

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103364590 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201310118845. 6

G01P 21/00(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 04. 08

(30) 优先权数据

61/620, 153 2012. 04. 04 US

(71) 申请人 快捷半导体(苏州)有限公司

地址 215021 江苏省苏州市苏州工业园区苏桐路1号

申请人 快捷半导体公司

(72) 发明人 乔纳森·亚当·克莱克斯

约恩·奥普里斯 贾斯廷·森

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理事

务所(普通合伙) 11270

代理人 武晨燕 张颖玲

(51) Int. Cl.

G01P 15/125(2006. 01)

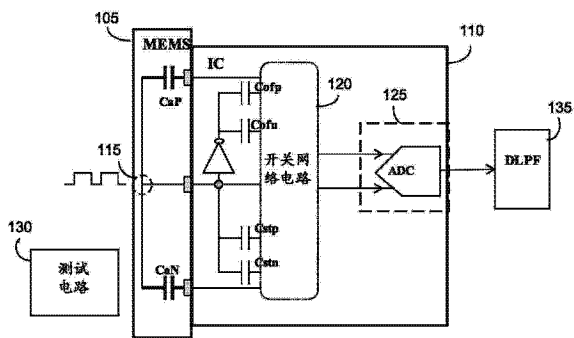
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

传感器电路和对微机电系统传感器进行测试的方法

(57) 摘要

本申请涉及传感器电路和对微机电系统传感器进行测试的方法。一种传感器电路,包括微机电系统(MEMS)传感器和集成电路(IC),所述MEMS传感器包括第一电容元件和第二电容元件,所述IC包括开关网络电路和电容测量电路。所述开关网络电路配置成将所述MEMS传感器的所述第一电容元件与所述IC的第一输入端电耦,并且将所述第二电容元件电耦合到所述IC的第二输入端。所述电容测量电路可配置成在向该被耦的第一电容元件施加第一电信号期间测量所述MEMS传感器的所述第二电容元件的电容。



1. 一种传感器电路,包括:

微机电系统 (MEMS) 传感器,包括第一电容元件和第二电容元件;以及 IC,包括:

开关网络电路,配置成将所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件与所述 IC 的第一输入端电耦,并且将所述第二电容元件电耦合到所述 IC 的第二输入端;以及

电容测量电路,配置成在向被解耦的第一电容元件施加第一电信号期间测量所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件的电容。

2. 如权利要求 1 所述的传感器电路,

其中,所述开关网络配置成将所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件与所述 IC 电耦,并且将所述第一电容元件电耦合到所述 IC;并且

其中,所述电容测量电路配置成在向被解耦的第二电容元件施加第二电信号期间测量所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件的电容。

3. 如权利要求 1 所述的传感器电路,包括测试电路,该测试电路配置成:

向所述被解耦的第一电容元件施加第一方波信号;

向所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部电路节点施加第二方波信号,其中所述第二方波信号的相位与所述第一方波信号的相位相反,并且

其中所述电容测量电路配置成在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间测量所述第二电容元件的电容。

4. 如权利要求 1 所述的传感器电路,包括测试电路,该测试电路配置成:

向所述被解耦的第一电容元件施加第一方波信号;以及

向由所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部节点施加第二方波信号,其中所述第二方波信号与所述第一方波信号同相,并且

其中所述电容测量电路配置成在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间测量所述电容。

5. 如权利要求 1 所述的传感器电路,其中,所述电容测量电路包括差分输入模数转换器 (ADC) 电路,该 ADC 电路配置成产生代表所述第二电容元件的电容的数字值。

6. 如权利要求 5 所述的传感器电路,

其中,所述 IC 包括自测试电容器对,

其中,所述开关网络电路配置成:

将所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件电耦合到所述 ADC 电路的第一输入端;以及

将所述自测试电容器对配置为所述 IC 内部的电容-电压传感器,并且将所述自测试电容器对电耦合到所述 ADC 电路的第二输入端。

7. 如权利要求 5 所述的传感器电路,

其中,所述 IC 包括配置成消除所述 ADC 电路的任何共模偏移的至少一个补偿电容器;

其中,所述开关网络电路配置成在测量所述第二电容元件期间将所述第二电容元件和所述补偿电容器电耦合到所述差分输入 ADC 电路的所述第一输入端。

8. 如权利要求 5 所述的传感器电路,其中,所述 ADC 电路为差分输入 $\Sigma - \Delta$ ADC 电路。

9. 如权利要求 1 所述的传感器电路,

其中,所述开关网络电路配置成在测试模式和正常模式下工作,

其中,在所述测试模式下,所述开关网络配置成将所述第一电容元件和所述第二电容元件中的至少一个与所述 IC 电耦,解耦,

其中,在所述正常模式下,所述开关网络电路配置成将所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件和所述第二电容元件耦合为第一电容元件对,并且

其中,所述第一电容元件对配置成响应于第一方向上的加速度而改变电容。

10. 如权利要求 1 所述的传感器电路,其中,所述 IC 包括电容 - 电压传感器电路。

11. 如权利要求 1 所述的传感器电路,其中,所述 MEMS 传感器包括加速计。

12. 一种对微机电系统 (MEMS) 传感器进行测试的方法,该方法包括:

将所述 MEMS 传感器的第一电容元件与 IC 电耦,解耦;

向该被解耦的电容元件施加第一电信号;以及

在施加所述第一电信号期间测量所述 MEMS 传感器的第二电容元件的电容。

13. 如权利要求 12 所述的方法,包括:

将所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件与所述 IC 电耦,解耦;

向所述第二电容元件施加第二电信号;以及

在施加所述第二电信号期间测量所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件的电容。

14. 如权利要求 13 所述的方法,

其中,施加第一电信号包括:将第一方波信号施加到所述第一电容元件;

其中,测量所述第二电容元件的电容包括:将第二方波信号施加到所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部节点;

其中,所述第二电容元件的电容在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间被测量;以及

其中,所述第二方波信号的相位与所述第一方波信号的相位相反。

15. 如权利要求 13 所述的方法,

其中,施加第一电信号包括:将第一方波信号施加到所述第一电容元件;

其中,测量所述第二电容元件的电容包括:将第二方波信号施加到所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部节点;

其中,所述第二电容元件的电容在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间被测量;以及

其中,所述第二方波信号与所述第一方波信号同相。

16. 如权利要求 12 所述的方法,其中,测量所述第二电容元件的电容包括:利用差分输入 $\Sigma - \Delta$ 模数转换器 (ADC) 电路产生代表所述第二电容元件的电容的数字值。

17. 如权利要求 12 所述的方法,其中,测量所述第二电容元件的电容包括:

将所述第二电容元件电耦合到差分输入 ADC 电路的第一输入端;以及

将所述 IC 内部的自测试电容器电耦合到所述 ADC 电路的第二输入端,其中所述自测试电容器对形成所述 IC 内部的电荷 - 电压传感器。

18. 如权利要求 12 所述的方法,

其中,所述第一电容元件和所述第二电容元件在测试模式期间被测量;以及

其中,在正常工作模式下,所述第一电容元件和所述第二电容元件包括第一电容元件对,并配置成响应于第一方向上的加速度而改变电容。

19. 如权利要求 18 所述的方法，

其中，在所述正常工作模式下，使用至少一个补偿电容器来消除任何共模电压，并且

其中，在所述测试模式期间，在测量所述第二电容元件期间，所述补偿电容器和所述第二电容元件电耦合到所述差分输入 ADC 电路的所述第一输入端。

20. 如权利要求 12 所述的方法，其中，测量所述 MEMS 传感器的第二电容元件的电容包括：测量加速度 - 电容 MEMS 传感器的第二电容元件的电容。

传感器电路和对微机电系统传感器进行测试的方法

技术领域

[0001] 总的来说,本申请涉及电子电路,更具体地,涉及 MEMS 传感器电路。

背景技术

[0002] 微机电系统 (MEMS) 包括执行电力和机械功能的小型机械设备,该机械设备使用与制作集成电路所使用的工艺相似的光刻工艺制作而成。有些 MEMS 设备是能够检测运动的传感器,比如加速计,或者是能够检测角速度的传感器,比如陀螺仪。加速计是响应于作用在自身上的加速度而经历可测量的变化的设备。MEMS 加速计可包括压电式、压阻式和电容式加速计。电容式加速计响应于加速度而经历电容的变化。MEMS 加速计的生产包括测试,该测试应当快速检测出所加工的设备中的任何缺陷。

发明内容

[0003] 除了其他方面以外,本申请还讨论了用于对 MEMS 传感器进行测试的设备、系统和方法。一种示例设备,包括 MEMS 传感器和集成电路 (IC),所述 MEMS 传感器包括第一电容元件和第二电容元件。所述 IC 包括开关网络电路和电容测量电路。所述开关网络电路配置成将所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件与所述 IC 的第一输入端电解耦,并且将所述第二电容元件电耦合到所述 IC 的第二输入端。所述电容测量电路可配置成在向该被解耦的第一电容元件施加第一电信号期间测量所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件的电容。

[0004] 一种对 MEMS 传感器进行测试的示例方法包括:将 MEMS 传感器的第一电容元件与 IC 电解耦;向该被解耦的电容元件施加第一电信号;以及在施加所述第一电信号期间测量所述 MEMS 传感器的第二电容元件的电容。

[0005] 发明内容部分旨在提供对本专利申请的主题的概述,并非旨在提供本申请的排他性或穷举性说明。本文包括具体实施方式以提供与本专利申请有关的进一步信息。

附图说明

[0006] 附图(这些附图不一定是按照比例绘制的)中,相同的数字能够描述不同视图中的相似部件。附图通过示例而非限制的方式概括地示出了本申请中讨论的各个实施例。

[0007] 图 1 示出了示例性 MEMS 传感器和集成电路的部分的方框图;

[0008] 图 2 示出了实现 MEMS 传感器的自测试的示例性方法的流程图;

[0009] 图 3 示出了测试 MEMS 传感器的一个示例性电路;

[0010] 图 4 示出了测试 MEMS 传感器的另一个示例性电路;

[0011] 图 5 更详细示出了示例性测试电路的图。

具体实施方式

[0012] 图 1 示出了示例性 MEMS 传感器 105 和用来监控传感器输出变化的集成电路 (IC) 110 的部分的方框图。该 MEMS 传感器 105 可以是电容式加速计,其中该 IC 监控该传感

器的电容响应于作用在该传感器上的加速度而发生的变化。

[0013] 典型的 MEMS 电容式加速计包括可移动检测质量块 (proof mass), 该可移动检测质量块具有通过机械式悬挂系统 (mechanical suspension) 附着到参考框架 (reference frame) 上的电容元件。图 1 所示的两个电容元件为电路电容器, 分别标记为 CaP 和 CaN。实际的电容元件可由电耦合的 (比如, 并联的) 多个板组成, 以产生如图 1 中所示的电容器 CaP 或 CaN 那样的总电容。如图 1 所示, 电容器构成从 MEMS 传感器 105 的两个输出端到公用电路节点 115 的桥, 公用电路节点 115 可表示到可移动检测质量块的电路连接。每个电容器的一个板或一组板可附着到该可移动检测质量块, 而另一个板或另一组板是固定的。

[0014] 施加到 MEMS 加速计上的加速度导致检测质量块的移动。该检测质量块的位移改变了电容器的板之间的间隔。该位移大体与所述两个电容元件之间产生的电容差成比例。将该检测质量块和机械式悬挂系统建模成弹簧可使加速度根据胡可定律由位移确定出来。

[0015] 总体而言, 电容器对的电容变化与一个方向上的加速度有关。增加垂直于该第一电容器对设置的另一电容器对可确定出第二方向上的加速度, 这两个电容器对可用作双轴加速计。三个电容器对是为三轴或三维 (3D) 加速计考虑的。

[0016] 为了对加速计进行测试, 可利用电容式 MEMS 传感器还可用作致动器这个优势。典型地, 添加电容器到在测试模式下使用的 MEMS 传感器上以增加静电电荷并驱动检测质量块。该测试方式需要在 MEMS 传感器上制作额外的电容器和额外的电触头。更好的方法是在测试中使用传感电容元件本身。这样, 由于不需要专用于测试的部件而简化了 MEMS 传感器的设计。

[0017] 图 2 为实现 MEMS 电容式传感器的自测试的示例性方法 200 的流程图。在正常工作模式下, 如图 1 所示, MEMS 传感器被电耦合到 IC (例如专用集成电路或 ASIC)。正常模式下, 该 IC 测量该 MEMS 传感器的输出端处的电容。在框 205 处, 在测试模式下, 将该 MEMS 传感器的第一电容元件与该 IC 电解耦。在框 210 处, 将第一电信号施加到被解耦的电容元件上。施加该第一电信号可导致检测质量块移动并改变第二电容元件的电容, 在框 215 处测量第二电容元件的电容。相似地, 可对第一电容元件进行测量。

[0018] 回到图 1, IC110 包括开关网络电路 120。该开关网络电路 120 可在正常模式和测试模式下工作。在正常工作模式下, 该开关网络可将 MEMS 传感器 105 的第一和第二电容元件 (例如 CaP 和 CaN) 耦合成电容元件对。该电容元件对响应于加速度而改变电容, 从而形成加速度 - 电容传感器。

[0019] 测试模式下, 开关网络电路 120 可将 MEMS 传感器 105 的第一电容元件与 IC 的第一输入端电解耦, 将第二电容元件电耦合到 IC110 的第二输入端。该 IC110 还包括电容测量电路 125, 该电容测量电路 125 在向该被解耦的第一电容元件施加第一电信号期间测量该 MEMS 传感器的第二电容元件的电容。

[0020] 图 3 是该测试方法的图示。为了对电容器 CaN 进行测试, 将 MEMS 传感器 305 的电容器 CaP 与 IC310 的电路电断开或电隔离。在这两个电容器共用的电路节点 315 (标记为节点 A) 处可获得到检测质量块的外部电连接。电信号被施加到被解耦的电容器 CaP 的引线 (标记为节点 B)。可与节点 A 同相或异相地驱动节点 B 以测试该传感器。在反相的情况下, 该检测质量块被静电牵拉以模仿加速力的变化。然后, 可在驱动节点 B 的同时测量 CaN 的电容。这可证实当检测质量块移动时电容元件发生变化。当同相驱动节点 A 和节点 B 时,

可证实电容变化很小或根本不变化。

[0021] 可以相似的方式测量电容器 CaP,如图 4 所示。为了测试电容器元件 CaP,开关网络电路将 MEMS 传感器 405 的电容器 CaN 与 IC410 电解耦,并将电容器 CaP 电耦合到 IC410。电信号被施加到被解耦的电容器 CaN 的引线(标记为节点 B)。可与节点 A 同相或异相地驱动节点 B 以测试该传感器。如果该 MEMS 传感器是多维传感器,那么该测试可针对多个电容元件对反复进行。

[0022] 根据一些示例,用于驱动被解耦的电容器的电信号是方波。回到图 1,可使用测试电路 130 将第一方波施加到被解耦的第一电容元件(比如图 3 中的 CaP),并将第二方波信号施加到外部电路节点(比如图 3 中的电路节点 315)。该外部电路节点由第一电容元件和第二电容元件共用,并可电耦合到检测质量块。

[0023] 电容测量电路 125 在施加第一和第二方波信号期间测量第二电容元件(比如图 3 中的 CaN)的电容。在某些示例中,第二方波信号与第一方波信号的相位相反,以模仿加速度的变化。对该设备的测试可以只是成功/失败测试,也可以量化电容的变化并将该量化的变化与目标电容值或值的范围进行比较。在某些示例中,第二方波信号与第一方波信号同相。然后该测试可证实测得的电容小于目标电容值。

[0024] 根据一些示例,电容测量电路 125 包括差分输入模数转换器(ADC)电路,该 ADC 电路配置成产生代表被测量的电容元件(例如 CaP 或 CaN)的电容的数字值。在某些示例中,电容测量电路 125 包括差分输入 $\Sigma - \Delta$ ADC 电路。

[0025] 图 5 为图 4 中测试电路的示意图,示出了如何将 MEMS 传感器的电容元件连接到 $\Sigma - \Delta$ ADC 电路 525 的更详细的示例。所示该示例包括电容器和一阶积分器。在某些示例中,该积分器可以是更高阶的积分器。 $\Sigma - \Delta$ ADC 电路 525 的输出端产生代表该 MEMS 传感器的电容的计数值。这样,该 MEMS 传感器的电容元件形成具有 $\Sigma - \Delta$ ADC 的电容-电压传感器电路。所述 $\Sigma - \Delta$ ADC 电路的输出端后面可跟着数字低通滤波电路 135。在图 5 的示例中, $\Sigma - \Delta$ ADC 电路 525 的输出端用于产生计数值,该计数值代表当开关网络电路在测试模式下工作时 CaP 的电容。

[0026] IC 可包括由 CstP and CstN 组成的自测试电容器对。在某些示例中,该电容器具有相同的电容值。如果该 MEMS 传感器的第一电容元件与该 IC 电解耦,则该开关网络电路可以将该 MEMS 传感器的第二电容元件电耦合到该 ADC 电路的第一输入端,并且经由该自测试电容器对电耦合到该 ADC 电路的第二输入端。这样,该开关网络电路将该自测试电容器对配置成所述 IC 的电容-电压传感器的一部分。

[0027] 在一些示例中,该 IC 包括用于消除该 ADC 电路的任何共模偏移的至少一个补偿电容器(例如 CoFP 和 / 或 CoFN)。如果该 MEMS 传感器的第一电容元件与该 IC 电解耦,则该开关网络电路可以在测量第二电容元件期间将该第二电容元件和该补偿电容器电耦合到该差分输入 ADC 电路的第一输入端。在图 5 的示例中,该 MEMS 电容器(CaP)和该补偿电容器(CoFP)形成电容器-电压传感器的一部分,该电容器-电压传感器被合并形成该 ADC 电路的输入端。

[0028] 请注意,只有用于测量加速度的 MEMS 传感器的电容元件才在测试中使用,该 MEMS 传感器不需要额外的测试电容器。这就使得该 MEMS 传感器需要更少的电路部件和电路接点,简化了设计。

[0029] 补充注释 & 示例

[0030] 示例 1 可包括或使用主题（例如一种装置），该主题包括微机电系统（MEMS）传感器和 IC，该 MEMS 传感器包括第一电容元件和第二电容元件，该 IC 包括开关网络电路和电容测量电路，该开关网络电路配置成将所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件与所述 IC 的第一输入端电解耦并且将所述第二电容元件电耦合到所述 IC 的第二输入端，该电容测量电路配置成在向被解耦的第一电容元件施加第一电信号期间测量所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件的电容。

[0031] 示例 2 中，示例 1 所述的主体可选地包括开关网络，该开关网络配置成将所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件与所述 IC 电解耦，并且将所述第一电容元件电耦合到所述 IC。所述电容测量电路可选地配置成在向被解耦的第二电容元件施加第二电信号期间测量所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件的电容。

[0032] 示例 3 中，示例 1-2 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括测试电路，该测试电路配置成：向所述被解耦的第一电容元件施加第一方波信号，向所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部电路节点施加第二方波信号。所述第二方波信号的相位可选地与所述第一方波信号的相位相反，并且所述电容测量电路可选地配置成在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间测量所述第二电容元件的电容。

[0033] 示例 4 中，示例 1 和 2 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括测试电路，该测试电路配置成：向所述被解耦的第一电容元件施加第一方波信号，以及向由所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部节点施加第二方波信号。所述第二方波信号与所述第一方波信号同相，并且所述电容测量电路配置成在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间测量所述电容。

[0034] 示例 5 中，示例 1-4 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括电容测量电路，该电容测量电路包括差分输入模数转换器（ADC）电路，该 ADC 电路配置成产生代表所述第二电容元件的电容的数字值。

[0035] 示例 6 中，示例 5 所述的主体可选地包括具有自测试电容器对的 IC。所述开关网络电路可选地配置成：将所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件电耦合到所述 ADC 电路的第一输入端，以及将所述自测试电容器对配置为所述 IC 内部的电容 - 电压传感器，并且将所述自测试电容器对电耦合到所述 ADC 电路的第二输入端。

[0036] 示例 7 中，示例 5-6 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括 IC，该 IC 包括配置成消除所述 ADC 电路的任何共模偏移的至少一个补偿电容器。所述开关网络电路可选地配置成在测量所述第二电容元件期间将所述第二电容元件和所述补偿电容器电耦合到所述差分输入 ADC 电路的所述第一输入端。

[0037] 示例 8 中，示例 5-7 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括差分输入 $\Sigma - \Delta$ ADC 电路。

[0038] 示例 9 中，示例 1-8 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括开关网络电路，该开关网络电路可选地配置成在测试模式和正常模式下工作。在所述测试模式下，所述开关网络可选地配置成将所述第一电容元件和所述第二电容元件中的至少一个与所述 IC 电解耦，在所述正常模式下，所述开关网络电路可选地配置成将所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件和所述第二电容元件耦合为第一电容元件对。所述第一电容元件对可选地配置成

响应于第一方向上的加速度而改变电容。

[0039] 示例 10 中, 示例 1-9 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括电容 - 电压传感器电路。

[0040] 示例 11 中, 示例 1-10 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括 MEMS 传感器, 该 MEMS 传感器包括加速计。

[0041] 示例 12 可包括以下主题 (例如一种用于实施行为的装置, 方法, 或者包括当由机器执行时使该机器实施行为的指令的机器可读介质), 或可选地与示例 1-11 的任意一个或任意组合相结合以包括以下主题, 该主题包括: 将 MEMS 传感器的第一电容元件与 IC 电解除耦, 向该被解耦的电容元件施加第一电信号, 以及在施加所述第一电信号期间测量所述 MEMS 传感器的第二电容元件的电容。该主题可包括解耦第一电容元件的装置, 其说明性示例可包括一个或多个开关电路或开关网络。该主题可包括将第一电信号施加到被解耦的电容元件的装置, 其说明性示例可包括测试电路。该主题可包括在施加所述第一电信号期间测量所述 MEMS 传感器的第二电容元件的电容的装置, 其说明性示例可包括电容测量电路、ADC 电路、差分 ADC 电路和差分 $\Sigma - \Delta$ ADC 电路。

[0042] 示例 13 中, 示例 12 所述的主体可选地包括: 将所述 MEMS 传感器的所述第二电容元件与所述 IC 电解除耦; 向所述第二电容元件施加第二电信号; 以及在施加所述第二电信号期间测量所述 MEMS 传感器的所述第一电容元件的电容。

[0043] 示例 14 中, 示例 12 和 13 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括: 将第一方波信号施加到所述第一电容元件; 将第二方波信号施加到所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部节点, 所述第二方波信号的相位与所述第一方波信号的相位相反; 在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间测量所述第二电容元件的电容。

[0044] 示例 15 中, 示例 12 和 13 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括: 将第一方波信号施加到所述第一电容元件; 将第二方波信号施加到所述第一电容元件和所述第二电容元件共用的外部节点, 其中, 所述第二方波信号与所述第一方波信号同相; 在施加所述第一方波信号和所述第二方波信号期间测量所述第二电容元件的电容。

[0045] 示例 16 中, 示例 12-15 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括: 利用差分输入 $\Sigma - \Delta$ 模数转换器 (ADC) 电路产生代表所述第二电容元件的电容的数字值。

[0046] 示例 17 中, 示例 16 所述的主体可选地包括: 将所述第二电容元件电耦合到差分输入 ADC 电路的第一输入端; 以及将所述 IC 内部的自测试电容器对电耦合到所述 ADC 电路的第二输入端, 其中所述自测试电容器对形成所述 IC 内部的电荷 - 电压传感器。

[0047] 示例 18 中, 示例 12-17 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括在测试模式期间测量所述第一电容元件和所述第二电容元件, 其中, 在正常工作模式下, 所述第一电容元件和所述第二电容元件包括第一电容元件对, 并配置成响应于第一方向上的加速度而改变电容。

[0048] 示例 19 中, 示例 12-18 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括: 在所述正常工作模式下, 使用至少一个补偿电容器来消除任何共模电压; 以及在所述测试模式期间, 在测量所述第二电容元件时, 将所述补偿电容器和所述第二电容元件电耦合到所述差分输入 ADC 电路的所述第一输入端。

[0049] 示例 20 中, 示例 12-19 的任意一个或任意组合所述的主体可选地包括: 测量加速

度 - 电容 MEMS 传感器的第二电容元件的电容。

[0050] 示例 21 可包括以下主题,或可选地与示例 1-20 中任意一个或多个示例的任一部分或多个任意部分的组合相结合以包括以下主题,该主题可包括:用于执行示例 1-20 的功能中的任意一种或多种功能的装置,或包括当由机器执行时使机器执行示例 1-20 的功能中的任意一种或多种功能的指令的机器可读介质。

[0051] 这些非限制性示例中的每一个可以是独立的,也可以并列组合或与其他示例中的一个或多个相结合。

[0052] 上述详细说明书参照了附图,附图也是所述详细说明书的一部分。附图以图解的方式显示了可应用本申请的具体示例。这些实施例在本申请中被称作“示例”。本申请所涉及的所有出版物、专利及专利文件全部作为本申请的参考内容,尽管它们是分别加以参考的。如果本申请与参考文件之间存在用途差异,则将参考文件的用途视作本申请的用途的补充,若两者之间存在不可调和的差异,则以本申请的用途为准。

[0053] 在本申请中,与专利文件通常使用的一样,术语“一”或“某一”表示包括一个或多个,但其他情况或在使用“至少一个”或“一个或多个”时应除外。在本申请中,除非另外指明,否则使用术语“或”指无排他性的或者,使得“A 或 B”包括:“A 但不是 B”、“B 但不是 A”以及“A 和 B”。在所附权利要求中,术语“包含”和“在其中”等同于各个术语“包括”和“其中”的通俗英语。同样,在所附权利要求书中,术语“包含”和“包括”是开放性的,即,系统、设备、物品或步骤包括除了权利要求中这种术语之后所列出的那些部件以外的部件的,依然视为落在该条权利要求的范围之内。而且,在下面的权利要求中,术语“第一”、“第二”和“第三”等仅仅用作标签,并非对对象有数量要求。

[0054] 上述说明的作用在于解说而非限制。上述实施例(或实施例的一个或多个方面)可结合使用。可以在理解上述说明书的基础上,利用现有技术的某种常规技术来执行其他示例。遵照 37C. FR. § 1. 72 (b) 的规定提供摘要,允许读者快速确定本技术公开的性质。提交本摘要时要理解的是该摘要不用于解释或限制权利要求的范围或意义。同样,在上面的具体实施方式中,各种特征可归类成将本公开合理化。这不应理解成未要求的公开特征对任何权利要求必不可少。相反,本申请的主题可在于特征少于特定公开的示例的所有特征。因此,下面的权利要求据此并入具体实施方式中,每个权利要求均作为一个单独的示例。应参看所附的权利要求,以及这些权利要求所享有的等同物的所有范围,来确定本申请的范围。

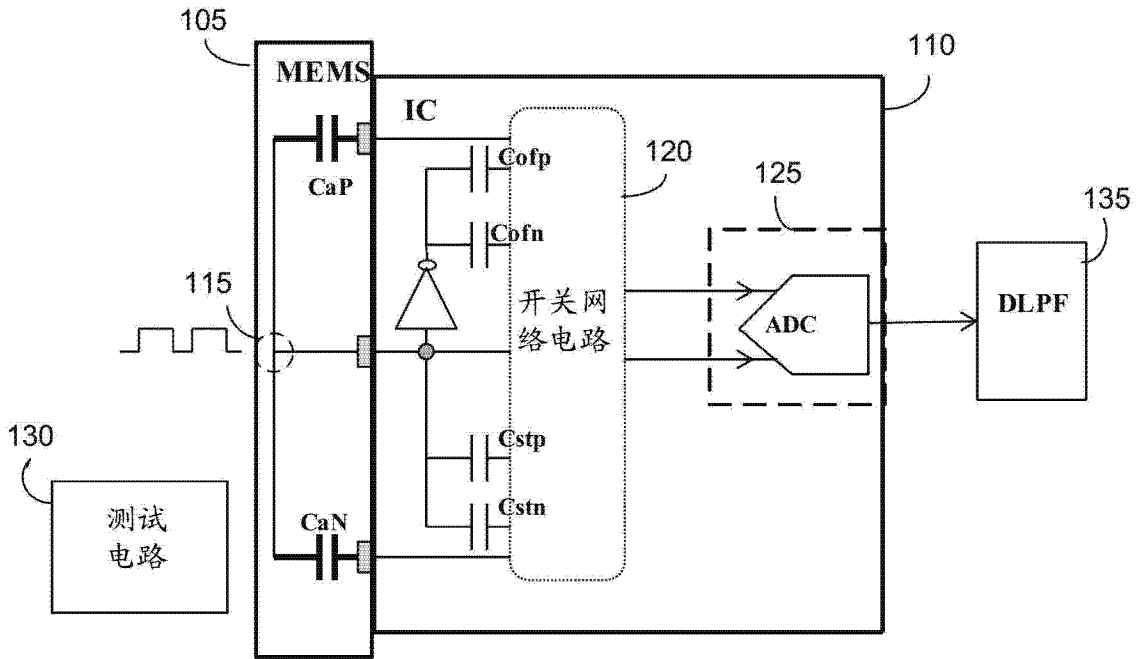


图 1

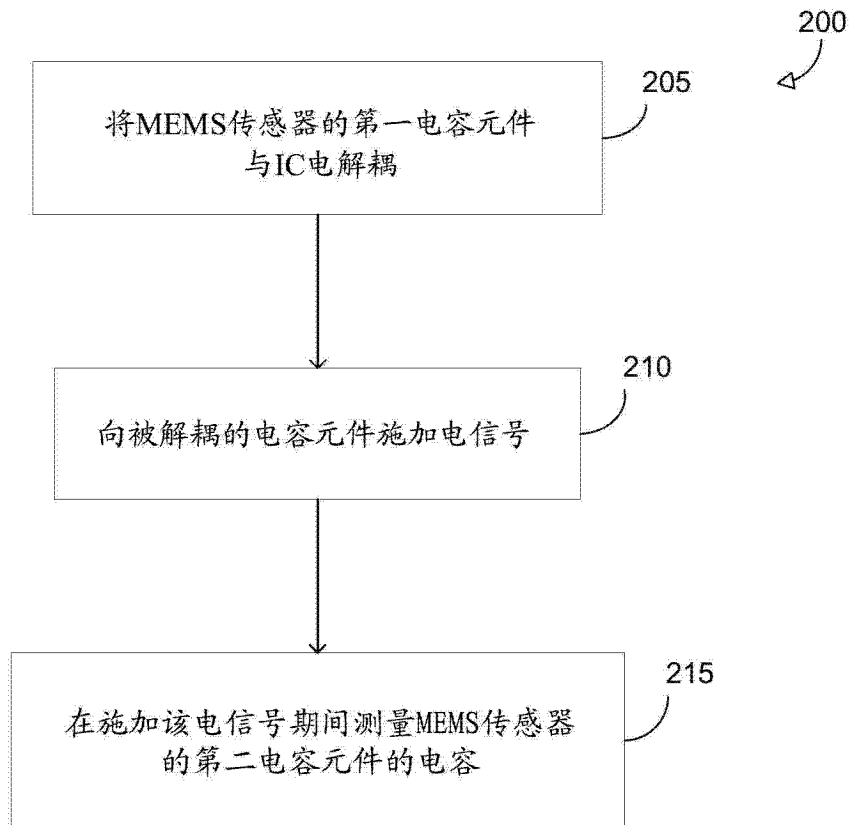


图 2

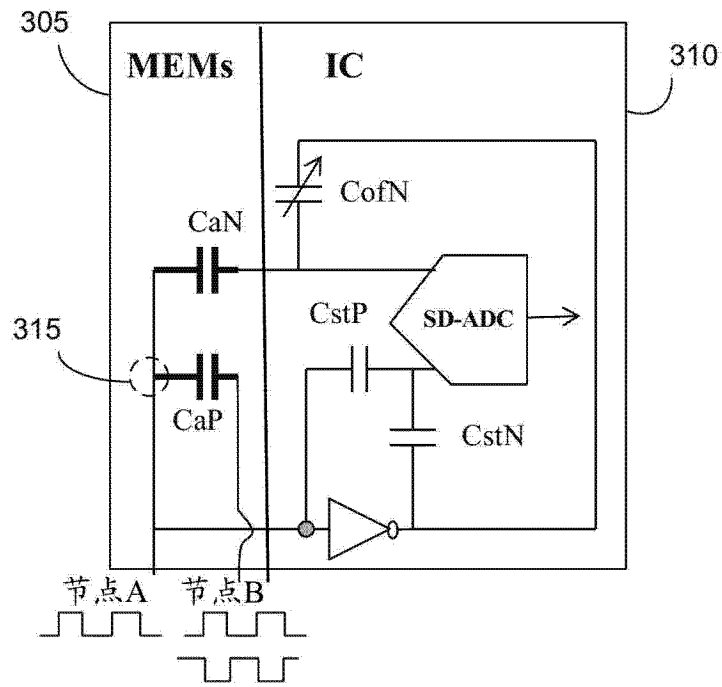


图 3

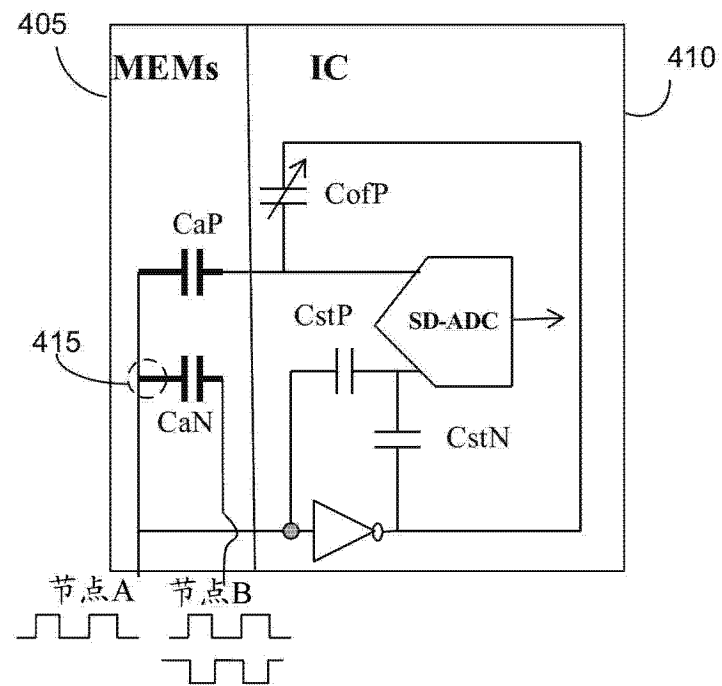


图 4

