

南京拓品微电子有限公司

NanJing Top Power ASIC Corp.

数据手册

DATASHEET

TP4069

(10mA-800mA 线性锂离子电池充电器)

TP4069 线性锂离子电池充电器

产品简介

TP4069 是一款完整的单节锂电池充电器，带电池正负极反接保护的单芯片，兼容大小 10mA-800mA 充电电流。采用涓流、恒流、恒压控制，SOT23-6、DFN2*2-6 封装与较少的外部元件数目使得 TP4069 成为便携式应用的理想选择。TP4069 可以适合 USB 电源和适配器电源工作。内部采用了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。充电电流可通过一个电阻器进行外部设置。当电池达到预设电压之后，充电电流降至设定值 1/10，TP4069 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，TP4069 自动进入一个低电流状态，电池漏电流在 1 μ A 以下。TP4069 的其他特点包括电源自适应、欠压闭锁、自动再充电、电池温度保护功能和一个用于指示充电的状态引脚。

TP4069 采用 6 引脚 SOT23-6 封装，充电电流范围 10mA-600mA，以及 6 引脚 DFN2*2 封装，充电电流范围 10mA-800mA。

产品特点

- 兼容大小 10mA-800mA 的可编程充电电流；
- 锂电池正负极反接保护；
- 用于单节锂离子电池；
- 带电池温度检测功能；
- 电源自适应；
- 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；
- 带涓流、恒流、恒压控制；
- 可直接从 USB 端口给电池充电；
- 精度达到 $\pm 1\%$ 的预设充电电压；
- 最高输入可达 9V；
- 自动再充电；
- 1 个充电状态开漏输出引脚；
- C/10 充电终止；
- 待机模式下的供电电流为 95 μ A；
- 软启动限制了浪涌电流；
- 采用 SOT23-6/DFN2*2-6 封装。

应用

- 微型锂电池、充电座、移动电源
- 智能穿戴、手持式移动设备
- 蓝牙应用

典型应用：

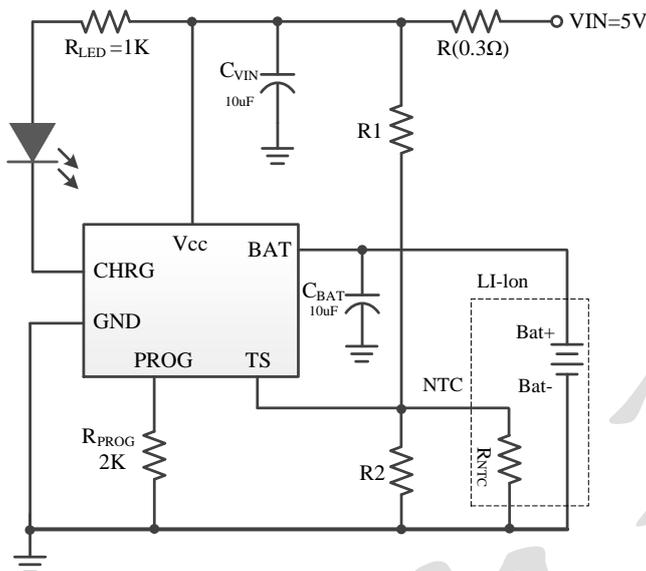
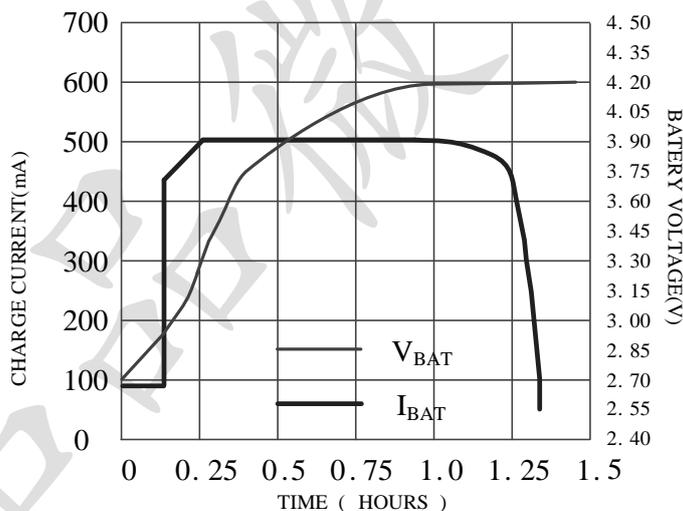


图 1 500mA 单节锂电池充电器

注：建议接 R 耗散电阻（0.3Ω），可获得较大的充电电流，又可提高整机的可靠性。阻值根据实际情况选取（0~0.6Ω）。

500mA 电流完整的充电循环（500mAh 锂电池，按照图 1 典型电路，VIN=5V）



绝对最大额定值

- 输入电源电压（V_{CC}）：0V~9V
- PROG：0V~V_{CC}+0.3V
- BAT：-4.2V~7V
- CHRG：0V~9V
- TS：0V~9V
- BAT 短路持续时间：连续
- BAT 引脚电流：900mA
- PROG 引脚电流：2mA
- 最大结温：145℃
- 工作环境温度范围：-40℃~85℃
- 贮存温度范围：-65℃~125℃
- 引脚温度（焊接时间 10 秒）：260℃
- ESD-HBM：4KV

封装/订购信息

<p>SOT-23-6L 封装</p> <p>DFN2*2-6 封装</p>	订单型号
	TP4069-4.2V-SOT236
	TP4069-4.2V-DFN226
	器件标记
	69bYWW(b 代表预设电压 4.2V。 YWW 代表生产年周)

引脚功能

封装引脚定义

引脚名称	封装引脚		功能描述
	SOT23-6	DFN2*2-6	
CHRG	1	3	漏极开路输出的充电状态指示端
GND	2	2	电源地
BAT	3	1	芯片输出接电池端
VCC	4	6	芯片电源输入端
TS	5	5	电池温度检测输入端
PROG	6	4	充电电流设定、充电电流监控和停机引脚端

方框图

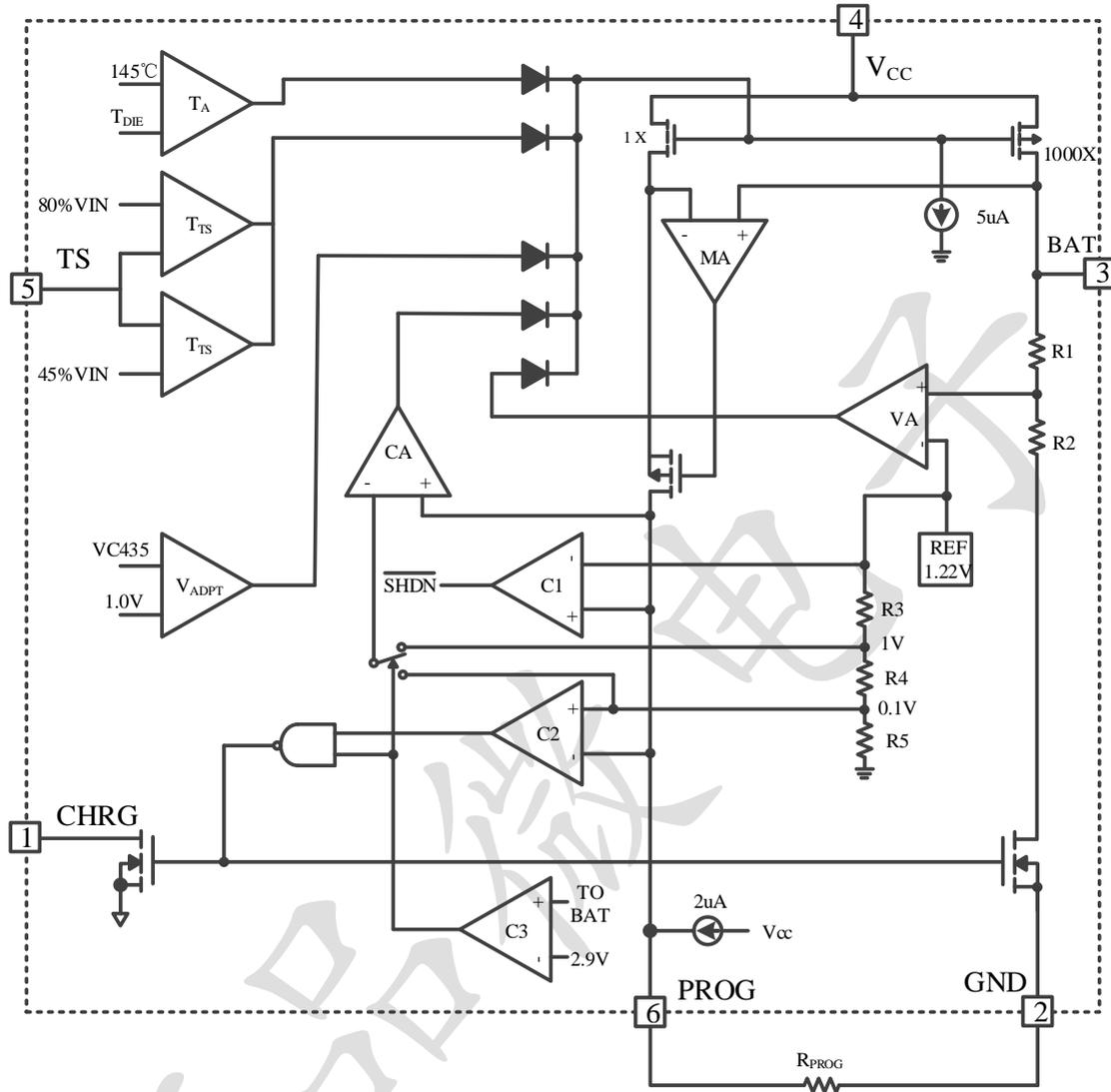


图 2 功能方框图

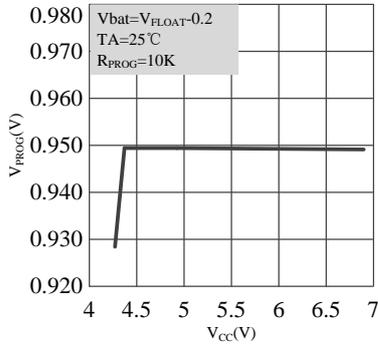
电特性

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。

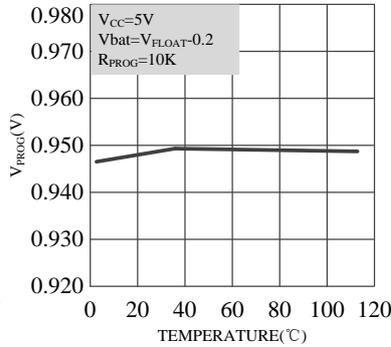
符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}	输入电源电压		●	4.35	5	9.0	V
I_{CC}	输入电源电流	充电模式， $R_{PROG}=10\text{K}$	●		95	120	μA
		待机模式（充电终止）	●		95	120	μA
		停机模式（ R_{PROG} 未连接， $V_{CC}<V_{BAT}$ ，或 $V_{CC}<V_{UV}$ ）	●		95	120	μA
V_{FLOAT}	稳定输出（浮充）电压	$0^{\circ}\text{C}\leq T_A\leq 85^{\circ}\text{C}$ ， $R_{PROG}=10\text{K}$ ， $I_{BAT}=20\text{mA}$		4.158	4.2	4.242	V
I_{BAT}	BAT 引脚电流 (除说明外 $V_{BAT}=4.0\text{V}$)	$R_{PROG}=100\text{K}$ ，电流模式	●	8	11	14	mA
		$R_{PROG}=10\text{K}$ ，电流模式	●	90	105	120	mA
		$R_{PROG}=2\text{K}$ ，电流模式	●	425	500	575	mA
		待机模式， $V_{BAT}=4.3\text{V}$	●		-2.3	-6	μA
		停机模式（ R_{PROG} 未连接）	●		± 1	± 2	μA
	睡眠模式， $V_{CC}=0\text{V}$	●		0	-1	μA	
I_{BAT} (DFN226)	BAT 引脚电流 (除说明外 $V_{BAT}=4.0\text{V}$)	$R_{PROG}=1.32\text{K}$ ，电流模式	●	630	700	770	mA
		$R_{PROG}=1.12\text{K}$ ，电流模式	●	720	800	880	mA
I_{TRIKL}	涓流充电电流	$V_{BAT}<V_{TRIKL}-0.4\text{V}$ ， $R_{PROG}=10\text{K}$	●	15	20	25	mA
V_{TRIKL}	涓流充电门限电压	$R_{PROG}=10\text{K}$ ， V_{BAT} 上升		2.8	2.9	3.0	V
V_{TRHYS}	涓流充电迟滞电压	$R_{PROG}=10\text{K}$		60	80	100	mV
V_{UV}	V_{CC} 欠压闭锁门限	V_{CC} 从低至高	●	3.6	3.8	4.0	V
V_{UVHYS}	V_{CC} 欠压闭锁迟滞		●	150	200	300	mV
V_{ADPT}	V_{CC} 自适应启动电压	V_{CC} 从高至低		4.25	4.35	4.45	V
V_{MSD}	手动停机门限电压	PROG 引脚电平上升	●	2.6	2.7	2.8	V
V_{ASD}	$V_{CC}-V_{BAT}$ 闭锁门限电压	V_{CC} 从低到高		110	130	150	mV
		V_{CC} 从高到低		50	70	90	mV
I_{TERM}	C/10 终止电流门限	$R_{PROG}=10\text{K}$	●	6	8	10	mA
		$R_{PROG}=2\text{K}$	●	30	50	70	mA
V_{PROG}	PROG 引脚电压	$R_{PROG}=10\text{K}$ ，电流模式	●	0.9	0.95	1	V
I_{CHRG}	CHRG 引脚漏电流	$V_{CHRG}=5\text{V}$ ，待机模式			0	1	μA
V_{CHRG}	CHRG 引脚输出低电压	$I_{CHRG}=4.8\text{mA}$			0.15	1	V
ΔV_{RECHRG}	再充电电池门限电压	$V_{FLOAT}-V_{RECHRG}$		50	70	90	mV
TLIM	限定温度模式中的结温				130		$^{\circ}\text{C}$
RON	功率 FET “导通” 电阻				0.7		Ω
tss	软启动时间	$I_{BAT}=0$ 至 $I_{BAT}=1000\text{V}/R_{PROG}$			50		μs
tRECHARGE	再充电比较器滤波时间	V_{BAT} 高至低		15	20	25	mS
tTERM	终止比较器滤波时间	I_{BAT} 降至 $I_{CHG}/10$ 以下		15	20	25	mS
I_{BAT}	电池反向漏电流	电池反接， $V_{IN}=5\text{V}$		5	9	12	mA

典型性能特征

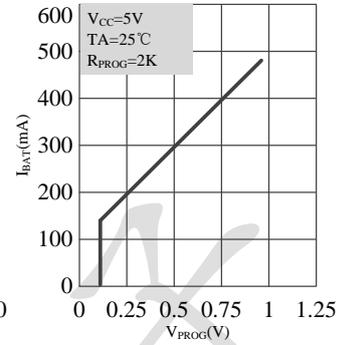
恒定电流模式下 PROG 引脚电压与电源电压的关系曲线



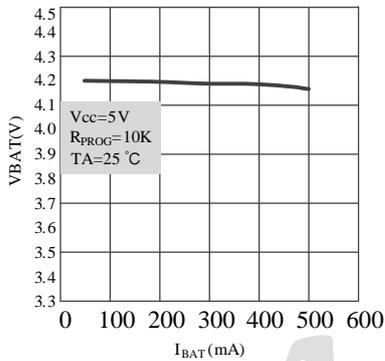
PROG 引脚电压与温度的关系曲线



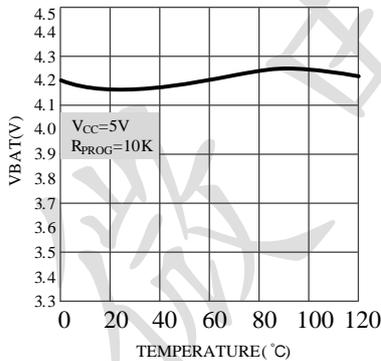
充电电流与 PROG 引脚电压的关系曲线



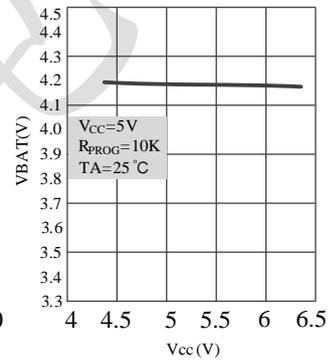
稳定输出（浮充）电压与充电电流的关系曲线



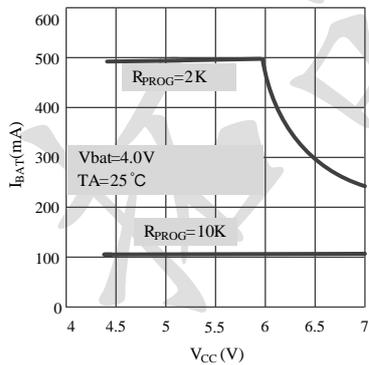
稳定输出（浮充）电压与温度的关系曲线



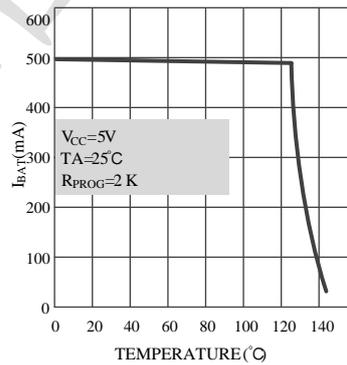
稳定输出（浮充）电压与源电压的关系曲线



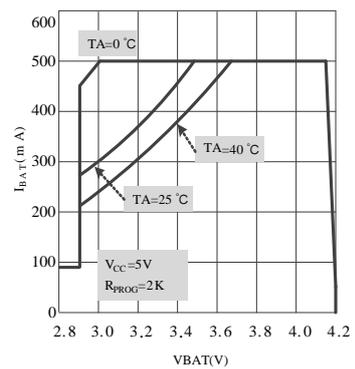
充电电流与电源电压的关系曲线



充电电流与芯片温度的关系曲线



充电电流与电池电压的关系曲线



工作原理

TP4069 是一款采用恒定电流/恒定电压算法的单节锂离子电池充电器。它能够提供 10mA-800mA 的充电电流（借助一个热设计良好的 PCB 布局）和一个内部 P 沟道功率 MOSFET 和热调节电路。无需隔离二极管或外部电流检测电阻器；因此，基本充电器电路仅需要两个外部元件。不仅如此，TP4069 还能够从一个 USB 电源获得工作电源。

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，TP4069 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电压 4.2V 时，TP4069 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 1/10，充电循环结束。

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：

$$\text{公式一: } R_{PROG} = \frac{1000}{I_{BAT}} \quad (0.6A \geq I_{BAT} > 0.2A)$$

$$\text{公式二: } R_{PROG} = \frac{1050}{I_{BAT}} \quad (I_{BAT} \leq 0.2A)$$

在大于 0.4A 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}。

客户若要用大于 0.6A 的充电电流，请使用 DFN226 封装，电阻值可直接参考下表；另外，在电池电压低于 3.6V 的情况下，充电电流会因为热限制而出现下降，在高于 3.6V 的情况下，芯片能够正常电流充电。

R_{PROG} 与充电电流的关系可参考以下实测数据表格：

R _{PROG} (K)	I _{BAT} (mA)
100	11
10	105
5	210
2	500
1.66	600
1.32	700
1.12	800

充电终止

当充电电流在达到最终浮充电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 100mV 以下的时间超过 t_{TERM} (一般为 20ms) 时，充电被终止。充电电流被锁断，TP4069 进入待机模式，此时输入电源电流降至 95μA。（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 20ms 滤波时间 (t_{TERM}) 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, TP4069 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, TP4069 对 BAT 引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到再充电电压门限 (V_{RECHRG}) 以下, 则另一个充电循环开始并再次向电池供应电流。当在待机模式中进行充电循环的手动再启动时, 必须取消然后再施加输入电压, 或者必须关断充电器并使用 PROG 引脚进行再启动。图 5 示出了一个典型充电循环的状态图。

电池反接保护功能

TP4069 具备锂电池反接保护功能, 当电池正负极反接于 TP4069 电流输出 BAT 引脚, TP4069 会停机显示故障状态, 无充电电流。充电指示管脚处于高阻态, 此时反接的电池漏电电流小于 9mA。将反接的电池正确接入, TP4069 自动开始充电循环。

反接后的 TP4069 当电池去除后, 由于 TP4069 输出端 BAT 管脚电容电位仍为负值, 则 TP4069 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。或者等待较长时间 BAT 端电容负电位的电量放光, BAT 端电位

大于零伏, TP4069 会显示正常的无电池指示灯状态。

反接情况下, 电源电压应在标准电压 5V 左右, 不应超过 5.5V。过高的电源电压在反接电池电压情形下, 芯片的压差会超过极限耐压。

充电状态指示器 (CHRG)

TP4069 有一个漏极开路状态指示输出端, CHRG 脚, 即红灯脚。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 1uF 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 10uF 时 CHRG 闪烁周期约 0.5-3 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
正在充电状态	亮
电池充满状态	灭
电源欠压	灭
电池反接、过温 保护	灭

无电池连接指示灯状态可选两种方案:

无电池 待机状态	红灯 CHRG
应用 1: BAT 接一个 10uF 电容	闪烁
应用 2: BAT 端接 100K 电阻到电源 (图 7)	灭

注: BAT 端连接 100K 电阻到电源时, 电源会通过电阻充电至电池, 大小约 8uA。这样的小电流即使在电池充满后未及时取下情况中也不会对电池造成过充等危害。

热限制

如果芯片温度试图升至约 130℃ 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。该功能可防止 TP4069 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 TP4069 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，TP4069 内部集成有电池温度监测电路。电池温度监测是通过测量 TS 管脚的电压实现的，TS 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，如典型应用图例所示。

TP4069 将 TS 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 TP4069 内部， V_{LOW} 被固定在 $45\% \times V_{CC}$ ， V_{HIGH} 被固定在 $80\% \times V_{CC}$ 。如果 TS 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 TS 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 TS 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，管脚 TS 端的电压为：

$$V_{TSL} = \frac{R2 \parallel R_{TL}}{R1 + R2 \parallel R_{TL}} \times V_{CC}$$

在温度 T_H 时，管脚 TS 端的电压为：

$$V_{TSH} = \frac{R2 \parallel R_{TH}}{R1 + R2 \parallel R_{TH}} \times V_{CC}$$

然后，由 $V_{TSL} = V_{HIGH} = K_2 \times V_{CC}$ ($K_2 = 0.8$)

$$V_{TSH} = V_{LOW} = K_1 \times V_{CC} \quad (K_1 = 0.45)$$

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 $>$ ，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，若只关注某一端的温度特性，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 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 130mV 之前充电器将不会退出停机模式。

电源自适应

VCC 掉电至 4.35V 时，自适应电路启动，自动降低输出电流直到 VCC 不再降低，该功能可以将大电流充电系统用 USB 或小功率电源适配器、太阳能电池来做电源，而避免电源复位或重启。

手动停机

在充电循环中的任何时刻都能通过去掉 R_{PROG}（从而使 PROG 引脚浮置）来把 TP4069 置于停机模式。这使得电池漏电流降至 1μA 以下，且电源电流降至 95μA 以下。重新连接设定电阻器可启动一个新的充电循环。图 3 利用 NMOS 管关断使 PROG 引脚浮置。

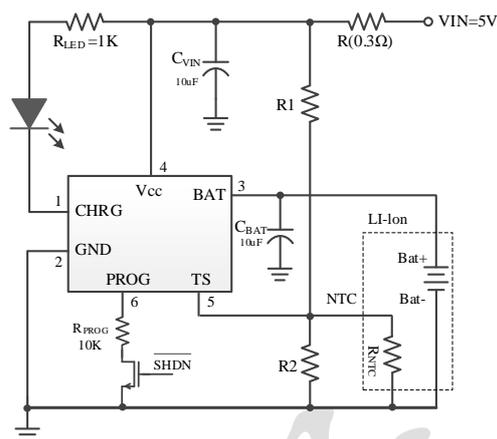


图 3 可信号控制充电电路

自动再启动

一旦充电循环被终止，TP4069 立即采用一个具有 20ms 滤波时间（t_{RECHARGE}）的比较器来对 BAT 引脚上的电压进行连续监控。当电池电压降至再充电电压点（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 引脚输出重新进入一个强下拉状态。

稳定性与可靠性的考虑

在没有接电池时，为了防止接入 VCC 或 BAT 产生高能毛刺，强烈要求 VCC 和 BAT 端各加一个 10μF 电容器。

热考虑

由于封装的外形尺寸很小，大电流应用中（400mA 以上）散热效果不佳可能引起充电电流受温度保护而减小。请根据实际电源电压设计热耗散电阻，芯片 VCC 端输入电压在 4.8V 为最佳，可得到较大充电电流，一般热耗

散电阻为 0.3 至 0.6 欧姆。采用一个热设计精良的 PC 板布局以最大程度地增加可使用的充电电流，这一点同样重要。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影响。

充电电流软启动

TP4069 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 50 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。

CHRG 状态输出引脚

当一个放电电池被连接到充电器时，充电循环的恒流部分开始，CHRG 引脚电平被拉至地。CHRG 引脚能够吸收高达 20mA 的电流，以驱动一个用于指示充电循环正在进行之中的 LED。

当电池接近充满时，充电器进入充电循环的恒定电压部分，充电电流开始下降。当充电电流降至不足设定电流的 1/10 时，充电循环结束且强下拉高阻态所取代，表示充电循环已经结束。如果输入电压被拿掉，则 CHRG 引脚也将变成高阻抗。利用一个上拉电阻器，一个微处理器能够从该引脚

检测出这两种状态，如图 4 所示。

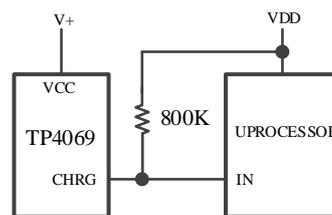


图 4: 采用一个微处理器来确定 CHRG 引脚状态

为了在 TP4069 处于充电模式时进行检测，在采用 100K 上拉电阻器的情况下，N 沟道 MOSFET 把该引脚拉至低电平。一旦充电循环终止，N 沟道 MOSFET 即被关断，CHRG 引脚为高阻抗 IN 引脚随后将由 100K 上拉电阻器拉至高电平。

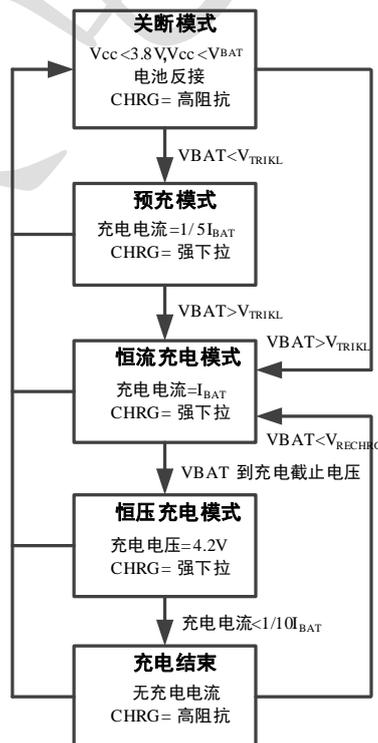
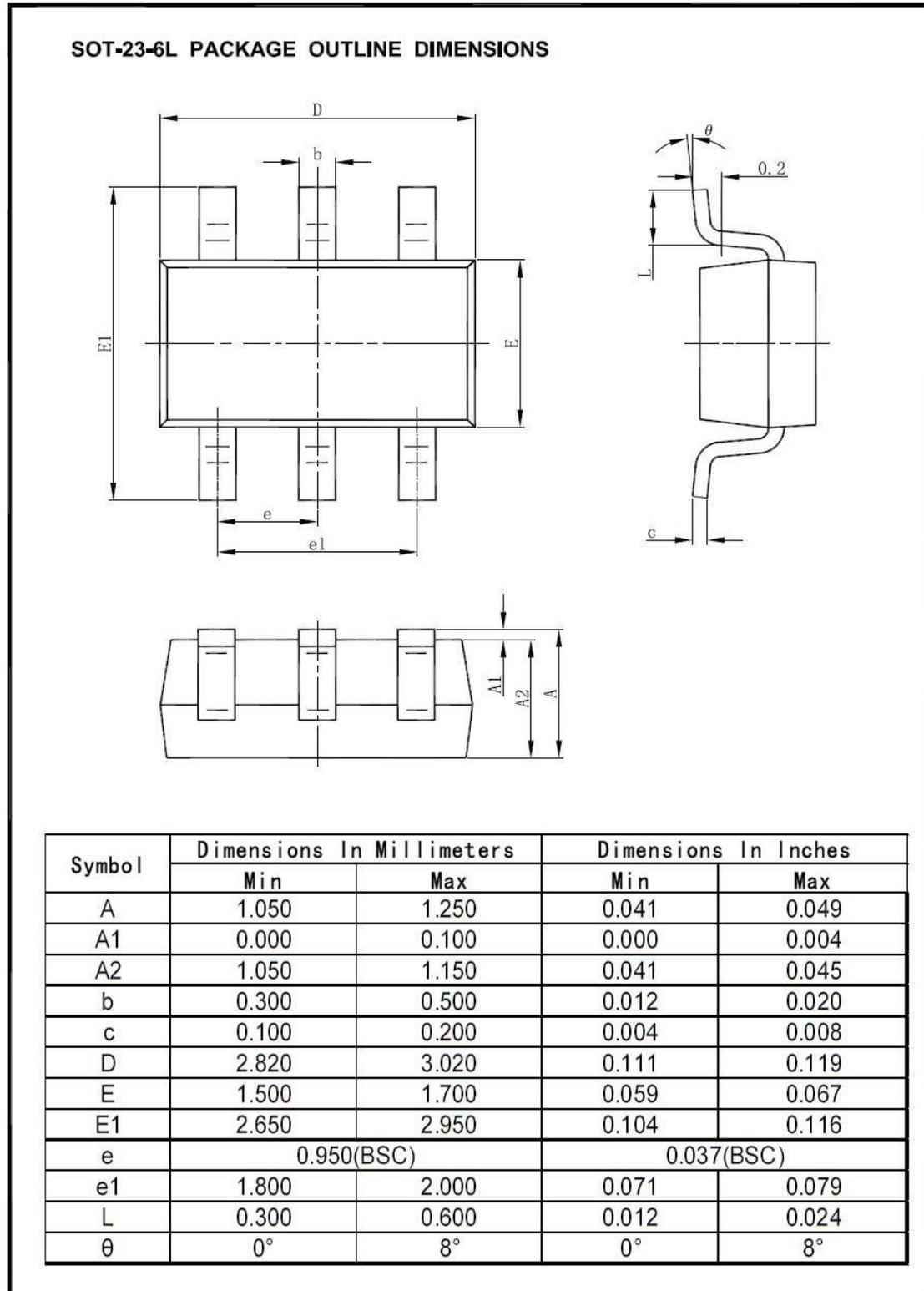


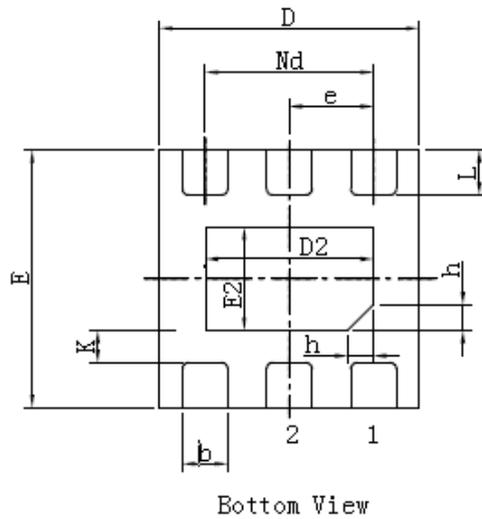
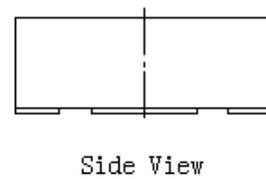
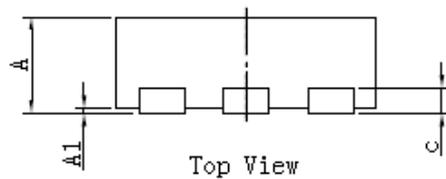
图 5 一个典型充电循环的状态图

封装描述



DFN2*2-6

标注	尺寸	最小(mm)	标准(mm)	最大(mm)	标注	尺寸	最小(mm)	标准(mm)	最大(mm)
A		0.70	0.75	0.80	E2		0.75	0.80	0.85
A1		0.00	0.02	0.05	e		0.650BSC		
b		0.30	0.35	0.40	Nd		1.300BSC		
c		0.18	0.20	0.25	K		0.20	-	-
D		1.95	2.00	2.05	L		0.28	0.33	0.38
D2		1.25	1.30	1.35	h		0.15	0.20	0.25
E		1.95	2.00	2.05					



其他典型应用

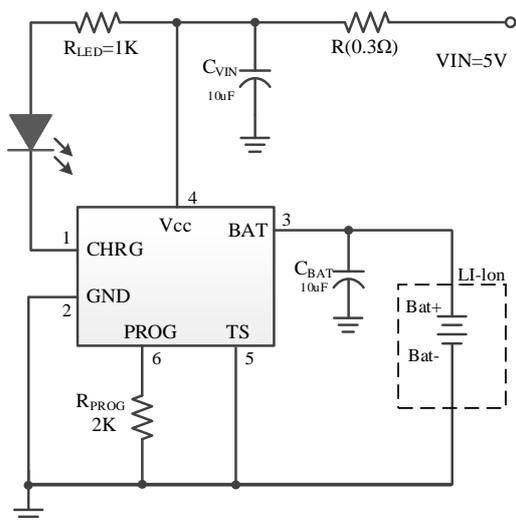


图 6 无温度检测功能

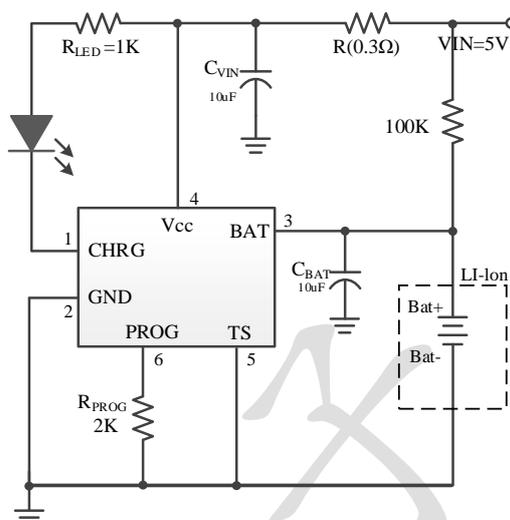


图 7 无电池红灯灭应用图

TP4069 测试使用注意事项

- 1、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 TP4069 应用中 V_{CC} 端和 BAT 端分别接 10μF 陶瓷电容，电容可选用常用 0603 或 0805 或 1206 封装，电容地和 TP4069 地并集中连接，所有电容位置须靠近芯片引脚放置，不宜过远。
- 2、如需测试 TP4069 充电电流，芯片 BAT 端应直接连接电池正极，不可串联电流表，电流表可串在芯片 V_{CC} 端。
- 3、采用 SOT23-6 以及 DFN2*2-6 封装，大电流应用中（400mA 以上）散热效果不佳可能引起充电电流受温度保护而减小。一般客户可以不接耗散电阻，若电流不能满足要求，请根据实际电源电压设计热耗散电阻（耗散电阻不仅可以得到稳定的充电电流，而且对整机系统的可靠性也有极大的提升），芯片 V_{CC} 端输入电压在 4.8V 为最佳，可得到较大充电电流，一般热耗散电阻为 0.3 至 0.6Ω，功率最好为 0.15W 以上。良好的 PCB 板布局可以有效减小客户在大电流充电应用中温度对电流的影响。

版本历史

日期	版本说明	版本
2022.8.24	初版	Rev1.0
2023.2.14	增加 DFN226 封装	Rev1.1
2024.01.05	更新订单型号 TP4069-4.2V-SOT236	Rev1.2