



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111076793 B

(45) 授权公告日 2021.12.21

(21) 申请号 201911390359.3

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2019.12.30

G01F 23/296 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01S 15/10 (2006.01)

申请公布号 CN 111076793 A

G01S 7/527 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.04.28

G01S 7/539 (2006.01)

(73) 专利权人 江河瑞通(北京)技术有限公司

CN 105783801 A, 2016.07.20

地址 100097 北京市海淀区蓝靛厂东路2号
院2号楼(金源时代商务中心2号楼)9
层2单元(B座)10E

CN 109507303 A, 2019.03.22

(72) 发明人 孙宝磊 张志辉 符啸宇 王志久

CN 104266718 A, 2015.01.07

梁庆阳 李帅

CN 107764369 A, 2018.03.06

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限
公司 11127

CN 205593605 U, 2016.09.21

代理人 赵平 周永君

CN 107576371 A, 2018.01.12

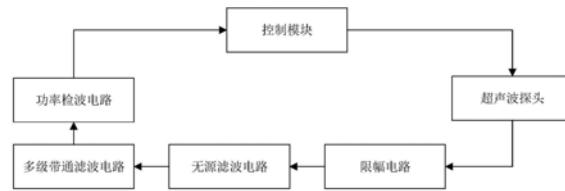
审查员 宋丽敏

(54) 发明名称

窨井专用超声波液位测量装置及方法

(57) 摘要

一种窨井专用超声波液位测量装置及方法，具体包含控制模块、超声波探头、限幅电路、无源滤波电路、多级带通滤波电路和功率检波电路；控制模块用于根据控制指令生成与超声波探头对应频率的频率信号；根据有效检测信号计算获得测量结果；超声波探头用于根据放大后的频率信号发射对应频率的超声波检测信号至被测区域，接收反馈的超声波反馈信号；限幅电路用于对超声波反馈信号进行限幅处理；无源滤波电路用于滤除超声波反馈信号中的源端噪声；多级带通滤波电路用于对滤除源端噪声后的超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理；功率检波电路用于分析多级带通滤波电路放大滤噪处理后的超声波反馈信号，获得有效检测信号。



1. 一种窨井专用超声波液位测量装置，其特征在于，所述装置包含控制模块、超声波探头、限幅电路、无源滤波电路、多级带通滤波电路和功率检波电路；

所述控制模块用于根据控制指令生成与所述超声波探头对应频率的频率信号；以及，根据有效检测信号计算获得测量结果；

所述超声波探头用于根据所述频率信号发射对应频率的超声波检测信号至被测区域，并接收反馈的超声波反馈信号；

所述限幅电路与所述超声波探头相连，用于对所述超声波反馈信号进行限幅处理；

所述无源滤波电路与所述限幅电路相连，用于滤除所述超声波反馈信号中变压器输出端随机产生的源端噪声；

所述多级带通滤波电路与所述无源滤波电路相连，用于对滤除源端噪声后的所述超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理；

所述功率检波电路与所述多级带通滤波电路相连，用于分析所述多级带通滤波电路放大滤噪处理后的所述超声波反馈信号，获得有效检测信号；

所述多级带通滤波电路包含程控增益放大电路和第一有源带通滤波电路；所述程控增益放大电路用于对所述无源滤波电路输出的超声波反馈信号进行放大处理；所述第一有源带通滤波电路与所述程控增益放大电路相连，用于对放大处理后的所述无源滤波电路进行预定频率的滤噪处理。

2. 根据权利要求1所述的窨井专用超声波液位测量装置，其特征在于，所述控制模块包含脉冲放大电路；所述控制模块根据控制指令生成频率点；所述脉冲放大电路用于根据所述频率点，生成与所述超声波探头对应频率的频率信号。

3. 根据权利要求1所述的窨井专用超声波液位测量装置，其特征在于，所述装置还包含第二有源带通滤波电路，所述第二有源带通滤波电路设置于所述控制模块和所述功率检波电路之间，用于对所述功率检波电路输出的有效检测信号进行放大处理。

4. 根据权利要求3所述的窨井专用超声波液位测量装置，其特征在于，所述第一有源带通滤波电路和所述第二有源带通滤波电路为巴特沃斯带通滤波器。

5. 根据权利要求1所述的窨井专用超声波液位测量装置，其特征在于，所述装置还包含补偿电路，所述补偿电路与所述控制模块相连，用于对有效检测信号预定规则的补偿；所述控制模块根据补偿后的有效检测信号计算获得测量结果。

6. 根据权利要求5所述的窨井专用超声波液位测量装置，其特征在于，所述补偿电路包含声速补偿模块、频率补偿模块和畸形修正模块中一个或多个的组合；

所述声速补偿模块包含温湿度传感器和气压传感器，用于通过所述温湿度传感器和所述气压传感器采集所述窨井专用超声波液位测量装置所处环境的温度数据、湿度数据和气压数据，并根据所述温度数据、所述湿度数据和所述气压数据计算获得当前环境的声速信息；

所述频率补偿模块用于通过晶体振荡器作为时钟源驱动超声波探头；

所述畸形修正模块用于通过滞回比较器检测有效检测信号中的双峰畸形信号，当所述有效检测信号中存在双峰畸形信号时，通过信号转换电路对所述有效检测信号进行修正，消除有效检测信号中的双峰畸形。

7. 一种窨井专用超声波液位测量方法，其特征在于，所述方法包含：

根据控制指令生成与超声波探头对应频率的频率信号；

根据所述频率信号发射对应频率的超声波检测信号至被测区域，并接收反馈的超声波反馈信号；

对所述超声波反馈信号进行限幅处理，并滤除所述超声波反馈信号中变压器输出端随机产生的源端噪声；

对滤除源端噪声后的所述超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理后，分析获得有效检测信号；

根据有效检测信号计算获得测量结果；

对滤除源端噪声后的所述超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理包含：对超声波反馈信号进行放大处理；对放大处理后的超声波反馈信号通过无源滤波电路进行预定频率的滤噪处理。

8. 根据权利要求7所述的窨井专用超声波液位测量方法，其特征在于，根据有效检测信号计算获得测量结果包含：

采集所述窨井专用超声波液位测量装置所处环境的温度数据、湿度数据和气压数据；

根据所述温度数据、所述湿度数据和所述气压数据计算获得当前环境的声速信息；

根据所述声速信息对所述有效检测信号进行补偿，根据补偿后的所述有效检测信号计算获得测量结果。

9. 根据权利要求7所述的窨井专用超声波液位测量方法，其特征在于，根据有效检测信号计算获得测量结果包含：通过模/数转换器和畸形修正电路分别检测所述有效检测信号的波形，当所述模/数转换器检测所述有效检测信号预定周期内存在两个峰值且所述畸形修正电路的检测结果为一个峰值时，通过所述畸形修正电路的检测结果计算获得测量结果。

窨井专用超声波液位测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测量领域领域，尤指一种窨井专用超声波液位测量装置及方法。

背景技术

[0002] 当前窨井液位测量普遍采用超声波物位计测量，而超声波物位计普遍使用在固体、表面稳定、环境稳定场合下，应用在窨井液位测量中存在诸多问题。具体的，控制中心一般以单片机或DSP等微控器为核心，外围增加相关驱动、滤波等电路。电源管理方面一般采用LDO或DCDC。脉冲放大电路往往采用较高变压比的变压器或是通过反激变换器转换成高压源(一般近1K伏) 经过耐高压MOS或IGBT实现脉冲放大。限副电路一般采用对管二极管将电压限制在1V左右，然后经过一个简单的放大器进入控制中心。再者，较高变压比的变压器或反激变换器的应用使得变压器源级不得不采用耐压较高的MOS管或IGBT，这使得应用这些器件成本上较高。由于变压器变比极高，带载情况下近1KV，这往往会带来较大的EMI问题。其次窨井内环境潮湿、高温，这种情况下会造成数据稳定性差，漂移严重，数据精度差。最后，被测液面大多数为波动液面，另外窨井内障碍物较多、空间封闭，导致井内超声波被多次反射，虚假回波严重，这往往会造成无法测量或测量值错误等严重问题。

发明内容

[0003] 本发明目的在于提供一种窨井专用超声波液位测量装置及方法，解决EMI问题，同时降低硬件成本，克服窨井内土建结构等引起的无法测量及测量值错误等问题。

[0004] 为达上述目的，本发明所提供的窨井专用超声波液位测量装置，具体包含控制模块、超声波探头、限幅电路、无源滤波电路、多级带通滤波电路和功率检波电路；所述控制模块用于根据控制指令生成与所述超声波探头对应频率的频率信号；以及，根据有效检测信号计算获得测量结果；所述超声波探头用于根据所述频率信号发射对应频率的超声波检测信号至被测区域，并接收反馈的超声波反馈信号；所述限幅电路与所述超声波探头相连，用于对所述超声波反馈信号进行限幅处理；所述无源滤波电路与所述限幅电路相连，用于滤除所述超声波反馈信号中的源端噪声；所述多级带通滤波电路与所述无源滤波电路相连，用于对滤除源端噪声后的所述超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理；所述功率检波电路与所述多级带通滤波电路相连，用于分析所述多级带通滤波电路放大滤噪处理后的所述超声波反馈信号，获得有效检测信号。

[0005] 在上述窨井专用超声波液位测量装置中，优选的，所述控制模块包含脉冲放大电路；所述控制模块根据控制指令生成频率点；所述脉冲放大电路用于根据所述频率点，生成与所述超声波探头对应频率的频率信号。

[0006] 在上述窨井专用超声波液位测量装置中，优选的，所述多级带通滤波电路包含程控增益放大电路和第一有源带通滤波电路；所述程控增益放大电路用于对所述无源滤波电路输出的超声波反馈信号进行放大处理；所述第一有源带通滤波电路与所述程控增益放大电路相连，用于对放大处理后的所述无源滤波电路进行预定频率的滤噪处理。

[0007] 在上述窨井专用超声波液位测量装置中,优选的,所述装置还包含第二有源带通滤波电路,所述第二有源带通滤波电路设置于所述控制模块和所述功率检波电路之间,用于对所述功率检波电路输出的有效检测信号进行放大处理。

[0008] 在上述窨井专用超声波液位测量装置中,优选的,所述第一有源带通滤波电路和所述第二有源带通滤波电路为巴特沃斯带通滤波器。

[0009] 在上述窨井专用超声波液位测量装置中,优选的,所述装置还包含补偿电路,所述补偿电路与所述控制模块相连,用于对有效检测信号预定规则的补偿;所述控制模块根据补偿后的有效检测信号计算获得测量结果。

[0010] 在上述窨井专用超声波液位测量装置中,优选的,所述补偿电路包含声速补偿模块、频率补偿模块和畸形修正模块中一个或多个的组合;所述声速补偿模块包含温湿度传感器和气压传感器,用于通过所述温湿度传感器和所述气压传感器采集所述窨井专用超声波液位测量装置所处环境的温度数据、湿度数据和气压数据,并根据所述温度数据、所述湿度数据和所述气压数据计算获得当前环境的声速信息;所述频率补偿模块用于通过晶体振荡器作为时钟源驱动超声波探头;所述畸形修正模块用于通过滞回比较器检测有效检测信号中的双峰畸形信号,当所述有效检测信号中存在双峰畸形信号时,通过信号转换电路对所述有效检测信号进行修正,消除有效检测信号中的双峰畸形。

[0011] 本发明还提供一种窨井专用超声波液位测量方法,所述方法包含:根据控制指令生成与超声波探头对应频率的频率信号;根据所述频率信号发射对应频率的超声波检测信号至被测区域,并接收反馈的超声波反馈信号;对所述超声波反馈信号进行限幅处理,并滤除所述超声波反馈信号中的源端噪声;对滤除源端噪声后的所述超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理后,分析获得有效检测信号;根据有效检测信号计算获得测量结果。

[0012] 在上述窨井专用超声波液位测量方法中,优选的,根据有效检测信号计算获得测量结果包含:采集所述窨井专用超声波液位测量装置所处环境的温度数据、湿度数据和气压数据;根据所述温度数据、所述湿度数据和所述气压数据计算获得当前环境的声速信息;根据所述声速信息对所述有效检测信号进行补偿,根据补偿后的所述有效检测信号计算获得测量结果。

[0013] 在上述窨井专用超声波液位测量方法中,优选的,根据有效检测信号计算获得测量结果包含:通过模/数转换器和畸形修正电路分别检测所述有效检测信号的波形,当所述模/数转换器检测所述有效检测信号预定周期内存在两个峰值且所述畸形修正电路的检测结果为一个峰值时,通过所述畸形修正电路的检测结果计算获得测量结果。

[0014] 本发明的有益技术效果在于:通过无源滤波器、多级带通滤波器、对数检波技术组成高灵敏度回波处理系统,进而降低脉冲放大电路部分电压,解决EMI问题;利用补偿电路使窨井内液位测量精度显著提高,并且实现满量程测量,以适应窨井内复杂环境,还原正确回波信号,以达到精确测量窨井液位的功能。

附图说明

[0015] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明的限定。在附图中:

[0016] 图1为本发明一实施例所提供的窨井专用超声波液位测量装置的结构示意图;

- [0017] 图2为本发明一实施例所提供的窖井专用超声波液位测量装置的应用结构示意图；
- [0018] 图3为本发明一实施例所提供的无源低通滤波电路的结构示意图；
- [0019] 图4为本发明一实施例所提供的无源低通滤波电路的测试效果示意图；
- [0020] 图5为本发明一实施例所提供的带通滤波电路的结构示意图；
- [0021] 图6为本发明一实施例所提供的脉冲放大电路的结构示意图；
- [0022] 图7为本发明一实施例所提供的超声波测量原理示意图；
- [0023] 图8为本发明一实施例所提供的晶振频率误差示意图；
- [0024] 图9A至图9G为本发明一实施例所提供的波形畸变补偿示意图；
- [0025] 图10为本发明一实施例所提供的窖井专用超声波液位测量方法的流程示意图；
- [0026] 图11A至图11E为本发明一实施例所提供的畸形修正电路及原理示意图。

具体实施方式

[0027] 以下将结合附图及实施例来详细说明本发明的实施方式，借此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题，并达成技术效果的实现过程能充分理解并据以实施。需要说明的是，只要不构成冲突，本发明中的各个实施例及各实施例中的各个特征可以相互结合，所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。

[0028] 另外，在附图的流程图示出的步骤可以在诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行，并且，虽然在流程图中示出了逻辑顺序，但是在某些情况下，可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

[0029] 请参考图1所示，本发明所提供的窖井专用超声波液位测量装置，具体包含控制模块、超声波探头、限幅电路、无源滤波电路、多级带通滤波电路和功率检波电路；所述控制模块用于根据控制指令生成与所述超声波探头对应频率的频率信号；以及，根据有效检测信号计算获得测量结果；所述超声波探头用于根据所述频率信号发射对应频率的超声波检测信号至被测区域，并接收反馈的超声波反馈信号；所述限幅电路与所述超声波探头相连，用于对所述超声波反馈信号进行限幅处理；所述无源滤波电路与所述限幅电路相连，用于滤除所述超声波反馈信号中的源端噪声；所述多级带通滤波电路与所述无源滤波电路相连，用于对滤除源端噪声后的所述超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理；所述功率检波电路与所述多级带通滤波电路相连，用于分析所述多级带通滤波电路放大滤噪处理后的所述超声波反馈信号，获得有效检测信号。其中，所述控制模块包含脉冲放大电路；所述控制模块根据控制指令生成频率点；所述脉冲放大电路用于根据所述频率点，生成与所述超声波探头对应频率的频率信号。以此，利用上述实施例可通过降低脉冲放大倍率，提高接收放大电路选频特性方法，解决电路中的EMI问题。

[0030] 请参考图2所示，在本发明一实施例中，所述多级带通滤波电路包含程控增益放大电路和第一有源带通滤波电路；所述程控增益放大电路用于对所述无源滤波电路输出的超声波反馈信号进行放大处理；所述第一有源带通滤波电路与所述程控增益放大电路相连，用于对放大处理后的所述无源滤波电路进行预定频率的滤噪处理；进一步的，所述装置还包含第二有源带通滤波电路，所述第二有源带通滤波电路设置于所述控制模块和所述功率检波电路之间，用于对所述功率检波电路输出的有效检测信号进行放大处理。以此，在该实

施例中,信号处理环节增加了很多处理电路;在限副电路的后一级增加无源低通滤波器能够较好的抑制源端噪声,信号经过有源带通放大后,有效信号能够被很好的提取,同时检波电路具有极高的灵敏度,小信号检测能力优异,后级优异的灵敏度大幅降低脉冲放大电路输出的电压峰峰值,实测峰峰值<350V,这不仅仅能够降低电路的EMI,更会降低放大电路源端负担,使得采用低成本MOS管成为可能。

[0031] 再请参考图3和图4所示,在实际工作中,所述无源低通滤波电路的电路结构可参考图3所示,当然本领域相关技术人员也可根据实际需要做等同变化,本发明对其并不做过多限制;基于图3所提供的无源低通滤波电路,回波信号增益的大小取决于R3,RL,C3,且RL越大R3越小C3越大则增益越大。对于R1的作用依据Vi以及V0公式R1越大信号越大。实验中发现变压器输出端有随机的不知原因的噪声存在,这使得过后级带通放大后输出许多不明原因的大杂波,影响测量距离。故此在R1的边上并联了一个容值很小(2nf)耐压很高(2000V)的小电容形成RC吸收电路噪声。且在小信号通路上进入运放入口端有一个用电容分压的电路,考虑降低噪声为目的,在信号通路上增加电感使之与电容形成低通,这样信号入口端就形成了带通。考虑线路板本身阻抗,将R1采用820K。对于激励大信号参见3.2.2.1有 $1000*10/1000000=1/100=0.01>6.36*10^{-5}$ 满足条件。电容实际电压值 $w_0=0.01, w=80K*2*pi=502654, VC=800/\sqrt{[1+(502654/0.01)^2]}=1.6*10^{-5}$,可知电容可选小的封装,耐压值不必要很高0805/25V足够。考虑回波小信号,原理图中由于R1对增益无影响,D4D5截止,新增的C4可与R2合并为一个并联算子,也对增益无影响。此电路幅频特性基本覆盖了40K~80K需求;结合图4所示的实验结果表面,此修改对于远距离小信号优化作用明显。

[0032] 在本发明一实施例中,所述第一有源带通滤波电路和所述第二有源带通滤波电路为巴特沃斯带通滤波器;具体可参考图5所示,带通滤波电路亦即选频放大电路单元可为一个典型的巴特沃斯带通滤波器。其中,品质因数:

[0033] $Q=1/2*\sqrt{2*R17/R13}$

[0034] 放大倍数:

[0035] $AW=R17/(R13*2)$

[0036] 由式 $R=\frac{1}{2\pi C\sqrt{A_\omega}*f_0}$ 可知:

[0037] 对于 f_0 频率固定的选频放大网络,C越大,R越小,放大倍率越大R越小,而R越小电路输入阻抗越低。实际应用中采用三级巴特沃斯滤波,为了获得较高的输入阻抗第一级放大倍率定为1倍,第二级为主要放大通路;在电路中电容取的过小,电阻相应就会变大,连接在运放两端的电阻极易由于运放本身的电阻并联导致实际通频点过度偏移;其次巴特沃斯滤波电路单路放大倍数其实不高,过高的放大倍数实际上准确度差,实际电路40倍放大环节仅有20倍放大的倍率,因此后两级采用6.6*6.6环节更好,即可提高输入阻抗,又可实现很高的放大倍数。

[0038] 在上述实施例中,所述脉冲放大电路的原理可参考图6所示,其可采用HT7590-7,稳压9V给MCP1402供电,这样A04438的VGS最多9V不会超过其容许电压。MC1402输入端加1K+102阻容保护MCU引脚;输出端采用 27Ω 电阻保护MOS管G极,采用并联SS24方法加快关断速度。针对小探头80K频点A04438的DS端采用2u电容+6.8Ω用来钳位电压。如此设计电路输出驱动电压可控制不高于350V;由上高增益带通滤波网络和驱动电路组合作用,在不降低电

路性能的同时,提高了电路EMI性能。

[0039] 由于窖井内环境潮湿、高温等恶劣环境因素,导致声波传输速度改变、频率中心点漂移、回波信号畸形等情况,上述情况将导致最终测量结果发生偏移,精度不达标;基于上述情况,在本发明一实施例中,进一步增加补偿电路,所述补偿电路与所述控制模块相连,用于对有效检测信号预定规则的补偿;所述控制模块根据补偿后的有效检测信号计算获得测量结果;其中,所述补偿电路包含声速补偿模块、频率补偿模块和畸形修正模块中一个或多个的组合;所述声速补偿模块包含温湿度传感器和气压传感器,用于通过所述温湿度传感器和所述气压传感器采集所述窖井专用超声波液位测量装置所处环境的温度数据、湿度数据和气压数据,并根据所述温度数据、所述湿度数据和所述气压数据计算获得当前环境的声速信息;所述频率补偿模块用于通过晶体振荡器作为时钟源驱动超声波探头;所述畸形修正模块用于通过滞回比较器检测有效检测信号中的双峰畸形信号,当所述有效检测信号中存在双峰畸形信号时,通过信号转换电路对所述有效检测信号进行修正,消除有效检测信号中的双峰畸形。

[0040] 在上述实施例中,超声波液位计是由微处理器控制的非接触式液位测量仪表。超声波液位计的超声波由探头(传感器和换能器)发出,声波经物体表面反射后被同一探头接收转换成电信号,并由声波从发射到接收的传输时间来计算探头到被测液面的距离。距离值S与声速C和传输时间T之间的关系可以用公式表示: $S=CxT/2$ 。关于超声波液位计温度补偿的意义在于:大气压下,常温时超声波在空气中的传播速度大约为340m/s,采用超声波液位计进行液位测量,其依据是超声波在一定介质中的传播速度C是一定值的原理为前提进行液位测量的。而实际上,当空气温度每升高1°C,声速变化约0.6m/s。因此如果将声速作为定值制进行计算,液位的测量误差会很大。要想达到工业应用中对精度的要求,必须对声速进行校正,而声速校正的方法主要采用温度补偿法。利用温度补偿进行声速校正是根据温度与声速的近似关系 $C=331.45+0.607*T$ (°C)或 $C=20.607*T1/2$ 计算出实际声速,达到对声速进行补偿的目的。具体实现方式是,在探头里面加一个温度传感器,测量环境的温度变化。在超声波液位计工作时,将当时的环境温度值转换为数字信号传给单片机,进而由单片机计算出该温度下的实际声速。

[0041] 在上述实施例中,所述畸形修正模块在实际工作中可参考图11A所示,整体上可包含阈值检测、信号输入、信号畸形、信号转换和软件处理五部分,其电路结构可参考图11B所示;该实施例中,阈值检测部分电路主要功能用于检测输入信号是否有效,去除噪声干扰,当输入信号WAVE_SIGN大于Vref_ON时,输出高电平,通知后续电路处理信号。电路实现上如电路图部分AR1部分所示,采用运算放大器构成比较器形式,传输特性如下图11C所示;信号输入控制功能是当超声波信号有效时将信号传递给后级处理电路,采用单刀双掷模拟开关实现,控制信号为阈值检测电路输出信号,模拟开关原理如下所示,其内部采用场效应管做成类似于单刀双掷开关功能的集成电路,当控制端选通后,被选择端到输出端呈低阻状态,另外一端呈高阻状态,实现信号切换的功能,具体可参考图11D所示;畸形检测电路的功能是当输入如下图9B所示的畸形信号时,遇到第一个波峰后输出信号仍未持续高电平,当第二个波峰信号结束后输出信号转为低电平,由此实现双峰畸形信号的校正处理;该电路的核心部件为滞回比较器,传输特性如图11E所示;信号转换道路功能是将畸形信号处理电路处理后的高低电平信号转换为三角波信号,转换后的信号峰值点即为超声波回波中心点,

以此便可计算出测量的距离；软件通过ADC实现窗口检测，在窗口内检测到有两个峰值时且畸形修正电路仅有一个波形时触发畸形修正功能，此时软件用于计算距离的信号来源取自于畸形修正电路部分的信号源，以此达到畸形修正的目的，提高测量准确度。

[0042] 具体的，关于所述声速补偿模块实现原理，请参考图7所示，换能器发送短暂声波，声波遇到障碍物反射会换能器，超声波发送到接收到回波总时间为T (T1+T2)，假定声速为定值V，则换能器到障碍物的距离为：

$$[0043] L = V \times (T/2)$$

[0044] 有上式可知，声速将影响测量结果。实际上声速V并不是一个定值，其值会跟随着当空气的温度、湿度、压力、气体成分等多种因素而变化。在窨井内空气的温度和湿度较通常环境变化最大，由于设备一般在沿海城市应用，沿海城市气压变化也较剧烈，温度从-30℃-60℃、湿度从20%RH-100%RH是很常见的情况，这三个参数将大大影响测量的准确度，三者和声速的关系公式如下：

$$[0045] V = 331.45 \times \sqrt{((1 + T/273.15) \times (1 + 0.32 * Pw/P))}$$

[0046] Pw是空气中水蒸气的分压强 (Pw=水的饱和蒸汽压*相对湿度)，T是温度，P是大气压强。

[0047] 声速补偿部分包括高精度温湿度传感器、气压传感器，在控制核心内通过这三个参量共同计算出实际的声速，用以求解测量距离。

[0048] 使用超声波物位计测量窨井液位过程中经常发现量程达不到标称值，经过研究发现，大部分超声波液位计采用RC振荡器作为时钟源来驱动换能器，RC振荡器在宽温范围内的误差高达±10%，由于超声波换能器的机械结构原因，超声波换能器允许的频率误差一般小于5%，超出此范围会大大降低超声波的发射功率和接收功率，由此造成不能满量程使用。另外由于偏离中心频点，在回波处理电路中也会造成电信号的损失，进一步使量程减少；为解决该问题，本发明所提供的频率补偿模块主要是将震荡源替换为晶体振荡器，并辅以温度补偿技术，频率误差如下图8所示，阴影部分为最终频率误差，在采用晶振作为时钟源且增加声速补偿的情况下频率误差可降低至百万分之二十。

[0049] 再请参考图9A至图9G所示，被测液面大多数为波动液面，另外窨井内障碍物较多、空间封闭，导致井内超声波被多次反射，虚假回波严重，这往往会造成无法测量或测量值错误等严重问题；为此，本发明还提供畸形修正模块，具体请参考图9A所示，正常回波仅有一个脉冲；而由于液面波动或干扰回波畸变，这样的波形会导致中心点偏移，测量不准确，如图9B所示，通过本发明所提供的补偿方法补偿修正后，即通过模/数转换器和畸形修正电路分别检测所述有效检测信号的波形，当所述模/数转换器检测所述有效检测信号预定周期内存在两个峰值且所述畸形修正电路的检测结果为一个峰值时，通过所述畸形修正电路的检测结果计算获得测量结果；波形则变为图9C所示，可正常计算回波中心点。基于该原理，请参考图9D至图9G所示的多重回波修正流程图，由于窨井内其它障碍物干扰，导致静态情况下回波异常，正常静态回波，几乎为0；首先测量回波（第一个峰值为测量点），接着，采用上述补偿算法减去异常回波后得到正确回波：以此，通过该中补偿算法可对窨井内的波形畸变均予以修正。

[0050] 请参考图10所示，本发明还提供一种窨井专用超声波液位测量方法，所述方法包含：根据控制指令生成与超声波探头对应频率的频率信号；根据所述频率信号发射对应频

率的超声波检测信号至被测区域，并接收反馈的超声波反馈信号；对所述超声波反馈信号进行限幅处理，并滤除所述超声波反馈信号中的源端噪声；对滤除源端噪声后的所述超声波反馈信号进行预定频率的放大滤噪处理后，分析获得有效检测信号；根据有效检测信号计算获得测量结果。

[0051] 在上述实施例中，根据有效检测信号计算获得测量结果包含：采集所述窖井专用超声波液位测量装置所处环境的温度数据、湿度数据和气压数据；根据所述温度数据、所述湿度数据和所述气压数据计算获得当前环境的声速信息；根据所述声速信息对所述有效检测信号进行补偿，根据补偿后的所述有效检测信号计算获得测量结果。

[0052] 在上述窖井专用超声波液位测量方法中，优选的，根据有效检测信号计算获得测量结果包含：

[0053] 本发明的有益技术效果在于：通过无源滤波器、多级带通滤波器、对数检波技术组成高灵敏度回波处理系统，进而降低脉冲放大电路部分电压，解决EMI问题；利用补偿电路使窖井内液位测量精度显著提高，并且实现满量程测量，以适应窖井内复杂环境，还原正确回波信号，以达到精确测量窖井液位的功能。

[0054] 本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

[0055] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理器或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0056] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0057] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0058] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

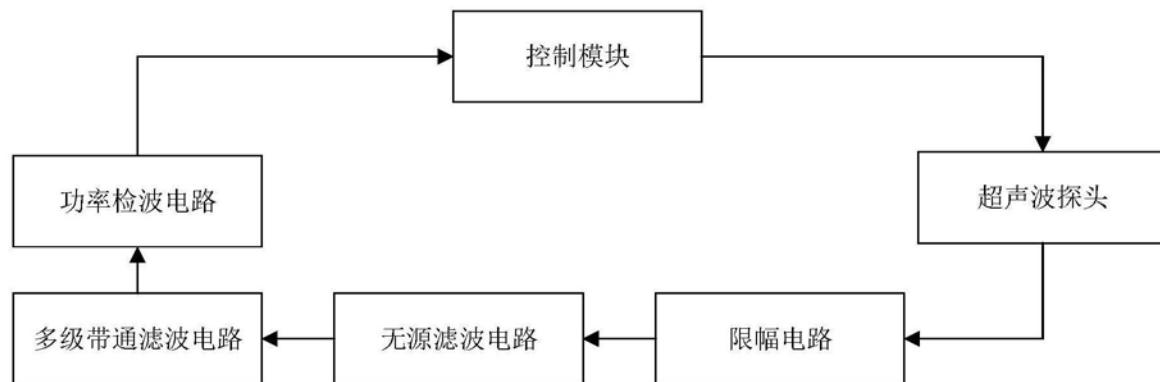


图1

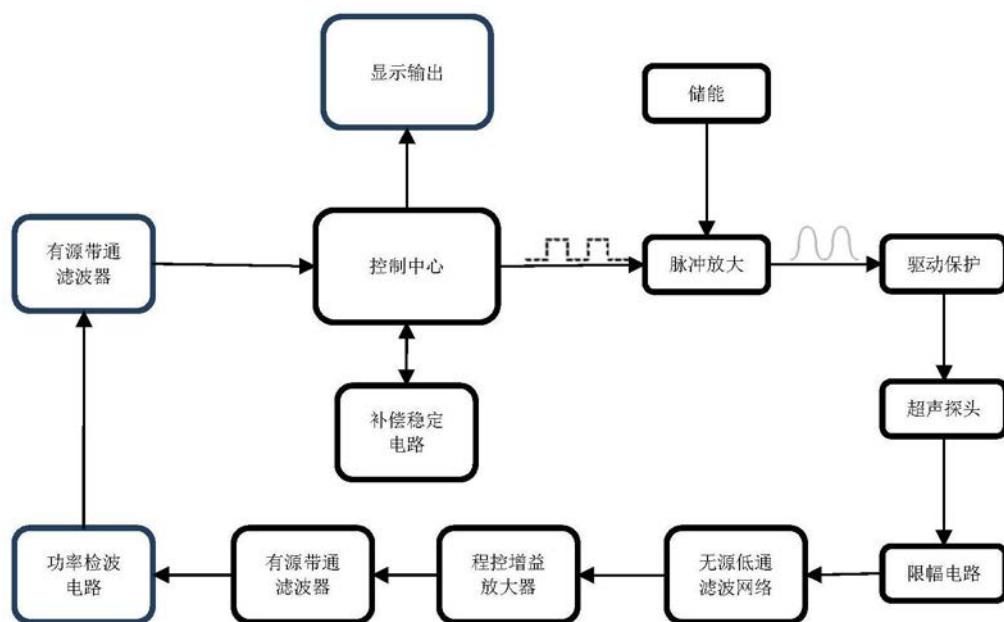


图2

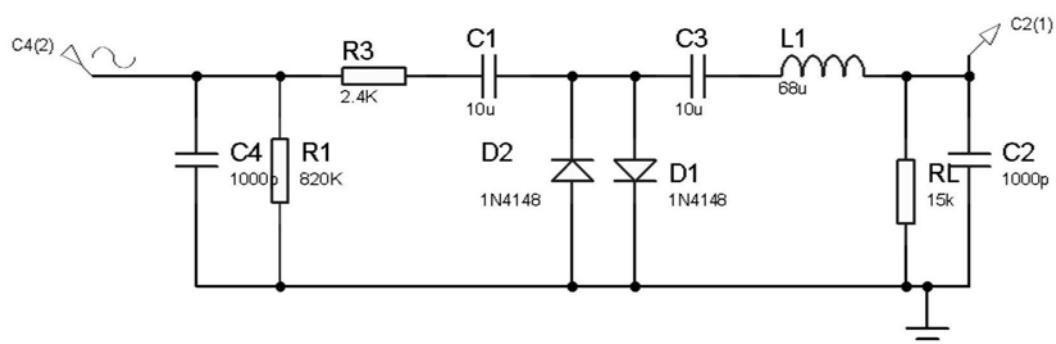


图3

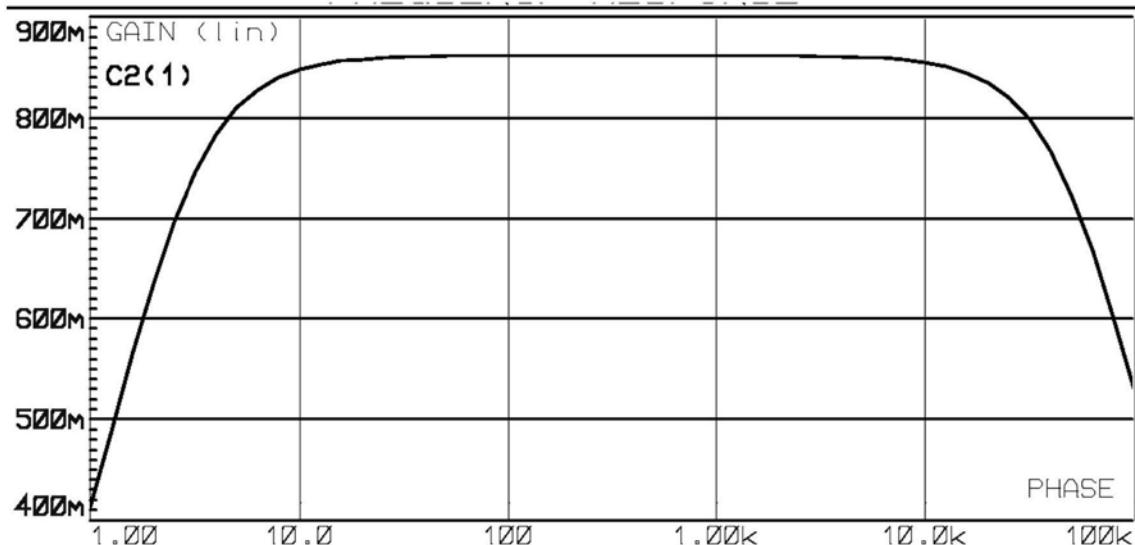


图4

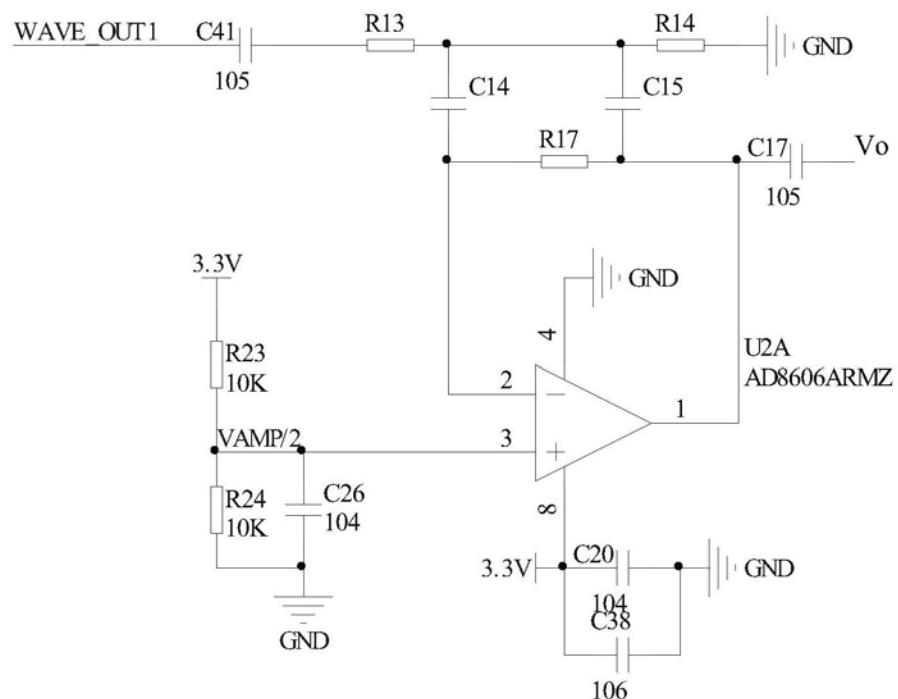


图5

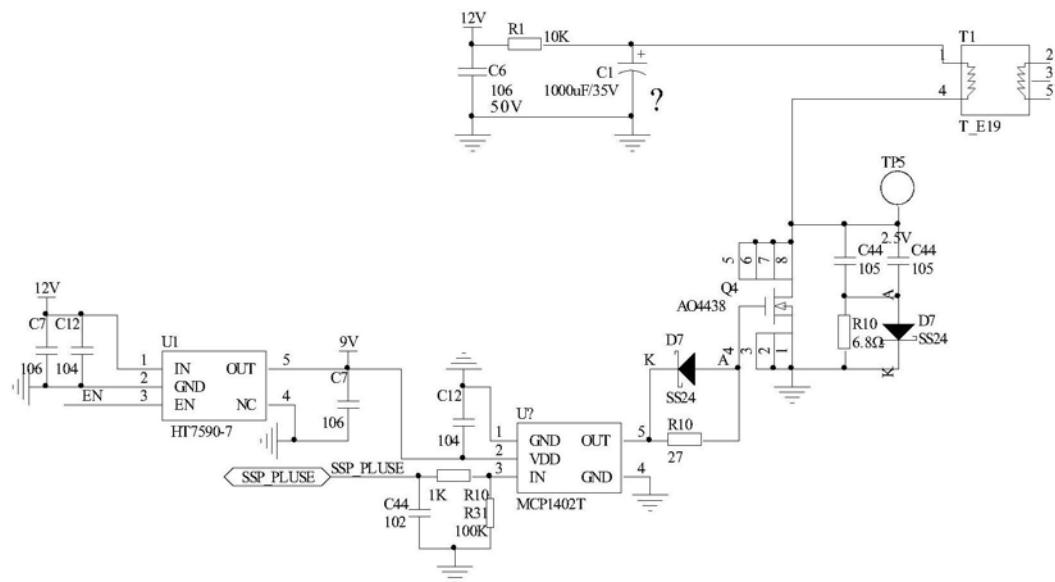


图6

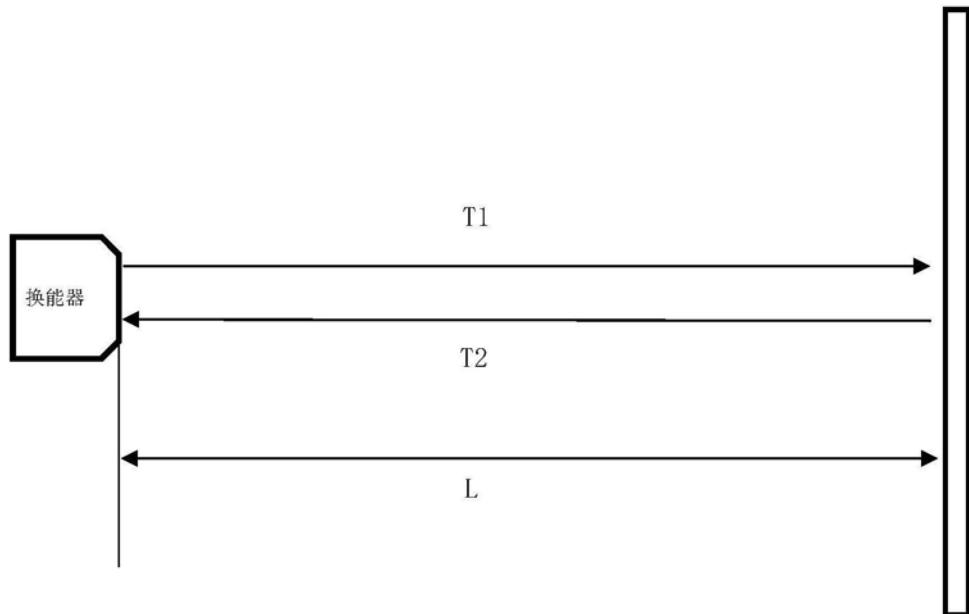


图7

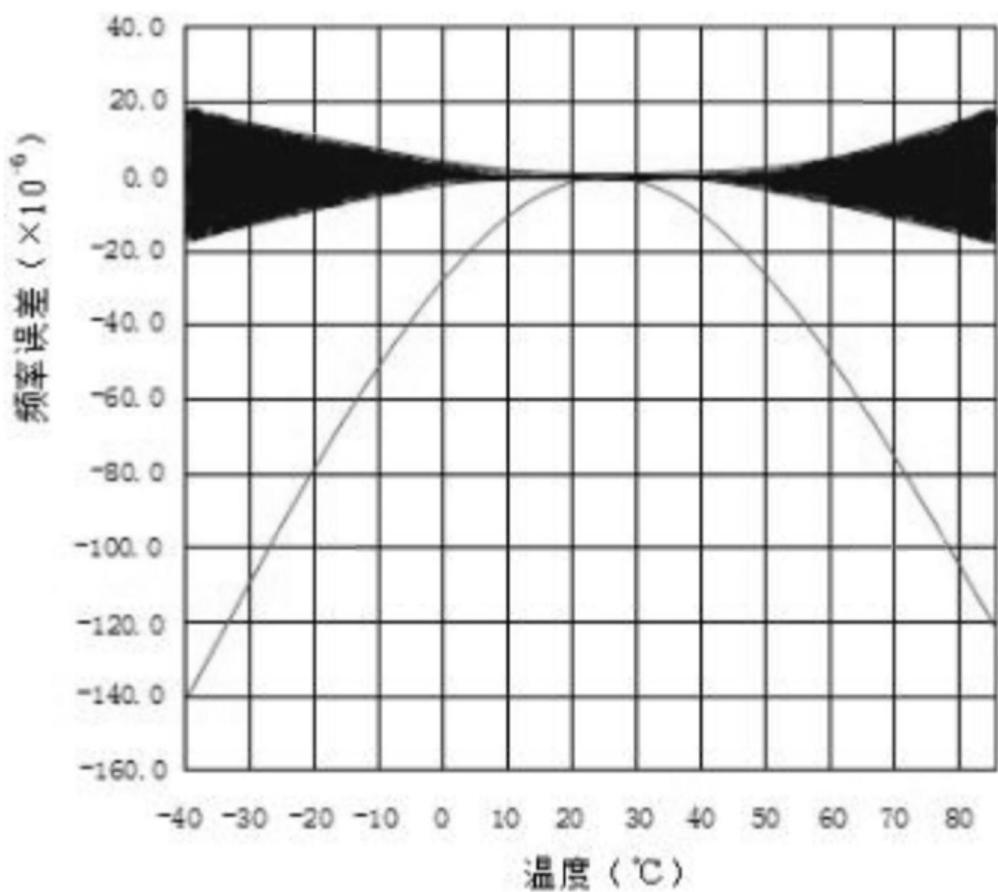


图8

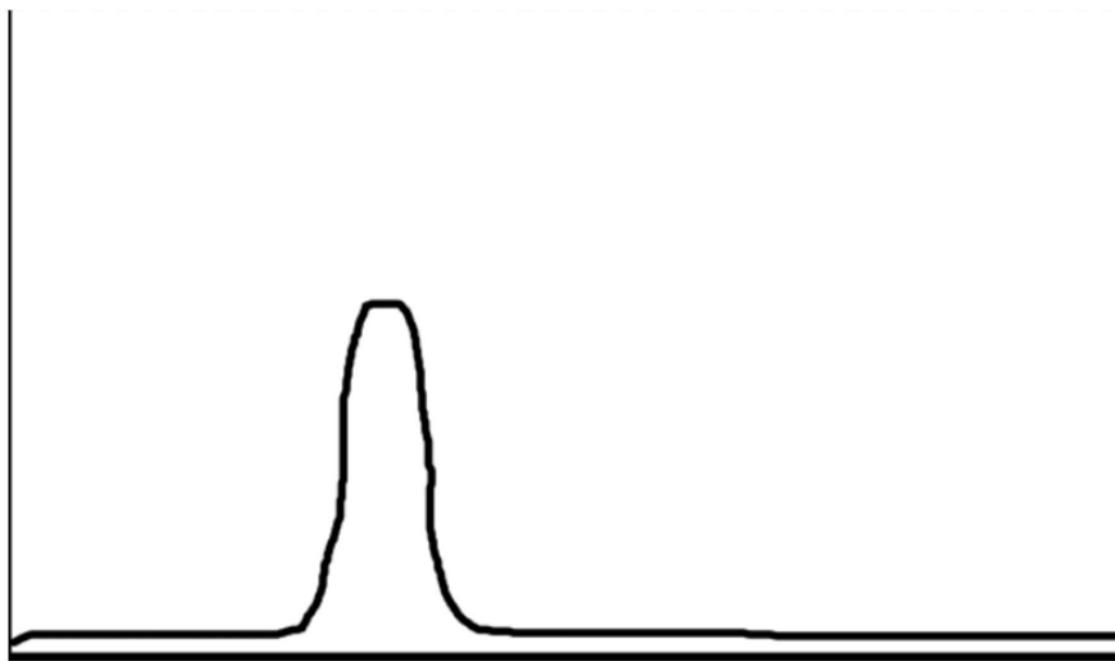


图9A

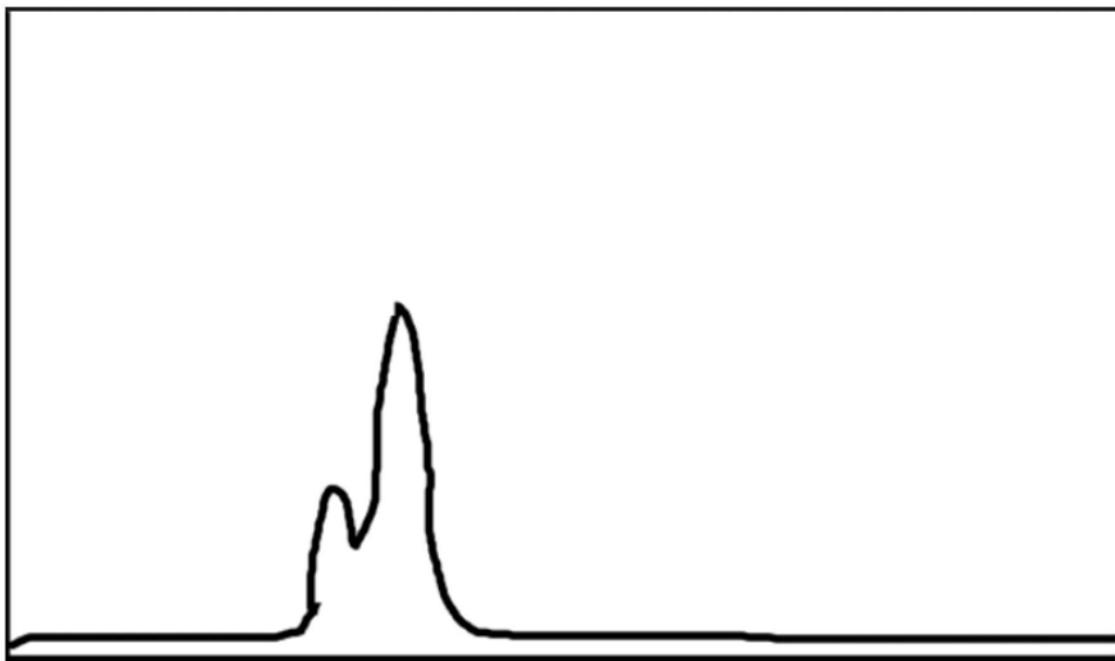


图9B

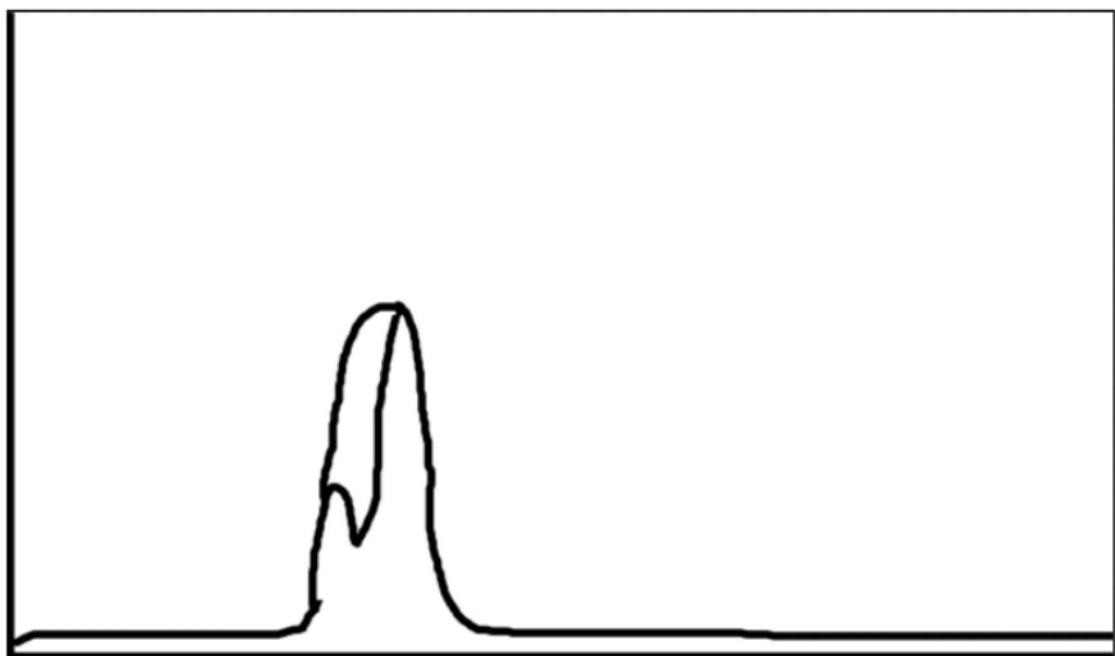


图9C

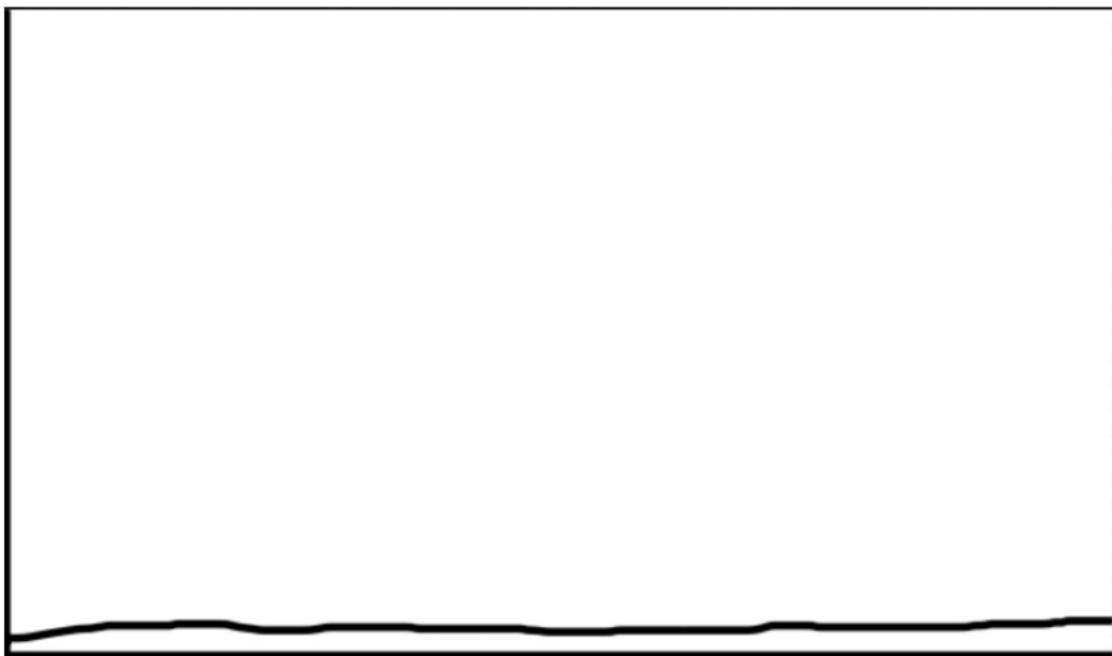


图9D

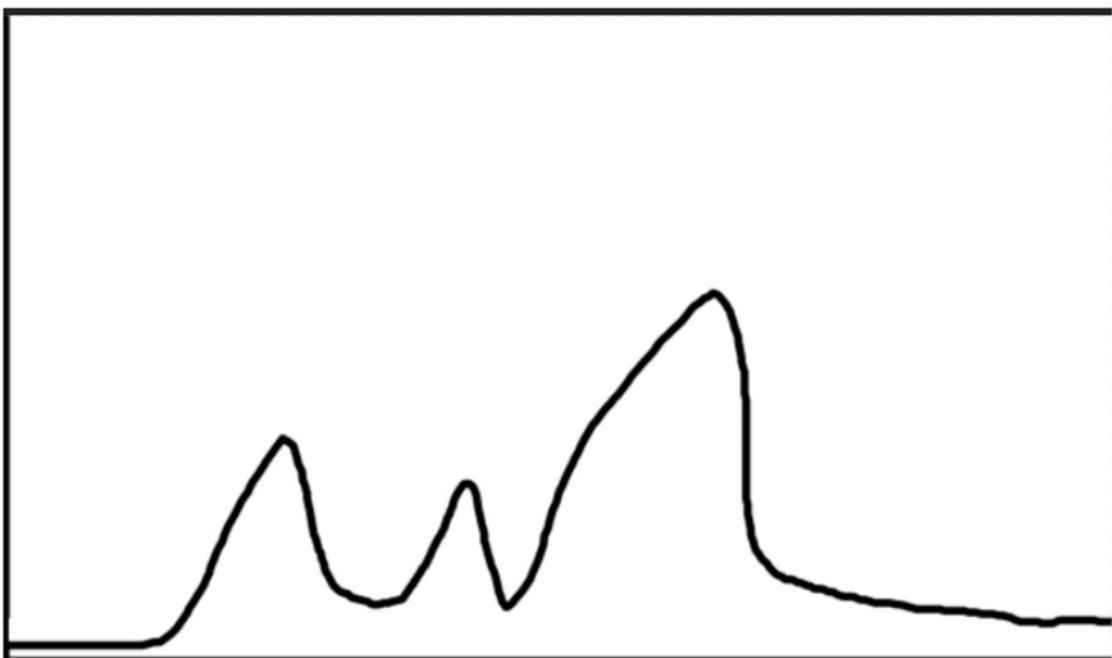


图9E

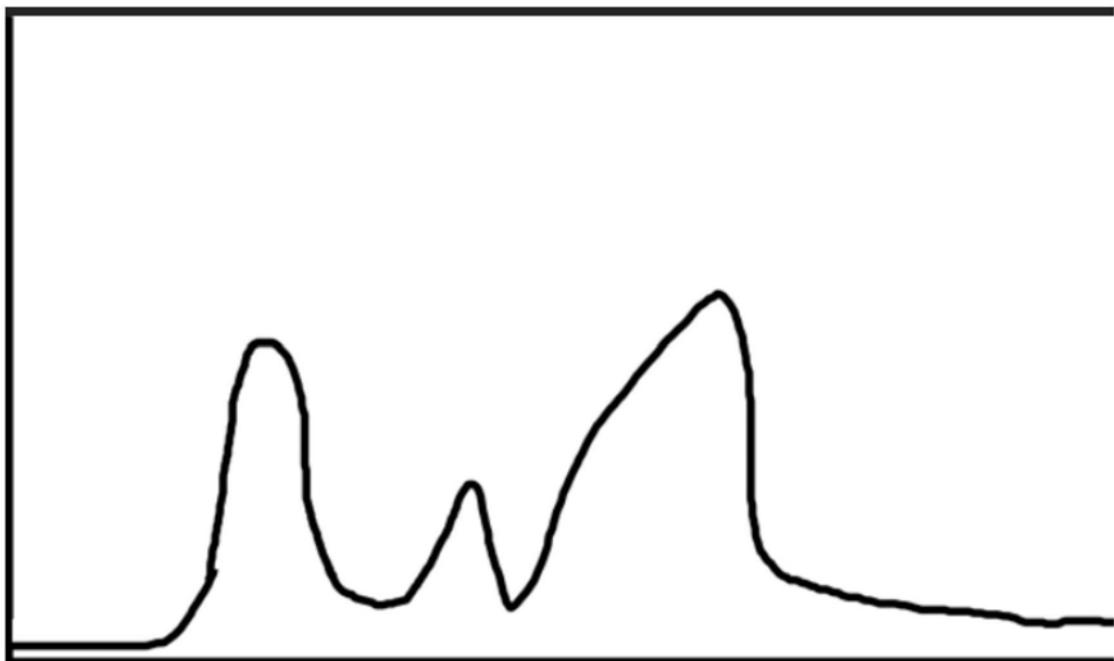


图9F

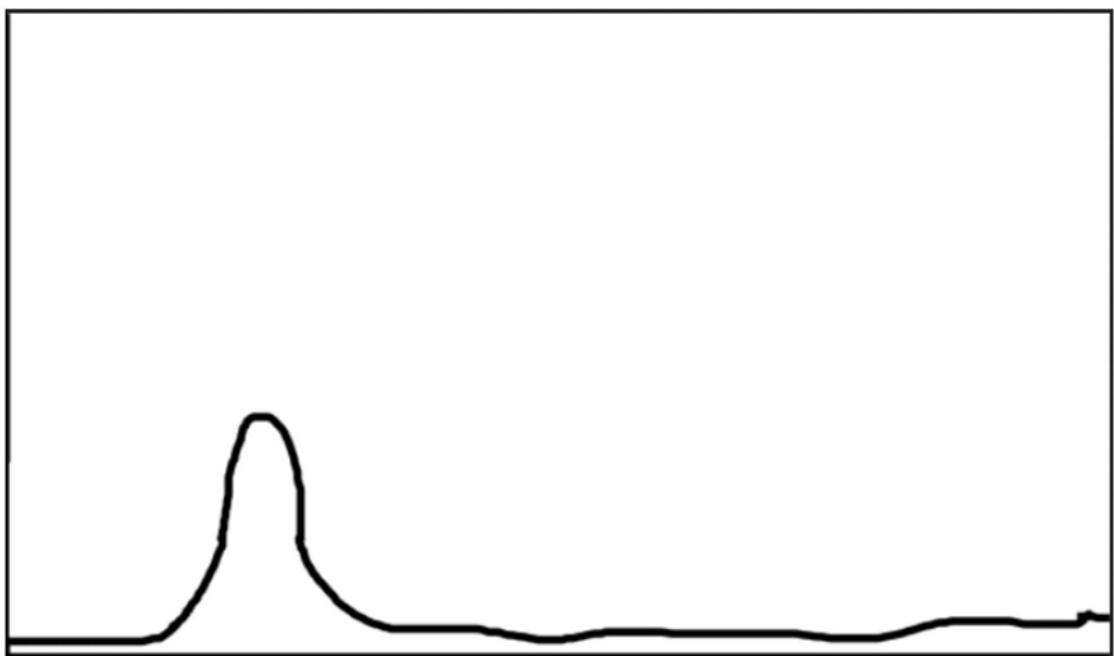


图9G

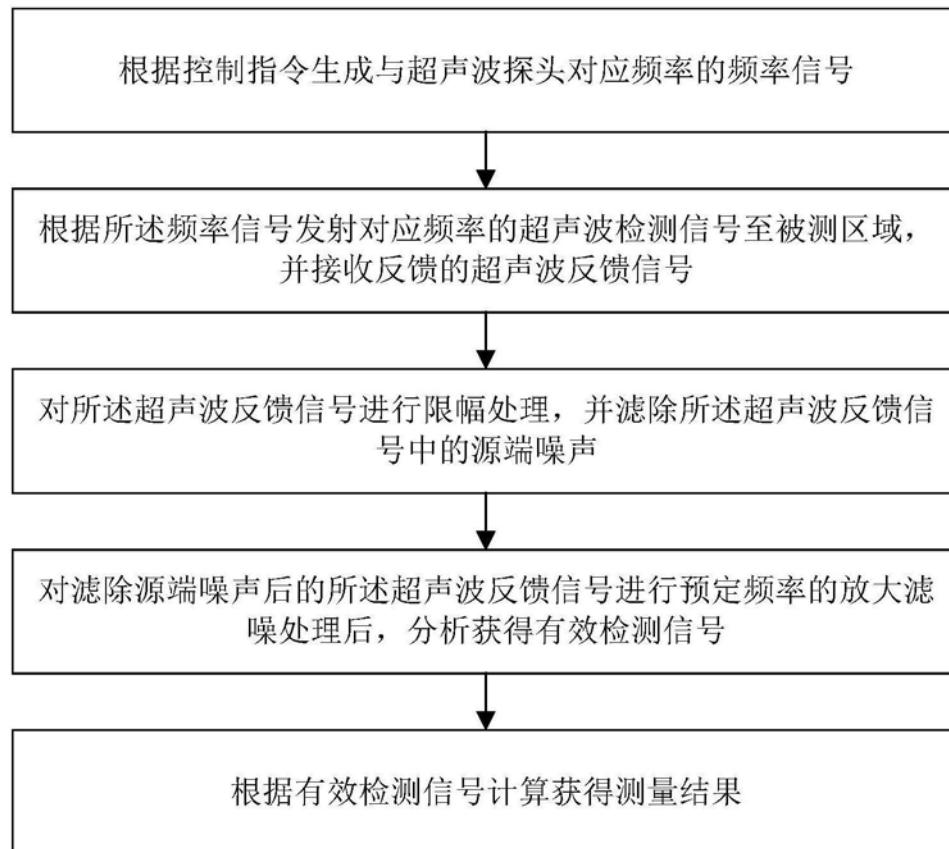


图10

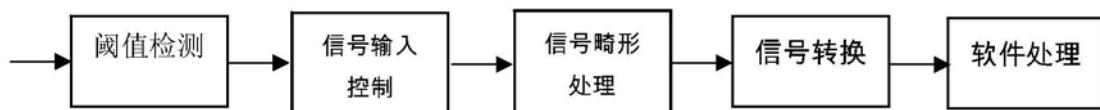


图11A

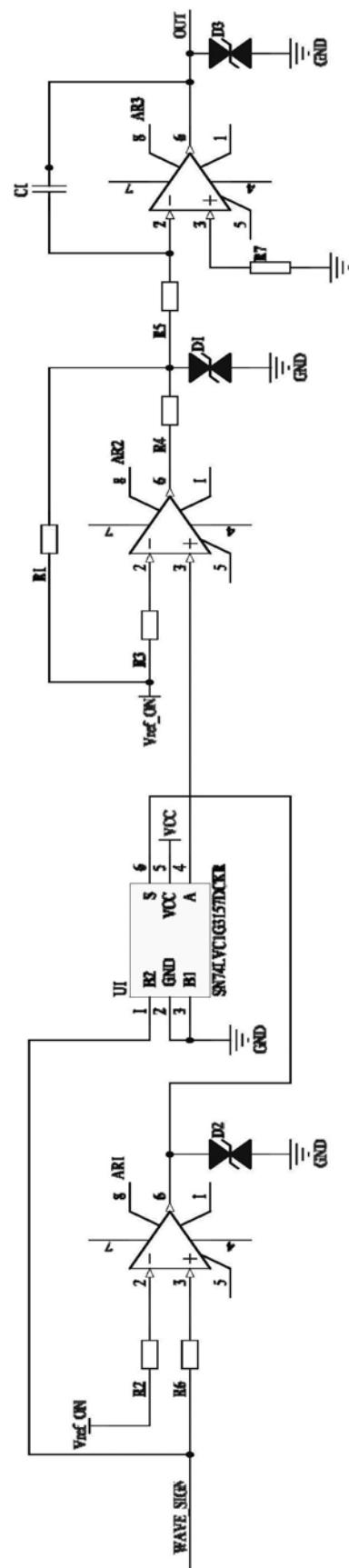


图11B

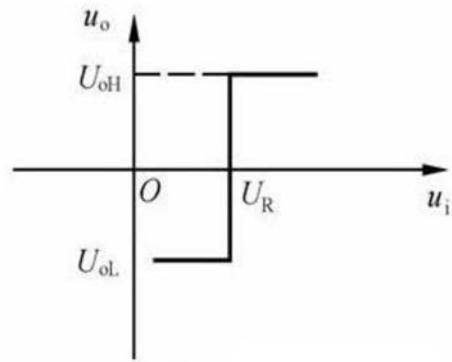


图11C

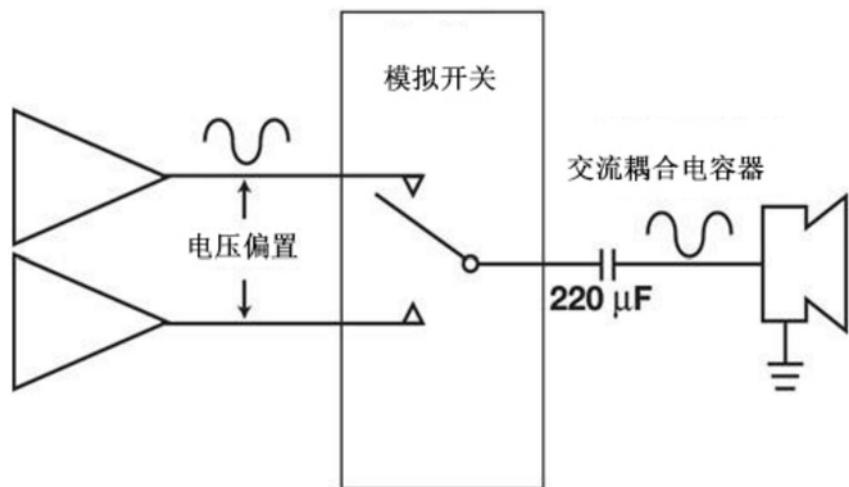


图11D

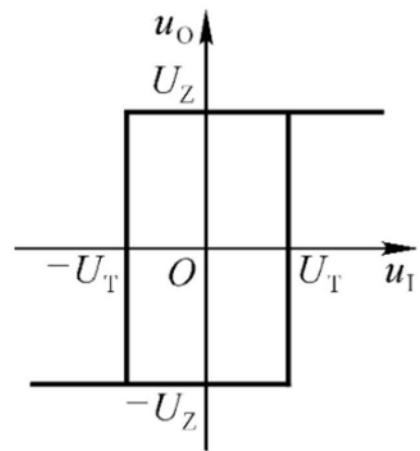


图11E