

## 7.5mA 无线锂离子电池充电器， 集成 1.2V 降压型 DC/DC 转换器

### 特点

- 无线锂离子电池充电器及高效率多模式电荷泵 DC/DC
- 宽带 Rx 频率：DC 至 10MHz 以上
- 带过压限值的集成整流器
- 引脚可选的充电电压：4.2V 或 4.35V
- 充电电流：7.5mA (固定值)
- 低电量断开连接：3.0V
- NTC 引脚保证规范的充电温度
- DC/DC 稳压输出：1.2V
- DC/DC 输出电流：最高 60mA
- 50kHz/75kHz 开关频率，无音频噪声
- DC/DC 采用按钮和/或数字开/关控制使能
- 耐热性能增强型 12 引脚 2mm × 2mm LQFN 封装

### 应用

- 助听器
- 低功耗锂离子电池供电设备
- 无线耳机
- 物联网可穿戴设备

### 说明

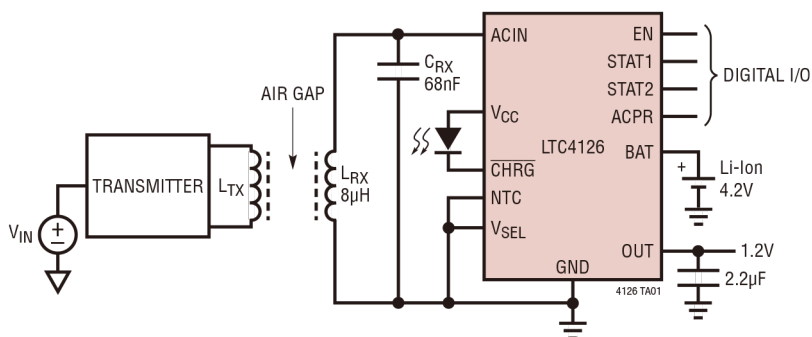
LTC<sup>®</sup>4126 是一款低功耗无线单节锂离子电池充电器，集成降压型 DC/DC 稳压器。该降压型稳压器是一种低噪声多模式电荷泵，由电池供电，输出端提供 1.2V 稳压电压。开关频率设置为 50kHz 或 75kHz，具体取决于模式，以使开关噪声大于音频范围。

LTC4126 充电器是一款全功能恒流恒压锂离子电池充电器，具有自动再充电、通过安全定时器自动终止充电、通过 NTC 引脚监控电池温度等功能。充电电流固定为 7.5mA，并有一个 6 小时终止充电定时器。当电池电压低于 3.0V 时，欠压保护会断开电池与所有负载的连接。

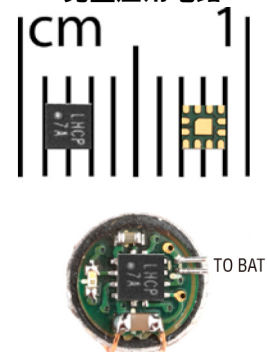
LTC4126 采用小型 2mm × 2mm LQFN 封装，外部元件数量极少，非常适合锂离子电池供电的助听器应用以及其他需要小尺寸解决方案的低功耗便携式设备。

所有注册商标和商标均属各自所有人所有。

### 典型应用



IC 的顶视图和底视图及  
完整应用电路



# LTC4126

## 绝对最大额定值

(注释 1、2)

输入电源电压

$V_{CC}$  ..... -0.3V 至 6V

ACIN ..... -10V 至 6V

ACIN -  $V_{CC}$  差分 ..... -16V 至 0.3V

输入/输出电流

$I_{ACIN}$  ..... 200mA

$I_{OUT}$  ..... -60mA

BAT ..... -0.3V 至 6V

PBEN、NTC、EN、

$V_{SEL}$  ..... -0.3V 至 [ $\text{Max}(V_{CC}, \text{BAT}) + 0.3V$ ]

CHRG ..... -0.3V 至 6V

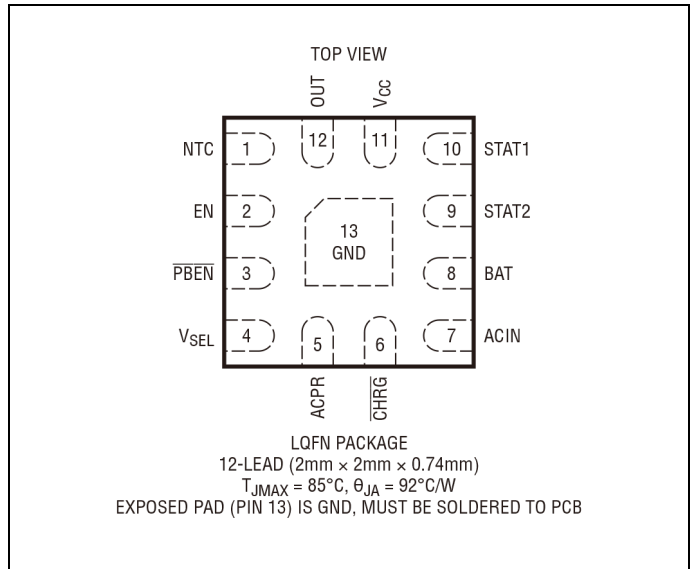
工作结温范围 ..... -20°C 至 85°C

存储温度范围 ..... -40°C 至 125°C

最大回流焊 (封装体)

温度 ..... 260°C

## 引脚配置



## 订购信息

卷带和卷盘产品型号	器件标识*	表面处理代码	焊盘表面处理	封装** 类型	MSL 等级	工作温度范围
LTC4126EV#TRPBF	LHCP	e4	Au (RoHS)	LQFN (QFN 尺寸的层压封装)	3	-20°C 至 85°C

关于具有更宽额定工作温度范围的器件，请咨询市场部门。\*器件温度等级由运输容器上的标签识别。

以 PBF 结尾的器件符合 RoHS 和 WEEE 标准。\*\*LTC4126 封装尺寸为 2mm × 2mm × 0.74mm，而标准 QFN 封装尺寸为 2mm × 2mm × 0.75mm。

本产品仅以卷盘和卷带形式或以微型卷带形式提供。

卷带和卷盘规格。某些封装以 500 单元卷盘形式通过指定销售渠道提供，其带有 #TRMPBF 后缀。

**电气特性** ● 表示规格适用于整个额定工作温度范围，其他规格的适用温度为  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (注释 2、3)。除非另有说明， $V_{ACIN} = V_{CC} = 5V$ ， $V_{BAT} = 3.8V$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{CC}$	输入电压范围	●	2.7		5.5	V
$V_{BAT}$	电池电压范围	充电	2.7		4.4	V
		非充电，DC/DC 开启	3.1		4.4	V
$I_{VCC}$	$V_{CC}$ 静态电流	充电完成，DC/DC 关断， $V_{NTC} > V_{DIS}$		50	80	$\mu\text{A}$
		充电完成，DC/DC 关断， $V_{NTC} < V_{DIS}$		42	70	$\mu\text{A}$
$I_{BATQ}$	BAT 静态电流	充电完成，DC/DC 关断， $V_{BAT} = 4.4V$		4	8	$\mu\text{A}$
		$V_{ACIN} = V_{CC} = 0$ ，DC/DC 开启， $I_{OUT} = 0$		37	75	$\mu\text{A}$
		$V_{ACIN} = V_{CC} = 0$ ，DC/DC 关断		5	10	$\mu\text{A}$
		$V_{ACIN} = V_{CC} = 0$ ，电池断开连接 ( $V_{BAT} < V_{DISCONNECT}$ )		0	0.1	$\mu\text{A}$

**电气特性** ● 表示规格适用于整个额定工作结温范围，其他规格的适用温度为  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (注释 2、3)。除非另有说明， $V_{ACIN} = V_{CC} = 5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>交流整流</b>							
$V_{CC(HIGH)}$	$V_{CC}$ 电压上限	$V_{CC}$ 上升	5.25	5.5	5.75	V	
$V_{CC(LOW)}$	$V_{CC}$ 电压下限	$V_{CC}$ 下降	4.75	5	5.25	V	
	ACIN 至 $V_{CC}$ 压降	7.5mA 从 ACIN 到 $V_{CC}$		0.6		V	
<b>电池充电</b>							
$V_{CHG}$	电池充电电压	$V_{SEL} = 0$	● 4.158	4.200	4.242	V	
		$V_{SEL} = 1$	● 4.306	4.350	4.394	V	
	$V_{CC(LOW)} - V_{CHG}$	$V_{SEL} = 1$		50	150	250	mV
$I_{CHG}$	电池充电电流			7.0	7.5	8.0	mA
			●	6.5	7.5	8.5	mA
$\Delta V_{UVLO}$	$V_{CC}$ -至- $V_{BAT}$ 差分欠压保护 阈值 (ACPR 引脚指示)	$V_{CC}$ 下降 $V_{CC}$ 上升		9	27	45	mV
				55	80	105	mV
$\Delta V_{UVCL}$	$V_{CC}$ -至- $V_{BAT}$ 差分欠压限流阈值电压	$I_{BAT} = 0.9 \cdot I_{CHG}$ $I_{BAT} = 0.1 \cdot I_{CHG}$			150		mV
					120		mV
$I_{DUVCL}$	DUVCL 故障指示的充电电流阈值	$(V_{CC} - V_{BAT})$ 下降 $(V_{CC} - V_{BAT})$ 上升			3.1		mA
					4.5		mA
$V_{RECHRG}$	再充电电池阈值电压	占 $V_{CHG}$ 的百分比		96.5	97.5	98.5	%
$t_{TERMINATE}$	安全定时器终止时长	定时器在充电周期开始时启动， $V_{CC} > (V_{BAT} + 100\text{mV})$		5.1	6	6.9	小时
$f_{SLOW}$	慢速闪烁频率				1.14		Hz
$f_{FAST}$	快速闪烁频率				4.58		Hz
$V_{COLD}$	低温故障阈值电压	上升阈值电压 迟滞		75.0	76.5	78	% $V_{CC}$
					1.5		% $V_{CC}$
$V_{HOT}$	高温故障阈值电压	下降阈值电压 迟滞		33.4	34.9	36.4	% $V_{CC}$
					1.5		% $V_{CC}$
$V_{DIS}$	NTC 禁用阈值电压				150	250	mV
$I_{NTC}$	NTC 漏电流	$V_{NTC} = 2.5\text{V}$ $V_{NTC} = 0\text{V}$		-100		100	nA
					-150		nA
<b>降压型 DC/DC 稳压器</b>							
$V_{OUT}$	DC/DC 稳压器输出电压	$V_{BAT} > V_{LOBAT1}$ 或 $V_{DISCONNECT} < V_{BAT} < V_{LOBAT2}$ , $I_{OUT} = 0$ $V_{LOBAT2} < V_{BAT} < V_{LOBAT1}$ , $I_{OUT} = 0$	●	1.16	1.2	1.24	V
					$V_{BAT}/3$		V
$V_{LOBAT1}$	低电量报警 1 阈值	$V_{BAT}$ 下降 迟滞	●	3.52	3.6	3.68	V
					100		mV
$V_{LOBAT2}$	低电量报警 2 阈值	$V_{BAT}$ 下降 迟滞	●	3.22	3.3	3.38	V
					100		mV
$V_{LOBAT3}$	低电量报警 3 阈值	$V_{BAT}$ 下降 迟滞	●	3.12	3.2	3.28	V
					100		mV
$V_{DISCONNECT}$	低电量断开连接阈值电压	$V_{BAT}$ 下降	●	2.93	3.0	3.07	V
$f_{SW}$	DC/DC 开关频率	3:1 模式 ( $V_{BAT} > V_{LOBAT2}$ ) 2:1 模式 ( $V_{BAT} < V_{LOBAT2}$ )	●	40	50	60	kHz
			●	60	75	90	kHz
$R_{OL}$	有效开环输出电阻 (注释 4)	$V_{BAT} = 3.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 3\text{mA}$			4.6	6.5	$\Omega$
$I_{LIM}$	OUT 电流限值	$V_{OUT} = 0\text{V}$			80		mA

# LTC4126

**电气特性** ● 表示规格适用于整个额定工作结温范围，其他规格的适用温度为  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (注释 2、3)。除非另有说明， $V_{ACIN} = V_{CC} = 5\text{V}$ ， $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>按钮引脚 (PBEN)</b>						
$V_{IL}$	逻辑低输入电压				0.4	V
$V_{IH}$	逻辑高输入电压		1.1			V
$R_{PU}$	上拉电阻接 BAT	$V_{PBEN} < V_{IL}$		4		M $\Omega$
$I_{IH}$	逻辑高输入漏电流	$V_{PBEN} = V_{BAT}$		0	0.1	$\mu\text{A}$
$t_{DBL}$	去抖时间低值		348	425	503	ms
$t_{DBH}$	去抖时间高值		23	43	63	ms
<b>EN、<math>V_{SEL}</math> 引脚</b>						
$V_{IL}$	逻辑低输入电压				0.4	V
$V_{IH}$	逻辑高输入电压		1.1			V
$I_{IL}$	逻辑低输入漏电流			0	1	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	逻辑高输入漏电流			0	1	$\mu\text{A}$
<b>逻辑输出引脚 (STAT1、STAT2、ACPR)</b>						
$V_{OL}$	逻辑低电平输出电压	100 $\mu\text{A}$ 流入引脚			0.2	V
$V_{OH}$	逻辑高电平输出电压	25 $\mu\text{A}$ 流出引脚	$V_{OUT} - 0.2\text{V}$			V
<b>开漏输出 (CHRG)</b>						
	引脚漏电流	$V_{CHRG} = 5\text{V}$		0	0.5	$\mu\text{A}$
	引脚下拉电流	$V_{CHRG} = 400\text{mV}$	200	300	450	$\mu\text{A}$

**注释 1:** 应力超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。在任何绝对最大额定值条件下长期工作会影响器件的可靠性和使用寿命。

**注释 2:** 所有流入引脚的电流都为正；除非另有说明，所有电压都以 GND 为基准。

**注释 3:** LTC4126E 在适当条件下进行测试，使得  $T_J \approx T_A$ 。LTC4126E 保证满足  $0^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$  结温范围内的性能规格要求。 $-20^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$  工作结温范围内的规格通过设计、表征以及与统计过程控制的相关性来保证。结温 ( $T_J$ ，单位为  $^\circ\text{C}$ ) 根据环

境温度 ( $T_A$ ，单位为  $^\circ\text{C}$ ) 和功耗 ( $P_D$ ，单位为 W) 计算，计算公式如下：

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

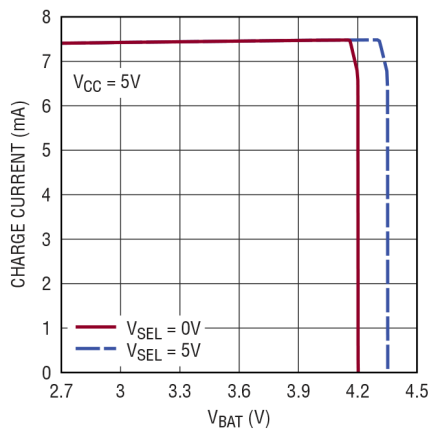
其中，封装热阻  $\theta_{JA} = 92^\circ\text{C}/\text{W}$ 。

请注意，与这些规格一致的最高环境温度取决于具体工作条件以及电路板布局、额定封装热阻和其他环境因素。

**注释 4:** 参见“操作”部分中的“DC/DC 转换器”。

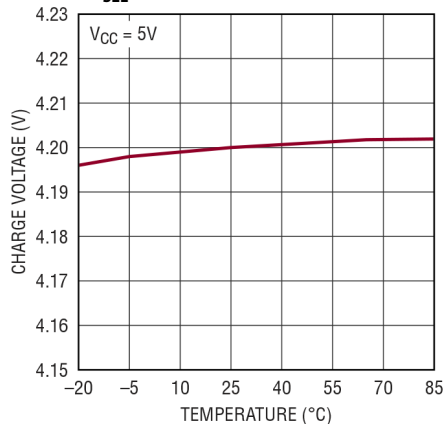
**典型性能参数** 除非另有说明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

充电电流与充电电压的关系



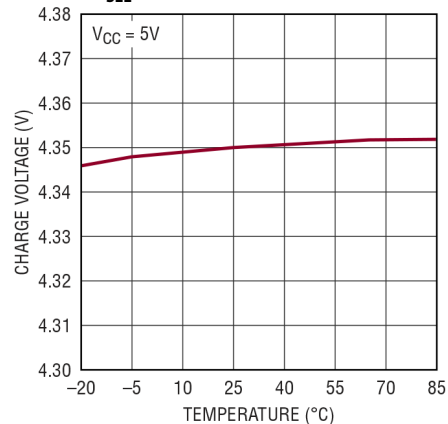
4126 G01

充电电压与温度的关系 ( $V_{SEL} = 0V$ )



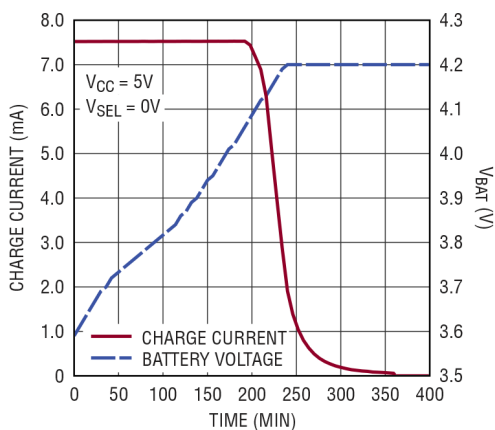
4126 G09

充电电压与温度的关系 ( $V_{SEL} = 5V$ )



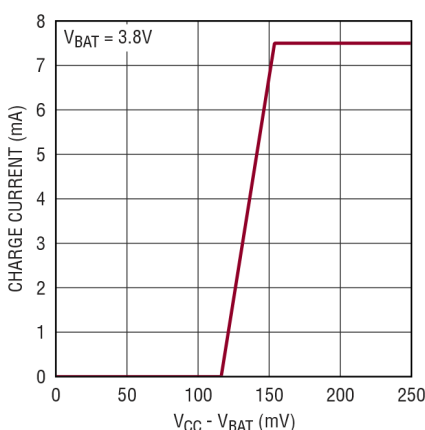
4126 G02

锂离子电池充电曲线



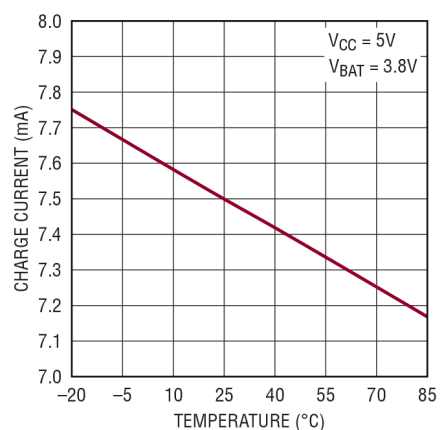
4126 G03

充电电流与  $V_{CC}$  至  $V_{BAT}$  差分电压的关系



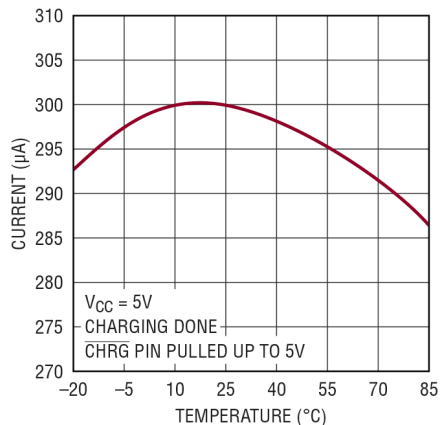
4126 G04

充电电流与温度的关系



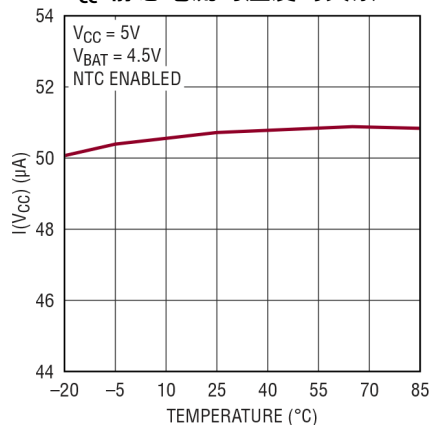
4126 G05

CHRG引脚电流与温度的关系



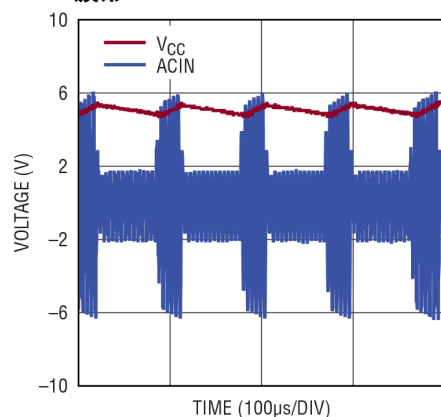
4126 G06

$V_{CC}$  静态电流与温度的关系



4126 G07

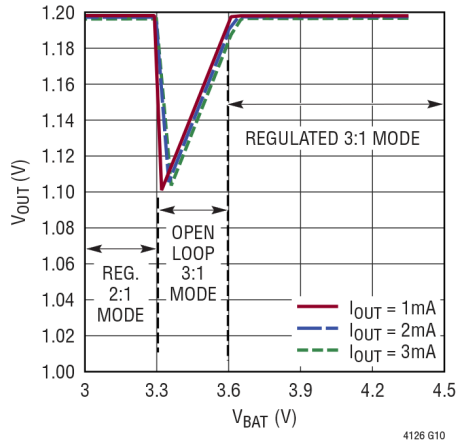
分流有效时的 ACIN 和  $V_{CC}$  波形



4126 G08

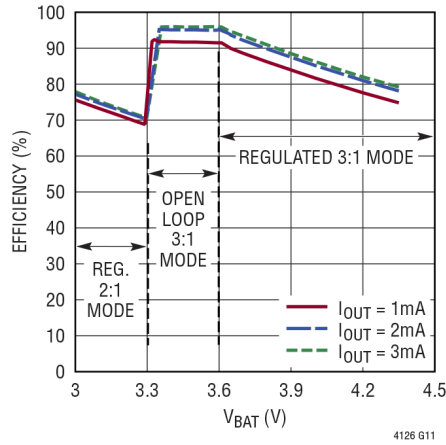
## 典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

DC/DC 输出电压与电池电压的关系



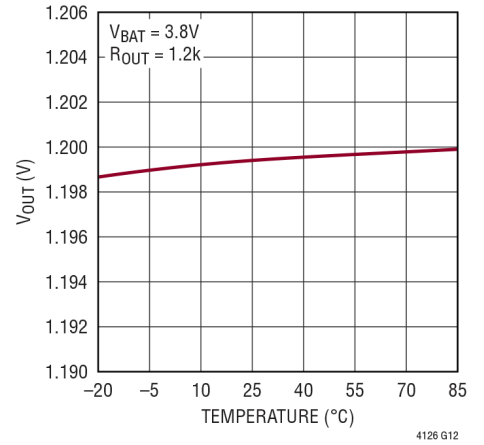
4126 G10

DC/DC 效率与电池电压的关系



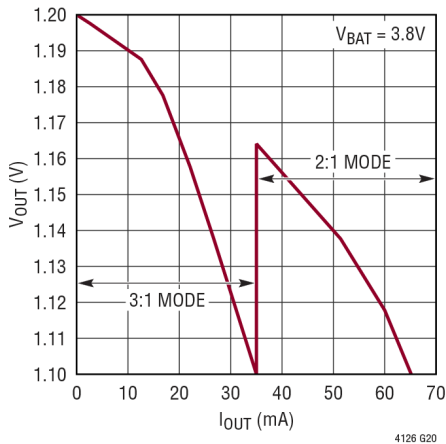
4126 G11

DC/DC 输出电压与温度的关系



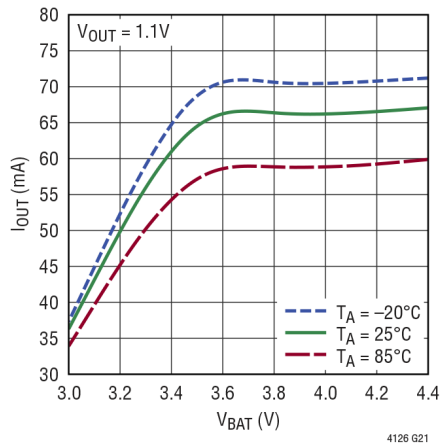
4126 G12

DC/DC 输出电压与负载电流的关系



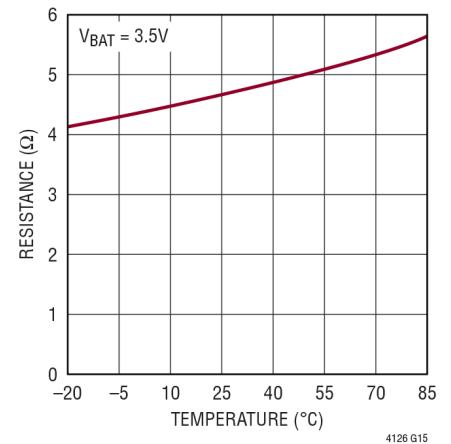
4126 G20

最大 DC/DC 输出电流与电池电压的关系



4126 G21

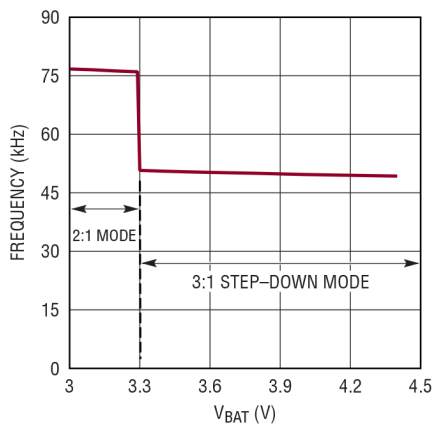
DC/DC 有效开环输出电阻与温度的关系



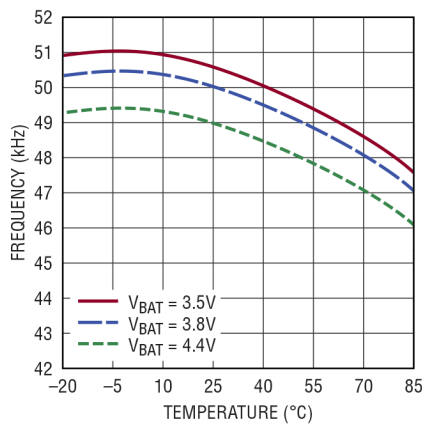
4126 G15

## 典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

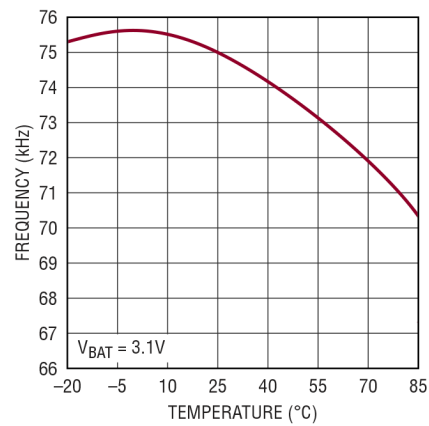
### DC/DC 开关频率与电池电压的关系



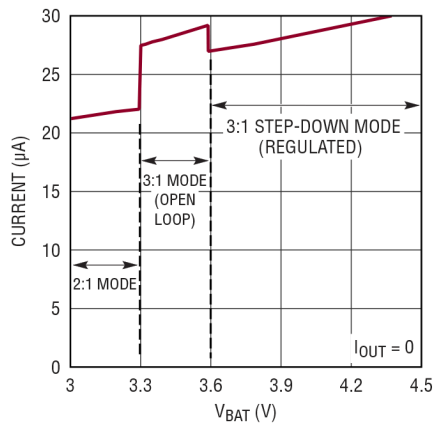
### 3:1 模式下 DC/DC 开关频率与温度的关系



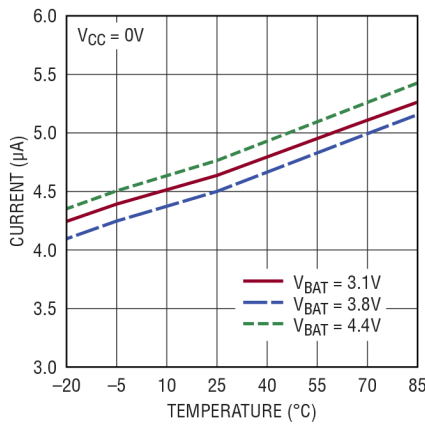
### 2:1 模式下 DC/DC 开关频率与温度的关系



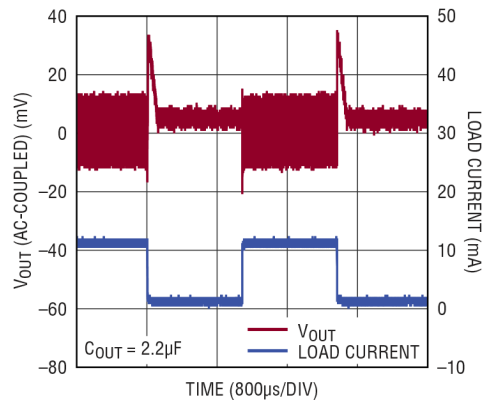
### BAT 空载静态电流 (DC/DC 开启) 与电池电压的关系



### BAT 静态电流 (DC/DC 关断) 与温度的关系



### 对负载阶跃的 DC/DC 输出瞬态响应



## 引脚功能

**NTC (引脚 1):** 热敏电阻输入。在 NTC 和 GND 之间连接一个热敏电阻，在  $V_{CC}$  和 NTC 之间连接一个偏置电阻。此引脚上的电压电平决定电池温度是否安全以进行充电。如果热敏电阻指示温度不安全，则暂停充电电流和充电定时器。一旦温度回到安全区间，充电就会恢复。如果不需要保证温度合适的充电，应将 NTC 引脚接地。

**EN (引脚 2):** 数字逻辑输入引脚，用于使能 DC/DC 转换器。如果 LTC4126 未处于电池断开连接模式，则最小 1.1V 的电压可使能稳压器（参见“操作”部分中的“电池断开连接/运输模式”）。低电压（最大 0.4V）会禁用稳压器，并允许通过按钮进行控制。如果只需要按钮控制，应将此引脚接地。如果 DC/DC 需要始终保持使能状态，应将此引脚连接到 BAT。请勿让该引脚处于未连接状态。

**PBEN (引脚 3):** 按钮切换输入引脚，用于使能/禁用 DC/DC 转换器。使能稳压器只能发生在 LTC4126 非处于电池断开连接模式时（参见“操作”部分中的“电池断开连接/运输模式”）。未被驱动时，弱内部上拉电阻会迫使 PBEN 处于高电平状态。PBEN 和地之间连接一个常开按钮，当按下按钮时，它会迫使此引脚处于低电平状态。但是，如果 EN 输入为高电平，则按钮会被忽略。如果不需要按钮功能，此引脚应保持不连接状态。

**$V_{SEL}$  (引脚 4):** 数字逻辑输入引脚，用于选择电池充电电压。该引脚为逻辑高电平时选择 4.35V，为逻辑低电平时选择 4.2V。请勿让该引脚处于未连接状态。

**ACPR (引脚 5):** 数字 CMOS 逻辑输出引脚，用于指示是否有足够的输入功率来为电池充电。当  $V_{CC}$  至 BAT 差分电压升至 80mV（典型值）以上时，此引脚变为高电平；当该差分电压降至 27mV（典型值）以下时，此引脚变为低电平。该引脚的低电平以 GND 为基准，高电平以 OUT 引脚电压为基准。因此，如果禁用 DC/DC，则此指示器不可用。

**CHRG (引脚 6):** 开漏充电状态输出引脚。该引脚可以通过一个电阻和/或 LED 上拉，以指示电池充电器的状态。该引脚有四种可能的状态：慢速闪烁表示正在充电，快速闪烁表示有故障，下拉表示充电完成，高阻抗表示无输入功率。为节省功耗，下拉电流限制为 300 $\mu$ A。

**ACIN (引脚 7):** 交流输入电压引脚。将包含接收线圈的外部 LC 谐振器连接到此引脚。不使用时应将此引脚接地。

**BAT (引脚 8):** 电池连接引脚。将单节锂离子电池连接到此引脚。只要有足够的输入功率（交流或直流），电池就会通过此引脚充电。此外，DC/DC 转换器通过此引脚由电池供电。为了最大限度地降低 DC/DC 转换器的开关噪声对充电器性能的影响，如果在充电时使能 DC/DC 转换器，则应使用 1 $\mu$ F 电容将该引脚去耦至 GND。

**STAT2 (引脚 9)、STAT1 (引脚 10):** 数字 CMOS 逻辑状态输出引脚。这些引脚的低电平以 GND 为基准，高电平以  $V_{OUT}$  为基准。因此，如果禁用 DC/DC，则这些指示器不可用。这两个引脚与 ACPR 一起指示各种充电状态和故障状况。但是，当没有输入功率且 DC/DC 转换器使能时，这些引脚会转而指示电池的电压电平。

**$V_{CC}$  (引脚 11):** 直流输入电压引脚。ACIN 引脚（阳极）和该引脚（阴极）之间连接一个内部二极管。当 ACIN 引脚上存在交流电压时，该引脚上的电压为整流后的交流电压。当不使用 ACIN 引脚（或短接至地）时，应将此引脚连接到直流电压源以为 LTC4126 供电并给电池充电。

**OUT (引脚 12):** DC/DC 转换器输出引脚。该引脚为助听器 ASIC 提供 1.2V 电源。应在该引脚附近放置一个至少 2.2 $\mu$ F 的低 ESR 陶瓷电容以稳定转换器。

**GND (裸露焊盘引脚 13):** 接地引脚。封装背面的裸露焊盘必须焊接到 PCB 接地，以实现低电阻电气连接和最佳热性能。



框图

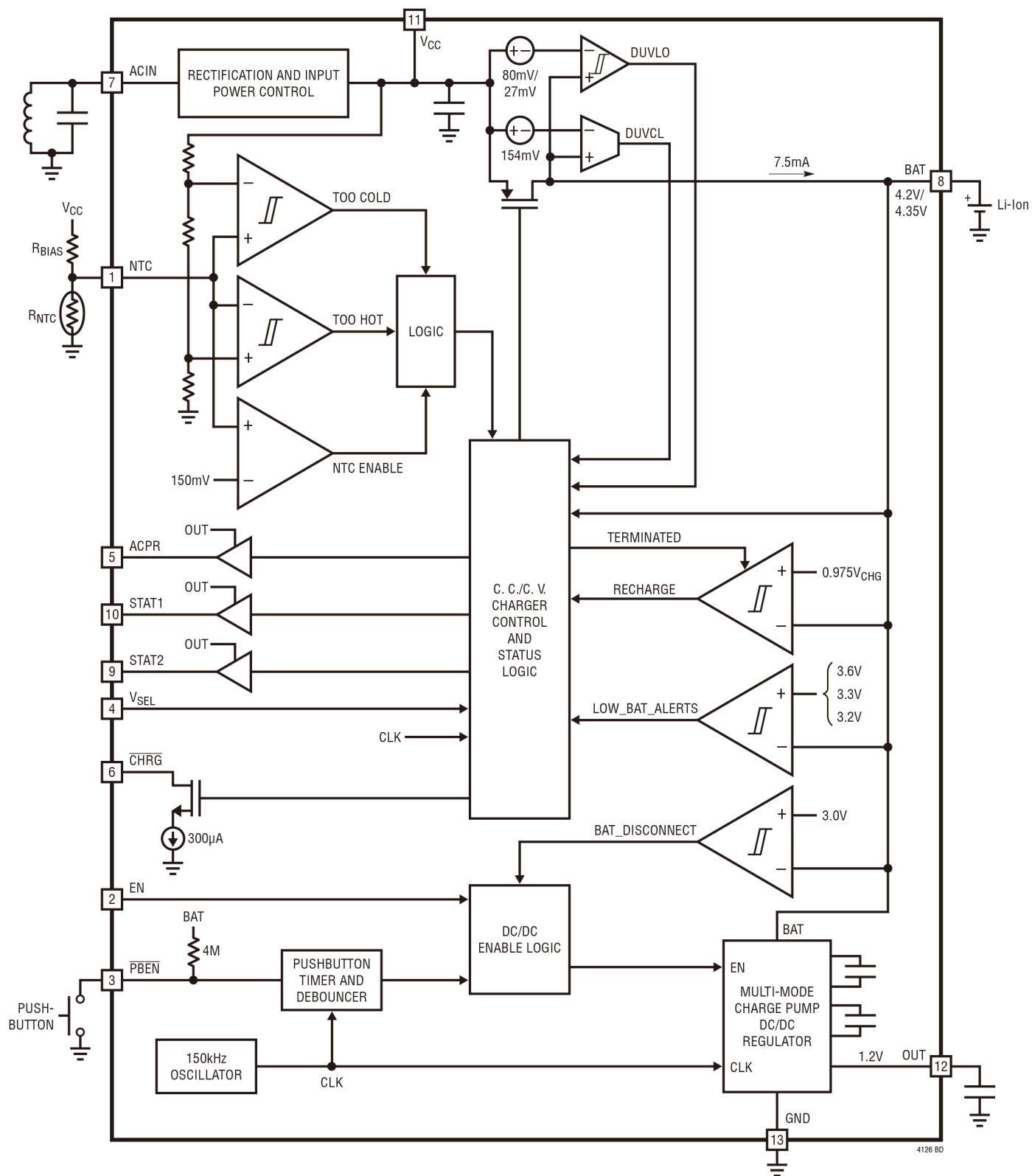


图 1. LTC4126 框图

## 操作

LTC4126 是一款低功耗电池充电器，集成了降压型 DC/DC 转换器，设计用于为单节锂离子电池无线充电，并提供 1.2V 输出，适合为助听器 ASIC 供电。该器件有三个主要电路元件：交流电源控制器、全功能线性电池充电器和降压型 DC/DC 转换器。

### 交流电源控制器

完整的无线功率传输系统由带发射线圈的发射电路和带接收线圈的接收电路组成。LTC4126 位于接收器侧，外部并联 LC 谐振器连接到 ACIN 引脚，使得器件可从发射线圈产生的交变磁场无线接收功率。整流和输入功率控制电路（图 1）对 ACIN 引脚上的交流电压进行整流，并将  $V_{CC}$  引脚上的整流电压调节至  $V_{CC(HIGH)}$ （典型值为 5.5V）以下。

### 不使用无线功率的操作

LTC4126 也可以不通过 ACIN 引脚无线接收功率，而是由连接到  $V_{CC}$  引脚的直流电压源供电。如有电压源连接到  $V_{CC}$ ，则应将 ACIN 引脚接地。

### 电池充电器

LTC4126 包括一个全功能恒流 (CC)/恒压 (CV) 线性电池充电器，具有自动再充电、通过安全定时器自动终止充电、电池故障检测、超出温度范围时暂停充电等功能。充电电流在内部固定为 7.5mA，最终充电电压可通过  $V_{SEL}$  引脚选择为 4.2V 或 4.35V。

一旦  $V_{CC}$  引脚上的电压上升到 BAT 引脚电压之上 80mV（典型值），充电器就会尝试给电池充电，新的充电周期即启动。6 小时充电终止定时器在此新充电周期开始时启动。当  $V_{CC}$  至 BAT 差分电压升至 154mV（典型值）以上时，充电器进入恒流 (CC) 模式，并以 7.5mA 的满额定电流给电池充电。当 BAT 引脚接近最终充电电压时，充电器进入恒压 (CV) 模式，充电电流开始下降。在 BAT 引脚电压维持在适当的充电电压的同时，充电电流继续下降。这种 CC/CV 充电状态由  $\overline{CHRG}$  引脚上的慢速闪烁 LED（典型值为 1.14Hz）指示。

6 小时充电终止定时器到期后，充电完全停止。一旦充电周期结束， $\overline{CHRG}$  引脚上的 LED 便停止闪烁并呈现下拉状态。要启动新的充电周期，须移除 ACIN 或  $V_{CC}$  处的电源并重新施加。

### 自动再充电

充电结束后，充电器仅从电池消耗 3.7 $\mu$ A（典型值）。如果充电器保持这种状态的时间足够长，电池最终会放电。为确保电池始终处于充满状态，当电池电压低于  $V_{RECHRG}$ （典型值为充电电压的 97.5%）时，新的充电周期自动开始。当安全定时器仍在运行时，如果电池电压低于  $V_{RECHRG}$ ，定时器不会复位。这可以防止定时器在充电周期内每次电池电压低于  $V_{RECHRG}$  时便重新启动。

### 电池故障

如果电池在 6 小时的完整充电周期结束时未能达到高于  $V_{RECHRG}$  的电压，则认为电池有故障， $\overline{CHRG}$  引脚上的 LED 会通过快速闪烁（典型值为 4.58Hz）指示电池处于故障状态。

### 差分欠压闭锁 (DUVLO)

差分欠压闭锁电路监测  $V_{CC}$  和 BAT 之间的差分电压，如果  $V_{CC}$  电压降至 BAT 电压的 27mV（典型值  $\Delta V_{UVLO}$ ）以内，则禁用充电器。这种情况由 ACPR 引脚低电平指示。只有此差值增加到 80mV 之后，充电才会恢复，此时 ACPR 引脚变回高电平。为使 ACPR 提供正确指示，必须使能 DC/DC。

### 差分欠压限流 (DUVCL)

LTC4126 充电器还有差分欠压限流 (DUVCL) 功能，当  $V_{CC}$  至 BAT 差分电压从大约 154mV 下降到 116mV 时，充电电流会从 7.5mA 逐渐减小到零。参见“典型性能参数”部分的曲线。当充电电流达到约 3.1mA 时， $\overline{CHRG}$  引脚上的 LED 快速闪烁（典型值为 4.58Hz），指示发生了 DUVCL 故障。在相反方向上，当充电电流达到约 4.5mA 时， $\overline{CHRG}$  引脚上的 LED 恢复慢速闪烁，表示正常工作。由于 DUVCL 比较器有一定的迟滞，LTC4126 在非常窄的耦合情况下可能会在慢速闪烁和快速闪烁之间交替。这种行为应被解释为在充电接近（但不是 100%）充满。

## 操作

DUVCL 特性在可用无线功率有限的情况下特别有用。没有 DUVCL 的话，如果接收线圈和发射线圈之间的磁耦合很低，当充电器试图提供满充电电流时，可能会触发 DUVLO。DUVLO 会立即强制充电电流降至零，使得电源电压可以上升至 DUVLO 阈值以上，从而再次接通充电器。在没有 DUVCL 的情况下，这种振荡行为将导致间歇性充电。当可用输入功率增多或减少时，DUVCL 电路通过逐渐增大或减小充电电流来防止上述不当操作。

### 保证温度合适的充电

LTC4126 在充电周期中使用负温度系数 (NTC) 热敏电阻 (靠近并热耦合到电池组) 监测电池温度。如果电池温度超出安全充电范围，IC 将暂停充电并通过  $\overline{\text{CHRG}}$  (以 4.58Hz 频率快速闪烁) 和 STAT 引脚发出故障信号，直至温度回到安全充电范围。安全充电范围由两个监视 NTC 引脚电压的比较器 (温度过高和过低) 决定，如框图所示。温度过低比较器的上升阈值设置为  $V_{CC}$  的 76.5% ( $V_{\text{COLD}}$ )，温度过高比较器的下降阈值设置为  $V_{CC}$  的 34.9% ( $V_{\text{HOT}}$ )，每个阈值在触发点附近都有一个迟滞 ( $V_{CC}$  的 1.5%) 以防振荡。如果电池充电器因温度故障而暂停，6 小时充电终止定时器也会暂停，直至热敏电阻指示回到安全温度为止。NTC 引脚接地会禁用所有 NTC 功能。大多数锂离子电池制造商建议将 0°C 至 40°C 的温度范围作为安全充电范围。

### 通过 $\overline{\text{CHRG}}$ 、ACPR 和 STAT 引脚指示充电状态

根据表 1，电池充电器的状态由开漏  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚、逻辑引脚 STAT1 和 STAT2 以及 ACPR 指示。只有使能 DC/DC 时，才能使用逻辑引脚指示充电状态。

表 1. 充电器状态指示

CHRG	ACPR	STAT1	STAT2	状态
高阻抗	0	X	X	未充电，无电源，STAT 引脚指示电池电平 (见表 2)
拉低	1	0	0	充电完成
慢速闪烁 (1.14Hz)	1	0	1	充电中
快速闪烁 (4.58Hz)	1	1	0	温度故障/电池故障
快速闪烁 (4.58Hz)	1	1	1	差分欠压限流 (DUVCL)

开漏  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚具有 300 $\mu\text{A}$  (典型值) 的内部下拉电阻。LED 可以连接在该引脚和  $V_{CC}$  之间，以指示上表所示的充电状态和故障情况。ACPR、STAT1 和 STAT2 引脚是数字 CMOS 逻辑输出，可由微处理器解译。这三个引脚的低电平以 GND 为基准，高电平以 OUT 引脚电压 (典型值为 1.2V) 为基准。因此，只有通过 EN 引脚或按钮开启 DC/DC 转换器时，才能通过这三个引脚指示状态。充电期间，通过  $\overline{\text{CHRG}}$  引脚的状态指示始终可用。

### DC/DC 转换器

为了给电池到 OUT 引脚之间的系统负载供电，LTC4126 内置一个专有低噪声多模式电荷泵 DC/DC 转换器，通过向 EN 引脚施加最小 1.1V 的电压或通过按下按钮可以开启该转换器。转换器与充电器可以同时激活。根据工作模式，电荷泵的开关频率设置为 50kHz 或 75kHz。选择该频率的目的是使开关噪声超出音频频段。

## 操作

### 工作模式

电荷泵 DC/DC 转换器有三种工作模式，具体取决于电池电压。当  $V_{BAT} > 3.6V$  时，电荷泵以 3:1 降压模式（模式 1）工作，并提供 1.2V 稳压输出。在模式 1 中，DC/DC 转换器可提供的最大输出电流受内部限流电路的限制，大约为 65mA。

当电池电压介于 3.6V 和 3.3V 之间时，电荷泵仍以 3:1 降压模式工作，但它不再能保持 1.2V 的稳压，而是提供电池电压的三分之一作为输出（仅空载情况下）。这称为模式 2。模式 2 中转

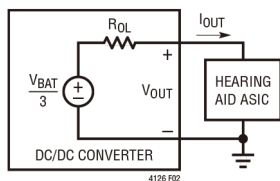


图 2. 模式 2 下的 DC/DC 转换器戴维宁等效电路：3:1 降压

换器的戴维宁等效电路如图 2 所示，其中  $R_{OL}$  为转换器的有效开环输出电阻。在室温下，当  $V_{BAT} = 3.5V$  且  $f_{SW} = 50kHz$  时， $R_{OL}$  典型值为  $4.6\Omega$ 。它随电池电压、转换器的开关频率和芯片的温度而变化。图 2 可用于确定特定负载电流 ( $I_{OUT}$ ) 对应的输出电压 ( $V_{OUT}$ )，使用如下公式：

$$V_{OUT} = \frac{V_{BAT}}{3} - I_{OUT} \cdot R_{OL}$$

当电池电压低于 3.3V 时，电荷泵切换到 2:1 降压模式（模式 3），并再次提供 1.2V 稳压输出。在模式 3 中，DC/DC 转换器可提供的最大输出电流随电池电压而降低，但不会降至约 35mA 以下。参见“典型性能参数”部分的曲线。各种工作模式下输出电压与电池电压的变化关系如图 3 所示。

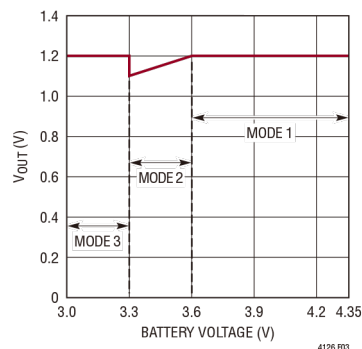


图 3.  $V_{OUT}$  与电池电压的关系， $I_{OUT} = 0$

### 处理大负载

以模式 1 或模式 2 (3:1 降压模式) 工作时，如果输出端的大负载导致输出电压降至 1.1V 以下，则转换器会自动切换到模式 3 (2:1 降压) 模式并试图将输出稳定在 1.2V。转换器在模式 3 中保持 110ms (典型值)，然后返回到先前的模式。如果大负载状况持续存在且  $V_{OUT}$  再次降至 1.1V 以下，则转换器会再切换回模式 3 并保持 110ms，该循环继续执行。选择 110ms 的持续时间是为了防止模式切换的频率落入可闻范围。切换到模式 3 可提供更大的电流驱动能力，但效率会降低，这就是转换器尽可能保持模式 1 或模式 2 的原因。

### 转换器效率

LTC4126 DC/DC 转换器效率在整个电池电压范围内变化，并且在很大程度上取决于其工作模式。模式 1 的理论最大效率可表示如下：

$$\text{Efficiency, } \eta_{\text{Mode1}} = \frac{V_{OUT}}{\left(\frac{V_{BAT}}{3}\right)}$$

如果 OUT 引脚维持 1.2V 稳压，则依据上式计算可得， $V_{BAT} = 4.2V$  时的理论最大效率为 85.7%， $V_{BAT} = 3.6V$  时的理论最大效率为 100%。

当电池电压介于 3.6V 和 3.3V 之间时，转换器不再能在所有负载下于 OUT 端保持 1.2V 稳压，而是以模式 2 工作。但是，转换器在此模式下可实现的效率上限由开关损耗、欧姆损耗和静态电流损耗决定。

## 操作

当电池电压降至 3.3V 时，转换器进入模式 3，理论最大效率可表示如下：

$$\text{Efficiency, } \eta_{\text{Mode3}} = \frac{V_{\text{OUT}}}{\left(\frac{V_{\text{BAT}}}{2}\right)}$$

在模式 3 中，依据上式计算可得， $V_{\text{BAT}} = 3.3\text{V}$  时的理论最大效率为 72.7%， $V_{\text{BAT}} = 3.0\text{V}$  时的理论最大效率为 80%。

图 4 以图形方式显示了三种不同工作模式下转换器的理论最大效率在整个电池电压范围内的变化。

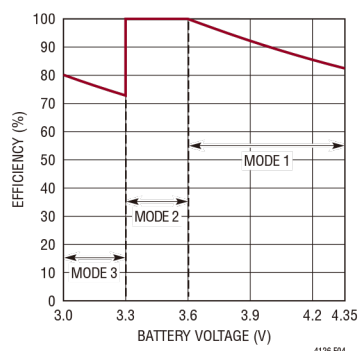


图 4. 转换器理论最大效率与电池电压的关系

### 电池电平指示器

LTC4126 配有电池电压监控器，当不在充电且转换器使能时，它通过 STAT 引脚报告各种电池电压电平。参见表 2。STAT 引脚根据 ACPR 的状态指示充电器状态或电池电平，因此每当 ACPR 改变状态时，在 STAT 引脚变为有效之前，可能会有最多 1 $\mu\text{s}$  的延迟。

表 2. 电池电平指示

ACPR	STAT1	STAT2	状态
0	0	0	$V_{\text{BAT}} < 3.2\text{V}$ , 低电量报警 3
0	0	1	$3.2\text{V} < V_{\text{BAT}} < 3.3\text{V}$
0	1	0	$3.3\text{V} < V_{\text{BAT}} < 3.6\text{V}$
0	1	1	$V_{\text{BAT}} > 3.6\text{V}$
1	X	X	电源可用, STAT 引脚指示充电器状态

### 电池断开连接/运输模式

当没有输入功率且电池电压降至 3.0V (典型值) 时，LTC4126 会关闭其大部分功能以防电池放电过深，从电池消耗的电量低于 100nA。一旦处于电池断开连接模式，则只有施加电源于 ACIN 或  $V_{\text{CC}}$  引脚且  $V_{\text{CC}}$  引脚电压上升至比 BAT 引脚电压高 80mV (典型值) 时，才能恢复正常工作。

初次安装电池后，无论其电压水平如何，LTC4126 也会处于电池断开连接模式。这就实现了运输模式功能。

### 按钮控制

LTC4126 配有一个按钮控制器，可在不使用 EN 引脚 (保持低电平) 的情况下开启和关闭 DC/DC 转换器。EN 引脚逻辑高电平会覆盖按钮功能，并使稳压器保持开启。在 EN 信号的下降沿，DC/DC 关断，1 $\mu\text{s}$  后，只要 EN 保持低电平，按钮便可控制输出。如果 PBEN 引脚保持低电平至少 425ms (典型值)，则按下按钮被视为有效。此外，在连续按压之间，为使按压被视为有效，PBEN 引脚需要返回到高电平状态至少 43ms (典型值)。无效按压不会改变转换器的状态。一个 4M $\Omega$  内部电阻将 PBEN 引脚上拉至 BAT 电压。有效和无效按压的几种不同情形如图 5 所示。

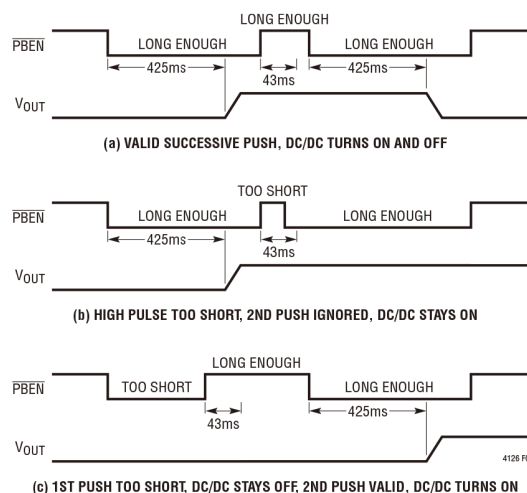


图 5. 各种按钮情形

## 应用信息

## 无线功率传输

在无线功率传输系统中,功率通过交变磁场传输。发射线圈中的交流电流产生磁场。将接收线圈置于该磁场中时,接收线圈中就会感生交流电流。接收线圈中感生的交流电流是发射器上施加的交流电流和发射与接收线圈之间的磁耦合的函数。LTC4126 内部二极管对 ACIN 引脚的交流电压进行整流。

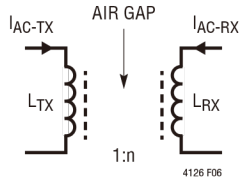


图 6. 无线功率传输系统

图 6 所示的通过气隙的功率传输范围可利用谐振来改善,方法是将一个 LC 谐振器连接到 ACIN 引脚,并调谐到与发射线圈交流电流频率相同的频率。

## 接收器和单晶体管发射器

图 7 所示的单晶体管发射器是 DC/AC 转换器的示例,可用于将交流电流驱动到发射线圈  $L_{TX}$ 。NMOS M1 由 LTC6990 振荡器产生的 50% 占空比方波驱动。在周期的前半段, M1 接通,流过  $L_{TX}$  的电流线性上升。在周期的后半段, M1

断开,流过  $L_{TX}$  的电流流通由  $C_{TX} (= C_{TX1} + C_{TX2})$  和  $L_{TX}$  形成的 LC 谐振器。流过  $L_{TX}$  的电流如图 8 所示。

如果发射 LC 谐振器频率设置为驱动频率的 1.29 倍,则由于零电压切换 (ZVS), M1 中的开关损耗显著降低。图 9 和图 10 说明了不同  $f_{TX-TANK}$  频率下的 ZVS 条件。

$$f_{TX-TANK} = 1.29 \cdot f_{DRIVE}$$

$f_{DRIVE}$  由连接到 LTC6990 的电阻  $R_{SET}$  设置。 $f_{TX-TANK}$  设置如下:

$$f_{TX-TANK} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{TX} \cdot C_{TX}}}$$

发射线圈  $L_{TX}$  的峰值电压出现在 M1 的漏极,其值为:

$$V_{TX-PEAK} = 1.038 \cdot \pi \cdot V_{IN}$$

流过  $L_{TX}$  的峰值电流为:

$$I_{TX-PEAK} = \frac{0.36 \cdot V_{IN}}{f_{TX-TANK} \cdot L_{TX}}$$

流过  $L_{TX}$  的 RMS 电流为:

$$I_{TX-RMS} = 0.66 \cdot I_{TX-PEAK}$$

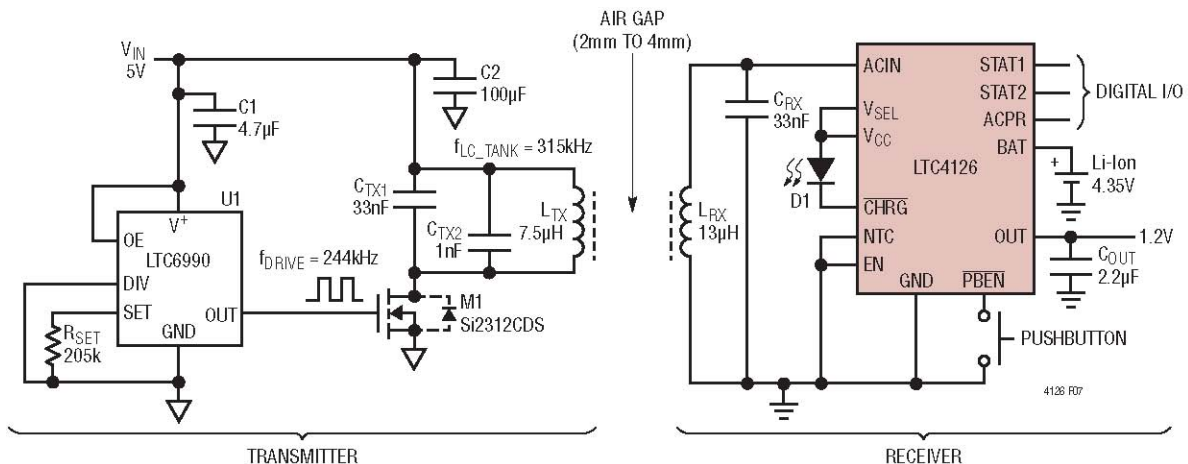


图 7. DC/AC 转换器, 发射/接收线圈, 已调谐的谐振 LTC4126 接收器 (推荐元件见表 3 和表 4)

## 应用信息

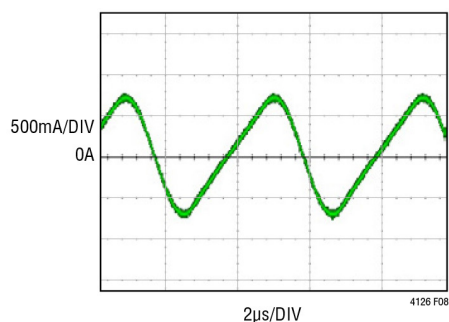
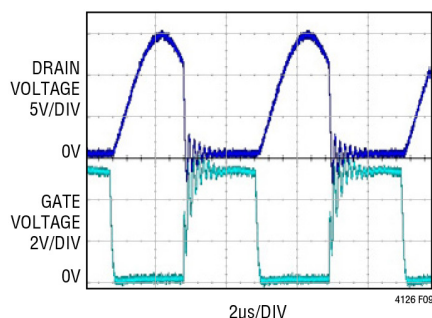
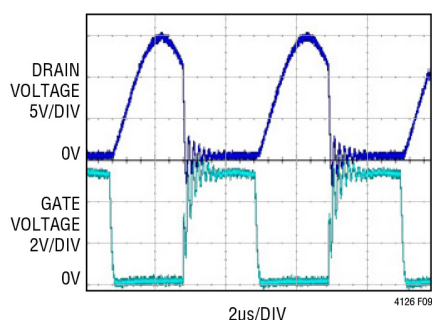


图 8. 电流流过发射线圈

图 9. 当  $f_{TX\_TANK} = f_{DRIVE}$  时, NMOS M1 的漏极和栅极上的电压图 10. 当  $f_{TX\_TANK} = 1.29 \cdot f_{DRIVE}$  时, NMOS M1 的漏极和栅极上的电压

接收器处的 LC 谐振器 ( $L_{RX}$  和  $C_{RX}$ ) 调谐到与发射 LC 谐振器的驱动频率相同的频率:

$$f_{RX-TANK} = f_{DRIVE}$$

其中  $f_{RX-TANK}$  由下式给出:

$$f_{RX-TANK} = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L_{RX} \cdot C_{RX}}}$$

请注意, 由于  $f_{DRIVE}$  很容易调整, 因此最佳做法是使用最少数量元件 (即  $C_{RX}$ ) 选择  $f_{RX-TANK}$ , 然后调整  $f_{DRIVE}$  与之匹配。

发射线圈中的交流电流量可通过提高电源电压 ( $V_{IN}$ ) 来增加。传输的功率量与发射线圈中的交流电流成正比, 因此可以改变  $V_{IN}$  来调节向接收线圈输送的功率。

总功率传输效率还取决于发射器和接收器电路中使用的元件的品质因数 (Q)。发射/接收线圈和电容应选择低电阻元件。

## 选择发射功率水平

如上一节所述, 电源电压 ( $V_{IN}$ ) 可用于调整图 7 所示发射器的发射功率。发射功率应设置得尽可能低, 以便在最差耦合条件下接收所需的输出功率 (例如, 传输距离最大且严重未对准)。尽管 LTC4126 能够分流过多的接收功率以将  $V_{CC}$  电压维持在期望范围内, 但这会有导致芯片温度和电池温度升高的不利影响; 如果电池温度超过热敏电阻设定的“温度过高”阈值, 充电器将暂停给电池充电。

使用发射电感的额定电流设置上限, 应向下调整发射功率, 直到充电电流在最坏耦合条件下受到不利影响为止。一旦确定发射功率水平, 发射和接收线圈便应在最佳耦合条件下与充满电的电池或电池仿真器一起布置, 以确保多余功率的分流不会使芯片温度升高过多。

除温度外, 还有一个参数需要检查, 那就是 ACIN 引脚上的最大负电压。按照上述步骤, 当评估 LTC4126 在最佳耦合条件下的温度升幅时, 应确保  $V_{CC} - V_{ACIN}$  不超过 16V。图 11 显示了 ACIN 上的典型波形, 其中  $V_{CC} - V_{ACIN} < 16V$ 。

## 应用信息

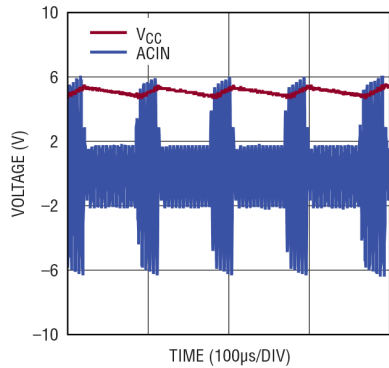


图 11. ACIN 引脚上的典型可接受电压波形， $V_{CC} - V_{ACIN} < 16V$ 。

作为使用经验方法确定 ACIN 引脚上最大负电压的替代方案，下面的公式可以与图 12 结合使用（图 12 显示了接收器上的并联谐振配置）：

$$|V_{RX}| = \frac{\omega k \sqrt{L_{TX} L_{RX}}}{\sqrt{\left(1 - \omega^2 L_{RX} C_{RX}\right)^2 + \left(\omega \frac{L_{RX}}{R_{L-AC}}\right)^2}} |I_{TX}|$$

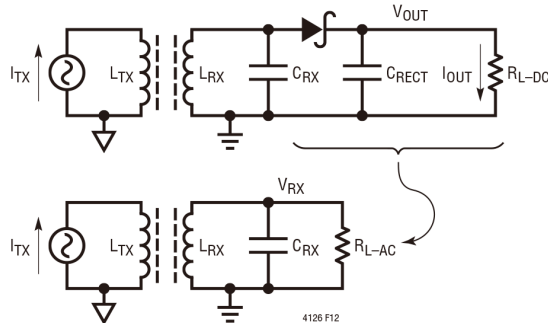


图 12. 接收器上的并联谐振配置和半波整流器建模

$|V_{RX}|$  是接收器线圈电压的幅度， $|I_{TX}|$  是发射线圈电流的幅度， $k$  是发射线圈和接收线圈之间的耦合因子， $\omega$  是以每秒弧度表示的工作频率， $L_{TX}$  是发射线圈的自感， $L_{RX}$  是接收线圈的自感， $C_{RX}$  是接收器谐振电容， $R_{L-AC}$  是等效交流负载电阻。

下面是一种简化处理：

$$R_{L-AC} \approx \frac{R_{L-DC}}{2}$$

假设肖特基二极管的压降远小于幅度  $|V_{RX}|$ 。此外， $R_{L-DC}$  可以近似为输出电压 ( $V_{OUT}$ ) 与输出电流 ( $I_{OUT}$ ) 的比率：

$$R_{L-DC} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}}$$

发射线圈电流的幅度  $|I_{TX}|$  可以直接测量，其初始（无接收器）值可以根据发射器电路计算。此初始值是保守估计，因为一旦带有负载的接收器耦合到发射器，发射器线圈电流的幅度就会下降。

两个线圈之间的耦合因子 ( $k$ ) 可以通过运行有限元仿真来获得，须输入线圈尺寸和物理配置。获得该耦合数值的更简单方法是对两个松散耦合线圈使用串联辅助和串联抵消测量方法，如图 13 所示。

以及：

$$L_{AIDING} = L_{AB}$$

$$L_{CANCELLING} = L_{CD}$$

$$k = \frac{L_{AIDING} - L_{CANCELLING}}{4\sqrt{L_{TX} L_{RX}}}$$

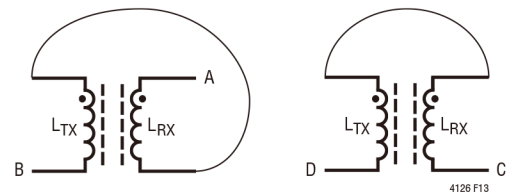


图 13. 用于测量耦合因子  $k$  的串联辅助和串联抵消方法配置



## 应用信息

### 单晶体管发射器和 LTC4126 接收器设计示例

图 7 中的示例说明了谐振耦合单晶体管发射器和 LTC4126 充电器的设计。完成设计所需的步骤如下所示。

1. 确定接收器谐振频率并设置接收器 LC 谐振器的元件值：

最佳做法是选择一个使元件数较少的谐振频率。在本示例中，选择 244kHz 作为接收器谐振频率。在 244kHz 时，所选接收线圈 (13μH) 需要的谐振器电容 ( $C_{RX}$ ) 为 33nF。33nF 是标准电容值，因此谐振器电容仅需要一个元件。谐振器电容计算如下所示。

$$C_{RX} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_{RX-TANK}^2 \cdot L_{RX}} = 32.7nF \approx 33nF$$

为  $C_{RX}$  选择一个最小电压额定值为 25V 且容差为 5% (或更好) 的 33nF 电容。较高电压额定值通常意味着品质因数较高，应优先考虑。但是，额定电压越高，封装尺寸通常也越大。

2. 设置单晶体管发射器的驱动频率 ( $f_{DRIVE}$ ):

$f_{DRIVE}$  设置为与接收器谐振频率相同的值：

$$R_{SET} = \frac{1MHz}{N_{DIV}} \cdot \frac{50k\Omega}{244kHz} = 205k\Omega$$

其中  $N_{DIV} = 1$ ，因为 LTC6990 的 DIV 引脚接地。选择容差为 1% 的 205kΩ (标准值) 电阻。有关振荡器的更多信息，请参阅 LTC6990 数据手册。

3. 设置单晶体管发射器的 LC 谐振器元件值：如果  $f_{DRIVE}$  为 244kHz，则发射 LC 谐振器频率 ( $f_{TX-TANK}$ ) 为：

$$f_{TX-TANK} = 1.29 \cdot 244kHz = 315kHz$$

本例中使用的发射线圈 ( $L_{TX}$ ) 为 7.5μH。发射谐振器电容 ( $C_{TX}$ ) 的值可计算如下：

$$C_{TX} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_{TX-TANK}^2 \cdot L_{TX}} = 34nF$$

34nF 不是标准电容值，因此使用一个 33nF 电容与一个 1nF 电容并联，以获得一个在计算出的  $C_{TX}$  的 1% 范围内的值。 $C_{TX}$  电容的推荐额定值为 50V，容差为 5% (或更好)。

4. 验证流过发射线圈的交流电流完全在其额定值范围内。在本示例中，单晶体管发射器的电源电压为 5V。流过发射 ( $L_{TX}$ ) 线圈的峰值交流电流可以计算为：

$$I_{TX-PEAK} = \frac{0.36 \cdot V_{IN}}{f_{TX-TANK} \cdot L_{TX}} = \frac{0.36 \cdot 5V}{315kHz \cdot 7.5\mu H} = 0.76A$$

RMS 电流为：

$$I_{TX-RMS} = 0.66 \cdot 0.76A = 0.5A$$

发射线圈的额定电流为 1.55A (更多信息请参阅 Würth 760308103206 数据手册)。因此，计算得出的  $I_{TX-RMS}$  远低于额定电流。

5. 还要验证所选的发射功率水平不会导致 LTC4126 过热。

### 发射器和接收器的元件选择

为确保 LTC4126 实现最佳性能，图 7 所示的接收器和发射器应分别使用表 3 和表 4 中列出的元件。选择具有良好品质因数的接收和发射线圈，以提高总功率传输效率。使用铁氧体磁芯可改善发射和接收线圈之间的磁耦合，并保护发射和接收电路的其余部分免受交流磁场的影响。发射和接收 LC 谐振器中应使用低 ESR 和低热系数的电容，如 C0G 陶瓷电容。

## 应用信息

表 3. 图 7 所示接收器的建议元件

项目	器件描述	制造商/产品型号
L <sub>RX</sub>	13μH, 10mm, 接收线圈	Würth 760308101208
C <sub>RX</sub>	电容, C0G, 33nF, ±5%, 50V, 0805 或	TDK C2012C0G1H333J125AA
	电容, C0G, 33nF, ±1%, 50V, 1206	Murata GCM3195C1H333FA16D
C <sub>OUT</sub>	陶瓷电容, 2.2μF, ±10%, 6.3V, 0402	Murata GRM155R60J225KE95D
D1	LED, 630nm, 红光, 0603, SMD	Rohm Semiconductor SML-311UTT86

表 4. 图 7 所示发射器的建议元件

项目	器件描述	制造商/产品型号
L <sub>TX</sub>	7.5μH, 28mm × 15mm, 发射线圈	Würth 760308103206
C <sub>TX1</sub>	电容, C0G, 33nF, ±5%, 50V, 0805	TDK C2012C0G1H333J125AA
C <sub>TX2</sub>	电容, C0G, 1nF, ±5%, 50V, 0603	TDK C1608C0G1H102J080AA
M1	MOSFET, N-CH 20V, 6A, SOT-23-3	Vishay Si2312CDS-T1-GE3
R <sub>SET</sub>	电阻, 205kΩ, ±1%, 1/16W, 0402	Vishay CRCW0402205KFKED
U1	IC, 压控硅振荡器, 2mm × 3mm DFN	Linear Technology LTC6990IDCB
C1	电容, X5R, 4.7μF, ±20%, 6.3V, 0402	TDK C1005X5R0J475M
C2	电容, X5R, 100μF, ±20%, 6.3V, 1206	Murata GRM31CR60J107ME39L

## CHRG 状态指示器的元件选择

CHRG 引脚上连接的 LED 由 300μA (典型值) 下拉电流源供电。应选择低正向压降的高效率 LED。表 5 列出了一些推荐 LED。

表 5. 推荐 LED

制造商/产品型号	器件描述
Rohm Semiconductor, SML-311UTT86	LED, 630nm, 红光, 0603, SMD
Lite-On Inc. LTST-C193KRKT-5A	LED, 红光, SMT, 0603

## 保证温度合适的充电

为了使用保证电池温度适合充电的功能, 须在 NTC 引脚和 GND 之间连接一个 NTC 热敏电阻 R<sub>NTC</sub>, 并在 V<sub>CC</sub> 引脚和 NTC 引脚之间连接一个偏置电阻 R<sub>BIAS</sub> (图 14)。由于 LTC4126 的温度过高比较器阈值在内部设置为 V<sub>CC</sub> 的 34.9%, 因此热敏电阻在热阈值 R<sub>HOT</sub> 时的电阻可以使用下式计算:

$$\frac{R_{HOT}}{R_{HOT} + R_{BIAS}} = 0.349$$

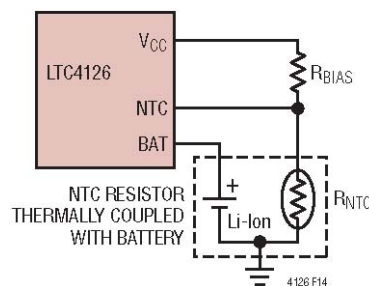


图 14. NTC 热敏电阻连接

这可以简化为:

$$\frac{R_{HOT}}{R_{BIAS}} = 0.536$$

如果选择 R<sub>BIAS</sub> 的值等于所选 NTC 热敏电阻在 25°C 时的值 (R<sub>25</sub>), 则 R<sub>HOT</sub>/R<sub>25</sub> = 0.536。热敏电阻制造商通常会公布其热敏电阻的电阻/温度转换表, 并列出热敏电阻在任何给定温度 T 时的电阻 R<sub>T</sub> 与其在 25°C 时的电阻 R<sub>25</sub> 之比。对于 Vishay 热敏电阻 NTCS0402E3104\*HT, β<sub>25/85</sub> = 3950k, 比值 R<sub>T</sub>/R<sub>25</sub> = 0.536 对应于约 40°C。

## 应用信息

同样，由于 LTC4126 的温度过低比较器阈值在内部设置为  $V_{CC}$  的 76.5%，因此热敏电阻在冷阈值  $R_{COLD}$  时的电阻可以使用下式计算：

$$\frac{R_{COLD}}{R_{COLD} + R_{BIAS}} = 0.765$$

这可以简化为：

$$\frac{R_{COLD}}{R_{BIAS}} = 3.25$$

同样，如果选择  $R_{BIAS}$  的值等于所选 NTC 热敏电阻在  $25^{\circ}\text{C}$  时的值 ( $R_{25}$ )，则  $R_{COLD}/R_{25} = 3.25$ 。对于同一 Vishay 热敏电阻， $\beta_{25/85} = 3950\text{k}$ ，比值  $R_T/R_{25} = 3.25$  对应于约  $0^{\circ}\text{C}$ 。

通过选择与  $R_{25}$  不同的 BIAS 电阻，可以增大或减小热/冷温度阈值。例如，若需要  $50^{\circ}\text{C}$  的热温度阈值，请参阅热敏电阻的电阻/温度转换表，找出比值  $R_{50}/R_{25}$ 。对于上面使用的同一 Vishay 热敏电阻，该比值为 0.3631。由于  $R_{HOT}/R_{BIAS} = 0.536$ ，所以  $R_{BIAS}$  可计算如下：

$$R_{BIAS} = \frac{R_{HOT}}{0.536} = \frac{0.3631 \cdot R_{25}}{0.536} = 0.677 \cdot R_{25}$$

这意味着：选择  $R_{BIAS}$  值等于热敏电阻在  $25^{\circ}\text{C}$  时值的 67.7%，可将热温度阈值设置为  $50^{\circ}\text{C}$ 。但是，这也会自动将冷温度阈值向上移动。冷温度阈值可以通过计算  $R_{COLD}/R_{25}$  比值来重新计算，如下所示：

$$\frac{R_{COLD}}{R_{25}} = \frac{R_{COLD}}{R_{BIAS}} \cdot \frac{R_{BIAS}}{R_{25}} = 3.25 \cdot 0.677 = 2.202$$

根据转换表，此比值对应于约  $8^{\circ}\text{C}$ 。请注意， $R_{BIAS}$  变为比  $R_{25}$  小的值时，热和冷阈值都会提高。同样， $R_{BIAS}$  的值大于  $R_{25}$  时，热和冷阈值都会降低。另请注意，在只有一个自由度（即调整  $R_{BIAS}$  的值）的情况下，用户只能设置冷阈值或热阈值，但不能同时设置两者。

通过引入另一个电阻作为第二自由度，热阈值和冷阈值可以独立调节（图 15）。电阻  $R_D$  实际上降低了 NTC 引脚和地之间电阻的灵敏度。因此，直觉上判断，该电阻会将热阈值移动到更高的温

度，并将冷阈值移动到更低的温度。 $R_{BIAS}$  和  $R_D$  的值现在可以根据下式设置：

$$R_{BIAS} = \frac{(R_{COLD} - R_{HOT})}{2.714}$$

$$R_D = 0.197 \cdot R_{COLD} - 1.197 \cdot R_{HOT}$$

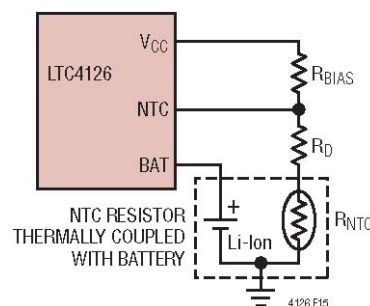


图 15. 带脱敏电阻  $R_D$  的 NTC 热敏电阻连接

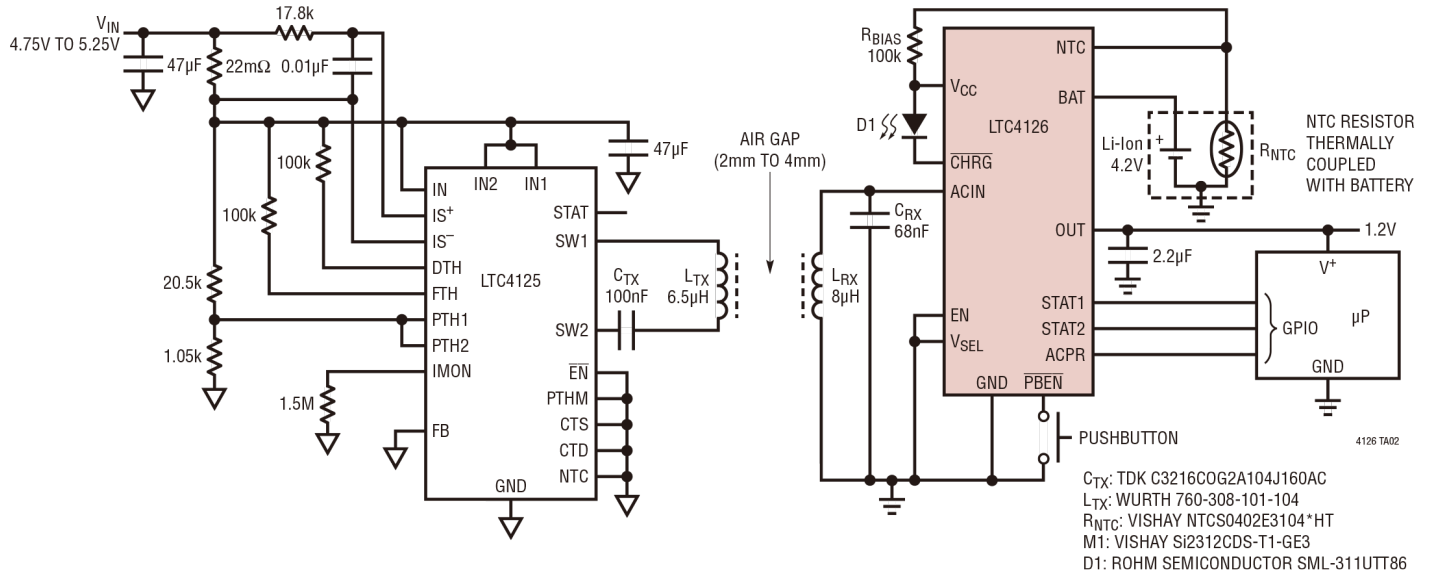
请注意，此方法只能用于将热阈值和冷阈值彼此推开。当使用上述公式时，如果用户发现  $R_D$  须为负值，则说明所选择的两个温度阈值彼此太靠近，需要更高灵敏度的热敏电阻。例如，可使用此方法将热阈值和冷阈值分别设置为  $60^{\circ}\text{C}$  和  $-5^{\circ}\text{C}$ 。利用相同的 Vishay 热敏电阻， $\beta_{25/85} = 3950\text{k}$ ，其在  $25^{\circ}\text{C}$  时的标称值为  $100\text{k}$ ，公式算得  $R_{BIAS} = 147\text{k}$ ， $R_D = 52.3\text{k}$ ，取最接近的 1% 电阻值。

### 印刷电路板布局考量

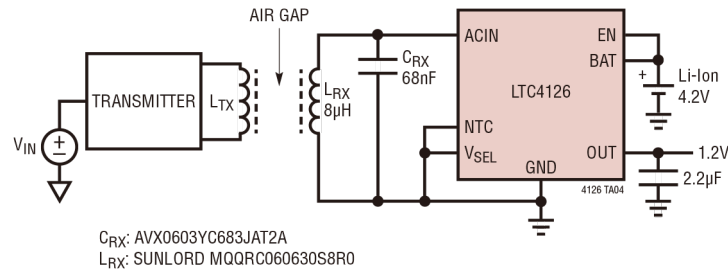
由于 LTC4126 封装的裸露焊盘是唯一的接地引脚，并且充当充电器和 DC/DC 转换器的返回路径，因此必须将其焊接到 PCB 的地，以实现良好的电气连接。虽然 LTC4126 是一款低功耗 IC，但如果可用交流功率过大，交流电源控制模块中的分流电路会引起相当大的片内功耗。如果 PCB 散热不当，芯片温度及伴随的电池温度可能会升高到 NTC 热敏电阻所设定的热阈值以上，导致充电器暂停充电。为获得最佳散热性能，应在背面裸露焊盘正下方设置一组过孔，其直接导向内部接地层。为使寄生电感最小，接地层应尽可能靠近 PCB 的顶层（2 层板）。

## 典型应用

### 全功能应用电路

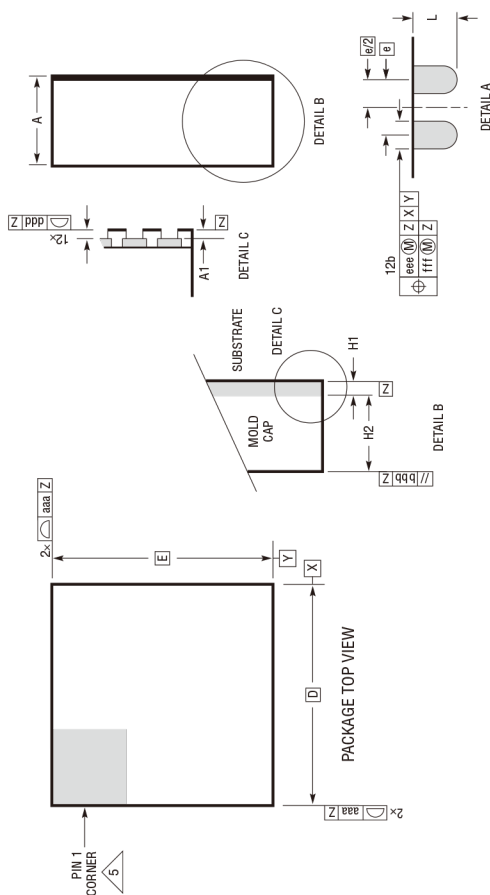
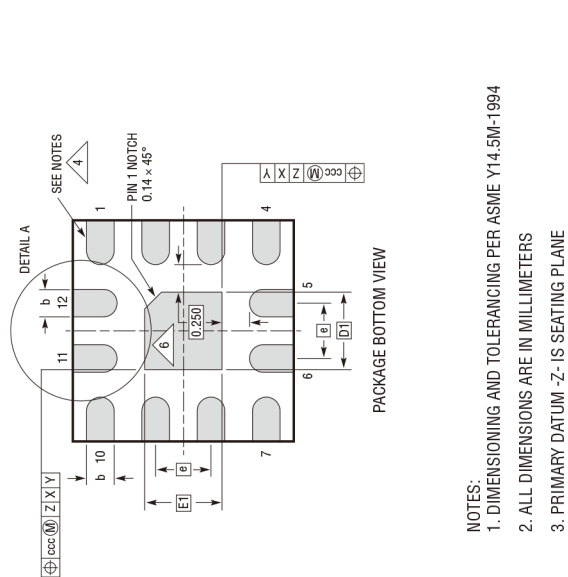


### 全功能应用电路

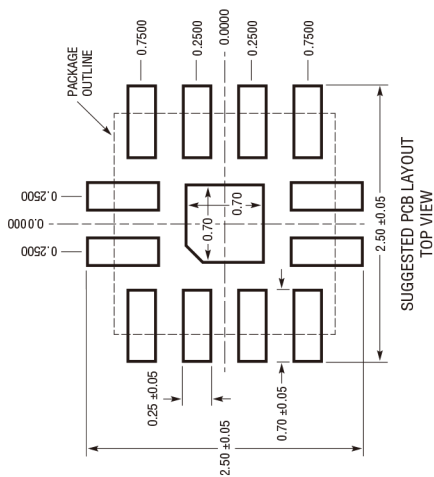


# 封装说明

## LQFN 封装 12 引脚 (2mm × 2mm × 0.74mm) (参考 LTC DWG # 05-08-1530 Rev B)



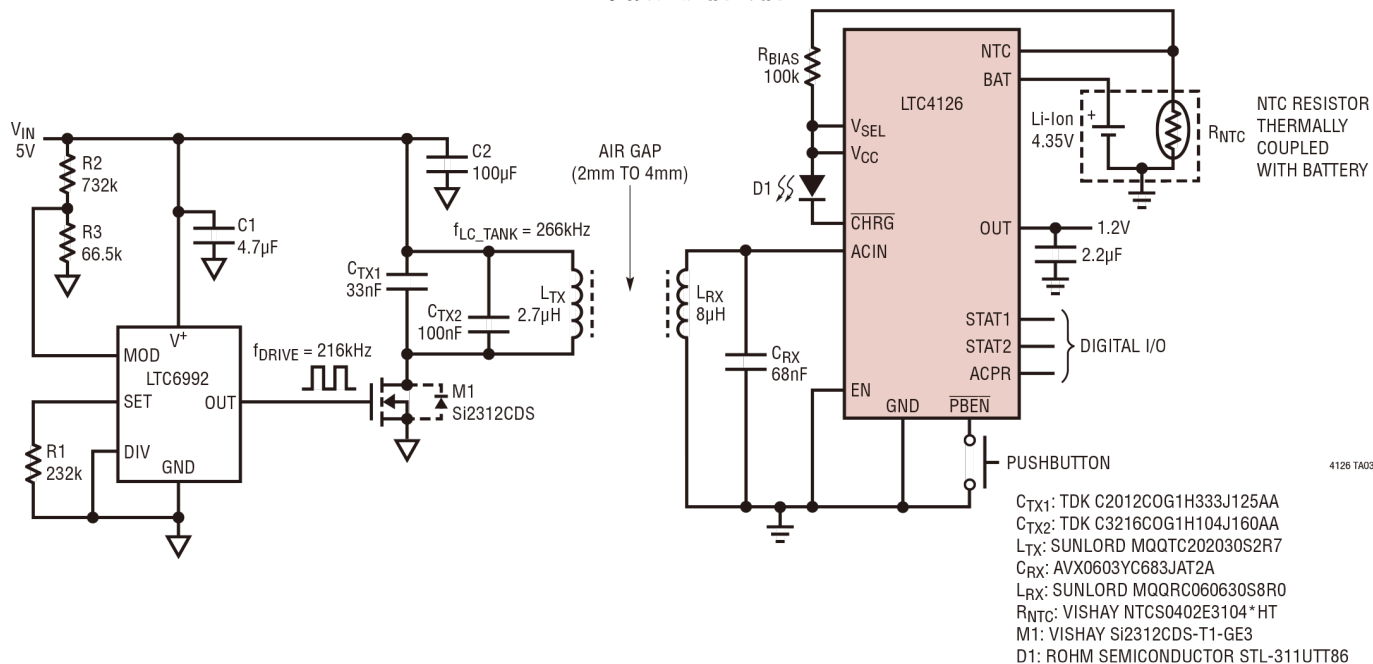
DIMENSIONS				
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTES
A	0.65	0.74	0.83	
A1	0.01	0.02	0.03	
L	0.30	0.40	0.50	
b	0.22	0.25	0.28	
D		2.00		
E		2.00		
D1		0.70		
E1		0.70		
e		0.50		
H1		0.24 REF		SUBSTRATE THK
H2		0.50 REF		MOLD CAP HT
aaa			0.10	
bbb			0.10	
ccc			0.10	
ddd			0.10	
eee			0.15	
fff			0.08	



LQFN12 0618 REV B

## 典型应用

无线 7.5mA 锂离子电池充电器 (4.35V), 调谐频率为 266kHz, 带按钮使能功能



## 相关器件

产品型号	说明	备注
LTC4120	400mA 无线功率接收器降压型电池充电器	无线 1 至 2 节锂离子电池充电器, 400mA 充电电流, 动态协调控制, 宽输入范围: 12.5V 至 40V, 16 引脚 3mm × 3mm QFN 封装
LTC4123	用于助听器的低功耗无线充电器	无线单 NiMH 电池充电器, 集成整流器, 具有过压限值, 25mA 充电电流, 锌空气检测, 温度补偿充电电压, 6 引脚 2mm × 2mm DFN 封装
LTC4125	5W 自动谐振无线功率发射器	单片自动谐振全桥驱动器。发射功率根据接收器负载自动调整, 异物检测, 宽工作开关频率范围: 50kHz 至 250kHz, 输入电压范围 3V 至 5.5V, 20 引脚 4mm × 5mm QFN 封装
LTC4070	锂离子/锂聚合物并联电池充电器系统	锂离子/聚合物并联电池充电器, 低工作电流 (450nA), 50mA 内部并联电流, 引脚可选浮空电压 (4.0V、4.1V、4.2V), 8 引脚 2mm × 3mm DFN 和 MSOP 封装
LTC4071	锂离子/聚合物并联电池充电器系统, 具有低电量断开连接功能	充电器和电池组保护集成在一个 IC 中, 低工作电流 (550nA), 50mA 内部并联电流, 引脚可选浮空电压 (4.0V、4.1V、4.2V), 8 引脚 2mm × 3mm DFN 和 MSOP 封装
LTC6990	TimerBlox: 压控硅振荡器	固定频率或电压控制操作, 频率范围 488Hz 至 2MHz, 薄型 SOT-23 和 2mm × 3mm DFN 封装
LTC6992	TimerBlox: 压控脉冲宽度调制器 (PWM)	脉冲宽度调制, 0V 至 1V 模拟输入, 频率范围 3.81Hz 至 1MHz, 薄型 SOT-23 和 2mm × 3mm DFN 封装