



线性锂电池充电芯片 LR4056

1 产品特点

- 高达 1A 的可编程充电电流
- 无需 MOSFET、检测电阻器和隔离二极管
- 高精度充满检测电压阈值：4.2V（±1%）
- 涌流/恒流/恒压三段式充电
- 充电电流外部可调
- 充电电流智能热调节
- 电池温度检测保护
- 自动再充电
- 充电状态指示
- 符合 IEC62368 最新标准
- ESOP-8 封装

3 产品描述

LR4056 一款高集成度、高性价比的单节锂离子电池充电芯片。

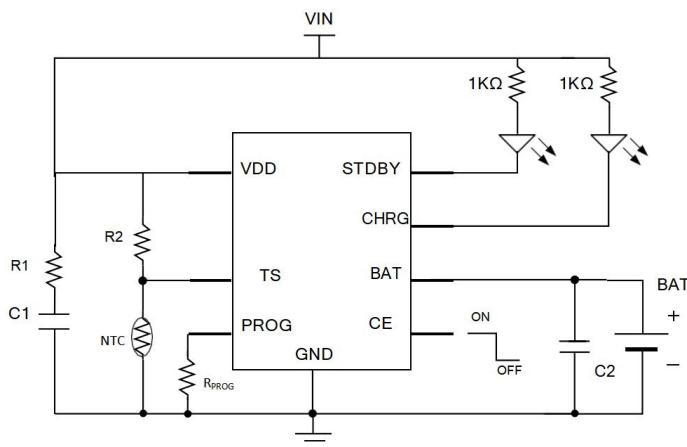
LR4056 采用恒定电流/恒定电压线性控制，只需较少的外部元件数目，是便携式应用的理想选择；同时也可以适合 USB 电源和适配器电源工作。

LR4056 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。充电电压固定于 4.2V，而充电电流可通过一个电阻进行外部设置。当充电电流在达到最终浮充电压之后降至设定值 1/10 时，LR4056 将自动终止充电循环。

2 产品应用

- 移动电话充电座
- 便携式媒体播放
- 蓝牙耳机

当输入电压（交流适配器或 USB 电源）被拿掉时，LR4056 自动进入一个低电流状态，电池漏电流在 2uA 以下。LR4056 的其他特点包括充电电流监控器、输入过压保护、欠压闭锁、自动再充电和两个用于指示充电结束和输入电压接入的状态引脚。



注 1：建议取值 ($R1=4.7\text{--}10\Omega$, $C1/C2$ 为 $1\text{--}10\mu F$)



4 器件信息

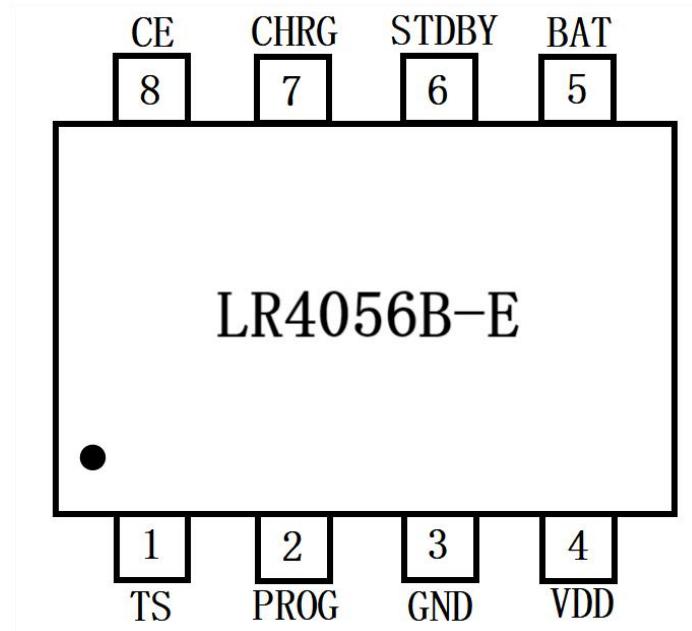
规格型号	封装	丝印
LR4056B-E	8-Pin ESOP-8, Pb-free	LR4056 B

5 版本历史

版本	修订内容	时间
A	新建	2023年10月30日
B	耐压值更改为9V	2023年11月28日



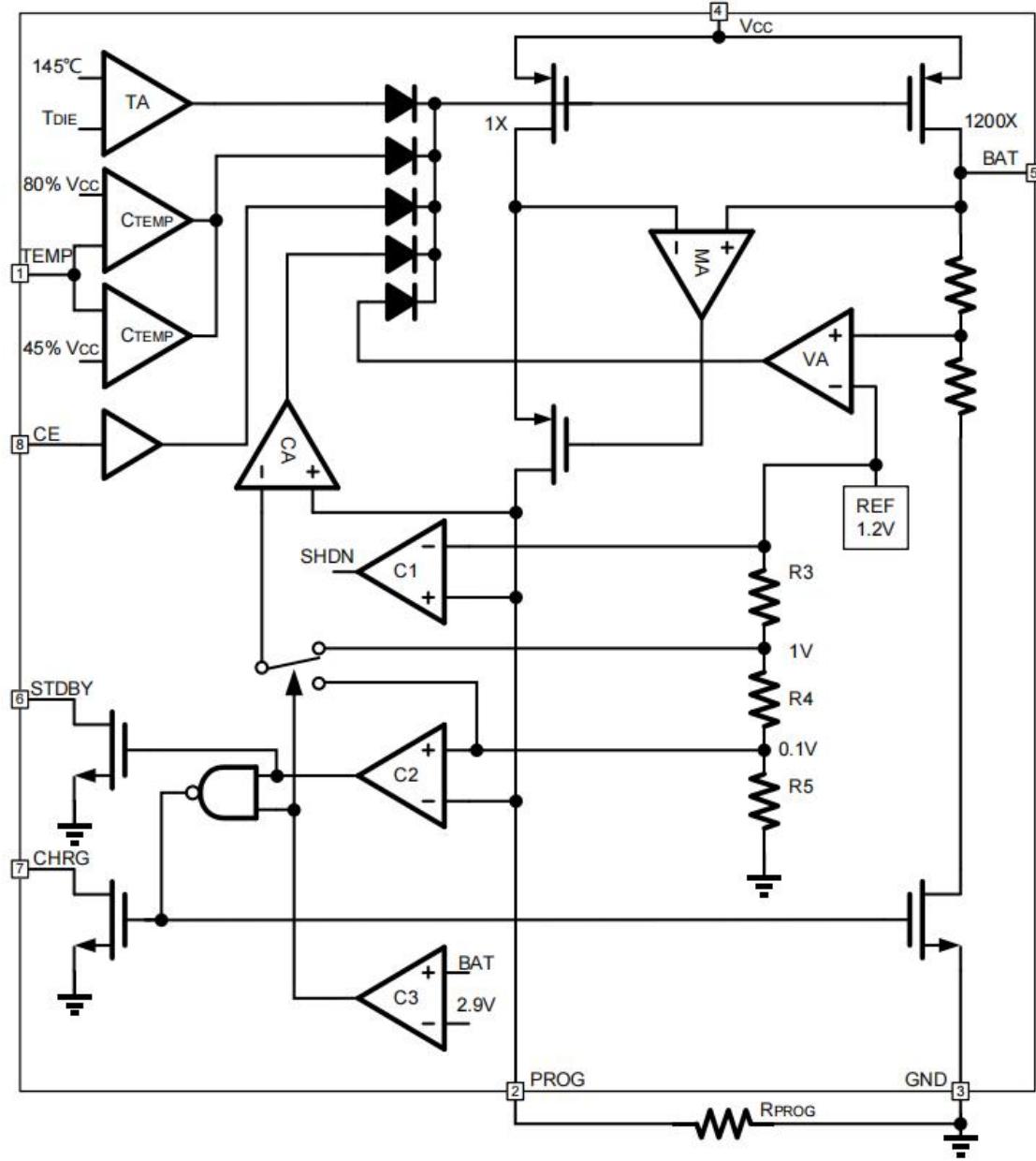
6 引脚定义和功能



NO.	Name	Function
1	TS	外部温度感应引脚，不用时接地
2	PROG	充电电流调整端
3	GND	芯片地
4	VDD	电源输入端
5	BAT	电池输入端
6	STDBY	充满指示灯
7	CHRG	充电指示灯
8	CE	充电功能使能端，高电平有效。
NC	EPAD	散热片，连接到地



7 功能框图





8 电气特性

8.1 极限参数

常温下测试(除非特殊说明)

Name	Function	Max	Unit
VDD	VDD 管脚输入电压	-0.3 ~ 9	V
V _{BAT}	BAT 管脚输入电压	-0.3 ~ 9	V
V _{CHRG}	CHRG 管脚输入电压	-0.3 ~ 9	V
V _{STDBY}	STDBY 管脚输入电压	-0.3 ~ 9	V
V _{TS}	TS 管脚输入电压	-0.3 ~ 9	V
V _{PROG}	PROG 管脚输入电压	-0.3 ~ 9	V
V _{CE}	CE 管脚输入电压	-0.3 ~ 9	V
T _{OAT}	工作温度	-40 ~ +85	°C
T _{MJT}	最大结温度	150	°C
T _{ST}	存储温度	-55 ~ 150	°C
R _{thJA}	封装热阻	58	°C/W
ESD (HBM)	人体模式静电等级	±2	KV

注2：最大极限值是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。推荐工作范围是指在该范围内，器件功能正常，但并不完全保证满足个别性能指标。电气参数定义了器件在工作范围内并且在保证特定性能指标的测试条件下的电参数规范。对于未给定上下限值的参数，该规范不予保证其精度，但其典型值合理反映了器件性能。



8.2 电气参数

除非特殊说明, $T_J = 25^\circ C$.

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源电压	V_{DD}		4.5	5	5.5	V
静态电流	I_Q	充电模式, $R_{PROG}=1.2k$		150	500	uA
		待机模式(充电终止)		55	100	uA
		停机模式(R_{PROG} 未连接, $V_{DD} < V_{BAT}$, or $V_{CC} < V_{UV}$)		55	100	uA
稳定输出(浮充)电压	V_{FLOAT}	$0^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$, $I_{BAT} = 40mA$	4.158	4.200	4.242	V
BAT引脚电流	I_{BAT}	$R_{PROG} = 2.4k$, 电流模式	450	500	550	mA
		$R_{PROG} = 1.2k$, 电流模式	950	1000	1150	mA
		待机模式, $V_{BAT} = 4.2V$	0	-2.5	-6	uA
		停机模式 (R_{PROG} 未连接)		±1	±2	uA
涓流充电电流	I_{TRIKL}	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$, $R_{PROG} = 1.2k$	90	100	120	mA
涓流充电门限电压	V_{TRIKL}	$R_{PROG} = 1.2k$, V_{BAT} 上升	2.8	2.9	3.0	V
涓流充电迟滞电压	V_{TRHYS}	$R_{PROG} = 1.2k$	60	80	100	mV
VCC欠压闭锁门限电压	V_{UV}	V_{CC} 从低到高	3.5	3.7	3.9	V
VCC欠压闭锁迟滞电压	V_{UVHYS}		150	200	300	mV
C/10终止电流门限	I_{TERM}	$R_{PROG} = 2.4k$	50	60	70	mA
		$R_{PROG} = 1.2k$	110	120	150	mA
PROG引脚电压	V_{PROG}	$R_{PROG} = 1.2k$, 电流模式	0.9	1.0	1.1	V
CHRG引脚输出低电压	V_{CHRG}	$I_{CHRG} = 5mA$		0.3	0.6	V
STDBY引脚输出低电压	V_{CHRG}	$I_{STDBY} = 5mA$		0.3	0.6	V
再充电电池门限电压	ΔV_{RECHRG}	$V_{FLOAT} - V_{RECHRG}$	100	150	200	mV
限定温度模式中的结温	T_{LIM}			145		°C
功率FET导通电阻	R_{ON}			300		$m\Omega$
软启动时间	t_{SS}	$I_{BAT} = 0$ to $I_{BAT} = 1000V/R_{PROG}$		20		us
再充电比较器滤波时间	$t_{RECHARGE}$	V_{BAT} 高至低	0.8	1.8	4.0	ms
终止比较器滤波时间	t_{TERM}	I_{BAT} 降至 $I_{CHG}/10$	0.8	1.8	4.0	ms
PROG引脚上拉电流	I_{PROG}			1.0		uA
TS引脚高端翻转电压	V_{TS-H}			80	82	% V_{CC}
TS引脚低端翻转电压	V_{TS-L}		43	45		% V_{CC}
EN 引脚输入高电平阈值	V_{ENH}		1.2			V
EN引脚输入低电平阈值	V_{ENL}				0.6	V

注 3: 除特殊测试说明外, 电气参数均在 $T_A = +25^\circ C$ 条件下测试。

注 4: 规格书的最小、最大规范范围由测试保证, 典型值由设计、测试或统计分析保证。



9 工作原理

LR4056 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芯片。LR4056 可以依靠一个 USB 端口或 AC 适配器工作，最大能够提供 1A 的充电电流(借助一个热设计良好的PCB布局)和±1%精度的浮充电压。

9.1 正常充电循环

当 VDD 引脚电压升至 UVLO 门限电压以上且在 PROG 引脚与地之间连接了一个精度为 1%的电阻，然后一个电池与充电芯片输出端相连时，一个充电循环开始。如果 BAT 引脚电压低于 VTRKL，则充电芯片进入涓流充电模式。在该模式中，LR4056 提供约 1/10 的设定充电电流，以便将电池电压提升至一个安全的电压，从而实现满电流充电。当 BAT 引脚电压升至 VTRKL 以上时，充电芯片进入恒定电流模式，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 VFLOAT 时，LR4056 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。

9.2 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来设定的。电池充电电流是PROG引脚输出电流的 1200 倍。设定电阻和充电电流采用下列公式来计算：

$$R_{PROG} = \frac{1200}{I_{CHG}}, \text{ 或 } I_{CHG} = \frac{1200}{R_{PROG}}$$

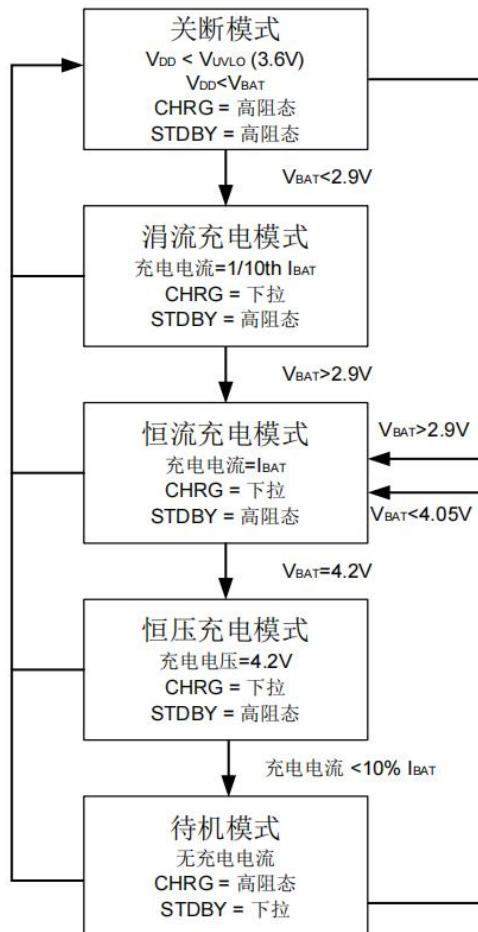
对于大于 0.5A 应用中，芯片热量相对较大，智能温度控制会降低充电电流，不同环境测试电流与公式计算理论值也变的不完全一致。客户应用中，可根据需求选取合适大小的 R_{PROG} 。

9.3 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 1.8ms)时，充电被终止。充电电流被关断，LR4056进入待机模式，此时输入电源电流降至55uA。(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，LR4056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，LR4056对BAT引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到4.05V的再充电电压门限(VRECHRG)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。一个典型充电循环的状态图如下所示。



9.4 充电指示功能 (CHRG / STDBY)

LR4056 有两个开漏输出的状态指示脚CHRG和STDBY。当充电芯片处于充电状态时，CHRG 输出下拉，STDBY 输出高阻态。充电完成时，STDBY输出下拉。当电池温度异常时，CHRG和STDBY都输出高阻态。将TS引脚接地可以关闭电池温度监测功能。

充电状态	CHRG	STDBY
正在充电	亮	灭
充电终止	灭	亮
欠压闭锁, 电池温度异, 或 电池未连接 (TS引脚使用时)	灭	灭

9.5 智能温控

如果芯片温度升高到预设值145°C，内部热反馈环路将减小充电电流。该功能可防止LR4056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LR4056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。

9.6 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 VDD 升至欠压闭锁门限以上之前使充电芯片保持在停机模式。UVLO 电路将使充电芯片保持在停机模式。如果 UVLO 比较器发生跳变，则在 VDD 升至比电池电压高 100mV 之前充电芯片将不会退出停机模式。

9.7 自动再启动

一旦充电循环被终止，LR4056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4.05V（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。

9.8 功耗考虑

芯片结温依赖于环境温度、PCB布局、负载和封装类型等多种因素。功耗与芯片结温可根据以下公式计算：

$$P_D = R_{DS(ON)} \times I_{OUT}^2$$

根据PD 结温可由以下公式求得：

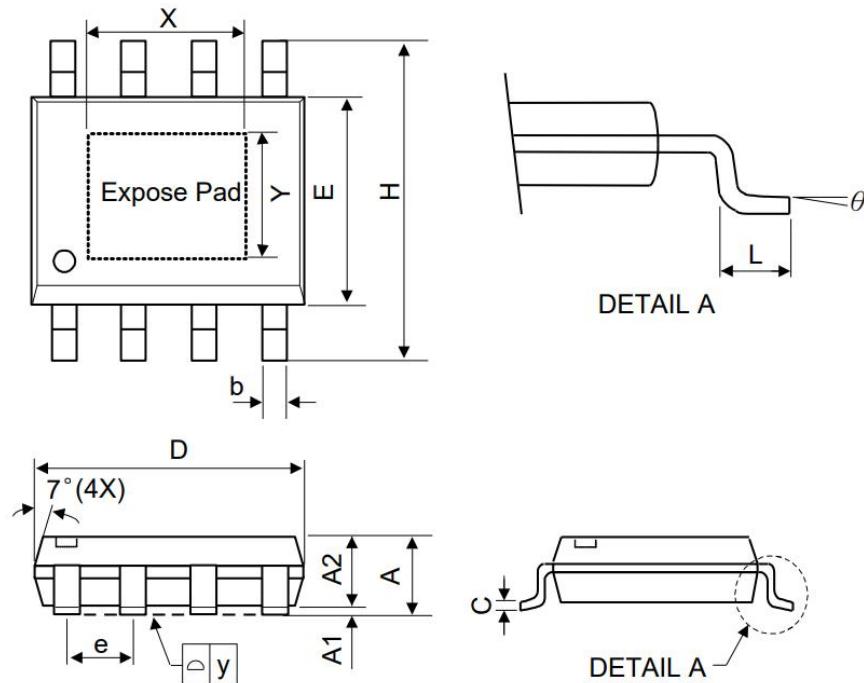
$$T_J = P_D \times \theta_{JA} + T_A$$

其中

T_J 是芯片结温， T_A 是环境温度， θ_{JA} 是封装热阻



10 封装信息 (ESOP-8)



参数	尺寸(mm)		尺寸(inch)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A	-	1.75	-	0.0690
A1	0	0.15	0	0.0600
A2	1.25	-	0.0490	-
C	0.10	0.25	0.0075	0.0100
D	4.70	5.10	0.1850	0.2000
E	3.70	4.10	0.1460	0.1610
H	5.80	6.20	0.2280	0.2440
L	0.40	1.27	0.0150	0.0500
b	0.31	0.51	0.0120	0.0200
e	1.27 BSC		0.0500 BSC	
y	-	0.10	-	0.0040
X	-	-	-	-
Y	-	-	-	-
θ	0°	8°	0°	8°