

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802026

基于 STM32 的智能灭火小车设计*

颜杰 秦飞舟 袁延

(宁夏大学物理与电子电气工程学院 银川 750021)

摘要:为减少火灾带来的各种人员伤亡和财产损失,设计开发了一套智能灭火小车系统。系统采用上-下位机结构。以 STM32 芯片作为下位机小车的主控芯片,通过红外光电传感器检测路径信息使灭火智能小车沿预设的路径运动;利用火焰传感器探测火源位置,并通过算法设计实现小车在手动模式、自动模式以及寻迹模式下的灭火作业。利用 C# 语言开发上位机软件,通过 WiFi 通信实现与下位机之间的数据传输,并通过程序设计实现上位机 PC 对小车的运动控制、模式切换、实时视频、火情提醒等功能。经测试,智能灭火小车系统能够很好地完成 3 种模式下的灭火工作。

关键词:智能灭火小车;STM32;寻迹;上位机软件

中图分类号:TP249;TN919 **文献标识码:**A **国家标准学科分类代码:**510.8050

Design of intelligent firefighting vehicle based on STM32

Yan Jie Qin Feizhou Yuan Yan

(School of Physics and Electronic-Electrical Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to reduce the loss of life and property caused by fire, an intelligent fire extinguishing vehicle system was designed and developed. This system adopts the structure of upper-lower computer. The STM32 chip is used as the main control chip of the lower vehicle, and the fire extinguishing intelligent vehicle moves along the preset path through the detection path information of infrared photoelectric sensor. The position of the fire source is detected by the flame sensor, and the fire extinguishing operation of the vehicle in manual mode, automatic mode and tracking mode is realized by the algorithm design. The upper computer software is developed by using C# language, and the data transmission between the upper computer and the lower computer is realized through WiFi communication, and the movement control, mode switching, real-time video, fire alarm and other functions of the upper computer PC to the car are realized through the program design. According to the test, the intelligent fire-extinguishing trolley system designed in this paper can well complete the fire-fighting work in three modes.

Keywords: intelligent fire extinguishing vehicle; STM32; tracing; upper computer software

0 引言

当今社会,一旦发生火灾往往会带来巨大的人员伤亡和财产损失,因此开发一款智能设备实时监测火灾隐患并代替人工进行灭火有很重要的现实意义^[1]。智能小车属于轮式机器人的一种,它能够代替人类进入各种危险的场合进行工作^[2-3]。近年来,有学者利用基于 ARM 的嵌入式 Linux 系统,利用摄像头采集外部图像信息实现火源的定位,从而实现小车的灭火功能^[4]。也有学者以各类单片机为小车的主控芯片,搭载红外火焰传感器,利用算法实现对火焰的自动识别与定位,从而达到智能灭火的功能^[5-6]。本

文以智能小车为载体设计了一套智能灭火小车系统。通过规划智能灭火小车的总体设计方案、进行硬件电路设计与上下位机软件代码编写、进行软硬件的综合调试,使智能灭火小车模型具备多种模式的灭火功能,以适应多种环境下的灭火需求。

1 系统的总体设计

智能灭火小车采用分布式控制系统,整个系统由上位机系统和下位机系统组成^[7]。上位机系统主要是用户桌面软件,用来控制小车及显示相关数据信息,下位机系统负责系统功能的具体实现。整个系统如图 1 所示。

收稿日期:2018-09-27

* 基金项目:宁夏自然科学基金(NZ17261)项目资助

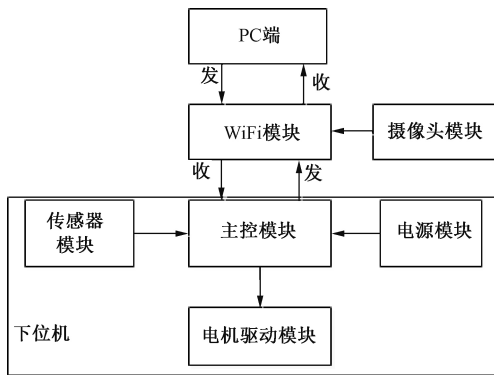


图 1 系统框架

下位机模块主要由传感器模块、电机驱动模块、电源模块和主控模块组成，其中传感器模块包括了火焰传感器与红外寻迹传感器，它们能够将获得的相应探测信号转化为电信号传递给主控模块进行处理。主控模块即是小车的单片机控制器，它是整个下位机系统的大脑，它能够读取传感器传来的数据，并根据数据做出实时地处理，也能和上位机之间进行通信，并根据命令做出正确地应答。主控模块直接与电机驱动模块相连，它能够通过信号控制驱动车轮电机和开关风扇电机。电源模块则为整个下位机硬件提供所需的不同的稳定电压。下位机模块通过 WiFi 模块实现与上位机 PC 之间的通信，同时 WiFi 模块连接摄像头模块，可以实现实时传输摄像头视频到上位机，实现系统的实时视频功能。

2 系统硬件设计

智能灭火小车的硬件设计主要包括主控芯片选择、电源电路设计、电机驱动电路设计和寻迹及灭火模块设计。其中，本文的主控芯片选择的是基于 ARMv7-M 体系结构的 STM32F10ZET6 处理器，该芯片不仅具有功耗低、成本低、效率高等优点^[8]，同时，还拥有丰富的内部及外设资源，能够很好地满足小车的功能需求。同时，为了满足小车各部件的供电需求，本文采用两节蓄电池组成 7.2 V 电源进行供电，利用 LM2596S 稳压芯片输出稳定的 3.3 V 与 5 V 电压以满足不同芯片的所需的不同电压。上位机与下位机的通信模块采用 WiFi 模块，WiFi 模块上安装有 openwrt 路由器系统固件。在 WiFi 模块上安装并配置好 UVC 摄像头驱动、Ser2net 串口转发软件、mjpg-streamer 视频解析软件。再将摄像头模块和单片机串口与 WiFi 模块连接，即可实现录像视频的实时传输以及与下位机的通信。

2.1 电机驱动电路设计

本文小车的运动方式采用 4 轮驱动方式^[9]，4 个车轮都由直流电机进行驱动，其中左侧车轮和右侧车轮分别用一组驱动电路进行控制。即左侧一组电机和右侧一组电机各用一个 L293D 电机驱动芯片进行驱动，左侧车轮电机驱

动电路如图 2 所示。

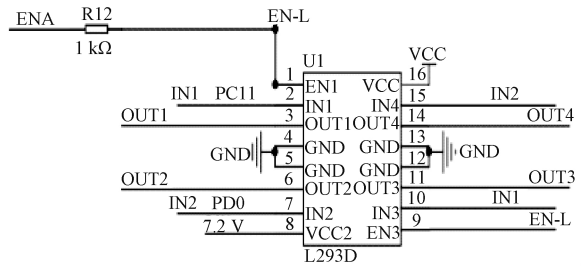


图 2 电机驱动电路

其中 IN1、IN2 为别与单片机的 10 口相连，通过单片机给 IN1、IN2 赋予不同的电平，再利用 L293D 的 H 桥路控制通过电机的电流方向来实现电机的正反转。当 IN1 为高电平，IN2 为低电平时，电机正转。当 IN1 为低电平，IN2 为高电平时，电机反转，当 IN1、IN2 都赋低电平时，没有电流通过电机，实现刹车功能，电机运动控制情况如表 1 所示。同时，通过利用 STM32 芯片的 PWM 输出功能来控制 L293D 的 ENA 端，可以实现对电机速度的调节功能^[10]。小车的右侧车轮驱动方法与左侧车轮相同，再根据差速转向原理^[11]，通过调节左右侧车轮的速度，利用两侧车轮速度差即可实现小车的转向功能。

表 1 电机控制表

ENA	IN1	IN2	电机运行情况
H	H	L	正转
H	L	H	反转
H	L	L	停止
L	X	X	停止

注：H 代表该电平，L 代表低电平，X 为任意电平

2.2 寻迹模块设计

智能灭火小车的寻迹模块使用的是 3 路反射式红外对管传感器^[12-13]。红外对管的发射端可以发送红外光线，接收端接收到反射回来的红外光后会输出高电平信号。由于黑色轨迹对红外光的反射能力差而白色地面对红外光的反射能力强^[14]。因此，小车的运动轨道选用黑色轨道，白色底板。当小车寻迹传感器位于黑色轨迹上时，接收管不会接收到反射回来的红外光，输出低电平。而当有传感器偏离轨迹时，接收端会接收到白色底板反射回来的光并输出高电平。再将接收到的 3 路寻迹信号作为差分输入到 4 路差动比较器 LM339，再输出到中央处理器处理，该模块如图 3 所示。

2.3 灭火模块设计

智能灭火小车的灭火模块主要由火焰传感器、继电器、直流电机与风扇叶组成。其中火焰传感器使用的是 NewWay 电子生产的 Flame-M 号火焰传感器。该传感器的实物如图 4 所示。

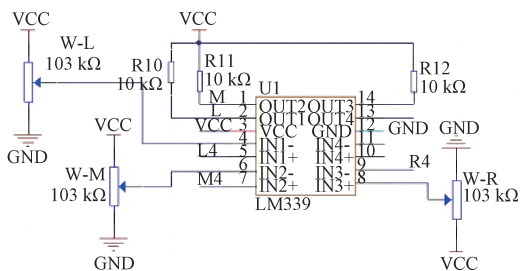


图3 LM339数据处理原理

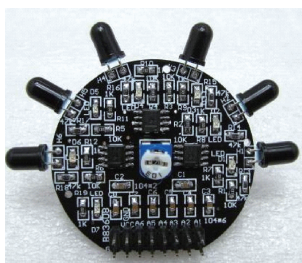


图4 火焰传感器图

该传感器含有6路红外接收管,能够探测火焰发出的波段范围分别为700~1 000 nm的短波近红外线,并通过电信号进行输出。该模块能够输出数字信号和模拟信号,当有火光时,数字输出口会输出高电平;反之,数字输出口输出低电平。同时在有火光时,模拟输出口的输出电压会随火光强度的增加而增加,通过STM32芯片的ADC功能能够读取模拟电压值的大小。本文的灭火方式为风力灭火,通过单片机直接控制继电器的中断来控制风扇电机的开关。

3 系统软件设计

智能灭火小车的软件设计包含上位机软件设计与下位机小车软件设计。其中下位机程序采用C语言开发,开发平台为keil uvision5软件,利用st公司提供的STM32库函数对下位机程序进行开发。下位机小车的主程序流程图如图5所示,小车启动后首先进行各模块的初始化工作,其中包括时钟初始化、串口初始化、电机驱动端口初始化、灭火及寻迹模块端口初始化等工作。完成初始化工作后,开始判断小车所处运行模式,其中包括手动模式、自动灭火模式与寻迹模式。然后对火焰传感器端口进行监听,如果监听到火焰信号,就运行相应模式下的火焰处理程序。否则,继续监听火焰信号。当小车在手动模式下检测到火焰信号时,会向上位机发出火情提醒,并等待上位机处理指令。当小车处在自动灭火模式时,小车会自动行驶到火焰面前进行灭火。当处于寻迹模式时,小车首先转为自动灭火模式,然后在寻找火源进行灭火。

3.1 寻迹模式算法设计

小车的寻迹模式即为小车绕预设好的道路进行巡视作

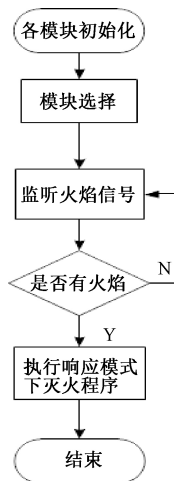


图5 下位机主程序流程

业^[15]。当灭火小车处于该模式下时,通过小车底部安装的3路红外光电对管判断小车相对于轨道的运动情况。寻迹算法流程如图6所示,程序运行时,首先检测3路寻迹传感器的状态,如果3路传感器都不在轨迹上方,小车停止。否则,当检测到中路传感器在黑色轨道上方时,说明小车并未严重偏离轨道运行,小车直行。否则,继续检测左路传感器与右路传感器的状态,如果右路和中路传感器都不在轨道上,说明小车向右偏离轨道,此时小车的左转。同理,如果左侧和中路传感器都不在轨道上,说明小车向左偏离轨道,此时小车的右转。执行完运动指令后延时一段时间并判断小车当前模式是否切换。当小车检测到火焰时,会主动切换到自动模式进行灭火,此外,上位机发送切换模式指令也会切换当前小车模式。如果小车切换了模式,转到相应模式执行程序。否则,继续检测3路寻迹传感器状态进行寻迹。

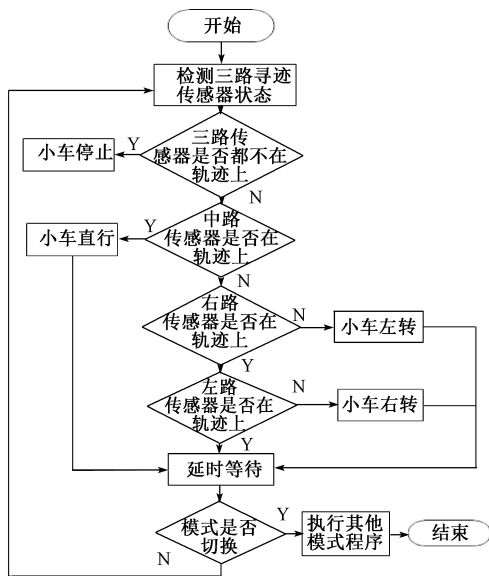


图6 寻迹流程

3.2 自动灭火模式算法设计

在小车的前端安装有 6 路火焰传感器,可以探测周围 180°范围内的火焰信息。由于每个火焰传感器存在一定探测角度,所以可以根据感知到火焰的传感器所在的位置和火焰大小推断出火源所在范围。本文把火焰传感器分为两组,左侧 3 个传感器为一组,右侧 3 个传感器为一组,每次收到火焰信号后利用 STM32 的 ADC 模块读取出代表火焰强度大小的模拟电压值,再分别统计左右两组火焰传感器所探测到的火焰强度值之和。如果某一侧传感器全未感知到火焰信号,而另一侧有传感器感知到火焰信号,则小车往感知到火焰信号的一侧行驶。如果两侧都有传感器感知到火焰信号,并且左侧传感器感知到的火焰强度值大于右侧传感器感知到的火焰强度值,且超过设定的最小差值,代表着火焰位置位于当前小车正方向的左侧,这时小车开始左转。反之。如果右侧一组传感器感知到的火焰强度值高于左侧且超过最小差值,说明火焰位于小车正前方位置的右侧,则小车开始右转。如果两组传感器感知到的火焰强度大小差值未超过最小差值,则小车直行。直至当所有传感器全都探测到火焰信号并且火焰强度大于设定的阈值时,说明火焰离小车较近且位置在前方,这时小车停止下来,并打开风扇开始灭火。通过以上算法实现了小车到火源的路径规划以及自动灭火功能,该算法流程如图 7 所示。

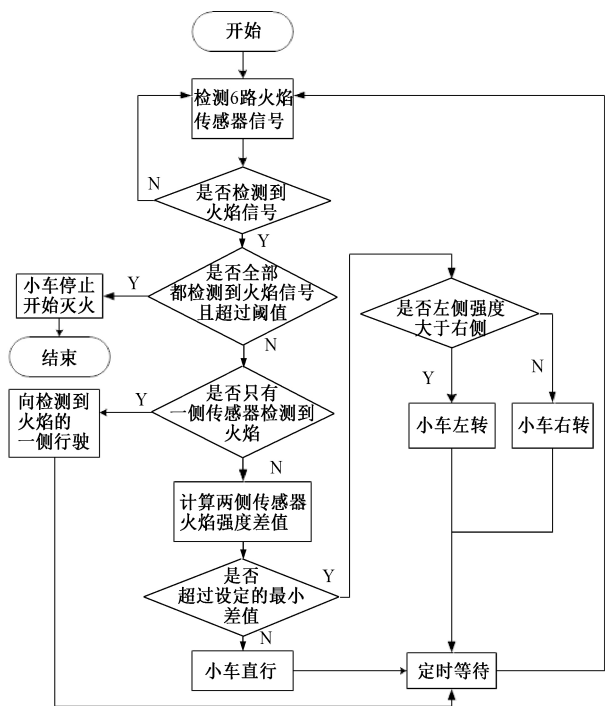


图 7 自动灭火流程

3.3 上位机程序设计

智能灭火小车的上位机程序采用 C# 语言进行开发,程序开发软件为微软的 Visual Studio 2010。上位机与下位机之间的通信使用 TCP 网络套接字编程实现。上位机

启动后首先读取配置文件里的相关信息,利用读取到的 IP 地址与端口号连接到 WiFi 模块。连接成功后进入主程序界面等待用户指令,同时开启一个火焰监测线程。当收到来自下位机的火情提醒后,抛出火情提醒框。上位机的程序主界面如图 8 所示。程序主要功能包括向下位机发送各种运动指令、切换小车运行模式、实时观看小车摄像头视频、开关风扇等功能。并且相关命令的指令及 WiFi 模块的 IP 地址和端口可以通过设置进行配置。



图 8 上位机程序界面

4 测 试

为了验证本文设计的灭火小车的性能,在利用蜡烛作为火源的情况下,对灭火小车的火焰探测距离、火焰探测角度、50 次自动灭火模式下小车扑灭火焰的成功率进行了测试,结果如表 2 所示。

表 2 测试数据表

探测距离/m	探测角度/(°)	灭火成功率/%
>1.5	>210	100

经过测试,在实验室环境下,小车能够成功感知到蜡烛火焰的最大直线距离超过 1.5 m,探测范围为以小车车头正前方为中心方向的大于 210°的扇形区域。此外,小车在多次灭火测试中,均成功完成了灭火作业,小车在 3 种模式下均能正常工作,满足了设计需求。在手动模式时,小车能够做出准确且实时地响应上位机发出的动作指令。同时,打开视频开关,上位机界面能够实时地观看到下位机摄像头拍摄的视频。在寻迹模式下时,小车能够沿着预设黑色轨迹行走,当点燃一支蜡烛置放于小车探测距离区域内时,小车成功检测到火焰并向上位机发送火情提醒,同时开始自动切换至自动灭火模式。小车顺利地行驶到火焰面前,打开风扇扑灭了火焰。经测试,小车在 3 种运行模式下均能成功稳定地运行。

5 结 论

本文以STM32芯片为主控芯片,设计了一款智能灭火小车系统。通过对下位机小车的硬件设计与上下位机系统的软件设计与开发,成功实现了小车的自主寻迹、火情提醒、自动灭火等功能。实现了小车在手动模式、自动模式,以及循迹模式等多种模式下的灭火功能。该小车系统能够满足多种环境下的灭火需求,并具有实现简单、造价低廉、稳定性高等优点。经过测试验证,智能灭火小车系统满足了设计需求,适用于工厂、仓库等固定区域的火灾防范与实时灭火,具有一定的实用价值。同时,未来可以在小车系统中引入互联网端,使小车具有远程操控的功能及更多样化的应用。

参考文献

- [1] 俞凡. 基于单片机的厂区智能循迹灭火车模型的设计和实现[D].合肥:安徽农业大学,2016.
- [2] 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,2016,39(4):86-89.
- [3] 余炽业,宋跃,雷瑞庭.基于STC12C5A60S2的智能循迹小车[J].实验室研究与探索,2014,33(11):46-49,121.
- [4] 许友哲,李德润,陈盛,等.基于嵌入式系统的智能灭火车模型[J].计算机应用,2010,30(2):560-563,566.
- [5] 张铮,张江宁,薛竹村,等.循迹避障灭火功能智能小车设计[J].实验室研究与探索,2016,35(11):141-145,205.
- [6] 朱志平.基于单片机智能灭火小车控制系统的设计[J].渭南师范学院学报,2014,29(3):22-25.
- [7] 彭玉青,李木,张媛媛.基于改进模糊算法的移动机器

人避障[J].计算机应用,2015,35(8):2256-2260.

- [8] 张锴,李世光,朱晓莉,等.基于STM32的智能巡线小车[J].电子测量技术,2012,35(2):105-107.
- [9] 胡桐.四轮独立驱动和转向移动机器人的设计与控制[D].合肥:合肥工业大学,2015.
- [10] 马玉敏.PWM调速系统实现原理分析[J].电子世界,2014(12):492-493.
- [11] 王建彬.四轮全向移动机器人的运动控制与运动规划研究[D].广州:广东工业大学,2014.
- [12] 王瑞琦.基于STC89C51单片机的多功能智能小车设计[J].国外电子测量技术,2017,36(7):103-106.
- [13] 胡媛媛,邓世建,王书婧.基于红外光电传感器的智能寻迹小车设计[J].电子设计工程,2011,19(7):141-143.
- [14] 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.
- [15] 阳光,祝忠明,刘静,等.基于Cortex-M4内核的自寻迹小车系统设计[J].电子测量技术,2017,40(10):243-247.

作者简介

颜杰,硕士研究生,主要研究方向为智能仪器与检测技术。

E-mail:1059606635@qq.com

秦飞舟(通信作者),教授、硕士生导师,主要研究方向为计算机软件、物联网技术教学及应用开发。

E-mail:qinfz@nxu.edu.cn

袁延,硕士研究生,主要研究方向为智能仪器与检测技术。

E-mail:1091976356@qq.com