



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96120329.3

[43]公开日 1997年8月27日

[11] 公开号 CN 1158055A

[22]申请日 96.9.27

[30]优先权

[32]95.9.27 [33]US[31]004,411

[71]申请人 德克萨斯仪器股份有限公司

地址 美国得克萨斯州

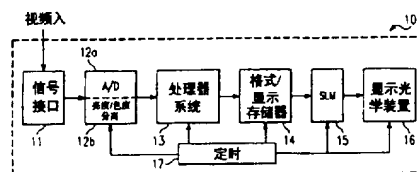
[72]发明人 唐纳德·B·多尔蒂 马克·L·伯顿
维舍尔(nmi)马尔坎迪[74]专利代理机构 上海专利商标事务所
代理人 孙敬国

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 确定空间光调制器最佳脉宽调制的型式

[57]摘要

一种估算空间光调制器显示器件的脉宽调制型式的方法。该方法使用了光序列函数。序列函数是通过将显示元件的开启或关闭次数表述为光函数而获得的。可以使这样的两个光函数相减来比较同一显示元件(帧间)的两个不同型式或比较不同显示元件(帧内)的同一型式。相减的结果就是光差函数,可将它表示为序列函数。采用序列函数的数学表达式与各光学特性相关。



权 利 要 求 书

1. 一种估算图象数据的脉宽调制显示的位序列型式的帧间方法，所述的图象数据在一帧周期中格式化显示器件的显示元件的开启或关闭值，每一序列提供一光强，其特征在于，所述方法包含下述步骤：

指定一个第一光函数，它代表在构成所述帧周期中的第一个帧周期的第一时间间隔序列内，所述显示元件中一个显示元件的开启或关闭值；

指定一个第二光函数，它代表在构成所述帧周期中的下一个帧周期的第二时间间隔序列内，所述一个显示元件的开启或关闭值；

从所述第一光函数中减去所述第二光函数，从而提供一光差函数；

对所述差函数求和，从而提供一光差序列函数；以及

根据所述光差序列函数，在数学上产生一个代表所述型式的光学特性的值。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，它还包含计算光强差值的步骤，所述光强差值代表从所述第一光函数得出的光强和从所述第二光函数得出的光强之间的差。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述产生步骤包含在每一所述时间间隔上从所述光差序列函数中减去一个具有所述光强差值作为因子的减去项，从而获得一修正的序列函数。

4. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述产生步骤是这样一个步骤，即从所述差函数的每一值中减去一半所述光强差值，对所述减去步骤的结果求和，将所述求和步骤的结果用所述帧周期中的一个帧周期的所述时间间隔的个数来除，从而获得一对称的序列函数。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，它还包含确定所述对称的序列函数最大值的步骤。

6. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，它还包含确定所述对称的序列函数的最大值和最小值的步骤。

7. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述每一时间间隔具有一顺序间隔号，其中，所述产生步骤是这样一个步骤，在每一时间间隔上，用时间间隔的所述间隔号乘以所述光强差值、将所述相乘步骤的结果除以所述帧周期之一的所述时间间隔个数，从所述差函数的值中减去得到的商值，从而获得修正的序列函数，随后在根均方运算中采用所述修正的差函数。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，它还包含重复所述指定步骤、所述相减步骤和所述求和步骤的步骤，从而提供一第二光差序列函数，所述产生步骤从所述光差序列函数和所述第二光差序列函数产生所述值。

9. 一种估算图象数据的脉宽调制显示的位序列型式的帧内方法，所述的图象

数据在一帧周期中格式化成显示器件显示元件的开启或关闭值，其特征在于，所述方法包含下述步骤：

指定一个第一光函数，它代表在构成所述帧周期之一的一个时间间隔序列内，所述显示元件中第一个显示元件的开启或关闭值；

5 指定一个第二光函数，它代表在所述时间间隔序列内，所述显示元件中的第二个显示元件的开启或关闭值；

从所述第一光函数中减去所述第二光函数，从而提供一光差函数；

对所述差函数求和，从而提供一光差序列函数；以及

从所述光差序列函数在数学上产生一个代表所述型式的光学特性的值。

10 10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，它还包含计算一光强差值的步骤，所述光强差值代表从所述第一光函数得出的光强和从所述第二光函数得出的光强之间的差。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述产生步骤包含在每一所述时间间隔上，从所述光差序列函数中减去一个具有所述光强差值作为一因子的减去项，从而获得一修正的序列函数。

12. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述产生步骤是这样一个步骤，即从所述差函数的每一值中减去一半所述光强差值，对所述减去步骤的结果求和，将所述求和步骤的结果用所述帧周期中的一个帧周期的所述时间间隔的个数来除，从而获得一对称的序列函数。

20 13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，它还包含确定所述对称的序列函数最大值的步骤。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，它还包含确定所述对称的序列函数最大值和最小值的步骤。

25 15. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述每一时间间隔具有一顺序间隔号，其中，所述产生步骤是这样一个步骤，在每一时间间隔上，用时间间隔的所述间隔号乘以所述光强差值，将所述相乘步骤的结果除以所述帧周期之一的所述时间间隔个数，从所述差函数的值中减去得到的商值，从而获得修正的序列函数，随后在根均方运算中采用所述修正的差函数。

30 16. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，它还包含重复所述指定步骤、所述相减步骤和所述求和步骤的步骤，从而提供一第二光差序列函数，所述产生步骤从所述光差序列函数和所述第二光差序列函数产生所述值。

说明书

确定空间光调制器最佳脉宽调制的型式

5 本发明涉及采用空间光调制器(SLM)的图象显示系统,尤其涉及对要用 SLM 显示的数据确定最佳脉冲宽度调制型式的方法。

将基于空间光调制器(SLM)的视频显示系统用作采用阴极射线管(CRT)的显示系统的一种替换正日趋广泛。SLM 系统在无需笨重且耗电大的 CRT 系统的情况下,提供了高分辨率的显示系统。

10 数字微镜器件(DMD)是一种类型的 SLM,既可以用在直接观察场合,也可以用在投影显示场合。DMD 具有一微机械显示元件的阵列,每一元件具有一个可以由电子信号单独寻址的微小镜面。根据寻址信号状态的不同,每一镜面发生倾斜,从而将光反射或不反射到成象平面上。通常,把每一镜面及其相关的电路称作为一个“象素”,使之与它们所产生的图象象素对应,但是更确切地说应当
15 称之为“显示元件”。一般情况下,显示象素数据是通过将数据装入与显示元件连接在一起的存储单元完成的。显示元件能以受控显示次数保持在开启或关闭状态上。

其他的 SLM 以类似的原理工作,显示元件阵列可以同时发射或反射光,从而一幅完整的图象是通过对显示元件寻址而不是对屏幕进行扫描而产生的。另一
20 例 SLM 是具有单独驱动显示元件的液晶显示器(LCD)。

为了实现白(开启)和黑(关闭)之间中等程度的照度,采用脉宽调制(PWM)技术。基本的 PWM 型式包含首先确定向观察者提供图象的速率。这建立了帧速率和相应的帧周期。例如,在一标准的电视系统中,图象是以每秒 30 帧的速率传送的,因而每一帧持续约 33.3 毫秒。其次,建立起每一象素的强度分辨率(intensity
25 resolution)。在一简单的例子中,假设为 n 比特的分辨率,则该帧的时间被分割成 $2^n - 1$ 个相等的时间片。对于一 33.3 毫秒的帧周期和 n 比特的强度值,该时间片是 $33.3/(2^n - 1)$ 毫秒。

建立了这些时间以后,对于每一帧的每一象素,使象素强度量化,使得黑色为 0 个时间片,由最低有效位 (LSB) 代表的强度等级为 1 个时间片,而最大亮度为 $2^n - 1$ 个时间片。每一象素的量化强度确定了其在帧周期内的开启时间。因此,在一个帧周期内,量化值大于 0 的每一个象素处在开启状态下共有数个时间片,这些时间片与其强度对应。观察者的眼睛将象素亮度综合在一起,从而该图象看上去似乎与由模拟光强度产生的相同。

对 SLM 寻址时, PWM 调用要被格式化成“位面”数据,每一位面与强度值的位权重对应。因此,如果每一象素的强度是用一 n 位值表示的话,那么每一数
35

据帧具有 n 个位面。对于每一显示元件，每一位面具有一 0 值或 1 值。在前文中描述的简单 PWM 例子中，在一帧内，每一位面是分开装入的，并且显示元件是按照它们相关的位面值寻址的。例如，代表每一显示元件 LSB 的位面，在一个时间片内显示，代表最高有效位 (MSB) 的位面在 $2^{n/2}$ 个时间片内显示。因为一个时间片仅为 $33.3/(2^n - 1)$ 毫秒，所以，SLM 必须能在该时间内装入该 SLB 位面。装入 LSB 位面的时间是“峰值数据速率”。

转让给得克萨斯仪器股份有限公司且标题为“用于脉宽调制显示系统的 DMD 结构和定时”的美国专利 5,278,652 中描述了对基于 DMD 的显示系统中的 DMD 进行寻址的各种方法。这些方法都试图在保持光学效率的情况下减小峰值数据速率。其中讨论的某些方法包括清除显示元件块，并采用附加的“关闭”时间来装入数据。在一种方法中，显示最高有效位的时间被分割成更小的时间段，从而在这些时间段内可以装入次有效位 (less significant bits)。

减小峰值数据速率的另一种方法称为“存储器多路复用” (memory multiplexing) 或“分开复位” (split reset)。该方法采用一种特定结构的 SLM，其显示元件被分组成分开装入和寻址的复位组(reset group)。这就减小了任一次装入的数据量，使得每一复位组的 LSB 数据可以在帧周期内的不同时间中装入。这一结构见转让给得克萨斯仪器股份有限公司的标题为“空间光调制器的像素控制电路”的美国专利 08/300,356。

不管 SLM 的显示元件是否同时寻址或在复位组中寻址，得到的显示必须具有最小的视觉伪影。伪影的存在与否和程度将随图象的瞬时内容的不同和观察者眼睛的移动而变化。目前，已经发展起来了各种排列数据显示顺序和定时的技术。

本发明的一个方面是分析脉宽调制方式感知方面的方法。该方法可以用来比较同一帧的内部(帧内)的不同显示元件或不同的帧中(帧间)的相同或不同显示元件的综合光响应。更具体地说，该方法估算用于图象数据的脉宽调制显示的位序列型式，而所说的图象数据被格式化成显示器件的显示元件一个帧周期中的开启或关闭值序列，每一序列给出一光强。

为了进行帧间比较，指定一个第一光函数(light function)，该光函数代表在第一个时间间隔的序列中显示元件的开启和关闭值，所说的时间间隔包含一个帧周期。随后，指定第二个光函数，该光函数代表第二个时间间隔序列中显示元件的开启或关闭值，所说的时间间隔包含下一个帧周期。从第一个光函数中减去第二个光函数，从而得到一个光差函数(light difference function)。把这一光差函数的值相加，就得到一光差序列函数(light difference series function)。这一序列函数用来在数学上产生一个代表所述方式光学特性的值。

本发明的技术优点是它使 PWM 方式得以发展，使视觉伪影最小。光差序列函数代表两个感知响应的比较。基于光差序列函数的算法可以用来为不同的视觉

特征(如均匀性、对称性和过渡效应(transition effect))估算型式。

对于不具有复位组的 SLM，可以在相邻帧中比较同样的 PWM 型式。这就确保了不存在“视觉间隙(visual gap)”，例如在位权重以递增或递减顺序排列的 8 位系统中强度值从 127 过渡到 128 的情况下。对于具有复位组的 SLM，可以在同一帧周期中比较不同的 PWM 型式，以确保不存在行 - 行(line - to - line)伪影。不管是在哪一种情况下，光强既可以保持不变，也可以是变化的。

图 1 是从模拟信号产生图象的显示系统方框图。

图 2 是从数字信号产生图象的显示系统方框图。

图 3 描述了两个光函数。

图 4 描述的是从图 3 所示的两个光函数得到的光差函数。

图 5 描述的是从图 4 所示光差函数得到的光差序列函数。

采用 PWM 的 SLM 显示系统概述

基于 DMD 的数字显示系统的全面描述见 5,079,544 号美国专利“标准的独立数字视频系统”、08/147,249 号美国专利申请“数字电视系统”和 08/146,385 号美国专利申请“DMD 显示系统”。这些专利以及专利申请的每一个均已转让给得克萨斯股份有限公司，并通过引用将它们包括在此。下面结合图 1 和 2 对这种系统作一概述。

图 1 是投影显示系统的方框图，它采用一个 SLM 从模拟视频信号(如广播电视信号)产生实时图象。图 2 是一类似系统的方框图，其中输入信号已经代表数字数据。在图 1 和图 2 中，只显示对主屏幕像素数据处理有效的部件。而其他部件，如可以用作处理同步和音频信号或次级屏幕特征(如闭式字幕(closed captioning))的部件未在图中示出。

信号接口单元 11 接收一模拟视频信号，并分离出视频信号、同步信号和音频信号。该接口单元将视频信号传送到 A/D 转换器 12a 和 Y/C 分离器 12b，它们分别将数据转换成象素数据样本和将亮度(“Y”)数据和色度(“C”)数据分开。图 1 中，信号在 Y/C 分离之前转换成数字数据，而在其他实施例中，可以在 A/D 转换之前，用模拟滤波器进行 Y/C 分离。

处理器系统 13 通过执行各个象素数据处理任务来准备用作显示的数据。处理器系统 13 可以包括任何一种可用于执行这些任务的处理器，如场和行缓冲器(field and line buffer)。处理器系统 13 执行的任务可以包括线性化(对伽马校准进行补偿)、色空间转换、比例换算和顺序扫描转换。可以交换执行这些任务的顺序。

显示存储器 14 从处理器系统 13 接收经处理的象素数据。该存储器在输入端或输出端上将数据格式化“位面”格式，并一次一个地将位面传送到 SLM 15。正如在“背景技术”中指出的那样，位面格式每次根据 1 个数据位的值，使 SLM

15 的每一显示元件打开或关闭。在本说明书的举例中，格式化是由与显示存储器 14 关联的硬件来完成的。然而其他的实施例中，格式化可以在显示存储器 14 之前或之后，由处理器系统 13 或数据通道中的专用格式化硬件来完成。

在典型的显示系统 10 中，显示存储器 14 是一个“双缓冲区”存储器，其含义是它能够容纳至少两个显示帧的容量。用于一显示帧的缓冲区可以被读出到 SLM 15，同时对用于另一显示帧缓冲区进行写入。以“乒乓”方式控制这两个缓冲区，从而连续地使 SLM 得到数据。

位面数据是从显示存储器 14 传送到 SLM 的。尽管本说明书中是按照 DMD 类型来描述 SLM 15 的，其他类型的 SLM 可以替换到显示系统 10 中，并用在所描述的本发明中。例如 SLM 15 可以是 LCD 型的 SLM。合适的 SLM 的细节见专利号为 4,956,619 的美国专利“空间光调制器”，该专利已转让给得克萨斯仪器股份有限公司，并通过引用包括在此。本质上，SLM 15 采用的是来自显示存储器 14 的数据，以对其显示元件阵列的每一显示元件寻址。每一显示元件的“开启”或“关闭”状态形成一幅图象。

显示光学装置 16 有光学部件，用来从 SLM 15 接收图象，并照射一成像平面（如一显示屏）。用于彩色显示时，显示光学装置 16 可以包括一色轮(color wheel)，而每一种颜色的位面可以排成顺序，并与色轮同步。或者是，不同颜色的数据可以同时显示在多个 SLM 上，并由显示光学装置 16 组合在一起。主定时装置 17 提供各种系统控制功能。

PWM 型式估算(evaluation)

就本发明的目的而言，“PWM 型式”或简称为“型式”是在一个帧周期中显示位权重的一个序列。简单举例来说，采用 8 位象素数据，可以以递减次序的型式显示每个位权重：7，6，5，4，3，2，1，0。其他的型式可以以不同的方式指定位权重。同时，可以将一个或多个位权重的显示时间分段，从而每一帧装入位权重一次以上，并在每次装入以后，在该帧总显示时间的一部分时间内显示该位权重。

正如在“背景技术”中所描述的那样，当数据由位权重来格式化时(对每个位权重每一显示元件一位)，结果是一“位面”格式。对于全局复位 SLM(即不具有复位组的那些 SLM)，位面包括用于所有显示元件的数据，并一次装入和复位。对于具有复位组的 SLM，位面在复位组中分割，并在不同的时刻复位。因此，PWM 型式可以被认为是位面的排列次序。

通常，对于全局复位 SLM，同一 PWM 型式用于每一显示元件，并对每一帧重复。因此，对于全局复位 SLM，本发明的一个典型用途是在相邻帧中在同一显示元件上比较同一型式。

对于分组复位的 SLM，PWM 型式通常在复位组间的同一帧内变化。这种情

况可能是从复位组到复位组“交错”装入序列或者是由于在不同的复位组中次有效位权重以不同的方式排列的结果。所以，对于分开复位的 SLM，本发明的一个典型用途是在同一帧中在相邻显示元件上比较不同的型式。不管是在哪一种情况下，强度可以保持不变或者改变强度。

5 总的说来，不管 SLM 是全局复位的还是分开复位的，对于某一特定的比较，可以改变参数中的任何一个(强度、帧周期和型式)。

在本说明书的例子中，分析是在一个显示元件接一个显示元件的基础上进行的。然而，这样做是为了描述简单，其实可以采用任意个数的显示元件。

分析特定的 PWM 型式时，按照该型式将显示元件打开或关闭。随后，举例来说，可以按照相邻帧周期中的同一型式打开或关闭同一显示元件。或者，以另一个例子为例，按照同一帧周期中的不同型式打开或关闭相邻显示元件。不管是在哪一种情况下，结果都是两个光函数，它们是比较两个显示的基础。

对于一特定的型式，比方说是型式 A，光函数 L_A 是用强度 i 和一个帧中时间片的顺序号 t 来定义的。光函数有两个值，即 0 和 1，其中，

15 当打开显示元件时， $L_A(i, t) = 1$ ，

当关闭显示元件时， $L_A(i, t) = 0$ 。

图 3 描述了两个光函数 L_A 和 L_B ，它们是用特定的型式来显示两个相邻帧的不同强度而得出的。 L_A 是一个比 L_B 具有更小光强值的函数，正如由较少的“开启”时间片数所表示的那样。图 3 中，光函数是从同一型式得到的，但同一原理也适用于从不同的型式得到的光函数。

20 可以用两个光函数来获得一光差序列函数 D_{AB} 。该函数在数学上表述为：

$$D_{AB}(i, d, t, t_0) = \sum_{t=1}^T [L_A(i + d, T) - L_B(i, T + t_0)]$$

25 式中， d 是型式与型式之间的强度差，而 t_0 是时间偏移。例如，如果一个光函数是一个强度为 128 的函数，而另一个光函数是一个强度为 127 的函数，则 $d = 1$ 。如果两个光函数具有相同的强度，则 $d = 0$ 。如果在两个相邻帧中正在比较同一型式，则 t_0 为一个帧周期。如果在同一帧中正在比较不同的型式，则 $t_0 = 0$ 。

30 根据两个光函数 L_A 和 L_B 计算 D_{AB} 时，第一步是计算光差函数 $L_A - L_B$ 。对于每一时间间隔来说，这是一个从 L_A 的值(0 或 1)中减去 L_B 的值(0 或 1)的简单运算。也可以是从 L_B 中减去 L_A 。

图 4 中描述的是光差函数 $L_A - L_B$ 。在每一时间间隔 t 内，从 L_A 的值中减去 L_B 的值。差函数的值可以是 1、0 或 -1。

35 在计算了光差函数以后，计算序列光差函数。在每一时间间隔 t 上，将差函

数的先前值加到差函数的当前值上。例如，在第一时间间隔上，序列差函数的值是 1，在下一个时间间隔上， $1 + 1 = 2$ ，在第三个时间间隔上， $2 + 1 = 3$ ，在第四个时间间隔上， $3 + (-1) = 2$ ，等等。

图 5 描述的是序列光差函数：

5

$$D_{AB} = \sum_{T=1}^I (L_A - L_B)$$

每一时间间隔上，计算差函数累加和为先前一值加上当前值。

可以在几种用来鉴别 PWM 型式的光学特性或比较用于这些特性的两个 PWM 型式的“量度”中使用光差序列函数。正如下文中将要说明的那样，这些光学特性包括对称性、过渡误差(transition error)和均匀性。

10 这些量度中的每一个采用在一个帧周期上计算的光差序列函数，从而 F 是一个帧中的时间间隔数。采用“背景技术”中描述的 PWM 例子，其中每一像素具有一个 8 位强度值，则每一帧中有 256 个可能的强度和 255 个时间间隔。每一量度可以对一理想的响应归一化(normalized)。

15 一般说来，每一量度用序列光差函数来获得代表所要求的光学特性的一个值。该值将与一 PWM 显示相关的整体光能量响应与同一帧中不同显示元件的能量响应作比较或与不同帧中同一或不同显示元件的能量响应比较。

20 估算 PWM 型式的第一个量度是对称性量度，它测量的是型式 A 和型式 B(可以是相同的两个型式)这两个型式在过渡时的净不平衡。这一量度在数学上表述为：

$$M1_{AB}(i,d) = [1/(F+1)] \sum_{i=1}^F D_{AB}(i,d,t,o) - d/2]$$

25 可以将该量度归一化，从而使 0 代表完全对称。也可以从序列函数在对称性量度中计算最大宽度(spread)和最大峰值。所以，

最大宽度 = $M1_{AB}(i,d)$ 最大值 - $M1_{AB}(i,d)$ 最小值

以及

最大峰值 = $|M1_{AB}(i,d)|$ 最大峰值

30 估算 PWM 型式的第二量度是过渡误差量度，它测量的是型式 A 和型式 B(可以是两个相同的型式)两个型式过渡时整体光效应的幅度和持续时间。这一量度本质上是一个根均方运算，数学上表述为：

$$M2_{AB}(i,d) = ([1/F] \sum_{i=1}^F [D_{AB}(i,d,t,o) - dt/F]^2)^{1/2}$$

可以将该量度归一化，从而 0 表示完全均匀性。

第三个量度是均匀性量度，它采用两个具有时间偏移的累加的差函数。该量度的数学表述式是：

5
$$M3_{AB}(i,d,t_0) = [1/F] \sum_{t=1}^F [D_{AB}(i,0,t,t_0) - D_{AB}(i,0,t,0) - i/F]^2$$

用已知的计算机编程技术可将这些量度以计算机算法来实现。

附录 A 列出的是用上述量度判定特定 PWM 型式的结果。该型式如下所述：

7 4 6 7 5 7 6 7 0 1 3 2 7 6 7 5 7 6 7 4 7

- 10 其中，序列中的每一个数字代表具有该值位权重的一个位面。位权重 7、6、5 和 4 的位面是分开的，因而位面 4 和 5 中的每一个装入两次，位面 6 装入四次，而位面 7 装入 9 次。对于各种强度差，特别是从一个位面到另一位面的过渡，已经计算了过渡误差、对称性、分布范围(spread)和峰值。并且，对于型式整个估算来说，已经对这些值取了平均值。

15

其他实施例

尽管上文中结合附图描述了本发明，但这些描述是非限定性的。很明显，对于本领域的技术人员来说，可以对已揭示的实施例作各种修正以及作出另外的实施例。所以，后文的权利要求将包含落在本发明范围内的所有修正。

附录 “ A ”

基本的位型式 = 7 4 6 7 5 7 6 7 0 1 3 2 7 6 7 5 7 6 7 4 7

位的个数 = 21 最大位 = 7

5	位号 0 具有长度 = 1				
	位号 1 具有长度 = 2				
	位号 2 具有长度 = 4				
	位号 3 具有长度 = 8				
	位号 4 具有长度 = 8				
10	位号 5 具有长度 = 16				
	位号 6 具有长度 = 16				
	位号 7 具有长度 = 14				
	误差值	- 平均 = 3.707749	最大 = 10.182057		
	对称值	- 平均 = 0.000000	最大 = 7.118110		
15	分布范围	- 平均 = 12.066414	最大 = 35.000000		
	峰值	- 平均 = 6.401643	最大 = 21.500000		

自	至	误差值	对称性	分布范围	峰值
7	8	0.656	-0.059	8.000	4.500
15	16	6.940	0.413	15.000	7.500
23	24	0.656	-0.059	8.000	4.500
31	32	6.701	-0.469	17.000	8.500
39	40	0.656	-0.059	8.000	4.500
47	48	6.940	0.413	15.000	7.500
55	56	0.656	-0.059	8.000	4.500
63	64	5.921	-0.469	17.000	8.500
71	72	0.656	-0.059	8.000	4.500
79	80	6.940	0.413	15.000	7.500
87	88	0.656	-0.059	8.000	4.500
95	96	6.701	-0.469	17.000	8.500
103	104	0.656	-0.059	8.000	4.500
111	112	6.940	0.413	15.000	7.500
119	120	0.656	-0.059	8.000	4.500
127	128	10.182	7.118	35.000	21.500
135	136	0.656	-0.059	8.000	4.500
143	144	6.940	0.413	15.000	7.500

自	至	误差值	对称性	分布范围	峰值
151	152	0.656	-0.059	8.000	4.500
159	160	6.701	-0.469	17.000	8.500
167	168	0.656	-0.059	8.000	4.500
175	176	6.940	0.413	15.000	7.500
183	184	0.656	-0.059	8.000	4.500
191	192	5.921	-0.469	17.000	8.500
199	200	0.656	-0.059	8.000	4.500
207	208	6.940	0.413	15.000	7.500
215	216	0.656	-0.059	8.000	4.500
223	224	6.701	-0.469	17.000	8.500
231	232	0.656	-0.059	8.000	4.500
239	240	6.940	0.413	15.000	7.500
247	248	0.656	-0.059	8.000	4.500

说明书附图

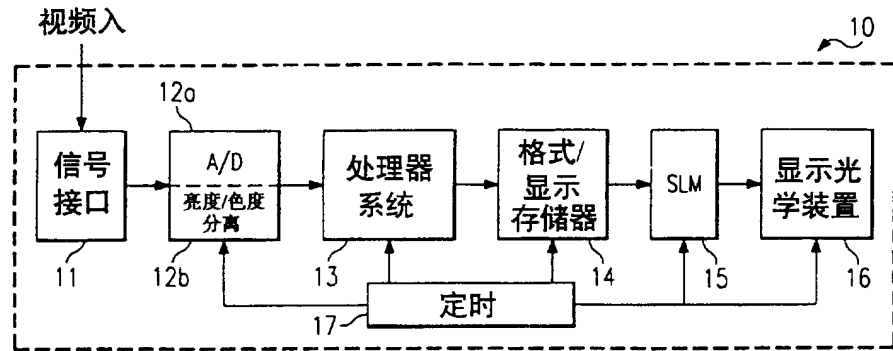


图 1

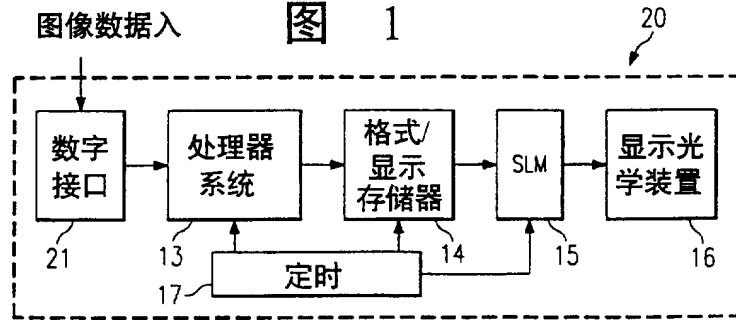


图 2

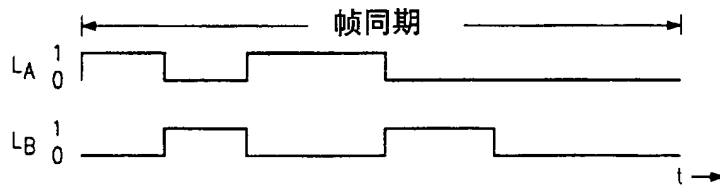


图 3

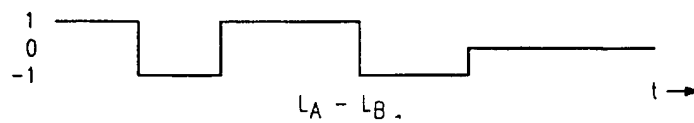


图 4

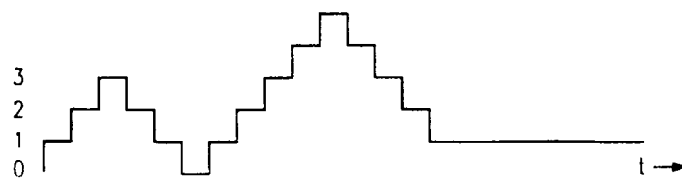


图 5