

一种像素采集电路及图像传感器

技术领域

5 本发明涉及图像采集技术领域，尤其涉及一种像素采集电路及图像传感器。

背景技术

10 作为人工智能技术在视觉应用领域的一个重要分支，机器视觉技术近年来获得了飞速的发展。依托于高算力支撑下的机器视觉算法，机器视觉技术在模式识别、特征提取、运动物体检测和跟踪等诸多领域均得到了广泛的应用。

15 作为前端图像数据获取的源头，图像传感器也是整个机器视觉系统的重要组成部分。由于绝大部分图像传感器按照固定帧率输出全幅图像，因而主流的机器视觉算法也都采用全幅的图像帧信息作为其输入。然而，这些图像帧信息中包含了大量的冗余信息（其中主要是一些无用的背景信息），同时，还丢失了机器视觉应用中所关心的视场中的动态信息。上述问题均加大了后端算法在存储和算力方面的负担。相比之下，另外一种图像传感器，即动态视觉图像传感器（以下简称“动态视觉传感器”），则从原理上更加符合机
20 器视觉对图像数据源的要求。动态视觉传感器仅响应并输出视场中的动态信息，自动屏蔽并过滤掉无用的背景信息。与固定帧率输出的图像传感器不同，动态视觉传感器的输出是异步的事件流，该事件流在时空域上直接表征视场中动态信息。

25 如上所述，动态视觉传感器直接检测视场中的动态信息、并降低了输出数据的冗余程度。但是，动态视觉传感器的异步事件流的输出格式却与主流的机器视觉算法对输入数据的要求不兼容。因此，在前端采集图像数据时，若使用动态视觉传感器，则需要将其输出的异步事件流数据按照某种方式转化为同步的帧数据。然而，数据转换操作依然会耗费大量的外部存储空间以

及算力，降低整个图像处理系统的效率。

鉴于此，需要一种新的图像传感器，来解决上述问题。

发明内容

- 5 本发明提供了一种像素采集电路及图像传感器，以力图解决或至少缓解上面存在的至少一个问题。

根据本发明的一个方面，提供了一种像素采集电路，包括：运动检测模块，适于检测视场中的光强变化，并在光强变化超出设定阈值时，生成像素触发信号，来指示像素采集电路进入触发状态；时间信号生成模块，与运动
10 检测模块耦接，适于在接收到像素触发信号时生成时间信号，时间信号用于表征所述像素采集电路被触发时刻的时间信息；其中，运动检测模块和时间信号生成模块分别耦接到外围的读出单元，以便读出单元对像素采集电路进行扫描来输出像素采集电路的时间信息。

可选地，在根据本发明的像素采集电路中，时间信号在像素采集电路进入触发状态时指示一个瞬时电压脉冲、且之后随时间而衰减。
15

可选地，在根据本发明的像素采集电路中，运动检测模块包括：光电探测子模块，适于实时监测照射在其上的光信号，并输出相应的电信号；触发生成子模块，其第一输入端耦接到光电探测子模块，其第一输出端耦接到读出接口子模块，其第二输出端耦接到时间信号生成模块，触发生成子模块适于在电信号满足预定触发条件时，生成触发生成信号给读出接口子模块和时间信号生成模块；以及读出接口子模块，耦接到触发生成子模块，适于与读出单元进行通信。
20

可选地，在根据本发明的像素采集电路中，时间信号生成模块包括：第一开关（K1），其第一端耦接固定电压（VA），其第二端耦接缓冲器（B1）的第一端；并联的第一电容（C1）和第一电阻（R1），其一端接地，另一端耦接于所述第一开关（K1）的第二端以及第一缓冲器（B1）的第一端；第一缓冲器（B1），其第二端耦接至第二开关（K2）的第一端；以及第二开关（K2），其第二端接至时间信号列输出线。
25

可选地，在根据本发明的像素采集电路中，时间信号生成模块包括：第三开关（K3），其第一端耦接固定电压（VA），其第二端耦接第二缓冲器（B2）的第一端；并联的第二电容（C2）和恒流源（I），其一端接地，另一端耦接于所述第三开关（K3）的第二端以及第二缓冲器（B2）的第一端；第二缓冲器（B2），其第二端耦接至第四开关（K4）的第一端；以及第四开关（K4），其第二端接至时间信号列输出线。

可选地，在根据本发明的像素采集电路中，第一开关（K1）或第三开关（K3）由运动检测模块输出的像素触发信号来控制，当像素触发信号有效时，第一开关（K1）或第三开关（K3）闭合；以及第二开关（K2）或第四开关（K4）由读出单元输出的时间信号行选择信号来控制，当时间信号行选择信号有效时，第二开关（K2）或第四开关（K4）闭合。

可选地，在根据本发明的像素采集电路中，第一电阻（R1）为可调电阻；以及根据第一电容（C1）和第一电阻（R1）组成的时间常数确定时间信号的衰减速度。

可选地，在根据本发明的像素采集电路中，根据第二电容（C2）和恒流源（I）确定时间信号的衰减速度。

根据本发明的又一个方面，提供了一种图像传感器，包括：像素采集电路阵列，包括多个如上所述的像素采集电路；全局控制单元，适于控制像素采集电路阵列的初始工作状态；读出单元，适于逐行地对像素采集电路阵列进行扫描，来输出关于像素采集电路阵列的时间信息。

可选地，在根据本发明的图像传感器中，读出单元包括：行选择模块，适于在行方向上管理像素采集电路阵列；列选择模块，适于在列方向上管理像素采集电路阵列；读出控制模块，分别与行选择模块和列选择模块相耦接，适于控制行选择模块与列选择模块的输出。

可选地，在根据本发明的图像传感器中，行选择模块包括：运动检测行选择子模块，通过运动检测行请求线和运动检测行选择线耦接到像素采集电路中的运动检测模块，适于对来自像素采集电路阵列的行请求信号进行响应；时间信号行选择子模块，通过时间信号行选择线耦接到像素采集电路中的时间信号生成模块，适于逐行地将像素采集电路的时间信号行选择线置为有效。

可选地，在根据本发明的图像传感器中，行选择模块包括：运动检测行选择子模块，通过运动检测行请求线和运动检测行选择线耦接到像素采集电路中的运动检测模块，适于对来自像素采集电路阵列的行请求信号进行响应；时间信号行选择子模块，通过时间信号行选择线耦接到像素采集电路中的时间信号生成模块，适于逐行地将像素采集电路的时间信号行选择线置为有效。

可选地，在根据本发明的图像传感器中，全局控制单元还适于在图像传感器上电时，复位像素采集电路阵列，以及，还适于在像素采集电路阵列保持稳定的初始状态时，解除复位，使得像素采集电路阵列开始工作。

根据本公开的图像传感器 100，在像素采集电路 200 中添加了时间信号生成模块 220，该时间信号生成模块 220 生成一个本地的时间信号，该时间信号一般是一个电压信号，其在像素采集电路 200 检测到事件时表现为一个瞬时的电压脉冲，而后，该时间信号逐渐衰减以表征时间的流逝。外围的读出单元 130 添加了时间信号行选择子模块 1324 和时间信号列选择子模块 1344，其定时地扫描所有像素采集电路 200 中时间信号生成模块 220 所输出的时间信号，从而形成时间表面帧并输出。

综上，该图像传感器 100 既保留了传统动态视觉传感器的异步检测动态信息的优点，又可以直接输出表征像素采集电路时间信息的时间表面帧，给到后端的机器视觉算法。该时间表面帧可以被后端的机器视觉算法用来作为训练的样本以及实现物体识别、追踪等任务。这样，该图像传感器 100 能够有效节省图像处理系统后端进行数据转换所需的存储和算力的开销，从而提高图像处理系统的效率。

附图说明

为了实现上述以及相关目的，本文结合下面的描述和附图来描述某些说明性方面，这些方面指示了可以实践本文所公开的原理的各种方式，并且所有方面及其等效方面旨在落入所要求保护的主题的范围内。通过结合附图阅读下面的详细描述，本公开的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显。遍及本公开，相同的附图标记通常指代相同的部件或元素。

图 1 示出了根据本发明一些实施例的图像传感器 100 的示意图；

- 图 2 示出了根据本发明一些实施例的像素采集电路 200 的示意图；
- 图 3 示出了根据本发明一个实施例的时间信号生成模块 220 的示意图；
- 图 4A-图 4D 示出了根据本发明一个实施例的时间信号的波形图；
- 图 5 示出了根据本发明另一个实施例的时间信号生成模块 220 的示意图；
- 5 图 6A-图 6D 示出了根据本发明另一个实施例的时间信号的波形图；以及
- 图 7 示出了根据本发明一个实施例的视场的场景示意图，图 8A-图 8G 分别示出了在图 7 所示的场景中，输出的时间表面帧的示意图。

具体实施方式

- 10 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开，并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

- 图 1 示出了根据本发明一些实施例的图像传感器 100 的示意图。该图像传感器 100 能够应用于检测高速运动物体的场景，以输出与运动事件相关的事件数据流。根据一种实现方式，该图像传感器 100 与外部的图像处理器（未示出）相耦接，输出表征时间信息的图像帧给外部的图像处理器，以进行下一步的计算和应用。该图像处理器一般用于实现某些机器视觉算法，例如物体检测、目标跟踪等。本发明的实施例对此不作限制。
- 15

- 20 如图 1 所示，图像传感器 100 包括像素采集电路阵列 110、全局控制单元 120 和读出单元 130。其中，像素采集电路阵列 110 作为图像传感器 100 的核心部分，由在行列方向上均匀分布的多个像素采集电路 200 组成（如图 1 示出了一个 3×3 大小的像素采集电路阵列，不限于此）。

- 全局控制单元 120 与像素采集电路阵列 110 相耦接，该全局控制单元 120 能够控制像素采集电路阵列 110 的初始工作状态。一般来说，全局控制单元 120 负责在图像传感器 100 上电时，复位整个像素采集电路阵列 110，以确保每个像素采集电路 112 均保持稳定的初始状态。随后，全局控制单元 120 解除复位，像素采集电路阵列 110 开始正常工作。
- 25

读出单元 130 与像素采集电路阵列 110 相耦接。根据本发明的实施方式，读出单元 130 完成两个功能：一是管理像素采集电路阵列 200 所产生的事件，二是扫描像素采集电路阵列 110 所生成的时间信号，以生成关于像素采集电路阵列 110 的时间信息的图像帧。该图像帧中像素的位置即像素采集电路的行列地址，像素的大小即像素采集电路的时间信号的大小。在一种实施例中，该图像帧被称作为时间表面帧（TimeSurface），其反映了过去一小段时间内视场中的动态信息在时间和空间上的分布。同时，这两个功能是相互独立的。

为实现上述功能，读出单元 130 一共包括三个子单元，分别是行选择模块 132、列选择模块 134 以及读出控制模块 136。行选择模块 132 在行方向上管理像素采集电路阵列 110，列选择模块 134 在列方向上管理像素采集电路阵列 110，读出控制模块 136 协调行选择模块 132 与列选择模块 134。

与一般的动态视觉传感器不同的是，在根据本发明的图像传感器 100 中，像素采集电路 200 不仅包含运动检测模块 210，还包含时间信号生成模块 220。如图 2 中示出了根据本发明一些实施例的像素采集电路 200 的示意图。其中，运动检测模块 210 用于实现对视场中动态信息的检测，时间信号生成模块 220 用于生成一个本地的时间信号，来表征像素采集电路 200 在被触发时刻的时间信息。具体地，运动检测模块 210 实时响应视场中光强变化，并在外界光强变化超出设定的阈值后使像素采集电路 200 进入到触发状态，以表征该像素采集电路 200 检测到一个事件。像素采集电路 200 中的时间信号生成模块 220 负责生成一个本地的时间信号，该时间信号一般是一个电压信号，其在像素采集电路 200 进入触发状态时表现为一个瞬时的电压脉冲信号，而后，该时间信号的幅值以某种方式随着时间逐渐衰减。由此，通过获取某一瞬间该时间信号的幅值即可得知对应像素采集电路 200 是否检测到事件以及何时检测到了事件。在一些实施例中，对应于像素采集电路 200 中的运动检测模块 210 和时间信号生成模块 220，行选择模块 132 又分为运动检测行选择子模块 1322 和时间信号行选择子模块 1324；列选择模块 134 又分为运动检测列选择子模块 1342 和时间信号列选择子模块 1344。如图 1 所示。

对于像素采集电路阵列 110 中的每个像素采集电路 200，读出单元 130 都通过相应的行列总线与其耦接，来实现对事件的管理和对时间信号的扫描。

同时，读出单元 130 对事件的管理以及时间信号的扫描是相互独立的。以下结合图 2，对这两个处理过程进行详细的说明。

运动检测行选择子模块 1322 通过运动检测行请求线和运动检测行选择线耦接到像素采集电路 200 中的运动检测模块 210；运动检测列选择子模块 1342 通过运动检测列请求线和运动检测列选择线耦接到像素采集电路 200 中的运动检测单元 210。在一种实施例中，当某个像素采集电路 200 进入触发状态后，其内部的运动检测模块 210 会将相应的运动检测行请求线置为有效。运动检测行选择子模块 1322 管理像素采集电路阵列 110 的所有运动检测行请求线，对所接收到的行请求信号进行响应。可选地，运动检测行选择子模块 1322 通过将其对应的运动检测行选择线置为有效，来响应一个有效的行请求信号。当某行像素采集电路的行请求信号得到响应时，该行像素采集电路的列请求信号有效，此时，运动检测列选择子模块 1342 对这些列请求信号进行响应。运动检测列选择子模块 1342 在列方向上管理所有的列请求信号，并通过将相应的运动检测列选择线置为有效来解除对应像素采集电路的触发状态，使其可以重新响应外界的光强变化。当该行所有处于触发状态的像素采集电路均解除触发状态后，读出控制模块 136 通知运动检测行选择子模块 1322 进行换行操作，运动检测行选择子模块 1322 撤销当前行的运动检测行选择信号，并选中下一行，依次类推，直到对像素采集电路阵列 110 中所有像素采集电路均执行上述扫描过程。

同样，时间信号行选择子模块 1324 通过时间信号行选择线耦接到像素采集电路 200 中的时间信号生成模块 220；时间信号列选择子模块 1344 通过时间信号列输出线耦接到像素采集电路 200 的时间信号生成模块 220。在一种实施例中，时间信号行选择子模块 1324 逐行地将像素采集电路 200 所产生的时间信号行选择线置为有效（例如，先将第一行的时间信号行选择线置为有效），像素采集电路 200 在与之耦接的时间信号行选择线有效时，输出时间信号至时间信号列输出线，此时，时间信号列选择子模块 1344 通过时间信号列输出线逐一扫读取该像素采集电路 200 所输出的时间信号。当该行所有像素采集电路 200 的时间信号均被读取完毕后，读出控制模块 136 通知时间信号行选择子模块 1324 进行换行操作，时间信号行选择子模块 1324 撤销当前行的

时间信号行选择信号，并选中下一行。照此进行下去，直到最后一行像素采集电路 200 的时间信号被读取完毕时，便形成了一个时间表面帧。然后，读出控制模块 136 撤销最后一行的时间信号行选择信号，重新将第一行的时间信号行选择信号置为有效，开始下一时间表面帧的读出操作。

- 5 按照如上所述的读出机制，图像传感器 100 的输出是同步的时间表面帧，该时间表面帧包含了图像传感器 100 视场中运动的时空信息，它可以直接被后端的机器视觉算法用来作为训练的样本以实现物体识别、目标追踪等任务。在具体实现上，运动检测行选择子模块 1322 和运动检测列选择子模块 1342 可以通过选择扫描电路或者判决器来实现，时间信号行选择子模块 1324 和时间信号列选择子模块 1344 可以通过全扫描电路实现，由于以上电路均属于本
- 10 领域公知的技术，所以在此不再赘述。

以下对像素采集电路 200 中的运动检测模块 210 和时间信号生成模块 220 的结构分别进行阐述。

- 与传统的动态视觉传感器的像素采集电路类似，运动检测模块 210 包括：
- 15 相互耦接的光电探测子模块 212、触发生成子模块 214 和读出接口子模块 216。其中，光电探测子模块 212 实时监测照射在其上的光信号，并输出相应的电信号。触发生成子模块 214 的第一输入端耦接到光电探测子模块 212，其第一输出端耦接到读出接口子模块 216，且第二输出端耦接到时间信号生成模块 220。触发生成子模块 214 在电信号满足预定触发条件时，生成触发生成信号
- 20 给读出接口子模块 216 和时间信号生成模块 220。读出接口子模块 216 耦接到触发生成子模块 214，以便与读出单元 130 进行通信。基于运动检测模块 210 在现有的动态视觉传感器中已经存在，故此处不再展开赘述。

- 如前文所述，时间信号在像素采集电路 200 进入触发状态时表征一个瞬时电压脉冲、且之后随时间而衰减。根据本发明的实施方式，时间信号可以
- 25 以指数形式衰减、也可以以线性形式衰减，不限于此。

根据时间信号的衰减形式的不同，图 3 和图 5 分别给出了根据本发明的实施例的两种时间信号生成模块 220 的示意图。其中，图 3 示出的是指数形式的衰减，图 5 示出的是线性形式的衰减。

如图 3 所示，指数衰减型的时间信号生成模块 220 包括：第一开关(K1)、

第一电容 (C1)、第一电阻 (R1)、第一缓冲器 (B1) 和第二开关 (K2)。
其中, 第一开关 (K1) 的第一端耦接固定电压 (VA), 其第二端耦接第一缓冲器 (B1) 的第一端。第一电容 (C1) 和第一电阻 (R1) 相并联, 其一端接地, 另一端耦接于第一开关 (K1) 的第二端以及第一缓冲器 (B1) 的第一端。
5 第一缓冲器 (B1) 的第二端耦接至第二开关 (K2) 的第一端。第二开关 (K2) 的第二端接至时间信号列输出线。此外, 第一开关 (K1) 由运动检测模块 210 输出的像素触发信号来控制, 当像素触发信号有效时, 第一开关 (K1) 闭合。第二开关 (K2) 由读出单元 130 输出的时间信号行选择信号来控制, 当时间信号行选择信号有效时, 第二开关 (K2) 闭合。在一种实施例中, 第一电阻
10 (R1) 为可调电阻。根据第一电容 (C1) 和第一电阻 (R1) 组成的时间常数, 来确定时间信号的衰减速度。

图 4A-图 4D 示出了如图 3 所示出的时间信号生成模块 220 所产生的时间信号的波形图。

其中图 4A 示出的是像素采集电路 200 单次触发时的时间信号, 图 4B 示出的是像素采集电路 200 多次触发时的时间信号 (此处示出的为连续两次的触发)。在时间信号图中, 横轴表示时间 t , 纵轴表示像素触发信号 VT。图 4C 和图 4D 分别示出了对应于图 4A 和图 4B 的时间信号的波形图。在波形图中, 横轴表示时间 t , 纵轴表示输出的时间信号的电压值 V1。
15

结合图 4A 和图 4C 所示, 当像素采集电路未被触发时 ($t < t_1$), 像素触发信号 VT 为低电平, 第一开关 K1 断开, V1 通过第一电阻 R1 放电到零点位; t_1 时刻, 像素采集电路 200 被触发, 像素触发信号 VT 为一个很短的脉冲信号, 此时第一开关 K1 闭合, 第一电容 C1 被强制充电至固定电压 VA, 即 V1 在 t_1 时刻被瞬间拉升至 VA; 随后像素触发信号无效, 第一开关 K1 再次断开, 第一电容 C1 上的电荷通过第一电阻 R1 慢慢放电, 因而 V1 以指数形式逐渐衰减; 当 t 大于 t_3 时, V1 衰减为零电位。
20
25

结合图 4B 和图 4D 所示, 像素采集电路 200 分别在 t_1 时刻和 t_2 时刻被触发, 并且两次触发相距时间较短。在 t_1 时刻, 像素触发信号 VT 给出一个窄脉冲, 它使得第一开关 K1 闭合、并将时间信号 V1 强制拉至固定电压 VA, 随后第一开关 K1 断开, V1 开始以指数形式衰减。紧接着, 像素采集电路 200

在 t_2 时刻被再次触发，像素触发信号 VT 再次给出一个窄脉冲并将时间信号 V1 再次拉至 VA，随后第一开关 K1 断开，V1 以指数形式衰减。在该像素采集电路被读出时，时间信号行选择信号有效，第二开关 K2 闭合，V1 经第一缓冲器 B1 被送至时间信号列输出线，继而被列选择模块 134 获取并输出。

5 通过上述时间信号的波形图可以看出，时间信号在某时刻的瞬时幅值可以表征像素采集电路被触发时刻距离当前时刻的时间信息，即，瞬时幅值越高，距离像素采集电路被触发时刻越近，瞬时幅值越低，距离像素采集电路被触发时刻越远。如前文所述，时间信号衰减的速度由第一电容 C1 和第一电阻 R1 组成的时间常数决定，为了方便调节该衰减速度，第一电阻 R1 可以是一个可调电阻，根据不同的后端应用需求改变不同的阻值，来调节时间信号衰减的速度。

图 5 示出了线性衰减型的时间信号生成模块 220，其与图 3 的区别在于，用恒流源 I 替代了第一电阻 R1，当第三开关 K3 断开后，第二电容 C2 上存储的电荷通过恒流源 I 放电，从而形成随时间线性衰减的时间信号 (V2) 的波形。如图 5 所示，该时间信号生成模块 220 包括：第三开关 (K3)、第二电容 (C2)、恒流源 (I)、第二缓冲器 (B2) 和第四开关 (K4)。其中，第三开关 (K3)，其第一端耦接固定电压 (VA)，其第二端耦接第二缓冲器 (B2) 的第一端。第二电容 (C2) 和恒流源 (I) 并联，其一端接地，另一端耦接于第三开关 (K3) 的第二端以及第二缓冲器 (B2) 的第一端。第二缓冲器 (B2) 的第二端耦接至第四开关 (K4) 的第一端，第四开关 (K4) 的第二端接至时间信号列输出线。在该时间信号生成模块 220 中，第三开关 (K3) 由运动检测模块 210 输出的像素触发信号来控制，当像素触发信号有效时，第三开关 (K3) 闭合。第四开关 (K4) 由读出单元 130 输出的时间信号行选择信号来控制，当时间信号行选择信号有效时，第四开关 (K4) 闭合。在一种实施例中，根据第二电容 (C2) 和恒流源 (I) 确定时间信号的衰减速度。

图 6A-图 6D 示出了如图 5 所示出的时间信号生成模块 220 所产生的时间信号的波形图。其中图 6A 示出的是像素采集电路 200 被单次触发时的时间信号，图 6B 示出的是像素采集电路 200 被多次触发时的时间信号 (在此为连续两次的触发)。在时间信号图中，横轴表示时间 t ，纵轴表示像素触发信号

VT。图 6C 和图 6D 分别示出了对应于图 6A 和图 6B 的时间信号的波形图。在波形图中，横轴表示时间 t ，纵轴表示输出的时间信号的电压值 V_2 。

结合图 6A 和图 6C 所示，当像素采集电路未被触发时 ($t < t_1$)，像素触发信号 VT 为低电平，第三开关 K3 断开， V_2 通过恒流源 I 放电到零点位； t_1 时刻，像素采集电路 200 被触发，像素触发信号 VT 为一个很短的脉冲信号，此时第三开关 K3 闭合，第二电容 C2 被强制充电至固定电压 VA，即 V_2 在 t_1 时刻被瞬间拉升至 VA；随后像素触发信号无效，第三开关 K3 再次断开，第二电容 C2 上的电荷通过恒流源 I 放电，因而 V_2 以线性形式进行衰减；当 t 大于 t_3 时， V_2 衰减为零电位。

同理，结合图 6B 和图 6D 所示，像素采集电路 200 分别在 t_1 时刻和 t_2 时刻被触发，并且两次触发相距时间较短。在 t_1 时刻，像素触发信号 VT 给出一个窄脉冲，它使得第三开关 K3 闭合、并将时间信号 V_2 强制拉至固定电压 VA，随后第三开关 K3 断开， V_2 开始以线性形式衰减。紧接着，像素采集电路 200 在 t_2 时刻被再次触发，像素触发信号 VT 再次给出一个窄脉冲并将时间信号 V_2 再次拉至 VA，随后第三开关 K1 断开， V_2 以线性形式衰减。在该像素采集电路 200 被读出时，时间信号行选择信号有效，第四开关 K2 闭合， V_2 经第二缓冲器 B2 被送至时间信号列输出线，继而被列选择模块 134 获取并输出。

通过图 6C 所示的单次触发的时间信号的波形图，可以更好地说明该时间信号瞬时幅值所表征的时间信息。为了叙述的方便，假设线性放电时间 (t_1 至 t_3) 为 20ms，即在 20ms 后时间信号将由 VA 完全放电为零电位。另外，为便于理解，将瞬时电压幅值按照 VA 的幅值进行归一化并称为归一化幅值，其范围为从 0 至 1。如图 6C 所示，在像素采集电路 200 被读出时，如果时间信号输出线上获取的归一化幅值为 1，则说明该像素采集电路 200 恰好在该读出时刻被触发，或者说明到该读出时刻，该像素采集电路 200 已经触发了 0ms；如果获取的归一化幅值为 0.75（即图 6C 中所示的 VB），则说明到该读出时刻，该像素采集电路 200 已经触发了 5ms；如果获取的归一化幅值为 0.5（即图 6C 中所示的 VC），则说明到该读出时刻，该像素采集电路 200 已经触发了 10ms；如果获取的归一化幅值为 0，则说明该像素采集电路 200 已经被触

发了超过 20ms，或者该像素采集电路 200 根本就没有触发。触发很久的像素采集电路 200 可以被认为是没有触发的像素采集电路，这是因为输出的时间表面帧仅关注当前时刻以及之前临近时间内所发生的运动，而不关注很早之前发生的运动。应当了解，此处对线性放电时间的假设和归一化处理仅为了
5 便于理解，本发明的实施例并不受限于此。

如前文所述，时间信号衰减的速度可由第二电容 C2 和恒流源 I 的大小决定。第二电容 C2 越大、恒流源 I 越小，时间信号衰减的速度越慢；第二电容 C2 越小、恒流源 I 越大，时间信号衰减的速度越快。

此外，需要指出的是，图 3 和图 5 所示出的仅仅是代表指数衰减型和线性衰减型的时间信号生成模块 220 的示例，其他衰减形式的时间信号生成模块 220 亦可以通过不同的方式来实现，在此不再赘述。
10

下面通过一个简单的场景来进一步说明，基于本公开的图像传感器 100 所输出的时间表面帧的信息。图 7 示出了根据本发明一个实施例的视场的场景示意图。图 8A-图 8G 分别示出了在图 7 所示的场景中，输出的时间表面帧的示意图。
15

为了叙述的方便，假定图像传感器 100 的像素采集电路阵列 110 包含 6 行 6 列的像素采集电路 200。如图 7 所示，像素采集电路阵列 110 所对应的视场区域为白色背景，一个黑色的运动物体 A（为区分运动物体 A，在图 7 中采用网格线填充该黑色运动物体 A）从视场区域的左下方进入，并沿着水平方向一直运动至视场区域的最右侧，其运动轨迹覆盖了第 4 至第 6 行的所有
20 像素采集电路。

假定运动物体 A 在 0 时刻位于视场区域的左侧边界，且其运动速度为 5ms/像素采集电路，图 8A 用斜线 “/” 标出了物体 A 在运动过程中触发的像素采集电路，并对应标出其相应的触发时间。例如，第 5 行第 4 列的像素采集电路在第 20ms 时被触发。无填充的像素采集电路 200 表示在该过程中未被触发。
25 如前所述，一个完整的时间表面帧的输出需要时间信号行选择子模块 1324 和时间信号列选择子模块 1344，在读出单元 130 的控制下逐行扫描整个像素采集电路阵列 110，以获取每个像素采集电路 200 的时间信号生成模块 220 所输出的时间信号。

此处的像素采集电路 200 采用如图 5 所示的线性衰减型时间信号生成模块 220, 同时, 设放电时间为 20ms、并对输出幅值进行归一化处理, 来说明输出关于像素采集电路的时间信息 (即, 时间表面帧) 的过程。

5 当一个像素采集电路 200 的触发时间越临近当前时间表面帧的读出时刻时, 其对应的归一化幅值越接近于 1, 反之, 其对应的归一化幅值越接近于 0。假定读出单元 130 每隔 5ms 获取一幅时间表面帧, 那么从第 5ms 至第 30ms, 图像传感器 100 共输出 6 幅时间表面帧, 分别如图 8B-8G 所示。其中, 时间表面帧分别记作时间表面帧 1、时间表面帧 2、时间表面帧 3、...、时间表面帧 6, 其对应的输出时间分别为: 5ms、10ms、15ms、20ms、25ms、30ms。

10 对应于图 8B (即, 时间表面帧 1), 其读出时刻为第 5ms。在该读出时刻及之前, 只有第 1 列的第 4 至 6 行的像素采集电路在第 5ms 被触发, 因此在时间表面帧 1 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 1, 而其余像素采集电路的归一化幅值全部为 0。

15 对应于图 8C (即, 时间表面帧 2), 其读出时刻为第 10ms。在该读出时刻及之前, 第 1 列的第 4 至 6 行的像素采集电路在第 5ms 被触发, 因此在时间表面帧 2 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 $0.75 (0.75=1-(10ms-5ms)/20ms)$; 第 2 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 10ms 被触发, 因此在时间表面帧 2 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 1; 而其余像素采集电路的归一化幅值全部为 0。

20 对应于图 8D (即, 时间表面帧 3), 其读出时刻为 15ms。在该读出时刻及之前, 第 1 列的第 4 至 6 行的像素采集电路在第 5ms 被触发, 因此在时间表面帧 3 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 $0.5 (0.5=1-(15ms-5ms)/20ms)$; 第 2 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 10ms 被触发, 因此在时间表面帧 3 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 $0.75 (0.75=1-(15ms-10ms)/20ms)$; 第 3 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 15ms 被触发, 因此在时间表面帧 3 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 1; 其余像素采集电路的归一化幅值均为 0。

25

对应于图 8E (即, 时间表面帧 4), 其读出时刻为 20ms。在该读出时刻及之前, 第 1 列的第 4 至 6 行的像素采集电路在第 5ms 被触发, 因此在时间

表面帧 4 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0.25 ($0.25=1-(20\text{ms}-5\text{ms})/20\text{ms}$); 第 2 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 10ms 被触发, 因此在时间表面帧 4 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0.5 ($0.5=1-(20\text{ms}-10\text{ms})/20\text{ms}$); 第 3 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 15ms 被触发, 5 因此在时间表面帧 4 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0.75 ($0.75=1-(20\text{ms}-15\text{ms})/20\text{ms}$); 第 4 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 20ms 被触发, 因此在时间表面帧 4 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 1; 其余像素采集电路的归一化幅值均为 0。

对应于图 8F (即, 时间表面帧 5), 其读出时刻为 25ms。在该读出时刻 10 及之前, 第 1 列的第 4 至 6 行的像素采集电路在第 5ms 被触发, 因此在时间表面帧 5 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0 ($0=1-(25\text{ms}-5\text{ms})/20\text{ms}$); 第 2 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 10ms 被触发, 因此在时间表面帧 5 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0.25 ($0.25=1-(25\text{ms}-10\text{ms})/20\text{ms}$); 第 3 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 15ms 被触发, 15 因此在时间表面帧 5 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0.5 ($0.5=1-(25\text{ms}-15\text{ms})/20\text{ms}$); 第 4 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 20ms 被触发, 因此在时间表面帧 5 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0.75 ($0.75=1-(25\text{ms}-20\text{ms})/20\text{ms}$); 第 5 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 25ms 被触发, 因此在时间表面帧 5 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 1; 20 其余像素采集电路的归一化幅值均为 0。

对应于图 8G (即, 时间表面帧 6), 其读出时刻为 30ms。在该读出时刻及之前, 第 1 列的第 4 至 6 行的像素采集电路在第 5ms 被触发, 因此在时间表面帧 6 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0 (当前读出时刻距离这些像素采集电路上次被触发时刻的时间大于放电时间 20ms); 第 2 列的第 25 4 至 6 行像素采集电路在第 10ms 被触发, 因此在时间表面帧 6 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0 ($0=1-(30\text{ms}-10\text{ms})/20\text{ms}$); 第 3 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 15ms 被触发, 因此在时间表面帧 6 中, 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 0.25 ($0.25=1-(30\text{ms}-15\text{ms})/20\text{ms}$); 第 4 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 20ms 被触发, 因此在时间表面帧 6 中, 这

几个像素采集电路对应的归一化幅值为 $0.5 (0.5=1-(30\text{ms}-20\text{ms})/20\text{ms})$;
第 5 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 25ms 被触发,因此在时间表面帧 6 中,
这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 $0.75 (0.75=1-(30\text{ms}-25\text{ms})/20\text{ms})$;
第 6 列的第 4 至 6 行像素采集电路在第 30ms 被触发,因此在时间表面帧 6 中,
5 这几个像素采集电路对应的归一化幅值为 1。

根据本公开的图像传感器 100,在像素采集电路 200 中添加了时间信号生成模块 220,该时间信号生成模块 220 生成一个本地的时间信号,该时间信号一般是一个电压信号,其在像素采集电路 200 检测到事件时表现为一个瞬时的电压脉冲,而后,该时间信号逐渐衰减以表征时间的流逝。外围的读出单元 130 添加了时间信号行选择子模块 1324 和时间信号列选择子模块 1344,其
10 定时地扫描所有像素采集电路 200 中时间信号生成模块 220 所输出的时间信号,从而形成时间表面帧并输出。

综上,该图像传感器 100 既保留了传统动态视觉传感器的异步检测动态信息的优点,又可以直接输出表征像素采集电路时间信息的时间表面帧,给
15 到后端的图像处理器(例如,执行机器视觉算法的图像处理器)。该时间表面帧可以被后端的机器视觉算法用来作为训练的样本以及实现物体识别、追踪等任务。这样,该图像传感器 100 能够有效节省图像处理系统后端进行数据转换所需的存储和算力的开销,从而提高图像处理系统的效率。

在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本
20 发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下被实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

类似地,应当理解,为了精简本公开并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该公开
25 的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多特征。更确切地说,如下面的权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

本领域那些技术人员应当理解在本文所公开的示例中的设备的模块或单元或组件可以布置在如该实施例中所描述的设备中，或者可替换地可以定位在与该示例中的设备不同的一个或多个设备中。前述示例中的模块可以组合为一个模块或者此外可以分成多个子模块。

- 5 本领域那些技术人员可以理解，可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件，以及此外可以把它们分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外，可以采用任何组合对本说明书（包括伴
- 10 随的权利要求、摘要和附图）中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述，本说明书（包括伴随的权利要求、摘要和附图）中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

- 15 此外，本领域的技术人员能够理解，尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征，但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。例如，在下面的权利要求书中，所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

- 20 此外，所述实施例中的一些在此被描述成可以由计算机系统的处理器或者由执行所述功能的其它装置实施的方法或方法元素的组合。因此，具有用于实施所述方法或方法元素的必要指令的处理器形成用于实施该方法或方法元素的装置。此外，装置实施例的在此所述的元素是如下装置的例子：该装置用于实施由为了实施该发明的目的的元素所执行的功能。

- 25 如在此所使用的那样，除非另行规定，使用序数词“第一”、“第二”、“第三”等等来描述普通对象仅仅表示涉及类似对象的不同实例，并且并不意图暗示这样被描述的对象必须具有时间上、空间上、排序方面或者以任意其它方式的给定顺序。

尽管根据有限数量的实施例描述了本发明，但是受益于上面的描述，本技术领域内的技术人员明白，在由此描述的本发明的范围内，可以设想其它

实施例。此外，应当注意，本说明书中使用的语言主要是为了可读性和教导的目的而选择的，而不是为了解释或者限定本发明的主题而选择的。因此，在不偏离所附权利要求书的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。对于本发明的范围，对本发明所做的公开是说明性的，而非限制性的，本发明的范围由所附权利要求书限定。

5