

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 10 月 26 日 (26.10.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/181475 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 8/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/083132
- (22) 国际申请日: 2016 年 5 月 24 日 (24.05.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610257356.2 2016年4月22日 (22.04.2016) CN
- (71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 邱维宝(QIU, Weibao); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong

518055 (CN)。牟培田(MU, Peitian); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。郑海荣(ZHENG, Hairong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街35号国际企业大厦A座16层, Beijing 100033 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,

(54) Title: DELAYED-EXCITATION ULTRASONIC IMAGING METHOD, DEVICE AND DELAYED-EXCITATION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种延迟激励超声成像方法、装置及延迟激励系统

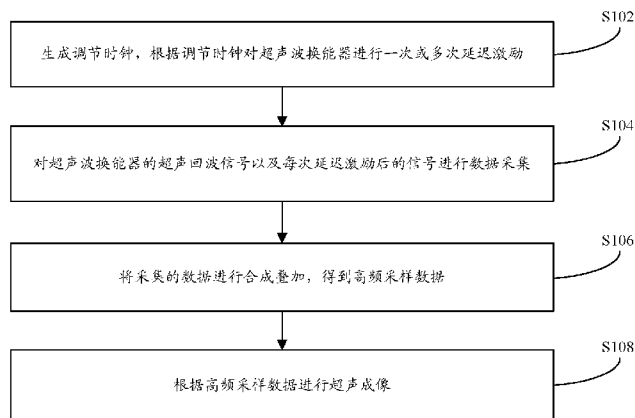


图 1

- S102 Generate a regulation clock, and perform, according to the regulation clock, delayed excitation on an ultrasonic transducer once or multiple times
- S104 Perform data acquisition of ultrasonic echo signals of the ultrasonic transducer and signals generated after each instance of delayed excitation
- S106 Perform synthesis and superimposition of the acquired data to obtain high-frequency sampling data
- S108 Perform ultrasonic imaging according to the high-frequency sampling data

(57) Abstract: A delayed-excitation ultrasonic imaging method, device and delayed-excitation system. The method comprises: generating a regulation clock, and performing, according to the regulation clock, delayed excitation on an ultrasonic transducer once or multiple times (S102); performing data acquisition of ultrasonic echo signals of the ultrasonic transducer and signals generated after each instance of delayed excitation (S104); performing synthesis and superimposition of the acquired data to obtain high-frequency sampling data (S106); and performing ultrasonic imaging according to the high-frequency sampling data (S108). A delayed-excitation ultrasonic imaging device and system are also provided, and can realize high-frequency ultrasonic imaging via low-frequency sampling and delayed excitation by performing delayed excitation on the ultrasonic transducer, thus significantly reducing costs.

MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种延迟激励超声成像方法包括: 生成调节时钟, 根据调节时钟对超声波换能器进行一次或多次延迟激励(S102); 对超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集(S104); 将采集的数据进行合成叠加, 得到高频采样数据(S106); 根据高频采样数据进行超声成像(S108)。还提供了一种延迟激励超声成像装置和系统。通过对超声波换能器进行延迟激励, 实现通过低频采样和延迟激励实现高频超声成像, 可大幅度降低成本。

一种延迟激励超声成像方法、装置及延迟激励系统

技术领域

本发明涉及超声成像技术领域，尤其涉及一种延迟激励超声成像方法、装置及延迟激励系统。

5

背景技术

医学影像，一般是指为了医疗或医学研究，对人体或人体某部分以非侵入方式取得内部组织影像的技术与处理过程，是一种逆问题的推论演算，即成因（活体组织的特性）是经由结果（观测影像信号）反推而来。医学影像在临床的应用上非常广泛，对疾病的诊断提供了很大的科学和直观的依据，可以更好的配合临床的症状、化验等，为最终准确诊断病情起到不可替代的作用。

医学影像泛指通过 X 光成像（X-ray），X 线计算机断层扫描成像（CT），磁共振成像（MRI），超声成像（US），光学相干层析扫描技术（OCT）等现代成像技术检查人体无法用非手术手段检查的部位的过程。和其他成像技术相比，医学超声成像具有实时性好、无损伤、无痛苦、成像精度高，以及系统低成本等独特的优点，目前已经被广泛的用于临床的医疗检测当中。

超声波换能器，是一种可以转换电信号和声信号的装置。由于材料的压电效应，超声波换能器接收到电信号后，可将电信号转换为机械振动，发射出超声波；也可以接收到超声波后，将机械振动转换为电信号，在使用功能上，大多是既能接收又能发射。超声信号接收环节，是将声信号转换为电信号。超声信号发射环节，将电信号转换为声信号。对于常规超声成像，通常超声波换能器的工作频率在 5MHz 以下。对于高频超声成像，往往超声波换能器的工作频率在 10MHz 以上。

模数转换芯片，是一种将模拟信号转换为数字信号的集成芯片。基于需要满足奈奎斯特采样定理，模数转换芯片的采样率至少得是被测信号频率的 2 倍以上，若想得到更好的采样数据则最好在 5 倍以上，对应目前使用较多的 40MHz 超声波换能器而言，常规的模数转换芯片已经很难得到较好的采样数据（本发明涉及到的频率数值，比如 40MHz，80MHz 等仅作为例子便于描述，方案不仅限于这些频率值）。

在常规的设计方案中，目前使用较多的 40MHz 超声波换能器需要使用 200MHz 以上的高速模数转换芯片，才能得到较好的采样数据，但 200MHz 的高速模数转换芯片，不仅价格非常昂贵且经常对我国限售，所以超声成像系统成本非常高。

针对相关技术中超声成像系统成本较高的问题，目前尚未提出有效的解决方案。

5 发明内容

本发明提供了一种延迟激励超声成像方法、装置及延迟激励系统，以至少解决相关技术中超声成像系统成本较高的问题。

根据本发明的一个方面，提供了一种延迟激励超声成像方法，其中，该方法包括：生成调节时钟，根据所述调节时钟对超声波换能器进行一次或多次延迟激励；对所述超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集；将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据；根据所述高频采样数据进行超声成像。

优选地，根据所述调节时钟对超声波换能器进行一次延迟激励，包括：将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

优选地，根据所述调节时钟对超声波换能器进行多次延迟激励，包括：将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；将两个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；以此类推，将多个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

优选地，对所述超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集，包括：在采样信号上升沿时，对所述超声回波信号进行数据采集；以及，在采样信号上升沿时，对每次延迟激励后的信号进行数据采集。

优选地，将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据，包括：将采集的数据按照延迟激励的时序关系进行合成叠加，得到所述高频采样数据。

优选地，所述超声波换能器是：单个超声波换能器，或者，由多个超声波换能器组成的超声波换能器阵列。

根据本发明的另一个方面，提供了一种延迟激励超声成像装置，其中，该装置包括：延迟激励模块，用于生成调节时钟，根据所述调节时钟对超声波换能器进行一次或多次延迟激励；数据采集模块，用于对所述超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集；数据合成模块，用于将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据；超声成像模块，用于根据所述高频采样数据进行超声成像。

优选地，所述延迟激励模块，还用于将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

5 优选地，所述延迟激励模块，还用于将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；将两个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；以此类推，将多个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

优选地，第一采集单元，用于在采样信号上升沿时，对所述超声回波信号进行数据采集；以及，第二采集单元，用于在采样信号上升沿时，对每次延迟激励后的信号进行数据采集。

10 优选地，所述数据合成模块，还用于将采集的数据按照延迟激励的时序关系进行合成叠加，得到所述高频采样数据。

优选地，所述超声波换能器是：单个超声波换能器，或者，由多个超声波换能器组成的超声波换能器阵列。

15 根据本发明的又一个方面，提供了一种延迟激励系统，其中，该系统包括：信号接收模块，用于接收超声信号后，将所述超声信号转换为超声回波信号；可编程逻辑控制模块，用于生成调节时钟，向所述信号发射模块发送延迟激励的控制信号；还用于采集延迟激励的数据，并将采集的数据合成叠加，得到高频采样数据；信号发射模块，用于接收到所述可编程逻辑控制模块发送的控制信号后，根据所述调节时钟对所述超声回波信号进行延迟激励。

20 优选地，所述信号接收模块包括：切换开关，在发射超声信号时关闭，在接收超声信号时打开；LNA 低噪声信号放大单元，用于将接收的超声信号进行第一级放大；PGA 可编程增益放大单元，用于将第一级放大后的超声信号再一次放大；其中，放大倍数由所述可编程逻辑控制模块调整；LPF 可配置模拟滤波单元，用于调整低通滤波的截止频率，将所述 PGA 可编程增益放大电路放大后的超声信号中高于所述截止频率的高频噪声滤除；ADC 高精度模数转换单元，用于将经过所述 LPF 可配置模拟滤波单元滤除后的超
25 声信号转换为超声回波信号。

优选地，所述可编程逻辑控制模块包括：SPI 逻辑控制单元，用于控制所述信号发射模块；延迟激励调节时钟单元，用于生成调节时钟；采样数据合成单元，用于采集延迟激励的数据，并将采集的数据合成叠加，得到高频采样数据。

优选地，所述信号发射模块包括：MOS 驱动，用于接收所述可编程逻辑控制模块的控制信号，将所述控制信号放大后发送至 MOS 高压导通单元；所述 MOS 高压导通单元，用于根据接收到的控制信号对所述超声回波信号进行延迟激励；阻抗匹配高压激励单元，用于匹配不同型号的超声波换能器。

- 5 本发明提供了一种延迟激励超声成像方法、装置及延迟激励系统，通过对超声波换能器进行延迟激励，使得常规的模数转换芯片也能进行高频超声成像，可以实现一种通过低成本采样和延迟激励进行超声成像的方案。本发明既可用于传统低频超声成像系统中，也可用于高频率超声成像系统中，可大幅度降低系统成本。

附图说明

- 10 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，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的限定。在附图中：

图 1 是根据本发明实施例的延迟激励超声成像方法的流程图；

图 2 是根据本发明实施例的对超声波换能器进行一次延迟激励的示意图；

图 3 是根据本发明实施例的数据合成第一示意图；

- 15 图 4 是根据本发明实施例的对超声波换能器进行多次延迟激励的示意图；

图 5 是根据本发明实施例的数据合成第二示意图；

图 6 是根据本发明实施例的延迟激励超声成像装置的结构示意图；

图 7 是根据本发明实施例的数据采集模块的结构示意图；

图 8 是根据本发明实施例的延迟激励系统的结构示意图；

- 20 图 9 是根据本发明实施例的延迟激励系统的整体框图；

图 10 是根据本发明实施例的信号接收模块的结构示意图；

图 11 是根据本发明实施例的可编程逻辑控制模块的结构示意图；

图 12 是根据本发明实施例的 SPI 逻辑控制单元的示意图；

图 13 是根据本发明实施例的信号发射模块的结构示意图；

- 25 图 14 是根据本发明实施例的被测信号的数据处理结果示意图；

图 15 是根据本发明实施例的延迟激励后信号的数据处理结果示意图；

图 16 是根据本发明实施例的数据叠加结果示意图；

图 17 是根据本发明实施例的数据合成处理结果示意图。

具体实施方式

下面结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的保护范围。

5 本发明实施例提供了一种延迟激励超声成像方法，图 1 是根据本发明实施例的延迟激励超声成像方法的流程图，如图 1 所示，该方法包括以下步骤（步骤 S102-步骤 S108）：

步骤 S102，生成调节时钟，根据调节时钟对超声波换能器进行一次或多次延迟激励；

10 步骤 S104，对超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集；

步骤 S106，将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据；

步骤 S108，根据高频采样数据进行超声成像。

本实施例通过对超声波换能器进行延迟激励，使得常规的模数转换芯片也能进行高频超声成像，可以实现一种通过低成本采样和延迟激励进行超声成像的方案。本实施例提供的技术方案既可用于传统低频超声成像系统中，也可用于高频率超声成像系统中，可大幅度降低系统成本。

在本实施例中，对超声波换能器进行延迟激励的次数可以是一次或者多次，可根据具体需求进行设定。在延迟激励之后，需要在采样信号上升沿时，对超声回波信号进行数据采集；以及，在采样信号上升沿时，对每次延迟激励后的信号进行数据采集。然后将采集的数据按照延迟激励的时序关系进行合成叠加，得到高频采样数据。延迟激励的次数越多，得到高频采样数据的精度就会越高。

如果设定对超声波换能器进行一次延迟激励，则将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励。图 2 是根据本发明实施例的对超声波换能器进行一次延迟激励的示意图，如图 2 所示，高频调节时钟是用来调节延迟的，图 2 中以延迟一个调节时钟周期的时间为例进行示意，如图 2 所示的延迟后的被测信号（超声回波信号），会被错开一个相位，再次被 ADC 的时钟上升沿采集。

延迟激励后的数据采集分为两次：第一次采集是在采样信号的上升沿得到两个采样点；第二次采集的时候由于延迟一个调节时钟的时间进行超声激励，故而超声回波信号

也晚到一个调节时钟的时间，会被错开一个相位采集，在采样信号的上升沿得到两个采样点。

图 3 是根据本发明实施例的数据合成第一示意图，如图 3 所示，被测信号的采样频率只能采集到被测信号的 2 个采样点，这对于数据分析及满足奈奎斯特定律来说都是不够的，所以进行了一次延迟激励，延迟时间为高频调节时钟的一个周期，对应采样时钟的上升沿，从而又采集到错开相位的 2 个采样点，再通过逻辑编程，将被测信号的采样点和延迟激励后的采样点根据延迟激励的时序关系，进行合成叠加，得到高频采样数据。

当然，图 2 只是以延迟一个调节时钟的时间为例进行说明，也可以按需设定 2 个或 3 个、4 个调节时钟的时间，这个是灵活操作的，在采样次数上也可以根据延迟次数的不同进行更多次的采样，会得到更佳的采样结果。

如果设定对超声波换能器进行多次延迟激励，则将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励；将两个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励；以此类推，将多个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励。

图 4 是根据本发明实施例的对超声波换能器进行多次延迟激励的示意图，如图 4 所示，在采样信号上升沿时，对被测信号（超声回波信号）进行数据采集，然后依次对延迟一个调节时钟、两个调节时钟、三个调节时钟后的被测信号进行数据采集。

图 5 是根据本发明实施例的数据合成第二示意图，如图 5 所示，由于图 4 中对超声波换能器进行了三次延迟激励，因此对应的会采集四次数据。将这四份数据进行合成叠加，得到高频采样数据。

图 4 和图 5 示出了 3 次延迟激励，4 次数据采集的过程，采样点在多次采样数据合成后就有 8 个，是常规方式的 4 倍。延迟激励次数可以灵活拓展，按需应用。本实施例可以通过 3 次、4 次或更多次的延迟激励，进行 3 份、4 份或更多份数据的合成，合成 2 份就是 2 倍的采样精度，延迟激励的次数越多，采样精度也会对应的成倍提升。

在本实施例中，超声波换能器可以是单个超声波换能器，也可以是由多个超声波换能器组成的超声波换能器阵列。本发明对此不做限定。

基于同一发明构思，本发明实施例中还提供了一种延迟激励超声成像装置，可以用于实现上述实施例所描述的方法，如下面的实施例所述。由于延迟激励超声成像装置解决问题的原理与延迟激励超声成像方法相似，因此延迟激励超声成像装置的实施可以参

见延迟激励超声成像方法的实施，重复之处不再赘述。以下所使用的，术语“单元”或者“模块”可以实现预定功能的软件和/或硬件的组合。尽管以下实施例所描述的系统较佳地以软件来实现，但是硬件，或者软件和硬件的组合的实现也是可能并被构想的。

图 6 是根据本发明实施例的延迟激励超声成像装置的结构示意图，如图 6 所示，该装置包括：延迟激励模块 10、数据采集模块 20、数据合成模块 30、超声成像模块 40，下面对该结构进行具体说明。

延迟激励模块 10，用于生成调节时钟，根据调节时钟对超声波换能器进行一次或多次延迟激励；

数据采集模块 20，用于对超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集；

数据合成模块 30，用于将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据；

超声成像模块 40，用于根据高频采样数据进行超声成像。

本实施例通过对超声波换能器进行延迟激励，使得常规的模数转换芯片也能进行高频超声成像，可以实现一种通过低成本采样和延迟激励进行超声成像的方案。本实施例提供的技术方案既可用于传统低频超声成像系统中，也可用于高频率超声成像系统中，可大幅度降低系统成本。

对超声波换能器进行延迟激励的次数可以是一次或者多次，可根据具体需求进行设定。在本实施例中，延迟激励模块 10，用于将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励。延迟激励模块 10，还用于将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励；将两个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励；以此类推，将多个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对超声波换能器进行一次延迟激励。延迟激励的次数越多，得到高频采样数据的精度就会越高。

图 7 是根据本发明实施例的数据采集模块的结构示意图，如图 7 所示，数据采集模块 20 包括：第一采集单元 22，用于在采样信号上升沿时，对超声回波信号进行数据采集；以及，第二采集单元 24，用于在采样信号上升沿时，对每次延迟激励后的信号进行数据采集。数据采集的次数一般比延迟激励的次数多一次。数据采集的次数越高，采样精度越高。

一实施例中，数据合成模块 30，用于将采集的数据按照延迟激励的时序关系进行合成叠加，得到高频采样数据。从而可以得到准确度和精度较高的高频采样数据。

在本实施例中，超声波换能器可以是单个超声波换能器，也可以是由多个超声波换能器组成的超声波换能器阵列。本发明对此不做限定。

当然，上述模块划分只是一种示意划分，本发明并不局限于此。该装置还可以仅包括：延迟激励模块、数据处理模块和超声成像模块，延迟激励模块执行与延迟激励相关的功能，数据处理模块执行与数据采集、数据合成相关的功能，超声成像模块执行与超声成像相关的功能。只要能够实现本发明的目的的模块划分，均应属于本发明的保护范围。

基于同一发明构思，本发明实施例中还提供了一种延迟激励系统，可以用于实现上述实施例所描述的方法。图 8 是根据本发明实施例的延迟激励系统的结构示意图，如图 8 所示，该系统包括：信号接收模块、可编程逻辑控制模块、信号发射模块，下面对该结构进行具体说明。

信号接收模块，用于接收超声信号后，将超声信号转换为超声回波信号；

可编程逻辑控制模块，用于生成调节时钟，向信号发射模块发送延迟激励的控制信号；还用于采集延迟激励的数据，并将采集的数据合成叠加，得到高频采样数据；

信号发射模块，用于接收到可编程逻辑控制模块发送的控制信号后，根据调节时钟对超声回波信号进行延迟激励。

本实施例通过对超声波换能器进行延迟激励，使得常规的模数转换芯片也能进行高频超声成像，可以实现一种通过低成本采样和延迟激励进行超声成像的方案。本实施例提供的技术方案既可用于传统低频超声成像系统中，也可用于高频率超声成像系统中，可大幅度降低系统成本。

图 9 是根据本发明实施例的延迟激励系统的整体框图，如图 9 所示，延迟激励系统主要分为三个环节：超声信号接收、可编程逻辑控制、超声信号发射三个部分。图 9 中每个单元可以用一个功能电路独立实现，每个模块可以用一个集成芯片集成实现。

本申请的技术方案可以应用于单个超声波换能器，也可以应用于由多个超声波换能器组成的换能器阵列，超声波换能器/阵列的作用是接收或发射超声信号。

（一）超声信号接收环节

超声波换能器或者换能器阵列接收到超声信号之后，将声信号转换成电信号，经过切换开关进入数据采集通道，此时的电信号非常微弱，需要经过 LNA（Low Noise Amplifier）低噪声信号放大，再经过 PGA（Programmable Gain Amplifier）可编程增益放

大器再次放大，通过 LPF（Low Pass Filter）可配置模拟滤波模块后，进入 ADC（Analog-to-Digital Converter）模数转换器将模拟信号转为数字信号。

信号接收模块，可以采用集成的专用芯片，也可以搭建分立的模拟电路。图 10 是根据本发明实施例的信号接收模块的结构示意图，如图 10 所示，信号接收模块包括：

- 5 切换开关，在发射超声信号时关闭，在接收超声信号时打开。发射/接收切换开关，主要起到对接收电路保护的作用，可以阻止发射电路的高压激励串流到接收电路，损坏电子器件。

LNA 低噪声信号放大单元，用于将接收的超声信号进行第一级放大。可以最大程度地在放大超声信号的基础上，少引入其他噪声信号。

- 10 PGA 可编程增益放大单元，用于将第一级放大后的超声信号再一次放大；其中，放大倍数由可编程逻辑控制模块调整。PGA 可编程增益放大单元由上一级 LNA 放大的增益（放大值）往往不够，还需要再次放大，才能得到满意的放大效果，本发明做了一个灵活的设计，就是 PGA 可编程增益放大单元是可以通过 SPI 串行通信总线受控于核心逻辑器件 FPGA（Field Programmable Gate Array）现场可编程门阵列，实现增益可调，也
- 15 就是放大的倍数可以通过编程的方式调整。

- LPF 可配置模拟滤波单元，用于调整低通滤波的截止频率，将 PGA 可编程增益放大单元放大后的超声信号中高于截止频率的高频噪声滤除。LPF 可配置模拟滤波单元可以是一个可配置的模拟低通滤波器，是可以通过 SPI 串行通信总线受控于核心逻辑器件 FPGA，可以根据信号的变化，调整低通滤波的截止频率，滤除大于截止频率的高频噪
- 20 声。

- ADC 高精度模数转换单元，用于将经过 LPF 可配置模拟滤波单元滤除后的超声信号转换为超声回波信号。经过前级放大和低通滤波之后的模拟信号，可以进入 ADC 高精度模数转换单元进行数据采集。ADC 高精度模数转换单元的工作参数设置，也可以通过 SPI 串行通信总线受控于核心逻辑器件 FPGA，可以根据信号的变化，调整采样频率及采
- 25 样精度。

（二）可编程逻辑控制环节

- 该环节工作于可编程逻辑器件（FPGA），负责全局的逻辑控制，包括超声信号接收环节的工作时序、超声信号发射环节的工作时序、以及在可编程逻辑器件（FPGA）内部生成一个高频调节时钟进行延迟激励的控制，并且将延迟激励的采样结果合成，提
- 30 高有效采样率。

可编程逻辑控制模块，是通过编程的方式在 FPGA 上设计完成的，也可以用搭建数字电路或 CPLD（Complex Programmable Logic Device，复杂可编程逻辑器件）的方案在一定程度上进行替换。图 11 是根据本发明实施例的可编程逻辑控制模块的结构示意图，如图 11 所示，可编程逻辑控制模块包括：

5 SPI 逻辑控制单元，用于控制信号发射模块。本发明通过自身实际需要进行电路设计和功能搭配，通过硬件描述语言对 FPGA 进行编程，设计出 FPGA 内的 SPI 逻辑控制模块，完成了对常规芯片的功能重建。图 12 是根据本发明实施例的 SPI 逻辑控制单元的示意图，如图 12 所示，SPI 逻辑控制单元控制了其他 3 个单元，包括：PGA 可编程增益放大单元、LPF 可配置模拟滤波单元和 ADC 高精度模数转换单元。同时，FPGA 内的数据
10 采集逻辑控制模块也是通过硬件描述语言对 FPGA 进行编程，它协调整个数据采集过程的时序问题，驱动 ADC 芯片工作等等。FPGA 可以理解为一种可以通过编程来实现逻辑功能的芯片，它的运行效率很高，也节省板子空间和硬件成本，需要修改功能时只要重新编写程序下载即可，不用更换器件，非常灵活。

 延迟激励调节时钟单元，用于生成调节时钟。本发明采用的超声波换能器的工作频率
15 假设是 40MHz，采用的模数转换芯片的采样频率则是 80MHz，此处有一关键设计点，就是在可编程逻辑器件内部生成了一个 160MHz 的更高速的调节时钟，由于更高速的调节时钟拥有更细微的相位调节能力，为后级的延迟激励相位调节提供必要条件。采样时钟是模数转换芯片（ADC）的工作时钟，采样信号上升沿的时候进行数据采集及转换。图 2 和图 4 中被测信号中，前面的方波是给超声波换能器的高压激励，仅作示意，
20 可以不考虑，重要的是后面的正弦波形态的超声回波信号，是要采集的对象，回波频率等同于激励频率。

 采样数据合成单元，用于采集延迟激励的数据，并将采集的数据合成叠加，得到高频采样数据。

（三）超声信号发射环节

25 该环节在接收到前端可编程逻辑器件发来的控制信号后，通过 MOS 驱动和 MOS 高压导通单元对超声波换能器或换能器阵列进行高压激励。

 信号发射模块，可以采用集成的专用芯片，也可以搭建分立的模拟电路。图 13 是根据本发明实施例的信号发射模块的结构示意图，如图 13 所示，信号发射模块包括：

 MOS 驱动，用于接收可编程逻辑控制模块的控制信号，将控制信号放大后发送至
30 MOS 高压导通单元。MOS 驱动受控于前端可编程逻辑器件，作用是由于可编程逻辑器

件不能直接驱动高压 MOS（MOS：金属氧化物半导体），所以需要设置一个 MOS 驱动电路，接收可编程逻辑器件的控制信号，在此将控制信号放大后再驱动后级 MOS 高压导通单元，控制信号的变化仅在于电压及电流的放大，控制信号的相位关系及形态是不变的。

- 5 MOS 高压导通单元，用于根据接收到的控制信号对超声回波信号进行延迟激励。MOS 高压导通单元受控于前级 MOS 驱动，根据控制信号的变化，导通正高压及负高压，形成对超声波换能器的高压激励。

阻抗匹配高压激励单元，主要由变压器及其他分立元件组成，用于匹配不同型号的超声波换能器。

- 10 图 14 是根据本发明实施例的被测信号的数据处理结果示意图，图 15 是根据本发明实施例的延迟激励后信号的数据处理结果示意图，图 16 是根据本发明实施例的数据叠加结果示意图，图 17 是根据本发明实施例的数据合成处理结果示意图。图 14 中所示的被测信号的波形线条较为粗糙，图 15 所示的是对超声波换能器进行一次延迟激励后的信号的波形，将图 14 和图 15 中的信号数据进行叠加，得到图 16 所示的波形，再进行数据合
- 15 成后，得到图 17 所示的线条较为圆滑精细的波形。

通过图 14-17 可以看出，作为独立的数据的时候，其实波形形态并不好，因为采样率并不够，但是经过算法合成之后，叠加后的图像，在波形形态上就更反应真实情况，因为采样点数提高了一倍，因此波形完整且没有失真。

- 高频超声成像技术越来越被医学界所关注和期待，因为能在特殊诊断场合获得更为
- 20 清晰的医学诊断图像，帮助医生分析病情。高频超声成像技术在科学前沿也越来越重要，因为可以进行多种小动物及人类的科学研究，是必不可少的科研工具。本发明通过生成一个高频的调节时钟，对超声波换能器进行延迟激励，通过多次采集及数据合成实现超声成像。本发明可应用于传统低频超声成像领域，可大幅度降低系统成本。

- 在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示
- 25 例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

- 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
- 30 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。

权利要求书

1、一种延迟激励超声成像方法，其特征在于，包括：

生成调节时钟，根据所述调节时钟对超声波换能器进行一次或多次延迟激励；

对所述超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集；

5 将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据；

根据所述高频采样数据进行超声成像。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述调节时钟对超声波换能器进行一次延迟激励，包括：

10 将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述调节时钟对超声波换能器进行多次延迟激励，包括：

将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；

15 将两个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；

以此类推，

将多个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

20 4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，对所述超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集，包括：

在采样信号上升沿时，对所述超声回波信号进行数据采集；以及，

在采样信号上升沿时，对每次延迟激励后的信号进行数据采集。

25 5、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据，包括：

将采集的数据按照延迟激励的时序关系进行合成叠加，得到所述高频采样数据。

6、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述超声波换能器是：单个超声波换能器，或者，由多个超声波换能器组成的超声波换能器阵列。

7、一种延迟激励超声成像装置，其特征在于，包括：

延迟激励模块，用于生成调节时钟，根据所述调节时钟对超声波换能器进行一次或多次延迟激励；

数据采集模块，用于对所述超声波换能器的超声回波信号以及每次延迟激励后的信号进行数据采集；

5 数据合成模块，用于将采集的数据进行合成叠加，得到高频采样数据；

超声成像模块，用于根据所述高频采样数据进行超声成像。

8、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，

所述延迟激励模块，还用于将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

10 9、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，

所述延迟激励模块，还用于将一个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；将两个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励；以此类推，将多个调节时钟作为延迟周期，根据该延迟周期对所述超声波换能器进行一次延迟激励。

15 10、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述数据采集模块包括：

第一采集单元，用于在采样信号上升沿时，对所述超声回波信号进行数据采集；以及，

第二采集单元，用于在采样信号上升沿时，对每次延迟激励后的信号进行数据采集。

20 11、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，

所述数据合成模块，还用于将采集的数据按照延迟激励的时序关系进行合成叠加，得到所述高频采样数据。

12、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述超声波换能器是：单个超声波换能器，或者，由多个超声波换能器组成的超声波换能器阵列。

25 13、一种延迟激励系统，其特征在于，包括：

信号接收模块，用于接收超声信号后，将所述超声信号转换为超声回波信号；

可编程逻辑控制模块，用于生成调节时钟，向所述信号发射模块发送延迟激励的控制信号；还用于采集延迟激励的数据，并将采集的数据合成叠加，得到高频采样数据；

30 信号发射模块，用于接收到所述可编程逻辑控制模块发送的控制信号后，根据所述调节时钟对所述超声回波信号进行延迟激励。

14、根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述信号接收模块包括：

切换开关，在发射超声信号时关闭，在接收超声信号时打开；

LNA 低噪声信号放大单元，用于将接收的超声信号进行第一级放大；

PGA 可编程增益放大单元，用于将第一级放大后的超声信号再一次放大；其中，放

5 大倍数由所述可编程逻辑控制模块调整；

LPF 可配置模拟滤波单元，用于调整低通滤波的截止频率，将所述 PGA 可编程增益放大电路放大后的超声信号中高于所述截止频率的高频噪声滤除；

ADC 高精度模数转换单元，用于将经过所述 LPF 可配置模拟滤波单元滤除后的超声信号转换为超声回波信号。

10 15、根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述可编程逻辑控制模块包括：

SPI 逻辑控制单元，用于控制所述信号发射模块；

延迟激励调节时钟单元，用于生成调节时钟；

采样数据合成单元，用于采集延迟激励的数据，并将采集的数据合成叠加，得到高频采样数据。

15 16、根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述信号发射模块包括：

MOS 驱动，用于接收所述可编程逻辑控制模块的控制信号，将所述控制信号放大后发送至 MOS 高压导通单元；

所述 MOS 高压导通单元，用于根据接收到的控制信号对所述超声回波信号进行延迟激励；

20 阻抗匹配高压激励单元，用于匹配不同型号的超声波换能器。

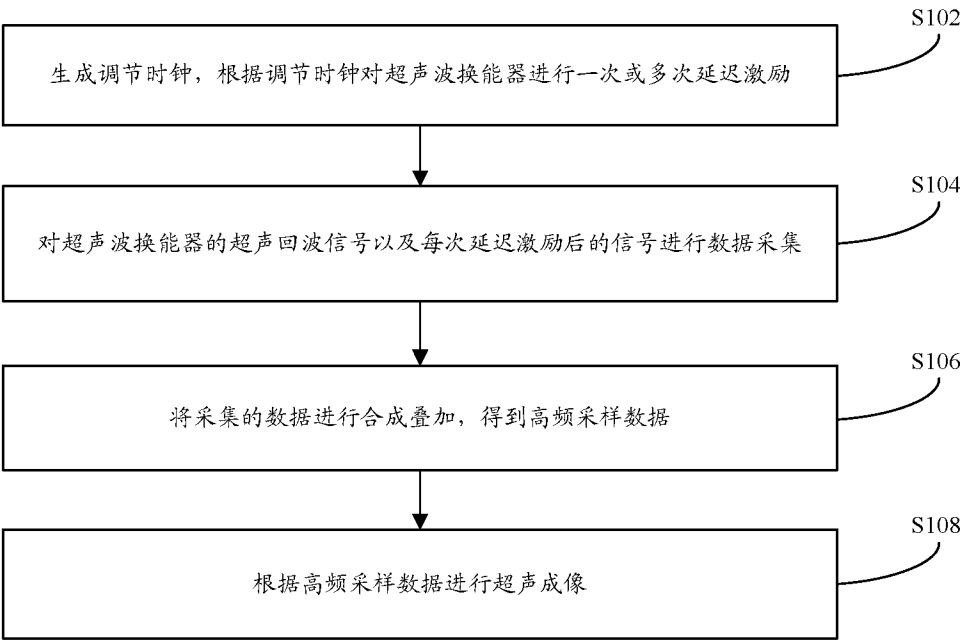


图 1

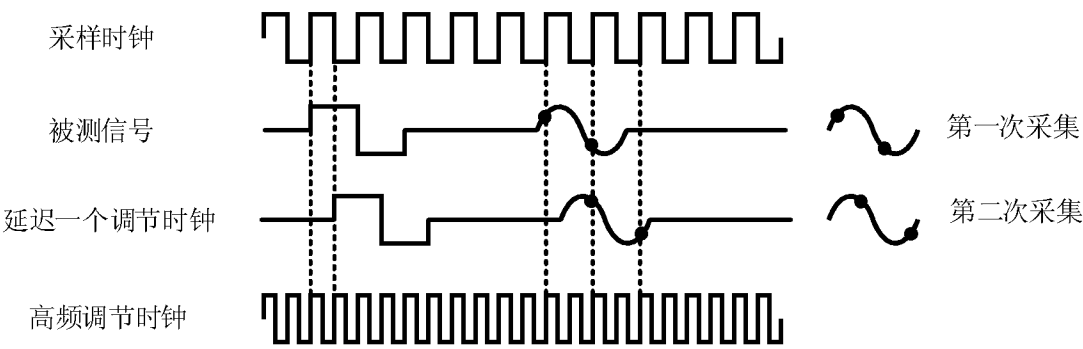


图 2



图 3

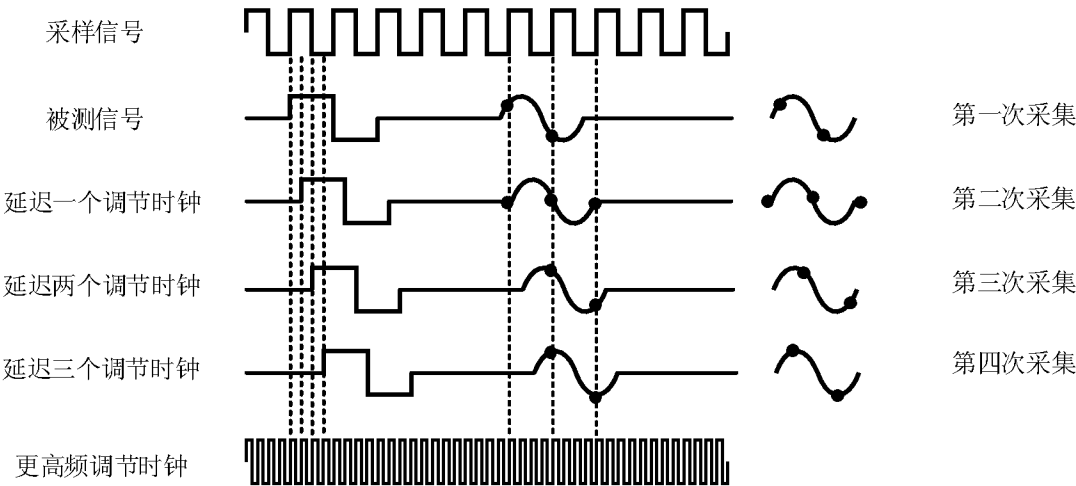


图 4



图 5

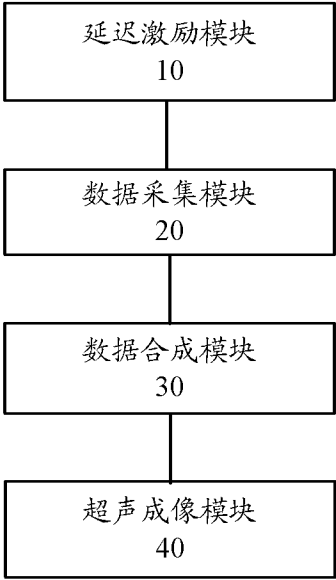


图 6

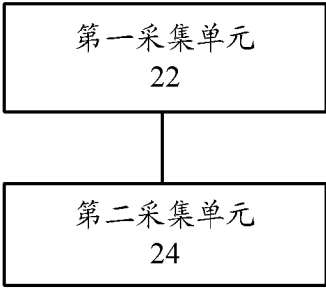


图 7

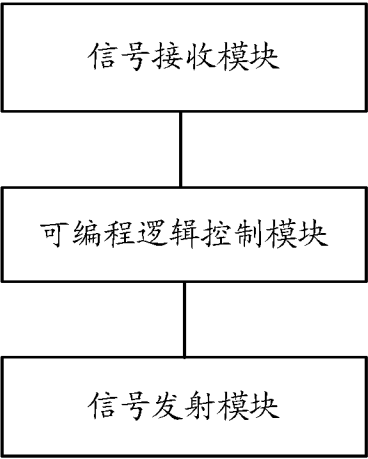


图 8

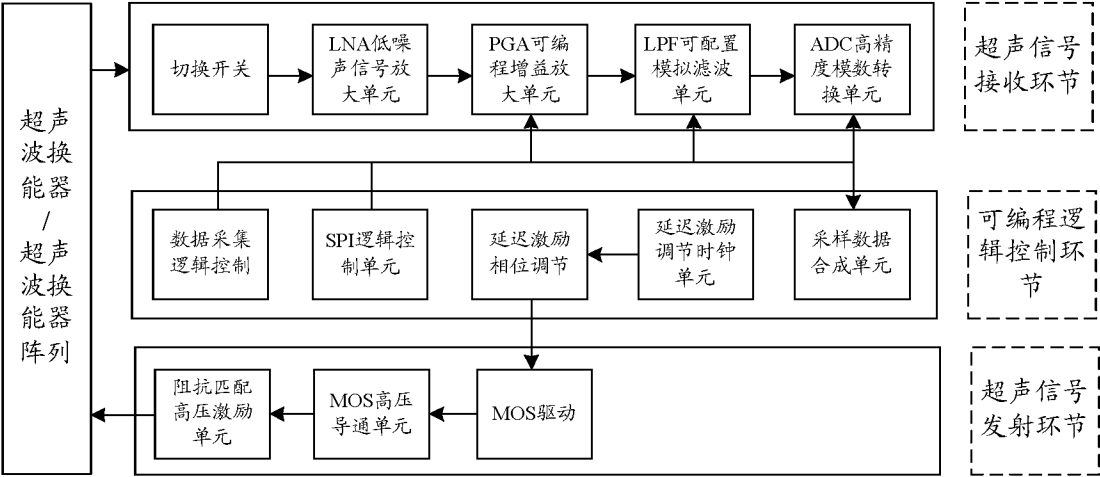


图 9



图 10

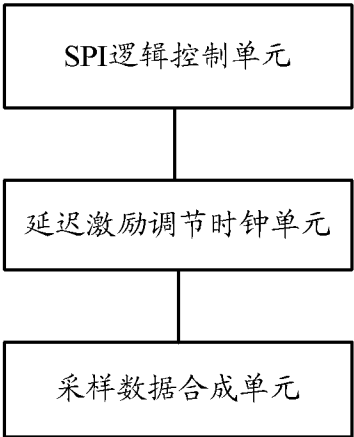


图 11

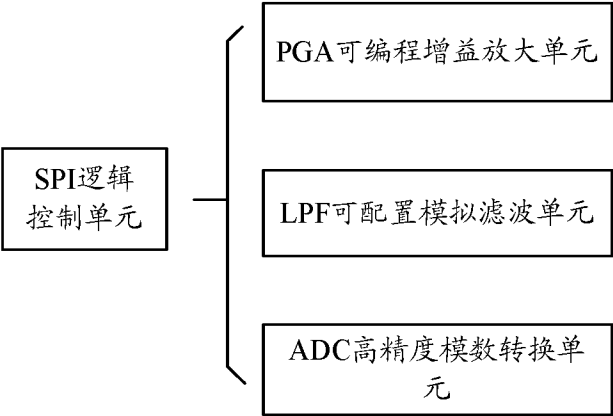


图 12

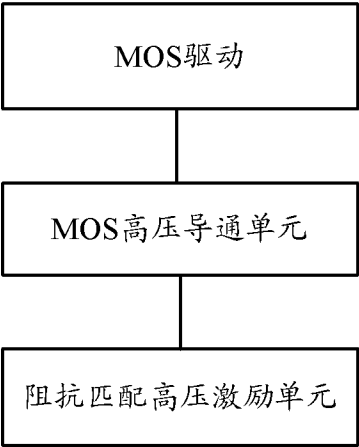


图 13

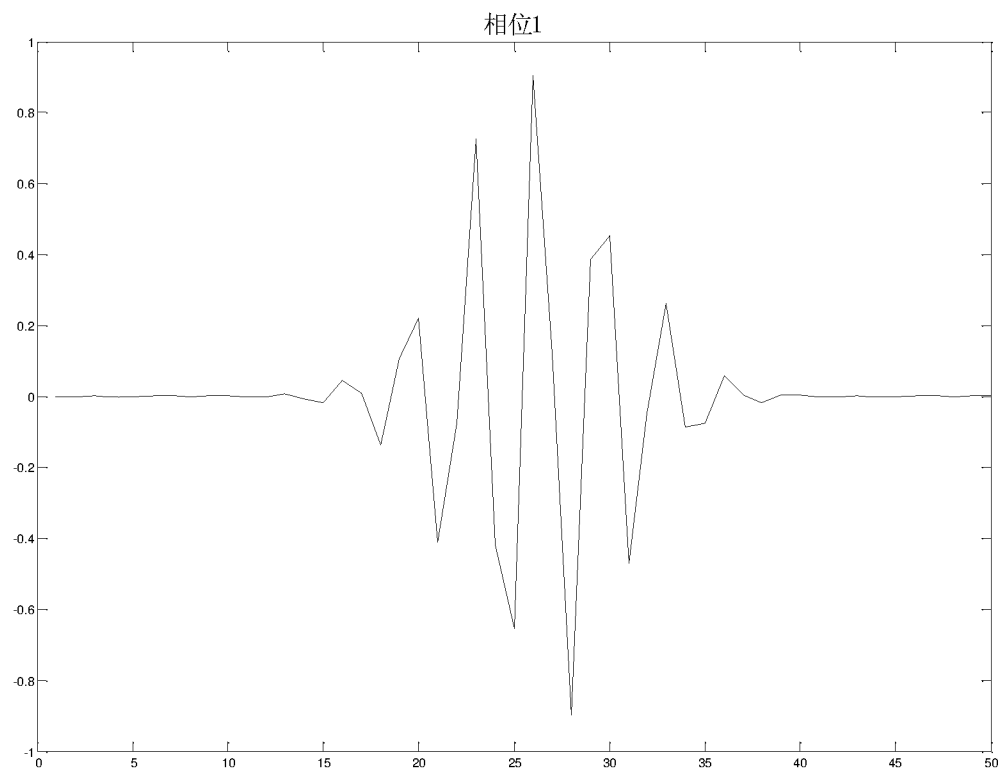


图 14

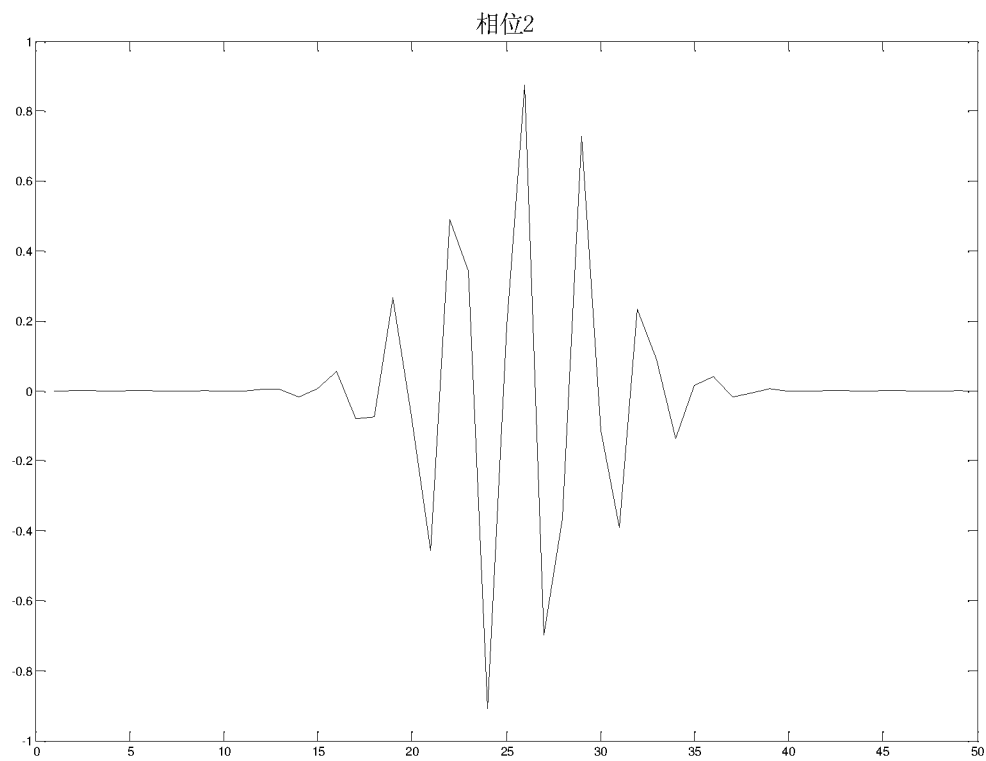


图 15

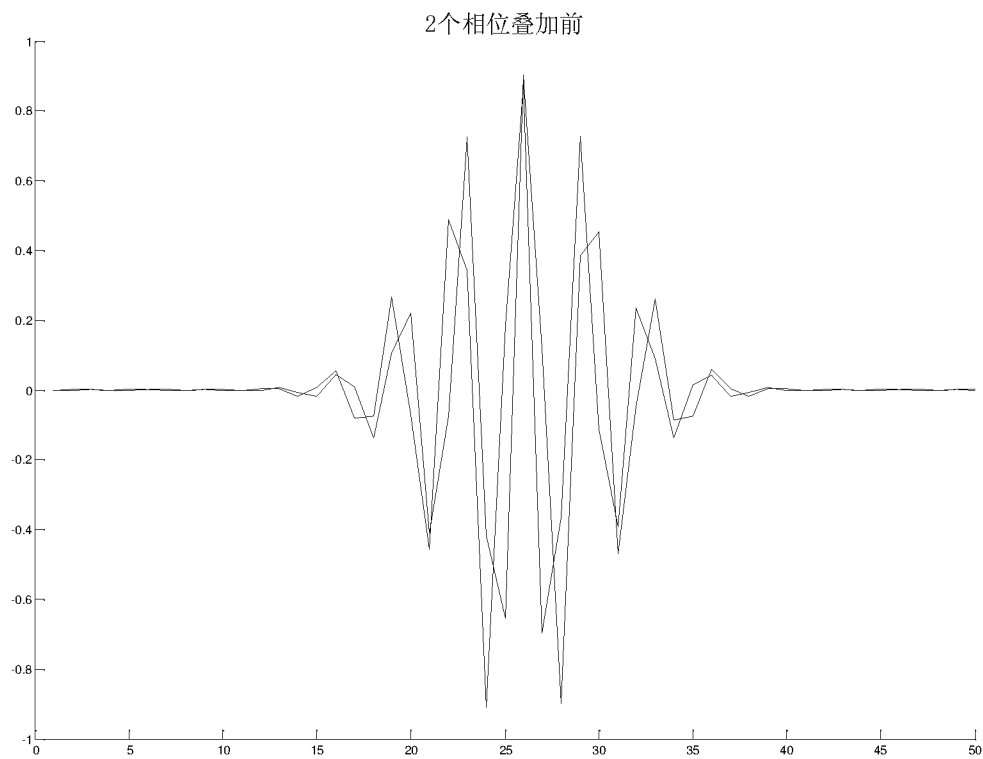


图 16

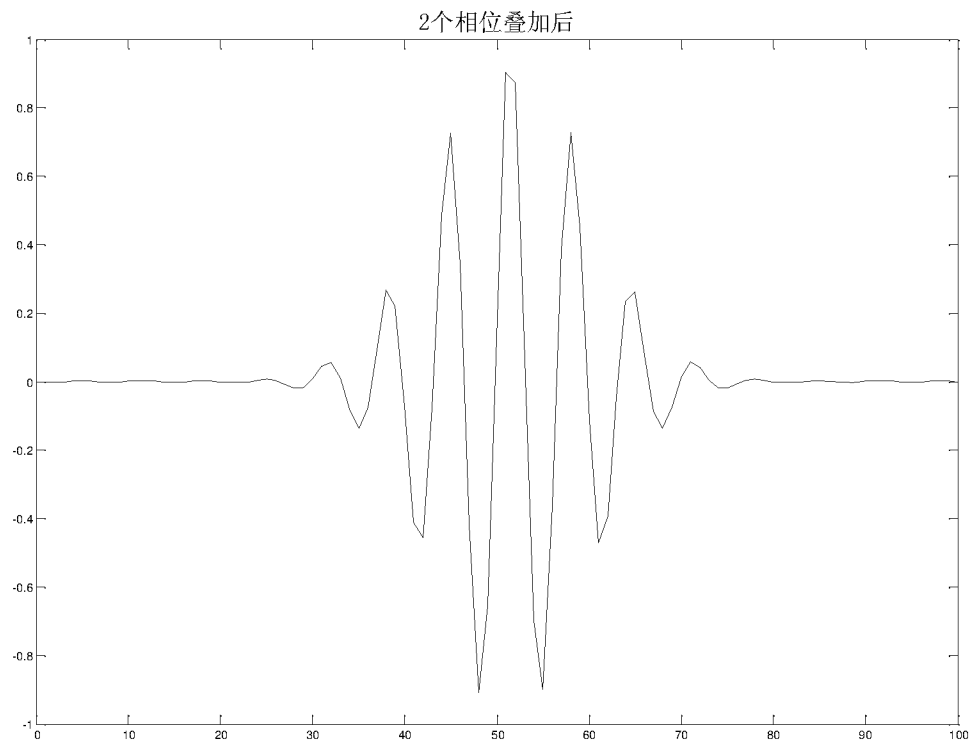


图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/083132

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 8/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B; H04; G01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRSABS, CNTXT, CNPAT, VEN: ultranic, ultrasound, delay+, sampl+, superposition, synthesis, time shifting

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WANG, Hua et al., "A novel architecture of receive beamforming for ultrasonic phased array system based on FPGA" Journal of Harbin Institute of Technology volume 41, number 2, 28 February 2009 (28.02.2009), ISSN: 0367-623, pages 120-123	1-16
Y	CN 102148789 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 10 August 2011 (10.08.2011) description, paragraph [0018], and figure 1	1-16
A	CN 104739448 A (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) 01 July 2015 (01.07.2015) the whole document	1-16
A	CN 105027219 A (HITACHI LTD.) 04 November 2015 (04.11.2015) the whole document	1-16
A	CN 101858972 A (SHENZHEN LANDWIND INDUSTRY CO., LTD.) 13 October 2010 (13.10.2010) the whole document	1-16
A	US 2005004464 A1 (VUESONIX SENSORS INC.) 06 January 2005 (06.01.2005) the whole document	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 January 2017	Date of mailing of the international search report 07 February 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimengqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Qingnan Telephone No. (86-10) 62085610

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/083132

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102148789 A	10 August 2011	None	
CN 104739448 A	01 July 2015	None	
CN 105027219 A	04 November 2015	EP 2980803 A1	03 February 2016
		US 2016013782 A1	14 January 2016
		WO 2014155635 A1	02 October 2014
CN 101858972 A	13 October 2010	CN 101858972 B	30 January 2013
		US 2011237950 A1	29 September 2011
US 2005004464 A1	06 January 2005	US 7227813 B2	05 June 2007
		EP 1614186 A2	11 January 2006
		EP 1614186 A4	22 December 2010
		JP 2006524330 A	26 October 2006
		WO 2004084341 A2	30 September 2004

A. 主题的分类 A61B 8/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) A61B, H04, G01 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CPRSABS, CNTXT, CNPAT, VEN 超声, 延迟, 延时, 时延, 时移, 取样, 采样, 叠加, 合成, ultranic, ultrasound, delay+, sampl+, superposition		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	王华 等. "FPGA的超声相控阵系统接收波形合成结构" 哈尔滨工业大学学报, 第41卷, 第2期, 2009年 2月 28日 (2009 - 02 - 28), ISSN: 0367-623, 第120-123页	1-16
Y	CN 102148789 A (清华大学) 2011年 8月 10日 (2011 - 08 - 10) 说明书第[0018]段, 图1	1-16
A	CN 104739448 A (深圳先进技术研究院) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01) 全文	1-16
A	CN 105027219 A (株式会社日立制作所) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 全文	1-16
A	CN 101858972 A (深圳市蓝韵实业有限公司) 2010年 10月 13日 (2010 - 10 - 13) 全文	1-16
A	US 2005004464 A1 (VUESONIX SENSORS INC) 2005年 1月 6日 (2005 - 01 - 06) 全文	1-16
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2017年 1月 18日		2017年 2月 7日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		张清楠 电话号码 (86-10) 62085610

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/083132

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102148789	A	2011年 8月 10日	无			
CN	104739448	A	2015年 7月 1日	无			
CN	105027219	A	2015年 11月 4日	EP	2980803	A1	2016年 2月 3日
				US	2016013782	A1	2016年 1月 14日
				WO	2014155635	A1	2014年 10月 2日
CN	101858972	A	2010年 10月 13日	CN	101858972	B	2013年 1月 30日
				US	2011237950	A1	2011年 9月 29日
US	2005004464	A1	2005年 1月 6日	US	7227813	B2	2007年 6月 5日
				EP	1614186	A2	2006年 1月 11日
				EP	1614186	A4	2010年 12月 22日
				JP	2006524330	A	2006年 10月 26日
				WO	2004084341	A2	2004年 9月 30日