 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i6.6040

# Design of Intelligent Parking System Based on STM32 and OpenMV

**Qian Luo Tongyu Yan Honghao Ling Yanhui Chen Zhiwei Chen**

Meizhou Vocational and Technical College, Meizhou, Guangdong, 514011, China

**Abstract**

Aiming at the issues of limited urban parking spaces and low efficiency in traditional parking, an intelligent parking system based on STM32 and OpenMV has been designed. The system comprises an STM32 minimal system, an OpenMV camera module, an ultrasonic obstacle avoidance module, an infrared tracking module, a motor drive module, an LCD display module, and software. By integrating data from multiple sensors and using PID algorithms, the system can achieve automatic vertical or side parking in complex environments. Test results show that the system achieves a 100% success rate for parking into the garage, a good posture rate of at least 90% for side parking (average time 22.87s), and a good posture rate of at least 95% for vertical parking (average time 18.10s). This provides an effective technical solution to urban parking challenges.

**Keywords**

intelligent parking; STM32; OpenMV; sensor

# 基于 STM32 和 OpenMV 的智能泊车系统设计

罗潜 颜同宇 凌宏浩 陈燕辉 陈志伟

广东梅州职业技术学院，中国 · 广东 梅州 514011

**摘 要**

针对当前城市停车空间紧张与传统泊车效率低的问题，设计了一套基于STM32和OpenMV的智能泊车系统。系统主要由STM32最小系统、OpenMV摄像头模块、超声波避障模块、红外循迹模块、电机驱动模块、LCD显示模块和软件等组成，通过多路传感器数据融合与PID算法，实现复杂场景下的垂直或侧方位自动泊车。测试结果表明，系统入库成功率100%，侧方位泊车姿态良好率≥90%（平均耗时22.87s），垂直泊车姿态良好率≥95%（平均耗时18.10s），为解决城市停车难题提供了有效技术方案。

**关键词**

智能泊车；STM32；OpenMV；传感器

## 1 引言

随着城市化进程的加快，车辆数量不断增加，泊车问题日益凸显。传统的泊车方式往往依赖于驾驶员的经验和直觉，容易出现泊车困难、刮擦碰撞等问题[1-2]。针对上述问题，本课题以汽车模型为研究对象，设计了一套基于 STM32 和 OpenMV 的智能泊车系统，通过低成本硬件与高效算法结合，实现复杂场景下的精准泊车。

## 2 系统总体设计

系统以 STM32F103 最小系统为核心，搭配 OpenMV 摄像头模块、HC-SR04 超声波避障模块、TCRT5000 红外循迹模块、L298N 电机驱动模块以及 LCD1602 显示模块等外围功能组件[3-4]，系统整体结构如图 1 所示。STM32F103 最小系统负责数据整合与决策；OpenMV 摄像头模块负责车位识别与图像处理；HC-SR04 超声波模块负责测距避障；TCRT5000 红外循迹模块负责路径跟踪；L298N 电机驱动模块负责控制小车车轮的行驶速度和方向；LCD1602 显示模块负责实时显示小车的停车状态信息；系统通过三路传感器数据融合生成最优路径，利用 PID 算法实现精准泊车。

## 3 系统硬件设计

### 3.1 STM32F103 最小系统主控模块

STM32F103 是意法半导体推出的基于 ARM Cortex-M3 内核的高性能微控制器，主频可达 72MHz，集成了 ADC、USART、SPI、I2C 等外设接口，广泛应用于工业控制、物联网和嵌入式设备。其最小系统是为保证芯片正常运行而设计的基础电路，主要由 3.3V 电源稳压、8MHz 主时钟、复位电路、启动模式配置、SWD 调试接口以及必要的滤波与去耦电容构成，为芯片提供稳定工作环境，同时通过 GPIO

【基金项目】广东省普通高校青年创新人才类项目（项目编号：2023KQNCX238）。

【作者简介】罗潜（1991–），男，中国广东兴宁人，硕士，助理讲师，从事智能控制与系统检测研究。

排针预留扩展能力，可在此基础上连接传感器、显示屏等外设实现功能开发 [5]。

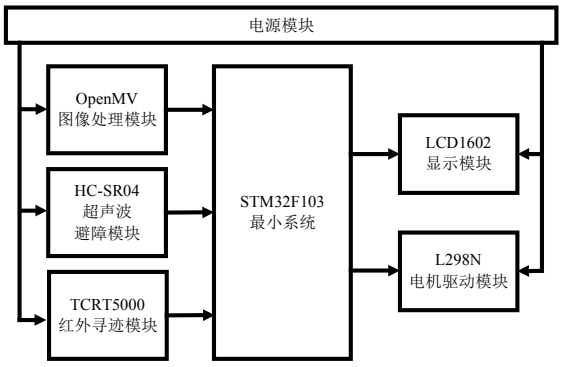



图 1 系统整体结构图

### 3.2 感知模块

系统感知模块包括 OpenMV 摄像头模块、HC-SR04 超声波避障模块和 TCRT5000 红外循迹模块 [6-8]。

#### 3.2.1 OpenMV 摄像头模块

OpenMV 摄像头模块是一款专为嵌入式机器视觉设计的智能硬件，搭载高性能 ARM Cortex-M7 微控制器和 OV 系列图像传感器，通过 MicroPython 编程实现实时图像处理。其内置丰富的视觉算法库，涵盖颜色追踪、边缘检测、二维码识别、人脸检测及轻量级机器学习模型部署，并集成了 UART、SPI、I2C 等通信接口，可直接连接传感器或驱动执行器。模块通过立杆安装在小车左前上方。

#### 3.2.2 HC-SR04 超声波避障模块

HC-SR04 超声波避障模块是一种基于超声波测距原理的非接触式传感器，通过发射 40kHz 超声波脉冲并接收回波，利用声波往返时间差计算目标距离（公式：距离 = 声速 × 时间 /2），有效测距范围通常为 2~400cm，精度约 0.3cm。其硬件由超声波发射器、接收器、控制电路、Trig 触发以及 Echo 回波引脚组成，工作电压 5V，可与微控制器直接连接，通过触发信号启动测量并捕获回波脉冲宽度。模块分别安装在小车前后左右 4 个方向。

#### 3.2.3 TCRT5000 红外循迹模块

TCRT5000 红外循迹模块是一种基于红外反射原理的路径检测传感器，主要由红外发射管和接收管组成，通过发射波长 850~940nm 的红外光并检测地面反射强度差异来识别黑色轨迹线或标记。其核心电路包含比较器和灵敏度调节电位器，能将反射信号转换为数字信号或模拟信号输出，有效检测距离 3-20mm，工作电压 3.3-5V。模块采用 5 路并排安装在小车前底端。

### 3.3 L298N 电机驱动模块

L298N 电机驱动模块是一款基于双 H 桥驱动芯片的经典电机控制器，支持直流电机和两相步进电机，工作电压范围 4.5~46V，单路持续输出电流 2A（峰值 3A），通过 IN1/IN2/IN3/IN4 逻辑电平输入控制正反转，配合 ENA/ENB PWM 信号实现无级调速。模块内置反接保护和续流二极管，可抑制电机断电时的反向电动势，提供 5V 输出，外接散热片应对大电流场景下的发热问题。

### 3.4 LCD1602 显示模块

LCD1602 显示模块是一款基于 HD44780 控制器的字符型液晶屏，包含 16 引脚标准接口，支持 2 行 16 字符显示，每字符由 5×8 点阵构成，通过并行或 I2C 转接接口与微控制器通信，工作电压 5V（部分兼容 3.3V），内置 80 字节显存和自定义字符生成功能（CGRAM）。

## 4 系统软件设计

系统上电后先进行初始化，包括 STM32 外设通信配置、传感器模块 (OpenMV、超声波、红外 )、电机模块、显模块示等初始化。接下来是实时数据采集，并行处理红外循迹模块、超声波测距和 OpenMV 识别车位的数据。STM32F103 最小系统根据实时采集的数据进行处理并做出决策，决定是继续循迹还是进入泊车流程。在路径跟踪阶段，使用 PID 算法调整电机速度和方向，同时持续监测障碍物。如果检测到障碍物，触发停车或绕行避障机制。当到达停车位附近时，切换到泊车模式，利用摄像头和超声波数据进行精确控制。最后是泊车完成后的状态显示和系统停止，LCD1602 显示模块在泊车过程中实时显示车辆前后左右的距离信息 [9-10]。

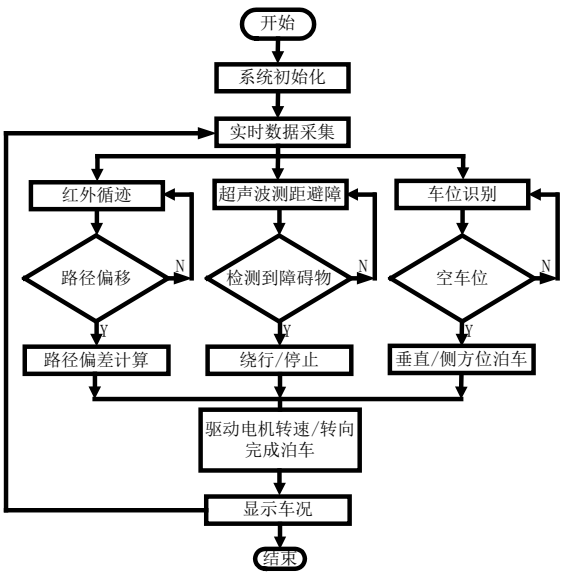



图 2 系统工作程序流程图

### 4.1 路径跟踪

TCRT5000 红外循迹模块实时检测地面黑线路径，输出 5 路数字信号至 STM32F103，经 PID 算法计算车辆横向偏差，动态调整 L298N 电机驱动模块的左右轮差速和转向，确保沿预定轨迹行驶；HC-SR04 超声波模块触发式测距，当检测到障碍物距离小于 5cm 时触发紧急制动，并融合红外数据修正路径。

### 4.2 车位识别

OpenMV 摄像头模块通过实时图像处理技术识别空车位，首先采集侧视的地面图像，利用边缘检测和 Hough 直线变换提取车位标线的几何轮廓，结合预设的长宽比（2：1）筛选

出候选区域。同时通过颜色阈值分割分析车位内部像素变化，检测是否存在障碍物（如车辆或杂物）。检测到空位后，再结合摄像头标定参数将像素坐标转换为真实空间坐标。最后通过UART将车位坐标信息传送给STM32F103最小控制系统。

### 4.3 倒车入库

STM32F103 最小控制系统根据接收的车位坐标数据，通过算法判断车位类型（垂直车位或侧方车位），计算转向角度和进退距离，联动电机驱动模块控制车轮转速和方向，利用 PID 闭环调整实现精准停入，倒车过程中持续通过超声波模块和红外循迹模块反馈修正偏移，确保在复杂光照和遮挡条件下完成垂直或侧方位泊车。

## 5 系统测试与分析

系统测试场地如图 3 所示，有 6 个 25cm*50cm 车位，其中 3 个垂直车位和 3 个侧方车位。小车从停车场入口驶入后，根据循迹线路，逐个判断车位 1~6 是否空车位，若有空车位，则启动倒车入库完成泊车，否则驶出停车场。通过设置已停车辆或摆放障碍物的方法，分别模拟车位 1~6 为空车位，每个车位连续测试 20 次，记录其入库完成姿态和入库时间。

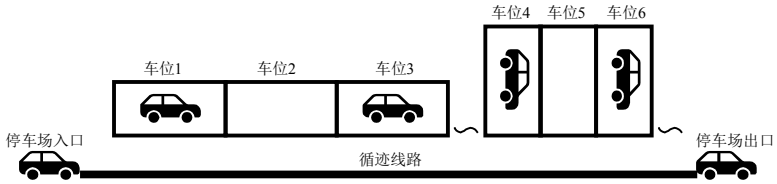



图 3 系统测试场地模拟图

表 1 智能泊车入库完成姿态统计表

| 车位 | 车位类型 | 入库次数 | 良好 | 向左偏移明显 | 向右偏移明显 | 入库失败 | 良好率 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 侧方位 | 20 | 18 | 0 | 2 | 0 | 90% |
| 2 | 侧方位 | 20 | 19 | 0 | 1 | 0 | 95% |
| 3 | 侧方位 | 20 | 18 | 1 | 1 | 0 | 90% |
| 4 | 垂直位 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 100% |
| 5 | 垂直位 | 20 | 19 | 0 | 1 | 0 | 95% |
| 6 | 垂直位 | 20 | 19 | 0 | 1 | 0 | 95% |

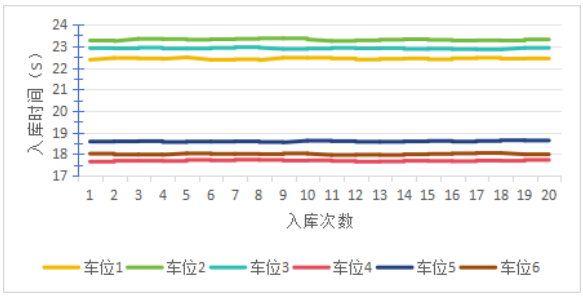



图 4 智能泊车入库时间

测试结果表明，系统运行稳定，小车入库成功率为 100%，其中，侧方位入库完成姿态良好率达到 90% 以上，入库完成平均时间为 22.87s；垂直位入库完成姿态良好率达到 95% 及以上，入库完成平均时间为 18.10s。

## 6 结语

本课题充分利用嵌入式技术、机器视觉技术和传感器技术，设计了一套基于 STM32 和 OpenMV 的智能泊车系统，通过集成 STM32F103 最小系统、OpenMV 摄像头模块、HC-SR04 超声波避障模块、TCRT5000 红外循迹模块、L298N 电机驱动模块、LCD1602 显示模块等关键组件，采用 Keil-MDK 和 OpenMV-IDE 软件平台，实现高效完成垂直和侧方位泊车任务，在一定程度上为智能泊车系统的实际应用提供了可行的技术方案，具有较高的实用价值。

## 参考文献

[1] 李艳红.新时代背景下嵌入式系统的智能泊车系统设计与应用分析[J].物联网技术, 2024, 14 (07): 81-83+89.

[2] 崔鑫.基于STM32智能小车的自动泊车系统设计[J].山西电子技术,2023,(03):38-40.

[3] 付阳,张晓刚,许凯龙,等.基于STM32和CoppeliaSim Edu的自动泊车系统设计与仿真[J].电子制作,2023,31(06):8-11.

[4] 覃安之.基于多传感器信息融合的智能泊车系统设计与实现[J].汽车知识,2025,25(01):123-125.

[5] 罗潜,吉艺宽,李美娣.基于STM32和ZigBee的水产养殖水质监测系统设计[J].仪器仪表用户, 2023, 30 (08): 22-26.

[6] 王柯竣,胡乃瑞.基于单片机和OpenMV的具有自动泊车功能小车的设计[J].工业控制计算机,2023,36(07):140-141+143.

[7] 王海瑶,胡乃瑞.基于TC264的自动泊车系统设计[J].工业控制计算机, 2024, 37 (03): 159-160+163.

[8] 林艺鑫,潘运丹,张华明.自动泊车系统设计[J].物联网技术,2023,13(04):97-100.

[9] 张安莉,王娟,袁安中,等. 基于平行泊车路径规划的智能泊车系统设计[J].计算机测量与控制, 2023, 31 (06): 168-175.

[10] 江灏,黄鼎键,陈志.基于视觉的车位识别与智能小车平行泊车[J].机电技术, 2024, (04): 59-62+104.