

基于 MSP430 单片机的小车跟随系统

摘 要

小车跟随行驶系统由一辆领头小车和一辆跟随小车组成，基于 TI 公司的 MSP430F5529 单片机系列，系统主要利用五路灰度传感器完成寻迹的功能，采用 openmv 摄像头识别‘Y’字路口并发出内外圈行驶的指令，同时设置超声波模块完成距离要求和避障要求，所有数据最终都通过串口或者 I/O 口发送到 MSP430 进行集中处理，并且在双车之间采用蓝牙模块进行通信实现跟随以及停止。整个设计中，双车之间的距离、速度与声光等参数都满足设计要求。

关键词：MSP430F5529

OpenMV4H7

灰度传感器

1. 设计方案工作原理

1.1 预期实现目标定位

由 MSP430F5529 单片机控制，完成小车的循迹与通信，最终实现双车的跟随系统和避障、超车和等停等功能。

1.2 技术方案分析比较

（1）核心控制模块的论证与选择

方案 1：采用 51 系列单片机。此单片机处理数据的速度较快，运算能力强，软件编程灵活，可控性大，兼容性强，能够高效迅速地完成任务以及接受并实现信号，但是算法结构复杂，而且外设资源少。

方案 2：采用 MSP430 系列单片机，该系列单片机最大的优点是超低功耗，例如在使用电池长期供电的设备中，MSP430 的超低功耗可以有效延长产品的使用时间。

综上所述，由于 MSP430 的外设资源比 51 单片机丰富，并且在低功耗以及价格方面更优越，所以选择方案 2，最终本设计选择了 TI 公司推出的 16 位的控制芯片 MSP430F5529。

（2）寻迹模块的论证与选择

方案 1：采用红外传感器。由于任何物质只要具有一定的温度，都能辐射红外线，所以可以利用红外线的物理性质来进行测量。

方案 2：采用灰度传感器。利用不同颜色的检测面对光的反射程度不同，导致光敏电阻的阻值也不相同的原理进行颜色深浅检测^[1]。

通过测试发现，在宽度仅为 1cm 的黑线上，采用灰度传感器的识别准确率和检测率都比红外传感器好，所以本设计选择方案 2 中的五路灰度传感器。

（3）路径选择模块的论证与选择

方案 1：采用 OpenCV。此模块的主要操作对象是图像，可用于开发实时的图像处理、计算机视觉以及模式识别程序，更适合于处理数据量比较大或者实时性要求比较高的图像的情况。

方案 2：采用 OpenMV。这是一个开源，低成本，功能强大的机器视觉模块，可以通过 UART，I2C，SPI 以及 GPIO 等控制其他的硬件，从而实现和其他单片机之间的通信等。

综上所述，考虑到需要和 MSP430 单片机进行通信，而且摄像头模块只需要完成判断选择路线功能，所以选择方案 2 的 OpenMV_4H7 摄像头。

1.3 技术路线实现说明

总的设计结构中，寻迹装置选择紧贴地面的灰度寻迹模块，控制小车的前进方向以及停止位置；‘Y’字路口通过固定在小车前部的上方中央处的摄像头 OpenMV_4H7，给小车内/外圈方向信号；双车 20cm 距离的保持通过中部的超声波模块实现；双车之间的停止信号和模式选择信号都通过 MSP430 上的蓝牙模块通过串口发送。下图 1-1 为具体院区结构分布，图 1-2 为双车控制系统的结构图。

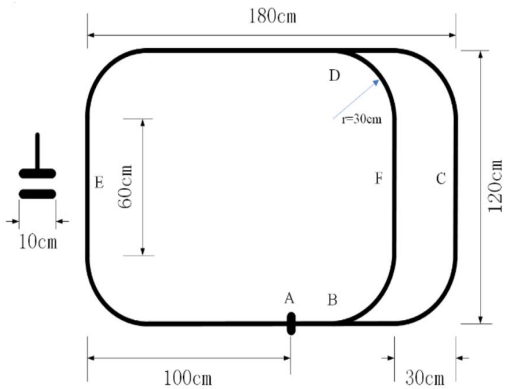


图 1-1 院区结构示意图

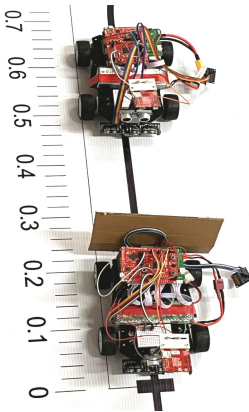


图 1-2 小车控制系统结构图

1.4 系统结构工作原理

本系统设计中主要包括：核心控制模块 MSP430F5529 单片机、5 路灰度巡线模块、OpenMV4H7 摄像头、HC-SR04 超声波模块、HC-05 蓝牙通讯模块等，其中，主车系统的组成框图如下图 1-3 所示，从车系统的组成框图如下图 1-4 所示。

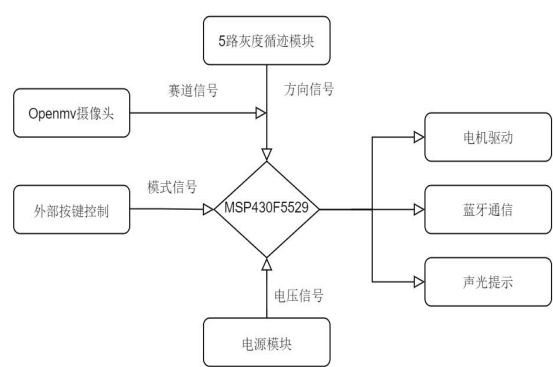


图 1-3 主车组成框图

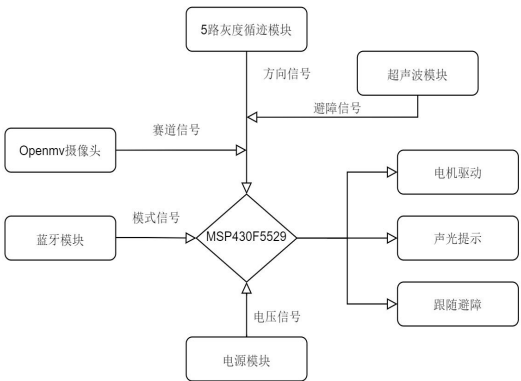


图 1-4 从车组成框图

1.5 功能指标实现方法

(1) 赛道选择

在不同的任务中，通过摄像头实时检测“Y”字路口，判断给出小车的内/外车道信号，从而完成指标的实现。

（2）距离保持

通过从车头部发出的超声波在主车尾部背板的反射现象，测量从车与主车之间的距离，保持在 20cm 左右，从而实现跟随、超车等功能。

1.6 测量控制分析处理

（1）摄像头数据处理

摄像头观测到的图像存在畸变，需要对图像进行一定处理，降低图像的失真度。当灰度传感器检测到“Y”字型路口时，摄像头给单片机送出一个高电平，让小车直行，或者摄像头的串口保持低电平，让小车继续左转。

（2）超声波距离控制

单片机对超声波模块串口发送过来的距离数据进行判断^[2]，如果距离超过阈值电机就会加速，否则电机就会减速，最终保持双车之间的 20cm 定距。

（3）蓝牙串口通信

主车在外部按键的控制下，通过蓝牙模块将模式传给从车，执行相应的程序步骤，同时实现主从车共同发车与停车的功能。

2. 核心部件电路设计

2.1 关键器件性能分析

（1）主控芯片 MSP430F5529

MSP430F5529 是基于 16 位 RISC 处理器内核的超低功耗混合信号处理器，最高可产生 25MHz 时钟频率，工作在 1.8~3.6V 的超低电压下，存储空间共 128KB，其中包括(8+2)KB 的 RAM 存储器。MSP430F5529 以其超低功耗和强大的处理能力，取得了广泛应用。

（2）摄像头 OpenMV4H7

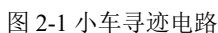
该模块采用 ARM Cortex-M7 处理器，工作频率为 480 MHz，存储空间为 1MB 的 RAM 和 2 MB 的 flash，核心部件为 OV7725 感光元件。OpenMV 拥有丰富的硬件资源，接口简单，使用方便。

（3）灰度传感器

(4) HC-SR04 超声波测距模块

HC-SR04 超声波测距模块采用 5v 的工作电压，40Hz 的工作频率，可提供 2cm-400cm 的非接触式距离感测功能，测距精度可达高到 3mm，模块包括超声波发射器、接收与控制电路。

本设计采用 5 路灰度传感器模块进行识别循迹，具体单个灰度传感器的电路结构如下图 2-1 所示。



在两辆小车之间，采用两块单片机通过 HC-05 蓝牙通信协同控制，下图给出了单个蓝牙在电路结构的工作原理图如下图 2-3 所示。

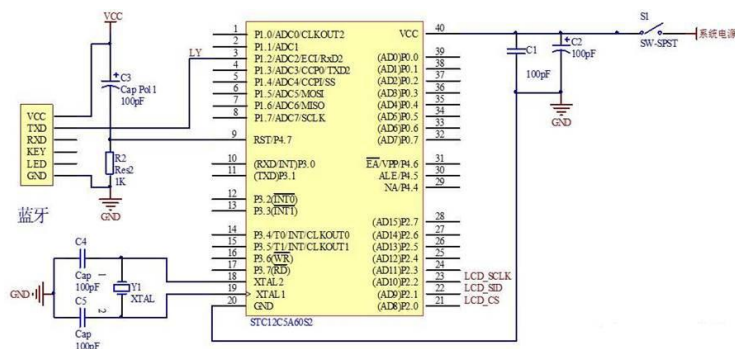


图 2-3 蓝牙通信电路

2.3 电路实现调试测试

将代码烧录进单片机和摄像头之后，通过按键执行相应的任务，针对小车循迹不稳定、路口识别出错等一系列问题，进行代码的修改与完善，通过调试，最终达到预期实现目标定位。

3. 系统软件设计分析

3.1 系统控制流程框图

整个控制系统的工作流程框图如下图 3-1 所示。

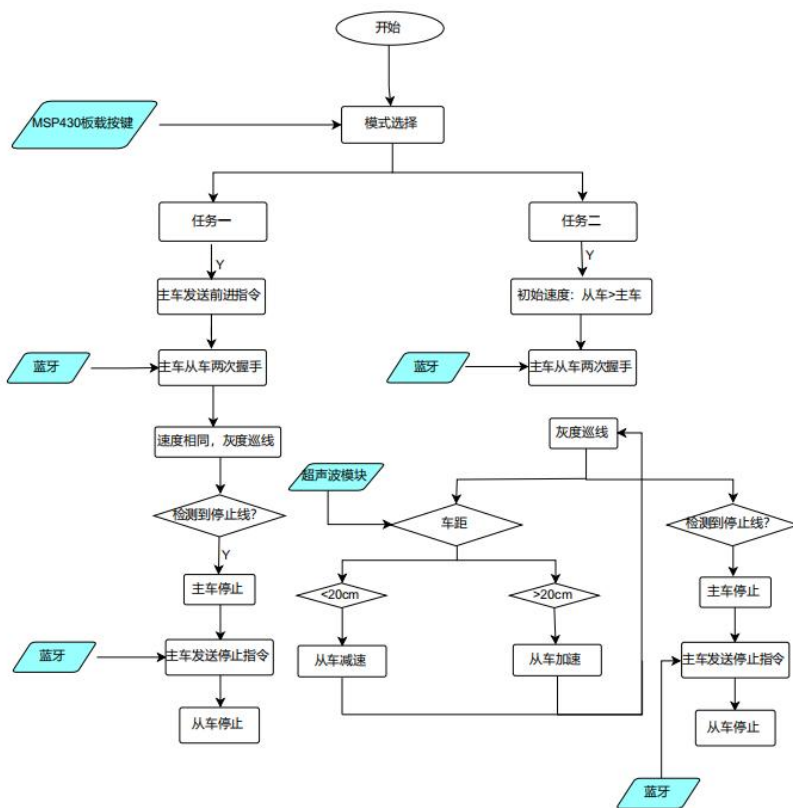


图 3-1 工作流程框图

3.2 关键模块程序清单

表 1 模块清单

模块名称	数目
5 路灰度传感器	2
MSP430F5529 单片机	2
Openmv_4H7 摄像头	2
超声波模块	2
航模电池	2

4. 竞赛工作环境条件

4.1 设计分析软件环境

Windows 操作系统，MSP430 单片机使用 Code Composer Studio 编程软件，OpenMV 摄像头使用 OpenMVIDE 编程软件。

4.2 仪器设备硬件平台

单片机采用的是 MSP430F5529，摄像头采用的是 OpenMV_4H7。

4.3 配套加工安装条件

使用螺钉、螺母、3D 打印底座和螺丝刀等工具进行小车的组装和硬件电路的连接。

5. 作品成效总结分析

5.1 系统测试结果

本系统通过秒表以及卷尺进行测试验算，具体三个任务如下表所示。

(1) 基本部分 1

表 2 测试结果

测试次数/次	1	2	3	4	5
一圈时间/s	18	19	18	20	19
两车间距/cm	17	17	16	19	16
同步时间差/s	1	1	1	0	0

(2) 基本部分 2

表 3 测试结果

测试次数	1	2	3	4	5
一圈时间/s	14	16	14	13	14
两车间距/cm	18	17	17	18	19
同步时间差/s	1	1	1	1	0

(3) 基本部分 3

表 4 测试结果

测试次数	1	2	3	4	5
全部时间/s	62	66	60	62	61
两车间距/cm	18	16	19	21	18
同步时间差/s	1	1	1	0	1

5.2 结果的分析

(1) 小车在高速运行时，灰度传感器以及摄像头的帧率可能跟不上^[3]，从而导致循线的失真与判断错误等情况。

(2) 小车的尺寸过小，电机过低，可能存在接线擦地影响小车行驶的情况。

5.3 创新特色总结展望

(1) 实现三个小车之间的协同运作过程。

(2) 调参系统完善，可以随时改变参数值，实时观测运行结果。

6. 参考文献

- [1]曹维杰,刘海,闵文彦,丁树凯,栗子恒,李会.基于单片机的模拟灰度循迹小车设计[J].河南科技,2019,No.676(14):41-44.
- [2]时玲珑,孙姗姗.以单片机为核心的超声波测距系统[J].福建电脑,2022,38(02):29-32.DOI:10.16707/j.cnki.fjpc.2022.02.006.
- [3]王思婷,钱奕辰.基于单片机的蓝牙智能小车设计与开发[J].科技创新与应用,2022,12(12):111-114.DOI:10.19981/j.CN23-1581/G3.2022.12.025.