



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112213518 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 27

(21) 申请号 202010657064.4  
 (22) 申请日 2020.07.09  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 112213518 A  
 (43) 申请公布日 2021.01.12  
 (30) 优先权数据  
 1907869 2019.07.12 FR  
 (73) 专利权人 萨基姆通讯能源及电信联合股份  
 公司  
 地址 法国里埃-马尔迈松  
 (72) 发明人 H·泰布尔勒  
 (74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
 司 31100  
 专利代理师 亓云 顾嘉运

(51) Int.Cl.  
 G01P 5/24 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 109506727 A, 2019.03.22  
 CN 1509405 A, 2004.06.30  
 CN 101248331 A, 2008.08.20  
 EP 0670477 A2, 1995.09.06  
 US 5650571 A, 1997.07.22  
 WO 2019002145 A1, 2019.01.03  
 EP 0051293 A1, 1982.05.12  
 US 4782697 A, 1988.11.08

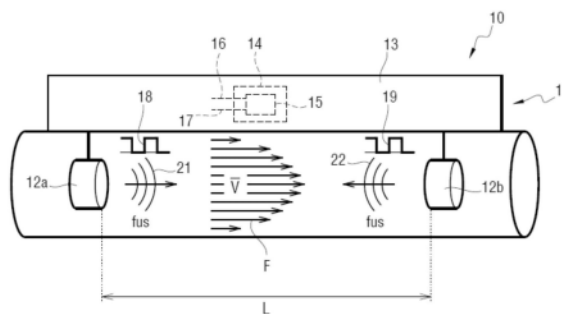
审查员 崔英颖

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称  
 测量流体速度的方法

(57) 摘要

一种测量流体的速度的方法, 包括以下连续步骤: • 使处理器组件(14)在相同发射时间发射作为至第一换能器的输入的第一电激励信号(18)以及还有作为至第二换能器的输入的第二电激励信号(19)两者, 使得第一换能器(12a)生成第一超声信号(21), 并且使得第二换能器(12b)生成第二超声信号(22); • 将处理器组件(14)处于待机; • 在预定待机历时(D<sub>v</sub>)后重新激活处理器组件(14); • 使第一超声信号由第二换能器然后由处理器组件获取, 并且使第二超声信号由第一换能器然后由处理器组件获取; • 使用值DTof以估计流体的速度。



1. 一种用于测量流体速度的测量方法,所述方法由包括第一换能器(12a)、第二换能器(12b)和包括处理器组件(14)的测量模块(13)的测量设备(11)执行,所述测量方法包括包含以下连续步骤的至少第一测量阶段:

- 使所述处理器组件(14)在相同发射时间发射作为至所述第一换能器的输入的第一电激励信号(18)以及还有作为至所述第二换能器的输入的第二电激励信号(19),使得所述第一换能器(12a)生成第一超声信号(21),所述第一超声信号沿着所定义长度(L)的路径行进通过所述流体到达所述第二换能器(12b),并且使得所述第二换能器(12b)生成第二超声信号(22),所述第二超声信号(22)沿着所定义长度的所述路径在相反方向行进通过所述流体到达所述第一换能器(12a);

- 将所述处理器组件(14)处于待机;

- 在预定待机历时( $D_v$ )后重新激活所述处理器组件(14);

- 使所述第一超声信号由所述第二换能器获取然后由所述处理器组件获取,并且使所述第二超声信号由所述第一换能器获取然后由所述处理器组件获取;

- 估计所述第二超声信号(22)的第二飞行时间与所述第一超声信号(21)的第一飞行时间之差的值DTof,并使用所述值DTof来估计所述流体的速度。

2. 如权利要求1所述的测量方法,其特征在于,进一步包括用于估计所述第一飞行时间加上所述第二飞行时间之和的值SumToF的至少一个第二测量阶段,其中利用所述值SumToF来估计所述流体的速度。

3. 如权利要求2所述的测量方法,其特征在于,所述第二测量阶段与所述第一测量阶段相同,除了不包括将所述处理器组件(14)处于待机的步骤。

4. 如权利要求2所述的测量方法,其特征在于,在两个连续的第二测量阶段之间执行多个第一测量阶段,并且其中对于每个第一测量阶段而言,当使用在所述第一测量阶段之前的最近第二测量阶段期间获得的所述值SumToF来估计所述流体速度。

5. 如权利要求2所述的测量方法,其特征在于,使用以下公式来估计所述流体的速度:

$$\bar{V} = 2L \cdot \frac{DTof}{SumToF^2 - DTof^2}$$

其中L是路径的所定义长度。

6. 如权利要求1到5中任一项所述的测量方法,其特征在于,所述处理器组件是已经集成在其中的具有多路复用的第一和第二输入(16,17)的ADC(15)的微控制器(14),所述第一测量阶段包括在已经接收到所述第一超声信号(21)之后将其施加到所述第一输入(16)以便被数字化的步骤,以及在已经接收到所述第二超声信号(22)后将其施加到所述第二输入(17)以便被数字化的步骤。

7. 如权利要求6所述的测量方法,其特征在于,进一步包括校准阶段,所述校准阶段包括补偿当对所述第一和第二超声信号(21,22)进行采样时由所述ADC(15)执行的采样操作之间的相位偏移的步骤。

8. 如权利要求1到5中任一项所述的测量方法,其特征在于,所述处理器组件是在其中已经集成了具有第一输入的第一ADC和具有第二输入的第二ADC的微控制器,所述第一测量阶段包括在已经接收到所述第一超声信号(21)之后将其施加到所述第一输入以便被数字化的步骤,以及在已经接收到所述第二超声信号(22)之后将其施加到第二输入以便被数字

化的步骤。

9. 如权利要求1所述的测量方法,其特征在于,所述第一和第二超声信号(21和22)中的每一者依次包括初始波瓣(26)和随后的测量波瓣(28),所述测量波瓣(28)被用于估计所述值 $D_{ToF}$ ,所述初始波瓣(26)由于它们可能不准确而不被使用,所述预定待机历时( $D_V$ )使得所述处理器组件在所述第二换能器已经接收到所述第一超声信号(21)的至少一些初始波瓣(26)并且所述第一换能器已经接收到所述第二超声信号(22)的至少一些初始波瓣(26)之后被重新激活。

10. 如权利要求1所述的测量方法,其特征在于,通过对所述第一超声信号和对所述第二超声信号两者执行过零类型方法来估计所述值 $D_{ToF}$ 。

11. 如权利要求1所述的测量方法,其特征在于,通过对所述第一和第二超声信号执行互相关方法来估计所述值 $D_{ToF}$ 。

12. 一种超声流体计,其包括第一换能器(12a)、第二换能器(12b)和连接到所述第一换能器和所述第二换能器的测量模块(13),所述测量模块包括处理器组件(14),所述处理器组件被布置成执行根据权利要求1到11中任一项所述的测量方法。

13. 一种存储装置,其特征在于,它们存储包括指令的计算机程序,所述指令用于使得根据权利要求12的超声流体计(10)的所述处理器组件(14)能够执行根据权利要求1到11中任一项所述的测量方法。

## 测量流体速度的方法

[0001] 描述

[0002] 本发明涉及超声流量计的领域。

### 背景技术

[0003] 为了测量在管道中流动的流体的流速,超声流体流量计通常使用通过发射和接收超声信号来测量流体速度的设备。

[0004] 该测量设备包括连接到管道的导管,流体在其中流动。为了测量流体速度,超声信号被发射到导管中以沿所定义长度的路径行进,测量由超声信号沿所定义长度的路径从上游到下游和从下游到上游行进所花费的行进时间,并且流体速度是特别基于所定义长度和行进时间之差来估计的。

[0005] 此类测量设备1(有时被称为“经典管道”设备)在图1中被示出。测量设备1包括第一换能器2a、第二换能器2b、以及连接至第一换能器2a和第二换能器2b的测量模块3。

[0006] 第一换能器2a和第二换能器2b在频率和发射等级方面是成对的。作为示例,第一换能器2a和第二换能器2b是压电换能器。

[0007] 在该示例中,所定义长度的路径因此是第一换能器2a与第二换能器2b之间的长度为L的直线路径。

[0008] 测量模块3产生电激励信号4,其被应用为至第一换能器2a的输入。

[0009] 在电激励信号4的基础上,第一换能器2a发射超声信号5。第二换能器2b接收由在流体中传播的超声信号5导致的超声信号6。

[0010] 测量模块3测量由超声信号5沿所定义长度的路径从上游到下游行进所花费的行进时间。

[0011] 实际上,测量模块3测量从第一换能器2a到第二换能器2b的全局传输时间 $T_{AB}$ 。

[0012] 该全局传输时间 $T_{AB}$ 使得:

[0013]  $T_{AB} = T_{A_A} + T_{oF_{AB}} + T_{R_B}$ ,其中:

[0014] •  $T_{A_A}$ 是第一换能器2a的导通时间;

[0015] •  $T_{oF_{AB}}$ 对应于由测量超声信号5沿第一换能器2a与第二换能器2b之间的限定长度的路径行进所花费的飞行时间;

[0016] •  $T_{R_B}$ 是第二换能器2b的接收时间。

[0017] 同样地,第二换能器2b发射由第一换能器2a接收的超声信号。

[0018] 测量模块3测量全局传递时间 $T_{BA}$ ,其使得:

[0019]  $T_{BA} = T_{A_B} + T_{oF_{BA}} + T_{R_A}$ ,其中:

[0020] •  $T_{A_B}$ 是第二换能器2b的导通时间;

[0021] •  $T_{oF_{BA}}$ 对应于由超声信号沿第二换能器2b与第一换能器2a之间的所定义长度的路径行进所花费的飞行时间;

[0022] •  $T_{R_A}$ 是第一换能器2a的接收时间。

[0023] 假设:

[0024]  $T_{A_A} = T_{A_B}$  并且  $T_{R_A} = T_{R_B}$  (成对的换能器), 获得以下:

[0025]  $\Delta T = t_{ba} - t_{ab} = T_{oF_{BA}} - T_{oF_{AB}} = D_{t_oF}$ ,

[0026] 其中  $D_{T_oF}$  是飞行时间差。

[0027] 然而,  $D_{T_oF}$  与流体的均值速度  $\bar{V}$  成正比, 并且测量模块3随后使用以下公式来计算流体的均值速度  $\bar{V}$ :

[0028]  $D_{T_oF} = 2L \cdot \bar{V} / (C^2 - \bar{V}^2)$ ,

[0029] 其中  $C$  是流体中的超声波的速度。例如, 水中的超声波速度约等于每秒1500米 (m/s), 并且它取决于水的温度。

[0030] 测量模块3随后从经签名的均值速度  $\bar{V}$  中推导在管道中流动的流体的流速。

[0031] 如上所述, 超声流体计通常由包括在该流体计中的一个或多个电池供电。

[0032] 然而, 这种流体计的功能规格通常要求它在不更换一个或多个电池的情况下具有非常长的寿命, 通常等于20年。出于成本和集成原因, 限制所使用的电池的大小和数量是必需的。因此, 确保测量设备的耗电尽可能小是适当的。当然, 这种耗电的限制不得导致测量的流体流量的精度下降。

[0033] 发明目的

[0034] 本发明的目的是为了降低超声流体计的耗电, 并提高由所述超声流体计测量流速的精度。

## 发明内容

[0035] 为了实现这一目标, 提供了一种用于测量流体速度的测量方法, 该方法由包括第一换能器、第二换能器和包括处理器组件的测量模块的测量装置执行, 所述测量方法包括至少第一测量阶段, 所述第一测量阶段包括以下连续步骤:

[0036] • 使处理器组件在相同发射时间发射作为至第一换能器的输入的第一电激励信号以及还有作为至第二换能器的输入的第二电激励信号两者, 使得该第一换能器生成第一超声信号, 该第一超声信号沿着所定义长度的路径行进通过流体到达第二换能器, 并且使得第二换能器生成第二超声信号, 该第二超声信号沿着所定义长度的路径在相反方向行进通过流体到达第一换能器;

[0037] • 将处理器组件处于待机;

[0038] • 在预定待机历时后重新激活处理器组件;

[0039] • 使第一超声信号由第二换能器然后由处理器组件获取, 并且使第二超声信号由第一换能器然后由处理器组件获取;

[0040] • 估计第二超声信号的第二飞行时间与第一超声信号的第一飞行时间之差的值  $D_{T_oF}$ , 并使用值  $D_{T_oF}$  来估计流体的速度。

[0041] 在每个第一测量阶段期间, 处理器组件处于待机达预定待机历时。在该预定待机历时期间, 处理器组件的耗电几乎为零, 由此显著地降低了测量设备的耗电。

[0042] 由于第一和第二电激励信号被同时发射, 所以第一和第二超声信号的发射被精确地同步。因此, 由于将处理器部件置于待机而导致的参考时间的损失, 对于估计值  $D_{T_oF}$  和非常精确的流体速度测量来说并不是惩罚。

[0043] 还提供了如上所述的测量方法,进一步包括用于估计第一飞行时间加上第二飞行时间之和的值SumToF的至少一个第二测量阶段,其中利用值SumToF来估计流体的速度。

[0044] 还提供了如上所述的测量方法,第二测量阶段类似于第一测量阶段,但不包括将处理器组件处于待机的步骤。

[0045] 还提供了如上所述的测量方法,其中在两个连续的第二测量阶段之间执行多个第一测量阶段,并且其中对于每个第一测量阶段而言,当使用在所述第一测量阶段之前的最近第二测量阶段期间获得的值SumToF来估计流体速度。

[0046] 还提供了一种如上所述的测量方法,其中使用以下公式来估计流体的速度:

$$[0047] \quad \bar{V} = 2L \cdot \frac{DToF}{SumToF^2 - DToF^2}$$

[0048] 其中L是路径的所定义长度。

[0049] 还提供了一种如上所述的测量方法,处理器组件是在其中已经集成了具有多路复用的第一和第二输入的模数转换器(ADC)的微控制器,第一测量阶段包括在已经接收到第一超声信号之后将其施加到第一输入以便被数字化的步骤,以及在已经接收到第二超声信号后将其施加到第二输入以便被数字化的步骤。

[0050] 还提供了一种如上所述的测量方法,进一步包括校准阶段,该校准阶段包括补偿对第一和第二超声信号进行采样时由ADC执行的采样操作之间的相位偏移的步骤。

[0051] 还提供了一种如上所述的测量方法,处理器组件是在其中已经集成了具有第一输入的第一ADC和具有第二输入的第二ADC的微控制器,第一测量阶段包括在已经接收到第一超声信号之后将其施加到第一输入以便被数字化的步骤,以及在已经接收到第二超声信号之后将其施加到第二输入以便被数字化的步骤。

[0052] 还提供了一种如上所述的测量方法,其中第一和第二超声信号中的每一者依次包括初始波瓣和随后的测量波瓣,测量波瓣被用于估计值DToF,初始波瓣由于它们可能不准确而不被使用,预定待机历时使得处理器组件在第二换能器已经接收到第一超声信号的至少一些初始波瓣并且第一换能器已经接收到第二超声信号的至少一些初始波瓣之后被重新激活。

[0053] 还提供了一种如上所述的测量方法,其中通过对第一超声信号和对第二超声信号两者执行过零类型方法来估计值DToF。

[0054] 还提供了一种如上所述的测量方法,其中通过对第一和第二超声信号执行互相关方法来估计值DToF。

[0055] 还提供了一种超声流体计,其包括第一换能器、第二换能器和连接到第一换能器和第二换能器的测量模块,该超声流体计被布置成执行如上所述的测量方法。

[0056] 还提供了一种计算机程序,该计算机程序包括用于使超声流体计的微控制器能够执行如上所述的测量方法的指令。

[0057] 还提供了一种存储装置,其特征在于,它们存储包括用于使超声流体计的微控制器能够执行如上所述的测量方法的指令的计算机程序。

[0058] 本发明可以鉴于以下对于本发明的特定非限定性实施例的描述而被更好地理解。

[0059] 附图简述

[0060] 参考附图,其中:

[0061] [图1]图1示出了现有技术的超声流体计；

[0062] [图2]图2示出了在其中执行本发明的用于测量流体速度的方法的超声流体计；

[0063] [图3]图3示出了在沿所定义长度路径行进通过流体后接收到的第一超声波信号，以及示出处理器组件在此期间处于待机的预定待机历时的时间轴。具体实施方式

[0064] 参考图2，本发明的用于测量流速的方法在本示例中在超声水表10中被执行。

[0065] 超声水表10包括导管，以及还有水速测量设备11两者，水流通过该导管由分配网络递送到设施。

[0066] 如通过箭头F的方向所表示的，水在导管中从上游流向下流，然而，同样可以从下游流向上游。

[0067] 测量设备11包括第一换能器12a、第二换能器2b、以及连接至第一换能器12a和第二换能器12b的测量模块13。

[0068] 第一换能器12a和第二换能器12b是成对的。在该示例中，第一和第二换能器12a和12b是压电换能器。

[0069] 测量模块13包括处理器组件，该处理器组件被适配成执行用于执行本发明的测量方法的程序指令。在该示例中，处理器组件是微控制器14。ADC 15被包括在微控制器14中。ADC 15具有多路复用的第一和第二输入16和17。

[0070] 如上所说明的，可能通过使用以下公式来确定流体的均值速度 $\bar{V}$ ：

[0071]  $DToF=2L \cdot \bar{V} / (C^2 - \bar{V}^2)$ ，其中C是流体中的超声波的速度。

[0072] 然而，C取决于流体的温度。

[0073] 可以示出，流体的速度 $\bar{V}$ 也可使用其中消除了C并且因此不需要测量流体的温度的公式来表示：

$$[0074] \quad \bar{V} = 2L \cdot \frac{DToF}{SumToF^2 - DToF^2}$$

[0075] 其中SumToF是第一飞行时间加上第二飞行时间之和。

[0076] 通过使用SumToF，因此不需要对水的温度的任何测量，由此降低了测量设备11的成本。

[0077] 本发明的测量方法能够准确地确定SumToF和DToF，同时极大地降低了测量设备11和由此的超声水表10的电耗。

[0078] 本发明的测量方法操作如下。

[0079] 该测量方法包括第一测量阶段和第二测量阶段。

[0080] 描述从第一测量阶段开始。

[0081] 微控制器14被导致既发射作为第一换能器12a的输入的第一电激励信号18，也发射作为第二换能器12b的输入的第二电激励信号19。

[0082] 术语“被导致发射”用于意指微控制器14控制第一电激励信号18以及还有第二电激励信号19两者的发射。因此，第一和第二电激励信号18和19要么由微控制器14直接生成，要么在微控制器14控制下由某个其他部件生成。

[0083] 第一电激励信号18是具有1/2的占空比的频率 $f_{us}$ 的方波信号。同样，第二电激励信号19是具有1/2的占空比的频率 $f_{us}$ 的方波信号。频率 $f_{us}$ 通常在900千赫兹(kHz)到4兆赫

(MHz)的范围中,并且在本示例中(当流体为水时),它等于2MHz。当流体是气体时,频率 $f_{us}$ 通常是几十千赫兹的量级。

[0084] 参照图3,第一电激励信号18和第二电激励信号19(图3中未示出)在完全相同的时刻、在相同的发射时间 $t=0$ 秒(s)(对应于第一电激励信号18的第一波前和第二电激励信号19的第一波前)处被发射。因此,第一和第二电激励信号18和19作为分别至第一和第二换能器12a和12b的输入被同时施加。由于微控制器14确定了针对这两个电激励信号的发射时间的事实,这种精确同步成为可能。

[0085] 在第一激励信号18的作用下,第一换能器12a随后生成第一超声信号21,该第一超声信号21沿着所定义长度L的路径行进通过流体,直到到达第二换能器12b。同时,在第二电激励信号19的作用下,第二换能器12b生成第二超声信号22,第二超声信号22沿所定义长度L的路径在相反方向行进通过流体,直到到达第一换能器12a。

[0086] 应当注意到,由于在导管中流动的流体内的超声波传输现象的线性,第一和第二换能器12a和12b同时传送第一和第二超声信号21和22,并且具体地说,具有相同的波形,不会导致对第一和第二换能器12a和12b中的任一者在导管的另一端处的接收的任何干扰。当波穿过导管的中间时,的确会发生干扰,但离开干扰区后,在接收时波形不会发生变化。

[0087] 在第一和第二电激励信号18和19已经被完全发射之后,即在时刻 $t_0$ 处,微控制器14进入待机。因此,它的电耗几乎为零。

[0088] 此后,微控制器14在预定待机历时之后被重新激活。

[0089] 第二换能器12b并且随后微控制器14获取第一超声信号21。第一换能器12a并且随后微控制器14获取第二超声信号22。微控制器14随后在已经接收到第一和第二超声波信号21和22之后对其进行分析,并根据该分析推导出水的速度。

[0090] 如图3中所见,在被第二换能器12b接收后,第一超声信号21包括初步区域23、测量区域24和最终区域25。图3中未示出第二超声信号22,但是在接收到它之后,它呈现出类似的波形。

[0091] 初步区域23对应于其中正被发射的第一超声信号21的频率尚未精确处于第一电激励信号18的频率 $f_{us}$ 处。因此,当被第二换能器12b接收时,第一超声信号21的频率还不完全与第一电激励信号18的频率相同,而是对应于压电元件的谐振频率。在该示例中,初步区域23具有四个初步波瓣26。这里,术语“波瓣”被用于意指收到的第一超声信号21的正半周期。

[0092] 最终区域25对应于第一超声信号21的一部分,在由换能器接12b收到该第一超声信号21之前,该部分已通过仪表10的金属区域。最终区域25对应于所谓的“多径”现象。在最后区域25中,由于多个路径,收到的第一超声信号21是嘈杂的。在该示例中,最终区域具有两个最终波瓣27。

[0093] 相反,在测量区域24中,收到的第一超声信号21的频率实际上等于频率 $f_{us}$ 。测量区域24具有10个测量波瓣28。

[0094] 初步和最终区域23和25未被计及,因为初步波瓣26和最终波瓣27是不准确的。这提高了测量流体速度的精度。

[0095] 应该观察到,微控制器14在其间处于待机的预定待机历时使得微控制器14在由第二换能器12b已经接收到第一超声信号21的至少一些初步波瓣26之后被重新激活。在该示

例中,并且具体地,微控制器14在接收到第四个初步波瓣26之后发生的时刻 $t'_0$ 处(在大约当第四个初步波瓣26的下降波前越过零时的时刻处)被重新激活。

[0096] 同样,在第一换能器12a已经接收到第二超声信号22的至少一些初步波瓣26之后,微控制器14被重新激活。

[0097] 对于其中路径的所定义长度 $L$ 等于7厘米(cm)的测量设备11而言,时间 $t=0s$ 与对应于测量结束的时间 $t_{10}$ 之间的历时约为75微秒( $\mu s$ )。

[0098] 在时间 $t_0$ 与时间 $t'_0$ 之间延伸的预定待机历时 $D_v$ 对应于第一和第二超声信号21和22行进通过水,并且它约为 $50\mu s (=t'_0-t_0)$ 。

[0099] 微控制器14正耗电的时间因此减少了 $2/3$ 。

[0100] 然后,第一超声信号21被施加到ADC 15的第一输入16处以便被数字化。然后,第二超声信号22被施加到ADC 15的第二输入17处以便被数字化。对于频率 $f_{us}=2MHz$ 的信号而言,采样频率通常为 $8MHz$ ,以便符合Shannon准则。

[0101] 第一和第二超声信号21和22被准同时地采样。然而,采样操作之间存在相位偏移。

[0102] 因此,本发明的测量方法包括工厂内的校准阶段,用于补偿第一超声信号21与第二超声信号22的采样操作之间的相位偏移。

[0103] 微控制器14然后估计第一测量时间。在该示例中,第一测量时间是测量区域24中的第一超声信号21的过零点 $t_1, \dots, t_k$ 之一。假设第一测量时间是第一超声信号21在其测量区域24中的第 $i$ 个过零时间(即 $t_i$ )。

[0104] 微控制器14还估计第二测量时间。第二测量时间是测量区域24中的第二超声信号22的过零点 $t_1, \dots, t_k$ 之一。第二测量时间也是第二超声信号22在其测量区域24中的第 $i$ 个过零时间(即 $t_i$ )。

[0105] 对于第一和第二超声信号21和22中的每一者,通过涉及对测量区域24中的每个测量波瓣28的测量采样执行正弦插值的过零类型方法来测量过零时间 $t_i$ 。

[0106] 由于微控制器14已经在预定的待机历时 $D_v$ 期间被置于待机,所以第一和第二测量时间不能使 $ToF_{AB}$ 和 $ToF_{BA}$ 以准确的方式直接获得。

[0107] 微控制器14因此计算第二测量时间与第一测量时间之差。

[0108] 由于第一和第二电激励信号21和22是在完全相同的发射时间生成的,因此时间参考取消并且适用以下:

$$[0109] \quad t_{mes2} - t_{mes1} = ToF_{BA} - ToF_{AB} = DToF,$$

[0110] 其中, $t_{mes1}$ 是第一测量时间而 $t_{mes2}$ 是第二测量时间。

[0111] 由于第一和第二激励信号21和22经受相同的发射噪声,所以在测量 $DToF$ 时噪声消去。

[0112] 因此,在第一测量阶段期间测量 $DToF$ 。

[0113] 如上所解释的,在不测量温度的情况下估计流体速度也需要 $SumToF$ 的知识。

[0114] 在第二测量阶段期间测量 $SumToF$ 。

[0115] 第二测量阶段类似于第一测量阶段,除了微控制器14不被置于待机。

[0116] 微控制器14因此发射(或导致被发射)第一和第二电激励信号18和19,并且随后在第一和第二超声信号21和22已经沿着所定义长度 $L$ 的路径在相反方向行进之后接收它们。

[0117] ADC 15已经接收到第一和第二超声信号21和22之后对其进行采样。微控制器14确

定的确对应于 $ToF_{AB}$ 的第一测量时间和的确对应于 $ToF_{BA}$ 的第二测量时间。

[0118] 然后,微控制器14计算飞行时间的总和 $SumToF_{tot}$ 如下:

[0119]  $SumToF_{tot} = ToF_{AB} + ToF_{BA}$ ,

[0120] 并且,通过从飞行时间的总和 $SumToF_{tot}$ 中减去将在校准测量设备11的阶段期间确定的接通时间 $ta_a$ 和 $ta_b$ 以及还有接收时间 $tr_a$ 和 $tr_b$ 两者来计算飞行时间之和 $SumToF$ 。

[0121] 微控制器14因此能够准确地估计流体的速度。

[0122] 应该观察到, $SumToF$ 主要取决于路径的所定义长度 $L$ 和水温,因为 $SumToF$ 取决于水中声速 $C$ ,而声速 $C$ 又取决于水温。 $SumToF$ 随水速的变化而变化不大,因为与 $C$ 相比,速度可以忽略不计。水温的变化非常缓慢。

[0123] 因此,没有必要在每次对水速生成新的估计时,都对 $SumToF$ 产生新的测量。

[0124] 例如,如果每秒进行八次计量测量,即如果每秒提供八次新的水速测量,则 $SumToF$ 可能仅每2秒测量一次(即在16次中仅测量一次)。可以假设水温在如此短的时间内不会发生显著变化。应该观察到,当测量 $SumToF$ 时,也应测量 $DToF$ 。

[0125] 因此,在两个连续的第二测量阶段之间执行一定数量的第一测量阶段。

[0126] 在每个第一测量阶段结束时,通过使用在所述第一测量阶段期间估计的 $DToF$ 来计算水速,并且在所述第一测量阶段之前的最后第二测量阶段期间估计 $SumToF$ 和 $DToF$ 两者。由于路径的所定义长度 $L$ 根本没有变化,而且由于水温变化非常缓慢,所以 $SumToF$ 在两个第二测量阶段之间变化很小。因此,该方法非常精确,并且通过在每个第一阶段期间将微控制器14置于待机来降低电耗。

[0127] 应该注意到,本发明完全是数字化的,并且因此可以纯粹以软件形式实现。

[0128] 因此,与大多数主要是模拟的现有技术的流体速度测量设备相比,本发明同时更便宜、更不复杂、更精确,并且呈现出相当低的电耗。

[0129] 自然地,本发明不限于所描述的实施例,而是涵盖了落入如由权利要求书限定的本发明范围内的任何变型。

[0130] 自然,无论第一和第二换能器的位置和配置如何,本发明都适用。超声信号可以以相对于导管的纵轴任意的角度的朝向被发射。超声信号可以通过反射器,例如 $45^\circ$ 角的反射镜被反射。

[0131] 测量速度和流速的流体不一定是水,而是例如可以是油、气等。

[0132] 为了测量 $SumToF$ 和 $DToF$ ,以上描述使用了过零型方法。完全可能通过使用不同的方法,例如互相关方法来估计 $SumToF$ 和 $DToF$ 。

[0133] 在以上描述中,使用具有带有两个多径输入的单个ADC的微控制器。这种配置是便宜的,但是如上所述,它需要在校准阶段期间补偿小的相位偏移。

[0134] 作为替代方案,可能使用在其中集成有具有第一输入的第一ADC和具有第二输入的第二ADC的微控制器。在接收时,第一超声信号然后被施加到第一ADC的第一输入以便被数字化。在接收时,第二超声信号也被施加到第二ADC的第二输入以便被数字化。这种情况下,从换能器接收到的两个信号在被精确同步的瞬间进行采样。这个解决方案比第一个方案稍微精确一些,也稍微贵一些,因为具有两个真正的ADC的微控制器更昂贵。

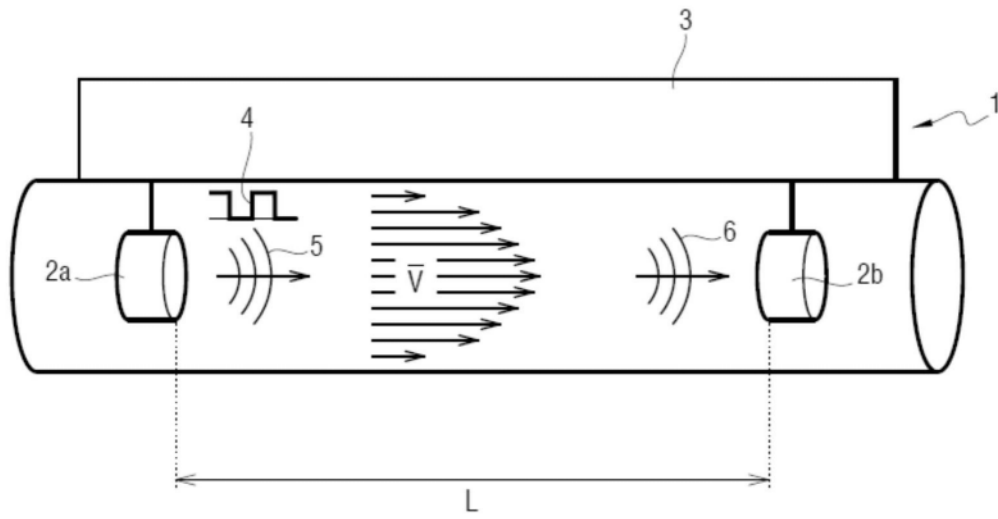


图1

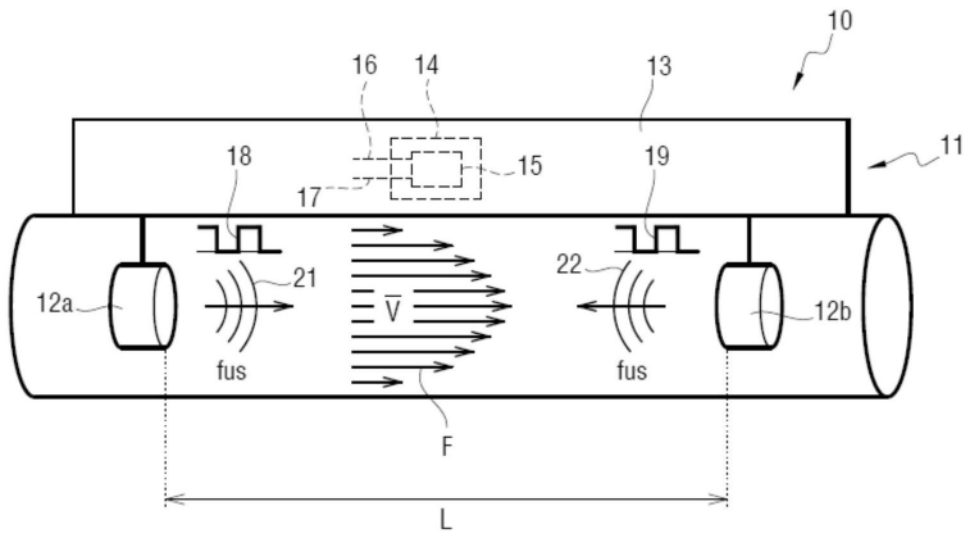


图2

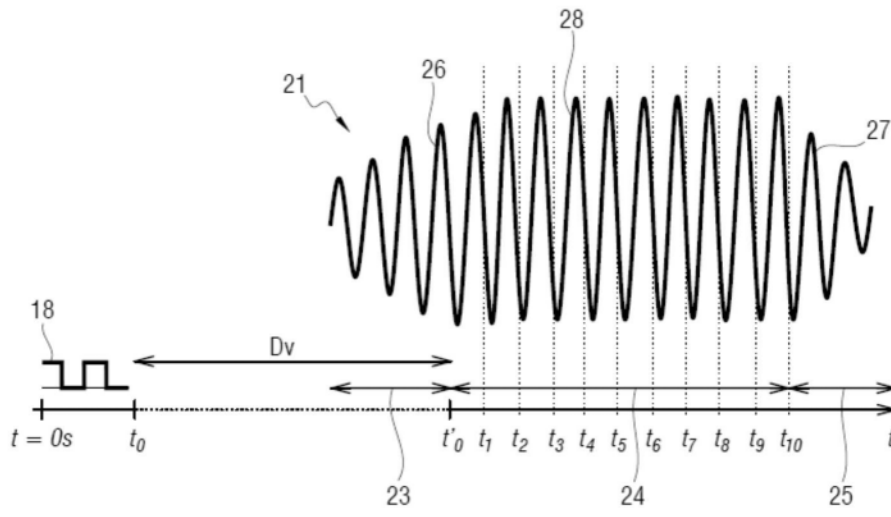


图3