



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103197817 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201310008702. X

(22) 申请日 2013. 01. 09

(30) 优先权数据

61/584, 494 2012. 01. 09 US

61/584, 454 2012. 01. 09 US

13/415, 683 2012. 03. 08 US

(71) 申请人 美国博通公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 李天昊 大卫·艾莫利·索贝尔

苏曼特·兰加纳森 约翰·S·沃利

萨蒂什·维塔尔·乔希

凯丽·雅克·德罗什 权五俊

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 田喜庆

(51) Int. Cl.

G06F 3/044 (2006. 01)

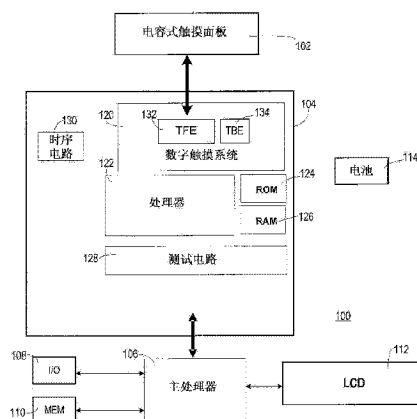
权利要求书2页 说明书22页 附图11页

(54) 发明名称

互电容式触摸系统中的快速触摸检测

(57) 摘要

本公开涉及互电容式触摸系统中的快速触摸检测。一种用于触摸面板显示器中的触摸检测的方法,包括:进入低功率触摸检测模式并且利用信号间歇性地激励所述触摸面板显示器以确定触摸面板上是否发生了任意触摸事件而不对触摸面板上的触摸事件进行定位。如果检测到触摸事件,进入全扫描模式以定位触摸面板上的触摸事件。这为触摸面板显示器以及控制电路提供了更快的触摸检测和更低的功率操作。



1. 一种用于触摸面板中的触摸检测的方法,所述方法包括:
进入低功率触摸检测模式;
利用信号间歇地激励所述触摸面板,以确定在所述触摸面板上是否发生了任意触摸事件而不对所述触摸面板上的触摸事件进行定位;以及
如果检测到触摸事件,则进入全扫描模式以对所述触摸面板上的触摸事件进行定位;
否则,
如果未检测到触摸事件,则进入低功率空闲模式达预定时间。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,激励所述触摸面板显示包括:
在第一步扫期间,向所述触摸面板的第一部分提供第一组激励信号;以及
在第二步扫期间,向所述触摸面板的第二部分提供第二组激励信号,所述第二组激励信号与所述第一组信号互补,使得能够检测到触摸事件。
3. 根据权利要求 2 所述的方法,进一步包括:
进入低功率触摸检测模式,执行基线扫描以获得所述第一步扫和所述第二步扫中的每一个的基线电容值;
在所述第一步扫和所述第二步扫中的每一个之后,将由于各自的激励信号而引起的步扫电容值与所述基线电容值进行比较;以及
基于所述比较来确定是否检测到触摸事件。
4. 一种用于触摸面板的方法,所述方法包括:
当没有检测到所述触摸面板的触摸活动时,周期性地执行所述触摸面板的触摸检测扫描;以及
当所述触摸检测扫描产生了触摸活动的指示时,执行所述触摸面板的全扫描,以定位所述触摸活动在所述触摸面板上的位置。
5. 根据权利要求 4 所述的方法,进一步包括:
当在预定时间段没有检测到触摸活动时,进入操作的触摸检测模式;以及
当在操作的触摸检测模式中时,如果检测到新的触摸活动指示,则退出所述触摸检测模式。
6. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,执行触摸检测扫描包括:
将各互补激励信号提供至所述触摸面板的各互补部分;以及
检测由于所提供的互补激励信号而引起的信号变化。
7. 一种触摸面板控制器电路,包括:
逻辑前端,激励触摸面板的所选择的行,并且感测面板对激励的响应;以及
扫描控制器,与所述逻辑前端耦合,并且被构造为控制所述逻辑前端以利用触摸检测扫描进程周期性地激励所述触摸面板的预定行,并且响应于无触摸活动的指示,进入低功率模式并且利用后续触摸检测扫描间歇地激励所述触摸面板的预定行直到已检测到触摸活动。
8. 根据权利要求 7 所述的触摸面板控制器电路,其中,所述扫描控制器被进一步构造为:通过控制所述逻辑前端以激励所述触摸面板的所有行来响应于活动的检测,以对所述触摸面板上的触摸活动进行定位。
9. 根据权利要求 7 所述的触摸面板控制器电路,进一步包括:被存储的数据,以控制所

述扫描控制器以将所述触摸面板的具有第一子集行的第一部分和所述触摸面板的具有第二子集行的第二部分识别作为所述触摸面板的所述预定行,所述第一子集行和所述第二子集行被选择为确保所述触摸面板的所有区域在所述触摸检测扫描进程期间被激励。

10. 根据权利要求 7 所述的触摸面板控制器电路,其中,所述逻辑前端响应于所述扫描控制器以向所述触摸面板的第一子集行提供第一激励信号并且向所述触摸面板的第二子集行提供第二激励信号。

互电容式触摸系统中的快速触摸检测

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求于 2012 年 1 月 9 日提交的美国临时专利申请第 61/584,454 号、于 2012 年 1 月 9 日提交的美国临时专利申请第 61/584,494 号、于 2012 年 3 月 8 日提交的美国专利申请第 13/415,683 号的优先权,其全部内容通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 此公开涉及用于电容式触摸屏装置的方法和装置。

背景技术

[0004] 便携装置上的持续发展和快速改进已包括了这些装置上触摸屏的结合。触摸屏装置响应于用户的触摸以将关于那个触摸的信息传达至便携装置的控制电路。触摸屏惯常与诸如液晶显示器(LCD)的通常同延的显示装置结合以形成便携装置的用户界面。触摸屏还与触摸控制器电路一起操作以形成触摸屏装置。在利用触摸传感的其他应用中,触摸板也是诸如个人计算机的装置的用户接口的一部分,代替用户与屏上图像交互的单独鼠标。相对于包括键盘、滚珠、操纵杆或鼠标的便携装置,触摸屏装置提供减少的移动部件、持久性、抗污染物、简化的用户接口以及增加的用户接口灵活性的优点。

[0005] 尽管有这些优点,目前为止传统的触摸屏装置的使用已受限。对于某些装置,电流消耗太大。电流消耗直接影响在便携装置中是关键操作参数的功率消耗。对于其他装置,诸如响应时间的性能已很差,尤其是当在触摸屏的表面上被进行快速移动时。一些装置在具有电磁干扰和可影响性能的污染的极端条件的环境中不能工作良好。

[0006] 通过将传统的和常规的方法与如在此申请的剩余部分中所给出的并且参照附图的本公开的各方面相比较,传统的和常规的方法的其他局限和缺点对本领域的普通技术人员将变得显而易见。

发明内容

[0007] (1)一种用于触摸面板中的触摸检测的方法,所述方法包括:进入低功率触摸检测模式;利用信号间歇地激励所述触摸面板,以确定在所述触摸面板上是否发生了任意触摸事件而不对所述触摸面板上的触摸事件进行定位;以及,如果检测到触摸事件,则进入全扫描模式以对所述触摸面板上的触摸事件进行定位;否则,如果未检测到触摸事件,则进入低功率空闲模式达预定时间。

[0008] (2)根据(1)所述的方法,其中,激励所述触摸面板显示包括:在第一步扫期间,向所述触摸面板的第一部分提供第一组激励信号;以及,在第二步扫期间,向所述触摸面板的第二部分提供第二组激励信号,所述第二组激励信号与所述第一组信号互补,使得能够检测到触摸事件。

[0009] (3)根据(2)所述的方法,进一步包括:进入低功率触摸检测模式,执行基线扫描以获得所述第一步扫和所述第二步扫中的每一个的基线电容值;在所述第一步扫和所述第

二步扫描中的每一个之后,将由于各自的激励信号而引起的步扫描电容值与所述基线电容值进行比较;以及,基于所述比较来确定是否检测到触摸事件。

[0010] (4) 根据(1)所述的方法,其中,激励所述触摸面板显示包括:沿所述触摸面板的各个预定行提供第一组激励信号和第二组激励信号;沿所述触摸面板的列感测表征电容的信号;以及,基于所感测的信号,确定是否检测到触摸事件。

[0011] (5) 根据(1)所述的方法,其中,所述低功率空闲模式的持续时间能够被选择,以平衡功耗和对触摸事件的响应时间。

[0012] (6) 一种用于触摸面板的方法,所述方法包括:当没有检测到所述触摸面板的触摸活动时,周期性地执行所述触摸面板的触摸检测扫描;以及,当所述触摸检测扫描产生了触摸活动的指示时,执行所述触摸面板的全扫描,以定位所述触摸活动在所述触摸面板上的位置。

[0013] (7) 根据(6)所述的方法,进一步包括:当在预定时间段没有检测到触摸活动时,进入操作的触摸检测模式;以及,当在操作的触摸检测模式中时,如果检测到新的触摸活动指示,则退出所述触摸检测模式。

[0014] (8) 根据(6)所述的方法,其中,执行触摸检测扫描包括:将各互补激励信号提供至所述触摸面板的各互补部分;以及,检测由于所提供的互补激励信号而引起的信号变化。

[0015] (9) 根据(6)所述的方法,进一步包括:向所述触摸面板的第一部分的行提供第一激励信号;向所述触摸面板的第二部分的行提供第二激励信号,所述第二激励信号与所述第一激励信号互补,并且所述第二部分与所述第一部分互补;以及,沿所述触摸面板的各列检测表征电容的信号。

[0016] (10) 根据(9)所述的方法,包括:从沿所述触摸面板的各列检测到的表征电容的信号减去各列的基线电容;以及,响应于非零的差,产生触摸活动的指示。

[0017] (11) 根据(6)所述的方法,其中,用于执行所述触摸面板的触摸检测扫描的周期能够被选择,以平衡功耗和对所述触摸面板上的触摸活动的响应时间。

[0018] (12) 一种触摸面板控制器电路,包括:逻辑前端,激励触摸面板的所选择的行,并且感测面板对激励的响应;以及,扫描控制器,与所述逻辑前端耦合,并且被构造为控制所述逻辑前端以利用触摸检测扫描进程周期性地激励所述触摸面板的预定行,并且响应于无触摸活动的指示,进入低功率模式并且利用后续触摸检测扫描间歇地激励所述触摸面板的预定行直到已检测到触摸活动。

[0019] (13) 根据(12)所述的触摸面板控制器电路,其中,所述扫描控制器被进一步构造为:通过控制所述逻辑前端以激励所述触摸面板的所有行来响应于活动的检测,以对所述触摸面板上的触摸活动进行定位。

[0020] (14) 根据(12)所述的触摸面板控制器电路,进一步包括:被存储的数据,以控制所述扫描控制器以将所述触摸面板的具有第一子集行的第一部分和所述触摸面板的具有第二子集行的第二部分识别作为所述触摸面板的所述预定行,所述第一子集行和所述第二子集行被选择为确保所述触摸面板的所有区域在所述触摸检测扫描进程期间被激励。

[0021] (15) 根据(12)所述的触摸面板控制器电路,其中,所述逻辑前端响应于所述扫描控制器以向所述触摸面板的第一子集行提供第一激励信号并且向所述触摸面板的第二子集行提供第二激励信号。

[0022] (16) 根据(15)所述的触摸面板控制器电路,其中,所述逻辑前端被构造成响应于所述第一激励信号和所述第二激励信号来感测所述触摸面板的列上产生的信号。

[0023] (17) 根据(16)所述的触摸面板控制器电路,其中,所述逻辑前端包括基于所感测的信号产生数字数据的模数转换器电路,并且进一步包括从所产生的数字数据减去基线电容数据以检测所述触摸面板上的触摸活动的电路。

[0024] (18) 根据(15)所述的触摸面板控制器电路,其中,所述逻辑前端响应于所述扫描控制器以提供与所述第一激励信号互补的第二激励信号,使得除非在所述触摸面板上存在触摸活动,否则所述第一激励信号和第二激励信号的同时提供基本上不产生相对于基线电平的变化。

[0025] (19) 根据(12)所述的触摸面板控制器电路,其中,所述触摸面板以预定数量的行和预定数量的列来配置,并且其中,所述扫描控制器被构造为基于预定数量的行和预定数量的列来确定触摸面板划分和触摸面板驱动方式。

附图说明

[0026] 参照下面的附图和描述可更好地理解此系统。在图中,在所有不同示图中,相似的参考号标示对应的部件。

[0027] 图 1 是示例性便携装置的框图。

[0028] 图 2 是示例性便携装置的俯视图。

[0029] 图 3 是在图 1 和图 2 的便携装置中所使用的示例性互电容式接触面板的简化图。

[0030] 图 4 示出了图 1 的便携装置的触摸前端的示例性框图。

[0031] 图 5 示出了示例性第一采样扫描图。

[0032] 图 6 示出了示例性第二采样扫描图。

[0033] 图 7 示出了图 1 的便携装置的触摸前端的示例性高级结构。

[0034] 图 8 示出了简化的电容式触摸面板和相关电路。

[0035] 图 9 示出了在便携装置的控制器电路中所使用的示例性基线跟踪滤波器。

[0036] 图 10 示出了与图 9 的基线跟踪滤波器结合的第二变量评估器。

[0037] 图 11 示出了与图 9 的基线跟踪滤波器结合的第二变量评估器。

[0038] 图 12 示出了图 1 的便携装置的操作的触摸检测模式的时序图。

[0039] 图 13 是示出图 1 的便携装置的操作的触摸检测模式的流程图。

[0040] 图 14 示出图 1 的便携装置的采样扫描图的触摸检测扫描。

具体实施方式

[0041] 现在参照图 1 和图 2,图 1 示出了便携装置 100 的框图。图 2 示出了根据图 1 的框图的便携装置 100 的一种实施方式。如图 1 中所示,便携装置 100 包括电容式触摸面板 102、控制器电路 104、主处理器 106、输入-输出电路 108、存储器 110、液晶显示器(LCD)112 以及提供操作电力的电池 114。

[0042] 图 2 包括示出便携装置 100 的俯视图的图 2(A)和示出沿图 2(A)中的线 B-B'的便携装置 200 的截面图。便携装置可被体现为包括如平板电脑、智能电话,或甚至如具有触摸传感表面或显示器的固定装置的最多样的装置。

[0043] 便携装置 100 包括外壳 202、透镜或透明触摸表面 204 以及诸如控制开关 206 的一个或多个可操作用户接口元件。外壳内所包含的是印刷电路板 208 以及被设置在印刷电路板 208 上的电路元件 210 并且如在图 2 中的框图形式中所示出的。电容式触摸面板 102 以堆叠方式设置并且包括驱动线 212、绝缘体 214 以及传感线 216。绝缘体使驱动线 212 和平行于驱动线设置的其他驱动线与传感线 216 电绝缘。信号被提供至驱动线 212 中的一条或多条并且被传感线 216 感测以定位透明触摸表面 204 上的触摸事件。LCD112 位于印刷电路板 208 与电容式触摸面板 102 之间。

[0044] 如在图 2 (A) 中具体示出的, 电容式触摸面板 102 与 LCD112 可通常是同延的 (coextensive) 并且形成便携装置的用户接口。为了观看和通过用户的交互, 文本和图像可被显示在 LCD 上。用户可触摸电容式触摸面板 102 以控制便携装置 100 的操作。触摸可以是通过用户的单个手指或通过几个手指, 或通过用户的手的其他部分或其他身体部位。触摸还可以是通过被用户手抓握的触摸笔或使得与电容式触摸面板接触的其他方式。触摸可以是故意的或无意中做的。在其他应用中, 电容式触摸面板 102 可以被体现为计算机装置的触摸板。在这种应用中, LCD112 无需与电容式触摸面板 102 是同延的 (或一起定位的), 但可以靠近定位, 以被触摸电容式触摸面板 102 以控制计算装置的用户观看。

[0045] 再参照图 1, 控制器电路 104 包括数字触摸系统 120、处理器 122、包括非易失存储器 124 和读写存储器 126 的存储器、测试电路 128 以及时序电路 130。在一种实施方式中, 控制器电路 104 被实现为包括数字逻辑和存储器以及模拟功能的单个集成电路。其他实施方式可包括控制器电路 104 中的其他组件或功能框。

[0046] 数字触摸子系统 120 包括触摸前端 (TFE) 132 和触摸后端 (TBE) 134。此划分并不是固定的或硬性的, 而是可根据每个块执行的和被分配或考虑的前端或后端功能的高级别功能来变化。TFE132 进行操作, 以检测构成电容式触摸面板 102 的电容式传感器的电容并且将高信噪比 (SNR) 电容图像 (或热图, heatmap) 传递至 TBE134。TBE134 从 TFE132 获取此电容热图并且区别、分类、定位以及跟踪触摸电容式触摸面板 102 的物体 (多个物体) 并且将此信息报告回主处理器 106。例如, TFE132 和 TBE134 可如根据任何具体设计要求所期望的被划分在硬件和软件或固件中。在一种实施方式中, TFE132 将大部分以硬件组件实现并且 TBE134 中的一部分或全部功能可通过处理器 122 来实现。

[0047] 处理器 122 响应于被存储在存储器中的数据 and 指令来进行操作以控制控制器电路 104 的操作。在一种实施方式中, 例如, 处理器 122 是如可从 ARM Holding 获得的 ARM 处理器中实现的精简指令集计算机 (RISC) 结构。处理器 122 从控制器电路 104 的其他组件接收数据并且将数据提供给该控制器电路的其他组件。处理器 122 响应于被存储在非易失存储器 124 和读写存储器 126 中的数据 and 指令来进行操作并且在操作期间将数据写至存储器 124、126。具体地, 非易失存储器 124 可存储将被控制器电路 104 的任意功能块所使用的固件数据和指令。这些数据和指令可为了随后的使用而在制造控制器 104 时被编程, 或者可在制造之后被更新或编程。

[0048] 时序电路 130 产生被控制器电路 104 的其他组件使用的时钟信号以及模拟、时变信号。时钟信号包括用于使诸如处理器 122 的数字组件同步的数字时钟信号。时变信号包括用于驱动电容式触摸面板 102 的具有预定频率和幅度的信号。在这一点上, 时序电路 130 可在控制下或响应于诸如处理器 122 或非易失性存储器 124 的其他功能块进行操作。

[0049] 图 3 示出了通常的互电容(mutual capacitance)式触摸面板 300 的示意图。电容式触摸面板 300 模拟图 1 和图 2 的便携装置的电容式触摸面板 102。电容式触摸面板 300 具有 N_{row} 行和 N_{col} 列(图 3 中 $N_{\text{row}}=4, N_{\text{col}}=5$)。电容式触摸面板 300 在 N_{row} 行和 N_{col} 列之间创建 $N_{\text{row}} \times N_{\text{col}}$ 个互电容器。由于它们创建了控制器电路 104 用以创建通常的电容热图的电容节点的自然栅格,所以存在控制器 104 通常用以感测触摸的互电容。然而,值得注意的是,一共存在 $(N_{\text{row}}+N_{\text{col}})$ 个节点,或者,如果正触摸的手指和触摸笔和电容式触摸面板 300 中的地节点被包括,则 $(N_{\text{row}}+N_{\text{col}}+2)$ 个节点。在电容式触摸面板 300 中,电容存在于每对节点之间。

[0050] 激励模式

[0051] 电容式触摸面板 300 可以以几种不同的方式被激励。电容式触摸面板 300 被激励的方式影响在面板内的哪个互电容被测量。在下面详述操作模式的列表。应当注意,下面定义的模式仅描述其中 TFE132 激励面板的方式。

[0052] 行列(RC)模式是互电容式传感器的第一操作模式。在 RC 模式中,行通过发送(TX)波形而被驱动,而列被连接至 TFE132 的接收(RX)信道。因此,行与列之间的互电容器被检测,产生出标准的 $N_{\text{row}} \times N_{\text{col}}$ 电容热图。在图 3 中所示的实例中,RC 模式对标记为 $C_{r\langle i \rangle}, C_{c\langle j \rangle}$ 的电容器进行测量,其中, $\langle i \rangle$ 和 $\langle j \rangle$ 分别是行和列的整数索引。通常,在支持行列(CR)模式中不存在增加的值,(例如,驱动列并且感测行),由于其产生了与 RC 模式一样的结果。

[0053] 自电容列(SC)模式是可被控制器 102 支持的自电容(self-capacitance)模式。在 SC 模式中,一个或多个列被同时驱动并被感测。结果,可检测被连接至被驱动列的所有结构的总电容。

[0054] 在列倾听(CL:column-listening)模式中,RX 信道被连接至电容式触摸面板 102 的列并且发送器被断开。电容式触摸面板 102 的行将被短路至低阻抗节点(例如,AC 地),或者保持浮置(例如,高阻抗)。此模式被用于倾听面板列上存在的噪声和干扰。为了确定要使用的适当信号频率和最佳的干扰滤波器结构,RX 信道的输出将被送至频谱评估块(例如,FFT 块),稍后将详述。

[0055] 时序术语

[0056] 为了理解通过其在 TFE132 内产生结果的各种时间尺度而引入了某些术语。TFE132 通常扫描电容式触摸面板 102 的所有期望节点(例如,所有节点,或所有节点的某些特定或相关子集)来产生电容热图。此处理可被称为帧扫描;帧扫描可在被称为帧速率的速率下进行。帧速率是可伸缩的。一种示例性帧速率包括针对单个触摸并且面板尺寸在大小上小于或等于 5 英寸的帧速率 250Hz。第二种示例性帧速率包括针对单个触摸并且面板尺寸大于 5.0 英寸的 200Hz。第三种帧速率是针对 10 个触摸并且面板尺寸 10.1 英寸的最小值 120Hz。优选地,控制器 104 可支持所有这些帧速率,并且该帧速率可被构造造成最优化给定应用的性能和功耗的折中。术语扫描速率可与术语帧速率交替使用。

[0057] 控制器电路 104 可通过采取多个步骤的扫描来组成完整的帧扫描。质量上,每一步扫描可引起来自接收器的一组电容读取,尽管并不是在所有情况中都严格如此。控制器电路 104 可以以相同或不同的步骤速率执行每一步的扫描。对于行/列(RC)扫描,其中,发送器被连接至行,而接收机被连接至列,将采用 N_{row} 步扫描以创建全部帧扫描。假定具有尺寸 40 行 $\times$ 30 列的平板尺寸的电容式触摸面板 102,步骤速率至少是 8kHz 以达到 200Hz

帧速率。

[0058] 对于所有的互电容扫描模式,触摸事件造成所测量的互电容的降低。TFE132 所创建的电容热图将与所测量的电容成正比。因此,在这些扫描模式中的触摸事件将导致电容热图上的降低。对于所有自电容扫描模式,触摸事件造成所测量的电容的增加。TFE132 所创建的电容热图将与所测量的电容成正比。因此,在这些扫描模式中的触摸事件将造成电容热图上的局部增加。

[0059] 现在参照图 4,其示出了图 1 的触摸前端(TFE)132 的框图。在所示出的实施方式中,AFE132 包括 48 个物理发送信道和 32 个物理接收信道。另外,AFE132 的某些实施方式可包含诸如功率调节电路、偏压产生电路以及时钟产生电路的电路。为了避免使所画示图过度拥挤,在图 4 中未示出这些各式电路。

[0060] TFE132 包括发送信道 402、波形产生块 404、接收信道 406 以及 I/Q 扫描数据路径 408。发送信道 402 和接收信道 406 可合称为模拟前端(AFE)400。TFE132 还包括用于来自 I/Q 扫描数据路径的同相结果(in-phase result)的接收数据交叉多路复用器 410、差分结合器 412 以及同相信道组合块 414。类似地,TFE132 包括用于正交结果(quadrature result)的接收数据交叉多路复用器 416、差分结合器 418 以及同相信道组合块 420。同相结果和正交结果在 I/Q 结合器 422 中结合。数据的绝对值被提供至行列归一化器 424,之后被提供至触摸后端(TBE)134。类似地,将来自 I/Q 结合器 422 的热图相位信息也提供至 TBE134。

[0061] TFE132 还包括扫描控制器 426、读取控制交叉多路复用器 428 以及发送控制交叉多路复用器 430。此外,TFE132 包括如在下面进一步详细描述的频率评估处理器 426。频率评估处理器向 TBE134 提供频率评估。扫描控制器 426 接收来自 TBE134 的高电平控制信号,以控制哪一行被提供了发送信号以及哪一行被感测。

[0062] 接收数据交叉多路复用器 410、416 和接收控制交叉多路复用器 428 一起形成了接收交叉多路复用器。这两个多路复用器通过重映射其控制输入和数据输出二者来逻辑上重映射物理接收 TFE 信道。这样,路由至两个多路复用器的控制信号会是相同的,正如通过接收数据多路复用器 410、416 以及接收控制多路复用器 428 执行的重映射必须是相同的。

[0063] 接收数据交叉多路复用器 410、416 位于 I/Q 扫描数据路径 408 的输出与热图组合块 414、420 之间。接收数据交叉多路复用器 410、416 的目的是使能接收信道的逻辑重映射(remap)。这又允许诸如插脚或球(其将包括控制器 104 的集成电路连接至便携装置 100 的其他电路组件)的电连接器的逻辑重映射。这又在将印刷电路板从包括控制器 104 的集成电路路由至电容式触摸面板 102 的期间提供更大的灵活性。

[0064] 由于 I/Q 扫描数据路径 408 输出综合的结果,所以接收交叉多路复用器可能路由扫描数据路径输出的 I 和 Q 信道。这可以通过将两个分开的并且相同的交叉多路复用器 410、416 实例化来容易地实现。这两个多路复用器将共享相同的控制输入。

[0065] 接收控制交叉多路复用器 428 位于扫描控制器 426 与 AFE400 之间。其被用于重映射进入 AFE400 的每信道接收控制输入。接收控制交叉多路复用器 428 的结构可以与接收数据交叉多路复用器 410、416 相同。

[0066] 由于 Rx Ctrl 交叉与 Rx Data 交叉结合使用以逻辑重映射 RX 信道,其可与 Rx 数据交叉结合编程。接收控制多路复用器 428 与接收数据交叉多路复用器 410、416 的编程是

不相同的。而是,编程可被构造使得在一个多路复用器中实现的对控制器信道映射相同的 AFE 在另一个中被实施。

[0067] 为了创建电容热图,扫描控制器 426 形成便于电容式触摸面板 102 的扫描和输出数据的处理的中心控制器。扫描控制器 426 响应于来自 TBE134 的控制信号进行操作。

[0068] 扫描控制器操作模式

[0069] 扫描控制器 426 可支持许多种不同的模式。在下面列出每种模式的简略描述。除了下面指出的几个例外,模式之间的切换通常在处理器 122 的请求下执行(图 1)。

[0070] 活跃扫描(active scan)模式被作为操作的标准模式,其中,为了测量电容热图,控制器 104 活跃扫描电容式触摸面板 102。不论利用哪种形式的面板扫描,为了完成单个帧扫描,扫描控制器 426 通过一系列的步扫(step scan,步进扫描,步骤扫描)步进。

[0071] 在单帧模式中,控制器在处理器 122 的请求下发起一个单帧扫描。在扫描完成之后,电容热图数据被提供至处理器 122,并且扫描控制器 426 暂停进一步的操作直至接收到来自处理器 426 的其他指令。这种模式在芯片调试期间尤其有用。

[0072] 在单步模式中,控制器在处理器 122 的请求下发起一个单个步扫。在扫描完成之后,扫描数据路径 408 的输出被提供至处理器 122,并且扫描控制器 426 暂停进一步的操作直至接收到来自处理器 122 的其他指令。此模式在芯片测试和调试期间尤其有用。

[0073] 空闲扫描模式是为了在较低性能模式中运行控制器 104 而由处理器 122 发起的一种模式。通常,当控制器 122 并没有检测电容式触摸面板 102 的屏上的活跃触摸,但仍想适当快速响应于新接触时将选择此模式。因此,控制器 122 仍是活跃的并且能够处理由 TFE132 产生的热图数据。

[0074] 活跃扫描模式与空闲扫描模式之间的主要差别是两方面。首先,空闲扫描模式中的帧速率将通常低于活跃扫描模式中所使用的。为了在空闲扫描期间降低控制器 104 的总功耗,将使用 AFE400 的占空周期(duty cycling)和其他功率降低模式。第二,用于产生单个帧扫描的时间长度在空闲扫描模式中可比在活跃扫描模式中更短。这可以通过缩短步扫的持续时间或通过每个帧执行更少的步扫来实现。降低总的帧扫描时间可进一步降低功率,代价是降低的电容热图信噪比(SNR)。

[0075] 频谱评估模式用于测量耦合进接收信道的干扰和噪声频谱。此测量然后被处理器 122 分析以确定适当的发送频率并计算扫描数据路径 408 内的滤波器的最优滤波系数。此模式通常与列倾听模式一起使用。

[0076] 在频谱评估模式中,图 4 中的 TFE132 的多数块被禁用。可使用扫描控制器 426、AFE400 以及频谱评估处理器 432。AFE400 的发送信道 402 被降低功率,而 AFE400 的接收信道 406 记录耦合进电容式触摸面板 102 的背景噪声和干扰信号。来自 AFE400 的所有信道的接收数据被路由至对此数据执行数学处理的频谱评估预处理器 432。频谱评估预处理器 432 的输出将是 16 位结果的 N 点矢量,其中,N 约为 200。频谱评估处理器 432 的输出被交给处理器 122,用于进一步的分析以及要使用的适当传输频率的确定。在下面更详细的描述此处理。

[0077] 除了上面描述的功能模式,控制器 104 可具有一组睡眠模式,其中,控制器 104 中的各种功能块被禁用和 / 或完全无功率。

[0078] 帧扫描包括一系列的步扫。在给定的帧扫描内,每个步扫的结构可以彼此相同;然

而,控制数据的准确值在步扫之间变化。此外,给定帧扫描操作可通过构造参数来确定并且受或者不受通过接收信道测量的数据值的影响。在下面示出控制器电路 104 可实现的帧扫描逻辑的一个实例。

[0079]

```
//初始化
Set DDFS parameters;
Clear heatmap_memory;
//步扫循环
For step_idx = 1 to num_step_scans {

    //根据 step_idx 构造电路
    Set scan_datapath_control to scan_datapath_parameters[step_idx];
    Assert Rx_reset and wait TBD clock cycles;
    Set AFE_control_inputs to AFE_parameters[step_idx];
    Deassert Rx_reset and wait TBD clock cycles;

    //运行步扫并收集数据
    Send start signal to DDFS and scan data path;
    Wait for TBD clock cycles for step scan to complete;
    Pass datapath_results[step_idx] to heatmap assembly block

    //递增热图处理

} // step_idx loop
```

[0080] 下面更详细的描述递增热图处理操作。

[0081] 多发送支持及面板的块激励

[0082] 为了在电容热图中实现改善的 SNR,控制器电路 104 为电容式控制面板 102 的多发送(多 Tx)激励提供支持。多 Tx 激励(或多 Tx)意味着,在每个步扫期间,通过发送(Tx)信号或 Tx 信号的极性反转版本同时激励面板的多个行。可通过 AFE400 中的控制寄存器来控制被激励的行的数量和极性。在多 Tx 期间被同时激励的行的数量被定义为参数 N_{multi} 。 N_{multi} 在给定帧内的各步骤之间以及在帧之间可以是常数。

[0083] 如果在一个步扫期间同时激励 N_{multi} 个行,则至少要用 N_{multi} 个步扫来解决被激励的所有像素电容。在一个扫描步骤期间,每个接收器具有 N_{multi} 个被激励的电容。因此,存

在 N_{multi} 个未知电容,需要至少 N_{multi} 次测量以解决这些值。在这些 N_{multi} 个步骤中的每一个中,将通过一组 Hadamard 序列来调制 T_x 行的极性控制。一旦这组 N_{multi} (或更多)个步扫完成,则会以相同的方式激励下一组 N_{multi} 个行,因为在电容式触摸面板 102 中 N_{multi} 几乎总是少于实际行的数量。

[0084] 以这种方式,整个电容式触摸面板 102 的处理成块发生,其中,在一批步扫期间解决 N_{multi} 行像素,然后在下一批步扫期间解决下一个 N_{multi} 行像素,直到所有的面板行被完全解决。

[0085] 在多数情形中,面板行的数量不正好是 N_{multi} 的倍数。在这些情况中,在行的最后块的期间扫描的行的数量将少于 N_{multi} 。然而,可利用特定的非正方 Hadamard 矩阵对这些剩余的行执行 N_{multi} 个扫描步骤。

[0086] 差分扫描模式

[0087] 差分扫描模式是对正常扫描模式的增强,借此修改了帧扫描模式以开发跨相邻接收信道接收的干扰信号的相关性。在此模式中,执行正常帧扫描技术;然而,用于组合单个帧的步扫的数量被加倍。概念上讲,在扫描序列中的每个步扫变成两个步扫:第一个是利用 AFE 控制寄存器的默认值的单端或正常步扫,而第二个是差分步扫。

[0088] 给定 N_{RX} 个接收信道,差分扫描模式在每一个集合的扫描步骤产生总共 $2N_{\text{RX}}$ 个接收器测量(例如, N_{RX} 个单端测量和 N_{RX} 个差分测量)。在图 4 中所示的差分结合块 412、418 中,这些 $2N_{\text{RX}}$ 个测量被重组并且分解成 N_{RX} 个正常测量。

[0089] 图 5 和图 6 示出了非对称扫描图 500 和 600 的实例。

[0090] 图 7 示出了模拟前端的高级结构 700。结构 700 包括将信号提供至电容式触摸面板 102 的列的发送信道 702 和感测来自电容式触摸面板 102 的信号接收信道 704。发送信道 702 包括数模转换器 706、极性控制电路 708 以及缓冲器 710。接收信道 704 包括前置放大器 712 和模数转换器 714。

[0091] 所有的发送信道可通过在图 7 中标注为 TxDAC 的共用发送数据信号来驱动。每个物理发送信道还可接收标注为 TxDacClk 的公共发送数模转换器时钟信号以驱动发送数模转换器 706。时钟信号将直接来自 TFE132 内的频率锁定环块,并且此时钟信号还将被路由至 TFE132 的数字部分。

[0092] 每个物理发送信道还可具有适当控制发送信道的各种参数的其自己的一组信道专用 TxCtrl 比特,诸如,使能/禁用、极性控制以及增益/相位控制。这些 TxCtrl 比特并不以 TxDacClk 速率被更新,而是在帧扫描操作期间在后续步扫之间被更新。

[0093] 控制信号控制 48 个发送信道中的每一个的发送极性。如在下面将更详细描述,发送输出的极性可在正交系列中被调制,其中在帧扫描期间的每个扫描步骤期间每个发送输出具有固定的极性。

[0094] 所有接收信道将接收一组公共时钟信号。这些时钟信号直接提供自 TFE132 内的频率锁定环块,并且此时钟信号还被路由至 TFE132 的数字部分。被路由至 RX 信道的时钟信号包括驱动 RxADC 的信号 RxADCClk。此信号的通常频率是 48MHz。

[0095] 每个物理接收信道也将具有适当控制接收信道的各种参数(诸如使能/禁用以及增益控制)的其自己的一组信道专用接收控制比特(在图 7 中标记为 RxCtrl)。这些接收控制比特在帧扫描操作期间的后续步扫之间被更新。

[0096] 另外,可存在共用的一组控制设定,在图 7 中被标注为 RxCtrlUniv,其将同时控制所有接收信道。这些寄存器主要由对于控制器 104 的给定实现方式将保持常数的通用控制比特组成。

[0097] 还存在一条或多条重置线,对所有重置信道公共地标记为 RxReset。这些重置线可以以可重复的方式在每个扫描步骤之前被声明(assert)。

[0098] 波形产生

[0099] 图 4 中的波形产生块(WGB) 404 产生用于 TX 信道 402 的发送波形。WGB404 产生数字正弦波。另外,WGB404 可产生其他简单的周期波形;诸如,具有可编程的上升和下降次数的沿的方波。

[0100] WGB404 的主要输出是对发送信道 402 的数据输入,在图 4 中被标注为 TxDAC。WGB404 接收图 4 中被标注为 TxDacClk 的时钟信号以及被标注为 Start 信号作为输入信号。一旦接收到来自扫描控制器 426 的 Start 信号,WGB404 开始产生用于单个步扫的持续时间的数字波形。在步扫结束时,WGB404 停止操作并且等待来自扫描控制器 426 的下一开始信号。

[0101] WGB404 可具有一定的幅度控制。但 WGB404 将通常被操作在最大输出幅度。因此,下面列出的性能要求仅需在最大输出幅度时符合。所有信号输出可以是以两个互补的形式。WGB404 还可提供用于扫描数据路径 408 和频谱估计预处理器 432 的任意正弦/余弦计算能力。

[0102] 下面的列表列出了 WGB404 的通常性能

[0103]

规范	最小	正常	最大	注释
时钟速率		8MHz		将操作在 TxDacClk 速率
输出频率	0 Hz	-	2 MHz	
频率控制分辨率	-	15 bits	-	期望的分辨率 ~61Hz, 可不同。
输出位的#	-	8	-	
输出幅度	50% 幅度	100% 幅度	100% 幅度	
幅度控制分辨率	-	7 bits	-	对应于幅度控制中的 1%步长
DC 偏置控制	0	0	0	所有输出应平衡在 0 左右
输出 THD			-40dBFS	仅正弦波模式
上升/下降时间	1calk 周期 @ 8MHz	-	256calk 周期 @ 8MHz	仅方波模式。不需要上升时间 vs. 下降时间的独立控制。

[0104] 在图 4 中,差分组合块 412、410 提供了以差分模式操作的能力,其中,接收信道 406 在单端测量与差分测量之间交替步扫。差分组合块 412、418 的目的是将 N_{RX} 个单端测量和 $(N_{RX}-1)$ 个差分测量结合成在随后的热图组合块 414、420 中使用的单组 N_{RX} 个最终信号。

[0105] 差分组合块 412、418 类似于空间滤波器。假设矢量 c 是要估计的电容的 $N_{RX} \times 1$ 矢量。在差分模式中,可具有单端测量的矢量 s 和差分测量的矢量 d 。因此,通过最佳地重组

s 和 d 可找到 c 的被称为 c_{est} 的估计值。确定最佳的重组要求大量的计算,但仿真已示出,下面的重组方案工作在操作条件的期望范围上的最佳性能的约 0.5dB 内:

$$[0106] \quad c_{\text{est},n} = a_1 \cdot s_{n-2} + a_2 \cdot s_{n-1} + a_3 \cdot s_n + a_2 \cdot s_{n+1} + a_1 \cdot s_{n+2} + b_1 \cdot d_{n-1} + b_2 \cdot d_n - b_2 \cdot d_{n+1} - b_1 \cdot d_{n+2}$$

[0107] 其中,下标 n 表示来自第 n 个接收器信道的结果,并且 $0 \leq n \leq N_{\text{RX}}-1$ 。

[0108] 此外,系数受到下式约束:

$$[0109] \quad 0 \leq a_1, a_2, a_3 \leq 1$$

$$[0110] \quad a_3 = 1 - 2a_1 - 2a_2$$

$$[0111] \quad b_1 = a_1$$

$$[0112] \quad b_2 = a_1 + a_2$$

[0113] 给定这些限制,可发现,上面列出的数学操作可被分解成两个乘法操作:

$$[0114] \quad c_{\text{est},n} = s_n + a_1 \cdot (s_{n-2} - 2s_n + s_{n+2} + d_{n-1} + d_n - d_{n+1} - d_{n+2}) + a_2 \cdot (s_{n-1} - 2s_n + s_{n+1} + d_n - d_{n+1})$$

[0115] 上面的等式假设数据存在以用于第 n 个接收器的任一侧上的 2 个接收器(例如, $2 \leq n \leq N_{\text{RX}}-3$)。因此,对于任一侧上的两个外边缘接收信道可变形上面的等式。该变形非常简单。首先,用存在的最近相邻的 s_j 项代替任一不存在的 s_k 项。第二,用 0 代替任一不存在的 d_k 项。把这些规则放在一起并且以矩阵形式表示该数学式,得到:

$$[0116] \quad c_{\text{est}} = \begin{bmatrix} a_1 + a_2 + a_3 & a_2 & a_1 & 0 & 0 & -b_2 & -b_1 & 0 & 0 \\ a_1 + a_2 & a_3 & a_2 & a_1 & 0 & b_2 & -b_2 & -b_1 & 0 \\ a_1 & a_2 & a_3 & a_2 & a_1 & b_1 & b_2 & -b_2 & -b_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_1 & a_2 & a_3 & a_2 & a_1 & b_1 & b_2 & -b_2 & -b_1 \\ 0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_2 + a_1 & 0 & b_1 & b_2 & -b_2 \\ 0 & 0 & a_1 & a_2 & a_3 + a_2 + a_1 & 0 & 0 & b_1 & b_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} s_0 \\ \vdots \\ s_{N_{\text{RX}}-1} \\ d_1 \\ \vdots \\ d_{N_{\text{RX}}-1} \end{bmatrix}$$

[0117] 最后, $\{a_1, a_2, a_3, b_1, b_2\}$ 的最佳值取决于准确的噪声和干扰环境,已发现,这些参数的下列值在操作环境的期望范围的最佳性能附近操作。

$$[0118] \quad a_1 = 1/8$$

$$[0119] \quad a_2 = 7/32$$

$$[0120] \quad a_3 = 5/16$$

$$[0121] \quad b_1 = 1/8 \cdot k_{\text{ADC}}$$

$$[0122] \quad b_2 = 11/32 \cdot k_{\text{ADC}}$$

[0123] 上面的参数 b_1 和 b_2 取决于另一参数 k_{ADC} 。新参数 k_{ADC} 取决于在差分测量步骤期间使用的接收信道模数转换器增益(Rx_AdcGain)的值,如在下面的表中所描述的。

[0124]

在差分测量步骤期间使用的 Rx_AdcGain<1:0>	k_{ADC}
00	1
01	3/4

10	1/2
11	3/8

[0125] 这些系数 a 和 b 应通过诸如是控制器 104 的一部分的固件的控制源可编程,但默认值应是在上面列出的那些。下面的表指示每个系统的建议比特宽度:

[0126]

系数	比特宽度
a ₁	5
a ₂	5
a ₃	5
b ₁	6
b ₂	8

[0127] 热图组合块(HAB)414、420 获取来自扫描数据路径 408 或差分结合器 412、418 (如果使用的话)的步扫输出,并且组合成作为帧扫描操作的主要输出的完整电容热图。为了这样做,可以以适当的方式数学结合所有的步扫输出,以创建电容式触摸面板 102 中的各个电容像素的电容值的评价。

[0128] 如图 4 中所示,存在 HAB 的两个分开的并且相同的示例。第一 HAB414 用于 I 信道数据,第二 HAB420 用于 Q 信道数据。每个 HAB414、418 针对 I 信道或 Q 信道数据中的任一个操作,以创建 I 信道或 Q 信道电容热图。

[0129] 为了示出可应用于热图组合的数学式,在图 8 中示出了 4×5 电容式触摸面板 800 的实例。在此实例中,仅分析列 1 中的电容像素,但可将相同的原理容易地扩展至实例电容式触摸面板 800 中的五列中的每一列。具体地,接收列 j 的输出仅受列 j 中的电容像素的影响。

[0130] 实例电容式触摸面板 800 包括触摸面板 802、发送数模转换器(TxDAC) 804、发送缓冲器 806、808、810、812 以及接收模数转换器 814。发送缓冲器 806、808、810、812 分别具有相关联的多路复用器 816、818、820、822。多路复用器 816、818、820、822 进行操作以使从 TxDAC 施加的信号乘以 +1 或 -1。

[0131] 在图 8 的实例中,单个 TxDAC 波形被发送至所有四个发送缓冲器 806、808、810、812。然而,每个缓冲器将此波形在其被发送到触摸面板 802 的列上之前乘以 +1 或 -1。对于给定的步扫(通过下标“step_idx”指示),Hi、step_idx 中的每个值保持为常数。但是对于在扫描序列中的后续步扫,这些值可变化。因此,在给定的步骤索引,第 m 个 Rx 信道处接收的电压是:

$$[0132] \quad V_{step_idx,m} = V_{TX} \cdot RxGain_m \sum_{n=0}^{NumRows-1} H_{n,step_idx} \cdot C_{n,m}$$

[0133] 其中, V_{TX} 是发送信号的幅度, $RxGain_m$ 是接收信道 m 的增益。为了简化分析,这两个参数假定等于 1 并且在后面的计算中被忽略。

[0134] 如通过上面的等式看出的, $V_{step_idx, m}$ 基于 NumRow (例如, 4), 未知值 $C_{n, m}$, 其中在此实例中 $n=0$ 至 3。因此, 如果利用被应用于四个发送缓冲器 806、808、810、812 的四个独立 H 序列来执行四个独立步扫, 则为了根据 V 估计 C 值, V 和 C 之间的关系可反过来。以矩阵形式, 这可书写为:

$$[0135] \quad V_m = H \cdot C_m$$

$$[0136] \quad V_m = \begin{bmatrix} V_{0,m} \\ V_{1,m} \\ \vdots \\ V_{NumSteps-1,m} \end{bmatrix}$$

[0137]

$$H^{NumSteps, NumRows} = \begin{bmatrix} H_{0,0} & \cdots & H_{0,NumRows-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{NumSteps-1,0} & \cdots & H_{NumSteps-1,NumRows-1} \end{bmatrix}$$

$$[0138] \quad C_m = \begin{bmatrix} C_{0,m} \\ C_{1,m} \\ \vdots \\ C_{NumRows-1,m} \end{bmatrix}$$

[0139] 在此公式中, 列矢量 C_m 表示在电容式触摸面板的第 m 列中的电容像素的电容。H 是 $NumSteps \times NumRows$ (步骤数 $\times$ 行数) 矩阵, 其中 H 矩阵的第 n 列表示被施加于第 n 发送行的乘法序列 (倍数序列)。 V_m 是列矢量, 其中矩阵中的第 n 个条目是输出第 m RX 信道的第 n 步扫输出。

[0140] 在本申请中, H 是特殊形式矩阵, 被称为变形的 Hadamard 矩阵。这些矩阵具有如下性质:

$$[0141] \quad H^T \cdot H = NumSteps \cdot I$$

[0142] 其中, I 是行数 $\times$ 行数 ($NumRows \times NumRows$) 的单位矩阵, 而 H^T 是 H 的转置矩阵。

[0143] 给定上面的公式以及 H 矩阵的特性, 从 C_m 至 V_m 的关系可被反转以从 V_m 测量值提取出 C_m 的值。利用上面定义的术语:

$$[0144] \quad C_m = \frac{1}{NumSteps} H^T \cdot V_m$$

[0145] 在上面的实例中, 面板具有四行并且步骤数的值 (等于 N_{multi}) 也被设定为 4。因此, 在每个步扫期间所有面板行被激励。通常, 面板行的数量将大于 N_{multi} 的值。在那种情况下, 面板激励被分解成块。在每个块的 N_{multi} 个步扫中, 通过上面描述的 Hadamard 极性序列来激励 N_{multi} 个相邻行。

[0146] 热图组合块 414、420 独立地针对每个块的 N_{multi} 个扫描工作, 以创建完整的热图输出。例如, 如果存在十二个面板行并且 N_{multi} 被设定为 4, 则第一个四步扫将用于激励并且组

合电容热图的第一个四行；下一个四步扫描将用于第五至第八面板行；最后一个四步扫将用于第九至第十二行。因此，对于 N_{multi} 行的每个块，热图组合块以与上面定义的严格相同的方式进行操作。然而，HAB414、420 的输出被映射至完整电容热图中的后续行。

[0147] 热图组合块 414、420 能够组合 32 列宽的热图，正如在一种实施方式中实现的总共 32 个接收器信道。然而，在许多情况中，所使用的电容式触摸面板将不具有 32 列，因此并不使用所有的 32 个接收信道。

[0148] 非对称面板扫描的数学扩展

[0149] 如上所述，控制器 104 优选地具有执行非对称面板扫描的能力，其中，支持控制器 104 的操作的固件具有定义每一行要被扫描的次数的能力。假设上面概述的用于非对称面板扫描的公式，为了支持此特征而对热图组合操作的改变是最小的。

[0150] 如上所述，在 N_{multi} 行的块中组合热图。在非对称扫描中， N_{multi} 可逐个块不同。因此，下面的旧等式仍有效：

$$[0151] \quad C_m = \frac{1}{\text{NumSteps}} H^T \cdot V_m$$

[0152] 然而，通过非对称扫描，C、V 以及 H 的维度以及步骤数 (NumSteps) 的值逐个块变化。

[0153] 图 4 中示出的 I/Q 结合器 422 用于将 I 和 Q 信道热图结合成单个热图。I/Q 结合器 422 的主要输出是幅度的热图 (例如， $\text{Sqrt}[I^2+Q^2]$)。这是被提供至触摸后端 134 的热图。

[0154] 图 4 中示出的行 / 列归一化器 424 在面板响应中被用于校准出任意独立于行 (row-dependent) 或独立于列 (column-dependent) 的变化。行 / 列归一化器 424 具有两个静态控制输入矢量，被标示为 RowFac 和 ColFac。RowFac 是 $N_{\text{row}} \times 1$ 矢量，其中每一项是无符号数 1.4 (例如，LSB=1/16。范围是从 0 至 31/16)。ColFac 是 $N_{\text{col}} \times 1$ 矢量，其中每一项具有与 RowFac 相同的维度。

[0155] 如果对行 / 列归一化器块的输入数据被标注为 HeatmapIn (m, n)，其中，m 是行索引并且 n 是列索引，则块的输出应是：

$$[0156] \quad \text{HeatmapOut}(m, n) = \text{HeatmapIn}(m, n) \cdot \text{RowFac}(m) \cdot \text{ColFac}(n)$$

[0157] 在一种实施方式中，控制器 104 具有允许通过 OTP 比特或通过固件配置文件来定义 RowFac 和 ColFac 的能力。如果制造流程允许按模块校准，则将使用 OTP 设置，从而使能了逐个面板调谐控制器 104 的能力。如果 RowFac 和 ColFac 仅能按平台调谐，则取而代之使用来自固件配置文件的设置。

[0158] 频谱评估

[0159] 频谱评估预处理器 432 进行操作以确定耦合进接收信道 406 的干扰的背景级别，从而控制器 104 可适当地选择相对安静或无干扰的发送频率。

[0160] 频谱评估预处理器 432 通常仅用于 SEM 模式期间，因此其不是标准面板扫描方法的一部分。而是，当条件指示应调用 SEM 时将使用频谱评估预处理器 432。在其他时间，可使频谱评估预处理器 432 断电。

[0161] 基线跟踪和去除滤波器 (Baseline tracking and removal filter)

[0162] 当所测量的电容像素 (或像素组) 的电容在足够短的时间段内改变了足够大的量时，应报告触摸事件。然而，由于温度、湿度或漂移因素引起的缓慢环境偏移，像素 (或像素

组)的绝对电容实质上可以以慢得多的速率变化。为了将像素电容的由于触摸事件的变化与由于环境漂移的变化区分开,基线跟踪滤波器可被实现为跟踪基线上的变化(例如,电容的非触摸的或周围的值),从输入电容简单地减去基线电容将得到电容的由于触摸事件的变化。

[0163] 图 9 示出了基线跟踪滤波器 900。滤波器 900 包括低通滤波器(LPF) 902、抽取滤波器(decimator) 904 以及结合器 906。至滤波器 900 的输入信号被提供至结合器 906 和抽取滤波器 904。抽取滤波器的输出信号被提供至 LPF902 的输入。LPF902 的输出与输入信号在结合器 906 处结合。LPF902 具有用于控制滤波器 900 的操作的使能输入。

[0164] 基线跟踪滤波器 900 中的 LPF902 被用于改善基线电容值的评估。一种实施方式使用长度为 N 的简单有限脉冲响应(FIR) 移动平均滤波器(还称为梳状滤波器),诸如:

$$[0165] \quad H_N(z) = \frac{1}{N} \cdot \frac{1-z^{-N}}{1-z^{-1}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} z^{-n}$$

[0166] 另一实施方式,一种 1 阶(1-tap) 无限脉冲响应(IIR) 滤波器,还称为改进的移动平均,具有响应:

$$[0167] \quad H_k(z) = \frac{\frac{1}{k}}{1 - \left(1 - \frac{1}{k}\right)z^{-1}}$$

[0168] 滤波器 902 的 FIR 实施方式可在启动以及基线值的重校准时被使用,这是因为其能快速地获得并跟踪基线值。一旦要求初始基线值则应使用滤波器 902 的 IIR 实施方式,这是因为其是一种用以实现低通滤波器的非常有计算效率的手段,尤其是在 k 被选为是 2 的幂的情况下。通过增加 k 的值,可将滤波器的信号带宽变化设定成计算复杂性具有最小增加的任意小值。

[0169] 滤波器 900 具有两个输出,标注为图 9 中的“输出”和“基线”。“基线”输出是被扫描的特定面板像素的电流基线(周围的或未触摸的)电容的估计,“输出”输出是电容测量的基线修正值。“输出”值是在后续触摸检测逻辑中应被使用的。

[0170] 图 9 中的 LPF902 具有被标注为“使能”的输入以接收使能信号,以在检测潜在触摸事件时关闭 LPF902。提供此,使得基线输出不会由于假的数据(更可能来自触摸事件)而劣化。如果使能信号是低,LPF902 将保持其原来的输出而不会用进来的数据更新其输出,有效地忽略进来的数据。一旦使能信号为高,LPF902 将持续用进来的数据更新其输出。在下面的等式中详述用于产生使能信号的逻辑:

$$[0171] \quad \text{Enable} = (\text{Out} \leq \text{PosLPFThresh}) \&\& (\text{Out} \geq \text{NegLPFThresh})$$

[0172] 其中,PosLPFThresh 和 NegLPFThresh 是配置参数。

[0173] 在互电容扫描模式中,其中,触摸事件造成输入数据的降低,NegLPFThresh 应被设定为 $k_t \cdot \text{TouchThresh}$,其中, $0 < k_t < 1$ 且 TouchThresh 是下面定义的触摸检测阈值。

[0174] 可编程更新速率

[0175] 多数基线漂移现象的时间尺度比触摸面板扫描的帧速率慢得多。例如,被观察的基线漂移装置具有 1 小时以上的级别的时间尺度,而电流装置的帧速率可以为 200 帧/秒的级别。因此,为了减少基线跟踪的计算,控制器电路 104 应具有缩放基线跟踪滤波器 900 的更新速率的能力。该装置可通过利用抽取滤波器 904 以抽取(decimate) 被送至滤波器

900 的数据来这样做,使得滤波器 900 仅对热图数据的每个 $N_BTF_decimate$ 帧进行操作,其中 $N_BTF_decimate$ 是可编程参数。因此,图 9 中的基线数据将以此更低速率被更新。然而,必须针对每个帧来计算基线校正输出数据(图 9 中的“输出”)。

[0176] 当调用频谱评估模式(SEM)时,需要特别关注基线跟踪。SEM 会造成逻辑前端上的配置变化,其又会改变触摸前端的传递函数(例如,从电容值到代码)上的增益。这又会造成发生电容热图上的突然变化,其会被偶然解释为触摸或反触摸事件。

[0177] 当基线校正输出表现出明显的负向偏移时检测触摸事件。在此输出上的偏移可大于被称为 $TouchThresh$ 的可编程参数。此外,由于控制器电路 104 会以 200Hz 以上扫描面板并且人手指或金属触摸笔以慢得多的时间尺度移动,所以还应包括被称为 $TouchDebounce$ 的反跳的可编程量。因此,在识别触摸之前,基线滤波器的输出可比 $TouchThresh$ 更负达至少 $TouchDebounce$ 帧。很可能 $TouchDebounce$ 将是一个小值,从而总的触摸响应时间快于 10ms。

[0178] 热噪声评估

[0179] 为了在检测处理期间适当地限定触摸点的阈值,触摸后端 134 要求评估电容式触摸面板 102 中的噪声水平。可通过观察如图 10 中所示的基线跟踪滤波器的输出处的噪声来检测噪声水平。图 10 示出了与图 9 的基线跟踪滤波器 900 结合的第一变化评估器 1000。在图 10 中,基线跟踪滤波器 900 具有被耦合至变化评估器 1000 的输入的“输出”输出。变化评估器 100 包括抽取滤波器 1002、信号平方器 1004 以及低通滤波器 1006。在此实施方式中的变化评估器 1000 仅是均方评估器,因为基线跟踪滤波器 900 的输出是零平均(zero-mean)。因此,均方等于该变化。

[0180] 为了降低变化评估器 900 的计算需求,进入变化评估器的数据可通过因子 $N_VAR_decimate$ 在抽取滤波器中被抽取。变化评估器 1000 中的低通滤波器 1006 可以是梳状滤波器或改进的移动平均滤波器。滤波器 1006 的响应长度可以是可编程参数,在多达 100 以上个帧上平均数据。为了降低存储器需求,MMA 滤波器是优选的。

[0181] 正如基线跟踪滤波器 900,变化评估器 1000 中的 LPF1006 具有用于使能信号的输入。当所关注的像素被接触时使能信号是低。另外,变化评估将被触摸信号破坏。当使能信号低时,LPF1006 应保持状态,有效地忽略进入变化评估器 1000 的数据。

[0182] 变化评估器 100 的输出是电容式触摸面板 102 中的一个单个像素的变化。因此,这提供了面板中的每个像素的独立变化评估。为了获得面板 102 上的变化的评估,控制电路 104 可在整个帧对按像素的变化进行平均。

[0183] 可选地,如果仅需要单个的按帧变化评估,控制器电路 104 可采取图 10 中所示的方法。图 11 示出了与图 9 的基线跟踪滤波器 900 结合的第二变化评估器 1100。在图 11 中,在图的左边,所有的按像素基线跟踪滤波器被分组为基线跟踪滤波器 900。来自基线跟踪滤波器 900 的所有基线校正输出被传输至变化评估器 1100。

[0184] 就像图 15 的变化评估器 1500,变化评估器 1600 包括抽取滤波器 1602、信号平方器 1608、求和器 1604 以及低通滤波器 1606。变化评估器 1600 通过在求和器 1604 中在整个帧对基线校正输出求和来将基线跟踪滤波器 900 的输出结合成单个值。此平均值之后被传递至由信号平方器 1608 和低通滤波器 1606 形成的上述的相同平方滤波评估器。假定像素之间噪声无关联,则变化评估器 1600 的输出等于通过图 4 中的块图所报告的所有像素变

化的总和。为了产生整个面板的平均像素变化,此结果可除以电容式触摸面板 102 中的像素总数。为了产生噪声的标准偏差的评估,控制器电路 104 可对该变化取平方根。

[0185] 快速触摸检测

[0186] 在互电容式触摸系统(诸如,被图 1 的便携装置 100 使用的)中,需要对触摸进行快速系统响应。还可要求快速响应为短的延时(latency)。为了改善用户体验和方便性,要求快速响应。更快响应的触摸目标装置消除了使用受挫和混乱的根源,并且开启了便携装置 100 与不同应用一起操作。例如,如果便携装置具有低的延时并且足够迅速地响应于用户触摸以适当地参与游戏,则要求来自用户的快速交互的游戏应用就会变得可能。下一代电容式触摸面板必须具有降低的触摸响应时间。

[0187] 同时,要求低的系统功率消耗。便携装置 100 由电池 114 供电。为了用户的方便,长的电池寿命或对电池再充电之间的更长的时间是非常优选的。为了延长电池寿命,在形成便携装置的电路中使电流消耗最小化。降低电流消耗的一种方式降低功率或使目前不使用的电路或组件无效。这种电路或组件可在要求使用时被供电或被使能。触摸面板仅间歇地被用户激励。这样,电容式触摸面板及诸如控制器电路的其相关的组件是用于通过停止供电或减少活跃时间来降低功率消耗的好候选。

[0188] 一种用以降低系统功率的已知的和通常使用的方法是降低控制器电路扫描面板并且形成电容热图的帧速率。这可通过感测何时不存在活动并且减慢扫描速率来进行。当在触摸面板的表面检测到新活动时,控制器电路通过将帧速率增加至充分地感测新活动来进行响应。在活动停止之后,可再次降低帧速率。

[0189] 然而,降低帧速率直接影响控制器电路能响应于触摸事件的速度。如果控制器电路已减慢了其可响应于触摸的速率,则在触摸事件被实际检测之前存在附加的延迟,帧速率被归一化并且恢复正常的处理。因此,用于在提供快速的触摸响应的同时降低系统功率的传统方法已是相矛盾的。所需要的是通过解除无活动功耗和触摸响应时间的联系来解决该问题的解决方案。

[0190] 因此,控制器电路 104 (图 1)提供了触摸检测(TD)操作模式。TD 模式是能检测碰到电容式触摸面板上的触摸存在或不存在但是却不能定位电容式触摸面板上的触摸的位置或多个位置的性能降低模式。当不存在活动时,触摸控制器电路 104 转变成 TD 模式以节省功率。而在 TD 模式中,触摸控制器电路 104 将周期性地执行触摸检测扫描而不是执行整个面板扫描。在 TD 模式中的扫描会非常快速地执行,从而占空周期可被用于降低功率,同时仍保持固定的帧速率。触摸控制器电路 104 自动地检测是否存在触摸,如果不存在时间足够长的触摸,则自动转换成 TD 模式。当在 TD 模式中时,一旦检测到触摸则系统自动转换回正常操作模式。

[0191] 实施具有 TD 模式的控制器电路提供了更多的灵活性和粒度以在功率消耗与触摸响应时间之间进行平衡。当触摸控制器电路 104 转换成 TD 模式时,触摸检测扫描速率可被构造成为独立于正常的扫描速率。因此,可实现功率消耗与响应时间之间的精细控制。

[0192] 图 12 示出了用于图 1 的便携装置 100 的操作的触摸检测模式的时序图 1200。时序图 1200 示出了通过上述的触摸逻辑前端(TFE)400 和触摸后端(TBE)134 结合图 4 的操作。从左至右看时序图 1200。

[0193] 在时序图 1200 的开始,控制器电路 104 处于触摸检测模式。控制器电路 104 周期

地或间歇地执行触摸检测扫描,如下面结合图 14 详细讨论的。在第一扫描时间 1202 期间,由 TFE 执行触摸检测扫描。在图 12 中,示出了触摸检测扫描的持续时间为 300 微秒。然而,该持续时间仅是示例性的。对于触摸检测扫描可要求更长时间或更短时间。

[0194] 在 TFE 进行的触摸检测扫描后,在第二时段 1204 期间 TBE 处理扫描输出。处理通常涉及数据处理以确定是否发生了触摸。例如,TFE 产生触摸面板的电容热图。从电容热图减去基线电容值以确定是否电容已明显变化。如果已明显变化,则检测到触摸事件。在图 12 中,将第一时段 1202 和第二时段 1204 示出为具有 3 微秒的时间长度。此时间仅是示例性的。

[0195] 在时序图 1200 中,在第二时段 1204 期间未检测到触摸事件,从而在随后的第三时段 1206 期间,控制器电路进入低功率空闲模式。在此模式中,任意不活跃的电路都会被断电以保存对装置供电的电池中的电力。计数器可运作以对低功率空闲模式的持续时间进行计时。在图 12 中,低功率空闲模式被示出为持续 7 微秒。此时间仅是示例性的。

[0196] 在第三时段 1206 结束时,在时段 1208 期间控制器电路再次执行触摸检测扫描。在该扫描之后,在时段 1210 期间,TBE 处理扫描数据,然后在时段 1212 期间,控制器电路再次进入低功率模式。在图 12 中,TD 扫描、处理以及空闲模式的重复被示出为是周期性的。然而,这不是必须的,任何方便的时序设置可被用于满足快速响应和低功率这两个目的。

[0197] 在时段 1214,控制电路执行另一触摸检测扫描。随后,在时段 1216,控制器电路执行热图数据的后端处理。然而,在时间 1218,基于在在触摸扫描和处理期间测量的电容的变化而检测到触摸。

[0198] 触摸检测扫描仅指示已发生了潜在触摸。触摸检测扫描并不定位电容式触摸面板上的触摸。得不到像素信息并且得不到触摸的有效性的指示。潜在触摸可以是实际触摸,其可以是虚假的触摸,正如当面板被传导性元件刷过时一样,或者其可以是诸如通过用户的几个手指的多个触摸。触摸检测扫描仅指示面板上的电容已明显变化并且应被进一步研究。

[0199] 因此,因为在时间 1218 检测到触摸事件,所以在时间 1220 通过触摸前端执行全扫描(full scan,完整扫描)。在全扫描期间,触摸面板的所有行和列被激励并且被感测,以验证面板被实际触摸以及识别触摸或多个触摸的位置。在触摸检测扫描之后,在时间 1222 期间,控制器电路后端处理热图数据以充分地分析电容式触摸面板的状态。

[0200] 图 13 是示出图 1 的便携装置的操作的触摸检测模式的流程图。该方法在框 1300 开始。在框 1302,触摸面板被划分。基于面板尺寸(具体地,总行数),面板被划分用于扫描。在下面结合图 14 描述扫描。优选地,触摸面板被划分成行数大致相等的两部分。通过发送器的数量来确定行。正如上面结合图 4 的示例性实施方式所表明的,AFE132 包括 48 个物理发送信道和 32 个物理接收信道。沿触摸面板 102 的行布置发送信道,沿面板 102 的列布置接收信道。行和列的交叉点限定了面板 102 的像素。其他构造可具有不同数量的行和列或者可将发送器与列以及接收器与行相关联,但是可轻易扩展本文所扫描的原理。框 1302 的划分可一次完成或者可通过支持控制器电路 104 操作的固件来定义。

[0201] 在框 1304,执行全触摸检测扫描。下面结合图 14 更详细地描述触摸检测扫描。在进入触摸检测扫描模式之前执行全扫描以获得触摸检测基线。基线或基线电容是触摸面板的标称或非接触电容的度量。其被触摸后端用来确定是否发生了触摸事件。通过触摸检测

扫描产生的电容热图与基线相比较,例如,通过从热图值逐个像素地减去基线电容值。将基线值进行存储用于后面的使用。

[0202] 在框 1306,控制器电路 104 进入空闲扫描模式。在此模式中,控制器电路 104 的不重要的电路、组件以及处理被断电。操作所需的组件和处理(诸如计时器)保持被供电。可改善控制器 104 的性能的其他电路或处理也可保持被供电使得可在低功率操作与高性能之间进行折中。

[0203] 在框 1308,确定是否应执行触摸检测。下面结合图 14 描述扫描。可以以任意合适方式(诸如,通过设定定时器以倒计时预定时间)进行框 1308 的确定。该时间可以是设定的时间或者可以根据设计或性能要求而变化。如果触摸检测步扫并不是应当的,则控制返回框 1306 并且控制器电路 104 保持在空闲模式。

[0204] 在框 1310,如果确定应执行触摸检测扫描,则对触摸面板的所有部分执行步扫。如上所述,如在框 1302 中那样定义各部分。扫描操作的结果是限定触摸面板的电容热图的数据。

[0205] 在框 1312,从在框 1310 确定的热图减去基线值。如果没有发生触摸事件,则框 1314 的减的结果将约为 0。由于没有触摸存在或其他变化,所以面板的电容将约是基线值。因此,在那种情况下,在框 1314,控制器电路 104 确定未检测到潜在触摸,控制返回框 1306 并且恢复触摸检测空闲模式。

[0206] 在另一方面,如果确定出已检测到潜在触摸,则在框 1316 执行触摸面板的全扫描。如果在任意划分的任意步扫期间检测到潜在触摸则这就会出现。或者如果在执行了触摸检测例程的所有步扫之后检测到潜在触摸,则这就会出现。由于更快的响应通常是优选的,所以优选一检测到潜在触摸就中断触摸扫描并且开始全扫描。全扫描涉及激励触摸面板的所有行并且检测在所有列中的响应。这产生了触摸面板的完整热图。

[0207] 在框 1318,对通过全扫描产生的热图像进行处理。结果是确定在触摸面板的任意像素所发生的任意触摸事件。以这种方式,潜在触摸事件可被证实为是实际触摸事件。此外,可精确地确定面板上的触摸事件的位置或多个位置。在框 1320 处理结束并且可进一步处理潜在触摸事件。

[0208] 图 14 示出了图 1 的便携装置的采样扫描图 1402 的触摸检测扫描。图 14(a) 和图 14(b) 示出了用于第一示例性实施方式的触摸面板的步扫。在图 14(a) 和图 14(b) 中,扫描图具有偶数行。具体地,在此实例中,扫描图具有 8 个行和 5 个列。

[0209] 即使不能确定触摸的位置,但为了检测任意触摸也将扫描图进行划分用于扫描。图 14(a) 示出了针对扫描图 1402 的第一步扫的划分。第一部分 1404 包括上面的四行。第二部分 1406 包括下面的四行。因此,第一部分 1404 和第二部分 1406 互补之处在于它们在一起包括扫描图像 1402 的所有行而无重叠或最小的重叠。在行与列的交叉处的每个像素具有基线电容 C_0 。在第一步扫期间,第一部分 1404 的行通过由图 14(a) 中的加号指示的第一信号激励,而第二部分 1406 的行通过由图 14(a) 中的减号指示的第二信号激励。激励信号可以是正弦波或方波。符号为加和符号为减的信号是同步的,但是相位相反或具有 180 度的相移。触摸发生的地方测量的电容是 C_1 。第一信号和第二信号是互补的,使得如果不存在触摸电容,则每个列所得到的扫描信号在值上将为零或接近零。这在图 14(a) 的下部被指示,其中,每一列的无接触或基线值 1408 被检测为每一列的零值。由于 + 信号的信号

值有效地抵消了 - 信号的信号值。

[0210] 如果触摸发生在第一部分 1404 或第二部分 1406 的行中的一行中,则对于相关联的列,电容将不同于基线值并且被检测到。检测值将被加入至基线值或从基线值减去,并且将检测到此变化。将检测到 $+C_T$ 或 $-C_T$ 的值,而不是基线值,其中 C_T 是由于触摸而引起的电容变化。

[0211] 然而,如果触摸发生在第一部分 1404 和第二部分 1406 二者中,则可能检测不到电容变化。在图 14(a) 中,触摸发生在被标记为 C_T 的位置处、第一部分 1404 和第二部分 1406 二者之间的线上。当触摸面板通过第一部分 1404 的 + 信号以及第二部分 1406 的 - 信号被激励时,在各自部分上的电容的变化将被抵消,使得每一列所示的触摸值 1410 对于所有列总和为零。由于不存在相对于基线值 1408 的变化,所以将不能检测到在图 14(a) 中的位置处的触摸。

[0212] 为了调和这种情况,通过如图 14(b) 所示划分的扫描图 1402 来执行第二步扫。基线值 1412 在图 14(b) 的底部示出并且对于所有列都为零值。在图 14(b) 中,第一部分 1414 包括顶部的两行和底部的两行。第二部分 1406 包括中间的四行。在第二步扫期间,通过在图 14(b) 中被标注为 + 的第一信号来激励第一部分 1414 的行,而通过在图 14(b) 中被标注为 - 的第二信号来激励第二部分 1416 的行。在此扫描期间,在被标注为 C_T 的位置处的触摸只在第二部分 1416 的行中。第一部分的行没有受到触摸的影响。结果,除了触摸事件出现的列中之外,触摸值 1418 是零值。对于那一列,检测值是 $-C_T$ 。

[0213] 图 14(c) 和图 14(d) 示出了用于第二示例性触摸面板的步扫。在图 14(c) 和 14(d) 中,扫描图 1422 具有奇数个行。具体地,在此实例中,扫描图 1422 具有 7 行和 5 列。扫描图 1422 被划分成第一部分 1424 和第二部分 1426。第一部分 1424 包括上面的四行。第二部分 1426 包括下面的三行。因此第一部分 1424 和第二部分 1426 互补之处在于它们在一起包括扫描图像 1422 的所有行而无重叠或最小的重叠。在此实例中,仅一个行重叠或对第一部分 1424 和第二部分 1426 二者是公共的。在第一步扫期间,公共行被提供有 + 信号,并且在第二步扫期间,公共行被提供有 - 信号。扫描图像 1422 的部分 1424、1426 的重叠确保了扫描图上任意位置的触摸被检测到,即使诸如在通过图 14(c) 和 14(d) 中的标注 C_T 指示的位置处的触摸。

[0214] 扫描图 1422 的基线值 1428 在图 14(c) 和图 14(d) 的底部被示出。对于图 14(c),基线值对于所有列具有值 C_0 。第一部分 1424 的四行通过 + 信号来激励,第二部分 1426 的三行通过 - 信号来激励,总和为如所示的 $+C_0$ 值。当在图 14(c) 中的被标注为 C_T 处发生触摸时,触摸值 1430 是不变的,使得不能相对于基线值检测到触摸。

[0215] 图 14(d) 示出了第二步扫的划分。在图 14(d) 中,第一部分 1424 包括上部的三行,而第二部分 1426 包括下部的四行。在第二步扫期间,第一部分 1424 通过 + 信号来激励,第二部分通过 - 信号来激励。基线值 1432 在图 14(d) 的底部示出并且均具有值 $-C_0$ 。在进行第二步扫时,在图 14(d) 中的在被标注为 C_T 的位置处的触摸产生了如通过触摸值 1434 示出的感测值 $-C_0 - C_T$ 。

[0216] 因此,通过划分触摸面板的扫描图并且选择性地激励扫描图的多个部分,可检测到扫描图的任意区域的触摸事件。当检测到触摸事件时,可发起全扫描以定位触摸面板上的触摸。

[0217] 图 14 的示例性扫描图 1402、1422 还可容易地被扩展至其他面板尺寸。例如,具有偶数行的面板如在图 14(a) 中一样可被划分成两个相等尺寸的部分,直至利用与 AFE 中的接收器电路或发送器电路相同的数量的行设定尺寸的面板。每一行应被同时激励并且每一列应被同时感测。在一种实施方式中,专用的 AFE 可支持多达十六个被同时激励的发送器,使得每个步扫的最大划分尺寸是十六行。其他实施方式在采用类似原理的同时可被不同地设定尺寸或划分。

[0218] 对于具有多于十六行的面板,面板可被划分成两个部分。对于具有 N 行的面板,可根据如下关系来进行划分:

[0219] $16+2k=N$

[0220] 从而,第一部分具有 16 行,第二部分具有 2k 行。k 应等于或大于 2,这会影响面板的划分。在第一部分被分配成 16 行并且使 k 是 1 的情况中,则第一部分在尺寸上应减小至 14 以下,使得 k=2 或更大。

[0221] 对于大于 16 行但是具有奇数行的面板,也可扩展划分处理。同样,面板扫描图应被划分成两部分,对于奇数行的实施方式,利用下面的关系:

[0222] $16+2k-1=N$

[0223] 在此实例中,第一部分具有 16 行,第二部分具有 2k-1 行。另外,k 应大于或等于 2 并且这会影响第一部分的尺寸。如果第一部分具有 16 行并且使 k 为 1,则第一部分应被减小至 14 行以下使得 k=2 以上。

[0224] 还应注意的是,可使用任意合适的划分方法。图 14 中所示的划分由于其在各个划分中使行的重叠最小所以是有效的。通常存在无重叠或最小重叠以确保所有行被唯一的扫描并且不会遗漏行,使得检测到重叠两个行的任意触摸。无论触摸面板会被如何划分或激励都应用相同的原理。

[0225] 从上文中可看出,本发明提供了一种用于触摸面板控制系统中的触摸检测的改进方法和装置。触摸检测模式被引入以检测触摸面板的触摸事件的存在或不存在。触摸检测扫描不会提供触摸的定位而只是其发生。如果检测到触摸事件,全面板扫描被执行以定位并响应于触摸事件。如果没有检测到触摸事件,则触摸控制器转变至低功率空闲模式以降低电流消耗并延长电池寿命。而在触摸检测模式中,触摸控制器将周期性地执行触摸检测扫描。相对快速地对所有行基线进行触摸检测扫描以检测触摸事件的存在或不存在。执行两个步扫以确保不遗漏触摸事件但却保持扫描时段和功耗低。针对两个扫描来划分触摸面板以确保面板的所有区域被该扫描所覆盖并且不会错过重叠的触摸事件。划分和扫描技术可被扩展至所有尺寸的面板。以这种方式,在触摸面板应用中可将高性能、快速响应、低延时以及降低的功耗的优点结合。

[0226] 上述的方法、装置以及逻辑可以许多种不同的方式被实现在硬件、软件或硬件和软件二者的许多不同的结合中。例如,系统的全部或一部分可包括控制器、微处理器或专用集成电路(ASIC)中的电路,或者可通过被结合在单个集成电路上或分布在多个集成电路之间的离散的逻辑或组件或其他类型的模拟或数字电路的结合来实现。上述的全部或部分逻辑可被实现为用于通过处理器、控制器或其他处理装置执行的指令并且可被存储进有形的或非易失的机器可读或计算机可读介质(诸如,闪存、随机存取存储器(RAM)或只读存储器(ROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM))或其他机器可读介质(诸如,只读光盘(CDROM))

或磁盘或光盘)。因此,诸如计算机程序产品的产品可包括存储介质和被存储在介质上的计算机可读指令,其在端点被执行时,计算机系统或其他装置使该装置根据任意上面的任意描述来执行操作。

[0227] 系统的处理能力可在多个系统组件之间(诸如在多个处理器和存储器之间)分布,并且优选地包括多个分布处理系统。参数、数据库和其他数据指令可被分开存储或管理,可被结合进单个存储器或数据库中,可以以许多种不同的方式来进行逻辑地和物理地组织,并可以许多方式(包括诸如链接列表、哈希表或隐存储机制的数据结构)来实现。程序可以是诸如在库(诸如共享库(例如,动态链接库(DLL)))中跨几个存储器或处理器分布或以许多不同的方式实现的单个程序、分开的程序的一部分(例如,子程序)。例如,DLL可存储执行上述的任意系统处理的代码。尽管已描述了发明的各种实施方式,但本领域的普通技术人员显而易见的是,在发明的范围内存在更多的实施方式和实现。因此,本发明不受除根据所附权利要求和其等价物之外的限制。

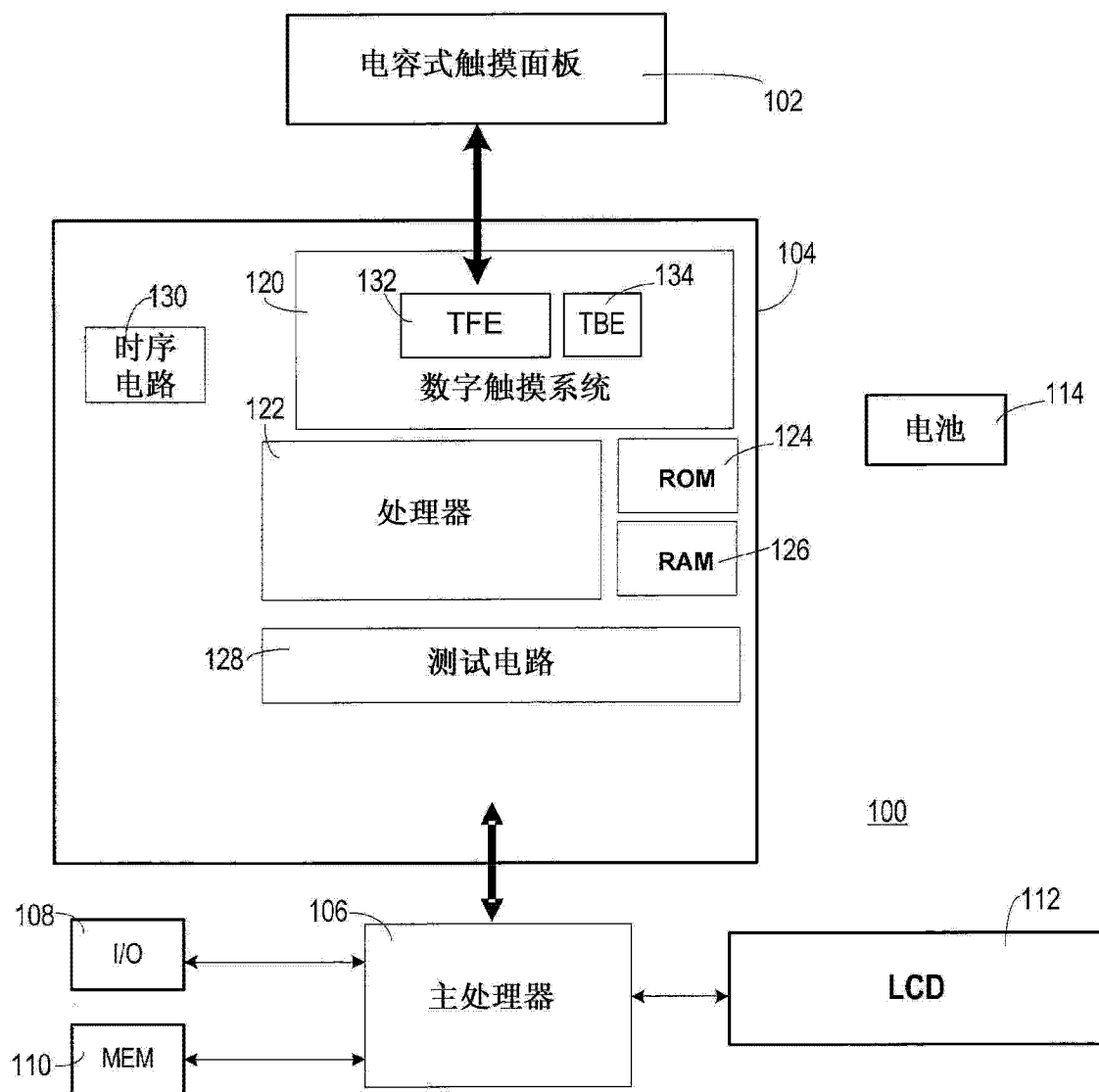


图 1

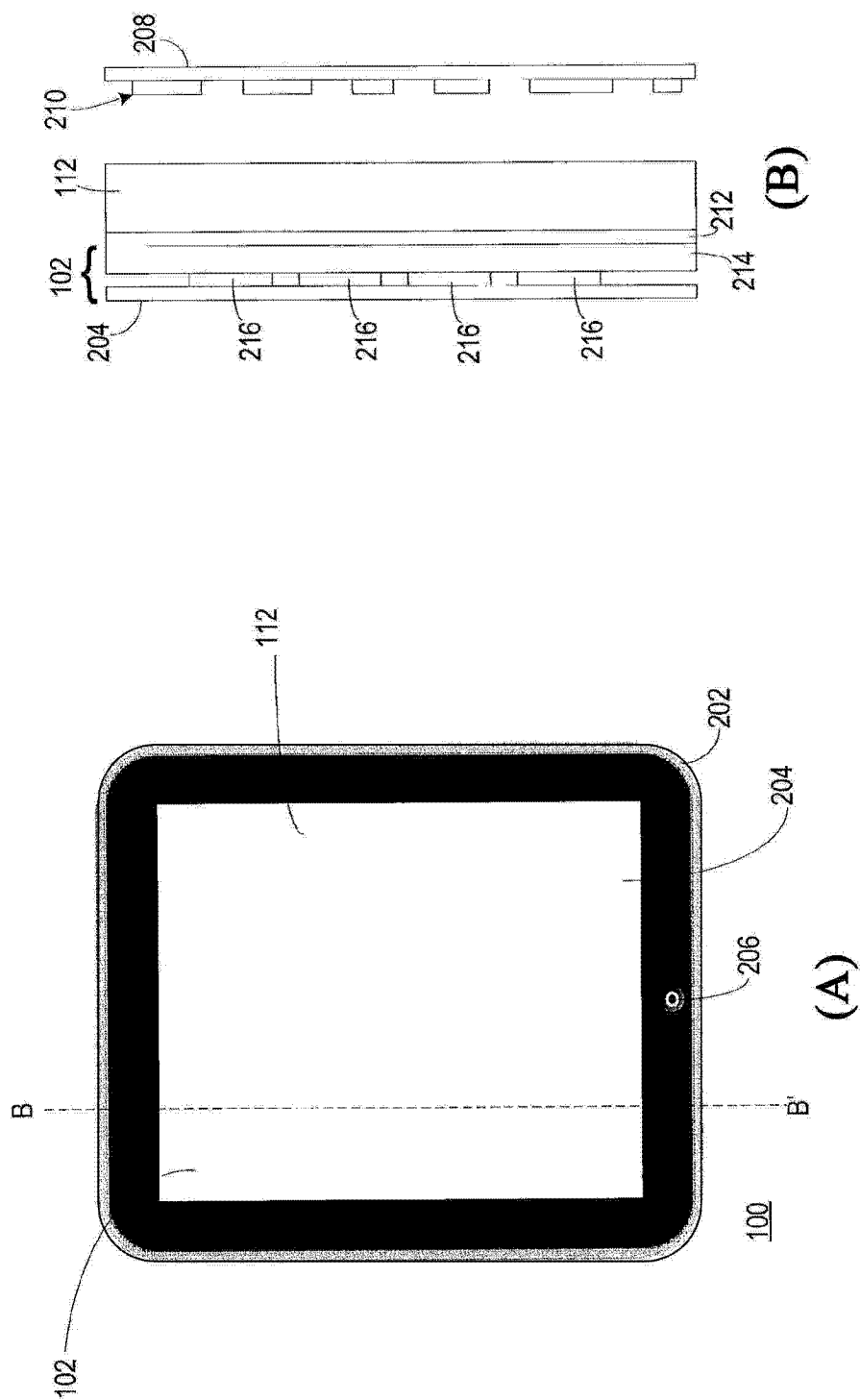
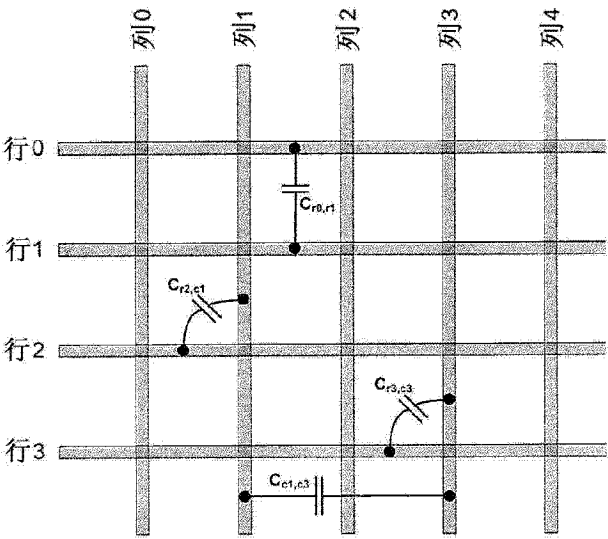


图 2



300

图 3

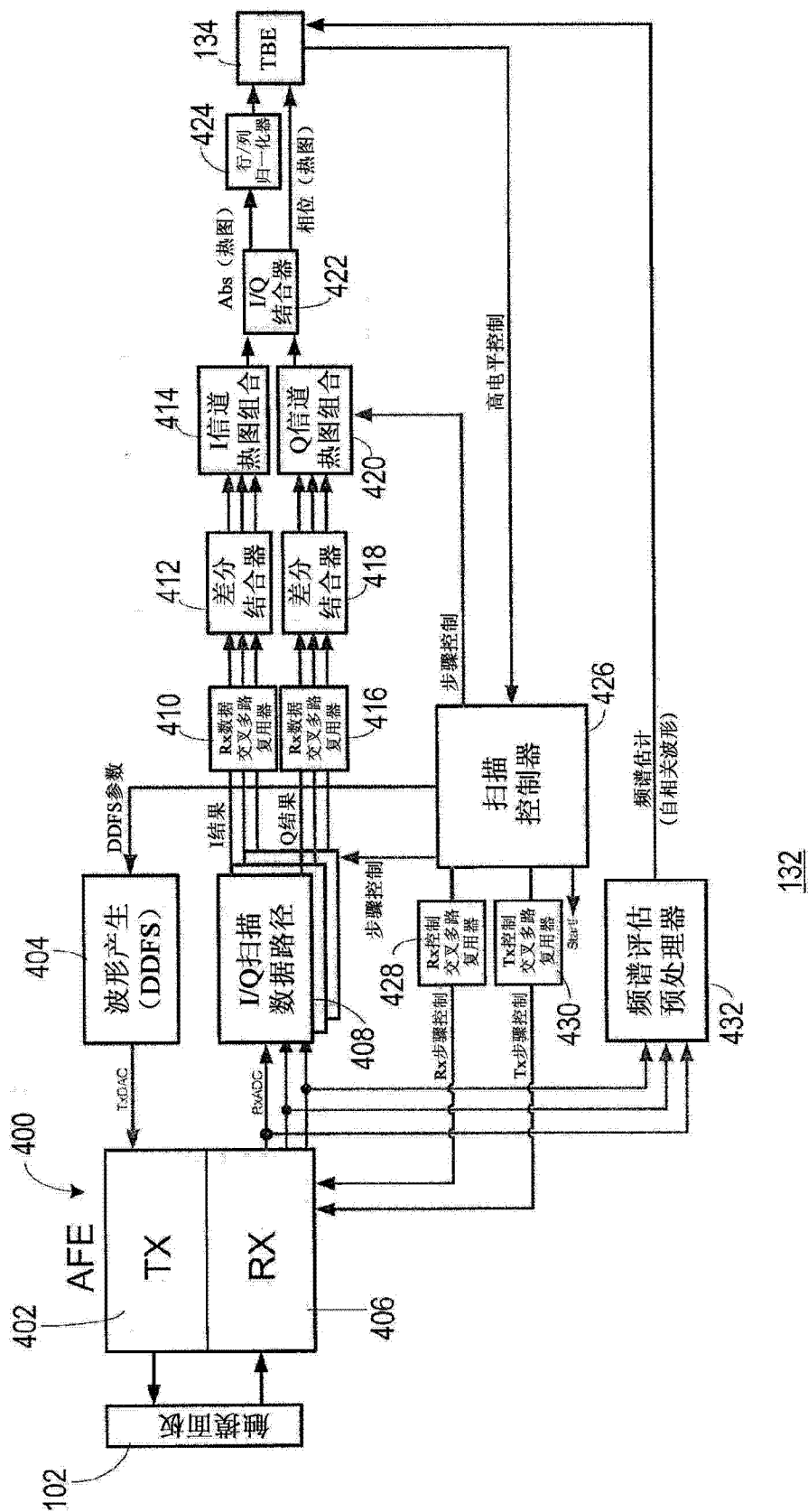


图 4

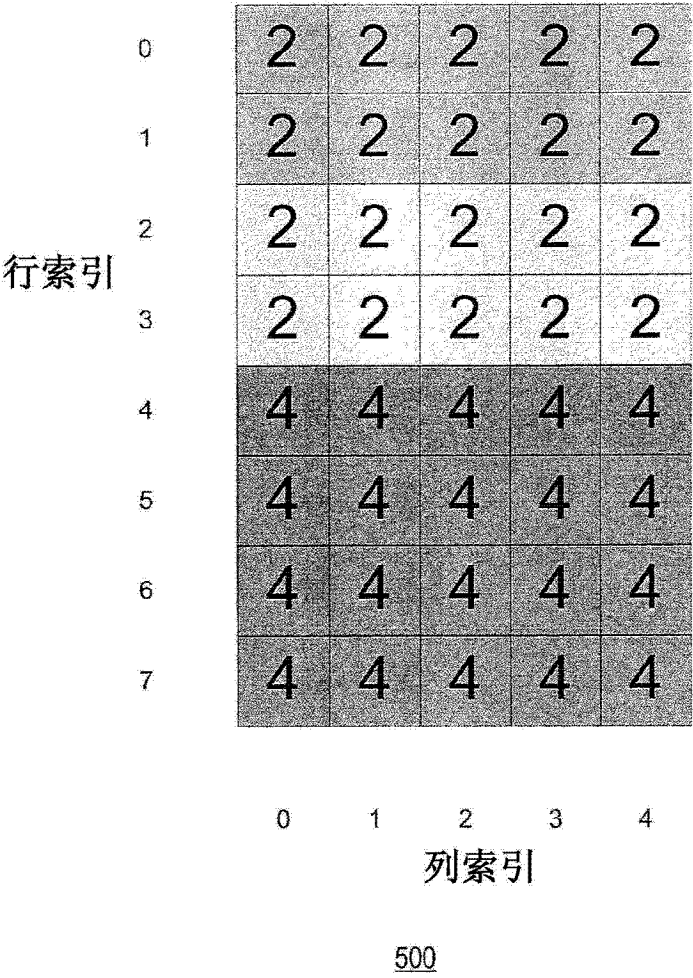
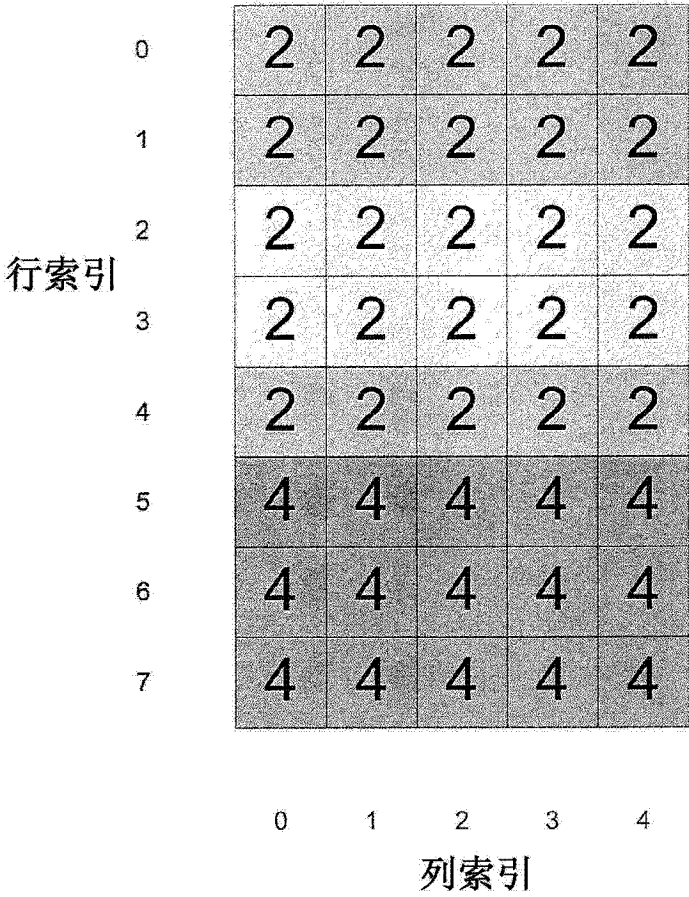


图 5



600

图 6

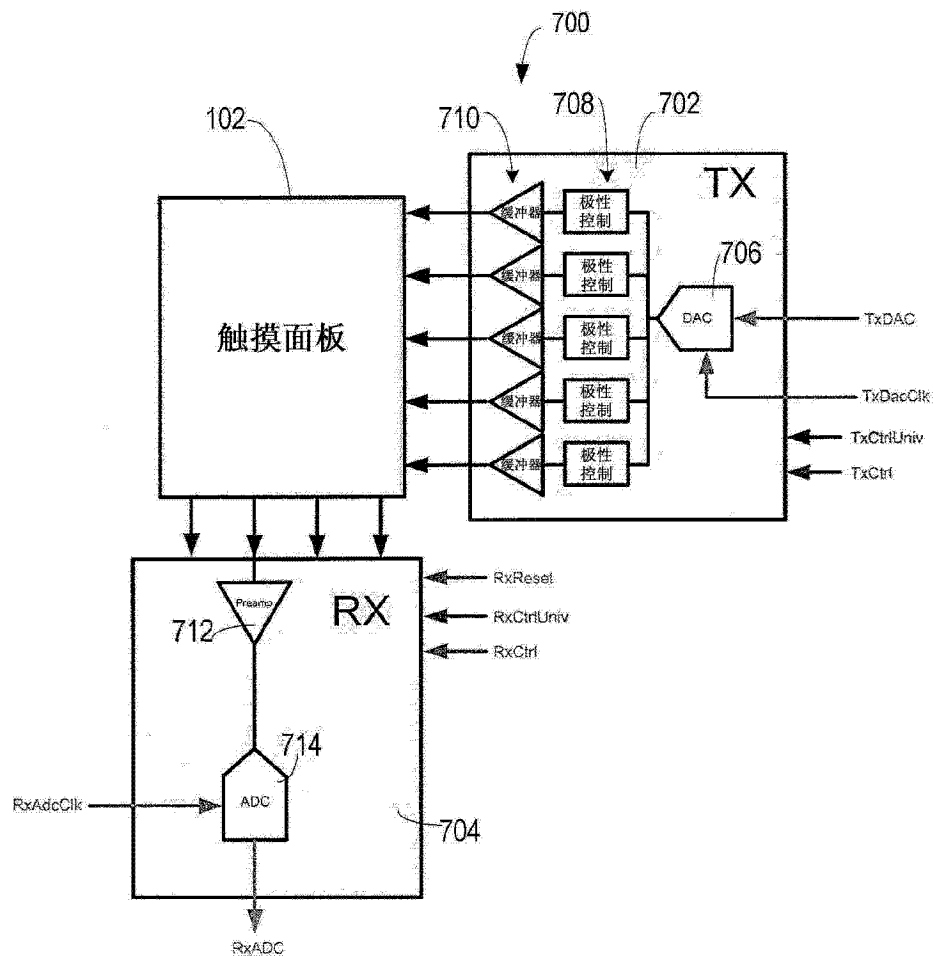


图 7

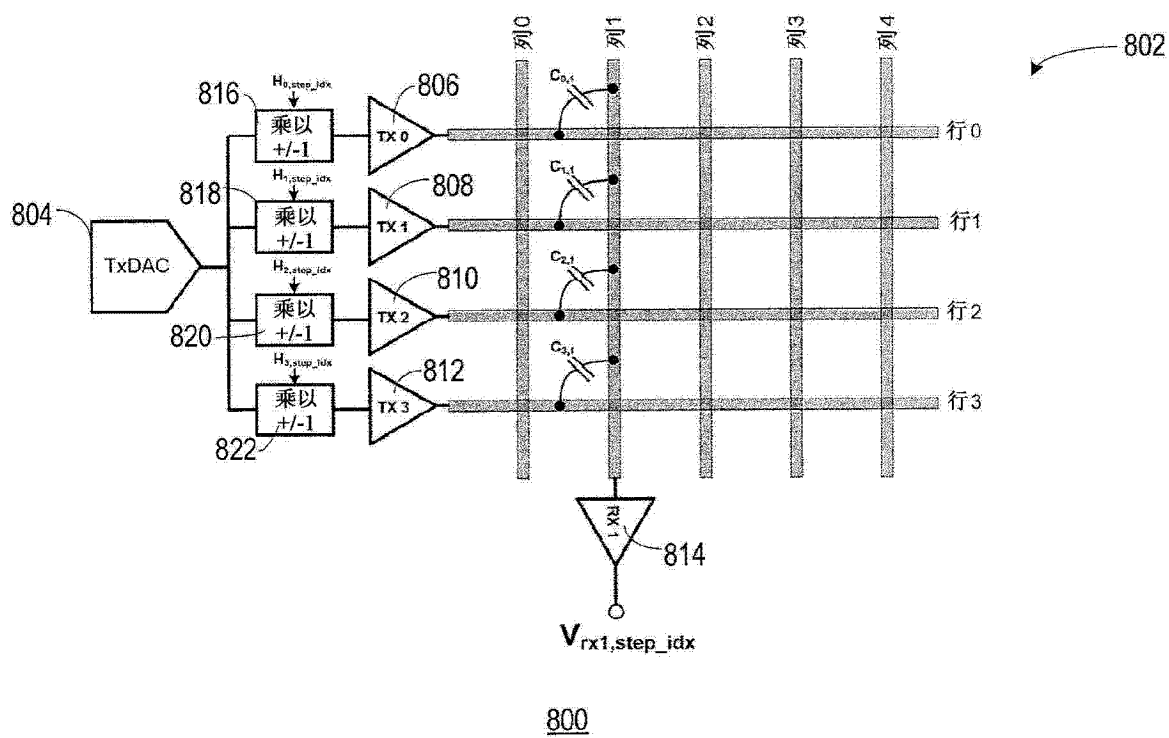


图 8

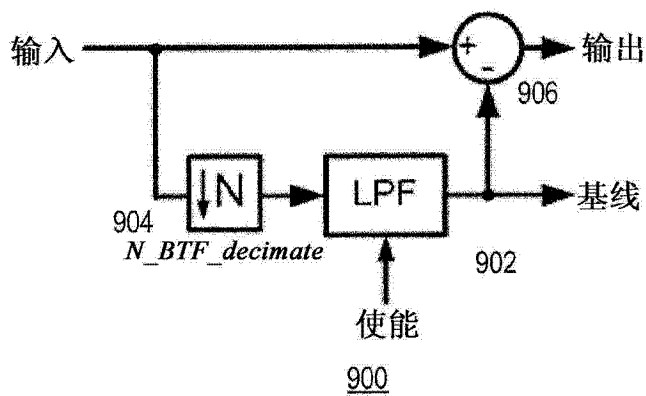


图 9

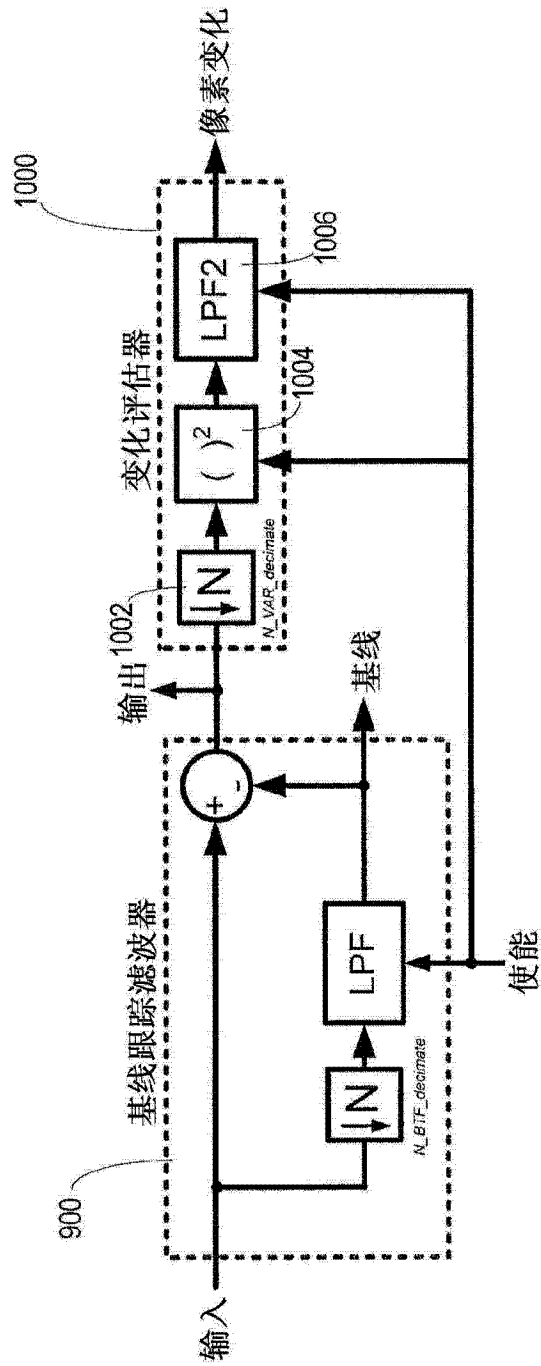


图 10

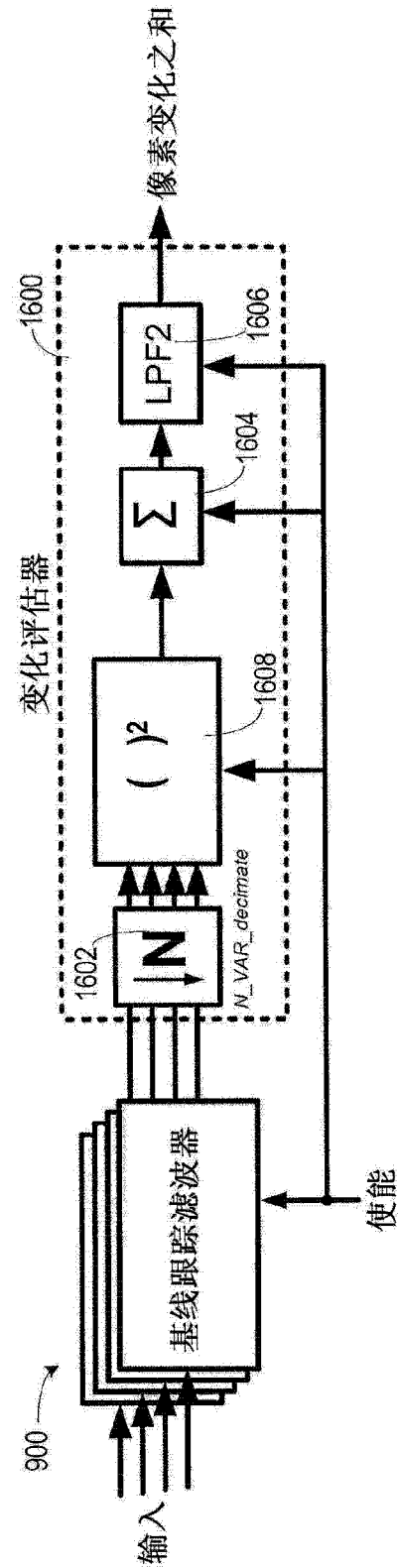


图 11

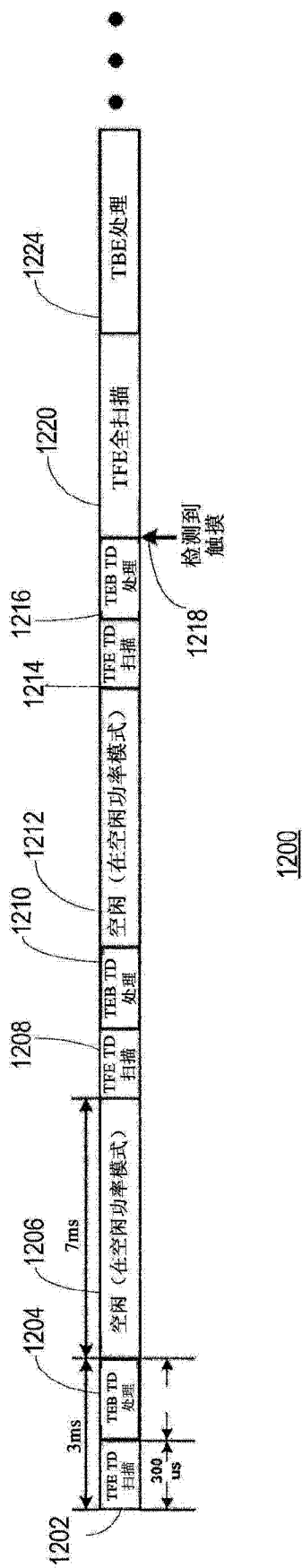


图 12

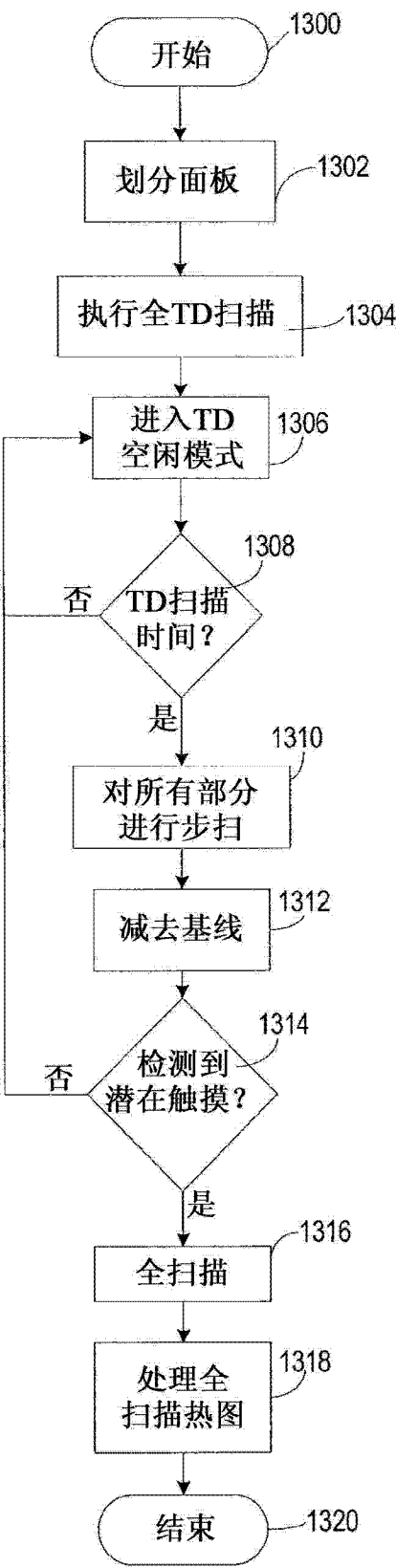


图 13

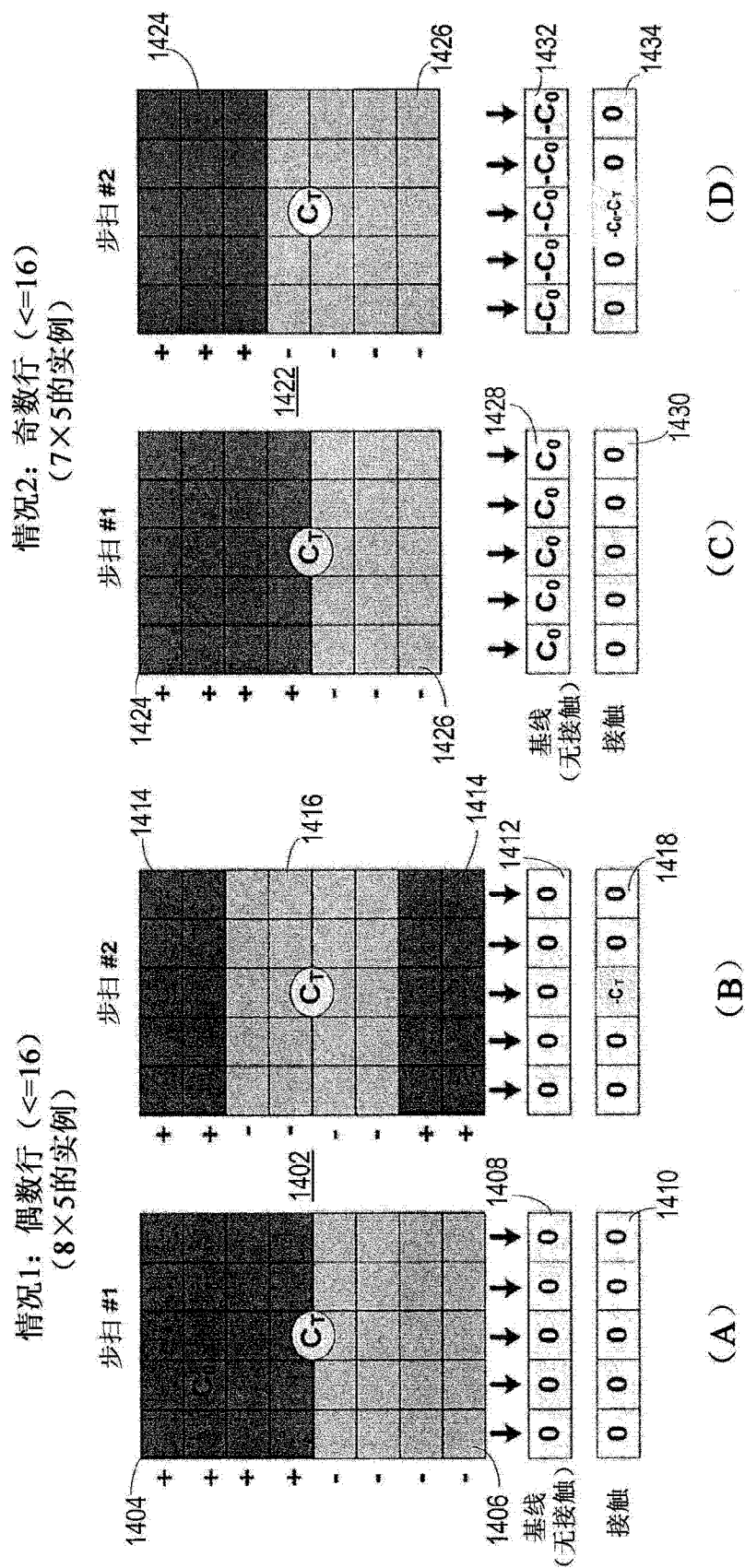


图 14