

采用 2mm × 2mm DFN 封装 并具有 NTC 热敏电阻输入的 独立 750mA 锂离子电池充电器

特点

- 采用 2mm × 2mm DFN 封装的完整线性充电器
- C/10 充电电流检测输出
- 定时器充电终止
- 高达 750mA 且准确度为 5% 的可设置充电电流
- 无需外部 MOSFET、检测电阻器或隔离二极管
- NTC 热敏电阻输入以实现适宜温度充电
- 准确度达 0.6% 的 4.2V 预设浮动电压
- 恒定电流/恒定电压操作和热反馈功能可在无过热危险的情况下实现充电速率的最大化
- 用于电池电量测量的充电电流监视器输出
- 自动再充电
- 可直接从 USB 端口对单节锂离子电池进行充电
- 停机模式中的电源电流为 20 μ A
- 软起动功能限制了涌入电流
- 纤巧的 6 引脚 (2mm × 2mm) DFN 封装

应用

- 无线 PDA
- 蜂窝电话
- 便携式电子产品

LT、LT-、LTC 和 LTM 是凌特公司的注册商标。
所有其他商标均为其各自拥有者的产权。
受包括第 6522118、6700364 号美国专利的保护。

描述

LTC4069 是一款用于单节锂离子电池的恒定电流/恒定电压线性充电器。其 2mm × 2mm DFN 封装和很少的外部元件数目使得 LTC4069 尤其适合便携式应用。而且，LTC4069 是专门为 USB 电源充电而设计的。

CHRG 引脚将在充电电流降至其设定值的 10% (C/10) 时发出指示信号。一个内部定时器按照电池制造商提供的产品规范来终止充电操作。

由于该器件采用了内部 MOSFET 架构，因而无需外部检测电阻器或隔离二极管。热反馈可调整充电电流，以便在大功率工作或高环境温度条件下对芯片温度加以限制。

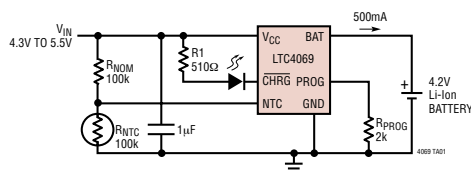
当输入电压 (交流适配器或 USB 电源) 被拿掉时，LTC4069 自动进入一个低电流状态，并将电池漏电流降至 1 μ A 以下。可在施加电源的情况下将 LTC4069 置于停机模式，从而将电源电流降至 20 μ A 以下。

LTC4069 还包括自动再充电、低电池电量充电调节 (涓流充电)、软起动 (以限制涌入电流) 和一个用于监视电池温度的 NTC 热敏电阻输入。

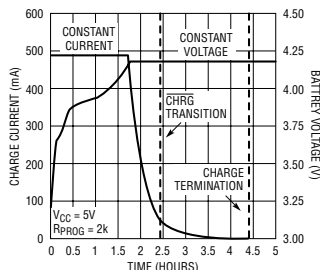
LTC4069 采用纤巧型 6 引脚、扁平 (高度仅 0.75mm) 2mm × 2mm DFN 封装。

典型应用

独立型锂离子电池充电器



完整的充电周期 (1000mAh 电池)



绝对最大额定值 (注1)

V_{CC}	
$t < 1\text{ms}$ 和占空比 $< 1\%$	-0.3V 至 7V
稳态	-0.3V 至 6V
$BAT, \overline{CHRG}$	-0.3V 至 6V
$PROG, NTC$	-0.3V 至 $V_{CC} + 0.3\text{V}$
BAT 短路持续时间	连续
BAT 引脚电流	800mA
$PROG$ 引脚电流	$800\mu\text{A}$
结温 (注 6)	125°C
工作温度范围 (注 2)	-40°C 至 85°C
贮存温度范围	-65°C 至 125°C

封装/订购信息

TOP VIEW

DC PACKAGE
6-LEAD (2mm × 2mm) PLASTIC DFN
 $T_{JMAX} = 125^{\circ}\text{C}$, $\theta_{JA} = 60^{\circ}\text{C/W}$ (NOTE 3)
EXPOSED PAD (PIN 7) IS GND
MUST BE SOLDERED TO PCB

产品型号	DC 器件标记
LTC4069EDC	LBZX

订购选项 卷带：加 #TR
无铅型：加 #PBF 无铅型卷带：加 #TRPBF
无铅型器件标记：<http://www.linear.com/leadfree/>

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌特公司。

电特性

凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。 $V_{CC} = 5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ ， $V_{NTC} = 0\text{V}$ ， 除非特别注明。(注 2)

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}	V_{CC} 电源电压	(注 4)	●	3.75		5.5	V
I_{CC}	静态 V_{CC} 电源电流	$V_{BAT} = 4.5\text{V}$ (强制 I_{BAT} 和 $I_{PROG} = 0$)	●		120	250	μA
I_{CCMS}	停机模式中的 V_{CC} 电源电流	$PROG$ 引脚浮置	●		20	40	μA
I_{CCUV}	欠压闭锁条件下的 V_{CC} 电源电流	$V_{CC} < V_{BAT}$ ， $V_{CC} = 3.5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 4\text{V}$	●		6	11	μA
V_{FLOAT}	V_{BAT} 已调输出电压	$I_{BAT} = 2\text{mA}$ $I_{BAT} = 2\text{mA}$ ， $0^{\circ}\text{C} < T_A < 85^{\circ}\text{C}$		4.175 4.158	4.2 4.2	4.225 4.242	V V
I_{BAT}	BAT 引脚电流	$R_{PROG} = 10\text{k}$ (0.1%)， 电流模式 $R_{PROG} = 2\text{k}$ (0.1%)， 电流模式	● ●	88 475	100 500	112 525	mA mA
I_{BMS}	停机模式中的电池漏电流	$PROG$ 引脚浮置， $V_{CC} > V_{BAT}$	●	-1	0	1	μA
I_{BUV}	欠压闭锁条件下的电池漏电流	$V_{CC} = 3.5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 4\text{V}$	●	0	1	4	μA
V_{UVLO}	V_{CC} 欠压闭锁电压	V_{CC} 上升 V_{CC} 下降	● ●	3.4 2.8	3.6 3.0	3.8 3.2	V V
V_{PROG}	$PROG$ 引脚电压	$R_{PROG} = 2\text{k}$ ， $I_{PROG} = 500\mu\text{A}$ $R_{PROG} = 10\text{k}$ ， $I_{PROG} = 100\mu\text{A}$	● ●	0.98 0.98	1 1	1.02 1.02	V V
V_{ASD}	自动停机门限电压	$(V_{CC} - V_{BAT})$ ， V_{CC} 低电平至高电平 $(V_{CC} - V_{BAT})$ ， V_{CC} 高电平至低电平		60 15	82 32	100 45	mV mV
I_{PROG}	$PROG$ 引脚上拉电流	$V_{PROG} > 1\text{V}$			3		μA

电 特 性

凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{CC} = 5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ ， $V_{NTC} = 0\text{V}$ ，除非特别注明。(注 2)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{MS_PROG}	PROG 停机门限电压	V_{PROG} 上升	● 3.7	4	4.3	V
t_{SS}	软起动时间			170		μs
I_{TRKL}	涓流充电电流	$V_{BAT} = 2\text{V}$ ， $R_{PROG} = 2\text{k}$ (精度为 0.1%)	35	50	65	mA
V_{TRKL}	涓流充电门限电压	V_{BAT} 上升	● 2.7	2.9	3.05	V
V_{TRHYS}	涓流充电迟滞电压			90		mV
ΔV_{RECHRG}	再充电电池门限电压	$V_{FLOAT} - V_{RECHRG}$ ， $0^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$	70	100	130	mV
ΔV_{UVCL1}	(V _{CC} - V _{BAT}) 欠压电流限值	$I_{BAT} = 90\%$ 设定充电电流	180	220	330	mV
ΔV_{UVCL2}		$I_{BAT} = 10\%$ 设定充电电流	90	125	150	mV
t_{TIMER}	终止定时器		● 3	4.5	6	小时
	再充电时间		● 1.5	2.25	3	小时
	低电池电量涓流充电时间	$V_{BAT} = 2.5\text{V}$	● 0.75	1.125	1.5	小时
V_{CHRG}	CHRG 引脚输出低电压	$I_{CHRG} = 5\text{mA}$	●	60	105	mV
I_{CHRG}	CHRG 引脚漏电流	$V_{BAT} = 4.5\text{V}$ ， $V_{CHRG} = 5\text{V}$	●	0	1	μA
$I_{C/10}$	充电结束指示电流水平	$R_{PROG} = 2\text{k}$ (注 5)	● 0.08	0.095	0.11	mA/mA
T_{LIM}	恒定温度模式中的结温			115		$^\circ\text{C}$
R_{ON}	功率 FET “接通”电阻 (在 V _{CC} 和 BAT 之间)	$I_{BAT} = 350\text{mA}$		450		m Ω
f_{BADBAT}	失效电池检测 CHRG 脉冲频率			2		Hz
D_{BADBAT}	失效电池检测 CHRG 脉冲频率 占空比			75		%
I_{NTC}	NTC 引脚电流	$V_{NTC} = 2.5\text{V}$			1	μA
V_{COLD}	低温故障门限电压	上升电压门限 迟滞		$0.76 \cdot V_{CC}$		V
				$0.015 \cdot V_{CC}$		V
V_{HOT}	高温故障门限电压	下降电压门限 迟滞		$0.35 \cdot V_{CC}$		V
				$0.017 \cdot V_{CC}$		V
$V_{NTC-DIS}$	NTC 停用门限电压	下降门限； $V_{CC} = 5\text{V}$		82		mV
$V_{DIS-HYS}$	NTC 停用迟滞电压			50		mV
f_{NTC}	故障温度 CHRG 脉冲频率			2		Hz
D_{NTC}	故障温度 CHRG 脉冲频率 占空比			25		%

注 1：高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

注 2：LTC4069 保证在 0°C 至 70°C 的范围内满足规定性能要求。在 -40°C 至 85°C 工作温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程控制中的相关性来保证。

注 3：封装的裸露背面与 PC 板接地平面焊接不良将导致热阻远远高于额定值。

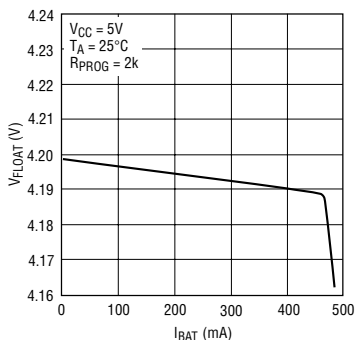
注 4：尽管 LTC4069 可在 3.75V 的电压条件下正确运作，但是，按照 ΔV_{UVCL1} 规格，满充电电流需要一个高于期望的最终电池电压的输入电压。

注 5： $I_{C/10}$ 被表示为在采用所示的 PROG 电阻器的情况下测得的满充电电流的一个分数。

注 6：该 IC 备有用于在短暂过载条件下对器件提供保护的过热保护功能。结温将在过热保护功能处于运行状态时超过 125°C 。在规定的最大工作结温以上连续操作有可能损害器件的可靠性。

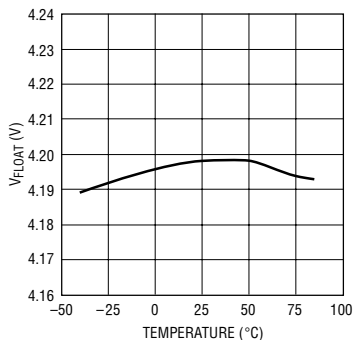
典型性能特征

电池调节(浮动)电压与电池
充电电流的关系曲线



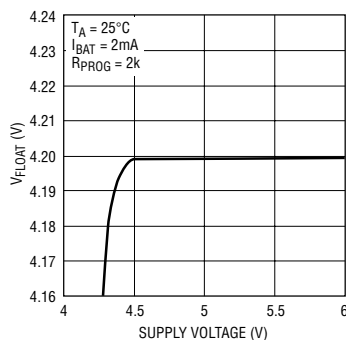
4069 G01

电池调节(浮动)电压与温度
的关系曲线



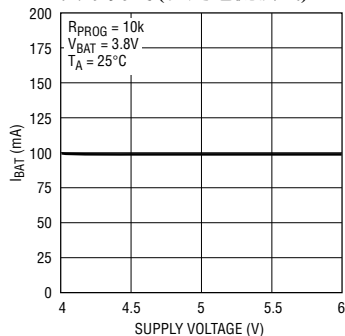
4069 G02

电池调节(浮动)电压与
电源电压的关系曲线



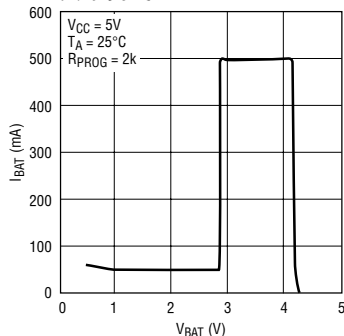
4069 G03

充电电流与电源电压的
关系曲线(恒定电流模式)



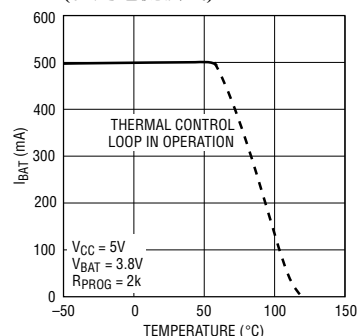
4069 G04

充电电流与电池电压的
关系曲线



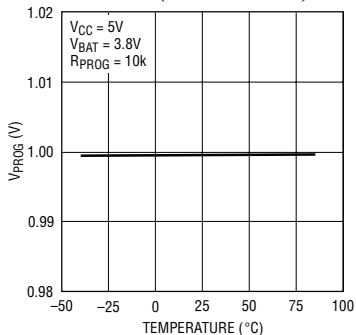
4069 G05

采用热调整功能时充电电流
与环境温度的关系曲线
(恒定电流模式)



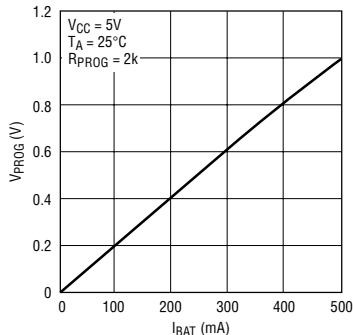
4069 G06

PROG 引脚电压与温度的
关系曲线(恒定电流模式)



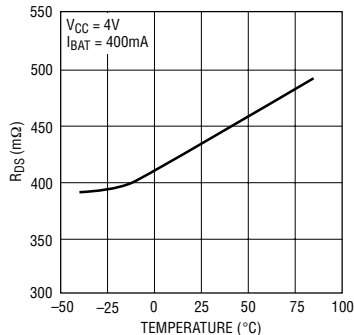
4069 G07

PROG 引脚电压与充电电流
的关系曲线



4069 G08

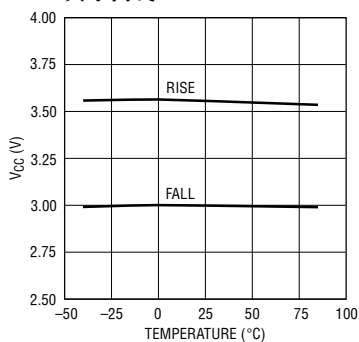
功率 FET 接通电阻与
温度的关系曲线



4069 G09

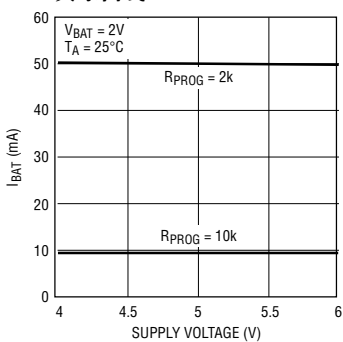
典型性能特征

欠压闭锁门限电压与温度的关系曲线



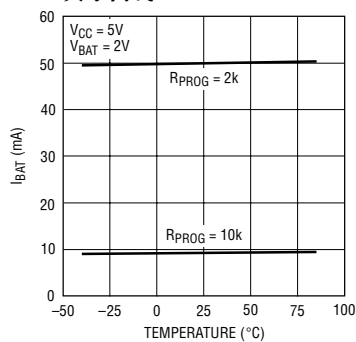
4069 G16

涓流充电电流与电源电压的关系曲线



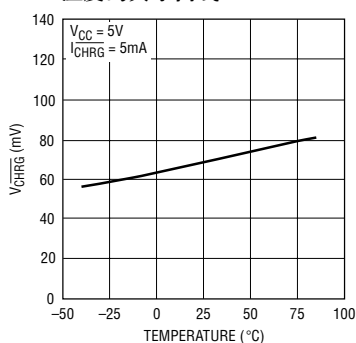
4069 G14

涓流充电电流与温度的关系曲线



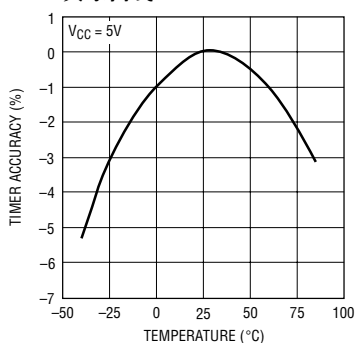
4069 G15

CHRG 引脚输出低电压与温度的关系曲线



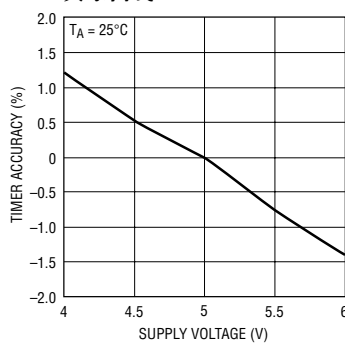
4069 G10

定时器准确度与温度的关系曲线



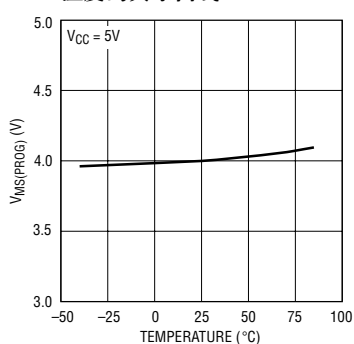
4069 G18

定时器准确度与电源电压的关系曲线



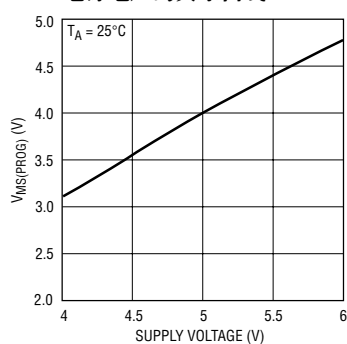
4069 G19

PROG 引脚停机电压门限与温度的关系曲线



4069 G20

PROG 引脚停机电压与电源电压的关系曲线



4069 G21

引脚功能

GND (引脚 1) : 地。

CHRG (引脚 2) : 漏极开路充电状态输出。充电状态指示引脚具有三种状态：下拉、2Hz 脉动和高阻抗状态。该输出可被用作一个逻辑接口或一个 LED 驱动器。当对电池进行充电时，由一个内部 N 沟道 MOSFET 将 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚拉至低电平。当充电电流降至全标度电流的 10% 时， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚被强制为高阻抗状态。如果电池电压处于 2.9V 以下的持续时间达到充电时间的四分之一，则认为电池失效，而且 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚将以 2Hz 的频率脉动 (75% 占空比)。当 NTC 引脚电压升至 $0.76 \cdot V_{\text{CC}}$ 以上或降至 $0.35 \cdot V_{\text{CC}}$ 以下时， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚将以 2Hz 的频率脉动 (25% 占空比)。

BAT (引脚 3) : 充电电流输出。该引脚向电池供应充电电流，并将最终浮动电压调节至 4.2V。该引脚上的一个内部精准电阻分压器负责设定此浮动电压，并在停机模式中断接。

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 3.75V 至 5.5V 之间。该引脚应通过一个最小 1 μF 的电容器进行旁路。当 V_{CC} 处于 BAT 引脚电压的 32mV 以内时，LTC4069 进入停机模式，从而使 I_{BAT} 降至约 1 μA 。

NTC (引脚 5) : NTC (负温度系数) 热敏电阻温度监视电路的输入。在正常操作条件下，应在 NTC 引脚和地之间连接一个热敏电阻，并在 NTC 引脚和 V_{CC} 之间连接一个阻值相同的电阻器。当该引脚上的电压在高温时降至 $0.35 \cdot V_{\text{CC}}$ 以下或者在低温时升至 $0.76 \cdot V_{\text{CC}}$ 以上时，充电暂停，内部定时器冻结，而且 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚输出将开始以 2Hz 的频率脉动。将该引脚的电压拉至 $0.016 \cdot V_{\text{CC}}$ 以下将停用 NTC 功能。存在著与每个输入比较器的门限相关联的温度迟滞 (约 3°C)。

PROG (引脚 6) : 充电电流设置和充电电流监视引脚。在该引脚与地之间连接一个精度为 1% 的电阻器 R_{PROG} 可设置充电电流。当在恒定电流模式下充电时，该引脚的电压被维持于 1V。在所有的模式中，该引脚上的电压都可被用来测量充电电流，采用的公式如下：

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

使 PROG 引脚浮置将把充电器置于停机模式。在停机模式中，LTC4069 的电源电流低于 20 μA ，电池漏电流约为 1 μA 。

裸露衬垫 (引脚 7) : 地。裸露衬垫必须被焊接至 PCB 的地，以实现电接触和额定散热性能。

简化方框图

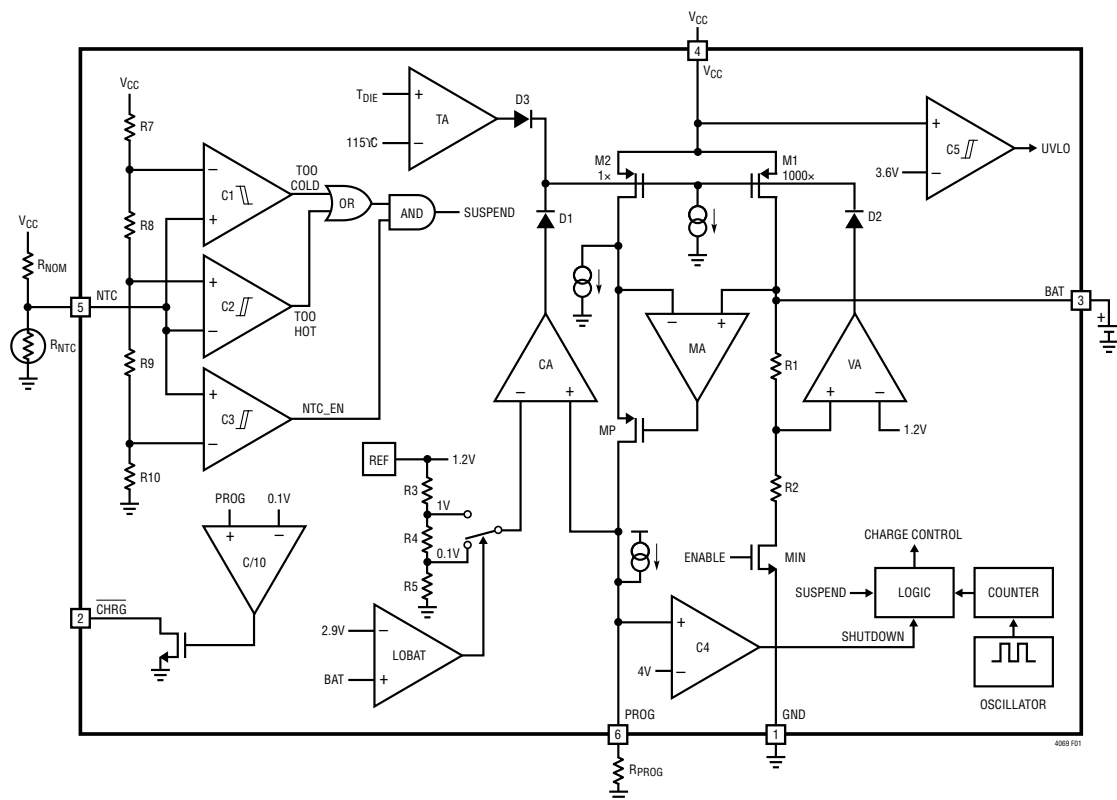


图1：LTC4069 方框图

工作原理

LTC4069 是一款主要为给单节锂离子电池充电而设计的线性电池充电器。该充电器具有一个内部 P 沟道功率 MOSFET，采用一种恒定电流/恒定电压充电算法和可设置电流。可设置高达 750mA 的充电电流并具有一个 $\pm 0.6\%$ 的最终浮动电压准确度。 $\overline{\text{CHRG}}$ 漏极开路状态输出将在充电电流达到 C/10 时发出指示信号。无需隔离二极管或外部检测电阻器；因此，基本的充电器电路只需要两个外部元件。内部充电终止定时器和涓流充电低电量电池遵循电池制造商的安全指导准则。不仅如此，

LTC4069 还能够从一个 USB 电源获得工作电源。

如果芯片温度试图升至约 115°C 的预设值以上，则一个内部热限制电路将减小设定的充电电流。该功能可防止 LTC4069 过热，并允许用户提升给定电路板的功率处理能力极限而没有损坏 LTC4069 或外部元件的风险。LTC4069 热限制功能的另一个优点是可以根据实际应用中典型（不是最坏情况）环境温度来设定充电电流。在最坏情况下，充电器会自动减少充电电流。

工作原理

当下列条件得到满足时，充电周期开始： V_{CC} 引脚上的电压超过 3.5V 且约比 BAT 引脚电压高出 80mV、在 PROG 引脚和地之间接入了一个 1% 精度的设置电阻器和 NTC 引脚电压处于 $0.76 \cdot V_{CC}$ 和 $0.35 \cdot V_{CC}$ 之间或低于 $0.016 \cdot V_{CC}$ 。

如果 BAT 引脚电压低于 2.9V，则充电器进入涓流充电模式，从而以 1/10 的设定充电电流来对电池进行充电，以便将电池电压提升到一个适合充电的安全电平。如果 BAT 引脚电压高于 4.1V，则充电器将不对电池进行充电，因为电池已接近满容量。否则，充电器将进入快速充电恒定电流模式。

当 BAT 引脚电压接近最终浮动电压 (4.2V) 时，LTC4069 进入恒定电压模式且充电电流开始减小。当电流降至全标度充电电流的 10% 时，一个内部比较器将关断 CHRG 引脚上的 N 沟道 MOSFET，而且，该引脚将呈高阻抗状态。

一个内部定时器负责设定总充电时间 t_{TIMER} (通常为 4.5 小时)。当这段时间结束时，充电周期终止，CHRG 引脚呈高阻抗状态。如果 BAT 引脚电压降至 V_{RECHRG} (典型值为 4.1V) 以下，则充电周期将自动重新开始。如欲以手动方式来重新启动充电周期，可取消输入电压并重新施加，或者短暂地将 PROG 引脚浮置并再次连接。

设定充电电流

充电电流是利用一个连接在 PROG 引脚与地之间的电阻器来设定的。电池充电电流是 PROG 引脚输出电流的 1000 倍。设定电阻器和充电电流采用下列公式来计算：

$$R_{PROG} = 1000 \cdot \frac{1V}{I_{CHG}}, \quad I_{CHG} = \frac{1000V}{R_{PROG}}$$

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，采用的公式如下：

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

欠压闭锁 (UVLO)

一个内部欠压闭锁电路负责监视输入电压，并在 V_{CC} 升至 3.6V 以上以及比 BAT 引脚电压高出约 80mV 之前使充电器保持在欠压闭锁状态。该 3.6V UVLO 电路具有一个约 0.6V 的内置迟滞，而且自动停机门限具有一个约 50mV 的内置迟滞。在欠压闭锁状态下，最大电池漏电流为 4 μ A，最大电源电流为 11 μ A。

停机模式

可通过把 PROG 引脚浮置来停用 LTC4069。在停机模式中，电池漏电流降至 1 μ A 以下，电源电流降至约 20 μ A。

定时器和再充电

LTC4069 具有一个内部终止定时器，当给 V_{CC} 施加一个高于欠压闭锁门限的输入电压或当器件从停机模式退出且电池电压低于再充电门限时，该终止定时器将起动作。

在上电或退出停机模式时，如果电池电压低于再充电门限，则充电时间被设定为 4.5 小时。如果电池温度过高或过低，则充电器将暂停，直到电池恢复正常温度为止。如果电池电压在上电或退出停机模式时高于再充电门限，则该定时器将不起动作，而且充电操作被阻止，因为电池已经达到或接近满容量状态。

一旦充电周期被终止，LTC4069 将使用一个具有 2ms 延迟时间的比较器来连续监视 BAT 引脚电压。当电池电压降至 4.1V (对应于 80% 至 90% 的电池容量) 以下时，将启动一个新的充电周期，一个 2.25 小时定时器开始工作。这就确保了电池被维持在或接近一个满充电状态，并免除了周期性充电周期

工作原理

启动的需要。另外，如果电池电压在定时器终止时并未超过再充电门限电压，则定时器复位，并开始一个 2.25 小时的再充电周期。 $\overline{\text{CHRG}}$ 输出在再充电周期中呈强下拉状态，直至达到 $C/10$ 为止，此时，它将转换至高阻抗状态。

涓流充电和电池失效检测

在充电周期的起点，如果电池电压很低（低于 2.9V），则充电器进入涓流充电模式，充电电流减小至全标度电流的 10%。如果这种低电池电压状态的持续时间达到总充电时间的 $1/4$ (1.125 小时)，则认为电池损坏，充电周期被终止， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚输出将以一个 2Hz 的频率脉动，并且具有一个 75% 的占空比。如果由于任何原因导致电池电压升至 2.9V 以上，则充电周期将被重新启动。如欲重新启动充电周期（即：当用一个放电电池来替代失效电池时），只需简单地拿掉输入电压并重新施加，或者短暂地把 PROG 引脚浮置并再次连接即可。

$\overline{\text{CHRG}}$ 状态输出引脚

充电状态指示器引脚具有三种状态：下拉、2Hz 脉动（见“涓流充电和电池失效检测”及“电池温度监视”）和高阻抗。下拉状态指示 LTC4069 处于充电周期中。高阻抗状态表示充电电流已降至全标度电流的 10% 以下或者 LTC4069 被停用。图 2 示出了各种条件下的 $\overline{\text{CHRG}}$ 状态。

充电电流软启动和软停止

LTC4069 具有一个软启动电路，用于最大限度地减小充电周期开始时的涌入电流。当启动一个充电周期时，充电电流将在约 $170\mu\text{s}$ 的时间里从零斜坡上升至全标度电流。同样地，当充电器被关断或自动终止时，内部电路将使充电电流从全标度值缓慢地斜坡下降至零。这起到了最大限度地减小启动和充电终止期间电源上的瞬变电流负载的作用。

恒定电流/恒定电压/恒定温度

LTC4069 采用一种独特的架构来对电池进行恒定电流、恒定电压、恒定温度形式的充电。图 1 示出了 LTC4069 的简化方框图。图中所示的三个放大器反馈环路用于控制恒定电流 (CA)、恒定电压 (VA) 和恒定温度 (TA) 模式。第四个放大器反馈环路 (MA) 被用来增加电流源对 (M1 和 M2) 的输出阻抗（请注意 M1 为内部 P 沟道功率 MOSFET）。它确保了 M1 的漏电流恰好是 M2 的漏电流的 1000 倍。

放大器 CA 和 VA 被用在独立的反馈环路中，分别用来强制充电器进入恒定电流或恒定电压模式。二极管 D1 和 D2 提供优先权给最需要减小充电电流的环路，既可以是恒定电流环路，也可以是恒定电压环路。另一个放大器的输出以饱和的方式输出低电平，这样可以有效地将其反馈环路与系统分离。在恒定电流模式中，CA 将 PROG 引脚电压维持于精确的 1V。在恒定电压模式中，VA 将其反相输入维持在一个内部基准电压，并且，由 R1 和 R2 所组成的内部电阻分压器可确保电池电压被维持于 4.2V。如“设定充电电流”部分所述，PROG 引脚电压可以指示恒定电压模式期间的充电电流值。

在恒定温度模式中，跨导放大器 TA 可将芯片温度限制在 115°C 左右。二极管 D3 可确保 TA 不会在片温度低于约 115°C 时对充电电流有任何的影响。PROG 引脚电压将继续指示充电电流值。

在典型的工作方式中，充电周期始于恒定电流模式，并向电池输送大小为 $1000\text{V}/R_{\text{PROG}}$ 的电流。如果 LTC4069 的功率耗散导致结温升到 115°C ，则放大器 (TA) 将开始减小充电电流以把芯片温度限制于 115°C 左右。随著电池电压的上升，LTC4069 要么返回恒定电流模式，要么直接从恒定温度模式进入恒定电压模式。不管处于何种模式，PROG 引脚上的电压都与输送给电池的电流成比例。

工作原理

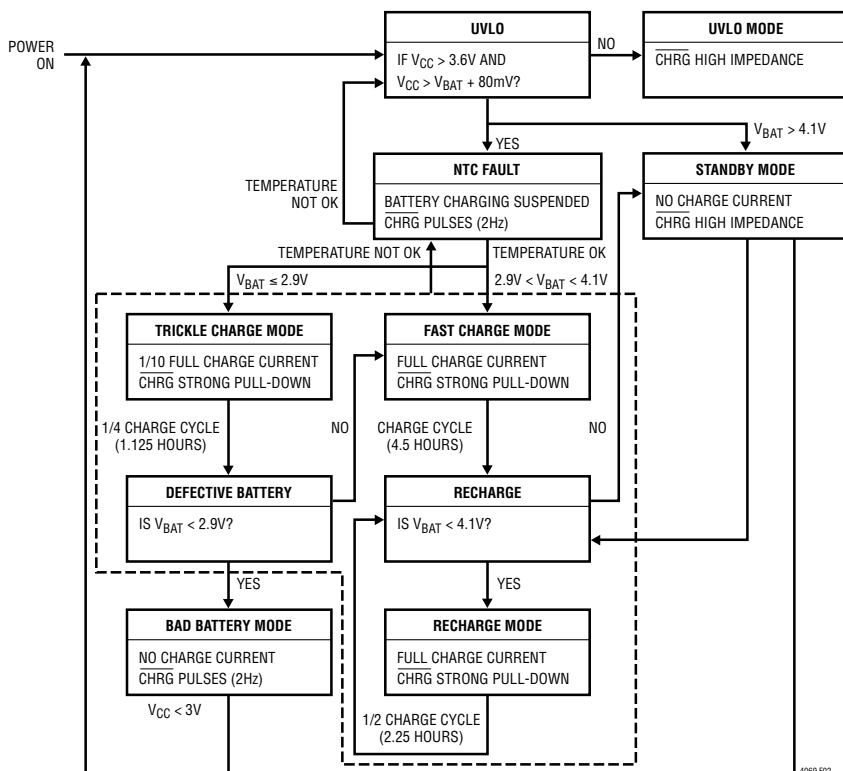


图 2：LTC4069 操作的状态图

通过 NTC 热敏电阻来进行电池温度的监视

电池温度是通过在电池组附近布设一个负温度系数 (NTC) 热敏电阻来测量的。NTC 电路示于图 3。

为利用该功能,可在 NTC 引脚与地之间连接一个 NTC 热敏电阻 R_{NTC} , 并把一个电阻器 (R_{NOM}) 从 NTC 引脚连接至 V_{CC} 。 R_{NOM} 应是一个精度为 1% 的电阻器, 其阻值与所选用的 NTC 热敏电阻在 25°C 条件下的阻值相等 (对于 Vishay 公司的 NTHS0603N01N1002J 热敏电阻而言, 该温度条件下的阻值为 10k)。当 NTC 热敏电阻的阻值降至 R_{NOM} 值的 0.53 倍 (对应于约 40°C)、或者当 NTC 热敏电阻

的阻值升至 R_{NOM} 值的 3.26 倍 (对应于 0°C) 时, LTC4069 进入保持模式。保持模式将定时器冻结并停止充电周期, 直到热敏电阻指示温度已恢复至有效范围为止。对于 Vishay NTHS0603N01N1002J 热敏电阻, 该阻值为 32.6k (大约对应于 0°C)。热比较器和冷比较器均具有约 3°C 的迟滞, 以防止在跳变点附近产生振荡。

当充电器处于保持模式时 (电池温度过高或过低), $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚以一个 2Hz (25% 占空比) 的频率脉动, 除非充电任务完成或认为电池失效。如果 NTC 引脚接地, 则 NTC 功能将被停用。

工作原理

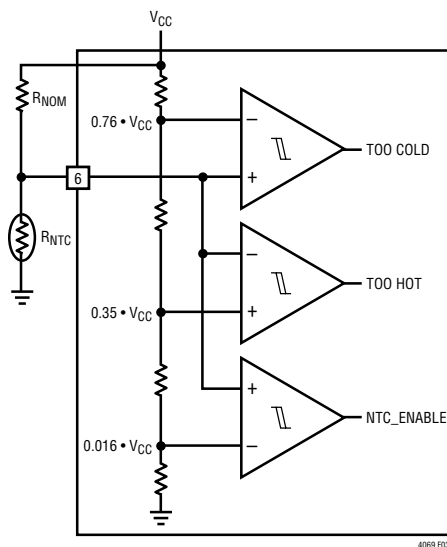


图 3：NTC 电路信息

应用信息

欠压充电电流限制 (UVCL)

LTC4069 具有欠压充电 (ΔV_{UVCL1}) 电流限制功能，可限制满充电电流，直至输入电源电压达到电池电压以上约 200mV 为止。如果 LTC4069 是由一个长电线电源 (或任何较高的输出阻抗) 来供电的，则该功能尤其有用。

例如，USB 供电系统往往具有非常不稳定的源阻抗 (主要是因电缆的质量和长度所致)。一个瞬变负载加上这样的阻抗将会轻易地触发 UVLO 门限发生跳变并关断充电器，除非实现欠压充电电流限制功能。

假设一种 LTC4069 工作于正常条件下且输入电源电压开始下降 (例如：一个外部负载将输入电源电压拉低) 的情形。如果输入电压达到 $V_{BAT} + \Delta V_{UVCL1}$ (大约比电池电压高 220mV)，则欠压充电电流限制电路将开始减小充电电流，以试图在 IC 的 V_{CC} 输入和

BAT 输出之间维持 ΔV_{UVCL1} 。LTC4069 将继续在这种减小的充电电流条件下运作，直到输入电源电压上升或恒定电压模式进一步减小充电电流为止。

从电流限制的交流适配器获取工作电源

通过采用一个电流限制的交流适配器作为输入电源，对于设定充电电流高于电源限值的情况，LTC4069 的功耗要比采用非电流限制型电源时低得多 (在相同的充电电流条件下)。

假设这样一种情形：某项应用需要一个 600mA 的充电电流 (对于一个 800mAh 锂离子电池)。如果采用一个典型的 5V (非电流限制型) 输入电源，则充电器的峰值功耗可能会超过 1W。

现在考虑一下相同的情形，但此时采用的是一个具有 600mA 电流限值的 5V 输入电源。为了利用该电流限制型电源，需要把 LTC4069 设置成以大于

应用信息

600mA 的电流进行充电。假设 LTC4069 是针对 750mA 电流进行设置的 (即: $R_{\text{PROG}} = 1.33\text{k}$), 以确保器件的容限能够维持一个高于 600mA 的设定电流。由于 LTC4069 将需要一个高于电压源电流限值的充电电流, 因此电源电压将降至电池电压 + 600mA · 内部 PFET 的“接通”电阻。当采用一个 5V 电源时, LTC4069 功率器件的“接通”电阻约为 $450\text{m}\Omega$ 。对于输入电源将降至 5V 以下这一事实, 实际的“接通”电阻将略高。该充电期的功耗低于 240mW。与采用非电流限制型电源时相比, 功耗下降了 76%。

USB 和交流适配器电源

虽然 LTC4069 允许从一个 USB 端口进行充电, 但也可采用一个交流适配器来给锂离子电池充电。图 4 示出了交流适配器与 USB 电源输入组合方式的一个实例。一个 P 沟道 MOSFET (MP1) 被用于防止交流适配器接入时电流反向流入 USB 端口, 而一个肖特基二极管 (D1) 则被用于防止 USB 功率经过 1k 下拉电阻器产生损耗。

一般来说, 交流适配器能提供比电流限值为 500mA 的 USB 端口大得多的电流。因此, 当交流适配器接入时, 可采用一个 N 沟道 MOSFET (MN1) 和一个附加的设置电阻器来把充电电流增加至 750mA。

稳定性考虑

LTC4069 具有两个控制环路: 恒定电压和恒定

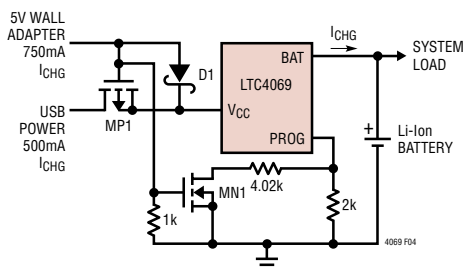


图 4：交流适配器与 USB 电源的组合

电流。当采用低阻抗引线来连接电池时, 恒定电压环路能够在未采用任何补偿的情况下保持稳定。然而, 如果引线过长, 则有可能增加足够的串联电感, 从而要求在 BAT 和 GND 之间布设一个数值至少为 $1\mu\text{F}$ 的旁路电容器。此外, 在电池断接时, 为了抑制纹波电压, 需要在 BAT 和 GND 之间布设一个 $4.7\mu\text{F}$ 电容器和一个 0.2Ω 至 1Ω 的串联电阻器。

ESR 非常低的高数值电容器 (尤其是陶瓷电容器) 有可能减小恒定电压环路的相位余量。可以采用一个与电池并联而高达 $22\mu\text{F}$ 的陶瓷电容器, 不过, 较大的陶瓷电容器应采用 0.2Ω 至 1Ω 的串联电阻来进行旁路。

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。由于 PROG 引脚电容所产生的附加极点的缘故, 该引脚上的电容必须尽可能地小。当 PROG 引脚上没有附加电容时, 充电器能够在采用阻值高达 25k 的设定电阻器的情况下保持稳定。然而, 该节点上的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 100kHz 以上。于是, 如果 PROG 引脚加载了一个电容 C_{PROG} , 则应采用下式来计算 R_{PROG} 的最大阻值:

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

对用户来说, 他们更感兴趣的可能是平均电池电流, 而不是瞬时电池电流。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时电流脉冲更加让人感兴趣。在这种场合, 可在 PROG 引脚上采用一个简

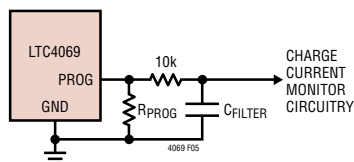


图 5：隔离 PROG 引脚上的容性负载和滤波电路

应用信息

单的 RC 滤波器来测量平均电池电流 (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, 旨在确保稳定性。

功率损耗

导致 LTC4069 通过热反馈来减小充电电流的条件可通过 IC 中的功率损耗来估算。对于高充电电流, LTC4069 的功耗可由下式近似求出:

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

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。由于 LTC4069 将自动减小充电电流以维持约 115°C 的芯片温度, 因此无需针对最坏情况功耗情形进行设计。然而, 当热反馈开始对 IC 提供保护时, 环境温度近似为:

$$T_A = 115^\circ\text{C} - P_D \cdot \theta_{JA}$$

$$T_A = 115^\circ\text{C} - (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} \cdot \theta_{JA}$$

实例: 假设一个从 5V 交流适配器电源获得工作电源的 LTC4069 向一个 3.6V 锂离子电池提供 750mA 电流。当 LTC4069 开始减小 750mA 充电电流时, 环境温度近似为:

$$T_A = 115^\circ\text{C} - (5\text{V} - 3.6\text{V}) \cdot (750\text{mA}) \cdot 60^\circ\text{C/W}$$

$$T_A = 115^\circ\text{C} - (1.05\text{W} \cdot 60^\circ\text{C/W}) = 115^\circ\text{C} - 63^\circ\text{C}$$

$$T_A = 52^\circ\text{C}$$

LTC4069 可在 70°C 以上的环境温度条件下使用, 但充电电流将从 750mA 下降。对于一个给定的环境温度, 充电电流可由下式近似求出:

$$I_{BAT} = \frac{115^\circ\text{C} - T_A}{(V_{CC} - V_{BAT}) \cdot \theta_{JA}}$$

再以 73°C 的环境温度来考虑前面的例子。充电电流将被大约减小至:

$$I_{BAT} = \frac{115^\circ\text{C} - 73^\circ\text{C}}{(5\text{V} - 3.6\text{V}) \cdot 60^\circ\text{C/W}} = \frac{42^\circ\text{C}}{84^\circ\text{C/A}} = 500\text{mA}$$

而且, 正如“设定充电电流”部分所讨论的那样, PROG 引脚上的电压将随著充电电流的变化成比例地改变。

切记不需要在 LTC4069 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 115°C 左右时自动降低功耗。

电路板布局考虑

为了在所有的条件下都能提供最大的充电电流, 需把 LTC4069 封装背面的裸露金属衬垫焊接到 PC 板的铜箔上, 并伸出至较大铜面积或采用通孔连接至内部铜层, 这是至关重要的。如能正确地焊接在一块 2500mm² 的双面 1 盎司敷铜板上, 则 LTC4069 会具有约 60°C/W 的热阻。如果在封装背面的裸露衬垫与敷铜板之间没有热接触, 将导致热阻远远大于 60°C/W。例如, 一个正确焊接的 LTC4069 能在室温条件下从一个 5V 电源向电池输送 750mA 以上的电流。而在没有背面热连接的情况下, 这一数值有可能降至 500mA 以下。

V_{CC} 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) 有可能产生很高的电压瞬变。如需了解更多信息, 请参阅“应用指南 88 (Application Note 88)”。

应用信息

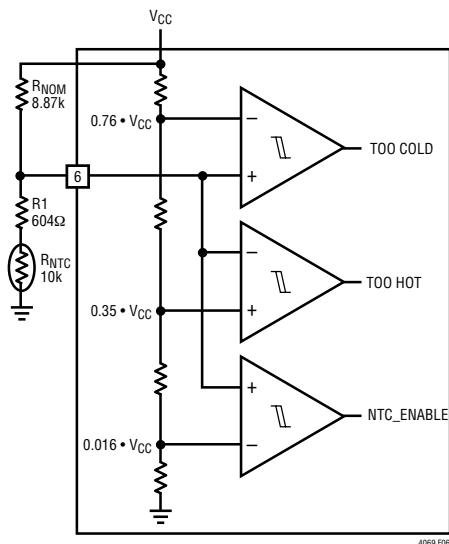


图 6：NTC 电路

热敏电阻

LTC4069 的 NTC 跳变点是专为与那些电阻-温度特性遵循 Vishay Dale 的“R-T 曲线 1”的热敏电阻一道工作而设计的。Vishay NTHS0603N01N1002J 即为此类热敏电阻的一个实例。然而，Vishay Dale 公司拥有许多符合“R-T 曲线 1”特性的热敏电阻产品，尺寸规格也多种多样。而且，任何 R_{COLD} 与 R_{HOT} 之比在 5 左右的热敏电阻也都可以使用 (Vishay Dale 的 R-T 曲线 1 给出的 R_{COLD} 与 R_{HOT} 之比为 $3.266/0.5325 = 6.13$)。

对功耗敏感的设计可能希望采用阻值大于 10k (在室温条件下) 的热敏电阻。Vishay Dale 公司拥有许多遵循“R-T 曲线 1”、阻值范围为 10k 至 100k 的热敏电阻。也可以采用不同的 R-T 曲线，例如：Vishay Dale “R-T 曲线 2”。该曲线与 LTC4069 的内部门限组合起来，提供了约 0°C (下降) 和 40°C (上升) 的温度跳变点 (增量为 40°C)。通过改变 R_{NOM} 的数值 (相对于 R_{NTC}) 便可使该温度增量在任一方向上移动。增大 R_{NOM} 值将把两个跳变点均移动至较高的温度。例

如：如需计算针对向较低温度移动的 R_{NOM} ，则可采用下面的公式：

$$R_{NOM} = \frac{R_{COLD}}{3.266} \cdot R_{NTC} \text{ (在 } 25^\circ\text{C 条件下)}$$

式中的 R_{COLD} 为期望的低温跳变点上的 R_{NTC} 的电阻比。如欲把跳变点移至较高的温度，则可采用下面的公式：

$$R_{NOM} = \frac{R_{HOT}}{0.5325} \cdot R_{NTC} \text{ (在 } 25^\circ\text{C 条件下)}$$

式中的 R_{HOT} 为期望的高温跳变点上的 R_{NTC} 的电阻比。

这里举一个采用 Vishay Dale 公司的 100k R-T 曲线 2 热敏电阻的例子。由前文可知，跳变点之间的温差为 40°C，而且，我们希望冷跳变点为 0°C，这将把热跳变点置于 40°C。所需的 R_{NOM} 按下式来计算：

$$\begin{aligned} R_{NOM} &= \frac{R_{COLD}}{3.266} \cdot R_{NTC} \text{ (在 } 25^\circ\text{C 条件下)} \\ &= \frac{2.816}{3.266} \cdot 10k = 8.62k \end{aligned}$$

对 R_{NOM} 来说，最接近的标准阻值 (1% 精度) 为 8.66k。这是用于对 NTC 热敏电阻进行偏置以分别获得约 0°C 和 40°C 的冷和热跳变点的阻值。如欲扩展冷和热跳变点之间的温度增量，则可增设一个与 R_{NTC} 相串联的电阻器 $R1$ (见图 6)。电阻器的阻值计算如下：

$$\begin{aligned} R_{NOM} &= \frac{R_{COLD} - R_{HOT}}{3.266 - 0.5325} \\ R_1 &= \left(\frac{0.5325}{3.266 - 0.5325} \right) \cdot (R_{COLD} - R_{HOT}) - R_{HOT} \end{aligned}$$

式中的 R_{NOM} 为偏置电阻器的阻值， R_{HOT} 和 R_{COLD} 为 R_{NTC} 在期望温度跳变点上的阻值。在期望跳变点为 50°C 的情况下继续使用上面的实例：

应用信息

$$R_{NOM} = \frac{R_{COLD} - R_{HOT}}{3.266 - 0.5325} = \frac{10k \cdot (2.816 - 0.4086)}{3.266 - 0.5325}$$

$$= 8.8k, \text{ 最接近的标准阻值 (1\% 精度) 为 } 8.87k.$$

$$R_1 = 10k \cdot \left[\left(\frac{0.5325}{3.266 - 0.5325} \right) \cdot (2.816 - 0.4086) - 0.4086 \right]$$

$$= 604\Omega, \text{ 最接近的标准阻值 (1\% 精度) 为 } 604\Omega.$$

NTC 跳变点误差

当 R_{HOT} 采用的是一个精度为 1% 的电阻器时, 40°C 跳变点的主要误差将由 NTC 热敏电阻的容限来决定。一个典型的 100k NTC 热敏电阻具有 $\pm 10\%$ 的容限。通过查找热敏电阻在 40°C 条件下的温度系数, 可计算出以摄氏温度来表示的容限误差。以 Vishay NTHS0603N01N1002J 热敏电阻为例, 它在 40°C 条件下具有 $-4\%/^{\circ}\text{C}$ 温度系数。将容限除以温度系数, 即 $\pm 5\%/(4\%/^{\circ}\text{C}) = \pm 1.25^{\circ}\text{C}$, 便可得出热跳变点的温度误差。

冷跳变点误差取决于 NTC 热敏电阻的容限及其 0°C 阻值和 40°C 阻值的比值变化于 6.14 至 1 的程度。于是, 可采用容限 (TOL)、热敏电阻在 0°C 条件下的温度系数 TC (单位: $\%/^{\circ}\text{C}$)、0°C 条件下的热敏电阻阻值 R_{COLD} 和 40°C 条件下的热敏电阻阻值 R_{HOT} 来计算冷跳变点误差。计算公式为:

$$\text{温度误差 } (^{\circ}\text{C}) = \frac{\left(\frac{1+TOL}{6.14} \cdot \frac{R_{COLD}}{R_{HOT}} - 1 \right) \cdot 100}{TC}$$

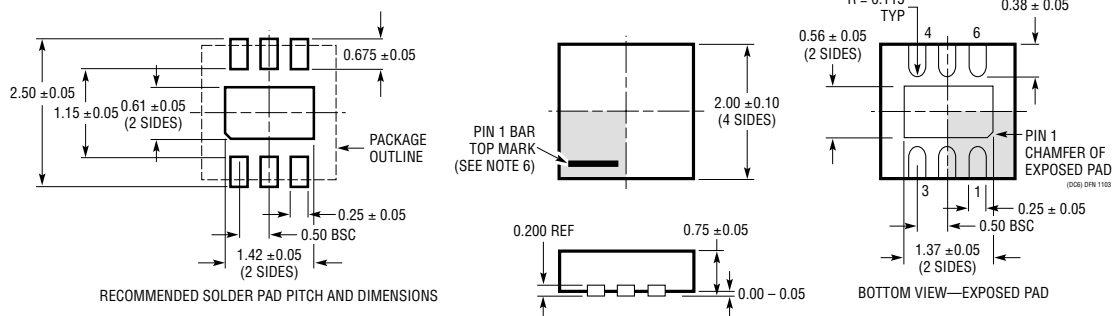
例如, Vishay NTHS0603N01N1003J 热敏电阻具有 $\pm 5\%$ 的容限, $-5\%/^{\circ}\text{C}$ 的 TC 以及数值为 6.13 的 R_{COLD}/R_{HOT} 比, 其冷跳变点误差为:

$$\text{温度误差 } (^{\circ}\text{C}) = \frac{\left(\frac{1+0.05}{6.14} \cdot 6.13 - 1 \right) \cdot 100}{-5}$$

$$= -0.95^{\circ}\text{C}, 1.05^{\circ}\text{C}$$

封装描述

DC 封装
6 引脚塑料 DFN (2mm × 2mm)
(参考 LTC DWG # 05-08-1703)



相关器件

器件型号	描述	备注
电池充电器		
LTC1734	采用 ThinSOT™ 封装的锂离子线性电池充电器	采用 ThinSOT 封装的简单充电器，无需隔离二极管和检测电阻器
LTC1734L	采用 ThinSOT 封装的锂离子线性电池充电器	LTC1734 的低电流版本， $50\text{mA} \leq I_{\text{CHRG}} \leq 180\text{mA}$
LTC4002	开关模式锂离子电池充电器	独立， $4.7\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 24\text{V}$ ，500kHz 频率，三小时充电终止
LTC4050	锂离子线性电池充电器控制器	具有预设电压，C/10 充电器检测和可设置定时器，输入电源良好指示，热敏电阻接口
LTC4052	单片式锂离子电池脉冲充电器	无需隔离二极管或外部功率 FET，充电电流 $\leq 1.5\text{A}$
LTC4053	与 USB 兼容的单片式锂离子电池充电器	具有可设置定时器的独立充电器，充电电流高达 1.25A
LTC4054	采用 ThinSOT 封装并具有集成调整晶体管的独立线性锂离子电池充电器	热调整功能可防止发生过热现象，C/10 终止，C/10 指示器，充电电流高达 800mA
LTC4057	锂离子线性电池充电器	充电电流高达 800mA，热调整功能，ThinSOT 封装
LTC4058	采用 DFN 封装的独立 950mA 锂离子电池充电器	C/10 充电终止，电池开尔文 (Kelvin) 检测， $\pm 7\%$ 充电准确度
LTC4059/LTC4059A	900mA 线性锂离子电池充电器	2mm × 2mm DFN 封装，热调整功能，充电电流监视器输出，版本 A 具有 ACPR 功能
LTC4061	具有热敏电阻接口的独立锂离子电池充电器	4.2V， $\pm 0.35\%$ 浮动电压，充电电流高达 1A，3mm × 3mm DFN 封装
LTC4061-4.4	具有热敏电阻接口的独立锂离子电池充电器	4.4V (最大值)， $\pm 0.4\%$ 浮动电压，充电电流高达 1A，3mm × 3mm DFN 封装
LTC4062	具有微功率比较器的独立锂离子电池充电器	4.2V， $\pm 0.35\%$ 浮动电压，充电电流高达 1A，3mm × 3mm DFN 封装
LTC4063	具有线性稳压器的锂离子电池充电器	充电电流高达 1A，100mA，125mV LDO，3mm × 3mm DFN 封装
LTC4065/LTC4065A	独立型锂离子电池充电器	4.2V， $\pm 0.6\%$ 浮动电压，充电电流高达 750mA，2mm × 2mm DFN 封装，版本 A 具有 ACPR 功能
LTC4411/LTC4412	采用 ThinSOT 封装的低损耗 PowerPath™ 控制器	DC 电源之间的自动切换，负载均分，取代了“或”二极管
电源管理		
LTC3405/LTC3405A	300mA (I_{OUT})，1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%， V_{IN} : 2.7V 至 6V， $V_{\text{OUT}} = 0.8\text{V}$ ， $I_{\text{Q}} = 20\mu\text{A}$ ， $I_{\text{SD}} < 1\mu\text{A}$ ，ThinSOT 封装
LTC3406/LTC3406A	600mA (I_{OUT})，1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%， V_{IN} : 2.5V 至 5.5V， $V_{\text{OUT}} = 0.6\text{V}$ ， $I_{\text{Q}} = 20\mu\text{A}$ ， $I_{\text{SD}} < 1\mu\text{A}$ ，ThinSOT 封装
LTC3411	1.25A (I_{OUT})，4MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%， V_{IN} : 2.5V 至 5.5V， $V_{\text{OUT}} = 0.8\text{V}$ ， $I_{\text{Q}} = 60\mu\text{A}$ ， $I_{\text{SD}} < 1\mu\text{A}$ ，MS 封装
LTC3440	600mA (I_{OUT})，2MHz 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	效率达 95%， V_{IN} : 2.5V 至 5.5V， $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$ ， $I_{\text{Q}} = 25\mu\text{A}$ ， $I_{\text{SD}} < 1\mu\text{A}$ ，MS 封装
LTC4413	采用 DFN 封装的双通道理想二极管	两通道理想二极管“或”操作，低正向接通电阻，低已调正向电压， $2.5\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 5.5\text{V}$

ThinSOT 和 PowerPath 是凌特公司的商标。