



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103784166 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 14

(21) 申请号 201410074903. 4

(22) 申请日 2014. 03. 03

(71) 申请人 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 沈毅 潘文磊 金晶 王艳 章欣

(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 张宏威

(51) Int. Cl.

A61B 8/08 (2006. 01)

G08C 17/02 (2006. 01)

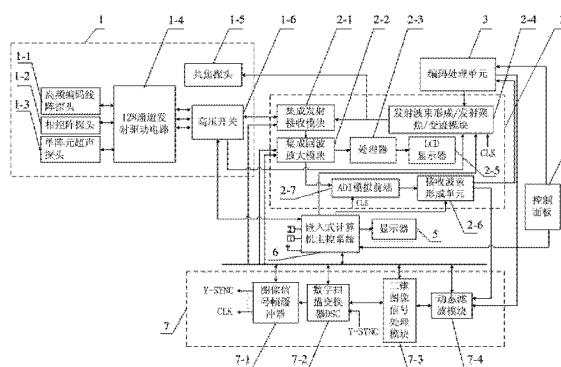
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

多功能一体化数字超声诊断系统

(57) 摘要

多功能一体化数字超声诊断系统,涉及一种多功能的可利用超声实现对人体肌肉组织、心脏心血管疾病及骨质健康进行一体化检测与诊断的数字化超声系统。它为了解决现有的超声设备功能单一且操作复杂,不能实现远程操作的问题。本发明采用集成的探头单元、集成发射驱动/接收单元以及数字信号处理单元等,通过嵌入式计算机主控系统控制各模块单元采集信号和处理数据,并通过无线及网络通讯模块发送数据。本发明体积小、集成度高、使用携带方便,并且能够实现诊断数据的上传、下载,实现远程诊断。本发明适用于人体肌肉组织、心脏心血管疾病及骨质健康情况的诊断。



1. 多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:它包括探头单元(1)、集成发射驱动/接收单元(2)、编码处理单元(3)、控制面板(4)、嵌入式计算机主控系统(6)和数字信号处理单元(7);

所述探头单元(1)包括高频编码线阵探头(1-1)、相控阵探头(1-2)、单阵元超声探头(1-3)、128通道发射驱动电路(1-4)、共焦探头(1-5)和高压开关(1-6),高频编码线阵探头(1-1)、相控阵探头(1-2)和单阵元超声探头(1-3)均通过128通道发射驱动电路(1-4)分别与高压开关(1-6)的三个检测信号输入端连接;

所述相控阵探头(1-2)用于检测心脏及心血管状态;

单阵元超声探头(1-3)用于检测骨质状态;

共焦探头(1-5)用于对肌肉组织进行弹性成像;

所述集成发射驱动/接收单元(2)包括集成发射接收模块(2-1)、集成回波放大模块(2-2)、处理器(2-3)、发射波束形成/发射聚焦/变迹模块(2-4)、接收波束形成单元(2-6)和ADI模拟前端(2-7),所述集成发射接收模块(2-1)的探头激励信号输入端与共焦探头(1-5)的探头激励信号输入端同时连接发射波束形成/发射聚焦/变迹模块(2-4)的探头激励信号输出端,集成发射接收模块(2-1)的探测信号输出端连接集成回波放大模块(2-2)的探测信号输入端,集成回波放大模块(2-2)的第一信号输出端连接处理器(2-3)的信号输入端,集成回波放大模块(2-2)的第二信号输出端连接ADI模拟前端(2-7)的信号输入端,ADI模拟前端(2-7)的信号输出端连接接收波束形成单元(2-6)的信号输入端;

所述数字信号处理单元(7)包括图像信号帧缓冲器(7-1)、数字扫描变换器DSC(7-2)、二维图像信号处理模块(7-3)和动态滤波单元(7-4),动态滤波单元(7-4)的图像信号输出端连接二维图像信号处理模块(7-3)的图像信号输入端,二维图像信号处理模块(7-3)的图像信号输出端连接数字扫描变换器DSC(7-2)的图像信号输入端,数字扫描变换器DSC(7-2)的图像信号输出端连接图像信号帧缓冲器(7-1)的图像信号输入端;

高压开关(1-6)的状态信号输出端同时连接发射波束形成/发射聚焦/变迹模块(2-4)的开关状态信号输入端、嵌入式计算机主控系统(6)的开关状态信号输入端和发射波束形成/发射聚焦/变迹模块(2-4)的开关状态信号输入端,高压开关(1-6)的控制信号输入端连接嵌入式计算机主控系统(6)的状态控制信号输出端,高压开关(1-6)的探头激励信号输入端连接集成发射接收模块(2-1)的探头激励信号输出端;

嵌入式计算机主控系统(6)的总线数据端通过控制总线同时连接图像信号帧缓冲器(7-1)、数字扫描变换器DSC(7-2)、二维图像信号处理模块(7-3)、动态滤波单元(7-4)、集成发射接收模块(2-1)和集成回波放大模块(2-2),嵌入式计算机主控系统(6)的控制信号输入端连接控制面板(4)的计算机控制信号输出端;

控制面板(4)的编码处理控制信号输出端连接编码处理单元(3)的编码处理控制信号输入端;

编码处理单元(3)的第一编码信号输出端连接发射波束形成/发射聚焦/变迹模块(2-4)的编码信号输入端,编码处理单元(3)的第二编码信号输出端连接动态滤波单元(7-4)的编码信号输入端,编码处理单元(3)的数字射频信号输入端连接接收波束形成单

元(2-6)的第一数字射频信号输出端;

接收波束形成单元(2-6)的第二数字射频信号输出端连接动态滤波单元(7-4)的数字射频信号输入端。

2. 根据权利要求1所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的集成发射接收模块(2-1)包括第一虚拟开关(2-1-1)、发射电路(2-1-2)、第一谐振匹配电路(2-1-3)、第二谐振匹配电路(2-1-4)、第三谐振匹配电路(2-1-5)、第二虚拟开关(2-1-6)和T/R隔离电路(2-1-7),所述第一虚拟开关(2-1-1)的探头激励信号输入端为集成发射接收模块(2-1)的探头激励信号输入端,第一虚拟开关(2-1-1)的总线控制信号输入端与发射电路(2-1-2)的总线控制信号输入端通过控制总线连接嵌入式计算机主控系统(6)的总线数据端,发射电路(2-1-2)的第一信号输出端连接第一谐振匹配电路(2-1-3)的信号输入端,发射电路(2-1-2)的第二信号输出端连接第二谐振匹配电路(2-1-4)的信号输入端,发射电路(2-1-2)的第三信号输出端连接第三谐振匹配电路(2-1-5)的信号输入端,第一谐振匹配电路(2-1-3)的信号输出端连接第二虚拟开关(2-1-6)的第一信号输入端,第二谐振匹配电路(2-1-4)的信号输出端连接第二虚拟开关(2-1-6)的第二信号输入端,第三谐振匹配电路(2-1-5)的信号输出端连接第二虚拟开关(2-1-6)的第三信号输入端,第二虚拟开关(2-1-6)的信号输出端连接T/R隔离电路(2-1-7)的信号输入端,T/R隔离电路(2-1-7)的信号输出端为集成发射接收模块(2-1)的探测信号输出端。

3. 根据权利要求1所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的集成回波放大模块(2-2)包括开关(2-2-1)、三个低噪声前置放大器LNP(2-2-2)、电压控制衰减器VCA(2-2-3)、可变增益放大器PGA(2-2-4)和编程模块(2-2-5),开关(2-2-1)的探测信号输入端为集成回波放大模块(2-2)的探测信号输入端,开关(2-2-1)的选择端用于在三个低噪声前置放大器LNP(2-2-2)的输入端之间进行切换,开关(2-2-1)的总线控制信号输入端与编程模块(2-2-5)的总线控制信号输入端通过控制总线连接嵌入式计算机主控系统(6)的总线数据端,三个低噪声前置放大器LNP(2-2-2)的输出端分别连接电压控制衰减器VCA(2-2-3)的三个探测信号输入端,电压控制衰减器VCA(2-2-3)的信号输出端连接可变增益放大器PGA(2-2-4)的探测信号输入端,编程模块(2-2-5)的VCA控制信号输出端连接电压控制衰减器VCA(2-2-3)的控制信号输入端,编程模块(2-2-5)的PGA控制信号输出端连接可变增益放大器PGA(2-2-4)的控制信号输入端,可变增益放大器PGA(2-2-4)的探测信号输出端为集成回波放大模块(2-2)的探测信号输出端。

4. 根据权利要求1所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的高频编码线阵探头(1-1)为B超高频带高密度线阵探头,阵元数为256,带宽>70%,超声发射频率为10MHz,高频编码线阵探头(1-1)的输出端配置有一组16个可连接16阵元的高压开关,并通过该高压开关连接128通道发射驱动电路(1-4)。

5. 根据权利要求1所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的相控阵探头(1-2)为B超相控阵探头,阵元数128,带宽>75%,超声发射频率为3.2MHz,相控阵探头(1-2)的输出端配置有一组8个可连接16阵元的高压开关,并通过该高压开关连接128通道发射驱动电路(1-4)。

6. 根据权利要求 1 所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的单阵元超声探头(1-3)的晶片尺寸为 13mm,点目标聚焦为 25mm,超声发射频率为 2.25MHz,单阵元超声探头(1-3)的输出端配置有高压开关,并通过该高压开关连接 128 通道发射驱动电路(1-4)。

7. 根据权利要求 1 所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的集成发射驱动/接收单元(2)还包括有 LCD 显示器(2-5),所述 LCD 显示器(2-5)的显示信号输入端连接处理器(2-3)的显示信号输出端。

8. 根据权利要求 1 所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的嵌入式计算机主控系统(6)还连接有显示器。

9. 根据权利要求 1 所述的多功能一体化数字超声诊断系统,其特征在于:所述的嵌入式计算机主控系统(6)内置有无线通讯模块、USB 通讯模块和网络接口模块。

多功能一体化数字超声诊断系统

技术领域

[0001] 本发明涉及超声医疗诊断领域,具体涉及一种多功能的可利用超声实现对人体肌肉组织、心脏心血管疾病及骨质健康进行一体化检测与诊断的数字化超声系统。

背景技术

[0002] 世界卫生组织(WHO)的统计表明,全球目前有超过 2 亿的骨质疏松症患者,而根据美国国家健康与营养的调查结果(NHANES III)显示,世界 50 岁以上的人群中,1/2 的女性、1/5 的男性会出现骨质健康性骨折。随着社会老龄化进程的加剧,骨质疏松症患者的发病率呈上升趋势,预计到 2050 年,骨质疏松症患者将达到 2.21 亿,其中将有一半以上发生在亚洲,绝大部分在中国。因此,对骨质疏松症的及时诊断与及早预防显得尤为迫切。但是目前对骨质疏松症的检测主要通过透射式骨密度仪进行,仪器设备体积大,使用不便,需要在专门的医疗机构由专门的医疗人员指导进行检测。而研究表明,利用单探头测得的骨松质的超声背散射信号、声阻抗分布等能够有效地对骨质健康状况作出诊断。

[0003] 肌肉类疾病也是常见的疾病之一。研究表明,肌肉类疾病如特发性肌炎、骨化性肌炎、进行性肌营养不良、脂质代谢性肌肉病、运动神经元病、神经肌肉疾病导致的肌肉萎缩、肌束颤动、肌肉的炎性病变等肌肉疾病的声像图会发生改变,特别是在肌群横断面积、饱满性、肌束膜和深筋膜结缔组织网络样高回升的连续性、肌肉回声强度、肌群回声分布等方面不同于正常肌肉组织。目前对肌肉疾病的诊断多通过临床直观表现进行,主观性较强,准确性难以得到保证。采用高频高分辨率超声技术能够准确、清楚地观察到肉眼无法识别的肌肉组织结构和细微病变,并能动态观察肌束的收缩、舒张、颤动。同时,浅表肌肉中血管的超声影像也有助于肌肉疾病的诊断。

[0004] 此外,借助于多普勒效应,超声对于心血管疾病具有很好的诊断效果。但现有的超声设备功能单一、体积大,且操作复杂,不能实现远程操作,

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有的超声设备功能单一且操作复杂,不能实现远程操作的问题,提供一种多功能一体化数字超声诊断系统。

[0006] 本发明所述的多功能一体化数字超声诊断系统,包括探头单元、集成发射驱动/接收单元、编码处理单元、控制面板、嵌入式计算机主控系统和数字信号处理单元;

[0007] 所述探头单元包括高频编码线阵探头、相控阵探头、单阵元超声探头、128 通道发射驱动电路、共焦探头和高压开关,高频编码线阵探头、相控阵探头和单阵元超声探头均通过 128 通道发射驱动电路分别与高压开关的三个检测信号输入端连接;

[0008] 所述相控阵探头用于检测心脏及心血管状态;

[0009] 单阵元超声探头用于检测骨质状态;

[0010] 共焦探头用于对肌肉组织进行弹性成像;

[0011] 所述集成发射驱动/接收单元包括集成发射接收模块、集成回波放大模块、处理

器、发射波束形成 / 发射聚焦 / 变迹模块、接收波束形成单元和 ADI 模拟前端,所述集成发射接收模块的探头激励信号输入端与共焦探头的探头激励信号输入端同时连接发射波束形成 / 发射聚焦 / 变迹模块的探头激励信号输出端,集成发射接收模块的探测信号输出端连接集成回波放大模块的探测信号输入端,集成回波放大模块的第一信号输出端连接处理器的信号输入端,集成回波放大模块的第二信号输出端连接 ADI 模拟前端的信号输入端,ADI 模拟前端的信号输出端连接接收波束形成单元的信号输入端;

[0012] 所述数字信号处理单元包括图像信号帧缓冲器、数字扫描变换器 DSC、二维图像信号处理模块和动态滤波单元,动态滤波单元的图像信号输出端连接二维图像信号处理模块的图像信号输入端,二维图像信号处理模块的图像信号输出端连接数字扫描变换器 DSC 的图像信号输入端,数字扫描变换器 DSC 的图像信号输出端连接图像信号帧缓冲器的图像信号输入端;

[0013] 高压开关的状态信号输出端同时连接发射波束形成 / 发射聚焦 / 变迹模块的开关状态信号输入端、嵌入式计算机主控系统的开关状态信号输入端和发射波束形成 / 发射聚焦 / 变迹模块的开关状态信号输入端,高压开关的控制信号输入端连接嵌入式计算机主控系统的状态控制信号输出端,高压开关的探头激励信号输入端连接集成发射接收模块的探头激励信号输出端;

[0014] 嵌入式计算机主控系统的总线数据端通过控制总线同时连接图像信号帧缓冲器、数字扫描变换器 DSC、二维图像信号处理模块、动态滤波单元、集成发射接收模块和集成回波放大模块,嵌入式计算机主控系统的控制信号输入端连接控制面板的计算机控制信号输出端;

[0015] 控制面板的编码处理控制信号输出端连接编码处理单元的编码处理控制信号输入端;

[0016] 编码处理单元的第一编码信号输出端连接发射波束形成 / 发射聚焦 / 变迹模块的编码信号输入端,编码处理单元的第二编码信号输出端连接动态滤波单元的编码信号输入端,编码处理单元的数字射频信号输入端连接接收波束形成单元的第一数字射频信号输出端;

[0017] 接收波束形成单元的第二数字射频信号输出端连接动态滤波单元的数字射频信号输入端。

[0018] 所述的集成发射接收模块包括第一虚拟开关、发射电路、第一谐振匹配电路、第二谐振匹配电路、第三谐振匹配电路、第二虚拟开关和 T/R 隔离电路,所述第一虚拟开关的探头激励信号输入端为集成发射接收模块的探头激励信号输入端,第一虚拟开关的总线控制信号输入端与发射电路的总线控制信号输入端通过控制总线连接嵌入式计算机主控系统的总线数据端,发射电路的第一信号输出端连接第一谐振匹配电路的信号输入端,发射电路的第二信号输出端连接第二谐振匹配电路的信号输入端,发射电路的第三信号输出端连接第三谐振匹配电路的信号输入端,第一谐振匹配电路的信号输出端连接第二虚拟开关的第一信号输入端,第二谐振匹配电路的信号输出端连接第二虚拟开关的第二信号输入端,第三谐振匹配电路的信号输出端连接第二虚拟开关的第三信号输入端,第二虚拟开关的信号输出端连接 T/R 隔离电路的信号输入端,T/R 隔离电路的信号输出端为集成发射接收模块的探测信号输出端。

[0019] 所述的集成回波放大模块包括开关、三个低噪声前置放大器 LNP、电压控制衰减器 VCA、可变增益放大器 PGA 和编程模块,开关的探测信号输入端为集成回波放大模块的探测信号输入端,开关的选择端用于在三个低噪声前置放大器 LNP 的输入端之间进行切换,开关的总线控制信号输入端与编程模块的总线控制信号输入端通过控制总线连接嵌入式计算机主控系统的总线数据端,三个低噪声前置放大器 LNP 的输出端分别连接电压控制衰减器 VCA 的三个探测信号输入端,电压控制衰减器 VCA 的信号输出端连接可变增益放大器 PGA 的探测信号输入端,编程模块的 VCA 控制信号输出端连接电压控制衰减器 VCA 的控制信号输入端,编程模块的 PGA 控制信号输出端连接可变增益放大器 PGA 的控制信号输入端,可变增益放大器 PGA 的探测信号输出端为集成回波放大模块的探测信号输出端。

[0020] 所述的多功能一体化数字超声诊断系统采用集成的探头单元、集成发射驱动/接收单元以及数字信号处理单元等,使得该系统体积小、集成度高、使用携带方便。嵌入式计算机主控系统控制前端的高压开关、发射波束形成/发射聚焦/变迹模块和接收波束形成单元,并通过控制总线对后端的动态滤波单元、二维图像信号处理模块、数字扫描变换器 DSC 和图像信号帧缓冲器进行控制。通过数字延时实现回波信号处理通道的接收聚焦。

[0021] 所述超声诊断系统配备四种超声探头。在对肌肉组织、心脏、骨骼状况的检测中,超声信号的发射与接收以及回波信号的处理分别采用集成发射接收模块和集成回波放大模块,针对不同检测对象的信号均能通过集成回波放大模块进行处理。

[0022] 肌肉组织回波、心脏及骨组织回声信号波束形成的方法采用数字式,回声信号处理通道的接收聚焦采用数字延时实现,高精度数字波束形成器延时误差 $<10\text{ns}$ 。

[0023] 用户可通过控制面板选择肌肉组织健康诊断模式、心脏诊断模式或骨质健康诊断模式。肌肉组织健康诊断模式又分为普通 B 超成像和弹性成像两个模式。骨质健康诊断模式又可以根据需要选择背散射系数(BSC)、声阻抗分布(AI)两种检测参数,并形成 BSC/AI 数据库。肌肉组织健康诊断模式可在控制面板上设定启用编码激励成像技术,编码方式为 Golay 码或 Barker 码。

[0024] 肌肉组织健康诊断模式的普通 B 超成像模式中,为高频编码线阵探头配置了编码处理单元。通过编码激励技术提高高频超声信号的分辨率,编码方式采用 Golay、Barker 码可选方式。其中 Barker 码采用 13 位数字编码方式, Golay 码采用 16 位数字编码方式。

[0025] 所述肌肉组织健康诊断模式普通 B 超成像模式中所采用的高频探头为电子扫描高频线阵探头,从检测结果中自动提取出肌肉组织回声强度量化值及纹理分布量化值(角二阶矩、反差、方差、偏度),该结果将辅助医疗人员对肌肉健康状况的诊断;弹性成像模式中,对肌肉组织硬度进行检测,提取出弹性模量、剪切模量等相关物理量用于肌肉健康诊断。

[0026] 所述骨质健康检测模式下,该诊断系统通过提取出超声背散射系数(BSC),利用 BSC 作为评价骨质疏松症的参数,并辅助提取出声阻抗分布(AI),利用声阻抗分布提供更加准确的病理信息。将检测结果构建 BSC/AI 数据库,将该数据库与系统中内置标准 BSC/AI 数据库比对后计算 T 值/Z 值,供使用者参考。

[0027] 所述系统中选用的 Barker 码在解码的过程中采用的是逆滤波解码压缩方法;系统中选用的 Golay 码在解码的过程中采用的是匹配滤波解码压缩方法。两种编码方式编码及解码过程均通过嵌入式计算机主控系统中的 FPGA 完成。

[0028] 本发明所述的多功能一体化数字超声诊断系统,与现有技术及诊断设备相比,具有如下优势:

[0029] (1) 使用一套系统完成对多种人体肌肉组织、心脏及骨骼状态的诊断。该系统实现了利用单阵元背散射技术对骨骼健康状况的诊断,以及通过结合高频数字编码技术、弹性成像技术利用超声对肌肉组织状况进行检测。

[0030] (2) 主机采用集成模块,配置 9 寸液晶显示屏,重量不超过 3 公斤。设备整体可靠性高、体积小、功能全、操作方便、对人体无损伤,满足航空航天医疗、远程医疗、运动员保健等特定环境下的应用需求。

[0031] (3) 对骨质健康状况的检测有别于传统超声透射法,所采用的是利用单一探头即可实现的超声背散射方法,设备操作灵活方便。

[0032] (4) 对肌肉组织状况的检测采用高频编码线阵探头,成像质量更好,通过提取出肌肉组织回声强度量化值及纹理分布量化值来对肌肉组织进行检测。为了提高高频探头分辨率及组织穿透深度,采用了编码激励技术,针对不同编码类型配置不同的解码压缩算法。同时,采用弹性成像技术对肌肉组织弹性、硬度等进行检测。

附图说明

[0033] 图 1 为实施方式一至九所述的多功能一体化数字超声诊断系统的原理框图;

[0034] 图 2 为实施方式二中的集成发射接收模块的原理框图;

[0035] 图 3 为实施方式三中的集成回波放大模块的原理框图;

[0036] 图 4 为编码处理单元的原理框图。

具体实施方式

[0037] 具体实施方式一:结合图 1 至图 3 说明本实施方式,本实施方式所述的多功能一体化数字超声诊断系统包括探头单元 1、集成发射驱动/接收单元 2、编码处理单元 3、控制面板 4、嵌入式计算机主控系统 6 和数字信号处理单元 7;

[0038] 所述探头单元 1 包括高频编码线阵探头 1-1、相控阵探头 1-2、单阵元超声探头 1-3、128 通道发射驱动电路 1-4、共焦探头 1-5 和高压开关 1-6,高频编码线阵探头 1-1、相控阵探头 1-2 和单阵元超声探头 1-3 均通过 128 通道发射驱动电路 1-4 分别与高压开关 1-6 的三个检测信号输入端连接;

[0039] 所述相控阵探头 1-2 用于检测心脏及心血管状态;

[0040] 单阵元超声探头 1-3 用于检测骨质状态;

[0041] 共焦探头 1-5 用于对肌肉组织进行弹性成像;

[0042] 所述集成发射驱动/接收单元 2 包括集成发射接收模块 2-1、集成回波放大模块 2-2、处理器 2-3、发射波束形成/发射聚焦/变迹模块 2-4、接收波束形成单元 2-6 和 ADI 模拟前端 2-7,所述集成发射接收模块 2-1 的探头激励信号输入端与共焦探头 1-5 的探头激励信号输入端同时连接发射波束形成/发射聚焦/变迹模块 2-4 的探头激励信号输出端,集成发射接收模块 2-1 的探测信号输出端连接集成回波放大模块 2-2 的探测信号输入端,集成回波放大模块 2-2 的第一信号输出端连接处理器 2-3 的信号输入端,集成回波放大模块 2-2 的第二信号输出端连接 ADI 模拟前端 2-7 的信号输入

端,ADI 模拟前端 2-7 的信号输出端连接接收波束形成单元 2-6 的信号输入端;

[0043] 所述数字信号处理单元 7 包括图像信号帧缓冲器 7-1、数字扫描变换器 DSC7-2、二维图像信号处理模块 7-3 和动态滤波单元 7-4,动态滤波单元 7-4 的图像信号输出端连接二维图像信号处理模块 7-3 的图像信号输入端,二维图像信号处理模块 7-3 的图像信号输出端连接数字扫描变换器 DSC7-2 的图像信号输入端,数字扫描变换器 DSC7-2 的图像信号输出端连接图像信号帧缓冲器 7-1 的图像信号输入端;

[0044] 高压开关 1-6 的状态信号输出端同时连接发射波束形成/发射聚焦/变迹模块 2-4 的开关状态信号输入端、嵌入式计算机主控系统 6 的开关状态信号输入端和发射波束形成/发射聚焦/变迹模块 2-4 的开关状态信号输入端,高压开关 1-6 的控制信号输入端连接嵌入式计算机主控系统 6 的状态控制信号输出端,高压开关 1-6 的探头激励信号输入端连接集成发射接收模块 2-1 的探头激励信号输出端;

[0045] 嵌入式计算机主控系统 6 的总线数据端通过控制总线同时连接图像信号帧缓冲器 7-1、数字扫描变换器 DSC7-2、二维图像信号处理模块 7-3、动态滤波单元 7-4、集成发射接收模块 2-1 和集成回波放大模块 2-2,嵌入式计算机主控系统 6 的控制信号输入端连接控制面板 4 的计算机控制信号输出端;

[0046] 控制面板 4 的编码处理控制信号输出端连接编码处理单元 3 的编码处理控制信号输入端;

[0047] 编码处理单元 3 的第一编码信号输出端连接发射波束形成/发射聚焦/变迹模块 2-4 的编码信号输入端,编码处理单元 3 的第二编码信号输出端连接动态滤波单元 7-4 的编码信号输入端,编码处理单元 3 的数字射频信号输入端连接接收波束形成单元 2-6 的第一数字射频信号输出端;

[0048] 接收波束形成单元 2-6 的第二数字射频信号输出端连接动态滤波单元 7-4 的数字射频信号输入端。

[0049] 本实施方式所述的多功能一体化数字超声诊断系统采用集成的探头单元 1、集成发射驱动/接收单元 2 以及数字信号处理单元 7 等,使得该系统体积小、集成度高、使用携带方便。嵌入式计算机主控系统 6 控制前端的高压开关 1-6、发射波束形成/发射聚焦/变迹模块 2-4 和接收波束形成单元 2-6,并通过控制总线对后端的动态滤波单元 7-4、二维图像信号处理模块 7-3、数字扫描变换器 DSC7-2 和图像信号帧缓冲器 7-1 进行控制。通过数字延时实现回波信号处理通道的接收聚焦。

[0050] 所述超声诊断系统配备四种超声探头。在对肌肉组织、心脏、骨骼状况的检测中,超声信号的发射与接收以及回波信号的处理分别采用集成发射接收模块 2-1 和集成回波放大模块 2-2,针对不同检测对象的信号均能通过集成回波放大模块 2-2 进行处理。

[0051] 探头单元 1 中的每个探头均配有 8 位识别码,嵌入式计算机主控系统 6 读取控制面板 4 发送的识别码 PID[7:0] 并通过本地总线上传至处理器 2-3。

[0052] 高频编码线阵探头 1-1 和相控阵探头 1-2 回波信号被送入集成发射驱动/接收单元 2 进行放大、滤波、检波以及波束形成,并经过数字信号处理单元 7 进行成像。其中二维图像信号处理模块 7-3 对经过动态滤波的信号 Dout 进行处理后输出 8bit 图像信号 Echo[7:0] 送入 DSC10,完成坐标变换与二维线性插补,生成 512×512 超声图像数据。超声图像数据 DATA[7:0] 最终被传送至图像信号帧缓冲器 16,经过压缩解调变换后生成可

供 LCD 显示器显示的 B 型超声图像。此外图像信号帧缓冲器 7-1 还输出扫描同步信号 Y-SYNC 等控制信号送与相关电路。针对肌肉组织检测成像结果,从中自动提取出肌肉组织回声强度量化值及纹理分布量化值(角二阶矩、反差、方差、偏度)。肌肉组织健康诊断模式工作于弹性成像模式时,通过用两束具有微小频差的激励信号激励共焦探头 1-5,组织受到共焦超声激励后会产生剪切波,利用高频编码线阵探头 1-1 发射平面波对组织中剪切波的传播进行检测,利用回波信号估计组织位移,进而对组织弹性模量、剪切模量等物理量进行重建。将重建的物理量以彩色编码的方式叠加到组织 B 超成像上。根据弹性系数由小到大分别显示为红色-绿色-蓝色。

[0053] 单阵元超声探头 1-3 的工作方式为背散射方式,该单一探头同时用作骨质检测信号的发射与接收端。骨质健康检测信号经过集成发射驱动/接收单元 2 构建 BSC/AI 数据库 12,同时系统里内置标准 BSC/AI 数据库 13,两者经过比对后给出骨质的各项参数。

[0054] 嵌入式计算机主控系统 6 采用 FPGA 系统、ARM 系统构筑嵌入式硬件平台。其中,FPGA 系统完成对信号的发射接收控制、波束合成、聚焦以及对回波信号的放大、合成、变换、帧相关图像预处理,ARM 系统负责图形显示及系统终端用户操作界面。嵌入式计算机主控系统 6 实现对整个仪器的管理与控制,主要完成:(1)根据接入探头和控制面板 4 操作要求,产生控制参数与控制数据并下传给各执行单元;(2)图像显示管理,产生字符图形与超声 B 模式图像;(3)图像数据与骨质诊断数据的存储、通信、打印控制与管理;(4)测量与计算,对肌肉组织回声强度量化值及纹理分布量化值、超声背散射系数及骨质诊断结果进行管理与显示;(5)对数字处理板上器件进行配置与管理,各执行器件从控制总线上下载探头识别码、工作模式、发射接收前端及开关控制数据指令并装载到相应寄存器,产生当前超声发射所需配置参数及发射/接收定时控制信号。

[0055] 控制总线包括两个功能模块:PCI 控制器、控制总线驱动。两功能模块由一片 FPGA 器件实现,其主要完成:(1)通过 PCI 总线与嵌入式计算机主控系统 4 通信,读取系统设置参数和控制命令;(2)读取前端状态信息,通过 PCI 总线送入嵌入式计算机主控系统 4;(3)PCI 控制器完成数据缓冲,下传的控制参数或控制数据、上传的图像数据和状态参数均首先写入其数据缓冲器,数据缓冲器利用 FPGA 器件内部的双口 RAM 实现。PCI 控制器和控制总线驱动还为 PCI 总线与用户总线提供连接,实现两种总线之间双向的数据传递,数据传递速率为 132MB/s。

[0056] 电源板提供系统正常工作所需的各种直流电压,包括 $\pm 5V$, $\pm 90V$, $\pm HV$ 电压。仪器电源输入为电源适配器提供的 +12V 直流电压。在无外置电源的环境中工作时,系统由内置锂离子电池提供电源电压。电源供电方式的选择由电源板中电源控制电路模块控制。

[0057] 图 4 给出了在利用高频超声对肌肉组织进行诊断时,加载高频数字编码激励的过程。该过程通过控制面板 4 控制编码处理单元 3 中的选通开关来选择采用的编码类型为 Barker 数字编码或 Golay 数字编码。数字编码被加载到集成发射驱动/接收单元 2。对 Barker 码激励后的超声回波信号采用编码处理单元 3 中的逆滤波压缩处理单元进行处理,而对 Golay 码激励后的超声回波信号采用编码处理单元 3 中的匹配滤波压缩处理单元进行处理。控制面板 4 控制编码处理单元 3 中的另一个选通开关针对不同的数字编码激励类型选择相应的解码压缩单元。

[0058] 本实施方式所述的多功能一体化数字超声诊断系统,与现有技术及诊断设备相

比,具有如下优势:

[0059] (1) 使用一套系统完成对多种人体肌肉组织、心脏及骨骼状态的诊断。该系统实现了利用单阵元背散射技术对骨骼健康状况的诊断,以及通过结合高频数字编码技术、弹性成像技术利用超声对肌肉组织状况进行检测。

[0060] (2) 主机采用集成模块,配置 9 寸液晶显示屏,重量不超过 3 公斤。设备整体可靠性高、体积小、功能全、操作方便、对人体无损伤,满足航空航天医疗、远程医疗、运动员保健等特定环境下的应用需求。

[0061] (3) 对骨质健康状况的检测有别于传统超声透射法,所采用的是利用单一探头即可实现的超声背散射方法,设备操作灵活方便。

[0062] (4) 对肌肉组织状况的检测采用高频编码线阵探头 1-1,成像质量更好,通过提取出肌肉组织回声强度量化值及纹理分布量化值来对肌肉组织进行检测。为了提高高频探头分辨率及组织穿透深度,采用了编码激励技术,针对不同编码类型配置不同的解码压缩算法。同时,采用弹性成像技术对肌肉组织弹性、硬度等进行检测。

[0063] 具体实施方式二:结合图 1 和图 2 说明本实施方式,本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定,本实施方式中,所述的集成发射接收模块 2-1 包括第一虚拟开关 2-1-1、发射电路 2-1-2、第一谐振匹配电路 2-1-3、第二谐振匹配电路 2-1-4、第三谐振匹配电路 2-1-5、第二虚拟开关 2-1-6 和 T/R 隔离电路 2-1-7,所述第一虚拟开关 2-1-1 的探头激励信号输入端为集成发射接收模块 2-1 的探头激励信号输入端,第一虚拟开关 2-1-1 的总线控制信号输入端与发射电路 2-1-2 的总线控制信号输入端通过控制总线连接嵌入式计算机主控系统 6 的总线数据端,发射电路 2-1-2 的第一信号输出端连接第一谐振匹配电路 2-1-3 的信号输入端,发射电路 2-1-2 的第二信号输出端连接第二谐振匹配电路 2-1-4 的信号输入端,发射电路 2-1-2 的第三信号输出端连接第三谐振匹配电路 2-1-5 的信号输入端,第一谐振匹配电路 2-1-3 的信号输出端连接第二虚拟开关 2-1-6 的第一信号输入端,第二谐振匹配电路 2-1-4 的信号输出端连接第二虚拟开关 2-1-6 的第二信号输入端,第三谐振匹配电路 2-1-5 的信号输出端连接第二虚拟开关 2-1-6 的第三信号输入端,第二虚拟开关 2-1-6 的信号输出端连接 T/R 隔离电路 2-1-7 的信号输入端,T/R 隔离电路 2-1-7 的信号输出端为集成发射接收模块 2-1 的探测信号输出端。

[0064] 本实施方式中,集成发射接收模块 2-1 利用第一虚拟开关 2-1-1 控制切换发射电路 2-1-2 驱动脉冲信号,以及发射电路 2-1-2 后端的第一谐振匹配电路 2-1-3、第二谐振匹配电路 2-1-4、第三谐振匹配电路 2-1-5 和 T/R 隔离电路 2-1-7。嵌入式计算机主控系统 6 通过总线控制第一虚拟开关 2-1-1 进行选择并送入共用发射电路 2-1-2,发射电路 2-1-2 激励对应探头。高频编码线阵探头 1-1、相控阵探头 1-2 和单阵元超声探头 1-3 在各自的协调匹配电路调整下分别激发超声换能器发出超声信号。

[0065] 具体实施方式三:结合图 1 和图 3 说明本实施方式,本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定,本实施方式中,所述的集成回波放大模块 2-2 包括开关 2-2-1、三个低噪声前置放大器 LNP2-2-2、电压控制衰减器

VCA2-2-3、可变增益放大器 PGA2-2-4 和编程模块 2-2-5, 开关 2-2-1 的探测信号输入端为集成回波放大模块 2-2 的探测信号输入端, 开关 2-2-1 的选择端用于在三个低噪声前置放大器 LNP2-2-2 的输入端之间进行切换, 开关 2-2-1 的总线控制信号输入端与编程模块 2-2-5 的总线控制信号输入端通过控制总线连接嵌入式计算机主控系统 6 的总线数据端, 三个低噪声前置放大器 LNP2-2-2 的输出端分别连接电压控制衰减器 VCA2-2-3 的三个探测信号输入端, 电压控制衰减器 VCA2-2-3 的信号输出端连接可变增益放大器 PGA2-2-4 的探测信号输入端, 编程模块 2-2-5 的 VCA 控制信号输出端连接电压控制衰减器 VCA2-2-3 的控制信号输入端, 编程模块 2-2-5 的 PGA 控制信号输出端连接可变增益放大器 PGA2-2-4 的控制信号输入端, 可变增益放大器 PGA2-2-4 的探测信号输出端为集成回波放大模块 2-2 的探测信号输出端。

[0066] 本实施方式中, 嵌入式计算机主控系统 6 控制开关 2-2-1 选通高频肌肉组织超声信号、心脏检测超声信号或者骨骼背散射超声信号, 分别经过低噪声前置放大器 LNP2-2-2 进行前置放大。放大后的信号通过由编程模块 2-2-5 控制的电压控制衰减器 VCA2-2-3 和可变增益放大器 PGA2-2-4 进行处理后输出相应信号。

[0067] 具体实施方式四: 结合图 1 说明本实施方式, 本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定, 本实施方式中, 所述的高频编码线阵探头 1-1 为 B 超高频带高密度线阵探头, 阵元数为 256, 带宽 >70%, 超声发射频率为 10MHz, 高频编码线阵探头 1-1 的输出端配置有一组 16 个可连接 16 阵元的高压开关, 并通过该高压开关连接 128 通道发射驱动电路 1-4。

[0068] 本实施方式中, 高频编码线阵探头 1-1 的发射脉冲峰-峰值为 100V。在该探头与 128 通道发射驱动电路 1-4 之间接入一个收/发多路选择器(2 选 1 高压模拟开关), 该多路选择器配置在探头内部。

[0069] 具体实施方式五: 结合图 1 说明本实施方式, 本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定, 本实施方式中, 所述的相控阵探头 1-2 为 B 超相控阵探头, 阵元数 128, 带宽 >75%, 超声发射频率为 3.2MHz, 相控阵探头 1-2 的输出端配置有一组 8 个可连接 16 阵元的高压开关, 并通过该高压开关连接 128 通道发射驱动电路 1-4。

[0070] 本实施方式中, 相控阵探头 1-2 的发射脉冲峰-峰值为 100V, 相控阵探头 1-2 与 128 发射物理通道直接相连。

[0071] 具体实施方式六: 结合图 1 说明本实施方式, 本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定, 本实施方式中, 所述的单阵元超声探头 1-3 的晶片尺寸为 13mm, 点目标聚焦为 25mm, 超声发射频率为 2.25MHz, 单阵元超声探头 1-3 的输出端配置有高压开关, 并通过该高压开关连接 128 通道发射驱动电路 1-4。

[0072] 本实施方式中, 单阵元超声探头 1-3 为单阵元聚焦探头, 工作方式为背散射测量方式, 发射脉冲峰-峰值为 100V, 同时用作超声信号的发射与接收, 通过该探头对背散射信号进行采集。该探头与 128 通道中的第一通道相连。

[0073] 当高频编码线阵探头 1-1 被选择时, 高频编码线阵探头 1-1 的高压开关接通, 相控阵探头 1-2 的高压开关断开, 256 阵元与 128 通道接通, FPGA 控制扫描波束收发; 当

相控阵探头 1 — 2 的相控阵换能器被选择接通时,高频编码线阵探头 1 — 1 的高压开关断开,相控阵探头 1 — 2 的高压开关接通,128 通道与相控阵阵元接通,FPGA 调用相控阵程序,进行相控阵扫描,完成波束偏转和聚焦;单阵元超声探头 1 — 3 仅使用 128 通道中的第一路通道,高压开关控制该通道被选通时,FPGA 调用超声背散射波束发射 / 接收程序,通过嵌入式计算机主控系统 6 控制 ADI 模拟前端 2 — 7 对第一路通道回波信号进行增益、滤波。

[0074] 具体实施方式七:结合图 1 说明本实施方式,本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定,本实施方式中,所述的集成发射驱动 / 接收单元 2 还包括有 LCD 显示器 2 — 5,所述 LCD 显示器 2 — 5 的显示信号输入端连接处理器 2 — 3 的显示信号输出端。

[0075] LCD 显示器 2 — 5 用于显示检测结果。

[0076] 具体实施方式八:结合图 1 说明本实施方式,本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定,本实施方式中,所述的嵌入式计算机主控系统 6 还连接有显示器。

[0077] 所述显示器用于显示检测结果。

[0078] 具体实施方式九:结合图 1 说明本实施方式,本实施方式是对实施方式一所述的多功能一体化数字超声诊断系统的进一步限定,本实施方式中,所述的嵌入式计算机主控系统 6 内置有无线通讯模块、USB 通讯模块和网络接口模块。

[0079] 本实施方式中,所述系统配有无线及网络通讯模块,医疗人员可以通过无线及有线网络进行远程协助与指导,并实现诊断数据的上传、下载,实现远程诊断。

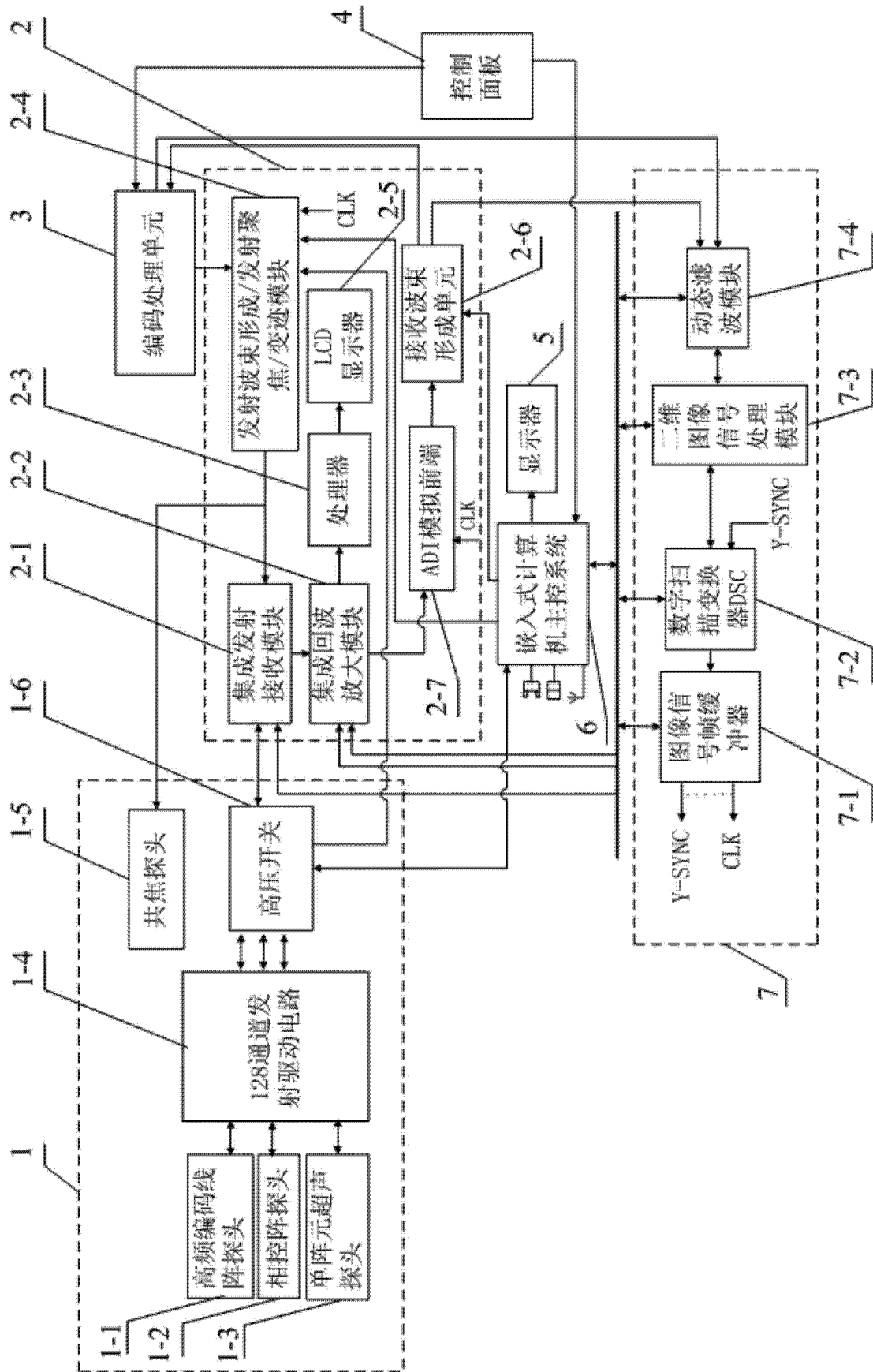


图 1

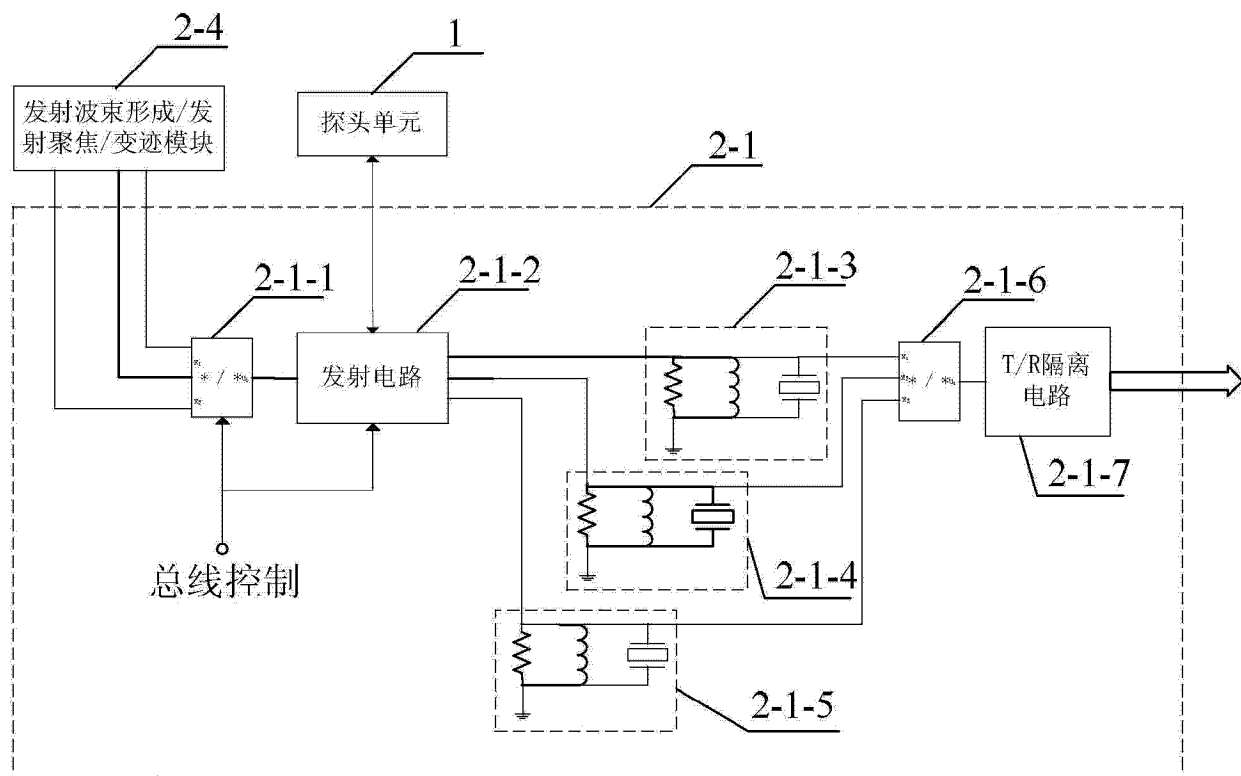


图 2

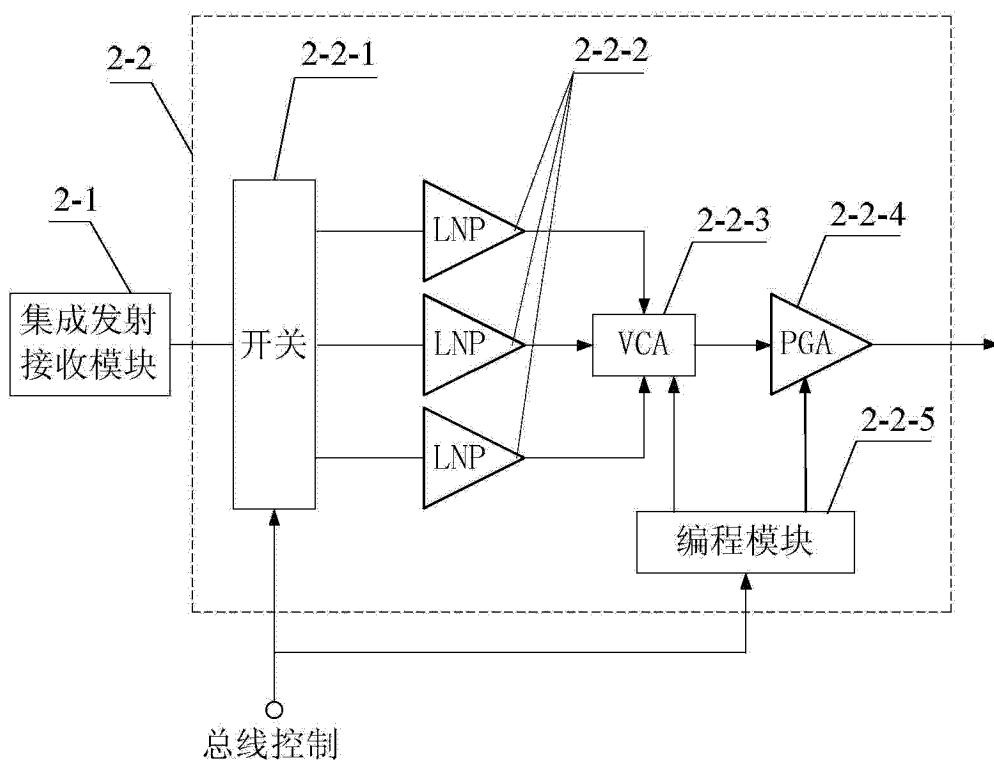


图 3

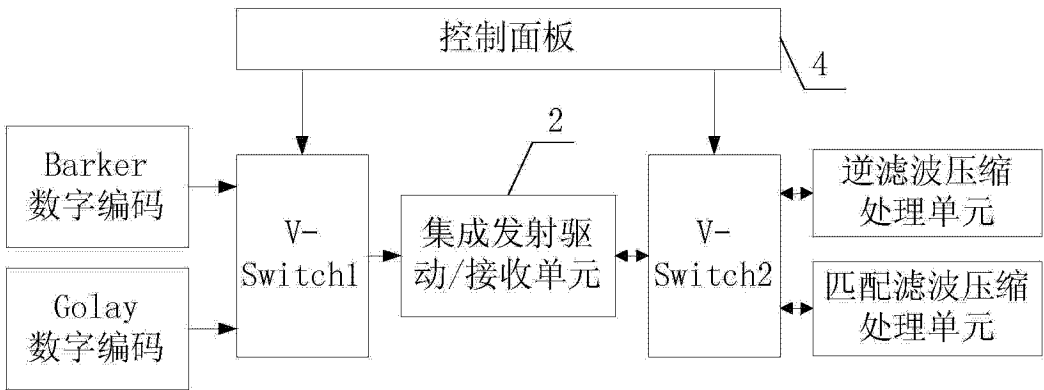


图 4

专利名称(译)	多功能一体化数字超声诊断系统		
公开(公告)号	CN103784166A	公开(公告)日	2014-05-14
申请号	CN201410074903.4	申请日	2014-03-03
[标]申请(专利权)人(译)	哈尔滨工业大学		
申请(专利权)人(译)	哈尔滨工业大学		
当前申请(专利权)人(译)	哈尔滨工业大学		
[标]发明人	沈毅 潘文磊 金晶 王艳 章欣		
发明人	沈毅 潘文磊 金晶 王艳 章欣		
IPC分类号	A61B8/08 G08C17/02		
其他公开文献	CN103784166B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

多功能一体化数字超声诊断系统，涉及一种多功能的可利用超声实现对人体肌肉组织、心脏心血管疾病及骨质健康进行一体化检测与诊断的数字化超声系统。它为了解决现有的超声设备功能单一且操作复杂，不能实现远程操作的问题。本发明采用集成的探头单元、集成发射驱动/接收单元以及数字信号处理单元等，通过嵌入式计算机主控制系统控制各模块单元采集信号和处理数据，并通过无线及网络通讯模块发送数据。本发明体积小、集成度高、使用携带方便，并且能够实现诊断数据的上传、下载，实现远程诊断。本发明适用于人体肌肉组织、心脏心血管疾病及骨质健康情况的诊断。

