

工程训练（电子工艺实习）
电子小制作操作指导书
(**2022秋**)

实验与创新实践教育中心

目 录

1. 元器件实物识别	3
1.1 制作包检查	3
1.2 元器件识别及元器件分类摆放	4
2. PCB 板焊接步骤	5
2.1 试焊接	5
2.2 焊接芯片	5
2.3 焊接电容及其他电阻元件	5
2.4 焊接二极管	6
2.5 焊接单片机	6
2.6 焊接 LED 灯	6
2.7 焊接轻触按钮	6
2.8 焊接电池扣	7
3. 调试	7
3.1 正确安装电池	8
3.2 常见调试过程出现异常的解决方法	8
3.2.1 供电异常	8
3.2.2 字模或图形显示异常	9
4. 组装与制作	19
4.1 安装轴承	19
4.2 安装亚克力外壳	20
5. 使用方法	23
6. 程序烧录问题	23

焊接调试——三叶指尖陀螺仪

本次实验所制作的三叶指尖陀螺仪，是利用轴承滚动原理达到旋转效果。单片机根据字模控制LED高速闪烁发光，利用人眼的视觉暂留现象，呈现出文字或者图片的效果。制作包内部焊接配件包括一个PCB板，电阻、电容、单片机、LED灯、其他芯片等器件，安装配件包括亚克力板、螺丝、轴承以及USB程序下载器等。实验需要完成元器件的识别、PCB板的器件焊接、组装。调试成功以后可以通过USB程序下载器连接到PC机下载串口调试程序，根据自己的喜好设计个性化显示字符或图形。

制作包包含，如图1所示：

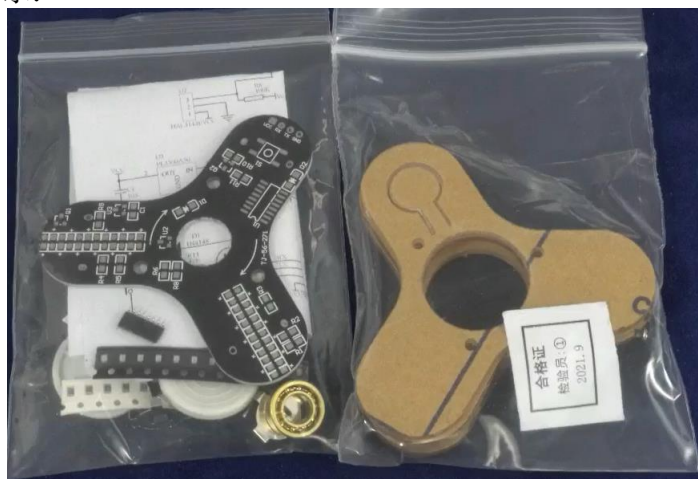
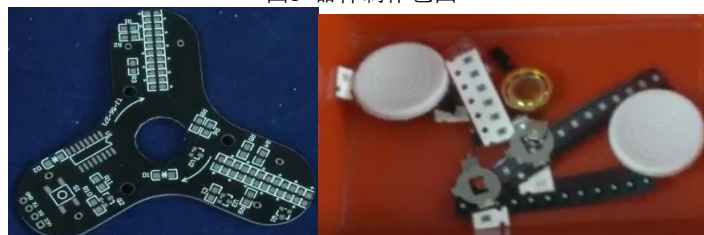
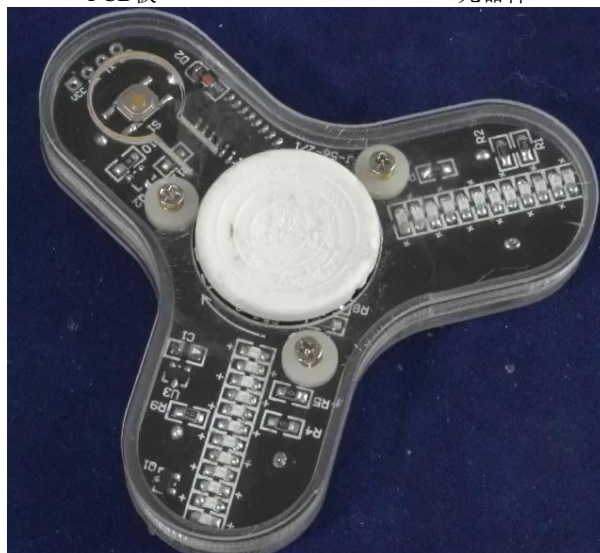


图1 器件制作包图



PCB板

元器件



三叶陀螺仪成品

1. 元器件实物识别

1.1 制作包检查

元器件清单如下表1所示。

表1 三叶陀螺仪元件清单

元件名	PCB位号标识	参数规格	封装	数量
电阻	R1-R6	470 Ω	0805	6
	R8、R9	100k Ω	0805	2

	R10	30 k Ω	0805	1
	R11	47 k Ω	0805	1
电容	C1	1 μ F	0805	1
LED灯	LED1-LED12	红色	0805	12
	LED13-LED24	蓝色	0805	12
二极管	D1、D2	1N4148	1206	2
芯片	U1	单片机STC15W404AS	SOP16	1
	U2	单极性霍尔HAL3144E (丝印44E)	SOT-23	1
	U3	集成稳压器PL3500A50 (丝印HT50)	SOT-23	1
开关管	Q1	场效应管A03401 (丝印A19T)	SOT-23	1
	Q2	三极管(丝印J3Y)	SOT-23	1
轻触开关	S1	5*5铜头	4脚贴片	1
电池扣	BT1-BT3	电池扣	直插	3
纽扣电池	CR1220	3V纽扣电池	12.5*2.0mm	3
J1	单排弯针	不要焊接	4P	1
	上轴承盖(盖内有装磁铁的小孔)			1
	下轴承盖(没有小孔)			1
	磁铁			1
	轴承	6214		1
	PCB	三叶陀螺仪PCB		1
	USB下载器	PCB成品		1

1.2 元器件识别及元器件分类摆放

将表1中的器件按器件的不同类型进行摆放、备检。注意器件包里的数量不多不少，一定要小心不要弄丢，否则影响三叶陀螺仪的正常工作，丢失重要器件三叶陀螺仪甚至无法工作。

将数字万用表取出，使用万用表完成以下元器件识别。



图2 万用表

1、识别电阻

小心撕掉电阻的塑料封，可用镊子辅助。根据电阻上的丝印读阻值。使用万用表的电阻档（画 Ω 的区域），测量各电阻阻值记录在表2中，注意电阻档有很多量程。

表2 电阻识别

元件名	PCB位号标识	参数规格	测量结果 (多个电阻只记录一个值)
电阻	R1-R6	470 Ω	
	R8、R9	100k Ω	
	R10	30 k Ω	
	R11	47 k Ω	

小心撕掉二极管的塑料封，可用镊子辅助。万用表设置在二极管档位（画 ∇ 的区域）。注意区分二极管的阴极、阳极（黑色那端是阴极）。红色表笔接二极管的阳极，黑色表笔接二极管的阴极，测量的D1、D2导通压降记录在表3中。测量LED灯也要注意阴极、阳极（绿色那端是阴极）。把红色表笔接到LED阳极，黑色表笔接到LED阴极，观察是否亮灯，记录在表3中。注意这两种灯颜色不一样不能混在一起。

表3 二极管识别

元件名	PCB位号标识	参数规格	导通压 /是否全亮
二极管	D1、D2	1N4148	
	LED1-LED12	红色	
	LED13-LED24	蓝色	

2. PCB板焊接步骤

一定将烙铁放置在烙铁台上，严禁放在桌面上，避免烫伤。

熟悉一下使用电烙铁的注意事项，再次强调烙铁头容易氧化，不使用时可以将焊笔上镀一层锡，避免与空气接触氧化。

建议的焊接顺序（先焊接贴片元件，最后焊接3个电池扣）：

- 1、先用电阻练手（R1、R2、R3，这三个电阻远离其他器件），熟悉使用电烙铁。
- 2、熟悉之后建议焊接U2、U3、Q1、Q2（这些器件会与电阻较近需要先焊接，新手比较难操作）。
- 3、焊接剩下的电阻和电容。
- 4、焊接二极管。
- 4、焊接单片机。
- 5、焊接24个LED灯。
- 6、焊接轻触按钮。
- 7、焊接3个电池扣。

2.1 试焊接

焊接电阻练手（R1-R3，电阻不分方向），如图3所示。在电阻的一个焊盘预上锡，拿镊子把电阻对准丝印，把电阻的一个脚在预上锡的焊盘上焊实，然后再加锡焊电阻的另一个脚。



图3 焊接R1-R3

2.2 焊接芯片

焊接U2、U3、Q1、Q2时，要仔细对照实物上的丝印找到对应的器件名称，再焊接到PCB上的位置上，不要焊错位置。固定器件时建议使用单独的那个脚，焊接时丝印要对好。

焊接U2时尽量使HAL3144的位置升高，减小和轴承盖上磁铁的距离，使旋转起来的起点检测更灵敏，如图4所示。如果掌握不好就还是贴PCB焊接。

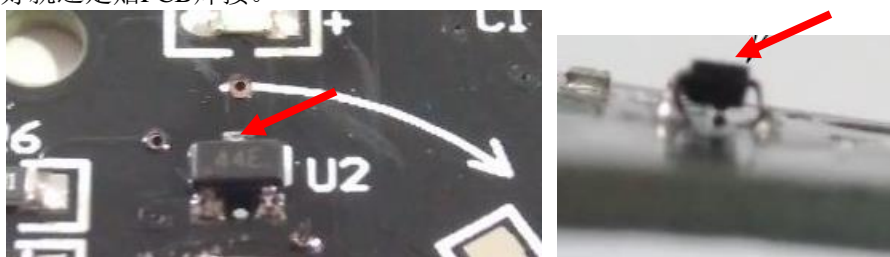


图4 焊接U2

2.3 焊接电容及其他电阻元件

焊接贴片电容C1（无极性电容，没有正负），与电阻焊接方式相似，如图5所示。焊接其他电阻时对照好器件清单，焊接方法已经描述过，不再赘述。



图5 焊接电容

2.4 焊接二极管

焊接D1、D2需要注意阴极、阳极，（二极管黑色端是阴极，PCB封装上带圆角的是阴极，如图6所示），PCB上的二极管丝印有二极管标识，可以对照焊接，注意丝印要对好。注意二极管是玻璃材质，不能暴力焊接或拆卸（加热时间过长），会造成二极管体破裂。

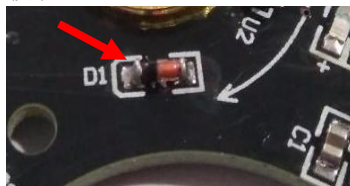


图6 焊接二极管

2.5 焊接单片机

焊接单片机（注意芯片方向，芯片有圆点对电路板缺口），如图7所示。焊接单片机时先在电路板一个引脚上加一点锡，再把芯片对准丝印焊接（注意芯片的两边都不能错位，注意芯片方向）。芯片的引脚比较小，间距比较短，焊接时容易出现虚焊以及连焊的现象。应该在焊接前清理焊笔，去除氧化部分（先用松香清洗，然后在湿海绵上清洗，然后再上焊锡），焊锡不应过多，否则可能导致相邻的引脚被焊上。如相邻引脚连锡，则用吸锡器把多余焊锡吸除。若出现虚焊，用清洗后的焊笔靠近引脚，等引脚上的焊锡融化将引脚焊实。

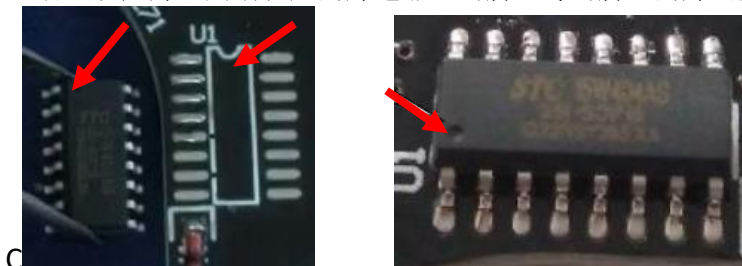


图7 焊接单片机

2.6 焊接LED灯

将LED有晶片的那面朝上放置，注意阴极和阳极（绿色的那端是阴极），把LED的阳极焊接在电路板上标“+”的位置上。注意PCB上的LED灯的阴极阳极是交错的，这是由电路图决定的，一定看好方向再落焊。

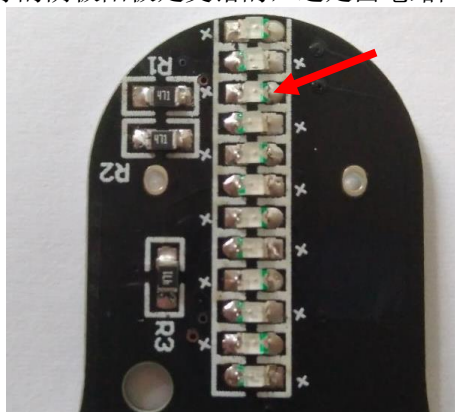


图8 焊接LED灯

2.7 焊接轻触按钮

焊接轻触按钮注意对齐丝印，多加一些焊锡将引脚焊实，如图9所示。



图9 焊接轻触开关

2.8 焊接电池扣

电池扣安装在PCB的背面的圆形丝印里，见图10。从正面（有贴片器件的那面）焊接两个引脚，见图10中画红色箭头的位置，插件较大需要多上些锡多加热一下，注意焊接完不要马上摸，容易烫手。

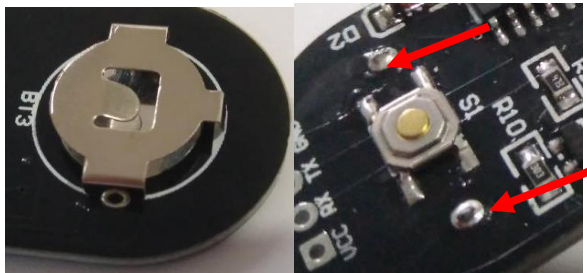


图10 焊接电池扣

J1处的排针位置空着不装，需要用串口传送数据时(下载程序或改字)，就把排针插到这个位置，用手固定住排针和杜邦线，等传送完毕后再把排针取下来。如把排针焊在J1上，就不能装入亚克力外壳，在旋转时有可能被转动的排针刺到，也不方便携带。

至此三叶陀螺仪的PCB板就焊接完成了，要仔细核对器件是否焊对，有无漏焊虚焊，可以万用表辅助检测。

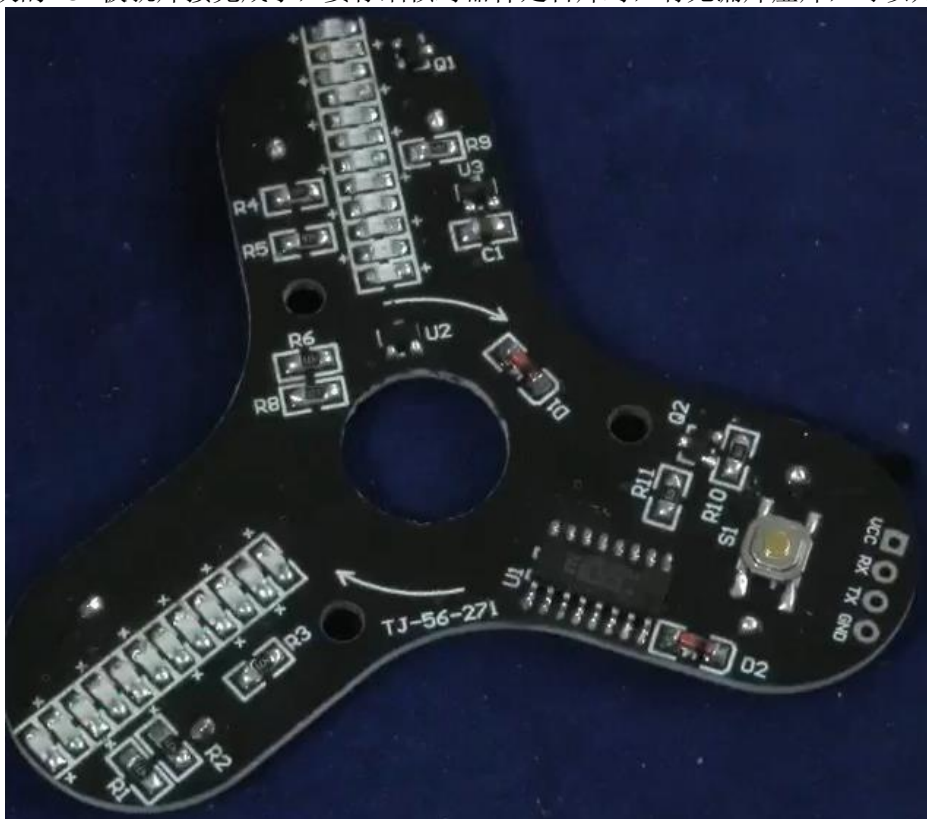


图11焊接完成的PCB板

3. 调试

调试前先要仔细检查PCB板：器件没有漏焊、虚焊，尤其要仔细检查单片机各管脚，间距近更容易虚焊、连锡，确定没有问题后再进行调试。

首先将万用表打到欧姆档测量C1两端的阻抗，如果电阻接近0欧姆，说明单片机的供电电源短路，这时千万不要长按轻触开关。先仔细检查单片机的引脚是否存在连锡，重点检查单片机6、7、8脚。再检查U3，是否存在

连锡或者损坏，直到C1两端不再短路再进行下面的调试步骤。

3.1 正确安装电池

电池是有正负极的，如图12所示的那一面有一个“+”代表是正极。将3个电池都是正极朝外装入电池扣中，在电路里就会形成电池串联，如图13所示。



图12 纽扣电池正极方向



图13 纽扣电池安装在电池扣上

3.2 常见调试过程出现异常的解决方法

3.2.1 供电异常

正常工作的现象：长按轻触开关，电源会上电，LED灯会闪烁发光。如发现LED灯不亮，尝试以下步骤：

1、检查电池是否安装正确，或者是否发生松动。

检测方法：使用万用表测量BT3+与BT1-之间电压是否在9V左右，测量位置如图14所示，红色表笔接红色箭头（BT3+），黑色表笔接蓝色箭头（GND）。如果有，说明电池组供电正常。

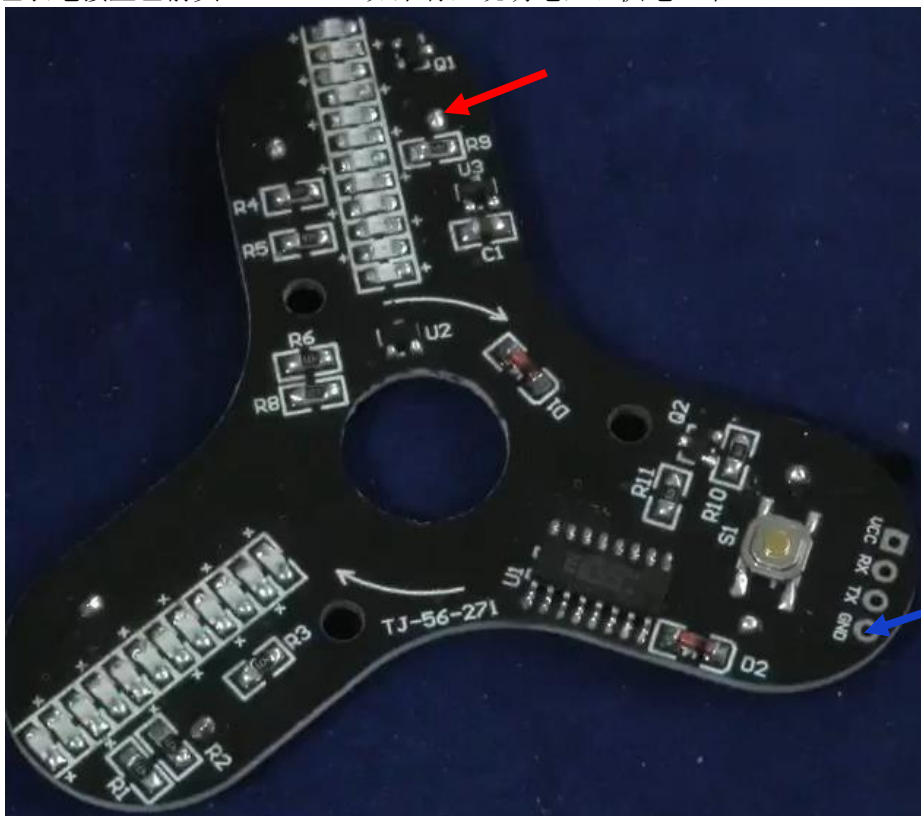


图14 纽扣电组供电测量

2、查看VCC电压是否正常

检测方法：长按轻触开关，用万用表测量贴片电容两端是否有5V的供电。

如果没有，说明供电电路部分存在问题。

（1）检测供电电路D1、D2、S1是否虚焊，D1、D2二极管的导通压降是否正常。

（2）判断S1开关焊接是否良好：按下释放S1开关测量开关两端是否有通断的现象：万用表打到欧姆档，测

试图15中两个箭头之间的电阻。按下开关电阻接近0，松开开关则显示“OL”表示超出量程。



图15 测试S1通断万用表探头的位置

3、检测供电电路是否漏焊虚焊。

供电部分的原理图见图16所示。供电源是右边的3个串联的型号为CR1220的纽扣电池组。CR1220纽扣电池的额定电压为3.0V，终止电压2.0V，额定容量40mAh，尺寸为12.5*2.0mm。

PL3500A50 (U3) 是使用 CMOS 技术开发的低压差，高精度输出电压，低消耗电压稳压器 (LDO)，输出电压是5.0V (VCC) 给单片机供电。内置低通态电阻晶体管，因而压差低，能够获得较大的输出电流。为了使负载电流不超过输出晶体管的电流容量，U3芯片内部还有过载电流保护电路、短路保护电路。PL3500A50供电端电压不超过6.5V，而纽扣电池组电压是6~9V，所以设计了降压电路。降压电路的构成包含器件Q1、R9、D1、D2、S1。这样纽扣电池组供给PL3500A50的电压就在正常工作范围内。在接USB烧录程序时，降压电路的构成包含器件Q1、R9、Q2、R10、R11，使U3正常工作给单片机提供5V电压。

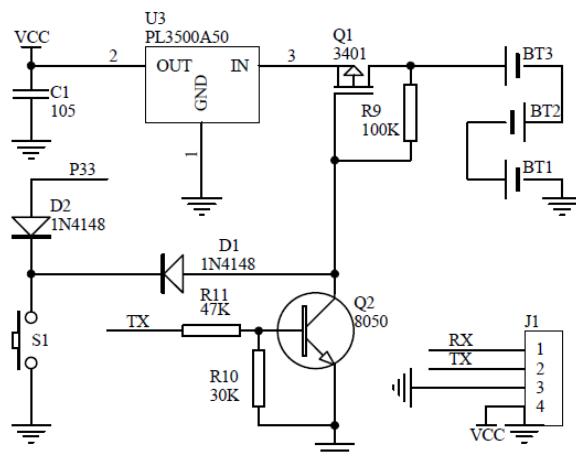


图16 三叶陀螺仪供电原理电路图

直到长按轻触开关，LED灯会闪烁发光，系统供电才正常。

3.2.2 字模或图形显示异常

(一) 硬件排查：

检查方法：某些LED供电通路存在断路，按照最有可能的顺序往下排查：

- 1、LED灯最可能在焊接过程中坏掉或者虚焊，使用万用表打到二极管档，一个一个的测量灯是否亮。
- 2、单片机PIN1-PIN4，PIN15、PIN16虚焊。
- 3、电阻R1-R6虚焊。

显示部分的原理如下：

通过霍尔元器件HAL3144检查起点并测量三叶指尖陀螺仪的转速，如图17所示。将霍尔元件检测的转速值传送给单片机STC15W404AS。转速不平稳会影响LED的显示内容，所以在单片机中加入了显示消抖动的程序，这样就可以根据转速调节显示字体或者图片的宽度，避免转速变化导致的失真。

感兴趣的同学可以自行在QQ群里下载STC15系列单片机-STC15W404AS.PDF，查阅这款单片机的手册，方便在字模设计时自主开发。

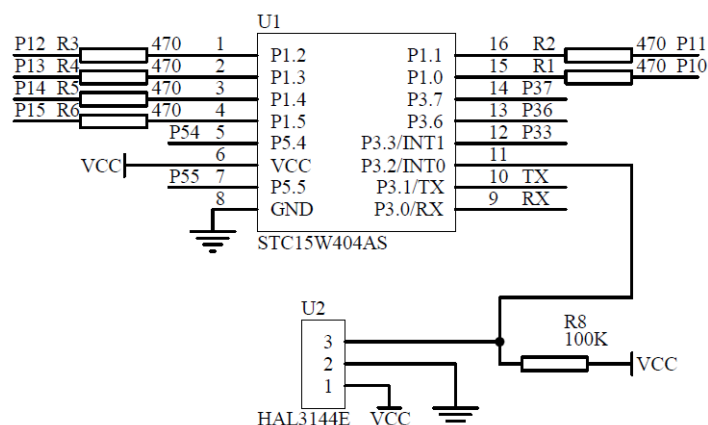


图17 三叶陀螺仪成像原理电路图

单片机的P1.0-P1.5被设置成I/O功能，控制LED1-LED24的亮暗完成显示功能，如图18所示。

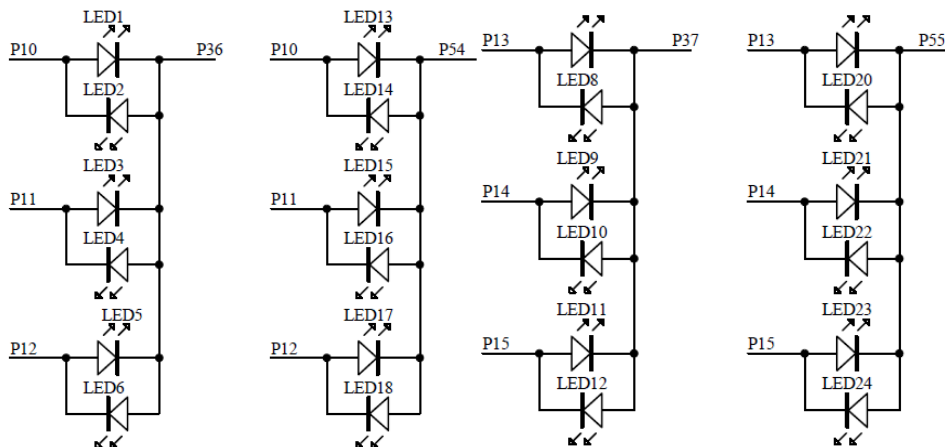


图18 三叶陀螺仪LED显示电路图

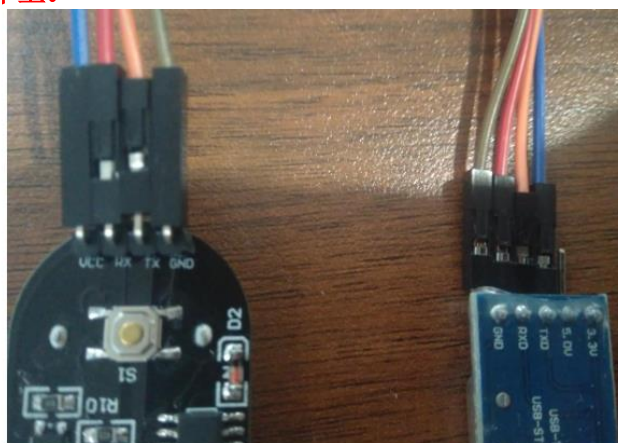
(二) 软件排查：

三叶指尖陀螺在调试过程中字模不能变换，即LED灯不能闪烁发光，旋转后不能显示呈现出文字或者图片的效果，单片机呈死机状态（LED灯状态不能刷新呈常亮状态），此时需要重新烧录程序解决。

1、通讯线连接

(1) 去掉一颗电池以确保指尖陀螺处于断电状态。

(2) 把一个 4P 的弯排针插到指尖陀螺电路板的下载接口上，**请参照图19接线，一定要注意RXD接RX，TXD接TX，不要接错，否则通讯不上。**



串口模块和三叶指尖陀螺的连线如下

5.0V ----- VCC
GND ----- GND
RXD ----- RX
TXD ----- TX

图19 USB连接线顺序

2、软件安装

(1) 安装STC-ISP软件

运行 STC 单片机程序下载软件 STC-ISP，文件位置在资料中的《单片机程序下载软件STC-ISP》文件夹中，先解压其中的压缩文件“stc-isp-15xx-v6.85H.zip”，在解压出来的文件中双击“stc-isp-15xx-v6.85H.exe”即可运行，运行后界面如下。

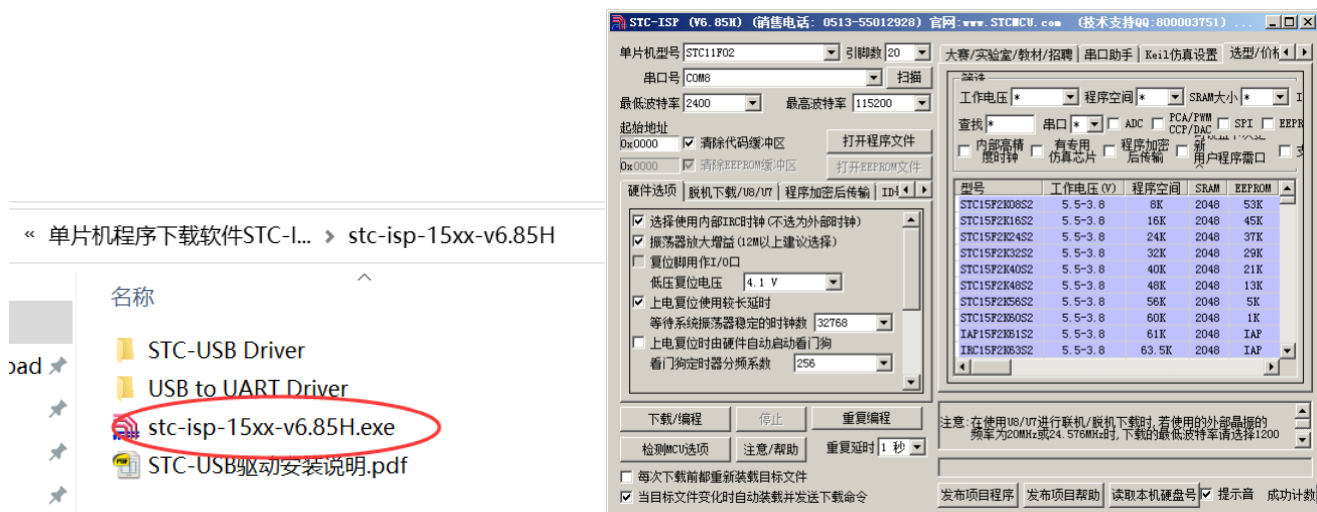


图 20 安装运行 stc-isp-15xx-v6.85H.exe

在“单片机型号”下拉框中找到两叶指尖陀螺的单片机型号“STC15W404AS”或“STC15W408AS”（根据自己芯片上的丝印确定是哪个）

单击“打开程序文件”按钮，选中要下载到单片机的程序文件。

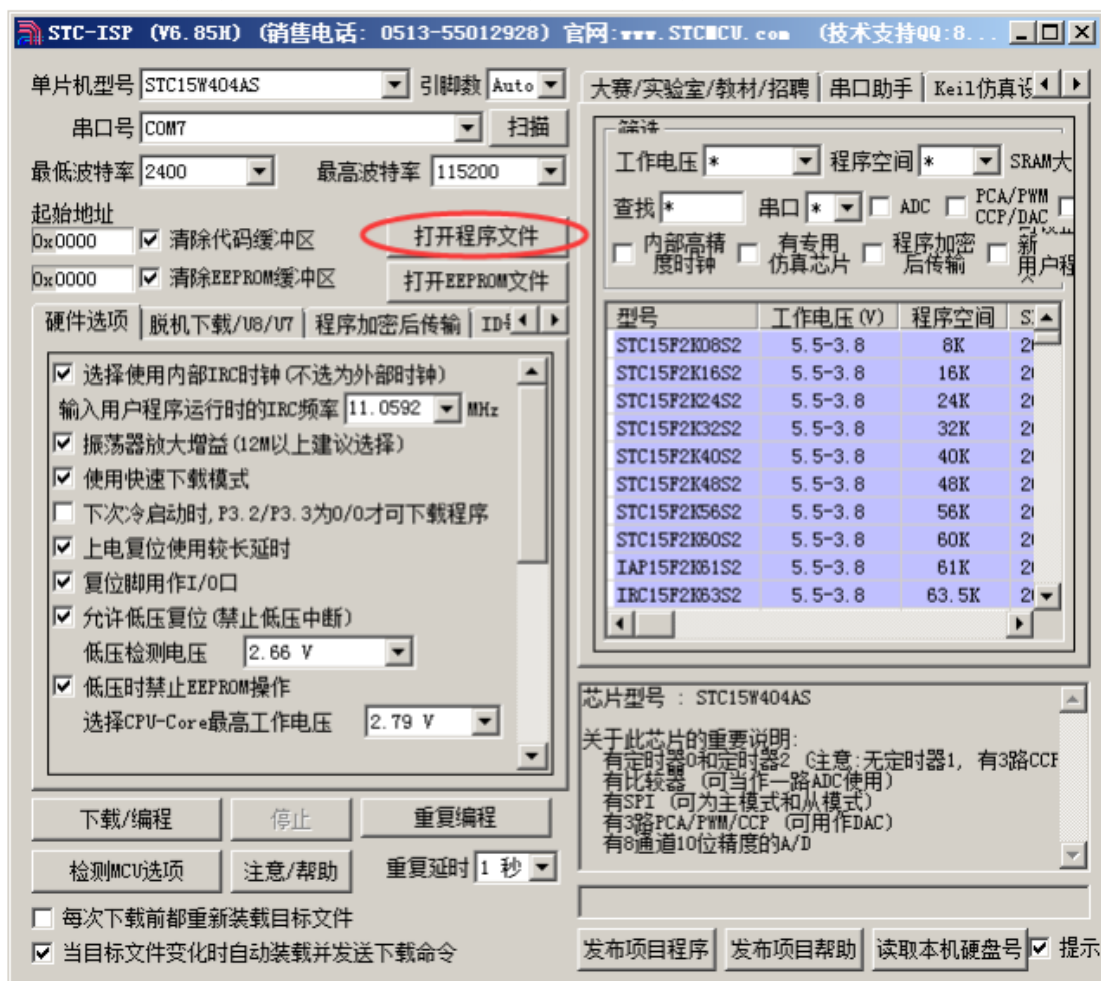


图 21 打开程序文件

这里的程序文件指后缀名为“.hex” (不分大小写)的文件。

选择霍尔式三叶指尖陀螺资料\上位机改字工具\上位机改字单片机程序\STC15W408AS单片机中的三叶指尖陀螺.hex文件

(若丝印为STC15W404AS, 路径为霍尔式三叶指尖陀螺资料\上位机改字工具\上位机改字单片机程序\STC15W404AS单片机中的三叶指尖陀螺.hex文件)

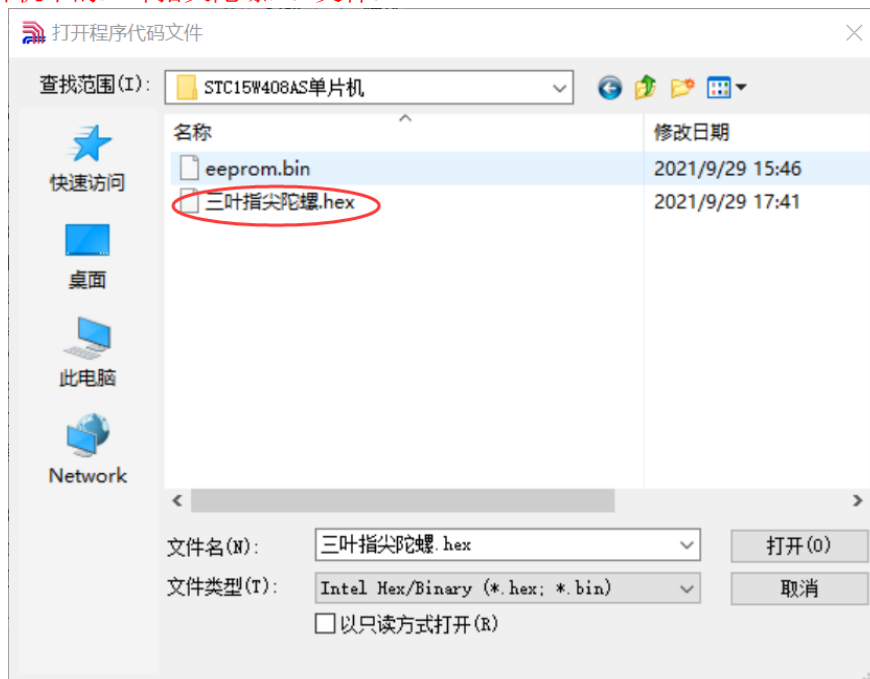


图 22 打开.hex 文件

单击“打开EEPROM文件”按钮，选中要下载到单片机的EEPROM文件。

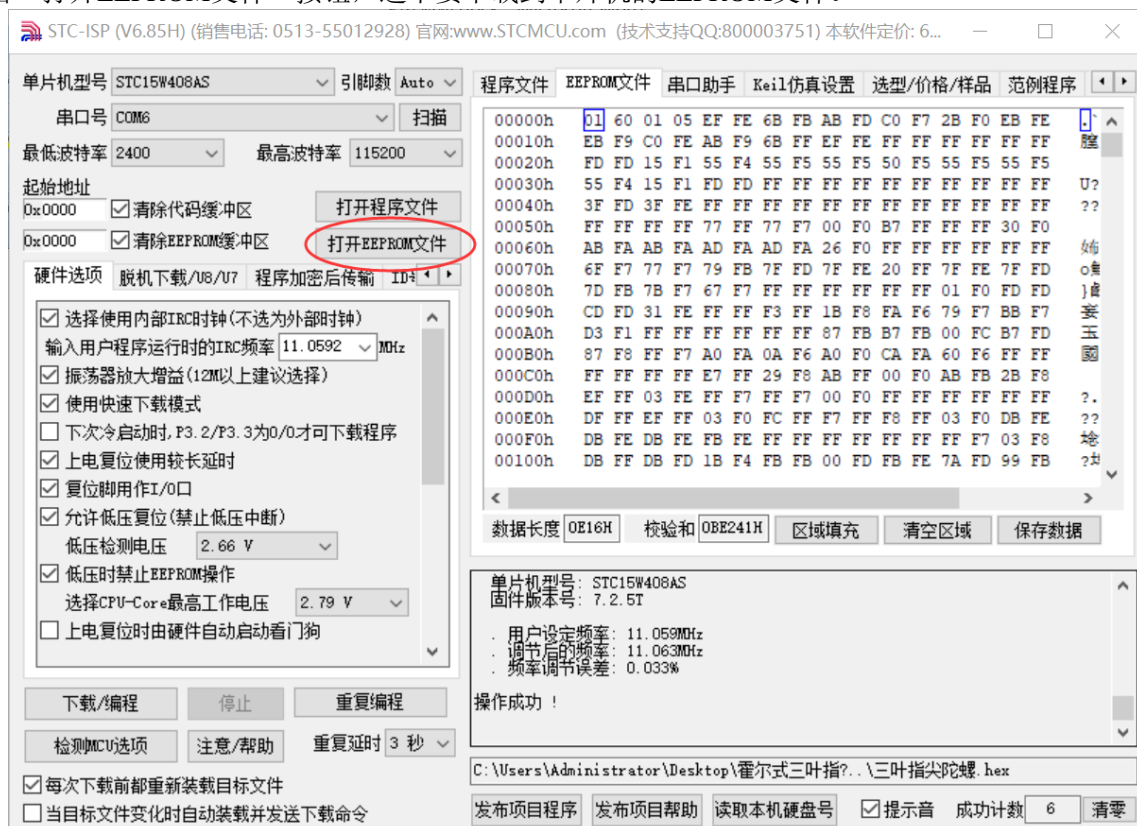


图 23 打开 EEPROM 文件

选择霍尔式三叶指尖陀螺资料\上位机改字工具\上位机改字单片机程序\STC15W408AS单片机中的eeprom.bin文件。

(若丝印为STC15W404AS, 路径为霍尔式三叶指尖陀螺资料\上位机改字工具\上位机改字单片机程序\STC15W404AS单片机中的eeprom.bin文件)

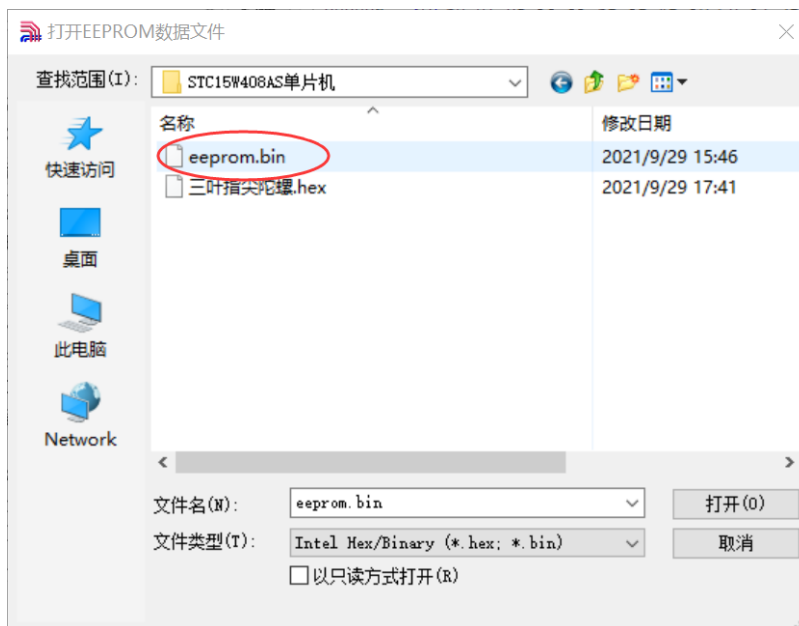


图 24 打开 eeprom.bin 文件

下图红框内的“硬件选项”不要动，使用其默认设置即可。

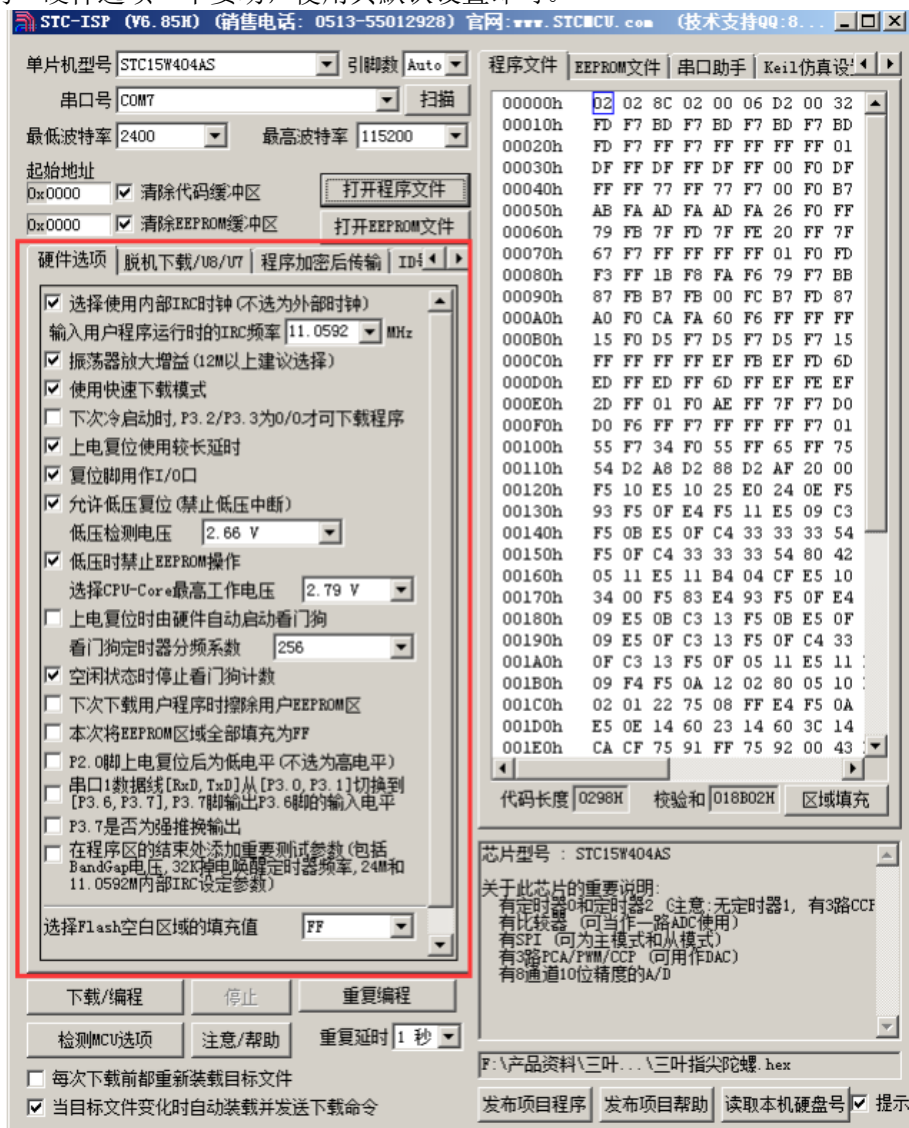


图 25 打开 .hex 和 eeprom.bin 文件后

(2) 安装USB转TTL驱动PL2303

在将 USB 转 TTL 模块插入电脑 USB 口前，需要先给模块装好驱动程序，驱动程序在资料中的《各种串口模块驱动程序》文件夹中，其中包含三种市面上常见的 USB 转 TTL 模块的驱动程序。选择自己使用的模块的驱动程序安装，若不清楚模块的型号，可以通过观察模块主控芯片上的字符来确定。这个图文教程上出现的 USB 转 TTL 模块型号是 PL2303。（本实验中安装型号为PL2303）

安装驱动程序前，PL2303 模块先不用插到USB插座上！

驱动程序压缩包路径C:霍尔式三叶指尖陀螺资料\p12303安装使用简明教程\ PL2303_Prolific_DriverInstaller_v1_12_0.zip解压后打开文件夹，《PL2303_Prolific_DriverInstaller_v1.12.0.exe》就是 PL2303 模块的驱动安装程序，双击打开根据提示安装。

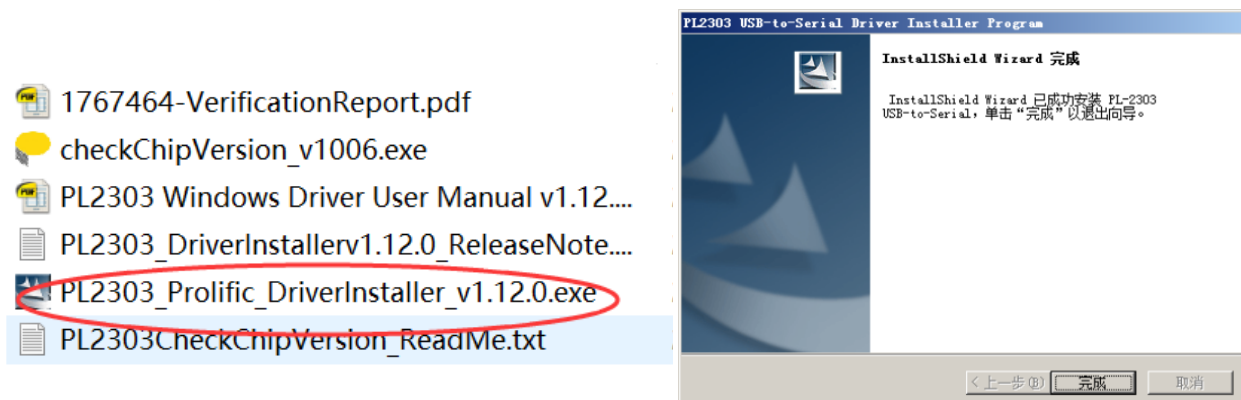


图 26 PL2303 安装完成

驱动程序安装完成后。将 PL2303 模块插入 USB 插座。会看到右下角任务栏出现提示正在安装模块驱动的信息。（Win10系统在此步会出现问题，见下文）



图 27 USB 识别

待其提示驱动安装成功后。打开电脑的“设备管理器”

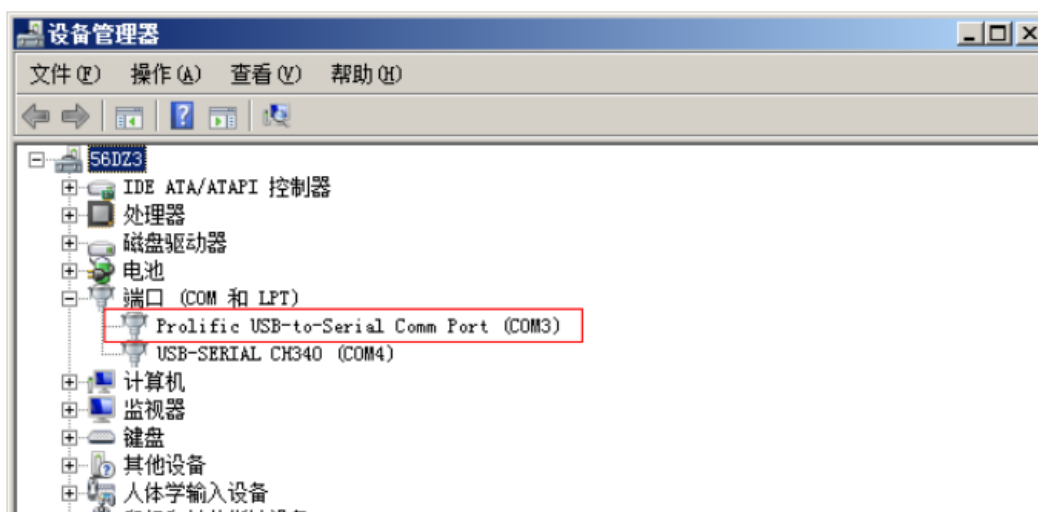


图 28 COM 端口提示安装成功

在红色矩形框内的条目就是新装好的 PL2303 设备，使用的 3 号串口(COM3),至此 PL2303 的驱动就算安

装成功了。

Win10系统在设备管理器中会出现黄色三角感叹号，根据文件WIN10系统 驱动停用替换方法.docx中的方法继续操作（我的电脑每一次重新插上都需要重复该操作）

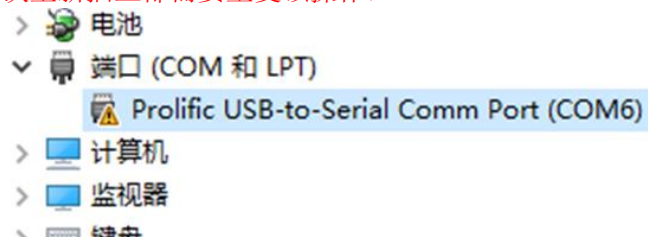


图 29 win10 系统 COM 端口提示安装不成功

SOLUTION:

STEP1:安装 PL2303_Prolific_GPS_1013_20090319.exe，查看下面的截图，按照顺序操作：



图 30 更新 PL2303 驱动 step1

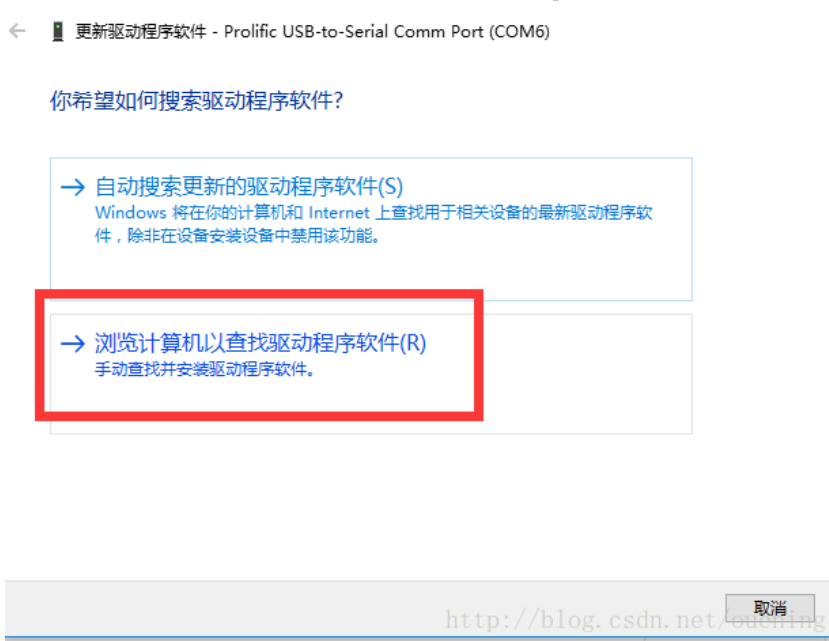


图 31 更新 PL2303 驱动 step2



图 32 更新 PL2303 驱动 step3



图 33 更新 PL2303 驱动 step4

STEP2:完成上面步骤后重新查看：

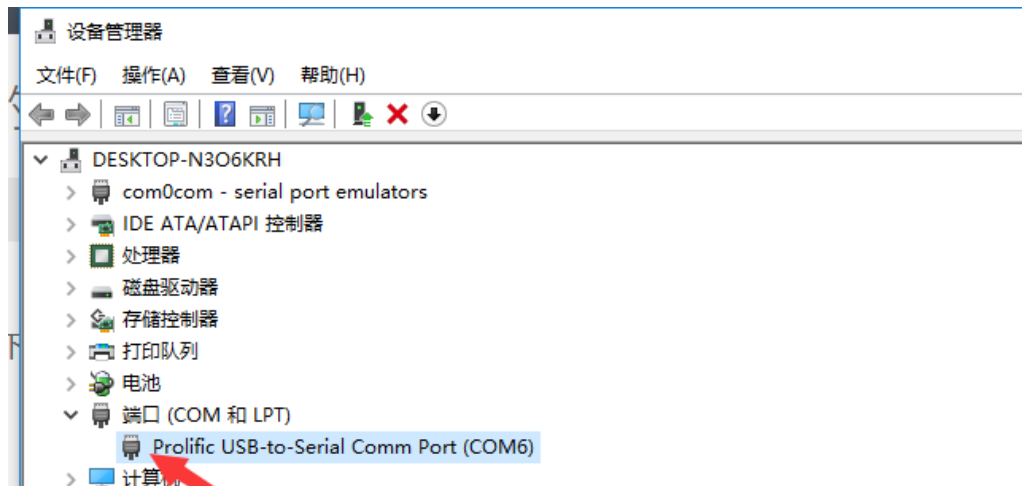


图 34 win10 系统更新 PL2303 驱动成功

这样就可以正常使用PL2302来烧录单片机程序了。

(3) 软件烧录

将 USB 转 TTL 模块插入电脑 USB 口，点击串口号选择下拉框，选择刚刚插到电脑上的 USB 转 TTL 模块的串口号。如下图35，COM7的位置显示一段字符，这段字符就是 PL2303 模块的字符，将其选中。

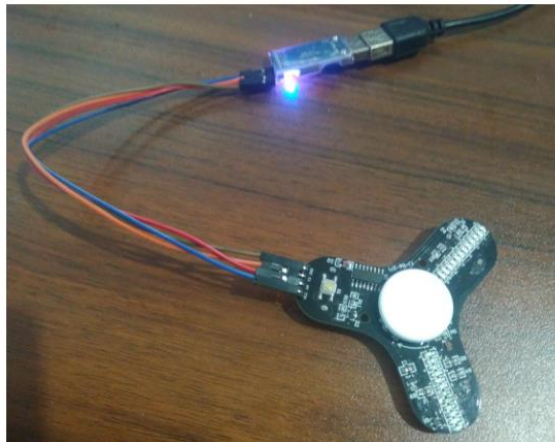


图 35 软件烧录硬件连接

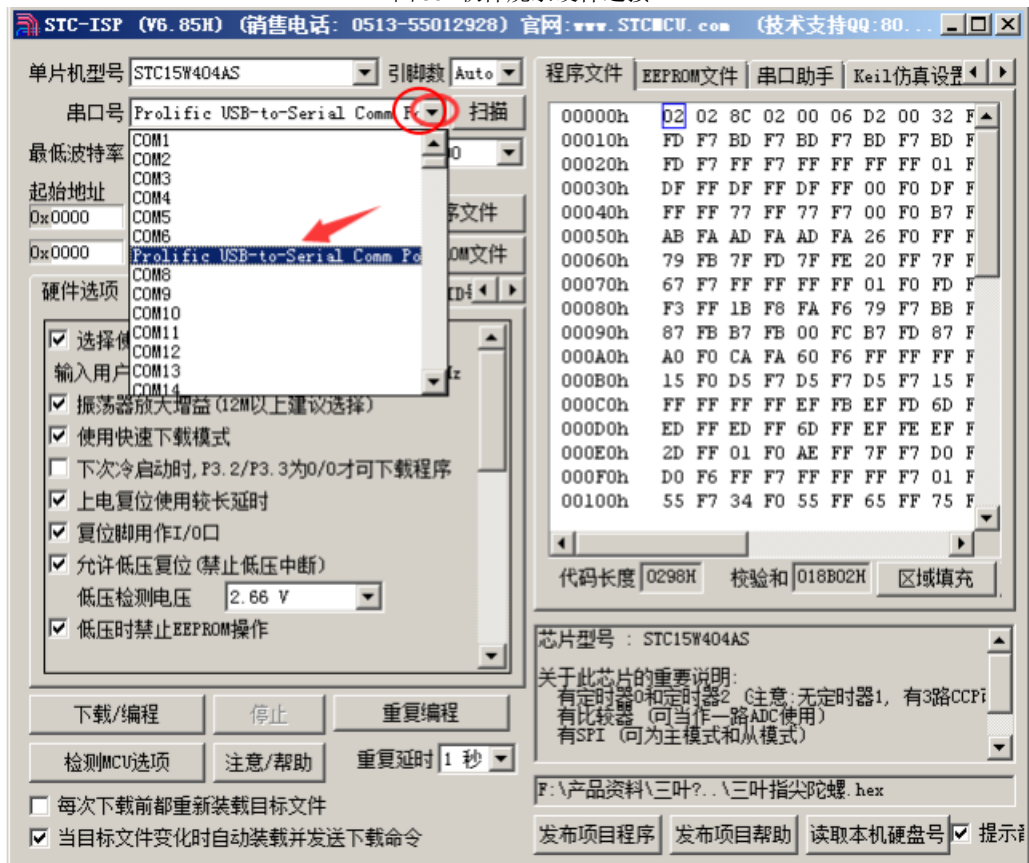


图 36 软件烧录选择串口

单击“下载/编程”按钮

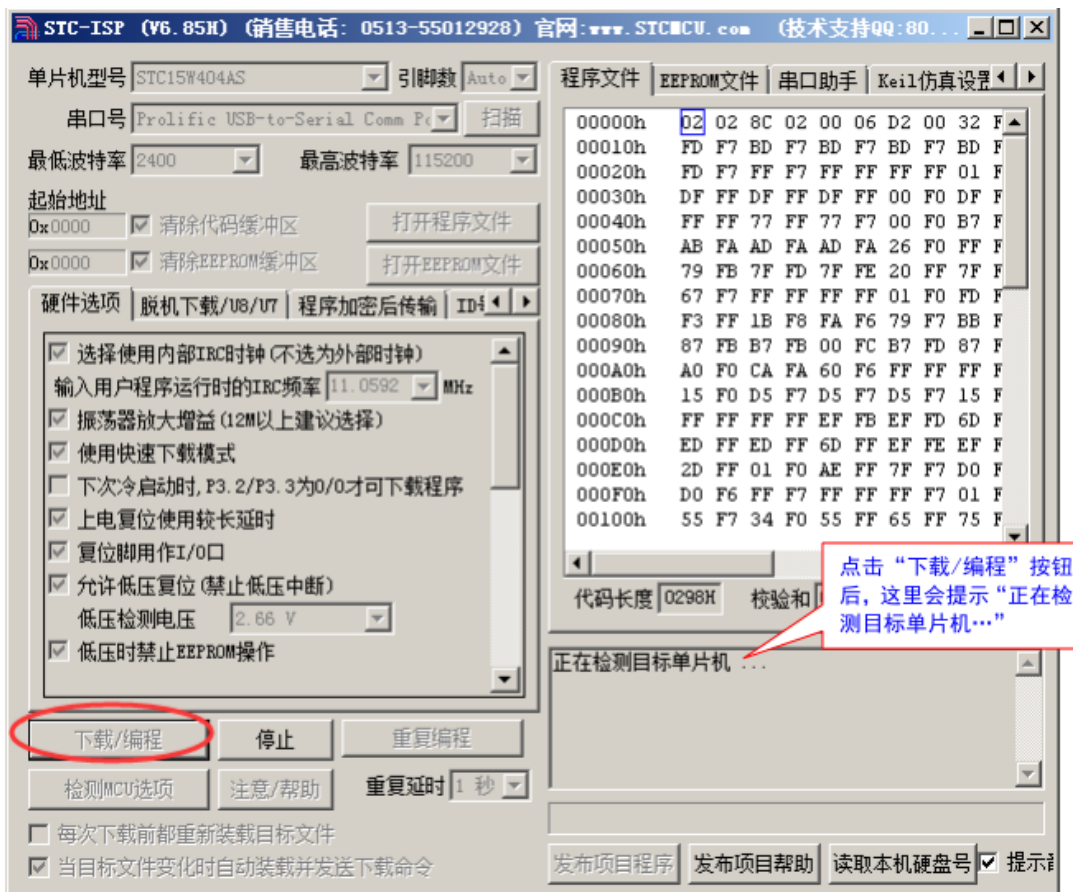


图 37 软件下载

待 STC-ISP 提示“正在检测目标单片机...”后，对指尖陀螺上的单片机做冷启动操作。冷启动也就是想办法让单片机断电后再上电。之前介绍硬件连接的时候，4P 的弯排针是直接插到电路板上的，没有焊接，所以排针和电路板接触不好，可以认为单片机未上电。冷启动只要用手把排针固定到电路板上，使其保持良好接触就可以了。

在固定排针后，可以看到 STC-ISP 软件窗口的右下区域开始输出信息，说明操作成功了，一直固定住排针，直到最后提示操作成功。

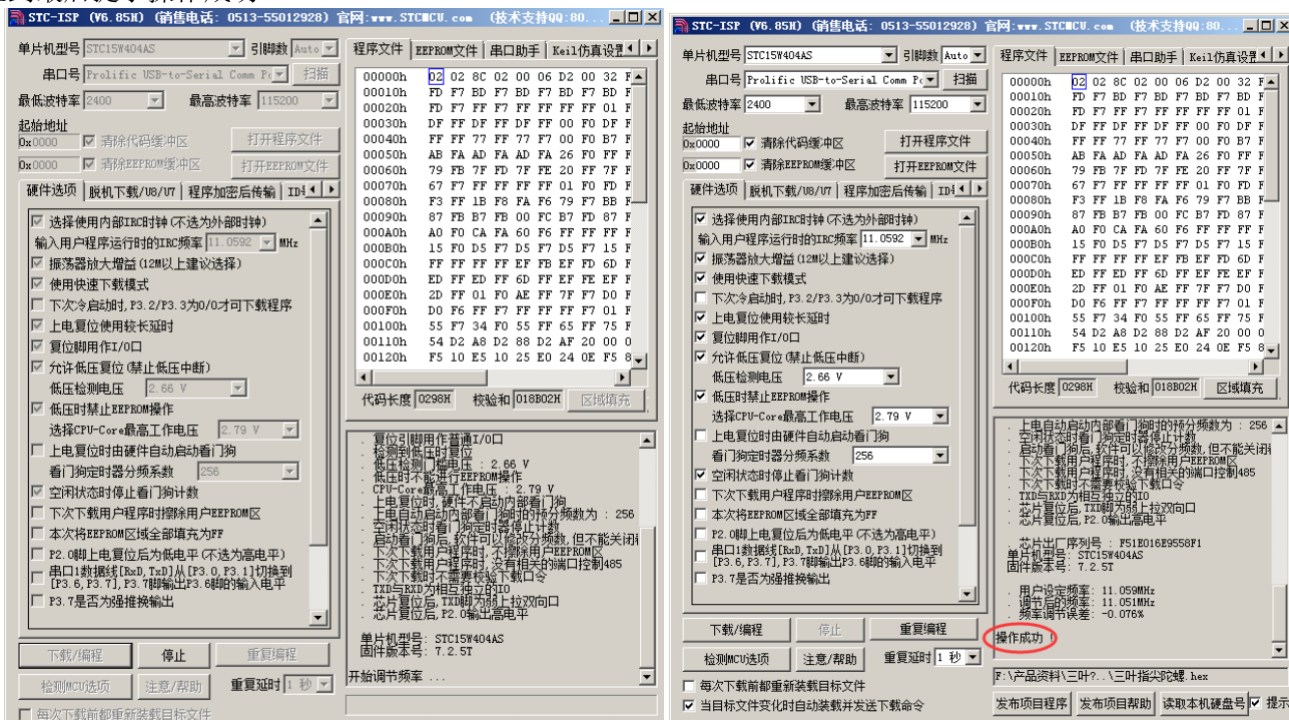


图 38 软件烧录成功

看见最后出现“操作成功！”的提示，说明程序下载成功了。

4. 组装与制作

PCB板调试好才能进行组装，否则陀螺仪工作异常，还要重新拆开调试！

4.1 安装轴承

将轴承嵌到电路板中心孔内。轴承和电路板中心孔是紧配合，加工有误差，会有少许偏差。轴承嵌不进去，用剪钳或者锉刀把电路板中心孔内壁修整一下（**提示要小心操作，防止受伤**）。若电路板孔径过大轴承嵌入后松动，可以在电路板孔壁上垫一层纸或塑料膜。注意：一次修整少许，防止过度。修整时远离轴承，防止打磨的碎片进入轴承引起转动不灵活。

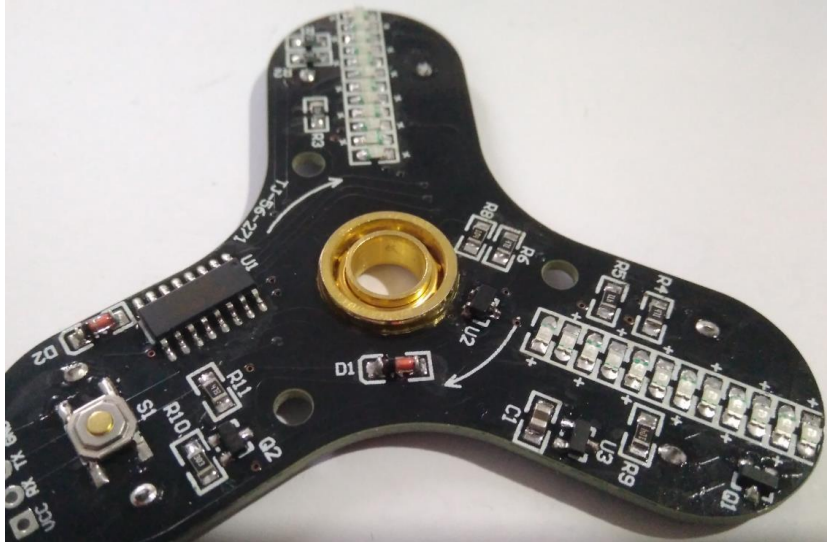


图39 安装轴承

轴承盖分成上下两个，其中一个盖子装一片圆形的小磁铁，这个是上盖要装到电路板上装有霍尔元件的一边。不装小磁铁的是下盖装到PCB板的另一面。

套件中的霍尔元件是单极性的霍尔效应传感器HAL3144E，输出开关信号，非高即低。HAL3144 的有字面只会对磁铁的S极(南极)有效，需要先确定磁铁的南北极。

确认磁铁南北极的步骤：

1、给电路板装入三片CR1220纽扣电池。

2、按板子上的轻触按键，直到板子上的LED开始闪烁发光后松开。（注意此款指尖陀螺带有电源控制电路，在按键打开电源后，如果一段时间（5S）没有检测到旋转，则自动切断电源以节约电力）。切断电源后再次使用前需要按住轻触按键直到LED闪烁，指示电源接通。

3、在接通电源后，**用镊子夹住小磁铁在霍尔元件上方晃动（磁铁不动灯不会闪）**。如果靠拢后电路板上的LED开始发光，说明磁铁的南极朝着霍尔元件，据此判断这个小磁铁的南北极。

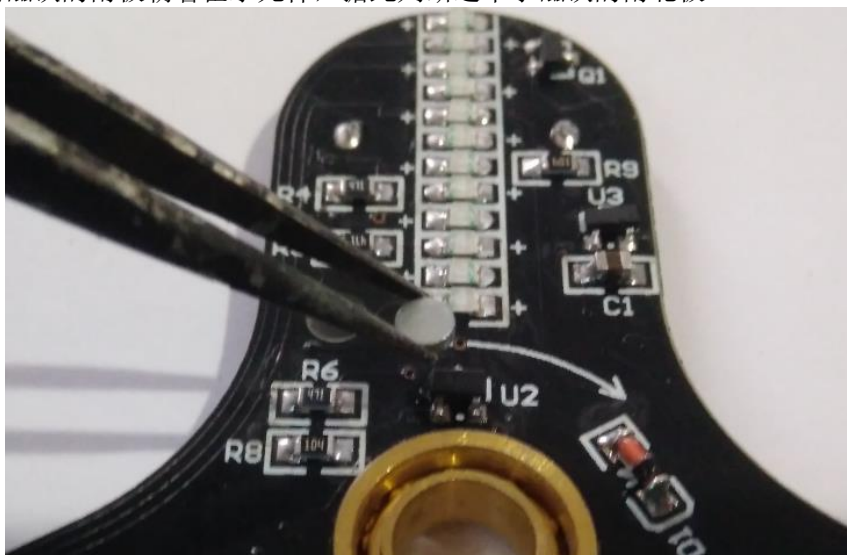


图40 确认磁铁南北极

把小磁铁的南极向外装入上盖。如磁铁装到轴承盖内感觉较松容易掉出来，可以（1）使用透明胶带将小磁铁粘贴在轴承盖内；（2）使用烙铁紧固：用烙铁先在圆孔边缘烫一下（时间不要长，否则塑料会融化），使其轻微变形，将小磁铁嵌紧在轴承盖里。注意：**先烫个小缺口再把磁铁嵌进去，不能装着磁铁时用烙铁烫边缘，否则高温会导致磁铁失磁。**

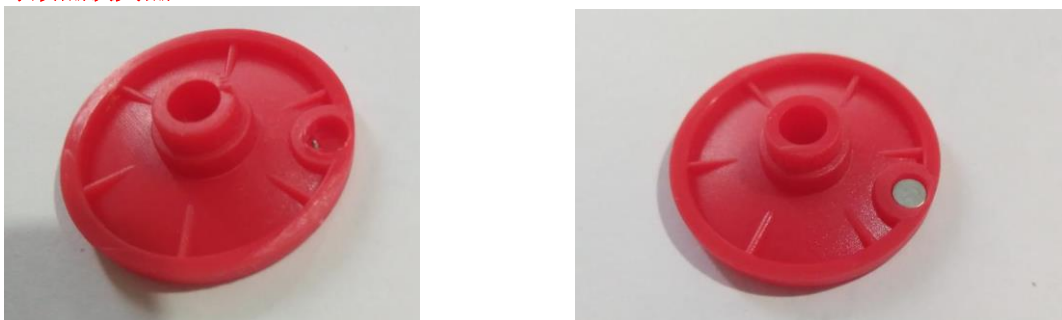


图41 安装磁铁

把两个轴承盖装上去，如果轴承盖在轴承内孔嵌不紧，感觉松动，也可以在轴承盖的中心轴上烫个小坑，形成少许变形，嵌进轴承后就不会松动了。

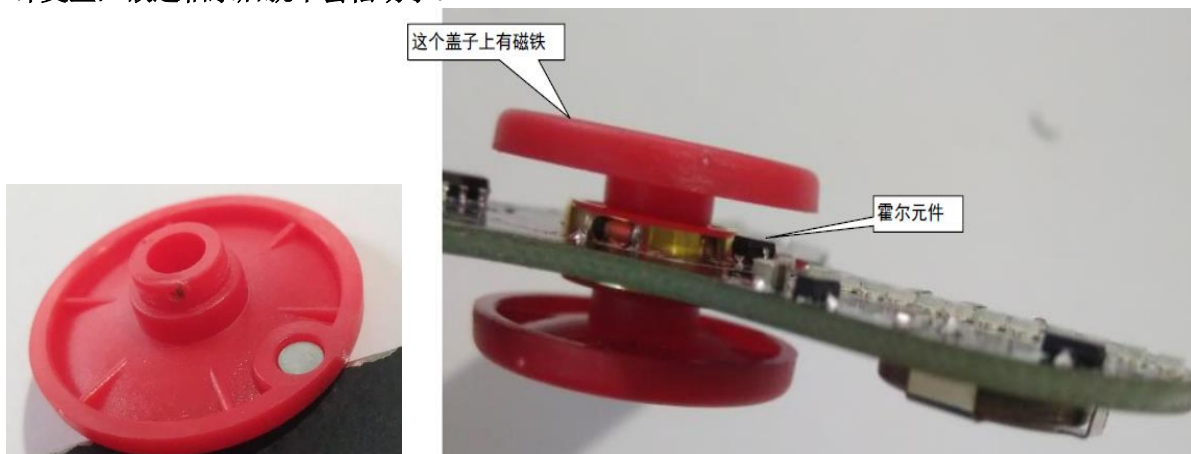


图42 安装轴承盖

4.2 安装亚克力外壳

先除去各个亚克力外壳上的保护层。检查亚克力外壳各个配件：M2螺丝、M2铜柱尼龙垫圈、外圈、顶层、底板、电池隔层，如图23所示。

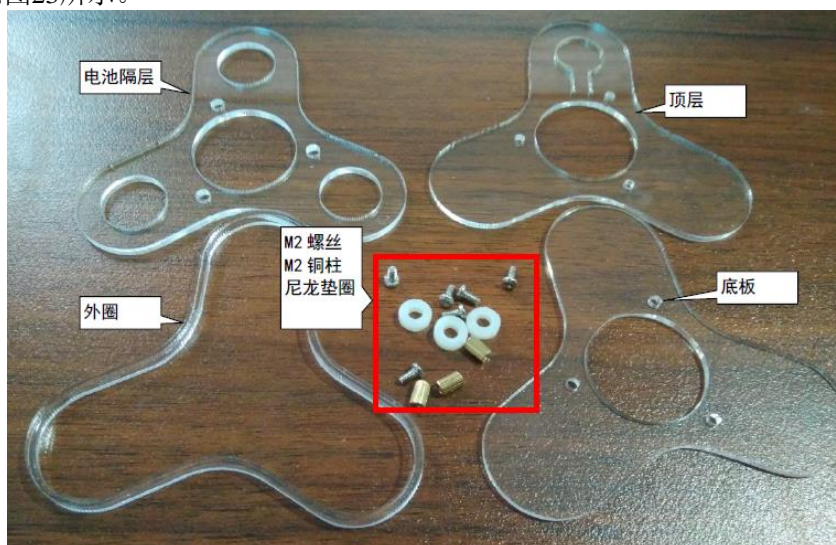


图43 安装外壳套件

先把三颗螺丝和铜柱装到底板上，注意底板方向，如下图所示，螺丝和铜柱不要旋紧，留一些空隙。



图44 安装底板



图45 电池隔板装到底板上

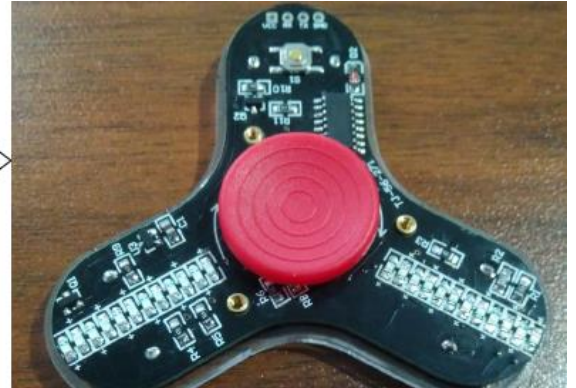
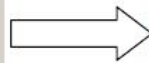
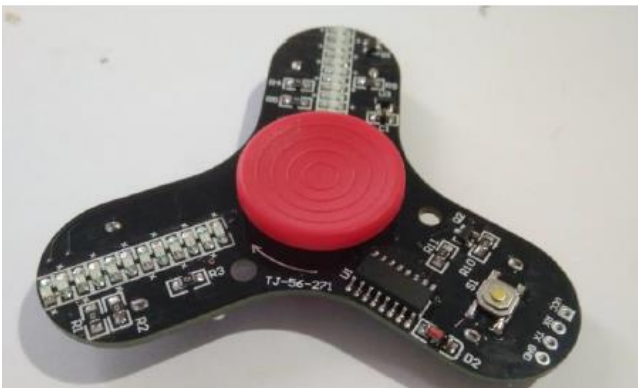


图46 装电路板



图47 装外圈

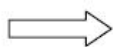


图48 3个尼龙垫圈装在铜柱上

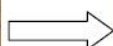


图49 装顶盖，注意缺口位置对着轻触开关

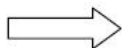


图50 装剩下的3个螺丝，固定整体



图51 亚克力外壳安装完成

5. 使用方法

在断电后，使用前先要按住S1直到LED闪烁发光后松开，三叶陀螺仪旋转起来就可以显示设定的字模和图形。通电后，再次按下S1，切换显示内容，静止一段时间后(5S左右)自动关机。关机后再次使用前需要按住S1接通电源。

6. 程序烧录问题

如果用上面介绍的冷启动方法，未能成功下载程序，STC-ISP 一直提示“正在检测目标单片机…”，说明这次冷启动操作未成功，则先松开固定在电路板上的排针，使单片机回到断电状态，点击“停止”按钮直到“下载/编程”按钮从灰色状态恢复到正常状态，再把USB转TTL模块从USB座拔下来再插回去。然后再次点击“下载/编程”按钮，待STC-ISP提示“正在检测目标单片机…”后，再次冷启动单片机。直到下载成功。

若连续几次都未能下载成功，先排查一下硬件连接上的原因，检查 4 根杜邦线有没有断的，检查下载时4P的弯排针是否接触良好。做冷启动操作时，USB 转 TTL 模块不要在电脑 USB 口上晃动，如果有晃动很有可能导致模块死机。