

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.05.021

基于物联网的大功率电器监控系统设计

周维龙, 肖伸平, 陈刚, 聂辉

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 针对各种各样的大功率用电器走进学生公寓所带来的安全隐患问题, 提出了一种基本物联网的大功率电器远程监控系统。以 S3C2440A 作为微处理器实现控制功能, 采用 ZigBee 无线通信方式和 GPRS 通信方式相结合的混合分层网络, 实现大功率用电器远程自动监控的设置。仿真结果表明, 该系统能有效地对大功率用电器进行远程控制。

关键词: 物联网; 大功率电器; ZigBee

中图分类号: TP393.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)05-0095-05

Design of High-Power Electrical Monitoring System Based on the Internet of Things

Zhou Weilong, Xiao Shenping, Chen Gang, Nie Hui

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: In view of hidden troubles of various high-power electric appliances into student's apartment, proposes a high-power electric remote monitoring system based on the internet of things. Realizes the control function with S3C2440A as microprocessor, and achieves the high-power appliances remote automatic monitoring setting by means of the mixed hierarchical network combining ZigBee and GPRS communication modes. Simulation results show that the system can realize the remote control for high-power electric appliance.

Keywords: the internet of things; high-power electrical; ZigBee

0 引言

随着人民生活水平的不断提高, 各类大功率电器(加湿器、烤火炉、空调、电磁炉、电热水器等)已悄然走进千家万户, 用电管理越来越难。一方面要合理使用空调, 甚至电炉之类的一些大功率电器, 减少不必要的电能浪费; 另一方面又要实现安全用电管理。

学校公寓用电的管理特别重要。由于学生人数

多, 人口密度大, 如果对学生用电管理不当, 不仅会造成电能源的大量损耗, 甚至引起火灾, 造成巨大的经济损失, 以及人员伤亡。2003年11月24日凌晨, 莫斯科时间 2:50 (北京时间 7:50), 俄罗斯人民友谊大学 6 号学生楼失火, 大火从 203 号宿舍烧起, 这场大火是俄罗斯十年来最严重的一场火灾。经调查, 失火原因是电线短路。这场火灾造成 41 名学生被烧死, 100 多人受伤, 其中遇难的中国留学生 11 名。2008 年 11 月 14 日凌晨, 上海商学院徐汇校区一学生

收稿日期: 2012-07-12

基金项目: 住房和城乡建设部重大专项项目子课题基金资助项目(财建[2010]520-4), 湖南省自然科学基金资助项目(10JJ6098, 11JJ2038)

作者简介: 周维龙(1978-), 男, 湖南邵阳人, 湖南工业大学讲师, 硕士, 主要研究方向为嵌入系统设计及应用,

E-mail: weilong_12345@163.com

公寓发生火灾,过火面积达20平方米左右。因室内火势过大,其中4名女大学生为了逃生,情急中从6楼寝室阳台跳下去,结果全都不幸遇难。经调查发现,引起火灾的原因是有人违规用电,私自使用大功率电热棒之类的东西烧水,结果水烧干引起了大火^[1]。文献[2]中分析了高校学生宿舍的火灾成因主要包括:1)寝室里电气线路私接拉乱;2)违规使用大功率用电器,有的学生违反学校的消防管理规章制度,消防安全意识薄弱,存有侥幸心理,图一时的方便,私自使用大功率用电器,特别是到了冬天,经常用“热得快”烧水,用电炉煮方便面,用烤火器取暖等,导致公寓用电负荷急剧增加,让整个电气线路长时间超负荷运行;3)大量使用违规产品,在学生使用的一些大功率电器中,大部分产品都是没有经过安检的违规产品;4)供电线路的老化,有些公寓使用时间较长,线路没有及时更换,有的甚至有导线裸露在外面,这样即使电源没有超负荷,也容易引发电气火灾等。

针对这些问题,目前一般做法是限时送电或在室内安装限流器,但是装了限流器,限制了大功率电器的使用,同时也影响了电脑等常规电器的使用,达不到节能与节电的目的。本文提出了一种基于物联网的大功率电器远程智能监控系统,采用当前热门的物联网技术、嵌入式技术和无线传感器网络技术相结合的方法,精心挑选功率检测电表,自动实现大功率的安全检测,同时通过数据对比与分析,得出线路的损耗功率,对老化严重或存在故障的线路及时进行处理,降低损耗,提高安全性。该系统还具有远程访问与控制功能。管理者可使用PC机或手机不仅可以远程访问各宿舍相关数据,同样可通过GUI(graphical user interface)界面监测公寓内用电器的相关数据,实时监测大功率的使用情况,从而实现智能用电、安全用电。

1 系统结构设计

根据学生公寓管理特点,本系统以ARM920T为内核的S3C2440A作为微处理器实现控制功能^[3],采用ZigBee无线通信方式和GPRS(general packet radio service)通信方式相结合的混合网络结构,这种网络结构既可以有效地降低系统成本,又符合最初使用无线通信方式实现远程监控大功率用电器的要求。该混合通信网络从系统结构上分为以下4个部分:智能大功率计量电路、ZigBee数据终端、集中器和监控中心,系统结构如图1所示。

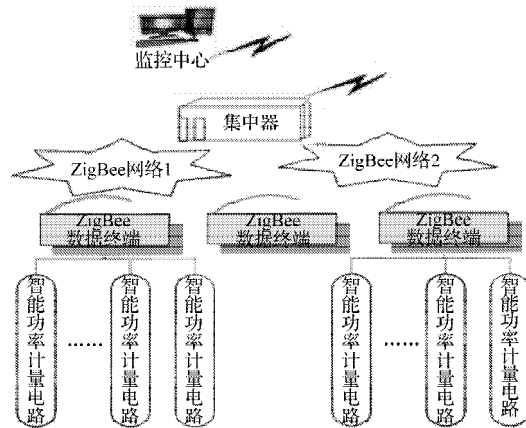


图1 系统框图

Fig.1 Block diagram of system

该控制系统主要功能如下:

1) 智能大功率计量电路。该计量电路是系统的最底层电路,主要功能是对用电器的功率进行计量。在整个系统工作中,对用电器功率实现准确的计量,是保证上位机获取数据的准确性和科学性的前提条件。以FPGA(field programmable gate array)的EPC25为主控器,实现对用电器的功率进行实时检测与计量,并通过RS485实现和系统的上一层进行通信^[4]。

2) ZigBee数据终端。以数据采集器作为ZigBee网络的终端节点,负责采集功率计量电路所得到的实时数据。采集站通过RS485总线与智能大功率识别器相连,一个采集器一般可同时控制16路不同检测器传递的信号,这样可以有效地缩减采集站的数量、简化网络结构、降低开发成本,同时又可大大提高数据的准确性。采集站在通常情况下处于休眠状态,只有当收到指令时才被唤醒执行相应的操作,有效的降低了系统的功耗。采集站的硬件主要包括有微处理器(CPU)、ZigBee无线通信模块以及其它必要的外围电路。采用TI公司的MSP430系列的单片机作为微处理器,它具有超低功耗的特点^[2];采用Ehipeon公司的CC2430无线收发芯片作为ZigBee网络的物理器件,其数据传输率为250 kb/s,支持基于ZigBee网络的星状、树状和网状等拓扑结构。

3) 集中器。集中器主要实现2个方面的功能。一方面是实现ZigBee网络协调器的功能,负责构建ZigBee无线网络,通过ZigBee传输方式从采集器中获取有效数据,并将处理后的数据进行存储;另一方面则是实现与监控中心的通信,将集中器保存的功率数据通过GPRS通信方式传送到监控中心,同时也可以接收来自监控中心的操作指令,并将具体操作指令转发到数据采集器,实现对功率信息的远程控制。上述2方面的功能主要通过ZigBee无线传输模块、

GPRS 无线传输模块以及其他外围电路等来实现。

4) 监控中心。监控中心是管理员能直接看到实时数据,并能根据数据下发具体操作指令的PC机。因此,上位机必需包含人机交互界面,即软件管理系统。通过上位机可以实时地查看功率数据,同时还需要进行数据分析与对比,比如线路老化而引起的损耗分析、系统的瞬时工作电压电流分析,同时管理员也可以将一些操作指令通过上位机下发到集中器和采集器中,从而实现对大功率用电器的远程监控。在采集用电器功率数据的同时需要将采集的功率数据进行存储,那么大量的数据信息就需要一个数据中心,数据中心将功率数据和包括每栋公寓总功率、每个用户电器使用情况的基础信息存储起来。本系统采用 SQL Server 2000 作为后台数据库,其能满足大量数据处理的需求。

2 系统控制算法分析

系统中对数据的处理主要包括 2 个方面: 1) 如何判断公寓内是否使用大功率用电器; 2) 如何判断线路的老化或故障。

1) 识别大功率用电器。对公寓大功率用电器的识别,可通过不停检测每间宿舍的总功率,若在某时刻总功率突然增加 (ΔP) 较大,则表明该宿舍启动了大功率电器,从而切断该宿舍电源,因此,可采用乒乓控制法。宿舍可以使用的电器仅局限于普通充电器、电风扇以及电脑等。台式电脑的功率一般在 350 W 左右,因此,阈值的大小可设定在 450 W 左右。主要代码如下:

```
#define PH 450 --- 设定功率最大变化值 (单位: W)
Void SampleControl --- 采样控制函数
```

```
{
    Float temp;
    Float new_P; --- 定义功率采样值 (单位: W)
    New_P=SampeAdc(); --- 进行一次采样,得当前功率
    Temp=New_P-P; --- 得到功率的变化值
    If(temp>PH) CtrlOut(1); --- 如果高于最大变化值,则关闭电源
    Else CtrlOut(0); --- 否则不动作
}
```

2) 识别线路老化与故障。若线路老化与故障,则会使线路的功率损耗增大,因此,可通过计算公寓的总功率与输入的总功率之差得到线路的损耗 P_t , 当 P_t 大于设定的阈值时,就发出报警信号,提醒工作人员检查线路。其控制算法原理与大功率用电器的识别相

似,可采用同一算法实现。

3 关键技术的实现

3.1 智能大功率计量电路设计

智能功率检测器是智能监控的终端,也是控制指令的执行者,因此其肩负了 2 个主要的任务: 控制用电器和与其它控制器通信。基于这 2 点考虑,功率检测器的功能设计如下:

1) 检测用电器的使用情况。采用电流检测的方法检测用电器的使用情况,即利用 FPGA 的 I/O 接口读取用电器的使用情况,记录此信息,并与预设值进行比较,判断用电器是否为大功率电器。

2) 实现数据的通信功能。利用 FPGA 的控制作用,通过 RS485 通信的方式,将实时数据传到采集器,从而实现远程监控。

本系统采用 ALTERA 公司的 EP2C20 型 FPGA 为主控制器,包括保护模块、数据检测模块、A/D 转换模块 (AD7701) 以及数据通信模块 (RS485) 组成,如图 2 所示。其中主控制模块完成数据处理和通信控制功能; 数据检测模块完成对负载用电回路电流的采集功能; 保护模块完成短路保护功能^[5]。

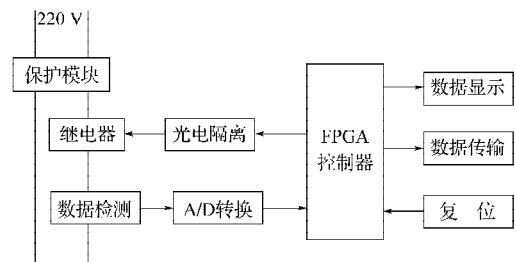


图2 原理框图

Fig. 2 Principle diagram

3.2 ZigBee 通信模块设计

CC2430^[6]芯片上系统 (system-on a chip) 是一种高集成度的解决方案。只需要很简单的外围电路,低成本的其他元器件,可支持高速、廉价的 ZigBee 节点的构建。这种解决方案能够提高性能并满足以 ZigBee 为基础的 2.4 GHz ISM 波段应用对低成本,低功耗的要求。其结合一个高性能 2.4 GHz 直接序列扩频 (direct sequence spread spectrum) 射频收发器核心和一颗工业级小巧高效的 8051 控制器。CC2430 可用于 ZigBee 协调器、路由器及终端设备。结合了 TI/Chipcon 业界领先的 ZigBee 协议栈之后,CC2430 被认为是市场上最具有竞争力的 ZigBee 解决方案。CC2430 只需要很少的外接元件就可以运行,该电路如图 3 所示。

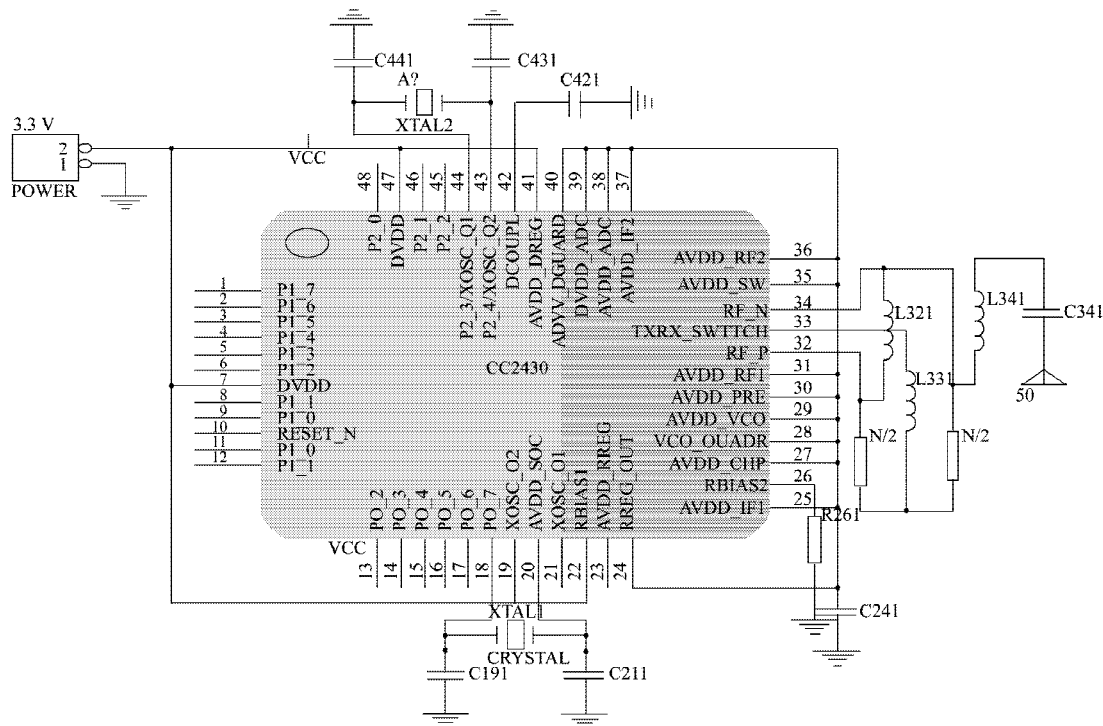


图3 CC2430典型应用电路

Fig. 3 Typical application circuit of CC2430

3.3 人机交互界面的实现

智能功率监控系统上位机软件采用 LabVIEW^[7] 开发。LabVIEW 是美国 NI 公司开发的一套基于 G 语言 (graphics language), 专为数据采集与仪器控制、数据分析和数据表达而设计的一套开发软件。可以将 LabVIEW 与一般的数据采集以及仪器设备加以组合, 设计出虚拟仪器并将其应用于许多领域, 从而摆脱了传统仪器的功能限制。

应用 LabVIEW 进行程序设计时, 一般采用自顶向下 (top-to-down) 的设计方法。首先要明确系统的总体要求, 然后将系统按功能不同划分成若干单元, 如信号采集、处理、显示等, 再按具体实现原理将各个单元逐步划分为更小的单元电路。这种分层次、模块化程序结构不但增加了程序的可维护性、可读性, 也增加了程序的可移植性, 使程序流程图结构清晰, 思维严谨, 同时也可简化编程工作。监控系统的软件结构如图 4 所示。

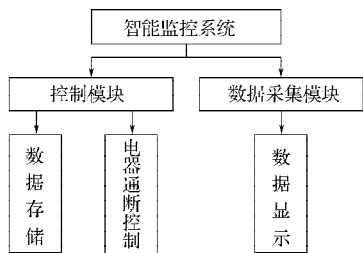


图4 系统软件结构图

Fig. 4 The structure chart of system software

4 仿真测试

4.1 A/D 转换的 FPGA 实现

根据 LC2MOS16-Bit A/D Converter (AD7701) 产品手册可知, 串行时钟输入频率 $f_{SCLK}=5\text{ MHz}$, SCLK (serial clock) 高电平脉冲宽度 $t_{11} \geq 35\text{ ns}$, SCLK 低电平脉冲宽度 $t_{12} \geq 160\text{ ns}$, 数据以 $f_{out}=4\text{ kHz}$ 速率更新 16 位数据输出寄存器的内容。因此, SCLK 时钟信号可由 EP2C 时钟 (40 MHz) 经 8 分频, 得到 $f_{SCLK}=5\text{ MHz}$; 为简化脉宽调制器的设计, 取占空比为 1:3 (2:6), 此时 $t_{11}=80\text{ ns}$, $t_{12}=160\text{ ns}$ 。采用 VHDL (very-speed integrated circuit hardware description language) 语言, 可实现分频器的设计, 其时序仿真波形如图 5 所示。从图可以看出, 设计符合 1:3 的要求。

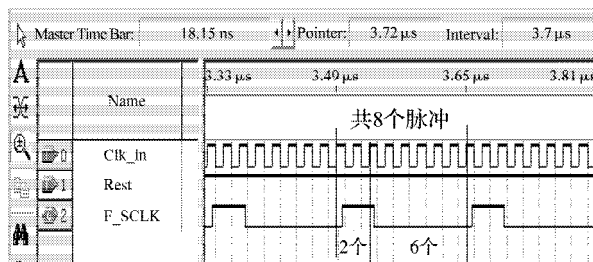


图5 时序仿真图

Fig. 5 Timing simulation diagram

4.2 数据接收与控制测试

节点加入网络后, 可采集各宿舍功率, 并将采集

数据发送到协调器。图6为接收数据窗口,该窗口显示了协调器收到的数据,Device后面的数据为发送数据的节点的网络端地址,之后依次为功率、运行时间、功率因素数据。由于条件限制,在测试中只对2个节点进行了测试。从图6中可以看出,2个节点在加入网络后,分别被分配的地址为0x0001和0x0002,并且二者都能够正常的采集和发送传感信息,发送指令的数据进制采用16进制,发送0和1分别控制继电器的断开和闭合,这样就可以实现对大功率电器的控制。

```

接收数据 2012-06-22 09:26:45
build the network successfully
myshort address:0x0000
my ext ended address:0x0100000000000000
Device:0x0001 Power is 287.5 W Run_time is 0.4h Power_factor is 0.90
Device:0x0002 Power is 296.3 W Run_time is 0.6h Power_factor is 0.88
Device:0x0001 Power is 321.7 W Run_time is 0.5h Power_factor is 0.89
Device:0x0002 Power is 265.4 W Run_time is 0.3h Power_factor is 0.91
  
```

图6 串口接收数据测试

Fig. 6 Test for the serial port to receive data

5 结语

本文提出了一种基本物联网的大功率电器远程监控系统的设计,重点介绍了总体方案、系统算法原理与具体实现、关键技术的实现方法。监控系统通过物联网,实现对公寓大功率用电器进行实时监控,一方面可有效防止因用电不当而引发的火灾;另一方面可节约用电。仿真测试结果表明了该系统能有效地对公寓大功率用电器进行科学管理,有着广泛的应用前景。

参考文献:

[1] 大连鑫盛科技有限公司. 近年来中外高校学生宿舍火灾事例[EB/OL]. [2012-04-12]. <http://www.dlxskj.cpo0o.com/news/22742.html>.

Dalian Xincheng Technology Co., ltd. Chinese and Foreign University Student's Dormitory Fire Case in Recent Years [EB/OL]. [2012-04-12]. <http://www.dlxskj.cpo0o.com/news/22742.html>.

[2] 彭林,孙昉. 学校公寓用电安全及其预防措施的设计[J]. 山西建筑, 2012, 38(20): 118-119.

Peng Lin, Sun Fang. On Electric Safety at School Apartments and Design for Prevention Measures[J]. Shanxi Architecture, 2012, 38(20): 118-119.

[3] 刘杰,肖伸平,周金峰. 基于S3C2440A的嵌入式余氯信息检测装置[J]. 湖南工业大学学报, 2010, 24(6): 89-92.

Liu Jie, Xiao Shenping, Zhou Jinfeng. Embedded Residual Chlorine Detection Device Based on S3C2440A[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2010, 24(6): 89-92.

[4] 盛占石,刘赫,谭延良,等. 基于GPRS技术的智能电压监测仪的研制[J]. 仪表技术与传感器, 2009(8): 23-25.

Sheng Zhanshi, Liu He, Tan Yanliang, et al. Development of Intelligent Voltage Quality Monitor Device Based on GPRS [J]. Instrument Technique and Sensor, 2009(8): 23-25.

[5] 刘荔鑫,王帅,王迎旭,等. 公寓电器功率智能识别与用电安全控制器设计[J]. 湖南工程学院学报: 自然科学版, 2005, 15(2): 30-32.

Liu Lixin, Wang Shuai, Wang Yingxu, et al. Intelligent Identification of Electrical Appliance Power in Apartment and Design of Controller for Using Electricity Safely[J]. Journal of Hunan Institute of Engineering: Natural Science Edition, 2005, 15(2): 30-32.

[6] Texas Instruments. CC2430 Data Sheet[EB/OL]. [2012-05-23]. <http://www.ti.com/sitesearch/docs/universalsearch.tsp?searchTerm=CC2430%2520Data%2520Sheet&linkId=1>.

[7] National Instruments Corporation. LabVIEW Help[EB/OL]. [2012-04-11]. <http://www.ni.com/academic/students/learnlabview/zhs/help.htm>.

(责任编辑:邓彬)