



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102866261 A

(43) 申请公布日 2013.01.09

(21) 申请号 201210344506.5

(22) 申请日 2012.09.18

(71) 申请人 成都成电电子信息技术有限公司

地址 610000 四川省成都市高新区(西区)西
区大道 199 号

(72) 发明人 姜雨廷 朱小波 罗钧周

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理事务所
(普通合伙) 51220

代理人 谢敏

(51) Int. Cl.

G01P 5/24 (2006.01)

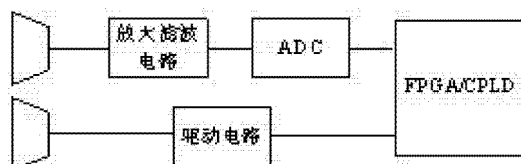
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

检测超声波在测流速中飞行时间的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种检测超声波在测流速中飞行时间的方法,属于超声波仪器的检测技术领域,其技术方案采用了双频超声波相位检查的方法计算超声波飞行时间,有效增加了仪器测量的量程。并且不同于其他多频超声波测量方法,在对传感器存在相位漂移的情况给出了解决办法,使其在超声波流速或者流量的检查中更有实用性。



1. 一种检测超声波在测流速中飞行时间的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1,处理器发送为频率 f_1 的超声波信号,经过驱动电路驱动放大以后,再由超声波发射器发射出;同时,计数器开始计数;

步骤 2,计数器的计数一段时间为 t_0 后停止计数;

步骤 3,接收传感器将接收到的为频率 f_1 的超声波信号经模拟电路放大和滤波处理后传送给模数转换器;

步骤 4,模数转换器将转化后的超声波数字信号发送给处理器,在所述处理器中完成频率 f_1 的相位差 $\Delta\varphi_1$ 的计算;本步骤中,相位差 $\Delta\varphi_1 = \varphi_{11} - \varphi_{01}$,其中当超声波在媒质中传播一段时间后,接收到的波形相位差在媒质静止情况下为 φ_{01} ,当媒质为流体时,接收到的波形相位差为 φ_{11} ;

步骤 5,由步骤 1 中所述的处理器发出频率 f_2 的超声波信号,所述频率 f_2 的超声波经过驱动电路驱动放大以后,再由超声波发射器发射出;同时,计数器开始计数;

步骤 6,所述计数器的计数一段时间为 t_0 后停止计数;

步骤 7,在所述计数器停止计数后,接收传感器将接收到的为频率 f_2 的超声波信号经模拟电路放大和滤波处理后传送给模数转换器;

步骤 8,所述模数转换器再将转化后的超声波数字信号发送给处理器,在所述处理器中完成频率 f_2 的相位差 $\Delta\varphi_2$ 计算;本步骤中,相位差 $\Delta\varphi_2 = \varphi_{12} - \varphi_{02}$,其中当超声波在媒质中传播一段时间后,接收到的波形相位差在媒质静止情况下为 φ_{02} ,当媒质为流体时,接收到的波形相位差为 φ_{12} ;

步骤 9,根据两个频率 f_1 和 f_2 的相频关系推导计算没有相位偏移量时的传播时间

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_2 + 2k'\pi}{2\pi \cdot f_2} = \Delta t \quad \dots\dots (1)$$

其中 k 和 k' 为 $\dots -2, -1, 0, 1, 2\dots$,

但是实际测量中相位会因为存在偏移误差,设此偏移误差全部产生在 $\Delta\varphi_1$ 上且偏移量为 $\Delta\varphi_{offset}$,则传播时间为,

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi - \Delta\varphi_{offset}}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_2 + 2k'\pi}{2\pi \cdot f_2} \quad \dots\dots (2)$$

或根据两个频率 f_1 和 f_2 的和频计算传播时间为,

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + 2(k+k')\pi}{2\pi \cdot (f_1 + f_2)} = \Delta t \quad \dots\dots (3)$$

或根据两个频率 f_1 和 f_2 的差频计算传播时间为,

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 + 2(k-k')\pi}{2\pi \cdot (f_1 - f_2)} = \Delta t \quad \dots\dots (4)$$

在所述的式(1)、式(2)、式(3)、式(4)中,通过计算 $\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1$ 的大小判断所测量的 $\Delta\varphi_1$ 与 $\Delta\varphi_2$ 是否在同一周期内的情况,以确定 k 与 k' 的关系,计算出 Δt ,得出超声波的飞行时间为 $t=t_0 \Delta t$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的检测超声波在测流速中飞行时间的方法,其特征在于,步骤 1 中所述的处理器为 FPGA。

3. 根据权利要求 1 所述的检测超声波在测流速中飞行时间的方法,其特征在于,步骤 1 中所述的处理器为 CPLD。

4. 根据权利要求 1 所述的检测超声波在测流速中飞行时间的方法,其特征在于,所述频率 f_1 的相位差 $\Delta\varphi_1$ 计算采用 DFT 运算方法。

5. 根据权利要求 1 所述的检测超声波在测流速中飞行时间的方法,其特征在于,所述频率 f_2 的相位差 $\Delta\varphi_2$ 计算采用 DFT 运算方法。

检测超声波在测流速中飞行时间的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声波仪器的检测方法,具体涉及一种超声波飞行时间的检测方法。

背景技术

[0002] 超声波在媒质中传播时,其传播的时间会受到流体流动速度的影响。当声波和流体传播方向相同时,声波飞行时间会减小;当声波和流体传播反向时,声波的飞行时间会增加。声速,流体速度,和飞行时间的关系如下:

$$[0003] \quad t = \frac{L}{c+v}$$

[0004] 其中 t 为声波飞行时间, c 为声速, v 为流体流速, L 为距离。只要测得声波飞行时间,则可求出流体流速。进而也可以计算流体流量。因此超声波飞行时间的检测是超声波风速仪,超声波流量计等仪器的重要测量物理量。

[0005] 现有技术一(阈值比较法):

[0006] 目前,超声波飞行时间的检测最广泛使用的方法是声波阈值检测法。其结构基本如图 1 所示。

[0007] 处理器首先向超声波驱动电路发送方波,此时开始启动处理器内部的计数器进行计数。驱动电路将方波放大并驱动超声波发射器,向流体媒质中发射超声波。超声波在流体中飞行一段时间后进入接收传感器,接收到的波形如图 2。当接收的波形经过硬件的电压阈值比较后,转换成方波。当处理器检测到方波的上升沿时,处理器内部的计数器停止计数。此时计数器所计的时间即为超声波传播的时间。

[0008] 现有技术二(相位法):

[0009] 除了技术一以外,目前在超声波流速测量中使用比较多的还有相差法。当媒介中的流体静止时,超声波探头接收到的波形是一条正弦曲线或者余弦曲线。当流体发生流动时,超声波的飞行时间变化,接收到的波形和原有波形发生一定相差 $\Delta\varphi$ 。通过模拟或者数字鉴相器测量这个相位差来计算超声波的飞行时间,如图 3 所示。

[0010] 现有技术一是目前超声波流速或者流量测量里最广泛的方法。但为了保证测量精度,就需要使用中心频率较高的高频超声波换能器,增加了产品成本。且由于超声波的接收波形幅值会由于流速的变化而改变,因此在电压阈值比较的时候可能会出现声波整周期的计算误差。

[0011] 现有技术二在实际产品中也有一定应用。如果使用单频的相位差来计算飞行时间,则所测飞行时间的变化范围只能在一个超声波周期内,测量范围较小,很难满足实际应用的要求。也有使用多频法测量的方法,但都停留在理论阶段,很难用于实际应用。

发明内容

[0012] 本发明克服了现有技术的不足,提供效果更好的检查超声波在测流速中飞行时间

的方法。

[0013] 考虑到现有技术的上述问题,根据本发明的一个方面,为解决上述的技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0014] 一种检测超声波在测流速中飞行时间的方法,包括以下步骤:

[0015] 步骤 1,处理器发送为频率 f_1 的超声波信号,经过驱动电路驱动放大以后,再由超声波发射器发射出;同时,计数器开始计数;

[0016] 步骤 2,计数器的计数一段时间为 t_0 后停止计数;

[0017] 步骤 3,,接收传感器将接收到的为频率 f_1 的超声波信号经模拟电路放大和滤波处理后传送给模数转换器;

[0018] 步骤 4,模数转换器将转化后的超声波数字信号发送给处理器,在所述处理器中完成频率 f_1 的相位差 $\Delta\varphi_1$ 的计算;本步骤中,相位差 $\Delta\varphi_1 = \varphi_{11} - \varphi_{01}$,其中当超声波在媒质中传播一段时间后,接收到的波形相位差在媒质静止情况下为 φ_{01} ,当媒质为流体时,接收到的波形相位差为 φ_{11} ;

[0019] 步骤 5,由步骤 1 中所述的处理器发出频率 f_2 的超声波信号,所述频率 f_2 的超声波经过驱动电路驱动放大以后,再由超声波发射器发射出;同时,计数器开始计数;

[0020] 步骤 6,所述计数器的计数一段时间为 t_0 后停止计数;

[0021] 步骤 7,在所述计数器停止计数后,接收传感器将接收到的为频率 f_2 的超声波信号经模拟电路放大和滤波处理后传送给模数转换器;

[0022] 步骤 8,所述模数转换器再将转化后的超声波数字信号发送给处理器,在所述处理器中完成频率 f_2 的相位差 $\Delta\varphi_2$ 计算;本步骤中,相位差 $\Delta\varphi_2 = \varphi_{12} - \varphi_{02}$,其中其中当超声波在媒质中传播一段时间后,接收到的波形相位差在媒质静止情况下为 φ_{02} ,当媒质为流体时,接收到的波形相位差为 φ_{12} ;

[0023] 步骤 9,根据两个频率 f_1 和 f_2 的相频关系推导计算没有相位偏移量时的传播时间

[0024]

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_2 + 2k'\pi}{2\pi \cdot f_2} = \Delta t \quad \dots\dots (1)$$

[0025] 其中 k 和 k' 为 $\dots -2, -1, 0, 1, 2 \dots$

[0026] 或在实际测量中相位会因为存在偏移误差,设此偏移误差全部产生在 $\Delta\varphi_1$ 上且偏移量为 $\Delta\varphi_{offset}$,则传播时间为

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi - \Delta\varphi_{offset}}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_2 + 2k'\pi}{2\pi \cdot f_2} = \Delta t \quad \dots\dots (2)$$

[0027] 或根据两个频率 f_1 和 f_2 的和频计算传播时间为,

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + 2(k+k')\pi}{2\pi \cdot (f_1 + f_2)} = \Delta t \quad \dots\dots (3)$$

[0028] 或根据两个频率 f_1 和 f_2 的差频计算传播时间为,

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 + 2(k - k')\pi}{2\pi \cdot (f_1 - f_2)} = \Delta t$$

[0029] 在所述的式(1)、式(2)、式(3)、式(4)中,通过计算 $\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1$ 的大小判断所测量的 $\Delta\varphi_1$ 与 $\Delta\varphi_2$ 是否在同一周期内的情况,以确定 k 与 k' 的关系,计算出 Δt ,得出超声波的飞行时间为 $t = t_0 + \Delta t$ 。

[0030] 作为优选,所述处理器为 FPGA。

[0031] 作为优选,所述处理器为 CPLD。

[0032] 本发明还可以是:

[0033] 作为优选,所述频率 f_1 的相位 $\Delta\varphi_1$ 计算采用 DFT 运算方法。

[0034] 作为优选,所述频率 f_2 的相位 $\Delta\varphi_2$ 计算采用 DFT 运算方法。

[0035] 与现有技术相比,本发明的有益效果之一是:

[0036] 本发明的技术方案中,使用双频超声波相位检查的方法计算超声波飞行时间。此种方法可以有效增大测试的量程,并降低由于温度等原因造成的传感器相位漂移。同时,本方法有效增加了仪器测量的量程;并且不同于其他多频超声波测量方法,在对传感器存在相位漂移的情况给出了解决办法,使其在超声波流速或者流量的检查中更有实用性。

附图说明

[0037] 为了更清楚的说明本申请文件实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术的描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅是对本申请文件中一些实施例的参考,对于本领域技术人员来讲,在不付出创造性劳动的情况下,还可以根据这些附图得到其它的附图。

[0038] 图 1、图 2 和图 3 为背景技术中的参考示意图;

[0039] 图 4 示出了根据本发明一个实施例所使用的硬件结构框图。

具体实施方式

[0040] 下面结合实施例对本发明作进一步地详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0041] 本方案中测量超声波飞行时间采用发射双频超声波的方法,方案的具体方法如下:

[0042] 超声波发送换能器发射两个频率 f_1 和 f_2 的超声波。当超声波在媒质中传播一段时间后,接收到的波形在媒质静止情况下为 φ_{01} 与 φ_{02} 。当流体流动时候,接收的相位变为 φ_{11} 与 φ_{12} 。设两个频率的相位差为 $\Delta\varphi_1 = \varphi_{11} - \varphi_{01}$ 和 $\Delta\varphi_2 = \varphi_{12} - \varphi_{02}$,则由三角函数公式我们可以得出:

[0043]

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_2 + 2k'\pi}{2\pi \cdot f_2} = \Delta t \quad \dots\dots (1)$$

[0044] 首先根据相位差 $\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1$ 的大小范围可以判断出 k 与 k' 的关系,当 $\Delta\varphi_1$ 与 $\Delta\varphi_2$ 在同一周期里时,则 $k=k'$ 。在实际测量中相位会因为环境和器件等因素有一定的偏移误差,设此偏移误差全部产生在 $\Delta\varphi_1$ 上且偏移量为 $\Delta\varphi_{offset}$,则上式改为

[0045]

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi - \Delta\varphi_{offset}}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_2 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_2} = \Delta t \dots\dots (2)$$

[0046] 根据测量仪器的量程要求,可以确定 k 为几个固定值,如 $k=-1, 0, 1$ 。当 k 取值不同时,对仪器的偏移误差 $\Delta\varphi_{offset}$ 的要求也不同。当 $k=-1, 0, 1$ 时,只要满足 $\Delta\varphi_{offset}$ 远小于 $\frac{2\pi(f_2 - f_1)}{f_2}$ 即可以解出 k 的唯一解。当我们求得 k 值以后,根据式2就可以求得飞行时间 t 。

[0047] 当 $\Delta\varphi_1$ 与 $\Delta\varphi_2$ 不在同一周期里时,首先 $\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1$ 的大小可以判断出 k 与 k' 的关系,例如 $k' = k+1$,再代入上式计算出 k 。

[0048] 此方法不仅可以由公式1中使用两个单频 f_1 和 f_2 的相频关系推导,也可使用两个频率的和频或者差频来推导,例如使用公式 $\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + 2(k+k')\pi}{2\pi \cdot (f_1 + f_2)} = \Delta t$ 或

$$\frac{\Delta\varphi_1 + 2k\pi}{2\pi \cdot f_1} = \frac{\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 + 2(k-k')\pi}{2\pi \cdot (f_1 - f_2)} = \Delta t, \text{推导过程和上面相同。也为本专利的保护范围。}$$

[0049] 图4示出了根据本发明一个实施例的结构框图。

[0050] 由FPGA或者CPLD组成的处理器首先发送频率 f_1 的信号,经过驱动电路驱动放大以后,经过超声波发射器发射出超声波。在发送信号的同时开启FPGA内部计数器开始计数。当计数器计数到一定数值时候,停止计数,并开始启动ADC采集信号。此时计数器计数时间为 t_0 ,且超声波在媒质中传播了一段时间并进入到接收传感器。接收到的信号经过模拟电路的放大,滤波处理后传送给模数转换器ADC。ADC再将转化的数字信号发送给FPGA,在FPGA中完成频率 f_1 的相位 $\Delta\varphi_1$ 计算。此计算相位的方法可以使用DFT运算,但不限于DFT方法。计算完 f_1 的相位后再由FPGA发送频率 f_2 的信号,与 f_1 的操作过程相同,完成 f_2 的相位 $\Delta\varphi_2$ 计算。在流速或者流量计设计之初,我们首先会确定仪器测量流速的量程,根据此量程可确定 k 为几个固定整数值。在这个量程内,通过计算 $\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1$ 的大小判断所测量的 $\Delta\varphi_1$ 与 $\Delta\varphi_2$ 是否在同一周期内,即得到 k 与 k' 的关系。将所测量的 $\Delta\varphi_1$ 与 $\Delta\varphi_2$ 代入公式2中,并使用 k 与 k' 的约束条件,在FPGA中解出 k 值。根据上述式2计算出 Δt ,则最终的飞行时间即为 $t=t_0 + \Delta t$ 。

[0051] 本发明中使用双频超声波相位检查的方法计算超声波飞行时间。此种方法可以有效增大测试的量程,并降低由于温度等原因造成的传感器相位漂移。本发明的保护点即为此双频飞行时间测量方法,以及专利中提到同理的扩展方法。

[0052] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其它

实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分相互参见即可。

[0053] 在本说明书中所谈到的“一个实施例”、“另一个实施例”、“实施例”、等,指的是结合该实施例描述的具体特征、结构或者特点包括在本申请概括性描述的至少一个实施例中。在说明书中多个地方出现同种表述不是一定指的是同一个实施例。进一步来说,结合任一实施例描述一个具体特征、结构或者特点时,所要主张的是结合其他实施例来实现这种特征、结构或者特点也落在本发明的范围内。

[0054] 尽管这里参照本发明的多个解释性实施例对本发明进行了描述,但是,应该理解,本领域技术人员可以设计出很多其他的修改和实施方式,这些修改和实施方式将落在本申请公开的原则范围和精神之内。更具体地说,在本申请公开、附图和权利要求的范围内,可以对主题组合布局的组成部件和/或布局进行多种变型和改进。除了对组成部件和/或布局进行的变型和改进外,对于本领域技术人员来说,其他的用途也将是明显的。

www.patviewer.com

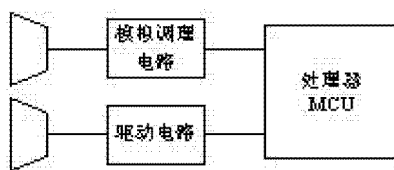


图 1

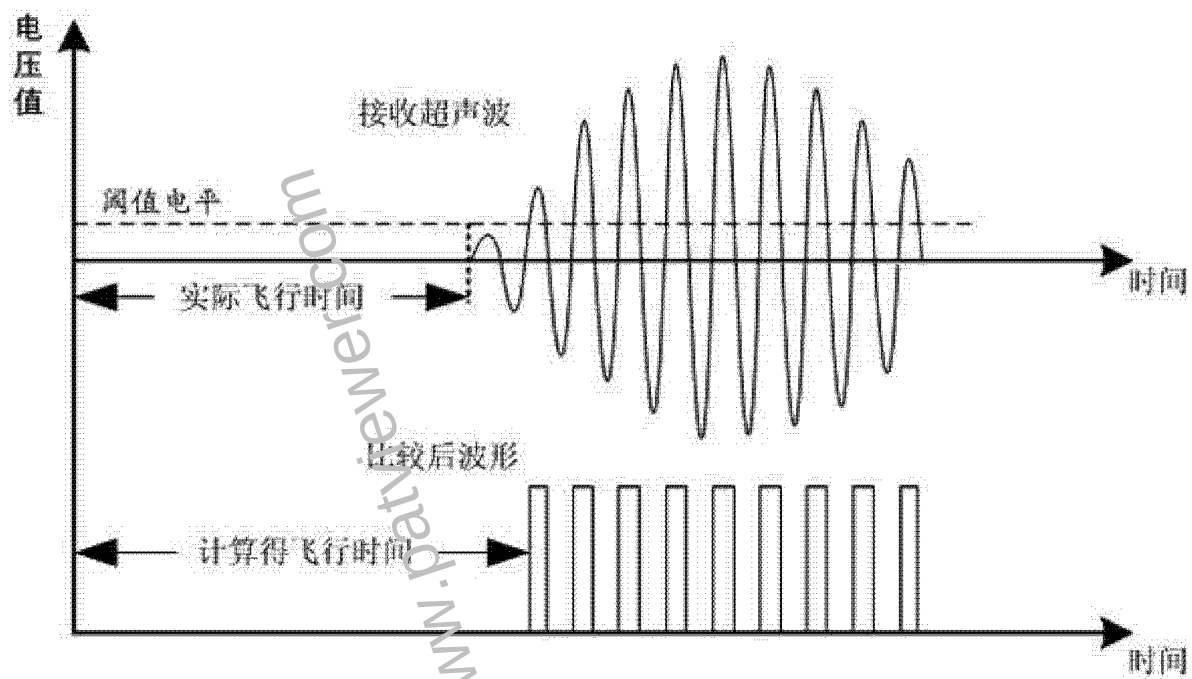


图 2

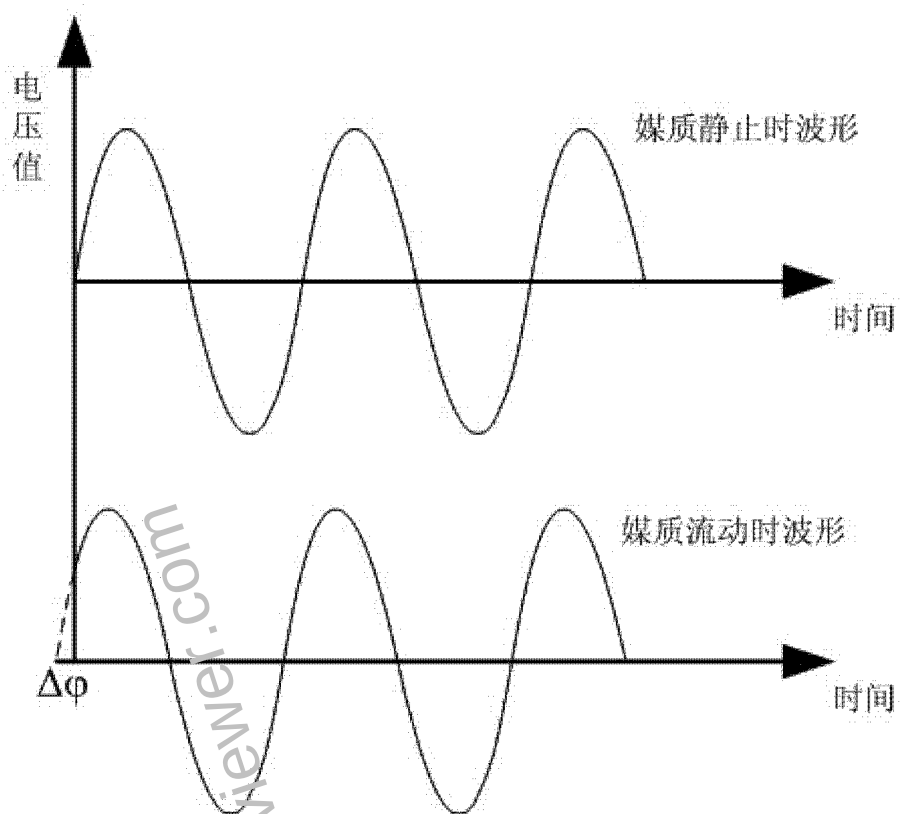


图 3

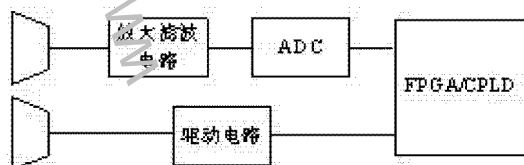


图 4