



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102313587 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 11

(21) 申请号 201110198113. 3

(22) 申请日 2011. 07. 08

(30) 优先权数据

12/833, 187 2010. 07. 09 US

(71) 申请人 罗斯蒙特储罐雷达股份公司

地址 瑞典哥德堡

(72) 发明人 法比安·文格尔 瓦尔特·尼尔森

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王萍 陈炜

(51) Int. Cl.

G01F 23/284 (2006. 01)

G01F 25/00 (2006. 01)

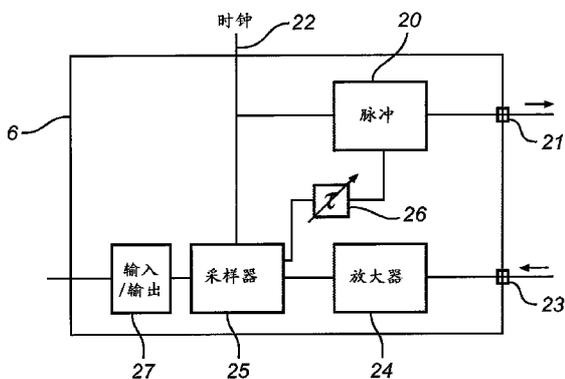
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

距离测量设备及其校准方法

(57) 摘要

本发明涉及一种使用电磁波确定离开表面的距离的设备及其校准方法, 该设备包括脉冲生成器、实时采样器和校准单元, 该校准单元具有用于生成具有预先得限定的频率的校准信号的信号生成器。在校准模式中, 实时采样器接收校准信号, 并且基于采样校准信号和已知的校准频率来确定采样器的平均样本时间延迟。在测量周期中, 实时采样器接收反射信号, 并且基于采样反射信号和平均样本时间延迟来确定距离。了解采样器的平均延迟使得可以准确地确定采样信号中的两个点之间的距离 (在时间上并且因而在空间上)。



1. 一种用于使用电磁脉冲确定离开表面(4)的距离的设备,包括:
信号传播设备(7),用于朝向所述表面传送脉动测量信号,并且接收从所述表面反射的反射信号;

脉冲生成器(20),用于向所述信号传播设备提供所述脉动测量信号;

实时采样器(25),用于接收输入信号并且对所述输入信号采样以提供采样输入信号;

处理电路(10),被连接为从所述实时采样器接收所述采样输入信号;以及

校准单元(30),具有用于生成具有预先限定的频率的校准信号的信号生成器,

其中,在校准模式中,所述实时采样器从所述校准单元接收所述校准信号作为输入信号,并且所述处理电路被布置为基于采样校准信号和已知的校准频率来确定所述实时采样器的平均样本时间延迟,以及

其中,在测量模式中,所述实时采样器从所述信号传播设备接收反射信号作为输入信号,并且所述处理电路被布置为基于采样反射信号和所述平均样本时间延迟来确定所述距离。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中所述实时采样器的所述平均样本时间延迟小于100皮秒。

3. 根据权利要求2所述的设备,其中所述实时采样器的所述平均样本时间延迟小于50皮秒。

4. 根据权利要求1所述的设备,其中所述实时采样器被布置为并行地接收所述反射信号和所述校准信号。

5. 根据权利要求1所述的设备,其中所述处理电路(10)被布置为识别所述采样校准信号的限定的序列以及在所述序列期间取得的样本数目,并且使所述序列除以所述样本数目以获得所述平均样本时间延迟。

6. 根据权利要求1所述的设备,其中所述处理电路(10)被布置为获取彼此相关地进行时间延迟的多个样本序列,并且使所述样本序列在时间上彼此对准以形成扩展样本序列,以使所述平均样本时间延迟的确定基于所述扩展样本序列。

7. 根据权利要求1所述的设备,其中所述处理电路(10)被布置为确定单个样本的时间延迟,并且所述平均样本时间延迟被设定为等于所述单个样本时间延迟。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中所述脉冲生成器(20)和采样器(25)在单个集成电路部件上形成。

9. 根据权利要求1所述的设备,其中所述信号传播设备(7)被布置为将所述脉动测量信号传送到箱中,并且从所述箱接收所述反射信号,以及其中所述处理电路适于确定所述箱的填充液位。

10. 根据权利要求9所述的设备,进一步包括无线通信接口和内部电源。

11. 一种用于校准使用电磁波确定离开表面的距离的设备的方法,所述设备包括实时采样器,所述方法包括:

校准周期,其包括:

生成具有预先限定的频率的校准信号,

在所述实时采样器中对所述校准信号采样(S1),以及

基于采样校准信号和已知的校准频率来确定所述实时采样器的平均样本时间延迟

(S4) ;以及

测量周期,其包括:

朝向所述表面传送脉动测量信号,

接收从所述表面反射的反射信号,

在所述实时采样器中对所述反射信号采样,以及

基于采样反射信号和所述平均样本时间延迟来确定所述距离。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,其中所述实时采样器的所述平均样本时间延迟小于 100 皮秒。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其中所述实时采样器的所述平均样本时间延迟小于 50 皮秒。

14. 根据权利要求 11 所述的方法,其中所述测量周期和所述校准周期并行地执行。

15. 根据权利要求 11 所述的方法,其中所述校准周期进一步包括识别所述采样校准信号的限定部分,以及在所述部分期间取得的样本数目,并且使所述部分除以所述样本数目以获得所述平均样本时间延迟。

16. 根据权利要求 11 所述的方法,其中所述校准周期进一步包括获取彼此相关地进行时间延迟的多个样本序列,使所述多个样本序列彼此匹配以形成扩展样本序列,并且使所述平均样本时间延迟的确定基于所述扩展样本序列。

17. 根据权利要求 11 至 16 中任一项所述的方法,用于校准使用电磁波确定箱的填充液位的雷达液位计,其中所述脉动测量信号被传送到所述箱中,并且从所述箱反射所述反射信号。

距离测量设备及其校准方法

技术领域

[0001] 本发明涉及基于朝向表面发射的和由该表面反射的电磁脉冲的实时采样的距离测量设备的校准。具体地,本发明涉及雷达液位计的校准。

背景技术

[0002] 测量测量设备或测距设备基于如下原理:朝向表面或物体传送电磁脉冲,并且接收反射的脉冲。随后可以基于脉冲去往表面或物体并且返回的飞行时间来确定距离。该确定可以使用适当的信号处理来执行。理想地,接收到的信号将被简单地采样以便于检测回波峰值。然而,由于电磁波以光速传播,因此回波峰值将典型地具有仅几纳秒量级的时长。传统的采样器是不够快的,不能以高度准确地检测距离的足够的分辨率来捕获该快的脉冲。

[0003] 例如在液位计量领域,对该问题的解决方案是已知的。在使用电磁脉冲的液位计(这里被称为雷达液位计 RLG,尽管所使用的频率不一定在传统的雷达范围内)中,液位计传送包括具有兆赫兹范围内的重复频率的纳秒脉冲的脉冲串。反射脉冲串与传送信号混合,以便于提供时间扩展脉冲响应。尽管提供了令人满意的结果,但是该处理需要复杂的和相对昂贵的设计。因此努力以足够短的时间尺度来提供实时采样以允许一个单独脉冲的采样或者对尽可能少的脉冲采样,以映射信号范围(例如,5 位分辨率的 32 个脉冲)。

[0004] 作为一个替选方案,已提出使用集成在一个硅芯片上的雷达模块。该模块可以允许利用传送信号和接收信号之间的已知时间关系,对具有 ns 或更小量级的时长的脉冲进行实时采样。

[0005] 根据该单芯片雷达模块的一个操作原理,将接收到的脉冲与阈值电平比较,并且由大量的(例如 128 个)连续的采样器对该脉冲进行采样,其开始于给定的时间点(探测采样)并且结束于另一时间点,使得采样覆盖典型地比脉冲自身长的时间窗口。通过在逐渐增加(扫描)阈值的同时重复若干次采样,可以恢复接收信号的幅度。这被称为“扫描阈值采样”并且在 Hjortland 等人的论文“Thresholded samplers for UWB impulse radar”中描述。基于该原理的雷达芯片的示例在商业上可获得自挪威的 Novelda 公司。

[0006] 关于使用一系列片上元件实时地对信号采样的潜在问题是,不存在温度稳定的时钟参考。尽管可以例如利用参考回波来建立采样的开始点,但是采样的准确时长将取决于芯片上的延迟部件。例如,由于芯片中的所有延迟元件具有显著的温度依赖性,因此雷达模块可能呈现大的温度漂移。

[0007] 在实验室测量中,已观察到约每 10°C 为 4cm 的未经补偿的温度漂移。该问题对于雷达液位计量实现方案是特别相关的。

发明内容

[0008] 本发明的一般目的在于,克服或减轻上文提及的对雷达模块进行实时采样的问题,这是通过提供实现该采样的雷达液位计的校准而实现的。

[0009] 根据本发明的第一方面,该目的是通过一种用于使用电磁脉冲确定离开表面的距离的设备实现的,其包括:信号传播设备,用于朝向表面传送脉动测量信号并且接收从表面反射的反射信号;脉冲生成器,用于向信号传播设备提供脉动测量信号;实时采样器,用于接收输入信号并且对输入信号采样以提供采样输入信号;处理电路,被连接为从采样器接收采样信号;以及校准单元,具有用于生成具有预先限定的频率的校准信号的信号生成器。在校准模式中,实时采样器从校准单元接收校准信号作为输入信号,并且处理电路被布置为基于采样校准信号和已知的校准频率确定采样器的平均样本时间延迟,并且在测量模式中,实时采样器从传播设备接收反射信号作为输入信号,并且处理电路被布置为基于采样反射信号和平均样本时间延迟来确定距离。

[0010] 根据本发明的第二方面,以上目的是通过一种用于校准使用电磁波确定离开表面的距离的设备的方法,该设备包括实时采样器,该方法包括:校准周期,其包括生成具有预先限定的频率的校准信号,在实时采样器中对校准信号采样,以及基于采样校准信号和已知的校准频率来确定采样器的平均样本时间延迟;以及测量周期,其包括朝向表面传送脉动测量信号,接收从表面反射的反射信号,在实时采样器中对反射信号采样,以及基于采样反射信号和平均样本时间延迟来确定距离。

[0011] 通过向采样器提供具有已知频率的校准信号,可以使采样信号与校准信号的周期相关,并且确定平均样本时间延迟。例如,可以确定信号的一个周期中的样本数目,并且因此确定每个样本延迟的平均时长。

[0012] 这里实时采样器指的是能够以足以进行准确的时间确定的分辨率对电磁脉冲进行采样的采样器。在典型的距离测量应用中,基于电磁脉冲的反射,这指示纳秒或更小量级的采样时间。作为示例,样本时间延迟(即各个采样元件的延迟)可以小于100皮秒,或者小于50皮秒。在一个实施例中,样本时间延迟约为30皮秒。

[0013] 采样器的平均样本时间延迟(各个采样元件的平均时间延迟)的准确确定使得可以准确地确定采样信号中的两个点之间的距离(在时间上并且因而在空间上),并且因此提供经校准的距离测量。

[0014] 测量周期和校准周期可以连续地或并行地执行。在后者的情况中,两个输入信号(脉冲反射和校准信号)可以按幅度或频率彼此隔开。

[0015] 通过确定若干个样本的时间并且除以样本数目,可以确定平均样本延迟。另一选择是确定单个样本的延迟,并且假设该延迟代表所有样本。

[0016] 本发明特别用于雷达液位计的实现方案,其中电磁信号用于确定箱或其他容器的填充液位。在该背景下,温度变化可能是明显的,并且关键的是提供温度无关测量。因此根据本发明的校准是有用的。

[0017] 注意,本发明涉及权利要求中记载的特征的所有可能的组合。

附图说明

[0018] 现将参照附图更详细地描述本发明的该方面和其他方面,附图示出了本发明的当前优选的实施例。

[0019] 图1a和1b示出了安装在箱上的雷达液位计的示意性框图。

[0020] 图2示出了图1中的雷达模块的更详细的框图。

- [0021] 图 3 是根据本发明的实施例的方法的流程图。
- [0022] 图 4 是示出采样信号的示例的示图。
- [0023] 图 5 是用于将两个采样序列拟合在一起的过程的流程图。
- [0024] 图 6 是已被拟合在一起的两个样本序列的示图。

具体实施方式

[0025] 这里将参照液位计量设备描述本发明。然而,这决不应被视为本发明的限制,本发明可能有利地在基于纳秒时间尺度或更小的采样(诸如扫描阈值采样)的任何测距设备中实现。

[0026] 图 1 示出了安装在箱 2 上的雷达液位计 (RLG) 1 的示意性框图。RLG 1 被布置为,通过检测离开箱中的介质之间的界面 4 的距离,来执行诸如箱 2 中的内容物 3 的填充液位的处理变量的测量。典型地,第一介质是箱中储存的内容物 3,例如诸如汽油的液体,而第二介质 5 是周围气氛,例如空气。从而界面 4 是内容物的表面。根据最上面的内容物的透明度,检测离开诸如不同内容物(例如,油和水)之间的界面的其他界面的距离也是可能的。

[0027] RLG 1 包括雷达模块 6,用于生成电磁脉冲并且用于接收反射信号。下文将更详细地描述雷达模块。雷达模块 6 连接到布置在箱 2 中的信号传播设备 7 并且适于允许将传送信号传播到箱中,并且接收已被箱 2 中的界面 4 反射的反射信号。

[0028] 传播设备 7 可以是如图 1a 中图示的导波传送线 8。该传送线可以是同轴探针、刚性或柔性双探针,或者刚性或柔性单探针。(双或单)柔性探针还被称为线探针,而(双或单)刚性探针还被称为棒探针。特别地,在柔性探针的情况中,探针的下端可以附着在箱的底部,或者附着到配重,其确保探针的末端保持在箱的底部。

[0029] 可替代地,传播设备 7 可以是自由传播天线 9,其布置在箱 2 的顶部,如图 1b 中所示。

[0030] 处理电路 10 连接到雷达单元 6,并且被布置为基于从雷达模块 6 接收到的信息来确定处理变量,诸如箱中的产品的填充液位。处理电路 10 可以进一步连接到通信接口 11,其适于提供 RLG 1 外部的通信,并且还被布置为接收用于 RLG 1 的电力。

[0031] 作为示例,通信接口 11 和控制站 12 之间的通信可以由包括两条线 13、14 的双线接口提供,其具有向控制站 12 传送测量结果和接收用于 RLG 1 的操作的电力的组合功能。根据由处理电路 10 确定的测量结果来调节线中的电流。

[0032] 在同时供电和传递测量信号时,该双线连接的示例是 4-20mA 的工业回路。然而,本领域的技术人员应认识到,可以使用其他类型的通信协议,诸如例如四线连接,在该情况中,通过四条线中的两条线提供针对 RLG 1 的供电,并且通过剩下的两条线提供通信。

[0033] RLG 1 还可以通过例如无线 HART(高速可寻址远程传感器)协议与控制站 12 无线通信并且使用具有电池的本地电源或者净化能量用于自主操作的其他装置。

[0034] 图 2 示出了图 1 中的雷达模块 6 的更详细的框图。这里的雷达模块 6 包括集成在单个芯片上的传送器部分和接收器部分。单芯片设计可以通过集成在单个硅管芯上实现,或者通过集成在多个硅管芯上(这些硅管芯集成在单个可安装的部件中)实现。

[0035] 传送器部分包括脉冲生成器 20,其被布置为生成并且传送具有期望频率和脉冲形状的脉冲。脉冲生成器 20 经由输出端子 21 连接到信号传播设备 7。脉冲生成器的重复频

率由例如接收自处理电路 10 的外部时钟信号 22 监管。作为示例,脉冲的中心频率可以是 3.4GHz,并且重复频率可以在 1-100MHz 的范围内,例如 90MHz。每个脉冲的时长具有纳秒量级。

[0036] 接收器部分包括连接到放大器 24 的输入端子 23,放大器 24 被布置为放大在输入端子 23 处接收到的信号。接收器部分进一步包括实时采样器 25,其被布置为实时地对接收信号采样。在雷达液位计量的背景下,实时采样指示皮秒量级的分辨率。采样器 25 经由时间延迟单元 26 连接到脉冲生成器 20,并且被布置为在发射计量脉冲的时间之后的预设延迟 τ 处开始接收信号的采样。

[0037] 雷达模块 6 进一步包括 I/O 接口 27,用于从处理电路 10 接收控制输入并且用于将输出信号返回到处理电路。

[0038] 根据一个实施例,采样器 25 被布置为根据 Hjortland 等人的“Thresholded samplers for UWB impulse radar”中描述的“扫描阈值采样”原理进行操作,该文献通过引用合并于此。根据该方法,将接收到的信号与阈值比较,并且通过变换器级的阵列对非时钟输出采样。该阵列可以包括例如 128 个 CMOS 变换器级,因此提供 128 位的二进制序列。重复若干次采样,同时逐渐增加(扫描)阈值,由此导致多个二进制序列。这些二进制序列被组合以产生数字采样信号,其具有对应于采样重复次数加一的分辨率。例如,如果仅执行一次采样,则分辨率将是 2(高或低)。如果执行 511 次采样,则分辨率将是 512 或 2^9 。采样器可以可选地被布置为获取重复的样本序列并且对结果取平均,以便于减少噪声的影响。

[0039] 有效采样率将与单个变换器级的传播延迟成反比。作为示例,如果一个变换器的传播延迟约为 30ps,则采样速率将接近 35GS/s。当电磁波在真空中以 0.3mm/ps 的速度行进时,如果测量单向延迟,则采样器的空间分辨率将是约 9mm,如果测量双向延迟,则采样器的空间分辨率将是 4.5mm。

[0040] 每个 CMOS 变换器级的延迟将取决于许多因素,包括工艺(相对所制造的 CMOS 芯片的额定设计延迟的随机和系统偏差)、供电电压和温度。因而在上文提到的示例中,一个变换器级的延迟将不是恒定的,而是可以在给定范围内变化。

[0041] 返回图 1,根据本发明的实施例的 RLG 进一步包括校准单元 30,用于生成具有已知频率的校准信号。这里的校准单元 30 包括准确的定时部件 31(其在这里具有温度补偿晶振(TCXO)31 的形式)和锁相环(PLL)32。TCXO 31 的输出连接到 PLL 32 并且还连接到雷达模块 6 的时钟端子以便于向雷达模块 6 的接收器部分提供定时。由此雷达模块 6 的操作参考来自 PLL 32 的校准信号。典型的校准频率是 1GHz。

[0042] RLG 进一步包括耦合信号的装置(例如组合器或开关),其实现了雷达模块 6 的输入端子与信号传播设备 7 和校准单元 30 的连接。

[0043] 在测量模式中,脉冲生成器 20 是活跃的,并且生成脉冲,该脉冲被传送到传播设备 7 并且被传播到箱 2 中。信号由界面 4 反射,并且反射信号经由信号传播设备 7 返回到雷达模块 6。该信号由采样器采样,并且处理电路 10 被布置为基于采样信号确定箱中的填充液位。在测量模式中,校准单元 30 关机。

[0044] 为了确定离开表面 4 的距离,处理电路使接收到的回波与关于何时将脉冲传送到箱中的信息相关。一种选择是将雷达模块 6 布置为紧邻箱开口,从而脉冲将在生成时立即进入箱。雷达液位计量中惯常使用的另一选择是使表面回波脉冲与已知的参考脉冲相关,

该已知的参考脉冲典型地由传播设备 7 中的变换引起,其中其进入箱 2。

[0045] 在校准模式中,校准单元 30 是活跃的并且生成具有预定频率的校准信号。在该模式中,雷达模块 6 接收校准信号。校准信号由采样器 25 采样,并且处理电路 10 被布置为通过使采样信号与已知周期相关来确定平均样本时间延迟。

[0046] 校准可以分立于测量而执行,但是可以可替代地并行地执行。校准信号可以通过适当的信号处理区别于箱反射。

[0047] 图 3 中图示了简单的校准过程。

[0048] 首先,在步骤 S1 中,将来自校准单元的校准信号用作输入,从雷达模块获取完整的采样。实际实验已表明,对于出于校准目的而获取的样本序列,使用 4 位分辨率是足够的。尽管该分辨率不能非常好地类似于校准信号,但是其能够以足够的精度与正弦信号匹配。在步骤 S2 中执行使用例如内插的这种匹配,并且结果是具有非常高的分辨率的采样正弦信号。

[0049] 图 4 提供了由 128 个采样器采样的具有 1GHz 的频率的采样信号的示例。

[0050] 在步骤 S3 中,识别完整的周期或半周期的数目,并且确定这些周期或半周期中包括的样本数目。例如,可以识别信号峰值,并且使用该信号峰值对周期的数目计数。可替代地,可以识别过零点,并且使用过零点来对半周期计数。在图 4 中的示例中,128 个采样器对应于约 4ns,其依次地对应于 1GHz 校准信号的四个周期。在图中,可以识别四个信号峰值,其指示三个完整的周期。发现第一峰值出现在样本编号 11 处,而发现第四峰值出现在样本编号 108 处。

[0051] 在步骤 S4 中,通过使信号时长除以样本数目来确定样本的时长。在图示示例中,3 个周期对应于 3ns。该时长除以 $108-11=97$ 个样本,导致 30.9ps 的平均样本时间延迟。

[0052] 为了提高该过程的准确性,可以获取重复的样本序列,使用时间延迟模块 26 使其在时间上隔开。参照上述采样器,参照图 5 描述可能的过程。

[0053] 首先,在步骤 S11 中,以零延迟获得样本序列。该采样包含 128 个样本,并且长度约为 $128 \times 30\text{ps}$ 。

[0054] 随后,延迟被设定为约 3ns,并且在步骤 S12 中获得新的样本序列。在步骤 S13 中,例如通过执行第一样本序列的结束与第二样本序列的开始的最佳拟合匹配,使该样本序列与第一采样信号拟合。

[0055] 图 6 示出了其中两个样本序列已拟合在一起的示例。结果是较长的样本序列,这里长度为约 230 个样本(延迟对应于第一序列的约 100 个样本,其后添加了 128 个样本的第二序列)。

[0056] 重复步骤 S12 和 S13 直至获得期望长度的积累样本序列。随后,在步骤 S14 和 S15 中,执行如参照步骤 S3 和 S4 讨论的相似的处理。结果再次地是平均样本时间延迟,这里该结果是以增加的准确性和减少的不确定性确定的。

[0057] 校准单元 30,以及特别地,诸如 TCXO 31 的准确的定时部件,可能具有相对大的功耗。因此,在具有有限的可用功率的情形中,诸如在无线液位计中,有利的是,仅按典型的温度变化的时间尺度来有规律地激活校准单元。此外,有利的是,将准确的定时部件 31 的使用限制于校准模式。在每次校准时,得到的平均样本时间延迟可以存储在存储器中,以便于允许校正未来的测量结果。在校准之间,雷达模块 6 可以由处理电路 10 的较低功耗的低准

确性时钟控制,此时所有的定时元件由片上逻辑提供,存储来自最近的校准过程的校正因子。

[0058] 应当注意,在理论上可以单独地确定每个采样元件(每个变换器级)的准确的传播延迟。然而,对于大多数应用,平均校准是足够的。

[0059] 此外应当注意,本领域的技术人员将认识到,在不偏离由所附权利要求限定的本发明的概念的情况下,存在对上述实施例的若干种修改。例如,除了这里说明的部件之外或者作为其替代,电路设计可以包括多种不同的部件。

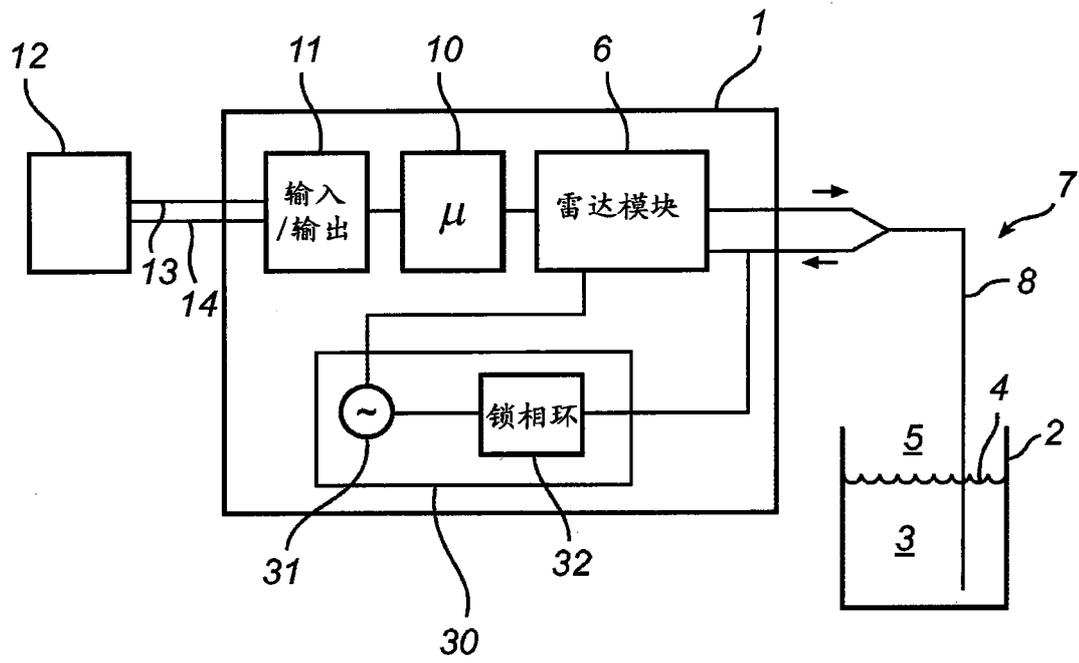


图 1a

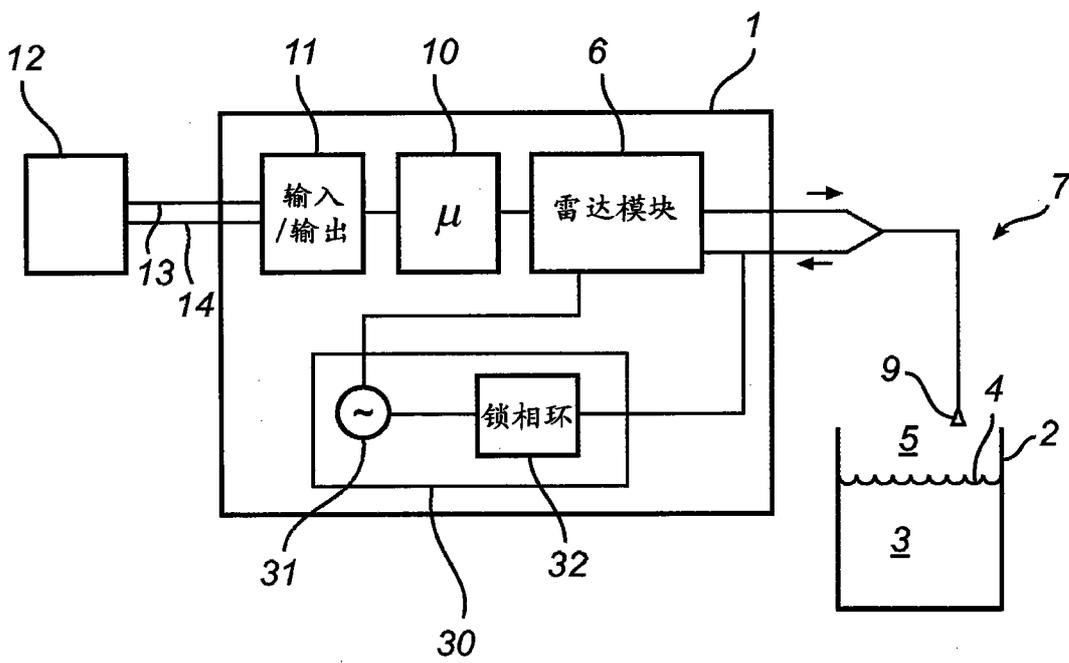


图 1b

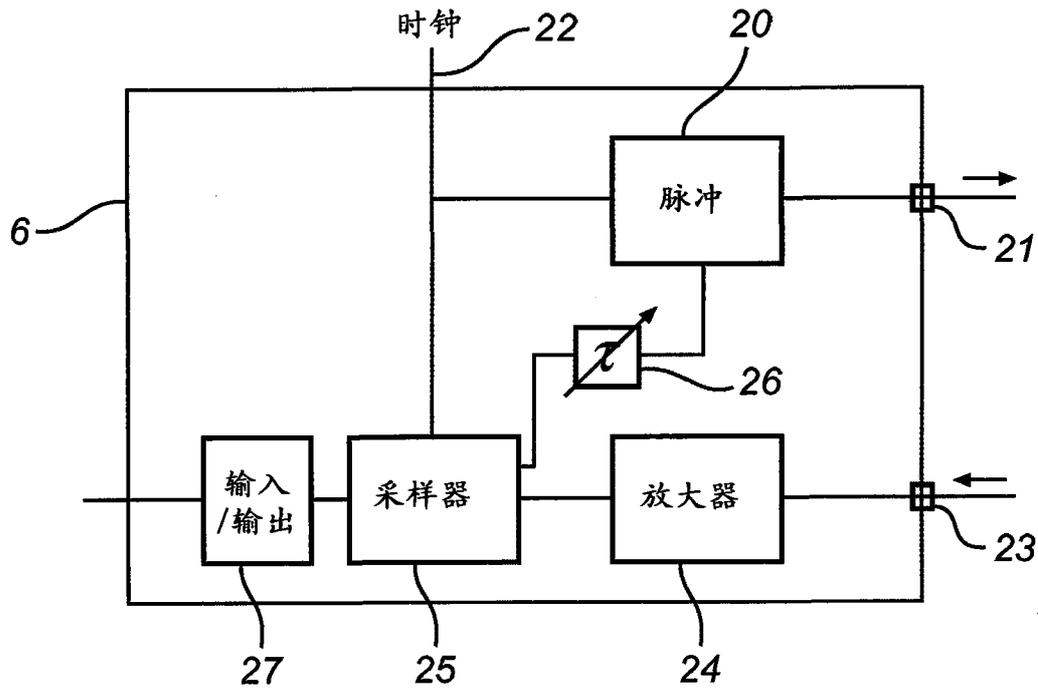


图 2

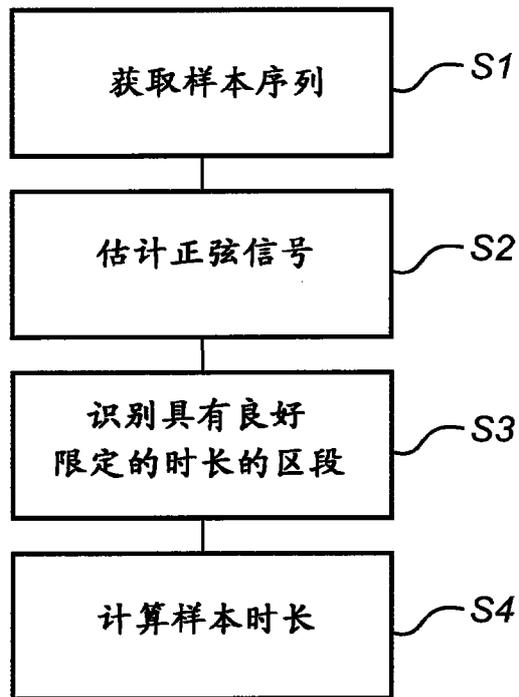


图 3

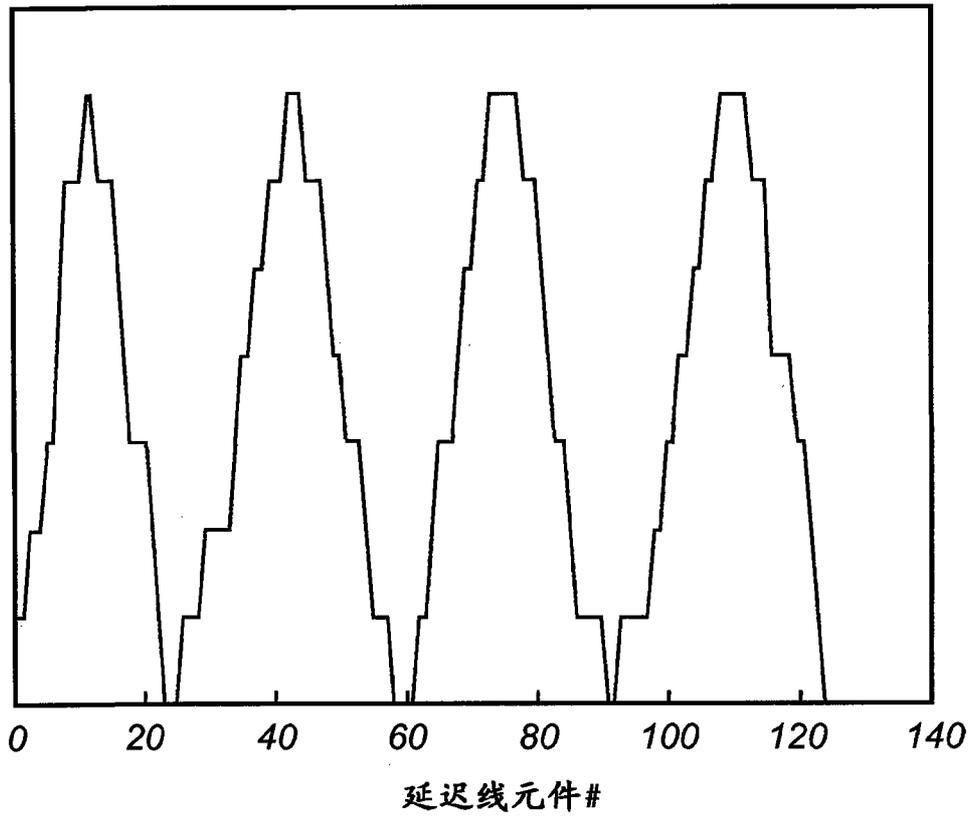


图 4

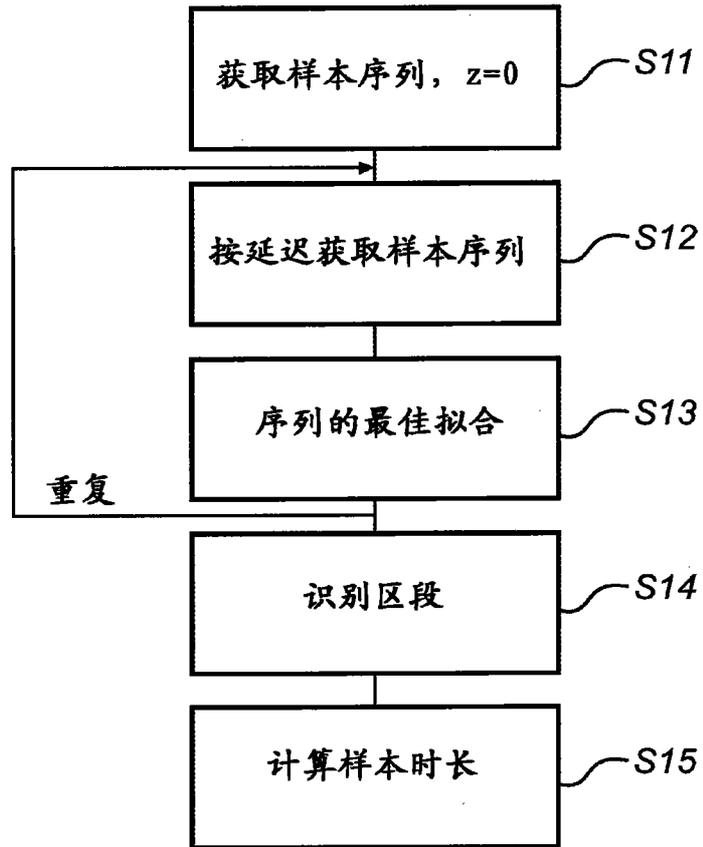


图 5

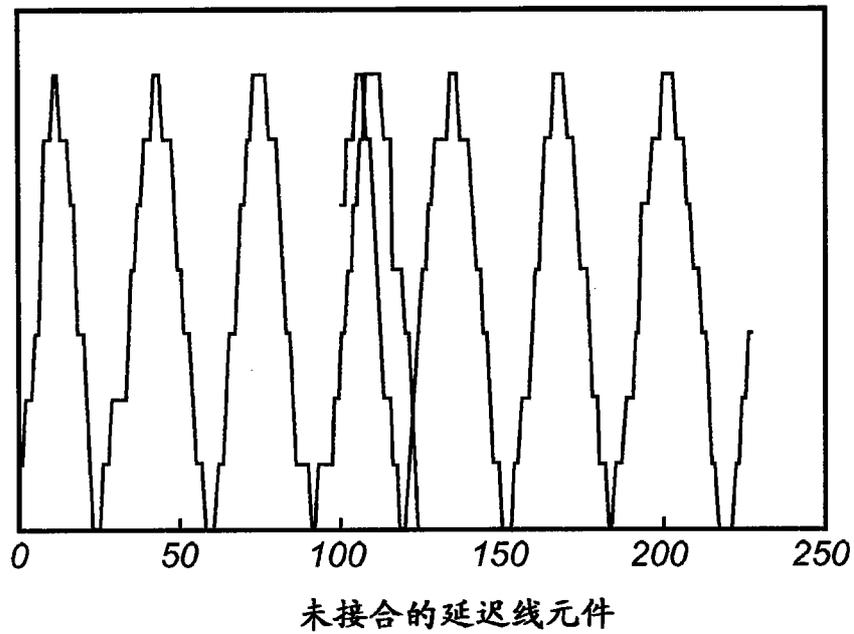


图 6