

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G09G 3/20 (2006.01)

G09G 3/32 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910066760.1

[43] 公开日 2009年9月2日

[11] 公开号 CN 101520980A

[22] 申请日 2009.4.7

[21] 申请号 200910066760.1

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 丁铁夫 王瑞光 严飞 李强

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所  
代理人 王淑秋

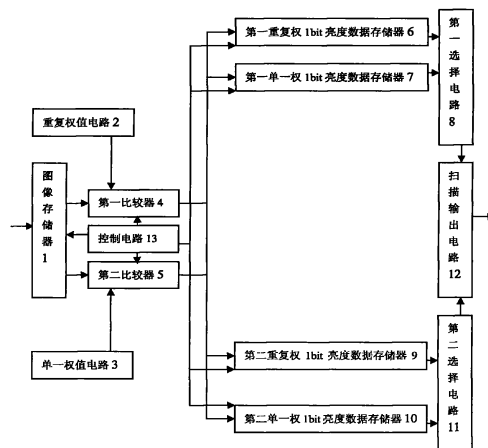
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 1 页

## [54] 发明名称

LED 显示屏混合权值时间片扫描装置

## [57] 摘要

本发明涉及一种 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置，该装置第一比较器的输入分别与重复权值电路的输出、图像存储器的输出连接，第一比较器的输出与重复权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；第二比较器的输入分别与单一权值电路的输出、图像存储器的输出连接，第二比较器的输出与单一权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；重复权 1bit 亮度数据存储器的输出和单一权 1bit 亮度数据存储器的输出分别与选择电路的输入连接，选择电路的输出与扫描输出电路连接。本发明读取一次图像存储器内存，可以扫描输出  $n + 1$  次权值时间片，因此刷新频率提高了  $n + 1$  倍。



1、一种 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置，包括图像存储器(1)，扫描输出电路(12)和控制电路(13)；其特征在于还包括重复权值电路(2)，单一权值电路(3)，第一比较器(4)，第二比较器(5)，重复权 1bit 亮度数据存储器，单一权 1bit 亮度数据存储器，选择电路，控制电路(13)分别与图像存储器(1)、第一比较器(4)、第二比较器(5)、重复权 1bit 亮度数据存储器及单一权 1bit 亮度数据存储器连接；第一比较器(4)的输入分别与重复权值电路(2)的输出、图像存储器(1)的输出连接，第一比较器(4)的输出与重复权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；第二比较器(5)的输入分别与单一权值电路(3)的输出、图像存储器(1)的输出连接，第二比较器(5)的输出与单一权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；重复权 1bit 亮度数据存储器的输出和单一权 1bit 亮度数据存储器的输出分别与选择电路的输入连接，选择电路的输出与扫描输出电路(12)连接。

2、根据权利要求 1 所述的一种 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置，其特征在于所述的重复权 1bit 亮度数据存储器分为第一重复权 1bit 亮度数据存储器(6)、第二重复权 1bit 亮度数据存储器(9)，单一权 1bit 亮度数据存储器分为第一单一权 1bit 亮度数据存储器(7)、第二单一权 1bit 亮度数据存储器(10)，选择电路分为第一选择电路(8)、第二选择电路(11)；第一重复权 1bit 亮度数据存储器(6)和第一单一权 1bit 亮度数据存储器(7)采用一体 RAM，第二重复权 1bit 亮度数据存储器(9)和第二单一权 1bit 亮度数据存储器(10)采用一体 RAM；第一选择电路(8)与第一重复权 1bit 亮度数据存储器(6)、第一单一权 1bit 亮度数据存储器(7)连接，第二选择电路(11)与第二重复权 1bit 亮度数据存储器(9)、第二单一权 1bit 亮度数据存储器(11)连接。

## LED 显示屏混合权值时间片扫描装置

## 技术领域

本发明涉及一种 LED 显示屏权值时间片扫描装置，特别涉及一种 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置。

## 技术背景

对于 LED 平板显示屏的驱动技术，特别是图像显示技术，目前主要还是依赖脉宽调制方法。实现脉宽调制的方法主要有计数器法，比较器法等。比较器法利用显示数据的权值在单位时间内对显示屏进行多次反复扫描（又称刷新），从而形成有灰度级层次的视频图像；该方法又称为权值时间片扫描方法，每个 LED 的导通时间采用了加权求和的方法，对于任意一个 LED 像素的灰度值  $R[\text{MSB}:\text{LSB}]$ ，都有唯一的一个加权时间和与之相对应，表示为

$$T_{R[\text{MSB}:\text{LSB}]} = \sum_{i=\text{LSB}}^{\text{MSB}} R[i] * 2^{i-k}$$

。其中  $i-k$  的值等于零时的  $R[i]$  占有的时间为一个基准时间片，一般  $\text{LSB}=0$ ；为保证单基色灰度级至少为 256 且单基色灰度级为最高能达到 65536，

可取  $7 \leq C \leq 15$ ； $C$  为  $\text{MSB}$  与  $\text{LSB}$  的差值； $k$  为常数，为使图像表现的更加细腻，可取  $0 \leq k \leq 9$ 。

权值时间片扫描方法有多种分布方式，以具有 15 个权值时间片的 32768 灰度级的系统为例，权值时间片与其权值及占有的时间片数  $Z$  如表 1 所示：

表 1

|           |       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 权值时间片     |       |          |          |          |          | R14      | R13      | R12      | R11      | R10      |
| 权值        |       |          |          |          |          | $2^5$    | $2^4$    | $2^3$    | $2^2$    | $2^1$    |
| 占有时间片 $Z$ |       |          |          |          |          | 32       | 16       | 8        | 4        | 2        |
| 单基色位数     | R9    | R8       | R7       | R6       | R5       | R4       | R3       | R2       | R1       | R0       |
| 权值        | $2^0$ | $2^{-1}$ | $2^{-2}$ | $2^{-3}$ | $2^{-4}$ | $2^{-5}$ | $2^{-6}$ | $2^{-7}$ | $2^{-8}$ | $2^{-9}$ |
| 占有时间片 $Z$ | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |

由表 1 可以看出,所有权值时间片所占有的基准时间片的总和为  $\sum_{i=LSB}^{MSB} Z[i]=72$  ( $Z[i]$  为每个权值时间片所占有的基准时间片数),单基色灰度等级为  $2^{15}$  级。当  $i-k$  的值小于等于 0 时,每个权值时间片各自占有一个基准时间片,只是在这个基准时间片里 LED 显示时间只有一个基准时间片的  $2^{i-k}$  倍,有一部分或大部分时间被消隐了;当  $i-k$  的值大于 0 时,每个权值时间片要占有  $2^{i-k}$  个基准时间片。

若每一个像素使用的是一个 15 位的二进制数据 data 进行量化, data 最高位对应的是权值为 32,其次对应的权值为 16,以此类推最低位对应的权值为 1/512。权值的大小表示了一个像素时钟内有多少个单位时钟使像素点 LED 被点亮即该位的数据用于扫描被输出多少次,这样就可以控制 LED 显示屏的灰度产生不同的灰度级。根据数据 data 的不同对于 n 位的二进制像素数据会得到  $2^n$  的灰度级。

目前这种权值时间片扫描方法所用的装置包括图像存储器,权值电路,比较器,扫描输出电路和控制电路;控制电路分别与图像存储器、比较器及扫描输出电路连接;比较器的输入分别与图像存储器的输出、权值电路的输出连接,比较器的输出与扫描输出电路连接。权值电路产生的一组在时间上递增顺序或递减顺序或无规律顺序的权值数据,与图像存储器中的图像数据同时并行送入比较器,由比较器产生一组递增顺序或递减顺序或无规律顺序的权值时间片 1bit 亮度信息;在控制电路控制下,比较器产生的 1bit 亮度信息直接送入扫描输出电路,直到将一幅图像的所有权值时间片的数据输出完毕,产生一幅完整的图像。这种装置采取的是顺序的方式即按权值的大小依次递增或递减的方式进行扫描;也有采取乱序的方法,所谓乱序即打乱权值的次序的扫描方式。两种扫描方式对图像存储器的内存的读取过于频繁(读取一次图像存储器的内存,扫描一次某一权值时间片),而且很容易受到硬件资源等方面的限制,大大限制了显示屏的扫描频率。

#### 发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种能够同时并行产生两个权值时间片且对其中一个时间片重复使用的 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置,该装置能够在相同的图像存储器

读取速度的情况下，提高显示屏扫描频率。

为了解决上述技术问题，本发明的 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置包括图像存储器，重复权值电路，单一权值电路，第一比较器，第二比较器，重复权 1bit 亮度数据存储器，单一权 1bit 亮度数据存储器，选择电路，扫描输出电路和控制电路；控制电路分别与图像存储器、第一比较器、第二比较器、重复权 1bit 亮度数据存储器及单一权 1bit 亮度数据存储器连接；第一比较器的输入分别与重复权值电路的输出、图像存储器的输出连接，第一比较器的输出与重复权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；第二比较器的输入分别与单一权值电路的输出、图像存储器的输出连接，第二比较器的输出与单一权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；重复权 1bit 亮度数据存储器的输出和单一权 1bit 亮度数据存储器的输出分别与选择电路的输入连接，选择电路的输出与扫描输出电路连接。

扫描时，存储于图像存储器中的像素数据，分别与重复权值电路产生的重复权时间片、单一权值电路产生的单一权时间片通过第一比较器、第二比较器进行比较，得到重复权时间片和单一权时间片的各自 1bit 亮度信息；第一比较器产生的重复权 1bit 亮度信息存入重复权 1bit 亮度数据存储器；第二比较器产生的单一权 1bit 亮度信息存入单一权 1bit 亮度数据存储器；选择电路选择对重复权 1bit 亮度数据存储器中的重复权 1 bit 亮度信息扫描输出  $n$  次 ( $n > 1$ ,  $n$  的数值根据权值时间片片数的分组方式而定，本发明中对于  $n$  的大小没有严格的限制)，再对单一权 1bit 亮度数据存储器中的单一权 1bit 亮度信息扫描输出 1 次；选择电路输出的 1bit 亮度信息送到扫描输出电路，直至产生一幅完整的图像。其中控制电路用于协调各部分的工作时序与图像存储器的工作状态。这样读取一次图像存储器内存，可以扫描输出  $n+1$  次权值时间片，因此刷新频率提高了  $n+1$  倍。并且由于重复权 1bit 亮度数据存储器的亮度信息重复使用，因此也节省了存储空间。

所述的重复权 1bit 亮度数据存储器分为第一重复权 1bit 亮度数据存储器、第二重复权 1bit 亮度数据存储器，单一权 1bit 亮度数据存储器分为第一单一权 1bit 亮度数据存储器、第二单一权 1bit 亮度数据存储器，选择电路分为第一选择电路、第二选择电路；第一重复权 1bit 亮度数据存储器 and 第一单一权 1bit 亮度数据存储器采用一体 RAM，第二重复权 1bit 亮

度数据存储器和第二单一权 1bit 亮度数据存储器采用一体 RAM；第一选择电路与第一重复权 1bit 亮度数据存储器、第一单一权 1bit 亮度数据存储器连接，第二选择电路与第二重复权 1bit 亮度数据存储器、第二单一权 1bit 亮度数据存储器连接。对其中一体 RAM 进行 2bit 亮度信息存储的同时，可以对另一体 RAM 的 2bit 亮度信息进行读取用于扫描。这样交替地对双体 RAM 进行操作，读写不发生冲突，存储空间虽然在一定程度上有所加大，但是一场画面的扫描频率与现有技术相比却提高了  $n$  倍，进一步提高了扫描频率。

#### 附图说明

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

图 1 为本发明的 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置结构框图。

#### 具体实施方式

如图 1 所示，本发明的 LED 显示屏混合权值时间片扫描装置包括图像存储器 1，重复权值电路 2，单一权值电路 3，第一比较器 4，第二比较器 5，重复权 1bit 亮度数据存储器和单一权 1bit 亮度数据存储器和选择电路，扫描输出电路 12 和控制电路 13；控制电路 13 分别与图像存储器 1、第一比较器 4、第二比较器 5、重复权 1bit 亮度数据存储器和单一权 1bit 亮度数据存储器和扫描输出电路 12 连接；第一比较器 4 的输入分别与重复权值电路 2 的输出、图像存储器 1 的输出连接，第一比较器 4 的输出与重复权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；第二比较器 5 的输入分别与单一权值电路 3 的输出、图像存储器 1 的输出连接，第二比较器的输出与单一权 1bit 亮度数据存储器的输入连接；重复权 1bit 亮度数据存储器的输出和单一权 1bit 亮度数据存储器的输出分别与选择电路的输入连接，选择电路的输出与扫描输出电路 12 连接。

本发明的图像存储器 1 采用外接的 SDRAM 作为图像的存储器；重复权值电路 2、单一权值电路 3、第一比较器 4、第二比较器 5、重复权 1bit 亮度数据存储器和单一权 1bit 亮度数据存储器和选择电路、扫描输出电路 12 和控制电路 13 全部集成于可编程逻辑阵列中。本发明的重复权 1bit 亮度数据存储器和单一权 1bit 亮度数据存储器和可以为 FIFO，双口 RAM，双体 RAM 等。以双体 RAM 为例，第一重复权 1bit 亮度数据存储器和与第一单一权 1bit 亮

度数据存储单元 7 为一体 RAM，第二重复权 1bit 亮度数据存储单元 9 与第二单一权 1bit 亮度数据存储单元 10 为另一体 RAM，每一体 RAM 存储的数据都是 2bit 的亮度信息。通常我们把具有多时间片的权（例如权值 32）和具有单一时间片的权（例如权值 1/512）分为一组，前者为重复权时间片，后者为单一权时间片。扫描时，存储于图像存储器 1 中的像素数据，分别与重复权值电路 2、单一权值电路 3 产生的权值时间片通过第一比较器 4、第二比较器 5 进行比较得到两个权值时间片的各自的 1bit 亮度信息，第一比较器 4、第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息分别存到一体 RAM 中。对其中一体 RAM 进行 2bit 亮度信息存储的同时，可以对另一体 RAM 的 2bit 亮度信息进行读取用于扫描。在扫描时通过第一选择电路 8、第二选择电路 11 和扫描输出电路 12 顺序扫描输出  $n$  ( $n > 1$ ) 次重复权的 1 bit 亮度信息和 1 次单一权的 1bit 亮度信息（我们称其为  $n$  次复用法）。这样在读取一次图像存储器内存时，可以扫描  $n+1$  次时间片，因此提高了刷新频率。由于第一重复权 1bit 亮度数据存储单元 6 和第二重复权 1bit 亮度数据存储单元 9 的亮度信息重复使用，因此也节省了存储空间。当其中一体 RAM 以频率  $f$  进行 2bit 亮度信息存储的同时对另一体 RAM 以频率  $(n+1)*f$  进行 2bit 亮度信息读取用于扫描。这样交替的对双体 RAM 进行操作，存储空间虽然在一定程度上比其他扫描方式有所加大，但是一场画面的扫描频率却能提高了原先的  $n$  倍。大大提高了扫描频率。

实施例一：

本实施例以 72 片权值时间片，读取二次重复权时间片为例对本发明作进一步详细说明。

对于 72 片的权值时间片扫描方式而言，本实施例将总的权值时间片片数分 24 组，其中一种分组方式如表 1 所示：

表 1

|            |            |            |           |           |           |
|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| (32,1/512) | (32,1/256) | (32,1/128) | (32,1/64) | (32,1/32) | (32,1/16) |
| (32,1/8)   | (32,1/4)   | (32,1/2)   | (32,1)    | (32,2)    | (32,2)    |
| (32,4)     | (32,4)     | (32,4)     | (32,4)    | (16,8)    | (16,8)    |
| (16,8)     | (16,8)     | (16,8)     | (16,8)    | (16,8)    | (16,8)    |

表中每一个单元格为一组数据，其中的数值代表的是权值，前一个权值为重复权，后一个为单一权。

开始扫描时，存储于图像存储器 1 中的像素数据，分别与重复权值电路 2、单一权值电

路 3 产生的权值时间片通过第一比较器 4、第二比较器 5 进行比较得到两个权值时间片的各自的 1bit 亮度信息。第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中；第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中。当第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 和第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 写满后，由第一选择电路 8 对第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中的 1bit 亮度信息读取两次，再对第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中的 1bit 亮度信息读取一次，读取的亮度信息通过扫描输出电路 12 输出；同时，第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 中；第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 中。当第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 和第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 写满后，由第二选择电路 11 对第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 中的 1bit 亮度信息读取两次，再对第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 中的 1bit 亮度信息读取一次，读取的亮度信息通过扫描输出电路 12 输出；同时，第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中，第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中。两组亮度数据存储器交替进行读写操作，直到 24 组数据都被执行一遍，产生一幅完整的图像。这样形式上总权值时间片片数 72 片转换为 24 组，共读取了 24 次图像存储器，原来的 72 次操作转换为 24 次操作，操作次数减少到原来的 1/3，在图像存储器读出一次的同时扫描输出电路输出三次，达到乱序效果的同时提高到三倍的场频。

实施例二：

本实施例以 72 片权值时间片，读取三次重复权时间片为例对本发明作进一步详细说明。

对于 72 片的权值时间片扫描方式而言，本实施例将总的权值时间片片数分 18 组，其中一种分组方式如表 2 所示：

表 2

|            |            |            |           |           |           |
|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| (32,1/512) | (32,1/256) | (32,1/128) | (32,1/64) | (32,1/32) | (32,1/16) |
| (32,1/8)   | (32,1/4)   | (32,1/2)   | (32,32)   | (16,32)   | (16,1)    |
| (16,2)     | (16,2)     | (16,16)    | (8,8)     | (8,8)     | (4,4)     |

表中每一个单元格为一组，其中的数值代表的是权值，前一个权值为重复权，后一个为



单一权。

开始扫描时, 存储于图像存储器 1 中的像素数据, 分别与重复权值电路 2、单一权值电路 3 产生的权值时间片通过第一比较器 4、第二比较器 5 进行比较得到两个权值时间片的各自的 1bit 亮度信息。第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中; 第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中。当第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 和第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 写满后, 由第一选择电路 8 对第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中的 1bit 亮度信息读取三次, 再对第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中的 1bit 亮度信息读取一次, 读取的亮度信息通过扫描输出电路 12 输出; 同时, 第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 中; 第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 中。当第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 和第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 写满后, 由第二选择电路 11 对第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 中的 1bit 亮度信息读取三次, 再对第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 中的 1bit 亮度信息读取一次, 读取的亮度信息通过扫描输出电路 12 输出; 同时, 第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中, 第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中。两组亮度数据存储器交替进行读写操作, 直到 18 组数据都被执行一遍, 产生一幅完整的图像。这样形式上总权值时间片片数 72 片转换为 18 组, 共读取了 18 次图像存储器, 原来的 72 次操作转换为 18 次操作, 操作次数减少到原来的 1/4, 在图像存储器读出一次的同时扫描输出电路输出四次, 达到乱序效果的同时提高到四倍的场频, 而只用一组 2bit 的像素内存。

### 实施例三:

本实施例以 136 片权值时间片, 读取三次重复权时间片为例对本发明作进一步详细说明。

对于 136 片的权值时间片扫描方式而言, 本实施例将总的权值时间片片数分 34 组, 其中一种分组方式如表 3 所示:

表 3

|            |            |            |           |           |           |          |
|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| (64,1/512) | (64,1/256) | (64,1/128) | (64,1/64) | (64,1/32) | (64,1/16) | (64,1/8) |
| (64,1/4)   | (64,1/2)   | (64,1)     | (64,2)    | (64,2)    | (64,4)    | (64,4)   |
| (64,4)     | (64,4)     | (64,8)     | (64,8)    | (64,8)    | (64,8)    | (64,8)   |
| (32,8)     | (32,8)     | (32,8)     | (32,64)   | (32,16)   | (32,16)   | (32,16)  |
| (32,16)    | (32,16)    | (32,16)    | (16,32)   | (16,32)   | (16,16)   |          |

每一个单元格为一组数据其中的数值代表的是权值，前一个权值为重复权，后一个为单一权。

开始扫描时，存储于图像存储器 1 中的像素数据，分别与重复权值电路 2、单一权值电路 3 产生的权值时间片通过第一比较器 4、第二比较器 5 进行比较得到两个权值时间片的各自的 1bit 亮度信息。第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中；第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中。当第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 和第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 写满后，由第一选择电路 8 对第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中的 1bit 亮度信息读取三次，再对第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中的 1bit 亮度信息读取一次，读取的亮度信息通过扫描输出电路 12 输出；同时，第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 中；第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 中。当第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 和第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 写满后，由第二选择电路 11 对第二重复权 1bit 亮度数据存储器 9 中的 1bit 亮度信息读取三次，再对第二单一权 1bit 亮度数据存储器 10 中的 1bit 亮度信息读取一次，读取的亮度信息通过扫描输出电路 12 输出；同时，第一比较器 4 产生的 1bit 亮度信息存到第一重复权 1bit 亮度数据存储器 6 中，第二比较器 5 产生的 1bit 亮度信息存到第一单一权 1bit 亮度数据存储器 7 中。两组亮度数据存储器交替进行读写操作，直到 18 组数据都被执行一遍，产生一幅完整的图像。这样形式上总权值时间片片数 136 片转换为 34 组，共读取了 34 次图像存储器，原来的 136 次操作转换为 34 次操作，操作次数减少到原来的 1/4，在图像存储器读出一次的同时扫描输出电路输出四次，达到乱序效果的同时提高到四倍的场频，而只用一组 2bit 的像素内存。

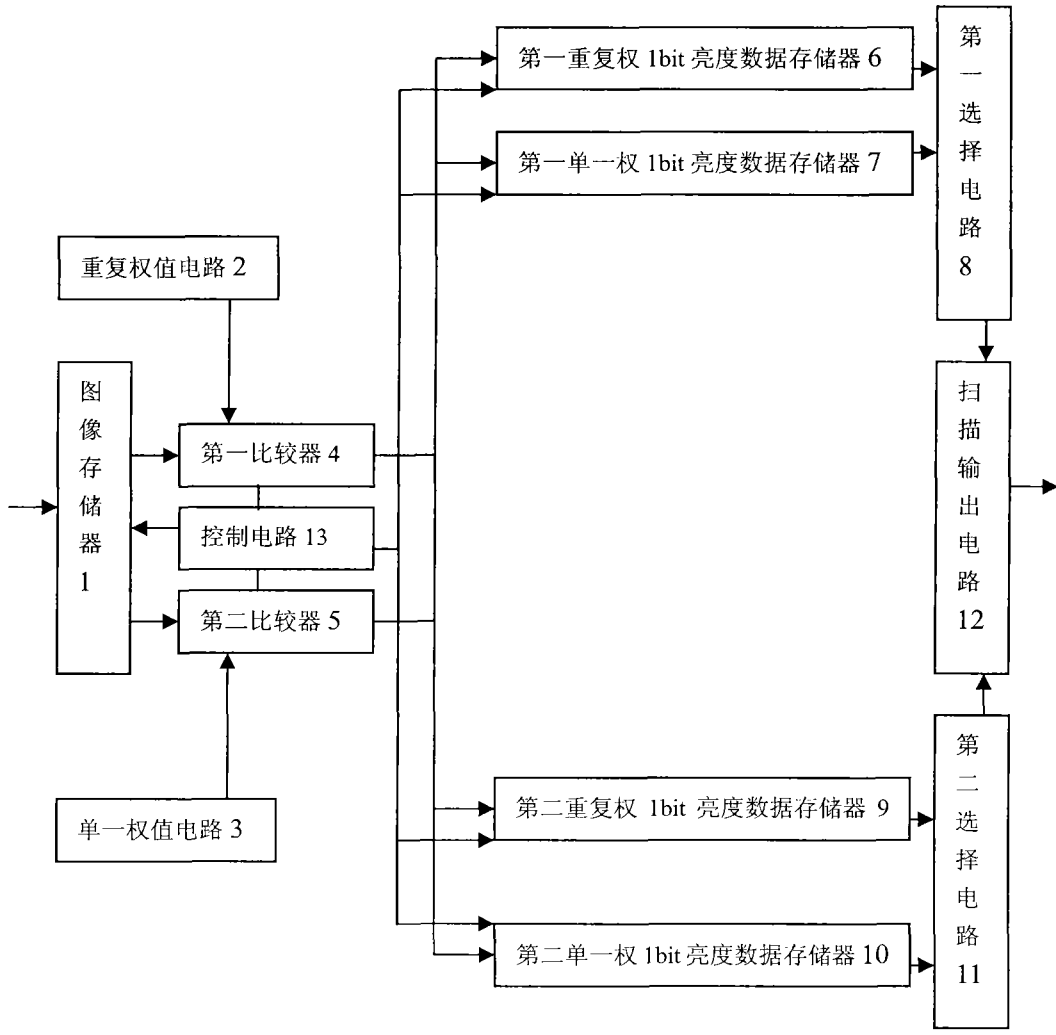


图 1