

XX 大学

创新实践项目总结报告

学 院：XXXXXXXXXXXX学院

学 生 姓 名：XXXXXX 学 号：XXXXXXX

学 生 姓 名：XXXXXX 学 号：XXXXXXX

学 生 姓 名：XXXXXX 学 号：XXXXXXX

项 目 题 目：非接触式物体形态的测量系统

指 导 教 师：XXXX

2023 年 7 月 23 日

目录

摘要	1
第一章 绪论	2
研究背景	2
项目要求	2
第二章 非接触式物体形态的测量系统的总体设计	3
2.1 系统总体设计	3
2.1.1 超声波测距原理	3
2.1.2 非接触式物体形态的测量系统总体设计	3
2.2 硬件设计	4
2.2.1 单片机 STM32F103ZET6	4
2.2.2 OpenMV	5
2.2.3 超声波测距模块 HC-SR04	5
2.2.4 激光传感器 KY-008	6
2.2.5 云台舵机	6
2.2.6 OLED 显示屏	8
2.3 软件设计	9
2.3.1 颜色识别	9
2.3.2 形状识别	9
2.3.3 测距	10
2.3.4 尺寸计算	10
第三章 实物展示	12
3.1 实物照片	12
3.2 测试	12
第四章 总结	14
结果分析	14
第五章 心得体会	15

摘要

针对目前非接触测量的功耗大及识别范围限制多等问题,研究了一种基于图像处理的非接触物体尺寸形态测量系统。该系统通过 OpenMV 定位识别目标的特征及尺寸,使用舵机云台扩展空间自由度,采用激光传感器测量与目标的距离。实验结果显示,在激光传感器测量范围内,此非接触测量系统可以准确识别图像尺寸形态和距离,整个过程实时性高且测量精准。实现了系统的高度自由性,为以后非接触物体尺寸形态测量发展提供了一种思路。

本文使用多种不同功能的成熟模块,设计制作了一种非接触式物体尺寸形态测量系统。主要工作包含:分析了测量系统的原理并提出总体设计方案;选通过查阅相关资料,选取合适的器件并进行仿真进行数据分析,完成了非接触式物体尺寸形态测量系统的总体结构、硬件和软件的详细设计。

结果表明:该系统能够实现物体尺寸形态测量的基本功能,同时各模块的技术较为成熟,是一种便于制作的非接触式物体尺寸形态测量系统。

关键字: 非接触测量; 机器视觉; OpenMV

第一章 绪论

研究背景

在日常生活以及工业生产中，需要对大量的物体进行测量，在传统的人工测量方法中，测量结果可能会因为测量人员的疲劳和主观因素产生误差，而且某些特定物体，例如，不便于接触的古董器件、高处悬空的零件等，由于不便于靠近而无法通过人工测量获得准确数值。随着互联网的发展，测量人员逐渐使用机器视觉系统来对特定物体进行测量，相较于人工测量，机器测量系统可以稳定运行，得到的测量结果也会更加准确。

项目要求

采用 STM32 单片机作为核心处理器，采用激光测距，机器视觉模块作为非接触式检测单元，以实现测量目标物体颜色，形状，尺寸及距离等信息的功能。同时使用方向舵机控制激光管的方向以实现快速跟踪目标物体中心的目的。

第二章 非接触式物体形态的测量系统的总体设计

2.1 系统总体设计

2.1.1 超声波测距原理

超声波测距的作用原理为：通过超声波发射模块产生超声波并且向目标发射，计时模块通过计算发射脉冲与目标回波脉冲返回的时间间隔，计算出待测距离。

其简要流程为：超声波发射模块向目标发射单次脉冲信号或者重频信号。计时模块采集发射激光脉冲信号发出时间并开始计时，待回波脉冲返回后停止计时。本设计中，提供一个 10uS 以上脉冲触发信号，该模块内部将发出 8 个 40kHz 周期电平并检测回波一旦检测到有回波信号则输出回响信号。回响信号的脉冲宽度与所测的距离成正比。由此通过发射信号到收到的回响信号时间间隔可以计算得到距离, 将距离信息传送至显示模块。

已知音速在 1 个标准大气压和 15℃ 的条件下约为 340m/s，符号为 c ，超声波往返一次的时间为 $\Delta t_{\text{高电平}}$ ，则被测目标距离为：

$$L = \frac{c\Delta t_{\text{高电平}}}{2} \quad (2.1)$$

其中 $\Delta t_{\text{高电平}}$ 往返通过系统计时模块获得。

2.1.2 非接触式物体形态的测量系统总体设计

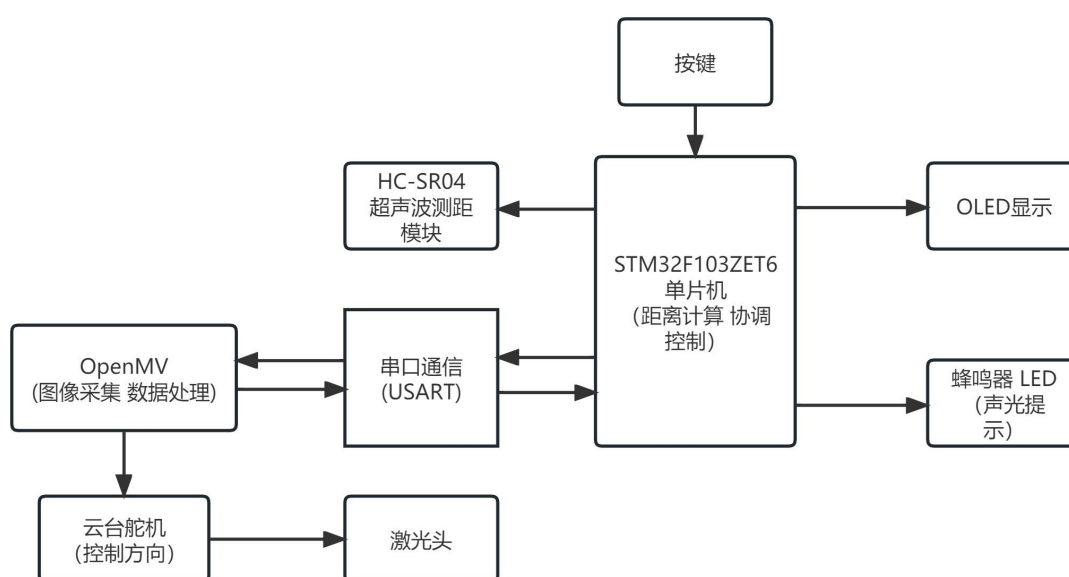


图 2.1 系统总体设计框图

系统总体设计图如图 2.1 所示，整个系统的工作过程为：首先系统上电，外设初始化，进行按键检测，发送对应指令到 OpenMV, OpenMV 处理图像后将数据返回单片机，同时单片机读取超声波测量的距离数据，然后经过计算得到有效数据，通过 OLED 显示输出。

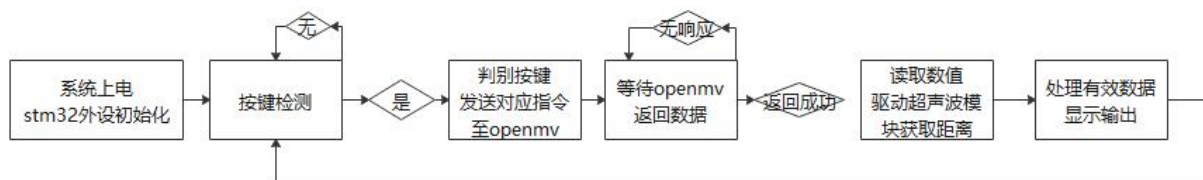


图 2.2 系统工作过程

在设计过程中可分为硬件设计和软件设计。本章 2.2 将对硬件设计进行详细阐述，同时 2.3 将对软件部分进行阐述。

2.2 硬件设计

2.2.1 单片机 STM32F103ZET6

正点原子精英板选择 STM32F103ZET6 作为 MCU，它拥有的资源包括：64KB SRAM、512KB FLASH、2 个基本定时器、4 个通用定时器、2 个高级定时器、2 个 DMA 控制器（共 12 个通道）、3 个 SPI、2 个 IIC、5 个串口、1 个 USB、1 个 CAN、3 个 12 位 ADC、1 个 12 位 DAC、1 个 SDIO 接口、1 个 FSMC 接口以及 112 个通用 I/O 口。该芯片的配置十分强悍，并且还带外部总线（FSMC）通过 FSMC（可变静态存储控制器）驱动 LCD，可以显著提高 LCD 的刷屏速度。可以用来外扩 SRAM 和连接 LCD 等。

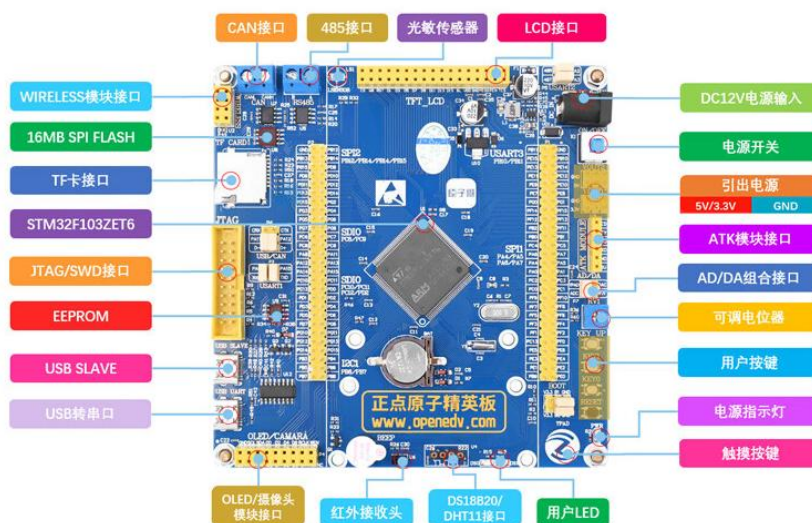


图 2.2 正点原子精英版

STM32F103ZET6 是一款基于 ARM Cortex-M3 内核的微控制器，由意法半导体公司生产（STMicroelectronics）。它具有高性能、低功耗、丰富的外设和强大的处理能力，广泛应用于工业控制、汽车电子、智能家居等领域。该芯片具有 512KB 的 Flash 存储器和 64KB 的 SRAM，支持多种通信接口，如 SPI、I2C、USART 等。

2.2.2 OpenMV

OpenMV 摄像头是一款小巧，低功耗，低成本的电路板，它帮助你很轻松的完成机器视觉（machine vision）应用。你可以通过高级语言 Python 脚本（准确的说是 MicroPython ），而不是 C/C++。Python 的高级数据结构使你很容易在机器视觉算法中处理复杂的输出。但是，你仍然可以完全控制 OpenMV。你可以很容易的使用外部终端触发拍摄或者或者执行算法，也可以把算法的结果用来控制 IO 引脚。

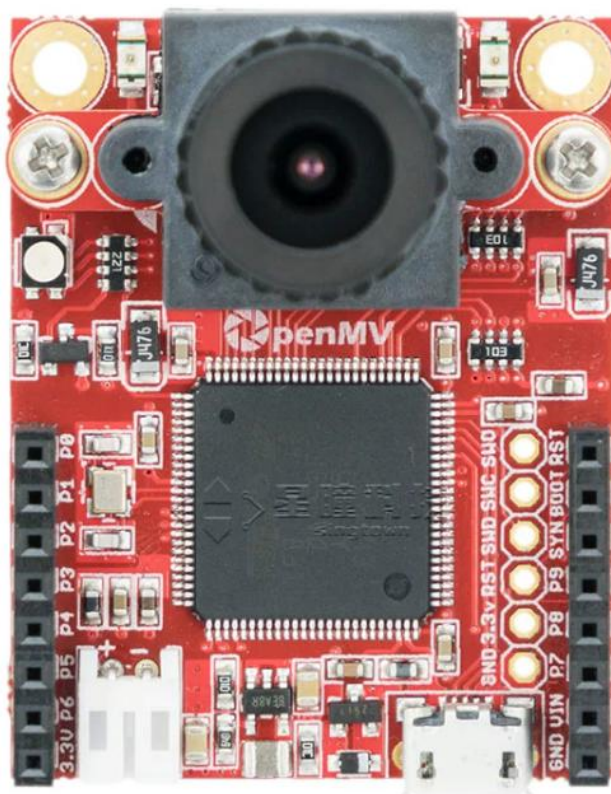


图 2.3 OpenMV

2.2.3 超声波测距模块 HC-SR04

超声波传感器通常有 4 个引脚，分别是 VCC（正极）、Trig（触发）、Echo（回应）和 GND（接地）。

其中，VCC 是电源，GND 是接地，Trig 是控制端，用于控制发出的超声波信号，Echo 是接收端，用于接收反射回来的超声波信号

当 Trig 引脚输入 10 微秒以上的高电位时，即可发射超声波。超声波传感器的回应引脚（Echo）是接收端，用于接收反射回来的超声波信号。当超声波传感器发出超声波后，与接收到传回的超声波之前，“响应”脚位呈现高电位。



图 2.4 HC-SR04

2.2.4 激光传感器 KY-008

KY-008 是一种红外警报传感器，它包括一个 650nm 红色激光二极管头和一个电阻。它的工作电压为 5V，输出功率为 5mW，波长为 650nm。KY-008 激光头的每一个引脚的接法如下：

GND：接地

+: 正极

S: 信号输出

S 输出是数字信号，当激光发射器发出激光时，S 输出为高电平（5V），否则为低电平（0V）

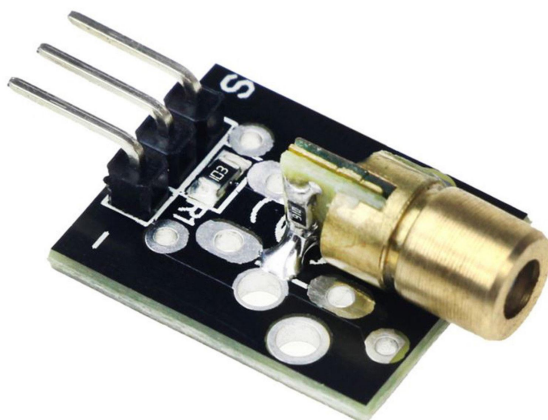


图 2.5 KY-008

2.2.5 云台舵机

舵机（英文叫 Servo）：它由直流电机、减速齿轮组、传感器和控制电路组成的一

套自动控制系统。通过发送信号，指定输出轴旋转角度。舵机一般而言都有最大旋转角度（比如 180 度。）与普通直流电机的区别主要在，直流电机是一圈圈转动的，舵机只能在一定角度内转动，不能一圈圈转（数字舵机可以在舵机模式和电机模式中切换，没有这个问题）。普通直流电机无法反馈转动的角度信息，而舵机可以。用途也不同，普通直流电机一般是整圈转动做动力用，舵机是控制某物体转动一定角度用（比如机器人的关节）。

舵机的伺服系统由可变宽度的脉冲来进行控制，控制线是用来传送脉冲的。脉冲的参数有最小值，最大值和频率。一般而言，舵机的基准信号都是周期为 20ms，宽度为 1.5ms。这个基准信号定义的位置为中间位置。舵机有最大转动角度，中间位置的定义就是从这个位置到最大角度与最小角度的量完全一样。最重要的一点是，不同舵机的最大转动角度可能不相同，但是其中间位置的脉冲宽度是一定的，那就是 1.5ms。

角度是由来自控制线的持续的脉冲所产生。这种控制方法叫做脉冲调制。脉冲的长短决定舵机转动多大角度。例如：1.5 毫秒脉冲会到转动到中间位置（对于 180° 舵机来说，就是 90° 位置）。当控制系统发出指令，让舵机移动到某一位置，并让他保持这个角度，这时外力的影响不会让他角度产生变化，但是这个是由上限的，上限就是他的最大扭力。除非控制系统不停的发出脉冲稳定舵机的角度，舵机的角度不会一直不变。当舵机接收到一个小于 1.5ms 的脉冲，输出轴会以中间位置为标准，逆时针旋转一定角度。接收到的脉冲大于 1.5ms 情况相反。不同品牌，甚至同一品牌的不同舵机，都会有不同的最大值和最小值。一般而言，最小脉冲为 1ms，最大脉冲为 2ms。



图 2.6 组装好的云台舵机

基本参数 Basic Parameter

产品名称：TBS-K20金属数字舵机

品 牌：友辉科技

产品重量：60g

产品尺寸：40x20x40.5mm

转动速度：0.16sec/60° (6V)

舵机精度：0.24°

堵转扭矩：20kg.cm(6.6v)

齿轮齿数：25T

齿轮类型：金属

供电电压：5-8.4v

转动角度：270°，速度可调

控制方式：PWM脉冲信号

脉宽范围：0.5ms~2.5ms

控制周期：20ms

空载电流：100mA

产品线长：30cm

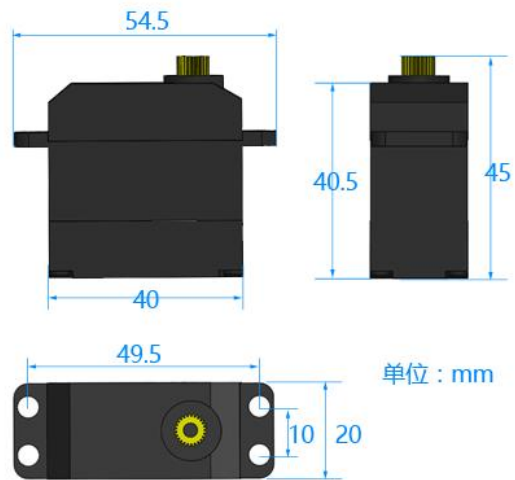


图 2.7 舵机参数

2.2.6 OLED 显示屏

OLED，即有机发光二极管 (Organic Light Emitting Diode)。OLED 由于同时具备自发光，不需背光源、对比度高、厚度薄、视角广、反应速度快、可用于挠曲性面板、使用温度范围广、构造及制程较简单等优异之特性，被认为是下一代的平面显示器新兴应用技术。

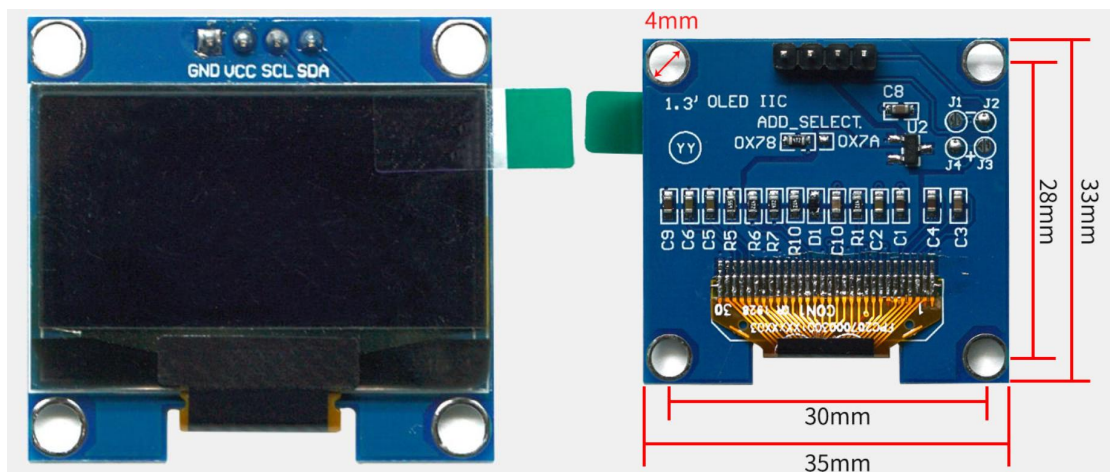


图 2.8 1.3 英寸 4PIN OLED 显示屏

2.3 软件设计

2.3.1 颜色识别

OpenMV 官方例程中，有识别色块的函数，通过截取帧图像设置合适的阈值可以实现固定场景光照条件下的颜色辨别。

本设计通过 find_blobs 函数来找到色块。

```
image.find_blobs(thresholds, roi=Auto, x_stride=2, y_stride=1,
invert=False,
area_threshold=10, pixels_threshold=10, merge=False, margin=0, threshold_
cb=None, merge_cb=None)
```

表 3.1 颜色识别相关参数

参数名	说明
thresholds	颜色的阈值，这个参数是一个列表，可以包含多个颜色。在返回的色块对象 blob 可以调用 code 方法，来判断是什么颜色的色块。
roi	“感兴趣区”
x_stride	查找的色块的 x 方向上最小宽度的像素，默认为 2、
y_stride	就是查找的色块的 y 方向上最小宽度的像素，默认为 1、
invert	反转阈值，把阈值以外的颜色作为阈值进行查找
area_threshold	面积阈值，如果色块被框起来的面积小于这个值，会被过滤掉
pixels_threshold	像素个数阈值，如果色块像素数量小于这个值，会被过滤掉
merge	合并，如果设置为 True，那么合并所有重叠的 blob 为一个。

2.3.2 形状识别

假定所有被测物体都为正向放置，此时对于识别到的色块外框内的全部像素来说，待测形状的色块在框体内的占空比是一定的，理论值如下图所示。

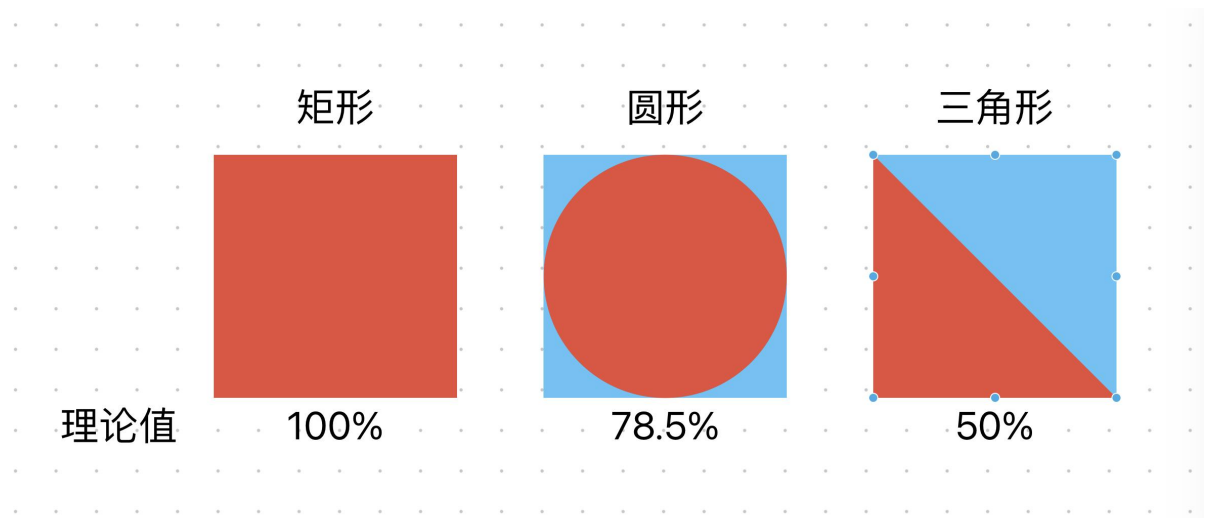


图 2.9 占空比

占空比计算方法如下：

```
pic_duty = max_blob.pixels()/max_blob.w()/max_blob.h()
```

```
#max_blob.pixels()    -》色块像素点数统计
```

```
#max_blob.w()         -》色块外框宽度
```

```
#max_blob.h()         -》色块外框高度
```

实际测试过程中，并不完全符合理论值，所以对范围要进行扩大，经过简化后最后选定的范围：矩形（0.9-1.0）、圆形（0.72-0.85）、三角（0.4-0.65）

2.3.3 测距

测距是比较容易实现的需求，安装 ToF 测距拓展板，iic 通信，通过 distance_read() 函数读取距离即可，测量结果较为准确，达到 mm 级别精度，可以加滤波算法让数值输出更稳定。安装之后如果发现测量结果与实际情况相差较大，建议排查是不是被测物体与拓展板中心的传感元件不在同一直线上。

拓展板使用官方例程如下：

```
from machine import I2C
```

```
from vl53l1x import VL53L1X
```

```
import time
```

```
i2c = I2C(2)
```

```
distance = VL53L1X(i2c)
```

```
while True:
```

```
    print("range: mm ", distance.read())
```

```
    time.sleep_ms(50)
```

直接由测距模块得到测量数据

2.3.4 尺寸计算

由物体长度线性相似关系，摄像机测量的像素值与其测量的长度成正比，与相隔实际距离成正比，进行线性拟合得到边长公式。考虑到正放时，矩形、圆形、三角的边长或直径与框体宽度基本一致，因此以色块框体宽度作为尺寸测量的依据，推导公式如下：

(1) 设镜头到目标距离为 d ，到感光元件距离 a ；设目标尺寸 w ，成像大小（像素宽度）为 t ；

(2) (2) 由 $t/a=w/d$ ，可知 $t = f(d,w) = a*d/w$ ；但参数 a 未知，故重新测试数据拟合；

(3) 测量多种形状尺寸组合的实际尺寸 w 、距离 d 和对应的像素宽度 t ；

(4) 在 MATLAB 中使用工具箱进行拟合，将 d 设为 1 次、 w 设为 2 次时，标准差较小 $f(d,w) = p00 + p10*d + p01*w + p11*d*w + p02*w*w$

$$p00 = 204.3 \# (76.54, 324.1)$$

$$p10 = -0.06741 \# (-0.1111, -0.02368)$$

$$p01 = -3.338 \# (-5.366, -1.31)$$

$$p11 = 0.002346 \# (0.001795, 0.002898)$$

$$p02 = 0.008529 \# (0.002729, 0.01433)$$

2.3.4 球类识别

立体物体识别通过机器学习中 模板匹配的方法进行图像识别；模板匹配是最简单的模式匹配算法，相较于其他识别算法，运算量较小，正因为此才能够在 STM32 平台上运行，模板匹配通过简单的平移移动图像对比的方法实现图形识别，为了能够准确识别三种球体，我们通过预先保存 30 张照片进行模板匹配，准确识别。

第三章 实物展示

3.1 实物照片

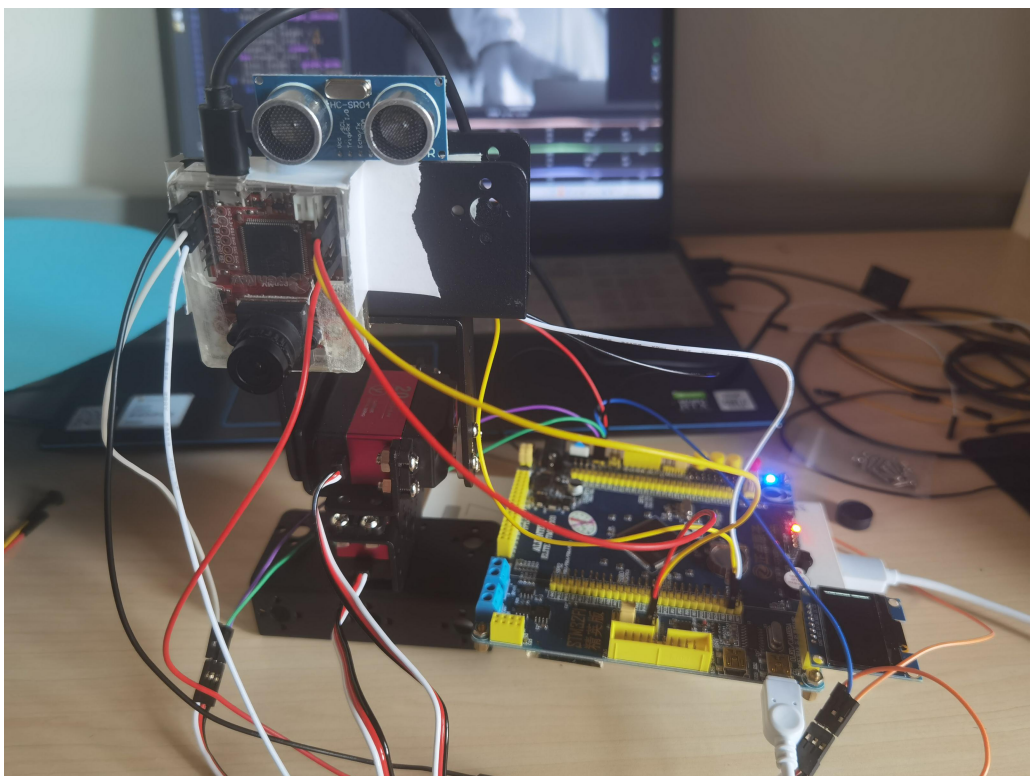


图 3.1 实物照片

3.2 测试

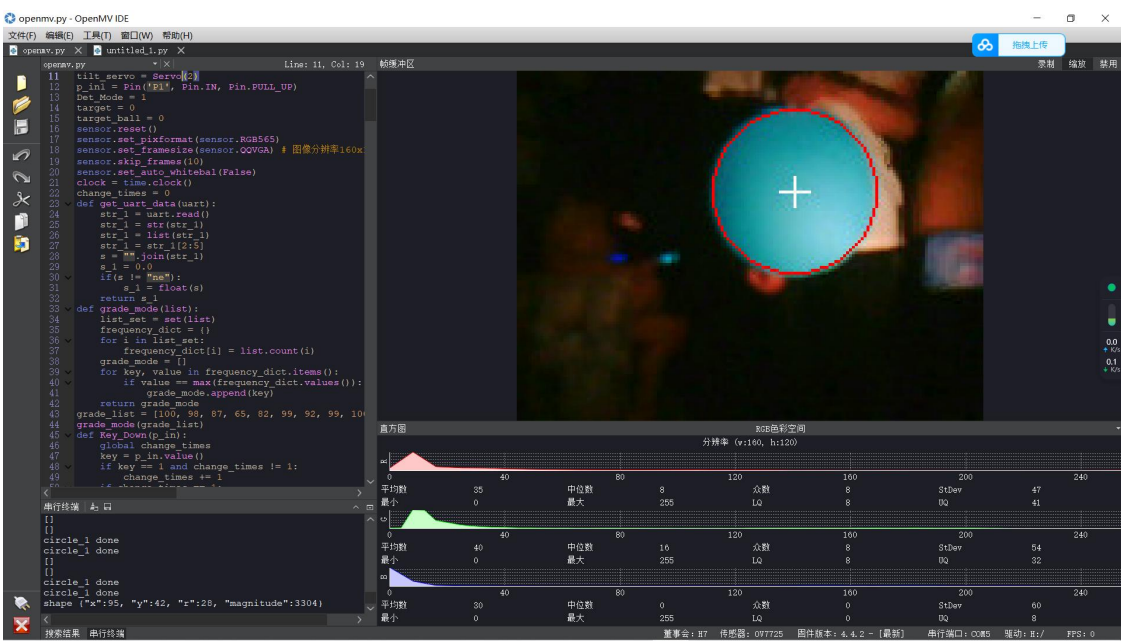


图 3.2 圆形识别

第四章 总结

结果分析

根据上述测试数据，所得数据误差均小于 5cm，实现了测距的功能。在水平移动检测中，摄像头能进行跟随功能并且可以通过抓捕色域实现检测并识别篮球、足球的功能以及由此可以得出以下结论：

1、在所给题目的要求下，可以在所给误差允许的范围内进行测量摄像头到图形板的距离以及图形的边长或者直径并进行显示。

2、在水平移动检测中摄像头能自动跟随所给目标并测距。

3、能比较准确地识别篮球、足球、排球。

综上所述，本设计达到设计要求。

第五章 心得体会

在本次创新创业实践的二十天左右的时间里，我们通过查阅资料，在结合已有相关技术和自身知识条件下，进行了非接触式物体形态的测量系统的设计，整个系统的设计包括了原理设计、模块设计、硬件设计、软件设计和实物调试。我们通过不断地调试修改，得出了一个相对完善的设计，能够较好的实现所需要的功能。实现了脉冲信号的产生与发射、回波的接收以及信号处理，能够较为准确的得到测距结果。

而在小组工作之中，我进行了模块设计、电路设计、器材选型等工作。我认为，模块设计可以按照功能来分别设计，单独的模块也有利于进一步设计实现该功能的电路。与此同时，我学习并且熟练了相关电路的设计。而在器材选型中，要根据设计所需要的性能参数进行选型，以此达到要求的性能。总而言之，我学到了很多的东西。

在整个设计过程中，我与队友互帮互助，共同努力，将小组作用发挥了出来。在小组分工下，每个人的工作都能得到较好的进行，也节省了大量时间。并且在队友的帮助下，我也学习到了一些欠缺的知识，一些没有想到的问题也能够被指出。

同时，老师多次开展答疑，解答我们的疑惑，对于我们完成设计有着巨大帮助。

这次创新创业实践项目不仅仅让我得到了实践经验和理论知识，更重要的是培养了我小组合作的能力，这对于我以后的发展有巨大帮助。