2023年全国大学生电子设计竞赛

**运动目标控制与自动追踪系统（E题）**

**【本科组】**



**2023年8月5日**

**摘要：**本设计实现一个运动目标与自动追踪系统。本系统以Arduino单片机为控制核心，先K210采集激光笔红色光斑光源的位置信息，再由串口传输给Arduino单片机，Arduino单片机产生控制信号传递给舵机，舵机带动激光笔实现光斑的实时检测及精确追踪。实现，光斑任意位置回到原点，光斑在30s内以顺时针方向转一圈，绿光斑自动追踪到红光斑，两个光斑距离误差在2cm内，运动目标控制系统和自动追踪系统能一键暂停，方便测量两个光斑中心距离。

**关键字：**Arduino；k210；激光笔；舵机

**目录**

[1.系统方案 4](#_Toc142091838)

[1.1 方案比较与选择 4](#_Toc142091839)

**[1.1.1 芯片方案论证与选择](#_Toc142091840)** [4](#_Toc142091840)

**[1.1.2](#_Toc142091841)****[电机方案比较与选择](#_Toc142091841)** [4](#_Toc142091841)

**[1.1.3视觉系统比较与选择](#_Toc142091842)** [4](#_Toc142091842)

[1.2总体方案比较 5](#_Toc142091843)

[1.3总体方案描述 5](#_Toc142091844)

[2.系统分析与结论 6](#_Toc142091845)

[2.1 控制系统理论分析 6](#_Toc142091846)

[2.2视觉系统理论分析 6](#_Toc142091847)

[2.3机械结果理论分析 6](#_Toc142091848)

[3.电路和程序设计 6](#_Toc142091849)

[3.1系统总体框图 6](#_Toc142091850)

**[3.1.1按键复位子系统框图](#_Toc142091851)** [7](#_Toc142091851)

[3.2 程序设计 8](#_Toc142091852)

**[3.2.1程序功效描述和设计思路](#_Toc142091853)** [8](#_Toc142091853)

**[3.2.2程序步骤图](#_Toc142091854)** [8](#_Toc142091854)

[4.测试方案和测试结果 8](#_Toc142091855)

[4.1 测试方案 8](#_Toc142091856)

[4.2 测试条件与仪器： 9](#_Toc142091857)

[4.3测试结果分析（数据） 9](#_Toc142091858)

[5.结论与心得 9](#_Toc142091859)

[6.参考文献 9](#_Toc142091860)

[附录： 9](#_Toc142091861)

1. **系统方案**

**1.1 方案比较与选择**

**1.1.1 芯片方案论证与选择**

**方案一：**单片机开发需要考虑相应的外围电路，和底层软件。使用单片机开发必须设计硬件，制作PCB板。运行速度过慢，特别是双数据指针，51保护能力很差，很容易烧坏芯片，带来不便，满足不了有些要求。

**方案二：** Arduino在软件开发反面考虑的更多的是功能的实现，使用Arduino做项目，几乎不用考虑硬件部分的设计，可以按需求选用Arduino的控制板、扩展板等组成自己的需要的硬件系统。对其他开发板，Arduino 及周边产品相对质廉价优，学习或创作成本低，重要一点是：烧录代码不需要烧录器，直接用USB线就可以完成下载。

**选择结论：**讨论最后得出相对方便的的Arduino来做核心控制。

* + 1. **电机方案比较与选择**

**方案一：**[舵机](https://so.csdn.net/so/search?q=%E8%88%B5%E6%9C%BA&spm=1001.2101.3001.7020" \t "_blank)简单的说就是集成了直流电机、电机控制器和减速器等，并封装在一个便于安装的外壳里的伺服单元。能够利用简单的输入信号比较精确的转动给定角度的电机系统。能满足我们所有的需求。

**方案二：**采用普通直流电机。普通直流电机有价格低廉、使用简单等优点，但其扭矩较小，可控性差，此系统要求控制精度高、速度快、且质量要小，所以直流电机不满足我们要求。

**选择结论：**为能更加精确的追踪选择用舵机。

**1.1.3视觉系统比较与选择**

**方案一：**采用0PENMV是一个开源，低成本，功能强大的 机器视觉模块。OPENMV上的机器视觉算法包括 寻找色块、人脸检测、眼球跟踪、边缘检测、标志跟踪等。集成了OV7725摄像头芯片，在小巧的硬件模块上，用C语言高效地实现了核心机器视觉算法。

**方案二**：使用K210:

1. 本次设计需要实时检测和追踪红外线激光点,K210集成了卷积神经网络处理器,可以实现快速的图像识别和处理。其CNN计算能力明显优于普通MCU。

2. K210还内置了影像信号处理器,可以直接对图像信号进行处理,实现滤波、缩放、裁剪等图像预处理算法,这对提高红外线激光点的识别效果非常有帮助。

3. K210具有丰富的图像接口,实现图像采集。本次需要使用红外滤波摄像头,K210可以直接兼容各种图像传感器。

4. K210上可以运行MicroPython代码,利用神经网络、图像处理算法可以方便实现红外点的检测和追踪。5. K210的价格低廉,性价比高

**选择结论：**

K210在本次红外光追踪系统的设计中,可以发挥其在图像处理和运算性能方面的优势,更适合本次的设计需求。选择K210可以使系统性能更优,成本更低,设计更高效。

**方案总结：**

经过上面三个系统的选择来讲，本次选用Arduino为核心控制，先K210采集激光笔红色光斑光源的位置信息，再由串口传输给Arduino单片机产生控制信号传递给舵机。

**1.2总体方案比较**

**方案一：**在识别A4方框和识别到之后让红色激光走顺时针方案上，采用一个视觉模块，固定不动，用来检测到A4方框以及四个坐标点，不识别激光，直接让舵机进行运动。但是这样存在问题，要把坐标映射成角度计算比较复杂，且误差较大，另外不识别红色激光点，直接让舵机带动激光笔进行运动，误差更大大加大。

**方案二：**用k210识别红色激光点，同时返回红色激光点的坐标，同时在红色激光点附近划分感兴趣区域，在该感兴趣区域内用寻找色块的算法来识别识别黑色方块（巡线），并且返回黑色方块的中心坐标（预期坐标），根据红色激光点的实际坐标，和黑色方块的中心坐标进行比较，控制舵机由实际位置向预期位置运动，保证巡线过程中在线内而不出界。但是这样存在的问题是：识别激光算法和识别色块算法的运算量较大和图像处理量大，且如何保证激光在预期坐标时能继续按顺时针运动是一个问题。为了解决后面问题，又有多个子方案：首先我们的关键是，在实际坐标和预期坐标重合之后（在一定误差内），确定此时舵机如何带动红色激光笔运动从而保证顺时针绕四个顶点运动。

**子方案1**：识别直角：采用k210的识别直线/线段算法，当感兴趣区域内的直线或者线段数量超过或者等于2时，说明此时运动到了直角区域，应该转换运动方向。但是这个方法算法处理量大，且不准确。

**子方案2:**再另外采用一个视觉模块，专门用来识别激光坐标，和确认激光此时的运动方向（在四个线段中的哪一个），但是这样太过于大材小用。

**1.3总体方案描述**

k210首先预设的屏幕中心点坐标，0.5\*0.5区域，自定的A4纸的矩形区域,在任务开始时保证屏幕内识别区域和实际观测区域成比例；k210识别到实时红色激光，并且得到实时红色激光点的坐标，通过串口通信的方式发送给主控板Arduino，Arduino得到红色激光的实时坐标，与预期中心点坐标,矩形顶点坐标，A4靶纸顶点坐标进行比对，控制两个舵机（x方向和y方向）进行运动，从而实现到达中心点和线框，A4靶纸黑胶带的巡线。

**2.系统分析与结论**

**2.1 控制系统理论分析**

主控板以Arduino为核心。先采集原点位置设置按键实现红色光斑从任意位置一键复位（原点），再K210采集激光笔红色光斑光源的位置信息，最后由串口传输给Arduino单片机产生控制信号传递给舵机，舵机再去实现线框巡线，任意位置识别A4靶纸并成功巡线。

**2.2视觉系统理论分析**

1. **激光位置识别：**

主要利用K210的摄像头和图像处理能力来识别激光点的位置,从视觉理论角度来看,主要涉及以下几个方面:

1. 颜色识别

代码通过设置红色颜色阈值red\_threshold来识别图像中红色物体的位置,这个过程运用了数字图像处理中的颜色分割和二值化理论。

2. 图像滤波

为了更准确地识别目标,代码关闭了自动白平衡和自动增益,调整了对比度、亮度等参数,这相当于对原图像进行了滤波处理,去除不需要的噪声,属于图像增强的方法。

3. 图像分割

find\_blobs函数基于连通域理论,将连接在一起的像素分成不同的区域,然后提取目标颜色区域的特征,对应图像分割的过程。

4. 特征提取

主要提取了颜色区域的矩形边界框、面积中心点等特征,这些特征可以代表目标的位置,属于数字图像处理中特征提取与描述的内容。

1. 对象跟踪

连续处理每一帧图像,实时跟踪激光点坐标,实现对象追踪与定位,属于计算机视觉中的目标跟踪算法。

1. **矩形A4黑框的识别：**

1. 形状识别

使用find\_rects()函数来查找图像中矩形的轮廓,这是一种基于边缘检测和轮廓提取的形状识别方法。

2. 边缘检测

要识别矩形,首先需要检测图像中的边缘。这里使用了k210模块集成的边缘检测算法,对应着Canny等边缘检测方法。

3. 轮廓提取

在边缘图像的基础上提取出连接组成的轮廓区域,并分析其形状参数,判断是否为矩形,对应着图像处理中的轮廓提取与拟合方法。

4. 几何特征描述

提取了矩形的四个顶点坐标,以及中心点坐标、边长、面积等几何特征,用于描述和定位矩形区域。

5. 数据融合

连续多帧对同一矩形进行检测,并计算角点坐标平均值,以提高定位精度,属于多传感器的数据融合方法。

6. 目标跟踪

实时处理图像,持续跟踪和定位矩形目标,属于计算机视觉跟踪算法的应用。

**2.3机械结果理论分析**

用到一个二维云台，由两个舵机来组装，一个舵机在上面控制俯仰角（上下）转动，并一个舵机在下面控制偏航角（左右）转动，实现同时运作来完成运动目标控制。云台上还要定住我们的激光笔，云台带着激光笔转动。制作一个由一定高度能上下调动还能放K210的竖架，由一个细且直的铁棒，一个半圆架来组成，定在跟云台同高度的底座上。白板由纸板为背景，为了纸板的稳定用了三脚架来支撑，纸板上面贴有一张面积为0.7\*0.7m的白纸上面画有线框跟A4靶纸。纸板与云台之间保持一米的距离，所以云台跟纸板的中间用有一米长的矩形铁来定住保持距离。主控板，电池，设计案件的板子都固定在固定云台的底座上固定。

**3.电路和程序设计**

**3.1系统总体框图**

接受数据

（调舵机）

电源

（12V）

云台

（舵机）

K210

（视觉）

Arduino

(主控板)

5V

5V

5V

**图一 总系统框图**

传数据

本系统设计以Arduino为主控板。k210首先预设的屏幕中心点坐标，0.5\*0.5区域，自定的A4纸的矩形区域,在任务开始时保证屏幕内识别区域和实际观测区域成比例；k210识别到实时红色激光，并且得到实时红色激光点的坐标，通过串口通信的方式发送给主控板Arduino，Arduino得到红色激光的实时坐标，与预期中心点坐标,矩形顶点坐标，A4靶纸顶点坐标进行比对，控制两个舵机（x方向和y方向）进行运动，从而实现到达中心点和线框，A4靶纸黑胶带的巡线。

**3.1.1按键复位子系统框图**

按键复位主要把红色光斑从任意位置一键回到原点.

云台控制激光笔移动

开始

是否复位

激光笔回到屏幕正中间

是

否

图二 按键复位程序图

**3.2 程序设计**

**3.2.1程序功效描述和设计思路**

根据设计要求，软件部分主要实现舵机控制，按键复位，自动巡线线框，识别A4靶纸并巡线，自动追踪光斑。

(1) 舵机控制：舵机转动的角度是通过调节PWM信号的占空比来实现的。两个舵机需要，一个舵机左右转角，一个舵机上下转角，满足我们的需求。

(2) 按键复位：给一个固定的值（原点坐标），按照原点坐标的位置调舵机给一个固定的PWM值来实现复位。

(3) 自动循迹线框：循迹线框一点一点调舵机找好矩形的四个点（也是固定的位置）调角度，让舵机按固定的角度来转。

(4) 识别A4靶纸并巡线：在任务开始时保证屏幕内识别区域和实际观测区域成比例；k210识别到实时红色激光，并且得到实时红色激光点的坐标，通过串口通信的方式发送给主控板Arduino，Arduino得到红色激光的实时坐标，与预期的矩形顶点坐标进行比对，控制两个舵机（x方向和y方向）进行运动。

**3.2.2程序步骤图**

**4.测试方案和测试结果**

**4.1 测试方案**

**(1)硬件测试**

调试舵机的角度，在水平面上找矩形线框上下线段要转的转角度，用二维云台下面的舵机调偏航角。在垂直面上找矩形左右线段要转的角度，用二维云台上面的舵机调仰俯角。反复调试延长时间要在30s内以顺时针方向转要求的线框面积。

**(2)软件测试：**

**一、验证软件部分的 Arduino 代码能够正确控制舵机的角度**，实现舵机在水平面和垂直面上按照给定的线段进行转动。

测试步骤:

1. 连接硬件设备:

将舵机模块连接到 Arduino 开发板的数字引脚 9（x 方向舵机）和引脚 10（y 方向舵机）。

将二维云台与舵机模块连接。

2. 上传 Arduino 代码:

将提供的 Arduino 代码上传到 Arduino 开发板。

3. 准备测试数据:

接收k210串口通信一个包含激光点坐标的测试数据。

通过串口将测试数据发送到 Arduino 开发板。

4. 运行测试:

Arduino 开发板接收到激光点坐标后，根据代码逻辑计算舵机需要转动的角度。

使用舵机控制信号将舵机转动到相应角度

5. 测试结果:

观察舵机的转动是否按照预期进行。

确保舵机能够在水平面和垂直面上正确转动，使得线段与矩形线框对齐。

检查舵机转动的速度是否在预期范围内。

**二、验证视觉模块K210是否可以正确识别指定大小的矩形目标,并描绘矩形边框和角点;验证是否可以正确跟踪红色激光点。**

**①矩形识别**

1. 启动OpenART mini,运行矩形识别代码

2. 摄像头前方置入多个大小不同的矩形目标

3. 观察屏幕是否可以描绘出大于20x20像素的矩形边框

4. 观察矩形4个角点是否被正确描绘

5. 重复多次测试,矩形目标置于不同位置

**预期结果:**

大于20x20像素的矩形边框能正确描绘

矩形4个角点能正确标记

**②激光跟踪**

1. 保持矩形识别代码运行

2. 开启激光笔,让激光点进入摄像头视野

3. 观察屏幕是否可以跟踪并标记出红色激光点

**预期结果:**

红色激光点能被正确跟踪并标记

**4.2 测试条件与仪器：**

检查多次，运行程序无误，要求的精确度跟做出来的结果要符合要求，并且检查无误。

测试仪器：高精确数字万用表。

**4.3测试结果分析（数据）**

**基本要求（1）数据测试**

表一 复位红光斑误差测试表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1次 | 2次 | 3次 | 4次 | 5次 | 6次 |
| 误差 |  |  |  |  |  |  |

**基本要求（2）数据测试**

表二 红光斑转线框的时间测试表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1次 | 2次 | 3次 | 4次 | 5次 | 6次 |
| 时间（秒） |  |  |  |  |  |  |

**基本要求（3）数据测试**

表三 A4靶纸黑胶红光斑转圈误差测试表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 |  |  |  |  |  |
| 误差 |  |  |  |  |  |

**5.结论与心得**

经过多次测量证明，误差值符合题目的要求，本设计完成了题目的基本部分前三要求，检测结果表明本设计成功地实现了题目的要求，具有较高的性价比。但是，还有要求无法满足。在这短短的几天时间我们遇到了很多问题，需要我们自己去想，去动手，去解决。平时我们多的是时间只是在学理论知识，，在准备比赛和进行比赛这段时间内，我们把理论知识运用到实践中，经过此次竞赛我们认识到了团队合作的重要性，充分领会了大赛的精神，全员均得到了宝贵的创作经验。

**6.参考文献**

**附录：**