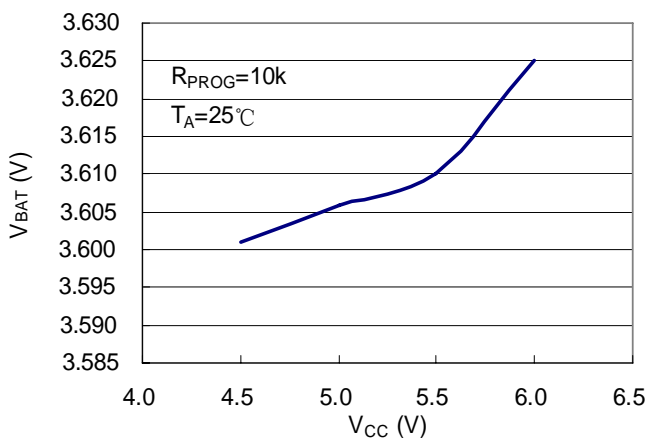


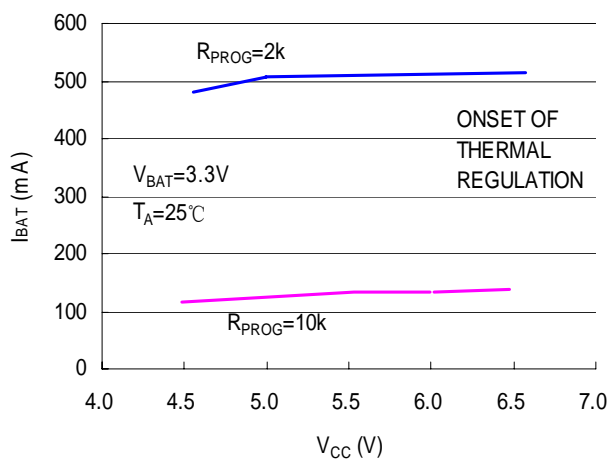
Figure 2.HE4036X Block Diagram

典型性能特征

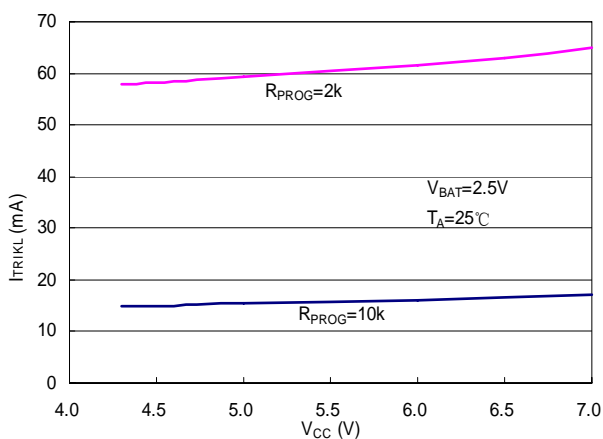
稳定输出（浮充）电压与电压关系曲线



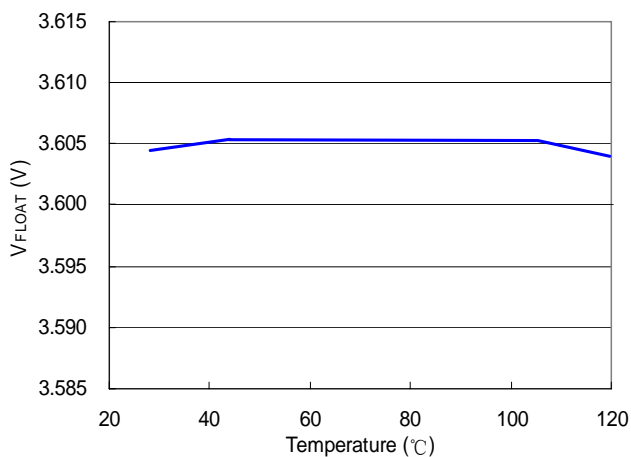
充电电流与电压关系曲线



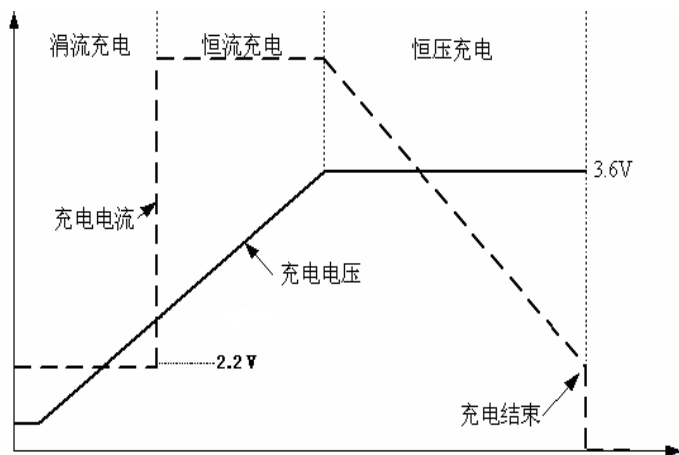
(涓流) 充电电流与电源电压关系曲线



稳定输出（浮充）电压与温度关系曲线



完整的充电循环（1000mAh 电池）



引脚功能描述

CE (引脚 1) 芯片使能输入端。高输入电平将使 HE4036X处于正常工作状态；CE管脚内部已有2M电阻上拉到VCC，即CE浮空也能正常工作；CE拉低使HE4036X处于被禁止充电状态。

TEMP (引脚 2)：电池温度检测输入端。将TEMP 管脚接到电池的 NTC 传感器的输出端。如果 TEMP 管脚的电压小于输入电压的43%或者大于输入电压的 82%，意味着电池温度过低或过高，则充电被暂停。如果 TEMP 直接接 GND，电池温度检测功能取消，其他充电功能正常。

PROG (引脚 3)：恒流充电电流设置和充电电流监测端。从 PROG 管脚连接一个外部电阻到地端可以对充电电流进行编程。在预充电阶段，此管脚的电压被调制在0.2V在恒流充电阶段，此管脚的电压被固定在1V。在充电状态的所有模式，测量该管脚的电压都可以根据下面的公式来估算充电电流：

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

VCC (引脚 4)：输入电压正输入端。此管脚为内部电路供电脚。Vcc的变化范围在4.5V至5.8V之间，并应通过至少一个10UF电容器进行滤波。当Vcc电压降至BAT引脚电压的30mV以内，HE4036X 进入停机模式，从而使BAT 管脚的电流小于 1uA。

BAT (引脚 5)：电池连接端。将电池的正端连接到此管脚。在芯片被禁止工作或者睡眠模式，BAT 管脚的漏电流小于1uA。BAT管脚向电池提供充电电流和 3.6V的限制电压。

FB (引脚 6)：电池电压物设压路源连检测输入端。此管脚可以Kelvin检测电池正极的电压，从而精确调制恒压充电时电池正极的电压，避免了从电池的正极到 HE4036X 的 BAT管脚之间的导线电阻或接触电阻等寄生电阻对充电的影响。如果在 FB管脚和 BAT 管脚之间接一个电阻，可以调整恒压充电电压。电阻每调大1K电压就上升12MV。

$$V_{bat} = 0.012 \times R3 + 3.6$$

R3 的单位为 K

R3 每调大1K电压就上升12MV

STDBY (引脚 7)：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。

CHRG (引脚 8) 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 9)：电源地。底部散热焊盘为电源地GND。

工作原理

$< 9(\$ * L$

%

$< 9(\$ * L$

$7 < F;$

STDBY。芯片内部的功率管理电路在芯片的结温超过 150°C 时自动降低充电电流，这个功能可以使用户最大限度的利用芯片的功率处理能力，不用担心芯片过热而损坏芯片或者外部元器件。这样，用户在设计充电电流时，可以不用考虑最坏情况，而只是根据典型情况进行设计就可以了，因为在最坏情况下，会自动减小充电电流。当输入电压大于电源低电压检测阈值和芯片使能输入端接高电平时，HE4036X 开始对电池充电，CHRG 管脚输出低电平，表示充电正在进行。如果电池电压低于 2.2V 充电器用小电流对电池进行预充电。当电池电压超过 2.2V 时，充电器采用恒流模式对电池充电，充电电流由 PROG 管脚和 GND 之间的电阻 R_{PROG} 确定。当电池电压接近 3.6V 电压时，充电电流逐渐减小 HE4036X 进入恒压充电模式。当充电电流减小到充电结束阈值时，充电周期结束，CHRG 端输出高阻态，STDBY 端输出低电位。

充电结束阈值是恒流充电电流的 10%。当电池电压降到再充电阈值以下时，自动开始新的充电周期。芯片内部的高精度的电压基准源，误差放大器和电阻分压网络确保电池端调制电压的精度在 1% 以内，满足了锂离子电池和锂聚合物电池的要求。当输入电压掉电或者输入电压低于电池电压时，充电器进入低功耗的睡眠模式，电池端消耗的电流小于 1uA，从而增加了待机时间。如果将使能输入端 CE 接低电平，充电器停止充电。

充电电流的设定

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。设定电阻器和充电电流采用下列公式来计算：

根据需要的充电电流来确定电阻器阻值

$$R_{PROG} = \frac{1000}{I_{BAT}} \quad (\text{误差} \pm 10\%)$$

客户应用中，可根据需求选取合适大小的 R_{PROG} R_{PROG} 与充电电流的关系确定可参考下表：

R _{PROG} (k)	I _{BAT} (mA)
5	200
4	250
3	330
2	500
1.8	550
1.5	660
1.2	830
1	1000

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1/10时，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 引脚进行监控来检测的。当PROG 引脚电压降至200mV以下，一旦平均充电电流降至设定值的 1/10左右,HE4036X就会转灯提示电池已充满电。HE4036X进入待机模式，充电电流保持有设定值 1/10电流提供给电池，使电池电压稳定不会下降。长时间待机模式中，充电电慢慢减小，电池电压保持稳定不变。

电池反接

HE4036X具备有锂电池正负极反接保护功能。当锂电池正负极反接于HE4036X电流输出引脚，HE4036X会停机显示故障状态，无充电电流。两个状态指示灯全灭，拿掉电池后HE4036X自动恢复正常状态。

充电状态指示器

HE4036X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。当电池的温度处于正常温度范围之外，CHRG 和 STDBY 管脚都输出高阻态。

充电状态	红灯 $\overline{\text{CHRG}}$	绿灯 $\overline{\text{STDBY}}$
正在充电状态	亮	灭
电池充满状态	灭	亮
无电池	闪烁 T=1-4S	亮
电池正负极反接	灭	灭

热限制

如果芯片温度升至约 140°C的预设值以上，则一个内部热反馈环路将减小设定的充电电流,直到 150°C以上减小电流至 0。该功能可防止HE4036X过热，并允许用户提高给定电路板功率处理能力的上限而没有损坏 HE4036X的风险。在保证充电器将在最坏情况条件下自动减小电流的前提下，可根据典型（而不是最坏情况）环境温度来设定充电电流。

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，HE4036X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，HE4036X 将 TEMP 管脚的电压同芯片内部的两个阈值 V_{LOW} 和 V_{HIGH} 相比较，以确认电池的温度是否超出正常范围。在 HE4036X 内部， V_{LOW} 被固定在 $45\% \times V_{\text{CC}}$ ， V_{HIGH} 被固定在 $80\% \times V_{\text{CC}}$ 。如果 TEMP管脚的电压 $V_{\text{TS}} < V_{\text{LOW}}$ ，或者 $V_{\text{TS}} > V_{\text{HIGH}}$ ，则表示电池的温度太高或者太低，充电过程将被暂停；如果 TEMP 管脚的电压 V_{TS} 在 V_{LOW} 和 V_{HIGH} 之间，充电周期则继续。**如果将 TEMP 管脚接到地线，电池温度监测功能将被禁止。**

确定 R1 和 R2 的值

R1 和 R2 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：

$$V_{TEMPL} = \frac{R_2 \parallel R_{TL}}{R_1 + R_2 \parallel R_{TL}} \times V_{IN}$$

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

$$R_1 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{(R_{TL} - R_{TH}) K_1 K_2} \quad R_2 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{R_{TL} (K_1 - K_1 K_2) - R_{TH} (K_2 - K_1 K_2)}$$

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

$$R_1 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{(R_{TH} - R_{TL}) K_1 K_2} \quad R_2 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{R_{TH} (K_1 - K_1 K_2) - R_{TL} (K_2 - K_1 K_2)}$$

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_1 、 R_2 、 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_2 可以不用，而只用 R_1 即可。

欠压闭锁

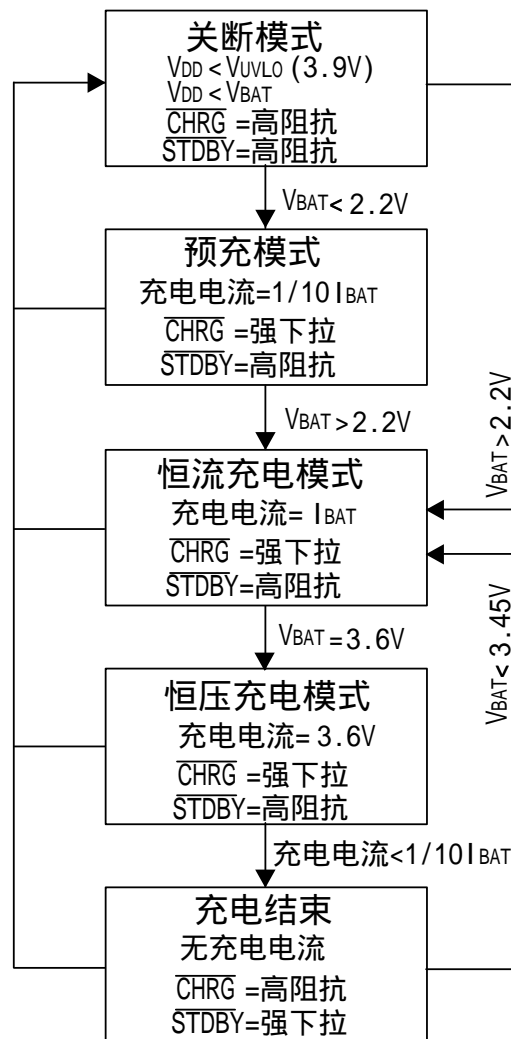
一个内部欠压闭锁电路对输入电压进行监控，并在 V_{CC} 升至欠压闭锁门限以上之前使充电器保持在停机模式。UVLO电路将使充电器保持在停机模式。如果UVLO比较器发生跳变，则在 V_{CC} 升至比电池电压高100mV之前充电器将不会退出停机模式。

手动停机

在充电循环中的任何时刻都能通过置CE端为低电位或去掉RPROG（从而使 PROG 引脚浮置）来把 HE4036X置于停机模式。这使得电池漏电流降至1uA以下，且电源电流降至 50uA以下。重新将CE端置为高电位或连接设定电阻器可启动一个新的充电循环。如果HE4036X处于欠压闭锁模式，则CHRG和 STDBY引脚呈高阻抗状态：要么 V_{CC} 高出 BAT引脚电压的幅度不足 200mV，要么施加在 V_{CC} 引脚上的电压不足。

自动再启动

当电池电压降至 3.45V（大致对应于电池容量的80% 至 90%）以下时，充电循环重新开始。这确保了电池被维持在（或接近）一个满充电状态，并免除了进行周期性充电循环启动的需要。在再充电循环过程中，CHRG引脚输出进入一个强下拉状态。

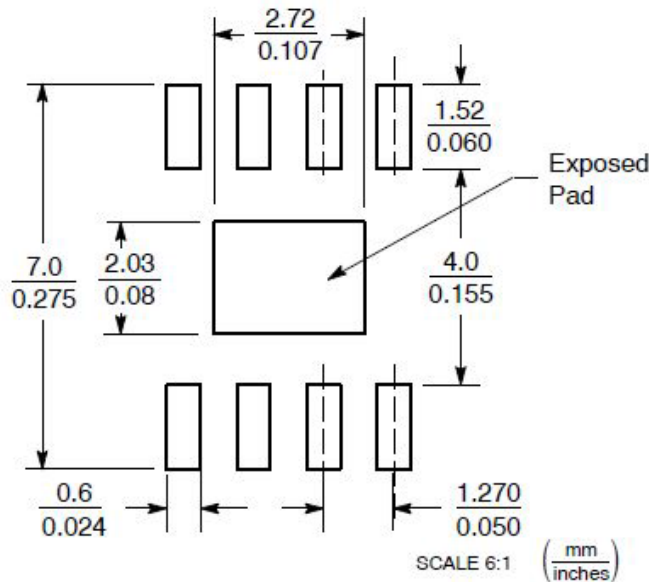
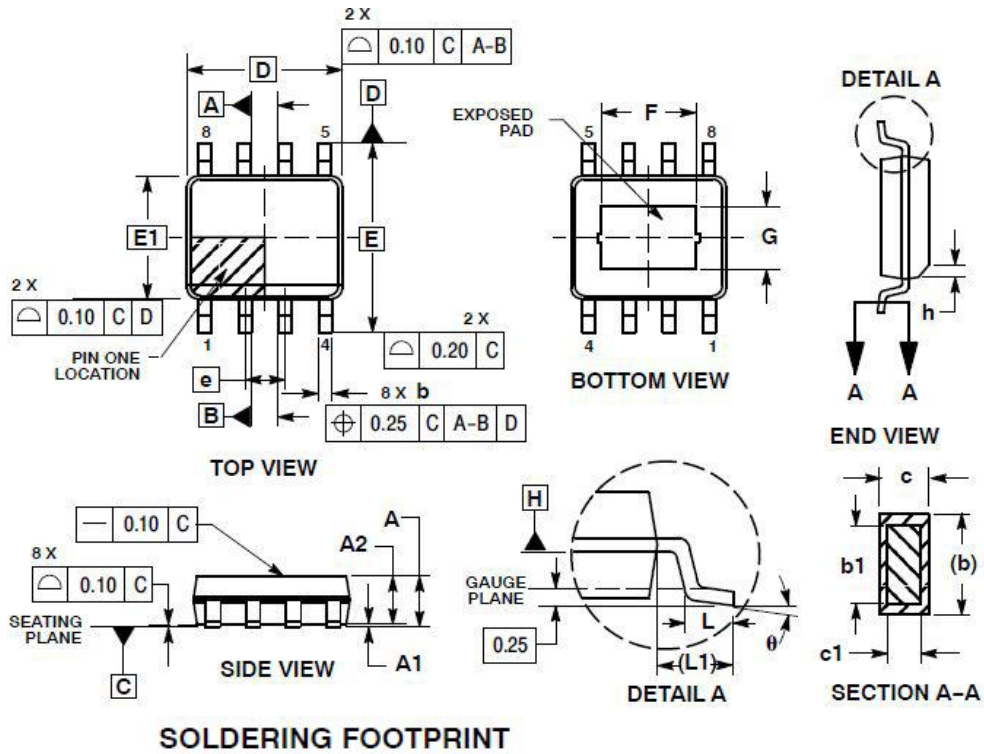


一个典型充电循环的状态图

热考虑

由于 ESOP8封装的外形尺寸很小，因此，需要采用一个热设计精良的 PCB板布局以最大程度地增加可使用的充电电流，这一点非常重要。用于耗散 IC 所产生的的热量的散热通路从芯片至引线框架，并通过底部的散热片到达PCB 板铜面。PCB板铜面为散热器。散热片相连的铜箔面积应尽可能地宽阔，并向外延伸至较大的铜面积，以便将热量散播到周围环境中。至内部或背部铜电路层的通孔在改善充电器的总体热性能方面也是颇有用途的。当进行 PCB板布局设计时，电路板上与充电器无关的其他热源也是必须予以考虑的，因为它们将对总体温升和最大充电电流有所影响。

封装信息
ESOP-8



DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	1.35	1.75
A1	0.00	0.10
A2	1.35	1.65
b	0.31	0.51
b1	0.28	0.48
c	0.17	0.25
c1	0.17	0.23
D	4.90 BSC	
E	6.00 BSC	
E1	3.90 BSC	
e	1.27 BSC	
L	0.40	1.27
L1	1.04 REF	
F	2.24	3.20
G	1.55	2.51
h	0.25	0.50
θ	0°	8°