



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111189889 A

(43)申请公布日 2020.05.22

(21)申请号 201911093593.X

(22)申请日 2019.11.11

(30)优先权数据

18306488.0 2018.11.14 EP

(71)申请人 梅斯法国公司

地址 法国图卢兹

(72)发明人 D.贝兹

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 李芳华

(51)Int.Cl.

G01N 27/22(2006.01)

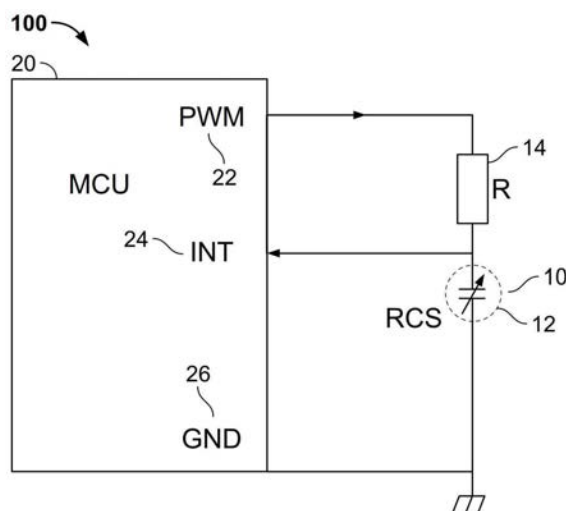
权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

相对湿度传感器装置

(57)摘要

本发明涉及一种相对湿度传感器装置,包括微控制器和连接到电阻器的感测电容器。所述微控制器包括脉宽调制器,该脉宽调制器具有经由电阻器连接到感测电容器的输出、以及连接到感测电容器和计数器的中断输入。此外,该微控制器被配置为借助于脉宽调制器经由电阻器对感测电容器进行周期性地充电和放电,借助于计数器来确定中断事件的数目,并基于所确定的中断事件的数目来确定感测电容器的充电时间。



1. 一种相对湿度传感器装置(100、300),包括
微控制器(20、320);

感测电容器(12、312),连接到电阻器(14、314);并且

其中该微控制器(20、320)包括脉宽调制器PWM(22、322),具有经由电阻器(14、314)连接到感测电容器(12、312)的输出、以及连接到感测电容器(12、312)和计数器的中断输入(24、324);和

其中该微控制器(20、320)被配置为借助于脉宽调制器(22、322)经由电阻器(14、314)对感测电容器(12、312)进行周期性地充电和放电,借助于计数器来确定中断事件的数目,并基于所确定的中断事件的数目来确定感测电容器(12、312)的充电时间。

2. 根据权利要求1所述的相对湿度传感器装置(100、300),其中,所述微控制器(20、320)被配置为:

提供由x个时段组成的第一测量周期,x是整数,每一时段包括在PWM的输出处为高状态的子时段、和在PWM的输出处为低状态的子时段;

确定在第一测量周期期间发生的中断事件的数目;和

如果确定的中断事件的数目等于或超出 $x/2$,则减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ,并且如果所确定的中断事件的数目低于 $x/2$,则增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ;

使用调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} 提供第二测量周期;和

借助于所述计数器确定在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,并基于所确定的在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,来确定感测电容器的充电时间。

3. 根据权利要求1所述的相对湿度传感器装置(100、300),其中,所述微控制器(20、320)被配置为:

根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} - n\tau$ 减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} ,n是整数, τ 是PWM的振荡器时段,并根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} + n\tau$ 增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 。

4. 根据权利要求2或3所述的相对湿度传感器装置(100、300),其中,所述微控制器(20、320)被配置为迭代提供测量周期、并确定中断事件的数目、并获得调整后的高状态的子时段的持续时间,直到确定在两个或更多个连续的测量周期内、所确定的中断事件的数目在低于 $x/2$ 的值和等于或高于 $x/2$ 的值之间切换为止。

5. 根据权利要求4所述的相对湿度传感器装置(100、300),其中该整数n从一个迭代步骤到另一迭代步骤减小。

6. 根据前述权利要求之一所述的相对湿度传感器装置(100,300),还包括参考电容器(316),所述参考电容器抵御环境、并且并联连接到所述感测电容器(312)、并且串联连接到所述电阻器(314)、并连接到微控制器(100、300)的中断输入(24、324)。

7. 根据权利要求6所述的相对湿度传感器装置(100、300),其中所述微控制器(20、320)被配置为校正借助于感测电容器(12、312)所确定的相对湿度 RH_{Csens} ,以获得校正后的相对湿度值

$$RH^{corr} = K \cdot \frac{|RH_{Csens} - RH_{Cref}|}{RH_{Cref}} + O$$

其中 RH_{Cref} 是借助于参考电容器(316)获得的相对湿度,而 K 和 O 是根据实验室测量确定的。

8. 根据前述权利要求之一所述的相对湿度传感器装置(100、300),其中所述微控制器(20、320)被配置为针对具有电阻 R_p 的寄生电阻的影响,来校正借助于感测电容器(12、312)所确定的相对湿度 RH_{Csens} ,以获得校正后的相对湿度值 $RH^{corr} = RH_{Csens} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$, R 为电阻器(14、314)的电阻。

9. 根据权利要求7所述的相对湿度传感器装置(100、300),其中所述微控制器(20、320)被配置为针对具有电阻 R_p 的寄生电阻的影响,来进一步校正所述校正后的相对湿度值 RH^{corr} ,以获得进一步校正的相对湿度值 $RH^{corr}_{corr} = RH^{corr} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$, R 为电阻器(14、314)的电阻。

10. 一种借助于相对湿度传感器装置来确定环境的相对湿度的方法,所述相对湿度传感器装置包括包含脉宽调制器PWM(22、322)的微控制器(20、320)、以及连接到电阻器(14、314)和微控制器(20、320)的中断输入(24、324)的感测电容器(12、312),该方法包括以下步骤:

在第一测量周期期间,通过PWM(22、322)的电压输出对感测电容器(12、312)进行周期性地充电和放电;

在微控制器(20、320)的中断输入(24、324)处检测并计数中断事件;和
基于计数的中断事件的数目,来确定感测电容器(12、312)的充电时间。

11. 根据权利要求10所述的方法,还包括

提供由 x 个时段组成的第一测量周期, x 是整数,每一时段包括在PWM的输出处为高状态的子时段、和在PWM的输出处为低状态的子时段;

如果确定的中断事件的数目等于或超出 $x/2$,则减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ,并且如果所确定的中断事件的数目低于 $x/2$,则增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ;

使用调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} 提供第二测量周期;和

借助于所述计数器确定在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,并基于所确定的在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,来确定感测电容器的充电时间。

12. 根据权利要求10或11所述的方法,包括:根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} - n\tau$ 减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} , n 是整数, τ 是PWM的振荡器时段,并根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} + n\tau$ 增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 。

13. 根据权利要求11或12所述的方法,还包括:迭代提供测量周期、并确定中断事件的数目、并获得调整后的高状态的子时段的持续时间,直到确定在两个或更多个连续的测量周期内、所确定的中断事件的数目在低于 $x/2$ 的值和等于或高于 $x/2$ 的值之间切换为止。

14. 根据权利要求10至13之一所述的方法,还包括

c) 校正借助于感测电容器(12、312)所确定的相对湿度 RH_{Csens} ,以获得校正后的相对湿

度值

$$RH^{corr} = K \cdot \frac{|RH_{Csens} - RH_{Cref}|}{RH_{Cref}} + O$$

其中 RH_{Cref} 是借助于参考电容器(316)获得的相对湿度,所述参考电容器抵御环境、并且并联连接到所述感测电容器、并连接到微控制器的中断输入,而K和O是根据实验室测量确定的,并且特别是

针对具有电阻 R_p 的寄生电阻的影响,进一步校正所述校正后的相对湿度值 RH^{corr} ,以获得进一步校正的相对湿度值 $RH^{corr}_{corr} = RH^{corr} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$,R为电阻器(14、314)的电阻

和/或

d) 针对具有电阻 R_p 的寄生电阻的影响,校正借助于感测电容器(12、312)所确定的相对湿度,以获得校正后的相对湿度值 $RH^{corr} = RH_{Csens} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$,R为电阻器(14、314)的电阻。

15. 一种计算机程序产品,包括具有计算机可执行指令的一个或多个计算机可读介质,所述计算机可执行指令当在相对湿度传感器装置的微控制器上运行时,用于执行根据权利要求10至14之一所述的方法的步骤。

相对湿度传感器装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种相对湿度传感器装置,并特别涉及从相对湿度传感器装置的传感器元件获取数据的部件。

背景技术

[0002] 可以通过多种技术基于合适材料的电阻改变和电容改变,来测量湿度。在用于借助于测量电容来确定相对湿度(在给定温度下水蒸汽的分压与水的饱和蒸汽压之比)的基于半导体的系统中,例如可以基于用作电容器电介质的聚合物材料的可逆吸水特性,来测量湿度。

[0003] 通常,常规的电容性相对湿度传感器装置包括半导体衬底、和形成在半导体衬底的表面上并且跨越特定距离彼此面对的一对电极。湿敏介电膜放置在电极之间,并形成在半导体衬底的表面上。膜的电容响应于湿度而改变。传感器通过检测响应于周围湿度变化的一对电极之间的电容改变,来检测湿度。电容感测类型的湿度感测元件通常包括对水分不敏感的非导电结构,在该结构上安装或沉积有合适的电极元件、连同覆盖所述电极的非导电性的高度水分敏感材料的层或涂层,并且所述层或涂层定位成能够在短时间内从周围的大气中吸水并达到平衡。

[0004] 可以将集成的相对湿度传感器装置的响应偏移和斜率设置为特定值,以便实现传感器的期望精度值。电容器元件的累积电荷可以借助于输出直流电压的适当的调整和数据获取电路读出,或者变化是振荡器的振荡频率,该振荡器的振荡频率可以响应于电介质层中的电荷积累而检测,并且代表电容的度量,从而代表相对湿度。基于相对湿度和检测到的温度,可以确定绝对湿度和露点。因此,例如可以借助于湿度传感器装置来确定车辆的挡风玻璃处的露点。

[0005] 如已经阐述的,为了测量通常具有几百pF的电容的感测电容器的电容的变化,必须提供调整和数据获取电路。调整电路可以是某些特定用途集成电路或分立振荡器,用于作为感测电容器的电容的函数而输出电压或频率。然而,当今的调整电路在印刷电路板上需要相对较大的空间,相对昂贵,并且需要相对较高的驱动电流。

[0006] 有鉴于此,本发明的目的是提供基于感测电容器的电容借助于湿度感测装置来获得湿度数据的技术,并且提供其中实现该技术的相对湿度传感器,其降低了现有技术对成本、电力和安装空间的相对高的要求。

发明内容

[0007] 本发明通过提供根据权利要求1的相对湿度传感器来解决上述问题。因此,提供了一种相对湿度传感器装置,包括微控制器和连接到电阻器的感测电容器。该微控制器包括脉宽调制器(PWM),该脉宽调制器的输出经由电阻器连接到感测电容器,并且该脉宽调制器的中断输入连接到计数器和感测电容器。经由微控制器的中断输入来监视电容器电压。计数器可以实现为在微控制器上运行的软件计数器。此外,微控制器被配置为借助于脉宽调

制器经由电阻器来对感测电容器进行周期性地充电和放电(通过提供驱动电压),借助于计数器确定中断事件的数目(由高于预定阈值(即,中断输入/引脚的高电平阈值)的中断输入处的电压输入定义),并基于所确定的中断事件的数目来确定感测电容器的充电时间。可以基于所确定的感测电容器的充电时间,来确定环境的相对湿度。

[0008] PWM具有例如在8至40MHz范围内运行的高速(例如16比特)定时器/振荡器,以便允许约125ns至25ns的时间分辨率。充电时间是在感测电容器处达到恒定电容器电压的时间持续时间。只要在中断输入处检测到等于或超出输入电压阈值的电压输入时,计数器就会递增。由此,能确定在由PWM提供的多个周期性充电和放电时段的周期期间发生的充电事件的数目,并因此能确定个别充电事件的充电时间。通过考虑多个充电和放电处理,在确定充电时间时能降低噪音。基于确定的充电时间和电容器电压,能确定取决于环境的相对湿度的电容。电容转换为相对湿度,并且基于相对湿度和环境温度(也可以由相对湿度传感器装置测量),能确定露点。所提供的传感器装置在成本和安装空间方面是有利的。

[0009] 根据实施例,所述微控制器被配置为:

[0010] 提供由x个时段组成的第一测量周期,x是整数,每一时段包括在PWM的输出处为高状态的子时段、和在PWM的输出处为低状态的子时段;

[0011] 确定在第一测量周期期间发生的中断事件的数目;

[0012] 如果确定的中断事件的数目等于或超出 $x/2$,则减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ,并且如果所确定的中断事件的数目低于 $x/2$,则增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ;

[0013] 使用调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} 提供第二测量周期;和

[0014] 借助于所述计数器确定在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,并基于所确定的在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,来确定感测电容器的充电时间。能基于由此确定的(基于所确定的在第二测量周期期间发生的中断事件的数目所确定的)感测电容器的充电时间,来确定环境的相对湿度。

[0015] 能根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} - n\tau$ 减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} ,n是整数(例如,大于2或4),并且 τ 是PWM的振荡器时段,并根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} + n\tau$ 增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 。

[0016] 具体来说,所述微控制器能被配置为迭代提供测量周期(第一、第二、第三、第四测量周期等)、并确定中断事件的数目、并获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} 、 T^3_{HIGH} 、 T^4_{HIGH} 等,直到确定在两个或更多个连续的测量周期内、所确定的中断事件的数目在低于 $x/2$ 的值和等于或高于 $x/2$ 的值之间切换为止,即,在用作高状态的子时段的搜索的电容器的充电时间中该过程稳定。在迭代处理期间,能以增加的精度确定相对湿度并向用户显示。

[0017] 在迭代处理期间,调整步长n并非必须保持恒定。事实上,可通过在迭代处理开始选择相对大的调整步长n并稍后选择较小调整步长n,来加速迭代处理。例如,能利用 $n=128$ 来执行高状态的第一子时段 T^1_{HIGH} 的调整($T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} - n\tau$ 或 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} + n\tau$),能利用 $n=64$ 来执行高状态的第二子时段 T^2_{HIGH} 的调整($T^3_{HIGH} = T^2_{HIGH} - n\tau$ 或 $T^3_{HIGH} = T^2_{HIGH} + n\tau$),能利用 $n=32$ 来执行高状态的第三子时段 T^3_{HIGH} 的调整($T^4_{HIGH} = T^3_{HIGH} - n\tau$ 或 $T^4_{HIGH} = T^3_{HIGH} + n\tau$),等等。

[0018] 根据实施例,该相对湿度传感器装置还包括参考电容器,所述参考电容器抵御(shielded against)环境并且并联连接到所述感测电容器并且串联连接到所述电阻器。此外,所述参考电容器连接到与感测电容器相同的微控制器的中断输入。例如,能使用所述参考电容器以便补偿微控制器的自发热。借助于感测电容器(12、312)所确定的相对湿度 RH_{Csens} 能被校正为

$$[0019] \quad RH^{corr} = K \cdot \frac{|RH_{Csens} - RH_{Cref}|}{RH_{Cref}} + O$$

[0020] 其中 RH_{Cref} 是借助于参考电容器(316)获得的相对湿度,而K和O是根据实验室测量确定的。

[0021] 此外,必须注意的是,相对湿度传感器装置的感测电容器不是完美电容器。相反,存在能校正的一些寄生电阻。根据实施例,所述微控制器被配置为校正借助于感测电容器所确定的相对湿度 RH_{Csens} ,以获得校正后的相对湿度值 $RH^{corr} = RH_{Csens} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$,其中R为微控制器通过其对感测电容器和参考电容器进行充电和放电的电阻器的电阻,并且 R_p 为寄生电阻器的电阻。

[0022] 所述微控制器可以附加地或者作为选择地被配置为针对具有电阻 R_p 的寄生电阻的影响,来进一步校正借助于感测电容器和参考电容器两者(见上面)所获得的相对湿度值 RH^{corr} ,以获得进一步校正的相对湿度值 $RH^{corr}_{corr} = RH^{corr} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$,R为电阻器的电阻。

[0023] 上述问题也可以通过提供根据权利要求10的一种借助于相对湿度传感器装置来确定环境的相对湿度的方法来解决,所述相对湿度传感器装置包括包含脉宽调制器PWM的微控制器、以及连接到电阻器和微控制器的中断输入的感测电容器。该方法包括以下步骤:在第一测量周期期间,通过PWM的电压输出对感测电容器进行周期性地充电和放电;在微控制器的中断输入处检测并计数中断事件;和基于计数的中断事件的数目,来确定感测电容器的充电时间。此外,能基于所确定的感测电容器的充电时间,来确定环境的相对湿度。

[0024] 本发明方法还可以包括以下步骤:

[0025] 提供由x个时段组成的第一测量周期,x是整数,每一时段包括在PWM的输出处为高状态的子时段、和在PWM的输出处为低状态的子时段;

[0026] 如果确定的中断事件的数目等于或超出 $x/2$,则减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ,并且如果所确定的中断事件的数目低于 $x/2$,则增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 以获得调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} ;

[0027] 使用调整后的高状态的子时段的持续时间 T^2_{HIGH} 提供第二测量周期;和

[0028] 借助于所述计数器确定在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,并基于所确定的在第二测量周期期间发生的中断事件的数目,来确定感测电容器的充电时间。能基于由此确定的(即在第二测量周期中)感测电容器的充电时间,来确定环境的相对湿度。

[0029] 可以通过以下步骤来执行持续时间 T^1_{HIGH} 的调整:根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} - n\tau$ 减小高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} ,n是整数,并且 τ 是PWM的振荡器时段,并根据 $T^2_{HIGH} = T^1_{HIGH} + n\tau$ 增加高状态的子时段的持续时间 T^1_{HIGH} 。

[0030] 以上步骤的迭代导致相对湿度的精确确定。根据实施例,该方法还包括:迭代提供

测量周期、并确定中断事件的数目、并获得调整后的高状态的子时段的持续时间,直到确定在两个或更多个连续的测量周期内、所确定的中断事件的数目在低于x/2的值和等于或高于x/2的值之间切换为止(也参见以下详细描述)。

[0031] 此外,根据实施例的方法可校正由于微控制器的工作负荷(具体地,微控制器的自发热和电容性传感器元件的寄生电阻)导致的误差。由此,根据上述示例之一的方法可包括附加步骤:

[0032] a) 校正借助于感测电容器(12、312)所确定的相对湿度 RH_{Csens} ,以获得校正后的相对湿度值

$$[0033] \quad RH^{corr} = K \cdot \frac{|RH_{Csens} - RH_{Cref}|}{RH_{Cref}} + O$$

[0034] 其中 RH_{Cref} 是借助于参考电容器(316)获得的相对湿度,所述参考电容器抵御环境并且能并联连接到所述感测电容器并连接到微控制器的中断输入,而K和O是根据实验室测量确定的,并且特别是

[0035] 针对具有电阻 R_p 的寄生电阻的影响,进一步校正所述校正后的相对湿度值 RH^{corr} ,以获得进一步校正的相对湿度值 $RH^{corr}_{corr} = RH^{corr} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$,R为电阻器(14、314)的电阻

[0036] 和/或

[0037] b) 针对具有电阻 R_p 的寄生电阻的影响,校正借助于感测电容器(12、312)所确定的相对湿度,以获得校正后的相对湿度值 $RH^{corr} = RH_{Csens} \cdot V_{factor}$,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$,R为电阻器(14、314)的电阻。

[0038] 可以例如通过显示器向相对湿度传感器装置的用户呈现由此校正的相对湿度的值。

[0039] 此外,提供了一种计算机程序产品,包括具有计算机可执行指令的一个或多个计算机可读介质,所述计算机可执行指令当在相对湿度传感器装置的微控制器上运行时,用于执行根据上述实施例之一的方法的步骤。

[0040] 将参考附图描述本发明的附加特征和优点。在说明书中,对旨在说明本发明的优选实施例的附图进行参考。应该理解,这样的实施例不代表本发明的全部范围。

附图说明

[0041] 图1示意性地图示了根据本发明实施例的微控制器到包括感测电容器的相对湿度传感器元件和到电阻器的连接,通过该连接,微控制器对感测电容器进行充电和放电。

[0042] 图2图示了根据本发明实施例的在相对湿度传感器的微控制器的中断输入处的中断阈值电压。

[0043] 图3表示图示了根据本发明实施例的用于确定感测电容器的充电时间的算法的流程图。

[0044] 图4图示了根据本发明实施例的感测电容器的充电时间的测量。

[0045] 图5示出了包括参考电容器的湿度传感器的另一实施例。

[0046] 图6示出了包括寄生电阻器的传感器元件。

具体实施方式

[0047] 本发明提供了包括微控制器和电容传感器元件的相对湿度传感器。该湿度传感器可以确定环境中的相对湿度和露点。图1示出了湿度传感器100的实施例的部分。湿度传感器100包括传感器元件10,传感器元件10包括感测电容器12。感测电容器12串联连接至电阻器14。电阻器14可以具有几百千欧,例如470千欧。

[0048] 感测电容器12具有取决于环境条件的湿度的可变电容。例如,感测电容器12包括一对电极,每个电极被氮化硅膜和湿敏膜覆盖。湿敏膜设置在电极之间,并且也可以覆盖电极(在氮化硅膜上方形成)。电极之间的电容根据传感器周围的空气的湿度可改变。基于该电容,湿度传感器100检测湿度。该湿敏膜可以由诸如聚酰亚胺和丁醋酸纤维素(butyric acetyl-cellulose)的吸湿性(hygroscopic)有机聚合物制成。对于0%至100%的整个范围内的相对湿度,感测电容器12可以具有在160pF至200pF的范围内变化的电容。

[0049] 湿度传感器100还包括微控制器20。微控制器20包括脉宽调制器(PWM)22,例如16比特定时器PWM。PWM输出提供驱动电压 V_{dd} ,该驱动电压 V_{dd} 用于对由PWM 22的定时器时钟自动控制的传感电容器12进行充电和放电。脉宽调制器(PWM)22考虑到高速定时器时钟,并且可以在8到40MHz之间的频率处运行。例如在32MHz的定时器速度下,对于10 μ s时间测量范围内的300个测量点,可以实现每个测量点约31ns的时间分辨率(定时器时段) τ 。这允许检测大约100 μ s的感测电容器12的充电持续时间。当PWM输出处于高(HIGH)状态时,感测电容器12通过电阻器14充电,并且当PWM输出处于低(LOW)状态时(微控制器20起到短路的作用),感测电容器12通过电阻器14放电。

[0050] 此外,微控制器20包括连接到软件计数器的中断输入24,并且其包括接地连接26。经由微控制器20的中断24来监视电容器电压。如果如图2的上排所示在充电处理期间监视的电压没有达到预定的输入阈值电压(中断阈值电压) V_{in} ,则不会引起中断,并且因此连接到中断输入24的软件计时器不会增加。另一方面,如果如图2的下排所示在充电处理期间监视的电压确实达到或超出预定的输入阈值电压 V_{in} ,则触发中断,并且因此连接到中断输入24的软件计时器递增。

[0051] 根据本发明,可以以多达PWM 22的振荡器时段 τ (定时器单位)或某些倍数(some multiple)定时器时段 τ (例如,取决于所选的振荡频率 $\tau=30$ ns至50ns)的精度,来确定感测电容器12的充电时间。从确定的充电时间(和达到的恒定电压),可以导出相对湿度,因为预先已知电容和所使用的感测晶体管12的相对湿度的函数相关性。可以从微控制器20的PWM 22的高状态的持续时间来确定充电时间,该持续时间是在微型控制器20的中断输入24处提供等于或大于输入的阈值电压 V_{in} 的电压所需的。通过调整占空比(包括交替的高和低子时段的高-低时段),可以准确确定检测中断所需的高状态的持续时间。

[0052] 图3示出了根据本发明实施例的用于确定感测电容器12的充电时间的算法的流程图。执行200在PWM 22的输出处具有高状态的第一持续时间 T_{HIGH}^1 的第一测量周期,其中该周期包括 x 个时段 T ,其中 x 是大于2或4的整数,例如, $x=10$ 个时段 T ,每个时段由PWM 22输出处的高状态的一个子时段和PWM 22输出处的低状态的子时段组成。必须选择时段 T ,使得保证感应电容器22的完全放电,以便不破坏随后的充电处理。例如, $T=1$ ms或 $T=2$ ms。注意,可以在定时器时段寄存器中设置PWM时段 T ,并在定时器输出比较寄存器中设置高状态的第一持续时间 T_{HIGH}^1 ;作为这些设置的结果给出低状态的持续时间。

[0053] 确定210在第一测量周期期间发生多少中断。取决于所确定的中断数目,调整220高状态的第一持续时间 T^1_{HIGH} ,以获得将在第二测量周期230中使用的高状态的第二 T^2_{HIGH} 。如果所确定的中断数目等于或超出 $x/2$,例如5,则 $T^2_{HIGH}=T^1_{HIGH}-n\tau$, n 为整数。如果确定的中断数目小于 $x/2$,例如5,则 $T^2_{HIGH}=T^1_{HIGH}+n\tau$ 。

[0054] 在第二测量周期中,再次确定240中断数目。再次,取决于所确定的中断数目,调整高状态的持续时间(现在为 T^2_{HIGH})。重复该过程($T^2_{HIGH}=T^1_{HIGH}-n\tau$ 或 $T^2_{HIGH}=T^1_{HIGH}+n\tau$, $T^3_{HIGH}=T^2_{HIGH}-n\tau$ 或 $T^3_{HIGH}=T^2_{HIGH}+n\tau$, $T^4_{HIGH}=T^3_{HIGH}-n\tau$ 或 $T^4_{HIGH}=T^3_{HIGH}+n\tau$ 等),直到在两个或多个连续的测量周期中的两个高状态的持续时间之间的切换导致交替确定的中断数目大于(或等于)以及小于 $x/2$ 为止。在稳定迭代的该最终状态下,以精度 $n\tau$ 确定充电时间。因迭代导致的调整后的高状态值直接是充电时间的原始值。

[0055] 如果以步长 τ ($n=1$) 进行高状态的第一持续时间 T^1_{HIGH} (高状态的子时段的持续时间)、高状态的第二持续时间 T^2_{HIGH} 、高状态的第三持续时间 T^3_{HIGH} 的调整,则上述迭代过程相当缓慢且耗电。为了加快迭代过程,人们可以选择变化的步长 n ,例如,从 $n=128$ 开始以调整第一持续时间 T^1_{HIGH} ,设置 $n=64$ 以调整第二持续时间 T^2_{HIGH} ,并在以下调整步长中设置 $n=32,16,8,4,2,1$ 。此外,人们可以在实验室条件下以 T^1_{HIGH} (对应于50%的相对湿度)开始迭代过程。实现这些动作,通常仅在少于10个迭代步骤之后即可完成迭代过程。

[0056] 在图4中进一步图示了测量过程。上排示出了微控制器20的PWM 22的输出的交替的高和低状态。下排示出了在多于一个时段 T 上的充电和放电处理的对应电压-时间($V-t$)曲线。在步骤1中发生充电(在时间子时段 T_1 内),在步骤2中发生放电。在图4所示的示例中,在充电时段 T_1 的相应端达到了输入阈值电压 V_{in} ($V_{in}=1$) 两次。根据所达到的恒定电压 V_{in} 和确定的充电时间,可以确定电容,并从而确定相对湿度。根据特定示例,上述过程针对0%的相对湿度获得 $T_1=95\mu s$ (对应于3035个定时器时段 $\tau=31ns$)并且针对100%的相对湿度获得 $T_1=105\mu s$ (对应于3354个定时器时段 $\tau=31ns$)。对于这些值,根据相对湿度 $\% = 100$ (确定的充电所需的计时器时段 τ 的数目-3035)/(3354-3035),来确定其他相对湿度值。

[0057] 必须注意的是,中断输入24的输入阈值电压 V_{in} 可随时间而轻微改变,例如由于微控制器的负载以及由于自发热引起的温度改变。为了说明(account for)根据实施例的改变的输入阈值电压 V_{in} ,如图5所示提供参考电容器316。图5所示的湿度传感器300包括传感器元件310,传感器元件310包括感测电容器312和与该感测电容器312并联连接的参考电容器316。感测电容器312和参考电容器316两者均串联连接到电阻器314,通过电阻器314发生电容器的充电和放电。感测电容器312可以与图1中所示的电容器(参见附图标记12)相同,并且电阻器314可以与图1中所示的电阻器(参见附图标记14)相同。参考电容器316具有固定的电容,并且可以具有例如等于55%的相对湿度的180pF的电容。与感测电容器312不同,参考电容器316抵御以下环境,该环境的相对湿度将由感测电容器312感测。

[0058] 图5所示的湿度传感器300还包括微控制器320。微控制器320包括脉宽调制器(PWM) 322,例如16比特定器PWM。PWM输出用于对由PWM322的定时器时钟/振荡器自动控制的感测电容器312进行充电和放电。PWM322可以与图1所示的PWM(参见附图标记22)相同。感测电容器312和参考电容器316连接到微控制器的相同中断输入324。感测电容器312或参考电容器316的测量分别由连接Sel_Rh和Sel_Ref控制。例如,针对Sel_Rh=等级1并且Sel_Ref=等级0来测量感测电容器312,并且针对Sel_Rh=等级0并且Sel_Ref=等级1来测量参

考电容器316。

[0059] 由于校准的参考电容器316抵御环境,所以参考电容器316进行的测量导致的变化测量结果反映了中断输入24的输入阈值电压 V_{in} 的变化,特别是由于微控制器320的自发热。因此,来自参考电容器316进行的测量的测量结果可以用来对于输入阈值电压 V_{in} 的变化影响而补偿来自感测电容器312进行的测量的测量结果。可以通过在其中精确管理相对湿度和温度的完全受控的封闭实验室环境中进行测量,来定量确定该补偿。

[0060] 根据示例,可以通过借助于参考电容器316获得的相对湿度(原始数据)的测量 RH_{Cref} 、和借助于感测电容器312获得的相对湿度(原始数据)的测量 RH_{Csens} ,来确定环境的校正相对湿度 RH^{corr}

$$[0061] \quad RH^{corr} = K \cdot \frac{|RH_{Csens} - RH_{Cref}|}{RH_{Cref}} + O$$

[0062] 其中斜率 K 和偏移 O (校准系数)取决于温度,并由实验室测量确定。通过在实验室环境中提供的经过完美校准的控制传感器进行的比较测量已证明,由此确定的相对湿度的校正 RH^{corr} 在 $-45^{\circ}C$ 和 $45^{\circ}C$ 的温度范围内的大约3%的误差范围内是正确的。参考电容器316的测量 RH_{Cref} 也遵循上述迭代过程,适当地从 T_{HIGH}^1 开始,这对应于相当于参考电容器316的固定电容的相对湿度,即上述示例中的相对湿度55%。

[0063] 在迭代处理的完成/稳定之后,可以执行连续的测量,以便连续监视相对湿度和/或露点。例如,感测电容器312可以例如利用 8τ 、 4τ 、 2τ 和 1τ 的调整步长每秒执行4次测量,并且参考电容器316可以利用调整步长 2τ 和 1τ 每秒执行2次测量。此外,如果确定在接下来的测量周期中在感测电容器312的四次测量中调整方向(正或负)是恒定的,则可以选择更大的步长,例如 32τ 、 16τ 、 8τ 和 4τ ,以便快速输出相对湿度和/或露点的较粗略的估计值,随后进行基于较小的调整步长的微调。

[0064] 根据另一实施例,可以进一步校正所测量的相对湿度。实际上,图1所示的湿度传感器装置100的传感器元件10和图5所示的湿度传感器装置300的传感器元件310不分别包括完美的感测电容器12和312。而是,如图6所示,存在一些寄生电阻器400(与感测电容器12、312并联)。寄生电阻取决于制造工艺,并且可以在 $5M\Omega$ 至 $30M\Omega$ 之间变化。因此,当PWM 22、322利用驱动器电压 V_{dd} 充电时,感测电容器12、312经由电阻器14、314用 $V_{dd} \cdot V_{factor}$ 充电,而不是用 V_{dd} 充电,其中 $V_{factor} = R_p / (R_p + R)$,其中 R_p 是寄生电阻器400的电阻并且 R 是电阻器14、314的电阻。然后,可以通过 $RH^{corr} = RH \cdot V_{factor}$ 校正所测量的相对湿度 RH 。对于 $R_p = 5M\Omega$ 的寄生电阻器400的电阻,例如必须考虑 $V_{factor} = 0.91$ 的校正因子。可以在感测电容器12、312的完全充电之后,根据 V_{in} 的测量来计算 V_{factor} 的校正因子。

[0065] 上述实施例允许节省成本和节省空间的实现方式,并且特别适合于例如能用于汽车应用的相对湿度传感器的批量生产。

[0066] 所有先前讨论的实施例不旨在作为限制,而是用作说明本发明的特征和优点的示例。应当理解,上述特征中的一些或全部也可以以不同的方式组合。

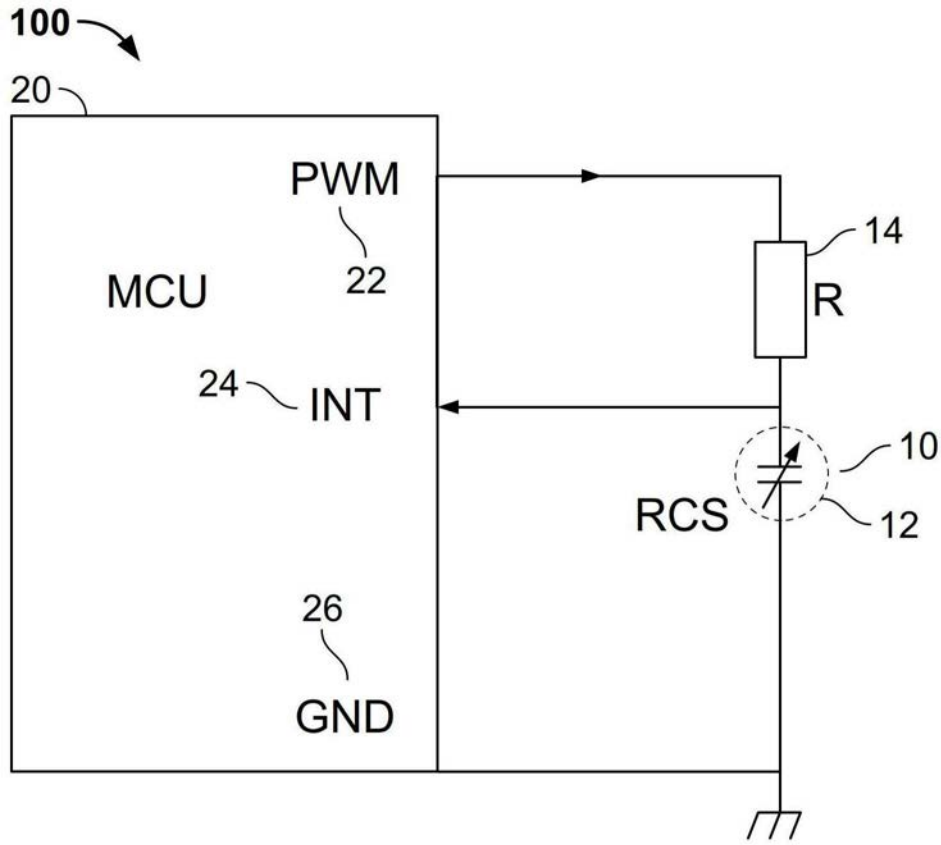


图1

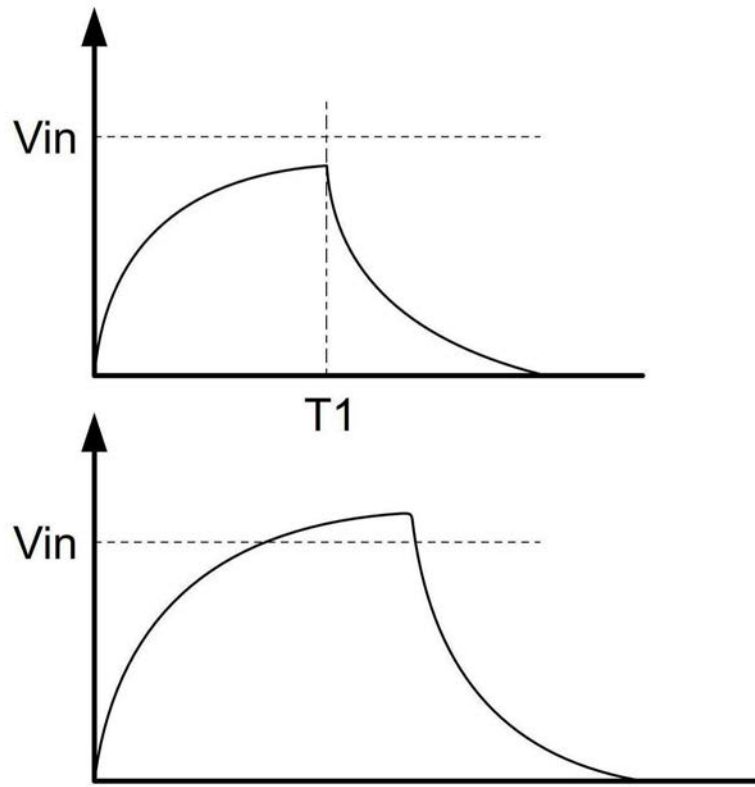


图2

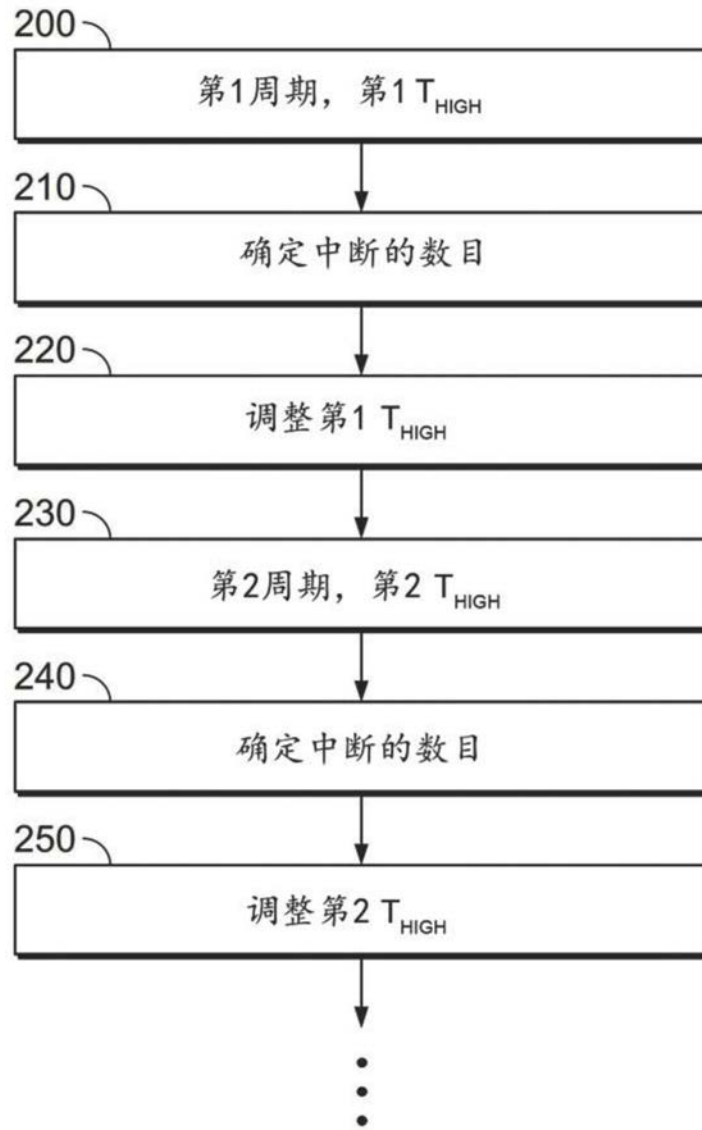


图3

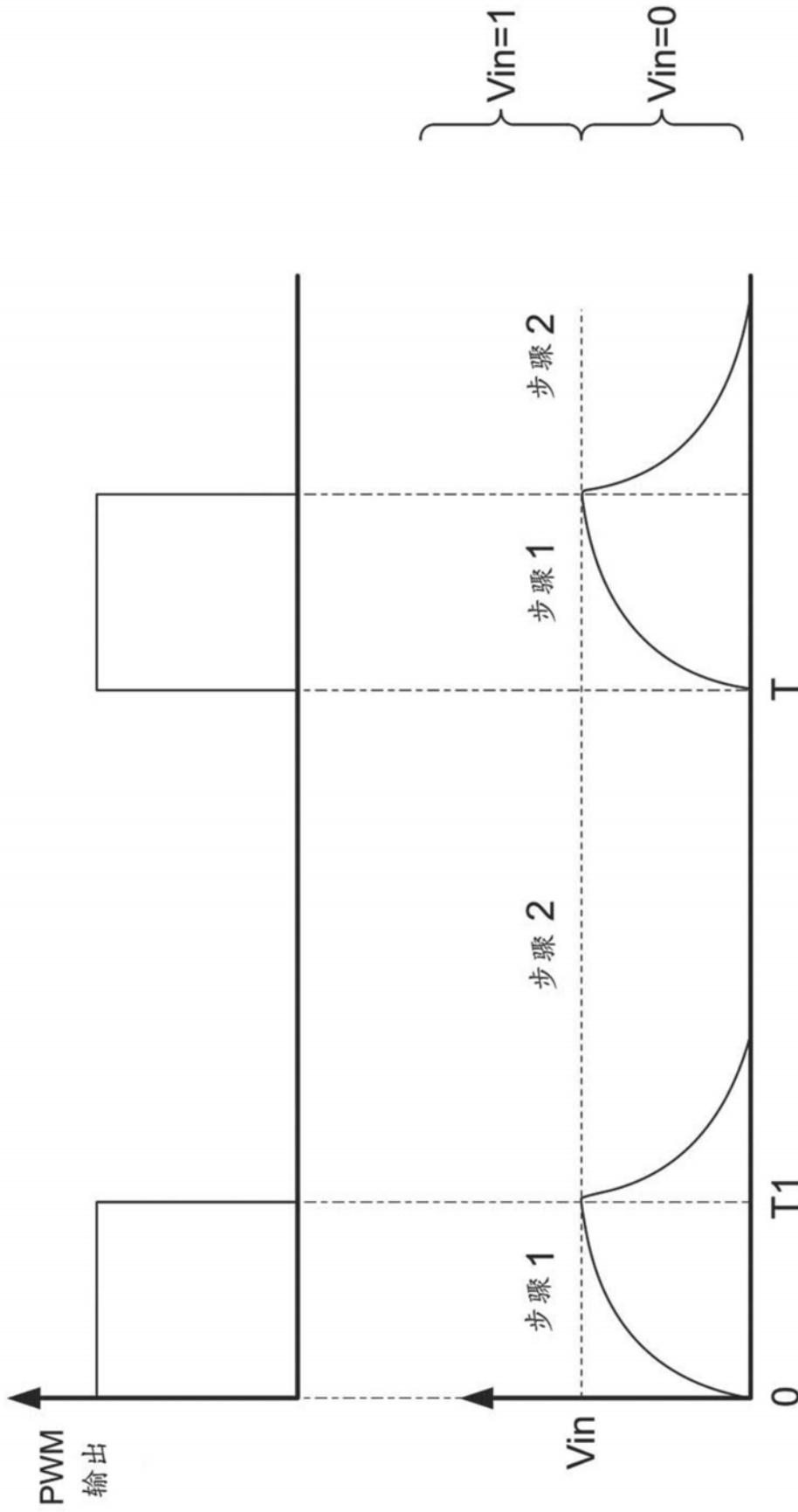


图4

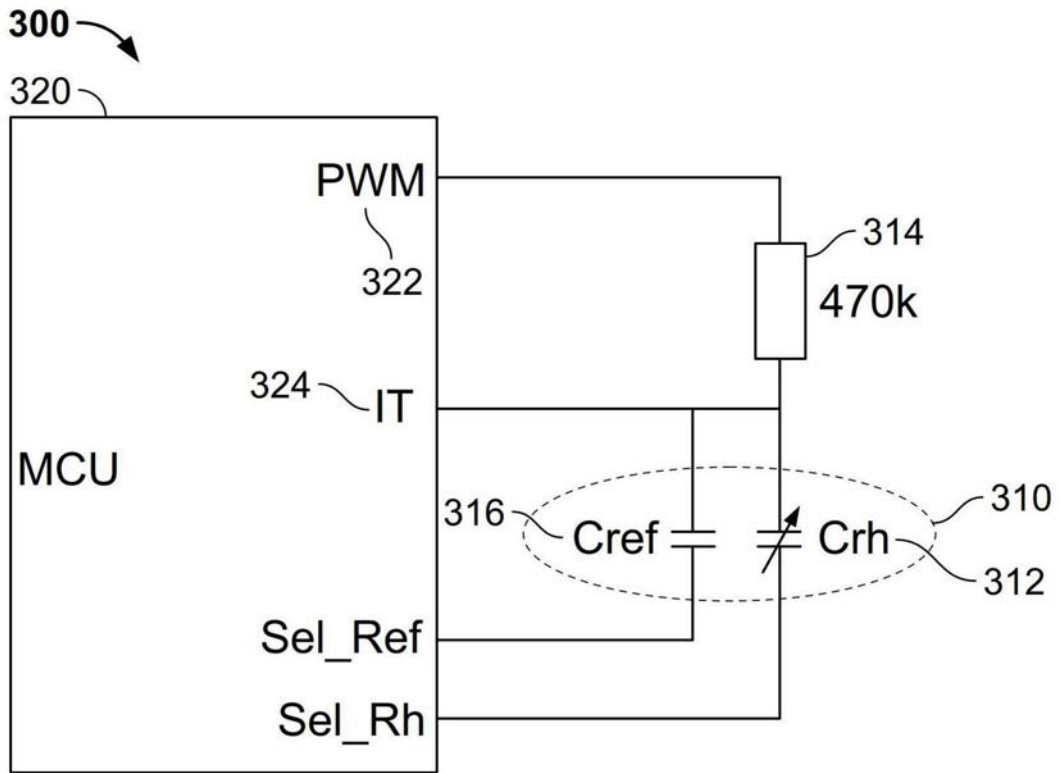


图5

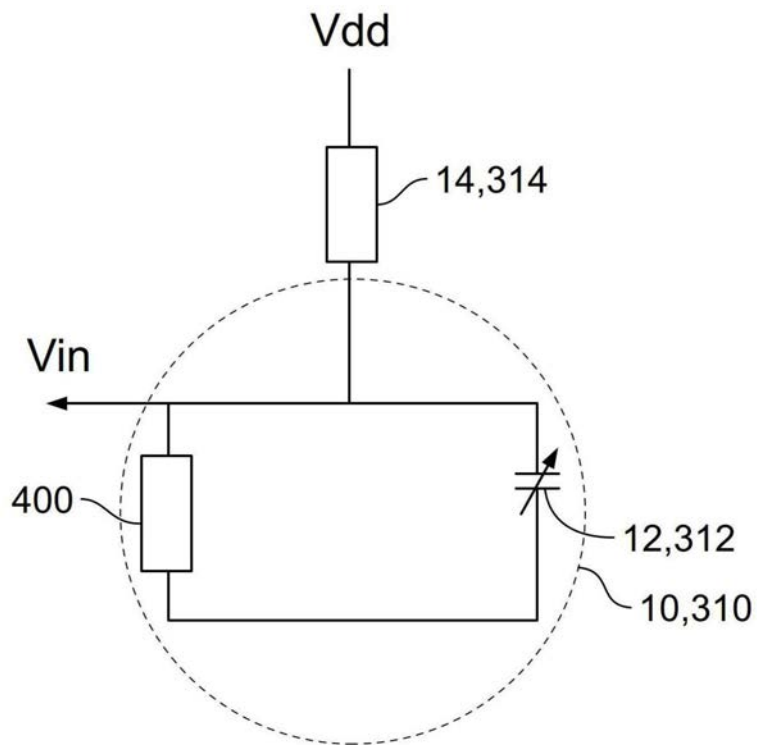


图6