

智能家居远程控制系统的硬件设计

智能家居技术在近几年得到了较快的发展,但现有的设计大多采用有线组网的方式,布线繁复且不美观,采用 315MHz 无线方式组网可减少布线,但 315MHz 通信方式带宽窄且容易受干扰。2.4GHz 通信速率高且可通过跳频方式减少相互之间的干扰,在 2.4GHz 应用芯片已经大量生产的今天,采用 2.4GHz 的通信方式已成为家电类产品无线通信的趋势。

据统计,目前国内手机的使用已经极其普遍,用户已经超过 7 亿。用短信方式给用户发送信息要比通过计算机网络发送实时性高。

nRF24L01 是 NORDIC 公司设计的一款新型单片 2.4GHz 射频收发器件,TC35 是 SIEMENS 公司的一款 AT 指令操作的 GSM 模块,操作简单。本文介绍一种基于 nRF24L01 和 TC35 的智能家居监控系统,它通过 nRF24L01 以无线方式组网,工作稳定且无繁复的布线,能将紧急情况通过短信方式告知用户。

1 系统结构

本系统由一个主控机和多个从机组成,集成的功能包括定时自动开关电器、下雨自动关窗、红外入侵检测报警、可燃气体泄漏检测报警并自动开窗、通过短信可远程控制家里电器以及异常情况发送短信告知用户等。

系统结构框图如图 1 所示。主控机和多个从机通过 2.4GHz 无线模块构成星型结构的无线微网络。主控机作为微网络的中央节点,各监测模块或控制执行模块作为从机节点通过微网络与主控机相连。主控机接收处理各从机传来的数据并通过无线微网络控制各从机。此外主控机还通过液晶屏提供用户操作界面和通过 TC35 模块提供用户短信控制接口。这种结构以主控机为中心,结构简单,管理和控制方便,网络延迟时间短,数据传输误差低,可靠性高。

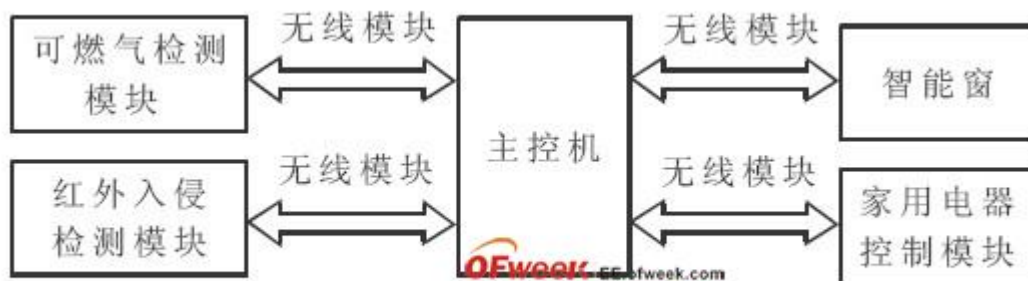


图 1 系统结构框图

2 系统设计

2.1 2.4GHz 无线微网络的组建

2.1.1 器件选择

通常的智能家居系统中使用的控制网络的组网方案分有线传输和无线传输两种方式。有线传输方式依靠电缆连接，优点是连接稳定，信息交换速率和效率高，但是需要布置专用线缆，布线麻烦，安装维护成本高，增减设备需重新布线，可移动性差且影响美观。在无线传输的方式中，包含 315MHz 免执照频段、蓝牙技术和 ZigBee 技术。315MHz 免执照频段通信易受干扰，蓝牙技术和 ZigBee 技术成本高，且协议开销大。综合考虑以上因素，本设计采用 NORDIC 公司的 2.4GHz 射频收发器件 nRF24L01 来提供数据交互以组建无线微网络。

nRF24L01 是 NORDIC 公司生产的 2.4GHz 单片射频收发芯片，采用 FSK 调制，内嵌 NORDIC 公司的 Enhanced Shock Burst 协议，内置链路层，可实现点对点或是 1 对 6 无线通信。有 125 个可选工作频道，频道切换时间短，可用于跳频，通过跳频可以减少干扰。

2.1.2 nRF24L01 模块接口设计

nRF24L01 为 SPI 接口器件，与单片机的接口电路如图 2 所示。图 2 中，CE 为模式控制端，CSN 为片选端（低电平有效），SCK 为控制时钟线（SPI 时钟），MOSI 为主出从入数据线（Master Output Slave Input），MISO 为主入从出数据线（Master Input Slave Output），IRQ 为中断信号。电源电压通过 AMS1117 稳压为 3.3V 后为 nRF24L01 供电。

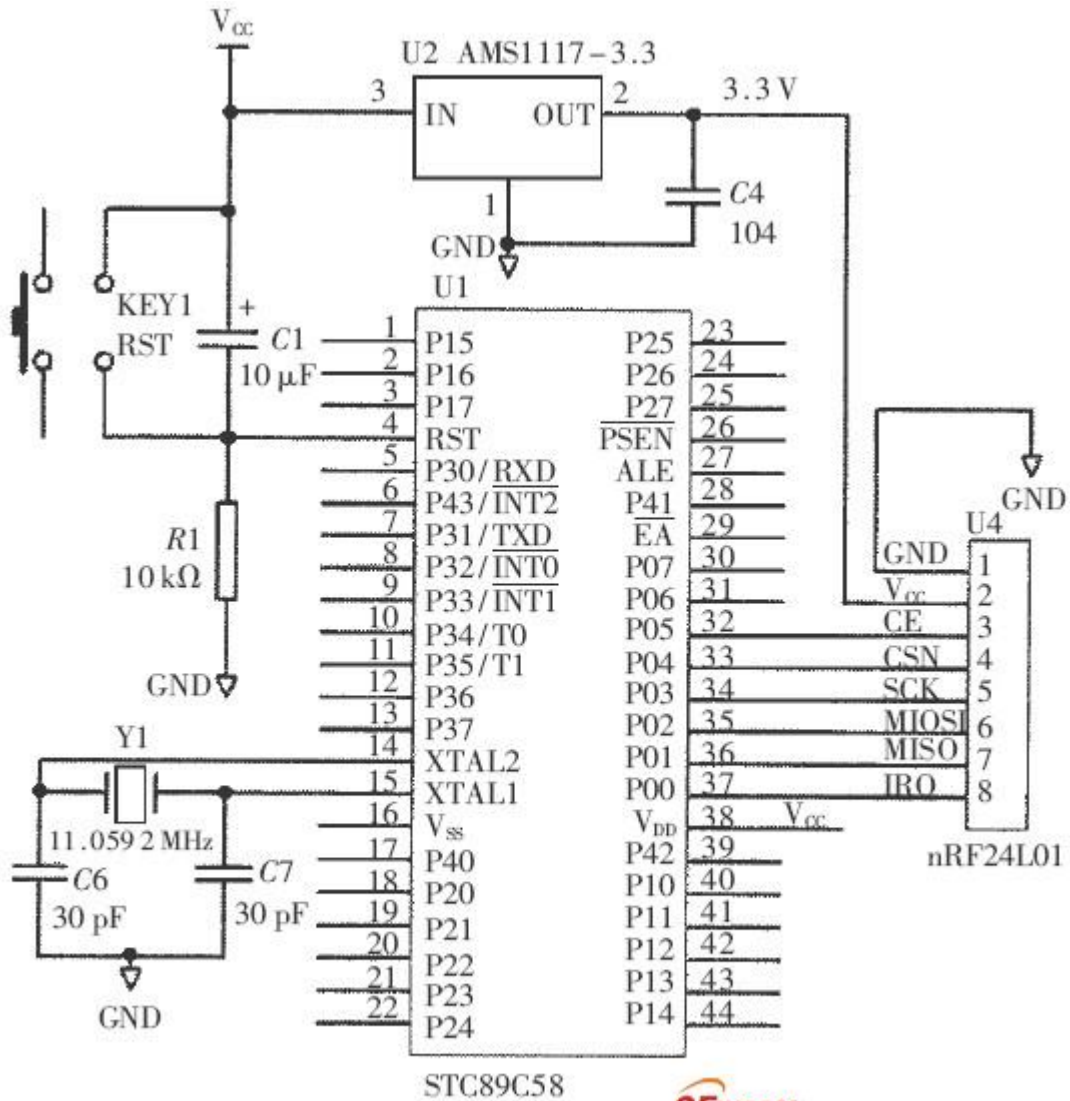


图 2 nRF24L01 模块与单片机 **OFweek 电子工程网**

2.1.3 nRF24L01 收发模式选择及操作流程

nRF24L01 可选的收发模式有 Enhanced Shock Burst 收发模式、Shock Burst 收发模式和直接收发模式三种。Enhanced Shock Burst 收发模式下，nRF24L01 使用内嵌的双向链接协议，发送时自动生成前导码和 CRC 校验码，并等待应答信号，接收到数据时校验数据并发送应答信号。若数据丢失，发送端没接收到应答信号，则通过重发功能将数据恢复。本设计中采用 Enhanced Shock Burst 收发模式。

nRF24L01 具体的操作流程如图 3 所示，在对 nRF24L01 进行读写操作前，应先将 nRF24L01 模式置为待机模式，然后才可通过 SPI 口对 nRF24L01 进行操作。

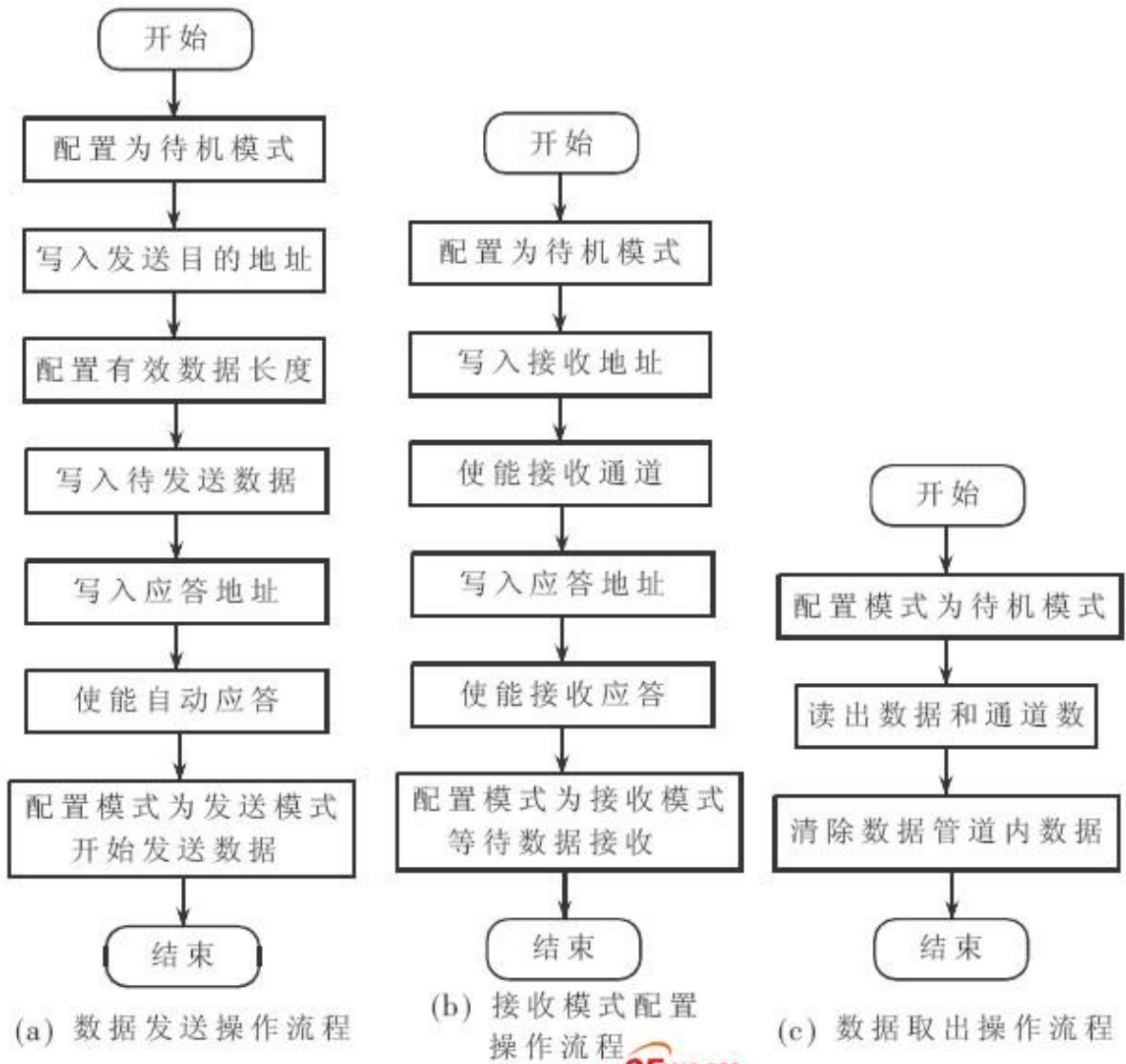


图 3 nRF24L01 操作流程

2.2 主控机的硬件设计

主控板的硬件结构如图 4 所示。

主控机完成对各分机发来的信息的处理，将控制信号发往各个分机，并通过液晶提供用户界和通过 GSM 给用户远程操作接口。

由于主控机部分需要处理较多的数据，存储空间需求大，但对于接口方面要求不大，所以主控机的控制芯片使用 STC89C58RD+ 单片机，其内部有 32KB 的 flash、1KB 的 RAM 和 16KB 的 EEPROM，32KB 的 Flash 满足程序的下载空间，1KB 的 RAM 和 16KB 的 EEPROM 满足程序运行时数据的存储，节省了外部存储器。

主机通过 I/O 口与 STC89C52RC 单片机通信控制 GSM 模块。STC89C52RC 单片机接收来自 GSM 模块的数据并处理后传至 STC89C58RD+，把 STC89C58RD+ 发送的指令处理后控制 GSM 模块把信息告知用户，这样设计减小了主控板上微处理器的工作负担，使系统的运行更流畅。

STC89C58RD+ 通过 SPI 接口与 nRF24L01 连接，通过 nRF24L01 与各从机交互信息，并通过液晶屏显示提供用户的操作界面。

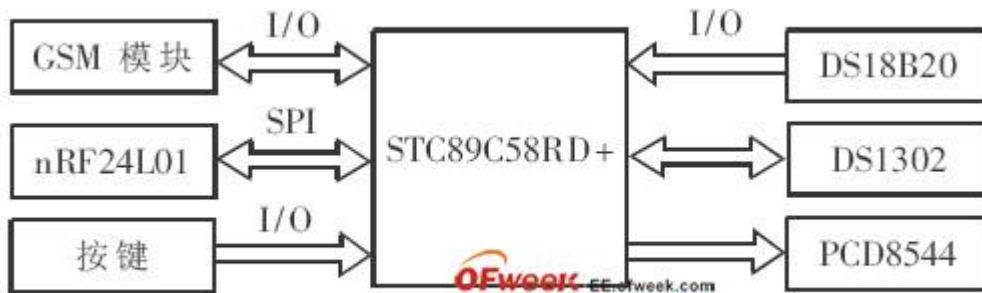


图 4 主控机硬件连接框图

为了提供用户操作界面，采用液晶屏来显示相关信息，液晶屏采用飞利浦的 PCD8544 液晶显示屏，PCD8544 为 48x84 点阵的 LCD，可显示 3 行 8 列汉字。采用 3.3V 供电。

要实现定时控制功能，则必须有一个实时时钟作为参考，且该时钟需要在掉电时还能继续运行。常用的实时时钟芯片有 DS12887 和 DS1302，为了降低成本，使用 DS1302 时钟芯片作为实时时钟，将 3V 锂电池接至 DS1302 的后备电源脚 VCC1，作为后备电源，以提供在断电时时钟的正常运行。

用 DS18B20 作为环境温度传感，为了给 DS18B20 的数据口提供足够的上拉电流，用 4.7kΩ 的电阻上拉到 5V 电源：

2.3 GSM 部分

GSM 部分采用 SIEMENS 的 TC35 模块作为 GSM 无线通信模块，使用 STC89C52RC 作为控制芯片：TC35 模块中包括完整的 RF 电路和 GSM 基带处理器，基带处理器处理模块内所有的信号和数据传输，并且通过内部软件运行所有的 GSM 协议，最终以 UART 串口形式提供对外接口。TC35 模块通过 40PIN 的 ZIF 连接器和用户连接，提供包括电源接口、串行数据接口和 SIM 卡接口在内的多个应用接口。

2.3.1 TC35 供电设计

TC35 的工作电压输入端 VBATT+，电压范围为 3.3V~5.5V，最大工作电流 I_{MAX} 可达 2A。工作时，最大的电源电压掉落不能超过 400mV，否则 TC35 将认为电源供电不足自动复位而停止工作。

由于 VBTT+ 引脚的峰值电流可达到 2A，而且由于连接 TC35 模块的扁平柔性连线的内在固有阻抗的存在，当一个 GSM 发射脉冲到来时，可能会引起相当大的电压跌落。为了保证 TC35 在工作时电压跌落值在 400mV 之内，采用尽可能短的连接模块和 Z1F 座的扁平柔性 FFC 电缆及低输出阻抗的电源。

如图 5，稳压芯片采用最大电流可达 3A 的单片稳压芯片 LM2576-Adj，以给 TC35 提供充足的电源。由 U1、D2、L1、R1、R2 构成的稳压电路稳压给 TC35 供电。由于 LM2576 的基准电压为 1.23V，R1 和 R2 分别取 5.1kΩ 和 2kΩ，则：

$$U_{\text{OUT}} = V_{\text{REF}} \times \frac{R1 + R2}{R2} = 1.23 \times (5.1 + 2) / 2 \approx 4.37 \text{ V}$$

最终以 4.37V 给 TC35 供电。

2.3.2 TC35 控制接口电路

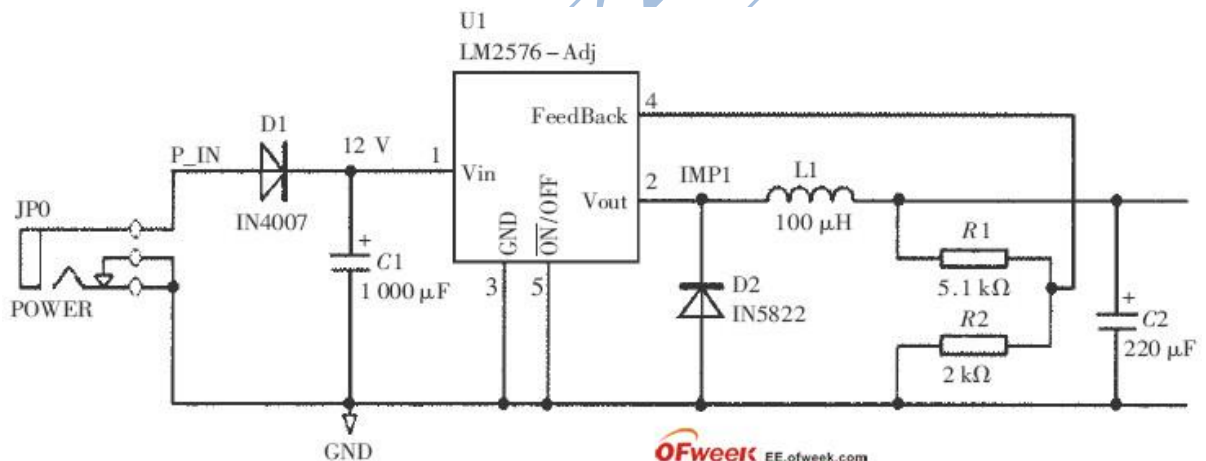
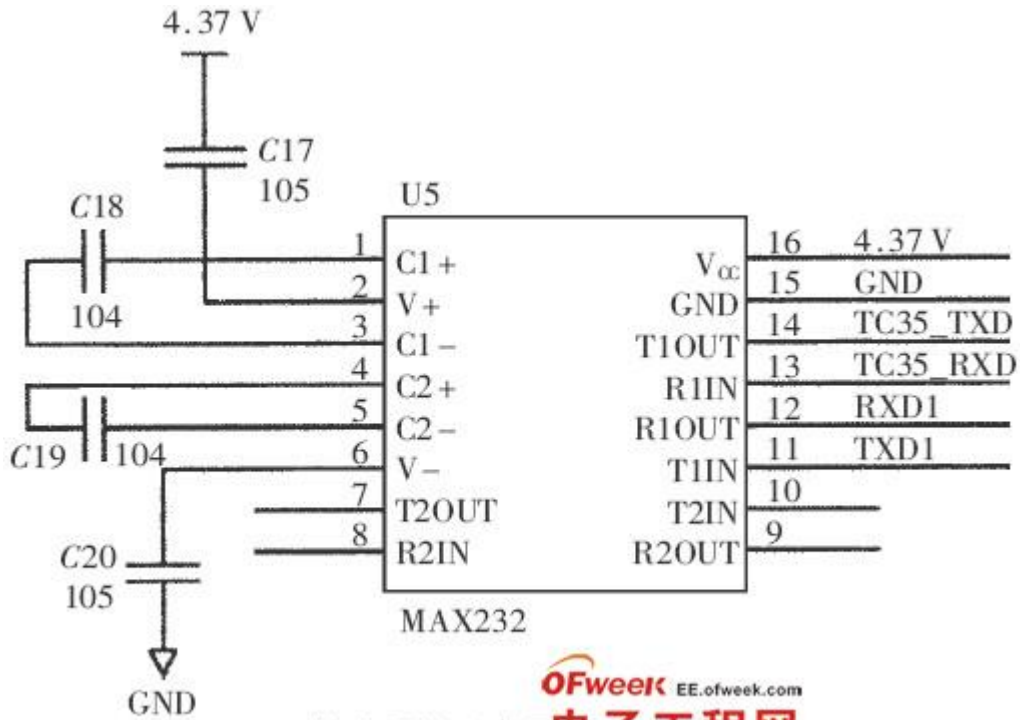


图 5 TC35 电源

用 STC89C52RC 作为 TC35 的控制芯片，将结果处理后通过 4 根 I/O 口与主控板通信，减少主控部分的运行负担。

STC89C52RC 通过串口操作 TC35，TC35 接口电平为 2.5V 左右，为了加强抗干扰能力和方便在用 MAX232 作为电平转换，转换为 RS232 电平，如图 6。STC89C52RC 再通过转换后的电平与 TC35 通信。



2.4 从机设计

2.4.1 智能窗设计

智能窗部分包括电机控制电路、降雨检测模块、红外入侵模块、按键和无线模块，如图 7。

智能窗以 STC12C2052AD 单片机为控制器，通过雨水检测、无线数据检测、红外入侵检测实时采集现场环境数据从而确定单片机是否要执行某个动作。通过程序控制，可以实现在下雨时自动关闭窗口，防止雨水淋到室内，在接收到室内可燃气体含量过高的报警信号时自动打开窗户，增加室内的空气流通，防止用户由于吸到室内的可燃气体而中毒，并能预防火灾的发生。此外该窗户的红外入侵检测模块可以检测是否有人非法闯入。

雨水检测模块由 PCB 板制成，连接至 STC2052AD 的 A/D 转换口，单片机通过检测电压来判断是否有降雨。

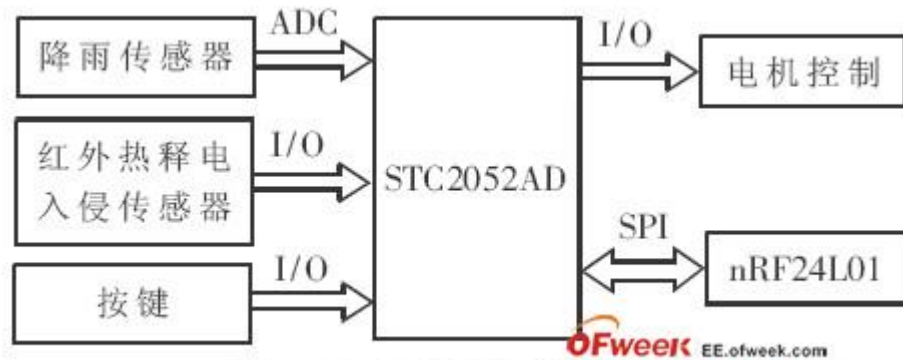


图 7 智能窗硬件结构框图

2.4.2 可燃气体检测设计

本系统采用 MQ-2 传感器。该传感器加热电源为 $5.0V \pm 0.2V$ ，加热功耗不到 900mW，因此无需另外提供电源。MQ-2 气体传感器由微型 AL2O3 陶瓷管、SnO₂ 敏感层，测最电极和加热器构成的敏感元件固定在塑料或不锈钢制成的腔体内，加热器为气敏元件提供了必要的工作条件。封装好的气敏元件有 6 只针状管脚，其中 4 个用于信号取出，2 个用于提供加热电流。

电路主要通过调试可变电阻调节烟雾传感器的灵敏度，通过 STC12C2052AD 单片机进行 A/D 采样及处理。如果检测到有可燃气体，立即通过无线模块发送指令给主控板，主控板识别后通过无线模块发送指令给智能窗，智能窗收到指令后，马上打开窗户，增加室内空气流通；通过控制 STC89C51 单片机控制 GSM 模块发送警告信号到用户指定的移动终端告知用户。

2.4.3 红外入侵检测设计

系统的入侵检测采用热释电被动式红外传感器，该传感器将两个极性相反、特性一致的探测元串接在一起，利用两个极性相反、大小相等的干扰信号在内部相互抵消的原理来使传感器得到补偿，使传感器对环境背景辐射的干扰不敏感。在它的辐射照而覆盖有只能透过特定波长红外线的滤光片，这个滤光片可通过光的波长范围为 $7 \sim 10\mu m$ ，正好适合于人体红外辐射的探测，而对其他波长的红外线由滤光片予以吸收，这样便形成了一种专门用作探测人体辐射的红外线传感器，使环境的干扰受到明显的控制作用。传感器外面加上菲泥尔，可以加强敏感度。

2.4.4 学习型红外遥控设计

本设计包含对空调等红外电器的遥控，红外遥控在家电产品中有广泛应用，但是由于存在红外编码方式，各产品的遥控器不兼容。就算是市面上的万能遥控器也只是针对某几样产品，无法涵盖全部。为了达到真正意义上的“万能”遥控，就必须采用学习型遥控方式。

红外学习遥控由单片机进行脉宽采样并记录，由单片机产生 38kHz 的载波，经过缓冲放大后通过红外发射管发射出去。红外脉宽的采样采用一体化红外接收头接收，通过单片机定时器测量脉宽，然后将脉宽信息写入 EEPROM 存储，发送编码时，由单片机产生 38kHz 的载波，脉宽调制后经过缓冲放大后通过红外发射管发射出去。

为此，红外学习遥控器由 STC12C2052AD 单片机作为控制芯片，STC12C2052AD 内部集成了 10KB 的 EEPROM 用以存储红外编码，定时器的溢出可作为时钟由 I/O 口输出作为 38kHz 载波。

实验表明，实现了对家用电器的智能化地自动控制，让人们可以通过移动电话远程控制家用电器的运转。但系统功能不够完善，且由于采用 51 单片机作为主控芯片，运行处理速度较慢：可通过采用 ARM 作为主控芯片加强处理能力，增加视频功能和互联网接口，进一步实现远程视频监控。

OFweek 电子工程网