



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106667547 A

(43)申请公布日 2017. 05. 17

(21)申请号 201610459372.X

(22)申请日 2016.06.23

(71)申请人 山东威瑞外科医用制品有限公司

地址 264209 山东省威海市高技术开发区
丹东路57号

(72)发明人 于江涛 张启进 姚大强 董晓宇
孙晓辉

(74)专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293

代理人 孙小栋 于振强

(51)Int.Cl.

A61B 17/32(2006.01)

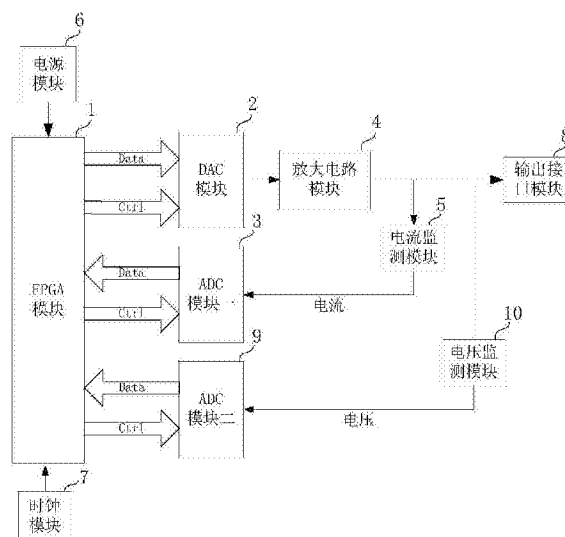
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

超声刀刀杆谐振控制装置及控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种超声刀刀杆谐振控制装置及控制方法,其解决了现有超声刀刀杆的谐振控制装置结构复杂、噪声抑制能力弱、控制精度低的技术问题,其包括FPGA模块、DAC模块、ADC模块一、ADC模块二、放大电路模块、电流监测模块、电压监测模块、电源模块和时钟模块,DAC模块与FPGA模块连接,ADC模块一与FPGA模块连接,ADC模块二与FPGA模块连接,放大电路模块的输入端与DAC模块连接;电流监测模块的输入端、电压监测模块的输入端分别与放大电路模块的输出端连接;电流监测模块的输出端与ADC模块一连接,电压监测模块的输出端与ADC模块二连接。其可广泛应用于超声刀控制系统。



1. 一种超声刀刀杆谐振控制装置,其特征是,包括FPGA模块、DAC模块、ADC模块一、ADC模块二、放大电路模块、电流监测模块、电压监测模块、电源模块、时钟模块和输出接口模块,所述DAC模块与所述FPGA模块连接,所述ADC模块一与所述FPGA模块连接,所述ADC模块二与所述FPGA模块连接,所述放大电路模块的输入端与所述DAC模块连接;所述输出接口模块与所述放大电路模块的输出端连接,所述电流监测模块的输入端与所述放大电路模块的输出端连接,所述电压监测模块的输入端与所述放大电路模块的输出端连接;所述电流监测模块的输出端与所述ADC模块一连接,所述电压监测模块的输出端与所述ADC模块二连接;所述电源模块与所述FPGA模块连接,所述时钟模块与所述FPGA模块连接。

2. 根据权利要求1所述的超声刀刀杆谐振控制装置,其特征在于,所述FPGA模块设有ADC数据接收单元一、数据处理单元一、双口RAM单元一、乘法器一、FFT运算单元一、双口RAM单元二、采集控制单元、窗函数单元、ADC数据接收单元二、数据处理单元二、双口RAM单元三、乘法器二、FFT运算单元二、双口RAM单元四、相位差值计算单元、信号产生单元、频率控制单元、频率预设单元、相位值计算单元一、相位值计算单元二,所述数据处理单元一与所述ADC数据接收单元一连接,所述双口RAM单元一与所述数据处理单元一连接,所述乘法器一与所述双口RAM单元一连接,所述FFT运算单元一与所述乘法器一连接,所述双口RAM单元二与所述FFT运算单元一连接,所述相位值计算单元一与双口RAM单元二连接,所述数据处理单元二与所述ADC数据接收单元二连接,所述双口RAM单元三与所述数据处理单元二连接,所述乘法器二与所述双口RAM单元三连接,所述FFT运算单元二与所述乘法器二连接,所述双口RAM单元四与所述FFT运算单元二连接,所述相位值计算单元二与双口RAM单元四连接,所述相位差值计算单元分别与所述相位值计算单元一、相位值计算单元二连接,所述频率控制单元与所述相位差值计算单元连接,所述信号产生单元与所述频率控制单元连接,所述频率预设单元与频率控制单元连接;所述窗函数单元分别与所述乘法器一、乘法器二连接。

3. 一种应用如权利要求2所述的超声刀刀杆谐振控制装置的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 上电初始化;

(2) 预设输出电信号的频率;

(3) 所述电流监测模块采集放大电路模块输出的电流信号并送入数据处理单元一进行噪音过滤,所述电压监测模块采集放大电路模块输出的电压信号并送入数据处理单元二进行噪音过滤;

(4) 过滤后电流信号与过滤后的电压信号经过所述窗函数单元相乘处理之后得到有限长序列的电流信号与电压信号;

(5) 所述步骤(4)输出的电流信号被所述FFT运算单元一进行快速傅立叶变换,所述步骤(4)输出的电压信号被所述FFT运算单元二进行快速傅立叶变换;

(6) 由所述相位值计算单元一、相位值计算单元二分别计算所述步骤(5)输出电流和电压的相位值;

(7) 通过所述相位差值计算单元求得电压和电流的相位差;

(8) 如果相位差大于0,由频率控制单元减小输出信号的频率并返回到步骤(3);如果相位差小于0,则由频率控制单元增大输出信号的频率并返回到步骤(3)。

4. 根据权利要求3所述的控制方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

(1) 上电初始化;

(2) 由所述频率预设单元预设信号的输出频率额定值REF,信号产生单元输送信号给所述DAC模块;

(3) 所述电流监测模块采集放大电路模块输出的电流信号,并将该电流信号发送给所述ADC模块一进行AD转换,同时,所述电压监测模块采集放大电路模块输出的电压信号,并将电压信号发送给所述ADC模块二进行AD转换;

(4) 定义所述ADC模块一输出给数据处理单元一的反馈电流信号为 I_k ,所述数据处理单元一通过以下公式对电流反馈信号 I_k 进行噪音过滤,取得反馈电流信号 $I(t)$;

$$I(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} I_k \quad (1)$$

公式(1)中, I_k 为电流信号的第K次采样,N为采样次数, $I(t)$ 为经过噪音过滤之后的信号;

(5) 定义所述ADC模块二输出给数据处理单元二的反馈电压信号为 U_k ,所述数据处理单元二通过以下公式对电压反馈信号 U_k 进行噪音过滤,取得反馈电压信号 $U(t)$;

$$U(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} U_k \quad (2)$$

公式(2)中, U_k 为电压信号的第K次采样,N为采样次数, $U(t)$ 为经过噪音过滤之后的信号;

(6) 所述反馈电流信号 $I(t)$ 与反馈电压信号 $U(t)$ 经过窗函数单元相乘处理之后得到有限长序列的电流信号 $I_w(t)$ 与电压信号 $U_w(t)$,窗函数处理算法如下:

对 $I(t)$ 加窗处理的计算公式为:

$$I_w(t) = I(t) \cdot w_n(t) \quad (3)$$

对 $U(t)$ 加窗处理的计算公式为:

$$U_w(t) = U(t) \cdot w_n(t) \quad (4)$$

其中 $w_n(t)$ 为窗函数,定义如下:

$$w_n(t) = \begin{cases} w(t), & 0 \leq t \leq n-1 \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (5);$$

(7) 加窗处理之后的电流信号 $I_w(t)$ 被所述FFT运算单元一通过以下公式进行快速傅立叶变换:

$$I_w(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} I_w(t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}(I_w(\omega)) + j\text{Im}(I_w(\omega)) \quad (6)$$

公式(6)中, $\text{Re}(I_w(\omega))$ 为电流信号经过FFT变换之后的实部, $\text{Im}(I_w(\omega))$ 为电流信号经过FFT变换之后的虚部;

加窗处理之后的电压信号 $U_w(t)$ 被所述FFT运算单元二通过以下公式进行快速傅立叶变换:

$$U_w(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} U_w(t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}(U_w(\omega)) + j\text{Im}(U_w(\omega)) \quad (7)$$

公式(7)中, $\text{Re}(U_w(\omega))$ 为电压信号经过FFT变换之后的实部, $\text{Im}(U_w(\omega))$ 为电压信号经过FFT变换之后的虚部;

(8) 所述相位值计算单元一、相位值计算单元二分别计算电流和电压的相位值,计算公式如下:

电流相位为:

$$\varphi(I_w(\omega)) = \arctan \frac{\text{Im}(I_w(\omega))}{\text{Re}(I_w(\omega))} \quad (8)$$

电压相位为:

$$\varphi(U_w(\omega)) = \arctan \frac{\text{Im}(U_w(\omega))}{\text{Re}(U_w(\omega))} \quad (9);$$

(9) 进一步通过相位差值计算单元由以下公式求得电压和电流的相位差:

$$\Delta\varphi = \varphi(U_w(\omega)) - \varphi(I_w(\omega)) \quad (10);$$

(10) 由频率控制单元对 $\Delta\varphi$ 进行判断,如果 $\Delta\varphi=0$,则进入以下步骤(12),否则进入以下步骤(11);

(11) 如果 $\Delta\varphi > 0$,由频率控制单元减小输出信号的频率并返回到步骤(4);否则由频率控制单元增大输出信号的频率并返回到步骤(4);

(12) 控制结束。

超声刀刀杆谐振控制装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种控制装置及控制方法,具体说是一种超声刀刀杆谐振控制装置及控制方法。

背景技术

[0002] 超声刀在外科手术中得到越来越广泛的应用,根据具体器械的构造和工作原理,超声刀可以在切割组织的同时进行凝血,其工作过程中没有电流通过人体,组织焦痂小,从而对患者的损伤小。超声刀可以被用于开放式外科手术、腹腔镜或内窥镜外科手术(包括机器人辅助的手术)。

[0003] 超声刀一般包括超声刀主机、驱动柄、刀头以及控制开关,刀头由手柄、刀杆和刀尖组成。超声刀工作时,超声刀主机控制刀头的刀杆和刀尖进行高频率往复运动来产生止血和切割的效果。

[0004] 在实际使用中,刀头随着负载的变化振幅也在不断的变化从而导致切割的效率降低,严重影响使用效果。

[0005] 要使超声刀刀杆和刀尖处于最佳工作状态,必须通过控制装置使其处于谐振工作状态。超声刀刀杆的谐振频率会随着接触的人体组织的不同而不断的发生变化。

[0006] 如说明书附图中图1所示超声等效电路模型,当超声刀刀杆处于谐振状态时,感抗和容抗抵消,超声刀等效电路模型呈现的阻抗值就是纯电阻,此时反馈的超声刀两端的电压和电流是同相位,否则由于容抗和感抗的影响,反馈的超声刀两端的电压和电流存在一定的相位差。

[0007] 现有的控制装置一般采用现场反馈的电压和电流信号通过两输入的过零比较器,微处理器然后再监测过零比较器的输出的方波的时间差评估电压和电流的相位差,从而确定刀杆是否工作在谐振状态。这样的装置主要存在以下技术缺陷:

[0008] 1) 当通过过零比较器时,易受到信号零点位置处的噪声干扰,抑制信号噪声的能力比较薄弱,导致比较大的误差;

[0009] 2) 电路结构比较复杂。

发明内容

[0010] 本发明就是为了解决现有超声刀刀杆的谐振控制装置结构复杂、噪声抑制能力弱、控制精度低的技术问题,提供一种结构简单、噪声抑制能力强、能够精确控制超声刀刀杆处于谐振工作状态的超声刀刀杆振幅控制装置及控制方法。

[0011] 本发明的技术方案是,提供一种超声刀刀杆谐振控制装置,包括FPGA模块、DAC模块、ADC模块一、ADC模块二、放大电路模块、电流监测模块、电压监测模块、电源模块、时钟模块和输出接口模块,DAC模块与FPGA模块连接,ADC模块一与FPGA模块连接,ADC模块二与FPGA模块连接,放大电路模块的输入端与DAC模块连接;输出接口模块与放大电路模块的输出端连接,电流监测模块的输入端与放大电路模块的输出端连接,电压监测模块的输入端

与放大电路模块的输出端连接;电流监测模块的输出端与ADC模块一连接,电压监测模块的输出端与ADC模块二连接;电源模块与FPGA模块连接,时钟模块与所述FPGA模块连接。

[0012] 优选地,FPGA模块设有ADC数据接收单元一、数据处理单元一、双口RAM单元一、乘法器一、FFT运算单元一、双口RAM单元二、采集控制单元、窗函数单元、ADC数据接收单元二、数据处理单元二、双口RAM单元三、乘法器二、FFT运算单元二、双口RAM单元四、相位差值计算单元、信号产生单元、频率控制单元、频率预设单元、相位值计算单元一、相位值计算单元二,数据处理单元一与ADC数据接收单元一连接,双口RAM单元一与数据处理单元一连接,乘法器一与双口RAM单元一连接,FFT运算单元一与乘法器一连接,双口RAM单元二与FFT运算单元一连接,相位值计算单元一与双口RAM单元二连接,数据处理单元二与ADC数据接收单元二连接,双口RAM单元三与数据处理单元二连接,乘法器二与双口RAM单元三连接,FFT运算单元二与乘法器二连接,双口RAM单元四与FFT运算单元二连接,相位值计算单元二与双口RAM单元四连接,相位差值计算单元分别与相位值计算单元一、相位值计算单元二连接,频率控制单元与相位差值计算单元连接,信号产生单元与频率控制单元连接,频率预设单元与频率控制单元连接;窗函数单元分别与乘法器一、乘法器二连接。

[0013] 本发明还提供一种声刀刀杆谐振控制方法,包括以下步骤:

[0014] (1) 上电初始化;

[0015] (2) 预设输出电信号的频率;

[0016] (3) 电流监测模块采集放大电路模块输出的电流信号并送入数据处理单元一进行噪音过滤,电压监测模块采集放大电路模块输出的电压信号并送入数据处理单元二进行噪音过滤;

[0017] (4) 过滤后电流信号与过滤后的电压信号经过窗函数单元相乘处理之后得到有限长序列的电流信号与电压信号;

[0018] (5) 步骤(4)输出的电流信号被FFT运算单元一进行快速傅立叶变换,步骤(4)输出的电压信号被所述FFT运算单元二进行快速傅立叶变换;

[0019] (6) 由相位值计算单元一、相位值计算单元二分别计算步骤(5)输出电流和电压的相位值;

[0020] (7) 通过相位差值计算单元求得电压和电流的相位差;

[0021] (8) 如果相位差大于0,由频率控制单元减小输出信号的频率并返回到步骤(3);如果相位差小于0,则由频率控制单元增大输出信号的频率并返回到步骤(3)。

[0022] 优选地,具体包括以下步骤:

[0023] (1) 上电初始化;

[0024] (2) 由频率预设单元预设信号的输出频率额定值REF,信号产生单元输送信号给所述DAC模块;

[0025] (3) 电流监测模块采集放大电路模块输出的电流信号,并将该电流信号发送给所述ADC模块一进行AD转换,同时,电压监测模块采集放大电路模块输出的电压信号,并将电压信号发送给ADC模块二进行AD转换;

[0026] (4) 定义ADC模块一输出给数据处理单元一的反馈电流信号为 I_k ,数据处理单元一通过以下公式对电流反馈信号 I_k 进行噪音过滤,取得反馈电流信号 $I(t)$;

[0027]
$$I(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} I_k \quad (1)$$

[0028] 公式(1)中, I_k 为电流信号的第 K 次采样, N 为采样次数, $I(t)$ 为经过噪音过滤之后的信号;

[0029] (5) 定义ADC模块二输出给数据处理单元二的反馈电压信号为 U_k , 数据处理单元二通过以下公式对电压反馈信号 U_k 进行噪音过滤, 取得反馈电压信号 $U(t)$;

[0030]
$$U(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} U_k \quad (2)$$

[0031] 公式(2)中, U_k 为电压信号的第 K 次采样, N 为采样次数, $U(t)$ 为经过噪音过滤之后的信号;

[0032] (6) 反馈电流信号 $I(t)$ 与反馈电压信号 $U(t)$ 经过窗函数单元相乘处理之后得到有限长序列的电流信号 $I_w(t)$ 与电压信号 $U_w(t)$, 窗函数处理算法如下:

[0033] 对 $I(t)$ 加窗处理的计算公式为:

[0034]
$$I_w(t) = I(t) \cdot w_n(t) \quad (3)$$

[0035] 对 $U(t)$ 加窗处理的计算公式为:

[0036]
$$U_w(t) = U(t) \cdot w_n(t) \quad (4)$$

[0037] 其中 $w_n(t)$ 为窗函数, 定义如下:

[0038]
$$w_n(t) = \begin{cases} w(t), & 0 \leq t \leq n-1 \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (5);$$

[0039] (7) 加窗处理之后的电流信号 $I_w(t)$ 被FFT运算单元一通过以下公式进行快速傅立叶变换:

[0040]
$$I_w(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} I_w(t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}(I_w(\omega)) + j\text{Im}(I_w(\omega)) \quad (6)$$

[0041] 公式(6)中, $\text{Re}(I_w(\omega))$ 为电流信号经过FFT变换之后的实部, $\text{Im}(I_w(\omega))$ 为电流信号经过FFT变换之后的虚部;

[0042] 加窗处理之后的电压信号 $U_w(t)$ 被所述FFT运算单元二通过以下公式进行快速傅立叶变换:

[0043]
$$U_w(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} U_w(t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}(U_w(\omega)) + j\text{Im}(U_w(\omega)) \quad (7)$$

[0044] 公式(7)中, $\text{Re}(U_w(\omega))$ 为电压信号经过FFT变换之后的实部, $\text{Im}(U_w(\omega))$ 为电压信号经过FFT变换之后的虚部;

[0045] (8) 相位值计算单元一、相位值计算单元二分别计算电流和电压的相位值, 计算公式如下:

[0046] 电流相位为:

[0047]
$$\phi(I_w(\omega)) = \arctan \frac{\text{Im}(I_w(\omega))}{\text{Re}(I_w(\omega))} \quad (8)$$

[0048] 电压相位为:

[0049]
$$\phi(U_w(\omega)) = \arctan \frac{\text{Im}(U_w(\omega))}{\text{Re}(U_w(\omega))} \quad (9);$$

[0050] (9) 进一步通过相位差值计算单元由以下公式求得电压和电流的相位差:

[0051]
$$\Delta\varphi = \varphi(U_w(\omega)) - \varphi(I_w(\omega)) \quad (10);$$

[0052] (10) 由频率控制单元对 $\Delta\varphi$ 进行判断,如果 $\Delta\varphi=0$,则进入以下步骤(12),否则进入下一步骤(11);

[0053] (11) 如果 $\Delta\varphi > 0$,由频率控制单元减小输出信号的频率并返回到步骤(4);否则由频率控制单元增大输出信号的频率并返回到步骤(4);

[0054] (12) 控制结束。

[0055] 本发明的有益效果是,应用FPGA(Field Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)的技术、数字信号处理技术、高精度ADC技术,本发明能够确保超声刀刀杆和刀尖处于谐振工作状态,噪声抑制能力强,控制精度高,从而提高了切割的精度和效率。

[0056] 本发明进一步的特征和方面,将在以下参考附图的具体实施方式的描述中,得以清楚地记载。

附图说明

[0057] 图1是超声刀等效电路模型;

[0058] 图2是本发明的原理框图;

[0059] 图3是FPGA模块的原理框图;

[0060] 图4是控制过程流程图。

[0061] 图中符号说明:

[0062] 1.FPGA模块;2.DAC模块;3.ADC模块一;4.放大电路模块;5.电流监测模块;6.电源模块;7.时钟模块;8.输出接口模块;9.ADC模块二;10.电压监测模块;11.ADC数据接收单元一;12.数据处理单元一;13.双口RAM单元一;14.乘法器一;15.FFT运算单元一;16.双口RAM单元二;17.采集控制单元;18.窗函数单元;19.ADC数据接收单元二;20.数据处理单元二;21.双口RAM单元三;22.乘法器二;23.FFT运算单元二;24.双口RAM单元四;25.相位差值计算单元;26.信号产生单元;27.频率控制单元;28.频率预设单元;29.相位值计算单元一;30.相位值计算单元二。

具体实施方式

[0063] 以下参照附图,以具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0064] 如图2所示,超声刀刀头谐振控制装置包括FPGA模块1、DAC模块2、ADC模块一3、放大电路模块4、电流监测模块5、电源模块6、时钟模块7、输出接口模块8、ADC模块二9和电压监测模块10,DAC模块2与FPGA模块1连接,ADC模块一3与FPGA模块1连接,ADC模块二9与FPGA模块1连接。放大电路模块4的输入端与DAC模块2连接。放大电路模块4的输出端分三路,一路与输出接口模块8连接,第二路与电流监测模块5的输入端连接,第三路与电压监测模块10的输入端连接。电流监测模块5的输出端与ADC模块一3连接,电压监测模块10的输出端与ADC模块二9连接。

[0065] 电源模块6与FPGA模块1连接,时钟模块7与FPGA模块1连接。电源模块6同时也给时钟模块7、DAC模块2、ADC模块一3、ADC模块二9、放大电路模块4、电流监测模块5、电压监测模块10、输出接口模块8供电。

[0066] 输出接口模块8用于将电信号输出给超声刀的驱动柄。

[0067] FPGA模块1预设额定电信号输出额定值,在FPGA模块1的控制下,放大电路模块4输出的电信号通过输出接口模块8发送给超声刀的驱动柄,从而使电能转换成机械能。电流监测模块5用于采集放大电路模块4输出的电流信号大小,采集到的电流信号经过ADC模块一3转换成数字信号反馈给FPGA模块1。电压监测模块10用于采集放大电路模块4输出的电压信号大小,采集到的电压信号经过ADC模块二9转换成数字信号反馈给FPGA模块1。FPGA模块1根据反馈的电流大小、电压大小与预设值进行比较,来调整放大电路模块4输出电信号的大小。

[0068] 如图3所示,FPGA模块1设有ADC数据接收单元一11、数据处理单元一12、双口RAM单元一13、乘法器一14、FFT运算单元一15、双口RAM单元二16、采集控制单元17、窗函数单元18、ADC数据接收单元二19、数据处理单元二20、双口RAM单元三21、乘法器二22、FFT运算单元二23、双口RAM单元四24、相位差值计算单元25、信号产生单元26、频率控制单元27、频率预设单元28、相位值计算单元一29、相位值计算单元二30。数据处理单元一12与ADC数据接收单元一11连接,双口RAM单元一13与数据处理单元一12连接,乘法器一14与双口RAM单元一13连接,FFT运算单元一15与乘法器一14连接,双口RAM单元二16与FFT运算单元一15连接,相位值计算单元一29与双口RAM单元二16连接。数据处理单元二20与ADC数据接收单元二19连接,双口RAM单元三21与数据处理单元二20连接,乘法器二22与双口RAM单元三21连接,FFT运算单元二23与乘法器二22连接,双口RAM单元四24与FFT运算单元二23连接,相位值计算单元二30与双口RAM单元四24连接。相位差值计算单元25分别与相位值计算单元一29、相位值计算单元二30连接,频率控制单元27与相位差值计算单元25连接,信号产生单元26与频率控制单元27连接。频率预设单元28与频率控制单元27连接。

[0069] 窗函数单元18分别与乘法器一14、乘法器二22连接。

[0070] 采集控制单元17用于控制ADC数据接收单元一11、数据处理单元一12、ADC数据接收单元二19、数据处理单元二20工作。

[0071] ADC数据接收单元一11用于接收ADC模块一3发送的电流信号,ADC数据接收单元二19用于接收ADC模块二9发送的电压信号。

[0072] 频率控制单元27的作用根据相位差值计算单元25输出的电压电流信号的相位差调整输出信号的频率,如果电压相位超前于电流,则降低输出信号的频率,否则升高输出信号的频率。

[0073] 信号产生单元26的作用是根据频率控制单元27设定的频率值输出信号。

[0074] 如图4所示,控制放大电路模块4输出电信号的频率的步骤如下:

[0075] (1) 完成装置的各个功能单元的上电初始化。

[0076] (2) 由频率预设单元28预设信号的输出频率额定值REF,信号产生单元26输送信号给DAC模块2。

[0077] (3) 电流监测模块5采集放大电路模块4输出的电流信号,并将该电流信号发送给ADC模块一3进行AD转换。同时,电压监测模块10采集放大电路模块4输出的电压信号,并将电压信号发送给ADC模块二9进行AD转换。

[0078] (4) 定义ADC模块一3输出给数据处理单元一12的反馈电流信号为 I_k ,数据处理单元一12对ADC模块一3发送的电流反馈信号 I_k 进行噪音过滤,取得高质量的反馈电流信号 I

(t)。

[0079] 噪音过滤算法通过以下公式完成：

$$[0080] \quad I(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} I_k \quad (1)$$

[0081] 公式(1)中, I_k 为电流信号的第K次采样, N为采样次数, $I(t)$ 为经过噪音过滤之后的信号。

[0082] (5) 定义ADC模块二9输出给数据处理单元二20的反馈电压信号为 U_k , 数据处理单元二20对ADC模块二9发送的电压反馈信号 U_k 进行噪音过滤, 取得高质量的反馈电压信号 $U(t)$ 。

[0083] 噪音过滤算法通过以下公式完成：

$$[0084] \quad U(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} U_k \quad (2)$$

[0085] 公式(2)中, U_k 为电压信号的第K次采样, N为采样次数, $U(t)$ 为经过噪音过滤之后的信号。

[0086] (6) 反馈电流信号 $I(t)$ 与反馈电压信号 $U(t)$ 经过窗函数单元18相乘处理之后得到有限长序列的电流信号 $I_w(t)$ 与电压信号 $U_w(t)$, 窗函数处理算法如下：

[0087] 对 $I(t)$ 加窗处理的计算公式为：

$$[0088] \quad I_w(t) = I(t) \cdot w_n(t) \quad (3)$$

[0089] 对 $U(t)$ 加窗处理的计算公式为：

$$[0090] \quad U_w(t) = U(t) \cdot w_n(t) \quad (4)$$

[0091] 其中 $w_n(t)$ 为窗函数, 定义如下：

$$[0092] \quad w_n(t) = \begin{cases} w(t), & 0 \leq t \leq n-1 \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (5)。$$

[0093] (7) 加窗处理之后的电流信号 $I_w(t)$ 被FFT运算单元一15通过以下公式进行快速傅立叶变换。

$$[0094] \quad I_w(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} I_w(t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}(I_w(\omega)) + j\text{Im}(I_w(\omega)) \quad (6)$$

[0095] 公式(6)中, $\text{Re}(I_w(\omega))$ 为电流信号经过FFT变换之后的实部, $\text{Im}(I_w(\omega))$ 为电流信号经过FFT变换之后的虚部。

[0096] 加窗处理之后的电压信号 $U_w(t)$ 被FFT运算单元二23通过以下公式进行快速傅立叶变换。

$$[0097] \quad U_w(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} U_w(t) e^{-j\omega t} dt = \text{Re}(U_w(\omega)) + j\text{Im}(U_w(\omega)) \quad (7)$$

[0098] 公式(7)中, $\text{Re}(U_w(\omega))$ 为电压信号经过FFT变换之后的实部, $\text{Im}(U_w(\omega))$ 为电压信号经过FFT变换之后的虚部。

[0099] (8) 相位值计算单元一29、相位值计算单元二30分别计算电流和电压的相位值, 计算公式如下：

[0100] 电流相位为：

$$[0101] \quad \phi(I_w(\omega)) = \arctan \frac{\text{Im}(I_w(\omega))}{\text{Re}(I_w(\omega))} \quad (8)$$

[0102] 电压相位为：

$$[0103] \quad \varphi(U_w(\omega)) = \arctan \frac{\text{Im}(U_w(\omega))}{\text{Re}(U_w(\omega))} \quad (9)。$$

[0104] (9) 进一步通过相位差值计算单元25由以下公式求得电压和电流的相位差：

$$[0105] \quad \Delta\varphi = \varphi(U_w(\omega)) - \varphi(I_w(\omega)) \quad (10)。$$

[0106] (10) 由频率控制单元27对 $\Delta\varphi$ 进行判断,如果 $\Delta\varphi=0$,表示超声刀刀杆处于谐振状态,则进入步骤(12),否则进入下一步骤(11)。

[0107] (11) 如果 $\Delta\varphi > 0$,由频率控制单元27减小输出信号的频率并返回到步骤(4);否则由频率控制单元27增大输出信号的频率并返回到步骤(4)。

[0108] (12) 控制结束,不做任何调整。

[0109] 以上所述仅对本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡是在本发明的权利要求限定范围内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应在本发明的保护范围之内。

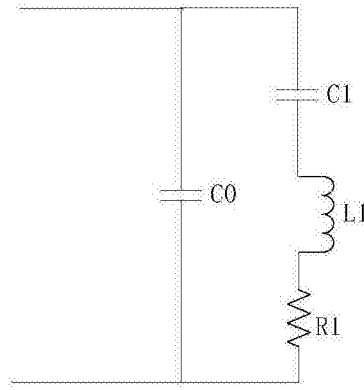


图1

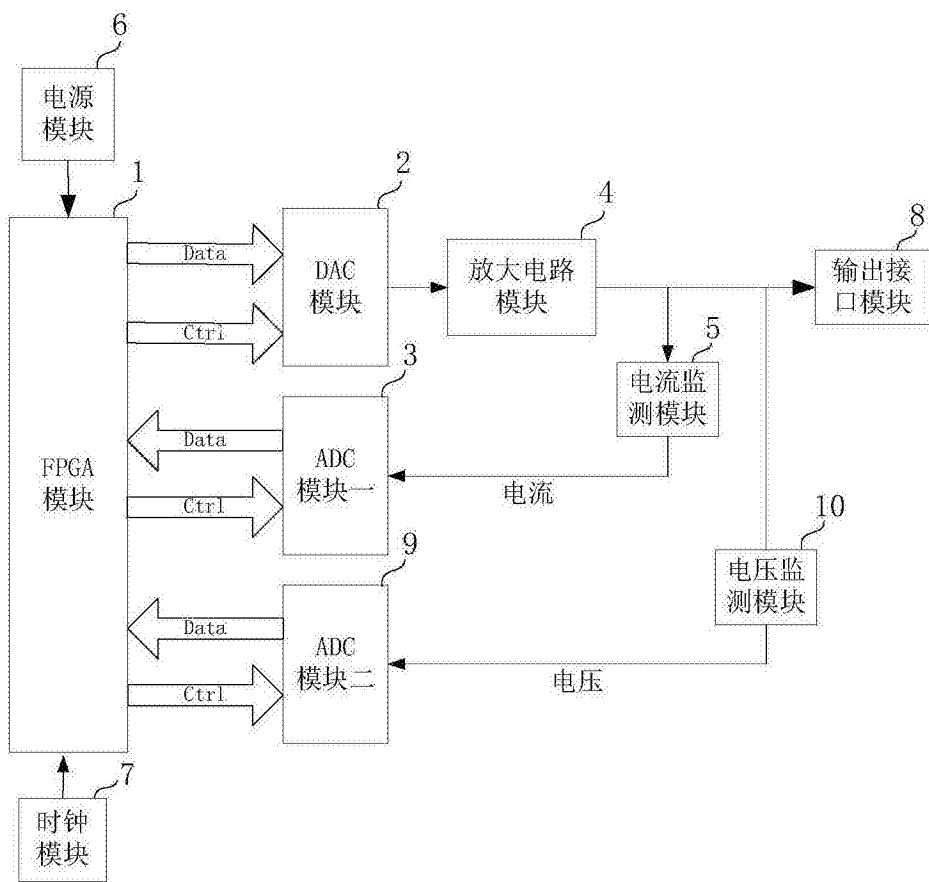
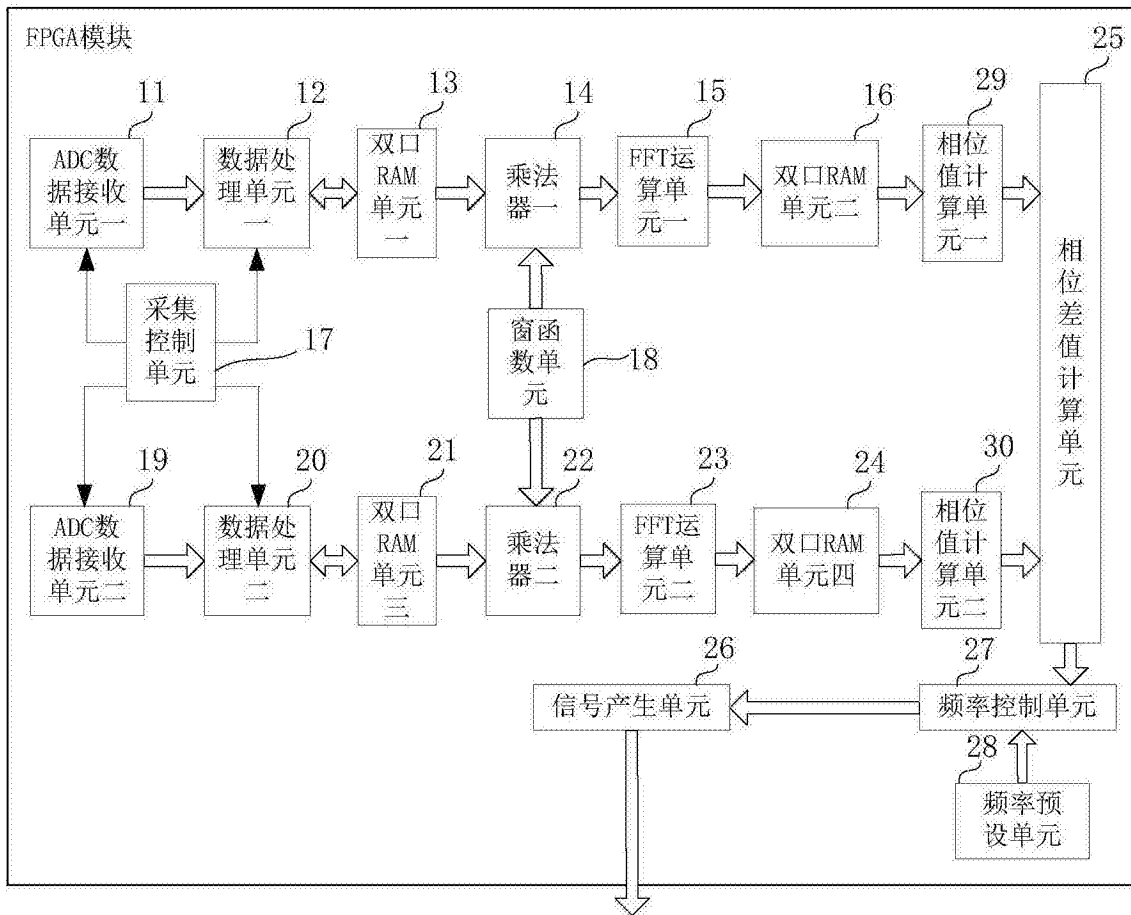


图2



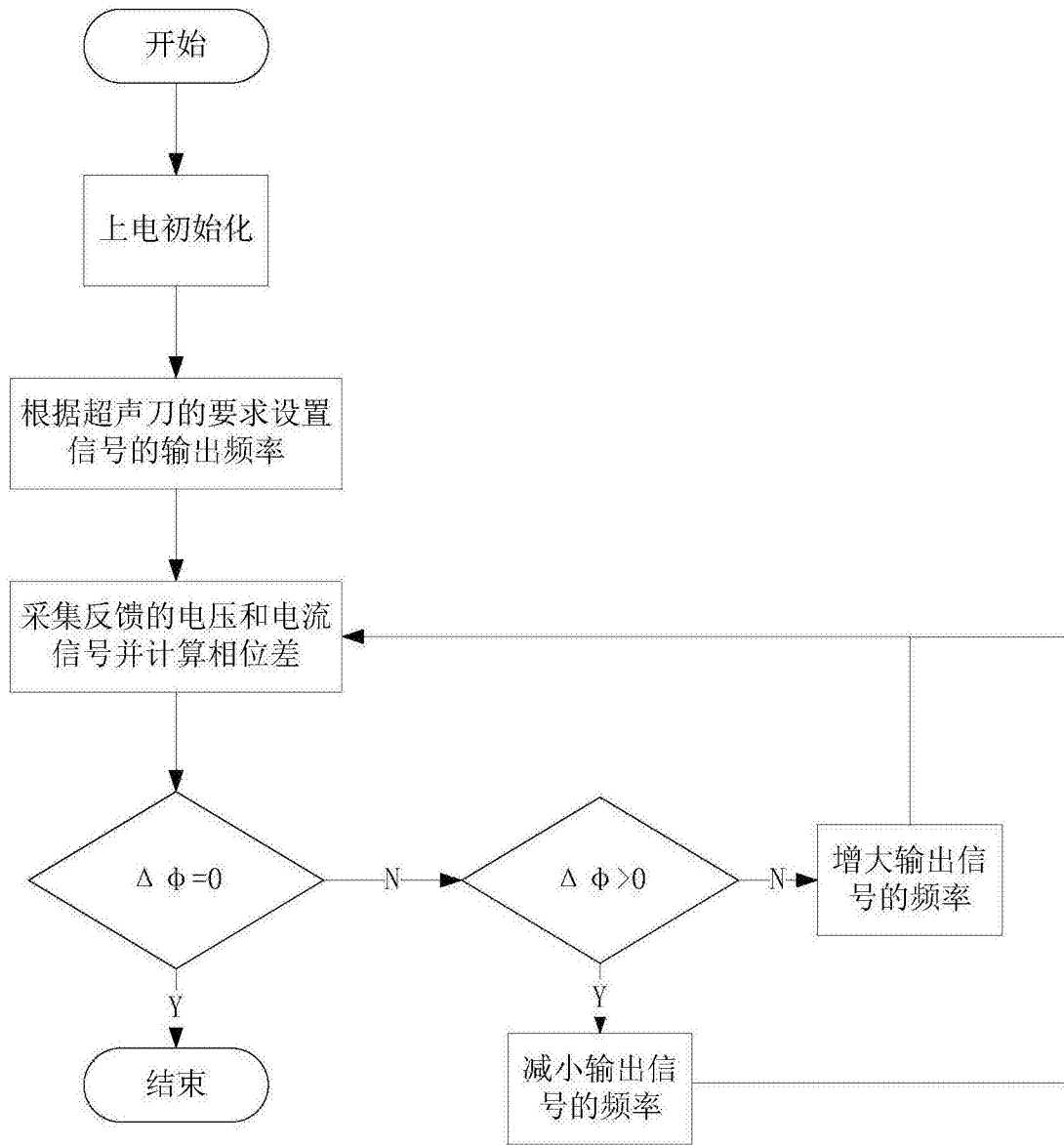


图4

专利名称(译)	超声刀刀杆谐振控制装置及控制方法		
公开(公告)号	CN106667547A	公开(公告)日	2017-05-17
申请号	CN201610459372.X	申请日	2016-06-23
[标]申请(专利权)人(译)	山东威瑞外科医用制品有限公司		
申请(专利权)人(译)	山东威瑞外科医用制品有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	山东威瑞外科医用制品有限公司		
[标]发明人	于江涛 张启进 姚大强 董晓宇 孙晓辉		
发明人	于江涛 张启进 姚大强 董晓宇 孙晓辉		
IPC分类号	A61B17/32		
CPC分类号	A61B17/320068		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种超声刀刀杆谐振控制装置及控制方法，其解决了现有超声刀刀杆的谐振控制装置结构复杂、噪声抑制能力弱、控制精度低的技术问题，其包括FPGA模块、DAC模块、ADC模块一、ADC模块二、放大电路模块、电流监测模块、电压监测模块、电源模块和时钟模块，DAC模块与FPGA模块连接，ADC模块一与FPGA模块连接，ADC模块二与FPGA模块连接，放大电路模块的输入端与DAC模块连接；电流监测模块的输入端、电压监测模块的输入端分别与放大电路模块的输出端连接；电流监测模块的输出端与ADC模块一连接，电压监测模块的输出端与ADC模块二连接。其可广泛应用于超声刀控制系统。

