

## Introduction/简介

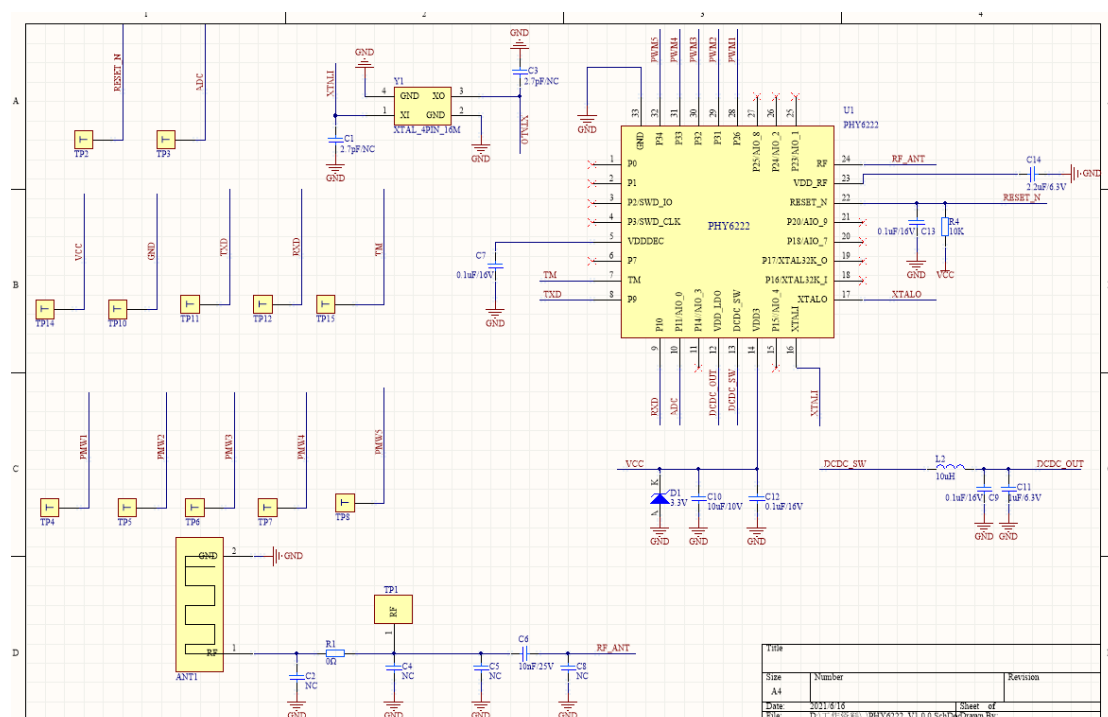
PHY6222 是一个蓝牙低功耗应用的芯片(SoC)系统。它有 ARM®Cortex™-M032 位处理器, 具有 64K SRAM, 128KB-8MB flash, 96KB ROM, 256 bit efuse, 以及超低功率、高性能、多模式收发机。此外, PHY6222 可以支持 BLE 的安全, 应用程序和空中下载更新。串行外围设备 IO 和集成的应用程序 IP 使客户产品能够以最低的物料清单(BOM)成本进行构建。

# 目录

一、参考射频原理图注意事项.....	1
二、PCB Layout 指南.....	5
三、天线选型指南.....	9
3.1 板载天线形式推荐 .....	9
3.2 其他形式天线推荐 .....	11
四、单板射频调试过程及注意事项.....	14
4.1 原理图、PCB 评审阶段.....	14
4.2 射频初版调试 .....	14
4.3 试制前整机测试验证 .....	15
4.4 其他注意事项 .....	15
五、工艺指导.....	16
5.1 设备.....	16
5.2 流程图 .....	17
5.3 工具&化学品 .....	17
5.4 钢网开孔 .....	18
5.5 锡膏印刷 .....	18
5.6 锡膏印刷检查 .....	19
5.7 机器贴片 .....	21
5.8 炉前目检 .....	22
5.9 回流焊 .....	22
5.10 AOI 外观检查 .....	23
六、研发测试指导.....	25
6.1 芯片 RF 匹配调试 .....	25
6.2 芯片烧录指南.....	28
6.3 天线测试 .....	30
6.4 拉距测试 .....	32
七、认证相关.....	29

# 一、参考射频原理图注意事项

以下是 PHY6222 最小系统参考原理图：



PHY6222 Onboard 参考原理图：

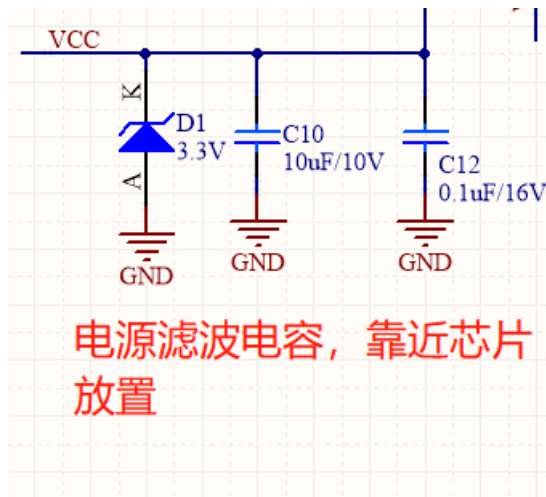


PHY6222\_V1.0.0  
.zip

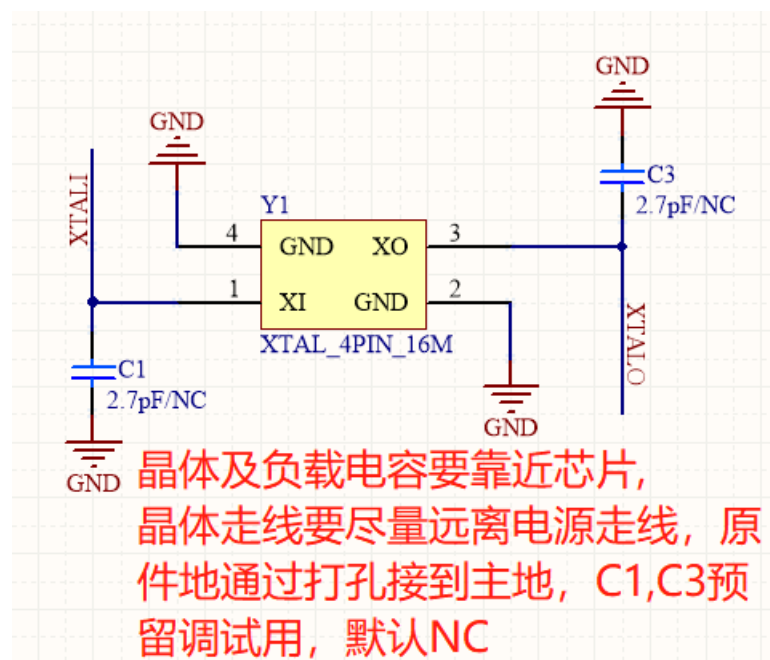
主要包含以下部分：

**必须引出的测点：** VCC,GND,TXD,RXD,TM,RESET\_N,这些是烧录固件所需测点。

**电源去耦滤波：** 电压输入范围 1.8 ~ 3.6V，在电源输入主路靠近芯片引脚放置 0.1uF 和 10uF 电容各一颗,D1 预留，靠近芯片引脚先放置 0.1uF，再放置 10uF。



**时钟电路：**需要 16MHz 晶体，建议负载电容 12pF， $\pm 10\text{ppm}$ ，工作温度 $-40 \sim 105$  摄氏度；两颗外挂电容 C1,C3 默认 NC，根据实际情况进行调整；须特别注意的是，晶体走线要尽量远离电源走线，且电源滤波电容靠近芯片引脚处放置，由此可减小晶体与电源间的串扰影响。

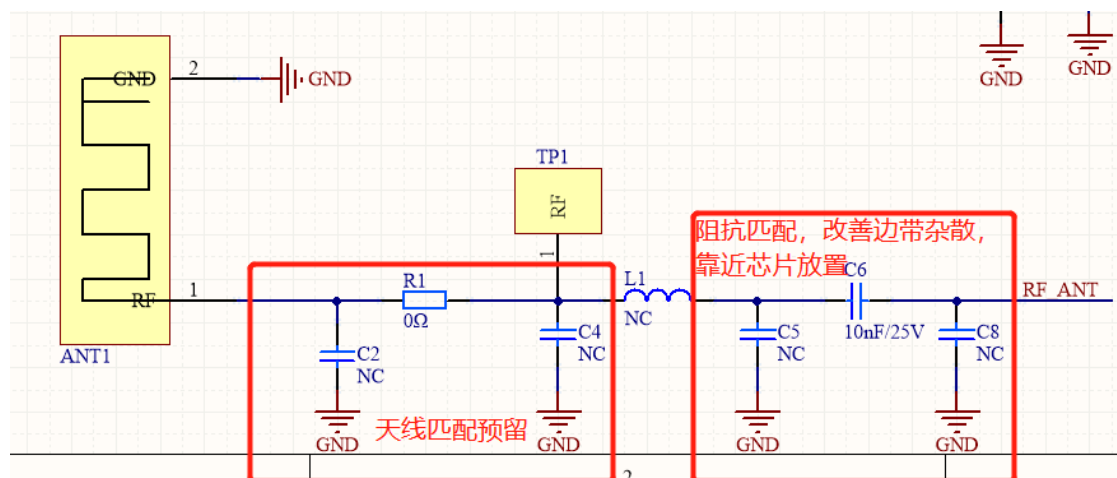


**RF 射频匹配电路：**包括芯片端和天线端的阻抗匹配网络，芯片匹配和天线匹配必须按照如下器件位置预留匹配位，芯片匹配用于阻抗匹配及谐波调试；在天线和芯片匹配中间添加 RF PAD，可用于做

RF 传导测试，该 RF 测点在生产过程中不能镀锡，且在用于传导测试时须断开天线匹配链路。

RF 射频匹配电路需要根据实际 PCB 情况调整阻容和电感的参数，推荐一组射频匹配经验值如下：

$C8=1.8\text{pF}$ ,  $C6=2.0\text{nH}$ ,  $C5=1.8\text{pF}$ ,  $L1=0\text{R}$ ,  $C4=1\text{pF}$ ,  $R1=3.6\text{nH}$ ,  $C2=\text{NC}$ 。

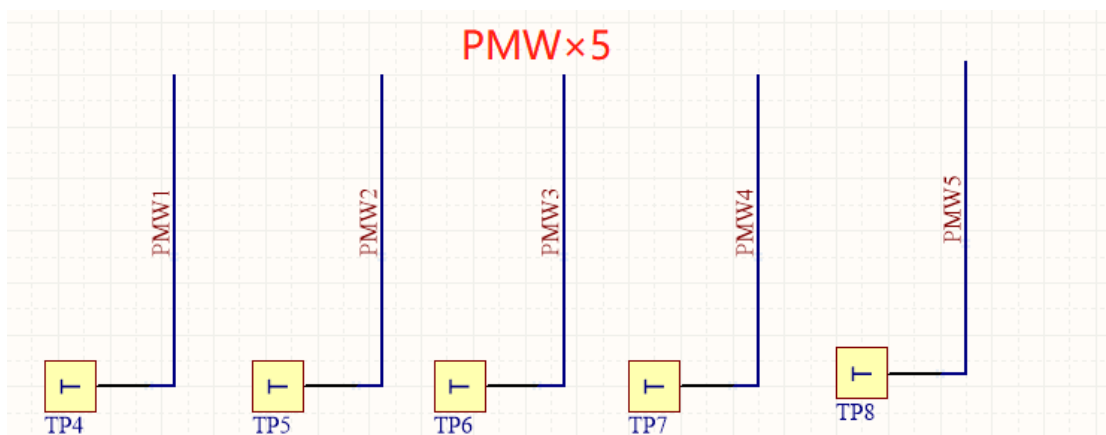


**接口电路：**推荐原理图中有 5 路 PWM（PWM1 ~ PWM5），1 路 ADC 以及一组 UART；5 路 PWM 1~5 视具体情况可任意配置 RGBCW，**PWM 走线尽量短，每路 PWM 走线靠近芯片引脚位置预留 2.2pF 到地电容。**如果以测点引出，测点尽量靠近芯片对应引脚放置；此外，芯片 P0、P2、P3、P7、P14、P15、P18、P20 引脚亦可预留做 IO 使用，但没有在推荐原理图中引出，**另外 P1、P16、P17、P23、**

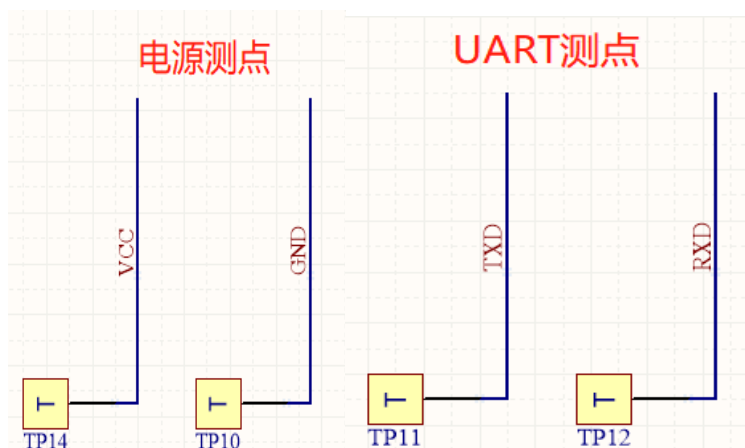


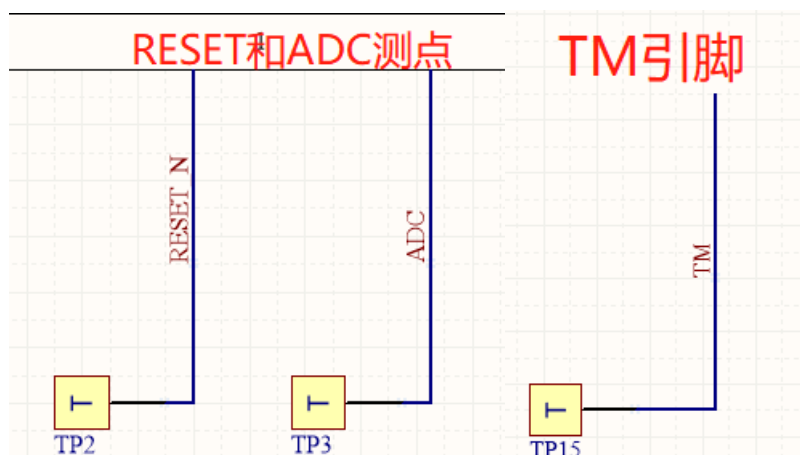
PHY6222\_BLE\_S  
oC\_Datasheet\_v1

**P24、P25 目前禁止使用，具体可参考**



测试点：PHY6222 On-board 方案已将所有会用到的引脚以测试焊盘的形式引出，方便验证引脚功能。包括电源（VCC，GND）、五路 PWM、UART 引脚（TXD、RXD）以及 ADC，RESTE，TM 引脚等，**TM 引脚固件烧录时拉高，烧录完成后悬空或拉低，禁止再拉高**；这些测试点的引出路径上不要接入其他与原理图无关的元器件，以免影响测试点正常功能，另外各测点走线尽量端，靠近对应引脚放置。





附参考 BOM 表：



PHY6222\_BOM\_  
V1.0.0.xlsx

## 二、PCB Layout 指南

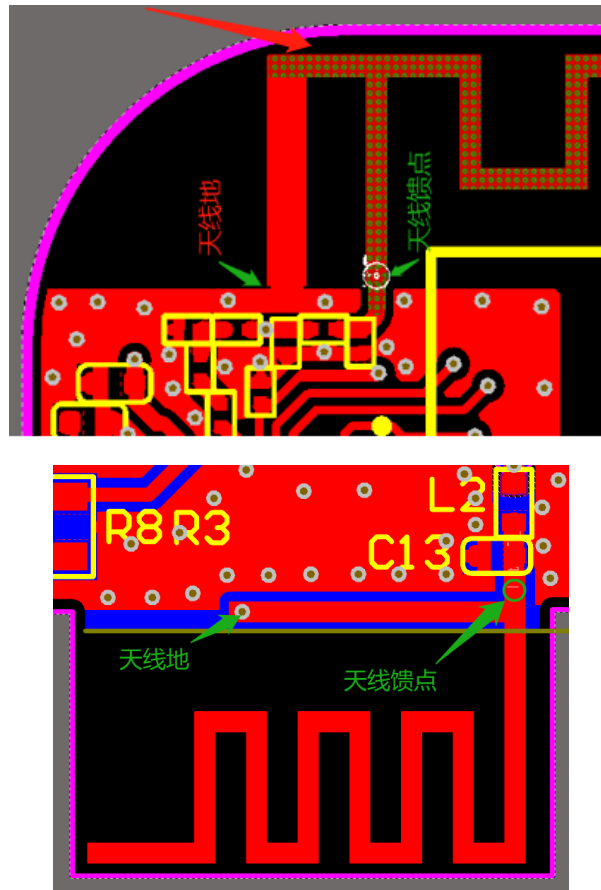
1. 若 PCB 走双层板，TOP 层和 BOTTOM 层均需要铺 GND，建议使用 0402 封装的射频匹配器件，且射频走线（RF Trace）要尽量短，器件摆放要尽量紧凑，以减小路径上的损耗；制作 PCB 时须和板厂确认做  $50\Omega$  阻抗管控，建议线宽和两侧包地可参考下表；若 PCB 走四层板，建议 3.3V 走第三层进行屏蔽处理，且晶体下方至少净空一层。

双层板板厚	$50\Omega$ 阻抗走线推荐线宽
0.8mm	线宽 0.62mm，阻抗线与两边地平面间距 0.15mm，底层包地
1mm	线宽 0.66mm，阻抗线与两边地平面间距 0.15mm，底层包地
1.2mm	线宽 0.70mm，阻抗线与两边地平面间距 0.15mm，底层包地
1.6mm	线宽 0.74mm，阻抗线与两边地平面间距 0.15mm，底层包地

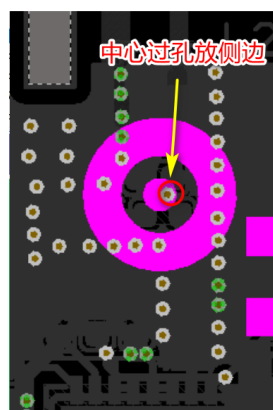
2. RF Trace 周围尽可能不走数字信号与大电流信号，严禁走时钟信号；RF Trace 沿线多打孔到地平面，通过对称过孔来实现抗干扰。







4. RF\_PAD 放置底层，放在芯片匹配和天线匹配位之间；为避免测试探针压接过程中破坏过孔，中心过孔不要打在焊盘中间，靠中心焊盘边缘放置。

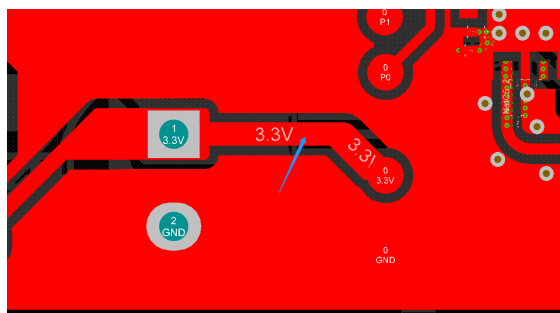


RF PAD 封装:

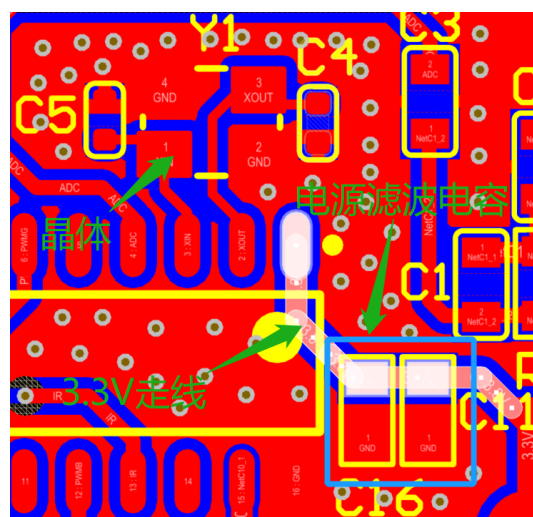


RF PAD.PcbLib

5. 为满足足够的供电电流强度，芯片供电电源 3.3V 走线宽度至少 20mil，3.3V 换层打孔必须至少放两个过孔，过孔大小至少为内径 10mil，外径 20mil。



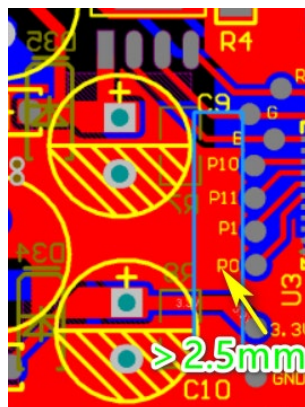
6. 【重要】3.3V 走线须尽量远离晶体，决不能环绕晶体走线，且两颗电源滤波电容要靠近芯片 VCC 引脚放置，就近先放小容值 0.1uF 电容，后放大容值 10uF 电容；否则会出现较严重的本振泄露现象，干扰到主频信号附近的边带及带外杂散性能，可能导致 FCC 认证失败。



7. 晶体靠近芯片放置，旁路电容 C1 和 C3 靠近晶体引脚放置，走线尽量短，且做包地处理，表层地打过孔与 BOTTOM 层 GND 相连，防止 EMI 干扰。

8. 为避免冲突与误触，测试点与插件电容、插件座子的距离大于

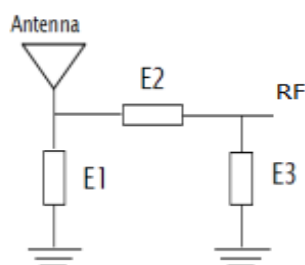
2.5mm。



### 三、天线选型指南

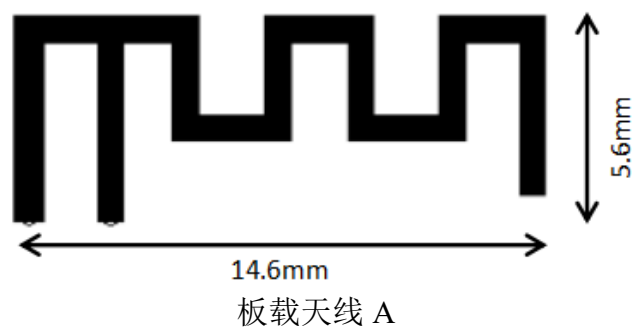
天线的类型可以选取：电子线，弹簧天线，板载天线，FPC 天线，陶瓷天线等形式，天线周围必须保证一定的净空，可以根据产品的形态和空间大小选择对应的天线。

天线的匹配电路如下图所示，不同的 PCB 走线、板材差异、版层数，E2 电感的最优值也不同，经验值大概在 1.8nH-4.7nH，推荐使用值 3.6nH。E1 和 E3 不贴，一般就可以满足需求。如果需要达到天线的最优设计，带来最好的射频辐射效果，最远的控制距离，则针对不同的天线形式需要进行针对性调试。

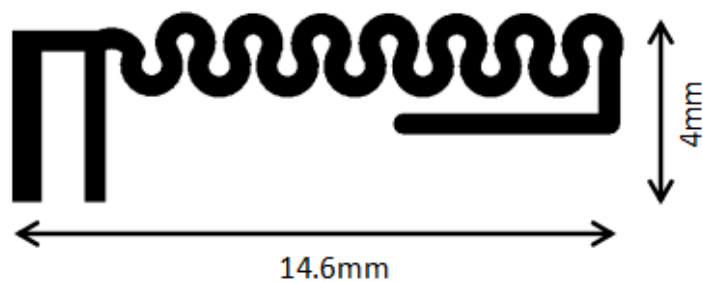


#### 3.1 板载天线形式推荐

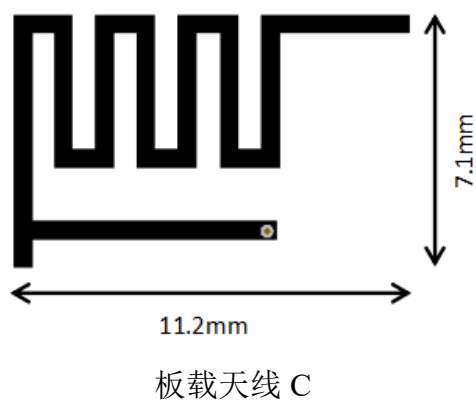
板载天线的三种推荐形式：



A 形式为最常规的天线形式。



B 形式在 A 的基础上增加了走线的弯曲次数，在总走线长度保持恒定的情况下，一定程度上在竖直方向压缩了天线。适合用在天线不宜探出灯板过高的灯具上。



C 形式是在竖直方向上加长了天线走线，在水平方向上缩短了天线的尺寸。适合用于天线水平方向较窄，竖直方向尺寸不受限的场景。



Antenna ABC.zip

针对类似于球泡灯的应用场景，一般使用的就是板载天线，需在可接受的阴影条件下，尽量让板载天线伸出灯板保证板载天线的效率，同时选择纵向距离窄的天线，如上面三款 PCB 天线中的板载天线 B。

针对灯带应用，板载天线可以选择板载天线 C。

### 3.2 其他形式天线推荐

除板载天线外，可以采用以下几种形式的天线

1. 板上预留焊盘或过孔：焊接电子线或弹簧天线。



电子线

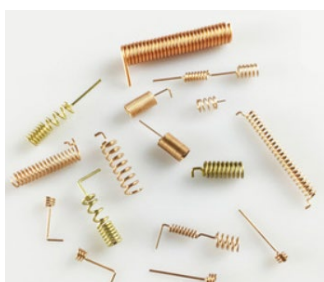
电子线参考规格书：



AUK01993 2.4g单极子天线规格书-V1.0-单极子.pdf



天线-UB01NJ1D434A-V1.0-单极子.pdf



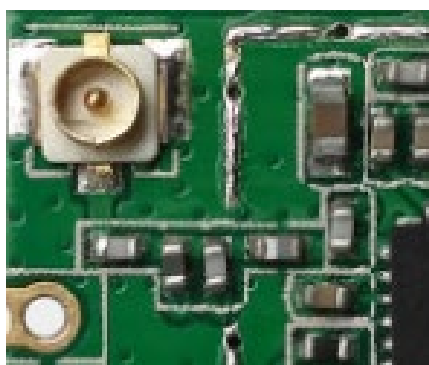
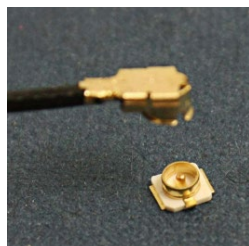
## 弹簧天线

弹簧天线参考规格书：



UB01NJ1D358A承认书-弹簧.pdf

2. 板上预留 IPEX 座：使用 FPC 天线或外置天线。



IPEX 接头与 IPEX 座在板上的状态



FPC 天线-带 IPEX 接头



外置棒状天线-带 IPEX 接头

FPC 天线参考规格书:



UB01C75F3D525A承认书 (双频) -FPC.pdf

棒状天线参考规格书:



UB02C100W3D5A规格书 (棒状天线) .pdf

涂鸦 IPEX 端子与推荐 FPC 天线料号

- 1. 17. 01. 00219 天线;FPC-端子\_IPEX 一代;2. 4GHZ;L=70MM;3. 3DBI;/;/;优比
- 1. 17. 01. 00200 天线;FPC 内置天线;2. 4G;L=55MM+IPE\*;3DBI;/;/;
- 1. 17. 01. 00199 天线;FPC;2. 4G;L=60MM+IPE\*;3DBI;/;/;

3. 使用固定封装形式的贴片天线



贴片天线参考规格书：



1.19.01.00712贴片天线.pdf

以上几类天线涂鸦均有物料进行选配。

## 四、单板射频调试过程及注意事项

### 4.1 原理图、PCB 评审阶段

评审由项目 PM 发起，客户需将评审文件交项目 PM 安排评审工作。PCB 版图评审中，射频工程师负责评审模块射频部分，硬件工程师负责评审其他电路部分。

### 4.2 射频初版调试

初版调试前，除需要提供调试的单板外，最好能够提供单板外部结构件（外罩、外壳、灯罩），这些部件会对射频天线部分产生影响，为了达到最佳的调试效果，这些结构部件也需提供给涂鸦的射频工程师。



产品初版的射频调试可能会进行 2~3 轮的验证，验证过程中提供的单板，元器件请务必不要使用人工贴片的样品，人工贴片的单板不能保证射频调试中器件选用的一致性，产生不必要的资源浪费。

射频初版调试需要变更的器件包括芯片到天线链路上的匹配器件（电容、电阻、电感器件），晶振负载电容。这些器件请在初版调试后再大量采购，按原理图标示的容感值不一定符合射频链路的最佳性能。

射频初版调试过程中还可能修改板载天线的走线，以匹配单板天线辐射的最佳性能。另外，一些在 PCB 版图评审中未考虑到的问题也需要在射频初版调试中进行修正。

### **4.3 试制前整机测试验证**

需要进行产线射频测试校准的项目，需要在试制前准备好测试架，供试制前产测验证使用。测试架制作的质量和测架某些结构会影响射频测试结果，试制前必须进行产测验证，规避这些影响因素。

### **4.4 其他注意事项**

如客户产品自带 MCU 并使用串口控制 PHY6222 芯片工作，请在原理图/PCB 评审前提前告知。

如厂家在量产前更换 PCB 板厂，请及时提供新板厂生产的单板进行射频性能验证，不同板厂的板材工艺可能导致射频性能的变化。

如厂家最后的生产材料中有替代料（容、感、阻、晶体等），请提供替代料进行样品进行射频性能验证。

电感物料推荐使用村田物料，替代料可选顺络。

电容物料可选择村田、国巨、微容等供应商。

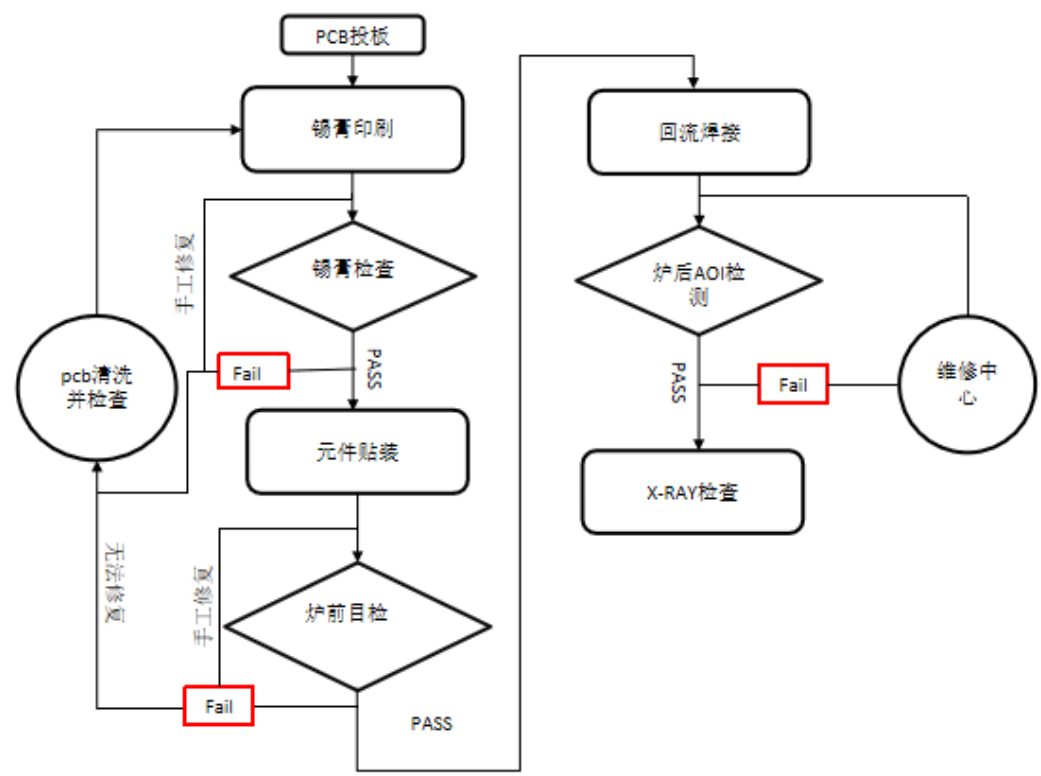
## 五、工艺指导

PHY6222 芯片需要严格按照 TUYA 提供的生产工艺文件进行生产。

### 5.1 设备


生产设备				
序号	设备名称	设备代码	数量	备注
1	印刷机	NA	1	
2	SPI	NA	1	量产时需准备
3	贴片机	NA	N	根据工厂设备架构
4	回流焊	NA	1	
5	在线 AOI	NA	1	
6	X-Ray	NA	1	量产时需准备

5.2 流程图



5.3 工具&化学品

工具清单			
工具内型	数量	描述	IMAGE (图像)
钢网	BOT/TOP	SMT 印刷钢网	
刮刀	1	RoHS 金属刮刀	
支撑工具	根据产品	支撑工具	
塑料刮刀	1	添加锡膏或搅拌锡膏	

材料清单			
化学品描述	数量	描述	IMAGE (图像)
无铅锡膏	1	SAC305, Type 4( 锡膏)	

## 5.4 钢网开孔

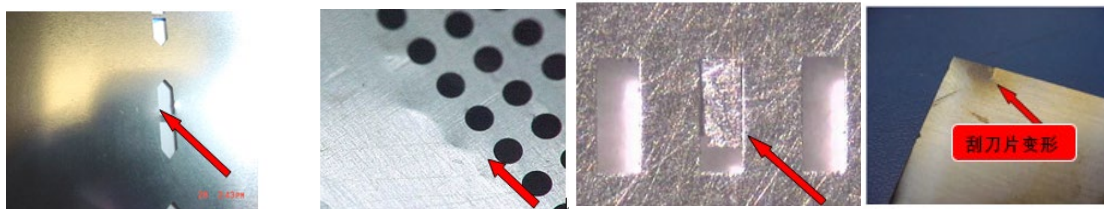
作业内容:

1. 钢网厚度: 钢网厚度选择 0.1MM
2. 钢网尺寸: 根据 PCB 尺寸和印刷机选择, 常用规格 550×650MM, 600×650MM, 736×736MM 等
3. 钢网开孔要求: 当钢网开孔  $L > 5W$  时考虑宽厚比,  $W/T$  需大于 1.5, 否则考虑面积比, 面积比需要大于 0.66, 面积比计算公式  $L \times W / 2 \times (L + W) \times T$ 。

## 5.5 锡膏印刷

作业内容:

1. 锡膏型号: 无铅 SAC305, TYPE 4 (千住 M705、阿尔法 OM338PT), 印刷前钢网, 刮刀需要清洗干净, 并检查钢网张力和刮刀不可出现变形, 损坏, 堵孔等不良。



2. 印刷参数根据产品特性进行设定，此产品建议按以下参数设定，生产时可适当调整。

（1）印刷速度(35-50MM/S);

（2）印刷压力(根据刮刀长度设置 8-12KG);

（3）脱模速度(0.1-0.5MM/S);

（4）脱模距离(1MM);

（5）钢网清洁频率和方式(频率 1 次/1PCS,擦拭方式根据印刷机决定常用湿擦+干擦+真空擦)

3. 印刷平台上必须清洁干净，不可以有锡膏等异物残留，影响 PCB 与钢网的接触。

4. 锡膏印刷时必须保证钢网开孔区域刮锡干净，如果开孔区域锡没有刮干净会导致拉尖，少锡等印刷不良。

5. PCB 支撑必须充分并且平整，可将平台上升至与钢网接触位置，检查钢网和 PCB 之间是否紧密贴合。

## 5.6 锡膏印刷检查

作业内容：锡膏印刷后需使用 5 倍以上放大镜目视检查锡膏印刷品质

1. 印刷少锡：锡膏印刷面积不可少于焊盘面积 70%

2. 印刷连锡：不可接受

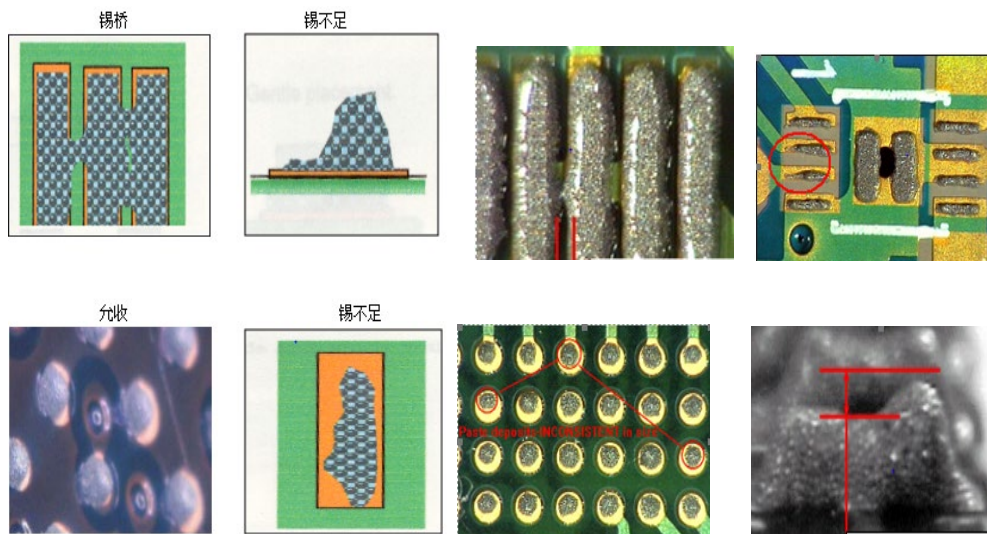
3. 印刷偏移：锡膏印刷 X,Y 方向偏移不可大于焊盘 25%

4. 印刷多锡：锡膏印刷不可超过焊盘面积 30%且不可导致旁边引

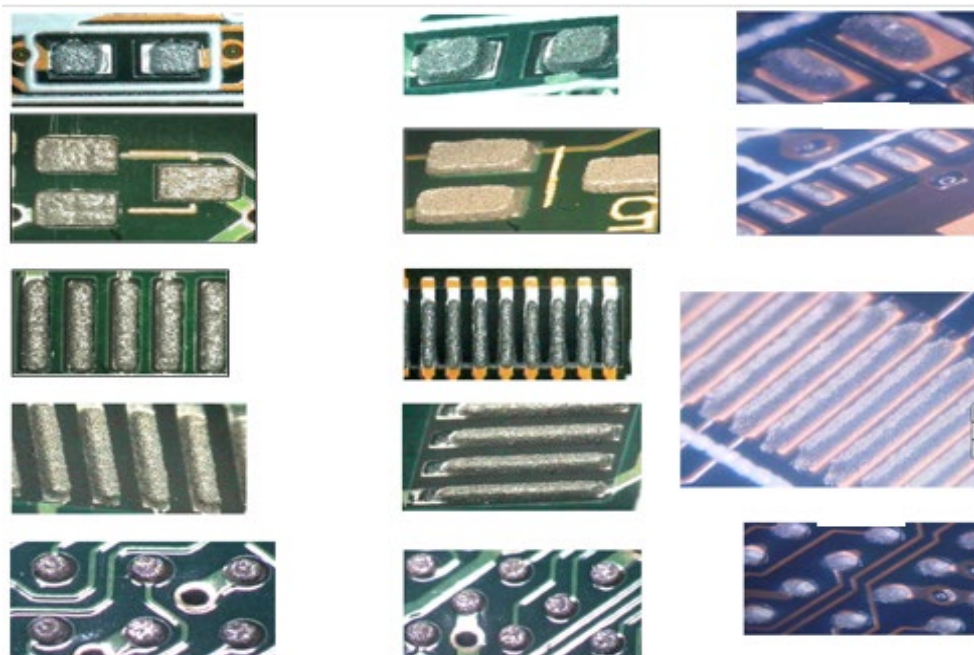
脚连锡。

5. 印刷拉尖：Chip 类元件和引脚间距大于 0.6MM 以上元件轻微拉尖可放行，芯片引脚间距 0.5MM 以下不可出现印刷拉尖现象。

印刷品质不良图片：



印刷品质允收图片：



**注意事项：**印刷不良的 PCB 清洗后必须使用放大镜检查焊盘和

通孔内有无残留锡膏。

## 5.7 机器贴片

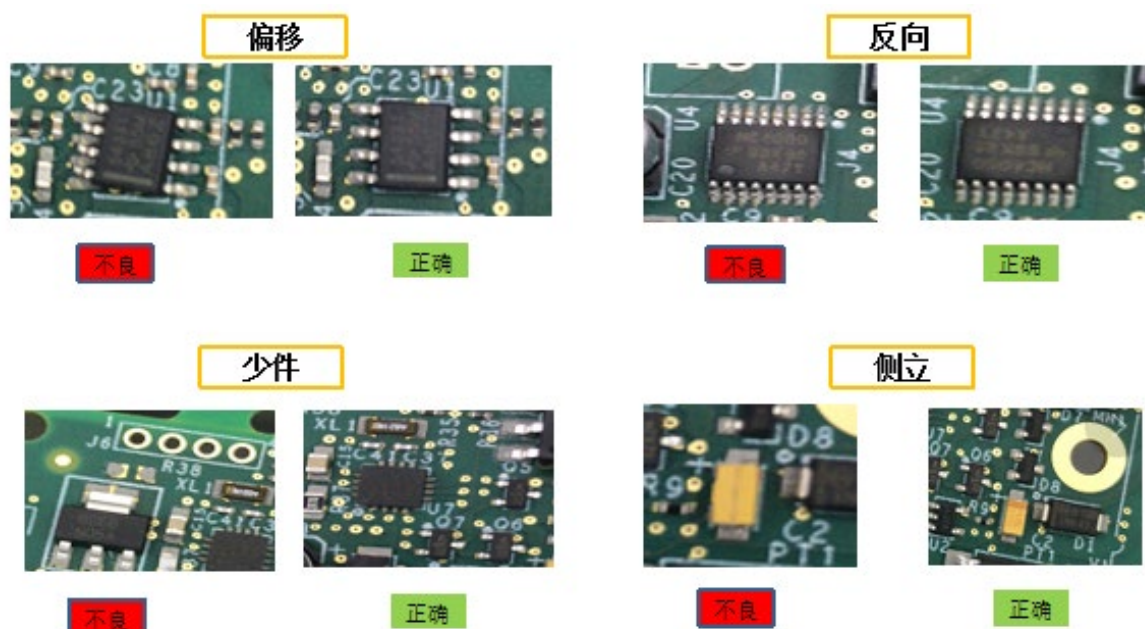
机器自动贴装:

1. 元件按上料清单安装到贴片机内, 并需要两人以上核对物料正确性。
2. 对每一站物料进行吸取位置确认, 并将吸取中心不正的进行调整。
3. 对有极性的元件确认飞达上料角度是否与程序设定一致。
4. 确认程序所使用的吸嘴大小是否和物料匹配, 检查飞达间距调整是否正确。
5. 检查元件数据库参数是否正确, 元件引脚定义, 元件厚度, 贴装压力等。
6. 对 PCB 进行可靠支撑, 确保元件贴装时 PCB 不会出现抖动现象。
7. 传入一片 PCB 进入设备, 并进行光学点识别然后确认贴装位置是否正确。
8. 先贴装 1PCS PCBA, 然后检查元件极性以及贴装品质后方可进行整板贴装。

**注意事项:** 生产双面板 TOP 面时注意贴片机内的支撑 PIN 摆放位置, 不能顶到 BOTTOM 面元件。

## 5.8 炉前目检

作业内容：需在炉前对所有贴装元件进行外观检测，包括偏移、缺件、反向、翻身、侧立。



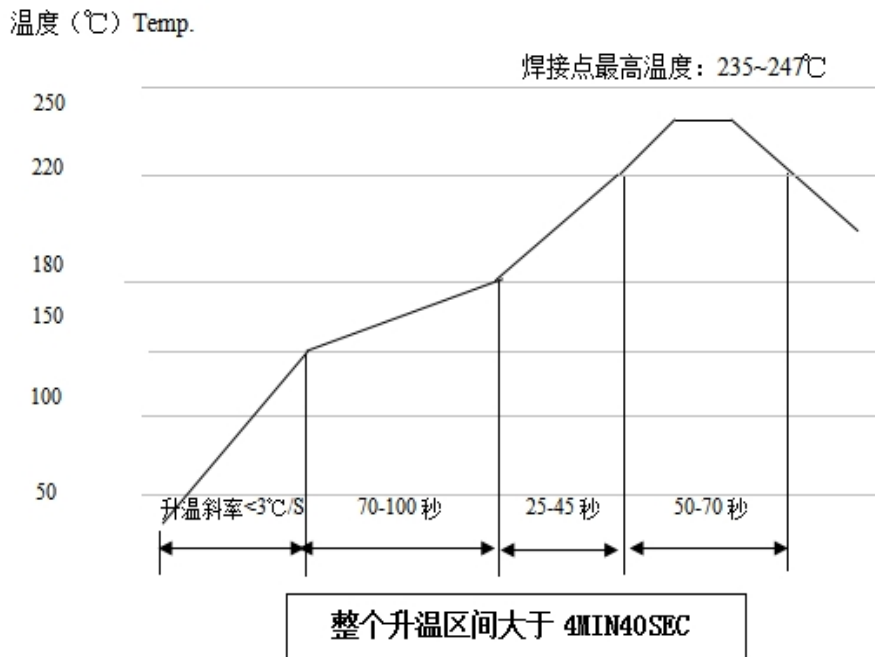
**注意事项：**相同不良出现三次以上需停线调查原因并调整改善好后再继续生产。

## 5.9 回流焊

作业内容：首板过回流焊之前需进行炉温测试，测温板不少于五根线，位置在 PCBA 整板四个角落以及中心应包含芯片类元件、Chip 类元件、PCB 表面，每次换线或每班生产必须测炉温。



图1 回流焊温度曲线要求



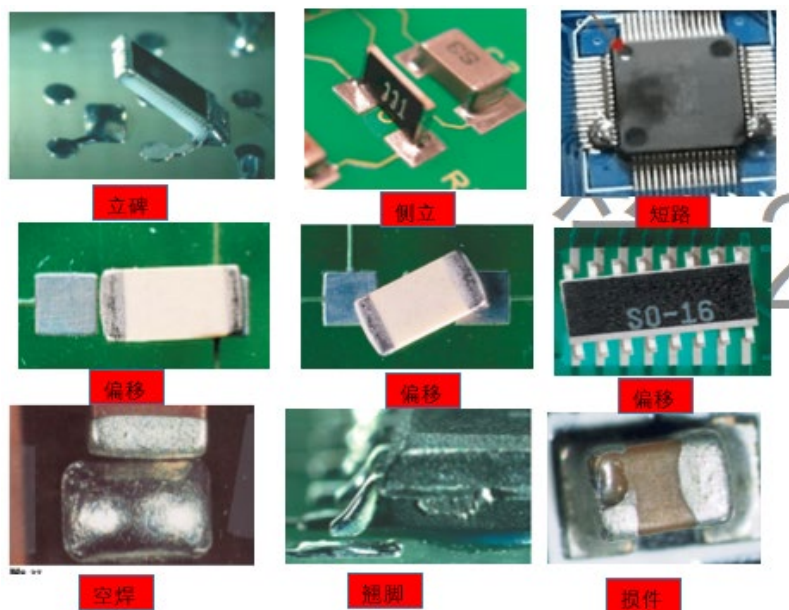
**注意事项:**

1. 升温斜率 ≤ 3°C/Sec
2. 恒温区: (150-180°C) 时间 70-100Sec; 升温速率 ≤ 1°C/Sec
3. 回流区: (217°C以上) 时间: 50-70Sec; 最高峰值温度 235-247°C
4. 冷却区: 降温斜率 1°C/Sec ≤ Slope ≤ 4°C/Sec

## 5.10 AOI 外观检查

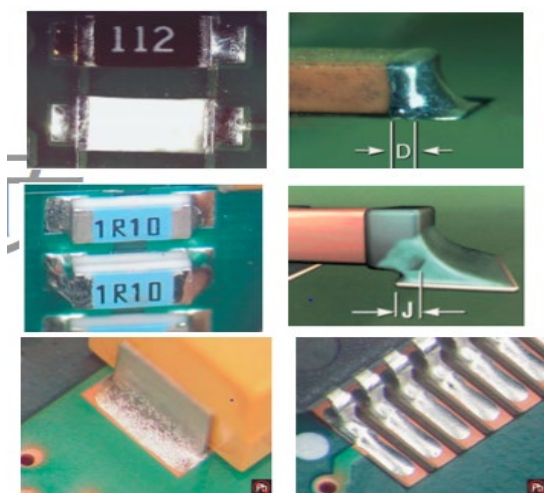
作业内容: 需对所有贴装元件进行 AOI 外观检测, 包括偏移、缺件, 反向、错件, 翻身、侧立, 空焊, 短路, 元件破损, 检测标准按照 IPC-610 最新版本二级允许标准。

**不可接受图示:**



**注意事项:** 相同不良出现三次以上需停线调查原因并调整改善好后再继续生产。

可接受图示:

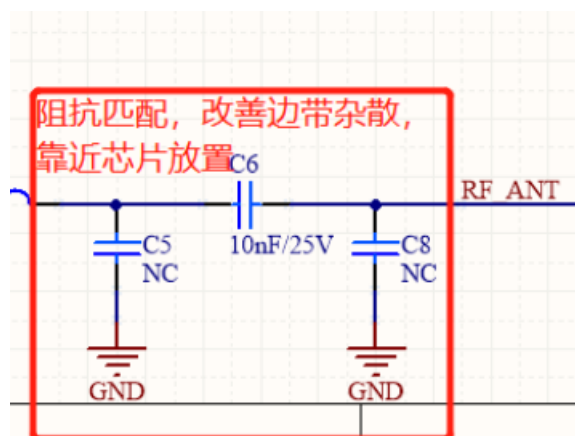


**注意事项:**

相同不良出现三次以上需停线调查原因并调整改善好后再继续生产。

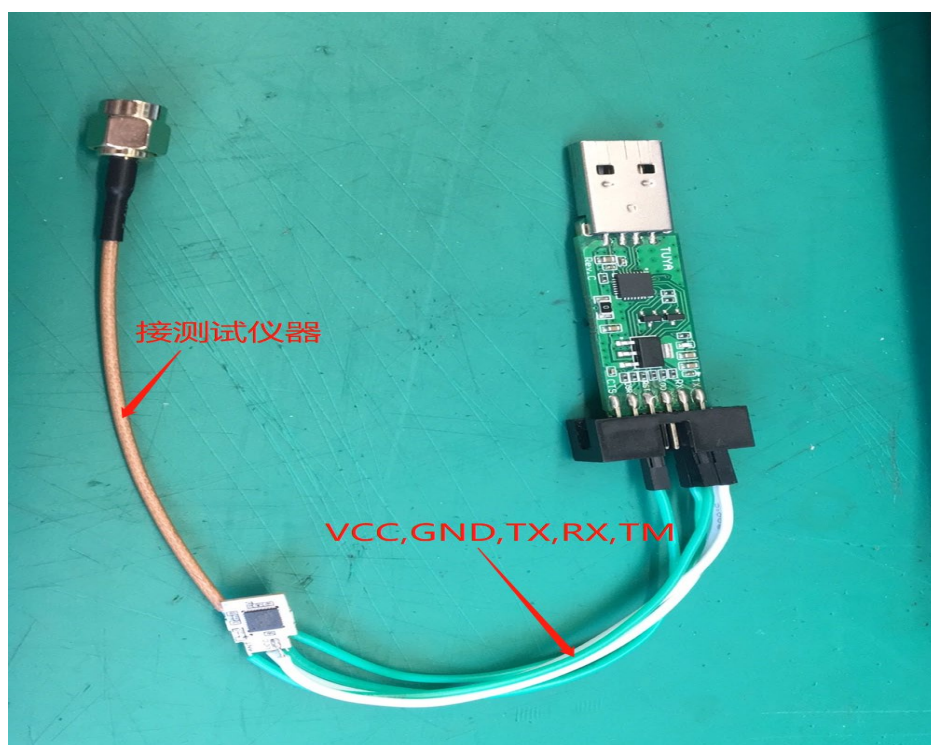
## 六、研发烧录测试指导

### 6.1 芯片 RF 匹配调试



通过调整芯片端 RF 匹配，达到阻抗匹配要求，需要用频谱仪或者极致汇仪测试。

首先焊接上已烧录定频固件的 PHY6222 芯片到灯板，然后使用 UART 与串口板连接，插上 PC 供电，通过定频发包工具使得芯片处于发包或者收包状态。



RF 定频测试固件和烧录发包工具如下：




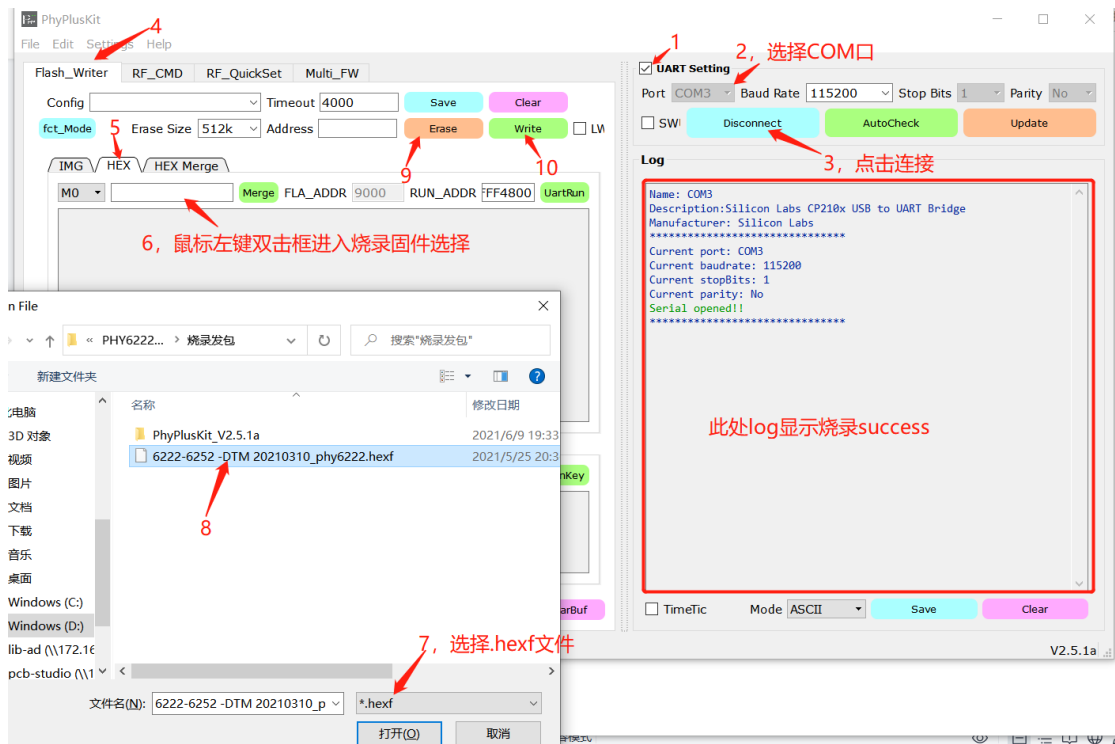
EMI TEST.zip

## 6.2 芯片烧录指南：

固件烧录：

被烧录模块与串口板连线方式：模块的 VCC,GND,TXD,RXD,TM 分别连接串口板 VCC,GND,RX,TX,VCC。 注明： TM 拉高，模块处于烧录模式，其他模式悬空。

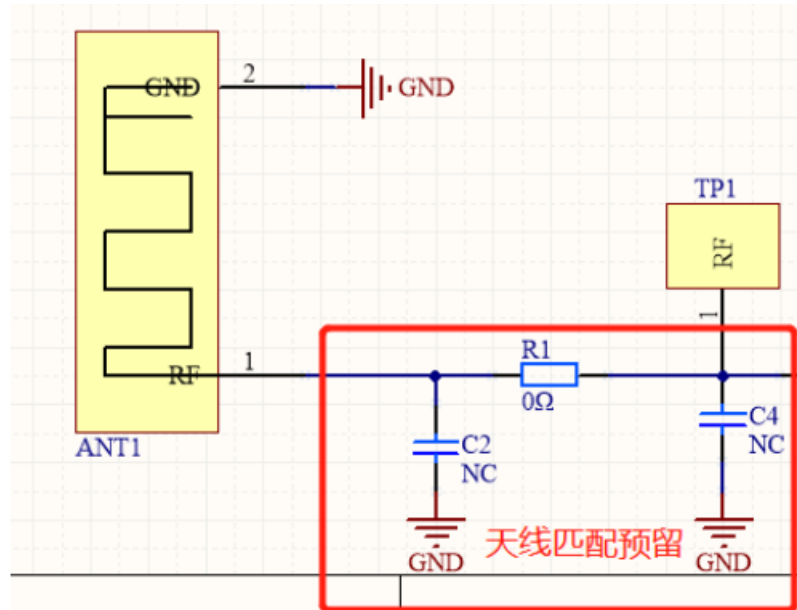
连线完成后打开附件  PhyPlusKit ，按如下图操作即可烧录成功。



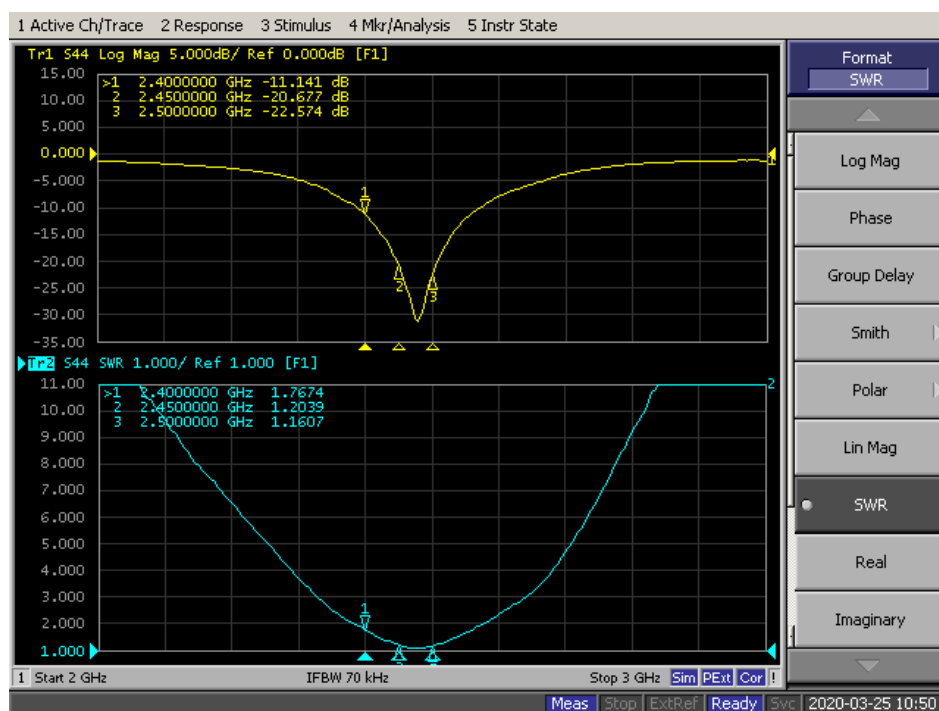
### 6.3 天线测试

天线测试需要组装成整机测试。使用网络分析仪测量天线的S11，如果没有测试仪器，可以请专业的天线厂商帮忙调试。天线的增益和效率以及有源项，需要在专业天线厂商处测试。

推荐天线厂商：上海杰盛康通信工程有限公司，在上海、杭州以及福州有整套测试暗室，於冬林，电话 18621850533



天线频率范围	2400MHz-2500MHz				
天线形式	PCB Onboard				
天线谐振点	2.45GHz				
测试信道	信道	低	中	高	指标
	频率	2402M	2426M	2480M	spec
天线 S11					$\leq -10\text{db}$
天线无源效率					$\geq 35\%$
天线增益					$\geq 0.5\text{dbi}$



## 6.4 拉距测试

室内拉距测试:

板子在室内测试极限通讯距离。改变板子天线和手机蓝牙的角度，视距需大于 20 米。

室外拉距测试:

板子在室外空旷场地测试极限通讯距离。改变板子天线和手机蓝牙的角度，直线距离需大于 80 米。

## 七、认证相关

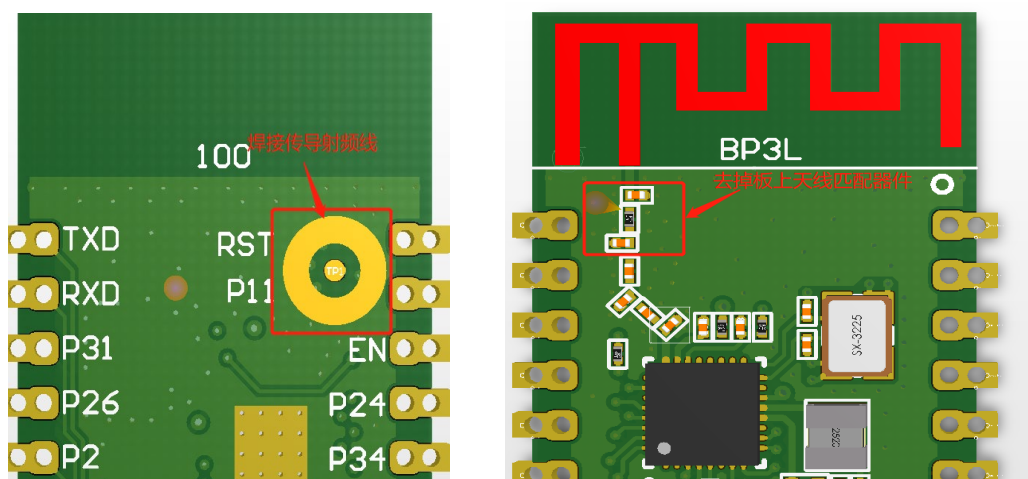
认证测试通常需要用到定频固件和正常固件，定频测试的样品需要用到定频固件，正常样品需要用户正常使用的可以配网的固件，不同的产品（比如灯，插座）固件通常不同。此外，测试样品需要用到

UART，烧录方法见本文档第六章芯片烧录指南。FCC/CE 认证时需要通过串口控制测试样品，我们提供了上位机，上位机已集成了 AT 指令和 HCI 指令，操作较为简单。上位机和固件等见打包文件。



EMI TEST.zip

**定频传导样机：** 需要把射频测试线接出来，焊接在 RF Test 的测试焊盘上，信号接在中心点，GND 接在周围的圆环上。同时，定频传导样机需要把天线匹配器件全部去掉。



**定频辐射样机：** 只需要将电源，GND 以及 UART 引出即可。

**正常样机：** 不需要引出射频测试线，样机处于正常使用的状态。

**正常样机固件：**

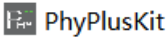


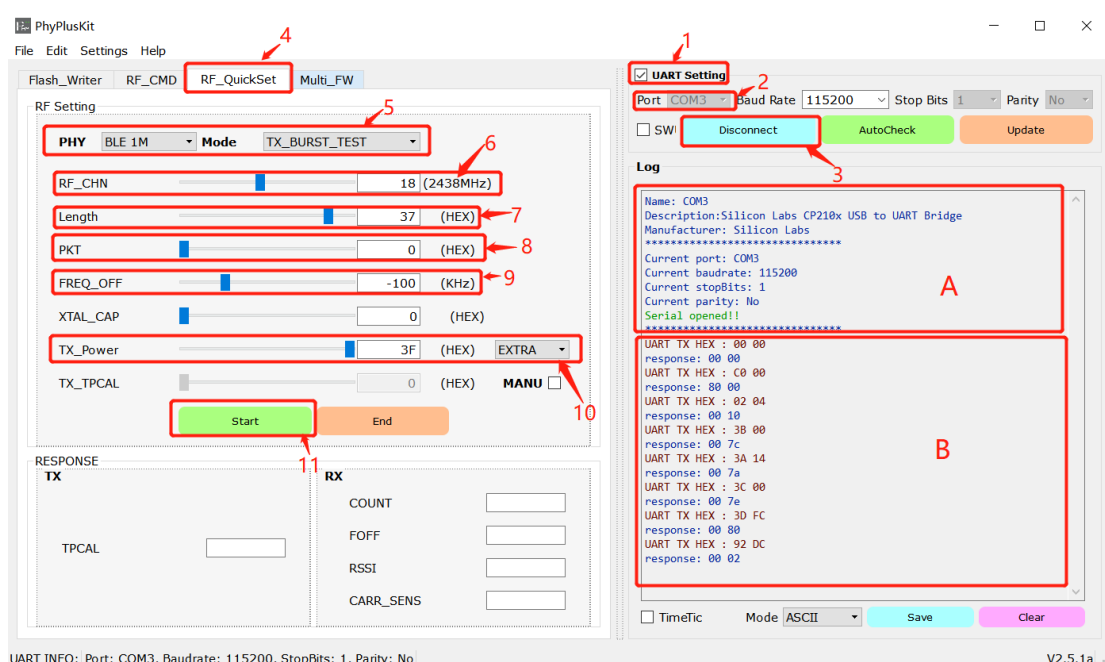
mesh\_light(1).hex



## 定频发包指南：

模块与串口板连线方式：模块的 VCC,GND,TXD,RXD 分别连接串口板 VCC,GND,RX,TX，此时 TM 悬空。

连线完成后插入电脑 USB 口，打开附件  PhyPlusKit 按如下图操作即可定频发包成功。



第 1 步：勾选 UART Setting

第 2 部：选择对应 COM 口

第 3 步：点击 connect 按钮，此时 log 框内会显示如图所示 A 区域 log，便是连接成功

第 4 步：点击选择 RF\_QuickSet 按钮，此时左边 UI 界面显示定频参数设置页面

第 5 步：PHY 选择 BLE 1M 速率，Mode 选择 TX\_Modulation 模式

第 6 步：RF\_CHN 信道选择，按照测试需求选择对应信道

第 7 步: Length 选择 37, 这是 TX packet Length。

第 8 步: PKT 选择 0, TX packet 的类型, 0-> prbs9。

第 9 步: FREQ\_OFF 选择-100, 模块默认不贴晶体外部调试电容, 需要芯片寄存器设置。XTAL\_CAP 默认不设置。

第 10 步: TX\_Power 默认选择最大发射功率 EXTRA, 可根据实际情况降功率设置。

第 11 步: 以上设置完成后点击 Start 按钮, 显示如图所示 B 区域 log, 表示模块已处于正常定频发包状态。

备注:

PHY: 用于设置 TX/RX 物理层类型, BLE1M,BLE2M,BLE500K,  
BLE125K,ZIGBEE;

MODE: TX\_BURST\_TEST, 发射固定间隔的 BLE 数据包;  
TX\_SINGLE\_TONE,发射单音信号, 用于检测频偏和发  
射功率和相位噪声;  
TX\_MODULATION,发射连续的调制信号;

RX\_BURST\_TEST, 进入 RX 解调模式, 统计接收到的数据  
包个数;

RX\_AUTO, 每 1000 个数据包间隔自动统计接收到正确数据  
包个数。

RF\_CHN: 用于设置 RF Frequency,  
对于 BLE,  $RF\_FREQ=RF\_CHN*2+2400$   
对于 ZIGBEE,  $RF\_FREQ=RF\_CHN*5+2400$

Length: TX packet Length 单位是 BYTE

PKT: TX packet 的类型, 0-> prbs9, 1-> 11110000, 2->10101010,3->  
prbs15

XTAL\_CAP:用于调整芯片内部的 CAP loading, 改变 RF 的 Frequency Offset。

TX\_Power: 用于调整 RF 的发射功率, 配置范围是[0-0x1f] 该值与发射功率成正比。参考值  
0x0A → 0dBm