

# 基于Arduino的智能运动控制系统设计

陈钰婷, 于立超, 蔡希昌, 鲍治平  
(北方工业大学信息学院, 北京 100144)

**摘要:** 为了促进智能物流系统的不断进步, 设计了一款基于Arduino的智能运动控制系统。选用Arduino Mega 2560控制板为主控板, 配置陀螺仪姿态调整模块、OLED显示模块、电机及驱动模块、OpenMV视觉识别模块等组成硬件系统; 采用PID算法调节小车运行速度和行进方向, 融合了速度解算与全向移动算法, 实现了小车全场定位的功能。测试结果表明: 融合机器视觉算法的智能运动控制系统的物流小车能够实现自动搬运功能, 抓取并放置一个物料耗时仅约6 s, 物料摆放精度达到 $\pm 2$  mm。系统可准确操控速度和方向, 且具有成本低、操控便捷等优势。

**关键词:** Arduino Mega 2560; 速度解算; 全向移动算法; PID; 机器视觉算法

**中图分类号:** TP13 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-8412 (2021) 08-109-05

**工业技术创新 URL:** <http://gyjs.cbpt.cnki.net> **DOI:** 10.14103/j.issn.2095-8412.2021.08.017

## 引言

传统的人工搬运人工成本高, 已经不能满足当前物流业等相关行业需求, 智能导航、精确识别、抗干扰、适用性广的智能物流系统的个性化、定制化研究需要不断深入。随着智能运动控制系统设计方法的不断进步, 基于多种操作系统的智能物流系统研发得以快速发展, 物流装备技术升级力度不断加大, 物流控制自动化、信息化、智能化水平显著提升, 物流智能机器人技术得到应用, 有效解决了当前物流搬运的难题<sup>[1-2]</sup>。

常见的车载智能运动控制系统依靠灰度传感器循迹来决定运行轨迹, 即控制小车沿着黑色导引线运动<sup>[3-5]</sup>, 虽然具有运行稳定可靠的优点, 但存在行进路线受限等问题<sup>[6]</sup>。本文为了解决这一技术瓶颈, 设计了一款基于Arduino的智能运动控制系统。该系统采用PID算法调节小车运行速度和行进方向, 融合速度解算与全向移动算法, 实现了小车全场定位的功能。

## 1 系统总体方案设计

该智能运动控制系统包括Arduino Mega 2560主控模块、陀螺仪姿态调整模块(以下简称“陀螺仪模块”)、定位模块、OLED显示模块、电机驱动模块、OpenMV视觉识别模块(以下简称“OpenMV模块”)、舵机控制模块等模块。图1所示为智能运动控制系统的总体框架。

主要模块的硬件与软件方面的简要介绍如下。由于本文侧重于介绍软件算法, 机械设计方面在此不作赘述。

### 1.1 陀螺仪模块

本系统采用陀螺仪WT101模块来调整运动姿态。该模块集成高精度的陀螺仪传感器, 融合动力学解算与卡尔曼动态滤波算法, 动态测量精度达到 $0.1^\circ$ , 几乎无漂移, 能够实时快速准确地求解出模块当前的运动姿态。

### 1.2 定位模块

定位模块采用激光测距与编码器融合定位。本系统采用的是霍尔编码器, 编码器有A相和B相两相输出, 同时测量A相和B相上升沿和下降沿, 即计数四倍频, 增加了编码器的分辨率, 提高了定位精度。通过编码器计算车轮位移矢量来判断小车位置, 激光测距则用于消除编码器的累积误差。

### 1.3 OpenMV模块

本系统选用OpenMV cam H7作为摄像头, 其内置了一款小巧、低功耗、低成本的电路板, 开发环境为OpenMV IDE, 与Arduino间通信方式为串口通信。其采用Python进行编程, 易于在机器视觉算法中处理复杂的输出。

## 2 关键算法及程序设计

该系统关键算法包括运动控制算法与OpenMV识别算法两部分, 以下将分别介绍。

## 2.1 运动控制算法及程序

本智能运动控制系统实现全场定位，全场定位算法涵盖速度环与位置环PID算法、底盘全向移动算法及路径规划三个方面，以下将逐一介绍。

### 2.1.1 速度环与位置环PID算法

采用直流电机编码器M法测电机转速，采用麦克纳姆轮速度环进行PID控制。陀螺仪测定Z轴偏角，位置环PID控制器调整车的姿态。记录一段时间内四个轮的位移后，通过计算四个轮的位移矢量来大致计算车的位移。本小车使用两次PID，分别为直流电机速度环PID控制器和陀螺仪位置环PID控制器，其中速度环为内环，位置环为外环。速度控制PID原理图如图2所示。

### 2.1.2 底盘全向移动算法

对于给定的速度方向，通过速度解算，计算出每个电机的目标速度，并结合小车的位移，不断调整小车的实时速度。底盘速度解算的目的是将底盘的运动期望解算至电机，最终依靠控制电机的转向和转速来实现控制底盘的运动。分别将四个电机标为1、2、3、4号，设n号电机的速度期

望为 $V_n$ 。建立如图3所示平面坐标系XOY。

本系统解算的方法是将三个正交的运动方向 $V_x$ 、 $V_y$ 和 $\omega_v$ 进行线性叠加。

首先假设底盘速度期望只有沿X方向的分量

$$\vec{V} = [V_x, 0, 0] \quad (1)$$

再假设底盘速度期望只有沿Y方向的分量

$$\vec{V} = [0, V_y, 0] \quad (2)$$

最后假设底盘速度期望 $\omega_v$ ，即旋转的分量

$$\vec{V} = [0, 0, \omega_v] \quad (3)$$

对式(1)~(3)进行叠加后就可以得到底盘速度期望为

$$\vec{V} = [V_x, V_y, \omega_v] \quad (4)$$

最终对应的电机转速为

$$V_1 = k_x \times V_x - k_y \times V_y - k_\omega \times \omega_v \quad (5)$$

$$V_2 = k_x \times V_x + k_y \times V_y - k_\omega \times \omega_v \quad (6)$$

$$V_3 = k_x \times V_x - k_y \times V_y + k_\omega \times \omega_v \quad (7)$$

$$V_4 = k_x \times V_x + k_y \times V_y + k_\omega \times \omega_v \quad (8)$$

### 2.1.3 路径规划

激光测距传感器测量小车实时坐标，用于消除编码器计算位移的误差。已知小车当前坐标，通过预设目标位置的坐标，得出小车速度方向。

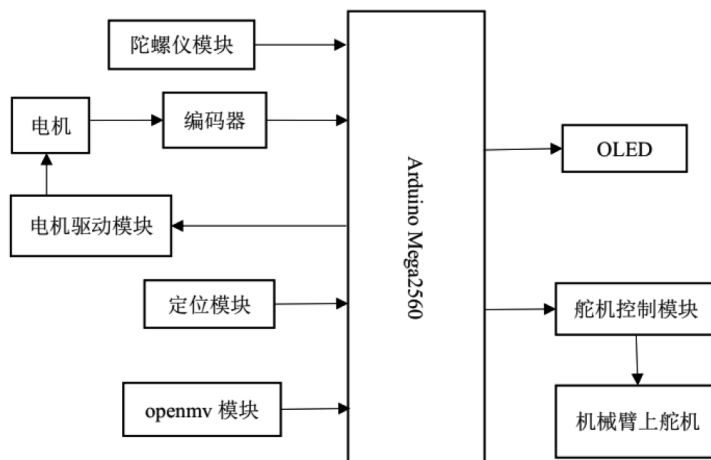


图1 智能运动控制系统的总体框架

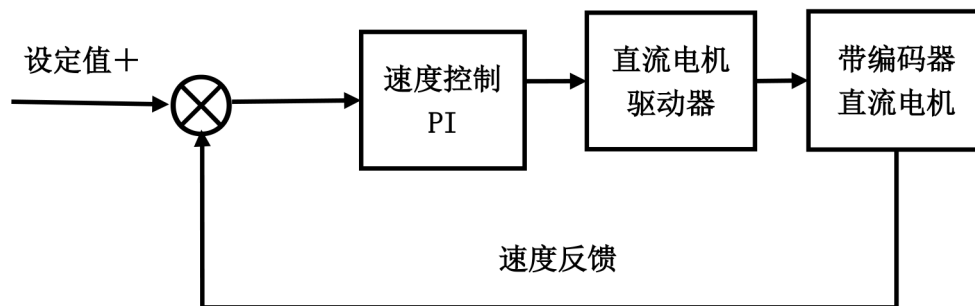


图2 速度控制PI原理图

结合章节2.1.1和2.1.2使小车移动到目标位置。全场定位程序流程图如图4所示。

## 2.2 OpenMV识别算法及程序

对于扫描二维码获取的数据, 采用“132+231”的格式发送给Arduino。Arduino将“132”与“231”这种有用的信息单独提出, 以供使用。

由于需要进行颜色识别的区域分为上下两层, 故将颜色识别分为两层, 根据颜色识别的感兴趣区将两层物块分开, 即对非感兴趣区的物块不作识别。第一层颜色识别完成后, 切换感兴趣区, 对第二层颜色进行识别。对每一层颜色进行识别时, 摄像头都会按照红、绿、蓝的顺序对这三种颜色进行识别, 并会保留识别到的颜色的横坐标, 即将三种颜色的色域放入一个数组中, 识别完一个颜色后, 取数组中的下一个色域再次进行识别。

对于识别到的颜色的位置信息, 采用[1,3,2]矩阵的格式发送给Arduino。其中, 数字代表颜色, 如1为红色, 2为绿色, 3为蓝色。这三个数据在矩阵中的位置, 则代表三种颜色的位置, 例如[1,3,2]中, 1在第一位, 表示红色在摄像头画面的最左侧; 3在第二位, 表示蓝色在摄像头画面的中间; 同理, 绿色在摄像头画面的最右边。在识别颜色过程中, 通过对三个颜色的横坐标X1、X2、X3进行相互比较, 形成需要发送的矩

阵中的数字及数字顺序。OpenMV识别算法流程图如图5所示。

## 3 测试结果

### 3.1 测试场地描述

测试场地的尺寸为2 400 mm×2 400 mm的正方形平面区域(如图6所示), 场地周围设有一定高度的挡板。在测试场地内设有出发区、返回区、原料区、粗加工区、半成品区。粗加工区、半成品区顶面上均有用于测量物料摆放位置准确程度的色环。

### 3.2 测试任务描述

基于该智能运动控制系统的智能小车底盘大小为300 mm×300 mm, 小车实物图如图7所示。该小车需从出发区出发, 首先扫描二维码, 再识别原料区物料颜色获得物料位置信息, 然后按二维码顺序依次从原料区上层抓取三种颜色的物料到车上。抓取完成后, 智能小车再移动至粗加工区进行物料的摆放; 摆放完成后, 再按照摆放顺序将物料从粗加工区运往半成品区。重复以上操作, 搬运原料区下层物料至半成品区, 最后回到返回区。

### 3.3 测试结果分析

经测试可知, 智能小车能快速准确地完成以上物料搬运任务, 总计用时3 min 18 s, 平均每抓取并放置一个物料耗时约6 s, 物料摆放精度达到 $\pm 2$  mm, 满足实际生产生活中对于智能小车的物

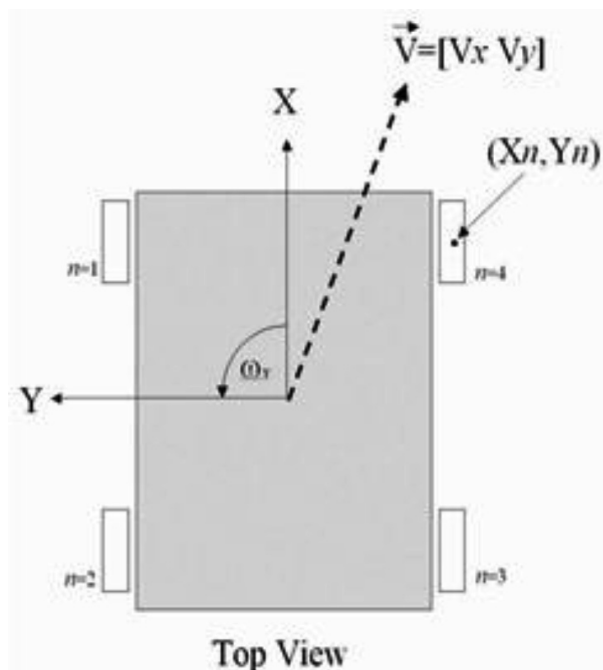


图3 底盘速度解算的平面坐标系XOY

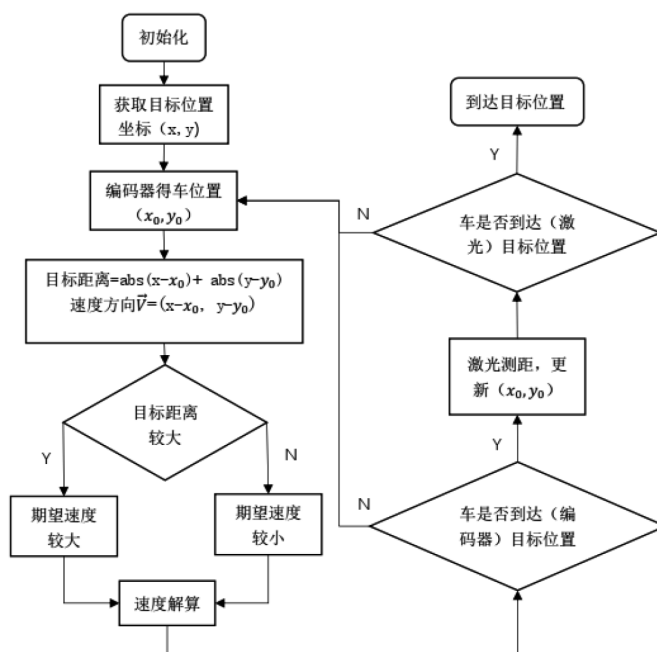


图4 全场定位程序流程图

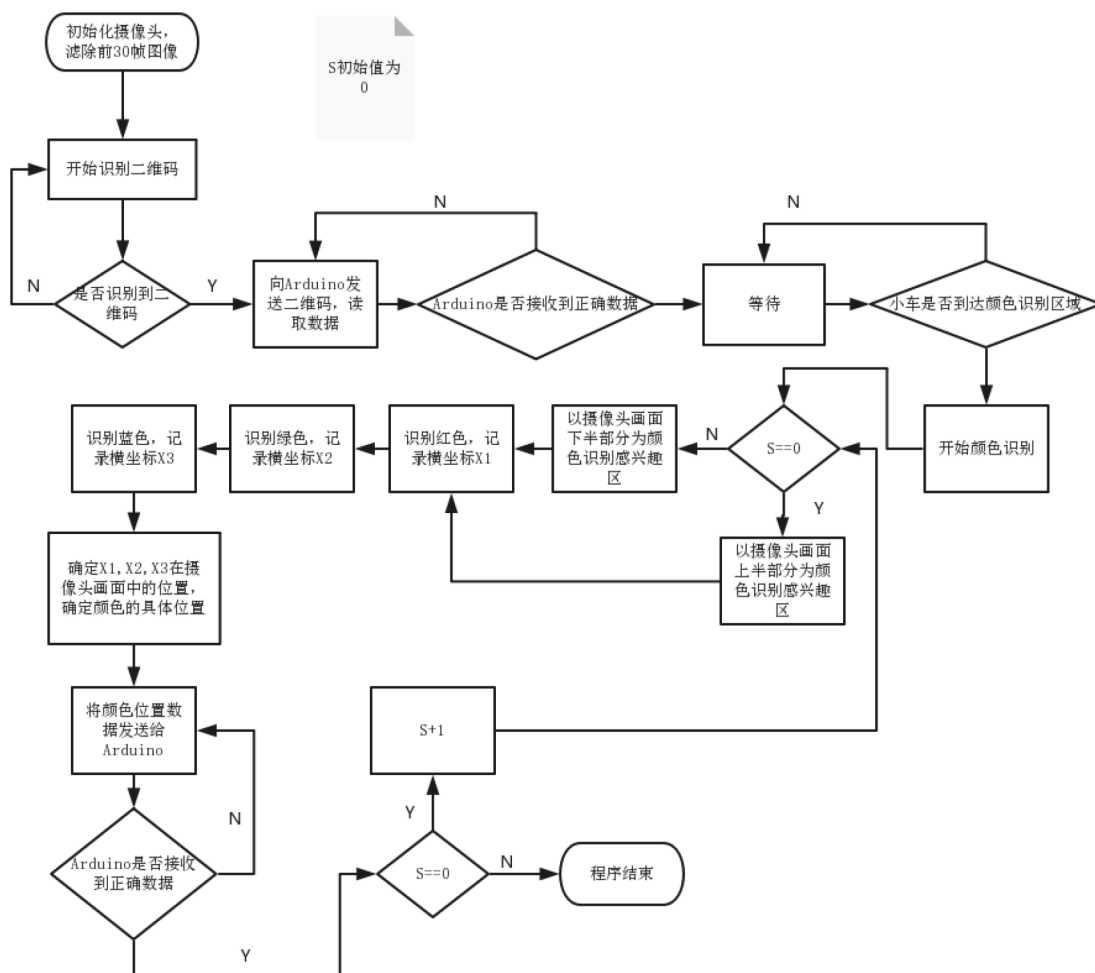


图5 OpenMV识别算法流程图

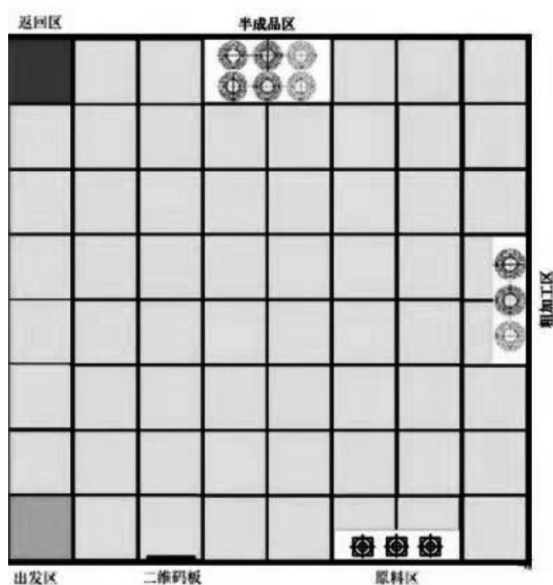


图6 测试场地

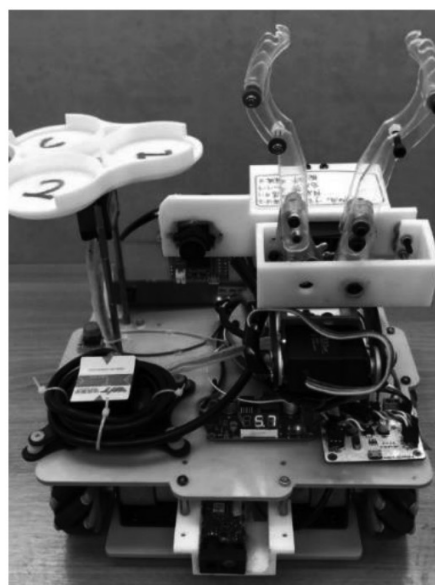


图7 智能小车实物图

料搬运速度以及摆放精度的要求, 表明该智能运动控制系统具有一定的实际应用价值。

## 4 结论和展望

本文设计了一款基于Arduino的智能运动控制系统, 该系统融合了速度解算与全向移动算法, 实现了小车全场定位, 此外还包含二维码扫描、颜色识别、物品的抓取与摆放等功能。经测试可知, 基于该系统的智能小车能高效完成搬运任务, 且操作简单, 物料摆放精度能够达到实际生产作业的需要, 极大地缩短了装卸搬运过程中的作业时间, 提高了搬运效率。

该系统同时也还存在诸多需要改进的地方, 如为了防止碰撞事件的发生, 需要增加自动避障功能; 现实生活中也不可能仅靠颜色来区分不同物体, 应加入相应的图像识别技术。总之, 要想实现真正的全自动智能化物流搬运并应用到实际生活中, 本系统还有很多需要测试和改进的地方。

## 参考文献

- [1] 林兆花, 徐天亮. 机器人技术在物流业中的应用[J]. 物流技术, 2012, 31(13): 42-45.
- [2] 傅雅男, 李朝敏. 浅谈物流视角下的智能仓储机器人的运用与改进[J]. 商场现代化, 2018(23): 77-78.
- [3] 周统, 杜春雨, 杨孝文. 基于Arduino的智能物流小车控制系统的设计[J]. 南方农机, 2019, 50(19): 27-28.
- [4] 付琳, 王宗冕, 杨达琛, 等. 基于Arduino单片机的智能快递小车设计[J]. 内燃机与配件, 2020(17): 198-199.
- [5] 黄传翔. 基于Arduino单片机的智能机器人小车的研究[J]. 电子测试, 2021(7): 28-29, 88.
- [6] 朱伟枝, 杨亚萍, 陈智. 基于OpenMV的智能小车路径规划及定点摆放棋子的设计[J]. 机电工程技术, 2020, 49(7): 126-128.

## 作者简介:

陈钰婷, 本科。研究方向: 电子信息工程。

蔡希昌, 通信作者, 高级工程师。研究方向: 微弱信号及其智能处理。

E-mail: caixc20\_ncut@126.com

(收稿日期: 2021—05—28)

# Design of Intelligent Motion Control System Based on Arduino

CHEN Yuting, YU Lichao, CAI Xichang, BAO Zhiping

(College of Information, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

**Abstract:** In order to promote the continuous progress of intelligent logistics system, an intelligent motion control system based on Arduino is designed. The Arduino Mega 2560 control board is selected as the main control board, and the hardware system is composed of gyroscope attitude adjustment module, OLED display module, motor and drive module, and OpenMV visual recognition module, etc. PID algorithm is used to adjust the running speed and traveling direction of the trolley, and speed calculation and omnidirectional movement algorithm are combined to realize the whole-field positioning function of the trolley. Test results show that the logistics trolley of intelligent motion control system integrated with machine vision algorithm can realize automatic handling function, and it takes only about 6 s to grab and place a material, and the material placement accuracy reaches  $\pm 2$  mm. The system can accurately control the speed and direction, and has the advantages of low cost and convenient operation.

**Key words:** Arduino Mega 2560; Speed Solution; Omnidirectional Movement Algorithm; PID; Machine Vision Algorithm