

基于有源 RFID 的电器开关识别和控制电路

梁竞雅, 张俊波, 涂振宇, 沈桢砾, 曹建民
(深圳大学 电子科学与技术学院, 广东 深圳 518060)

摘要: 设计了一种基于远程计算机网络监控电器开关的电子标签控制和识别电路, 可以用于控制电器开关的通断, 同时检测电器开关的真实状态, 并将相关信息反馈给用户。设计实现了现场手动开关和远程遥控开关的相互独立, 且充分考虑了低功耗、小体积和良好的通信性能, 符合物联网的发展趋势。

关键词: 电器开关; 无线监控; 电子标签

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)02-0021-04

A tag to identify and control electrical switches based on active RFID

Liang Jingya, Zhang Junbo, Tu Zhenyu, Shen Chengluo, Cao Jianmin
(College of Electronic Science and Technology, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

Abstract: This paper designs an electronic tag for monitoring the status of electrical switches, which is based on remote computer network. It can be used to turn on or turn off the electrical switches, to detect the true state of electrical switches, and to return relevant information to the user. This electronic tag, with low power consumption, small size and good communication performance, makes the manual switch and remote control switch mutually independent, catering to the development trend of Internet of Things.

Key words: electrical switches; wireless monitoring; electronic tags

近年来社会上涌现出各种类型的遥控开关, 都能实现对电器开关的控制, 但是往往忽略了对开关的监视, 即远程网络触发控制开关后, 人不在现场, 对遥控连接的开关是否真正动作不得而知。可见对网络遥控的电器开关不但需要控制, 还需要识别和监视, 做到真正意义上的监控, 以增加实用性。关于通信方式, 蓝牙、ZigBee 技术控制电路复杂且昂贵, 而 315 MHz 或 433 MHz 无线遥控技术容易受到干扰^[1]。

本设计以特高频 2.4 GHz 无线电技术为通信方式, 附加分时、跳频和数据重发等技术, 大大改进系统通信性能, 并且加入交流开关检测电路、双控开关电路等, 旨在解决现有电器开关的状态不能实现远程识别和监视的问题。本设计只需将一个标签电路加载在现有的开关插座中, 即可实现对多个电器开关的现场手动开关监控、本地触摸屏无线监控、远程终端 Web 监控等 3 种监控方式, 可应用于各种需要监控电器开关的场合。

1 系统组成及工作原理

无线电器开关监控系统如图 1 所示。系统采用了主设备、从设备、远程终端的框架结构, 主设备是一个以《微型机与应用》2014 年第 33 卷第 2 期

ARM 嵌入式为核心的读写器, 通过 WiFi 或者网口接入以太网作为服务器; 从设备是电器开关节点, 加入本设计的电子标签电路, 负责控制并检测电器开关的状态。

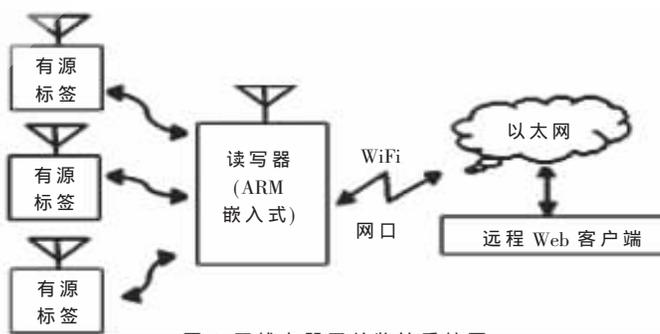


图 1 无线电器开关监控系统图

有源电子标签具有唯一的身份识别码(即 ID 号), 与开关控制模块和状态确认模块相连接, 控制电器开关的通断, 同时检测电器开关的真实状态。在读写器的有效工作范围内, 读写器可与多个电子标签进行信息交互, 获取每个开关的状态确认信号, 以供用户访问。用户可以直接通过读写器上的 QT 人机交互界面对电器开关进

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 25

硬件纵横

Hardware Technique

无线监控,也可以在网络控制界面通过“刷新”命令实时采集各电子标签的状态,以及有针对性地对特定电子标签进行控制。

2 硬件设计

2.1 有源电子标签系统框图

本设计的有源电子标签系统框图如图 2 所示。其中,超低功耗单片机 PIC24F16KA102、555 可重复触发单稳态电路、无线收发模块 nRF24L01、3.3 V 电源稳压模块构成了有源电子标签,易于安装拆卸;有源电子标签有两个接口,输入接口是交流检测电路,用于检测电器开关的真实状态,输出接口是双控开关电路,用于控制电器开关的通断,因为这两部分体积较大且直接与市电连接,故共同封装。

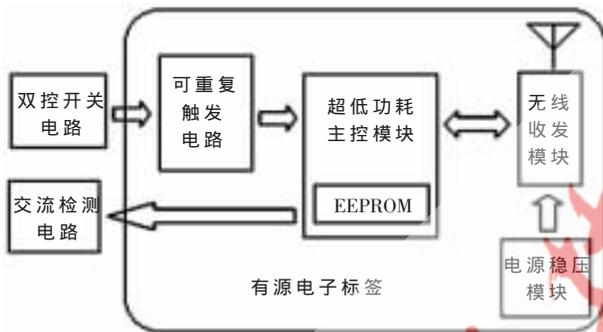


图 2 有源电子标签系统框图

2.2 有源电子标签电路

2.2.1 双控开关电路

为了实现网络远程遥控开关和现场手动开关都能单独改变电器状态且互不影响,设计了一种实用的双控开关电路,如图 3 所示。

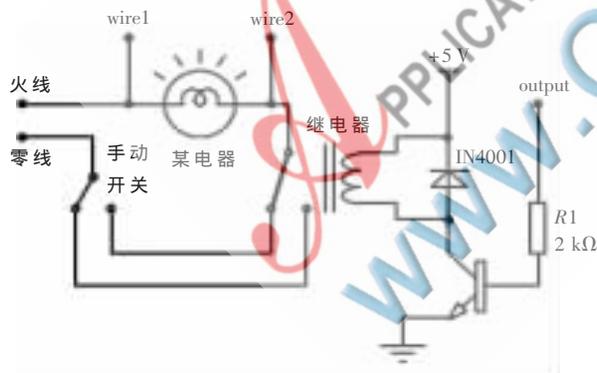


图 3 一种实用的双控开关电路

图 3 中,output 连接电子标签的输出控制接口。当 output 输出高电平时,三极管 9013 导通,从而驱动继电器闭合;否则继电器断开。由此,远程遥控可以通过改变 output 的电平来改变电器的状态;同时,无论继电器开关处于何种状态,只要现场拨动“手动开关”,就能改变电器的状态。该双控开关具有明显的优点,当继电器控制电路出现故障时并不影响手动开关的功能,具有较强的实用性,即遥控开关和手动开关相互独立。

26

2.2.2 电器开关状态检测电路

一般的遥控开关都不能检测开关的实际状态,而本电路设计了用于检测电器开关的实际状态的电路,如图 4 所示,包括交流检测电路和 555 可重复触发单稳态电路两部分。

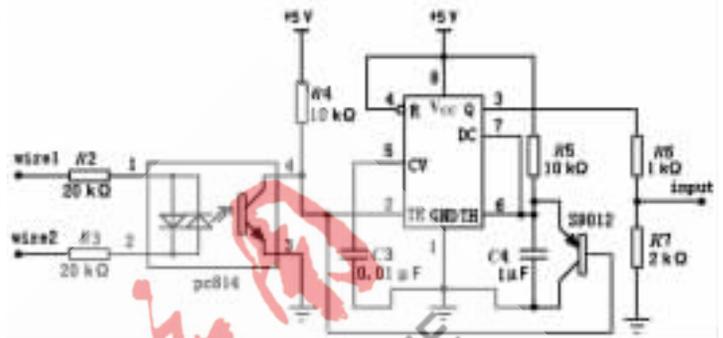


图 4 电器开关状态检测电路

电路采用了一个交流光耦(PC814)直接连接在电器两端。当双控开关连通时,电器两端将有 50 Hz 的交流电压,经过交流光耦后,在光耦的 4 脚上就会产生一个 100 Hz 的矩形波脉冲信号;当双控开关断开时,光耦的 4 脚上输出为高电平。

为了利用电子标签中单片机的中断功能,还需加入一个“可重复触发单稳态电路”,本设计采用了以 555 时基电路组成的单稳态电路。可重复触发单稳态电路在暂稳态期间响应接收到的新触发信号,电路重新被触发,使暂稳态延续。当两个相连触发脉冲的间隔时间小于暂稳态持续时间 $t = 1.1 \times R5 \times C4$,暂稳态将被延续,即合理设置 $R5$ 、 $C4$ 可以使输出端持续输出高电平;当输入端输入高电平时,输出端为低电平。

由此,可以利用电子标签 input 引脚的“电平变化中断”来判断电器的状态。本电路直接利用交流光耦和 555 电路检测电器的两端是否有交流电,而不是通过软件处理得到电器的状态,因此可以准确地知道电器的真实状态,减少误判。同时,即使单片机损坏或继电器驱动回路损坏,手动开关依然可以控制电器,不受其影响。

2.2.3 主控模块

主控模块采用 PIC24F08KA102 超低功耗单片机,其典型休眠电流理论上可以低至 20 nA。该单片机具有 SPI、3 个外部中断、16 个端口变化中断等接口,还具有内部 EEPROM,完全可以满足有源标签的设计需求。

本电路采用内部 EEPROM 储存标签的身份识别码(ID),以避免外接 EEPROM 带来的功耗,节省了器件。主控单片机的电路图如图 5 所示,其中共使用 8 个引脚,CE、CSN、SCK、MISO、MOSI、IRQ 等 6 个引脚用于控制无线收发模块;input 引脚用于检测电器的实时状态;output 引脚用于驱动继电器。

2.2.4 无线收发模块

无线收发模块选用挪威公司的 nRF24L01 射频收发
《微型机与应用》2014 年第 33 卷第 2 期

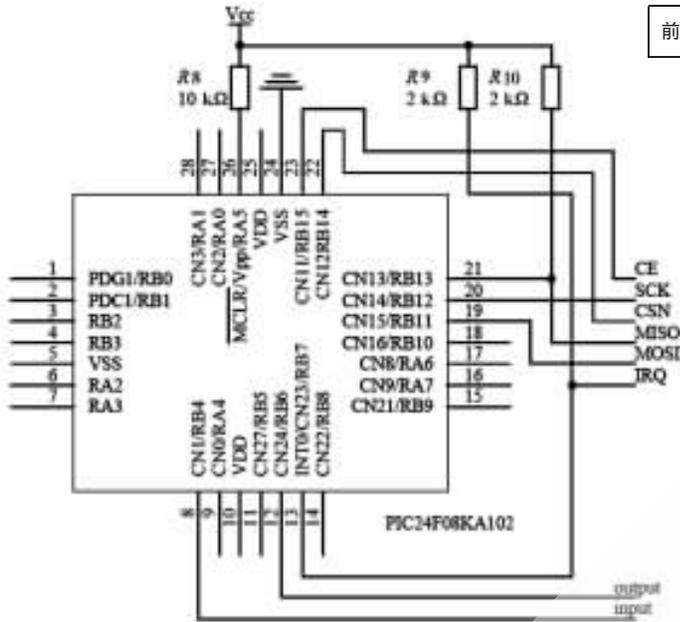


图5 PIC24F16KA102的连线图

芯片,采用SPI接口与主控单片机通信。nRF24L01是一款工作在2.4 GHz~2.5 GHz世界通用频段的单片无线收发器芯片,内置调制器/解调器、功率放大器、晶体振荡器等电路。它有以下特点:具有125个可选频道,可用于跳频通信,降低周围环境的干扰;具有自动重发和应答功能,数据传输可靠性较高;体积小,采用QFN封装,芯片面积仅4 mm×4 mm;功耗低,在以0 dBm的功率发射时,工作电流只有12.3 mA,接收时工作电流只有11.3 mA,在空闲模式下电流消耗更低^[2]。因此,此款无线模块非常适用于电子标签。

2.2.5 电源模块

本电路电子标签充分考虑了低功耗设计,但考虑到驱动继电器需要较大的电流,因此使用电池就显得不足。由于开关暗盒里有火线和零线,因此本电路采取开关电源模块将220 V交流转成直流5 V供继电器使用,再通过3.3 V稳压芯片AMS1117将5 V转成3.3 V供单片机和射频模块nRF24L01使用。电路如图6所示。

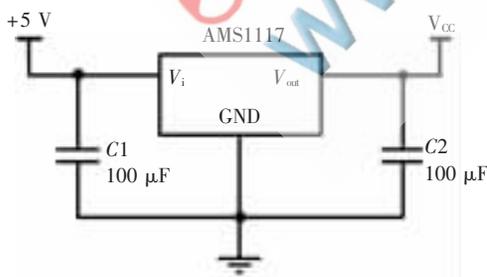


图6 nRF24L01的连线图

3 软件设计

3.1 系统发送数据包格式

为了能够识别大量不同的电子标签信息,设置nRF24L01的数据包形式如图7所示。

| 前导码 | 发送地址(3~5 B) | 有效数据(1~27 B)+ID号(5 B) | CRC 校验 |
|-----|-------------|-----------------------|--------|
|-----|-------------|-----------------------|--------|

图7 nRF24L01数据包形式

其中前导码和CRC校验码分别用来同步数据和数据校验,由nRF24L01自动添加。发送地址是接收方的地址。将有效数据拆分成两个部分,一部分包括27 B以内的数据,这里包含电器开关的状态数据;另一部分则是电子标签的ID号,占用5 B(40 bit),符合电子标签的设计要求。当标签读写设备接收到一个数据包,首先判断识别码(ID号),再去处理相关数据,从而能够区分不同标签的数据。

3.2 电子标签工作流程

为达到超低功耗目的,主控单片机有两种工作流程,都采用中断的方式工作。控制流程如图8所示。其中,无线收发模块接外部INT0中断;开关检测输入接RB4电平变化中断。

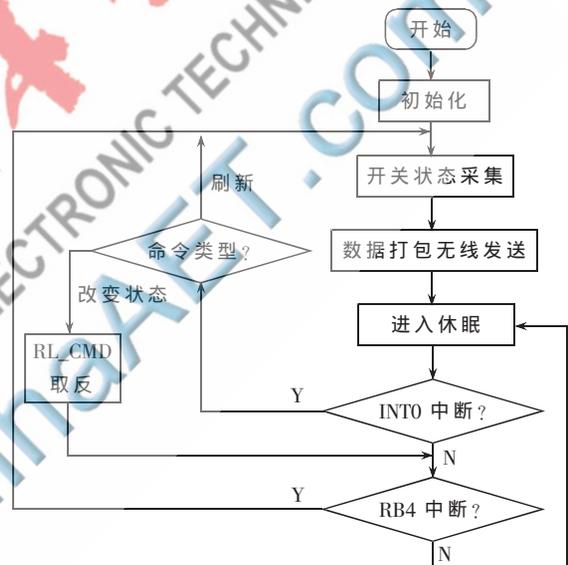


图8 主控单片机工作流程图

当主控单片机上电后,经过一系列初始化便进入了休眠模式,功耗极低。当手动开关变化引起电器开关状态变化时,产生RB4中断“唤醒”单片机,进入开关状态采集并通过无线告知电子标签读写器,从而使用户获得准确的电器开关状态显示;当在控制界面发出“改变状态”或者“刷新”电器开关的命令时,信号会通过电子标签的读写器告知电子标签,引起单片机的INT0中断。中断唤醒单片机首先进行命令判断,如果是“改变状态”命令,则将继电器标志位RL_CMD取反,通过output引脚控制电器开关变化,同时通过RB4中断检测电器开关的实际动作情况,并向读写器反馈开关的状态信息,这对远程网络控制非常必要;如果是“刷新”命令,直接进入开关状态采集发送工作流程,获得开关的真实状态,这对于网络控制界面新启动或者重启时非常必要。

一般来说,对电器开关的控制次数较少,电子标签

大部分时间都处于休眠模式；对开关的状态控制变化时，都是通过中断技术进行处理，处理完毕后又进入休眠模式。因此总体上控制单片机功耗极低。

3.3 同频干扰对策

由于 2.4 GHz 的无线设备比较多，本设计也不可避免地会受到同频干扰的影响，主要是 WiFi 和蓝牙的影响。

其中 WiFi 频段相对固定，包括 13 个信道，每两个信道相隔 5 MHz，频段从 2 412 MHz~2 472 MHz，而本无线收发模块 nRF24L01 的频段在 2 400 MHz~2 524 MHz，共 125 个频道可任意选择。因此选择避开 WiFi 的频道，就大大地防止了 WiFi 信号的干扰。

由于蓝牙是在 75 个频点内快速跳频以寻找可以握手的设备，频道利用不稳定。本系统采用了以跳频算法为核心的错误重传机制，在错发较多或者无应答时将切换频道重发，可以大大防止蓝牙的干扰^[3]。

4 系统性能测试

4.1 通信距离测试

测试的场地首先选择广阔的田径场，将阅读器与电子标签分别作为接收端与发送端进行通信距离的测试。在测试中将电子标签的发射功率设置为 +22 dBm，工作频率为 2 400 MHz，每次传送 32 B 的数据，开启 CRC 校验。距离 200 m 时数据传输稳定，应答灵敏。

对标签采用相同的设置，在有多间教室的实验楼环境下进行另外一组测试。在 70 m 范围内应答迅速，没有出现紊乱无应答情况，可见足以应用于各办公环境场地。

4.2 标签功耗估算

表 1 为标签功耗数据，nRF24L01 发射功率可调，本设计采用 DC=3.3 V，发射功率为 -5 dBm。利用器件的睡眠状态能极大降低标签的功耗，从而大大提高了系统的实用性。

表 1 标签功耗

| | 发射时功耗 | 接收时功耗 | 睡眠模式下功耗 |
|---------------|-------------|-------------|--------------|
| PIC24F16KA102 | 200 μ A | 200 μ A | 0.2 μ A |
| | 0.66 mW | 0.66 mW | 0.66 μ W |
| nRF24L01 | 10.5 mA | 18 mA | 400 nA |
| | 34.65 mW | 59.4 mW | 1.32 μ W |
| 标签功耗 | 35.31 mW | 60.06 mW | 1.98 μ W |

本文设计了一种电子标签识别和控制电路，只需加载在现有的开关插座上，即可用于控制电器开关的通断，同时检测电器开关的真实状态，且远程遥控开关和现场手动开关是相互独立的。本产品功耗低，体积小，加装方便，借用了有源 RFID 技术，在能够识别大量电子标签的技术上，利用分时、跳频和重发机制使通信性能更加稳定，可应用于各种需要网络监控电器开关的场合。系统中还利用 ARM 嵌入式计算机的上网技术，作为服务器供远程计算机网络对电器开关进行监控，符合物联网的发展趋势。系统的设计及功能均得到了最终的实物验证。

参考文献

- [1] 程作霖, 郑天津, 梁振杰, 等. 电器开关无线监控系统设计[J]. 微型机与应用, 2012, 31(23):81-84.
- [2] 严林祥, 张红雨. 基于 nRF24L01 的防拆卸有源电子标签设计[J]. 电子技术应用, 2013, 39(8):44-46.
- [3] 何哲. 基于 nRF24L01 和 STM32 的无线文件收发系统[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2011(4):91-93.

(收稿日期: 2013-10-29)

作者简介:

梁竞雅, 男, 1990 年生, 本科, 主要研究方向: 无线传感器网络。

曹建民, 男, 1964 年生, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向: 电子科学与技术。