

基于STM32的自动驾驶小车设计

姚竣铧

华南农业大学电子工程学院（人工智能学院），广东广州 510642

摘要：为了实现小车在道路上的自动驾驶，本文设计了一款可以自主定位和路径规划、自动识别交通标志的智能小车。小车以 STM32 单片机作为主控，使用编码器、陀螺仪和直流电机实现小车的定速定距行驶、固定角度转动。通过激光雷达，小车能够实时建图获取自身的实时位置坐标和周围的环境信息，并对自身位置进行调整。综合使用树莓派和图像传感器模块，小车能够获取图像并对交通标志进行识别。经实验测试，该智能小车能够安全准确地完成规划的路径。

关键词：自动驾驶；STM32 单片机；自主定位

中图分类号：U471.1

文献标志码：A

文章编号：1671-3567（2024）08-0050-03

Design of self-driving car based on STM32

Yao Junhua

College of Electronic Engineering(college of Artificial Intelligence), South China Agricultural University, Guangzhou
510642, China

Abstract: In order to realize the automatic driving of the car on the road, this paper designs an intelligent car that can autonomously locate and plan the path, and automatically recognize the traffic signs. STM32 single chip microcomputer is used as the main control, encoder, gyroscope and DC motor are used to realize constant speed and distance driving and fixed Angle rotation of the car. Through LiDAR, the car can build a map in real time to obtain its own real-time position coordinates and the surrounding environment information, and adjust its position. Using a combination of Raspberry PI and image sensor modules, the car is able to acquire images and recognize traffic signs. The experimental results show that the intelligent vehicle can safely and accurately complete the planned path.

Keywords: automatic driving; STM32 MCU; autonomous positioning

引言

据统计，绝大多数交通事故是由人为因素导致的，如驾驶错误、疲劳驾驶和酒驾等。自动驾驶小车依赖于高精度传感器、实时数据处理和先进的决策算法，可以避免这些人为因素带来的风险，从而显著提升道路安全。因此，自动驾驶小车的研究和设计不仅仅是技术创新的象征，还是社会进步和生活质量提升的重要推动力。

1 系统设计

整个系统由 STM32 单片机、12 V 航模电池、稳压

模块、TB6612 电机驱动模块、直流电机、编码器、MPU6050 陀螺仪、激光雷达、CMOS 图像传感器、树莓派 4B 组成。小车的整体系统结构如图 1 所示。

2 小车系统的各部分设计

2.1 供电模块

测试的小车采用 12 V 的航模电池进行供电，电池的放电倍率为 30 C，标准电压为 11.1 V，标称容量为 2400 mAh，电芯为 3S1P。使用稳压模块 XL2596 对 12 V 的直流电压进行降压，分别输出多路的 3.3 V 和 5 V。其中 3.3 V 供电给 STM32，5 V 供电给树莓派。

作者简介：姚竣铧（2002—），男，本科。研究方向电子信息。

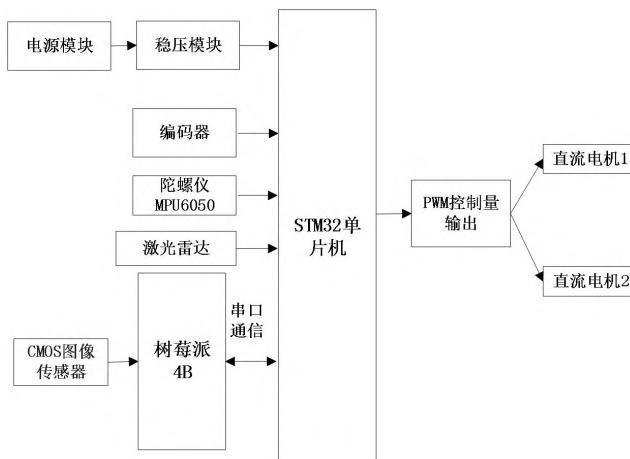


图1 整体系统结构

2.2 电机驱动

采用 TB6612 电机驱动芯片和带霍尔编码器的 MG513 直流电机对小车的运动进行控制。直流电机的减速比为 1: 30, TB6612 的电路图如图 2 所示。图中的 VM 与 12 V 直流电压连接, VCC 与 5 V 连接, GND 与 STM32 的 GND 共地。PWM_A 和 PWM_B 分别控制小车左右电机的转速, 与 STM32 的两个 PWM 输出口相连; AIN1 和 AIN2 控制小车左轮的正反转, BIN1 和 BIN2 控制小车右轮的正反转, 与 STM32 的 4 个作为输出的普通 I/O 口相连; A01、A02、B01、B02 均作为电压输出, 其中 A01 和 A02 与小车左电机相连, B01 和 B02 与小车右电机相连^[1]。

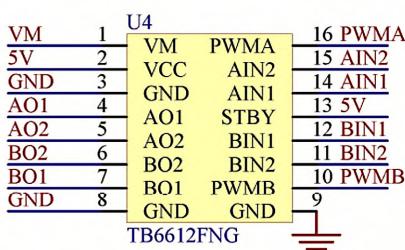


图2 TB6612的电路图

2.3 定速定距控制

为了使小车能够在道路上准确地按照给定的路线行驶, 同时减少因行驶速度不稳定而造成的安全问题, 故需要控制小车进行定速和定距行驶。采用线数为 13 的霍尔编码器采集直流电机单位时间内产生的脉冲数。在本系统中, 直流电机的减速比为 1: 30, 霍尔编码器的码盘旋转一圈会产生 13 个脉冲。STM32 每隔 20 ms 采集霍尔编码器的 A 相和 B 相输出的脉冲数, 即对上升沿脉冲和下降沿脉冲进行采集, 故采集到的脉冲数为原脉冲的 4 倍。

通过公式 (1) 可计算得到当前小车的转速 speed, 单位为 r/min。

$$\text{speed} = \text{pulse}/(\text{linecount} \times \text{reduceratio} \times 4)/\text{time} \times 60 \quad (1)$$

式 (1) 中: pulse 为单次采集到的脉冲, linecount 为霍尔编码器线数, reduceratio 为减速比, time 为采集脉冲的间隔时间, 单位为 s。

通过公式 (2) 可计算最近的 20 ms 内小车行驶的距离 dic, 单位为 cm。

$$\text{dic} = \text{pulse}/(\text{linecount} \times \text{reduceratio} \times 4) \times (2 \times \pi \times R) \quad (2)$$

式 (2) 中, R 为小车的车轮半径, 单位为 cm。

小车的行驶速度和距离控制方法如图 3 所示。小车通过霍尔传感器得到当前速度和当前行驶距离, 使用串级 PID 控制, 其中内环为速度环, 外环为位置环。外环控制器的输入是期望的行驶距离, 输出的距离是内环控制器的输入, 其中距离的微分是速度, 内环控制器计算出控制量的输出, 发送给直流电机从而控制电机达到相应的转速, 最终达到期望的行驶距离^[2]。同时由于小车的左右电机转速相同, 因此可以控制小车直线行驶固定的距离。

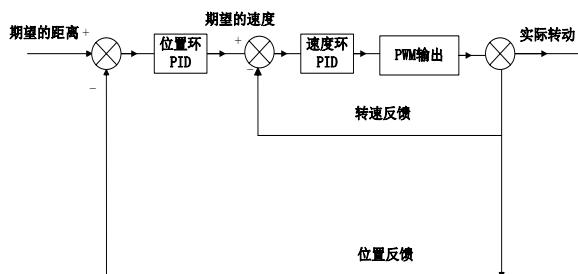


图3 小车速度和距离控制方法

2.4 固定角度转向控制

小车在调整自身的位置时往往需要转动一个准确的角度。本系统采用 MPU6050 陀螺仪获取小车三轴加速度的 AD 值和三轴角速度的 AD 值, 将这 6 个值进行姿态融合即可得到小车的偏航角^[3]。小车的角度控制方法如图 4 所示, 小车通过陀螺仪得到当前转动的偏航角, 使用串级 PID 控制, 其中内环为速度环, 外环为角度环。外环控制器的输入是期望的偏航角, 输出的角度速度是内环控制器的输入, 其中角度的微分是角速度, 内环控制器计算出控制量的输出, 发送给直流电机从而控制电机达到相应的转速, 最终达到期望的偏航角。

2.5 自主定位和导航

实际的行驶道路的环境较为复杂, 单纯对小车进行定速定距和固定角度转向的控制容易使小车偏离规划的路线, 故本系统采用激光雷达对小车进行定位。

激光雷达是一种通过发射激光束并接收其反射信号来测量目标距离和形状的传感器。其工作原理类似于声呐，但激光雷达使用光而不是声音。激光雷达系统通常包括一个或多个激光发射器和接收器，通过扫描激光束并测量反射信号的时间延迟来生成高分辨率的三维地图^[4]。通过与地图数据的比对，小车能够精确确定自身的位置和姿态。这种精确定位是自主导航系统的基础。此外，激光雷达通过扫描周围环境，识别和跟踪静态和动态障碍物，如其他车辆、行人、建筑物等。这些数据能够在生成的三维地图上进一步协助小车了解自身位置与周围环境的结构，帮助车辆规划安全的行驶路径。

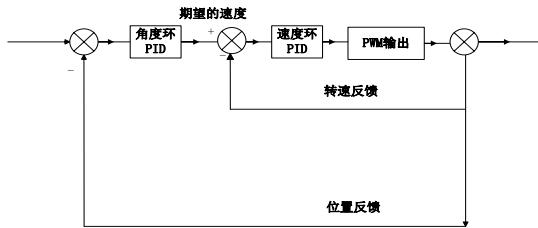


图4 小车的角度控制方法

2.6 交通标志识别

本系统采用嵌入式处理器树莓派 4B 和型号为 OV5640 的 CMOS 图像传感器对图像进行采集，采用 YOLOv8 识别道路上的交通标志，保证小车在自动行驶过程中遵循交通规则，进一步保障行驶的安全。YOLOv8 具有优秀的检测精度和速度。YOLOv8 可分为 Input、Backbone、Neck 和 Head 四个部分。其中，Input 输入端负责将输入图片缩放到训练需要的尺寸，并包含缩放、改变图片色调和 Mosaic 数据增强等数据增强操作；Backbone 主干网络用来进行目标特征的提取，由卷积模块 Conv、C2f 结构和 YOLOv5 中使用的 SPPF 模块构成；Neck 用来将不同维度的特征进行加强融合，其结构遵循特征金字塔和路径聚合结构；Head 部分将加强后的特征进行计算，最终得到不同目标的置信度和位置^[5]。考虑到模型检测的速度和精度，本文以检测速度最快的 YOLOv8-n 为基线模型。YOLOv8 的网络结构图如图 5 所示。

3 系统程序设计

小车在道路的某个起点开始出发，按照提前规划的路径开始行驶。在行驶过程中，小车使用激光雷达进行实时建图并获取当前的位置信息，结合规划的路径决定行驶的方向与距离；同时对周围环境进行扫描，根据障碍物的位置调整车身姿态。同时，小车通过树

莓派调用 OV5640 获取汽车附近的图像信息，当识别到交通标志后，小车根据交通标志调整自身的行驶状态。当小车到达目的地后，小车停止行驶。

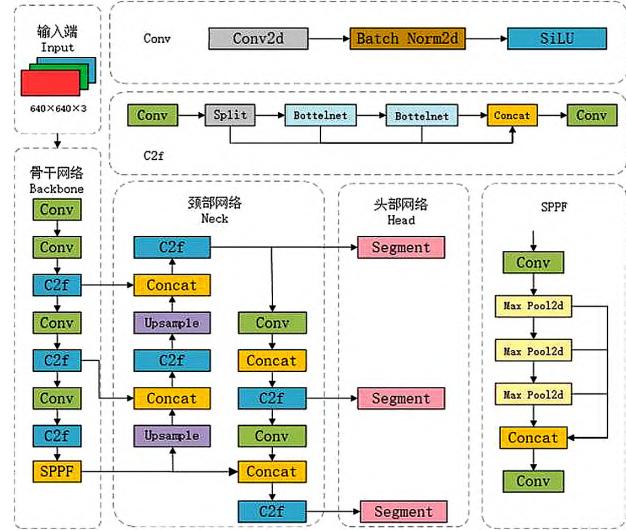


图5 YOLOv8的网络结构图

4 结论

本文设计了一款基于 STM32 单片机的自动驾驶小车，小车结合编码器、陀螺仪、激光雷达分别采集小车自身的速度位置信息、姿态信息、定位信息和周围的障碍信息，实现在道路上的自主定位和导航；结合图像传感器实现交通标志的识别。实验表明：小车能按照规划的路线准确行驶，能避开障碍物，对交通标志识别精准，能有效完成自动驾驶任务，有利于提升交通安全，减少人为造成的交通事故，同时提升出行的便利性与舒适度，对于实现智能化交通和智能化社会有一定的参考意义。

参考文献

- [1] 戴扶东,朱高峰,胡文明.基于 STM32 的智能配药小车设计与实现[J].内江科技,2024(5):35-36.
- [2] 徐岩,甄实,林子圣,等.基于 STM32 的智能航行系统设计[J/OL].应用科技 : 1-5[2024-07-03]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1191.u.20240531.1032.002.html>.
- [3] 黄俊民,肖翔.基于 PID 的自平衡车控制系统设计[J].装备制造技术,2024(5):125-127,143.
- [4] 朱建科,刘晓璐,王松.自动驾驶中的高精地图构建[J].人工智能,2024(1):1-8.
- [5] 刘菲,钟延芬,邱佳伟.基于改进 YOLOv5s 的轻量化交通标志识别检测算法[J/OL].激光与光电子学进展,1-18[2024-07-03]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1690.TN.20240507.1822.012.html>.