

# 基于 STM32 的嵌入式智能家居无线网关设计

王超<sup>1</sup>, 骆德汉<sup>1</sup>, 郑魏<sup>2</sup>, 姚长标<sup>2</sup>, 廖中原<sup>2</sup>

(1. 广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510006;

2. 瑞德电子实业有限公司, 广东 佛山 528300)

**摘要:**为了使家居生活变得更加方便和轻松,也为了满足现代智能家居对控制设备集成化、小型化的要求,文中设计了一款基于 STM32F103C8T6 的无线网关。该无线网关通过 WiFi 模块来接收由平板电脑上家电控制软件下发的控制命令,经过数据处理和协议转换,再通过 RF(主)模块发射给由 RF(从)模块组联的家电网络,来达到对对应家电的控制。同时,如果某一款家电状态有变化,也会及时通过网关反馈给平板电脑进行显示。该方案解决了对家电信息实时监控和对家电的远程遥控问题。经过实验测试,该网关具备轻巧、控制精准、数据吞吐量大、速度快等特点,非常适宜在智能家居系统中应用。

**关键词:**STM32;无线网关;WiFi 模块;RF 模块

**中图分类号:**TP39

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)03-0241-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.061

## Design of Embedded Intelligent Home Wireless Gateway Based on STM32

WANG Chao<sup>1</sup>, LUO De-han<sup>1</sup>, ZHENG Wei<sup>2</sup>, YAO Chang-biao<sup>2</sup>, LIAO Zhong-yuan<sup>2</sup>

(1. College of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Rada Electronic Industries Limited, Foshan 528300, China)

**Abstract:** In order to make household life become more convenient and relaxed, also meet the requirement of the modern intelligent household to make control equipment integrated and miniaturization, design a wireless gateway based on STM32F103C8T6. This wireless gateway receives control command from the control software of home appliance which installed in the tablet computer through the WiFi module, after the data processing and protocol conversion, then send the control signal to the home appliance network united by RF (slave) module through the RF (host) module. The wireless gateway realizes the control of home appliance through this way. At the same time, if a particular model of home appliance changes state, it also can timely feedback to the tablet computer to display through the gateway. This plan solved the problem of real-time monitoring of home appliance information and the functions of remote control. The experimental results show that, the wireless gateway has the characteristics of light and handy, high control precision, data large quantity and high speed. It's very appropriate for intelligent household system application.

**Key words:** STM32; wireless gateway; WiFi module; RF module

## 0 引言

随着计算机技术、通信技术和网络技术的发展,以及人们物质生活水平的不断提高,人们的工作、生活与通讯、信息的关系日益密切,人们越来越注重家居生活的安全、健康、快捷和舒适。由于日常家居中家电产品种类日益增多,如何有效地将它们结合成为一个有机

的整体,解决分散控制所带来的不便,更好地为人们提供家居生活的各类信息,对它们进行统一的管理和监控,是人们一直追求的,也是家居生活的未来发展方向。

文中基于此目的,提出了一种基于 STM32 的嵌入式智能家居无线网关,它可以通过 RF 模块把日常家电组成一个无线网络,使得智能家居中各家电具有更大的灵活性及流动性。无线网关通过 WiFi 模块与平板电脑进行通信,使得控制起来灵活自如,不受拘束。通过平板电脑 Android 系统下家电控制软件生动逼真的控制界面对应的家电进行操控、组织管理和状态监控,更使得家居生活变得简单、快捷和充满乐趣。

**收稿日期:**2012-07-02; **修回日期:**2012-10-08

**基金项目:**2011 年广东省现代信息服务业发展专项资金(RD20120303003)

**作者简介:**王超(1986-),男,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统及其智能控制;骆德汉,博士,教授,博导,研究方向为嵌入式控制系统及仿生嗅觉。

# 1 无线网关总体设计和智能家居控制系统工作机理

## 1.1 智能家居无线网关的总体设计

无线网关是整个智能家居控制系统的数据中转站和沟通媒介,是整个系统设计的关键。该无线网关以 STM32 为控制核心,主要分为 5 个模块,分别是 WiFi 模块、RF 模块、中央控制器模块、电源模块、JTAG 仿真调试模块。其结构如图 1 所示。由于该网关采用了两种通信技术,为保证数据流流动过程中数据流流向的正确性以及数据的准确性,该网关分别对 WiFi 模块通信和 RF 模块通信设计了相应的通信协议和控制命令编码。

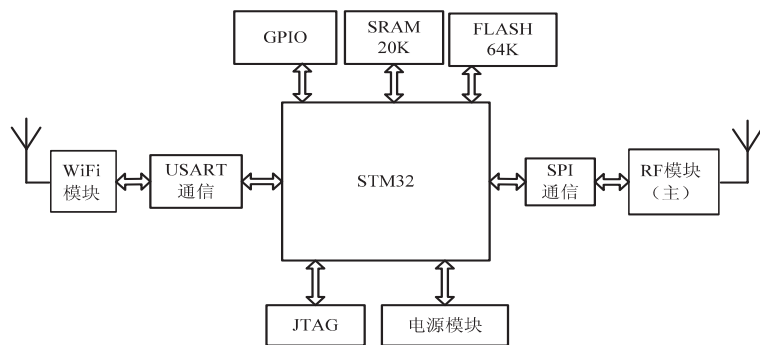


图 1 智能家居无线网关总体架构图

## 1.2 智能家居控制系统的工作机理

如图 2 所示,平板电脑 Android 系统上的家电控制软件,当其相应的家电控制界面上对应功能的虚拟按键一经触发,便通过其自带的 WiFi 模块下发对应功能的编码命令。与此同时,STM32 主控芯片也通过 WiFi 模块接收相应的控制命令编码,并在内部经过协议转换和数据处理后,再传输给 RF 模块(主),RF 模块(主)同样按照相应的协议标准对数据编码进行必要的处理后<sup>[1]</sup>,发射给对应家电的 RF 模块(从),当对应家电上的 RF 模块接收到正确的控制命令编码后,便可以通过家电控制器来控制家电执行相应的操作。同时,STM32 控制器也会定时地通过 RF 模块来查询所有联网家电的状态,如果某一款家电的状态发生了改

变,当 STM32 接收到新状态后也会经过数据处理和协议转换,及时地通过 WiFi 模块反馈到平板电脑上进行显示,这样一来就达到了智能家居中,家电控制器集中管理、控制器位置不受拘束、灵活多变、家电状态实时监控的目的。

## 2 智能家居无线网关硬件平台的设计

无线网关所涉及到的硬件部分主要包括主控芯片 STM32、RF 模块、WiFi 模块、电源模块等。

对主要模块的硬件组成以及通信机制介绍如下。

### 2.1 主控芯片

该网关主控芯片选用 STM32F103C8T6,是 ST 公司生产的基于 Cortex-M3 内核的 ARM 处理器,48pin,最高主频达 72MHz,拥有 64K 的 FLASH、20K 的 SRAM、1 个高级定时器、3 个通用定时器、1 个 DMA 控制器、2 个串行外设接口(SPI)、3 个通用同步异步收发器(USART)、模拟/数字转换(ADC)等等,外设种类齐全、功能强大,特别是可以通过 RCC 对外设时钟进行管理,来达到低功耗的目的。STM32 是整个网关的核心,作为整个网关的控制管理者和各模块间协调工作的调度者。

### 2.2 RF 模块

RF 模块主要由 PIC16F726 单片机和通用 ISM 频段收发器 SI4421 构成。STM32 通过寄存器配置,把自身的 SPI 外配置为主模式,并遵循预先制定的协议通过 SPI 向 RF 模块发送编码数据。在 RF 模块中, PIC16F726 单片机自身的 SPI 被配置为从模式,用来接收由 STM32 发送过来的编码数据,进行处理后再通过模拟 SPI 通讯发送给 SI4421,SI4421 再通过已设定的频段对外发射控制命令<sup>[2]</sup>,对应家电控制器上的 RF 模块一经接收到控制命令,便会通过家电控制器来控制家电执行相应的操作。

### 2.3 WiFi 模块

WiFi 模块这里选用的是 WIZ610wi,最大可达 25Mbps 的数据流传输,频率范围为 2.412 ~ 2.485GHz,支持串口到无线的应用,同时提供 RS-232C 或以太网到 IEEE802.11b/g 的无线通信的桥梁。任何具有 RS-232C 接口和以太网接口的设备都可以很容易地建立起无线网络,实现远程管理和控制。

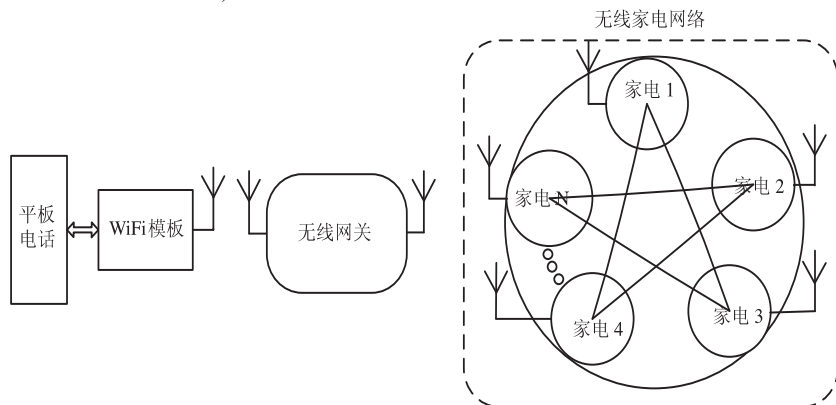


图 2 智能家居控制系统总体架构图

无线网关通过串口 (USART) 来把 WiFi 模块接收到的编码数据传输到 STM32 内部数据寄存器,并通过 DMA 加快数据流的流动,使接收到的编码数据及时地处理并通过 RF 模块发送出去<sup>[3]</sup>。家电的反馈状态也可以通过 DMA 快速地传输给串口 (USART),并通过 WiFi 模块反馈给平板电脑显示。

3 智能家居无线网关软件平台的设计

网关的软件平台是整个网关设计上的重点、难点与核心,是作为整个网关数据处理的载体。软件主要涉及到一些模块间的通信及数据流的协议转换方面的工作。

3.1 网关无线编码协议简介

为了达到无线控制家电的目的,在设计该网关的同时,特别定义了无线编码协议标准。如表 1 所示,起始代码和公司编号都是为了确定接收或者发送的编码是否有效,产品编号决定具体是哪一款家电,消息体类型分为“00”(查询)和“11”(控制),决定了接收或者发送的 10Byte 是作为控制家电执行相应操作还是返回目前的状态。最后一个 Byte 是校验位,是前 9 个 Byte 的异或,用于校验接收或者发送的数据是否在传输过程中出错<sup>[4]</sup>。其他位分别代表家电的状态控制。

表 1 无线协议编码表

1byte	1byte	1byte	1byte		
			7~4 位	3~2 位	1~0 位
起始代码	公司编号	产品编号	产品个数	消息体类型	产品状态

1byte	1byte		1byte		1byte	1byte	1byte
	7~4 位	3~0 位	7~6 位	5~0 位			
产品功能			无线发射次数				校验码

3.2 网关软件所涉及的外设及其中断

STM32 外部拓展的 WiFi 模块与 STM32 芯片通过串口 (USART) 进行通信,并采用 DMA 进行数据的传输。编码数据采用 DMA 接收中断进行接收,接收到的数据经过处理后,通过 SPI 接收中断进行发送。所有这些操作都在通用定时器 (TIM2) 的定时中断所设定的标志位下完成。即定时器中断为 0 号抢占优先级,相应的 SPI 接收中断为 1 号抢占优先级、DMA 接收中断为 2 号抢占优先级。

3.3 无线网关软件总体工作流程

每款家电的状态查询或状态改变都是由上述无线编码表的 10Byte 组成,  $N$  款家电即为  $(N * 10)$  Byte。把这  $(N * 10)$  个数据放在  $Based[(N * 10)]$  的一位数组里面,并在初始化的时候为其赋入一个可以对每一款家电进行状态查询的  $(N * 10)$  Byte 个有效的数据<sup>[5]</sup>。

当网关在没有接收到平板电脑通过 WiFi 发下来的家电控制编码数据的时候,将通过 SPI 与 RF 模块通信<sup>[6]</sup>,每隔 500ms 查询一下家电状态是否由于人工手动控制物理按键而改变。若发生改变,则设置对应家电的标志位。并通过 WiFi 模块把状态发生改变的家电对应的 10Byte 反馈给平板电脑,及时更新显示。

当网关接收到平板电脑通过 WiFi 模块发下来的家电控制编码数据的时候(注:每一次只能改变一款家电的状态),网关通过数据处理,把原有家电所在数组位置的 10Byte 覆盖<sup>[7]</sup>,仍然通过判断 500ms 标志位,进行数据传输和无线发送,来及时地改变对应家电的状态<sup>[8]</sup>。这里当 SPI 有数据传输,也即 RF 模块有数据发送的时候,LED 指示灯会通过快速闪烁来进行提示。具体的软件工作流程如图 3 所示。

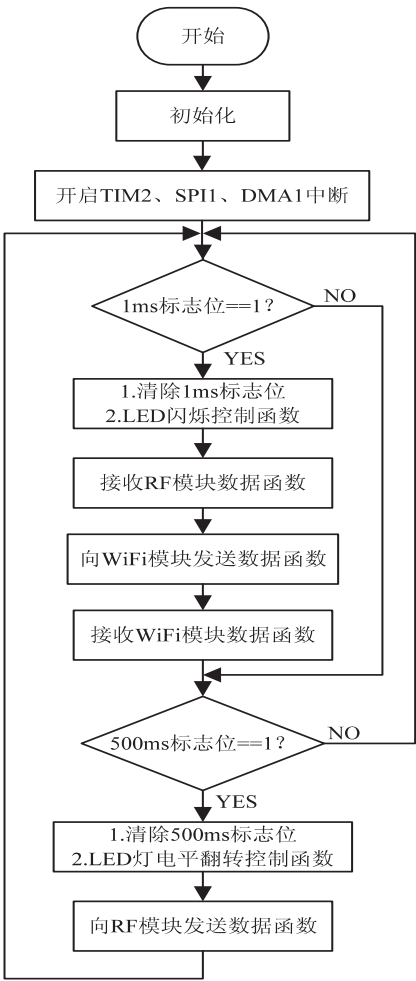


图 3 网关软件总体流程图

3.4 RF 模块软件总体工作流程

如图 4 所示,RF 模块接收到 STM32 通过 SPI 发送过来的控制命令编码后,在 SPI 数据接收处理函数中,首先要对接收到的  $N * 10$ Byte(即  $N$  款家电,每款家电数据编码占用 10Byte)编码数据进行处理<sup>[9]</sup>,由于每一次通过平板电脑的家电控制界面只能对某一款家电进行操控,所以只允许一款家电的控制数据中的消息体

类型为“11”。通过循环判断哪一款家电的消息体类型为“11”,就只保留该款家电控制数据的 10Byte,其他数据全部舍弃<sup>[10]</sup>。接着,判断这 10Byte 数据的产品编号是否是 0xFF,若是则证明该组数据是用来控制家电全开全关的,否则该组数据是用来控制具体的某一款家电的。

经过上面的处理之后,数据将被传输给无线发送和家电状态反馈接收函数,在这个函数中,将根据前面对应的情况进行数据的发送和对应的家电状态的接收<sup>[11]</sup>。若该 10Byte 是用来控制某一款家电的,那么通过无线发送后,RF 模块将等待对应家电把它的状态反馈回来,来证明接收控制命令成功,否则,RF 模块将继续向其发送控制数据,直到到达 6s 时长,即证明该家电离线<sup>[12]</sup>。若该 10Byte 是用来控制所有家电的全开或者全关的,RF 模块发送完控制数据后,将要等待这  $N$  款家电的状态反馈,其中某一款家电离线不会影响整个家电网络数据的反馈过程。

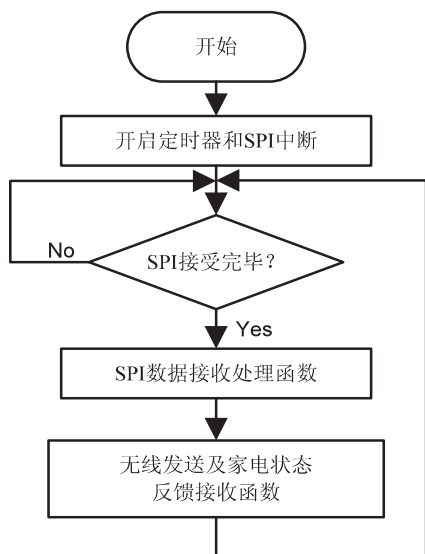


图 4 RF 模块程序流程图

## 4 无线网关样机

无线网关样机如图 5 所示。

## 5 结束语

文中提出了一种嵌入式无线网关设计与实现方案,该网关采用低功耗的 STM32 为核心,通过 WiFi 模块与平板电脑通信,来接收控制命令和反馈家电状态。通过 RF 模块对各个家电进行无线遥控和状态查询。整个网关实现了对家电控制器的集中管理、家电状态的实时监控以及家电的远程遥控。实验表明,该网关性能稳定、控制灵敏、抗干扰性强,协议转换效率高,同时具有很好的通用性,非常适合在智能家居系统中应用。



图 5 无线网关样机图

### 参考文献:

- [1] Mak S. A Model of Information Management for Construction Using Information Technology [J]. Automation in Construction, 2001 (10): 37-41.
- [2] 满莎,杨恢先,彭友,等.基于 ARM9 的嵌入式无线智能家居网关设计[J]. 计算机应用, 2010, 30 (9): 2541-2544.
- [3] Yang G, Rong C M, Ping D Y. A Distributed Honeypots for Grid Security[C]//Proceeding of the 2nd International Workshop on Grid and Cooperative Computing. Shanghai: [s. n.], 2003:1083-1087.
- [4] 曹伟.基于 ARM 芯片的家庭网关设计[D]. 青岛:中国海洋大学,2004.
- [5] Leach J. TBSE: An Engineering Approach to the Design of Accurate and Reliable Security System[J]. Computer & Security, 2004, 23 (1): 265-266.
- [6] Bace R. An Introduction to Intrusion Detection and Assessment[M]. [s. l.]: ICSA, Inc, 2000.
- [7] 谭涛,徐晓辉,黄晓亮,等.基于 ARM-Linux 的嵌入式智能家居控制系统的设计[J]. 电子设计工程, 2011, 19 (3): 160-162.
- [8] 王琳.无线嵌入式智能家居环境网管[D]. 青岛:中国海洋大学,2005.
- [9] 黄智伟,唐冬,王彦.嵌入式智能家居系统网关无线收发模块电路设计[J]. 计算机测量与控制, 2004, 12 (6): 202-206.
- [10] 徐景.智能家居无线嵌入式网关硬件平台的设计与实现[D]. 武汉:华中科技大学,2008.
- [11] 秦勃,王琳,邵峰晶,等.无线嵌入式智能家居环境网关[J]. 计算机应用研究, 2006, 23 (6): 198-202.
- [12] 秦宏武.一种智能家居无线网关系统的研究与实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2005.

# 基于STM32的嵌入式智能家居无线网关设计

作者: 王超, 骆德汉, 郑魏, 姚长标, 廖中原  
作者单位: 王超, 骆德汉(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510006), 郑魏, 姚长标, 廖中原(瑞德电子实业有限公司, 广东 佛山 528300)  
刊名: 计算机技术与发展  
英文刊名: Computer Technology and Development  
年, 卷(期): 2013(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjtz201303063.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201303063.aspx)