**全国大学生电子设计竞赛**



**（E题 ） 运动目标控制与自动追踪系统**

**摘 要**

运动目标控制与自动追踪系统可以通过摄像头识别屏幕上激光斑点以及黑色胶带组成的框线，并对目标进行自动追踪。采用OPENMV对识别到的目标进行坐标定位，将获到的坐标数据发送到STM32F103C8T6，STM32对坐标进行比例运算获取目标位置 ，同时控制二维云台运动改变激光头的指向实现激光斑点向指定位置移动，实现对目标的实时跟踪。

**关键词：**图像识别；OPENMV；STM32F103C8T6；PID；二维云台

**目 录**

[一、 系统方案 1](#_Toc142155460)

[1.1 系统基本方案 1](#_Toc142155461)

[1.1.1 控制方案设计 1](#_Toc142155462)

[1.1.2 机械结构方案设计 1](#_Toc142155463)

[1.2 各部分方案选择与论证 2](#_Toc142155464)

[1.2.1 主控芯片的选择 2](#_Toc142155465)

[1.2.2 摄像头的选择 2](#_Toc142155466)

[二、 系统理论分析 2](#_Toc142155467)

[2.1摄像头检测激光斑点的方法分析 2](#_Toc142155468)

[2.2 增量式PID控制算法的分析 3](#_Toc142155469)

[三、 电路与程序设计 3](#_Toc142155470)

[3.1电路的设计 3](#_Toc142155471)

[3.2程序的设计 3](#_Toc142155472)

[3.2.1程序功能描述与设计思路 3](#_Toc142155473)

[3.2.2程序流程图 4](#_Toc142155474)

[四、测试方案与测试结果 4](#_Toc142155475)

[4.1测试方案 4](#_Toc142155476)

[4.2测试条件与仪器 4](#_Toc142155477)

[4.3测试结果及分析 4](#_Toc142155478)

[（1）测试结果 4](#_Toc142155479)

[五、结论与心得 5](#_Toc142155480)

[**六、参考资料** 5](#_Toc142155481)

**运动目标控制与自动追踪系统（E题）**

**【本科组】**

# 系统方案

## 1.1 系统基本方案

### 1.1.1 控制方案设计

图示

描述已自动生成根据题目要求，该系统需要使用二维云台，主控模块，OLED屏幕，按键，摄像头以及OPENMV等外设。按键与OLED屏幕可用来根据题目要求选择程序运行。摄像头用于图像采集，OPENMV将摄像头采集到的数据进行处理获取目标的坐标信息并且将数据通过串口发送到STM32F103C8T6。STM32使用高斯滤波等多种算法将坐标信息转换为舵机的PWM位置信息，使用任务拆分的方式提高舵机工作的准确性。完成激光的指向工作。

图1-1

### 1.1.2 机械结构方案设计

根据题目要求，屏幕大小为50cm²，激光头位于屏幕一米处。根据三角定理，距离屏幕越远则激光头要想照射到指定位置需要更大的旋转角度，为了能使激光光斑运动更均匀，激光笔与二维电控云台被垫高到与屏幕中心点靠下处。处理红色激光的摄像头模块固定在云台上方不与云台相连，高度上正对屏幕正中央，这样能够最大程度的避免畸变。

## 1.2 各部分方案选择与论证

### 1.2.1 主控芯片的选择

方案一：使用STM32F103C8T6作为主控。STM32系列单片机是基于32位ARM Cortex-M3架构的具有可编程IO的功能强大的单片机芯片。其优点为便于开发，价格实惠。芯片具有多个可编程控制的IO引脚，开发自由度高，有完善快捷的HAL开发库，能够使用STM32CUBEMX进行开发，节省开发时间。

方案二：使用树莓派4B作为主控。树莓派是基于64位ARM Cortex-A72架构的四核处理器的linux单板计算机。树莓派4B能够直接连接摄像头进行图像采集并处理，性能强大。成本上，树莓派相较于STM32价格较高，需要更多成本。

综上所述，方案选用STM32F103C8T6作为主控芯片。

### 1.2.2 摄像头的选择

方案一：使用OV7670与STM32直接通信。OV7670是一款广泛使用的低成本、低功耗的CMOS图像传感器。使用IIC进行通信，能够直接使用STM32F103控制进行图像采集，但是图像清晰度较差，需要占用STM32的工作资源。

方案二：选择OPENMV作为图像采集处理工具。OpenMV使用了基于ARM Cortex-M7的STM32H743主控,使用micropython进行开发，具有调试简单，代码简洁等特点。可以进行多种运算减轻主控压力。

综合考虑，为了方便实现功能，提高识别精度，选择方案二。

# 系统理论分析

## 2.1摄像头检测激光斑点的方法分析

激光头所发出的激光光束集中且能够汇聚成一个光点，能够被摄像头捕捉采集。

1. 处理二值化图像，黑为0，白为255.
2. 将0，255化的图像装进一个二维数组。
3. 进行行扫描。
4. 进行列扫描。
5. 如果为255，则分别将x，y坐标输出到两个一维数组。
6. 该一维数组第一个和最后一个数组相加除以2，即为（x，y）坐标。

## 2.2 增量式PID控制算法的分析

增量式PID控制将当前时刻的控制量和上一时刻的控制量做差，以差值为新的控增量式PID算法是一种将PID控制器的输出信号计算分解为增量部分和积分部分的算法。

增量式PID算法通过比较实际输出值与期望输出值的误差来计算比例项。比例项的计算公式为Proportional = Kp \* (error - prev\_error)，其中Kp是比例系数，error是当前误差，prev\_error是上一次的误差。

增量式PID算法计算积分项。积分项是根据误差的累计值计算的，用来解决系统存在的静态误差问题。积分项的计算公式为Integral = Ki \* error\_sum，其中Ki是积分系数，error\_sum是误差累计值。

增量式PID算法计算微分项。微分项是根据误差变化率计算的，用来预测系统未来的变化趋势。微分项的计算公式为Derivative = Kd \* (error - 2 \* prev\_error + prev2\_error)，其中Kd是微分系数，error是当前误差，prev\_error是上一次的误差，prev2\_error是上上次的误差。

通过将比例项、积分项和微分项相加，就可以得到增量式PID算法的输出信号。输出信号的计算公式为Output = Proportional + Integral + Derivative。

增量式PID算法相比标准PID算法的优点是可以减少计算量，因为只需要记录前几次的误差值，而不需要保存所有历史误差值。同时，增量式PID算法对系统的响应速度也有一定的提升。

# 电路与程序设计

## 3.1电路的设计

图10 按键模式选择

图示, 示意图, 日历

描述已自动生成 如图3-2所示，该电路主要由STM32F103C8T6核心板，按键，舵机连接器，OLED屏幕以及供电组件构成。电路使用了外接7.4V电池作为电源，经过LM2596S进行降压处理转为5V电压为单片机以及舵机等组件供电。

图3-2电路设计图

## 3.2程序的设计

### 3.2.1程序功能描述与设计思路

1、程序功能描述

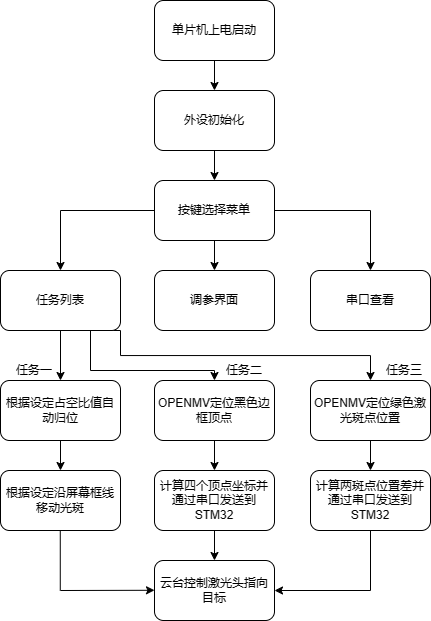
系统使用按键作为人机交互方式，使用OLED屏幕设计了控制菜单，实现菜单调参，命令下达，串口信息查看等功能。OPENMV模块可以采集图像信息并进行处理，该模块通过识别电工胶带围成的黑框的顶点坐标以及激光颜色斑点的位置来实现系统对环境的感知。舵机使用PWM进行控制，通过加入PID算法进行调节使运动轨迹更平滑稳定。

2、程序设计思路

根据题目要求需要实现云台在任意位置时按下复位键后激光斑点自动回到原点。选取舵机一段输出较为线性的区域，通过舵机参考手册，我们可以知道有对应占空比的角度值，由于距离屏幕板距离为一米，设置原点距离底面的距离，通过勾股定理可以测算出云台激光的仰角及航向角，从而让各舵机正常输出对应的pwm值即可，舵机自动归位依靠占空比信息进行控制，在复位发生时舵机将按照设定好的占空比值所对应的角度位置进行归位动作完成任务。要求二也是类似于要求一，求出4个边框的的坐标位置，通过运行路径分割，从而实现缓慢均匀运行，然后让其依次缓慢旋转到对应位置从而完成任务。

OPENMV可以根据题目要求采集通过激光颜色色块采集和长方体追踪提取坐标信息，通过将屏幕分为80个单位坐标并且通过串口发送到STM32单片机中。STM32单片机将接收到的坐标值进行转化，完成OPENMV坐标向云台坐标的转换，最终实现通过坐标信息调整占空比完成云台的运动控制。

### 3.2.2程序流程图

 1、主程序流程图如图所示

主程序流程图

# 四、测试方案与测试结果

## 4.1测试方案

1. 控制云台使光斑沿屏幕边界移动，记录光斑延边缘移动一周所用的时间
2. 将四周贴有黑色电工胶带的A4纸正贴在屏幕中央，控制光斑在黑色边框内移动一周，记录光斑在未出界的情况下所用时间
3. 将四周贴有黑色电工胶带的A4纸随机贴在在屏幕区域内，每次选择不同的角度进行粘贴，控制光斑在黑色边框内移动一周，记录光斑在未出界的情况下所用时间
4. 将绿色激光云台放置在其放置线段的任意位置，随机将红色激光点投射到一点，启动追踪系统并开始计时，得出两激光相遇时所用的时间。

## 4.2测试条件与仪器

秒表、直尺、卷尺。

## 4.3测试结果及分析

### （1）测试结果

**表** 1 测试方案（1）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 第一次测试 | 第二次测试 | 第三次测试 | 第四次测试 | 第五次测试 | 第六次测试 |
| 时间/S | 3.41 | 3.28 | 3.52 | 3.44 | 3.23 | 3.53 |
| 误差/cm | 0.01 | 0.12 | 0.12 | 0.03 | 0.17 | 0.12 |

**表** 2测试方案（2）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 第一次测试 | 第二次测试 | 第三次测试 | 第四次测试 | 第五次测试 | 第六次测试 |
| 时间/S | 4.32 | 4.53 | 4.65 | 4.23 | 4.21 | 4.13 |
| 误差/cm | 0.02 | 0.18 | 0.3 | 0.11 | 0.13 | 0.21 |

**表** 3测试方案（3）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 第一次测试 | 第二次测试 | 第三次测试 | 第四次测试 | 第五次测试 | 第六次测试 |
| 时间/S | 4.87 | 4，56 | 4.67 | 4.65 | 4.87 | 4.56 |
| 误差/cm | 0.17 | 0.13 | 0.02 | 0.04 | 0.17 | 0.13 |

**表** 4测试方案（4）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 第一次测试 | 第二次测试 | 第三次测试 | 第四次测试 | 第五次测试 | 第六次测试 |
| 时间/S | 1.54 | 1.65 | 1.65 | 1.76 | 1.89 | 1.34 |
| 误差/cm | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 0.12 | 0.25 | 0.29 |

（2）测试分析与结论

云台调试是一件十分复杂的工程，虽然云台是角度控制模块，但是由于各种误差最终会导致云台无法达到预期效果，需要后期算法程序进行纠正，经过测试得出该运动目标控制与自动追踪系统能够完成基本任务要求以及发挥部分要求

# 五、结论与心得

参加全国大学生电子设计竞赛是大学生活十分精彩的重要的一环，从最开始接触电子技术到几个月前的赛前准备，队伍中的每一个人都没有想过有一天能够不假思索地使用以及开发每一个的电子仪器设备，能够制作出令人惊叹的作品。在四天三夜的比赛过程中，我们经历了无数次的失败，见证了开发整个系统并完成任务的每一个脚印。在比赛过程中，感谢各位老师和工作者对我们的默默支持，感谢为全国大学生电子设计竞赛提供支持的每一个人。

**六、参考资料**

[1].夏徳铃.自动控制理论。机械工业出版社，2019

[2].张淑清.嵌入式单片机STM32设计及应用技术。国防工业出版社，2015

[3].乐丽琴.数字电子技术及应用。科学出版社，2020

[4].王彤.PC机在测量和控制中的应用[M]，哈尔滨工业大学出版社。1995

[5].刘豹.现代控制理论，机械工业出版社.2004

[6].侯彦利.微型计算机原理与接口技术，清华大学出版社。2016

[7].童诗白.模拟电子技术，高等教育出版社。2015