

# 基于 nRF24L01 的互动教学系统

张佳恒 朱梦宇 徐寅林

(南京师范大学 物理科学与技术学院, 江苏 南京 210046)

[摘要] 以 STC90LE58RD+ 单片机和 nRF24L01+ 无线射频通信模块为基础实现互动教学系统的研制. 阐述了系统整体结构、硬件电路设计以及软件控制流程, 突出介绍了对通信防碰撞技术的研究. 运行结果表明, 该系统操作方便, 数据传输可靠, 功耗低, 完全能满足课堂互动教学的需求.

[关键词] 互动教学 nRF24L01+ 通信防碰撞 STC90LE58RD+

[中图分类号] TN914 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2011)02-0039-04

## Design of Interactive Education System Based on nRF24L01

Zhang Jiaheng Zhu Mengyu Xu Yinlin

(School of Physical Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** This paper focuses on the design of Interactive Education System based on STC90LE58RD+ and RF module nRF24L01+. Introductions such as the whole structure, hardware and software design are made in details, among which, much emphasis is given on anti-collision technology of communication. Actual operation indicates that this system features not only easy operation, low power consumption, but also is reliable in data transmission, and can fully meet the requirements of interactive teaching in the classroom.

**Key words:** interactive education, nRF24L01+, anti-collision technology of communication, STC90LE58RD+

近年来,随着射频技术、无线通信技术的迅速发展,廉价的、可靠的短距离射频通信技术得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>.国内多家企业致力于研发以无线射频技术和红外遥控技术为通信手段的答题器式互动教学系统,但由于研发者并非工作在教学一线,该系统并不能很好地贴近实际课堂教学需求.本文利用现代无线通信技术构建一个互动教学、学习测评考核系统,可以实现快速电子点名、学习情况的实时反馈及统计分析,以及平时成绩的考核管理等功能.此系统弥补了传统课堂教学师生交流以及学生课堂学习情况记录等方面的欠缺,有效解决了教师和学生之间互动交流的难题.学生人手一个答题器,教师随时出题,学生即时回答,答题结束后立刻呈现统计结果.教师可在课前预先编辑随堂测试题,在任何时候都可利用答题器进行学生学习情况的测评,直接导出测评结果,还可对学生的分数、作答情况等统计数据记录保存.教师获得及时的反馈信息后,可对课程安排做出相应调整,以更好地满足教学.

## 1 系统整体结构

互动教学系统主要由多个发送遥控器和一个接收器构成.学生将教师课堂上所提问题的答案通过手持遥控器在规定时间内发送给教师端接收器.一方面,接收器在收到有效数据包之后立即反馈确认信号;另一方面,PC端应用程序对接收到的数据进行记录、统计、测评,并把已答人次、各选项比例等信息显示在大屏幕上.

本系统采用挪威 Nordic 公司推出的工作于 2.4 GHz ISM 频段的 nRF24L01+ 射频芯片<sup>[2]</sup>.与蓝牙和 Zigbee 相比, nRF24L01+ 射频芯片没有复杂的通信协议,对用户完全透明,同种产品之间能自由通信<sup>[3]</sup>.系

收稿日期: 2011-03-01.

基金项目: 南京师范大学 2009 年教改课题(18122000090101).

通讯联系人: 徐寅林, 博士, 教授, 研究方向: 生物医学电子学. E-mail: xuyinlin@njnu.edu.cn

统由 STC90LE58RD+ 单片机控制无线数据传输芯片 nRF24L01+ ,采用半双工方式通信 ,实现数据的近距离传输. 该系统具有成本低、功耗低、控制方便、工作稳定等特点.

### 1.1 手持遥控器硬件电路

手持遥控器硬件电路主要由 3 部分组成: 按键、STC90LE58RD + 单片机、nRF24L01 + 无线通信模块 原理如图 1 所示.

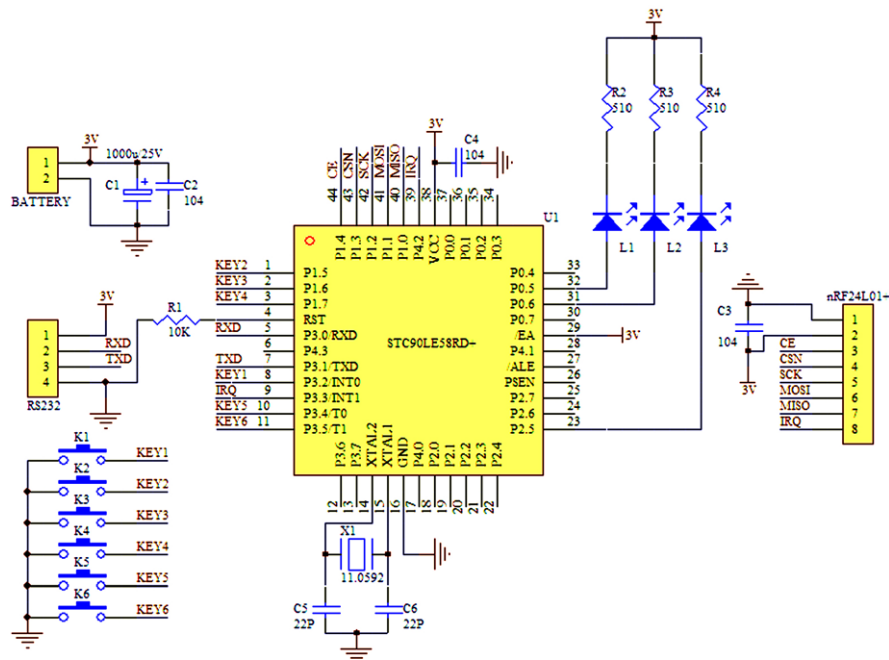


图 1 手持遥控器原理图

**Fig.1 Hardware diagram of the clicker**

STC90LE58RD+ 单片机功耗低, 正常工作模式工作电流  $4 \sim 7 \text{ mA}$ , 掉电模式工作电流小于  $0.1 \text{ }\mu\text{A}$ , 非常适用于电池供电的场合。

本系统中 nRF24L01+ 工作于突发 (ShockBurst<sup>TM</sup>[4]) 模式. 工作在此模式下可以减少系统平均工作电流, 有效降低能耗. 经测试, 系统在发送或接收模式下工作电流为 3 mA, 突发模式下工作电流为 3.5 mA, 掉电模式下工作电流仅为 2  $\mu$ A. 此外, 工作在突发模式下可以减少数据在空中停留的时间, 抗干扰性强.

### 1.2 接收主机硬件电路

教师端的接收主机由 PC 机、STC90LE58RD+ 单片机、nRF24L01+ 无线通信模块 3 部分组成,原理如图 2 所示.

在主机端,STC90LE58RD+ 通过 CH341T 与 PC 机的 USB 口相连;PC 机通过发送命令字通知单片机接收数据,接收到 PC 机接收数据指令后,单片机通过无线收发模块接收数据,接收到的数据通过 USB 口上传到 PC 机。

## 2 系统软件设计

## 2.1 接收主机系统软件设计

接收主机软件流程如图 3 所示.

电路上电后,首先完成 STC90LE58RD + 单片机、nRF24L01+ 和串口的初始化,随后查询串口是否有数据.如有数据则需要判断命令字,根据不同的命令字执行其对应的命令,命令操作包括测试串口,进入接收模式和进入掉电模式.

## 2.2 手持遥控器系统软件设计

手持遥控器软件流程如图 4 所示.

电路上电后,首先完成 STC90LE50RD+ 单片机和 nRF24L01+ 的初始化,随后进入发送模式,读取键

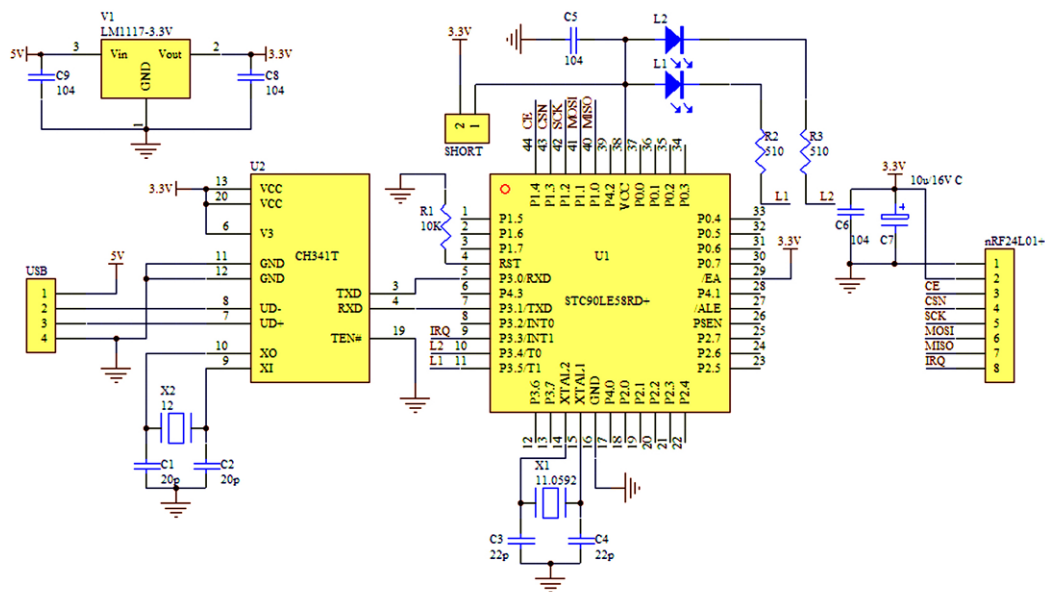


图 2 接收主机原理图  
Fig.2 Hardware diagram of the host receiver

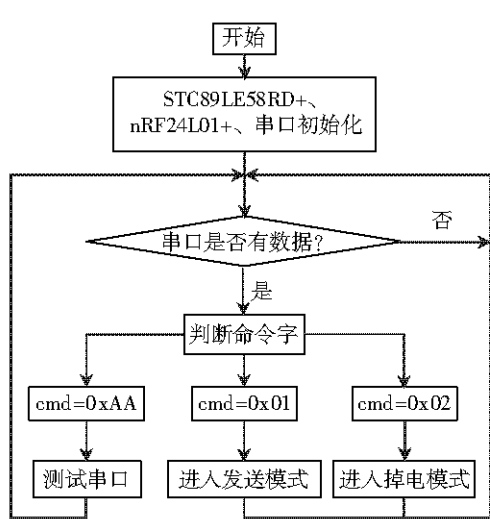


图 3 主机程序流程图  
Fig.3 Flow chart of the host receiver

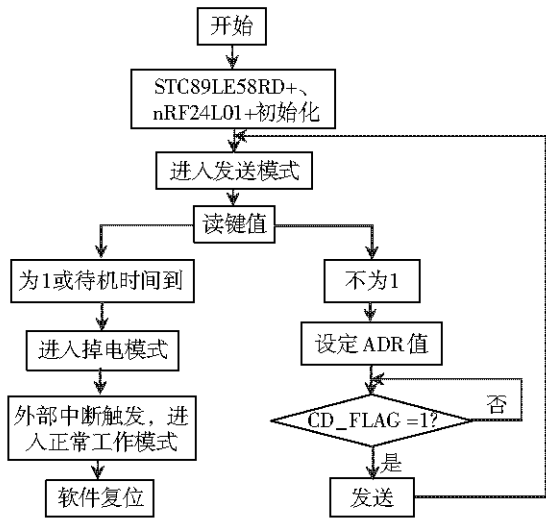


图 4 遥控器程序流程图  
Fig.4 Flow chart of the clicker

值后判断键值. 如果为 1 或者待机时间到则进入掉电模式; 如果不为 1 则设定 ADR 值, 进而判断 CD\_FLAG, 待 CD\_FLAG = 1 时发送数据. 手持机在掉电模式下, 利用按键触发外部中断, 进入正常工作模式后软件复位, 实现下一次答题过程.

2.3 人机交互界面

互动教学系统前端设计就是 PC 端的应用程序, 它用于控制接收主机的运行、对接收到的数据进行后台处理及显示信息等. 图 5 是一个简单的 PC 机程序界面. 准备就绪后点击“开始”或“开始点名”命令按钮, 系统立即开通数据接收通道接收数据并将相关信息显示在指定文本框内, 定时时间到或自主关闭数据接收通道后, 已答人次、各选项比例等信息显示在屏幕上, 从而构成了教学互动.

3 通信防碰撞技术<sup>[5]</sup>研究

在新型互动教学系统中, 一方面, 主机需要遥控器提供准确、及时的数据; 另一方面, 主机必须对接收到的数据快速区分并及时通知用户数据接收成功. 为此, 本系统采用了“随机延时”防通信碰撞协议<sup>[6]</sup>来实现点对多点通信. 主机通过 USB 口接收到 PC 机的允许接收数据命令之后, 就进入到无线接收状态, 用

户即可通过遥控器发送数据给主机,具体流程如图 6 所示.如果没有发生碰撞,主机就会收到正确的数据,然后通知用户数据接收成功;如果发生碰撞,主机就会接收到带有误码的数据,随即将数据抛弃.遥控器在发送数据后等待  $750\ \mu\text{s}$ ,如果没有收到主机的应答信号,随机延时一段时间后,无线模块会继续发送数据直到收到主机的应答信号或是达到设定的重发次数上限.



图 5 PC 端应用程序界面

Fig.5 The interface of PC client application program

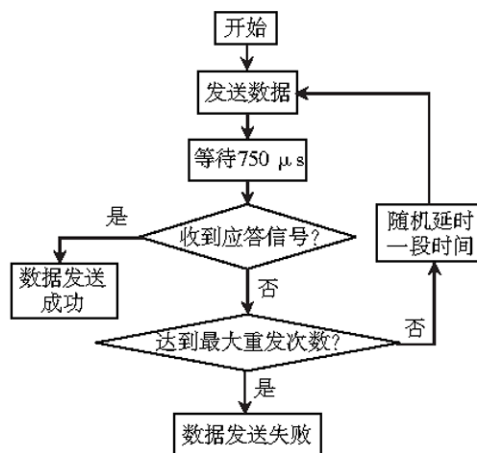


图 6 “随机延时”防碰撞协议流程图

Fig.6 Flow chart of a random delay anti-collision protocol

本设计中数据包重发次数设定为 2 次.如果第一次发送的数据包发生了碰撞,随机延时一段时间后,再次碰撞的概率会大大降低,即重发次数和发生碰撞的概率成反比,故本系统采用的“随机延时”防通信碰撞协议可以有效解决无线通信中的碰撞问题.

## 4 结语

本文提出了新型互动教学系统的软硬件设计方案,阐述了系统整体结构,并分析了通信防碰撞技术的研究.近半年实际应用表明,该系统能够实时、准确地实现点对多点数据传输,通信质量稳定、可靠、抗干扰能力强,具有广阔的应用前景.

## [参考文献](References)

- [1] 丁永红,孙运强.基于 nRF2401 的无线数传系统设计[J].国外电子测量技术,2008,27(4):45-47.  
Ding Yonghong, Sun Yunqiang. Design of wireless data transfer system based on nRF2401 [J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2008, 27(4): 45-47. (in Chinese)
- [2] 廖平,乔刚.基于 nRF2401 的近距离点对多点无线通信系统[J].现代电子技术,2006(11):18-20.  
Liao Ping, Qiao Gang. Short range wireless communication system from one to many based on nRF2401 [J]. Modern Electronics Technique, 2006(11): 18-20. (in Chinese)
- [3] 侯天星,王凤新.基于 nRF2401 的无线数据传输系统[J].中国农学通报,2009,25(7):258-263.  
Hou Tianxing, Wang Fengxin. A wireless data transmission system based on nRF2401 [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(7): 258-263. (in Chinese)
- [4] Nordic Corporation. nRF2401 Preliminary Product Specification[EB/OL]. [2011-03-01]. <http://www.nordicsemi.no>.
- [5] 曹平,包志华,游玉俊.近距离无线通信防碰撞技术研究[J].信息技术,2007(1):78-80.  
Cao Ping, Bao Zhihua, You Yujun. Research on anti-collision technology in near field communication [J]. Information Technology, 2007(1): 78-80. (in Chinese)
- [6] 韦日华,张春,王志华.一种点对多点无线数据传输系统的设计[J].电讯技术,2003(5):29-33.  
Wei Rihua, Zhang Chun, Wang Zhihua. Design of a point-to-points wireless data traffic system [J]. Telecommunication Engineering, 2003(5): 29-33. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]