

基于 nRF24L01 的无线式模型车运动状态监控系统

赵 轩¹, 马 建¹, 曹仁磊¹, 史 骏²

1. 长安大学汽车学院, 西安 710064

2. 长安大学电子与控制工程学院, 西安 710064

摘要 寻迹智能模型车是机器人领域广泛研究的对象, 本文以参加“飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛的智能模型赛车为研究对象, 设计了一种利用单片机和无线数据传输芯片构成的无线数据传输系统。该系统以 nRF24L01 无线传输芯片为核心, 飞思卡尔 16 位单片机 PC9S12XS128 控制数据的发射, NetUSB-24L01 无线接收, 并通过 USB 接口将数据发送到上位机; 上位机利用 VC++ 编写数据采集程序, 对数据进行分析、优化, 得到智能模型车运动状态中的相关参数和运动轨迹, 进而提高模型车的行驶速度和操纵稳定性。该系统具有结构简单、工作稳定可靠、传输速率高、体积小、成本低、功耗低等特点。利用该无线收发系统, 对模型车的运动状态和行驶轨迹进行数据采集、分析和优化后, 在自制赛道测试时, 智能模型车的运行时间缩短了 11%。

关键词 无线传输; nRF24L01 芯片; 单片机; 模型车; NetUSB-24L01 模块

中图分类号 TP302

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)02-0063-04

Monitoring System of the Wireless Model Car's Motion State

ZHAO Xuan¹, MA Jian¹, CAO Renlei¹, SHI Jun²

1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China

2. School of Electronic and Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China

Abstract The tracing and intelligence model car is extensively studied in the robot field. This paper focuses on the model car used in the Freescale Cup national smart model car competition. A wireless data transmission system is designed, which is composed of a wireless data transmission chip and MCU, with the wireless transmission chip nRF24L01 as the core component, with Freescale's 16-bit microcontroller-PC9S12XS128 for the data transmission, and with NetUSB-24L01 as the wireless module to receive data and send the data to the host computer through the USB interface. The data acquisition program is written in VC++ and the data is analyzed and optimized to obtain the related parameters and the motion trajectory of the model car, through which to control its speed and improve the stability. This system is simple in its structure, high in reliability and transmission rate, small in volume, and low in cost and power consumption. With the wireless transmission system, the smart model car's running time is reduced by 11% in the self-made track.

Keywords wireless data transmission; chip nRF24L01; single chip; model car; module NetUSB-24L01

0 引言

寻迹智能模型车是机器人领域广泛研究的对象, 国内外很多比赛都以自动寻迹智能模型赛车为内容, 如“飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛和瑞萨超级 MCU 模型车大赛。本

文以参加“飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛的智能模型赛车为研究对象, 设计了一种基于无线传输的运动状态监控系统。该系统采用 Nordic 公司生产的 2.4GHz 频段射频芯片 nRF24L01 作为收发芯片, 以飞思卡尔 (Freescale) 单片机

收稿日期: 2009-02-23; 修回日期: 2009-12-31

作者简介: 赵轩, 博士研究生, 研究方向为电动汽车, 电子信箱: bluesky_xuan@163.com; 马建 (通信作者, 中国科协所属全国学会个人会员登记号: E028900056M), 教授, 研究方向为电动汽车

PC9S12XS128 为控制单元控制数据发送,使用 NetUSB-24L01 为接收模块,并通过 USB 接口把数据传输到上位机。在上位机中利用 VC++编写数据采集程序,在屏幕上实时描绘智能模型车的运动状态、行驶轨迹和性能参数,并将数据保存到硬盘。在计算机中对数据进行分析处理和优化,得到模型赛车的最佳运动状态和性能参数,进而提高模型赛车的行驶速度。系统示意图如图 1 所示。

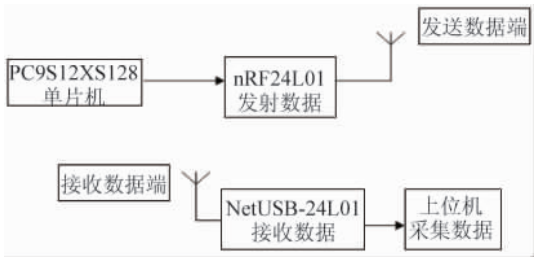


图 1 系统示意图
Fig. 1 System diagram

近年来,随着射频技术、集成电路、自动控制、无线数据通信技术的迅速发展,无线传输技术已经被广泛应用于实际中^[1]。本文设计了一种基于 nRF24L01 的无线数据传输系统,该系统具有工作稳定可靠、传输速率高、体积小、成本低、功耗低、软硬件设计简单、通信稳定、使用灵活等特点^[2]。

1 概述

1.1 nRF24L01 芯片的特点及其应用

nRF24L01 是一款新型单片射频收发器件,工作于 2.4~2.5GHz ISM 频段。内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器、调制器等功能模块,并融合了增强型 ShockBurst 技术,其中输出功率和通信频道可通过程序进行配置。nRF24L01 功耗低,在以 -6dBm 的功率发射时,工作电流只有 9mA;接收时,工作电流只有 12.3mA,多种低功率工作模式(掉电模式和空闲模式)使节能设计更方便。nRF24L01 的主要特性如下^[3]。

- 1) GFSK 调制;
- 2) 具有自动应答和自动再发射功能;
- 3) 片内自动生成报头和 CRC 校验码;
- 4) 数据传输率为 1Mbps 或 2Mbps;
- 5) SPI 速率为 0~10Mbps;
- 6) 与其他 nRF24 系列射频器件相兼容;
- 7) 供电电压为 1.9~3.6V。

nRF24L01 芯片具有两种通信模式:直接模式(Direct Mode)和突发模式(ShockBurs Mode)。直接模式的使用与其他传统射频收发器的原理一样,需要通过软件在发送端添加校验码和地址码,在接收端判断是否为本机地址,并检查数据是否传输正确。突发模式使用芯片内部的先入先出堆栈区,数据可从低速微控制器送入,高速发射出去,地址和校验码由硬件自动添加和去除^[4]。这种模式的优点是:① 可使用低速

微控制器控制芯片工作;② 减小功耗;③ 射频信号高速发射,抗干扰性强;④ 减小整个系统的平均电流。因此使用 nRF24L01 芯片特有的突发模式,可以提高系统整体的性能和效率^[5]。

nRF24L01 的封装和引脚排列如图 2 所示。各引脚功能如下:CE 为使能发射或接收;CSN、SCK、MOSI、MISO 为 SPI 引脚端,微处理器可通过此引脚配置 nRF24L01;IRQ 为中断标志位;VDD 为电源输入端;VSS 为电源地;XC2、XC1 为晶体振荡器引脚;VDD_PA 为功率放大器供电,输出为 1.8V;ANT1、ANT2 为天线接口;IREF 为参考电流输入^[6]。

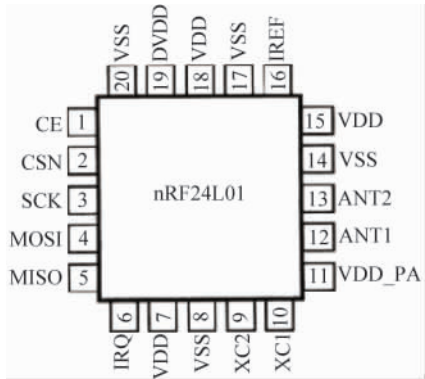


图 2 nRF24L01 引脚图
Fig. 2 nRF24L01 pin diagram

nRF24L01 工作模式有发射模式、接收模式、空闲模式和掉电模式 4 种,通过配置寄存器切换工作模式,如表 1 所示^[7]。

表 1 nRF24L01 芯片工作模式
Table 1 Operation modes of nRF24L01

模式	PWR_UP	PRIM_RX	CE	FIFO 状态
接收	1	1	1	—
发射	1	0	1	数据已在发射堆栈里
发射	1	0	1-0	当 CE 有下降沿跳变时,数据已经发射
空闲 1	1	—	0	此时没有数据发射
空闲 2	1	0	1	发射堆栈空
掉电	0	—	—	—

nRF24L01 芯片在本无线数据传输系统中的应用原理如图 3 所示。

1.2 NetUSB-24L01 简介

杭州威步科技有限公司生产的最新产品 NetUSB-24L01,是在 nRF24L01 的基础上自带控制接收的外围电路和 USB 接口,并提供二次开发包,提供示例代码,无须掌握 USB 驱动开发及 USB 协议和无线通信协议,只需通过软件编程控制无线收发。

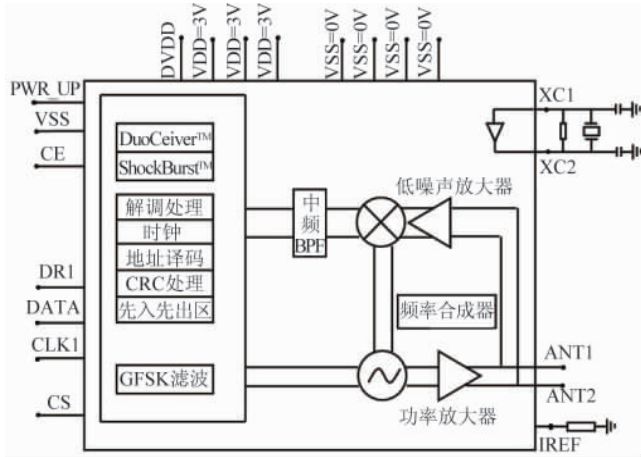


图3 nRF24L01 芯片应用原理图

Fig. 3 Schematic diagram of nRF24L01 application

2 硬件设计

智能模型车采用飞思卡尔公司的 PC9S12XS128 芯片作为控制单元,模型车在运行时,S12 单片机采集来自传感器的路径信号,传感器识别白色背景中的黑色赛道线,根据赛道的方向和位置对模型车的速度和运动方向进行实时控制,同时将事先设定好需要发送的数据发送到 nRF24L01,然后启动发射程序发送数据。nRF24L01 芯片采用 ShockBurst 发射模式,工作速率可达到 1Mbps,因此智能车的运行不会受到发射的干扰。另一方面,nRF24L01 采用 SPI 串行通信接口,采用模拟 SPI 进行数据传输时与 S12 单片机之间只需 6 根线,方便在智能车上添加该系统。

如图 4 所示,S12 单片机的 PORTB0~PORTB5 配置成通用 I/O 引脚,分别与 nRF24L01 的 IRQ、CE、CSN、SCK、MOSI、MISO 连接,控制 nRF24L01 的工作方式,采用 SPI 接口与 CPU 通信。

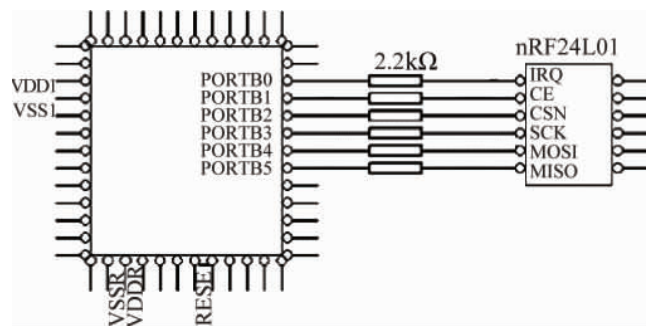


图4 数据发送端电路图

Fig. 4 Data sender circuit

3 软件设计

3.1 数据发送

智能车运行时,S12 单片机根据模型车的运行情况将位

置、速度、方向、路径、电机转速、舵机转角等模型车参数,按照时序由 SPI 口写入 nRF24L01 缓存区,然后 CE 置为高电平,并延时一段时间后发射数据;在应答模式下,nRF24L01 在发射数据后立即进入接收模式,接收应答信号。如果收到应答,则认为此次通信成功,TX_DS 置高,同时 TX_PLD 从发送堆栈中清除;若未收到应答,说明发送失败,并记录下发送失败的次数,自动重新发射该数据^[8]。

发射程序采用 C 语言编写,编译环境为 Code Warrior 4.7,通过清华大学提供的 BDM 将程序烧写到 S12 芯片中。

发送数据的主要代码如下。

```
void Spi_ByteWrite(unsigned char send) //SPI 写字节函数
{
    DATA_BUF=send;
    CLK1=0;
    PWR_UP=1;
    PRIM_RX=0;          //nRF24L01 配置为发射模式
    for(i=0; i<8; i++)
    {
        if(DATA7)        //总是发送最高位
        {DATA=1;}
        else
        {DATA=0;}
        Delay(1);
        CLK1=1;
        DATA_BUF=DATA_BUF<<1;    //左移一位
        Delay(1);                //延时
        CLK1=0;
    }
    printf(TxRxBuf, "%d, %d, %d, %d, %d, %d", speed,
        setspeed, mid, count, dif, numm); //将需要发送的
                                           数据转换格式
                                           后存到数组
                                           TxRxBuf
    RF2401_TxPacket(TxRxBuf)    //数据发送函数
    {
        Spi_ByteWrite(TxAddress[i]); //往数据包写入地址
        Spi_ByteWrite(TxBuf[i]);     //往数据包写入要发送
                                           的数据
    }
}
```

3.2 接收数据

接收数据采用 NetUSB-24L01。该芯片通过 USB 接口与上位机相连。上位机采用 VC++编写的显示界面。硬件驱动程序方面,使用该芯片公司提供的 NetUSB.lib 库函数完成 USB 驱动程序的开发。具体的程序工作过程流程图如图 5 所示。

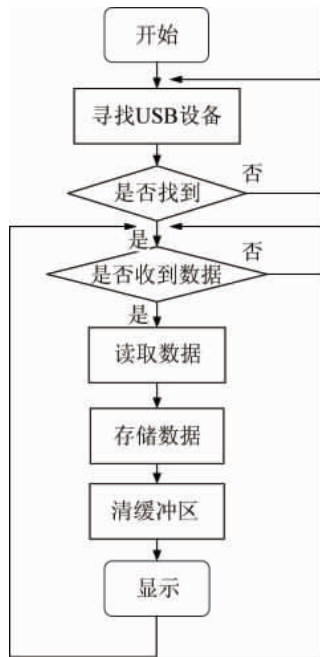


图5 程序流程图

Fig. 5 Program flow chart

4 结论

系统以 nRF24L01 2.4GHz 无线数据传输芯片为核心,“飞思卡尔”杯全国大学生智能车大赛的车模为载体,设计了一套无线数据传输和采集系统,通过使用该系统,可对智能赛车在运行过程中的运行状态进行实时监控,为进一步数据分析、提高赛车速度提供了准确的依据。本文设计的模型车运动状态监控系统具有以下的特点。

1) 利用 nRF24L01 无线数据传输芯片和单片机 PC9S12XS128 构成无线发射模块,使用 NetUSB-24L01 为无线接收模块。

2) 该实用系统是一套能够简单应用在智能赛车上的无线传输系统,硬件电路和控制程序简单,且成本低、体积小、造价低、可靠性好,可以方便简单地在模型车上安装使用。

3) 微处理器技术先进、性能稳定、可靠性高且技术优先。

4) 检测数据可靠、直观,可以保存以便研究分析。图6为上位机根据无线数据传输系统传送的数据,绘制的模型赛车运动状态图。

5) 利用该无线收发系统对模型车的运动状态和行驶轨迹进行数据采集、分析和优化后,在自制赛道上进行测试时,智能模型车的运行时间缩短了 11%。



(a) S形弯道图

(a) S-shaped curve diagram



(b) 十字交叉线图

(b) Cross diagram



(c) 弯道图

(c) Curve diagram

图6 车模运动状态采集图

Fig. 6 Capture of model car's state of motion

参考文献 (References)

- [1] 刘平南, 徐亮. 数据通信技术[M]. 北京: 中国高等教育出版社, 2004.
Liu Pingnan, Xu Liang. Data communication technology [M]. Beijing: China Higher Education Press, 2004.
- [2] 丁永红, 孙运强. 基于 nRF24L01 的无线数传系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2008(4): 15-17.
Ding Yonghong, Sun Yunqiang. Foreign Electronic Measurement Technology, 2008(4): 15-17.
- [3] 时志云, 盖建平. 新型高速无线射频器件 nRF24L01 及其应用[J]. 国外电子元器件, 2007(8): 42-44.
Shi Zhiyun, Gai Jianping. Foreign Electronic Components, 2007 (8): 42-44.
- [4] 刘志平, 赵国良. 基于 nRF24L01 的近距离无线数据传输 [J]. 应用科技, 2008(3): 55-58.
Liu Zhiping, Zhao Guoliang. Applied Science and Technology, 2008(3): 55-58.
- [5] 陈丽娟, 常丹华. 基于 nRF2401 芯片的无线数据通信 [J]. 电子器件, 2006(1): 248-250.
Chen Lijuan, Chang Danhua. Electronic Devices, 2006(1): 248-250.
- [6] 英庆, 王代华. 基于 nRF24L01 的无线数据传输系统 [J]. 无线通信, 2008(7): 68-70.
Ying Qin, Wang Daihua. Wireless Communication, 2008(7): 68-70.
- [7] 陈新兴, 林其伟. 基于 nRF24L01 无线巷道层仪设计 [J]. 福建电脑, 2008(1): 17-18.
Chen Xinling, Lin Qiwei. Fujian Computer, 2008(1): 17-18.
- [8] 季行健, 郑青. 基于 nRF24L01 无线监控系统的应用与实现[J]. 自动化仪表, 2007(9): 38-39.
Ji Xingjian, Zhen Qing. Automation Instrumentation, 2007(9): 38-39.

(责任编辑 朱宇)