



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106448565 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201611218908.5

(22)申请日 2016.12.26

(71)申请人 武汉华星光电技术有限公司

地址 430070 湖北省武汉市东湖开发区高新大道666号生物城C5栋

(72)发明人 李骏

(74)专利代理机构 深圳市铭粤知识产权代理有限公司 44304

代理人 孙伟峰 武岑飞

(51)Int.Cl.

G09G 3/3258(2016.01)

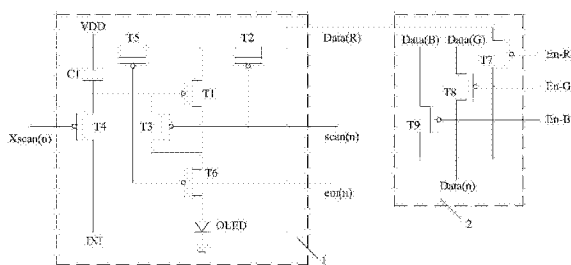
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

### (54)发明名称

有机发光二极管像素补偿电路及有机发光显示装置

### (57)摘要

提供一种有机发光二极管像素补偿电路,用于驱动有机发光二极管,其特征在于,所述补偿电路包括多路复用器和多个子像素补偿电路,其中,多路复用器中的任一开关与对应的子像素补偿电路的连接关系为:所述任一开关的第一连接端接收数据电压,所述任一开关的控制端接收使能信号,以使所述任一开关响应于控制端接收到的使能信号的有效电平进行导通,所述任一开关的第二连接端连接到对应的子像素补偿电路,以向所述对应的子像素补偿电路提供数据电压。采用上述有机发光二极管像素补偿电路,可利用多路复用器来为各有机发光二极管子像素提供数据电压,极大地减少了传输数据信号的通道数,降低了集成电路的制作成本。



1. 一种有机发光二极管像素补偿电路,用于驱动有机发光二极管,其特征在于,所述补偿电路包括多路复用器和多个子像素补偿电路,

其中,所述多路复用器包括多个开关,所述开关的数量与所述子像素补偿电路的数量相同,每个开关用于控制向对应的子像素补偿电路提供数据电压,

其中,所述多个开关中的任一开关与对应的子像素补偿电路的连接关系为:所述任一开关的第一连接端接收数据电压,所述任一开关的控制端接收使能信号,以使所述任一开关响应于控制端接收到的使能信号的有效电平进行导通,所述任一开关的第二连接端连接到对应的子像素补偿电路,以向所述对应的子像素补偿电路提供数据电压。

2. 根据权利要求1所述的有机发光二极管像素补偿电路,其特征在于,所述对应的子像素补偿电路包括:第一开关、第二开关、第三开关、第四开关、第五开关、第六开关、存储电容、有机发光二极管,

其中,响应于第四开关的导通控制第一开关的控制端电位进行复位,响应于第二开关和第三开关的导通向存储电容进行充电,响应于第五开关和第六开关的导通,将电源电压与存储电容的电压叠加至第一开关的控制端,以驱动所述有机发光二极管发光。

3. 根据权利要求2所述的有机发光二极管像素补偿电路,其特征在于,第五开关的第一连接端连接到电源电压,第五开关的第二连接端连接到第一开关的第一端和第二开关的第一连接端,第五开关的控制端接收发射信号,第二开关的第二连接端连接到所述任一开关的第二连接端,第二开关的控制端接收第二扫描信号,存储电容的第一端连接到电源电压,存储电容的第二端连接到第四开关的第一连接端、第一开关的控制端和第三开关的第一连接端,第四开关的第二连接端连接到复位电压,第四开关的控制端接收第一扫描信号,第三开关的第二连接端连接到第一开关的第二连接端和第六开关的第一连接端,第三开关的控制端接收第二扫描信号,第六开关的第二连接端连接到有机发光二极管的第一端,第六开关的控制端接收发射信号,有机发光二极管的第二端接地。

4. 根据权利要求1所述的有机发光二极管像素补偿电路,其特征在于,第一开关根据第一连接端与控制端之间的电压差进行导通,第二开关响应于第二开关的控制端接收到的第二扫描信号的有效电平导通,第三开关响应于第三开关的控制端接收到的第二扫描信号的有效电平导通,第四开关响应于第四开关的控制端接收到的第一扫描信号的有效电平导通,第五开关响应于第五开关的控制端接收到的发射信号的有效电平导通,第六开关响应于第六开关的控制端接收到的发射信号的有效电平导通。

5. 根据权利要求4所述的有机发光二极管像素补偿电路,其特征在于,第一扫描信号的有效电平为高电平和低电平中的一种,第一扫描信号的非有效电平为高电平和低电平中的另一种,第二扫描信号的有效电平为高电平和低电平中的一种,第二扫描信号的非有效电平为高电平和低电平中的另一种,发射信号的有效电平为高电平和低电平中的一种,发射信号的非有效电平为高电平和低电平中的另一种。

6. 根据权利要求1所述的有机发光二极管像素补偿电路,其特征在于,数据电压的有效电平的结束时间早于使能信号的有效电平的结束时间。

7. 根据权利要求6所述的有机发光二极管像素补偿电路,其特征在于,数据电压的有效电平的开始时间与使能信号的有效电平的开始时间相同,或者,数据电压的有效电平的开始时间早于使能信号的有效电平的开始时间。

8. 根据权利要求1所述的有机发光二极管像素补偿电路, 其特征在于, 所述多个子像素补偿电路包括红色子像素补偿电路、绿色子像素补偿电路和蓝色子像素补偿电路, 其中, 多路复用器中对应于绿色子像素补偿电路的开关的控制端接收到的使能信号的有效电平持续时间最长, 对应于蓝色子像素补偿电路的开关的控制端接收到的使能信号的有效电平持续时间最短。

9. 一种有机发光显示装置, 其特征在于, 包括权利要求1至8任一项所述的有机发光二极管像素补偿电路。

## 有机发光二极管像素补偿电路及有机发光显示装置

### 技术领域

[0001] 本发明总体说来涉及显示技术领域,更具体地讲,涉及一种有机发光二极管像素补偿电路及有机发光显示装置。

### 背景技术

[0002] 在AMOLED(Active-matrix organic light emitting diode,有源矩阵有机发光二极管或主动矩阵有机发光二极管)显示装置中,每个OLED(有机发光二极管)的发光亮度由驱动电路产生的驱动电流决定,驱动电路产生的驱动电流可以用以下公式表述:

$$[0003] \quad I_{\text{OLED}} = k (V_{\text{gs}} - V_{\text{th}})^2,$$

[0004] 其中, $k$ 为与驱动晶体管的工艺参数和特征尺寸有关的电流放大系数, $V_{\text{gs}}$ 为驱动晶体管的栅极与源极,或者栅极与漏极(根据驱动晶体管的类型而定)之间的电压差, $V_{\text{th}}$ 为驱动晶体管的阈值电压。

[0005] 在AMOLED显示装置显示一帧画面时,驱动晶体管的阈值电压 $V_{\text{th}}$ 会发生漂移,使驱动电流 $I_{\text{OLED}}$ 发生变化,从而导致OLED的发光亮度变化,影响单个像素在一帧画面中的显示均匀性。此外,在长时间的高温和高压下,不同像素单元中,驱动晶体管的阈值电压发生漂移的幅度也会有一定的不同,这样会造成显示亮度的差异,这种亮度差异与之前帧画面的图像有关,最终会导致“残影”现象。

### 发明内容

[0006] 本发明示例性实施例的目的在于提供一种有机发光二极管像素补偿电路,以解决现有技术中有机发光二极管显示亮度不均匀的问题。

[0007] 根据本发明示例性实施例的一方面,提供一种有机发光二极管像素补偿电路,用于驱动有机发光二极管,所述补偿电路包括多路复用器和多个子像素补偿电路,其中,所述多路复用器包括多个开关,所述开关的数量与所述子像素补偿电路的数量相同,每个开关用于控制向对应的子像素补偿电路提供数据电压,其中,所述多个开关中的任一开关与对应的子像素补偿电路的连接关系为:所述任一开关的第一连接端接收数据电压,所述任一开关的控制端接收使能信号,以使所述任一开关响应于控制端接收到的使能信号的有效电平进行导通,所述任一开关的第二连接端连接到对应的子像素补偿电路,以向所述对应的子像素补偿电路提供数据电压。

[0008] 可选地,所述对应的子像素补偿电路可包括:第一开关、第二开关、第三开关、第四开关、第五开关、第六开关、存储电容、有机发光二极管,其中,响应于第四开关的导通控制第一开关的控制端电位进行复位,响应于第二开关和第三开关的导通向存储电容进行充电,响应于第五开关和第六开关的导通,将电源电压与存储电容的电压叠加至第一开关的控制端,以驱动所述有机发光二极管发光。

[0009] 可选地,第五开关的第一连接端连接到电源电压,第五开关的第二连接端连接到第一开关的第一端和第二开关的第一连接端,第五开关的控制端接收发射信号,第二开关

的第二连接端连接到所述任一开关的第二连接端,第二开关的控制端接收第二扫描信号,存储电容的第一端连接到电源电压,存储电容的第二端连接到第四开关的第一连接端、第一开关的控制端和第三开关的第一连接端,第四开关的第二连接端连接到复位电压,第四开关的控制端接收第一扫描信号,第三开关的第二连接端连接到第一开关的第二连接端和第六开关的第一连接端,第三开关的控制端接收第二扫描信号,第六开关的第二连接端连接到有机发光二极管的第一端,第六开关的控制端接收发射信号,有机发光二极管的第二端接地。

[0010] 可选地,第一开关可根据第一连接端与控制端之间的电压差进行导通,第二开关可响应于第二开关的控制端接收到的第二扫描信号的有效电平导通,第三开关可响应于第三开关的控制端接收到的第二扫描信号的有效电平导通,第四开关可响应于第四开关的控制端接收到的第一扫描信号的有效电平导通,第五开关可响应于第五开关的控制端接收到的发射信号的有效电平导通,第六开关可响应于第六开关的控制端接收到的发射信号的有效电平导通,

[0011] 可选地,第一扫描信号的有效电平可为高电平和低电平中的一种,第一扫描信号的非有效电平可为高电平和低电平中的另一种,第二扫描信号的有效电平可为高电平和低电平中的一种,第二扫描信号的非有效电平可为高电平和低电平中的另一种,发射信号的有效电平可为高电平和低电平中的一种,发射信号的非有效电平可为高电平和低电平中的另一种。

[0012] 可选地,数据电压的有效电平的结束时间可早于使能信号的有效电平的结束时间。

[0013] 可选地,数据电压的有效电平的开始时间与使能信号的有效电平的开始时间可相同,或者,数据电压的有效电平的开始时间可早于使能信号的有效电平的开始时间。

[0014] 可选地,所述多个子像素补偿电路可包括红色子像素补偿电路、绿色子像素补偿电路和蓝色子像素补偿电路,其中,多路复用器中对应于绿色子像素补偿电路的开关的控制端接收到的使能信号的有效电平持续时间可最长,对应于蓝色子像素补偿电路的开关的控制端接收到的使能信号的有效电平持续时间可最短。

[0015] 根据本发明示例性实施例的另一方面,还提供了一种具有上述有机发光二极管像素补偿电路的有机发光显示装置。

[0016] 采用上述有机发光二极管像素补偿电路,可利用多路复用器来为各有机发光二极管子像素提供数据电压,极大地减少了传输数据信号的通道数,降低了集成电路的制作成本。

## 附图说明

[0017] 图1示出根据本发明示例性实施例的OLED像素补偿电路的电路图;

[0018] 图2示出根据本发明示例性实施例的OLED像素补偿电路的时序控制图;

[0019] 图3示出根据本发明另一示例性实施例的OLED像素补偿电路的时序控制图。

## 具体实施方式

[0020] 现在将详细地描述本发明的示例性实施例,本发明的示例性实施例的示例示出在

附图中。下面通过参照附图描述实施例来解释本发明。然而,本发明可以以许多不同的形式实施,而不应被解释为局限于在此阐述的示例性实施例。相反,提供这些实施例使得本公开将是彻底的和完整的,并且这些实施例将把本发明的范围充分地传达给本领域技术人员。

[0021] 图1示出根据本发明示例性实施例的OLED像素补偿电路的电路图。

[0022] 根据本发明示例性实施例的OLED像素补偿电路用于驱动有机发光二极管发光,应理解,OLED像素可包括多个子像素,作为示例,所述多个子像素可包括红色子像素(R)、绿色子像素(G)和蓝色子像素(B),这里,在本发明示例性实施例中,以图1所示的OLED像素补偿电路为红色子像素的补偿电路为例来详细介绍第n行的任一红色子像素补偿电路的电路结构和工作原理。

[0023] 如图1所示,根据本发明示例性实施例的OLED像素补偿电路包括OLED红色子像素补偿电路1和多路复用器2(demux),该OLED子像素补偿电路1可包括第一开关(T1)、第二开关(T2)、第三开关(T3)、第四开关(T4)、第五开关(T5)、第六开关(T6)、存储电容(C1)、有机发光二极管(OLED)。

[0024] 具体说来,第五开关T5的第一连接端连接到电源电压VDD,第五开关T5的第二连接端连接到第一开关T1的第一端和第二开关T2的第一连接端,第五开关T5的控制端接收发射信号em(n),第二开关T2的第二连接端连接到多路复用器demux的输出端Data(R),第二开关T2的控制端接收第二扫描信号scan(n),多路复用器demux的输入端接收第n行的数据电压Data(n),存储电容C1的第一端连接到电源电压VDD,存储电容C1的第二端连接到第四开关T4的第一连接端、第一开关T1的控制端和第三开关T3的第一连接端,第四开关T4的第二连接端连接到复位电压1N1,第四开关T4的控制端接收第一扫描信号Xscan(n),第三开关T3的第二连接端连接到第一开关T1的第二连接端和第六开关T6的第一连接端,第三开关T3的控制端接收第二扫描信号scan(n),第六开关T6的第二连接端连接到有机发光二极管OLED的第一端,第六开关T6的控制端接收发射信号em(n),有机发光二极管OLED的第二端接地。

[0025] 这里,多路复用器demux可包括多个开关,所述多路复用器demux包括的开关的数量与有机发光二极管OLED像素包括的子像素的数量相同,所述多个开关中的每个开关的第一连接端连接到多路复用器demux的输入端,每个开关的控制端分别接收使能信号En,每个开关的第二连接端中的任一端作为多路复用器demux的输出端连接到对应的OLED子像素补偿电路1中的第二开关T2的第二连接端。

[0026] 优选地,如图1所示,当OLED像素包括红色子像素(R)、绿色子像素(G)和蓝色子像素(B)时,多路复用器demux可包括第七开关T7、第八开关T8和第九开关T9。例如,第七开关T7的控制端接收第一使能信号En-R,第七开关T7的第一连接端接收第n行的数据电压,第七开关T7的第二连接端连接到OLED红色子像素补偿电路(即,图1中的子像素补偿电路1)中的第二开关T2的第二连接端。第八开关T8的控制端接收第二使能信号En-G,第八开关T8的第一连接端接收第n行的数据电压,第八开关T8的第二连接端连接到OLED绿色子像素补偿电路中的第二开关的第二连接端,第九开关T9的控制端接收第三使能信号En-B,第九开关T9的第一连接端接收第n行的数据电压,第九开关T9的第二连接端连接到OLED蓝色子像素补偿电路中的第二开关的第二连接端。

[0027] 第一开关T1根据第一连接端与控制端之间的电压差进行导通,第二开关T2响应于第二开关T2的控制端接收到的第二扫描信号scan(n)的有效电平导通,第三开关T3响应于

第三开关T3的控制端接收到的第二扫描信号scan(n)的有效电平导通,第四开关T4响应于第四开关T4的控制端接收到的第一扫描信号Xscan(n)的有效电平导通,第五开关T5响应于第五开关T5的控制端接收到的发射信号em(n)的有效电平导通,第六开关T6响应于第六开关T6的控制端接收到的发射信号em(n)的有效电平导通,第七开关T7响应于第七开关T7的控制端接收到的第一使能信号En-R的有效电平导通,第八开关T8响应于第八开关T8的控制端接收到的第二使能信号En-G的有效电平导通,第九开关T9响应于第九开关T9的控制端接收到的第三使能信号En-B的有效电平导通。

[0028] 作为示例,第一扫描信号Xscan(n)的有效电平为高电平和低电平中的一种,第一扫描信号Xscan(n)的非有效电平为高电平和低电平中的另一种,第二扫描信号scan(n)的有效电平为高电平和低电平中的一种,第二扫描信号scan(n)的非有效电平为高电平和低电平中的另一种,发射信号em(n)的有效电平为高电平和低电平中的一种,发射信号em(n)的非有效电平为高电平和低电平中的另一种,第一使能信号En-R的有效电平为高电平和低电平中的一种,第一使能信号En-R的非有效电平为高电平和低电平中的另一种,第二使能信号En-G的有效电平为高电平和低电平中的一种,第二使能信号En-G的非有效电平为高电平和低电平中的另一种,第三使能信号En-B的有效电平为高电平和低电平中的一种,第三使能信号En-B的非有效电平为高电平和低电平中的另一种。

[0029] 应理解,绿色子像素和蓝色子像素的补偿电路的电路结构和工作原理与红色子像素的补偿电路的电路结构和工作原理相同,本发明对此部分内容不再赘述。

[0030] 下面结合图2所示的时序控制图来详细介绍图1所示的OLED像素补偿电路的工作过程。

[0031] 图2示出根据本发明示例性实施例的OLED像素补偿电路的时序控制图。

[0032] 在本示例中,假设第一扫描信号Xscan(n)的有效电平为低电平,第一扫描信号Xscan(n)的非有效电平为高电平,第二扫描信号scan(n)的有效电平为低电平,第二扫描信号scan(n)的非有效电平为高电平,发射信号em(n)的有效电平为低电平,发射信号em(n)的非有效电平为高电平,第一开关T1、第二开关T2、第三开关T3、第四开关T4、第五开关T5、第六开关T6均为PMOS晶体管。

[0033] 具体说来,图1所示的OLED像素补偿电路的工作过程共分为四个阶段:

[0034] 第一阶段为复位阶段:第四开关T4响应于第一扫描信号Xscan(n)的低电平导通,此时,存储电容C1进行放电,且控制第一开关T1的控制端电位复位到复位电压1N1。

[0035] 第二阶段为预充阶段:第二开关T2和第三开关T3响应于第二扫描信号scan(n)的低电平导通,此时,由于上一行的数据信号(第n-1行残余的数据电压)高于第一开关T1的控制端电位(即,Vdata(n-1)高于复位电压1N1),因此,第一开关T1导通,上一行的数据信号经由第二开关T2向存储电容C1进行充电,第一开关T1,第一开关T1的控制端电位随之升高,此时,抓取第一开关T1的阈值电压Vth,当第一开关T1的控制端电位上升到Vdata(n-1)-Vth(第n-1行残余的数据电压Vdata(n-1)与阈值电压Vth的差值)时,第一开关T1截止。

[0036] 第三阶段为补偿阶段:多路复用器demux中的第七开关T7的第一连接端接收第n行的红色子像素数据信号,在预定时间间隔后或者在第七开关T7的第一连接端接收第n行的红色子像素数据信号的同时第七开关T7响应于第一使能信号En-R的低电平导通,此时,第n行的红色子像素数据信号的数据电压高于第一开关T1的控制端电位(即,Vdata(n)高于

$V_{data(n-1)} - V_{th}$ ), 第一开关T1再次导通, 从而将第n行的红色子像素数据信号经由第二开关T2向存储电容C1进行充电。并且在第一使能信号 $E_{n-R}$ 的有效电平结束前, 将第n行的红色子像素数据信号的数据电压拉低至预定电压值, 优选地, 所述预定电压值低于所有数据电压中的最低数据电压。

[0037] 第四阶段为发光阶段: 第五开关T5和第六开关T6响应于发射信号 $em(n)$ 的低电平导通, 此时第一开关T1也处于导通状态, 在此情况下, 电源电压VDD与存储电容C1的电压叠加至第一开关T1的控制端, 以驱动OLED进行发光。

[0038] 应理解, 在上述本发明的示例性实施例中, 第一开关T1、第二开关T2、第三开关T3、第四开关T4、第五开关T5、第六开关T6均为PMOS晶体管, 其中, 第一开关T1可为驱动TFT晶体管, 第二开关T2、第三开关T3、第四开关T4、第五开关T5、第六开关T6可均为开关TFT晶体管, 这里, 图1所示的红色子像素的补偿电路仅为示例, 本领域技术人员可根据需要来改变电路中各开关的类型和相应的连接关系, 只要能够实现驱动OLED子像素发光即可, 这里, 只要在使能信号的有效电平结束前, 将当前行的数据电压拉低至预定电压值, 即可实现利用多路复用器对多个子像素补偿电路的控制。

[0039] 图3示出根据本发明另一示例性实施例的OLED像素补偿电路的时序控制图。

[0040] 这里, 由于人眼对绿色最为敏感, 对红色的敏感度次之, 对蓝色的敏感度最差, 因而, 红色子像素R、绿色子像素G和蓝色子像素B在相同的误差条件下, 绿色子像素G的灰阶误差最容易被眼识别出来(即, 绿色子像素G的灰阶误差最大)。在本发明示例性实施例中由于采用多路复用器demux来传输数据信号, 这会减少红色子像素R、绿色子像素G和蓝色子像素B对应的数据信号的写入时间和抓取阈值电压 $V_{th}$ 的时间, 通常数据信号的写入时间越长, 数据的准确性也就越高, 相应地灰阶偏差则越小。因此, 在本发明的优选实施例中, 可设置多路复用器demux中对应于绿色子像素补偿电路的开关的控制端接收到的使能信号的有效电平持续时间最长, 对应于蓝色子像素补偿电路的开关的控制端接收的使能信号的有效电平持续时间最短。

[0041] 例如, 参照图1所示的多路复用器demux, 可设置对应于绿色子像素补偿电路的第八开关T8的控制端接收的第二使能信号 $E_{n-G}$ 的有效电平持续时间最长, 设置对应于蓝色子像素补偿电路的第九开关T9的控制端接收的第三使能信号 $E_{n-B}$ 的有效电平持续时间最短, 对应于红色子像素补偿电路的第七开关T7的控制端接收的第一使能信号 $E_{n-R}$ 的有效电平持续时间介于两者之间。

[0042] 如图3所示, 相应地第n行数据电压中绿色子像素的数据信号的有效电平持续时间最长, 红色子像素的数据电压的有效电平持续时间次之, 蓝色子像素的数据电压的有效电平持续时间最短。

[0043] 采用上述有机发光二极管像素补偿电路, 可利用多路复用器来为各有机发光二极管像素提供数据信号, 极大地减少了传输数据信号的通道数, 降低了集成电路的制作成本。

[0044] 上面已经结合具体示例性实施例描述了本发明, 但是本发明的实施不限于此。在本发明的精神和范围内, 本领域技术人员可以进行各种修改和变型, 这些修改和变型将落入权利要求限定的保护范围之内。

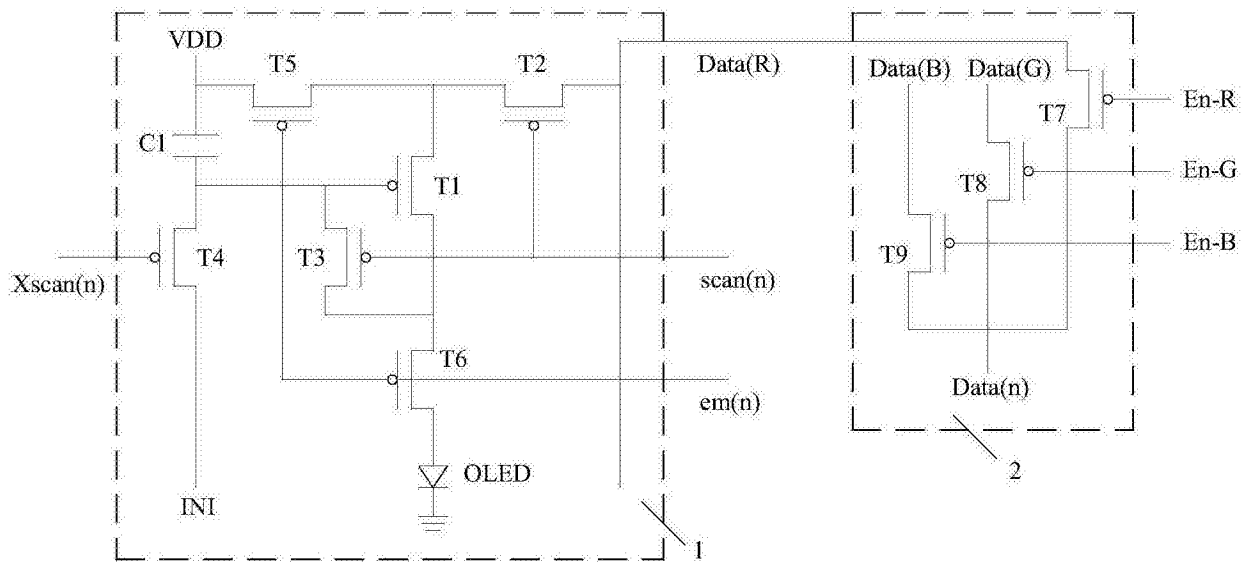


图1

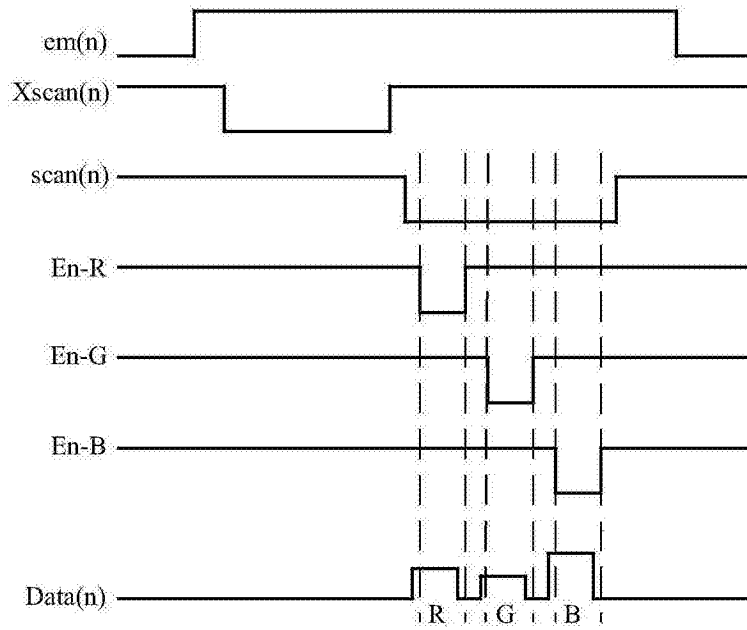


图2

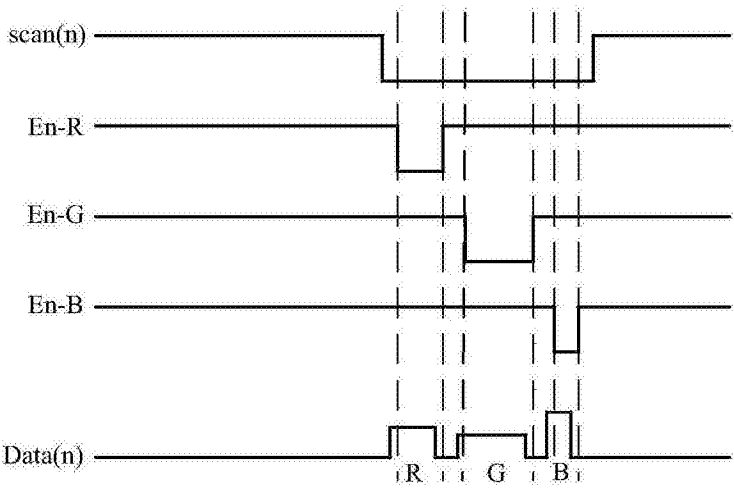


图3

|                |                                                                                                                                  |         |            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 有机发光二极管像素补偿电路及有机发光显示装置                                                                                                           |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN106448565A</a>                                                                                                     | 公开(公告)日 | 2017-02-22 |
| 申请号            | CN201611218908.5                                                                                                                 | 申请日     | 2016-12-26 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 武汉华星光电技术有限公司                                                                                                                     |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 武汉华星光电技术有限公司                                                                                                                     |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 武汉华星光电技术有限公司                                                                                                                     |         |            |
| [标]发明人         | 李骏                                                                                                                               |         |            |
| 发明人            | 李骏                                                                                                                               |         |            |
| IPC分类号         | G09G3/3258                                                                                                                       |         |            |
| CPC分类号         | G09G3/3233 G09G2300/0861 G09G2310/0251 G09G2310/0262 G09G2310/0297 G09G2320/0233 G09G2320/043 H01L27/3211 H01L27/3244 G09G3/3258 |         |            |
| 代理人(译)         | 孙伟峰                                                                                                                              |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>                                                                                   |         |            |

#### 摘要(译)

提供一种有机发光二极管像素补偿电路，用于驱动有机发光二极管，其特征在于，所述补偿电路包括多路复用器和多个子像素补偿电路，其中，多路复用器中的任一开关与对应的子像素补偿电路的连接关系为：所述任一开关的第一连接端接收数据电压，所述任一开关的控制端接收使能信号，以使所述任一开关响应于控制端接收到的使能信号的有效电平进行导通，所述任一开关的第二连接端连接到对应的子像素补偿电路，以向所述对应的子像素补偿电路提供数据电压。采用上述有机发光二极管像素补偿电路，可利用多路复用器来为各有机发光二极管子像素提供数据电压，极大地减少了传输数据信号的通道数，降低了集成电路的制作成本。

