



## 概述

HL4054H 是一款完全集成、高效 700mA 高压输入的单节锂电池线性充电芯片。采用 CC&CV 的充电模式，适合于单节锂电池的充电应用场景。

HL4054H 可接受高达 33V 的输入电压。当输入电压超过芯片的输入过压保护阈值时，会马上停止充电，以防止在芯片上的功耗过大。HL4054H 的 33V 高耐压特性，在应用中可节省传统的低输入耐压的充电方案中所需要配备的过压保护芯片。

HL4054H 预设 4.05V/4.20V/4.35V 充满浮充电压规格，其充电电流大小可以通过外部的电阻来进行设置。当电池电压低于 2.92V 时，HL4054H 将工作在涓流充电模式下，此时的充电电流为恒流值的 20%。

HL4054H 具有充电指示功能。CHRG 引脚可以与 MCU 进行简单的信号交互处理，或者驱动 LED 指示灯进行充电状态指示。当没有连接输入适配器或禁用适配器时，HL4054H 工作在低电流的待机状态，此时 BAT 引脚的待机电流小于 1 $\mu$ A。

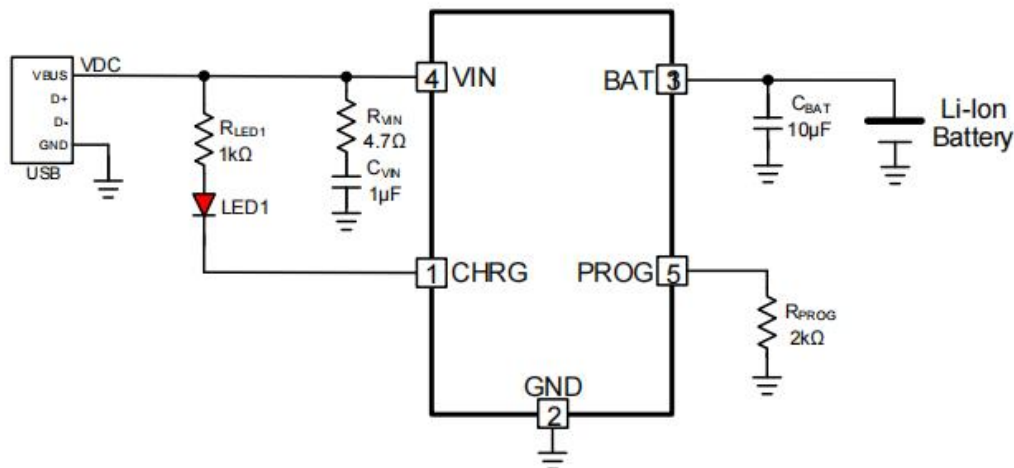
## 特点

- VIN 输入最高 33V 耐压
- VIN 输入悬空时，BAT 最高 20V 耐压
- 支持高达 700mA 的充电电流
- 浮充电压精度达  $\pm 1\%$
- 6.75V 输入过压保护阈值
- 2.92V 涓流充电阈值
- 集成充电功率管和电流采样电阻
- 充电电流可以电阻设置
- BAT 超低自耗电
- 电池 0V 充电功能
- 电池反接保护
- 电池反接保护电流 < 20 $\mu$ A
- 充电电流自动热调节
- 手动停机功能
- 充电指示功能
- SOT23-5L 封装

## 应用

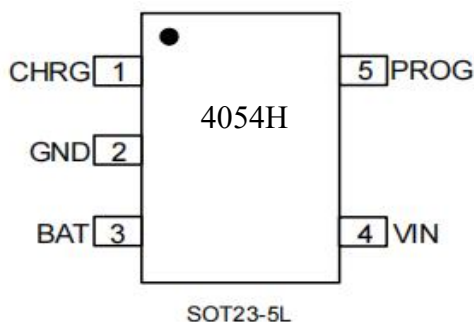
- 蓝牙耳机，电子烟，充电器
- 便携式电子设备
- 锂电池应用电子设备

## 典型应用





## 引脚定义描述



| No | Pin Name | Pin Function                                                                            |
|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | CHRG     | 充电过程指示引脚，开漏输出，可驱动 LED 指示；<br>充电时输出低电平，LED 指示灯亮；<br>充电完成后输出高阻态，LED 指示灯灭；                 |
| 2  | GND      | 芯片地                                                                                     |
| 3  | BAT      | 充电输出端口，连接锂电池的正极。<br>BAT 引脚对 GND 推荐连接一个 10 $\mu$ F 以上的 X5R 陶瓷贴片电容对 BAT 电压进行滤波，同时保持系统的稳定。 |
| 4  | VIN      | 电源输入端口，连接 DC 输入电源。VIN 引脚对 GND 需要连接一个 1 $\mu$ F 以上的陶瓷贴片电容进行滤波。                           |
| 5  | PROG     | 恒流充电电流设定端口，通过外接电阻到地来设置。                                                                 |

## 订购信息

| Device Marking | Device      | Voltage | Device Package | Quantity |
|----------------|-------------|---------|----------------|----------|
| 4054H          | HL4054H5S40 | 4.05V   | SOT23-5L       | 3000     |
|                | HL4054H5S42 | 4.20V   | SOT23-5L       | 3000     |
|                | HL4054H5S43 | 4.35V   | SOT23-5L       | 3000     |

绝对最大电参额定值 <sup>Note1</sup>

| Parameter | Symbol            | Maximum Rating | Unit |
|-----------|-------------------|----------------|------|
| VIN 电压    | V <sub>VIN</sub>  | -0.3 ~ 33      | V    |
| BAT 电压    | V <sub>BAT</sub>  | -5 ~ 20        | V    |
| CHRG 电压   | V <sub>CHRG</sub> | -0.3 ~ 33      | V    |
| PROG 电压   | V <sub>PROG</sub> | -0.3 ~ 6       | V    |
| BAT 最大电流  | I <sub>BAT</sub>  | 750            | mA   |
| PROG 最大电流 | I <sub>PROG</sub> | 5              | mA   |



|                           |               |            |                             |
|---------------------------|---------------|------------|-----------------------------|
| 封装总热阻                     | $\theta_{JA}$ | 200        | $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ |
| 封装结壳热阻                    | $\theta_{JC}$ | 32         | $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ |
| 工作结温范围                    | $T_J$         | -40~150    | $^{\circ}\text{C}$          |
| 存储温度范围                    | $T_s$         | -65 ~150   | $^{\circ}\text{C}$          |
| 焊接引脚温度                    | 焊接时间<10S      | 260        | $^{\circ}\text{C}$          |
| ESD 防护能力 <sup>Note2</sup> | HBM (人体静电模式)  | $\pm 2000$ | V                           |

**Note1:** 超过绝对最大额定值的条件时芯片可能会损坏，芯片实际工作在最大额定值下或者其它任何的超过推荐工作条件下都是不建议的。芯片持续工作在绝对最大额定值条件下可能会影响其寿命及可靠性。

**Note2:** 芯片为 ESD 敏感器件。如果不注意 ESD 防护，整个集成电路可能会被 ESD 损坏，建议在实际应用中采取预防措施。芯片的 ESD 损坏的现象可表现为从轻微的性能下降到完全的器件故障。

### 推荐工作条件 <sup>Note3</sup>

| Parameter | Symbol    | Maximum Rating | Unit               |
|-----------|-----------|----------------|--------------------|
| VIN 输入电压  | $V_{IN}$  | 4.5 ~ 6.5      | V                  |
| BAT 输出电流  | $V_{BAT}$ | 0.05 ~ 0.7     | A                  |
| 工作温度      | $T_J$     | -40~85         | $^{\circ}\text{C}$ |

**Note3:** 超出该推荐工作条件范围时，并不能保证芯片能正常工作。

### 电参特性 ( $T_A=25^{\circ}\text{C}$ , $V_{IN}=5\text{V}$ , 除非另有说明)

| Parameter        | Symbol          | Conditions                                             | Min. | Typ. | Max. | Unit          |
|------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|---------------|
| VIN 欠压锁定阈值电压     | $V_{UVLO}$      | $V_{VIN}$ 从 0V 上升到 5V                                  |      | 3.9  |      | V             |
| VIN 欠压锁定阈值电压滞回   | $V_{UVLO\_HYS}$ | $V_{VIN}$ 从 5V 下降到 0V                                  |      | 200  |      | mV            |
| VIN 输入电压范围       | $V_{VIN}$       |                                                        | 4.5  | 5    | 33   | V             |
| VIN-BAT 锁定阈值电压   | $V_{OS}$        | $V_{BAT}=4.2\text{V}$ , $V_{IN}$ 上升, CHRG 脚指示          |      | 120  |      | mV            |
| VIN-BAT 锁定阈值电压滞回 | $V_{OS\_HYS}$   | $V_{BAT}=4.2\text{V}$ , $V_{IN}$ 下降, CHRG 脚指示          |      | 40   |      | mV            |
| VIN 工作电流         | $I_{OP}$        | $R_{PROG}=2\text{K}\Omega$ , BAT 悬空                    |      | 160  |      | $\mu\text{A}$ |
| BAT 待机电流 1       | $I_{BAT\_STY1}$ | $V_{BAT}=4.2\text{V}$ , $V_{VIN}=0\text{V}$ 或者悬空       |      |      | 1    | $\mu\text{A}$ |
| BAT 待机电流 2       | $I_{BAT\_STY2}$ | $V_{BAT}=4.2\text{V}$ , $V_{VIN}=5\text{V}$ , 充电结束后    |      | 3.5  |      | $\mu\text{A}$ |
| BAT 停机电流         | $I_{BAT\_STOP}$ | $V_{BAT}=4.2\text{V}$ , $V_{VDD}=5\text{V}$ , PROG 脚开路 |      | 0    | 1    | $\mu\text{A}$ |
| BAT 反接电流         | $I_{BAT\_REV}$  | $V_{BAT}=-4.2\text{V}$ , $V_{VIN}$ 悬空                  |      | 20   |      | $\mu\text{A}$ |
| VIN OVP 阈值电压     | $V_{OVP}$       | $V_{VIN}$ 从 5V 上升到 10V                                 |      | 6.75 |      | V             |
| VIN OVP 阈值电压滞回   | $V_{OVP\_HYS}$  | $V_{VIN}$ 从 10V 下降到 5V                                 |      | 300  |      | mV            |
| VIN OVP 比较器传播延时  | $T_{PD\_OVP}$   | $V_{VIN}$ 从 5V 上升到 10V <sup>Note4</sup>                |      | 500  |      | ns            |

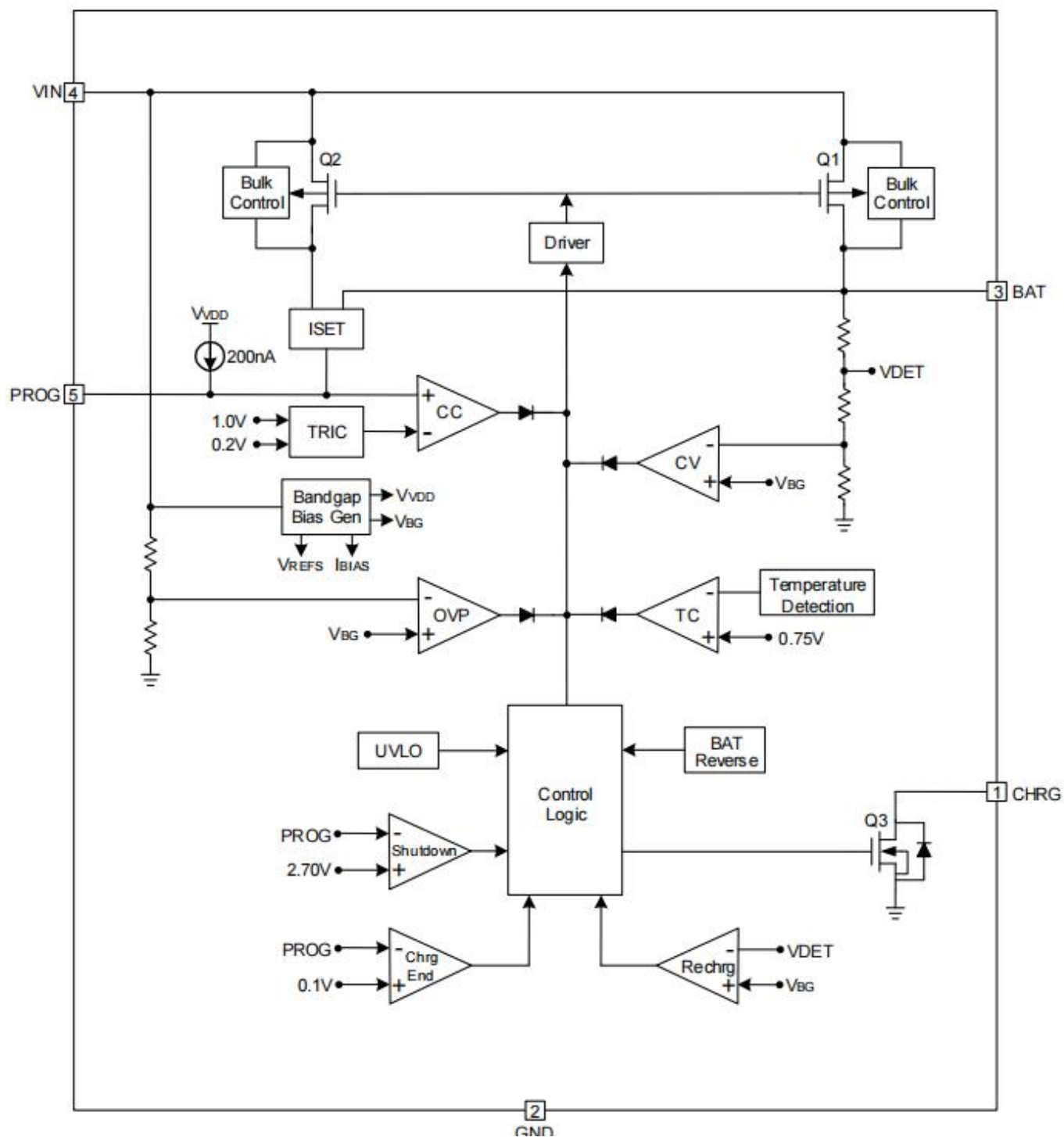


|                  |                       |                                                                     |       |       |       |    |
|------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|----|
| BAT 充满浮充电压       | V <sub>FLOAT_L</sub>  | R <sub>PROG</sub> =2KΩ, I <sub>BAT</sub> =50mA<br>订购编号: HL4054H5S40 | 4.010 | 4.050 | 4.091 | V  |
|                  | V <sub>FLOAT_T</sub>  | R <sub>PROG</sub> =2KΩ, I <sub>BAT</sub> =50mA<br>订购编号: HL4054H5S42 | 4.158 | 4.200 | 4.242 | V  |
|                  | V <sub>FLOAT_H</sub>  | R <sub>PROG</sub> =2KΩ, I <sub>BAT</sub> =50mA<br>订购编号: HL4054H5S43 | 4.307 | 4.350 | 4.393 | V  |
| 充电电流可设置范围        | I <sub>CHRG</sub>     | V <sub>VIN</sub> =5V, V <sub>BAT</sub> =3.7V                        | 50    |       | 700   | mA |
| PROG 引脚输出电压      | V <sub>PROG</sub>     | V <sub>VIN</sub> = 5V, R <sub>PROG</sub> =2KΩ                       |       | 1     |       | V  |
| 恒流充电电流           | I <sub>CC</sub>       |                                                                     |       | 500   |       | mA |
| 涓流充电电流           | I <sub>TRIC</sub>     |                                                                     |       | 100   |       | mA |
| BAT 0V 充电电流      | I <sub>TRIC_0V</sub>  |                                                                     |       | 102   |       | mA |
| 充满截止电流           | I <sub>OFF</sub>      |                                                                     |       | 50    |       | mA |
| 充满截止比较器延时        | T <sub>D_FULL</sub>   | V <sub>VIN</sub> = 5V, R <sub>PROG</sub> =2KΩ                       |       | 1.5   |       | ms |
| BAT 再充电阈值电压      | ΔV <sub>RCH</sub>     | V <sub>VIN</sub> =5V, BAT 下降, V <sub>FLOAT</sub> -V <sub>RCH</sub>  |       | 160   |       | mV |
| BAT 再充电比较器电延时    | T <sub>D_RCH</sub>    | V <sub>VIN</sub> =5V, BAT 下降                                        |       | 1.5   |       | ms |
| 涓流充电阈值电压         | V <sub>TRIC</sub>     | V <sub>VIN</sub> =5V, BAT 上升                                        |       | 2.92  |       | V  |
| 涓流充电阈值电压滞回       | V <sub>TRIC_HYS</sub> | V <sub>VIN</sub> =5V, BAT 下降                                        |       | 120   |       | mV |
| PROG 引脚上拉电流      | I <sub>PU_PROG</sub>  | PROG 脚开路                                                            |       | 0.2   |       | μA |
| PROG 手动停机阈值电压    | V <sub>MSD</sub>      | PROG 脚电压上升, CHRG 脚指示                                                |       | 2.7   |       | V  |
| PROG 手动停机阈值电压滞回  | V <sub>MSD_HYS</sub>  | PROG 脚电压下降, CHRG 脚指示                                                |       | 100   |       | mV |
| CHRG 开漏输出逻辑低电平   | V <sub>L_CHRG</sub>   | CHRG 下拉 3mA 电流                                                      |       | 0.5   |       | V  |
| CHRG 开漏输出高阻态的漏电流 | I <sub>LK_CHRG</sub>  | V <sub>CHRG</sub> =33V                                              |       |       | 100   | nA |
| 开始自动热调节的芯片结温阈值   | T <sub>JRG</sub>      |                                                                     |       | 140   |       | ℃  |
| 10%充电电流的芯片结温阈值   | T <sub>JRC_10%</sub>  |                                                                     |       | 155   |       | ℃  |

Note4: 产品的该项规格没进行测试, 由设计保证。



## 拓扑框图





## 功能简介

HL4054H 是一款完全集成、经济高效的 700mA 高压输入的单节锂电池线性充电芯片。HL4054H 采用 CC&CV 的充电模式，特别适合于单节锂电池的充电应用场景。

HL4054H 可接受高达 33V 的输入电压。当输入电压超过芯片的输入过压保护阈值时，HL4054H 马上停止充电，以防止在芯片上的功耗过大。HL4054H 的 33V 高耐压特性，在应用中可节省了传统的低输入耐压的充电器中所需要配备的过压保护芯片。

HL4054H 具有预设的 4.05V/4.20V/4.35V 充满浮充电压可选，其充电电流大小可以通过外部的电阻来设置。当电池电压低于 2.92V 时，HL4054H 将工作在涓流充电模式下，此时的充电电流为恒流值的 20%。

HL4054H 具有充电指示功能。CHRG 引脚可以与 MCU 进行简单的信号交互处理，或者驱动 LED 指示灯进行充电状态指示。当没有连接输入适配器或禁用适配器时，HL4054H 工作在低电流的待机状态，此时 BAT 引脚的待机电流小于 1 $\mu$ A。

## 欠压锁定

当 VIN 引脚的输入电压超过 UVLO 阈值时，HL4054H 重置后开始工作。当 VIN 输入电压低于芯片的 UVLO 阈值 ( $V_{UVLO}-V_{UVLO\_HYS}$ ) 时，HL4054H 会保持在待机模式。此外，为了保护芯片内部的充电功率管 Q1 不走异常的反向电流，如果输入 VIN 电压下降至比电池电压要低时，UVLO 电路会让 HL4054H 一直保持在待机模式。

## VIN-BAT 锁定

HL4054H 具有 VIN-BAT 锁定功能。除非 VIN 电压比 BAT 电压高出一个预设的失调电压 VOS，否则 HL4054H 将会锁定，不使能工作。此功能的目的是确保当充电器的输入电源断开时，HL4054H 能保持在关闭状态。如果没有此功能，当输入电源被移除后，HL4054H 的输入可能无法断电进入低电流的待机模式。因为这时候芯片的工作电流可能会通过充电功率管 Q1 从 BAT 端泄漏到 VIN 端，继续给 UVLO 和其他模块供电。

## 输入过压保护

HL4054H 的 VIN 引脚可接受高达 33V 的输入电压。但是，当 VIN 输入电压超过芯片的 OVP 阈值电压时，HL4054H 的充电功能会被禁用，以防止在不合格或故障的适配器接入时 HL4054H 仍在继续工作，也防止在芯片上的功耗过大。

如果 VIN 输入电压上升至芯片的 OVP 阈值电压  $V_{OVP}$  以上，HL4054H 内部的充电功率管 Q1 在经过比较器的传播延迟  $T_{PD\_OVP}$  后会被关断，此时充电电路停止对锂电池充电，CHRG 引脚输出逻辑高电平。当 VIN 输入电压下降至  $V_{OVP}-V_{OVP\_HYS}$  以下时，HL4054H 内部的充电功率管 Q1 则会重新导通。HL4054H 重新开始对锂电池进行充电。

## 输入电源正常范围

如上所述，输入电源的正常工作范围需要满足以下三个条件：

- $V_{VIN} > V_{UVLO}$
- $V_{VIN} - V_{BAT} > V_{OS}$
- $V_{VIN} < V_{OVP}$

如果输入电源不在正常工作范围内时，HL4054H 将不会给锂电池充电。



## 充电周期

当 VIN 输入电压升高至 UVLO 阈值电压以上时，HL4054H 就开始一个新的充电周期。如果此时的电池电压低于 2.92V，HL4054H 将进入涓流充电模式。在涓流充电模式下，HL4054H 的涓流充电电流约为恒流充电电流的 20%，直到电池电压升高到安全的恒流充电的阈值电压后。

当电池电压升高至 2.92V 以上，HL4054H 就进入恒流充电模式。在恒流充电模式下，PROG 引脚可外接电阻来设置芯片的恒流充电电流大小。当电池电压接近最终的充满浮充电压时，HL4054H 进入恒压充电模式。此时充电电流开始逐渐减小，当充电电流达到充满截止电流阈值时，HL4054H 的充电过程结束。

## 自动再充电

在充电周期完成后，HL4054H 会一直监测锂电池的电压。只有当电池电压下降至 VFLOAT-ΔVRCH 以下时，HL4054H 才会自动开始对电池进行再充电。这确保了锂电池始终保持在或接近完全充电的状态，同时避免了进行周期性充电循环启动的需要。

## 手动停机

HL4054H 具有手动停机功能。在一个充电周期的任何时刻通过去掉 RPROG 电阻使得 PROG 引脚处于开路状态，此时 PROG 引脚的 0.2μA 上拉电流会把 PROG 电压逐渐拉高。当 PROG 电压达到了手动停机阈值电压 VMSD 时，HL4054H 会马上停止充电，进入手动停机模式。此时 HL4054H 的 BAT 待机电流小于 1μA，CHRG 引脚开漏输出高阻态，LED 指示灯熄灭。在 PROG 引脚处重新连接 RPROG 电阻到地可使得 HL4054H 恢复到正常的充电周期中。

## CHRG 指示灯

CHRG 为 NMOS 的开漏输出的充电状态指示引脚，具有最大 5mA 电流的下拉能力。当 HL4054H 在进行充电时，CHRG 开漏输出低电平。当 HL4054H 进入恒压充电模式并达到充满截止电流时，充电结束后 CHRG 开漏输出高阻态。此时，CHRG 引脚可承受高达 33V 的输入耐压。

HL4054H 的 CHRG 信号可与 MCU 的 GPIO 接口进行连接或者驱动 LED 指示灯进行充电状态指示。CHRG 信号驱动 LED 指示灯时，其状态汇总如下：

| 充电状态                            | CHRG 指示灯 |
|---------------------------------|----------|
| 正在充电                            | 亮        |
| 充电完成                            | 灭        |
| VDD 欠压，VDD-BAT 锁定，电池反接，PROG 脚开路 | 灭        |
| BAT 端接 10μF 电容，无电池              | 闪烁       |



## 自动热调节

如果 HL4054H 芯片内部的结温超过  $T_{JRG}$ ，HL4054H 会开始进行热调节，自动的降低充电电流。从而防止芯片结温进一步升高，以保证器件安全运行。该自动热调节功能可以保护 HL4054H 免受过高温度的影响。因此，在实际应用中，系统的充电电流可以根据典型的环境温度来进行设置，以确保 HL4054H 在高温条件下会自动降低充电电流。

## BAT 最大额定值

BAT 引脚是充电系统的输出端，连接到锂电池的正极。应用上在安装锂电池的操作过程中，BAT 引脚可能会面临超过 5V 的高电压。因此，BAT 引脚需要有足够高的额定电压值。在 VIN 输入引脚悬空时，HL4054H 的 BAT 引脚可以承受高达 20V 的输入电压。这可以保护 HL4054H 的 BAT 引脚在电池安装过程中免受过高电压的冲击而损坏。

## 电池反接保护

HL4054H 具有电池反接保护功能。当在安装锂电池的操作过程中如果发生了电池反接情况，HL4054H 的电池反接保护功能将保护 HL4054H 和锂电池免受损坏，此时 HL4054H 停止充电，CHRG 状态指示引脚会开漏输出高阻态。当电池反向连接时，HL4054H 的 BAT 引脚的最大反向漏电流小于  $20\mu A$ 。把反接的电池正确接入后，HL4054H 会自动开始充电循环。

当把反接后的电池去除后，由于 HL4054H 的输出端 BAT 引脚的电容仍为负电压，此时 CHRG 指示灯不会立刻正常亮，需等待 BAT 电容上的负电压变为正电压后，HL4054H 才会显示正常的无电池指示灯状态。



## 应用说明

### 输入电容选择

HL4054H 的典型应用电路中的输入电容  $C_{VIN}$  具有重要作用，主要用于输入电压的滤波和去耦。每当有输入电流阶跃向下变化时，输入电缆的寄生电感就会导致 VIN 输入电压产生向上的过冲尖峰。 $C_{VIN}$  可防止输入电压过冲尖峰达到击穿器件水平。建议在 HL4054H 的 VIN 输入引脚使用至少  $1\mu F$  的陶瓷贴片电容，且必须放置于 VIN 引脚的附近。另外，可选择串联  $4.7\Omega$  左右的电阻  $R_{VIN}$  到  $C_{VIN}$  来更好的吸 VIN 输入端口在带电插拔时所产生的电压尖峰。

### 输出电容选择

HL4054H 的典型应用电路中的输出电容  $C_{BAT}$  也很重要。选择 BAT 电容的标准是保持充电系统的稳定性，同时能够对任何的瞬态负载电流有很好的滤波作用。 $C_{BAT}$  推荐采用至少  $10\mu F$  的陶瓷贴片电容，且必须靠近 BAT 引脚放置。在实际的具体应用中，连接到 BAT 输出端的电容还取决于实际的应用需求。

### $R_{PROG}$ 电阻选择

HL4054H 的恒流充电电流大小可以通过 PROG 引脚外接电阻到 GND 来设置。恒流充电电流大小的计算公式如下所示：

$$I_{CC} = 1100 / R_{PROG}$$

其中， $I_{CC}$  为恒流充电电流，单位为 A； $R_{PROG}$  为  $I_{CC}$  的设置电阻，单位为  $\Omega$ 。推荐的恒流充电电流  $I_{CC}$  的设置范围为从 50mA 到 0.7A，则通过上述公式计算出的所对应的恒流充电电流的设置电阻  $R_{PROG}$  的范围从  $1.57k\Omega$  到  $22k\Omega$ 。在 PCB 布局上，电阻  $R_{PROG}$  应当紧靠 PROG 引脚放置。

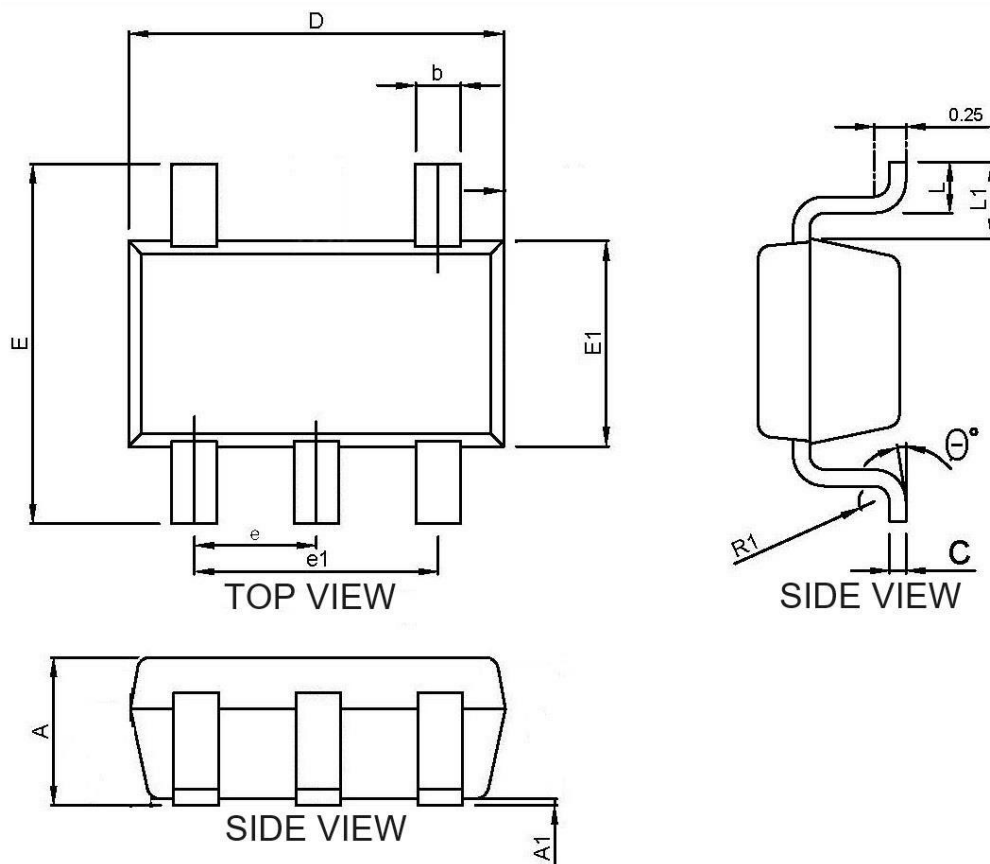
### PCB 布局建议

HL4054H 是一款可承受高输入电压的锂电池充电芯片，它可以保护低压电路免受高电压的影响。在实际应用电路中，高输入电压会施加到该充电系统中，因此必须确保应用电路的 PCB 走线的间隙满足高电压的设计规则。

- 应用电路的地线需要铺铜，地线铺开面积要尽量大，把所有模拟地线和功率地线都汇集在一起。
- 输入电容  $C_{VIN}$  和输出电容  $C_{BAT}$  应当尽量靠近芯片的引脚；电容的地线应尽量接在大面积地线上，不要经过较小的地线再到芯片地和大面积地。其他元器件例如  $R_{PROG}$  也应当尽量靠近芯片引脚放置。
- 大电流功率路径的 PCB 走线应当尽量短而粗；输入电容  $C_{VIN}$  和输出电容  $C_{BAT}$  的 PCB 走线应避免经过通孔。
- HL4054H 采用 SOT23-5L 封装。为了达到良好的散热性能，在 PCB 布局时，芯片的 GND 引脚需要直接连接到 PCB 的大面积铺铜地线上，且连线要尽量短。



## Package Dimensions SOT23-5L



| 符号 | 尺寸(mm)    |      |      |
|----|-----------|------|------|
|    | 最小值       | 标准值  | 最大值  |
| A  | -         | -    | 1.35 |
| A1 | 0.01      | -    | 0.15 |
| b  | 0.30      | -    | 0.50 |
| c  | 0.152 BSC |      |      |
| D  | 2.80      | 2.90 | 3.00 |
| E  | 2.70      | -    | 3.00 |
| E1 | 1.50      | 1.60 | 1.70 |
| e  | 0.95 BSC  |      |      |
| L  | 0.30      | 0.45 | 0.60 |
| L1 | 0.52      | 0.60 | 0.68 |
| R1 | 0.12 REF  |      |      |
| θ  | 0°        | 4°   | 8°   |
| e1 | 1.90 BSC  |      |      |



## Important Notice and Disclaimer

HL Microelectronics reserves the right to make changes to this document and its products and specifications at any time without notice.

Customers should obtain and confirm the latest product information and specifications before final design, purchase or use.

HL Microelectronics makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, not does HL Microelectronics assume any liability for application assistance or customer product design.

HL Microelectronics does not warrant or accept any liability with products which are purchased or used for any unintended or unauthorized application.

No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property rights of HL Microelectronics.

HL Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of HL Microelectronics.