

## 高效独立型镍电池充电器

### 特点

- 用于1~16节电池的完整镍氢 / 镍镉电池充电器
- 无需微控制器或固件
- 550kHz 同步 PWM 电流源控制器
- 采用陶瓷电容器时无噪声
- 宽输入电压范围：5.5V 至 34V
- 可设置充电电流：5% 准确度
- 自动涓流预充电
- $-\Delta V$  快速充电终止
- 任意的  $\Delta T/\Delta t$  快速充电终止
- 任意的温度适宜性判定
- 自动镍氢电池 Top-Off 型充电
- 可设置定时器
- 自动再充电
- 多个状态输出
- 低功耗停机模式
- 16 引脚耐热增强型 TSSOP 封装

### 应用

- 集成化或独立型电池充电器
- 便携式仪器或消费类产品
- 电池供电型诊断和控制
- 后备电池管理

### 描述

LTC<sup>®</sup>4010 提供了一种采用小型封装和少量外部元件的完整、成本效益型镍电池快速充电解决方案。它包括一个 550kHz PWM 电流源控制器和所有必需的充电启动、监视和终止控制电路。

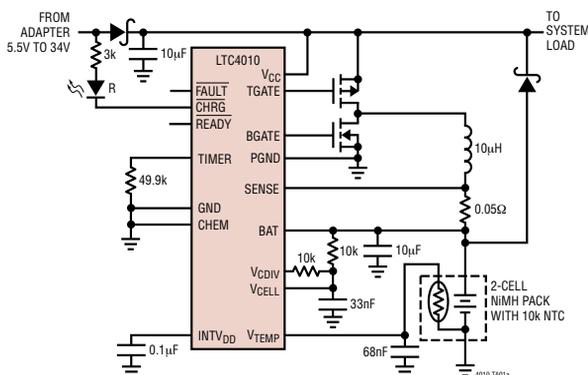
LTC4010 可自动检测 DC 适配器的接入以及电池的插拔。当未接入一个外部 DC 电源时，LTC4010 进入停机状态，而且从一个已安装电池吸收的电源电流降至可能的最低水平。利用一个涓流电流来对严重放电的电池进行预充电。LTC4010 能够同时采用  $-\Delta V$  和  $\Delta T/\Delta t$  快速充电终止技术，并可检测不同的电池故障。如果需要的话，可在快速充电结束之后自动地对镍氢电池实施 Top-Off 型充电。如果电池在一个完整的充电周期之后自放电，则该 IC 还将恢复充电操作。

LTC4010 所有充电操作的适宜性均由实际充电时间和最大平均电池电压来确定。充电操作也可由最小和最大温度限值来选通。镍氢或镍镉电池快速充电终止参数可通过引脚来选择。

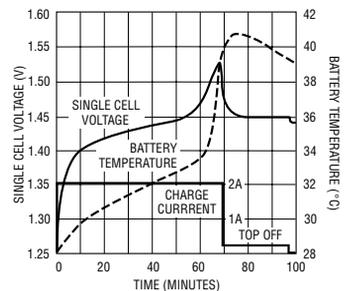
 LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。  
所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

### 典型应用

#### 2A 镍氢电池充电器



#### 2A 镍氢电池充电周期 (在 1C 条件下)



# LTC4010

## 绝对最大额定值 (注1)

$V_{CC}$ (输入电源) 至 GND .....	-0.3V 至 36V
$\overline{FAULT}$ , $\overline{CHRG}$ , $V_{CELL}$ , $V_{CDIV}$ , SENSE, BAT 或 READY 至 GND .....	-0.3V 至 $V_{CC} + 0.3V$
SENSE 至 BAT .....	$\pm 0.3V$
CHEM, $V_{TEMP}$ 或 TIMER 至 GND .....	-0.3V 至 3.5V
PGND 至 GND .....	$\pm 0.3V$
工作环境温度范围 (注2) .....	0°C 至 85°C
工作结温 (注3) .....	125°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

<p>TOP VIEW</p> <p>FAULT [1] 16] READY          CHRG [2] 15] <math>V_{CC}</math>          CHEM [3] 14] TGATE          GND [4] 13] PGND  <math>V_{TEMP}</math> [5] 12] BGATE  <math>V_{CELL}</math> [6] 11] INTV<sub>DD</sub>  <math>V_{CDIV}</math> [7] 10] BAT          TIMER [8] 9] SENSE</p> <p>FE PACKAGE          16-LEAD PLASTIC TSSOP  <math>T_{JMAX} = 125^{\circ}C</math>, <math>\theta_{JA} = 38^{\circ}C/W</math>          EXPOSED PAD (PIN 17) IS GND. MUST BE SOLDERED TO PCB TO OBTAIN SPECIFIED THERMAL RESISTANCE</p>	产品型号
	LTC4010CFE
	FE 器件标记
	4010CFE
<b>订购选项</b> 卷带: 加 #TR 无铅型: 加 #PBF 无铅型卷带: 加 #TRPBF 无铅型器件标记: <a href="http://www.linear.com/leadfree/">http://www.linear.com/leadfree/</a>	

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  $T_A = 25^{\circ}C$ 。  $V_{CC} = 12V$ ,  $BAT = 4.8V$ ,  $GND = PGND = 0V$ , 除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b><math>V_{CC}</math> 电源</b>							
$V_{CC}$	输入电压范围		● 4.5		34	V	
$I_{SHDN}$	停机静态电流 (注8)	$V_{CC} = BAT = 4.8V$		5	10	$\mu A$	
$I_Q$	静态电流	等待充电 (暂停)	●	3	5	mA	
$I_{CC}$	工作电流	快速充电状态, 无栅极负载	●	5	9	mA	
$V_{UVLO}$	欠压门限电压	$V_{CC}$ 上升	●	3.85	4.2	4.45	V
$V_{UV(HYST)}$	欠压迟滞电压			170		mV	
$V_{SHDNI}$	停机门限电压	$V_{CC} - BAT$ , $V_{CC}$ 上升	●	45	65	90	mV
$V_{SHDND}$	停机门限电压	$V_{CC} - BAT$ , $V_{CC}$ 下降	●	15	25	45	mV
$V_{CE}$	充电使能门限电压	$V_{CC} - BAT$ , $V_{CC}$ 上升	●	400	510	600	mV
<b>INTV<sub>DD</sub> 稳压器</b>							
$V_{DD}$	输出电压	无负载	●	4.5	5	5.5	V
$I_{DD}$	短路电流 (注5)	INTV <sub>DD</sub> = 0V	●	-100	-50	-10	mA
INTV <sub>DD(MIN)</sub>	输出电压	$V_{CC} = 4.5V$ , $I_{DD} = -10mA$	●	3.85			V
<b>PWM 电流源</b>							
$V_{FS}$	BAT - SENSE 全标度调节电压 (快速充电)	$0.3V < BAT < V_{CC} - 0.3V$ (注8) $BAT = 4.8V$	●	95	100	105	mV
$V_{PC}$	BAT - SENSE 预充电调节电压	$0.3V < BAT < V_{CC} - 0.3V$ (注8) $BAT = 4.8V$	●	16	20	24	mV
$\overline{V}_{TC}$	BAT - SENSE Top-Off 型充电调节电压	$0.3V < BAT < V_{CC} - 0.3V$ (注8) $BAT = 4.8V$	●	6.5	10	13.5	mV
			●	6.5	10	13.5	mV

4010f

**电特性** 凡标注●表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{CC} = 12\text{V}$ ，  $BAT = 4.8\text{V}$ ，  $GND = PGND = 0\text{V}$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
$\Delta V_{LI}$	BAT - SENSE 电压调节	$5.5\text{V} < V_{CC} < 25\text{V}$ ，快速充电			$\pm 0.3$		mV
$I_{BAT}$	BAT 输入偏置电流	$0.3\text{V} < BAT < V_{CC} - 0.1\text{V}$		-2		2	mA
$I_{SENSE}$	SENSE 输入偏置电流	SENSE = BAT			50	150	$\mu\text{A}$
$I_{OFF}$	输入偏置电流，( $V_{CELL} = 0\text{V}$ )	SENSE BAT	● ●	-1 0	0 2	1 6	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$f_{TYP}$	典型开关频率		●	460	550	615	kHz
$f_{MIN}$	最小开关频率		●	20	30		kHz
$DC_{MAX}$	最大占空比			98	99		%
$V_{OL(TG)}$	TGATE 输出电压为低电平 ( $V_{CC} - TGATE$ ) (注 6)	$V_{CC} > 9\text{V}$ ，无负载 $V_{CC} < 7.5\text{V}$ ，无负载	● ●	5 $V_{CC} - 0.5$	5.6 $V_{CC}$	8.75	V V
$V_{OH(TG)}$	TGATE 输出电压为高电平	$V_{CC} - TGATE$ ，无负载	●		0	50	mV
$t_{R(TG)}$	TGATE 上升时间	$C_{LOAD} = 3\text{nF}$ ，10% 至 90%			35	100	ns
$t_{F(TG)}$	TGATE 下降时间	$C_{LOAD} = 3\text{nF}$ ，10% 至 90%			45	100	ns
$V_{OL(BG)}$	BGATE 输出电压为低电平	无负载	●		0	50	mV
$V_{OH(BG)}$	BGATE 输出电压为高电平	无负载	●	$INTV_{DD} - 0.075$	$INTV_{DD}$		V
$t_{R(BG)}$	BGATE 上升时间	$C_{LOAD} = 1.6\text{nF}$ ，10% 至 90%			30	65	ns
$t_{F(BG)}$	BGATE 下降时间	$C_{LOAD} = 1.6\text{nF}$ ，10% 至 90%			15	65	ns
<b>ADC 输入</b>							
$I_{LEAK}$	模拟通道漏电流	$0\text{V} < V_{CELL} < 2\text{V}$			$\pm 100$		nA
<b>充电器门限</b>							
$V_{BP}$	电池接入门限电压		●	320	350	370	mV
$V_{BOV}$	电池过压		●	1.85	1.95	2.05	V
$V_{MFC}$	最小快速充电电压		●	850	900	950	mV
$V_{FCBF}$	快速充电电池故障电压		●	1.17	1.22	1.27	V
$\Delta V_{TERM}$	- $\Delta V$ 终止	CHEM = 3.3V (镍镉电池) CHEM = 0V (镍氢电池)	● ●	16 6	20 10	25 14	mV mV
$V_{AR}$	自动再充电电压	$V_{CELL}$ 下降	●	1.275	1.325	1.375	V
$\Delta T_{TERM}$	$\Delta T$ 终止 (注 7)	CHEM = 3.3V (镍镉电池) CHEM = 0V (镍氢电池)	● ●	1.3 0.5	2 1	2.7 1.5	$^\circ\text{C}/\text{分钟}$ $^\circ\text{C}/\text{分钟}$
$T_{MIN}$	最小充电温度 (注 7)	$V_{TEMP}$ 上升	●	0	5	9	$^\circ\text{C}$
$T_{MAXI}$	最大充电启动温度 (注 7)	$V_{TEMP}$ 下降，未进行充电操作	●	41.5	45	47	$^\circ\text{C}$
$T_{MAXC}$	最大充电温度 (注 7)	$V_{TEMP}$ 下降，充电	●	57	60	63	$^\circ\text{C}$
$V_{TEMP(D)}$	$V_{TEMP}$ 停用门限电压		●	2.8		3.3	V
$V_{TEMP(P)}$	暂停门限电压		●	130		280	mV
<b>充电器定时</b>							
$\Delta t_{TIMER}$	内部时序误差		●	-10		10	%
$\Delta t_{MAX}$	可设置定时器误差	$R_{TIMER} = 49.9\text{k}$	●	-20		20	%

# LTC4010

**电特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{CC} = 12\text{V}$ ，  $BAT = 4.8\text{V}$ ，  $GND = PGND = 0\text{V}$ ，除非特别说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>状态和化学组成选择</b>						
$V_{OL}$	输出电压低 ( $I_{LOAD} = 10\text{mA}$ )	$V_{CDIV}$	●	435	700	mV
		所有其他状态输出	●	300	600	mV
$I_{LKG}$	输出漏电流	所有状态输出停用， $V_{OUT} = V_{CC}$	●	-10	10	$\mu\text{A}$
$I_{IH(VCDIV)}$	输入电流高	$V_{CDIV} = V_{BAT}$ (停机)	●	-1	1	$\mu\text{A}$
$V_{IL}$	输入电压低	CHEM (镍氢电池)	●		900	mV
$V_{IH}$	输入电压高	CHEM (镍镉电池)	●	2.85		V
$I_{IL}$	输入电流低	CHEM = GND	●	-20	-5	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	输入电流高	CHEM = 3.3V	●	-20	20	$\mu\text{A}$

**注 1：**绝对最大额定值是指超出该值则器件的使用寿命可能会受损。

**注 2：**LTC4010E 在  $0^\circ\text{C}$  至  $70^\circ\text{C}$  的范围内保证能够满足性能规格的要求。 $0^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$  工作温度范围内的指标通过设计、特性分析以及统计过程控制中的相关性来保证。

**注 3：**工作结温  $T_J$  (单位： $^\circ\text{C}$ ) 由环境温度  $T_A$  以及总连续封装功耗  $P_D$  (单位： $\text{W}$ ) 来计算，公式如下：

$$T_J = T_A + \theta_{JA} \cdot P_D$$

详情请参阅“应用信息”部分。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  $125^\circ\text{C}$ 。连续工作于规定的最大工作结温以上有可能导致器件性能下降或发生故障。

**注 4：**所有流入器件引脚的电流均为正。所有流出器件引脚的电流均为负。所有电压均以 GND 为基准，除非特别说明。

**注 5：**输出电流有可能受限于内部功耗。详见“应用信息”部分。

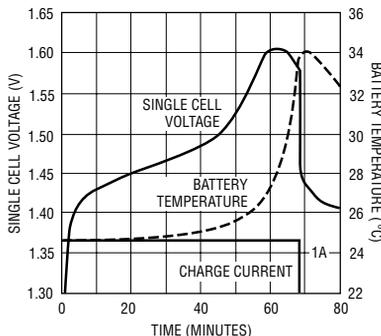
**注 6：**任一个 TGATE  $V_{OH}$  都可以在  $7.5\text{V} < V_{CC} < 9\text{V}$  的条件下使用。

**注 7：**这些限值特别适合于“应用信息”部分中的“图 5”所示的热敏电阻网络 ( $\beta = 3750$ )，并由测试过程中的特定  $V_{TEMP}$  电压测量来保证。

**注 8：**这些限值由晶圆级测量中的相关性来保证。

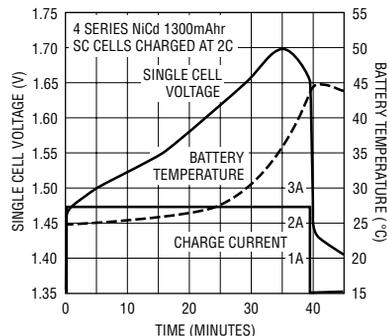
## 典型性能特征

1C 条件下的镍镉电池充电



4010 001

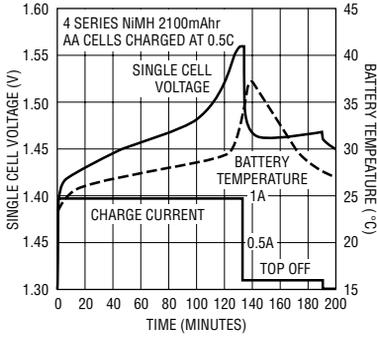
2C 条件下的镍镉电池充电



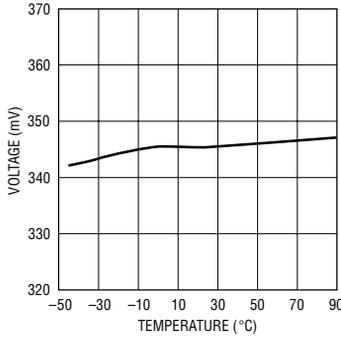
4010 002

典型性能特征

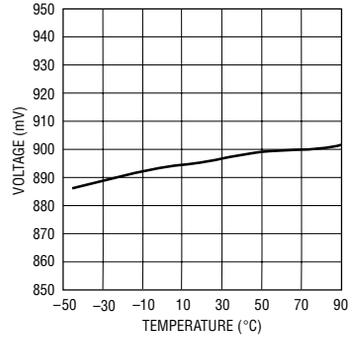
0.5C 条件下的镍氢电池充电



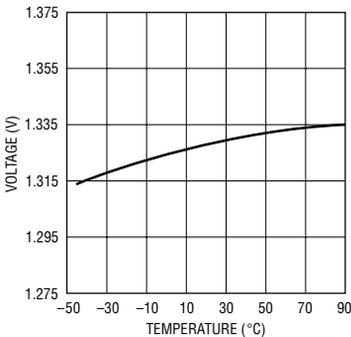
电池接入门限电压 (每节电池)



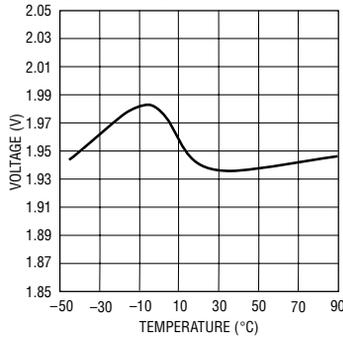
最小快速充电门限电压 (每节电池)



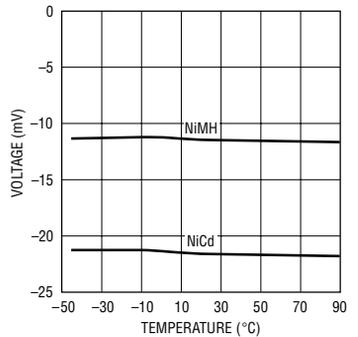
自动再充电门限电压 (每节电池)



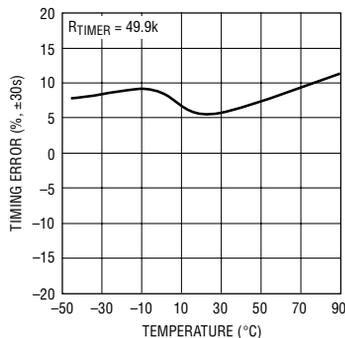
电池过压门限电压 (每节电池)



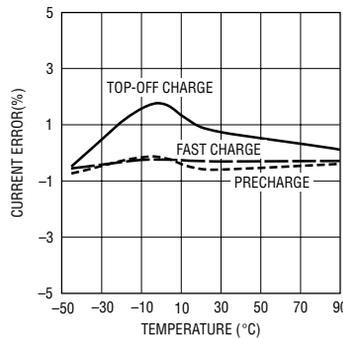
-ΔV 终止电压 (每节电池)



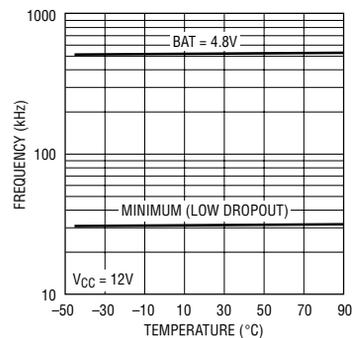
可设置定时器准确度



充电电流准确度

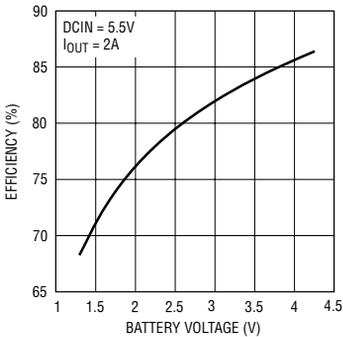


PWM 开关频率



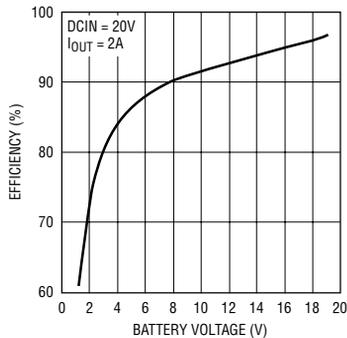
## 典型性能特征

### 充电器效率



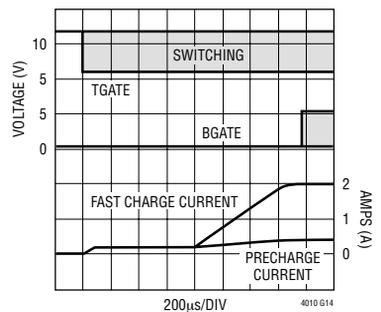
4010 G12

### 充电器效率



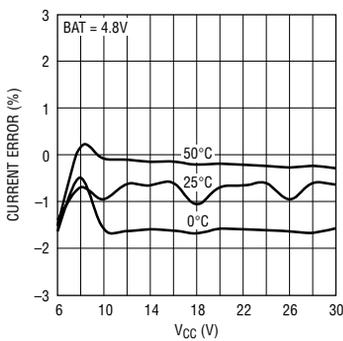
4010 G13

### 充电器软起动



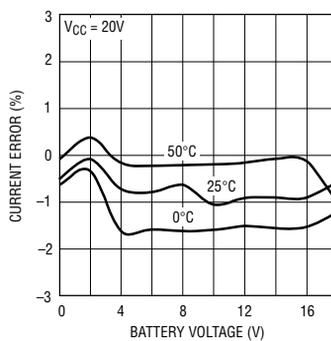
4010 G14

### 快速充电电流电压调节



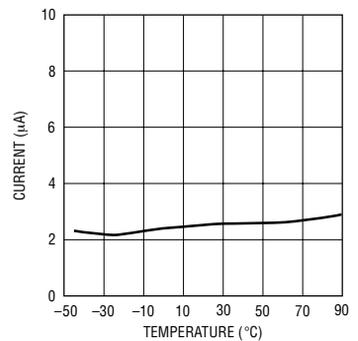
4010 G15

### 快速充电电流输出调节



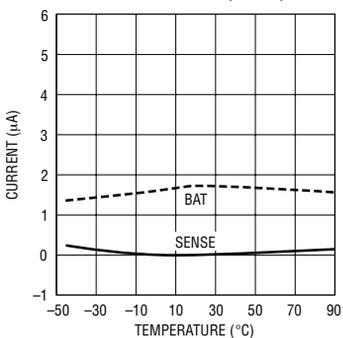
4010 G16

### 待机静态电流



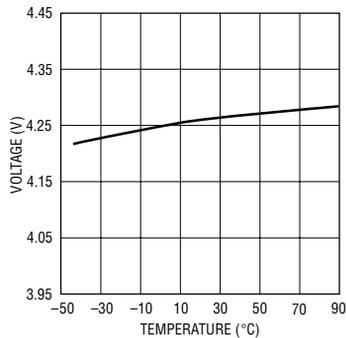
4010 G17

### PWM 输入偏置 (关断)



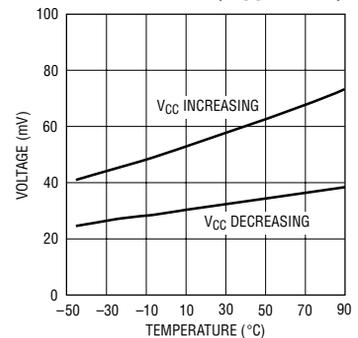
4010 G18

### 欠压闭锁门限电压



4010 G19

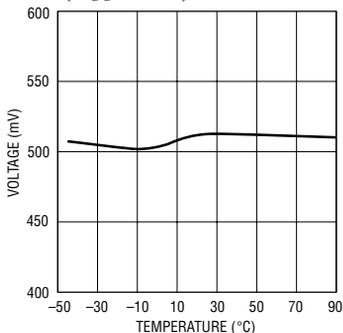
### 待机门限电压 (V<sub>CC</sub> - BAT)



4010 G20

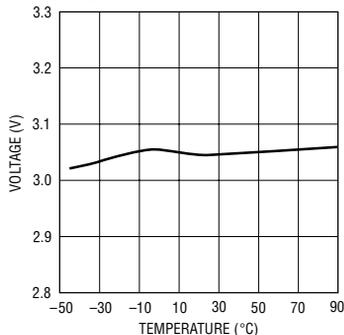
## 典型性能特征

充电使能门限电压  
( $V_{CC} - BAT$ )



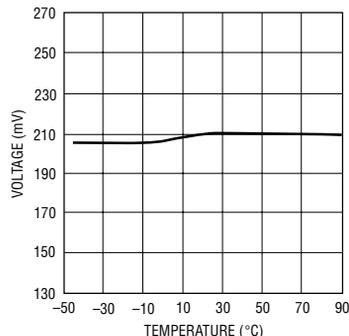
4010 G21

热敏电阻停用门限电压



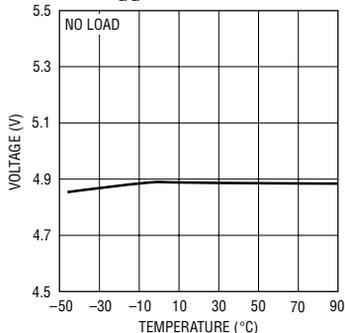
4010 G22

暂停门限电压



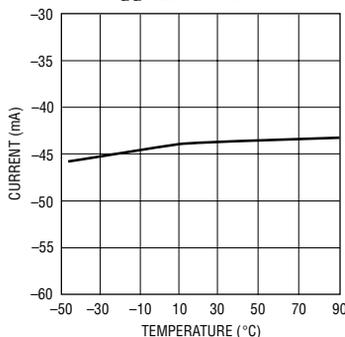
4010 G23

$INTV_{DD}$



4010 G24

$INTV_{DD}$  短路电流



4010 G25

## 引脚功能

**FAULT (引脚 1):** 低态有效故障指示器输出。LTC4010 通过把该引脚连接至 GND 来指示不同的电池和内部故障状态。更多细节请参阅“工作原理”和“应用信息”部分。该输出能够驱动一个 LED，而且在不用时应浮置。 $\overline{FAULT}$  是一个至 GND 的漏极开路输出，并具有一个 GND ~  $V_{CC}$  的工作电压范围。

**CHRG (引脚 2):** 低态有效充电指示器输出。LTC4010 通过把该引脚连接至 GND 来指示它正向给电池充电。更多细节请参阅“工作原理”和“应用信息”部分。该输出能够驱动一个 LED，而且在不用时

应浮置。 $\overline{CHRG}$  是一个至 GND 的漏极开路输出，并具有一个 GND ~  $V_{CC}$  的工作电压范围。

**CHEM (引脚 3):** 电池化学组成选择输入。如需选择镍氢电池快速充电终止参数，则应把该引脚连接至 GND。如果在该引脚上施加了一个大于 2.85V 的电压，或者该引脚被浮置，则采用镍镉电池参数。更多细节请参阅“应用信息”部分。工作电压范围为 GND 至 3.3V。

**GND (引脚 4):** 地。该引脚提供了一个用于内部基准和其他关键模拟电路的地点。

## 引脚功能

**V<sub>TEMP</sub> (引脚 5) :** 电池温度输入。可以把一个外部 10k NTC 热敏电阻网络连接在 V<sub>TEMP</sub> 和 GND 之间，以提供基于温度的充电适宜性判定和附加的快速充电终止控制。充电操作也可以通过把 V<sub>TEMP</sub> 引脚连接至 GND 而被暂停。有关外部热敏电阻网络和充电控制的完整细节请参阅“工作原理”和“应用信息”部分。如果未采用该引脚，则应通过 56k 电阻将其连接至 INTV<sub>DD</sub>。工作电压范围为 GND 至 3.3V。

**V<sub>CELL</sub> (引脚 6) :** 平均单节电池电压输入。一个布设于 BAT 和 V<sub>CDIV</sub> 之间的外部分压器被连接至该引脚，以监视电池组的平均单节电池电压。LTC4010 利用该信息来提供针对灾难性电池过压的保护，并控制充电状态。有关外部分压器网络的更多细节请参阅“应用信息”部分。工作电压范围为 GND 至 BAT。

**V<sub>CDIV</sub> (引脚 7) :** 平均电池电压电阻分压器终端。如果充电器不处于停机状态，则 LTC4010 将该引脚连接至 GND。V<sub>CDIV</sub> 是一个至 GND 的漏极开路输出，并具有一个 GND 至 BAT 的工作电压范围。

**TIMER (引脚 8) :** 充电定时器输入。一个连接在 TIMER 和 GND 之间的电阻器负责设置充电周期定时限值。完整细节请参阅“应用信息”部分。工作电压范围为 GND 至 1V。

**SENSE (引脚 9) :** 充电电流检测输入。布设于该输入与 BAT 之间的一个外部电阻器被用于设置充电电流。有关充电电流设置的完整细节请参阅“应用信息”部分。工作电压范围为 (BAT - 50mV) 至 (BAT + 200mV)。

**BAT (引脚 10) :** 电池组连接。LTC4010 采用该引脚上的电压来控制充电期间从 V<sub>CC</sub> 输送至电池的电流。容许的工作电压范围为 GND 至 V<sub>CC</sub>。

**INTV<sub>DD</sub> (引脚 11) :** 内部 5V 稳压器输出。该引脚提供了一种对用于给 BGATE 输出驱动器供电的内部 5V

稳压器进行旁路的方法。一般地，应用电路不应从该引脚吸取功率。更多细节请参阅“应用信息”部分。

**BGATE (引脚 12) :** 外部同步 N 沟道 MOSFET 栅极控制输出。该输出负责向一个任选的外部 NMOS 功率晶体管开关（它用于同步整流，以提高降压型 DC/DC 转换器的效率）提供栅极驱动电压。工作电压范围为 GND 至 INTV<sub>DD</sub>。不用时，应将 BGATE 引脚浮置。

**PGND (引脚 13) :** 电源地。该引脚为 LTC4010 内部电路生成的开关电流提供了一条回线。应采用一根阻抗非常低的接线从外部把 PGND 和 GND 连接在一起。有关接地的更多细节请参阅“应用信息”部分中的“PCB 布局考虑”。

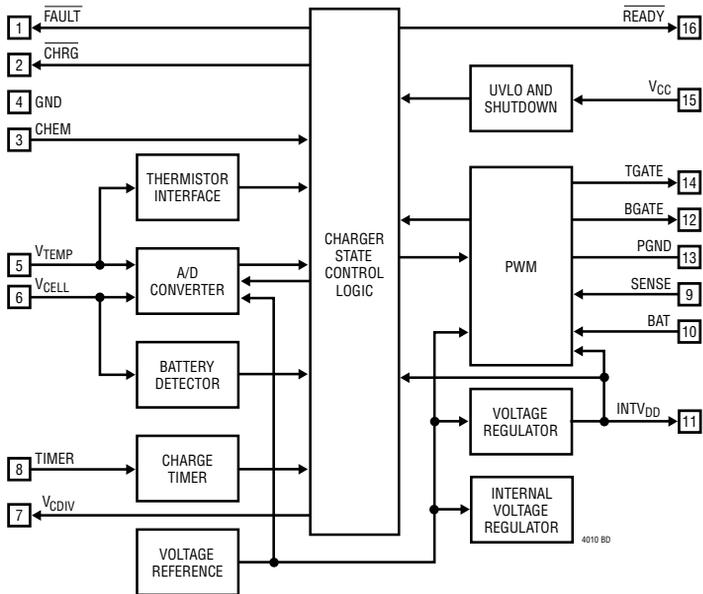
**TGATE (引脚 14) :** 外部 P 沟道 MOSFET 栅极控制输出。该输出负责向 DC/DC 转换器中使用的一个外部 PMOS 功率晶体管开关提供栅极驱动电压。工作电压范围的变化与 V<sub>CC</sub> 呈某种函数关系。具体电压请参阅“电特性”参数表。

**V<sub>CC</sub> (引脚 15) :** 电源输入。外部二极管通常把 DC 输入电源或电池连接至该引脚。更多细节请参阅“应用信息”部分。推荐的适用电压范围为 GND 至 34V。

**READY (引脚 16) :** 低态有效充电就绪输出。如果接入了用于充电的正确工作电压，则 LTC4010 将该引脚连接至 GND。有关充电适宜性判定的完整细节请参阅“工作原理”部分。该输出能够驱动一个 LED，而且在不用时应浮置。READY 是一个至 GND 的漏极开路输出，并具有一个 GND ~ V<sub>CC</sub> 的工作电压范围。

**裸露衬垫 (引脚 17) :** 该引脚增强了 TSSOP 封装的耐热性能。必须将该引脚焊接至 PCB 铜箔上的地，以获得最佳的热性能。

方框图



## 工作原理 (参阅图1)

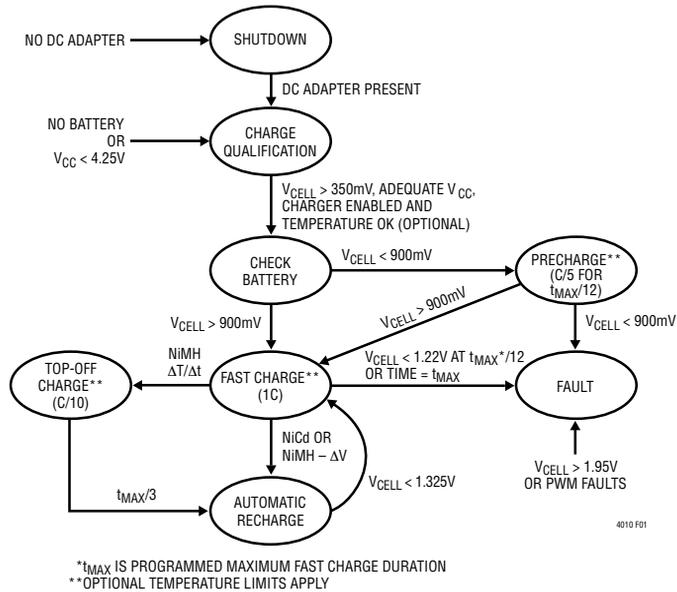


图1 : LTC4010 状态图

## 工作原理 (参阅图1)

### 停机状态

在  $V_{CC}$  (引脚 15) 电压被驱动至高于 BAT (引脚 10) 电压之前, LTC4010 将处于低功耗停机状态。在停机模式中, 所有的状态和 PWM 输出以及内部生成的电源电压均停用。  $V_{CC}$  和 BAT 的电流消耗被降至一个非常低的水平。

### 充电适宜性判定状态

当  $V_{CC}$  引脚电压高于 BAT 引脚电压时, LTC4010 退出低功耗停机模式, 使其自己的内部电源, 并把  $V_{CDIV}$  转接至 GND, 以进行平均单节电池电压的测量。该 IC 还将验证:  $V_{CC}$  等于或高于 4.25V、 $V_{CC}$  比 BAT 高 500mV, 而且  $V_{CELL}$  处于 350mV 和 1.95V 之间。如果  $V_{CELL}$  高于 1.95V, 则 IC 进入故障状态, 下文将对此做更加详尽的描述。一旦存在适于充电的合适电压条件, 则  $\overline{READY}$  被确定。

如果  $V_{TEMP}$  和 GND 之间的电压低于 200mV, 则 LTC4010 被暂停。如果  $V_{TEMP}$  引脚电压高于 200mV 但低于 2.85V, 则 LTC4010 将验证检测温度在 5°C 至 45°C 之间。如果这些温度限值未得到满足或者其自身芯片温度过高, 则 LTC4010 将指示发生了一个故障, 并且不允许开始充电操作。如果  $V_{TEMP}$  高于 2.85V, 则与电池温度相关的充电适宜性判定、监视和终止功能被停用。

一旦充电适宜性经过了全面的判定, 则预充电开始 (除非 LTC4010 被暂停)。在这种场合, 对  $V_{TEMP}$  引脚进行监视, 以实施进一步的控制。充电状态指示器和 PWM 输出将处于停用状态, 直到充电操作开始为止。

### 充电监视

在所有的充电状态中, LTC4010 都将继续对重要的电压和温度参数进行监视。如果  $V_{CC}$  降至 BAT 电压或更低, 则充电操作停止, 并进入停机状态。

如果  $V_{CC}$  降至 4.25V 以下, 或  $V_{CELL}$  降至 350mV 以下, 则充电操作停止, LTC4010 将返回充电适宜性判定状态。如果  $V_{CELL}$  超过 1.95V, 则充电操作停止且 IC 进入故障状态。如果一个外部热敏电阻指示检测温度超出了 5°C ~ 60°C 的范围, 或者内部芯片温度超过了一个合理的数值, 则充电操作中止, 充电定时器暂停, 而且 LTC4010 将指示一个故障条件。当检测温度返回一个合适的范围时, 将从先前的状态恢复至正常的充电操作状态。此外, 如下文所述, 其他的电池故障在特定的充电状态中进行检测。

### 预充电状态

如果  $V_{CELL}$  上的初始电压低于 900mV, 则 LTC4010 进入预充电状态, 并使 PWM 电流源以 1/5 的设定充电电流来进行涓流充电。在预充电期间,  $\overline{CHRG}$  状态输出处于运行状态。预充电状态持续时间被限制为  $t_{MAX}/12$  分钟, 其中:  $t_{MAX}$  是采用 TIMER 引脚设置的最大快速充电周期。如果在这段时间里未能产生足够的  $V_{CELL}$  电压, 则进入故障状态, 否则 IC 将开始快速充电操作。

### 快速充电状态

如果拥有了足够的平均单节电池电压, 则 LTC4010 将进入快速充电状态, 并以设定电流 (由连接在 SENSE 和 BAT 引脚之间的外部电流检测电阻器所设置) 来开始充电操作。在快速充电期间,  $\overline{CHRG}$  状态输出处于运行状态。如果  $V_{CELL}$  引脚电压最初高于 1.325V, 则基于电压的终止处理立即开始。否则  $-\Delta V$  终止将在  $t_{MAX}/12$  的稳定期内被停用。在这种场合, LTC4010 将在  $t_{MAX}/12$  期间进行另一次故障检查, 因而要求平均电池电压高于 1.22V。这可确保电池组正在接受一次快速充电。如果  $V_{CELL}$  并未高于该电压门限, 则进入故障状态。快速充电状态的持续时间被限制为  $t_{MAX}$ , 如果该限值被超过, 则 IC 将进入故障状态。

## 工作原理 (参阅图1)

### 充电终止

快速充电终止参数取决于 CHEM 引脚所选择的电池化学组成。在初始电压稳定期之后，基于电压的终止 ( $-\Delta V$ ) 始终处于运行状态。如果存在一个外部热敏电阻网络，则在终止算法中还采用了针对  $\Delta T/\Delta t$  (温升的速率) 的特定化学组成限值。如果被使能，则基于温度的终止电路将在 IC 进入快速充电状态后立即变至运行状态。

### Top-Off 充电状态

如果由于  $\Delta T/\Delta t$  限值在一个  $t_{MAX}/12$  的初始周期结束之后被超过而导致镍氢电池快速充电终止的发生，则 LTC4010 进入 Top-Off 充电状态。Top-Off 型充电是通过提供  $1/10$  的设定充电电流并持续  $t_{MAX}/3$  分钟来实现的，旨在确保已向电池输送了 100% 的电荷。在 Top-Off 型充电状态期间，CHRG 状态输出处于运行状态。如果利用 CHEM 引脚选择了镍镉电池，则 LTC4010 决不会进入 Top-Off 充电状态。

### 自动再充电状态

一旦充电结束，则进入自动再充电状态，以适应镍化学电池的自放电特性。在自动再充电期间，充电状态输出停用，但  $V_{CDIV}$  仍然被转接至 GND，以监视平均电池电压。如果  $V_{CELL}$  电压降至 1.325V 以下 (而不降至 350mV 以下)，则充电定时器被复位，并启动一个新的快速充电周期。

当一个快速充电周期是由自动再充电所启动时，LTC4010 的内部终止算法将被调整，这是因为电池应几乎满充电。基于电压的终止被立即使能，而且，镍氢电池的  $\Delta T/\Delta t$  限值将被固定为一个每分钟  $1^\circ\text{C}$  的电池温升。

### 故障状态

如前所述，如果在充电期当中检测到无效电池电压，则 LTC4010 将进入故障状态。该 IC 还监视 PWM 控制环路的调整率，并且将在调整率不处于可接受限值范围之内时进入故障状态。一旦进入故障状态，则必须移除电池或使 DC 输入电源循环，以启动进一步的充电。在故障状态中， $\overline{\text{FAULT}}$  输出处于运行状态， $\overline{\text{READY}}$  输出停用，充电操作停止，而且充电指示器输出不工作。 $V_{CDIV}$  输出仍然与 GND 相连，以检测电池的移除。

请注意，LTC4010 还采用  $\overline{\text{FAULT}}$  输出来指示充电操作由于电池失效或内部芯片温度过高的缘故而被中止。然而，在这些场合，该 IC 并未进入故障状态，并将在所有温度均回归可接受的水平时恢复正常操作。更多细节请参阅“状态输出”部分。

### 电池的插拔

LTC4010 可通过监视  $V_{CELL}$  引脚电压来自动检测电池的插入和取出。如果该电压降至 350mA 以下，则 IC 认为没有电池。把电池拿掉并随后重新插入将导致 LTC4010 启动一个以充电适宜性判定作为开始的全新充电周期。

### 外部暂停控制

在启动充电操作之后， $V_{TEMP}$  引脚可被用于随时中止操作。当  $V_{TEMP}$  和 GND 之间的电压降至 200mV 以下时，充电定时器暂停，快速充电终止算法被禁止，而且 PWM 输出被停用。状态和  $V_{CDIV}$  输出均处于运行状态。当暂停结束时，正常功能将从先前的状态得以完全恢复。

## 工作原理 (参阅图1)

### 状态输出

LTC4010 漏极开路状态输出提供了有关 IC 工作状态的宝贵信息，并可在应用中用于各种目的。表 1 汇总了作为 LTC4010 操作状态的一个函数的三个状态输出和  $V_{CDIV}$  引脚的状态。状态输出能直接驱动终接于 DC 输入端的限流 LED。表 1 中的  $V_{CDIV}$  栏仅供参考。如前文所述， $V_{CDIV}$  应仅用于终接  $V_{CELL}$  电阻分压器。

表 1：LTC4010 状态引脚

READY	FAULT	CHRG	$V_{CDIV}$	充电器状态
关断	关断	关断	关断	关断
接通	关断	关断	接通	充电就绪 ( $V_{TEMP}$ 保持低电平) 或自动再充电
接通	关断	接通	接通	预充电、快速或 “渐止”型充电 (可被中止)
接通	接通	接通或 关断	接通	温度限值被超过
关断	接通	关断	接通	故障状态 (闭锁)

### PWM 电流源控制器

PWM 电流源控制器是 LTC4010 一个不可缺少的部分。该充电器采用一种同步降压型架构来实现高效率 and 有限的热耗散。550kHz 的标称工作频率允许采用较小的外部电感器。TGATE 和 BGATE 输出具有内部箝位电压摆幅。它们负责输送与应用中可能出现的较小表面贴装功率 MOSFET 相适应的峰值电流，从而提供了一个 3A 或更小的平均充电电流。在各充电状态期间，LTC4010 采用 PWM 控制器来调节 SENSE 和 BAT 之间的一个平均电压 (其变化范围为 10mV 至 100mV)。

LTC4010 PWM 控制环路原理图示于图 2。

外部电流设置电阻器  $R_{SENSE}$  两端的电压通过误差放大器 EA 的积分运算来求平均。还从输入电阻器 R1 获得了一个内部设置电流。  $I_{PROG} \cdot R1$  乘积在  $R_{SENSE}$  两端产生了期望的平均压降，于是便确定了流经  $R_{SENSE}$  的平均电流。误差放大器的  $I_{TH}$  输出是一个针对 PWM 比较器 CC 的输入进行了相应调节的控

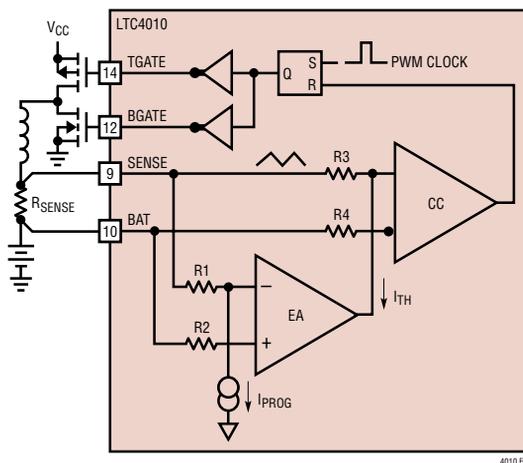


图 2：LTC4010 PWM 控制环路

## 工作原理 (参阅图1)

制电流。I<sub>TH</sub> • R3 乘积为 CC 设定了一个旨在维持流经 R<sub>SENSE</sub> 的期望平均电流的峰值电流门限。电流比较器输出通过在适当的时间对 SR 锁存器的状态进行转换来完成这项工作。

在每个振荡器周期的起点，PWM 时钟负责设定 SR 锁存器，外部 P 沟道 MOSFET 被接通 (N 沟道 MOSFET 被关断)，以补充外部电感器所传输的电流。电感器电流和 R<sub>SENSE</sub> 两端的压降开始线性增加。在正常操作期间，当 R<sub>SENSE</sub> 两端的电压差达到了由 EA 的输出所设定的峰值时，PFET 将被 CC 关断 (NFET 接通)。电感器电流随后线性下降，直到下一个 PWM 时钟脉冲上升沿出现为止。这完成了环路，并在外部电感器中保持了期望的平均充电电流。

### 低压差充电

在启动了充电操作之后，LTC4010 并未要求 V<sub>CC</sub> 引脚电压保持在比 BAT 引脚电压高至少 500mV 的水

平上，这是因为在某些场合中有可能需要进行低压差充电。例一：在达到满充电状态时，寄生串联电阻有可能限制 PWM 储备空间 (在 V<sub>CC</sub> 和 BAT 之间)。例二：最终用户所选的 DC 适配器无法提供 R<sub>SENSE</sub> 所设定的电流，从而导致适配器的输出电压骤降。在低压差条件下，LTC4010 PWM 的工作占空比接近 100%，并具有一个可能不恒定且低于 550kHz 的频率。充电电流将减小至设定值以下，以避免产生噪声，因此，输送至电池的实际电荷有可能主要取决于 LTC4010 的充电定时器。

### 内部芯片温度

LTC4010 具有内部过热保护功能，旨在防止器件承受过大的电应力 (主要是在 FET 驱动器输出端上)。如前文所述，如果芯片温度升至该热限值以上，则 LTC4010 将停止开关操作，并指示发生了一个故障。

## 应用信息

### 外部 DC 电源

外部 DC 电源应通过一个起输入整流器作用的功率二极管连接至充电系统和  $V_{CC}$  引脚。这将防止在输入短路至地或 DC 输入端上出现反向电压极性的情况下遭受灾难性的系统损坏。当该输入把  $V_{CC}$  引脚电压驱动至高于 BAT 引脚电压时，LTC4010 将自动地加以检测。该 DC 电源的开路电压应在 5.5V 至 34V 之间(具体数值取决于被充电的电池节数)。为了避免低压差操作，应在充电终止时确保 100% 的电池容量，并对电池插入、取出或过压进行可靠的检测。下面的公式可被用于确定当连接了外部 DC 电源时在  $V_{CC}$  上应该产生的最小满负载电压。

$$V_{CC(MIN)} = (n \cdot 2V) + 0.3V$$

式中的 n 为电池组中的串联电池节数。

LTC4010 将在各种  $V_{CC}$  和 BAT 电压组合条件下进行正确的充电操作。在低压差或  $V_{CC}$  电压远远高于 BAT 电压的条件下运作 LTC4010 将强制 PWM 频率大大低于 550kHz。如果一个大的  $V_{CC}$  至 BAT 电压差有可能引发噪声，则 LTC4010 将禁止充电并将其设定为一个故障。

### 负载控制

当对镍电池进行快速充电时，正确的负载控制是一个需要考虑的重要事项。该控制可确保系统负载始终处于受电状态，而正常的系统操作和相关的负载瞬变并不会对快速充电终止产生不利的影。在前一段中详述的输入保护是所需负载控制的一个必不可少的部分。

还应借助某种整流方法来把电池连接至原始系统电源，从而形成一个开关，该开关负责在未接入一个外部 DC 电源的情况下选择电池作为系统电源。

### 电池化学组成选择

通过把 CHEM 引脚设置为适当的电压便可选择所需的电池化学组成。如果它与 GND 相连，则选择的是一组与镍氢电池充电有关的专用参数。当 CHEM 引脚被浮置时，则充电操作将针对镍镉电池进行优化。表 2 详细罗列了不同的充电参数。

### 设置充电电流

充电电流采用下面的公式来设定：

$$R_{SENSE} = \frac{100mV}{I_{PROG}}$$

$R_{SENSE}$  是一个连接在 SENSE 和 BAT 引脚之间的外部电阻器。建议采用一个具有 1% 精度、低温度系数和足够功率耗散能力的电阻器，以避免自发热效应。

### 设置最大充电时间

在 TIMER 引脚和 GND 之间连接合适的电阻器可设置不同充电状态的最大持续时间。在某种程度上，该电阻器的阻值应反映设定充电电流与目标电池组的 1C 速率之间的匹配精度。最大快速充电周期由下面的公式来确定：

$$R_{TIMER} = \frac{t_{MAX}(\text{小时})}{30 \cdot 10^{-6}} (\Omega)$$

表 3 详细列出了一些典型的定时值。 $R_{TIMER}$  应不小于 15k。除了“电特性”参数表中给出的容限之外，LTC4010 所采用的实际时间限值还具有一个约  $\pm 30$  秒的分辨率。最大时间周期约为 4.3 小时。

## 应用信息

表 2 : LTC4010 充电参数

STAT	CHEM 引脚	电池化学组成	定时器	T <sub>MIN</sub>	T <sub>MAX</sub>	I <sub>CHRG</sub>	终止条件
PC		镍氢和镍镉	t <sub>MAX</sub> /12	5°C	45°C	I <sub>PROG</sub> /5	定时器终止
FC	开路	镍镉	t <sub>MAX</sub>	5°C	60°C	I <sub>PROG</sub>	每节电池 -20mV 或每分钟 2°C
	GND	镍氢	t <sub>MAX</sub>	5°C	60°C	I <sub>PROG</sub>	在第一个 t <sub>MAX</sub> /12 分钟内为每分钟 1.5°C (如果初始 V <sub>CELL</sub> < 1.325V) 在 t <sub>MAX</sub> /12 分钟之后或者当初始 V <sub>CELL</sub> > 1.325V 时为每节电池 -10mV 或每分钟 1°C
TOC	GND	镍氢	t <sub>MAX</sub> /3	5°C	60°C	I <sub>PROG</sub> /10	定时器终止
AR		镍氢和镍镉		5°C	45°C	0	V <sub>CELL</sub> < 1.325V

PC : 预充电

FC : 快速充电 (可以采用 t<sub>MAX</sub>/12 分钟的初始 -ΔV 终止延迟)

TOC : Top-Off 型充电 (仅用于初始 t<sub>MAX</sub>/12 周期之后的镍氢电池 ΔT/Δt FC 终止)

AR : 自动再充电 (温度限值仅适用于状态终止)

表 3 : LTC4010 时间限值设置实例

R <sub>TIMER</sub>	典型快速充电速率	预充电限值 (分钟)	快速充电电压稳定 (分钟)	快速充电限值 (小时)	Top-Off 型充电 (分钟)
24.9k	2C	3.8	3.8	0.75	15
33.2k	1.5C	5	5	1	20
49.9k	1C	7.5	7.5	1.5	30
66.5k	0.75C	10	10	2	40
100k	C/2	15	15	3	60

## 电池电压网络设计

需要采用一个外部电阻器网络来向 LTC4010 的 V<sub>CELL</sub> 引脚提供平均单节电池电压。图 3 示出了用于包含多节电池的电池组的合适电路。R<sub>2</sub>/R<sub>1</sub> 比值应是一个 (n-1) 因子, 其中的 n 为电池组中的串联电池节数。R<sub>1</sub> 的阻值应在 1k 和 100k 之间。该阻值范围限制了由 V<sub>CELL</sub> 漏电流所引起的检测误差, 并可防止 V<sub>CDIV</sub> 和 GND 之间的内部 NFET 的接通电阻在 V<sub>CELL</sub> 电压中引发一个显著的误差。外部电阻器网络还被用于检测电池的插入和取出。建议采用由 C<sub>1</sub> 与并联的 R<sub>1</sub> 和 R<sub>2</sub> 组成的滤波器来抑制 PWM 开关噪声。应选择合适的 C<sub>1</sub> 数值, 以产生一个低于 500Hz 的一

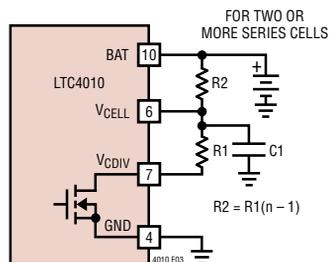


图 3 : 多节电池分压器

阶低通频率。在采用单节电池的场所, 推荐使用图 4 所示的外部应用电路, 以提供所需的噪声滤波和故障电池检测。

## 应用信息

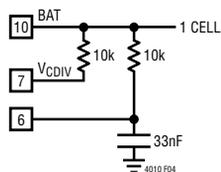


图 4：单节电池监视器网络

## 外部热敏电阻

图 5 示出了一种用于进行正确温度检测的网络，该网络采用了具有负温度系数 (NTC) 的热敏电阻。LTC4010 是专为在采用一个精度为 1%、 $\beta=3750$  的 10K NTC 热敏电阻的情况下拥有最佳的工作性能而设计的。然而，当采用标称指数温度系数略有不同的其他 10k NTC 热敏电阻时，LTC4010 也将实现令人满意的工作性能。对于这些热敏电阻，“电特性”参数表中所给出的温度相关限值可能并不严格适用。图 5 中由 C1 形成的滤波器是任选的，不过，在抑制 PWM 开关噪声时建议使用。

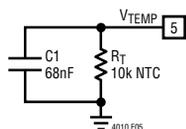


图 5：外部 NTC 热敏电阻网络

## 停用热敏电阻功能

在 LTC4010 应用中，温度检测是任选的。对于可能不需要进行温度检测的低成本系统来说，可以简单地通过一个 56k 电阻器把  $V_{TEMP}$  引脚连接至  $INTV_{DD}$ ，以停用所有充电操作的温度适宜性判定。然而，对于充电速度远远高于或低于其 1C 速率的镍氢电池，建议不要采用这种惯常做法，因为完全基于电压偏离的快速充电终止可能并不足以保护电池免遭严重过充电的损坏。

 $INTV_{DD}$  稳压器输出

如果 BGATE 被置于开路状态，则 LTC4010 的  $INTV_{DD}$  引脚可在  $\overline{READY}$  处于运行状态时被用作主系统中的一个额外的调节电压源。在  $INTV_{DD}$  上开关负载有可能降低用于监视和终止快速充电的内部模拟电路的准确度。此外，从  $INTV_{DD}$  引脚吸收的 DC 电流会在升高的  $V_{CC}$  电压条件下极大地增加内部功耗。推荐使用一个最小 0.1  $\mu\text{F}$  的陶瓷旁路电容器。

## 计算平均功耗

用户应确保在所有的工作条件下均不超过最大额定 IC 结温。LTC4010 封装的热阻 ( $\theta_{JA}$ ) 为 38°C/W，前提是裸露金属衬垫被正确焊接至 PCB。应用中的实际热阻将取决于焊接封装的 PCB 铜面积的大小。在封装的正下方设置与内部铜层相连的通孔有助于降低热阻。可采用下面的公式来估算 LTC4010 在正常操作条件下的最大平均功耗  $P_D$  (单位：W)。

$$P_D = V_{CC} (9\text{mA} + I_{DD} + 615\text{k} (Q_{TGATE} + Q_{BGATE})) - 3.85I_{DD} + 60\text{n} \left( \frac{V_{CC} - V_{LED}}{R_{LED} - 30} \right)^2$$

式中：

$I_{DD}$  = 平均外部  $INTV_{DD}$  负载电流，如果有的话

$Q_{TGATE}$  = 外部 P 沟道 MOSFET 的栅极电荷 (单位：库仑)

$Q_{BGATE}$  = 外部 N 沟道 MOSFET (如果采用的话) 的栅极电荷 (单位：库仑)

$V_{LED}$  = 最大外部 LED 正向电压

$R_{LED}$  = 应用中所使用的外部 LED 限流电阻器

$n$  = 由 LTC4010 驱动的 LED 数量

## 应用信息

## 应用实例

图6~8详细列举了复杂程度各不相同的充电器应用示例。结合本数据表首页上的“典型应用”，这些插图示出了LTC4010的某些恰当的配置。这些图中所示出的MOSFET体二极管仅供参考。

图6示出了规模最小的应用，在低成本镍镉电池快速充电应用中就有可能遇到这种情况。由于无法获得外部温度信息，因此LTC4010采用 $-\Delta V$ 来终止快速充电状态。采用了非同步PWM开关操作，旨在降低外部元件成本。一个LED用于指示充电状态。

图7示出了一种全功能2A LTC4010应用。在该应用中， $V_{CELL}$ 、 $V_{CDIV}$ 、SENSE和BAT引脚的固有额定电压允许对1~16节串联镍电池进行充电(仅取决于前文所述的 $V_{CC}$ 开销限值)。该应用包括LTC4010所需的全部平均电池电压和电池温度检测电路，旨在利用其充电适宜性判定、安全监视和快速充电终止等全套功能。 $V_{TEMP}$ 热敏电阻网络使得LTC4010能够在采用各种充电速率的情况下准确地终止快速充电。同步PWM拓扑结构的运用改善了效率并减少了过多热量的产生。一个绿光LED指示DC

输入电压有效且电池安装完毕，而一对红光LED表示正在充电。一个黄光LED指示故障状态。把CHEM引脚接地将选择镍氢电池充电终止参数集。

P沟道MOSFET Q4起一个开关的作用，负责在DC输入适配器被移除时把电池连接至系统负载。如果最大电池电压低于Q4的最大额定 $V_{GS}$ ，则不需要二极管D1和电阻器R1。否则应把D1的齐纳电压选择得比Q4的最大额定 $V_{GS}$ 低。当输入适配器被拿掉时，R1将提供一个用于D1的 $(V_{BAT} - V_{ZENER}) / (R1 + 20k)$ 偏置电流。选择合适的R1阻值来形成该电流(它是从电池吸收的)，只需刚好大到足以在D1的两端产生期望的 $V_{GS}$ 即可。

虽然LTC4010是一款完整、独立的解决方案，不过，如图8所示，它还能够与一个主微处理器相连。主MCU可利用一个与 $V_{TEMP}$ 引脚相连的漏极开路I/O端口来直接控制充电器，前提是该端口漏电流低并能承受至少2V的电压。充电器状态在LTC4010的3个状态输出端上进行监视。在本例中，选择的是对镍氢电池进行充电。然而，也可以选择镍镉电池参数。

与迄今为止所讨论的所有其他应用不同，电池

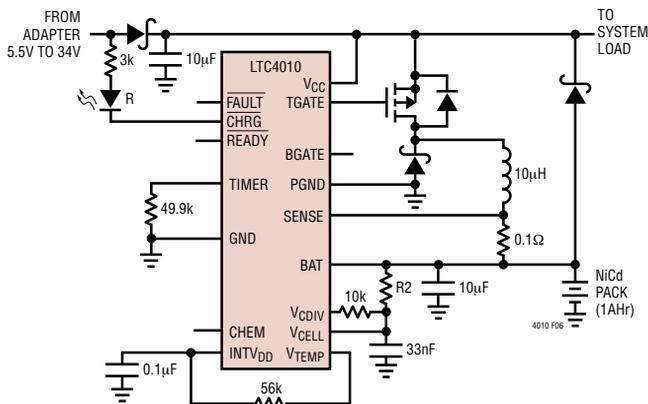


图6：规模最小的1A LTC4010应用

应用信息

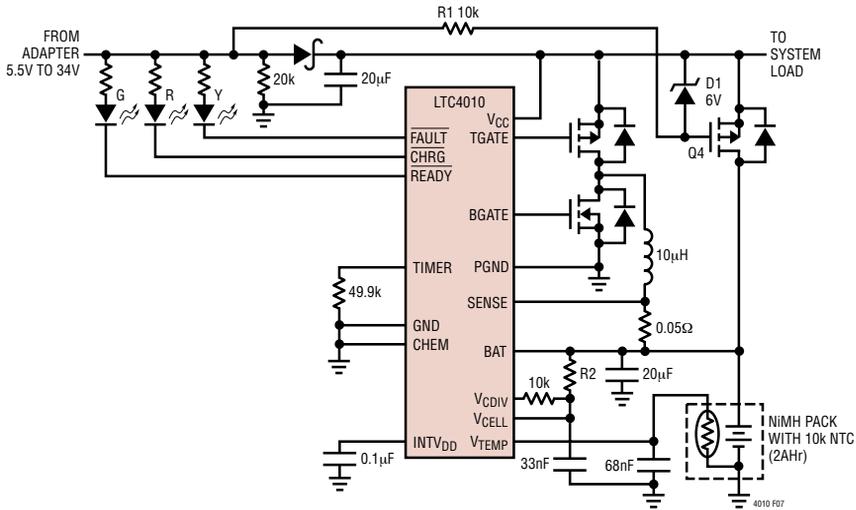


图7：全功能 2A LTC4010 应用

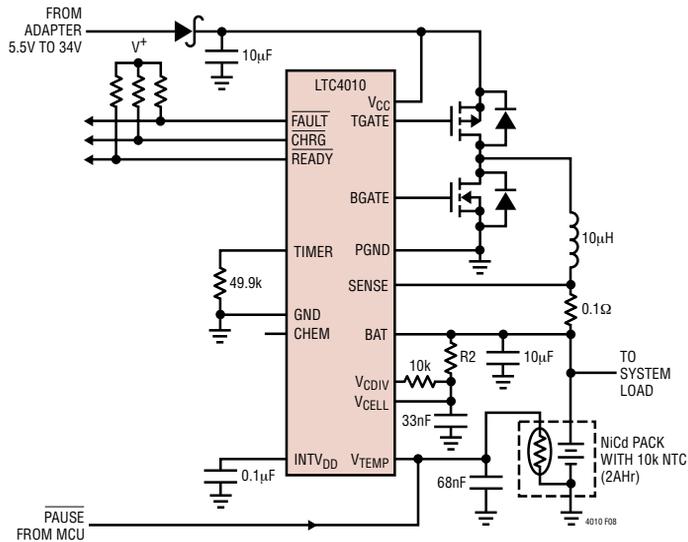


图8：具有 MCU 接口的 LTC4010

## 应用信息

将在充电期间继续向系统供电。MCU 可直接由电池或任何以电池为工作电源的后置稳压器来供电。在该配置中，LTC4010 特别依赖于主 MCU 所拥有的获悉负载瞬变发生时间的能力。于是，MCU 应在这些事件期间暂停充电 ( $-\Delta V$  处理也将随之而中止)，以避免过早终止快速充电。如果 MPU 不能可靠地执行此功能，则在充电期间应该用一个整流器或开关将电池与负载断接。过大的电池负载电流变化 (比如：由一个后置调节 PWM 所引起) 会产生足以导致 LTC4010 过早地终止某一充电周期和/或过早地重新启动一个快速充电的电压噪声。在这种场合，可能需要在充电结束之后禁用 LTC4010，直到外部电池电量测量电路指示必需进行再充电为止。在该应用中，停机电源是通过 P 沟道 MOSFET 施加到 LTC4010 上。

## 波形

图 9 示出了独立型应用在一个典型充电周期中的实例波形。请注意：这些波形是不合比例的，而且并不代表可能的完整工作范围。该图只是为了让

读者能够更好地理解有关原理，并突出显示了 LTC4010 在一个典型充电周期中所产生的特定信号的相对工作特性。

起初，由于系统以一个严重放电的电池作为工作电源，因此 LTC4010 处于低功耗停机模式。然后连接一个 DC 适配器，以使  $V_{CC}$  升至 4.25V 以上，并且比 BAT 引脚电压高 500mV。当 LTC4010 完成了充电适宜性判定时， $\overline{READY}$  输出被确定。

当 LTC4010 确定应开始充电操作时，由于  $V_{CELL}$  低于 900mV，因此它将起动一个预充电周期。只要温度保持在规定的限值范围内，LTC4010 就将进行充电 (TGATE 进行开关操作)，并利用 PWM 向电池施加有限的电流，旨在使平均电池电压达到 900mV。

当预充电状态定时器终止时，如果  $V_{CELL}$  高于 900mV，则 LTC4010 将开始快速充电。若“暂停”被确定 ( $V_{TEMP} < 200mV$ )，则 PWM、充电定时器和内部终止控制被中止，但是，所有的状态输出均继续指示充电操作仍在进行之中。快速充电状态将继续

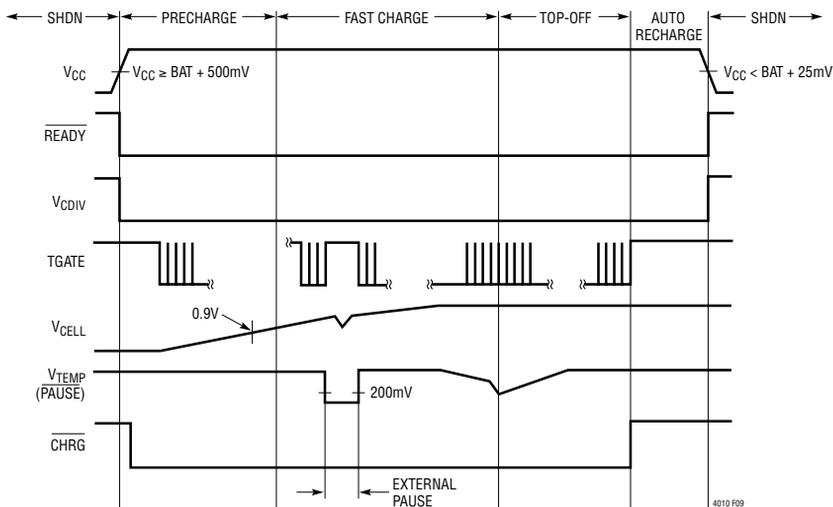


图 9：充电波形实例

## 应用信息

下去，直到满足所选的电压或温度终止标准为止。图9假设的是基于  $\Delta T/\Delta t$  的终止方法，对于镍氢电池来说，这将是一个超过每分钟  $1^{\circ}\text{C}$  的温升。

由于镍氢电池充电因  $\Delta T/\Delta t$  的缘故而被终止，而且快速充电周期在此之前已经持续了  $t_{\text{MAX}}/12$  分钟，故 LTC4010 将以一个  $I_{\text{PROG}}/10$  的电流来开始 Top-Off 型充电。Top-Off 型充电是一种持续时间为  $t_{\text{MAX}}/3$  分钟的内部定时充电操作，且  $\overline{\text{CHRG}}$  输出被连续确定。

最后，LTC4010 进入自动再充电状态，在该状态中， $\overline{\text{CHRG}}$  输出的确定状态被解除。PWM 被停用，但  $V_{\text{CDIV}}$  保持确定状态，以监视  $V_{\text{CELL}}$ 。如果  $V_{\text{CELL}}$  降至  $1.325\text{V}$  以下，则充电定时器将被复位，而且将恢复快速充电操作。当 DC 适配器被拿掉时，LTC4010 进入停机模式，从而最大限度地减少了未采用输入电源时从电池吸收的电流。

虽然在图9中的实例波形中未予示出，但如果由 LTC4010 对一个外部热敏电阻网络进行检测，则温度判定是充电过程的一个运行部分。如果规定的温度限值在任何特定的充电状态中被超过，则充电操作将被中止，直到检测温度恢复至一个可接受的范围为止。

### 电池控制型充电

由于 LTC4010 所采用的设置结构的缘故，因此可以针对电池控制型充电对其进行配置。在该场合，电池组是专为向一个基于 LTC4010 的充电器提供定制信息而设计的，从而使得采用一款设计便能够适合众多应用电池的要求。假设充电器是专为输送一个  $800\text{mA}$  的最大充电电流而设计的 ( $R_{\text{SENSE}} = 125\text{m}\Omega$ )。图10示出了一个四节镍镉电池组，对它而言， $800\text{mA}$  电流代表一个  $0.75\text{C}$  速率。当与充电器相连时，该电池组将提供电池温度信息，并正确地配置用于内部镍镉电池的快速充电终止参数和时间限值。

第二种可能性是配置一个基于 LTC4010 的充电器，以接受电池节数各不相同的电池组。通过在图3所示的平均电池电压分压器网络中加入  $R_2$ ，则可在不停用 LTC4010 电池插拔检测功能的情况下实现基于电池的串接节数设置。图11示出了一种两节镍氢电池组，它可在与充电器相连的情况下设置正确的串接节数，并指示电池的化学组成和提供温度信息。

所有这些电池组充电控制原理均可以各种方式组合起来使用，以满足定制应用的需要。

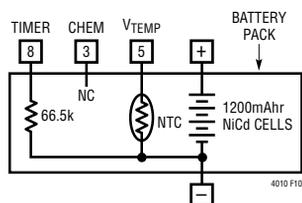


图10：采用时间限值控制的镍镉电池组

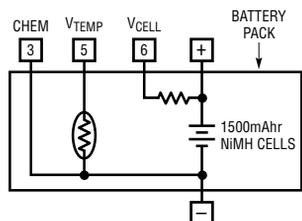


图11：指示电池节数的镍氢电池组

### PCB 布局考虑

为了防止发生磁场和电场辐射以及高频谐振问题，与 LTC4010 相连元件的正确布局是必不可少的。请参阅图12。为了实现效率的最大化，应最大限度地缩短开关节点的上升和下降时间。下面的 PCB 设计优先级清单将有助于确保正确的拓扑结构。应按照该特定的次序来完成 PCB 的布局。

## 应用信息

1. 应采用尽可能短的铜印制线来把输入电容器布设在尽可能靠近开关 FET 电源接线和接地线的地方。开关 FET 必须与输入电容器位于同一层铜箔上。不得采用通孔来形成这些连接。
2. 把 LTC4010 布设在靠近开关 FET 栅极终端的地方，并保持简短的连接走线，以产生干净的驱动信号。该规则同样适用于与开关 FET 源极引脚相连的 IC 电源和接地引脚。可以把该 IC 布设于开关 FET 所在 PCB 面的背面。
3. 把电感器输入端布设在尽可能靠近开关 FET 漏极的地方。最大限度地缩小开关节点的表面积。尽量缩减支持设定充电电流所需的走线宽度。不要采用铜填充或敷涂。应避免多个铜层上的排布平行的接线。最大限度地减小从开关节点至任何其他走线或平面的电容。
4. 把充电电流检测电阻器布设在紧靠电感器输出端的地方，并调整其取向以使至 LTC4010 的电流检测走线保持简短。这些反馈走线需布设在一起（作为一个线对），并在其被布线的任何给定电路层上拥有尽可能小的间距。把这些走线上的任何滤波元件放置于靠近 LTC4010（而不是检测电阻器）的地方。
5. 把输出电容器布设在靠近检测电阻器输出端和地的地方。
6. 输出电容器接地线必须在回接至系统地之前馈入与输入电容器地相连的同一块铜面积。
7. 开关地与系统地或任何内部接地平面的连接应是单点型的。如果该系统具有一个内部系统接地平面，则完成此项工作的一种上佳的方法是把通孔聚集成一个星形点，以形成连接。
8. 把模拟地布设为一根在与任何其他的地相连之前回接至 LTC4010 的 GND 引脚的走线。应避免使用系统接地平面。一种有用的 CAD 技术是使模拟地成为一个单独的接地网络，并采用一个  $0\Omega$  电阻器来把模拟地连接至系统地。
9. 在一条给定的高电流通路中，采用每个通孔  $0.5A$  的方法来确定通孔的数目是一种上佳的经验法则。当运用该规则时，应保持一致性。
10. 如果可能的话，应把上面罗列的所有元件布设在相同的 PCB 层上。
11. 铜填充和敷涂对于所有电源接线都是适用的（规则 3 中注明的除外）。多个电路层上的铜平面也可并联使用。这有助于热管理，并降低了走线电感，从而进一步改善了 EMI 性能。
12. 为了获得最佳的电流设置准确度，可在  $R_{SENSE}$  至 SENSE 和 BAT 引脚之间提供一个开尔文（Kelvin）连接。图 13 给出了一个例子。
13. 应最大限度地减小 TIMER、SENSE 和 BAT 引脚上的寄生电感，这一点很重要。将这些引脚连接至其各自电阻器的走线应尽可能地简短。

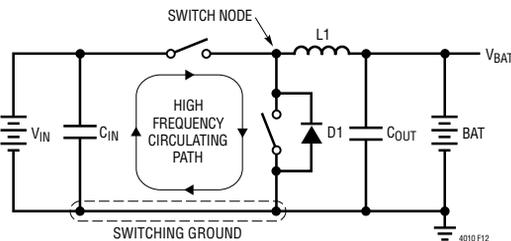


图 12：高速开关路径

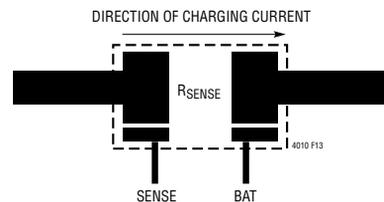
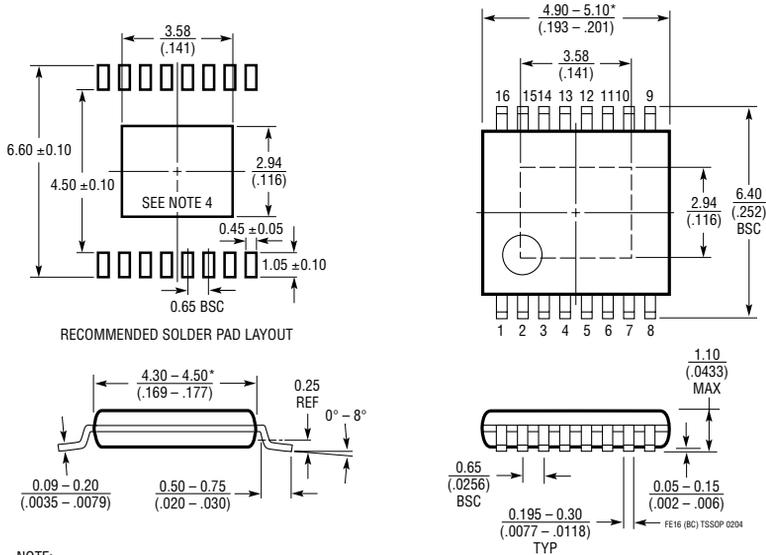


图 13：充电电流的开尔文（Kelvin）检测

## 封装描述

FE 封装  
16 引脚塑料 TSSOP (4.4mm)  
(参考 LTC DWG # 05-08-1663)

裸露衬垫变化 BC 版



## NOTE:

1. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS
2. DIMENSIONS ARE IN  $\frac{\text{MILLIMETERS}}{\text{INCHES}}$
3. DRAWING NOT TO SCALE
4. RECOMMENDED MINIMUM PCB METAL SIZE FOR EXPOSED PAD ATTACHMENT  
\*DIMENSIONS DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.150mm (.006") PER SIDE

## 相关器件

器件型号	描述	备注
LT <sup>®</sup> 1510	恒定电压 / 恒定电流电池充电器	充电电流高达 1.5A (对于锂离子电池、镍镉电池和镍氢电池)
LT1511	3A 恒定电压 / 恒定电流电池充电器	高效率, 只需极少的外部元件便可对锂电池、镍氢电池和镍镉电池进行快速充电
LT1513	SEPIC 恒定或可设置电流 / 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
LTC1760	智能电池系统管理器	用于两节智能电池的自主型电源管理和电池充电, 符合 SMBus Rev 1.1
LTC1960	具有 SPI 的双路电池充电器 / 选择器	11 位电压 DAC, 0.8% 电压准确度, 10 位电流 DAC, 5% 电流准确度
LTC4008	高效, 可设置电压 / 电流电池充电器	恒定电流 / 恒定电压开关稳压器, 电阻器电压 / 电流设置, AC 适配器电流限制以及热敏电阻传感器和指示器输出
LTC4011	高效独立型镍电池充电器	采用 20 引脚 TSSOP 封装的完整镍氢电池 / 镍镉电池充电器, PowerPath™ 控制, 恒定电流开关稳压器
LTC4060	独立线性镍氢电池 / 镍镉电池快速充电器	采用小型有引线或无引线 16 引脚封装的完整镍氢电池 / 镍镉电池充电器, 无需检测电阻器或隔离二极管
LTC4100	智能电池充电器控制器	二级充电器可在采用或不采样 MCU 主机的情况下正常运作, 符合 SMBus Rev 1.1
LTC4150	库仑计量器 / 电池电量测量芯片	电荷数量和极性的高压侧检测 (采用 10 引脚 MSOP 封装)
LTC4412	低损耗 PowerPath 控制器	电源“或”二极管的低损耗替代方案, 采用的外部元件极少, $V_{IN(MAX)} = 28V$
LTC4412HV	采用 ThinSOT 封装的 36V, 低损耗控制器	PowerPath 电源“或”二极管的低损耗替代方案, $V_{IN(MAX)} = 36V$
LTC4413	采用 3mm x 3mm DFN 封装的双 2.6A 理想二极管	$2.5V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , 理想二极管“或”或负载均分, 低反向漏电流
LTC4414	用于大 PFET 的 36V, 低损耗 PowerPath 控制器	用于较大 Q <sub>G</sub> PFET 的较高栅极驱动电压, $V_{IN(MAX)} = 36V$ , 8 引脚 MSOP 封装

PowerPath 是凌特公司的商标。