



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108398142 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(21)申请号 201810111012.X

(22)申请日 2018.02.05

(30) 优先权数据

17154758.1 2017.02.06 EP

(71)申请人 迈来芯电子科技有限公司

地址 瑞士伯韦

(72)发明人 J·L·拉曼 P·龙包茨

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 姬利永 黃嵩泉

(51) Int.Cl.

G01D 5/16(2006.01)

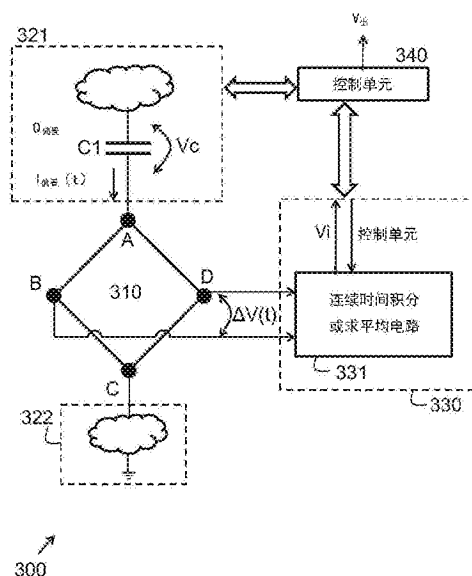
权利要求书4页 说明书19页 附图9页

(54)发明名称

用于电阻传感器结构的偏置和读出的方法和电路

(57)摘要

一种偏置和读出具有两个激励节点(A、C)和两个读出节点(B、D)的无源电阻传感器结构(301)的方法,所述方法包括以下步骤:a)确定与第一电荷量(Q1)对应的第一电容器(C1)的第一状态(V1);b)偏置传感器结构使得偏置电流(I_{偏置})在第一时间间隔(T1)期间流过所述第一电容器(C1),c)确定(430)与第二电荷量(Q2)对应的第一电容器(C1)的第二状态(V2);d)在与第一时间间隔(T1)有关的第二时间间隔(T2)期间,对读出信号积分或求平均,由此获得被积分或被求平均的读出信号(V_i);e)基于被积分或被求平均的读出信号(ΔV_i)和第一电容器(C1)的状态变化(ΔV)来确定(440)传感器读出信号(V_{out})。



1. 一种偏置电阻传感器结构 (310;510;710;810) 和从所述传感器结构获得传感器读出信号或传感器读出值 ($V_{\text{出}}$) 的方法, 所述电阻传感器结构包括两个激励节点 (A、C) 和两个读出节点 (B、D), 且被适用于当在其激励节点 (A、C) 处被偏置电路 (321, 322; 521, 522; 721, 722; 821, 822) 偏置时, 在其读出节点 (B、D) 处提供瞬时读出信号 (ΔV), 所述方法包括以下步骤:

a) 设置或测量或检测 (410) 第一电容器 (C1) 的第一状态 (V_1, Q_1), 所述第一状态对应于第一电荷量 (Q_1);

b) 借助于包括所述第一电容器 (C1) 的偏置电路偏置 (420) 所述电阻传感器结构以便允许或迫使 (420) 偏置电流 ($I_{\text{偏置}}$) 在第一时间间隔 (T_1) 期间通过所述第一电容器 (C1) 和通过所述电阻传感器结构;

c) 在第一时间间隔结束时确定或测量或检测 (430) 所述第一电容器 (C1) 的第二状态 (Q_2, V_2), 所述第二状态对应于第二电荷量 (Q_2);

d) 在具有相对于所述第一时间间隔 (T_1) 的预定义关系的第二时间间隔 (T_2) 期间, 对在所述读出节点 (B、D) 之上的瞬时读出信号 (ΔV) 进行积分或求平均 (440), 由此获得被积分或被求平均的读出信号 (V_i);

e) 基于所述被积分或被求平均的读出信号 (V_i) 以及至少所述第一电容器 (C1) 的状态变化 ($\Delta Q, \Delta V$) 来确定 (440) 所述传感器读出信号或所述传感器读出值 ($V_{\text{出}}$), 其中所述状态变化与在至少所述第一电容器 C1 的所述第一状态与所述第二状态之间的电荷的差有关。

2. 如权利要求1所述的方法,

其中所述第一时间间隔 (T_1) 与所述第二时间间隔 (T_2) 重合;

或者其中所述第一时间间隔 (T_1) 和所述第二时间间隔 (T_2) 具有相同的持续时间, 但是所述第二时间间隔 (T_2) 的开始晚于所述第一时间间隔 (T_1) 的结束发生;

或者其中所述第二持续时间 (T_2) 与所述第一持续时间 (T_1) 的比率 (R) 是大于1的预定义的整数值, 且其中步骤e) 包括进一步考虑所述预定义的比率 (R) 来确定所述传感器读出信号或传感器读出值。

3. 如权利要求1所述的方法, 其中所述第一时间间隔 (T_1) 具有预定义的第一持续时间, 并且其中所述第二时间间隔 (T_2) 具有预定义的第二持续时间。

4. 如权利要求1所述的方法, 其中所述第一时间间隔 (T_1) 具有预定义的开始时刻 ($T_{\text{开始}}$), 但是动态地被确定的结束时刻 ($T_{\text{结束}}$), 该动态地被确定的结束时刻 ($T_{\text{结束}}$) 被定义为在所述第一电容器 (C1) 之上的电压等于预定义的电压电平 (V_{c2}) 的时刻。

5. 如前述权利要求中任一项所述的方法,

其中步骤d) 包括使用连续时间积分或连续时间求平均电路 (331; 531; 731; 831) 对瞬时读出信号 (ΔV) 进行积分或求平均;

以及任选地, 其中步骤e) 包括通过根据以下公式或等效公式之一进行计算来确定 (440) 传感器读出信号 ($V_{\text{出}}$):

$$V_{\text{出}} = A \times V_i / Q_{\text{偏置}}, \text{ 或者}$$

$$V_{\text{出}} = V_{\text{出}0} (1 + B \times (Q_{\text{偏置}} - Q_{\text{偏置ref}})),$$

其中 $V_{\text{出}}$ 是补偿偏置电流漂移的传感器读出信号, A 是预定义的比例因子, V_i 是作为步骤 d) 的结果的由所述连续时间积分或连续时间求平均电路提供的信号, $Q_{\text{偏置}}$ 代表在所述第二

时间间隔 (T2) 期间已经流过所述电阻传感器结构的总电荷量, $Q_{\text{偏置ref}}$ 代表在所述第二时间间隔 (T2) 期间标称地流过所述电阻传感器结构的预定义的电荷量, $V_{\text{出0}}$ 是在假定在所述第二时间间隔 (T2) 期间所述预定义的电荷量已经流过所述电阻传感器结构的情况下, 从 V_i 获得的没有补偿偏置漂移的传感器读出信号, 并且 B 是预定义的补偿因子。

6. 如权利要求5所述的方法, 其中代表已经流过所述电阻传感器结构 (310; 510; 710; 810) 的总电荷量的量 $Q_{\text{偏置}}$ 通过以下公式或等效公式之一来计算:

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) \cdot C_{\text{val}} \cdot (T2/T1), \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) \cdot (T2/T1), \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2})$$

其中 V_{c1} 是在所述第一时间段 (T1) 开始时的在所述第一电容器 (C1) 之上的电压, V_{c2} 是在所述第一时间段 (T) 结束时的在所述第一电容器 (C1) 之上的电压, 且 C_{val} 是所述第一电容器 (C1) 的电容, 且 $T2$ 是在其期间所述瞬时读出信号 (ΔV) 被累积地积分的一个或多个第二时间间隔 (T2) 的累积的持续时间。

7. 如权利要求5所述的方法,

其中所述偏置电路此外包括第二电容器 (C2),

且其中所述偏置电路此外被配置用于允许或迫使所述偏置电流 ($I_{\text{偏置}}$) 选择性地或交替性地或流过所述第一电容器 (C1) 和所述电阻结构或流过所述第二电容器 (C2) 和所述电阻结构;

且任选地其中代表已经流过所述电阻传感器结构 (310; 510; 710; 810) 的总电荷量的 $Q_{\text{偏置}}$ 通过以下公式或等效公式之一来计算:

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) \cdot C_{\text{val1}} \cdot K + (V_{c3} - V_{c4}) \cdot C_{\text{val2}} \cdot M, \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) \cdot K + (V_{c3} - V_{c4}) \cdot C_{\text{val2}} / C_{\text{val1}} \cdot M, \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) \cdot C_{\text{val1}} / C_{\text{val2}} \cdot K + (V_{c3} - V_{c4}) \cdot M, \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) \cdot K + (V_{c3} - V_{c4}) \cdot M, \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) + (V_{c3} - V_{c4}) \cdot M / K, \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) \cdot K / M + (V_{c3} - V_{c4}), \text{或}$$

$$Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) + (V_{c3} - V_{c4}),$$

其中 V_{c1} 是在一个或多个第二时间段 (T2) 开始时在第一电容器 (C1) 之上的电压, V_{c2} 是在所述一个或多个第二时间段 (T2) 结束时在第一电容器 (C1) 之上的电压, C_{val1} 是第一电容器 (C1) 的电容, K 是当对应的偏置电流正在流过第一电容器 (C1) 时瞬时读出信号 (ΔV) 被累积地积分的次数, 并且其中 V_{c3} 是在一个或多个第二时间段 (T2) 开始时在第二电容器 (C2) 之上的电压, V_{c4} 是在所述一个或多个第二时间段 (T2) 结束时在第二电容器 (C2) 之上的电压, C_{val2} 是第二电容器 (C2) 的电容, M 是当对应的偏置电流正在流过第二电容器 (C2) 时瞬时读出信号 (ΔV) 被累积地积分的次数。

8. 一种用于偏置电阻传感器结构 (310; 510; 710; 810) 和用于从所述传感器结构获得传感器读出信号或传感器读出值 ($V_{\text{出}}$) 的设备 (300; 500; 700; 800), 所述设备包括:

用于设置或用于测量或用于检测第一电容器 (C1) 的第一状态 (V_1, Q_1) 的装置, 所述第一状态对应于第一电荷量 (Q_1);

偏置电路 (321, 322; 521, 522; 721, 722; 821, 822), 包括被连接到或可连接到所述电阻

传感器结构的所述激励节点 (A,C) 中的至少一个激励节点的所述第一电容器 (C1), 用于允许或迫使 (420) 偏置电流 ($I_{\text{偏置}}$) 在第一时间间隔期间流过所述第一电容器 (C1) 和流过所述电阻传感器结构;

连续时间积分器或平均器 (531;731;831), 其具有被连接到或可连接到所述电阻传感器结构的读出节点 (B、D) 的输入, 并且适用于提供表示在读出节点 (B、D) 之上的瞬时差分电压信号 (ΔV) 的连续时间积分或平均的输出信号;

用于设置或用于测量或用于检测第一电容器 (C1) 的第二状态 (V_2, Q_2) 的装置, 所述第二状态对应于在第一时间间隔 (T_1) 结束时的第二电荷量 (Q_2);

控制单元 (340;540;740;840), 其适用于控制所述偏置装置, 使得所述偏置电流在第一时间间隔 (T_1) 期间流过所述第一电容器 (C1) 和流过所述电阻传感器结构,

所述控制单元进一步适用于控制所述连续时间积分器积分或求平均电路, 使得所述差分电压信号 (ΔV) 在第二时间间隔 (T_2) 期间被累积地积分或求平均;

所述控制装置进一步被适用于基于被积分或被求平均的信号 (V_i) 以及至少所述第一电容器 (C1) 的状态变化 ($\Delta Q, \Delta V$) 来确定所述传感器读出信号或所述传感器读出值, 其中所述状态变化与在至少所述第一电容器的所述第一状态与所述第二状态之间的电荷的差有关。

9. 如权利要求8所述的设备 (300;500;700;800), 进一步包括:

定时器单元, 用于确定或设置或捕获所述第一时间间隔 (T_1) 的持续时间和用于确定或设置或捕获所述第二时间间隔 (T_2) 的持续时间; 和/或

比较器单元, 用于确定所述第一电容器 (C1) 的所述第二状态 (V_2, Q_2) 达到预定义的值 ($V_{\text{高}}$) 的时刻; 和/或

开关装置 (S501-S503; S701-S708; S801-S807, S890), 用于选择性地将所述第一电容器 (C1) 连接到节点 ($V_{\text{dd}}, G_{\text{nd}}, N_3$) 以对所述第一电容器 (C1) 预充电, 并且用于选择性地将所述第一电容器 (C1) 连接到所述电阻结构的至少一个激励节点 (A,C) 以允许或迫使所述偏置电流流过所述第一电容器 (C1) 和流过所述电阻传感器结构 (310;510;710;810)。

10. 如权利要求8所述的设备 (500;700;800),

此外包括运算放大器, 该运算放大器具有被连接到或可连接到参考电压 (V_{ref}) 第一输入 (N_1), 且具有可操作地被连接到或可连接到所述电阻传感器结构的第二输入 (N_2),

且其中所述设备可配置在其中所述第一电容器 (C1) 以使得流过所述电容器的电流也流过所述电阻传感器结构的方式被连接到所述运算放大器的操作模式中。

11. 如权利要求10所述的设备 (500;700;800),

其中所述运算放大器的所述第二输入 (N_2) 可操作地被连接到所述电阻传感器结构的所述激励节点 (A、C) 中的一个激励节点;

或其中所述运算放大器的所述第二输入 (N_2) 可操作地被连接到所述电阻传感器结构的所述读出节点 (B、D) 中的一个或两个读出节点。

12. 如权利要求10所述的设备 (800),

进一步包括共模电压发生器电路 (824), 其具有被连接到所述电阻传感器结构的所述两个读出节点 (B,D) 或所述两个激励节点 (A,C) 的两个输入, 并被适用于生成共模电压 (V_{cm});

且其中所述运算放大器 (823) 的输入 (N2) 被连接到所述共模电压发生器电路的输出。

13. 如权利要求8所述的设备 (700;800) ,

进一步包括被连接到或可连接到所述电阻传感器结构的所述激励节点 (A,C) 中的至少一个激励节点的第二电容器 (C2) ;

且其中所述控制装置 (740;840) 被进一步适用于设置或用于测量所述第二电容器 (C2) 的第三状态 (V3,Q3) , 并且用于任选地测量所述第二电容器 (C2) 的第四状态 (V4,Q4) 。

14. 如权利要求8所述的设备 (700;800) , 其中所述连续时间积分器或平均器 (531;731;831) 是从由以下组成的组中选择的电路:

- 可重置的连续时间积分器电路;

- 后接适用于评估在第二时间间隔 (T2) 结束时的低通滤波输出相对于在所述时间间隔 (T2) 开始时的所述低通滤波输出的变化的电路的连续时间积分器或低通滤波器,

- 单斜率积分ADC,

- 多斜率积分ADC,

- 连续时间sigma-delta调制器,

- 基于积分的低噪声放大器,

- 基于积分的电压-时间转换电路,

- 基于VCO的转换电路。

15. 如权利要求8至14中任一项所述的设备 (300;500;700;800) ,

进一步包括所述电阻传感器结构 (310;510;710;810) 。

用于电阻传感器结构的偏置和读出的方法和电路

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及传感器领域,更具体地涉及用于偏置和用于读出电阻传感器结构(诸如例如惠斯通电桥(Wheatstone bridge)或霍尔元件)的电路和方法。

背景技术

[0002] 电阻传感器在本领域内是已知的。两个公知的示例为:惠斯通电桥和霍尔元件。

[0003] 惠斯通电桥被用于例如在压力传感器中,且使用压阻元件和用于偏置和读取电桥结构的电路的基本原理几十年来在本领域中是已知的,参见例如GB1547592(1979年公开)。

[0004] 用于测量磁场的霍尔元件也是非常公知的,且尤其被用于电流传感器或角位置传感器中,其中磁场(例如由永磁体生成)在传感器设备的若干个位置处被测量,且被转换为角位置,如在例如W09854547(1998年公开)中所描述的。

[0005] 然而,惠斯通电桥和霍尔元件是无源电阻结构,且需要在可以从他们取回输出信号之前传导电流。术语“偏置(biasing)”被用于向这样的结构施加电压或电流。术语“读出”被用于从这样的结构取回传感器信号或传感器值。

[0006] 在这两种情况下,无源电阻结构的“直接输出信号”是差分电压信号 ΔV ,但是对于上面给出的示例,要测量的实际物理值是“压力”和“角位置”。这需要另一个转换步骤,例如其可以涉及在压力传感器的情况下与常数因子的乘积,和/或可以涉及两个或更多个磁场值的测量以及测角操作。这样的转换是本领域已知的,但不是本发明的焦点,并因此在本文中将被不被进一步讨论。

[0007] 本发明关心从无源电阻传感器结构获得准确值。无源电阻结构的一个问题被称为“零点偏移”。如果传感器信号的DC值为不相关的,则在本领域中尤其通过被称为“斩波”的技术解决该问题,并且在霍尔元件的情况下通过被称为“自旋电流”的技术解决该问题。但是这些技术并不解决所有不准确,特别地与机械应力和/或温度变化有关和/或由于电压变化的问题。

[0008] 为了更好地理解和领会本发明,首先偏置和读出霍尔元件的经典方法将参考图1(a)至图1(f)来描述,且针对惠斯通电桥参考图2。

[0009] 基本的霍尔元件(也称为“霍尔板”)由被提供有至少四个电触头的导电材料构成。为了利用“霍尔效应”,电流必须流经元件。经由将被称为“电流节点”或“激励节点”或“输入节点”的触头中的两个触头来供应偏置电流 I 。被称为“感测触头”或“读出节点”或“输出节点”的两个其他触头典型地被放置在等电位线上,以使得感测触头之间的电压差在没有磁场的情况下为零。在图1(a)中图示了使用水平霍尔元件测量磁场分量 B_z 的原理。对于霍尔读出,电流触头A、C和感测触头B、D彼此交替。如果激励电流 I_{ex} 被施加到电流触头A、C,并且如果平面外磁场 B_z 被施加到该元件,则与施加的磁场 B_z 成比例的霍尔电压 V_H 将出现在感测触头B、D之间;换句话说, $V_H = V_B - V_D$ 。

[0010] 存在两种常用的方法用于实现偏置电流。一种方法使用电流源,在这种情况下,施加的电流 I 的标称值是已知的($I = I_{ex}$)。这种情况的可能的实施方式在图1(b)中被示出。另

一种方法使用电压源,在这种情况下,在板之上的标称电压是已知的($V=V_{ex}$)。这种类型的实施方式在图1(c)中被示出。要注意的是,在上文偏置源的标称值被认为是已知的情况下,实际值通过各种机制偏离该标称(或预期)值。这可以是由于老化或由于诸如温度依赖性、寄生应力(例如来自封装)等之类的环境影响。考虑到传感器的使用寿命,偏置源参数漂移离开它们的预期(标称)值。

[0011] 当施加“电流偏置”时,板之上的电压不是完全已知的,而取决于板的电阻。在“电压偏置”的情况下,流过板的电流不是完全已知的,而是由板的电阻决定。霍尔板的该电阻随着温度和应力(例如通过压阻效应)而变化,并构成另一个漂移源。传感器电阻也影响传感器结构对所施加的偏置的变化的动态响应,这是当应用“旋转电流技术”时所需要的。

[0012] 图2示出连接到惠斯通电桥的偏置电路。在所示的示例中,偏置电路将恒定电压 V_{dd} 施加到激励节点A、C。以类似于图1的方式,可以在输出节点B、D之上测量电桥的差分输出 ΔV_{out} 。尽管没有在图2中示出,但也可能向激励节点A、C注入恒定电流,并读出在节点D、B之上的电压 V_{out} 。然后,真实传感器信号(意味着要由传感器结构实际测量的值,例如在膜上施加的压力)是输出信号 ΔV_{out} 和 V_{dd} 的函数,但也是诸如温度、封装应力等之类的其他因素的函数。尽管传感器结构的输出电压 ΔV_{out} 与要测量的实际物理信号(例如压力)之间的关系可以使用被称为“传感器的灵敏度”的常数因子通过线性关系被很好地近似,但在实践中灵敏度不是完全恒定的,并且需要针对温度变化和/或封装应力进行校正。

[0013] 对于所考虑的传感器,偏置源的漂移导致传感器灵敏度的偏移。对于霍尔传感器,传感器结构本身的压阻效应也可以是漂移源。传感器的总漂移需要在其使用寿命内被保持在边界范围内,这可能需要补偿。

[0014] 具有惠斯通电桥的传感器近年来仍然正在被发展中,但焦点已转移到更准确的传感器,例如具有对应力和/或温度的降低的敏感度的传感器,例如如在主要聚焦在压阻元件的特殊布置上的EP0736756(公开于1996年)中所描述的,或者如在聚焦在压阻元件的特殊布置和偏置电路两者上的EP3032235(公开于2016年)中所描述的。

[0015] 同样,具有一个或多个霍尔元件的传感器近年来仍然正在被设计中,而且同样对于这种类型的传感器,进行了大量努力以改善准确度并使灵敏度更少依赖于外部影响。被称为“偏移误差”的霍尔元件的一个问题正在通过公知且广泛的“自旋电流技术”来解决,但是显著的努力正在被做出以同样减少其他影响,特别是应力和温度影响,如例如在EP3109658(公开于2016年12月28日)中所描述的。

发明内容

[0016] 本发明的目的是提供用于偏置和读出电阻传感器结构(例如惠斯通电桥或霍尔元件)的方法和电路。

[0017] 本发明的实施例的具体目的是提供能够偏置和读出电阻传感器结构以获得更准确和/或对至少一些外部影响(特别对寄生机械应力(例如封装应力)和/或温度变化)较不敏感的结果的这种方法 and 电路

[0018] 本发明的实施例的具体目的是提供可以放宽在对温度和/或应力变化的长期稳定性和独立性方面对偏置电路的要求的这种方法 and 电路。

[0019] 这些和其他的目的通过根据本发明的实施例的方法和电路来实现。

[0020] 在第一方面,本发明提供偏置电阻传感器结构以及从所述传感器结构获得传感器读出信号或传感器读出值的方法,该电阻传感器结构包括两个激励节点和两个读出节点,且被适用于当在其激励节点处被偏置电路偏置时在其读出节点处提供瞬时读出信号;所述方法包括以下步骤:a) 设置或测量或检测第一电容器的第一状态,所述第一状态对应于第一电荷量;b) 借助于包括所述第一电容器的偏置电路偏置电阻传感器结构以便允许或迫使偏置电流在第一时间间隔期间通过所述第一电容器和通过所述电阻传感器结构;在第一时间间隔期间偏置电流可以同时地或在时间上的不同时刻流过所述第一电容器和流过所述电阻传感器结构;c) 在第一时间间隔结束时确定或测量或检测第一电容器的第二状态,第二状态对应于第二电荷量;d) 在具有相对于所述第一时间间隔的预定义关系的第二时间间隔期间,对在所述读出节点之上的瞬时读出信号进行积分或求平均,由此获得被积分或被求平均的读出信号;e) 基于被积分或被求平均的读出信号以及至少所述第一电容器的状态变化来确定传感器读出信号或传感器读出值,其中所述状态变化与在至少第一电容器C1的第一状态与第二状态之间的电荷差有关。

[0021] 在步骤d) 中的“积分或求平均”可以意味着“在连续时间内积分或求平均”。

[0022] 在现有技术中,存在这种测量的两个主要的不准确的原因:(1) 第一个原因涉及偏置不准确,这是由于偏置源(例如电流源或电压源)的温度和应力变化(例如老化或长期漂移效应),以及(2) 第二个原因由于电阻结构本身的温度和应力变化。第一种不准确和第二种不准确可以并且典型地在现有技术中被分开地解决。本发明主要聚焦在与偏置电路相关的第一种不准确。任何已知的用于补偿或减少第二种不准确的技术可以与本发明组合使用。

[0023] 尽管许多现有技术解决方案试图尽可能地减少或消除偏置源(例如,电流源或电压源)的温度和/或应力影响,且试图在各种温度和应力条件下获得随时间的“完美恒定”的电流或电压,本发明采用完全不同的方法,且不要求偏置电流或偏置电压随时间“完美恒定”且独立于温度和/或应力,且甚至根本不需要偏置电流或偏置电压恒定,甚至在单次测量期间也不需要,这通过使用连续时间积分或平均电路成为可能。

[0024] 本发明的优点是读出信号或读出值变得较少依赖于偏置源的应力和温度影响。

[0025] 第一时间间隔和第二时间间隔可以具有相同的开始和结束,并且因此在绝对时间上重合,或者可以是在绝对时间上的不同的时间间隔但是具有相同的持续时间,或者可以具有有着预定义比率“R”的第一持续时间和第二持续时间。

[0026] “设置电容器的状态”可以意味着例如在电容器上“施加电压”。公知的是,电容器之上的电压和电容器上存储的电荷通过以下公式被直接地相互关联: $C=Q/V$,C是电容器的“容量”。

[0027] 该方法理想地适合于测量诸如例如霍尔元件或惠斯通电桥(例如包括一个或多个压阻元件)之类的无源电阻传感器结构的值。

[0028] 这种方法的优点是,当步骤b) 中的偏置的持续时间(当确定 $Q_{\text{偏置}}$ 时)和差分输出信号的积分的持续时间被取为相等时,测量的绝对持续时间是不重要的。

[0029] 与现存方法的关键区别在于,传感器读出信号或传感器读出值不是基于固定的(标称的)电流值(其中真实电流对应力和/或温度变化敏感)或固定的(标称的)电压值(其中真实电压对应力和/或温度变化敏感)来确定或计算,而是基于实际已经流过传感器结构

的实际电荷量来确定或计算。

[0030] 另一个关键的方面是,当偏置电流正在流过传感器结构时,所得的传感器输出在连续时间内被积分和放大。这提供了额外的滤波效果,其改善了信噪比且因此改善了测量的准确度。

[0031] 这种方法的优点是它允许以对例如如由应力和温度变化引起的偏置源漂移高度不敏感的方式来测量传感器读出信号。与需要不管温度、机械应力和老化效果具有随时间尽可能地“恒定”的值的高度“恒定”和“稳定”的电流或电压的许多现有技术电路相反,这允许使用对温度和/或机械应力具有相对较大灵敏度的电流源或电压源。因此,本发明的偏置电路相比一些现有技术的解决方案的偏置电路可以不那样复杂,或者使用完全不同的方法来解决这个问题。

[0032] 使用电容器的优点是因为它允许流过电阻结构的总电荷量可以相对容易地被确定,例如通过在实际测量之前和在实际测量之后测量存储在电容器上的电荷量,例如通过在积分时段之前和之后测量电容器之上的电压,或者甚至不测量电压,而是通过在时间间隔开始时设置电压,并且通过停止由适用于检测电容器之上的电压是否已达到一定的阈值的比较器触发的放电和积分。

[0033] 该方法的特定的优点是:(i)低噪声读出(主要涉及连续时间积分),特别是如果使用基于积分的低噪声放大器,(ii)偏置源的设计变得不太关键,因为对温度和/或应力的更多的交叉灵敏度可以被容忍而不劣化传感器性能,以及(iii)传感器读出信号或传感器读出值对(绝对)时间段内的漂移高度不敏感。

[0034] 在实施例中,该方法进一步包括以下步骤:针对电阻结构的温度变化和/或施加在电阻结构上的应力校正传感器读出信号或传感器读出值。可以使用任何已知的校正技术,例如其中该电路进一步包括温度传感器和机械应力传感器的技术,且该方法进一步包括从所述传感器获得温度和压力值,并且步骤e)进一步包括考虑所述温度值和所述应力值。

[0035] 尽管已经存在使用温度传感器和应力传感器的偏置和读出电路,但是就本发明人已知,这种电路不使用如本文所述的方法,其通过不必须补偿温度和应力对偏置电路的影响而仅补偿对电阻结构的影响来进一步改善读出信号的准确度。

[0036] 在实施例中,第一时间间隔与第二时间间隔重合;

[0037] 这是特殊情况,其中偏置的步骤b)和积分或求平均的步骤d)在相同时间发生,因此在偏置发生的同时并且只要偏置发生,且其中精确的偏置电流也流过C1,就进行积分或求平均。该方法在概念上是最容易理解的,并归结为确定“用 $Q_{\text{偏置}}$ 归一化的”读出信号,作为考虑偏置电路的温度和/或应力效应的方式。

[0038] 在实施例中,第一时间间隔和第二时间间隔具有相同的持续时间,但是第二时间间隔的开始晚于第一时间间隔的结束发生;

[0039] 这是特殊的情况,其中步骤b)首先发生,例如用于确定第一电容器的第一状态和第二状态,任选地不读出信号,并且其中步骤d)在时间上稍后被执行,使用相同的偏置条件并且达到相同的持续时间但是没有确定第一电容器的第一状态和第二状态(其是已知的),同时对读出信号积分或求平均。

[0040] 在实施例中,第二持续时间与第一持续时间的比率是大于1的预定义的整数值,并且其中步骤e)包括进一步考虑所述预定义的比率来确定传感器读出信号或传感器读出值。

[0041] 这是特殊情况,其中积分或求平均在多个时间间隔上发生,例如在两个时间间隔上发生,优选地没有在其间重置积分电路或求平均电路。

[0042] 在实施例中,第一时间间隔具有预定义的第一持续时间,并且其中第二时间间隔具有预定义的第二持续时间。

[0043] 时间间隔的持续时间可以是预定义的固定持续时间,例如由定时器或计数器单元设置。这样的实施例在本文中被称为“固定时间模式”,其示例在图6和图7中被示出。

[0044] 在实施例中,第一时间间隔具有预定义的开始时刻,但是动态地被确定的结束时刻,该动态地被确定的结束时刻被定义为在第一电容器上的电压等于预定义的电压电平的时刻。

[0045] 在这种情况下,第一持续时间不是固定的或预定义的,而是被动态地确定。

[0046] 在示例中,在第一时间间隔开始之前或者在第一时间间隔开始时,预定义的电压V1被施加到第一电容器,在第一时间间隔开始时,偏置电流被允许或被迫使流过电容器和电阻传感器结构,并且第一时间间隔的结束被定义为在第一电容器之上的电压达到预定义的电压电平V2的时刻。这样的实施例在本文中被称为“固定的 ΔV 模式”,其示例在图8中被示出。

[0047] 在实施例中,步骤d)包括使用连续时间积分或连续时间求平均电路对瞬时读出信号进行积分或求平均。

[0048] 在实施例中,步骤e)包括通过根据以下公式之一进行计算来确定传感器读出信号: $V_{\text{出}}=A \times V_i/Q_{\text{偏置}}$;或 $V_{\text{出}}=V_{\text{出}0}(1+B \times (Q_{\text{偏置}}-Q_{\text{偏置 ref}}))$,或等效公式,其中 $V_{\text{出}}$ 是补偿偏置电流漂移的传感器读出信号,A是预定义的比例因子, V_i 是作为步骤d)的结果的由连续时间积分或连续时间求平均电路提供的信号, $Q_{\text{偏置}}$ 代表在第二时间间隔期间已经流过电阻传感器结构的总电荷量, $Q_{\text{偏置 ref}}$ 代表在第二时间间隔期间标称地(nominally)流过电阻传感器结构的预定义的电荷量, $V_{\text{出}0}$ 是在假定在第二时间间隔期间所述预定义的电荷量已经流过电阻传感器结构的情况下,从 V_i 获得的没有补偿偏置漂移的传感器读出信号,并且B是预定义的补偿因子。

[0049] 注意到,取决于特定的实施方式, $Q_{\text{偏置}}$ 可以对应于在通过传感器结构仅放电一次($N=1$)的单个电容器上存储的电荷,或者可以对应于在放电预定义的次数($N>1$)同时输出信号被累积地积分的单个电容器上存储的电荷,或者可以对应于在每个电容器仅放电一次的多个电容器上存储的总电荷,或者可以对应于在其中的至少一些放电多于一次的多个电容器上存储的总电荷。以该方式,可以改善SNR。

[0050] 注意到, $Q_{\text{偏置}}$ 取决于至少第一电容器的状态的变化(例如 ΔQ 、 ΔV)。

[0051] “ $Q_{\text{偏置}}$ 代表总电荷量”意味着 $Q_{\text{偏置}}$ 等于该电荷量,或者 $Q_{\text{偏置}}$ 与该电荷量成比例,所涉及的比例因子基本上独立于电荷量。基本独立于电荷量的已知因子是任何集成的电容器的电容,例如,第一电容器C1的电容 C_{val} 。

[0052] 前一个公式是非线性化的补偿公式,且当 $Q_{\text{偏置}}$ 实质性偏离 $Q_{\text{偏置 ref}}$ 时保持有效,例如, $Q_{\text{偏置}}$ 是 $Q_{\text{偏置 ref}}$ 的两倍甚至十倍大。

[0053] 后一个公式是线性化的补偿公式,当 $Q_{\text{偏置}}$ 与 $Q_{\text{偏置 ref}}$ 有相对较小的偏离(例如小于10%)时有效,这主要是当 $Q_{\text{偏置}}$ 仅受小的漂移现象影响时的情况。

[0054] 上述预定的因子中的任何因子(例如比例因子A和/或补偿因子B)可以是温度的已

知函数,其也可以借助于校准来确定。

[0055] 在实施例中,代表已经流过电阻传感器结构的总电荷量的量 $Q_{\text{偏置}}$ 通过以下公式之一来计算:

[0056] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) * C_{va1} * (T_2 / T_1)$, 或 $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) (T_2 / T_1)$, 或 $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2})$, 其中 V_{c1} 是在第一时间段开始时的第一电容器之上的电压, V_{c2} 是在第一时间段结束时第一电容器之上的电压,且 C_{va1} 是第一电容器的电容,且 T_2 是在其期间瞬时读出信号被累积地积分的一个或多个第二时间间隔的累积的持续时间。

[0057] 在数学形式中, $T_2 / T_1 = N$,其中 N 优选为整数值,使得 T_2 可以由数次迭代组成。

[0058] 在实施例中, T_2 的持续时间等于 T_1 的持续时间,因此 $N=1$ 。

[0059] 在实施例中, T_2 的持续时间是 T_1 的持续时间的 N 倍, N 是大于1或者大于2或大于3,或者大于5,或者大于10的整数值。

[0060] 在开始时的电压 V_{c1} 可以被设定(例如被施加)或者可以被测量。电压 V_{c2} 例如在时间段固定的情况下可以被测量,或者例如在时间段不固定的情况下可以例如是预定的阈值。

[0061] 注意到, C_{va1} 是电容器的电容,其是与应力和温度无关的常数值。当然,如果该设备包括并联连接的多个电容器,则总电荷是已经流过电容器中的每个电容器的电荷的总和。在多数情况下,电容(例如 C_{va1})可以被处理为常数,其可以在其他比例因子和/或补偿因子(例如,如上所述的因子A和B)中被吸收。

[0062] 如果电容器例如从电压 V_{c1} 到电压 V_{c2} 被放电两次,而没有在其间重置积分器,则已经流过电容器的“总电荷”是 $2 * (V_{c1} - V_{c2}) * C_{va1}$,或者通常对于 N 次迭代,总电荷是 $N * C_{va1} * (V_{c1} - V_{c2})$ 。

[0063] 在实施例中, N 等于1。

[0064] 在实施例中, N 大于1,例如 $N=2$,或者 $N=3$,或者 N 至少是5,或者 N 为至少等于10。

[0065] “累积地积分”意味着:在任选地在时间上间隔开的一个或多个时隙上积分,但不重置积分电路。

[0066] 在实施例中,偏置电路此外包括第二电容器,并且偏置电路此外被配置用于允许或迫使偏置电流选择性地或交替性地或流过所述第一电容器和电阻结构或流过所述第二电容器和电阻结构。

[0067] 在实施例中,代表已经流过电阻传感器结构的总电荷量的 $Q_{\text{偏置}}$ 通过以下公式或等效公式之一来计算:

[0068] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) * C_{va11} * K + (V_{c3} - V_{c4}) * C_{va12} * M$, 或

[0069] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) * K + (V_{c3} - V_{c4}) * C_{va12} / C_{va11} * M$, 或

[0070] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) * C_{va11} / C_{va12} * K + (V_{c3} - V_{c4}) * M$, 或

[0071] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) * K + (V_{c3} - V_{c4}) * M$, 或

[0072] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) + (V_{c3} - V_{c4}) * M / K$, 或

[0073] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) * K / M + (V_{c3} - V_{c4})$, 或

[0074] $Q_{\text{偏置}} = (V_{c1} - V_{c2}) + (V_{c3} - V_{c4})$,

[0075] 其中 V_{c1} 是在一个或多个第二时间段开始时在第一电容器之上的电压, V_{c2} 是在所述一个或多个第二时间段结束时在第一电容器之上的电压, C_{va11} 是第一电容器的电容, K

是当对应的偏置电流正在流过第一电容器时瞬时读出信号被累积地积分的次数,并且其中 V_{c3} 是在一个或多个第二时间段开始时在第二电容器之上的电压, V_{c4} 是在所述一个或多个第二时间段结束时在第二电容器之上的电压, C_{va12} 是第二电容器的电容, M 是当对应的偏置电流正在流过第二电容器时瞬时读出信号被累积地积分的次数。

[0076] 使用两个(或更多)电容器的优点是,一个电容器可以被初始化(例如被预充电或放电),而另一个电容器正在传导流过电阻传感器结构的偏置电流,反之亦然。以这种方式,基本上连续的电流可以流过电阻传感器结构,并且积分可以继续以便提供更大的传感器读出信号。此外,可以连续地监测代表流过电阻传感器的电荷的量 Q_{bias} 。

[0077] 在第二方面,本发明提供用于偏置电阻传感器结构和用于从所述传感器结构获得传感器读出信号或传感器读出值的设备,该设备包括:用于设置或用于测量或用于检测第一电容器的第一状态的装置,所述第一状态对应于第一电荷量;偏置电路,包括被连接到或可连接到电阻传感器结构的激励节点中的至少一个激励节点的所述第一电容器,用于允许或迫使偏置电流在第一时间间隔期间流过所述第一电容器和流过所述电阻传感器结构;连续时间积分器或平均器,其具有被连接到或可连接到电阻传感器结构的读出节点的输入,并且适用于提供表示在读出节点之上的瞬时差分电压信号的连续时间积分或平均的输出信号;用于设置或用于测量或用于检测第一电容器的第二状态的装置,所述第二状态对应于在第一时间间隔结束时的第二电荷量;控制单元,适用于控制所述偏置装置,使得所述偏置电流在第一时间间隔期间流过所述第一电容器和流过所述电阻传感器结构,所述控制单元进一步适用于控制所述连续时间积分器积分或求平均电路,使得所述差分电压信号在第二时间间隔期间被累积地积分或求平均;所述控制装置进一步被适用于基于被积分或被求平均的信号以及至少所述第一电容器的状态变化来确定传感器读出信号或传感器读出值,其中所述状态变化与在至少第一电容器 $C1$ 的第一状态与第二状态之间的电荷的差有关。该设备可以是集成半导体设备,例如CMOS设备,其可以包括进一步的功能,诸如例如ADC和/或信号处理器。

[0078] 在特定的实施例中,用于设置电容器的状态的装置包括用于将所述电容器连接到电压源的一个或多个开关。

[0079] 在特定的实施例中,用于测量电容器的状态的装置包括模数转换电路。

[0080] 在特定的实施例中,用于检测电容器的状态的装置包括比较器。

[0081] 在特定的实施例中,该设备是集成半导体压力传感器。

[0082] 在特别的实施例中,该设备是集成半导体角位置传感器。

[0083] 在实施例中,该设备进一步包括定时器单元,用于确定或设置或捕获第一时间间隔的持续时间,并用于确定或设置或捕获第二时间间隔的持续时间。

[0084] 在实施例中,该设备进一步包括用于确定第一电容器的第二状态达到预定义的值时刻的比较器单元。

[0085] 在实施例中,该设备进一步包括开关装置,其用于选择性地将第一电容器连接到节点以对第一电容器预充电,并且用于选择性地将第一电容器连接到电阻结构的至少一个激励节点,以允许或迫使偏置电流流过第一电容器和流过电阻传感器结构。

[0086] 在实施例中,所述设备此外包括运算放大器,其具有被连接到或可连接到参考电压的第一输入,并具有可操作地被连接到或可连接到所述电阻传感器结构的第二输入,并

且所述设备可配置成在其中第一电容器以使得流过电容器的电流也流过电阻传感器结构的方式被连接到运算放大器的操作模式中。

[0087] 在实施例中,运算放大器的第二输入可操作地被连接到电阻传感器结构的激励节点中的一个激励节点。

[0088] 在实施例中,运算放大器的第二输入可操作地被连接到电阻传感器结构的读出节点中的一个或两个读出节点。

[0089] 在实施例中,该设备进一步包括共模电压发生器电路,其具有被连接到电阻传感器结构的两个读出节点或两个激励节点的两个输入,并被适用于生成共模电压,且运算放大器的输入被连接到共模电压发生器电路的输出。

[0090] 在实施例中,该设备进一步包括被连接到或可连接到电阻传感器结构的激励节点中的至少一个激励节点的第二电容器,并且控制装置进一步被适用于设置或用于测量第二电容器的第三状态,且用于任选地测量第二电容器的第四状态。

[0091] 在实施例中,连续时间积分器或平均器是从由以下组成的组中选择的电路:可重置的连续时间积分器电路、后接适用于评估在第二时间间隔结束时的低通滤波输出相对于在所述时间间隔开始时的低通滤波输出的变化的电路的连续时间积分器或低通滤波器、单斜率积分ADC、多斜率积分ADC、连续时间sigma-delta调制器、基于积分的低噪声放大器、基于积分的电压-时间转换电路、基于VCO的转换电路。

[0092] “基于积分的电压-时间转换电路”可以是基于脉冲宽度调制、脉冲频率调制或脉冲位置调制。

[0093] “基于VCO的转换电路”利用已知的事实,即压控振荡器(VCO)的输出具有对应于其输入电压的积分的相位。

[0094] 在实施例中,该设备进一步包括所述电阻传感器结构。

[0095] 本发明的特别和优选方面在所附独立和从属权利要求中阐述。从属权利要求中的特征可以与独立权利要求的特征以及其他从属权利要求的特征适当地结合,而不仅仅是如在权利要求中明确阐述的。

[0096] 本发明的这些以及其他方面从下文所描述的(诸)实施例中将变得显而易见并且将参考这些实施例来进行阐明。

附图说明

[0097] 图1(a)至图1(c)示出了使用恒定电流源或恒定电压源偏置霍尔元件和读出霍尔元件的经典方式。图1(d)至图1(f)示出了偏置波形的示例。

[0098] 图2示出了偏置和读出惠斯通电桥的经典方式。

[0099] 图3图示了根据本发明的实施例。图3(a)示出了包括被连接到电阻传感器结构的偏置电路和读出电路的设备或电路或系统的高级框图。图3(b)示出了在第一电容器之上的电压的示例性波形。图3(c)示出了在读出电路,更具体地对于基于可重置的积分器的读出电路的输出处的示例性波形。

[0100] 图4示出了可以被用于偏置和读出图3的传感器结构的根据本发明的实施例的方法。

[0101] 图5示出了其中偏置电路包括一个电容器(例如只有一个电容器)的根据本发明的

第一实施例的框图。图5 (a) 示出了硬件框图。图5 (b) 示出了作为时间的函数的运算放大器输出的示例性波形。

[0102] 图6示出了可以被用于偏置和读出图5的电路的根据本发明的实施例的示例性方法。

[0103] 图7示出了其中偏置电路包括两个电容器的根据本发明的第二实施例的框图。图7 (a) 示出了硬件框图。图7 (b) 示出了作为时间的函数的运算放大器输出的示例性波形。

[0104] 图8示出了根据本发明的第三实施例的框图,其可以被视为第二实施例的变型,其中电容器由运算放大器的输出而不是由恒定电压来充电。图8 (a) 示出了硬件框图,图8 (b) 示出了作为时间的函数的运算放大器输出的示例性波形。

具体实施方式

[0105] 将针对具体实施例且参考特定附图来描述本发明,但是本发明不限于此而仅由权利要求书来限定。所描述的附图只是示意性的且非限制性的。在附图中,出于解说性目的,可将一些元素的尺寸放大且未按比例绘制。尺寸和相对尺寸不对应于本发明实践的实际缩减。

[0106] 此外,说明书中和权利要求中的术语第一、第二等等用于在类似的要素之间进行区分,并且不一定用于在时间上、空间上、以排名或任何其他方式来描述序列。应该理解,如此使用的这些术语在合适情况下可以互换,并且本文描述的本发明的实施例能够以除了本文描述或说明的之外的其他顺序来操作。

[0107] 此外,说明书和权利要求中的术语顶、下方等等用于描述性的目的,并且不一定用于描述相对位置。应该理解,如此使用的这些术语在合适情况下可以互换,并且本文描述的本发明的实施例能够以除了本文描述或说明的之外的其他取向来操作。

[0108] 要注意,权利要求中使用的术语“包括”不应被解释为限定于其后列出的装置/手段;它并不排除其他要素或步骤。由此该术语被解释为指定所陈述的特征、整数、步骤或组件的存在,但不排除一个或多个其他特征、整数、步骤或组件,或其群组的存在或添加。因此,措辞“一种包括装置A和B的设备”的范围不应当被限定于仅由组件A和B构成的设备。这意味着该设备的唯一与本发明有关的组件是A和B。

[0109] 贯穿本说明书对“一个实施例”或“实施例”的引用意指结合该实施例描述的特定特征、结构或特性被包括在本发明的至少一个实施例中。由此,短语“在一个实施例中”或“在实施例中”贯穿本说明书在各个地方的出现并不一定全部引用同一实施例,而是可以引用同一实施例。此外,在一个或多个实施例中,如本领域普通技术人员会从本公开中显而易见的,特定特征、结构或特性可以用任何合适的方式进行组合。

[0110] 类似地,应当领会,在本发明的示例性实施例的描述中,出于精简本公开和辅助对各个发明性方面中的一者或多者的理解的目的,本发明的各个特征有时被一起编组在单个实施例、附图或其描述中。然而,这种公开方法不应被解释为反映所要求保护的本发明需要比每项权利要求中所明确记载的更多特征的意图。相反,如所附权利要求所反映的,各发明性方面存在于比单个前述公开的实施例的全部特征更少的特征。由此,详细描述之后所附的权利要求由此被明确纳入该详细描述中,其中每一项权利要求本身代表本发明的单独实施例。

[0111] 此外,尽管本文所描述的一些实施例包括其他实施例中所包括的一些特征但没有其他实施例中包括的其他特征,但是不同实施例的特征的组合旨在落在本发明的范围内,并且形成如本领域技术人员所理解的不同实施例。例如,在所附的权利要求书中,所要求保护的实施例中的任何实施例均可以任何组合来使用。

[0112] 在本文所提供的描述中,阐述了众多具体细节。然而应理解,在没有这些具体细节的情况下也可实践本发明的实施例。在其他实例中,公知的方法、结构和技术未被详细示出以免混淆对本描述的理解。

[0113] 对于“电流源”意味着递送或吸收独立于跨它的电压的电流的电子电路。“独立的电流源”(或阱)递送预定电流。“依赖电流源”递送与某种其他电压或电流相关的电流。“理想电流源”具有无限高的内阻实际上,“电流源”具有高的输出阻抗。对于“高阻抗”意味着具有高于 $10\text{k}\Omega$ 的阻抗,优选地高于 $100\text{k}\Omega$ 的阻抗。

[0114] 对于“连续时间积分或求平均电路”意味着“连续时间积分电路”或“连续时间求平均电路”。

[0115] 在本文中,术语“连续时间积分或求平均电路”和“连续时间积分器或平均器”被用作同义词。

[0116] 当提到“时间间隔”时,指的是“第一时间间隔”(在此期间电流流过第一电容器)或“第二时间间隔”(在此期间电流流过无源电阻传感器结构)或两者,这取决于上下文。例如,如果第一时间间隔和第二时间间隔在绝对时间上重合,则意味着第一时间间隔和第二时间间隔两者。例如,当描述“偏置方面”时,指的是第一时间间隔或两个时间间隔。例如,当描述“读出方面”时,指的是第二时间间隔或两个时间间隔。

[0117] “单次测量”典型地包括单个第一时间间隔 T_1 和一个或多个第二时间间隔 T_2 ,但是也可以包括没有第一时间间隔和一个或多个第二时间间隔,例如如果第一时间间隔 T_1 的持续时间是已知的,例如预定的或在先前的测量中被测量。

[0118] 本发明涉及用于偏置和读出诸如例如惠斯通电桥或霍尔元件之类的无源电阻传感器结构(在本文中被进一步称为“传感器结构”)的方法和电路。本发明主要关心偏置传感器结构并从传感器结构获得模拟值,并且任选地还关心获得表示待测量的物理信号(诸如施加在惠斯通电桥位于其上的膜上的压力或磁场分量)的模拟值或数字值。例如通过(进一步)放大,和/或滤波,和/或信号处理和/或算术函数(诸如例如基于余弦信号和符号信号计算角位置),对由读出电路获得的信号或值的进一步处理不是本发明的主要焦点。

[0119] 为了便于描述,将针对作为无源电阻传感器结构的示例的霍尔元件更详细地描述本发明,但是本发明不限于此,并且还将运行用于偏置和读出其他无源电阻传感器结构。

[0120] 如在背景部分中所解释的,使用由布置在柔性膜上的压阻元件组成的惠斯通电桥来测量压力值以及使用霍尔元件来测量磁场分量的基本原理数十年来在本领域中是已知的。然而,找到在各种情况下,特别是在温度变化和/或机械应力和/或偏置变化的情况下,提供高度准确的传感器信号或传感器值的电路和方法是有挑战的。

[0121] 本领域中提出了若干种解决方案以减少由这些影响中的一个或多个引起的误差。这些现有技术解决方案中的一些解决方案聚焦在传感器结构本身的元件的几何形状和/或取向,其他的解决方案聚焦在偏置的特定方式(参见例如EP2722682,在本文中也称为“浮置板(floating plate)偏置”),又其他的解决方案聚焦在由后处理进行的温度和压力补偿

(参见例如EP3109658)。

[0122] 本发明主要聚焦在偏置电路和读出电路,但是当然可以与其他技术(特别是与用于偏移补偿的自旋电流技术和/或与温度补偿和/或与压电霍尔效应的补偿等)组合以进一步改善结果。

[0123] 图3图示了根据本发明的(高级的)主要原理和实施例。

[0124] 图3(a)示出了包括被连接到偏置电路的无源电阻传感器结构310的电路300或系统(例如半导体设备)的高级框图,在图3(a)的示例中,该偏置电路包括被连接到激励节点A的第一部分321,以及被连接到激励节点C的第二部分322。例如根据EP2722682中解释的原理,第一部分321和第二部分322可以例如通过使用用于取决于第一部分中的电压生成电流的所谓的“依赖电流源”来被互连和/或被相互依赖,但是本发明不限于此。偏置电路的第一部分321被连接到无源电阻传感器结构310的激励节点A且被适用于向电阻传感器结构310提供(源送(sourcing))电流 $I_{\text{偏置}}(t)$,且第二部分322被适用于吸取(sinking)该电流,或反之亦然。图3(a)还示出了被连接到传感器结构310的输出节点B、D的读出电路330,用于接收差分电压 $\Delta V(t)$ 。

[0125] 根据本发明的基本原理,偏置电路321、322包括至少一个电容器C1(在本文中被成为“第一电容器C1”),其被布置为使得在第一时间间隔T1期间偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 流过电阻传感器结构310并且在相同的时间(即同时地)也流过第一电容器C1。因此在第一时间间隔T1期间已经流过电阻传感器结构310的电荷的量 $Q_{\text{偏置}}$ 可以从所述第一电容C1的状态的改变推导出。

[0126] 此外,存在于输出节点B、D处并且由施加所述偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 而导致的差分电压信号 $\Delta V(t)$ 在第二时间间隔T2上被积分或被求平均,该第二时间间隔T2与第一时间间隔T1“相同”或“匹配”或“根据预定义的关系”与第一时间间隔T1“有关”,在该第一时间间隔T1期间, $Q_{\text{偏置}}$ 正被或已被确定,例如被测量。

[0127] 因为差分电压信号 $\Delta V(t)$ 可以在时间间隔T上连续变化,所以在连续时间域内进行积分或求平均。“在时间间隔T上的积分”和“在时间间隔T上的求平均”是紧密相关的概念。两者可以数学上用在时间间隔T上的差分电压信号 $\Delta V(t)$ 的连续时间积分(即 $\int_T \Delta V(t) dt$)来描述。求平均典型地涉及关于时间间隔T的持续时间的某种形式的归一化($V_{\text{avg}} = \frac{1}{T} \int_T \Delta V(t) dt$)。但是在时间间隔T上执行积分的电路也经常具有借助于积分器时间常数(例如RC时间常数)的隐式时间归一化($V_t = \frac{1}{RC} \int_T \Delta V(t) dt$)。在一些示例中,例如当积分间隔T的长度等于积分器时间常数(例如RC)时,术语“积分器”和“平均器”或“积分”和“求平均”可以被可互换地使用。

[0128] 能够生成“在时间间隔T上的被平均或积分的信号”的各种电路在本领域中是已知的。在优选实施例中,本发明的读出电路包括连续时间积分器,但这不是绝对需要的,也可以使用适用于确定在时间间隔上的平均值的其他电路。这种“积分电路或求平均电路”的示例包括:

[0129] • 可重置的连续时间积分器

[0130] • 后接评估相对于在时间间隔T开始时的滤波器输出的在时间间隔T结束时的滤波器输出的改变的电路的连续时间积分器或低通滤波器

- [0131] • 单斜率或多斜率积分ADC
- [0132] • 连续时间Sigma-Delta调制器
- [0133] • 基于积分的低噪声放大器(例如在EP17150596中描述的电路中的任何一种)
- [0134] • 基于积分的电压-时间转换电路,诸如脉宽调制器
- [0135] • 基于VCO的转换电路,

[0136] 但是本发明不限于这些示例,且能够在时间间隔T上对模拟信号 $\Delta V(t)$ 进行积分或求平均的其他电路也可以被使用。

[0137] 电路300可以进一步包括控制电路或控制单元340,该控制电路或控制单元340(尤其)适用于重置电容器C1或对电容器C1预充电,且用于重置积分器331且用于在时间间隔T1期间开始和停止电流流过电容器C1并且用于在时间间隔T2期间开始和停止电流流过传感器结构310,并且用于开始和停止连续时间平均器或积分器331。

[0138] 发明人已经惊奇地发现,对于给定的传感器结构310和对于给定的第一电容器C1,连续时间积分或求平均电路331的输出 V_i 与已经流过第一电容器C1的,且已经同时地或稍后或早前流过传感器结构310的总电荷 $Q_{\text{偏置}}$ 成比例,即使电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 或激励节点A、C处的电压与其预期值(例如,与预定义的常数值)偏离和/或在传感器的使用寿命期间漂移。因此,与现有技术的解决方案(其中做出巨大的努力以试图保持流过传感器结构310的电流 $I_{\text{偏置}}$ 的漂移和/或施加到激励节点A、C的电压 V_A 、 V_C 的漂移尽可能低)相反,对于本发明所提供的解决方案不必需这样的措施。也就是说,在时间间隔T期间在激励节点A、C处的电压以及流过传感器结构310的电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 都不需要是恒定的,并且其准确值不需要是已知或被设置,并且甚至可以随机应力和/或随温度或由于其他影响而变化。

[0139] 要注意的是,在现有技术中,偏置源的标称值被认为是已知的,实际值经常通过各种(不想要的)机制偏离该标称值。这可以是由于老化和/或诸如例如(未得补偿的)温度依赖性、寄生应力(例如来自封装)等之类的环境影响。

[0140] 本发明的基本原理是,在其期间偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 流过电阻传感器结构310的第一时间间隔T1中,偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 也同时地流过电容器C1(或流过该至少一个电容器C1,如将进一步被解释),并且在其期间偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 流过电阻传感器结构310的第二时间间隔T2中,在输出节点B、D之上的所得的差分电压信号 $\Delta V(t)$ 被积分或者被求平均,其中第二时间间隔T2具有与第一时间持续时间T1相同的持续时间,或者为第一时间持续时间T1的整数倍数,或者至少与第一时间持续时间T1的持续时间具有预定义的关系,使得在第二时间间隔T2期间已经流过(或将流过)传感器结构310的电流可以从第一时间间隔T1期间电容器C1(或该至少一个电容器C1)的电荷差来确定。

[0141] 该解决方案的主要优点是总电荷 $Q_{\text{偏置}}$ 可以容易地且准确地被确定为例如在间隔T1的开始时存储在电容器C1上的第一电荷量 Q_1 与在间隔T1的结束时存储在电容器C1上的第二电荷量 Q_2 之间的差。

[0142] 受益于本公开的技术人员当然将理解,当使用多于一个电容器(例如至少两个电容器C1和C2)时,可以实现相同或相似的效果,在这种情况下,已经流过电阻传感器结构310的电荷总量 $Q_{\text{偏置}}$ 当然可以被确定或计算为这些电容器中的每一个电容器上的电荷差的总和。

[0143] 正如在电子学领域中所公知的,存储在电容器C上的电荷Q可以容易地由以下公式

或等效公式来确定：

$$[0144] \quad Q = C \times V \quad [1]$$

[0145] 其中C是电容器的电容,且V是在电容器之上的电压,且Q是存储在电容器上的电荷量。并且还公知的是,添加到电容器或从电容器移除的变化量,由此电荷量的变化 ΔQ 可以由以下公式或等效公式来确定：

$$[0146] \quad \Delta Q = C \times \Delta V \quad [2]$$

[0147] 其中C是电容器的电容, ΔQ 是电荷的变化,并且 ΔV 是电容器之上的电压的变化,其中任一个在本文中被称为第一电容器C1的“状态变化”。

[0148] 使用这些或类似的公式,例如通过设置或测量电容器C1之上的电压容易确定存储在电容器上的电荷量。类似地,例如通过测量在电流已经流过电容器之前的电压V1以及在电流已经流过电容器之后的电压V2,容易确定已经通过电容器C1的电荷量 ΔQ 。

[0149] 受益于本公开的技术人员也将理解,当通过观察偏置电路的第一部分321中的一个或多个节点的电压变化(当该变化准确地反映了电容器C1的状态变化时)来获得总电荷 $Q_{\text{偏置}}$ 的测量时,相同或类似的效果可以被实现。足够的准确度可以在数种公知的情形下被获得,例如当仅涉及匹配分量的比率时和/或当通过反馈原理的应用来强加相互关系时(如将被进一步解释,例如在图8中,其中该反馈提供在电容之上的电压与运算放大器823的输出处的电压 V_{amp} 之间的链接)。

[0150] 从以上可以理解,使用这种方法的最佳可实现的准确度受限于第一电容器C1的电容值C可以如何准确且如何稳定,并且如在半导体设备领域中所公知的,例如由具有特定尺寸(例如长度和宽度)并且位于距彼此预定义距离“d”处(例如由具有预定义厚度的隔离层分开)的两个平行导电板形成的电容可以非常准确地被产生(例如具有小于1000ppm的量级的容差),但有利地,这种容量对机械应力和/或温度变化高度不敏感,其与例如高度依赖于机械应力和温度变化的霍尔元件的电阻相反。

[0151] 已经解释了本发明的基本概念,现在将通过说明了本发明的特定实施例的若干个示例来进一步阐明本发明。然而,首先将更详细地描述一些共同的特征。

[0152] 返回参考附图3(a),可以看到,第一电容器C1被直接地连接到激励节点A,但是这对于本发明去工作不是必需的,并且第一电容器C1例如也可以经由一个或多个开关(参见例如如图7中的开关S707和图8中的开关S805)或者经由充当电流跟随器的晶体管或电路可连接到激励节点A。

[0153] 时间间隔T可以是具有预定义的固定持续时间的预定义的时间间隔。在这样的实施例中,控制单元340可以进一步包括用于确定时间段T的持续时间的定时器单元或计数器等。

[0154] 但是时间间隔T也可以动态地被确定为例如针对在第一电容器C1之上的电压V从第一预定义的电压电平V1(在时间间隔T开始时)增加或减少到第二预定义的电压电平V2(在时间间隔T结束时)所需的时间。在这样的实施例中,控制电路340可以包括适用于检测第一电容器C1之上的电压何时达到所述预定义的电压电平V2的一个或多个比较器,在该时刻,电流流动以及积分或求平均可以被停止。

[0155] 在使用一个或多个开关以开始和停止电流流动的情况下,控制单元340可以被适用于控制这些一个或多个开关,用于对电容器进行预充电,和/或用于重置、开始和停止定

时器或计数器,和/或用于重置、开始和停止连续时间积分器或平均器331,和/或用于例如借助于模数转换器(ADC)来测量在电容器C1之上的电压V1和/或V2。

[0156] 图3(b)示出了在第一电容器C1之上的电压的示例性波形。在该示例中,电容器C1在时间间隔开始时被预充电到第一电压VC1,并在时间间隔T结束时被放电到第二电压VC2。不管电压波形是线性或是指数型或是二次型或是任何其它形状,已经流过电容器C1和电阻传感器结构310的电荷 $Q_{\text{偏置}}$ 可以使用以下公式或者等效公式来计算:

$$[0157] \quad Q_{\text{偏置}} = C \times (VC1 - VC2) \quad [3]$$

[0158] 图3(c)示出了在包括在积分或平均器读出电路331内的连续时间积分器的输出处的示例性电压波形。积分或求平均读出电路331的输出仅由在时间间隔T的开始时的第一值Vi1和在时间间隔T的结束时的第二值Vi2来确定,而不由在中间点处的值来确定。第一值Vi1可以是零,例如当积分器在时间间隔T的开始时被重置时,但这不是绝对必需的。在许多情况下,积分或求平均读出电路331的输出Vi由差值Vi2-Vi1来确定,例如 $Vi = Vi2 - Vi1$ 。

[0159] 传感器信号可以通过以下或等效的公式来计算:

$$[0160] \quad \text{传感器信号} = Vi / Q_{\text{偏置}} \quad [4]$$

$$[0161] \quad \text{传感器信号} = Vi / [C \cdot (Vc1 - Vc2)] \quad [5]$$

[0162] 其中Vi是通过在确切的间隔T上积分或求平均而获得的被积分或被求平均的读出信号。

[0163] 与许多现有技术的方法相反,其中传感器结构的读出节点B、D之上的差分电压表示待测量的传感器信号,但是这不是本发明的情况。

[0164] 传感器信号典型地需要乘以灵敏度因子SF,例如以便获得针对待测量的物理信号的值(例如压力或磁场Bz)。

$$[0165] \quad \text{信号值} = SF * \text{传感器信号} \quad [6]$$

[0166] 灵敏度因子SF可以例如在校准测试期间被确定,且可以被存储在非易失性存储器(例如EEPROM或FLASH)中。

[0167] 代替针对容量C和灵敏度因子SF存储单独的值,也可能存储对应于SF/C的单个值“D”。待测量的实际信号(例如,压力值或者例如磁场分量值Bz)则可以通过以下公式或等效公式来计算:信号值 $= D * Vi / (Vc1 - Vc2)$ [7],

[0168] 其中D是预定义的常数,Vi是在时间间隔T2上执行积分或求平均的积分器或平均器电路331的输出,且(Vc1-Vc2)是在时间间隔T1上的第一电容器C1的电压变化。如可以看到,在公式中不出现时间间隔T1和/或T2的绝对持续时间。

[0169] 以上描述的是用于进行“一次测量”的方法,但是当然测量可以每秒重复多次,导致针对每个时间间隔T的一个传感器值。在偏置电路仅包括单个电容器C1的情况下,实际上一些额外的时间可能需要用于对电容器C1预充电和/或用于在时间间隔的结束时测量电容器的状态。

[0170] 在另一种模式中,也可能对电容器C1多次放电,例如2次或5次或10次,但是不需要在其间重置积分器321,从而导致较高的输出值。

[0171] 尽管在图3(a)中没有明确地示出,但电路300可以进一步包括用于数字化积分电路331的输出Vi的模数转换器(ADC),并且可以进一步包括用于执行数学计算的数字处理器(例如微控制器或DSP)。

[0172] 如上所述,对于本发明重要的是传感器结构310的读出节点B、D上的瞬时差分电压信号 $\Delta V(t)$ 在时间间隔T上被积分或被求平均。时间间隔T的持续时间可以被预定(例如被预先设置),或者可以被动态地确定(例如,当在第一电容器C1之上的电压达到或通过预定义的阈值电平V2时结束)。明确指出,与现有技术的实施例相反,其中偏置电压或偏置电流被尽可能地保持恒定,使得差分输出信号(VB-VD)是指示性的,例如,与待测量的物理信号(例如压力)成比例,这对于本发明去工作不是必需的。

[0173] 相反,在本发明的实施例中,读出节点B、D之上的瞬时差分电压信号 $\Delta V(t)$ 将不仅取决于待测量的实际物理信号(例如压力“p”或磁场强度“Bz”)而变化,而且也可以由于激励节点A、C的(多个)偏置电压的变化而变化。

[0174] 可以使用能够在连续时间内对信号 $\Delta V(t)$ 进行积分或求平均的任何读出电路。为了实现高精度,“低噪声”连续时间积分器是优选的。在优选的实施例中,使用具有跨导G和反馈路径的类型的低噪声连续时间积分器。对由Melexis Technologies SA于2016年1月15日提交的GB专利申请No. 1600774.2和于2017年1月8日提交的EP申请号17150596中描述的电路中的每个电路进行明确地引用,这两个申请通过引用整体并入于此,包括其中提到的现有技术的电路,但是也可以使用其他的连续时间积分器电路。

[0175] 在无源电阻传感器结构310是霍尔元件或者包括一个或多个霍尔元件的情况下,读出电路330优选地还包括用于施加“自旋电流技术”的装置以便减少偏移。这种子电路在本领域中是已知的,并且因此在本文中不需要被更详细地描述。

[0176] 图4示出了根据本发明的实施例的方法,该方法可以被用于偏置和读出图3的电路。该方法包括以下步骤:

[0177] 设置或测量或检测410与要被存储在电容器上的或者已经被存储在电容器上的第一电荷量Q1对应的第一电容器C1的第一状态。第一状态与第一电荷量Q1有关。它是例如第一电荷量Q1或在电容器C1之上的第一电压V1或通常地第一电荷量Q1的测量。

[0178] 在第一时间间隔T1期间,偏置420电阻传感器结构以便允许或迫使偏置电流 $I_{\text{偏置}}$ 流过所述第一电容器C1。该第一时间间隔T1的持续时间可以被预定义,或者可以被动态地确定;

[0179] 确定或测量或检测430与在第一时间间隔的结束时在电容器C1上存储(或留下)的第二电荷量Q2对应的第一电容器C1的第二状态;第二状态与第二电荷量Q2有关。它是例如第二电荷量Q2或在电容器C1之上的第二电压V2或通常地第二电荷量Q2的测量。

[0180] 在第二时间间隔T2期间对读出节点B、D之上的瞬时传感器读出信号 ΔV 积分或求平均440,从而获得被积分的读出信号 V_i ;

[0181] 基于读出电路320的被积分或被求平均的读出信号 V_i 且基于第一电容器的状态变化(Q1-Q2;V1-V2)来确定450传感器读出信号 $V_{\text{出}}$ 。第一电容器的状态变化与第一电容器C1的第一状态和第二状态之间的电荷差有关。例如其可以通过确定或计算 $\Delta Q = (Q1-Q2)$ 或 $\Delta V = (V_{c1}-V_{c2})$ 来获得。该步骤可以涉及使用上述公式[1]至[7]中的一个或多个。通常,这是在至少第一电容器C1上的第一电荷量与第二电荷量之间的差的测量。

[0182] 图5(a)示出了根据本发明的第一实施例500的硬件框图,示出了偏置电路521的第一部分的更多细节。

[0183] 图5中示出的电路500包括:无源电阻传感器结构510(例如霍尔元件)和读出电路

530以及偏置电路521、522和控制电路540。

[0184] 读出电路530在上面当讨论图3时已经被描述,其中(尤其)明确提到读出电路530可以包括在EP17150596中描述的电路中的任何电路,但是也可以使用其它合适的电路。

[0185] 图5的偏置电路由被连接到传感器结构510的节点A的第一部分521和被连接到传感器结构的节点C的第二部分522组成。在该示例中,第二部分522由具有直接地被连接到节点“C”的一端(图5的右侧)和直接地被接地的另一端(图5的左侧)的单个开关S504组成,但是本发明不限于此,且其他子电路也可以被用于第二部分522,例如(但未示出)与“独立电流源”串联的开关,或者包括例如“依赖电流源”的有源电路。

[0186] 如可以看到,图5的偏置电路的第一部分521包括可操作地被连接到或可连接到运算放大器523的一个电容器C1,且进一步包括三个开关,即,用于将电容器C1的第一端子X1选择性地连接到第一参考电压(例如Vref或Vdd)的S501,以及用于将电容器C1的第二端子X2选择性地连接到第二参考电压(例如Gnd)的开关S503,以及用于将电容器C1的第二端子选择性地连接到运算放大器523的输出节点N3的开关S502。偏置电路被适用于通过使用运算放大器523允许偏置电流 $I_{\text{偏置}}$ 流过第一电容器C1和电阻传感器结构510(例如从激励节点A到激励节点C)。如可以看到,在图5的示例中,预定义的参考电压Vref被施加到运算放大器的非反相输入节点N1。该参考电压Vref可以接近Vdd,例如,超过Vdd的90%,但这不是绝对必需的且也可以使用另一个电压。

[0187] 图5的偏置电路521、522工作如下:

[0188] *在第一阶段 $\phi 1$ 中,开关S501和S503闭合,并且开关S502打开。这将使C1的第一端子X1设置到Vref,且使端子X2设置到地Gnd,其(在安置之后)导致电容器C1被放到由电压Vref确定的确切(definite)状态中。在第一阶段 $\phi 1$ 期间,开关S504可以闭合(或者当它已经闭合时保持闭合),在这种情况下,偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 流过电阻传感器结构510,该偏置电流由通过当前闭合的开关S501被连接到电阻传感器结构510的激励节点A的Vref供应。当电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 正流过霍尔元件时,差分电压信号 $\Delta V(t)$ 在读出节点B、D之上被生成,其基本上与待测量的磁场分量Bz成比例,并且可以在所考虑的第一阶段 $\phi 1$ 期间通过连续时间积分器或平均器531被积分或被求平均。定时器或计数器可以被用于定义第一阶段 $\phi 1$ 的持续时间,其接着也可以定义在其上发生积分或求平均的时间(如果存在的话)。

[0189] *在第二阶段 $\phi 2$ 中,开关S501和S503打开,且开关S502和S504闭合(或者当已经是这种情况时保持关闭)。运算放大器523将在其输出节点N3处提供输出信号Vamp,使得在其反相输入节点N2处的电压基本上等于施加于非反相输入节点N1的电压Vref。因此,运算放大器523将使得在节点A处的电压基本上等于Vref,且将使得偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 流过霍尔元件510。由于没有电流在反相节点N2处进入运算放大器,因而偏置电流 $I_{\text{偏置}}$ 流过第一电容器C1和电阻传感器结构510,例如水平霍尔元件。当电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 正流过霍尔元件时,差分电压信号 $\Delta V(t)$ 在读出节点B、D之上被生成,其基本上与待测量的磁场分量Bz成比例,并且差分电压信号 $\Delta V(t)$ 可以同时地被读出电路530的连续时间积分器或平均器531积分。第二阶段 $\phi 2$ 的持续时间可以以数个不同的方式来确定,例如借助于定时器或计数器,或者该持续时间可以通过适用于检测在电容器C1之上的电压何时已经减小到预定义的电压电平V2的比较器(未示出)来确定。

[0190] 在第二阶段 $\phi 2$ 的结束时,可以确定在阶段 $\phi 2$ 期间已经流过传感器结构510和第一电容器C1的总电荷。在使用适用于检测在电容器C1之上的电压何时已经减小到预定义的电压电平V2的比较器的情况下,额外的测量可以是不必需的,因为接着电容器C1从Vref(在阶段 $\phi 2$ 的开始时)到V2(在阶段 $\phi 2$ 的结束时)的电压的变化是已知的。在其他情况下,例如借助于ADC可以测量第二阶段 $\phi 2$ 结束时的电容器C1的状态。

[0191] 可以看到,在节点C处的电压在阶段 $\phi 1$ 和 $\phi 2$ 两者期间是相同的(例如等于gnd),并且在节点A处的电压在阶段 $\phi 1$ 和 $\phi 2$ 两者期间是相同的(例如等于Vref)。因此,在阶段 $\phi 1$ 期间流过电阻传感器结构的偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 可以被假定为与在阶段 $\phi 2$ 期间流过电阻传感器结构的偏置电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 很好地匹配。因此,可以确定在任一阶段(即 $\phi 1$ 或 $\phi 2$)或两个阶段($\phi 1$ 和 $\phi 2$)中的读出电路530的连续时间积分器或平均器501的输出 V_i 。注意到,在实践中,当两个阶段在时间上具有大的分离时,匹配准确度可以劣化,这可以通过在任何缓慢变化的漂移现象可以影响匹配度之前,重复 $Q_{\text{偏置}}$ 测量来避免。

[0192] 如果第一电容器C1的状态变化(例如, ΔQ 或 ΔV)是已知的,并且如果获得(例如,测量)积分器或平均器电路531的输出 V_i ,则可以例如使用上述公式[1]至[7]中的一个或多个来确定传感器信号或传感器值。在图5的特定实施例中,总电荷 $Q_{\text{偏置}}$ 也可以通过观察放大器输出电压Vamp的变化来获得,由于第一电容器C1提供的反馈,所述放大器输出电压Vamp的变化例如与该第一电容器C1的状态变化准确地相关。也就是说,运算放大器的输出电压Vamp的变化与电荷 $Q_{\text{偏置}}$ 之间存在关联。

[0193] 如果期望,则可以通过重复上述步骤来进行新的测量。尽管每个传感器信号或传感器值需要来自在两个阶段($\phi 1$ 和 $\phi 2$)中操作图5的电路的结果,但需要在阶段 $\phi 2$ 中操作的 $Q_{\text{偏置}}$ 的确定经常可以被较不频繁地重复(因为 $Q_{\text{偏置}}$ 随时间缓慢漂移)。

[0194] 替代地,代替在等于阶段 $\phi 1$ 和/或 $\phi 2$ 的持续时间的时间间隔上操作积分或求平均电路531,可以使积分或求平均在多个阶段 $\phi 1$ 和/或 $\phi 2$ 上延伸。例如,当积分或求平均电路531包括可重置的积分器时,代替每次电容器被放电时重置该积分器,也可以每N次电容器C1被放电时只重置积分器一次,N是大于1的整数值。以这种方式,差分输出电压 $\Delta V(t)$ 可以在等于 $N \cdot T$ 的较长时间间隔上被实际上积分或求平均。这特别适合用于测量弱信号,但是当然最大读出频率也被减少相同的因子N。

[0195] 注意到,在图5的偏置方案中,施加到节点A的激励电压(在阶段 $\phi 2$ 中)基本上为恒定的,并且基本上等于参考电压Vref。然而,该电压电平Vref的绝对值对于测量的准确性并不重要,这意味着不需要做特别的努力来使该电压独立于温度和/或应力。然而,出于信噪比原因,它是优点,如果这个电压被选择为相对较大的话,例如Vdd的至少50%,或Vdd的至少75%。

[0196] 时间间隔T的绝对持续时间对于测量的准确性也是不重要的。T的值可以被预定义,或者可以被动态地确定(使用比较器)。

[0197] 图5(b)示出在时间间隔T期间在运算放大器523的输出节点N3处的电压的典型波形。该信号基本上是线性的,因为流过电容器C1和传感器结构510的电流 $I_{\text{偏置}}(t)$ 基本上是恒定的,尽管这对于本发明去工作不是绝对必需的。

[0198] 图6示出了可以被用于偏置和读出图5的电路的根据本发明的实施例的示例性方法600。特别地,当(可重置的)连续时间积分器被用于对电阻传感器结构的读出节点B、D处的瞬时读出信号(ΔV)积分或求平均时,可以使用该示例性方法。

[0199] 在任意的步骤601中,图5的系统被提供,该系统包括所述无源电阻传感器结构510、和所述读出电路530和所述偏置电路521、522以及控制单元540。

[0200] 在步骤602中,读出电路530的积分器531被重置或以其他方式被初始化,并且在其输出处的电压 V_{i1} 被任选地测量。

[0201] 在步骤603中,例如通过设置或测量在第一电容器 $C1$ 之上的电压 $V1$ 且通过任选地确定存储在电容器 $C1$ 上的第一电荷量 $Q1$,来确定第一电容器 $C1$ 的第一状态 $V1$ 、 $Q1$ 。

[0202] 在步骤604中,第一电容器 $C1$ 被可操作地连接到电阻结构,以便允许或迫使偏置电流 $I_{\text{偏置}}$ 流过所述第一电容器 $C1$ 和所述电阻传感器结构510,同时借助于连续时间积分器531对在读出节点B、D之上的差分电压信号 $\Delta V(t)$ 积分。

[0203] 在步骤605中,第一电容器 $C1$ 与电阻传感器结构510断开连接,以及在步骤606中,例如通过测量在电容器 $C1$ 之上的电压 $V2$ 并且通过任选地确定存储在电容器 $C1$ 上的第二电荷量 $Q2$,来确定第一电容器 $C1$ 的第二状态。

[0204] 在步骤607中,在积分器531的输出处测量电压 V_{i2} 。

[0205] 在步骤608中,确定已经流过电阻传感器结构510和第一电容器 $C1$ 的总电荷量 ΔQ (在1个时间间隔上或在 $N>1$ 个时间间隔上)。

[0206] 在步骤609中,例如通过使用公式[1]至[7]中的一个或多个,基于积分器输出的差值 $V_i = (V_{i2} - V_{i1})$ 并且基于已经流过电阻传感器结构510的总电荷量 $\Delta Q = Q2 - Q1$,确定(例如计算)传感器信号。

[0207] 图7示出根据本发明的第二特定实施例的框图。以上已经被描述的大部分也在这里适用。图7的电路700和图5的电路500之间的主要区别是:

[0208] *偏置电路721包括两个电容器 $C1$ 、 $C2$,代替了只有一个电容器,以及

[0209] *运算放大器723的反相输入节点 $N2$ 被提供有等于 $(V_B + V_D)/2$ 的“共模电压信号”,其是霍尔元件的输出节点B、D处的电压信号 V_B 和 V_D 的平均值。(感兴趣的读者参考EP2722682以获得更多信息)。

[0210] 类似于图3和图5,偏置电路的第二部分722在这里被示出为被直接接地的仅有的开关 $S709$,但是在实践中可以有利的,节点C不是被直接地连接到或可连接到固定电压,而是被直接地连接到或可连接到高欧姆阻抗,例如用于包括“独立电流源”的子电路722(未示出)。第二部分722的其他实施方式也是可能的。

[0211] 该偏置电路721的操作原理与图5(a)的非常类似,除了在电路700中,电容器被再充电到 V_{dd} (其可以被视为相较于图5a的 V_{ref} 的特定选择)并且当偏置电流正流过一个电容器(例如 $C2$)时另一个电容器(例如 $C1$)可以被再充电,且反之亦然:以交替的方式,当偏置电流流过 $C1$ 时, $C2$ 可以被再充电。这允许在阶段 $\phi1$ 和 $\phi2$ 中的每个阶段期间确定 $Q_{\text{偏置}}$ (而在图5的实施例中,这只能在阶段 $\phi2$ 期间被进行)。通过在时间上适当的时刻选择性地打开和闭合开关 $S701, S702, S703, S704, S705, S706, S707, S708$,使得电容器 $C1, C2$ 中的一个电容器正在被预充电,而电容器 $C2, C1$ 中的另一个电容器正在被放电,可能在不停止偏置电流 $I_{\text{偏置}}$ 并且不停止连续时间积分或求平均的情况下,执行数量 N (例如, $N=2$ 或 $N>2$)的“放电动作”,直到

具有 $N \cdot T$ 的总持续时间的完整循环结束, T 是一次放电的时间, 如上所解释的。

[0212] 图7 (b) 示出了在一个时间间隔 T 期间的在运算放大器723的输出节点N3处的电压 V_{amp} 的典型波形。该信号由于如关于图5 (b) 提到的相同原因而基本上是线性的。

[0213] 图8示出了根据本发明的第三实施例的框图, 其可以被视为第二实施例700的变型, 也具有两个 (或至少两个) 电容器 $C1$ 和 $C2$, 但是其中电容器 $C1$ 、 $C2$ 通过运算放大器823的输出而不是通过恒定电压 V_{dd} 来充电。图8 (a) 示出了硬件框图, 图8 (b) 示出了作为时间的函数的在运算放大器823的输出节点N3上的电压的示例性波形。

[0214] 该实施例的优点在于, 在操作期间将被施加到节点A的激励电压 V_{ex} 可以高于 V_{dd} , 例如高至少30%或者高至少50%。这对信噪比具有积极的影响, 且因此甚至更多地改善了准确度。

[0215] 无源电阻传感器结构的问题是固有的热噪声“ N ”, 也称为“约翰逊噪声 (Johnson noise)”。热噪声水平由传感器结构的电阻率及其温度决定, 并且独立于所施加的偏置的量级。相反, 有用的传感器信号“ S ”随所施加的偏置的电平而增加。因此, 增加偏置电平改善了信噪比“ S/N ”。

[0216] 该偏置电路821的操作原理与图7 (a) 的非常类似, 除了电容器 $C1$ 、 $C2$ 由放大器输出 V_{amp} 而不是 V_{dd} 来再充电。更具体地, 所施加的反馈配置与对于偏置电路721的相同, 且因此, 在一个电容器的放电期间, 放大器输出 V_{amp} 线性地增加。在该时间间隔期间, 另一个电容器被连接到 V_{amp} , 从而导致后者被线性地充电。 V_{amp} 一达到高电压 $V_{高}$, 它就被比较器检测到, 并且两个电容器的角色被交换。在交换的时刻, 在被再充电的电容器之上的电压为 $V_{高}$ (与那时的 V_{amp} 的电压相同)。因此, 直接在交换之后, 放大器输出电压 V_{amp} 由于产生的反馈配置而下降到 $V_{低} = V_{ex} - V_{高}$ 。通过偏置电路821获得的线性再充电的一个优点是典型地将电源汲取更恒定的电流 (相较于在供应电流中导致峰的电容器的突然充电)。

[0217] 尽管本发明主要针对所谓的“水平霍尔元件”已经被说明, 但是本发明不限于此, 且还可以被用于“垂直霍尔元件”或其他无源电阻结构的偏置和读出。当然, 本发明的原理可以与其他技术 (诸如自旋电流技术) 结合使用。

[0218] 尽管在本发明的不同的附图和不同实施例中解释各个特征, 但是构想到不同实施例的特征可以被组合, 如在阅读本文档时对于本领域技术人员将是显而易见的。

[0219] 进一步构想, 在许多情况下, 偏置电路321, 322; 521, 522; 721, 722; 821, 822可以被适用于在没有该一个或多个电容器 $C1$ 、 $C2$ 的帮助下向传感器结构递送基本上相同的偏置电流。例如, 通过移除电容器 $C1$ 、 $C2$ 并通过短路互连取代这些电容器, 在图5和图7的实施例中这是可能的。由于总电荷 $Q_{偏置}$ 只是缓慢地变化 (由于它是由像温度和/或应力的变化的缓慢漂移过程引起的), 所以经常不必在每个间隔 T 内测量 $Q_{偏置}$, 在该间隔期间进行差分输出信号的求平均和/或积分。代替地, $Q_{偏置}$ 的值只需要在一段时间被测量一次 (例如每10次测量, 或者每100次测量等), 并且接着可以再使用被测量的值 $Q_{偏置}$ (例如9次或99次等)。

[0220] 进一步构想偏置电路321, 322; 521, 522; 721, 722; 821, 822和/或读出电路330; 530; 730; 830的实施方式可以包括使用降低开关事件的影响的公知的电路技术, 诸如例如使用伪 (dummy) 开关用于降低电荷注入、推进或延迟相对于彼此的开关的操作 (例如, 用于减少依赖信号的电荷注入), 在切换后的一小部分时间期间对信号进行防护带化 (guard-banding) (零带化 (zero-banding)) (用于允许信号安置) 等。

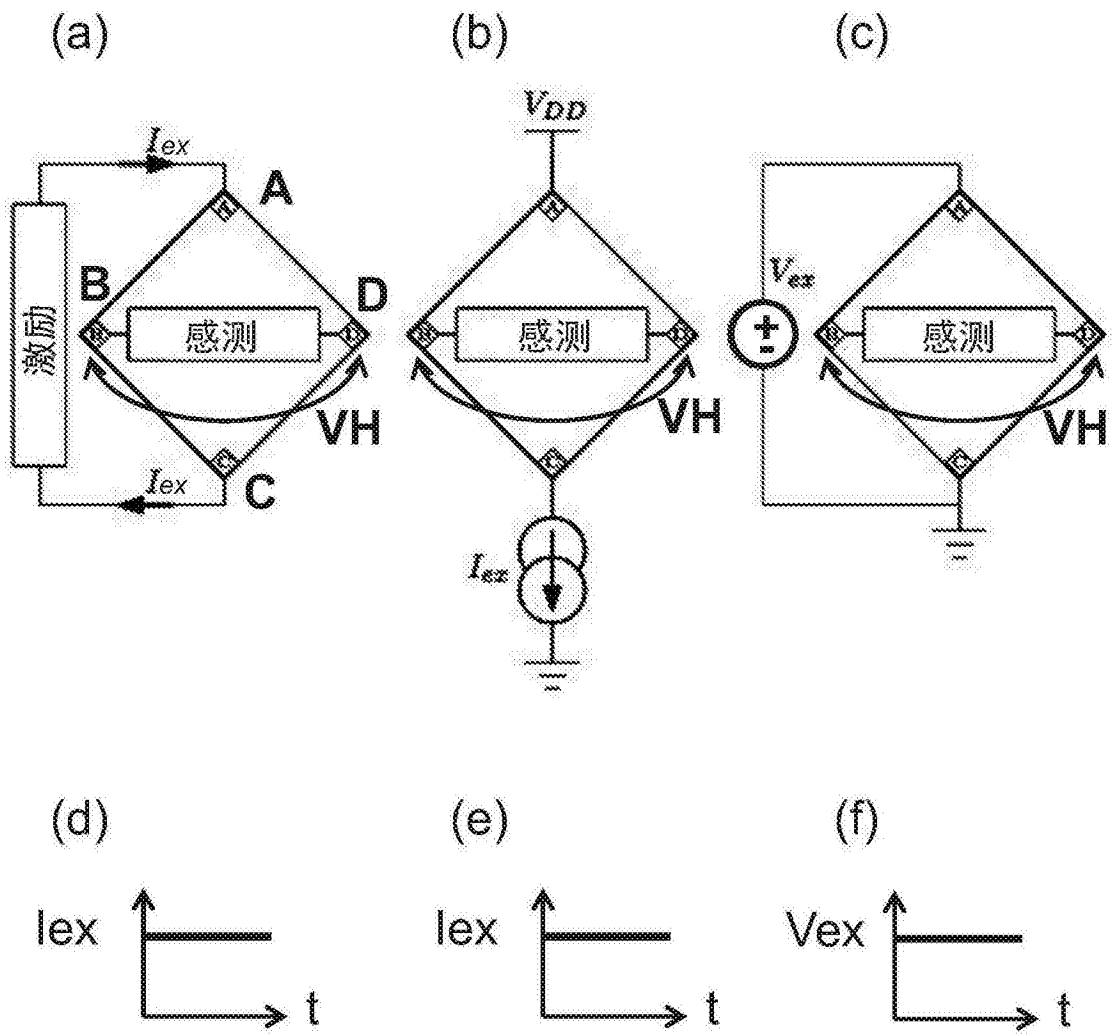


图1 (现有技术)

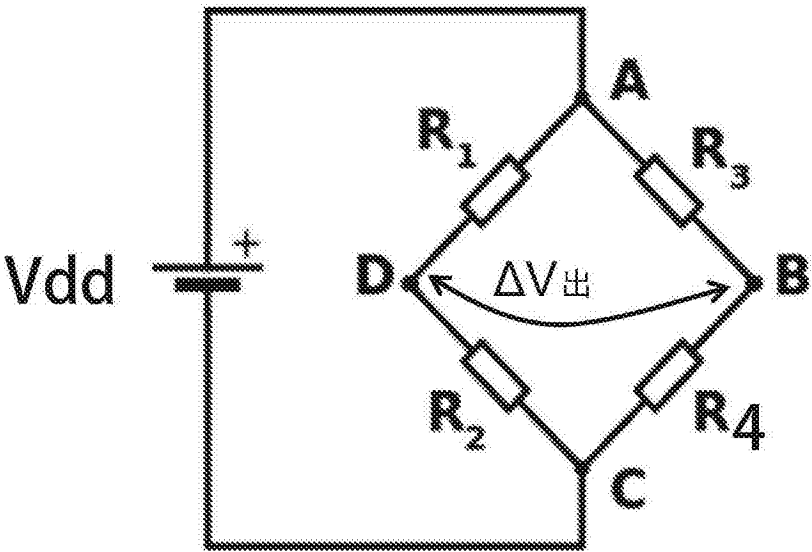


图2 (现有技术)

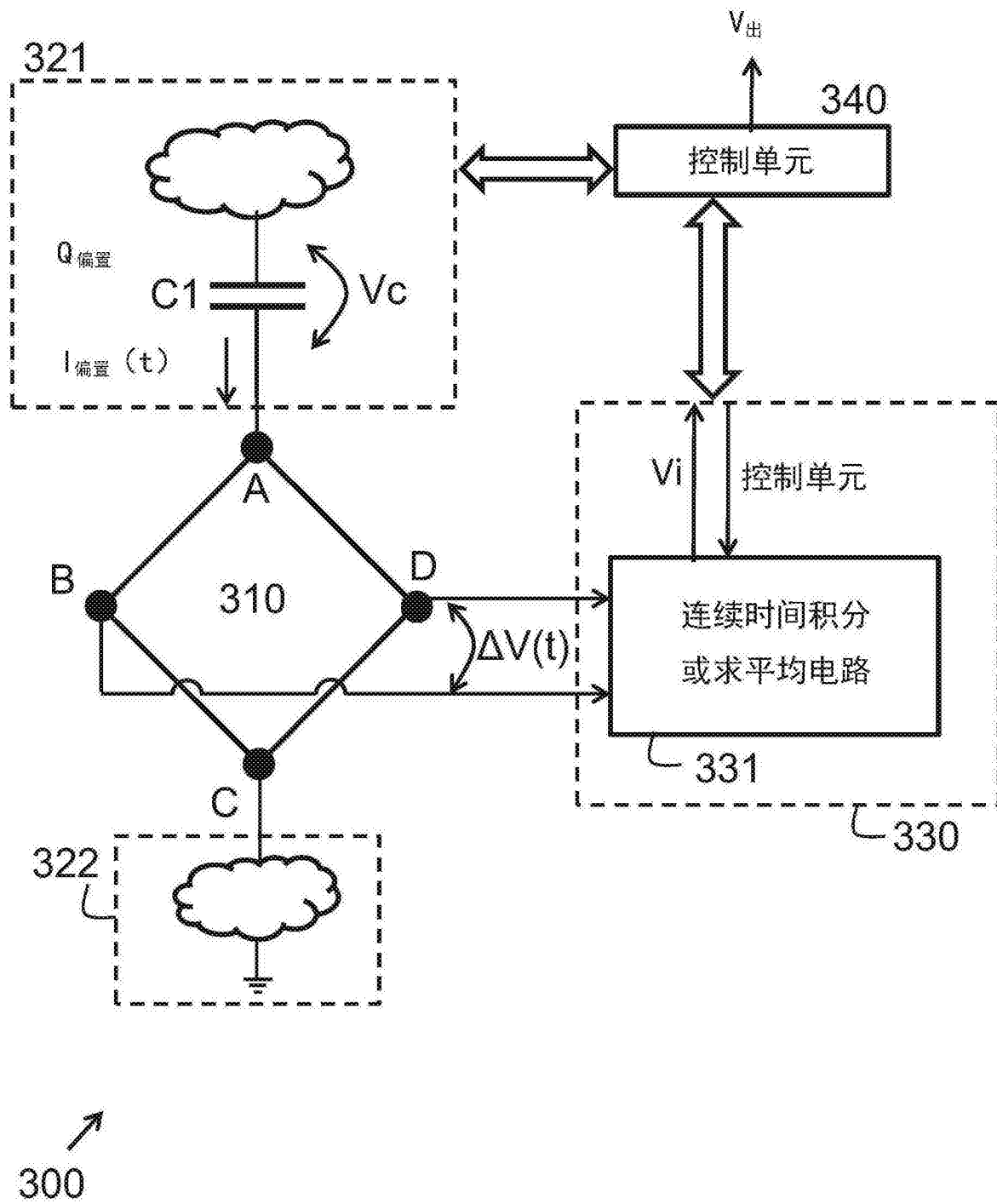


图3 (a)

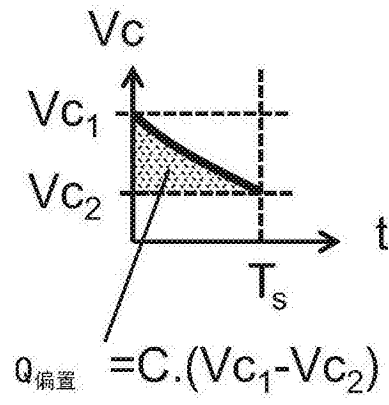


图3 (b)

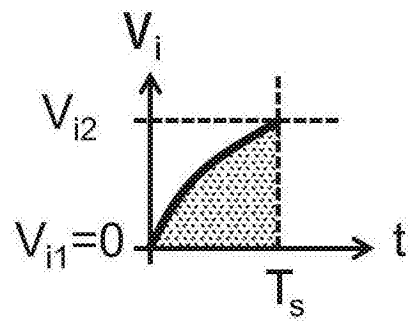


图3 (c)

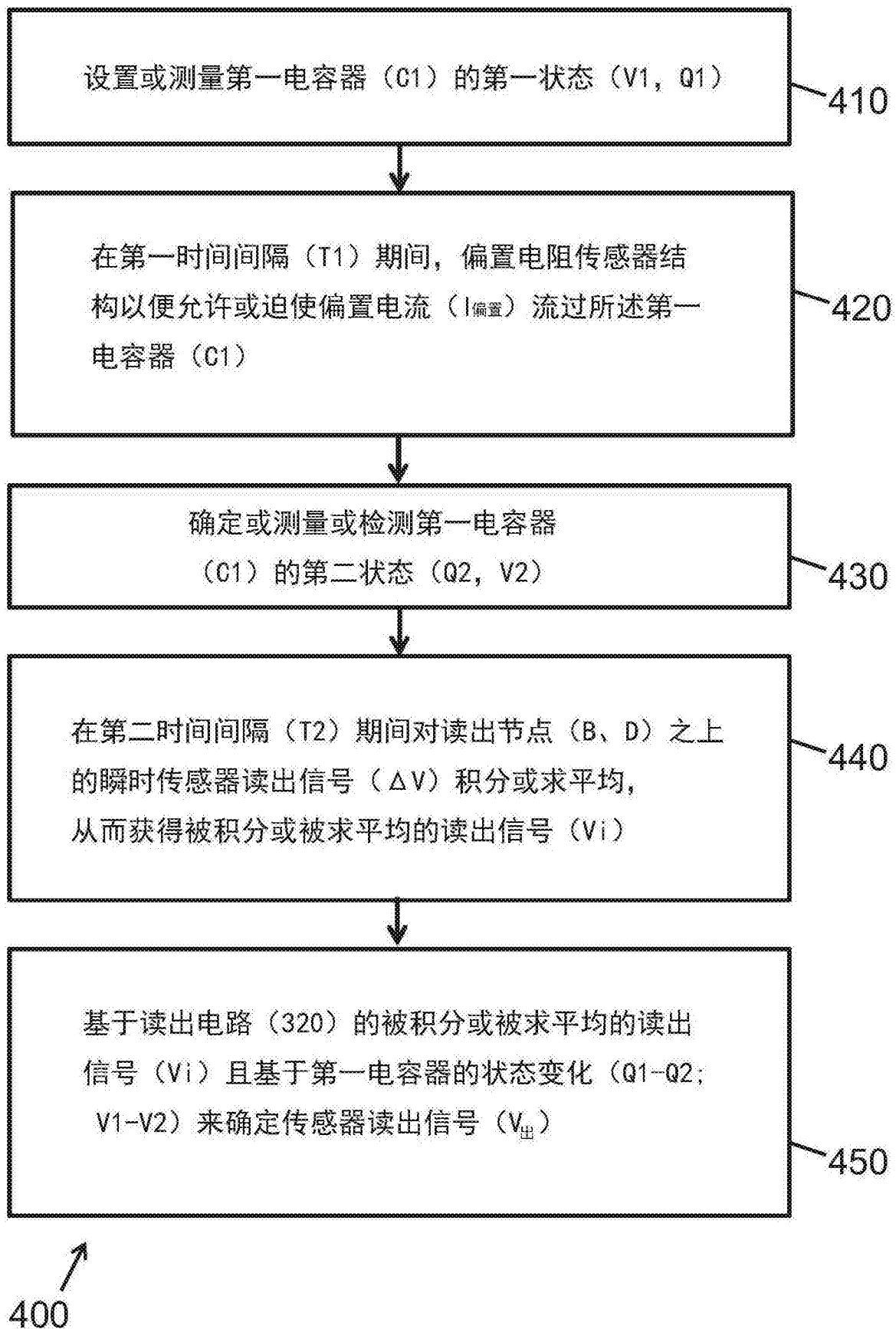


图4

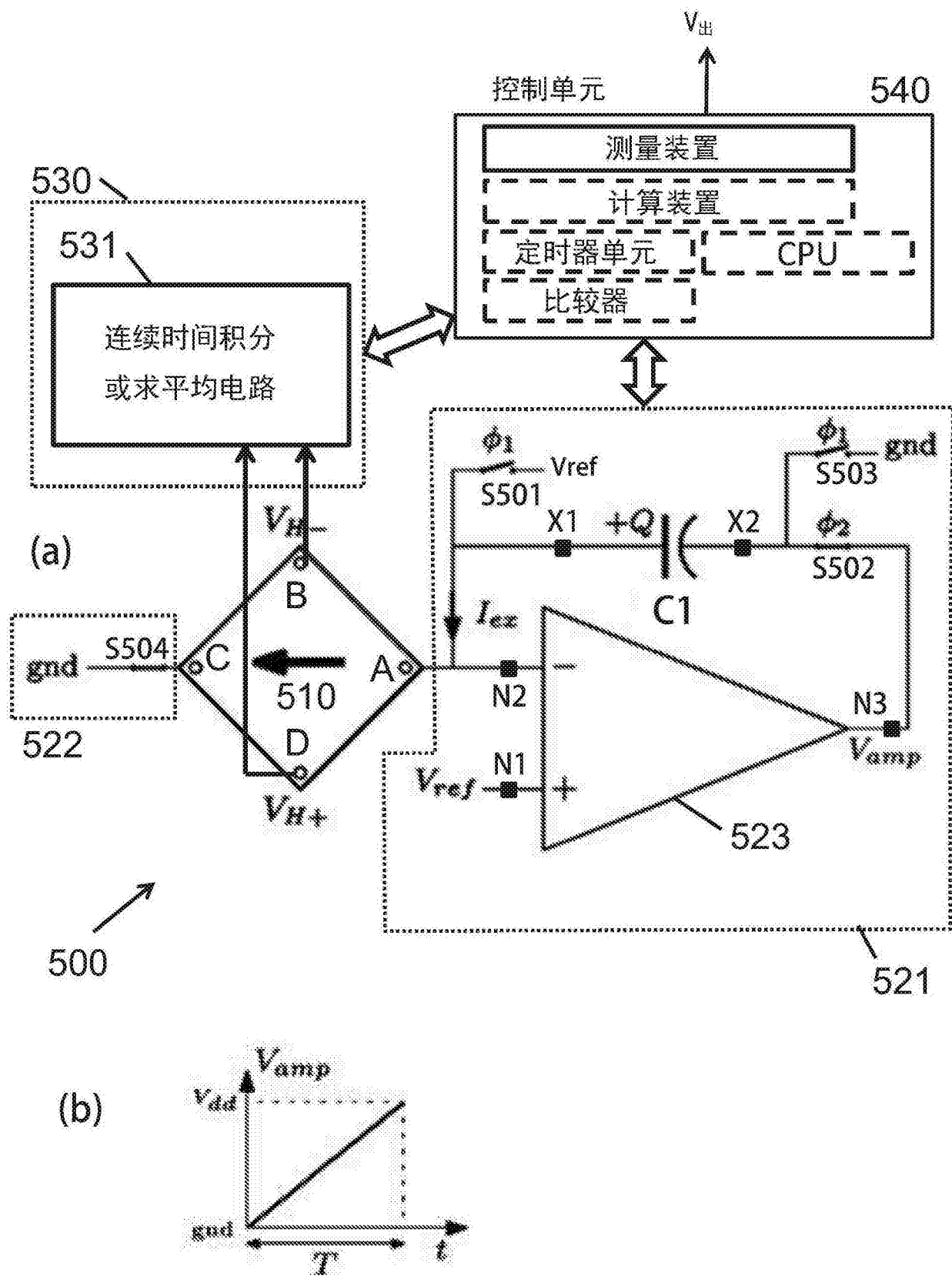


图5

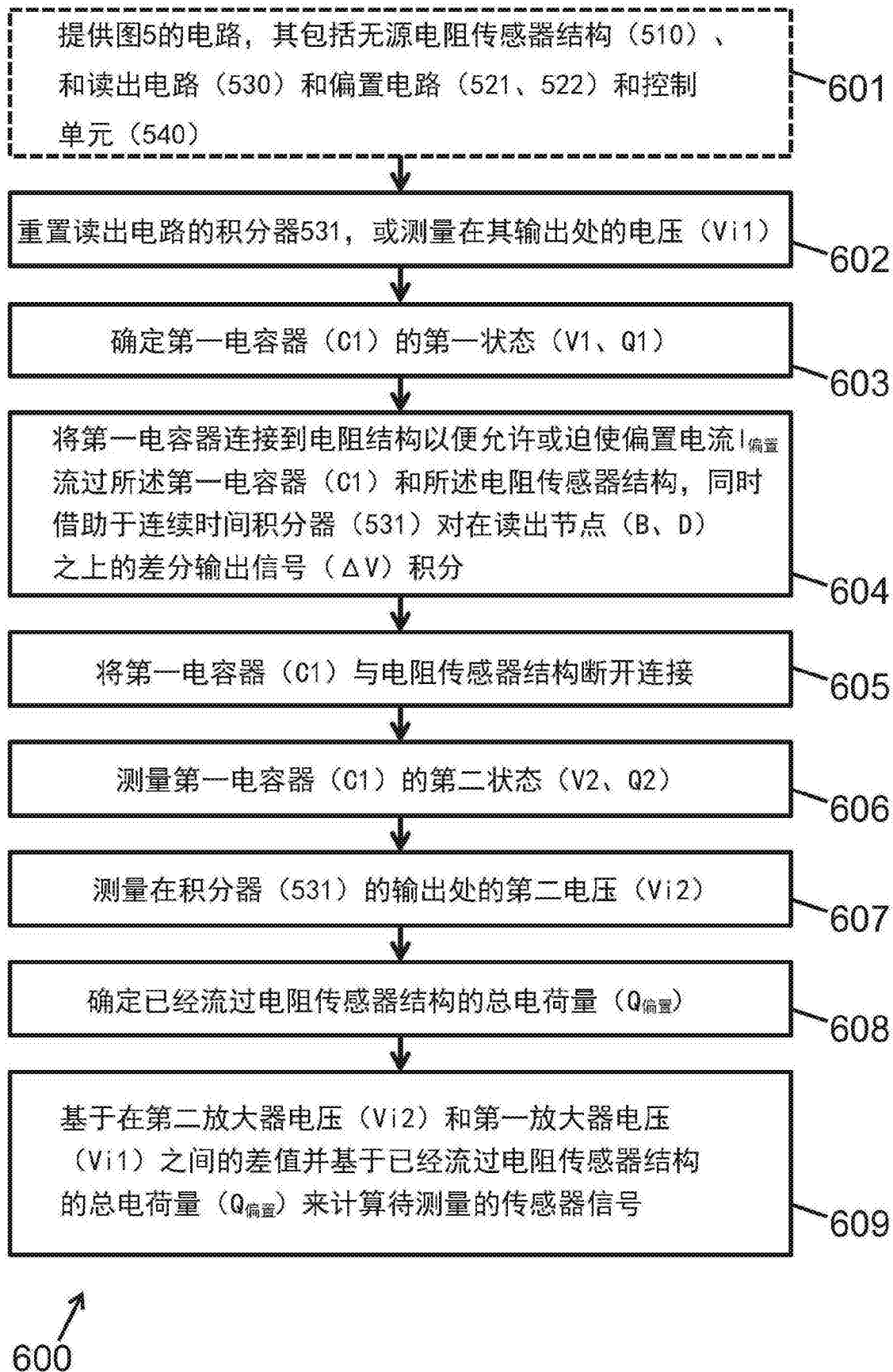


图6

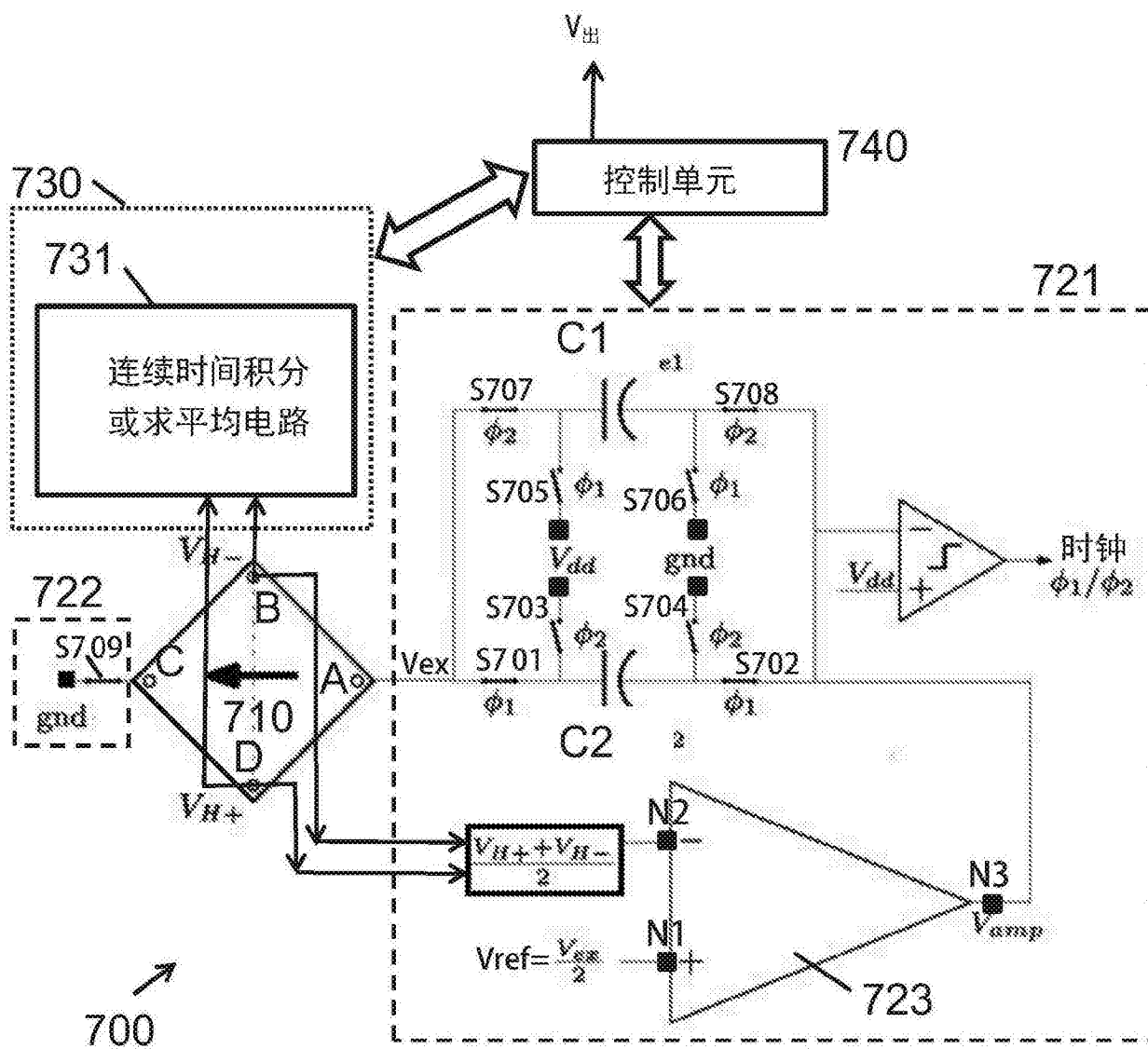


图7 (a)

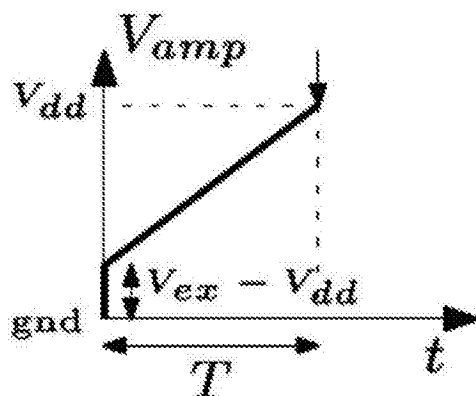


图7 (b)

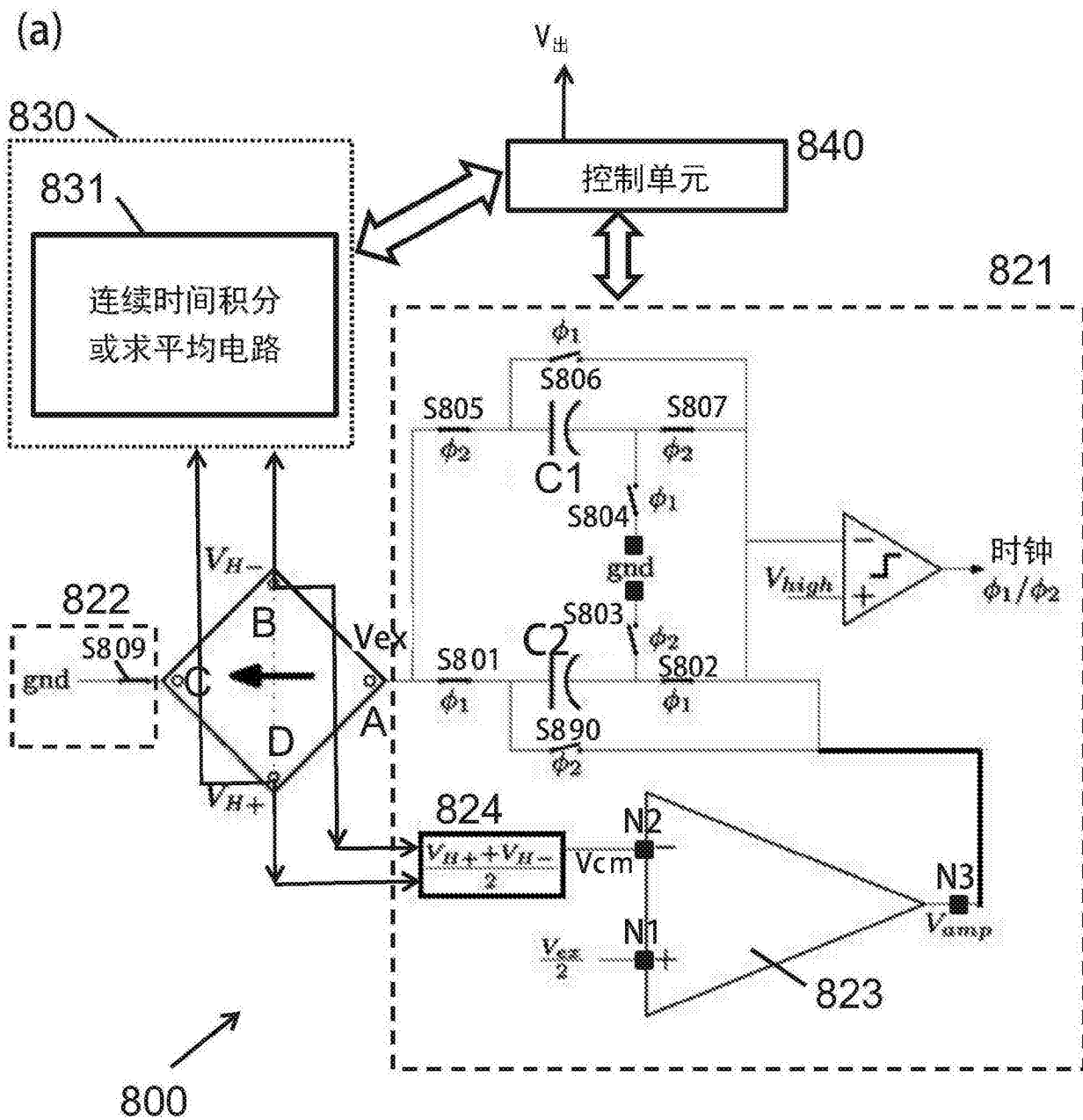


图8 (a)

(b)

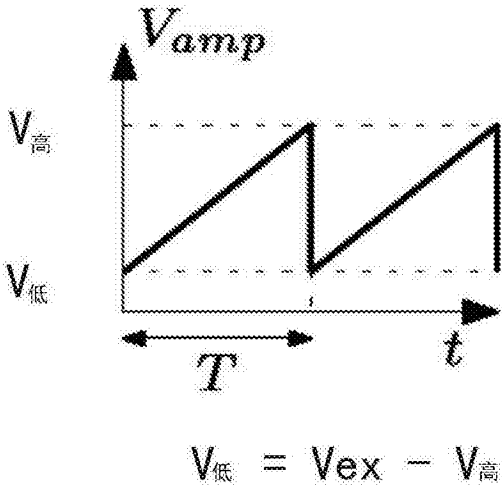


图8 (b)