

数据手册 DATASHEET

TP4054C (50mA-600mA 线性锂离子电池充电器)

TP4054C 线性锂离子电池充电器

产品简介

TP4054C 是一款完整的单节锂电池充电器,兼容大小 50mA-600mA 充电电流。采用涓流、恒流、恒压控制, SOT23-5 封装与较少的外部元件数目使得 TP4054C 成为便携式应用的理想选择。TP4054C 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 4.2V。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, TP4054C 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, TP4054C 自动进入一个低电流状态, 电池漏电流在 1 μ A 以下。TP4054C 的其他特点包括欠压闭锁、自动再充电和一个用于指示充电状态的引脚。

产品特点

- 6.5V 电源输入(Vcc 加串 1R 电阻可提高至 8V);
- 兼容大小 50mA-600mA 的可编程充电电流;
- 2.9V 涓流充电器件版本;
- C/10 涓流充电;
- 软启动限制了浪涌电流;
- 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;
- 用于单节锂离子电池;
- 电池 4.05V 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 90 μ A;
- 采用 5 引脚 SOT-23 封装。

应用

- 微型锂电池、充电座、移动电源
- 蜂窝电话、PAD、MP3 播放器
- 蓝牙应用

典型应用：

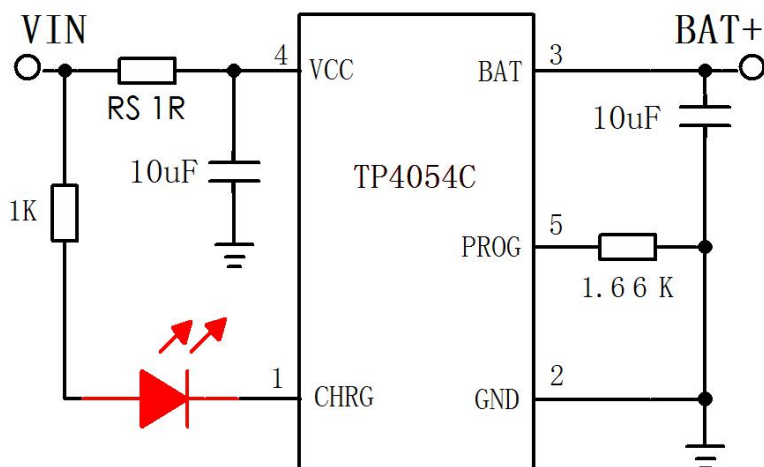
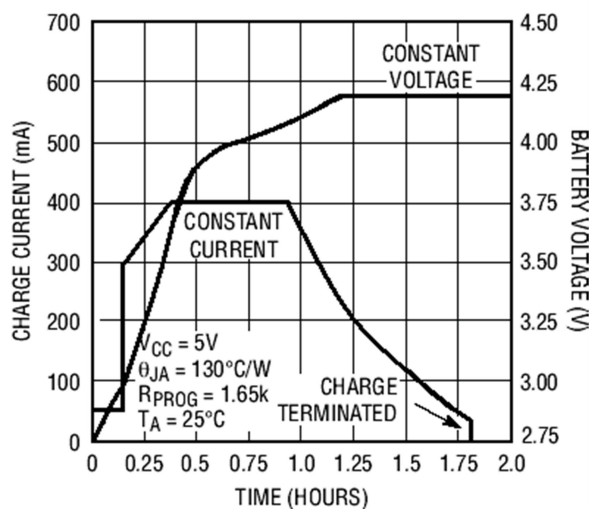


图 1 500mA 单节锂电池充电器

注：Vcc 接 RS 1Ω 耗散电阻，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（0.5-1Ω）。

400mA 电流完整的充电循环（650mAh 锂电池，按照图 1 典型电路，VIN=5V）

完整的充电循环 (650mAh 电池)

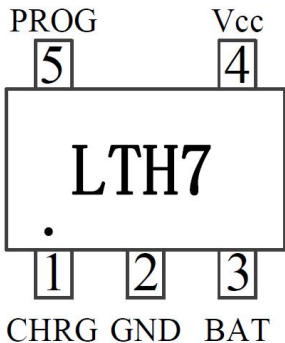


绝对最大额定值

- 输入电源电压 (V_{CC}): -0.3V~8V
- PROG: -0.3V~ $V_{CC}+0.3V$
- BAT: -0.3V~5.5V
- CHRG: -0.3V~6.5V
- BAT 短路持续时间: 连续

- BAT 引脚电流: 600mA
- PROG 引脚电流: 2mA
- 最大结温: 150°C
- 工作环境温度范围: -40°C~85°C
- 贮存温度范围: -65°C~125°C
- 引脚温度 (焊接时间 10 秒): 260°C

封装/订购信息

 SOT-23-5L 封装	订单型号
	TP4054C-4.2V-SOT25
	器件标记
	LTH7

引脚功能

CHRG (引脚 1): 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 2): 地

BAT (引脚 3): 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电压, 并应通过至少一个 10μF 电容器进行旁路。

V_{CC} (引脚 4): 正输入电源电压。该引脚向充电器供电。V_{CC} 的变化范围在 4.5V 至 8V 之间, 并应通过至少一个 10μF 电容器进行旁路。当 V_{CC} 降至

BAT 引脚电压的 30mV 以内, TP4054C 进入停机模式, 从而使 I_{BAT} 降至 1μA 以下。

PROG (引脚 5): 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 R_{PROG} 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。

PROG 引脚还可用来关断充电器。将设定电阻器与地断接, 内部一个 0.2μA 电流将 PROG 引脚拉至高电平。当该引脚的电压达到 2.7V 的停机门限电压时, 充电器进入停机模式, 充电停止且输入电源电流降至 90μA。重新将 R_{PROG} 与地相连将使充电器恢复正常操作状态。

方框图

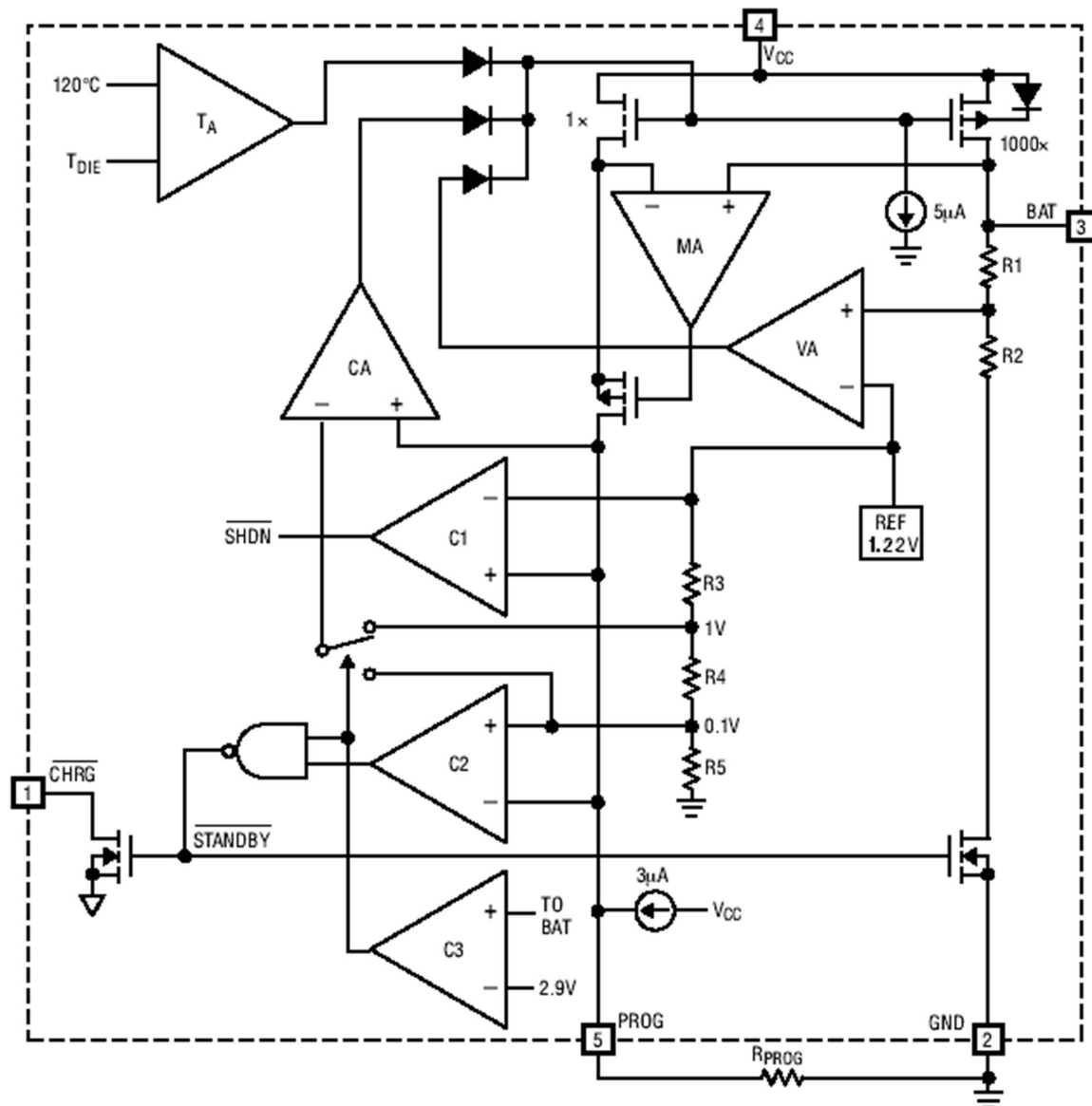


图 2 功能方框图

电特性

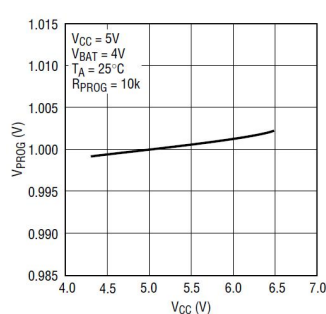
凡表注●表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{CC}=5\text{V}$ ，除非特别注明。

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		●	4.5	5	6.5	V
I_{CC}	输入电源电流	充电模式， $R_{PROG}=10\text{K}$ 待机模式（充电终止） 停机模式（ R_{PROG} 未连接， $V_{CC}<V_{BAT}$ ，或 $V_{CC}<V_{UV}$ ）	● ● ●		90 90 40	130 130 110	μA μA μA
V_{FLOAT}	稳定输出（浮充）电压	$0^{\circ}\text{C}\leq T_A\leq 85^{\circ}\text{C}$ ， $I_{BAT}=20\text{mA}$		4.158	4.2	4.25	V
I_{BAT} (以截止电压 4.2V 为例)	BAT 引脚电流 (除说明外 $V_{BAT}=4.0\text{V}$)	$R_{PROG}=10\text{K}$ ，电流模式 $R_{PROG}=5\text{K}$ ，电流模式 $R_{PROG}=2\text{K}$ ，电流模式 待机模式， $V_{BAT}=4.3\text{V}$ 停机模式（ R_{PROG} 未连接） 睡眠模式， $V_{CC}=0\text{V}$	● ● ● ●	85 170 435	100 200 500	115 230 575 2 2 2	mA mA mA μA μA μA
I_{TRIKL}	涓流充电电流	$V_{BAT}<V_{TRIKL}$ ， $R_{PROG}=10\text{K}$	●	5	10	15	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	●	4.1	4.3	4.5	V
V_{UVHYS}	V_{CC} 欠压闭锁迟滞		●	150	200	300	mV
V_{MSD}	手动停机门限电压	$PROG$ 引脚电平上升 $PROG$ 引脚电平下降	● ●	3.40 1.90	3.50 2.00	3.60 2.10	V V
V_{ASD}	$V_{CC}-V_{BAT}$ 闭锁门限电压	V_{CC} 从低到高 V_{CC} 从高到低		60 5	100 30	140 50	mV mV
I_{TERM}	$C/10$ 终止电流门限	$R_{PROG}=10\text{K}$ $R_{PROG}=2\text{K}$	● ●	5 30	10 50	15 70	mA mA
V_{PROG}	$PROG$ 引脚电压	$R_{PROG}=10\text{K}$ ，电流模式	●	0.9	1.0	1.1	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	$I_{CHRG}=5\text{mA}$			0.3	0.6	V
ΔV_{RECHRG}	再充电电池门限电压	$V_{FLOAT}-V_{RECHRG}$		100	150	200	mV
$TLIM$	限定温度模式中的结温				145		$^{\circ}\text{C}$
R_{ON}	功率 FET “导通”电阻 (在 V_{CC} 与 BAT 之间)				0.6		Ω
t_{SS}	软启动时间	$I_{BAT}=0$ 至 $I_{BAT}=1100\text{V}/R_{PROG}$			50		μS
$t_{RECHARGE}$	再充电比较器滤波时间	V_{BAT} 高至低		15	20	25	mS
t_{TERM}	终止比较器滤波时间	I_{BAT} 降至 $I_{CHG}/10$ 以下		15	20	25	mS

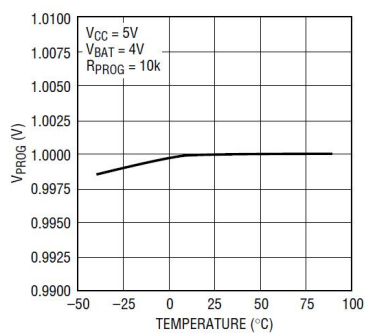
典型性能特征

$V_{IN} = 5.0V$, $T_A = 25^\circ C$, 除非特殊说明。

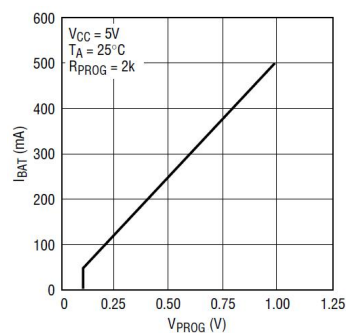
PROG 引脚电压 vs 电源电压



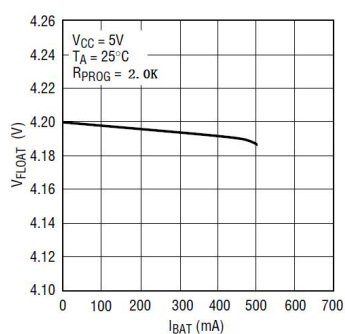
PROG 引脚电压 vs 温度



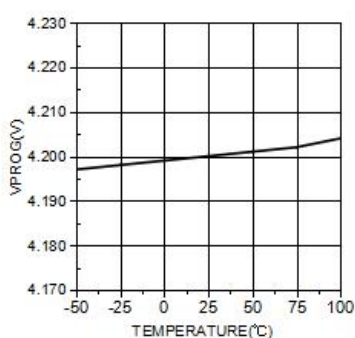
充电电流 vs PROG 引脚电压



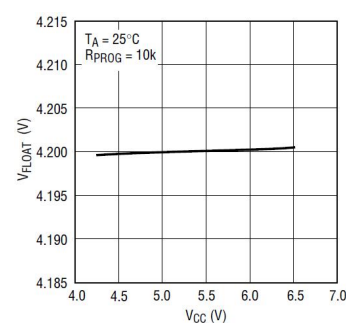
浮充电压 vs 充电电流



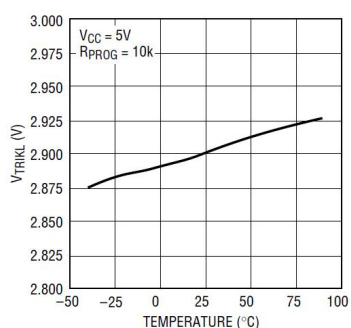
浮充电压 vs 温度



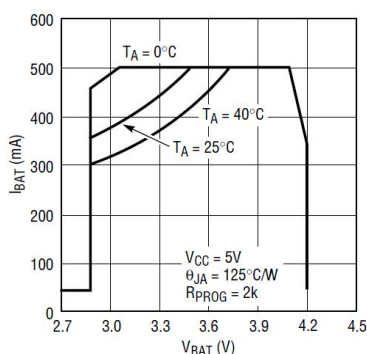
浮充电压 vs 电源电压



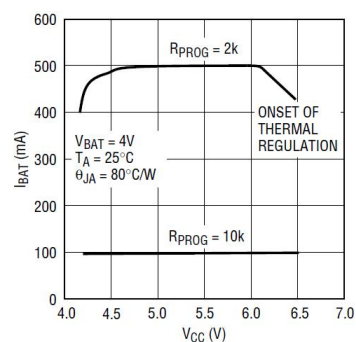
涓流充阈值 vs 温度



充电电流 vs 电池电压



充电电流 vs 电源电压



工作原理

TP4054C 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 50mA-600mA 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，TP4054C 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，TP4054C 提供约 10% 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压（4.2V）时，TP4054C 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，公式如下：

$$R_{PROG} = \frac{1000}{I_{BAT}} \quad (\text{误差} \pm 15\%)$$

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}。

R_{PROG} 与充电电流的关系可参考以下实测数据表格：

R _{PROG} (KΩ)	I _{CHG} (mA)
1.66	600
2.0	500
2.5	400
3.3	300
5.0	200
10	100

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 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，TP4054C 进入待机模式，此时输入电源电流降至 90μA。（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, TP4054C 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, TP4054C 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 4 示出了一个典型充电循环的状态图。

充电状态指示器 (CHRG)

TP4054C 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。当电池连接端 BAT 管脚的外接电容为 $1\mu\text{F}$ 时 CHRG 闪烁周期约 0.2-0.5 秒, 当电池连接端 BAT 管脚的外接电容为 $10\mu\text{F}$ 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	LED 灯
正在充电状态	亮
电池充满状态	灭
电源欠压	灭

无电池连接指示灯状态:

无电池待机状态	LED 灯
应用 1: BAT 接一个 $10\mu\text{F}$ 电容	闪烁

热限制

如果芯片温度试图升至约 145°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。该功能可防止 TP4054C 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 TP4054C 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。有关 SOT 功率方面的考虑将在“热考虑”部分做进一步讨论。

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 50mV 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去掉 R_{PROG} (从而使 PROG 引脚浮置) 来把 TP4054C 置于停机模式。这使得电池漏电流降至 $1\mu\text{A}$ 以下, 且电源电流降至 $90\mu\text{A}$ 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。

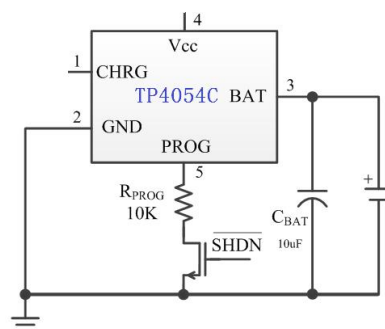


图 3 可信号控制充电电路

自动再启动

一旦充电循环被终止, TP4054C 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 4.05V 再充电电压点 (大致对应于电池容量的 80% 左右) 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。

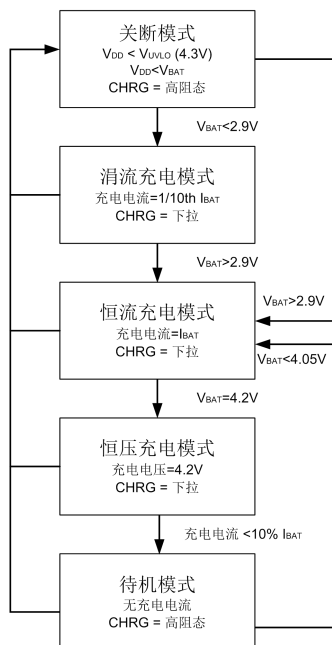


图 4 一个典型充电循环的状态图

稳定性与可靠性的考虑

在没有接电池时, 为了防止接入 V_{CC} 或 BAT 产生高能毛刺, 强烈要求 V_{CC} 和 BAT 端各加一个 10 μ F 电容器。

在恒定电流模式中, 位于反馈环路中的是 PROG 引脚, 而不是电池。恒定电流模式的稳定性受 PROG 引脚阻抗的影响。当 PROG 引脚上没有附加

电容会减小设定电阻器的最大容许阻值。PROG 引脚上的极点频率应保持在 C_{PROG} , 则可采用下式来计算 R_{PROG} 的最大电阻值:

$$R_{PROG} \leq \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot C_{PROG}}$$

对用户来说, 他们更感兴趣的可能是充电电流, 而不是瞬态电流。例如, 如果一个运行在低电流模式的开关电源与电池并联, 则从 BAT 引脚流出的平均电流通常比瞬态电流脉冲更加重要。在这种场合, 可在 PROG 引脚上采用一个简单的 RC 滤波器来测量平均的电池电流 (如图 5 所示)。在 PROG 引脚和滤波电容器之间增设了一个 10K 电阻器以确保稳定性。

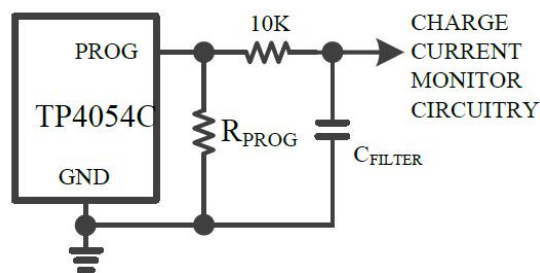


图 5: 隔离 PROG 引脚上的容性负载和滤波电路

功率损耗

TP4054C 因热反馈的缘故而减小充电电流的条件可通过 IC 中的功率损耗来估算。这种功率损耗几乎全部都是由内部 MOSFET 产生的——这可由下式近似求出:

$$P_D = (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT}$$

式中的 P_D 为耗散的功率, V_{CC} 为输入电源电压, V_{BAT} 为电池电压, I_{BAT} 为充电电流。当热反馈开始对 IC 提供保护时, 环境温度近似为:

$$T_A = 135^{\circ}\text{C} - P_D \theta_{JA}$$

$$T_A = 135^{\circ}\text{C} - (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} \cdot \theta_{JA}$$

不仅如此，正如工作原理部分所讨论的那样，当热反馈使充电电流减小时，PROG 引脚上的电压也将成比例地减小。切记不需要在 TP4054C 应用设计中考虑最坏的热条件，这一点很重要，因为该 IC 将在结温达到 145℃ 左右时自动降低功耗。

热考虑

由于 SOT23-5 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 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 0.5 至 1 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。用于耗散 IC 所产生的热量的散热通路从芯片至引线框架，并通过峰值后引线（特别是接地引线）到达 PC 板铜面。PC 板铜面为散热器。引脚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 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。

CHRG 状态输出引脚

当一个放电电池被连接到充电器时，充电循环的恒定电流部分开始，CHRG 引脚电平被拉至地。CHRG 引脚能够吸收高达 10mA 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。

充电电流软启动

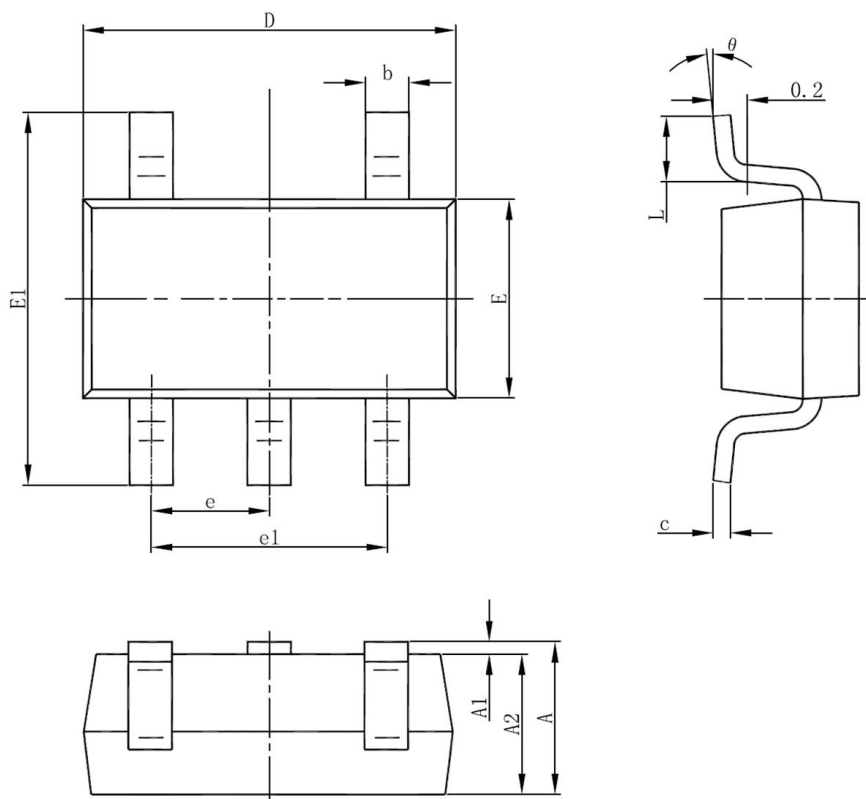
TP4054C 包括一个用于在充电循环开始时最大限度地减小涌入电流的软启动电路。当一个充电循环被启动时，充电电流将在 50μS 左右的时间里从 0 上升至满幅全标度值。在启动过程中，这能够起到最大限度地减小电源上的瞬变电流负载的作用。

VCC 旁路电容器选择

输入旁路可以使用多种类型的电容器。然而，在采用多层陶瓷电容器时必须谨慎。由于有些类型的陶瓷电容器具有自谐振和高 Q 值的特点，因此，在某些启动条件下（比如将充电器输入与一个工作中的电源相连）有可能产生较高的电压瞬态信号损坏充电芯片，建议 VCC 端采用高品质陶瓷电容(X7R 材质) 或钽电容。

封装描述

SOT-23-5L PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.050	1.250	0.041	0.049
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	1.050	1.150	0.041	0.045
b	0.300	0.500	0.012	0.020
c	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.820	3.020	0.111	0.119
E	1.500	1.700	0.059	0.067
E1	2.650	2.950	0.104	0.116
e	0.950(BSC)		0.037(BSC)	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°

TP4054C 应用及测试注意事项

- 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， TP4054C 应用中 VCC 端和 BAT 端分别接 10uF 陶瓷电容，电容地和芯片地并集中连接，所有电容位置须靠近芯片引脚放置，不宜过远。
- 2、 VCC端串联一颗 0.5Ω - 1Ω 的 0603 0805或1206封装耗散电阻，电阻参数及封装可根据实际应用选择，主要考虑其功率是否足够；耗散电阻不仅可以得到稳定的充电电流，有效降低芯片充电电发热量，对输入上电瞬间所产生的尖峰电压有抑制作用，且对整机系统的可靠性也有极大的提升。
- 3、 如需测试 TP4054C 充电电流，芯片 BAT 端（3 号脚）应直接连接电池正极，不可串联电流表，电流表可串在芯片VCC 端。

典型原理图及PCB走线参考图：

