

## 概述

TC4056A/D 是一款完整的单节锂离子电池采用恒定电流/恒定电压线性充电器。与较少的外部元件数目使得 TC4056A/D 成为便携式应用的理想选择。TC4056A/D 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。当充电电流在达到最终浮充电压之后降至设定值 1/10 时，TC4056A/D 将自动终止充循环。

当输入电压（交流适配器或 USB 电源）被拿掉时，TC4056A/D 自动进入一个低电流状态，将电池漏电流降至 2uA 以下。TC4056A/D 在有电源时也可置于停机模式，从而将供电电流降至 55uA 以下。

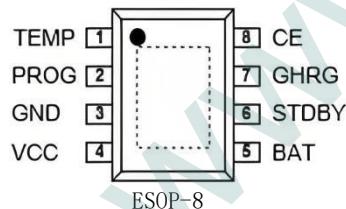
TC4056A/D 的其他特点包括电池温度检测、欠压闭锁、自动再充电、充电状态的 LED 显示和 BAT 短路保护（不具有电池反接保护功能）。

## 应用领域

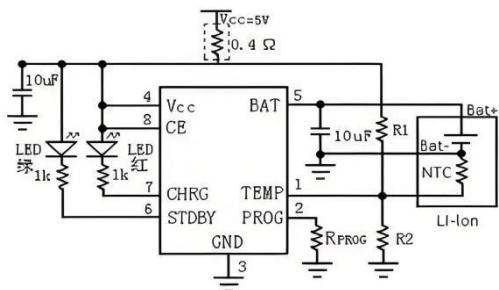
- 移动电话、PDA
- 电子辞典
- MP3、MP4 播放器
- GPS
- 数码相机
- 便携式设备、各种充电

## 封装形式

- ESOP-8



## 典型应用电路



## 特点

- 高达 1000mA 的可编程充电电流
- 无需 MOSFET、检测电阻器或隔离二极管
- 用于单节锂离子电池的完整线性充电器
- 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
- 精度达到±1%的 4.2V 预设充电电压
- 用于电池电量检测的充电电流监控器输出
- 自动再充电
- 充电状态双输出、无电池和故障状态显示
- C/10 充电终止
- 待机模式下的供电电流为 55uA
- 2.9V 满流充电器件版本
- 软启动限制了浪涌电流
- 电池温度监测功能
- 采用 ESOP-8 封装

## 绝对最大额定值

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| ➤ 输入电源电压 (Vcc) : -0.3V~7V  | ➤ BAT 短路持续时间: 连续           |
| ➤ PROG: -0.3V~ Vcc +0.3V   | ➤ BAT 引脚电流: 1200mA         |
| ➤ <u>BAT</u> : -0.3V~ 7V   | ➤ PROG 引脚电流: 1200uA        |
| ➤ <u>GHRG</u> : -0.3V~ 10V | ➤ 最大结温: 145°C              |
| ➤ STDBY: -0.3V~ 7V         | ➤ 工作环境温度范围: -40°C~85°C     |
| ➤ TEMP: -0.3V~ 7V          | ➤ 贮存温度范围: -65°C~125°C      |
| ➤ CE: -0.3V~ 7V            | ➤ 引脚温度 (焊接时间 10 秒) : 260°C |

## 管脚说明

| 符号 | 名称    | 功能说明      |
|----|-------|-----------|
| 1  | TEMP  | 电池温度检测输入端 |
| 2  | PROG  | 外部编程充电电流端 |
| 3  | GND   | 地         |
| 4  | VCC   | 电源输入端     |
| 5  | BAT   | 充电电流输出端   |
| 6  | STDBY | 充电完成指示脚   |
| 7  | CHRG  | 充电指示端     |
| 8  | CE    | 芯片始能输入端   |

- TEMP (引脚 1) : 电池温度检测输入端。将 TEMP 管脚接到电流的 NTC 传感器的输出端。如果 TEMP 管脚的电压小于输入电压的 45%或者大于输入电压的 80%，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 2) : 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 0.1V；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，测量该管脚的电压可以根据下面的公式来估算充电电流：

$$I_{BAT} = \frac{1200}{R_{PROG}}$$

- GND (引脚 3) : 电源地。
- VCC (引脚 4) : 输入电压正输入端。此管脚的电压为内部电路的工作电源。当 Vcc 与 BAT 管脚的电压差小于 30mV 时，TC4056A/D 将进入低功耗的停机模式，此时 BAT 管脚的电流小于 2uA。
- 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 2uA。BAT 管脚向电池提供充电电流和 4.2V 的限制电压。
- STDBY(引脚 6): 电池充电完成指示端。当电流充电完成时 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。
- GHRG (引脚 7) 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。

- CE（引脚 8）芯片始能输入端。高输入电平将使 TC4056A/D 处于正常工作状态；低输入电平使 TC4056A/D 处于被禁止充电状态。CE 管脚可以被 TTL 电平或者 CMOS 电平驱动。

## 电特性

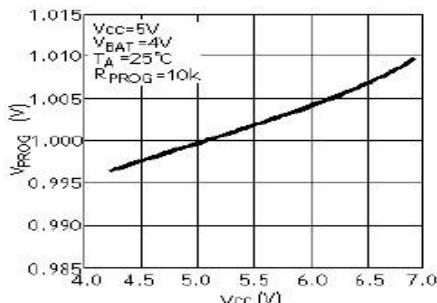
凡表注•表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC}=5\text{V}$ , 除非特别注明。

| 符号                   | 参数                                    | 条件  |             | 最小值            | 典型值                             | 最大值            | 单位                         |
|----------------------|---------------------------------------|---|-------------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------------------|
| VCC                  | 输入电源电压                                | -   | ●           | 4.0            | 5                               | 5.5            | V                          |
| ICC                  | 输入电源电流                                | 充电模式, RPROG=1.2K<br>待机模式(充电终止)<br>停机模式(RPROG未连接,<br>VCC<VBAT, 或 VCC<VUV)                  | ●<br>●<br>● | 80<br>80<br>35 | 500<br>100<br>100               | μA<br>μA<br>μA |                            |
| V <sub>FLOAT</sub>   | 稳定输出(浮充)电压                            | 0°C ≤ TA ≤ 85°C,<br>出货电压分档: A 档 4.20-4.28V; B 档 4.16-4.20V                                |             | 4.16           | 4.23                            | 4.28           | V                          |
| I <sub>BAT</sub>     | BAT 引脚电流:<br>(电流模式测试条件是<br>VBAT=4.0V) | RPROG=2.4K, 电流模式<br>RPROG=1.2K, 电流模式<br>待机模式, VBAT=4.2V<br>停机模式(RPROG未连接)睡眠<br>模式, VCC=0V | ●<br>●<br>● | -              | 500<br>1000<br>-2.5<br>±1<br>-1 | -6<br>±2<br>-2 | mA<br>mA<br>μA<br>μA<br>μA |
| I <sub>TRIKL</sub>   | 涓流充电电流                                | VBAT < VTRIKL RPROG = 1.2K  | ●           | -              | 130                             | -              | mA                         |
| V <sub>TRIKL</sub>   | 涓流充电门限电压                              | RPROG=1.2K, VBAT 上升   |             | 2.8            | 2.9                             | 3.0            | V                          |
| V <sub>TRHYS</sub>   | 涓流充电迟滞电压                              | RPROG=1.2K  |             | 60             | 80                              | 100            | mV                         |
| V <sub>UV</sub>      | VCC 欠压闭锁门限                            | 从 VCC 低至高   | ●           | 3.5            | 3.7                             | 3.9            | V                          |
| V <sub>UVHYS</sub>   | VCC 欠压闭锁迟滞                            | -   | ●           | 150            | 200                             | 300            | mV                         |
| V <sub>ASD</sub>     | VCC-VBAT 闭锁门限电压                       | VCC 从低到高<br>VCC 从高到低  |             | 60<br>5        | 100<br>30                       | 100<br>30      | mV                         |
| I <sub>TERM</sub>    | C/10 终止电流门限                           | RPROG=2.4K<br>RPROG=1.2K  | ●<br>●      | 60<br>120      | 70<br>130                       | 80<br>140      | mA                         |
| V <sub>PROG</sub>    | PROG 引脚电压                             | RPROG=1.2K, 电流模式  | ●           | 0.9            | 1.0                             | 1.1            | V                          |
| V <sub>CHRG</sub>    | CHRG 引脚输出低电压                          | I CHRG = 5mA  |             | -              | 0.3                             | 0.6            | V                          |
| V <sub>STDBY</sub>   | STDBY 引脚输出低电平                         | I STDBY = 5mA   |             | -              | 0.3                             | 0.6            | V                          |
| V <sub>TEMP-H</sub>  | TEMP 引脚高端翻转<br>电压                     | -   |             | -              | 80                              | 82             | %Vcc                       |
| V <sub>TEMP-L</sub>  | TEMP 引脚低端翻转<br>电压                     | -   |             | 43             | 45                              | -              | %Vcc                       |
| ΔV <sub>RECHRG</sub> | 再充电电池门限电压                             | V <sub>FLOAT</sub> -V <sub>RECHRG</sub>   |             | 100            | 150                             | 200            | mV                         |
| T <sub>LIM</sub>     | 限定温度模式中的结温                            | -   |             | -              | 145                             | -              | ℃                          |
| R <sub>ON</sub>      | 功率 FET“导通”电阻<br>(在 VCC 与 BAT 间)       | -   |             | -              | 650                             | -              | mΩ                         |
| t <sub>ss</sub>      | 软启动时间                                 | I <sub>BAT</sub> =0 至 I <sub>BAT</sub> =1200V/RPROG                                       |             | -              | 20                              | -              | μs                         |

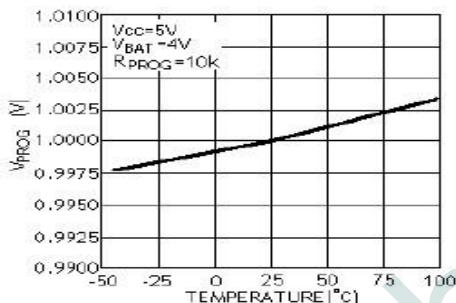
|                       |             |   |  |     |     |   |    |
|-----------------------|-------------|---|--|-----|-----|---|----|
| t <sub>RECHARGE</sub> | 再充电比较器滤波时间  | V <sub>BAT</sub> 高至低                        |  | 0.8 | 1.8 | 4 | ms |
| t <sub>TERM</sub>     | 终止比较器滤波时间   | I <sub>BAT</sub> 降至 I <sub>CHG</sub> /10 以下 |  | 0.8 | 1.8 | - | ms |
| I <sub>PROG</sub>     | PROG 引脚上拉电流 | -   |  | -   | 2.0 | - | μA |

## 典型性能特征

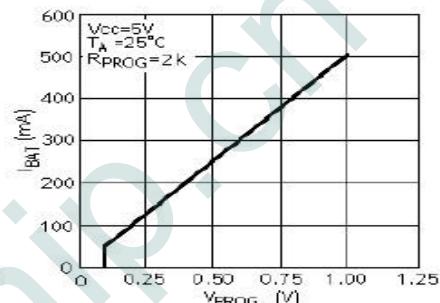
恒定电流模式下 PROG 引脚电压与电源电压的关系曲线



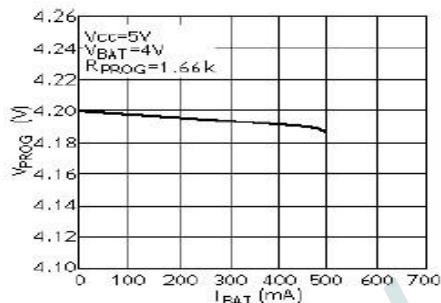
PROG 引脚电压与温度的关系曲线



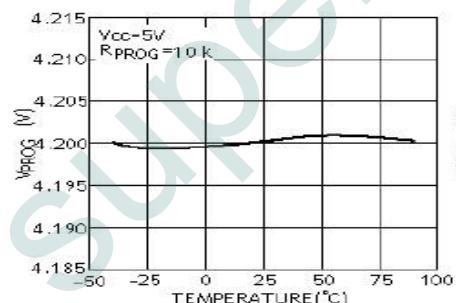
充电电流与 PROG 引脚电压的关系曲线



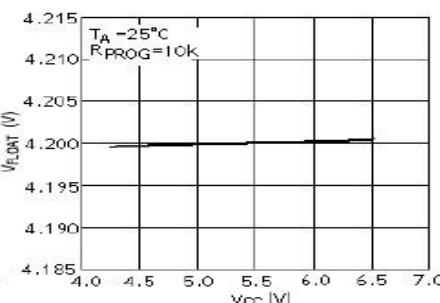
稳定输出（浮充）电压与充电电流的关系曲线



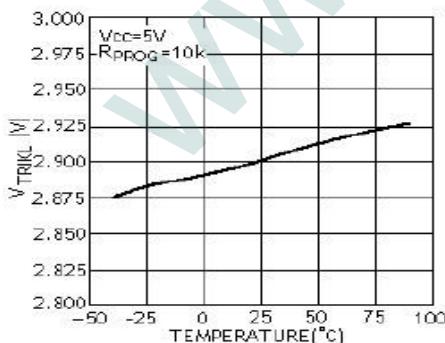
稳定输出（浮充）电压与温度的关系曲线



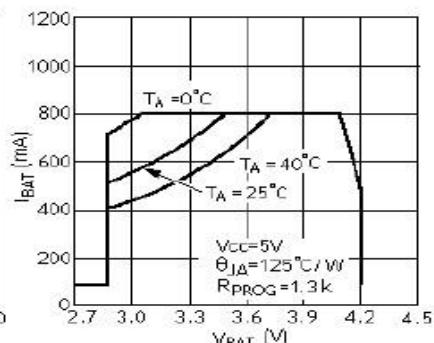
稳定输出（浮充）电压与电压的关系曲线



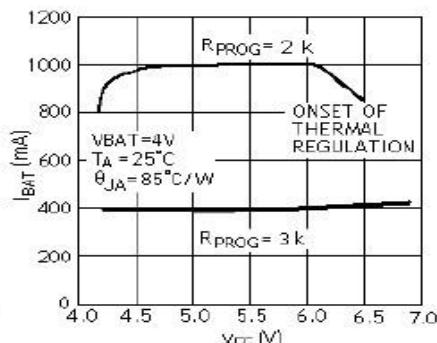
涓流充电门限与温度的关系曲线



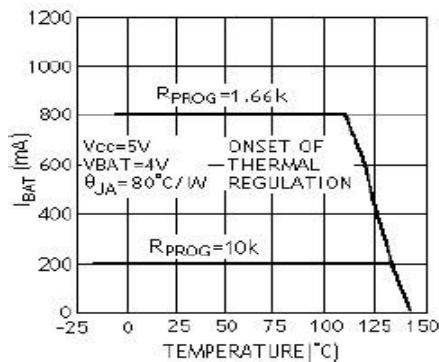
充电电流与电池电压关系曲线



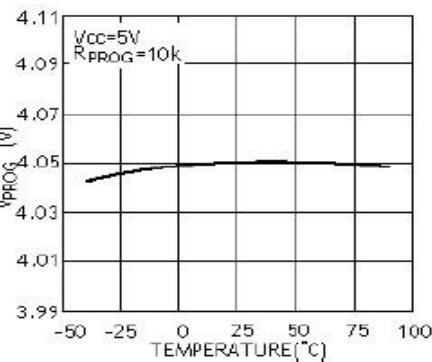
充电电流与电源电压的关系曲线



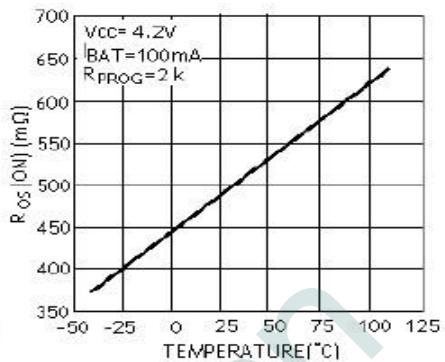
充电电流与环境温度的关系曲线



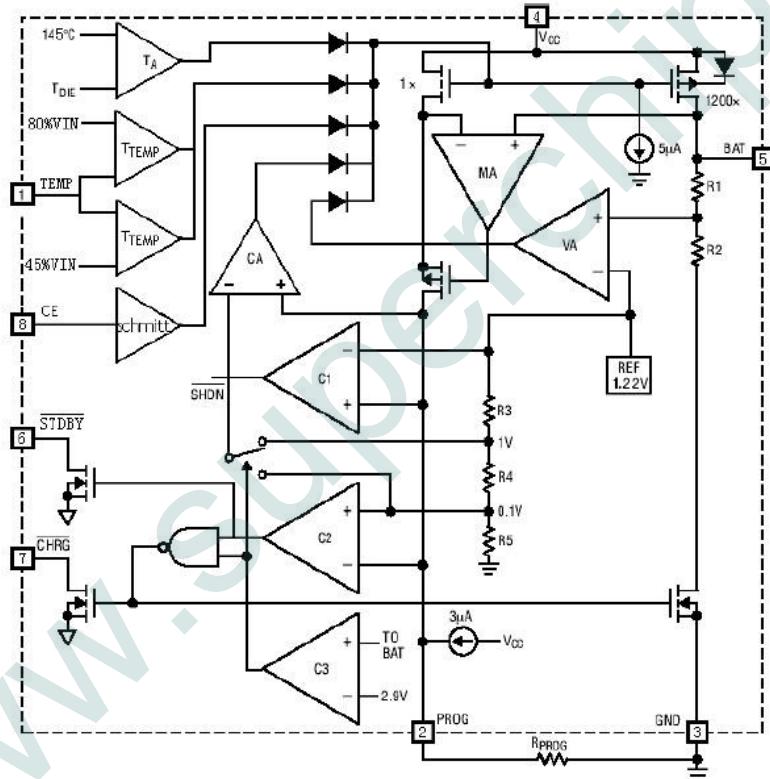
再充电电压门限与温度的关系曲线



功率 FET“导通”电阻与温度关系曲线



## 方框图及工作原理



TC4056A/D 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。TC4056A/D 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°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，TC4056A/D 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拉高电平时，TC4056A/D 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 3V，充电器用小电流对电池进行预充电。当电池电压超过 3V 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 4.2V 电压时，充电电流逐渐减小，TC4056A/D 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 1.5% 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 3uA，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的阻值

$$R_{PROG} = \frac{1200}{I_{BAT}} \text{ (误差} \pm 10\%)$$

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：

| <b>R<sub>PROG</sub> (K)</b> | <b>I<sub>BAT</sub> (mA)</b> |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 30                          | 40                          |
| 20                          | 60                          |
| 10                          | 120                         |
| 5                           | 240                         |
| 4                           | 300                         |
| 3                           | 400                         |
| 2                           | 600                         |
| 1. 66                       | 720                         |
| 1. 5                        | 800                         |
| 1. 33                       | 900                         |
| 1. 2                        | 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 引脚进行临控来检测的。当 PROG 引脚电压降至 100mV 以下的时间超过  $t_{TERM}$ （一般为 1.8ms）时，充电被终止。充电电流被锁断，TC4056A/D 进入待机模式，此时输入电源电流降至 55UA。（注：C/10 终止在涓流充电和热限制模式中失效）。

充电时，BAT 引脚上的瞬变负载会使 PROG 引脚电压在 DC 充电电流降至设定值的 1/10 之间短暂地降至 100mV 以下。终止比较器上的 1.8ms 滤波时间（TERM t）确保这种性质的瞬变负载不会导致充电循环过早终止。一旦平均充电电流降至设定值的 1/10 以下，TC4056A/D 即终止充电循环并停止通过 BAT 引脚提供任何电流。在这种状态下，BAT 引脚上的所有负载都必须由电池来供电。在待机模式中，TC4056A/D 对 BAT 引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到 4.05V 的再充电电门限 (RECHRG V) 以下，则另一个充电循环开始并再次向电池供应电流。

图 1 示出了一个典型充电循环的状态图。

## ● 充电状态指示器

TC4056A/D 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。

当 TEMP 端典型接法使用时，当电池没有接到充电器时，表示故障状态：红灯和绿灯都不亮

在 TEMP 端接 GND 时，电池温度检测不起作用，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。当电池连接端 BAT 管脚的外接电容为 10uF 时 CHRG 闪烁频率约 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。

| 充电状态                                  | 红灯 CHRG          | 绿灯 STDBY |
|---------------------------------------|------------------|----------|
| 正在充电状态                                | 亮                | 灭        |
| 电压充满状态                                | 灭                | 亮        |
| 欠压, 电池温度过高, 过低等故障状态, 或无电池介入 (TEMP 使用) | 灭                | 灭        |
| BAT 端接 10u 电容, 无电池 (TEMP=GND)         | 绿灯亮, 红灯闪烁 T=1-4S |          |

## ● 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TC4056A/D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TC4056A/D 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，TC4056A/D 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，如图1 所示。

TC4056A/D将TEMP管脚的电压同芯片内部的两个阈值VLOW和VHIGH相比较，以确认电池的温度是否超出正常范围。在TC4056A/D内部，VLOW被固定在45%×Vcc，VHIGH被固定在80%×Vcc。如果TEMP 管脚的电压VTEMP<VLOW 或者VTEMP>VHIGH ，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VTEMP在VLOW 和 VHIGH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TL~TH，(其中TL<TH)；电池中使用的是负温度系数的热敏电阻 (NTC)，RTL为其在温度TL时的阻值，RTH为其在温度TH时的阻值，则RTL>RTH，那么，在温度TL时，第一管脚TEMP端的电压为：

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

在温度TH时，第一管脚TEMP端的电压为：

$$V_{TEMP_H} = \frac{R2 \parallel R_{TH}}{R1 + R2 \parallel R_{TH}} \times VIN$$

然后，由VTEMP\_L=VHIGH=k2×Vcc (k2=0.8)

VTEMP\_H=VLOW=k1×Vcc (k1=0.45)

则可解得：

$$R1 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{(R_{TL} - R_{TH}) K_1 K_2}$$

$$R2 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{R_{TL} (K_1 - K_1 K_2) - R_{TH} (K_2 - K_1 K_2)}$$

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

$$R1 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{(R_{TH} - R_{TL}) K_1 K_2}$$

$$R2 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{R_{TH} (K_1 - K_1 K_2) - R_{TL} (K_2 - K_1 K_2)}$$

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  $R1$ 、 $R2$ 、 $R_{TH}$ 、 $R_{TL}$  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，若只关注某一段的温度特性，比如过热保护，则  $R2$  可以不用，而只用  $R1$  即可。 $R1$  的推导也变得简单，在此不再赘述。

## ● 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  $R_{PROG}$ （从而使  $PROG$  引脚浮置）来把 TC4056A/D 置于停机模式。这使得电池漏电流降至  $2\mu A$  以下，且电源电流降至  $55\mu A$  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 TC4056A/D 处于欠压闭锁模式，则  $CHRG$  和引脚呈高阻抗状态：要么  $V_{CC}$  高出  $BAT$  引脚电压的幅度不足 100mV，要么施加在  $V_{CC}$  引脚上的电压不足。

## ● 自动再启动

一旦充电循环被终止，TC4056A/D 立即采用一个具有 1.8ms 滤波时间（RECHARGE t）的比较器来对  $BAT$  引脚上的电压进行连续监控。当电池电压降至 4.05V（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。

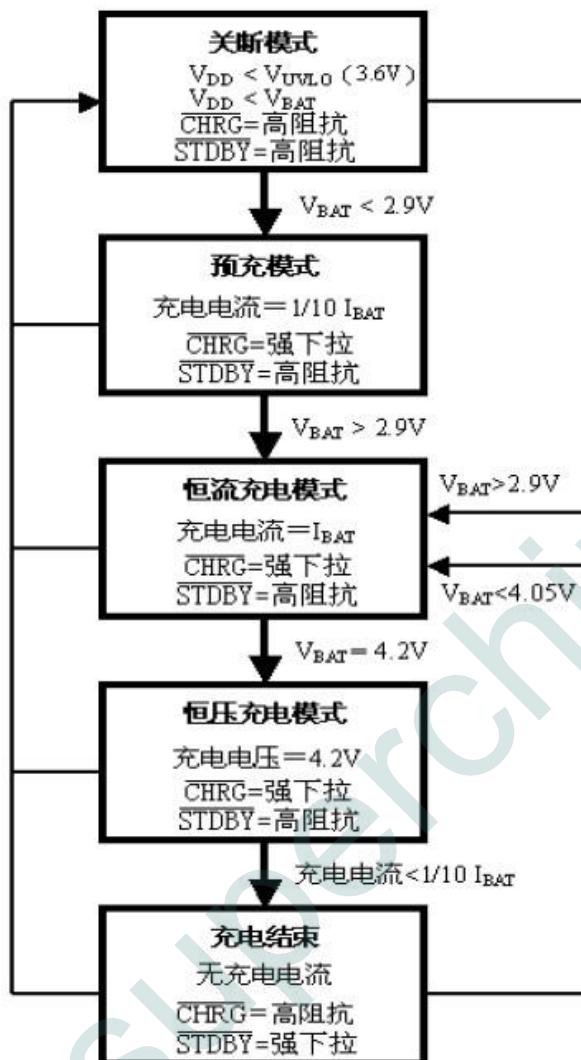


图1：一个典型充电循环的状态图

## ● 热考虑

由于 SOP8/ESOP8/DFN8 封装的外形尺寸很小，因此，需要采用一个热设计精良的PC板布局以最大幅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

PC板铜面。PC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处的。当进行PC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

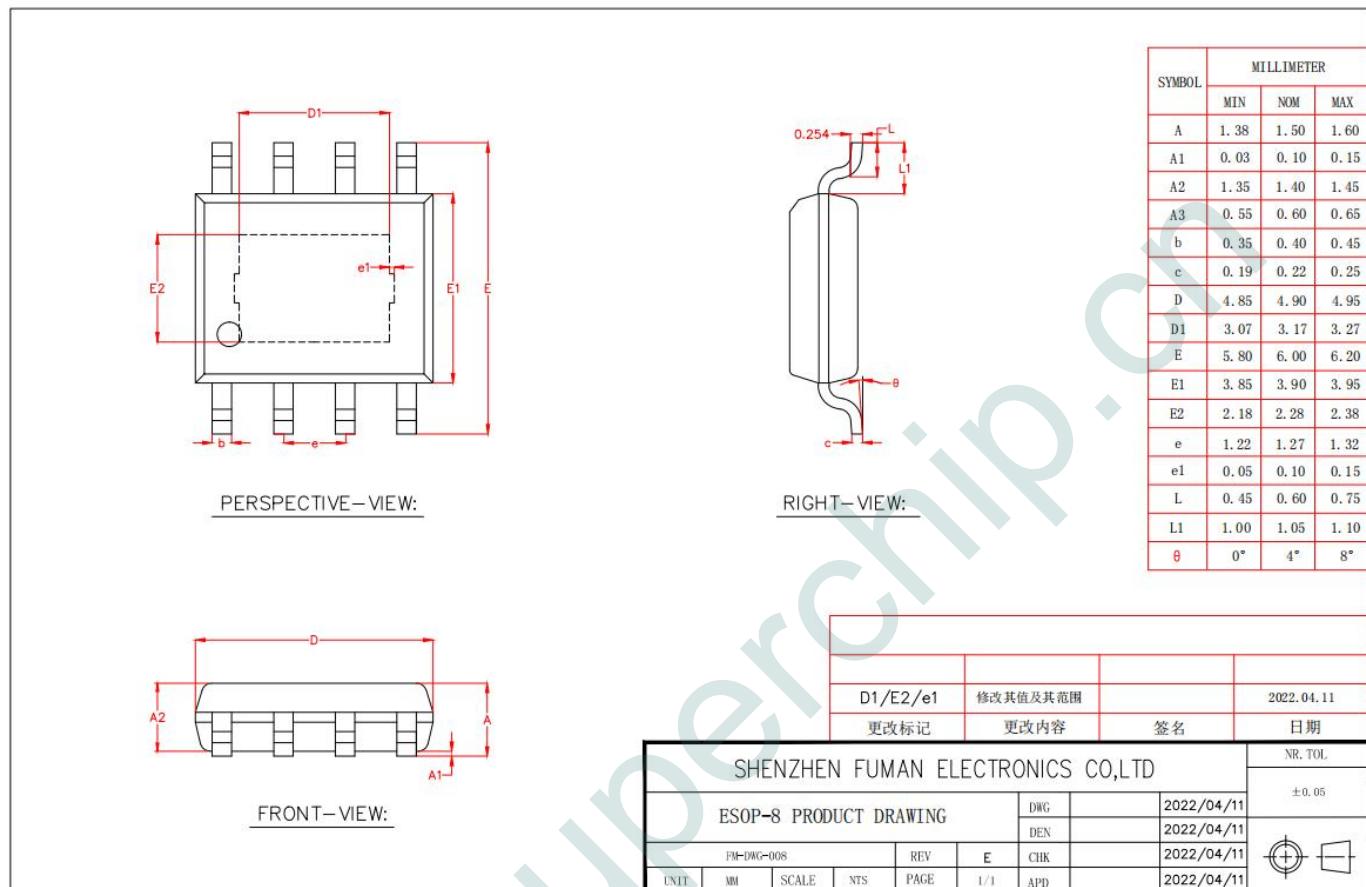
### SOP-8封装（单位mm）

| SYMBOL   | MILLIMETER |      |      |
|----------|------------|------|------|
|          | MIN        | NOM  | MAX  |
| A        | 1.38       | 1.50 | 1.60 |
| A1       | 0.03       | 0.10 | 0.15 |
| A2       | 1.35       | 1.40 | 1.45 |
| A3       | 0.55       | 0.60 | 0.65 |
| b        | 0.35       | 0.40 | 0.45 |
| c        | 0.19       | 0.22 | 0.25 |
| D        | 4.85       | 4.90 | 4.95 |
| E        | 5.80       | 6.00 | 6.20 |
| E1       | 3.85       | 3.90 | 3.95 |
| e        | 1.27BSC    |      |      |
| L        | 0.45       | 0.60 | 0.75 |
| L1       | 1.05BSC    |      |      |
| $\theta$ | 0°         | 4°   | 8°   |

|      |      |    |            |
|------|------|----|------------|
| 标记主体 | 全面修改 |    | 2020.04.15 |
| 标记主体 | 全面修改 |    | 2016.03.09 |
| 更改标记 | 更改内容 | 签名 | 日期         |

|                                   |    |       |      |            |
|-----------------------------------|----|-------|------|------------|
| SHENZHEN FUMAN ELECTRONICS CO,LTD |    |       |      | NR. TOL    |
|                                   |    |       |      | ±0.05      |
| SOP-8 PRODUCT DRAWING             |    |       | DWG  | 2020/04/15 |
| FM-DWG-007                        |    |       | REV  | 2020/04/15 |
| UNIT                              | MM | SCALE | NTS  | C          |
|                                   |    |       | PAGE | CHK        |
|                                   |    |       | 1/1  | APD        |
|                                   |    |       |      | 2020/04/15 |

ESOP-8封装 (单位mm)



DFN-8封装 (单位mm)

