



信息科学技术专著丛书

智能电子系统设计 实例分析

张爱华 董 燕 编著

ZHINENG DIANZI XITONG SHEJI SHILI FENXI



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



信息科学技术专著丛书

智能电子系统设计实例分析

张爱华 董 燕 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书涵盖电子技术、通信技术、自动控制技术等领域,通过对典型设计案例的方案分析与论证,设计原理的说明,软硬件系统的详细设计、调试实现以及设计结果的分析等,介绍了智能应用系统设计的基本步骤和方法,给出了典型案例的具体设计方案、设计电路和部分软件源程序。

本书可作为高等院校电子信息类专业本科生和研究生提高型实践教学、挑战杯、大学生电子设计竞赛赛前集训和学生课外科技活动的参考书籍,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

智能电子系统设计实例分析 / 张爱华, 董燕编著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2021. 8
ISBN 978-7-5635-6469-9

I. ①智… II. ①张… ②董… III. ①智能系统—电子系统—系统设计 IV. ①TP18
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 156920 号

策划编辑: 刘纳新 姚 顺 责任编辑: 满志文 封面设计: 七星博纳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 唐山玺诚印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 9.25

字 数: 197 千字

版 次: 2021 年 8 月第 1 版

印 次: 2021 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-6469-9

定价: 42.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

本书涵盖电子技术、通信技术、自动控制技术等领域,通过对典型设计案例的方案分析与论证,设计原理的说明,软硬件系统的详细设计、调试实现以及设计结果的分析等,介绍了智能应用系统设计的基本步骤和方法,给出了典型案例的具体设计方案、设计电路和部分软件源程序。本书的理论知识由浅入深,比较适合初学者了解系统设计的思路 and 实现过程。

本书共分 8 个案例,案例一结合 ZigBee 技术与 GPRS 技术,从 ZigBee 家用智能开关系统的硬件设计和软件设计出发,详细地介绍了系统设计方案。家用智能开关系统以 TI 公司 CC2530 单片机为核心控制器件,建立家庭网关硬件平台,家庭网关采用 GPRS 技术将家庭 ZigBee 无线局域网连接到互联网。智能开关系统可以实时采集家庭环境中的温湿度、烟雾报警、光照以及家用电器等设备参数信息,通过 GPRS 网络将家庭内部的 ZigBee 无线局域网络数据同步到云平台,用户可以利用手机微信客户端或者 PC 客户端直接对家庭环境实时监测和控制。

案例二介绍了基于 STM32 的远程幅频特性测试仪,系统组成模块包括:主控模块、信号源模块、放大器模块、功率检波模块及无线传输。其中,主控模块采用 STM32F103ZET6 单片机,信号源模块主要由直接数字频率合成器 AD9854 组成。放大器模块由两级线性可调增益运放 AD8367 直接级联构成,该模块将信号源输出的小信号按预设增益进行无失真放大。有效值功率检波器 AD8361 检测放大器放大后的信号有效值,并由 A/D 转换模块将模拟量转换为数字量。利用 ESP8266 WiFi 模块将信号的幅度信息和频率信息上传至局域网,上位机通过接收无线数据并利用 MATLAB 完成幅频特性曲线的绘制与显示。

案例三阐述了 AR(Augmented Reality,增强现实)的基本概念、发展历史、主要应用及现状分析,分析了 AR 的关键技术及开发平台。探讨了单摄像头下增强现实的跟踪注册原理,研究分析了增强现实 ARToolkit 标记的设计和识别,设计了多个标记,验证了基于 ARToolkit 和 OpenGL 平台标记识别的有效性。

案例四介绍了基于 STM32 的实时语音传输系统的设计与实现。该系统具有有线和无线双模式,系统主要组成模块有主控模块、语音采集与播放模块、有线模块、无线模块,系统可实现数据的有线和无线传输,接收端对接收到的语音信号进行了解码播放。

案例五介绍了六自由度机器人运动控制系统的设计思路,采用 D-H (Denavit-Hartenberg)模型建立了机器人正逆运动学方程,应用分离变量法求解机器人的逆运动学解,并利用 MATLAB 对求解结果进行仿真以验证算法求解的正确性。分离变量求解法大幅降低了控制系统的运算量,使得系统可以采用低性能的廉价处理器进行实现。六自由度机器人运动控制系统主要由主控制模块和运动控制模块组成。主控制器完成机器人的运动学计算后,将数据发送给运动控制模块;运动模块通过脉冲驱动电动机使机器人完成点到点的运动。

案例六介绍了基于 ARM 单片机的多媒体音乐播放器的设计方案。系统以 ARM 系列 STM32F407ZGT6 为主控核心,通过 VS1003 音频解码模块、W25Q64 FLASH 芯片、SD 卡存储模块、AT24C02 EEPROM 芯片、按键、LCD 触摸显示模块等组成了多媒体音乐播放器的硬件系统。通过移植 FATFS 文件系统读取 SD 卡或者已经存放到 Flash 里的音频文件,由 VS1003B 解码输出到耳放。LCD 模块实时显示音乐信息,用户可以通过触摸屏幕控制播放器的工作模式包括:暂停、播放、音量调节、拖动、停止等功能。

案例七介绍了基于 DSP 和 FPGA 的实时视频处理平台的设计。本案例采用数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)和现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA)技术进行视频图像的采集与处理。本案例介绍了系统设计方案、软件设计思路,详细分析了采集显示模块、同步时序控制模块、驱动程序设计以及数据传输模块的设计过程。该平台具有 PAL/NTSC 两种制式的全分辨率彩色复合视频信号进行实时采集、显示和处理的能力。经验证,该平台已具备实时视频的采集处理与回放功能,可辅助应用于工业、远程视频教学等领域。

案例八介绍了基于 STM32 的单轴正交编码计数器的设计方案。通过对正交编码器输出信号处理与采集方法的分析,设计了正交编码的数据采集模块、串口通信等模块,数据采集模块。既可实现转动速度、位置等信息的转换,又能实现对正交编码器相关信息的数据采集。通信模块将正交编码器采集到的转动速度、位置等信息实时传输至上位机,以实现数据的进一步分析和应用。

本书由中原工学院的张爱华、董燕编著,其中,案例一由张爱华编写,案例二至案例八由董燕编写,全书由张爱华统稿。中原工学院毕业学生周永琦、周其玉、谭潇、陈文静、姜成龙、张宁波、韦永成、宋雪萍等同学对书中的案例进行了验证。本书的出版得到了中原工学院学术专著出版基金的资助。作者在此一并表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏,恳请广大读者批评指正。

作者

目 录

案例一 基于 ZigBee 和 GPRS 技术的家用智能开关系统设计	1
1.1 智能家居概述	1
1.2 无线通信技术	2
1.3 智能开关系统设计方案	5
1.4 硬件电路系统设计	8
1.4.1 硬件系统设计原理及功能	8
1.4.2 网关模块硬件电路设计	9
1.4.3 节点模块电路设计	11
1.5 系统软件设计	14
1.5.1 网关主程序设计	14
1.5.2 ZigBee 子节点程序设计	18
1.5.3 GPRS 程序设计	18
1.5.4 手机客户端控制平台设计	19
1.6 系统测试平台与测试环境	20
案例二 远程幅频特性测试仪	24
2.1 引言	24
2.2 系统方案设计	25
2.2.1 总体方案设计	25
2.2.2 系统各模块方案论证	26
2.3 硬件系统设计	28
2.3.1 硬件设计思路	28
2.3.2 硬件系统实现	32
2.4 软件系统设计	40
2.4.1 软件设计思路	40
2.4.2 软件实现	41

2.5	系统调试	43
案例三 基于 ARToolkit 的快速标志识别		
3.1	引言	46
3.2	增强现实关键技术及开发平台	49
3.2.1	显示技术	49
3.2.2	跟踪注册技术	50
3.2.3	ARToolkit 工具包	52
3.3	增强现实中的标记设计检测与标记识别	52
3.3.1	ARToolkit 标记设计	52
3.3.2	ARToolkit 标记检测	53
3.4	基于 ARToolkit 的增强现实	55
3.4.1	ARToolkit 的体系结构	55
3.4.2	ARToolkit 的基本建模	56
3.4.3	基于 ARToolkit 的实验验证	58
案例四 基于 STM32 的实时语音传输系统设计		
4.1	引言	66
4.2	系统设计方案	66
4.2.1	总体方案	66
4.2.2	方案论证	67
4.3	硬件系统设计	69
4.3.1	语音采集播放模块	69
4.3.2	以太网有线传输模块	71
4.3.3	无线通信电路设计	72
4.3.4	触控显示模块电路设计	73
4.4	系统软件设计	75
4.4.1	发送端软件设计	75
4.4.2	接收端软件设计	76
4.5	实时语音传输系统实现	76
4.5.1	硬件系统的实现	76
4.5.2	系统实现	78

案例五 六自由度机器人运动控制系统的设计	81
5.1 引言	81
5.2 机器人运动学方程求解	82
5.2.1 直角坐标系到运动坐标系的矩阵变换	82
5.2.2 D-H 模型建立机器人运动学方程	83
5.2.3 六轴工业机器人运动学	84
5.2.4 六轴工业机器人逆运动学	85
5.2.5 关节空间的轨迹规划	87
5.3 机器人运动学 MATLAB 仿真	88
5.3.1 机械臂模型	88
5.3.2 机器人正逆运动学仿真验证	89
5.3.3 运动轨迹规划仿真	90
5.4 六自由度机器人控制系统设计	92
5.4.1 总体方案设计	92
5.4.2 硬件系统设计	92
5.4.3 控制系统软件设计	95
5.5 六自由度机器人控制系统实现	96
 案例六 多媒体播放器的设计与实现	 99
6.1 引言	99
6.2 系统设计	99
6.2.1 硬件系统设计	99
6.2.2 软件系统设计	107
6.2.3 测试结果	108
 案例七 基于 DSP 和 FPGA 的实时视频处理平台的设计	 110
7.1 引言	110
7.2 系统设计	111
7.2.1 系统设计方案	111
7.2.2 系统总体构建	113
7.3 系统硬件设计	115
7.3.1 图像采集模块	115
7.3.2 图像处理及存储模块	117

7.3.3 图像输出模块与外围电路	119
7.4 系统软件设计	122
7.4.1 软件设计方案	122
7.4.2 硬件连接与仿真结果	126
案例八 基于 STM32 的单轴正交编码计数器	127
8.1 引言	127
8.2 正交编码器的原理	127
8.2.1 编码器及其应用	127
8.2.2 正交编码器结构原理	128
8.2.3 正交编码器数据采集系统原理	129
8.3 基于 STM32 的单轴正交编码计数器系统设计	130
8.3.1 系统整体设计	130
8.3.2 硬件部分设计	131
8.3.3 软件部分设计	133
8.4 基于 STM32 的单轴正交编码计数器系统实现	136

案例一 基于 ZigBee 和 GPRS 技术的家用智能开关系统设计

1.1 智能家居概述

随着 5G 网络技术的普及、智能家居及物联网技术的发展,将推动家庭设备智能化、无线化的快速发展。作为物联网十大应用之一,智能家居系统飞速发展,与人们生活息息相关的智慧家庭逐渐变为现实。随着家庭住宅智能化需求的提高,传统住宅面临着巨大的挑战,同时,传统智能家居系统所采用的技术方式也逐渐无法满足人民的要求。传统的有线数据采集方式已经迫切需要一种更加便利、智能的方式来代替。随着智能化时代的到来,拥有一个智能化、现代化的家庭住宅环境已经不再是电影中的场景,智能化、信息化是这个时代发展的必然趋势。

住宅家居产品的智能化,最早是源自发达的欧洲、美国、日本等国家,20 世纪 80 年代初期,由于电子技术发展迅速,一些基于电子技术的智能住宅产品开始进入人们的生活之中,住宅楼宇的电子化开始出现。20 世纪 90 年代初期,随着计算机技术的发展进入一个崭新的阶段,智能社区开始出现,例如,基于计算机的智能安防监控系统。智能家居产品也在此阶段开始由港澳台等地区流行起来。到了 90 年代中期,总线技术的发展,使得人们开始利用计算机通信总线技术对家庭住宅环境中的各种家用电器,多个安防监控系统进行联合管理。智能家居管理系统应运而生,智能家居产品再次成为人们关注的焦点。90 年代末,互联网技术席卷大江南北,如火如荼,基于互联网技术的智能化社区、智能楼宇等逐步在市场上投入应用。同时,结合互联网技术设计的新型智能家居管理系统,进一步促进了人们家庭生活的智能化。生活的智能化成为时代发展的新趋势,越来越多的人开始憧憬拥有新的智能家庭生活。

传统的智能家居产品仍有不足之处。传统的智能家居产品通常采用有线连接设备技术,需要进行人工布线,不仅安装复杂麻烦,而且成本消耗太大。如果需要对智能家居产品进行二次拆装、修理,将要耗费更多的人力、物力和财力,用户体验较差,因此,人们对该类型的产品需求量并不大。随着电子、通信、互联网等相关理论与技术的发展,物联网技术也取得了前所未有的进展。依托移动互联网技术以及智能远程终端监控技术,智能家居产品

的用户体验舒适度有了大幅度的提升,家居产品的智能化又重新回到了人们生活的视野中。

智能开关及智能家居的控制系统注重于家庭电器的互相连接和简单控制,不同于那些需要大量数据传输的音视频设备,它们需要传输的数据量较小,对数据传输的速率要求较低,所以并不需要高速率的通信接口。在现代化的智能家庭中,家电设备众多,每个家用电器对应一个终端节点和一个传感器节点,所以,技术上要求智能家居产品能够做到容纳较多的传感器节点,以保证网络的畅通,较好地实现实时的信息传输。智能化的家居产品还要尽最大可能降低用户操作安装的复杂度,并具有自动管理局域网的能力,即具有网络托管能力。

ZigBee 无线通信技术为家庭智能化设备提供一个统一平台,基于 ZigBee 无线局域网的新一代智能家居产品,结合了新的传感器技术和通用无线分组业务(General Packet Radio Service,GPRS)移动通信网络技术,让人们更加能够体会到智能家居给人们的生活带来的便利和舒适感。比如,通过手机微信客户端、计算机 Web 客户端来远程控制智能家庭中的各种电器设备,可利用各种生活场景使家庭智能设备系统进行自我调节控制。ZigBee 作为一种新兴的无线局域网络通信技术,具有极低的成本、极低的功耗,因此 ZigBee 通信技术在智能家居领域有着广泛的应用。

1.2 无线通信技术

目前,人们常用的无线通信技术主要有:红外通信、蓝牙、WiFi 和 ZigBee。蓝牙和 WiFi 因其不具备优良的自动组建网络特点,限制了它们在智能家居产品上的广泛应用。一台蓝牙设备最多能够与其他 8 台蓝牙设备进行无线数据的传输。商用的 WiFi 路由设备最多能和 20~30 个 WiFi 网络设备进行通信,家用 WiFi 路由设备最多能连接 10 个网络端口,太多的设备连接会造成网络拥堵,严重影响网速。假设要建立起一个具有 30 个节点端口的家庭智能化管理系统,需至少配备 3 个网段,带来的网络成本是比较昂贵的。然而,红外技术却由于其传输距离太短也不太适用于智能家居产品。

相比之下,ZigBee 网端的连接设备数足够多,可以达到 65 536 个,足以满足众多家用电器设备,ZigBee 组建的家庭局域网可以用多种微处理器控制,其扩展性能的优越性得以彻底展现。ZigBee 是一种能够自动组网,具备低功耗,且传输速率较低的无线通信技术,和其他无线通信技术相比较,使用 ZigBee 技术来设计智能家居产品是一个明智的选择。

由表 1-1 可知,蓝牙、WiFi 技术具有显著的大容量数据传输的特点,通常用于音视频文件的传输;红外技术通信距离较短、通信速率快且稳定,适用于近距离电器的直接控制,例如,家用电视机、空调等的遥控。ZigBee 技术,因其具有自组网和较高的连接设备数,更适合用在具有控制和监测功能的家庭局域网络中。可实现对家庭室内环境状况的监测、家庭电器开关的监测与控制等功能,因此,本案例选用 ZigBee 无线通信技术作为系统的组网方案。

表 1-1 几种主要通信技术的比较

规范	工作频率	传输速率	最大功耗	传输方式	连接设备数	支持组织	主要用途
ZigBee	868/915 MHz 2.4 GHz	0.02~0.04 0.25 Mbit/s	1~3 mW	点到多	65 536	ZigBee	家庭、控制、 传感器网络
红外	820 nm	16 Mbit/s	5 mW	点到点	2	IrDA	近距离遥控
蓝牙	2.4 GHz	2 Mbit/s	1~100 mW	点到多	7	Bluetooth	个人网络
WiFi	2.4 GHz	100 Mbit/s	100 mW	点到多	1 024	WiFi 联盟	超市、物流管理

1. ZigBee 无线技术

ZigBee 是一种可以近距离无线通信的技术,它能够自动组网,且具备超低功率消耗,传输速率较其他技术低。ZigBee 网端的连接设备数可以达到 65 536 个,足以满足家庭众多电器设备。ZigBee 技术的主要优势为以下几个方面。

(1) 功耗低。ZigBee 具有省电模式,两节 5 号干电池可以使 1 个节点工作 6 个月。

(2) 成本低。ZigBee 制造商优化了协议栈,使其能够适应大多数的微型处理器。普通的 ZigBee 协调器节点,只需要拥有 32 KB 的存储空间,而 ZigBee 终端节点只需要 4 KB 的存储空间。

(3) 延时短。ZigBee 只需要超过 10 ms 的时间,便可从睡眠状态恢复到正常工作运行状态,而 ZigBee 终端子节点只需几十毫秒即可加入 ZigBee 无线局域网,具有较短的时间延时。

(4) 容量大。ZigBee 网端的连接设备可以达到 65 536 个,嵌入多种设备,可以极大地满足智能家居设备数量。

(5) 安全性高。ZigBee 协议栈有三种安全加密方式确保 ZigBee 网络的通信安全:无安全设定方式、访问控制方式和 AES128 对称密码方式。

2. ZigBee 组网方式的选择

ZigBee 网络的三种网络架构:ZigBee 技术具备非常强大的组建网络的能力,依据实际需要,并结合这三种节点的各自特点,可以构建三种拓扑结构网络:星形(star)、树形(tree)和网状网络(mesh),根据实际不同情况的场景,用户可以选择更合适的网络结构。

(1) 星形(star)网络的组成,包含一个协调器节点及多个终端节点(End Device)。协调器节点,便是星形网络的核心节点,所有加入到网络的终端节点都必须要通过协调器节点进行通信,其中协调器还承担路由功能。星形网络结构的优势是简单高效,一个协调器理论上可以加入 255 个节点,但容量较小,容错率低,若唯一一个协调器节点出现问题,则可能会导致整个 ZigBee 网络的直接“瘫痪”。

(2) 树形(tree)网络,相比于星形网络,增加了 Router(路由)节点,是一个全功能节点,把终端节点传输来的信息转发到协调器节点上。终端节点信息经路由器节点转发,最终都传输到协调器。树形网络和星形网络一样,各终端节点之间不能直接进行通信,如果终端

节点之间需要进行通信,End Device 会将数据帧发送给自身的父节点,由父节点查询自身路由表,继续向上一级路由发送,直到协调器,协调器会向下一级路由节点发送数据帧,最终找到相应的目的设备。

(3) 网状网络(mesh)的组成最复杂多样,正因此特点网络也最稳定。其组成包括一个协调器节点、一系列路由器节点和终端节点。网状网络的特点是网络节点容量非常大,结构比较复杂且性能稳定,容错率高。路由转发功能是每一个终端节点都具有的,每一个节点的数据都可以由多条传输路径到达关键节点。这种网络就要有一个优化的路径算法,来达到最优的转发路径。因为网状网络具有多种通信链路,节点可以任选一条线路进行通信,如果其中有一个或多个节点出现故障或者网络中断,数据会选择其他的线路进行传送,可以说是容错率高,这就是网状网络最大的优点。

本系统结合具体的实际情况,采用了星形网络来构建智能家庭远程网络监控系统。因为网络拓扑结构越是复杂,其成本也就越高,考虑到智能家居设备的数据量不大,以及网络拓展的情况和网络覆盖范围情况下,尽量降低成本。智能家居系统节点数目一般不多,星形网络至多可达二百多个节点,已足够家居的使用。其用来覆盖的家庭室内范围不大(最远直线距离一般小于 20 m),主要用于监控家中环境信息以及控制灯光及家电的开关等,节点数目一般有几个,且传感器节点的数据传输量较小,已足够使用。根据本系统需要,主要实现网络的建立、信息的传输和家居开关的控制,因此,本案例选用星形网络拓扑结构搭建一个简单高效的系统即可。星形网络架构如图 1-1 所示。

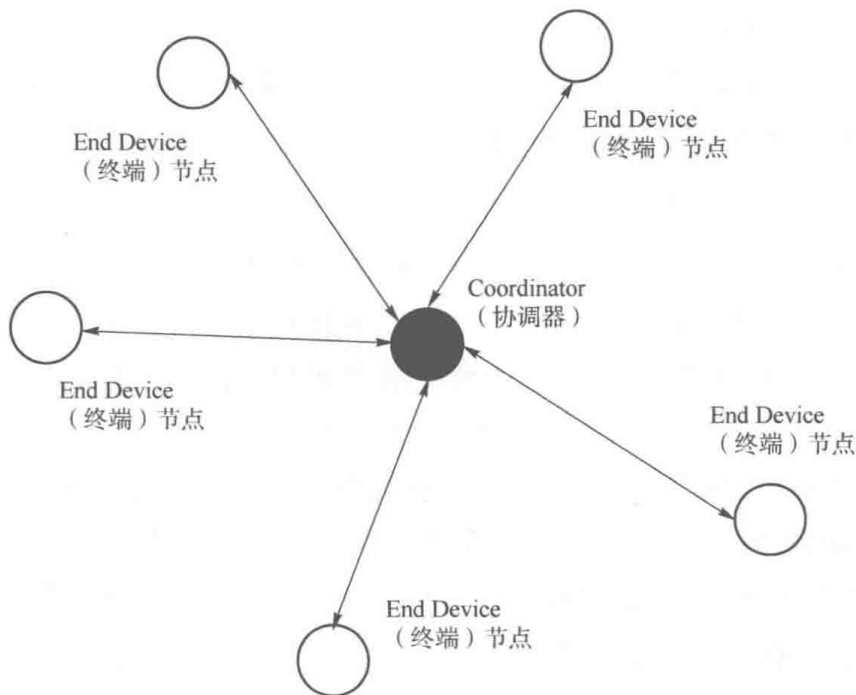


图 1-1 ZigBee 星形网络架构

3. GPRS 无线技术

GPRS(General Packet Radio Service)是移动电话用户使用的移动数据通信业务,是在全球移动通信系统(Global System for Mobile Communications, GSM)通信技术基础上发展起来的。与传统的连续信道传输技术不同,GPRS 是基于数据的传输方式,所以成本计算的依据是传输数据的大小,理论上更便宜。

用户可以通过 GPRS 模块访问移动网络,按照 GPRS 通信协议的内容向 GPRS 发送控制命令,控制命令称为 AT 指令:该指令以 AT 字符串作为开头,回车字符串作为结尾。用户可以通过 AT 命令拨打电话和数据传输服务。互联网端收到 AT 指令后会根据指令的执行成功与否返回一个状态信息。当 GPRS 检测到外部发来的拨号信息,也会通过串口返回相应的提示信息以便接收端做出处理。

GSM/GPRS 模块内嵌了 GPRS 协议,可以实现语音对讲、发送短信息、高速数据传输。SIM800A 内部集成标准的 TCP/IP 协议,具有丰富的接口,性能稳定,功耗低,具有强大的抗电磁干扰能力,易安装并且安装面积小,广泛用于智能家居产品、智能远程采集系统和远程监控系统等,可实现语音、短信、GPRS 数据服务等功能。

1.3 智能开关系统设计方案

智能开关系统主要包含三个部分:互联网用户管理系统、ZigBee 家庭无线局域网络系统和数据采集系统,系统框图如图 1-2 所示,用户可以通过手机微信端或计算机客户端远程登录互联网用户服务系统,在互联网用户管理系统中可以看到家用电器设备数据,这些数据是由 ZigBee 家庭无线局域网络系统上传的。另外,用户可以通过管理系统中的控制器列表进行反向控制家用电器设备。数据采集系统用于采集家用电器设备信息,同时,还可执行来自用户管理系统的控制命令。设备信息由设备所在的相应终端节点传输到 ZigBee 家庭无线局域网络中。

ZigBee 家庭无线局域网主要包括:ZigBee 家庭网关、ZigBee 协调器模块(协调器)、ZigBee 终端节点模块和 GPRS 模块。ZigBee 协调器模块作为 ZigBee 网络的父节点,负责采集终端子节点数据、建立一个安全的家庭局域网络、解析终端节点数据并下达来自管理系统的控制命令。ZigBee 终端节点模块作为 ZigBee 家庭局域网络的子节点,负责采集家庭环境中的温湿度信息,并执行用户管理系统的控制命令。ZigBee 家庭网关是 ZigBee 家庭无线局域网络的重要组成部分,被视为是整个 ZigBee 家庭局域网络协议的传输枢纽,主要用于解析协调器采集的终端节点的数据信息,并根据云服务器的数据帧格式进行打包。GPRS 模块将打包的数据上传云平台,GPRS 模块将家庭网关解析的数据封装成数据帧上传云端,同时也要接收云端发来的控制命令。用户利用诸如手机或计算机等智能终端,通过 App 即可实现对终端节点所关联的家庭电器进行监测和控制。

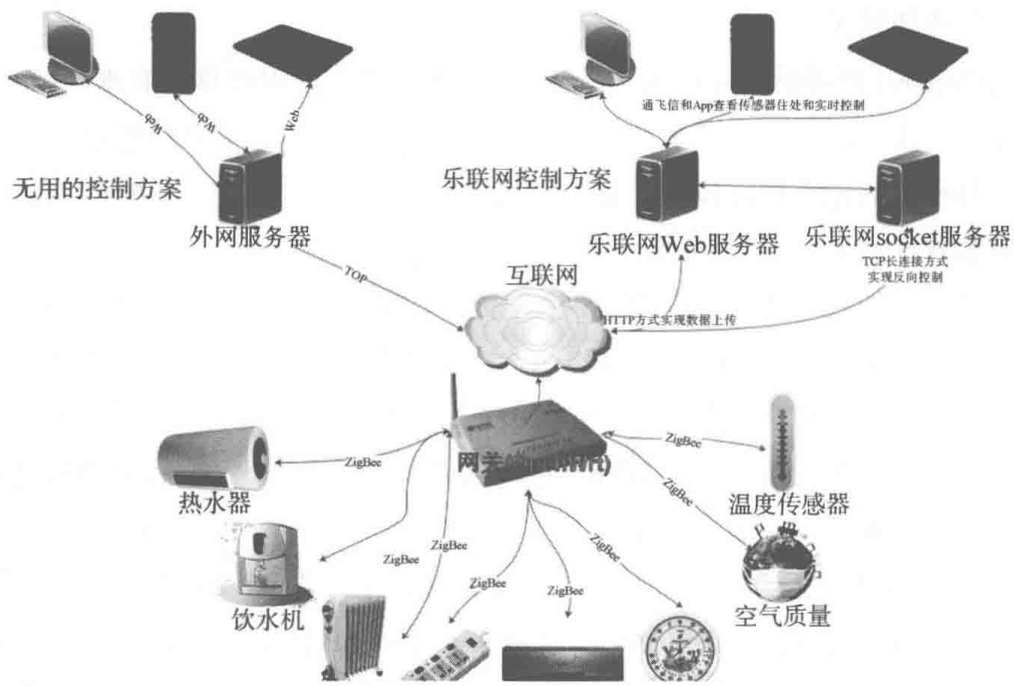


图 1-2 智能开关系统框图

1. ZigBee 网关系统设计方案

本案例中网关系统的核心控制芯片采用 TI 公司的 CC2530 单片机,该芯片中集成了 8051 CPU。ZigBee 协议栈通信标准的建立,开放了许多 API 接口,方便用户直接调用,因此,直接推动了 ZigBee 在智能家居行业的广泛应用。网关系统框图如图 1-3 所示。

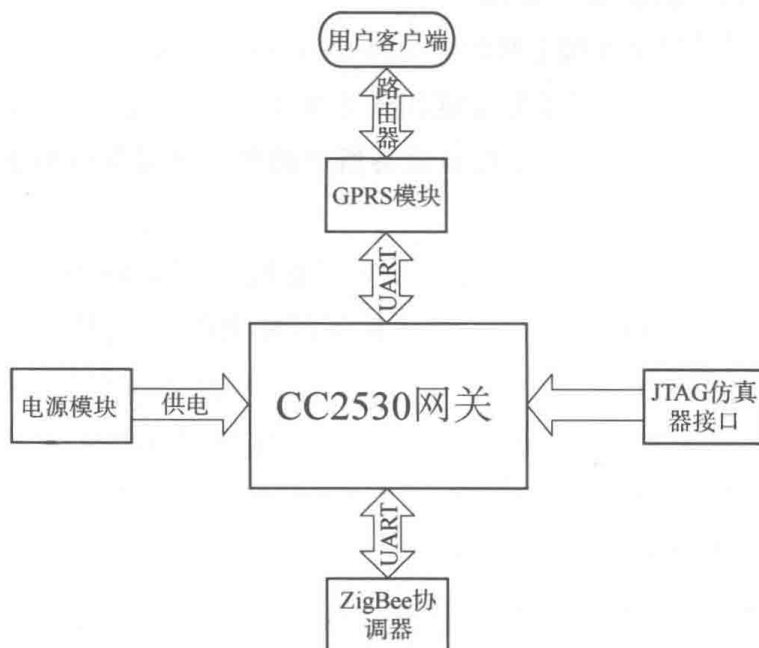


图 1-3 网关系统框图

ZigBee 家庭网关作为整个 ZigBee 家庭局域网络协议的重要枢纽,主要用于解析协调器采集终端节点的数据信息,根据云服务器的数据帧格式,GPRS 模块将数据包上传至云平台。ZigBee 系统中的协调器模块作为 ZigBee 网络的父节点,负责收集终端子节点数据,建立一个安全的家庭局域网络、解析终端节点数据并下达来自管理系统的控制命令。ZigBee 协调器将终端节点模块采集到的传感器信息通过串口送至网关模块,网关模块将数据打包成数据帧,通过 GPRS 模块登录乐联网 Web 服务器,将数据送至互联网客户端;网关模块同时接收来自互联网用户客户端的命令,并通过协调器转发给终端节点。

2. ZigBee 节点系统设计方案

ZigBee 节点系统包括:ZigBee 家庭无线局域网中的协调器模块和两个终端节点。协调器模块和终端节点模块组成一套稳定的通信网络,将家庭局域网中关联的电器设备连接起来,便于数据的传输和共享。

ZigBee 协调器模块作为 ZigBee 网络的父节点,负责采集终端子节点数据,并建立一个安全的家庭局域网络、解析终端节点数据并下达来自管理系统的控制命令。ZigBee 模块中终端节点为 ZigBee 家庭局域网络的子节点,负责收集家庭环境中的温湿度信息,执行来自用户管理系统的控制命令。终端节点实现了通过传感器模块对家庭环境信息采集并发送给 ZigBee 协调器的功能,同时接收协调器发送的控制命令并做相应处理,即实现数据的双向处理。子节点传感器采集系统用于采集家庭环境中的环境信息和电器信息。子节点系统框图如图 1-4 所示。

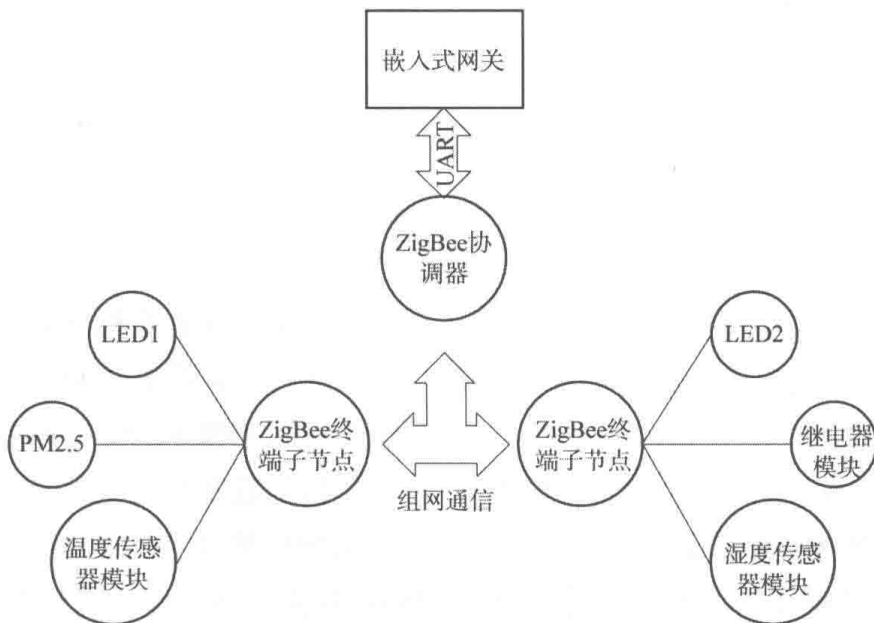


图 1-4 子节点系统框图

1.4 硬件电路系统设计

本案例的家居智能开关控制系统,是对嵌入式技术、传感器技术、ZigBee 技术及 GPRS 技术融合应用的结果。

1.4.1 硬件系统设计原理及功能

智能家居远程控制系统主要由 GPRS 模块、ZigBee 无线网络、嵌入式网关以及手机或计算机远程终端几部分组成,ZigBee 无线网络则由协调器节点和终端节点模块组成。网络控制分为远程控制和家庭控制两部分,分别对应 Internet 和 ZigBee 无线通信网络,系统总体结构框图如图 1-5 所示。嵌入式网关是智能家居控制系统的核心部分,主要完成信息的交换,家庭网关模块包括 STM32 主控制器模块和 GPRS/GSM 模块、传感器节点之间的核心信息共享以及无线通信网络之间的互联网交换。

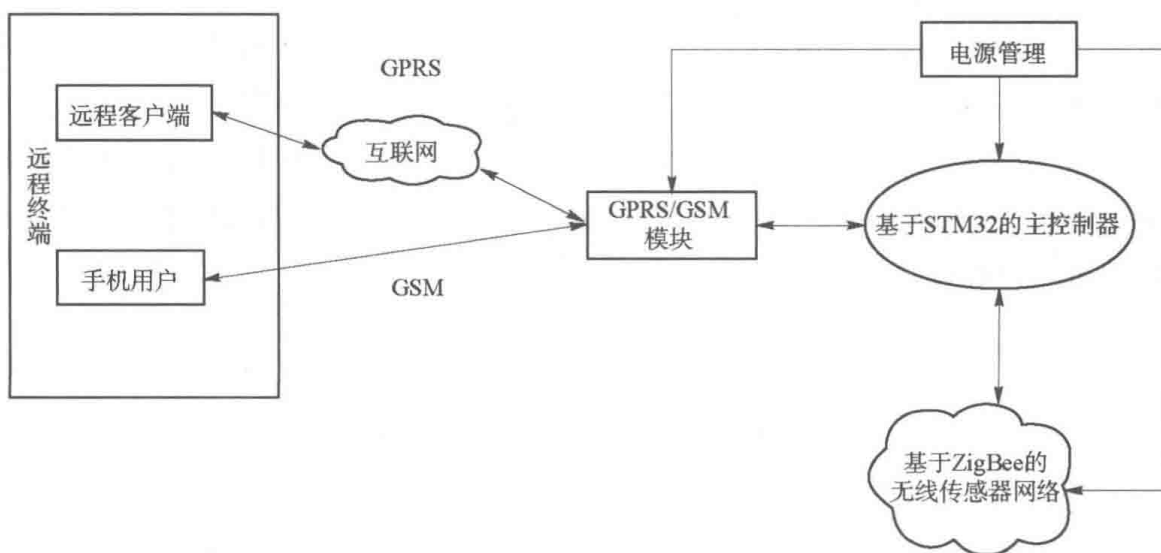


图 1-5 系统总体结构框图

通过 GPRS 与互联网的結合,家居用户可以通过上位机或者手机等方式,实现对家用电器的远程控制。单片机上电初始化后,自动发送一系列 AT 指令控制 GPRS 模块,建立 TCP 客户端连接,建立连接后,当 STM32 主控制器接收用户发来的指令后,通过串口的形式把要操作的节点和命令发送给协调器节点,然后判断远程客户端是切换节点,还是操作当前节点,再转换成命令消息,并转发相应的消息到对应的终端节点,终端节点接收消息并进行解析,如果是控制命令,则节点进行相应的响应,响应完成后返回执行成功指令进行反馈,从而让家居用户可以随时获取家居情况并控制家居相应设备的状态,比如简单的 LED 灯开关控制。

利用 ZigBee 技术对家庭设备进行组网,并对各节点数据进行采集分析,然后,将采集分