



文章编号:1671-251X(2016)10-0079-03

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.10.018

吴燕,卑璐璐,张申,等.基于可见光传输的多路数字音频通信系统[J].工矿自动化,2016,42(10):79-81.

基于可见光传输的多路数字音频通信系统

吴燕^{1,3}, 卑璐璐², 张申^{1,3}, 李轶^{1,3}, 孙文达^{1,3}

(1. 中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008;

2. 徐州工程学院 信电工程学院, 江苏 徐州 221111;

3. 中国矿业大学 物联网(感知矿山)研究中心, 江苏 徐州 221008)

摘要:针对现有点对点数字通信系统传输距离近、成本高等问题,采用白光 LED 设计并实现了基于可见光传输的多路数字音频通信系统。该系统结合音频编解码芯片 TP3067 实现多路音频信号的复用传输,采用 FPGA 作为主控制器控制编码信号的时隙。实验结果表明,该系统可实现最高 2.048 Mbit/s 的传输速率,最多可传输 32 路音频信号,且传输稳定。

关键词:音频通信; 数字通信; 可见光通信; 时分复用

中图分类号:TD655

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Multi-channel digital audio communication system based on visible light transmission

WU Yan^{1,3}, BEI Lulu², ZHANG Shen^{1,3}, LI Yi^{1,3}, SUN Wenda^{1,3}

(1. School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology,

Xuzhou 221008, China; 2. School of Information and Electrical Engineering, Xuzhou Institute of

Technology, Xuzhou 221111, China; 3. Internet of Things (Perception Mine) Research Center,

China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: In view of problem of short transmission distance and high cost of existing point to point digital communications system, multi-channel digital audio communication system based on visible light transmission was designed and implemented by use of white LED. The system combines audio codec chip of TP3067 to implement multiplexing transmission of multi-channel audio signals, and uses FPGA as the main controller to control time slot of encoder signals. Experimental results show that the system can achieve transfer rate of up to 2.048 Mbit/s, and audio signal of up to 32-channels can be transmitted stably.

Key words: audio communication; digital communication; visible light communication; time-division multiplexing

0 引言

可见光通信(Visible Light Communication,

VLC)技术具有对人眼安全、发射功率高、无需申请无线电频谱证、无电磁干扰等优点,因而其具有极大的发展前景,为光通信提供了一种全新的数据接入方式^[1-2]。但 VLC 技术仍具有一定的局限性,如只

收稿日期:2016-03-24;修回日期:2016-08-24;责任编辑:胡娟。

基金项目:国家科技支撑计划项目(2013BAK06B05)。

作者简介:吴燕(1991—),女,湖南邵阳人,硕士研究生,主要研究方向为煤矿井下可见光通信,E-mail:suixin@cumt.edu.cn。

能在有光的情况下使用。因此, VLC 技术的应用环境是当前射频无线通信无法实施或电磁干扰较强的场合,如煤矿工作面等。

近年来,关于 VLC 技术的研究成果越来越多,国内外很多学者在通信链路和调制方式等方面做了大量的工作。国内对 VLC 技术的研究还不成熟,有关院校设计的点对点数字通信系统传输距离近,成本高,难以得到广泛应用。本文采用白光 LED 设计了基于可见光传输的多路数字音频通信系统,结合音频编解码芯片 TP3067 实现多路音频信号的复用传输,采用 FPGA 作为主控制器控制编码信号的时隙。系统可实现最高 2.048 Mbit/s 的通信速率,具有复杂度低、功耗低、成本低、无电磁辐射等优点。

1 系统设计

基于可见光传输的多路数字音频通信系统结构如图 1 所示。其中,PCM 编解码所使用的时隙由 FPGA 控制,发送端和接收端使用同一个时钟脉冲。

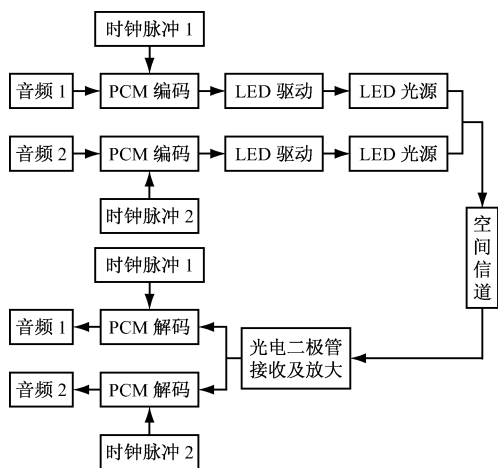


图 1 基于可见光传输的多路数字音频通信系统结构

1.1 PCM 编解码模块

PCM 编解码模块选用的芯片是 TP3067,该芯片内部集成了编码和解码电路,是一个单路编解码器。TP3067 的帧同步信号为 8 kHz,编码速率为 2.048 MHz,每帧含 8 bit 数据。音频信号经过抽样、量化、编码后转换为 PCM 编码信号,该信号在一个特定时隙中被发送出去,在其他时隙中编解码器没有信号输出。同样,解码电路也只有一个特定的时隙从外部接收 PCM 编码信号,然后经解码、带通滤波和放大后输出相应的模拟信号。

1.2 光电检测及放大电路

光电检测及放大电路选用硅基 PIN 光电二极管,该二极管具有结电容小、渡越时间短、灵敏度高、

温度不敏感的特点^[3],响应度为 0.4~0.6 A/W,暗电流为 1~10 nA,上升时间为 0.5~1.0 ns,带宽为 0.3~0.7 GHz,偏压为 5 V^[4]。光电二极管接收到的信号一般非常微弱,需要设计低噪声前置放大电路将微弱的信号放大,同时,也将器件本身产生的噪声降到最低。选用 AD8001 作为前置放大电路的主芯片。光电检测及放大电路如图 2 所示。

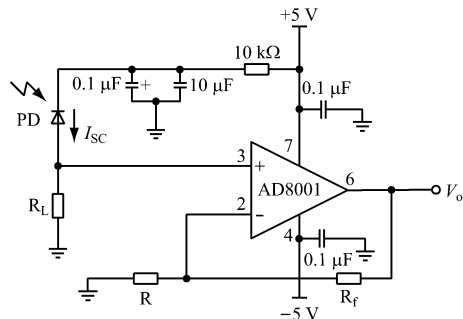


图 2 光电检测及放大电路

前置放大电路的放大倍数为

$$A_v = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) R_2 \quad (1)$$

式中 R_2, R_3, R_4 均取 1 kΩ。

实验测试了接收端光电检测及放大电路的幅频特性,使用正弦波直接驱动 LED 光源,光电二极管接收信号后送前置放大电路放大,再用示波器测量接收到的正弦波幅值,得到的幅频特性曲线如图 3 所示。由图 3 可见,截止频率为 10.8 MHz,满足系统传输要求。

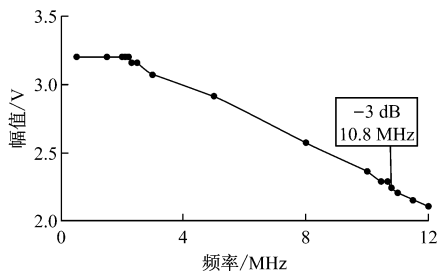


图 3 幅频特性曲线

1.3 时钟脉冲的产生

2.048 MHz 主时钟由 FPGA 内部的锁相环模块产生,8 kHz 帧同步脉冲由主时钟计数分频得到。为防止传输干扰,2 路帧同步脉冲之间相差 1 个时隙。

1.4 LED 驱动电路

由于编码后的 PCM 信号功率达不到 LED 光源的驱动要求,系统采用直流偏置技术将编码后的 PCM 信号叠加直流电源,然后将叠加后的信号加载到 LED 器件上,从而能将编码后的语音信号以光的

形式发送出去。

2 系统测试

根据所设计的电路进行实验测试,实验平台如图 4 所示。系统采用 3 W 白光 LED 作为发送光源,2 路不同的音频信号作为信源,信源经过 TP3067 编码及 LED 驱动电路后驱动 2 个 LED 光源发光,为防止干扰,2 个 LED 之间的距离设置为 10 cm。在接收端,采用 1 个光电二极管接收 2 个 LED 光源的光信号并复用为 1 路 PCM 电信号,经前置放大电路放大后进行传输。每路 PCM 信号只占用 32 个时隙中的 1 个时隙,时隙号由 FPGA 产生的帧同步脉冲控制,每个时隙的数据为 8 bit,占用时间为 $3.9\text{ }\mu\text{s}$,数据传输速率为 2.048 Mbit/s。在信宿端分别用 2 个 TP3067 芯片解码,恢复出原始的音频信号。调整发射光源和光电二极管的位置,使光信号以直射的方式传播。为判断接收到的信号是否以可见光方式传输,可通过遮挡通信链路来确认。通信链路被遮挡时,信宿端接收不到系统传输的音频信号。实验结果表明,系统能同时传输 2 路音频信号,且传输稳定、失真度小。

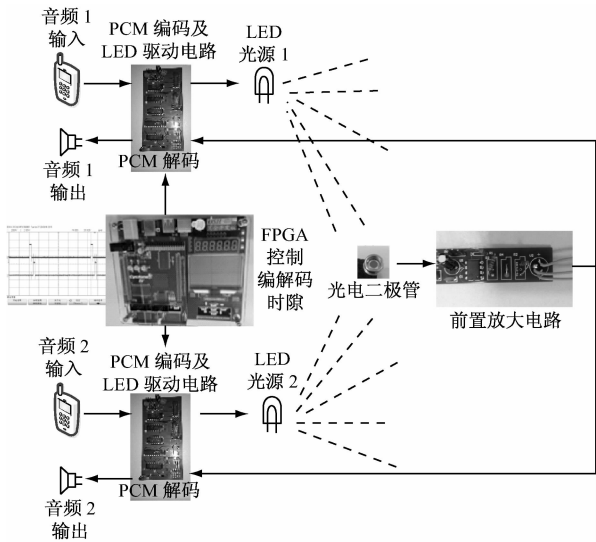
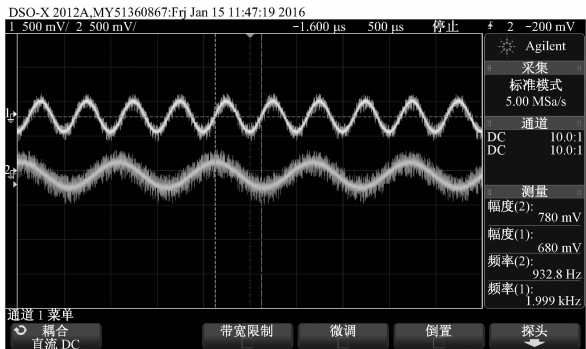


图 4 实验平台

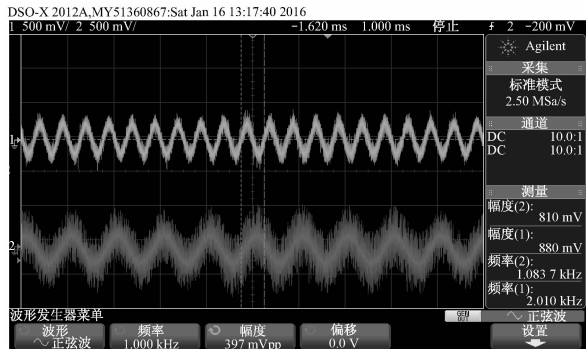
当信源使用幅值均为百毫伏数量级、频率为 1 kHz 和 2 kHz 的正弦信号代替时,信源和信宿端的波形如图 5 所示,图 5(a)为 2 路输入正弦信号,图 5(b)为经过系统传输后恢复出来的正弦信号。结果表明,信号在传输的过程中失真度比较小,波形无明显失真,信宿端信号频率和信源频率相同。

3 结语

介绍了可见光音频通信系统的设计方法,重点



(a) 信源端波形



(b) 信宿端波形

图 5 输入及输出信号波形

介绍了 PCM 编解码电路、光电检测及放大电路和 LED 驱动电路的设计。该系统使用 FPGA 产生编码脉冲和帧同步脉冲,控制 2 路音频信号的时隙。实验结果表明,该系统实现了 2.048 Mbit/s 的传输速率及 2 路音频信号的复用传输,可扩展为最多 32 路音频信号的复用传输。

参考文献:

[1] 骆宏图,陈长缨,傅倩,等. 白光 LED 室内可见光通信的关键技术[J]. 光通信技术,2011,35(2):56-59.

[2] 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[J]. 光通信技术,2009,33(7):53-56.

[3] 刘洋,章国安. 可见光通信调制方式及其性能研究[J]. 激光与光电子学进展,2014(9):65-71.

[4] 康华光,陈大钦,张林. 电子技术基础模拟部分[M]. 5 版. 北京:高等教育出版社,2008.

[5] 马秀萍,刘伟,张申,等. 煤矿井下可见光通信系统设计[J]. 工矿自动化,2014,40(1):16-19.

[6] KOMINE T, NAKAGAWA M. Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics,2004,50(1): 100-107.

[7] 梁烈勇. 短距离 LED 可见光音频传输系统设计[J]. 电子技术应用,2012,38(9):18-20.