

2A 同步降压型 锂离子电池充电器

特点

- 低功耗
- 2A 最大充电电流
- 无需外部 MOSFET、检测电阻器或隔离二极管
- 在电池接线端子上进行远端采样
- 可编程充电终止定时器
- 准确度达 $\pm 0.5\%$ 的 4.2V 预设浮动电压
- 可编程充电电流检测/终止
- 自动再充电
- 热敏电阻输入以实现适宜温度充电
- 与电流限制交流适配器兼容
- 扁平 16 引脚 (4mm × 4mm) QFN 封装

应用

- 手持式电池供电型设备
- 手持式电脑
- 充电座
- 数码相机
- 智能手机

描述

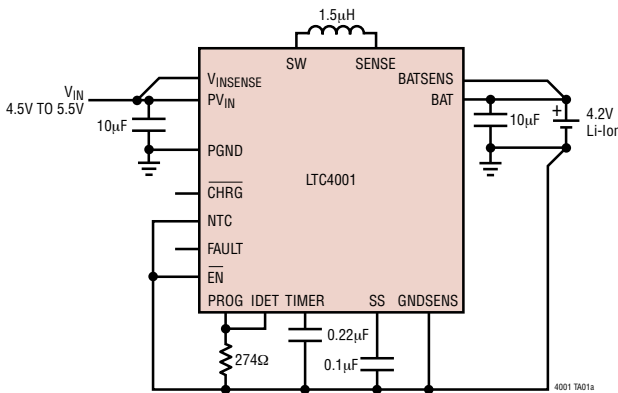
LTC[®]4001 是一款面向 5V 交流适配器的 2A 锂离子电池充电器。它采用一种 1.5MHz 同步降压型转换器拓扑结构来减少充电期间的功耗。低功耗、一个内部 MOSFET 和检测电阻器造就了一种能够被嵌入在各种手持式应用中的小型化充电器。LTC4001 包括完整的充电终止电路、自动再充电功能和一个准确度达 $\pm 1\%$ 的 4.2V 浮动电压。由于集成了输入短路保护电路，因此不需要使用隔离二极管。

电池充电电流、充电超时和充电结束指示参数采用外部元件来设定。附加功能还包括电池短路检测、适宜温度充电判定和过压保护。LTC4001 采用扁平 (高度仅 0.75mm) 16 引脚 (4mm × 4mm) QFN 封装。

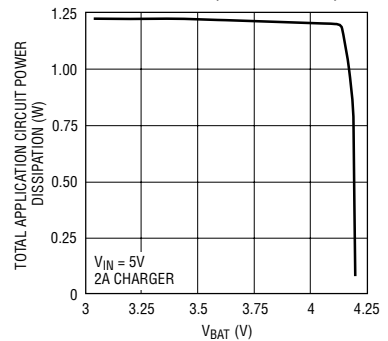
LT、LT、LTC 和 LTM 是凌特公司的注册商标。
所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

典型应用

2A 单节锂离子电池充电器



功耗与 V_{BAT} 充电的关系曲线 (PWM 模式)



LTC4001

绝对最大额定值 (注1)

PV_{IN} , $V_{INSENSE}$	
$t < 1\text{ms}$, $DC < 1\%$	-0.3V 至 7V
稳态.....	-0.3V 至 6V
SW, SENSE, BAT, BATSENS, SS,	
FAULT, $\overline{\text{CHRG}}$, $\overline{\text{EN}}$, NTC, PROG,	
IDET, TIMER 电压.....	-0.3V 至 6V
工作温度范围 (注3).....	-40°C 至 85°C
工作结温 (注5).....	-40°C 至 125°C
贮存温度范围.....	-65°C 至 125°C

封装/订购信息

TOP VIEW

UF PACKAGE
16-LEAD (4mm x 4mm) PLASTIC QFN
 $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 37^\circ\text{C/W}$
EXPOSED PAD (PIN 17) IS GND, MUST BE SOLDERED TO PCB

产品型号	UF 器件标记
LTC4001EUF	4001

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{\overline{\text{EN}}} = 0\text{V}$, $R_{\text{PROG}} = 549\Omega$, $R_{\text{IDET}} = 549\Omega$, 除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN}	电源电压	(注2)	4		5.5	V
I_{IN}		PV_{IN} 连接至 $V_{INSENSE}$, PROG 和 IDET 引脚开路, 充电器接通			2	mA
		停机, $\overline{\text{EN}} = V_{IN}$			50	μA
V_{FLOAT}	V_{BAT} 已调浮动电压	在 BATSENS 和 GNDSENS 之间进行测量	● 4.158 4.179	4.2 4.2	4.242 4.221	V
I_{BAT}	电流模式充电电流	$R_{\text{PROG}} = 549\Omega$, $V_{\text{BAT}} = 3.5\text{V}$ $R_{\text{PROG}} = 1.10\text{k}$, $V_{\text{BAT}} = 3.5\text{V}$ 停机, $\overline{\text{EN}} = V_{IN}$	1.8 0.9	2 1	2.2 1.1	A
					± 5	μA
I_{TRIKL}	涓流充电电流	$V_{\text{BAT}} = 2\text{V}$	35	50	65	mA
V_{TRIKL}	涓流充电门限	V_{BAT} 上升 V_{BAT} 下降	3.05 2.85	3.1 3.0	3.20 3.05	V
V_{UVL}	V_{IN} 欠压闭锁电压	V_{IN} 上升, 在 $V_{INSENSE}$ 和 GNDSENS 之间进行测量	2.7		2.82	V
ΔV_{UVL}	V_{IN} 欠压闭锁迟滞	在 $V_{INSENSE}$ 和 GNDSENS 之间进行测量		100		mV
V_{ASD}	自动停机门限电压	$V_{INSENSE} - V_{\text{BATSENS}}$ 上升 (接通), $V_{\text{BATSENSE}} = 4\text{V}$ $V_{INSENSE} - V_{\text{BATSENS}}$ 下降 (关闭), $V_{\text{BATSENSE}} = 4\text{V}$	200 15	250 30	300 60	mV
f_{OSC}	振荡器频率		1.3	1.5	1.7	MHz
D	最大占空比				100	%
R_{PFET}	P 沟道 MOSFET 的 $R_{\text{DS(ON)}}$	在 PV_{IN} 和 SW 之间进行测量		127		$\text{m}\Omega$
R_{NFET}	N 沟道 MOSFET 的 $R_{\text{DS(ON)}}$	在 SW 和 PGND 之间进行测量		121		$\text{m}\Omega$

4001f

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{IN} = 5\text{V}$ ， $V_{EN} = 0\text{V}$ ， $R_{PROG} = 549\ \Omega$ ， $R_{IDET} = 549\ \Omega$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{TIMER}	定时器准确度	$C_{TIMER} = 0.22\ \mu\text{F}$		± 10		%
V_{EN}	使能输入门限电压	V_{EN} 上升	0.6	0.8	1	V
ΔV_{EN}	使能输入迟滞			100		mV
V_{PROG}	PROG 引脚电压	$R_{PROG} = 549\ \Omega$		1.213		V
V_{IDET}	IDET 引脚电压	$R_{IDET} = 549\ \Omega$		1.213		V
I_{IDET}	IDET 门限	$R_{IDET} = 549\ \Omega$	150	200	250	mA
I_{CHRG}	CHRG 引脚弱下拉电流	$V_{CHRG} = 1\text{V}$	15	30	50	μA
V_{CHRG}	CHRG 输出低电压	$I_{CHRG} = 5\text{mA}$		0.2	0.4	V
V_{OL}	FAULT 引脚输出低电压	1mA 负载			0.4	V
V_{OH}	FAULT 引脚输出高电压	1mA 负载	4.6			V
V_{RECHRG}	再充电电池门限电压	$V_{FLOAT} - V_{BAT}$ 下降	50	100	135	mV
t_{RB}	再充电滤波器时间常数		4			ms
t_{RECHRG}	再充电时间	占总充电时间的百分比		50		%
t_{TRIKL}	低电池电量涓流充电时间	占总充电时间的百分比， $V_{BAT} < 2.8\text{V}$ ，采用 BATSENS 和 GNDSENS 引脚来测量		25		%
I_{SS}	软起动斜坡电流	$V_{BAT} < V_{FLOAT} - 100\text{mV}$ ，BATSENS 和 GNDSENS 两端的 V_{BAT}	6	12.8	16	μA
V_{COLD}	NTC 引脚低温故障门限	从 NTC 至 GNDSENS 引脚 上升门限 下降门限		0.74 $V_{INSENSE}$ 0.72 $V_{INSENSE}$		V V
V_{HOT}	NTC 引脚高温故障门限	从 NTC 至 GNDSENS 引脚 下降门限 上升门限		0.29 $V_{INSENSE}$ 0.30 $V_{INSENSE}$		V V
V_{DIS}	NTC 停用门限 (下降)	从 NTC 至 GNDSENS 引脚	0.015 • $V_{INSENSE}$	0.02 • $V_{INSENSE}$	0.025 • $V_{INSENSE}$	V
ΔV_{DIS}	NTC 停用迟滞	从 NTC 至 GNDSENS 引脚		0.01 • $V_{INSENSE}$		V

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：采用电池限制交流适配器时的工作电压最低可至欠压闭锁门限。

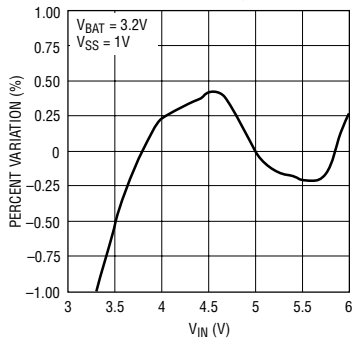
注 3：LTC4001E 保证在 0°C 至 85°C 的范围内满足规定性能要求。在 -40°C 至 85°C 工作温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程中的相关性来保证。

注 4： T_J 是根据以下公式由环境温度 T_A 和功耗 P_D 计算而得的：
 $T_J = T_A + (P_D \cdot 37^\circ\text{C/W})$

注 5：该 IC 具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。当过热保护功能生效时，结温将超过 125°C 。连续工作于规定的最大工作结温以上有可能损害器件的可靠性。

典型性能特征 (T_A = 25°C, 除非特别注明)

振荡器频率与 V_{IN} 的关系曲线



振荡器频率与温度的关系曲线

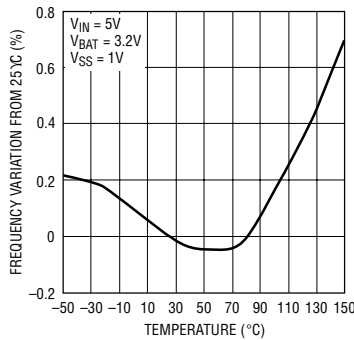


图 8 所示电路的功耗与 I_{BAT} 的关系曲线

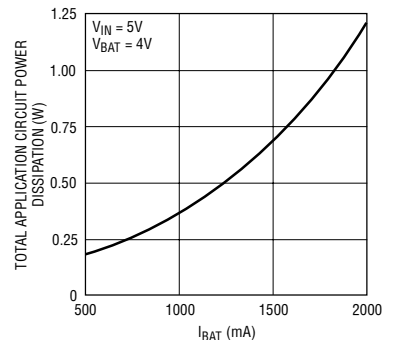
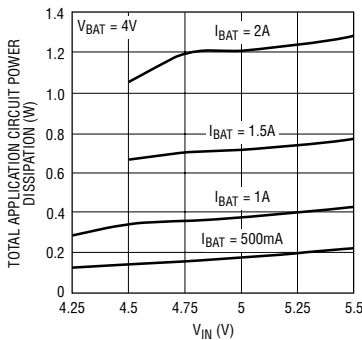
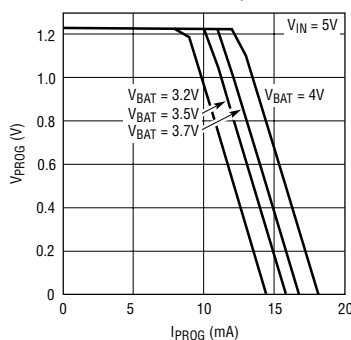


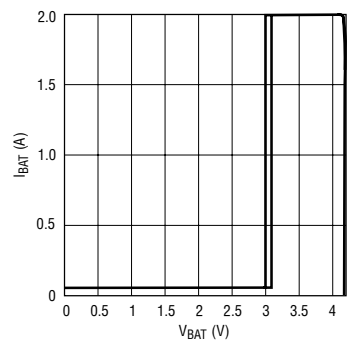
图 8 所示电路的功耗与 V_{IN} 的关系曲线



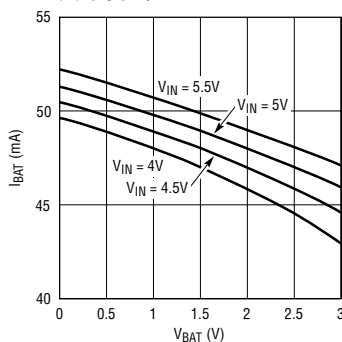
PROG 引脚特性 (V_{PROG} 与 I_{PROG} 的关系曲线)



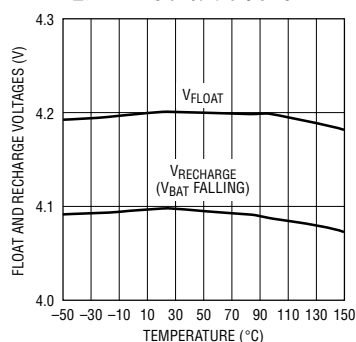
显示恒定电流和恒定电压操作的输出充电特性



涓流充电电流与 V_{BAT} 的关系曲线

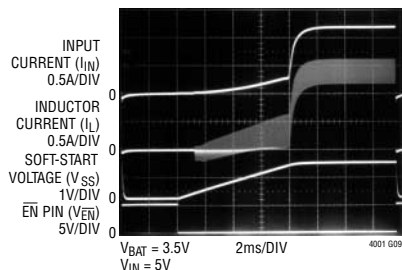


V_{FLOAT} 和再充电电池门限电压与温度的关系曲线

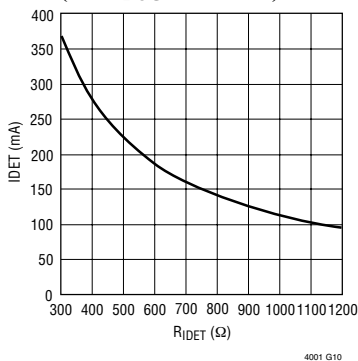


典型性能特征

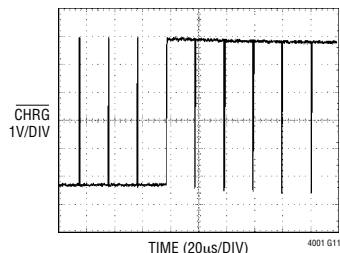
软起动 (PWM 模式)



IDET 门限与 R_{IDET} 的关系曲线
(当 $R_{PROG} = 549 \Omega$ 时)



CHRG 引脚温度故障特性
(细节)



引脚功能

BAT (引脚 1) : 电池充电器输出端子。在 BAT 和 PGND 引脚之间连接一个 $10\mu\text{F}$ 的陶瓷片式电容器，以保持较小的纹波电压。

SENSE (引脚 2) : 内部检测电阻器。连接至外部传感器。

PGND (引脚 3) : 电源地。

GNDSENS (引脚 4) : 接地检测。将该引脚连接至电池的负端。GNDSENS 引脚提供了一个用于 PGND 的开尔文 (Kelvin) 连接，而且必须利用配线法连接至 PGND。

SW (引脚 5) : 开关节点连接。该引脚连接至内部主和同步功率 MOSFET 开关的漏极。连接至外部传感器。

EN (引脚 6) : 使能输入引脚。把 EN 引脚拉至高电平将把 LTC4001 置于一个低功率状态，此时，BAT 漏电流降至 $3\mu\text{A}$ 以下，而电源电流减小至 $50\mu\text{A}$ 以下。如欲进行正常操作，则将该引脚拉至低电平。

CHRG (引脚 7) : 漏极开路充电状态引脚。在对电池进行充电的过程中，由一个内部 N 沟道 MOSFET 把

CHRG 引脚拉至低电平。当充电电流降至 IDET 门限 (由 R_{IDET} 编程电阻器来设定) 以下达 5ms 以上时，N 沟道 MOSFET 关闭，并将一个 $30\mu\text{A}$ 电流源从 CHRG 引脚连接至地。(该信号被锁存，并可通过启动一个新的充电周期来复位。) 当定时器终止或输入电源被拿掉时，电流源将被断接，而且，CHRG 引脚被强制为高阻抗状态。温度故障会导致该引脚出现闪烁。

PV_{IN} (引脚 8) : 正电源电压输入。该引脚与芯片内部的功率器件相连接。在正常操作期间， V_{IN} 的变化范围为 4V 至 5.5V 。采用电流限制交流适配器时，允许在电压低至欠压闭锁门限的条件下运作。通过一个 $10\mu\text{F}$ 或更大的表面贴装型陶瓷电容器来对该引脚进行去耦。

V_{INSENSE} (引脚 9) : 正电源检测输入。该引脚连接至所有输入比较器的输入端 (UVL 、 V_{IN} 至 V_{BAT})。它还负责向该芯片的控制器部分供电。当 BATSNS 引脚电压升至 $V_{INSENSE}$ 的 30mV 以内时，LTC4001 进入睡眠模式，从而使 I_{IN} 降至 $50\mu\text{A}$ 。将该引脚直接连接至 PV_{IN} 去耦电容器的一端。

引脚功能

FAULT (引脚 10) : 电池故障。如果检测到电池短路或温度故障，则该引脚为逻辑高电平。在温度监视器电路被使能的情况下，当热敏电阻温度低于 0°C 或高于 50°C (典型值) 时，将出现温度故障。

NTC (引脚 11) : 至 NTC (负温度系数) 热敏电阻温度监视电路的输入。在正常操作状态下，把一个热敏电阻从 NTC 引脚连接至 GNDSSENS 引脚，并在 NTC 和 V_{IN} 之间连接一个等值电阻器。当该引脚上的电压高于 $0.74V_{IN}$ (低温, 0°C) 或低于 $0.29V_{IN}$ (高温, 50°C) 时，充电操作被禁止，而且 \overline{CHRG} 引脚闪烁。当 NTC 引脚上的电压恢复至 $0.74V_{IN}$ 和 $0.29V_{IN}$ 之间时，定时器将从停止之处起继续运行并恢复充电操作。与每个输入比较器有关的温度迟滞约为 3°C。如果不使用 NTC 功能，则将 NTC 引脚连接至 GNDSSENS 引脚。这将停用所有的 NTC 功能。绝对不能把 NTC 引脚电压拉至 V_{IN} 以上。

PROG (引脚 12) : 充电电流设置。 R_{PROG} 电阻器连接在该引脚和 GNDSSENS 之间，用于设定电流，公式如下：

$$R_{PROG} = \frac{1.110k}{I_{BAT}(AMPS)}$$

式中的 I_{BAT} 为高速率电池充电电流。

IDET (引脚 13) : 充电速率检测门限。把一个电阻器 R_{IDET} 连接至 GNDSSENS 引脚，用于设置充电速率检测门限。如果 $R_{IDET} = R_{PROG}$ ，则 \overline{CHRG} 将提供一个 $I_{BAT}/10$ 指示。其他门限请见“应用信息”部分。

SS (引脚 14) : 软起动/补偿。负责提供软起动功能以及对浮动电压控制环路和充电电流控制环路的补偿。在该引脚和 GNDSSENS 引脚之间连接一个软起动/补偿电容器。

TIMER (引脚 15) : 定时器电容器。定时器周期由一个布设在该引脚和 GNDSSENS 引脚之间的电容器 C_{TIMER} 来设定。把 C_{TIMER} 设定为：

$$C_{TIMER} = \text{时间 (小时)} \cdot 0.0733 (\mu F)$$

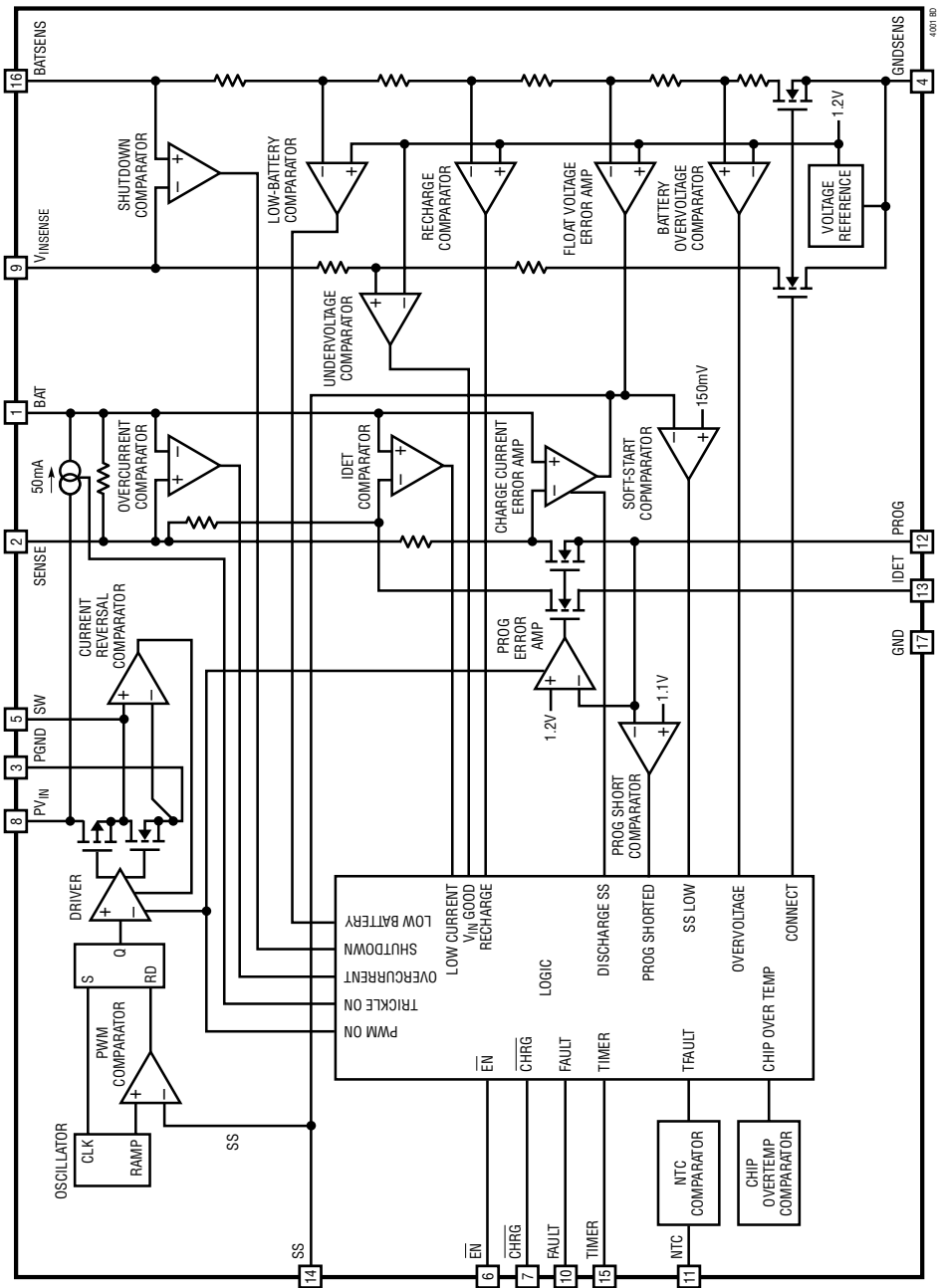
式中的“时间”为期望的充电时间。

把该引脚连接至 IDET 将停用定时器。当 I_{BAT} 降至 IDET 充电速率门限以下时，把该引脚连接至 GNDSSENS 将结束电池充电操作。

BATSENS (引脚 16) : 电池检测输入。一个内部电阻分压器用于设定该引脚上的最终浮动电压。在睡眠模式中或当 $\overline{EN} = H$ (高电平) 时，将该电阻分压器断开，以减小电池漏电流。把该引脚连接至电池的正端。

裸露衬垫 (引脚 17) : 地。必须把该引脚焊接至 PCB 的地 (PGND)，以实现电接触和额定热性能。

方框图



工作原理

LTC4001 是一款基于同步降压型架构的恒定电流、恒定电压锂离子电池充电器。低功耗使得连续高速率 (2A) 电池充电成为可行。电池 DC 充电电流由 PROG 引脚上的一个电阻器 R_{PROG} (或一个 DAC 输出电流) 来设置。在内部将最终电池浮动电压设定为 4.2V。

当 V_{IN} 电压升至 UVLO 电平 (约为 2.75V) 以上、 V_{IN} 比电池电压高 250mV 和 \overline{EN} 引脚为低电平时, 充电操作开始。在充电周期的起点, 如果电池电压低于 3V 的涓流充电门限, 则充电器进入涓流充电模式, 并采用一个线性充电器向电池输送约 50mA 的电流。如果电池电压处于低电平的持续时间超过了充电时间的 1/4, 则认为电池发生故障, 充电周期将被终止, 而且 FAULT 引脚将产生一个逻辑高电平输出。

当电池电压超过涓流充电门限时, 低速率线性充电器被关闭, 高速率 PWM 充电器电流斜坡上升 (基于 SS 引脚电容), 并达到其全标度恒定电流 (通过 PROG 引脚来设定)。当电池接近浮动电压时, 充电电流将开始减小。当充电电流降至充电速率检测门限 (通过 IDET 引脚来设定) 以下的持续时间超过 5ms 时, 一个内部比较器将关断 \overline{CHRG} 引脚上的内部下拉 N 沟道 MOSFET, 并把一个弱电流源 (通常为 30 μ A) 接地, 以指示一个接近充电结束的状态。

总充电时间由一个连接至 TIMER 引脚的外部电容器来设定。在出现超时之后, 充电周期被终止, 而且 \overline{CHRG} 引脚被强制为一个高阻抗状态。如欲重新起动充电周期, 则可在取消后再施加输入电压或通过 \overline{EN} 引脚短暂地关断充电器。另外, 如果电池电压降至再充电门限电压 (比浮动电压低 100mV) 以下, 则将开始一个新的充电周期。再充电周期的持续时间仅为正常充电时间的 1/2。

可以采用一个布设在电池组附近的负温度系数 (NTC) 热敏电阻来监视电池温度, 并在电池温度超出

0°C 至 50°C 窗口范围时中止充电操作。温度故障将导致 FAULT 引脚呈高电平, 并使 \overline{CHRG} 引脚闪烁。当接入输入电压 (V_{IN}) 时, 可通过上拉 \overline{EN} 引脚电平来关断充电器。

IDET 消隐

IDET 比较器通过检测电池充电电流小于 IDET 门限的时刻来提供充电结束指示。为了防止在软起动期间出现错误的充电结束指示, 该比较器将被消隐, 直到电池电压接近浮动电压为止。

自动电池再充电

在充电周期结束之后, 如果电池和输入电源 (交流适配器) 仍然都处于连接状态, 则将开始一个新的充电周期 (假如电池电压由于自放电或外部负载的原因而降至 4.1V 以下)。这将使得电池始终接近最大容量, 而无需进行充电周期的手动再起动。

在某些应用中 (比如: GPRS 蜂窝电话中的电池充电), 大负载电流瞬变有可能导致电池电压短暂地降至再充电门限以下。为了防止这些瞬变导致不必要的再充电周期启动, 对再充电比较器的输出进行了数字量化。只有当电池电压低于再充电门限的持续时间至少达到 4ms 时才会进行电池再充电。(即使超时功能被停用仍可提供 GPRS 判定)。

欠压闭锁和自动停机

内部欠压闭锁电路负责监视 V_{IN} , 并将充电器电路保持在停机状态, 直到 V_{IN} 升至欠压闭锁门限 (3V) 以上为止。UVLO 具有一个 100mV 的内置迟滞。此外, 为了防止反向电流, 如果 V_{IN} 低于 V_{BAT} , 则充电器也将被关断。如果发生自动停机, 则 V_{IN} 必须增加至比 V_{BAT} 高 250mV 以上的电压值, 以允许进行充电操作。

工作原理

过压、芯片过热和短路电流保护

LTC4001 包括欠压、芯片过热和多种短路保护功能。

如果电池电压超过浮动电压约 5%，则比较器将把两个充电器（即：高速率充电器和涓流充电器）全部关闭。当电池在充电过程中发生意外断接时，就有可能出现这种情况。

一个比较器负责连续监视片内温度，并将在芯

片温度超过约 160°C 时关断电池充电器。当温度降至约 150°C 时，电池充电操作将被再次使能。

短路保护以多种不同的方式来提供。第一，电池端子上的硬短路将导致充电器进入涓流充电模式，从而把充电电流限制为涓流充电电流值（一般为 50mA）。第二，如果高速率充电电流被设置得远远高于 2A 的最大推荐充电电流（通过 PROG 引脚来设置），则 PWM 充电操作将被阻止。第三，由一个过流比较器来监视峰值电感器电流。

应用信息

软启动和补偿电容器的选择

LTC4001 具有一个低电流涓流充电器和一个基于 PWM 的高电流充电器。在高速率充电器接通的起点，采用软启动，以防止产生高启动电流。软启动斜坡速率由内部 $12.8\mu\text{A}$ 上拉电流和一个外部电容器来设定。SS 引脚上的电压控制范围约为 0.3V 至 1.6V 。当采用一个 $0.1\mu\text{F}$ 电容器时，斜坡上升至最大占空比所需的时间约为 10ms 。

SS 引脚上的外部电容器还负责设定用于电流控制环路和浮动电压控制环路的补偿。需要使用一个 10nF 的最小电容。

充电电流和 IDET 设置

LTC4001 具有两种不同的充电模式。如果电池电量严重消耗 (电池电压低于 2.9V)，则一开始采用 50mA 的涓流进行充电。如果电池电压高于涓流电流充电门限，则采用高速率充电。

这一较高的充电电流是可编程的，且大约是 PROG 引脚所输送的电流的 915 倍。该电流通常是由一个连接在 PROG 和 GNDSENS 引脚之间的外部电阻器来设定的，不过，它也可以通过一个连接至 PROG 引脚的电流 DAC 来设定。PROG 引脚电压的标称值为 1.213V 。

对于 2A 的充电电流：

$$R_{\text{PROG}} = \frac{915 \cdot 1.213\text{V}}{2\text{A}} \approx 554.9\Omega$$

IDET 门限 (一个用来确定电池接近满充电之时刻的充电电流门限) 的设置方法与 PROG 引脚非常相似，只是 IDET 门限是 IDET 引脚所提供的电流的 91.5 倍。该电流通常是利用一个连接在 IDET 和地之间的外部电阻器来设定的，但也可以通过一个电流输出 DAC 来设定。PROG 引脚电压的标称值为 1.213V 。

对于 200mA 的 IDET 电流 (对于一个 2Ah 电池而言，这对应于 $C/10$)：

$$R_{\text{IDET}} = \frac{91.5 \cdot 1.213\text{V}}{0.2\text{A}} \approx 554.9\Omega$$

$1.10\text{k}\Omega$ 电阻器将设定约 100mA 的电流，而 274Ω 电阻器将设定约 400mA 的电流。

对于 IDET 被设定为 $1/10$ 高速率充电电流、而且能接受稍差一些的充电器电流和 IDET 门限准确度的应用，可以把 PROG 和 IDET 引脚连接在一起，这样，采用一个电阻器 $R1$ 便能够设置此二者 (图 1)。

$$R1 = \frac{457.5 \cdot 1.213}{I_{\text{CHARGE}}}$$

和

$$\text{IDET} = \frac{I_{\text{CHARGE}}}{10}$$

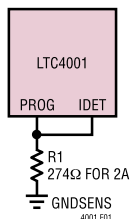


图 1：采用单个电阻器来设置充电电流和 IDET 门限

应用信息

R1 的计算公式 (在单电阻器设置电路中采用) 与 R_{PROG} 和 R_{IDET} 的计算公式 (两电阻器设置法) 不同, 并反映了这样一个事实, 即: 当采用单个设置电阻器时, 来自 IDET 和 PROG 引脚的电流都必须流过单个电阻器 R1。

CHRG 状态输出引脚

当一个充电周期开始时, 利用一个能够驱动一个 LED 的内部 N 沟道 MOSFET 把 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚拉至地。当充电电流降至充电结束 (IDET) 门限以下至少达 4ms 且电池电压接近浮动电压时, N 沟道 MOSFET 将关闭, 而且一个接地的 $30\mu\text{A}$ 弱电流源将被连接至 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚。该弱下拉作用将保持, 直到充电周期结束为止。在充电操作结束之后, 该引脚将变成高阻抗。通过采用两个不同阻值的电阻器, 一个微处理器便能够通过该引脚来检测 3 种状态 (充电、充电结束和充电停止)。见图 2。

为了检测充电模式, 需强制数字输出引脚 OUT 为高电平并测量 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚上的电压。即使在采用一个 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。一旦充电电流降至充电结束门限以下, N 沟道 MOSFET 将被关闭, 而且一个 $30\mu\text{A}$ 电流源将被连接至 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚。然后, IN 引脚将被与 OUT 相连的 2k 电阻器拉至高电平。现在, 强制 OUT 引脚进入一个高阻抗状态, 电流源将通过 390k 电阻器把该引脚拉至低电平。当充电操作停止

时, $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚变至一个高阻抗状态, 390k 电阻器随后将该引脚拉至高电平, 以指示充电操作已经停止。

充电终止

根据 TIMER 引脚接线的不同, 可以采用多种不同的方法来终止电池充电操作。就基于时间的终止而言, 可在 TIMER 引脚和 GNDSENS 之间连接一个电容器 ($C_{\text{TIMER}} = \text{时间 (小时)} \cdot 0.0733\mu\text{F}$)。当充电电流降至 IDET 门限以下时, 可通过把 TIMER 连接至 GNDSENS 来终止充电操作。最后, 通过把 TIMER 连接至 IDET 可取消充电终止。在这种场合, 一个外部器件能够通过将 EN 引脚拉至高电平来终止充电操作。

电池温度检测

当电池温度超出允许范围 (过高或过低) 时, 将暂停充电操作, 并把 FAULT 引脚驱动至高电平。此外, 如果电池在发生温度故障时仍然以一个高频率 (大于 IDET 电流) 进行充电, 则 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚 NMOS 将以约 50kHz 的频率接通和关断, 从而以一个 1.5Hz 左右的速率在一个高占空比和一个低占空比之间交替变化 (图 3)。当从 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚来驱动一个 LED 时, 这将提供一个低速率可视指示 (1.5Hz), 并通过把 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚连接至一根中断线路来向微处理器提供一个快速温度故障指示 (通常为 $20\mu\text{s}$)。该脉冲内部的锯齿一般具有 500ns 的宽度。

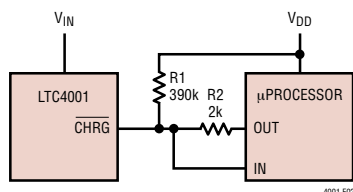


图 2：微处理器接口

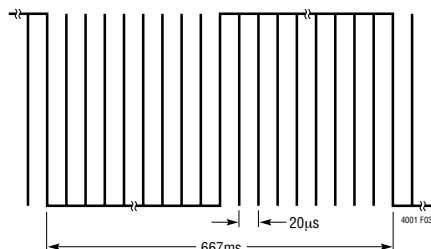


图 3：CHRG 温度故障波形

应用信息

电池温度是通过在靠近电池组的地方布设一个负温度系数 (NTC) 热敏电阻来测量的。为了使用该功能,需把 NTC 热敏电阻 R_{NTC} 连接在 NTC 引脚和 GNDSENS 之间,并将电阻器 R_{NOM} 连接在 NTC 引脚和 $V_{INSENSE}$ 之间。 R_{NOM} 应是一个精度为 1% 的电阻器,其阻值与所选择的 NTC 热敏电阻在 25°C 温度条件下的阻值相等。当 NTC 热敏电阻的电阻值 R_{HOT} 降至 R_{NOM} 阻值的 0.41 倍时, LTC4001 进入保持模式。例如,对于 $R_{NTC} = 10k$ (Vishay NTHS0603N02N10002J 热敏电阻在 25°C 温度条件下的阻值),保持模式将出现在约 4.1k 时 (这发生在 50°C 的温度条件下)。保持模式将冻结定时器,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。随著温度的下降,NTC 热敏电阻的电阻上升。LTC4001 被设计为在 NTC 热敏电阻的阻值增加至 R_{NOM} 阻值的 2.82 倍时进入保持模式。该电阻为 R_{COLD} 。对于 Vishay 的 10k 热敏电阻来说,该阻值为 28.2k,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。把 NTC 引脚接地将停用 NTC 功能。

热敏电阻

LTC4001 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”的热敏电阻一道工作而设计的。然而,任何 R_{COLD} 与 R_{HOT} 之比在 7 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 2.815/0.4086 = 6.89)。

对功耗特别在意的设计有可能希望采用室温阻值大于 10k 的热敏电阻。Vishay Dale 公司拥有多款遵循“R-T 曲线 1”、阻值范围为 10k 至 100k 的热敏电阻。按“NTC 热敏电阻”部分简要说明的那样使用这些阻值将提供约 3°C 和 47°C 的温度跳变点 (增量为 44°C)。可通过改变 R_{NOM} 的数值 (相对于 R_{NTC}) 来使

该温度增量在任一方向上移动。增加 R_{NOM} 将使跳变点移动至较高的温度。如需计算使跳变点向低温方向移动的 R_{NOM} ,可采用下式:

$$R_{NOM} = \frac{R_{COLD}}{2.815} \cdot R_{NTC} (\text{在 } 25^{\circ}\text{C})$$

式中的 R_{COLD} 是在期望的低温跳变点上的 R_{NTC} 的电阻比。如果您想把跳变点移动至较高的温度,则可采用下式:

$$R_{NOM} = \frac{R_{HOT}}{0.4086} \cdot R_{NTC} (\text{在 } 25^{\circ}\text{C})$$

式中的 R_{HOT} 是在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 1”热敏电阻的例子。由前文可知,跳变点之间的差异为 44°C,而且我们希望冷跳变点为 0°C,这将把热跳变点置于 44°C。所需的 R_{NOM} 由下式计算:

$$\begin{aligned} R_{NOM} &= \frac{R_{COLD}}{2.815} \cdot R_{NTC} (\text{在 } 25^{\circ}\text{C}) \\ &= \frac{3.266}{2.815} \cdot 100k = 116k \end{aligned}$$

最接近的 1% 精度 R_{NOM} 值为 115k。这是用来对 NTC 热敏电阻进行偏置以分别获得约 0°C 和 44°C 冷、热跳变点的阻值。为了扩展冷热跳变点之间的增量,可增设一个与 R_{NTC} 串联的电阻器 R_1 (见图 4)。电阻器的阻值由下面的公式来计算:

$$\begin{aligned} R_{NOM} &= \frac{R_{COLD} - R_{HOT}}{2.815 - 0.4086} \\ R_1 &= \frac{0.4086}{2.815 - 0.4086} \cdot (R_{COLD} - R_{HOT}) - R_{HOT} \end{aligned}$$

应用信息

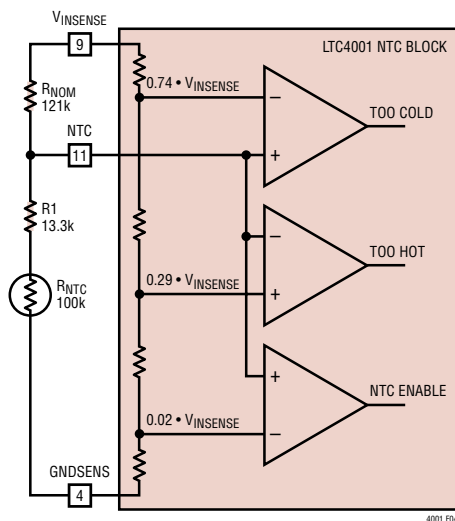


图 4：扩展温度增量

式中的 R_{NOM} 为偏置电阻器的阻值， R_{HOT} 和 R_{COLD} 为期望温度跳变点上的 R_{NTC} 阻值。在期望热跳变点为 50°C 的情况下继续考虑前文所述的例子：

$$R_{NOM} = \frac{R_{COLD} - R_{HOT}}{2.815 - 0.4086} = \frac{100\text{k} \cdot (3.2636 - 0.3602)}{2.815 - 0.4086}$$

$$= 120.8\text{k}, 121\text{k} \text{ 是最接近的 } 1\% \text{ 精度阻值。}$$

$$R1 = 100\text{k} \cdot \left(\frac{0.4086}{2.815 - 0.4086} \cdot (3.266 - 0.3602) - 0.3602 \right)$$

$$= 13.3\text{k}, 13.3\text{k} \text{ 是最接近的 } 1\% \text{ 精度阻值。}$$

最终的解决方案如图 4 所示： $R_{NOM} = 121\text{k}$ ， $R1 = 13.3\text{k}$ 和 $R_{NTC} = 100\text{k}$ (25°C 时的阻值)。

输入和输出电容器

LTC4001 采用一种同步降压型稳压器来提供高电池充电电流。建议输入和输出电容器均采用一个

$10\mu\text{F}$ 的片式陶瓷电容器，因为它具有低 ESR 和 ESL，并能够处理高 RMS 纹波电流。然而，有些高 Q 值电容器有可能由于某些启动条件下 (比如将充电器输入与一个工作中的电源相连) 的自谐振而产生高瞬变。如需了解更多信息，请参阅应用指南 88 (Application Note 88)。

EMI 考虑常常希望最大限度地减小电池引线中的纹波电流，而且，可能需要增加磁珠或电感器来增加 1.5MHz 开关频率条件下的电池阻抗。开关纹波电流根据输出电容器 ESR 和电池阻抗而在电池和输出电容器之间分割。如果输出电容器的 ESR 为 0.1Ω ，并利用一个磁珠或电感器使电池阻抗增加至 2Ω ，则将只有 5% 的纹波电流流过电池。还可以采用相似的方法来最大限度地降低来自输入引线的 EMI。

应用信息

电感器的选择

为降压型转换开关选择了一个高 (1.5MHz) 工作频率, 以最大限度地减小电感器的尺寸。然而, 在该频率条件下应谨慎地选用具有低磁芯损耗的电感器。Vishay Dale 公司的 IHLP-2525AH-01 便是一种上佳的选择。

可采用下式来计算电感器纹波电流:

$$\Delta I_L = \frac{V_{BAT} - \frac{V_{BAT}^2}{V_{IN}}}{L \cdot f}$$

式中的 V_{BAT} 为电池电压, V_{IN} 为输入电压, L 为电感, f 为 PWM 振荡器频率 (通常为 1.5MHz)。最大电感器纹波电流出现在最大 V_{IN} 和 $V_{BAT} = V_{IN}/2$ 时。

峰值电感器电流将为:

$$I_{PK} = I_{BAT} + 0.5 \cdot \Delta I_L$$

式中的 I_{BAT} 为最大电池充电电流。

当选择电感器的数值时, 应确定峰值电流不会超过电感器的饱和电流。而且, ΔI_L 绝对不得超过 $0.4(I_{BAT})$, 因为这有可能干扰输出短路保护比较器的正确操作。1.5 μ H 电感值可在典型应用中提供合理的电感器纹波电流。当采用 1.5 μ H 电感器和 2A 充电电流时:

$$\Delta I_L = \frac{2.85V - \frac{2.85V^2}{5.5V}}{1.5\mu H \cdot 1.5MHz} = 0.61A_{P-P}$$

和

$$I_{PK} = 2.31A$$

远端采样

为了获得最高的浮动电压准确度, 需把 GNDSENS 和 BATSENS 直接连接至电池端子。采用相似的方式将 BAT 和 PGND 直接连接至电池端子。这可以通过阻止充电电流流过 GNDSENS 和 BATSENS 线路来消除它们当中的 IR 压降。

采用电流限制交流适配器的操作

虽然具备或不具备电流限制功能的交流适配器均可与 LTC4001 一道使用, 但是, 采用一个电流限制交流适配器可实现功耗极低的电池充电。为了使用该功能, 交流适配器必须把电流限制在一个小于 LTC4001 的高速率充电电编程值的电流值上。例如, 如果 LTC4001 的充电电编程值为 2A, 则交流适配器的电流限值必须小于 2A。

为了解采用电流限制交流适配器时的工作原理, 假设电池电压 V_{BAT} 一开始低于涓流充电门限 V_{TRIKL} (图 5)。电池充电操作开始于约 50mA (远远低于交流适配器的电流限值), 这样, LTC4001 的输入电压 (V_{IN}) 即为交流适配器的额定输出电压 ($V_{ADAPTER}$)。电池电压上升并最终达到 V_{TRIKL} 。线性充电器关断, PWM (高速率) 充电器接通, 并开始一个软起动周期。在软起动周期中, 电池充电电流上升, 导致交流适配器负载电流的相应增加。当交流适配器达到电流限值时, 交流适配器输出电压骤降, 而且 LTC4001 PWM 充电器占空比斜坡上升至 100% (LTC4001 降压稳压器中的顶端 PMOS 开关连续地保持于接通状态)。当电池电压接近 V_{FLOAT} 时, 浮动电压误差放大器将命令 PWM 充电器输送小于 I_{LIMIT} 的电流。交流适配器退出电流限制状态, 且 V_{IN} 迅速回升至高达 $V_{ADAPTER}$ 。

应用信息

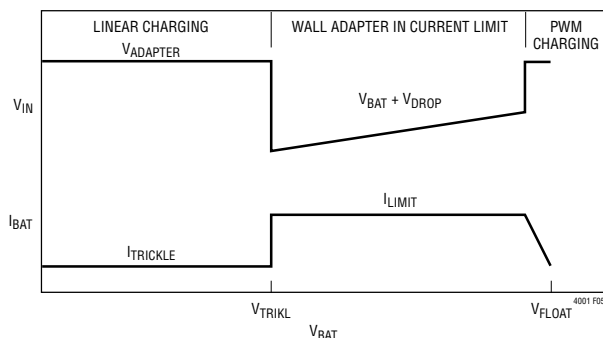


图 5：充电特性

随著 V_{BAT} 的上升，电池充电电流继续下降，并在 V_{FLOAT} 处降至零。由于 LTC4001 中的压降在充电电流最高时非常低，因此，功耗也非常低。

热计算 (PWM 和涓流充电)

当对电池进行限制充电（涓流充电）时，LTC4001 起一个线性充电器的作用，而在其他所有场合均用作一个高速率降压电池充电器。应确定这两种工作模式的功耗。

对于线性充电器模式：

$$P_D = (V_{IN} - V_{BAT}) \cdot I_{TRIKL} + V_{IN} \cdot I_{IN}$$

式中的 I_{IN} 为 IC 所消耗的 V_{IN} 电流。

最坏情况功耗出现在 $V_{BAT} = 0$ 、最大 V_{IN} 以及最大静态和涓流充电电流时。例如，当最大输入电压为 5.5V、最坏情况涓流充电电流为 65mA、最坏情况芯片静态电流为 2mA 时：

$$P_D = (5.5 - 0) \cdot 65\text{mA} + 5.5 \cdot 2\text{mA} = 368.5\text{mW}$$

如果采用一个电流限制交流适配器并允许进入电流限制状态，则 LTC4001 的功耗非常低。当交流适配器处于电流限制状态时，LTC4001 充电器两端的压降为：

$$V_{DROPP} = I_{LIMIT} \cdot R_{PFET}$$

式中的 I_{LIMIT} 为交流适配器电流限值， R_{PFET} 为顶端 PMOS 开关的接通电阻。

电流限制充电期间 LTC4001 的总功耗为：

$$P_D = (V_{BAT} + V_{DROPP}) \cdot (I_{IN} + I_P) + V_{DROPP} \cdot I_{LIMIT}$$

式中的 I_N 为芯片静态电流， I_P 为流过 IDET 和 PROG 编程引脚的总电流。该模式中的最大功耗出现在最高 V_{BAT} （它把交流适配器保持于电流限制状态，其数值非常接近于 V_{FLOAT} ）、最高静态电流 I_{IN} 、最高 PMOS 接通电阻 R_{PFET} 、最高 I_{LIMIT} 和最高编程电流 I_P 条件下。

假设 LTC4001 设定了 2A 的充电电流和 200mA 的 IDET，并采用了一个 1.5A 的交流适配器：

$$I_{LIMIT} = 1500\text{mA}, R_{PFET} = 127\text{m}\Omega, I_{IN} = 2\text{mA}, I_P = 4\text{mA} \text{ 和 } V_{BAT} \approx V_{FLOAT} = 4.242\text{V}$$

则：

$$V_{DROPP} = 1500\text{mA} \cdot 127\text{m}\Omega = 190.5\text{mV}$$

且：

$$P_D = (4.242\text{V} + 0.1905\text{V}) \cdot (2\text{mA} + 4\text{mA}) + 0.1905\text{V} \cdot 1500\text{mA} = 312\text{mW}$$

应用信息

降压型电池充电器模式中的功耗可从本数据表“典型性能特征”部分所提供的功耗曲线来估算。这将会把芯片功耗估计得略高，因为它考虑了产生于芯片内部的所有损耗（包括来自外部元件的损耗）。

把最高功耗值代入下式，以确定最大结温：

$$T_J = T_A + (P_D \cdot 37^\circ\text{C/W})$$

LTC4001 包括芯片过热保护电路。如果结温超过 160°C （典型值），则芯片将停止电池充电操作，直到芯片温度降至 150°C 以下为止。

在未采用电池的应用中使用 LTC4001

LTC4001 一般在那些只有在装上电池的情况下才能够正常运作的最终产品中使用(图 6)。在这些场合，电池可以提供负载瞬变电流。为了在采用一个通电交流适配器的情况下进行无限期的操作，只有两个要求——负载吸收的平均电流小于高速率充电电流，而且 V_{BAT} 在负载最初接通时以及其他负载瞬变期间高于涓流充电门限。在做出该决定时需把电池阻抗考虑在内。如果电池电压低于涓流充电门限，则系统负载有可能被关闭，直到 V_{BAT} 高至足以满足这些条件为止。

当电池被拿掉时，情况就大不一样了(图 7)。由于没有电池，因此，当一个通电交流适配器首次与

电池充电器相连时， V_{BAT} 的起点为零。当采用一个小于 LTC4001 涓流充电电流的最大负载时，电池电压将斜坡上升，直至 V_{BAT} 超过涓流充电门限为止。在发生这种情况时，LTC4001 将从涓流充电切换至高速率 (PWM) 充电模式，但一开始输送的电流为零 (因为软起动引脚电平为 0V)。由于系统负载的缘故，电池电压将下降，并至涓流充电门限以下。此时，充电器将再次进入涓流充电模式，电池电压再次斜坡上升，直到电池充电器再次进入高速率充电模式为止。

在这段时间前后，软起动电压略高于先前的 PWM 充电周期。在充电器逐次进入高速率 (PWM) 充电模式的过程中，软起动引脚电压将缓慢上升。最终，高速率充电模式从一个使 PWM 充电器提供超过系统负载所需电流的软起动电压开始， V_{BAT} 迅速上升，直至达到浮动电压为止。

对于无电池操作而言，当 V_{BAT} 低于 3.15V 时，应通过欠压闭锁或其他方法来把系统负载电流限制在小于最坏情况涓流充电电流的数值上 (最好小于 30mA)。当 V_{BAT} 高于 3.15V 时，允许系统负载电流小于或等于高速率充电电流。如果需要在未采用电池的情况下运作，则增设低 ESR 输出滤波处理电路将改善启动和其他负载瞬态性能。如果布设一个与软起动电容器串联的 10k 电阻器，则无电池型启动性能也将得到改善。

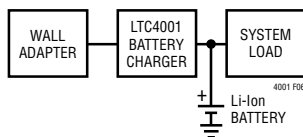


图 6：典型应用

应用信息

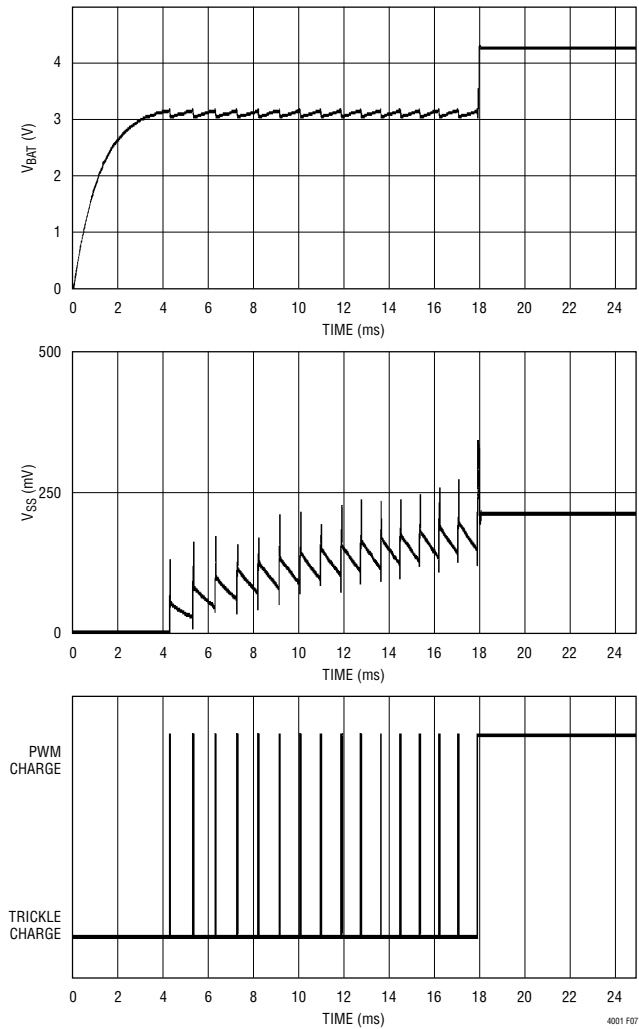
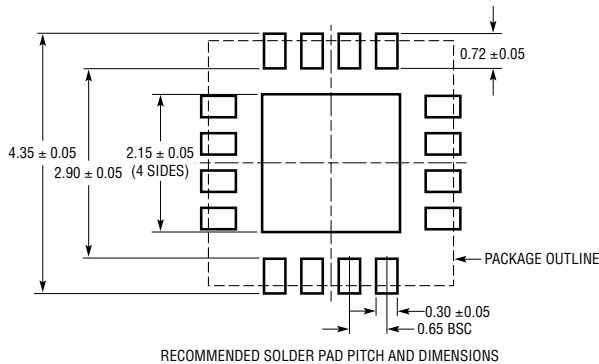


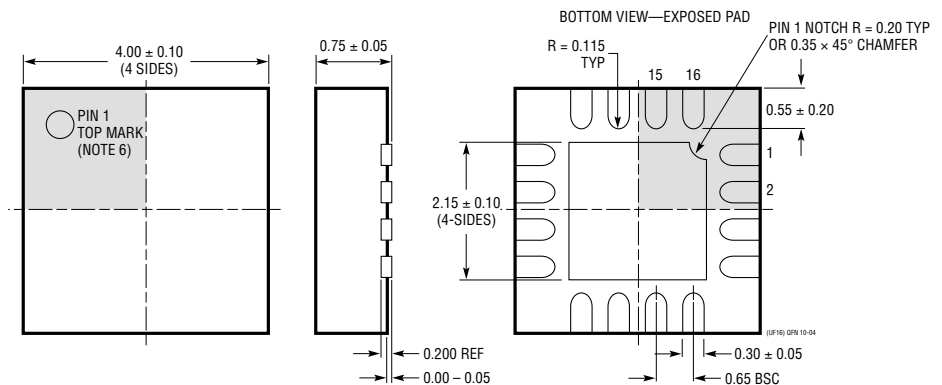
图 7：无电池型启动

封装描述

UF 封装
16 引脚塑料 QFN (4mm × 4mm)
(参考 LTC DWG # 05-08-1692)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



NOTE:

1. DRAWING CONFORMS TO JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-220 VARIATION (WGCC)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

相关器件

器件型号	描述	备注
LT [®] 1511	3A 恒定电流/恒定电压电池充电器	高效率，极少的外部元件，用于对锂电池，镍氢电池和镍镉电池进行快速充电，24 引脚 SO 封装
LT1513	SEPIC 恒定或可编程电流/恒定电压电池充电器	充电器输入电压可以高于，等于或低于电池电压，500kHz 开关频率，DD Pak 和 TO-220 封装
LT1571	1.5A 开关充电器	单节或两节锂离子电池，500kHz 或 200kHz 开关频率，充电终止标志，16 和 28 引脚 SSOP 封装
LTC1729	锂离子电池充电器终止控制器	涓流充电预查验，适宜温度充电判定，时间或充电电流终止，自动充电器和电池检测，和状态输出，MS8 和 SO-8 封装
LT1769	2A 开关充电器	恒定电流/恒定电压开关稳压器，输入电流限制功能实现了充电电流的最大化，20 引脚 TSSOP 和 28 引脚 SSOP 封装
LTC4002	独立型锂离子电池开关模式充电器	用于单节或两节锂离子电池的完整充电器，板载定时器充电终止，高达 4A 的充电电流，10 引脚 DFN 和 SO-8 封装
LTC4006	具有充电终止功能的小型，高效，固定电压锂离子电池充电器	用于两节，三节或四节锂离子电池的完整充电器，AC 适配器电流限值和热敏电阻传感器，16 引脚窄式 SSOP 封装
LTC4007	具有充电终止功能的高效，可编程电压电池充电器	用于三节或四节锂离子电池的完整充电器，AC 适配器电流限值和热敏电阻传感器和指示器输出，24 引脚 SSOP 封装
LTC4008	4A，高效，多化学组成电池充电器	用于 2 节至 6 节锂离子电池或 4 节至 18 节镍电池的完整充电器，效率高达 96%，20 引脚 SSOP 封装