

用于太阳能电源的功率跟踪 2A 电池充电器

特点

- 提供用于太阳能应用中的峰值功率跟踪 (MPPT) 的输入电源电压调节环路
- 宽输入电压范围：4.95V 至 32V (40V 绝对最大值)
- 可编程充电速率高达 2A
- 可由用户选择的充电终止：C/10 或内置充电终止定时器
- 可采用电阻器设置并高达 14.4V 的浮置电压能支持锂离子 / 锂聚合物电池、LiFePO₄ (磷酸铁锂) 电池、SLA (密封铅酸) 电池化学组成
- 当电池电压 ≤ 4.2V 时无需 V_{IN} 隔离二极管
- 1MHz 固定频率
- 0.5% 浮置电压基准准确度
- 5% 充电电流准确度
- 2.5% C/10 检测准确度
- 二进制编码集电极开路状态引脚
- 耐热性能增强型 12 引脚 3mm x 3mm DFN 和 MSE 封装

应用

- 太阳能供电型应用
- 远程监控站
- LiFePO₄ (磷酸铁锂) 电池供电型应用
- 便携手持式仪器
- 12V 至 24V 汽车系统

描述

LT3652 是一款完整的单片式、降压型电池充电器，可在 4.95V 至 32V 的输入电压范围内运作。LT3652 提供恒定电流 / 恒定电压充电特性，最大充电电流可在外部设置至高达 2A。该充电器采用了一个 3.3V 浮置电压反馈基准，因此可以使用一个电阻分压器来设置任何期望并可高达 14.4V 的电池浮置电压。

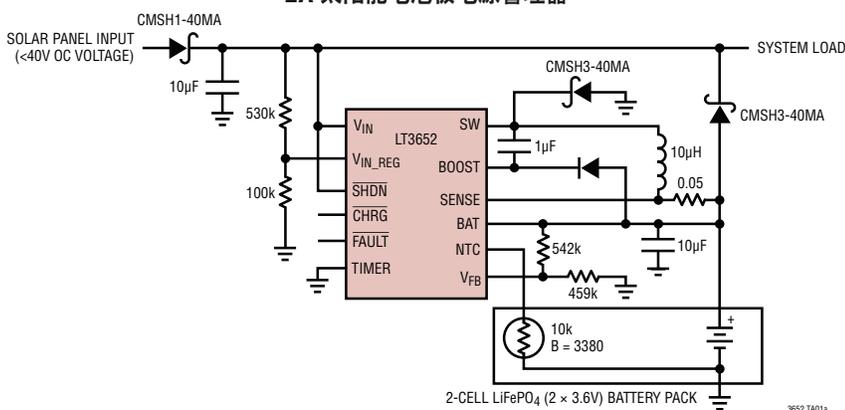
LT3652 运用了一个输入电压调节环路，如果输入电压降至一个编程电平 (由一个电阻分压器来设定) 以下，则该输入电压调节环路将减小充电电流。当 LT3652 由一块太阳能电池板来供电时，输入调节环路将用于把太阳能电池板保持在峰值输出功率。

可以通过配置使 LT3652 在充电电流降至编程最大值的 1/10 (C/10) 以下时终止充电操作。当充电操作终止时，LT3652 将进入一种低电流 (85μA) 待机模式。如果电池电压下降至编程浮置电压以下达 2.5%，则一种自动再充电功能将启动一个新的充电周期。LT3652 还包含一个可编程安全定时器，用于在到达一个期望时间之后终止充电操作。这在电流小于 C/10 的条件下提供了「top-off」型充电。

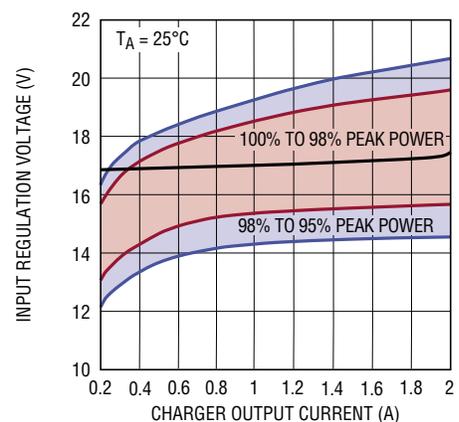
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology 和 Linear 标识是凌力尔特公司的注册商标，PowerPath 是凌力尔特公司的商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

典型应用

采用 7.2V LiFePO₄ 电池并具 17W 峰值功率跟踪功能的 2A 太阳能电池板电源管理器



太阳能电池板输入电压调节，跟踪最大功率点至大于 98%



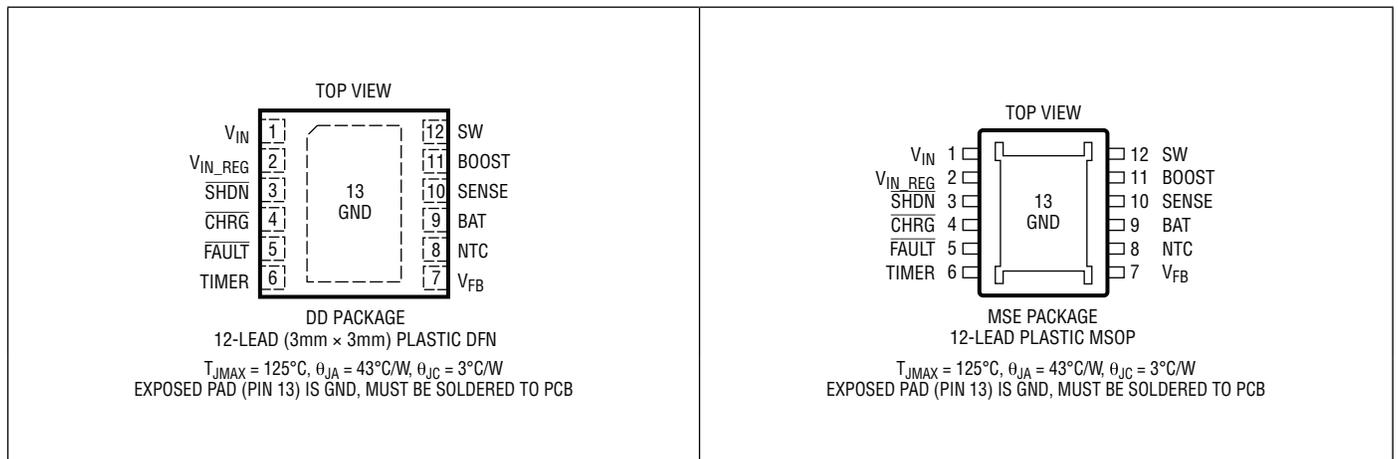
LT3652

绝对最大额定值

(注 1)

电压：	BAT、SENSE	15V
V_{IN}	BAT-SENSE	-0.5V 至 +0.5V
V_{IN_REG} 、 \overline{SHDN} 、 \overline{CHRG} 、 \overline{FAULT} .. $V_{IN} + 0.5V$ ，40V	NTC、TIMER.....	2.5V
SW	V_{FB}	5V
SW- V_{IN}	工作结温范围 (注 2)	-40°C 至 125°C
BOOST	贮存温度范围	-65°C 至 150°C

引脚配置



订购信息

无铅涂层	卷带	器件标记 *	封装描述	温度范围
LT3652EDD#PBF	LT3652EDD#TRPBF	LFHT	12 引脚塑料 DFN 3mm x 3mm	-40°C 至 125°C
LT3652IDD#PBF	LT3652IDD#TRPBF	LFHT	12 引脚塑料 DFN 3mm x 3mm	-40°C 至 125°C
LT3652EMSE#PBF	LT3652EMSE#TRPBF	3652	12 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LT3652IMSE#PBF	LT3652IMSE#TRPBF	3652	12 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌力尔特公司。

如需了解更多有关无铅器件标记的信息，请登录：<http://www.linear.com.cn/leadfree/>

如需了解更多有关卷带规格的信息，请登录：<http://www.linear.com.cn/tapeandreel/>。有些封装可通过指定的销售渠道以 500 片的卷盘形式供货 (具有 #TRMPBF 后缀)。

电气特性

凡标注 ● 表示该指标适合规定的工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ (注 2)。 $V_{IN} = 20\text{V}$ ， $\text{BOOST} - \text{SW} = 4\text{V}$ ， $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$ ， $V_{FB} = 3.3\text{V}$ ， $C_{\text{TIMER}} = 0.68\mu\text{F}$ 。

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN}	V_{IN} 工作范围 V_{IN} 起动电压	$V_{BAT} = 4.2$ (注 3、4) $V_{BAT} = 4.2$ (注 4)	●	4.95		32	V
			●	7.5			V
$V_{IN}(\text{OVLO})$	OVLO 门限 OVLO 迟滞	V_{IN} 上升	●	32	35 1	40	V V
					4.6 0.2	4.95	V V
$V_{FB}(\text{FLT})$	浮置电压基准	(注 6)		3.282 3.26	3.3	3.318 3.34	V V
			●				
$\Delta V_{\text{RECHARGE}}$	再充电基准门限	相对于 $V_{FB}(\text{FLT})$ 的电压 (注 6)			82.5		mV
$V_{FB}(\text{PRE})$	基准预充电门限	V_{FB} 上升 (Note 6)			2.3		V
$V_{FB}(\text{PREHYST})$	基准预充电门限迟滞	相对于 $V_{FB}(\text{PRE})$ 的电压 (注 6)			70		mV
$V_{IN_REG}(\text{TH})$	输入调节基准	$V_{FB} = 3\text{V}$ ； $V_{\text{SENSE}} - V_{BAT} = 50\text{mV}$	●	2.65	2.7	2.75	V
I_{IN_REG}	输入调节基准偏置电流	$V_{IN_REG} = V_{IN_REG}(\text{TH})$	●		35	100	nA
I_{VIN}	工作输入电源电流	CC/CV 模式， $I_{SW} = 0$ 待机模式 停机 ($\overline{\text{SHDN}} = 0$)	●		2.5	3.5	mA
					85		μA
					15		μA
I_{BOOST}	BOOST 电源电流	接通， $I_{SW} = 0$ ， $2.5 < V_{(\text{BOOST} - \text{SW})} < 8.5$			20		mA
I_{BOOST}/I_{SW}	BOOST 开关驱动	$I_{SW} = 2\text{A}$			30		mA/A
$V_{SW}(\text{ON})$	接通电压降	$V_{IN} - V_{SW}$ ， $I_{SW} = 2\text{A}$			350		mV
$I_{SW}(\text{MAX})$	开关电流限值		●	2.5	3		A
$V_{\text{SENSE}}(\text{PRE})$	预充电检测电压	$V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$ ； $V_{FB} = 2\text{V}$			15		mV
$V_{\text{SENSE}}(\text{DC})$	最大检测电压	$V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$ ； $V_{FB} = 3\text{V}$ (注 7)	●	95	100	105	mV
$V_{\text{SENSE}}(\text{C}/10)$	C/10 触发器检测电压	$V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$ ， 下降	●	7.5	10	12.5	mV
I_{BAT}	BAT 输入偏置电流	充电被终止			0.1	1	μA
I_{SENSE}	SENSE 输入偏置电流	充电被终止			0.1	1	μA
I_{REVERSE}	充电器反向电流 $I_{BAT} + I_{\text{SENSE}} + I_{SW}$	$V_{IN} = 0$ ； $V_{BAT} = V_{\text{SENSE}} = V_{SW} = 4.2\text{V}$			1		μA
I_{VFB}	V_{FB} 输入偏置电流	充电被终止			65		nA
I_{VFB}	V_{FB} 输入偏置电流	CV 操作 (注 5)			110		nA
$V_{\text{NTC}}(\text{H})$	NTC 范围限值 (高)	V_{NTC} 上升	●	1.25	1.36	1.45	V
$V_{\text{NTC}}(\text{L})$	NTC 范围限值 (低)	V_{NTC} 下降	●	0.27	0.29	0.315	V
$V_{\text{NTC}}(\text{HYST})$	NTC 门限迟滞	门限的 %			20		%
$R_{\text{NTC}}(\text{DIS})$	NTC 停用阻抗	至地阻抗	●	250	500		k Ω
I_{NTC}	NTC 偏置电流	$V_{\text{NTC}} = 0.8\text{V}$	●	47.5	50	52.5	μA
$V_{\overline{\text{SHDN}}}$	停机门限	上升	●	1.15	1.2	1.25	V
$V_{\overline{\text{SHDN}}}(\text{HYST})$	停机迟滞				120		mV
$I_{\overline{\text{SHDN}}}$	$\overline{\text{SHDN}}$ 输入偏置电流				-10		nA
$V_{\text{CHRG}}, V_{\text{FAULT}}$	状态低电压	10mA 负载	●			0.4	V
I_{TIMER}	充电 / 放电电流				25		μA
$V_{\text{TIMER}}(\text{DIS})$	定时器停用门限		●	0.1	0.25		V

LT3652

电气特性 凡标注 ● 表示该指标适合规定的工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ (注 2)。 $V_{IN} = 20\text{V}$ ， $\text{BOOST} - \text{SW} = 4\text{V}$ ， $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$ ， $V_{FB} = 3.3\text{V}$ ， $C_{\text{TIMER}} = 0.68\mu\text{F}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{TIMER}	满充电周期超时			3		hr
	预充电超时			22.5		min
	定时器准确度		●	-10	10	%
f_0	工作频率			1		MHz
DC	占空比范围	连续操作	●	15	90	%

注 1：高于「绝对最大额定值」部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

注 2：LT3652EDD 的性能指标在 0°C 至 125°C 的结温范围内得到保证。 -40°C 至 125°C 工作结温范围内的规格指标由设计、特性分析和统计过程控制中的相关性来保证。LT3652IDD 的性能指标在整个 -40°C 至 125°C 的工作结温范围内得到保证。请注意，与这些规格指标相符的最大环境温度由特定的工作条件与电路板布局、封装的额定热阻抗及其他环境因素共同决定。

注 3：只有当 $(V_{\text{BOOST}} - V_{\text{SW}}) > 2\text{V}$ 时，才支持最小 V_{IN} 电压低于开启电压门限。

注 4：该参数对于 $\leq 4.2\text{V}$ 的编程输出电池浮置电压是有效的。 V_{IN} 工作范围最小值比编程输出电池浮置电压高 0.75V ($V_{\text{BAT(FLT)}} + 0.75\text{V}$)。 V_{IN} 启动电压比编程输出电池浮置电压高 3.3V ($V_{\text{BAT(FLT)}} + 3.3\text{V}$)。

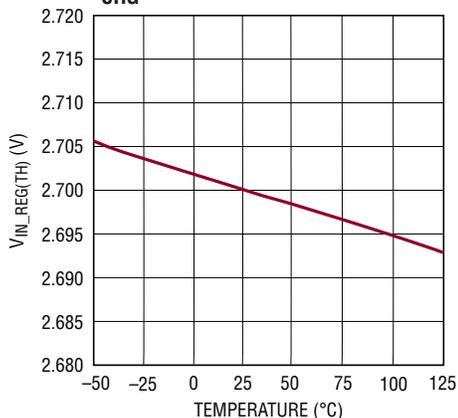
注 5：输出电池浮置电压 ($V_{\text{BAT(FLT)}}$) 编程电阻分压器等效电阻 = 250k 可补偿输入偏置电流。

注 6：所有的 V_{FB} 电压均通过 250k 串联电阻测量。

注 7：当结温接近 125°C 时热折返功能电路将降低 $V_{\text{SENSE(DC)}}$ 。

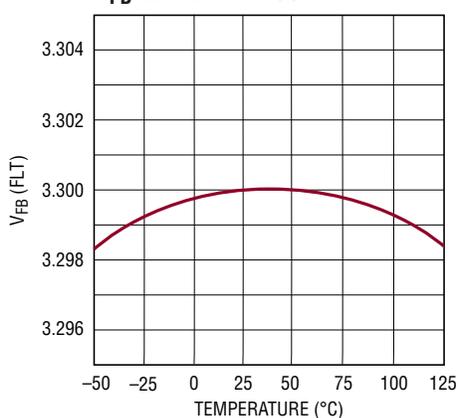
典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

**V_{IN_REG} 门限与温度的关系：
 I_{CHG} 在 50%**



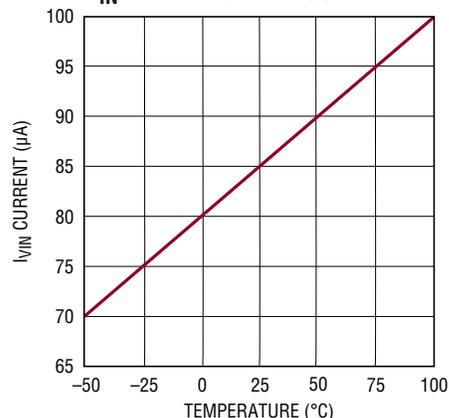
3652 G01

V_{FB} 基准电压与温度的关系



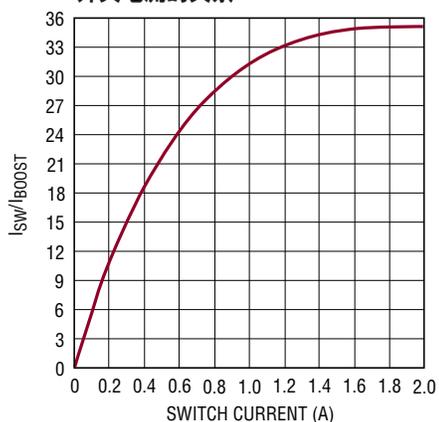
3652 G01a

I_{VIN} 待机模式电流与温度的关系



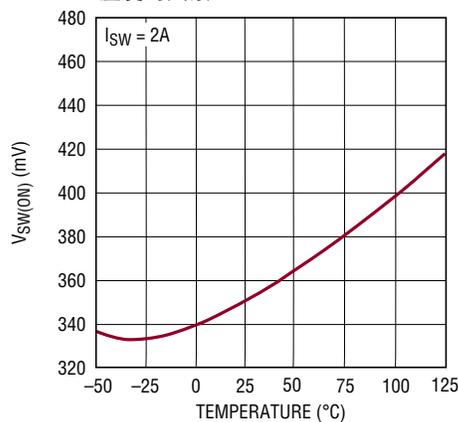
3652 G02

**开关驱动 (I_{SW}/I_{BOOST}) 与
开关电流的关系**



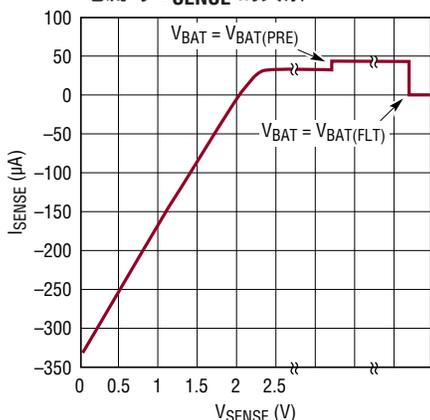
3652 G03

**开关正向压降 ($V_{IN} - V_{SW}$) 与
温度的关系**



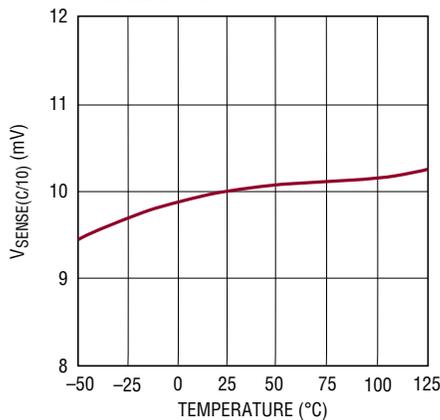
3652 G04

**CC/CV 充电；SENSE 引脚偏置
电流与 V_{SENSE} 的关系**



3652 G05

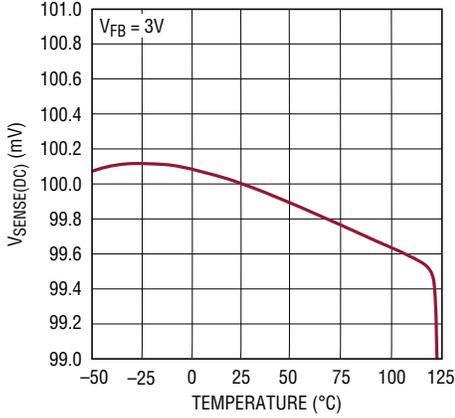
**C/10 门限 ($V_{SENSE} - V_{BAT}$)
与温度的关系**



3652 G06

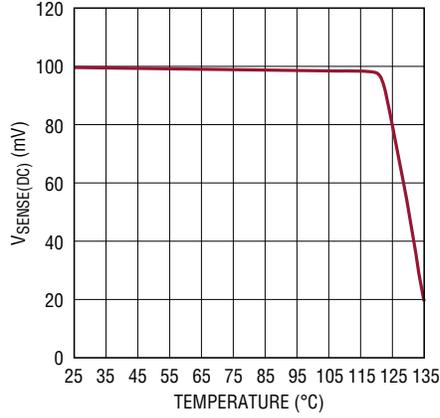
典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

最大充电电流 ($V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$) 与温度的关系



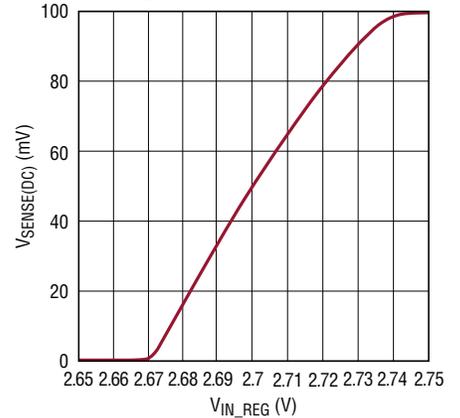
3652 G07

热折返 - 最大充电电流 ($V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$) 与温度的关系



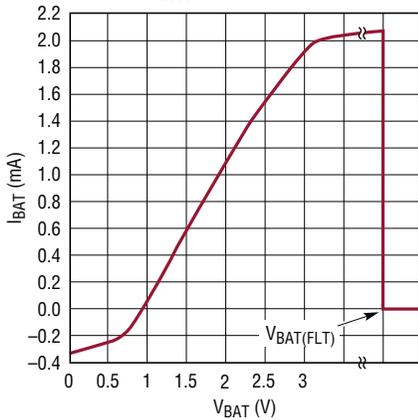
3652 G08

最大充电电流 ($V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$) 与 $V_{\text{IN_REG}}$ 电压的关系



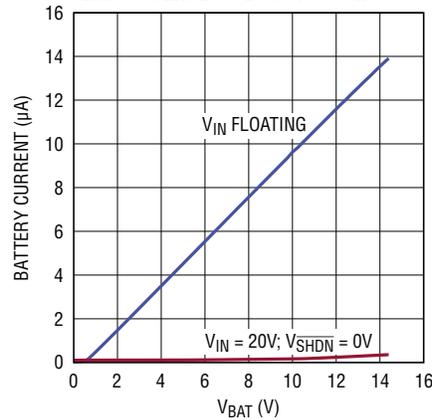
3652 G09

CC/CV 充电；BAT 引脚偏置电流与 V_{BAT} 的关系



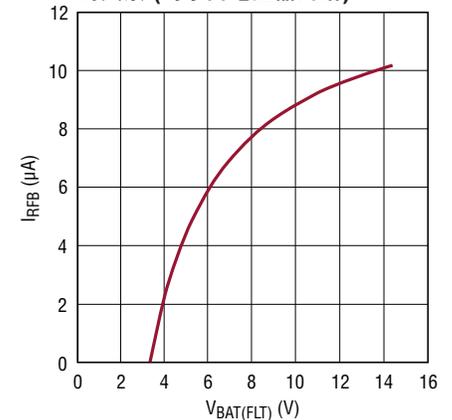
3652 G10

充电器停用时的电池偏置 $I_{\text{BAT}} + I_{\text{SENSE}} + I_{\text{BOOST}} + I_{\text{SW}}$ 电流



3652 G11

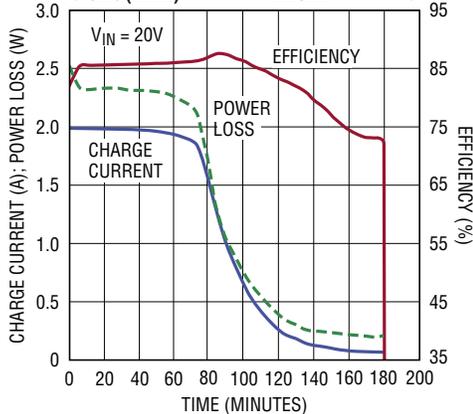
V_{FLOAT} 编程电阻器电流与 V_{FLOAT} 的关系 (对于两电阻器网络)



3652 G11

充电电流、效率和功率损耗与时间的关系

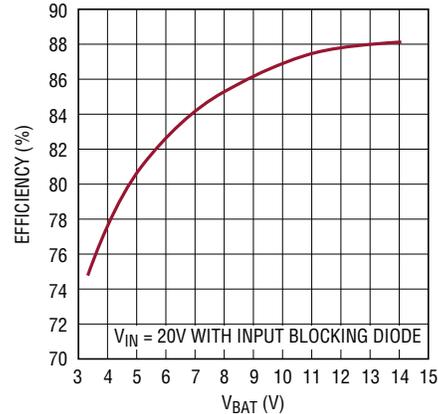
($I_{\text{CHG(MAX)}} = 2\text{A}$; $V_{\text{FLOAT}} = 8.2\text{V}$)



3652 G12

充电器效率与电池电压的关系

($I_{\text{CHG}} = 2\text{A}$)



3652 G13

引脚功能

V_{IN} (引脚 1)：充电器输入电源。V_{IN} 工作范围为 4.95V 至 32V。V_{IN} 必须比编程输出电池浮置电压 (V_{BAT(FLT)}) 高 3.3V 以实现可靠的启动。(V_{IN} - V_{BAT(FLT)}) ≥ 0.75V 是最小工作电压，前提是 (V_{BOOST} - V_{SW}) ≥ 2V。在充电终止之后 I_{VIN} 约为 85μA。

V_{IN_REG} (引脚 2)：输入电压调节基准。当该引脚电平低于 2.7V 时最大充电电流减小。在 V_{IN} 和该引脚之间连接一个电阻分压器可使能最小运行 V_{IN} 电压的编程。这通常用于设置一块太阳能电池板的峰值功率电压。LT3652 可以调节最大充电电流以维持设置的 V_{IN} 运行电压，通过维持 V_{IN_REG} 的电压为 2.7V 或者高于 2.7V 来实现。如果未采用电压调节功能，则把该引脚连接至 V_{IN}。

SHDN (引脚 3)：精准门限停机引脚。使能门限为 1.2V (上升)，具有 120mV 的输入迟滞。当处于停机模式时，所有的充电功能均被停用。精准的门限允许使用 SHDN 引脚来纳入 UVLO 功能。如果 SHDN 引脚被拉至 0.4V 以下，则 IC 进入一种低功率停机模式，此时的 V_{IN} 电流减小至 15μA。典型的 SHDN 引脚输入偏置电流为 10nA。如果不需要停机功能，则把该引脚连接至 V_{IN}。

CHRG (引脚 4)：集电极开路充电器状态输出；其通常通过一个电阻器上拉至一个基准电压。该状态引脚在停用时可被上拉至高达 V_{IN} 的电压，并在启用时能够吸收高达 10mA 的电流。在一个电池充电周期中，如果所需的充电电流大于编程最大电流的 1/10 (C/10)，则 CHRG 被拉至低电平。另外，温度故障也会致使此引脚被拉至低电平。在 C/10 充电终止之后，或假如内部定时器用于充电终止且充电电流小于 C/10，则 CHRG 引脚处于高阻抗状态。

FAULT (引脚 5)：集电极开路充电器状态输出；其通常通过一个电阻器上拉至一个基准电压。该状态引脚在停用时可被上拉至高达 V_{IN} 的电压，并在启用时能够吸收高达 10mA 的电流。该引脚负责在一个电池充电周期中指示故障情况。

温度故障会导致此引脚被拉至低电平。假如内部定时器用于充电终止，则失效电池故障也将致使该引脚的电平被拉低。倘若不存在故障情况，则 FAULT 引脚呈高阻抗状态。

TIMER (引脚 6)：周期结束定时器编程引脚。如果期望采用基于定时器的充电终止，则在该引脚和地之间连接一个电容器。满充电周期结束时间 (单位：小时) 利用该电容器来设置，遵循的公式如下：

$$t_{EOC} = C_{TIMER} \cdot 4.4 \cdot 10^6$$

如果电池未在 t_{EOC} 的 1/8 之内实现预充电门限电压，则产生一种失效电池故障，即：

$$t_{PRE} = C_{TIMER} \cdot 5.5 \cdot 10^5$$

通常采用一个 0.68μF 电容器，其产生一个三小时的定时器 EOC 和一个 22.5 分钟的预充电限制时间。如果不期望使用基于定时器的充电终止，则通过把 TIMER 引脚连接至地来停用定时器功能。在定时器功能停用的情况下，充电操作将在充电电流降至低于 C/10 门限 (即 I_{CHG(MAX)}/10) 时终止。

V_{FB} (引脚 7)：电池浮置电压反馈基准。充电功能运行以在该引脚上实现一个 3.3V 的最终浮置电压。输出电池浮置电压 (V_{BAT(FLT)}) 采用一个电阻分压器来设置。V_{BAT(FLT)} 可设置为高达 14.4V。

自动重启动功能在 V_{FB} 引脚电压降至低于浮置电压基准达 2.5% 时启动一个新的充电周期。

V_{FB} 引脚输入偏置电流为 110nA。采用一个在 V_{FB} 引脚上具有 250k 等效输入电阻的电阻分压器可弥补输入偏置电流误差。

设置期望 V_{BAT(FLT)} 所需的电阻器阻值遵循下面的方程：

$$R1 = (V_{BAT(FLT)} \cdot 2.5 \cdot 10^5) / 3.3 \quad (\Omega)$$

$$R2 = (R1 \cdot 2.5 \cdot 10^5) / (R1 - (2.5 \cdot 10^5)) \quad (\Omega)$$

R1 连接在 BAT 和 V_{FB} 之间，而 R2 则连接在 V_{FB} 和地之间。

引脚功能

NTC (引脚 8) : 电池温度监视器引脚。该引脚是 NTC (负温度系数) 热敏电阻温度监视电路的输入。该功能通过在 NTC 引脚和地之间连接一个 $10\text{k}\Omega$ 、 $B = 3380$ NTC 热敏电阻来启用。该引脚提供 $50\mu\text{A}$ ，并监视 $10\text{k}\Omega$ 热敏电阻两端的电压。当该引脚上的电压高于 1.36V ($T < 0^\circ\text{C}$) 或低于 0.29V ($T > 40^\circ\text{C}$) 时，充电功能被停用，而且 $\overline{\text{CHRG}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚均被拉至低电平。如果采用的是内部定时器终止，则定时器暂停并暂停充电周期。当 NTC 上的电压返回至 0.29V 至 1.36V 的作用区域内时，充电恢复。存在着与每个温度门限相关联的约 5°C 的温度迟滞。当至地的热敏电阻阻值小于 250k 时，温度监视功能处于启用状态，因此假如不需要该功能则把 NTC 引脚置于不连接状态。

BAT (引脚 9) : 充电器输出监视器引脚。连接一个 $10\mu\text{F}$ 去耦电容 (C_{BAT}) 至地。视应用要求的不同，可能需要采用数值更大的去耦电容器。充电功能运行以在该引脚上实现编程输出电池浮置电压 ($V_{\text{BAT(FLT)}}$)。另外，此引脚还是用于电流检测电压的基准。一旦某个充电周期被终止，则 BAT 引脚的输入偏置电流减小至 $< 0.1\mu\text{A}$ ，以最大限度地减少充电器处于连接状态时的电池放电量。

SENSE (引脚 10) : 充电电流检测引脚。在 SENSE 引脚和 BAT 引脚之间连接电感器检测电阻器 (R_{SENSE})。该电阻器两端的电压设定了平均充电电流。最大充电电流

($I_{\text{CHG(MAX)}}$) 对应于检测电阻器两端上的 100mV 。可设定该电阻器以设置高达 2A 的最大充电电流。检测电阻器阻值遵循下面的关系式：

$$R_{\text{SENSE}} = 0.1 / I_{\text{CHG(MAX)}} (\Omega)$$

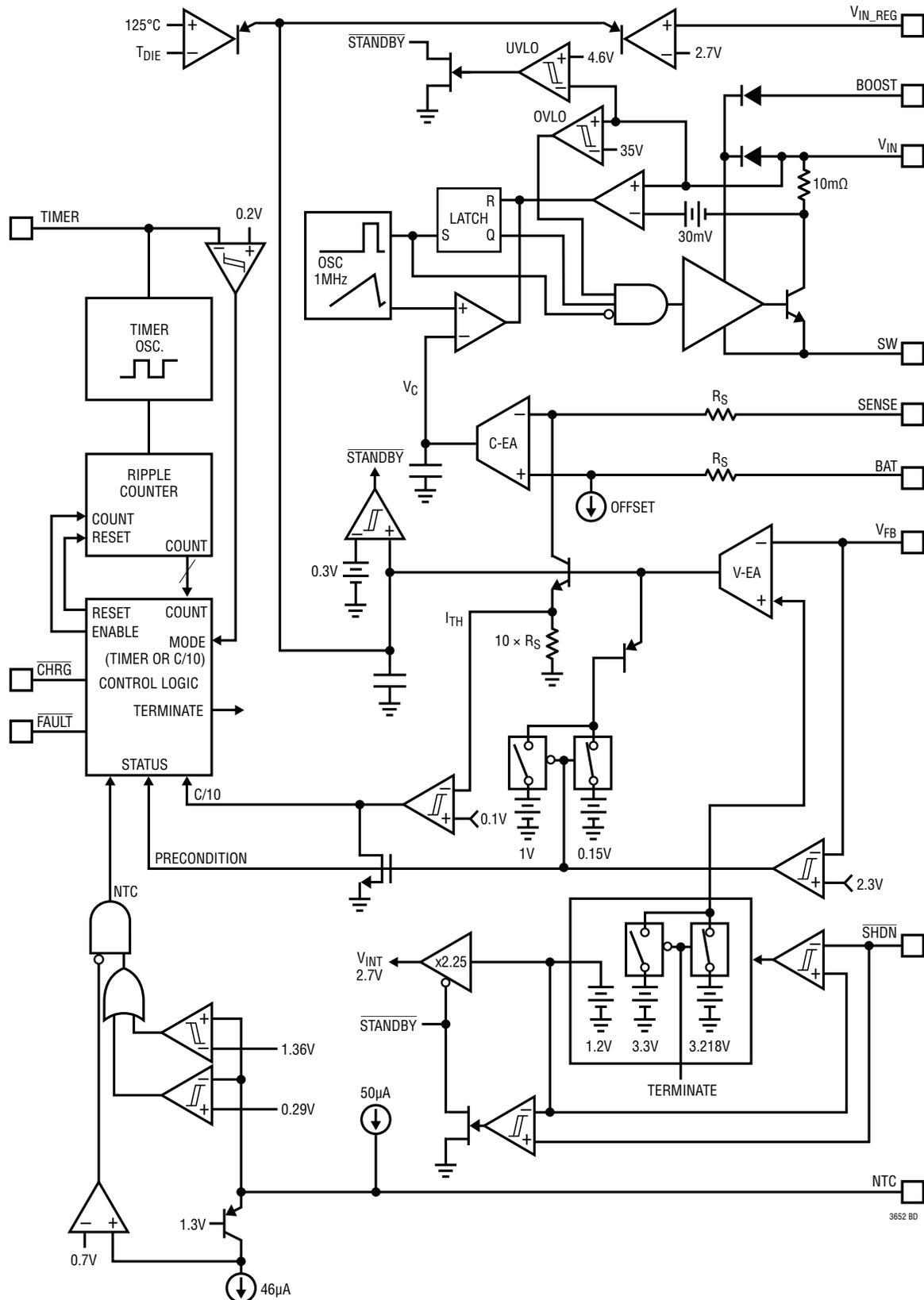
一旦某个充电周期被终止，则 SENSE 引脚的输入偏置电流减小至 $< 0.1\mu\text{A}$ ，以最大限度地减少充电器保持连接状态时的电池放电量。

BOOST (引脚 11) : 用于开关驱动器的自举电源轨。该引脚助长了开关晶体管的饱和。在 BOOST 引脚和 SW 引脚之间连接一个 $1\mu\text{F}$ 或更大的电容器。该引脚的工作范围为 0V 至 8.5V (参考于 SW 引脚)。去耦电容器上的电压通过一个整流二极管来刷新，该二极管的正极连接至电池输出电压或一个外部电源，而其负极则连接至 BOOST 引脚。

SW (引脚 12) : 开关输出引脚。该引脚是充电器开关的输出，而且对应于开关晶体管的发射极。当启用时，开关把 SW 引脚短接至 V_{IN} 电源。用于该开关的驱动电路采用 BOOST 电源引脚自举至高于 V_{IN} 电源，从而允许开关饱和以实现最大的效率。升压开关的有效导通电阻为 0.175Ω 。

GND (引脚 13) : 接地基准和背部裸露引线框架热连接。把裸露的引线框架焊接至 PCB 接地平面。

方框图



应用信息

概述

LT3652 是一款完整的单片式、中等功率、多种化学组成降压型电池充电器，可利用所需外部组件极少的解决方案来满足高输入电压应用的要求。该 IC 采用一种 1MHz 恒定频率、平均电流模式降压型架构。

LT3652 内置了一个由自举电源驱动的 2A 开关，以最大限度地提高充电周期中的效率。宽输入范围允许采用高达 32V 的电压进行至满充电的操作。一个精准门限停机引脚采用一个简单的电阻分压器实现了 UVLO 功能的内置。另外，该 IC 还可被置于一种低电流停机模式中，此时的输入电源偏置电流减小至仅为 15 μ A。

LT3652 运用了一个输入电压调节环路，该环路在某个监视输入电压降至一个编程电平以下时减小充电电流。当 LT3652 由一块太阳能电池板供电时，输入调节环路用于将该太阳能电池板保持在峰值输出功率。

如果检测到的电池电压非常低，则 LT3652 自动地进入一种电池预充电模式。在该模式中，充电电流减小至编程最大值的 15%，这由电感器检测电阻器 R_{SENSE} 设定。一旦电池电压达到满充电浮置电压的 70%，则该 IC 自动地把最大充电电流增加至满编程值。

LT3652 能够采用一种基于充电电流的 C/10 终止方案，该方案在电池充电电流减小至编程最大充电电流的 1/10 时结束一个充电周期。LT3652 还包含一个内部充电周期控制定时器，其用于实现基于定时器的充电终止。当采用内部定时器时，该 IC 组合了 C/10 检测和一种可编程时间约束，在此期间充电周期能够在超过 C/10 水平的条件下持续，以对电池进行「top-off」型充电。在经过某个特定的时间（通常为 3 小时）之后，充电周期终止。当采用基于定时器的方案时，该 IC 还支持失效电池检测，此检测功能在某个电池停留于预充电模式中的时间超过总充电周期时间的 1/8 时触发一个系统故障。

一旦充电操作被终止，LT3652 自动地进入一种低电流待机模式，在该模式中电源偏置电流减小至 85 μ A。该 IC 在处于待机模式时继续监视电池电压，而且倘若该电压从满充电浮置电压下降 2.5%，则 LT3652 自动重启充电周期。另外，一旦故障电池被拿掉并更换了另一个电池，则该 IC 还将在失效电池故障之后自动地重启一个新的充电周期。

LT3652 包含了用于电池温度监视电路的预防措施。该功能可在充电周期中采用一个热敏电阻来监视电池温度。如果电池温度超出了 0°C 至 40°C 的安全充电范围，则 IC 将中止充电操作并发出一个故障情况指示信号，直到电池温度返回安全充电范围为止。

LT3652 包含两个数字集电极开路输出，它们提供了充电器状态和信号故障情况。这些二进制编码引脚负责发出「电池充电」、「待机或停机模式」、「电池温度故障」和「失效电池故障」指示信号。

一般操作 (见「方框图」)

LT3652 采用平均电流模式控制环路架构，这样 IC 直接维持至平均充电电流。LT3652 利用 V_{FB} 引脚通过一个电阻分压器来检测充电器输出电压。该引脚上的电压与一个内部 3.3V 电压基准之间的差异由电压误差放大器 (V-EA) 进行积分。该放大器在其输出端 (I_{TH}) 上产生一个误差电压，其对应于在连接于 SENSE 和 BAT 引脚之间的电感器电流检测电阻器 R_{SENSE} 两端检测到的平均电流。 I_{TH} 电压随后进行了 10 倍的分压并被加在电流误差放大器 (C-EA) 的输入端上。对该施加电压与电流检测电阻器电压之间的差异进行积分，把最终得出的电压 (V_C) 用作一个门限 (其与一个内部产生的斜坡进行对比)。该比较的结果输出负责控制充电器的开关。

应用信息

I_{TH} 误差电压线性地对应着在电感器电流检测电阻器的两端上检测的平均电流，从而通过限制 I_{TH} 的有效电压范围来实现最大充电电流控制。一个箝位把该电压限制为 1V，这接着将电流检测电压限制为 100mV。这设定了最大充电电流，即在充电器工作于恒定电流 (CC) 模式时所提供的电流，其对应于 R_{SENSE} 两端的 100mV。如果 V_{IN_REG} 引脚上的电压降低至低于 2.7V ($V_{IN_REG(TH)}$) 或芯片温度接近 125°C，则 I_{TH} 电压被下拉以减小该最大充电电流。

假如 V_{FB} 引脚上的电压低于 2.3V ($V_{FB(PRE)}$)，则 LT3652 使用预充电模式。在预充电间隔期间，充电器继续工作于恒定电流模式，但是最大充电电流减小至由 R_{SENSE} 设定的最大编程值的 15%。

当充电器输出电压接近浮置电压，或 V_{FB} 引脚上的电压接近 3.3V ($V_{FB(FLT)}$) 时，充电器将转换至恒定电压 (CV) 模式，而且充电电流从最大值减小。当出现这种情况时， I_{TH} 电压从限制箝位下降并维持在较低的电压。IC 在 I_{TH} 电压下降时对其实施监视，而且 C/10 充电电流检测在 $I_{TH} = 0.1V$ 时实现。如果充电器配置为采用 C/10 终止，则该门限用于终止充电周期。一旦充电周期被终止， \overline{CHRG} 状态引脚即变至高阻抗，且充电器进入低电流待机模式。

LT3652 包含一个内部充电周期定时器，其在一个编程时间之后终止一个成功的充电周期。该定时器通常被编程为在 3 小时后实现周期结束 (EOC)，但是通过设定一个适当的定时电容器数值 (C_{TIMER}) 可针对任何时间量进行配置。当采用定时器终止时，充电周期在 C/10 实现时并不终止。由于 \overline{CHRG} 状态引脚对应于 C/10 电流水平，因此 IC 将指示一

种满充电电池状态，但是充电器继续给电池提供低电流，直到经过了编程 EOC 时间为止，此时充电周期将终止。在充电周期终止时的 EOC，如果电池未实现满浮置电压的至少 97.5%，则认为充电是不成功的，LT3652 重新启动，充电操作将持续另一个完整的定时器周期。

另外，使用定时器功能也使能了失效电池检测。如果电池未对预充电做出响应，则这种故障条件触发，比如充电器在编程充电周期时间的 1/8 之后仍然处于 (或进入) 预充电模式。失效电池故障将中止充电周期， \overline{CHRG} 状态引脚变至高阻抗状态，而且 \overline{FAULT} 引脚被拉至低电平。

当 LT3652 终止了一个充电周期时 (不管是通过 C/10 检测还是利用达到定时器 EOC)，平均电流模式模拟环路处于运行状态，但是内部浮置电压基准下降了 2.5%。由于一个成功充电之电池上的电压位于满浮置电压，因此电压误差放大器检测到一种过压情况且 I_{TH} 被拉低。当电压误差放大器输出降低至低于 0.3V 时，IC 进入待机模式，此时大多数的内部电路被停用，而且 V_{IN} 偏置电流减小至 85 μA 。当 V_{FB} 引脚上的电压降至减低的浮置基准电平以下时，电压误差放大器的输出将爬升，此时 IC 退出待机模式并启动一个新的充电周期。

V_{IN} 输入电源

LT3652 通过 V_{IN} 引脚直接从充电器输入电源施加偏置。该电源提供了大的开关电流，因此建议使用一个高质量的低 ESR 去耦电容器，以最大限度地减小 V_{IN} 上的电压毛刺。 V_{IN} 去耦电容器 (C_{VIN}) 吸收充电器中的所有输入开关纹波

应用信息

电流，因此它必须具有一个足够的纹波电流额定值。RMS 纹波电流 ($I_{CVIN(RMS)}$) 为：

$$I_{CVIN(RMS)} \cong I_{CHG(MAX)} \cdot (V_{BAT}/V_{IN}) \cdot ([V_{IN}/V_{BAT}] - 1)^{1/2}$$

式中的 $I_{CHG(MAX)}$ 是最大平均充电电流 ($100\text{mV}/R_{SENSE}$)。上面的关系式在 $V_{IN} = 2 \cdot V_{BAT}$ 时具有一个最大值，其中：

$$I_{CVIN(RMS)} = I_{CHG(MAX)}/2$$

简单的 $1/2 \cdot I_{CHG(MAX)}$ 最坏情况常用于设计。

电容是期望输入纹波电压 (ΔV_{IN}) 的一个函数，并遵循下面的关系式：

$$C_{IN(BULK)} = I_{CHG(MAX)} \cdot (V_{BAT}/V_{IN}) / \Delta V_{IN} (\mu\text{F})$$

建议输入纹波电压不要高于 0.1V 。 $10\mu\text{F}$ 对于大多数充电器应用来说通常是足够的。

充电电流设置

LT3652 充电器可通过配置以高达 2A 的平均电流进行充电。最大充电电流是通过选择一个电感器检测电阻器 (R_{SENSE}) 来设定的，该检测电阻器的选择应使流过它的期望最大平均电流产生一个 100mV 压降，即：

$$R_{SENSE} = 0.1/I_{CHG(MAX)}$$

式中的 $I_{CHG(MAX)}$ 是最大平均充电电流。以一个 2A 充电器为例，它将使用一个 0.05Ω 检测电阻器。

BOOST 电源

BOOST 自举电源轨驱动内部开关并助长开关晶体管的饱和。BOOST 引脚的工作范围为 0V 至 8.5V (参考于 SW 引脚)。在 BOOST 引脚和 SW 引脚之间连接一个 $1\mu\text{F}$ 或更大的电容器。

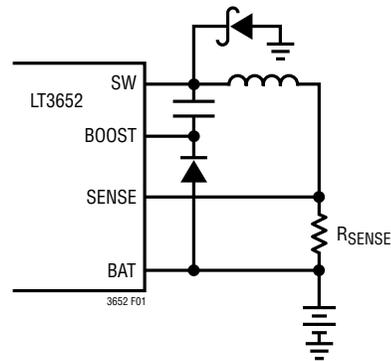


图 1：采用 R_{SENSE} 来设置最大充电电流

去耦电容器上的电压通过一个二极管刷新，该二极管的正极连接至电池输出电压或一个外部电源，而其负极则连接至 BOOST 引脚。把此二极管的平均电流额定值选定在大于 0.1A ，并将其反向电压额定值确定为大于 $V_{IN(MAX)}$ 。

如欲利用一个从浮置电压高于 8.4V 的电池引出的整流二极管来刷新去耦电容器，则可布设一个与该整流二极管相串联的 $>100\text{mA}$ 齐纳二极管，以防止超过 BOOST 引脚的工作电压范围。

应用信息

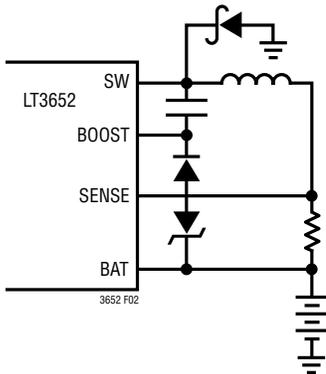


图 2：齐纳二极管降低了 BOOST 引脚的刷新电压

$V_{IN}/BOOST$ 启动要求

LT3652 在 4.95V 至 32V 的 V_{IN} 范围内工作，然而，由于用于充电器的异步降压型开关电源拓扑的特性，所以存在着一种启动电压要求。如果没有可用的 BOOST 电源，则内部开关要求 $(V_{IN} - V_{SW}) \geq 3.3V$ 以可靠地运作。如果 BOOST 电源可用且 $(V_{BOOST} - V_{SW}) > 2V$ ，则不存在此项要求。

当一个 LT3652 充电器不在执行开关操作时，SW 引脚与电池处于相同的电位，其可高达 $V_{BAT(FLT)}$ 。因此，为了实现可靠的启动， V_{IN} 电源必须至少比 $V_{BAT(FLT)}$ 高 3.3V。一旦开关操作开始，且 BOOST 电源电容器被充电而使 $(V_{BOOST} - V_{SW}) > 2V$ ，那么 V_{IN} 要求不再适用。

在低 V_{IN} 应用中，BOOST 电源可由一个外部电源供电以实现启动，从而免除了 V_{IN} 启动要求。

V_{BAT} 输出去耦

LT3652 充电器输出要求在 BAT 引脚和地之间连接旁路电容 (C_{BAT})。对于所有的应用都需要使用一个 $10\mu F$ 陶瓷电容器。在那些可将电池从充电器输出断接的系统中，可能期望

采用额外的旁路电容以提供针对无电池情况的视觉指示（见「状态引脚」部分）。

如果期望在电池断接时依靠 LT3652 充电器输出出来运作一个系统负载，则需要额外的旁路电容。在此类应用中，假如没有额外的输出体电容，则会出现过多的纹波和 / 或低幅度振荡。对于这些应用，应在 BAT 和地之间布设一个与 $10\mu F$ 陶瓷旁路电容器相并联的 $100\mu F$ 低 ESR 非陶瓷电容器（片式钽电容器或有机半导体电容器，例如 Sanyo OS-CON 或 POSCAP）。在那些用长导线把电池连接至充电器的系统中，该额外旁路电容可能也是必需的。 C_{BAT} 的电压额定值必须达到或超过电池浮置电压。

电感器选择

在 LT3652 充电器中，电感器数值选择的主要标准是在该电感器中产生的纹波电流。一旦确定了电感值，则电感器还必须具有一个等于或超过电感器中最大峰值电流的饱和电流。对于指定的峰至峰电感器纹波电流 (ΔI_L) 期望值，电感器数值 (L) 可采用下面的关系式近似求出：

$$L = \frac{10 \cdot R_{SENSE} \cdot V_{BAT(FLT)} \cdot \left[1 - \frac{V_{BAT(FLT)}}{V_{IN(MAX)}} \right]}{I_{CHG(MAX)} \cdot \Delta I_L} (\mu H)$$

在上面的关系式中， $V_{IN(MAX)}$ 是最大运行电压。纹波电流通常设定在 $I_{CHG(MAX)}$ 之 25% 至 35% 的范围内，因此可通过设定 $0.25 < \Delta I_L / I_{CHG(MAX)} < 0.35$ 来确定一个电感器数值。

应用信息

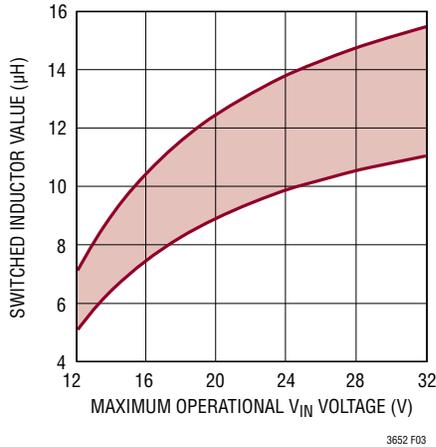


图 3 : 7.2V/1.5A 开关电感器数值

磁性元件供应商通常规定了具有最大 RMS 和饱和电流额定值的电感器。应选择一个具有位于或高于 $(1 + \Delta I_{MAX}/2) \cdot I_{CHG(MAX)}$ 之饱和电流额定值以及一个高于 $I_{CHG(MAX)}$ 之 RMS 额定值的电感器。另外，电感器还必须满足一种最大伏特-秒乘积要求。如果电感器产品手册中未提供该规格，则需咨询供应商以确保您的设计未超过最大伏特-秒乘积。所要求的最小伏特-秒乘积为：

$$V_{BAT(FLT)} \cdot \left(\frac{1 - V_{BAT(FLT)}}{V_{IN(MAX)}} \right) (V \cdot \mu\text{S})$$

整流器选择

当主电源开关被停用时，在 LT3652 电池充电器中连接于 SW 和 GND 之间的整流二极管为电感器电流提供了一条电流通路。该整流器根据正向电压、反向电压和最大电流来选

择。需要使用一个肖特基二极管，因为低的正向电压将产生最低的功率损耗和最高的效率。必须拟订合适的整流二极管额定值以承受大于最大 V_{IN} 电压的反向电压。

最小平均二极管电流额定值 ($I_{DIODE(MAX)}$) 利用最大输出电流 ($I_{CHG(MAX)}$)、最大运行 V_{IN} 和预充电门限 ($V_{BAT(PRE)}$)，即 $0.7V_{BAT(FLT)}$ 条件下的输出来计算：

$$I_{DIODE(MAX)} > I_{CHG(MAX)} \cdot \frac{V_{IN(MAX)} - V_{BAT(PRE)}}{V_{IN(MAX)}} (A)$$

例如，用于一个具 25V 最大输入电压之 7.2V、2A 充电器的整流二极管将要求：

$$I_{DIODE(MAX)} > 2A \cdot \frac{25V - 0.7(7.2V)}{25V}, \text{ 即}$$

$$I_{DIODE(MAX)} > 1.6A$$

电池浮置电压设置

输出电池浮置电压 ($V_{BAT(FLT)}$) 通过在 BAT 引脚和 V_{FB} 之间连接一个电阻分压器来设置。 $V_{BAT(FLT)}$ 可设置为高达 14.4V。

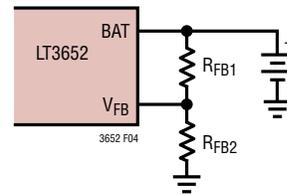


图 4 : 连接在 BAT 和 V_{FB} 之间的反馈电阻器负责设置浮置电压

应用信息

采用一个在 V_{FB} 引脚上具有 250k 等效输入电阻的电阻分压器可补偿输入偏置电流误差。设置期望 $V_{BAT(FLT)}$ 所需的电阻器阻值遵循下面的方程：

$$R_{FB1} = (V_{BAT(FLT)} \cdot 2.5 \cdot 10^5) / 3.3 \quad (\Omega)$$

$$R_{FB2} = (R_{FB1} \cdot (2.5 \cdot 10^5)) / (R_{FB1} - (2.5 \cdot 10^5)) (\Omega)$$

充电功能运行以在 V_{FB} 引脚上实现一个 3.3V 的最终浮置电压。自动重启动功能在 V_{FB} 引脚上的电压降至比该浮置电压低 2.5% 时启动一个新的充电周期。

由于电池电压位于 $V_{BAT(FLT)}$ 设置电阻分压器的两端，因此该分压器将以某种速率从电池吸收少量的电流 (I_{RFB})：

$$I_{RFB} = 3.3/R_{FB2}$$

高阻值的精准型电阻器也许很难获得，因此对于一些 $V_{BAT(FLT)}$ 较低的应用，使用阻值较小的反馈电阻器和一个额外的电阻器 (R_{FB3}) 来实现所要求的 250k 等效电阻可能是合乎需要的。最终形成的三电阻器网络 (如图 5 所示) 能够简化组件选择和 / 或增加输出电压精度，付出的代价是有额外的电流流过反馈分压器。

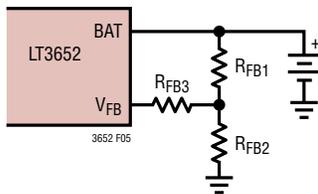


图 5：一个三电阻器反馈网络能够简化组件选择

对于一个三电阻器网络， R_{FB1} 和 R_{FB2} 遵循下面的关系式：

$$R_{FB2}/R_{FB1} = 3.3/(V_{BAT(FLT)} - 3.3)$$

实例：

对于 $V_{BAT(FLT)} = 3.6V$ ：

$$R_{FB2}/R_{FB1} = 3.3/(3.6 - 3.3) = 11。$$

设定分压器电流 (I_{RFB}) = 10 μ A 将产生：

$$R_{FB2} = 3.3/10\mu A$$

$$R_{FB2} = 330k$$

求解 R_{FB1} ：

$$R_{FB1} = 330k/11$$

$$R_{FB1} = 30k$$

分压器等效电阻为：

$$R_{FB1} || R_{FB2} = 27.5k$$

为满足至 V_{FB} 引脚的 250k 等效电阻：

$$R_{FB3} = 250k - 27.5k$$

$$R_{FB3} = 223k。$$

由于 V_{FB} 引脚是一个阻抗相对较高的节点，因此必须最大限度地减小该引脚上的杂散电容。对于会把外部信号耦合到此引脚 (这会产生不希望有的输出瞬变或纹波) 的任何杂散电容应特别谨慎。寄生电容的影响通常可通过在 B_AT 引脚和 V_{FB} 引脚之间增设一个小值 (20pF 至 50pF) 前馈电容器来抑制。

在电路板组装过程中应格外谨慎。少量的电路板脏污会导致输出电压的显著偏移。在组装之后应采取适当的电路板清洁措施以避免电路板脏污，并且建议使用低泄漏焊剂。

应用信息

输入电源电压调节

LT3652 包含一个电压监视器引脚，该引脚可使能一个最小运行电压的设置。在 V_{IN} 和 V_{IN_REG} 引脚之间连接一个电阻分压器实现了最小输入电源电压的设置，通常用于设置一块太阳能电池板的峰值功率电压。当 V_{IN_REG} 引脚电平低于 2.7V 的调节门限时，最大充电电流减小。

如果输入电源不能提供足够的功率以满足一个 LT3652 充电器的要求，则电源电压将发生骤降。于是可通过经由一个电阻分压器监视电源来设置一个最小工作电源电压，以使期望的最小电压对应于 V_{IN_REG} 引脚上的 2.7V。LT3652 调节最大输出充电电流，以把 V_{IN_REG} 上的电压保持在 2.7V 或高于 2.7V。

期望最小电压的设置是通过连接一个电阻分压器来完成的，如图 6 所示。针对一个期望最小电压 ($V_{IN(MIN)}$) 的 R_{IN1}/R_{IN2} 之比为：

$$R_{IN1}/R_{IN2} = (V_{IN(MIN)}/2.7) - 1$$

如果未采用电压调节功能，则把 V_{IN_REG} 引脚连接至 V_{IN} 。

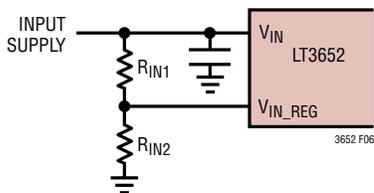


图 6：电阻分压器设定最小 V_{IN}

MPPT 温度补偿

一块典型的太阳能电池板由一些串接式电池组成，每个电池是一个加有正向偏置的 p-n 结。因此，太阳能电池板的开路电压 (V_{OC}) 具有一个类似于普通 p-n 结二极管的温度系数，即大约 $-2mV/^\circ C$ 。一块结晶太阳能电池板的峰值功率点电压 (V_{MP}) 可近似为一个低于 V_{OC} 的固定电压，因此峰值功率点的温度系数类似于 V_{OC} 的温度系数。

太阳能电池板制造商通常规定了针对 V_{OC} 、 V_{MP} 的 $25^\circ C$ 值以及针对 V_{OC} 的温度系数，从而使得一块典型太阳能电池板之 V_{MP} 的温度系数确定直截了当。

LT3652 采用一个反馈网络以设置 V_{IN} 输入调节电压。该网络的操控有利于针对最大功率点跟踪 (MPPT) 应用高效地实施各种不同的温度补偿方案。由于典型太阳能电池板

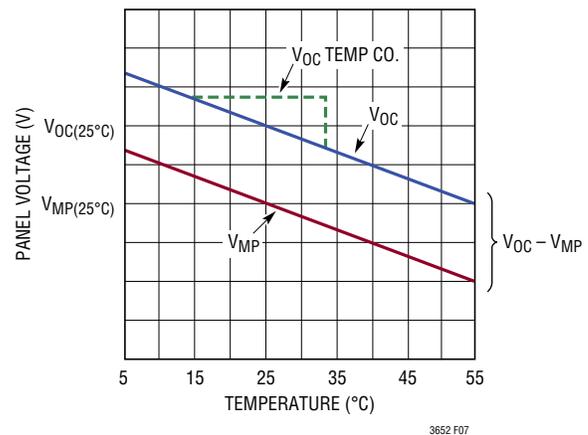


图 7：太阳能电池板输出电压的温度特性

应用信息

V_{MP} 电压的温度特性是高度线性的，因此用于跟踪该特性的一种简单的解决方案可采用一个 LM234 三端温度传感器来实现。这产生了一种可容易地进行设置的线性温度依存特性。

在图 8 所示的电路中，

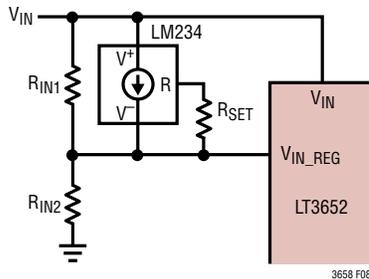


图 8：MPPT 温度补偿网络

$R_{IN1} = -R_{SET} \cdot (TC \cdot 4405)$ ，且

$R_{IN2} = R_{IN1} / (\{[V_{MP(25^\circ C)} + R_{IN1} \cdot (0.0674/R_{SET})] / V_{IN_REG}\} - 1)$

式中：TC = 温度系数 (单位：V/°C)，和

$V_{MP(25^\circ C)}$ = 在 25°C 时的最大功率电压

例如，假定一块具有以下规定特性的普通 36 节电池的太阳能电池板：

开路电压 (V_{OC}) = 21.7V

最大功率电压 (V_{MP}) = 17.6V

开路电压温度系数 (V_{OC}) = -78mV/°C

由于 V_{MP} 的温度系数类似于 V_{OC} 的温度系数，因此可把针对 V_{OC} 的 -78mV/°C 规定温度系数 (TC) 和 17.6V 规定峰值功率电压 ($V_{MP(25^\circ C)}$) 代入方程，以计算用于图 8 所示温度补偿网络的合适电阻器阻值。如果 $R_{SET} = 1000\Omega$ ，则：

$$R_{SET} = 1k$$

$$R_{IN1} = -1k \cdot (-0.078 \cdot 4405) = 344k$$

$$R_{IN2} = 344k / (\{[17.6 + 344k \cdot (0.0674)/1k] / 2.7\} - 1) = 24.4k$$

电池电压温度补偿

有些电池化学组成具有随着温度而变化的充电电压要求。特别是铅酸电池，其在温度变化的情况下会经历充电电压要求的明显改变。例如，大型铅酸电池制造商建议在 25°C 时每节电池的浮置电压为 2.25V。然而，该电池浮置电压具有通常每节电池 -3.3mV/°C 的温度系数。

采用一种与前文概述的 MPPT 温度校正相似的方式，可通过把一个 LM234 纳入输出反馈网络来完成线性电池充电电压温度补偿。

例如，一个 6 节铅酸电池具有通常每节电池 2.25V (在 25°C) (即 13.5V) 的浮置充电电压，以及每节电池 -3.3mV/°C (即 -19.8mV/°C) 的温度系数。采用图 9 中示

应用信息

出的反馈网络，规定了期望的温度系数 (TC) 和 25°C 浮置电压 ($V_{\text{FLOAT}(25^{\circ}\text{C})}$)，并为 R_{SET} 使用了一个 2.4k 的合适阻值，则必要的电阻器阻值遵循下面的关系式：

$$R_{\text{FB1}} = -R_{\text{SET}} \cdot (\text{TC} \cdot 4405)$$

$$= -2.4\text{k} \cdot (-0.0198 \cdot 4405) = \mathbf{210\text{k}}$$

$$R_{\text{FB2}} = R_{\text{FB1}} / \{ ([V_{\text{FLOAT}(25^{\circ}\text{C})} + R_{\text{FB1}} \cdot (0.0674 / R_{\text{EST}})] / V_{\text{FB}}) - 1 \}$$

$$= 210\text{k} / \{ ([13.5 + 210\text{k} \cdot (0.0674 / 2.4\text{k})] / 3.3) - 1 \}$$

$$= \mathbf{43\text{k}}$$

$$R_{\text{FB3}} = 250\text{k} - R_{\text{FB1}} || R_{\text{FB2}}$$

$$= 250\text{k} - 210\text{k} || 43\text{k} = \mathbf{215\text{k}}$$
 (见「电池浮置电压设置」部分)

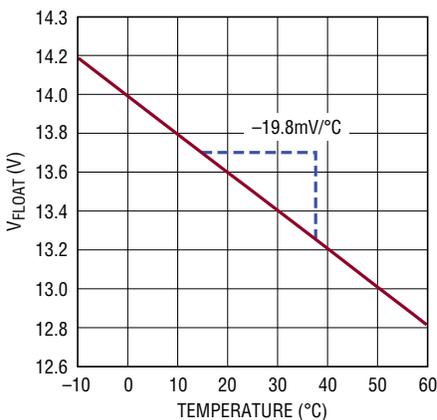
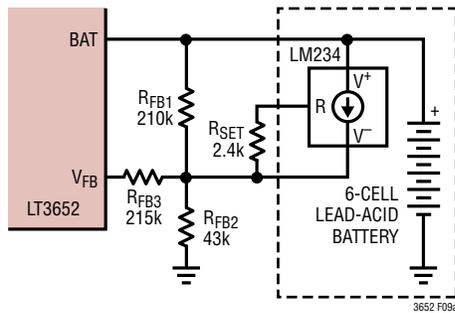


图 9：铅酸电池 (6 节) 浮置充电电压与温度的关系曲线具有 $-19.8\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 特性 (采用 LM234 和反馈网络)

虽然图 9 中的电路产生了一种遵循每节铅酸电池 $-3.3\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ (典型值) 之规格的线性温度特性，但是理论浮置充电电压特性则呈现轻微的非线性。该非线性特性遵循关系式 $V_{\text{FLOAT}(1\text{-CELL})} = 4 \times 10^{-5}(T^2) - 6 \times 10^{-3}(T) + 2.375$ (具有一个 2.18V 最小值)，式中的 T = 温度 (单位： $^{\circ}\text{C}$)。可采用一个基于热敏电阻的网络近似计算一个合理工作范围内的非线性理想温度特性，如图 10 所示。

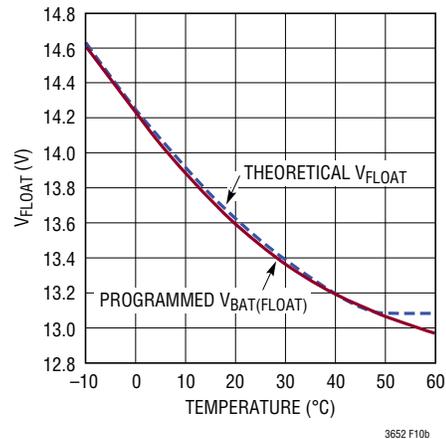
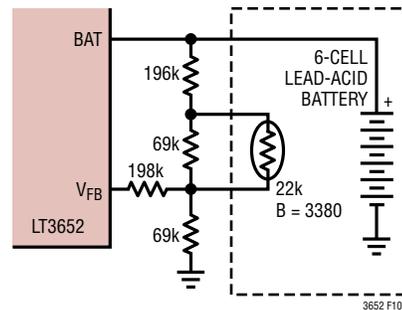


图 10：基于热敏电阻的温度补偿网络设置 V_{FLOAT} 以紧密地匹配用于 6 节电池充电器的理想铅酸电池浮置充电电压

应用信息

状态引脚

LT3652 通过两个集电极开路输出 ($\overline{\text{CHRG}}$ 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚) 来报告充电器状态。这些引脚能够接受高至 V_{IN} 的电压，并可在被使能时吸收高达 10mA。

$\overline{\text{CHRG}}$ 引脚负责指示充电器以大于 C/10 (即编程最大充电电流的 1/10) 的速率输送电流。 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚负责发出电池失效和 NTC 故障的指示信号。这些引脚为二进制编码，并按照下表发出指示信号，其中 ON 指示引脚被拉至低电平，而 OFF 则指示引脚呈高阻抗：

状态引脚状况		充电器状态
CHRG	FAULT	
OFF	OFF	未执行充电操作 — 待机或停机模式
OFF	ON	失效电池故障 (预充电超时 / EOC 失效)
ON	OFF	以 C/10 或更高的速率执行正常的充电
ON	ON	NTC 故障 (暂停)

如果把电池从一个针对 C/10 终止配置的充电器移除，则由于在终止和再充电过程之间的循环将在充电器输出端上出现大约 100mV 的锯齿波形。该循环在 $\overline{\text{CHRG}}$ 输出端上导致脉动。一个连接至该引脚的 LED 将显示一种闪烁图案，向用户发出「未接入电池」的指示信号。该闪烁图案的频率取决于输出电容。

C/10 终止

LT3652 支持一种基于低电流的终止方案，在该方案中电池充电周期在来自充电器的电流输出降至利用 R_{SENSE} 设置的最大电流之 1/10 时终止。C/10 门限电流对应于 R_{SENSE} 两端上的 10mV。该终止方式通过把 TIMER 引脚短接至地来使用。

当采用 C/10 终止时，只要平均电流水平保持在 C/10 门限以上，LT3652 充电器就将提供电池充电电流。当实现了满充电浮置电压时，充电电流减小，直至达到 C/10 门限为止，此时充电器终止运行且 LT3652 进入待机模式。 $\overline{\text{CHRG}}$ 状态引脚遵循充电器周期，并且当充电器未在执行主动充电时呈高阻抗状态。

当 V_{BAT} 降至低于满充电浮置电压的 97.5% 时 (不管是由于电池加载还是电池更换所致)，充电器自动地重新进入使用状态并启动充电操作。

如果使用了 C/10 终止，则没有针对失效电池检测的预防措施。

定时器终止

LT3652 支持一种基于定时器的终止方案，在该方案中，电池充电周期在经过了某个特定的时间之后终止。当在 TIMER 引脚和地之间连接了一个电容器 (C_{TIMER}) 时，即使用了定时器终止。定时器周期 EOC (T_{EOC}) 的出现基于遵循以下关系式的 C_{TIMER} ：

$$C_{\text{TIMER}} = T_{\text{EOC}} \cdot 2.27 \times 10^{-7} \quad (\text{小时})$$

定时器 EOC 通常设定为 3 小时，这需要使用一个 0.68 μF 电容器。

$\overline{\text{CHRG}}$ 状态引脚始终发出以 C/10 速率进行充电的指示信号，这与使用哪种终止方案无关。当采用定时器终止时， $\overline{\text{CHRG}}$ 状态引脚在一个充电周期中被拉至低电平，直到充电器输出电流降至低于 C/10 门限为止。充电器继续对电池进行「top-off」型充电，直到定时器 EOC 为止，此时 LT3652 终止充电周期并进入待机模式。

在定时器周期结束时终止充电仅在充电周期成功完成的情况下出现。成功的充电周期是电池被充电至满充电浮置电压的

应用信息

2.5% 以内之时。如果一个充电周期在 EOC 是不成功的，则定时器周期复位且充电将持续另一个完整的定时器周期。

当 V_{BAT} 降低至低于满充电浮置电压的 97.5% 时 (不管是由于电池加载还是电池更换所致)，充电器自动地重新进入使用状态并启动充电操作。

预充电和失效电池故障

LT3652 具有一种预充电模式，在该模式中充电电流被限制为编程 $I_{CHG(MAX)}$ (由 R_{SENSE} 设定) 的 15%。预充电电流对应于 R_{SENSE} 两端上的 15mV。

当 V_{FB} 引脚上的电压低于预充电门限 (2.3V，即 $0.7 \cdot V_{BAT(FLT)}$) 时，预充电模式进入使用状态。一旦 V_{FB} 电压升高至高于预充电门限，即可开始正常的满电流充电。LT3652 包括 70mV 的门限迟滞，以避免发生模式切换毛刺干扰。

当内部定时器用于充电终止时，失效电池检测功能处在使用之中。如果运用了 C/10 终止，则没有针对失效电池检测的预防措施。当 V_{FB} 上的电压处在预充电门限以下的时间超过了 一个满定时器周期的 1/8 (1/8 EOC) 时，将触发一个失效电池故障。另外，如果一个正常充电的电池在 1/8 EOC 之后重新进入预充电模式，那么也将触发一个失效电池故障。

当触发了一个失效电池故障时，充电周期暂停，于是 \overline{CHRG} 状态引脚变至高阻抗。 \overline{FAULT} 引脚被拉至低电平以发出故障检测指示信号。

充电器电源或 \overline{SHDN} 功能的通断循环将启动一个新的充电周期，但是 LT3652 充电器并不要求复位。一旦检测到失效电池故障，一个新的定时器充电周期将在 V_{FB} 引脚电压超过预充电门限电压时启动。在失效电池故障期间从充电器提供 0.5mA 电流，所以移除失效电池将允许充电器输出电压

上升并启动一个充电周期复位。照此，拿掉一个失效电池使 LT3652 复位，于是通过把另一个电池连接至充电器输出将启动一个新的充电周期。

电池温度监视器和故障

LT3652 通过采用一个靠近电池组的 NTC (负温度系数) 热敏电阻能够提供电池温度监视。温度监视功能通过在 NTC 引脚和地之间连接一个 10k Ω 、 $B = 3380$ NTC 热敏电阻来启用。如果不需要 NTC 功能，则将该引脚置于不连接状态。

NTC 引脚提供 50 μ A，并监视 10k Ω 热敏电阻两端上的电压降。当该引脚上的电压高于 1.36V (0 $^{\circ}$ C) 或低于 0.29V (40 $^{\circ}$ C) 时，电池温度超出了安全范围，LT3652 触发一个 NTC 故障。NTC 故障情况一直持续到 NTC 引脚上的电压对应于一个处在 0 $^{\circ}$ C 至 40 $^{\circ}$ C 范围内的温度为止。热门限和冷门限均包括对应于 5 $^{\circ}$ C 的迟滞。

如果需要较高的运行充电温度，则可通过给 10k NTC 电阻器增添串联电阻来扩大温度范围。添加一个 0.91k 电阻器将把有效温度上限增至 45 $^{\circ}$ C。

在一个 NTC 故障期间，充电暂停且两个状态引脚均被拉至低电平。如果启用了定时器终止，则定时器计数终止并持续到故障情况解除为止。

热折返

LT3652 包含一种热折返保护功能，如果 IC 结温接近 125 $^{\circ}$ C，则该功能将减小最大充电器输出电流。在大多数场合中，片内温度具有伺服机制，这样只需稍微减小最大充电器电流即可解除任何温度过高的情况。

应用信息

在有些场合中，热折返保护功能可把充电器电流降至低于 C/10 门限。在采用 C/10 终止 (TIMER = 0V) 的应用中，LT3652 将终止充电并进入待机模式，直到温度过高的情况得以解除为止。

布局考虑

LT3652 开关节点具有通常小于 10nS 的上升和下降时间以最大限度地提高转换效率。开关节点 (引脚 SW) 走线应尽可能地保持简短，以尽量抑制高频噪声。输入电容器 (C_{IN}) 应布设在靠近 IC 的地方，以最大限度地降低该开关噪声。另外，在这些节点上采用简短、宽阔的走线也有助于消除来自电感性振铃的电压应力。BOOST 去耦电容器也应靠近 IC 以尽量抑制电感性振铃。SENSE 和 BAT 走线应排布在一起，而且这些走线和 V_{FB} 走线应尽可能地保持简短。建议利用一个接地平面把这些信号与开关噪声屏蔽开来。

应使大电流通路和瞬变与电池接地保持隔离，以确保一个准确的输出电压基准。通过考虑接地平面中的开关电流可以实现有效的接地，而且谨慎的组件布局和取向能够有效地引导这些大电流以使电池基准不受损坏。图 11 示出了一种采用组件布局来控制接地电流的有效接地方案。当开关被使能时 (loop #1)，电流从输入旁路电容器 (C_{IN}) 通过开关和电感器流到电池正端子。当开关被停用时 (loop #2)，至电池正端子的电流从地通过续流肖特基二极管 (D_F) 提供。在这两种场合中，这些开关电流均通过输出旁路电容器 (C_{BAT}) 返回至地。

LT3652 的封装专为通过封装背部的裸露衬垫 (其焊接至 PCB 上的一块铜面积) 有效地把热量从 IC 去除而设计。应使该铜面积尽可能地大，以降低 IC 外壳至环境空气的热阻。

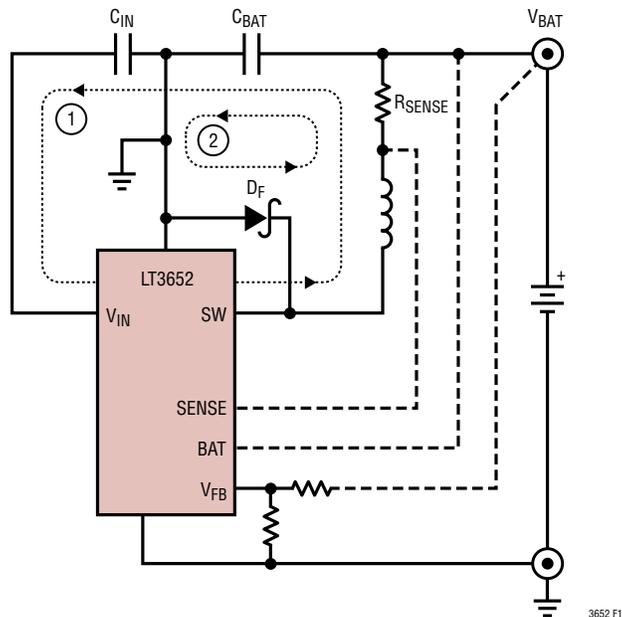
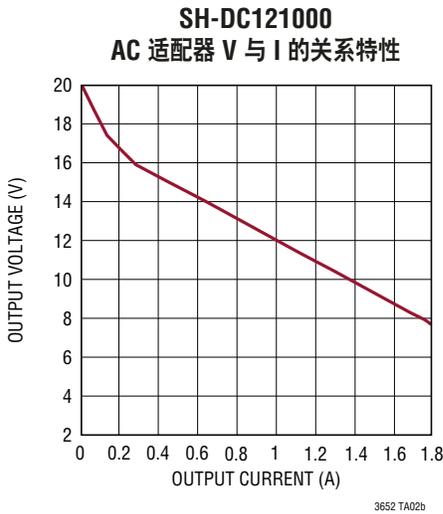
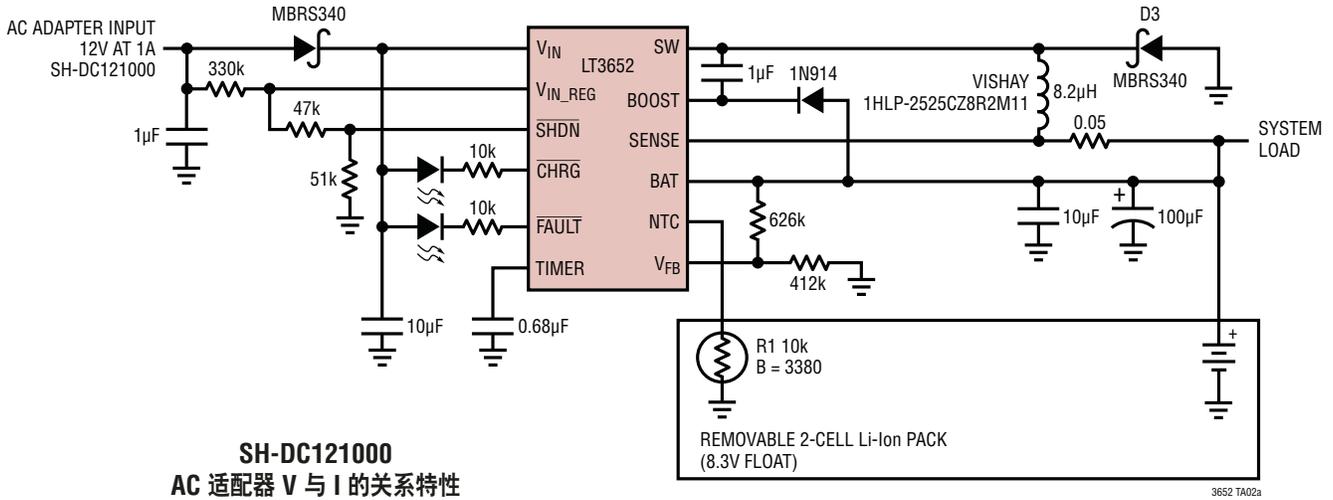


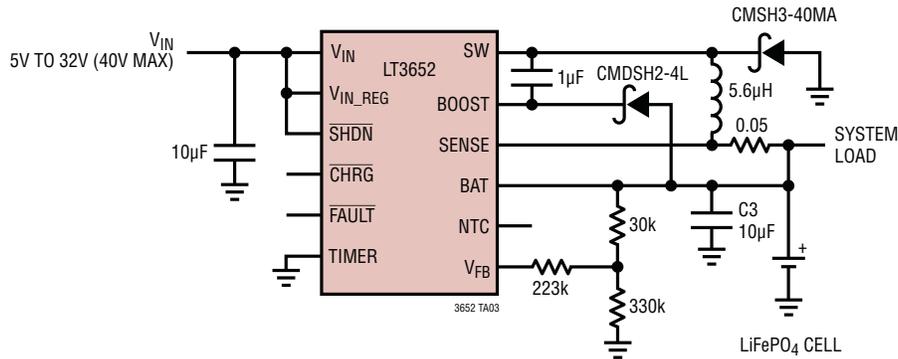
图 11：组件取向使大电流通路与敏感节点隔离

典型应用

由廉价的 12V/1A 未调整墙上适配器供电并采用 3 小时定时器终止方案的
两节锂离子电池充电器 (8.3V/2A) ; V_{IN_REG} 环路维持最大充电电流
以防止 AC 适配器输出降至低于 12V



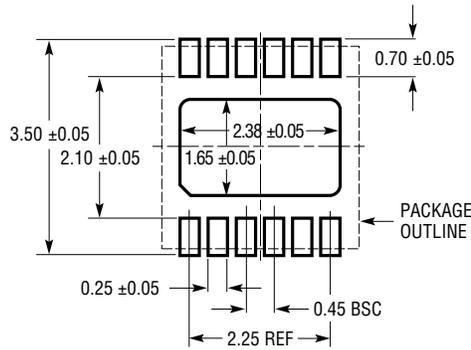
采用 C/10 终止方案的基本型 2A、单节 LiFePO₄ 电池充电器 (3.6V 浮置电压)



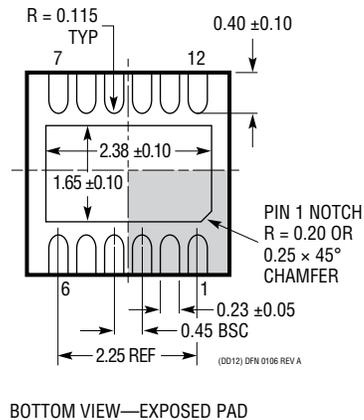
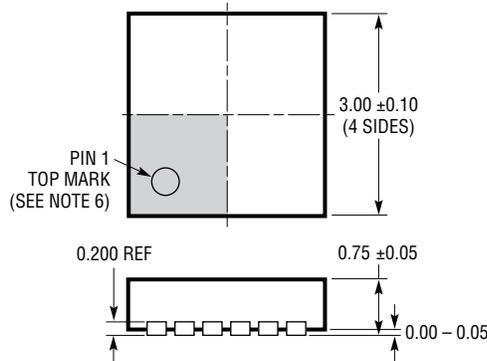
封装描述

如需了解最近的封装图样，请登录 <http://www.linear.com.cn/designtools/packaging/>

DD 封装
12 引脚塑料 DFN (3mm × 3mm)
 (参考 LTC DWG # 05-08-1725 Rev A)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS
 APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED

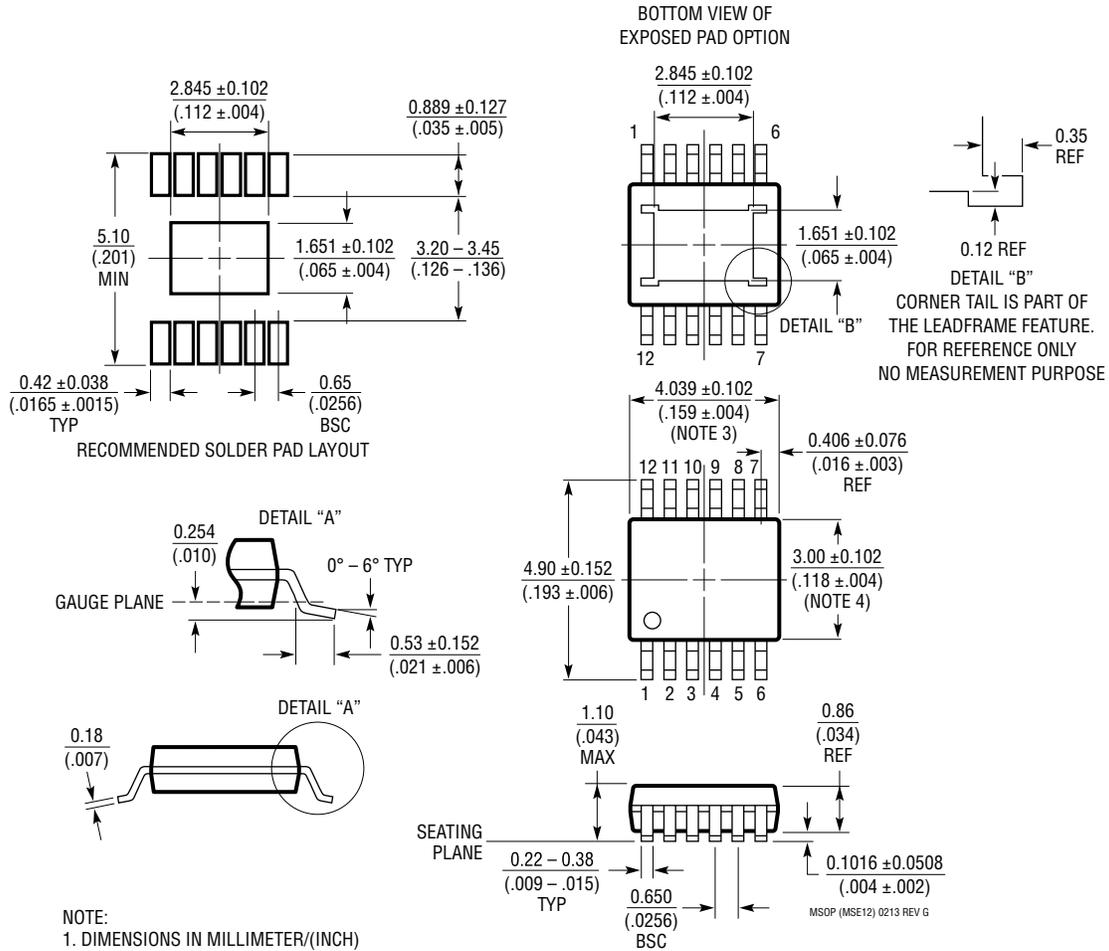


- NOTE:
1. DRAWING IS NOT A JEDEC PACKAGE OUTLINE
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
 5. EXPOSED PAD AND TIE BARS SHALL BE SOLDER PLATED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

封装描述

如需了解最近的封装图样，请登录 <http://www.linear.com.cn/designtools/packaging/>

MSE 封装 12 引脚塑料 MSOP，裸露芯片衬垫 (参考 LTC DWG # 05-08-1666 Rev G)



- NOTE:
1. DIMENSIONS IN MILLIMETER/(INCH)
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
 4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
 5. LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.102mm (.004") MAX
 6. EXPOSED PAD DIMENSION DOES INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH ON E-PAD SHALL NOT EXCEED 0.254mm (.010") PER SIDE.

修改记录 (修改记录开始于 Rev B)

REV	日期	描述	页码
B	2/10	增添了 MSOP-12 封装	1, 2, 24
C	5/10	校正了 SHDN 引脚标志	3, 4
D	12/12	去除了至镍电池充电能力的参考	1
		增添了新的「电池偏置电流」曲线	6
E	12/15	改善了「引脚配置」	2
		把「注 2」加到了「电气特性」的顶部	3、4
		改善了「注 2」	4
		变更了引脚 13 的名称	8
		更改了「电感器选择」部分	13
		更改了「电池浮置电压设置」方程	15

