

具有热调整功能的 单片线性锂离子电池充电器

特点

- 适用单节锂离子电池的完整线性充电器
- 热调整功能使充电速率最大化并且无过热风险*
- 无需外部 MOSFET、检测电阻或隔离二极管
- 最高 1.5A 充电电流
- 1% 精度的预设充电电压
- 7% 精度的可编程充电电流
- 可编程充电终止定时器
- 小巧的热增强型 10 引脚 MSOP 封装
- 充电电流监视器有助于电池电量检测*
- C/10 充电电流检测输出
- 自动再充电
- 热敏电阻输入以实现适宜温度充电
- AC 适配器接入的逻辑输出
- 4.1V/4.2V 引脚可选输出电压

应用

- 蜂窝电话
- 手持电脑
- 数字照相机
- 充电座

描述

LTC[®]1733 是一独立的恒流/恒压线性充电器，内含功率 MOSFET，适用于锂离子电池。内部的热反馈可调整充电电流，以便在大功率工作或环境温度高的条件下限制硅片温度。该功能使用户可设定一个大充电电流，而不会有损害 LTC1733 或手持产品的危险。

由于采用了内部 MOSFET 的结构，因此无需外部电流检测电阻和隔离二极管。充电电流和充电时间可在外部分别利用一个电阻和一个电容来设置。当输入电源（交流适配器）被拿掉时，LTC1733 自动进入一低电流睡眠模式，将电池漏电流降至 5 μ A 以下。

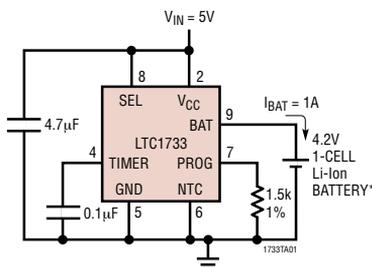
LTC1733 还包括 NTC 温度检测、C/10 检测电路、AC 适配器接入的逻辑信号、4.1V/4.2V 引脚选择功能以及电池低压充电条件（涪流充电）。

LTC1733 采用 10 引脚热增强型 MSOP 封装。

 LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。
*专利正待审批

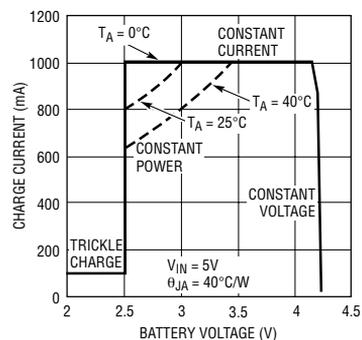
典型应用

独立锂离子电池充电器



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

充电电流与电池电压的关系

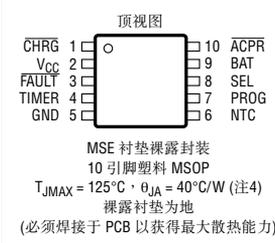


1733 TA01b

绝对最大额定值 (注1)

输入电源电压 (V_{CC})	7V
BAT	7V
NTC、SEL、TIMER、PROG	-0.3V 至 $V_{CC} + 0.3V$
\overline{CHRG} 、 \overline{FAULT} 、 \overline{ACPR}	-0.3V 至 7V
BAT 短路持续时间	连续
BAT 电流 (注2)	1.6A
PROG 电流 (注2)	1.6mA
结温	125°C
工作温度范围 (注3)	-40°C 至 85°C
存储温度范围	-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
	LTC1733EMSE
	MSE 型号标记
	LTLX

关于具有更宽工作温度范围的器件，请咨询凌特公司。

电特性 凡标注 ● 符号的指标均适用于整个工作温度范围，否则仅指工作在环境温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{CC} = 5V$ 。

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		● 4.5		6.5	V
I_{CC}	V_{CC} 电源电流	充电器工作中；电流模式； $R_{PROG} = 30k$ (注5)	●	1	3	mA
		关断模式； $V_{PROG} = 3V$	●	0.9	2	mA
V_{BAT}	V_{BAT} 调整输出电压	SEL = 0V	● 4.059	4.1	4.141	V
		SEL = V_{CC}	● 4.158	4.2	4.242	V
I_{BAT}	电池引脚电流	$R_{PROG} = 3k$ ；电流模式	●	465	500	mA
		$R_{PROG} = 1k$ ；电流模式		1.395	1.5	A
		关断模式； $V_{PROG} = 3V$			± 1	μA
		睡眠模式 $V_{CC} < V_{BAT}$ 或 $V_{CC} < (V_{UV} - \Delta V_{UV})$			± 1	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	V_{BAT} 上升		2.48		V
ΔV_{TRIKL}	涓流充电跳变迟滞			100		mV
V_{UV}	V_{CC} 欠压闭锁电压	V_{CC} 上升	●	4.2	4.5	V
ΔV_{UV}	V_{CC} 欠压闭锁迟滞			150		mV
V_{MSD}	手动关断门限电压	PROG 引脚电压上升		2.15		V
$V_{MSD-HYS}$	手动关断迟滞电压			100		mV
V_{ASD}	自动关断门限电压	$(V_{CC} - V_{BAT})$ 电压下降		30		mV
		$(V_{CC} - V_{BAT})$ 电压上升		60		mV

电特性 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ ，除非特别说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{PROG}	PROG 引脚电压	$R_{\text{PROG}} = 3\text{k}$ ， $I_{\text{PROG}} = 500\mu\text{A}$ ；电流模式		1.5		V
I_{CHRG}	CHRG 引脚弱下拉电流	$V_{\text{CHRG}} = 1\text{V}$		25		μA
V_{CHRG}	CHRG 引脚输出低电平电压	$I_{\text{CHRG}} = 5\text{mA}$		0.35		V
V_{ACPR}	ACPR 引脚输出低电平电压	$I_{\text{ACPR}} = 5\text{mA}$		0.35		V
V_{FAULT}	FAULT 引脚输出低电平电压	$I_{\text{FAULT}} = 5\text{mA}$		0.35		V
$I_{\text{C}/10}$	充电结束指示电流	$R_{\text{PROG}} = 3\text{k}$	35	50	65	mA
t_{TIMER}	TIMER 准确度	$C_{\text{TIMER}} = 0.1\mu\text{F}$		± 10		%
V_{RECHRG}	再充电电池电压门限	电池电压下降，SEL = 0V 电池电压下降，SEL = 5V		3.9 4.0		V V
$V_{\text{NTC-HOT}}$	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			70		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			70		mV
$V_{\text{NTC-DIS}}$	NTC 引脚禁用门限电压	V_{NTC} 上升		100		mV
$V_{\text{DIS-HYS}}$	NTC 引脚禁用迟滞电压			10		mV
$V_{\text{SEL-IL}}$	SEL 引脚门限输入低		0.3			V
$V_{\text{SEL-IH}}$	SEL 引脚门限输入高				1	V
T_{LIM}	恒温模式下的结温			105		$^\circ\text{C}$
R_{ON}	功率 MOSFET “导通”电阻			375		$\text{m}\Omega$

注 1：绝对最大额定值超出该值则器件寿命可能受损。

注 2：1.6A 的绝对最大 BAT 电流额定值通过设计与电流密度计算获得保证。绝对最大 PROG 电流额定值通过设计保证为 BAT 电流额定值的 1/1000。

注 3：LTC1733E 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、特性及相关的统计

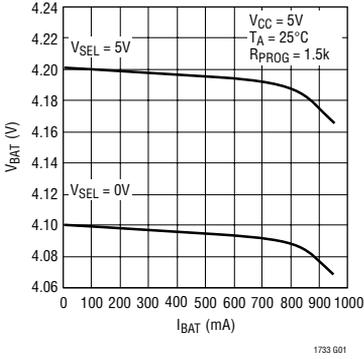
过程控制来保证。

注 4：封装的裸露背面与 PCB 板焊接不良会造成热阻远高于 $40^\circ\text{C}/\text{W}$ 。

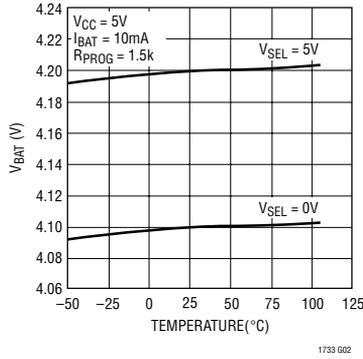
注 5：电源电流包括 PROG 引脚电流，但不包括任何通过 BAT 引脚流向电池的电流。

典型性能特征

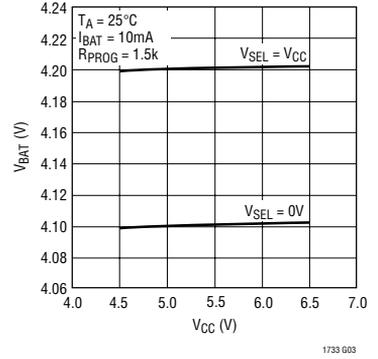
电池调整电压与电池充电电流的关系



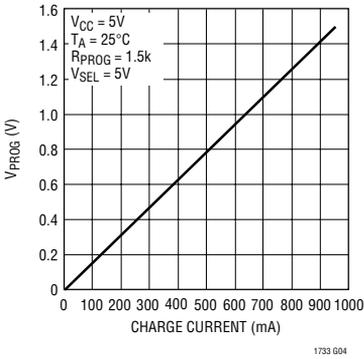
电池调整电压与温度的关系



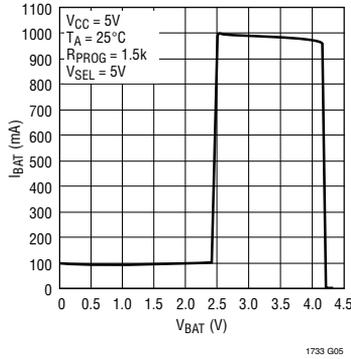
电池调整电压与 V_{CC} 的关系



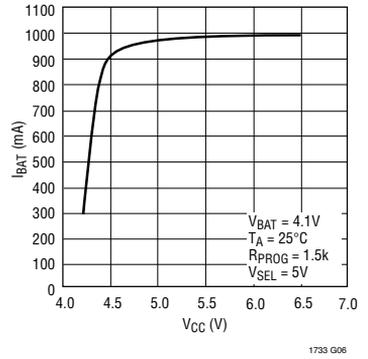
PROG 引脚电压与充电电流的关系



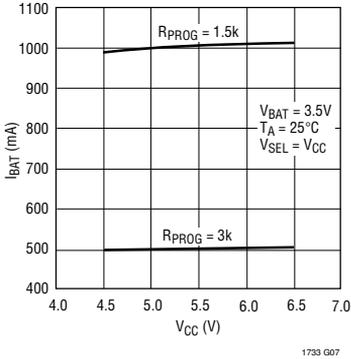
充电电流与电池电压的关系



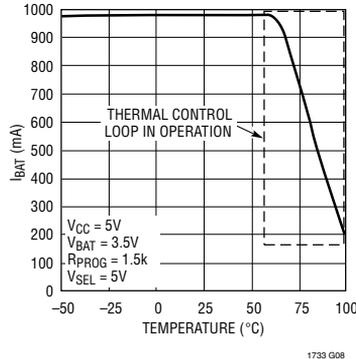
充电电流与输入电压的关系



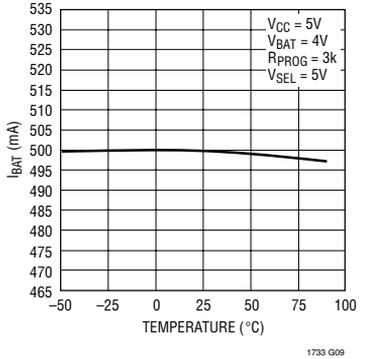
充电电流与 V_{CC} 的关系



热调整条件下充电电流与温度的关系

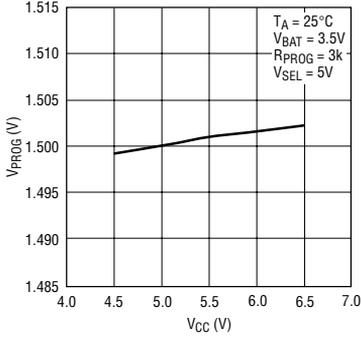


充电电流与温度的关系



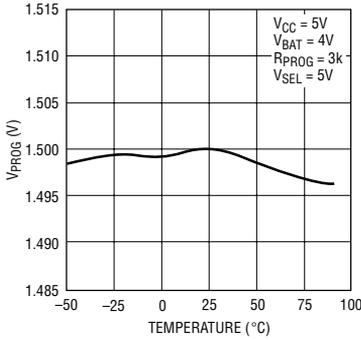
典型性能特征

恒流模式下 PROG 引脚电压与 V_{CC} 的关系



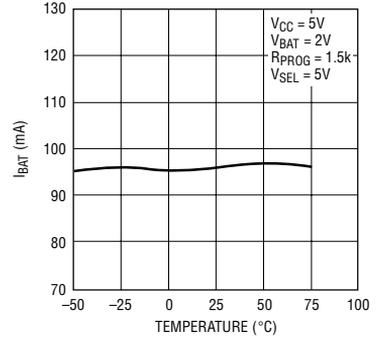
1733 G10

恒流模式下 PROG 引脚电压与温度的关系



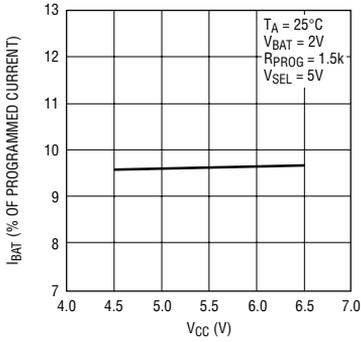
1733 G11

涓流充电电流与温度的关系



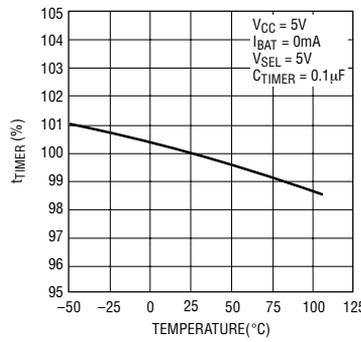
1733 G12

涓流充电电流与 V_{CC} 的关系



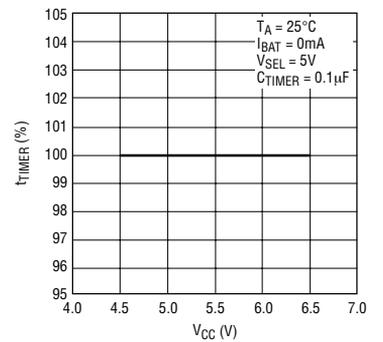
1733 G13

定时器准确度与温度的关系



1733 G14

定时器准确度与 V_{CC} 的关系



1733 G15

引脚功能

CHRG：漏极开路充电状态输出。电池充电时， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚被一个内部的 N 沟道 MOSFET 拉为低电平。当充电电流降至电流全幅的 10% 时，N 沟道 MOSFET 锁断，并且一个 25 μA 的电流源从 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚连接到地。通过短暂地将 PROG 引脚电压提高到 2.15V 关断门限以上，或者变换 V_{CC} 电平，可以清除 C/10 的锁断信号。当定时器运行结束或者取掉输入电源时，电流源被断开， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚被强制为高阻状态。

V_{CC}：正输入电源电压。当 V_{CC} 高于 V_{BAT} 的电压小于 30mV 或者低于欠压闭锁门限时，LTC1733 进入睡眠模式， I_{BAT} 降到 5 μA 以下。 V_{CC} 可在 4.5V 至 6.5V 之间变化。用一个或多个 4.7 μF 的陶瓷在该引脚和地之间实施旁路连接。

FAULT：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涪流式充电条件下已经超时(整个时间段的 1/4) 或者 NTC 比较器指示电池温度超出范围。当 V_{BAT} 小于 2.48V 时，涪流式充电启动，充电电流降至设定值的 1/10，定时时间减小 4 倍。1/4 定时时间结束后，如果 V_{BAT} 仍低于 2.48V，涪流式充电停止， $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚被锁定在地电平上。故障信号可通过变换 V_{CC} 电平来清除，短暂提高 PROG 引脚电压至 2.15V 关断门限以上，或者把 BAT 引脚电压提升到 2.48V 以上。如果是 NTC 比较器指示电池温度超出范围，那么 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚将被拉至地电平，直到温度恢复到正常范围为止。

TIMER：定时器。将一个 C_{TIMER} 接在该引脚与地之间可设定定时时间。定时时间为：

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

通过将 TIMER 引脚与地短接可禁止内部定时功能。

GND：地。将裸露的封装背部连接到地。

NTC：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，这引脚可检测电池组的温度，并且当温度超出范围时即停止充电。当该引脚电压在高温时降至 $(0.5) \cdot (V_{\text{CC}})$ 以下或者在低温时升至 $(0.875) \cdot (V_{\text{CC}})$ 以上，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。 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚被拉至低电平，但并未锁定。当温度恢复到可接受的范围，充电将继续进行， $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚被释放。将 NTC 引脚接地可禁止 NTC 功能。

PROG：充电电流设定、关断信号输入及充电电流监控引脚。该引脚与地之间连接一个电阻 R_{PROG} 可设定充电电流。在恒流模式下，LTC1733 将 PROG 引脚电压维持在 1.5V。在所有模式中，都可以利用 PROG 引脚电压来测算充电电流，公式如下：

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

将 PROG 引脚电压拉到 2.15V 关断门限电压以上可强制关断该 IC。(注：当处于悬浮状态时，PROG 引脚电压不会被拉高)。

SEL：4.1V/4.2V 电池选择输入。该引脚接地时，设定电池浮动电压为 4.1V，接 V_{CC} 时，该电压被设定为 4.2V。

BAT：充电电流输出引脚。当没有电池时，需接入一个至少 1 μF 的旁路电容和一个 1 Ω 的串联电阻，以使纹波电压降到最小。一个精确的内部电阻分压器设置该引脚的最终浮充电平。在睡眠和关断模式下，内部电阻分压器断开。

ACPR：漏极开路电源状态输出。当 V_{CC} 大于欠压闭锁门限并且比 V_{BAT} 至少高出 30mV 时， $\overline{\text{ACPR}}$ 引脚被拉为地电平。否则该引脚被强制为高阻状态。

方框简图

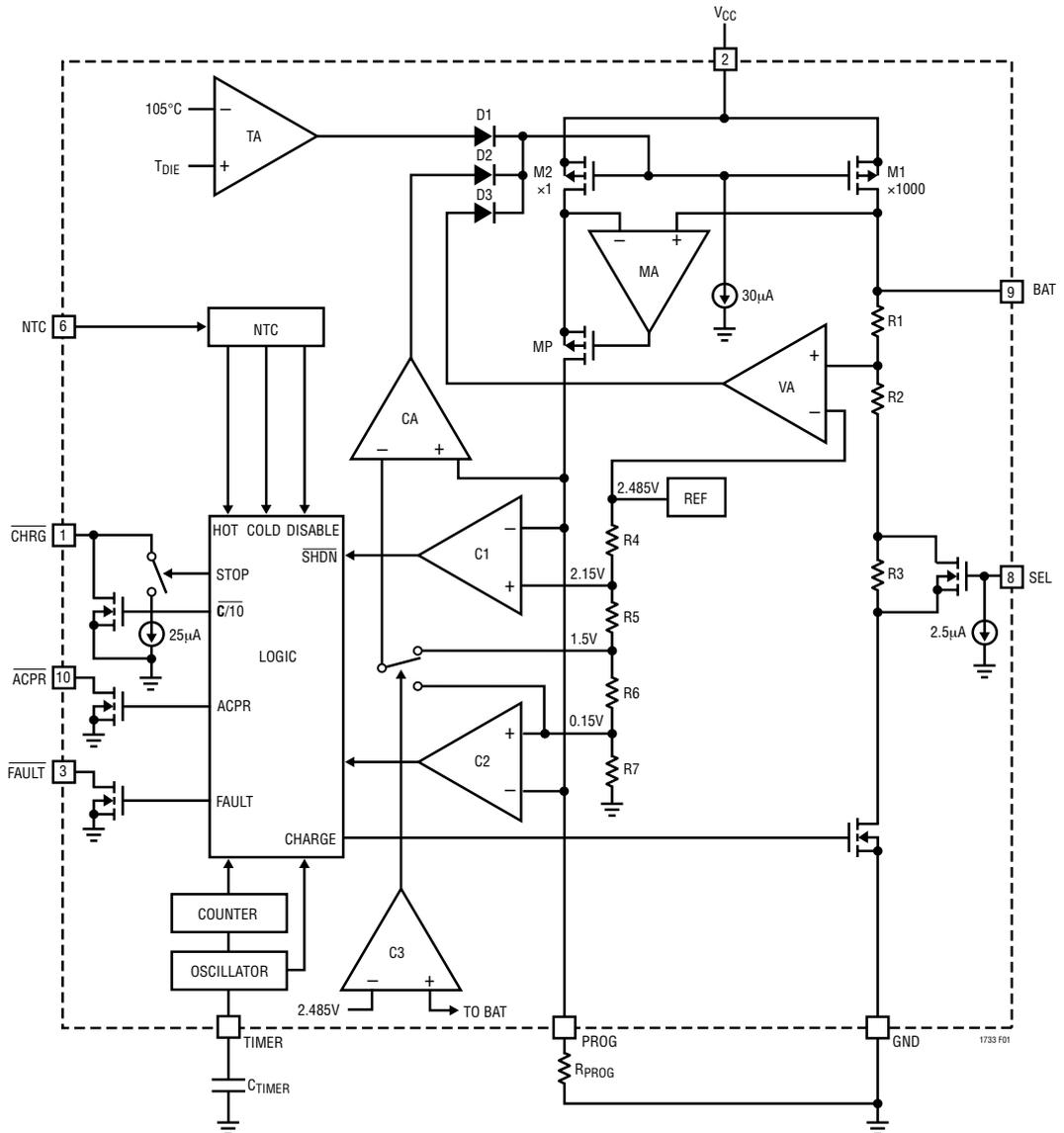


图 1

工作原理

LTC1733 是主要为单节锂离子电池而设计的线性电池充电器。拥有内部 P 沟道功率 MOSFET 的该款充电器采用一种恒流/恒压充电算法，电流可以设定，并有用来结束充电的可设置定时器。充电电流最高可设定在 1.5A，最终浮动电压精度可达 $\pm 1\%$ 。由于不需要隔离二极管和检测电阻，因此基本充电电路的外部元件数量减少为 3 个。 $\overline{\text{CHRG}}$ 、 $\overline{\text{ACPR}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 三个漏极开路状态输出引脚始终根据 LTC1733 的状态提供信息。NTC 热敏电阻输入提供一种根据电池温度来提高充电质量的方法。

如果硅片温度上升到大约 105°C 的预置值以上时，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 LTC1733 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 LTC1733 或外部元件的风险。LTC1733 内部过热限制的另一个好处是：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，充电电流可以根据典型的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 电平以上并且 PROG 引脚和地之间接入一个设定电阻时，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，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 引脚电压超过

2.48V，充电器便进入快速恒流模式充电。在恒流模式下，充电电流由 R_{PROG} 来确定。

当电池达到最终浮充电压，随著 LTC1733 进入恒定电压模式，充电电流开始减少。当电流降至全幅充电电流的 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，指示充电已接近结束 (C/10)。短暂上拉 PROG 引脚电压至 2.15V 关断门限以上，或者短暂地取消然后再施加 V_{CC} ，可将 C/10 锁断信号清除。

接在 TIMER 引脚上的一个外部电容用来设定整个充电时间。该段时间结束时，充电过程终止， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚呈现高阻状态。要重新开始充电循环，可以简单地取消输入电压再重新施加，或者强制 PROG 引脚电压高于 2.15V 关断门限（注：简单地悬停 PROG 引脚电压不会重新开始充电循环）。

对于要求最终浮充电位值更为精确的锂离子或类似电池来说，内部基准、电压放大器和电阻分压器可提供 $\pm 1\%$ (最大) 精度的调整。

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} 减少到 $5\mu\text{A}$ 以下。这大大减少了电池电流的消耗，延长待机时间。强制 PROG 引脚电压高于 2.15V 可关断充电器 ($I_{\text{CC}} = 0.9\text{mA}$)。

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以上之前使充电器保持在关断模式。UVLO 电路有一个内设的150mV 迟滞。另外，为了防止功率 MOSFET 中的电流逆向流动，当 V_{CC} 降到比电池电压高出的幅度不足 30mV 时，UVLO 电路将使充电器保持在关断模式。如果 UVLO 比较器发生跳变，充电器也不会退出关断模式，直到 V_{CC} 比电池电压高出 60mV 以上。

涓流式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)，充电器进入涓流式充电，充电电流减少到全幅电流的 10%。如果这种低电池电压状态的持续时间达到整个充电时间的 1/4，则认为电池损坏，充电循环终止， \overline{CHRG} 引脚输出呈现高阻状态，并且 \overline{FAULT} 引脚锁定为低电平。通过变换 V_{CC} 电平、短暂强制 PROG 引脚电压至 2.15V 以上，或者短暂强制 BAT 引脚电压高于 2.48V，都可以清除这种指示损坏的状态。

关断

提升 PROG 引脚电压至 2.15V 关断门限以上，可以关断 LTC1733 ($I_{CC} = 0.9\text{mA}$)。在关断时，内部线性调整器关闭，内部定时器复位。

再充电

如果电池电压在充电之后高于 4.05V ($SEL = 5V$) 或 3.95V ($SEL = 0V$)，LTC1733 能够对电池再充电。一旦超过这些门限，那么在电池电压因施加负载或自身放电而下降至 4V ($SEL = 5V$) 或 3.9V ($SEL = 0V$) 以下时，将开始一个新的充电循环。再充电电路将对 BAT 引脚电压进行数毫秒的积分，以防止在再启动充电循环的瞬态。

在涓流式充电期间，如果电池电压持续低于 2.48V 的时间长达设定时间的 1/4，则电池可能失效，

充电循环将终止。另外，重充电比较器被禁止；必须变换输入电压电平或者将 PROG 引脚电压提高到 2.15V 关断门限以上，或者将 BAT 引脚提高到 2.48V 涓流式充电门限以上，才能够开始一个新的充电循环。

充电电流的设定

电池充电电流的计算公式为(见图 1)：

$$I_{CHG} = (I_{PROG}) \cdot 1000 \\ = (1.5V / R_{PROG}) \cdot 1000 \text{ 或}$$

$$R_{PROG} = 1500 / I_{CHG}$$

其中， R_{PROG} 为 PROG 引脚到地之间的全部阻抗。在涓流式充电条件下，该电流被降到全幅电流的 10%。

例如，如果需要 500mA 的充电电流，那么计算如下：

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

为获得最佳的时间与温度稳定性，建议使用 1% 精度的金属膜电阻。

如果充电器处于恒温或者恒压模式，可通过监测 PROG 引脚电压来监控电池电流，计算方法如下：

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

定时器的设定

可设定的定时器用于终止充电循环。定时时间通过 TIMER 引脚上的一个外部电容器来设定。整个充电时间为：

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

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

当输入电压大于欠压闭锁门限并且设定电阻连接于地时，定时器开始计时。在计时结束后，充电电流停止， \overline{CHRG} 输出引脚呈现高阻状态，指示充电已经结束。把 TIMER 引脚接地将禁止定时器功能。

应用信息

漏极开路状态输出

LTC1733有三个漏极开路状态输出： $\overline{\text{ACPR}}$ 、 $\overline{\text{CHRG}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 。当施加高于欠压闭锁门限的输入电压时， $\overline{\text{ACPR}}$ 引脚降为低电平；当电源($V_{\text{IN}} < V_{\text{UV}}$)取消时， $\overline{\text{ACPR}}$ 引脚进入高阻状态。 $\overline{\text{CHRG}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 共同指示充电循环的状态。表1列出 $\overline{\text{CHRG}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 的输出与充电循环状态之间的关系。

表1

FAULT	CHRG	描述
高	低	充电循环已开始，C/I0未达到，充电正常进行。
低	低	充电循环已开始，C/I0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	25 μA 下拉	已达到C/I0，充电正常进行。
低	25 μA 下拉	已达到C/I0，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(充电结束)。
低	高	如果 $\overline{\text{FAULT}}$ 变低和 $\overline{\text{CHRG}}$ 变高阻状态是同时发生，那么LTC1733是由于电池损坏而结束($V_{\text{BAT}} < 2.48\text{V}$ 的持续时间超过设定充电时间的1/4)；如果 $\overline{\text{CHRG}}$ 先变为高阻状态，那么LTC1733是正常结束(充电终止)，但是NTC指示超出温度范围。

 $\overline{\text{CHRG}}$ 状态输出引脚

当充电循环开始， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚被一个可以驱动一个LED的内部N沟道MOSFET拉为低电平。当充电电流降为全程电流的10%(C/I0)时，N沟道MOSFET被锁断， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚连接于一个接地的25 μA 弱电流源。在充电时间结束时，该引脚呈高阻状态。利用两个不同值的上拉电阻，微处理器可以检测到该引脚的三种状态(充电、C/I0和超时)。见图2。

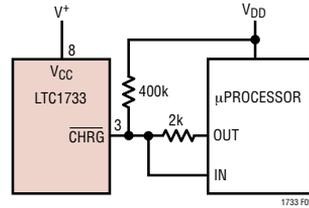


图2：微处理器接口

当LTC1733处于充电模式时， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚被内部的N沟道MOSFET拉为低电平。为了检测该模式，需强制数字输出引脚OUT为高，然后测量 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚的电压，即使有2k的上拉电阻，N沟道MOSFET也会将该引脚拉为低电平。一旦充电电流降为全程电流的10%(C/I0)，N沟道MOSFET即关断，一个25 μA 的电流源与 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚相连。然后，IN引脚将被2k上拉电阻拉为高。如果强制OUT引脚为高阻状态，则电流源会通过400k电阻把IN引脚拉为低电平。当内部定时完成时， $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚呈高阻状态，400k的电阻会拉高引脚来指示充电结束。

NTC 热敏电阻

电池的温度是通过紧靠电池外壳的一个负温度系数(NTC)热敏电阻来测量的。NTC热敏电阻的电路如图3所示。使用这功能时，在NTC引脚与地之间接一10k的NTC热敏电阻，在NTC引脚与 V_{CC} 之间接一个电阻(R_{HOT})。 R_{HOT} 应为1%精度的电阻，其阻值是等于所选热敏电阻在50 $^{\circ}\text{C}$ 时的阻值(该温度下Vishay NTHS0603N02N1002J热敏电阻的阻值为4.1k)。当NTC热敏电阻的阻值下降至4.1k(对应于50 $^{\circ}\text{C}$)以下时，LTC1733进入保持模式。保持模式冻结定时器并终止充电循环，直到热敏电阻指示温度

应用信息

恢复到有效温度为止。温度下降时，NTC 热敏电阻的阻值上升。LTC1733 被设计为：当 NTC 阻值增至 R_{HOT} 阻值的 7 倍时即进入保持模式。对于 Vishay NTHS0603N02N1002J 热敏电阻，该值为 28.2k，约相对大约为 0°C。热比较器和冷比较器均有约 2°C 的迟滞，以避免在跳变点附近产生振荡。将 NTC 引脚接地将禁止 NTC 功能。

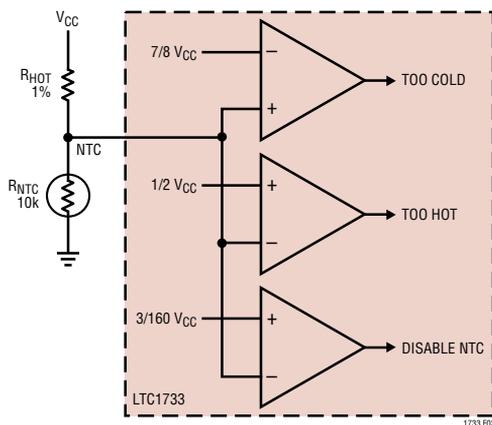


图 3

热敏电阻

LTC1733 NTC 跳变点被设计为与热敏电阻工作，电阻的阻值与温度的特性符合 Vishay Dale “R-T 曲线 2”。例如 Vishay NTHS0603N02N1002J 就是这样的热敏电阻。不过，Vishay Dale 公司有很多符合“R-T 曲线 2”特性的产品，尺寸规格也多种多样。另外， R_{COLD} 与 R_{HOT} 的比值约为 7.0 的任何热敏电阻也可使用 (Vishay Dale R-T 曲线 2 的 R_{COLD} 与 R_{HOT} 比值为 2.816/0.4086 = 6.9)。

有关 NTC 布线的考虑

NTC 热敏电阻不要与 LTC1733 有密切的热接触，这一点非常重要。因为 LTC1733 封装可能达到 50°C 跳变点以上的温度，NTC 功能可能引起迟滞振

荡，从而使充电电流的开和关所依据的是封装温度，而不是电池温度。将 NTC 热敏电阻与电池形成热耦合而不是与 LTC1733，即可消除这个问题。

另外，采用标准开尔文 (Kelvin) 检测技术实现 V_{CC} 与 R_{HOT} 之间的连接也非常重要。由于 V_{CC} 是一条流向 LTC1733 的大电流通路，因此有必要尽量减少 V_{CC} 输入引脚与 R_{HOT} 上端之间的压降。

NTC 跳变点误差

在 R_{HOT} 采用 1% 精度电阻时，50°C 跳变点的主要误差决定于 NTC 热敏电阻的误差。一个典型 10k NTC 热敏电阻的误差为 $\pm 10\%$ ，通过查找热敏电阻在 50°C 的温度系数，可以算出以摄氏温度表示的误差。以 Vishay NTHS0603N02N1002J 热敏电阻为例，它在 50°C 时的温度系数为 $-3.3\%/^{\circ}\text{C}$ 。将误差除以温度系数， $\pm 10\% / (-3.3\%/^{\circ}\text{C}) = \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，可得到热跳变点的温度误差。

冷跳变点的情况稍为复杂一些，因为其误差取决于 NTC 热敏电阻的误差以及 0°C 阻值和 50°C 阻值的比值与 7:1 相差的程度。因此冷跳变点误差可用误差 (TOL)、热敏电阻在 0°C 的温度系数 TC (单位为 $\%/^{\circ}\text{C}$)、热敏电阻在 0°C 的阻值 (R_{COLD})、热敏电阻在 50°C 的阻值 (R_{HOT}) 来计算。公式如下：

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

例如，误差为 $\pm 10\%$ 、TC 为 $-4.5\%/^{\circ}\text{C}$ 和 R_{COLD}/R_{HOT} 为 6.89 的 Vishay NTHS0603N02N1002J 热敏电阻，其冷跳变点误差为：

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

应用信息

如果采用误差小于 $\pm 10\%$ 的热敏电阻，那么跳变点误差受热敏电阻误差的影响开始降低，而主要决定于其它方面的误差，包括 LTC1733 内部比较器输入失调电压和大充电电流引起的内部压降。

恒流/恒压/恒温

LTC1733 采用一种独特的结构，以恒流、恒压、恒温的方式给电池充电。图1表示 LTC1733 的一个简单原理框图。所示的三个放大反馈环路控制恒流 CA、恒压 VA、和恒温 TA 模式。第四个放大反馈环路 MA 用来增加电流源对 M1、M2 的输出阻抗（注意：M1 是内部 P 沟道功率 MOSFET）。它保证 M1 的漏极电流恰好是 M2 漏极电流的 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流、恒温或恒压模式。二极管 D1、D2 和 D3 提供优先权给最需要减小电流的环路。如果某两个放大器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。在恒流模式，CA 将 PROG 引脚电压维持在精确的 1.50V（或在涓流式充电模式中为 0.15V）。当处于恒温模式时，TA 将硅片温度限制在大约 105°C ，并且如“充电电流的设定”一段所述，PROG 引脚电压可以指示充电电流值。当处于恒压模式时，VA 将其反相输入维持在精确的 2.485V，并且由 R1、R2 组成的内部电阻分压器保证电池电压维持在 4.1V 或 4.2V。同样，PROG 引脚电压可用来指示充电电流值。

在典型的工作方式下，充电循环以恒流模式开始，输送给电池的电流等于 $1500\text{V}/R_{\text{PROG}}$ 。如果 LTC1733 的功耗导致结点温度升到 105°C ，放大器 (TA) 将减小充电电流，将芯片温度限制在 105°C 左右。隨著电池电压的升高，LTC1733 或者返回到恒流

模式，或者从恒温直接进入恒压模式。不管什么模式，PROG 引脚的电压都与输送给电池的电流成比例。

功率损耗

LTC1733 因热保护反馈而减少充电电流的条件可通过 IC 的功率耗散而估算。对于大充电电流，LTC1733 功耗约为：

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

其中 P_D 为功耗， V_{CC} 为输入电压， 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 LTC1733 可以自动减小充电电流来维持芯片温度在 105°C 左右。然而，当热反馈开始保护 IC 时，环境温度大概为：

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

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

例如：一个 LTC1733 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。那么该 LTC1733 开始减小 1.2A 充电电流时的环境温度约为：

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

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

LTC1733 可以在高于 45°C 的温度下使用，但是充电电流将减小到 1.2A 以下。在给定环境温度下充电电流大约可以估算为：

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

再以 55°C 环境温度考虑上面例子，充电电流将大约减小到：

应用信息

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

另外，正如“充电电流的设定”一段所讨论的那样，PROG 引脚电压会随充电电流的变化而成比例的改变。

切记不需要在 LTC1733 应用设计中考虑最坏的热条件，这很重要，因为当结点温度达到约105°C时，IC 会自动减少功耗。详见“设计要点 283(Design Note 283)”。

有关电路板布局的考虑

为在所有条件下都能输送最大充电电流，一定要把 LTC1733 封装背面的裸露衬垫焊在电路板上。如能正确的焊在一块 2500mm² 的双面 1 盎司铜板上，LTC1733 会有约 40°C/W 的热阻。如果封装背面的裸露衬垫与敷铜板之间没有热接触，热阻将远大于 40°C/W。例如，一个正确焊接的 LTC1733 可在室温下从 5V 电源为电池输送 1250mA 以上的电流。若没有背面的热接触，这个数字可能降到 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。但是，当使用多层陶瓷电容器时必须谨慎。由于某些类型的陶瓷电容器具有自振和高 Q 值的特点，所以在某些启动条件下可能产生高的电压瞬态信号，例如将充电器输入端连接到一个工作中的电源时。更多信息参见“应用指南 88(Application Note 88)”。

稳定性

在接有电池时，恒压模式反馈环路无需任何补偿就能保持稳定。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。

在恒流模式中，处于反馈环路中的不是电池而是 PROG 引脚。恒流模式的稳定性受 PROG 引脚阻抗的影响。在 PROG 引脚没有附加电容时，利用高达 50k 的设定电阻可获得尚可接受的稳定性。但是，该节点上的附加电容可降低最大容许设定电阻的值。PROG 引脚的极点频率应该保持在 500kHz 以上。因此，如果 PROG 引脚加载了一个电容 C，就应该用下面的公式来计算 R_{PROG} 的最大阻抗：

$$R_{\text{PROG}} < 1 / (6.283 \cdot 500\text{E}3 \cdot C)$$

对用户来说，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，从 BAT 引脚流出的平均电流通常比瞬态电流脉冲更重要。在这种情况下，在 PROG 引脚上可使用一个简单的 RC 滤波器来测量平均的电池电流，如图 4 所示。在 PROG 引脚和滤波器的电容器及监控电路之间加入一个 10k 电阻以保证稳定性。

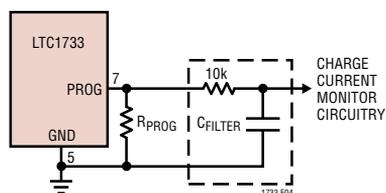
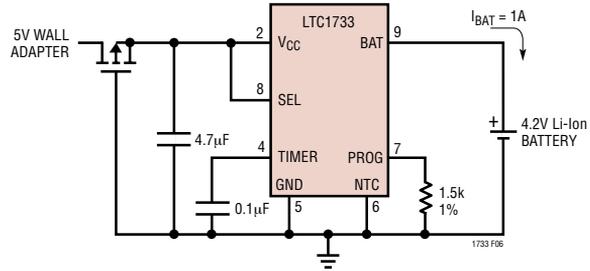


图 4：隔离 PROG 引脚上的容性负载和滤波电路

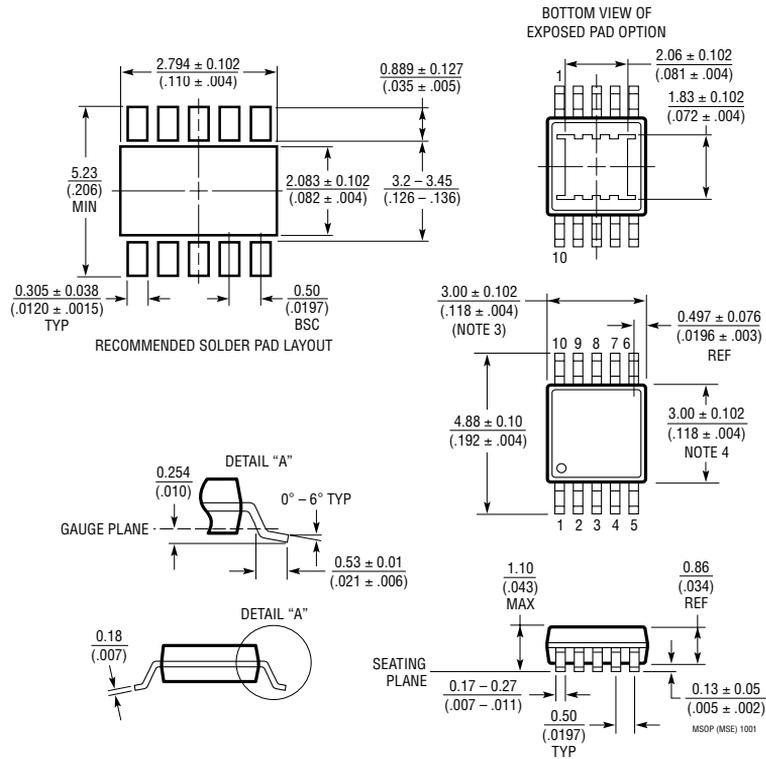
典型应用

具有反相极性输入保护的基本锂离子充电器



封装描述

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

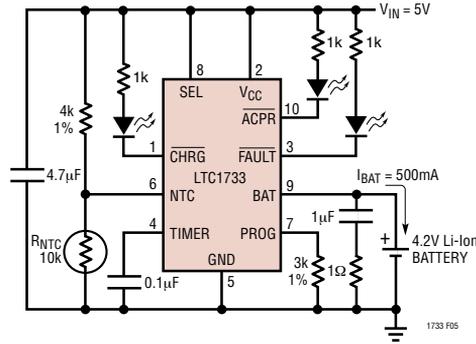


注：

1. 尺寸单位为毫米 (英寸)。
2. 绘图未按比例。
3. 尺寸不包括注塑飞边、突起或注塑口毛刺。注塑飞边、突起或注塑口毛刺每边不能超过 0.152mm (.006")。
4. 尺寸不包括引脚间的飞边或突起。引脚间的飞边或突起每边不能超过 0.152mm (.006")。
5. 引脚共面 (成型后各引脚的底部) 的偏差最大为 0.102mm (.004")。

典型应用

全功能单节锂离子电池充电器



相关器件

型号	描述	备注
LT1571	200kHz/500kHz 开关电池充电器	充电电流最高1.5A；预设电池电压并可调节
LTC1729	锂离子电池充电终止控制器	充电时间或充电电流终止，预调理功能，8脚MSOP
LTC1730	锂离子电池脉冲充电器	无需隔离二极管，电流限值以获得最大安全性
LTC1731	锂离子电池线性充电器控制器	使用外部FET的简单充电器，具有预设电压、C/10充电器检测和可设定定时器
LTC1732	锂离子电池线性充电器控制器	使用外部FET的简单充电器，具有预设电压、C/10充电器检测和可设定定时器、输入电源良好指示
LTC1734	ThinSOT封装锂离子电池线性充电器	简单的ThinSOT充电器，无需隔离二极管和检测电阻
LTC1998	锂离子电池低压检测器	1%精度2.5µA静态电流，SOT-23封装
LTC4050	锂离子线性电池充电器控制器	使用外部FET的简单充电器，具有预设电压、C/10充电器检测和可设定定时器、输入电源良好指示、热敏电阻接口