

文章编号: 1674-8085(2018)02-0064-05

LED 可见光通信系统驱动电路的设计

*蔡翠翠¹, 王本有¹, 孟宪猛²

(1. 皖西学院电子与信息工程学院, 安徽, 六安 237012; 2. 安徽博微长安电子有限公司, 安徽, 六安 237012)

摘 要: 可见光通信是一种新型的无线通信技术, 利用 LED 实现照明和信号的无线传输, 而 LED 驱动电路对可见光通信系统具有重要作用, 影响光源的发光效率和信号的传输距离。通过对 LED 驱动原理的分析, 设计了基于直流驱动和交流驱动的 LED 可见光通信系统的驱动电路。结果表明, 设计的驱动电路可以有效进行信号的无线传输, 实现了无线通信和照明功能。

关键词: 可见光通信; LED; 调制; 驱动电路

中图分类号: TN292.1

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2018.02.011

DESIGN OF THE DRIVING CIRCUIT FOR LED VISIBLE OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

* CAI Cui-cui¹, WANG Ben-you¹, MENG Xian-meng²

(1. School of Electronics and Information Engineering, West Anhui University, Lu'an, Anhui 237012, China;

2. Anhui Brainware Chang'an Electronics Co., Ltd., Lu'an, Anhui 237012, China)

Abstract: Visible light communication was a new type of wireless communication technology, which utilized LED to realize the wireless transmission of lighting and signals. The LED driving circuit played an important role in the visible light communication system and affected the light emitting efficiency and signal transmission distance of the light source. The driving principle of the visible light communication was analyzed, and the driving circuit of optical communication system was designed based on DC and AC driving. The experiment results show that the driving circuit can carry on the data transmission and realize the function of wireless communication and lighting.

Key words: visible optical communication; LED; modulation; driving circuit

0 引言

可见光通信是一种新型无线通信技术, 利用 LED 高速调制、响应时间短等特性, 以 LED 为载体, 对信号进行传输, 实现了无线通信与照明功能, 具有保密性好、不占用无线电频谱、无电磁辐射等特点, 受到人们的广泛关注^[1]。

目前, 可见光通信的驱动方式主要是恒流源驱动和恒压源驱动, 存在光源的发光效率低、传输距离短等缺点, 不能满足远距离无线通信和照明的要求^[2-3]。本文通过对 LED 的调制驱动基本原理的分析, 设计了直流驱动和交流驱动相结合驱动电路, 其中直流驱动是输出恒定直流驱动 LED 发光, 交流驱动是采用 MOS 驱动输出大电流驱动 LED 实现

收稿日期: 2017-11-30; 修改日期: 2018-02-21

资助项目: 安徽省质量工程项目 (2015jyxm289)

作者简介: *蔡翠翠(1989-), 女, 安徽宿州人, 助教, 硕士, 主要从事无线通信、可见光通信的研究(E-mail: caicuihappy@126.com);

王本有(1970-), 男, 安徽六安人, 副教授, 硕士, 主要从事电路与系统的研究(E-mail: wangbny@wxc.edu.cn);

孟宪猛(1987-), 男, 安徽六安人, 工程师, 硕士, 主要从事电路与系统的研究(E-mail: mengxianm@126.com)。

通信功能,该驱动电路具有设计简单,可靠性高等特点,并对设计的驱动电路进行试验验证,结果表明驱动电路有效提高了光源的输出功率和信号的传输距离,提升了系统的性能。

1 LED 驱动原理

目前室内可见光通信系统主要采用光强度调制方式,分为直接调制和外调制两种方式^[4]。外调制是利用外部器件对输出信号的强度进行控制,光源本身保持恒定的发光强度;直接调制是利用驱动电路直接控制 LED 的发光强度。对于室内可见光通信系统,光源 LED 需要实现照明和通信两种功能,一般要求光源的发光功率高,采用外调制,系

统设计复杂,实现难度大,而采用直接调制,系统实现简单,所以本文采用光强度直接调制。

下面以 LED 的伏安特性和输入电流与输出光功率关系来说明 LED 驱动原理。图 1(a)为 LED 的伏安特性,LED 两端电压的微小变化,会引起流过 LED 的电流大幅度变化,所以 LED 需要驱动电路提供恒定的电流。图 1(b)为输入电流与输出光功率关系,从图中可以看出,输入电流与输出光功率呈线性关系,输出光功率的大小是由输入的电流信号决定的。所以在电路设计方面,驱动电路需要产生恒定的电流来驱动 LED。

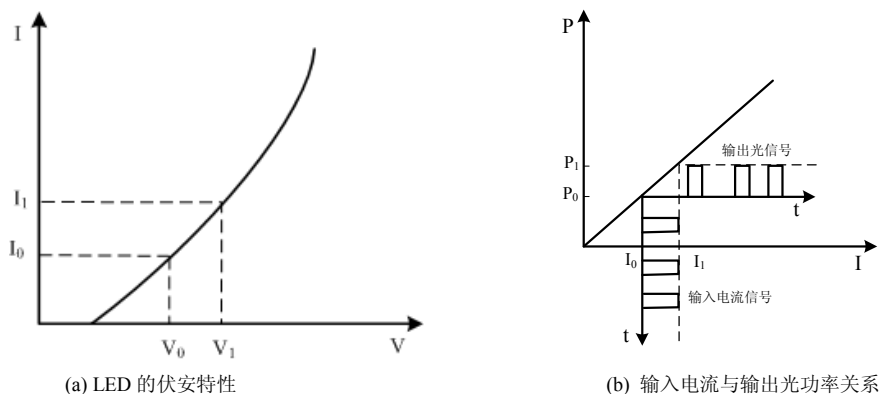


图 1 LED 的伏安特性和驱动特性

Fig.1 The volt ampere and driving characteristics of LED

2 可见光通信的驱动电路设计

2.1 可见光通信系统框图

可见光通信以空气为传输介质、LED 为载体,将数据信息加载到光束上,实现空间数据信息的传输和照明^[5-7],主要包括发送端和接收端两部分,如图 2 所示。发送端对输入的信号进行调制编码,再经过驱动电路进行 LED 光源驱动,对 LED 进行调制的同时将电信号转换成光信号发射到自由空间中;接收端是将经过空间传输的光信号汇聚到光电探测器表面,光电探测器对光信号进行光电转换,再经过解调、放大去噪处理,最后输出信号。

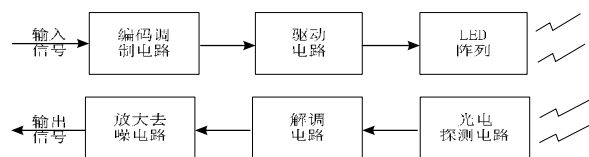


图 2 室内可见光通信系统框图

Fig.2 The structure of indoor visible light communication system

2.2 LED 驱动电路

在室内可见光通信系统中,驱动电路是由直流驱动和交流驱动两部分构成^[8],直流驱动主要是通过直流源驱动输出直流信号;交流驱动主要是对调制编码后的信号进行数模转换,再通过驱动 MOS 管后输出交流信号,再经过 Bias-Tee 耦合后直流与

交流信号叠加输出驱动 LED, 实现照明与通信一体化, 如图 3 所示。

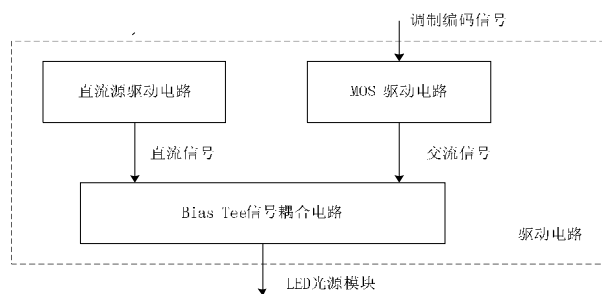


图 3 驱动电路结构框图

Fig.3 The structure of driving circuit

2.3 具体电路设计

D/A 转换电路完成对调制编码后的信号数模转换, 主要由芯片 AD780 和 LTC1655 构成, 其中 AD780 为高精度基准电压芯片, 为数模转换提供基准电压, 用于增强 DAC 性能^[9]; LTC1655 为 16 位的数模转换芯片, 电路设计如图 4 所示。

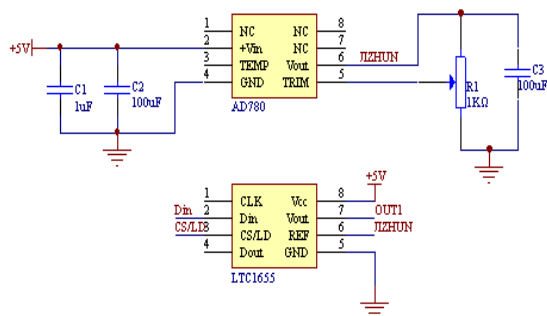


图 4 D/A 转换电路

Fig.4 The D/A conversion circuit

交流驱动主要是采用 MOS 驱动, 它的功能是输出较大电流来驱动 LED, 目的是在照明的直流上叠加一个交流信号来传输信息^[10]。MOS 驱动电路采用 ADP3624 芯片, 它是一款高速的双通道 MOS 驱动器, 内部拥有多种模式的 PWM 控制器, 具有输入电压范围宽和驱动大电流的能力, 电路设计如图 5 所示。

直流驱动部分采用 DC/DC 降压电路, 电路输出恒定直流驱动 LED 发光, 具有高效、稳定、低耗等优点, 电路设计如图 5 所示。

Bias-tee 信号耦合电路完成直流驱动和交流驱动输出信号的叠加, 用来驱动 LED 的发光和通信,

主要由电感和电容构成, 如图 5 所示。其中 AC+DC 为经过 Bias-Tee 耦合后将直流与交流信号叠加输出, H1 为磁珠, 用于吸收高频尖峰干扰。

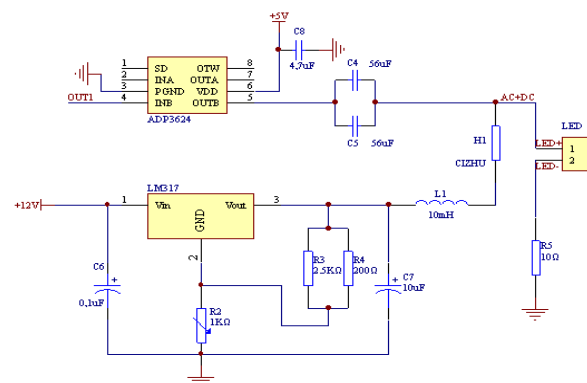


图 5 Bias-Tee 驱动电路

Fig.5 The bias-tee driving circuit

可见光通信的发射实物图如图 6 所示, 主要包括信号编码调制和驱动放大两个部分, 其中信号编码调制利用 DSP 开发板 TMS320C5402 完成的, 驱动放大利用设计的电路完成信号的模数转换和驱动放大, 并通过 LED 光源进行信号的发射。



图 6 可见光通信发射实物图

Fig.6 The physical map of visible light communication

3 实验与结果

为验证设计 LED 驱动电路的性能, 根据前期研究并结合 PROTUES 电路仿真软件的仿真优化, 搭建了可见光通信测试系统。采用信号发生器输出信号, 输入到驱动电路进行交直流耦合, 驱动白光 LED 进行信号的传输。接收电路采用光电二极管将

接收的光信号进行光电转换,然后采用运算放大器对信号进行放大,最后对输出数据进行数据采集^[10]。

光接收电路设计如图 7 所示,选用具有频谱范围广、光电转换效率高和信号失真小的 BPW21 光电二极管,运算放大器选用增益、带宽较高的 OPA37;电容 C2、C3 分别用来滤除电源噪声;电容 C4 和电阻 R2 构成一个负反馈电路,提供闭环增益。为了减小噪声的影响,测试系统的放大电路时对放大倍数进行限制,结合仿真设计,放大倍数选 80 倍为最佳。

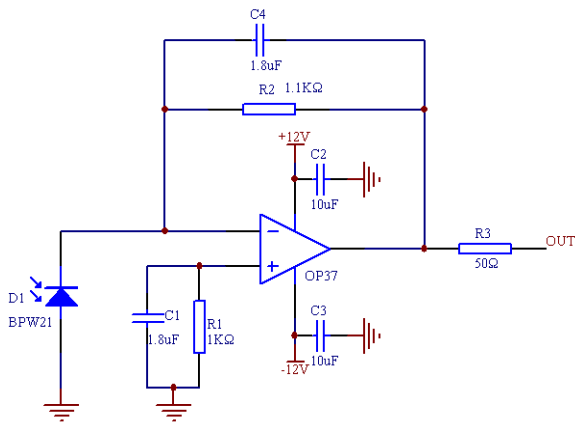


图 7 接收电路原理图

Fig.7 The schematic diagram of the receiving circuit

实验选用市面上销售额定功率为 1 W 的白光 LED 作为光源,并将多颗灯珠串联成阵列。利用函数发生器输出 100 Hz、1 kHz、10 kHz 信号对设计的电路进行测试,实验方案示意图如图 8 所示,发射接收波形如图 9 所示。

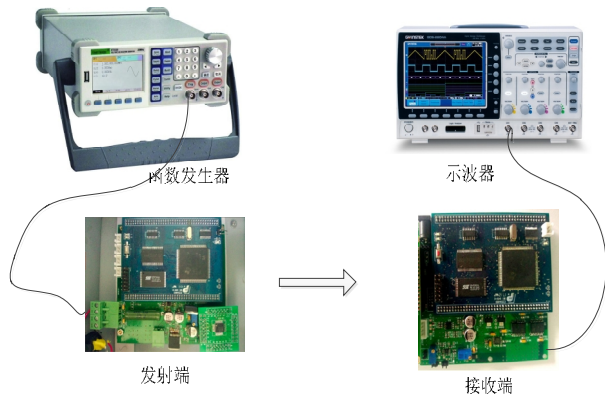


图 8 实验方案示意图

Fig.8 The schematic diagram of experimental scheme

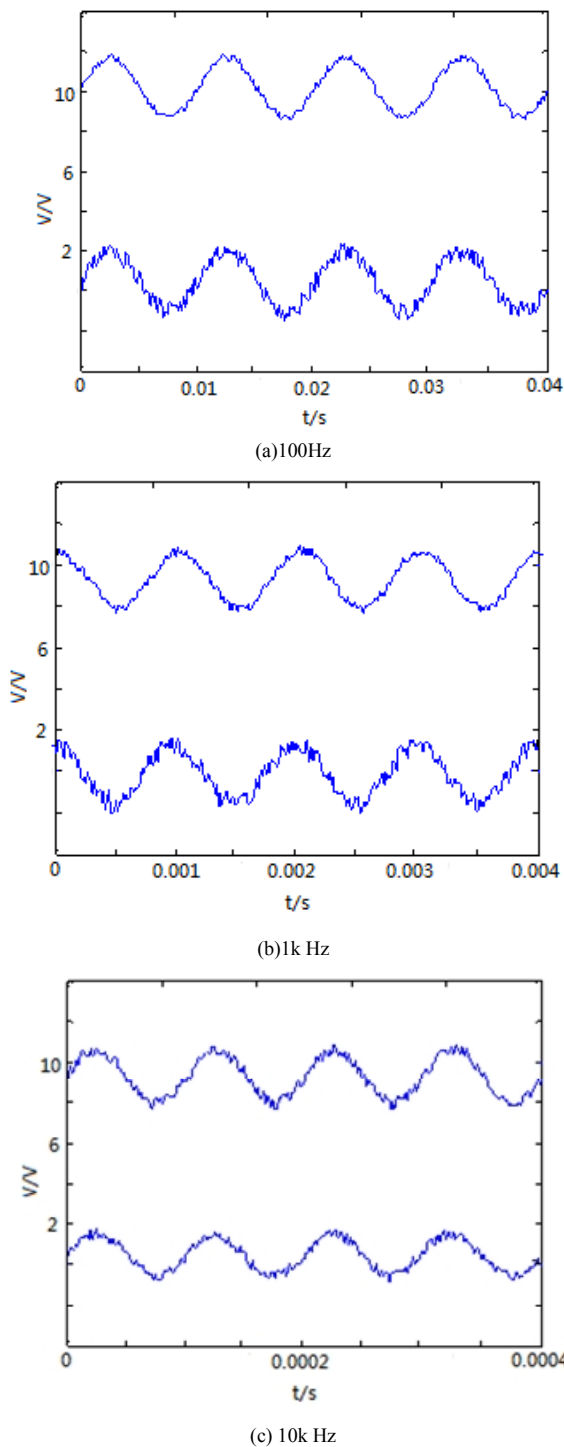


图 9 信号接收波形图

Fig.9 Waveform diagram of receiving signal

通过实验测试,对于输入频率为 100 Hz~10 KHz 的信号,传输距离可达到 6 m,接收端可以恢复出发送的原始信号,信号的损失小,实现信号远距离的可靠传输,并且 LED 闪烁现象不明显,基本实现了系统的无线通信和照明功能。

4 结束语

针对可见光通信系统光源发光效率低、传输距离短等问题,本文对LED调制原理进行详细分析,设计了基于直流驱动和交流驱动的LED可见光驱动电路,搭建了可见光通信测试系统,并对设计电路的性能进行试验验证。结果表明,该驱动电路能够实现无线信号的远距离可靠传输,提升了光源发光效率,满足可见光通信和照明的要求。另外设计的驱动电路还具有功耗低、设计简单、可靠性高等特点,在LED可见光通系统中具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 迟楠. LED可见光通信技术[M]. 北京:清华大学出版社,2013.
- [2] 徐佐,徐宁,马正北. 大功率白光LED室内可见光通信系统研究[J].光通信技术,2015(10):39-40.
- [3] 尚建荣. 可见光通信系统驱动电路设计[J]. 光通信技术,2015,39(7):24-25.
- [4] 杨宇,刘博,张建昆. 一种基于大功率LED照明灯的可见光通信系统[J]. 光电子激光, 2011,22(6):803-807.
- [5] Lee K, Park H. Modulation for light communications with dimming control [J].IEEE Photonics technology letters, 2011, 223(16):1136-1138.
- [6] Zeng L, O'Brien D, Minh H, et al. High data rate multiple input multiple output optical wireless communication using led lighting [J].IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 2009,27(9):1654-1662.
- [7] 沈振民,蓝天,王云,等. 基于LED灯的室内可见光通信系统仿真分析[J]. 红外与激光工程,2015,44(8):2496-2500.
- [8] 杨欣华,刘洋,康文炜,等. OFDM可见光通信系统发送器研究[J]. 吉林大学学报,2015,33(3):267-272.
- [9] 李昂. 可见光通信系统设计与实验研究[D]. 北京:北京邮电大学,2014:32-36.
- [10] 徐丹彤. 基于白光的可见光通信系统中光接收发射器的研究与设计[D]. 南京:南京邮电大学,2012:12-17.