

智能家居监测系统的设计与实现

肖苗^{1*}, 尚宪宇², 姜茜¹, 林哲¹, 王奇楚¹

¹浙江东方职业技术学院, 浙江 温州

²国网宁德供电公司, 福建 宁德

收稿日期: 2021年9月4日; 录用日期: 2021年10月8日; 发布日期: 2021年10月15日

摘要

伴随着经济的发展,生活水平的提高,在家庭住宅方面,人们不仅需要宽敞、贵气,还希望安全、放心。安全,就是指我们需要有一个有效快捷的防火、防毒的安全体系;同时也需要要求家庭人员、社区管理中心等部门能够及时、快速的获取到相关信息并及时针对性的解决。因此,本文设计一款以STM32F103C8T6单片机来进行设计智能家居监测系统的设计,利用烟雾传感器MQ-2实现对室内环境空气的检测,利用温湿度传感器DHT11实现对室内环境的检测。通过Wifi模块进行上传通信至网页端,实时显示当前采集的数据信息,同时支持远程打开风扇以及灯光,以达到针对性的防控目的。

关键词

物联网, 智能家居, 温湿度传感器, 烟雾传感器, 红外检测

Design and Implementation of Intelligent Home Monitoring System

Miao Xiao^{1*}, Xianyu Shang², Qian Jiang¹, Zhe Lin¹, Qichu Wang¹

¹Zhejiang Oriental Vocational and Technical College, Wenzhou Zhejiang

²State Grid Ningde Power Supply Company, Ningde Fujian

Received: Sep. 4th, 2021; accepted: Oct. 8th, 2021; published: Oct. 15th, 2021

Abstract

With the development of the economy and the improvement of living standards, in terms of

*通讯作者。

文章引用: 肖苗, 尚宪宇, 姜茜, 林哲, 王奇楚. 智能家居监测系统的设计与实现[J]. 传感器技术与应用, 2021, 9(4): 274-288. DOI: 10.12677/jsta.2021.94033

family housing, people not only need spaciousness and luxury, but also hope for safety and peace of mind. Security means that we need to have an effective and efficient fire prevention and anti-virus security system; at the same time, we also need to require family members, community management centers and other departments to be able to obtain relevant information in a timely and rapid manner and to address timely and targeted solutions. Therefore, this paper designs a smart home monitoring system with STM32F103C8T6 single-chip microcomputer, uses smoke sensor MQ-2 to detect indoor ambient air, and uses temperature and humidity sensor DHT11 to detect indoor environment. Upload and communicate to the web page through the Wifi module, display the currently collected data information in real time, and support remote turning on of fans and lights to achieve targeted prevention and control purposes.

Keywords

Internet of Things, Smart Home, Temperature and Humidity Sensor, Smoke Sensor, Infrared Detection

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

智能家居是依托于物联网，将家里面所有的家电链接一起，从而构建起一个高效率的住宅平台，和传统的家居相对比较，更加智能化，便捷化，人性化。智能家居安全系统可以说是未来家居的发展主流的趋势。现在市场上广受消费者们青睐与追捧，具有实际研究意义与广阔的市场[1]。以前的智能家居一般采用有线将家居们进行连接从而实现信息交互。采用这种方法，一方面需要专业的公司派人过来进行安装，成本过高；另一方面也存在建设完成时间长，灵活性差等问题，而且还不能自我更新升级[2]。因此结合嵌入式技术、WIFI 通信协议、无线网络技术、传感器技术和数字视频技术，设计并实现了一个基于无线网络技术的智能家居监测系统。主要是采用 STM32F103C8T6 单片机为核心控制电路来实现对智能家居进行实时监测，与系统传感器进行模块构造集成。同时依托互联网进行数据分析与应对，以达到针对性的防控目的。

2. 系统结构

本文系统进行设计了一款以 STM32 单片机模块为基础的智能家居监测系统，该设计系统主要是由 PC 网页端、单片机系统电路、电源电路、温湿度检测电路、烟雾检测电路、红外检测电路、报警等七部分模块进行构成，另外，以 STM32F103C8T6 单片机模块为主核心控制单元，数据的采集主要是通过烟雾传感器如 MQ 系列对日常家庭的空气中烟雾检测，以及 DHT11 对空气中的温湿度数据进行检测，接着将被进行测量的数据传输给单片机系统进行分析处理，室内传感器感知周围的空气中烟雾、气体浓度和当前的室内温湿度，通过 WIFI 上传网页端显示当前环境的温湿度值、烟雾浓度值，一旦发现浓度过高或者温湿度过高，会进行报警，警示家庭可能会引发火灾。同时建立数据库进行存储传感器实时数据以及能够查看传感器历史数据[3]。总体设计框图如图 1 所示。

整个设计系统的软件部分都是采用 C 语言以及 Java 语言进行编程的。使用 C 语言进行编程，从而实现传感器检测模块的数据的上传以及风扇电灯的控制。而数据库的设计则是采用了比较简单容易上手

的 MySQL，成本低、体积小且开放源代码的特性我选择了他设计数据库部分。由于 MySQL 和 Java 的契合度比较高，所以对其界面的设计采用的是 eclipse 软件以及使用 Java ssm 框架去进行软件设计开发。网页端用户可以通过登录进入系统查看实时数据和历史数据，并且可以选择模式，设置阈值，远程操作风扇电灯开关。网页总体框图如图 2 所示。

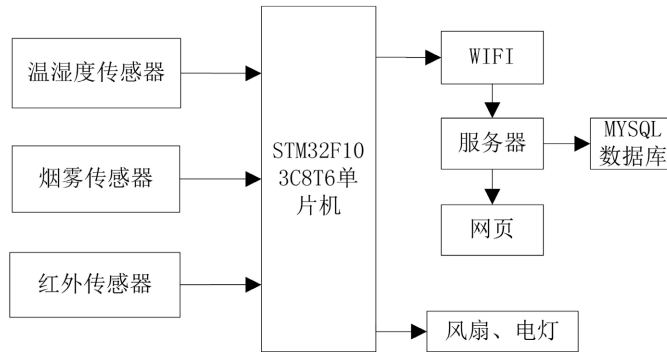


Figure 1. Block diagram of overall design
图 1. 总体设计框图

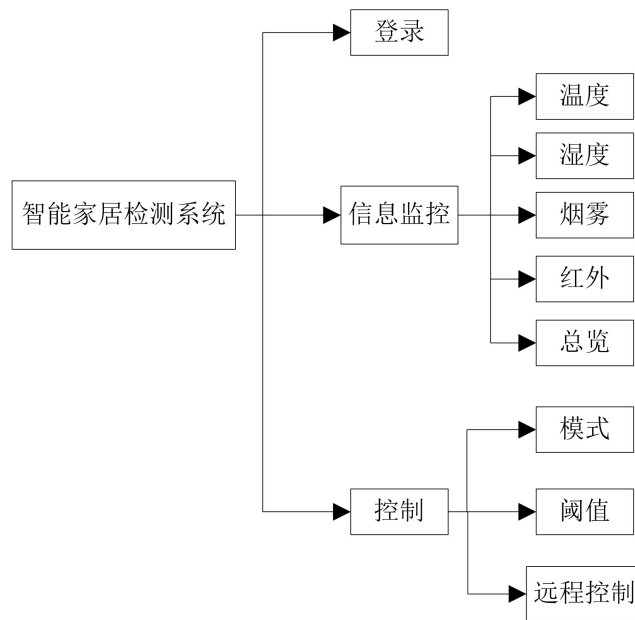


Figure 2. Block diagram of interface design
图 2. 界面设计框图

3. 系统硬件设计

3.1. 单片机电路

STM32F103C8T6 单片机系统模块主要是基于 ARM Cortex-M3 内核的 STM32 系列下的一个具有 32 位的微控制器器件，其次，该控制器件还具有其 64 KB 容量的程序存储器，其容量是比较大的，工作温度是在 -40℃ 到 85℃ 之间，最高工作频率可以达到 72 MHz。

该芯片是采用 2 到 3.6 V 的电压进行供电的，所以需要供电模块进行降压使用，此芯片上具有 IO 引脚、上电复位、断电复位、可编程的电压监测器、4 到 16 MHz 的晶体振荡器、内嵌的 8 MHz 的 RC 振荡

器、带校准的 40 KHz 的 RC 振荡器以及带校准功能的 32 KHz 的 RTC 振荡器，并且还能够可以去产生 CPU 时钟的 PLL [4]。STM32F103C8T6 的原理图如图 3 所示。

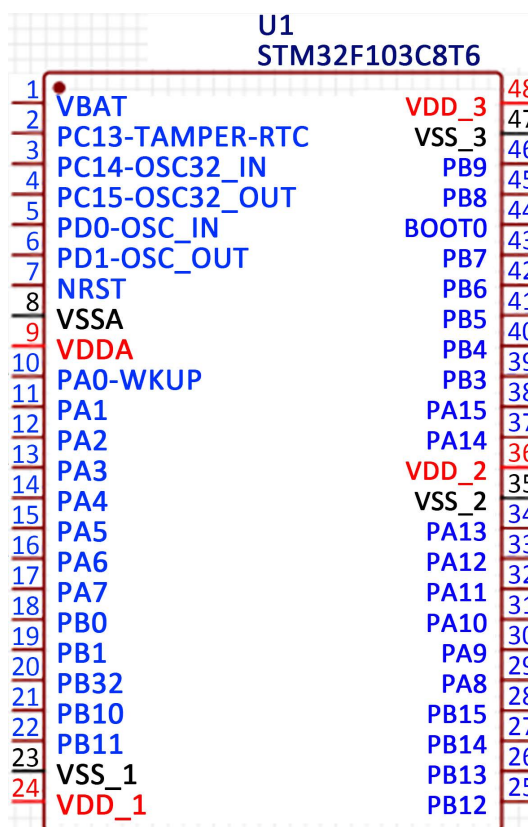


Figure 3. STM32F103C8T6 microcontroller

图 3. STM32F103C8T6 单片机

在设计整个智能家居模块的时候，进行设计单片机系统的复位电路的设计是为了能够让我们的控制系统当中的其他一些功能部件在控制系统设计的过程中都能够去处于一个最初的状态。这样我们在遇到故障时按下复位键可以解决大部分问题。单片机系统上的复位电路引脚是与 STM32F103C8T6 的引脚 7 进行相连，原理图如图 4 所示。

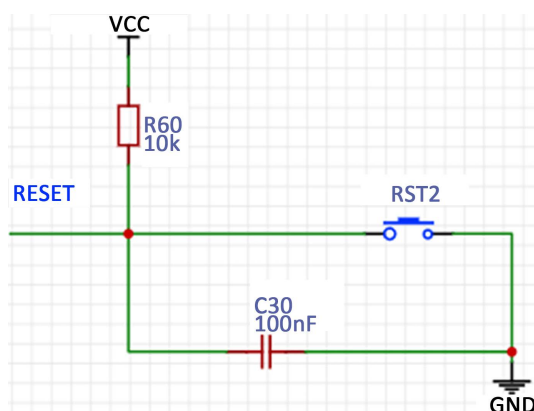


Figure 4. Schematic diagram of reset circuit

图 4. 复位电路原理图

3.2. 传感器模块的设计

3.2.1. 温湿度传感器

本系统设计采用的是 DHT11 温湿度传感器模块来进行设计，这是一款 4 针单排的一个引脚封装的数字温湿度传感器模块。它主要的一个功能就是能够让我们用户去使用它去进行在某一个小范围内的温湿度检测，在其性能方面上此芯片模块具有相对其可靠、稳定等特点[5]。因此只需要将其接口连接 3.3 V 电源，地面以及 39 号引脚，其原理图如图 5 所示。

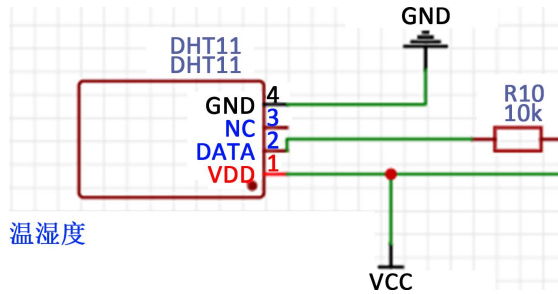


Figure 5. Humidity sensor circuit schematic diagram
图 5. 湿度传感器电路原理图

3.2.2. 红外传感器

红外传感器则是使用了 Risym 的红外传感器，该传感器模块对环境光线适应能力强，其模块具有红外线发射以及接收管两部分，首先通过发射管去进行发射出一定频率的红外线，然后检测方向那端遇到障碍物的时候，也就是反射面，红外线会进行反射回来，反射回来的红外线会被接收管进行接收，其传感器的有效距离范围大概是在 2~30 cm 之间，工作电压大概是为 3.3 V~5 V 之间。其发射接收引脚连接 45、46 号接口[6]，原理图如图 6 所示：

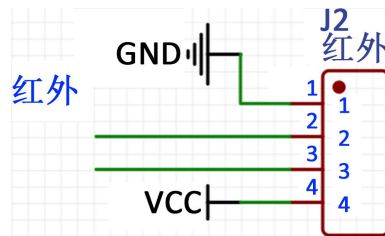


Figure 6. Schematic diagram of infrared sensor
图 6. 红外传感器原理图

3.2.3. 烟雾传感器模块

MQ-2 模块是一种 N 型半导体气体传感器。当传感器模块所在的环境中存在有烟气的时候，其电导率会立马随着空气中的烟气浓度的增加而继续增加。因此，用户在进行设计报警器的时候，可以去使用其简单的一个电路进行将电导率的变化去转换为与该气体浓度相对应的一个输出信号以便进行检测烟雾。该传感器具有灵敏度比较高，电导率的变化比较大，响应以及恢复的时间相对较短，抗干扰能力也比较强，输出信号比较大，寿命比较长，工作相对稳定等一系列优点。所以 MQ-2 系列的气体检测模块非常的适合于烟雾探测传感器的使用[7]，其引脚连接单片机的 15 号引脚，如图 7 所示。

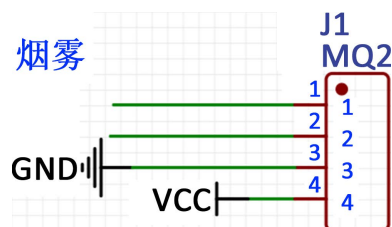


Figure 7. Schematic diagram of smoke detection circuit

图 7. 烟雾检测电路原理图

3.3. WIFI 模块

ESP8266WIFI 芯片具有一套相对比较完备的独立 WIFI 网络功能。它可以去用作相对独立的应用程序当中，也可以去用作在其他的主机 MCU 上去进行运行从属设备。此外，该无线模块集成了天线开关、滤波器、射频，功耗以及低噪声的放大器，而且还去进行集成了增强版本的 Diamond 系列的 32 位核心处理器；这样的紧凑设计使得 WIFI 模块所用到的 PCB 尺寸达到最小。同时因为本设计对 WIFI 模块的功能要求较少所以与单片机的连接也非常简单与单片机 STM32F103C8T6 的 30、31 相连[8]。WIFI 模块原理图如下图 8 所示。

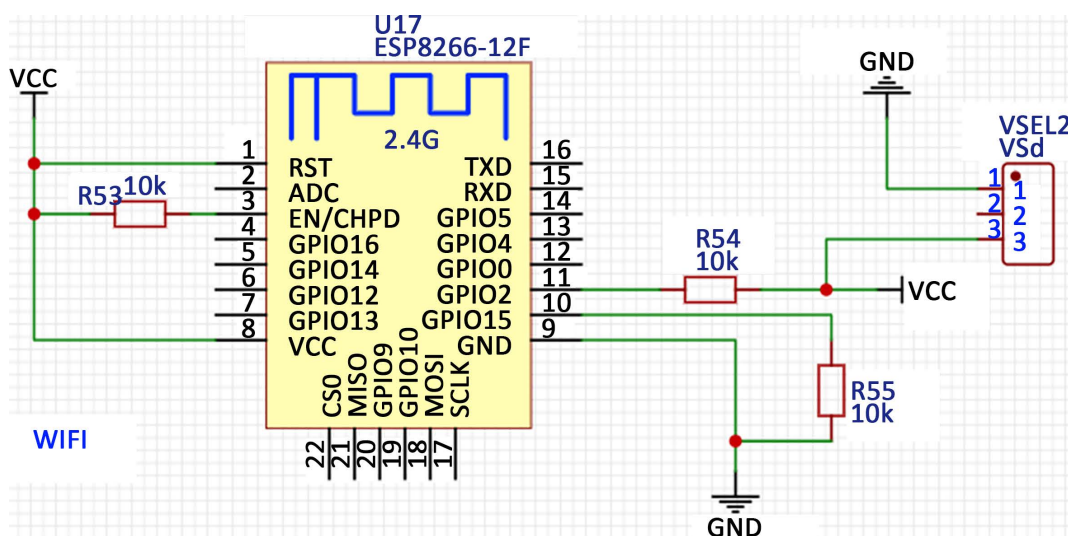


Figure 8. Schematic diagram of WIFI module

图 8. WIFI 模块原理图

4. 系统软件功能设计

4.1. 主程序结构

系统开始工作时传感器需要初始化，然后开启串口，读取上次存储的设定温度，如果随后传感器探测后进行信号采集，经过单片机处理，通过 WIFI 模块进行传输到系统，然后判断这个值是否超过设定的报警值，随后出现两个结果：1) 如果这个值超过之前所设定的报警值，那么命令将进入报警程序，从而使得系统报警；2) 如果这个值没有超过之前所设定的报警值，那么继续返回信号采集环节，直到单片机判断的值超过所设定的值为止。除此之外，程序还包括 APP/网页显示功能，报警浓度、温湿度设置功能以及远程控制风扇以及电灯等[9]。主流程图如下图 9 所示。

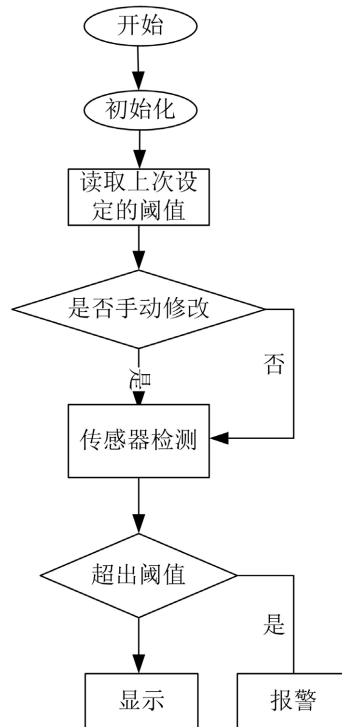


Figure 9. Main program flow chart
图 9. 主程序流程图

4.2. 数据库模块

本文进行设计的智能家居监测系统主要是利用了五张表来进行模拟实现系统所需要的一些功能，数据库列表设计如下所示。其中温湿度信息表如表 1 所示：

Table 1. WSD temperature and humidity information table
表 1. WSD 温湿度信息表

字段名称	数据类型	长度	主键	描述
WD	Nvarchar	4	是	空气温度
SD	Nvarchar	32	否	空气湿度
GZ	Nvarchar	20	否	烟雾
ZW	Nvarchar	32	否	红外
RW	Nvarchar	10	否	定义

温湿度信息表主要是用于显示报警配置功能，用户可以再报警配置界面对阈值进行更改，并存储到数据库中。

菜单信息表如表 2 所示：

Table 2. Menu information table
表 2. 菜单信息表

字段名称	数据类型	长度	主键	描述
menu_id	INT	4	是	ID

Continued

parent_id	INT	32	否	父菜单 ID
name	Nvarchar	20	否	菜单名称
url	Nvarchar	32	否	菜单 URL
perms	Nvarchar	10	否	授权
type	Nvarchar	20	否	类型
icon	Nvarchar	20	否	菜单图标
order_num	Nvarchar	20	否	排序

菜单信息表用于记录与管理系统界面功能，与 Java 中界面每个按键对应功能进行联系。

权限信息表如表 3 所示：

Table 3. Permission information table

表 3. 权限信息表

字段名称	数据类型	长度	主键	描述
role_id	INT	4	是	ID
role_name	INT	32	否	名称
remark	Nvarchar	20	否	备注
create_time	Nvarchar	20	否	创建时间

权限信息表用于创建角色，以便与用户和菜单建立对应关系。

菜单权限信息表如表 4 所示：

Table 4. Menu permission information table

表 4. 菜单权限信息表

字段名称	数据类型	长度	主键	描述
id	INT	4	是	ID
role_id	INT	20	否	角色 ID
menu_id	Nvarchar	20	否	菜单 ID

菜单权限信息表用于给菜单功能设置权限，只有对应权限的用户才能进行访问。

用户信息表如表 5 所示：

Table 5. User information table

表 5. 用户信息表

字段名称	数据类型	长度	主键	描述
user_id	Int	4	是	ID
username	Nvarchar	40	否	用户名
password	Nvarchar	20	否	密码
email	Nvarchar	20	否	邮箱
mobile	Nvarchar	20	否	手机号
status	Nvarchar	5	否	状态
create_user_id	Int	2	否	创建者 ID
create_time	DateTime	0	否	创建时间

用户信息表用于记录用户信息，用户信息表可以根据使用者的需要对用户信息进行修改、添加和删除。

4.3. ssm 框架模块

对于后台开发，采用了 Java ssm 框架。SSM 框架由 spring MVC，spring 和 mybatis 框架的整合实现，与用户进行交互由 spring MVC 负责，具体的操作由 spring 负责，对数据库的操作由 mybatis 提供。ssm 框架流程图如图 10 所示。

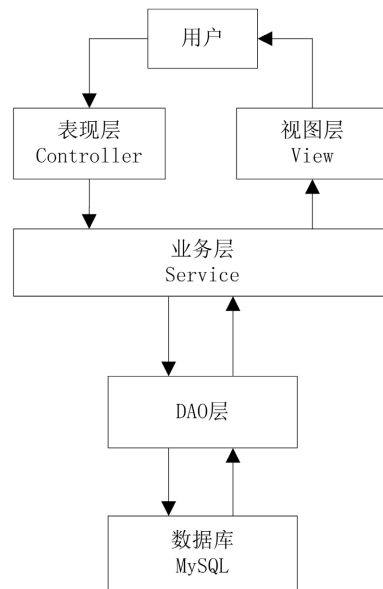


Figure 10. ssm framework flow chart
图 10. ssm 框架流程图

4.4. 网页模块

4.4.1. 系统时序

当用户登录账号进入系统时，可以通过系统的数据界面查看由单片机三个传感器通过 WIFI 模块上传到服务器的数据，而单片机同时也在实时上传数据。用户可以操作控制界面设置模式，在手动模式下时阈值由用户自己输入且不会发生改变，同时可以操作风扇和电灯的开关。在自动模式下时温度和湿度的阈值随着近十次采集数据的平均值改变。当检测到监测数据超过阈值时系统监控界面将开始警报，界面将出现红色条幅并发出声音警报，当烟雾报警时风扇也会同时运转直到停止警报。当用户退出系统时就会返回到登录界面[10]。网页模块时序图如图 11 所示。

4.4.2. 系统功能

智能家居监测系统的主要功能有三个模块：1) 数据查看模块、2) 数据监控模块、3) 报警控制模块。

1) 数据查看模块

数据查看模块包括空气温度查看、空气湿度查看、烟雾数据查看、红外数据查看，在这一模块可以翻阅所有传感器的历史监测数据，这样就可以观察到不正常数据发生的时间，方便在意外发生的情况之后对发生原因或者情况的分析以及排查故障。

2) 数据监控模块

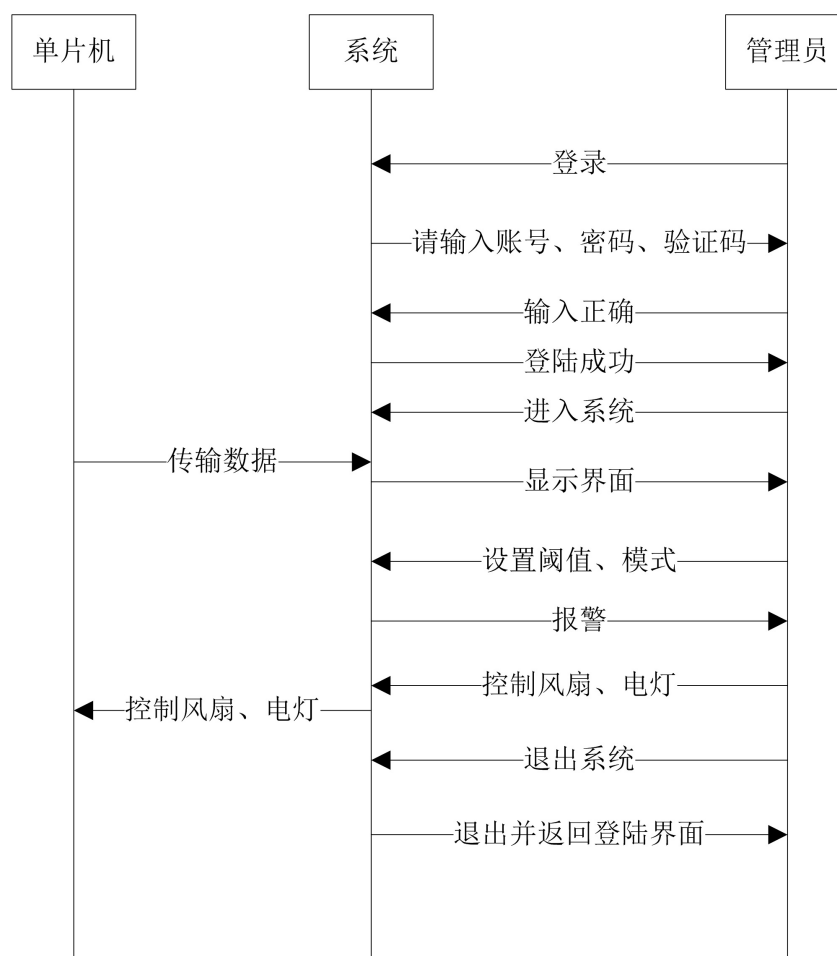


Figure 11. Timing diagram of web page module
图 11. 网页模块时序图

数据监控模块包括空气温度监控、空气湿度度监控、烟雾监控、红外监控、数据总览功能，这一模块与报警控制模块构成系统最主要的功能。四个监控界面能够进行显示其最新的数据并以一个折线图的形式去进行显示数据，可以很直观地进行看清其数据的一个变化趋势。当数据超过阈值时监控界面就会报警，除了界面上的红色条幅报警以外还会出现声音警报，当烟雾采集数据超过阈值时还会打开风扇。而数据总览部分则是对于前面四个监控界面的浓缩，虽然只能看到最新数据并且没有折线图显示变化趋势，但好处在于可以同时观察四个数据，方便用户观察。

3) 报警控制模块

报警控制模块包括报警配置、控制模式、远程控制功能，这一模块与数据监控模块构成系统最主要的功能。在报警配置功能中，用户可以手动输入温湿度、烟雾、红外线检测数据的阈值。当数据超过阈值时监控界面就会报警，除了界面上的红色条幅报警以外还会出现声音警报，当烟雾采集数据超过阈值时还会打开风扇。在控制模式功能中，用户可以选择手动模式和自动模式。在手动模式下时，四种数据阈值将采用在报警配置中设定的阈值进行报警检测，并且可以手动控制风扇与电灯开关。在自动模式下时，温湿度阈值将随着最近 10 次采集到的数据进行变动，而报警模块也将根据最新的阈值进行报警判断。在远程控制功能中，用户可以手动打开风扇与电灯，实现上位机对下位机的控制功能[11]。

网页功能框图如图 12 所示。

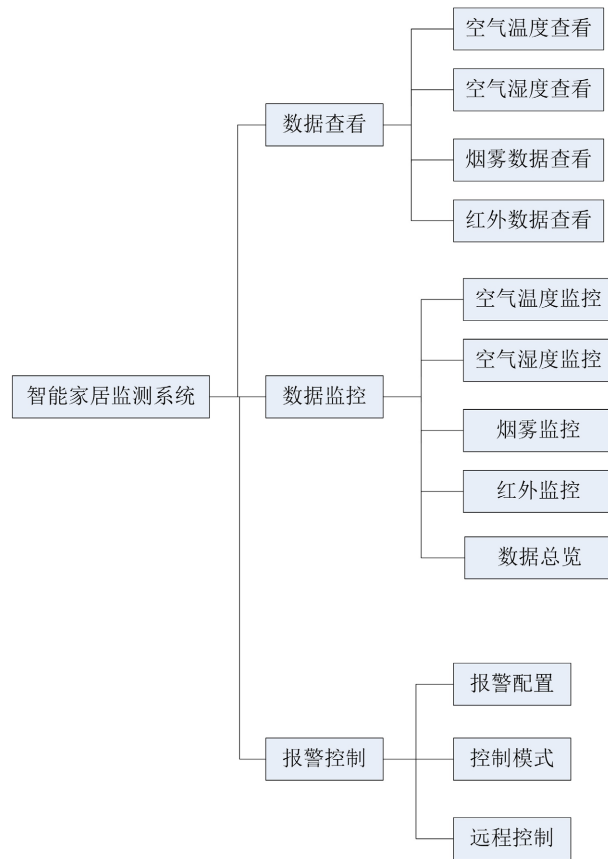


Figure 12. Web page functional block diagram
图 12. 网页功能框图

5. 实验结果

此次系统设计中，智能家居监测系统中检测数据主要由 WIFI 模块信息数据的传输，如图 13 所示，先利用账号密码登陆网页界面，登陆成功后，页面如图 14 所示，有着报警配置，有着温湿度数据、烟雾、红外数据以及它们的监控画面，最后就是数据的总览，实时记录数据或者能够查看历史数据。



Figure 13. System login interface diagram
图 13. 系统登录界面图



Figure 14. System entry interface diagram

图 14. 系统进入界面图

接着对报警配置进行温湿度、烟雾初始阈值的设置是根据系统采集到的数据通过计算统计随时进行更新的，如图 15 所示。

<input type="checkbox"/>	参数名称	最大值
1	<input type="checkbox"/> 空气温度	29
2	<input type="checkbox"/> 空气湿度	59
3	<input type="checkbox"/> 烟雾	1900
4	<input type="checkbox"/> 红外	2000

Figure 15. Alarm threshold configuration diagram

图 15. 报警阈值配置图

我们对温湿度传感器进行哈气，通过图 16 所示，其温度、湿度、红外都有异常。

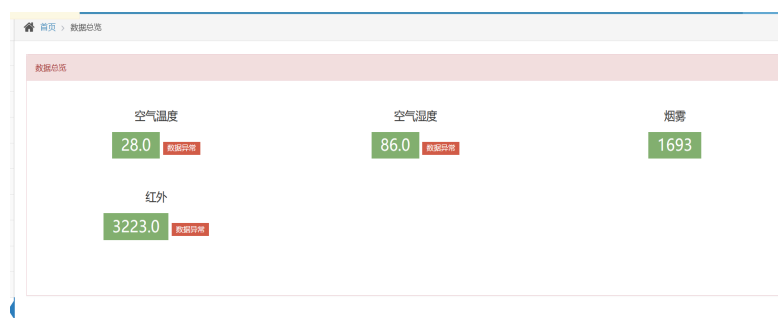
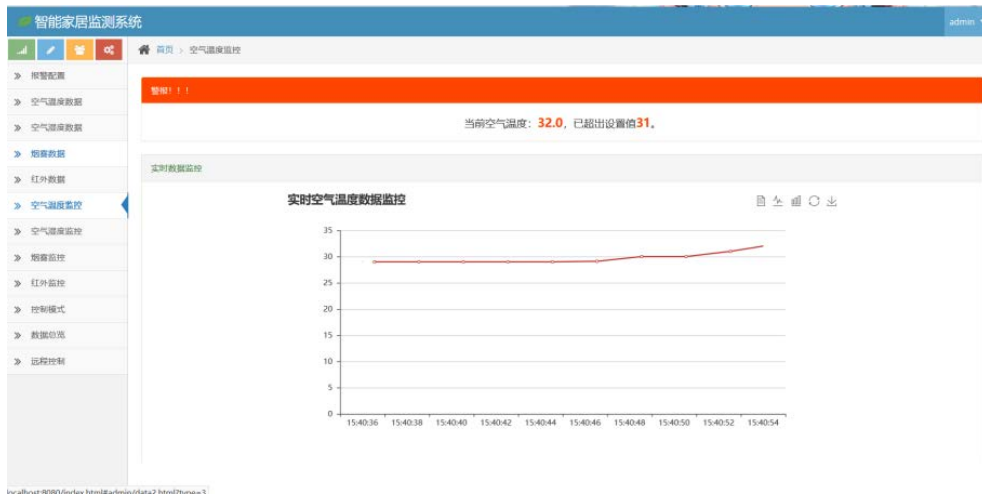


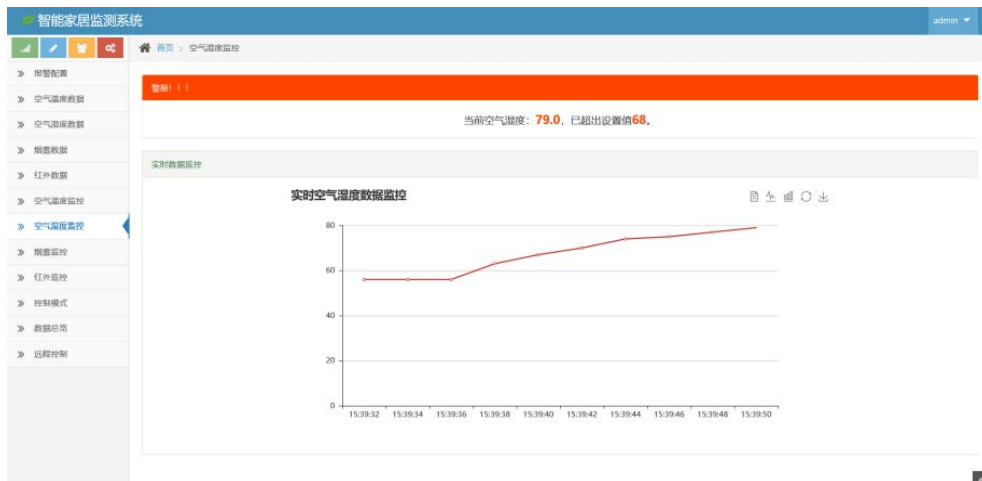
Figure 16. Data detection record chart

图 16. 数据检测记录图

如图 17(a)所示，我们可以发现页面实时的记录了温度的变化，当达到阈值设定值的时候，会发出声音报警，同时页面也会显示警报，同理如图 17(b)所示，我们可以发现页面实时的记录了湿度的变化，当达到阈值设定值的时候，会发出声音报警，同时页面也会显示警报。如图 18 所示，我们可以发现页面实时的记录了烟雾的变化，当达到阈值设定值的时候，会发出声音报警，同时页面也会显示警报，如图 19 所示，我们可以发现页面实时的记录了红外的变化，当检测到有人的时候，会发出警报。



(a)



(b)

Figure 17. Temperature and humidity record results
图 17. 温湿度记录结果图

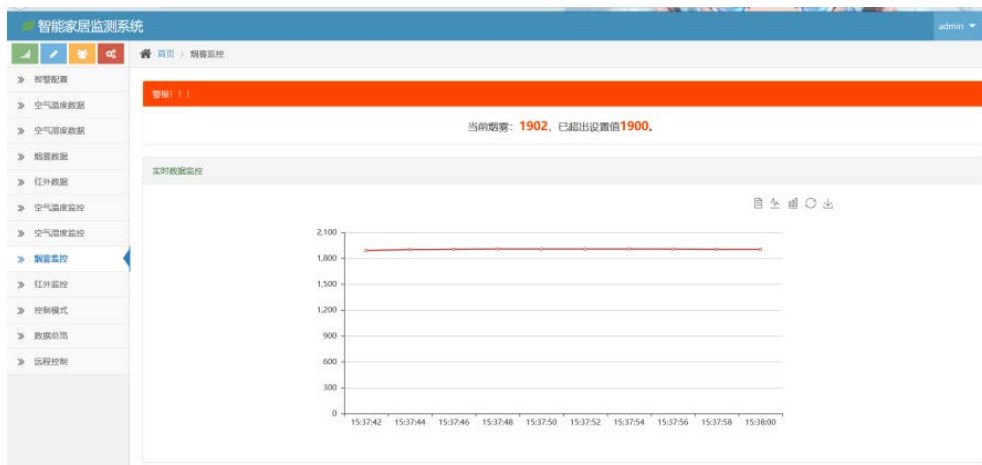


Figure 18. The result of smoke recording
图 18. 烟雾记录结果图



Figure 19. Infrared recording result graph
图 19. 红外记录结果图

控制模块分为自动模式以及手动模式，自动模式是烟雾超过预警值则会打开风扇进行驱散以及有人闯入则打开灯，手动模式时通过按键进行远程控制，如图 20 所示。



Figure 20. Control module interface diagram
图 20. 控制模块界面图

为验证本文所设计系统的实用性，将采集节点置于室内。可以清楚地观察到室内烟雾气体浓度及湿度的浓度变化。本次实验采用市面上主流的 AT89C51 单片机作为参考对照，在相同的测试环境的前提下，其泛化性能指标如下表 6 所示。

Table 6. Generalization performance table of the classifier
表 6. 分类器的泛化性能表

主控制器	报警的精确度	响应快慢	烟雾识别率
STM32F103C8T6	0.9	快	95%
AT89C51	0.7	慢	85%

从表 6 可以看出，与 AT89C51 单片机作为核心控制电路进行比较，STM32F103C8T6 单片机在响应速度、报警精确度方面以及烟雾识别率上均有显著的提高。通过对结果的分析，STM32F103C8T6 单片机对于智能家居监测有较好的效果。同时相对于成本而言，具有可观的经济性与高性价比。不难解释：AT89C51 单片虽然是智能控制中最常用的控制器之一，但对于智能家居的这种安全性建设，AT89C51 单片机很少被使用，一是因为对于各种传感器模块的连接，可能没有足够多的内核响应，AT89C51 很难做

到一个可靠的数据传输分析,二是STM32 F103C8T6具备AT89C51单片机的优点,能够当作控制器来用,还能加快响应速度。

6. 总结与展望

本论文设计了智能家居监测系统的应用研究,实现了对烟雾、红外检测、温湿度的实时监测功能。该设计有效的利用了单片机内部资源,有效的把温湿度、烟雾和气体传感器、无线网、数据库与网页系统整合在一起,使整个智能家居系统结构简单可靠,操作方便,长期工作性能稳定,满足对居住环境检测并发出警报,实验结果表明:STM32F103C8T6单片机能更好的进行数据的传输分析,对智能家居上的监测表现出较高的准确率,为今后智能家居辅助监测奠定良好基础。

参考文献

- [1] 李旺昆,柯远征,王立仕. 基于STM32的智能家居环境监控系统的设计与实现[J]. 科技视界, 2020, 305(11): 33-35.
- [2] 刘德福,王东来. 基于物联网的智能家居控制系统设计与实现[J]. 电脑迷, 2018(16): 251-252.
- [3] 韩睿鹏,刘志浩,龚明东,丛眸,单泽彪. 一种基于物联网的智能窗控制系统[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2020, 43(6): 133-138.
- [4] 陈成瑞,王旭康,肖欣悦,等. 智能家居控制系统设计与实现[J]. 无线电工程, 2020, 50(5): 72-76.
- [5] 刘岑松,罗小巧,洪习欢. 基于物联网的智能浇花系统[J]. 电子测量技术, 2020, 43(1): 181-185.
- [6] 王朝玉,王建卫,王顺勇,等. 基于物联网的智能家居控制系统设计[J]. 电子制作, 2017(1): 37-38.
- [7] 卞晓晓,陈宇超. 智能家居综合监测系统研究与设计[J]. 电脑编程技巧与维护, 2020(11): 119-121.
- [8] 王洪生. 基于单片机与传感器的智能家居环境监测系统设计[J]. 电子制作, 2020(22): 26-29.
- [9] 李博,尹礼鹏. 基于STM32的智能家居的电路与设计[J]. 电子设计工程, 2020, 28(7): 177-180.
- [10] Rizwan, M., Hong, L., Waseem, M., Ahmad, S., Sharaf, M. and Shafiq, M. (2020) A Robust Adaptive Overcurrent Relay Coordination Scheme for Wind-Farm-Integrated Power Systems Based on Forecasting the Wind Dynamics for Smart Energy Systems. *Applied Sciences*, **10**, 6318. <https://doi.org/10.3390/app10186318>
- [11] Sisavath, C and Yu, L. (2021) Design and Implementation of Security System for Smart Home Based on IOT Technology. *Procedia Computer Science*, **183**, 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.02.023>