



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110664431 A

(43)申请公布日 2020.01.10

(21)申请号 201910888917.2

(22)申请日 2019.09.19

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

申请人 北京华科创智健康科技股份有限公司

(72)发明人 陈晓冬 杨晋 周智峰 邓惟心

汪毅 蔡怀宇 邹慧玲

(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.

A61B 8/00(2006.01)

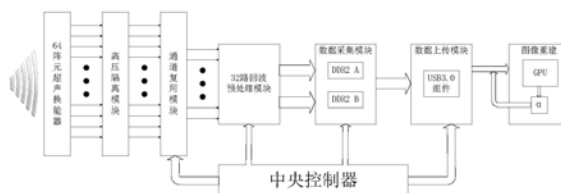
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置及方法

(57)摘要

本发明公开一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置及方法;装置包括中央控制模块、高压隔离模块、通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块和图像重建模块;中央控制模块用于控制通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块完成相应功能;高压隔离模块用于滤除换能器端口处的高压电脉冲,实现回波信号与高压脉冲的分离;通道复用模块由n2个低压模拟开关芯片组成,共包含n1路信号通道,分别连接在超声换能器的n1个阵元上;回波预处理模块,采用n4个多路集成模拟前端芯片,接收所述通道复用模块所传输的n3路模拟信号;所述数据采集模块,由两个DDR2存储器构成;图像重建模块采用GPU为计算平台。



CN 110664431 A

1. 一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置,其特征在于,包括中央控制模块、高压隔离模块、通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块和图像重建模块;所述回波数据传输及图像重建装置用于对回波信号进行数据采集、上传及成像过程;回波信号由位于回波数据传输及图像重建装置最前端的超声换能器接收;所述超声换能器为超声检测领域常用的发射或接收超声波的器件;

所述中央控制模块用于控制通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块完成相应功能,并控制本回波数据传输及图像重建装置的时序;

所述高压隔离模块用于滤除换能器端口处的高压电脉冲,实现回波信号与高压脉冲的分离;

所述通道复用模块由 $n_2$ 个低压模拟开关芯片组成,共包含 $n_1$ 路信号通道,分别连接在超声换能器的 $n_1$ 个阵元上;在中央控制模块的配置下,超声换能器完成第一次声波发射并接收回波信号,信号经换能器由声信号转换成模拟电信号,经高压隔离模块处理后,由通道复用模块顺序接收 $0, 1 \cdots n_3-1$ 号阵元的模拟信号,输出 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;超声换能器完成第二次声波发射,低压模拟开关芯片切换通道,顺序接收 $n_3, n_3+1 \cdots 2n_3-1$ 号阵元回波信号,输出 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;以此类推,直至接收全部 $n_1$ 组回波信号;假定单个低压模拟开关芯片可提供 $N$ 路接收通道,超声换能器连续发射声波及通道切换次数为 $M$ ,则 $n_1, n_2, n_3, M, N$ 之间满足关系:

$$n_1 = N * n_2, M = n_1 / n_3$$

所述回波预处理模块,采用 $n_4$ 个多路集成模拟前端芯片,接收所述通道复用模块所传输的 $n_3$ 路模拟信号,在中央控制模块的控制下,对 $n_3$ 路模拟信号进行滤波、去噪、放大及数模转换过程,输出 $n_3$ 路数字信号给数据采集模块;

所述数据采集模块,由两个DDR2存储器构成,分别为存储器A和存储器B,用于缓存所述通道复用模块传递的 $n_3$ 路数字信号;在中央控制模块的控制下,随着前端通道的切换,两个DDR2存储器通过乒乓操作交替存储回波数据,单个存储器A接收数据时,另一个存储器B将存储的数据上传,清空存储器,保证数据采集连续进行;

所述数据上传模块为USB3.0传输模式;在中央控制模块的控制下,采用USB3.0传输协议,将DDR2存储器中的数据上传至图像重建模块;

所述图像重建模块采用GPU为计算平台,用于对所述数据采集模块及数据上传模块传输的单个DDR2存储器中的 $n_3$ 路回波数据进行并行计算,输出暂态图像矩阵 $\alpha$ ;并随着通道的切换不断迭代更新暂态矩阵 $\alpha$ ,重建完备的图像矩阵 $\Delta$ 。

2. 一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建方法,基于权利要求1所述复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置,其特征在于,

(1) 超声换能器连续发射 $M$ 次超声波,对人体组织进行扫查;

(2) 每发射一次超声波,中央控制模块控制复用电路完成一次通道切换;具体的,超声换能器完成第1次声波发射,通道复用模块顺序接收 $0, 1 \cdots n_3-1$ 号阵元回波信号,输出第1组 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;探头完成第2次声波发射,通道复用模块切换接收通道,顺序接收 $n_3, n_3+1 \cdots 2n_3-1$ 号阵元回波信号,输出第2组 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;依此进行,直至第 $M$ 次发射完成,接收 $(n_1-n_3), (n_1-n_3+1) \cdots, (n_1-1)$ 号阵元回波信号,输出第 $M$ 组 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;

(3) 回波信号经通道复用模块、回波预处理模块后储存在数据采集模块的两个DDR2存储器中,第1组数据存储在存储器A中;通道切换后,第2组数据存储在存储器B中,与此同时,A中的数据经USB3.0模块上传,交替往复;

(4) 回波数据上传给GPU完成图像重建;基于步骤(3)中回波数据交替上传的模式,GPU对接收的数据进行计算得到暂态图像矩阵 $\alpha$ ,并随着后续数据上传不断更新 $\alpha$ ;实现扫描与图像计算的同步进行,提高成像速度。

## 一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及相控阵超声内镜信号接收处理领域,特别是涉及一种适用于相控阵医学超声内镜系统的多阵元超声内窥镜接收传输及图像重建装置,并基于此装置提出一种实时数据接收及成像的方法。

### 背景技术

[0002] 现代医学超声内镜系统有单阵元环扫超声内镜和相控阵超声内镜两种。单阵元扫描内镜利用单一换能器阵元旋转扫描,发射超声波并接收回波信号,因此只需一路数据接收通道即可实现功能。而相控阵内镜采用阵列换能器,通过多个阵元间的延时发射实现偏转扫描,这就需要多组接收通道来实现数据接收。随着技术的发展,阵列换能器所集成的阵元数目不断增多,这使得后端的信号接收传输系统规模不断加大,而芯片的I/O口数量有限也导致无法为每个阵元提供专用的接收通道。现有的使用多个小规模接收系统进行并联扩展的方式也存在着数据同步性和系统复杂度高的问题,大大影响了系统的扩展性。

[0003] 现如今,高集成度的开关芯片的出现使我们实现通道复用成为可能,部分超声应用系统采用通道复用的方式实现信号的收发。但通道复用的方式必然导致成像速度下降的问题,这在医学超声内镜检测领域是不可接受的。

[0004] 本发明基于上述问题,分析医学超声内镜系统中回波数据的信号特点,设计一种适用于医学超声内镜系统的复用型相控阵超声内镜接收传输及图像重建装置,在实现系统的多阵元灵活扩展的同时,保证系统的成像实时性。本发明还提供了一种基于该套装置的数据接收及实时成像方法。

[0005] 传统的成像系统需要采集全部的回波数据后才进行图像重建,这需要占用大规模的存储空间及计算资源且耗时较长。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是为了克服现有技术中的不足,提供一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置及方法。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0008] 一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置,包括中央控制模块、高压隔离模块、通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块和图像重建模块;所述回波数据传输及图像重建装置用于对回波信号进行数据采集、上传及成像过程;回波信号由位于回波数据传输及图像重建装置最前端的超声换能器接收;所述超声换能器为超声检测领域常用的发射或接收超声波的器件;

[0009] 所述中央控制模块用于控制通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块完成相应功能,并控制本回波数据传输及图像重建装置的时序;

[0010] 所述高压隔离模块用于滤除换能器端口处的高压电脉冲,实现回波信号与高压脉冲的分离;

[0011] 所述通道复用模块由 $n_2$ 个低压模拟开关芯片组成,共包含 $n_1$ 路信号通道,分别连接在超声换能器的 $n_1$ 个阵元上;在中央控制模块的配置下,超声换能器完成第一次声波发射并接收回波信号,信号经换能器由声信号转换成模拟电信号,经高压隔离模块处理后,由通道复用模块顺序接收 $0, 1, \dots, n_3-1$ 号阵元的模拟信号,输出 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;超声换能器完成第二次声波发射,低压模拟开关芯片切换通道,顺序接收 $n_3, n_3+1, \dots, 2n_3-1$ 号阵元回波信号,输出 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;以此类推,直至接收全部 $n_1$ 组回波信号;假定单个低压模拟开关芯片可提供 $N$ 路接收通道,超声换能器连续发射声波及通道切换次数为 $M$ ,则 $n_1, n_2, n_3, M, N$ 之间满足关系:

[0012]  $n_1 = N * n_2, M = n_1 / n_3$

[0013] 所述回波预处理模块,采用 $n_4$ 个多路集成模拟前端芯片,接收所述通道复用模块所传输的 $n_3$ 路模拟信号,在中央控制模块的控制下,对 $n_3$ 路模拟信号进行滤波、去噪、放大及数模转换过程,输出 $n_3$ 路数字信号给数据采集模块;

[0014] 所述数据采集模块,由两个DDR2存储器构成,分别为存储器A和存储器B,用于缓存所述通道复用模块传递的 $n_3$ 路数字信号;在中央控制模块的控制下,随着前端通道的切换,两个DDR2存储器通过乒乓操作交替存储回波数据,单个存储器A接收数据时,另一个存储器B将存储的数据上传,清空存储器,保证数据采集连续进行;

[0015] 所述数据上传模块为USB3.0传输模式;在中央控制模块的控制下,采用USB3.0传输协议,将DDR2存储器中的数据上传至图像重建模块;

[0016] 所述图像重建模块采用GPU为计算平台,用于对所述数据采集模块及数据上传模块传输的单个DDR2存储器中的 $n_3$ 路回波数据进行并行计算,输出暂态图像矩阵 $\alpha$ ;并随着通道的切换不断迭代更新暂态矩阵 $\alpha$ ,重建完备的图像矩阵 $\Delta$ 。

[0017] 本发明提供的另一个技术方案如下:一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建方法,步骤如下:

[0018] (1) 超声换能器连续发射 $M$ 次超声波,对人体组织进行扫查;

[0019] (2) 每发射一次超声波,中央控制模块控制复用电路完成一次通道切换;具体的,超声换能器完成第1次声波发射,通道复用模块顺序接收 $0, 1, \dots, n_3-1$ 号阵元回波信号,输出第1组 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;探头完成第2次声波发射,通道复用模块切换接收通道,顺序接收 $n_3, n_3+1, \dots, 2n_3-1$ 号阵元回波信号,输出第2组 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;依此进行,直至第 $M$ 次发射完成,接收 $(n_1-n_3), (n_1-n_3+1), \dots, (n_1-1)$ 号阵元回波信号,输出第 $M$ 组 $n_3$ 路模拟信号到回波预处理模块;

[0020] (3) 回波信号经通道复用模块、回波预处理模块后储存在数据采集模块的两个DDR2存储器中,第1组数据存储在存储器A中;通道切换后,第2组数据存储在存储器B中,与此同时,A中的数据经USB3.0模块上传,交替往复;

[0021] (4) 回波数据上传给GPU完成图像重建;基于步骤(3)中回波数据交替上传的模式,GPU对接收的数据进行计算得到暂态图像矩阵 $\alpha$ ,并随着后续数据上传不断更新 $\alpha$ ;实现扫描与图像计算的同步进行,提高成像速度。

[0022] 与现有技术相比,本发明的技术方案所带来的有益效果是:本装置实现了对局部回波数据的分段重建,实现了数据采集与重建的同步进行,提高了通道复用模式下的成像速度。具体的,装置通过两个存储模块交替存储并上传不同组的回波数据,在接收新数据的

同时将上一组数据传递给图像重建模块。根据多阵元超声成像的数据特点,图像重建模块可对回波数据实现并行计算,重建暂态图像,并随着新数据的接收,不断更新暂态图像。最终在扫描结束时及时给出重建结果。由此,该装置成像速度获得了提高,且后端数据储存及图像重建模块对内存空间及计算资源的需求明显降低。

### 附图说明

- [0023] 图1是本发明实例的系统结构图。  
[0024] 图2是本发明实例高压隔离模块电路原理图。  
[0025] 图3a和图3b是本发明实例的通道复用模块原理图。  
[0026] 图4是本发明实例的数据采集原理图。  
[0027] 图5是本发明实例的图像重建原理图。

### 具体实施方式

[0028] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0029] 本实例中,前端换能器探头为64阵元超声换能器,后端为32路并行接收通道,故所述 $n_1, n_2, n_3, n_4, M$ 分别为64, 8, 32, 1, 2。该实例仅为本发明的一种实现方式,实际使用可根据需要调整 $n_1, n_2, n_3, n_4, M$ 的数值组合,均属于本专利的保护范围。

[0030] 如图1所示,本发明提供一种复用型相控阵超声内镜接收传输及图像重建装置,包括中央控制模块、高压隔离模块、通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块和图像重建模块。

[0031] 中央控制器模块的核心器件为FPGA,其作用是对本装置各模块协同工作及数据交换进行调配,并控制整个系统时序,具体工作为:1、配置系统各模块的启动参数,包括回波预处理模块的采样频率、放大倍率,DDR2存储器的写入和读出模式等。2、向装置各部分发送控制信号,包括向开关芯片提供通道切换信号,向DDR2发送读写使能信号,向USB3.0上传模块发送上传起始信号等。

[0032] 本实例采用高压隔离模块滤除阵元处的高压激励脉冲。图2为其中一路高压隔离模块电路原理图。电路分为双级结构,第一级由D1, D2, E1, E2构成,可将电压限制在 $[E_2, E_1]$ 的范围内,可根据信号幅值特点灵活调整E1, E2的值。第二级由D3, D4构成的并联结构,可在第一级的基础上,进一步降低允许通过的信号幅值,保证回波信号保真无损的进入后级接收系统,同时保护后级电路的安全。

[0033] 本实例通道复用模块选用美信公司的MAX394为通道切换的低压模拟开关芯片,原理图如图3a所示。该芯片集成了4组独立的单刀双掷开关,可同时完成4组通道的切换。对于本实例中64阵元的换能器,后级为32通道接收系统,选择了8个芯片(1-8号),共32组单刀双掷开关(0-32号)来实现通道复用功能。通过合理分组,复用通道的阵元连接在同一个开关通道两端,分配表如表一所示。图3b以1号芯片为例展示了通道复用模式。

[0034] 表一通道复用模式分配表

阵元编号		开关编号	芯片编号	通道
0	32	0	1	channel 0
1	33	1	1	channel 1
2	34	2	1	channel 2
3	35	3	1	channel 3
4	36	0	2	channel 4
5	37	1	2	channel 5
6	38	2	2	channel 6
7	39	3	2	channel 7
8	40	0	3	channel 8
9	41	1	3	channel 9
10	42	2	3	channel 10
11	43	3	3	channel 11
12	44	0	4	channel 12
13	45	1	4	channel 13
14	46	2	4	channel 14
15	47	3	4	channel 15
16	48	0	5	channel 16
17	49	1	5	channel 17
18	50	2	5	channel 18
19	51	3	5	channel 19
20	52	0	6	channel 20
21	53	1	6	channel 21
22	54	2	6	channel 22
23	55	3	6	channel 23
24	56	0	7	channel 24
25	57	1	7	channel 25
26	58	2	7	channel 26
27	59	3	7	channel 27
28	60	0	8	channel 28
29	61	1	8	channel 29
30	62	2	8	channel 30
31	63	3	8	channel 31

[0037] 本实例中回波预处理模块以AFE5832集成预处理芯片为核心处理芯片,并配置了其周边电路。该集成芯片包含32个处理单元,可同时对32路模拟数据进行处理。每个处理单元包含了时间增益补偿器、低噪声增益放大器、三阶线性相位低通滤波器,以及一个10位AD转换结构,采样速率为100MSPS。芯片通过外接I/O接受中央控制器的配置,实现功能。本实例中,使用1块该芯片,即可实现对单次接收所有回波数据的预处理,有效缩小了系统规模。

[0038] 本实例数据缓存模块选用的DDR2存储芯片为K4T1G084QA-ZCE6。其工作模式如图4所示,图中同色箭头表示同时进行的采集/传输操作,不同颜色箭头对应的操作不在同一时刻进行。两DDR2采用乒乓操作模式交替读写。阵元激发超声波进行扫查,DDR2 A先切换至写使能状态,接收0-31号阵元的回波数据,此时DDR2 B处于等待状态。A完成采集后,切换至读使能状态,将采集的数据上传,此时B切换至写使能状态,接收32-63号阵元数据。之后A再次切换为写使能状态,B切换为读使能状态,循环进行,64路回波数据交替进入接收系统。A,B状态切换由中央控制器FPGA控制,每次切换均与前端超声换能器发射超声波保持同步。

[0039] 本实例上传模块使用CYUSB3014芯片,采用了USB3.0传输协议,通过搭建固件程序,实现32通道信号的高速上传。

[0040] 本实例图像重建模块采用NVIDIA RTX 2080TI为GPU并行计算平台,其工作模式如图5所示。依前文所述数据采集模块与数据上传模块的工作流程,DDR2 A采集的数据先进入GPU。GPU对32组回波数据进行并行计算处理,GPU中预先存储了各路信号的时间延迟查找表,依据查找表对信号进行相位对齐,加权叠加等流程,输出暂态图像矩阵 $\alpha$ 。暂态图像矩阵 $\alpha$ 将作为基础矩阵参与下一组回波数据的重构过程,即DDR2 B中数据进入GPU后,重复上述重建过程,并将结果与暂态图像矩阵 $\alpha$ 加权叠加,形成新的暂态图像矩阵 $\alpha$ ,参与下一次运算,直至所有阵元的回波数据均参与重建,此时可得到重建后完备的图像矩阵 $\Delta$ 。

[0041] 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。

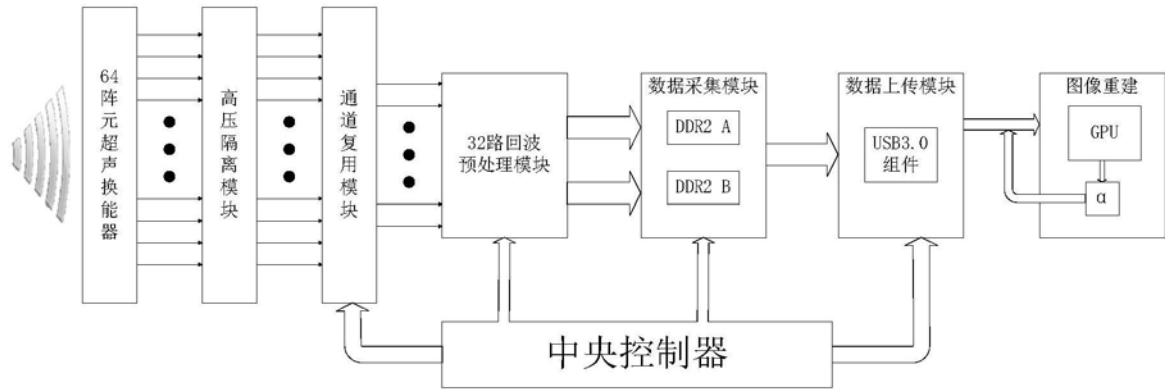


图1

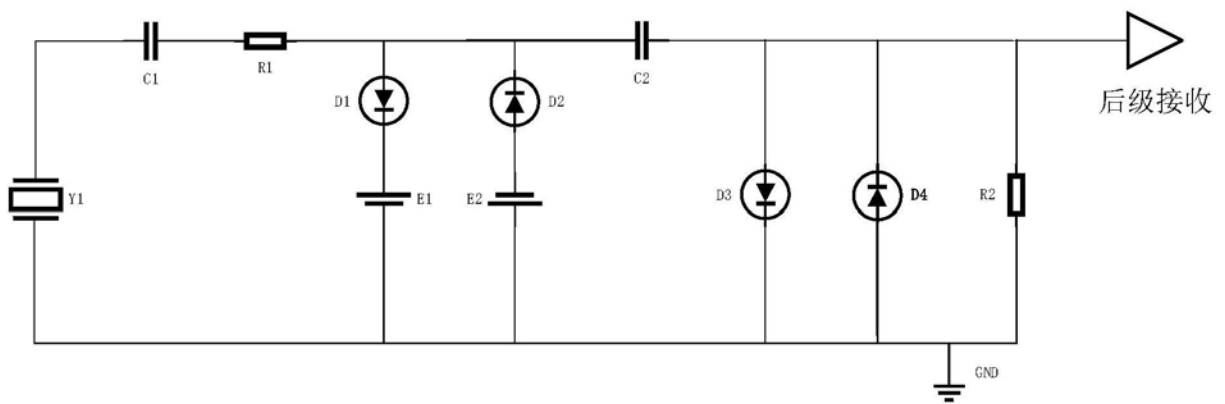


图2

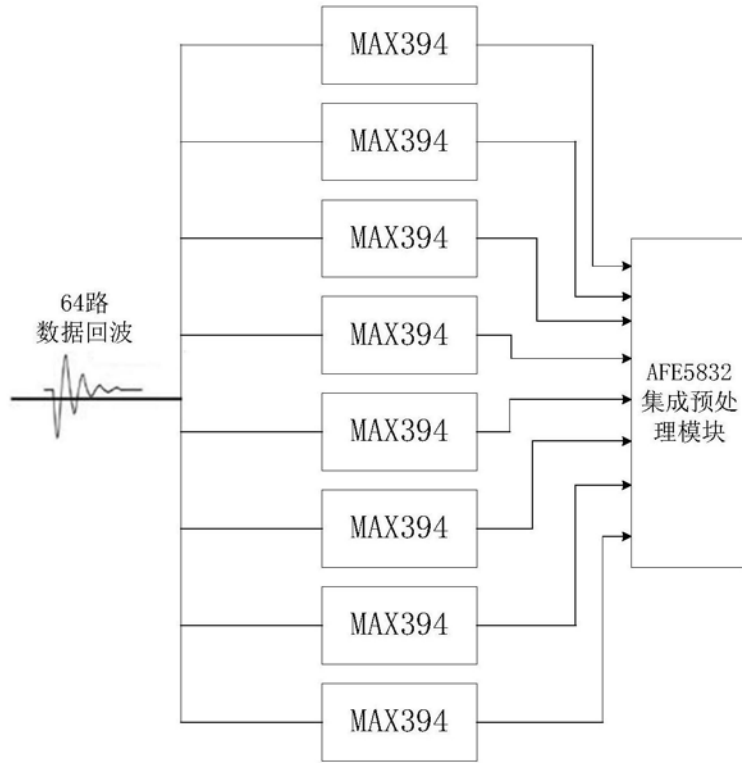


图3a

阵元

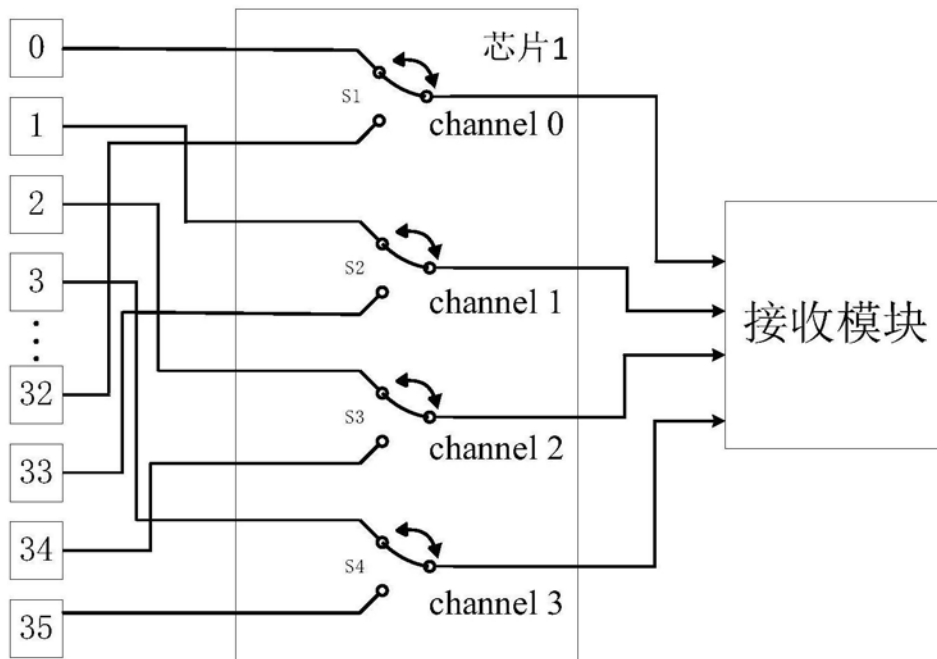


图3b

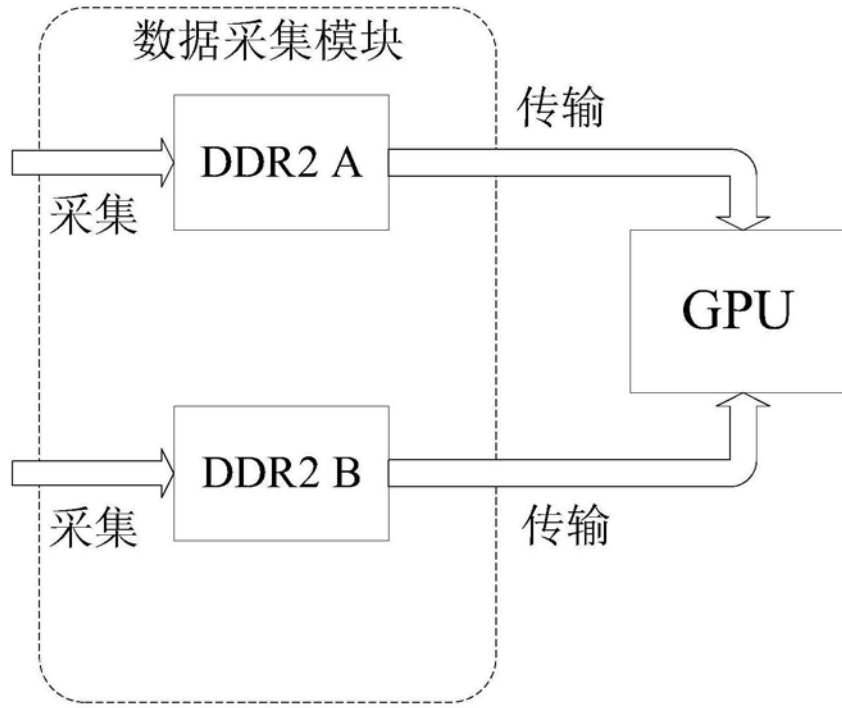


图4

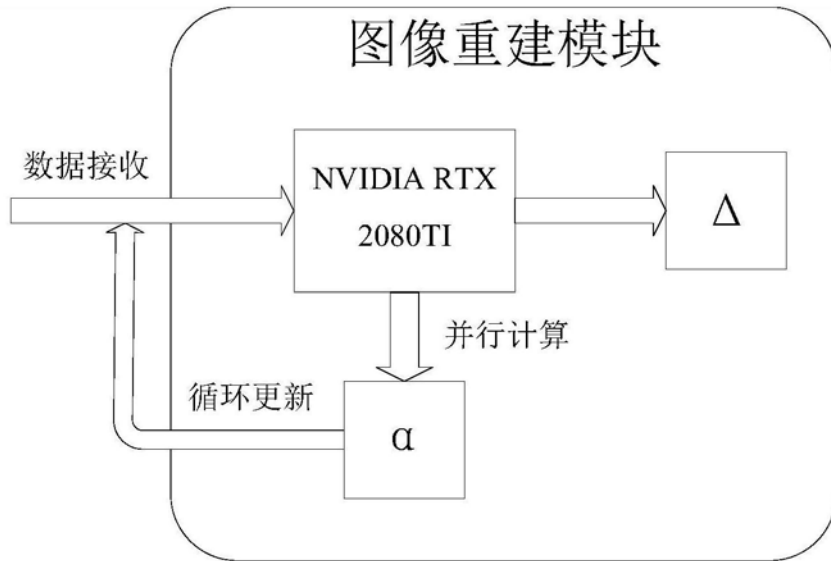


图5

专利名称(译)	一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置及方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110664431A</a>	公开(公告)日	2020-01-10
申请号	CN201910888917.2	申请日	2019-09-19
[标]申请(专利权)人(译)	天津大学 北京华科创智健康科技股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	天津大学 北京华科创智健康科技股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	天津大学 北京华科创智健康科技股份有限公司		
[标]发明人	陈晓冬 杨晋 周智峰 汪毅 蔡怀宇 邹慧玲		
发明人	陈晓冬 杨晋 周智峰 邓惟心 汪毅 蔡怀宇 邹慧玲		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4488 A61B8/5207 A61B8/56		
代理人(译)	刘子文		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开一种复用型超声内镜回波数据传输及图像重建装置及方法；装置包括中央控制模块、高压隔离模块、通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块和图像重建模块；中央控制模块用于控制通道复用模块、回波预处理模块、数据采集模块、数据上传模块完成相应功能；高压隔离模块用于滤除换能器端口处的高压电脉冲，实现回波信号与高压脉冲的分离；通道复用模块由n2个低压模拟开关芯片组成，共包含n1路信号通道，分别连接在超声换能器的n1个阵元上；回波预处理模块，采用n4个多路集成模拟前端芯片，接收所述通道复用模块所传输的n3路模拟信号；所述数据采集模块，由两个DDR2存储器构成；图像重建模块采用GPU为计算平台。

