(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101390148 B
(45)授权公告日 2011.07.06

(21)申请号 200580027474.4
(22)申请日 2005.08.15
(30)优先权数据
60/601,242 2004.08.13 US
60/522,372 2004.09.21 US
60/522,393 2004.09.24 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2007.02.13
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2005/028965 2005.08.15
(87)PCT申请的公布数据
WO2006/031347 EN 2006.03.23
(73)专利权人 伊英克公司
地址 美国麻萨诸塞州
(72)发明人 K·R·阿蒙森 R·W·泽纳
T·A·舍丁
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 刘春元 王忠忠
(51)Int.Cl.
G09G 3/34(2006.01)
(56)对比文件
WO 03044765 A2,2003.05.30, 全文.
CN 1345026 A,2002.04.17, 全文.
US 20020033784 A1,2002.03.21, 全文.
WO 03107315 A2,2003.12.24, 全文.
审查员 严嫘婉

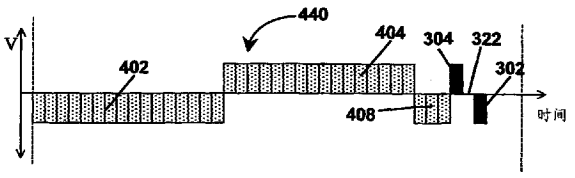
权利要求书 2 页 说明书 39 页 附图 31 页

(54)发明名称

驱动电光显示器的方法和装置

(57)摘要

用于驱动电光显示器尤其是双稳态电光显示器的波形,通过下列中的一个或多个方式来进行修正:将至少一个平衡脉冲对插入到基本波形中、从基本波形中去除至少一个平衡脉冲对、以及将至少一个零电压时段插入到基本波形中。这种修正允许精细控制灰度级。



CN 101390148 B

1. 一种用于驱动电光显示器的方法，该电光显示器具有能够实现至少三个不同灰度级的至少一个象素，所述灰度级包括两个极端光学状态，所述方法包括向所述象素施加基本波形，该基本波形包括至少一个复位脉冲，该复位脉冲足以驱动所述象素至或靠近所述极端光学状态之一，该复位脉冲之后跟随着至少一个置位脉冲，该置位脉冲足以驱动所述象素至不同于所述那个极端光学状态的灰度级，所述方法的特征在于，

所述基本波形通过下面至少一种方式来修正：

(a) 将至少一个平衡脉冲对插入到基本波形中；

(b) 从所述基本波形去除至少一个平衡脉冲对；以及

(c) 将至少一个零电压时段插入到所述基本波形中，

其中“平衡脉冲对”表示极性相反的两个脉冲的序列，使得平衡脉冲对的总冲击基本上为零。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述基本波形通过插入至少一个平衡脉冲对或去除至少一个平衡脉冲对来修正。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其中所述平衡脉冲对的两个脉冲是电压恒定、但极性相反、且长度相等的。

4. 根据权利要求 2 所述的方法，其中由每个被去除的平衡脉冲对所占据的基本波形中的时段由零电压时段来代替。

5. 根据权利要求 2 所述的方法，其中至少一个平衡脉冲对被从基本波形中去除，基本波形的其它元素在时间上被移动以占据由每个被去除的平衡脉冲对以前所占据的时段，且零电压时段被插入在与每个被去除的平衡脉冲对所占据的时间点不同的时间点。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述基本波形包含连续的第一复位脉冲、第二复位脉冲、以及至少一个置位脉冲，所述第一复位脉冲足以驱动所述象素至或靠近极端光学状态之一，所述第二复位脉冲足以驱动所述象素至或靠近另一个极端光学状态。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其中在任一时间点对所述象素施加 0、+V 或 -V 电压，其中 V 是预定的驱动电压。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所插入的平衡脉冲对、所去除的平衡脉冲对、以及所插入的零电压时段的总数目不超过 6。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其中所插入的平衡脉冲对、所去除的平衡脉冲对、以及所插入的零电压时段的总数目不超过 4。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中所插入的平衡脉冲对、所去除的平衡脉冲对、以及所插入的零电压时段的总数目不超过 2。

11. 根据权利要求 1 所述的方法，所述方法是 DC 平衡的。

12. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述显示器包括旋转的双色元或电致变色介质。

13. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述显示器包括电泳电光介质，该电泳电光介质包括在流体中的且在对流体施加电场时能够运动穿过流体的多个带电颗粒。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述流体是气体的。

15. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述带电颗粒和流体被限定在多个胶囊或微单元内。

16. 一种用来实现根据权利要求 1 的方法的显示器控制器或专用集成电路。

17. 一种用于驱动电光显示器的方法，该电光显示器具有能够实现至少两个不同灰度级的至少一个象素，其中至少两个不同的波形根据象素在转变开始的状态中的驻留时间的持续时间，被用于特定灰度级之间的相同转变，这两个波形通过以下的至少一个方式彼此不同：

(a) 插入至少一个平衡脉冲对；

(b) 去掉至少一个平衡脉冲对；以及

(c) 插入至少一个零电压时段，

其中“平衡脉冲对”表示极性相反的两个脉冲的序列，使得平衡脉冲对的总冲击基本上为零。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，所述方法是 DC 平衡的。

19. 根据权利要求 17 所述的方法，其中所有波形是 DC 平衡的。

20. 根据权利要求 17 所述的方法，其中所述波形因为插入至少一个平衡脉冲对或去除至少一个平衡脉冲对而彼此不同。

21. 根据权利要求 20 所述的方法，其中所述平衡脉冲对的两个脉冲是电压恒定、但极性相反、且长度相等的。

22. 根据权利要求 20 所述的方法，其中由每个被去除的平衡脉冲对所占据的时段由零电压时段来代替。

23. 根据权利要求 20 所述的方法，其中至少一个平衡脉冲对被去除，基本波形的其它元素在时间上被移动以占据由每个被去除的平衡脉冲对以前所占据的时段，且零电压时段被插入在与每个被去除的平衡脉冲对所占据的时间点不同的时间点。

24. 根据权利要求 17 所述的方法，其中在任一时间点对所述象素施加 0、+V 或 -V 电压，其中 V 是预定的驱动电压。

25. 根据权利要求 17 所述的方法，其中所插入的平衡脉冲对、所去除的平衡脉冲对、以及所插入的零电压时段的总数目不超过 6。

26. 根据权利要求 25 所述的方法，其中所插入的平衡脉冲对、所去除的平衡脉冲对、以及所插入的零电压时段的总数目不超过 4。

27. 根据权利要求 26 所述的方法，其中所插入的平衡脉冲对、所去除的平衡脉冲对、以及所插入的零电压时段的总数目不超过 2。

28. 根据权利要求 17 所述的方法，其中所述显示器包括旋转的双色元或电致变色介质。

29. 根据权利要求 17 所述的方法，其中所述显示器包括电泳电光介质，该电泳电光介质包括在流体中的且在对流体施加电场时能够运动穿过流体的多个带电颗粒。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其中所述流体是气体的。

31. 根据权利要求 29 所述的方法，其中所述带电颗粒和流体被限定在多个胶囊或微单元内。

32. 一种用来实现根据权利要求 17 的方法的显示器控制器或专用集成电路。

驱动电光显示器的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于驱动电光显示器特别是双稳态电光显示器的方法，以及涉及这种方法中使用的装置（控制器）。更具体地，本发明涉及用于使得能够更精确地控制电光显示器象素的灰度状态的驱动方法。本发明还涉及用于使这种显示器能够以允许对“驻留时间”补偿的方式被驱动的驱动方法，其中在所述“驻留时间”期间，象素在转变之前一直保持在特定的光学状态，同时仍然允许用于驱动显示器的驱动策略被直流平衡。本发明尤其是用来和基于颗粒的电泳显示器一起使用，但不限于此，在这种显示器中，一种或多种类型的带电颗粒悬在液体中并在电场的影响下在液体中移动以改变显示器的显示。

背景技术

[0002] 本申请与国际申请公开 No. WO 2005/054933 ;WO 2005/006290 ;WO2004/090857 ; WO 03/107315 ;以及 WO 03/044765 紧密相关，对于这些国际申请公开，读者可以参照有关驱动电光显示器现有技术的背景信息。下面的描述将假设熟悉这些申请，为了方便以后可以将这些申请统称为“方法”（驱动电光显示器的方法）申请。

[0003] 使用本发明方法的电光显示器通常包含光电材料，该光电材料是固体，在这种意义上，电光材料具有固态的外表面，虽然该材料可以且通常确实是内部空间充满液体或气体。这种使用固体电光材料的显示器为了方便之后可以称为“固体电光显示器”。

[0004] 在这里所使用的用于材料或显示器的术语“电光”，在成像领域中它常规的含义指的是一种具有在至少一种光学特性上不同的第一和第二显示状态的材料，通过向该材料施加电场，该材料从其第一显示状态变化到其第二显示状态。尽管该光学特性通常是人眼可感知的色彩，但它也可以是其它光学特性，例如光透射、反射率、亮度、或在用于机读显示器的情况下在可见光范围之外的电磁波长的反射率变化意义上的伪彩色。

[0005] 在这里所使用的术语“灰度状态”在成像领域中它常规的含义指的是一种在象素的两个极端 (extreme) 光学状态中间的状态，而且不一定包含有在两极端状态之间黑 - 白转变的意思。例如，下面提及到的几个专利和公开申请描述了极端状态是白和深蓝的电泳显示器，从而中间的“灰度状态”实际上就是淡蓝。事实上，如已经提到的，在两个极端状态之间的转变可以根本不是色彩变换。术语“灰度级”在这里用于表示象素可能的光学状态，包括两个极端的光学状态。

[0006] 在这里所使用的术语“双稳态”和“双稳定性”在本领域中它们常规的含义指的是这样的显示器 :其包含具有在至少一种光学特性上不同的第一和第二显示状态的显示元件，从而使得在利用有限持续时间的寻址脉冲完成对任一给定元件的驱动以呈现其第一或第二显示状态之后，在寻址脉冲已终止之后，那个状态将会持续为改变显示元件状态所需的寻址脉冲的最短持续时间的至少几倍时间，例如至少四倍时间。在公开的号为 2002/0180687 的美国专利申请中说明了，一些基于颗粒的有灰度级的电泳显示器不仅在它们的极端黑白状态是稳定的，而且在它们的中间灰度状态也是稳定的，这同样适合于一些其它类型的电光显示器。这种类型的显示器更适于称为“多稳态”而不是双稳态，尽管为了

方便起见术语“双稳态”在这里可以用于涵盖双稳态和多稳态显示器。

[0007] 在这里所使用的术语“冲击(impulse)”按其常规的含义是指电压相对于时间的积分。但是,一些双稳态电光介质作为电荷变换器(charge transducer),而对于这样的介质,可以使用一个可选的对冲击的定义,即电流在时间上的积分(其等于所施加的总电荷)。对冲击的适当定义应根据介质是作为电压-时间冲击变换器还是电荷冲击变换器来使用。

[0008] 下面更多的讨论将集中在用于驱动电光显示器的一个或多个象素从初始灰度级转变到最终灰度级(其可以或可以不与初始灰度级不同)的方法。术语“波形”将被用来表示整个电压相对于时间的曲线,用来影响从一个特定的初始灰度级向一个特定的最终灰度级的转变。通常,如下面所图示说明的,这样的波形将包括多个波形元素;其中这些元素基本上是矩形的(即,一个给定的元素包含施加恒定电压一段时间),这些元素可以称为“电压脉冲”或“驱动脉冲”。术语“驱动方案”表示对于特定的显示器足以引起灰度级之间的所有可能的转变的一组波形。

[0009] 已知几种类型的电光显示器。一种类型的电光显示器是旋转双色元(rotating bichromal member)类型,例如在美国专利号5,808,783;5,777,782;5,760,761;6,054,071;6,055,091;6,097,531;6,128,124;6,137,467;和6,147,791中所述(尽管这种类型的显示器经常被称为“旋转双色球(rotating bichromalball)”显示器,但术语“旋转双色元”更为准确,因为在上述一些专利中旋转元不是球形的)。这种显示器使用大量具有两个或更多有不同光学特性的部分(section)和一个内偶极子的小体(smallbody)(通常为球形或圆柱形)。这些小体悬浮在位于基体中的充满液体的液泡中,这些液泡充满液体使得这些小体自由旋转。这种显示器的表象被改变,通过向其施加电场,进而将小体旋转到各种位置且改变这些小体的经观察面所看到的部分。这种类型的电光介质通常是双稳态的。

[0010] 另一种类型的电光显示器使用一种电致变色介质,例如一种以纳化色膜(nanochromic film)形式的电致变色介质,所述膜包括至少一部分是由半导体金属氧化物形成的电极和多个附着于该电极上的能够可逆变色的染料分子;参见例如O’Regan,B.,等人的Nature1991,353,737;和Wood,D.,的Information Display,18(3),24(2002年3月)。也可参见Bach,U.,等人的Adv.Mater.,2002,14(11),845。这种类型的纳化色膜也有介绍,例如,在美国专利号6,301,038、国际申请公开NO.WO 01/27690、以及美国专利申请NO.2003/0214695中。这种类型的介质通常也是双稳态的。

[0011] 已经认真研究并研制多年的另一种类型的电光显示器是基于颗粒的电泳显示器,其中多个带电颗粒在电场的影响下移动穿过液体。同液晶显示器相比,电泳显示器可具有优良的亮度和对比度、宽的视角、双稳态状态、和低功耗的属性。不过,这些显示器在长期图像品质方面的问题已经阻碍了它们的广泛使用。例如,形成电泳显示器的颗粒易于沉积,导致这些显示器的使用寿命不足。

[0012] 如上面所指出的,电泳介质要求存在流体。在最近的现有技术中,这种流体是一种液体,但电泳介质可以用气态流体生成;参见例如,Kitamura,T.,等人的“Electrical toner movement forelectronic paper-like display”,IDW Japan,2001,Paper HCS1-I,以及Yamaguchi,Y.,等人的“Toner display using insulativeparticles charged triboelectrically”,IDW Japan,2001,PaperAMD4-4。也可参见欧洲专利申请

1,429,178 ;1,462,847 ;1,482,354 ;以及 1,484,625 ;以及国际申请 WO 2004/090626 ;WO 2004/079442 ;WO 2004/077140 ;WO 2004/059379 ;WO 2004/055586 ;WO2004/008239 ;WO 2004/006006 ;WO 2004/001498 ;WO 03/091799 ;以及 WO 03/088495。当所述介质用于允许这样的沉积的方向时,例如在其中介质沉积在垂直平面的迹象中,这种基于气体的电泳介质似乎与基于液体的电泳介质一样,易受因颗粒沉积而产生的相同类型的问题的影响。实际上,颗粒沉积似乎在基于气体的电泳介质中比在基于液体的电泳介质中问题更严重,因为气态流体与液体相比粘性更低,使得电泳颗粒更快地沉积。

[0013] 在麻省理工学院 (MIT) 和 E Ink 公司名下或被转让给它们的多个描述封装的电泳介质的专利和申请在近期已经公开了。这样的封装介质包括多个小的胶囊 (capsule),每个胶囊本身包括一个包含有悬浮在流体中的电泳移动颗粒的内相 (internal phase),而胶囊壁围绕着内相。通常,胶囊本身被保持在聚合物粘合剂中以形成一个位于两电极之间的结合层 (coherent layer)。这种类型的封装介质已有说明,例如在美国专利号 5,930,026 ;5,961,804 ;6,017,584 ;6,067,185 ;6,118,426 ;6,120,588 ;6,120,839 ;6,124,851 ;6,130,773 ;6,130,774 ;6,172,798 ;6,177,921 ;6,232,950 ;6,249,271 ;6,252,564 ;6,262,706 ;6,262,833 ;6,300,932 ;6,312,304 ;6,312,971 ;6,323,989 ;6,327,072 ;6,376,828 ;6,377,387 ;6,392,785 ;6,392,786 ;6,413,790 ;6,422,687 ;6,445,374 ;6,445,489 ;6,459,418 ;6,473,072 ;6,480,182 ;6,498,114 ;6,504,524 ;6,506,438 ;6,512,354 ;6,515,649 ;6,518,949 ;6,521,489 ;6,531,997 ;6,535,197 ;6,538,801 ;6,545,291 ;6,580,545 ;6,639,578 ;6,652,075 ;6,657,772 ;6,664,944 ;6,680,725 ;6,683,333 ;6,704,133 ;6,710,540 ;6,721,083 ;6,724,519 ;6,727,881 ;6,738,050 ;6,750,473 ;6,753,999 ;6,816,147 ;6,819,471 ;6,822,782 ;6,825,068 ;6,825,829 ;6,825,970 ;6,831,769 ;6,839,158 ;6,842,167 ;6,842,279 ;6,842,657 ;6,864,875 ;6,865,010 ;6,866,760 ;6,870,661 ;6,900,851 ;以及 6,922,276 ;以及美国专利申请公开号 2002/0060321 ;2002/0063661 ;2002/0090980 ;2002/0113770 ;2002/0130832 ;2002/0180687 ;2003/0011560 ;2003/0020844 ;2003/0025855 ;2003/0102858 ;2003/0132908 ;2003/0137521 ;2003/0214695 ;2003/0222315 ;2004/0012839 ;2004/0014265 ;2004/0027327 ;2004/0075634 ;2004/0094422 ;2004/0105036 ;2004/0112750 ;2004/0119681 ;2004/0136048 ;2004/0155857 ;2004/0180476 ;2004/0190114 ;2004/0196215 ;2004/0226820 ;2004/0239614 ;2004/0252360 ;2004/0257635 ;2004/0263947 ;2005/0000813 ;2005/0001812 ;2005/0007336 ;2005/0007653 ;2005/0012980 ;2005/0017944 ;2005/0018273 ;2005/0024353 ;2005/0035941 ;2005/0041004 ;2005/0062714 ;2005/0067656 ;2005/0078099 ;2005/0105159 ;2005/0122284 ;2005/0122306 ;2005/0122563 ;2005/0122564 ;2005/0122565 ;2005/0151709 ;和 2005/0152022 ;和国际申请公开号 WO 99/67678 ;WO 00/05704 ;WO00/38000 ;WO 00/36560 ;WO 00/67110 ;WO 00/67327 ;WO 01/07961 ; 和 WO 03/107,315 中。

[0014] 多个上文中提及的专利和申请认识到可以用一种连续相 (phase) 来取代在封装的电泳介质中围绕着离散胶囊 (microcapsule) 的壁,由此制造一种所谓的“分散聚合体 (polymer-dispersed) 电泳显示器”,在这种显示器中电泳介质包括许多电泳流体的离散

微滴和聚合材料的连续相，而且即使没有离散的胶囊膜和每个单独的微滴结合，在这样的分散聚合体显示器内的电泳流体的离散微滴也可以看作胶囊或微体；参见例如前面提到的2002/0131147。因此，为了本申请的目的，这样的分散聚合体电泳介质被看作封装的电泳介质的亚种类。

[0015] 封装的电泳显示器通常不会遭受传统电泳设备的凝块和沉淀损坏模式，并提供进一步的优点，例如在各种柔性和刚性基板上印刷或涂布显示器的能力。（词“印刷”的使用旨在包括全部形式的印刷和涂布，包括（但不局限于此）：诸如帖片口模 (patch die) 涂布，狭缝或挤出 (slot or extrusion) 涂布，滑动或分级涂布，幕帘 (curtain) 涂布之类的预先计量 (pre-metered) 涂布；诸如刀上辊涂 (knife over roll coating)、向前或反向辊涂之类的辊涂；凹板涂布；浸渍涂布；喷涂；弯月面 (meniscus) 涂布；旋转涂布；刷涂；刮刀涂布；丝网印刷工艺；静电印刷工艺；热敏印刷工艺；喷墨印刷工艺；和其它类似技术。）由此所得到的显示器可以是柔性的。此外，由于显示介质可以（使用各种方法）印刷，所以显示器本身可以不昂贵地制作。

[0016] 一种相关类型的电泳显示器是所谓的“微单元电泳显示器”。在微单元电泳显示器中，带电颗粒和流体不是封装在胶囊内而是保持在形成在通常是聚合物膜的载体介质内的多个空腔内。参见例如，都转让给 Sipix Imaging 公司的国际申请公开 No. WO 02/01281、和美国专利申请公开 No. 2002/0075556。

[0017] 其它类型的电光介质也可以用于本发明的显示器中。

[0018] 虽然电泳介质通常是不透明的（因为例如在许多电泳介质中，颗粒基本上阻碍可见光透射穿过显示器）且以反射模式工作，许多电泳显示器可以使其以所谓的“快门模式”工作，其中一个显示器状态基本上是不透明的且一个是光透射的。参见例如前述的美国专利 No. 6,130,774 和 6,172,798，以及美国专利 No. 5,872,552；6,144,361；6,271,823；6,225,971；以及 6,184,856。介电泳显示器，其类似于电泳显示器但依赖于电场强度的变化，其可以按类似的模式工作；见美国专利 No. 4,418,346。

[0019] 基于颗粒的电泳显示器的双稳态或多稳态特性和其它电光显示器显示的类似特性（这种显示器为了方便起见以后称之为“冲击驱动显示器”）和传统液晶（“LC”）显示器的特性形成了鲜明的对比。扭曲向列液晶行为不是双稳态或多稳态的而是作为电压变换器，从而施加设定的电场到这种显示器的象素，在该象素上产生指定的灰度级，而不管原来存在于象素上的灰度级。此外，液晶显示器只在一个方向进行驱动（从非透射的或“暗”到透射的或“亮”），从较亮状态到较暗状态的逆向转变是通过减小或去掉该电场来实现的。最后，液晶显示器的象素的灰度级对电场的极性不敏感，而只对其幅度敏感，而实际上由于技术原因，商业液晶显示器经常以频繁的间隔反转驱动电场的极性。相对照，双稳态电光显示器第一近似是用作冲击变换器，使得象素的最终状态不仅取决于所施加的电场以及该电场所施加的时间，而且取决于在施加电场前象素的状态。

[0020] 首先用于寻址这种冲击驱动的电光显示器的理想方法将是所谓的“通用灰度级图像流 (general grayscale image flow)”，其中控制器安排图像的每个写操作，使得每个象素从其初始灰度级直接转变到其最终灰度级。但是，不可避免的是在冲击驱动显示器上写图像时存在一些误差。实际中所面临的一些这样的误差包括：

[0021] (a) 在先状态相关性；对于至少一些电光介质，所需的将象素转变到一个新的光

学状态的冲击不仅取决于电流及想要的光学状态，而且取决于象素的以前的光学状态。

[0022] (b) 驻留时间相关性；对于至少一些电光介质，所需的将象素转变到一个新的光学状态的冲击取决于象素在其各种光学状态所花的时间。这种依赖性的精确本性不太容易理解，但一般地，所需的冲击越多，象素处于其当前光学状态更长。

[0023] (c) 温度相关性；所需的将象素转变到一个新的光学状态的冲击很大程度上取决于温度。

[0024] (d) 湿度相关性；所需的将象素转变到一个新的光学状态的冲击，对于至少一些类型的电光介质，取决于周围的湿度。

[0025] (e) 机械均匀性；所需的将象素转变到一个新的光学状态的冲击可能会受显示器中的机械变化影响，例如，电光介质或相关联的复膜胶(lamination adhesive)的厚度的变化。其它类型的机械不均匀性可能起因于介质的不同制造批次的介质之间不可避免的差异、制造公差以及材料差异。

[0026] (f) 电压误差；施加到象素上的真正的冲击与理论上施加的冲击不可避免地会稍有些不同，因为驱动器所传送的电压不可避免地存在着细微的误差。

[0027] 通用灰度级图像流因“误差的累积”现象而受到损害。例如，想象温度相关性在每个转变上在正方向上产生 $0.2L^*$（其中 L^* 具有通常的 CIE 定义：

[0028] $$L^* = 116(R/R_0)^{1/3}-16,$$

[0029] 其中 R 是反射率，R_0 是基本反射率值）误差。在五十个转变后，该误差将累积到 $10L^*$。可能更现实的是，假设在每个转变上的平均误差，用显示器的理论反射率与实际反射率之间的差异来表示，为 $\pm 0.2L^*$。在 100 个连续转变后，这些象素将显示平均偏离其期望状态 $2L^*$；这种偏离在某些类型的图像上对于一般的观察者来说是显而易见的。

[0030] 这种误差累积现象不仅牵涉到因温度而产生的误差而且牵涉到上面列出的所有类型的误差。如上面提到的美国专利公开 2003/0137521 所述，对这样的误差的补偿是可能的，但仅达到有限的精确度。例如，温度误差可以通过使用温度传感器和查询表来进行补偿，但是温度传感器具有有限的分辨率且可能读取与电光介质的温度稍微不同的温度。类似地，在先状态相关性可以通过存储在先状态以及使用多维转变矩阵来进行补偿，但控制器存储器限制可记录的状态的数目以及可存储的转变矩阵的大小，从而限制了这种类型的补偿的精确性。

[0031] 因此，通用灰度级图像流要求非常精确地控制所施加的冲击以给出好的结果，凭靠经验已经发现，就电光显示器技术的当前状态而言，通用灰度级图像流在商用显示器中是不可行的。

[0032] 几乎所有的电光介质都具有内置的重启（误差限定）机制，即它们的极端（通常是黑和白）光学状态，其用作“光学导轨”。在指定脉冲已被施加到电光显示器的象素上之后，那个象素不可能变得更白（或更黑）。例如，在封装的电泳显示器中，在已施加一指定脉冲之后，所有的电泳颗粒相互作用或与胶囊壁作用，而不能进一步移动，从而产生有限的光学状态或光学导轨。因为在这种介质中存在着电泳颗粒大小及电荷的分布，一些颗粒在其它颗粒之前打到所述导轨上，形成“软导轨(soft rail)”现象，由此在转变的最后光学状态接近于极端黑和白状态时所要求的脉冲精度被降低，而所要求的光学精度在转变末尾接近象素的光学范围中间时大幅度地增加。

[0033] 利用光学导轨的对于电光显示器的各种类型驱动方案是公知的。例如，前面所述的 2003/0137521 的图 9 和图 10 以及在段落 [0177] 至 [0180] 的相关说明描述了“幻灯片放映”驱动方案，其中整个显示器在写入任何新的图像前被驱动到至少一个光学导轨。明显地，纯粹的通用灰度级图像流驱动方案不能依靠使用光学导轨来防止灰度级方面的误差，因为在这种驱动方案中，任何给定的象素可能会经受灰度级方面的无限大数量的变化，而未曾触碰任何光学导轨。

[0034] 在进一步前进前，更精确地限定幻灯片放映驱动方案是可取的。基本的幻灯片放映驱动方案是通过转变到有限数量的中间状态来实现从初始光学状态（灰度级）转变到最终（想要的）光学状态（灰度级），其中中间状态的最小数量是 1。优选地，中间状态是在或接近所用的电光介质的极端状态。所述转变在显示器中随着象素的不同会有所不同，因为它们依赖于初始和最终光学状态。对于显示器给定象素的特定转变的波形可以被表示为：

[0035] $R_2 \rightarrow goali \rightarrow goal_2 \rightarrow \ldots \rightarrow goal_n \rightarrow R_1$ （方案 1）

[0036] 其中在初始状态 R_2 与最终状态 R_i 之间有至少一个中间或目标状态。目标状态通常是初始状态与最终状态的函数。中间状态的当前优选数量是 2，但可以使用更多或更少的中间状态。整个转变内的每个单独的转变使用足以驱动象素从序列的一个状态到下一状态的波形元素（通常为电压脉冲）来实现。例如，在上述用符号表示的波形中，从 R_2 到目标 i 的转变通常用波形元素或电压脉冲来实现。这个波形元素可以是有限时间内单个电压（即，单个电压脉冲），或可以包括不同的电压从而达到精确的 goali 状态。这个波形元素后面跟着第二波形元素，以实现从 goali 到 $goal_2$ 的转变。如果仅使用两个目标状态，则第二波形元素后面跟着第三波形元素，第三波形元素驱动象素从 $goal_2$ 状态至最终的光学状态 R_1。目标状态可以与 R_2 和 R_1 无关，或者可以依赖于一个或两者。

发明内容

[0037] 本发明想要提供一种改善的用于电光显示器的幻灯片放映驱动方案，其实现对灰度级的改善的控制。本发明尤其但不排他地用于脉宽调制驱动方案，其中在任何给定时刻施加到显示器的任何给定象素的电压可以仅仅是 -V，0，或 +V，其中 V 是任意电压。更具体地，本发明涉及幻灯片放映驱动方案的两种不同类型的改进，即 (a) 插入某些修正元素到针对这种驱动方案的基本波形中；以及 (b) 设置驱动方案使得至少某些灰度级从想要的灰度级进一步接近于光学导轨。

[0038] 在另一方面，本发明涉及对于电光显示器的驱动方案的驻留时间补偿。如在“方法”申请中所讨论的，已经发现至少在许多基于颗粒的电光显示器的情况下，通过灰度级的均等变化（如由人眼或由标准光学仪器所判断的）来改变给定象素所必需的冲击不一定是恒定的，它们也不一定是可交换的。例如，设想一种显示器，其中每个象素可以显示灰度级 0（白），1，2，或 3（黑），有益地间隔开。（在灰度级之间的间隔可以是在反射率百分比中呈线性的，如由眼睛或仪器所测得的，但是也可以使用其它间隔。例如，间隔可以是在 L* 中呈线性的，或者可以选择提供一特定伽马值；2.2 的伽马值经常用于监视器，当电光显示器被用作监视器的替换物时，可以使用类似的伽马值。）已经发现，将象素从 0 级改变到 1 级（下文中为方便起见称为“0-1 转变”）所必需的脉冲经常和 1-2 或 2-3 转变所需的不一样。而且，1-0 转变所需的脉冲不一定和 0-1 转变所需的脉冲的翻转相同。此外，一些系统表现显

示一种“存储器”效应，使得（比如说）0-1 转变所需的脉冲根据特定象素是否经历 0-0-1，1-0-1 或 3-0-1 转变而稍微有些变化。（其中，符号“x-y-z”表示按时间顺序访问的光学状态的序列，这里 x，y，z 都是光学状态 0，1，2 或 3。）尽管可以通过在将所需象素驱动到另一状态之前在一基本时段将显示器的所有象素驱动到极端状态之一以减少或克服这些问题，但是所产生的纯色“闪烁”通常是不能接受的；例如，电子图书的读者可能想要该书的文本向下滚屏，如果显示器需要以频繁的间隔闪烁纯黑或纯白，那么读者可能会被搞晕或丢失他的位置。此外，显示器的这种闪烁增加了其能耗并且会减少显示器的使用寿命。最后，已经发现，至少在一些情况下，某一特定转变所需的冲击受温度和显示器的总运行时间影响，而且发现为了确保精确的灰度再现，需要对这些因素进行补偿。

[0039] 如上面简单提到的，已经发现至少在一些情况下，在双稳态的电光显示器中对于给定的转变所必需的冲击随着在其光学状态的象素的停留时间而变化，这种现象以后称为“驻留时间相关性”或“DTD”，虽然术语“驻留时间灵敏度”在一些现有技术文献中曾经使用过。因此，就可以期望甚或在实践中某些情况下必须改变用于给定转变的冲击作为象素在其初始光学状态的驻留时间的函数。

[0040] 下面将参照附图中的图 1 更详细地说明驻留时间相关性的现象，图 1 示出了对于表示为 $R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1$ 的一系列转变，象素的反射率是时间的函数，其中（根据上面所用的命名法）每个 R_k 项表示灰度级序列中的一个灰度级，具有更大角标的 R 位于具有更小角标的 R 之前。R_3 和 R_2 之间以及 R_2 和 R_1 之间的转变也被表示出来。DTD 是由在光学状态 R_2 所花费的时间（被称为驻留时间）方面的变化所引起的最后光学状态 R_1 的变化。可以通过选择针对不同驻留时间的或针对在前面光学状态中的驻留时间的不同范围的不同波形来补偿 DTD。这种补偿的方法被称为“驻留时间补偿”，即“DTC”，或简称为“时间补偿”。

[0041] 然而，这样的 DTC 可能与驱动方案的其它想要的特性冲突。尤其是，由于在“方法”申请中详细讨论的原因，对于许多电光显示器，非常想要的是确保所用的驱动方案是直流 (DC) 平衡的，在这种意义上来说，对于开始和结束于相同光学状态的任何随机系列转变，所施加的冲击（即，所施加的电压相对于时间的积分）是零。这保证由显示器的任何象素所经历的净冲击（也称为“DC 不平衡”）受已知的值限制，而无论那个象素所经受的确切系列转变。例如，15V，300 毫秒脉冲被用来驱动象素从白状态到黑状态。在这个转变之后，象素经历了 4.5V 秒的 DC 不平衡脉冲。如果 -15V，300 毫秒脉冲被用来驱动象素从黑到白，那么象素对于从白到黑然后返回到白的整个行程是 DC 平衡的。该 DC 平衡对于从一个原始光学状态到与该原始光学状态相同或不同的一系列光学状态然后返回到该原始光学状态的所有可能行程应该都保持。

[0042] 驱动方案可以通过增加电压特征到基本驱动方案中或从基本驱动方案去除电压特征而进行驻留时间补偿。例如，可以利用针对两光学状态（黑和白）显示器的驱动方案开始，该驱动方案包括下面四个波形：

[0043] 表 1

[0044]

转变	波形
黑到黑	0V，420 毫秒

黑到白	-15V,400 毫秒,然后 0V,20 毫秒
白到黑	+15V,400 毫秒,然后 0V,20 毫秒
白到白	0V,420 毫秒

[0045] 该驱动方案是 DC 平衡的,因为使象素返回到其初始光学状态的任何系列的转变都是 DC 平衡的,即,对于整个系列的转变在电压轮廓 (profile) 下的净面积是零。

[0046] 光学误差可能起因于显示器的 DTD。例如,象素可能开始于白状态,驱动到黑色状态,驻留一段时间,然后驱动返回到该白状态。最终的白状态反射率是在所述黑色状态中所花费的时间的函数。

[0047] 想要的是具有非常小的 DTD。如果这对于一个特定的电光显示器来说是不可能的,则根据本发明的一个方面,希望通过选择针对在先前光学状态中的驻留时间的不同范围的不同波形来补偿 DTD。例如可以发现,在刚刚给出的例子中最终的白状态在先前黑状态短暂驻留之后比在先前黑状态长时间驻留之后更亮。一种驻留时间补偿方案将是修改使象素从黑到白的脉冲的持续时间,以抵消最后光学状态的这个 DTD。例如,当先前状态的驻留时间短时,可以缩短在黑到白的转变中的脉冲长度,且保持脉冲长于在先前黑状态中的长驻留时间。这趋向于针对更短的在先状态驻留时间生成更暗的白状态,这抵消 DTD 的效应。例如,可以根据下面的表 2 选择随着在黑状态的驻留时间而变化的黑到白波形。

[0048] 表 2

[0049]

驻留时间	波形
0 到 0.3 秒	-15V,280 毫秒,0V,140 毫秒
0.3 秒到 1 秒	-15V,340 毫秒,0V,80 毫秒
1 秒到 3 秒	-15V,380 毫秒,0V,40 毫秒
3 秒或更长	-15V,400 毫秒,0V,20 毫秒

[0050] 驱动方案的针对 DTC 的这种方法的问题是,该驱动方案作为整体不再是 DC 平衡的。因为针对黑到白转变的冲击是在黑状态中所花的时间的函数,而类似地,针对白到黑转变的冲击可以是在白状态的驻留时间的函数,在黑到白到黑序列的净脉冲通常不是 DC 平衡的。例如,假设该序列是通过如下方式来实现的 :用 -15V 持续 280 毫秒、即 -4.2V 秒的冲击的电压脉冲在黑状态中驻留短暂时间之后从黑转变到白,紧接着,在白状态长时间驻留之后,用 15V 持续 400 毫秒,即 6V 秒的冲击的电压脉冲从白转变到黑。在这个序列 (黑白黑循环) 中的净冲击是 -4.2V 秒 +6V 秒 = 1.8V 秒。重复该循环引起 DC 不平衡增大,这对于显示器的性能可能是有害的。

[0051] 因此,本发明的这个方面提供一种用于 DC 平衡的波形或驱动方案的驻留时间补偿方法,其保持波形或驱动方案的 DC 平衡。

[0052] 本发明的另一方面涉及用于驱动允许快速响应用户输入的电光显示器的方法和

装置。前面所述的“方法”申请描述了几种用于驱动电光显示器的方法和控制器。这些方法的大部分都使用了具有两个图像缓冲区的存储器，第一图像缓冲区存储第一或初始图像（在转变的开始或显示器的重写入时呈现在显示器上），而第二图像缓冲区存储最终图像，其想要在重写入之后放在显示器上。控制器比较初始图像和最终图像，如果它们不同，则对显示器的各种象素施加驱动电压，这使象素经受光学状态的变化从而在重写入（可替代地，被称为更新）结束时最终图像形成在显示器上。

[0053] 然而，在上面提到的方法和控制器的大部分中，更新操作是“原语的(atomic)”，在这个意义上，一旦开始更新，存储器就要直到更新完成之后才能接受任何新的图像数据。这在想要将显示器用于接受用户输入（例如经键盘或类似的数据输入设备）的应用时引发一些困难，因为控制器在正在实施更新时不响应用户输入。对于电泳介质，其中在两个极端光学状态之间的转变可能花数百毫秒，这段不响应时段的范围从大约800变化到大约1800毫秒，这个时段的大部分可归于电光材料所要求的更新周期。虽然不响应时段的持续时间可以通过去除使更新时间增加的一些性能赝象(artefact)以及通过提高电光材料的响应速度来减少。仅仅这样的技术将不响应时段减到大约500毫秒以下是不可能的。这仍然比交互应用想要的长，像电子词典这样的例子，其中用户期望快速响应用户的输入。因此，需要具有减少的不响应时段的图像更新方法和控制器。

[0054] 本发明的这个方面使用异步图像更新的原理（参见Zhou等人的“Driving an Active Matrix ElectrophoreticDisplay”，Proceedings of the SID 2004），以相当大地减少不响应时段的持续时间。与现有技术的方法和控制器相比，这篇论文中所描述的方法使用已经为灰度级图像显示器研制的结构以将不响应的时段减少高达65％，而仅仅适度增加了控制器的复杂性和存储器要求。

[0055] 最后，本发明涉及用于驱动电光显示器的一种方法和装置，其中用于定义驱动方案的数据以一种指定的方式被压缩。上面所述的“方法”申请描述了用于驱动电光显示器的方法和装置，其中定义所用的驱动方案（或多个驱动方案）的数据被存储在一个或多个查询表（“LUT”）中。这样的LUT当然必须包含对所述驱动方案或每个驱动方案的每个波形进行定义的数据，且单个波形通常会要求多个字节。如在“方法”申请中所描述的，LUT可能必须考虑两个以上的光学状态，连同针对诸如温度、湿度、介质的运行时间等因素的调节。因此，保持波形信息所必需的存储器的容量可能是相当大的。想要的是，减少分配给波形信息的存储器的容量，以降低显示器控制器的成本。实际上可在显示器控制器或主机中接纳的简单的压缩方案在降低显示器控制器成本方面是有帮助的。本发明涉及一种表现为对电光显示器特别有益的简单的压缩方案。

[0056] 因此，在一个方面，本发明提供一种用于驱动具有能够实现至少三个不同灰度级的至少一个象素的电光显示器的方法，所述灰度级包括两个极端光学状态。所述方法包括向所述象素施加基本波形，该基本波形包括至少一个复位脉冲，该复位脉冲足以驱动所述象素至或靠近一个极端光学状态，该复位脉冲之后跟随着至少一个置位脉冲，该置位脉冲足以驱动所述象素至不同于所述极端光学状态的灰度级。然而，所述基本波形通过下面至少一种方式来修正：

[0057] (a)将至少一个平衡脉冲对插入基本波形；

[0058] (b)从基本波形去掉至少一个平衡脉冲对；以及

[0059] (c) 将零电压的至少一个时段插入基本波形，其中“平衡脉冲对”表示极性相反的两个脉冲的序列，使得平衡脉冲对的总冲击基本上是零。

[0060] 为了方便起见，以后本发明的这个方法可以被称为本发明的“平衡脉冲对幻灯片放映”或“BPPSS”方法。当这种方法包括通过插入或去除至少一个平衡脉冲对（“BPP”）来修正基本波形时，平衡脉冲对的那两个脉冲可以每一个都是电压恒定但极性相反且长度相等的。当基本波形的修正包括去除至少一个 BPP 时，由所述或每个被去除的 BPP 所占据的基本波形中的时段可以由零电压的时段代替；可替代地，基本波形的其它元素可以被在时间上移动以占据由所述或每个被去除的 BPP 以前占据的周期，而零电压的时段可以被插入在与所述或每个被去除的 BPP 占据的时间点不同的时间点。

[0061] 在本发明的 BPPSS 方法的优选形式中，基本波形包括连续的足以驱动象素至或靠近其极端光学状态之一的第一复位脉冲、足以驱动象素至或靠近其另一个极端光学状态的第二复位脉冲、以及至少一个置位脉冲。

[0062] BPPSS 方法可以用能够电压调制、脉宽调制或二者的驱动电路来实现。但是，已发现用于三级别的驱动方案是尤其有用的，在三级别的驱动方案中，在任何时间点给象素施加 0，+V 或 -V 的电压，其中 V 是预定的驱动电压。

[0063] 由于下面详细说明的原因，在 BPPSS 方法中，希望限定对基本波形的修正的总数目（即，插入或去除平衡脉冲对以及插入零电压的时段的总数目）。通常，这个修正的总数目不会超过 6，希望地不会超过 4 且优选不会超过 2。

[0064] 如在前面所述的“方法”申请中所讨论的，以及如下面所讨论的，希望本发明的 BPPSS 方法是 DC 平衡的，且尽可能地，希望所用的驱动方案的每个单个的波形是 DC 平衡的。

[0065] 本发明的 BPPSS 方法可以用于上面所讨论的任何类型的电光显示器。因此，例如，所述显示器可以包括旋转双色元或电致变色介质。可替代地，所述显示器可以包括电泳电光介质，该电泳电光介质包括多个在流体中的且在对流体施加电场时能够运动穿过流体的带电颗粒。在这种类型的显示器中，流体可以是气体的或液体的。带电颗粒和流体可以被限定在许多胶囊或微单元内。

[0066] 本发明延伸到用来实现本发明的 BPPSS 方法的显示器控制器、专用集成电路或软件代码。

[0067] 在另一方面，本发明提供一种用于驱动具有多个象素的电光显示器，每个象素能够实现包括两个极端光学状态的至少四个不同灰度级，所述方法包括向每个象素施加波形，该波形包括足以驱动象素至或靠近其极端光学状态之一的复位脉冲，其后为足以驱动象素至不同于所述极端光学状态的最终灰度级的置位脉冲，其中复位脉冲被选择使得恰好在所述置位脉冲之前的显示器上的图像基本上是跟随在所述置位脉冲之后的最终图像的反转的单色投影。

[0068] 为了方便起见，以后本发明的这种方法可以被称为本发明的“反转的单色投影”或“IMP”方法。如下面更详细说明的，灰度级图像的单色投影是这样的投影，其中灰度级图像中的处于一个极端光学状态或处于比预定阈值更靠近那个极端光学状态的灰度状态的所有象素（例如，白和淡灰象素）被改变到那个极端光学状态（例如，白）或到与其靠近的状态，而处于相反的极端光学状态或处于比阈值更靠近这个相反的极端光学状态的状态的象素（例如，黑和深灰）被改变到所述相反的极端光学状态（例如，黑）或到与其靠近的状态。

反转的单色投影是单色投影的逆反。

[0069] 在本发明的 IMP 方法的优选形式中，对每个象素施加波形，该波形包括足以驱动每个象素至或靠近其极端光学状态之一的第一复位脉冲、足以驱动每个象素至或靠近其另一个极端光学状态的第二复位脉冲、以及置位脉冲，并且所述第一复位脉冲被选择使得恰好在所述第二复位脉冲之前的显示器上的图像基本上是跟随在所述置位脉冲之后的最终图像的单色投影。

[0070] 在 IMP 方法中，所述波形可以通过下列方式修正：

[0071] (a) 将至少一个平衡脉冲对插入所述波形；

[0072] (b) 从所述波形去除至少一个平衡脉冲对；以及

[0073] (c) 将零电压的至少一个时段插入所述波形，

[0074] 其中“平衡脉冲对”如上面所定义。在这种修正的波形中，平衡脉冲对的两个脉冲可以每一个都是电压恒定但极性相反且长度相等的。当基本波形的修正包括去除至少一个 BPP 时，由所述或每个被去除的 BPP 所占据的基本波形中的时段可以由零电压的时段代替；可替代地，基本波形的其它元素可以被在时间上移动以占据由所述或每个被去除的 BPP 以前占据的周期，而零电压的时段可以被插入在与所述或每个被去除的 BPP 所占据的时间点不同的时间点。

[0075] 与用 BPPSS 方法一样，本发明的 IMP 方法可以用能够电压调制、脉宽调制或二者的驱动电路来实现。但是，发现 IMP 方法用于三级别的驱动方案是尤其有用的，在三级别的驱动方案中，在任何时间点给象素施加 0，+V 或 -V 的电压，其中 V 是预定的驱动电压。还有，与用 BPPSS 方法一样，本发明的 IMP 方法可以用于上面所讨论的任何类型的电光显示器。因此，例如，所述显示器可以包含旋转双色元或电致变色介质。可替代地，所述显示器可以包括电泳电光介质，该电泳电光介质包括在流体中的且在对流体施加电场时能够运动穿过流体的多个带电颗粒。在这种类型的显示器中，流体可以是气体的或液体的。带电颗粒和流体可以被限定在许多胶囊或微单元内。

[0076] 本发明延伸到用来实现本发明的 IMP 方法的显示器控制器、专用集成电路或软件代码。

[0077] 在另一方面，本发明提供一种用于驱动具有至少一个象素的电光显示器，每个象素能够实现至少两个不同灰度级，其中取决于象素在所述转变开始的状态的驻留时间的持续时间，至少两个不同的波形被用于特定灰度级之间的相同转变，这两个波形在以下方面的至少一个方面彼此不同：

[0078] (a) 插入至少一个平衡脉冲对；

[0079] (b) 去除至少一个平衡脉冲对；以及

[0080] (c) 插入零电压的至少一个时段，

[0081] 其中“平衡脉冲对”如上面所定义。

[0082] 为了方便起见，以后本发明的这个方法可以被称为本发明的“驻留时间补偿平衡脉冲对”或“DTCBPP”方法。在这种方法中，整个驱动方案非常希望是 DC 平衡的，且优选地，所有波形本身是 DC 平衡的。当这种方法包括通过插入或去除至少一个 BPP 来修正基本波形时，平衡脉冲对的那两个脉冲可以每一个都是电压恒定但极性相反且长度相等的。当基本波形的修正包括去除至少一个 BPP 时，由所述或每个被去除的 BPP 所占据的基本波形中

的时段可以由零电压的时段代替；可替代地，基本波形的其它元素可以被在时间上移动以占据由所述或每个被去除的 BPP 以前占据的周期，而零电压的时段可以被插入在与所述或每个被去除的 BPP 占据的时间点不同的时间点。

[0083] 与用 BPPSS 和 IMP 方法一样，本发明的 DTCBPP 方法可以用能够电压调制、脉宽调制或二者的驱动电路来实现。但是，已发现 DTCBPP 方法用于三级别的驱动方案是尤其有用的，在三级别的驱动方案中，在任何时间点给象素施加 0，+V 或 -V 的电压，其中 V 是预定的驱动电压。由于下面详细说明的原因，在 DTCBPP 方法中，希望限定对基本波形的修正的总数目（即，插入或去掉平衡脉冲对以及插入零电压的时段的总数目）。通常，这个修正的总数目不会超过 6，期望地不会超过 4，且优选不会超过 2。

[0084] 还有，与用 BPPSS 和 IMP 方法一样，DTCBPP 方法可以用于上面所讨论的任何类型的电光显示器。因此，例如，所述显示器可以包括旋转双色元或电致变色介质。可替代地，所述显示器可以包括电泳电光介质，该电泳电光介质包括在流体中的且在对流体施加电场时能够运动穿过流体的多个带电颗粒。在这种类型的显示器中，流体可以是气体的或液体的。带电颗粒和流体可以被限定在许多胶囊或微单元内。

[0085] 本发明延伸到用来实现本发明的 DTCBPP 方法的显示器控制器、专用集成电路或软件代码。

[0086] 在另一方面，本发明提供用于减少在电光显示器正被更新时的不响应时段的两种相关的方法。这些方法中的第一种方法被用于驱动具有多个象素的电光显示器，每个象素能够实现至少两个不同的灰度级，所述方法包括：

[0087] (a) 提供最终数据缓冲区，该最终数据缓冲区被用来接收限定显示器的每个象素的想要的最终状态的数据；

[0088] (b) 提供初始数据缓冲区，该初始数据缓冲区被用来存储限定显示器的每个象素的初始状态的数据；

[0089] (c) 提供目标数据缓冲区，该目标数据缓冲区被用来存储限定显示器的每个象素的目标状态的数据；

[0090] (d) 确定何时在初始及最终数据缓冲区中的数据不同，以及当发现这种不同时，通过下列方式更新目标数据缓冲区中的数值：(i) 当初始及最终数据缓冲区对于特定象素包含相同的数值时，设定目标数据缓冲区为这个数值；(ii) 当初始数据缓冲区与最终数据缓冲区相比较对于特定象素包含更大的数值时，设定目标数据缓冲区为初始数据缓冲区的数值加一个增量；以及 (iii) 当初始数据缓冲区与最终数据缓冲区相比较对于特定象素包含更小的数值时，设定目标数据缓冲区为初始数据缓冲区的数值减去所述增量；

[0091] (e) 用分别作为每个象素的初始及最终状态的初始数据缓冲区中的数据及目标数据缓冲区中的数据更新显示器上的图像；

[0092] (f) 在步骤 (e) 之后，将所述数据从目标数据缓冲区拷贝至初始数据缓冲区中；以及

[0093] (g) 重复步骤 (d) 至 (f)，直至初始及最终数据缓冲区包含相同的数据。

[0094] 这两种方法的第二种方法用于驱动具有多个象素的电光显示器，每个象素能够实现至少三个不同的灰度级，所述方法包括：

[0095] (a) 提供最终数据缓冲区，该最终数据缓冲区被用来接收限定显示器的每个象素

的想要的最终状态的数据；

[0096] (b) 提供初始数据缓冲区，该初始数据缓冲区被用来存储限定显示器的每个象素的初始状态的数据；

[0097] (c) 提供目标数据缓冲区，该目标数据缓冲区被用来存储限定显示器的每个象素的目标状态的数据；

[0098] (d) 提供极性位数组，该极性位数组被用来存储对于显示器的每个象素的极性位；

[0099] (e) 确定何时在初始及最终数据缓冲区中的数据不同，以及在发现这种不同时，通过下列方式更新极性位数组及目标数据缓冲区中的数值：(i) 当初始及最终数据缓冲区中对于特定象素的数值不同、且在初始数据缓冲区中的数值表示所述象素的极端光学状态时，设定对于所述象素的极性位为向相反的极端光学状态转变的数值；(ii) 当在初始及最终数据缓冲区中对于特定象素的数值不同时，根据在极性位数组中的相关数值来设定目标数据缓冲区为初始数据缓冲区的数值加或减一个增量；

[0100] (f) 用分别作为每个象素的初始及最终状态的初始数据缓冲区中的数据及目标数据缓冲区中的数据更新显示器上的图像；

[0101] (g) 在步骤 (f) 之后，将所述数据从目标数据缓冲区拷贝至初始数据缓冲区中；以及

[0102] (h) 重复步骤 (e) 至 (g)，直至初始及最终数据缓冲区包含相同的数据。

[0103] 为了方便起见，以后本发明的这两种相关的方法可以被称为本发明的“目标缓冲区”或“TB”方法。当想要区分这两种方法时，前者可以被称为“非极性目标缓冲区”或“NPTB”方法，而后者可以被称为“极性目标缓冲区”或“PTB”方法。本发明延伸到用来实现本发明的 TB 方法的显示器控制器、专用集成电路或软件代码。

[0104] 最后，本发明提供一种用于减少为驱动电光显示器而需要存储的数据量的方法。因此，本发明提供一种用于驱动具有多个象素的电光显示器的方法，每个象素能够实现至少两个不同的灰度级，所述方法包括：

[0105] 存储基本波形，该基本波形限定象素在两个灰度级之间的特定转变期间要施加的电压序列；

[0106] 存储乘法因子 (multiplication factor)；以及

[0107] 通过在取决于所述乘法因子的多个时段上对所述象素施加所述电压序列，来实现所述的特定转变。

[0108] 为了方便起见，以后该方法可以被称为本发明的“波形压缩”或“WC”方法。

附图说明

[0109] 如上面已经提到的，附图的图 1 示出电光显示器的象素的作为时间函数的反射率，且图示说明了驻留时间相关性的现象。

[0110] 图 2A 及 2B 图示说明在前面提到的“方法”申请中所述类型的现有技术三复位脉冲幻灯片显示驱动方案中针对两个不同的转变的波形。

[0111] 图 2C 和 2D 图示说明了分别施加了图 2A 及 2B 的波形的电光显示器的两个象素的反射率随时间的变化。

[0112] 图 3A 和 3B 图示说明了在前面提到的“方法”申请中所述类型的现有技术两复位脉冲幻灯片显示驱动方案中用于两个不同转变的波形。

[0113] 图 4A、4B 和 4C 图示说明了平衡脉冲对，其根据本发明的 BPPSS 方法可以用于修正现有技术的幻灯片显示波形（如图 2A、2B、3A 和 3B 中所示的那些波形）。

[0114] 图 5A 图示说明了现有技术两复位脉冲幻灯片显示驱动方案的波形。

[0115] 图 5B-5D 图示说明了通过修正图 5A 的波形而生成的本发明的 BPPSS 波形。

[0116] 图 6A 图示说明了与图 5A 相同的现有技术基本波形。

[0117] 图 6B-6D 图示说明了通过从图 6A 的基本波形中去除平衡脉冲对而生成的本发明的 BPPSS 波形。

[0118] 图 7A 图示说明了通过在基本波形的两个基本波形元素之间插入平衡脉冲对而生成的本发明的 BPPSS 波形。

[0119] 图 7B 图示说明了通过将与图 7A 中相同的平衡脉冲对插在与图 7A 中相同的基本波形的单个基本波形元素内而生成的本发明的 BPPSS 波形。

[0120] 图 8A 图示说明了与图 5A 和 6A 相同的现有技术基本波形。

[0121] 图 8B-8D 图示说明了通过在图 8A 的基本波形中的不同位置处插入零电压的时段而生成的本发明的 BPPSS 波形。

[0122] 图 9A 和 9B 图示说明了可以被修改以生成本发明的 BPPSS 波形的现有技术基本波形。

[0123] 图 9C 图示说明了通过插入两个平衡脉冲对在图 9B 的基本波形中而生成的本发明的 BPPSS 波形。

[0124] 图 9D 图示说明了通过在图 9B 的基本波形中插入平衡脉冲对及零电压的时段而生成的本发明 BPPSS 波形。

[0125] 图 10A-10C 及 11A-11C 图示说明了通过修正图 9A 及 9B 的基本波形而生成的本发明的另外的 BPPSS 波形。

[0126] 图 12 是本发明的反转单色投影方法的符号表示。

[0127] 图 13 显示灰度图像的灰度级被映射到图像的单色投影的方式，其可以用本发明的优选的反转单色投影方法来实现。

[0128] 图 14 和 15 显示了在本发明的第一反转单色投影方法期间所用的选定波形。

[0129] 图 16 是类似于图 12 的本发明的另一反转单色投影方法的符号表示。

[0130] 图 17 图示说明了通过插入平衡脉冲对在所述波形中来修正图 14 中所示的 IMP 波形中的一个。

[0131] 图 18 图示说明了通过从所述波形中去掉平衡脉冲对来修正图 14 中所示的 IMP 波形中的一个。

[0132] 图 19 图示说明了通过改变平衡脉冲对的插入位置对图 17 中所示的 IMP 波形中的一个的另外的修正。

[0133] 图 20 图示说明了通过改变去除平衡脉冲对的位置对图 18 中所示的 IMP 波形中的一个的另外的修正。

[0134] 图 21 以高度示意性方式图示说明了本发明的另外的 IMP 驱动方案的波形。

[0135] 图 22 是表示由图 21 中所示的驱动方案所生成的灰度级的图表。

[0136] 图 23 以与图 21 同样的方式图示说明了在图 21 中所示的 IMP 驱动方案的修正形式。

[0137] 图 24 是显示由图 23 中所示的修正的驱动方案所生成的灰度级的图表。

[0138] 图 25A-25E 图示说明了在本发明的第一驻留时间补偿平衡脉冲对驱动方案中所用的一组驻留时间补偿波形。

[0139] 图 26A-26C 图示说明了在本发明的第二驻留时间补偿平衡脉冲对驱动方案中所用的一组驻留时间补偿波形。

具体实施方式

[0140] 从上述概述明白本发明提供几种不同的驱动电光显示器尤其是双稳态电光显示器的方法、以及适于实现这种方法的装置和软件代码。本发明的各种方法主要在下面分别描述，但应该理解的是单个电光显示器或其部件可以使用本发明的多于一个的方面。例如，单个电光显示器可以使用本发明的 BPPSS、IMP 以及 DTCBPP 方面。也应注意到，平衡脉冲对的优选形式对本发明的使用这种脉冲对的所有方面都是通用的，所述方面是对这种脉冲对的大小的优选限定、以及用于调节波形的长度以容纳插入或去除这种脉冲对和 / 或零电压的时段的方法。最后，应注意的是，想要的 DC 平衡驱动方案以及 DC 平衡波形，如在上面提及的“方法”申请中以及下面所讨论到的，对本发明的所有方面也是通用的。

[0141] A 部分 :平衡脉冲对幻灯片显示方法及装置

[0142] 如已经提及的，本发明的 BPPSS 方法是用于驱动具有能够实现至少三个不同灰度级的至少一个象素的电光显示器的方法，所述灰度级包括两个极端光学状态。所述方法包括向所述象素施加基本波形，该基本波形包括至少一个复位脉冲，该复位脉冲足以驱动所述象素至或靠近一个极端光学状态，该复位脉冲之后跟随着至少一个置位脉冲，该置位脉冲足以驱动所述象素至不同于所述极端光学状态的灰度级。所述基本波形通过下面至少一种方式来修正 :

[0143] (a) 将至少一个平衡脉冲对插入基本波形 ;

[0144] (b) 从基本波形去除至少一个平衡脉冲对 ;以及

[0145] (c) 将零电压的至少一个时段插入基本波形。

[0146] 还有，如已提及的，术语“平衡脉冲对”表示极性相反的两个脉冲的序列，使得平衡脉冲对的总冲击基本上是零。在 BPPSS 方法的优选形式中，平衡脉冲对的两个脉冲每个都是电压恒定、极性相反、长度相等的。术语“基本波形元素”或“BWE”以后可用来指基本波形的复位或置位脉冲。平衡脉冲对和 / 或零电压时段 (以后可以称为“间隙”) 的插入可以在单个基本波形元素内或两个连续的波形元素之间实施。所有这些修正都具有不影响波形的净冲击的特性 ;所述净冲击意思是在波形电压曲线在波形的持续时间上求得的积分。平衡脉冲对及零电压中止当然具有零净冲击。虽然通常 BPP 的脉冲将彼此相邻地插入，但是这不是必要的，两个脉冲可以插在分离的位置。

[0147] 其中根据本发明的 BPPSS 方法的基本波形的修正包括去除至少一个 BPP，由所述或每个被去除的 BPP 以前所占据的时段可以成为零电压的时段。可替代地，该时段可以通过移动一些或所有后面的波形元素到更早的时间而被“闭合”，但在这种情况下，通常必须在该波形中的后面的某个阶段插入零电压的时段，一般地在波形的末尾，以确保维持波形

的总长度，因为通常必须确保显示器的所有象素用相等长度的波形来驱动。当然，可替代地，所述时段可以通过移动一些或所有较早的波形元素到更后的时间来“闭合”，而在所述波形的较早阶段（通常是在所述波形的开始）插入零电压的时段。

[0148] 如已经表明的，本发明的 BPPSS 波形是前面提及的“方法”申请中所描述的基本幻灯片显示波形的修正。如上面所讨论的，幻灯片显示波形包括使象素移动到或至少靠近一个极端光学状态（光学导轨）的一个或多个复位脉冲；如果所述波形包括两个或更多的复位脉冲，则在第一个复位脉冲之后的每个复位脉冲将使所述象素移动到相反的极端光学状态，从而基本上横贯其整个光学范围。（例如，如果显示器使用具有（比方说）4％到 40％反射率的范围的电光介质，则在第一个复位脉冲之后的每个复位脉冲可能使所述象素横贯 8％到 35％的反射率。）如果使用一个以上的复位脉冲，则连续的复位脉冲当然必须是极性交替的。

[0149] 幻灯片显示波形还包含置位脉冲，该置位脉冲将象素从由最后的复位脉冲已使其所处的极端光学状态驱动到象素的想要的最终灰度级。需要注意的是，当该想要的最终灰度级是极端光学状态之一并且最后的复位脉冲使所述象素处于该想要的极端光学状态时，该置位脉冲的持续时间可以为零。类似地，如果施加幻灯片显示波形之前象素的寝状态处于所述极端光学状态，则第一复位脉冲的持续时间可以为零。

[0150] 参照附图，现在将仅通过图示说明来描述本发明的优选 BPPSS 波形。

[0151] 图 2A 和图 2B 图示说明了在前面提到的“方法”申请中所述类型的现有技术（基本）幻灯片显示驱动方案中两个不同转变所用的波形。该幻灯片显示驱动方案对每个转变使用三个复位脉冲。图 2C 和 2D 显示分别被施加了图 2A 和 2B 的波形的象素的光学状态（反射比）相对于时间的相应变化。根据在前面提到的“方法”申请中所用的习惯，图 2C 和 2D 被画得使得底部水平线表示黑的极端光学状态，顶部水平线表示白的极端光学状态，介于其间的级别表示灰度状态。波形的复位及置位脉冲的开始和结束在图 2A 和 2B 中用垂直的虚线表示，不同的 BWE（即，复位及置位脉冲）显示为通常或更少相等长度的脉冲，虽然通常 BWE 可以有更任意的长度，而且如果包含一系列相等长度的脉冲，则对于最大长度的 BWE 通常使用十个以上这样的脉冲。

[0152] 在图 2A 和 2C 中所显示的基本波形（通常被标示为 100）实现白到白的转变（即，象素的初始和最终状态都是白的极端光学状态的“转变”）。波形 100 包含第一负（即渐黑）复位脉冲 102，其将象素驱动到其黑极端光学状态，第二正（渐白）复位脉冲 104，其驱动象素至其白极端光学状态，第三负（渐黑）复位脉冲 106，其驱动象素至其黑极端光学状态，以及置位脉冲 108，其驱动象素至其白极端光学状态。这四个脉冲 102、104、106、以及 108 每一个都具有最大的十个单位的持续时间。（为了避免连续地提及“持续时间的单位”，这些单位以后可以被称为“时间单位”或“TU”。）

[0153] 图 2B 和 2D 图示说明了使用如图 2A 和 2C 中的同样的三复位脉冲驱动方案进行从深灰至浅灰转变的波形（通常标示为 150）。波形 150 包含第一复位脉冲 152，其与波形 100 的第一复位脉冲 102 一样，是负的且渐黑。然而，使用波形 150 的转变从深灰级别开始，所以第一复位脉冲 152 的持续时间（图示为四个 TU）比复位脉冲 102 短，因为需要更短的第一复位脉冲使象素在第一复位脉冲的结束时变到其黑极端光学状态。对于剩余的第一复位脉冲 152 的 6 个 TU，对象素施加零电压。（图 2B 和 2D 图示说明了在相关时段结束时具有

四个 TU 的负电压的第一复位脉冲 152，但这是任意的而且可以根据需要设置负及零电压的时段。）

[0154] 波形 150 的第二和第三复位脉冲 104 和 106 与波形 100 的相应脉冲相同。波形 150 的置位脉冲 158，与波形 100 的置位脉冲一样，是正的且渐白。然而，因为使用波形 150 的转变以浅灰级别结束，置位脉冲 158 的持续时间（图示为 7 个 TU）比置位脉冲 108 的持续时间短，因为需要较短的置位脉冲使象素变到其最终的浅灰级别。对于剩余的三个 TU 的置位脉冲 158，对象素施加零电压。（再者，置位脉冲 158 内正的和零电压的时段分布是任意的，且可以根据需要设置所述时段。）

[0155] 从前面所述将会明白，在图 2A-2D 中所示的现有技术幻灯片显示驱动方案中，第一复位脉冲的持续时间和置位脉冲的持续时间将分别根据象素的初始和最终状态而变化，且在某些情况下，这些脉冲中的一个或两个可以是零持续时间的。例如，在图 2A-2D 的驱动方案中，黑到黑转变可能具有零持续时间的第一复位脉冲（因为象素已经处于在第一复位脉冲 102 和 152 的结束时到达的黑极端光学状态），零持续时间的置位脉冲（因为在第三复位脉冲 106 结束时象素已经处于想要的极端黑光学状态）。

[0156] 通常，希望保持波形的总的持续时间尽可能地短，使得显示器可以快速地被重写；因为明显的原因，用户喜欢快速显示新图像的显示器。因为每个复位脉冲占据相当大的时段，所以希望将复位脉冲的数目降低到与显示器的可接受的灰度级性能一致的最小值，并且通常优选一个或两个复位脉冲幻灯片显示驱动方案。图 3A 和 3B 图示了在前面提到的“方法”申请中所述类型的现有技术两复位脉冲幻灯片显示驱动方案中用于两个不同转变的波形。

[0157] 图 3A 图示了白到浅灰单个复位脉冲波形（通常标示为 200），该波形包括一个复位脉冲 202 和一个置位脉冲 208（与图 2B 中的脉冲 158 相同），其中复位脉冲 202 驱动象素从初始白状态到黑，置位脉冲 208 驱动所述象素从黑到浅灰。虽然波形 200 使用了仅仅一个单个的复位脉冲，但是应当理解，实际上它是两复位脉冲幻灯片显示驱动方案的一部分，第一复位脉冲具有零持续时间，如在图 3A 的左手侧由零电压的时段所表示的。

[0158] 图 3B 图示了黑到浅灰两复位脉冲波形（通常标示为 250），该波形包括第一复位脉冲 252、第二复位脉冲 254、以及置位脉冲 208，其中第一复位脉冲 252 驱动象素从其初始黑状态到白，第二复位脉冲 254 驱动所述象素从白到黑，置位脉冲 208 与图 3A 中的复位脉冲相同，驱动象素从黑到浅灰。

[0159] 如已经提到的，本发明的 BPPSS 波形从基本幻灯片显示波形（如图 2A、2B、3A 及 3B 中所示的波形）通过插入至少一个平衡脉冲对到基本波形中、从基本波形去掉至少一个平衡脉冲对、或插入零电压的至少一个时段到基本波形中而得到的。在去除 BPP 的情况下，产生的间隙可以被“闭合”或使其为零电压时段。也可以使用这些修正的组合。

[0160] 图 4A-4C 图示了用于本发明的 BPPSS 波形中的优选的平衡脉冲对。在图 4A 中所示的 BPP（通常标示为 300）包括电压恒定的负脉冲 302，其后紧紧跟随的是与脉冲 302 持续时间和电压相同但极性相反的正脉冲 304。明显的是，BPP 300 对象素施加了零净冲击。图 4B 中所示的 BPP（通常标示为 310）与 BPP 300 除了脉冲的顺序相反之外都相同。图 4C 中所示的 BPP（通常标示为 320）是由 BPP 310 在正和负脉冲 304 和 302 之间引入零电压的时段 322 而得到的。

[0161] 图 5A-5D 图示了根据本发明的由 BPP 对基本两复位脉冲幻灯片显示波形的修正。图 5A 图示了用于白到浅灰转变的基本波形（通常标示为 400）。波形 400 除了两复位脉冲的顺序相反之外与图 3B 中所图示的波形 250 大体类似。因此，波形 400 包括 16-TU 负的渐黑的第一复位脉冲 402（其驱动象素从其原始的白状态至其黑极端光学状态），16-TU 正的渐白的第二复位脉冲 404（其驱动象素从其黑极端光学状态至其白极端光学状态）、以及 3-TU 负的渐黑的置位脉冲 408（其驱动象素从其白极端光学状态至想要的最终浅灰状态）。

[0162] 图 5B 图示了通过在图 5A 的波形 400 的第二复位脉冲 404 与置位脉冲 408 之间插入图 4B 的 BPP 而生成的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 420）。如从图 5B 中所看到的，该插入的影响是，BPP 的正脉冲 304 使第二复位脉冲 404 加长到 17TU，而 BPP 的负脉冲 302 使置位脉冲 404 加长到 4TU。

[0163] 图 5C 图示了通过在图 5A 的波形 400 的置位脉冲 408 之后插入图 4C 的 BPP 而生成的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 440）。

[0164] 图 5D 图示了由图 5B 中所示的进一步修正的波形 420 生成的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 460）。波形 460 具有第二 BPP 304′、302′，其插在所述波形 420 的第一与第二复位脉冲 402 和 404 之间；该第二 BPP 除了两脉冲的持续时间是加倍的之外，与 BPP 304、302 相似。

[0165] 如已经指出的且如图 5D 中所图示，本发明的 BPPSS 波形可以包括多个 BPP、去除、中止、及其组合（以后统称为“附加波形元素”或“AWE”）。然而，通常优选的是，使用与控制由波形所产生的最终灰度级的想要的精确度一致的 AWE 的最小数目。BPP 以及中止都使波形加长，与几个这样的 BPP 和 / 或中止结合可能要求不想要地加长重写显示器所需的时段。例如，虽然图 5D 的波形 460 仅仅使用一个短的 3-TU 置位脉冲 408，但是波形 460 占据更新显示器的整个时段（在图 5D 中垂直的虚线之间的时段），而且引入任何另外的 BPP 或中止都将要求延长该时段。因此，希望本发明的修正的波形的整个长度不超过相应的基本波形（其中置位脉冲的持续时间足以驱动象素从一个极端光学状态至另一个极端光学状态）的总长度。在许多情况下（当然取决于显示器中所用的确切的光介质以及驱动电子线路的其它特性），已经发现，灰度级的良好控制可以用包含不多于两个 AWE 的波形来实现；在其它情况下，可以要求不多于 4 个、或更少见地不多于 6 个 AWE，但通常不希望任何进一步增加 AWE。

[0166] 图 6A-6D 图示根据本发明的通过去除 BPP 而对基本两复位脉冲波形的修正。为了比较，图 6A 图示了与图 5A 一样的波形 400。注意的是，波形 400 被看作在置位脉冲 408 结束之后终止了 7 个 TU，因为图 6A 假设，如在图 2A、2B、3A 和 3B 中，要求 10TU 的施加电压以在象素的极端光学状态之间完全地驱动象素，从而在相同驱动方案的另一个波形中，将必须使置位脉冲 408 长至最大值 10TU。图 6B 图示了通过从波形 400 中去除 BPP 而生成的本发明的修正的 BPPSS 波形（通常标示为 520），其中 BPP 包含第一复位脉冲 402 的最后两个 TU 以及第二复位脉冲 404 的头两个 TU，从而得到修正的 14-TU 的第一复位脉冲 402 和修正的 14-TU 的第二复位脉冲 404，它们由 4-TU 的中止 522 分隔，在该中止 522 期间对象素施加零电压。

[0167] 图 6C 图示了由图 6A 的可替代地修正的波形 400 所生成的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 540）。波形 540 通过从波形 400 去除一个 BPP 而生成，该 BPP 包括第二复位

脉冲 404 的最后 TU 以及置位脉冲 408 的第一 TU，且通过将第一和第二复位脉冲在时间上向后移动 2TU 来“闭合”由去除的 BPP 原始占据的时段。因此，波形 540 包含 2TU 中止 544、16-TU 的第一复位脉冲 402、15-TU 的第二复位脉冲 404″ 和 2-TU 的置位脉冲 408′ ；注意的是，置位脉冲 408′ 在所述波形结束之前的 7TU 处与基本波形 400 的置位脉冲 408 恰好同时终止。

[0168] 图 6D 图示了由图 6A 的进一步修正的波形 400 所生成的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 560）。波形 560 通过从波形 400 去除一 BPP 而生成，所述 BPP 包含第一复位脉冲 402 的最后两个 TU 以及第二复位脉冲 404 的头两个 TU，且通过将第二复位脉冲和置位脉冲在时间上向前移动 4TU 来“闭合”由去除的 BPP 原始占据的时段。因此，波形 540 包含 14-TU 的第一复位脉冲 402′ （与图 5B 中的第一复位脉冲相同）、14-TU 的第二复位脉冲 404′ （除了计时之外与图 5B 中的第二复位脉冲相同）和 3-TU 的置位脉冲 408 ；注意的是，因为第二复位脉冲 404′ 和置位脉冲 408 的移动，在置位脉冲 408 之后的零电压的最终时段 562 被从 7TU 延长至 11TU。

[0169] 至今所讨论的优选的 BPPSS 波形修正涉及了在连续的基本波形元素之间或在基本波形末尾插入或去除 BPP。然而，本发明的 BPPSS 方面不限于这样的修正，而是延伸到在单个 BWE 内插入 BPP 的修正，如现在将要参照图 7A 和 7B 所图示说明的。图 7A 图示了通过在第一复位脉冲 402 与第二复位脉冲 404 之间插入 BPP 302′ 、304′ 来修正基本波形 400（图 5A 或 6A）而生成的本发明的 BPPSS 波形 620，所述 BPP 302′ 、304′ 除了正负脉冲次序相反之外与图 5D 中所示的 BPP 类似。图 7B 示出了通过插入 BPP 302′ 、304′ 来修正基本波形 400 而生成的本发明的另一 BPPSS 波形 640，但在波形 640 中，BPP 302′ 、304′ 被插在第二复位脉冲 404 的中点，从而将该脉冲分裂成两个分离的部分 404A 和 404B。因此，波形 640 包括连续的 16-TU 的第一复位脉冲 402（与波形 400 的第一复位脉冲相同）、8-TU 脉冲 404A（即第二复位脉冲的第一部分）、BPP 302′ 、304′ 、8-TU 脉冲 404B（即第二复位脉冲的第二部分）、3-TU 复位脉冲 408（与波形 400 的复位脉冲相同）。

[0170] 如已经提到的，本发明的 BPPSS 方面不仅包括从基本波形插入或去除 BPP 而且包括在基本波形中插入中止（零电压时段），并且这种插入中止现在将参照图 8A-8D 说明。为了比较，图 8A 图示了与图 5A 和 6A 相同的基本波形 400。图 8B 图示了在基本波形 400 的第二复位脉冲 404 与置位脉冲 408 之间引入 2-TU 中止 722 而生成的本发明的修正的 BPPSS 波形（通常标示为 720）。应该注意的是，插入中止 722 必然地将跟随在置位脉冲 408 之后零电压时段从 7TU 减少至 5TU。图 8C 图示了本发明的另一 BPPSS 波形（通常标示为 740），其除了将 2-TU 的中止插在第二复位脉冲 404 的前 12TU 之后之外大体类似于波形 720，从而将该第二复位脉冲分裂成第一部分 404C 与第二部分 404D。因此，波形 740 包括连续的 16-TU 的第一复位脉冲 402（与波形 400 的第一复位脉冲相同）、12-TU 脉冲 404C（即第二复位脉冲的第一部分）、2-TU 的中止 722′ 、4-TU 脉冲 404D（即第二复位脉冲的第二部分）、以及 3-TU 复位脉冲 408（与波形 400 的复位脉冲相同）。

[0171] 图 8D 图示了通过在基本波形 400 中插入 2-TU 中止而又生成的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 760）。然而，在波形 760 中，中止 722″ 插入在第一复位脉冲 402 之前。因此，波形 760 接连地包括中止 722″ 、第一复位脉冲 402、第二复位脉冲 404、置位脉冲 408，最后的三个元素都与基本波形 400 的相应元素相同。

[0172] 如已经表明的，本发明所提供的 BPPSS 波形对于改善电光显示器尤其是双稳态的电光显示器的灰度级性能是有用的。本发明的 BPPSS 波形可以达到这样的改善的灰度级性能，同时仍旧保持显示器的长期 DC 平衡。（对于在前面提到的“方法”申请中所详细讨论的原因，重要的是，用于驱动至少一些电光显示器的驱动方案为 DC 平衡，在这个意义上，对于给定的象素所施加的电压相对于时间的积分是有界限的，而无论那个象素被驱动经过的光学状态的序列）。已经发现，根据本发明的 BPPSS 方面，象素的最终灰度级可以通过插入或去除 BPP 和 / 或插入中止而调节。还发现象素的最终灰度级受 BPP 插入或去除和 / 或中止插入的位置的影响。虽然通常通过在相邻的 BWE 之间插入 BPP 可以良好地控制最终灰度级，但是 BPP 也可以插在单个 BWE 内，如图 7B 中所图示说明的，以改变最终灰度级的“可调”度；例如，如果添加在两个复位脉冲之间的 BPP 没有提供最终灰度级的足够精细的可调性，则将 BPP 移动到 BWE 中间的点可以更精细地调节最终灰度级。

[0173] 例如，图 5B 的波形 420 通常产生的灰度级比由图 5A 的相应的基本波形 400 所生成的灰度级会稍微深些，因为 BPP 304、302 中的脉冲 304 对象素的灰度级有很少或没有影响，因为该灰度级在第二复位脉冲 404 的末端已经处于白极端光学状态，而脉冲 302 通过有效地加长置位脉冲 408 会使最终灰度级离白极端光学状态更远些（即，颜色上稍微深点）。相比照，在图 6C 中所示的波形 540 通常产生的灰度级比由图 6A 的相应的基本波形 400 所生成的灰度级会稍微浅些。因为图 5A、6A 及 6C 是基于这样的假设：象素可以通过施加如图所示的电压 10TU（如上面所提到的）而在其极端光学状态之间移动，基本波形 400 的 16-TU 第二复位脉冲 404 对象素实施相当大的“过驱动”使其进入白极端光学导轨（白极端光学状态），即，第二复位脉冲 404 在象素已经到达其极端白光学状态之后持续一段相当大的时段。因此，缩短 16-TU 的第二复位脉冲 404 1TU 以产生波形 540 的 15-TU 第二复位脉冲 404″，在第二复位脉冲 404″ 的末端将对灰度级产生很小或没有影响。相对照，缩短波形 400 的 3-TU 置位脉冲 408 1TU 以产生波形 540 的 2-TU 置位脉冲 408′ 将显著降低在第二复位脉冲 404″ 的末端存在的白极端光学状态被驱动向黑的程度，从而在波形 540 末端的最终灰度级将明显比基本波形 400 末端黑。

[0174] 如已经表明的，还发现了中止（零电压时段）可以用来调节最终灰度级。例如，在最后的复位脉冲和置位脉冲之间增加一中止影响最终灰度级。将该中止移到最后复位脉冲的较早的点还全引起最终灰度级的稍微变化。因此，中止位置可以用来调节由 BPPSS 波形所产生的最终灰度级。通常，中止可以被添加在波形中的任意一点。另外，有利地可以在被分配用于显示器的完全重写的更新时间间隔内在时间上向前或向后移动波形的所有 BWE，由此移动在从初始状态到最终状态的整个转变内发生的各种转变的相关时间定位。这种时间移动是有利的，原因有几个，例如减少在转变期间显示器的不想要的瞬变行为，或者产生更满意的最终图像，例如通过减少想处于相同灰度级的象素之间的变化。

[0175] 现在将参照图 9A-9D，10A-10C 以及 11A-11C 描述本发明的另一优选的 BPPSS 波形以及驱动方案。图 9A 和 9B 图示了现有技术两复位脉冲幻灯片显示驱动方案的两个基本波形，其中第一与第二复位脉冲以及置位脉冲的每一个都可以占据 12TU 这一最大值。图 9A 图示了用于实现白至黑转变的波形 800，其包含 12-TU 渐黑的第一复位脉冲 802、12-TU 渐白的第二复位脉冲 804、以及 12-TU 渐黑的置位脉冲 808。如上面参照图 2A 和 2B 所讨论的，如果象素的初始状态和最终状态是位于象素的黑和白极端光学状态之间的中间灰度级，则

需要调节第一复位脉冲及置位脉冲的长度，图 9B 显示基本波形 810，其包含 7-TU 的第一复位脉冲 812、12-TU 第二复位脉冲 804（与波形 800 的相应脉冲相同）以及 6-TU 的置位脉冲 818。为了“填充 (pad)”波形 810 至与波形 800 一样的总长度 36-TU，在第一复位脉冲 812 之前有 5-TU 的零电压时段 822，在置位脉冲 824 之后是 6-TU 的零电压时段 824。

[0176] 图 9C 显示通过对图 9B 中所示的波形 810 的修正而生成的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 840）。具体地，通过在波形 810 插入第一 BPP 和类似的第二 BPP 而得到波形 840，其中该第一 BPP 包含就在第一复位脉冲 812 之前的 1-TU 的正脉冲 842 和类似的负脉冲 844，该第二 BPP 846、848 就在置位脉冲 818 之后。脉冲 812、804、和 818 未变，但为了容纳 BPP 同时保持波形 840 的总长度，零电压的初始时段 822′ 被减少到 3TU，零电压的最终时段 824′ 被减少到 4TU。

[0177] 以图 9C 中所图示的方式使用两个 BPP 可以在至少一些情况下使得与用单个 BPP 所能达到的灰度级控制相比更精确。已经发现设置在置位脉冲之后的 BPP（如波形 840 中的 BPP 846、848）可以使最终灰度级显著变化，且如果所用的驱动器仅允许相对粗略地调节每半个 BPP 的持续时间（如果，例如，在图 9C 中该持续时间仅能被调节增加 1TU），通过改变每半个 BPP 的持续时间最小增量可得到的灰度级之间的差异可能是大得不能接受。插入在波形中更早的点处的 BPP（如波形 840 中的 BPP 842、844）对最终灰度级的影响比插在置位脉冲之后的 BPP 小得多，因此允许更精细地改变最终灰度级。因此，通过控制 BPP 846、848 的持续时间以对最终灰度级实施粗略调节以及通过控制 BPP 842、844 的持续时间以对该灰度级实施精细调节，波形 840 允许对最终灰度级在相当大的范围内进行调节。

[0178] 图 9D 图示了由对波形 810 的可选的修正而产生的本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 860）。像波形 840 一样，波形 860 包含在置位脉冲 818 之后的 BPP 846、848。然而，波形 860 不包含位于波形中较前的第二 BPP，而是在第二复位脉冲 804 与置位脉冲 818 之间包含 4-TU 的中止 850。中止的影响趋向于比在波形中相同点处的相同长度的 BPP 更小，且中止 850 以与波形的 BPP 842、844 相似的方式起作用，中止 850 的长度的变化用于对最终灰度级实施精细调节。注意的是，在波形 860 中零电压的最终时段 824′ 与波形 840 中的一样具有相同的 4-TU 长度，而零电压的初始时段 822″ 的持续时间被减少到 1TU，以容纳 4-TU 的中止 850 同时仍保持波形的总长度 36-TU。

[0179] 图 10A-10C 示出通过对图 9B 的波形 810 进行各种修正而生成的本发明的另外的 BPPSS 波形。图 10A 的波形（通常标示为 920）通过在波形 810（图 9B）的置位脉冲 818 之后增加 BPP 846′、848′ 而形成，BPP 的每个脉冲 846′、848′ 的长度为 2TU。零电压的最终时段 824″ 被减少到 2TU，以容纳 4-TU 长度的 BPP。

[0180] 如上面参照图 9C 所讨论的，改变置位脉冲之后的 BPP 的长度可能不提供对最终灰度级的足够精细的调节，图 10B 图示了通过进一步修正波形 920 以克服该精细调节问题而生成的波形（通常标示为 940）。波形 940 在第二复位脉冲 804 与置位脉冲 818 之间结合有第二 BPP 842′、844′。改变 BPP 842′、844′ 的长度对最终灰度级的影响少于相应地改变 BPP 846′、848′ 的长度对最终灰度级的影响，从而 BPP 842′、844′ 可以用于最终灰度级的精细调节。

[0181] 虽然改变 BPP 842′、844′ 的长度的影响小于相应地改变 BPP846′、848′ 的长度，但是与改变被插入在波形中还更前的 BPP（例如，图 9C 中的 BPP 842、844）的长度的影

响相比会还要大。如果波形 940 中的 BPP 842′、844′没有提供最终灰度级的足够精细的调节，则第二 BPP 可以较早地被插入在波形中；通常，BPP 被越早地插入到波形中，通过 BPP 长度的给定变化而产生的最终灰度级的变化越小。例如，图 10C 图示了本发明的 BPPSS 波形（通常标示为 960），其除了 BPP 842′、844′被在第一复位脉冲 812 与第二复位脉冲 804 之间设置的 BPP 962、964 所替代之外与波形 940 类似。（BPP 962、964 与 BPP 842′、844′极性相反，在这个意义上，负脉冲 962 在正脉冲 964 之前；任一极性的 BPP 都可以用于波形内的任意位置，虽然 BPP 的极性当然改变其对最终灰度级的影响。）

[0182] 最后，图 11A-11C 图示了通过在其中引入 BPP 及中止而对基本波形进行的修正。图 11A 图示通过在第二复位脉冲 804 与置位脉冲 818 之间插入 BPP 842′、844′来修正基本波形 810 而生成的波形（通常标示为 1020），其中零电压的最终时段 824′的长度相应减少到 4TU。由于上面所讨论的原因，BPP 842′、844′的长度的变化可能不提供最终灰度级的足够精细的调节，图 11B 示出通过进一步修正波形 1020，具体地通过在第二复位脉冲内引入 2-TU 中止 1042，从而将该脉冲分割成第一部分 804A 和第二部分 804B 而生成的 BPPSS 波形（通常标示为 1040）。为了容纳中止 1042，零电压的初始时段 822′的长度被减少到 3TU；零电压的最终时段 824′保持在 5TU。

[0183] 中止 1042 用于精细调节最终灰度级。这样的精细调节可以通过改变中止 1042 的持续时间和／或其在第二复位脉冲 804A、804B 内的位置来实施；如用 BPP 一样，中止对最终灰度级的影响不仅随其在波形中的长度而变化而且随其在波形中的位置而变化。当然本发明的 BPPSS 方面不限于使用单个中止；例如，中止 1042 可以用两个分离的持续时间均为 1TU 的中止来代替，使得第二复位脉冲会被分裂成三个部分而不是两个部分。

[0184] 如已经提到的，当波形不占据为更新显示器所提供的全部时段（如图 9B 的波形 810 的例子，其仅占据 25TU，而更新显示器至少需要 36TU 的时段以容纳相同驱动方案的较长波形 800）时，有利地，在更新时段内移动整个波形，例如以减少在更新期间瞬变视觉效应。图 11C 图示了通过在时间上向前移动图 11B 的整个波形 10402TU（实际上就在置位脉冲 818 之后插入 2-TU 间隙，如图 11C 所表明的）而生成的波形（通常标示为 1060），从而减少零电压的初始时段 822″到仅仅 1TU，而增加零电压的最终时段 824A 的长度到 6TU。

[0185] 部分 B：反转单色投影方法及装置

[0186] 如已经提到的，本发明的第二方面提供一种用于驱动具有多个象素的电光显示器的方法，所述象素每一个都能实现包含两个极端光学状态的至少四个不同灰度级。所述方法包含对每个象素施加一包含复位脉冲的波形，所述复位脉冲足以驱动所述象素至或靠近其极端光学状态之一，之后施加一置位脉冲，该置位脉冲足以驱动所述象素至不同于所述极端光学状态的最终灰度级。所述复位脉冲被选择使得刚好在所述置位脉冲之前的显示器上的图像基本上是所述置位脉冲之后的最终图像的反转的单色投影。这一过程在这里被称为“反转的单色投影”或“IMP”方法。

[0187] 使用在上述方案 1 中的“目标状态”命名法，IMP 方法可以被定义为最终目标状态几乎是显示器的想要的最终状态（Ri）的反转的单色投影。在 IMP 方法的优选形式中，在最终目标状态之前的目标状态（以方案 1 的命名法为 $goal_{n-i}$）几乎是显示器的想要的最终状态（R_I）的单色投影。这样的优选的 IMP 过程可以用符号表示为图 12 中所示的方案 2，其中 $R_{I,m}$ 表示 R_I 的单色投影，上划线表示图像反转。

[0188] 光学状态的单色投影是图像中所有可能的灰度级映射到每个象素的两个极端光学状态之一或（由于下面所解释的原因）靠近极端光学状态之一的状态。为了该目的，灰度级可以表示为 1，2，3，.....，N，其中 N 是灰度级数，具有最小反射率的灰度级（通常为黑）表示为 1，具有次最小反射率的灰度级表示为 2，以此类推，直至具有最大反射率的灰度级（通常为白）表示为 N。灰度级的单色投影是这样的投影，凭此等于或小于阈值的灰度级被映射到灰度级 1 或靠近其的状态，大于阈值的灰度级被映射到灰度级 N 或靠近其的状态。阈值最希望的是 N/2，而实践中有效地可以设置在从 1 至 N 的中间一半的范围内的任意位置，即阈值至少是 N/4，至多为 3N/4。

[0189] 单色投影的一个例子被示出于图 13 中。在这个例子中，灰度图像（用符号的方式图示在图 13 的左手侧）包含 8 个灰度级，表示为 1 至 8。在用符号显示在该图的右手侧上的单色投影中，灰度级 1 至 3 被映射到灰度级 1，如由连接线所表示的，而灰度级 4 至 8 映射到灰度级 8。反转的单色投影当然简单地通过反转单色投影中所用的两个状态而生成。

[0190] 前面提及 IMP 方法“基本上”产生反转的单色投影，以及这种投影涉及靠近极端光学状态之一的光学状态，这需要解释一下。原则上，单色投影以及反转单色投影要求投影到极端光学状态之一上。然而，实践中，用于驱动电光显示器的驱动方案及波形是从施加到显示器的单个象素上的电压脉冲或其它波形元素方面来定义的，而不是从由施加所定义的电压脉冲或其它波形元素而产生的确切的光学状态来定义的（虽然二者是紧密相关的）。如在上面提及的“方法”申请中所详细讨论的，至少一些双稳态电光介质对给定波形或波形元素的反应不仅取决于象素的初始光学状态和确切的波形或波形元素，而且取决于诸如象素的某些在前光学状态以及象素在施加波形或波形元素之前在相同的光学状态保持多长时间（前面提及的驻留时间相关性问题）之类的因素。因为幻灯片显示波形通常不考虑所有这样的相关因素，所以由单色投影或反转的单色投影中的各种象素所达到的实际的光学状态可以与在这种投影中理论上所达到的极端光学状态稍有不同。

[0191] 这种象素的实际光学状态与极端光学状态的偏离可以参照图 14 和 15 图示说明，其示出了用于本发明的两复位脉冲幻灯片显示 IMP 方法中的某些选定的转变的波形，该方法使用四个灰度级电光介质，用 +15V 200 毫秒脉冲驱动所述介质从黑（灰度级 1）至白（灰度级 4），以及用 -15V 200 毫秒脉冲驱动所述介质从白至黑。在图 14 中所示的第一波形（通常标示为 1420）用于黑（灰度级 1）至白（灰度级 4）转变，且包含第一复位脉冲 1422（驱动象素从黑至白）、第二复位脉冲 1424（驱动象素从白至黑）、以及置位脉冲 1426（驱动象素从黑至白）。图 14 还示出用于灰度级 2（深灰）至灰度级 4（白）转变的波形 1440；该波形 1440 具有第一复位脉冲 1428，其长度仅为 140 毫秒，而不是如波形 1420 的复位脉冲 1422 的情况下的 200 毫秒。波形 1440 的第二复位脉冲 1424 和置位脉冲 1426 与波形 1420 的相同。最后，图 14 还示出用于灰度级 4（白）至灰度级 4 转变的波形 1460；在这种情况下，第一复位脉冲是零持续时间的（即，在波形的开始只有 200 毫秒的零电压时段），但波形 1460 的第二复位脉冲 1424 和置位脉冲 1426 与波形 1420 的相同。

[0192] 图 15 示出与图 14 中一样的驱动方案的另外的波形。图 15 中所示的第一波形（通常标示为 1480）用于灰度级 1（黑）至灰度级 1 转换且基本上是图 14 中所示的波形 1460 的反转。波形 1480 具有零持续时间的第一复位脉冲（即，在波形的开始处简单地有 200 毫秒的零电压时段）、第二复位脉冲 1482（其驱动象素从黑至白）、以及置位脉冲 1484（驱动象

素从白至黑）。图 15 还示出用于灰度级 1（黑）至灰度级 3（浅灰）转变的波形 1500。该波形 1500 具有第一复位脉冲 1422，其与图 14 中所示的波形 1420 的第一复位脉冲相同且驱动象素从黑至白。波形 1500 还具有第二复位脉冲 1502（其驱动象素从白至黑）和 130 毫秒的置位脉冲 1504（其驱动象素从黑至灰度级 3（浅灰））。最后，为了完整起见，图 15 重复图 14 的黑至白（灰度级 1 至灰度级 4）波形。

[0193] 从图 14 和 15 将看到，所图示的驱动方案是 IMP 驱动方案，其中，如由各种波形中刚好在置位脉冲之前的带有上划线的 $R_{1,m}$ 所表示的，刚好在置位脉冲之前的显示器上的图像是置位脉冲之后的最终图像的反转单色投影；更具体地，在以灰度级 3 或 4 结尾的所有转变中，刚好在置位脉冲之前象素是黑的，而对于以灰度级 1 或 2 结尾的所有转变，刚好在置位脉冲之前象素是白的。另外，根据 IMP 方法的优选的另一种形式，如由各种波形中刚好在第二复位脉冲之前的 $R_{1,m}$ 所表示的，刚好在第二复位脉冲之前的显示器上的图像是置位脉冲之后的最终图像的单色投影；更具体地，在以灰度级 3 或 4 结尾的所有转变中，刚好在第二复位脉冲之前象素是白的，而对于以灰度级 1 或 2 结尾的所有转变，刚好在第二复位脉冲之前象素是黑的。

[0194] 然而，从图 14 和 15 可以得出，在各种波形中在各点处实现的给定灰度级的反射率不一定精确地相同，虽然假设在相同灰度级的象素之间的差异相对于显示器的整个动态范围（两个极端光学状态的反射率之间的差异）是小的。例如，刚好在第二复位脉冲之前，经受图 14 中波形 1420 与 1460 的象素都应在灰度级（白）。然而，经受波形 1420 的象素在这点上将已恰好完成黑至白转变，而经受波形 1460 的象素可能已处在白状态一段时间且（如在一些前面提及的“方法”申请中所讨论的）双稳态电光介质的光学状态趋向于“漂移”（即随时间渐渐改变）而它们没有被驱动。因此，经受波形 1460 的象素的实际白状态可以与经受波形 1420 的刚才被重写的象素的白状态稍有不同。对 IMP 驱动方案的修正，如下面所讨论的那些，可以修正在波形中各种目标状态和其它点处达到的反射率，从而各种目标和其它状态的反射率可以明显偏离没有进行这样的修正而达到的目标状态处的反射率。

[0195] 虽然图 14 和 15 中所图示的 IMP 驱动方案仅使用两个复位脉冲从而仅使用两个目标状态，本发明的 IMP 方面当然不限定特定数目的复位脉冲和目标状态；例如，图 16 以与图 12 同样的方式用符号图示了一种 IMP 驱动方案，该 IMP 驱动方案在单色投影及反转单色投影目标状态之前包含中间黑 (B) 以及白 (W) 状态。

[0196] 应当注意的是，不是显示器的所有象素必然地在显示器从初始图像重写到想要的最终图像期间在时间上的相同点达到给定的目标状态（例如，反转单色投影目标状态）。目标状态到达的转变中的时间点分别是初始及想要的最终灰度级 R_2 及 R_1 的函数。理想地（以及如这里通常所图示的），对于 R_2 与 R_1 的时间点与被驱动经过各种目标状态的整个显示器匹配，且这些目标状态由所有象素同时到达。然而，通常希望将驱动方案的各种波形移动相对计时。可以出于美学原因来完成波形的时间移动，例如，以改善转变的外观或所产生的图像的外观。还有，如下面所讨论的那样的修正可以移动目标状态的相对时间位置，从而对于 R_2 与 R_1 的各种组合，在转变期间在不同时间达到目标状态。

[0197] 可以给出 IMP 驱动方案的可替代的定义，而不明确提及反转单色投影。IMP 驱动方案是这样的驱动方案，其中显示器的各种灰度级可以由阈值分割使得一个极端光学状态和至少一个非极端光学状态位于阈值的每一侧上，幻灯片显示驱动方案的置位脉冲被限定使

得每个置位脉冲影响穿过阈值的转变。如这个定义所阐明的，在 IMP 驱动方案中，每个波形的最终置位脉冲驱动象素从较远离想要最终灰度级的极端光学状态至该想要的最终灰度级，其中“较远”被用来表示“在阈值的相反侧上”而不是简单地计数在想要的最终灰度级与两个极端光学状态之间的灰度级数目差。

[0198] 已经发现 IMP 驱动方案允许精确控制最终灰度级且提供宽的温度性能范围。相信的是（尽管本发明绝不受此信念限制），与这些优势相联系的是用于驱动从“较远的”极端光学状态至最终灰度级的相对长的置位脉冲，以及在显示器更新期间在驱动电子线路上产生的相对恒定的功耗 (power drain)。

[0199] 上面所述的基本的 IMP 驱动方案可以用几种不同方式有效地修正以对所达到最终灰度级进行小的调节，从而改变转变期间显示器的外观且达到想要的图像质量。

[0200] IMP 驱动方案的第一种类型修正是，用与 BPPSS 驱动方案中所实施的方式类似的方式（如在上面部分 A 中所讨论的），插入或去除平衡脉冲对，和 / 或插入零电压时段到波形中。所用的平衡脉冲对可以例如具有图 4A-4C 中所示的任何形式。修正基本 IMP 波形以插入或去除 BPP 或插入零电压时段（中止）可以用前面所述的任何方式来实施。BPP 可以插在两个连续的基本波形元素之间或在单个的基本波形元素内。在许多情况下，这会产生增加到特定目标状态或远离特定目标状态的脉冲长度的效果。去除的 BPP 可以由零电压时段来代替，或其它基本波形元素可以在时间上移动以“闭合”由所去除的 BPP 以前占据的时段，且零电压时段可以插在波形中其它点。如在 BPPSS 驱动方案中一样，所达到的最终灰度级不仅对波形中 BPP 和中止的存在灵敏而且对它们在波形中的位置灵敏，总的规则是，BPP 被插入或去除或中止被插入在波形中越早，对最终灰度级的变化的影响越小。

[0201] 重要的是，认识到这样的波形修正不仅仅影响最终光学状态（即，最终灰度级）的反射率而且还影响中间目标状态的反射率。虽然基本 IMP 波形的目标状态通常靠近极端光学状态（光学导轨）之一，以及按定义，靠近针对最后目标状态的光学导轨，或者 IMP 驱动方案的优选形式中的最后两个目标状态，但是上面所述的修正可以改变在远离光学导轨的目标状态的反射率。就是向光学导轨驱动的程度变化给出对最终光学状态（灰度级）的小调节。

[0202] 已发现希望保持每个包含 BPP 的电压脉冲的冲击相当小。BPP 的幅值可以由参数 d 限定，参数 d 的绝对值描述 BPP 的两个电压脉冲的每一个的长度，且参数 d 的符号表示两个脉冲中的第二脉冲的符号。例如，在图 4A 和 4B 中所示的 BPP 分别被赋予 +1 和 -1 的 d 值（而图 4C 中的 BPP 在一致的方案中被赋予 -1 的 d 值，其在两脉冲之间插入了间隙修正）。在 IMP 驱动方案的优选实施例中，所用的所有 BPP 具有幅值小于 PL 的 d 值，优选地，小于 PL/2，其中 PL（用相同的单位测量 BPP）被定义为驱动象素从一个极端光学状态至另一极端光学状态所需的电压脉冲长度，或者该电压脉冲的平均值，其中在该驱动方案的驱动电压特性方面，用于两个方向的转变的长度是不相同的。在刚给出的例子中，d 用显示器扫描帧的单位表示，图 4A 和 4B 的 BPP 具有多个电压脉冲，每个电压脉冲长度为一个扫描帧。在这种情况下，PL 也将用扫描帧来定义。当然所有数量可替代地可以用时间单位表示，如秒或毫秒。

[0203] 图 17 图示了通过插 BPP 来修正图 14 中所示的 IMP 波形 1440 而生成的三个波形。图 17 中所示的第一波形（通常标示为 1700）除了 BPP 1702 被插在波形末尾处之外与波形

1440 相同，其中所述 BPP1702 包含 -15V 10 毫秒脉冲，之后为 +15V 10 毫秒脉冲。图 17 中所示的第二波形（通常标示为 1720）被插入与 BPP 1702 相同的 BPP1722，但是插在波形的第二复位脉冲与置位脉冲之间；为了容纳 BPP1722，两复位脉冲在时间上向前移动 20 毫秒，相应地减少在波形开始时的零电压时段。图 17 中所示的第三波形（通常标示为 1740）具有插在波形的第一和第二复位脉冲之间 BPP 1742；BPP 1742 与 BPP1702 和 1722 相比具有与其相反的脉冲次序，且每个脉冲长度为 20 毫秒。为了容纳 BPP 1742，第一复位脉冲在时间上被向前移动 40 毫秒，相应地减少在波形开始时的零电压时段。

[0204] 图 18 示出了通过从中去除 BPP 来修正图 14 中所示的 IMP 波形 1440 而生成的三个波形。图 18 中所示的第一波形（通常标示为 1760）是通过从波形 1440 去除 BPP 1762 且不改变剩余的波形元素而生成的，其中 BPP 1762 包含第二复位脉冲的最后 10 毫秒扫描帧以及置位脉冲的第一扫描帧。图 18 中所示的第二波形（通常标示为 1780）是通过从波形 1440 去除 BPP 1782 且不改变剩余的波形元素而类似地生成的，其中 BPP 1782 包含第一复位脉冲的最后两个扫描帧以及第二复位脉冲的头两个扫描帧，从而使得在被去除的 BPP 所占据那点处有 40 毫秒零电压时段。最后，图 18 中所示的第三波形（通常标示为 1800）是通过从波形 1440 去除一 BPP（所述 BPP 包含第一复位脉冲的最后一个扫描帧以及第二复位脉冲的第一个扫描帧）、并且通过在时间上向后移动第一复位脉冲的剩余扫描帧 20 毫秒而闭合所产生的间隙（在该波形的开始相应地增加零电压时段）而生成的。

[0205] 图 19 图示了图 17 中所示的波形 1720 的可能的另一修正。图 19 的上部分重复图 17 的基本波形 1720，包括 BPP 1722。图 19 还图示了修正的波形（通常标示为 1920），该修正的波形包含类似于 BPP1722 的 BPP 1922，但其在时间早 40 毫秒地被插入在第二复位脉冲的最后四个扫描帧之前。图 19 还图示了第二修正波形（通常标示为 1940），其包含类似于 BPP 1722 的 BPP 1942，但其在时间早 130 毫秒地被插入在第二复位脉冲的后十三个扫描帧之前。如已经指出的，由图 19 中所示的那样一些波形所达到的最终灰度级是平衡脉冲对插入位置的函数，所以如图 19 中所示那样的修正可以用于精细调节最终灰度级。

[0206] 图 20 图示通过在图 14 中所示的基本 IMP 波形 1440 中插入零电压时段（中止）而生成的修正的 IMP 波形。图 20 中所示的第一波形（通常标示为 2000）是通过在波形的第二复位脉冲与置位脉冲之间插入 20 毫秒中止（表示为 2002）而生成的，所述的两个复位脉冲在时间上向前移动了 20 毫秒，且在波形的开始相应地减少了零电压时段。图 20 中所示的第二波形（通常标示为 2020）是大体上类似于波形 2000，但波形 2020 具有的中止（表示为 2022）比中止 2002 晚 40 毫秒地插入在置位脉冲的前四个扫描帧之后。图 20 中所示的第三波形（通常标示为 2040）也大体上类似于波形 2000，但波形 2040 具有的中止（表示为 2042）比中止 2002 晚 130 毫秒地插入在置位脉冲的前十三个扫描帧之后。在波形 2020 及 2040 中，分别在中止 2022 或 2042 之前的置位脉冲的扫描帧与波形 2000 相比较在时间上向前移动 20 毫秒，以容纳中止。如已经提到的，由波形所达到的最终灰度级对中止的存在和位置是灵敏的，所以像图 20 中所示的那样的基本波形的修正可以用来精细调节由波形所生成的最终灰度级。

[0207] 如已经指出的，希望 IMP 驱动方案是 DC 平衡的，在这个意义上，对于任何灰度级循环（即开始和结束于相同灰度级的任何灰度级序列），施加到象素上的冲击的代数和是零。灰度级循环的例子是：

[0208] 1-》1

[0209] 2 → 3 → 2

[0210] 4 → 4 → 3-》2-》4

[0211] 我们可以定义不能减缩的灰度级循环为这样的灰度级序列，其在第一灰度级开始，经过零个或更多灰度级至第一灰度级结束，而除了最终的灰度级（其如已经指出的与第一灰度级相同）之外不访问任何灰度级一次以上。明显地，对于任何灰度级，存在一定数量的不可减缩的循环。另外，可以示出任何灰度级序列，例如复杂的序列：

[0212] 1 → 4 → 3 → 2-》3 → 2-》3 → 2 → 1 → 2 → 1

[0213] 可以变为不可减缩的循环序列以及在不可减缩的循环内嵌入的不可减缩的循环。例如，上述序列可以被分解成有限组不可减缩的循环，即两个连续的 2 → 3 → 2 循环被嵌入到 1 → 4 → 3 → 2 → 1 循环，而且其后跟着循环 1 → 2 → 1。

[0214] 如果所有不可减缩的循环是 DC 平衡的，则开始和结束于相同灰度级的所有可能序列都是 DC 平衡的。IMP 驱动方案的优选实施方式是对于所有不可减缩的循环的净电压冲击是零，即所述波形是 DC 平衡的。

[0215] DC 平衡 IMP 波形不是绝对必要的。虽然大的 DC 不平衡使显示器的成像性能受损害，但是小数量的 DC 不平衡是可以接受的。当达到完全的 DC 平衡是不可能的时候，IMP 驱动方案希望被控制使得由任何不可减缩的循环中的转变数目所分割的那个循环的净冲击小于 Q，其中 Q 是针对象素的两个极端光学状态之间的转变的净冲击的绝对值的较小者的四分之一，其中所述冲击用驱动方案的特征电压 (characteristic voltage) 来确定。驱动成像薄膜从一个极端光学状态至另一极端光学状态所要求的净冲击表示介质的特征冲击 (characteristic impulse)，且近似 DC 不平衡应相对于这个特征冲击加以测量。

[0216] 还有通常希望的是 IMP 驱动方案是“尖桩栅栏 (picket fence)”型的。如在前面提及的“方法”申请中所述的，通常需要或希望用可提供仅仅两个驱动电压的驱动电路来驱动电光显示器。因为双稳态电光介质通常需要在它们的极端光学状态之间在两个方向上进行驱动，所以首先可能是会需要至少三个驱动电压，即 0，+V，-V，其中 V 是基本上任意的驱动电压，使得对于特定象素的一个电极（通常是常用的主动矩阵显示器 (active matrix display) 中的公共的前电极）可以保持在 0，而另外一个电极（通常是对于那个象素的象素电极）可以根据所述象素需要被驱动的方向而保持在 +V 和 -V。当使用两电压驱动电路时，驱动方案的每一波形被分割成多个时间段；通常这些时间段是等持续时间的，但不一定是这种情形。在非尖桩栅栏驱动方案中，可以对任何指定的象素在任意时间段施加正的、零、或负的驱动电压。例如，在三驱动电压系统中，共用的前电极可以保持在 0，而单个的象素电极被保持在 +V，0，或 -V。在尖桩栅栏驱动方案中，每个时间段实际上被分割成两个；在所产生的两个时间段之一中，可以对任何指定的象素仅施加负或零驱动电压，而在另一个所产生的时间段中，可以对任何指定的象素仅施加正或零驱动电压。例如，考虑具有驱动电压 V 和 v 的两驱动电压系统，其中 V ＞ v。在每对时间段的第一个时间段中，共用的前电极被设定到 V，象素电极被设定到 V（零驱动电压）或 v（负驱动电压）。在每对时间段的第二个时间段中，共用的前电极被设定到 v，象素电极被设定到 v（零驱动电压）或 V（正驱动电压）。所产生的波形比相应的非尖桩栅栏波形长两倍。

[0217] 通常还希望的是，IMP 驱动方案能够局部更新。如在前面提及的“方法”申请中所

述的，通常希望以允许局部更新显示器的特定区域的方式驱动电光显示器，其中电光显示器的特定区域正在经受变化而显示器的其余部分仍然没有变化；例如，可以希望更新用户正在输入文本的对话框而不更新显示器的背景图像。任何 IMP 驱动方案的局部更新版本可以通过从针对零转变（即从一个灰度级至相同灰度级的转变）的所述波形中去除所有非零电压而生成。例如，从灰度级 2 至灰度级 2 的波形通常由一系列的电压脉冲组成。从该波形中去除非零电压，且对所有其它零转变这样做，得到 IMP 波形的局部更新版本。这种局部更新版本在转变期间希望最小化无关的闪烁时是有益的。

[0218] 下面的实验说明了上面所讨论的修正在由 IMP 驱动方案所生成的灰度级的精细控制中的使用。

[0219] 所封装的电泳介质包含内相 (internal phase)，包含封装在凝胶 / 阿拉伯树胶内的在碳氢化合物液体中的聚合物涂层钛和聚合物涂层碳黑粒子，所封装的电泳介质被制备并被引入到实验性的单象素显示器中，基本上所有这些都如前面提到的美国专利公开 2002/0180687 的 [0069] 至 [0076] 段中所描述的。然后，实验性显示器用四个灰度级 IMP 驱动方案来驱动。已经发现可以由 +15V，500 毫秒脉冲驱动显示器从灰度级 4（白）至灰度级 1（黑），而由 -15V，500 毫秒脉冲实施相反的转变，从而构建了基本的两复位脉冲 IMP 驱动方案。图 21 以高度示意性方式显示了该基本 IMP 驱动方案的所有十六个波形，其被标有标签 $[Ri,R_2]$ 使得给出的第一个数代表最终灰度级。例如，在图 21 的右上角显示的波形 [14] 实施从灰度级 4（白）至灰度级 1（黑）的转变，且包含第一 +15V 500 毫秒复位脉冲（其驱动象素变黑）、第二 -15V 500 毫秒复位脉冲（其驱动象素变白）、以及 +15V 500 毫秒置位脉冲（其驱动象素变黑）。

[0220] 用该基本 IMP 驱动方案驱动实验性显示器经过灰度级的变化序列，并在每个序列完结时测量显示器的反射率；所述结果被示出在图 22 中。图 22 中的每个点表示在达到横坐标上所的最终灰度级之前不同灰度级序列之后的反射率。从图 22 将看到，在相同标称的灰度级处达到的反射率变化显著，且这种变化当然是不想要的，因为它对由多象素显示器所生成的图像质量产生负面影响。尤其，人眼对发生在假设在相同灰度级的象素块内的灰度级的微小变化都非常敏感，而图 22 指示出这样的变化可能被认为是象素的在先灰度级差异的结果。

[0221] 然后 IMP 驱动方案用上面所述的方式进行修正，即插入或去除平衡脉冲对（在去除的情况下闭合所产生的间隙）以及在各波形的开始或结尾处插入或去除零电压时段，以便在各种灰度级序列之后实现一致的灰度级，以生成图 23 所示的修正的 IMP 驱动方案。图 24 显示了用与图 22 中相同的灰度级序列由图 23 的修正的 IMP 驱动方案所生成的灰度级。从图 24 将会看到，图 24 的修正的 IMP 驱动方案比图 21 的未经修正的驱动方案生成更一致得多的灰度级。

[0222] 部分 C：平衡脉冲对驻留时间补偿方法及装置

[0223] 如已经提到的，在第三方面，本发明提供一种用于驱动具有至少一个象素的电光显示器，所述象素能够实现至少两个不同的灰度级。在这种方法中，根据在转变开始的状态中象素的驻留时间的持续长度，至少两个不同的波形被用于特定灰度级之间的相同转变；这两个波形因为至少一次插入和 / 或去除至少一个平衡脉冲对、或插入至少一个零电压时段而彼此不同，其中“平衡脉冲对”具有前面所定义的含义。非常优选的是，在这种方法中

驱动方案是 DC 平衡的（该术语在前面定义过）。

[0224] 在这种平衡脉冲对驻留时间补偿 (BPPDTC) 方法（和在已经描述的 BPPSS 和 IMP 方法中一样）中，插入和 / 或去除平衡脉冲对和 / 或零电压时段（中止）可以在单个波形元素内或两个连续的波形元素之间实施。用于在转变开始的初始状态中不同驻留时间之后的相同转变的两个波形以后可以称为“可替代的驻留时间”或“ADT”波形。

[0225] 应当注意的是，ADT 波形因为 BPP 或中止在波形内的位置和 / 或持续时间而彼此不同（例如参见下面图 25B-25E 的讨论），因为 BPP 或中止的这种移动通常可以被认为是在一个位置去除 BPP 或中止和在不同位置插入 BPP 或中止的结合，或（在相同位置处持续时间变化的情况下）被认为是在所述位置处去除 BPP 或中止以及在相同位置处插入不同的 BPP 或中止的结合。

[0226] 在 BPPDTC 驱动方案中，与前面在部分 A 和部分 B 中所描述的 BPPSS 和修正的 IMP 驱动方案中一样，BPP 和 / 或中止的插入或去除引起相同的问题，且可以用相同的方式来处理。因此，其中根据本发明的 BPPDTC 方面的 ADT 波形之间的差异包括去除至少一个 BPP，由所述或每个被去除的 BPP 以前占据的时段可以变为零电压时段。可替代地，这个时段可以通过在时间上向前移动一些或所有较后面的波形元素而被“闭合”，一般在所述波形的某较后面的阶段插入零电压时段，通常在所述波形的末尾，以确保保持波形的整个长度。（在任何实际的显示器中，其通常会有至少数千个象素，在任何转变中通常会有至少一个象素经历每个可能的转变，且如果对于所有象素的波形长度不同，则控制器逻辑变得极为复杂。）可替代地，当然，所述时段可以通过在时间上向后移动一些或所有较早的波形元素而被“闭合”，在所述波形的较早阶段（通常在所述波形的开始）插入零电压时段。

[0227] 类似地，插入 BPP 增加了波形的总的持续时间，除非现有的零电压时段同时被去除。因为非常希望驱动方案的所有波形具有相同的总长度，当驱动方案的一个波形具有插入的 BPP 时，该驱动方案的所有其它波形应具有加入其中的零电压时段，或作一些其它的修正，以补偿因插入 BPP 而引起的总波形长度的增加。例如，如果 40 毫秒 BPP 被插入到上面表 1 中所示的黑至白波形中（其具有 420 毫秒的波形长度），则 40 毫秒可能被加入到表 1 所示的其余三个波形中，使得所有波形具有 460 毫秒的长度。明显地，如果适当的话，BPP 可以被加入到其它三个波形中而不是中止，或者可以使用总长为 40 毫秒的 BPP 和中止的某种组合。

[0228] 现将只通过图示说明的方式说明本发明的 BPPDTC 方面的优选的驱动方案和波形。在这种驱动方案和波形中所用的平衡脉冲对可以是上面所述的任何类型；例如，可以使用图 4A-4C 中所示类型的 BPP。

[0229] 图 25A-25E 图示说明了可用于根据本发明的 BPPDTC 方面的单个转变的可替代的驻留时间波形。图 25A 图示说明了在上面表 1 的第三行以及表 2 的最后一行中所提到的黑至白波形。因为这是适于在黑状态驻留长时间之后的黑至白转变的波形，所以它可以被认为是根据本发明的 BPPDTC 方面而被修正的黑至白波形，以生成适于在黑状态驻留较短时间之后的黑至白转变的波形。如已经指出的，图 25A 的基本波形包括 -15V，400 毫秒脉冲，其后为 0V 持续 20 毫秒。

[0230] 图 25B 图示了图 25A 的基本波形的修正，已发现当在初始黑状态仅驻留不大于 0.3 秒的短时间之后实施黑至白转变时，其对减少最后白状态的反射率是有效的。图 25B 的波

形通过在图 25A 的波形的 -15V，400 毫秒脉冲末尾插入类似于图 4A 中所示的 BPP 300 的 BPP 而生成，从而图 25B 的波形包含 -15V，420 毫秒脉冲，其后跟着 +15，20 毫秒脉冲以及 0V 持续 20 毫秒。

[0231] 图 25C 和 25D 图示说明了用于与图 25A 和 25B 的波形相同的黑至白转变的两个另外的 ADT 波形。已发现，当在黑状态分别驻留 0.3 至 1 秒和 1 至 3 秒之后实施黑至白转变时，图 25C 和 25D 的波形对标准化最终白状态的反射率是有效的。图 25C 和 25D 的波形是通过在图 25A 的波形中插入与图 25B 中相同的 BPP 而生成的，但是插入的位置不同于图 25B。如上面所指出的，已经发明，BPP 被插入到基本波形（或从基本波形中去除）的位置对转变后的最终光学状态有显著的影响，因此移动 BPP 在基本波形中的插入位置是因象素在初始光学状态驻留时间的变化而对波形进行补偿的有效手段。

[0232] 图 25E 是对图 25A 的波形的优选替代方案，用于在黑状态驻留长时间（3 秒或更长）后实施黑至白转变。图 25E 的波形大体类似于图 25B-25D 的波形，其中它是通过在图 25A 的波形中插入相同的 BPP 而生成的。然而，在图 25E 中，BPP 被插入在波形的起始处；还发现了想要的是使 BPP 的脉冲持续 40 毫秒而不是 20 毫秒，因为这使波形的总的持续时间为 500 毫秒，当图 25E 的波形与图 25B-25D 的波形结合使用时，有必要在波形的末尾处“插入”另外的 40 毫秒的 0V。因此，对于黑至白转变的优选的一组 ADT 波形如下面表 3 中所示：

[0233] 表 3

[0234]

驻留时间	波形
0 至 0.3 秒（图 25B，被插入）	-15V，420ms；15V，20ms； 0V，60ms
0.3 秒至 1 秒（图 25C，被插入）	-15V，220ms；15V，20ms； -15V，200ms；0v，60ms
1 秒至 3 秒（图 25D，被插入）	-15V，20ms；15V，20ms； -15V，400ms；0v，60ms
3 秒或更长（图 25E）	-15V，40ms；15V，40ms； -15V，400ms；0V，20ms

[0235] 注意到，在表 3 中对于所有 ADT 波形并因此对于所有初始状态驻留时间，用于黑至白转变的冲击都是 -15V*400ms，或者是 6V 秒，使得该驱动方案是 DC 平衡的。

[0236] 如已经提到的，DTC 也可以通过从基本波形中去除 BPP 而被实现。例如，考虑下面在表 4 中所示的驱动方案：

[0237] 表 4

[0238]

转变	波形
黑至黑	0V，820ms

黑至白	+15V,400ms ;-15V,400ms ;然后 0V,20ms
白至黑	-15V,400ms ;+15V,400ms ;然后 0V,20ms
白至白	0V,820ms

[0239] 注意到,在这个驱动方案中,不仅整个驱动方案而且所有波形都是“内部”DC 平衡的 ;这种内部 DC 平衡的合意性在前面提到的 WO2004/090857 中被详细讨论。还有,用于 DTC 的方法将参照黑至白转变来讨论,虽然应明白的是,白至黑转变的 DTC 可以用类似的方式来实现。

[0240] 在这个例子中,黑至白转变的 DTC 是通过去除 BPP 来实现的,即通过去除具有一个极性及一段持续时间的一个电压脉冲的一部分同时去除具有相反极性和相等持续时间的一个电压脉冲的类似部分而实现的。可以或者用零电压时段替换被去除的脉冲部分,或者在时间上可以移动波形的剩余部分以占据由所去除的脉冲对以前占据的时段,并且,为了保持总的更新时间,与所去除的脉冲对的持续时间相匹配的零电压段可以被增加到其它任何位置,通常在波形的开始或末尾。

[0241] 图 26A、26B 和 26C 示意性图示了针对用于在黑状态驻留少于 0.3 秒的短时间的 DTC 的上述表 4 中第三行中所列的黑至白波形的修正的过程。图 26A 图示了表 4 的基本波形。图 26B 示意性地显示了从图 26A 的波形去除由正电压脉冲的后 80 毫秒部分以及负电压脉冲的前 80 毫秒部分而形成的 BPP,所产生的间隙通过在时间上向前移动负脉冲而被消除,如由图 26B 中的箭头所示。图 26C 中显示了所产生的驻留时间补偿波形,其包含 320 毫秒正脉冲、320 毫秒负脉冲以及 180 毫秒零电压时段。

[0242] 在这种情况下,已发现,针对所有驻留时间的 DTC 可以通过改变所去除的 BPP 的长度简单地实现,且发现对于在黑状态驻留 3 秒以上的长时间,图 26A 的基本波形是满足的。因此在这种情况下对于黑至白转变的 ADT 波形的全部列表显示于下面的表 5 中 :

[0243] 表 5

[0244]

驻留时间	波形
0 至 0.3 秒	+15V,320ms ;-15V,320ms ;然后 0V,180ms
0.3 秒至 1 秒	+15V,360ms ;-15V,360ms ;然后 0V,100ms
1 秒至 3 秒	+15V,380ms ;-15V,380ms ;然后 0V,60ms
3 秒或更长	+15V,400ms ;-15V,400ms ;然后 0V,20ms

[0245] 如已经提到的,当用图 26B 所示的方式从基本波形中去除 BPP 时,在时间上移动剩余部分不是必要的 ;所去除的 BPP 可以由零电压时段简单地替换。下面表 6 显示了与表 5 中类似的一组修正的 ADT 波形,但所去除的 BPP 用零电压时段来替换 :

[0246] 表 6

[0247]

驻留时间	波形
0 至 0.3 秒	+15V,320ms ;0V,160ms ;-15V,320ms ;然后 0V,20m
0.3 秒至 1 秒	+15V,360ms ;0V,80ms ;-15V,360ms ;然后 0V,20ms
1 秒至 3 秒	+15V,380ms ;0V,40ms ;-15V,380ms ;然后 0V,60ms
3 秒或更长	+15V,400ms ;-15V,400ms ;然后 0V,20ms

[0248] 虽然本发明的 BPPDTC 方面在上面已参照具有仅仅两个灰度级的显示器初步进行了描述,但并不受此限制而是可以应用至具有更多数目灰度级的显示器。还有,虽然在附图中所示的特定波形中,在所述波形内单个点处实施了插入或去除 BPP 的两个元素,但是本发明并不限于在单个点插入或去除 BPP 的波形 ;BPP 的两个元素可以在不同的点插入或去除,即,形成 BPP 的两个脉冲不必是刚好连续的,而是可以被时间间隔分开。另外,一个或两个 BPP 脉冲可以被细分成几个部分,然后这些部分可以被插入到用于 DTC 的波形中或从中去除。例如, BPP 可以由 +15V,60 毫秒脉冲和 -15V,60 毫秒脉冲组成。该 BPP 可以被分成两个部分,例如,后面紧跟着 -15V,20 毫秒脉冲的 +15V,60 毫秒脉冲、和 -15V,40 毫秒脉冲,且这两个部分同时被插入到波形中或从其中去除以实现 DTC。

[0249] 还发现,在波形中插入零电压段或从其中去除零电压段影响转换之后的最终灰度级,因此这种零电压段的插入或去除提供了用于调节最后灰度级以实现 DTC 的第二种方法。这种零电压段的插入或去除可以单独使用或者与 BPP 的插入或去除结合使用。

[0250] 虽然本发明的 BPPDTC 方面在上面主要参照脉宽调制波形 (其中在任何给定时间施加到象素上的电压只能为 -V,0 或 +V) 进行描述,但是本发明不限于使用这种脉宽调制波形而是可以使用电压调制波形,或者使用脉冲和电压调制的波形。平衡脉冲对的前面的定义可以由具有零净冲击的极性相反的两个脉冲来满足,且不要求这两个脉冲电压或持续时间相同。例如,在电压调制驱动方案中,BPP 可以由后面跟着 -5V,60 毫秒脉冲的 +15V,20 毫秒脉冲组成。

[0251] 根据前面说明将看到,本发明的 BPPDTC 方面允许驱动方案的驻留时间补偿,同时保持驱动方案的 DC 平衡。这种 DTC 可以降低电光显示器中重影度。

[0252] 部分 D :目标缓冲区方法及装置

[0253] 如已经提到的,本发明提供使用目标缓冲区驱动具有多个象素的电光显示器的的两种不同方法,其中每个象素能够实现至少两种不同的灰度级。这两种方法中的第一种方法、即非极性目标缓冲区方法包括 :提供初始的、最终的及目标数据缓冲区 ;确定何时在初始和最终数据缓冲区中的数据不同,以及当这种差异被发现的时候,通过以下方式更新目标数据缓冲区中的数值,所述方式是 :(i) 当初始和最终数据缓冲区包含针对特定象素的相同的值时,将目标数据缓冲区设置为该值 ;(ii) 当初始数据缓冲区包含的针对特定象素的值比最终数据缓冲区的值更大时,将目标数据缓冲区设置为初始数据缓冲区的数值加上一增量 ;以及 (iii) 当初始数据缓冲区包含的针对特定象素的值比最终数据缓冲区的值更小时,将目标数据缓冲区设置为初始数据缓冲区的数值减去所述增量 ;使用分别作为每个象素的初始和最终状态的初始数据缓冲区和目标数据缓冲区中的数据更新显示器上的图

像；接着，将来自目标数据缓冲区中的数据拷贝到初始数据缓冲区中；以及重复这些步骤直到初始和最终数据缓冲区包含相同的数据。

[0254] 在这两种方法的第二种方法中，即在极性目标缓冲区方法中，再次提供最终、初始和目标数据缓冲区，以及极性位阵列，该极性位阵列被设置为存储显示器的每个象素的极性位。再次，比较初始和最终数据缓冲区中的数值，当它们在极性位阵列中的值不同时，目标数据缓冲区通过以下方式更新，即 (i) 当在初始和最终数据缓冲区中针对特定象素的数值不同且在初始数据缓冲区中的数值表示所述象素的极端光学状态时，针对所述象素的极性位被设定到表示向相反的极端光学状态转变的数值；并且根据在极性位阵列中的相关数值，目标数据缓冲区被设定为初始数据缓冲区的数值加上或减去一个增量。然后，在显示器上的图像以与在第一方法中相同的方式进行更新，之后来自目标数据缓冲区的数据被拷贝到初始数据缓冲区中。这些步骤被重复直至初始和最终缓冲区包含相同的数据。

[0255] 用于双稳态电光显示器的现有技术控制器通常使用与下面列表 1 中所示的逻辑类似的逻辑（这里所有列表是用伪码）：

[0256] 列表 1

```
[0257]  pixel array initial[x_size,y_size]
[0258]  pixel array final[x_size,y_size]
[0259]  while()#endless loop
[0260]      initial: = final
[0261]      if(host has new data)
[0262]          final: = new_image
[0263]          update_display(initial,final)
```

[0264] 用以这种方式工作的控制器，显示器等待接收新图像信息，然后，当接收了这种新图像信息时，在使新信息被发送到显示器之前进行一个全面更新，即一旦新图像已被显示器接受，显示器在需要显示第一新图像的显示器的重写已被完成之前不能接受第二新图像，且在一些情况下，该重写过程可能会花数百毫秒，参看在前面部分 A-C 中所提出的驱动方案。因此，当使用者正在滚读或打字时，在该全面更新（重写）时间，显示器对用户输入表现出不灵敏。

[0265] 相对照，实施本发明的非极性目标缓冲区方法的控制器由下面列表 2 的例示的逻辑来运行（为了方便起见，这种类型的控制器之后可以称为“列表 2 控制器”）：

[0266] 列表 2

```
[0267]  pixel array initial[x_size,y_size]
[0268]  pixel array final[x_size,y_size]
[0269]  pixel array target[x_size,y_size]
[0270]  while()#endless loop
[0271]      initial: = target
[0272]      final: = host_frame_buffer
[0273]      if initial ! = final
[0274]      for each pixel in initial
[0275]          if Initial == final then target: =
```

initial

[0276] if Initial > final then target: = initial+1

[0277] if initial < final then target: = initial-1

[0278] update_display(initial,target)

[0279] 在该用于NPTB方法的修正的控制器逻辑中,有三个图像缓冲区。初始和最终缓冲区与现有技术控制器相同,且新的第三缓冲区是“目标”缓冲区。该显示器控制器可以在任何时刻将新图像数据接受到最终缓冲区中。当所述控制器发现在最终缓冲区中的数据不再等于初始缓冲区中的数据(即要求重写图像)时,根据初始和最终缓冲区中的相关数值之间的差异,通过使初始缓冲区中的数值加1或减1(或让它们保持不变)来构建新的目标数据集。然后,所述控制器使用来自初始和目标缓冲区的数值用通常的方式进行显示器更新。当这个更新完成时,所述控制器将来自目标缓冲区中的数值拷贝至初始缓冲区中,然后重复初始和最终缓冲区之间的求差异操作。当初始和最终缓冲区具有相同的数据集时完成整个更新。

[0280] 因此,在该NPTB方法中,整个更新被实施为一系列子更新操作,一次这样的子更新操作发生在使用初始和目标缓冲区更新图像的时候。以后在对于这些子更新操作的每一个所要求的时段将使用术语“中间帧”(meso-frame);当然这样的中间帧表示在为显示器的单个扫描帧所要求的帧(参见前面提及的“方法”申请)与超帧之间的时段,或者为完成整个更新所要求的时段。

[0281] 本发明的NPTB方法用两种方式提高了交互性能。首先,在现有技术的方法中,在更新过程期间控制器使用最终数据缓冲区,使得没有新数据可以被写入到该最终数据缓冲区中同时进行更新,因此显示器在更新所要求的整个时段期间不能响应新的输入。在本发明的NPTB方法中,最终数据缓冲区仅用于目标数据缓冲区中数据集的计算,且该计算是简单的计算机计算,可以比更新操作实施得快速得多,所述更新操作要求来自电光材料的物理响应。一旦目标数据缓冲区中的数据集的计算完成,所述更新不要求再访问最终数据缓冲区,从而最终数据缓冲区可以用来接受新数据。

[0282] 因为上面提到的“方法”申请中所讨论的原因以及后面又讨论的关于波形的原因,通常期望以循环的方式驱动象素,在这个意义上,一旦由一个极性的电压脉冲已驱动象素远离一个极端光学状态,直到该象素达到其另一极端光学状态才对该象素施加相反极性的电压脉冲;参见,例如,图11A和11B以及前面2003/0137521的相关描述。该限制由本发明的PTB方法来满足,该方法可以使用用下面列表3所例示的逻辑来运行的控制器(此后,为了方便起见,这种类型的控制器可以被称为“列表3控制器”;该列表假设具有编号为1(黑)至4(白)的灰度级的四灰度级系统,虽然本领域的技术人员可以很容易修改用于具有不同编号的灰度级的操作的伪码):

[0283] 列表3

[0284] pixel array initial[x_size,y_size]

[0285] pixel array final[x_size,y_size]

[0286] pixel array target[x_size,y_size]

[0287] bit array polarity[x_size,y_size]

[0288] while()#endless loop

[0289] initial: = target

[0290] final: = host_frame_buffer

[0291] if initial ! = final

[0292] for each pixel in initial

[0293] if initial == 1 then polarity: = 1

[0294] if initial = 4 then polarity: = 0

[0295] if initial ! = final then target: = initial+(polarity-

[0296] 0.5)*2

[0297] update_display(initial,target)

[0298] 该PTB方法要求四个图像缓冲区,第四个是具有对显示器的每个象素的单个位的“极性”缓冲区,该单个位表示相关联的象素的当前转变方向,即象素当前是否正从白至黑(0)或黑至白(1)进行转变。如果相关联的象素当前没有经历转变,则极性位保持其来自先前转变的数值;例如,现在处于浅灰状态不变且以前是白色的象素将具有极性位0。

[0299] 在PTB方法中,当构建了新的目标缓冲区数据集时考虑极性位阵列。如果所述象素当前是黑或白,且要求转变到相反状态,则极性位相应地被设定,目标值分别被设定至最接近黑或白的灰度级。可替代地,如果对于象素的初始状态是中间(灰度)状态,则根据极性位的数值,目标值通过将所述状态增加或减去1来计算(如果极性=1,则为+1;如果极性=0,则为-1)。

[0300] 应当注意的是,在该驱动方案中,在中间状态的象素的行为独立于对于该象素的最终状态的当前值。象素自从开始从黑转变至白或从白转变至黑后将在同一方向上继续直至其到达相反的光学导轨(极端光学状态,通常黑或白)。如果在转变期间想要的图像并因此目标状态发生变化,则象素会以相反的方向返回,等等诸如此类。

[0301] 现在将讨论用于本发明的TB方法中的优选波形。下面表7示出了一种可能的转变矩阵,该转变矩阵可以用于使用本发明的NPTB和PTB方法进行一位(one-bit)(单色)操作,该转变矩阵使用两个中间态。

[0302] 表7

[0303]

		初始状态			
		1	2	3	4
目标	1	A(*)	B	-	-
状态	2	C	-	E	-
	3	-	F	-	H
	4	-	-	I	J(*)

[0304] 该转变矩阵的结构,具有黑、白、以及两种中间灰度状态,看起来与在现有技术两

位（two-bit）驱动方案中使用的非常类似问题，如在“方法”申请中所描述的那些。然而，在本发明的 TB 方法中，这些中间态不对应于稳定的灰度状态，而是仅对应过渡状态，这些过渡状态仅存在于一个中间帧的完成与下一个中间帧的开始之间。还有，对这些中间状态的反射率的均匀性没有限制。

[0305] 应指出的是，在表 7 中所示的转变矩阵中，许多元素（由短划线表示的）未被允许。控制器只允许每次转变在任一方向改变灰度级一个单位，从而涉及灰度级多个改变的转变（例如直接 1-4 黑至白转变）被禁止。在转变矩阵的主对角线上的元素（对应于零转变）对于中间态来说被禁止；针对白和黑状态，这样的主对角线元素不被推荐，但并不严格禁止，如表 7 中由星号所表示的。

[0306] 在单色 NPTB 方法中，更新序列表现为一系列状态，开始和结束于极端光学状态（光学导轨），中间灰度级序列由零驻留时间分开。例如，从黑至白的简单转变将表现为：

[0307] 1 → 2 → 3 → 4

[0308] 另一方面，如果显示器的最终状态在更新期间变化，则该转变可能变成：

[0309] 1 → 2 → 3 → 2 → 1

[0310] 最终状态的多次变化可能产生如下这样的转变：

[0311] 1 → 2 → 3 → 2 → 3 → 4

[0312] 更为普遍地，在极端黑与白光学状态之间有四种可能的转变类

[0313] 1 → 2 → 3(→ 2 → 3)-s-4

[0314] 1 → 2(→ 3 → 2) → 1

[0315] 4 → 3 → 2(→ 3 → 2)->1

[0316] 4 → 3(→ 2 → 3) → 4 型。

[0317] 其中括号表示括号内序列的零或多次重复。

[0318] 这类 NPTB 驱动方案的优化（“调节”）要求调节转变矩阵的非零元素以确保对于 1（黑）和 4（白）状态一致的反射率数值，与带括号的序列的重复数目无关。波形必须在黑和白极端光学状态中工作任意驻留时间，但在中间状态的驻留时间总是零，从而，如上所述，过渡状态的反射率是不重要的。

[0319] 通常，任何单个的中间帧更新所要求时间等于转变矩阵中最长的元素的长度。因此，用于整个更新的时间是该最长的元素的长度的三倍。在最佳的情况下，黑至白及白至黑（分别为 1 → 4 和 4 → 1）波形可能被分成三个等长度的片段；这种方式将使更新的延迟减少至整个更新时间的三分之一，而对全面更新保持相同的持续时间。当中间帧更新的长度变得更长时（这可能是优化波形的结果），有益效果变得更少。例如，如果一个元素变成两倍长，那么等待时间将增加到简单的更新时间的三分之二，完全转变将要求前面的两倍长的时间。可以测试以找到在给定的中间帧中存在的最长的元素，并动态地调节更新时间至那个长度，但该额外的计算的效果不可能是显著的。

[0320] 从驱动方案角度来看，明显的是，生成用于 NPTB 方法的可使用的灰度驱动方案比相应的单色驱动方案更困难，因为在灰度驱动方案中中间状态现在对应于实际的灰度级，从而这些中间状态的光学数值受到了限制。生成用于 PTB 方法的灰度驱动方案也是很困难的。为了减少延迟，中间帧转变必须略微缩短。例如，2 → 3 转变可能是单独的转变，可以是 1 → 2 → 3 的最后段，或者可以是 2 → 3 → 4 的开始段。因此，对使该转变缩短（以达到更

短的总更新）及精确（如果转变在灰度级 3 停止）有强烈的需求。

[0321] 灰度 PTB 方法可以通过引入多个灰度级步骤（即，通过允许在每个中间帧期间灰度级改变一个以上单位，这对应于用一个以上的步骤再插入从相关转变矩阵的主对角线去除的多个元素，如上述表 7 中所显示的），从而消除在前面段落中所描述的中间帧步骤的简并 (degeneracy)。该修正可以通过用计数器阵列代替极性位矩阵来实现，该计数器阵列针对显示器的每个象素包含一个以上的位，直到完全灰度级图像表示所需的位数。然后所述波形会包含直至完全的 N×N 转变矩阵，每个波形被平均分成四个（或其它的基本上任意数目的中间帧）。

[0322] 虽然上面所讨论的特定的 TB 方法是两位灰度级方法，其具有两个中间灰度级，TB 方法当然可以用于任何数目的灰度级。然而，延迟缩减而增加的有益效果将随着灰度级数目的增长而趋向于减小。

[0323] 因此，本发明提供在单色模式下明显缩减更新延迟的两种类型的 TB 方法，同时使控制器算法的复杂性最小化。这些方法可以证明在交互的一位（单色）应用中是尤其有用的，例如，个人数字助理和电子词典，其中对用户输入的快速响应是极其重要的。

[0324] 部分 E :波形压缩方法及装置

[0325] 如已经提及的，本发明的最后一个主要方面涉及用于减少为驱动双稳态电光显示器而必须存储的波形数据的数量的方法。更具体地，本发明的这个方面提供用于驱动具有多个象素的电光显示器的“波形压缩”或“WC”，其中每个象素能够实现至少两个不同的灰度级，所述方法包含 :存储限定象素在灰度级之间特定转变期间要施加的电压序列的基本波形 ;存储针对所述特定转变的乘法因子

[0326] 还应考虑，介质的什么电光特性让使用该介质的显示器适用于使用这种类型的 NPTB 驱动方案。首先，该介质的驻留时间相关性将是零（理想地，或至少很低），因为该波形将中间帧之间的一系列的近零驻留时间与转变之间的很可能长得多的驻留时间结合。第二，所述介质应对特定转变的初始状态之前的光学状态不怎么敏感或不敏感，因为转变的方向可能在中间流中改变 ;例如，2 → 1 转变之前可能是 1-》2 或 3 → 2 转变。最后，电光介质应在其响应中是对称的，尤其在黑和白状态附近 ;难以生成 DC 平衡波形，所述 DC 平衡波形可以执行分别达到相同的黑或白状态的  或 4 → 3- → 4 转变。

[0327] 由于前述原因，在 NPTB 驱动方案中的“中间反转 (intermediatereversal)”使得形成优化的波形非常困难。相对照，PTB 驱动方案大大减少了对电光介质的需求，从而在优化 NTPB 驱动方案方面减少了许多困难，同时仍提供改善的性能。

[0328] 虽然用于 PTB 驱动方案的转变矩阵的结构与用于 NPTB 驱动方案的转变矩阵的结构相同，但是 PTB 驱动方案允许仅仅两个黑到白与白到黑的转变，即 :

[0329] 1 → 2 → 3 → 4 ;以及

[0330] 4 → 3 → 2 → 1。

[0331] 实际上，这两个转变可以与正常的 1 → 4 和 4 → 1 转变相同，这些转变被分割成三个相等的部分。为了考虑中间帧之间的任何延迟可能需要一些稍微的再调节，但所述调节是直接的。对于简单的打字输入，该驱动方案会导致延迟减少三分之二。

[0332] PTB 方法有一些缺点。对于极性位阵列需要额外的存储器，且更复杂的控制器来运行该更简单的驱动方案，因为允许在每个象素处转变方向要求考虑除转变的初始和最终状

态之外的额外的数据（极性位）。还有，虽然 PTB 方法的确缩减了用于开始更新的延迟，但是控制器必须等到更新完成才反转转变。这种限制在用户打一个字符然后马上删除它的情况下是明显的；在该字符被删除前的延迟等于完全更新时间。这限制了 PTB 方法对于光标跟踪或滚读的实用性。

[0333] 虽然 NPTB 和 PTB 方法在上面主要关于单色驱动方案进行了描述，但是它们与许多灰度驱动方案也是兼容的。NPTB 方法内在地是完全灰度兼容的；下面讨论 PTB 方法的灰度兼容性。(multiplication factor)；以及通过在取决于乘法因子的时段对所述象素施加所述电压序列来实现所述特定转变。

[0334] 当冲击驱动的电光显示器被驱动时，显示器的每个象素接收电压脉冲（即，与那个象素关联的两个电极之间的电压差）或电压脉冲的多个时间系列 (temporal series)（即波形），以实现从象素的一个光学状态转变至另一个光学状态，通常是灰度级之间的转变。为每个转变定义所述波形集（形成完整的驱动方案）所需的数据被存储在存储器中，通常该存储器在显示控制器上，虽然可替代地，数据可以被存储在主机或其它辅助设备上。驱动方案可以包含大量的波形，而且（如在前面提到的“方法”申请中所述的）可以需要存储多个波形数据集，以允许环境参数（如温度和湿度）的变化以及非环境参数的变化（例如电光介质的工作寿命）。因此，保持波形数据所需的存储器容量可能相当大。希望减少存储器的这个容量以降低显示器控制器的成本。实际情况下可容纳于显示器控制器或主机中的简单的压缩方案在减少波形数据所需的存储器容量从而降低显示器控制器成本方面是有帮助的。本发明的波形压缩方法提供尤其有利于电泳显示器和其它已知的双稳态显示器的简单的压缩方案。

[0335] 用于特定转变的非压缩的波形通常存储为一系列位集合 (bitset)，每个位集合指定在波形的特定点要施加的特定电压。作为例子，考虑三级别电压驱动方案，其中用正向电压驱动象素变黑（在这个例子中，+10V)，用负向电压 (-10V) 驱动象素变白，且以零电压保持在其当前光学状态。对于给定时间元素（对于主动矩阵显示器的扫描帧）的电压可以用两位来编码，例如，下面表 8 所示出的：

[0336] 表 8

[0337]

想要的电压 (V)	二进制表示
+10	01
-10	10
0	00

[0338] 使用该二进制表示，用于主动矩阵驱动且包含后面跟着两个扫描帧的零电压的持续五个扫描帧的 +10V 脉冲的波形会表示成为：

[0339] 01010101010000。

[0340] 包含大量时间段的波形要求存储波形数据的大量位集合。

[0341] 根据本发明的 WC 方法，波形数据被存储为基本波形（上面所述的那样的二进制表示）以及乘法因子。在取决于乘法因子的多个时段，显示器控制器（或其它适当的硬件）

向象素施加由基本波形定义的电压序列。在这种 WC 方法的优选形式中，位集合（如上面给定的）用来表示基本波形，而由每个位集合所定义的电压在 n 个时间段被施加到所述象素上，其中 n 是与所述波形相关联的乘法因子。所述乘法因子必须是自然数。对于乘法因子为 1 的情形，所施加的波形与基本波形没有变化。对于乘法因子大于 1 的情形，针对至少一些波形，电压序列的表示被压缩，即为表示这些波形所需的位数比数据以非压缩的形式存储时所需的位数更少。

[0342] 作为例子，其使用表 8 的三个电压级别二进制表示，考虑这样的波形：其要求 12 个 +10V 扫描帧、后面跟着 9 个 -10V 扫描帧、后面跟着 6 个 +10V 扫描帧、后面跟着 3 个 0V 扫描帧。该波形以非压缩形式表示为：

[0343] 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 10 10 10 10 10 10 10 10 10 01 01 01 01 01 01 00 00 00

[0344] 而以压缩的方式表示为：

[0345] 乘法因子：3

[0346] 基本波形 01 01 01 01 10 10 10 01 01 00.

[0347] 对每个波形必须分配的电压序列的长度由最长的波形决定。对于封装的电泳和许多其它的电光显示器，通常在最低的温度处要求最长的波形，在最抵温度处电光介质对所施加的电场响应慢。同时，实现成功的转变所必须的分辨率在所述响应慢时被降低，所以通过经本发明的 WC 方法对连续的扫描帧进行分组，在光学状态的精确性方面没有什么损失。使用该压缩方法，可以对每个波形分配扫描帧（或通常为时间段）的数目，该扫描帧的数目适于更新时间短的在中等温度和高温下的波形。在低温度时（其中所需的扫描帧数目可能超过存储器分配），大于 1 的乘法因子可以用来产生长波形。这最后导致缩减存储器的需求并降低成本。

[0348] 本发明的 WC 方法在原则上等价于简单地改变在各种温度下主动矩阵显示器的帧时间。例如，显示器可以在室温下以 50Hz，被驱动以及在 0℃以 25Hz 被驱动，以延长可允许的波形时间。不过，WC 方法更好些，因为底板被设计得在给定的扫描率处最小化电容性和电阻性电压的人为因素的影响。当在任一方向明显偏离该优选扫描率时，至少一种类型的人为因素增加。因此，更好的是保持实际扫描率不变，而用 WC 方法分组扫描帧，这实际上提供一种实现扫描率虚拟变化而不真正改变物理扫描率的方法。

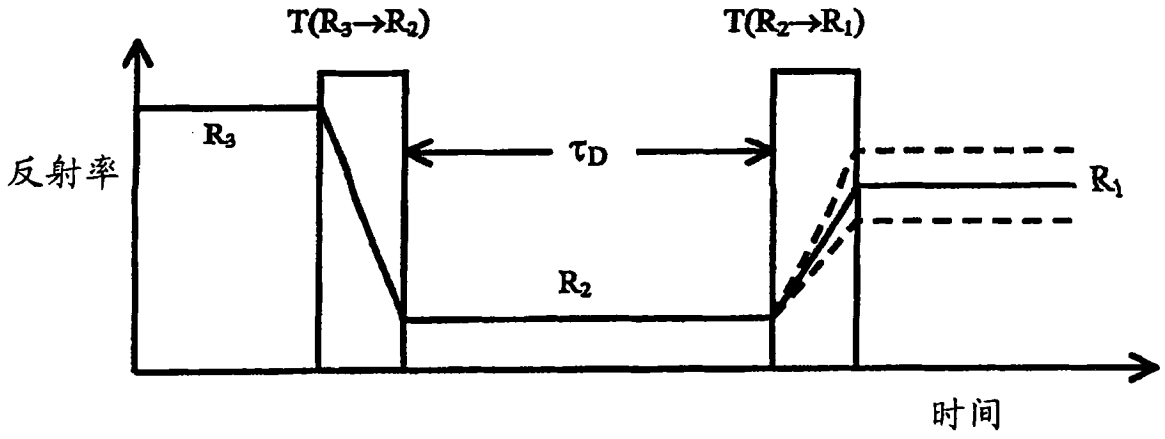


图 1（现有技术）

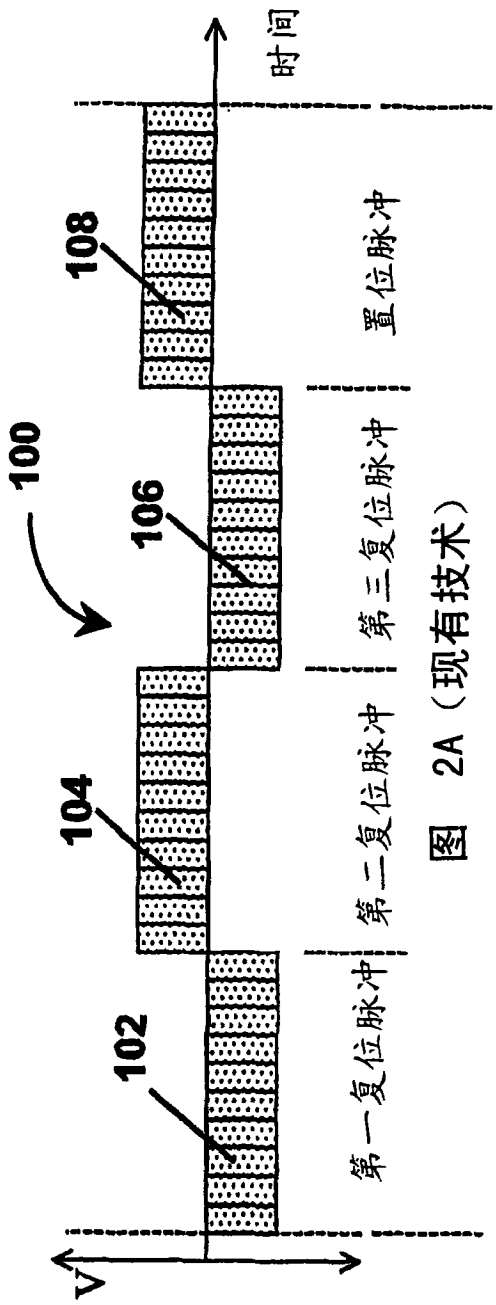


图 2A（现有技术）

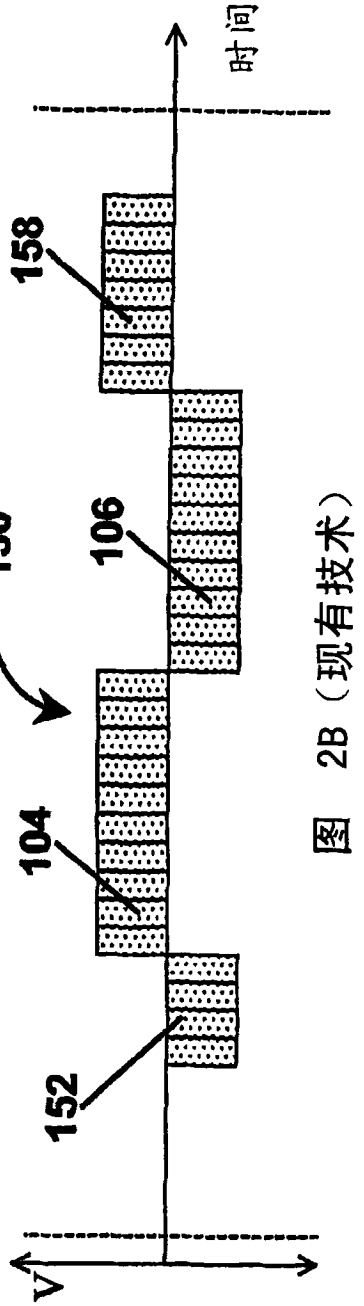


图 2B（现有技术）

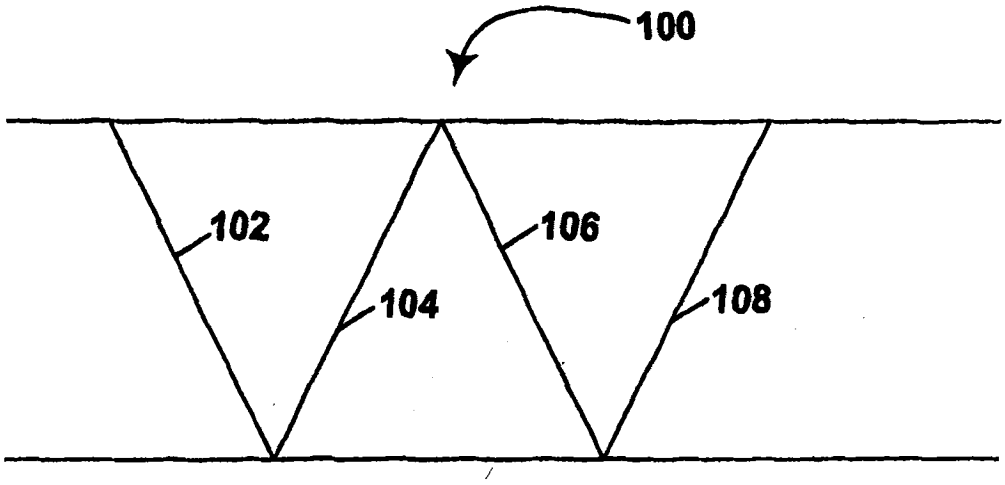


图 2C（现有技术）

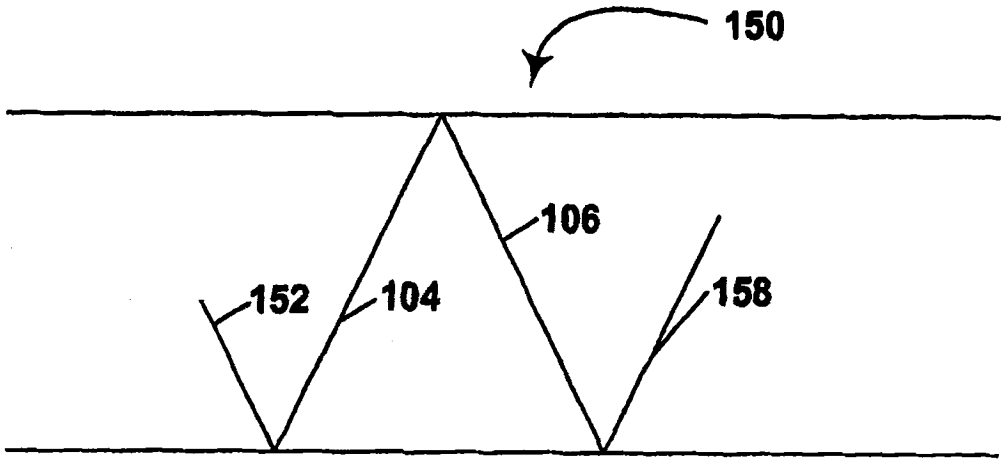


图 2D（现有技术）

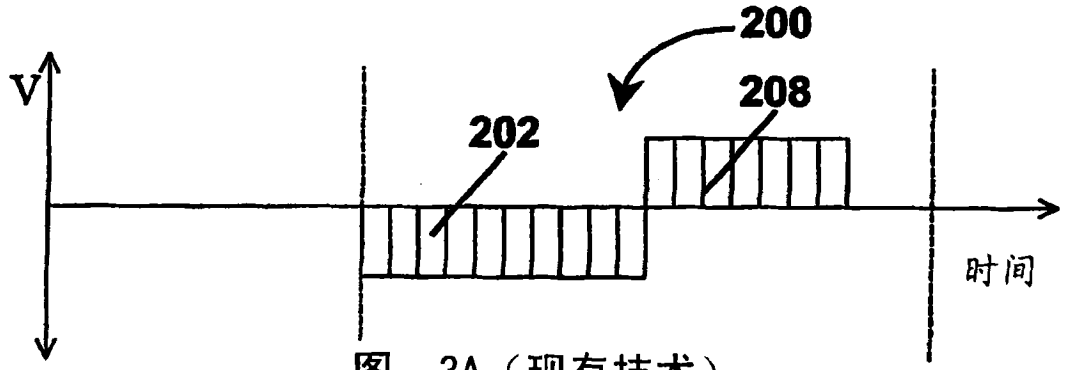


图 3A（现有技术）

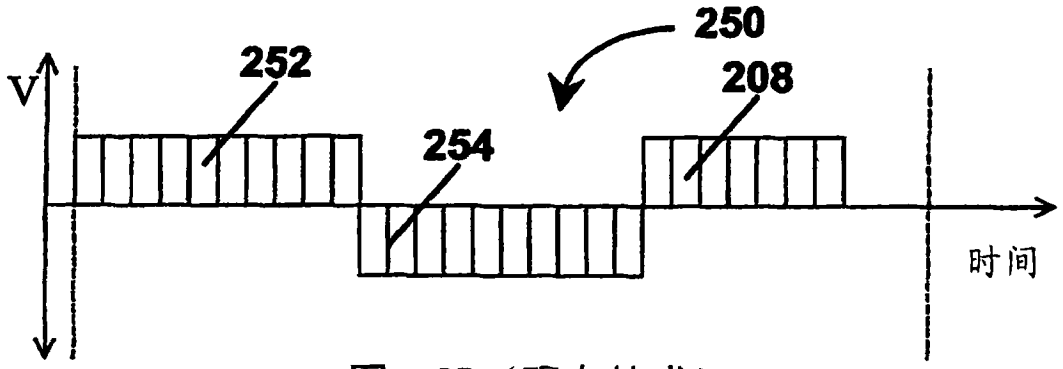


图 3B（现有技术）

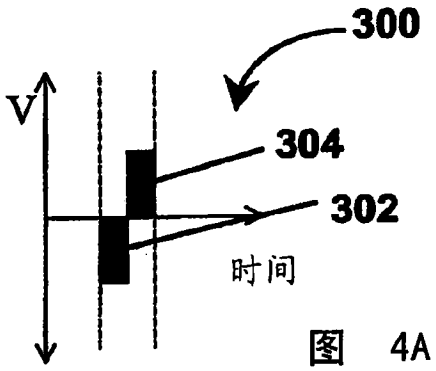


图 4A

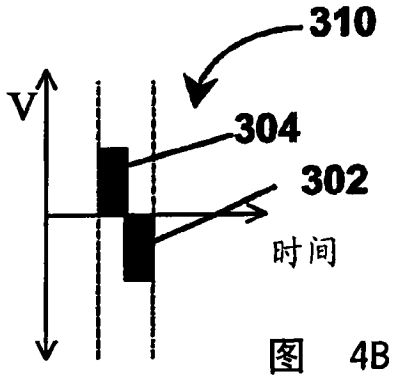


图 4B

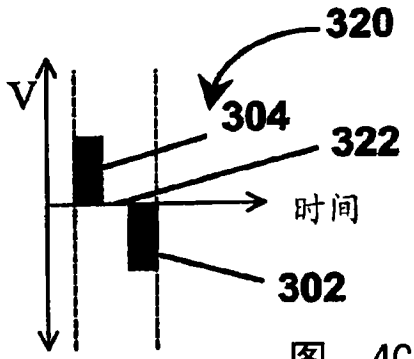


图 4C

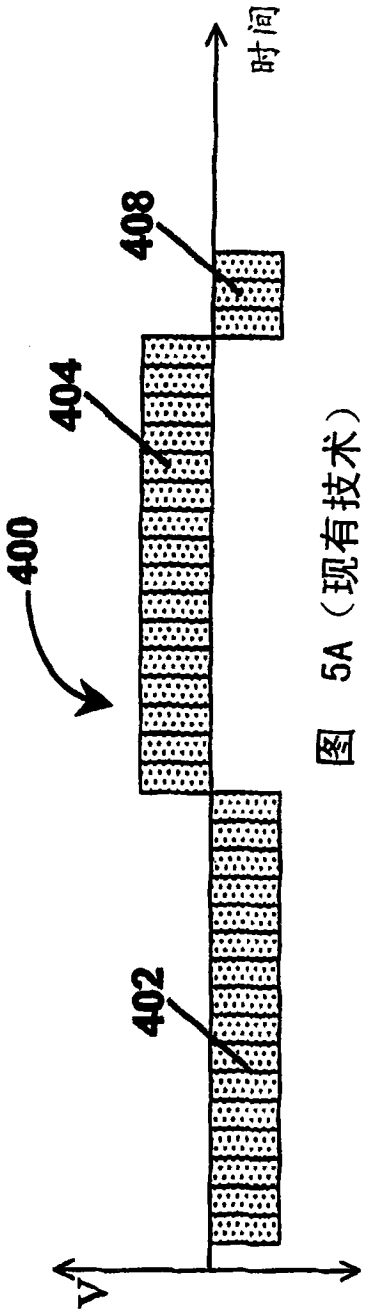


图 5A（现有技术）

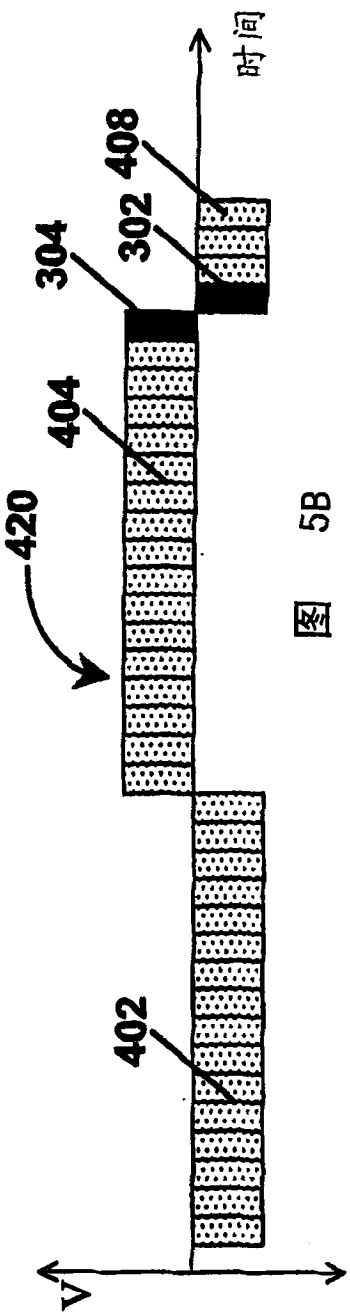


图 5B

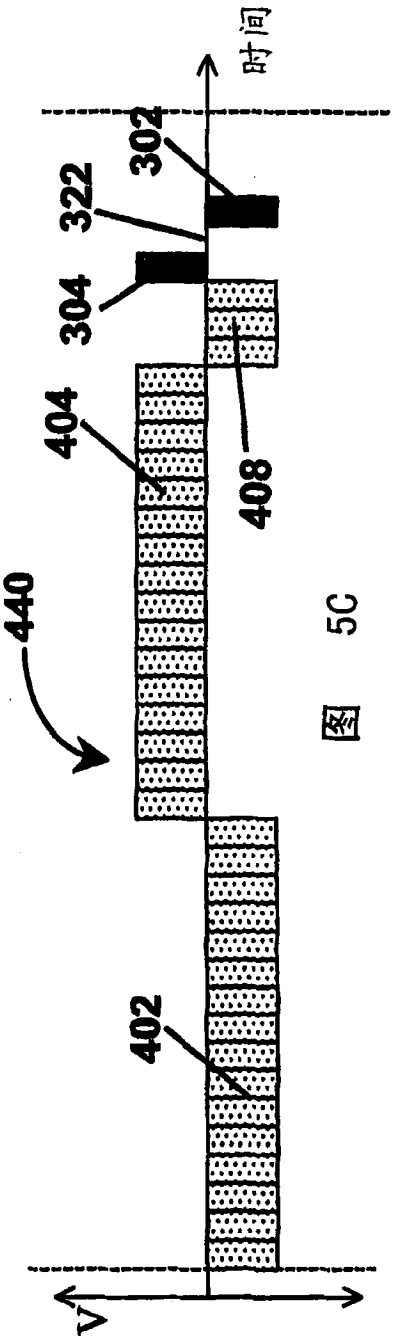

时间
302
322
304
404
408
440
402
V

图 5C

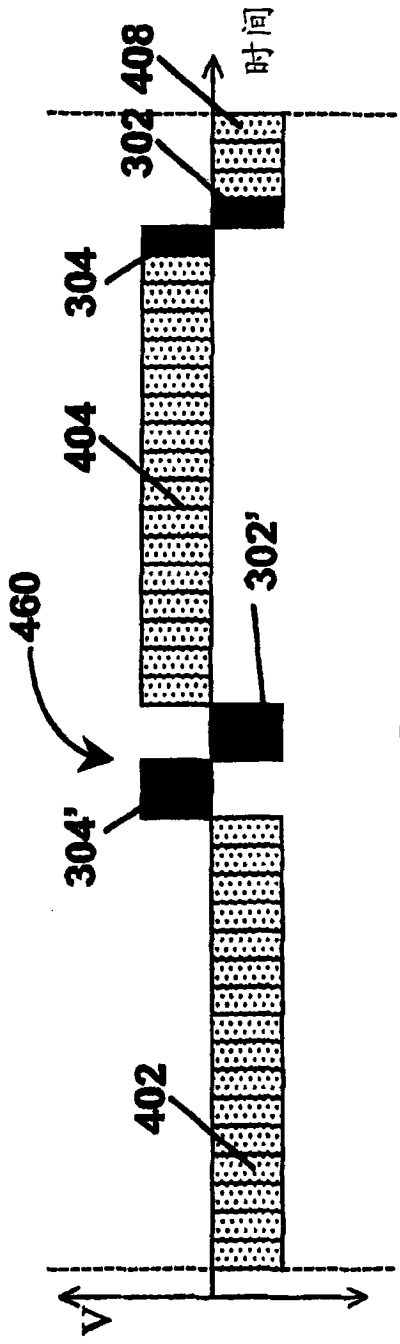
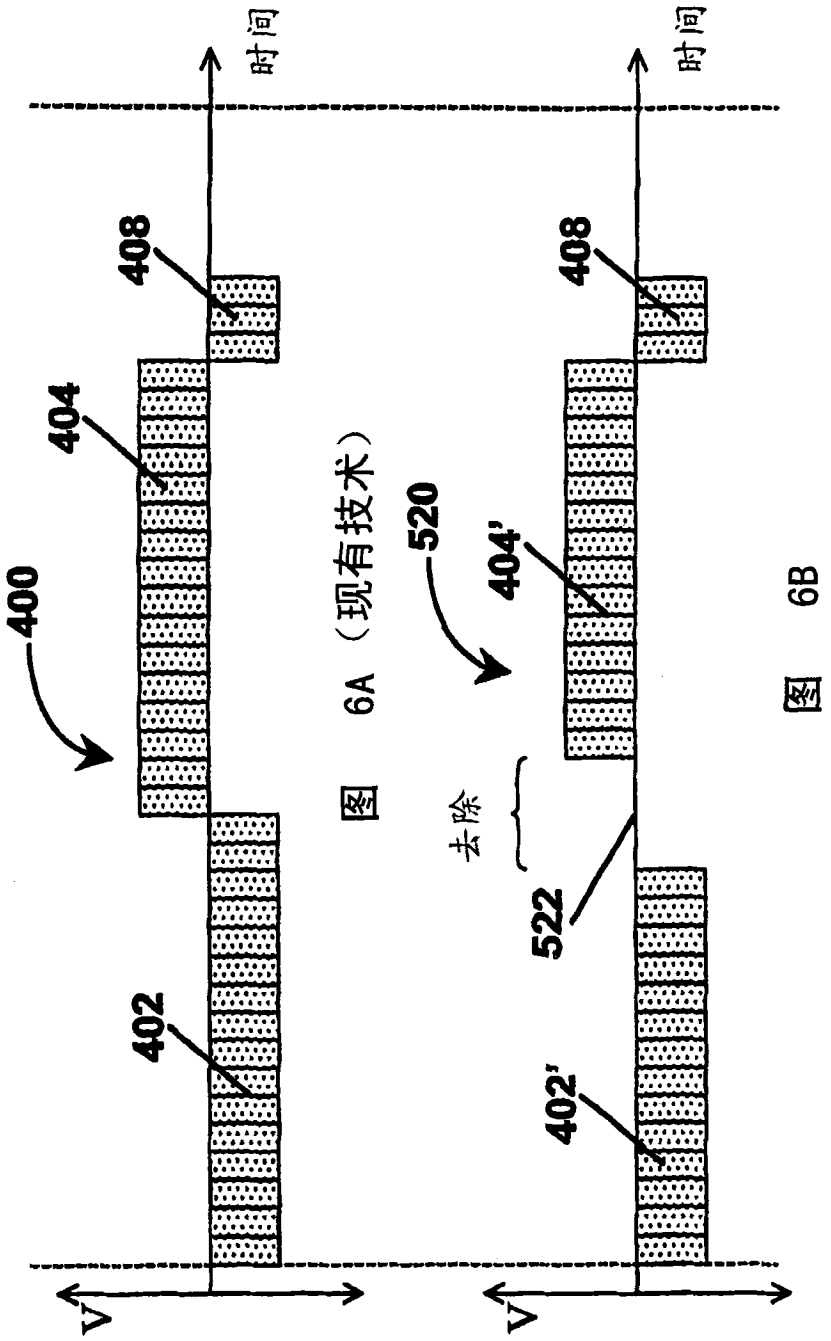
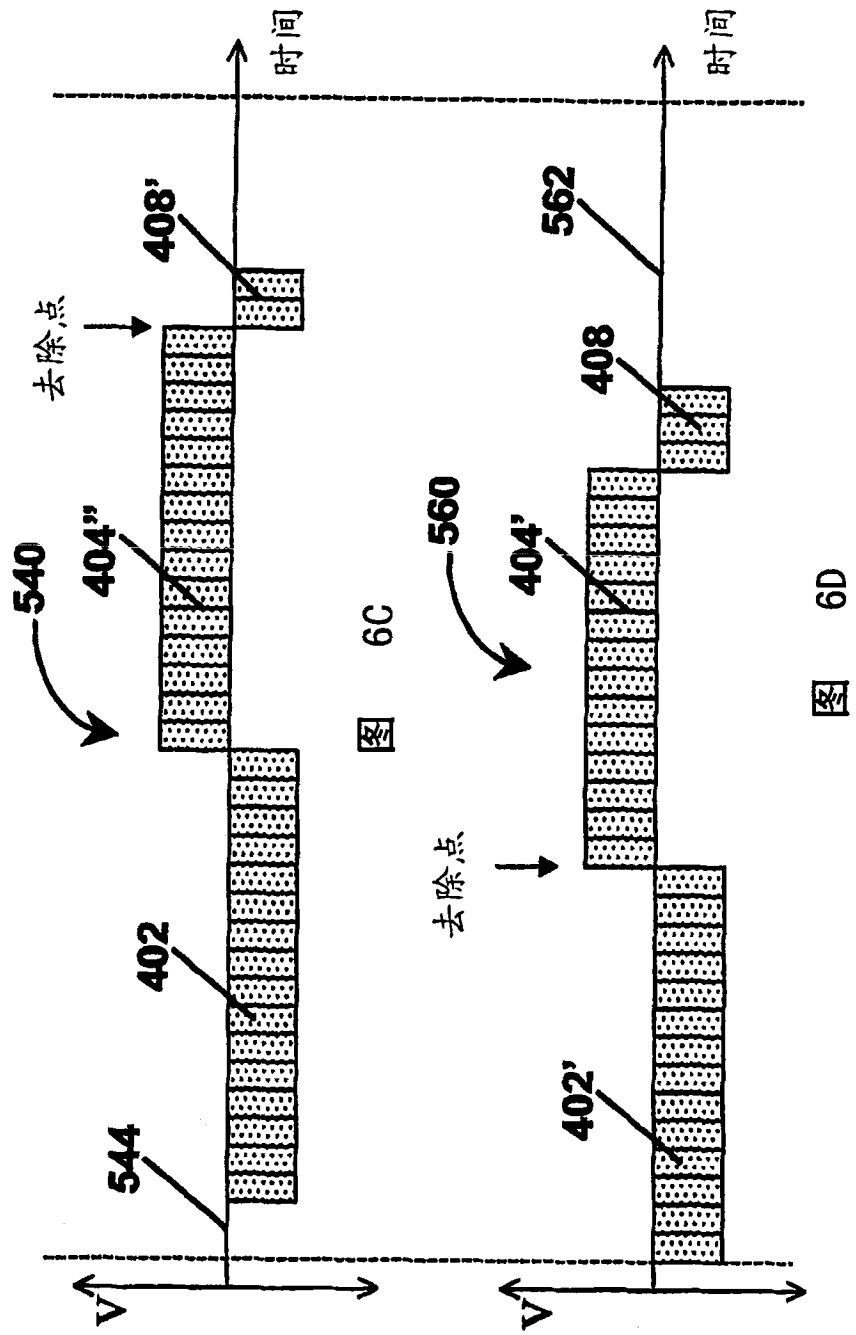
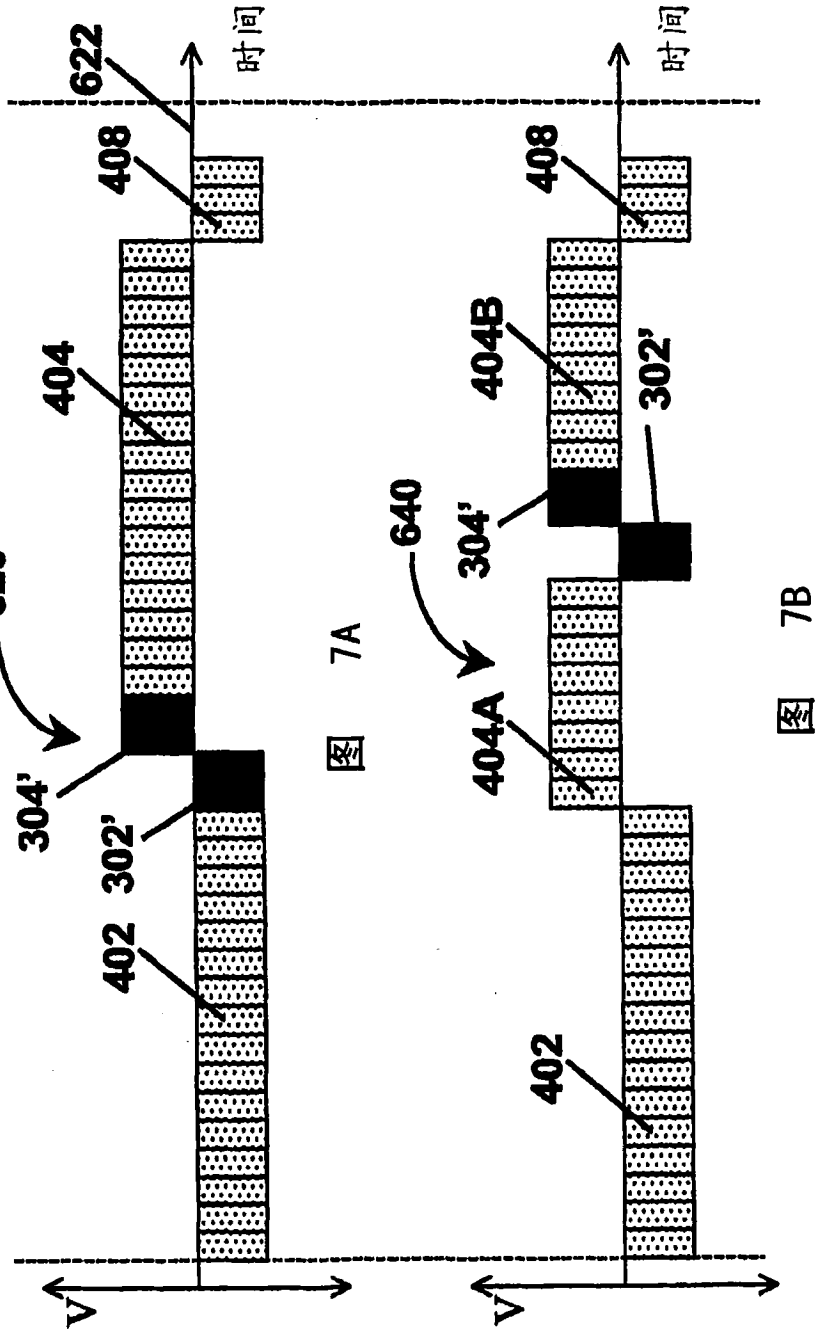

时间
408
302
304
404
302'
460
304'
402
V

图 5D


时间
408
404
400
402
V
图 6A（现有技术）
时间
408
520
404'
去除
522
402'
V
图 6B


时间
408'
去除点
404"
540
402
544
V
图 6C
时间
562
408
560
404'
去除点
402'
V
图 6D


时间
622
408
404
620
304'
302'
402
V
图 7A
时间
408
404B
302'
640
304'
404A
402
V
图 7B

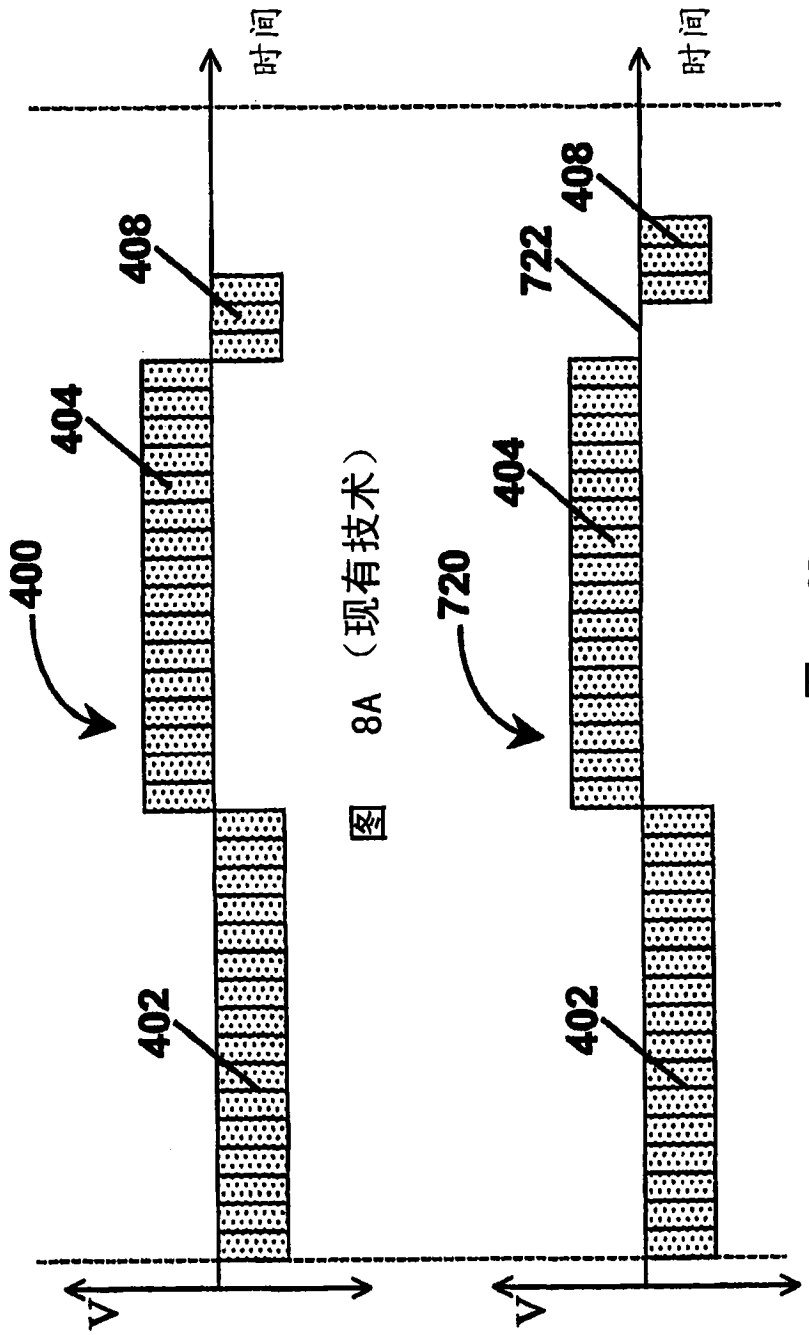


图 8A（现有技术）

图 8B

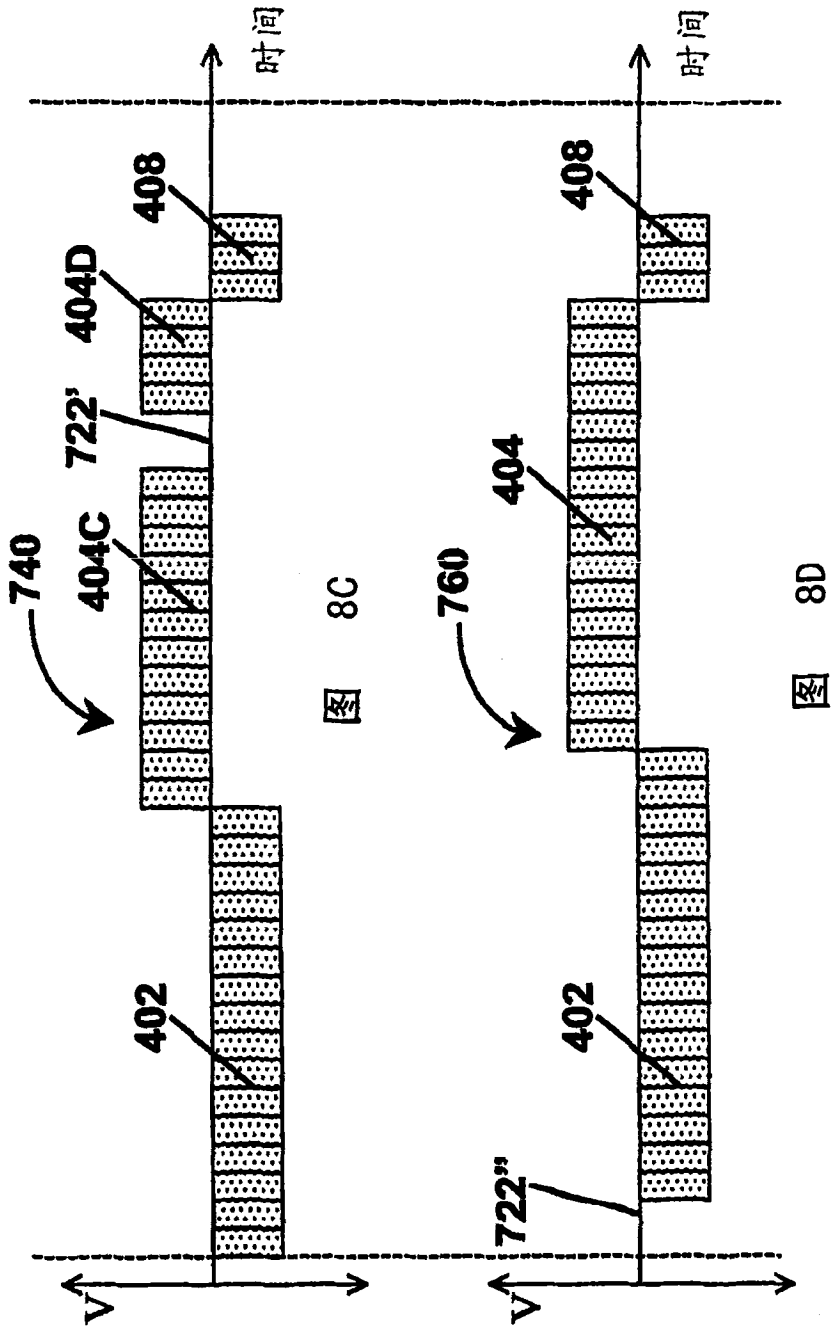


图 8C 图 8D

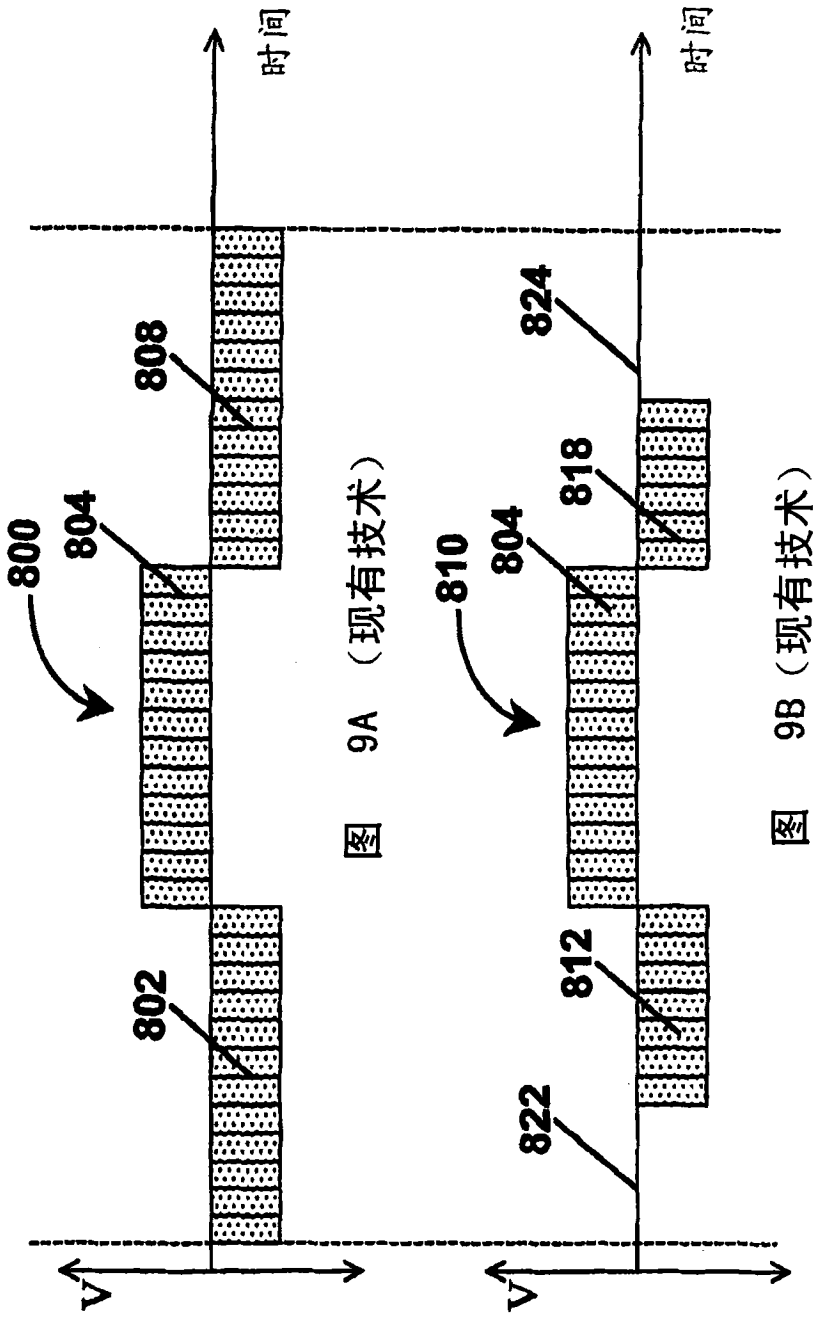


图 9A（现有技术）

图 9B（现有技术）

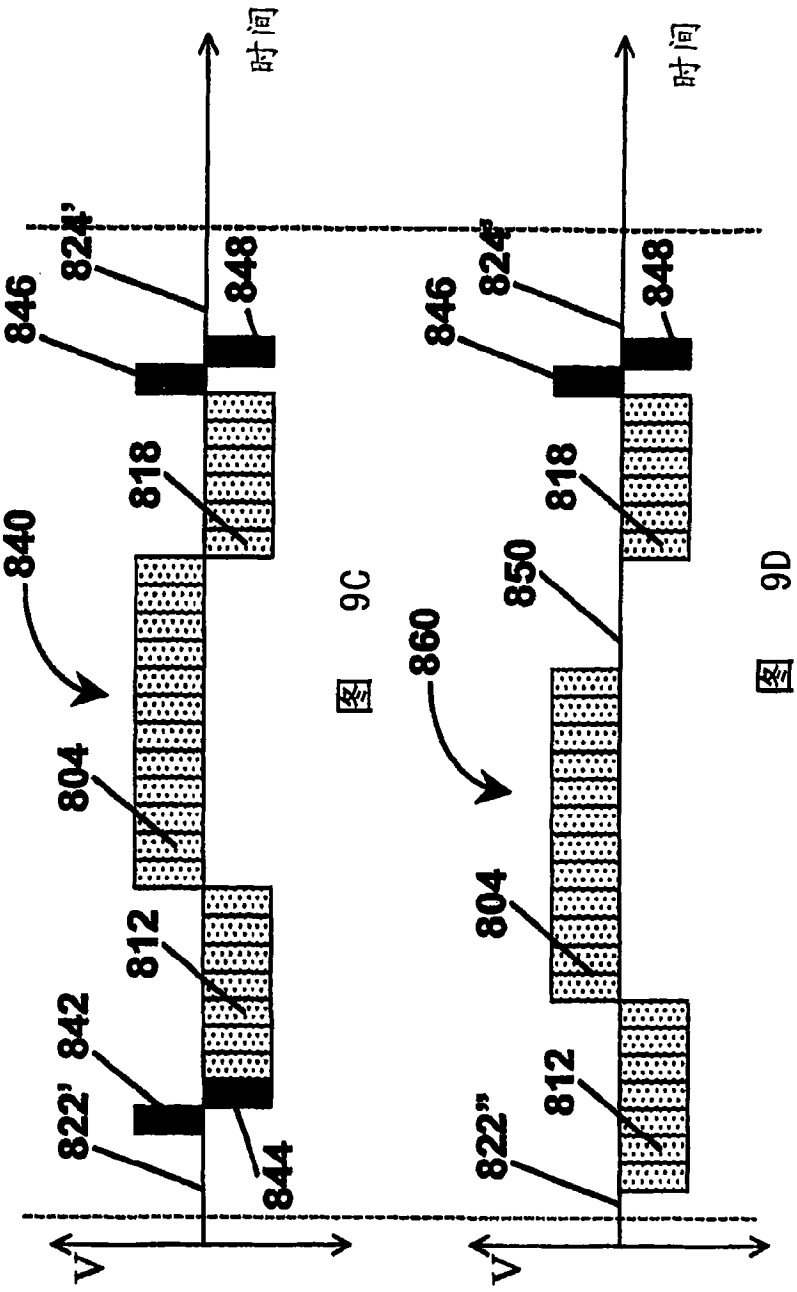

时间
824'
848
846
818
840
804
812
842
822'
844
V
时间
824"
848
846
818
850
860
804
812
822"
V

图 9C

图 9D

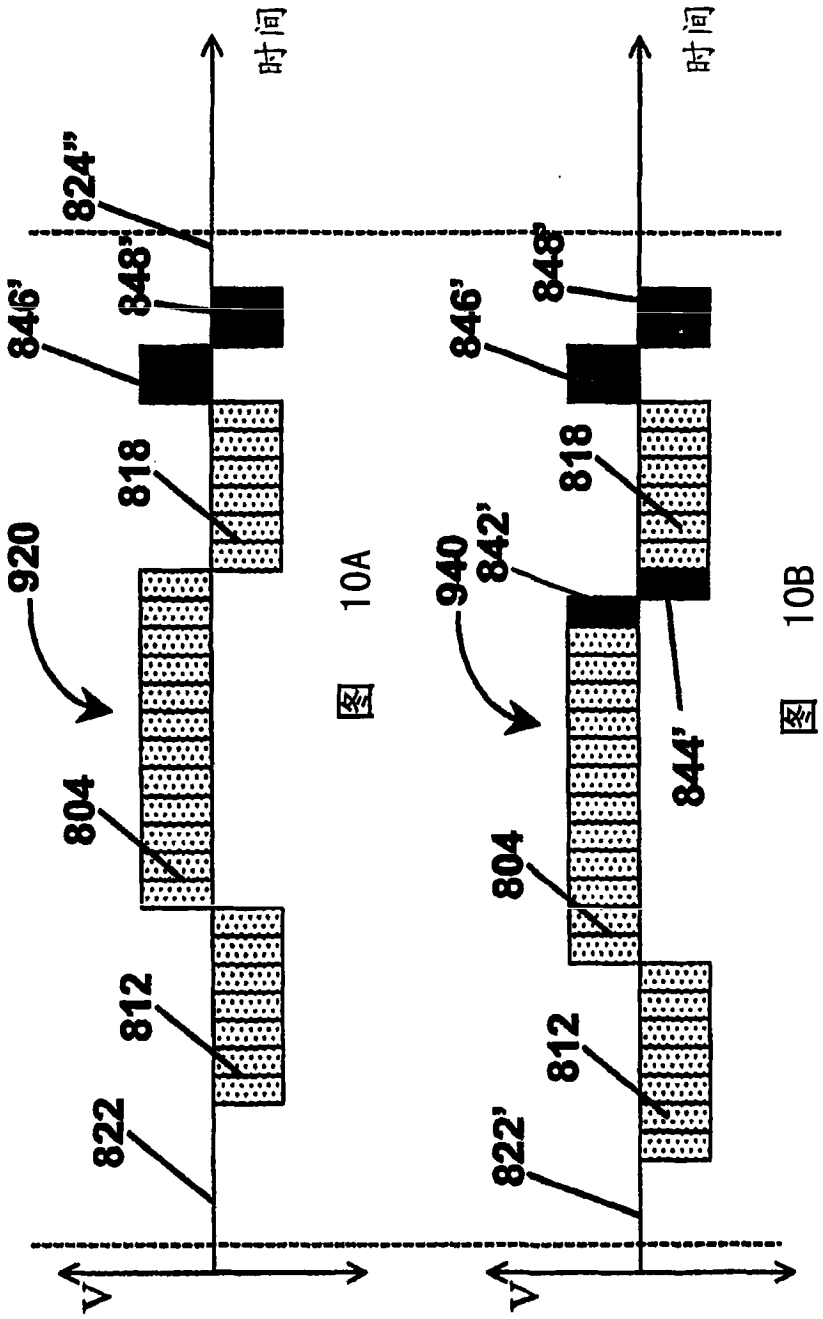

时间
824"
848"
846'
818
920
804
812
822
V
时间
848'
846'
818
940
842'
844'
804
812
822'
V

图 10A

图 10B

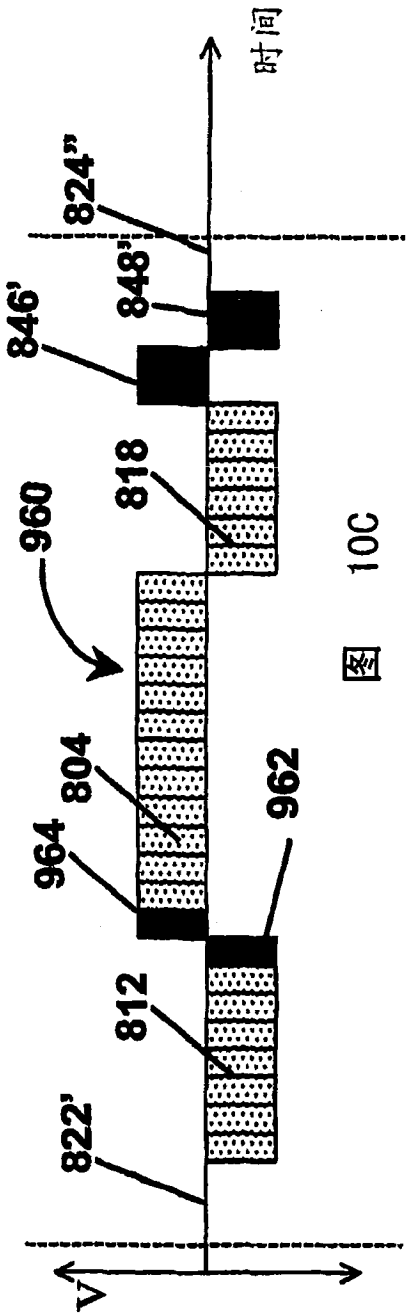

时间
824"
848'
846'
818
960
804
964
962
812
822'
V

图 10C

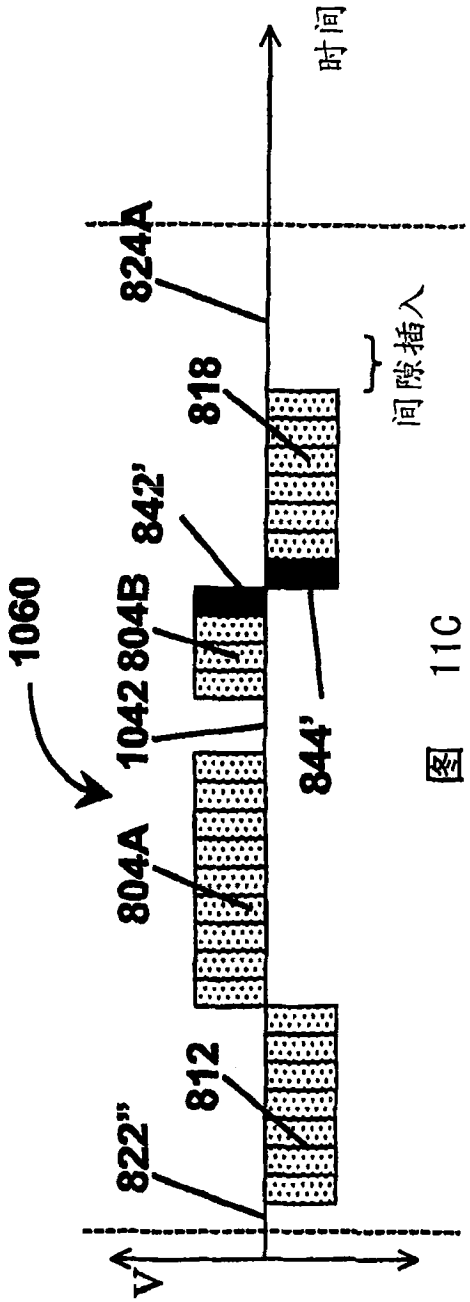
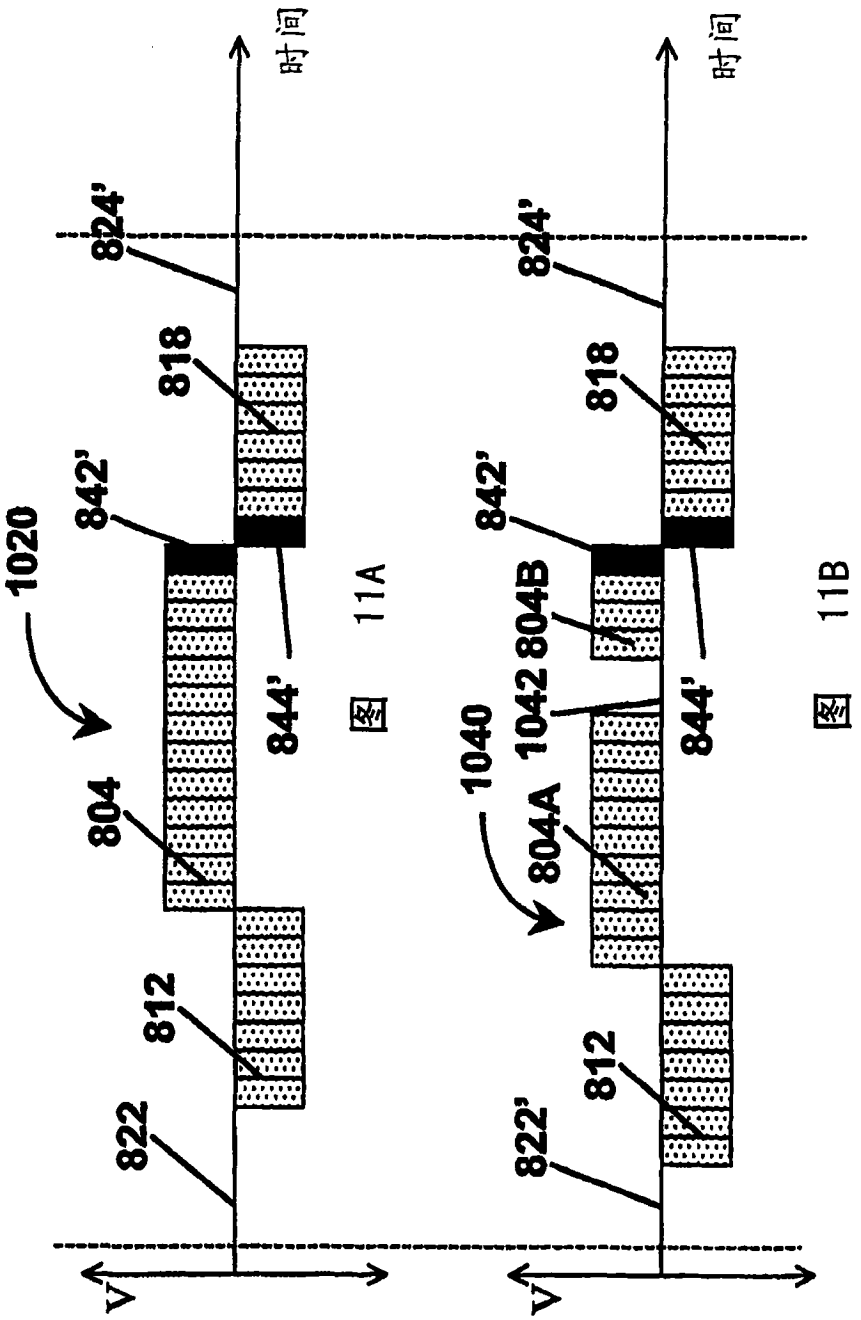

时间
824A
间隙插入
818
842'
804B
1060
1042
844'
804A
812
822"
V

图 11C


时间
824'
818
842'
1020
804
812
822
844'
V
图 11A
时间
824'
818
842'
804B
1042
1040
804A
812
822'
844'
V
图 11B

$$R_2 \rightarrow R_{1,m} \rightarrow \overline{R_{1,m}} \rightarrow R_1 \qquad (\text{方案 } 2)$$

图 12

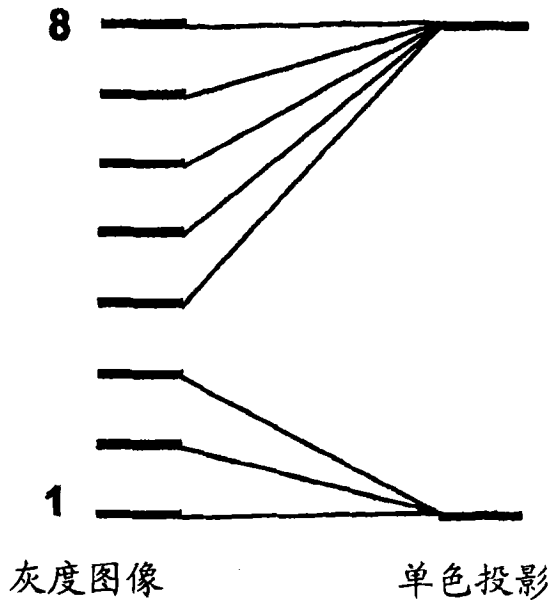


图 13

$$R_2 \rightarrow B \rightarrow W \rightarrow R_{1,m} \rightarrow \overline{R_{1,m}} \rightarrow R_1$$

图 16

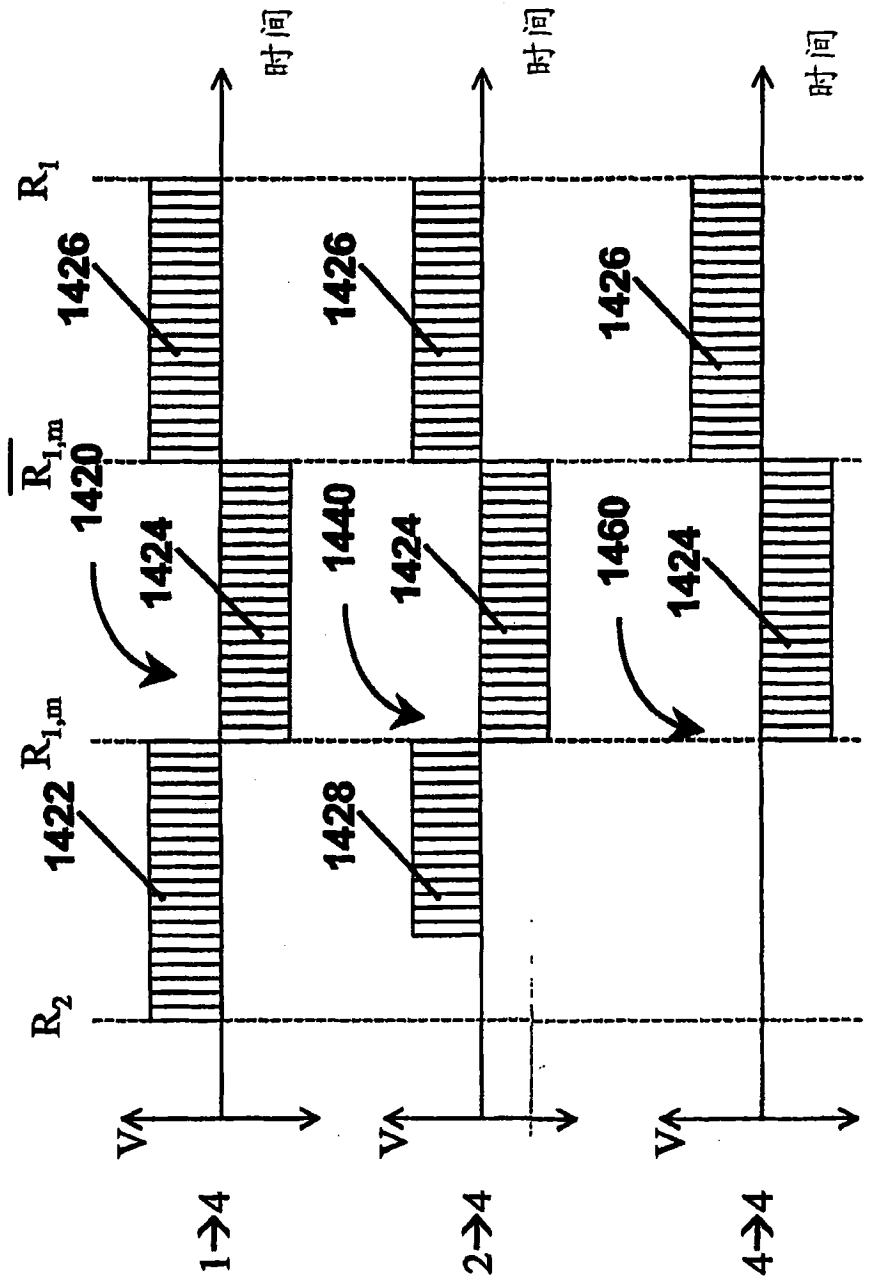

时间
时间
时间
R_1
$\overline{R_{1,m}}$
$R_{1,m}$
R_2
1426
1426
1426
1420
1424
1440
1424
1460
1424
1422
1428
V
V
V
1→4
2→4
4→4

图 14

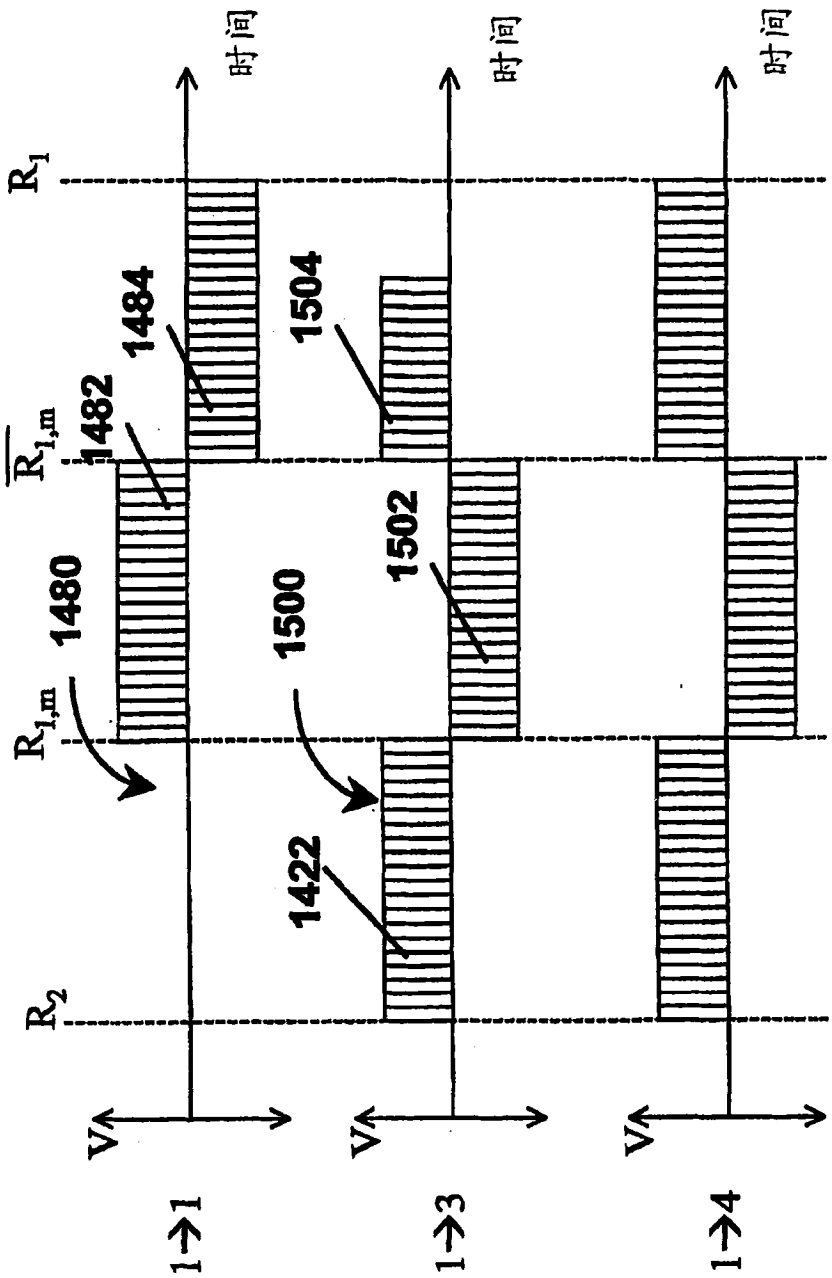

时间
时间
时间
R_1
$\overline{R_{1,m}}$
$R_{1,m}$
R_2
1484
1504
1482
1480
1500
1502
1422
V
V
V
1→1
1→3
1→4

图 15

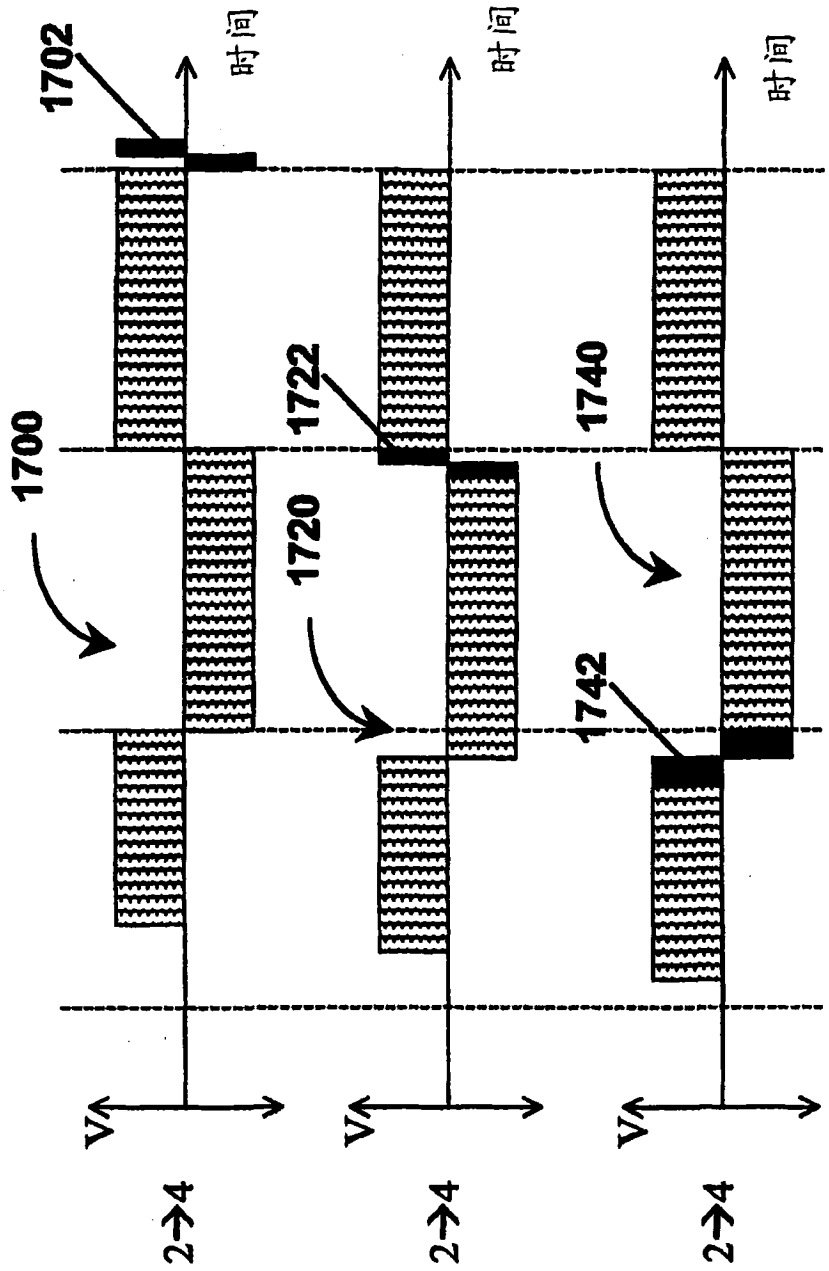


图 17

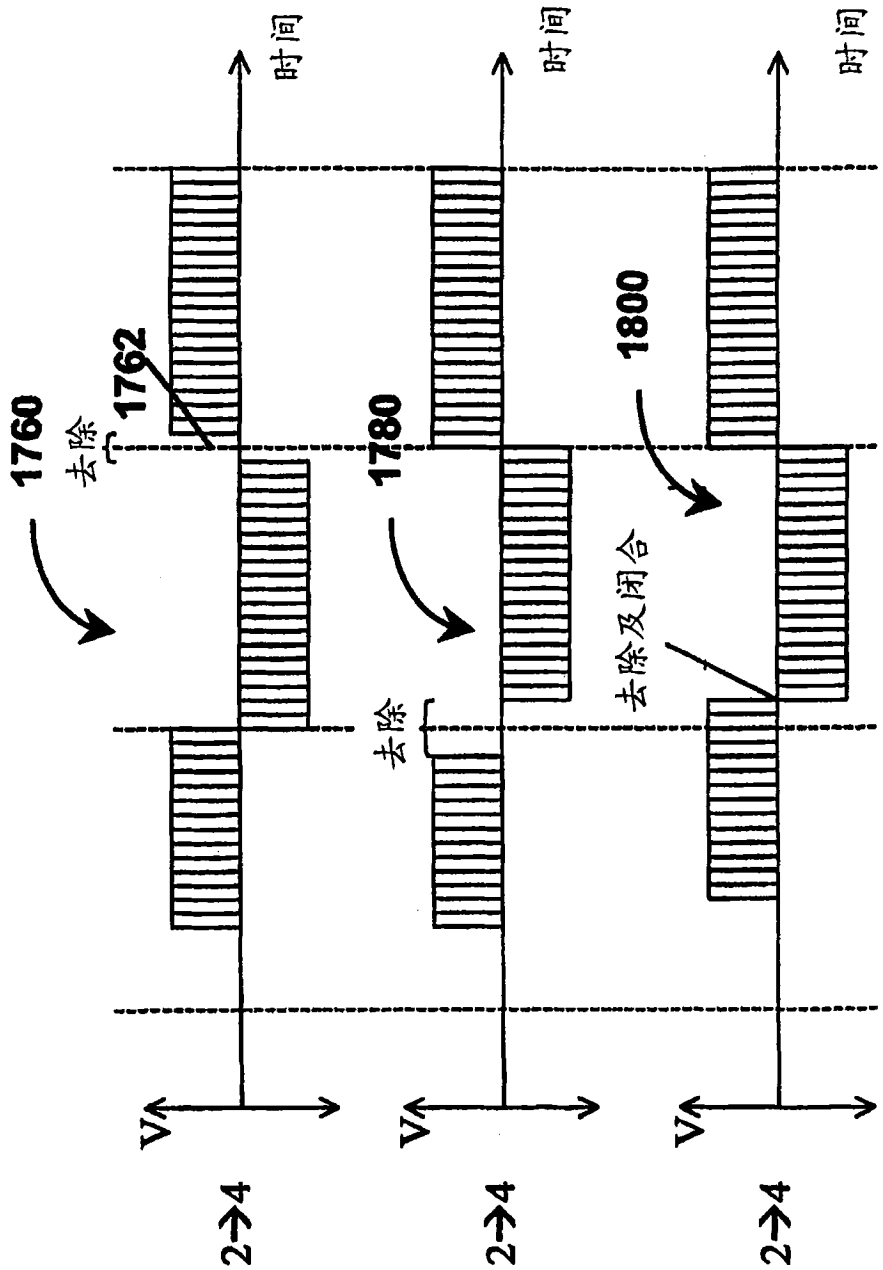


图 18

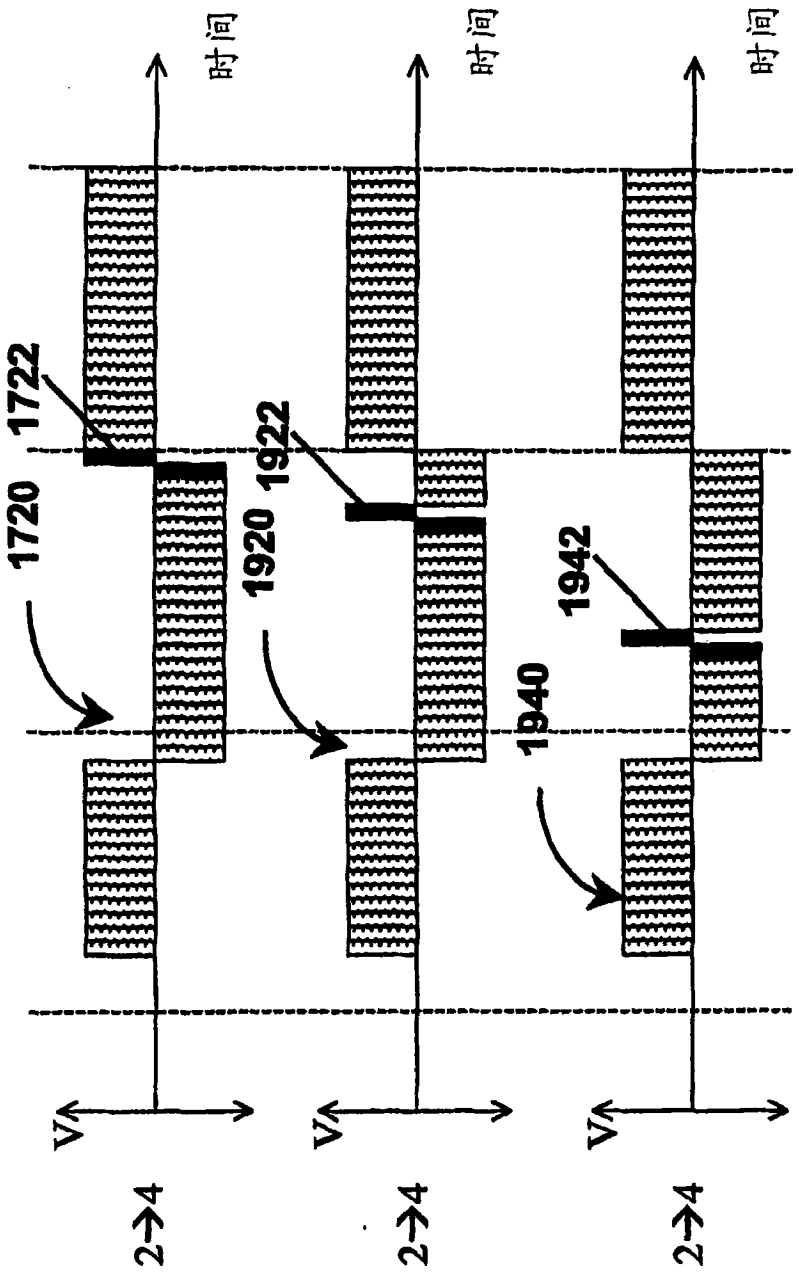


图 19

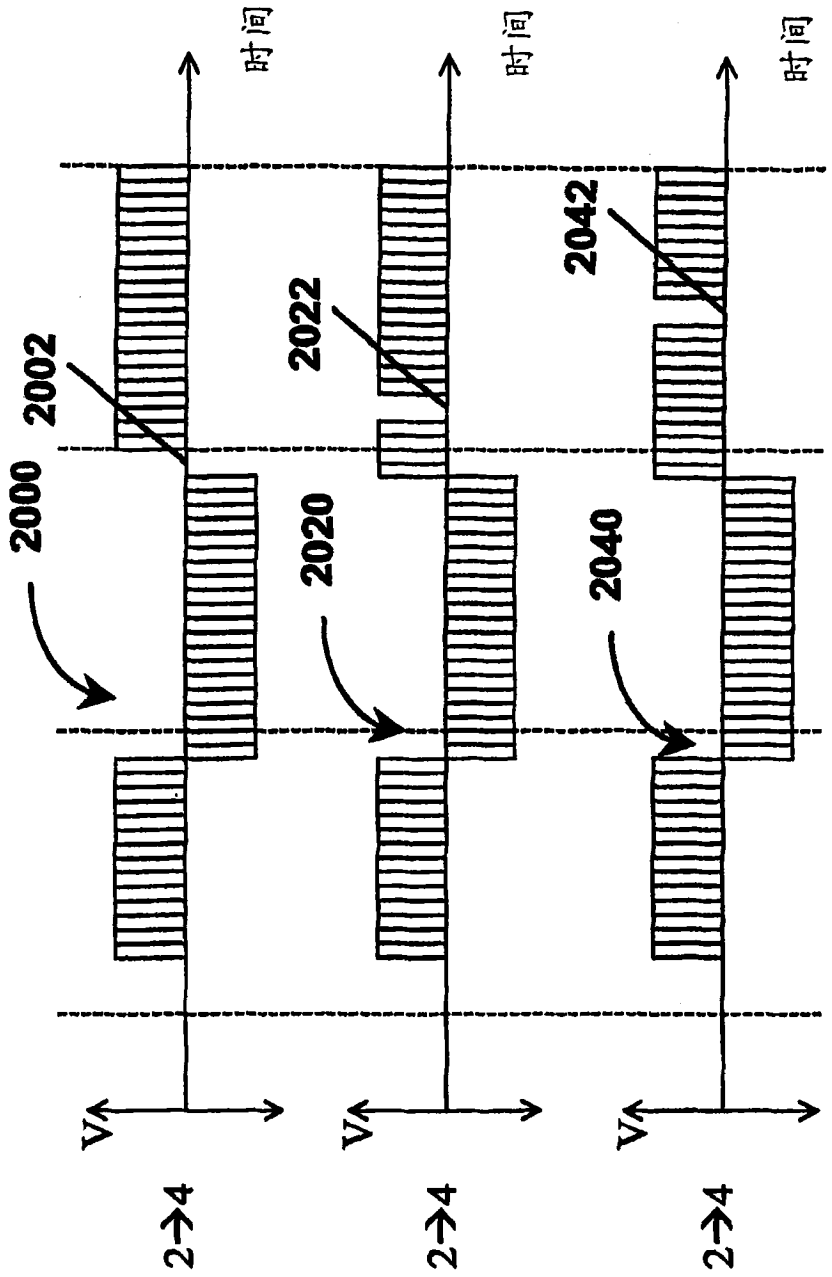


图 20

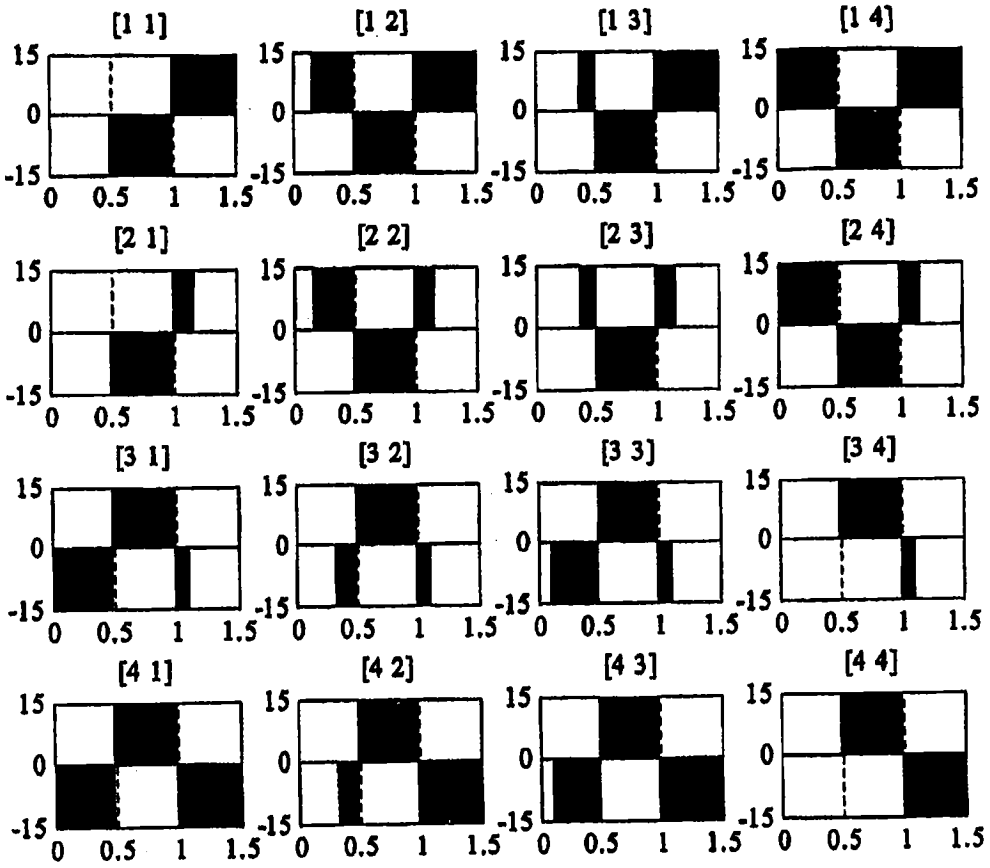


图 21

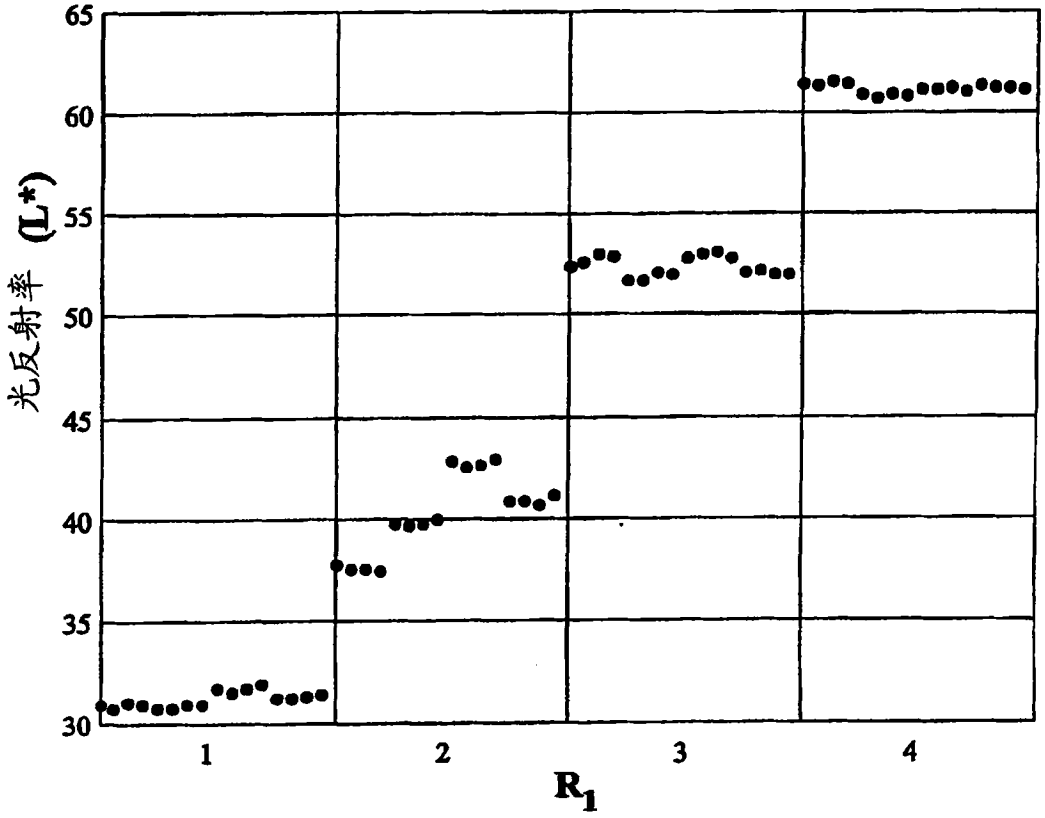


图 22

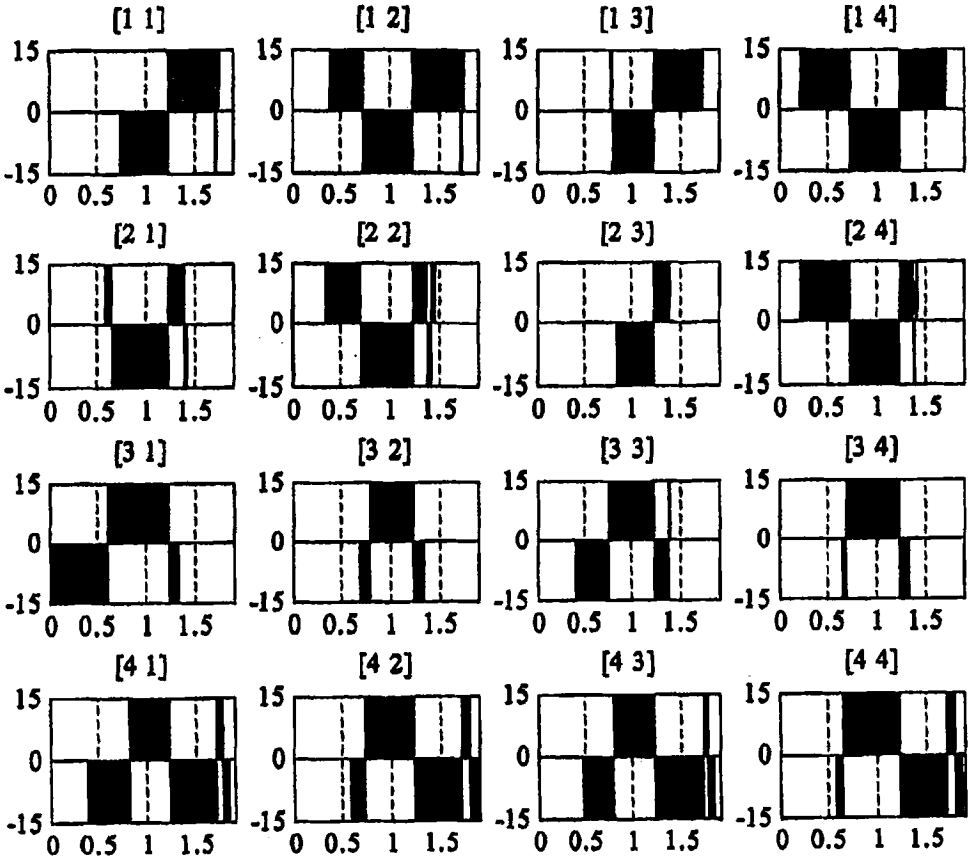


图 23

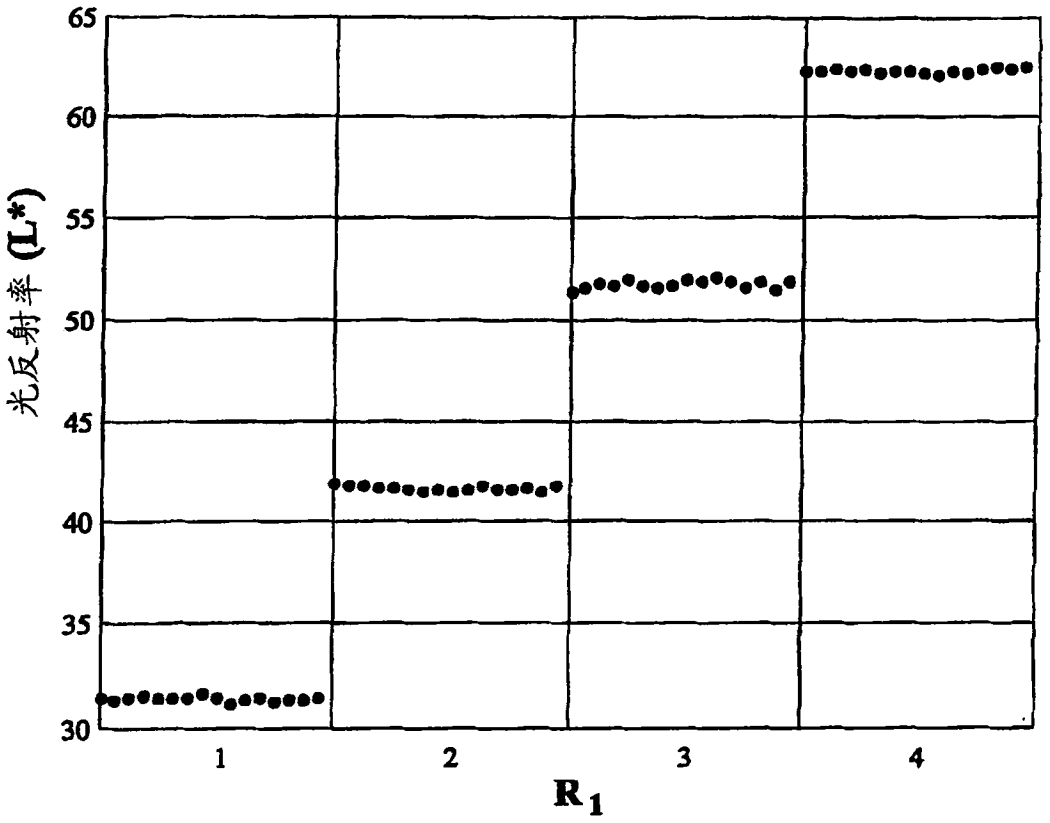


图 24

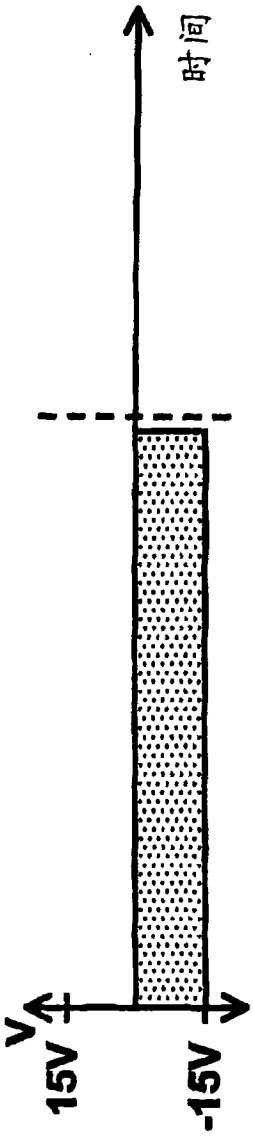


图 25A

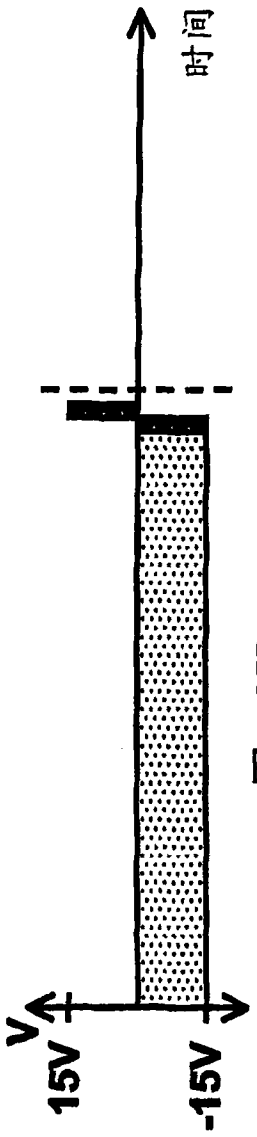


图 25B

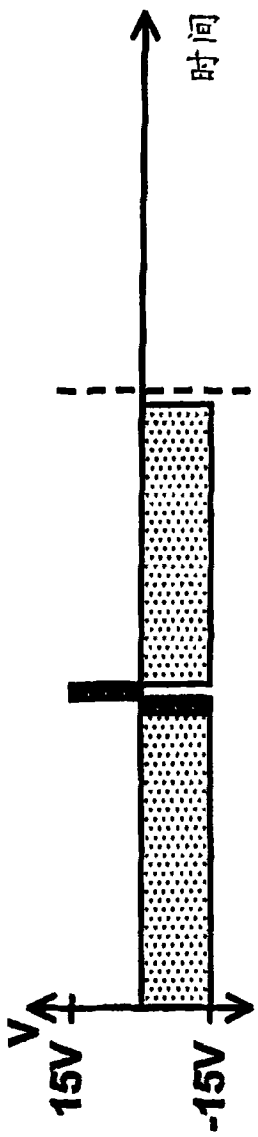


图 25C

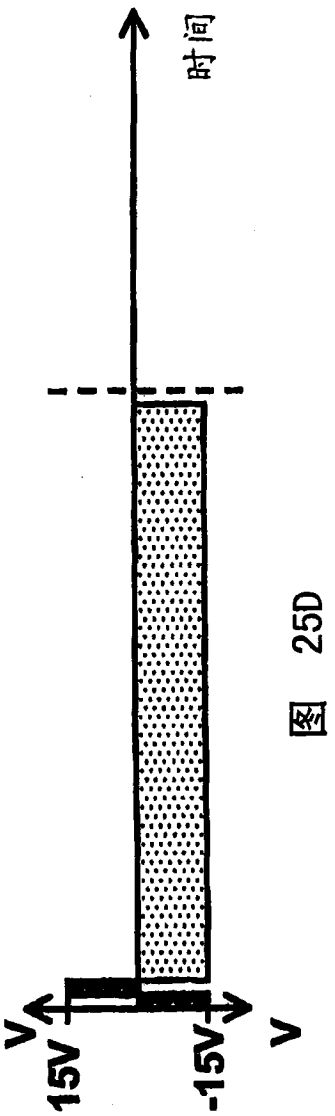


图 25D

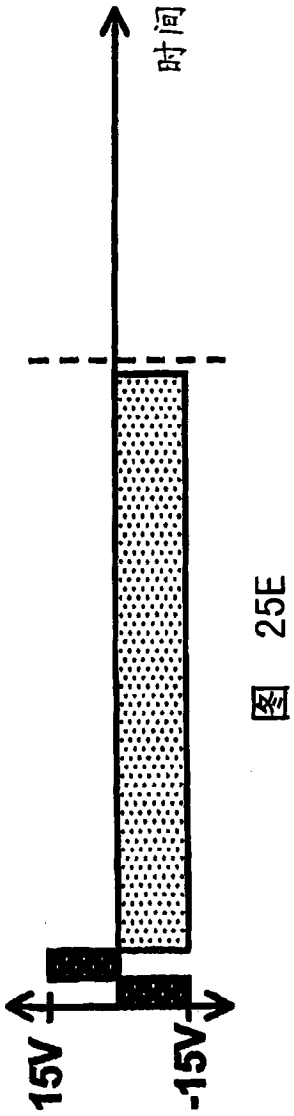


图 25E

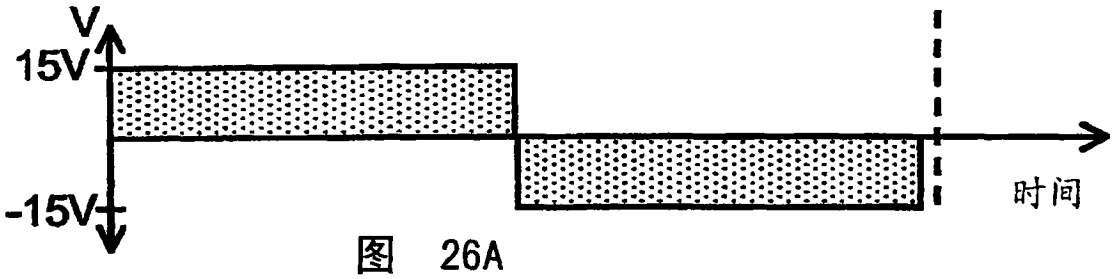


图 26A

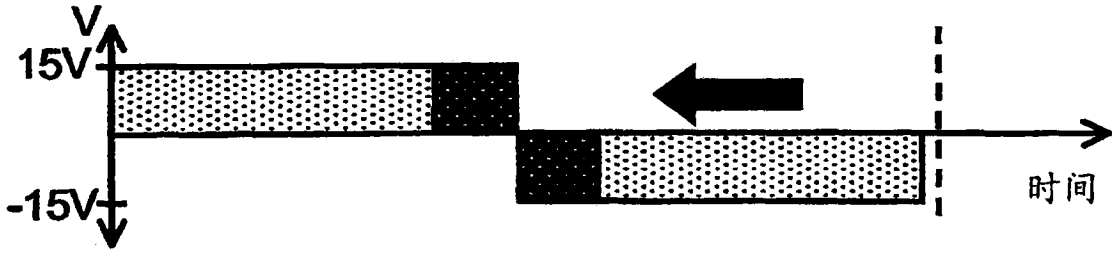


图 26B

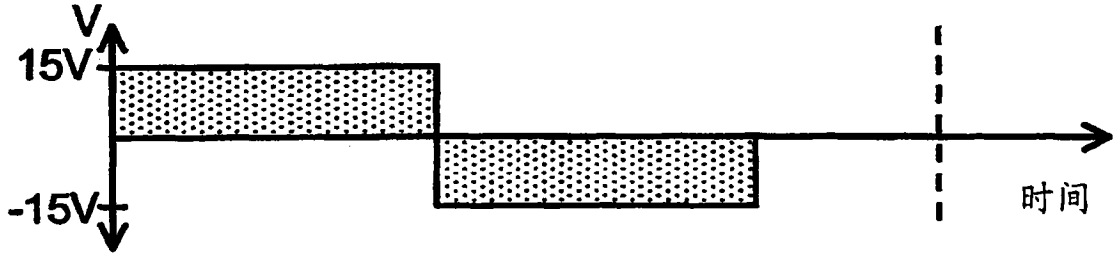


图 26C