

室内可见光通信系统的硬件平台开发

姜帆
(长春理工大学)

[摘要]当今室内可见光通信系统技术是国内外光无线通信领域的研究热点之一,考虑到当前主要还集中在理论分析和建模仿真阶段,本文将LED照明技术与室内可见光通信技术相结合,构建了室内可见光通信系统的整体架构。从通信速度、抗干扰能力、驱动能力和信号接受能力等方面综合考虑完成了整个系统的硬件方面开发,在满足误码率的条件下支持最高通信速度可达2Mb/s。

[关键词]可见光通信 白光LED 发射电路 接收电路
中图分类号:TN929.1 文献标识码:A

文章编号:1009-914X(2012)09-0270-02

1 引言

随着科学技术的不断发展与进步,高速数据通信在人们的生活中起到至关重要的作用,但带宽资源有限,进而一种信息容量大且部署灵活、维护方便、安全保密的无线光通信技术得到了人们的极大关注。光通信技术分为基于红外激光和基于可见光等的通信技术。早在19世纪70年代,Alexander Graham Bell等人就提出了采用可见光为媒介进行通信的想法,直到近几年,随着白光LED照明技术的迅猛发展,可见光通信技术才逐渐发展起来。国外有关白光LED灯照明光源用来进行无线通信的研究主要集中在日本、德国、韩国、英国等也进行了相关理论研究,美国、爱尔兰等国则在器件方面有突出贡献。我国就此方面的研究还处于起步阶段,大多集中在跟踪报道、基础理论研究、计算机模拟仿真计算等方面^[1,2]。

为实现室内可见光通信的进一步深入研究,提出了一种基于白光LED阵列的室内可见光通信系统方案,通过对关键技术的充分讨论,完成了系统的硬件平台开发,为室内可见光通信的研究提供了可靠的硬件基础,实现了PC机经无线信道到PC的高速传输。

2 室内可见光通信系统

2.1 整体架构

室内可见光通信系统的可由图1所示的框图进行整体概括^[3,4]。整个系统分为发射和接收两部分。

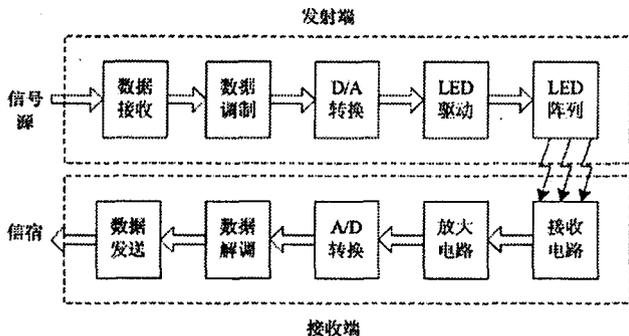


图1 室内可见光通信整体系统

在发射端,首先接收信号源发出的信号,通常信号源信号来自PC机,多数情况均会选择串口通信,本文采用RS422串口通信,可支持的最高传输速率为10Mb/s。对于接收到的数据不能直接发射出去,必须先经过相应的调制处理后才能送给D/A转换模块。可见光通信的研究初期主要采用OOK、m-PAM、m-PPM和SC-BPSK等调制方法,但随着研究的深入,使用环境越来越复杂,抗多径效应等问题影响了系统性能的提高,原有的调制方式

已经不能满足光无线通信的高速率和强抗干扰能力的性能指标。当OFDM调制技术被引入到室内可见光通信系统中后,利用OFDM进行信号的调制与解调能有效的改善通信系统的性能,尤其是对多径效应带来的干扰,进一步提高了可见光通信的传输速率和抗干扰能力。故所设计的可见光通信系统也选择了OFDM调制方式。数据调制模块通常选择FPGA来实现。由于LED接收的驱动信号为模拟量,而FPGA处理后的数据为数字量,所以必须先进行D/A转换后才能被LED驱动电路接收,最终驱动LED阵列。

在接收端,首先是利用光电二极管检测光信号,通常来说,检测到的信号会比较微弱,同时还会有噪声的影响,所以必须先对检测到的信号进行滤波和放大处理,然后再进行A/D转换。这里,需要进行与调制对应的数据解调处理后才能发送给信宿。

2.2 关键技术

要进行室内可见光通信系统开发,首先须明确影响通信性能的关键技术,归纳为如下几方面^[5,6,7]。

(1)光源选择。在室内可见光通信系统中,光源起着至关重要的作用,必须具备亮度高、散热小、功耗低、辐射范围广、使用寿命长、调制性能好、响应灵敏度、发射功率大等优点,目前能满足要求的最佳选择是白光LED。

(2)阵列光源的布局。在室内可见光通信系统中,光源的布局是影响系统性能的一个关键因素。光源的布局涉及到LED的个数及整体布局两方面,要综合考虑房间大小、室内设施、接收面得照度要求和光强分布等多方面的因素。

(3)驱动电路优化设计。调制带宽是衡量LED调节能力的参数,是LED灯用于室内可见光通信系统的重要参数之一,关系到系统的数据传输速度。设计驱动电路时,要考虑电路的噪声干扰、电磁干扰、温漂等问题,需要有一定的补偿方案。

(4)OFDM(正交频分复用)技术。关于OFDM调制方式的必要性在上一小节中已有相关说明。设计电路时必须考虑选择合适的器件来完成OFDM调制与解调。

(5)分集接收技术。所谓分集接收的思想是在接收机的不同方向安装多个光电探测器,对多个探测器接收到的信号进行比较,选取信噪比最大的信号进行后续处理。

当然,影响室内可见光通信系统性能的关键技术还有很多,如均衡技术、自适应传输技术、接收机的FOV选择等,在设计和实验的过程中都必须充分的考虑。

3 硬件平台开发

整个系统的硬件平台主要包括:电源模块、FPGA与PC机的串口通信、FPGA配置、发射模块以及接收模块。下面将系统最关键的发射和接收模块进行详细说明。

3.1 主芯片选择

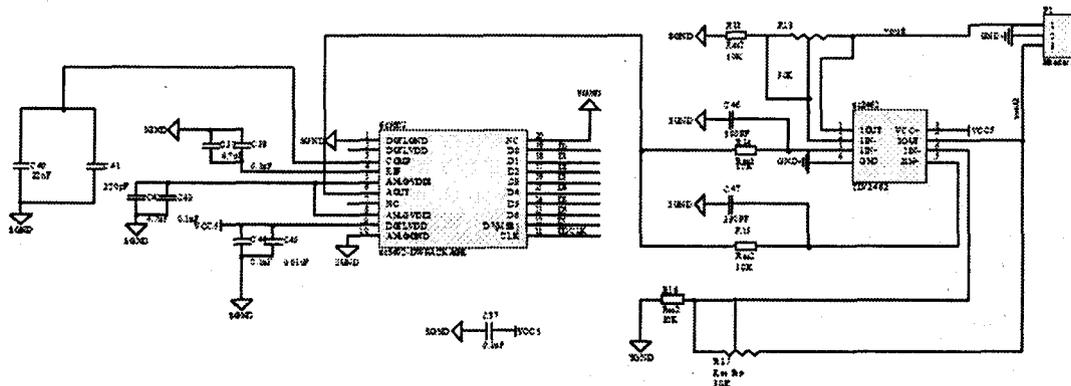


图2 发射端原理图

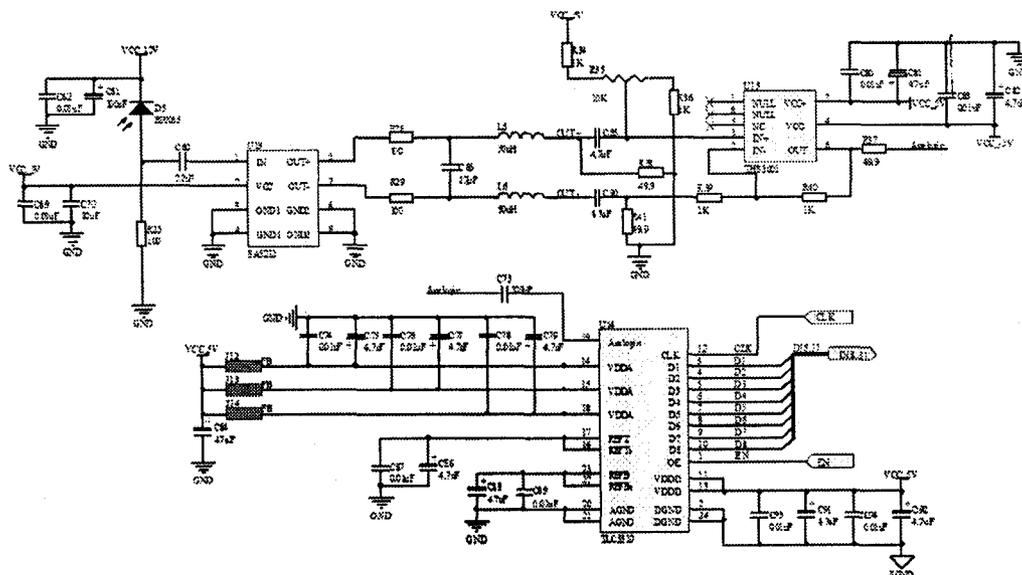


图3 接收端原理图

在上一小节中,分析了系统的关键技术,包括OFDM的调制与解调,平台开发时必须考虑选择合适的器件来完成OFDM调制与解调。设计中之所以选择FPGA来实现是由于:

(1)FPGA相比于DSP芯片的优势。和DSP相比,FPGA内部集成了大量触发器,非常适合逻辑控制场合,对于大型的数字运算,如本文所要涉及到的OFDM中的FFT/IFFT转换,当前许多FPGA内部都集成了嵌入式微处理器,完全可以弥补FPGA相对于DSP的不足。其实,相对于DSP,FPGA的主要优势在于并行处理系统,即各个进程之间是并行执行的,使得其处理速度飞快。

(2)FPGA相对于ASIC技术的优势。ASIC是指为了某种功能而专门定制的集成芯片,所以其性价比很高,加之通常会一次性大量生产,所以成本不高。但是,ASIC也有自身的突出缺点,一是设计周期长,投入市场的时间也会很长,伴随的是设计风险很大。而FPGA在这方面却相当有优势,其设计灵活,设计周期也短得多。并且把设计好的FPGA电路进行优化后,可以将其作为ASIC的原型来设计生产ASIC,即设计人员可以先在FPGA上进行设计,在转换到ASIC,这样不仅加快了设计周期,还大大的降低了风险性。

3.1 发射模块

发送端对驱动电路的要求一般有两个:合适的偏置电压,及足够的驱动电流。为使输出信号的非线性失真小,本文在前人的基础上进行了改进,采用信号波动范围较小的芯片使驱动芯片工作在放大区。为使LED驱动电路有足够的驱动电流,采用了LED双驱动的方法。

通信系统的发射电路如图2所示,D/A转换芯片接收经FPGA调制处理后的串行数据和FPGA提供的时钟信号进行数模转换,D/A转换芯片选择了TLC5602。

TLC5602是TI公司推出的低功耗、超高速数字到模拟转换器^[8],为单5V电源供电,输入为8bit位宽的TTL电平的数字信号,输出电压范围为4~5V,转换速率能够达到20M/s,可见其完全满足当前的通信速度要求。

为了增加输出信号的带负载能力,设计中采用了TI公司的双路运算放大器TLV2462来提高电路的驱动能力。调节变阻器R12和R17的值改变信号增益使LED达到合适的亮度,同时使三极管工作在放大区。系统的设计目标是在照明的同时实现通信,所以说首先要保证满足照明要求,且LED选的大暗可能造成三极管工作在截至状态,太亮可导致三极管工作在饱和状态,可见LED亮度的调节是发射电路的关键。图中的P1为与LED阵列光源的连接口。

3.2 接收模块

接收端电路一方面要接收经无线信道传来的载波信息,还要剔除信号中的噪声及失真,传统的信号接收电路常常会引入比较高的误码率,这就限制了通信系统的通信速率,本文采用了两级放大技术,既对信号进行了放大又得到了平滑的输出波形。为实现对背景光和噪声的抑制,还采用了无源滤波器进行了滤波。

可见光通信系统的光电检测电路如图3所示。采用的光电管为BPX65。BPX65光电二极管在光照下根据外部电路的不同可以产生开路电压和短路电路两种输出,光电二极管的短路数据电流在一定的光强变化范围内呈理想线性变化,非常适合光信号检测。故电路设计中使光电二极管工作在反偏状态。

BPX65将入射光转换为电流形式,但光电流很微弱,所以必须经过后级

放大才能被A/D芯片采样。为了得到一定幅度并且平滑的输出波形,设计中采用了两级放大。前置放大器采用的是Philips公司生产的一款高带宽、低噪声、差分输出的互阻型放大器SA5212。为了减少背景光和噪声的干扰,在SA5212的信号输入之前设计了隔直电容,输出差分信号上设计了无源三阶巴特沃斯滤波器。系统的第二级放大器为限幅放大,采用的是TI公司的THS3001放大器,通过调节R35的值来使输出电压值在A/D芯片的采样范围之内。

经由THS3001放大器输出的信号就可以直接被A/D芯片进行采样了,设计中选用的是TI公司推出的TLC5510,该芯片为单5V供电,输出8位分辨率的数字信号,采样速率同样高达20M/s。该芯片所需的时钟信号和使能信号由FPGA提供。

3.3 PCB布板注意事项

对于本论文所涉及的通信系统,在设计电路PCB时需注意如下事项(1)尽可能的分离模拟电路和数字电路,以降低系统噪声(2)系统中的模拟地和数字地需在一点进行连接(3)尽量加粗地线或者设计单独的地层来降低系统的噪声(4)各个电源对应的滤波电容放置要尽量靠近电源引脚(5)各信号线之间尽可能远离,以免造成信号干扰,产生误码。

结语

本文简述了室内可见光通信系统的基本原理,讨论了可见光通信系统设计的关键技术,从驱动能力和提高信噪比等多方面考虑对可见光通信的发射端和接收端的关键部分电路进行了优化设计,为尽量降低系统的噪声影响,对系统的PCB设计注意事项进行了讨论。通过对目前可见光通信电路的改进设计,达到了良好的实验效果,在误码率为10⁻⁴时,通信速率可达到2M/S,为实现室内可见光通信系统的实际应奠定了硬件基础。

参考文献

- [1] 刘宏展,吕晓旭,王发强,等.白光LED照明的可见光通信的现状与发展.光通信系统技术,2009(7):53-56.
- [2] 臧景峰,朴燕,宋正勋,等.基于白光LED照明光源的室内VLC系统.发光学报,2009,30(6):877-880.
- [3] 张华,宋正勋,刘东彦.基于自适应OFDM的可见光通信系统分析.长春理工大学学报(自然科学版),2010,33(1):70-73.
- [4] 杨迎新,宋桂景,贾岳.自适应OFDM调制解调.无线电工程,2007:17-20.
- [5] 丁德强,柯熙政.可见光通信及其关键技术研究.半导体光电,2006,27(2):114-117.
- [6] 傅倩,陈长缨,洪岳,等.改善室内可见光通信系统性能的关键技术[J].自动化与信息工程,2010(2):5-7.
- [7] 骆宏图,陈长缨,傅倩等.白光LED室内可见光通信的关键技术.光通信技术,2011(2):56-59.
- [8] Texas Instruments Incorporated.TLC5602 VIDEO 8-BIT DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS.1995.
- [9] Texas Instruments Incorporated.TLC5510 8-BIT HIGH-SPEED ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTERS.2003.