

基于WiFi网络和单片机的智能室内LED照明系统设计

针对传统室内照明系统控制方式单一、灵活性差和布线烦琐等缺点,提出设计一种基于WiFi无线网络和单片机的智能室内照明系统。该系统以LED作为光源,共包括灯控节点、AP节点以及智能终端软件系统三大部分。详细论述了系统中每一个部分的软硬件设计,给出了相应的硬件电路图以及软件流程图。系统灵活易用,非常适合家庭、办公等环境的安装使用。

冯智磊/贵州电子信息职业技术学院



冯智磊/讲师

随着科技的进步,智能家居的概念已经逐渐深入到人们日常生活的方方面面。作为智能家居产品中的重要一员,智能室内照明系统逐渐受到人们的关注^[1]。传统的室内照明系统存在诸多弊端,首先,主要采用有线通信的控制方式,灵活性差、布线烦琐及增加了安装调试的难度,提高了使用成本;其次,控制方式单一,灯具往往只有一种亮度。但是实际情况下,不同的场合对于灯具的亮度要求不同,需要根据变化做出相应调整。这些缺点限制了传统的室内照明系统的发展和应用^[2,3]。因此,需要设计一种简便灵活、成本低廉的智能室内照明系统,以适应人们对于现代化智能家居的要求。

关键词/Keywords

智能家居·
照明系统·
WiFi·
单片机·

智能终端的大量出现,使得WiFi无线网络得到普及,人们现在已经非常习惯和熟练使用基于WiFi网络的多种产品^[4]。与此同时,多项研究表明LED是目前最节省功耗、调控性最强的光源,具有可靠性高、寿命长、节能环保和色彩丰富等优点,非常适合作为日常照明装置使用^[5]。因此,本文重点研究基于WiFi无

线网络和单片机的智能室内LED照明系统,最终实现通过手持智能终端完成对于室内LED灯具的开、关和调光等控制。

系统总体设计方案

本文设计的智能室内照明系统定位于普通民用照明使用,以WiFi技术和单片机作为物理实现的技术基础,具有控制LED灯具开、关和调光等多种功能,能够融入室内其他具有WiFi接口的智能家居网络,形成统一的、综合的智能家居系统。因此,系统主要由三个部分组成:一是与LED灯具直接相连的灯控节点;二是负责广播消息的AP节点;三是手持智能终端上安装的操控软件。整个系统的组成如图1所示。系统采用的是Infrastructure基础结构型网络,在这种类型的网络中,接入点即AP节点,是构建基本服务集的核心。所有灯控节点都要先与网络内的AP节点相连,才能获得授权和服务,即使是灯控节点之间的通信也需如此,这样有效保证了网络通信的畅通和安全。

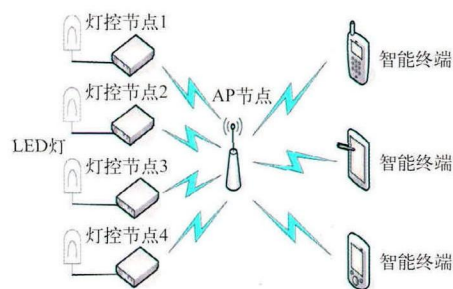


图1 智能室内LED照明系统总体结构

灯控节点设计

WiFi灯控节点对于性能有着比较高的要求,它关系到LED灯具的照明效果。因此其必须具有良好的处理性能、稳定的通信性能、可持续的技术升级性能以及灵活的应用性等。为了实现这一目标,本文采用单片机作为灯控节点的核心控制器,一方面控制WIFI模块通过AP节点与手持智能终端通信;另一方面利用PWM方法,通过驱动电路控制LED灯具。

1. 单片机选型及电源电路设计

灯控节点的MCU在大多数情况下不会执行非常复杂的指令操作,因此处理器最好支持RISC指令集;灯控节点需要处理一定量的数据,并且需要与WIFI模块保持稳定高速的通信,故处理器主频需要达到一定数量级;MCU最好内部集成有支

持PWM控制输出的高准确度定时器/计数器,从而实现精确地调控LED灯具;此外,灯控节点还需要存储一些参数等数据,需要一定量的ROM支持,以及数量足够多的I/O接口。基于上述分析,本文最终选择ATmega16L作为灯控节点的核心控制器。ATmega16L是一种高性能、低功耗和支持RISC结构的单片机,最高工作主频可达16 MPS,内部集成有16 KB的非易失性可编程Flash、512 B的E²PROM以及1 KB的SRAM,具有两个独立的8位和16位高准确度定时器/计数器,并且全部支持PWM工作模式。此外ATmega16L还具有丰富的外设接口,包括UART、IIC、SPI和GPIO等,完全满足本文设计的要求。ATmega16L支持ISP、JTAG等编程模式,因此电路设计简单,只需配置相应的调试接口以及晶振电路即可,单片机电路如图2所示。

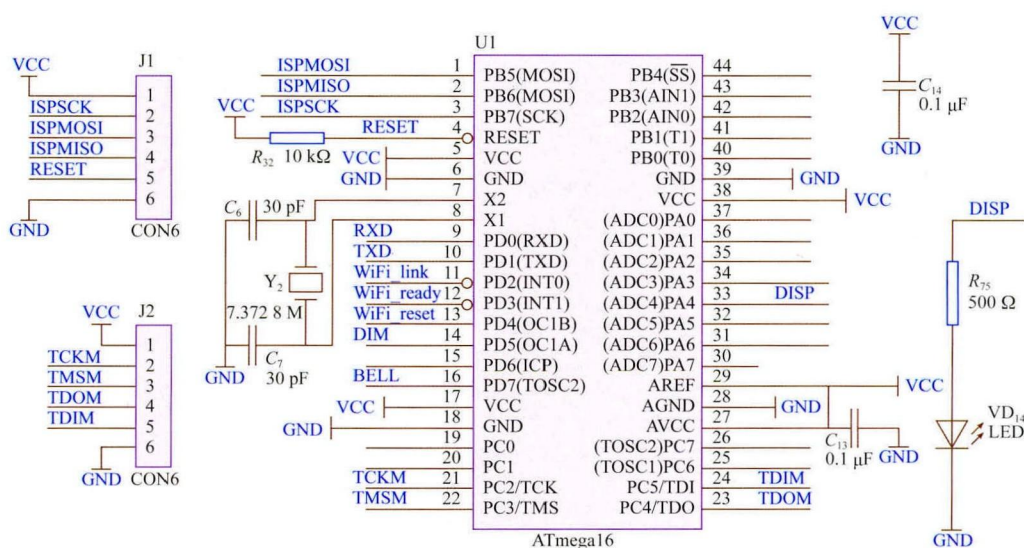


图2 单片机电路

本文设计的灯控节点需要两套供电电源:一路为24 V,主要为PWM驱动电路供电;另一路为3.3 V,主要为单片机以及WIFI模块等电路供电。其中,24 V电源是通过高性能AC-DC电源模块从普通民用220 V交流电获得,然后以并联方式连接到所有灯控节点;而3.3 V电源则是通过节点内部转换电路得来。本文选择的电源转换芯片是AMS1117-3.3,该芯片是高性能的DC-DC转换芯片,电路设计简单,如图3所示。

在获得3.3 V电源的同时,本文还将模拟3.3 V电源AVDD独立出来,避免出现干扰问题。

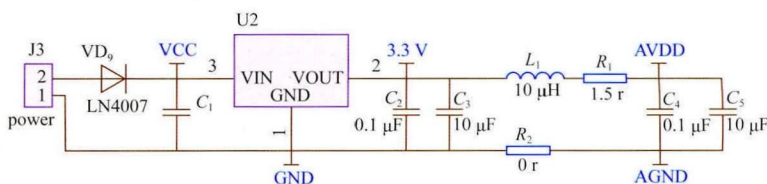


图3 电源电路

2. WiFi通信模块电路设计

WiFi通信技术已经面世多年,技术成熟,但如果采用无线网卡驱动的方式,硬件设计稍显复杂,且通信过程烦琐,因此本文采用了一种较为简单的实现方式。采用目前市场上比较成熟的WiFi-RS 232模块,模块与单片机之间采用RS 232方式连接,串口方式通信,而数据在其内部转换为WiFi信号后再与AP节点通信,这样大大降低了硬件设计和软件通信的复杂性,具体电路如图4所示。需要强调的一点是,本文所选用的WiFi-RS 232模块在与单片机相连时,其TXD和RXD引脚要与单片机的相应引脚交叉相连。通信过程中,单片机只需要按照设定的波特率等参数,将数据通过串口发送给WiFi-RS 232模块即可。

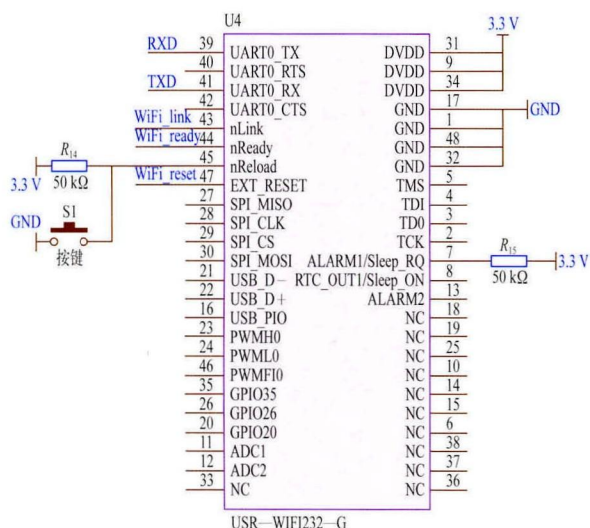


图4 WIFI通信电路

3. LED调控驱动电路设计

本文设计的LED调控电路采用恒流驱动的方式,这样既可以保证LED在工作时具有高度一致的色度和亮度,又可以保证LED在额定电流下工作,避免因为工作电流不稳造成的损坏,延长其工作寿命。本文设计的LED灯具工作功率为18 W,每个灯具中包含6个LED灯珠,故每个灯珠的工作功率为3 W,额定电流为700 mA,输出电压为3.5 V,6个串联以后的输出电压为21 V。由于之前设计的驱动电源输入为24 V,因此需要做降压处理,可通过BUCK拓扑结构方式实现。

本文选择LM3404芯片来实现恒流驱动，它支持降压驱动方式，能够对大功率、高亮度的串联LED灯珠进行有效驱动，并且带有快速输出使能/禁用功能。此外，该芯片还支持快速瞬态响应、PWM调光和低功耗等功能。LM3404的电路设计比较简单，只需要添加少数几个元器件即可。基于BUCK拓扑原理的恒流驱动电路如图5所示，在电路中添加了单向瞬态抑制二极管TVS、输入电容、导通电阻、输出电感、续流二极管、输出电容和反馈电阻等器件。在工作时，单片机ATmega16L通过定时器1产生PWM输出信号，送至LM3404的DIM引脚，通过控制PWM信号的占空比，来改变LM3404输出的电流大小，从而实现对于LED灯珠的调控。

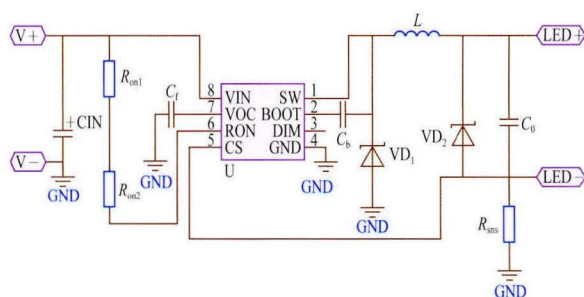


图5 LED调控驱动电路

4. 灯控节点软件设计

在智能室内照明系统中,给每一个灯控节点分配了唯一的ID,首先系统需要进行初始化配置,然后等待WIFI模块起动,有效等待时间为60 s,如果超过等待时间WIFI模块没有起动成功,给予模块损坏提示;如果模块成功起动,接下来会自动与AP节点相连,有效等待时间同样为60 s。若连接超过等待时间,控制LED闪烁,提示人员检查AP节点是否工作正常;当成功与AP节点相连以后,等待接收终端发送的信息,并根据信息进行相应动作,同时返回信息。整个软件的执行流程如图6所示。

AP节点设计

整个智能室内照明系统属于一个典型的局域共享WIFI网络,在工作时并不需要接入通用的以

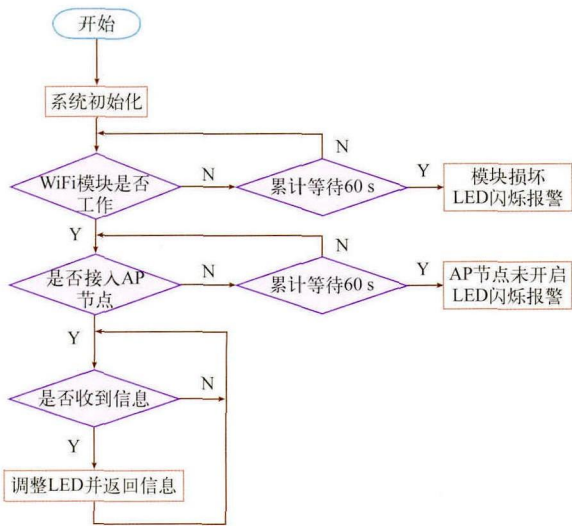


图6 灯控节点软件执行流程

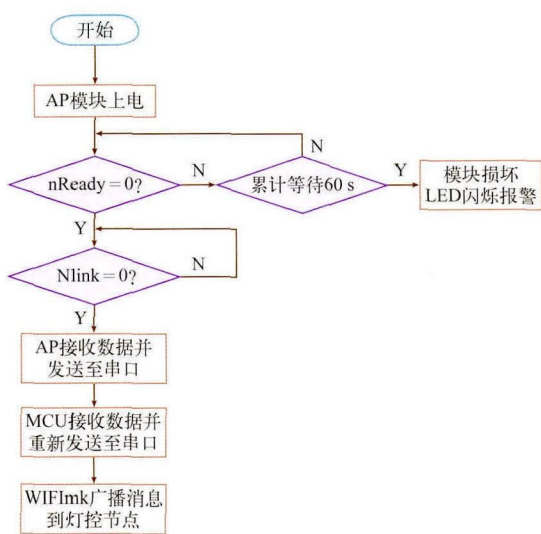


图7 AP节点软件执行流程

太网，因此AP节点只是起到一个网桥转发功能。这里本文还是选用与灯控节点型号一致的WiFi-RS 232模块，唯一不同的是，在灯控节点中其设置为STA工作模式，而在AP节点中其设置为AP工作模式，其他硬件设计相同，具体可参考图4。由于在AP节点不需要处理太多信息，且不需要LED驱动控制，故这里选择了功能和成本都相对较小的PIC16F1938单片机。PIC16F1938是一款体积小、功能简单、耗能低和性能优良的单片机，完全可以保证AP节点通信的实时进行。

AP节点的软件程序并不复杂，首先对WiFi模块进行上电配置，本文采用AT指令的方式；然后，PIC单片机开始检测nReady引脚的状态，判断WiFi模块是否顺利起动，如果起动时间超过60 s，则LED闪烁报警提示WiFi模块起动失败，需要人员检查；如果起动正常，PIC单片机再检测nLink引脚的状态，判断是否有灯控节点接入；数据接收采用串口中断的方式，当有数据到来时，PIC单片机会首先解析数据，然后根据数据的不同，生成不同的指令，再通过串口重新发给WiFi模块，此时WiFi模块会将信息广播到灯控节点中。整个软件的执行流程如图7所示。

智能终端软件设计

本文设计的智能终端软件是基于Android系

统，在Eclipse平台上使用 Android SDK开发而成^[6]。软件主要包含两大部分：登陆模块和通信模块。登陆模块的主要布局为一个背景图片、两个用来显示用户名和密码的文本框以及两个Button用来触发注册和登陆，如图8所示。在这里本文定义了一个validate（）方法，对用户名和密码进行验证，验证成功以后通过调用login（）方法跳转到灯控界面。在灯控界面可以实现对于LED灯具的开、关和调光控制，如图9所示。

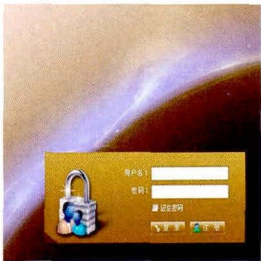


图8 登陆界面



图9 灯控界面

设计通信模块时，本文采用TCP套接字编程方式，服务端和客户端程序分别采用SeverSocket类和Socket类来建立。通信采用文本方式，利用InputStreamReader、OutputSreamWriter和PrintWriter 在返回的I/O流的对象上建立过滤流。套接字建立的流程如图10所示。

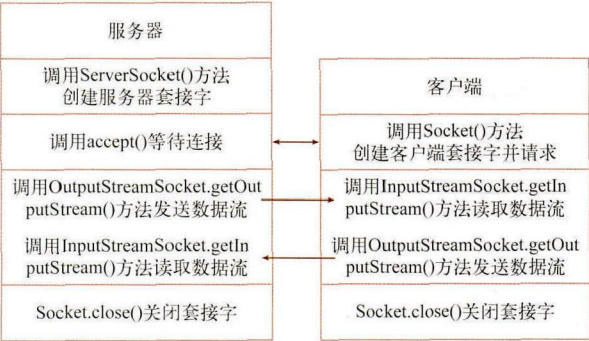


图10 TCP套接字流程

结束语

科技的进步推动了智能家居的发展和普及，本文重点研究了智能家居中的室内照明系统，设计了基于WiFi无线网络和单片机的智能室内LED照明系统，详细介绍了灯控节点、AP节点以及智能终端软件系统的设计，给出了硬件电路和软件流程。整个系统方案合理、易于实现及成本低廉，为智能家居在未来的发展提供了一条可借鉴的思路。

(上接第19页)

表3 与其他潮流计算方法的对比

潮流计算方法	牛顿法	高斯法	PQ解耦法	本文方法	
收敛代数	16节点	11	32	不收敛	3
	69节点	18	45	不收敛	3
计算时间 /s	16节点	0.8	1.7	—	0.012
	69节点	1.6	2.4	—	0.082

结束语

本文提出了一种基于配电网无向图深度搜索的潮流计算方法，该方法不要求解非线性方程组，不需要形成节点导纳矩阵，只需要进行2~3次迭代即可精确计算出配电网的潮流结果，计算量小、收敛速度快及存储空间小，优于传统牛顿法、高斯法和PQ解耦法。

参考文献

[1] 孙秋野, 张化光, 刘兆冰. 配电网模糊潮流计算方法及其收敛性研究[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28 (10) : 46-50.

参考文献

[1] 唐鹏光, 付蔚. 基于无线传感网智能家居照明控制系统研究与实现[J]. 世界电子元器件, 2012, 18 (11) : 52-55.

[2] 卢林杰, 秦会斌. 基于STM8S103和WiFi的智能家居照明系统设计[J]. 电气自动化, 2014, 36 (3) : 101-103.

[3] 邵健, 魏先巍. 基于家庭WiFi网络的DALI智能照明系统设计[J]. 通化师范学院学报, 2013, 34 (4) : 21-23.

[4] 盛仲飙. WiFi无线网络技术及安全性研究[J]. 电子设计工程, 2012, 20 (16) : 1-3.

[5] 窦林平. 国内LED照明应用探讨[J]. 照明工程学报, 2011, 22 (6) : 51-58.

[6] 江燕良. 基于Android智能终端的远程控制系统[J]. 电子技术应用, 2012, 38 (8) : 129-132.

(收稿日期: 2014-09-28) EA

[2] 刘国威, 孙秋野, 张化光. 配电系统非恒功率负荷潮流计算方法[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28 (16) : 22-27.

[3] 何仰赞, 温增银. 电力系统分析[M]. 3版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.

[4] 刘健, 毕鹏翔, 董海鹏. 复杂配电网简化分析与优化[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[5] Chang G W, Chu S Y, Wang H L. An improved backward/forward sweep load flow algorithm for radial distribution systems[J]. IEEE Trans. on Power Systems, 2007, 22 (2) : 882-884.

[6] 卢志刚, 程慧琳, 冯磊. 基于支路功率选取的功率扩展潮流计算[J]. 电工技术学报, 2013, 28 (6) : 208-215.

[7] 林济铿, 吴鹏, 袁龙, 等. 基于张量法的电力系统潮流计算[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31 (34) : 113-119.

[8] 朱凌志, 安宁. 基于二维链表的稀疏矩阵在潮流计算中的应用[J]. 电网技术, 2005, 29 (8) : 51-55.

(收稿日期: 2014-09-10) EA