

2020 年安徽省大学生电子设计竞赛

设计报告

非接触物体尺寸形态测量(G 题)

【本科组】

2020290



2020 年 10 月 13 日

非接触物体尺寸形态测量

摘要：采用 STM32F103C8T6 最小核心作为主控模块，设计了主要包含激光测距模块、OpenMV 模块、舵机云台模块、OLED 显示模块、按键模块和电源模块的非接触式物体尺寸形态测量系统。系统通过 OpenMV 进行图像处理，控制板将利用坐标信息通过 PWM，控制调控舵机，使其达到目标位置；测量方面，利用摄像头小孔成像原理，计算物体具体尺寸然后将各参数信息发送至 OLED 显示；控制方式采用 PID 算法，比例环节进行快速响应，积分环节实现无静差，微分环节减小超调，加快动态响应，能很好实现将摄像头移向目标中心点。经后期测试，系统采集到平面目标的形状、尺寸以及距离等参数，可以自动寻找目标测量、进行立体目标测量；该系统性能可靠，技术指标满足设计要求。

关键词：STM32F1 控制板；OpenMV；机器视觉；PID 控制；仪器测量；非接触物体尺寸形态测量

1 引言

根据题目要求,需要设计一个非接触物体尺寸形态测量装置,在规定时间内,完成以下功能:(1)显示规则形状的平面目标的边长(直径)、几何形状和目标与测量头之间的距离。(2)更换目标板,重复测量显示。(3)目标摆放在目标放置区内任选位置,使装置自动寻找目标测量,激光指示几何中心,并显示距离、形状、尺寸。(4)随机抽取篮球、排球、足球中的任一个立体目标进行测量,判断球类品种,测量与球面最近距离。

为了设计实现该形态测量系统的功能,我们采用模块化设计,将 OpenMV 机器视觉模块获取的目标形状和尺寸参数,以及激光测距获取的测量头中心点与被测目标之间的距离传送到主控制器 STM32F103C8T6 中,计算获得目标尺寸,并在 OLED 上显示目标形状、尺寸、距离,利用 PID 控制对电机组进行调节,可以自动寻找目标进行测量。整个设计功能实现完整,机械构造精巧,实现了软硬件的充分结合。

2 系统方案设计与论证

本系统主要由 STM32C8T6 最小板控制模块、OpenMV 模块、舵机云台模块、OLED 显示模块、电源模块组成,下面分别论证这几个模块的选择。

2.1 主控制器件的论证与选择

方案一:传统的 51 单片机为 8 位机,价格便宜,控制简单,但是运算速度慢,片内资源少,存储容量小,难以存储大体积的程序和实现快速精准的反应控制。并且受时钟限制,计时精度不高,外围电路也增加了系统的不可靠性。

方案二:STM32F103C8T6 单片机最小控制板是一款基于 ARM Cortex-M 内核,STM32 系列的 32 位微控制器,具有功能强大、效率高的指令系统,高性能模拟技术及丰富的外围模块。并且定时功能强大,主要应用的是定时器的 PWM 模式,控制舵机的运行,需要用到定时器的 PWM 模式。

综合以上两种方案,我们选择了方案二,采用 STM32F103C8T6 单片机作为控制器。

2.2 测距模块的论证与选择

方案一:OpenMV 测距。利用 OpenMV 识别捕捉的像素点,根据实际长度和摄像头里的像素成反比的关系进行测量;该方案需要在视野中含有已知尺寸的距离信息进行像素对比。

方案二:超声波测距。超声波测距具有指向性强、能量消耗缓慢、成本低廉

等优点，但超声波对色彩、光照度不敏感，超声波测距仪的测量精度是厘米级，精度较低且计算时间长。

方案三：激光测距。通过对激光相位差的检测，感知目标物距离，激光测距具有精确度高、距离远等优点，测量精度可达到毫米级，受干扰比较小，比较适用于精确稳定测距。

综合以上三种方案，根据功能实现及测量精度要求，选择方案三。

2.4 电机的选择与论证

方案一：采用舵机。舵机是靠脉冲的宽度来控制其转动的角度，使用舵机带动连接轴即可控制平台的倾斜。舵机使用方便，响应速度快。

方案二：采用步进电机，优点是价格便宜，缺点是扭力小，所以加速度小，而且有震动，体积重量较大不宜安装调试。

综合考虑，采用舵机进行 PID 调控稳定性较高，故选择方案一。

3 状态测量及运动控制

3.1 目标物体的识别

3.1.1 平面物体形状识别

目标识别采用的 OpenMV 模块，其中：圆形和正方形通过 OpenMV 自带的函数进行预先处理识别，为了避免其他因素干扰，其中圆形图形识别利用高圆形阈值识别的方法，正方形识别在基本矩形识别的基础上，通过限制识别出正方形的长宽值，减少其他图像因素的干扰，达到准确识别的效果。

3.1.2 平面物体颜色识别

颜色识别主要在平面物体形状识别的基础上，统计识别框中所有像素 LAB 色彩空间 L、A、B 的众数，进行判断具体三种色彩；其中，为了减少光线对图像颜色的影响，在设置阈值时，将 LAB 色彩中 L 值范围调高，仅通过 A 和 B 的值判断颜色种类。

为了减少未知因素的干扰，颜色识别和形状识别通过判断连续多次识别无误时，方通过准确判断。

3.1.3 立体物体识别

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。

3.2 目标物体尺寸的测量计算

3.2.1 测量原理

平面目标物体尺寸采用摄像头小孔成像原理测量；首先在选择镜头时，我们选择了变焦镜头，相比于普通镜头，其焦距可伸缩并且焦距更大，可以通过变焦方式增大视野中物体的像素点，直至视野正好为测量平面竖直方向距离，使得利用像素值测量物体长度更为准确；测量原理方面，因为使用的摄像头通过小孔成像原理获取图像点数据。其中焦距计算公式如下：

$$f=v*D/V$$

其中：f 代表焦距；v 代表目标图像横向像素，V 代表实际物体横向尺寸；D 为镜头到拍摄物体之间的距离。预先通过已知物体长度、测试距离，利用测试得

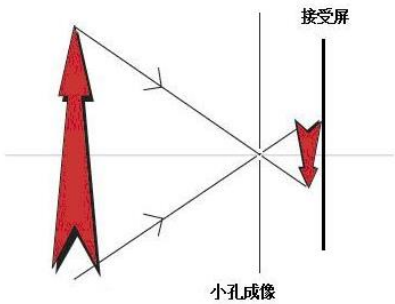


图 1

到相对焦距（自定义焦距和焦距存在单位上的差异）；在实际测量时，通过预先测定得到的 f，利用激光测距测量镜头与拍摄物体之间的距离 D，通过 $V=v*D/f$ 得到物体尺寸测量结果；下图为小孔成像原理图。

3.2.2 实际测量结果

在预先测量自定义焦距 f 时，通过多次测量取平均值得到一个稳定的平均相对焦距 f 值；以下是实际测量分析数据，共 15 组数据：（测试使用目标物横向尺寸为 35mm）。表 1：

目标横向 像素值 v	30	31	32	33	42	43	44
实际距离 D	3.007	2.897	2.841	2.722	2.072	2.022	2.010

上述数据利用软件进行拟合效果如下：

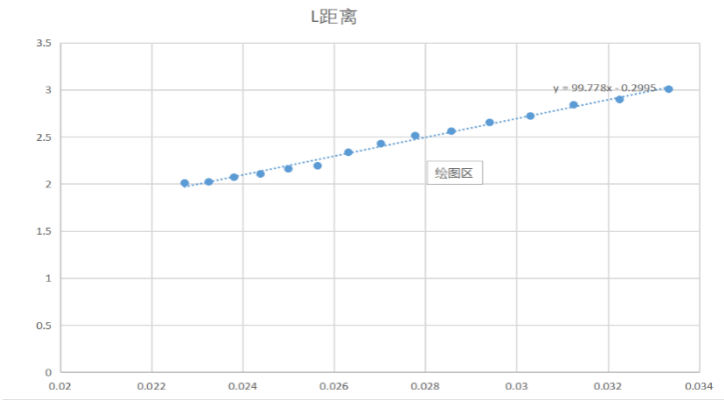


图 2

测得相对焦距 f 平均值：2.536

多次测量后计算与实际参数对比，得该参数符合要求，测量物体实际长度误差在 $\pm 1\text{mm}$ 左右。

4 系统结构与电路设计

4.1 系统流程图

系统软件流程图见附录 3。

4.2 电路设计

4.2.1 系统总体框图

系统总体框图，如图 3 所示，系统主要由 STM32F103C8T6 单片机，红外测距，OpenMV 模块，OLED 显示，声光提示，云台舵机和电源模块等部分组成。具体见附录 2。

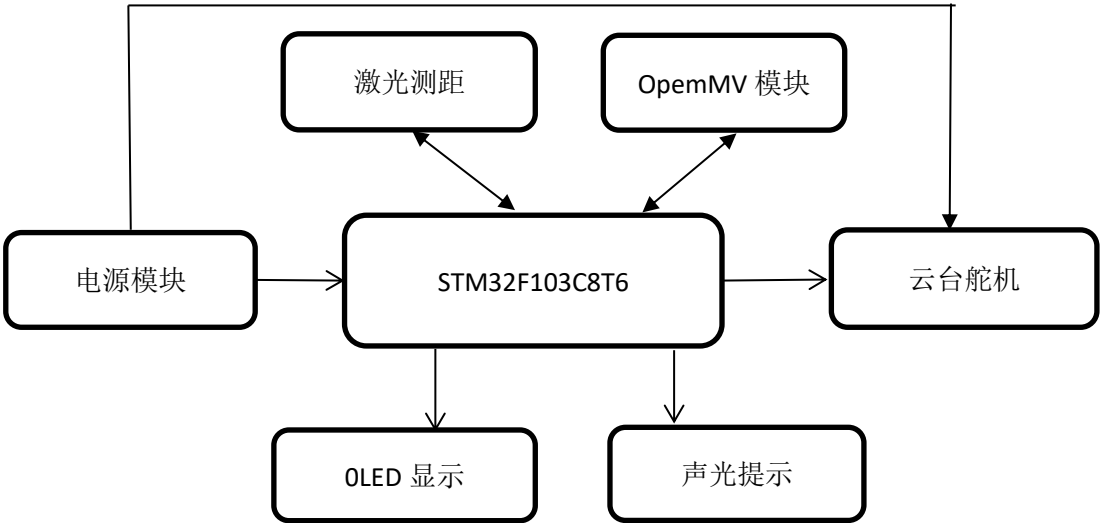


图 3 系统总体框图

4.2.2 电源模块的设计

电源模块设计利用学生电源将 220V 交流电源转换成 12V 直流电源，再通过降压模块转至 5V 供控制板及其他模块供电，电源模块详细原理图信息见附录 2 整体原理图。

4.2.3 执行机构控制算法：PID 算法

当被控对象模拟 PID 控制系统组成，如图 4 所示。

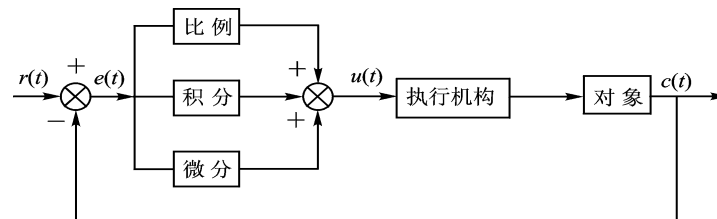


图 4 PID 控制系统原理框图

PID 调节器是一种线性调节器，它将给定值 $r(t)$ 与实际输出值 $c(t)$ 的偏差的比例(P)、积分(I)、微分(D)通过线性组合构成控制量，对控制对象进行控制。

4.3 程序的设计

4.3.1 程序功能描述与设计思路

程序功能描述：该非接触物体尺寸形态测量系统通过 STM32F103C8T6 最小核心板能够实现对 OpenMV、OLED 显示模块、激光测距模块、声光模块、舵机等模块的连接和调用；通过外部按键控制系统识别模块，系统中的 OpenMV 识别模块能够准确识别物体的形状、颜色、和像素距离。

程序设计思路：程序设计原则依据实际任务要求设计，

4.3.2 OpenMV 和 STM32 通信协议如下表：

0x3b	0x3b	X	Y	mode	color	distance	0xb5
头帧 1	头帧 2	物体中心 X 坐标	物体中心 Y 坐标	识别出的目标类型	目标颜色	目标边长像素	尾帧

表 2 通信协议

5 测试结果及分析

5.1 测试结果

通过直接识别正方形、三角形、圆形三种形状和三种颜色搭配的目标，以下表格为具体识别情况，因为测试场地路灯灯光间断开关情况，在识别蓝色正方形时，因为阈值部分区域重合，会发生偶尔同时错误识别的情况。

测试次数	测试物体	颜色识别情况	形状识别情况
1	红色圆形	正确识别	正确识别
2	蓝色正方形	旋转时偶尔错误识别成绿色	正确识别
3	红色三角形	正确识别	正确识别
4	蓝色正方形	正确识别	正确识别
5	绿色正方形	正确识别	正确识别

表 3 平面物体识别情况

下表为测试识别立体目标结果，在初期测试时因为算法识别的问题，未能识别到中心目标，后期已通过圆形识别解决。

测试次数	测试立体物体种类	实际测试情况	备注
1	排球	正确识别	无
2	足球	正确识别	无
3	篮球	正确识别	非中心

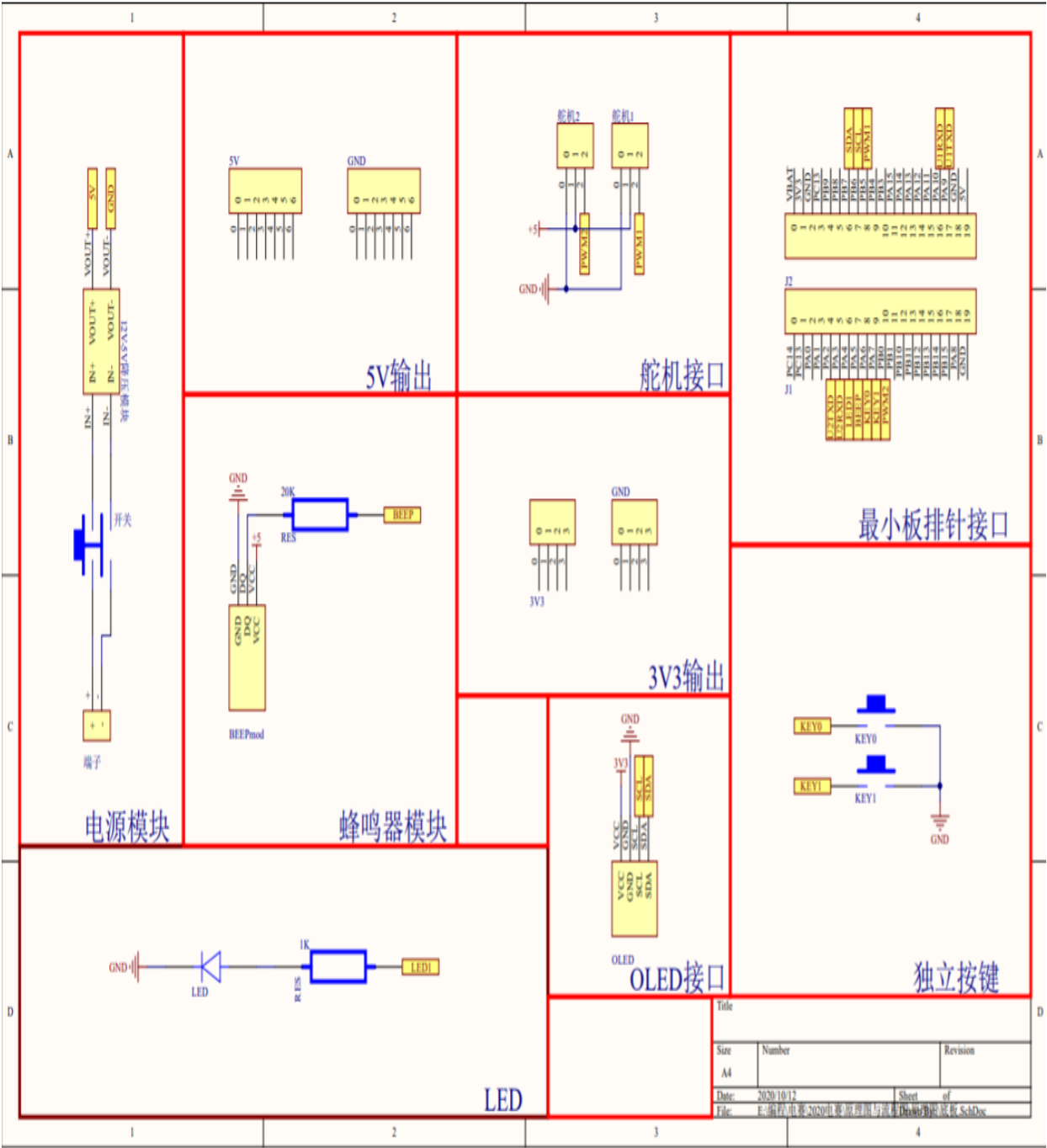
表 4 立体目标识别情况

6 测试分析与结论

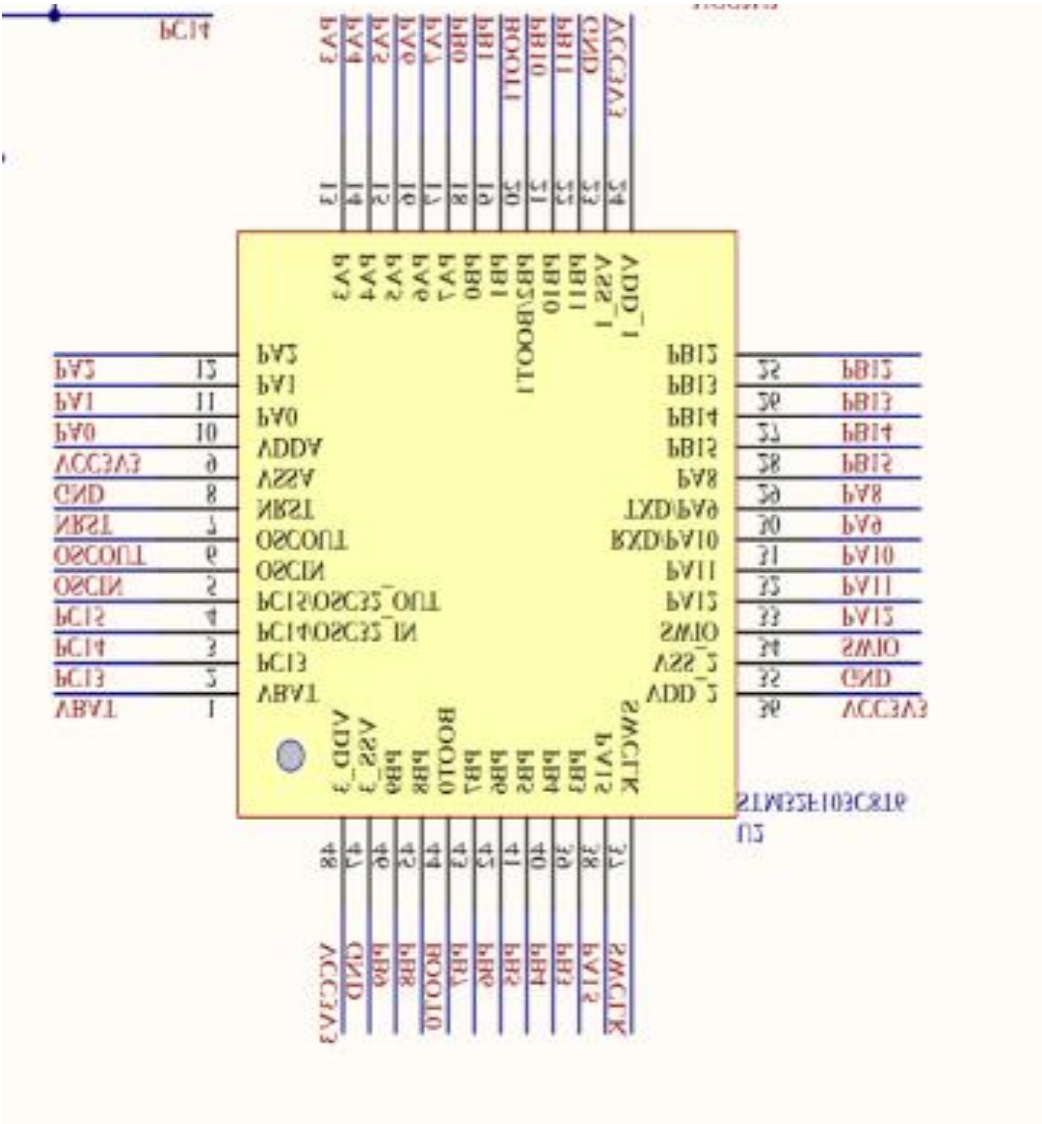
经过测试，本系统按键选择模式后，能够准确识别目标物形状、尺寸以及横向像素值，其中横向像素值通过利用自定义结合焦距和激光测距得到的距离值后，能够计算出物体实际横向长度，经多次测试后，测量误差在正负 1mm 左右；立体物体识别模式下，可以通过模板匹配准确识别分类三种球体，并通过激光测距模块准确测量距离。本系统可满足非接触物体尺寸形态测量系统所有任务要求。

通过本次比赛我们团队深入理解了非接触式物体参数测量原理，并对电子设计领域产生了极大的兴趣，同时这次比赛锻炼了我们的团队合作能力。虽然比赛的时间有限，但是我们的研究并不会因为这次的大赛而结束，我们会在已经实现的基础上作进一步的研究，完善其功能。

附录 1 整体电路原理图：



附录 2 STM32F103C8T6 芯片引脚图：



附录三 软件流程图：

