



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106872586 A

(43)申请公布日 2017.06.20

(21)申请号 201710207207.X

(22)申请日 2017.03.31

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 陈晓冬 陈晓帅 汪毅 李嘉科
郁道银

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 刘子文

(51) Int. Cl.

G01N 29/44(2006.01)

A61B 8/12(2006.01)

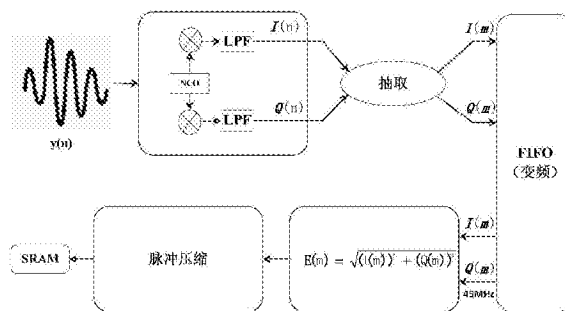
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种多频率数字回波信号处理方法

(57)摘要

本发明公开了一种多频率数字回波信号处理方法,本发明方法兼容多种频率超声探头的回波数据采集与处理,其基于FPGA实现对多频率超声数字回波信号的接收、解调、变频与压缩等信号处理功能,与此同时设计配套的识别通信装置可以通过上位机实时传递设计参数,便于实时调试,利用较少的资源高效的完成兼容多频率超声数字回波信号处理的。通过该方法可获得更有效的超声图像,实现了对超声探头中心频率的识别兼容多频率数字回波信号处理的技术问题。



1. 一种多频率数字回波信号处理方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一:将超声探头插入到超声内镜系统的对应接口处,由超声探头通信装置识别对应的探头中心频率传递给上位机;

步骤二:上位机将探头中心频率 F_k 及探测深度信息 R_j 通过USB处理芯片传递到核心处理芯片FPGA中;

步骤三:以采样时钟频率 f_s 将超声数字回波信号上传到核心处理芯片FPGA中,得到超声回波序列 $y(n)$ ($n = [1, N]$), $N = 2R_j * f_s / c$, c 表示超声在组织中的波速;

步骤四:核心处理芯片FPGA的数控振荡器循环选取出探头中心频率为 F_k 对应的正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$;

步骤五:利用核心处理芯片FPGA的乘法器将超声回波信号与步骤四取出的正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$ 相乘得到两组混频后的数据,并将得到的两组数据分别通过FIR低通滤波器滤除倍频分量,保留两组低频基带信号 $I(n)$ 、 $Q(n)$ ($n = [1, N]$);

步骤六:低频基带信号 $I(n)$ 、 $Q(n)$ ($n = [1, N]$)在核心处理芯片FPGA的内部FIFO中抽取处理以满足显示序列 $I(m)$ 、 $Q(m)$ ($m = [1, M]$, M 取正整数)并输出;

步骤七:利用核心处理芯片FPGA的平方器、加法器和开方器得到抽取之后的数据 $E(m)$;

步骤八:对数据 $E(m)$ 做对数变换和数据压缩后将数据流写入外部缓存器SRAM中缓存。

2. 根据权利要求1所述一种多频率数字回波信号处理方法,其特征在于,步骤四的实施步骤如下:

(1) 利用公式(1)求出正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$,并将正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$ 转换为与回波数据位数一样补码形式并保存到对应的MIF文件;

$$\begin{cases} A_{k\cos}(S) = \cos\left(2\pi * \frac{i}{S}\right) & (i = [1, S], S = f_s/F_k) \\ A_{k\sin}(S) = \sin\left(2\pi * \frac{i}{S}\right) & (i = [1, S], S = f_s/F_k) \end{cases} \quad (1)$$

(2) 将(1)式所生成的MIF文件存入到核心处理芯片FPGA内建的ROM中;

(3) 选出探头中心频率的 F_k 对应的样本值。

3. 根据权利要求1所述一种多频率数字回波信号处理方法,其特征在于,步骤六的实施步骤如下:

(1) 利用公式(2)求出抽取因子 T ;

$$T = \frac{N}{M} = \frac{2R_j * f_s}{c * M} \quad (1 \leq T \leq 18) \quad (2)$$

(2) 对原始数据每隔 $(T-1)$ 个时钟抽取一次,直至抽取 M 个为止。

4. 根据权利要求1所述一种多频率数字回波信号处理方法,其特征在于,

$$E(m) = \sqrt{(I(m))^2 + (Q(m))^2} \quad (3)$$

其中数据 $E(m)$ 的位数为16位。

5. 根据权利要求1所述一种多频率数字回波信号处理方法,其特征在于,步骤八的实施步骤如下:

(1) 通过MATLAB仿真,构造公式(4)的S型曲线模型:

$$y(x) = \begin{cases} \frac{k}{1+ae^{bx-c}} - d, & 0 < x \leq A \\ a \log_c x - \beta, & A < x \leq B \\ 255, & B < x < 65536 \end{cases} \quad (4)$$

(2) 将上述的S型曲线模型生成对应的MIF文件,并存入到核心处理芯片FPGA内建的ROM中。

6. 根据权利要求1所述一种多频率数字回波信号处理方法,其特征在于,所述探头中心频率 F_k 分别为7.5MHz、2MHz、20MHz和30MHz;所述采样频率 f_s 为180MHz。

7. 根据权利要求1所述一种多频率数字回波信号处理方法,其特征在于,所述探测的深度信息 $R_j = \frac{(c \cdot M \cdot T)}{2f_s} = 2.19 \cdot T(\text{mm})$,其中 $c = 1540\text{m/s}$, $M = 512$, $f_s = 180\text{MHz}$, $T = [1, 18]$, R_j 设置有18个档位。

8. 一种实现多频率数字回波信号处理方法的通信装置,其特征在于,包括超声探头、微处理器和USB处理芯片,所述超声探头内部设有存贮超声频率信息的存储芯片;所述存储芯片通过I2C接口被所述微处理器读取;所述微处理器将频率信息读取并通过串口传递到上位机中;所述上位机通过USB处理芯片将频率信息及相关数据传递给图像处理器的核心处理芯片FPGA中。

9. 根据权利要求8所述一种实现多频率数字回波信号处理方法的通信装置,其特征在于,所述微处理器为单片机。

一种多频率数字回波信号处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医用超声内镜信号处理领域,具体涉及一种多频率数字回波信号处理方法。

背景技术

[0002] 现在医学超声内镜成像诊断技术由于存在对人体无创、无电离辐射,能够近距离探测人体内部病变等特点,在人体消化道及其它部位的检测中占据重要的地位。医用超声内镜是一款融合多项高新技术的设备。

[0003] 换能器(压电陶瓷晶体)在电信号的作用下产生的压电效应,引起晶体表面产生机械振动,使换能器发出超声波。由于超声波在两个不同介质界面处会出现透射与反射,使得一部分超声波沿着透射方向继续传播,而另有一部分超声波沿反射方向往回传播。返回的超声波被换能器接收并通过逆压电效应将机械振动信号转变为电信号传递到后端电路进行信号处理。

[0004] 超声波在人体内大多数软组织中的传播速度一般认为是1540m/s,是超声波诊断设备计算病变组织大小的依据。换能器所产生和接收超声波的频率及强度与换能器固有频率有关,此外,超声波在人体软组织中传播时存在衰减和吸收,使得超声检测具有一定的深度限制,频率越高的超声波,在组织传播过程中的衰减越大,一般为0.7dB/(cm·MHz)。但超声频率越高,则成像分辨率就越高。同时,需要对接收到的数字超声回波信号做解调、变频、对数压缩以及显示亮度范围调整等处理。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了克服现有技术中的不足,提供一种多频率数字回波信号处理方法,通过该方法可获得更有效的超声图像,实现了对超声探头中心频率的识别兼容多频率数字回波信号处理的技术问题。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0007] 一种多频率数字回波信号处理方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤一:将超声探头插入到超声内镜系统的对应接口处,由超声探头通信装置识别对应的探头中心频率传递给上位机;

[0009] 步骤二:上位机将探头中心频率 F_k 及探测深度信息 R_j 通过USB处理芯片传递到核心处理芯片FPGA中;

[0010] 步骤三:以采样时钟频率 f_s 将超声数字回波信号上传到核心处理芯片FPGA中,得到超声回波序列 $y(n)$ ($n = [1, N]$), $N = 2R_j * f_s / c$, c 表示超声在组织中的波速;

[0011] 步骤四:核心处理芯片FPGA的数控振荡器循环选取出探头中心频率为 F_k 对应的正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$;

[0012] 步骤五:利用核心处理芯片FPGA的乘法器将超声回波信号与步骤四取出的正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$ 相乘得到两组混频后的数据,并将得到的两组数据分别通过FIR低

通滤波器滤除倍频分量,保留两组低频基带信号I(n)、Q(n) (n=[1,N]);

[0013] 步骤六:低频基带信号I(n)、Q(n) (n=[1,N])在核心处理芯片FPGA的内部FIFO中抽取处理以满足显示序列I(m)、Q(m) (m=[1,M],M取正整数)并输出;

[0014] 步骤七:利用核心处理芯片FPGA的平方器、加法器和开方器得到抽取之后的数据E(m);

$$[0015] \quad E(m) = \sqrt{(I(m))^2 + (Q(m))^2} \quad (3)$$

[0016] 其中数据E(m)的位数为16位;

[0017] 步骤八:对数据E(m)做对数变换和数据压缩后将数据流写入外部缓存器SRAM中缓存。

[0018] 步骤四的实施步骤如下:

[0019] (1)利用公式(1)求出正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$,并将正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$ 转换为与回波数据位数一样补码形式并保存到对应的MIF文件;

$$[0020] \quad \begin{cases} A_{k\cos}(S) = \cos\left(2\pi * \frac{i}{S}\right) & (i = [1, S], S = f_s/F_k) \\ A_{k\sin}(S) = \sin\left(2\pi * \frac{i}{S}\right) & (i = [1, S], S = f_s/F_k) \end{cases} \quad (1)$$

[0021] (2)将(1)式所生成的MIF文件存入到核心处理芯片FPGA内建的ROM中;

[0022] (3)选出探头中心频率的 F_k 对应的样本值。

[0023] 步骤六的实施步骤如下:

[0024] (1)利用公式(2)求出抽取因子T;

$$[0025] \quad T = \frac{N}{M} = \frac{2R_j * f_s}{c * M} \quad (1 \leq T \leq 18) \quad (2)$$

[0026] (2)对原始数据每隔(T-1)个时钟抽取一次,直至抽取M个为止。

[0027] 步骤八的实施步骤如下:

[0028] (1)通过MATLAB仿真,构造公式(4)的S型曲线模型:

$$[0029] \quad y(x) = \begin{cases} \frac{k}{1+ae^{bx-c}} - d, & 0 < x \leq A \\ a \log_c x - \beta, & A < x \leq B \\ 255, & B < x < 65536 \end{cases} \quad (4)$$

[0030] (2)将上述的S型曲线模型生成对应的MIF文件,并存入到核心处理芯片FPGA内建的ROM中。

[0031] 所述探头中心频率 F_k 分别为7.5MHz、2MHz、20MHz和30MHz;所述采样频率 f_s 为180MHz。

[0032] 所述探测的深度信息 $R_j = \frac{(c * M * T)}{2f_s} = 2.19 * T(\text{mm})$,其中 $c = 1540\text{m/s}$, $M = 512$, $f_s = 180\text{MHz}$, $T = [1, 18]$, R_j 设置有18个档位。

[0033] 一种实现多频率数字回波信号处理方法的通信装置,包括超声探头、微处理器和USB处理芯片,所述超声探头内部设有存贮超声频率信息的存储芯片;所述存储芯片通过I2C接口被所述微处理器读取;所述微处理器将频率信息读取并通过串口传递到上位机中;所述上位机通过USB处理芯片将频率信息及相关数据传递给图像处理器的核心处理芯片FPGA中。所述微处理器为单片机。

- [0034] 与现有技术相比,本发明的技术方案所带来的有益效果是:
- [0035] 1、兼容多种频率超声探头的回波数据采集与处理;
- [0036] 2、配套的通信装置可以通过上位机实时传递设计参数,便于实时调试;
- [0037] 3、在核心处理芯片FPGA中实现对多频率超声数字回波信号的接收、解调、变频与数据压缩等信号处理功能。

附图说明

- [0038] 图1本发明方法具体实施例的处理流程图;
- [0039] 图2多频率超声探头的通信装置模块图;

具体实施方式

- [0040] 下面结合附图对本发明的实施方案做具体描述:
- [0041] 本发明保护一种多频率数字回波信号处理方法及通信装置,主要工作在超声内镜系统的核心处理芯片FPGA中,本实施例中FPGA采用的是Altera公司生产的EP3C80F780C6N,通过AD芯片(ANALOG DEVICES生产的AD9430)采用LVDS标准将超声回波信号转换为数字回波信号传输给FPGA,其中,采样时钟频率 f_s 为180MHz。
- [0042] 兼容多频率数字回波信号处理方法,如图1所示的兼容多频率探头的超声数字回波处理流程图,其具体的步骤如下:
- [0043] 步骤一:将超声探头插入到超声内镜系统的对应接口处,由所述超声探头通信装置识别对应的探头中心频率传递给上位机;
- [0044] 步骤二:上位机将探头中心频率 F_k 及探测深度信息 R_j 通过USB处理芯片传递给图像核心处理器FPGA中;
- [0045] 步骤三:以采样时钟频率 f_s 将超声数字回波信号上传到FPGA中,得到超声回波序列 $y(n)$ ($n = [1, N]$), $N = 2R_j * f_s / c$ (c 表示超声在组织中的波速1540m/s, f_s 为系统采样频率180MHz, R_j 表示为探测深度信息具体为 $2.19 * T$ ($T = [1, 18]$));
- [0046] 数字超声回波信号: $y(n) = a(n) \cos\left(\frac{2n\pi f_s}{f_s} + \varphi(n)\right)$ (2-1)
- [0047] 步骤四:数控振荡器循环选取出探头中心频率为 F_k (F_k 分别为7.5MHz、2MHz、20MHz和30MHz)对应的正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$,具体实现方式如下:
- [0048] (1) 利用公式(2-2)求出正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$,并将正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$ 转换为与回波数据位数一样补码形式并保存到对应的MIF文件;
- [0049]
$$\begin{cases} A_{k\cos}(S) = \cos\left(2\pi * \frac{i}{S}\right) & (i = [1, S], S = f_s / F_k) \\ A_{k\sin}(S) = \sin\left(2\pi * \frac{i}{S}\right) & (i = [1, S], S = f_s / F_k) \end{cases} \quad (1)$$
- [0050] (2) 将(1)式所生成的MIF文件存入到核心处理芯片FPGA内建的ROM中;
- [0051] (3) 选出探头中心频率的 F_k 对应的样本值。
- [0052] 步骤五:利用FPGA乘法器将超声回波信号与步骤四取出的正余弦样本值 $A_{k\cos}(S)$, $A_{k\sin}(S)$ 相乘得到两组混频之后的数据 $y_1(n)$, $y_2(n)$ ($n = [1, N]$),如公式(2-3)所示;

$$[0053] \quad \begin{cases} y_1(n) = \frac{1}{2} a(n) (\cos(2 * \frac{2n\pi F_s}{f_s} + \varphi(n)) + \cos(\varphi(n))) \\ y_2(n) = \frac{1}{2} a(n) (\sin(2 * \frac{2n\pi F_s}{f_s} + \varphi(n)) - \sin(\varphi(n))) \end{cases} \quad (2-3)$$

[0054] 然后,将式(2-3)得到的两组数据分别通过FIR低通滤波器,该滤波器采用的是FPGA自带的IP核,采用的是汉宁窗,滤除混频后的倍频分量,并保留两组低频基带信号,I(n)、Q(n) (n=[1,N]),如公式(2-4)所示;

$$[0055] \quad \begin{cases} I(n) = \frac{1}{2} a(n) * \cos(\varphi(n)) \\ Q(n) = \frac{1}{2} a(n) * \sin(\varphi(n)) \end{cases} \quad (2-4)$$

[0056] 步骤六:低频基带信号I(n)、Q(n) (n=[1,N])在核心处理芯片FPGA的内部FIFO中进行抽取处理以满足显示序列I(m)、Q(m) (m=[1,M],M=512)并以一定的速率输出,具体的实现方式如下:

[0057] (1) 利用公式(2-5)求出抽取因子T;

$$[0058] \quad T = \frac{N}{M} = \frac{2R_j * f_s}{c * M} \quad (1 \leq T \leq 18) \quad (2-5)$$

[0059] (2) 对于原始的数据每隔(T-1)个时钟抽取一次,直至抽取M个为止;

[0060] 步骤七:如公式(2-6)所示利用FPGA平方器、加法器和开方器将得到抽取之后的数据E(m),其中数据E(m)的位数为16位;

$$[0061] \quad E(m) = \sqrt{(I(m))^2 + (Q(m))^2} \quad (2-6)$$

[0062] 步骤八:对数据E(m)做对数变换和数据压缩然后将数据流写入外部缓存器SRAM中缓存,其中SRAM采用的是Cypress半导体公司生产的CY7C1051DV33,具体的实现方式如下:

[0063] (1) 利用经过MATLAB仿真,构造了以下公式(2-7)所述的S型曲线模型:

$$[0064] \quad y(x) = \begin{cases} \frac{k}{1+ae^{bx-c}} - d, & 0 < x \leq A \\ a \log_c x - \beta, & A < x \leq B \\ 255, & B < x < 65536 \end{cases} \quad (2-7)$$

[0065] (2) 将上述的S型曲线生成对应的MIF文件,并存入到FPGA内建的ROM中。

[0066] 由步骤三和步骤六可知所述探测的深度信息 $R_j = \frac{(c * M * T)}{2f_s} = 2.19 * T(\text{mm})(T=[1,18])$,

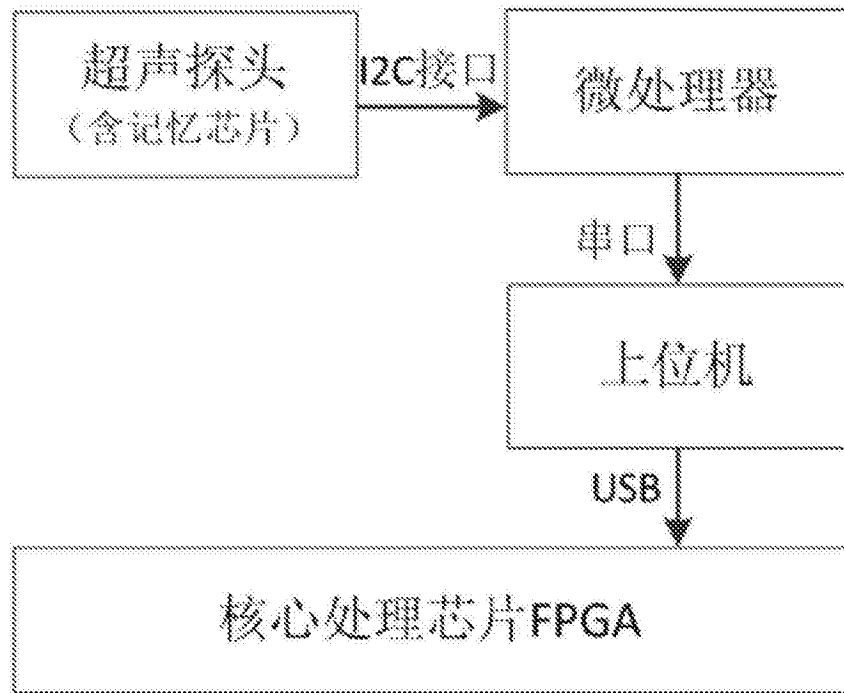
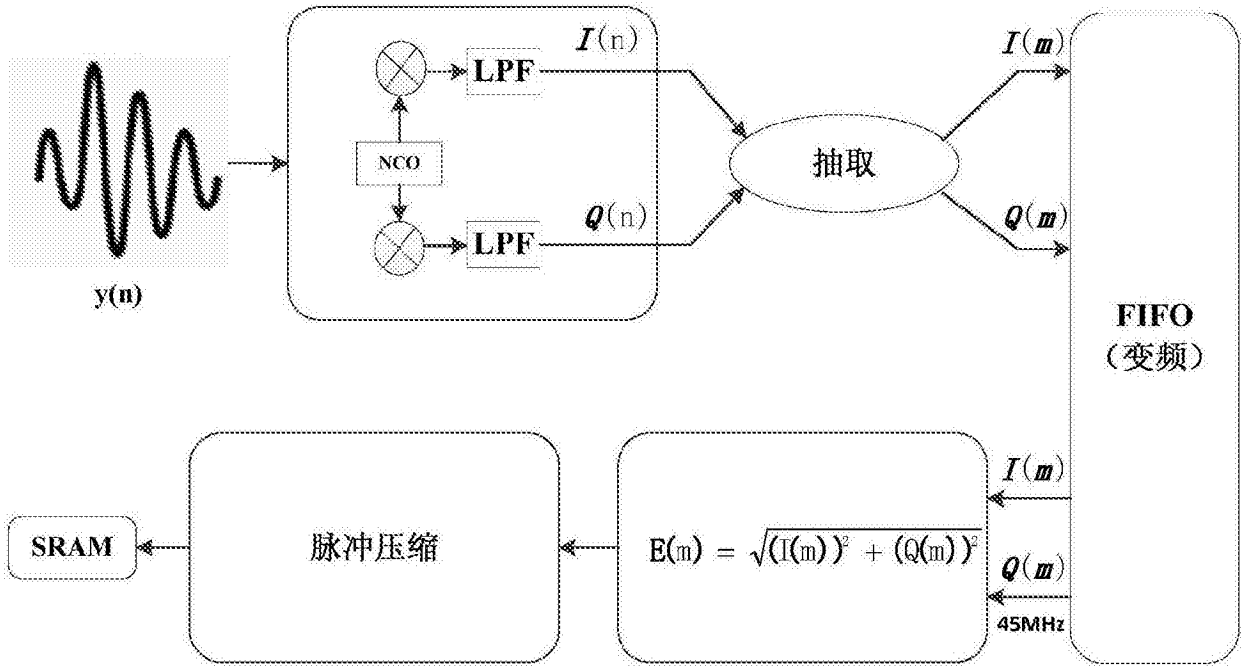
R_j 设置有18个档位。

[0067] 如图2所示,实现多频率超声探头的通信装置,在本装置中,包括超声探头,微处理器,USB处理芯片,超声探头内部包含存贮超声频率信息的存储芯片,存储芯片为EFROM,采用的是MICROCHIP公司的24LC64;存储芯片保存探头的频率信息,通过I2C接口被微处理器读取,其中微处理器选用的是SILICON LABS公司的C8051F020,然后微处理器将读取到的信息通过串口传递给上位机;上位机将读取到的频率信息通过USB处理芯片传递给FPGA,同时,上位机也可以通过USB处理芯片,将超声数字信号处理过程中某些所需参数传递给核心处理芯片FPGA,比如探测深度信息等。

[0068] 本发明设计了兼容多种频率超声探头的回波数据采集与处理,其基于FPGA实现对多频率超声数字回波信号的接收、解调、变频与压缩等信号处理功能,与此同时设计配套的

识别通信装置可以通过上位机实时传递设计参数,便于实时调试,利用较少的资源高效的完成兼容多频率超声数字回波信号处理的。

[0069] 本发明并不限于上文描述的实施方式。以上对具体实施方式的描述旨在描述和说明本发明的技术方案,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。



专利名称(译)	一种多频率数字回波信号处理方法		
公开(公告)号	CN106872586A	公开(公告)日	2017-06-20
申请号	CN201710207207.X	申请日	2017-03-31
[标]申请(专利权)人(译)	天津大学		
申请(专利权)人(译)	天津大学		
当前申请(专利权)人(译)	天津大学		
[标]发明人	陈晓冬 陈晓帅 汪毅 李嘉科 郁道银		
发明人	陈晓冬 陈晓帅 汪毅 李嘉科 郁道银		
IPC分类号	G01N29/44 A61B8/12		
CPC分类号	G01N29/44 A61B8/12 A61B8/52		
代理人(译)	刘子文		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种多频率数字回波信号处理方法，本发明方法兼容多种频率超声探头的回波数据采集与处理，其基于FPGA实现对多频率超声数字回波信号的接收、解调、变频与压缩等信号处理功能，与此同时设计配套的识别通信装置可以通过上位机实时传递设计参数，便于实时调试，利用较少的资源高效的完成兼容多频率超声数字回波信号处理的。通过该方法可获得更有效的超声图像，实现了对超声探头中心频率的识别兼容多频率数字回波信号处理的技术问题。

