



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101427143 B

(45) 授权公告日 2011. 06. 08

(21) 申请号 200780014415. 2

(22) 申请日 2007. 04. 13

(30) 优先权数据

102006019187. 0 2006. 04. 21 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 10. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2007/053655 2007. 04. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02007/122123 DE 2007. 11. 01

(73) 专利权人 胡夫·许尔斯贝克和福斯特有限
及两合公司

地址 德国费尔伯特

(72) 发明人 F-J·韦伯 M·维特

(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 赵冰

(51) Int. Cl.

G01R 27/26 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0006883 A1, 2006. 01. 12, 全文.

US 5586042 A, 1996. 12. 17, 全文.

US 6661239 B1, 2003. 12. 09, 全文.

审查员 蒋群

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

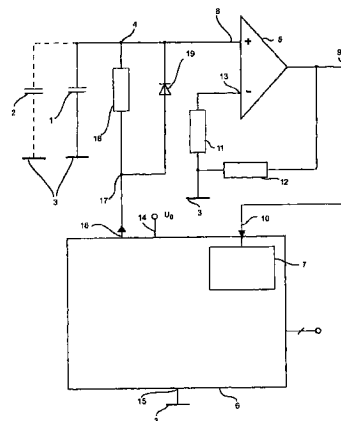
(54) 发明名称

用于测量电容的方法和电路

(57) 摘要

为了测量电容,使施加在电容上的电压被输送到评价电路的输入端。这样构成评价电路,使得它可以以预定的精度获得输入电压,只要这个电压位于测量间隔内。使电容首先充电到超过测量间隔上限数倍的初始电压,然后在预定的电阻上以预定的持续时间放电,由此使电压达到一个取决于电容大小的电压最终值。在此这样选择电阻和时间间隔,使得电压最终值位于测量间隔内。然后获得电压最终值并且由电压最终值确定电容。在用于测量电容器的电容的电路中,使电容器(2)的一个接头与评价电路的一个输入节点(4)相连接,并且使另一接头与基准电位(3)相连接。第一开关装置能够使输入节点与恒定的电压电位相连接。第二开关装置能够使一个预定大小的电阻(18)耦联在输入节点与基准电位之间。控制装置(6)这样控制两个开关装置,使输入节点与恒定的电压电位相连接,其中评价电路产生输出值,如果输入节点位于恒定的电压电位上,则输出值取一个极值,如果对于预定的持续时间电阻耦联在输入节点与基准电位之间,由此使输入节点与基准电位之间的电压下降到位于测量间隔中的最终值,并且使输入节点与基准电位和恒定的电压

电位这样去耦,使得电压保持在最终值上,其中评价电路产生一个与最终值成正比的输出值。评价电路的输出端与一个用于存储输出值和用于确定从属电容值的装置耦联。



1. 一种用于测量电容器的电容的方法,其中施加在所述电容器上的电压被输送到评价电路的输入端,其中这样构成评价电路,使得它能够以预定的精度获得输入电压,只要这个电压位于测量间隔内,其中:

a) 使所述电容器以预定的初始电压充电,该初始电压超过测量间隔上限的数倍,

b) 然后使所述电容器在预定的电阻上以预定的持续时间放电,由此使所述电容器上的电压达到一个取决于电容大小的电压最终值,其中这样选择电阻和时间间隔,使得电压最终值位于测量间隔内,

c) 由评价电路获得电压最终值并且由电压最终值确定所述电容。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,使施加在所述电容器上的电压输送到一个作为评价电路的组成部分的放大器的输入端,然后如果该放大器的输入电压位于测量间隔内,则使输入电压至少以倍数 2 被放大,由此使电压最终值至少以倍数 2 被放大,并获得放大后的电压最终值,并且使该放大器对于在测量间隔以上的输入电压过调。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述放大器为运算放大器,使电压最终值借助该运算放大器以 10 至 1000 的倍数被放大。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,使电压最终值借助所述运算放大器以 10 至 50 的倍数被放大。

5. 如权利要求 2 至 4 中任一项所述的方法,其特征在于,通过借助模数转换产生一个数字最终值并且存储所产生的数字最终值,从而获得放大后的电压最终值。

6. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的方法,其特征在于,使所述电容器上的电压在达到电压最终值以后对于在其间获得该电压最终值的第二预定持续时间保持不变。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,通过一个与所述电容器的一个接头相连接的节点与电压源或地电位的交替连接和去耦实现充电到初始电压、通过所述电阻放电和保持电压,其中借助于由控制装置控制的开关实现所述连接和去耦。

8. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的方法,其特征在于,一个恒定电压源的初始电压供使用。

9. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述控制装置包括处理器,并且由该处理器根据节拍信号确定所述预定的持续时间。

10. 一种用于测量电容器的电容的电路,其中使所述电容器的一个接头与评价电路的输入节点相连接,并且使所述电容器的另一接头与基准电位相连接,其中这样构成评价电路,使它以预定的精度测得输入电压,只要这个电压位于测量间隔内,并且产生一个相应的输出值,其中第一开关装置能够使输入节点与恒定的电压电位相连接,其中第二开关装置能够使预定大小的电阻耦联到输入节点与基准电位之间,其中控制装置与第一和第二开关装置耦联,并且这样控制这两个开关装置,使得

a) 输入节点与恒定的电压电位相连接,其中评价电路产生这样的所述输出值:该输出值在输入节点位于恒定的电压电位上时取一个极值,

b) 然后使所述电阻对于预定的持续时间耦联在输入节点与基准电位之间,由此使输入节点与基准电位之间的电压降低到一个位于测量间隔内的最终值,以及

c) 然后使输入节点与基准电位和恒定的电压电位这样去耦,使得电压保持在最终值上,其中评价电路产生与最终值成正比的输出值,

其中使评价电路的输出端与用于存储所述输出值和确定相应的电容值的装置耦联。

11. 如权利要求 10 所述的电路,其特征在于,所述评价电路具有运算放大器和与所述运算放大器的输出端耦联的模数转换器,其中所述模数转换器产生所述相应的输出值。

12. 如权利要求 11 所述的电路,其特征在于,所述输入节点与所述运算放大器的反相输入端相连接。

13. 如权利要求 11 或 12 所述的电路,其特征在于,所述运算放大器具有 2 至 1000 的放大倍数。

14. 如权利要求 13 所述的电路,其特征在于,所述运算放大器具有 10 至 50 的放大倍数。

15. 如权利要求 10 至 12 中任一项所述的电路,其特征在于,所述输入节点通过由预定大小的电阻和开关二极管所组成的并联电路与所述控制器的输出接头相连接,其中所述控制器的输出接头可以位于基准电位或恒定的电压电位上或者被置为高阻,使得第一开关装置由开关二极管和所述控制器构成,第二开关装置由所述控制器构成。

16. 如权利要求 15 所述的电路,其特征在于,所述基准电位对应于地电位,而恒定的电压电位对应于所述控制器的高逻辑输出电平。

用于测量电容的方法和电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测量电容的方法,其中通过电容施加的电压被输送到评价电路的输入端并且其中由电压最终值确定电容,它在电容放电后由预定的初始电压对于预定的时间间隔在预定的电阻上给出。此外本发明还涉及一种根据这种方法测量电容的电路。

[0002] 如果一个以预定的电压值充电的电容(例如一个电容器)通过一个电阻放电,则电压从初始值开始根据下式呈指数降低:

$$[0003] \quad U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}},$$

[0004] 其中 U_0 是初始电压, R 是电阻值而 C 是电容(电容器的值)。如果在开始放电以后的预定的时间间隔 T 后通过电容器测量电压 $U_{me\beta}$, 则可以由 $U_{me\beta}$, T , U_0 和 R 根据下式确定电容:

$$[0005] \quad C = \frac{T}{R} \cdot \ln \frac{U_0}{U_{me\beta}}$$

[0006] 如果能够尽可能精确地预定 U_0 和 R 的数值并且对于尽可能精确确定的时刻 T 可以实现尽可能精确的测量 $U_{me\beta}$, 则在使用这个公式的情况下例如能够确定电容。但是以这种方式确定电容的已知电路在电路技术上开销很大(且较为昂贵)或者由于许多干扰影响是相对不准确的。

[0007] 如果不是要获得电容本身,而是只要获得在预定的时间间隔内电容的相对变化,则对精度的要求是较低的。在这种情况下无需准确地了解 U_0 和 R 的数值;只需在确定的时间间隔上使这些值保持恒定。时间间隔 T 的精确持续时间也取决于从属条件;只需在每次测量时尽可能使开始放电与测量时刻之间的持续时间相同。在这种情况下只需尽可能准确地测量电压 $U_{me\beta}$ 。

[0008] 一个应用示例,其中较少地期望确定绝对电容而更多地期望确定相对的电容变化,使用于获得操作者身体变化的电容式接近传感器设置在汽车的门把手上。

发明内容

[0009] 因此本发明的目的是,对于电容式接近传感器实现一种经济且可靠的电容测量的可能性。

[0010] 这个目的根据本发明通过具有权利要求 1 所述特征的方法以及具有权利要求 10 所述特征的电路得以实现。

[0011] 本发明基于上述确定电容的基本原理,在预定的放电时间以后进行电压测量。本发明还基于以下认识:用于获得电容上的电压的评价电路无需在电容上产生的电压的整个间隔上精确地测量,而只需在小的部分间隔、在这里称为测量间隔中尽可能精确地测量电压,其中这样选择这个测量间隔,使得在电容放电后由初始电压开始通过预定的电阻对于预定的持续时间达到的电压值必需位于测量间隔内。

[0012] 在根据本发明的用于测量电容的方法中,将通过电容施加的电压输送到评价电路

的输入端,其中这样构成评价电路,使得它能够以预定的精度获得输入电压,只要这个电压位于测量间隔内。首先使电容以预定的初始电压充电,该初始电压超过测量间隔上限的数倍。然后使电容在预定的电阻上以预定的持续时间放电,由此使电容上的电压达到一个取决于电容大小的电压最终值,其中这样选择电阻和时间间隔,使得电压最终值位于测量间隔内。最后由评价电路获得电压最终值并且由电压最终值确定电容。由电压最终值例如通过查表或者通过根据上述公式计算确定电容。对于本发明重要的是,评价电路只能在这个测量间隔内以预定的精度获得输入电压。如果输入电压位于测量间隔以上或以下,则评价电路只能以低得多的精度获得输入电压,或者仅仅确认输入电压位于测量间隔上限以上或下限以下。因此本发明的核心是具有“放大功能”的评价电路,使得不再在所有可能的输入电压值的整个范围中以基本相同的精度获得输入电压,而是使输入电压的精确测量限制在一个部分间隔(测量间隔)上。这一点能够通过相对简单的评价电路以相对较高的精度获得电压最终值。

[0013] 如果不要获得电容的绝对值而是只要获得相对的电容变化,则根据本发明的方法是特别有利的。在这种情况下不仅无需精确地了解电阻值或初始电压而且无需精确地调节时间间隔;只需使这些值从测量到测量保持恒定。只需尽可能准确地确定在测量间隔中的不同电压值。然后这样选择初始电压、电阻值和预定的持续时间,使得电压最终值对于所有的变化的电容的期望电容值位于测量间隔内。

[0014] 在根据本发明方法的优选实施方式中,使施加在电容上的电压被输送到一个作为评价电路的组成部分的放大器的输入端,然后如果放大器的输入电压位于测量间隔内,则使输入电压至少以倍数 2 被放大。由此使电压最终值至少以倍数 2 被放大并且获得放大后的电压最终值。对于在测量间隔以上的输入电压,使放大器过调,即使放大器的输出电压取一个(不再取决于输入电压实际值的)最大值。在此要指出,“测量间隔以上”或“最大值”的概念对于负极性而言必要时通过等效的概念“测量间隔以下”和“最小值”替换,或者这样定义这些概念,使它们与符号无关地适用于电压绝对值。在优选的实施方式中使电压最终值例如通过一个运算放大器以 10 至 1000、最好是 10 至 50 的倍数被放大。为此一个相对经济的运算放大器就足够了。在优选的实施方式中测得放大后的电压最终值,通过模数转换产生一个数字最终值并且存储所产生的数字最终值。在可选择的实施方式中,代替运算放大器与模数转换器的组合也可以这样使用具有非线性灵敏度的模数转换器,使得这个转换器仅仅在具有高分辨率的测量间隔内转换电压,而在测量间隔以外的电压值以低分辨率转换成数字值。

[0015] 在本发明的有利改进方案中使电容上的电压在达到电压最终值以后保持一段第二预定持续时间,在其间测得电压最终值。这允许使用相对缓慢的运算放大器和模数转换器,并进一步降低了电路成本。

[0016] 在优选的实施方式中通过一个与电容接头相连接的节点与电压源或地电位的交替连接和去耦实现充电到初始电压、通过电阻放电和保持电压,其中借助于由控制装置控制的开关实现连接和去耦。开关最好是电子开关并且控制装置最好包括微处理器或微控制器。

[0017] 在优选的改进方案中根据节拍信号确定处理器(微处理器或微控制器)的预定持续时间。这个节拍信号的时间常数例如通过使用产生节拍的石英振荡器实现。因此根据本

发明的方法可以通过相对简单的电路结构实现,它除了少量的电阻元件以外还包括一个经济的运算放大器和一个具有模数转换器输入端的微处理器。

[0018] 在根据本发明的用于测量电容器的电容的电路中,使电容器的一个接头与评价电路的输入节点相连接,并且使电容器的另一接头与基准电位(例如地电位)相连接。如同对于方法已经描述的那样,这样构成评价电路,使它以预定的精度获得输入电压,只要这个电压位于测量间隔内,并且产生一个相应的输出值(该输出值例如可以是输出电压或者也可以是输出数字值或对应于电压的编码)。第一开关装置可以使输入节点与恒定的电压电位(例如正的电源电位,它至少在几个测量间隔的数量级以内保持恒定)相连接。一个第二开关装置可以使预定参数的电阻(例如精确电阻元件)耦联到输入节点与基准电位之间。一个控制装置与第一和第二开关装置耦联并且这样控制这个开关装置,使得(a)输入节点与恒定的电压电位相连接,其中评价电路产生一个输出值,它在输入节点位于恒定的电压电位上时取一个极值(最大值或最小值), (b) 然后使电阻对于预定的持续时间耦联在输入节点与基准电位(例如地)之间,由此使输入节点与基准电位之间的电压降低到一个位于测量间隔内的最终值,并且(c) 然后使输入节点与基准电位和恒定的电压电位这样去耦(高阻值),使得电压保持在最终值上,其中评价电路产生一个与最终值成正比的输出值。使评价电路的输出端与一个用于存储输出值和确定相应的电容值的装置耦联。这个装置例如可以是微控制器。

[0019] 所述电路的特征最好是,所述评价电路具有运算放大器和与运算放大器的输出端耦联的模数转换器,其中模数转换器产生输出值。所述输入节点与运算放大器的反相输入端相连接。所述运算放大器例如具有 2 至 1000、最好是 10 至 50 的放大倍数。

[0020] 在本电路优选的、简单的扩展结构中,所述评价电路的输入节点通过预定大小的电阻和开关二极管的并联电路与控制器(微控制器)的输出接头相连接。控制器的输出接头可以位于基准电位(地;逻辑低电平)或恒定的电压电位(电源电压,逻辑高电平)上或者是高阻的。因此在这个实施方式中第一开关装置由开关二极管和控制器构成,而第二开关装置仅仅由控制器构成。如果控制器的输出接头位于逻辑高电平上并由此使开关二极管在通流方向上导通,则第一开关装置是“接通的”,即,使输入节点与恒定的电压电位相连接。如果控制器的输出端位于低电平(例如地)上,则第二开关装置是“接通的”并且使输入节点通过电阻与基准电压(地)相连接。

[0021] 在从属权利要求中给出本发明的有利的和/或优选的改进方案。

附图说明

[0022] 下面借助于在附图中所示的优选实施例详细解释本发明。附图中:

[0023] 图 1 简要示出根据本发明的电路结构的电路图;以及

[0024] 图 2A 和 2B 示例地示出电容上的电压和运算放大器输出端上的电压的电压变化曲线。

具体实施方式

[0025] 图 1 简要示出根据本发明的用于确定电容的电路结构的电路图。要被确定的电容由电路电容器 1 和一个(在图 1 中以虚线的导线表示的)“干扰电容”2 组成。在一个用于

电容式接近传感器的电路结构的优选应用中,电路电容器 1 是电路的固定组成部分,并且这样构成,使其电容在期望的环境条件下尽可能是恒定的。称为“干扰电容”的电容 2 是一个具有电容式接近传感器相对于地的电极的电容。这个电容一方面取决于电容式传感器的结构形状(电极面积、电极与接地元件的距离、周围的电介质),另一方面取决于接近电极的且与地电容式和/或电阻式耦联的物体(例如操作者的手)的接近程度和尺寸。所示的电路结构主要用于获得并跟踪电容 2 的变化并且由这种变化推导出关于操作者的手的接近程度的结论。这种电容式接近传感器的电极结构的形状以及功能(例如在汽车门把手中的布置)是已知的,并且在这里不再详细描述。

[0026] 如图 1 所示,使电容 1,2 的接头分别与作为基准电位的地 3 相连接,而电容器 1 或电容 2 的另一接头与称为评价电路的用于确定电容的电路的输入节点 4 相连接。该评价电路对于在图 1 中所示的实施例主要由运算放大器 5 和包含在微控制器 6 内的模数转换器 7 构成。输入节点 4 在此与运算放大器 5 的非反相输入端 8 相连接。运算放大器的输出端 9 与微控制器 6 的输入接头 10 相连接,其中输入接头 10 与模数转换器 7 的输入端相连接。为了调整所期望的放大倍数使运算放大器 5 的输出端 9 通过由电阻 11 和 12 组成的电阻网络与运算放大器 5 的反相输入端 13 和地 3 相连接。运算放大器的放大倍数被调节到 10 至 50 之间的某一数值,由此使输出端 9 上的输出电压的绝对值为输入节点 4 上电压的 10 至 50 倍。

[0027] 微控制器 6 除了模数转换器 7 之外还包括一系列其它的电路元件,它们包括处理器、RAM、ROM 和其它输入和输出电路,例如模数转换器、数模转换器和驱动电路。微控制器的电源象征性地通过接头 14 表示,在其上施加电压 U_0 。此外示出一个与地 3 耦联的接头 15。当然微控制器也可以具有一系列其它的电源接头和接地接头,并且也可以通过多个不同的电源供电。

[0028] 微控制器 6 具有一个输出接头 16,它可以有三个状态。在其上可以输出电压 U_0 ,它可以置于地电位,并且它可以切换为高阻(即与电压电位和地去耦)。借助于控制器输出接头 16,微控制器 6 控制下面详细描述的测量过程,其中使输出接头 16 的电位对于固定的预定时刻在测量过程以内置于电压 U_0 或地电位或者切换高阻。测量过程包括控制输出接头 16 和处理模数转换器 7 的输出信号由包含在微控制器中的程序控制。

[0029] 输出接头 16 与测量电路的控制器节点 17 相连接,它又通过由放电电阻 18 和开关二极管 19 组成的并联电路与输入节点 4 耦联。在此这样确定开关二极管 19 的极性,使它仅仅允许从控制节点 17 到输入节点 4 的电流流过。当电压 U_0 施加到控制节点 17 上时,则电容 1 和 2 组成的并联电路通过由电阻 18 和开关二极管 19 组成的并联电路充电,直到在输入节点 4 上的电压达到 U_0 ,开关二极管 19 的电阻基本上由开关二极管 19 的导通电阻确定。由于开关二极管的微小导通电阻使电流相对快速地流动。当要通过开关二极管 19 限制电流时,可以在二极管支路上与二极管 19 串联地接入另一电阻。这样显然增加了充电时间。如果在控制节点 17 上施加地电位并且使输入节点 4 处于比地更高的电位、例如电压 U_0 上,则电容 1 和 2 组成的并联电路通过放电电阻 18 放电。极性在截止方向上的开关二极管 19 上和运算放大器 5 的输入端上的电流接近等于零,即可以忽略。对于放电电阻 18 的电阻值 R 、电路电容器 1 的电容 C_1 和干扰电容 2 的电容 C_2 ,得到放电常数 $\tau = R(C_1 + C_2)$ 。

[0030] 当微控制器 6 的控制节点 17 和输出接头 16 切换为高阻时,则几乎保持此时在输

入节点上存在的电压不变。由输入节点 4 与地之间、例如在运算放大器 5 内部、在输出接头 16 的输出驱动电路内部以及在电容器 1 和 2 上和其它电路元件的寄生电阻产生略微的电压降。

[0031] 为了确定电容 C_1+C_2 ，微控制器 6 控制下面的测量过程。首先使输出接头 16 施加电压 U_0 。这个电压是稳定的并且在时间上尽可能恒定。如果在控制节点 17 上施加电压 U_0 ，则电容 C_1+C_2 组成的并联电路通过二极管 19 快速充电到这个电压 U_0 ，它在短时间后调节到输入节点 4 上。接着使输出接头 16 跳变地置于地电位上。电容器 1 和 2 通过放电电阻 18 指数地以上述的时间常数放电，其中在输入节点 4 上得到下面的电压变化：

$$[0032] \quad U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R(C_1+C_2)}}$$

[0033] 在运算放大器 5 的反相输入端 8 上施加的电压 U_0 这样高，使运算放大器过调。它保持过调，直到输入节点 4 上的电压指数地下降到一个对应于测量间隔上限的值。在运算放大器 5 的非反相输入端 8 过调时，输出端 9 保持在最大电压值上。在由微控制器 6 的程序控制预定的持续时间 T 过后，使输出接头 16 切换为高阻，由此使得此时在输入节点 4 上存在的电压基本（即不考虑寄生放电）保持不变。也使控制节点 17 处于这个电压电位上。这样选择预定的持续时间 T ，使该持续时间结束时在输入节点 4 上存在的电压在电容 2 的所期望的电容变化的整个范围内处于运算放大器 5 的测量间隔内，但是还不接近零。这意味着，这样选择持续时间 T ，使得在最高的所期望的电容时（例如当使用者的手直接位于电容式传感器的电极上的时候）电压直接下降到测量间隔的上限以下，即运算放大器刚好不再过调。另一方面持续时间 T 不能选择得太长，以对于最小的所期望电容仍保持可测量的电压。

[0034] 在微控制器 6 的输出接头 16 切换为高阻时，模数转换器 7 对运算放大器的输出端 9 上的电压进行采样。通过上述设定的放大器值使这个电压大致为输入节点 4 上电压的 10 至 15 倍。对于已知的放大器，可以由模数转换器给出的数字值确定时间间隔 T 结束时在输入节点 4 上存在的电压，并由此（在了解了电压 U_0 和电阻 R 的情况下）根据上述的公式确定电容 C_1+C_2 。

[0035] 但是在作为接近传感器的实际应用中不能知道放大倍数、电压 U_0 、电阻 R 和时间间隔 T 的精确值，并且也包括从属的需求，因为微控制器仅仅要确定电容 C_2 在时间上的相对（百分比）变化。为此使上述的测量过程周期性地重复多次。存储并处理、即相互比较由模数转换器周期性给出的数字值，并由此计算相对电容变化。

[0036] 相对电容变化一般位于百分之几、甚至千分之几的范围内。在时间间隔 T 结束时输入节点 4 上所调节的测量电压也相应地很小。现在根据本发明的电路充分利用这种状况，即只需精确测量在时间间隔 T 结束时调节的电压，而不测量所有在测量循环期间在输入节点 4 上的电压。由此借助于放大器 5 使在间隔 T 结束时给出的电压强烈放大（以倍数 10 至 50 或者更大），并且另一方面容忍以这个范围放大的最佳运算放大器 5 在整个位于其上的输入电压范围中过调。由于过调使在输出端 9 的电压中的输入节点电压发生错误转换对于所进行的测量是不重要的。只需保证在所期望的电容变化的整个范围内，在间隔 T 结束时得到的测量电压位于运算放大器 5 的测量间隔内。通过使寄生电流最小化并且提高电压 U_0 和电阻 R 的时间常数，可以改善测量装置的精度。这一点和运算放大器 5 的理想特性

允许相对较长的放电时间 T ，它导致在时间间隔结束时相对较小的电压。然后对于相对较大的放大倍数的运算放大器可实现相对较小的测量间隔。这提高了测量装置的灵敏度。但是噪声影响最小化并且屏蔽了干扰场。电容 C_2 的测量精度也可以通过减小电路电容器 1 的电容 C_1 而被放大。另一方面由此使电路对于干扰影响更加敏感。

[0037] 下面要借助于图 2A 和 2B 详细描述在上述的测量循环中得到的在输入节点 4 和输出端 9 上的电压变化。图 2A 和 2B 示出根据试验获得的电压变化曲线，其中以 A 表示的曲线是输入节点 4 上的电压，以 B 表示的曲线是运算放大器的输出端 9 上的电压，而以 C 表示的曲线是微控制器 6 对于状态信息的二进制测试输出信号。图 2B 与图 2A 的不同仅仅在于，在图 2A 中对于曲线 A 选择电压标尺，它构成曲线 A 的全部视图，而在图 2B 中对于曲线 A 和 B 选择相同的电压标尺，这个电压值分别对应于两个水平点线之间的垂直距离，由在各图形下面所示的通道信息 (Ch2, Ch3, Ch4) 得出。在图 2A 中通过点线构成的瀑布图的高度对于曲线 A 对应于 1.00V 电压，对于曲线 B 对应于 500mV 电压，而对于曲线 C 对应于 5.00V 电压。在图 2B 中瀑布图的高度对于曲线 A 和 B 对应于 500mV 的电压，而对于曲线 C 对应于 5V 的电压。在两个附图中两个垂直点线之间的水平距离对应于时间间隔 $20.0 \mu s$ 。

[0038] 由图 2A 和 2B 能够得出下面的电压曲线。对于时刻 t_1 微控制器 6 的输出接头 16 接通电压 U_0 ，接着在输入节点 4 上的电压 (曲线 A) 跳变地上升到数值约 5.4V，因为电容器通过开关二极管 19 充电 (对于图 2A 和 2B 的分辨率不能得出节点电压的振荡)。在输入节点 4 上的电压保持在数值 U_0 上，而运算放大器的输出端 9 上的电压 (曲线 B) 跟随这个电压升高，直到约 3.4V 的饱和极限 (最大值)。5.4V 的输入电压过调运算放大器。在图 2A 和 2B 中可以看出，运算放大器缓慢地 (在约 $20 \mu s$ 以内) 振荡。在运算放大器的输出信号达到最大值以后，控制器 6 的输出端 16 在时刻 t_2 跳变地置于地，这通过状态信号的跳变下降 (曲线 C) 表示。因此在时刻 t_2 电容开始放电；输入节点 4 上的电压 (曲线 A) 指数地下降。在下降期间输入节点 4 上的电压在时刻 t_3 超过测量间隔的上限；运算放大器不再过调，并且输出电压 (曲线 B) 从这个时刻 t_3 开始跟随输入节点 4 上的节点电压。对于在图 2A 和 2B 中所示的示例，输出端 9 上的电压约为输入电压的 3 倍。在时刻 t_4 微控制器 6 的输出接头 16 被切换为高阻，接着基本保持输入节点上的电压不变，即只有略微下降。在时刻 t_5 输入节点 4 被置于地，由此使电压跳变地下降到零。在这里要注意，在图 1 中为了简化未示出开关元件，通过它节点 4 可以低阻值地置于地。这个开关元件也可以省去，并且输入节点 4 通过放电电阻 18 和接头 16 放电到地。但是这通过相同的时间常数和相同的指数下降实现，如同在 t_2 至 t_4 之间的时间间隔中看到的那样。

[0039] 对于示例的测量结构使用约 20pF 的电路电容器 1 和约 560k Ω 的放电电阻，由此得到约 $13 \mu s$ 的时间常数 τ 。在推测测量结构的灵敏度时，还假设干扰电容 2 具有电路电容器 1 约 1% 的电容、即约 0.2pF。对于测量时间 $T = \tau$ ($= RC_1$ —没有干扰电容) 和 $U_0 = 5V$ 的电压，得到没有干扰电容的 1.839V 测量电压和具有干扰电容的 1.858V 电压。19mV 的差值约为测量电压的 1%。对于 $T = 2\tau$ 的测量时间和其余均相同的特性得到没有干扰电容的 0.6766V 的测量电压和具有干扰电容的 0.6902V 的电压。13.6mV 的差值对应于电压的约 2%。对于 $T = 3\tau$ 的测量时间得到没有干扰电容的 0.2489V 的电压和具有干扰电容的 0.2564V 的电压。差值 7.5mV 约为电压的 3%。在百分之几范围内的电压变化能够通过经济的模数转换器良好地分辨。较长的测量时间导致测量结构的更高灵敏度。但是给出的更

低电压需要更精确的模拟电路。

[0040] 在本发明构思的范围内可以设想作为替代的实施方式。例如由模数转换器的数字输出值无需计算相应的电容,为了提高速度也可以在查询表中查到它,其中查询表根据事先测得的值建立。此外在检测相对电容变化时无需使模数转换器 7 的输出数字值直接换算成电容值;电压值可以直接比较并进一步处理。此外可以包含附加的电路元件。例如不与输入节点 4 连接的电容器 1 的接头无需直接与地 3 相连接;它例如可以耦联一个电阻。如上所述,也可以使一个电阻与二极管 19 串联。

图 2A

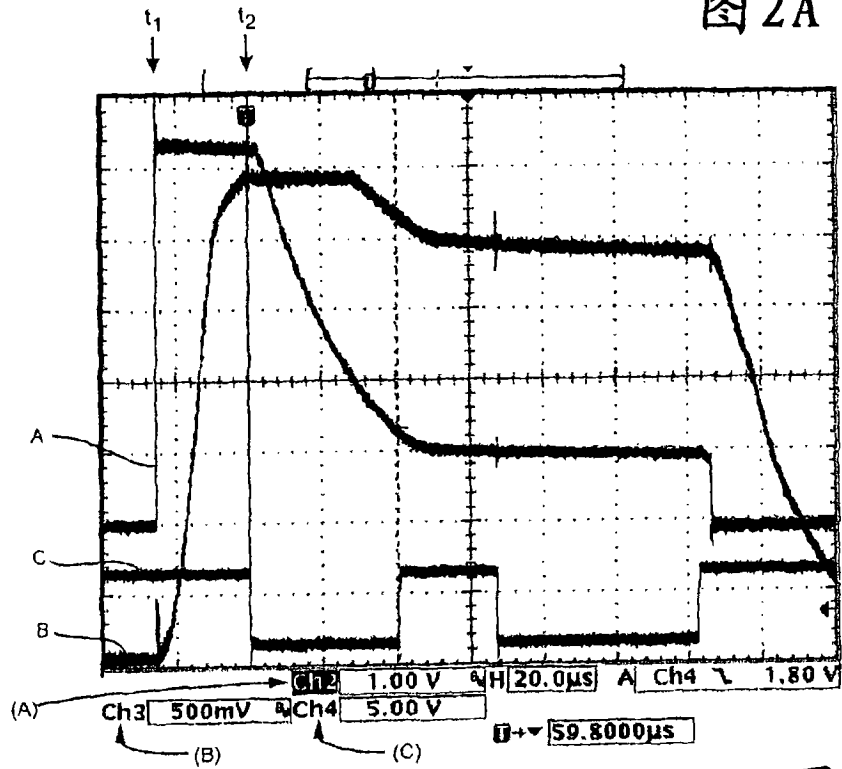


图 2B

