(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 101989146 A
(43)申请公布日 2011.03.23

(21)申请号 201010527615.1

(22)申请日 2007.04.05

(30)优先权数据
11/381,313 2006.05.02 US

(62)分案原申请数据
200780023742.4 2007.04.05

(71)申请人 苹果公司
地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 S·P·豪泰灵 B·Q·胡派
C·H·克拉

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 鲍进

(51)Int.Cl.
G06F 3/041(2006.01)

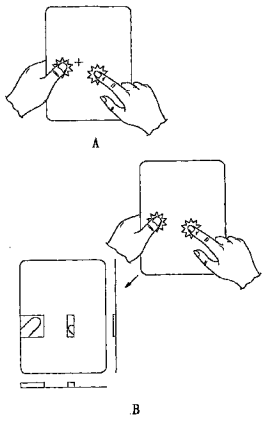
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 10 页

(54)发明名称

多点触摸表面控制器

(57)摘要

本发明公开了一种多点触摸表面控制器。控制器包括集成电路，集成电路包括用于驱动电容性多点触摸传感器的输出电路和用于读取所述传感器的输入电路。这里还公开了各种噪声抑制和动态范围增强技术，其允许控制器在各种条件下与各种传感器一起使用，而无需重新配置硬件。



CN 101989146 A

1. 一种与电容触摸传感器结合使用的偏置补偿电路，其中通过测量驱动波形从驱动电极到感测电极的电容耦合来操作所述电容触摸传感器，所述偏置补偿电路包括：

可编程偏置数模转换器，适于生成与在至少一个驱动电极和至少一个感测电极之间的所述电容耦合的静态分量相对应的偏置信号；以及

减法器电路，被配置成从指示在所述至少一个驱动电极和所述至少一个感测电极之间的所述电容耦合的测量信号中减去所述偏置信号。

2. 如权利要求 1 所述的偏置补偿电路，所述偏置数模转换器被配置为基于每个像素提供不同的偏置信号，每个像素代表一个不同的触摸传感器。

3. 如权利要求 1 所述的偏置补偿电路，所述偏置数模转换器被配置为基于静态偏置值生成所述偏置信号。

4. 如权利要求 1 所述的偏置补偿电路，所述偏置信号与由解调波形的绝对值设置的值相混合。

5. 一种结合了权利要求 1 所述的偏置补偿电路的触摸传感器面板。

6. 一种结合了权利要求 5 所述的触摸传感器面板的的计算设备。

7. 一种用于为电容触摸传感器提供偏置补偿的方法，包括：

生成与在所述触摸传感器处的电容耦合的静态分量相对应的偏置信号；以及

从指示在所述触摸传感器处的所述电容耦合的测量信号中减去所述偏置信号。

8. 如权利要求 7 所述的方法，还包括基于每个像素提供不同的偏置信号，每个像素代表一个不同的触摸传感器。

9. 如权利要求 7 所述的方法，还包括基于静态偏置值生成所述偏置信号。

10. 如权利要求 7 所述的方法，还包括将所述偏置信号与由解调波形的绝对值设置的值相混合。

11. 如权利要求 7 所述的方法，还包括将偏置补偿量与解调波形的给定部分相关联。

12. 一种用于为电容触摸传感器提供偏置补偿的方法，包括：

测量在所述电容触摸传感器处的电容耦合，所述电容耦合包括作为传感器结构的函数的静态分量和作为在传感器处的触摸的函数的动态分量；以及

基本上消除所述静态分量以增大触摸检测的动态范围。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其中所述电容耦合的所述静态分量的消除是基于每个像素执行的，每个像素代表一个不同的触摸传感器。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其中基本上消除所述静态分量包括：基于静态偏置值生成偏置信号，以及从指示所测量的电容耦合的信号中减去所述偏置信号。

15. 如权利要求 14 所述的方法，还包括将所述偏置信号与由解调波形的绝对值设置的值相混合。

16. 如权利要求 14 所述的方法，还包括将所述偏置信号与解调波形的给定部分相关联。

17. 一种用于为电容触摸传感器提供偏置补偿的设备，包括：

用于生成与在所述触摸传感器处的电容耦合的静态分量相对应的偏置信号的装置；以及

用于从指示在所述触摸传感器处的所述电容耦合的测量信号中减去所述偏置信号的

装置。

18. 如权利要求 17 所述的设备，还包括用于基于每个像素提供不同的偏置信号的装置，每个像素代表一个不同的触摸传感器。

19. 如权利要求 17 所述的设备，还包括用于基于静态偏置值生成所述偏置信号的装置。

20. 如权利要求 17 所述的设备，还包括用于将所述偏置信号与由解调波形的绝对值设置的值相混合的装置。

21. 如权利要求 17 所述的设备，还包括用于将偏置补偿量与解调波形的给定部分相关联的装置。

22. 一种触摸传感器面板，包括 ：

由多个驱动线和多个感测线的邻近状态形成的多个触摸传感器 ；以及

耦接到所述多个感测线的一个或多个电容感测电路，每个电容感测电路被配置为通过从指示在每个触摸传感器处的电容耦合的测量信号中减去在该触摸传感器处的电容耦合的静态分量，提供偏置补偿。

23. 一种结合了权利要求 22 所述的触摸传感器面板的计算设备。

多点触摸表面控制器

[0001] 本申请是申请号为 200780023742.4，申请日为 2007 年 4 月 5 日，发明名称为“多点触摸表面控制器”的专利申请的分案申请。

背景技术

[0002] 现在有许多类型的用于在计算机系统中执行操作的输入设备。操作通常对应于在显示屏上移动光标和 / 或进行选择。例如，输入设备可包括按钮或按键、鼠标、轨迹球、触摸板、操纵杆、触摸屏等等。触摸板和触摸屏（统称“触摸表面”）由于其操作的简便性和通用性以及其不断下降的价格而变得越来越流行。触摸表面使用户通过简单地用手指、指示笔等触摸可以是板或显示屏的表面就能进行选择以及移动光标。通常，触摸表面识别触摸及触摸的位置，而计算机系统解释该触摸，然后基于触摸而执行动作。

[0003] 特别令人感兴趣的是触摸屏。在申请人于 2004 年 5 月 6 日提交的、名为“Multipoint Touchscreen”、序列号为 10/840,862 的共同待审的专利申请中描述了各种类型的触摸屏，该申请全文包括在此以供参考。如其中所提到的，触摸屏通常包括触摸面板、控制器和软件驱动。触摸面板通常是具有触摸敏感表面的透明面板。将触摸面板置于显示屏之前，以便触摸敏感表面覆盖显示屏的可视区域。触摸面板记录触摸事件并将这些信号发送给控制器。控制器处理这些信号并发送数据给计算机系统。软件驱动器将触摸事件翻译成计算机事件。

[0004] 有多种类型的触摸屏技术，包括电阻性、电容性、红外、声表面波、电磁、近场成像等。这些设备的每一种都具有在设计或配置触摸屏时已考虑到的优点和缺点。在这些现有技术中发现的一个问题是，它们仅仅能够报告单点事件，即使在多个对象被放置在感测表面上也是如此。即，它们不具备同时跟踪多个接触点的能力。在电阻性和传 统的电容性技术中，确定所有同时发生的触摸点的平均值，并报告落在这些触摸点之间某处的单个点。在表面波和红外技术中，由于遮蔽 (masking)，不可能辨别出落在相同水平或垂直线上的多个触摸点的确切位置。任一种情况下，都会产生错误的结果。

[0005] 这些问题在诸如平板 PC 之类的手持式设备中尤其成为问题，在这种情况下，一只手用来拿着平板，而另一只手用于生成触摸事件。例如，如图 1A 和 1B 所示，拿着平板 2 使得拇指 3 与触摸屏 5 的触摸敏感表面 4 的边缘重叠。如图 1A 所示，如果触摸技术利用求平均，即电阻性和电容性面板所使用的技术，则将报告落在左手拇指 3 和右手食指 6 之间某处的单个点。如图 1B 所示，如果技术利用投影扫描，即红外和声表面波面板所使用的技术，则由于拇指 3 的大的垂直分量，很难辨别食指 6 的确切垂直位置。平板 2 仅能分辨出灰色表示的块。实质上，拇指 3 遮蔽了食指 6 的垂直位置。

[0006] 虽然如今几乎所有可得到的基于商用触摸屏的系统仅提供单点检测，并具有有限的分辨率和速度，而现在可得到的其他产品能够检测多个触摸点。不幸的是，这些产品仅工作在不透明表面上，这是因为电路必须被放在电极结构的后面。这类产品的例子包括 Fingerworks 系列的触摸板产品。过去，使用这类技术可检测到的点的数量受限于检测电路的尺寸。

[0007] 因此，本技术领域中所需要的是能够实现多点触摸的触摸屏控制器，该控制器能够有助于使用透明触摸传感器，并提供便于集成的封装。

发明内容

[0008] 这里公开了用于多点触摸触摸表面的控制器。多点触摸触摸表面控制器的一个方面涉及将用于激励多点触摸传感器的驱动电子设备和用于读取多点触摸传感器的感测电路集成到单个集成封装里。

[0009] 所述控制器的另一个方面涉及通过提供多个激励波形给传感器来抑制传感器中的噪声的技术，其中所述波形具有不同的频率。当噪 声出现在特定频率处时，该技术允许至少一个无噪声检测周期。

[0010] 所述控制器的另一个方面涉及电荷放大器，该电荷放大器包括可编程部件，即可编程电阻器和电容器，以使得电路易于被重新配置，从而为各种传感器条件提供最佳的感测配置。

[0011] 所述控制器的另一个方面涉及偏置补偿电路，该偏置补偿电路通过消除多点触摸表面传感器输出的静态部分，使得感测电路的全部动态范围可被分配给输出信号的变化部分，从而扩大控制器的动态范围。

[0012] 所述控制器的另一个方面涉及解调电路，该解调电路通过应用已知具有特定频率特性的特定解调波形，来增强传感器配置的抗噪声能力。

[0013] 所述控制器的另一个方面涉及将各种算法应用到从上述多个激励频率中获得的传感器输出，以进一步增强系统的抗噪声能力。

[0014] 通过参考下面的详细描述和附图，将更充分地理解这些方面以及其他方面。

附图说明

[0015] 图 1A 和 1B 说明现有技术的触摸屏技术的某些问题。

[0016] 图 2 说明根据本公开的某些教导的、包括多点触摸触摸屏和多点触摸触摸屏控制器的计算设备的立体图。

[0017] 图 3 是根据本公开的某些教导的、包括多点触摸触摸屏和多点触摸触摸屏控制器的计算设备的框图。

[0018] 图 4A 和 4B 说明在多点触摸触摸表面中的驱动电极和感测电极的两种可能的布置。

[0019] 图 5 是说明利用结合本公开的各种教导的多点触摸控制器在多点触摸表面和主计算机设备之间的通信的层次图。

[0020] 图 6 是一个结合本公开的各种教导的多点触摸控制器的等价电路，该等价电路示出控制器的输出电路、多点触摸传感器的单元以及输入电路。

[0021] 图 7 是在结合本公开的各种教导的多点触摸控制器的某些实施例 中包括的电荷放大器的电路示意图。

[0022] 图 8 是根据本发明的各种教导的、多点触摸表面和多点触摸控制器系统的框图。

[0023] 图 9 说明根据本发明的某些教导的其中不同频率的驱动波形被施加到多点触摸传感器的序列。

[0024] 图 10 是说明结合本公开的某些教导的多点触摸控制器的输入电路的框图。

[0025] 图 11A 和 11B 说明各种解调波形及其通带的频谱。

[0026] 图 12 说明激励波形序列和特定的解调波形以及所产生的输出。

[0027] 图 13 说明多数决定原则算法所采用的噪声抑制技术。

图 14 是描绘控制器工作的流程图。

具体实施方式

[0028] 这里描述了多点触摸屏控制器 (MTC)。根据与 Apple Computer, Inc. of Cupertino, California 制造的计算机系统兼容的设备和应用而描述的本发明的以下实施例仅仅是示意性的而不应当被认为是在任何一个方面加以限制。

[0029] 图 2 是触摸屏显示器配置 30 的立体图。显示器配置 30 包括显示器 34 和位于显示器 34 前面的透明触摸屏 36。显示器 34 可被配置成向用户显示图形用户界面 (GUI),GUI 可能包括指针或光标以及其他信息。透明触摸屏 36 是对用户的触摸敏感的输入设备,其允许用户与显示器 34 上的图形用户界面交互。通常,触摸屏 36 识别触摸屏 36 的表面 38 上的触摸事件,随后向主机设备输出该信息。例如,主机设备可对应于计算机,诸如台式机、膝上型电脑、手持式或平板电脑。主机设备解释触摸事件,随后基于该触摸事件执行动作。

[0030] 与现有技术的触摸屏相比,这里示出的触摸屏 36 被配置成识别同时发生在触摸敏感表面 38 上的不同位置处的多点触摸事件。即,触摸屏 36 允许同时跟踪多个接触点 T1-T4。触摸屏 36 为同时发生在触摸屏 36 的表面上的每个触摸点 T1-T4 生成单独的跟踪信号 S1-S4。在一个实施例中,可识别的触摸的数目可以为大约 15,这使得可跟踪用户的 10 个手指和 2 个手掌以及 3 个另外的接触。多点触摸事件可单独或一起使用以在主机设备中执行单个或多个动作。在美国专利 6,323,846、6,888,536、6,677,932、6,570,557 以及共同待审的美国专利申请 11/015,434、10/903,964、11/048,264、11/038,590、11/228,758、11/228,700、11/228,737、11/367,749 中公开了用于控制主机设备的大量多点触摸事件的例子,上述专利或专利申请每一个的全部内容都包括在此以供参考。

[0031] 图 3 是采用多点触摸触摸屏的计算机系统 50 的框图。计算机系统 50 可以是例如个人计算机系统,诸如台式机、膝上型电脑、平板电脑或手持式电脑。计算机系统还可以是公共计算机系统,诸如信息站、自动柜员机 (ATM)、销售点终端 (POS)、工业机器、游戏机、街机、售卖机、航空电子票终端、餐馆预约终端、顾客服务站、图书馆终端、学习设备,等等。

[0032] 计算机系统 50 包括处理器 56,处理器 56 被配置成执行指令并执行与计算机系统 50 相关联的操作。处理器 56 所需的计算机代码和数据通常被存储在可操作地耦接到处理器 56 的存储器方块 58 中。存储器方块 58 可包括只读存储器 (ROM)60、随机存取存储器 (RAM)62、硬盘驱动器 64 和 / 或可移动存储媒体,诸如 CD-ROM、PC 卡、软盘以及磁带。也可以通过网络来访问这些存储设备中的任一个。计算机系统 50 还包括可操作地耦接到处理器 56 的显示设备 68。显示设备 68 可以是包括液晶显示器 (诸如有源矩阵、无源矩阵等)、阴极射线管 (CRT)、等离子体显示器等等的多种显示器类型中的任何一种。

[0033] 计算机系统 50 还包括通过 I/O 控制器 66 和触摸屏控制器 76 可操作地耦接到处理器 56 的触摸屏 70。(I/O 控制器 66 可与处理器 56 集成,或者可以是一个单独的组件。)在任一种情况下,触摸屏 70 是位于显示设备 68 前面的透明面板,并且可与显示设备 68 集成或者可作为单独的组件。触摸屏 70 被配置成接收来自用户触摸的输入,并将该信息发送

给处理器 56。在大多数情况下，触摸屏 70 识别其表面上的触摸以及触摸的位置以及幅度。

[0034] 参考图 5 可以更好地理解在触摸传感器和主机设备系统之间的接口，其中图 5 是图 3 所示系统的层次图。触摸传感器 301 位于最底层。在一个优选实施例中，传感器与 ASIC（专用集成电路）305 接口，该 ASIC305 激励传感器并读取原始的传感器输出，如同下面将要详细描述的那样。ASIC 305 通过信令 306 与生成电容图像的 DSP（数字信号处理器）和 / 或微控制器 307 接口。ASIC 305 与 DSP/ 微处理器 307 一起形成多点触摸屏控制器。

[0035] DSP/ 微处理器 307 包括接口 308，接口 308 用于接受来自 ASIC 305 的信令 306，然后这些信号被传送给数据捕获和错误抑制层 309。来自该层的数据可由模块 310 以及特征（即，触摸点）提取和压缩模块 311 访问，以进行校准、基线及备用处理。一旦特征被提取，则作为高层信息通过接口 303 被传送给主计算机 302。接口 303 例如可以是 USB（通用串行总线）接口。可替换地，可使用其他形式的接口，诸如 IEEE 1394（“Firewire”）、RS-232 串行接口、SCSI（小型计算机系统接口），等等。

[0036] 感测设备的精确物理结构对于完全理解这里所公开的触摸屏控制器并不是必要的。但是，通过参考上面作为参考而引入的专利和专利申请，可理解该结构的细节。出于本说明的目的，传感器可被假定为如下面参考图 4A 和 4B 描述的那样构建的互电容设备。

[0037] 传感器面板包括两层电极结构，一层上有驱动线，另一层上有感测线。任一情况下，都由电介质材料将各层隔开。在图 4A 的笛卡儿布置中，一层包括 N 个水平、优选地为等间距的行电极 81，而另一层包括 M 个垂直、优选地为等间距的列电极 82。在图 4B 所示的极布置中，感测线可以是同心圆，驱动线可以是径向延伸线（或反之亦然）。本领域技术人员将理解，基于无限多种坐标系统的其他配置也是可能的。

[0038] 每个交叉 83 代表一个像素并具有特征互电容 (characteristicmutual capacitance)C_{SIG}。以有限距离接近像素 83 的接地对象（诸如手指）将行和列交叉之间的电场分流，使得在该位置处的互电容 C_{SIG} 减小。对于典型的传感器面板，典型的信号电容 C_{SIG} 大约为 0.75pF，由手指触摸像素引起的变化大约为 0.25pF。

[0039] 电极材料可以根据应用而不同。在触摸屏应用中，电极材料可以是在玻璃基板上的 ITO（氧化铟锡）。在不需要是透明的触摸平板中，可以使用在 FR4 基板上的铜。感测点 83 的数量可以广泛地变化。在触摸屏应用中，感测点 83 的数量通常取决于所期望的灵敏度以及所期望的触摸屏 70 的透明度。更多的节点或感测点通常增加灵敏度而减小透明度（反之亦然）。

[0040] 在工作期间，通过用预定电压波形 85 驱动每行（或列）而将其充电（以下将更详细的讨论）。在交叉处，电荷电容性地耦合到多个列（或多个行）。测量每个交叉 83 的电容以确定当多个对象触摸触摸表面时这些对象的位置。感测电路监控所转移的电荷以及所需的时间，从而检测发生在每个节点处的电容变化。发生变化的位置以及这些变化的幅度被用来鉴别和量化多点触摸事件。驱动每行和每列以及感测电荷转移是多点触摸屏控制器的功能。

[0041] 图 6 是每个耦合节点的等同互电容电路 220 的简化图。互电容电路 220 包括驱动线 222 和感测线 224，它们空间上被分开从而形成电容耦合节点 226。如果没有对象存在，节点 226 处的电容耦合基本保持不变。如果对象——诸如手指——位于节点 226 附近，通过节点 226 的电容耦合改变。对象有效地将电场分流，使得通过节点 226 转移的电荷变少。

[0042] 参考图 5 和图 8，ASIC 305 生成扫描传感器面板所必需的所有驱动波形。具体地，微处理器发送时钟信号 321 以设置 ASIC 的定时，ASIC 然后生成适当的定时波形 322 以创建行激励 (row stimuli) 给传感器 301。解码器 311 将定时信号解码以顺序地驱动传感器 301 的每一行。电平位移器 310 将定时信号 322 从信令电平 (例如 3.3V) 转换成用来驱动传感器的电平 (例如，18V)。

[0043] 由微处理器 307 确定驱动传感器面板的每一行。出于抑制噪声的目的，期望以多个不同频率驱动面板以便抑止噪声。存在于一特定驱动频率处的噪声可以并且很可能不存在于其他频率处。在一个优选实施例中，每个传感器面板行用 12 个方波周期的 3 个脉冲串 (burst)(占 空比 50％，振幅 18V) 来激励，而剩下的行保持接地。为了更好地抑制噪声，下面更详细地描述每个脉冲串的频率都不同的情况，例如脉冲串频率为 140kHz、200kHz 和 260kHz。

[0044] 在每个脉冲串的脉冲期间，ASIC 305 对列电极进行测量。对传感器面板中的所有剩下的行重复该过程。结果是 3 个图像，在不同的激励频率处取得每个图像。

[0045] 此外，优选地使每个随后的脉冲串所需的激励频率变化量最小。因此，希望得到使该变化最小的跳频图案。图 9 示出一种可能的跳频图案。在这种布置中，用 140kHz 的脉冲串，然后是 200kHz，最后 260kHz 的脉冲串来驱动第一行。然后分别用 260kHz、200kHz 和 140kHz 的三个脉冲串来驱动下一行。选择这种特定的频率图案以使频率之间的变化小，并使得频率转换平滑无突波 (glitch)。但是，其他跳频布置也是可能的，包括扫描多于 3 个频率、扫描伪随机序列而不是所述的有序图案的频率、以及基于噪声环境而选择扫描频率的适应性跳频。

[0046] 回到图 6，感测线 224 被电耦合到电容感测电路 230。电容感测电路 230 检测和量化电流变化以及发生电流变化的节点 226 的位置，并将该信息报告给主计算机。感兴趣的信号是电容 C_{SIG}，其将电荷从 RC 网络 A 耦合到 RC 网络 B。来自 RC 网络 B 的输出直接连接到 ASIC 305 的模拟输入端。ASIC 305 也使用来自微处理器 307(图 8) 的时钟信号 321(图 8)，以作为电容信号的检测和量化的定时。

[0047] 图 10 是说明 ASIC 305 的输入级的框图。输入信号首先由电荷放大器 401 接收。电荷放大器执行以下任务 :(1) 电荷到电压转换，(2) 电荷放大，(3) 存在于列电极处的抑制或杂散电容，和 (4) 抗混叠，以及 (5) 在不同频率处的增益均衡。图 7 是一种可能的电荷放大器 401 的图。

[0048] 由电容器 C_{FB} 在运算放大器 450 的反馈通道中执行电荷到电压转换。在一个实施例中，反馈电容器可以被编程为具有从 2 到 32pF 的值，这使得输出电压电平可被调节，从而在 C_{SIG} 值的范围内获得最佳动态范围。反馈电阻器 R_{FB} 也优选地可编程以控制放大器增益。

[0049] 由于与制造公差相关的各种因素，在触摸表面上 C_{SIG} 会变化，因此基于每个像素调节电荷放大器的反馈电容 C_{FB} 是有用的。这允许执行增益补偿，以优化每个像素的性能。在一个实施例中，准每像素调节的执行如下 :反馈电容器 C_{FB} 的值由寄存器设置，称为 CFB_REG。CFB_REG 的值根据下述等式设置 :

[0050] CFB_REG[Y] = CFB_UNIV+CFB[Y]

[0051] 其中，Y 是一行内的单个像素，CFB_UNIV 被逐行调节，而 CFB[Y] 是系统启动时加载的查找表。在可替换的配置中，CFB_UNIV 对于所有行可以是常数，或者 CFB[Y] 查找表可以

逐行转出(switch out)。此外,虽然以行和列的形式进行了讨论,但是调节布置同样适用于非笛卡儿坐标系统。

[0052] 显然,希望测量 C_{SIG},同时尽可能地抑制在物理传感器中的任何寄生电阻和电容的影响。通过将放大器 45D 的正相输入 451 保持为常数值,例如地,可实现对传感器中的寄生电阻和电容的抑制。反相输入 452 被耦接到正被测量的节点。本领域技术人员将理解,反相输入 452(连接到正被测量的列电极)会因此而被保持为虚接地。由于杂散电容器的净电荷不变化(即,杂散电容上的电压被保持为虚接地),因此在列电极处存在的任何寄生电容——例如由用户触摸列电极导致的 PCB 杂散电容或动态杂散电容——得到抑制。因此,电荷放大器输出电压 453 仅仅是激励电压、C_{SIG} 和 C_{FB} 的函数。由于激励电压和 C_{FB} 由控制器确定,因此可以很容易地推断出 C_{SIG}。

[0053] ASIC 输入引脚 455 和电荷放大器的反相输入 452 之间的串联电阻器 454 与 R_{FB} 和 C_{FB} 的反馈网络一起形成抗混叠滤波器(anti-aliasingfilter)。

[0054] 电荷放大器的高通滚降由反馈电阻器 R_{FB} 和反馈电容器 C_{FB} 的并联组合设置。

[0055] 再参考图 10,电荷放大器 401 的输出传送给解调器 403。解调器 403 是 5 位量化连续时间模拟(四象限)乘法器。解调器 403 的用途是抑制在输入到 ASIC 305 的信号上存在的频带外噪声源(来自手机、微波炉 等)。电荷放大器的输出 402(V_{SIG}) 与存储在查找表 404 中的 5 位量化波形混合。通过将适当的系数编程到查找表 404 中,确定解调波形的形状、振幅和频率。解调波形确定混频器的通带、阻带、阻带波动和其他特性。在一个优选实施例中,高斯型正弦波被用作为解调波形。高斯正弦波提供陡峭的通带并具有减小的阻带波动。

[0056] 解调器 403 的另一方面涉及解调器相位延迟调节。如参考图 10 所见,触摸表面电极可由 RC 网络(RC 网络 A 和 RC 网络 B)表示,该 RC 网络在其交叉点处具有互电容(C_{SIG})。每个 RC 网络构成一个低通滤波器,而 C_{SIG} 引入高通滤波器响应。因此,触摸面板看起来像一个带通滤波器,仅允许具有一定频率范围的信号通过该面板。该频率范围,即低于 C_{SIG} 的截止频率但是高于 RC 网络 A 和 B 的截止频率的那些频率,确定了可用于驱动触摸面板的那些激励频率。

[0057] 因此,面板将施加一相位延迟到通过该面板的激励波形上。该相位延迟对于传统的不透明触摸面板是可忽略的,这种面板中的电极结构通常由 PCB 迹线形成,PCB 迹线具有相对其特征阻抗可忽略的电阻。但是,对于通常由氧化铟锡(ITO)导电迹线构成的透明面板,电阻分量可能相当大。这给激励电压通过面板的传播引入了显著的时间(相位)延迟。该相位延迟使得解调波形相对于进入前置放大器的信号被延迟,因而减小了从 ADC 输出的信号的动态范围。

[0058] 为补偿该相位延迟,可提供延迟时钟寄存器(“DCL”,未示出),延迟时钟寄存器可用来相对于进入前置放大器的信号而延迟解调波形,从而补偿外部面板延迟,并最大化动态范围。该寄存器被输入到解调器 403 并简单地将解调波形延迟一预定量。该量可在面板启动时通过测量确定,或者可基于已知的制造特性将面板作为一个整体来进行估计得到。触摸表面的每个像素可具有其自己的唯一确定的延迟参数,以将读取电路充分优化,或者,延迟参数可逐行地被确定。调节通常类似于上面讨论的用于调节电荷放大器反馈电容器和偏置补偿电压的技术。

[0059] 解调后的信号然后被传送给偏置补偿电路。偏置补偿电路包括混 频器 402 和可编程偏置 DAC 405。混频器 402 获取解调器的输出电压 453 并减去偏置电压（下面讨论）以增加系统的动态范围。

[0060] 偏置补偿是必要的，这是因为像素电容 C_{SIG} 包括静态部分和动态部分。静态部分是传感器结构的函数。动态部分是当手指接近像素时 C_{SIG} 变化的函数，因而是感兴趣的信号。偏置补偿器的用途是消除或尽量减小静态分量，从而扩大系统的动态范围。

[0061] 如上面提到的，偏置补偿电路包括两部分，可编程偏置 DAC 405 和混频器 402。偏置 DAC 405 基于数字静态偏置值 VOFF_REG 生成可编程偏置电压。该数字值由 DAC 转换成静态模拟电压（或电流，如果工作在电流域的话），然后（由混频器 403b）与由解调波形的绝对值（由模块 404b 确定）设置的电压（或电流）混合。结果是解调波形的整流版本，其幅度由 VOFF_REG 的静态值设置，而解调波形的绝对部分通常从 DMOD 查找表 404 中检索得到。这使得对于解调波形的给定部分能够有正确的偏置补偿量。因此，偏置补偿波形有效地跟踪解调波形。

[0062] 类似于电荷放大器反馈电容器，调节偏置补偿电路以解决由制造公差等因素导致的单个像素电容中的差异是有用的。该调节基本上可以类似于上面对于电荷放大器反馈电容器进行的讨论。具体地，在 VOFF_REG 中存储的偏置电压值可如下计算：

[0063] VOFF_REG[Y] = VOFF_UNIV+VOFF[Y]

[0064] 其中，Y 是一行内单个列，VOFF_UNIV 是逐行设置的偏置电压，而 VOFF[Y] 是查找表。再一次，根据特定的实施方式，调节可逐个真实像素地进行，或者 VOFF_UNIV 可以是单个常数值。而且，虽然以行和列的形式进行讨论，但是调节布置同样适用于非笛卡儿坐标系统。

[0065] 作为上面参考图 10 描述的配置的可替换形式，偏置补偿可在解调之前进行。在这种情况下，偏置补偿波形的形状必须与从前置放大器输出的波形而不是从解调器输出的波形相匹配，即，假设可忽略面板中的衰减从而可保持驱动波形的形状时，偏置补偿波形必须为方波。而且，如果首先进行偏置补偿，偏置波形相对于参考电压是 AC 波形，即，最大值相对于 V_{REF} 为正，且最小值相对于 V_{REF} 为负。偏置波形的振幅等于偏置补偿量。相反地，如果首先进行解调，偏置波形为 DC 波形，即它相对于 V_{ref} 或者为正或者为负（因为解调波形相对于 V_{ref} 也是 DC）。再一次，这种情况下的振幅等于用于解调波形的每个部分的偏置补偿量。实质上，偏置补偿电路需要与依赖于波形的形状需要的偏置补偿量相关。

[0066] 然后，解调且偏置补偿后的信号由可编程增益 ADC 406 处理。在一个实施例中，ADC 406 可以为 sigma-delta，但是也可使用类似类型的 ADC（诸如跟随有计数器级的电压到频率转换器）。ADC 执行两个功能：(1) 将位于混频器配置（偏置和信号混频器）之外的偏置补偿波形转换为数字值；和 (2) 执行低通滤波功能，即将混频器配置所输出的整流信号进行平均。偏置补偿并解调后的信号看起来像整流高斯型正弦波，其振幅是 C_{FB} 和 C_{SIG} 的函数。返回给主计算机的 ADC 结果实际上是该信号的平均。

[0067] 使用 sigma delta ADC 的一个优点是，对于在数字域进行平均，这样的 ADC 要有效率得多。此外，数字门比模拟低通滤波器和采样保持元件要小得多，因而可减小整个 ASIC 的尺寸。本领域技术人员将进一步理解其它的优点，尤其是在功率消耗和时钟速度方面。

[0068] 可替换地，可以使用与控制器 ASIC 分开的 ADC。这需要一个多路复用器来在多个

通道之间共享 ADC，并且每个通道需要一个采样保持电路以平均并保持解调波形的平均值。这可能要花费很大的芯片面积 (die area)，对于要与具有大量像素的触摸表面一起使用的控制器而言是不切实际的。此外，为了实现可接受的操作，外部 ADC 需要工作得非常快，因为必须非常迅速地处理大量像素以响应于用户的输入而提供及时并平滑的结果。

[0069] 如上面提到的那样，以三个不同频率驱动传感器以产生用于如下所述的抑制噪声的三个电容图像。选择三个频率以使得在一个特定频率处的通带不与在其它频率处的通带重叠。如上面提到的那样，一个优选实施例使用的频率为 140kHz、200kHz 和 240kHz。选择解调波形 以使得边带被抑制。

[0070] 如上面提到的那样，高斯包络正弦波是一种优选的解调波形，图 11A 示出了高斯包络正弦波及其通带频谱。高斯型的正弦波提供具有最小阻带波动的清晰的通带。可替换地，也可使用其它具有清晰的通带和最小阻带波动的波形。例如，斜坡包络正弦波也具有清晰的通带，但是阻带波动比高斯包络正弦波的要稍大，图 11B 示出了斜坡包络正弦波及其通带频谱。本领域技术人员将理解，也可使用其它波形。

[0071] 现在参考图 12，示出了用以解释系统的噪声抑制特性的 9 个波形。电压波形 501 是方波，其表示施加到传感器的激励波形。波形 504 是用作解调波形的高斯包络正弦波信号。波形 507 是解调器的输出，即波形 501 和 504 的乘积。注意，波形 507 提供位于所施加的方波电压的基频处的清晰的脉冲。

[0072] 中间一列示出示例性的噪声波形 502。解调波形 505 与解调波形 504 是一样的。注意，解调后的噪声信号 508 不产生明显的尖峰，这是因为噪声信号的基频在解调信号的通带之外。

[0073] 503 示出激发波形和噪声信号的混合。同样，解调波形 506 与解调波形 505 和 504 相同。解调后的混和波仍然显示出噪声波形，尽管可应用各种信号处理算法以提取这个相对孤立的尖峰。

[0074] 此外，噪声抑制也可通过提供不同频率的多个激励电压并将多数决定原则算法应用于结果来实现。在多数决定原则算法中，对于每个电容节点，将提供最佳振幅匹配的两个频率通道取平均，并除去剩下的通道。例如，在图 13 中，垂直线 600 代表所测得的电容，标记 601、602 和 603 代表在三个激励频率处测得的三个值。值 602 和 603 提供最佳匹配，可能暗示值 601 有误。因此值 601 被丢弃，而值 602 和 603 被平均以形成输出。

[0075] 可替换地，可应用中值滤波器，则在此情况下，值 602，即中间值，被选择作为输出。作为另一个替换，可以简单地将三个结果平均，则在此情况下，结果将为值 601 和 602 之间某处的值。对于本领域技术人员，多种针对多个采样值的其它噪声抑制技术是显而易见的，任何 一种都适合于与这里所述的控制器一起使用。

[0076] 参考图 14 可以进一步理解电路的工作，图 14 是描绘控制器工作的流程图。本领域技术人员将理解，为了清楚起见，该流程图中省略了各种定时和存储器存储方面。

[0077] 图像获取开始于步骤 701。然后系统设置时钟以便以中间时钟频率（例如，200kHz）获取样本，如上面参照图 9 所讨论的那样（步骤 702）。然后更新各种可编程寄存器（步骤 703），该可编程寄存器控制诸如电压偏置、放大器增益、延迟时钟等的参数。读取所有的列，将结果存储为中间向量（步骤 704）。然后，设置高时钟频率（步骤 705），并针对该高采样频率重复更新寄存器的步骤（步骤 706）和读取所有列并存储结果的步骤（步骤

707)。然后，将时钟设置为低频率（步骤 708)，并针对该低采样频率重复更新寄存器（步骤 709) 和列读取（步骤 710)。

[0078] 然后，三个向量根据上述算法被偏置补偿（步骤 711)。其后，偏置补偿向量经历如上所述的中值滤波器。可替换地，偏置补偿向量可以由根据图 13 描述的多数决定原则算法或者任何其它合适的滤波技术来滤波。在任一情况下，将结果存储。如果还有更多的行，该过程返回步骤 702 处的中间频率采样。如果所有的行都已完成（步骤 713)，则将完整图像输出给主机设备（步骤 714)，并获取其后的新图像（步骤 701)。

[0079] 虽然已经通过几个优选实施例描述了本发明，但是存在在本发明范围之内的修改、置换和等价形式。例如，术语“计算机”并不必须意味着任何特定种类的设备、硬件和 / 或软件的组合，也不应当被认为限制于多用途或者单用途设备。此外，虽然关于触摸屏描述了这里的实施例，但是本发明的教导同样可应用于触摸板或任何其它触摸表面类型的传感器。而且，虽然本公开主要关于电容性感测，应当注意，这里所描述的部分或全部特征可以应用于其它感测方法。还应当注意，有许多可替换的方式来实现本发明的方法和设备。因此，本发明意图将所附权利要求解释为包括位于本发明实质精神和范围内的所有这类修改、置换和等价形式。

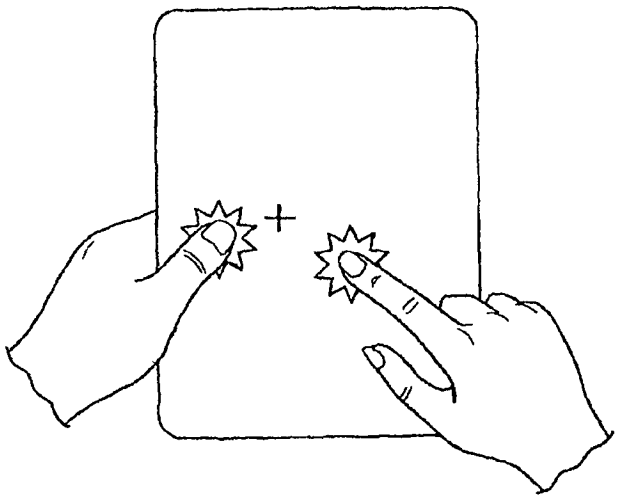


图 1A

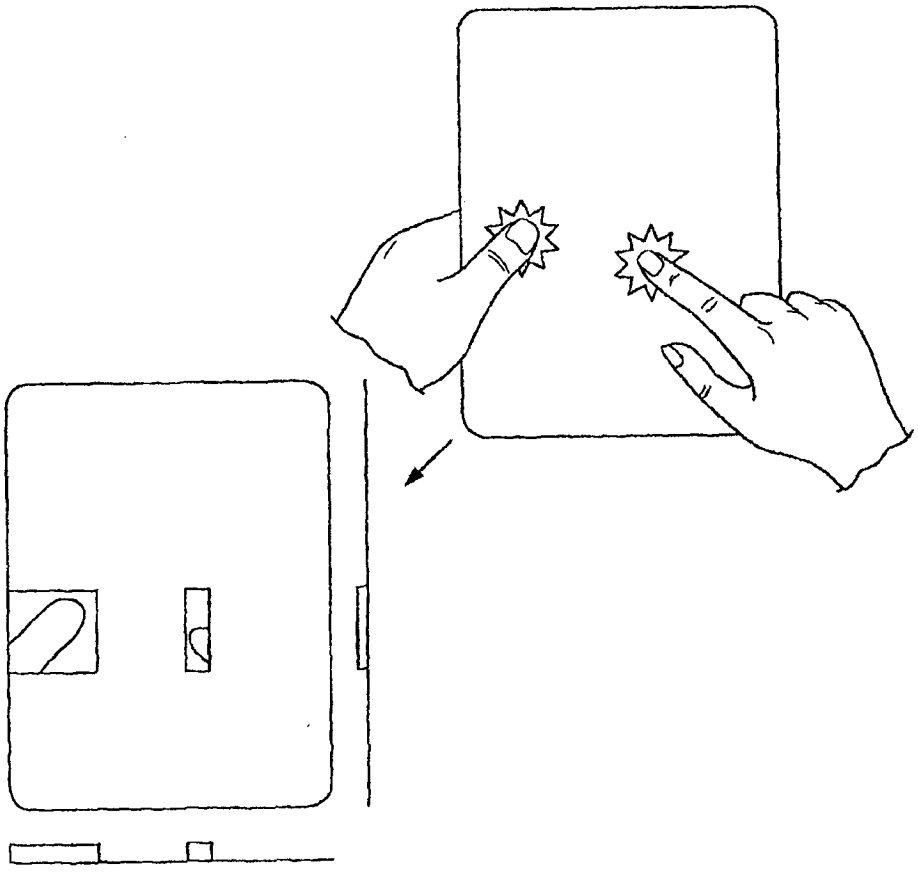


图 1B

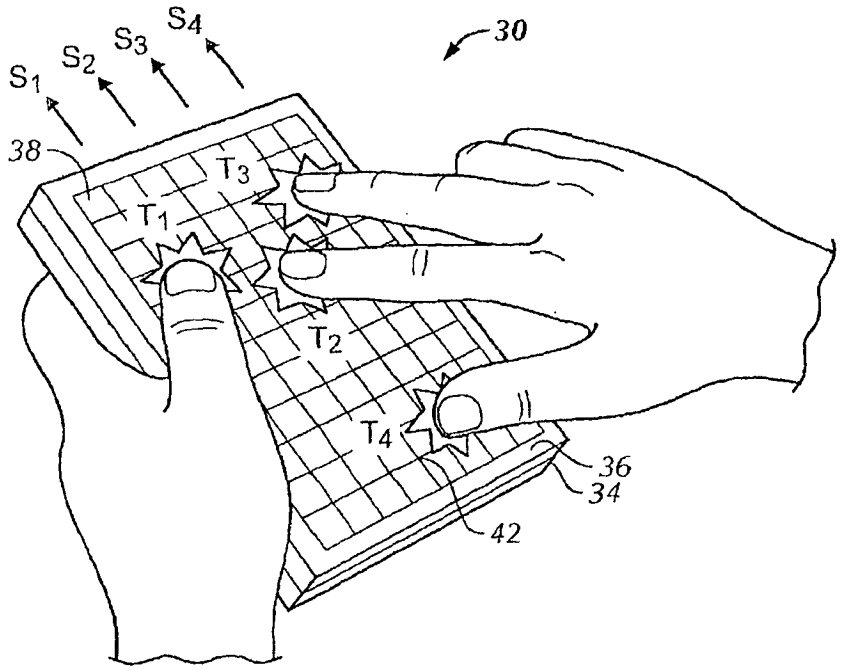

S1
S2
S3
S4
30
38
T3
T1
T2
T4
36
34
42

图 2

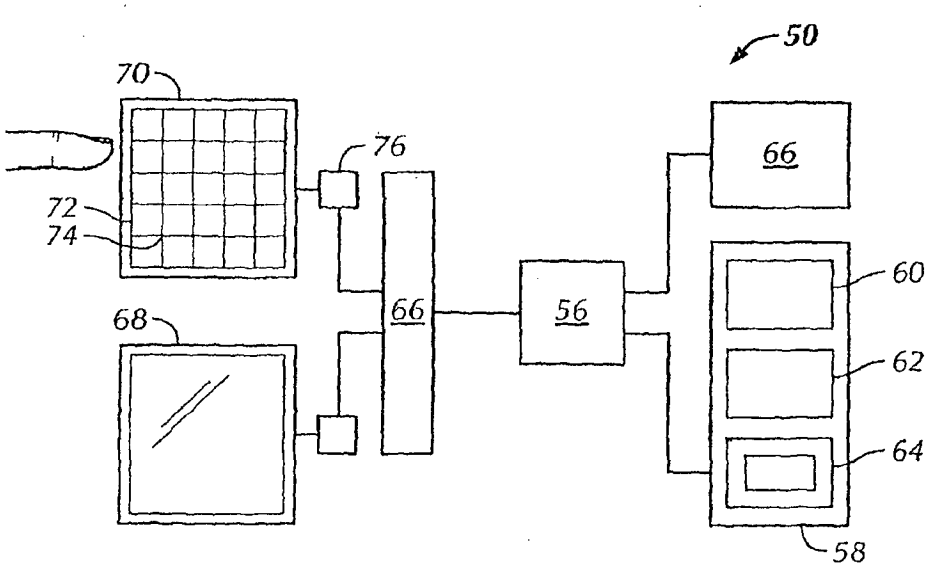

50
70
76
72
74
66
68
66
56
60
62
64
58

图 3

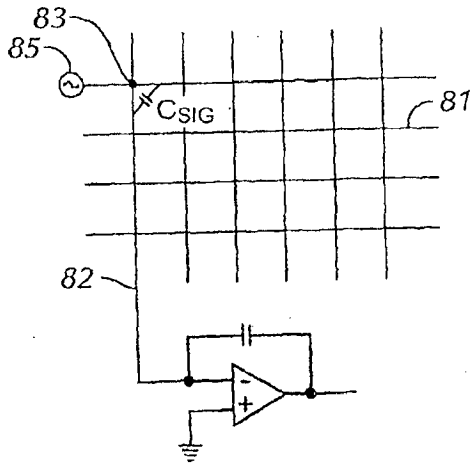

83
85
CSIG
81
82

图 4A

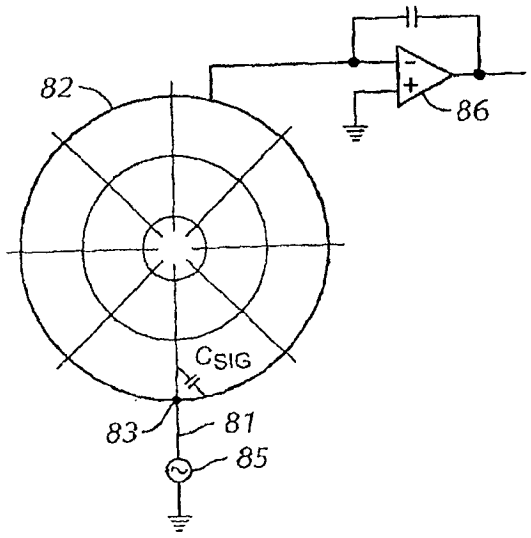

82
86
CSIG
83
81
85

图 4B

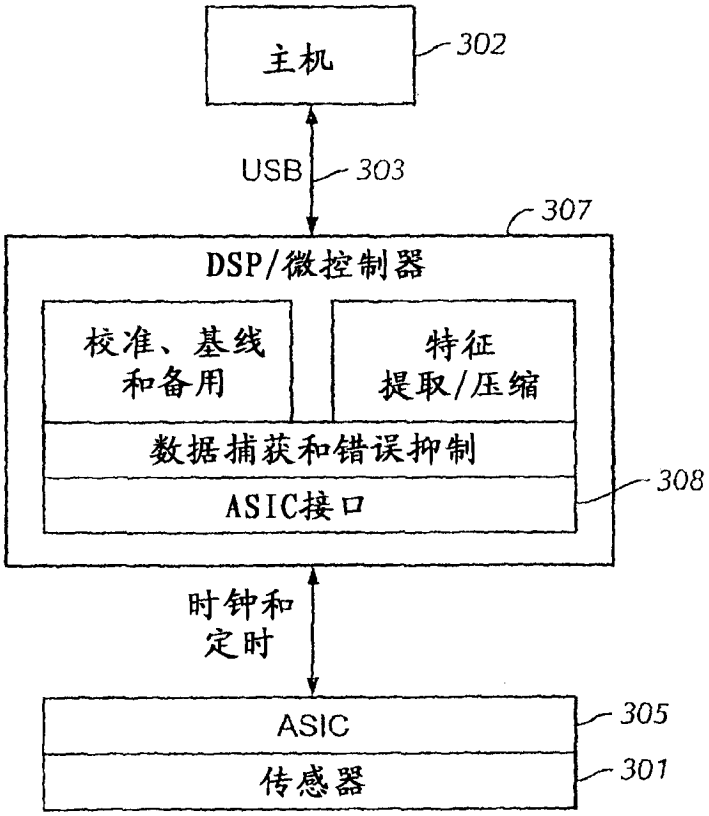

主机
302
USB
303
307
DSP/微控制器
校准、基线和备用
特征提取/压缩
数据捕获和错误抑制
ASIC接口
308
时钟和定时
ASIC
305
传感器
301

图 5

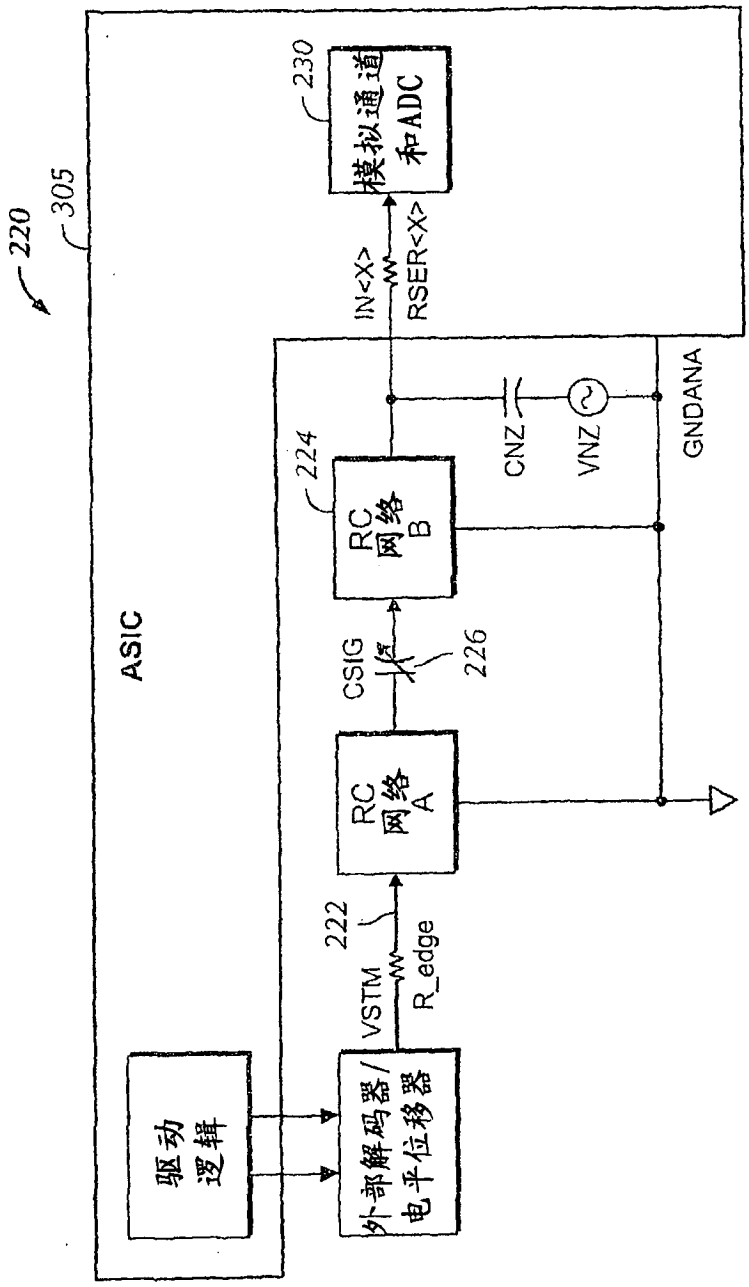

220
305
ASIC
230
模拟通道和ADC
IN<X>
RSER<X>
224
RC网络B
CNZ
VNZ
GNDANA
CSIG
226
RC网络A
222
VSTM
R_edge
驱动逻辑
外部解码器/电平位移器

图 6

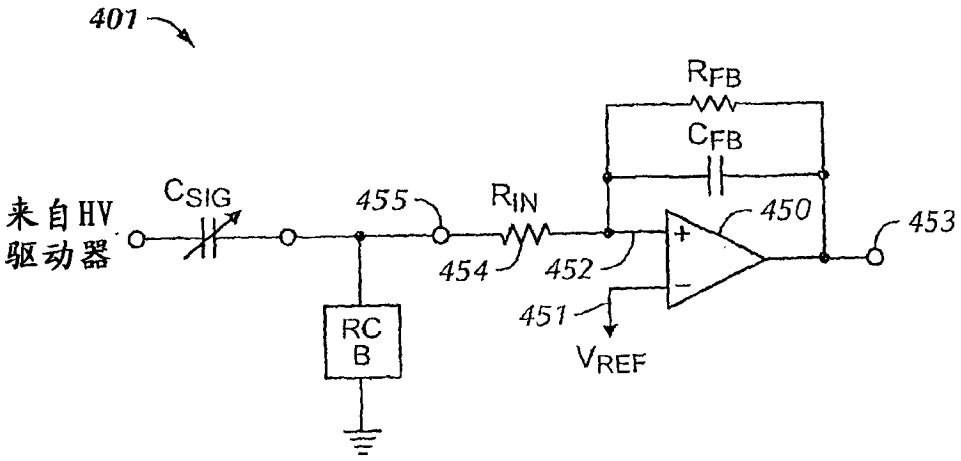

401
RFB
CFB
来自HV
驱动器
CSIG
455
RIN
450
453
454
452
451
RC
B
VREF

图 7

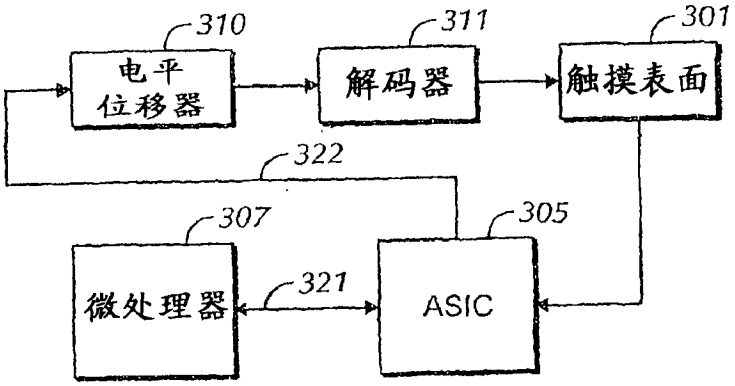

310
311
301
电平
位移器
解码器
触摸表面
322
307
305
微处理器
321
ASIC

图 8

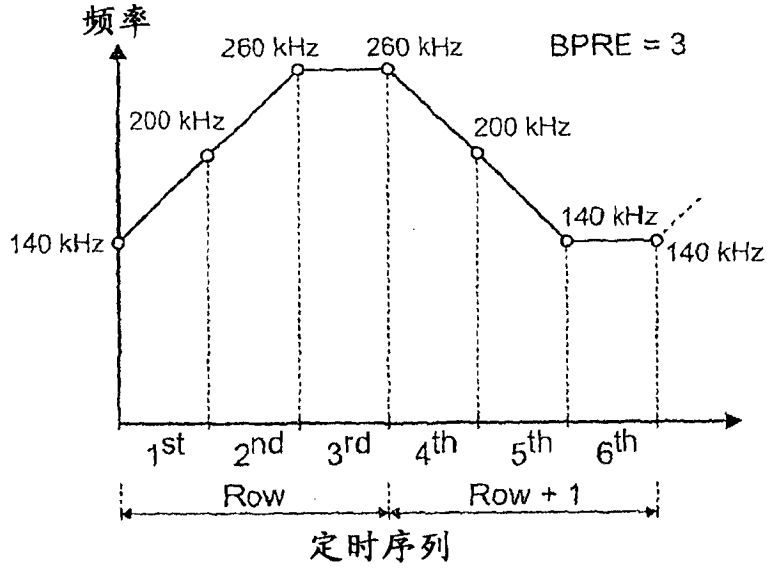

频率
260 kHz
260 kHz
BPRE = 3
200 kHz
200 kHz
140 kHz
140 kHz
140 kHz
1st
2nd
3rd
4th
5th
6th
Row
Row + 1
定时序列

图 9

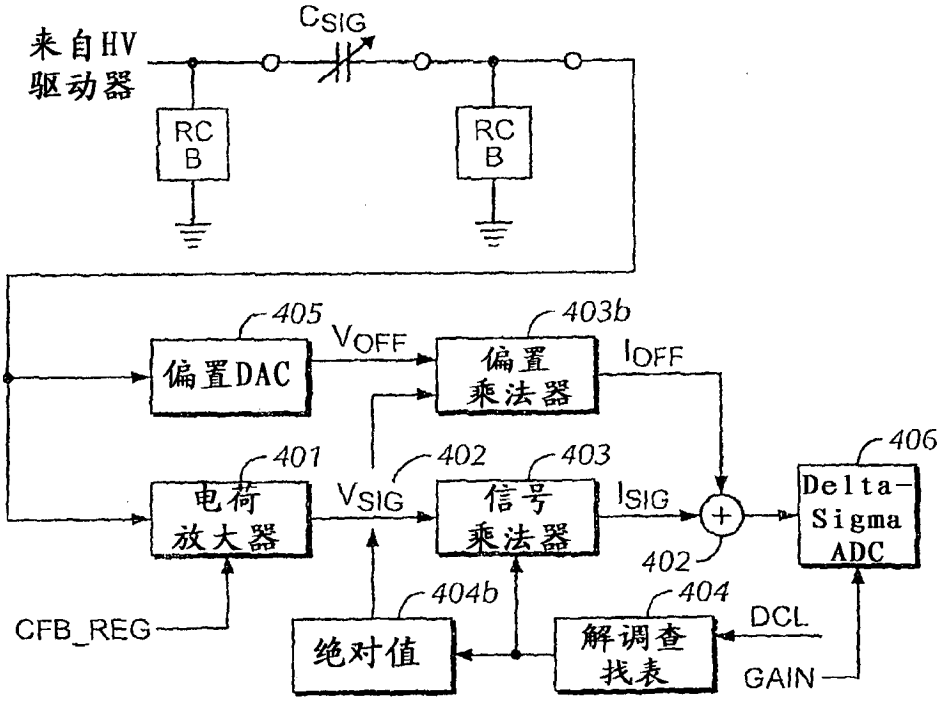

来自HV
驱动器
CSIG
RC
B
RC
B
405
VOFF
偏置DAC
403b
偏置
乘法器
IOFF
401
402
403
406
电荷
放大器
VSIG
信号
乘法器
ISIG
Delta-
Sigma
ADC
402
404b
404
DCL
CFB_REG
绝对值
解调查
找表
GAIN

图 10

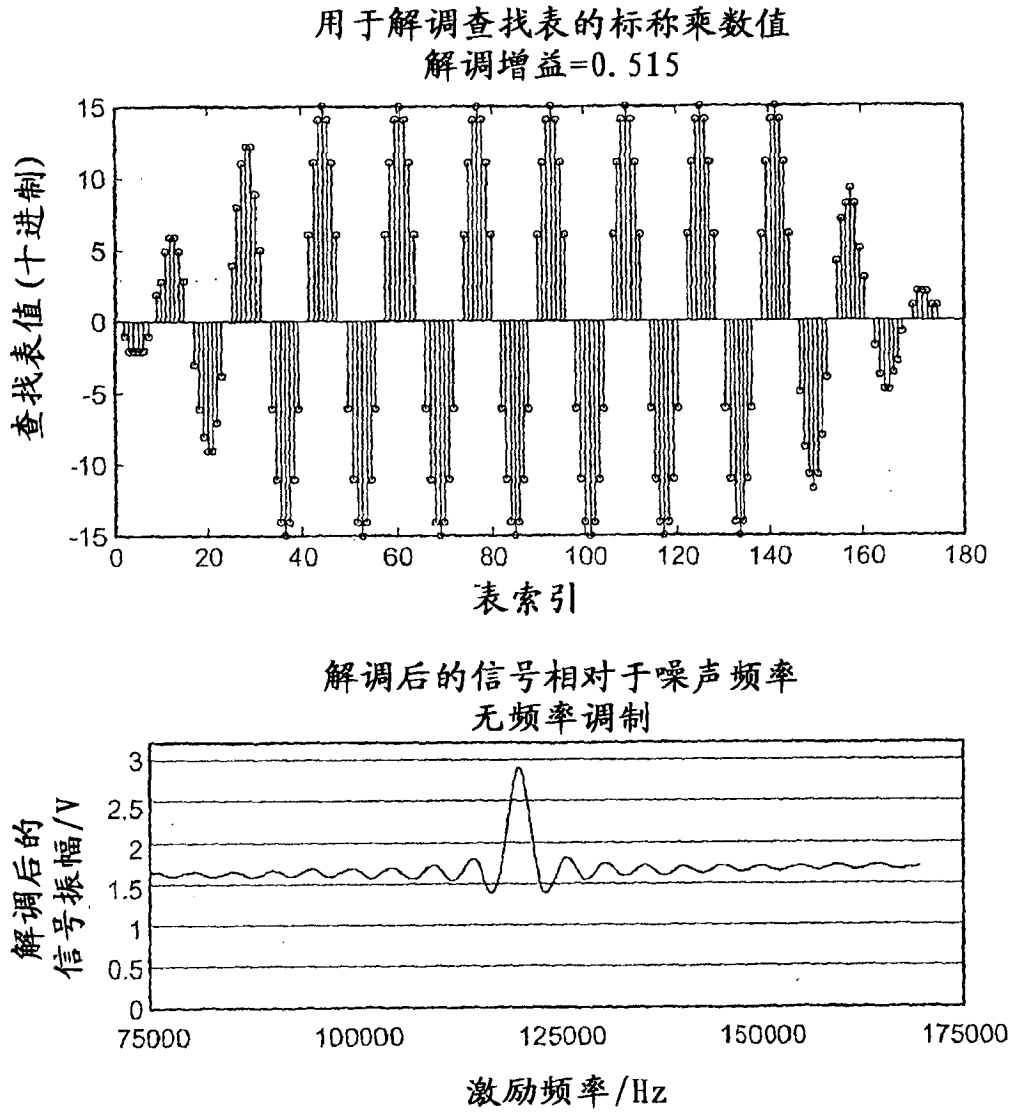

用于解调查找表的标称乘数值
解调增益=0.515
查找表值(十进制)
15
10
5
0
-5
-10
-15
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
表索引
解调后的信号相对于噪声频率
无频率调制
解调后的信号振幅/V
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
75000
100000
125000
150000
175000
激励频率/Hz

图 11A

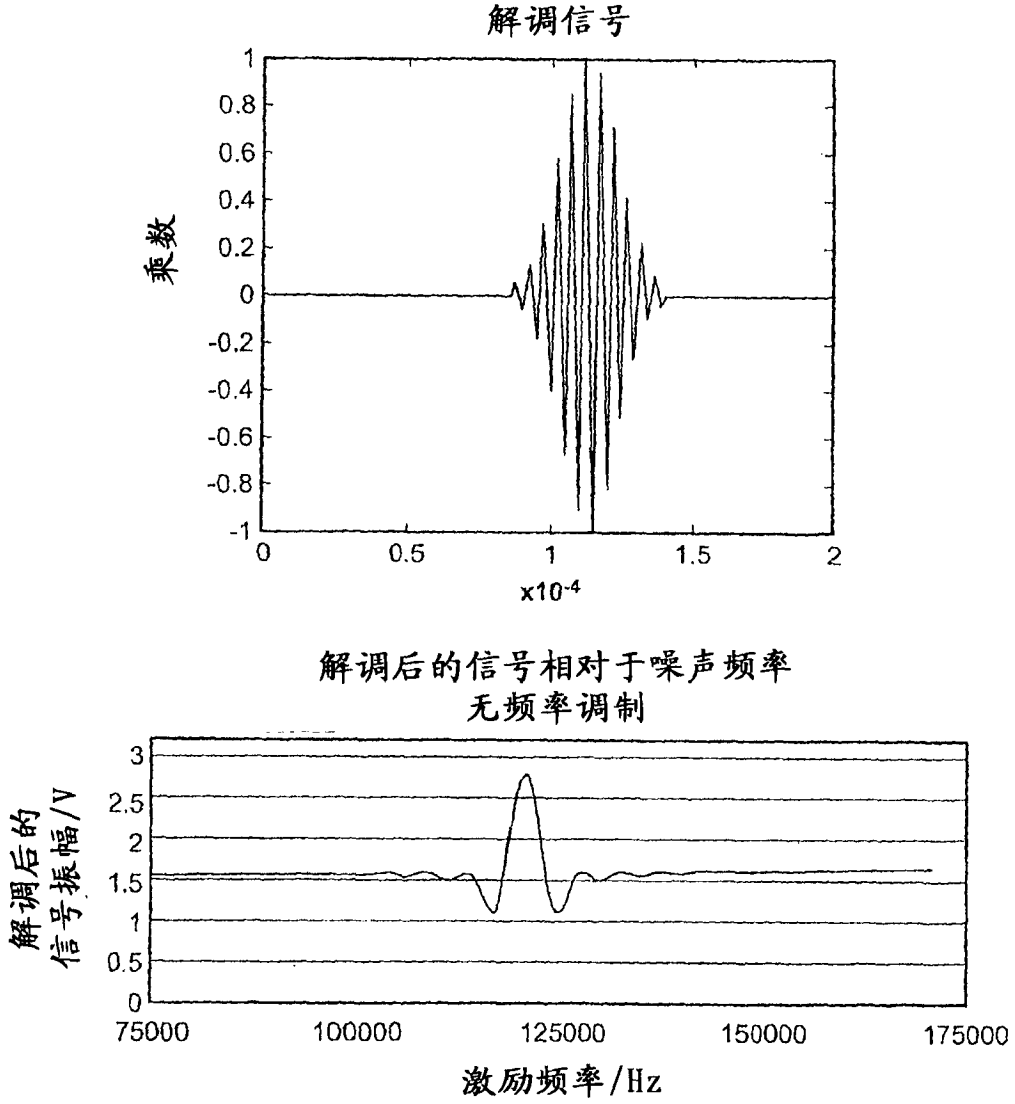

解调信号
乘数
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
0
0.5
1
1.5
2
x10-4
解调后的信号相对于噪声频率
无频率调制
解调后的信号振幅/V
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
75000
100000
125000
150000
175000
激励频率/Hz

图 11B

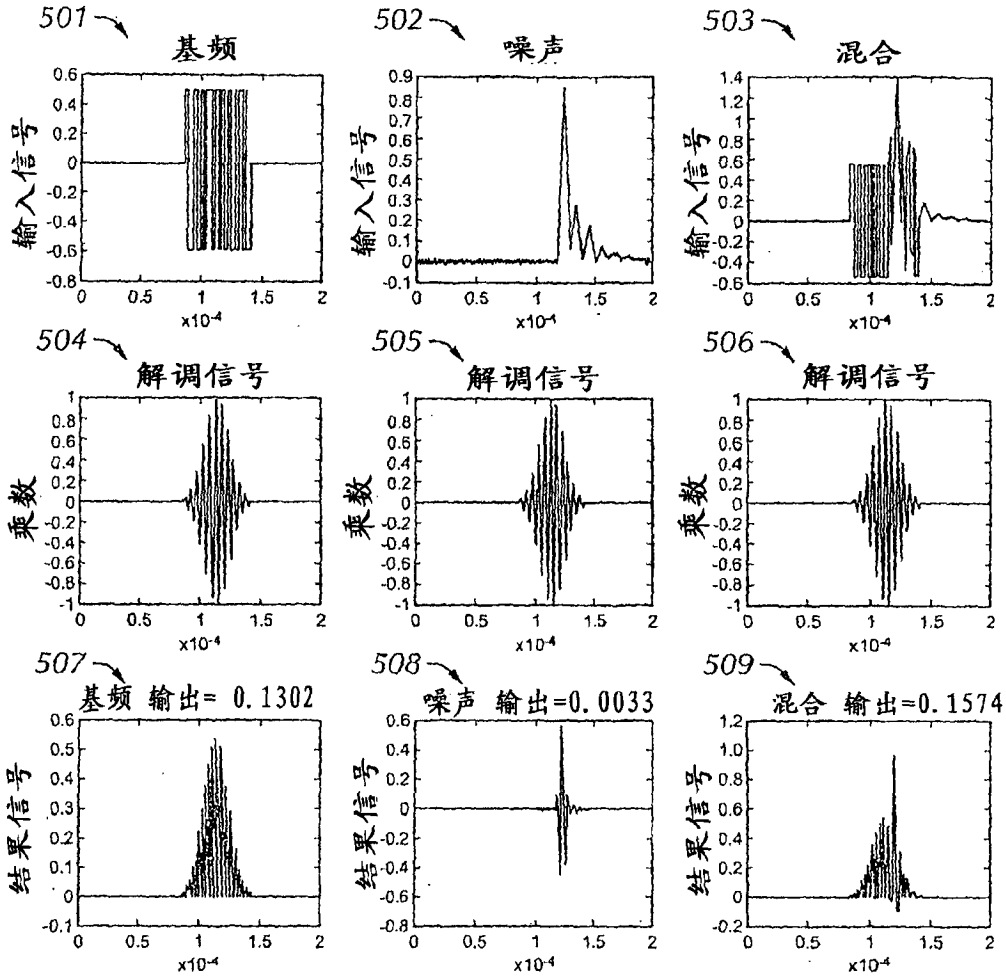

501
基频
输入信号
502
噪声
输入信号
503
混合
输入信号
504
解调信号
乘数
505
解调信号
乘数
506
解调信号
乘数
507
基频 输出= 0.1302
结果信号
508
噪声 输出=0.0033
结果信号
509
混合 输出=0.1574
结果信号
x10^-4

图 12

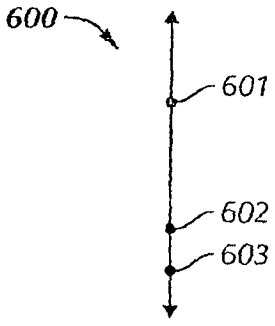

600
601
602
603

图 13

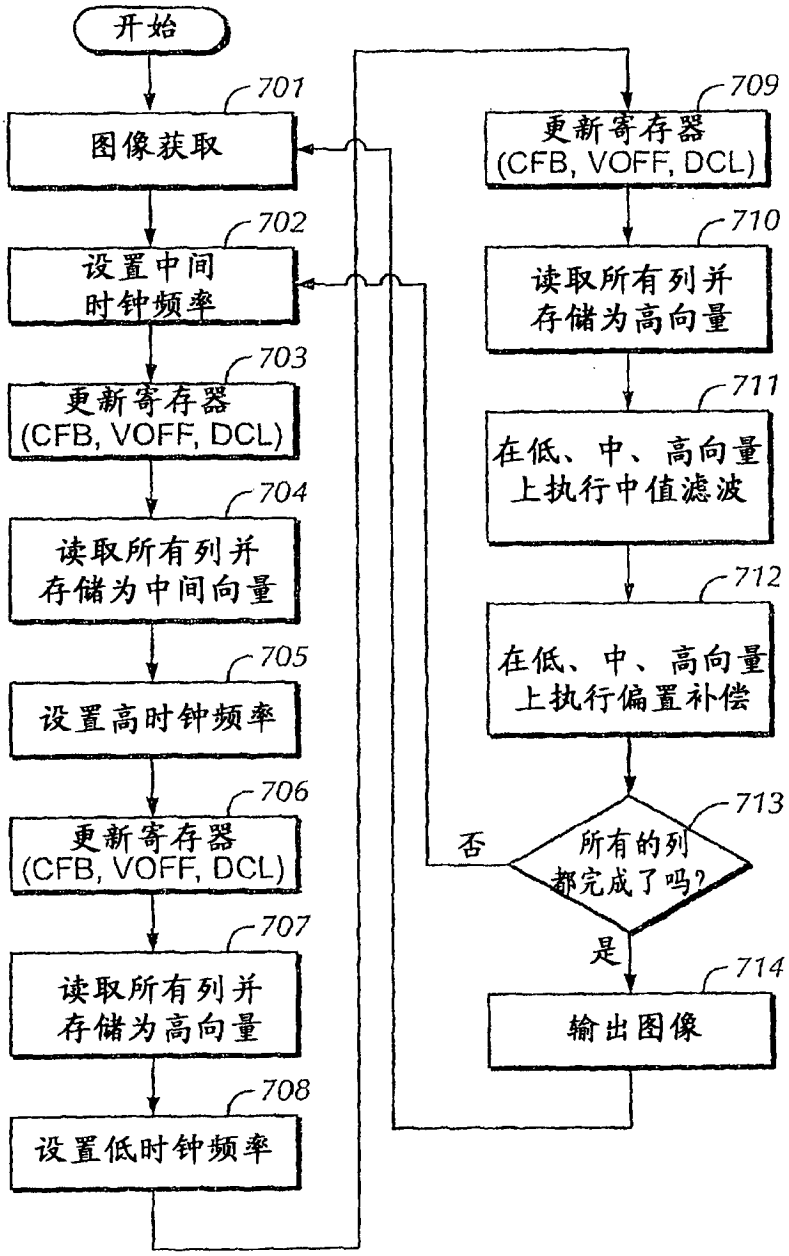

开始
701
图像获取
702
设置中间时钟频率
703
更新寄存器(CFB, VOFF, DCL)
704
读取所有列并存储为中间向量
705
设置高时钟频率
706
更新寄存器(CFB, VOFF, DCL)
707
读取所有列并存储为高向量
708
设置低时钟频率
709
更新寄存器(CFB, VOFF, DCL)
710
读取所有列并存储为高向量
711
在低、中、高向量上执行中值滤波
712
在低、中、高向量上执行偏置补偿
713
所有的列都完成了吗?
否
是
714
输出图像

图 14