

基于单目视觉的目标物测量装置

摘要

本控制系统是基于STM32单片机控制模块、图像采集模块、电流检测电路、7时液晶显示屏等电路设计实现的基于单目视觉的目标物测量装置。系统采用Openmv4plusH7摄像头采集屏幕上黑色矩形框内边框、物面上的几何图形的信息，通过相似三角型的算法来计算出几何图形的实际边长或直径、基准线到目标物的距离，并将计算得到的数据传递至单片机模块，单片机模块对数据进行处理并在液晶屏上显示出来。本测量装置实现了基础要求部分的基础目标物体的边长或直径的识别以及距离的识别，发挥部分的发挥目标物的最小面积正方形的边长x测量、整机功率测量和降低整机功耗。

**关键字：**Openmv4plusH7摄像头；电流检测电路；单目视觉测量；低功耗

# 系统方案

本系统通过摄像头采集指定的图像信息和目标物信息，完成了基准线到目标物距离D和物面上几何图形的边长或直径的x的测量，以及发挥部分的几何物体的检测和降低整机功耗的功能。

## 技术方案分析与比较

### 视觉模块选择

方案一：采用Maixcampro系列摄像头，支持Linux和Python的OpenCV，除了使用maix模块，还可直接用cv2。由于OpenCV大多由CPU计算，会降低帧率和运行速度。

方案二：采用K210系列摄像头，芯片强调低功耗，配备专用的深度学习处理单元（KPU），能在硬件层面实现高效的图像识别，减少对外部计算资源的依赖。然而，在复杂光线和动态环境中，识别效果可能不理想。

方案三：采用OpenMV4 Plus H7系列摄像头，基于Cortex-M7处理器，最高频率400MHz，计算能力强，能高效运行图像处理和机器学习算法。它支持目标检测、颜色识别、二维码识别和特征匹配等多种视觉任务，满足多样化应用需求。

根据说明，视觉识别模块必须识别迅速，在5s之内完成距离和边长检测，所以视觉模块具备实时性强、识别稳定等功能。

综上，为实现快速、稳定的实时识别，建议选择方案三。

### 主控芯片方案选择

方案一：采用价格低廉、结构简单、资料丰富的STC89C52单片机。其外设资源有限，处理器为8位，频率较低，运算速度较慢，难以实现高精度和多功能，需外接大量外围电路，增加系统复杂度。

方案二：采用STM32F103C8T6单片机作为主控模块。STM32F103C8T6是一款基于ARM Cortex-M3内核的单片机，片上资源丰富，有多个定时器和通讯接口，工作频率高，运行速度快，在电源管理方面提供了多种低功耗模式和省电功能。

根据说明，因为单片机模块需要控制的外部模块多，例如液晶屏、按键、串口等所以选择所以需要选择资源更丰富的控制系统。

综上所述，为满足外部资源需求、单片机处理速度、整机尽可能低功耗的情况下，我们选择方案二。

## 系统结构工作原理

### 机械结构

用铁杆和3D打印塑料支架支撑固定摄像头使正对向测试屏幕，并将铁杆固定到亚克力板上。铁杆有一定高度，可调节摄像头的摆放高度。亚克力板牢固，足以支撑摄像头的摆放。系统的部分机械结构如图1所示：

|  |
| --- |
| 图1 简要机械结构 |

## 检测方法分析

1. 黑色矩形框检测分析

测量装置上电后，视觉模块开始检测，通过检测白色色块、色块面积过滤的方法来查找黑色矩形框的内边框，并获取内边框宽度。由于A4纸的尺寸已知，所以通过检测到的黑心矩形内边框的距离可求得像素点和距离的关系。

1. 待测几何物体检测分析

本团队采用最直观的查找黑色色块的方法，定义ROI区域，在ROI区域内进行黑色阈值的查找，然后获取色块的角点，通过对角点数量进行判断，来区分当前检测的物体形状，并计算检测物体的边长

# 理论分析与计算

## 基于单目视觉测量原理分析与计算

单目位置测量原理是利用小孔成像模型描述空间点与图像点的关系，像素坐标与世界坐标对应关系如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 图片1式中：比例因子=；为3×3的相机内参矩阵，为3×4的相机外参矩阵 | （1） |

标定相机可得内外矩形参数矩阵，通过世界坐标系中坐标可以确定唯一成像点，但仅从像素平面坐标无法反演唯一的世界坐标。因此引入空间三角相似性,针对立体目标“球体”成像规律,小孔平面成像模型如图2所示。

|  |
| --- |
| 图2小孔成像模型 |

直角三角形中，相机光心与球心实际成像点之间的距,称之为焦距。则形式焦距可有直角三角形计算得到：

|  |  |
| --- | --- |
| = | （2） |

由成像原理以及空间三角相似可知：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （3） |

结合上述公式可得到空间反演公式：

|  |  |
| --- | --- |
| 图片2  式中：与为的成像像素坐标，且=、=。 | （4） |

## 电流检测电路分析与设计

首先选出一款能够实现电流测量的芯片，我们团队选择了ACS712芯片，并设计他的原理电路，将其串联到电路中，芯片输入是电流，输出是电压，输出电压与输出电流存在高度线性关系，通过测设得到线性系数，从而就可以的到输入电流数值。

## 难点分析及解决办法

1. 远距离目标物的识别

按照基本要求和发挥部分，视觉模块与待测目标物最远距离达到2米，距离太远，导致目标物无法被摄像头准确识别到。

解决方案一：进一步裁剪摄像头采集到的图像，使待测目标物即使在很远的距离下，也可以被检测到。但是待测目标物的距离是可改变的，因此对裁剪的范围要求极为苛刻。

解决方案二：更换摄像头，使用清晰度的分辨率更高的摄像头。

我们采用解决方案二，省时省力，并且在实际应用中取得了不错的效果。视觉采集的图像易受环境影响

由于光照因素不稳定，导致摄像头在采集信息时容易受到环境因素的影响，主要是因为在当前环境下调好的找色块阈值、或是检测轮廓阈值等不一定适应别的环境。

解决方案一：改变摄像头采集到图像后的曝光时长。但是实测效果并不显著。

解决方案二：给视觉模块的摄像头加遮光筒，遮光筒简易结构如图3所示。

|  |
| --- |
| 图3遮光筒简易结构图 |

本团队的最终采取解决办法是方案二，通过改变模块的硬件结构来减轻环境对摄像头造成的影响，在实际测试过程中取得不错的效果。

1. 单片机模块的串口数据处理  
    单片机模块串口数据处理的难点在于接受到视觉模块发来的数据量大，长度不定，且数据类型转换困难，涉及到将浮点数转换为整形数据。

解决方案一：使用微控制器内部的串口空闲中断与使用DAM接收不定长数据的方法。保证数据及时接收，且数据完整，单片机数据存储下来后在进行统一处理。

解决方案二：重新制定通信协议，发送端切分数据，简化帧头帧尾，单片机接收端对数据进行分段处理，按需存储摄像头发来的数据。

我们团队选择的解决办法为方案一，在实际测试过程中通信效果最好。

# 电路与程序设计

## 总体电路设计

|  |
| --- |
| 图4 总体电路结构 |

系统由摄像头、单片机控制、按键、7英寸液晶显示、电流检测电路等组成。单片机通过I/O判断按键操作，控制功能。摄像头实时测量目标到轴线的距离、边长或直径，并将数据显示在液晶屏上。电流检测电路监测电源输出电流，也显示在屏幕上。整体结构如图4，详细电路见附录。

## 电流检测电路

我们团队采用ACS712电流传感芯片进行电流检测。该芯片抗干扰能力强，输出线性，在其额定范围内，输出电压与实际电流成线性关系。校准后获得线性系数，然后用STM32的ADC读取模拟电压，将读数乘以系数即可准确得到电流值。电路示意如图5所示。

|  |
| --- |
| 图5电流检测原理图 |

## 程序设计

1. 视觉模块图像检测与处理

通过查找白色色块并通过面积帅选出矩形内边框，通过在指定的ROI区域内识别黑色色块，框出色块轮廓并获取色块的边长，通过单目视觉检测原理即可计算出几何物体实际边长和到摄像头的距离。

1. 执行机构与算法

单片机通过按键控制整个程序进程，按键一键启动测量并显示，单片机通过串口3接收并保存视觉模块发来的数据，单片机通过串口2与液晶显示屏通信，将数据处理就显示在7时液晶显示屏上面。

1. 总体程序流程

系统采用独立按键进行一键启动，一键启动之后，视觉模块开启测量和计算目标物的边长和目标物到物面上的距离，并将数据通过串口发送到单片机模块，单片机通过对数据进行处理，在通过串口2将数据发送到7时液晶显示屏上面。通过按键来控制整个程序的进程。

|  |
| --- |
| 电赛C题.drawio  图6电流检测原理图 |

# 测试方案与测试结果

1. 系统测试功能
2. 随机取出基础目标物进行测量，按下一键启动按键后，测量距离和边长这样我们得到以下三个表格，完成基础题前三小问的要求。

表1 距离D与正方形的边长x

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实际距离/cm | 100 | 125 | 155 | 175 | 200 |
| 实际边长/cm | 16 | 13 | 10 | 15 | 10 |
| 测量时间/s | 3.35 | 4.02 | 3.68 | 4.23 | 2.93 |
| 测量距离/cm | 101.29 | 125.39 | 154.87 | 176.53 | 201.13 |
| 测量边长/cm | 15.52 | 12.96 | 10.46 | 14.82 | 9.98 |
| 测试结果 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 |

表2 距离D与等边三角形的边长x

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实际距离/cm | 100 | 130 | 150 | 170 | 200 |
| 实际边长/cm | 16 | 13 | 15 | 12 | 10 |
| 测量时间/s | 3.62 | 3.89 | 4.62 | 3.21 | 4.08 |
| 测量距离/cm | 99.98 | 131.11 | 150.01 | 169.83 | 201.57 |
| 测量边长/cm | 15.55 | 13.32 | 14.86 | 11.96 | 9.98 |
| 测试结果 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 |

表3 距离D与圆形的直径x

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实际距离/cm | 100 | 135 | 155 | 185 | 200 |
| 实际边长/cm | 16 | 13 | 14 | 12 | 10 |
| 测量时间/s | 4.05 | 3.97 | 2.52 | 3.58 | 4.25 |
| 测量距离/cm | 101.15 | 135.98 | 154.21 | 186.02 | 200.56 |
| 测量边长/cm | 15.53 | 13.62 | 14.53 | 12.46 | 10.48 |
| 测试结果 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 |

1. 实时检测直流稳压电源对测量装置整机的供电电流

表4 实测直流稳压电源对测量装置整机供电电流

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实际电流/ma | 450 | 452 | 451 | 452 | 450 |
| 实测电流/ma | 443 | 447 | 453 | 442 | 453 |
|  | 1.56% | 1.11% | 0.44% | 2.21% | 0.67% |
| 测试结果 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 |

1. 随机取出发挥目标物进行测量，按下一键启动按键后，测量距离和最小面积正方形边长，完成发挥题前两小问的要求。

表5 距离D与正方形最小边长x

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实际距离/cm | 100 | 135 | 155 | 175 | 200 |
| 实际边长/cm | 5 | 7 | 4 | 5 | 7 |
| 测量时间/s | 3.21 | 3.56 | 4.25 | 4.39 | 2.58 |
| 测量距离/cm | 100.25 | 135.69 | 156.58 | 174.36 | 200.65 |
| 测量边长/cm | 4.73 | 6.25 | 4.56 | 5.49 | 7.58 |
| 测试结果 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 |

1. 测量带有数字的目标物检测，按下一键启动按键后，测量指定编号正方形的x和距离D得到下述表格，完成发挥题第三问。

表6 指定编号正方形的x和距离D

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实际距离/cm | 100 | 120 | 140 | 170 | 200 |
| 实际边长/cm | 13 | 15 | 14 | 12 | 10 |
| 测量距离/cm | 100.25 | 135.69 | 156.58 | 174.36 | 200.65 |
| 测量边长/cm | 4.73 | 6.25 | 4.56 | 5.49 | 7.58 |
| 测试结果 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 |

1. 取最后一个发挥目标物，按下一键启动后，测量与轴线成一定夹角的物面上正方形的边长x,完成发挥题第四问。

表7 测量正方形的x

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实际边长/cm | 10 | 14 | 12 | 15 | 16 |
| 旋转角度 |  |  |  |  |  |
| 测量边长/cm | 4.73 | 6.25 | 4.56 | 5.49 | 7.58 |
| 测试结果 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 | 成功 |

1. 通过，其中 = 5V，根据基础题第四部分测出的直流稳压电源对测量装置整机的供电电流可计算出当前电路中的。

|  |  |
| --- | --- |
| /w | /w |
| 2.215 | 3.5 |

## 测试结果分析

通过以上测试数据表明，本设计方案不仅完成了基本部分的所有任务，而且达到了发挥部分所有要求，说明本设计方案是科学合理而且系统运行可靠，性价比高。

# 参考文献

[1]赵江洪,刘茈菱,杨甲,等. 几何单目视觉测距研究综述[J].测绘科学,2023

[2]贾爽.基于单目视觉的室内定位关键技术研究[D].哈尔滨工业大学,2022

[3]屈霞,贡启明. 基于视觉测量的人防门位置检测方法[J].计算机测量与控制,2020

**附录：**

|  |
| --- |
|  |
|  |

**实物图：**

