

## 高精度线性锂电池充电器控制电路

### 概述

SL1051 是一款专门为高精度的线性锂电池充电器而设计的电路，非常适合那些低成本、便携式充电器使用。它集高精度预充电、恒定电流充电、恒定电压充电、电池状态检测、温度监控、充电结束低泄漏、充电状态指示等性能于一身，可以广泛地使用于 PDA、移动电话、手持设备等领域。

SL1051 通过检测电池电压来决定其充电状态：预充电、恒流充电、恒压充电。当电池电压小于阈值电压  $V_{O(MIN)}$  时，处于预充电状态，以较小的电流对电池进行充电，预充电的电流可以通过外部电阻进行调整。预充电使电池电压达到  $V_{O(MIN)}$  后，进入恒定电流充电的快速充电状态，充电电流可以通过外围电阻调整，恒定电流充电使电池电压上升到恒定电压充电电压  $V_{O(REG)}$ （一般为 4.2V）。然后进入恒定电压充电状态，充电电压的精度优于  $\pm 1\%$ ，在该状态下，充电电流将逐渐减小，当充电电流小于阈值后，充电结束。充电结束后，将始终对电池电压进行监控，当电池电压小于阈值  $V_{O(RCH)}$  时，对电池进行再充电，进入下一个充电周期。

为了安全起见，在整个充电过程中，

SL1051 利用电池内部的热敏电阻和适当的外围电阻对电池的温度进行监控，可以使电池的温度控制在用户设置的范围内。

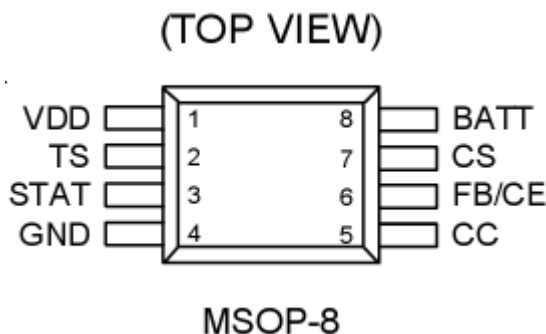
### 特点

- 4.2V 单节或 8.4V 双节锂离子或锂聚合物电池充电器的理想控制电路；
- 高于 1% 的电压精度；
- 预充电过程，用户可改变预充电电流；
- 恒定电流充电，充电电流可调；
- 恒定电压充电过程；
- 自动再充电过程；
- 充电过程中的温度监控；
- LED 充电状态指示；
- 电池不正常状态的检测；
- 电源电压低时，处于低功耗的 Sleep 模式，电池漏电流极小；
- 极少的外围元器件；
- 小型化的 MSOP8/SOP8 封装；

### 应用

- 数码相机
- PDA
- 移动电话
- 手持设备

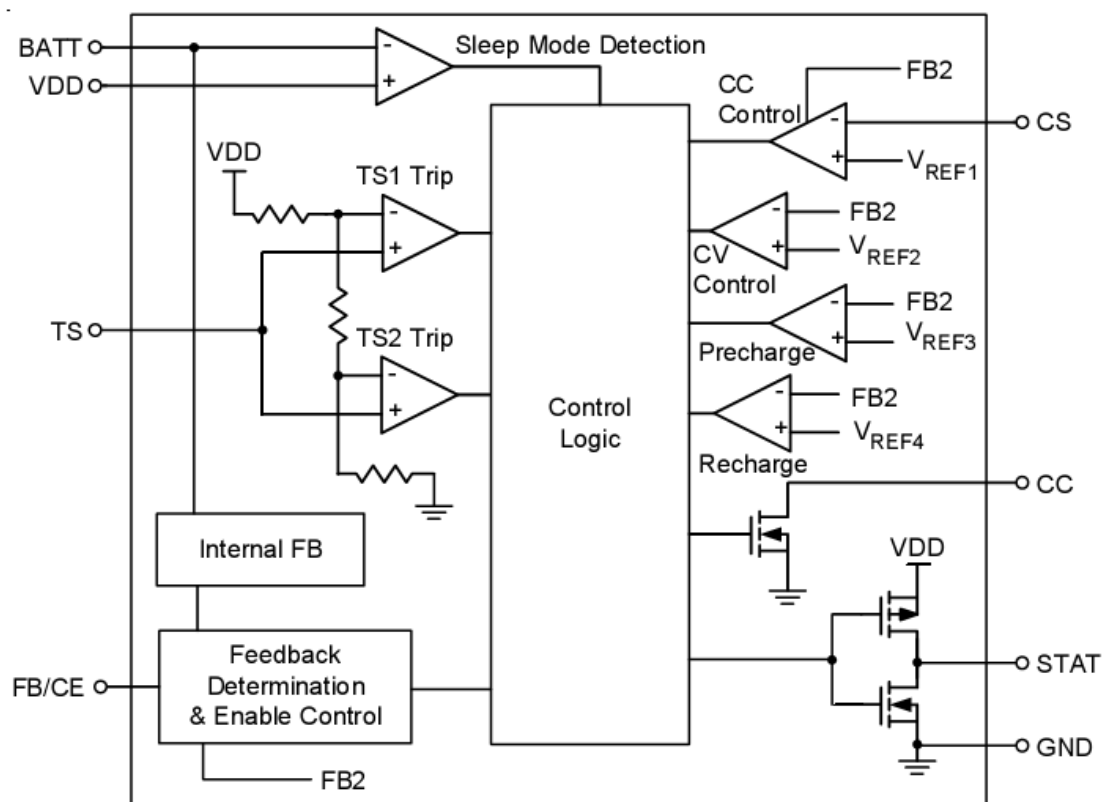
### 管脚排列



## 引脚描述

引脚名称	引脚功能
VDD	电源端。
TS	温度监控输入端。该引脚的输入电压必须在 $V_{TS1}$ 与 $V_{TS2}$ 之间；否则，将视为电池温度超出设置范围。
STAT	充电状态指示。在充电过程中，该引脚被上拉到高电平；充电结束后，被下拉到低电平；电池不正常或 TS 温度超过设置的范围时，输出为高阻态。
GND	接地端。
CC	调整管驱动端。与外部调整管的基极（PNP 晶体管）或栅极（PMOS 管）相连。
FB/CE	外部反馈输入或充电使能控制。
CS	电流采样输入。充电电流通过电源和此引脚之间的电压差决定。
BATT	电池电压检测输入端。

## 功能框图



## 极限参数

供电电源	-----	-0.3V~9V
贮存温度	-----	-65℃~150℃
功耗 PD (TA=25℃)	-----	300mW
结温	-----	150℃
工作温度 TA	-----	-40℃~+125℃
ESD HBM	-----	2KV

## 电气参数 (TA=25℃)

参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电流	IDD(OPE)	4.5V<VDD<9V (不包括外围负载)	----	1	2	mA
Sleep 模式 芯片电流	IDD(sleep)	VBATT-VDD≥0.2V	----	----	3	uA
BATT 端输入 电流	IBATT	VBATT = VO(REG), VBATT-VDD≥0.2V	----	1.5	2.6	uA
TS 端输入 电流	ITS	VTS =5V, VBATT-VDD≥0.2V	----	----	1.1	uA
CS 端输入 电流	ICS	VCS =5V, VBATT-VDD≥0.2V	---	---	1.1	uA
FB/CE 端输入 电流	ICE	VCE=5V, VBATT-VDD≥0.2V	----	----	1.1	uA
CE 端输入 低电平	VCE		----	-----	1.2	V
CE 端输入 高电平	VCE		VDD-1.2V	----	----	V
外部反馈 电压 FB	VFB		2.048	2.10	2.152	V
输出电压	VO(REG)		4.16	4.20	4.24	V
恒定电流 充电, CS 端电压	VI(SNS)	相对于 VDD, VI(SNS)=VDD-VCS	90	102	115	mV
预充电电 流, CS 端 电压	V(PRE)	相对于 VDD, V(PRE)=VDD-VCS	4	14	24	mV
预充电阈 值电压	VO(MIN)		2.7	2.9	3.1	V
再充电阈 值电压	VO(RCH)		VO(REG)- 170mV	VO(REG)- 110mV	VO(REG)- 50mV	V
充电结束 阈值电压	V(TERM)		2	12	22	mV
STAT 端输出 低电平	VSTAT(LOW)	IOL=10mA	-----	0.4	0.6	V
STAT 端输出 高电平	VSTAT(HIGH)	IOH=5mA	VDD-0.5V	----	----	V
低温阈值 电压	VTS1		30	31	32	%VDD
高温阈值 电压	VTS2		58.5	59.5	60.5	%VDD

## 功能描述

SL1051 是一款专门为高精度线性锂电池充电器而设计的电路，图 1 是用 PMOS 管作为调整管的应用线路图，图 2 是用 PNP 管作为调整管的应用线路图，图 3 显示了充电过程中的电流、电压曲线。

晶体管作为调整管的应用线路图，图 3 显示了充电过程中的电流、电压曲线。

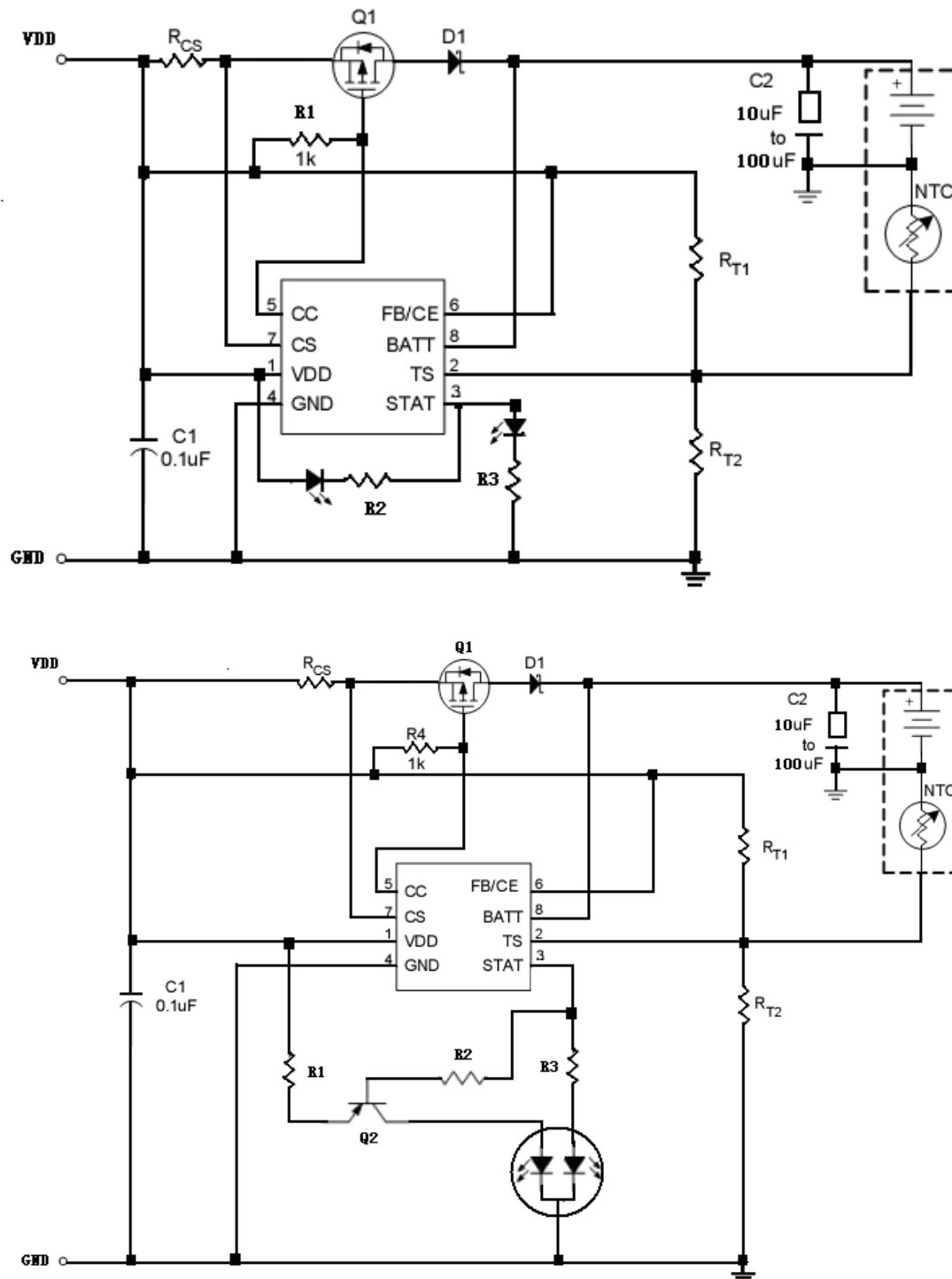


图 1 用 PMOS 管作为调整管的应用线路图

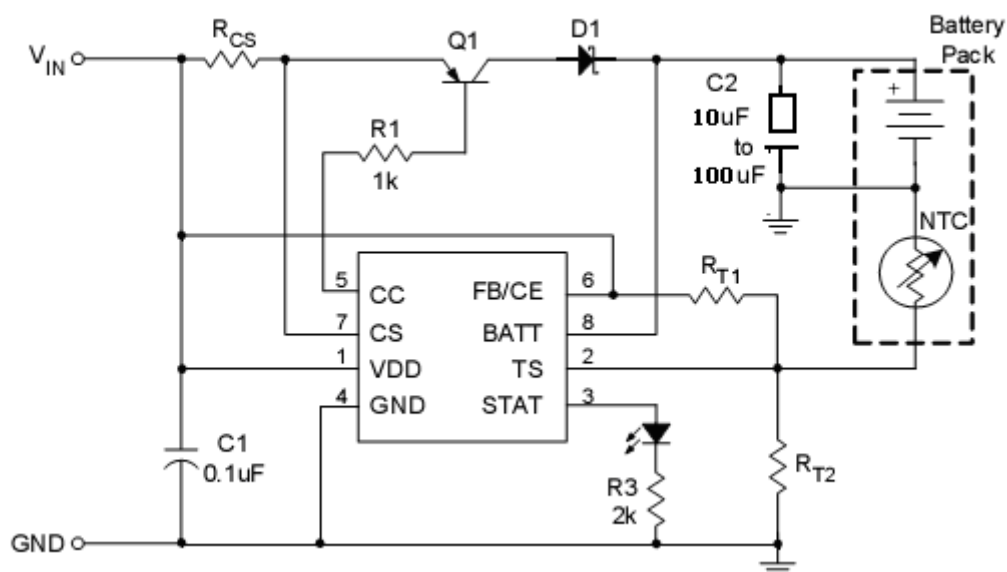


图 2 用 PNP 晶体管作为调整管的应用线路图

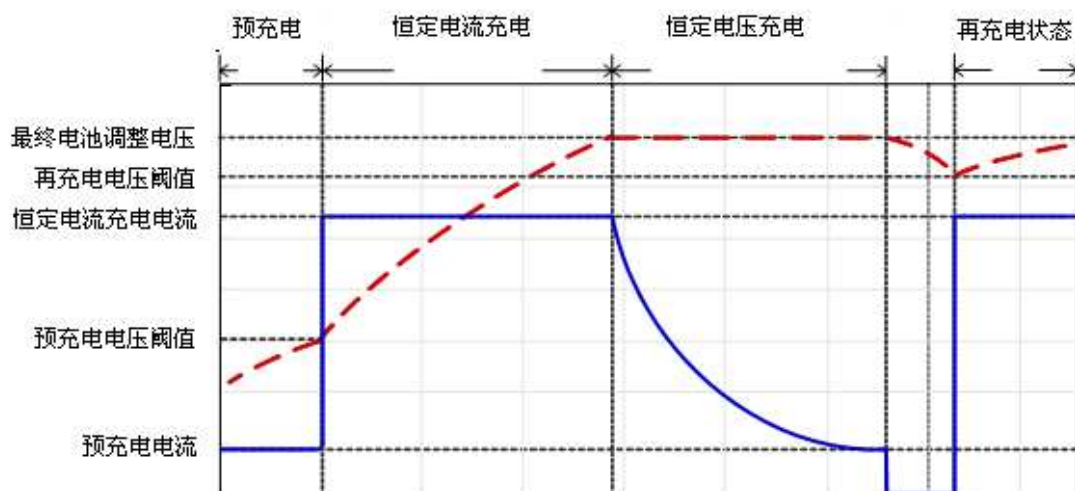


图 3 充电过程中的电流、电压曲线

### 1、检测

首先, FB/CE 端连到 VDD 或者一个高电平电压, SL1051 检测到如下两种情况之一即开始进入充电周期:

- 加上适当的电源后, 插上锂电池 ( $V_{BATT} < V_{O(REG)}$ );
- 已经插上锂电池 ( $V_{BATT} < V_{O(REG)}$ ), 然后加上适当的电源;

### 2、预充电

如果锂电池的初始电压低于预充电阈值

$V_{O(MIN)}$ , 则首先进入预充电阶段。在此阶段, 预充电电流大约为恒流充电阶段电流的 10% 左右。

### 3、恒定电流充电

当电池电压达到  $V_{O(MIN)}$ , 电池将进入下一个充电阶段: 恒定电流充电。SL1051 根据 VDD 及 CS 两端之间的电阻  $R_{CS}$  上的电压  $V_{I(SNS)}$  调整充电电流。即

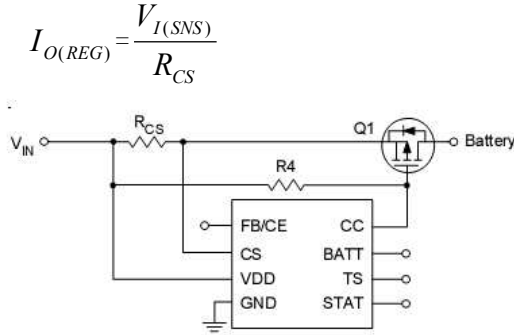


图 4

#### 4、恒定电压充电

随着恒定电流充电的进行，电池电压上升，当电池达到一定电压  $V_{O(REG)}$  时，即进入恒定电压充电阶段。在此阶段，电池电压不再上升，被恒定在  $V_{O(REG)}$ ，且充电电流逐渐减小。

#### 5、充电结束

在恒定电压充电阶段，充电电流逐渐减小，当电流减小到  $I_{TERM} = V_{(TERM)} / R_{CS}$  时，电池充电结束，同时，充电电流降为零。

#### 6、温度监控

在整个充电过程中，SL1051 将通过电池内部的热敏电阻和 TS 引脚外部的分压网络对电池的温度实行实时监控，如图 5。避免由于电池温度过高（或过低）而造成对电池的损坏或发生危险。

一般情况下，当 TS 端电压  $V_{TS}$  在  $V_{TS1}$  与  $V_{TS2}$  之间时，SL1051 正常工作。当  $V_{TS} < V_{TS1}$  或  $V_{TS} > V_{TS2}$ ，说明此时电池温度“过高”或“过低”，则充电过程被暂停；待  $V_{TS}$  恢复到  $V_{TS1}$  与  $V_{TS2}$  之间，即电池温度恢复到设定范围内，充电继续进行。

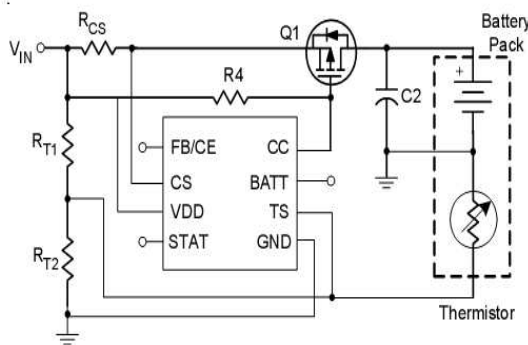


图 5

我们可以根据待设定的温度范围来确定应用线路图中的  $R_{T1}$  和  $R_{T2}$ ，现举例说明如下：

假设待设定的温度范围为  $T_L \sim T_H$ ，（其中  $T_L < T_H$ ）；电池中使用的是负温度系数的热敏电阻(NTC)， $R_{TL}$  为其在温度  $T_L$  时的阻值， $R_{TH}$  为其在温度  $T_H$  时的阻值，则

$R_{TL} > R_{TH}$ ，那么，在温度  $T_L$  时，TS 端的电压为：

$$V_{TSL} = \frac{R_{T2} \parallel R_{TL}}{R_{T1} + R_{T2} \parallel R_{TL}} \times V_{DD}$$

在温度  $T_H$  时，TS 端的电压为：

$$V_{TSH} = \frac{R_{T2} \parallel R_{TH}}{R_{T1} + R_{T2} \parallel R_{TH}} \times V_{DD}$$

然后，由  $V_{TSL} = V_{TS2}$ ，假设取为  $k_2 \times V_{DD}$ ，

$V_{TSH} = V_{TS1}$ ，假设取为  $k_1 \times V_{DD}$ ，

则可解得：

$$R_{T1} = \frac{R_{TL} R_{TH} (k_2 - k_1)}{(R_{TL} - R_{TH}) k_1 k_2}$$

$$R_{T2} = \frac{R_{TL} R_{TH} (k_2 - k_1)}{R_{TH} (k_1 - k_1 k_2) - R_{TL} (k_2 - k_1 k_2)}$$

同理，如果电池内部是正温度系数 (PTC) 的热敏电阻，则  $R_{TH} > R_{TL}$ ，我们可以计算得到：

$$R_{T1} = \frac{R_{TL} R_{TH} (k_2 - k_1)}{(R_{TH} - R_{TL}) k_1 k_2}$$

$$R_{T2} = \frac{R_{TL} R_{TH} (k_2 - k_1)}{R_{TH} (k_1 - k_1 k_2) - R_{TL} (k_2 - k_1 k_2)}$$

从以上的推导过程中可以看出，待设定的温度范围与电源电压是无关的，仅与  $R_{T1}$ 、 $R_{T2}$ 、 $R_{TH}$ 、 $R_{TL}$  有关；其中， $R_{TH}$ 、 $R_{TL}$  可通过查阅相关的电池手册或通过实验测试得到。

如不用此功能时，可将 TS 端与热敏电阻断开，取值  $R_{T1} = R_{T2}$

#### 7、FB/CE 功能

FB/CE 此引脚有两个功能。一个功能是使能端，连接此引脚到  $V_{DD}$  则开启 SL1051，连接到 GND 则关闭 SL1051。另一个功能是作为反馈端，此引脚如图 6 所示，此时，此引脚作为调整输出电压的电压源，数值为 2.1V。

$$V_{O(REG)} = 2.1 \times \left(1 + \frac{R_{FB1}}{R_{FB2}}\right) V$$

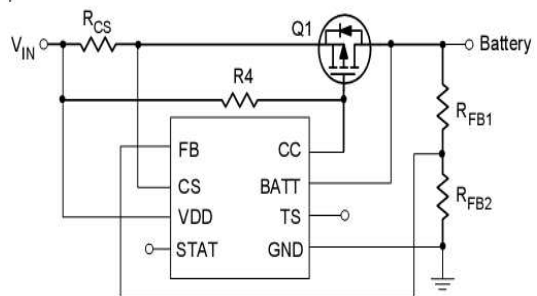


图 6

#### 8、充电指示

SL1051 的 STAT 有三种状态显示,如下表所示。

状态	STAT 显示
充电	高
充电结束	低
温度错误, FB/CE 为低, 休眠状态	高阻

## 9、再充电

充电结束后, 电池电压降低到  $V_{O(RCH)}$ , SL1051 将进行再次充电循环。

## 应用中的几个问题

### 1、选择 PNP 晶体管或者 PMOS 管作为调整管

SL1051 驱动一个 PNP 晶体管或者 PMOS 管作为调整管来控制充电电流。PNP 晶体管或者 PMOS 管作为一个线性调整器, 应考虑其最大允许电流、最大允许功耗、以及各端电压。最大的功耗出现在充电开始阶段, 近似可以计算为:

$$P_{D(MAX)} = I_{(SNS)} \times (V_{DD} - 0.1V - 2.8V)$$

上式中,  $R_{CS}$  上的最小电压为 0.1V, 最小预充电电压为 2.8V。在 PCB 布局的时候, 必须考虑 PNP 晶体管或者 PMOS 管的散热。

### 2、选择输入输出电容

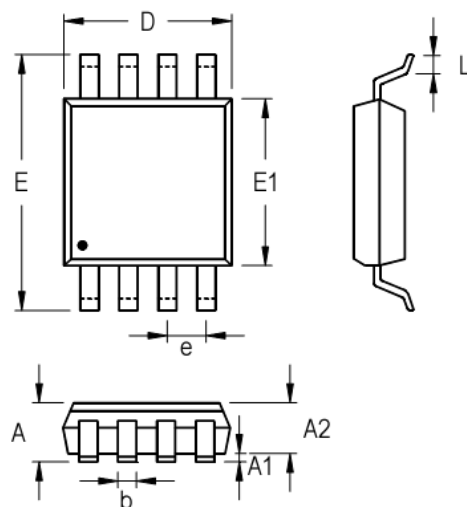
在电源和地之间放一个电容, 是非常重要的, 有助于耦合高频噪声, 推荐此电容选择 0.1uF 的陶瓷电容。如果电源噪声或环境噪声较大, 应选择大一些的电容, 以减小噪声。

推荐在 VBATT 端和地之间放一个 1uF 的电容, 这将有助于当没放电池的时候, 输出端有较小的纹波。

### 3、PCB 板的布局与布线

为了取得最佳的效果, 建议尽量缩小 PCB 板的面积及回路的走线。

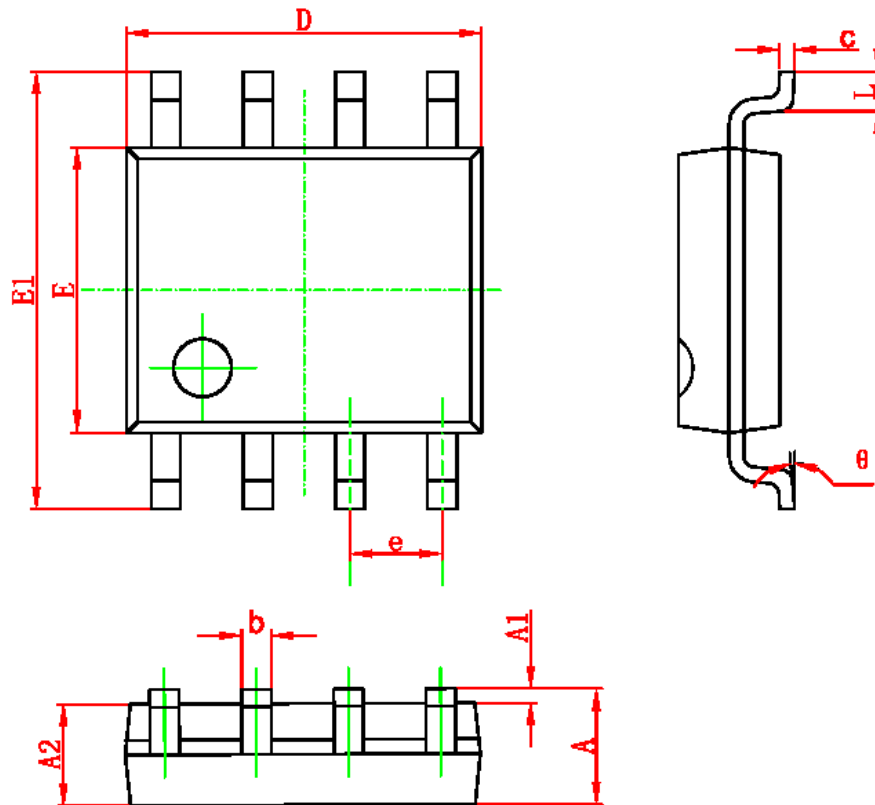
## 封装尺寸:



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.810	1.100	0.032	0.043
A1	0.000	0.150	0.000	0.006
A2	0.750	0.950	0.030	0.037
b	0.220	0.380	0.009	0.015
D	2.900	3.100	0.114	0.122
e	0.650		0.026	
E	4.800	5.000	0.189	0.197
E1	2.900	3.100	0.114	0.122
L	0.400	0.800	0.016	0.031

MSOP8 封装外型尺寸图



**SOP8 PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS**

Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°

SOP8 封装外型尺寸图