

# 线性锂离子电池充电器

## 概述

GC4054M 是一款可以对单节可充电锂电池进行恒流充电/恒压充电的线性充电器，其小巧的 SOT 封装形式与较少的外部元件数量使得 GC4054M 成为便携式应用的理想选择，适用于 USB 电源和适配器电源。

GC4054M 内部采用 MOSFET 结构及防倒充电路，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调节，以便在大功率工作或高温环境条件下对芯片温度加以限制。充电电压固定于 4.2V，充电电流可通过外部电阻进行设置，当充电电流降至设定充电电流的 1/10 时，GC4054M 将自动结束充电过程。

当输入端(交流适配器或 USB 电源)被拔掉时，GC4054M 自动进入一个低电流停机状态，电池漏电流降至 2 $\mu$ A 以下。GC4054M 还可被设置为停机状态，使电源供电电流降至 60 $\mu$ A。

## 主要特点

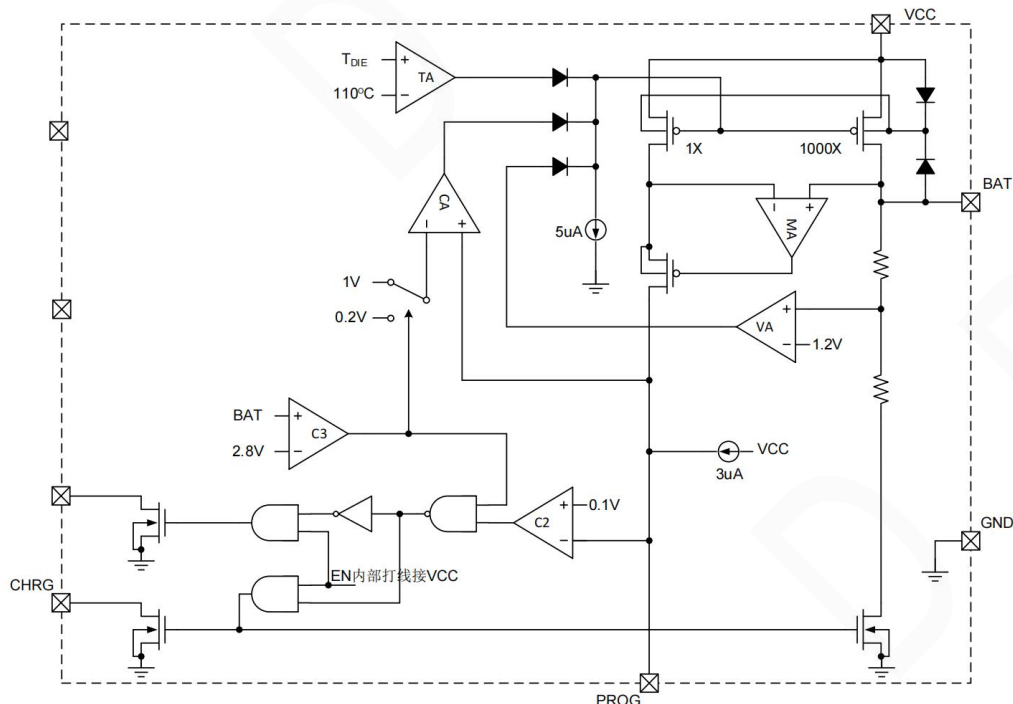
- 高达 800mA 的可编程充电电流
- 无需 MOSFET、检测电阻或隔离二极管
- 预设充电电压：4.2V $\pm$ 1.5%
- C/10 电流充电终止，自动再充电
- 恒定电流/恒定电压工作，并具有热调节功能
- 充电状态输出引脚
- 待机模式下电流 55 $\mu$ A

- 2.8V 涓流充电阈值电压
- 电池防反接
- 电源防反接
- 封装形式：SOT 23-5

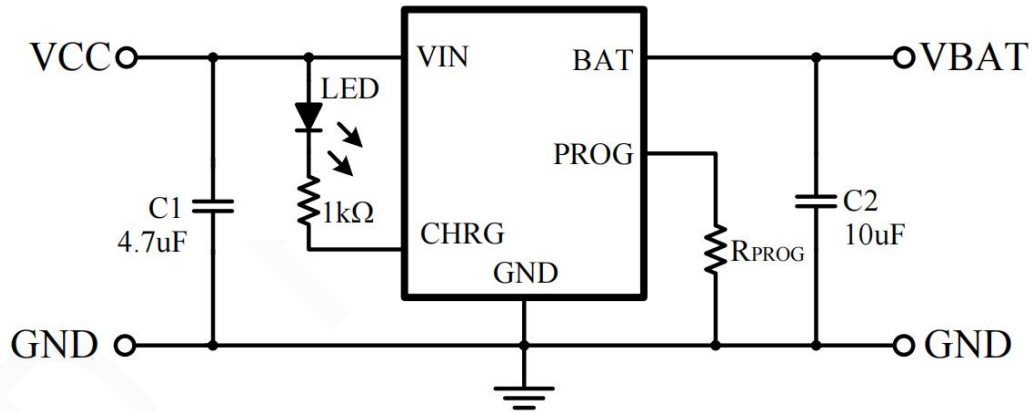
## 主要应用

- 蓝牙应用
- 锂电充电器
- 便携式设备

## 功能框图

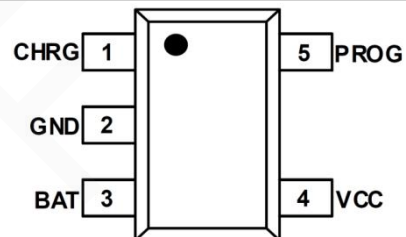


## 典型应用



注： $I_{BAT} = (V_{PROG} / R_{PROG}) * 1000$

## 管脚说明

管脚序号	管脚名称	I/O	描述	管脚排列图
1	CHRG	O	漏极开路充电输出，充电状态指示	
2	GND	P	芯片地	
3	BAT	O	充电电流输出	
4	VCC	P	电源输入	
5	PROG	I	充电电流设定	

## 极限参数 (绝对最大额定值，若无其它规定， $T_A=25^{\circ}\text{C}$ )

参数	标识	值
电源电压	$V_{CC}$	-0.3~6.0V
电池电压	$V_{BAT}$	-4.5~6.0V
其余引脚	$V_{IN}$	-0.3~6.0V
BAT 引脚电流	$I_{BAT}$	800mA
结温	$T_J$	150 $^{\circ}\text{C}$
存储温度	$T_S$	-65 ~ +150 $^{\circ}\text{C}$
焊接温度 (10s)	$T_w$	260 $^{\circ}\text{C}$

注意：超过以上极限值有可能造成芯片的永久性损坏。

## 推荐工作条件 (若无其它规定， $T_A=25^{\circ}\text{C}$ )

参数	标识	最小值	最大值	单位
电源电压	$V_{CC}$	4.5	5.5	V
持续输出电流	$I_{BAT}$		650	mA
工作温度	$T_A$	-20	85	$^{\circ}\text{C}$

**电气特性** (若无其它规定,  $V_{CC} = 5.0V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ )

参数	标识	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源电压	$V_{CC}$		4.5	5.0	6.0	V
输入电源电流	$I_{CC}$	充电模式, $R_{PROG} = 10K$		55	200	$\mu A$
		待机模式(充电终止)		55	150	$\mu A$
		停机模式 ( $R_{PROG}$ 未连接, $V_{CC} < V_{BAT}$ , $V_{CC} < V_{UV}$ )		60	150	$\mu A$
输出浮充电压	$V_{FLOAT}$		4.137	4.2	4.263	V
BAT 引脚电流	$I_{BAT}$	电流模式, $R_{PROG} = 10K$		100		mA
		电流模式, $R_{PROG} = 2K$		500		mA
		待机模式, $V_{BAT} = 4.2V$	-6	-2.5	0	$\mu A$
		反接模式, $V_{BAT} = -4V$		-0.34		mA
		停机模式, PROG 悬空		$\pm 2$	$\pm 4$	$\mu A$
		睡眠模式, $V_{CC} = 0$	-2	-1		$\mu A$
涓流充电电流	$I_{TRIKL}$	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$ , $R_{PROG} = 2K$		100		mA
涓流充电门限电压	$V_{TRIKL}$	$R_{PROG} = 10K$ , $V_{BAT}$ 上升		2.8		V
涓流充电迟滞电压	$V_{TRHYS}$	$R_{PROG} = 10K$		180		mV
VCC 欠压闭锁门限	$V_{UV}$	$V_{CC}$ 从低至高	3.7	3.8	3.99	V
VCC 欠压闭锁迟滞	$V_{UVHYS}$	$V_{CC}$ 从高至低		150		mV
手动停机门限电压	$V_{MSD}$	$R_{PROG}$ 引脚电平上升/下降	0.9	1.0	1.1	V
VCC-BAT 闭锁门限电压	$V_{ASD}$	$V_{CC}$ 从低至高		120		mV
		$V_{CC}$ 从高至低		100		mV
C/10 终止电流门限	$I_{TERM}$	$R_{PROG} = 10K$		10		mA
		$R_{PROG} = 2K$		50		mA
PROG 引脚电压	$V_{PROG}$	电流模式, $R_{PROG} = 10K$	0.9	1.0	1.1	V
PROG 引脚上拉电流	$I_{PROG}$			3		$\mu A$
引脚输出低电压	$V_{CHRG}$	$I_{CHRG} = 5mA$	0.1	0.3	0.6	V
再充电电池门限电压	$\Delta V_{RECHRG}$	$V_{FLOAT} - V_{RECHRG}$		120		mV
再充电比较器滤波时间	$t_{RECHARGE}$	$V_{BAT}$ 从高至低		1.8		ms
终止比较器滤波时间	$t_{TERM}$	$I_{BAT}$ 降至 $I_{CHG}/10$ 以下		1.8		ms
软启动时间	$t_{SS}$	$I_{BAT} = 0$ 至 $I_{BAT} = 1000/R_{PROG}$		100		$\mu s$
功率 FET“导通”电阻 (在 VCC 与 BAT 之间)	$R_{ON}$			500		m $\Omega$
限定温度模式中结温	$T_{LIM}$			145		$^\circ C$

特性曲线 (若无其他规定,  $V_{CC} = 5.0V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ )

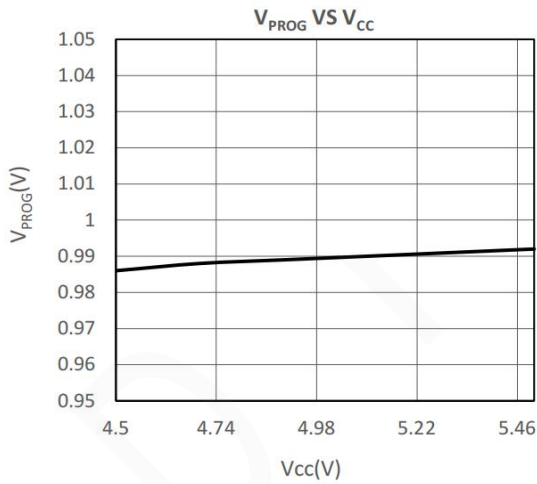


图1: PROG引脚电压 vs 电源电压 (恒流模式)

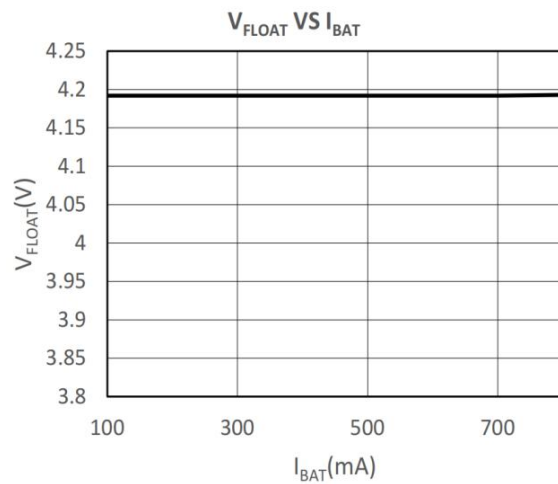


图2: 浮充电压 vs 充电电流

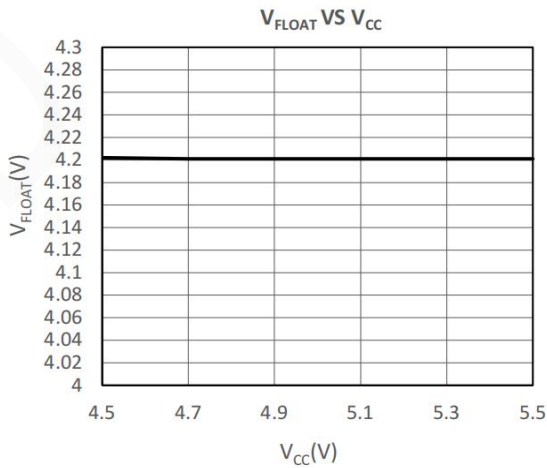


图3: 浮充电压 vs 电源电压

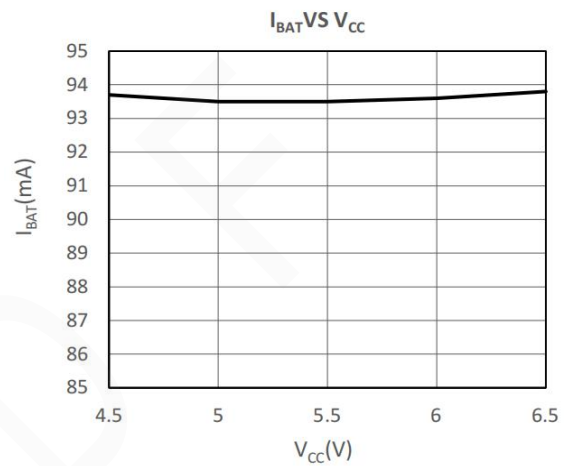


图4: 充电电流 vs 电源电压 ( $R_{PROG}=10k\Omega$ )

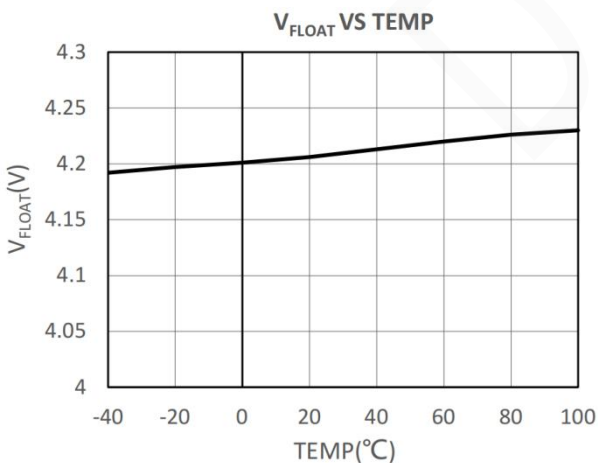


图5: 浮充电压 vs 环境温度

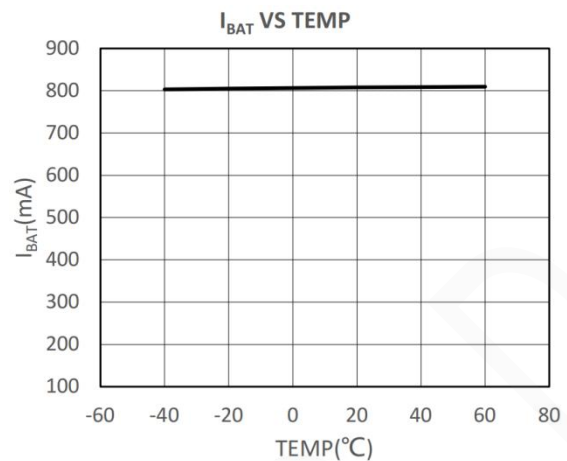


图6: 充电电流 vs 环境温度 ( $R_{PROG}=1.25k\Omega$ )

## 工作原理

### 概述

GC4056M是一款专门为锂离子或聚合物电池设计的线性充电器，利用芯片内部的功率晶体管对电池进行恒流/恒压充电。它能够提供高达0.8A的充电电流（借助一个热设计良好的PCB布局）和±1.5%精度的浮充电压。GC4054M集成了一个内部P沟道功率MOSFET及热调节电路，无需隔离二极管或外部电流检测电阻，GC4054M可接USB电源工作。

### 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2.8V，则充电器进入涓流充电模式。在该模式中，GC4054M提供约1/5的设定充电电流，以便将电池电压提升到一个安全的电平，从而实现满电流充电。当BAT引脚电压升至2.8V以上时，充电器进入恒流模式，此时向电池提供恒定的充电电流。当BAT引脚电压达到恒压充电阈值电压（4.14V）时，GC4054M进入恒压充电模式，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。

### 充电电流设定

充电电流是采用一个连接在PROG引脚与地之间的电阻来设定的，电池充电电流是PROG引脚输出电流的1000倍，设定电阻和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：

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

R<sub>PROG</sub>与充电电流的关系确定可参考下表：

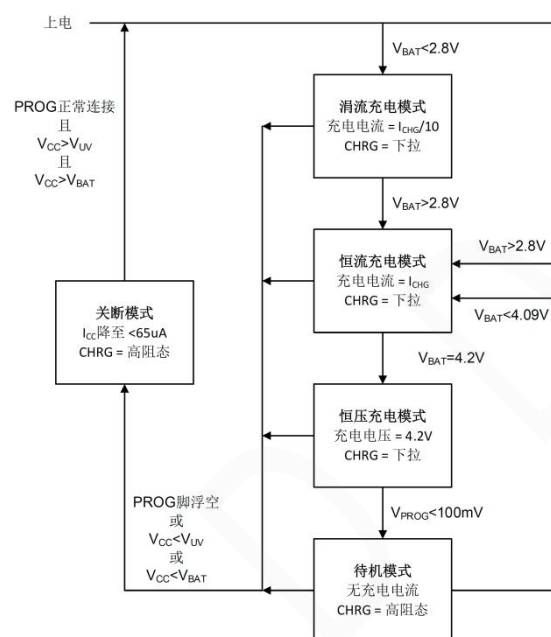
R <sub>PROG</sub> (kΩ)	I <sub>BAT</sub> (mA)
1.25	800
2.0	500
2.5	400
3.3	300
5.0	200
10	100

### 充电终止

当充电电流在达到最终浮充电压后降至设定值的1/10时，充电循环被终止，该状态是通过采用一个内部滤波比较器对PROG引脚进行监控检测的。当PROG引脚电压降至100mV以下的时间超过t<sub>TERM</sub>（约1.8ms）时充电被终止，充电电流被关断，GC4054M进入待机模式，此时输入电源电流降至55μA（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（t<sub>TERM</sub>）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，GC4054M立即终止充电循环并停止提供BAT引脚电流，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，GC4054M对BAT引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到4.09V的再充电电压门限（V<sub>RECHRG</sub>）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，必须先断开输入电压然后再重新接入输入电压，或者通过控制PROG引脚来关断充电器然后再启动。下图展示出了一个典型充电循环的状态图。



### 充电状态指示

GC4054M集成开漏输出的状态指示引脚CHRG。当GC4054M处于充电状态时，CHRG输出下拉，其它状态CHRG输出高阻态。

充电器状态	红色LED (CHRG引脚)
充电	亮
充电终止	灭
欠压闭锁或电池反接	灭
电池未连接	闪烁

### 电池反接保护

GC4054M内部集成了电池反接保护电路，可有效防止在装配或应用中电池反接导致的芯片损坏。当BAT引脚电压低于GND电压700mV，判断为电池反接，关闭内部充电回路；当BAT引脚电压回升至低于GND电压630mV，判断为电池正常接入，此时如果BAT引脚电压低于涓流充电阈值，则进入涓流充电状态，如果BAT引脚电压大于涓流充电阈值，则进入恒流充电状态。

### 热限制

如果芯片温度升高到预设值125℃，内部热反馈环路将减小充电电流，该功能可防止GC4054M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GC4054M的风险。在保证充电器将在最坏情况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。

### 欠压闭锁 (UVLO)

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100mV之前充电器将不会退出停机模式。

### 自动再充电

一旦充电循环被终止，GC4054M立即采用一个具有1.8ms滤波时间的比较器来对BAT引脚上的电压进行连续监控，当电池电压降至4.09V（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。

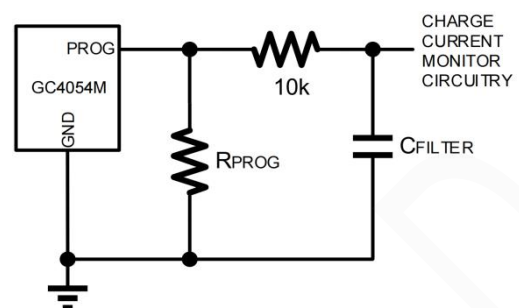
### 稳定性考虑

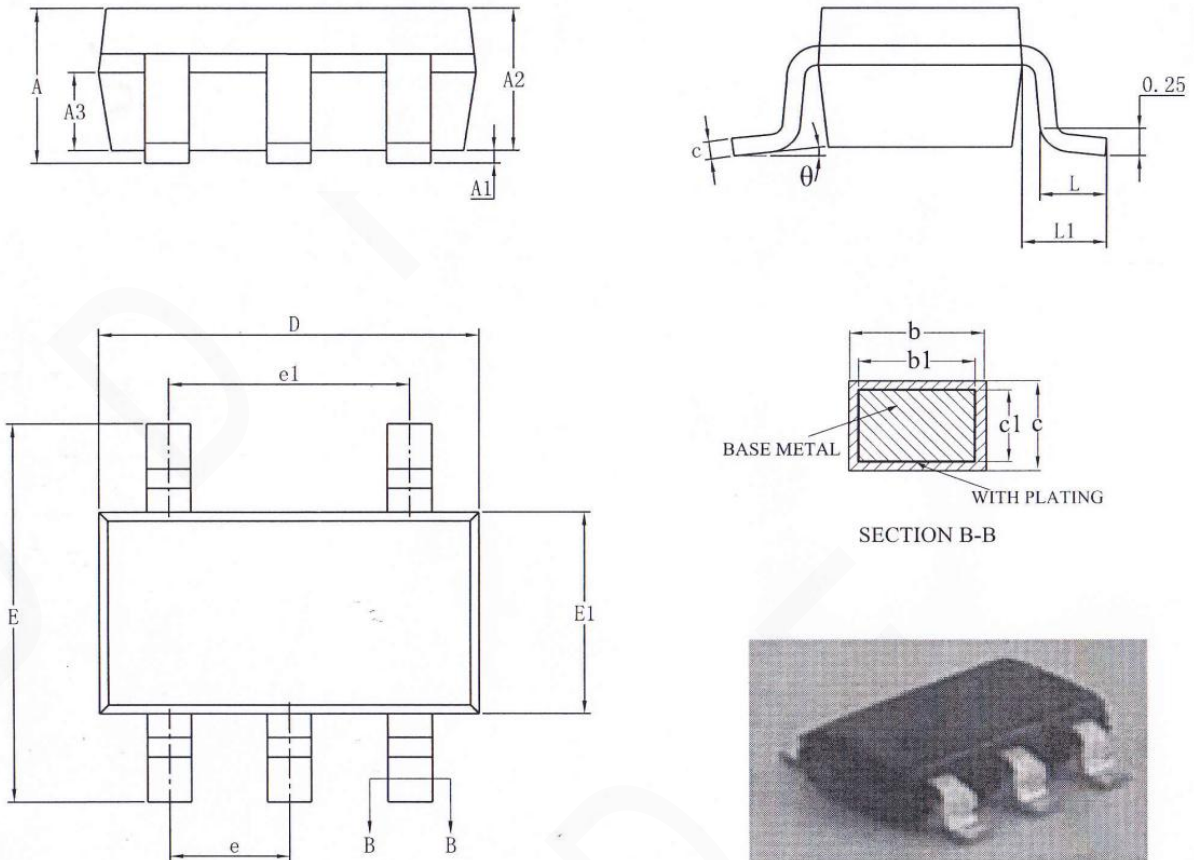
只要电池与充电器的输出端相连，恒定电压模式反馈环路就能够在未采用一个外部电容的情况下保持稳定。在没有接电池时，为了减小纹波电压，建议采用一个输出电容。当采用大数值的低ESR陶瓷电容时，建议增加一个与电容串联的1Ω电阻。如果使用钽电容，则不需要串联电阻。

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， $R_{PROG}$ 选择高达20k时充电器可以稳定。然而PROG节点的额外电容会减小设定电阻的最大容许阻值。PROG引脚上的极点频率应保持在100kHz以上。因此，如果PROG引脚存在一个容性负载 $C_{PROG}$ ，则可采用下式来计算 $R_{PROG}$ 的最大电阻值：

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

用户更感兴趣的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（如下图所示）。在PROG引脚和滤波电容之间增设了一个10k的电阻以确保稳定性。



**封装机械数据**
**SOT23-5封装**


符号	毫米		
	最小值	典型值	最大值
A	—	—	1.25
A1	0.04	—	0.10
A2	1.00	1.10	1.20
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.33	—	0.41
b1	0.32	0.35	0.38
C	0.15	—	0.19
c1	0.14	0.15	0.16
D	2.82	2.92	3.02
E	2.60	2.80	3.00
E1	1.50	1.60	1.70
e	0.95BSC		
e1	1.90BSC		
L	0.30	—	0.60
L1	0.60REF		
θ	0	—	8°