



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810063608.3

[43] 公开日 2008 年 12 月 3 日

[11] 公开号 CN 101313858A

[22] 申请日 2008.6.26

[21] 申请号 200810063608.3

[71] 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市浙大路 38 号

[72] 发明人 郑音飞 李 鹏 乔义松

[74] 专利代理机构 浙江杭州金通专利事务所有限
公司
代理人 徐关寿

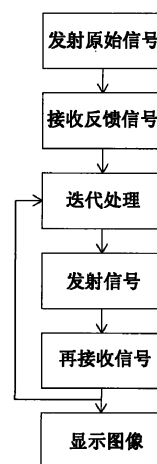
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称

基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常
的抑制方法

[57] 摘要

本发明提供了一种基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法：(1) B 超仪的超声换能器探头发射原始信号；(2) 探头接收反馈信号，后将反馈信号传输至微处理器；(3) 微处理器对反馈信号进行迭代处理；(4) 迭代处理的信号又通过探头发射；(5) 探头再次接收反馈信号；(6) 返回至第(3)步，重复(3) - (6)步数次；(7) 显示图像。基于发射迭代算法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法使用滤波器估算来校正发射声束，得到的声束引起声波的背向散射，这种背向散射声束更适合对信号到达的时间和振幅进行估算，从而使得对换能器的建模变得更加方便，最终应用在全数字 B 超仪上来减少和抑制超声波失常。



1、基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法，其特征是，

- (1) B 超仪的超声换能器探头发射原始信号；
- (2) 探头接收反馈信号，后将反馈信号传输至微处理器；
- (3) 微处理器对反馈信号进行迭代处理；
- (4) 迭代处理的信号又通过探头发射；
- (5) 探头再次接收反馈信号；
- (6) 返回至第 (3) 步，重复 (3) — (6) 步数次；
- (7) 显示图像。

2、根据权利要求 1 所述的基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法，其特征是，迭代处理过程重复 6—8 次。

3、根据权利要求 1 所述的基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法，其特征是，所述 B 超仪的微处理器设于主板之上，主板设有电源接口、串口、硬盘接口、SD 卡接口、USB 接口、超换能器探头接口、系统总线接口、网络接口、LCD 接口；微处理器通过连线与上述各接口相连；微处理器还通过连线与内存、电子硬盘、存储器、配置芯片相连。

基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法

技术领域

本发明属于全数字 B 超仪技术领域，特别涉及一种基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法。

背景技术

医学超声成像中的失常通常是通过换能器阵列信号的到达时间和振幅波动来建模的，该方法是对物理失常过程的近似，并可通过使用延时和振幅滤波器来校正发射信号，但严重失常时对这种滤波器的测定是非常困难的。

在医学超声成像中通常利用超声波在生物组织中传播时的非线性特性，同样也带来噪声，超声图像中噪声的主要来源是换能器和生物组织间的失常和多重反射，这两者都是由组织声学性质的空间差异性造成的，这些差异性主要在靠近体表的部分如体壁等部位出现。在很多情况下，图像分辨力的降低可能会使得基于这些图像的可靠诊断难以得到。因此，有必要提出一种方法来解决这个问题。

发明内容

本发明提供了一种基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法。

本发明所采取的技术方案：基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法，按如下步骤进行：

- (1) B 超仪的超声换能器探头发射原始信号；
- (2) 探头接收反馈信号，后将反馈信号传输至微处理器；
- (3) 微处理器对反馈信号进行迭代处理；
- (4) 迭代处理的信号又通过探头发射；
- (5) 探头再次接收反馈信号；
- (6) 返回至第 (3) 步，重复(3)－(6)步数次；
- (7) 显示图像。

所述的基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法，迭代处理过程重复 6—8 次。

所述的基于发射迭代法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法，B 超仪的微处理器设于主板之上，主板设有电源接口、串口、硬盘接口、SD 卡接口、USB 接口、超声换能器探头接口、系统总线接口、网络接口、LCD 接口；微处理器通过连线与上述各接口相连；微处理器还通过连线与内存、电子硬盘、存储器、配置芯片相连。

本发明给出了一种基于发射迭代算法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法，该方法使用滤波器估算来校正发射声束，得到的声束引起声波的背向散射，这种背向散射声束更适合对信号到达的时间和振幅进行估算，从而使对换能器的建模变得更加方便，最终应用在全数字 B 超仪上来减少和抑制超声波失常。

附图说明

图 1 是本发明的流程框图。

图 2 是 3D 仿真模型图。

图 3 是试验效果比对图。

图 4 是试验结果曲线比对图。

图 5 是本发明系统框图。

图 6 是 USB 模块接口连线图。

图 7 是串口模块连线图。

图 8 是 CF/IDE 和 SD 卡接口模块连线图。

图 9 是 LCD 模块电路方框图。

图 10 是 ARM 与 FPGA 接口方框图。

图 11 是本发明系统控制及流程框图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作详细说明。

如图 1、11 所示，基于发射迭代算法的全数字 B 超仪超声波失常的抑制方法按如下步骤进行：

- (1) 全数字 B 超仪的超声换能器探头向人体发射原始信号；
- (2) 从人体反馈回信号，由探头接收，反馈信号被传输至微处理器即 CPU；
- (3) CPU 对反馈信号进行迭代处理；
- (4) 迭代处理的信号又通过探头向人体发射；
- (5) 探头再次接收反馈信号；
- (6) 返回至第 (3) 步，重复(3) — (6)步 8 次；
- (7) 最后，显示图像。

系统框图 11(图示中粗线为信号流程，细线为控制流程)中的主要信号定义

如下：

Twave[0⑩47]： 48 路发射波形； Hpuls[0⑩47]： 发射波形驱动后；

Pecho[0⑩127]： 探头 I/O 信号； Hecho[0⑩47]： 48 路回波信号；

Fecho[0⑩47]： 预放后的回波； Techo[0⑩47]： TGC 放大后的回波；

Secho[0⑩15]： 整序对折后的回波； TGC： TGC 信号

Adecho[0⑩23, 0⑩7]： 24 路 A/D 输出； Dbfout[0⑩12]： 波束合成器输出；

Adclk[0⑩23]： A/D 采样时钟；

Dspout[0⑩10]： 信号处理输出； 数据头 Dsphead、数据时钟 Dspclk；

Impout[0⑩7]： 图象处理输出； 数据头 Imphead、数据时钟 Impclk；

图象总线： 8 位数据 Dscout[0⑩7]、数据时钟 Dscclk、
数据头 Dshead、块地址 BlockX 和 BlockY；

PCI 总线： 实时控制模块与系统主控制器之间的连接。

发射声束失常校正的迭代过程被定义为：首先一组失常参数被检测到，这组参数被用来校正发射的超声声束，然后同样参数的一组新估算值将被计算出来，之后重复这个过程，也称自适应成像或自动聚焦为发射声束失常校正的迭代。

为评价发射声束迭代过程的收敛性，本发明采用了两种测量方法。第一

个测定方法将每一个单元信号与一个参考信号进行相关，参考信号是接收信号经过加权和修改过的声束形成器的输出；第二种方法使用互谱的特征函数分解来使得接收信号中的期望能量值得到最大化。

I 信号和失常校正模型

根据传统声学的方法，失常按照如下方法建模，即通过使用广义频率依赖屏（generalized frequency-dependent screen）滤波器来使常系数波动方程的格林函数与带有空间变量系数波动方程的格林函数相关。滤波器的频率响应被用来描述引入到信号中各频率分量的失常。

如果广义频率依赖屏与背向散射产生处的空间位置无关，则阵列坐标 r_a 处接收到的信号可写成如下形式：

$$y(r_a; \omega) \propto s(r_a; \omega) f(r_a; \omega). \quad (1)$$

函数 $f(r_a; \omega)$ 是对空间中包含有散射体的体积的积分，并且代表了无失常的声散射信号，但它却依赖于发射声束，因此，可以看作是发射失常的函数。

阵列单元失常与散射体的空间位置无关的情形可被记为散射体无关失常（scatterer-independent aberration），这可以看作将所有非均匀介质中的失常都集中在阵列表面的一层中。对于不同深度的失常，这种假设通常是不能被满足的，但却是对焦点附近区域（等晕区（the isoplanatic patch））的很好近似。按照等式（1）将发射声束聚焦到等晕区的内部即可获得接收信号。

本发明使用的两种失常检测方法使用时间延迟和振幅校正来进行失常校正，并用到了如下的传输函数：

$$h(r_a; \omega) \propto a(r_a) e^{i\omega \tau(r_a)}. \quad (2)$$

时间延迟 τ 和幅度 a 是阵列坐标 r_a 的函数，但不依赖于频率值。在散射体无关的失常基础上，这种对校正滤波器的近似对带限信号是适用的。

如果可以得到到达时间和振幅波动正确的测量值，那么即使在严重失常的情况下，使用时间和幅度滤波仍然可以得到近似理想的校正（无失常）。

II 散射体无关失常及 van Cittert-Zernike 定理

当散射体在空间中随机分布时，背向散射信号是一个随机变量。设失常是散射体无关的，则阵列上位置 r_p 和 r_n 处接收信号的互相关可以用等式 (1) 表述：

$$R(r_p, r_n) = s(r_p)s^*(r_n)F(r_p, r_n). \quad (3)$$

这里， $F(r_p, r_n)$ 是无失真背向散射信号的互谱。为了标号上的方便，本文省略了对频率的依赖关系。

van Cittert-Zernike 定理被发展了以便适用于不连续的背向声散射以及波在均匀介质中的传播。若失常是散射体无关的，则 van Cittert-Zernike 定理即可被应用。在这种情况下 $F(r_p, r_n) = F(r_p - r_n) = F(r)$ 按如下的方式计算：

$$F(r) = \frac{1}{4\pi} \int_{S_a} S(r) S^*(r) Q(r) Q^*(r) dr. \quad (4)$$

这里， S 是散射强度，积分在阵列表面 S_a 上进行， $Q(r)$ 则是阵列的切趾函数。

III 发射声束迭代

一个发射声束迭代由以下部分组成：即对时间和振幅的估算；将这些估算用于获得发射声束校正剖面图；接收由校正的发射声束产生的散射信号，之后重复该过程。

为了估算来自随机散射体信号的到达时间和振幅波动，本发明中使用了 MBFO (modified beam-former output) 和 EFE (Eigen function estimator) 两种

失常检测方法。这两种测量方法都基于接收到的背向散射信号的互谱 (cross spectrum), 并在相关过程也即声束形成相关过程中都使用了单元信号的均值作为参考信号。测得的到达时间和波幅振动被用作匹配滤波器来进行时间延迟和波幅失常校正。校正滤波器的传输函数如下:

$$h(r_a; \tau) \propto a(r_a) e^{i\omega \tau}.$$

式中, 时间延迟 τ 和幅度 a 是阵列坐标 r_a 的函数, 但不依赖于频率值。在散射体无关的失常基础上, 这种对校正滤波器的近似对带限信号是适用的。

本发明使用一个能捕获非均匀组织中非线性前向传播及声吸收的仿真设备来控制一个 3D 数字设备。该仿真装置在图 2 中给出。

在这些前向仿真中, 本发明使用了频率为 1.75MHz、声束孔径为 20mm·20mm、焦距为 $F=60\text{mm}$ 的超声发射脉冲来通过 2.0cm 的体壁模型, 该体壁模型具有和已知的人体体壁测量值相似的失常特性。为了理解不同的发射声压是如何影响二次谐波分量的失常的, 本发明研究了一系列的发射声压 $p_0=\{0.3, 0.6, 1.0\}\text{MPa}$ 。作为比较, 基波也在人体体壁模型中进行了传播, 在该线性仿真中本文使用了 3.5Hz 的发射脉冲。

体壁模型是通过使用一组二维的时延屏得到的, 这种时延屏都经过了滤波和调整以便依据腹壁测量值获得相似的特性。本发明通过使用等间隔排列的时延屏来生成 8 个体壁模型, 经滤波和调整以获得腹壁检测时的特性, 它们均匀地分布在体壁模型的厚度方向上 ($\Delta z \approx 2.5\text{mm}$) (参见图 2)。

图 2 中 d 是体壁厚度、 Δz 是每个失常时延平面的间距, F 是阵列焦点。

图 3 显示了声能在通过声束中轴、并与探头表面垂直的 xz 平面的分布情况。从中可清楚的看到场的线性部分及二次谐波部分的失常。

图 4 给出了沿探头中心轴的声压峰值曲线。从中可见, 对于基波, 失常

使得振幅减小了 2dB，而对于二次谐波则为减小了 6dB。

如图 5 所示，全数字 B 超仪的微处理器 CPU 即 ARM9 设于主板之上，主板设有电源接口、串口即 serial 接口 1 和 serial 接口 2、硬盘接口即 IDE 接口、SD 卡接口、USB 接口即 USB HOST 接口 1 和 USB HOST 接口 2、超换能器探头接口即 FPGA 接口、系统总线接口、网络接口、LCD 接口；微处理器通过连线与上述各接口相连；微处理器还通过连线与内存 SDRAM、电子硬盘 NOR FLASH、存储器 NAND FLASH、配置芯片 EEPROM 相连。

ARM 模块包括 9200 最小系统和 ARM 提供的 1 个 100M 网口、2 个 USB（主）、2 个串口（作程序下载和调试用）、1 个 SD 卡接口、1 个 IDE 接口

ARM 最小系统模块

包括 2 个 SDRAM、2 个 NOR FLASH、1 个 EEROM。

网络模块

选用 10/100M 自适应网络接口。

USB 模块

系统采用 2 个主 USB，用于超声图像的 USB 存储。接口连线如图 6 所示。

串口模块

采用 2 个串口，用于系统程序的编写调试，不引到机器外面。如图 7 所示。

CF/IDE 和 SD 卡接口模块，如图 8 所示。

LCD 模块，用于字符数据在 ARM 和 FPGA 之间的传输。电路方框图如图 9 所示。

ARM 与 FPGA 接口

ARM 与 FPGA 接口方框图如图 10 所示。

BUS 为系统数据总线和地址总线。

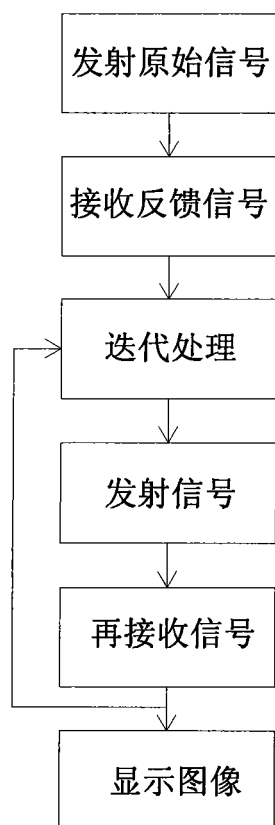


图 1

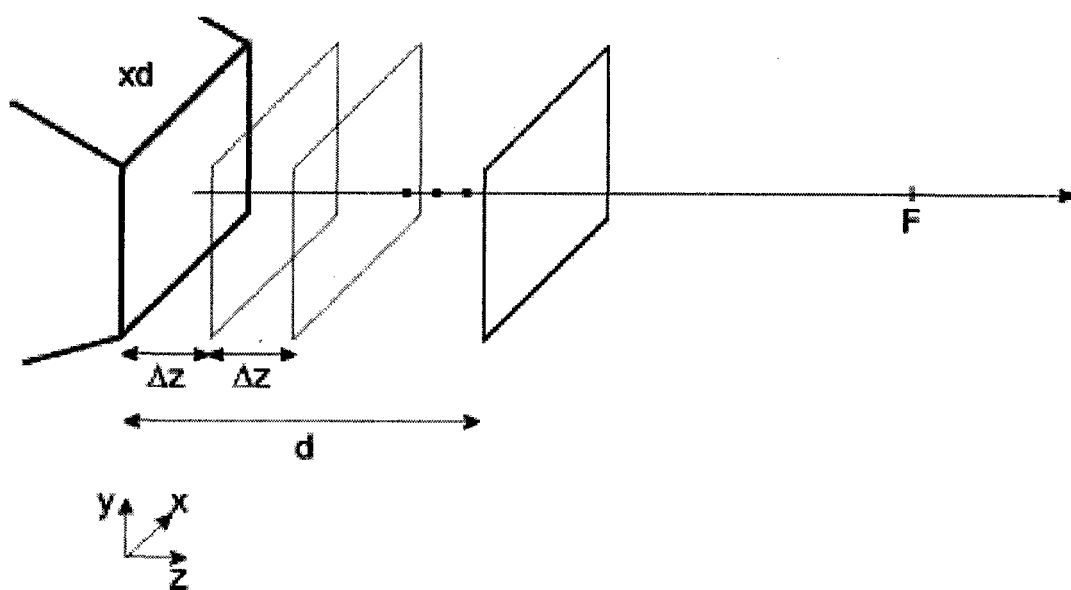


图 2

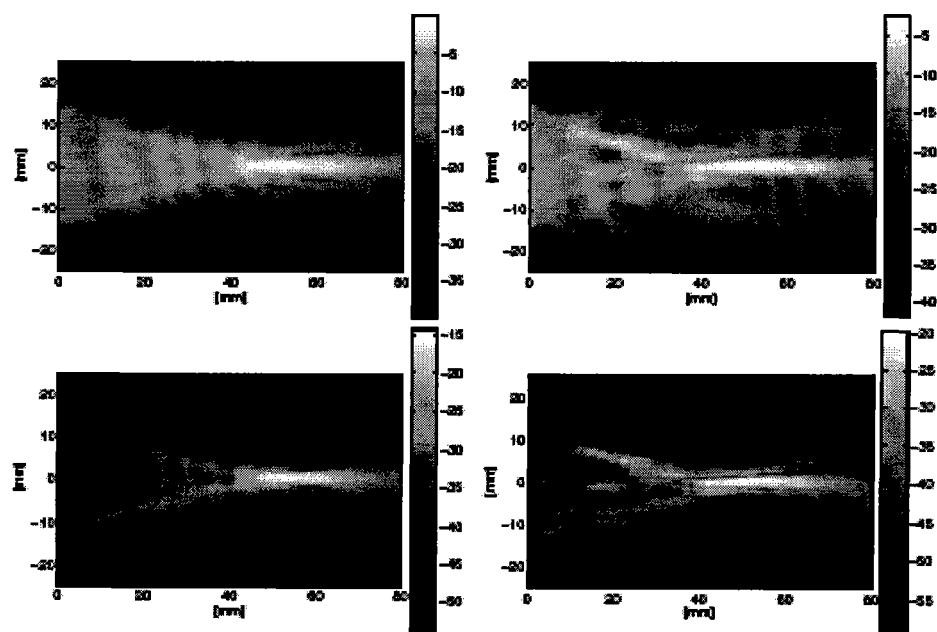


图 3

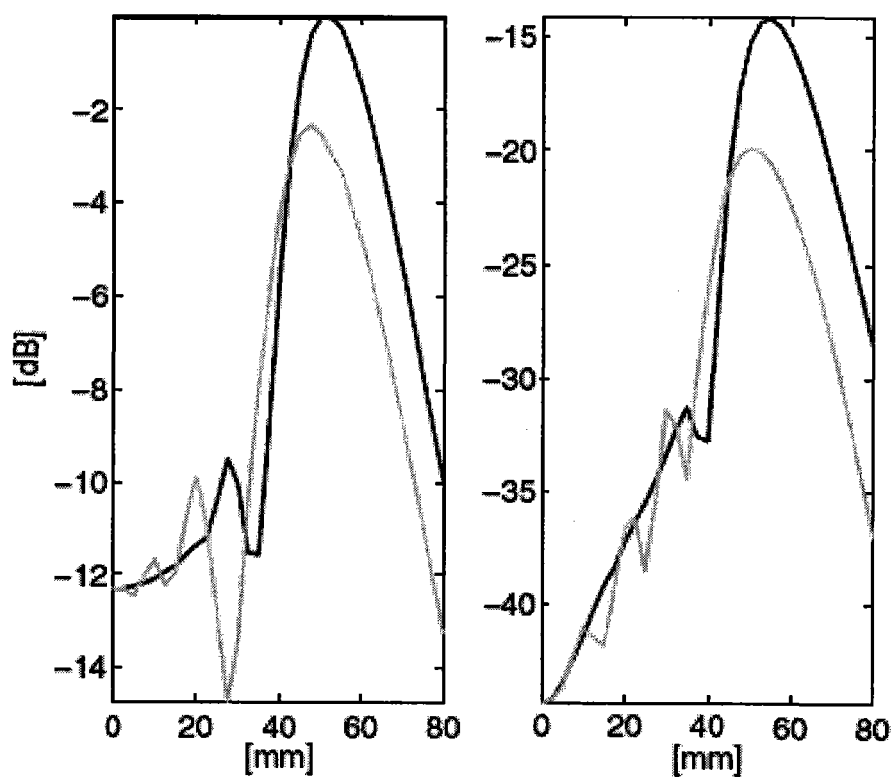


图 4

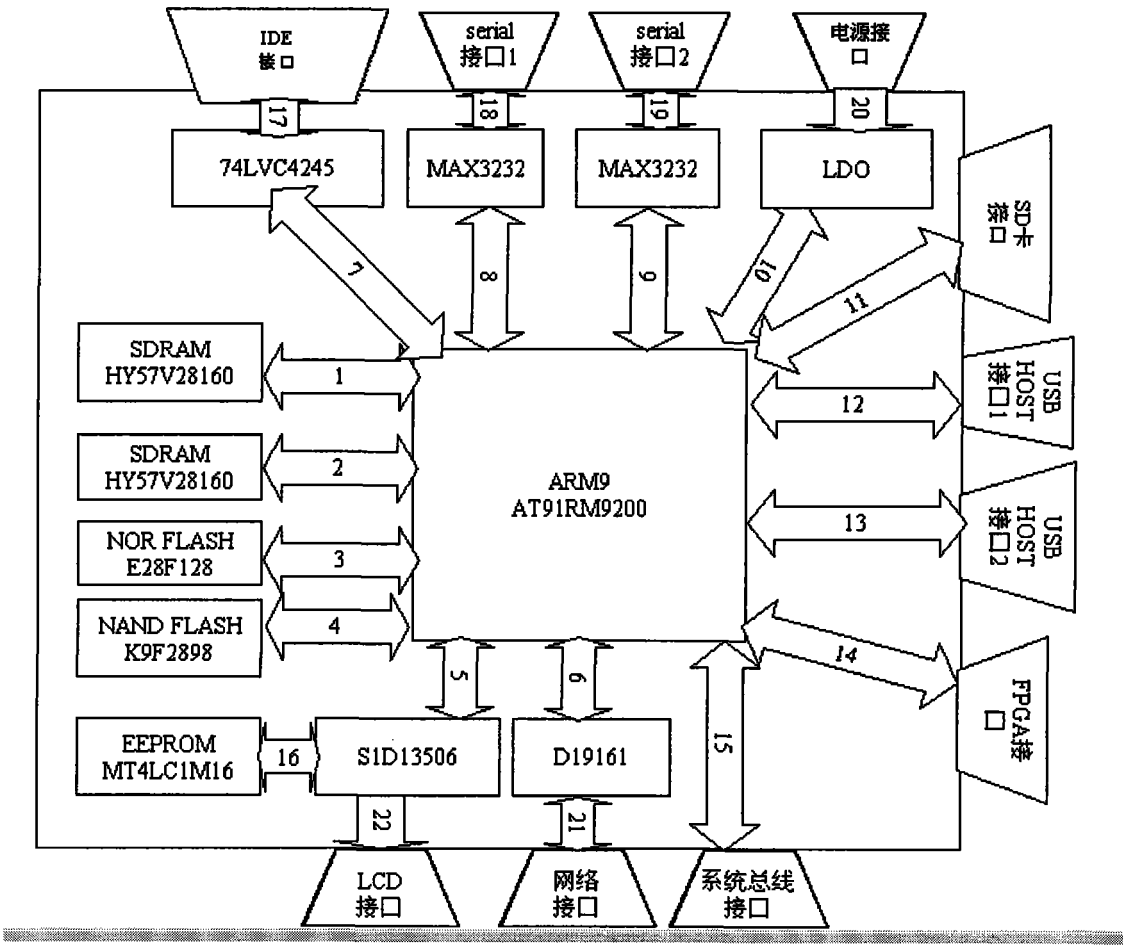


图 5

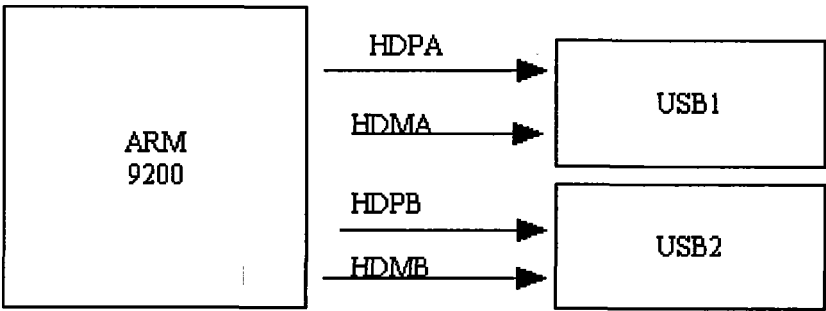


图 6

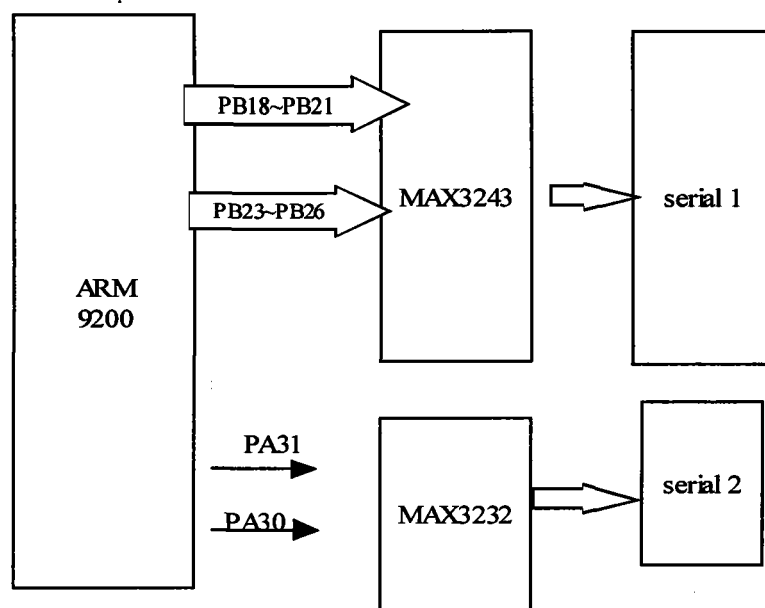


图 7

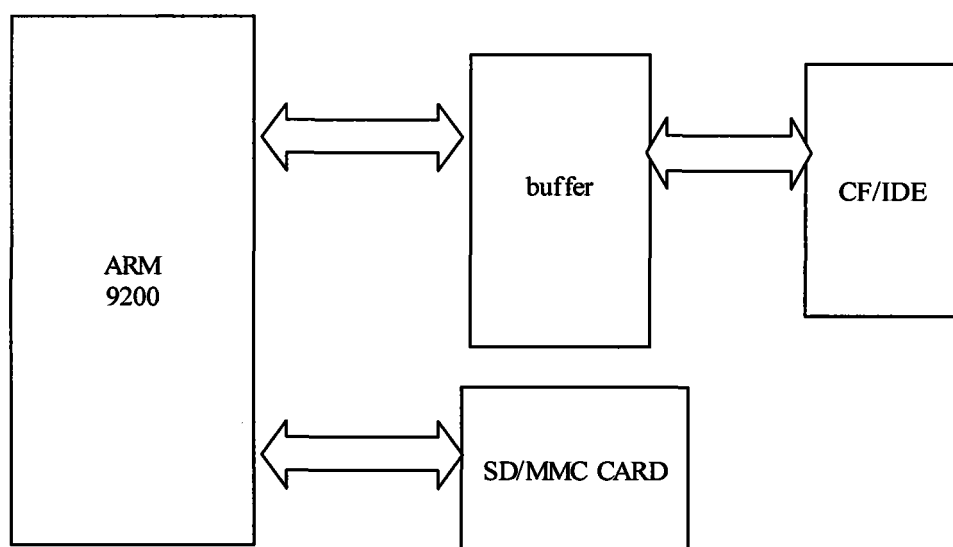


图 8

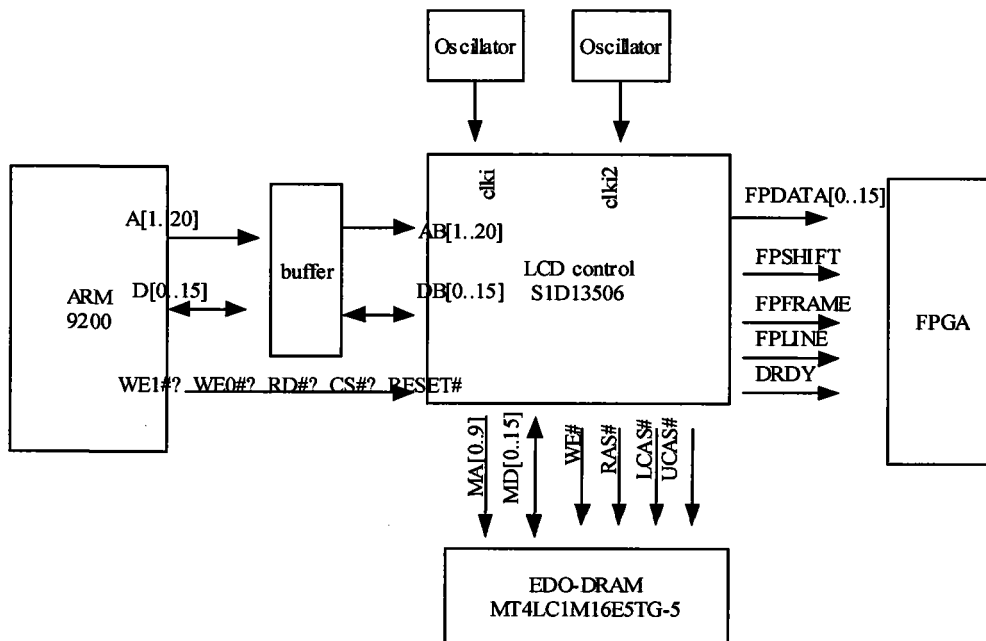


图 9

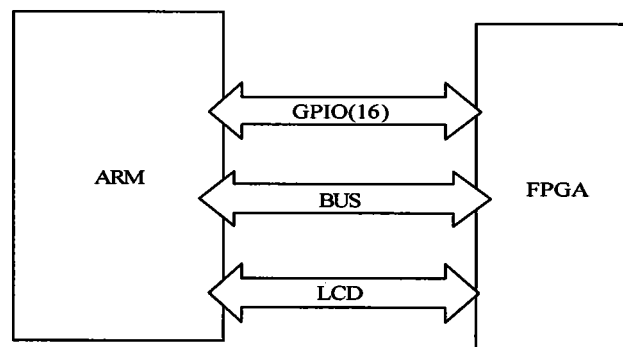


图 10

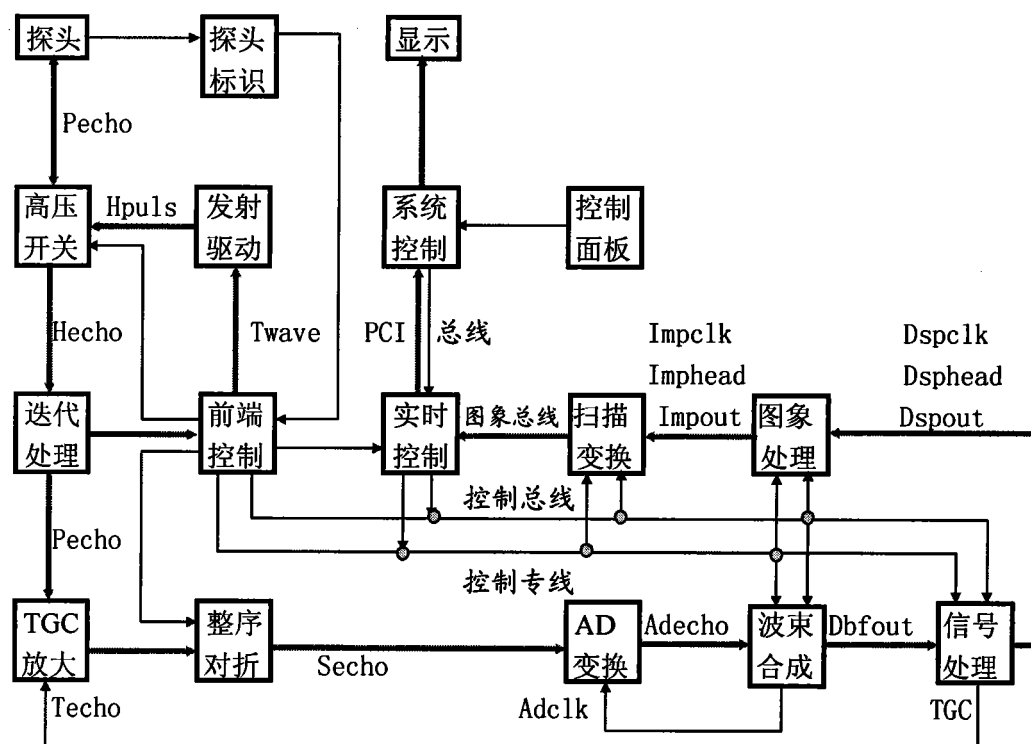


图 11

专利名称(译)	基于发射迭代法的全数字B超仪超声波失常的抑制方法		
公开(公告)号	CN101313858A	公开(公告)日	2008-12-03
申请号	CN200810063608.3	申请日	2008-06-26
[标]申请(专利权)人(译)	浙江大学		
申请(专利权)人(译)	浙江大学		
当前申请(专利权)人(译)	浙江大学		
[标]发明人	郑音飞 李鹏 乔义松		
发明人	郑音飞 李鹏 乔义松		
IPC分类号	A61B8/14		
其他公开文献	CN101313858B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种基于发射迭代法的全数字B超仪超声波失常的抑制方法：(1)B超仪的超声换能器探头发射原始信号；(2)探头接收反馈信号，后将反馈信号传输至微处理器；(3)微处理器对反馈信号进行迭代处理；(4)迭代处理的信号又通过探头发射；(5)探头再次接收反馈信号；(6)返回至第(3)步，重复(3) - (6)步数次；(7)显示图像。基于发射迭代算法的全数字B超仪超声波失常的抑制方法使用滤波器估算来校正发射声束，得到的声束引起声波的背向散射，这种背向散射声束更适合对信号到达的时间和振幅进行估算，从而使得对换能器的建模变得更加方便，最终应用在全数字B超仪上来减少和抑制超声波失常。

