

HE4056X是一款输入耐压达到30V并且具有过压保护（OVP）功能，完整的单节锂离子电池恒流/恒压线性充电器，采用恒定电流/恒定电压线性控制。其SOP和DFN封装与较少的外部元件数目使得HE4056X成为便携式应用的理想选择。HE4056X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。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。充满电压固定于4.2V，而充电电流可通过一个电阻器进行外部设置。当电池达到 4.2V 之后，充电电流降至设定值C/10 时HE4056X将自动终止充电。当输入电压（交流适配器或 USB 电源）被拿掉时，HE4056X自动进入一个低电流状态，电池漏电流在1μA以下。HE4056X的其他特点包括欠压闭锁、电池温度监测、自动再充电和两个用于显示输入电压接入和充电结束的状态引脚。

功能特性

- 最高输入电压：30V
- 集成固定 6.5V过压锁定保护功能
- 高达 1200mA 可编程充电电流
- 精度达±1% 的4.20V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
- 2.9V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
- 工作温度范围-40° C至100° C

应用领域

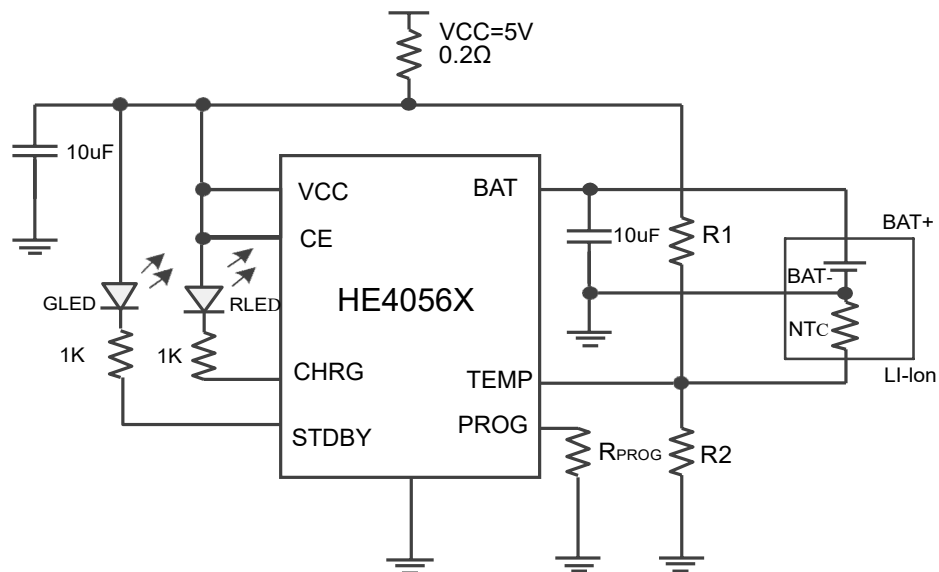
- 手机，MP3，PDA
- 蓝牙应用
- USB 接口充电器

封装

HE4056X采用ESOP-8L封装

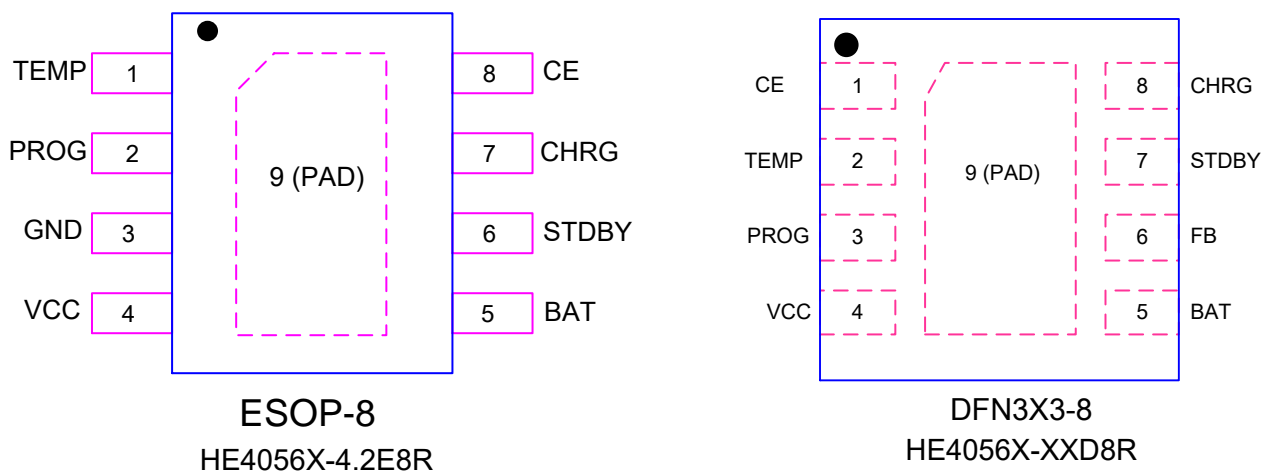
HE4056X采用DFN3X3-8L封装

典型应用电路



HE4056X-42E8R应用电路（恒定电压充电4.2V）

引脚设置（俯视图）



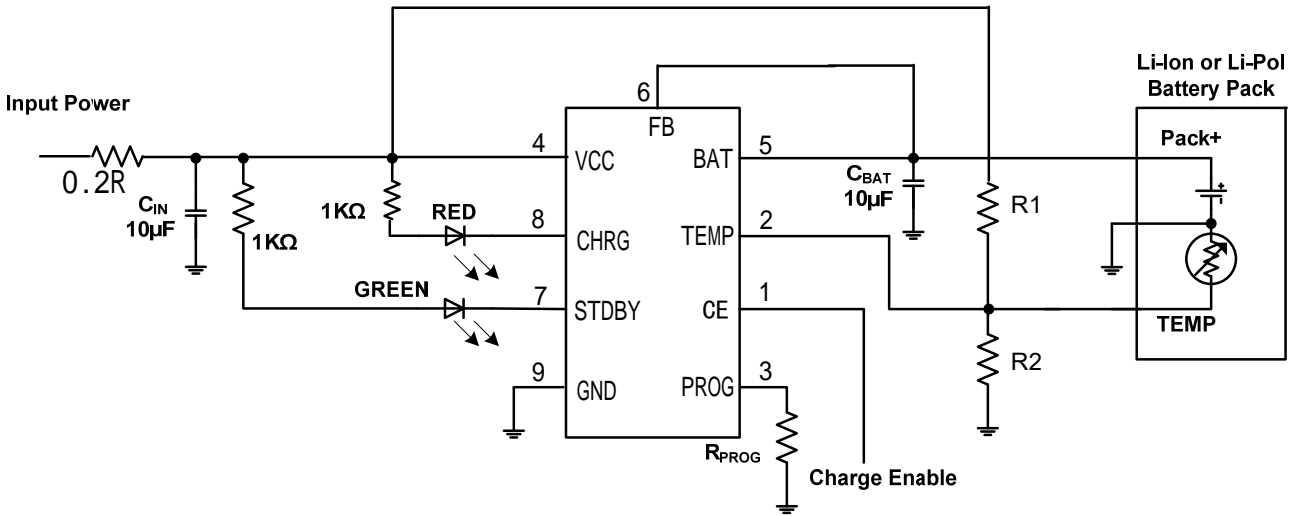
引脚功能

| 引脚 | | | 名称 | 功能 |
|----------------|--|---------------|--------|-----------------------|
| HE4056X-4.2E8R | HE4056X-42D8R | HE4056X-AJD8R | | |
| 1 | 2 | 2 | TEMP | 电池NTC温度检测输入端，不用时必须接地 |
| 2 | 3 | 3 | PROG | 可编程充电电流设置端 |
| 3 | 6 | 6 | GND/FB | 接地端/电池电压物设压路源连检测输入端 |
| 4 | 4 | 4 | VCC | 电源输入端 |
| 5 | 5 | 5 | BAT | 连接电池正极 |
| 6 | 7 | 7 | STDBY | 电池充电完成指示端 |
| 7 | 8 | 8 | CHRG | 电池充电状态指示端 |
| 8 | 1 | 1 | CE | 芯片使能脚。开启接VCC，关闭芯片接GND |
| 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. | | | |

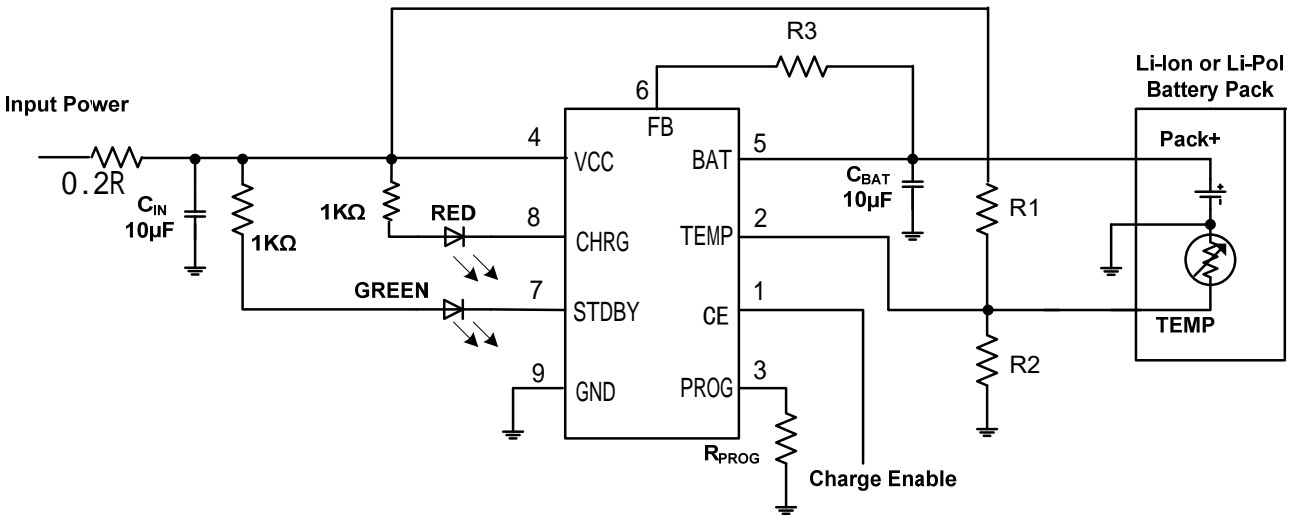
订购说明

| 订购名称 | 浮冲电压 | 封装 | 丝印 | 编带信息 |
|---------------|------|-----------|---------|---------------------------|
| HE4056X-42E8R | 4.2V | ESOP-8L | HE4056X | Tape and Reel, 3000pcs |
| HE4056X-42D8R | 4.2V | DFN3x3-8L | XXXX | |
| HE4056X-AJD8R | ADJ | DFN3x3-8L | XXXX | |

典型应用



HE4056X-42D8R应用电路 (恒定电压充电4.2V)



HE4056X-AJD8R应用电路 (利用外接电阻调整恒压充电电压)

在图中，电池正极的恒压充电电压为：

$$V_{bat} = 0.025 \times R3 + 4.2$$

R3 的单位为 K

R3 每调大1K电压就上升25mV

绝对最大额定值⁽¹⁾

| 项目 | 符号 | 范围 | 单位 |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------|
| VIN、CE输入电压 | V_{IN} 、 V_{CE} | -0.3 ~ 30 | V |
| BAT端电压 | V_{BAT} | -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 $P_D@T_A=+25^{\circ}C$ | P_D | Internally limited | mW |
| 储存温度范围 | T_{STG} | -65 ~ +125 | $^{\circ}C$ |
| 最大工作结温 | $T_{J(MAX)}$ | 145 | $^{\circ}C$ |
| 封装热阻 | θ_{JA} | 220 | $^{\circ}C/W$ |
| 封装热阻 | θ_{JC} | 130 | $^{\circ}C/W$ |
| 引脚焊锡温度(Soldering, 10sec) | T_{LEAD} | 260 | $^{\circ}C$ |
| 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 |
|---------|-----------|-----------|-------------|
| VIN输入电压 | V_{IN} | 4.5 ~ 6.5 | V |
| 应用环温范围 | T_{OP} | -40 ~ +85 | $^{\circ}C$ |
| 充电电流 | I_{BAT} | 30 ~ 1200 | mA |

备注 2: 以上推荐工作条件均在 $T_A=25^{\circ}C$ 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 |
| | | | | | 50 | | |
| V_{FLOAT} | 稳定输出（浮充）电压 | $0^{\circ}\text{C}\leq T_A\leq 85^{\circ}\text{C}$ ， | | 4.158 | 4.2 | 4.242 | V |
| I_{BAT} | BAT 引脚电流： （电流模式测试条件是 $V_{BAT}=3.9\text{V}$ ） | $R_{PROG}=2\text{K}$ ，电流模式 | ● | | 500 | | mA |
| | | $R_{PROG}=1\text{K}$ ，电流模式 | ● | | 1000 | | mA |
| | | 待机模式， $V_{BAT}=4.2\text{V}$ | ● | 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 | | 2.7 | 2.8 | 2.9 | V |
| V_{UV} | V_{CC} 欠压闭锁门限 | 从 V_{CC} 低至高 | ● | | 3.6 | | 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 |
| $V_{\overline{CHRG}}$ | \overline{CHRG} 引脚输出低电压 | $I_{\overline{CHRG}}=3\text{mA}$ | | | 0.3 | 0.6 | V |
| $V_{\overline{STDBY}}$ | \overline{STDBY} 引脚输出低电平 | $I_{\overline{STDBY}}=3\text{mA}$ | | | 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} |
| EN | EN高电压开启 | | | 1.2 | | | V |
| | EN低电压关闭 | | | | | 0.5 | V |

功能框图

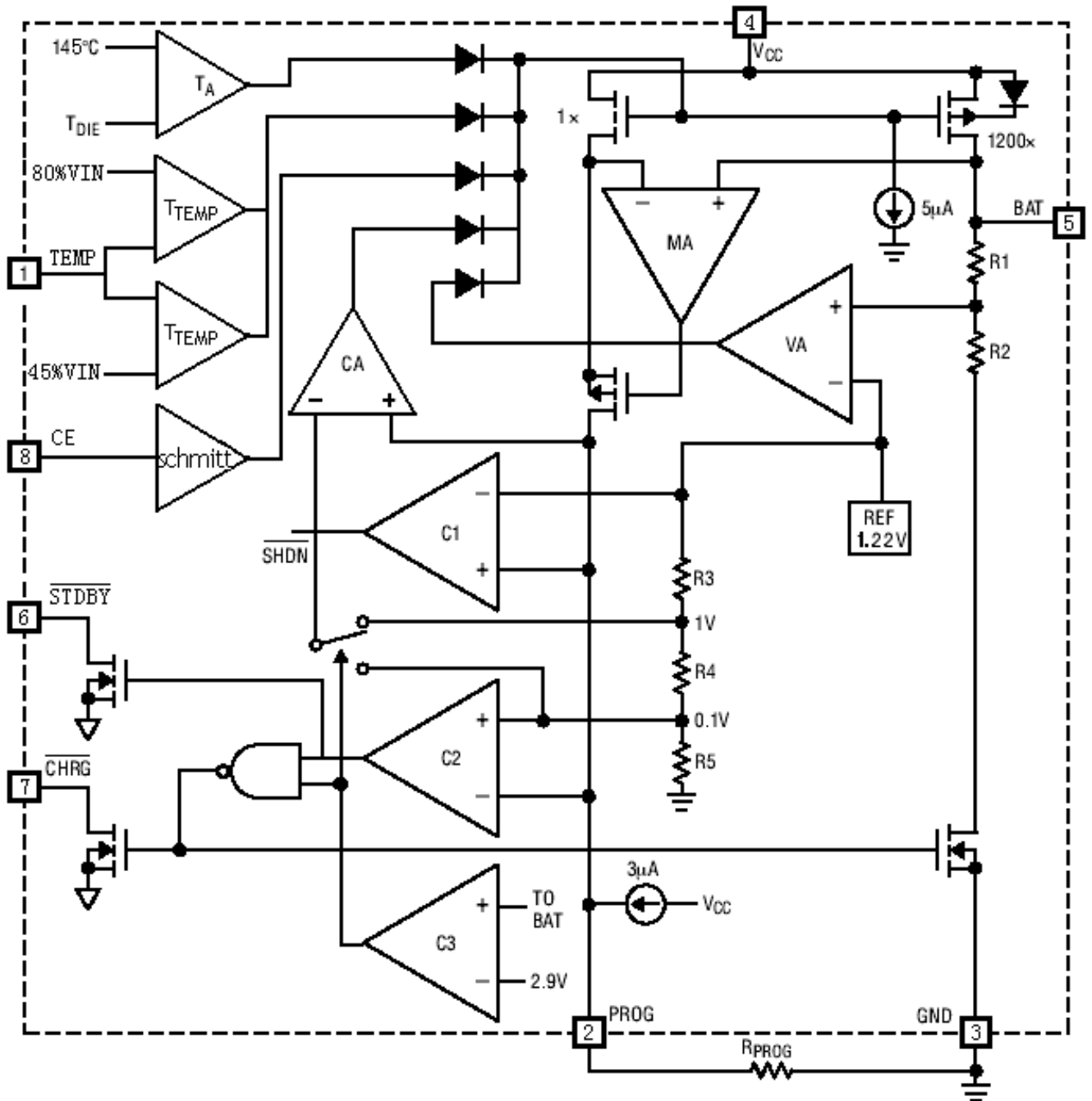
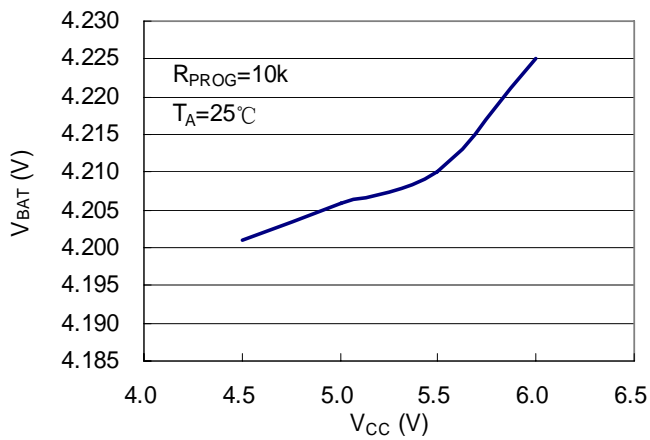


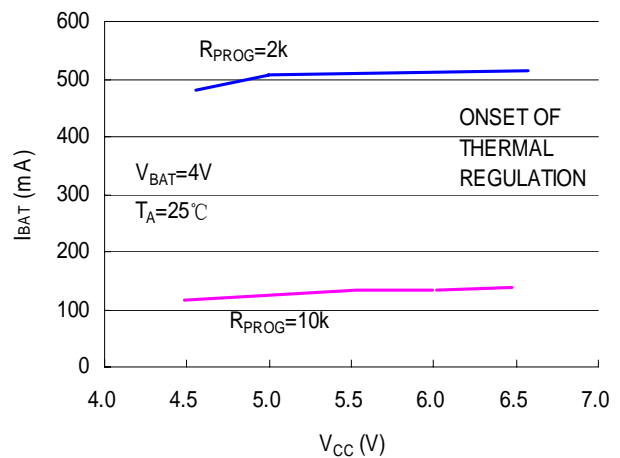
Figure 2. HE4056X Block Diagram

典型性能特征

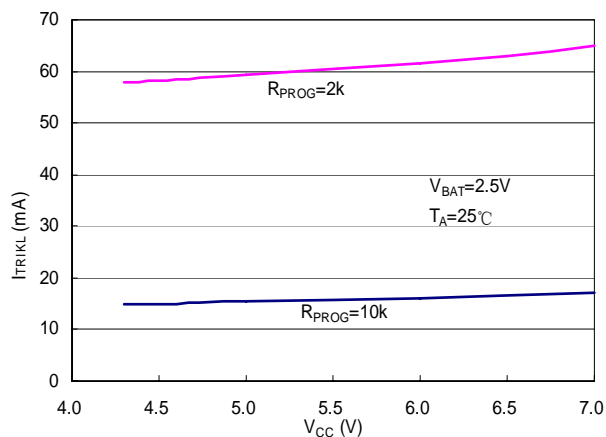
稳定输出（浮充）电压与电压关系曲线



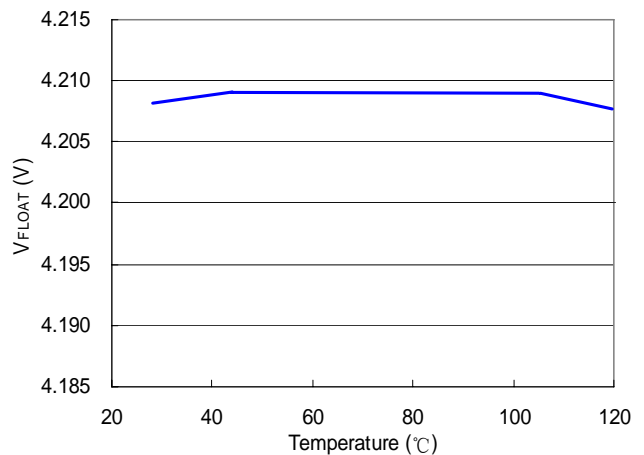
充电电流与电压关系曲线



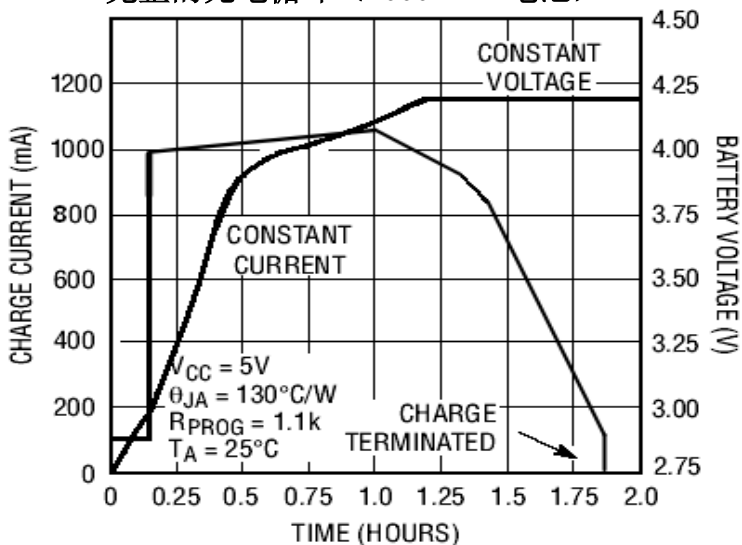
（涓流）充电电流与电源电压关系曲线



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

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 6.5V时，芯片进入停机保护模式。此处接一个10 μ 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，HE4056X进入停机模式，从而使 I_{BAT}降至 2 μ 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。

TEMP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TEMP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

HE4056X是专门为一节锂离子或锂聚合物电池而设计的线性充电器电路，利用芯片内部的功率晶体管对电池进行恒流和恒压充电。充电电流可以用外部电阻编程设定，最大持续充电电流可达1A，不需要另加阻流二极管和电流检测电阻。HE4056X包含两个漏极开路输出的状态指示输出端，充电状态指示端CHRG和电池故障状态指示输出端STDBY。芯片内部的功率管理电路在芯片的结温超过145 $^{\circ}$ 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，HE4056X 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，HE4056X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2.9V，充电器用小电流对电池进行预充电。当电池电压超过2.9V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RPROG确定。当电池电压接近4.2V电压时，充电电流逐渐减小HE4056X 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1 μ A，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：

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

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：

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

在设置充电电流大于0.5A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R_{PROG}

R_{PROG}选择推荐表：

| R _{PROG} (KΩ) | I _{CHG} (mA) |
|------------------------|-----------------------|
| 0.84K | 1200 |
| 1K | 1000 |
| 2K | 500 |
| 3K | 330 |
| 5K | 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1/10，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，充电终止，HE4056X进入待机模式，此时的输入电源电流降至约100μA。

■ 充电状态指示

HE4056X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1-4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1-4S | 亮 |

■ 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 145°C以上减小电流至 0。该功能可防止HE4056X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 HE4056X的风险。

■ 欠压闭锁

HE4056X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，HE4056X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

HE4056X 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

HE4056X 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 20 μ s 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)

HE4056X 具有输入电源电压 OVP 的功能，在 Vcc 输入电压达到6.5V 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6.5V 降低到约 6.4V 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，HE4056X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，HE4056X 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 HE4056X 内部， V_{LOW} 被固定在 $45\% \times VCC$ ， V_{HIGH} 被固定在 $80\% \times VCC$ 。如果 TEMP管脚的电压 $V_{TS} < V_{LOW}$ ，或者 $V_{TS} > V_{HIGH}$ ，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。

■ **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：

$$V_{TEMPL} = \frac{R2 \parallel R_{TL}}{R1 + R2 \parallel R_{TL}} \times VIN$$

然后由 $V_{TS} = V_{HIGH} = K2 \times V_{CC}$ ($K2=0.8$)； $V_{TS} = V_{LOW} = K1 \times V_{CC}$ ($K1=0.45$) 可解

得

$$R_1 = \frac{R_{TL}R_{TH}(K_2 - K_1)}{(R_{TL} - R_{TH})K_1 K_2} \quad R_2 = \frac{R_{TL}R_{TH}(K_2 - K_1)}{R_{TL}(K_1 - K_1K_2) - R_{TH}(K_2 - K_1K_2)}$$

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

$$R_1 = \frac{R_{TL}R_{TH}(K_2 - K_1)}{(R_{TH} - R_{TL})K_1 K_2} \quad R_2 = \frac{R_{TL}R_{TH}(K_2 - K_1)}{R_{TH}(K_1 - K_1K_2) - R_{TL}(K_2 - K_1K_2)}$$

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。

■ **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容值：

$C1=10 \mu F$ ， $C2 \geq 4.7 \mu F$ ，同时 PCB 布板要求电容尽量靠近芯片引脚为优，不宜过远。。

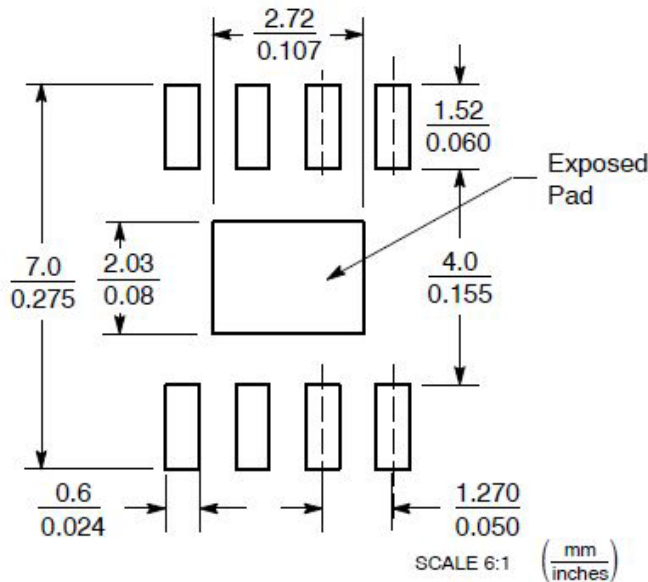
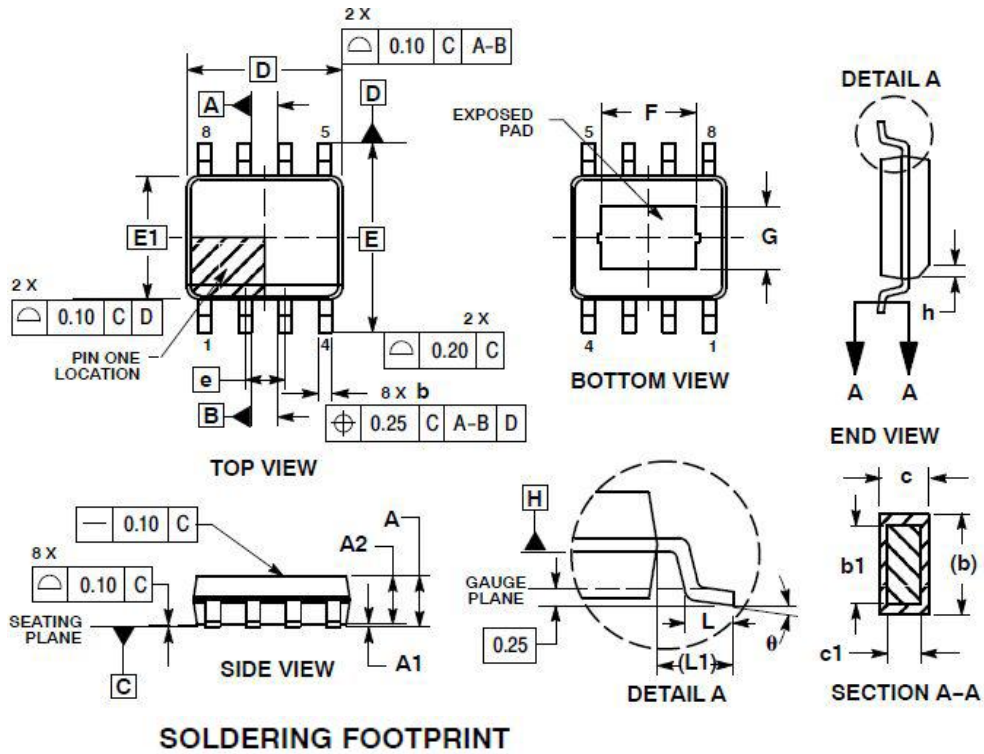
建议电阻值： $R1$ 、 $R2=1K$ ，此电阻不可以省掉，以防止灯的状态故障。

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 $0.2 \sim 0.4 \Omega$ 。

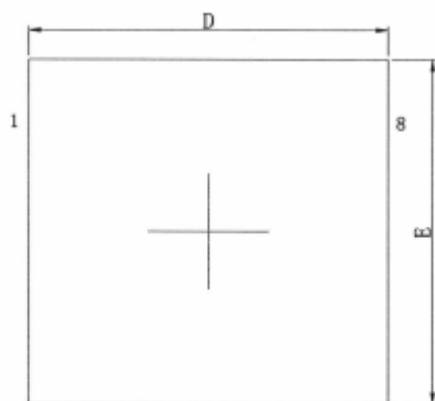
封装信息
ESOP-8



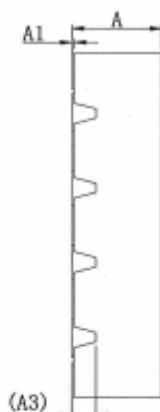
| DIM | MILLIMETERS | |
|-----|-------------|------|
| | MIN | MAX |
| A | 1.35 | 1.75 |
| A1 | 0.00 | 0.10 |
| A2 | 1.35 | 1.65 |
| b | 0.31 | 0.51 |
| b1 | 0.28 | 0.48 |
| c | 0.17 | 0.25 |
| c1 | 0.17 | 0.23 |
| D | 4.90 BSC | |
| E | 6.00 BSC | |
| E1 | 3.90 BSC | |
| e | 1.27 BSC | |
| L | 0.40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

封装信息

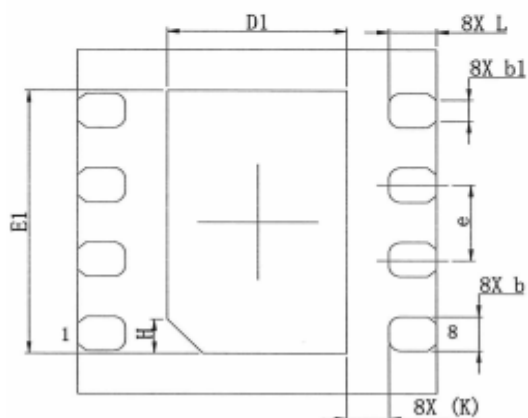
DFN3X3-8L



TOP VIEW
[顶视图]



SIDE VIEW
[侧视图]



BOTTOM VIEW
[背视图]

| SYMBOL | MIN | NOM | MAX |
|--------|-----------|-------|-------|
| A | 0.700 | 0.750 | 0.800 |
| A1 | 0.000 | 0.020 | 0.050 |
| A3 | 0.203 REF | | |
| b | 0.250 | 0.300 | 0.350 |
| b1 | 0.180 REF | | |
| D | 2.900 | 3.000 | 3.100 |
| E | 2.900 | 3.000 | 3.100 |
| e | 0.650 BSC | | |
| D1 | 1.400 | 1.500 | 1.600 |
| E1 | 2.200 | 2.300 | 2.400 |
| L | 0.300 | 0.400 | 0.500 |
| K | 0.350 REF | | |
| H | 0.300 REF | | |