



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103808809 B

(45) 授权公告日 2016.02.17

(21) 申请号 201410089782.0

(22) 申请日 2014.03.12

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 刚铁 张佳莹 丛森 盛朝阳
刘斌 万楚豪 王常玺 孙昌立
王龙 冯伟

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 岳泉清

(51) Int. Cl.

G01N 29/44(2006.01)

(56) 对比文件

CN 103316831 A, 2013.09.25, 全文.

CN 103235039 A, 2013.08.07, 全文.

CN 101424738 A, 2009.05.06, 全文.

杜刚等. 基于 TMS320C6701 DSP 的线性调频信号的数字脉冲压缩. 《电子技术应用》. 2005, (第 5 期), 第 69-71 页.

贾广峰等. FPGA 数字脉冲压缩系统的研究与实现. 《应用科技》. 2013, 第 40 卷 (第 16 期), 第 59-62 页.

庞龙等. 基于 FPGA 的数字脉冲压缩系统实现. 《现代电子技术》. 2010, (第 14 期), 第 190 页第 1 部分, 第 191 页第 2 部分, 图 1-图 3.

审查员 李重阳

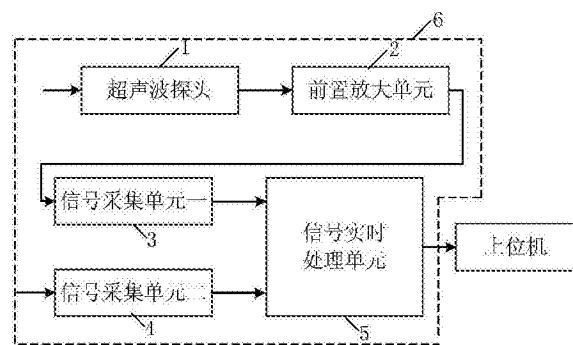
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置及处理方法

(57) 摘要

一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置及处理方法, 涉及焊接结构质量检测技术领域。本发明解决了现有的线性调频信号激励的超声回波信号的脉冲压缩处理在 PC 机上进行, 导致处理装置体积大、不便于携带的问题。本发明采用超声波探头将接收到的超声波信号转换成电信号, 经由前置放大单元将信号放大, 再经过信号采集单元一将采集到的模拟信号转换成数字信号, 同时信号采集单元二将采集激励信号, 并转换成数字信号, 转换后的超声波信号和激励信号传送给信号实时处理单元, 经由信号实时处理单元做脉冲压缩处理, 将处理结果发至外部通信接口。它可用于由线性调频信号激励的超声检测设备中。



1. 一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置,它包括超声波探头(1),其特征在于,它还包括前置放大单元(2)、信号采集单元一(3)、信号采集单元二(4)和信号实时处理单元(5),

超声波探头(1),用于对待检测的焊接结构进行扫描,采集经焊接结构反射的超声回波信号,并将采集结果发送给前置放大单元(2),

所述前置放大单元(2),用于对接收到的电信号进行放大,并将放大结果传给信号采集单元一(3),

所述信号采集单元一(3),用于将接收的信号转换成数字信号之后,将该数字信号作为数字回波信号传送给信号实时处理单元(5);

信号采集单元二(4),用于与所述信号采集单元一(3)同步进行信号采集,采集产生检测用超声波信号的超声波探头的激励信号,并将其转换成数字信号后作为数字激励信号传送给信号实时处理单元(5),

所述信号实时处理单元(5),用于对接收到的所有信号做脉冲压缩处理,然后发送至外部通信接口;

信号实时处理单元(5)包括信号运算模块一(5-1)、信号运算模块二(5-2)、信号傅里叶变换模块(5-3)、信号运算模块三(5-4)、信号逆傅里叶变换模块(5-5)和结果优化模块(5-6);

信号运算模块一(5-1),用于对接收到的数字激励信号进行共轭信号处理,获得数字激励信号的共轭信号,并将该共轭信号发送给信号运算模块二(5-2);

信号运算模块二(5-2),用于对接收到共轭信号沿垂直轴左右翻转,获得翻转的数字激励信号的共轭信号,并将该翻转的共轭信号发送给信号傅里叶变换模块(5-3);

信号傅里叶变换模块(5-3),用于接收翻转的共轭信号和经信号采集单元一(3)输出的数字回波信号,并将接收到的共轭信号和数字回波信号做傅里叶变换,获得傅里叶变换数据发送给信号运算模块三(5-4);

信号运算模块三(5-4),用于对接收到的傅里叶变换数据进行数据点对点相乘,获得相乘数据,并将该相乘数据发送给信号逆傅里叶变换模块(5-5);

信号逆傅里叶变换模块(5-5),用于对接收到的相乘数据进行逆傅里叶变换,获得逆傅里叶变换数据发送给结果优化模块(5-6);

结果优化模块(5-6),用于对接收到的逆傅里叶变换数据进行希尔伯特变换,变换后的信号作为信号实时处理单元(5)的输出信号输出;

所述产生检测用超声波信号的超声波探头,是指在检测焊接结构时,用于产生超声波激励信号的超声波探头,即:信号采集单元二(4)采集的是在检测过程中的超声波激励信号,而信号采集单元一(3)同步采集的是经待检测的焊接结构的超声波回波信号;

希尔伯特变换看成是信号通过一个幅度为1的全通滤波器的输出,信号经过该变换后,正频率成分作 -90° 的相移,负频率成分作 $+90^\circ$ 的相移。

2. 根据权利要求1所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置,其特征在于,超声波探头(1)是超声直探头、超声双晶探头、超声斜探头、超声聚焦探头、超声带曲率探头或超声表面波探头中的一种。

3. 根据权利要求1所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置,

其特征在于,信号采集单元一(3)和信号采集单元二(4)均采用 A/D 转换芯片实现。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置,其特征在于,信号实时处理单元(5)采用的芯片为 DSP 数字信号处理芯片或是 FPGA 现场可编程门阵列芯片。

5. 采用权利要求 1 所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置实现信号实时处理方法,其特征在于,所述方法包括:

信号实时处理单元(5)对接收到的数字激励信号进行共轭信号处理,获得数字激励信号的共轭信号的步骤;

信号实时处理单元(5)对接收到的数字激励信号的共轭信号沿垂直轴左右翻转,获得翻转的数字激励信号的共轭信号的步骤,

信号实时处理单元(5)对接收到的翻转的数字激励信号的共轭信号和数字超声回波信号,做傅里叶变换的步骤,

信号实时处理单元(5)对接收到的傅里叶变换数据进行数据点对点相乘,获得相乘数据的步骤,

信号实时处理单元(5)对接收到的相乘数据进行逆傅里叶变换的步骤,

信号实时处理单元(5)对接收到的逆傅里叶变换数据进行希尔伯特变换,获得超声回波压缩处理信号的步骤。

一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置 及处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置及实现信号的处理方法。属于焊接结构质量检测技术领域。

背景技术

[0002] 线性调频信号在超声检测焊接结构中具有很强的抗多径干扰及目标缺陷分辨能力、很强的抗噪声干扰能力和降低信号的发射功率的特点,而且有利于超声探头的小型化。线性调频信号激励的超声检测可以提高焊接结构中缺陷识别精度,可以解决超声波在大厚度焊接结构检测中声波穿透深度与检测分辨率的矛盾,可以提高粗晶材料超声检测的信噪比。但是线性调频信号激励的超声回波信号是宽脉冲信号,需要经过脉冲压缩处理后才可以在实际中应用。现有的线性调频信号激励的超声回波信号的脉冲压缩处理一般是在 PC 机上通过 matlab 等软件实现的,运算速度依赖 PC 机的性能,因此需要一种可以脱离 PC 机的基于硬件芯片的脉冲压缩处理,便于设备的小型化。

发明内容

[0003] 本发明是为了解决现有的线性调频信号激励的超声回波信号的脉冲压缩处理在 PC 机上进行,导致处理装置体积大、不便于携带,并且现有对焊缝超声检测的装置对焊接结构中缺陷的检测精度低及准确性差,对焊缝超声检测领域中的信号检测困难的问题。而提出了一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置及处理方法。

[0004] 一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置,它包括超声波探头,它还包括前置放大单元、信号采集单元一、信号采集单元二和信号实时处理单元,

[0005] 超声波探头,用于对待检测的焊接结构进行扫描,采集经焊接结构反射的超声回波信号,并将采集结果发送给前置放大单元,

[0006] 所述前置放大单元,用于对接收到的电信号进行放大,并将放大结果传给信号采集单元一,

[0007] 所述信号采集单元一,用于将接收的信号转换成数字信号之后,将该数字信号作为数字回波信号传送给信号实时处理单元;

[0008] 信号采集单元二,用于与所述信号采集单元一同步进行信号采集,采集产生检测用超声波信号的超声波探头的激励信号,并将其转换成数字信号后作为数字激励信号传送给信号实时处理单元;

[0009] 所述信号实时处理单元,用于对接收到的所有信号做脉冲压缩处理,然后发送至外部通信接口,

[0010] 信号实时处理单元包括信号运算模块一、信号运算模块二、信号傅里叶变换模块、信号运算模块三、信号逆傅里叶变换模块和结果优化模块;

[0011] 信号运算模块一,用于对接收到的数字激励信号进行共轭信号处理,获得数字激

励信号的共轭信号,并将该共轭信号发送给信号运算模块二;

[0012] 信号运算模块二,用于对接收到共轭信号沿垂直轴左右翻转,获得翻转的数字激励信号的共轭信号,并将该翻转的共轭信号发送给信号傅里叶变换模块;

[0013] 信号傅里叶变换模块,用于接收翻转的共轭信号和经信号采集单元一输出的数字回波信号,并将接收到的共轭信号和数字回波信号做傅里叶变换,获得傅里叶变换数据发送给信号运算模块三;

[0014] 信号运算模块三,用于对接收到的傅里叶变换数据进行数据点对点相乘,获得相乘数据,并将该相乘数据发送给信号逆傅里叶变换模块;

[0015] 信号逆傅里叶变换模块,用于对接收到的相乘数据进行逆傅里叶变换,获得逆傅里叶变换数据发送给结果优化模块;

[0016] 结果优化模块,用于对接收到的逆傅里叶变换数据进行希尔伯特变换,变换后的信号作为信号实时处理单元的输出信号输出;

[0017] 所述产生检测用超声波信号的超声波探头,是指在检测焊接结构时,用于产生超声波激励信号的超声波探头,即:信号信号采集单元二采集的是在检测过程中的超声波激励信号,而信号采集单元一同步采集的是经待检测的焊接结构的超声波回波信号;

[0018] 希尔伯特变换看成是信号通过一个幅度为 1 的全通滤波器的输出,信号经过该变换后,正频率成分作 -90° 的相移,负频率成分作 $+90^\circ$ 的相移。

[0019] 采用一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置实现信号实时处理方法,所述方法包括:

[0020] 信号实时处理单元对接收到的数字激励信号进行共轭信号处理,获得数字激励信号的共轭信号的步骤;

[0021] 信号实时处理单元对接收到的数字激励信号的共轭信号沿垂直轴左右翻转,获得翻转的数字激励信号的共轭信号的步骤,

[0022] 信号实时处理单元对接收到的翻转的数字激励信号的共轭信号和数字超声回波信号,做傅里叶变换的步骤,

[0023] 信号实时处理单元对接收到的傅里叶变换数据进行数据点对点相乘,获得相乘数据的步骤,

[0024] 信号实时处理单元对接收到的相乘数据进行逆傅里叶变换的步骤,

[0025] 信号实时处理单元对接收到的逆傅里叶变换数据进行希尔伯特变换,获得超声回波压缩处理信号的步骤。

[0026] 本发明采用超声波探头将接收到的超声波信号转换成电信号,经由前置放大单元将信号放大,再经过信号采集单元一将采集到的模拟信号转换成数字信号,同时信号采集单元二将采集激励信号,并转换成数字信号,转换后的超声波信号和激励信号传送给信号实时处理单元,经由信号实时处理单元做脉冲压缩处理,将处理结果发至外部通信接口;该装置由信号实时处理单元进行脉冲信号处理,因此整个装置的体积小,便于携带,同比现有采用 PC 机做脉冲压缩处理的装置体积要小一倍以上。它可用于由线性调频信号激励的超声检测设备中。

附图说明

[0027] 图 1 为具体实施方式一所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置与上位机的状态示意图；

[0028] 图 2 为具体实施方式二所述的信号实时处理单元的原理示意图；

[0029] 图 3 为具体实施方式六所述的信号实时处理单元的信号处理流程图。

具体实施方式

[0030] 具体实施方式一：参照图 1 具体说明本实施方式，本实施方式所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置，它包括超声波探头 1，它还包括前置放大单元 2、信号采集单元一 3、信号采集单元二 4 和信号实时处理单元 5，

[0031] 超声波探头 1，用于对待检测的焊接结构进行扫描，采集经焊接结构反射的超声回波信号，并将采集结果发送给前置放大单元 2，

[0032] 所述前置放大单元 2，用于对接收到的电信号进行放大，并将放大结果传给信号采集单元一 3，

[0033] 所述信号采集单元一 3，用于将接收的信号转换成数字信号之后，将该数字信号作为数字回波信号传送给信号实时处理单元 5；

[0034] 信号信号采集单元二 4，用于与所述信号采集单元一 3 同步进行信号采集，采集产生检测用超声波信号的超声波探头的激励信号，并将其转换成数字信号后作为数字激励信号传送给信号实时处理单元 5，

[0035] 所述信号实时处理单元 5，用于对接收到的所有信号做脉冲压缩处理，然后发送至外部通信接口。

[0036] 所述产生检测用超声波信号的超声波探头，是指在检测焊接结构时，用于产生超声波激励信号的超声波探头。即：信号信号采集单元二 4 采集的是在检测过程中的超声波激励信号，而信号采集单元一 3 同步采集的是经待检测的焊接结构的超声波回波信号。

[0037] 本实施方式所述的装置可以独立使用，也可以将本装置嵌入已有的超声检测设备中使用。

[0038] 本实施方式所述的装置中，信号实时处理单元 5 获得的数据可以通过外部通信接口输出，该外部通信接口可以采用现有各种穿行通信接口，在实际应用中可以通过该外部通信接口与具有数据分析处理功能的计算机等智能设备连接，实现检测数据的输出。

[0039] 具有数据分析处理功能的计算机等智能设备可以是运行在 PC 机和 Mac 机的桌面操作系统：Mac OS X, Linux 发行版（如 Debian, Ubuntu, Linux Mint, openSUSE, Fedora 等），Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8；亦可以是运行在嵌入式领域常用的操作系统：嵌入式 Linux、Windows Embedded、VxWorks；亦可以是运行在智能手机或平板电脑等消费电子产品的操作系统：Android、iOS、Symbian、Windows Phone 和 BlackBerry OS。

[0040] 具体实施方式二：参照图 2 具体说明本实施方式，本实施方式与具体实施方式一所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置的不同点在于，信号实时处理单元 5 包括信号运算模块一 5-1、信号运算模块二 5-2、信号傅里叶变换模块 5-3、信号运算模块三 5-4、信号逆傅里叶变换模块 5-5 和结果优化模块 5-6；

[0041] 信号运算模块一 5-1，用于对接收到的数字激励信号进行共轭信号处理，获得数字

激励信号的共轭信号,并将该共轭信号发送给信号运算模块二 5-2;

[0042] 信号运算模块二 5-2,用于对接收到共轭信号沿垂直轴左右翻转,获得翻转的数字激励信号的共轭信号,并将该翻转的共轭信号发送给信号傅里叶变换模块 5-3;

[0043] 信号傅里叶变换模块 5-3,用于接收翻转的共轭信号和经信号采集单元一 3 输出的数字回波信号,并将接收到的共轭信号和数字回波信号做傅里叶变换,获得傅里叶变换数据发送给信号运算模块三 5-4;

[0044] 信号运算模块三 5-4,用于对接收到的傅里叶变换数据进行数据点对点相乘,获得相乘数据,并将该相乘数据发送给信号逆傅里叶变换模块 5-5;

[0045] 信号逆傅里叶变换模块 5-5,用于对接收到的相乘数据进行逆傅里叶变换,获得逆傅里叶变换数据发送给结果优化模块 5-6;

[0046] 结果优化模块 5-6,用于对接收到的逆傅里叶变换数据进行希尔伯特变换,变换后的信号作为信号实时处理单元 5 的输出信号输出。

[0047] 上述傅里叶变换和希尔伯特变换为现有常用的两种数据处理技术手段例如:

[0048] 本实施方式中,信号傅里叶变换模块 5-3 对接收到的共轭信号和数字回波信

号做傅里叶变换,通过积分运算 $f(t)$ 傅里叶变换公式: $F(\omega) = \mathcal{F}[f(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt$, 获得傅里叶变换数据 $F(\omega)$,再通过积分运算 $F(\omega)$ 的傅里叶逆变换公式:

$f(t) = \mathcal{F}^{-1}[F(\omega)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{i\omega t} d\omega$, 获得逆傅里叶变换数据 $f(t)$,其中, ω 为角频率, i 、 t

均为自然数, $f(t)$ 是 t 的周期函数,如果 t 满足:在一个周期内具有有限个间断点,且在這些间断点上,函数是有限值;在一个周期内具有有限个极值点;

[0049] 当逆傅里叶变换数据 $s(t)$ 输入到结果优化模块中时,在结果优化模块中进行希尔伯特变换,变换后输出信号记为 $\hat{s}(t)$,称 $\hat{s}(t)$ 为 $s(t)$ 的希尔伯特变换,其公式为:

[0050] $\hat{s}(t) = \mathcal{H}\{s\} = h(t) * s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau)h(t-\tau)d\tau = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t-\tau} d\tau$, 信号 $s(t)$ 的希尔伯特变

换可以看成是信号通过一个幅度为 1 的全通滤波器的输出,信号 $s(t)$ 经过该变换后,正频率成分作 -90° 的相移,负频率成分作 $+90^\circ$ 的相移。

[0051] 具体实施方式三:本实施方式与具体实施方式一所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置的不同点在于,超声波探头 1 是超声直探头、超声双晶探头、超声斜探头、超声聚焦探头、超声带曲率探头或超声表面波探头中的一种。

[0052] 具体实施方式四:本实施方式与具体实施方式一所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置的不同点在于,信号采集单元一 3 和信号采集单元二 4 均采用 A/D 转换芯片实现。

[0053] 具体实施方式五:本实施方式与具体实施方式一所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置的不同点在于,信号实时处理单元 5 采用的芯片为 DSP 数字信号处理芯片或是 FPGA 现场可编程门阵列芯片。

[0054] 具体实施方式六:参照图 3 具体说明本实施方式,采用具体实施方式一所述的一种基于线性调频信号激励的超声回波信号实时处理装置实现信号实时处理方法,所述方法

包括：

[0055] 信号实时处理单元 5 对接收到的数字激励信号进行共轭信号处理,获得数字激励信号的共轭信号的步骤；

[0056] 信号实时处理单元 5 对接收到的数字激励信号的共轭信号沿垂直轴左右翻转,获得翻转的数字激励信号的共轭信号的步骤,

[0057] 信号实时处理单元 5 对接收到的翻转的数字激励信号的共轭信号和数字超声回波信号,做傅里叶变换的步骤,

[0058] 信号实时处理单元 5 对接收到的傅里叶变换数据进行数据点对点相乘,获得相乘数据的步骤,

[0059] 信号实时处理单元 5 对接收到的相乘数据进行逆傅里叶变换的步骤,

[0060] 信号实时处理单元 5 对接收到的逆傅里叶变换数据进行希尔伯特变换,获得超声回波压缩处理信号的步骤。

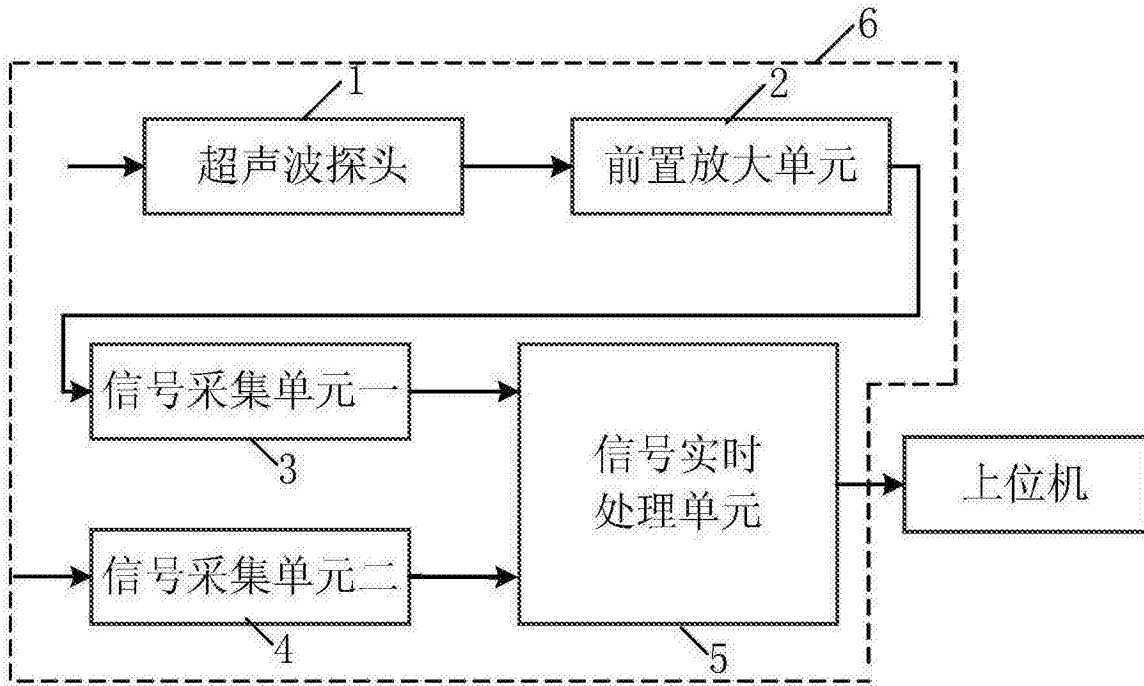


图 1

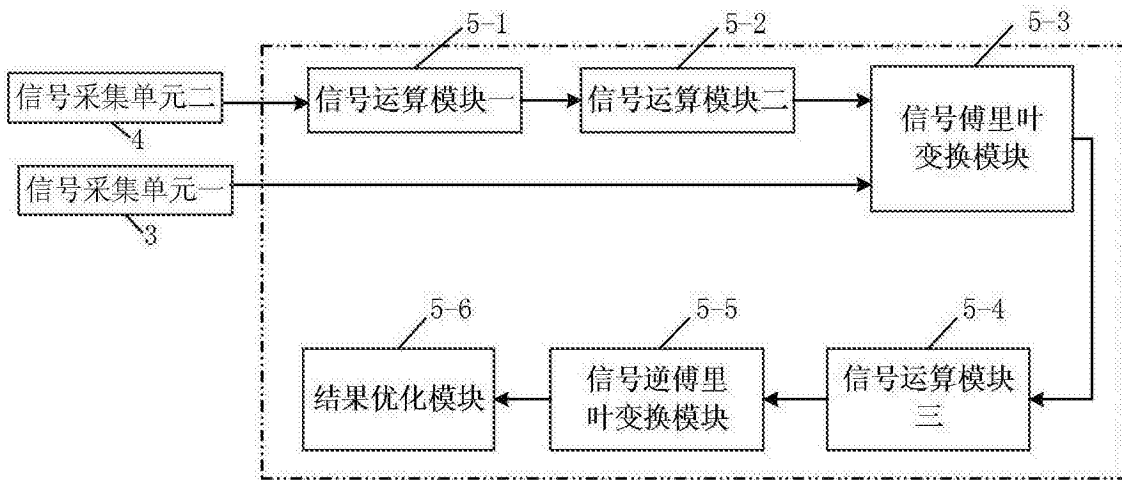


图 2

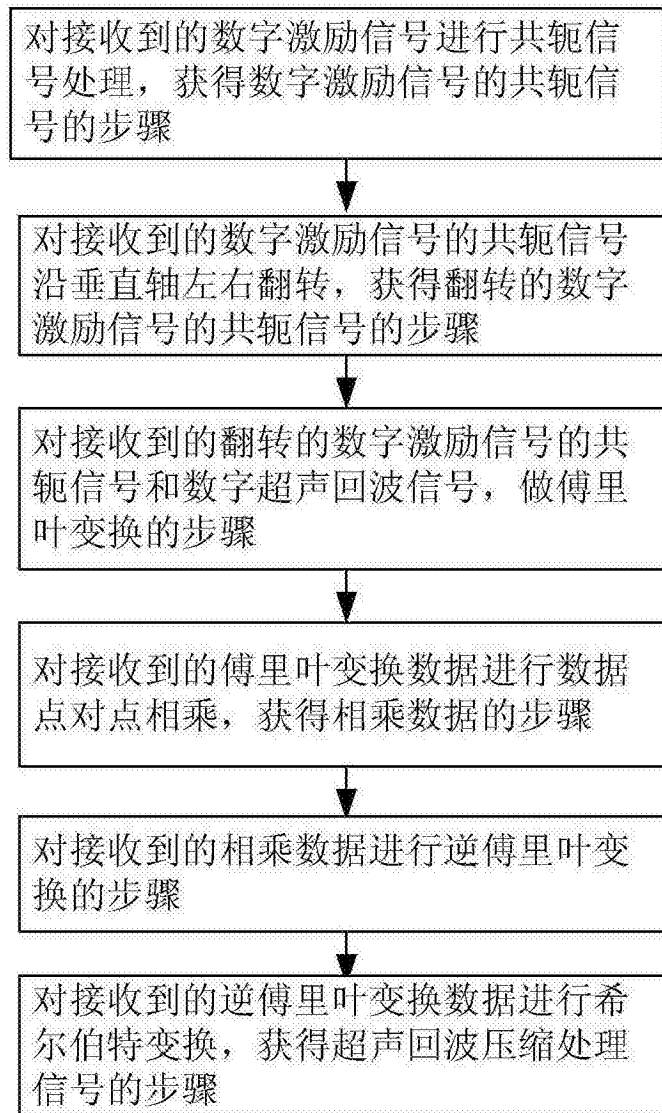


图 3