

基于电力线载波通信技术的路灯控制系统的设计

引言

在现代社会中，城市路灯设施的功能不仅仅以道路照明为主，同时起到了改善环境质量、促进经济繁荣、美化城市形象的作用，同时，由于大量的能源消耗和由此引起的能源短缺已使得照明节能成为一项十分迫切的任务，对城市路灯的监控与管理需要一种更加稳定、合理、有效的方法，同时对于路灯的故障监测、节能环保等功能也提出了较高的要求。因此，对路灯的运行状况进行实时远程监控变得非常重要。当前，城市路灯监控系统常采用的传统控制方法包括光敏控制、定时器控制等，不仅不利于照明节电，而且对路灯故障检测、照明耗电等难以监控管理。故有必要进行照明用电控制方式的革新，采用先进的数字化、网络化的控制方式可以从根本上杜绝无谓的浪费，而且可以规范照明用电的管理。利用现有的 220V 低压电力线网，通过电力线载波通信技术可以实现远程控制每盏路灯，调节光照强度，检测路灯的工作状态，还可以识别路灯故障。

系统工作原理

该控制系统主要分为主机和终端 2 个部分，主机部分由计算机、单片机系统和电力线载波模块组成。主机安装在路灯监控室内，作为控制中心，在整个控制过程中起到关键作用，负责收集、分析终端数据。主机接收终端发来的数据，包括终端地址、指令代码、数据、效验码等，然后效验收到的数据，如果效验正确则显示并执行相应的操作。终端由载波通信模块和一些外围电路组成，设置在被控路灯中，根据接收到的信号对路灯进行相应的操作，并负责数据的采集和发送，通过对路灯线路电压、电流的处理和分析，判断路灯的工作状态是否正常，如果出现异常情况，就执行相应的操作，并把相关数据发送给主机。系统总体结构如图 1 所示。

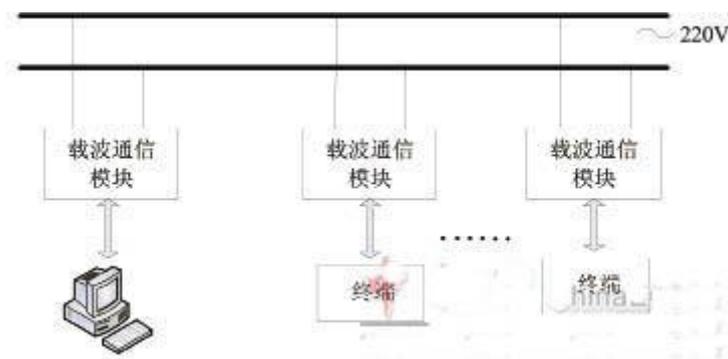


图 1 系统总体结构

控制系统硬件设计

载波通信模块

载波通信模块的功能是实现低压电力线上各个节点间的通信，该模块由 STC89C52 单片机和 KQ-130F+ 电力线载波模块组成，载波通信模块的电路图如图 2 所示。

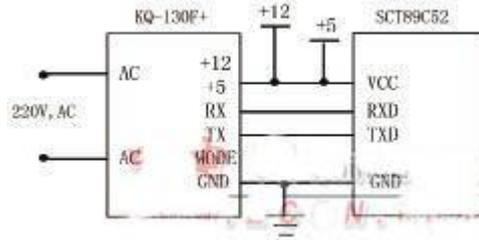


图 2 载波通信模块

电力载波数据收发模块是四川科强电子公司专门为在 220V 交流电带来的强干扰、强衰减、远距离要求的环境下进行可靠的传送数据而特别设计和开发的性价比很高的载波模块。该模块工作频率在 120KHz~135KHz，带宽≤10KHz，接口波特率 9600bps，具有一个起始位、8 个数据位、无奇偶效验位、一个停止位，其中 AC 端为信号发送接收端，直接接在 220V 低压电力线上，+12V 为发送电源，+5V 为该模块内部电路的工作电源，MODE 为模式选择端，GND 为数字电路地线，RX 是载波数据接收端，TX 是载波数据发送端，KQ-130F+ 与单片机采用串行异步通信的方式，单片机将上位机发来的指令经过处理后由串口发送给 KQ-130F+ 载波模块，该模块将调制的信号加载到电力线上，在另一端同样利用载波通信模块从电力线上接收数据，从而实现了利用电力线做介质进行数据通信的目的。

主机

主机作为系统的控制核心，不但要发送控制命令，还要监控系统的运行状态，在监控中心内使用一台计算机可以实时监控和管理路灯的运行状态。主机由计算机和载波通信模块组成，照明控制系统的主机结构如图 3 所示。

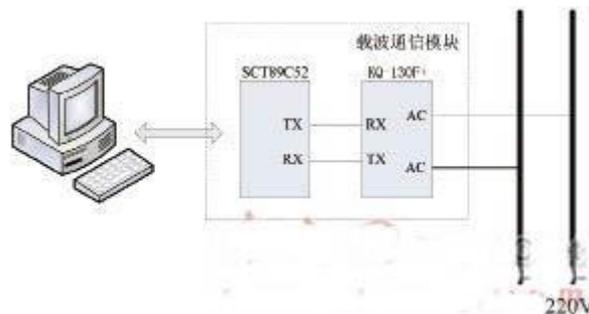


图 3 照明控制系统的主机结构

该系统中计算机与单片机通过模拟串口进行通信，由于 STC89C52 单片机只有一个全双工异步串行口，已经被 KQ-130F+ 载波模块占用，所以使用 P3.2 和 P3.3 作为单片机接收端和发送端与计算机进行模拟串口通信。一方面将指令发送给载波通信模块以实现控制路灯开关和亮度，另一方面单片机将接收到的路灯信号发

送给计算机便可实时监控路灯运行状态，达到远程智能监控路灯的目的。计算机使用北京亚控科技公司开发的组态王监控软件，对该系统进行实时监控和管理。组态王 kingview6.55 是一种新型的工业自动控制系统，是亚控科技根据当前的自动化技术的发展趋势，面向低端自动化市场及应用，以实现企业一体化为目标开发的一套产品。组态王中提供了 modbus 通信协议，使用该协议可以方便快速地完成组态王与单片机的数据交换。

终端

终端控制器由载波通信模块、传感器、开关模块等组成。每一个路灯就是一个终端，对应一个固定的地址，终端的载波通信模块接收到载波信号后，读出信号中的地址，如果对应地址正确则执行响应的指令，对路灯进行开关控制。传感器将采集到的路灯电压、电流等参数转换成数字信号送给单片机，再由单片机对数据进行处理分析，判断路灯的工作状态，如果出现异常情况，就执行相应的操作，通过载波模块把相关数据发送给主机。主机便可实时监控每一个路灯的运行状态，实现远程的路灯故障监测功能。



图 4 主机程序的流程图

系统软件设计

通信协议设计

根据实际系统的需求，该系统通信协议参照 OSI 模型进行设计，通信协议帧格式：

有效的通信数据用 ASCII 码字符表示，各个部分说明如下：

- 1) 起始位：0x40(ASCII 码值 “@”)；

2) 命令字: 开灯 0x4B(“K”), 应答 0x18(“↑”); 关灯 0x47(“G”), 应答(“↓”);

传送数据命令 0x44(“D”), 应答 0x1A(“→”); 接收出错应答 0x4F(“?”);

3) 数据长度: 表示数据域的长度, 0 表示无数据域;

4) 数据域: 包括地址, 终端参数等, 其结构随命令字的不同而改变, 每个地址由两个字节组成, 其中主机地址为 0。

5) 校验码: 校验从起始位开始到命令字所有数据进行冗余校验;

6) 结束位: 用 0x23(“#”)表示一帧字节的结束。

在该路灯控制系统中, 通信协议规定了两种类型的数据帧: 命令帧和应答帧。命令帧是由主机向终端发送, 应答帧则是由终端向主机发送。由于受到低压电力线信道干扰的影响, 在数据传送的过程中可能会出现错误的帧或是在限定的时间内没收到应答的情况, 遇到这种状况就需要重发相应的数据帧来确保系统的稳定性。

软件设计

根据系统的总体结构, 软件编程分主机程序模块和终端程序模块两部分。软件部分编程采用 C 语言, 实现了模块化设计。主机负责发送指令、收集终端数据并显示。终端负责监控路灯的状态, 对电压、电流信号进行处理并通过电力线发送出去。主机程序的流程如图 4 所示, 终端程序的流程如图 5 所示。



图 5 终端程序的流程图

结语

本文主要研究了电力线载波通信技术在路灯控制系统中的应用。通过设计硬件电路及通讯协议和系统软件，利用现有的低压电力线传送信号，实现了路灯的远程监控和管理。该系统不仅提高了管理效率，又节约了能源，具有可靠性高、安装使用方便、成本低、节电明显等优点，具有广阔的应用前景。