

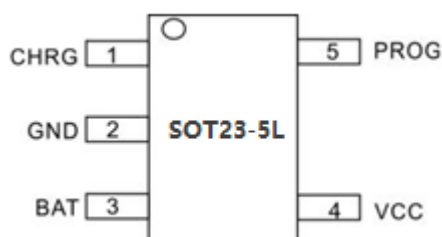
概述

SD4054是一款单节锂离子电池恒流/恒压线性充电器，简单的外部应用电路非常适合便携式设备应用，适合USB电源和适配器电源工作，内部采用防倒充电路，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。SD4054充电截止电压为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值的1/10时，SD4054将自动结束充电过程。当输入电压被移掉后，SD4054自动进入低电流待机状态，将待机电流降至2uA以下。SD4054在有输入电源时也可置于停机模式，从而将工作电流降至25uA。

应用

- 手机、PDA、MP3/MP4
- 蓝牙耳机、GPS
- 充电座
- 数码相机、Mini 音响等便携式设备

管脚排布



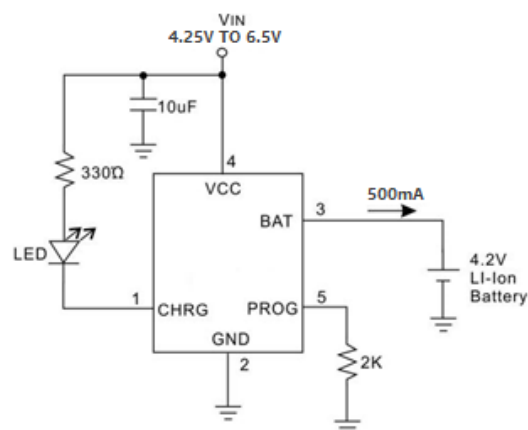
管脚定义

管脚序号	管脚	功能
1	CHRG	开漏输出充电状态指示输出端
2	GND	地电平
3	BAT	充电电流输出端口
4	VCC	正电源电压输入端
5	PROG	充电电流设置，充电电流监测和关断端口

特点

- 可编程充电电流，最大充电电流：800mA
- 无需 MOSFET、检测电阻器和隔离二极管
- 智能热调节功能可实现充电速率最大化
- 智能再充电功能
- 预充电电压：4.2V±1%
- C/10 充电终止
- 待机电流 25uA
- BAT 超低自耗电 1uA
- 2.9V 涓流充电阈值 (SD4054)
- 无涓流充电模式 (SD4054X)
- 软启动防止浪涌电流
- 单独的充电、结束指示灯控制信号
- 封装形式：SOT23-5L

典型应用电路



极限参数

参数	符号	最小值	最大值	单位
输入电压	V_{CC}	-0.3	+10.0	V
PROG 脚电压	V_{PROG}	-0.3	$V_{CC}+0.3$	V
BAT 脚电压	V_{BAT}	-0.3	+7.0	V
CHRG 脚电压	V_{CHRG}	-0.3	+7.0	V
BAT 脚短路持续时间	T_{BAT_SHT}		连续	-
BAT 脚电流	I_{BAT}		800	mA
PROG 脚电流	I_{PROG}		800	uA
工作环境温度	T_{OP}	-40	+85	°C
工作结点温度	T_J	-40	+125	°C
储存温度	T_{STG}	-60	+125	°C

注：极限参数是指超出该工作范围芯片可能会损坏。

电气参数

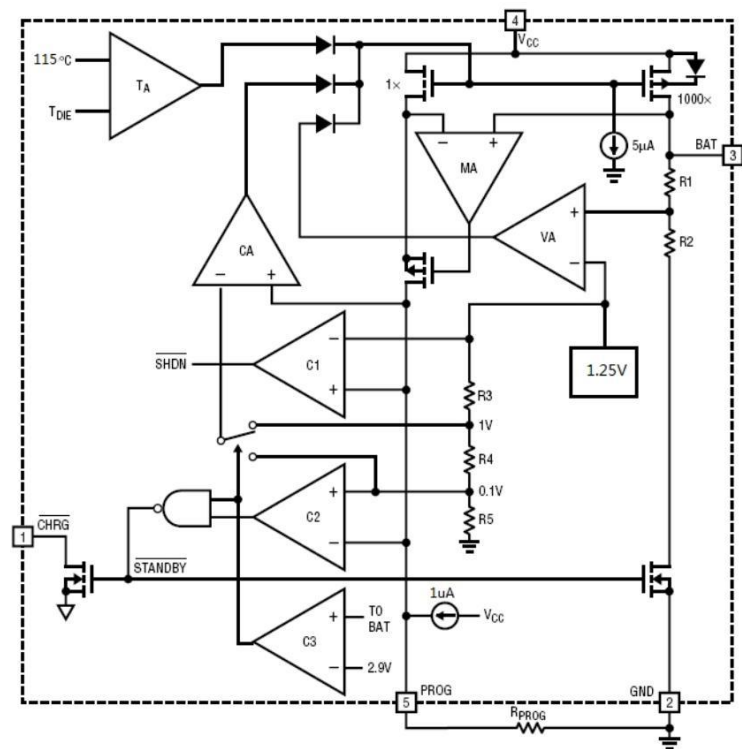
(标*为全温范围，其他为 25°C。V_{CC}=5V，除非另外说明)

符号	参数	条件		最小	典型	最大	单位
V_{CC}	输入电压		*	4.25		6.5	V
I_{CC}	输入电流	充电模式, $R_{PROG}=10K$	*		300	2000	uA
		待机模式 (充电结束)	*		200	500	
		关断模式 (R_{PROG} 悬空, $V_{CC}<V_{BAT}$ 或 $V_{CC}<V_{UV}$)	*		25	50	
V_{FLOAT}	调整器空载输出电压	$0^{\circ}C \leq T_A \leq 85^{\circ}C$, $I_{BAT}=40mA$		4.158	4.2	4.242	V
I_{BAT}	BAT 端口电流	$R_{PROG}=10K$, 电流模式	*	93	100	107	mA
		$R_{PROG}=2K$, 电流模式	*	465	500	535	
		待机模式, $V_{BAT}=4.2V$	*	0	-2.5	-6	uA
		关断模式 (R_{PROG} 悬空)			±1	±2	
		睡眠模式 ($V_{CC}=0V$)			±1	±2	
I_{TRIKL}	涓流充电电流	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$, $R_{PROG}=2K$	*	20	45	70	mA
V_{TRIKL}	涓流充电阈值	$R_{PROG}=10K$, V_{BAT} 上升		2.8	2.9	3.0	V
V_{TRHYS}	涓流阈值迟滞	$R_{PROG}=10K$		60	80	110	mV
V_{UV}	V_{CC} 欠压锁定阈值	V_{CC} 从低到高	*	3.7	3.8	3.92	V

SD4054

V_{UVHYS}	欠压锁定阈值迟滞		*	150	200	300	mV
V_{MSD}	人工关断阈值电压	PROG 端口上升	*	1.15	1.21	1.30	V
		PROG 端口下降	*	0.9	1.0	1.1	
V_{ASD}	$V_{CC}-V_{BAT}$ 锁定压差	V_{CC} 从低到高		70	100	140	mV
		V_{CC} 从高到低		5	30	50	
I_{TERM}	C/10 终止充电电流阈值	$R_{PROG}=10K$	*	0.085	0.10	0.115	mA
		$R_{PROG}=2K$	*	0.085	0.10	0.115	
V_{PROG}	PROG 端口电压	$R_{PROG}=10K$, 电流模式	*	0.93	1.0	1.07	V
I_{CHRG}	CHRG 端口弱下拉电流	$V_{CHRG}=5V$		8	20	35	μA
V_{CHRG}	CHRG 端口输出低电压	$I_{CHRG}=5mA$			0.35	0.6	V
ΔV_{RECHRG}	补充电池电压阈值	$V_{FLOAT}-V_{RECHRG}$		100	150	200	mV
T_{LIM}	恒温模式结温				120		$^{\circ}C$
R_{ON}	功率 FET 开启阻抗				600		m Ω
t_{SS}	软启动时间	$I_{BAT}=0$ 到 $I_{BAT}=1000V/R_{PROG}$			100		μS
$t_{RECHARGE}$	补充比较器延迟	V_{BAT} 从高到低		0.75	2	4.5	mS
t_{TERM}	终止比较器延迟	I_{BAT} 下降到 $I_{CHG}/10$		400	1000	2500	μS
I_{PROG}	PROG 端口上拉电流				3		μA

内部框图



功能描述

● 端口功能

- CHRG (PIN1) : 开漏输出充电状态指示输出端。当电池在充电时, CHRG 端口被内部一个 NMOS 下拉。当充电周期结束, 一个约为 20uA 的弱下拉电流被连接到 CHRG 端口, 指示 AC 电源端口状况。当 SD4054 检测到欠压锁定状况, CHRG 被强制到高阻态。
- GND (PIN2) : 地电平。
- BAT (PIN3) : 充电电流输出端口。提供到电池的充电电流和调整最终空载电压到 4.2V。这个端口内部有一个高精度电阻分压器来设定空载输出电压, 当处于关断模式时, 电阻分压器不连接。
- VCC (PIN4) : 正电源电压输入端。给充电器供电。VCC 工作电压范围 4.25V 到 6.5V, 并且需要至少 1uF 的旁路电容。当 VCC 下降到 BAT 端口电压 30mV 范围内时, SD4054 进入到关断模式, 减小 I_{BAT} 电流到少于 2uA。
- PROG (PIN5) : 充电电流设置, 充电电流监测和关断端口。充电电流通过接一个 1%精度的电阻 R_{PROG} 到地来设定。当处于恒流充电模式时, 这个端口电压为 1V。任何模式下, 这个端口的电压可以用下面公式来计量充电电流: $I_{BAT} = (V_{PROG}/R_{PROG}) * 1000$ 。PROG 端口也能用来关闭充电器。断开电流设定电阻后端口通过 3uA 的电流将 PROG 端口拉高。当端口达到 1.21V 关断电压阈值, 充电器进入关断模式, 充电停止, 并且电源电流会减小到 25uA。这个端口同时也被钳位到约 2.4V。将这个端口驱动到超出钳位电压范围将会需要高于 1.5mA 的驱动能力。重新连接 R_{PROG} 到地充电器将会恢复正常工作。

● 工作说明

SD4054 是一款使用恒流/恒压方式的单节锂离子电池充电器。它能够提供高达 800mA 的充电电流 (使用优良热设计的 PCB 版), 输出空载电压精度 $\pm 1\%$ 以内。SD4054 包含一个内置的 P 沟道功率 MOSFET 和热调节电路。不需要整流二极管和外部电流探测电阻, 因此, 一个基础的充电电路只需要两个外部元器件。另外, SD4054 能够胜任 USB 接口作为电源的状况。

● 正常充电周期

当电源电压 V_{CC} 上升到欠压锁定阈值之上并且一个 1%精度电流设定电阻连接到 PROG 端口到地之间或者当一个电池被接入到充电输出端, 一个充电周期开始。如果 BAT 端口电压低于 2.9V, 充电器进入涓流充电模式。涓流模式下, SD4054 提供大约 1/10 的设定电流值使电池电压上升到能够全电流充电的安全电平。(注意: SD4054X 没有涓流充电功能)。当 BAT 电压达到 2.9V, 充电器进入恒流模式, 这时以设定的电流值给电池充电。当 BAT 端口电压接近最后的空载电压 (4.2V), SD4054 进入恒压模式且充电电流开始降低。当充电电流下降到 1/10 的设定值, 充电周期结束。

● 充电电流设定

充电电流通过 PROG 端口到地的单个电阻来设定。电池充电电流 1000 倍于 PROG 端口电流。设定电阻和充电电流可以通过下面等式来计算: $R_{PROG} = 1000V/I_{CHG}$, $I_{CHG} = 1000V/R_{PROG}$, BAT 端口的充电电流在任何时间段可以通过 PROG 端口的电压通过下面的等式来确定: $I_{BAT} = (V_{PROG}/R_{PROG}) * 1000$ 。

● 充电终止

当电池被充电接近空载电压且充电电流下降到 $1/10$ 的设定值时充电终止。这种状态检测通过内部的一个抗干扰比较器监测 PROG 端口来实现。当 PROG 端口电压低于 100mV 的时间长于 t_{TERM} （典型值 1mS），充电终止。充电电流被关闭且 SD4054 进入待机模式，同时输入电流降低到 200uA。

（注意：C/10 终止功能在涓流充电和热限制模式时被禁止）。充电时，BAT 端口的瞬态负载在直流充电电流下降到十分之一设定值之前就能够导致 PROG 端口电压短期内下降到 100mV 以内。终止充电比较器的 1mS 的过滤时间设定能确保这类瞬态负载不会导致提前终止充电周期。一旦充电电流平均值降到十分之一设定值，SD4054 将终止充电周期并且停止通过 BAT 端口提供电流。这种状态下，所有 BAT 端口的负载必须由电池供电。待机模式时 SD4054 持续监测 BAT 端口电压。如果这个电压下降到 4.05V 补充电阈值，另外一个充电周期就会开始且再次向电池提供充电电流。如果需要人工重启一个充电周期则需要断开电源电压之后重新供电，或者通过 PROG 端口关闭充电器并重启。

● 充电状态指示

充电状态输出端口有三种不同的状态：强下拉（约 10mA），弱下拉（约 20uA）和高阻。强下拉状态表示 SD4054 正处于一个充电周期当中。一旦充电周期终止，端口状态取决于是否出现欠压锁定状况。弱下拉表明 V_{CC} 遇到过欠压锁定状况且 SD4054 准备好充电。高阻态表明 SD4054 正处于欠压锁定模式：不管是 V_{CC} 电压不高于 BAT 端口电压 100mV 以上或者 V_{CC} 端口电压不足。使用一个微处理器可以鉴别这三种状态。

● 热限制

如果芯片结温将要上升到超过 120°C 的保护值，内部热反馈环路将会减小设定充电电流。这个特点可以保护 SD4054 使其不会工作在过温范围内，并且允许使用者在给定电路版上将 SD4054 设定于参数给出的极限功耗状态而不存在毁坏 SD4054 的风险。充电电流设定可以遵循典型环境温度（非最坏情况）从而保证在最坏情况下芯片能够自动减小充电电流。SOT23-5L 功耗将在应用信息章节讨论。

● 欠压锁定

内部有一个欠压锁定电路监控输入电源电压并且在电源电压上升到超过欠压锁定阈值之前使充电器一直保持关断模式。欠压锁定电路有内建 200mV 迟滞。另外，为了防止内部功率 MOS 出现反向电流，如果 V_{CC} 降低到不大于电池电压 30mV 范围时欠压锁定电路也会使充电器处于关断模式。如果欠压锁定比较器跳转，充电器在 V_{CC} 上升到大于电池电压 100mV 之前会一直保持关断模式。

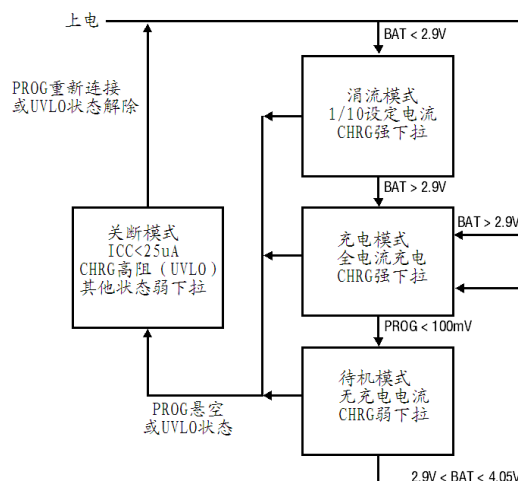
● 人工关断

在充电周期的任何一点，SD4054 可以通过断开 R_{PROG} 来悬置 PROG 端口进入关断模式，这会使电池漏电流减小到 2uA 以下同时电源电流减小到 50uA 以下。当重新接入 R_{PROG} 时新的充电周期就会开始。在人工关断模式下，CHRG 端口处于弱下拉状态直到 V_{CC} 超过欠压保护阈值。当 SD4054 处于欠压保护模式时 CHRG 端口处于高阻态：不论是 V_{CC} 电压不高于电池电压 100mV 或者 V_{CC} 端口电压不足。

● 自动补充

当充电周期结束，SD4054 通过一个 2ms 延迟比较器持续监视电池电压。当电池电压跌落到 4.05V（对应 80%到 90%的电池容量）时新的充电周期重新开始。这保证电池始终处于将近满电的状态且排除了周期性充电的需要。CHRG 在补充周期时处于强下拉状态。

典型充电状态状态如右图所示：



应用信息

● 稳定性考虑

当电池连接到 BAT 端口后恒压模式反馈环路不需要输出电容即可以稳定，如果没有电池接入，推荐接入输出电容减少输出电压纹波。当使用高容值低 ESR 电容时，推荐在电容上串接 1Ω 的电阻，如果使用钽电容则不需要串列电阻。恒流模式时，PROG 端口在反馈环路内，而不是电池。恒流模式稳定性受 PROG 端口的电阻影响。如果 PROG 端口没有额外的电容，充电器在 PROG 端口高达 20K 阻抗时才会稳定。但是增加 PROG 端口节点电容能够减小最大允许的电流设定电阻值。PROG 端口极点频率应该保持在 100K 之上。因此，如果 PROG 端口如果有一个负载电容 C_{PROG} ，下面公司可以用来计算最大允许的 R_{PROG} 电阻的值： $R_{PROG} \leq 1/(2\pi \cdot 10^5 \cdot C_{PROG})$ 。相对瞬态来说平均充电电流可能用户更为关注。例如，如果一个开关电源工作在低电流模式被并接到电池上，那么从电池汲取的平均电流显然比瞬态峰值电流更受关注。这个示例中，PROG 端口一个简单的 RC 滤波器就可以用来计量电池的平均电流。一个 10K 电阻接在 PROG 端口和滤波电容之间保证稳定性。

● 功耗

SD4054 通过热反馈来减少输出充电电流的状态可以用来近似考虑芯片的功耗。几乎所有的功耗产生在内部功率 MOSFET 上，可以通过下面等式近似计算： $P_D = (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT}$ 。这里 P_D 是功耗， V_{CC} 是输入电源电压， V_{BAT} 是电池电压， I_{BAT} 是充电电流。芯片开始热保护的近似环境温度： $T_A = 120^\circ\text{C} - P_D \theta_{JA}$ 。例如：一个 SD4054 工作于 5V 的 USB 供电，设定的满刻度充电电流 400mA 给一个放电到 3.75V 的锂离子电池充电。假设 θ_{JA} 为 $150^\circ\text{C}/\text{W}$ （视版设计考虑而定），那么 SD4054 热保护开始环境温度近似为 45°C 。因此 SD4054 可以使用在 45°C 的环境温度下，但是充电电流将会从 400mA 减小。在给定的环境温度下的充电电流可以近似为： $I_{BAT} = (120^\circ\text{C} - T_A) / [(V_{CC} - V_{BAT}) \cdot \theta_{JA}]$ 。利用前面的例子则环境温度 60°C 时，充电电流将减小到 320mA。而且，当热反馈降低充电电流，PROG 端口也将等比例的减少如同前面讨论的。当结温将要达到 120°C 的保护值时，SD4054 将会自动减小功耗，因此 SD4054 在应用设计室不需要考虑最坏的温度状况。

● V_{CC} 旁路电容

多类电容都可以用来作为输入旁路电容，但是，注意使用多层陶瓷电容需要测试。因为一些陶瓷电容的自体谐振和高 Q 特征，在某些启动状况下可能会产生瞬态高压，如连接充电器到电源时。连接一个 1.5Ω 电阻到一个 X5R 陶瓷电容将会使瞬态高压几率最小化。

● 充电电流软启动

SD4054 内置软启动电路在开始充电周期时可以使浪涌电流最小化。当充电周期初始，充电电流从 0 上升到满刻度大约需要 100uS 的时间。这在电源上电时最小化瞬态电流负载是非常有效的。

● CHRG 输出状态端口

CHRG 端口能够提供输入电压超过欠压锁定阈值的标示。大约 20uA 的弱下拉表明输入电压不足以开始充电。当一个被放电的电池接入充电器，充电周期的恒流部分开始时 CHRG 被下拉到地。CHRG 端口能够下拉 10mA 电流驱动 LED 来表明充电周期正工作中。当电池接近满充，充电器进入充电周期中的恒压模式，充电电流开始下降。当充电电流下降到 1/10 设定电流，充电周期结束，CHRG 端口由强下拉转换为 20uA 的弱下拉，表明充电周期结束状态。如果输入电压被断开或者下降到欠压锁定阈值，CHRG 端口变为高阻态。

● 输入电压反接保护

在一些应用里面，希望能够有电源反接保护。如果电源电压足够高，可以使用串接的整流二极管。在其他情况下，如果电源电压降要求足够低时可以使用 PMOS。

● USB 和插墙电源

SD4054 允许墙插电源或者 USB 接口充电。

封装信息

