

文章编号: 2095-2163(2020)12-0141-04

中图分类号: TP242

文献标志码: A

基于 STM32 单片机的四驱智能搬运小车设计

妥志良, 张俊杰, 王鑫蕊, 王 威, 王译萱, 吴宝春

(大连民族大学 信息与通信工程学院, 辽宁 大连 116600)

摘要: 本文主要介绍四驱智能搬运车的具体实现方法。该智能搬运车以 STM32F1 为核心控制器, 借助光电开关传感器实现自主路径规划, 应用 MOSFET 芯片 BIN7970 实现电机驱动, 运用 PID 算法实现小车姿态控制, 将 AD103 二维码识别模块和 OpenMv 视觉模块有效结合实现二维码读取、物料颜色及形状识别, 最终控制机械手实现物料抓取、搬运和物料卸载功能。
关键词: 四驱搬运小车; 自主路径规划; PID 算法; 物料颜色及形状识别

Design of four-wheel drive intelligent handling trolley based on STM32 single chip microcomputer

TUO Zhiliang, ZHANG Junjie, WANG Xinrui, WANG Wei, WANG Yixuan, WU Baochun

(College of Information and Communication Engineering, Dalian Minzu University, Dalian Liaoning 116600, China)

[Abstract] This article mainly introduces the specific implementation method of the four-wheel drive intelligent truck. The core controller of the intelligent carrier is STM32F1, which can realize the autonomous path planning with the help of photoelectric switch sensor. The motor drive is mainly realized by MOSFET chip BIN7970, in which PID algorithm is used to control the car's attitude, and the AD103 two-dimensional code recognition module and the OpenMv vision module are effectively combined to realize the three functions of two-dimensional code reading, material color and shape recognition. Finally, control the manipulator to realize the functions of material grabbing, handling and material unloading.

[Key words] Four-Wheel Drive Truck; Autonomous path planning; PID algorithm; Material color and shape identification

0 引言

搬运机器人是近代自动控制领域出现的一项高新技术, 已成为现代机械制造生产体系中重要的组成部分。其优点是可以通过编程完成各种预期的任务, 在自身结构和性能上有人和机器的各自优势, 尤其体现出了人工智能和适应性。

本文以搬运机器人为研究背景, 设计一款智能搬运小车。该小车以 STM32F1 作为核心处理器, 运用光电管传感器配合二维码识别模块扫描的信息进行不同的路径规划, 使用 PID 算法控制小车姿态, 通过视觉模块 OpenMv 完成物料识别(颜色和形状), 控制机械手对物料的抓取、搬运和重新摆放等功能。

1 系统整体设计

四驱搬运车整体设计主要由机械结构选择与设计、电路设计和程序设计三部分构成。机械部分使用 SolidWorks 软件进行小车结构设计, 主要研究小车轮子设计、底盘设计和机械手设计; 电路设计主要包含主控电路和电机驱动电路两部分; 程序设计部

分主要分为传感器信息采集与处理程序设计、电机 PID 控制程序设计和自主路径规划设计。系统整体的方案框架如图 1 所示。

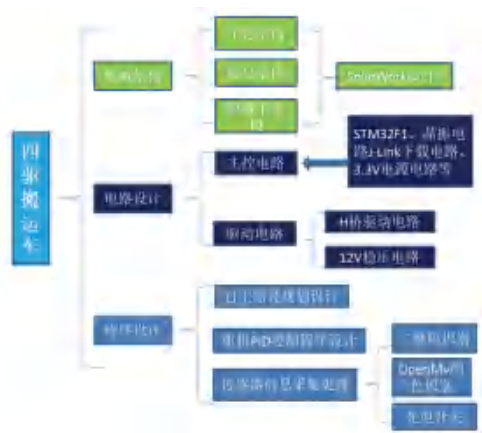


图 1 系统整体方案框图

Fig.1 Block diagram of the overall system scheme

2 机械结构选择与设计

2.1 车轮子和底盘设计

搬运车轮子采用麦克纳姆轮, 该轮子是一种可

基金项目: 大连民族大学创新创业训练计划(202012026048)。

作者简介: 妥志良(1997-), 男, 本科生, 主要研究方向: 嵌入式设计、信号检测与处理。

通讯作者: 张俊杰 Email: zhangtou@live.com

收稿日期: 2020-09-23

全方位移动的全向轮,简称麦轮。主要由轮毂和围绕轮毂的辍子组成。其中辍子是一种没有动力的小滚子,各个小滚子的包络线为圆柱面,所以该轮能够连续地向前和左右滚动。麦克纳姆轮除了价格昂贵、速度慢、寿命不长(相对于普通车轮而言),其全方向移动功能特别适合机器人的工作环境^[1]。SolidWorks 软件设计的麦轮三维模型和实物如图 2 所示。



图 2 麦轮三维模型与实物

Fig. 2 Three dimensional model of Mecanum wheel and real object

底盘设计采用易加工的有机玻璃(亚克力板)作为底盘材料,其厚度为 5.0mm。电机安放采用长方形交错布置,和正方形交错布置相比底盘宽度减小约 20%,整体结构小巧,底盘中间位置预留安放外加悬挂,提高了底盘利用率,其三维模型设计如图 3 所示。

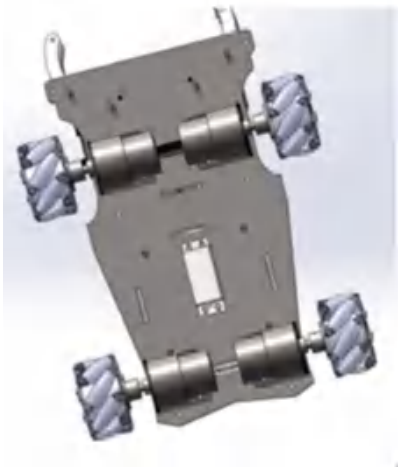


图 3 长方形竖式布置模型

Fig. 3 Rectangular vertical layout model

2.2 机械手设计

机械手一般由机械臂和机械爪组成,通过舵机提供抓力和完成伸展。其中机械爪采用 V 型 3 层齿状机械爪,用有机玻璃加工,加工图纸和三维模型如图 4 所示。V 型齿状机械爪因其齿状开口,可轻松抓取圆柱、长方体、球体等物料。

机械臂设计主要由舵机和铝架构成,共有 5 个自由度,分别为底部回转、大臂俯仰、中臂俯仰、小臂

俯仰和腕部回转。最终设计结构如图 5 所示。

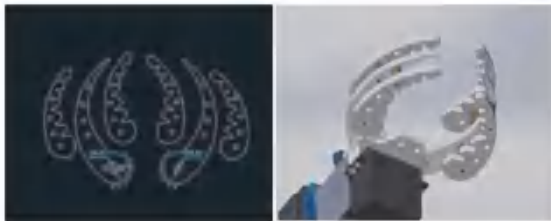


图 4 加工图纸与三维模型

Fig. 4 Machining drawing and 3D model



图 5 机械臂三维模型

Fig. 5 3D model of the robotic arm

3 电路设计

四驱智能搬运小车电路设计主要包括主控电路、主控功能转载电路和电机驱动电路,各个电路通过硬件信号接口连接,共同组成智能搬运车硬件电路控制部分。

3.1 主控电路

主控电路是智能搬运小车算法处理及控制的核心,考虑到该小车需采集多个传感器的信息,需要多个接口(串口、IIC 接口、IO 口)与主控部分进行信息传递,本设计选用中低端 32 位 ARM 微控制器 STM32F103ZET6 芯片作为 CPU。

主控电路主要由晶振电路、J-Link 下载电路、按键复位电路、USB 供电电路和 5 V-3.3 V 降压电路组成;主控电路主要完成对信号的采集和处理,实现小车的最终控制。

3.2 电机驱动电路

电机驱动电路是小车机动性的保障,恒流、恒压输出的驱动电路可以使得小车在程序的配合下,其 PWM 占空比和车速具有线性输出关系,提高车子稳定性。在智能搬运小车设计中,选用 12V 直流编码电机,为提高电机输出功率,需要设计较大电流的驱动电路,因此选用大功率驱动芯片 BTS7970,该芯片具有半桥特性,带有一个 P 沟道的高边 MOSFET、一个 N 沟道的低边 MOSFET 和一个驱动 IC,可以结合其他的 BTS7970 形成全桥和三相驱动结构。运用

双 BTS7970 全桥(H 桥)驱动电路,可以实现电机的正传、反转,并且可以较大电流输入,具有强劲的驱动和刹车效果。图 6 为双 BTS7970 全桥驱动电路原理图。

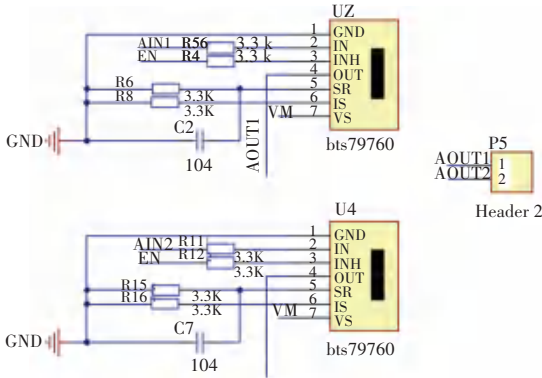


图 6 BTS7970 全桥原理图

Fig. 6 BTS7970 full bridge schematic diagram

考虑到小车在行驶过程中消耗一定的电量,使得驱动电路输入电压不恒定,导致小车运动前后其 PWM 对应电压减小,车速和 PWM 占空比呈非线性关系,增加程序设计复杂度,故设计基于芯片 XL6019 的稳压电路,使得电池电压变化的情况下驱动输入电压趋于恒定。XL6019 是一款专为升压、升降压设计的单片集成电路,可工作在 DC5V ~ 40 V 输入电压范围,内部有功率 MOS,具有低纹波特性,其输出电压 $V_{out} = 1.25 \times (1 + R1/R2)$ 。原理图如图 7 所示。

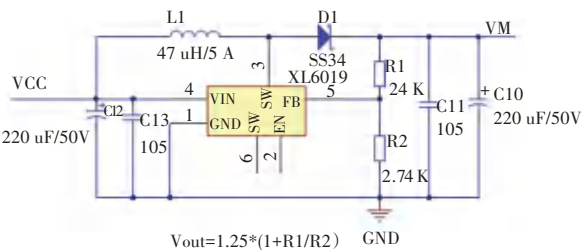


图 7 驱动稳压电路

Fig. 7 Drive voltage regulator circuit

在整体驱动电路中,另行设计了相位缓冲电路和 BTS7970 使能端机械开关电路。相位缓冲电路采用芯片 SN74LS244DW,目的是将 PWM 波在电路中不同的传输时间统一化,减小每个电机相位差异,提高小车稳定性;采用 BTS7970 使能端机械开关电路,取代以往设计中驱动电源开关电路,其优点在于以较小电压(5 V)控制电机运转,避免 12 V 驱动电源开关在关断瞬间对电路和芯片造成的危害。信号缓冲和使能端控制电路原理图如图 8 所示。

4 程序设计

智能搬运车程序部分主要由电机 PI 控制、传感

器信息识别采集、路径规划和机械手控制组成,通过 Keil5 软件开发系统使用 C 语言完成编写,OpenMv 摄像头识别部分使用 python 语言。小车整体运行过程框图如图 9 所示。

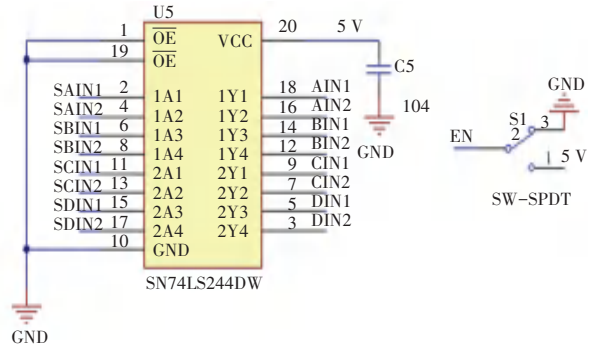


图 8 信号缓冲和使能端控制电路

Fig. 8 Signal buffer and enable control circuit

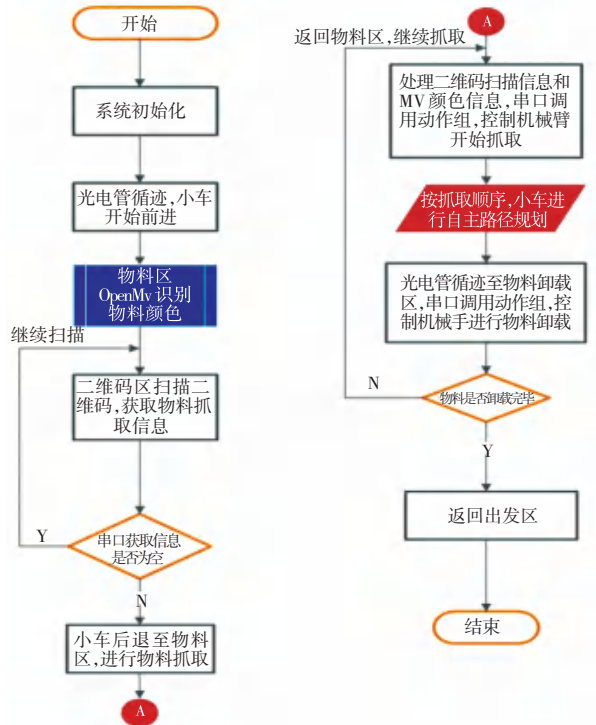


图 9 整体运行框图

Fig. 9 Overall operation block diagram

其中,程序初始化部分分别有:

- # USART2:接收二维码模块数据
- # USART3:接收 OpenMv 颜色识别数据
- # USART4:接收前排光电管循迹数据
- # USART5:调用动作组控制机械臂运作
- # TIM6:产生 10ms 定时中断,进行主要电机控制
- # TIM2、3、4、5:PWM 捕获 4 个电机编码器值
- # TIM8:4 个通道产生 4 路 PWM 驱动电机

IO口:数字灰度循迹传感器初始化

4.1 传感器信息识别采集

本次设计中小车通过 OPenMv 摄像头识别物块颜色,使用二维码模块扫描二维码获取物块抓取顺序。

OPenMv 摄像头是一款具有图像处理功能的单片机模块,可以通过高级语言 python 脚本编写代码。本次程序设计主要运用 OpenMV 摄像头 Color Tracking 颜色追踪功能,该功能可以使 OpenMV 在图像中一次检测多达 16 种颜色,并且每种颜色都可以有任意数量的不同的斑点^[2]。

4.2 电机 PID 控制程序

控制是智能车程序设计的核心,其中电机控制更是智能车完成各种功能的前提,搬运小车采用的 PI(比例积分)控制器是速度控制最常使用的控制器。P 部分为比例环节,可以成比例反映偏差信号,以减少偏差;I 部分为积分环节,可以消除系统静差,且积分时间越长,积分效果越弱。PI(比例积分)控制器,是一种线性控制器,根据给定值与实际输出值构成控制偏差,将偏差的比例(P)和积分(I)通过线性组合构成控制量,对被控对象进行控制^[3]。

通过光电编码器获取 Encoder_A、Encoder_B、Encoder_C、Encoder_D 编码值及当前时刻的小车实际 PWM 值,该实际 PWM 值通过设定目标值 Target_(A、B、C、D) 进行比较,得到偏差 Error 后,将其送入 PI 控制器,从而使用 PI 算法控制电机。PI 控制算法子程序框图如图 10 所示。

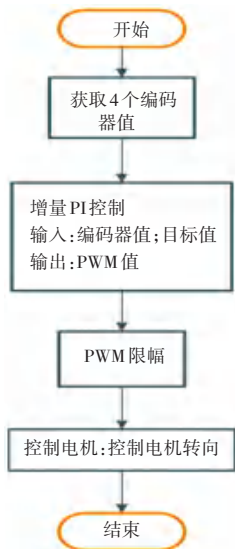


图 10 PI 控制算法子程序框图

Fig. 10 PI control algorithm subroutine block diagram

4.3 自主路径规划

自主路径规划是小车从开始搬运物料至物料重新摆过程中设计的,主要通过二维码识别的物料抓取顺序信息和 OpenMv 识别的物料颜色信息进行路径规划,依赖于光电管传感器进行小车路径定位和运动。自主路径规划部分子程序框图如图 11 所示。

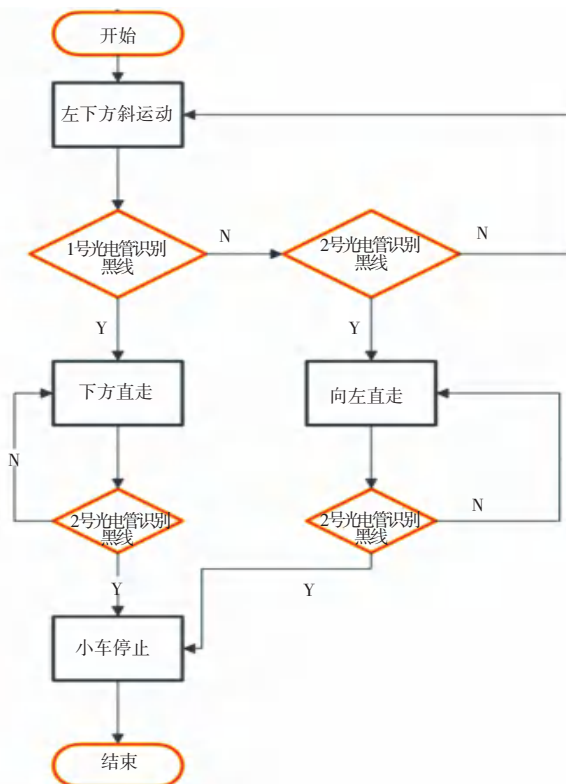


图 11 自主路径规划部分子程序框图

Fig. 11 Part of the subroutine block diagram of autonomous path planning

5 结束语

智能搬运车从设计到施行再到实物验证,整个设计过程涉及多个学科知识,通过起初的功能设想、确定需要的处理芯片 STM32F103 和传感器,经过 SolidWorks 软件设计机械结构和 AD 软件设计 PCB 板,再到 Keil5 上位机进行代码编写,最后测试小车成功;测试结果表明:智能搬运小车能初步完成各项功能测试,包括颜色识别、路径判断、二维码扫描和机械手抓取、搬运,具有一定的实际应用能力。

参考文献

- [1] 胡鹏. 全向行驶轮式机器人系统设计与开发[D]. 南京:南京理工大学,2008.
- [2] 星瞳科技. Openmv 嵌入式图像处理. <http://book.openmv.cc>. 2019.
- [3] 王伟,张晶涛,柴天佑. PID 参数先进整定方法综述[J]. 自动化报,2000(3):347-355.