



QN4054

产品规格手册

QN4054

单节锂电池线性充电芯片

概述

QN4054 是一款完整的单节锂离子电池采用恒定电流/恒定电压线性充电芯片。其 SOT23-5 封装与较少的外部元件数目使得 QN4054 成为便携式应用的理想选择。QN4054 适合 USB 电源和适配器电源工作。

内部采用了 P MOSFET 架构, 还有防倒灌电路, 所以不需要外部检测电阻和隔离二极管。热反馈可以对充电电流进行调节, 方便在大功率操作中或高温环境下对芯片热量加以限制。充电电压固定在 4.2V, 充电电流可以通过外部电阻设置。当充电电流达到最终浮充电压之后降至设定值的十分之一时, QN4054 将自动终止充电循环。

当输入被拿掉时, QN4054 将自动进入低功耗模式, 将电池漏电流降低至 2uA 以下。也可将 QN4054 置于停机模式, 从而将供电电流降至 55uA。

特点

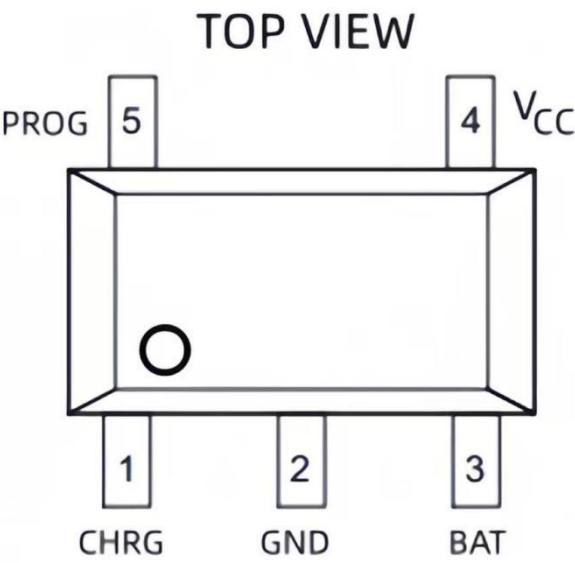
- 可编程充电电流, 最高 500mA;
- 无需 MOSFET、检测电阻或隔离二极管;
- 用于单节锂离子电池、采用 SOT23-5 封装的完整线性充电器;
- 恒定电流/恒定电压操作, 并具有可在无过热危险的情况下实现充电速率最大化的热调节功能;
- 直接从 USB 端口给单节锂离子电池充电;
- 精度达到 $\pm 1\%$ 的 4.2V 预设充电电压;
- 用于电池电量检测的充电电流监控器输出;
- 自动再充电;
- 充电状态输出引脚;
- C/10 充电终止;
- 待机模式下的供电电流为 55uA;
- 软启动限制了浪涌电流;
- 2.9V 涓流充电器版本;
- 采用 SOT23-5 封装。

应用场合

- 充电座
- 蓝牙应用
- MP3 播放器

封装

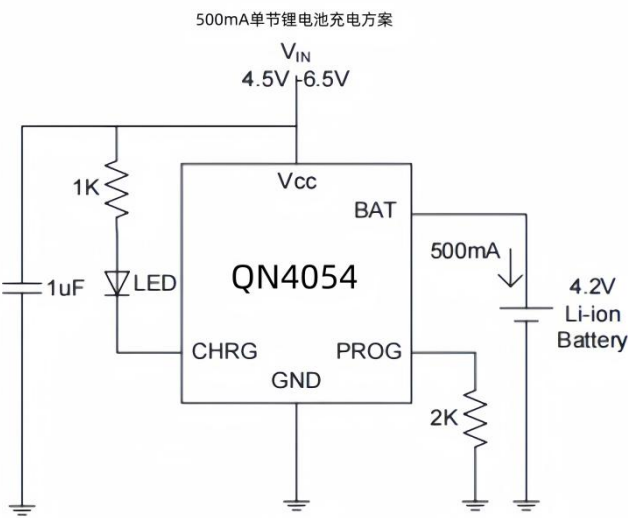
- SOT23-5



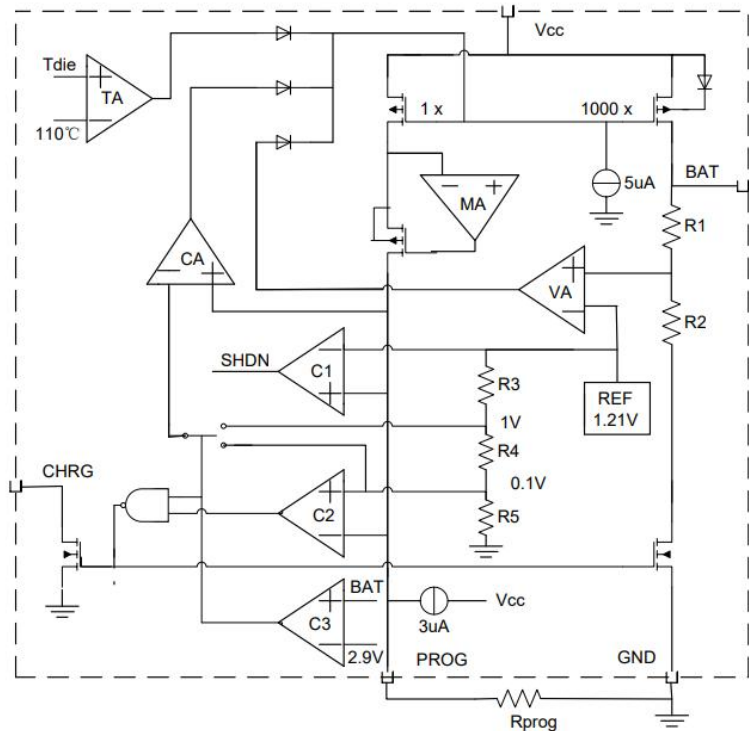
引脚功能说明

Pin 脚位	名称	功能
1	CHRG	漏极开路充电输出，充电状态指示，使用 LED 指示功能时必须串联限流电阻；如果不需要 LED 指示功能，可以将 CHRG 接地。
2	GND	地
3	BAT	充电电流输出，CC 模式下， $I_{BAT}=1000/R_{PROG}$
4	VCC	电源输入
5	PROG	充电电流设定，CC 模式下， $V_{PROG}=1V$

典型应用电路图



功能框图



绝对最大额定值

参数	极限值	单位
输入电源电压	-0.3~6.5	V
PGOG	-0.3~VCC+0.3	V
BAT	-0.3~6.5	V
CHRG	-0.3~6.5	V
BAT 引脚电流	500	mA
PROG 引脚电流	800	uA
最大结温	-40~150	°C
工作环境温度	-40~85	°C
贮存温度	-55~150	°C
引脚温度（焊接时间小于 10S）	260	°C
封装热阻 θ_{JA}	210	°C/W
封装功耗 P_D	0.6	W

注意：绝对最大额定值是本产品能承受的最大物理伤害极限，请在任何情况下勿超出额定值

电气特性

表中●表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{CC}=5\text{V}$ 的情况。

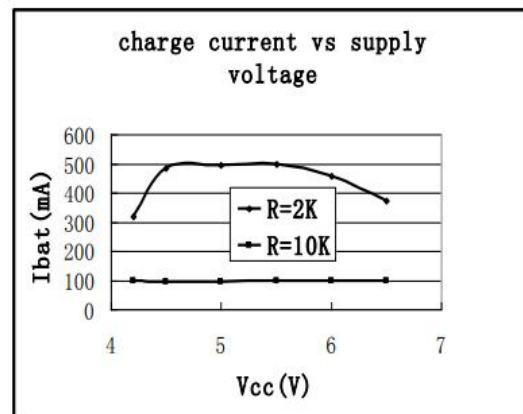
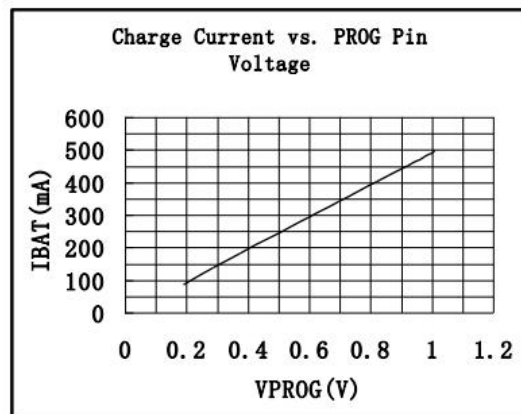
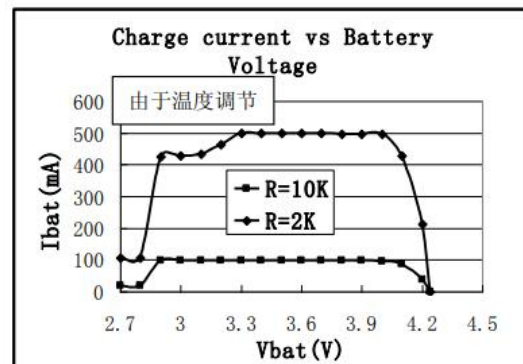
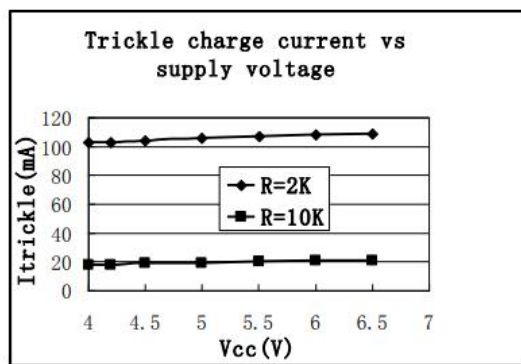
符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}	输入电源电压		●	4.0	5.0	6.5	V
I_{CC}	输入电源电流	充电模式, $R_{PROG}=10\text{k}\Omega$	●		150	500	μA
		待机模式 (充电终止)	●		55	100	μA
		停机模式	●		55	100	μA
V_{FLOAT}	稳定输出电压	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85^{\circ}\text{C}$		4.160	4.2	4.270	V
I_{BAT}	BAT 引脚电流	$R_{PROG}=10\text{k}\Omega$, 电流模式	●	90	100	110	mA
		$R_{PROG}=2\text{k}\Omega$, 电流模式	●	450	500	550	mA
		待机模式, $V_{BAT}=4.2\text{V}$	●	0	-2.5	-6	μA
		停机模式 (R_{PROG} 未连接)		-	± 1	± 2	μA
		睡眠模式, $V_{CC}=0\text{V}$		-	-1	-2	μA
I_{TRILK}	涓流充电电流	$V_{BAT} < V_{TRILK}$, $R_{PROG}=2\text{k}\Omega$	●	50	100	150	mA
V_{TRILK}	涓流充电门限电压	$R_{PROG}=2\text{k}\Omega$, V_{BAT} 上升		2.8	2.9	3.0	V
V_{TRHUYS}	涓流充电迟滞电压	$R_{PROG}=2\text{k}\Omega$		100	150	200	mV
V_{UV}	V_{CC} 欠压闭锁门限	从 V_{CC} 低至高	●	3.5	3.7	3.9	V
V_{UVHYS}	V_{CC} 欠压闭锁迟滞		●	200	270	350	V
V_{ADS}	$V_{CC}-V_{BAT}$ 闭锁门限	V_{CC} 从低到高		100	140	180	mV
		V_{CC} 从高到低		30	50	100	mV
I_{TERM}	QN4054 3C/10 终止电流门限	$R_{PROG}=10\text{k}\Omega$	●	25	30	35	mA
		$R_{PROG}=50\text{k}\Omega$	●	5	6	7	mA
V_{PROG}	PROG 输出电压	$R_{PROG}=10\text{k}\Omega$, 电流模式	●	0.9	1.0	1.1	V
V_{CHRG}	CHRG 输出低电压	$I_{CHRG}=5\text{mA}$		-	0.3	0.6	V
V_{RECHRG}	QN4054 再充电电池	$V_{FLOAT}-V_{RECHRG}$		40	110	200	mV

QN4054

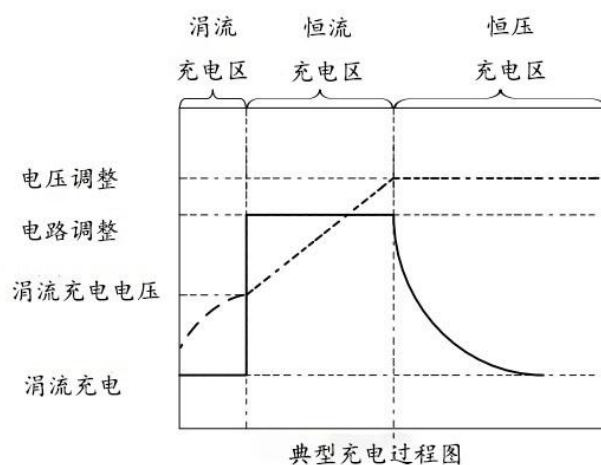
单节锂电池线性充电芯片

	门限						
RON	功率FET导通电阻	在VCC与BAT之间		-	1000	-	mΩ
TSS	软启动时间	IBAT = 0 至 IBAT = 1000/RPROG		-	20	-	μs
TRE	再充滤波时间	VBAT 高至低		0.8	1.8	4	ms
TTERM	终止滤波时间	IBAT 降至 ICHG/10 以下		0.8	1.8	4	ms
I PROG	PROG 上拉电流			-	2.0	-	μA

典型性能参数



原理描述



1.正常充电循环

当 VCC 脚电压升到 UVLO 门限电平以上且在 PROG 脚与地之间连接了一个设定的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 脚电平低于 2.9V，则充电器进入涓流充电模式。在该模式中，QN4054 提供约 1/5 的设定充电电流，以便将电池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 2.9V 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，QN4054 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。

2.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。电流充电电流是 PROG 引脚输出电流的 1000 倍。设定电阻器和充电电流采用下列公式来计算：

$$R_{\text{PROG}} = 1000V / I_{\text{CHG}}, I_{\text{CHG}} = 1000V / R_{\text{PROG}}$$

从 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：

$$I_{\text{BAT}} = 1000 \cdot V_{\text{PROG}} / R_{\text{PROG}}$$

3.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 tTERM (一般为 1.8ms) 时，充电被终止。充电电流被锁断，QN4054 进入待机模式，此时输入电源电流降至 55μA。（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 (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, QN4054 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, QN4054 对 BAT 引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到 4.02V 的再充电电门限 (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。

4. 充电状态指示器(CHRG)

充电状态输出具有两种不同的状态: 充电时为强下拉状态, 充满电或者其他关断状态为高阻抗。当不接充电器时, LED 灯关闭; 当接入充电器, 但是输出未接电池或者直接输出电容时, LED 出现灯闪现象。如果不需要 CHRG 显示状态, 可以将 CHRG 和 GND 连接。当使用 LED 指示时, 必须串联 1k-10k 的电阻进行限流, 以保护 LED 不受损伤。

5. 热限制

如果芯片温度试图升至约 110°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 以上停止充电。该功能可防止 QN4054 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 QN4054 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。

6. 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 140mV 之前充电器将不会退出停机模式。

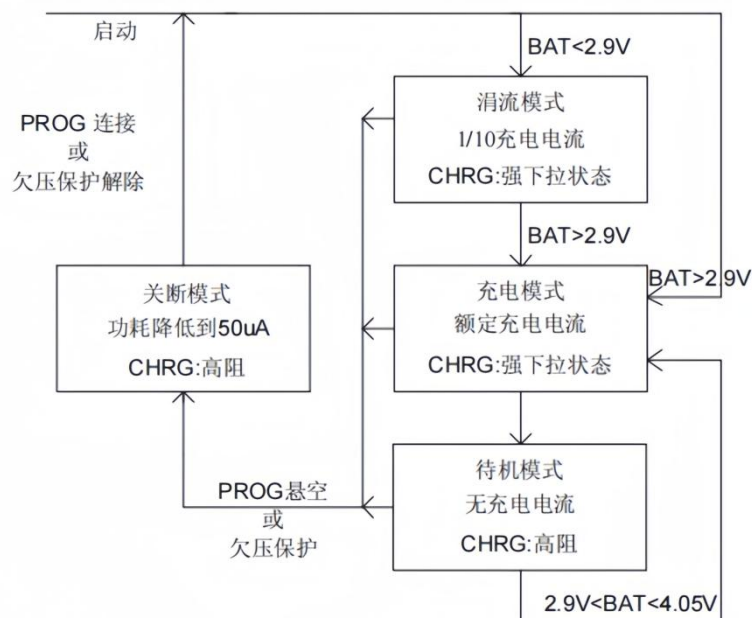
7. 手动停机

在充电循环中的任何时刻都能通过去掉 RPROG (从而使 RPROG 引脚浮置) 来把 QN4054 置于停机模式。这使得电池漏电流降至 2 μ A 以下, 且电源电流降至 55 μ A 以下。重新连接设定电阻器可启动一个新的充电循环。如果 QN4054 处于欠压闭锁模式, 即 VCC 高出 BAT 脚电压的幅度不足 140mV, 或者施加在 VCC 脚上的电压不足, 则 CHRG 引脚呈高阻抗状态。

8. 自动再启动

一旦充电循环被终止, QN4054 立即采用一个具有 1.8ms 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 (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。



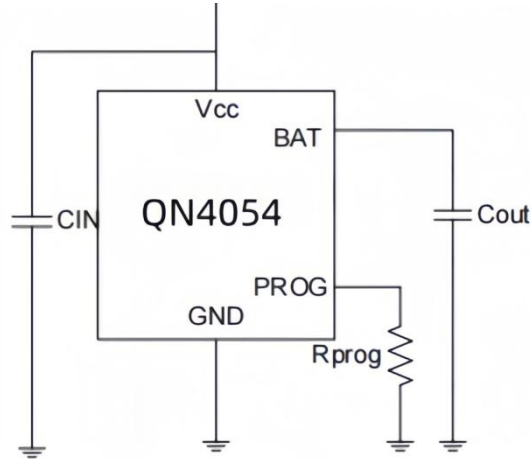
一个典型充电循环的状态图

应用信息

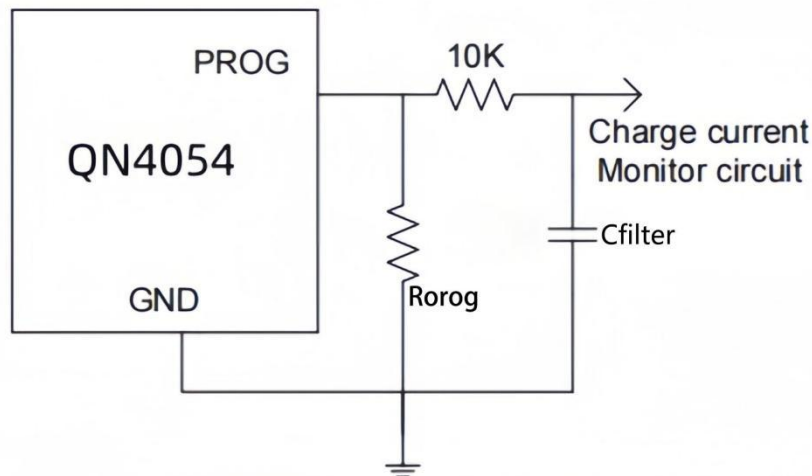
1. 稳定性的考虑

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器的情况下保持稳定。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器。当采用大数值的低 ESR 陶瓷电容器时, 建议增加一个与电容器串联的 1Ω 电阻。如果使用的是钽电容, 则不需要串联电阻器。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 CPROG, 则可采用下式来计算 RPROG 的最大电阻值:

$$R_{\text{PROG}} \leq (1/2\pi \cdot 10^5 \cdot C_{\text{PROG}})$$



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，电流通常比瞬态电流脉冲更加重要，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在 PROG 引脚和滤波电容器之间增设了一个 10KΩ 电阻器以确保稳定性。



隔离PROG脚上的容性负载和滤波电路

2.功率损耗

QN4054 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：

$$T_A = 130^\circ\text{C} - P_D \theta_{JA}; \quad T_A = 130^\circ\text{C} - (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} \cdot \theta_{JA}$$

3.热考虑

由于 SOT23-5 封装的外形尺寸很小，因此需要采用一个热设计精良的 PCB 板布局以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，并通过峰值后引线（特别是接地引线）到达 PCB 板铜面。PCB 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 PCB 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。

4.增加热调节电流

降低内部 MOSFET 两端的压降能够显著减少 IC 中的功耗。在热调节期间，这具有增加输送至电池的电流的作用。对策之一是通过一个外部元件（例如一个电阻器或二极管）将一部分功率耗散掉。实例：通过编程使一个从 5V 交流适配器获得工作电源的 QN4054 向一个具有 3.75V 电压的放电锂离子电池提供 500mA 的满幅充电电流。假设 θ_{JA} 为 $210^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，则在 25°C 的环境度条件下，充电电流近似为：

$$I_{BAT} = (130^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) / [(5\text{V} - 3.75\text{V}) * 210^{\circ}\text{C}/\text{W}] = 400\text{mA}$$

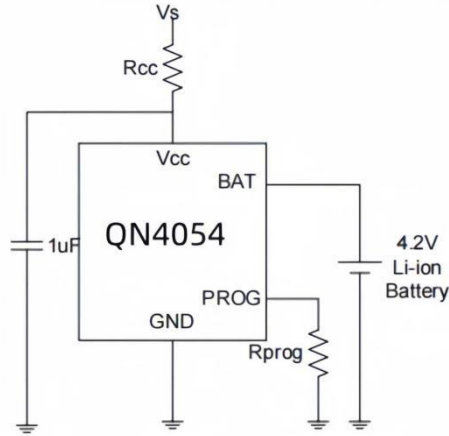
通过降低一个与 5V 交流适配器串联的电阻器两端的电压（如图 8 所示）可减少片上功耗，从而增大热调整的充电电流：

$$I_{BAT} = (130^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) / [(V_S - I_{BAT}R_{CC} - V_{BAT}) * \theta_{JA}]$$

求出：

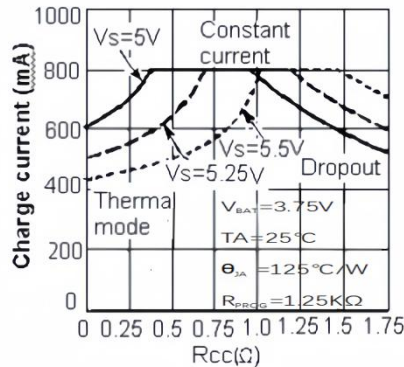
$$I_{BAT} = \frac{(V_S - V_{BAT}) - \sqrt{(V_S - V_{BAT})^2 - \frac{4R_{CC}(130^{\circ}\text{C} - T_A)}{\theta_{JA}}}}{2R_{CC}}$$

取 $R_{CC}=0.25\Omega$ ， $V_S=5\text{V}$ ， $V_{BAT}=3.75\text{V}$ ， $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 且 $\theta_{JA}=210^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，我们可以计算出热调整的充电电流： $I_{BAT}=732\text{mA}$ 。



一种能尽量增大热调节模式充电电流电路

虽然这种应用可以在热调整模式中向电池输送更多的能量并缩短充电时间,但在电压模式中,如果 VCC 变得足够低而使 QN4054 处于低压降状态,则它实际上有可能延长充电时间。图表示出了该电路是如何随着 R_{cc} 的变大而导致电压下降的。当为了保持较小的元件尺寸并避免发生压降而使 R_{cc} 值最小化时,该技术能起到最佳的作用。请牢记选择一个具有足够功率处理能力的电阻器。

充电电流与 R_{cc} 的关系曲线

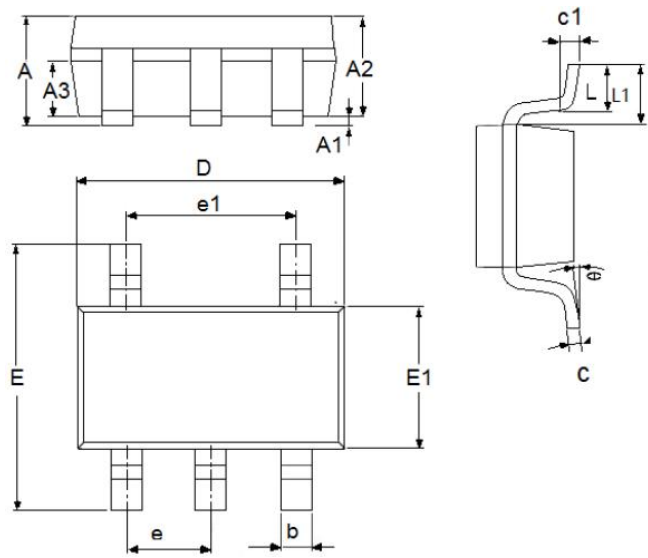
5.VCC 旁路电容器

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)有可能产生高的电压瞬态信号。增加一个与 X5R 陶瓷电容器串联的 1.5Ω 电阻器将最大限度地减小启动电压瞬态信号。

6.充电电流软启动

QN4054 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 $20\mu s$ 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。

封装尺寸 (SOT23-5)



参数	尺寸 (mm)	
	最小值	最大值
A	1.05	1.45
A1	0	0.15
A2	0.9	1.3
A3	0.6	0.7
b	0.25	0.5
c	0.1	0.23
D	2.82	3.05
e1	1.9 (TYP)	
E	2.6	3.05
E1	1.5	1.75
e	0.95 (TYP)	
L	0.25	0.6
L1	0.59 (TYP)	
θ	0	8°
c1	0.2 (TYP)	

QN4054
单节锂电池线性充电芯片

订购信息

产品信息	封装形式	丝印	包装
QN4054-4.2V	SOT23-5	4054A	3K/盘
QN4054-4.35V	SOT23-5	4054B	3K/盘
备注：A： 4.2V 锂电池； B： 4.35V 锂电池			