

# 一种 ZigBee 无线遥控小车的设计

杨述斌,邱倩文,张 琛

武汉工程大学电气信息学院,湖北 武汉 430205

**摘 要:**为了解决传统小车控制距离受限,信息采集不稳定,数据传输速率低,实时性不高等缺点,设计了一种基于 ZigBee 的远程无线遥控小车. 小车可采集环境参数,并将所测信息实时传输给用户. 设计分为三个部分:TFT-LCD 输入控制命令,通过 ZigBee 发送到小车;小车的单片机控制小车完成测距、温湿度检测、检测移动人体、避障、运动、循迹,并将结果发送给 ZigBee;两个 ZigBee 通信并将结果发送到遥控器. 实验表明:小车控制信号和传感器采集数据实现了双向传输;采用多传感器并发处理技术,获取的数据精度高. 小车反应快速易操作,提高了小车运行的稳定性.

**关键词:**ZigBee;STC12C5A60S2;无线遥控小车

**中图分类号:**TP23

**文献标识码:**A

**doi:**10. 3969/j. issn. 1674-2869. 2015. 12. 012

## 0 引 言

随着智能机器人的快速发展,无线遥控小车逐步成为智能控制领域研究的新热点. 小车随着无线通信技术的成熟在智能控制方向也取得了飞速的发展. 无线遥控小车可实现在特殊环境中处理高危险工作,远程数据采集,数据无线传输,减少了人力、物力、财力资源的投入. 由于在各种环境下检测的同时,必须对其在复杂环境下的运动进行稳定快速的控制,且要尽可能的获取更多的信息,以往的小车设计功能太简单,小车的稳定性、灵敏度、实时性都不高,且耗时长,因此需要设计一种无线遥控小车来满足智能性、稳定性、安全性高的要求.

目前,无线控制小车的通信技术有 Bluetooth、WiFi 和 ZigBee. 利用手机 Bluetooth<sup>[1]</sup>去控制小车,通过串口仿真协议进行通信,小车接收手机信号可控制小车前进、倒退、左右转、停止等功能,但 Bluetooth 抗干扰能力较弱、传输距离很短、信息安全问题等缺点,且操作复杂、小车运动不稳定,方向不易控制. 利用 WiFi<sup>[2]</sup>可实现用户监控端与小车的数据传输,建网快速,但需手动输入 IP 和端口来连接 WiFi,小车反应速度慢,且 WiFi 不保证通讯服务质量,功耗较大.

本研究采用的 ZigBee 技术同其他几种无线通

信方式相比,具有低功耗、低成本、网络时延短、安全性高等优点<sup>[3-4]</sup>,有效的解决了传统小车功能简单、稳定性差、数据传输耗时长等缺点,使得小车可实现远程管理、无线数据传输等功能,具有较高的应用价值.

## 1 系统的总体设计

本设计利用 ZigBee 技术实现小车端和遥控端之间的双向通信,控制小车自动循迹,运行稳定,能在 1.6 m 内检测到移动人体,4 m 内测量障碍物距离并在 30 cm 内避障,检测室内环境温度误差控制在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,湿度 $\pm 5\%\text{RH}$ ,整个过程控制在 30 s 内完成. 系统总体结构如图 1 所示,该系统包括两个部分即小车端和遥控器端,各配有一个 ZigBee 模块,小车端的 ZigBee 为接收模块,遥控器端的 ZigBee 为发送模块. 采用 STC12C5A60S2 作为主控制器,其中小车端还包括各种传感器模块,循迹模块,电机控制模块. TFT-LCD 显示小车传输数据.

## 2 主要硬件电路设计

### 2.1 STC 单片机最小系统电路

STC12C5A60S2 单片机是宏晶科技生产的单时钟/机器周期的单片机,内部集成 2 路 PWM 和 8 路高速 10 位 A/D 转换<sup>[5]</sup>. STC 单片机最小系统电路如图 2 所示.



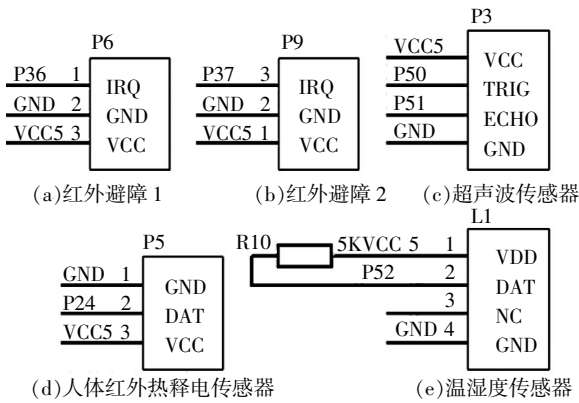


图 3 传感器接口电路图

Fig.3 Circuit diagram of sensor interface

2.3 电机驱动模块电路

STC12C5A60S2 单片机控制 L298N 结合输出的 PWM 信号控制小车运动. 电机驱动模块电路如

图 4 所示,其中 OUT1-OUT4 分别接小车左右两路电机,IN1-IN4 引脚从单片机接输入控制电平控制小车左右电机正反转,通过输出的 PWM 对电机调速,从而对拐弯的调整控制. 电机控制逻辑如表 1 所示.

2.4 循迹电路

循迹电路如图 5 所示,包含 4 路红外发射管和接收管. 小车沿黑线前行,当检测到黑线时,单片机读“0”,检测到白线时读“1”. IR1-IR4 控制小车运动,当 IR1 和 IR2 同为 1 时控制小车右转,用 IR3 和 IR4 控制小车右转角度;当 IR3 和 IR4 同时为 1 时控制小车左转,用 IR1 和 IR2 控制小车左转角度;当四路控制逻辑同为 1 时小车保持原运动轨迹;当 IR2 和 IR3 同为 0,IR1 和 IR4 位与得 0 时小车停止,IR1 和 IR4 位与得 1 时小车继续前进.

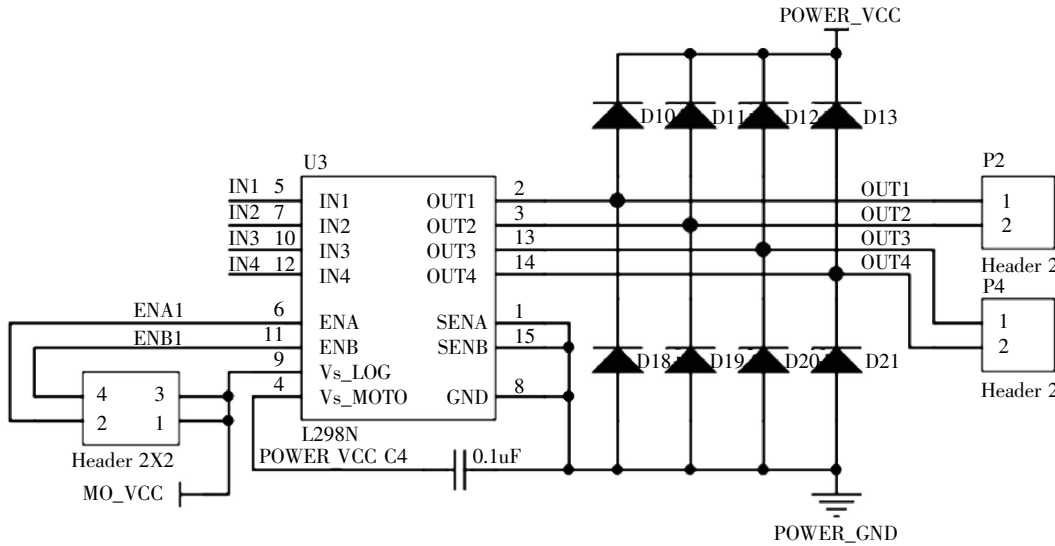


图 4 电机驱动模块电路图

Fig.4 Circuit diagram of driver module of motor

表 1 电机控制逻辑

Table1 Control logic of motor

IN1	IN2(PWM0)	右路电机状态	IN3	IN4(PWM1)	左路电机状态	小车运动状态
0	0	停止	0	0	停止	停止
0	0<PWM0<1	正转	0	0<PWM1<1	正转	前进
1	0<PWM0<1	反转	1	0<PWM1<1	反转	后退
0	0	停止	0	0<PWM1<1	正转	右转弯
0	0<PWM0<1	正转	0	0	停止	左转弯
0	0<PWM0<1	正转	1	0<PWM1<1	反转	左转圈
1	0<PWM0<1	反转	0	0<PWM1<1	正转	右转圈

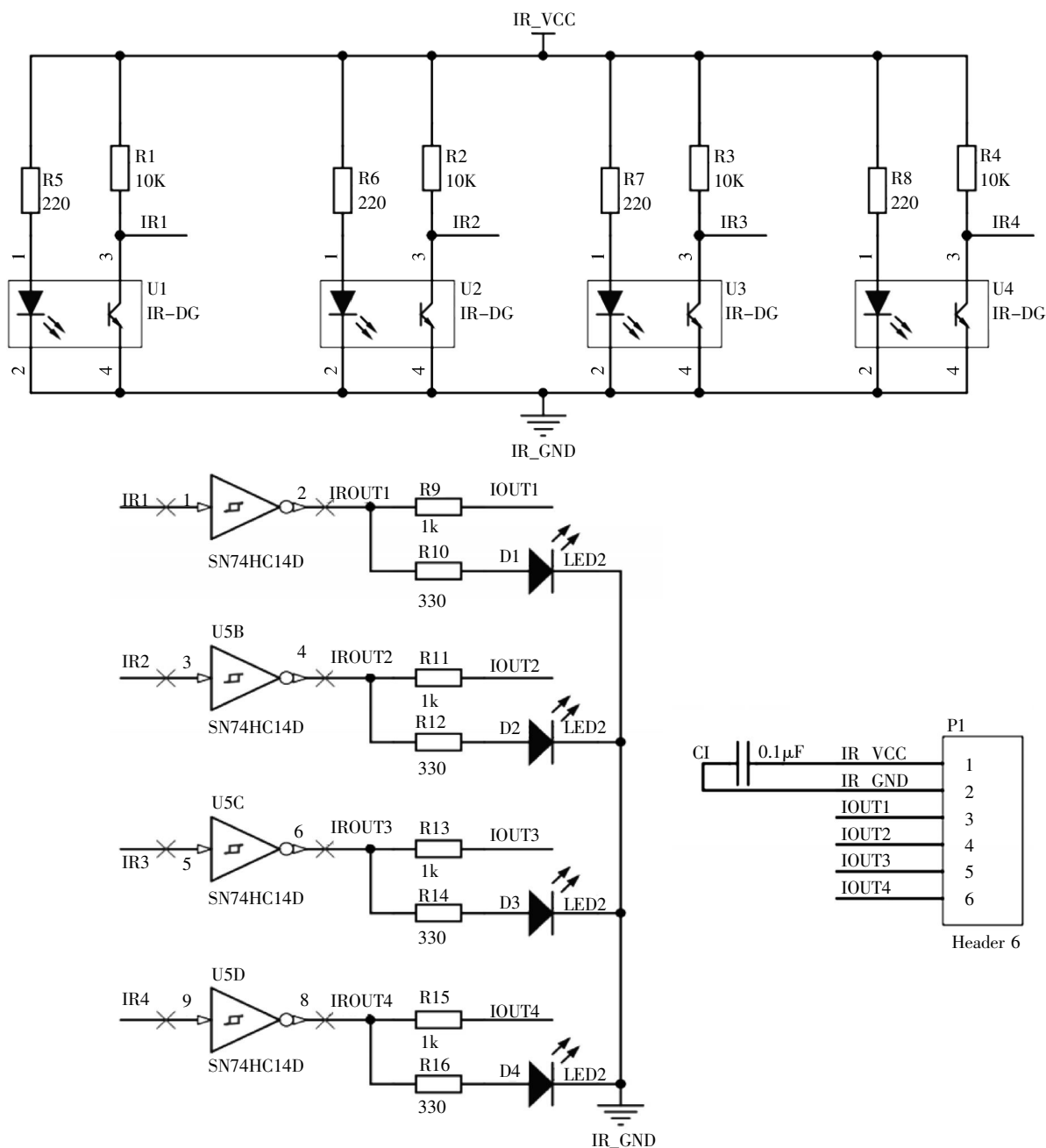


图 5 循迹电路图

Fig.5 Circuit diagram of tracking

## 2.5 ZigBee 模块电路

ZigBee 是一种常用的无线传输技术,它具有近距离、低复杂度、低功耗和低成本等特点. 本设计使用基于 CC2530 的 ZigBee 无线通信模块进行远距离数据传输<sup>[5]</sup>. 该芯片是 ZigBee 技术应用方案的最新一代片上系统,它能以极低的成本构建强大的无线网络,完全符合 IEEE802.15.4 标准,并结合了 RF 收发器的优良性能,具备多种运行模式,可适应于超低功耗的系统且设计出来的硬件模块体积小,非常适应于小型的无线智能小车上. 在该设计中小车端和遥控器分别配有一块 ZigBee 模块,可将传感器采集的信息无线传输到遥控器端,遥控

器端根据传回的信息控制小车执行任务. 将两个 ZigBee 模块分别设置串口中断,单片机串口 RXD、TXD 和 ZigBee 模块串口互连,测距、温湿度检测、避障、小车运动、循迹都对应一个中断事件,当 TFT 屏中对应功能图标被按下,单片机会向串口发出一条命令触发 ZigBee 模块的串口中断,遥控端的 ZigBee 模块收到的命令传给小车端 ZigBee 模块,并通过串口发给小车端的单片机,小车端单片机串口接收到命令后控制小车执行中断事件. 以相同的方式,小车端将采集的数据通过 ZigBee 发送到遥控器端并在触摸屏上显示. ZigBee 模块电路如图 6 所示.

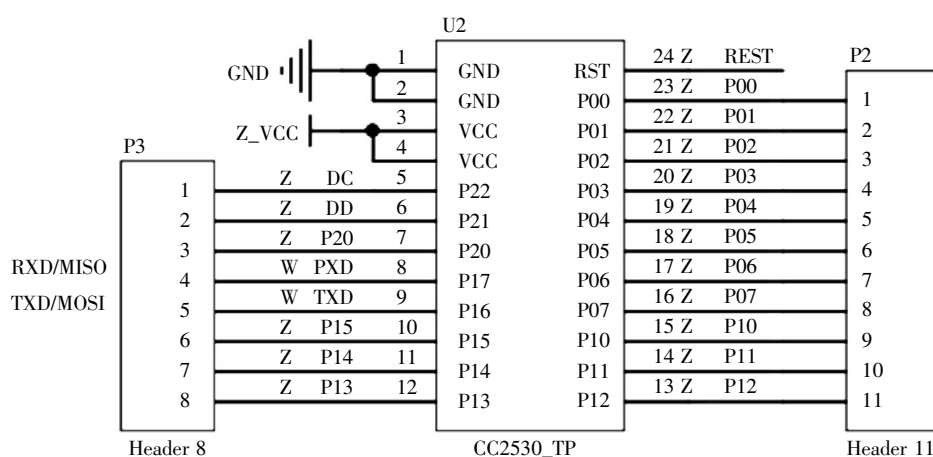


图 6 ZigBee 无线模块电路图

Fig.6 Circuit diagram of ZigBee wireless module

### 3 系统软件设计

小车基于  $\mu C/OS-II$  操作系统,采用多任务并发运行机制,使得系统具有良好的实时性. 小车的温湿度检测、测距、检测移动人体、避障、小车运动等均单独成为一个任务,在与 ZigBee 通信时各任务间分别通过一个消息邮箱传递数据并将数据发送给遥控器端. 利用消息队列 UARTxQ 从 ZigBee 通信任务接收来自遥控器端发出的控制信号,经过消息邮箱 MotoCtrlMbox 发送到小车从而控制小车执行相应操作<sup>[7]</sup>. 遥控器端在 TFT-LCD 上建立系统的控制界面,通过触摸不同的功能按钮,实现小车采集环境温湿度、避障和测距和无线运动等功能.

### 4 实验测试结果

本次设计的基于 ZigBee 无线遥控小车,实物

设计如图 7 所示,左边为小车端,右边为遥控端. 图 8 控制小车运动和小车自动循迹,通过 PWM 调速,当小车行驶在拐弯处时转弯及时且车速平稳,小车可严格按黑线循迹. 图 9 超声波传感器测量障碍物距离显示为 23 mm,小车测距范围可从 2~400 cm. 图 10 小车采用左右两个避障模块检测小车移动前方的障碍物,准确率高,用 HC-SR501 模块检测移动人体,检测最大范围为 1.6 m. 图 11 室内实际温度为 23  $^{\circ}\text{C}$ ,湿度为 53%RH,小车采集环境温度以十六进制形式在 3 s 内自动绘制出曲线图显示在屏幕上,图中温度为 16 H,湿度为 38 H,转换为十进制形式的温度为 22  $^{\circ}\text{C}$ ,湿度为 56%RH,误差小,所测数据结果直观清楚. 图 12 中用此界面无线控制小车按照传输命令运动,小车方向易于控制. 测试结果见表 2,通过 ZigBee 无线通信,无需手动搜索和连接服务,操作简单,传输数据不仅精度高且速度快,具有实时性.

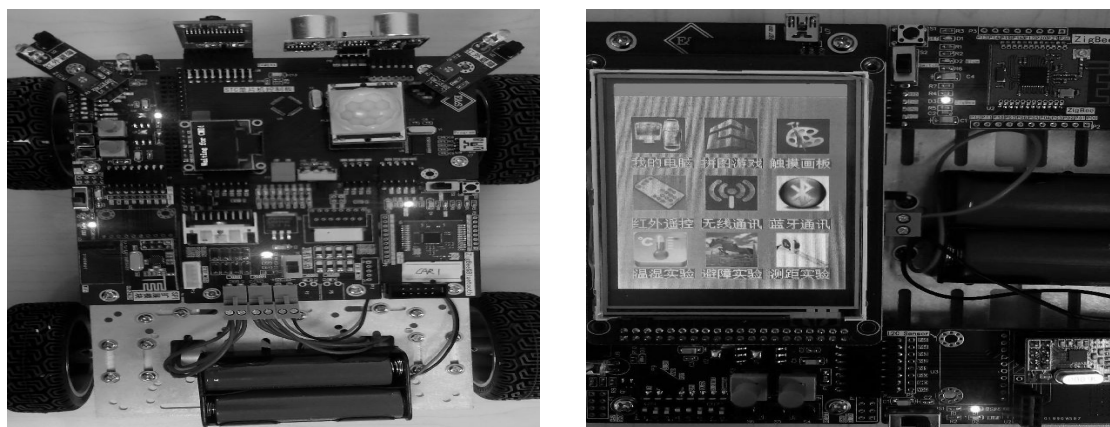


图 7 实物设计图

Fig.7 Design diagram of real object

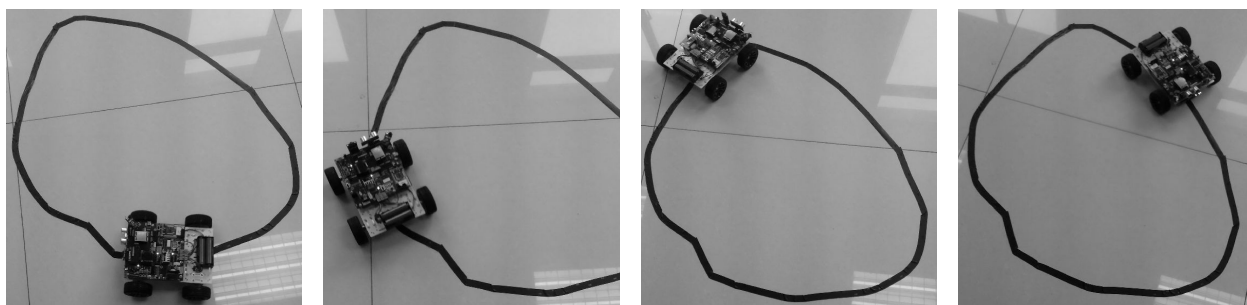


图 8 小车运动和自动循迹过程

Fig.8 Process of movement and automatic tracking of vehicle

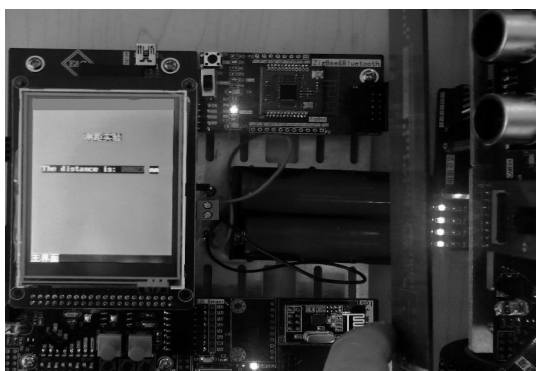


图 9 测距

Fig.9 Ranging

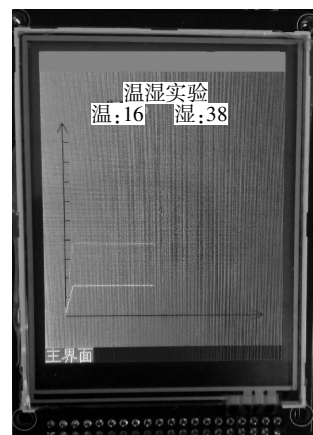


图 11 温湿度采集

Fig.11 Temperature and humidity collection

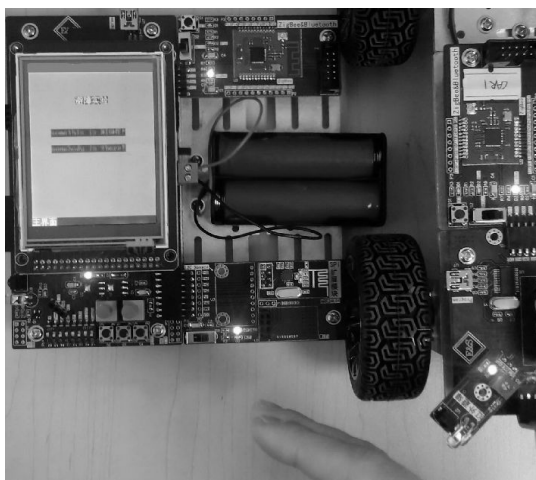


图 10 避障和人体检测

Fig.10 Obstacle avoidance and human detection



图 12 无线运动界面

Fig.12 Interface of wireless moving

表 2 测试结果

Table 2 Results of test

小车各功能检测	测量结果	ZigBee 控制时间
超声波测距	2~400 cm, 角度 15°	<1 s
热释电人体检测	1.6 m, -15~70°	<1 s
避障	2~30 cm	<1 s
温湿度	温度 0~50 ℃, 精度±2 ℃; 湿度 20%~90% RH, 精度±5% RH	3 s
小车运动	运行稳定, 角度控制范围 25~75°, 严格按黑线循迹	1 s

## 5 结 语

本设计利用 ZigBee 技术成功实现了对小车的无线控制,具有智能性,但不脱离人的控制. 小车可在 1 s 内测量在 400 cm 内物体的距离,在 1.6 m 内可检测到移动人体,30 cm 内避障,检测环境温度范围可从 0~50 ℃,湿度范围可从 20%~90% RH,精度高且在 3 s 内通过曲线图显示,小车可严格的按黑线循迹且运动角度扩大. 小车在整个运行中通信稳定,控制可靠,所测数据精度和传输速率高,小车基于嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ ,使用多任务机制,使其具有很好的实时性,达到了预想的功能.

### 参考文献:

- [1] 符强,任风华.基于手机蓝牙的遥控小车的设计[J].现代计算机,2011(12):77-79.  
FU Qiang,REN Feng-hua.Design of remote control vehicle based on bluetooth of mobile phone[J]. Modern Computer,2011(12):77-79.(in Chinese)
- [2] 罗回彬,巫敏锋.基于 WiFi 的可实时视频同传的探测小车[J].单片机与嵌入式系统应用,2015(6):41-43.  
LUO Hui-bin,WU Min-feng.Detecting car for real-time video transmission base on WiFi [J].Microtrollers & E-mbedded Systems,2015(6):41-43.(in Chinese)
- [3] 龚君,郑启文,赵瑾.基于 ZigBee 多智能小车无线控制系统的的设计[J].上海电机学院学报,2012,15(2):91-96.  
GONG Jun,ZHENG Qi-wen,ZHAO Jin.Design of wireless control system based on intelligent vehicles with zigBee[J].Journal of Shanghai Dian Ji University,2012,15(2):91-96.(in Chinese)
- [4] 任博雅,赵白鸽,李怡蓓.基于 ZigBee 网络和超声定位的智能跟随小车[J].计算机测量与控制,2015,23(5):1789-1791.  
REN Bo-ya,ZHAO Bai-ge,LI Yi-bei. Intelligently tracking car based on zigbee network and ultrasonic sensor[J]. Computer Measurement & Control,2015,23(5):1789-1791.(in Chinese)
- [5] 冕楠.基于 ZigBee 无线网络的小车控制[D].西安:西安科技大学,2009.  
MIAN Nan. Mobile robot control based on ZigBee wireless sensor network [D]. Xi'an:Xi'an University of Technology,2009.(in Chinese)
- [6] 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.  
YU Chi-ye,SONG Yue,LEI Rui-ting. Intelligent tracking car based on STC12C5A60S2 [J].Research and Exploration In Laboratory,2014,33(11):46-49.(in Chinese)
- [7] 吕念芝,李培志.基于实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  的无线小车的设计 [J]. 宁德师范学院学报,2014,26(4):409-412.  
LYU Nian-zhi,LI Pei-zhi. Design of wireless car based on real-time operating system  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ [J]. Journal of Ningde Normal University,2014,26(4):409-412.(in Chinese)

## Design of vehicle with ZigBee wireless remote control

*YANG Shu-bin, QIU Qian-wen, ZHANG Gai*

School of Electrical and Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China

**Abstract:** Aimed at the disadvantages of traditional vehicles, such as limited distances, unstable information collection, low efficiency of data transmission and low real-time, we designed a wireless remote control vehicle, which could collect environmental parameters and transmit the measured information to the users. The control command input on the liquid crystal display was sent to the vehicle by ZigBee, and the vehicle controlled by micro-programmed control unit to accomplish ranging, measure the temperature and humidity, and detect the moving human body, the obstacle avoidance and the automatic tracking, then it sent the results to ZigBee. Two ZigBee communicate with each other to transfer the results to the remote control. The results show that the wireless remote control vehicle can achieve the bidirectional transmission between the control signals and data from sensors, and obtain the high precision data by using the multi-sensor parallel processing technology. The wireless remote control vehicle responses quickly, and the stability and real-time of its operation is improved.

**Keywords:** ZigBee; STC12C5A60S2; wireless remote vehicle

本文编辑:龚晓宁