开关型单节、两节锂离子/锂聚合物充电管理芯片

1、 HM4088 功能简述

1.1、特性

- 适用于单节或两节锂离子/锂聚合物高效率充电器设计
- 0.5%的充电电压控制精度
- 恒压充电电压值可通过外接电阻微调
- 智能电池检测
- 内置功率 MOSFET
- 软启动
- 开关频率 400KHz
- 可编程充电电流控制，最大充电电流可达 1.5A
- 防反相保护电路可防止电池电流倒灌
- NTC 热敏接口监测电池温度
- LED 充电状态指示
- CYCLE-BY-CYCLE 电流限制，短路检测、保护
- 输入管脚最大耐压 18V
- 工作环境温度范围：-20℃～70℃

1.2、应用

- 手持设备，包括医疗手持设备
- Portable-DVD，PDA，移动蜂窝电话及智能手机
- 移动仪器
- 自充电电池组
- 独立充电器

1.3、概述

HM4088 为开关型单节或两节锂离子/锂聚合物电池充电管理芯片，非常适合于便携式设备的充电管理应用。HM4088 集内置功率 MOSFET、高精度电压和电流调节器、预充、充电状态指示和充电截止等功能于一体，采用 TSSOP20 封装。HM4088 对电池充电分为三个阶段：预充（Pre-charge）、恒流（CC/Constant Current）、恒压（CV/Constant Voltage）过程，恒流充电电流通过外部电阻决定，最大充电电流为 1.5A.HM4088 集成 CYCLE-BY-CYCLE 电流限制、短路保护，确保充电芯片安全工作.HM4088 集成 NTC 热敏电阻接口，可以采集、处理电池的温度信息，保证充电电池的安全工作温度.

2、 HM4088 应用电路

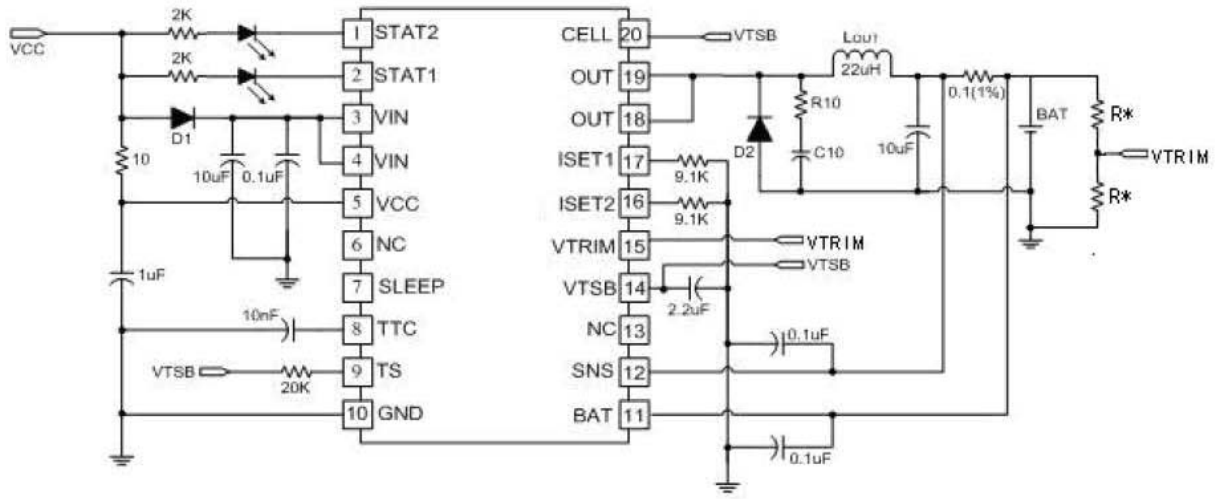


图 2.1、HM4088 应用示意图

3、HM4088 功能框图

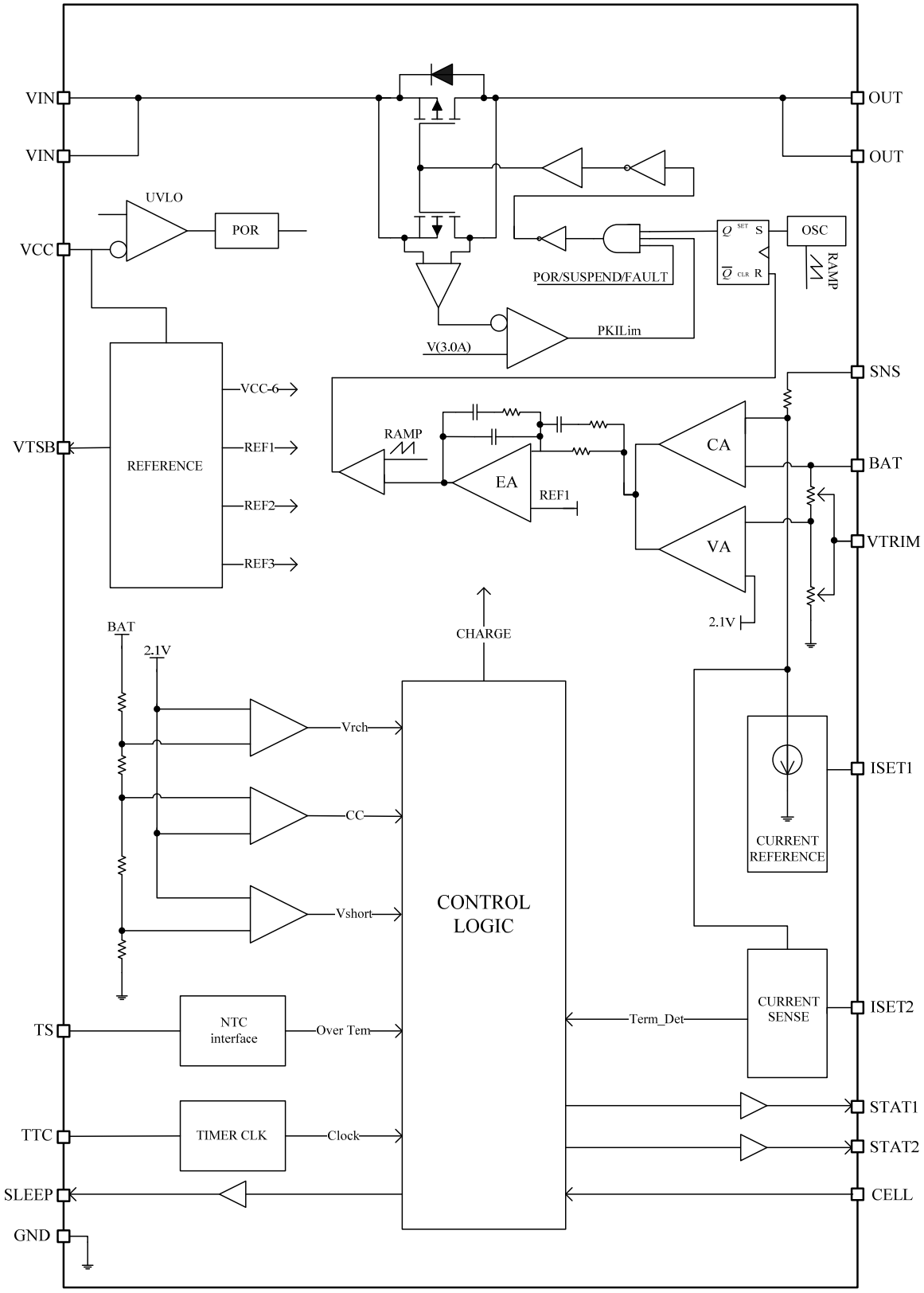


图 3.1、HM4088 功能框图

4、管脚定义

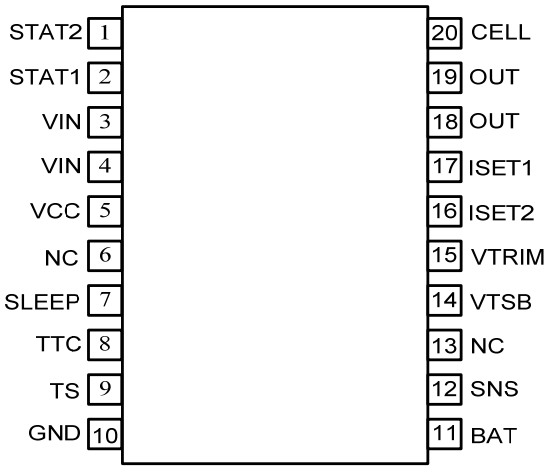


图 4.1、HM4088 管脚分布图

表 4.1、HM4088 管脚描述

序号	符号	I/O	描述		
1	STAT2	O	(STAT1)绿	(STAT2)红	描述
2	STAT1	O	灭	灭	没有充电或者无电池
			灭	亮	正在充电
			亮	灭	充电完成
			灭	脉冲 1(0.5Hz)	故障状态
			灭	脉冲 2(2.0Hz)	电池温度异常
3&4	VIN	I	输入电源		
5	VCC	I	模拟供电输入，接一个电容到地		
6	NC	-			
7	SLEEP	O	SLEEP 模式输出端，用来控制边充边放的外置功率管		
8	TTC	-	振荡器外接电容，决定内部振荡频率，同时提供参考时钟，确定总的充电时间 当该引脚接地时，取消充电时间限制		
9	TS	I	温度传感信号输入		
10	GND	-	模拟地		
11	BAT	I	输出电流检测的负极输入端		
12	SNS	I	输出电流检测的正极输入端		
13	NC	-			
14	VTSB	O	输出 3.2V 参考电压，最大提供 10mA 驱动能力，外接 1u 电容		
15	VTRIM	I	与地或者 BAT 管脚之间外接电阻，微调满充电压		
16	ISET2	I	外接电阻设置截止电流		
17	ISET1	I	外接电阻控制预充电、恒电流充电电流		
18&19	OUT	O	高端 PMOSFET 功率管漏极连接点		
20	CELL	I	0：两节锂电池充电 VTSB：单节锂电池充电		

5、HM4088 电气特性和推荐工作条件

表 5.1、HM4088 推荐工作条件

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
电源电压	4.5	6	18	V	单节电池充电
电源电压	9	12	18	V	双节电池充电
环境温度	-20		70	℃	

6、HM4088 性能参数

表 6.1、HM4088 性能参数(Ta=25℃)

参数	符号	测试条件	最小	典型	最大	单位
输入电流						
VCC 供电电流	I_{VCC}				5	mA
SLEEP 模式电流	I_{SLP}	$V_{I(BAT)}$=4.2V		7		uA
		$V_{I(BAT)}$=8.4V		14		
电压调整						
输出电压	V_{OREG}	单节电池	4.158	4.20	4.242	V
		双节电池	8.316	8.4	8.484	V
充电电流						
恒流充电电流 A	I_{CHG}		200		1500	mA
检流电阻 R_{SNS} 两端电压	V_{IREG}			100		mV
恒流电流设置电压	V_{ISET1}			1		V
恒流电流设置系数	K_{ISET1}			1000		V/A
预充电电流						
预充电转快速充电阈值电压	V_{LOWV}	单节电池		3		V
		双节电池		6		V
预充电电流范围	I_{PRECHG}		40		300	mA
预充电电流设置电压	V_{ISET1}			200		mV
预充电电流设置系数	K_{ISET1}			1000		V/A
充电截止电流						
充电截止电流范围	I_{TERM}		20		300	mA
截止电流设置电压	V_{ISET2}			200		mV
截止电流设置系数	K_{ISET2}			1000		V/A
再充电电压						
再充电阈值电压	V_{RCH}			4.1		V/cell
TTC 输入						
TTC 系数	K_{TTC}			4.66		H/10nF
C_{TTC} 电容	C_{TTC}			10		nF
PWM						
振荡频率				400		KHz

内置 POWER-MOS ON 阻抗					500	mΩ
最大占空比	DMAX				98%	
最小占空比	DMIN		0%			
电池检测						
时间错误时的电池检测电流	IDETECT			2		mA
放电电流	IDISCHARG			400		uA
放电时间	TDISCHARG			1		S
唤醒电流	IWAKE		5			mA
唤醒时间	TWAKE			0.5		S
保护						
过压保护阈值				117		%VOREG
CYCLE-BY-CYCLE 电流限值				3		A
短路电压阈值				2		V/cell
短路电流				25		mA

7、工作流程图

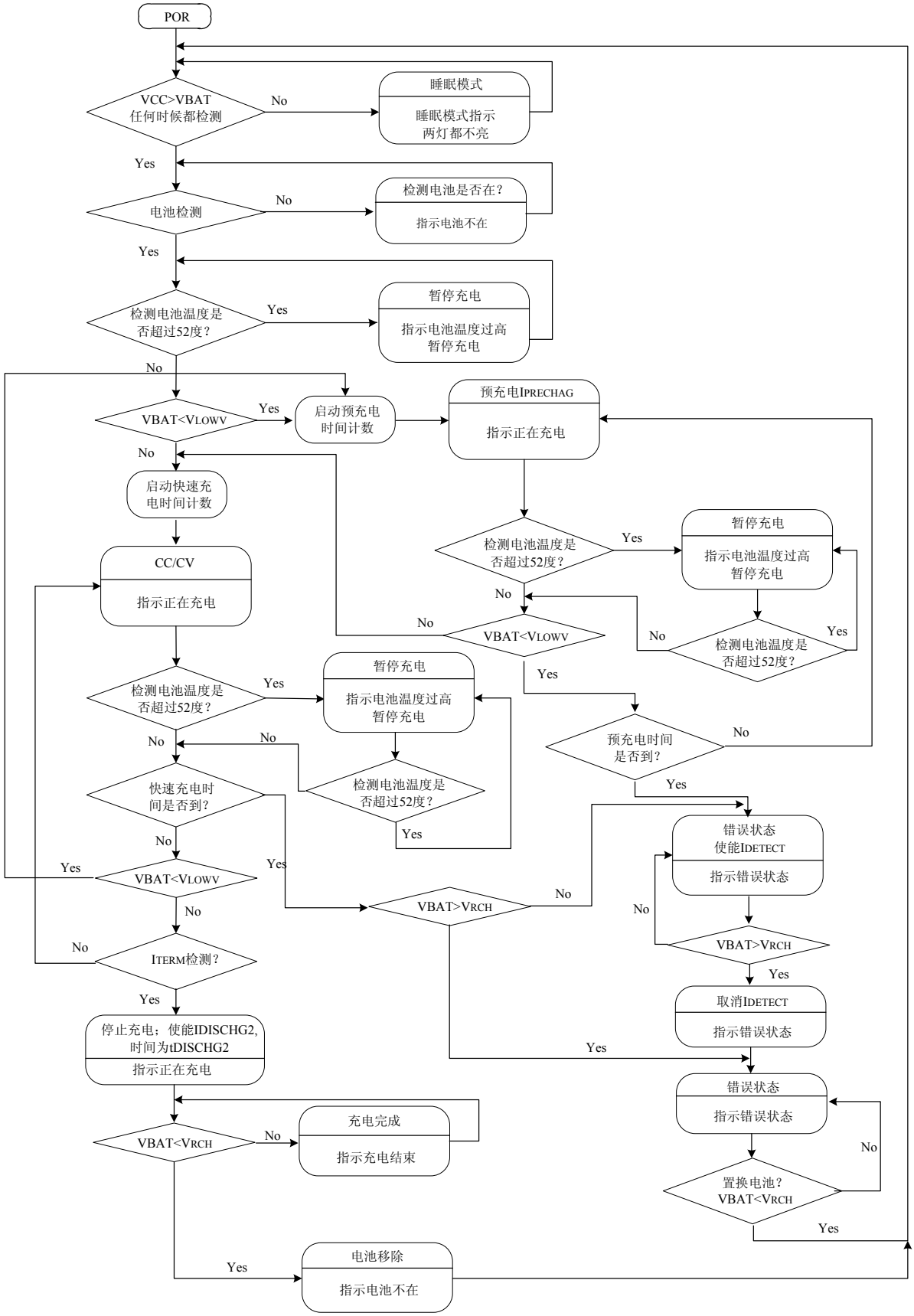


图 7.1、充电流程图

8、HM4088 功能描述

8.1、锂电池充电介绍

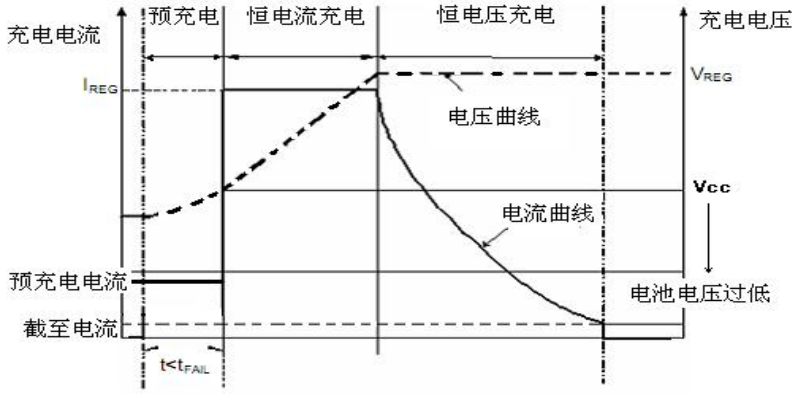


图 8.1、锂电池充电曲线示意图

锂电池充电过程主要分为三个阶段：预充、恒流充电和恒压充电.当电池电压过低,需要小电流对电池进行唤醒充电，恢复深度放电的电池，即电池预充电阶段.恒流充电阶段充电电流保持恒定，同时电池电压不断上升.当电池电压达到一定设定的恒压值时进入恒压充电阶段，此时充电电流不断下降，直到电流小到充电截至电流时停止充电，在这个过程中电压会略有上升.

8.2、预充电电流

上电后，如果电池电压低于 V_{LOWV} 阈值电压，HM4088 启动一个预充电过程对电池充电,预充电电流为 I_{PRECHG}.预充电时间（t_{PRECHG}）为总充电时间的 1/8.当 TTC 接地时，总的充电时间没有限制，预充电时间 T_{PRECHG} 固定为 40 分钟.如果充电时间超过 T_{PRECHG},电池电压仍低于 V_{LOWV}，HM4088 停止充电并指示错误，引脚 RED 输出一个频率为 0.5Hz 的脉冲.上电复位和更换电池都将能退出错误状态.

$$I_{PRECHG}=\frac{K_{ISET1}\times V_{ISET1}}{R_{SNS}\times R_{ISET1}}$$

其中，V_{ISET1} 是 ISET1 脚的输出电压,在恒流充电和预充电阶段，电压值不同，R_{SNS} 为外部电流检测电阻，K_{ISET1} 为增益系数，单位为 V/A.

8.3、充电电流设定

电池充电的电流值 I_{CHARGE},由外部电流检测电阻 R_{SNS} 和连接引脚 17 的 R_{SET1} 共同确定，设置充电电流，我们先选择 R_{SNS}，R_{SNS} 可由该电阻两端的调整阈值电压 V_{IREG} 和充电电流的比值来确定，一般来说，V_{IREG} 的取值为 100mV～200mV.

$$R_{SNS}=\frac{V_{IREG}}{I_{CHARGE}}$$

如果上式算出来的阻值为非标准值，那么往上选择一个较大的标准阻值.一旦检测电阻确定下来之后,R_{ISET} 可由以下公式确定：

$$R_{ISET1}=\frac{K_{ISET1}\times V_{ISET1}}{R_{SNS}\times I_{CHARGE}}$$

其中，V_{ISET1} 是 I_{SET1} 脚的输出电压；K_{ISET1} 为增益系数，单位为 V/A.

8.4、充电电压设定

电池电压低于 3.0V（双节电池低于 6V）时进入预充电模式；

充电截至电压单节为 4.2V、双节为 8.4V；

当充电完成后，如果电池由于电流泄漏电压降到 4.1V 以下（双节为 8.2V）时，进入再充电周期.

8.5、充电时间限制

HM4088 内部对预充电和总充电时间进行限制，总的充电时间限制：

$$T_{CHARGE}=C_{TTC}\cdot K_{TTC}$$

其中，C_{TTC} 为引脚 TTC 接的电容值，K_{TTC} 为系数.

当外接 10nF 电容时,充电时间为 4.66 小时,如果要延长限制时间,则可以加大 TTC 脚的外接电容.预充电的时间为总充电时间的 1/8，如果在这个时间里面相应的充电周期没有完成,芯片进入 FAULT 状态.管脚 RED 输出脉冲指示.

8.6、充电截止电流

在恒压阶段，充电电流值减少到 ITERM 时，HM4088 内部产生 EOC 信号，充电截止.

$$I_{TERM} = \frac{K_{ISET2} \times V_{TERM}}{R_{SNS} \times R_{ISET2}}$$

其中，VTERM 是 ISET2 脚的输出电压，为 0.2V 时产生 EOC 信号.RSNS 为外部电流检测电阻,KISET2 为增益系数，单位为 V/A.

当充电电流为 ITERM 的两倍时，芯片内部会产生一个 TAPE 信号，如果在半个小时后充电电流仍然没有下降到 ITERM，充电截至.

8.7、电池检测

对于电池包可移除的应用场合，HM4088 提供一种智能检测电池包的方案.

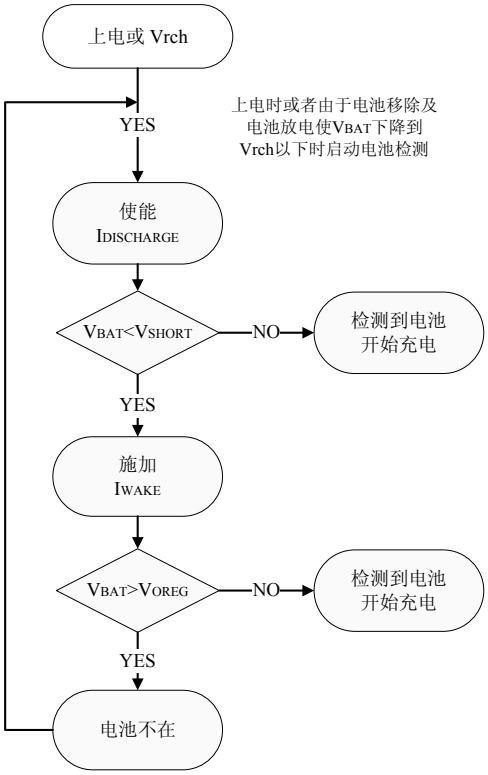


图 8.2、电池检测流程图

充电完成后，电池电压检测脚的电压保持在再充电阈值电压 VRCH 以上.由于电池放电或者是电池移除，导致电池电压检测脚的电压低于再充电阈值电压时，HM4088 启动电池检测过程，如图 8.2 所示.该检测过程，先使能一个周期时间为 TDETECT 的检测电流(IDETECT)，并检查电池电压是否低于短路阈值电压（VSHORT）.如果电池电压高于 VSHOTR，则检测到电池，启动充电过程，否则，说明电池不在，启动下一步检测过程，使能一个周期时间为 TWAKE 的唤醒电流（IWAKE），并检查电池电压是否低于再充电阈值电压.如果此时电池电压低于再充电阈值电压，则说明电池在，启动充电过程，否则，说明电池不在，再一次执行无电池检测的第一步.

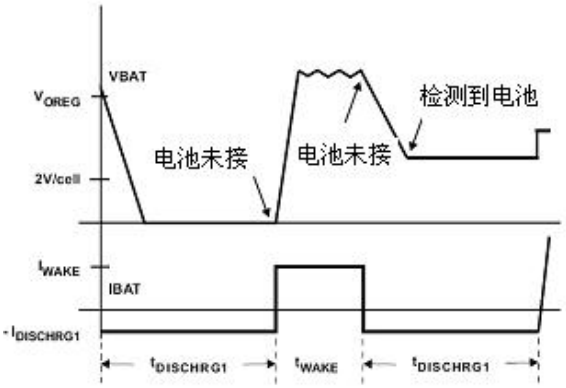


图 8.3、电池检测波形

无电池检测的波形如上图所示,TDISCHARGE 为 1 秒,TWAKE 为 0.5 秒.

8.8、CYCLE-BY-CYCLE 电流限制

DC-DC 控制器启动每个新周期之前，都要检测充电电流是否超过 CYCLE-BY-CYCLE 电流阈值（3A），如果没有超过，则下一个周期正常启动，否则，下一个周期的 On-Time 被终止.CYCLE-BY-CYCLE 电流限制,可以对过流和短路错误进行有效的保护.

8.9、睡眠模式

当输入电压小于电池电压时，HM4088 进入睡眠模式.该特性可以防止电池电流反灌.

8.10、参考电压

HM4088 内置 3.2V 参考电压源（管脚 VTSB，外接 1uF 以上的电容），该电压源除了为内部电路提供电源外，还可以为外部电路使用，例如 NTC 热敏传感器电路等.该管脚能提供大于 10mA 的驱动能力.

8.11、充电状态指示

(STAT1)绿	(STAT2)红	描述
灭	灭	没有充电、无电池或睡眠模式
灭	亮	正在充电
亮	灭	充电完成
灭	脉冲 1(0.5HZ)	故障状态（预充电超时，总充电时间超时，过电压等）
灭	脉冲 2(2.0HZ)	电池温度异常

8.12、电池过温保护

通过 NTC 热敏电阻检测电池温度，NTC 阻值随着电池温度变化而变化，因此当 NTC 与正常电阻串联对 VREF 参考电压进行分压，分压值会随着 NTC 阻值的变化而变化，这个电压通过管脚 TEMP 反馈到芯片内部进行控制. 如下图所示，R6 的阻值等于 NTC 电阻在 52℃时阻值的 20.5 倍.当电池温度高于 52℃时，RED 管脚输出一个频率为 2Hz 的脉冲指示信号.如果不需要对电池进行过温检测,则可以把 NTC 替换为阻值为 R6 的 1/2 的电阻.(不需要低温保护)

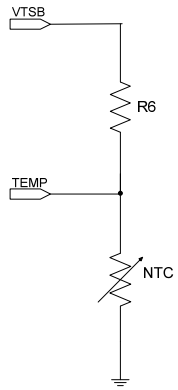
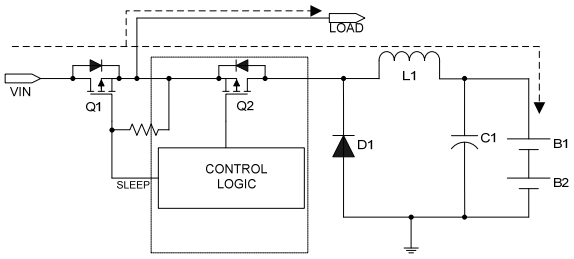
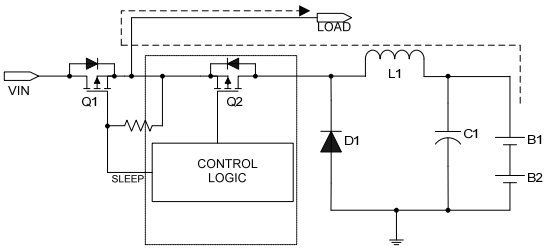


图 8.4、NTC 连接示意图



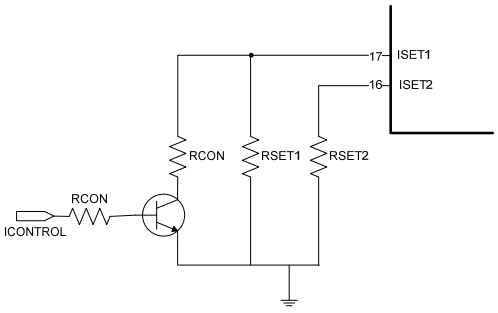
(1)边充边放功能示意



(2) 电池单独向负载供电示意

8.13、边充边放功能

边充边放是指输入电源对电池充电的同时对负载放电，如图（1）虚线所示.此时，Q1 始终是开通的，Q2 作为 Buck 电路的开关管，工作在开关状态.一般来说，由于输入电源本身的功率限制，边充边放时，充电电流比只充电不对负载放电时要小，充电电流可以通过一个 ICONTROL 信号来设置，如图（3）所示.当没有输入电源或者输入电源比电池电压低时，Q1 截止，Q2 导通，电池通过 L1 和 Q2 对负载放电，如图（2）所示.一般来说，负载的工作电压为 9～12V，电流为 1A.



（3）大小电流设置

图 8.5、边充边放功能示意图

8.14、超时错误恢复

由工作流程图所示，HM4088 提供充电超时错误（包括预充电超时和总充电时间超时）的恢复机制.总结如下：

情况 1：V_{BAT} 电压大于再充电阈值电压并发生超时错误.

恢复机制：由于电池对负载放电、自放电或者是电池移除，使得电池检测电压降到再充电阈值电压以下.此时，HM4088 清除错误状态，并进入无电池检测过程.此外，上电复位可以清除这种超时错误状态.

情况 2：充电电压低于再充电阈值电压并发生超时错误.

恢复机制：发生这种情况时，HM4088 使能一个 I_{DETECT} 电流.这个小电流可用来检测电池在不在.只要电池电压低于再充电电压，该电流一直保持.如果电池电压高于再充电电压，那么 HM4088 取消 I_{DETECT} 电流，并执行情况 1 的恢复机制.就是一旦电池电压又低于再充电阈值电压时，HM4088 清除超时错误，并进入无电池检测过程.上电复位可以清除这种超时错误状态.

8.15、输出过电压保护

HM4088 内置过电压保护功能.当电池电压过高时，比如说电池突然移除时产生的过电压，该功能可以保护器件本身和其他元器件.当检测到过电压时，该功能立即关闭 PWM，并指示错误.当电压检测电压低于再充电阈值电压时，该错误解除.

8.16、电感选择

为了保证系统稳定性，在预充电和恒电流充电阶段，系统需要保证工作在连续模式(CCM).根据电感电流公式：

$$\Delta I = \frac{1}{L \times FS}\left(\frac{V_{IN} - V_{BAT}}{V_{IN}}\right) \times V_{BAT}$$

其中 ΔI 为电感纹波、FS 为开关频率，为了保证在预充电和恒流充电均处于 CCM 模式，ΔI 取预充电电流值，即为恒流充电的 1/5,根据输入电压要求可以计算出电感值.

8.17、输出电容选择

为了满足电压环的稳定性要求，在电感确定的情况下，最小输出电容需要满足：

$$L \times C \geq 100 \times 10^{-12}$$

其中 L、C 分别是电感、电容的值.根据输出纹波的要求可以适当作一些调整.

8.18、应用建议

1、抑制 EMI 干扰，管脚 OUT 和 GND 之间串接一个电阻、电容到地，如图 2.1 中 R10、C10 的接法，电阻取 10Ω到 30Ω，电容建议在 1nF 以下；

3、CELL 在单节充电应用中建议接到 VTSB；

4、考虑到二极管反向漏电对电池自耗电的影响，对于阻塞二极管 D1 的选择，推荐反向漏电流较小的肖特基二极管，如果是输入高压应用，可以采用普通功率二极管；

5、电容尽量靠近芯片；

6、VTRIM 为敏感信号，走线尽量远离周期性大电流走线.

8.19、满充电压的微调

1）单节应用：

测出恒压输出的满充电压值 V_{CV}，记为 V_{CV} = 4.200V±△V。微调所需电阻阻值计算公式为：

$$R_{TRIM} = \left(\frac{2.100}{\Delta V} - 0.5\right) R$$

（其中 R=80 kΩ）

将 V_{CV} 值向下微调，应将电阻接在管脚 BAT 和管脚 VRIM 之间；将 V_{CV} 值向上微调应将电阻接在管脚 VRIM 和管脚 GND 之间。

2）双节应用：

测出恒压输出的满充电压值 V_{CV}，记为 V_{CV} = 8.400V±△V。将 V_{CV} 值向上微调，应将电阻接在管脚 VTRIM 和管脚 GND 之间，微调所需电阻阻值计算公式为：

$$R_{TRIM} = \left(\frac{2.100}{\Delta V} - 0.5\right) R$$

（其中 R=80 kΩ）

将 V_{CV} 值向下微调，应将电阻接在管脚 VTRIM 和管脚 BAT 之间，微调所需电阻阻值计算公式为：

$$R_{TRIM} = \left(\frac{6.300}{\Delta V} - 1\right) R$$

（其中 R=80 kΩ）

9、封装尺寸

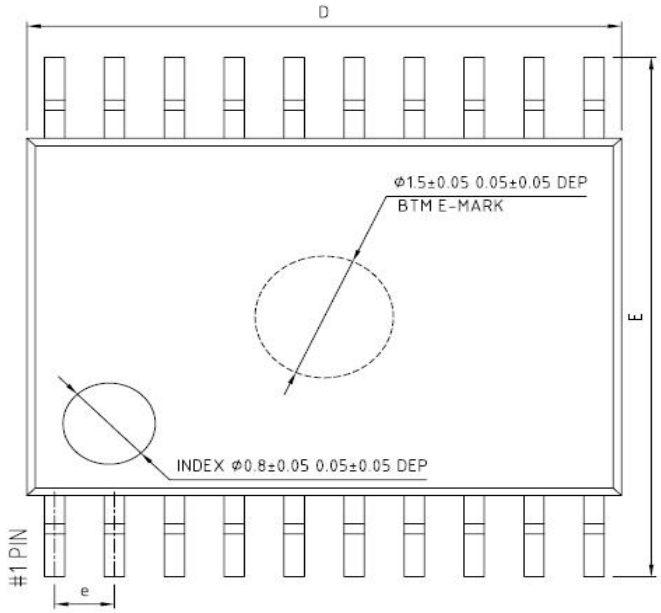


图 9.1、TSSOP-20 封装外观图示一

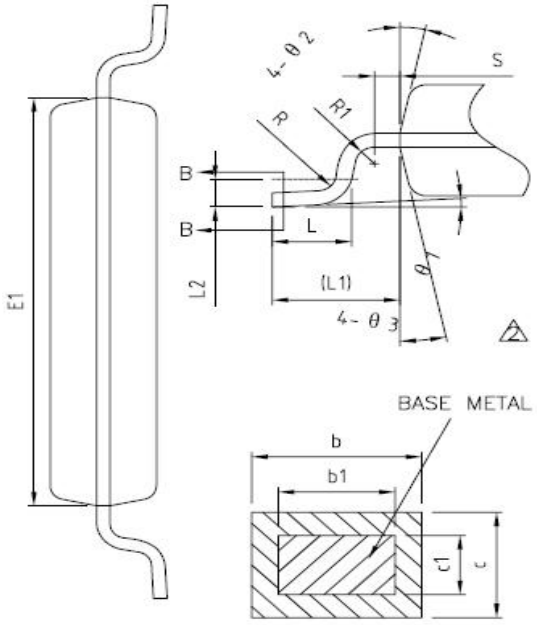


图 9.2、TSSOP-20 封装外观图示二

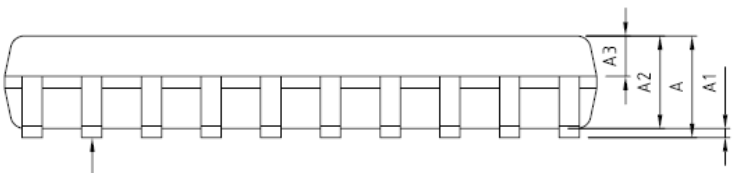


图 9.3、TSSOP-20 封装外观图示三

COMMON DIMENSIONS
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.20
A1	0.05	—	0.15
A2	0.90	1.00	1.05
A3	0.34	0.44	0.54
b	0.20	—	0.28
b1	0.20	0.22	0.24
c	0.10	—	0.19
c1	0.10	0.13	0.15
D	6.40	6.50	6.60
E	6.20	6.40	6.60
E1	4.30	4.40	4.50
e		0.65BSC	
L	0.45	0.60	0.75
L1		1.00REF	
L2		0.25BSC	
R	0.09	—	—
R1	0.09	—	—
S	0.20	—	—
θ 1	0°	—	8°
θ 2	10°	12°	14°
θ 3	10°	12°	14°

图 9.4、TSSOP-20 封装尺寸表