

一 工具及环境

- 1、系统：win 10，配置尽量高点
- 2、原理图及 PCB 工具：PADS VX2.4
- 3、3D 及渲染工具：中望 3D 2020，Keyshot 6
- 4、固件开发：keil 5.14
- 5、APP 开发：APP INVENTOR2（图形化编程，对于蓝牙串口此类模块上手快）
- 6、一些辅助设计网址：
 - 免费 3D 模型下载：<https://www.3dcontentcentral.com.cn/>
 - APP INVENTOR2：<http://app.gzjkw.net/login/>
 - 空心绕线电感计算：<https://www.838dz.com/calculator/1780.html>

二 硬件方案

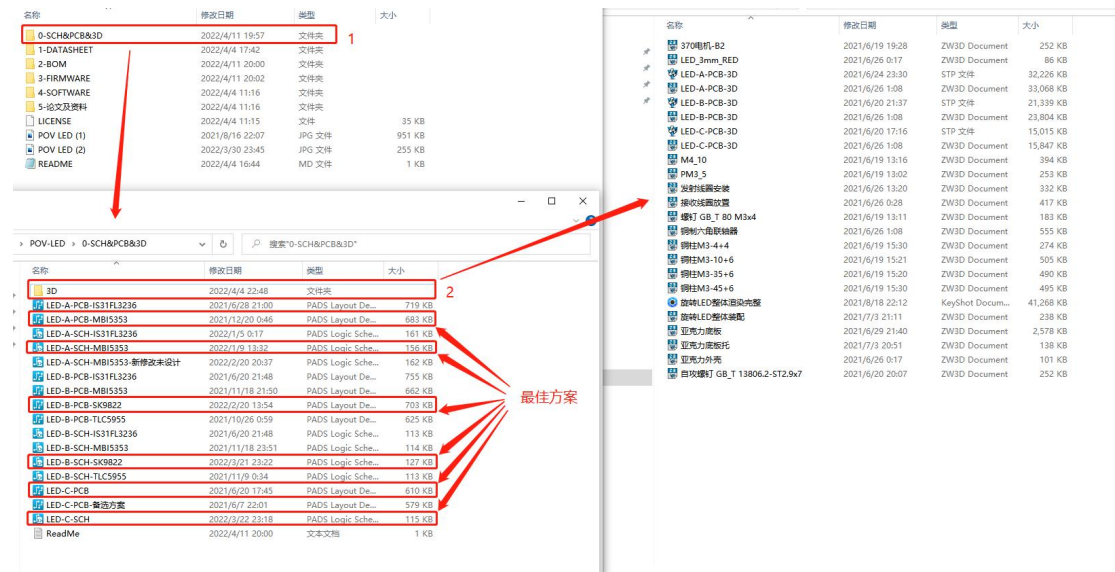
系统由 3 块 PCB（LED-A、LED-B、LED-C）+结构件+电机构成，其中

- 1、LED-C：无线供电发射+电机控制+红外发射（940nm）
- 2、LED-B：RGB LED 驱动，带接口，**方案 4 因芯片涨价成本过高，未实现！**
 - 方案 1：国产芯片 IS31FL3236（36 通道 RGB）+IIC 通信
 - 方案 2：台湾聚积 MBI5353（48 通道 RGB）+SPI 通信（非标准）
 - 方案 3：国产芯片 SK9822-EC20（3 通道 RGB）+SPI 通信
 - 方案 4：德州仪器 TLC5955（48 通道 RGB）+SPI 通信
- 3、LED-A：无线供电接收+STM32F1+蓝牙串口+LED 驱动接口+红外接收（940nm）
 - 方案 1：平面 LED SPI 通信+球形 LED IIC 通信（针对 IS31FL3236）
 - 方案 2：平面 LED SPI 通信+球形 LED SPI 通信（兼容 MBI5353 和 SK9822）
- 4、结构：3D 打印（基座、发射安装座、接收安装座）+手工加工亚克力板
- 5、电机：370 直流电机（6~12V），成本仅 2 元

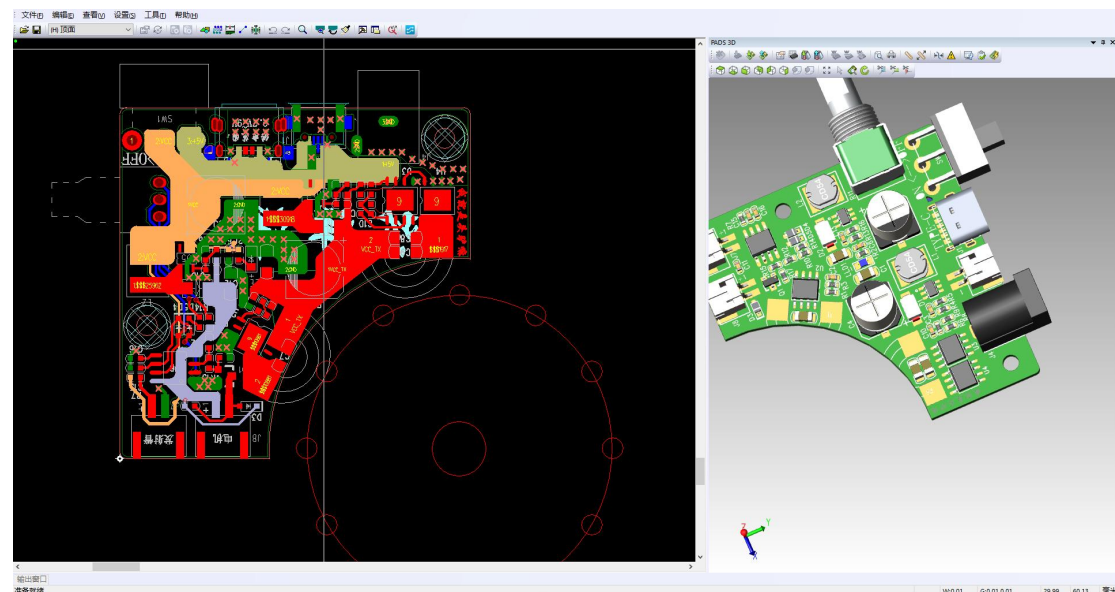
注意：关于方案中 LED-A 和 LED-B 设计，若求成本，可以采用 MBI5353；若求效率，可以采用 SK9822（价格高点，编程容易，焊接容易）。

三 项目文件

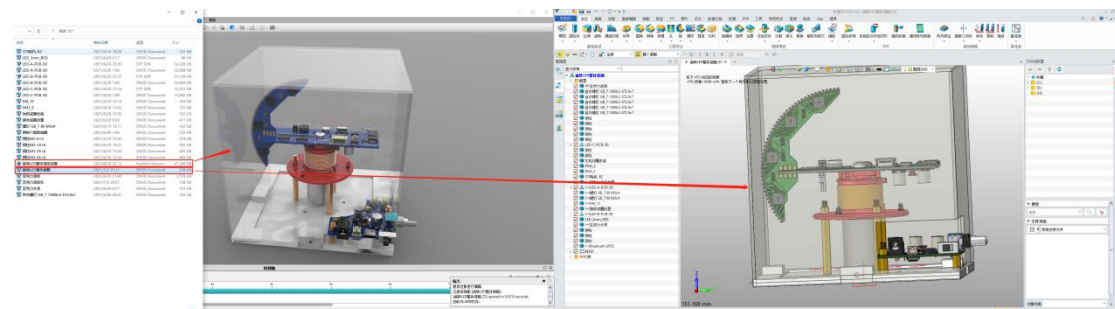
1、原理图、PCB（不带 GERBER 文件）、3D 模型及渲染文件



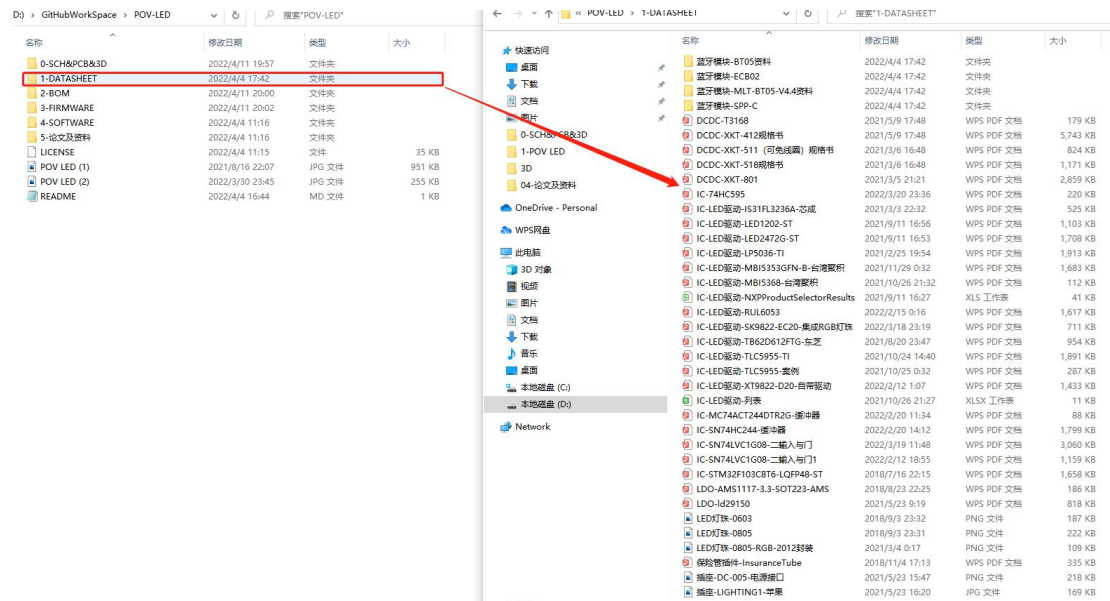
使用 PADS 打开“LED-C-PCB”，如下图



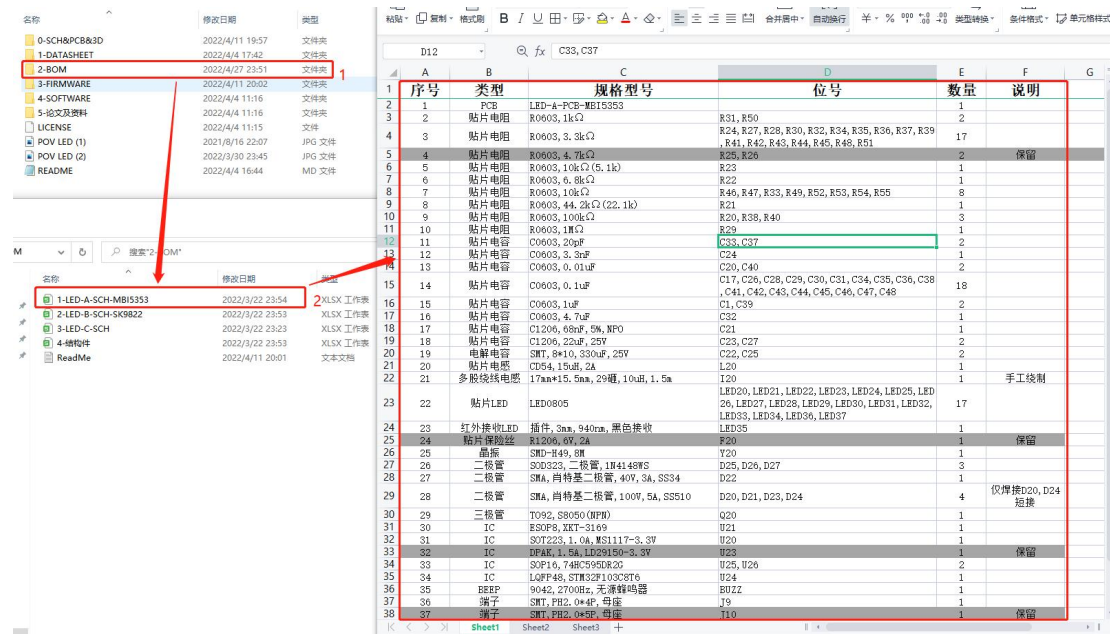
打开“旋转 LED 整体渲染”和“旋转 LED 整体装配”



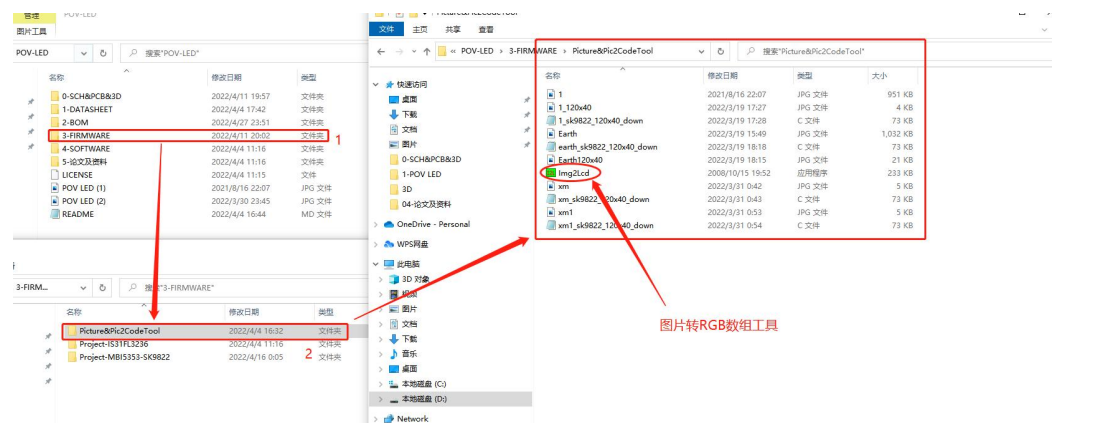
2、元器件数据手册，所有使用到或相关联的数据手册/尺寸均已列出



3、所有板级元器件 BOM 资料均列出，包括结构组件（电机、轴承、螺丝等）

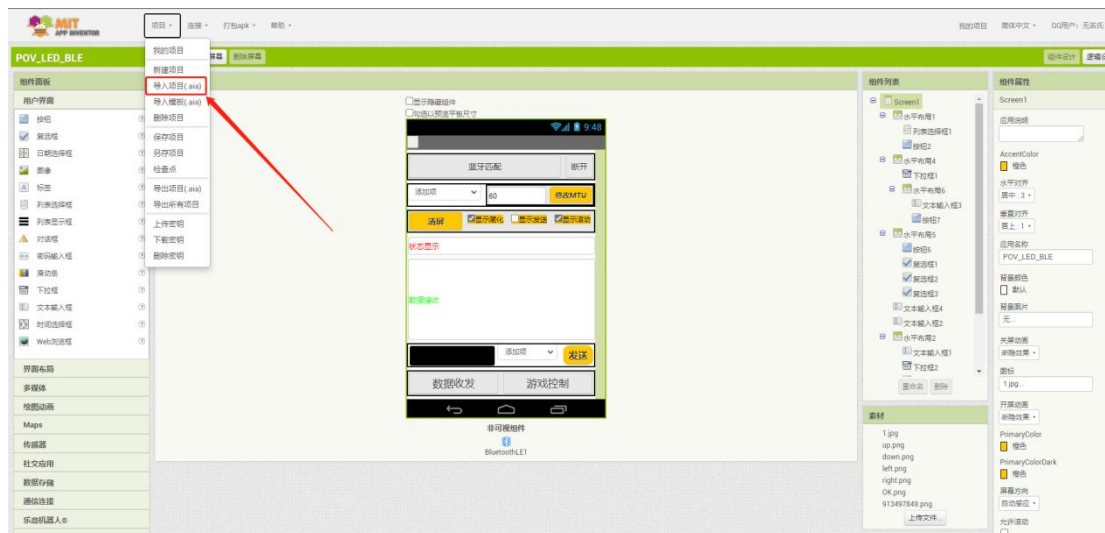


4、软件工程，其中包括图片转数组工具，如下图



The screenshot displays the Keil IDE interface for the 'POV-LED' project. The left pane shows the project tree with folders like '0-SCH&PCB&3D', '1-DATASHEET', '2-BOM', '3-FIRMWARE', '4-SOFTWARE', '5-论文及资料', 'LICENSE', 'POV LED (1)', 'POV LED (2)', and 'README'. The '3-FIRMWARE' folder is expanded, showing subfolders like 'Picture&Pic2CodeTool', 'Project-IS31F13236', and 'Project-MBI5353-SK9822'. The 'Project-MBI5353-SK9822' folder is selected, showing the 'main.h' file. The right pane shows the 'main.h' file content, which defines the hardware configuration for the POV-LED. The code includes comments in Chinese and defines various constants and variables for the LED driver. The code is organized into sections for hardware configuration, LED driver configuration, and main loop logic. The code is written in C and uses the Keil IDE's standard syntax. The code is compiled and run on a target device, which is a microcontroller.

Figure 1-1 illustrates the file selection process in APP INVENTOR2. The left window shows the 'POV-LED' folder containing '4-SOFTWARE'. The right window shows the '4-SOFTWARE' folder containing 'POV_LED_BLE.aia'. A red box and arrow highlight the selection of 'POV_LED_BLE.aia'.



四 设计说明

本项目设计难度较低，成本适中（不包含 MCU 价格在 40 元左右，不包含 3D 打印机，不包含多余材料）。

由于设计初衷为了锻炼动手能力，因此采用 3D 打印+无线供电（自制线圈）+RGB 全彩驱动+球形显示来实现。

设计过程需要考虑以下几个点：

1、帧刷新率：即电机转速。转速越高，成像越清晰，同时在分辨率不变的情况下，需要的 LED 刷新速度越高。例如，本方案（SK9822）设计 40 颗 RGB，圆弧垂直排列，当转速为 20r/s、列刷新频率为 2kHz 时，其图像分辨率（球一周）即为 40*100（垂直分辨率等于 RGB 数量）。若需要分辨率达到 40*200，则 40 颗 RGB 在转速 20r/s 下刷新速率要达到 4kHz，同时 RGB 的 PWM 频率必须大于 4kHz，否则无法成像。

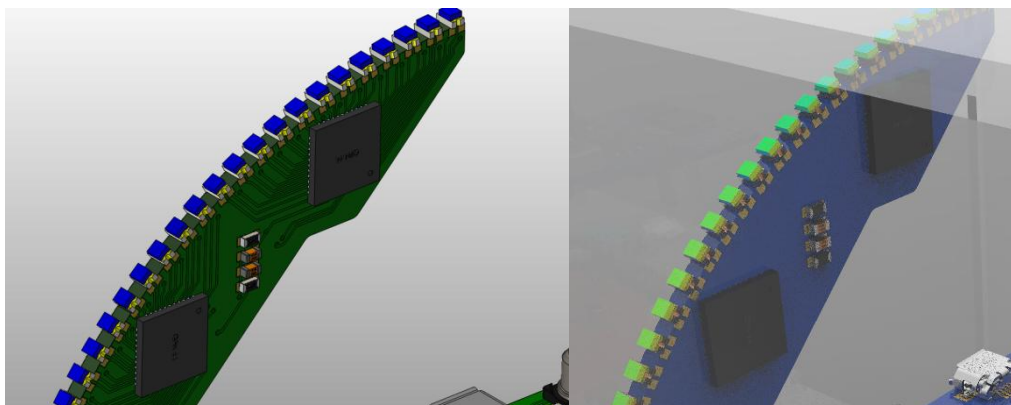
若采用串行通信（I2C 或 SPI），且 RGB PWM 数据为 8bit 模式，单颗 RGB 则为 24bit，40 颗 RGB 则需要 960bit，若采用 2kHz 传输周期，则串行通信时钟频率最低 1.92MHz，考虑到软件任务裕量和传输有效利用率，最少需要 4MHz 的串行时钟频率方可满足要求。

如还需更高分辨率（帧率不变条件下），其串行时钟频率同样需要提高，此处 IIC 已明显不合适，因此对于 RGB 驱动的选择至关重要，本方案中

SK9822 的最大时钟频率 30M，RGB 控制，8bit 色阶，PWM 频率 4k；

MBI5353 的最大时钟频率 30M，RGB 控制，16~13bit 色阶，PWM 为 S-PWM 模式；

其余方案此处不讨论。



2、显示供电：不考虑结构，满足全彩调光要求。

(1)电池：设计难度较低，成本适中，但电量有限，且容量和体积正相关；

(2)导电滑环：设计难度适中，供电功率无限制，但成本偏高，种类繁多不易选择，且长时间使用会磨损；

(3)无线供电：使用灵活，成本低，技术含量高，但供电功率有限制（磁共振技术可高传输效率），且设计难度高。

综上，无线供电为最佳方案，本设计中采用深圳芯科泰 XKT518+XKT3169 方案，可实现最大 5V2A 接收功率，对于单 LED 最大 15mA 工作电流（40 颗 RGB 即 1.8A 工作电流）绰绰有余。

无线供电中需要注意线圈的设计，包括发射和接收线圈。因涉及到高频大电流，线圈宜采用多股漆包线制作。在本设计中，线圈参数分别为：

发射：50 股（0.1mm 每股），直径 28mm，高 15.5mm，15 匝左右，感量 5uH 左右

接受：50 股（0.1mm 每股），直径 17mm，高 15.5mm，29 匝左右，感量 10uH 左右

设计电感量为 XKT518+XKT3169 方案需求，

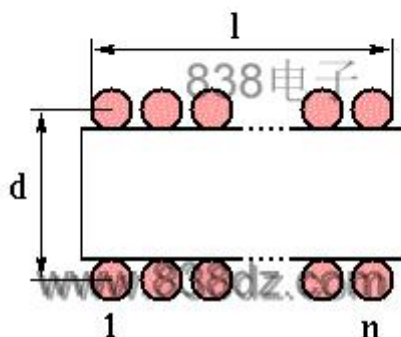
计算方法 <https://www.838dz.com/calculator/1780.html>，绕线基座为 3D 打印设计。

空心电感在线计算-公式

发布时间：2010-03-31 20:07:06 来源：838电子

!本文不许可它人转载,只许可引用链接.

空芯电感线圈电感量及Q值在线计算器

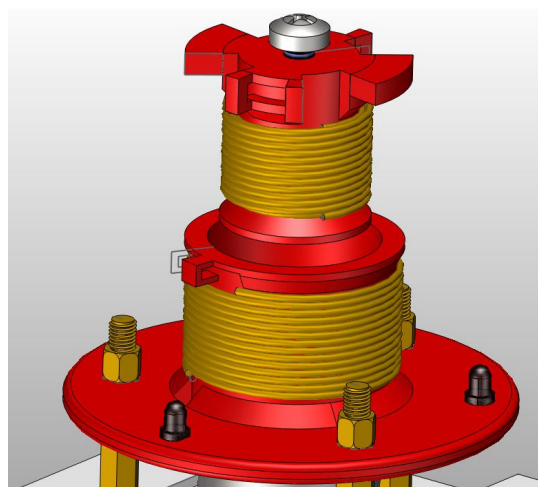


计算公式： $L = (d^2 n^2) / (1 + 0.45d)$

输入数据

线圈的直径 d :	<input type="text" value="0.005"/>	m(米)
线圈长度 l :	<input type="text" value="0.24"/>	m(米)
匝数 n :	<input type="text" value="57"/>	
频率 MHz :	<input type="text" value="0.137"/>	

(Q仅用于计算Q值)



3、电机与控制：由于显示画面会受到转速的影响（画面抖动），而转速又受负载和惯量（需保证动平衡，否则要在底座上加质量块或降低重心）影响，此处选择电机应慎重！

本方案选择直流有刷电机（成本 2 元，370，6~12V，BOM 中可以找到购买链接），同时为了增强显示效果，达到帧率可调（转速可调）的目的，采用 555 定时器（成本忽略，占空比可调）来控制电机的转速，同时也可以选择非门震荡电路来实现，原理较为简单，此处不再叙述。

序号	规格型号	数量	链接	说明
1	LED-A-PCB	1		
2	LED-B-PCB	1		
3	LED-C-PCB	1		
4	红外发射管，940nm	1		
5	PH2.0 公头+导线	2		
6	370 电机B2，6~12V，轴长17mm，轴径2mm	1	B2款高转速370电机天招招真低6-12V含铜轴 刷马达教学模型制作水弹枪-tna11.com天猫	
7	铜质六角联轴器+螺丝，孔径2mm，总长18mm，六角边对边12mm	1	铜质六角联轴器 连轴传动件 电机马达连接器 模型联轴器 丰模配件-tna11.com天猫	
8	铜柱，M3*45+6	3		支撑铜柱尽量短一点，重心低一点
9	铜柱，M3*5+6	2		
10	螺帽，M3	5		
11	螺丝，M3*5	7		
12	螺丝，M4*10	1		
13	底板	1		
14	亚克力外壳	1		
15	发射线圈构件	1		
16	接收线圈构件	1		

4、原点定位：动态 POV（视觉暂留）的前提条件必须保证每一帧的图像重合，这一点尤为重要。

本方案采用红外光电开关作为画面的定位点，在发射板 LED-C 增加红外发射管（940nm），接收板 LED-A 增加红外接收管（940nm），成本低廉，实现简单，软件层面仅需一个外部中断即可。

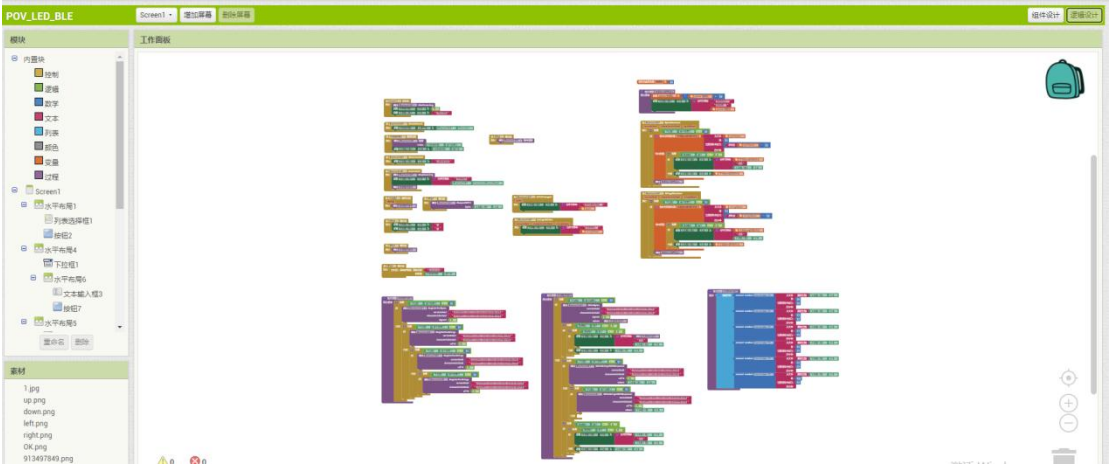
5、控制：必备功能，实现与人的交互。

(1)蓝牙遥控：蓝牙转串口，成本低廉，开发简单，可用手机控制

(2)WIFI 遥控：WIFI 转串口，成本较高（非 ESP8266），可用手机控制，但开发较为复杂

(3)红外遥控：成本较低，开发简单，但控制死板

本方案采用蓝牙串口模块（ECB02，低功耗，强烈推荐，成本只要 4 元不到，且串口速率高），并开发了移动 APP（POV LED BLE）来实现人机之间的交互，以下是 APP 代码逻辑截图（仅 2 页）。





五 最后

再写点吧，最近受疫情影响，几乎所有的半导体 IC 都在涨价，一些主流的半导体厂家更是涨的离谱，同时由于设计参数和硬件问题，导致项目落地时难以抉择，毕竟又要东西做得好又要成本优美在这个时间段不太现实。

在这里不得不提一下嘉立创，项目中所设计的 3 块 PCB（2 层板）均在嘉立创打样，且反复打样多次，均未收费（白嫖），这一点简直是广大 DIY 者的福音，支持国产！感谢嘉立创！

关于本项目的资料都已详细介绍，如有疑问，请留言给我。

谨以此献给各位爱动手的小伙伴们，加油！

我就是头驴

2022/4/30