

用于备用锂离子电池的 单片线性充电器

特 点

- 1% 精度的 4V 预设充电电压延长了 4.2V 锂离子电池的使用寿命
- 自动再充电
- 热调整功能使充电速度最大化并且无过热风险 *
- 无需 MOSFET、检测电阻器或隔离二极管
- 可编程充电终止定时器
- 热敏电阻输入以实现适宜温度充电
- 7% 精度的可编程充电电流
- C/10 充电电流检测输出
/li>
- 待机模式中的供电电流为 25 μ A
- 充电电流监视器有助于电池电量检测 *
- 直接从 USB 端口充电
- 纤巧的热增强型 10 引脚 MSOP 封装

应 用

- 文件服务器、RAID 系统
- 存储器产品
- 备用锂离子电池

描 述

LTC4064 是一款专为延长备用电池应用中单节锂离子电池寿命而优化的独立线性充电器。通过充电至一个 4V (而不是 4.2V 或 4.1V) 浮动电压, LTC4064 可在电池长时间不用但又必须处于就绪状态时延缓其老化和容量损失速度。

一个外部电容器用于对安全定时器进行编程以终止充电循环, 而充电电流则由一个电阻器在外部设定。当输入电源被拿掉时, LTC4064 自动进入一个低电流睡眠模式, 从而将电池漏电流降至 3 μ A 以下。

专为最大限度地延长电池使用寿命及提高其可靠性而设计的附加安全功能包括 NTC 温度检测和电池低压充电条件(涓流充电)。

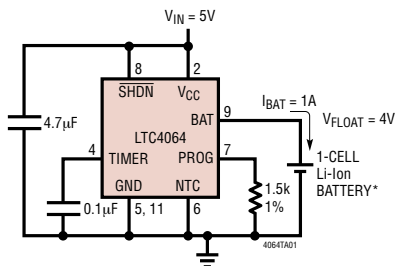
该 IC 内含一个功率 MOSFET 并免除了增设一个外部检测电阻器和隔离二极管的需要。LTC4064 还包括 C/10 检测电路、AC 适配器接入的逻辑信号以及故障检测电路。

 LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。

* 美国专利第 6,522,118 号

典型应用

独立备用锂离子电池充电器

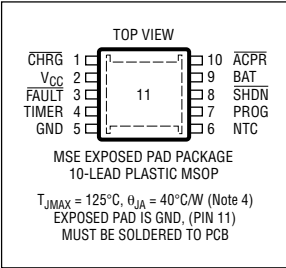


* AN OUTPUT CAPACITOR MAY BE REQUIRED
DEPENDING ON BATTERY LEAD LENGTH

绝对最大额定值 (注1)

输入电源电压 (V _{CC})	10V
BAT	10V
NTC、 $\overline{\text{SHDN}}$ 、TIMER、PROG	–0.3V 至 V _{CC} + 0.3V
CHRG、FAULT、ACPR	–0.3V 至 10V
BAT 短路持续时间	连续
BAT 电流 (注 2)	1.3A
PROG 电流 (注 2)	1.3mA
结温	125°C
工作温度范围 (注 3)	–40°C 至 85°C
贮存温度范围	–65°C 至 150°C
引脚温度 (焊接时间 10 秒)	300°C

封装/订购信息

	产品型号
	LTC4064EMSE
	MSE 器件标记
	LTAHQ

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 ● 表示该规格适合整个工作温度范围，否则仅指 T_A = 25°C。V_{CC} = 5V。

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		●	4.25		6.5	V
I _{CC}	V _{CC} 电源电流	充电器接通；电流模式；R _{PROG} = 30k (注 5) 停机模式；V _{SHDN} = 0V 睡眠模式 V _{CC} < V _{BAT} 或 V _{CC} ≤ 4V	● ● ●		1 25 25	2 50 50	mA μA μA
V _{FLOAT}	V _{BAT} 稳定浮充电压		●	3.96	4.00	4.04	V
I _{BAT}	电池引脚电流	R _{PROG} = 3k ；电流模式 R _{PROG} = 15k ；电流模式 停机模式；V _{SHDN} = 0V 睡眠模式 V _{CC} < V _{BAT} 或 V _{CC} < (V _{UV} - ΔV _{UV})	● ●	465 93	500 100 ±1 ±1	535 107 ±3 ±3	mA mA μA μA
I _{TRIKL}	涓流充电电流	V _{BAT} < 2V；R _{PROG} = 3k	●	35	50	65	mA
V _{TRIKL}	涓流充电跳变门限电压	V _{BAT} 上升			2.48		V
ΔV _{TRIKL}	涓流充电跳变迟滞电压				100		mV
V _{UV}	V _{CC} 欠压闭锁电压	V _{CC} 上升	●		4	4.25	V
ΔV _{UV}	V _{CC} 欠压闭锁迟滞				200		mV
V _{MSD}	手动停机门限电压	SHDN 引脚电压		0.6		1.3	V
V _{ASD}	自动停机门限电压	(V _{CC} - V _{BAT}) 高至低 (V _{CC} - V _{BAT}) 低至高			35 70		mV mV

电 特 性 凡标注 ● 表示该规格适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。 $V_{CC} = 5\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{PROG}	PROG 引脚电压	$R_{\text{PROG}} = 3\text{k}$ ， $I_{\text{PROG}} = 500\mu\text{A}$		1.5		V
I_{CHRG}	CHRG 引脚弱下拉电流	$V_{\text{CHRG}} = 1\text{V}$	15	30	50	μA
V_{CHRG}	CHRG 引脚输出低电压	$I_{\text{CHRG}} = 5\text{mA}$		0.35	0.6	V
V_{ACPR}	ACPR 引脚输出低电压	$I_{\text{ACPR}} = 5\text{mA}$		0.35	0.6	V
V_{FAULT}	FAULT 引脚输出低电压	$I_{\text{FAULT}} = 5\text{mA}$		0.35	0.6	V
$I_{\text{C/10}}$	充电结束指示电流电平	$R_{\text{PROG}} = 3\text{k}$	44	50	56	mA
t_{TIMER}	TIMER 精度	$C_{\text{TIMER}} = 0.1\mu\text{F}$		10		%
ΔV_{RECHRG}	再充电门限电压	$V_{\text{FLOAT}} - V_{\text{RECHRG}}$ ， $V_{\text{BAT}} > V_{\text{TRIKLE}}$ 充电终止定时完成	● 65	100	135	mV
$V_{\text{NTC-HOT}}$	NTC 引脚热门限电压	V_{NTC} 下降		2.5		V
$V_{\text{HOT-HYS}}$	NTC 引脚热迟滞电压			80		mV
$V_{\text{NTC-COLD}}$	NTC 引脚冷门限电压	V_{NTC} 上升		4.375		V
$V_{\text{COLD-HYS}}$	NTC 引脚冷迟滞电压			80		mV
$V_{\text{NTC-DIS}}$	NTC 引脚失效门限电压	V_{NTC} 上升		100		mV
$V_{\text{DIS-HYS}}$	NTC 引脚失效迟滞电压			10		mV
T_{LIM}	恒定温度模式中的结温			105		$^{\circ}\text{C}$
R_{ON}	功率 MOSFET “接通” 电阻			375		$\text{m}\Omega$

注 1：绝对最大额定值是指超出该值则器件的寿命可能受损。

注 2：1.3A 的绝对最大 BAT 额定电流通过设计与电流密度计算获得保证。绝对最大 PROG 额定电流通过设计保证为 BAT 电流的 1/1000。

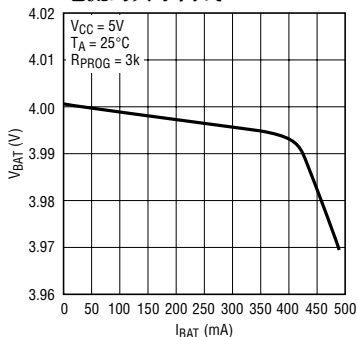
注 3：LTC4064 保证满足 0°C 至 70°C 之间的性能指标。 -40°C 至 85°C 工作温度范围内的指标通过设计、特性分析以及统计

过程中的相关性来保证。

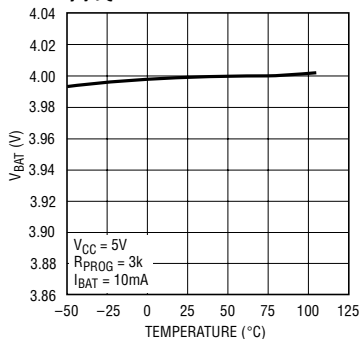
注 4：封装的裸露背面与 PC 板焊接不良会导致热阻远远高于 $40^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

注 5：电源电流包括 PROG 引脚电流 (约 $50\mu\text{A}$)，但不包括任何通过 BAT 引脚流向电池的电流 (约 50mA)。

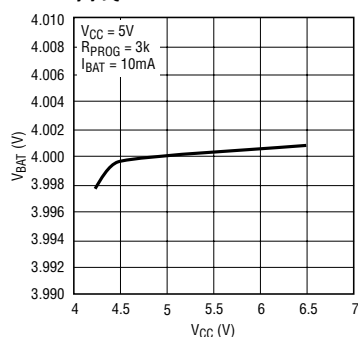
典型性能特征

电池调节电压与电池充电
电流的关系曲线

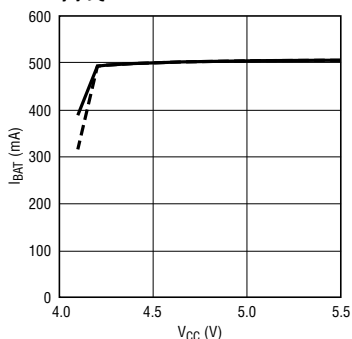
4064 G01

电池调节电压与温度的关系
曲线

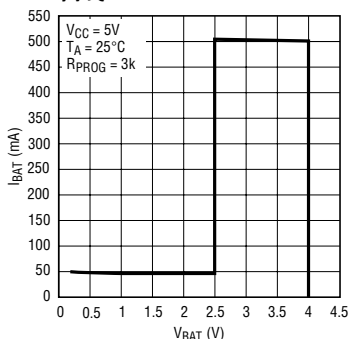
4064 G02

电池调节电压与 V_{CC} 的关系
曲线

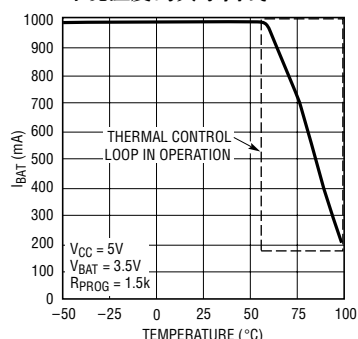
4064 G03

充电电流与输入电压的关系
曲线

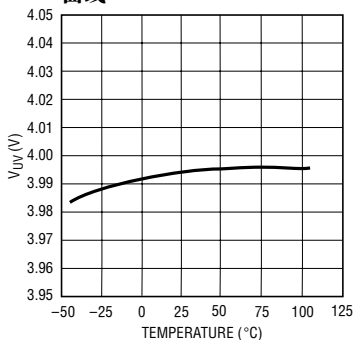
4064 G04

充电电流与电池电压的关系
曲线

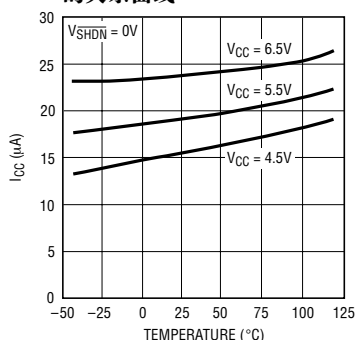
4064 G05

热调整条件下充电电流与
环境温度的关系曲线

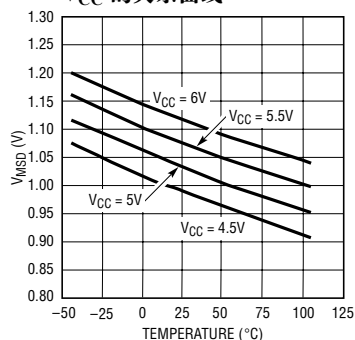
4064 G06

欠压闭锁电压与温度的关系
曲线

4064 G07

停机供电电流与温度及 V_{CC}
的关系曲线

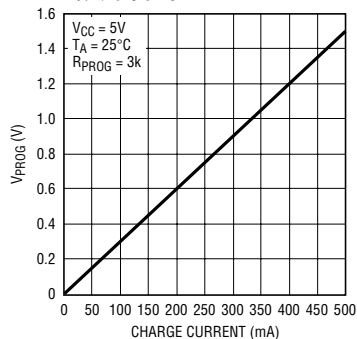
4064 G08

手动停机门限电压与温度及
 V_{CC} 的关系曲线

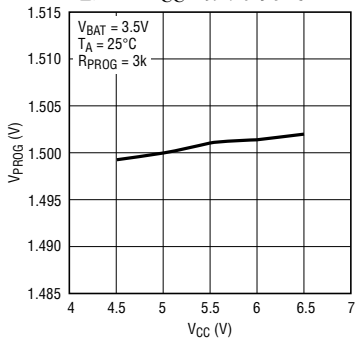
4064 G09

典型性能特征

PROG 引脚电压与充电电流的关系曲线

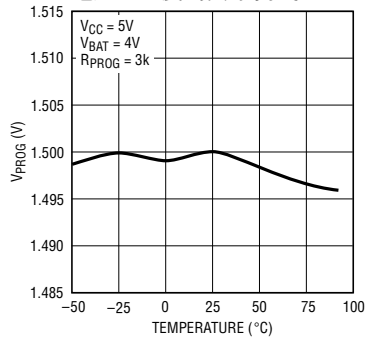


4064 G10

恒定电流模式下 PROG 引脚电压与 V_{CC} 的关系曲线

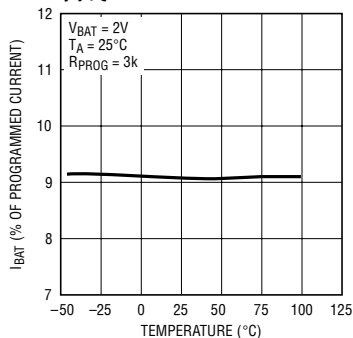
4064 G11

恒定电流模式下 PROG 引脚电压与温度的关系曲线



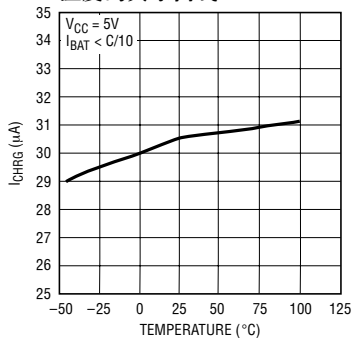
4064 G12

涓流充电电流与温度的关系曲线



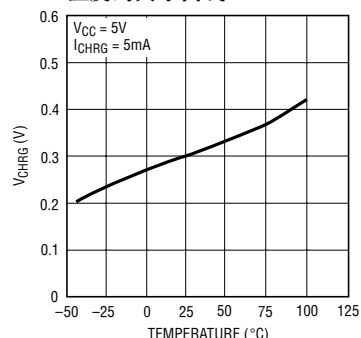
4064 G13

CHRG 引脚弱下拉电流与温度的关系曲线



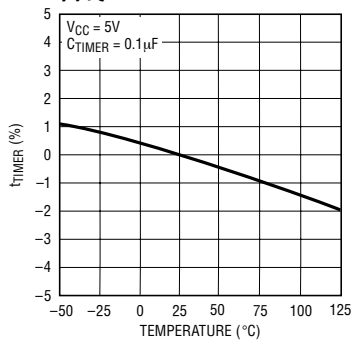
4064 G14

CHRG 引脚输出低电压与温度的关系曲线

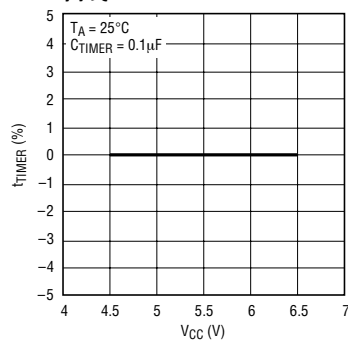


4064 G15

定时器误差与温度的关系曲线



4064 G16

定时器误差与 V_{CC} 的关系曲线

4064 G17

引脚功能

CHRG (引脚1)：漏极开路充电状态输出。电池充电时， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚被一个内部 N 沟道 MOSFET 拉至低电平。当充电电流降至满幅度电流的 10% 时，N 沟道 MOSFET 锁断，并且一个 30 μA 的电流源从 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚连接到地。通过短暂地将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚接地，或者变换 V_{CC} 电平，可以清除 C/I0 的锁断信号。当定时器运行结束或者去掉输入电源时，电流源被断开， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚被强制为高阻抗状态。

V_{CC} (引脚2)：正输入电源电压。当 V_{CC} 高于 V_{BAT} 的电压小于 35mV 或者低于欠压闭锁门限时，LTC4064 进入睡眠模式，使 I_{BAT} 降至 3 μA 以下。 V_{CC} 可在 4.25V 至 6.5V 之间变化。用一个或多个 4.7 μF 的陶瓷电容器在该引脚与地之间实施旁路连接。

FAULT (引脚3)：漏极开路故障状态输出。 $\overline{\text{FAULT}}$ 漏极开路逻辑信号表示充电器在涓流充电条件下已经超时或者 NTC 比较器指示电池温度超出范围。当 V_{BAT} 低于 2.48V 时，涓流式充电开始，充电电流降至设定值的 1/10，定时器周期减小 4 倍。1/4 定时器周期结束后，如果 V_{BAT} 仍低于 2.48V，则涓流充电停止， $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚被锁定在地电位上。故障信号可通过变换 V_{CC} 电平、短暂地将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚接地或者把 BAT 引脚提升至 2.48V 以上来清除。如果 NTC 比较器指示电池温度超出范围，则 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚将被拉至地电位，直至温度恢复到可接受的范围为止。

TIMER (引脚4)：定时电容器。将一个电容器 C_{TIMER} 接在该引脚与地之间可以设定定时器周期。定时器周期为：

$$\text{时间 (小时)} = (C_{\text{TIMER}} \cdot 3 \text{ 小时}) / (0.1 \mu\text{F})$$

将 TIMER 引脚短接至地可使内部定时器功能失效。

GND (引脚5、11)：地。封装的裸露背部也是地，并且必须焊接到 PC 板上以实现热传递的最大化。

NTC (引脚6)：NTC (负温度系数) 热敏电阻温度监控电路的输入。利用一个接地的外部 10k Ω NTC 热敏电阻和一个接至 V_{CC} 的 1% 精度的电阻器，该引脚可检测电池组的温度，并且在温度超出范围时立即停止充电。当该引脚的电压在高温时降至 $(0.5) \cdot (V_{\text{CC}})$ 以下或者在低温时升至 $(0.875) \cdot (V_{\text{CC}})$ 以上时，充电暂停，内部定时器冻结。 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚的输出状态在这种保持状态下不受影响。 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚将被拉至地电位，但并未锁定。当温度恢复至可接受的范围时，充电将继续进行， $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚被释放。将 NTC 引脚接地可使 NTC 功能失效。

PROG (引脚7)：充电电流设置和充电电流监控引脚。在该引脚与地之间连接一个电阻器 R_{PROG} 可设置充电电流。在恒定电流模式中，LTC4064 将 PROG 引脚电压维持在 1.5V。在所有的模式中都可以利用 PROG 引脚电压来测算充电电流，公式如下：

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

SHDN (引脚8)：停机输入引脚。将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚拉至地电位将使 LTC4064 进入待机模式，在该模式中，BAT 漏电流被降至 3 μA 以下，并且供电电流被降至 25 μA 以下。对于正常操作，将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压拉高至 V_{CC} 。

BAT (引脚9)：充电电流输出引脚。当没有电池时，需接入一个至少 1 μF 的旁路电容器和一个 1 Ω 的串联电阻器，以保持环路稳定。一个精准的内部电阻分压器设置该引脚的最终浮充电位。在睡眠和停机模式中，该内部电阻分压器断开。

ACPR (引脚10)：漏极开路电源状态输出。当 V_{CC} 高于欠压闭锁门限并且比 V_{BAT} 至少高出 35mV 时， $\overline{\text{ACPR}}$ 引脚将被拉至地电位。否则该引脚呈高阻抗状态。

简化方框图

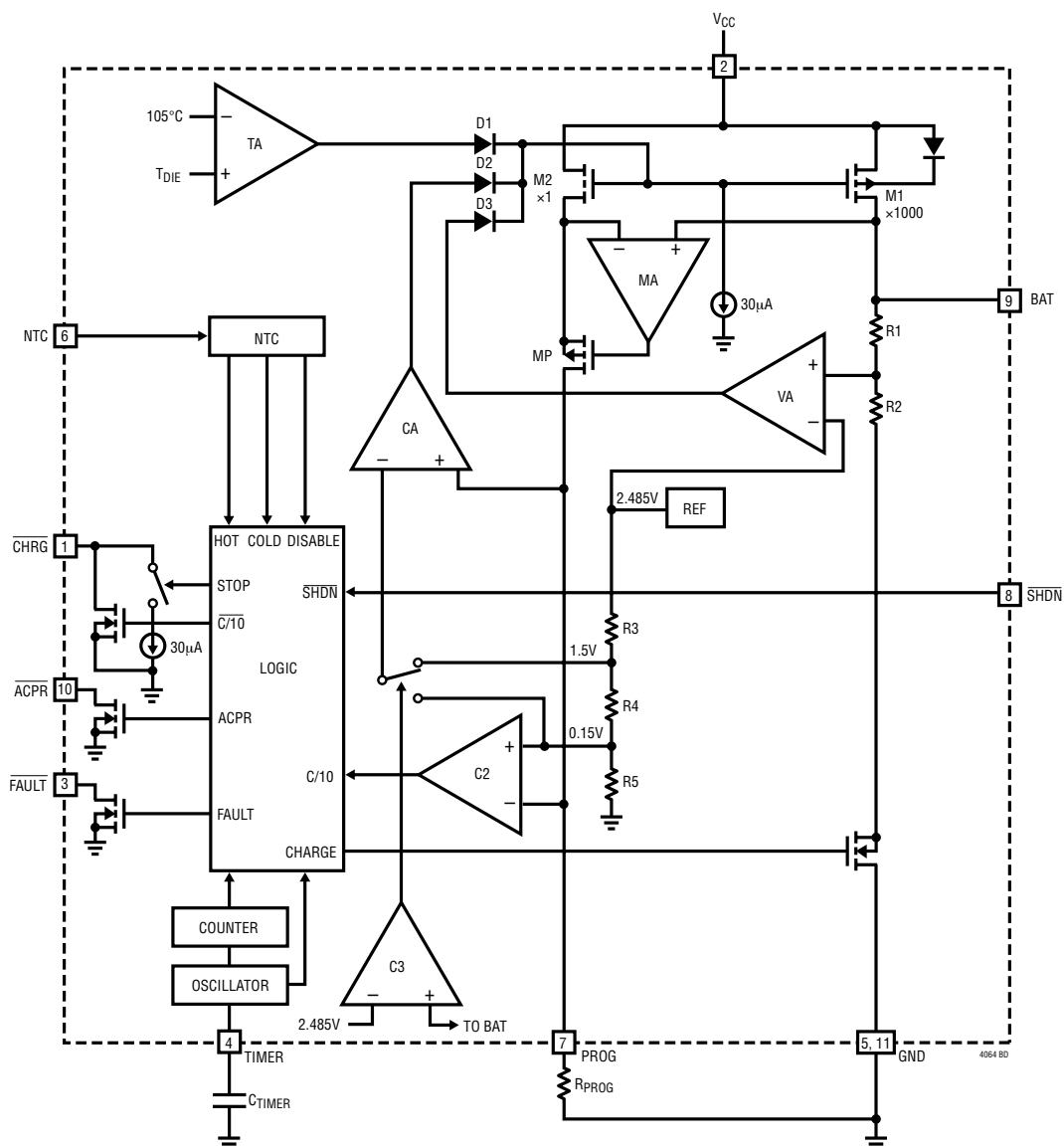


图1

工作原理

LTC4064 是一款主要为后备电池应用中的单节锂离子电池而设计的线性电池充电器。利用一个 $\pm 1\%$ 精度的 4V 最终浮动电压，LTC4064 最大限度地延长了 4.2V 化学锂离子电池的使用寿命。一种精准的自动再充电功能可确保电池电压始终维持在该 4V 浮动电压的 100mV 范围内。

拥有内部 P 沟道 MOSFET 的该款充电器采用一种恒定电流/恒定电压充电算法，电流可以设置，并有助于结束充电的可设置定时器。充电电流最高可设定在 1.25A，并具有 $\pm 7\%$ 的精度。由于不需要隔离二极管或检测电阻器，因此基本充电电路的外部元件数目减少为 3 个。 $\overline{\text{CHRG}}$ 、 $\overline{\text{ACPR}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 三个漏极开路状态输出始终提供与 LTC4064 的状态有关的信息。一个 NTC 热敏电阻输入提供了一种可选的借助电池温度来提高充电质量的方法。

如果片温度上升到大约 105°C 的预置值以上，则内部的过热限制功能就会降低已设定的充电电流。该功能可防止 LTC4064 温度过高，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 LTC4064 或外部元件的风险。LTC4064 内部过热限制功能的另一个好处是：由于能够确保在最坏条件下充电器将自动减小电流，因此对于给定的应用，充电电流可根据典型而非最坏条件下的环境温度来设定。

当 V_{CC} 引脚电压升至 UVLO 电平以上、在 PROG 引脚与地之间接入一个设置电阻器并且 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚被拉至停机门限以上时，则开始一个充电循环。在充电循环的起点，如果电池电压低于 2.48V，则充电器进入涓流充电模式，使电池电压升到一个能保证安全充电的值。一旦 BAT 引脚上的电压升至 2.48V 以上，则充电器进入快速恒定电流充电模式。在恒定电流模式中，充电电流由 R_{PROG} 来确定。

当电池达到最终浮动电压时，随著 LTC4064 进入恒定电压模式，充电电流开始减少。当电流降至满幅度充电电流的 10% 时，一个内部比较器将锁断 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚上的 MOSFET，并在该引脚与地之间接通一个弱电流源 (30 μA)，指示充电已接近结束 (C/I0)。将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚短暂接地或者短暂地取消后再施加 V_{CC} ，可将 C/I0 锁断信号清除。

TIMER 引脚上的一个外部电阻器用于设定总充电时间。这段时间结束时，充电循环终止， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚呈高阻抗状态。如欲重新启动充电循环，可取消输入电压并重新施加，或者短暂地强制 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压为 0V。如果 BAT 引脚电压降至再充电门限以下，则充电循环也将重新开始。

当没有输入电压时，充电器进入睡眠模式，使电池的漏电流 I_{BAT} 降至 3 μA 以下。这大大减少了电池电流的消耗，并延长了待机时间。强制 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压为 0V 可关断充电器 ($I_{\text{CC}} = 25\mu\text{A}$)。

应用信息

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 V_{CC} 上升到欠压闭锁门限之前使充电器保持在停机模式。UVLO 电路具有一个内置 200mV 迟滞。另外，为防止功率 MOSFET 中的电流反向流动，当 V_{CC} 降到比电池电压高出的幅度不足 35mV 时，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 V_{CC} 升至比电池电压高 70mV 之前充电器将不会退出停机模式。

涓流充电和电池失效检测

在充电循环开始时，如果电池电压较低 (低于 2.48V)，则充电器进入涓流充电模式，充电电流减小至满幅度电流的 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，则认为电池损坏，充电循环被终止， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚输出呈高阻抗状态，并且 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚拉至低电平。通过变换 V_{CC} 电平、短暂强制 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压为 0V 或者短暂强制 BAT 引脚电压高于 2.48V，可以清除这种指示损坏的状态。

停机

通过将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压拉至 0V 可以关断 LTC4064 ($I_{CC} = 25\mu\text{A}$)。对于正常操作，将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压拉至手动停机门限电压电平以上。不要将该引脚置于开路状态。在停机模式中，内部线性稳压器被关闭，内部定时器被复位。

充电电流的设置

电池充电电流的计算公式为 (见图 1)：

$$\begin{aligned} I_{\text{CHG}} &= (I_{\text{PROG}}) \cdot 1000 \\ &= (1.5\text{V} / R_{\text{PROG}}) \cdot 1000 \text{ 或} \\ R_{\text{PROG}} &= 1500\text{V} / I_{\text{CHG}} \end{aligned}$$

式中的 R_{PROG} 为 PROG 引脚至地之间的总电阻。在涓流充电条件下，该电流被降至满幅度电流的 10%。

例如，若需要 500mA 充电电流，则计算如下：

$$R_{\text{PROG}} = 1500\text{V} / 0.5\text{A} = 3\text{k}\Omega$$

为了获得最佳的时间和温度稳定性，建议使用 1% 精度的金属膜电阻器。

如果充电器处于恒定温度或恒定电压模式，则可通过监测 PROG 引脚电压来监控电池电流，计算方法如下：

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

USB 和交流适配器电源

虽然 LTC4064 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 2 示出了如何将交流适配器与 USB 电源输入加以组合的一个实例。一个 P 沟道 MOSFET (MP1) 被用于防止交流适配器接入时信号反向传入 USB 端口，而一个肖特基二极管 (D1) 则被用于防止 USB 功率在经过 1k 下拉电阻器时产生损耗。

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 3k 设置电阻器来把充电电流增加至 1A。

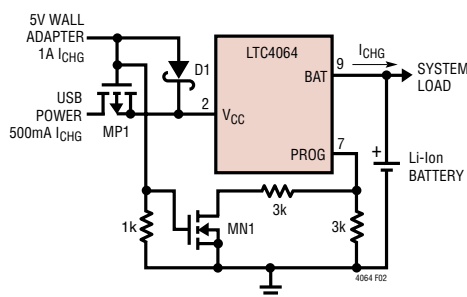


图 2：交流适配器与 USB 电源的组合

应用信息

定时器的设置

可设置定时器被用于终止充电循环。定时器工作时间由一个位于 TIMER 引脚上的外部电容器来设置。总充电时间为：

时间 (小时) = 3 (小时) • (C_{TIMER}/0.1μF) 或
C_{TIMER} = 0.1μF • 时间 (小时)/3 (小时)

当施加了一个高于欠压闭锁门限的输入电压且 SHDN 引脚电压高于手动停机门限电压电平时，定时器起动作。在计时结束后，充电电流停止，并且 CHRG 输出呈现高阻抗状态，以指示充电已经停止。将 TIMER 引脚连接至地将使定时器功能失效。

再充电

在一个充电循环终止之后，如果电池电压降至 3.90V 的再充电门限以下，则一个新的充电循环将开始。再充电电路对 BAT 引脚电压进行数毫秒的积分以防止一个瞬变使充电循环再起动作。

在涓流充电过程中，如果电池电压持续低于 2.48V 的时间达到了设定时间的 1/4，则电池有可能损坏且充电循环将终止。此外，再充电比较器功能被取消，而且，除非输入电压在“关断而后接通”之间变换、SHDN 引脚电平被短暂地拉至地电位、或者 BAT 引脚电平被拉至 2.48V 的涓流充电门限以上，否则将不会开始一个新的充电循环。

漏极开路状态输出

LTC4064 具有三种漏极开路状态输出：ACPR、CHRG 和 FAULT。当施加一个高于欠压闭锁门限的输入电压时，ACPR 引脚被拉至低电平，而在去掉电源 (V_{IN} < V_{UV}) 时，ACPR 引脚则呈高阻抗状态。CHRG 和 FAULT 共同工作以指示充电循环的状态。表 1 列出了 CHRG 和 FAULT 输出与充电循环状态之间的关系。

表 1：

FAULT	CHRG	描述
高	低	充电循环已经开始。C/I0 尚未达到，充电正常进行。
低	低	充电循环已经开始。C/I0 尚未达到，但是由于 NTC 超出温度范围，充电电流和定时器暂停。
高	30μA 下拉	C/I0 已经达到，充电正常进行。
低	30μA	下拉 C/I0 已经达到，但是由于 NTC 超出温度范围，充电电流和定时器暂停。
高	高	正常完成充电时间 (充电已经终止)。
低	高	如果 FAULT 变低阻抗状态和 CHRG 变高阻抗状态同时发生，则 LTC4064 是由于电池损坏而结束 (V _{BAT} < 2.48V 的持续时间超过设定充电时间的 1/4)。如果 CHRG 先变为高阻抗状态，则 LTC4064 是正常结束 (充电终止)，但是 NTC 指示超出温度范围。

CHRG 状态输出引脚

当充电循环开始时，由一个能够驱动一个 LED 的内部 N 沟道 MOSFET 将 CHRG 引脚拉至地电位。当充电电流降至满幅度电流的 10% (C/I0) 时，该 N 沟道 MOSFET 被锁断，并且一个接地的 30μA 弱电电流源被连接至 CHRG 引脚。在计时结束后，该引脚呈现高阻抗状态。利用两个不同阻值的上拉电阻器，一个微处理器能够检测到该引脚的三种状态 (充电、C/I0 和超时)。见图 3。

当 LTC4064 处于充电模式时，CHRG 引脚由内部 N 沟道 MOSFET 拉至低电平。为检测该模式，将数字输出引脚 (OUT) 强制为高电平并测量 CHRG 引脚上的电压。即使在采用 2k 上拉电阻器的情况下，N 沟道 MOSFET 也将把该引脚拉至低电平。一旦充电电流降至满幅度电流的 10% (C/I0)，N 沟道 MOSFET 即被关断，并且一个 30μA 的电流源被连接至 CHRG 引脚。IN 引脚随后将由 2k 上拉电阻器拉至高电平。通过使 OUT 引脚呈高阻抗状态，该电流源将借助 400k 电阻器将该引脚拉至低电平。当内部定时完成

应用信息

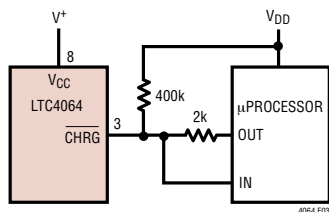


图 3：微处理器接口

时， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚将呈现高阻抗状态，400k 电阻器随后将该引脚拉至高电平以表示充电已经终止。

NTC 热敏电阻

电池温度是通过在电池外壳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 4。为利用该功能，可在 NTC 引脚与地之间连接一个 10k NTC 热敏电阻，并把一个电阻器 (R_{HOT}) 从 NTC 引脚连接至 V_{CC} 。 R_{HOT} 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 50°C 条件下的阻值相等 (对于 Vishay 公司的 NTHS0603N02N1002J 热敏电阻而言，该温度条件下的阻值为 4.1k)。当 NTC 热敏电阻的电阻值降至 4.1k (对应于 50°C) 以下时，LTC4064 进入保持模式。保持模式将定时器冻结并停止充电循环，直到热敏电阻指示温度已恢复至有效范围为止。随著温度的下降，NTC 热敏电阻的电阻值上升。LTC4064 被设计为在 NTC 热敏电阻的阻值增加到 R_{HOT} 阻值的 7 倍时进入保持模式。对于 Vishay 公司的 NTHS0603N02N1002J 热敏电阻，该阻值为 28.7k (大约对应于 0°C)。热比较器和冷比较器均具有约 2°C 的迟滞，以防止在跳变点附近产生振荡。将 NTC 引脚接地可使 NTC 功能失效。

热敏电阻

LTC4064 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 2”的热敏电阻一

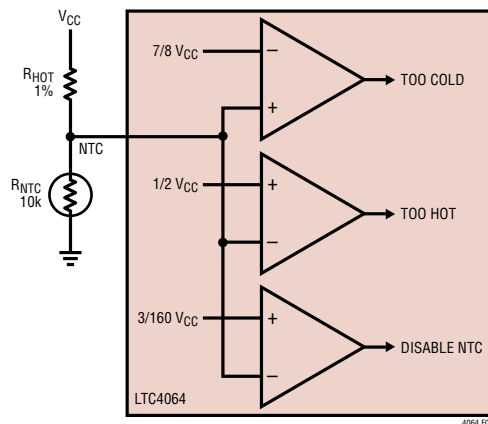


图 4

道工作而设计的。Vishay 公司的 NTHS0603N02N1002J 即为此类热敏电阻的一个实例。然而，Vishay Dale 拥有许多符合“R-T 曲线 2”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 7.0 左右的热敏电阻也都可以使用 (Vishay Dale 的 R-T 曲线 2 给出的 R_{COLD} 与 R_{HOT} 之比为 $2.816/0.4086 = 6.9$)。

NTC 布线方面的考虑

NTC 热敏电阻不要与 LTC4064 有密切的热接触，这一点很重要。由于 LTC4064 的封装温度有可能达到 50°C 跳变点以上的温度，因此，NTC 功能会引起迟滞振荡，从而使充电电流的接通和关断所依据的是封装温度，而不是电池温度。可通过将 NTC 热敏电阻与电池 (而非 LTC4064) 形成热耦合来消除该问题。

此外，依据标准的开尔文 (Kelvin) 检测技术来进行 V_{CC} 与 R_{HOT} 的连接也是非常重要的。由于 V_{CC} 是一条流向 LTC4064 的大电流通路，所以必需最大限度地减小 V_{CC} 输入引脚与 R_{HOT} 上端之间的压降。

应用信息

NTC 跳变点误差

当 R_{HOT} 采用的是一个精度为 1% 的电阻器时，50°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 10k NTC 热敏电阻具有一个 $\pm 10\%$ 的容限范围。通过查找热敏电阻在 50°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 NTHS0603N02N1002J 热敏电阻为例，它在 50°C 条件下具有 $-3.3\%/^{\circ}\text{C}$ 温度系数。将容限除以温度系数，即 $\pm 10\% / (3.3\%/^{\circ}\text{C}) = \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，可得出热跳变点的温度误差。

冷跳变点的情况稍微复杂一点，这是因为其误差取决于 NTC 热敏电阻的容限及其 0°C 阻值和 50°C 阻值的比值与 7:1 相差的程度。于是，可采用误差 (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 50°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：

$$\text{温度误差 } (^{\circ}\text{C}) = \frac{\left(\frac{1 + \text{TOL}}{7} \cdot \frac{R_{COLD}}{R_{HOT}} - 1 \right) \cdot 100}{\text{TC}}$$

例如，Vishay NTHS0603N02N1002J 热敏电阻具有 $\pm 10\%$ 的容限， $-4.5\%/^{\circ}\text{C}$ 的 TC 以及数值为 6.89 的 R_{COLD}/R_{HOT} 比，其冷跳变点误差为：

$$\begin{aligned} \text{温度误差 } (^{\circ}\text{C}) &= \frac{\left(\frac{1 \pm 0.10}{7} \cdot 6.89 - 1 \right) \cdot 100}{-4.5} \\ &= -1.8^{\circ}\text{C}, +2.5^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

如果采用的是一个误差小于 $\pm 10\%$ 的热敏电阻，则跳变点误差受热敏电阻容限的影响开始降低，而主要决定于其他方面的误差，包括 LTC4064 内部比较

器的输入失调电压以及因大充电电流而导致的内部压降。

恒定电流/恒定电压/恒定温度

LTC4064 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 LTC4064 的简化框图。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、TA 和 VA 被用在三个独立的反馈环路中，分别用来强制充电器进入恒定电流、恒定温度或恒定电压模式。二极管 D1、D2 和 D3 提供优先权给最需要减小充电电流的环路。如果某两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 1.50V (在涪流充电模式下则为 0.15V)。当处于恒定温度模式时，TA 将芯片温度限制在 105°C 左右，而且，PROG 引脚电压可以指示充电电流值，如“充电电流的设置”部分所述。在恒定电压模式中，VA 将其反相输入维持在精确的 2.485V，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 4V。同样，PROG 引脚电压可用来指示充电电流值。

在典型的工作方式中，充电循环始于恒定电流模式，并向电池输送大小为 $1500\text{V}/R_{\text{PROG}}$ 的电流。如果 LTC4064 的功率耗散导致结温升到 105°C，则放大器 (TA) 将开始减小充电电流以把芯片温度限制于 105°C 左右。随著电池电压的上升，LTC4064 要么返回恒定电流模式，要么直接从恒定温度模式进入恒

应用信息

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。

功率损耗

导致 LTC4064 因过热保护反馈的缘故而减小充电电流的条件可通过 IC 中的功耗来估算。对于大充电电流，LTC4064 的功耗约为：

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

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} 为电池充电电流。不必考虑任何最坏情况下的功耗，因为 LTC4064 将自动减小充电电流，以便把芯片温度维持在 105°C 左右。然而，当热反馈开始对 IC 提供保护时，环境温度近似为：

$$T_A = 105^\circ\text{C} - P_D \theta_{JA}$$

$$T_A = 105^\circ\text{C} - (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} \cdot \theta_{JA}$$

例如，一个 LTC4064 从一个交流适配器获得 5V 电源，为 3.75V 锂离子电池提供 1.2A 电流。一旦被超过则 LTC4064 将开始减小 1.2A 充电电流的环境温度约为：

$$T_A = 105^\circ\text{C} - (5\text{V} - 3.75\text{V}) \cdot 1.2\text{A} \cdot 40^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$T_A = 105^\circ\text{C} - 1.5\text{W} \cdot 40^\circ\text{C}/\text{W} = 105^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C} = 45^\circ\text{C}$$

LTC4064 可在 45°C 以上的条件下使用，但充电电流将被降至 1.2A 以下。对于一个给定的环境温度，充电电流可由下式近似求出：

$$I_{BAT} = \frac{105^\circ\text{C} - T_A}{(V_{CC} - V_{BAT}) \cdot \theta_{JA}}$$

再以 55°C 的环境温度来考虑上面的例子。充电电流将被大约减小至：

$$I_{BAT} = \frac{105^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}}{(5\text{V} - 3.75\text{V}) \cdot 40^\circ\text{C}/\text{W}} = \frac{50^\circ\text{C}}{50^\circ\text{C}/\text{A}} = 1\text{A}$$

不仅如此，正如“充电电流的设置”部分所讨论的那样，PROG 引脚上的电压将随充电电流的变化成比例地改变。

切记不需要在 LTC4064 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 105°C 左右时自动降低功耗。

电路板布局方面的考虑

为在所有条件下都能输送最大充电电流，必需把 LTC4064 封装背面的裸露金属衬垫焊接到电路板的地。如能正确地焊接在一块 2500mm² 的双面 1 盎司敷铜板上，则 LTC4064 会有约 40°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 40°C/W。例如，一个正确焊接的 LTC4064 能在室温条件下从一个 5V 电源向电池输送 1250mA 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，在某些起动条件下（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。如需了解更多信息，请参阅“Application Note 88”。

稳定性

在接有电池时，恒定电压模式反馈环路在无需任何补偿的情况下就能保持稳定。但是，在没有接电池时，为了将纹波电压保持在低水平，建议在 BAT 引脚与地之间连接一个具有 1Ω 串联电阻的 1μF 电容器。

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

应用信息

引脚阻抗的影响。在 PROG 引脚上没有附加电容时，利用阻值高达 50k 的设置电阻器能获得可接受的稳定性。然而，该节点上的附加电容可降低最大容许设置电阻器的阻值。PROG 引脚上的极点频率应保持在 500kHz 以上。于是，如果 PROG 引脚加载了一个电容 C，则应采用下式来计算 R_{PROG} 的最大电阻值：

$$R_{\text{PROG}} < 1 / (6.283 \cdot 5 \times 10^5 \cdot C)$$

对用户来说，他们更感兴趣的是电池的平均电流，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 (如图 5 所示)。在 PROG 引脚和滤波电容器以及监控电路之间增设了一个 10k 电阻器以确保稳定性。

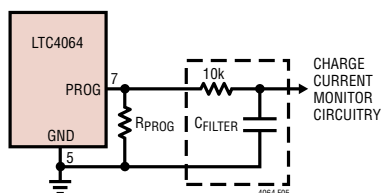
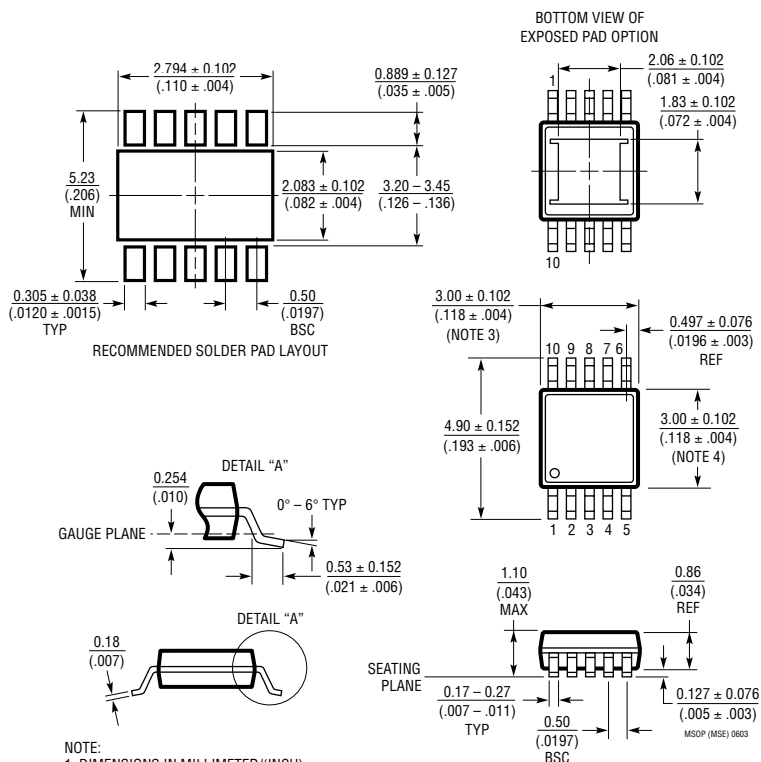


图 5：隔离 PROG 引脚上的容性负载和滤波电路

封装描述

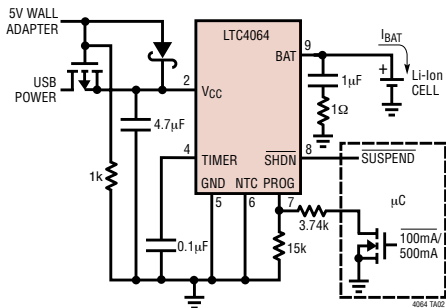
MSE 封装
10 引脚塑料 MSOP 封装
(参考 LTC DWG # 05-08-1663)



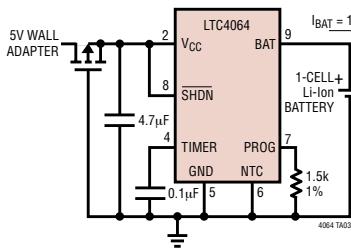
- NOTE:
1. DIMENSIONS IN MILLIMETER/(INCH)
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
 4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
 5. LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.102mm (.004") MAX

典型应用

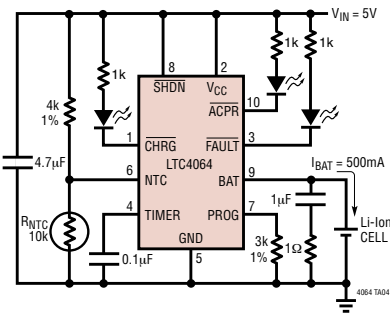
采用 USB/交流适配器作为电源的锂离子电池充电器



具有反转极性输入保护功能的锂离子电池充电器



全能单节锂离子电池充电器



相关器件

器件型号	描述	备注
LT1571	200kHz/500kHz 开关型电池充电器	充电电流高达 1.5A；预设型和可调型电池电压
LTC1731	锂离子电池线性充电器控制器	简单的充电器采用外部 FET，具有预设电压、C/10 充电器检测和可设置定时器
LTC1732	锂离子电池线性充电器控制器	简单的充电器采用外部 FET，具有预设电压、C/10 充电器检测、可设置定时器和输入电源状态良好指示功能
LTC1733	单片锂离子电池线性充电器	具有可设置定时器的独立型充电器，充电电流高达 1.5A
LTC1734	采用 ThinSOT™ 封装的锂离子电池线性充电器	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	锂离子电池线性充电器控制器	充电电流为 50mA 至 180mA，无需隔离二极管和检测电阻器
LTC4006	4A 锂离子电池同步开关型电池充电器	6V ≤ VIN ≤ 28V；两节、三节、四节锂离子电池；效率高达 96%
LTC4050	锂离子电池线性充电器控制器	简单的充电器采用外部 FET 和用于电池温度检测的热敏电阻输入
LTC4052	锂离子电池线性脉冲充电器	集成化的独立型脉冲充电器，热耗散最少，具有过流保护功能
LTC4054	采用 ThinSOT 封装的独立型锂离子线性电池充电器	充电电流高达 800mA，具热调整功能，与 USB 标准兼容，充电终止功能
LTC4056	采用 ThinSOT 封装的独立型锂离子线性电池充电器控制器	充电电流高达 700mA，充电终止功能，利用未经精确调节或高阻抗的输入电源来进行连续充电

ThinSOT 是凌特公司的商标。