

目录

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. 概述 | 1 |
| 2. 典型应用电路 | 1 |
| 3. 管脚功能 | 2 |
| 3.1 管脚功能 (续上表) | 3 |
| 订购信息 | 4 |
| 丝印说明 | 4 |
| 5. 电性参数 | 5 |
| 5.1 极限参数 ⁽¹⁾ | 5 |
| 5.2 推荐工作条件 ⁽²⁾ | 5 |
| 6. 功能框图 | 6 |
| 7. 主要功能说明 | 7 |
| 7.1 芯片初始化 | 7 |
| 7.2 充电模块 | 8 |
| 7.2.1 NVDC 功能 | 8 |
| 7.2.2 VINDPM&IINDPM | 9 |
| 7.2.3 充电超时功能 | 10 |
| 7.2.4 充电电流配置及过程控制 | 10 |
| 7.3 放电模块 | 12 |
| 7.3.1 升压输出设置 | 12 |
| 7.3.2 VOL/R 负载配置 | 12 |
| 7.4 电池温度保护 (NTC) | 14 |
| 7.4.1 JEITA 标准&常用模式 | 14 |
| 7.4.2 输出温度区间模式 | 14 |
| 7.4.3 NTC 控制和指示 | 14 |
| 7.4.4 xSense 采样 NTC 输出模式 | 15 |
| 7.5 LED 显示 | 16 |
| 7.6 电感短路保护 | 16 |
| 7.7 xSense 输出 | 17 |
| 7.7.1 xSense 简述 | 17 |
| 7.7.2 xSense 配置 | 17 |
| 7.8 复位功能 | 18 |
| 7.9 WatchDog 功能 | 18 |
| 7.10 IRQ 中断提示功能 | 19 |
| 7.11 通讯功能 | 20 |
| 7.11.1 通讯功能介绍 | 20 |
| 7.11.2 电压通讯模式 | 21 |
| 7.11.3 电流回码通讯模式 | 21 |
| 8. I2C 通讯 | 22 |
| 8.1 I2C 读写操作 | 22 |
| 8.2 I2C 起始和停止 | 22 |
| 8.3 I2C 写操作 | 22 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 8.4 I2C 读操作 | 22 |
| 8.5 I2C 电性参数 | 23 |
| 9 寄存器列表 | 23 |
| <0x10>FAULT_STA0 | 24 |
| <0x11>FAULT_STA1 | 25 |
| <0x12>CHG_STA | 26 |
| <0x13>BST_STA | 27 |
| <0x14>VOx_STA | 28 |
| <0x15> ChipMode | 29 |
| <0x16>NTC_STA | 29 |
| <0x17>RST_STA | 30 |
| <0x20>CHG_Config0 | 31 |
| <0x21>CHG_Config1 | 32 |
| <0x22>CHG_Config2 | 32 |
| <0x23>CHG_Config3 | 33 |
| <0x24>CHG_Config4 | 33 |
| <0x25>IO_Config0 | 34 |
| <0x26>IO_Config1 | 35 |
| <0x27>EN_Config0 | 36 |
| <0x2E> EN_Conf1 | 37 |
| <0x2F>WDT_RST | 37 |
| <0x30>BST_Config | 38 |
| <0x31>xSense_Config | 39 |
| <0x32>VOx_Config0 | 40 |
| <0x33>VOx_Config1 | 41 |
| <0x34>Shipmode_Config1 | 42 |
| <0x35>RST_Config1 | 43 |
| <0x36>NTC_Config1 | 44 |
| <0x37>OCP_Config1 | 45 |
| <0x40>LED_Config0 | 46 |
| <0x41>LED_Config1 | 46 |
| <0x42>LED_Config2 | 47 |
| <0x43>LED_Config3 | 47 |
| <0x44>VOx_Conf1 | 48 |
| <0x4F>CMD_RST | 48 |
| 10. 应用方案 | 49 |
| 10.1 应用方案原理图 | 49 |
| 10.2 典型电路元器件 | 49 |
| 10.3 PCB LAYOUT | 50 |
| 10.3.1 PCB 注意事项 | 50 |
| 10.3.2 PCB 封装示意图 | 51 |
| 10.3.3 DEMO PCB 实例 | 51 |

SY8809 应用说明

1. 概述

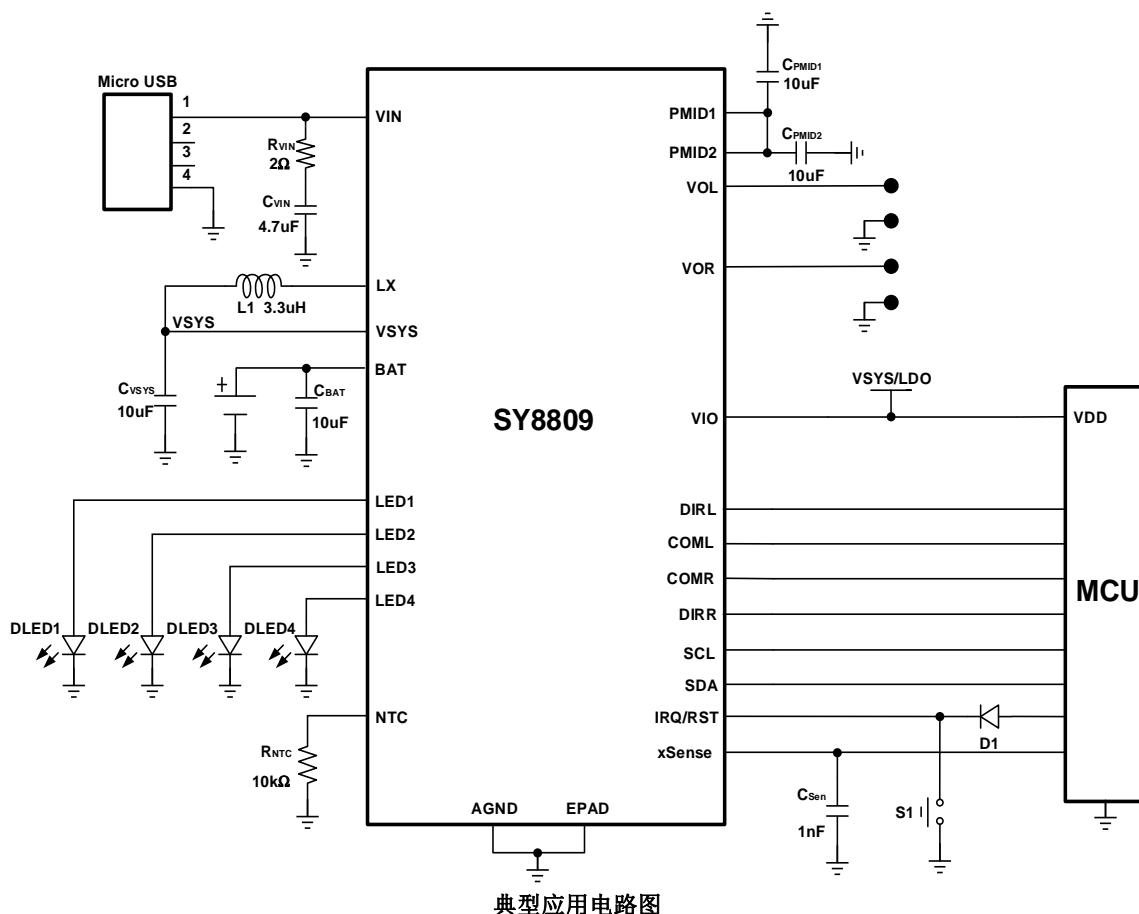
SY8809是一款专为蓝牙耳机充电仓设计的高集成度芯片。芯片内部集成完整的充电模块和放电模块，充电模块采用NVDC架构，恒定电池端电流，并且涓流、恒流、充电截止电流、充电截止电压等均可通过I2C调节，极大地满足了各种电池快充智能调节需求；放电模块输出电压I2C可以调节，集成两路输出限流开关，提供了独立的负载存在检测和负载插入检测，支持输出电流检测；同时放电模块的大多数输出特性参数均可通过I2C调节，兼容更多场景与保护。芯片集成NTC保护功能，更安全的对电池进行充放电。

SY8809集成了标准的I²C接口和中断信号，方便实现芯片和MCU之间的通讯，控制充电、放电功能。

SY8809集成了通讯端口，可以实现MCU到耳机端的高速通信，非常适合蓝牙耳机充电仓的设计，高集成度极大简化了外围电路和元器件，为蓝牙耳机充电仓的应用提供了简单易用的方案。

SY8809采用的封装形式为QFN4x4-24。

2. 典型应用电路



(充电:1.5A；放电截止:2mA；电池温度范围:充电 0°C~45°C；放电-10°C~60°C)

(注:若选择 NTC 保护功能，则必须选择精度 1%、阻值 10K 且 $\beta = 3950$ 的 NTC 电阻)

3. 管脚功能

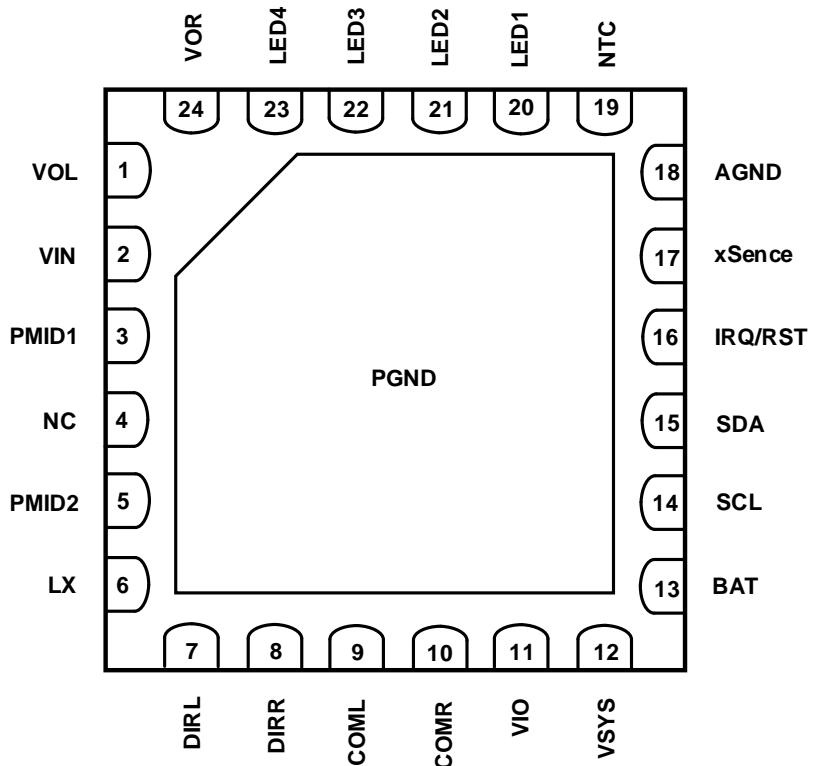


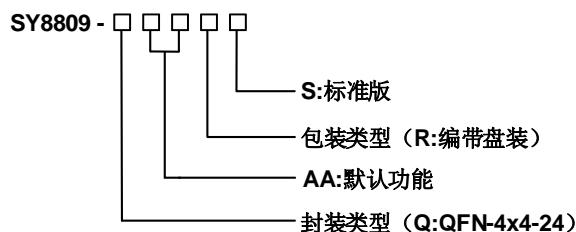
Fig.1. 芯片引脚示意图

| 名称 | 端口 | I/O | 功能描述 |
|-------|----|-----|---|
| VOL | 1 | O | 左耳耳机电源端口 |
| VIN | 2 | I | 适配器输入端 |
| PMID1 | 3 | O | VOL/VOR 供电电源 |
| NC | 4 | - | 内部悬空, 可用来出地线 |
| PMID2 | 5 | O | boost 升压输出 |
| LX | 6 | O | 开关输出端 |
| DIRL | 7 | I | COML 通讯方向控制, 内部无上拉/下拉电阻。不用的时候接 GND, (高电平接 VIO)。 1:数据从 VOL 发送到 COML 0:数据从 COML 发送到 VOL |
| DIRR | 8 | I | COMR 通讯方向控制, 内部无上拉/下拉电阻。不用的时候接 GND, (高电平接 VIO)。 1:数据从 VOR 发送到 COMR 0:数据从 COMR 发送到 VOR |
| COML | 9 | I/O | 左耳耳机通讯端口, 内部默认配置 3.2K 上拉电阻到 VIO, open-drain 输出; 通过 DIRL 控制数据方向。 |
| COMR | 10 | I/O | 右耳耳机通讯端口, 内部默认配置 3.2K 上拉电阻到 VIO, open-drain 输出; 通过 DIRR 控制数据方向。 |

3.1 管脚功能 (续上表)

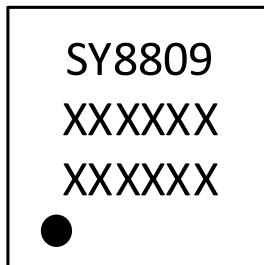
| 名称 | 端口 | I/O | 功能描述 |
|---------|------|-----|---|
| VIO | 11 | I | 通讯 IO 口外部供电电源, 与外部 MCU 同供电电源 |
| VSYS | 12 | I | 给外部系统供电输出, 可给 MCU 供电 |
| BAT | 13 | I | 电池正极输入 |
| SCL | 14 | I | I2C 时钟输入端口, 内部默认配置 10K 上拉电阻到 VIO |
| SDA | 15 | I | I2C 数据输入端口, 内部默认配置 10K 上拉电阻到 VIO |
| IRQ/RST | 16 | O | 中断输出端口, open-drain 输出/硬件复位引脚, 内部上拉 100K, 供电由 VIO 和 BAT 中电压较高者提供 |
| xSense | 17 | O | 多路选择采样输出 |
| AGND | 18 | - | 系统地 |
| NTC | 19 | I | NTC 温度检测输入端口 |
| LED1 | 20 | O | LED 指示输出 1, PMOS OD 输出 |
| LED2 | 21 | O | LED 指示输出 2, PMOS OD 输出 |
| LED3 | 22 | O | LED 指示输出 3, PMOS OD 输出 |
| LED4 | 23 | O | LED 指示输出 4, PMOS OD 输出 |
| VOR | 24 | O | 右耳耳机电源端口 |
| PGND | EPAD | - | 功率地 |

订购信息



| 订购型号 | 封装形式 | 包装数量(颗) |
|--------------|-------|---------|
| SY8809-QAARS | QFN24 | 3000 |

丝印说明



1. 第一行 6 位字符为产品型号;
2. 第二行 6 位字符前 4 位为年周号, 后 2 位为生产代码;
3. 第三行 6 位字符为生产批号;

5. 电性参数

5.1 极限参数⁽¹⁾

| 参数 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-------------|------|-----|----|
| VIN引脚耐压 | -0.3 | +28 | V |
| 其余引脚耐压 | -0.3 | +8 | V |
| 储存环境温度 | -65 | 150 | °C |
| 工作环境温度 | -20 | 85 | °C |
| 工作结温范围 | -40 | 150 | °C |
| HBM（人体放电模型） | 4000 | - | V |
| MM（机器放电模型） | 350 | - | V |
| CDM（器件放电模型） | 2000 | - | V |

5.2 推荐工作条件⁽²⁾

输入电压----- 2.9V to 5.5V
工作结温范围----- -40°C to 125°C
环境温度范围----- -20°C to 85°C

注:

- (1)最大极限值是指超出该工作范围芯片可能会损坏。
(2)推荐工作条件是指超过该条件外不能保证正常工作。

6. 功能框图

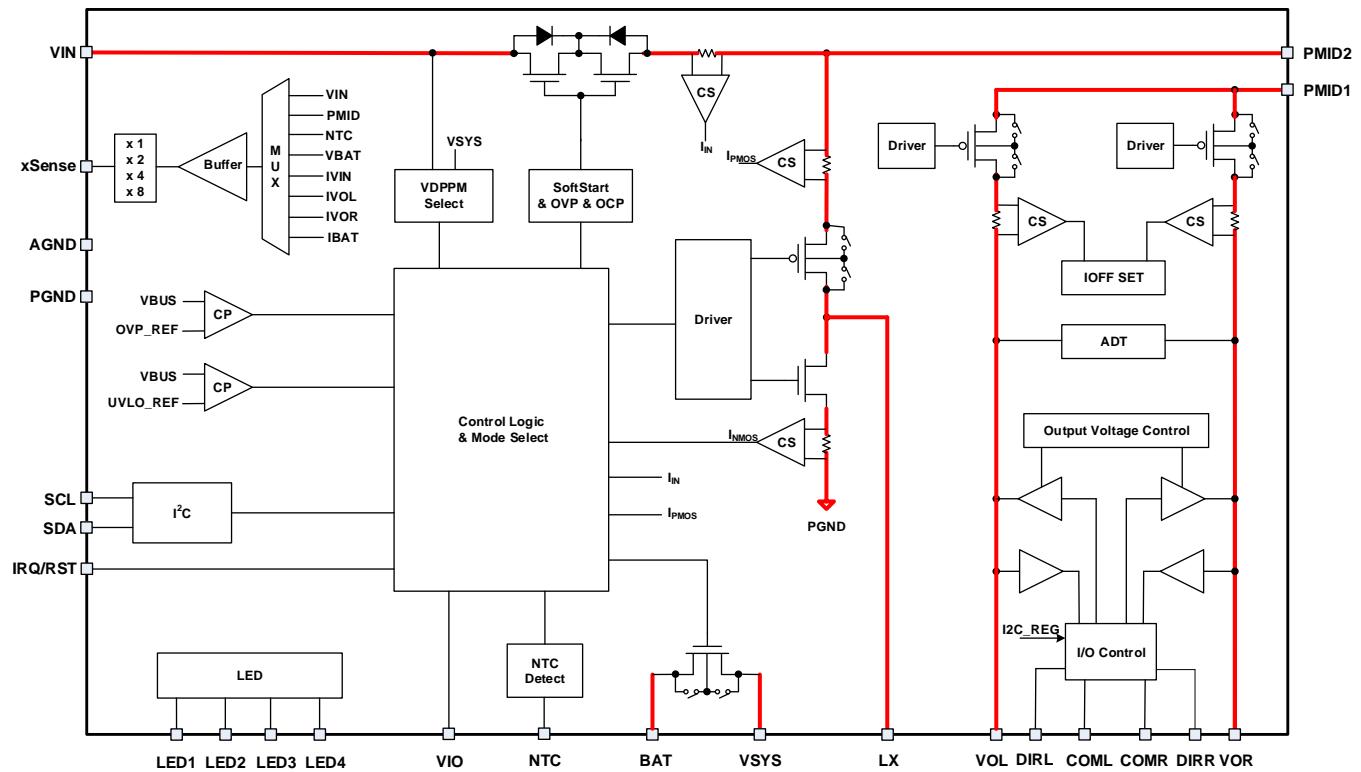
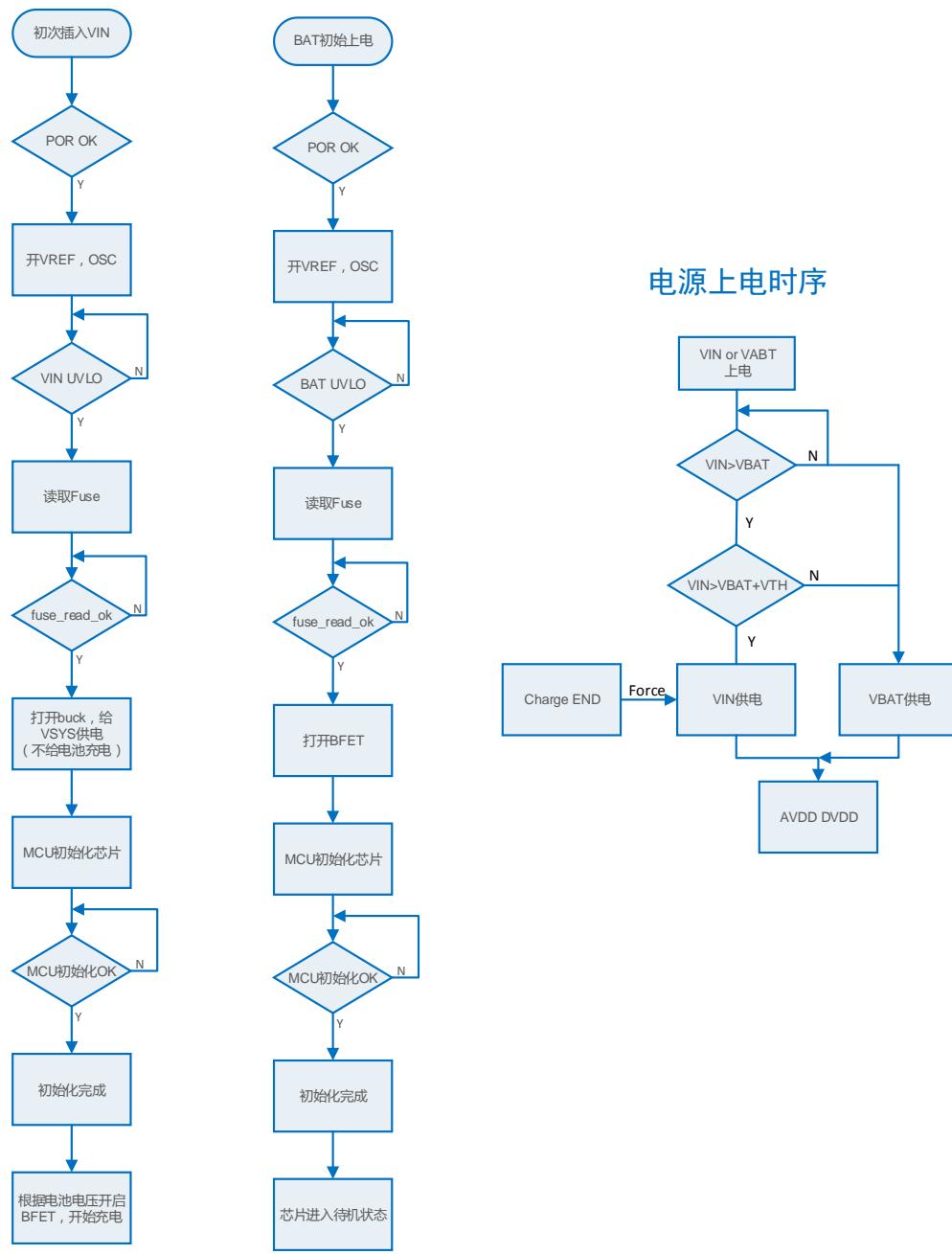


Fig.2. 功能框图

7. 主要功能说明

7.1 芯片初始化

SY8809 初次上电 VIN OK 或者 BAT OK 都可进行芯片内部初始化，当初始化完成后，SY8809 寄存器 <0x15> ChipMode <0> 中的 INIT_OK 信号会从 0 变成 1；并下拉 IRQ 8mS 左右提示；MCU 对 SY8809 的配置必须在检测到 INIT_OK=1 后才能进行；SY8809 的初始化和电源上电的大致流程如下：



SY8809 上电过程

7.2 充电模块

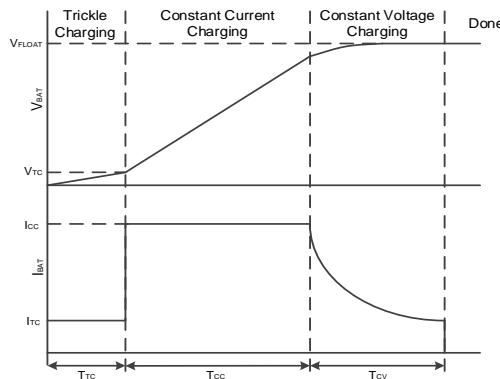
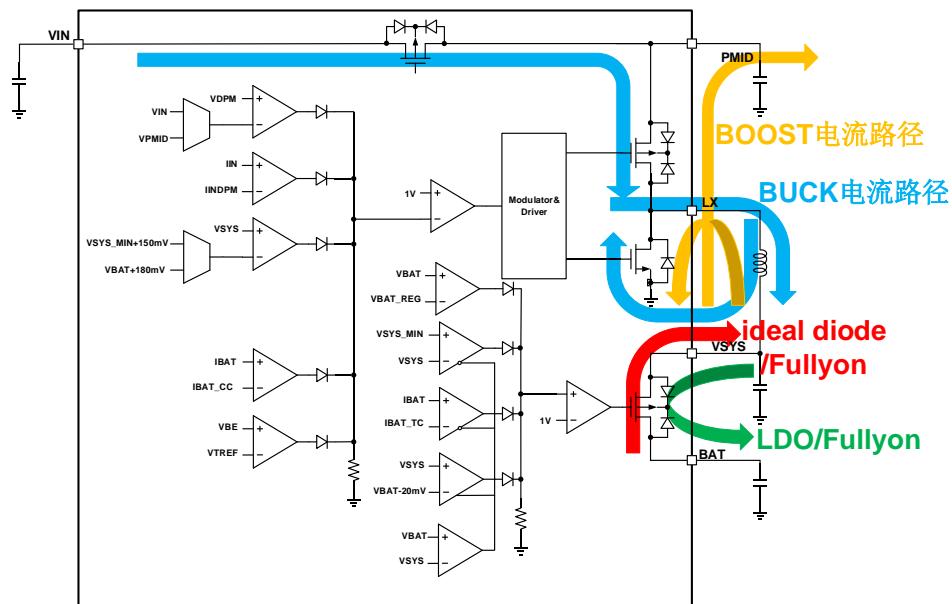


Fig.3. 充电模式示意图

芯片检测到 V_{IN} UVLO 正常后，则自动开启输入限流开关和 Buck 模块，给 VSYS 供电。延时 100ms 后，根据 BFET 控制和电池电压决定充电状态。芯片内部集成了完整的 PWM NVDC 充电模块，来调节控制电池端充电电流，利用芯片内部的功率管对电池进行预充电、涓流、恒流和恒压充电。充电相关特性可通过寄存器 $<0x20>~<0x24>$ 调节，最大充电电流为 2.2A，浮充电压 4.05~4.5V Step 50 mV, 满足各种锂电池的充电要求。（充电相关的配置寄存器主要为 0x20~0x24）

7.2.1 NVDC 功能



NVDC 功能框图

NVDC 的主要功能框架如上，大电流环路如上，因此 PCB layout 时，不仅要考虑其过电流能力，电流环路面积也需重点考量；NVDC 参与充电和放电的全过程，是 SY8809 最重要的模块之一，主要有 4 种状态切换 ideal diode、Fullyon、LDO 模式、OFF

NVDC 功能:BFET 模块支持反向补电功能 (ideal diode)，在充电过程中，如果 VSYS 电压低于电池电

压，则开启反向补电功能，BFET进入补电模式，反向对VSYS供电，当VSYS电压高于BAT电压时，则自动退出补电模式，重新进入正常的充电模式;VSYS电压可以通过I2C设定一个最小值VSYS_MIN。在充电模式下，当BAT电压低于VSYS_MIN或大于CV时，BFET进入LDO模式，当BAT电压>VSYS_MIN，BFET处于Fullyon状态，此时导通阻抗降至50mΩ左右，提高恒流的充电效率。

NVDC 架构的主要特点有：

1. VSYS 给系统供电，支持边充边放
2. 支持电池 0V 充电时，VSYS 正常给系统或 MCU 供电
3. VIN 插拔过程中 VSYS 不会出现电压掉 0V 的情况(BAT 正常连接)
4. SY8809 优先给 VSYS 端系统或 MCU 供电，VSYS 负载变大时，BAT 能反向补电
5. 可以恒定电池电流，也可以恒定 VIN 电流
6. 支持反向 OTG 功能，可以反向 boost 输出

7.2.2 VINDPM&IINDPM

VINDPM功能:当VIN电源输出带载能力有限，充电电流过大时，VIN电压会逐步降低，当VIN电压降低到4.6V时（寄存器可以配置），Buck环路开始逐步降低VSYS电压，当VSYS电压降低到VSYS_MIN（寄存器可以配置）或者接近电池电压时，充电电流逐步降低，维持VIN电压在Vdppm左右，不至于损坏适配器。

IINDPM功能:当VIN端输入电流过大，达到寄存器设置的IINDPM（寄存器可以配置）电流值时，Buck环路开始逐步降低VSYS电压，当VSYS电压降低到VSYS_MIN或者接近电池电压时，充电电流逐步降低，维持VIN电流在IINDPM左右，不至于损坏适配器。

VINDPM&IINDPM 主要的功能是为了保护前端适配器，当前端适配器供电能力不足时，主动降低充电电流，已避免强拉载损坏适配器；功能参数调节主要通过寄存器<0x20>CHG_Config0 选择和控制。

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|-------------|-----|-----------------------------|---|
| 0x20 | R/W | B<7:5> | IINDPM<2:0> | 100 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 输入 VIN 限流值设置； 000: 0.25A 001: 0.50A 010: 1.00A 011: 1.50A 100: 2.00A 101: 2.50A 其他:2.50A |
| | | B<2> | DPPM_Sel | 0 | | 充电自适应电压点选择； 0:VIN 做为充电自适应电压点 1:PMID 做为充电自适应电压点 |
| | | B<1:0> | Vdppm<1:0> | 00 | | 自适应适配器电压； 00: 4.60V 01: 4.70V 10: 4.80V 11: 4.50V |

7.2.3 充电超时功能

通过寄存器`<0x24>CHG_Config4`可以配置涓流/恒流充电超时功能，默认关闭；操作寄存器配置相应时间开启超时功能，当涓流/恒流充电时间超过配置的时间后，会关闭BFET停止给电池充电，并置相应超时标志位；涓流和恒流充电超时功能相互独立。

| 寄存器 <code><0x24>CHG_Config4</code> | 功能时间配置 |
|--|---|
| B <5:4> | 充电恒流充电阶段超时配置 00:关闭充电恒流超时保护功能。 01:4h 10:8h 11:2h |
| B<3:2> | 充电涓流充电阶段超时配置 00:关闭充电涓流超时保护功能。 01:1h 10:2h 11:0.5h |

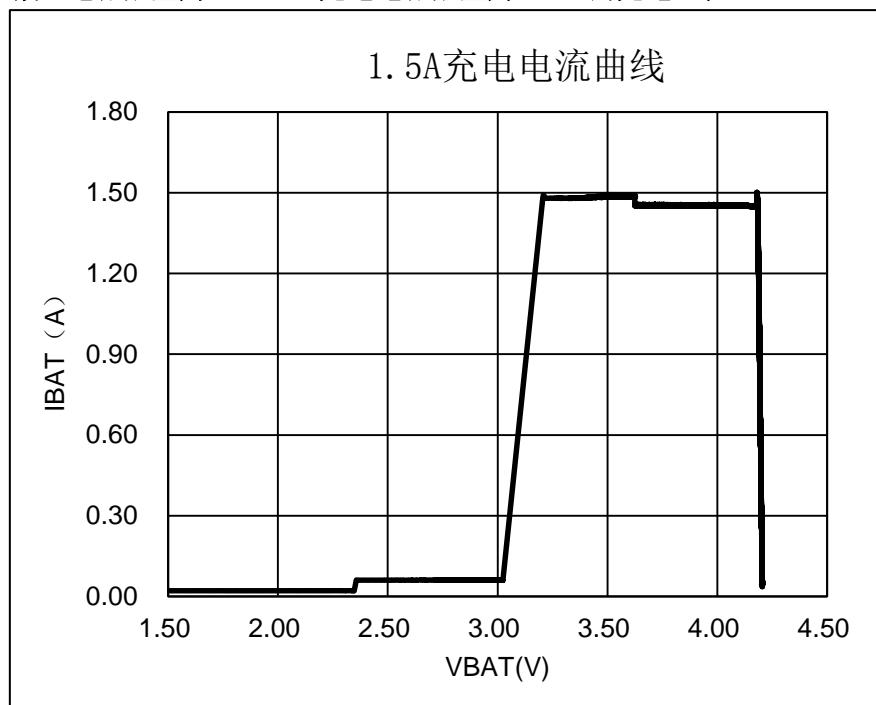
7.2.4 充电电流配置及过程控制

芯片内部集成了完整的 PWM NVDC 充电模块，来调节控制电池端充电电流，利用芯片内部的功率管对电池进行预充电、涓流、恒流和恒压充电，下面以典型应用电路为基础,SY8809 的充电相关特性参数（预充电:20mA，涓流：140mA，恒流：1.5A，浮充电压：4.2V,截止电流：140mA）为例进行配置：

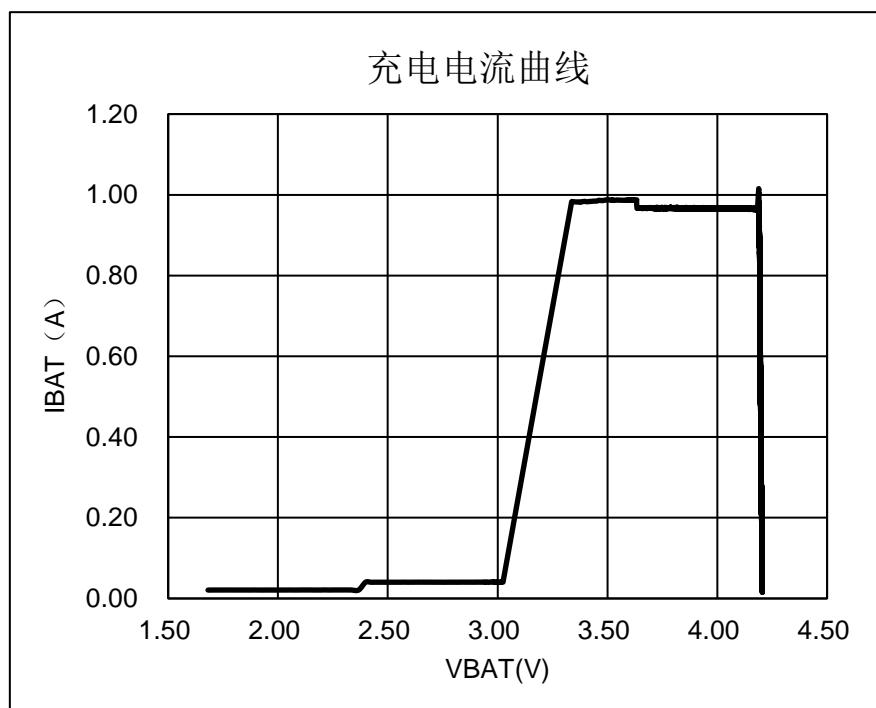
- 1) 当电池电压低于 2.35V 时，采用预充电电流充电，BAT 端充电电流 20mA
- 2) 当电池电压小于 3V 采用涓流充电，涓流充电电流通过 I2C 控制寄存器 0x23. B<7:4>设置，其默认值为 0000，20mA 充电，step 为 20mA 这里设置为 140mA，设置值为： $(140-20) / 20 = 6$ ，其为 10 进制，二进制（0110），16 进制（0x06）
- 3) 充电截止电流通过 I2C 控制寄存器 0x23. B<3:0>，设置和上面一样；因此寄存器 0x23 设置值为 16 进制（0x66）
- 4) 当电池电压大于 3V，小于 VSYS_MIN 时，BFET 处于 LDO 状态，进入恒流充电；恒流充电电流通过 I2C 控制寄存器`<0x22>. B<6:0>`配置，最大可设置到 2.2A，step 20mA；这里设置为 1.5A，设置值为： $20(\text{mA}) * 75 = 1500(\text{mA})$,10 进制（75），二进制（1001011），16 进制（0x4B）;0X22 的设置值为 16 进制(0x4B)(为了增加低压恒流的效率，可通过寄存器 0x24. B<1:0>减少 VSYS_MIN 的值，让 BFET 更早的进入 Fullyon 模式，减少 LDO CC 的时间)
- 5) 当电池电压逐渐上升接近浮充电压时会进入 CV 模式充电状态，充电电流会逐渐降低，小于截止电流时会停止充电；浮充电压可通过 I2C 控制寄存器 0x21. B<3:0>，直接通过相应位置 1 得到相应值，这里采用寄存器的默认值二进制（0011），16 进制（0x3）;即浮充电压默认值 4.2V

注：以上是充电的大致设置和工作过程，通过寄存器不同的配置和组合，可满足各种容量电池的快充充电和认证要求，同时结合 NTC、xSense 等，实现更多智能化充电场景，灵活性极高；除了以上典型的设置之外，还可以通过寄存器 0x20、0x24 设置更多充电相关的保护功能，具体功能参数参照寄存器，这里均采用默认值；配置充电相关的寄存器主要有 0x20~0x24。

1) 以下是涓流和截止电流配置为 60mA，充电电流配置为 1.5A 的充电过程



2) 以下是涓流和截止电流配置为 40mA，充电电流配置为 1A 的充电过程



7.3 放电模块

7.3.1 升压输出设置

SY8809提供一路同步升压输出，集成功率MOS，可提供5V/1A输出（输出电压寄存器可调节），效率高达90%以上。芯片采用1MHz的开关频率，可有效减小外部元件尺寸。芯片集成了输出电压可配置，输出软启动、过流、过压、短路、过热以及电池欠压等多种功能。

SY8809通过I2C控制寄存器0x27的bit 0~2,控制BOOST/VOL/VOR的开关，开启BOOST后，通过I2C控制寄存器0x30. B<7:4>调节PMID2的输出电压，可设置的范围(4.0~5.2V),Step 0.1V,默认寄存器值1010,即输出5V；根据不同输出电压场景，参照寄存器进行配置（**更多具体参数见0x30寄存器**）

注：PMID2的配置的输出电压尽量大于电池端电压0.6V以上，否则有可能PMID的电压随电池电压上升而上升。

7.3.2 VOL/R 负载配置

VOL/R引脚是用于输出给耳机充电的端口，在这个端口上，芯片集成了自动识别负载功能，耳机自动复充功能，输出限流功能，轻载检测功能，VOL和VOR两个端口可以独立控制。

在待机状态下，当自动识别负载功能开启后，VOL/R上拉到电池电压，当负载放入时，如果负载电流大于自动识别电流则，内部电路检测到负载放入，内部产生loadin和loadon信号，loadin用于识别负载放入动作，锁存在寄存器中；loadon用于识别负载是否存在，实时检测。用户可以根据这两个信号判断负载放入动作和存在状态，从而控制放电输出。（**VOL/VOR状态具体见0X14寄存器**）

负载检测和建立电流配置

为了兼容不同品牌耳机都能识别充电的应用场景，SY8809通过I2C控制寄存器0x32. B<1:0>，可选择四种不同的检测电流档位（00:5uA, 01:2uA, 10:1uA , 11:10uA）设置；识别电流越小，所能识别的耳机负载相对越宽，但同时插入瞬间端口电压也会被拉到更低，所以应用时应根据实际负载匹配

负载识别快速建立电流，也可通过寄存器0x32. B<4:2>设置，相同条件下，电流设置的越大，相应识别电压建立的越快，但耳机负载存在时相应的功耗也会变大。（**更多具体参数见0X32寄存器**）

VOL/VOR 限流设置

通过寄存器0x33.B<7:5>可以配置输出限流值，设置范围（100~500mA），当输出电流超过限流值后，芯片触发过流保护功能，进入打嗝状态，200ms后重新开启输出，再次看VOL/R是否解除短路状态；（**更多具体参数见0X32寄存器**）

IOFF 电流设置

VOL/R输出支持输出电流检测，当耳机端充电电流小于IOFF电流（寄存器可调节），芯片发出中断信号，通知MCU，并把VOL/VOR的负载状况赋给寄存器0x14，MCU通过I2C读取寄存器0x14的状态来决定是否关闭输出

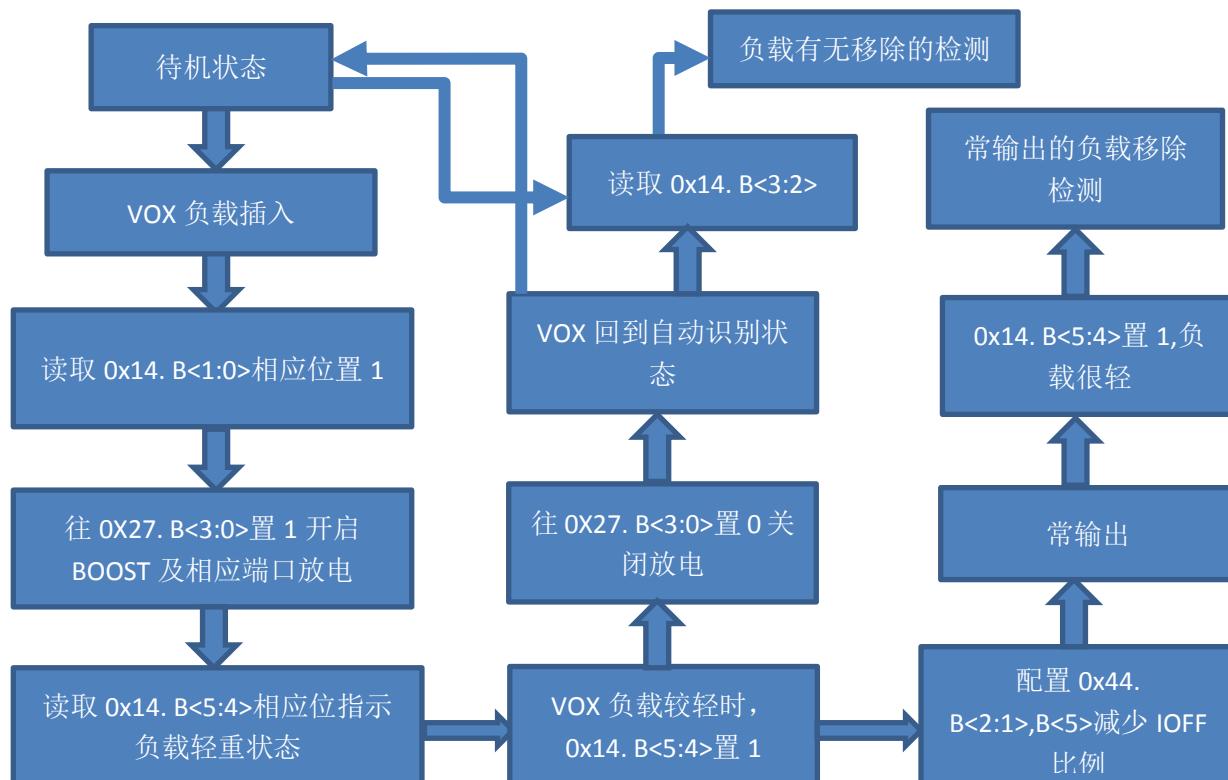
IOFF电流主要通过I2C控制寄存器0x33. B<6:4>配置，精度±10%以内；还可根据实际情况通过寄存器0x33. B<3:0>配置IOFF变化的滤波时间，避免误检测；配置好后，开启升压输出，然后就可以根据0x14的B<5: 4>状态判断VOL/VOR负载的轻重状况，由MCU决定是否关闭输出

IOFF配置好后，还可以通过I2C控制寄存器0X44配置更小的负载电流检测阈值，检测阈值最小可低至100uA；用此阈值即可用作关闭输出，也可用来做5V常输出时,VOL/VOR的状态是否有负载（轻载状态表示无负载，重载状态表示有负载）

SY8809配置：

- 1) 通过寄存器0x27写7使能BOOST/VOL/VOR放电
- 2) 通过寄存器0x33配置好IOFF及滤波时间，默认2mA
- 3) 通过寄存器0x44继续减少IOFF的值，B<2:1>全置1，IOFF的值减少8倍
- 4) 若进一步降低IOFF, B<5>置1，IOFF的值减少20倍（必须要步骤3，步骤四才能起作用）
- 5) 随着VOL/VOR负载电流的减少，通过读取寄存器的0X14. B<5:4>是否为1，用来判断是否关闭输出或负载是否存在；状态变化时会有IRQ提示

以下流程仅供参考：



IOFF相关更多的具体参数测试主要参考寄存器0x27、0x33、0x44

耳机自动复充功能

SY8809 配合 SY5500 可以实现耳机自动复充的功能，当 SY5500 的 VBAT 充满，MCU 控制 SY8809 的输出将 5V 关闭，进入自动负载识别模式，停止给 SY5500 充电；此时，耳机里电池由于电池内阻和自身化学特性以及耳机内器件的消耗，当耳机电池电压降低到一定程度，SY5500 将主动向 SY8809 发出复充请求信号下下拉 SY8809 的 VOL/VOR 100mS 左右；SY8809 在接收到复充请求后，可以通过 MCU 控制升压给 SY5500 充电；此功能可以保证长期在仓的耳机也能够保持较高的电量。

SY8809 的配置：

- 1) 通过将寄存器 0x26. B<1:0>置 11 开启 VOL/VOR 的电平检测功能
- 2) 当 SY5500 发送自动复充信号时，VOL/VOR 会被下拉约 100mS 左右，寄存器 0x17. B<5:4>会被相应置 1，并 IRQ 下拉提示；复充信号完成后，VOL/VOR 恢复到自动识别电压
- 3) 读取寄存器 0x17 的状态，读取 B<5:4>相应位是否为 1，判断 SY5500 是否发送过复充请求
- 4) 有复充请求，通过寄存器 0x27 开启 BOOST/ VOL/VOR;
- 5) 往寄存器 0x17. B<5:4>写 11 清 0，以备下次使用

7.4 电池温度保护（NTC）

NTC保护功能是用于检测电池温度，然后控制芯片充电和放电，NTC保护支持四种模式(寄存器控制)：JEITA，常用模式，输出温度区间模式和xSense采样输出模式。JEITA、常用模式的保护区间及保护行为如表1所示。

7.4.1 JEITA 标准&常用模式

表 1 NTC 温度区间

| <0x16> 寄存器值 | 温度区间 | JEITA | | 常用模式 | |
|----------------|-----------------|------------|------|------|------|
| | | 充电 | 放电 | 充电 | 放电 |
| 1111 | <-10°C | 不充电 | 不放电 | 不充电 | 不放电 |
| 1011 | -10°C < T < 0°C | 不充电 | 正常放电 | 不充电 | 正常放电 |
| 0011 | 0°C < T < 10°C | 0.5*ICC 充电 | 正常放电 | 正常充电 | 正常放电 |
| 0001 | 10°C < T < 20°C | 正常充电 | 正常放电 | 正常充电 | 正常放电 |
| 0000 | 20°C < T < 45°C | 正常充电 | 正常放电 | 正常充电 | 正常放电 |
| 0100 | 45°C < T < 60°C | 浮充电压 4.05V | 正常放电 | 不充电 | 正常放电 |
| 1100 | >60°C | 不充电 | 不放电 | 不充电 | 不放电 |

7.4.2 输出温度区间模式

SY8809 寄存器 0x16 只输出温度区间不控制充电电流和放电，“温度区间”如表1所示。

7.4.3 NTC 控制和指示

在这种模式下，IC 内部的恒流源流过外接的NTC电阻，NTC电阻上的电压再通过xSense输出，经过MCU的处理后，由MCU控制充电和放电状态。

NTC FAULT: 在“JEITA模式”和“常用模式”下，若温度超出正常范围（寄存器0x11.B<6>），则由NTC模块控制充电电流和充电电压，并给出NTC FAULT信号；在“输出温度区间模式”时，不控制电流和电压，不给出NTC FAULT信号；在“xSense模式”下，只控制NTC采样的输出电流，不给出温度区间，不控制电流和电压，不给NTC FAULT信号。

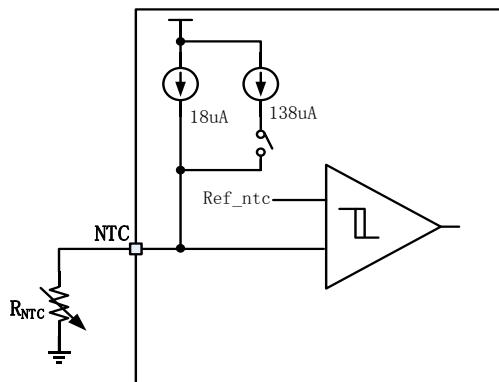


Fig.4. NTC 保护示意图

NTC检测电路如图5所示，芯片内部提供恒定电流流经NTC电阻，通过检测NTC电阻上的电压来检测电池温度，芯片内部设定有高低温阈值来提供NTC保护。因此对于需要NTC保护的应用，NTC电阻必须选用10K且 $\beta = 3950$ ；若不需要NTC保护功能，则需要通过寄存器配置，关闭NTC功能。

7.4.4 xSense 采样 NTC 输出模式

xSense模块可将NTC采用的结果通过xSense输出给MCU，MCU根据采样的结果，去控制SY8809的充放电，此功能可以较方便的选择NTC

大致配置参照：

- 1) 通过I2C往寄存器<0x36>NTC_Config1.B<3:2>写11，配置NTC MODE
- 2) 通过I2C往寄存器<0x36>.B<1:0>相应位置1，可改变NTC流出的电流，从而改变NTC电阻上的电压
- 3) 通过I2C往寄存器<0x36>NTC_Config1.B<4>写1，使能NTC功能
- 4) 通过I2C往寄存器<0x31>xSense_Config.B<3:0>选择相应Xsense输出0100,输出NTC电压
- 5) 通过I2C往寄存器<0x31>xSense_Config.B<6>置1打开xSense
- 6) 若采样的信号较弱，可通过 0x31.B<5:4>配置增益放大采样信号；若不需要放大采样信号，则忽略此步骤（**xSense 最大输出电压建议不超过 2.5V**）
- 7) MCU 根据 NTC 的温度特性及采样的结果智能控制 SY8809 的充放电

注：若xSense在使用过程中切换通道后，建议保留ms级别及以上的延时；且读取xSense值时多读取几次求平均值，以便误采数据。

7.5 LED 显示

LED 模块主要功能有：LED 开关及显示模式控制、驱动电流调节、驱动电流外部调节、集成呼吸灯显示、不同呼吸灯效果调节等；LED 显示驱动采用恒流源驱动共阴极 LED，LED 驱动的电源选择 VSYS，所以在 VSYS 短路时，LED 显示会不正常。

LED 的所有功能都由寄存器控制，寄存器<0x40>LED_Config0 主要控制 LED 的开关和 LED 显示模式控制；寄存器<0x41>LED_Config1、<0x42>LED_Config2 主要负责集成呼吸灯的灯效控制，如呼吸灯渐变时间，常亮、常灭等；寄存器<0x43>LED_Config3 主要负责 LED 的驱动电流和亮度调节

注：LED 的所有功能均由寄存器配置完成，通过 I2C 可实现更多智能的灯显效果，关于 LED 的细节参数控制，具体参照寄存器<0x40~0x43>LED_Config0~3 的说明

7.6 电感短路保护

SY8809 内部集成电感短路保护功能，无论处于充电还是放电状态下，只要电感发生短路，SY8809 就会停止充/放电并保持锁定状态，以避免 IC 损坏；故障消除后，需重新插入 VIN，方可解除锁定状态。

- 1) 可通过寄存器<0x37>OCP_Config1. B<7>配置是否开启此功能，默认开启
- 2) 通过读取 0x11 寄存器的状态，看 B<7>是否为 1，判断电感是否处于短路状态

7.7 xSense 输出

7.7.1 xSense 简述

xSense 引脚将内部模拟信号输出到芯片外部，用于给 MCU 采样。xSense 可选的采样信号包括:VIN, PMID, NTC, VBAT, IVIN, IVOL, IVOR, IBAT, 由 I2C 寄存器对信号进行选择；xSense 模块使能后，各输出参数比例如下：若觉得采样的电平太低可配置 xSense 的增益放大，具体见寄存器 <0x31>xSense_Config

采样信号列表

| 0x31 寄存器 B<3:0> | 输出信号类别 | 各信号比例说明 |
|-----------------|-------------------|---|
| 0000 | 输出 IVOL 的电流采样结果 | 当 IVOL<20mA(st_iloadl=0)时,采样比例为 1mA/30mV; 当 IVOL>30mA (st_iloadl=1) 时, 采样比例为 1mA/2mV |
| 0001 | 输出 IVOR 的电流采样结果 | 当 IVOR<20mA (st_iloadr=0) 时, 采样比例为 1mA/30mV; 当 IVOR>30mA (st_iloadr=1) 时, 采样比例为 1mA/2mV |
| 0010 | 保留 | 保留 |
| 0011 | 输出 IBAT 的充电电流采样结果 | IBAT<160mA, 则 xSense(mV)/IBAT(mA)=4; 160mA ≤ IBAT < 640mA, 则 xSense(mV)/IBAT(mA)=2; IBAT ≥ 640mA, 则 xSense(mV)/IBAT(mA)=0.5 |
| 0100 | 输出 NTC 电压采样结果 | 需要先设置 ntc_mode 为 11 模式 |
| 0101 | 输出 VIN 采样结果 | 输出 VIN / 8 电压 |
| 0110 | 输出 VBAT 采样结果 | 输出 VBAT / 4 电压 |
| 0111 | 输出 IVIN 的电流采样结果 | 输出 IVIN 的电流采样结果, IVIN=1mA, 则 xSense=0.45mV |
| 1000 | 输出 PMID 采样结果 | 输出 PMID/8 电压 |

注：充电比例查看 0x12 寄存器 B<6:5>, 放电时通过 0x13 寄存器 B<3:2>查看比例

7.7.2 xSense 配置

xSense 输出的是电压信号，所有采样的结果经过处理后，给到 xSense 输出模块，大致的使用流程可参照如下：

- 1) 通过 I2C 控制寄存器 0x31. B<6>置 1, 使能 xSense 功能
- 2) 通过寄存器 0x31.B<3:0>选取 xSense 的输出信号（具体见信号列表）
- 3) 若采样的信号较弱, 可通过 0x31.B<5:4>配置增益放大采样信号；若不需要放大采样信号，则忽略此步骤（**xSense 推荐最大电压 2.5V**）
- 4) 若 xSense 输出的是 IBAT 的充电电流采样结果, 通过读取寄存器 0x12 的状态, 根据<5:4>相应的结果, 可获知采样比例的变化
- 5) 若 xSense 输出的是 IVOL/IVOR 的电流采样结果, 通过读取寄存器 0x13 的状态, 根据<3:2>相应的结果, 可获知采样比例的变化

配置 xSense 模块的主要寄存器为 0x31, 具体参数控制可参照寄存器说明；另外根据 xSense 不同的采样，与之相关的寄存器还包括 0x12,0x13,0x36 等（推荐 xSense 的电压不超过 2.5V）

7.8 复位功能

芯片为了防止MCU在使用过程中出现软件死机，集成了硬件复位功能、软件复位和插入VIN复位功能。

长按RST下拉10S（寄存器可配置），芯片进入硬件复位动作，关闭BFET，并下拉VSYS 200ms，让MCU复位，然后再重新给VSYS供电，同时寄存器中置一个写清标志位，标明系统曾经硬件复位过。

软件复位指令可以将芯片复位到初始配置状态。

插入VIN复位MCU的功能寄存器可以配置，默认不使能；在使能情况下，VIN插入后，关闭BFET，并下拉VSYS 200ms，然后再重启BFET给VSYS供电并开启buck给电池充电，同时寄存器中置一个写清标志位标明系统曾经复位过。

复位功能配置：

- 1) 复位功能的主要配置寄存器为0x35，具体参照0x35寄存器配置RST的功能（寄存器0x27. B<7:6>开启 WatchDog,若不及时清计时，也有可能会触发VSYS复位）
- 2) 通过查看寄存器0x17状态，了解VSYS发生复位的状况
- 3) 也可通过往寄存器0x4F写入0x17进行软件复位的指令(只复位寄存器值)

7.9 WatchDog 功能

WatchDog功能是为了防止MCU软件死机而设置的保护，当MCU出现逻辑错误或死机不能及时清零WatchDog计时，避免引起异常；SY8809会强制复位相关配置寄存器，若有关联VSYS，还会关闭VSYS 200mS复位MCU。

WatchDog功能配置：

- 1) WD的超时保护及时间由寄存器寄存器0x27. B<7:6>控制，默认值:关闭，可以配置:40S, 80S, 160S
- 2) 通过控制寄存器0x35. B<6>选择WatchDog超时是否只复位寄存器本身，还是VSYS一起复位
- 3) 通过往寄存器0x2F写入0x94将清零WatchDog计时
- 4) 如果MCU程序跑飞、死机或其他原因导致WatchDog超时，寄存器0x17. B<1>状态会被置1；随后根据相关设置产生复位动作。

7.10 IRQ 中断提示功能

SY8809支持IRQ中断输出，IRQ默认上拉到VIO或BAT（电压由较高者提供），触发IRQ事件时，IRQ会被下拉8mS左右，用于提示MCU SY8809内部状态变化，MCU可以根据相关提示及时的做出处理；IRQ提示列表主要如下：

| IRQ 事件 | 事件名称 | 上升沿 | 下降沿 | 双沿 |
|-----------------|-------------|-----|-----|----|
| st_ntc_fault | NTC 异常 | ✓ | | |
| st_vsys_ocp | vsys ocp | | | ✓ |
| st_vor_ocp | vor ocp | | | ✓ |
| st_vol_ocp | vol ocp | | | ✓ |
| st_pimd_ocp_osp | pmid ocp | | | ✓ |
| st_icctimeout | 恒流充电超时 | ✓ | | |
| st_itctimeout | 涓流充电超时 | ✓ | | |
| st_batovp | batovp | | | ✓ |
| st_vin_ok | 插入 vin | | | ✓ |
| chg_end | 充满 | | | ✓ |
| st_lowbat | Bat 低电量 | ✓ | | |
| st_batuvlo | bat uvlo | ✓ | | |
| st_vor_level | 电平从高变低 | | ✓ | |
| st_vol_level | 电平从高变低 | | ✓ | |
| st_vor_ioff | 轻重载变化 | | | ✓ |
| st_vol_ioff | 轻重载变化 | | | ✓ |
| st_vor_loadon | 右耳耳机在仓 | | | ✓ |
| st_vol_loadon | 左耳耳机在仓 | | | ✓ |
| st_vor_loadin | 右耳耳机放入 | ✓ | | |
| st_vol_loadin | 左耳耳机放入 | ✓ | | |
| ntc_refile[2:0] | NTC 变化 | | | ✓ |
| st_nededgevor | 复充请求检测 | ✓ | | |
| st_nededgevol | 复充请求检测 | ✓ | | |
| st_ind_os | 电感短路 | ✓ | | |
| st_wdtvsys | watchdog 超时 | ✓ | | |
| st_iloadr | 放电通道阻抗档位切换 | | | ✓ |
| st_iloadl | 放电通道阻抗档位切换 | | | ✓ |

注：上升沿是指进入事件，下降沿是指退出相应事件

7.11 通讯功能

7.11.1 通讯功能介绍

SY8809 支持耳机仓和耳机双向独立的通讯功能，通过 VOL/R 连接耳机接收和发送信号，通过 COML/COMR 和 MCU 进行交互，通过 DIRL/DIRR 控制接收发模式，通过寄存器控制进入和退出通讯模式。

SY8809 通讯功能主要包括隔离通讯、通讯电平转换、通讯功能强制进入和退出、接收电流/电压回码模式控制、接收发模式等。

隔离通讯功能：在正常情况下，通讯模式关闭，VOL/R 用于检测耳机负载和给耳机充电，所有的通讯检测功能关闭。当 SY8809 通过寄存器操作进入通讯模式后，关闭 VOL/R 的放电功能，实现隔离并强制进入通讯检测的模式，通讯功能开启。

通讯功能强制进入和退出：无论 SY8809 处于充电、放电还是自动识别状态，通过寄存器 <0x27>EN_Config0. B<4:3> 相应位置 1 都可以强制 VOL/R 进入通讯模式，且 VOL/R 所有功能相互独立；如 VOL 强制进入和退出通讯模式，不影响 VOR 的放电、负载识别、通讯收发等各种状态，反之亦然。

通讯回码模式：通过 <0x26>IO_Config1. B<3> 可以控制通讯模式的方式；默认双向通讯都采用电压方式通讯；置 1：双向通讯采用发码电压，收码电流的混合模式，耳机盒向耳机发送数据时用电压方式通信，高电平寄存器可配置，低电平为 0V；耳机向耳机盒发送数据时用电流方式通信，支持 1kbps 的通讯速率；电流阈值采用 IOFF 比较器的输出，寄存器可配置

通讯收发模式控制：DIRL/DIRR=1，接收模式：数据从 VOL/R 发送到 COML/R；DIRL/DIRR=0，发送模式：数据从 COML/R 发送到 VOL/R；DIRL 和 DIRR 互相独立，VOL 处于接收时，VOR 可以在发送模式也可在接收模式，反之亦然。（1 为高电平，建议上拉到 VIO, 0 为低电平建议下拉到 GND）

通讯电平转换：SY8809 通讯模块中集成了通讯电平转换电路，默认通讯电平 2.5V，可通过寄存器 <0x25>IO_Config0. B<4:2> 改变通讯电平，以满足不同通讯电平的应用

| 寄存器 | 通讯电平 |
|--------------------------|-------------------------|
| | 000:使能 2.5V 电平通讯 |
| | 001:使能 3 电平通讯 |
| | 010:使能 PMID(默认 5V) 电平通讯 |
| | 011:使能 1.8V 电平通讯 |
| | 100:使能 3.3V 电平通讯 |
| | 101:使能 1.2 电平通讯 |
| | 110:使能 VIO 电平通讯 |
| <0x25>IO_Config0. B<4:2> | 111:使能 VSYS 电平通讯 |

注：通讯相关寄存器主要为 <0x25>IO_Config0, <0x26>IO_Config1, <0x27>EN_Config0)

7.11.2 电压通讯模式

通过<0x26>IO_Config1. B<3>控制通讯模式的方式，默认耳机与耳机仓双向通讯都采用电压方式通讯，通讯电平可通过<0x25>IO_Config0. B<4:2>调节，配置好后，VOL/VOR 通过内部上拉到相应的逻辑电平，接收耳机的数据；COML/COMR 的高电平默认上拉到 VIO。

SY8809 发送模式

DIRL=0，通讯默认电平 2.5V，通讯速率 1Mbps 的波形

SY8809 接收模式

DIRL=1，通讯默认电平 2.5V，通讯速率 1Mbps 的波形

SY8809 接收发模式

DIRL=1,DIRR=0,(左耳接收，右耳发送)，通讯默认电平 2.5V，通讯速率 1Mbps 的波形

7.11.3 电流回码通讯模式

通过<0x26>IO_Config1. B<3>控制通讯模式的方式，置 1；耳机与耳机仓双向通讯采用发码电压，收码电流的混合模式，通讯电平可通过<0x25>IO_Config0. B<4:2>调节，配置好后，VOL/VOR 通过内部上拉到相应的逻辑电平，接收耳机的数据；COML/COMR 的高电平默认上拉到 VIO。

SY8809 发送模式

DIRL=0，通讯默认电平 2.5V，通讯速率 1Mbps 的波形

SY8809 接收模式

DIRL=1，通讯默认电平自动转为 PMID，通讯速率 1kbps 的波形

SY8809 接收发模式

DIRL=1,DIRR=0,(左耳接收，右耳发送)，通讯默认电平 2.5V，通讯速率发送 1Mbps，接收 1kbps 的波形

8. I²C 通讯

8.1 I²C 读写操作

SY8809 集成了一个标准的 I²C 接口，作为一个从设备，可以通过 MCU 控制。芯片的器件地址是 0b0000110X，X 是读/写操作控制位，X=0 表示写操作，X=1 表示读操作。

8.2 I²C 起始和停止

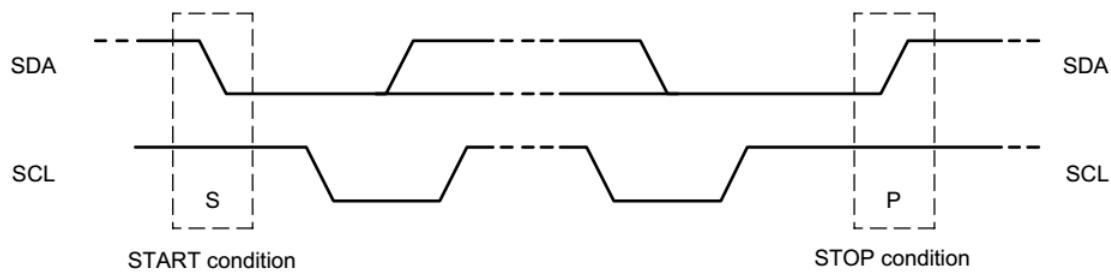


Fig1. I²C 起始和停止

在 SCL 线是高电平时 SDA 线从高电平向低电平切换 这个情况表示起始条件。

当 SCL 是高电平时 SDA 线由低电平向高电平切换表示停止条件。

8.3 I²C 写操作



Fig2. I²C 写操作

SY8809 只支持单字节写操作，写操作的格式如上图所示。

8.4 I²C 读操作



Fig3. I²C 单字节读操作

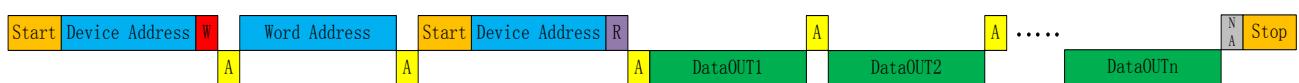


Fig4. I²C 多字节读操作

SY8809 支持单字节读操作和多字节读操作，读操作的格式如上图所示。

8.5 I2C 电性参数

| 符号 | 参数 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|---------------|-------------------|-----|-----|-----|
| F_{scl} | SCL 时钟频率 | - | 400 | kHz |
| $T_{HD,STA}$ | 起始条件的保持时间 | 0.6 | - | us |
| T_{LOW} | SCL 低电平时间 | 1.3 | - | us |
| T_{HIGH} | SCL 高电平时间 | 0.6 | - | us |
| $T_{SU,STA}$ | 重复起始条件的建立时间 | 0.6 | - | us |
| $T_{HD,DATA}$ | 数据保持时间 | 0.6 | - | us |
| $T_{SU,DATA}$ | 数据建立时间 | 100 | - | ns |
| T_R | SDA 和 SCL 信号的上升时间 | - | 300 | ns |
| T_F | SDA 和 SCL 信号的下降时间 | - | 300 | ns |
| $T_{SU,STO}$ | 停止条件的建立时间 | 0.6 | - | us |
| T_{BUF} | 停止和启动条件之间的总线空闲时间 | 1.3 | - | us |
| C_B | 每条总线线路的电容负载 | - | 400 | pF |

9 寄存器列表

| 寄存器类型 | |
|-------|---------------|
| 类型 | 描述 |
| R/WC | 可读/写 1 清零寄存器 |
| R | 仅可读 |
| R/W | 可读/可写 |
| W | 仅可写 |
| 复位源描述 | |
| 复位源 | 描述 |
| POR | 电源掉电复位 |
| SRST | 软件复位 |
| RST | 按键硬件复位 |
| VIN | VIN 上电复位 |
| WD | WatchDog 超时复位 |

<0x10>FAULT_STA0

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|------|------|-------------------|-----|--------------|--|
| 0x10 | R/WC | B<7> | ST_BATOVP_W | 0 | POR +SRST | 曾经发生过 BATOPV 异常；写 1 清零。 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<6> | ST_BATUVLO_W | 0 | | 曾经发生过 BATUVLO 异常；写 1 清零。内部锁定，需插入 VIN 且 BAT 正常，写 1 才能清零 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<5> | ST_VINOVP_W | 0 | | 曾经发生过 VINOVP 异常；写 1 清零。 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<4> | ST_NTC_Fault_W | 0 | | 曾经发生过 NTC 异常；写 1 清零。 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<3> | ST_VSYS_OCP_W | 0 | | 曾经发生过 VSYS 过流保护；写 1 清零。 (VSYS 异常时，每打嗝一次) 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<2> | ST_VOR_OCP_W | 0 | | 曾经发生过 VOR 短路保护，VOR 过流保护；写 1 清零。(VOR 异常时，每打嗝一次) 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<1> | ST_VOL_OCP_W | 0 | | 曾经发生过 VOL 过流保护；写 1 清零。(VOL 异常时，每打嗝一次) 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<0> | ST_PMid_OCP_OSP_W | 0 | | 曾经发生过 PMID 过流或者短路保护；写 1 清零。 0:正常状态 1:异常状态 |

1) 0x10 寄存器，主要记录了 SY8809 曾经发生过的异常保护情况，通过读取 0x10 寄存器可以了解 SY8809 工作过程中触发了哪些异常，以便于定位问题点或配置合适的参数

2) 以上寄存器的值，除 B<6> ST_BATUVLO_W，需要插入 VIN 并且 BAT 正常，才能写 1 清 0 外；其它均可通过写 1 清零

<0x11>FAULT_STA1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 功能 |
|------|----|------|-----------------|-----|---|
| 0x11 | R | B<7> | ST_IND_OS | 0 | 充电/放电过程中电感短路保护状态指示: 0:正常状态 1:电感短路状态 |
| | | B<6> | ST_NTC_OVT | 0 | NTC fault 信号指示 0:NTC 温度正常 1:NTC 温度范围超出 |
| | | B<5> | ST_VSYS_OCP | 0 | VSYS 过流和短路保护; (VSYS 异常时, 打嗝保护) 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<4> | ST_VOR_OCP | 0 | VOR 过流和短路保护; (VOR 异常时, 打嗝保护) 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<3> | ST_VOL_OCP | 0 | VOL 过流和短路保护; (VOL 异常时, 打嗝保护) 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<2> | ST_PMid_OCP_OSP | 0 | PMID 过流或者短路保护; (PMID 异常时, 打嗝保护) 0:正常状态 1:异常状态 |
| | | B<1> | ST_ICCTimeOut | 0 | 电池端恒流 ICC 充电超时标志, 此 bit 从 0 跳变到 1, 可触发 IRQ 中断。 0:恒流 ICC 充电未超时 1:恒流 ICC 充电已超时, 则停止充电, 关闭 VSYS 到 VBAT 的 MOSFET。此时, 可以通过插拔 VIN、DIS_CHG 位翻转(先令 DIS_CHG=1 再令 DIS_CHG=0)的方式, 来清零 ST_ITCTimeOut, 重启充电。 |
| | | B<0> | ST_ITCTimeOut | 0 | 涓流 ITC 充电超时标志, 此 bit 从 0 跳变到 1, 可触发 IRQ 中断。 0:涓流 ITC 充电未超时 1:涓流 ITC 充电已超时, 则停止充电, 关闭 VSYS 到 VBAT 的 MOSFET。此时, 可以通过插拔 VIN、DIS_CHG 位翻转(先令 DIS_CHG=1 再令 DIS_CHG=0)的方式, 来清零 ST_ITCTimeOut, 重启充电。 |

- 1) **0x11** 寄存器, 实时更新 **SY8809** 触发的异常状态, 并且有 **IRQ** 提示, 通过读取此寄存器的值可以了解目前 **SY8809** 的异常状况, 主要异常如寄存器所示;
- 2) 需要配置了开启相应功能, 使用此寄存器才有意义

<0x12>CHG_STA

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 功能 |
|------|----|--------|------------------|-----|--|
| 0x12 | R | B<7> | ST_DeadBat | 0 | 电池电压低于 2.2V 指示: 0:VBAT>2.2V 1:VBAT<2.2V |
| | | B<6:5> | ST_IBAT_SNS<1:0> | 01 | 充电时 xSense 中 IBAT 对应充电电流采样比例: 00:xSense(mV) / IBAT(mA) = 4.0 01:xSense(mV) / IBAT(mA) = 2.0 10:xSense(mV) / IBAT(mA) = 0.5 11:xSense(mV) / IBAT(mA) =0.5 |
| | | B<4> | ST_VBAT_OVP | 0 | VBAT 电压过压状态; 当状态发生跳变时, 触发 IRQ。 0:VBAT 电压小于 OVP 电压 1:VBAT 电压大于等于 OVP (放电不检测 BAT OVP) |
| | | B<3> | ST_VINOVP | 0 | VIN 电压指示; 根据实际状态显示。当状态发生跳变时, 触发 IRQ。 0:VIN 电压小于 OVP 电压 1:VIN 电压大于 OVP 电压 |
| | | B<2> | ST_VINOK | 0 | VIN OK; 当状态发生跳变时, 触发 IRQ。 0:VIN 电压小于 UVLO, 或者大于 OVP 1:VIN 电压正常 |
| | | B<1:0> | ST_CHG_STAT<1:0> | 0 | 电池充电状态指示; ST_ChipMode =001 (Charge) 工作模式时, 寄存器<0x12>才有效。 00:没有充电 (VIN<VIN_UVLO) 01:涓流充电 10:恒流充电 11:电池充满 |

1) 0x12 寄存器主要是充电相关状态指示, 因此在充电场景寄存器中; 根据寄存器的状态位可以了解充电的相关状态及模式

2) 0x12 寄存器 B<6:5>, 可以显示 xSense/IBAT 的比例, 通过此状态位, 结合 xSense 模块可以检测 IBAT 的电流大小

<0x13>BST_STA

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 功能 |
|------|----|--------|-------------|-----|--|
| 0x13 | R | B<7:4> | | | |
| | | B<3> | ILOADL | 0 | VOL 放电通道阻抗档位切换指示: 0:通道阻抗 2Ω, 电流采样比 例:ILOADL(mA)=xSense(mV) / 30 1:通道阻抗 0.5Ω, 电流采样: ILOADL(mA)=xSense(mV) / 2 |
| | | B<2> | ILOADR | 0 | VOR 放电通道阻抗档位切换指示: 0:通道阻抗 2Ω, 电流采样比例: ILOADR (mA)=xSense(mV) / 30 1:通道阻抗 0.5Ω, 电流采样: ILOADR (mA)=xSense(mV) / 2 |
| | | B<1> | ST_LowBAT | 0 | BAT 低电量报警状态 0:正常电量状态 1:低电量状态 |
| | | B<0> | ST_BAT_UVLO | 0 | BAT UVLO 状态指示:置 1 后需插入 VIN 且电池电压正常才可清 0 0:BAT 电压正常状态 1:UVLO 状态 |

1) 0x13 寄存器主要 VOL/VOR 在放电时的一些状态指示, 根据实际工作状态实时更新

2) BAT UVLO 状态指示, 置 1 后, 需插入 VIN 且电池电压正常才可清 0

3) 相应比例, 结合 xSense 输出可以检测左右耳的电流大小

<0x14>VOx_STA

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 功能 |
|------|----|------|---------------|-----|---|
| 0x14 | R | B<7> | ST_VOR_Level | 1 | VOR 电平检测, 实时检测 VOR 的电平。此 bit 从 1 跳变到 0, 可触发 IRQ 中断。需要 EnVORLevelChk=1 时, 才会指示 VOR 的“0”或者“1”状态; 若 EnVORLevelChk=0, 则关闭 VOR 电平指示功能。 0:VOR<0.7V 1:VOR>0.8V |
| | | B<6> | ST_VOL_Level | 1 | VOL 电平检测, 实时检测 VOL 的电平。此 bit 从 1 跳变到 0, 可触发 IRQ 中断。需要 EnVOLLevelChk=1 时, 才会指示 VOL 的“0”或者“1”状态; 若 EnVOLLevelChk=0, 则关闭 VOL 电平指示功能。 0:VOL<0.7V 1:VOL>0.8V |
| | | B<5> | ST_VOR_Ioff | 0 | VOR 轻载状态; 此 bit 从 0 到 1, 或者从 1 到 0, 可触发 IRQ 中断。 0:VOL 重载状态 (当 IOR 大于 IOFF 设置的电流时) 1:VOL 轻载状态 (当 IOR 小于 IOFF 设置的电流时) (备注:必须在 VOR 输出 5V 时, 此 bit 才有意义) |
| | | B<4> | ST_VOL_Ioff | 0 | VOL 轻载状态; 此 bit 从 0 到 1, 或者从 1 到 0, 可触发 IRQ 中断。 0:VOL 重载状态 (当 IOL 大于 IOFF 设置的电流时) 1:VOL 轻载状态 (当 IOL 小于 IOFF 设置的电流时) (备注:必须在 VOL 输出 5V 时, 此 bit 才有意义) |
| | | B<3> | ST_VOR_Loadon | 0 | VOR 负载存在状态; 此 bit 从 0 到 1, 或者从 1 到 0, 可触发 IRQ 中断。 0:VOR 无负载状态 1:VOR 有负载状态 (uA 级别的电流。只要有负载, 则此 bit=1) |
| | | B<2> | ST_VOL_Loadon | 0 | VOL 负载存在状态; 此 bit 从 0 到 1, 或者从 1 到 0, 可触发 IRQ 中断。 0:VOL 无负载状态 1:VOL 有负载状态 (由自动负载识别模块的电流源上拉, uA 级别的电流。只要有负载, 则此 bit=1) |
| | | B<1> | ST_VOR_LoadIn | 0 | VOR 负载插入状态; 此 bit 从 0 到 1 的变化, 都可触发 IRQ 中断。 0:VOR 无负载插入动作 1:VOR 有负载插入动作 (当此 bit=1, 然后令 EN_VOR=1 时, 清零此状态位) |
| | | B<0> | ST_VOL_LoadIn | 0 | VOL 负载插入状态; 此 bit 从 0 到 1 的变化, 可触发 IRQ 中断。 0:VOL 无负载插入动作 1:VOL 有负载插入动作 (当此 bit=1, 然后令 EN_VOL=1 时, 清零此状态位) |

- 1) 当寄存器 0x26.B<1:0>:EnVORLevelChk=1, EnVOLLevelChk=1, B<6>, B<7> 才有意义; 若同时 0x26.B<7>:ENVOXLEVIRQ=1; 检测到电平从高变低, 会有 IRQ 提示
- 2) ST_VOL_Ioff/ ST_VOR_Ioff 必须在升压放电的情况下才有意义, 升压会自动清除插入负载状态的标志位; B<3:2>. VOL/VOR 有无负载主要在未升压放电情况下判断有无负载, 若使能放电会一直为 1
- 3) 结合 0x44 寄存器还可以把 IOFF 阈值降低 20 倍, 最小 100uA, 可用作 5V 常输出的负载检测

<0x15> ChipMode

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 功能 |
|------|----|--------|-------------|-----|--|
| 0x15 | R | B<7:4> | - | | - |
| | | B<3:1> | ST_ChipMode | 0 | 工作模式指示; 000: Standby 模式。 001: Charge 模式。 010: Discharge 模式。 011: Deepsleep 模式。 100: Shipmode 模式。 其他:Standby 模式 |
| | | B<0> | INIT_OK | 0 | 芯片初始化完成状态 0: 没有完成初始化 1: 完成初始化 |

- 1) MCU 对 SY8809 的配置必须在检测到 INIT_OK=1 后才能进行
- 2) BAT 上电初始化完成，进入 000: Standby 模式
- 3) 插入正常范围内的 VIN 电压，进入 001: Charge 模式
- 4) 通过 0x27 B<2:0>使能 BOOST/VOX，拔出 VIN 进入 010: Discharge 模式
- 5) 通过 0x27 B<2:0>关闭 BOOST/VOX,重新进入 000: Standby 模式，此时 VOX 自动识别开启
- 6) 通过 0x16. B<6:5>屏蔽自动识别功能，进入 Deepsleep 模式
- 7) 通过 0x34. B<0>写 1 进入 100: Shipmode 模式(以上除 Charge 模式外，其它均可直接指令直接进 SHIPMODE)

以上只是大致进入相应模式的方法，根据不同操作，模式切换也会有所不同，通过读取该寄存器，可以了解芯片工作在什么模式下

<0x16>NTC_STA

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 功能 |
|------|----|--------|--------------|------|--|
| 0x16 | R | B<7:4> | - | | - |
| | | B<3:0> | ntc_pre<3:0> | 0000 | 指示 NTC 温度区间，实时指示当前温度区间。在每个状态之间跳变时，都会触发一次 IRQ。 1111: <-10°C 1011: -10°C < T < 0°C 0011: 0°C < T < 10°C 0001: 10°C < T < 20°C 0000: 20°C < T < 45°C 0100: 45°C < T < 60°C 1100: >60°C |

- 1) 使能 NTC 功能后此寄存器才有意义，NTC 温度区间变化，都会触发 IRQ 提示

<0x17>RST_STA

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|------|--------|--------------------|-----|--------------|---|
| 0x17 | R/WC | B<7:6> | | | POR +SRST | |
| | | B<5> | NegedgeVOR_W | 0 | | 用于耳机复充检测或通讯检测。0->1 跳变时触发 IRQ。写 1 清零。EnVORLevelChk=1 时 0:VOR 没有检测到低电平 100ms 脉冲。 1:VOR 曾经检测到低电平 100ms 脉冲。 |
| | | B<4> | NegedgeVOL_W | 0 | | 用于耳机复充检测或通讯检测。0->1 跳变时触发 IRQ。写 1 清零。EnVOLLevelChk=1 时 0:VOL 没有检测到低电平 100ms 脉冲。 1:VOL 曾经检测到低电平 100ms 脉冲。 |
| | | B<3> | LLRSTVSYs_W | 0 | | 当使能“超长按 RST 管脚复位 VSYS”功能，且此功能触发了 VSYS 复位，则此标志位置 1。写 1 清零。 0:未检测到超长按 RST 1:曾经检测到超长按 RST |
| | | B<2> | VINPlusInRstVSYS_W | 0 | | 当“插入 VIN 复位 VSYS”的功能开启后，且检测到 VIN 插入并复位了 VSYS，则此标志位置 1。0->1 跳变时触发 IRQ。写 1 清零。 0:未检测到 VIN 插入 1:曾经检测到 VIN 插入 |
| | | B<1> | WatchDogRstVSYS_W | 0 | | WatchDog 复位标志位。写 1 清零。 0:WatchDog 未复位 1:WatchDog 曾经复位 |
| | | B<0> | ShipMode_W | 0 | | 进入 shipmode 之后，此标志位置 1。写 1 清零。 0:未进入 shipmode 1:曾经进入过 shipmode |

1) 0x17 寄存器置 1 后需清 0,IRQ 才会重新提示

2) B<5: 4>配合 SY5500 使用，可以实现自动复充；使用前需通过 0x26 寄存器 B<1: 0> 开启 VOX 的电平检测功能

3) VSYS 复位标志事件，需要通过 0x35 寄存器开启相关关联后，才会有相应标志位

<0x20>CHG_Config0

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|-------------|-----|-----------------------------|---|
| 0x20 | R/W | B<7:5> | IINDPM<2:0> | 100 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 输入 VIN 限流值设置; 000: 0.25A 001: 0.50A 010: 1.00A 011: 1.50A 100: 2.00A 101: 2.50A 其他:2.50A |
| | | B<4> | VBATFRechg | 0 | | 充电复充电压; 0: 96%VBF 1: 94%VBF |
| | | B<3> | VINOVP | 0 | | VIN OVP 电压点选择; 0:向上 5.8V, 向下 5.6V 1:向上 6.4V, 向下 6.2V |
| | | B<2> | DPPM_Sel | 0 | | 充电自适应电压点选择; 0:VIN 做为充电自适应电压点 1:PMID2 做为充电自适应电压点 |
| | | B<1:0> | Vdppm<1:0> | 00 | | 自适应适配器电压; 00: 4.60V 01: 4.70V 10: 4.80V 11: 4.50V |

<0x21>CHG_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|--------------|------|-----------------------------|---|
| 0x21 | R/W | B<7:4> | - | - | - | - |
| | | B<3:0> | VBF_Set<3:0> | 0011 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 浮充电压 VBF 设置 0000:4.05V 0001:4.10V 0010:4.15V 0011:4.20V 0100:4.25V 0101:4.30V 0110:4.35V 0111:4.40V 1000:4.45V 1001:4.50V 其它值:4.2V |

<0x22>CHG_Config2

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|--------------|---------|-----------------------------|--|
| 0x22 | R/W | - | - | - | - | - |
| | | B<6:0> | ICC_SET<6:0> | 0001010 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 电池端恒流充电电流设定值: (默认值 200mA, 步长 20mA) 0000000:0mA - 0001010:200mA - 1101110:2.2A 其他:2.2A |

1) 充电电流恒定电池端, 设置目标/20mA 即可得到需要设置的值的 10 进制, 转成 16 进制写入寄存器即可得到目标值: 如 1000mA/20mA=50, 转成 16 进制是 0x32, 即往寄存器 0x22 写入数据 0x32 即可设为 1A 充电

<0x23>CHG_Config3

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|---------------|------|-----------------------------|---|
| 0x23 | R/W | B<7:4> | ITC_SET<3:0> | 0000 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 电池端涓流充电电流设定值: (默认值 20mA, 步长 20mA) 0000:20mA . . . 1111: 320mA |
| | | B<3:0> | IEND_SET<3:0> | 0000 | | 电池端充电截止电流设定值: (默认值 20mA, 步长 20mA) 0000:20mA . . . 1111:320mA |

1) 充电电流恒定电池端, (设置目标/20mA) -1 即可得到需要设置的值的 10 进制, 转成 16 进制写入寄存器即可得到目标值: 如 $100mA/20mA-1=4$, 转成 16 进制是 0x04, 即往寄存器 0x23 写入数据 0x44 即可将涓流和充电截止电流设为 100mA

<0x24>CHG_Config4

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|---------|---------------|-----|-----------------------------|--|
| 0x24 | R/W | B<7:6> | - | - | POR+SRST +RST +WD+VIN | - |
| | | B <5:4> | TIMER_CC<1:0> | 00 | | 电池端充电恒流充电阶段超时配置 00:关闭充电恒流超时保护功能。 01:4h 10:8h 11:2h |
| | | B<3:2> | TIMER_TC<1:0> | 00 | | 电池端充电涓流充电阶段超时配置 00:关闭充电涓流超时保护功能。 01:1h 10:2h 11:0.5h |
| | | B<1:0> | VSYS_MIN<1:0> | 10 | | 正常充电时, VSYS 的最小值 00:3.35V 01:3.45V 10:3.65V 11:3.85V |

1) 涓流充电超时和恒流充电超时相互独立

<0x25>IO_Config0

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|----------------|-----|-----------------------------|--|
| 0x25 | R/W | B<7> | EnCOMxODPullup | 1 | POR+SRST +RST +WD+VIN | COML/COMR 配置为 OD 输出模式时的上拉选择: 0:COML/COMR 配置为 OD 输出时，芯片内部无上拉电阻。此时，需要外接上拉电阻到 MCU 电源端。 1:COML/COMR 配置为 OD 输出时，芯片内部上拉 3.2k 电阻到 VIO。 |
| | | B<6> | EnCOMxOD | 1 | | COML/COMR 输出模式配置: 0:COML/COMR 做为输出时，配置为推挽输出 1:COML/COMR 做为输出时，配置为 OD 输出 |
| | | B<5> | EnSCLSDAPullup | 1 | | I2C 接口上拉使能控制: 0: SCL 和 SDA 管脚无上拉电阻。 1:SCL 和 SDA 管脚的内部 10K 上拉电阻到 VIO |
| | | B<4:2> | V_COM<2:0> | 000 | | 通讯使能控制模式。电压方式双向通信。 下行:从 SY8809 发送数据到耳机。控制 VOL/VOR 电压。 上行:SY8809 接收耳机发送过来的数据。 VOL/VOR 通过内部上拉到相应的逻辑电平，接收耳机的数据，并反馈到管脚 COML/COMR，以及寄存器位 ST_COML/ST_COMR 000:使能 2.5V 电平通讯 001:使能 3V 电平通讯 010:使能 PMID(默认 5V)电平通讯 011:使能 1.8V 电平通讯 100:使能 3.3V 电平通讯 101:使能 1.2V 电平通讯 110:使能 VIO 电平通讯 111:使能 VSYS 电平通讯 当配合 SY5500 使用时，通讯电平需要配置为: 110 (VIO) 或 100 (3.3V) |
| | | B<1:0> | ICOM<1:0> | 00 | | MD1 模式下，接收模式下，DIRL/R=1 时，VOL/VOR 作为输入时的上拉能力设定; 00:100K 01:1K 10:200Ω 11:浮空 |

- 1) 以上的通讯电平都是指的 VOL/VOR 的输出电平
- 2) 当配合 SY5500 使用时，建议通讯电平需要配置为：110 (VIO) 或 100 (3.3V)

<0x26>IO_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|------|---------------|-----|-----------------------------|--|
| 0x26 | R/W | B<7> | - | - | POR+SRST +RST +WD+VIN | - |
| | | B<6> | DIS_ADTL | 0 | | VOL 自动识别负载使能控制 0:支持自动识别功能 1:屏蔽自动识别功能 |
| | | B<5> | DIS_ADTR | 0 | | VOR 自动识别负载使能控制 0:支持自动识别功能 1:屏蔽自动识别功能 |
| | | B<4> | MODE_COM<1> | 0 | | NC |
| | | B<3> | MODE_COM<0> | 0 | | 通讯模式选择; 0:双向通讯都用电压的方式进行通信，高电平寄存器可配置，低电平为 0V。 1:双向通讯采用发码电压，收码电流的混合模式，耳机盒向耳机发送数据时用电压方式通信，高电平寄存器可配置，低电平为 0V; 耳机向耳机盒发送数据时用电流方式通信,支持 1kbps 的通讯速率。电流阈值采用 IOFF 比较器的输出，可以配置 |
| | | B<2> | ENVOXLEVIRQ | 0 | | ST_VOR_Level 和 ST_VOL_Level 寄存器是否触发下降沿 IRQ 的使能控制: 0:ST_VOR_Level 和 ST_VOL_Level 下降沿不触发 IRQ。 1:ST_VOR_Level 和 ST_VOL_Level 下降沿触发 IRQ。 |
| | | B<1> | EnVORLevelChk | 0 | | VOR 电平检测使能; 当 VOR 进入“自动负载识别”状态时，令 EnVORLevelChk=1，VOR 的电平检测功能才有效。 0:关闭 VOR 电平检测功能 1:使能 VOR 电平检测功能 |
| | | B<0> | EnVOLLevelChk | 0 | | VOL 电平检测使能; 当 VOL 进入“自动负载识别”状态时，令 EnVOLLevelChk=1，VOL 的电平检测功能才有效。 0:关闭 VOL 电平检测功能 1:使能 VOL 电平检测功能 |

- 1) 使能寄存器 B<2: 0>, 开启电平检测, VOX 电平检测变低后会触发 IRQ;也可关闭 IRQ 提示; 在进入通讯模式时建议 B<2: 0>保持默认关闭状态,
- 2) 耳机向耳机盒发送数据时用电流方式通信,支持 1kbps 的通讯速率。电流阈值采用 IOFF 比较器的输出, IOFF 可以通过 0x33 寄存器配置

<0x27>EN_Config0

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|---------------|-----|-----------------------------|---|
| 0x27 | R/W | B<7:6> | WatchDog<1:0> | 00 | POR+SRST +RST +WD+VIN | WatchDog 时长配置。 00:关闭 WatchDog 功能 01:40s 10:80s 11:160s 在充电、放电、standby 都可 I2C 开关 WatchDog, shipmode 下会自动关闭 WatchDog |
| | | B<5> | I2CWDT | 0 | | I2C SDA WatchDog 功能: 0:不使能 I2C WD 功能 1:当 SDA 为 0 超时 1S, 自动复位 I2C 模块。 |
| | | B<4> | EnCOMVOR | 0 | | VOR 通讯模式使能位, 可独立开启/关闭 VOR 的通讯使能: 0:VOR 关闭通讯模式 1:VOR 使能通讯模式 |
| | | B<3> | EnCOMVOL | 0 | | VOL 通讯模式使能位, 可独立开启/关闭 VOL 的通讯使能: 0:VOL 关闭通讯模式 1:VOL 使能通讯模式 |
| | | B<2> | EN_VOR | 0 | | VOR 开关控制; 0:关闭 VOR 开关 1:使能 VOR 开关 |
| | | B<1> | EN_VOL | 0 | | VOL 开关控制; 0:关闭 VOL 开关 1:使能 VOL 开关 |
| | | B<0> | EN_BT | 0 | | 放电使能; 0:关闭放电功能 1:使能放电功能 |

- 1) SY8809 VOL/VOR 的放电控制和通讯模式主要由该寄存器控制;当 VOL/VOR 使能通讯模式后,会强制进入通讯状态,通讯模式优先级最高;
- 2) WatchDog 时长配置,配置相应时间,即开启了 WatchDog 功能,除 SHIP MODE 模式下会自动关闭 WatchDog,其它模式下都要在配置时间内往寄存器 0x2F 写入 0x94 清零 WatchDogTimer

<0x2E> EN_Conf1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|----|--------|-------------|-----------|-----------------------------|---|
| 0x2E | W | B<7:1> | - | - | - | - |
| | | B<0> | DISABLE_CHG | 0x50_B<7> | POR+SRST +RST +WD+VIN | 充电功能控制信号 0:充电功能直接由 VIN 状态控制 1:在 VIN 状态 OK 的情况下也可以关闭充电 |

1)通过此寄存器可以控制是否充电，置 1 关闭充电

<0x2F>WDT_RST

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|----|--------|---------|-----|-----------------------------|------------------------------------|
| 0x2F | W | B<7:0> | WDT_RST | 0 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 写入 0x94 将清零 WatchDogTimer, 该值写入后自清 |

<0x30>BST_Config

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|-----------------|------|-----------------------------|---|
| 0x30 | R/W | B<7:4> | VPMID <3:0> | 1010 | POR+SRST +RST +WD+VIN | PMID 的 Boost 电压。 0000:4.0V 0001:4.1V 0010:4.2V 0011:4.3V 0100:4.4V 0101:4.5V 0110:4.6V 0111:4.7V 1000:4.8V 1001:4.9V 1010:5.0V 1011:5.1V 1100:5.2V 其他值:5.0V |
| | | B<3:2> | BAT_UVLO<1:0> | | | BAT UVLO 电压 (下限值, 上限通过迟滞加 0.1V); 00:2.80V 01:3.00V 10:3.20V 11:3.40V |
| | | B<1:0> | LowBAT_Set<1:0> | | | 低电量报警电压; 00:3.2V 01:3.3V 10:3.4V 11:3.5V |

- 1) 此寄存器主要在使能 BOOST 的情况下使用, 使能 BOOST 后, 输出调压可按上述值调整 (但要保障 BAT 和 PIMD2 设置的电压相差 600mV 以上)
- 2) 低电量报警 IRQ 提示, 需要在使能 BOOST 条件下

<0x31>xSense_Config

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|--------------------|------|---|---|
| 0x31 | R/W | B<7> | EN_FB_RES | 0 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 保留 |
| | | B<6> | ENxSense | 0 | | xSense 模块使能位 0:关闭 xSense 模块 1:使能 xSense 模块 |
| | | B<5:4> | Gain_xSense<1:0> | 00 | | xSense 的增益配置: 00:x1, 输出等于输入 01:x2, 输出信号等于原信号的 2 倍 10:x4, 输出信号等于原信号的 4 倍 11:x8, 输出信号等于原信号的 8 倍 |
| | | B<3:0> | xSense_ChxSel<3:0> | 0000 | | xSense 管脚选择输出: |
| | | | | 0000 | 输出 IVOL 的电流采样结果。当 IVOL<20mA (st_iloadl=0) 时, 采样比例为 1mA/30mV; 当 IVOL>30mA (st_iloadl=1) 时, 采样比例为 1mA/2mV | |
| | | | | 0001 | 输出 IVOR 的电流采样结果, 当 IVOR<20mA (st_iloadr=0) 时, 采样比例为 1mA/30mV; 当 IVOR>30mA (st_iloadr=1) 时, 采样比例为 1mA/2mV | |
| | | | | 0010 | 保留 | |
| | | | | 0011 | 输出 IBAT 的充电电流采样结果。 IBAT<160mA, 则 xSense(mV)/IBAT(mA)=4; 160mA ≤ IBAT < 640mA, 则 xSense(mV)/IBAT(mA)=2; IBAT ≥ 640mA, 则 xSense(mV)/IBAT(mA)=0.5 | |
| | | | | 0100 | 输出 NTC 电压。需要先设置 ntc_mode 为 11 模式 | |
| | | | | 0101 | 输出 VIN / 8 电压 | |
| | | | | 0110 | 输出 VBAT / 4 电压 | |
| | | | | 0111 | 输出 IVIN 的电流采样结果, IVIN=1mA, 则 xSense=0.45mV | |
| | | | | 1000 | 输出 PMID/8 电压 | |
| | | | | | 其他默认关闭 | |

1) xSense 输出 IBAT 电流时, 通过寄存器 0x12 寄存器 B<6:5>查看 xSense 比例

2) xSense 输出 IVOX 电流时, 通过寄存器 0x13 寄存器 B<3:2>查看 xSense 比例

<0x32>VOx_Config0

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|--------------|-----|-----------------------------|--|
| 0x32 | R/W | B<7:5> | loop_VO<2:0> | 000 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 限流开关最大输出电流 000:250mA 001:300mA 010:350mA 011:400mA 100:500mA 101:200mA 110:150mA 111:100mA |
| | | B<4:2> | Istart<2:0> | 000 | | 自动识别负载快速建立电流 000:15uA 001:35uA 010:50uA 011:70uA 100:1uA 101:2uA 110:5uA 111:10uA |
| | | B<1:0> | Idet<1:0> | 00 | | 自动识别负载检测电流 00:5uA 01:2uA 10:1uA 11:10uA |

- 1) 自动识别负载检测电流设置的越小，可识别的耳机或负载也会越宽，负载插入瞬间端口电压也会掉的更低
- 2) 自动识别负载快速建立电流设置的越大，耳机或负载取出后，自动识别电压恢复的越快，也即可支持更快速的负载插拔；但耳机在仓未充电时，SY8809 对应的功耗也会越大

<0x33>VOx_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|----------------|-----|-----------------------------|---|
| 0x33 | R/W | B<7> | IVO_SWEEP | 0 | POR+SRST +RST +WD+VIN | VOx 小电流检测模式配置 0:当 VOx 电流小于 <0x44>.MODE_SWEEP 配置的电流时， 自动进入扫描模式。VOx 空载功耗小，但 响应速度慢。 1:VOx 输出电流一直处于检测状态。VOx 空载功耗大，但响应速度快。 |
| | | B<6:4> | IOFF_Base<2:0> | 000 | | VOL/VOR 的 IOFF 设定值 000:2mA 001:3mA 010:4mA 011:5mA 100:6mA 101:8mA 110:10mA 111:12mA 精度±10% |
| | | B<3:2> | TD_L2H<1:0> | 10 | | 轻载转重载检测滤波时间 00:5ms 01:10ms 10:100ms 11:200ms |
| | | B<1:0> | TD_H2L<1:0> | 01 | | 重载转轻载检测滤波时间 00:100us 01:1ms 10:10ms 11:50ms |

1) B<7>

<0x34>Shipmode_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|------------------------|-----|--------------|---|
| 0x34 | R/W | B<7:5> | | | POR +SRST | |
| | | B<4:3> | TD_EnterShipeMode<1:0> | 10 | | 延时进入 shipmode 的时间: 00:256us 01:2s 10:4s 11:8s |
| | | B<2> | ShipmodeExit_Debounce | 0 | | 长按 RST 退出 Shipmode 的 Dbounce 时间; 0:1s 1:2s |
| | | B<1> | ShipmodeExit_En | 0 | | 长按 RST 退出 Shipmode 的功能使能位; 0:使能“长按 RST 退出 shipmode”的功能 1:关闭“长按 RST 退出 shipmode”的功能 |
| | | B<0> | EnShipMode | 0 | | Shipmode 开关控制; 0:关闭 shipmode 功能 1:开启 shipmode 功能。当 VIN 无效, 令 EnShipMode=1 后, 进入 shipmode 模式 |

- 1) VIN 在的情况下, SY8809 不会进入 Shipmode
- 2) 长按 RST 是按下开始计时, 要松开才会完成计时响应事件

<0x35>RST_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|--------------------------|-----|--------------|--|
| 0x35 | R/W | B<7> | | | POR +SRST | |
| | | B<6> | EnRstVSYSSByWD | 0 | | watchdog 复位关联 VSYS 配置 0:当 watchdog 复位时, 不会复位 VSYS, VSYS 保持当前状态。 1:当 watchdog 复位时, 同时复位 VSYS, 令 MCU 掉电复位。 |
| | | B<5> | VSYSRstAsVINPlugIn | 0 | | VIN 插入复位 VSYS 的功能配置; 0:当 VIN 插入时, 不复位 VSYS 1:当 VIN 插入时, 复位 VSYS |
| | | B<4> | LLRstVSYSSWithVIN | 0 | | VSYS 复位方式是否关联 VIN 0:当 LLRstVSYSSWithVIN=0 时, 只有 VINOK=0 时, 长按 RST 才能复位 VSYS。 1:当 LLRstVSYSSWithVIN=1 时, 无论 VIN 处于何种状态, 长按 RST 都将复位 VSYS。 |
| | | B<3:1> | LLRstVSYSS_Debounce<2:0> | 001 | | 超长按 RST 复位 VSYS 的 Debounce 时间, 000:8s 001:10s 010:12s 011:16s 100:20s 101:24s 110:28s 111:32s |
| | | B<0> | LLRst_EN | 1 | | RST 超长按复位 VSYS 功能配置 0:屏蔽 RST 键的超长按功能 1:使能 RST 键的超长按功能 |

- 1) 主要设置 **VSYS** 的一些复位方式, 如果关联了相应方式, 当发生事件时会关闭 **VSYS** 约 200mS 左右
- 2) **RST** 超长按功能是按下即开始计时, 计时到达即响应事件, 无需松开 **RST**

<0x36>NTC_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|---------------|-----|-----------------------------|--|
| 0x36 | R/W | B<7:6> | | | POR+SRST +RST +WD+VIN | |
| | | B<5> | NTC_20CSEL | 0 | | NTC 检测温度点选择: 0:中间温度点选择 20°C 1:中间温度点选择 15°C |
| | | B<4> | NTC_En | 0 | | NTC 功能使能位; 0:关闭 NTC 模块。关闭 NTC 检测模块、保护模块、 NTC 上拉电流模块。 1:使能 NTC 模块 |
| | | B<3:2> | NTC_Mode<1:0> | 00 | | NTC 保护模式配置。 00:配置为 JEITA 标准,启动 SY8809 的 NTC 保护, 寄存器< NT_C_STAT >的 bit0~bit4 会实时变化, 并 产生 IRQ 01:配置为通用标准, 充电 0 度~45 度正常, 放电 -10 度~60 度正常, 启动 SY8809 的 NTC 保护, 寄存 器< NT_C_STAT >的 bit0~bit4 会实时变化, 并产生 IRQ 10:只检测当前温度, 但关闭 SY8809 的内置保护 模块。寄存器< NT_C_STAT >的 bit0~bit4 会实时变 化, 由用户根据当前温度状态控制充电、放电。 11:关闭 NTC 检测, 关闭 NTC 内置保护模块。NTC 管脚电压通过 xSense 管脚输出。NTC 管脚上拉电 流由 NTC_lsrc 配置 |
| | | B<1:0> | NTC_lsrc<1:0> | 00 | | 当 NTC_MODE<1:0>=11 时, NTC 管脚的上拉电 流源配置 00:150uA 01:50uA 10:20uA 11:0uA |

- 1) B<1:0>主要是配合 xSense 输出时, 不同 NTC 采样的需求, 理论上可以匹配任意热敏电阻, 完成电池的 NTC 设计
- 2) B<5>主要在 B<3:2>为 10 模式下使用
- 3) 0x36 寄存器的任意值配置都需要使能 NTC 功能才有效

<0x37>OCP_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|-----------------------|-----|-----------------------------|---|
| 0x37 | R/W | B<7> | IND_OS | 1 | POR+SRST +RST +WD+VIN | 充电/放电过程中电感短路保护功能: 0:不使能电感短路保护功能 1:使能电感短路保护功能 |
| | | B<6> | OS_MODE | 0 | | 短路和过流后保护模式选择: 0:保护后一直打嗝 1:保护 7 次后锁定 |
| | | B<5:4> | T_VIN_OC_Filter<1:0> | 00 | | VIN 第一级过流检测时间, 即充电过流检测时间, 二级短路保护时间是 100us。 00:1ms 01:4ms 10:250us 11:500us |
| | | B<3:2> | T_BFET_OC_Filter<1:0> | 00 | | BFET 第一级过流检测时间, 即放电过流检测时间, 二级短路保护时间是 100us。 00:1ms 01:4ms 10:250us 11:500us |
| | | B<1:0> | T_VOxOC_Filter<1:0> | 00 | | VOL/VOR 第一级过流检测时间。二级短路保护时间是 60us。 00:0.5ms 01:2ms 10:4ms 11:200us |

<0x40>LED_Config0

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|-----------------|------|-----------------------------|---|
| 0x40 | R/W | B<7:4> | LED_Mode<3:0> | 0000 | POR+SRST +RST +WD+VIN | LED 模式配置： 0000:所有 LEDx 配置为 IO 输出，但只能上拉恒流输出，无下拉能力 xxx1:LED1 配置为呼吸灯输出 xx1x:LED2 配置为呼吸灯输出 x1xx:LED3 配置为呼吸灯输出 1xxx:LED4 配置为呼吸灯输出 |
| | | B<3:0> | LED_I2C_ST<3:0> | 0000 | | I2C 控制 LED 状态： 0000:所有 LEDx 熄灭，关闭 LED 模块 xxx1:LED1 点亮 xx1x:LED2 点亮 x1xx:LED3 点亮 1xxx:LED4 点亮 |

1) 开启呼吸灯要同时点亮，才会有呼吸灯效果

<0x41>LED_Config1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 | |
|------|-----|--------|-----------------|-----|-----------------------------|--|--|
| 0x41 | R/W | B<7:6> | - | - | POR+SRST +RST +WD+VIN | - | |
| | | B<5:3> | LED_OnTime<2:0> | 000 | | 呼吸灯的全亮时间 000:0s 001:0.12s 010:0.25s 011:0.5s 100:1.0s 101:2.0s 110:4.0s 111:8.0s | |
| | | | | | | 呼吸灯的全灭时间 000:0s 001:0.12s 010:0.25s 011:0.5s 100:1.0s 101:2.0s 110:4.0s 111:8.0s | |

<0x42>LED_Config2

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|-------------------|-----|-----------------------------|---|
| 0x42 | R/W | B<7:6> | - | - | POR+SRST +RST +WD+VIN | - |
| | | B<5:3> | LED_FallTime<2:0> | 011 | | 呼吸灯的下降时间 000:0s 001:0.25s 010:0.5s 011:1.0s 100:1.5s 101:2.0s 110:3.0s 111:4.0s |
| | | B<2:0> | LED_RiseTime<2:0> | 011 | | 呼吸灯的上升时间 000:0s 001:0.25s 010:0.5s 011:1.0s 100:1.5s 101:2.0s 110:3.0s 111:4.0s |

<0x43>LED_Config3

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|--------------|-----|-----------------------------|--|
| 0x43 | R/W | B<7:4> | - | - | POR+SRST +RST +WD+VIN | - |
| | | B<3> | LED_lum_sel | 0 | | 呼吸灯亮度方案选择: 0:正常亮度 1:亮度减弱 |
| | | B<2:0> | LED_lum<2:0> | 000 | | LED 亮度调节; 000:0.5mA 001:1mA 010:2mA 011:4mA 1xx:直通, 外部串电阻限流 |

<0x44>VOx_Conf1

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 复位源 | 功能 |
|------|-----|--------|---------------|-----|-----------------------------|---|
| 0x44 | R/W | B<7:6> | RESERVED | 00 | POR+SRST +RST +WD+VIN | Reserved |
| | | B<5> | DET_CURRENT | 0 | | 5V 输出时, 负载电流检测阈值设置: 在 LOADDET_ACC_R 或 LOADDET_ACC_L 置 1 的情况下, DET_CURRENT 位才有效。此时, 若 DET_CURRENT =0, 则相应的 VOL/VOR 的 IOFF=250uA; 若 DET_CURRENT =1, 则相应的 VOL/VOR 的 IOFF=100uA 0:250uA 1:100uA 精度±10% |
| | | B<4> | IDP_VOX | 0 | | 是否独立控制 VOL/R 的 load switch: 0:控制不独立, 只有 VIN 充电过程中或者 boost 启动才能开启 VOL/R 输出。 1:独立控制 VOL/R 输出, PMID1 可以用外部电源供电。 |
| | | B<3> | VOST_DISADT | 0 | | 关闭自动识别负载后, VOL/R 状态控制: 0:默认 1K 电阻下拉 1:VOL/R 高阻态 |
| | | B<2> | LOADDET_ACC_L | 0 | | 在 en_vol 使能的情况下, 控制 VOL 输出阻抗, 提升电流检测精度: 0:默认输出阻抗 (用于大电流负载情况下) 1:切换输出阻抗, 提升 VOL 开启情况下电流检测精度, 检测电流按照 IOFF 设定值减少 8 倍。 |
| | | B<1> | LOADDET_ACC_R | 0 | | 在 en_vor 使能的情况下, 控制 VOR 输出阻抗, 提升电流检测精度: 0:默认输出阻抗 (用于大电流负载情况下) 1:切换输出阻抗, 提升 VOR 开启情况下电流检测精度, 检测电流按照 IOFF 设定值减少 8 倍。 |
| | | B<0> | MODE_SWEEP | 0 | | VOL/R Sweep mode 控制: 0:当 VOL/R 输出电流小于 20mA 开启扫描模式 1:当 VOL/R 输出电流小于 IOFF 开启扫描模式 |

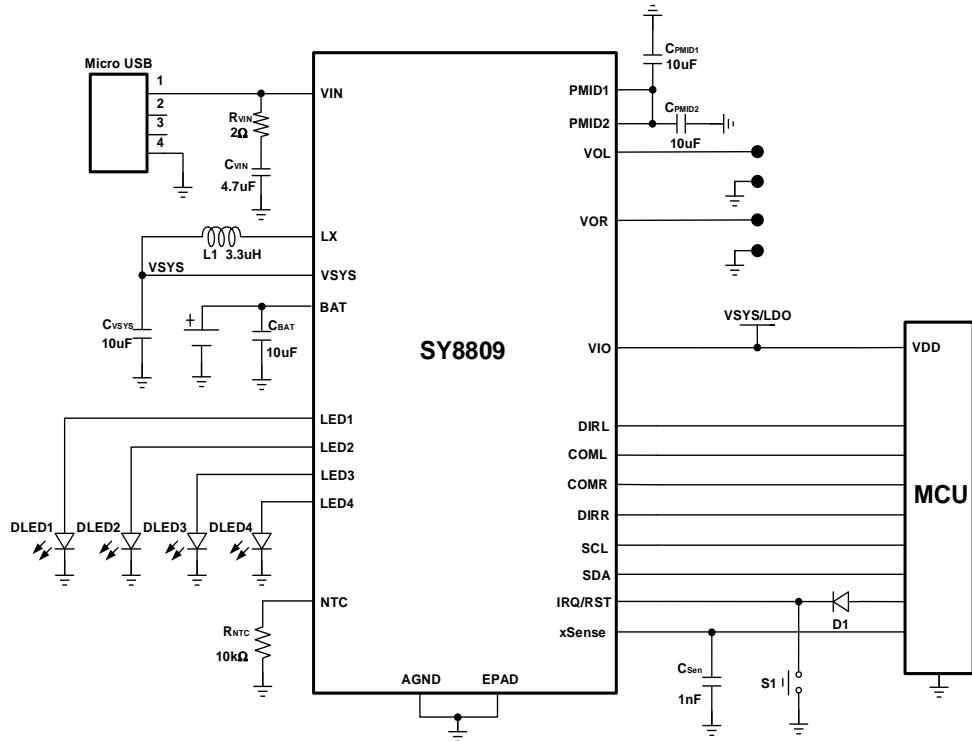
1) B<5>必须在 B<1>或 B<5>置 1 的情况下才有效, 单独使能并不会降至 100uA

<0x4F>CMD_RST

| 地址 | 类型 | BIT | 名称 | 默认值 | 功能 |
|------|-----|--------|--------------|-----|--------------------|
| 0x4F | R/W | B<7:0> | CMD_RST[7:0] | | 当写入 0x17 进行软件复位的指令 |

10. 应用方案

10.1 典型原理图



10.2 典型电路元器件

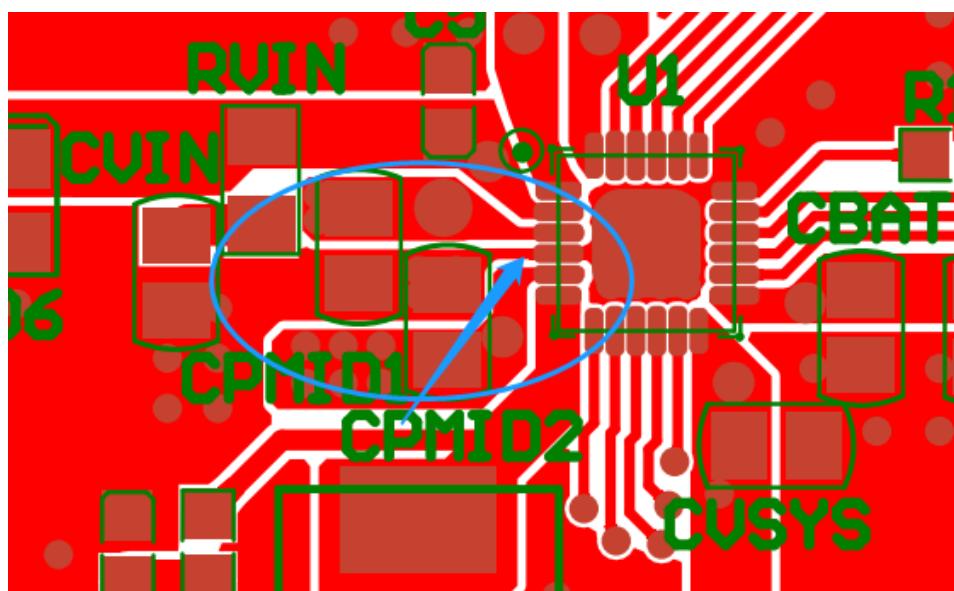
| 器件 | 器件类型 | 器件描述 | 制造商 | 数量 |
|---|---------|--|-------|----|
| U1 | IC | SY8809 QFN24 | 思远半导体 | 1 |
| S1 | 轻触按键 | 按键 | - | 1 |
| L1 | 贴片电感 | CD7530 封装, 感值 3.3uH, 精度: ±20%, 额定饱和电流要求: >3.5A | - | 1 |
| DLED1~DLED4 | LED 显示灯 | LED/0603/任意颜色的 LED 灯 | - | 4 |
| R _{VIN} | 贴片电阻 | RES0805/2R/5% | - | 1 |
| C _{VIN} | 贴片电容 | CAP0805/4.7uF/X5R/20%/35V | 三星或等同 | 1 |
| C _{PMID1} 、C _{PMID2} 、C _{VSYS} 、C _{BAT} | 贴片电容 | CAP0805/10uF/X5R/20%/10V | 三星或等同 | 1 |
| C _{sen} | 贴片电容 | CAP0603/1nF/X5R/10%/10V | 三星或等同 | 1 |
| D1 | 贴片二极管 | IN4148WS SOD323 | - | 1 |

(注:若选择 NTC 功能, 则必须选择精度 1%、阻值 10K 且 $\beta = 3950$ 的 NTC 电阻; 不需要 NTC 保护功能的应用中, 需要通过寄存器配置, 关闭 NTC 功能)

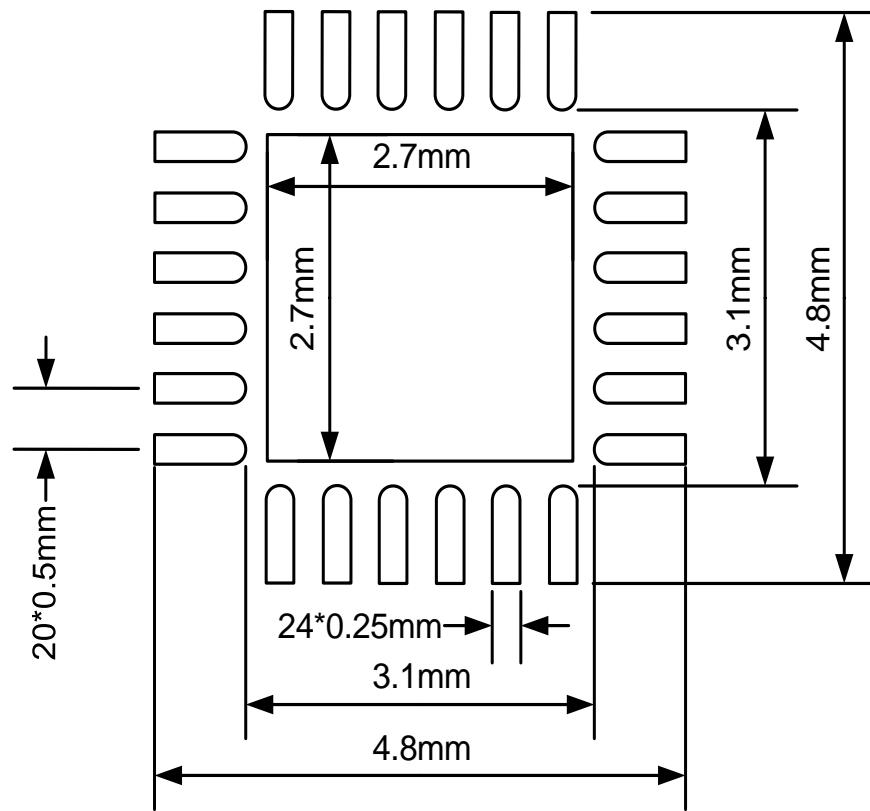
10.3 PCB LAYOUT

10.3.1 PCB 注意事项

1. 电容位置尽量靠近芯片引脚放置，并且走线时都经过电容再到IC管脚。
2. 电感L1与LX脚之间存在高频振荡，必须相互靠近并且尽量减小布线面积；其它敏感的器件必须远离电感以减小耦合效应。
3. 过孔会引起路径的高阻抗，如果设计中大电流需要通过过孔，建议使用多个过孔以减小阻抗。
4. 芯片GND直接连到系统地，连接的铜箔需要短、粗且尽量保持完整，不被其他走线所截断。
5. PCB的地线覆铜面积尽可能大，以利于散热，同时芯片底部的散热焊盘与地线覆铜须有良好的接触，以保证散热良好。
6. 应用中所使用的电容必须选用X5R以上的材质。
7. 若有其他磁性元件，建议远离电感L1放置
8. CPMID2尽量靠近PMID2放置，且与SY8809放置在同一面，通过NC PIN连接EPAD PGND，以减少输出电流环路，减少对输出的影响。（如下图圈内所示）



10.3.2 PCB 封装示意图



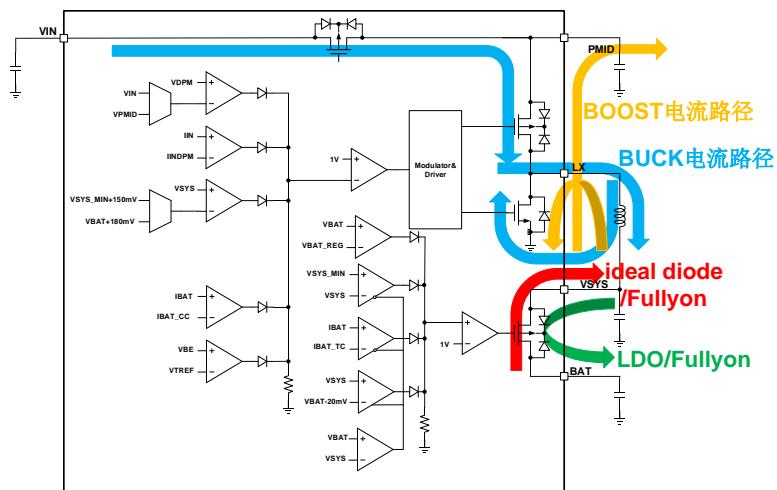
注：以上是根据常规PCB工艺做的推荐，可根据实际应用及封装适当调整焊盘的大小与长度

10.3.3 DEMO PCB 实例

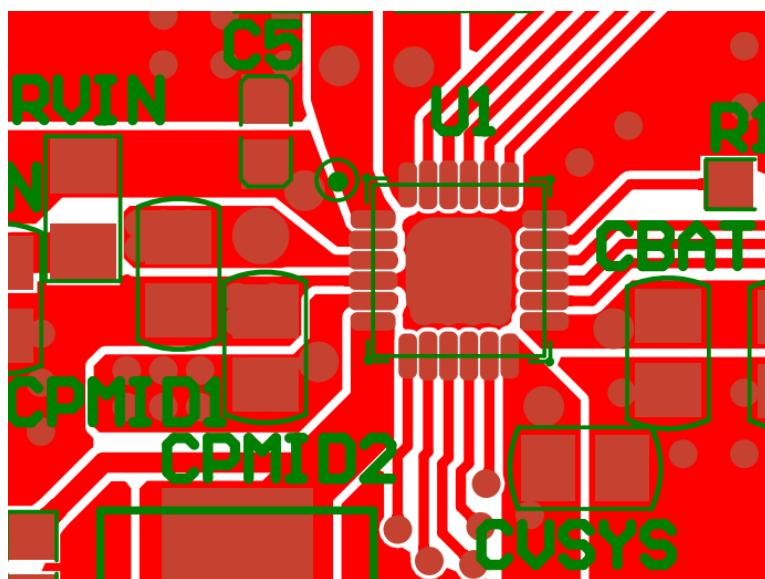
下面以DEMO板为原型大致说明下PCB layout的几个重点关注

3.1 大电流路径

如下图所示，标示了主要几个大电流路径；因此 PCB layout 时要充分考虑载流能力，在有条件的情况下，尽量保证 PIN 脚引出后加宽 PCB layout 的线宽



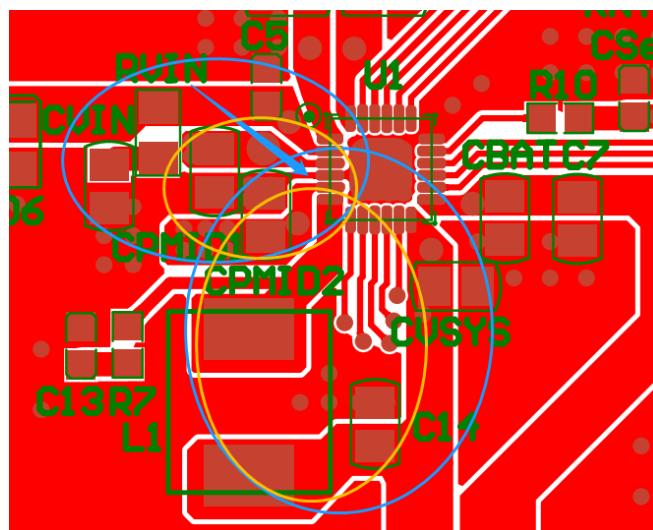
PCB layout 示意图如下：



如图所示：

- 1) 凡经功率电流的 PIN 引出后，都有增大敷铜或走线；根据实际的应用，选择合适的布线宽度，建议最大不超过 $2.5A/1mm$,推荐 $1\sim1.5A/1mm$ (注:铜箔厚度为 1oz)

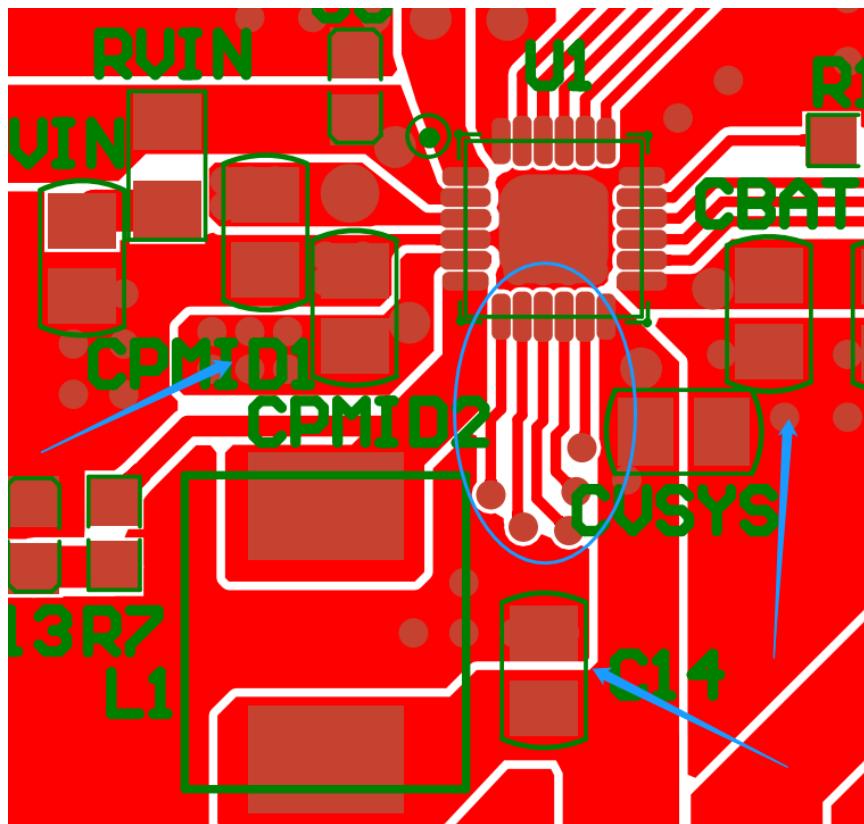
3.2 大电流开关环路



如上图所示：

- 1) 由于开关电源，集成的上下功率 MOSFET 都在高频开关，将电容靠近芯片端放置，可减少功率路径的高频电流环路，特别是 PMID2 端
 - 2) C_{PMID2} 尽量靠近PMID2放置，且与SY8809放置在同一面，通过NC PIN连接EPAD PGND，以减少输出电流环路，减少对输出的影响；PMID2经过电容 C_{PMID2} 和 C_{PMID1} 后再与PMID1连接
 - 3) 电感L1与LX脚之间存在高频振荡，LX是高频节点，因此在满足载流能力的情况下，尽量减小此布线面积，其它敏感的器件必须远离电感以减小耦合效应。
 - 4) 电感L1与SY8809尽量放置在同一层，避免通过过孔连接及多层布线；若实在难以满足同一层，则尽量增加过孔数量；

3.3 其他



如图所示：

- 1) 电容地线处的过孔，虽然不需要太大的载流能力，但考虑到高频状态下寄生参数的影响，过孔的数量也尽量保持有 2 个以上
- 2) 如上图圈内的信号线尽量不要往 LX 及电感下走线，电感 L1 与 VSYS 端连接走线较长时，可依据实际应用环境，靠近电感端增加电容减少耦合路径
- 3) 确保过孔的数量和尺寸能够满足给定电流的需要。