

## 具有高电压开关充电器的 USB 电源管理器

### 特点

- 电源之间的无缝切换：锂离子电池、USB 和 6V 至 36V 外部电源
- 采用 6V 至 36V 输入并具自适应输出控制功能的高效 1.2A 充电器 (LTC4089)
- 从 USB 输入进行与负载相关的充电操作保证电流符合性
- 215mΩ 内部理想二极管和可选的外部理想二极管可在未接入外部电源/USB 的情况下提供低损耗电源路径
- 恒定电流/恒定电压操作以及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
- 采用 USB 输入时可选的 100% 或 20% 电流限值 (例如：500mA/100mA)
- 准确度为 0.8% 的 4.2V 预设充电电压
- C/10 充电电流检测输出
/li>
- NTC 热敏电阻输入以实现适宜温度充电
- 纤巧型 (6mm × 3mm × 0.75mm) 22 引脚 DFN 封装

### 应用

- 便携式 USB 设备 —— GPS 接收机、照相机、MP3 播放器、PDA

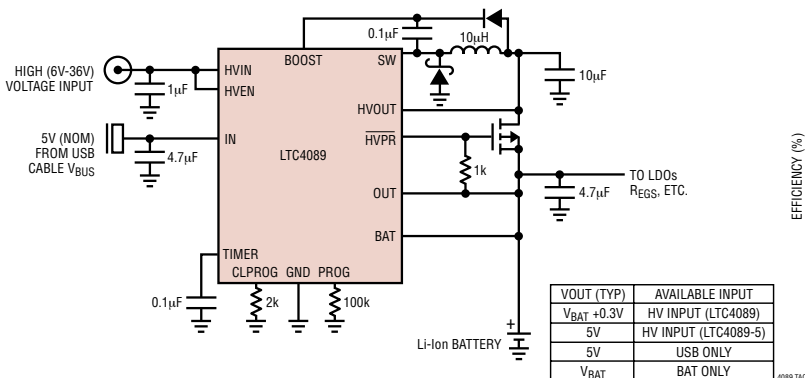
### 描述

LTC<sup>®</sup>4089/LTC4089-5 是 USB 电源管理器和高压锂离子充电器。这些器件可控制被 USB 外设用来执行操作和电池充电的总电流。电池充电电流可自动减小，因而负载电流与充电电流之和不会超过设定的输入电流限值。LTC4089/LTC4089-5 还能够适应高压电源，比如：12V AC-DC 交流适配器、FireWire 或汽车电源。

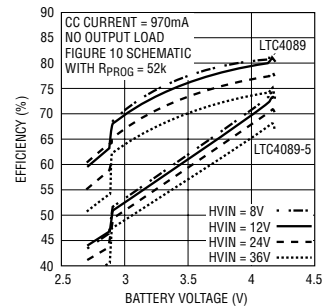
LTC4089 提供了一种可跟踪电池电压的自适应输出功能，用于在采用高压输入时实现高效充电。LTC4089-5 可从高压输入提供一个固定的 5V 输出，用于对单节锂离子电池进行充电。充电电流是可设置的，而且，一个充电结束状态输出 (CHRG) 负责在达到满充电状态时发出指示信号。这些器件还具有可设置总充电时间、一个用于在电池的充电和自动再充电过程中监视电池温度的 NTC 热敏电阻。

LT、LTC 和 LTM 是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为各自所有者的产权。Burst Mode 是凌力尔特公司的注册商标。受包括第 6522118 和 6700364 号美国专利的保护。

### 典型应用



LTC4089 高压  
电池充电器效率



# LTC4089/LTC4089-5

## 绝对最大额定值 (注1、2、3、4、5)

终止电压	
BOOST .....	-0.3V 至 50V
BOOST 电压高出 SW 电压的幅度 .....	25V
HVIN, HVEN .....	-0.3V 至 40V
IN, OUT, HVOUT	
$t < 1\text{ms}$ 和占空比 $< 1\%$ .....	-0.3V 至 7V
DC .....	-0.3V 至 6V
BAT .....	-0.3V 至 6V
NTC, TIMER, PROG,	
CLPROG .....	-0.3V 至 $(V_{CC} + 0.3V)$
CHRG, HPWR, SUSP, HVPR .....	-0.3V 至 6V
引脚电流, DC	
IN, OUT, BAT (注6) .....	2.5A
工作温度范围	
LTC4089E .....	-40°C 至 85°C
最大工作结温 .....	110°C
贮存温度范围 .....	-65°C 至 125°C

## 封装/订购信息

TOP VIEW

DJC PACKAGE  
22-LEAD (6mm x 3mm) PLASTIC DFN  
EXPOSED PAD (PIN 23) IS GND  
(MUST BE SOLDERED TO PCB)  
 $T_{JMAX} = 110^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{JA} = 40^{\circ}\text{C/W}$

产品型号	DJC 器件标记
LTC4089EDJC LTC4089EDJC-5	4089 40895

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, 请咨询凌力尔特公司。

**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  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。HVIN = 12V, BOOST = 17V,  $V_{IN} = 5V$ ,  $V_{BAT} = 3.7V$ , HVEN = 12V, HPWR = 5V,  $R_{PROG} = 100k$ ,  $R_{CLPROG} = 2k$ , SUSP = 0V, 除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>USB 输入电流限值</b>							
$V_{IN}$	USB 输入电源电压	IN	●	4.35	5.5	V	
$I_{IN}$	输入偏置电流	$I_{BAT} = 0$ (注7) 暂停模式; SUSP = 5V	●		0.5	mA	
			●		50	$\mu\text{A}$	
$I_{LIM}$	电流限值	$R_{CLPROG} = 2k$ , HPWR = 5V $R_{CLPROG} = 2k$ , HPWR = 0V	●	475	500	525	mA
			●	90	100	110	mA
$I_{IN(MAX)}$	最大输入电流限值	(注8)			2.4	A	
$R_{ON}$	$V_{IN}$ 至 $V_{OUT}$ 的接通电阻	$I_{OUT} = 80\text{mA}$ 负载			0.215	$\Omega$	
$V_{CLPROG}$	CLPROG 引脚电压	$R_{CLPROG} = 2k$ $R_{CLPROG} = 1k$	●	0.98	1.00	1.02	V
			●	0.98	1.00	1.02	V
$I_{SS}$	软起动涌入电流	IN			5	mA/ $\mu\text{S}$	
$V_{CLEN}$	输入电流限制使能门限电压 ( $V_{IN} - V_{OUT}$ )	$(V_{IN} - V_{OUT}) V_{IN}$ 上升 $(V_{IN} - V_{OUT}) V_{IN}$ 下降		20	50	80	mV
				-80	-50	-20	mV

40895fb

**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  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。HVIN = 12V，BOOST = 17V， $V_{IN} = 5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 3.7\text{V}$ ，HVEN = 12V，HPWR = 5V， $R_{PROG} = 100\text{k}$ ， $R_{CLPROG} = 2\text{k}$ ，SUSP = 0V，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$V_{UVLO}$	输入欠压闭锁	$V_{IN}$ 给器件供电，上升门限	● 3.6	3.8	4	V	
$dV_{UVLO}$	输入欠压闭锁迟滞	$V_{IN}$ 上升 - $V_{IN}$ 下降		130		mV	
<b>高电压稳压器</b>							
$V_{HVIN}$	HVIN 电源电压		6		36	V	
$I_{HVIN}$	HVIN 偏置电流	未进行开关操作 停机：HVEN = 0V		1.9 0.01	2.5 2	mA $\mu\text{A}$	
$V_{OUT}$	输出电压 (HVIN 接入时)	采取 HVOUT 至 OUT 连接 (LTC4089) 采取 HVOUT 至 OUT 连接 (LTC4089-5)	● 3.45 4.85	$V_{BAT} + 0.3$ 5	4.6 5.15	V V	
$V_{HUVLO}$	高电压输入欠压闭锁	$V_{HVIN}$ 上升		4.7	5	V	
$f_{SW}$	开关频率	$V_{HVOUT} > 3.95\text{V}$ $V_{HVOUT} = 0\text{V}$	685	750 35	815	kHz kHz	
$DC_{MAX}$	最大占空比		● 88	95		%	
$I_{SW(MAX)}$	开关电流限值	(注 9)	1.5	1.95	2.3	A	
$V_{SAT}$	开关 $V_{CESAT}$	$I_{SW} = 1\text{A}$		330		mV	
$I_{LK}$	开关漏电流				2	$\mu\text{A}$	
$V_{SWD}$	高于 SW 电压的最小升压电压	$I_{SW} = 1\text{A}$		1.85	2.2	V	
$I_{BST}$	BOOST 引脚电流	$I_{SW} = 1\text{A}$		30	50	mA	
<b>电池管理</b>							
$V_{BAT}$	输入电压	BAT			4.3	V	
$I_{BAT}$	电池漏电流	$V_{BAT} = 4.3\text{V}$ ，充电操作被阻止 暂停模式；SUSP = 5V $V_{HVIN} = V_{IN} = 0\text{V}$ ，BAT 向 OUT 供电，无负载	● ● ●	15 22 60	27 35 100	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	
$V_{FLOAT}$	已调输出电压	$I_{BAT} = 2\text{mA}$ $I_{BAT} = 2\text{mA}$ ；(0°C 至 85°C)		4.165 4.158	4.200 4.200	4.235 4.242	V V
$I_{CHG}$	电流模式充电电流	$R_{PROG} = 100\text{k}$ ，无负载 $R_{PROG} = 50\text{k}$ ，无负载；(0°C 至 85°C)	●	465 900	500 1000	535 1080	mA mA
$I_{CHG(MAX)}$	最大充电电流	(注 8)		1.2		A	
$V_{PROG}$	PROG 引脚电压	$R_{PROG} = 100\text{k}$ $R_{PROG} = 50\text{k}$	● ●	0.98 0.98	1.00 1.00	1.02 1.02	V V
$K_{EOC}$	充电结束电流与充电电流之比	$V_{BAT} = V_{FLOAT}$ (4.2V)	●	0.085	0.1	0.11	mA/mA
$I_{TRIKL}$	涓流充电电流	$V_{BAT} = 2\text{V}$ ， $R_{PROG} = 100\text{k}$		35	50	60	mA
$V_{TRIKL}$	涓流充电门限电压		●	2.75	2.9	3	V
$V_{CEN}$	充电器使能门限电压	( $V_{OUT} - V_{BAT}$ ) 下降； $V_{BAT} = 4\text{V}$ ( $V_{OUT} - V_{BAT}$ ) 上升； $V_{BAT} = 4\text{V}$			55 80		mV mV
$V_{RECHRG}$	再充电电池门限电压	$V_{FLOAT} - V_{RECHRG}$	●	65	100	135	mV
$t_{TIMER}$	TIMER 准确度	$V_{BAT} = 4.3\text{V}$		-10		10	%
	再充电时间	占总充电时间的百分比			50		%
	低电池电量涓流充电时间	占总充电时间的百分比， $V_{BAT} < 2.8\text{V}$			25		%
$T_{LIM}$	恒定温度模式中的结温				105		$^\circ\text{C}$

# LTC4089/LTC4089-5

**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  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。HVIN = 12V，BOOST = 17V， $V_{IN} = 5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 3.7\text{V}$ ，HVEN = 12V，HPWR = 5V， $R_{PROG} = 100\text{k}$ ， $R_{CLPROG} = 2\text{k}$ ，SUSP = 0V，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>内部理想二极管</b>							
$R_{FWD}$	增量电阻， $V_{ON}$ 调节	$I_{BAT} = 100\text{mA}$		125		$\text{m}\Omega$	
$R_{DIO,ON}$	$V_{BAT}$ 至 $V_{OUT}$ 的接通电阻	$I_{BAT} = 600\text{mA}$		215		$\text{m}\Omega$	
$V_{FWD}$	正向压降 ( $V_{BAT} - V_{OUT}$ )	$I_{BAT} = 5\text{mA}$ $I_{BAT} = 100\text{mA}$ $I_{BAT} = 600\text{mA}$	●	10	30 55 160	$\text{mV}$ $\text{mV}$ $\text{mV}$	
$V_{OFF}$	二极管停用电池电压			2.8		V	
$I_{FWD}$	负载电流限值，用于 $V_{ON}$ 调节			550		$\text{mA}$	
$I_{D(MAX)}$	二极管电流限值			2.2		A	
<b>外部理想二极管</b>							
$V_{FWD,EXT}$	外部二极管正向电压			20		$\text{mV}$	
<b>逻辑</b>							
$V_{OL}$	输出低电压 (CHRG, HVPR)	$I_{SINK} = 5\text{mA}$	●	0.1	0.4	V	
$V_{IH}$	输入高电压	HVEN, SUSP, HPWR 引脚低至高		2.3		V	
$V_{IL}$	输入低电压	HVEN, SUSP, HPWR 引脚高至低			0.3	V	
$I_{PULLDN}$	逻辑输入下拉电流	SUSP, HPWR		2		$\mu\text{A}$	
$I_{HVEN}$	HVEN 引脚偏置电流	$V_{HVEN} = 2.3\text{V}$ $V_{HVEN} = 0\text{V}$		6 0.01	20 0.1	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	
$V_{CHG,SD}$	TIMER 上的充电器停机门限电压		●	0.14	0.4	V	
$I_{CHG,SD}$	TIMER 上的充电器停机上拉电流	$V_{TIMER} = 0\text{V}$	●	5	14	$\mu\text{A}$	
<b>NTC</b>							
$I_{VNTC}$	VNTC 引脚电流	$V_{VNTC} = 2.5\text{V}$	●	1.4	2.5	3.5	$\text{mA}$
$V_{VNTC}$	VNTC 偏置电压	$I_{VNTC} = 500\mu\text{A}$	●	4.4	4.85		V
$I_{NTC}$	NTC 输入漏电流	$V_{VNTC} = 1\text{V}$			0	$\pm 1$	$\mu\text{A}$
$V_{COLD}$	低温故障门限电压	上升门限 迟滞			$0.74 \cdot V_{VNTC}$ $0.02 \cdot V_{VNTC}$		V V
$V_{HOT}$	高温故障门限电压	下降门限 迟滞			$0.29 \cdot V_{VNTC}$ $0.01 \cdot V_{VNTC}$		V V
$V_{DIS}$	NTC 停用电压	NTC 输入电压至 GND (下降) 迟滞	●	75	100 35	125	$\text{mV}$ $\text{mV}$

**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坏。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：** $V_{CC}$  是  $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$  或  $V_{BAT}$  当中较高的一个。

**注 3：**所有电压值均以 GND 为基准。

**注 4：**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  $110^\circ\text{C}$ 。在规定的最大工作结温以上连续运作有可能导致器件性能劣化或发生故障。

**注 5：**LTC4089/LTC4089-5 保证在  $0^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$  的范围内满足额定性能要求，并按照这些扩展的温度限值来设计和进行特性分析，且有望达到相关标准，但未在  $-40^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$  的温度范围内进行测试。

**注 6：**由长期电流密度限制条件来保证。

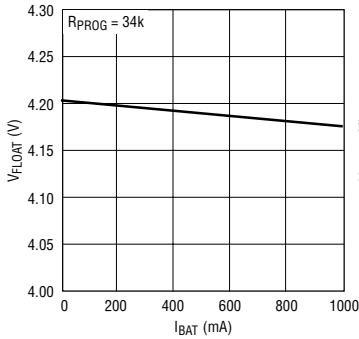
**注 7：**总输入电流 = 该规格值 +  $1.002 \cdot I_{BAT}$ ，式中的  $I_{BAT}$  为充电电流。

**注 8：**当电流大于 1.5A 时，编程电流的准确度有可能下降。

**注 9：**电流限值由设计和/或静态测试中的相关性来保证。斜率补偿将在高占空比条件下减小电流限值。

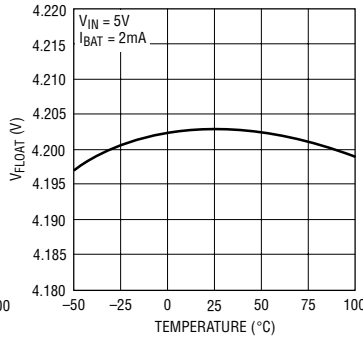
## 典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

### $V_{\text{FLOAT}}$ 负载调节



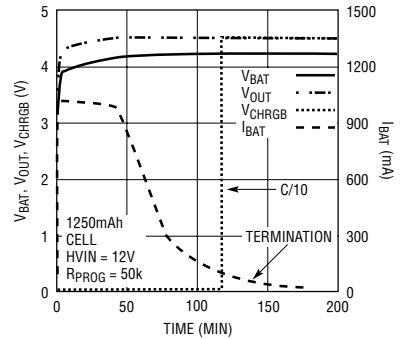
40895 G01

### 电池调节 (浮动) 电压与温度的关系曲线



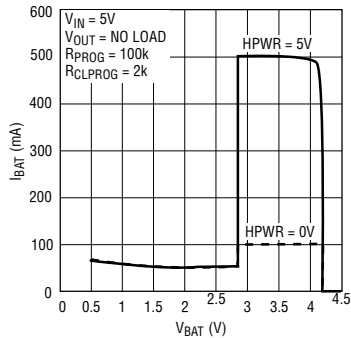
40895 G02

### 电池电流和电压与时间的关系曲线 (LTC4089)



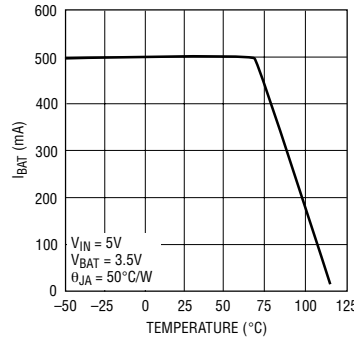
40895 G03

### 从 USB 来充电, $I_{\text{BAT}}$ 与 $V_{\text{BAT}}$ 的关系曲线



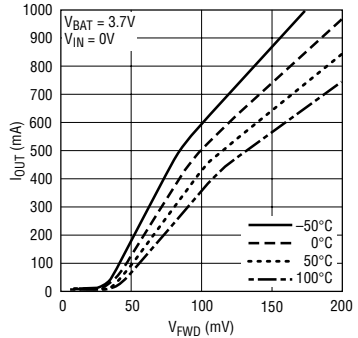
40895 G04

### 充电电流与温度的关系曲线 (热调整)



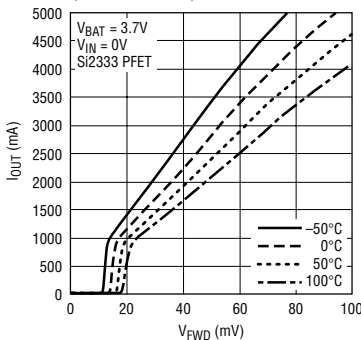
40895 G05

### 理想二极管电流与正向电压和温度的关系曲线 (无外部器件)



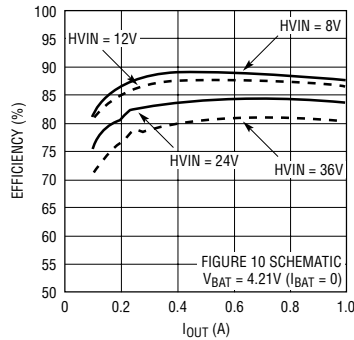
40895 G06

### 理想二极管电流与正向电压和温度的关系曲线 (带外部元件)



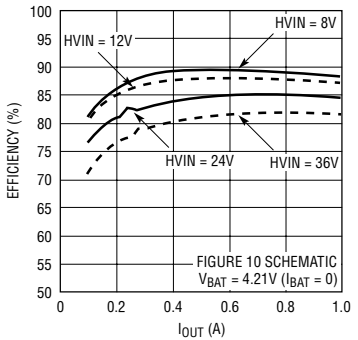
4085 G17

### LTC4089 高电压稳压器效率与输出负载的关系曲线



40895 G08

### LTC4089-5 高电压稳压器效率与输出负载的关系曲线

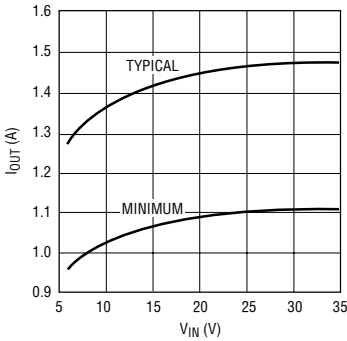


40895 G09

# LTC4089/LTC4089-5

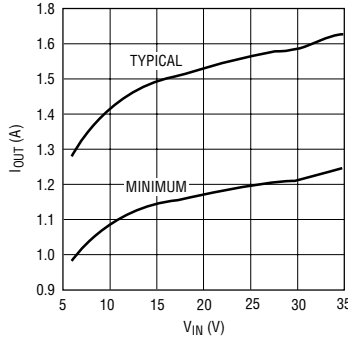
典型性能特征  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

高电压稳压器  
最大负载电流,  $L = 10\mu\text{H}$



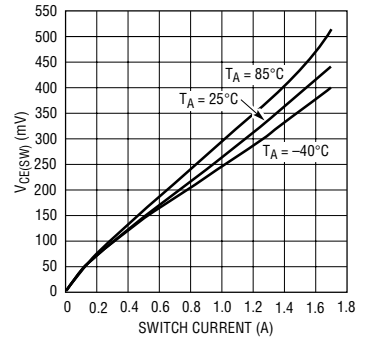
40895 G10

高电压稳压器  
最大负载电流,  $L = 33\mu\text{H}$



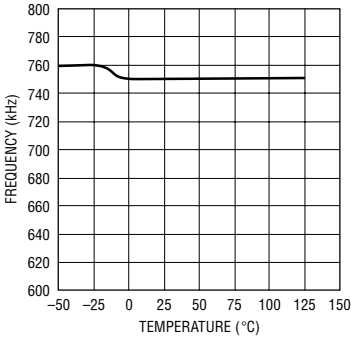
40895 G11

高电压稳压器开关压降



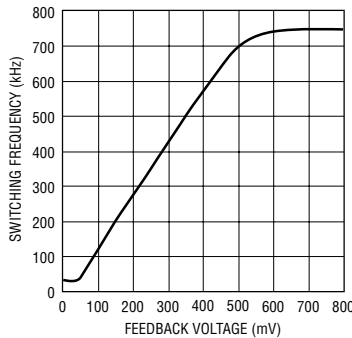
40895 G12

高电压稳压器开关频率



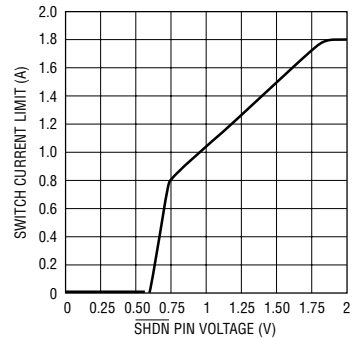
40895 G13

高电压稳压器频率折返



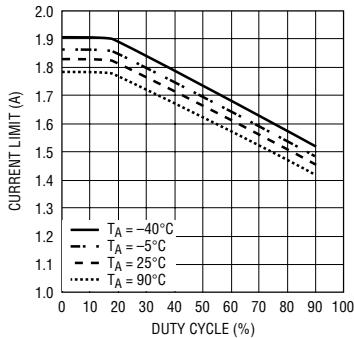
40895 G14

高电压稳压器软起动



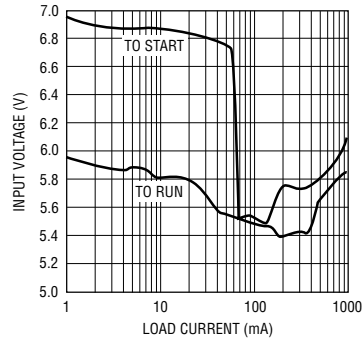
40895 G15

高电压开关电流限值



40895 G16

高电压稳压器  
典型最小输入电压

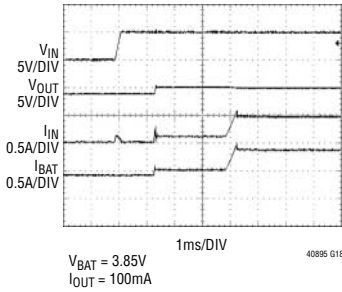


40895 G17

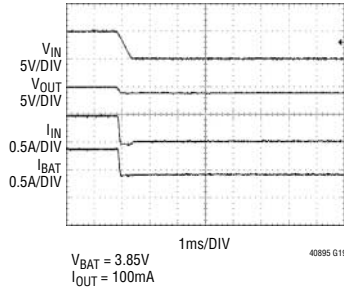
40895fb

## 典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

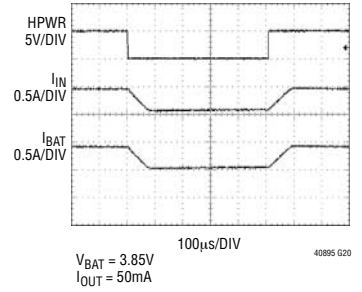
### 输入电流波形



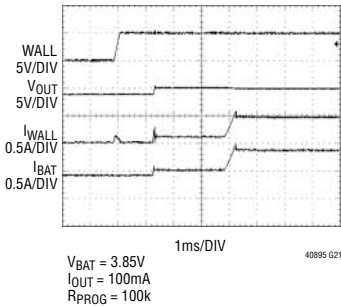
### 输入断接波形



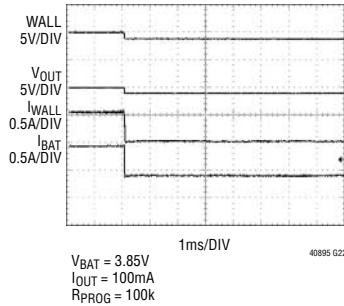
### 对 HPWR 的响应



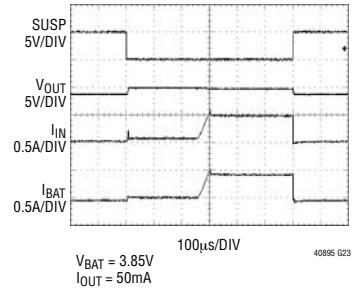
### 交流电源连接波形



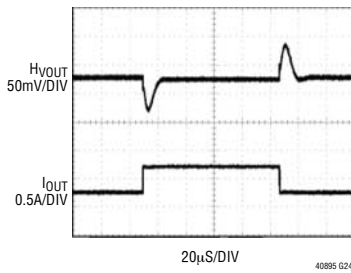
### 交流电源断接波形



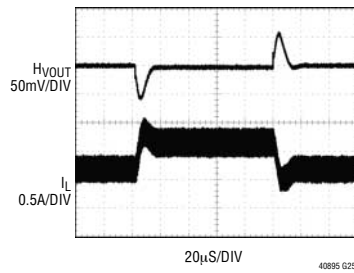
### 对暂停的响应



### 高电压稳压器负载瞬变



### 高电压稳压器负载瞬变



## 引脚功能

**GND(引脚 1、2)：**地。把 GND 引脚连接至一个位于 LTC4089 和电路元件下方的本机接地平面。

**HVOUT(引脚 3、18)：**高电压稳压器的电压输出。当 HVOUT 引脚上具有足够的电压时，从 IN 至 OUT 的低电压电源路径将被断接，而且， $\overline{\text{HVPR}}$  引脚将被拉至低电平，以指示检测到了一个高电压交流适配器。LTC4089 高电压稳压器将在 HVOUT 和 BAT 之间保持恰好足够的差分电压，以使电池充电器 MOSFET 处于压降范围之外(从 OUT 至 BAT 的差分电压通常为 300mV)。LTC4089-5 高电压稳压器将向电池充电器 MOSFET 提供一个固定的 5V 输出。应采用至少 10 $\mu$ F 的电容器把 HVOUT 旁路至 GND。**把引脚 3 和 18 与一个不大于 1 $\Omega$  的电阻相连。**

**V<sub>C</sub>(引脚 4)：**将 V<sub>C</sub> 引脚浮置或通过一个 10pF 的电容器旁路至地。在不连续模式中，该可选的 10pF 电容器将减小 HVOUT 纹波。

**NTC(引脚 5)：**至 NTC 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 引脚连接至地，并在 NTC 和 VNTC 之间连接一个等值电阻器。当该引脚上的电压高于 0.74 • V<sub>VNTC</sub> (低温，0°C) 或低于 0.29 • V<sub>VNTC</sub> (高温，50°C) 时，定时器中止操作(但未被清零)，充电操作被禁止，而且  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚保持在其先前的状态中。当 NTC 引脚上的电压恢复至 0.74 • V<sub>VNTC</sub> 和 0.29 • V<sub>VNTC</sub> 之间时，定时器将从暂停之处起继续运行，而且，如果电池电压低于再充电门限，则充电操作将被重新使能。与每个输入比较器有关的温度迟滞约为 3°C。

如欲停用该功能，则需把 NTC 引脚连接至地。这将关闭所有的 LTC4089 NTC 功能。

**VNTC(引脚 6)：**用于 NTC 的输出偏置电压。一个连接在该引脚和 NTC 引脚之间的电阻器将给 NTC 热敏电阻施加偏压。

**HVPR(引脚 7)：**高电压接入输出。低态有效漏极开路输出引脚。当该引脚上的电压很低时，表示高电

压稳压器具有足以对电池进行充电的电压。如果 HVIN、IN 或 BAT 引脚上没有电源(即：低于 UVLO 门限)，则该功能被停用。

**$\overline{\text{CHRG}}$ (引脚 8)：**漏极开路充电状态输出。在对电池进行充电的过程中，由一个内部 N 沟道 MOSFET 把  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚拉至低电平。当定时器终止或充电电流降至编程充电电流的 10% 以下或输入电源被拿掉时， $\overline{\text{CHRG}}$  引脚被强制为高阻抗状态。

**PROG(引脚 9)：**充电电流设置。连接一个接地电阻器 R<sub>PROG</sub>，用于设置电池充电电流。电池充电电流按下式来设置：

$$I_{\text{CHG}}(\text{A}) = \frac{50,000\text{V}}{R_{\text{PROG}}}$$

**GATE(引脚 10)：**外部理想二极管选通引脚。该引脚可被用来驱动一个连接在 BAT (漏极) 和 OUT (源极) 之间的任选外部 PFET 的栅极。这样，可以减小 BAT 和 OUT 之间的理想二极管的阻抗。不用时，应将该引脚浮置。应在该引脚上维持一个高阻抗并实现所有漏电路径的最小化，这一点很重要。

**BAT(引脚 11)：**连接至单节锂离子电池。该引脚被用作一个输出(当对电池进行充电时)和一个输入(当向 OUT 供电时)。当 OUT 引脚电位降至 BAT 引脚电位以下时，一个理想二极管功能元件把 BAT 连接至 OUT，并阻止 V<sub>OUT</sub> 降至比 V<sub>BAT</sub> 低 100mV 以上的电压值。一个精准的内部电阻分压器负责设定该引脚上的最终浮动(充电)电位。当 IN 和 HVIN 处于欠压闭锁状态时，该内部电阻分压器将被断接。

**IN(引脚 12)：**输入电源。连接至 USB 电源 V<sub>BUS</sub>。至该引脚的输入电流被限制于由 CLPROG 引脚所设置的电流的 20% 或 100% (视 HPWR 引脚的状态而定)。通过输入提供的充电电流(至 BAT 引脚)被设定为由 PROG 引脚所设置的电流(但是，在充电电流被设定得高于输入电流限值的情况下将受限于输入电流限值)。



## 引脚功能

**OUT (引脚 13)：**电压输出。当没有其他电源接入时，该引脚用于从 USB  $V_{BUS}$  (IN)、一个外部高电压电源 (HVIN) 或电池 (BAT) 来向 USB 设备提供受控功率。高电压电源的优先级高于 USB  $V_{BUS}$  输入。应采用至少  $4.7\mu\text{F}$  的电容器将 OUT 旁路至 GND。

**CLPROG (引脚 14)：**电流限值设置和输入电流监视器。连接一个接地电阻器  $R_{CLPROG}$ ，用于设置输入至输出电流限值。电流限值可按下式来设置：

$$I_{CL}(\text{A}) = \frac{1000V}{R_{CLPROG}}$$

在 USB 应用中，电阻器  $R_{CLPROG}$  的阻值应被设定为不可低于  $2.1\text{k}$ 。CLPROG 引脚上的电压始终与流过 IN 和 OUT 电源路径的电流成比例。该电流可由下式来计算：

$$I_{IN}(\text{A}) = \frac{V_{CLPROG}}{R_{CLPROG}} \cdot 1000$$

**HPWR (引脚 15)：**高功率选择。该逻辑输入用于控制输入电流限值。当该引脚上的电压高于  $2.3\text{V}$  时，将把输入电流限值设定为由 CLPROG 引脚所设置的电流的  $100\%$ 。当该引脚上的电压低于  $0.3\text{V}$  时，将把输入电流限值设定为由 CLPROG 引脚所设置的电流的  $20\%$ 。在内部把一个  $2\mu\text{A}$  的下拉电流连接至该引脚，以确保其在上电时为低电平 (当不是从外部对该引脚进行驱动时)。

**SUSP (引脚 16)：**暂停模式输入。把该引脚拉至  $2.3\text{V}$  以上将阻断从 IN 至 OUT 的电源路径。来自 IN 的电源电流将被减小，以与 USB 暂停模式规范相符。从 HVIN 引脚对电池进行充电的能力以及理想二极管功能元件 (连接在 BAT 和 OUT 之间) 都将保持运行状态。如果在暂停模式中  $V_{OUT}$  低于  $V_{BAT}$ ，则暂停模式将使充电定时器复位。如果  $V_{OUT}$  被保持在高于  $V_{BAT}$  的数值上 (例如：在接入高电压输入时)，则当器件被

置于暂停模式时充电定时器将不会被复位。在内部把一个  $2\mu\text{A}$  的下拉电流加至该引脚，以确保其在上电时为低电平 (当不是从外部对该引脚进行驱动时)。

**TIMER (引脚 17)：**定时器电容器。布设一个与 GND 相连的电容器  $C_{TIMER}$  来设定定时器周期。定时器周期为：

$$t_{TIMER}(\text{小时}) = \frac{C_{TIMER} \cdot R_{PROG} \cdot 3\text{小时}}{0.1\mu\text{F} \cdot 100\text{k}}$$

如果充电电流由于欠电压电流限值、负载电流、热调整 and 电流限值选择 (HPWR) 的原因而减小，则充电时间将增加。

把 TIMER 引脚短接至 GND 将停用电池充电功能。

**SW (引脚 19)：**SW 引脚是内部高电压电源开关的输出。把该引脚连接至电感器、箝位二极管和升压电容器。

**BOOST (引脚 20)：**BOOST 引脚用于向内部双极 NPN 电源开关提供一个高于输入电压的驱动电压。

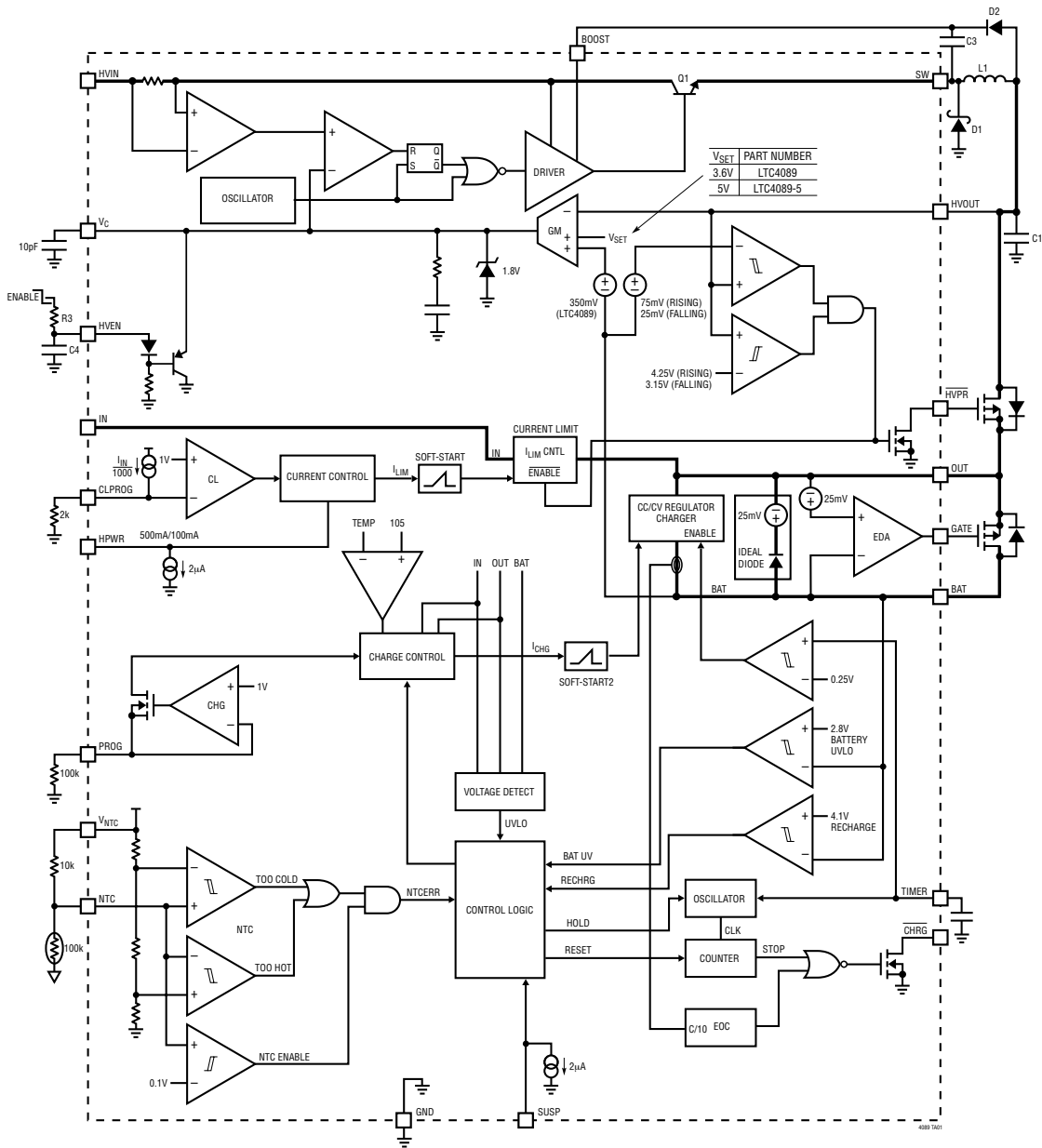
**HVIN (引脚 21)：**HVIN 引脚负责向内部高电压稳压器和内部高电压电源开关提供电流。高电压输入的接入优先于 USB  $V_{BUS}$  输入 (即：当检测到一个高电压输入电源时，USB IN 至 OUT 路径被切断)。必须对该引脚进行本机旁路。

**HVEN (引脚 22)：**HVEN 引脚用于阻断高电压输入路径。把该引脚连接至地将停用高电压输入，或连接至至少  $2.3\text{V}$  电压以使能高电压路径。如果不使用该功能，则将此引脚连接至 HVIN 引脚。该引脚还可用于实现高电压稳压器的软启动；见“应用信息”部分。

**裸露衬垫 (引脚 23)：**地。该裸露封装衬垫是地，且必须焊接至 PC 板，以实现正确的功能和最大的传热量 (在 LTC4089 的正下方采用多个通孔)。

# LTC4089/LTC4089-5

## 方框图



## 工作原理 (参阅“方框图”)

LTC4089/LTC4089-5 是一款面向电池供电型 USB 应用的完整 PowerPath™ 控制器。LTC4089/LTC4089-5 专为从低电压电源(例如:USB 或 5V 交流适配器)、高电压电源(例如:FireWire/IEEE1394、汽车电池、12V 交流适配器等)和单节锂离子电池接收功率而设计。这样,它能够向一个与 OUT 相连的应用电路和一个与 BAT 引脚相连的电池输送功率(假设接入了一个除电池以外的外部电源)。具有有限电流资源的电源(比如 USB  $V_{BUS}$  电源)应连接至具有一个可设置电流限值的 IN 引脚。将对电池充电电流进行调节,以确保充电电流与负载电流之和不超过编程输入电流限值(见图1)。

当输出/负载电流超过输入电流限值或输入电源被拿掉时,一个理想二极管功能元件将从电池来提供功率。通过理想二极管(而不是把负载直接与电池相连)来向负载供电的做法可使一个满充电电池在外部电源被拿掉之前保持满充电状态。一旦外部电源被移除,则输出下降,直到理想二极管被施加了正向偏压为止。被施加了正向偏压的理想二极管随后

将从电池来为负载提供输出功率。

LTC4089/LTC4089-5 还包括一个能够从高电压输入接收功率的高电压开关稳压器。该输入的优先级高于 USB  $V_{BUS}$  输入(即:如果 HVIN 和 IN 均接入,则负载电流和充电电流将通过高电压路径来输送)。当被使能时,高电压稳压器将采用一个 750kHz 恒定频率、电流模式稳压器来调节 HVOUT 电压。一个连接在 HVOUT (漏极)和 OUT (源极)之间的外部 PFET 通过  $\overline{HVPR}$  引脚来接通,从而允许 OUT 对电池进行充电和/或向应用电路提供功率。LTC4089 在 OUT 引脚和 BAT 引脚之间维持了约 300mV 的差分电压,而 LTC4089-5 则提供了一个固定的 5V 输出。

### 输入电流限值

当输入电源路径被使能(即: $SUSP=0V$  和  $HVIN=0V$ )且 IN 上具有可用功率时,功率将被输送至 OUT。LTC4089/LTC4089-5 的电流限制和充电控制电路是专为限制输入电流并控制电池充电电流与  $I_{OUT}$

PowerPath 是凌力尔特公司的注册商标。

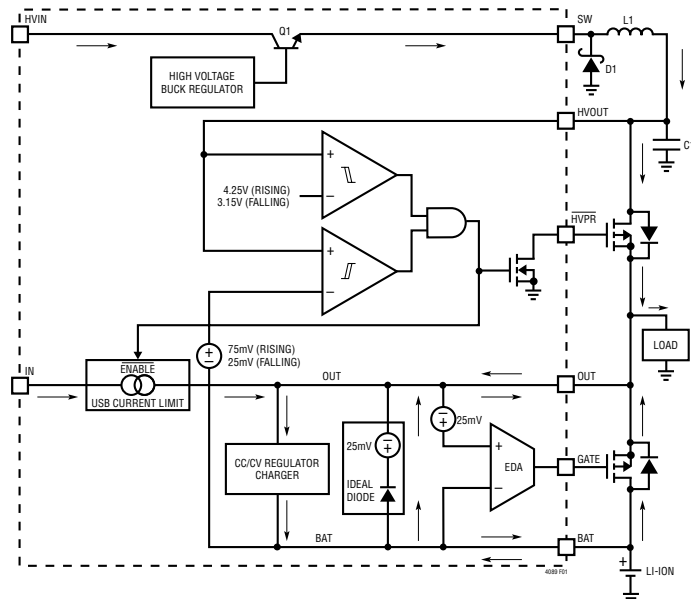


图1: PowerPath 的简化方框图

## 工作原理

的函数关系而设计的。输入电流限值  $I_{CL}$  可采用下式来设置：

$$I_{CL} = \left[ \frac{1000}{R_{CLPROG}} \cdot V_{CLPROG} \right] = \frac{1000V}{R_{CLPROG}}$$

式中的  $V_{CLPROG}$  为 CLPROG 引脚电压 (通常为 1V)， $R_{CLPROG}$  为从 CLPROG 引脚至地的总电阻。为了实现最佳的温度和时间稳定性，建议采用 1% 精度的金属薄膜电阻器。

编程电池充电电流  $I_{CHG}$  被定义为：

$$I_{CHG} = \left[ \frac{50,000}{R_{PROG}} \cdot V_{PROG} \right] = \frac{50,000V}{R_{PROG}}$$

输入电流  $I_{IN}$  等于 BAT 引脚输出电流与 OUT 引脚输出电流之和。 $V_{CLPROG}$  通常将被维持于 1V，然而，如果  $I_{OUT} + I_{BAT} < I_{CL}$ ，则  $V_{CLPROG}$  将跟踪输入电流，依据的公式如下：

$$I_{IN} = I_{OUT} + I_{BAT} = \frac{V_{CLPROG}}{R_{CLPROG}} \cdot 1000$$

对于 USB 应用，能够 (而且应该) 对 LTC4089/LTC4089-5 中的电流限制电路进行配置，以把电流限制为 500mA (可采用 HPWR 引脚来选择并采用 CLPROG 引脚来设置)。

LTC4089/LTC4089-5 可减小电池充电电流，以使电池充电电流与负载电流之和不超过编程输入电流限值 (当 HPWR 引脚为低电平时，电池充电电流被减小至编程输入电流限值的 1/5，见图 2)。当负载电流超过编程输入电流限值时，电池充电电流变至零 (当 HPWR 引脚为低电平时，电池充电电流被减小至编程输入电流限值的 1/5)。即使设定的电池充电电流高于 USB 的容许电流，也不会违反 USB 规范。电池充电器将根据需要减小其电流，以确保不超过 USB 规范的限定值。如果负载电流大于电流限值，则输出电压将降至刚好低于电池电压的数值，此时，理想二极管电路将接著起作用，多余的负载电流将从电池来吸收。

在 USB 应用中， $R_{CLPROG}$  的最小值应为 2.1k。由于 LTC4089/LTC4089-5 容限和静态电流的原因，这将防止输入电流超过 500mA。一个 2.1k CLPROG 电阻器将在高功率模式中 (HPWR = 1) 提供一个 476mA 的典型电流限值，或在低功率模式中 (HPWR = 0) 提供一个 95mA 的电流限值。

当 SUSP 被驱动至一个逻辑高电平时，输入电源路径被切断，而连接在 BAT 和 OUT 之间的理想二极管将向应用电路供电。

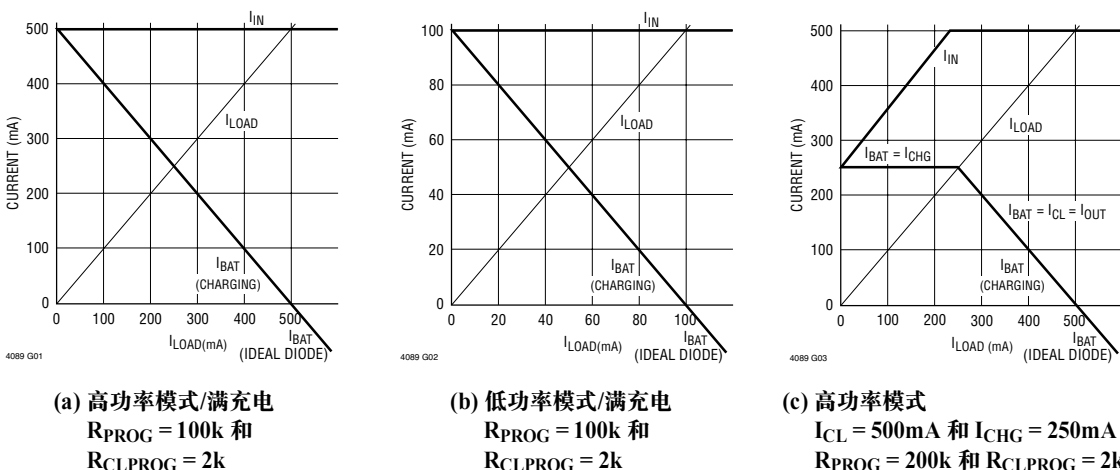


图 2：输入和电池电流与负载电流的函数关系

## 工作原理

### 高电压降压型稳压器

从 HVIN 输送至 HVOUT 的功率受控于一个 750kHz 恒定频率、电流模式降压型稳压器。一个外部 P 沟道 MOSFET 使该功率传输至 OUT，并防止发生从 OUT 至 HVOUT (并最终至 HVIN) 的反向传导。

一个 750kHz 振荡器负责使能一个 RS 触发器，并接通内部 1.95A 电源开关 Q1。一个放大器和比较器用于监视在 HVIN 和 SW 引脚之间流动的电流，并在该电流达到一个由  $V_C$  引脚电压所确定的水平时断开开关。一个误差放大器负责维持  $V_C$  节点电压，以在 OUT 和 BAT 之间保持约 300mV 的差分电压 (LTC4089)。通过把电池充电器两端的电压保持于低电平可优化效率，因为耗费在电池充电器上的功率得到了最大限度的减少，而且外部负载的可用功率实现了最大化。如果 BAT 引脚电压低于约 3.3V，则误差放大器将维持  $V_C$  节点电压，以提供一个约 3.6V 的恒定 HVOUT 输出电压。 $V_C$  节点上的一个有源箝位电路用于提供电流限制作用。 $V_C$  节点还被箝位于 HVEN 引脚上的电压；软起动功能由 HVEN 引脚上的一个电压斜坡来实现 (采用一个外部电阻器和电容器)。

一个内部稳压器负责向控制电路供电。该稳压器具有一个欠压闭锁电路，用于防止在 HVIN 引脚电压低于约 4.7V 的情况下执行开关操作。HVEN 引脚被用于关闭高电压稳压器。当高电压稳压器被停用，HVIN 输入电流被减小至  $2\mu\text{A}$  以下，而且，外部 P 沟道 MOSFET 使 HVOUT 与 OUT 断接。

开关驱动器可从高电压输入或 BOOST 引脚获得工作电源。一个外部电容器和二极管被用来在 BOOST 引脚上生成一个高于输入电源的电压。这使得驱动器能够令内部双极 NPN 电源开关完全饱和，以实现高效运作。

当 HVOUT 引脚电压低于 3.95V 时，工作频率将降低。这种频率折返有助于启动和过载期间的稳压器输出电流控制。

### 从 BAT 连接至 OUT 的理想二极管

LTC4089/LTC4089-5 具有一个内部理想二极管和一个用于可选外部理想二极管的控制器。如果电池是唯一可用的电源、或者负载电流超过了编程输入电流限值，则电池将通过一个位于 BAT 和 OUT 引脚之间的理想二极管电路自动地向负载输送功率。理想二极管电路 (以及建议在 OUT 引脚上使用的  $4.7\mu\text{F}$  电容器) 使得 LTC4089/LTC4089-5 能够在无需采用大型电容器的情况下处理大瞬变负载以及交流适配器或 USB  $V_{\text{BUS}}$  连接/断接模式。理想二极管的响应时间仅为几个微秒 ( $\mu\text{s}$ )，并可防止 OUT 引脚电压降至明显低于 BAT 引脚电压的数值。该理想二极管与一个肖特基二极管的 I-V 曲线比较结果示于图 3。

如果输入电流增加至编程输入电流限值以上，则额外的电流将通过内部理想二极管从电池吸收。此外，如果至 IN (USB  $V_{\text{BUS}}$ ) 或 HVIN (高电压输入) 的电源被拿掉，则所有的应用功率都将通过理想二极管由电池来提供。为了防止从输入电源至电池电源的切换导致输出电压发生显著的下降，在 OUT 引脚上采用一个  $4.7\mu\text{F}$  电容器就足够了。理想二极管由一个精准放大器组成，可在 OUT 电压比 BAT 电压低 20mV ( $V_{\text{FWD}}$ ) 左右时使能一个大型 P 沟道 MOSFET 晶体管。内部理想二极管的电阻约为  $200\text{m}\Omega$ 。如

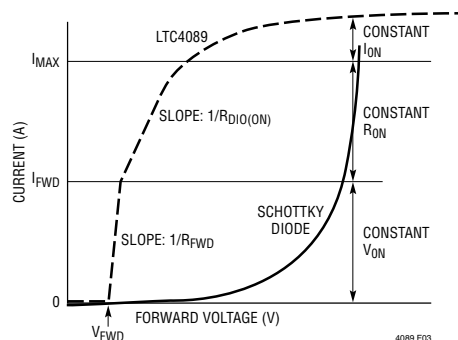


图 3：LTC4089/LTC4089-5 与肖特基二极管的正向压降比较

## 工作原理

果这足以满足应用的需要，则无需采用外部元件。然而，如果需要更大的电导，则可在 BAT 和 OUT 之间增设一个外部 P 沟道 MOSFET。LTC4089/LTC4089-5 的 GATE 引脚负责驱动 PFET 的栅极，以实现理想二极管的自动控制。外部 MOSFET 的源极应连接至 OUT，而漏极应连接至 BAT。为了对过流状态下的外部 MOSFET 保护提供帮助，其布设位置应与 LTC4089/LTC4089-5 具有紧密的热接触。

## 电池充电器

LTC4089/LTC4089-5 的电池充电器电路专为对单节锂离子电池进行充电而设计。该充电器包括一个内部 P 沟道功率 MOSFET，采用了一种恒定电流/恒定电压充电算法，并具有可设置充电电流和一个用于实现充电终止的可设置定时器。充电电流可被设置为高达 1.2A。最终浮动电压准确度为  $\pm 0.8\%$  (典型值)。当给 IN 或 HVIN 引脚供电时，无需隔离二极管或检测电阻器。 $\overline{\text{CHRG}}$  漏极开路状态输出一直提供有关 LTC4089/LTC4089-5 充电状态的信息。一个 NTC 输入提供了利用电池温度来进行充电适宜性判定的选项。

如果芯片温度试图超过约  $105^{\circ}\text{C}$  的预设值，则内部热限制电路将减小编程充电电流。该功能可防止 LTC4089/LTC4089-5 出现过热，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 LTC4089/LTC4089-5 的风险。LTC4089/LTC4089-5 热限制功能的另一个好处是：对于一个给定应用，在保证充电器将在最坏情况条件下自动减小电流的前提下，可根据典型（而不是最坏情况）环境温度来设定充电电流。

当 OUT 引脚上的电压高于电池电压和电池电压低于再充电门限时，充电周期开始。在 OUT 电压高出 BAT 电压的幅度达到 100mV 之前，实际上没有充电电流流动。在充电周期的起点，如果电池电压低于 2.8V，则充电器将进入涓流充电模式，以把电池电压提升到一个适于充电的安全水平。一旦 BAT 引

脚上的电压升至 2.8V 以上，则充电器将进入快速充电恒定电流模式。在恒定电流模式中，充电电流由  $R_{\text{PROG}}$  来设定。当电池达到最终浮动电压时，充电电流将随著 LTC4089/LTC4089-5 切换至恒定电压模式而开始减小。在恒定电压模式中，当充电电流降至编程充电电流的 10% 以下时，CHRG 引脚将呈高阻抗状态。

TIMER 引脚上的一个外部电容器负责设定总的最小充电时间。当这段时间过去之后，充电周期终止，且 CHRG 引脚将呈高阻抗状态（如果它还没有这样做的话）。当在恒定电流模式中充电时，如果充电电流被热调整电路所减小或出于维持编程输入电流限值的考虑而减小，则充电时间将自动增加。换句话说，充电时间的长短与输送至电池的实际充电电流的大小成反比关系。对于需要准确的最终浮动电位的锂离子电池及相似电池，内部带隙基准、电压放大器和电阻分压器提供了准确度达  $\pm 0.8\%$  的稳压作用。

## 涓流充电和失效电池检测

在充电周期的起点，如果电池电压较低（低于 2.8V），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，则认为电池损坏，充电周期终止，CHRG 引脚输出呈高阻抗状态。如果由于任何原因而导致电池电压升至约 2.8V 以上，则充电周期将被重新起动。如欲重新起动充电周期（即：当用一个放电电池来替换失效电池时），则只需简单地取消并再次施加输入电压或使 TIMER 引脚循环至 0V。

## 设置充电电流

电池充电电流的计算公式为：

$$I_{\text{CHG}} = I_{\text{PROG}} \cdot 50,000 = \frac{V_{\text{PROG}}}{R_{\text{PROG}}} \cdot 50,000$$

式中的  $V_{\text{PROG}}$  为 PROG 引脚电压， $R_{\text{PROG}}$  为 PROG



## 工作原理

引脚至地之间的总电阻。请牢记，当 LTC4089/LTC4089-5 从 IN 引脚来供电时，编程输入电流限值的优先级将高于充电电流。在这样一种情形下，充电电流不能超过编程输入电流限值。

例如，如果需要 500mA 的典型充电电流，则计算：

$$R_{\text{PROG}} = \frac{1\text{V}}{500\text{mA}} \cdot 50,000 = 100\text{k}$$

为了实现最佳的温度和时间稳定性，建议采用 1% 精度的金属薄膜电阻器。在涓流充电条件下，该电流被减小至全标度值的 10%。

### 充电定时器

可设置充电定时器用于终止充电周期。定时器工作时间由 TIMER 引脚上的一个外部电容器来设置。充电时间通常为：

$$t_{\text{TIMER}}(\text{小时}) = \frac{C_{\text{TIMER}} \cdot R_{\text{PROG}} \cdot 3\text{小时}}{0.1\mu\text{F} \cdot 100\text{k}}$$

当施加了一个高于欠压闭锁门限电压的输入电压或当器件被置于停机状态且电池电压低于再充电门限时，定时器将起动。在上电或退出停机模式时，如果电池电压低于再充电门限，则充电时间将是一个完整的充电周期。如果电池电压高于再充电门限，则定时器将不起动，充电操作将被阻止。如果在上电之后电池电压降至再充电门限以下，或者在一个充电周期之后电池电压仍低于再充电门限，则充电时间将被设定为一个完整充电周期的 1/2。

LTC4089/LTC4089-5 具有一种自动延长充电时间的功能。如果恒定电流模式中的充电电流由于负载电流或热调整的原因而被减小，则充电时间将延长。充电时间的这种变化与充电电流的变化成正比。当 LTC4089/LTC4089-5 接近恒定电压模式时，充电电流开始下降。充电电流的这种变化源于正常的充电操作，并不会影响定时器工作时间。

例如，设想一种  $R_{\text{CLPROG}} = 2\text{k}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 100\text{k}$  和

$C_{\text{TIMER}} = 0.1\mu\text{F}$  的 USB 充电条件。这对应于一个 3 小时的充电周期。然而，如果 HPWR 输入被设定为一个逻辑低电平，则输入电流限值将被从 500mA 降至 100mA。当没有额外的系统负载时，这意味着充电电流将被减小至 100mA。于是，终止定时器将自动地把工作速度降低 5 倍，直至充电器达到恒定电压模式（即： $V_{\text{BAT}} = 4.2\text{V}$ ）或 HPWR 返回至一个逻辑高电平为止。充电周期将自动延长以补偿充电电流的减小。充电周期的准确时间将取决于充电器处于恒定电流模式的时间和/或 HPWR 引脚处于一个逻辑低电平的时间。

一旦出现定时器超时且电池电压高于再充电门限，则充电电流被阻断，而且  $\overline{\text{CHRG}}$  输出将呈高阻抗状态（如果它尚未这样做的话）。

把 TIMER 引脚连接至地将停用电池充电器。

### $\overline{\text{CHRG}}$ 状态输出引脚

当充电周期启动时，由一个具备 LED 驱动能力的内部 N 沟道 MOSFET 把  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚拉至地。当充电电流在恒定电压模式中降至编程满充电电流的 10% 以下时，该引脚将呈高阻抗状态，但充电电流将继续流动，直到充电时间过去为止。如果在可设置充电时间结束之前未达到该状态，则该引脚将在出现定时器超时的时候呈高阻抗状态。 $\overline{\text{CHRG}}$  电流检测门限可由下式计算：

$$I_{\text{DETECT}} = \frac{0.1\text{V}}{R_{\text{PROG}}} \cdot 50,000 = \frac{5000\text{V}}{R_{\text{PROG}}}$$

例如：如果利用一个 100k PROG 电阻器把满充电电流设置为 500mA，则  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚将在电池充电电流为 50mA 的情况下改变状态。

注：负责监视充电电流的充电结束 (EOC) 比较器将锁存其判定。于是，当充电电流在恒定电压模式中首次降至编程满充电电流的 10% 以下时，它将使  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚变换至一个高阻抗状态。

## 工作原理

如果充电电流由于某种原因回升至再充电门限以上时，则  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚将不恢复强下拉状态。可利用一个再充电周期（即： $V_{\text{BAT}}$  降至再充电门限以下）或对器件的输入电源进行变换来使 EOC 锁存器复位。

### NTC 热敏电阻 —— 电池温度充电适宜性判定

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。NTC 电路示于图 4。

为了使用该功能，需把 NTC 热敏电阻 ( $R_{\text{NTC}}$ ) 连接在 NTC 引脚和地之间，并将电阻器 ( $R_{\text{NOM}}$ ) 连接在 NTC 引脚和  $V_{\text{NTC}}$  之间。 $R_{\text{NOM}}$  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（对于 Vishay NTHS0603N02N1002J 热敏电阻，该阻值为 10k）。当 NTC 热敏电阻的电阻值  $R_{\text{HOT}}$  降至  $R_{\text{NOM}}$  阻值的 0.41 倍，或大约 4.1k 左右，这应该是 50°C 温度条件下的阻值时，LTC4089/LTC4089-5 进入保持模式。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 热敏电阻的电阻值上升。LTC4089/LTC4089-5 被设计为在 NTC 热敏电阻的阻值增加至  $R_{\text{NOM}}$  阻值的 2.82 倍时进入保持模式。该电阻为  $R_{\text{COLD}}$ 。对于 Vishay NTHS0603N02N1002J 热敏电阻，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。

### 电流限制欠压闭锁

一个内部欠压闭锁电路负责监视输入电压，并在  $V_{\text{IN}}$  升至欠压闭锁门限以上之前停用输入电流限制电路。电流限制 UVLO 电路具有一个 125mV 的内置迟滞。此外，为了防止功率 MOSFET 中的反向电流，电流限制 UVLO 电路将在  $V_{\text{OUT}}$  超过  $V_{\text{IN}}$  时停用电流限制功能（即：强制输入电源路径至一个高阻抗

状态)。如果电流限制 UVLO 比较器发生跳变，则电流限制电路将不会退出停机状态，直到  $V_{\text{OUT}}$  降至比  $V_{\text{IN}}$  电压低 50mV 为止。

### 充电器欠压闭锁

一个内部欠压闭锁电路负责监视  $V_{\text{OUT}}$  电压，并在  $V_{\text{OUT}}$  升至欠压闭锁门限以上之前停用电池充电器电路。电池充电器 UVLO 电路具有一个 125mV 的内置迟滞。此外，为了防止功率 MOSFET 中的反向电流，充电器 UVLO 电路将在  $V_{\text{BAT}}$  超过  $V_{\text{OUT}}$  时把充电器保持在停机状态。如果充电器 UVLO 比较器发生跳变，则充电器电路将不会退出停机状态，直到  $V_{\text{OUT}}$  比  $V_{\text{BAT}}$  高出 50mV 为止。

### 暂停

可通过强制 SUSP 引脚电压高于 2.3V 来把 LTC4089/LTC4089-5 置于暂停模式。在暂停模式中，连接在 BAT 和 OUT 之间的理想二极管功能元件被保持于运行状态。如果给 HVIN 引脚加电，则充电操作将不会受到影响。从 IN 引脚吸收的电流被减小至 50 $\mu\text{A}$ 。暂停模式预定遵守具有相同名称的 USB 电源规范模式。

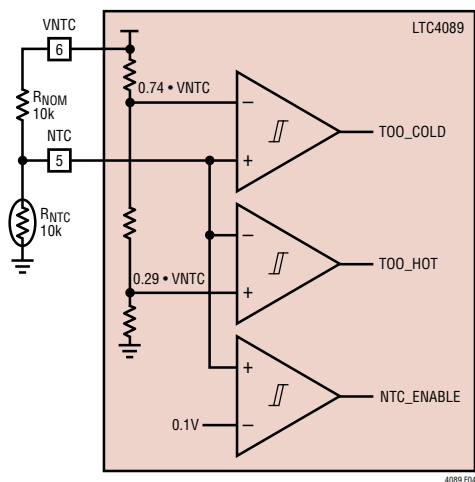


图 4：NTC 电路



## 应用信息

### USB 和 5V 交流适配器电源

虽然 LTC4089/LTC4089-5 专为从一个 USB 端口吸取功率而设计，但也可采用一个具有较高功率的 5V 交流适配器来给应用电路供电并对电池进行充电（较高电压的交流适配器可直接连接至 HVIN）。图 5 示出了 5V 交流适配器与 USB 电源输入组合的一个实例。当 P 沟道 MOSFET MP1 的栅极通过 1k 电阻器接地时，它可在无法使用 5V 交流电源的情况下向 LTC4089/LTC4089-5 提供 USB 电源。当可以使用 5V 交流电源时，D1 将向 LTC4089 供电、把 MN1 的栅极拉至高电平以增加充电电流（通过增加输入电流限值来实现），并将 MP1 的栅极拉至高电平以将其关闭和防止信号反向传入 USB 端口。

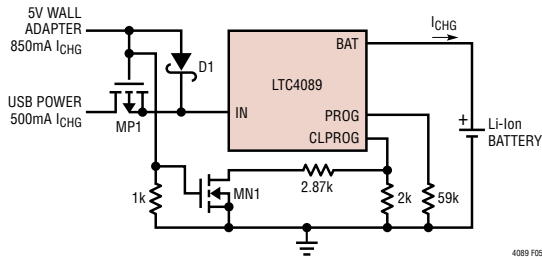


图 5：USB 或 5V 交流适配器电源

### 电感器选择和最大输出电流

电感值的一个上佳的选择是  $L = 10\mu\text{H}$ 。当采用该电感值时，最大负载电流将为 1A。电感器的 RMS 额定电流必须大于最大负载电流，而且，其饱和电流应再高出约 30%。请注意，最大负载电流将为编程充电电流与最大预期应用负载电流之和。为了在

故障条件下实现完善的操作性能，饱和电流应为 2.3A 左右。为了保持高效率，串联电阻 (DCR) 应小于  $0.1\Omega$ 。表 1 罗列了几家供应商以及合适的产品型号。

表 1：电感器供应商

供应商	网址	产品系列	电感 ( $\mu\text{H}$ )	外形尺寸 (mm)
Sumida	www.sumida.com	CDRH5D28	8.2, 10	$6 \times 6 \times 3$
		CDRH6D38	10	$7 \times 7 \times 4$
TDK	www.tdk.com	SLF6028T	10	$6 \times 6 \times 2.8$
Toko	www.toko.com	D63LCB	10	$6.3 \times 6.3 \times 3$

### 箝位二极管

视负载电流的不同，建议 D1 箝位二极管采用一个 1A 至 2A 的肖特基二极管。该二极管必须具有一个等于或大于最大输入电压的额定反向电压。ON Semiconductor MBRM140 和 Diode Inc. DFSL140/160/240 是上佳的选择。

### 高电压稳压器电容器选择

通过一个  $1\mu\text{F}$  或数值更大的 X7R 或 X5R 型陶瓷电容器来对 LTC4089/LTC4089-5 电路的 HVIN 引脚进行旁路。Y5V 型电容器在温度和施加电压变化的情况下性能欠佳，故不应使用。一个  $1\mu\text{F}$  陶瓷电容器足以对高电压输入进行旁路，并将轻松地处理纹波电流。然而，如果输入电源具有高阻抗，或者由于长电线或电缆的原因而存在大量的电感，则可能需要增加体电容。这可以利用一个低性能电解电容器来提供。

## 应用信息

高电压稳压器输出电容器用于控制输出纹波、供应瞬变负载电流并稳定稳压器控制环路。陶瓷电容器具有非常低的等效串联电阻 (ESR)，并提供了最佳的纹波性能。10 $\mu$ F 是一个上佳的电容值。采用 X5R 或 X7R 型电容器，并注意，一个被施加了大小为  $V_{HVOUT}$  的偏压的陶瓷电容器其电容将小于标称值。表 2 罗列了几家电容器供应商。

表 2：电容器供应商

供应商	电话	网址	产品系列	备注
Panasonic	(714) 373-7366	www.panasonic.com	陶瓷，聚合物，钽	EEF 系列
Kemet	(864) 963-6300	www.kemet.com	陶瓷，钽	T494，T495
Sanyo	(408) 749-9714	www.sanyovideo.com	陶瓷，聚合物，钽	POSCAP
Murata	(404) 436-1300	www.murata.com	陶瓷	
AVX		www.avxcorp.com	陶瓷，钽	TPS 系列
Taiyo Yuden	(864) 963-6300	www.taiyo-yuden.com	陶瓷	

### BOOST 引脚考虑

电容器 C3 和二极管 D2 被用来生成一个高于输入电压的升压电压。在大多数场合，一个 0.1 $\mu$ F 电容器和快速开关二极管 (例如：1N4148 或 1N914) 将起到很好的作用。BOOST 引脚电压必须至少比 SW 引脚电压高 2.2V，以实现正确的运作。

### 高电压稳压器软起动

HVEN 引脚可被用来实现高电压稳压器的软起动并减小启动期间的最大输入电流。利用一个外部 RC

滤波器来驱动 HVEN 引脚可在该引脚上产生一个电压斜坡 (见图 6)。通过选择一个大 RC 时间常数，峰值启动电流将不会使实现输出稳压所需的电流发生过冲。应选择合适的电阻器阻值，以使其能够在 HVEN 引脚电压达到 2.3V 时提供 20 $\mu$ A 的电流。

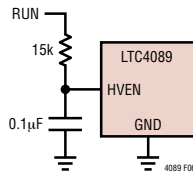


图 6：采用 HVEN 引脚来实现高电压稳压器的软起动

### 备用的 NTC 热敏电阻

LTC4089/LTC4089-5 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。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  $2.815/0.4086 = 6.89$ )。

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 2”及阻值范围为 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 $^{\circ}$ C 和 47 $^{\circ}$ C 的温度跳变点 (增量为 44 $^{\circ}$ C)。可以通过改变  $R_{NOM}$  (相对于  $R_{NTC}$ ) 来使该温差变大或变少。

## 应用信息

增加  $R_{NOM}$  将使两个跳变点均移动至较低的温度。同样， $R_{NOM}$  的减小(相对于  $R_{NTC}$ ) 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。

下面举一个采用 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  $44^{\circ}\text{C}$ ，而且期望的冷跳变点为  $0^{\circ}\text{C}$ ，这将把热跳变点置于  $44^{\circ}\text{C}$ 。所需的  $R_{NOM}$  由下式计算：

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

$$\frac{3.266}{2.815} \cdot 100\text{k}\Omega = 116\text{k}\Omega$$

最接近的 1% 精度  $R_{NOM}$  值为  $115\text{k}$ 。这是用来对 NTC 热敏电阻进行偏置以分别获得约  $0^{\circ}\text{C}$  和  $44^{\circ}\text{C}$  的冷、热跳变点的阻值。如欲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 7)。电阻器的阻值按照下面的公式来计算：

$$R_{NOM} = \frac{R_{COLD} - R_{HOT}}{2.815 - 0.4086}$$

$$R_1 = \left[ \frac{0.4086}{2.815 - 0.4086} \right] \cdot [R_{COLD} - R_{HOT}] - R_{HOT}$$

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  $50^{\circ}\text{C}$  的情况下继续考虑前文所述的例子：

$$R_{NOM} = \frac{R_{COLD} - R_{HOT}}{2.815 - 0.4086}$$

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

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

$$R_1 = 100\text{k} \cdot \left[ \left( \frac{0.4086}{2.815 - 0.4086} \right) \cdot \right. \\ \left. (3.266 - 0.3602) - 0.3602 \right]$$

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

最终的解决方案如图 7 所示，其中： $R_{NOM} = 121\text{k}$ ， $R_1 = 13.3\text{k}$  和  $R_{NTC} = 100\text{k}$  ( $25^{\circ}\text{C}$  时的阻值)。

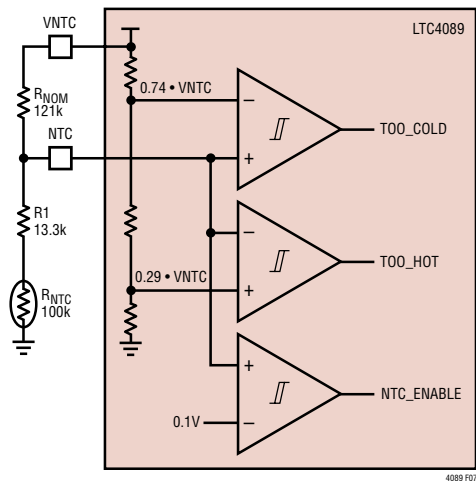


图 7：经过改进的 NTC 电路

## 应用信息

## 功耗和高温考虑

LTC4089/LTC4089-5 的芯片温度必须低于 110°C 的最大额定值。通常情况下，这并不是一个问题，除非环境温度高于 85°C。LTC4089/LTC4089-5 内部的总功耗取决于多个因素，包括：输入电压 (IN 或 HVIN)、电池电压、编程充电电流、编程输入电流限值和负载电流。

一般来说，如果 LTC4089/LTC4089-5 从 IN 引脚来供电，则功耗可按下式来计算：

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

式中的  $P_D$  为功耗， $I_{BAT}$  为电池充电电流， $I_{OUT}$  为应用负载电流。对于一个典型应用，该计算的实例将作为：

$$P_D = (5V - 3.7V) \cdot 0.4A + (5V - 4.75V) \cdot 0.1A = 545mW$$

该实例假设  $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{OUT} = 4.75V$ 、 $V_{BAT} = 3.7V$ 、 $I_{BAT} = 400mA$  和  $I_{OUT} = 100mA$ ，产生的总功耗略高于 0.5W。

如果 LTC4089 从 HVIN 引脚来供电，则可通过从一个效率测量结果计算出稳压器功耗并减去箝位二极管损耗来估计功耗：

$$P_D = (1 - \eta) \cdot (V_{HVOUT} \cdot (I_{BAT} - I_{OUT})) - V_D \cdot \left(1 - \frac{V_{HVOUT}}{V_{HVIN}}\right) \cdot (I_{BAT} - I_{OUT}) + 0.3V \cdot I_{BAT}$$

式中的  $\eta$  为高电压稳压器的效率， $V_D$  为箝位二极管在  $I = I_{BAT} + I_{OUT}$  条件下的正向电压。第一项对应于把  $V_{HVIN}$  转换至  $V_{HVOUT}$  过程中的功率损耗，第二项减去了箝位二极管损耗，第三项为电池充电器中的功耗。对于一个典型应用，该计算的一个实例将作为：

$$P_D = (1 - 0.87) \cdot [4V \cdot (0.7A + 0.3A)] - 0.4V \cdot$$

$$\left(1 - \frac{4V}{12V}\right) \cdot (0.7A + 0.3A) + 0.3V \cdot 0.7A = 463mW$$

该实例假设效率 = 87%， $V_{HVIN} = 12V$ 、 $V_{BAT} = 3.7V$  ( $V_{HVOUT}$  约为 4V)、 $I_{BAT} = 700mA$ 、 $I_{OUT} = 300mA$ ，产生的总功耗低于 0.5W。

如果 LTC4089-5 从 HVIN 引脚来供电，则可通过从一个效率测量结果计算出稳压器功耗并减去箝位二极管损耗来估计功耗：

$$P_D = (1 - \eta) \cdot (5V \cdot (I_{BAT} - I_{OUT})) - V_D \cdot \left(1 - \frac{5V}{V_{HVIN}}\right) \cdot (I_{BAT} - I_{OUT}) + (5V - V_{BAT}) \cdot I_{BAT}$$

该公式与用于 LTC4089 的公式的不同之处是最后一项(它代表电池充电器中的功耗)。对于一个典型应用，该计算的实例将作为：

$$P_D = (1 - 0.87) \cdot (5V \cdot (0.7A + 0.3A)) - 0.4V \cdot \left(1 - \frac{5V}{12V}\right) \cdot (0.7A + 0.3A) + (5V - 3.7V) \cdot 0.7A = 1,327mW$$

与 LTC4089 的例子一样，该实例假设效率 = 87%， $V_{HVIN} = 12V$ 、 $V_{BAT} = 3.7V$ 、 $I_{BAT} = 700mA$ 、 $I_{OUT} = 300mA$ ，产生的总功耗为 1.3W。

为了防止如此大小的功耗导致高片温度，应把封装的裸露背面焊接至一个接地平面，这一点很重要。应利用散热通孔把该接地平面连接至位于其下方的其他铜层；这些铜层将散播 LTC4089 所产生的热量。应在靠近箝位二极管的地方布设额外的散热通孔。在顶层和底层增加铜箔，并利用通孔把这些铜箔连接至内部平面，将能够进一步减小热阻。借助这些措施，从片(即：结点)至环境的热阻可被减小至  $\theta = 40^\circ C/W$ 。

## 应用信息

其他功率元件(箝位二极管、MOSFET、升压二极管和电感器)中的功耗将造成铜发热量的增加,并会使 IC 的“环境”温度进一步升高。

### 电路板布局考虑

正如前面的章节所讨论的那样,把 LTC4089/LTC4089-5 封装背面上的裸露金属衬垫焊接至 PCB 板上的地是至关重要的。而且,如欲实现正确的操作和最小的 EMI,则需进行谨慎的印刷电路板(PCB)布局。请注意,在电源开关(位于 HVIN 和 SW 引脚之间)、箝位二极管和 HVIN 输入电容器中流有很大的开关电流。应把这些元件以及电感器和输出电容器放置于电路板的同一面上,并在该电路层上形成其连接。在这些元件的下方布设一个完整的局部接地平面。由这些元件形成的环路应尽可能地小。此外,还应保持尽可能小的 SW 和 BOOST 节点。图 8 示出了推荐的元件布局,并标明了印制线和通孔的位置。

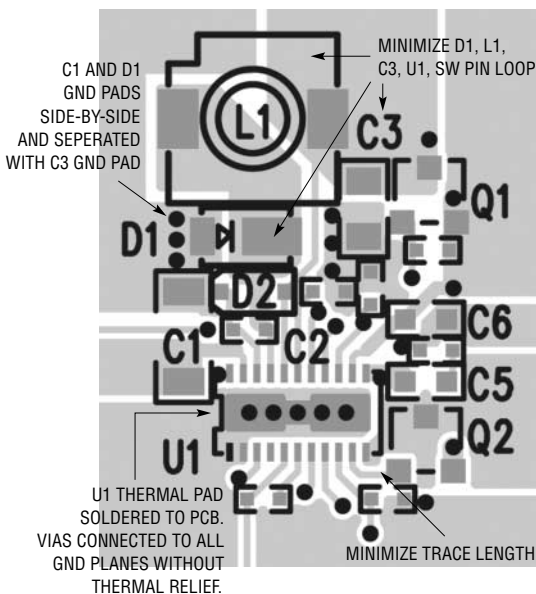


图 8：推荐的电路板布局

高频电流(比如:LTC4089 的高电压输入电流)往往会沿著位于电路板上的输入路径正下方的一条反射路径上的接地平面流动。如果由于该电路层上其他印制线的原因而导致接地平面上出现裂缝或切口,则电流将被迫绕著裂缝行进。如果不允许高频电流通过其固有的最小面积路径流回,则将产生过高的电压并出现空间辐射。见图 9。

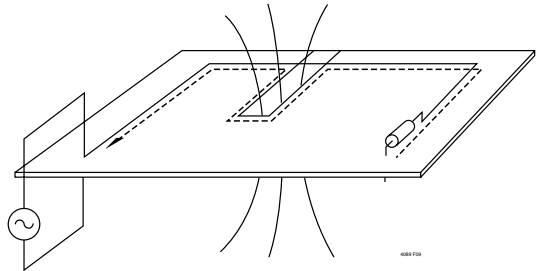


图 9：接地电流沿著其输入路径高速行进。接地平面中的裂缝会引起高电压以及辐射的增加。

### $V_{IN}$ 和 $V_{HVIN}$ 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)有可能产生高的电压瞬态信号。如需了解更多信息,请参阅“应用指南 88 (Application Note 88)”。

### 电池充电器稳定性考虑

当采用低阻抗引线来连接电池时,恒定电压模式反馈环路可在未采用任何补偿的情况下保持稳定。然而,如果引线过长,则有可能使串联电感增加至足以需要在 BAT 和 GND 之间布设一个至少  $1\mu\text{F}$  的旁路电容器。不仅如此,还建议在 BAT 引脚上布设一个  $4.7\mu\text{F}$  电容器和一个与 GND 相连的  $0.2\Omega$  至  $1\Omega$  串联电阻器,用于在电池断接时保持低纹波电压。

## 应用信息

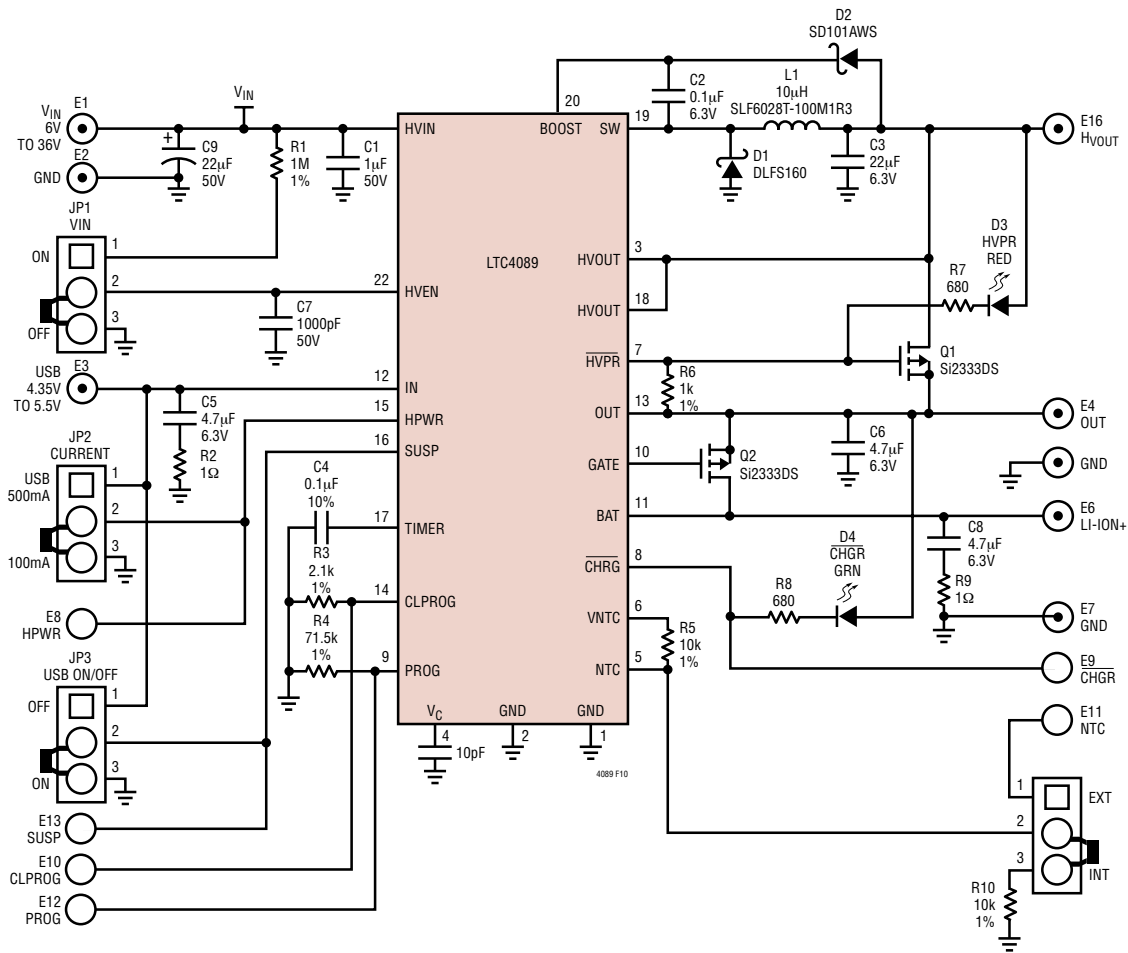
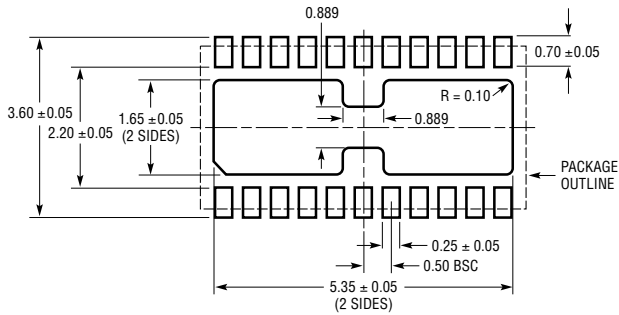


图 10 : 典型应用电路示意图

## 封装描述

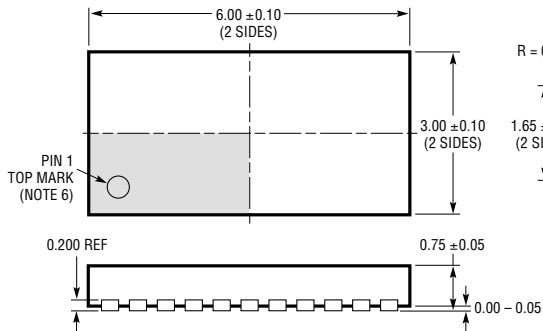
DJC 封装  
22 引脚塑料 DFN (6mm × 3mm)  
(参考 LTC DWG # 05-08-1714)



## RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS

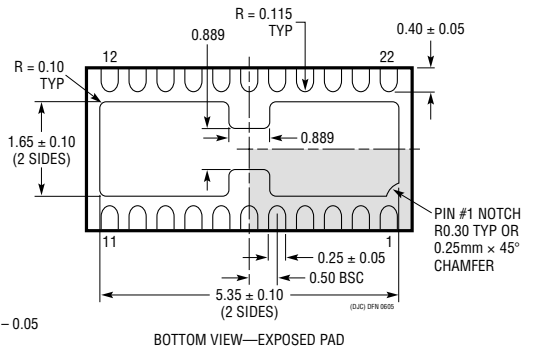
## NOTE:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
2. APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED
3. DRAWING IS NOT TO SCALE



## NOTE:

1. DRAWING PROPOSED TO BE MADE VARIATION OF VERSION (WXXX) IN JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-229
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  $0.15$  mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON TOP AND BOTTOM OF PACKAGE



BOTTOM VIEW—EXPOSED PAD

# LTC4089/LTC4089-5

## 相关器件

器件型号	描述	备注
<b>电池充电器</b>		
LTC1733	单片式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，高达 1.5A 的充电电流
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，无隔离二极管，无需检测电阻器
LTC4002	开关模式锂离子电池充电器	独立型， $4.7V \leq V_{IN} \leq 24V$ ，500kHz 频率，3 小时充电终止
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型充电器，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型线性锂离子电池充电器	热调整功能具有过热保护作用，C/10 终止，C/10 指示器，充电电流高达 800mA
LTC4057	线性锂离子电池充电器	充电电流高达 800mA，具热调整功能，ThinSOT 封装
LTC4058	采用 DFN 封装的独立型 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	900mA 线性锂离子电池充电器	2mm x 2mm DFN 封装，具热调整功能，充电电流监视器输出
LTC4065/LTC4065A	采用 2 x 2 DFN 封装的独立型锂离子电池充电器	4.2V， $\pm 0.6\%$ 浮动电压，高达 750mA 的充电电流，2mm x 2mm DFN 封装，“A” 器件版本具有 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，替代“或”二极管
LTC4412HV	采用 ThinSOT 封装的高电压 PowerPath 控制器	$V_{IN} = 3V$ 至 36V，比二极管“或”操作效率更高，DC 电源之间的自动切换，简化的负载均分，ThinSOT 封装
<b>电源管理</b>		
LTC3405/LTC3405A	300mA ( $I_{OUT}$ )，1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率为 95%， $V_{IN} = 2.7V$ 至 6V， $V_{OUT} = 0.8V$ ， $I_Q = 20\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，ThinSOT 封装
LTC3406/LTC3406A	600mA ( $I_{OUT}$ )，1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率为 95%， $V_{IN} = 2.5V$ 至 5.5V， $V_{OUT} = 0.6V$ ， $I_Q = 20\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，ThinSOT 封装
LTC3411	1.25A ( $I_{OUT}$ )，4MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率为 95%， $V_{IN} = 2.5V$ 至 5.5V， $V_{OUT} = 0.8V$ ， $I_Q = 60\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，MS10 封装
LTC3440	600mA ( $I_{OUT}$ )，2MHz 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	效率为 95%， $V_{IN} = 2.5V$ 至 5.5V， $V_{OUT} = 2.5V$ ， $I_Q = 25\mu A$ ， $I_{SD} < 1\mu A$ ，MS 封装
LTC3455	具有 USB 电源管理器和锂离子电池充电器的双通道 DC/DC 转换器	电源之间的无缝切换：USB，交流适配器和电池；效率达 95% 的 DC/DC 转换
LT3493	1.2A，750kHz 降压型开关稳压器	效率为 88%， $V_{IN} = 3.6V$ 至 36V (最大值为 40V)， $V_{OUT} = 0.8V$ ， $I_{SD} < 2\mu A$ ，2mm x 3mm DFN 封装
LTC4055	USB 功率控制器和电池充电器	可直接从一个 USB 端口对单节锂离子电池进行充电，具热调整功能，200m $\Omega$ 理想二极管，4mm x 4mm QFN16 封装
LTC4066	具低损耗理想二极管的 USB 功率控制器和锂离子电池充电器	可直接从一个 USB 端口对单节锂离子电池进行充电，具热调整功能，50m $\Omega$ 理想二极管，4mm x 4mm QFN24 封装
LTC4085	具理想二极管控制器和锂离子电池充电器的 USB 电源管理器	可直接从一个 USB 端口对单节锂离子电池进行充电，具热调整功能，200m $\Omega$ 理想二极管 (具有 < 50m $\Omega$ 的选项)，4mm x 3mm DFN14 封装

ThinSOT 是凌力尔特公司的商标。