

# 第 1 章 Z400 开发板开机体验

本章将向大家介绍如何对 Z400 开发板进行硬件检测，判断拿到手的开发板是否是好的。本章基于 GUI（自己编写的，非 UCGUI 或 STemWin）设计的综合测试实验，里面酷炫的 GUI 界面给大家带来更好的体验，本章实验程序为“Z400 综合实验程序”，里面涉及到相对复杂的 GUI 设计，大家可以根据源码自行学习，这里不涉及代码讲解部分，仅展示功能即硬件检测说明。注意：请自行准备一张 TF 卡，并将其格式化为 FAT32 格式，将资料“..\7--SD 卡根目录文件”内的所有文件拷贝到 TF 卡根目录下。本章分为如下几部分内容：

- 1.1 综合测试实验简介
- 1.2 综合测试实验功能介绍

## 1.1 综合测试实验简介

Z400 是 Z500 开发板的精简版本，去掉了网络、VS1053、红外发射、RS232 公头等外设，仅留下最常用的一些基本外设，并预留大量空闲 IO，方便用户嵌入自己的产品中使用。同 Z500 开发板的综合测试实验，Z400 的综合测试实验，同样也集成了非常强大的功能，充分展现了 STM32F103 的强大性能。

Z400 综合测试实验总共有 17 大功能，分别是：LED、时钟、计算器、3D、相册、小画家、电子书、记事本、读卡器、以太网、音乐、照相机、通信、飞书、电话、RGB 彩灯、截屏。

**LED：**支持 LED、红外遥控、光敏传感器、电位器 ADC 的功能测试。

**时钟：**支持温度、时间、日期、星期的显示，同时具有指针式时钟显示。

**计算器：**一个科学计算器，支持各种运算，精度为 12 位，支持科学计数法表示。

**3D：**支持 MPU6050 陀螺仪姿态数据显示，同时具有指针表盘显示。

**相册：**支持 .bmp/.jpeg/.jpg/.gif 等 4 种格式的图片文件播放。

**小画家：**支持不同颜色、画笔大小的设置。

**电子书：**支持 .txt/.c/.h/.lrc 等 4 种格式的文件阅读。

**记事本：**支持文本（.txt/.c/.h/.lrc）记录编辑等功能，支持中英文输入。

**读卡器：**支持和电脑连接读写 SD 卡/SPI FLASH 的内容。

**以太网：**预留，需要使用 PZ-ENC28J60 以太网模块来扩展。

**音乐：**预留，需要使用 PZ-VS1053 MP3 模块来扩展。

**照相机：**支持拍照（.bmp 格式，需使用 PZ-OV7670 或 OV7725 摄像头模块支持），并支持成像效果设置。

**通信：**支持 CAN、RS232、RS485 通信，RS232、RS485 支持用户自定义传输数据。

**飞书：**支持 PZ-NRF24L01 无线模块数据传输，实现两个开发板之间的无线通信。

**电话：**预留，需要使用 PZ-SIM800C GSM/GPRS 模块来扩展。

**RGB 彩灯：**支持板载 5\*5RGB 彩灯模块动画显示、LED 跑马灯显示以及直流电机测试。

**截屏：**支持按键截屏，类似手机截屏。

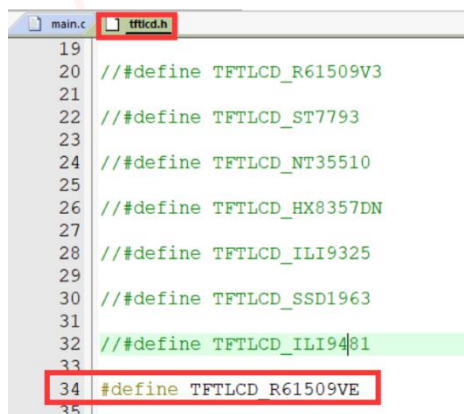
以上，就是综合实验的 17 个功能简介，涉及到的内容包括：GUI（自己编写，非 ucGUI 或 STemWin）、内存管理、图片解码、文件系统、USB（从机）、陀螺仪（MPU6050）、汉字输入等非常多的内容。下面，我们将详细介绍这 17 个功能，其中预留需要模块扩展的功能，我们这里就不介绍了。

## 1.2 综合测试实验功能介绍

要测试 Z400 开发板综合测试实验的全部功能，大家得自备 1 个 TF 卡、1 个 DS18B20 温度传感器（非必须）、1 个普中 PZ-0V7670 摄像头模块。不过，就算没有这些东西，综合实验还是可以正常运行的，只是有些限制而已，比如：不能保存新建的记事本、不能截屏操作、不能使用摄像头功能等。除了这几个，其他功能基本都可以正常运行。

### 预备知识：

①系统支持普中 STM32 所有型号驱动彩屏，如果用户购买过普中其他 STM32 开发板配置有彩屏的话，可以直接用在 Z400 上。注意：根据彩屏背面或右上/下角查看彩屏驱动型号，需要在综合程序的 tftlcd.h 头文件开头中修改对应的彩屏驱动，比如我的彩屏背面或右上/下角驱动型号是 R61509VE，因此可以打开对应驱动型号的宏定义，如下：



```
19
20 //define TFTLCD_R61509V3
21
22 //define TFTLCD_ST7793
23
24 //define TFTLCD_NT35510
25
26 //define TFTLCD_HX8357DN
27
28 //define TFTLCD_ILI9325
29
30 //define TFTLCD_SSD1963
31
32 //define TFTLCD_ILI9401
33
34 #define TFTLCD_R61509VE
35
```

系统自动根据彩屏型号选择对应尺寸匹配的字体和图标。

下面开始开机启动，启动界面开始显示普中开机 LOGO，如用户需要修改开机 LOGO，只需更换相应图片的取模数据，这个在后续学习开发攻略 FSMC-TFTLCD 显示实验章节内有详细介绍。然后进入系统自检界面，如下：

```
---PRECHIN---  
HARDWARE:V2.0   SOFTWARE:V1.0  
CPU:STM32F103ZET6 72Mhz  
FLASH:512KB   SRAM:64KB  
Ex Memory Test:1024KB      OK  
Ex Flash:16384KB           OK  
RTC Check...               OK  
FATFS Check...             OK  
SD Card: 1918MB            OK  
Flash Disk:12264KB         OK  
TPAD Check...              OK  
24C02 Check...             OK  
MPU6050 Check...           OK  
Font Check...              OK  
Touch Check...             OK  
SYSTEM Starting...
```

**注意：**综合实验支持屏幕截图（通过 KEY0 按键控制），本章所有界面图片均来自屏幕截图。

上述图片显示了综合实验的详细启动过程，首先显示了版权信息，软硬件版本，接着显示了 CPU 和内存信息，之后显示 SPI FLASH 的大小，接着开始初始化 RTC 和文件系统(FATFS)，然后显示 SD 卡容量、FLASH Disk 容量(注意 FLASH Disk 就是指 SPI FLASH，因为我们划分了 12M 空间给 FATFS 管理，所以 FLASH Disk 的容量为 12264KB)。

接着，就是硬件检测，完了之后检测字库和系统文件，再初始化触摸屏，加载系统参数（参数保存在 24C02 里面），最后启动系统。在加载过程中，任何一个地方出错，都会显示相应的提示信息，请在检查无误后，按复位重启。

**这里有几个注意的地方：**

①如果没插入 SD 卡，其容量显示 0，并提示 ERROR，不过系统还是会继续启动，因为就算没有 SD 卡系统还是可以启动的（前提是 SPI FLASH (W25Q128) 里面的系统文件和字库文件都是正常的）。

②系统文件和字库文件都是存在 SPI FLASH(W25Q128)里面的，如这些文件被破坏了，在启动的时候，会提示 Font Error / SYSTEM File Error。此时可按如下方法操作：

请自行准备一张 SD 卡，并将其格式化为 FAT32 格式，将资料“..\7—SD 卡根目录文件”内的所有文件拷贝到 SD 卡根目录下，然后 SD 卡插入开发板，按复位重启，然后开发板会自动更新文件。

③ FLASH Disk 是从 SPI FLASH (W25Q128) 里面分割 12M 空间出来实现的，强制将 4K 字节的扇区改为 512 字节使用，所以在写操作的时候擦除次数会明显提升（8 倍以上），因此，如非必要，请不要往 FLASH Disk 里面写文件。频繁的写操作，很容易将 FLASH Disk 写挂掉。

④在系统启动时，一直按着 KEY0 不放（加载到 Touch Check 时），可以进入强制校准（仅电阻屏支持）。当你发现触摸屏不准的时候，可以使用这个办法强制校准。

⑤在系统启动时，一直按着 KEY1 不放（加载到 Font Check 时），可以强制更新字库。

⑥在系统启动时，一直按着 KEY\_UP 不放（加载到 FLASH 容量时），可以选择是否擦除所有文件（清空 SPI FLASH），当需要重新更新的时候，建议先用此方法擦除，再更新。

⑦本系统用到 KEY1 按键做返回（类似手机的 HOME 键）

在 SYSTEM Starting...之后，系统启动，并加载 GUI 界面，在加载成功之后，来到主界面，主界面如下图所示：



每个图标代表一大功能（有些图标是需要连接相应模块预留的功能扩展），主界面顶部具有状态栏，显示芯片类型和时间等信息。

注意：这个时间是出厂程序的时间，可能和现在日期时间对应不上，这个需用户学完 RTC 实验后自行修改。DS0 指示灯会跟随时钟秒进行亮灭指示，表明系统工作正常。

在主界面上面，我们可以通过点击任何一个图标，即可进入该图标的功能。接下来，我们给大家介绍综合实验效果。

在一些不含返回键的界面下，都可以通过按 KEY1 按键返回上一级，直至返回到主界面。在介绍完系统启动之后，我们开始介绍各个功能。

### 1.2.1 LED

点击主界面的 LED 图标，即可进入如下界面：



上图中，我们可以看到有如下几个功能的测试：

#### （1）LED 测试

操作 LED1、LED2、Start 按钮来控制开发板上的 LED 状态，LED1 和 LED2 按钮分别控制，Start 按钮实现流水灯效果。同时屏幕上 led1 和 led2 会相应变化。

注意：①由于 RTC 中控制着 DS0，所以 DS0 指示灯会感觉不受控制，但我们



操作按钮还是有变化的。②在操作 LED1 或 LED2 按钮时，不能同时再操作 Start 按钮，需要等对方关闭后再操作即可。

### （2）红外遥控测试

我们可以使用配置的红外遥控器，抽调其中的电池绝缘片，然后即可将遥控器对这开发板上红外接收头按下任意键，此时屏幕上的“红外解码数据”就会显示对应的键值码。

### （3）光敏传感器测试

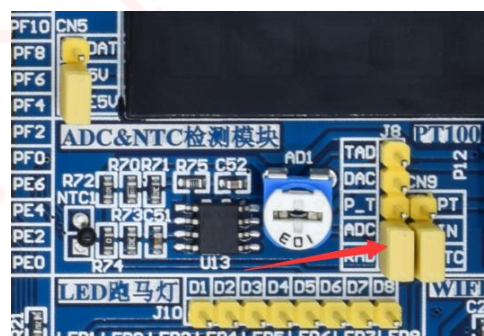
开发板板载一颗光敏传感器，位置如下：



我们用手机手电筒照射它，此时屏幕上的“光照强度”就会显示 0-100 的范围，光照越强，值越大。

### （4）电位器 ADC 测试

开发板板载一个电位器，通过黄色跳线帽与 STM32 的 ADC 管脚相连，我们需要确保黄色跳线帽短接位置如下：

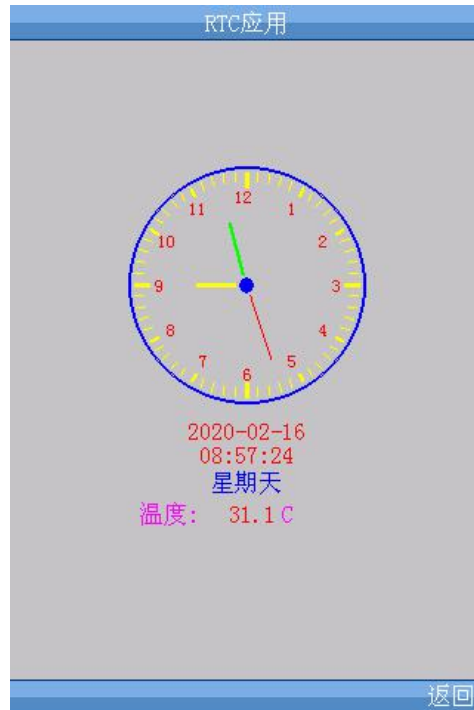


用手去转动电位器，此时屏幕上“电位器 ADC 值”就会显示 0-4095 的范围，通过这个值即可换算成电压。

点击屏幕左下角的“返回”按钮即可退出，回到主界面。

## 1.2.2 时钟

点击主界面的时钟图标，即可进入如下界面：



上图可对 RTC 时钟、DS18B20 温度传感器进行检测，如果没有 DS18B20，同样也会显示温度，是芯片内部温度传感器检测的。

注意：这个时间是出厂的时间，可能和现在日期时间对应不上，这个需用户学完 RTC 实验后自行修改。当然用户也可自行在综合实验基础上增加这个功能。

点击屏幕左下角的“返回”按钮即可退出，回到主界面。

### 1.2.3 计算器

点击主界面的计算器图标，即可进入如下界面：





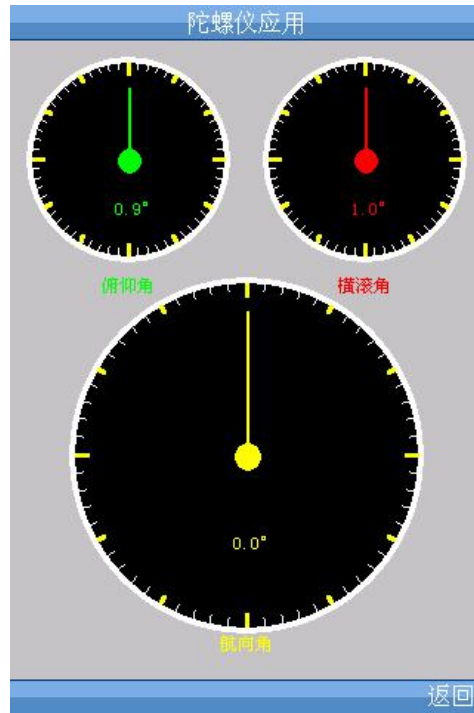
上图一个简单的科学计算器，可以计算加减乘除、开方、平方、 $M^N$  次方、正弦、余弦、正切、对数、倒数、格式转换等一些常见的计算器功能，精度为 12 位，支持科学计数法表示，支持累加功能。

该计算器还支持格式转换（按 FMT 键），可以将十进制数据（最大为 65535，超过部分将被丢弃）转换为 16 进制/二进制数据表示，

点击屏幕左下角的“返回”按钮即可退出，回到主界面。

#### 1.2.4 3D

点击主界面的 3D 图标，即可进入如下界面：



上图可对 MPU6050 传感器进行检测，检测正常则会显示。如果不显示或显示错误，可以点击返回键，重新进入。我们使用 3 个指针盘来显示 MPU6050 检测的俯仰角、横滚角和航向角。我们摆动开发板，指针盘指针则会发生变化。

点击屏幕左下角的“返回”按钮即可退出，回到主界面。

### 1.2.5 相册

点击主界面的相册图标，即可进入文件浏览界面，找到存放图片的文件夹，如下界面：



上图中，左侧的图是我们刚刚进入的时候看到的界面（类似在 XP/WIN7 上打开我的电脑），可以看到我们有 2 个盘，磁盘名字分别是：SD 卡和 PRECHIN。SD 卡是我们 SD 卡的卷标（即磁盘名字），PRECHIN 是板载 SPI FLASH 磁盘的卷标。注意：如果没有插入 SD 卡，则只会显示 PRECHIN 这一个卷标。我们可以选择任何一个磁盘打开，并浏览里面的内容。

界面的上方显示文件/文件夹的路径。如果当前路径是磁盘/磁盘根目录则显示磁盘图标，如果是文件夹，则显示文件夹图标，另外，如果路径太深，则只显示部分路径（其余用...代替）。界面的下方显示磁盘/文件夹信息。

界面的下方，显示磁盘信息/当前文件夹信息。对磁盘，则显示当前选中磁盘的总容量和可用空间，对文件夹，则显示当前路径下文件夹总数和文件总数，并显示你当前选中的是第几个文件夹/文件。

我们点击 SD 卡磁盘，选择图片存放的文件夹，如下：



左侧是文件浏览的界面，可以看到在 PICTURE 文件夹下总共有 6 个文件，包括 gif/jpg/bmp 等，这些都是相册功能所支持的格式。右侧图片显示了一个 JPG 格式图片，并在其左上角显示当前图片的名字。当然，我们也可以播放 bmp 和 gif 文件。

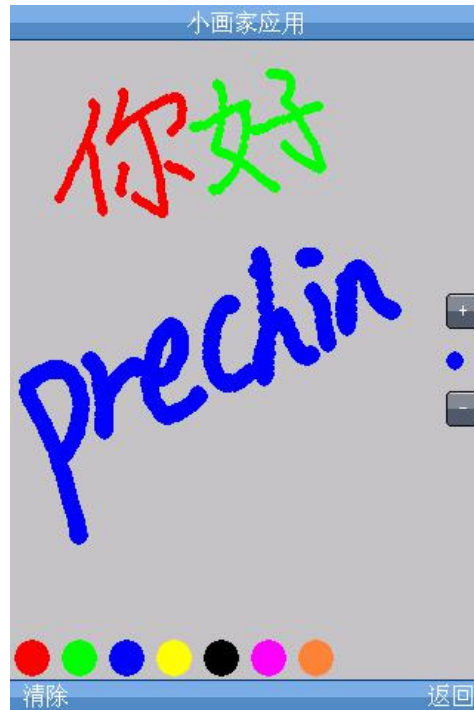
对于 bmp 和 jpg 文件，基本没有尺寸限制（但图片越大，解码时间越久），但是对于 gif 文件，则只支持尺寸在 LCD 分辨率以内的文件（因为 gif 图片我们不好做尺寸压缩处理），超过这个尺寸的 gif 图片将无法显示。

我们可以通过按屏幕的上方（1/3 屏幕）区域切换到上一张图片浏览；通过按屏幕的下方（1/3 屏幕）区域切换到下一章图片；通过单击屏幕的中间（1/3 屏幕）区域可以暂停自动播放，同时 DS1 亮，提示正在暂停状态，同样，通过按 KEY1 键，可以返回文件浏览状态。点击屏幕左下角的“返回”按钮即可退出，回到主界面。

注意：只有当上一张图片显示完成后才可通过屏幕触摸切换下一张。

## 1.2.6 小画家

点击主界面的小画家图标，即可进入绘画界面，如下界面：

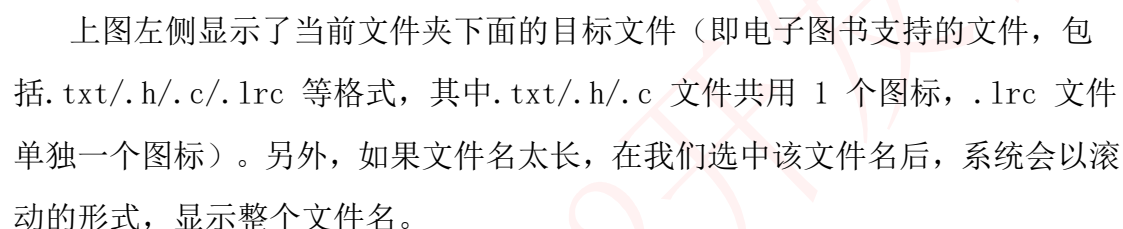


我们可通过屏幕右边的+和-按钮来调节画笔粗细，还可点击屏幕下方的颜色块来选择画笔颜色。若想重新绘画，可点击屏幕左下角“清除”按钮。若绘画完成需要保存，可以使用截屏功能，按下 KEY0 按键即可，图片保存在 SD 卡的 PHOTO 文件夹下。可使用相册功能查看。

点击屏幕左下角的“返回”按钮即可退出，回到主界面。

### 1.2.7 电子书

点击主界面的电子书图标，即可进入文件浏览界面，找到存放电子书的文件夹，如下界面：



文本阅读是将整个文本文件加载到外部内存里面来实现的，所以文本文件最大不能超过外部内存总大小，即 40KB（这里仅指受内存管理的部分，不是整个 SRAM 的大小）。当我们想退出文本阅读的时候，通过按 KEY1 按键实现，按一下 KEY1 键，则又回到查找目标文件状态（左侧图），按返回按钮可以返回上一层目录，如果再按一次 KEY1 则直接返回主界面。

点击主界面的记事本图标，首先弹出模式对话框，用来选择是新建文件还是打开已有文件，记事本支持 2 种模式：①新建文本文件，这种方式完全新建一个文本文件（以当前系统时间命名），用来输入信息。②打开已有文件，这种方式可以对已有的文件进行编辑。打开后界面如下：



上图中的界面为我们选择新建文本文件后的界面，此时出现一个空白编辑区和一个闪烁的光标，我们通过下方的键盘输入信息即可，这个输入键盘和我们的手机键盘十分类似，输入方法也是一模一样，支持中文、字母、数字等几种输入方式。

只要新建文本文件有被编辑过，那么在返回（按 KEY1 键返回）的时候，系统会提示是否保存，如下图所示：





上图中，提示保存界面，如果选择确定，该文件将被保存在 SD 卡根目录的 TEXT 文件夹里面。当然我们还可打开已有文件进行编辑，这样我们就可以在开发板上编辑.txt/.h/.c/.lrc 文件了。

## 1.2.9 读卡器

在操作之前，请确认下开发板上的 P9 端子是否切换到 USB 端（即 PA11 与 D- 连接，PA12 与 D+ 连接），如下：



上图是短接在 USB 端的，如果做 CAN 通信实验要短接到 CAN 端。

点击主界面的读卡器图标，如果开发板的 USB 端口没有连接电脑，则显示无连接，如下：



上图中，左侧的图片显示开发板没有和电脑连接上。此时，我们找一根 USB 线，连接开发板的 USB\_Slave 端口和电脑的 USB，然后，可以看到开发板提示 USB 已连接，并显示 USB 正在读数据，同时我们在电脑上面，可以看到右下角提示发现新硬件，并自动安装驱动（如果是第一次连接的话），如下图所示：



此时，我们打开我的电脑，即可找到可移动磁盘，如果有 SD 卡插入，那么会显示 2 个磁盘：SD 卡磁盘和 PRECHIN 磁盘。如果没有 SD 卡插入，则只显示 PRECHIN 磁盘。这里的 PRECHIN 磁盘即开发板板载的 SPI FLASH Disk。

这样，开发板就类似于 USB 读卡器，我们就实现了开发板和电脑的 USB 连接，可以直接从电脑拷贝文件到开发板的 SD 卡或者 FLASH Disk（即 W25Q128）。

这里再次提醒大家，如非必要，不要往 FLASH Disk 写入数据！否则容易写坏 SPI FLASH。

点击屏幕左下角的“返回”按钮即可退出，回到主界面。

## 1.2.10 以太网

预留，需要使用普中 PZ-ENC28J60 以太网模块。

## 1.2.11 音乐

预留，需要使用普中 PZ-VS1053 MP3 模块。

## 1.2.12 照相机

本照相机支持 普中 PZ-0V7670/0V7725 这两款 30W 像素的 CMOS 摄像头模块，本照相机的特点有：

①支持 BMP 拍照（拍下的 bmp 分辨率为 LCD 分辨率），按 KEY\_UP 拍 BMP 照片。

②支持 30 帧全速预览。

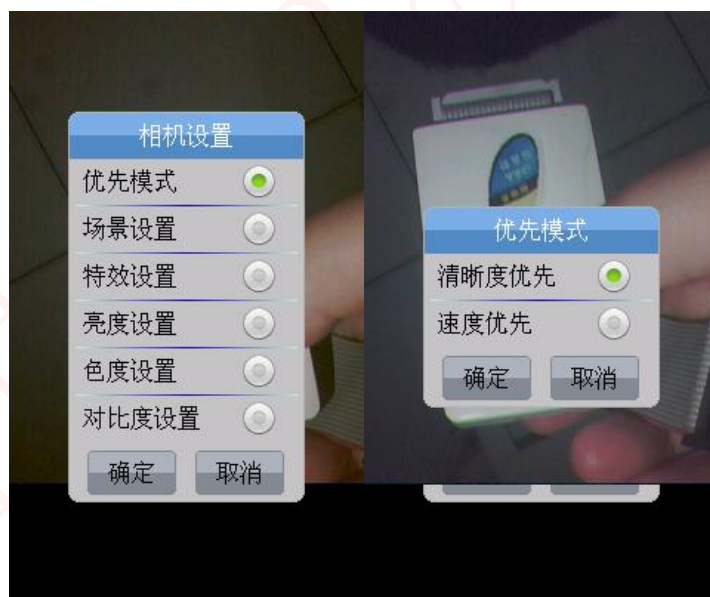
③支持各种参数设置，包括：场景、特效、曝光、亮度、色度和对比度等。

点击主界面的照相机图标，首先初始化 0V7725/0V7670 摄像头模块，在初始化 0V7725/0V7670 之后，进入等待拍照模式，等待拍照时，显示区域只有一部分，并没有全屏显示，因为 PZ-0V7725/PZ-0V7670 模块，输出分辨率一般是

用 240\*320，而我们演示用的屏幕分辨率为 240\*400，所以，只有一部分区域有图像显示，其他区域用黑色填充。如下图所示：



此时我们可以通过点击屏幕，弹出相机设置对话框，对摄像头的参数进行设置，如下图：



在相机设置界面，我们可以对很多参数进行调节。右侧的图片为优先模式设置，支持速度优先和清晰度优先（通过降低帧率实现）两种模式，我们默认的是速度优先模式。

再看看场景设置和特效设置，如下图所示：



场景设置支持 5 种常用场景，特效设置支持 6 种特效（不含普通模式），我们可以根据自己的需要选择。其他设置用户可自行体验。

在个参数设置好之后，我们按下 KEY\_UP 按键，就会执行拍照操作，在照片保存期间 DS1 亮，保存完后蜂鸣器发出“滴”的一声，提示拍照成功，同时弹出拍照成功对话框。

照片文件的命名还是以当前时间为名字命名的。我们将所有的照片都保存在 SD 卡的 PHOTO 文件夹。如果你没有插入 SD 卡，拍照时会提示“创建文件失败，请检查 SD 卡！”的提示信息。另外，如果你觉得照片模糊，可以手动调节摄像头模块的镜头，进行调焦，以达到最佳效果。

如需返回，可按 KEY1 按键。

### 1.2.13 通信

点击主界面的通信图标，显示界面如下：



从图中可知，支持 CAN、RS232、RS485 功能的测试。可以点击屏幕任意一功能测试。下面来看下各子功能：

#### （1）CAN 测试

点击屏幕“CAN 测试”按钮，进入 CAN 测试界面，如下：

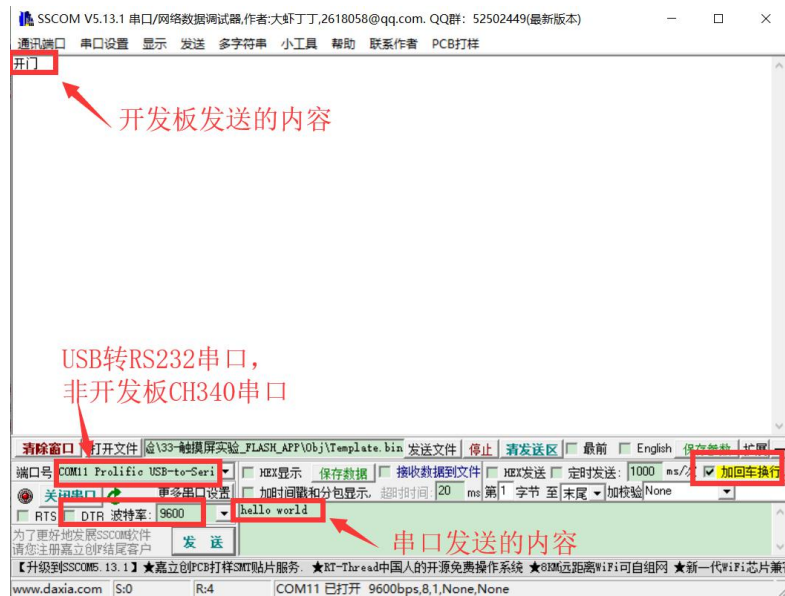


我们可以点击“模式”按钮切换 CAN 通信的模式，回环模式还是正常模式。回环模式用于自测，正常模式需要两块开发板对接 CAN 来测试，这里以回环演示。点击屏幕上“发送”按钮，则数据“01234567”会发送出去，同时“数据接收”栏则会显示对应的数据。

可以点击屏幕右下角“返回”按钮，返回主界面。

## (2) RS232 测试

我们需要提前准备好一条 USB 转 RS232 线,用于与开发板的 RS232 接口连接,连接好后,打开资料“..\5--开发工具\4-常用辅助开发软件\串口调试助手\串口调试助手(丁丁)”中串口助手软件,将其设置如下:

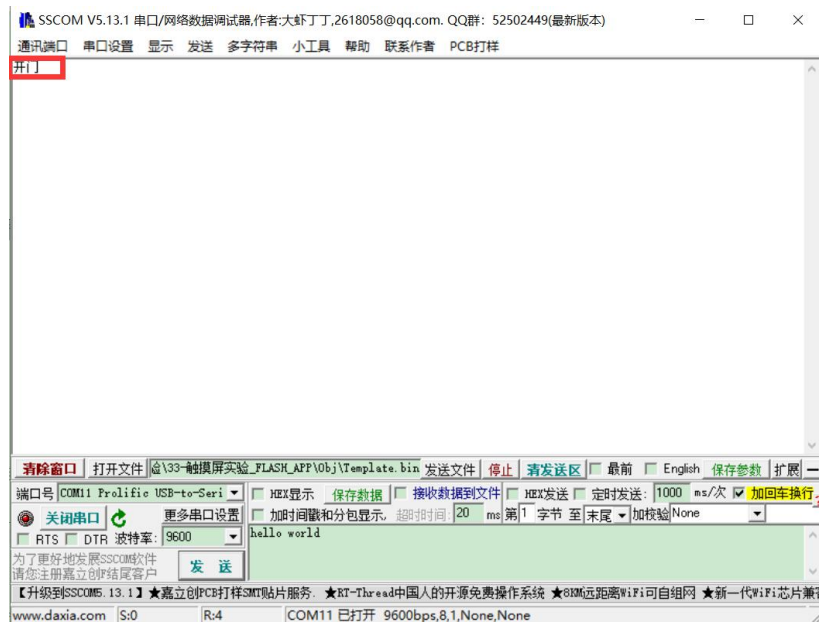


点击屏幕“RS232 测试”按钮,进入 RS232 测试界面,如下:



我们将光标定位到数据发送区中,默认发送区是有数据的,可以通过键盘中的删除按钮删除默认的数据,然后输入自己要发送的数据内容,这里我们输入“开

门”，点击屏幕的“发送”按钮，此时串口助手就会接收到开发板发送的内容。  
如下：

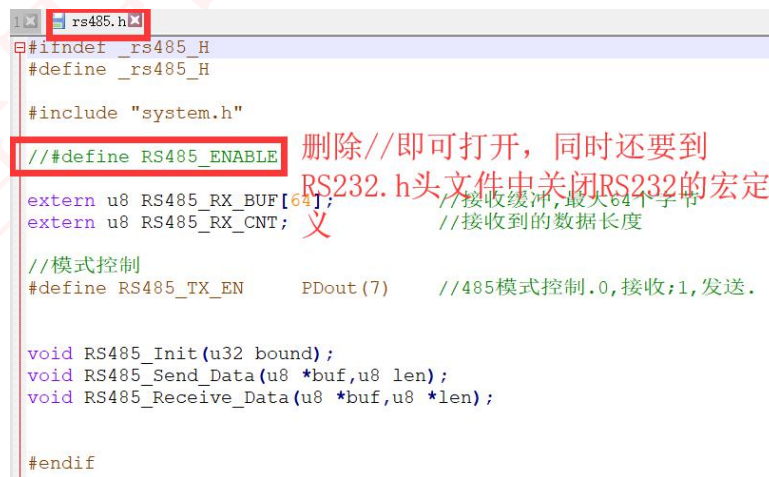


然后通过串口助手也可发送数据给开发板，比如在串口助手上输入 hello world，注意一定要勾选“发送新行”，点击发送。在屏幕上就会显示串口助手发送的内容，见上图。

可以点击屏幕右下角“返回”按钮，返回主界面。

### (3) RS485 测试

因为开发板 RS232 与 RS485 共用 STM32 的 USART2，所以在实验程序中要进行设置，关闭 RS232，使能 RS485。如下：



我们需要提前准备好一个 RS485 转 RS232 模块和一条 USB 转 RS232 线，模块用于与开发板的 RS485 连接，模块中的 RS232 与 USB 转 RS232 线连接。连接好后，



打开串口助手，与 RS232 一样设置。RS485 测试界面与 RS232 一样，这里就列出。

### 1.2.14 飞书

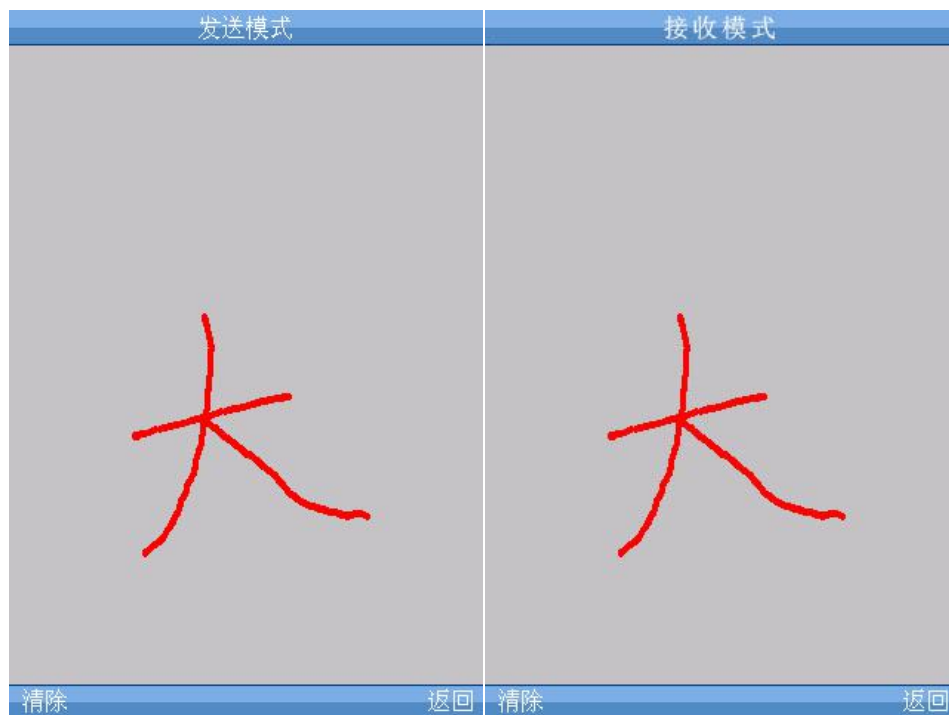
该功能用来实现两个开发板之间的无线数据传输，在开发板 A 输入的内容，会在开发板 B 上完整的“复制”一份，该功能需要 2 个开发板和 2 个普中 PZ-NRF24L01 无线模块。

点击主界面的飞书图标，显示界面如下：



根据上图的提示窗口，我们可以选择发送或接收模式，注意：当开发板 A 选择了发送模式，那么开发板 B 就要选择接收模式，反之亦然。

在本开发板 A 手写输入一些内容，就可以看到在另外一个开发板 B 也出现了同样的内容，如下图所示：



可以点击屏幕右下角“返回”按钮，返回主界面。

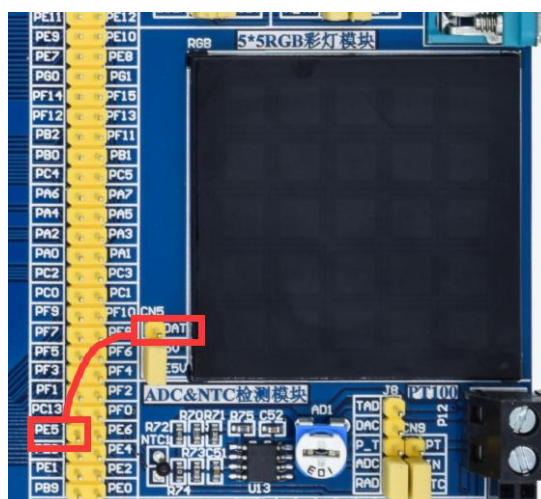
### 1.2.15 电话

预留，需要使用普中 PZ-SIM800C GSM/GPRS 模块。

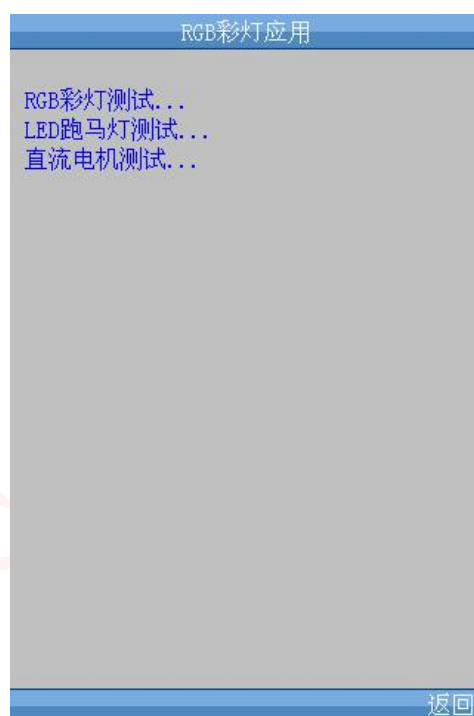
### 1.2.16 RGB 彩灯

#### (1) RGB 彩灯测试

我们需要提前准备好一根杜邦线，将 5\*5RGB 彩灯模块旁的 CN5 端子上 DAT 脚与 STM32 的 PE5 脚连接。如下所示：



然后点击主界面“RGB 彩灯”图标，显示界面如下：



首先 5\*5RGB 彩灯模块依次按照红色、绿色、蓝色全显。然后按照红、绿、蓝、白、黄色循环显示 0-F 字符。实验中选取的颜色种类不多，大家可以选取更多颜色显示，还可以根据例程提供好的 API 函数设计非常漂亮的动画都是可以的。

## (2) LED 跑马灯测试

需要提前准备好 8 根杜邦线，将 LED 跑马灯模块的 J10 端子 D1-D8 脚按照顺序与 STM32 的 PF0-PF7 脚连接。如下所示：

直流电机旋转。