

基于 PL3150 和 AT89S51 的 节能照明系统*

薛 岚^{1,2}, 杨 帅^{1,2}

(1. 江苏电子产品装备制造工程技术研究开发中心, 江苏 淮安 223003;

2. 淮安信息职业技术学院, 江苏 淮安 223003)

摘 要: 照明系统由单灯控制器节点、区域控制器节点和监控中心构成, 它们之间依靠电力载波技术相互通信, 克服了电力线传输高噪音、高衰减、高失真和阻抗变化等问题, 其监控中心提供了系统现代监控与管理服务。实际应用表明, 该系统保证了电力线信息传输过程中的精确性和可靠性。

关键词: 照明系统; PL3150; AT89S51; 电力载波

中图分类号: TP 393.04 文献标志码: A 文章编号: 1674-8417(2013)02-0042-06



薛 岚(1982—), 女, 工程师, 研究方向为电子控制理论与控制工程。

0 引 言

照明在一个国家中占有非常重要的地位, 优化照明资源配置, 体现了照明管理的现代化水平, 能提供更好的公共照明服务。照明系统具有合理的亮灯控制, 在保证照明质量的同时能节约电能, 缩短故障发生时间和维护周期。LonWorks(简称 LON)是一种双向、串行、数字化的智能开放式系统, 是用于开发监控网络系统的完整的技术平台, 给各种各样的监控网络应用提供了端到端解决方案^[1]。LonWorks 双载波频率数字信号处理手段, 通过数字信号处理器完成数据的接收和发送, 能根据电力线的噪声动态调整灵敏度。若启动双频传输模式, 当主频率通信受阻时, 可自动切换备用频率继续通信, 通信报文采用纠错技术, 根据纠错码恢复错误报文^[2]。双频电力载波通信有 A 波段和 C 波段两种, 欧洲广泛采用 A 波段, 而我国采用 C 波段。当工作在 C 波段时, 分为两个载波频率: 第一载波频率为 132 kHz, 具有更好的畸变纠正能

力和更强大的数据包分辨能力及抗噪声能力; 第二载波频率为 115 kHz, 比第一载波频率的误差校正能力强。在每个载波频率上使用 6 kHz 的频率带宽。基于 LON 双频窄带电力载波技术的照明系统能应用到城市路灯照明、城市亮化照明、商业照明和小区照明等多种场合。

1 系统方案设计

1.1 系统的功能方案

系统主要由单灯控制器节点、区域(集中)控制器节点和监控中心构成。单灯控制器节点安装在照明现场(路灯或景观照明灯具中), 主要负责单灯开关、照度调节、工作电流检测、温度检测与故障诊断等功能; 区域控制器安装在照明区域控制柜中, 主要负责节能优化算法的执行, 包括灯具启动/关闭、不同时段亮度调节的时间调度、电力参数的检测、数据记录、报警等功能。一个区域控制器可管理 200 个单灯控制节点, 节点之间依靠双频电力载波技术实现在 220 V 供电电

杨 帅(1981—), 男, 工程师, 从事机电一体化研究。

* 基金项目: 江苏淮安 2010 年工业科技研究项目(HAG2010071); 江苏高校科研成果产业化推进项目(JHZD08-45)

· 照明技术 ·

缆中传递通信信息;监控中心提供了良好的人机交互平台,通过无线网络可实时监控路灯的工作状态,同时可将启动、关闭、调光等控制命令传到照明现场,如图1所示。

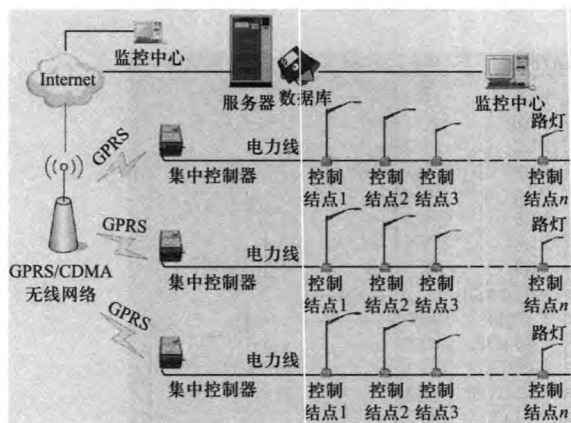


图1 智能化道路节能照明管理系统原理图

1.2 节点的功能方案

单灯控制器和区域控制器都采用 PL3150 电力载波芯片实现通信。PL3150 由 1 个 Neuron 处理器核心和 1 个电力线收发器集成在一起。作为单芯片系统,PL3150 包括 1 个高可靠性的窄带电力线收发器,3 个分别用于运行应用程序、管理网络通信、介质访问的 8 bit 神经元处理器核心。PL3150 可输送 1/2 A 峰-峰值到低阻抗负载,从而避免了通常的住宅对昂贵的相位耦合器的需求。这些特性的结合使 PL3150 在有消费类电子产品、电力线对讲电话设备、电动机噪音、电子镇流器、调光器及其他噪声干扰场合能可靠运行。PL3150 通过低成本的外部耦合电路在任何 AC 或 DC 输电干线上(或无源的双绞线)都能可靠通信。节点控制器中以 PL3150 为核心的中央处理单元结构原理框图如图2所示。

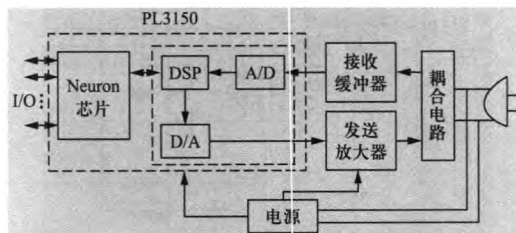


图2 PL3150 结构原理图

PL3150 内部的 A/D 把从电力线耦合来的信

号滤波,并将模拟信号转换为数字信号。DSP 是 PL3150 的核心部分,一方面将 A/D 处理后的数字信号进行解码处理,并将处理后的数据与 Neuron 芯片进行交换;另一方面,将需要发送的信号进行编码处理,D/A 将数字信号处理单元处理后要发送的数字信号转换为模拟信号,发送放大电路将 D/A 转换后的信号进行功率放大并发送到耦合电路^[3-4]。

节点可检测内部的工作温度状况,以便于发现节点是否超负荷工作或出现故障。温度传感器通过运放电路与 A/D 转换电路将信号输入 AT89S51;利用电压和电流检测通道采集信号监测系统的消耗功率及功率因数,并通过检测节点供给负载灯泡的电流大小,以判断负载是否出现故障;控制节点从上位机接收到的调光和开关命令通过 PWM 信号及开关量信号控制照明灯的亮度状态和开关状态;智能化道路节能照明管理系统节点之间的通信通过电力载波的形式实现,通过耦合电路实现 PL3150 与电力线之间的数据交换,如图3所示。

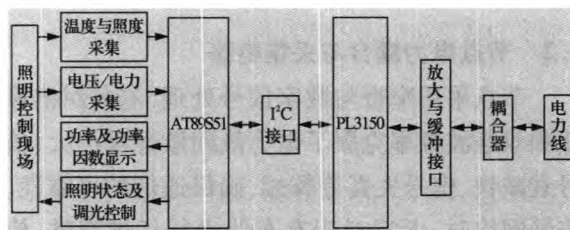


图3 节点原理框图

2 节点核心硬件设计

2.1 PL3150 和 AT89S51 接口

单灯控制器节点和区域控制器节点采用主从处理器相结合的模式。主处理器采用 AT89S51 单片机芯片,完成底层的检测与监控任务;从处理器采用 PL3150 电力载波芯片,处理电力线上数据的网络通信。PL3150 和 AT89S51 采用 I²C 总线通信,接口电路如图4所示。PL3150 芯片的 IO8 引脚作为时钟线 SCL,IO9 引脚是双向串行数据线 SDA,AT89S51 的 P1.6 连接 PL3150 的串行时钟线 SCL,P1.7 连接串行数据

线 SDA。PL3150 与单片机相连,只需在引脚上添加阻值适当的电阻即可,不需其他任何器件。因 PL3150 芯片的 IO 引脚能满足 I²C 器件的特殊需要,当总线空闲时,数据线 SDA 和时钟线 SCL 均为高电平,连接到总线上的任何一个器件为

低电平时,都将使总线上的信号变为低电平,使数据线 SDA 和时钟线 SCL 具有线与功能。另外,由于 IO8 和 IO9 都是硬件开漏状态,为避免端口吸收太大的电流,数据总线 SDA 和时钟总线 SCL 一定要接足够大的上拉电阻^[5]。

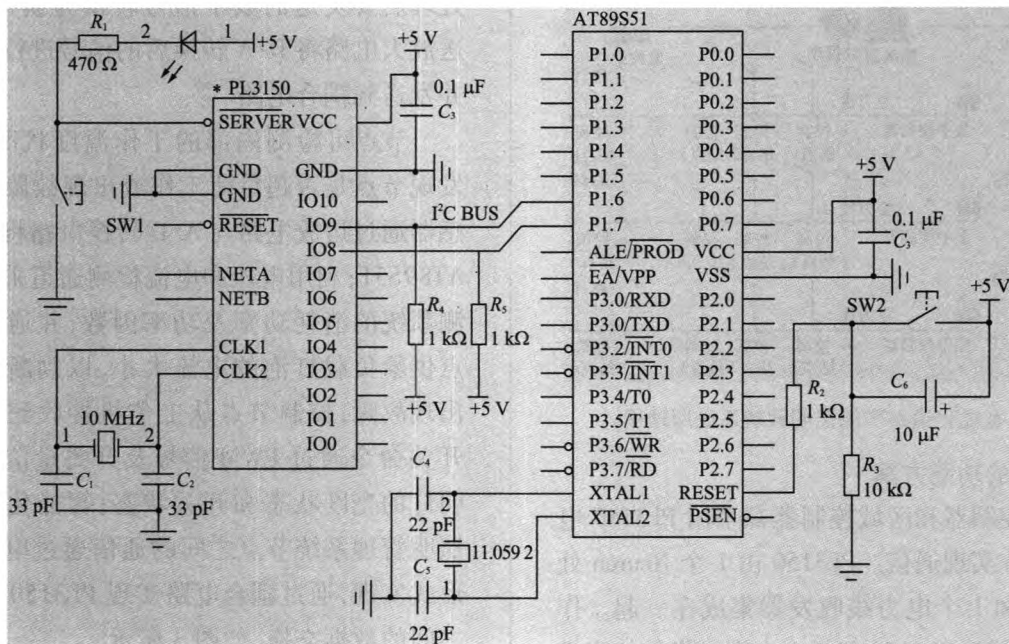


图4 PL3150 与 AT89S51 接口电路

2.2 节点电力耦合与采集电路

节点采用窄带与数字信号处理,前向纠错算法和双载波频率克服了电力线间歇性噪声大、信号衰减快、信号失真等弊端,确保通信的可靠性。安装网络时,无需对现有布线进行任何调整,使用方便、灵活。耦合电路采用变压器隔离式,提高了控制器的抗干扰能力,有效防止了电压浪涌对设备的损害,如图5所示。

路选择开关、选择电压和电流通路,通过运算放大器 TL072 和 TL074 构建电力采集通道,如图 6 所示。

为实现系统的照度控制和故障诊断,需检测灯的照度和控制器内部的温度,采用 LM324 运算放大器构建电压和电流信号的输入通道,实现了信号的放大、滤波和阻抗匹配,如图 7 所示。

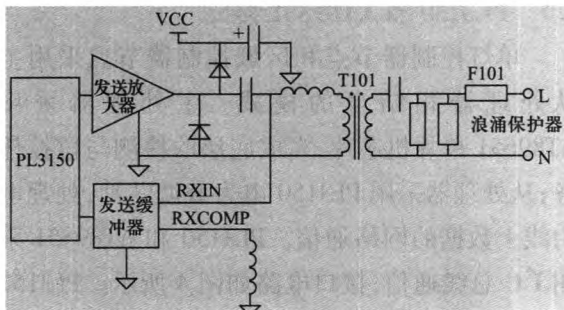
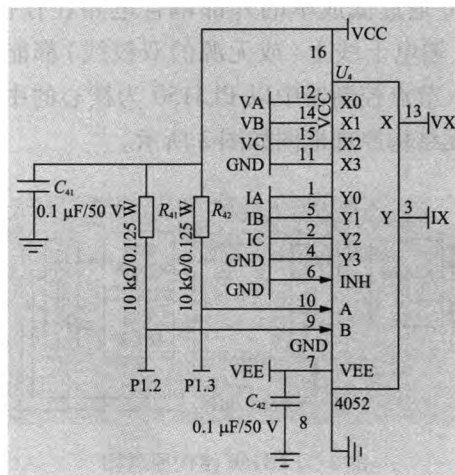
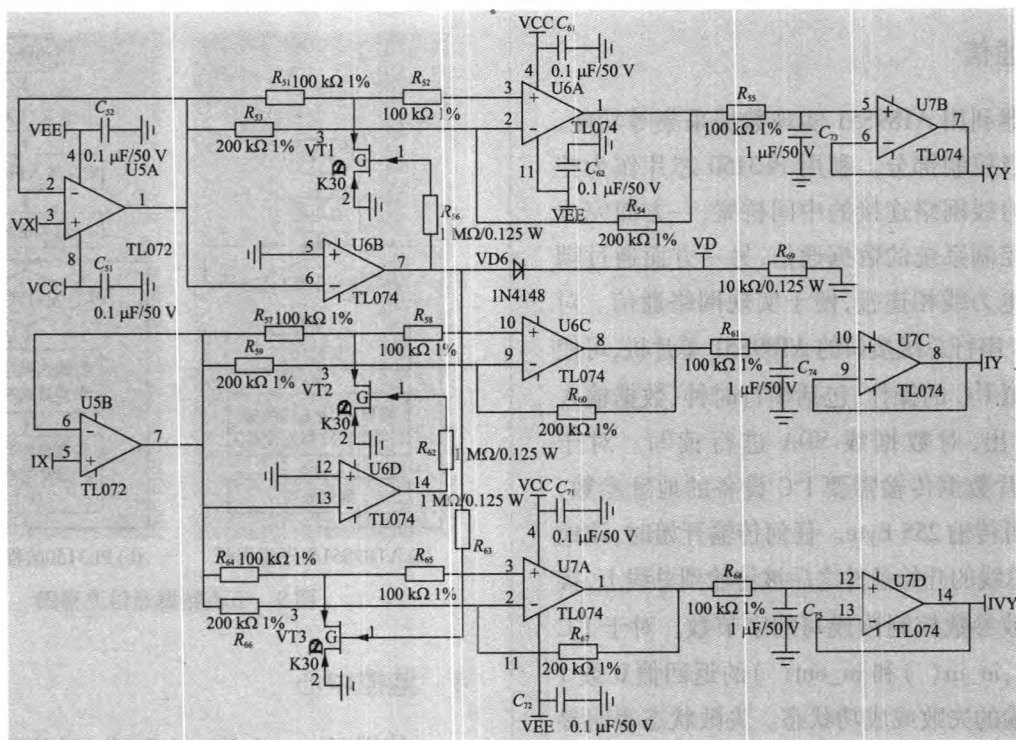


图5 电力线耦合电路

照明灯的电压和电流测量采用 CD4052 模拟多



(a) 电路图1



(b) 电路图2

图6 电力采集通道电路

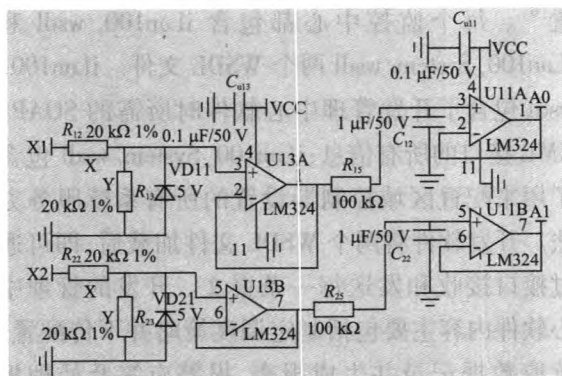
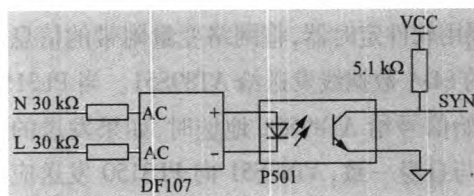


图7 模拟信号采集通道电路

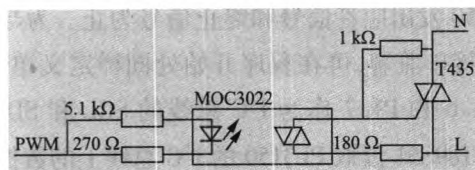
2.3 节点调光电路

调光的实现方式就是在过零点后一段时间才触发双向晶闸管开关导通,这段时间越长,晶闸管导通的时间越短,灯的亮度就越低;反之,灯就越亮。这就要求提取出交流电压的过零点,并以此为基础确定触发信号的送出时间,达到调光目的。50 Hz 的正弦交流电通过光耦取出其过零点的信号(同步信号),将这个信号送至 AT89S51 的外中断,AT89S51 每接收到该同步信号后启动一个延时程序,延时的具体时间由系统来设置。当延时结束时,AT89S51 产生 PWM 触发信号,使

晶闸管导通,电流经过晶闸管流过照明灯,使灯发光。延时越长,亮的时间就越短,亮度越暗。交流电压过零点信号提取电路如图 8(a) 所示,交流电压通过 DF107 整流后经过过零点信号提取电路产生的同步信号 SYN 接到 AT89S51 的外中断,该信号的下降沿将使 AT89S51 产生中断,以此为延时的起点。图 8(b) 所示是晶闸管调光电路,单片机 AT89S51 输出的 PWM 触发信号通过光控晶闸管 MOC3022 驱动晶闸管 T435,实现调光。



(a) 过零检测电路图



(b) 晶闸管调光电路

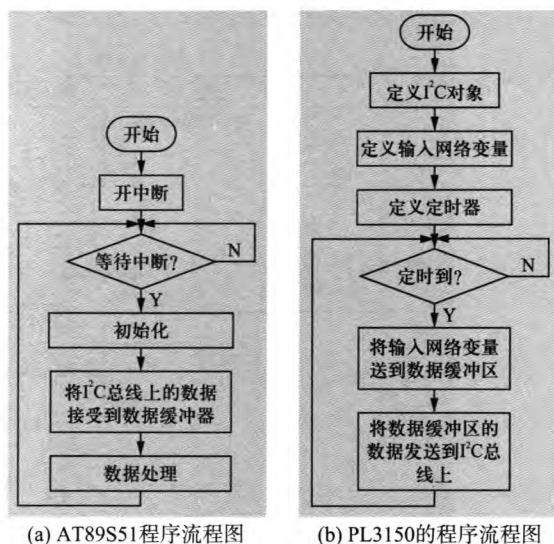
图8 节点调光电路

3 节点通信

控制器利用 AT89S51 实现数据采集等功能,构成现场级控制部分。利用 PL3150 芯片作为控制器与电力线网络连接的中间桥梁,一方面完成与单片机控制系统的数据通信,另一方面通过耦合电路与电力线相连接,便于实现网络通信。对于不带 I²C 串行总线接口的 AT89S51 单片机,可使用软件模拟 I²C 的操作,包括串行时钟、数据输入和数据输出,对数据线 SDA 进行读写。对于 PL3150 芯片数据传输需要 I²C 设备的地址参数,一次最多可传输 255 Byte。任何传输开始时,该地址在 I²C 总线的开始条件之后被传输到总线上,接下来的计数参数控制读或写的字节数。对于 I²C 输入/输出,io_in()和 io_out()的返回值 0 或 1 反映了传输的失败或成功状态。失败状态表明寻址设备在该总线上没有肯定的确认或 SCL 在传输开始时为低。对于 I²C 输入输出对象进行显示配置的 Neuron C 语句如下:

```
IO_8 i2c io_object_name;
```

IO_8 为 I²C 对象定义的指定管脚,io_object_name 是用户为 I²C 对象指定的名称。对 I²C 总线的读写可使用 Neuron C 提供的 io_in()、io_out() 两个函数。PL3150 芯片发送起始信号后,需要给 AT89S51 发送地址信息和写控制位,待 AT89S51 验证应答后,PL3150 便开始向 AT89S51 发送数据,每写 1 Byte,AT89S51 向 PL3150 芯片发送应答信号,直到 PL3150 芯片发送应答信号和终止信号为止,利用软件定时器,将网络变量附带的信息通过 I²C 的 SDA 数据线发送给 AT89S51。当 PL3150 发送起始信号给 AT89S51 地址时,如果发送的地址信息与自身一致,AT89S51 向 PL3150 发送应答信号,随后 PL3150 开始向 AT89S51 发送数据,直到 PL3150 发出应答信号和终止信号为止。为与 I²C 总线接口兼容,可在程序开始处同样定义单片机的 P1.6 和 P1.7 作为 I²C 总线的 SCL 和 SDA 信号,AT89S51 读取 PL3150 的 I²C 总线上的数据,然后再将数据发送给外部设备。AT89S51 和 PL3150 芯片程序设计流程图如图 9 所示。



(a) AT89S51 程序流程图

(b) PL3150 的程序流程图

图 9 节点数据通信流程图

4 监控中心

使用 Microsoft Visual Studio 对基于监控中心提供的 SOAP/XML 接口进行软件开发,实现监控中心软件对区域控制器的远程数据访问和配置^[6]。每个监控中心都包含 iLon100. wsdl 和 iLon100_System. wsdl 两个 WSDL 文件。iLon100. wsdl 包含了开发管理中心软件时所需的 SOAP/XML 接口的所有信息;iLon100_System. wsdl 包含了用来配置区域控制器设置的所有系统服务方法。开发软件将两个 WSDL 文件加载后,即可通过接口接收和发送每一条报文。开发的管理中心软件内容主要包括制定调度策略并下传配置,读取数据记录并生成报表,报警应答及处理报表,对单灯控制器进行手动远程监控、实现路灯的开关和调节路灯节电率,采集并显示路灯状态(节电率、温度、电压、电流)信息等。通过监控系统可读取照明灯的电压、电流、功率、功率因数、电能等参数,并根据当地的电价,计算所消耗的电费,系统参数如图 10 所示。系统采用调度表与照明模式相结合的运行方式,实现节能。

电表读数		0		KWH	
电压	232.9926	V	电流	1.7397 08	mA
功率	2197.287	P	功率因数	0.5159653	
电能	63.85451	KWH	单价	0.500	元
电表校正	100	KWH	总价	31.925	元

图 10 系统参数

调度表控制模式是由监控中心的调度表控制灯的开关及开度,在照明期间采取不同的亮度。系统的开启根据灯具所在的地理位置计算日升/落的天文时间。考虑一年四季日升/落时间不同,按日常调度策略控制不够人性化,所以在日常调度策略的基础上增加根据日升/落时间灵活控制的策略,可强制在日升前后一段时间和日落前后一段时间内关闭路灯。照度控制模式是根据照度传感器检测当前值,控制所有灯的开关,当照度小于照度低限设置值时,控制所有灯的打开;当照度高于照度高限设置值时,控制所有的灯关闭。调度表模式关闭时自动切换到照度控制模式下。

5 结 语

智能化道路节能照明管理系统秉承绿色节能的设计思想,通过调节灯光的亮度、科学调度、区域化单灯控制等多项措施,可实现节能30%的目标。系统能通过互联网实现照明现场与监控中心的无缝衔接,管理者在监控中心即可轻松对照明现场进行远程监控,大大减轻管

理者的劳动强度和用人成本,体现了照明管理的现代化水平,提供了更好的公共照明服务。



- [1] 杨帅. 基于 Slave_B 并行传输模式的双绞线 LON 节点[J]. 仪表技术与传感器, 2011(5): 48-50.
- [2] 成建生. 基于电力线通信模式的 LON 控制器的设计[J]. 电测与仪表, 2011, 48(4): 86-89.
- [3] 姜亚南. 基于电力线通信技术的城市路灯节能监控系统[J]. 水电能源科学, 2011, 29(9): 161-163.
- [4] 杨帅, 薛岚. 采用 LonWorks 电力载波技术的控制器[J]. 低压电器, 2011(13): 41-44.
- [5] 杨帅. LonWorks 节点中主从处理器之间的 I²C 接口的设计[J]. 电子科技, 2009, 22(7): 62-65.
- [6] 薛岚. LonWorks 总线技术在实验室数字化建设中的应用[J]. 化工自动化及仪表, 2011, 38(7): 881-884.

收稿日期: 2012-05-21

Energy-saving Lighting System Based on PL3150 and AT89S51

XUE Lan^{1,2}, YANG Shuai^{1,2}

(1. Jiangsu Electronic Equipment Manufacturing Engineering Technology Research Center, Huai'an 223003, China;

2. Huai'an College of Information and Technology, Huai'an 223003, China)

Abstract: Lighting system constituted by single lighting controller, regional controller and computer monitoring center can communicate mutually using Lonworks power line carrier technology, solved the problems of noise sources, attenuation, distortion and impedance changes. The monitoring center provides services of modern monitoring and management. The practical application shows lighting system with features of accuracy and reliability of information transferring on power line can solve the trouble of relaying of cables.

Key words: lighting system; PL3150; AT89S51; power carrier

(上接第 24 页)

Abstract: A statistical analysis was made of 2 631 725 lightning flashes monitored by the ADTD lightning location system in Guizhou between 2007 and 2011, with focus on the analysis of the lightning characteristics and protective efficiency. The results can be used as references in lightning protection engineering design and lightning risk assessment.

Key words: cloud-ground lightning; lightning intensity; lightning density; shielding failure rate; counter-attack rate

基于PL3150和AT89S51的节能照明系统

作者: [薛岚](#), [杨帅](#), [XUE Lan](#), [YANG Shuai](#)
作者单位: [江苏电子产品装备制造工程技术研究开发中心, 江苏淮安223003; 淮安信息职业技术学院, 江苏淮安223003](#)
刊名: [现代建筑电气](#)
英文刊名: [Moder Architecture Electric](#)
年, 卷(期): 2013, 4(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xdjz dq201302010.aspx