

## 2A 降压单节锂电池充电管理集成电路 具有太阳能最大功率点跟踪功能

### CN3796

#### 概述:

CN3796 是一款可使用太阳能板供电的 PFM 降压模式单节锂电池充电管理集成电路，独立对单节锂电池充电进行管理，具有封装外形小，外围元器件少和使用简单等优点。

CN3796 具有涓流，恒流和恒压充电模式，非常适合锂电池充电管理。在恒压充电模式，CN3796 将电池电压调制在 4.2V；在恒流充电模式，充电电流通过一个外部电阻设置。CN3796 内部包括太阳能最大功率点跟踪单元，可最大限度地利用太阳能板的输出功率，非常适合利用太阳能板供电的应用。

对于深度放电的锂电池，当电池电压低于恒压充电电压的58.3%(典型值)时，CN3796对电池进行涓流充电。在恒压充电阶段，充电电流逐渐减小，当充电电流降低到恒流充电电流的21%时，充电结束。在充电结束状态，如果电池电压下降到恒压充电电压的95.8%，自动开始新的充电周期。当输入电源掉电或者输入电压低于电池电压时，CN3796自动进入极低功耗的睡眠模式。

其它功能包括电池短路保护，电池端过压保护，芯片过温保护和充电状态指示等。

CN3796 采用 10 管脚散热增强型 SSOP 封装。

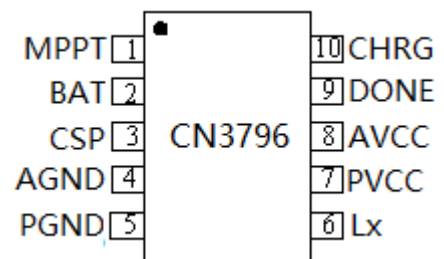
#### 应用:

- 移动电源
- 手持设备
- 便携式工业和医疗仪器
- 电子烟
- 独立电池充电器

#### 特点:

- 太阳能板最大功率点跟踪功能
- 宽输入电压范围：4.5V 到 6.5V
- 对单节锂电池完整的充电管理
- 充电电流可达 2A
- PFM 工作模式
- 恒压充电电压：4.2V ± 1%
- 恒流充电电流由外部电阻设置
- 输入适配器自适应功能
- 对深度放电的电池进行涓流充电
- 自动再充电功能
- 充电状态和充电结束状态指示
- 电池短路保护
- 电池端过压保护
- 芯片过温保护
- 工作环境温度：-40°C 到 +85°C
- 采用 10 管脚 SSOP 封装
- 产品无铅，满足 Rohs，不含卤素

#### 管脚排列:



## 典型应用电路:

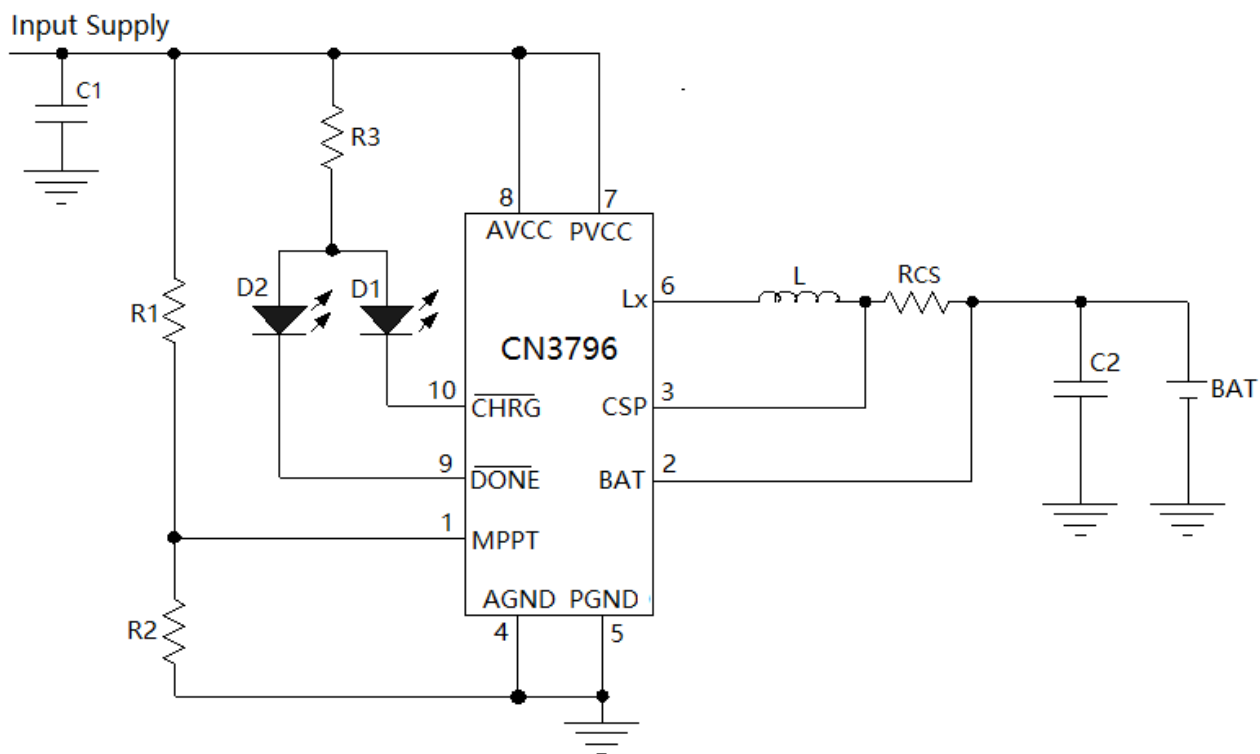


图 1 典型应用电路

## 订购信息:

型号	包装	工作环境温度
CN3796	盘装, 每盘 4000 只	-40°C 到 +85°C

## 管脚描述:

序号	名称	描述
1	MPPT	<b>太阳能板最大功率点跟踪管脚。</b> 将此管脚连接到外部电阻分压网络，以进行太阳能最大功率点跟踪。在最大功率点跟踪模式，MPPT 管脚电压被调制在 1.205V。
2	BAT	<b>电池正极输入管脚。</b> 电池电压通过 BAT 管脚检测，同时此管脚也是检测充电电流的负输入端，与 CSP 管脚一起监控电流检测电阻两端的电压，为电流调制单元提供电流信号。
3	CSP	<b>电流检测正输入管脚。</b> CSP 管脚是检测充电电流的正输入端，与 BAT 管脚一起监控电流检测电阻两端的电压，为电流调制单元提供电流信号。
4	AGND	<b>模拟地(GND)。</b> 此管脚是芯片内部除了低端功率开关以外所有电路的接地端。在 PCB 上应将此管脚与 PGND 管脚连接到一起。
5	PGND	<b>功率地。</b> PGND 是芯片内部低端功率开关的接地端。在低端开关导通期间，充电电流从此管脚流入 CN3796。在 PCB 上应将此管脚与 AGND 管脚连接到一起。
6	Lx	<b>电感连接管脚。</b> Lx 管脚连接到外部电感，充电电流从此管脚流出 CN3796。在芯片内部，Lx 管脚与 PVCC 管脚之间接有一个高端功率开关；在 Lx 管脚与 PGND 之间接有一个低端功率开关。
7	PVCC	<b>功率电源输入管脚。</b> PVCC 在芯片内部连接到高端功率开关。在高端功率开关导通期间，充电电流从此管脚流入 CN3796。在 PVCC 管脚与 PGND 管脚之间需要连接一个至少 10uF 的贴片陶瓷电容，此电容要尽量靠近 CN3796。
8	AVCC	<b>模拟电源输入管脚。</b> AVCC 为内部电路供电。此管脚与 AGND 之间需要一个滤波电容。
9	$\overline{\text{DONE}}$	<b>漏极开路充电结束指示管脚。</b> 在充电结束状态，此管脚被内部 NMOS 开关拉到低电平，在其他状态，此管脚输出高阻态。
10	$\overline{\text{CHRG}}$	<b>漏极开路充电状态指示管脚。</b> 在电池短路，涓流充电，恒流充电和恒压充电状态，此管脚被内部 NMOS 开关拉到低电平，在其他状态，此管脚输出高阻态。
11	Exposed PAD	<b>散热金属块。</b> 作为散热用的金属块，需要连接到 PCB 上的接地端 (Ground)。

## 极限参数

AVCC 和 PVCC 管脚电压.....	-0.3V to 6.5V	存储温度.....	-65°C to 150°C
MPPT, BAT 和 CSP 管脚...	-0.3V to AVCC+0.3V	工作环境温度.....	-40°C to 85°C
Lx 管脚电压.....	-0.3V to PVCC+0.3V	焊接温度(10s).....	260°C
$\overline{\text{CHRG}}$ 和 $\overline{\text{DONE}}$ 管脚.....	-0.3V to 6.5V	热阻 (eSSOP10).....	TBD

超出以上所列的极限参数可能造成器件的永久损坏。以上给出的仅仅是极限范围，在这样的极限条件下工作，器件的技术指标将得不到保证，长期在这种条件下还会影响器件的可靠性。

## 电气特性:

( $V_{AVCC}=5V, V_{PVCC}=5V, T_A=-40^{\circ}C$  到  $85^{\circ}C$ , 除非另有注明)

参数	符号	测试条件	最小	典型	最大	单位
工作电压范围	VCC		4.5		6.5	V
低压锁存阈值	VUVLO		2.9	3.2	3.5	V
工作电流	I <sub>VCC</sub>	没有开关	280	350	420	uA
调制电压	V <sub>REG</sub>	恒压充电模式	4.165	4.2	4.247	V
恒流检测电压	V <sub>CS</sub>	$V_{BAT} > V_{PRE}, V_{CSP} - V_{BAT}$	85	95	105	mV
电池短路电流	I <sub>SRT</sub>	$V_{BAT}=0.5V$ , 电池短路	35	65	95	mA
涓流充电电流	I <sub>PRE</sub>	$0.9V < V_{BAT} < V_{PRE}$ , 预充电	100	150	200	
BAT 管脚消耗电流		结束状态, $V_{BAT}=4.2V$	5	9	13	uA
	I <sub>SLP</sub>	睡眠模式 $V_{BAT}=4.2V$	0.8	1.2	1.6	
预充电阈值	V <sub>PRE</sub>	电池端电压上升	55.6	58.3	61	% V <sub>REG</sub>
预充电阈值回滞	H <sub>PRE</sub>	电池端电压下降		5.7		% V <sub>REG</sub>
充电结束阈值	I <sub>term</sub>	充电电流减小	14	21	28	% I <sub>CC</sub>
再充电阈值	V <sub>RE</sub>	电池端电压下降		95.8		% V <sub>REG</sub>
电池短路阈值	V <sub>SRT</sub>		0.5	0.9	1.3	V
电池端过压保护阈值	V <sub>OV</sub>	电池端电压上升	1.03	1.06	1.1	V <sub>REG</sub>
电池端过压释放阈值	V <sub>Clr</sub>	电池端电压下降	1.0	1.02	1.04	
芯片过温保护阈值		芯片温度上升		150		°C
芯片过温保护释放阈值		芯片温度下降		130		
<b>MPPT 管脚</b>						
MPPT 管脚调制电压	V <sub>MPPT</sub>	最大功率点跟踪模式	1.18	1.205	1.23	V
MPPT 管脚偏置电流	I <sub>MPPT</sub>		-50	0	+50	nA
<b>CHRG 管脚</b>						
CHRG 管脚吸收电流	I <sub>CHRG</sub>	$V_{CHRG}=1V$ , 充电模式	7	12	18	mA
CHRG 管脚漏电流	I <sub>LK1</sub>	$V_{CHRG}=6.5V$ , 结束模式			1	uA
<b>DONE 管脚</b>						
DONE 管脚吸收电流	I <sub>DONE</sub>	$V_{DONE}=1V$ , 充电结束模式	7	12	18	mA
DONE 漏电流	I <sub>LK2</sub>	$V_{DONE}=6.5V$ , charge mode			1	uA
<b>睡眠模式</b>						
睡眠模式阈值	V <sub>SLP</sub>	AVCC下降, $V_{BAT}=3.7V$ , 测量 $V_{AVCC}-V_{BAT}$	0.01	0.03	0.05	V
睡眠模式释放阈值	V <sub>SLPR</sub>	AVCC上升, $V_{BAT}=3.7V$ , 测量 $V_{AVCC}-V_{BAT}$	0.04	0.075	0.11	V

注: V<sub>REG</sub> 表示恒压充电电压; I<sub>CC</sub> 表示恒流充电电流。

## 详细描述:

CN3796是一款可使用太阳能板供电的PFM降压单节锂电池充电管理集成电路，具有涓流，恒流和恒压充电模式。恒流充电电流由CSP管脚和BAT管脚之间的电流检测电阻 $R_{CS}$ 设置。在恒压充电模式，恒压充电电压为4.2V，精度1%。

CN3796内部集成有太阳能最大功率点自动跟踪单元，可最大限度地利用太阳能板的输出功率，非常适合利用太阳能板供电的应用。

当AVCC管脚电压满足下面三个条件时，可启动充电周期。

- $V_{AVCC}$ 大于低压锁存阈值 $V_{UVLO}$
- $V_{AVCC}$ 大于电池电压与睡眠模式释放阈值之和
- $V_{AVCC}$ 不小于4.5V

如果电池电压低于涓流充电阈值，充电器自动进入涓流充电模式，此时充电电流典型值为150毫安。当电池电压大于涓流充电阈值，充电器进入恒流充电模式，此时充电电流由内部的95mV基准电压和一个外部电阻 $R_{CS}$ 设置，即充电电流为 $95mV/R_{CS}$ 。当电池电压继续上升接近恒压充电电压时，充电器进入恒压充电模式，充电电流逐渐减小。在充电状态，漏极开路输出 $\overline{CHRG}$ 管脚内部的NMOS开关导通，输出低电平，以指示充电状态。当充电电流减小到恒流充电电流的21%时，充电结束。漏极开路输出 $\overline{CHRG}$ 管脚内部的NMOS开关关断，输出高阻态；另一个漏极开路输出 $\overline{DONE}$ 管脚内部的NMOS开关导通，输出低电平，以指示充电结束状态。在充电结束状态，如果断开输入电源，再重新接入，将开始一个新的充电周期；如果电池电压下降到再充电阈值，那么也将自动开始新的充电周期。

CN3796采用恒电压法跟踪太阳能电池最大功率点，最大功率点电压通过两个电阻分压后反馈到MPPT管脚，在最大功率点跟踪状态，MPPT管脚电压被调制在1.205V。

当输入电压掉电或者低于电池电压时，CN3796自动进入低功耗的睡眠模式，内部电路被关断。

CN3796内部集成有过温保护单元，当芯片结温超过 $150^{\circ}C$ ，内部高端功率开关被关断，没有电流流向电池。只有当芯片结温下降到 $130^{\circ}C$ 以下时，才允许继续充电。

CN3796内部还有一个过压比较器，当BAT管脚电压由于负载变化或者突然移走电池等原因而上升，如果BAT管脚电压上升到恒压充电电压的1.06倍时，过压比较器动作，关断高端开关，充电器暂时停止，直到BAT管脚电压下降到恒压充电电压的1.02倍以下。在某些情况下，比如在电池没有连接到充电器上，或者电池突然断开，BAT管脚的电压可能会达到过压保护阈值，此为正常现象。

充电电流和充电电压示意图如图2所示。

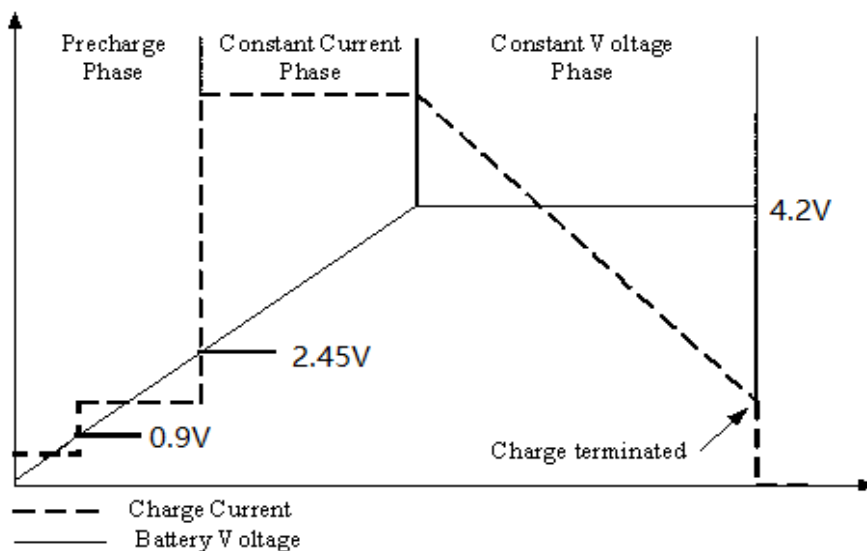


图2 充电过程示意图

## 应用信息

### 低电压锁存 (UVLO)

芯片内部的低电压锁存电路监测输入电压，当输入电压低于3.5V(典型值)时，内部电路被关断，CN3796被禁止工作。只有当下面三个条件都得到满足时，才启动充电周期。

- $V_{AVCC}$ 大于低压锁存阈值 $V_{UVLO}$
- $V_{AVCC}$ 大于电池电压与睡眠模式释放阈值之和
- $V_{AVCC}$ 不小于4.5V

### 电池短路保护

当电池电压低于电池短路阈值 ( $V_{SRT}$ )，电池被认为处于短路状态，作为对电池的保护，此时充电电流减小到65毫安。

### 涓流充电模式 (预充电模式)

在充电状态，如果电池电压大于电池短路阈值，且低于恒压充电电压的58.3%(典型值)时，充电器进入涓流充电模式，此时充电电流典型值为150毫安。

### 恒流充电电流的设置

恒流充电电流由下式决定：

$$I_{CH} = \frac{95mV}{R_{CS}}$$

其中：

$I_{CH}$  是恒流充电电流

$R_{CS}$  是连接于CSP管脚和BAT管脚之间的电流检测电阻

### 适配器自适应功能 (充电电流自动调整功能)

如果输入电源的输出电流能力小于所设置的充电电流，CN3796内部的电源自适应模块将自动调整充电电流以适应适配器的带载能力，此时AVCC管脚电压被调制在最高4.5V。

这个功能允许根据适配器的最大输出能力设置充电电流，而不需要考虑输出电流能力比较差的适配器。

### 太阳能电池最大功率点跟踪

CN3796采用恒电压法跟踪太阳能板的最大功率点。在太阳能板的伏安特性曲线中，当环境温度一定时，在不同的日照强度下，输出最大功率的点所对应的输出电压基本相同，亦即只要保持太阳能板的输出端电压为恒定电压，就可以保证在该温度下光照强度不同时，太阳能板输出最大功率。

在跟踪太阳能板最大功率点时，CN3796的MPPT管脚电压被调制在1.205V，配合片外的两个电阻(图1中的R1和R2)构成的分压网络，可以实现对太阳能板最大功率点进行跟踪。

太阳能板最大功率点电压由下式决定：

$$V_{MPP} = 1.205 \times (1 + R1 / R2)$$

如果不需要使用太阳能最大功率点跟踪功能，将MPPT管脚直接接地或者通过一个电阻接地。

在设置了太阳能板最大功率点后，除了太阳能板外，还可以使用直流稳压电源作为输入电源，比如适配器。直流稳压电源的电压可以大于所设置的最大功率点电压，也可以小于所设置的最大功率点电压的97.5%。直流稳压电源的电压不能在所设置的最大功率点电压的97.5%到100%之间。

### 充电结束

在恒压充电模式，充电电流逐渐下降，当充电电流下降到恒流充电电流的21%时，充电过程结束，芯片内部的高端开关被关断，充电电流变为零。

### 自动再充电

充电结束以后，如果输入电源和电池仍然连接在充电器上，由于电池自放电或者负载的原因，电池电压逐渐下降，当电池电压下降到恒压充电电压的95.8%时，CN3796自动进入充电状态，开始新的充电周期，这样可以保证电池的饱满度保持在80%以上。

## 电池端过压保护

当BAT管脚电压大于恒压充电电压的1.06倍时，CN3796进入电池端过压保护状态，内部高端功率开关被关断，没有电流流向电池。只有当BAT管脚电压下降到恒压充电电压的1.02倍时，才允许内部高端功率开关导通，恢复正常充电状态。

## 芯片过温保护

CN3796内部集成有过温保护单元，当芯片结温超过150℃，内部高端功率开关被关断，没有电流流向电池。只有当芯片结温下降到130℃以下时，才允许继续充电。

## 睡眠模式

当AVCC管脚电压低于 $V_{BAT}+V_{SLP}$ 时，CN3796进入睡眠模式，此时，CN3796被关断，BAT管脚消耗的电流仅为1.2uA。当AVCC管脚电压上升到 $V_{BAT}+V_{SLPR}$ 以上时，CN3796离开睡眠模式，返回正常工作状态。

## 状态指示

CN3796有两个漏极开路状态指示输出端： $\overline{CHRG}$ 管脚和 $\overline{DONE}$ 管脚。在电池短路状态，涓流充电状态，恒流充电状态和恒压充电状态， $\overline{CHRG}$ 管脚被内部NMOS开关下拉到低电平，在其它状态 $\overline{CHRG}$ 管脚为高阻态。在充电结束状态， $\overline{DONE}$ 管脚被内部NMOS开关下拉到低电平，在其它状态， $\overline{DONE}$ 管脚为高阻态。

当电池没有接到充电器时，取决于输出电容值，CN3796将输出电容充电到恒压充电电压或过压保护阈值，并进入充电结束状态，由于BAT管脚的工作电流对输出电容的放电效应，BAT管脚的电压将慢慢下降到再充电阈值，CN3796再次进入充电状态，如此循环，在BAT管脚形成一个锯齿波形。

当不用状态指示功能时，将不用的状态指示管脚接到地（Ground）。

表1列明了两个状态指示管脚对应的充电器状态。这里假设红色LED连接到 $\overline{CHRG}$ 管脚，绿色LED连接到 $\overline{DONE}$ 管脚，其连接方式如图1所示。

$\overline{CHRG}$ 管脚	$\overline{DONE}$ 管脚	状态描述
低电平(红色LED亮)	高阻态(绿色LED灭)	充电
高阻态(红色LED灭)	低电平(绿色LED亮)	充电结束
脉冲信号(红色LED灭)	脉冲信号(绿色LED亮或闪烁)	没有连接电池
高阻态(红色LED灭)	高阻态(绿色LED灭)	两种可能情况 <ul style="list-style-type: none"> <li>● VCC管脚电压低于4.5V，或者</li> <li>● VCC管脚电压低于BAT管脚电压</li> </ul>

表1 状态指示说明

## 电池连接检查

CN3796没有电池连接检查功能。当电池没有连接到充电器上时，CN3796将输出电容作为电池充电到恒压充电电压或过压保护阈值，进入充电结束状态，由于BAT管脚的工作电流对输出电容的放电效应，BAT管脚的电压将慢慢下降到再充电阈值，CN3796再次进入充电状态，充电器将在充电状态和充电结束状态之间循环，这样在BAT管脚形成一个锯齿状波形。

最好不要在充电器运行时将电池接入充电器，否则充电器可能处于不确定状态，也可能在短时间内向电池灌入较大电流。

## 输入电容

输入电容(图1中的C1)对输入电源起滤波作用，需要吸收在输入电源上产生的纹波电流，所以输入电容必须有足够的额定纹波电流。在最坏情况下，输入电容的额定RMS纹波电流需要达到充电电流的二分之一。

取决于输入电源的特性和电源导线的长度，通常一个10uF到22uF的贴片陶瓷电容可以满足要求。

需要留意的是，当在贴片陶瓷电容上施加直流电压时，实际电容值将变小，所以需要留意贴片陶瓷电容的电压系数。输入滤波电容的尺寸应该是0805或1206。

如果使用电解电容作为输入滤波电容，那么应该同电解电容再并联一个1uF到10uF的贴片陶瓷电容，以滤除高频噪声。

## 输出电容

为了降低输出端的纹波电压和改善瞬态特性，输出电容(图1中的C2)应该选择串联等效电阻(ESR)较小的电容。一个低ESR的10uF到22uF的贴片陶瓷电容可作为输出滤波电容。

需要留意的是，当在贴片陶瓷电容上施加直流电压时，实际电容值将变小，所以需要留意贴片陶瓷电容的电压系数。电容的尺寸至少是0805。

如果使用电解电容作为输入滤波电容，那么应该同电解电容再并联一个1uF到10uF的贴片陶瓷电容，以滤除高频噪声。

## 电感的选择

电感值要足够大使得转换器工作于连续导通模式（CCM）。在恒压充电模式，充电电流可能低到恒流电流的20%，此时也要保证转换器工作于连续导通模式，以降低电磁辐射。

表2列出了不同的充电电流情况下建议的电感值：

充电电流	建议的电感值
2A	4.7uH~10uH
1.5A	6.8uH~15uH
1A	10uH~22uH
0.75A	22uH~33uH
0.5A	22uH~47uH

表2 建议的电感值与充电电流对应表

如果使用太阳能板供电，考虑到在光照比较弱时，充电电流会更低，应该适当增加电感值。

## 输入电源热插拔的考虑

输入电源（适配器）的电缆寄生电感与CN3796充电板的输入滤波电容构成一个二阶网络，在输入电源热插拔瞬间，形成LC振荡，在CN3796的AVCC管脚产生一个瞬间过冲电压。如果此过冲电压大于AVCC管脚的极限电压，有可能损坏芯片。

有几个办法可以消除或抑制热插拔瞬间产生的瞬间过冲电压。比如使用串联等效电阻（ESR）比较大的电解电容或者使用TVS二极管，但是这两个办法在成本和体积方面不具有优势。

图3所示的电路使用一个电阻和电容构成的低通滤波网络，抑制瞬间过冲电压，在成本和体积方面都具有优势。图3所示的电路中，电阻R1阻值可以在20欧姆到51欧姆之间，尺寸0603或0402均可；电容C1可选1uF到10uF的贴片陶瓷电容，尺寸为0805。

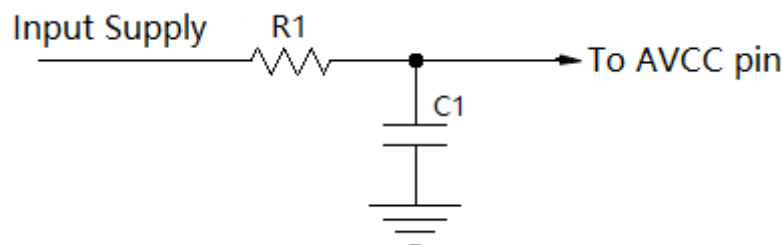


图3 低通滤波网络抑制瞬态过冲电压



## 设计PCB的考虑

良好的PCB设计对于保证CN3796正常工作，降低电磁辐射和提高转换效率非常重要。针对图1中的应用电路，设计PCB时需要考虑下面8点：

- (1) 输入滤波电容尽量靠近PVCC管脚和PGND管脚，连接线尽量短。
- (2) 在PCB上将AGND管脚和PGND管脚连接到一起，并用尽可能宽的大片铜皮连接到系统地。
- (3) 输入滤波电容，电感和输出滤波电容应该放置在PCB的同一面。
- (4) 电感应尽量靠近Lx管脚，并使得此节点的铜皮面积尽可能小，以降低电磁辐射。但此节点铜皮也要足够宽，以通过所需要的充电电流。同时尽量减小此节点铜皮与其它节点铜皮之间的寄生电容。
- (5) 输出滤波电容尽量靠近电流检测电阻。
- (6) 输出电容的地连接端，输入电容的地连接端和CN3796的PGND连接到同一块铜皮上，再返回系统地。
- (7) CN3796背面的散热块焊接到地（Ground），并且通过一些通孔，连接到另一面的接地铜皮。
- (8) 电流检测电阻Rcs尽量靠近电感，放置方向要保证从芯片的CSP管脚和BAT管脚到Rcs的连线比较短。CSP管脚和BAT管脚到Rcs的连线要在同一层次上，而且距离要尽可能小。为了保证充电电流检测精度，CSP管脚和BAT管脚要直接连接到电流检测电阻上。如图4所示。

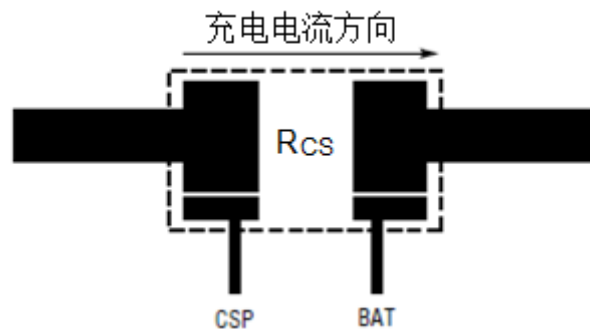
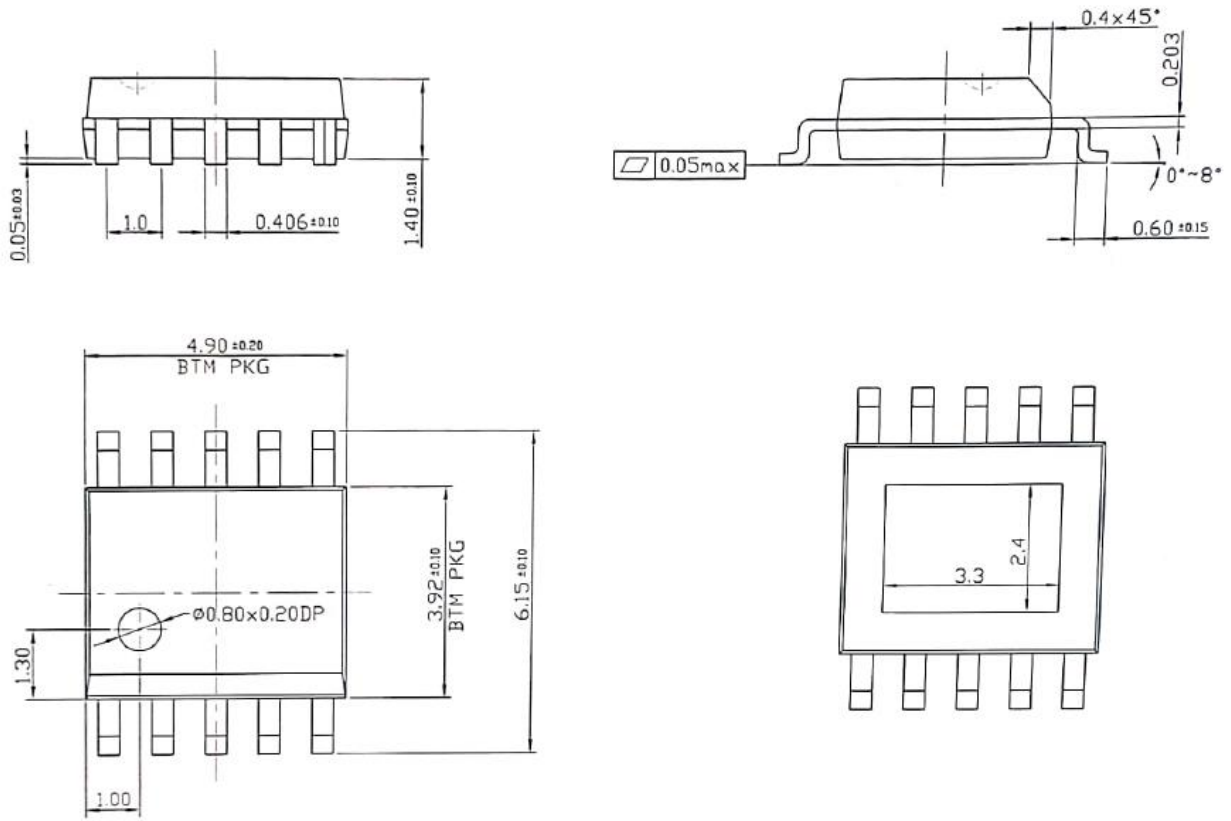


图 4 充电电流的检测

## 封装信息



本文中所描述的电路仅供参考，上海如韵电子有限公司对使用本文中所描述的电路不承担任何责任。上海如韵电子有限公司保留对器件的设计或者器件的技术规格书随时做出修改而不特别通知的权利。