



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105049118 B

(45)授权公告日 2017.10.20

(21)申请号 201510515037.2

(22)申请日 2015.08.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105049118 A

(43)申请公布日 2015.11.11

(73)专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路381号

(72)发明人 文尚胜 关伟鹏 张恒 宋鹏程

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

代理人 罗观祥

(51)Int.Cl.

H04B 10/116(2013.01)

H04B 10/516(2013.01)

(56)对比文件

CN 104158632 A,2014.11.19,

CN 102970263 A,2013.03.13,

CN 104159367 A,2014.11.19,

US 2015054420 A1,2015.02.26,

审查员 胡文好

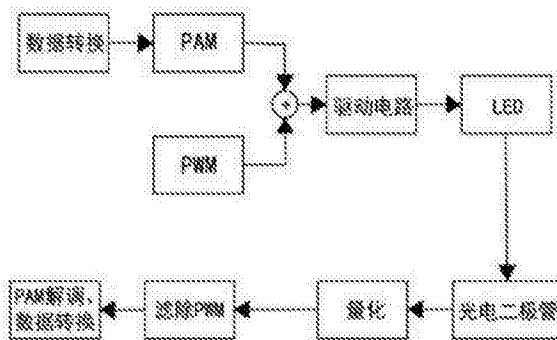
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于双重调制技术的可见光通信方法及其可见光通信系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于双重调制技术的可见光通信方法,包括以下步骤:1、第一可编程门阵列将信源发出的视频信号转换为n位二进制数字信号;2、第一可编程门阵列将所述的每组n位二进制数字信号转换为n<sup>2</sup>进制数字信号;3、第一可编程门阵列将所述的n<sup>2</sup>级脉冲振幅调制与脉冲宽度调制相叠加,形成n<sup>2</sup>+k级光强变化;4、接收子系统还原出原始信号;本发明还公开了一种实现基于双重调制技术的可见光通信方法的可见光通信系统,包括:发射子系统、传输子系统和接收子系统。具有能够分别从照明与通信的角度优化可见光通信系统的光源和广阔的应用前景等优点。



1. 一种基于双重调制技术的可见光通信方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、第一可编程门阵列将信源发出的视频信号转换为 $n$ 位二进制数字信号;

步骤2、第一可编程门阵列将每组 $n$ 位二进制数字信号转换为 $n^2$ 进制数字信号,其中, $n$ 为正整数,所述 $n^2$ 进制数字信号对应 $n^2$ 种状态,每种状态对应点亮相应数目的LED,不同数目的LED芯片点亮可以实现光通量的变化,使COB封装LED灯具具有 $n^2$ 级光强的变化,所述 $n^2$ 级光强的变化即 $n^2$ 级脉冲振幅调制;

步骤3、第一可编程门阵列将所述的 $n^2$ 级脉冲振幅调制与脉冲宽度调制相叠加,形成 $n^2+k$ 级光强变化,其中, $k$ 为正整数;

步骤4、接收子系统通过光电检测器件感应 $n^2+k$ 级光强变化,生成 $n^2+k$ 级脉冲电信号,经过接收子系统的信号解调处理后,还原出原始信号。

2. 根据权利要求1所述的基于双重调制技术的可见光通信方法,其特征在于,所述步骤1包括以下步骤:

步骤11、第一可编程门阵列对信源所发出的每帧视频信号的红、绿和蓝分量分别进行数模转换量化处理,形成原始像素数字信号;

步骤12、第一可编程门阵列把原始像素数字信号转换成8位二进制数字信号,并按顺序排列,每隔 $n$ 位分割为一组二进制数字信号,输出到LED驱动电路。

3. 根据权利要求1所述的基于双重调制技术的可见光通信方法,其特征在于,在步骤4中,所述信号解调处理的方法包括以下步骤:

步骤41、前置放大电路与后置放大电路对所接收到的 $n^2+k$ 级脉冲电信号进行放大处理和滤波处理;

步骤42、对经过放大处理和滤波处理的 $n^2+k$ 级脉冲电信号经过ADC数模转换器进行模数转换,生成 $n^2+k$ 进制数字信号,第二可编程门阵列把 $n^2+k$ 进制数字信号进行滤除脉冲宽度调制部分,即滤除 $k$ 而得到 $n^2$ 进制数字信号,第二编程门阵列将所述的 $n^2$ 进制数字信号转换为 $n$ 位二进制数字信号;

步骤43、第二可编程门阵列对所述 $n$ 位二进制数字信号按先后顺序排列,每隔8位合并为一组8位二进制数字信号,第二可编程门阵列把所述8位二进制数字信号转换为原始像素数字信号;

步骤44、第二可编程门阵列将所述原始像素数字信号还原为每帧视频信号。

4. 一种实现权利要求1所述的基于双重调制技术的可见光通信方法的可见光通信系统,包括:发射子系统、传输子系统和接收子系统,其特征在于,所述发射子系统具有:第一可编程门阵列、LED驱动电路和COB封装LED灯具,所述接收子系统具有:光电检测器件、ADC模数转换器和第二可编程门阵列;所述传输子系统用于把COB封装LED灯具发出的可见光信号传输给光电检测器件;所述第一可编程门阵列、LED驱动电路、COB封装LED灯具、光电检测器件、ADC模数转换器和第二可编程门阵列依次连接;所述第一可编程门阵列输出 $n$ 位二进制数字信号,并把输出的 $n$ 位二进制数字信号传输给LED驱动电路,所述 $n$ 位二进制数字信号驱动COB封装LED灯具进行 $n^2$ 级光强度调制,所述COB封装LED灯具发射可见光信号给光电检测器件,所述光电检测器件把可见光信号转换成模拟信号,所述ADC数模转换器把光电检测器件输出的模拟信号取样成 $n$ 位二进制数字信号,把所述ADC数模转换器取样成的 $n$ 位二进制数字信号传输给第二可编程门阵列。

5. 根据权利要求4所述的基于双重调制技术的可见光通信方法的可见光通信系统,其特征在于,所述COB封装LED灯具包括LED芯片和相应的LED驱动电路,每块LED芯片由相应的LED驱动电路来独立控制;所述LED驱动电路包括:信源、可变电阻、高速缓冲器、Bias Tee模块、直流电流源和限流电阻,所述的信源、可变电阻、高速缓冲器、Bias Tee模块和限流电阻依次连接;所述直流电流源的正极和信源连接,所述直流电流源的负极和Bias Tee模块连接;所述的Bias Tee模块包括电容和电感;所述电感的一端与直流电流源的负极连接,所述电感的另一端与电容的负极连接,所述电容的正极与高速缓冲器连接;所述信源输出的电信号经过高速缓冲器传输到Bias Tee模块,所述直流电流源所输出的直流电信号与高速缓冲器所传输的信号在Bias Tee模块中进行耦合,生成耦合电信号;所述耦合电信号通过限流电阻输出。

6. 根据权利要求4所述的基于双重调制技术的可见光通信方法的可见光通信系统,其特征在于,所述COB封装LED灯具为 $n \times n$ 的LED阵列,每块LED芯片独立封装。

7. 根据权利要求4所述的基于双重调制技术的可见光通信方法的可见光通信系统,其特征在于,所述发射子系统还包括:第一液晶显示器和摄影机,所述接收子系统还包括前置放大电路、后置放大电路和第二液晶显示器;所述的第一液晶显示器和摄影机均与第一可编程门阵列连接,光电检测器件通过前置放大电路和后置放大电路与ADC数模转换器连接,第二可编程门阵列和第二液晶显示器连接;所述的摄影机将视频信号传输给第一可编程门阵列;所述第一可编程门阵列把视频信号传输给第一液晶显示器;所述光电检测器件把模拟信号通过前置放大电路进行放大处理;放大后的所述模拟信号经过后置放大电路进行滤波处理再传输给ADC模数转换器;所述第二可编程门阵列把视频信号传输给第二液晶显示器。

## 基于双重调制技术的可见光通信方法及其可见光通信系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信技术,特别涉及一种基于双重调制技术的可见光通信方法及其可见光通信系统,本发明是一种脉冲振幅调制技术与脉冲宽度调光技术相结合的双重调制技术及实现数据收发方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,被誉为“绿色照明”的半导体照明技术迅速发展。与传统的白炽灯等照明光源相比,LED具有低功耗、寿命长、尺寸小、绿色环保等优点。与此同时,LED更具有调制性能好、响应灵敏度高等优势。将信号以人眼无法识别的高频加载到LED上进行传输,进而催生出一门能够实现照明与通信一体化的技术——可见光通信。

[0003] 与传统的红外和无线通信相比,可见光通信具有发射功率高、无电磁干扰、无需申请频谱资源和信息的保密性等优点。然而,可见光通信中仍然面临着不少的问题,其中最大的挑战之一是LED有限的调制带宽。一般的荧光粉LED调制带宽只有几兆赫兹,可见光通信系统数据传输速率受到限制。为了提升传输速率,除了从LED的结构、驱动电路的设计上拓展带宽;还可以通过不同的调制方式来提高系统整体带宽。然而却大大地增加了可见光通信系统的复杂程度。并针对目前可见光通信研究仅局限于通信而忽视照明的现象,结合脉冲宽度调制技术的调光方案来调控可见光通信系统的光源,使灯具维持在一定的光通量水平以适合于室内的照明。

### 发明内容

[0004] 为了克服现有技术的上述缺点与不足,本发明的首要目的在于提出一种基于双重调制技术的可见光通信方法,该方法分别从照明与通信的角度优化了可见光通信系统的光源。

[0005] 为了克服现有技术的上述缺点与不足,本发明的另一目的在于提出一种实现基于双重调制技术的可见光通信方法的可见光通信系统,该系统基于简单基带调制技术提出使用一个 $4 \times 4$ 的LED阵列实现双重调制技术,在不增加器件带宽前提下,成倍提高无线通信的质量与数据传输速率,同时可以结合脉冲宽度调制技术实现调光。

[0006] 本发明的首要目的通过以下技术方案实现:一种基于双重调制技术的可见光通信方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1、第一可编程门阵列将信源发出的视频信号转换为 $n$ 位二进制数字信号;

[0008] 步骤2、第一可编程门阵列将所述的每组 $n$ 位二进制数字信号转换为 $n^2$ 进制数字信号,其中, $n$ 为正整数,所述 $n^2$ 进制数字信号对应 $n^2$ 种状态,每种状态对应点亮相应数目的LED,不同数目的LED芯片点亮可以实现光通量的变化,使所述COB封装LED灯具具有 $n^2$ 级光强的变化,所述 $n^2$ 级光强的变化即 $n^2$ 级脉冲振幅调制;

[0009] 步骤3、第一可编程门阵列将所述的 $n^2$ 级脉冲振幅调制与脉冲宽度调制相叠加,形成 $n^2+k$ 级光强变化,其中, $k$ 为正整数;

[0010] 步骤4、接收子系统通过光电检测器件感应 $n^2+k$ 级光强变化,生成 $n^2+k$ 级脉冲电信号,经过接收子系统的信号解调处理后,还原出原始信号。

[0011] 所述步骤1包括以下步骤:

[0012] 步骤11、第一可编程门阵列对信源所发出的每帧视频信号的红、绿和蓝分量分别进行数模转换量化处理,形成原始像素数字信号;

[0013] 步骤12、第一可编程门阵列把原始像素数字信号转换成8位二进制数字信号,并按顺序排列,每隔 $n$ 位分割为一组二进制数字信号,输出到LED驱动电路。

[0014] 在步骤4中,所述信号解调处理的方法包括以下步骤:

[0015] 步骤41、前置放大电路与后置放大电路对所接收到的 $n^2+k$ 级脉冲电信号进行放大处理和滤波处理;

[0016] 步骤42、对经过放大处理和滤波处理的 $n^2+k$ 级脉冲电信号进过ADC数模转换器进行模数转换,生成 $n^2+k$ 进制数字信号,第二可编程门阵列把 $n^2+k$ 进制数字信号进行滤除脉冲宽度调制部分,即滤除 $k$ 而得到 $n^2$ 进制数字信号,第二编程门阵列将所述的 $n^2$ 进制数字信号转换为 $n$ 位二进制数字信号;

[0017] 步骤43、第二可编程门阵列对所述 $n$ 位二进制数字信号按先后顺序排列,每隔8位合并为一组8位二进制数字信号,第二可编程门阵列把所述8位二进制数字信号转换为原始像素数字信号;

[0018] 步骤44、第二可编程门阵列将所述原始像素数字信号还原为每帧视频信号。

[0019] 本发明的另一目的通过以下技术方案实现:一种实现所述的基于双重调制技术的可见光通信方法的可见光通信系统,包括:发射子系统、传输子系统和接收子系统,所述发射子系统具有:第一可编程门阵列、LED驱动电路和COB封装LED灯具,所述接收子系统具有:光电检测器件、ADC模数转换器和第二可编程门阵列;所述传输子系统用于把COB封装LED灯具发出的可见光信号传输给光电检测器件;所述第一可编程门阵列、LED驱动电路、COB封装LED灯具、光电检测器件、ADC模数转换器和第二可编程门阵列依次连接;所述第一可编程门阵列输出 $n$ 位二进制数字信号,并把输出的 $n$ 位二进制数字信号传输给LED驱动电路,所述 $n$ 位二进制数字信号驱动COB封装LED灯具进行 $n^2$ 级光强度调制,所述COB封装LED灯具发射可见光信号给光电检测器件,所述光电检测器件把可见光信号转换成模拟信号,所述ADC数模转换器把光电检测器件输出的模拟信号取样成 $n$ 位二进制数字信号,把所述ADC数模转换器取样成的 $n$ 位二进制数字信号传输给第二可编程门阵列。

[0020] 所述COB封装LED灯具包括LED芯片和相应的LED驱动电路,每块LED芯片由相应的LED驱动电路来独立控制;所述LED驱动电路包括:信源、可变电阻、高速缓冲器、Bias Tee模块、直流电流源和限流电阻,所述的信源、可变电阻、高速缓冲器、Bias Tee模块和限流电阻依次连接;所述直流电流源的正极和信源连接,所述直流电流源的负极和Bias Tee模块连接;所述的Bias Tee模块包括电容和电感;所述电感的一端与直流电流源的负极连接,所述电感的另一端与电容的负极连接,所述电容的正极与高速缓冲器连接;所述信源输出的电信号经过高速缓冲器传输到Bias Tee模块,所述直流电流源所输出的直流电信号与高速缓冲器所传输的信号在Bias Tee模块中进行耦合,生成耦合电信号;所述耦合电信号通过限流电阻输出。

[0021] 所述COB封装LED灯具为 $n \times n$ 的LED阵列,每块LED芯片独立封装。

[0022] 所述发射子系统还包括：第一液晶显示器和摄影机，所述接收子系统还包括前置放大电路、后置放大电路和第二液晶显示器；所述的第一液晶显示器和摄影机均与第一可编程门阵列连接，光电检测器件通过前置放大电路和后置放大电路与ADC数模转换器连接，第二可编程门阵列和第二液晶显示器连接；所述的摄影机将视频信号传输给第一可编程门阵列；所述第一可编程门阵列把视频信号传输给第一液晶显示器；所述光电检测器件把模拟信号通过前置放大电路进行放大处理；放大后的所述模拟信号经过后置放大电路进行滤波处理再传输给ADC模数转换器；所述第二可编程门阵列把视频信号传输给第二液晶显示器。

[0023] 所述发射子系统通过LED驱动电路将数据输入COB封装LED灯具中，发出可见光，通过传输子系统将光信号进行有效地传输，最后通过接收子系统把感应光强的变化与数据的转换实现通信。所述发射子系统包括摄影机、第一可编程门阵列、第一液晶显示器、LED驱动电路和COB封装LED灯具，所述LED驱动电路具有电容与电感等电学元件，所述COB封装LED灯具可以由16块LED芯片通过COB封装技术封装在PCB板上。所述传输子系统为自由空间。所述接收子系统包括光电检测器、前置放大电路、后置放大电路、ADC模数转换器、第二可编程门阵列和第二液晶显示器。

[0024] 本发明的原理：本发明适用于可见光通信的双重调制技术，包括脉冲振幅调制与脉冲宽度调制；所述脉冲振幅调制技术基于简单的基带调制技术，使用 $4 \times 4$ 的LED阵列作为可见光通信系统的信源，通过控制不同数目LED灯的点亮进而实现16级的脉冲振幅调控，可以在一个时钟周期内传输4位的二进制代码，相对于传统的使用OOK调制技术的可见光通信系统，可以将数据传输速率提高4倍。所述脉冲宽度调制技术是以掩盖人眼视觉闪频在零电流和最大电流间快速切换，通过对占空比控制来改变平均电流的大小来控制LED阵列的光通量。该调制技术不仅在不增加器件带宽前提下，成倍提高通信的质量与速率，而结合调光方案来调控光源系统，使光源维持在一定的的光通量水平以适合于室内的照明及通信；分别从照明与通信的角度来优化可见光通信系统的光源，因此，本发明具有广阔的应用前景。

[0025] 与现有技术相比，本发明具有以下优点和有益效果：

[0026] 1、本发明基于简单的基带调制技术，比起传统的使用正交分频复用调制、离散多音调制技术等，大大简化了系统的复杂程度，且可以不增加LED器件带宽的前提下，成倍地提高了无线通信的质量及信道的容量。

[0027] 2、本发明运用了脉冲宽度调光可以按照照明的需求控制LED灯具的光通量以应用于不同的场合，如面积不同的室内环境，以达到更高品质的室内照明，将调光技术引入到VLC系统中。

[0028] 3、本发明通过使用一个 $4 \times 4$ 的LED阵列，实现16级的脉冲振幅(PAM)调制。比起传统的使用OOK调制技术调控的可见光通信系统，可以将系统数据传输速率提升4倍

[0029] 4、本发明通过使用光强检测来实现双重调制，不会产生传统的MIMO调制所带来的码间干扰等问题。提高了信道稳定性。

## 附图说明

[0030] 图1为本发明实现脉冲调制的可见光通信系统的示意图。

- [0031] 图2a为本发明的4×4的LED阵列。
- [0032] 图2b为LED驱动电路的示意图。
- [0033] 图3为本发明实现16级脉冲振幅调制的数据转换示意图。
- [0034] 图4为本发明实现双重调制技术的系统数据转换示意图。
- [0035] 图5为本发明实现16级脉冲振幅调制的数据转换示意图。
- [0036] 图6为本发明实现PAM与PWM叠加的示意图。

### 具体实施方式

[0037] 下面结合实施例及附图,对本发明作进一步地详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

#### [0038] 实施例

[0039] 如图1所示,一种基于脉冲振幅调制的可见光通信系统,包括:发射子系统、传输子系统、接收子系统。所述的发射子系统,摄影机接收实时视频信号通过第一可编程门阵列传输到第一液晶显示器,显示原始视频信号,并经过调制和相应视频信号处理技术,传输到LED驱动电路中,通过电容与电感实现直流信号与交流信号的耦合从而保证了信号在LED中不会丢失,图2a和图2b为COB封装LED灯具与LED驱动电路的示意图;该LED灯具为一个4×4的LED阵列,16块芯片通过COB封装技术封装在PCB电路板上。

[0040] 如图3所示,读入视频数据后,每帧视频可看为一幅RGB图像,其各像素由256阶的红、绿、蓝三色分量组成。因此对图像的红、绿、蓝分量分别进行处理,把原始像素数据,0-255,十进制数表示。转换成8位的二进制的数,并分割成两组4位二进制的数并按顺序排列好,转换成十六进制数据,0-15。如图4所示,PAM调制的信号再与PWM信号相结合,最后将结合后的信号传驱动电路中,驱动LED阵列。如图5所示,给出4个不同振幅级别分别代表的信息。例如“1010”表示第10级振幅,通过点亮10块LED芯片即表示“1010”这4位二进制代码。如坐标轴下方的4×4网格所示,其中10个黑色方格代表LED灯亮,而6个白色方格则代表灭。同理,“1100”、“0100”和“0111”分别代表第12级、第4级和第7级;如图6所示,为脉冲振幅调制与脉冲宽度调制的叠加示意图。光信号通过传输子系统后,经光电检测器转换为电信号,由前置放大电路与后置放大电路进行滤波放大处理,再由ADC模数转换器对电信号进行量化转换为数字信号。然后对PAM与PWM进行解调。再由第二可编程门阵列将信号转换为视频信号,再传到第二液晶显示器中。通过第一液晶显示器与第二液晶显示器中信号比较,可测试出系统的误码率,用于验证系统的操作。

[0041] 上述实施例仅为本发明的一种实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

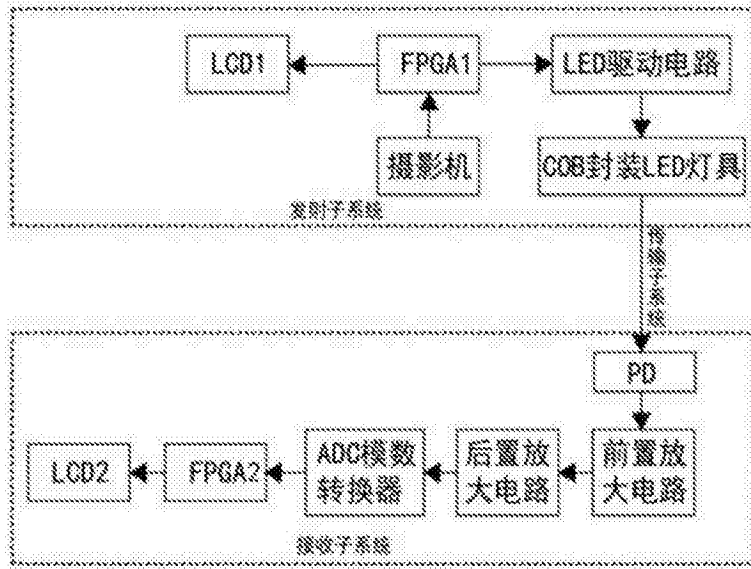


图1

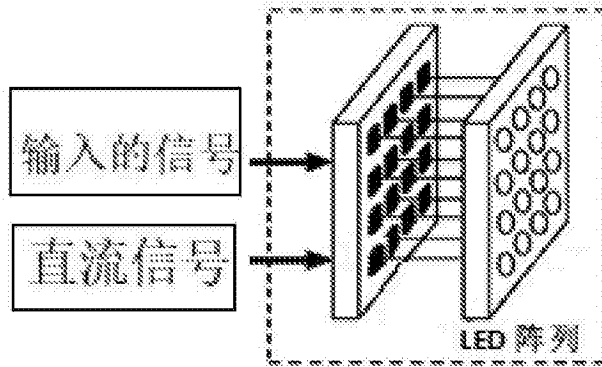


图2a



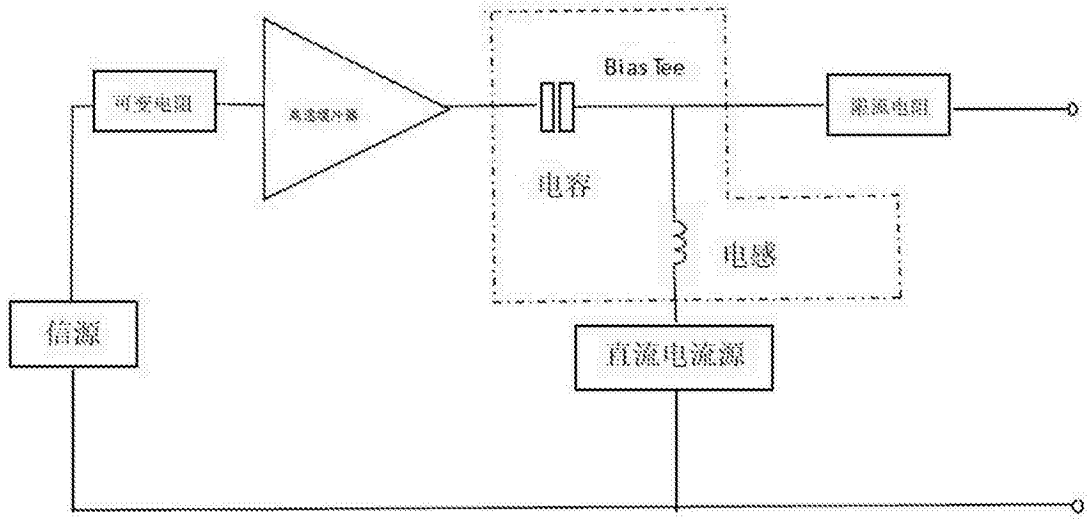


图2b

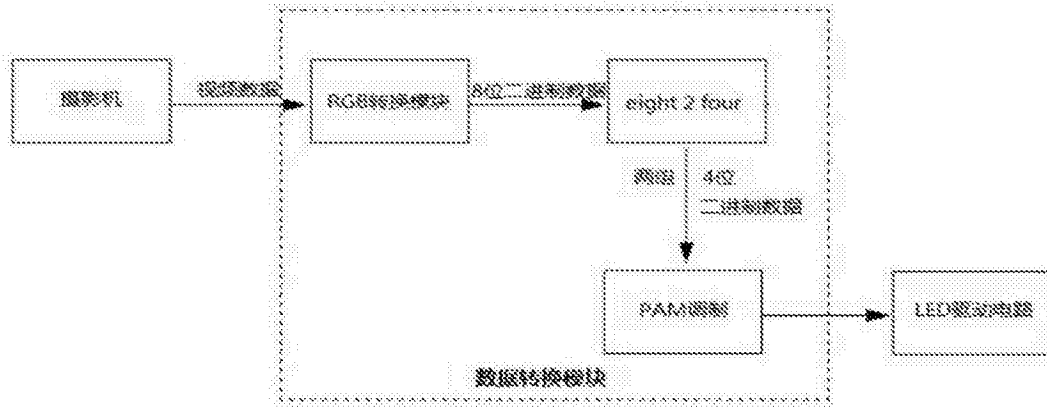


图3

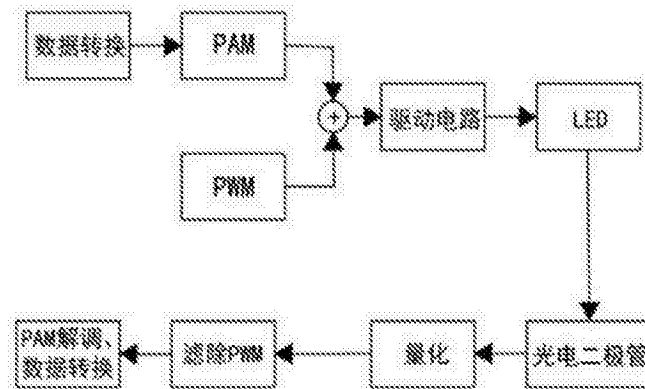


图4

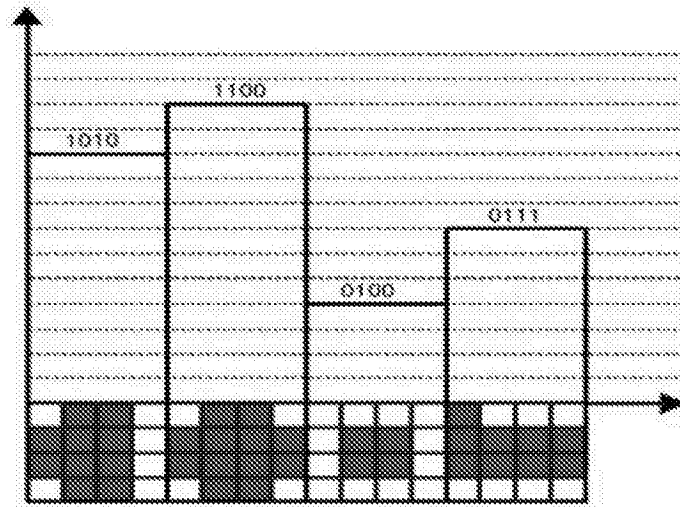


图5

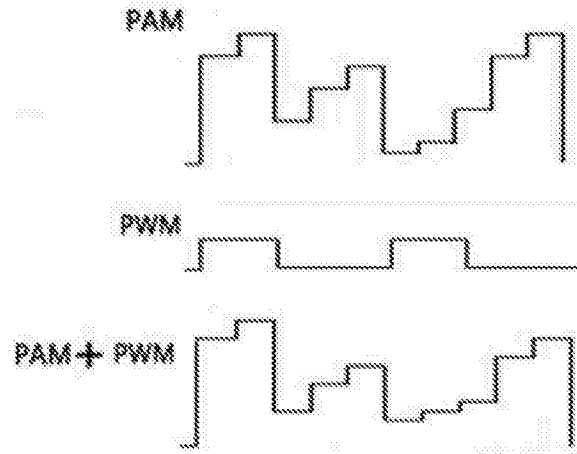


图6