

IP2368 应用说明文档

版本/修订历史

版本	日期	修订内容	拟制/修订人
V1.0	2022. 1. 13	初版释放	IT555
V1.1	2022. 3. 7	增加 IP2368_I2C_DC 型号和 MPPT 说明	IT360
V1.2	2022. 5. 31	新增部分说明	IT360

一、IP2368选型说明

IP2368 DEMO 默认使用固件型号为 IP2368_NF

****只有 IP2368_NF 申请样品和下单时可以不带时间戳和固件，其他型号都必须要带时间戳和固件下单和申请样品，没有固件的客户请找英集芯业务或工程师申请最新固件。**

IP2368 型号	选型说明	烧录说明
IP2368_NF	1、支持 C 口输入和输出 2、做送样和测试使用 3、需要充电激活 4、输入输出功率只能同时设置	支持烧录任意一种固定型号的固件，烧录之后只能烧录同一种。
IP2368_BZ	1、只支持 C 口输入，不支持输出 2、需要充电激活	只能烧录 IP2368_BZ 的固件
IP2368_COUT	1、支持 C 口输入和输出 2、需要充电激活 3、输入输出功率只能同时设置	只能烧录 IP2368_COUT 的固件
IP2368_NACT	1、支持 C 口输入和输出 2、不需要充电激活 3、输入输出功率只能同时设置	只能烧录 IP2368_NACT 的固件
IP2368_I2C_COUT	1、支持 C 口输入和输出 2、需要充电激活 3、可以通过 I2C 通信 4、输入输出功率只能同时设置	只能烧录 IP2368_I2C_COUT 的固件
IP2368_I2C_NACT	1、支持 C 口输入和输出 2、不需要充电激活 3、可以通过 I2C 通信 4、输入输出功率只能同时设置	只能烧录 IP2368_I2C_NACT 的固件
IP2368_I2C_DC	1、支持 DC 输入和太阳能输入 2、可以通过 I2C 通信 3、不需要充电激活 4、通过 BAT_MOD 进行充电/放电转换	只能烧录 IP2368_I2C_DC 的固件

二、IP2368烧录说明

1. 固件升级工具说明

英集芯 BUCKBOOST 固件量产升级工具如图 1:

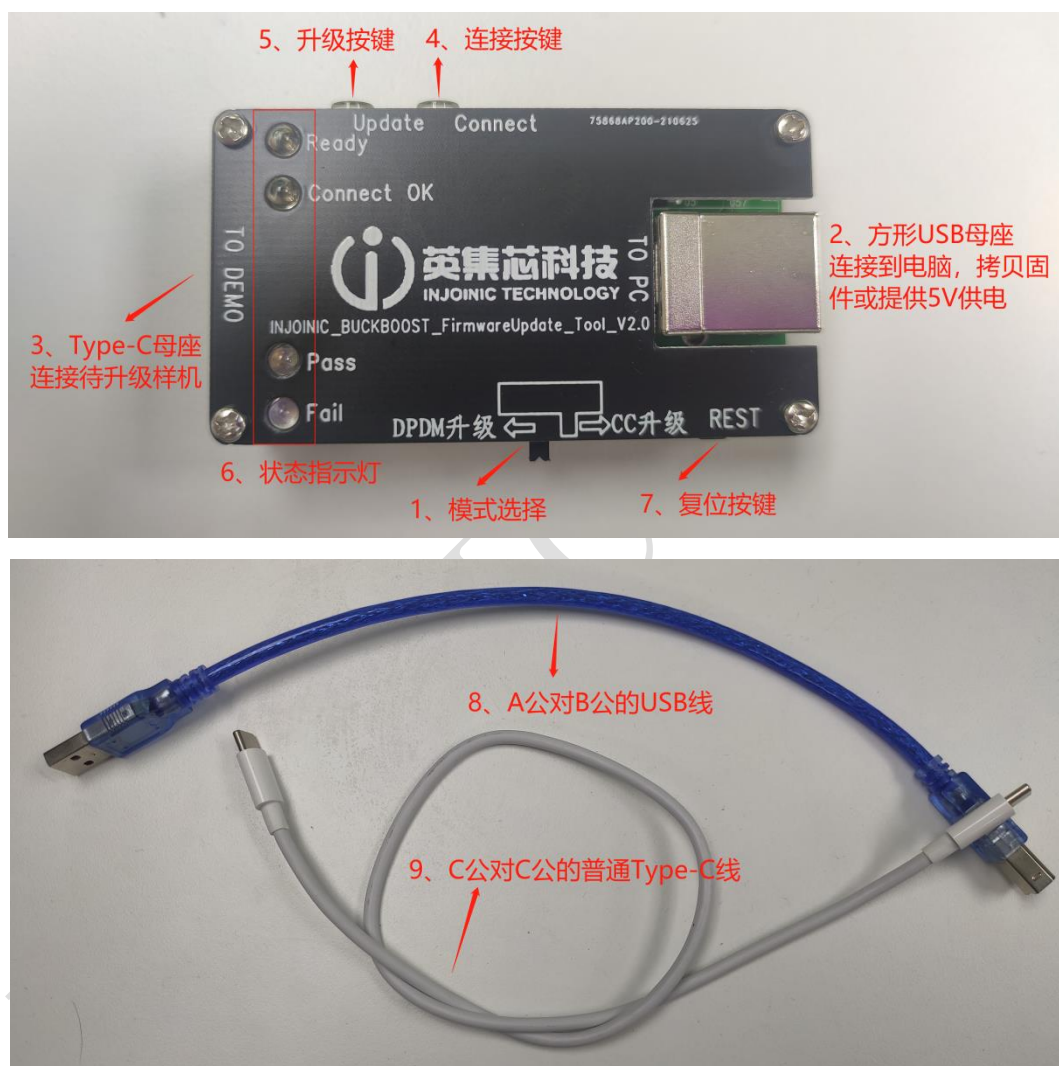


图 1 英集芯固件升级工具实物图

功能简述

- (1) 固件升级模式选择：往左拨，选择 DPDM 升级方式（仅可以使用 DPDM 模式）；升级模式要跟固件版本和芯片型号对应，否则固件是无法升级成功的；
- (2) 方形 USB 母座：通过 A 公对 B 公的 USB 线（常用于打印机的线），连接到电脑或 5V 适配器；连接电脑后可以拷贝要升级的固件到升级工具中（升级工具相当于 U 盘，断电后固件不会丢失）；给待升级样机升级时，该 USB 需要 5V 供电，可以使用电脑或 5V 适配器供电；

- (3) Type-C 母座：通过 C 公对 C 公的 USB Type-C 的线，连接到需要升级固件的待升级样机；
- (4) Connect 连接按键：按下就尝试连接，连接成功则点亮“Connect OK”指示灯，呈绿色；
- (5) Update 升级按键：按下就开始升级固件，固件升级过程中，“Connect OK”指示灯持续闪烁；
- (6) 状态指示灯：
 - Ready：检查升级工具电源是否 OK，检查待升级样机是否已连接，如供电正常，且待升级样机已经正确连接，则点亮“Ready”指示灯，呈绿色；
 - Connect OK：按下 Connect 连接按键就尝试连接，连接成功即识别到带升级样机可被升级，则点亮“Connect OK”指示灯，呈绿色；
 - Pass/Fail：按下 Update 升级按键就开始升级固件，固件升级过程中，“Connect OK”指示灯持续闪烁；升级结束，“Connect OK”停止闪烁；如固件升级成功，则点亮“Pass”指示灯，呈绿色；如升级失败，则点亮“Fail”指示灯，呈红色；
- (7) 复位按键：按下则将升级工具强制复位，**模式选择开关更改后，需要按下复位键才能生效；**
- (8) A 公对 B 公的 USB 线（常用于打印机的线）：连接电脑或 5V 适配器；
- (9) C 公对 C 公的 USB Type-C 线：连接升级工具和待升级的样机；

2. 升级固件更新

- (1) 将固件升级工具的方形 USB 母座，通过 USB 线（常用于打印机的线）连接到电脑（windows 操作系统）；
- (2) 第一次连接电脑，会安装驱动程序，升级工具是免驱动安装的；等驱动安装完成后，就会弹出 U 盘；
- (3) 把要更新的升级固件拷贝进 U 盘；要注意，拷贝进去的固件会自动隐藏，是看不到升级工具内原来的固件的，所以在不确定升级工具内固件版本时，建议重新拷贝固件；
- (4) 固件拷贝完成后，退出 U 盘；固件更新完成，固件断电后是不会丢失的；

3. 固件升级步骤

- (1) 将固件升级工具的方形 USB 母座用 5V 供电，可以连接到电脑或 5V 的适配器；
- (2) 将固件升级工具的 Type-C 母座，用 Type-C 线连接到待升级样机（待升级样机可以不供电，升级工具会通过 Type-C 口给待升级样机提供 5V 供电）；
根据固件和芯片所支持的升级模式，将拨码开关拨到对应的升级模式上（模式选择更改后，需要按下升级工具的复位键才能生效）；
DPDM 升级模式，必需要 DPC/DMC 信号连接到芯片管脚上；
- (3) 等待“Ready”指示灯亮起，“Ready”指示灯亮起说明升级环境检查 OK；否则，“Ready”灯不亮，说明连接有问题，不能升级固件，请检查连接性（升级工具是否有 5V 输入，待升级样机的 Type-c 口功能是否正常）；

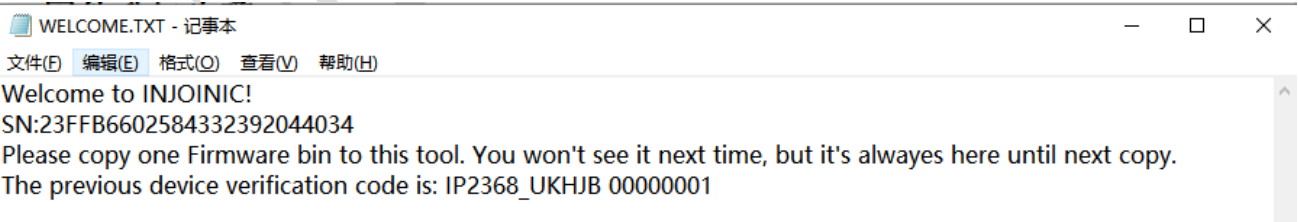
- (4) Connect 连接按键，尝试连接：
若“Connect OK”指示灯亮，说明固件升级工具与样机连接成功，表示样机支持升级；
若“Connect OK”指示灯不亮，或者“Fail”指示灯亮起，说明固件升级工具与样机连接失败，表示样机不支持升级；请检查确认：待升级样机上的芯片型号跟升级工具内的固件型号是否匹配？待升级样机是否可以正常工作？“模式选择”开关是否设置正确？固件是否有升级转换？
- (5) 在连接成功的基础上（“Connect OK”指示灯灯亮），按下 Update 升级按键，开始升级固件，固件升级过程中，“Connect OK”指示灯持续闪烁；“Connect OK”停止闪烁，说明升级完成；
通过“Pass”/“Fail”指示灯来判断升级结果：
若“Pass”指示灯亮，说明固件升级成功；
若“Fail”指示灯亮，说明固件升级失败；请检查确认：待升级样机上的芯片型号跟升级工具内的固件型号是否匹配？待升级样机是否可以正常工作？
- (6) 若固件升级成功，断开升级工具和待升级样机的 Type-C 线连接，重新进行步骤 2 升级下一台样机；升级工具可以不用断电（方形的 USB 口不用拔出）；

4. 烧录厂用自动升级工具使用说明

烧录厂用的自动升级工具，硬件跟上面说到的升级工具是一样的，只是工具软件不一样，请按照“**IP2368 升级工具 /IP5389 升级工具**”来申请购买，IP2368 跟 IP5389 的升级工具是通用的；

5. 升级工具读取芯片内固件型号

- (1) 按照上述第三点“固件升级步骤”来正确连接，但不要进行 Update 升级
- (2) 连接成功后单击一次复位键
- (3) 复位后打开电脑上升级工具所在的储存盘-->打开“WELCOME”TXT 文件，文件中能读到当前芯片内的固件版本：IP2368_UKHJB，UKHJB 就是某一型号的时间戳，每一份固件的时间戳都是不一样的，可通过此时间戳去确定 IC 固件对应的型号



6. 注意事项

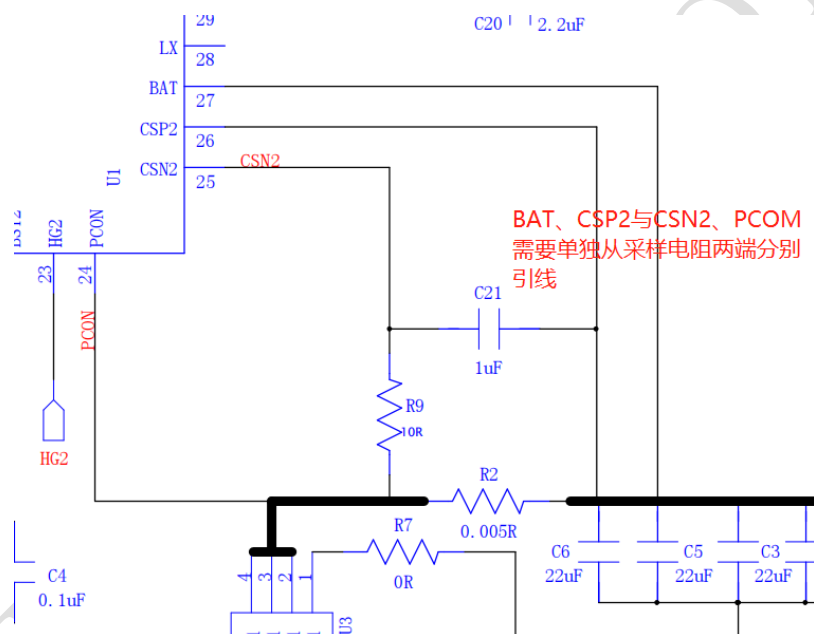
- (1) IP2368 仅有一种烧录升级固件的模式：**DPDM 升级**（对应 C1 口的 **DMC**、**DPC** 两个 PIN）Socket 子板和升级工具是通过 C 口连接的
- (2) 烧录升级模式若不正确是无法升级固件的，升级前需要确认：固件升级工具的升级模式（拨码开关选择）是否正确、固件的型号是否能烧录到 IC 上，只要有其中 1 个不对，都是无法烧录升级固件的；

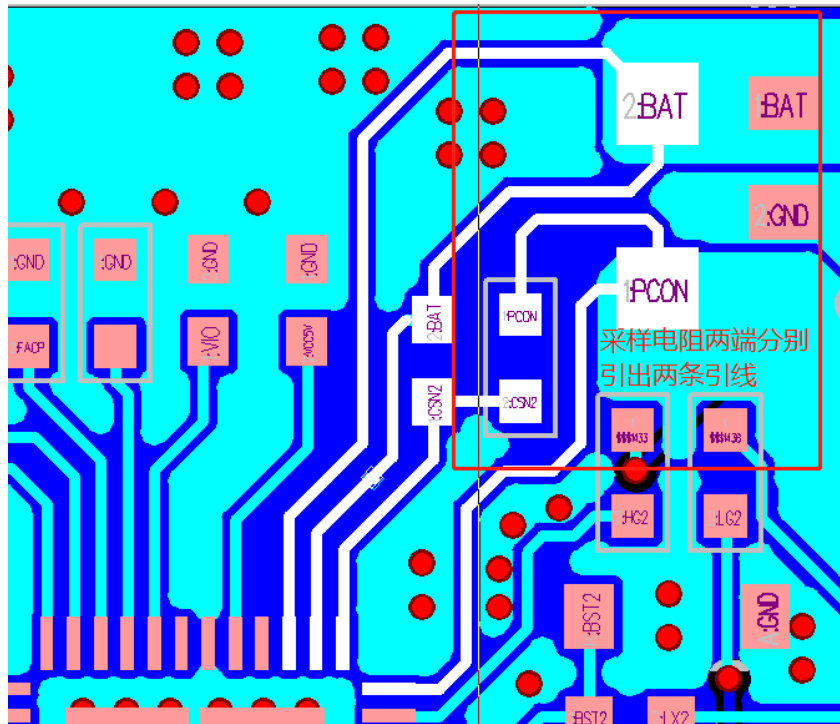
- (3) IP2368_NF 芯片为空片，可升级任意型号固件，一颗芯片只能升级同一款型号的固件，无法更改为其它型号的固件
- (4) IP2368_NF 芯片无法带电升级，升级过其它固件后才可以带电升级固件

三、IP2368 layout 布局走线注意事项

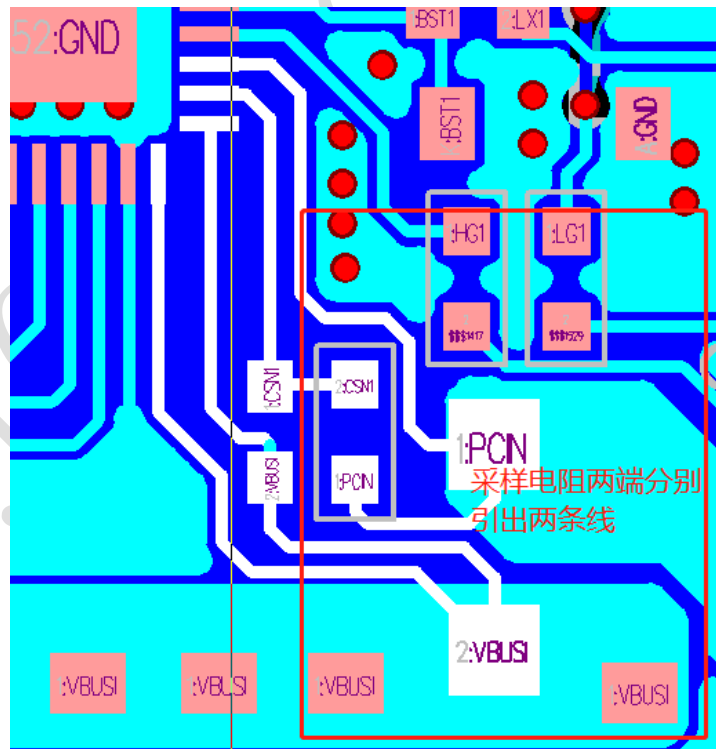
1. VIO 端和 BAT 端采样线需要单独从采样电阻两端引出，且越短越好

在原理图中，引脚 BAT、CSP2 属于同一网络，但是走线时必须单独分别从采样电阻右侧引出；CSN2 和 PCON 也需要单独分别从采样电阻左侧引出，如下面的 layout 图所示：



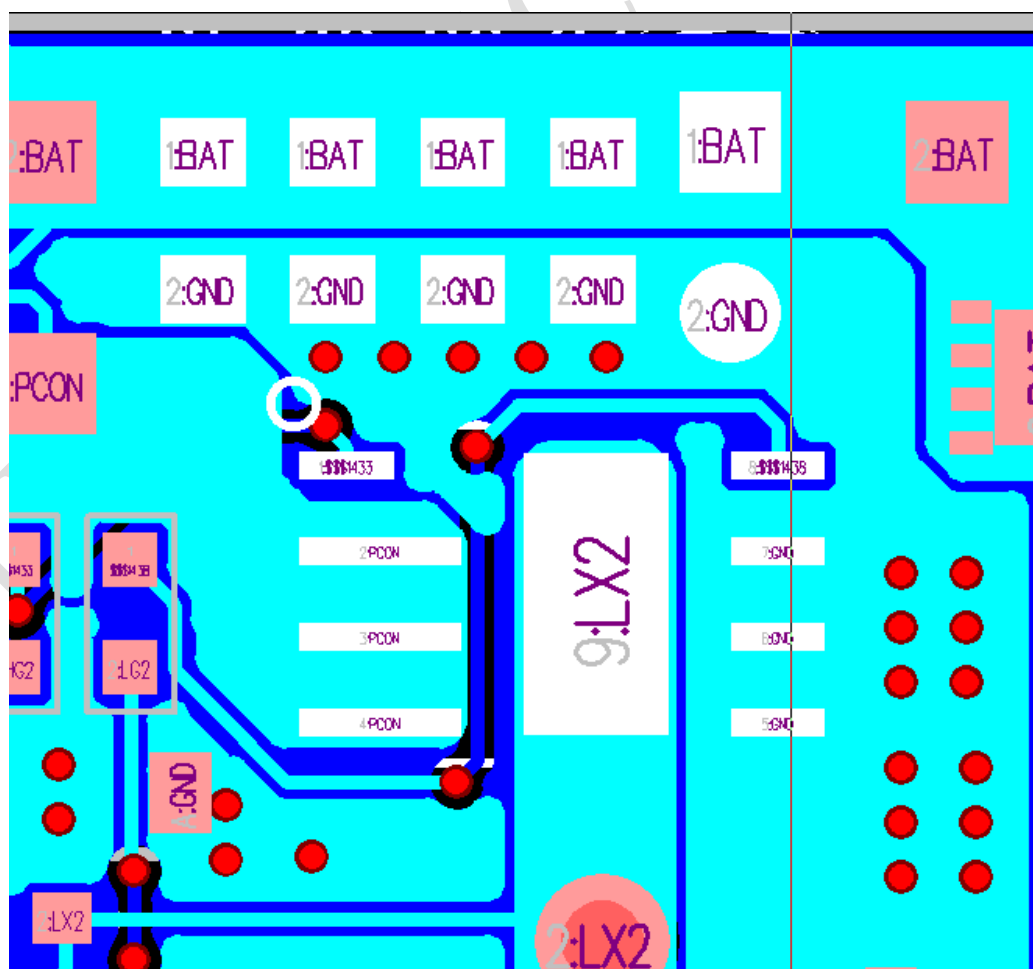
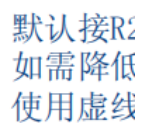


VIO 端的采样电阻走线同理：

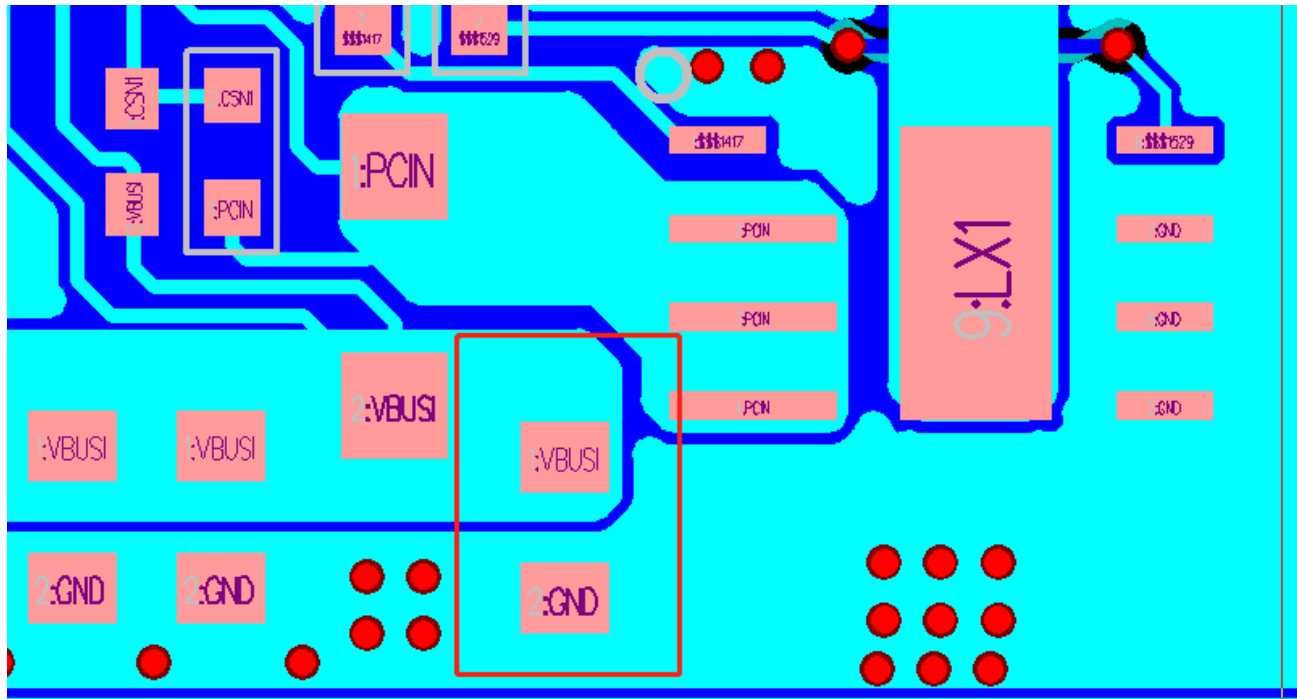


2. VIO 和 BAT 端电容需要靠近采样电阻

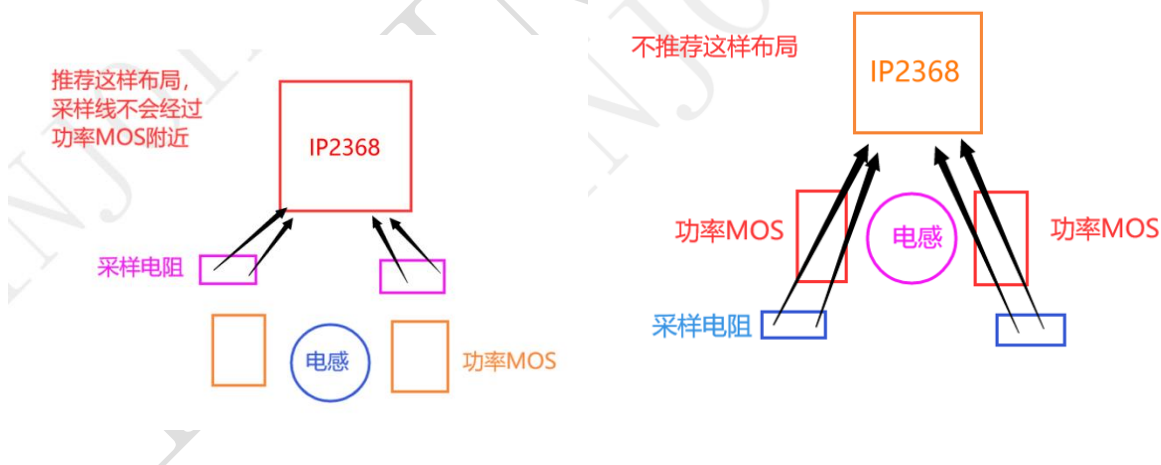
以 BAT 端为例，该端的采样电阻旁边**必须至少**放置一个 22uF 电容。在这个前提下尽可能使电容的 GND 靠近 BAT 功率回路下管的 GND，另外地孔越多越好。否者可能会对电流 ADC 的采样的精确与稳定造成影响。



VIO 端布局同理，但需要注意的是，各个输入输出处于 PCB 布局的上方时，BAT 端处于 PCB 布局的下方时，不可避免的，VIO 端功率走线需要从下往上，那么很可能就会在布局的时候将 22uF 电容和固态电容放到远离 VIO 端开关 MOS 的地方，就比如左下图，这种布局，电容离开开关 MOS 太远，会对 ADC 的采样有较大影响。如果不可避免这种布局，那么请至少放置一颗 22uF 电容位于 MOS 的 GND 附近，例如下图。



另外，也尽可能避免功率 MOS 在采样电阻和 IC 中间的布局，这样是为了避免采样线经过功率 MOS 附近，以免对采样信号造成干扰。如下图：



四、IP2368常见问题汇总

器件选型相关问题：

1. IP2368 对 H 桥的驱动要求，如何匹配达到最高效率。

一般而言，对于 H 桥的 NMOS，我们推荐的参数如下表：

各项属性	推荐参数
$R_{DS(on)}$	<10mR
V_{DSS}	$\geq 30V$
V_{GSS}	>8V
I_S	>15A
C_{iss}	<1000pF
$t_{r(on)}$	<10ns
$t_{r(off)}$	<40ns

H 桥 NMOS 影响效率的主要因素包括 $R_{DS(on)}$ ， C_{iss} 和 C_{oss} ，IP2368 的 V_{gs} 驱动电压来自 VCC5V，寄生电容对效率的影响比较小，主要考虑 $R_{DS(on)}$ 越小越好，在 $R_{DS(on)}$ 差别不大的情况下，寄生电容越小越好。对于导通和关闭时间，也都是越短越好。

2. 各个输入输出路径 NMOS 应当如何选型

各个输入输出路径的 NMOS 只是作为路径开关，对开关速度的要求并不高。关于导通阻抗 $R_{DS(on)}$ ，我们推荐路径 NMOS 的 $R_{DS(on)} < 10mR$ ，这个值越小，整体的效率越高。 V_{DS} 耐压则需要根据实际情况选择，例如，选用的方案最高支持 20V 充放电，则路径 NMOS 的 V_{DS} 耐压需要大于 20V（考虑到裕量，建议大于 25V）；如果选用的方案最高支持 15V 充放电，则路径 NMOS 的 V_{DS} 耐压需要大于 15V（考虑到裕量，建议大于 20V）。

3. 电感如何选型，为何推荐使用 10uH 的电感？

我们预设 IP2368 功率回路输出电流为 I_{out} ，开关频率为 f ，输入电压 V_{in} ，输出电压为 V_{out} 。根据项目具体要求，我们按下表设置以上参数：

各项参数	值
V_{in_min}	5V
V_{in_max}	20V
V_{out_max}	5V
V_{out_min}	20V
f	250kHz
I_{out_max}	6A

电感纹波电流 ΔI_L 一般取 $0.2I_{out} \sim 0.4I_{out}$ ，这里取 0.3 倍，则 $\Delta I_L=1.8A$ ，电感电流计算公式如下：

$$I_{L(max)}=I_{out}+0.5*\Delta I_L$$

$$I_{L(min)}=I_{out}-0.5*\Delta I_L$$

计算得到 $I_{L(max)}=6.9A$ ， $I_{L(min)}=5.1A$ 。

在 BUCK 工作模式下，令 $V_{(in)}=20V$ ， $V_{(out)}=5V$ ， $\Delta I_L=1.8A$ ，忽略 NMOS 导通阻抗，得到下列公式：

$$I_{L(min)} = \frac{V_L * d_t}{d_i} = \frac{(V_{in}-V_{out}) * \frac{V_{out}}{V_{in}} * \frac{1}{f}}{\Delta I_L}$$

计算得到 $I_{L(min)}=5.6uH$ ，

在 BOOST 工作模式下，令 $V_{(in)}=5V$ ， $V_{(out)}=20V$ ， $\Delta I_L=1.8A$ ，同样忽略 NMOS 导通阻抗，得到下列公式：

$$I_{L(min)} = \frac{V_L * d_t}{d_i} = \frac{(V_{out}-V_{in}) * (1 - \frac{V_{out}-V_{in}}{V_{out}}) * \frac{1}{f}}{\Delta I_L}$$

我们得到 $I_{L(min)}=8.3uH$ 。

电感的感值取 10uH 即可，额定电流看具体使用场景而定，一般来说最少需要大于 7A，直流阻抗则越低越好。

4. CSP2/CSN2 及 CSP1/CSN1 脚的采样精度值是多少？采样电路上的电阻和电容作用是什么，如何取值？

电流采样的精度受内部修调基准、采样放大倍数匹配误差、以及采样电阻自身精度、PCB 走线和焊接效果的影响。在不考虑采样电阻误差的情况下，采样精度仅能保证 $<2\%$ ，要实现更高的精度，需要再贴片完成之后，在正常工作中测试实际的偏差，通过软件对偏差进行系数修调。

我们抽测了 3 块 IP2368 的 demo 板，平均电流采样精度在 1.3% 左右。

采样电路上的电阻和电容的作用是作为低通滤波器，阻值选择 10R，容值选择 1uF，则该滤波器的截止频率为 16KHz，与开关频率（250kHz）相差 16 倍，主要是对采样电流的开关纹波进行滤波。

5. 两颗自举电容容值如何选择？

在 IP2368 中，自举电容的供电来源是 VCC5V，为了上管导通时 BST 电容电压的稳定，一般需要符合 $C_{VCC5V} > C_{BST} \gg C_{iss}$ ，大部分情况下， $C_{BST} = 100C_{iss}$ ，在 H 桥 MOS 的 C_{iss} 不超过 1nF（1000pF）的情况下，常规取值为 100nF（0.1uF）。

6. 各个输入输出口的滤波电容一般多少合适？

一般来说，输出口的电容容值建议最大不要超过 22uF，不然可能会影响 EMI 认证的通过，而且过大的输出电容可能会带来负载检测误触发等问题。所以我们推荐使用 10uF，也可以额外并联一个 0.1uF 电容来减少 EMI 干扰。

7. 在实际应用中，CC/D+/D-上一般都会增加一些电阻电容，它们的取值有什么公式吗？

大部分情况下，在 CC/D+/D-上增加电阻和电容是为了通过一些认证，具体的取值不太容易靠理论计算出来，影响这些参数的因素有很多，比如 PCB 的布局和走线，很多时候都需要在实际的板子上进行一步步调整，最后才能得到合适的参数。

8. VIO 和 BAT 的电容如何选择？为何 VIO 推荐 3 个 22uF 并联 1 个 100uF，而 BAT 推荐 2 个 22uF 并联 1 个 100uF。

根据开关电源的电容计算公式，VIO 和 BAT 的电容容值最小为 100uF，又考虑到在实际的使用过程中，电容容值可能会随着使用时间的增加或者温度上升而减少，我们进行了大量的充放电实验，最后才得出 VIO 使用 3 个 22uF 和 1 个 100uF，BAT 使用 2 个 22uF 和 1 个 100uF 的电容推荐参数。另外，各个输出口的电容只是进行简单的滤波，使用 10uF 即可。

9. BST 电路上的 TVS 管的作用和选型？

IP2368 最高可支持 6 节电池的的配置以及 20V 的输入电压，为了避免电池接触瞬间产生的高压以及接入输入时浪涌损坏 IC，我们建议在 BAT 端加上大功率的 30V TVS 来保护 IC。因为 6 节电池的电压可达 25V 左右，再加上自举电路把电压抬高 3~4V，因此选用耐压 30V TVS 管比

较合适。

系统功能相关问题

1. 为什么通过 I2C 读取到的 IP2368 电流数据波动很大？

答：检查 PCB 中 VIO 端和 BAT 端的 5mR 采样电阻的采样线是否有重合，每个 5mR 两端分别引出两根采样线到 IC 的采样引脚，不能有重合。采样线不能从电感下面经过，不然电感会干扰采样信号。预留驱动电阻，可以通过串 2R 电阻来适当减小驱动能力。检查 MOS 特性，尝试更换其他 MOS 测试。

2. 为什么设置的 IP2368 充电电流是 3A，但是实际充电电流是 2.8A-3A？

答：首先是不同 IC 体质不同，其中的校准参数设置有差异，实际充电电流会有 $\pm 5\%$ 的差异；然后由于不同客户，layout 差异导致采样会有浮动，出于对适配器的输出能力考虑，3A 的电流我们实际设置低于 3A，保证适配器不会被过大的电流拉保护。

3. IP2368 的单 C 口输入输出方案中，充电功率和放电功率可以分开设置吗？

答：标准的 IP2368 单 C 口输入输出方案中，充电功率和放电功率只能同时设置，不可以分别设置；但是可以通过定制，确定好输入输出的几个不同档位，通过 IO 复用来分别设置输入输出功率。

4. IP2368 待机功耗在 200uA 左右，是否可以降低一些？

答：IP2368 的单 C 口输入方案，可以通过在 BAT 端增加一个 MOS 开关管，在 VBUS 没电时，断开电池，降低待机功耗至 1uA。IP2368 带输出的方案不适用这个方法。

5. IP2368 电池放到低电保护之后，等电池电压恢复之后可以重新放电吗？

答：IP2368 标准方案在电池放电到低电保护之后必须要充电之后才可以重新放电，不然插入需要充电的设备，系统会闪灯提示无法输出。可以定制不同的电池低电电压，并且可以放电到低电保护之后，等电池电压恢复之后，还可以继续放电。

6. IP2368 的 INT 脚到底应该怎么处理？

答：如果是不带 I2C 的型号，INT 可以不需要处理，就做 LED3 脚就可以；如果是带 I2C 的型号，INT 默认接 510K 到地，因为 IP2368 的 INT 如果上拉到高电平，就不会进入待机状态，MCU 也可以通过给 INT 高电平来唤醒 IP2368。

7. 为什么会出现无法申请快充的情况？

答：检查一下 PCB 板，IC 与座子的 DPDM 和 CC 线是否正常连接，因为快充申请是需要用到 DPDM 和 CC 线进行通信的，而有部分样式的 C 口座子不易焊接，容易导致上述线路无法正常连接。建议选用便于焊接的座子。

8. 当 IP2368 进行 45-100W 大功率充放电时，电感和功率 MOS 的温度会很高？

答：因为电感中有阻抗，从几毫欧到几十毫欧，在功率达到 45-100W 的情况下，电感的电流会有 3-7A 的电流，这样电感中损耗的几瓦能量都用在发热上，且导致电流峰值达不到，功率 MOS 的开关频率也相应增加，开关损耗增加导致发热严重。选用电感时，电感的直流阻抗越低越好。

9. 为什么真实的功率和设置的功率偏差较大？

答：检查采样电阻的阻值和精度，以及采样电阻上的 RC 电路阻抗是否与规格书上的相同，否则会影响到采样精度，继而影响到真实的功率。

10. IP2368 不能对外放电时什么原因？

答：检查样机的型号，除了 I2C_NACT 和 NACT 两种型号外，都需要充电激活后，才可对外放电。另外，BZ 型号是只有充电功能而没有放电功能的。

11. IP2368 出现拔掉输入线之后，I2C 充电标志还在？

答：检查板子 layout 是否良好，输入端和输出端 5mR 采样线重点检查，电流采样误差太大会导致我们无法准确采样到板子充电状况，导致输入端拔出之后，还是采样到有输入电流，导致 I2C 充电标志还在。

12. 能否详细描述一下 VIN 作为 DC 输入口时抽取电流的策略？

答：VIN 作为 DC 输入口时，具备 MPPT 功能，其外接电源一般分两类：1、太阳能板输出；2、DC 输出适配器。IP2368 会通过 try 电流的方式来区分以上两类电源，如果是太阳能电源，IC 会实时根据太阳能电源的输出功率来智能调节抽取的电流大小，以求能量利用最大化。抽取的电流定义为 I_{set} ，范围 0~5A，DC 口正常工作时， V_{sys} 需要满足 4.5V~25V。

以下为 VIN 口的 MPPT 流程框图：

