

### 概述

HE4401E是一款工作于5V的 PFM 升压型 2 节/3节串联锂电池充电控制电路。HE4401E采用恒流和恒压模式对电池进行充电管理，内部集成有基准电压源，电感电流检测单元，电池电压检测电路和外部 MOS 器件驱动电路等。

HE4401E支持外接引脚来选择设置2 串或 3 串锂电池充电。

HE4401E可以自适应适配器的电流供应能力，确保输入适配器不会出现过载现象，所以适用于各种直流设备以及标准的USB充电设备。

HE4401E集成了均衡充电电路，可在充电时实时检测每节电池的电压，当检测到任意一节电池电压达到了均衡开启电压，就会开启均衡功能充电。

HE4401E采用小型化的QFN3x3- 16L封装，节省PCB面积。

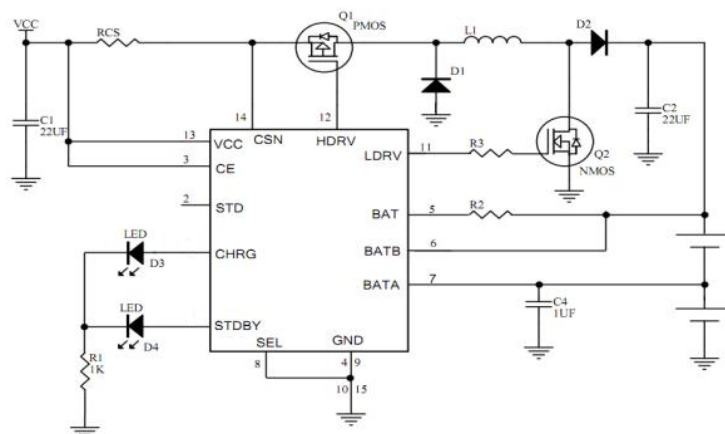
### 特性

- 支持2 节/3节串联锂电池升压充电控制电路。
- 电感电流检测
- 自动再充电功能
- 支持外接引脚来设置2 串或 3 串锂电池充电
- 输入电流自动识别，适配器自适应
- 集成了均衡充电电路，可在充电时检测每节电池的电压，保证电池电压的均衡
- 高达1MHz 开关频率
- 当电池电压低于输入电压或者电池短路时以较小电流充电
- 充电状态双灯指示
- 芯片始能控制
- 采用小型化的QFN3x3- 16L封装

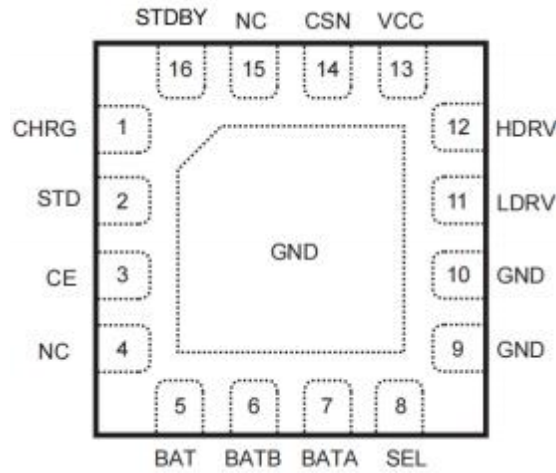
### 应用

- 移动电话
- 平板电脑
- 蓝牙音箱
- GPS
- 便携式设备、各种充电器

### 2节电池典型应用



引脚排列及管脚定义：



**CHRG (引脚1)：充电状态指示端。**

当电池充电时，CHRG 管脚为高电平，表示充电状态，在充电完成时 CHRG 管脚处于低电平。

**STD (引脚2)：芯片内部测试管脚。**

此管脚不需要连接电路，把该管脚悬空即可。

**CE (引脚3)：芯片使能输入端。**

高输入电平将使 HE4401E 处于正常工作状态，低输入电平将使 HE4401E 处于被禁止充电状态。

CE管脚可以被TTL电平或者CMOS 电平驱动。

**NC (引脚4、15)：内部没有连接电路。**

Layout 时此管脚需要与 GND 连接。

**BAT (引脚5)：电池电压反馈输入端。**

此管脚直接连接到电池正极以检测电池电压。在电池正极和芯片 BAT管脚加一个电阻可以将电池端充电终止电压向上调整，充电终止电压应向上调整的幅度不宜超过0.3V。

电池端充电终止电压典型值由下式决定：

$$2\text{节: } V_{\text{bat}} = 8.4 + (0.007 \times R2) \quad (\text{V})$$

$$3\text{节: } V_{\text{bat}} = 12.6 + (0.01 \times R2) \quad (\text{V}) \quad (\text{R2单位为K})$$

(注意：3 节使用了调电压功能后，均衡充电功能就无法使用了)

**BATB (引脚6)：均衡功能中间电池电压检测端。**

充电均衡功能，中间电池电压检测脚。未使用该功能时该脚 NC。

**BATA (引脚7)：均衡功能中间电池电压检测端。**

充电均衡功能，中间电池电压检测脚，未使用该功能时该脚接 GND。

**SEL (引脚8): 电池组充电选择控制端。**

选择设置 2 串或 3 串锂电池充电，该脚接到地选择 2 串充电，该脚悬空选择 3 串充电。

**GND (引脚9、10): 电源地。**

输入电源地和电池的负极。

**LDRV (引脚11): 外部N沟道功率管驱动端。**

连接到外部N 沟道场效应晶体管(MOSFET) 的栅极。

**HDRV (引脚12): 外部P沟道功率管驱动端。**

连接到外部P 沟道场效应晶体管(MOSFET) 的栅极。

**VCC (引脚13): 电源正极输入端。**

电源输入，内部集成有欠压保护功能。

**CSN (引脚14): 充电电流控制端。**

在VCC管脚与CSN管脚之间接一个电流检测电阻  $R_{cs}$ ，用以检测充电电流。

**STDBY (引脚16): 充电完成指示端。**

当电池充电完成时 STDBY 管脚为高电平，表示充电完成状态，在充电时STDBY 管脚处低电平。

**充电电流与电池电压关系图**

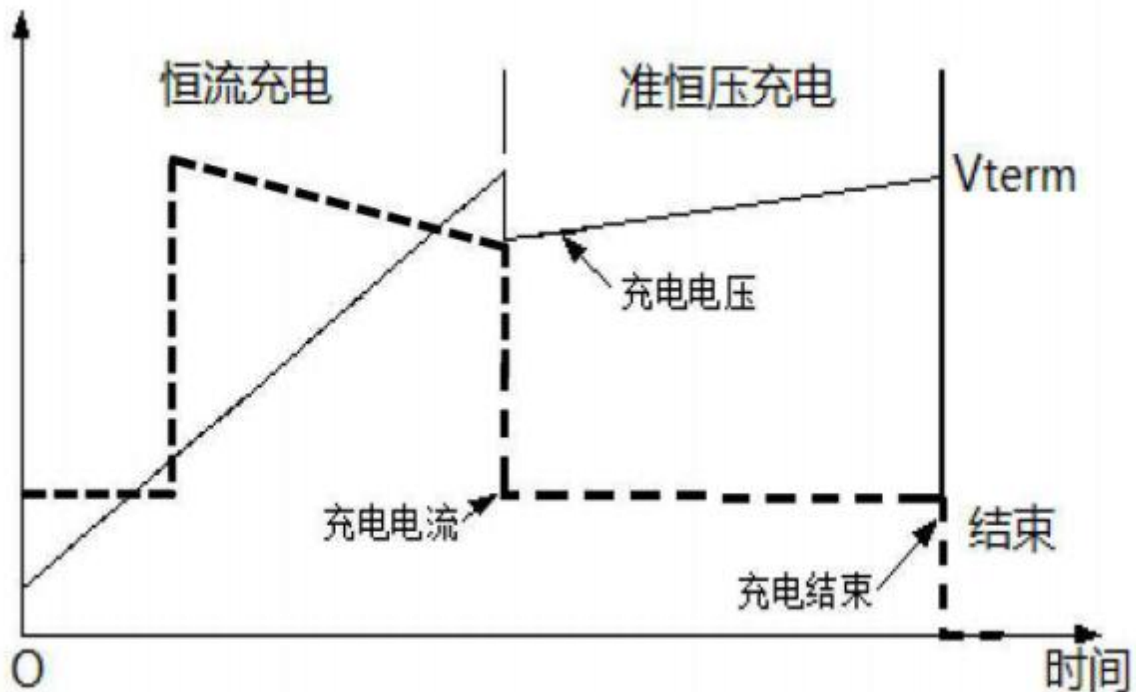


图 1

2节电池典型应用

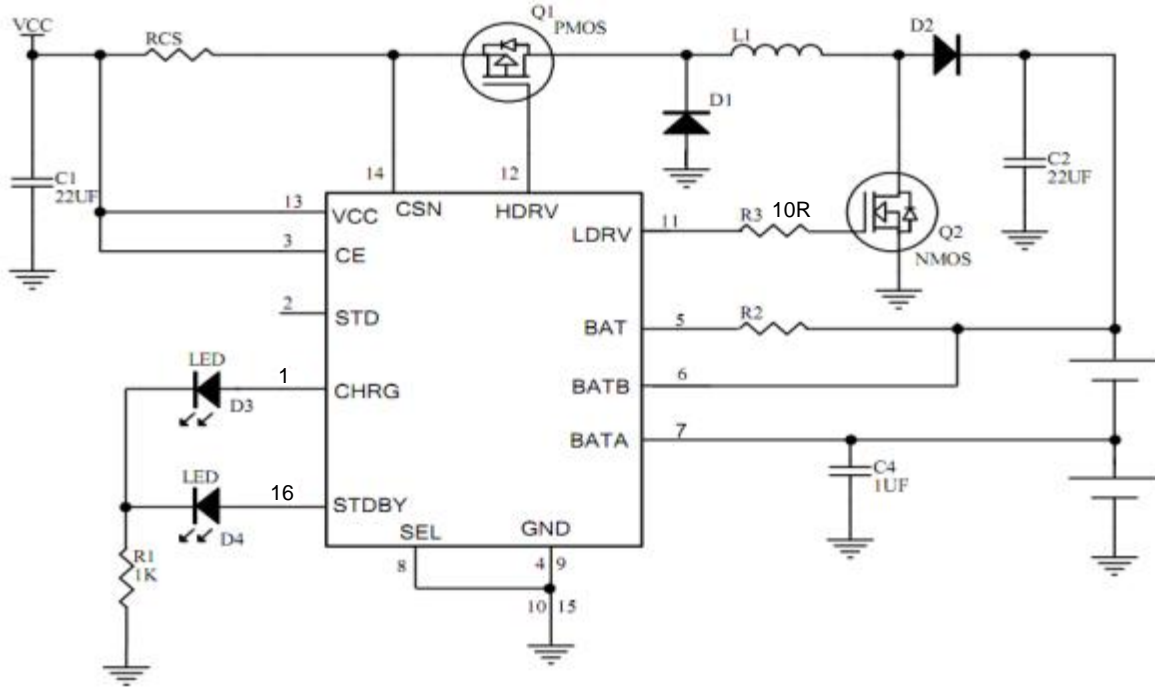


图 2 2节电池均衡充电应用图

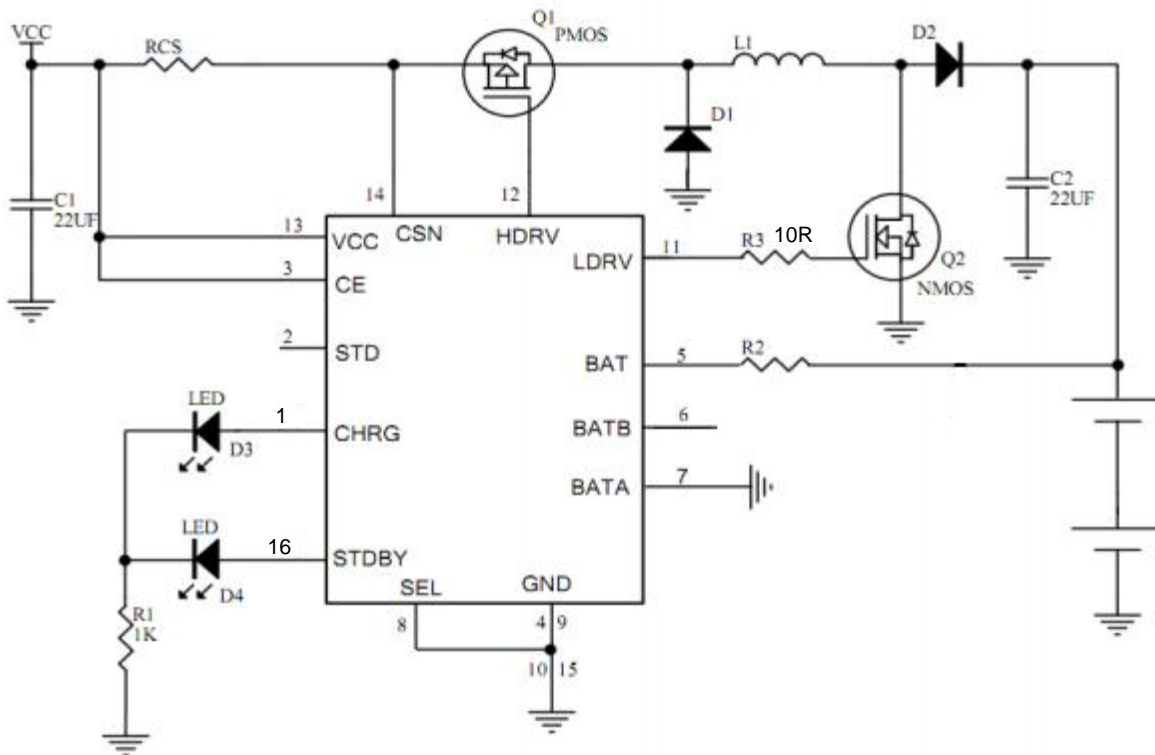


图 3 2节电池不用均衡充电应用图

3节电池典型应用

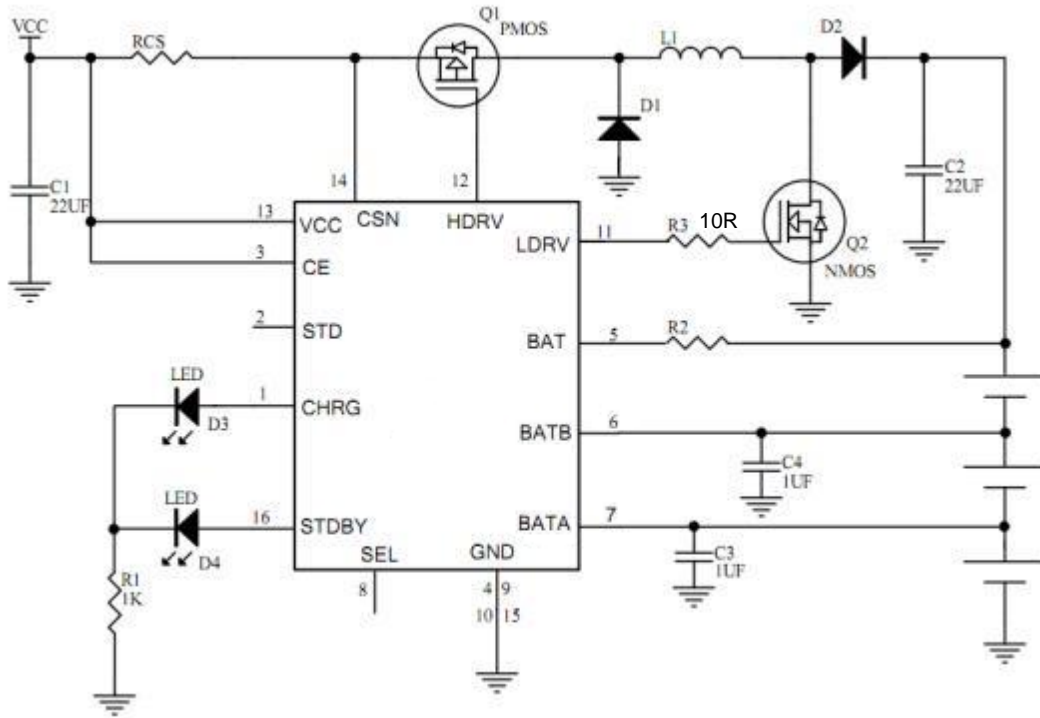


图 4 3节电池均衡充电应用图

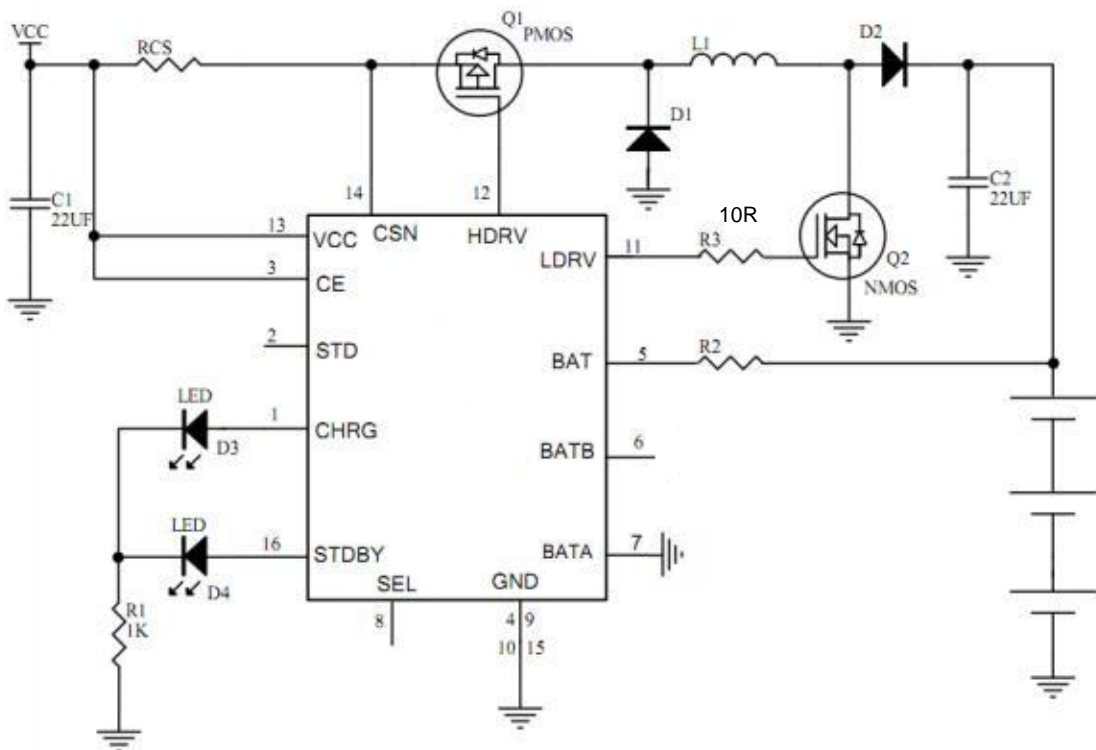
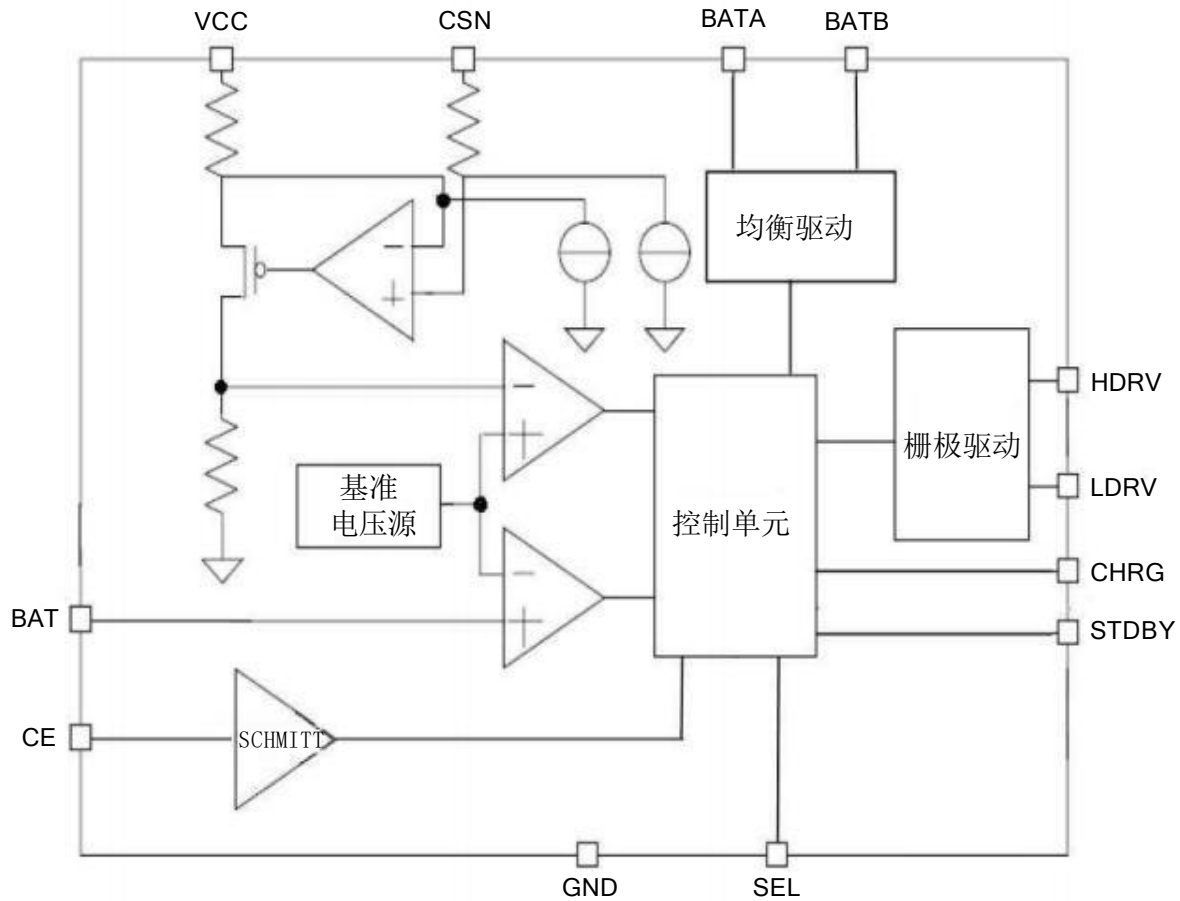


图 5 3节电池不用均衡充电应用图

### 功能框图



### 极限参数

VCC, CSN 和 CE 管脚电压 .....	-0.3V to 12V	最大结温 .....	150°C
BAT 管脚电压 .....	-0.3V to 18V	工作温度范围.....	-40°C to 85°C
CSN 与 VCC 管脚电压 .....	-0.3V to 0.3V	存储温度.....	-65°C to 150°C
其它.....	-0.3V to VCC	焊接温度(10 秒) .....	260°C

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。

## 2节电气参数

(VIN=5V, TA=-40°C to +85°C, 典型值在 TA=+25°C 时测得, 除非另有说明。)

参数	符号	测试条件	最小	典型	最大	单位	
输入电压范围	VCC		3.0		6.5	V	
工作电流	IVCC	V <sub>BAT</sub> =8.6V, No Switching	200	280	360	μA	
关断电流	I <sub>off</sub>	CE管脚低电平		0	2	μA	
开关频率	f <sub>sw</sub>		200		1000	KHz	
<b>电感电流检测比较器</b>							
检测电压高端阈值	V <sub>CSHI</sub>	恒流	(VCC-V <sub>CSN</sub> ) 从0V上升, 直到 V <sub>LDRV</sub> < 0.5V	95	110	125	mV
		准恒压		16		31	
CSN管脚输入电流	I <sub>CSN</sub>				15	μA	
<b>BAT管脚</b>							
BAT管脚充电终止阈值	V <sub>BAT</sub>	BAT管脚电压上升	8.32	8.4	8.48	V	
BAT管脚再充电阈值	V <sub>RECHRG</sub>	BAT管脚电压下降	7.97	8.095	8.22	V	
BAT管脚电流	I <sub>BAT</sub>	VCC=0V, V <sub>BAT</sub> =8.4V	5		14	μA	
<b>均衡开启</b>							
引脚开启电压	V <sub>CBON</sub>	2串任意一节电池电压相差	50		70	mV	
引脚输出电流	I <sub>CBON</sub>				100	mA	
<b>LDRV管脚</b>							
LDRV管脚输出电流		V <sub>CSN</sub> =VCC, V <sub>DRV</sub> =0.5×VCC		0.65		A	
LDRV管脚下拉电流		V <sub>CSN</sub> =VCC-0.2V, V <sub>LDRV</sub> =0.5×VCC		0.65		A	
LDRV输出高电平	V <sub>OH</sub>	I <sub>LDRV</sub> =5mA	VCC-0.3			V	
LDRV输出低电平	V <sub>OL</sub>	I <sub>LDRV</sub> =-5mA			0.3	V	
<b>HDRV管脚</b>							
HDRV管脚输出电流		V <sub>CSN</sub> =VCC, V <sub>DRV</sub> =0.5×VCC		0.8		A	
HDRV管脚下拉电流		V <sub>CSN</sub> =VCC-0.2V, V <sub>HDRV</sub> =0.5×VCC		0.8		A	
HDRV输出高电平	V <sub>OH</sub>	I <sub>HDRV</sub> =5mA	VCC-0.3			V	
HDRV输出低电平	V <sub>OL</sub>	I <sub>HDRV</sub> =-5mA			0.3	V	
<b>CE管脚</b>							
输入低电平	V <sub>CEL</sub>	CE电压下降			0.7	V	
输入高电平	V <sub>CEH</sub>	CE电压上升	2.2			V	
<b>CHRG管脚</b>							
引脚输出高电平	ICHRG	V <sub>CHRG</sub> =5V, 充电模式		10		mA	
<b>STDBY管脚</b>							
引脚输出高电平	ISTDBY	V <sub>STDBY</sub> =5V, 结束模式		10		mA	



### 3节电气参数

(VIN=5V, TA=-40°C to +85°C, 典型值在 TA=+25°C 时测得, 除非另有说明。)

参数	符号	测试条件	最小	典型	最大	单位		
输入电压范围	VCC		3.0		6.5	V		
工作电流	IVCC	V <sub>BAT</sub> =12.9V, No Switching	200	280	360	μA		
关断电流	I <sub>off</sub>	CE管脚低电平		0	2	μA		
开关频率	f <sub>SW</sub>		200		1000	KHz		
<b>电感电流检测比较器</b>								
检测电压高端阈值	V <sub>CSN</sub>	恒流	(VCC-V <sub>CSN</sub> ) 从0V上升, 直到 V <sub>LDRV</sub> < 0.5V		95	110	125	mV
		准恒压			21	41		
CSN管脚输入电流	I <sub>CSN</sub>				15	μA		
<b>BAT管脚</b>								
BAT管脚充电终止阈值	V <sub>BAT</sub>	BAT管脚电压上升	12.474	12.6	12.726	V		
BAT管脚再充电阈值	V <sub>RECHRG</sub>	BAT管脚电压下降	11.94	12.14	12.34	V		
BAT管脚电流	I <sub>BAT</sub>	VCC=0V, V <sub>BAT</sub> =12.6V	5		20	μA		
<b>均衡开启</b>								
引脚开启电压	V <sub>CBON</sub>	3串任意一节电池电压相差	50		70	mV		
引脚输出电流	I <sub>CBON</sub>				100	mA		
<b>LDRV管脚</b>								
LDRV管脚输出电流		V <sub>CSN</sub> =VCC, V <sub>DRV</sub> =0.5×VCC		0.65		A		
LDRV管脚下拉电流		V <sub>CSN</sub> =VCC-0.2V, V <sub>LDRV</sub> =0.5×VCC		0.65		A		
LDRV输出高电平	V <sub>OH</sub>	I <sub>LDRV</sub> =5mA	VCC-0.3			V		
LDRV输出低电平	V <sub>OL</sub>	I <sub>LDRV</sub> =-5mA			0.3	V		
<b>HDRV管脚</b>								
HDRV管脚输出电流		V <sub>CSN</sub> =VCC, V <sub>DRV</sub> =0.5×VCC		0.8		A		
HDRV管脚下拉电流		V <sub>CSN</sub> =VCC-0.2V, V <sub>HDRV</sub> =0.5×VCC		0.8		A		
HDRV输出高电平	V <sub>OH</sub>	I <sub>HDRV</sub> =5mA	VCC-0.3			V		
HDRV输出低电平	V <sub>OL</sub>	I <sub>HDRV</sub> =-5mA			0.3	V		
<b>CE管脚</b>								
输入低电平	V <sub>CEL</sub>	CE电压下降			0.7	V		
输入高电平	V <sub>CEH</sub>	CE电压上升	2.2			V		
<b>CHRG管脚</b>								
引脚输出高电平	I <sub>CHRG</sub>	V <sub>CHRG</sub> =5V, 充电模式		10		mA		
<b>STDBY管脚</b>								
引脚输出高电平	I <sub>STDBY</sub>	V <sub>STDBY</sub> =5V, 结束模式		10		mA		



### 工作原理

HE4401E是一款工作于5V的PFM升压型2节和3节串联锂电池充电控制电路。它是采用开关型升压转换器，对串联型2节或3节电池进行涓流、恒流和恒压充电。充电电流可以用外部电阻编程设定。

内部集成有基准电压源，电感电流检测单元，电池电压检测电路，输出短路保护电路，控制单元和片外场效应晶体管驱动电路等。

当接通输入电源后，芯片进入充电状态，当BAT管脚电压第一次达到 $V_{BAT}$ （典型值）时，经过抖动延时，芯片进入恒压充电状态，输入电流降低到恒流时的30%左右，所以充电电流也降低。当电池电压第二次达到 $V_{BAT}$ （典型值）后，充电过程结束。

当电池电压下降到再充电阈值 $V_{RECHRG}$ （典型值）时，芯片再次进入充电状态，如此循环。

HE4401E具有自适应的适配器匹配功能，当检测到输入电压被拉低到一定值时，芯片会进入自适应保护状态，此时充电电流会降低，使输出电压维持在设定的允许值之上，保护适配器输出。

### 充电均衡功能

HE4401E集成了2串和3串锂电池充电均衡功能。未使用均衡功能时，2串相关引脚BATA接地，

BATB连接到BAT，3串相关引脚BATA接地，BATB悬空即可。（参考典型应用电路图）

在充电过程中，HE4401E实时检测每节电池电压，当检测到任意一节电池电压达到均衡开启电压 $V_{CBON}$ 就会开启芯片内部对应的均衡MOS，降低高电压那节电池的充电电流，增加低电压那节电池的充电电流。均衡电流芯片内部已设置为最大120mA，不需要外部设置了。

### 充电状态指示

HE4401E包含两个高低电平输出的状态指示端，充电状态指示端CHRG和充满电状态指示端STDBY。当充电器处于充电状态时，CHRG输出高电平，在其它状态，CHRG处于低电平。

充电状态	CHRG	STDBY
充电	高电平	低电平
电池充满	低电平	高电平
电池未接	低电平	高电平
CE接地	低电平	低电平

### 充电电流设定

#### 2串电池充电：

在应用电路中，HE4401E通过连接在VCC和CSN管脚之间的电流检测电阻 $R_{CS}$ 设置电流。因此充电电流可通过下面的式子设定：

$$I_{BAT} = 110mV / R_{CS} / 1.6$$

$I_{BAT}$  单位是毫安 (mA)

$R_{CS}$  单位是欧姆 ( $\Omega$ )

#### 3串电池充电：

在应用电路中，HE4401E通过连接在VCC和CSN管脚之间的电流检测电阻 $R_{CS}$ 设置电流。因此充电电流可通过下面的式子设定：

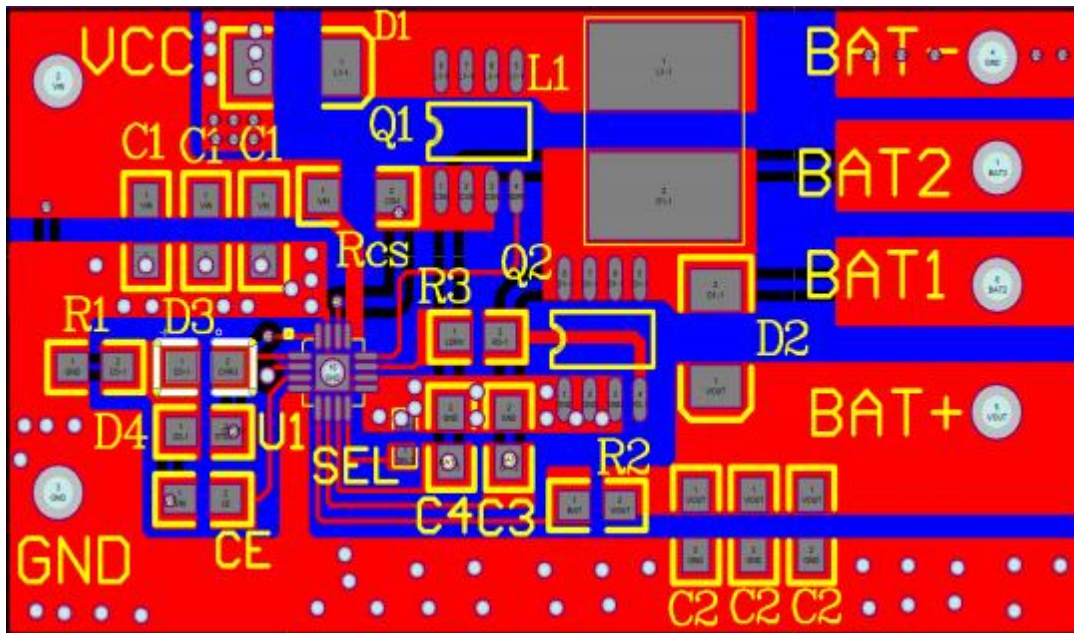
$$I_{BAT} = 110mV / R_{CS} / 2$$

$I_{BAT}$  单位是毫安 (mA)

$R_{CS}$  单位是欧姆 ( $\Omega$ )

## 设计PCB注意事项

对于主路电流和电源到地的路径，使用宽且短的线。输入和输出电容应尽可能的靠近芯片放置。地线要尽量宽，尽可能地将地端靠近芯片放置。电流检测电阻  $R_{cs}$  要尽量靠近输入电源的滤波电容。

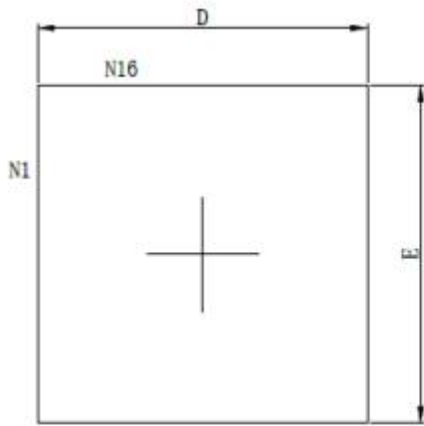


下表列出了一些典型应用所对应的电路参数。由于用户产品的技术要求，应用条件和应用环境千差万别，下表所列信息是根据典型情况进行计算，仅供参考。用户需要根据产品的具体技术要求，应用条件和应用环境等因素做差别设计。

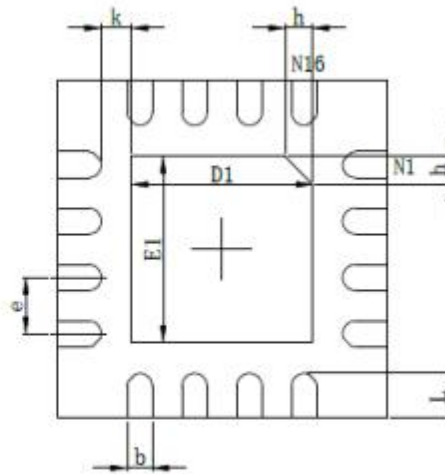
	充电电流 0.5A	充电电流 1A	充电电流 2A	充电电流 3A	充电电流 4A
<b>输入滤波电容 C1</b>	22uF,0805	22uF,0805	2个 22uF,0805 电容并联	3个 22uF,1206 电容并联	4个 22uF,1206 电容并联
<b>二极管 D1</b>	SS14 或 SS24	SS24	SS24	SS24	SS24
<b>二极管 D2</b>	SS24 或 SS34	SS34 或 SS54	SS54 或 1N5824	SS54 或 1N5824	SS54 或 1N5824
<b>N沟道 MOS Q2</b>	SI2300,SI2302	AO4468	AO4468, AO4410	AO4410, NCE3018S	NCE3035Q
<b>P沟道 MOS Q1</b>	SI2301,SI2305	NCE9435	NCE9435	NCE4435	NCE4435
<b>电流检测电阻 Rcs</b>	0.1 $\Omega$ , 0.15W	0.05 $\Omega$ , 0.25W	0.025 $\Omega$ , 0.5W	0.018 $\Omega$ , 1W	0.013 $\Omega$ , 1W
<b>电感 L1</b>	4.7uH, $I_{SAT}>2A$	4.7uH, $I_{SAT}>3A$	2.2uH, $I_{SAT}>5A$	2.2uH, $I_{SAT}>7.5A$	2.2uH, $I_{SAT}>7.5A$
<b>输出滤波电容 Co</b>	22uF,0805	22uF,0805	2个 22uF,0805 电容并联	3个 22uF,1206 电容并联	4个 22uF,1206 电容并联

封装描述

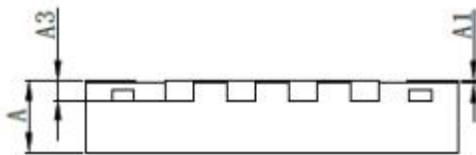
QFN3X3- 16L 封装 (单位 mm)



TOP VIEW  
[顶视图]



BOTTOM VIEW  
[背视图]



VERTICAL VIEW  
[俯视图]

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	0.700	0.750	0.800
A1	0.000	0.020	0.05
A3	0.203 REF		
b	0.180	0.230	0.280
D	2.900	3.000	3.100
E	2.900	3.000	3.100
e	0.500 BSC.		
D1	1.550	1.650	1.750
E1	1.550	1.650	1.750
L	0.300	0.400	0.500
K	0.200 MIN.		
h	0.250 REF.		