

# 基于 MSP430 多功能智能小车的设计\*

曾英 赵河明 彭志凌

(中北大学机电工程学院 太原 030051)

**摘要:** 为了进一步研究智能小车在实际生活中的参考及应用价值,以 TI 公司的 MSP430G2553 单片机最小系统作为智能小车的控制与检测核心,提出了一种基于低功耗单片机的智能小车的设计方案。利用控制程序对系统的声音识别模块、红外反射模块、电机驱动模块、蜂鸣警报模块与夜间探照模块的状态进行实时监测,实现智能小车的循迹、避障、声音识别、夜间探照和蜂鸣器报警等功能。经过系统测试,经过系统测试,小车运行灵活平稳,硬件部分工作稳定,可靠性高。

**关键词:** MSP430G2553; 低功耗; 循迹; 避障; 智能小车

**中图分类号:** TN919 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8050

## Design of multifunctional intelligent car based on MSP430

Zeng Ying Zhao Heming Peng Zhiling

(North University of China, Mechanical and Electrical Engineering Institute, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** In order to further study reference and application value of the intelligent car in our daily life, TI's MSP430G2553 single chip microcomputer minimum system is taken as the intelligent trolley's control and detection core in this design. A design scheme of the intelligent trolley based on low-power single-chip microcomputer is presented. To realize tracking, obstacle avoidance, voice recognition, night illumination and buzzer alarming, microcomputer constantly monitors status of the voice recognition module, infrared reflection module, motor drive module, buzzer alarm module and night detection by control program. After testing system, the car runs flexibly and smoothly, of which the hardware part works stably and possesses high reliability.

**Keywords:** MSP430G2553; low power consumption; tracking; obstacle avoidance; intelligent car

## 1 引言

智能小车作为现代的新发明,最适合在那些恶劣环境或劳动强度比较大的场合工作,因其成本低、电路结构简及高可靠性等优势,目前已广泛应用于各种工业场合<sup>[1]</sup>。例如无人驾驶机动车、无人生产线、仓库、服务机器人和航空航天等领域。此外,智能小车在军事方面、环境与安全监测、危险探测与评估以及智能家居等方面都有着非常广阔的应用前景。

为了维持社会的可持续性发展,在嵌入式应用中考虑低功耗变得越发重要。近年来由电池供电的嵌入式便携产品在市场上的需求量越来越大。本设计提出一种基于低功耗单片机实现多种功能的智能小车设计方案,采用低功耗设计,可以延长系统使用寿命,从而降低系统的运行成本。通过降低系统热损耗,不但能够提高电源的使用效率,也有助于提高系统的可靠性与稳定性<sup>[2]</sup>。

## 2 系统总体方案设计

系统的总体设计框图如图 1 所示。该智能小车系统采用模块化的设计思想,整体设计由 MSP430G2553、电机驱动、夜间探照、红外反射、蜂鸣器报警及声音识别等模块组成<sup>[3-4]</sup>。各个模块通过单片机对外部 GPIO 协调控制,实现智能小车的各种既定功能。该系统应用两个直流电机,各置于车体两侧,用于驱动智能小车的左右两边车轮;四个用于循迹的红外对管置于车头左右两侧;一个用于避障的红外对管置于车头的正前方;车体选用四轮结构,系统运行的整个过程由锂电池供电,小车底盘结构包括底盘、电池盒以及车轮等部件<sup>[5]</sup>。在保证实现既定功能的基础上,尽可能的降低系统花销。

## 3 硬件设计

### 3.1 最小系统设计

本设计采用 MSP430G2553 单片机的最小系统作为智

收稿日期:2016-12

\* 基金项目:国家青年自然科学基金(51305409)、山西省自然科学基金(2013021020-2)资助项目

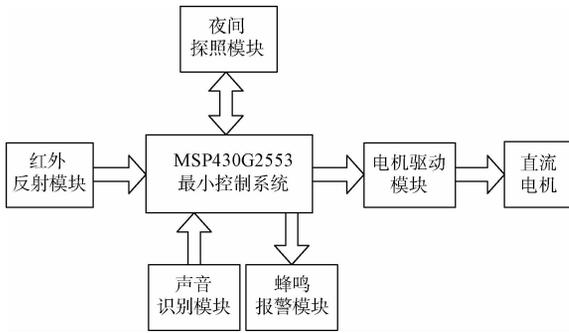


图 1 系统设计框图

能小车的控制与检测核心,最小系统如图 2 所示。该款单片机的功能齐全,且简单易操作,使用方便,完全满足本设计对处理器的性能要求,充分实现了芯片利用率的最大化。MSP430G2553 是一种超低功耗单片机,具有 16 位 RISC 架构和 62.5 ns 指令周期时间,此外,其运算能力和速度方面的优势也十分明显。在超低功耗方面:1.8~3.6 V 的低电源电压;在 1 MHz 频率和 2.2 V 电压条件下,有 230  $\mu\text{A}$  的运行模式,0.5  $\mu\text{A}$  的待机模式,0.1  $\mu\text{A}$  的关闭模式(保持);其口线输入漏电流低至 50 nA<sup>[6]</sup>。由于该智能小车对时间精度要求不是很高,因此在设计时使用了单片机的内部晶振,这样进一步降低了系统功耗。各引脚功能如表 1 所示。

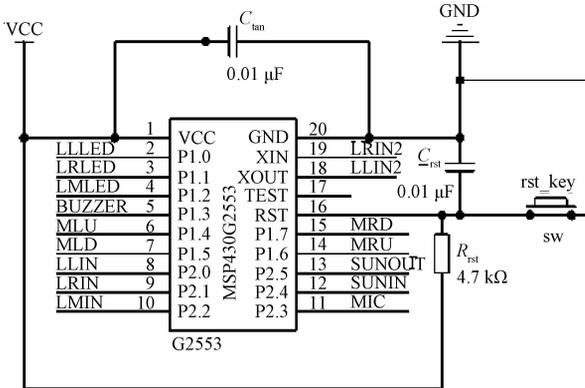


图 2 单片机最小系统

### 3.2 电机驱动模块

通过单片机程序来控制电机的正、反转,从而完成小车的前进、后退、左转、右转以及避开障碍物等各种动作。由于 MSP430 单片机本身的带负载能力是无法直接驱动直流电机的,因此我们需要另外设计电机驱动电路<sup>[7-8]</sup>。

为驱动电机模块的设计提供了两种方案。1)利用独立的逻辑元器件构建驱动模块。此方案虽费用低,但工作的可靠性较差,且会额外增加电路设计的负担。2)选用 L9110 芯片来驱动电机。该芯片有 TTL 和 COMS 两种电平输入方式,且这两种方式互相兼容,使它具有很好的抗干扰能力<sup>[9]</sup>;芯片的两个输出端能够直接驱动直流电机的正、反向运转,且拥有较强的电流驱动能力;此外,由于芯片内

表 1 各引脚功能

引脚	方向	功能
P1.0~P1.2	输出	控制小车的左、中、右指示灯
P1.3	输出	控制蜂鸣器
P1.4~P1.5	输出	控制左侧电机正转、反转
P1.6~P1.7	输出	控制右侧电机正转、反转
P2.0~P2.2	输入	接收左 1、中、右 1 三个红外探头的信号
P2.3	输入	接收声控模块 MIC 的输入信号
P2.4	输入	接收光敏电阻模块的输入信号
P2.5	输出	控制探照灯模块
P2.6~P2.7	输入	接收左 2 和右 2 两个红外探头的信号

部放置有钳位二极管,其释放的感性负载反向冲击电流,保证了 L9110 芯片在驱动电机时的安全性和可靠性<sup>[10]</sup>。综上所述,本设计选用方案 2),模块原理图如图 3 所示。

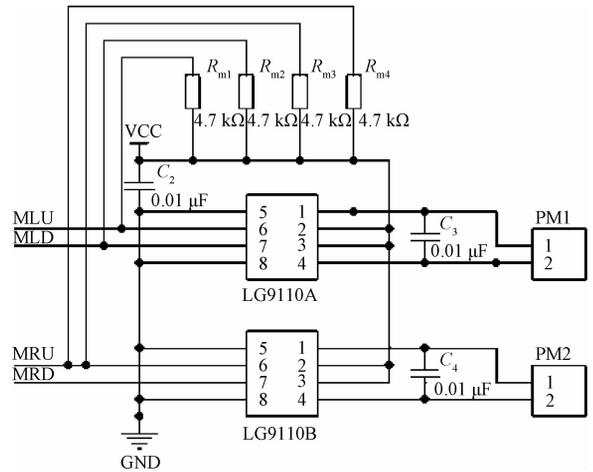


图 3 电机驱动模块

### 3.3 红外反射模块

红外反射模块主要有两种功能:避障和循迹。

避障功能是在小车行进时,通过不断检测正前方红外传感器接收管的信号来实现的。依据接收信号情况,来判断小车前方是否存在障碍物。在控制程序中设定障碍物距小车的距离,当两者距离小于 10 cm,小车停止;距离大于 10 cm,小车继续前进。

循迹功能是通过反射式红外对管检测黑线轨迹来完成的。反射式红外对管利用带有交流分量的调制信号,能够大大降低环境因素造成的不良影响。这种测试方案反应时间约为 5  $\mu\text{s}$ ,反应迅速,符合设计要求。黑线检测原理是根据红外对管接收反射光的情况来判断路面信息,从而通过单片机程序控制电机的运转以完成智能小车的循迹功能的。为了使小车能够顺利通过较小的锐角弯,采用二级矫正的方法,左右两侧放置有 4 个红外对管,用以提高智能小车的循迹能力。此外,本设计还加入了指示灯模块,在调试小车的过程中对电路工作状态能够直观显示,有利于找寻电路问题。其模块原理图如图 4 所示。

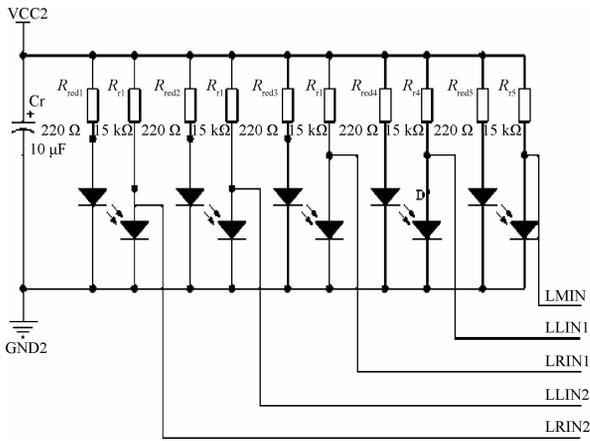


图 4 红外反射模块

MIC 端口的信号监测完成小车的声音识别功能。

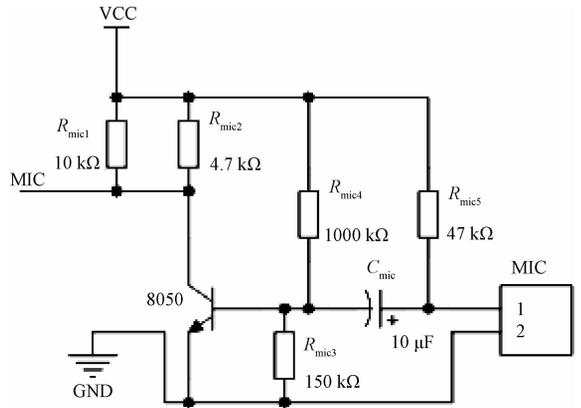


图 5 声音识别模块

### 3.4 夜间探照模块

通过光敏电阻(型号 LXD20516)感应外界光照强弱情况,将电阻的变化转换成电压的变化,单片机检测到变化信号后,通过程序控制驱动小车前方的 LED 灯,从而实现智能小车的夜间照明功能。

### 3.5 声音识别模块

本设计利用驻极体话筒(咪头 STW-9767-Z)的控制电路来实现小车的声音识别功能。该话筒具有体积小、基本结构较简单、优良的电声性能以及性价比高等优点。原理图如图 5 所示,通过话筒与 PNP 三极管构成的共射放大电路对话筒的输入变化进行捕捉,利用三极管的开关特性实现单片机对

### 3.6 蜂鸣报警模块

采用国产电磁蜂鸣器(SEA-12085-16)完成小车的蜂鸣报警功能。该款蜂鸣器的基本组成部件包括有振荡器、蜂鸣片、阻抗匹配器以及共鸣箱等。利用单片机输出的 BUZZER 信号来控制一个 PNP 三极管的开关,并定时反转 BUZZER 端的输出电平使得蜂鸣器发声。

## 4 软件设计

软件部分是整个系统能协调运转的重中之重,本文使用 C 语言进行开发,在 IAR 下调试运行。系统算法流程,如图 6 所示,单片机在上电复位之后,初始化各模块,待检

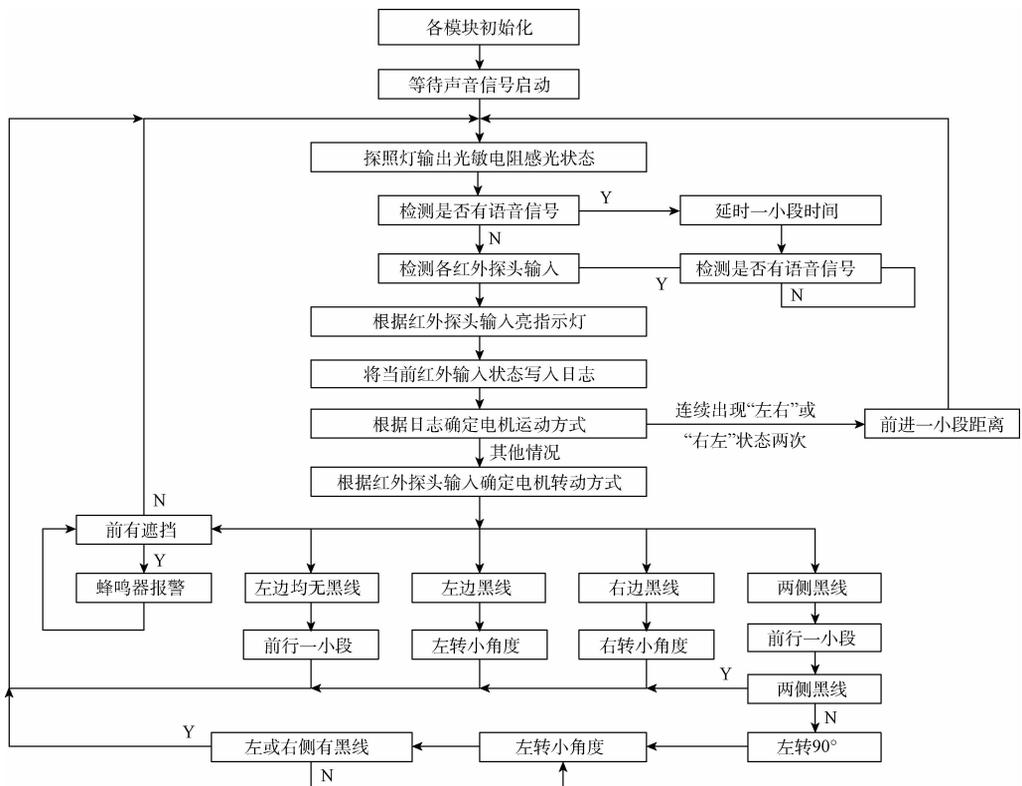


图 6 算法流程

测到声音信号输入,便启动其他5个模块的检测,小车进入循迹模式运行时,程序不断扫描与红外传感器相连的I/O端口,对路径信息进行分析处理<sup>[11]</sup>。单片机再将相应的信号发给电机驱动模块纠正小车的运行状态,达到自动循迹的功能,在碰到前方有障碍物时,小车立即停止并启动报警模块。如果检测到光线太暗,将立即启动夜间探照模块。若语音信号再次输入,所有模块的检测终止,小车停止,等待下一次声音信号的输入。

## 5 功能测试与结果分析

### 5.1 测试方案

1)测试材料:利用白色卡纸与黑色胶带制作而成的小车跑道。小车循迹轨道如图7所示。

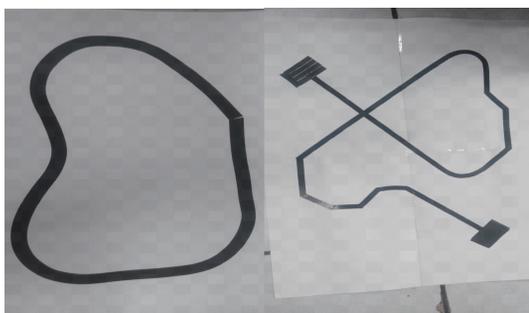


图7 小车循迹轨道

2)测试流程:将小车置于跑道之上,通过拍手给小车一个声音信号,观察小车启动后能否正确循迹,并观察指示灯显示是否正常。在小车运行前方设置障碍,观察小车的避障情况及报警功能。通过不断调节室内光照的强弱,观察LED灯的照明情况,来检测小车的夜间探照功能。

### 5.2 小车实物图

如图8所示为小车实物图,将所有的功能模块焊接在两块制好的PCB板上,并通过拼接制作完成小车底板,经过加工制作完成小车的总体结构。

### 5.3 结果分析

为了测试小车的性能,对小车能够识别的信号参数进行了采集,如表2所示。

表2 小车识别的信号参数

声音/dB	转弯角度/(°)	光照强度/LUX
≥50	15	≤0.8

经过测试,小车能够检测声音信号并启动循迹等功能;与其他小车相比,该智能小车采用了二级矫正方法,能够准确快速地检测白底黑色轨迹,并沿着既定轨迹平稳运行,在检测到终点黑线时,小车能够平稳完成自动折返功

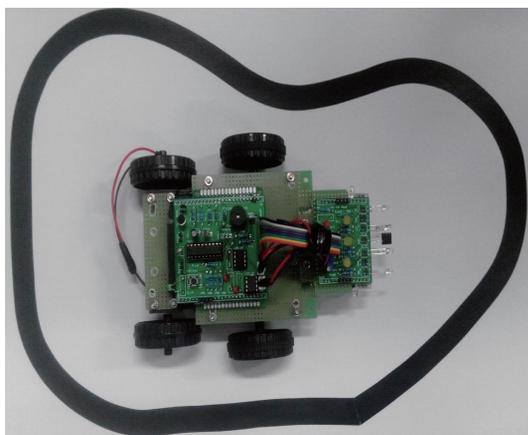


图8 小车实物图

能;当室内光线强度较弱时,小车会立刻开启探照灯,其他模块均能正常运行;在避障方面,检测到正前方有障碍物时,小车立即停止并开启蜂鸣器报警。总之,小车能够平稳运行并顺利完成各种预期功能。

## 6 结 论

本文介绍了一款基于MSP430G2553超低功耗,且集循迹、避障、声音识别、夜间探照以及蜂鸣器报警等多功能于一体的智能小车。系统采用了模块化设计,各模块间独立性强。该智能小车的突出特点是能够在简单系统上实现多种功能,且功耗低,充分实现了芯片利用率的最大化,比较符合当今社会倡导的节能减排现实需要。经多次测试,小车运行平稳、可靠性高,能广泛应用于环境恶劣的工业场合。

## 参 考 文 献

- [1] 项贤军,周荣晶,王才峰.基于STM32的智能探测小车控制系统设计[J].电子测量技术,2016,33(4):86-89.
- [2] 赵贺.单片机系统设计中低功耗的探讨[J].自动化与仪器仪表,2009(6):66-68.
- [3] 高振新,孙建红.基于MSP430的智能循迹运料小车设计[J].实验室研究与探索,2016,35(8):71-74,97.
- [4] 张伟娟,王菊,李昆.基于单片机的智能环保小车设计[J].电子质量,2014(5):28-30.
- [5] 陆春雨,王琰.基于单片机的智能避障小车系统设计[J].电子世界,2014(17):146-147.
- [6] 逢淑松,程凯,刘光发,等.MSP430G2553单片机超低功耗的研究与设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2013,13(4):1-2,10.
- [7] 董香丽,李圳,孟伟霞,等.基于单片机多功能智能小车设计[J].大陆桥视野,2016(8):202-203.
- [7] 肖文超,陈洋,张赛硕.基于51单片机的智能小车设

- 计[J]. 计算机测量与控制, 2012, 29(6): 121-122.
- [9] 贾瑞. 基于 ArduinoMega2560 的无线监控小车设计[J]. 数字技术与应用, 2013(10): 144-146.
- [10] 杨辉, 王鹏, 冯德军. 基于 msp430 的教育机器人控制器设计[J]. 机械制造与自动化, 2009, 38(4): 155-158.
- [11] 张岩, 裴晓敏, 付韶彬. 基于单片机的智能循迹小车设

计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(3): 51-54.

## 作者简介

**曾英**(通讯作者), 中北大学硕士研究生, 主要从事机电控制技术的研究。

E-mail: 314207995@qq.com

(上接第4页)

- [6] 刘志, 郝克俊. 基于 ArcGIS Python 的安全射界图自动化制作[J]. 气象科技, 2016, 44(5): 816-821.
- [7] 杨凡, 孙琪, 孟繁辉, 等. 安全射界图技术在人工影响天气指挥系统中的应用[J]. 气象科技, 2014, 42(3): 511-515.
- [8] 何颖, 李岁劳, 郭强. 基于地标观测的导弹发射车定位定向算法[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(4): 751-756.
- [9] 龚佃利, 孙建东, 杨凡, 等. 37 mm 高炮人工影响天气作业点安全射界图绘制规范[S]. QX/T256-2015.
- [10] 马官起. 增雨防雹火箭作业系统实用教材[M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [11] 曲景影, 孙显, 高鑫. 基于 PLL 模型的高分辨率遥感图像目标识别[J]. 电子测量技术, 2016, 35(8): 45-50.
- [12] 杨雅楠, 阿里木江·卡斯木. 干旱区遥感图像目视解译的常见问题[J]. 新疆师范大学学报, 2016, 35(1): 12-16.
- [13] 蒋旭东, 王鹏, 马众模. 遥感图像自动识别监测平原地区农村居民点用地变化[J]. 长江流域资源与

环境, 2016, 17(5): 740-745.

- [14] 朱效民, 赵红超, 刘焱, 等. 矢量地图叠加分析算法研究[J]. 中国图像图形学报, 2010, 15(11): 1696-1706.
- [15] 靳凤营, 张丰, 杜震洪, 等. 基于 Spark 的土地利用矢量数据空间叠加分析方法[J]. 浙江大学学报, 2016, 43(1): 41-44.
- [16] 黄雪莲, 杨传勇, 梁敬祖. ArcGIS Engine 中矢量数据叠加分析的实现及应用[J]. 城市勘测, 2010(3): 38-40.

## 作者简介

**毕力格**, 1984 年出生, 硕士, 主要研究方向为人工影响天气。

E-mail: bilige07@qq.com

**佟小林**(通讯作者), 1962 年出生, 高级工程师, 主要研究方向为人工影响天气。

E-mail: TXL126YX@126.com

**李汉超**, 1987 年出生, 理学硕士, 主要研究方向为人工影响天气。

E-mail: lihanchao@sina.com