

智能灭火机器人硬件电路的设计与实现

关为民, 陈帝伊, 马孝义

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院电气系, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 针对现有灭火机器人只能实现简单智能活动的不足, 提出了一种基于嵌入式微处理器控制系统的设计。本设计以 ARM9 为核心, 以红外测距传感器、地面灰度传感器、远红外火焰传感器组等作为检测系统, 通过对采集信号的处理, 确定机器人周围环境的信息, 并根据路径规划出决策行进运动。同时, 为使机器人能更好地完成任务, 本设计采用双电源供电系统, 低电压电源供给控制器和灭火风扇直流电机, 高电压电源用来驱动大功率直流电机以带动轮胎转动。

关键词: ARM9 微处理器; PWM 控制; 传感器; 灭火机器人

中图分类号: TP24

文献标识码: A

Design and realization of intelligent fire fighting robot hardware circuit

GUAN Wei Min, CHEN Di Yi, MA Xiao Yi

(Electric Department of College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: In view of the existing fire-fighting robot can only achieve simple intelligent activities, this paper presented a design on control system based on embedded microprocessor. The design took the ARM9 as the core, and infrared range sensors, ground-based gray-scale sensors, far-infrared flame sensor as the detection system. The system determined the robot's environment information through the acquisition signal processing, and then made decisions based on path planning road movement. At the same time, to enable the robot better to complete the task, the design used a double power supply system: the low voltage power source supply controller and fire fighting ventilator direct current machine, and the high voltage power source was used to actuate the tire rotation through driving high-power DC motors.

Key words: ARM9 microprocessor; pulse width modulation control; sensor; fire-fighting robot

人工智能也称机器智能, 是一门研究人类智能机理和如何用计算机模拟人类智能活动的学科。经过 50 多年的发展, 人工智能已形成极广泛的研究领域, 并且取得了许多令人瞩目的成就^[1]。智能机器人技术综合了计算机、控制论、机构学、信息和传感技术、人工智能、仿生学等多学科而形成的高新技术, 集成了多学科的发展成果, 代表高技术的发展前沿^[2]。智能机器人的研究, 大大促进了人工智能思想和技术的进步, 渐渐成为一个备受关注的分支领域, 各种智能机器人比赛也成为国内外广泛推广和发展的一种竞技项目。

智能机器人灭火比赛由美国三一学院于 1994 年创办, 目前已成为全球规模最大、普及程度最高的全自主智能机器人大赛之一。硬件电路是智能灭火机器人整体的核心骨架, 其参数性能及设计的合理性直接决定了智能灭火机器人的性能。本文完成了基于 ARM9 内核^[3]的智能灭火机器人的硬件电路的设计与实现。

1 硬件电路的总体设计

灭火比赛的任务是在一封闭房间模型中, 随机在其中一个房间里放置蜡烛代替的火源, 要求机器人在尽可能短的时间里无碰撞地找到火源并完成灭火。

根据比赛要求及功能需要, 灭火机器人的总体结构如图 1 所示, 主要由控制器、传感器输入、驱动输出等模块组成。

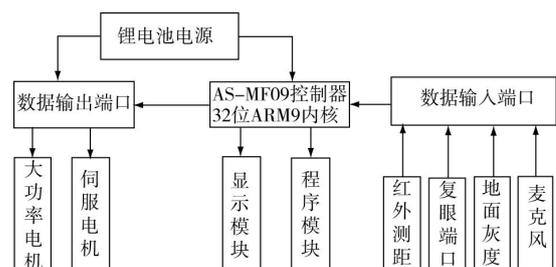


图 1 系统总体结构图

硬件纵横

Hardware Technique

2 硬件电路的主要部件分析与设计

2.1 嵌入式系统

为实现机器人高速精确地按照规定路径行走,要求机器人的 CPU 能够实时迅速地读取多个传感器端口数值,并在较短的时间内完成对各端口数值的存储、运算和输出等多种任务。由于嵌入式微处理器对实时任务具有很强的支持能力,能够完成多任务并且具有较短的中断响应,因此在设计过程中选用以嵌入式微处理器 ARM9 为核心的控制器,其内部采用哈佛结构,每秒可执行一亿一千万条机器指令。

为提高端口数值读取速度,使机器人能对周围环境信息做出迅速判断,本设计在主芯片上设置了 ADC0~ADC7(P4.0~P4.7)8 路数据输入端口,每秒可实现 50 万次数据采集;另外又设置 20 路数据输入端口,通过 AT-MEGA816-PC 辅助单片机连接到主芯片上,用以读取远红外传感器组及检测端口的数值,每秒可实现 1000 次数据采集。本设计还设置了 4 路 PWM 控制信号输出口,用以驱动 4 路大功率直流电机,实现对转速的精确调节;此外,还设置了 7 路 Do 数字输出口,用以驱动伺服电机、蜂鸣器、继电器、发光二极管等。为了给庞大和复杂的程序提供更多的执行空间,本设计附加设置了 100 KB 的数据存储器(RAM)和 512 KB 的程序存储器(Flash ROM),用以存储更多的数据和命令。

2.2 电源和驱动电路设计

(1) 电源及采样电路

电源是保证机器人稳定、可靠运行的关键部件,它直接影响着机器人性能的好坏。由于本机器人电机驱动和控制器采用两种不同等级电压的电源,为避免 2 个电源相互干扰,本机器人采用双电源供电系统:电机电源采用高放电倍率聚合物锂电池,容量为 2500 MAH,工作电压为 24 V,能提供 40 A 的稳定供电电流,是普通电池的 10 倍;控制器电源采用 8.4 V 锂电池,并提供电压采样端口,以供电池检测,电路图如图 2 所示。

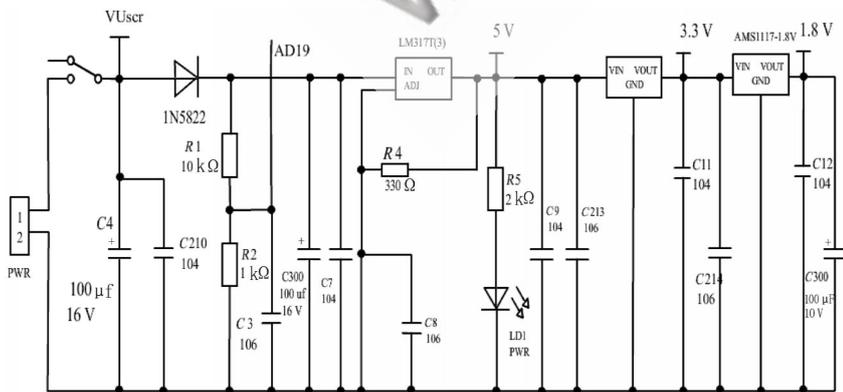


图 2 控制器电源供电电路图

示。

为获得 CPU 各端口电路所需要的不同等级的电压,本设计采用 1 个 LM317T 三端稳压器和 2 个 AMS1117 低压差线性电压调整器,并通过其附属电路,得到精确稳定的 5 V、3.3 V、1.8 V 三种电压;采用 1 个发光二极管 LD1 和限流电阻 R5 作为电源指示灯,以显示电源开关的状态;为实时采样电源电压,防止锂电池过放或过充,设计中通过 R1、R2 分压,引出 AD19 端口作为电源采样端口。

(2) 直流电机驱动电路

由于竞技比赛的需要,机器人要在避免碰撞的前提下尽可能提高速度,因此要求具有更大功率的驱动器和更灵敏的控制方式。为此本文采用的电机驱动电源电压为 16.8 V,电流为 20 A;采用占空比范围为 0~95% 的 4 路 PWM 信号控制直流电机,以实现精确的调速^[4]。

由于电机功率较大,并要求能实现双向、可调速运行,本文设计了半桥式电力 MOSFET 管,成功实现了对电机的控制。如图 3 所示,2 路 PWM 信号通过 IR2104 半桥驱动器(half-bridge driver)和相应保护电路连接至型号为 IRF2807 的 MOSFET 管,控制电源与电动机连接线路的通与断,达到控制电机速度的目的。当 PWM 信号占空比较大时,线路导通时间长,电机速度大;相反,当 PWM 占空比较小时,线路导通时间短,电机速度小。4 个 MOSFET 管在不同时刻导通组合,实现控制电机转动方向:当 MOSFET 管 1 和 4 导通时,电机端口 1 为正、2 为负,电机正转;当 MOSFET 管 2 和 3 导通时,电机端口 2 为正、1 为负,电机反转。

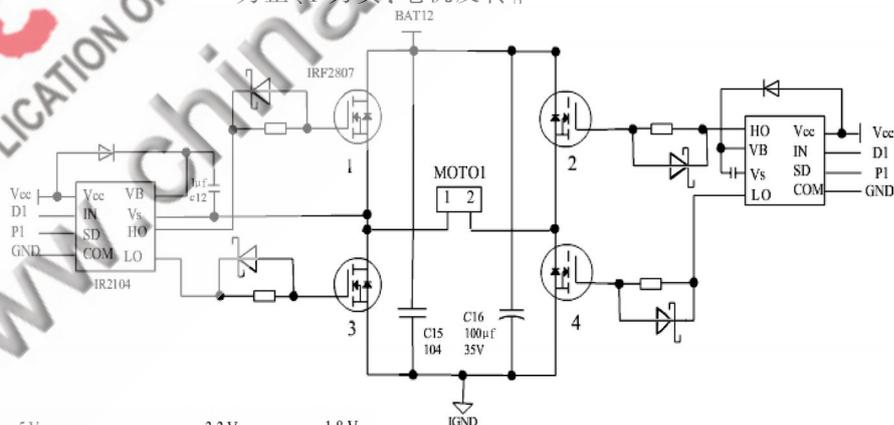


图 3 伺服电机驱动电路

2.3 传感器

(1) 红外测距传感器

红外测距传感器^[5-6]是机器人的“视觉器官”,通过不断读取其数值并进行判断,才能确定机器人所处位置环境,以确定机器人下一步该执行什么命令才不致碰撞,并按照理想的路线行走。依据比赛场地规格,本机器人采用 SHARP 公司的 GP2D12PSD 传感器(后面简称 PSD 传感器),其有效测距范围为 10 cm~80 cm。

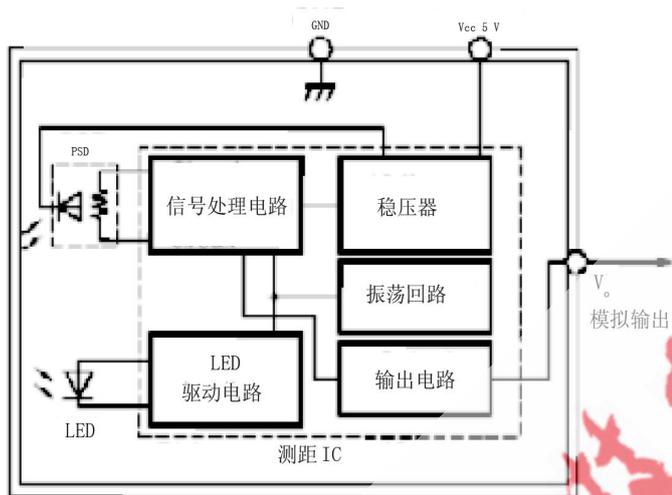
《微型机与应用》2010 年第 4 期

硬件纵横

Hardware Technique

其原理如图 4(a)所示。

该传感器采用三角测量的原理,如图 4(b)所示红外发光二极管发出红外线光束,当红外光束遇到前方的障碍物时,一部分反射回来,通过透镜聚焦到后面的线性电性耦合器件 CCD(Charge Coupled Device)上,根据红外光线在 CCD 上聚焦的位置,可知道光线的反射角,进一步折算出物体的距离。由于 PSD 传感器输出电压和实际距离是非线性关系,可以通过线性插值运算得出其转换近似公式。

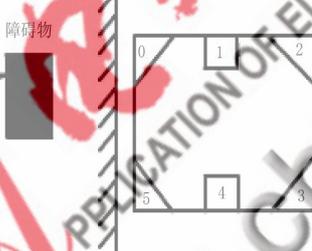


(a) 红外测距传感器内部电路图

红外发光二极管



(b) 测障原理图



(c) 位置布置图

图 4 红外测距传感器

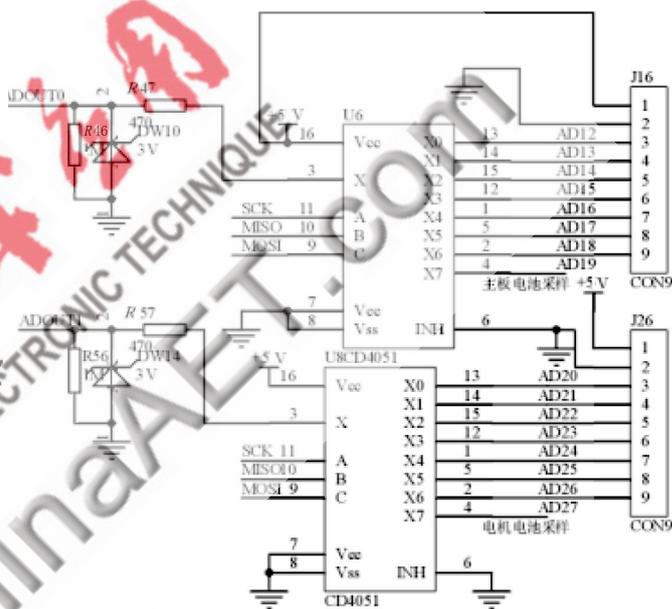
根据比赛的需要,机器人应该能够测量不同方向的障碍物的距离,理论上 8 个方位均应设置红外测距传感器;在满足比赛要求前提下,考虑经济性,本设计采用了 6 个红外测距传感器,其安放位置如图 4(c)所示。通过 1 个或多个传感器数值可以较精准地确定机器人的位置和墙壁的关系。例如,当正前传感器和左前传感器数值同时很大(距离很小)时,说明机器人处在一个角落上,前方和左侧均是墙壁,此时可以执行右拐命令,从而走出角落。

(2) 远红外火焰传感器组

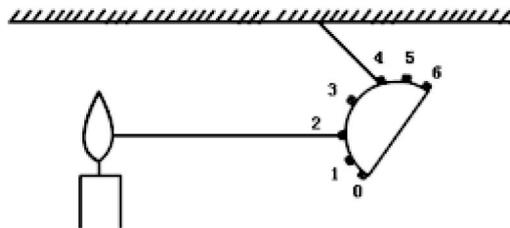
为能完成灭火任务,机器人必须能确定火焰的大致位置,并能对火焰是否被扑灭做出判断。本文设计了由 28 个红外接收管组成的 2 个远红外火焰传感器组,前后每个方位各有 14 个红外接收管组成,每 2 个并联并

指相同一个方向,2 个传感器组共指向 14 个方向,可以覆盖 360°范围。如图 5(a)所示,14 个端口通过 CD4051 八路转换开关连接至 ATMEGA8—16PC 单片机,其中 SCK、MISO、MOSI 为位选择端口。此外,本设计还可以通过 14 路读取数据进行比较,从而确定其最大最小值及相应端口值,方便火源方位的确定。

通过对远红外传感器组的不同端口值的比较,还可以确定机器人和火源的相对位置,以判断前进方向,完成趋光动作。当机器人与火源相对位置如图 5(b)所示时,可以读取端口 2 和端口 4 的值,并进行作差,端口 2 的值大于端口 4(说明 2 更靠近火源),则执行左拐命令,使其差值在一定范围内,然后执行直行命令趋近火源。



(a) 传感器组接口电路



(b) 趋光原理图

图 5 远红外传感器组

(3) 地面灰度传感器

比赛规定,机器人起始位置是直径为 30 cm 的白色圆,每个房间入口有一条 3 cm 宽的白线,其他地面均为黑色。机器人的启动和停止及进房间的标志都要依靠对地面灰度的判断,因此需使用能对地面反射光线的强弱做出反应的传感器。本机使用一对地面灰度传感器,放置在前后两端的底座上。地面颜色越深,其值越大,

硬件纵横

Hardware Technique

地面颜色越浅,其值越小。

如图 6 所示,地面灰度传感器通过发光二极管 LED 照亮地面,地面的反射光线被光敏三极管接收,当地面颜色为黑色时,反射的光线比较弱,则光敏三极管的基极电流越小,集电极电流也相应较小,1 端口电压值较高,其测量值较大;反之当地面为白色时,反射的光线较强,集电极电流越大,1 端口电压值较小,测量值也较小。

本文研究

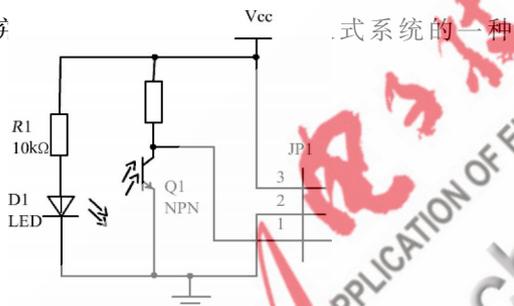


图 6 地面灰度传感器

智能灭火机器人,具有以下 5 个创新点:(1)采用了嵌入式系统内核,大大提高了机器人处理信号的能力;(2)双电源供电系统引入,使机器人的运行更加稳定可靠;(3)采用 PWM 信号控制大功率直流电机,在速度和精度方面有了很大的改进;(4)通过合理选择 PSD 测距传感器的个数和安放位置,既满足比赛要求,又能节约成本;(5)本文设计的远红外火焰传感器组,很好地完成了对火源的精确定位任务,提高了灭火可靠性和快速性。

实测证明,本文设计的机器人能够很好地完成比赛

任务,并且在可靠性和速度方面都有了大幅度的提高,具有很强的应用价值。

参考文献

- [1] NISSON N J. Artificial intelligence: a new synthesis [M]. Beijing: China Machine Press, 2006: 72-95.
- [2] NORTIOMO T, ORADA M, YAMAMOTO H. A joint antenna and post-DFT combining diversity scheme in OFDM receiver[C] Wireless Communication Systems: The 1st International Symposium, 2004: 140-143.
- [3] 张小伟. ARM9 嵌入式系统设计原理与开发实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [4] 王水平. PWM 控制与驱动器使用指南及应用电路[M]. 西安: 西安电子科技大学出版, 2004.
- [5] 曹小松, 唐鸿儒, 杨炯. 移动机器人多传感器信息融合测距系统设计[J]. 自动化仪表, 2009, 24(5): 4-8.
- [6] 梁毓明, 徐立鸿. 移动机器人多传感器测距系统研究与设计[J]. 计算机应用, 2008, 28(6): 340-343.

(收稿日期: 2009-09-25)

作者简介

关为民, 男, 1989 年生, 学士, 主要研究方向: 智能机器人的设计;

陈帝伊, 男, 1982 年生, 硕士、讲师, 主要研究方向: 人工智能、专家系统;

马孝义, 男, 1965 年生, 博士、教授, 主要研究方向: 计算机与传感测试技术, 节水灌溉, 灌区信息化等。