

一种基于PLC的LED交通信号灯自动检测系统

第六图书馆

该文设计了一种适用于LED交通信号灯工作状态及故障检测的系统。系统通过低压电力线载波通信方式完成对采集的LED交通信号灯工作状态的数据传输,并由控制器完成对LED交通信号灯的故障检测,以达到自动检测和报警的目的。经在智能交通系统中实际应用,证明了该系统数据传输可靠,实时性强,完全能满足LED交通信号灯的自动检测要求,使LED交通信号灯能有效、正常运行,保证了道路交通的通行质量。该文设计了一种适用于LED交通信号灯工作状态及故障检测的系统。系统通过低压电力线载波通信方式完成对采集的LED交通信号灯工作状态的数据传输,并由控制器完成对LED交通信号灯的故障检测,以达到自动检测和报警的目的。经在智能交通系统中实际应用,证明了该系统数据传输可靠,实时性强,完全能满足LED交通信号灯的自动检测要求,使LED交通信号灯能有效、正常运行,保证了道路交通的通行质量。电力载波通信 LED交通信号灯 智能交通系统 自动检测
灯与照明左熹 李志敏 尤永 王晓峰 朱小清重庆大学光电技术及系统教育部重点实验室,重庆4000442007第六图书馆

第六图书馆

www.6lib.com

一种基于 PLC 的 LED 交通信号灯 自动检测系统

左 熹,李志敏,尤 永,王晓峰,朱小清

(重庆大学 光电技术及系统教育部重点实验室,重庆 400044)

摘 要:该文设计了一种适用于 LED 交通信号灯工作状态及故障检测的系统。系统通过低压电力线载波通信方式完成对采集的 LED 交通信号灯工作状态的数据传输,并由控制器完成对 LED 交通信号灯的故障检测,以达到自动检测和报警的目的。经在智能交通系统中实际应用,证明了该系统数据传输可靠,实时性强,完全能满足 LED 交通信号灯的自动检测要求,使 LED 交通信号灯能有效、正常运行,保证了道路交通的通行质量。

关键词:电力载波通信;LED 交通信号灯;智能交通系统;自动检测

Auto - detection system based on plc for led trafficl lights

Zuo Xi, Li Zhimin, You Yong, Wang Xiaofeng, Zhu Xiaoqing

(*Optoelectronic Technique and System Lab of Chongqing University,*
Chongqing 400044, China)

Abstract: An automatic detection system for LED traffic lights is presented. The system adopts the Power Line Communication mode to collect signals and transmit data, and then the controller performs the fault detection to implement the auto - detection and alarm report. For the crossing in actual condition, the data transmission of the system is reliable and keeps up with the time. This can meet all the requirements for the auto - detection of the LED traffic lights. Thus the LED can run efficiently and normally to guarantee the traffic conditions of roads.

Keywords: PLC; LED traffic lights; ITS; auto - detection

0 引 言

随着我国经济的迅速发展,加快了城市化、汽车化的进程,智能交通系统(ITS)在城市的交通管理中发挥着越来越重要的作用。作为智能交通系统中重要指示工具的交通信号灯,它的好坏直接影响了道路交通的通行质量。

一个 LED 交通信号灯是由每组 3~5 个发光二极管 LED(Light Emitting Diode)串联,再由多组 LED

(根据道路交通标志图形而定,最多为 22 组)并联而成。见图 1。

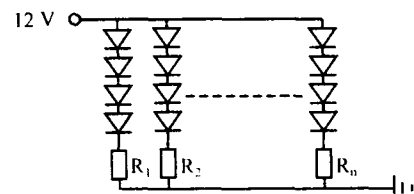


图 1 LED 交通信号灯电原理图

收稿日期:2007-11-26

基金项目:重庆市科委科技攻关重点项目(CSTC,2005AA4006-B4)。

作者简介:左熹(1982-),男,重庆北碚人,硕士研究生。研究方向信息获取和处理。

由图 1 所示的交通信号灯电路原理图可知:当某一组 LED 有故障,就会造成多个 LED 不亮;如有多组 LED 不亮,将无法起到交通指示的作用。由于交通信号灯架设在高空,离交通信号灯控制器的距离较远,布线的局限性等,这就给交通信号灯的故障检测和信号传输带来诸多不便,直接影响和阻碍道路交通的正常通行。因此,提供一种科学、合理、高效的检测方法,对交通信号灯的监测显得尤为重要。

目前,对交通信号灯的检测,一般都采用人工判别 LED 损坏的多少?是否影响正常使用来进行维护(如肉眼识别、交通障碍申告等)。这种方法不仅准确性差,而且实时性上达不到要求,使得道路的通行质量受到了极大的影响。目前,重庆市 ITS 中的 LED 交通信号灯已遍布大街小巷,交通信号灯的故障检测只是靠传统的方法来检测,无法达到实际使用的要求。本文采用最新的低压电力线载波通信(PLC Power Line Communication)技术设计了一套自动检测系统,它利用载波技术,在现有的 220 V 低压电力线上实现检测信号的传输,实时检测信号灯的损坏情况,使 LED 交通信号灯能有效、正常运行,发挥它应有的功能。

1 系统硬件设计

1.1 系统数据采集方案设计

根据国家相关部门制定的交通信号灯标准和 LED 特性,重庆市交通道路使用的 LED 交通信号灯由多组 LED 并联,每组串联 4 个 LED,工作电压为 12 V。LED 交通信号灯自动检测系统的硬件原理框图见图 2。

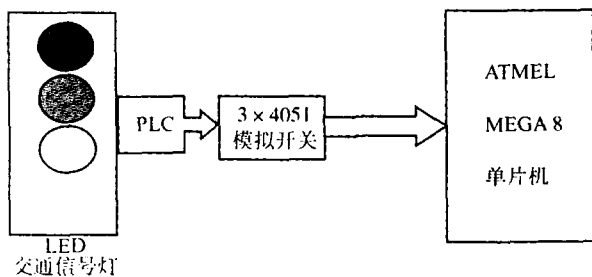


图 2 LED 交通信号灯自动检测系统框图

LED 交通信号灯使用了红、绿、黄 3 种 LED,管压降在 2~2.9 V 左右,在 12 V 工作电压下,经过 4 个 LED 发光管后,在限流电阻 R 上的电压小于 2 V,工作电流控制在 20 mA。限流电阻上的电压即是采

集检测的信号。经实验测试,信号灯用的红色和绿色 LED 的限流电阻上的电压在正常工作时为 1.6 V 左右,黄色 LED 为 1.0 V 左右。此直流电压可直接由 4051 模拟开关控制检测的信号采集。8 路模拟开关 4051 相当于一个单刀八掷开关,而开关需接通哪一个通道,由输入的 3 位地址码来决定。4051 还设有另外一个电源端 VEE,以作为电平移位时使用,从而使得通常在单组电源供电条件下工作的 CMOS 电路所提供的数字信号能直接控制这种多路开关,并使这种多路开关可传输峰-峰值达 15 V 的交流信号。

采用 ATMEGA8 单片机的 MEGA8 单片机作为控制器,它自带 8 路 10 位 A/D 转换器,8KB 系统内可编程 FLASH,23 个可编程 I/O 口,而且它价格低廉,满足系统低成本的要求。多组 LED 分别通过 3 片 4051 接入单片机,单片机内 A/D 转换器带有一个 8 路模拟开关,将 3 片 4051 的输出线接入此 8 路模拟开关中。经过内部地址译码后,选中 3 片 4051 中的 1 片,再经过外部地址译码,选中此片 4051 的一个通道,然后对此通道输出的模拟信号进行模数转换。

转换过程中采用单片机内部稳定参考电压 $V_{REF} = 2.56 \text{ V}$ 。设一只 LED 的管压降为 V_{di} ,限流电阻上的电压为 V_{lim} ,设输入电压为 V_{IN} ,输出的数字电压为 V_{OUT} ,则 $V_{OUT} = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$ (其中 $1024 = 2^{10}$,即 10 位

A/D 转换的上限值)。一组 LED 的损坏可分为断路和短路这两种情况:当发生断路情况时,输入电压 $V_{IN} = 0$,输出 $V_{OUT} = 0$;当发生一只或者一只以上的 LED 击穿短路时, $V_{IN} = V_{lim} + n \times V_{di}$ (n 为短路 LED 的个数),此时 $V_{IN} > V_{REF}$,即转换输出结果 $V_{OUT} = 1024$ (10 位转换结果的上限)。考虑到可能存在的干扰,把检测阈值设为 0.3 V 和 2.5 V,即当 $V_{OUT} < 120$ (0.3 V) 或 $V_{OUT} > 1000$ (2.5 V) 时即判定该组 LED 损坏,反之则工作正常。MEGA8 单片机完成一次 A/D 转换的平均时间是 $100 \mu\text{s}$,完成 22 路转换只需 2.2 ms 左右,完全能满足系统采集数据的实时性要求。

1.2 系统通信方案设计

有线通信方式需要对 LED 交通信号灯进行重新布线,安装、调试和维护费时、成本高,可行性不大;无线传输方式虽然不用重新布线,但运行和维护费用高,不符合低成本、高效率的要求;电力线载波方

式:建设周期短,成本低,不用重新布线,速率和抗干扰能力都可以满足系统要求。

由于低压电力线是为传输 50 Hz 的工频电能而铺设的,故其特性往往难以满足载波通信的要求。这直接体现在两方面:第一、电力网络的阻抗特性及其衰减,制约了信号的传输距离;第二、低压电力线上的噪音干扰,制约了信号的传输质量。由于在低压电力线上存在诸多使载波信号的信噪比急剧下降的因素,使得载波信号难以在一个供电区域内较好地传输^[1,2],这样就须选取合适的低压电力线 MODEM。在应用中,笔者选择了 ST 公司的电力载波调制解调器芯片 ST7536。

图3为系统硬件框图。ST7536 是一种半双工、同步的 FSK MODEM,专为低压电力线网络通信而设计,经过内部低通滤波,可以有效抑制低压电力线上的干扰,保证数据的有效传输。它有发送和接收两种工作模式;它又是同步的,数据发送和接收所需的时钟信号由 ST7536 内部产生。所采集的数据经过 A/D 转换后,送入 ST7536 的输入端,经过调制后加载到电力线上传输,接收端的 ST7536 将输入信号进行解调,送入 ITS 信号控制机。信号控制机由嵌入式芯片进行控制,将输入的数据储存,并进行检测,如果某组 LED 损坏,将通过 GPRS 无线传输方式向监控中心报警,并传输损坏 LED 组的序号,达到损坏的精确定位。在传输过程中,电力线接口是必不可少的。

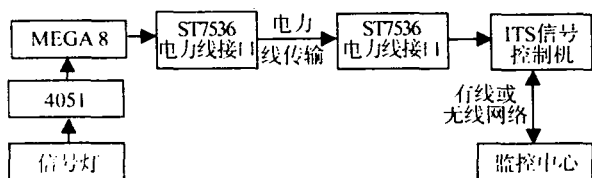


图3 系统硬件框图

电力线接口(PLI)连接着 ST7536 芯片和低压电力线^[3]。图4是根据标准规范设计的一种电力线接口电路。在发送模式下,电力线接口把来自 ST7536 芯片 ATO 的发送信号进行放大和滤波。缓冲区的作用是保护 ST7536,并且驱动电力线接口中的下一个部件。低通滤波器(LPF)的作用是抑制谐波。滤波后的信号被送入功率放大器,这个功率放大器通过转换器来驱动阻抗为 1~100 Ω 的电力线。此外,放大器也进行频段滤波,来抑制发送信号的二次谐

波。在接收模式下,转换器从电力线上取得信号,在预放大器中进行放大,再送给 ST7536 的接收输入引脚 RAI。这种模式下,为了避免功率放大器的低输出阻抗所造成接收信号的衰减,关闭缓冲器和功率放大器。

耦合变压器用于功放和前置放大器与电力线的连接,发送数据时将发送信号耦合到电力线;接收数据时采集接收电力线中传输的信号,并能过滤掉电力线中的 50 Hz 的信号以及发送信号的二次谐波。变压器有两个初级绕组和一个次级绕组,它们的匝数比为 4:1:4,电感量 L_{11} 绕组为 9.4 μH。

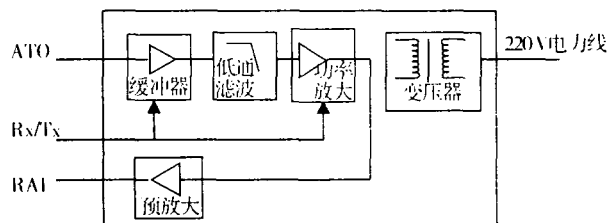


图4 电力线接口电路图

L_{41} 绕组为 140 μH。两个线圈的平均值可根据下式计算:

$$L_{eq} = L_{11} + L_{41} + 2M \quad (1)$$

$$\text{其中 } M = \sqrt{\frac{L_{11}L_{41}}{2}}$$

将数据代入(1)式,可计算出:

$$L_{eq} = L_{11} + L_{41} + 2\left(\sqrt{\frac{L_{11}L_{41}}{2}}\right) = 200.7 (\mu H)$$

合理设计二次绕组侧的电容值,即可使变压器回路的谐振频率 F_{res} 与信号载波频率一致,让有用的信号顺利通过。设变压器回路的等值电容为 C_{eq} ,则谐振频率 F_{res} 可由下式求得:

$$F_{res} = \frac{1}{2\pi L_{eq} C_{eq}} \quad (2)$$

2 系统软件设计

图5为发送和接收端的软件流程图。具体通信过程:发送端先发送 # FFH,以通知接收端有数据要传输,然后再发送三个同步码 # 5AH,接着发送数据。当接收端接收到 # FFH 后就转入同步码检测,在检测到三个同步码 # 5AH 后,就开始接收数据。考虑到载波稳定时间,发送程序开始时需延时

(下转第36页)

电涌保护器(SPD)是抑制由雷电、电气系统操作或静电等所产生的冲击电压,保护电子信息技术产品必不可少的器件。电涌保护器的防雷电是把因雷电感应而窜入电力线、信号传输线的高电压限制在一定的范围内,保证用电设备不被击穿。加装电涌保护器可把电器设备两端实际承受的电压限制在允许范围内,以起到保护设备的作用。

对于路灯低压供电系统,浪涌引起的瞬态过电压(TVS)保护,最好采用分级保护的方式来完成。从供电系统的入口开始逐步进行浪涌能量的吸收,对瞬态过电压进行分阶段抑制。

第一道防线应是连接在用户供电系统入口进线各相和大地之间的大容量电源防浪涌保护器。我们称为 CLASS I 级电源防浪涌保护器(比如美国 EFI 公司的 TBP、ISE、IBP 等型号电源防浪涌保护器(简称 SPD))。这些电源防浪涌保护器是专为承受雷电和感应雷击的大电流和高能量浪涌能量吸收而设计

的,可将大量的浪涌电流分流到大地。

第二道防线应该是安装在向重要或敏感用电设备供电的分路配电设备处的电源防浪涌保护器。这些 SPD 对于通过了用户供电入口浪涌放电器的剩余浪涌能量进行更完善的吸收,对于瞬态过电压具有极好的抑制作用。一般的用户供电系统作到第二级保护就可以达到用电设备运行的要求了。

最后的防线可在用电设备内部电源部分使用一个内置式的电源防浪涌保护器,以达到完全消除微小瞬态的瞬态过电压的目的。对于一些特别重要或特别敏感的电子设备,具备第三级的保护是必要的。同时也可以保护用电设备免受系统内部产生的瞬态过电压影响。

在进行照明工程设计与施工中应高度重视以上电源问题,才能使照明设计更加完善,以后的照明设施更加便于维护,运行更加安全可靠,更好的为城市建设服务。

(上接第 9 页)

5 ms^[4]。接收端对接收到的数据进行检测,如有 LED 损坏则向监控中心报警,并发送此 LED 序号便于及时的维修。

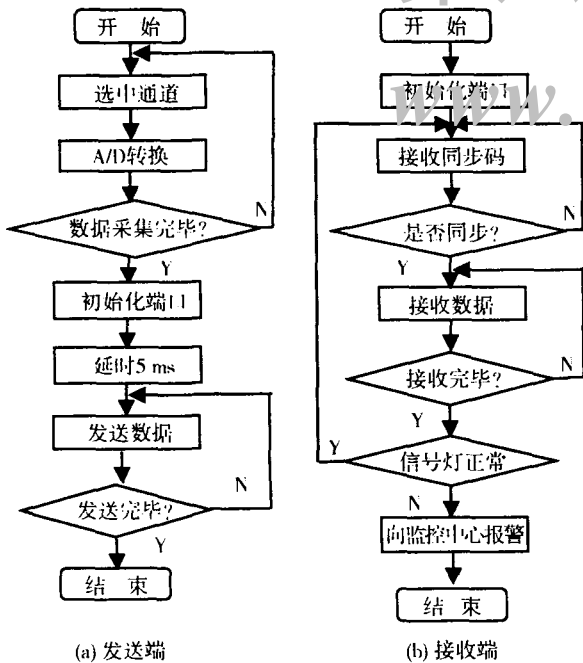


图 5 发送/接收流程图

灯实施自动检测,提高了检测的精度和可靠性,满足了实时自动报警和及时维修的需求。经在交通路口实际使用,表明了基于 PLC 的数据传输是稳定、可靠的。硬件采用 ST7536 电力线数据传输接口方案,使电路设计简单、调试方便,数据传输可靠,完全能达到对 LED 交通信号灯工作状态及故障的实时检测、自动报警的功能,使 LED 交通信号灯能有效、正常运行,保证道路交通的通行质量。同时,对一些数据传输量较小、速率要求不高的场合,也具有较好的应用前景。

参考文献:

[1] 吕仲瑜,孟力,李璐. 低压电力线载波通信中的抗干扰问题[J]. 电测与仪表, 2003(6):36~39
 [2] H Meng, Y L Guan, S Chen. Modeling and Analysis of Noise Effects on Broadband Power-Line Communications[J]. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, 2005,20(2)
 [3] 陈维千. 电力线载波通信[M]. 北京:水利电力出版社, 1989
 [4] 韩学辉,孙慧莲. 交通信号灯 PLC 控制的实现[J]. 长春理工大学学报,2003,14

3 结束语

利用低压电力线载波通信技术对 LED 交通信号