



天津中德应用技术大学
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

本科生毕业设计

智能物流搬运小车的设计与实现

**Design and Realization of Intelligent Logistics
Transport Vehicle**

姓 名 张珑

学 院 机械工程学院

专 业 机械电子工程

指导教师 张培

职 称 副教授

完成时间 2020 年 6 月

天津中德应用技术大学
本科生毕业设计（论文）的声明

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在指导教师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本毕业设计（论文）的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计（论文）所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本毕业设计（论文）原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名：

年 月 日

本人声明：该毕业设计（论文）是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过设计（论文）的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计（论文）指导教师签名：

年 月 日

摘要

随着“德国工业 4.0”、“中国制造 2025”规划的全面推进，近年来，智能化生产领域取得显著进展，其中最典型的代表就是智能制造的关键环节——智能物流。效率低、人工成本高、安全性差已经成为传统物流模式的代名词，这种模式已经不符合现在物流发展的趋势。所以现在物流急需可以取代传统物流模式的智能化搬运设备。根据此现状，本文设计了一款智能化的物流搬运小车，具体研究内容如下。

首先，对搬运小车进行需求分析和性能分析，确定智能物流搬运小车系统的设计方案。根据具体的工作场地，让智能搬运小车具备搬运功能、自主巡迹及路径规划功能、二维码及颜色识别功能和信息显示等功能。与此同时，介绍了智能物流搬运小车的机械结构和开发平台。

其次，采用模块化的设计思路，完成了以 Arduino Mega2560 为核心的控制系统硬件电路搭建，并根据实际性能考虑，完成了系统核心部件的选型。完成了系统硬件电路连接图的设计与绘制，主要包括：行走模块电路连接图、搬运控制模块电路连接图、视觉模块电路连接图、启动模块电路连接图及智能物流搬运小车总电路连接图。

然后，完成了包括系统软件总体构架设计、初始化模块设计、控制系统主程序设计和视觉识别程序设计在内的智能物流搬运小车控制系统的软件设计。

最后，对智能物流搬运小车控制系统进行了分模块测试，并在实训室搭建了模拟场地，完成了小车的整体调试。测试表明，小车的控制系统能较好地满足设计要求，初步验证了整个智能搬运小车控制系统的可行性。

关键词：智能物流；视觉识别；Arduino；硬件电路

ABSTRACT

With the comprehensive promotion of "German Industry 4.0" and "Intelligent Manufacturing 2025" plans, in recent years, significant progress has been made in the field of intelligent production, among which the most typical representative is the key link of intelligent manufacturing—intelligent logistics. Low efficiency, high labor cost and poor security have become synonymous with the traditional logistics model, which is not in line with the current trend of logistics development. So now logistics urgently need to replace the traditional logistics mode of intelligent handling equipment. According to the present situation, this paper designs an intelligent logistics transportation vehicle. The specific research content is as follows.

First, carry out demand analysis and performance analysis on the intelligent logistics transportation vehicle, and determine the design scheme of it. According to the specific work site, the intelligent logistics transportation vehicle can be equipped with the functions of carrying, automatic tracking and path planning, qr code and color recognition, and information display. The mechanical structure and development platform of intelligent logistics transportation vehicle are also introduced.

Secondly, the modular design idea was adopted to complete the hardware circuit construction of the control system with Arduino Mega2560 as the core, and the selection of the core components of the system was completed based on the consideration of actual performance. The hardware circuit connection diagram of the system is designed and drawn, which mainly includes: circuit connection diagram of walking module, circuit connection diagram of handling control module, circuit connection diagram of visual module, circuit connection diagram of starting module and general circuit connection diagram of intelligent logistics transportation vehicle.

Then, accomplish the software design of intelligent logistics transportation vehicle control system, including the overall system software architecture design, initialization module design, control system main program design and visual identification program design.

Finally, the control system of intelligent logistics transportation vehicle was tested in modules, and a simulation site was set up in the training room to complete the overall debugging of the vehicle. The test shows that the control system of the vehicle can meet the design requirements well, and the feasibility of the whole intelligent logistics transportation vehicle control system is preliminarily verified.

Key words: Intelligent logistics; Visual identification; Arduino; Hardware circuit

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
第二章 智能物流搬运小车总体方案设计.....	3
2.1 系统功能需求分析.....	3
2.2 系统方案设计.....	4
2.3 控制系统开发平台.....	6
第三章 智能物流搬运小车硬件系统的搭建.....	7
3.1 控制系统硬件电路总体架构.....	7
3.2 智能物流搬运小车控制系统核心部件选型.....	7
3.3 控制系统硬件连接图的绘制.....	15
第四章 智能物流搬运小车控制软件设计.....	18
4.1 系统软件总体架构设计.....	18
4.2 小车视觉软件设计.....	19
4.3 小车主控程序设计.....	20
第五章 智能物流搬运小车控制系统调试.....	22
5.1 控制系统硬件调试.....	22
5.2 控制系统软件调试.....	23
5.3 控制系统软硬件联合调试.....	24
第六章 总结与展望.....	26
参考文献.....	27
致 谢.....	29
附录.....	30
附录一 中文译文及外文资料.....	30
附录二 智能物流搬运小车总电路连接图.....	34
附录三 智能物流搬运小车控制程序.....	35

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

本课题以“德国工业 4.0”、“中国制造 2025”为大背景的前提下，提出将现有的仓储模式进行智能化的设计理念。近年来，智能化生产领域取得显著进展，其中最典型的代表就是智能物流行业。2016 年年末在南京召开的世界智能制造合作与发展高峰论坛上，《中国智能制造十三五规划》被工业和信息化部（工信部）正式宣布^[1]，中国制造业智能化转型的重要任务中，自动化物流放在很重要的位置。物流业巨头也高度重视智能物流的建设，在仓储物流方面投入了大量资金。中国物流企业需要更多适合自己的、具有自主知识产权的智能物流系统。2020 年，预测中国自动化物流系统市场可以突破千亿元的规模，并且将以 15% 的速度继续增长。

效率低、耗时长、人工成本高、安全性差已经成为传统物流模式的代名词，这种模式已经不符合现在物流发展的趋势。另外，随着我国国民平均文化水平的不断提高，很多人不再愿意去做这些单调而辛苦的搬运工作，导致劳动力成本也在不断提升。所以为了提高物流分拣、搬运环节的能力，物流公司需要利用好自动化技术，发明和使用更加智能的设备来代替人工搬运。

AGV（自动导引小车）^[1]是一种能够按照规定导引路径行驶的小车，工业应用中可以自主移动，不需驾驶员的配合。传统的自动导引小车大多体积庞大，对于物流仓库环境中的一些较窄路面，小车无法正常工作，缺少灵活性^[2]。

现代物流系统要求搬运机器人能够具有自主移动、路径规划、自身定位、信息获取、搬运任务显示、物料抓取和搬运控制功能，从而实现在无人工干预的情况下，自主完成搬运任务等。将传统物流系统作为现代物流系统的基础，依靠现有的科技水平和技术理论实现设备智能化。

综上所述，智能物流搬运小车的使用不仅可以减少人工费用、减少货物丢失量、优化分拣流程、降低成本，而且可以大大压缩分拣搬运时间，提高效率，推动智能化物流的快速发展。

由此可见，设计并实现一款基于物流行业的智能搬运小车具有很大的必要性和很高的利用价值。此外，机场货物搬运、酒店货物搬运、餐厅配送、高危辐射货物搬运等其他领域，都可以利用智能物流搬运小车的相关技术进行设计改造，具有很高的扩展性。

1.2 国内外研究现状

国内相关领域虽然起步较晚，但如今相关技术也已经在实际项目中得到广泛应用。特别是最近几年，一大批企业和科研机构均研发出许多技术成熟的产品，国内外物流行业的机器人都处于飞速发展的时期。

1.2.1 国外研究现状

首辆 AGV 出现于 20 世纪中期,虽然当时的 AGV 运动方式只是利用了钢索牵引式引导,但是工厂的生产效率却被大大提高,人们看到 AGV 的应用价值。随后几年,美国根据已有的 AGV 系统技术进行改造,在工厂生产线和物流搬运行业中被成功的应用。一家与美国合资的日本企业在 1963 年后开始学习美国 AGV 技术,随后得到广泛的应用与推广。发展到 1985 年时,美国与欧洲公司已经拥有了庞大的 AGV 系统和设备,领先于其他国家。在之后的 5 年,日本紧抓机遇,AGV 设备拥有量迅速增加^[2]。

直到 2009 年,印度一家公司(Gray Orange)成功生产出应用与物流搬运与仓库领域的智能机器人。2015 年,亚马逊公司研发出了“Kiva”机器人^[3],该机器人用于仓储物流,更加智能化,具备自主导航和扫码定位功能,可以智能识别订单并进行分拣处理,减少人工的使用,极大的提高了效率。

机器人 Fetch 作为“Kiva”的升级版,效率和灵活性都有所提高,该产品分为两个部分,一部分具备货物识别、抓取货物功能,另一部分具备路径自主规划、快速移动等功能。两部分相互配合完成任务。

1.2.2 国内研究现状

相比于国外,国内 AGV 相关领域起步较晚,第一台 AGV 直到 20 世纪 70 年代中期才研制成功,该 AGV 采用的是电磁导引方式^[4]。90 年代时,在国家“863”计划的支持下,顺利完成了各种机器人领域的科研工作,搬运机器人的发展也在极速前进。与此同时,我国设计制造出了国内第一台可以无线通信的 AGV,该 AGV 应用于邮政行业^[5]。2013 年,新松公司在杭州首次向人们展示了利用惯性导引技术的 AGV,为全新的导引方式拉开了帷幕。

最近几年,由于国内电商行业的兴起,伴随着众多购物节热潮,使得物流行业的工作量急剧增长,对灵活可靠的智能化物流设备需求越来越大。于是,为了提高分拣搬运效率,新松公司在 2015 年推出了一款机器人。该机器人用于智能物流行业,能自主定位,载重量极大,可以连同货架一起搬运,快捷灵活。在 2016 年的双十一期间,苏宁物流与京东物流分别首次推出了自家研发的智能搬运机器人,为备战购物节高峰做好充足准备。2017 年以后,国内 AGV 国产化率达到 80%以上,产品出口海外市场的能力也在逐渐增强。当前,随着物联网、人工智能、大数据等技术的日渐普及,国内搬运机器人的智能化程度越来越高,可应用的场景也在不断扩大。

第二章 智能物流搬运小车总体方案设计

2.1 系统功能需求分析

智能物流搬运小车在电商物流分拣中心的简要场地布局图如图 2-1 所示，工作区域内固定位置设有物料提取区和物料存放区，地面施划有间隔为 300mm 的黑色方格线，经线为线宽 20mm 的单线，纬线为线宽 12+10（间隔）+15mm 的双线，可用于搬运小车自主移动的地面坐标位置判断。智能物流搬运小车在出发区等待工作人员的启动指令，接收到指令后智能搬运小车行驶至任务提取区，通过二维码读取需要搬运货物的信息，再移动到物料提取区按照任务要求将指定货物顺序依次搬运并准确放置到物料存放区对应位置，完成任务后智能物流搬运小车自动回到出发区域。

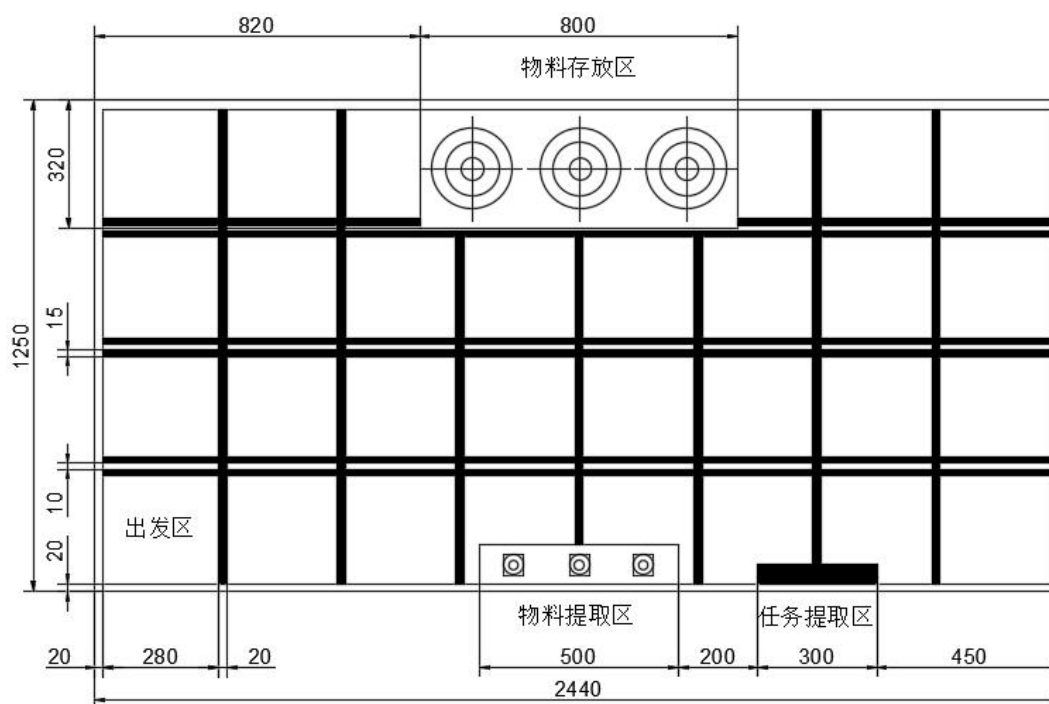


图 2-1 场地布局图

结合以上要求和国内外物流搬运机器人的特点，设计的智能物流搬运小车控制系统应能具有以下功能：

(1) 搬运功能：智能物流搬运小车需要实现运动和货物抓取功能。在工作空间中，智能搬运小车需要实现直行与横移两种运动方式，还要实现机械手臂抓取功能，二者相互配合完成搬运任务。

(2) 巡线功能：小车在行走过程中，需要有主动巡线的功能^[6]。运行过程中，小车可以利用巡线功能完成自主路径规划、目标位置识别和姿态纠正。巡线功能可以使智能物流搬运小车高效准确的到达指定位置。

(3) 二维码识别功能：小车在到达任务提取区后，需要识别二维码提取搬运任务。智能搬运小车利用二维码识别算法，可以将识别到的信息进行处理，并结合运动控制算法控制小车进行相应操作。

(4) 物料颜色及形状识别功能：小车需要对物料的颜色及形状进行识别，并按照之前获取的任务信息去搬运相应颜色或形状的材料。最后需要对物料存放区的颜色进行识别，以便于准确的放置相应物料。

(5) 任务信息显示功能：小车需要将提取到的任务信息进行实时显示，便于直接观察到当前执行的任务。

2.2 系统方案设计

2.2.1 系统总体组成结构

从功能需求及其性能出发，对智能物流搬运小车进行控制系统方案的设计，设计框图如图 2-2 所示。将控制系统分为六个子模块进行设计：

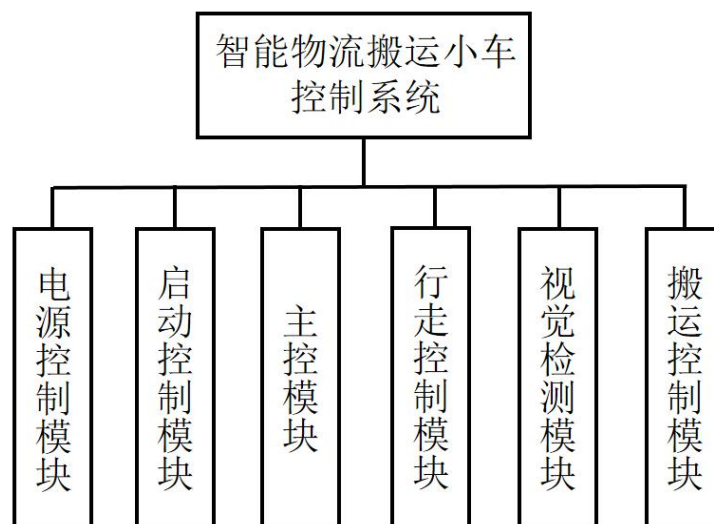


图 2-2 总体组成结构图

(1) 电源控制模块：电源是给小车提供动力的源泉。为了防止电池损伤，搭配了稳压电路来监测电池电压，既保证电池电压输出稳定又有效延长了电池的续航能力。

(2) 启动控制模块：通过该模块可以让小车启动并开始任务。小车通电后处于待启动状态，启动模块将接收到的信号发送到主控模块，主控模块控制各个模块开始执行搬运任务。

(3) 主控模块：主控模块是控制系统的核心。主要对各个模块起到处理和作用。主控模块可接收各个模块反馈的信息并处理后再执行相应的控制指令。

(4) 行走控制模块：智能物流搬运小车能够在接收指令后，自主运动到指

定位置。小车运动方式包括直线行走和平行移动。文中运动控制模块包括前后左右共八个光电寻迹传感器和四个步进电机，在小车运动过程中需要对步进电机进行方向和速度的控制。

(5) 视觉检测模块：视觉检测模块是智能搬运小车的眼睛^[7]。所述视觉检测模块包括智能视觉检测摄像头及 OLED 显示屏。主要用来识别和显示二维码中的任务信息。

(6) 搬运控制模块：搬运控制模块是小车最重要工作模块^[8]。所述搬运控制模块包括机械手臂、机械手爪以及机械手臂三个控制舵机和机械手爪控制舵机。该模块用来抓取货物，通过控制舵机实现手臂的运动和机械手爪的抓取动作。

2.2.2 机身与动力

本文设计的智能物流搬运小车，车体由底板、车轮和机械手臂组成。底板的材料选用了亚克力板，底板的长宽等同于 A4 纸张大小；底板上部安装有用于抓取货物的机械手臂，同时还安装有智能小车所需的各个硬件模块；底板的下部分别安装四个车轮，车轮由四个步进电机驱动；前方安装了一个红外测距传感器，主要实现智能小车无接触启动。机械手爪处安装有视觉检测摄像头。下图为智能物流搬运小车的全局图，如图 2-3 所示。

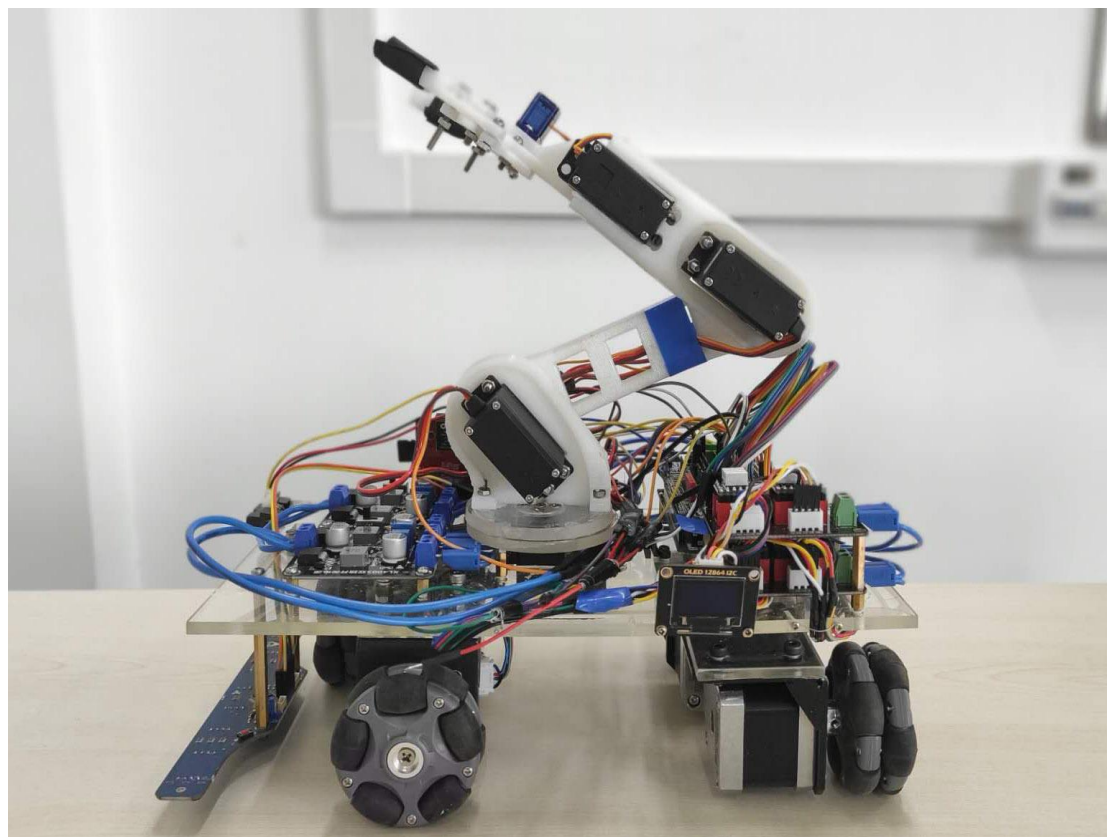


图 2-3 小车全局图

2.3 控制系统开发平台

2.3.1 硬件平台

智能搬运小车的硬件控制平台由 Arduino Mega 2560 控制器^[9]与 OpenMV 智能视觉检测摄像头两部分组成，如图 2-4 所示。Arduino Mega 2560 控制器作为智能搬运小车控制主体，OpenMV 智能视觉检测摄像头用于二维码识别以及物料颜色与形状识别。OpenMV 智能视觉检测摄像头与 Arduino 主控模块之间通过串口进行通信。

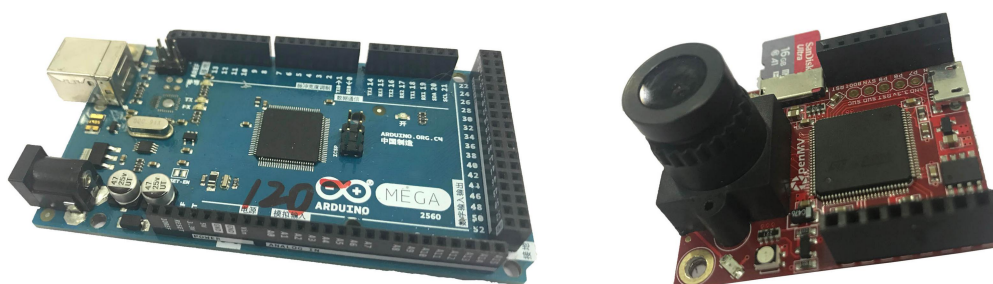


图 2-4 硬件平台示意图

2.3.2 软件平台

智能物流搬运小车系统的软件设计，主要分为小车主控制模块软件设计与视觉识别模块软件设计两部分。其中，主控模块的软件开发平台是使用 Arduino 开发板官方的 IDE 工具，此工具集成了代码编写功能、分析功能、编译功能、调试功能等^[10]，开发过程方便快捷；视觉识别模块软件开发则是利用 OpenMV 专用的 IDE，它有自动提示，而且有一个图像窗口可以直接看到摄像头的图像，有终端可以 debug，还有一个包含图像信息的直方图。开发环境页面如图 2-5 所示。

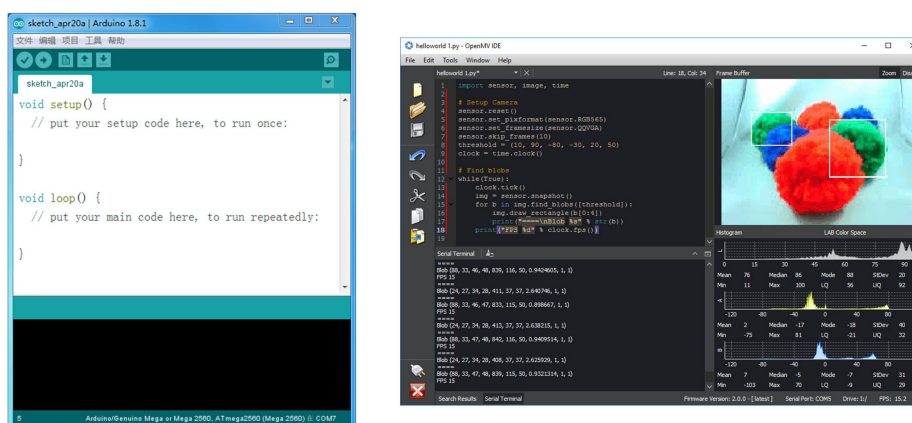


图 2-5 软件平台示意图

第三章 智能物流搬运小车硬件系统的搭建

3.1 控制系统硬件电路总体架构

智能物流搬运小车控制系统的硬件电路是软件和算法实现的基础，本章智能搬运小车控制系统硬件电路搭建采用的是模块化的思想。

根据需求，智能物流搬运小车控制系统的硬件电路中，将主控模块作为核心。所述的主控模块分别与视觉检测模块、行走控制模块、搬运控制模块、启动控制模块、电源控制模块相连接^[11]。小车控制系统硬件电路各个模块之间的关系如图 3-1 所示。在结构图中，1-主控模块，2-视觉检测模块，3-行走控制模块，4-搬运控制模块，5-启动控制模块，6-电源控制模块。

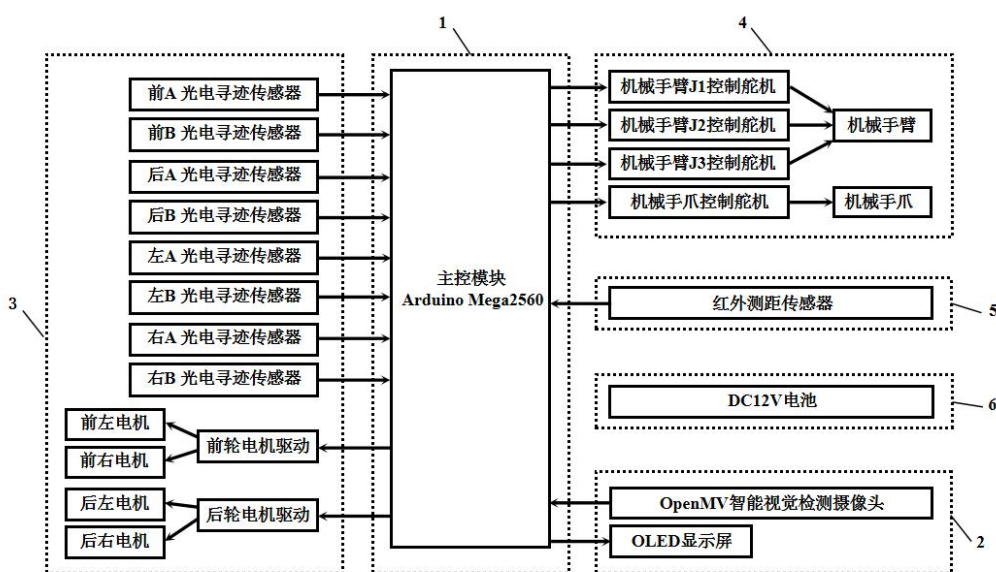


图 3-1 硬件电路总体结构框图

由上图可知，所述主控模块为 Arduino Mega 2560 控制器，视觉检测模块、行走控制模块、搬运控制模块、启动模块、电源控制模块与 Arduino Mega 2560 控制器相应引脚连接；所述视觉检测模块包括 OpenMV 智能视觉检测摄像头及 OLED 显示屏；所述行走控制模块包括前 A、前 B、后 A、后 B、左 A、左 B、右 A、右 B 八个光电寻迹传感器，前左、前右、后左、后右四个电机及前轮电机驱动器、后轮电机驱动器；所述搬运控制模块包括机械手臂、机械手爪、机械手臂 J1 控制舵机、机械手臂 J2 控制舵机、机械手臂 J3 控制舵机、机械手爪控制舵机；所述启动控制模块为红外测距传感器；所述电源控制模块为 DC12V 电池。

3.2 智能物流搬运小车控制系统核心部件选型

3.2.1 主控模块选型

前期对控制系统进行了功能分析和方案设计,并对比了当下嵌入式开发板的各项性能,综合考虑后选择了 Arduino Mega 2560 控制器作为系统主控模块。

Arduino 是一个开源的电子设计平台,使用方便、扩展功能多、开发简单。Arduino 包括硬件开发板和软件开发平台,可以在三大主流操作系统上运行开发。Arduino 还将底层的参数设置都进行了函数封装,不用我们深入去了解底层就可以轻松上手,开发过程方便快捷。其中选用的 Arduino Mega 2560 是一个基于 ATmega2560 的单片机板,该款开发板拥有丰富的 I/O 资源,可选用两种供电方式。性能参数如表 3-1 所示。

表 3-1 主控板性能参数表

类目	参数说明
工作电压	5V
输入电压	7-12V
数字 I/O 口	54 (含 15 路 PWM 输出)
模拟输入口	16
闪存	256KB
静态存储器	8KB
EEPROM	4KB
时钟	16MHz

以下是 Arduino Mega 2560 的详细介绍:

(1) 电源: 可以通过 USB 接口直接供电或者利用电池连接开发板正负极引脚直接供电。当检测到有电池供电时, USB 口输入的电源将会自动断开。

(2) 存储器: ATmega2560 的闪存大小为 256KB, 其中引导装载程序的可用空间为 8KB; EEPROM (带电可擦可编程只读存储器) 容量为 4KB, 有 8KB 的静态存储。

(3) 输入输出: 具有 54 路数字 I/O 接口, 并使用 pinMode() (定义端口是输入还是输出), digitalWrite() (控制引脚输出高低电平) 和 digitalRead() (读取引脚电平状态) 功能。其中, 有些接口有特殊功能。例如:

Serial (串口): Serial 0~Serial 3 这四组串口, 分别由 0 (RX) 和 1 (TX)、19 (RX) 和 18 (TX)、17 (RX) 和 16 (TX)、15 (RX) 和 14 (TX) 这八个接口组成。RX 接收数据, TX 传输数据。

External Interrupts (外部中断): 中断 0~中断 5 分别对应接口 2、3、21、20、19、18。每个接口都可以配置成低电平触发或者上升、下降沿触发。

PWM (脉冲调制): 2~13 口、44~46 口, 提供 8 位 PWM 输出。

以使用极短的语句实现复杂功能，简化了开发难度。而且可以很容易的使用外部设备来触发摄像头拍摄或者执行算法，也可以把算法识别的结果通过串口发送出去。正因为如此，使得 OpenMV 和 Arduino Mega 2560 之间通信十分简单，OpenMV 只需要把处理好的信息通过串口发送到主控模块即可。OpenMV 摄像头和 Arduino 控制板的连接如图 3-3，表 3-2 所示。

表 3-2 串口引脚连接表

OpenMV	Arduino
P4(TX)	10(RX)
P5(RX)	11(TX)
GND	GND

OpenMV 是一款具有图像处理功能的可编程的单片机摄像头，采用 STM32H743VI ARM Cortex M7 处理器，频率高达 480MHz，并且拥有 1MB RAM，2MB flash。实物与接口定义如图 3-4 所示。

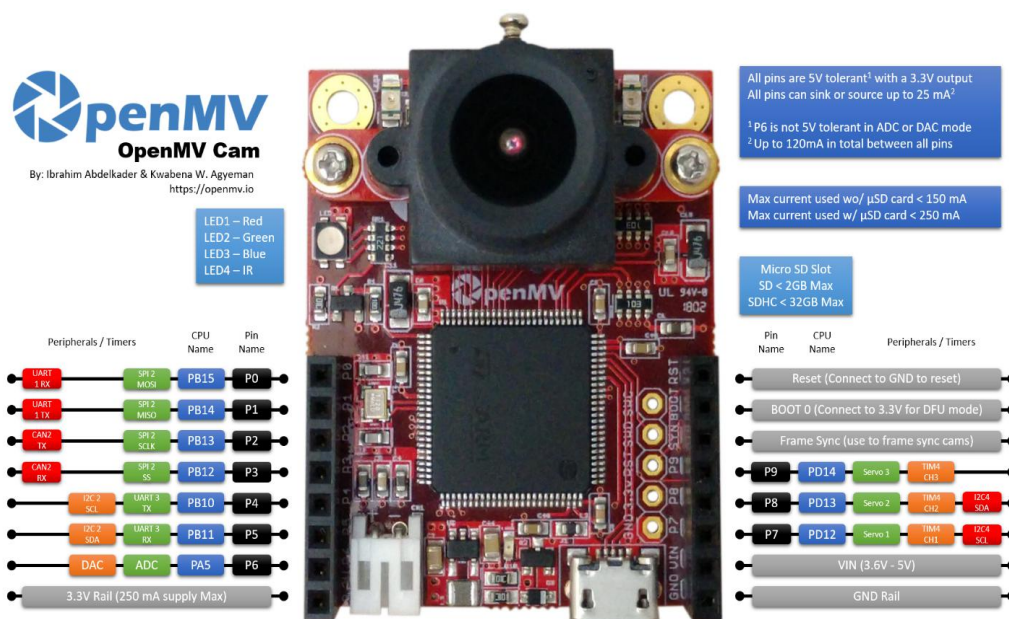


图 3-4 OpenMV 引脚实物图

这个摄像头有以下的 I/O 接口：

全速 USB 接口：OpenMV 摄像头通过 USB 的方式与电脑进行连接，电脑会出现一个虚拟 COM 端口和一个“U 盘”；

SD 卡槽：利用卡槽的快速读写功能，不仅可以将内存卡的数据读取出来，还可以将拍摄的照片和视频进行存储；

具有丰富的 I/O 资源：其中 3 个 I/O 引脚用于舵机控制，所有的 I/O 口都可

以用于中断和 PWM。具有可拆卸的摄像头模块系统，根据需要可以更换更多不同焦段的镜头。

目前，此款 OpenMV 的功能包括：颜色识别、标记跟踪、人脸检测、眼部跟踪、二维码检测与解码、矩阵码检测与解码、条形码识别、直线检测、形状检测、模板匹配、图像捕捉、视频录制等，功能非常强大。这些功能都可以配合 I/O 引脚的控制，实现自定义应用，扩展性很强。

3.2.3 步进电机以及舵机选型

智能物流搬运小车最重要的两个执行模块包括行走控制模块和搬运控制模块。因此，行走控制模块中步进电机的选择与搬运控制模块中舵机的选择极为重要。以下分别介绍这两个部分。

(1) 步进电机

步进电机是控制搬运小车行走的执行部件。步进电机属于开环控制方式，它可以通过接收数字脉冲信号转化成相应的角位移或线位移，从而实现电机转速和位置的精确控制。考虑到设计的智能物流搬运小车的车体负重与控制精度等情况，最终选用 F42-H34 步进电机，如图 3-5 所示。

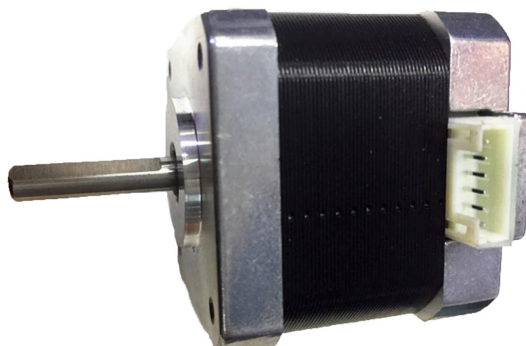


图 3-5 F42-H34 步进电机

步进电机接线图说明，如图 3-6 所示。

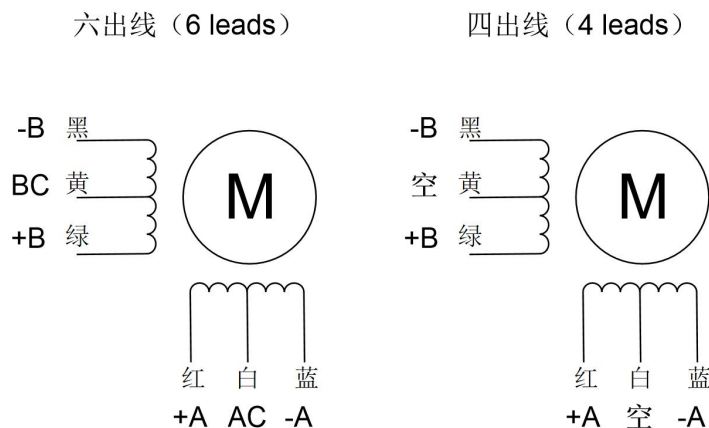


图 3-6 步进电机接线图

这款步进电机的接线是插拔式的，可以根据不同需求使用 4 线、6 线输入控制，本设计选择的是 4 线制。其它具体参数如表 3-3 所示。

表 3-3 电机参数表

类目	参数说明
机身高度	34mm
电压	12-24V
电流	1.5A
保持力矩	0.26NM
出轴	D 型轴
步距精度	5%
径向跳动	最大 0.02mm
轴向跳动	最大 0.08mm

(2) 舵机

舵机用来控制机械手臂运动与机械手爪抓取。经过对舵机扭力和角度等需求的分析，选择了奥松 RB-150MG 舵机，如图 3-7 所示。

RB-150MG 舵机是奥松发布的最新一代伺服舵机，其特点是：大扭矩、大转角。该舵机能量转换效率高、定位精度高、反应速度快、运行稳定、抗干扰、体积小、重量轻，内部采用有刷空心杯电机。舵机由于采用了导电塑料电位器作为反馈电位器，所以精度和耐磨度远高于线绕电位器，所以更适合机器人和航模等方面的应用。具体规格参数如下表 3-4 所示。

表 3-4 RB-150MG 舵机参数表

类目	参数说明
重量大小	56g
尺寸大小	40.8mm X 20.1mm X 38mm
工作电压	5V-7.2V
使用温度	0℃-60℃
无负载速度	0.14 秒/60 度(7.2V)
扭矩大小	16KG·cm(7.2V)
死区设定	10us

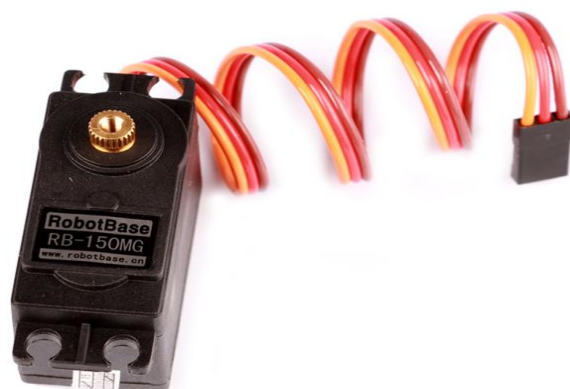


图 3-7 奥松 RB-150MG 舵机

舵机接口定义，如表 3-5 所示。

表 3-5 RB-150MG 舵机接口定义

导线颜色	作用
黄色	信号端
红色	电源端
棕色	接地端

3.2.4 传感器选型

为了让智能物流搬运小车实现自主寻线功能，必须用到传感器来检测路面黑线信息，所以选择了欣薇光电寻迹传感器模块。该传感器模块可以应用于智能小车或机器人寻线（包括白线或黑线），智能小车避悬崖、防跌落，智能避障等方面。传感器只会输出 0 或 1（低电平或高电平）的数字信号，控制方便简单。传感器实拍如图 3-8 所示。

光电寻迹传感器模块具体参数介绍如表 3-6 所示。

表 3-6 光电寻迹传感器参数表

类目	参数说明
工作电压	DC3.3V-5V
工作电流	1A 以上电源
安装孔径	M3 螺丝
检测距离	1mm 至 60cm 可调，距离越近越稳定
尺寸大小	4.4mm X 4.0mm X 12mm
输出接口	电源端+、接地端-、信号输出端
输出信号	高/低电平



图 3-8 光电寻迹传感器模块图

3.2.5 供电电池选型

目前，常用的蓄电池大概分为三类：镍镉电池、铅酸电池和锂电池。

最早被使用的是铅酸电池，虽然其价格低廉，制造简单，但是由于体积庞大，重量大，充电时间长等诸多缺点，不适合在智能物流搬运小车上使用。

镍镉电池的优点是充电迅速，但最大的短板是会产生严重的“记忆效应”，不适合在智能物流小车上使用^[12]。

近几年，锂电池被广泛的应用于机器人、移动手机、数码相机等智能硬件中。由于锂电池相对其它电池来说体积小，重量轻，充放电效率高，续航能力很强，因此选择了达普 3S25C 纳米锂电芯电池作为智能物流搬运小车的动力源泉。

达普锂电池的连接导线采用国际标准导线，导电性能好，具有极好的气密性，插拔接触良好，使用 A 级纳米锂电芯，电力强、寿命长、高效、超高安全性。其应用广泛，适用于市场上大多数模型飞行器、船模型、汽车模型、部分机器人、固定翼等。达普锂电池实物如图 3-9 所示。



图 3-9 达普锂电池实物图

3.3 控制系统硬件连接图的绘制

视觉检测模块中，OpenMV 智能视觉检测摄像头的信号输出与主控模块 Arduino Mega 2560 控制器相应输入引脚连接，用来把识别到的信息发送给主控模块；OLED 显示屏的输入信号与主控模块 Arduino Mega 2560 控制器相应输出引脚连接，可以将相关信息发送到 OLED 屏进行显示。视觉检测模块电路连接图如图 3-10 所示。

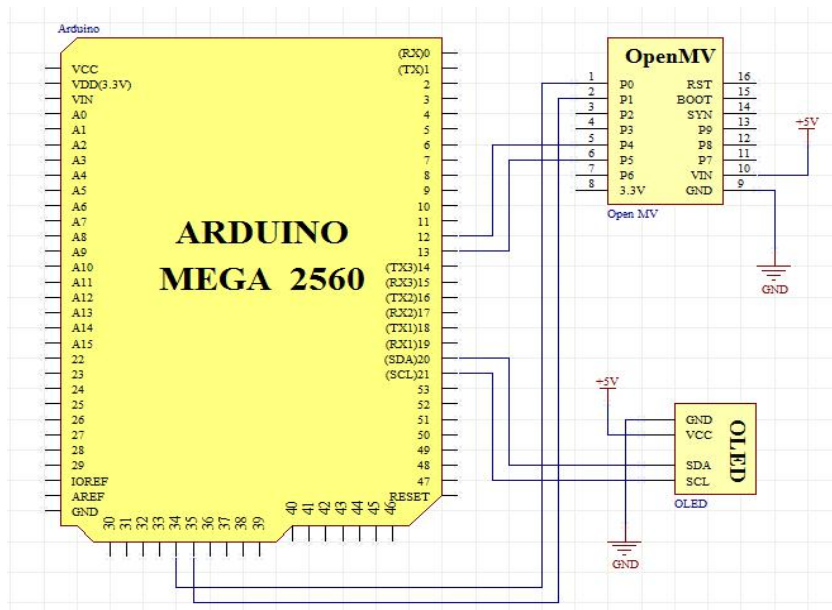


图 3-10 视觉检测模块电路连接图

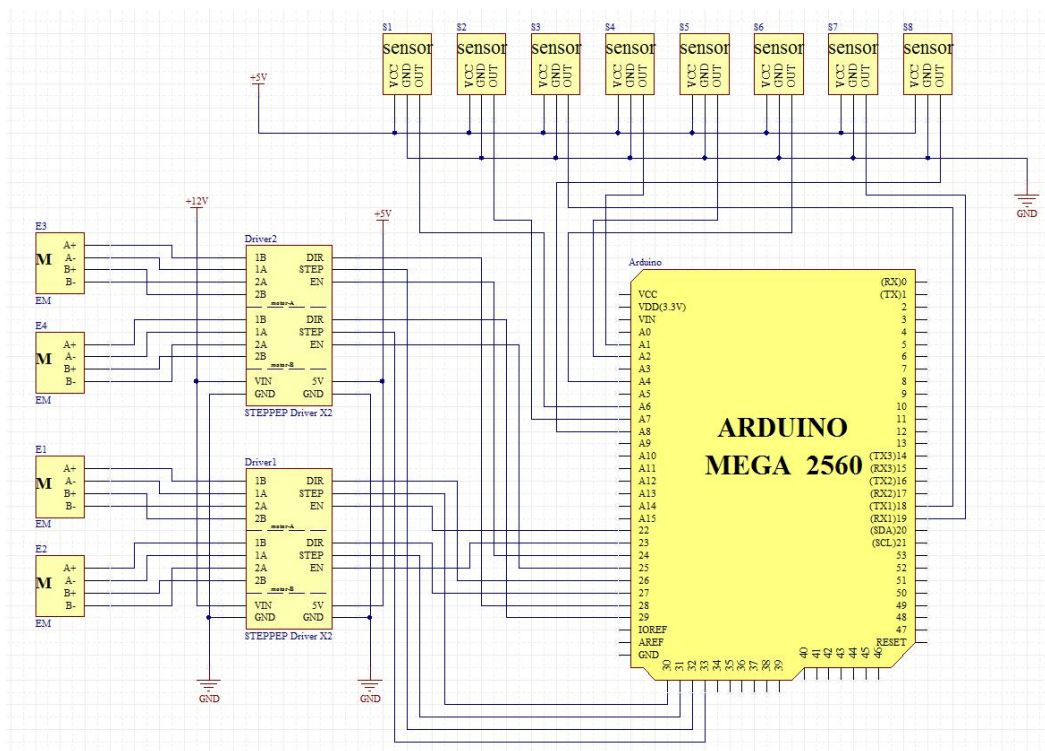


图 3-11 行走控制模块电路连接图

行走控制模块中，前 A、前 B、后 A、后 B、左 A、左 B、右 A、右 B 八个光电寻迹传感器的输出信号与主控模块 Arduino Mega 2560 控制器相应输入引脚连接，用来接收地面路径信息^[13]；前轮电机驱动器、后轮电机驱动器的输入信号与主控模块 Arduino Mega 2560 控制器相应输出引脚连接；前轮电机驱动器、后轮电机驱动器的输出信号与前左、前右、后左、后右四个步进电机相应输入引脚连接，用来控制电机平稳运行。行走控制模块电路连接图如图 3-11 所示。

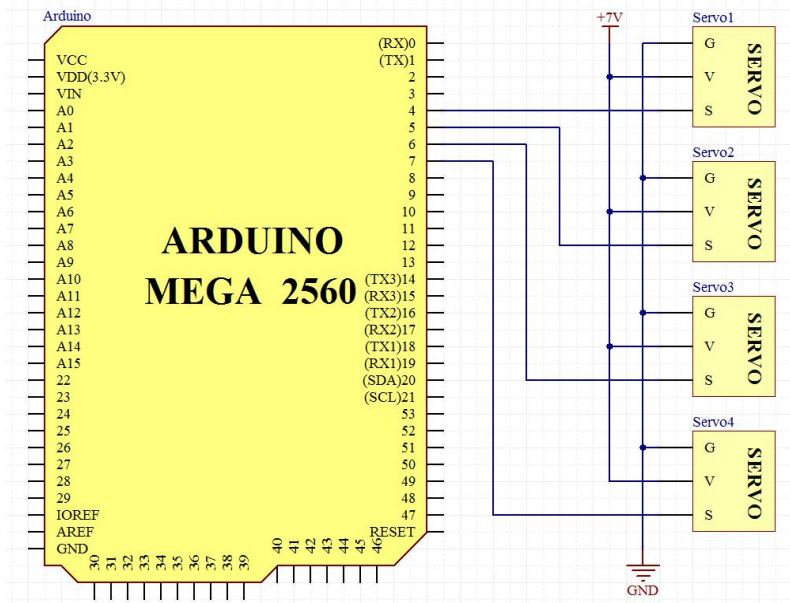


图 3-12 搬运控制模块电路连接图

搬运控制模块中，机械手臂 J1 控制舵机、机械手臂 J2 控制舵机、机械手臂 J3 控制舵机、机械手爪控制舵机的输入信号与主控模块 Arduino Mega 2560 控制器相应输出引脚连接，通过舵机控制机械手臂运动以及控制机械手爪的抓取。搬运控制模块如图 3-12 所示。

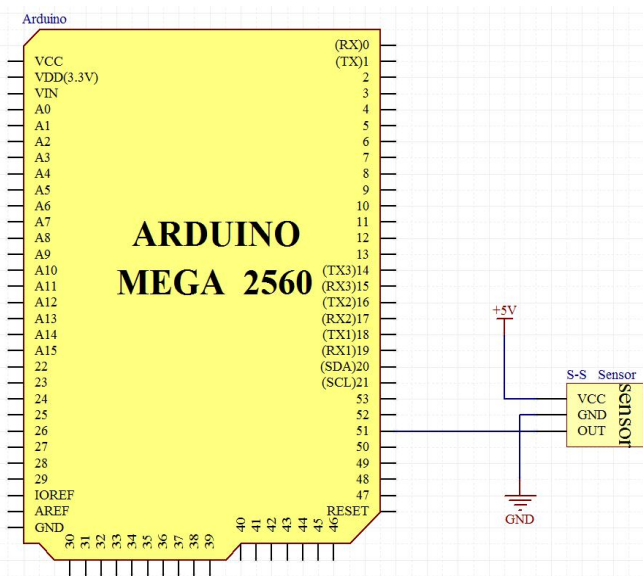


图 3-13 启动控制模块电路连接图

启动模块中，红外测距传感器的输出信号与主控模块 Arduino Mega 2560 控制器相应输入引脚连接。启动控制模块电路连接图如图 3-13 所示。

电源控制模块中，选用 DC12V 电池直接向主控模块 Arduino Mega 2560 控制器、所有电机、所有舵机提供标准工作电压。

最后将各个控制模块进行总体连接，主控模块 Arduino Mega 2560 控制器相应引脚接收视觉检测模块、行走控制模块、启动模块的输出信息，并经过 Arduino Mega 2560 控制器进行处理后，相应引脚输出控制视觉检测模块、行走控制模块、搬运控制模块的控制信息，供执行机构进行相应操作。智能物流搬运小车总电路连接图，见附录二。

第四章 智能物流搬运小车控制软件设计

4.1 系统软件总体架构设计

智能物流搬运小车系统软件的功能需求分析如图 4-1 所示。由图可分析智能搬运小车需要接收传感器、二维码和颜色识别模块的信息，对采集的数据进行处理后，调取相对应的控制命令，机械手臂和小车等执行机构接收到命令后，启动搬运任务，按照任务需求，小车在平稳运行的情况下，将货物从提取区搬运到对应的存放区再返回到出发区^[14]。在任务途中，OLED 屏幕全程显示任务信息。

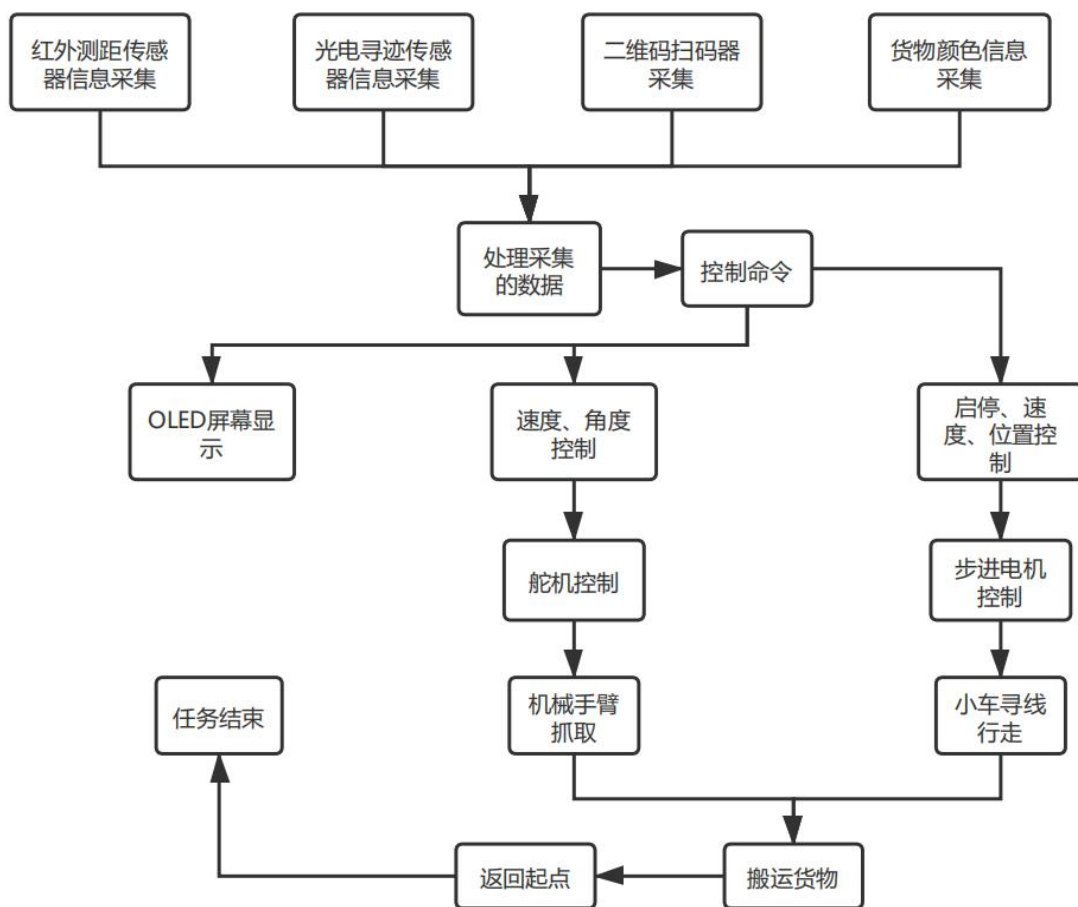


图 4-1 功能需求分析图

系统软件根据以上需求，采用模块化的程序结构，将整个系统分为多个模块：主函数、初始化模块、中断模块、数据采集处理模块、行走控制模块、机械手臂搬运模块、任务显示模块^[15]。架构如图 4-2 所示。

其中，主函数主要负责循环与调用。各模块子函数单独封装供主函数调用。

初始化模块是对硬件系统 MCU 进行初始化，保证每个部分都能正常工作。初始化主要包含：I/O 口初始化、系统时钟初始化、定时器初始化等^[16]。

中断模块主要对中断标志位进行设置，确保正常的运行。

数据采集处理模块主要采集并处理相关输入信号^[17]。

行走模块、搬运模块和显示模块负责搬运小车的行走、搬运动作的实现和屏幕内容的显示^[18]。

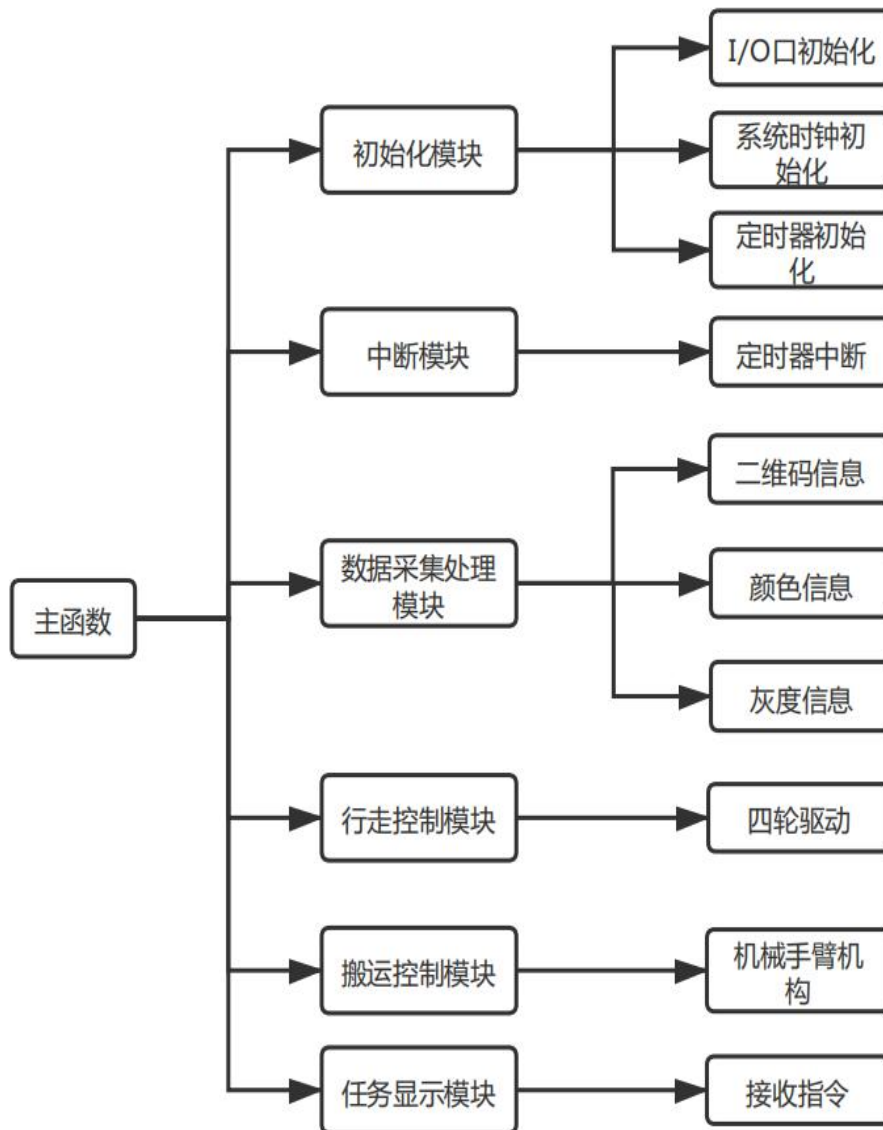


图 4-2 软件设计总体架构图

4.2 小车视觉软件设计

本文设计的智能物流搬运小车其视觉识别模块使用单独的 OpenMV 摄像头，该模块可以自主完成识别，控制软件独立使用 Python 语言开发。只需将处理好的信息发送到主控板即可。

视觉识别软件设计主要包括三部分：主程序、二维码识别程序、颜色和形状识别程序。

视觉识别程序流程图如图 4-3 所示。

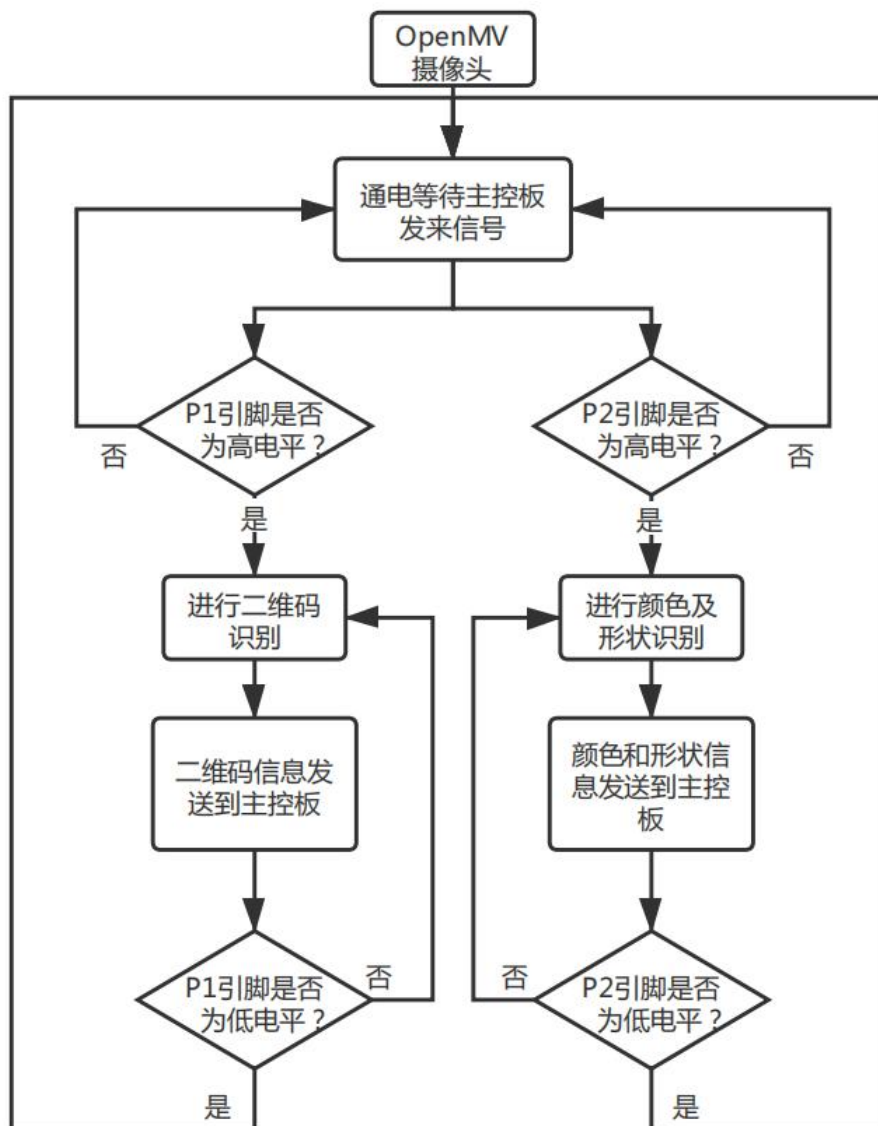


图 4-3 视觉检测流程图

4.3 小车主控程序设计

本文设计的智能物流搬运小车主控模块采用了 Arduino Mega 2560 控制器，除二维码和颜色的视觉识别功能外，其余所有功能的实现都集成于 Arduino 主控板。Arduino 的开发支持 C/C++ 编程语言，因此可以通过 C/C++ 语言来实现对机器人上的输入模块(传感器、摄像头)的信号的处理和输出模块(电机、显示屏、舵机)的控制，以此来达到预期的目标^[19]。智能物流搬运小车在运行时可以分为四个状态：等待启动状态、行驶状态、搬运状态、返回状态。

1. 等待启动状态：智能小车静止在起点，等待触发启动信号。
2. 行驶状态：该状态下，加入了传感器寻线功能，方便小车寻迹行驶，还可用来定位。
3. 搬运状态：在此状态下，机械手臂对货物进行抓取与放置。

4. 返回状态：小车将货物搬运完成，返回起点。

程序整体流程图如图 4-4 所示，智能物流搬运小车控制程序，见附录三。

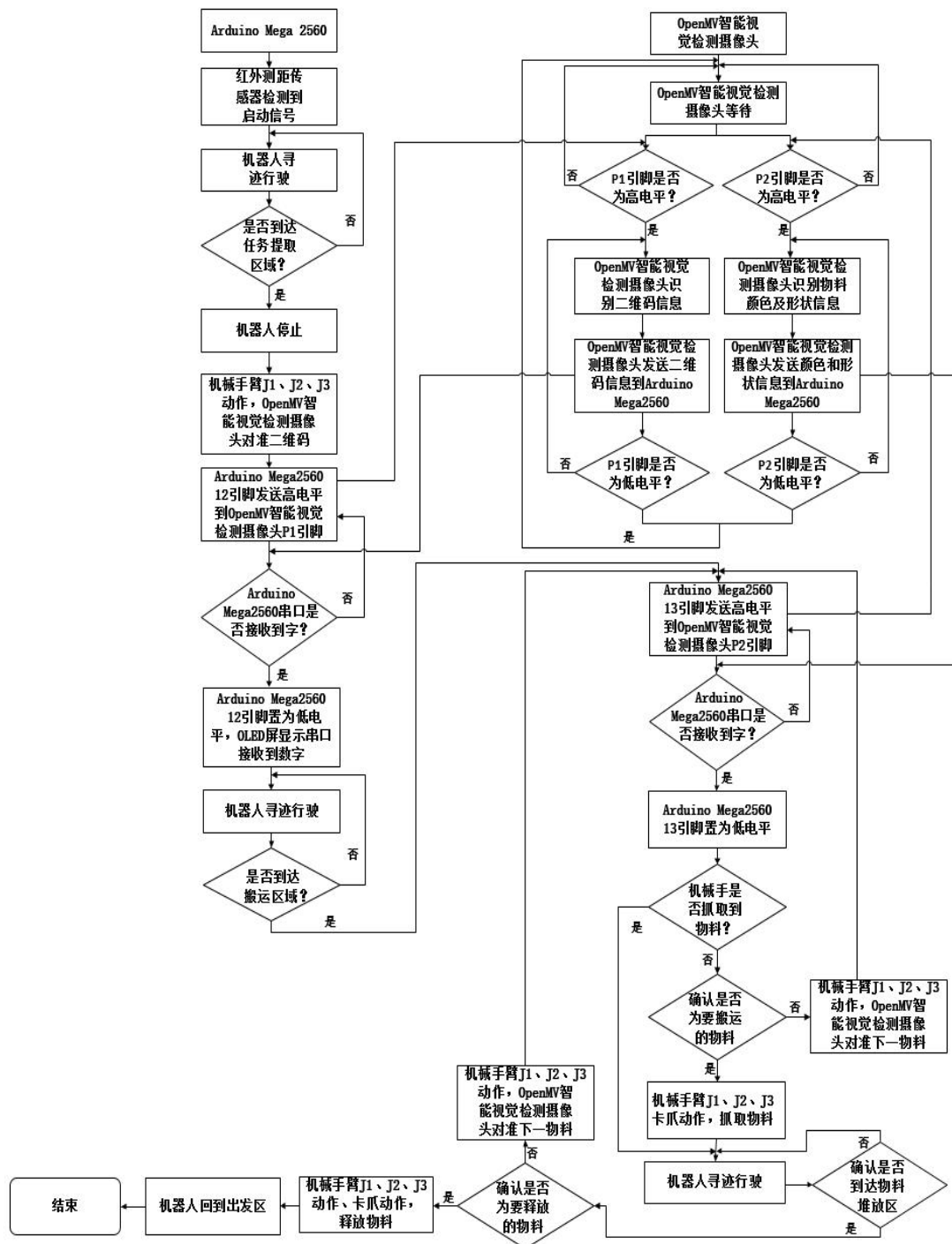


图 4-4 程序整体流程图

第五章 智能物流搬运小车控制系统调试

5.1 控制系统硬件调试

为了确保小车各个模块正常工作，首先对小车控制系统硬件进行调试，调试部分主要包括：主控模块调试、行走控制模块调试、视觉检测模块调试、搬运控制模块调试等。

对于主控模块而言，供电电源直接关系到传感器以及后续电路的工作状况，是首先考虑的对象。本文控制系统硬件电路使用了标准的 DC12V 锂电池，该电池还可以提供 7V 和 3.3V 共计三种电压。接通电源前先用万用表测试电池电压是否正常，其次测试主控模块各引脚是否存在短路、虚焊等问题。检查完毕后方可通电工作。实际测量结果如表 5-1 所示。

表 5-1 实际电压测量值

名称	实测电压
12V 输出	12.2V
7V 输出	7.114V
3.7V 输出	3.721V

行走控制模块的调试，需要确定控制芯片能否正常输出所需脉冲，控制引脚与电机连接是否正确，电机是否能够正常运转，是否可以实现正转、反转。将电机与驱动器连接，设置不同频率的输出，观察电机转速是否正常变化。步进电机的调试，如图 5-1 所示。

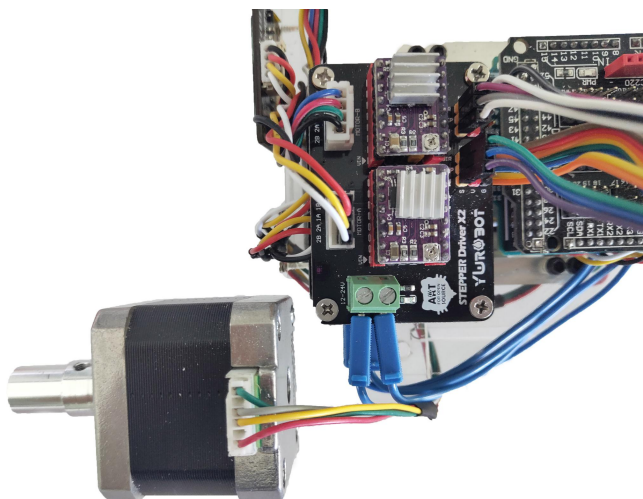


图 5-1 电机调试图

视觉检测模块的调试，需要将视觉摄像头和主控板之间的对应串口相连，通过编写测试程序进行发送数据，打开串口监视器观察，测试连接是否正常。视觉检测模块与 Arduino 的通讯调试，如图 5-2 所示。

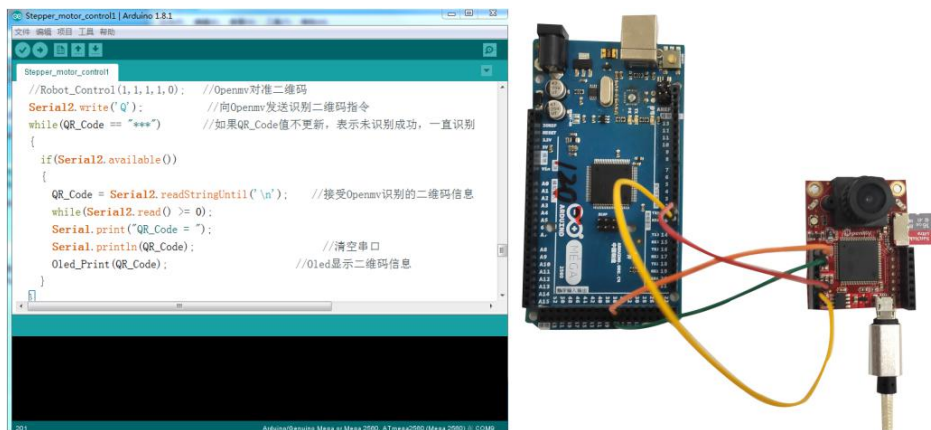


图 5-2 视觉检测模块调试图

搬运控制模块的调试，需将舵机电源线正负极连接至电池 7V 端口，信号端与主控板对应 I/O 口连接，编写测试程序测试舵机能否正常转动，从而判断连接的正确性。舵机调试如图 5-3 所示。

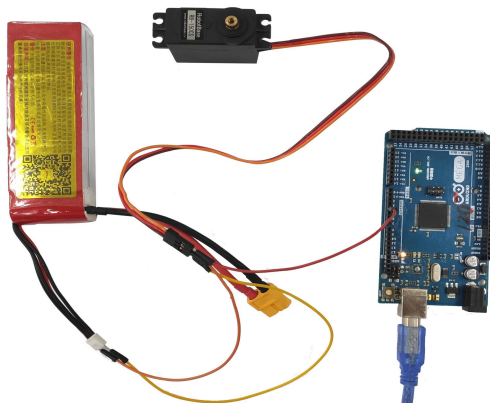


图 5-3 舵机实物调试图

5.2 控制系统软件调试

控制系统软件调试，主要通过 Arduino IDE 自带的编译、调试功能进行调试。程序编写完成后，通过 USB 进行程序的下载，可以实现单步调试、断点调试、变量监测等功能。软件调试功能界面如图 5-4 所示。

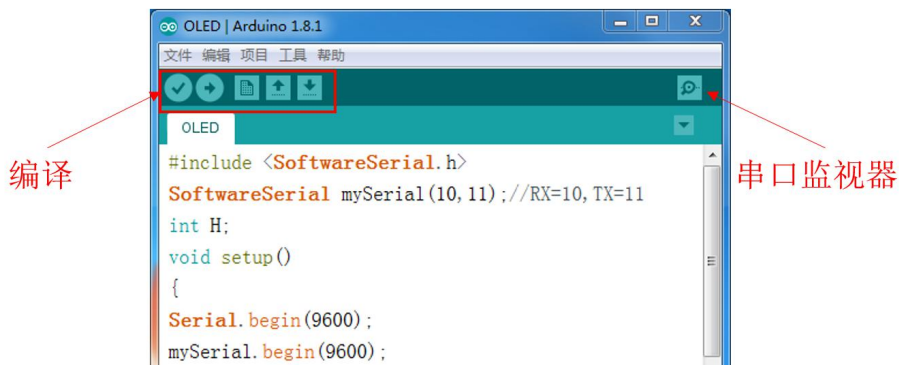


图 5-4 软件调试功能示意图

视觉识别程序是通过 OpenMV IDE 进行调试, 通过 USB 将 OpenMV 摄像头模块连接到电脑, 观察串口终端窗口的内容, 从而判断程序的可行性。视觉颜色识别和二维码识别调试界面, 如图 5-5 和图 5-6 所示。

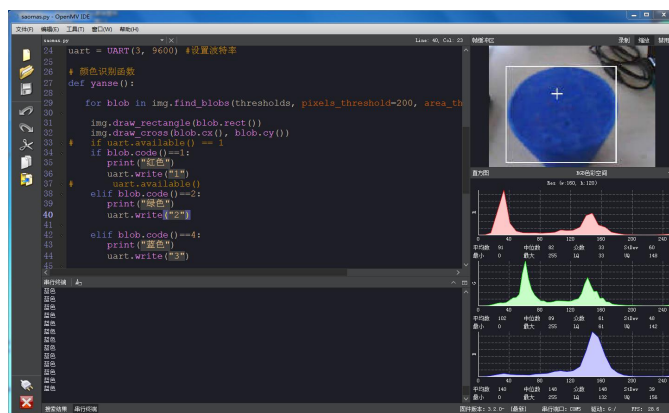


图 5-5 颜色识别测试

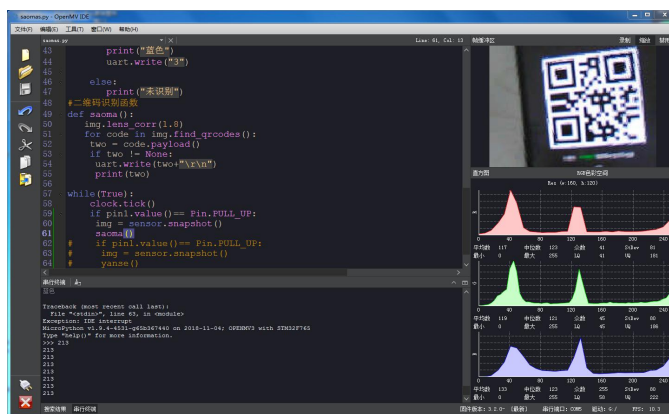


图 5-6 二维码识别测试

5.3 控制系统软硬件联合调试

将小车底盘、步进电机和驱动模块安装好, 测试行走控制模块是否正常。然后在小车上方安装机械手臂, 测试搬运控制模块是否正常, 如图 5-7 所示。

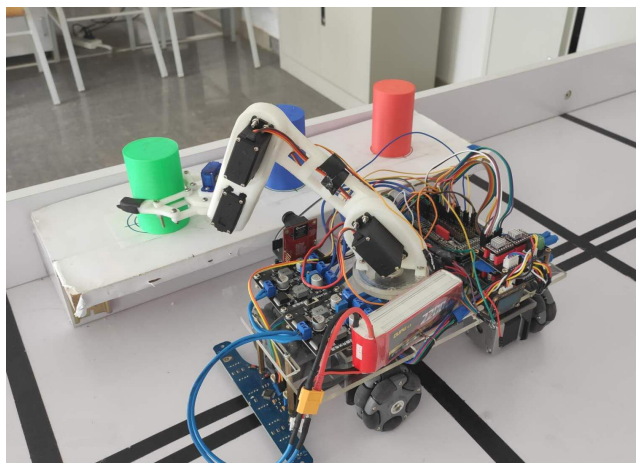


图 5-7 搬运功能测试

在实训室搭建测试场地，放置货物与任务二维码，将视觉识别模块、光电传感器、红外测距传感器、OLED 屏幕装在机身上，测试小车能否按照路线巡线行走，能否正确识别二维码以及货物颜色，是否能够正常抓取货物。根据实际情况，修改程序中的数据，测试程序如图 5-8 所示。行走测试、搬运测试无误后，将连接线整齐排布，过程中要考虑智能小车传感器的安装方式、外部接口的布局^[20]。

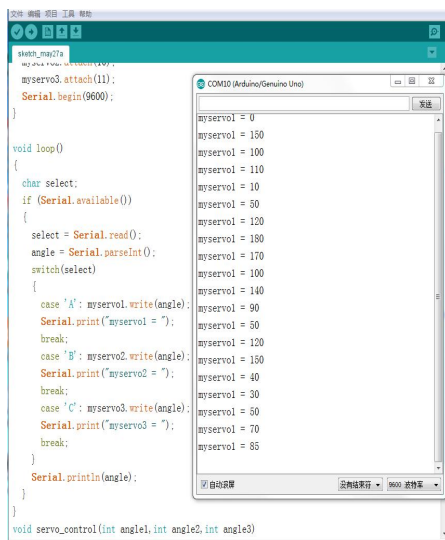


图 5-8 功能测试程序

在总体安装完成后，进行智能物流搬运小车软硬件联合调试^[21]，主要内容有：接通电源并观察小车每个部件是否显示正常；测试智能物流小车能否正确判断设定路径^[22]；机械手臂能否自主搬运货物；视觉识别模块能否准确无误的扫描二维码和颜色；OLED 屏幕能否正常显示任务信息^[23]。反复测试小车的稳定性，完善系统控制流程，不断完善控制系统整体性能。测试数据，如表 5-2 所示。

表 5-2 整体功能测试

数据类目	搬运功能	巡线功能	颜色识别功能	二维码识别功能	显示功能
实验次数	50	50	50	50	50
正确次数	48	49	45	49	50
正确率	96%	98%	90%	98%	100%
失误原因	逻辑判断失误	速度因素导致传感器未扫描到线	外界光线影响	外界光线影响	无

第六章 总结与展望

本文在阅读了相关资料和研究的基础上,结合国内外智能搬运机器人的发展状况与当前智能机器人的特点,设计出了一款智能物流搬运小车。

本文所做的研究工作主要包含以下几点:

(1) 利用网上资源查阅了大量资料,加上自己的相关项目经验,深入地研究了智能搬运小车技术,完成了智能物流搬运小车的总体设计。并根据实际需求,设计出了智能物流搬运小车控制系统方案。

(2) 完成了智能物流搬运小车硬件电路的搭建,包括以 Arduino Mega 2560 为核心的控制系统硬件选型、硬件电路搭建以及硬件电路连接图绘制。

(3) 完成了智能物流搬运小车系统软件的设计,其中包括视觉模块软件设计和主控模块软件设计。并且分模块完成了系统初始化模块设计、中断模块设计、数据采集处理模块设计、搬运控制模块设计、行走控制模块设计、任务显示模块设计。

(4) 完成了智能物流搬运小车系统调试,包括了硬件电路功能模块的调试及软件系统调试。最后进行了软件硬件联调,确定了方案的可行性。

在实验室测试环节,小车表现很好,基本实现了智能搬运功能。但测试的环境中并没有其它干预的情况,在实际应用中,由于外界环境存在一些不确定因素,如光线、电磁等情况的影响,可能会使智能搬运小车出现判断失误或者死机的现象。

未来将根据实际环境来测试,测试在复杂环境中的稳定性;将继续研究,考虑加入更多功能,如无线传输、远程控制等;持续优化控制系统,提升智能物流搬运小车的性能。

参考文献

- [1] 杜玉立. 智能搬运机器人的导航策略研究及应用[D]. 武汉工程大学, 2017.
- [2] 徐航宇. 仓储搬运机器人控制系统设计与实现[D]. 2017.
- [3] 吴菁芃. 亚马逊仓库 Kiva 机器人的应用分析与前景展望[J]. 物流技术与应用, 2015, (10):159-164.
- [4] 高建东. SG2300 巷道式仓储中心智能搬运 AGV 小车研制[D]. 2015.
- [5] 邱歌. 基于多 AGV 的智能仓储调度系统研发[D]. 杭州:浙江大学, 2017.
- [6] 刘驰. 自主导航搬运机器人控制系统的设计[D]. 中北大学, 2016.
- [7] 屠海斌. 基于机器视觉的搬运机器人系统研究与软件实现[D]. 南京:东南大学, 2015.
- [8] 王丽, 卢普伟, 林海亮, et al. 一种仓储物流搬运机器人控制系统设计与实现[J]. 包装与食品机械, 2019(3).
- [9] K U Ariawan, G S Santyadiputra, I W Sutaya. Design of Hexapod Robot Movement Based on Arduino Mega 2560[J]. 2019, 1165(1).
- [10] Julio Vega, José M. Cañas. PyBoKids: An Innovative Python-Based Educational Framework Using Real and Simulated Arduino Robots[J]. 2019, 8(8).
- [11] 沈姝君. ARDUINO 系统多功能智能物流搬运车的设计[J]. 设备管理与维修, 2019, 444(06):94-96.
- [12] 钱承. HEV 电池组 SOC 模型参数辨识及其智能预估研究[D]. 湖南大学, 2011.
- [13] 梅蓉. 浅析 Arduino 单片机智能小车设计[J]. 企业科技与发展, 2019(02):123-124.
- [14] 朱雨田, 陈劲杰, 张波, 等. 基于 Arduino 的移动机器人智能控制系统设计[J]. 电子科技, 2017(5).
- [15] 贺一烜, 柏孟杰, 郑登华. 基于 Arduino 的智能物流机器人的设计与竞赛[J]. 科技风, 2019(20):22-23.
- [16] Zhen Feng Li, Jing Tao Li, Xiao Fan Li, Yi Jian Yang, Jie Xiao, Bo Wen Xu. Intelligent Tracking Obstacle Avoidance Wheel Robot Based on Arduino[J]. Procedia Computer Science, 2020, 166.
- [17] 丁小妮. 基于 Arduino&Android 小车的仓储搬运研究[D]. 长安大学, 2015.
- [18] 赵丽霞. 直流电机转速控制系统软件设计[J]. 科技风, 2014(6):57-58.
- [19] 赵大兴, 余明进, 许万. 基于高适应度值遗传算法的 AGV 最优路径规划[J]. 计算机工程与设计, 2017, 38(06):1635-1641.
- [20] Zhang Libo, Zhu Junjie, Ren Hao, Liu Dongdong, Meng Dan, Wu Yanjun, Luo Tiejian. The Modular Design and Production of an Intelligent Robot Based on a Closed-Loop ControlStrategy.[J]. Journal of visualized experiments:JoVE, 2017(128).
- [21] 熊小城. 嵌入式机器人避障的研究与设计[D]. 2016.

- [22] 张文利, 周友良. 我国智能制造装备产业发展的调控策略[J]. 经济纵横, 2016, 26(12): 87-90.
- [23] 陈祥龙, 刘恩昌, 姚文博. 基于 Arduino 全自动化物料搬运机器人的设计与优化[J]. 数码世界, 2019(4):120-120.

致 谢

时光总是稍纵即逝，转眼间，两年的本科学习即将结束，我的校园生活也将要划上句号，心里充满深深的眷恋与不舍。在校期间的学习和生活让我终身难忘。每天的生活忙碌而充实，不仅收获着师生情，还收获着智慧与能力，收获着感动。能够顺利完成学业，全都离不开我的导师、同学、朋友和父母的支持。在此，向他们表达我最诚挚的谢意。

首先，我要感谢我的指导老师张培老师。张老师平易近人，为人谦和，不仅在论文的撰写和修改等方面给予我很大的帮助，而且还教会我许多做人和处事的方法。张老师严谨的做事态度和积极乐观的人生态度，都给予我很大地启发，让我受益终生。通过这次机会，我向张老师致以深深地感谢。感谢张老师在我大学期间对我的学习、项目与生活上的众多帮助。

其次，我要感谢与我同一专业的同学们，例如郭泽、党亚杰、李耕家塬、李新凯、石天孝、郭琪等，感谢你们在毕设项目中以及论文撰写过程中对我的指导和帮助，使我的毕设（论文）得以顺利完成。

然后，我要非常感谢我的室友，平时主动帮助我，包容我的小毛病，宿舍日常的和谐生活让我感觉到了家的温暖。

最后，感谢我的家人。感谢父母将我养育成人，是他们不断的鼓励与支持让我能坚持不懈的走到现在，我绝不会辜负父母对我的殷殷期望，祝他们身体健康！

附录

附录一 中文译文及外文资料

PyBoKids: 一个基于 Python 用于 Arduino 仿真机器人的创新教育框架

不可否认，机器人领域的重要性在增长，因为它具有激励学生的力量，并允许我们通过使用机器人作为一种工具来展示科学、技术、工程和数学（STEM）的基本概念，从而使技术更接近孩子们。因此，学生们几乎是通过游戏来学习很难解释或吸收的复杂概念。

机器人技术在教育中的应用是一个事实。在过去的五个月里，美国有六个州（爱荷华州、内华达州、威斯康星州、华盛顿州、爱达荷州和犹他州）已经宣布了为这一项目的计划和投资。同样，加拿大、爱尔兰、新西兰和罗马尼亚这四个国家最近也宣布了类似的计划，总投资额为 3 亿美元。日本在其最新的《机器人战略》（Robot Strategy）报告中强调，投资机器人是日本经济增长的基础。

在教育领域，机器人本身的教学与其他学科（如编程）使用机器人作为教学工具相融合。

青少年机器人锦标赛是机器人技术在教育中日益重要的另一个例子，它鼓励人们对这一技术领域产生兴趣。在国际水平，举办了许多锦标赛，将来自世界各地的学生聚集在一起，学习、分享经验，并享受机器人原型的发展。小机器人世界杯特别值得一提，其中包括救援或机器人足球等测试，还有第一个乐高联盟（FLL）和 VEX 机器人比赛。在芬兰，吸引了来自欧洲各地的学生并与南非中心达成协议的典型锦标赛是 SciFest。

此外，在学术界出现了一批强调机器人在教育中的作用的会议和大会，包括教育机器人技术会议（RIE）和欧洲机器人论坛上举办的机器人操作系统教学研讨会（TRROS）。关于机器人教育的特别版本也出现在一些科学期刊上。

本文的动机之一是作者参与的一个欧洲 Erasmus+ 项目。芬兰是一个在教育方面具有参考价值的国家，年复一年，它在国际学生评估项目（PISA）教育年度报告中排名第一。该项目包括对芬兰教师培训方面的许多专家进行采访，以及对教室中使用机器人技术的领先中心（特别是 Joensuu Science Society）的一个月访问，目的是调查芬兰和西班牙教育系统的不同，更具体地说是两国机器人的使用情况。

另一个动机是我们使用 Scratch 语言和 Lego Mindstorms 平台教授机器人的经验。这种平衡的组合在中学教育的最初几年被证明是非常有效的，因为它开启了整个编程世界，尤其是机器人世界的大门。最初的学习几乎是立竿见影的，并

能激发出对全速实现、设计和编程的极大热情。然而，在中等教育的后期，由于学生在前几年已经对编程有了一定的熟练程度，这种对新事物的热情就大大减弱了，而 Scratch 语言也不能满足他们的需要，这意味着他们在一定程度上变得厌烦了。

在此背景下，本文提出了一个名为 PyBoKids 的学前教育框架，该框架已在过去两年的一个试点项目中进行了测试。该框架旨在为编程机器人提供一个完整且易于使用的中间件。核心元素是硬件平台 Arduino，或者是一个 gazebo 模拟的 mBot 模型，它是从零开始开发的，集成在 PyBoKids 框架和 Python 语言上。在过去的两年中，它在蒙彼利埃方济各会基金会内成功实施，该基金会在西班牙分布了 6 所学校，还有两所公立学校。

受芬兰成功的教育系统中使用的概念启发，教学采用了建构主义方法。随后的学术项目也受到了作者之前使用 LEGO Mindstorms 在中学教育中通过建构主义方法教授机器人技术的经验的启发。所提议的教学环境具有足够的内容以供整个学年使用，其设计目的是克服上述 Scratch 的局限性。

PyBoKids: An Innovative Python-Based Educational Framework

Using Real and Simulated Arduino Robots

The field of robotics is undeniably growing in importance, as it has the power to motivate students and allows us to bring technology closer to boys and girls by using robotics as a tool to present the basic concepts of science, technology, engineering, and mathematics (STEM). Thus, students learn, almost through play, notions that are difficult and complex to explain or assimilate through the classic masterclass.

The implantation of robotics in education is a fact. In the last five months, six states in the U.S. (Iowa, Nevada, Wisconsin, Washington, Idaho, and Utah) have announced plans and investments with this aim. Likewise, four countries—Canada, Ireland, New Zealand, and Romania—have recently announced similar plans, with a total investment of 300 million dollars. Japan, in its New Robot Strategy Report, highlighted that investing in robotics is fundamental for the growth of the country.

In this educational field, the teaching of robotics itself converges with other disciplines (e.g., programming) using robotics as a teaching tool.

Robotics championships for teenagers, which encourage interest in this area of technology, are another example of the increasing importance of robotics in education. At an international level, numerous championships are organized, which bring together students from all over the world to learn, share experiences, and enjoy the development of robotic prototypes. The RoboCup Junior is especially worth mentioning, with tests such as rescuing or robotic soccer. There is also the First Lego League (FLL) and the *VEX robotics competitions*. In Finland, the quintessential championship which attracts students from all over Europe and has agreements with the centers of South Africa is the *SciFest*.

Furthermore, in the academic community, a group of congresses and conferences have emerged which emphasize the role of robotics in education, including the *Conference on Robotics in Education* (RIE), and the *Workshop on Teaching Robotics with Robot Operating System* (TRROS) within the *European robotics forum*. Special editions on education in robotics have also appeared in several scientific journals.

One of the motivations of this article was a European Erasmus+ project in which the authors have participated. Finland is a country of reference in education and, year after year, it is ranked first in the *Programme For International Student Assessment* (PISA) *Educational Annual Report*. This project included interviews with numerous experts in the training of Finnish teachers, and a one-month visit to a leading center in

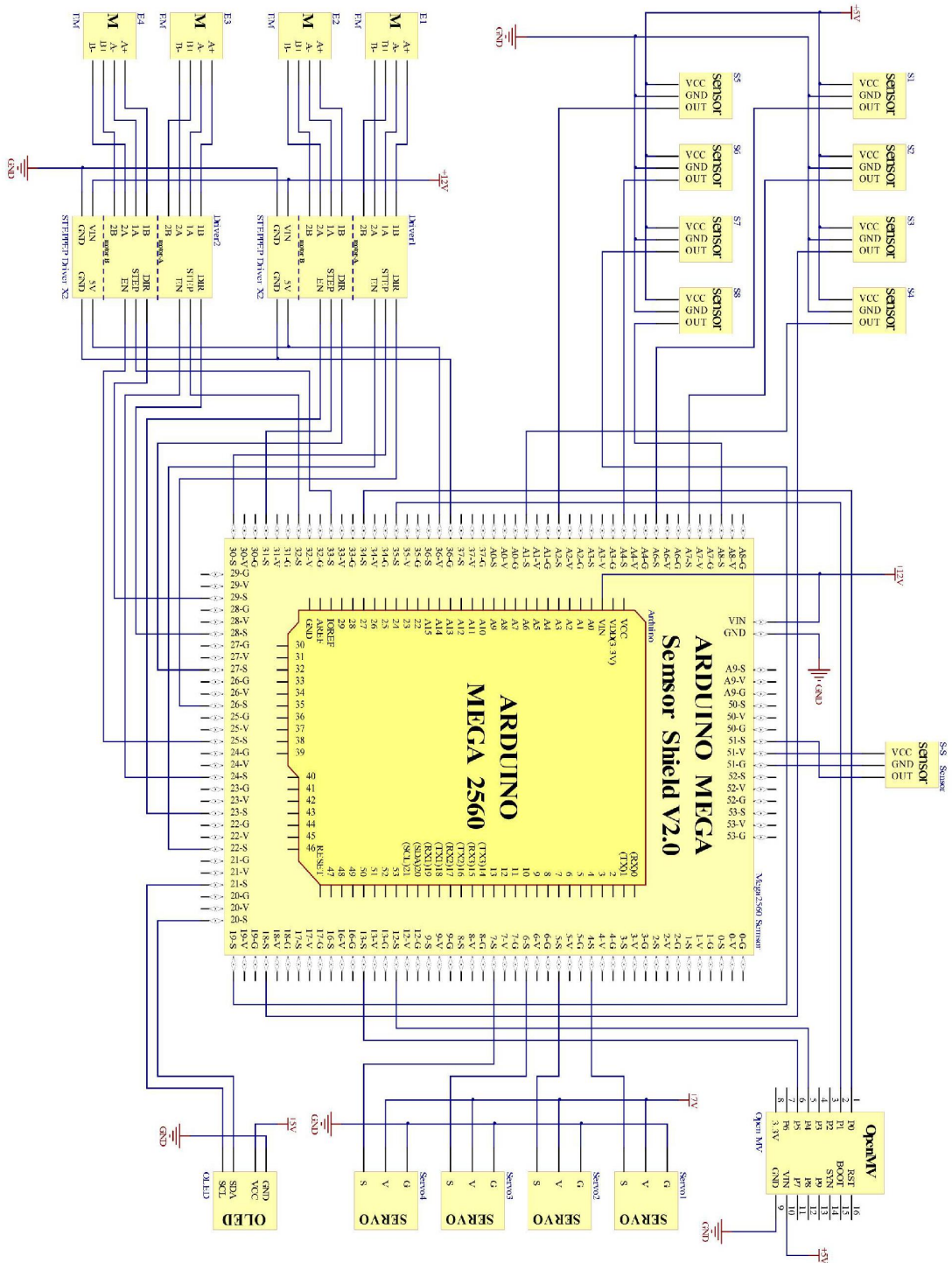
the use of robotics in the classroom—specifically, the *Joensuu Science Society*. The aim was to investigate the differences between the Finnish and Spanish education system, and more specifically, what use was made of robotics in both countries.

Another motivation was our experience in teaching robotics with Scratch language and Lego Mindstorms platforms. This balanced combination has proven to be very effective in the early years of secondary education as an initiation into the world of programming in general, and robotics in particular. Initial learning is almost immediate, and generates great enthusiasm for implementing, designing, and programming at full speed. However, in the later years of secondary education, since students have already acquired a certain fluency in programming in previous years, this enthusiasm for doing new things diminishes considerably, and the Scratch language falls short of their needs, meaning that they become bored to a certain extent.

In this context, this article presents an educational framework called PyBoKids for pre-university students, which has been tested under a pilot project over the last two years. The framework aims to provide a complete and easy-to-use middleware for programming robots. The core elements are Arduino, as the hardware platform, or a Gazebo-simulated mBot model, developed from scratch and integrated on the PyBoKids framework, as well as the Python language. It was successfully implemented over the last two years within the Franciscanas de Montpellier Foundation, which has six schools distributed across Spain, as well as in two public schools.

The teaching was carried out following a constructivist methodology, inspired by concepts used in the successful Finnish educational system. The academic program followed was also inspired by the authors' previous experiences with the use of LEGO Mindstorms to teach robotics in secondary education through a constructivist methodology. The proposed teaching environment has sufficient content for a full academic year, and was designed to overcome the aforementioned limitations of Scratch.

附录二 智能物流搬运小车总电路连接图



附录三 智能物流搬运小车控制程序

小车主控程序:

```

void Oled_Print(String Message) //OLED 显示函数
{
    u8g.firstPage(); //标准框架
    do //标准框架
    {
        u8g.setFont(u8g_font_unifont); //设置输出字体
        u8g.setPrintPos(0, 18); //输出字体位置, 横轴, 纵轴
        u8g.print("The QR code"); //输出字符
        u8g.setPrintPos(0, 38);
        u8g.print("Message is :");
        u8g.setPrintPos(0, 58);
        u8g.print(Message); //输出变量
    } while (u8g.nextPage()); //标准框架
}

ISR(INT3_vect) //中断子程序, 标准写法
{
    if(bitRead(PINC,7) == 1) //如果前进, 计数加。PIN I/O 状态寄存器。
        X_Count ++;
    else //后退计数减
        X_Count --;
}

void Stepper_Control(char Stepper_Direction, uint16_t Stepper_Speed) //行走控制
{
    switch (Stepper_Direction)
    {
        case 'F': //前进
            PORTC = B10100101;
            TCCR3A = TCCR4A = B00100011;
            Stepper_Speed_L = &OCR3A;
            Stepper_Speed_R = &OCR4A;
            EIMSK |= 8; //外部中断有效
            break;
        case 'B': //后退
    
```

```

    PORTC = B00000101;
    TCCR3A = TCCR4A = B00100011;
    Stepper_Speed_L = &OCR4A;
    Stepper_Speed_R = &OCR3A;
    EIMSK |= 8; //外部中断有效
    break;
case 'L': //左平移
    PORTC = B01011010;
    TCCR3A = TCCR4A = B00001011;
    Stepper_Speed_L = &OCR3A;
    Stepper_Speed_R = &OCR4A;
    break;
case 'R': //右平移
    PORTC = B01010000;
    TCCR3A = TCCR4A = B00001011;
    Stepper_Speed_L = &OCR4A;
    Stepper_Speed_R = &OCR3A;
    break;
case 'S': //停止
    TCCR3A = TCCR4A = B00000011;
    delay(100); //延时 100MS 后断开步进使能
    PORTC = B01010101; //步进电机使能无效
    bitClear(EIMSK,3); //外部中断无效
    break;
}
TCCR3B = TCCR4B = B11011;
OCR3B = OCR4B = OCR4C = OCR3C = 150;
*Stepper_Speed_R = *Stepper_Speed_L = Stepper_Speed;
}
void Line_Inspection(int Initial_Speed) //巡线函数
{
    if (bitRead(PINB, 3) == 0 && bitRead(PINB, 0) == 1) //右偏
    {
        *Stepper_Speed_L = 400; //左边轮子慢
        *Stepper_Speed_R = 260; //右边轮子快
    }
}

```

```

}
else if (bitRead(PINB, 3) == 1 && bitRead(PINB, 0) == 0)
{
    *Stepper_Speed_R = 400;
    *Stepper_Speed_L = 260;
}
else if (bitRead(PINB, 3) == 1 && bitRead(PINB, 0) == 1)//正常
    *Stepper_Speed_L = *Stepper_Speed_R = Initial_Speed;
}
void Robot_Control(int m1_angle, int m2_angle, int m3_angle, int m4_angle, int
Servo_Speed)          //机械手臂控制
{
    int angle[4] = {m1_angle, m2_angle, m3_angle, m4_angle};
                                //用数组接受 4 个舵机角度，方便控制
    PORTD &= ~(0x0F);          //PIN 21,20,19,18 状态为 LOW
    for (int pin = 0; pin <= 3; pin++)    //依次控制四个舵机
    {
        for (int Angle = 0; Angle <= angle[pin]; Angle++) //每一度向上加可控制速度
        {
            bitSet(PORTD, pin); //常见舵机控制原理:给控制引脚一个 0~2.5ms 的高电
平舵机会从 0°转至 180°
            delayMicroseconds(map(Angle, 0, 180, 0, 2500)); //微秒延时，map()函数将
角度转为延时时间。
            bitClear(PORTD, pin);
            delay(Servo_Speed);    //控制舵机速度
        }
    }
}
char Serial2_Read_Color()    //颜色识别函数
{
    Serial2.write('C');      //向 Openmv 发送字符'C',表示识别颜色
    char Color = '-';
    while (Color == '-')    //如果数据没更新一直识别
    {
        if (Serial2.available())

```

```

    {
        Color = Serial2.read();
        while (Serial2.read() >= 0);
    }
}
return Color;
}
void Res_Crawl(char C_Num)    //抓取函数
{
    if (C_Num = Res_Color[0])    //Num 对应二维码信息
        Robot_Control(1, 1, 1, 1, 0);    //一号位抓取
    else if (C_Num = Res_Color[1])
        Robot_Control(1, 1, 1, 1, 0);    //二号位抓取
    else if (C_Num = Res_Color[2])
        Robot_Control(1, 1, 1, 1, 0);    //三号位抓取
}
void Res_Release(char R_Num)    //放料函数
{
    if (R_Num == Mag_Color[0])
        Robot_Control(1, 1, 1, 1, 0);    //一号料释放
    else if (R_Num == Mag_Color[1])
        Robot_Control(1, 1, 1, 1, 0);    //二号料释放
    else if (R_Num == Mag_Color[2])
        Robot_Control(1, 1, 1, 1, 0);    //三号料释放
}
}
略
视觉识别程序:
import sensor,image,time
from pyb import UART
from pyb import Pin
import ujson
pin0 = Pin('P0', Pin.IN, Pin.PULL_UP)
pin1 = Pin('P1', Pin.IN, Pin.PULL_UP)
thresholds = [(51, 63, 45, 80, -55, 60),    # generic_red_thresholds 红色色值
              (75, 92, -75, -11, -111, 58), # generic_green_thresholds 绿色色值

```

```
(33, 94, 65, -70, -99, -23)] # generic_blue_thresholds 蓝色色值
# 初始化函数
sensor.reset()
sensor.set_pixformat(sensor.RGB565)
sensor.set_framesize(sensor.QQVGA) # can be QVGA on M7...
sensor.skip_frames(30)
sensor.set_auto_gain(False) # 自动增益(关闭)
sensor.set_auto_whitebal(False) #自动白平衡(关闭)
#sensor.rgb_gain_db(3.0,3.0,3.0) #设置增益分贝
clock = time.clock()
uart = UART(3, 9600) #设置波特率
def yanse():# 颜色识别函数
    for blob in img.find_blobs(thresholds, pixels_threshold=200, area_threshold=200,
merge=True):
        img.draw_rectangle(blob.rect())
        img.draw_cross(blob.cx(), blob.cy())
        if blob.code() == 1:
            print("红色")
            uart.write("1")
        elif blob.code() == 2:
            print("绿色")
            uart.write("2")
        elif blob.code() == 4:
            print("蓝色")
            uart.write("3")
        else:
            print("未识别")
def saoma():#二维码识别函数
    img.lens_corr(1.8)
    for code in img.find_qrcodes():
        two = code.payload()
        if two != None:
            uart.write(two+"\r\n")
            print(two)
```