



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202621424 U

(45) 授权公告日 2012. 12. 26

(21) 申请号 201220024951. 9

(22) 申请日 2012. 01. 18

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 何存富 李晓伟 吴斌 周进节

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

代理人 吴荫芳

(51) Int. Cl.

B06B 1/02 (2006. 01)

H02M 9/04 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

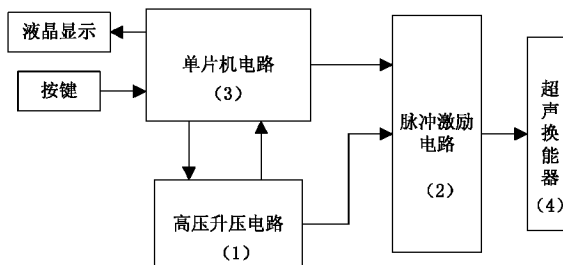
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 实用新型名称

一种便携式高压多脉冲超声波发射装置

(57) 摘要

便携式高压多脉冲超声波发射装置涉及一种高能超声波发射装置,能够产生高压连续脉冲激励超声换能器,产生高能超声波。该装置包括高压升压电路、脉冲激励电路、单片机电路和超声换能器。高压升压电路采用反激式开关升压原理产生高电压,通过调整输入 PWM 信号的占空比可以调整升压模块的输出电压,输出电压同时反馈到单片机的内部 AD 输入,实现电压的闭环控制。脉冲激励电路采用两个 MOS 管组成的推挽电路驱动超声换能器,其中的 MOS 管驱动采用自举升压电路。本装置通过外接按键和液晶显示屏,能够设置激励电压、激励脉冲周期数、激励频率和激励间隔周期四个参数。整个装置体积小、重量轻,适用于野外作业。



1. 一种便携式高压多脉冲超声波发射装置,包括高压升压电路(1)、脉冲激励电路(2)、单片机电路(3)和超声换能器(4),其特征在于:单片机电路(3)连接高压升压电路(1),控制高压升压电路(1)的输出电压,高压升压电路(1)的输出电压再反馈给单片机电路(3)实现输出电压的闭环控制;单片机电路(3)与脉冲激励电路(2)连接,控制脉冲激励电路(2)产生高压脉冲;高压升压电路(1)连接脉冲激励电路(2),为脉冲激励电路(2)提供高压电源;脉冲激励电路(2)与超声换能器(4)连接,激励超声换能器(4)产生超声波。

2. 根据权利要求1所述的便携式高压多脉冲超声波发射装置,其特征在于:单片机电路包括单片机 STM32F103C8T6,以及典型复位电路、典型晶振电路和典型 JTAG 仿真接口电路;单片机 STM32F103C8T6 的 PA1 端口输出 PWM 信号到高压升压电路(1)的 PWM-IN 端口, PWM 信号的产生由单片机 STM32F103C8T6 采用 TIMER2 定时器的 PWM 功能实现,单片机的 PA0 端口作为单片机电路的 FEEDBACK 端口用来接收高压升压电路(1)的反馈电压;单片机的 PA2 和 PA3 端口用于向脉冲激励电路(2)发送脉冲控制信号。

3. 根据权利要求1所述的便携式高压多脉冲超声波发射装置,其特征在于:高压升压电路(1)由 MOS 管、高频变压器、储能电容、DCR 尖峰吸收电路、低通滤波电路和电压反馈电路组成;单片机 PA1 口连接 MOS 管的 G 极,控制 MOS 管的导通与截止, MOS 管 S 极接地;高频变压器初级绕组连接在 MOS 管 D 极和电源之间, DCR 尖峰吸收电路并接在高频变压器初级绕组两端用于吸收 MOS 管关断瞬间初级绕组产生的高压尖脉冲,高频变压器的次级绕组一端接地,一端通过二极管连接储能电容,当 MOS 管导通时,电源向变压器初级绕组充入能量,当 MOS 管截止时,高频变压器次级绕组通过二极管向储能电容放电实现升压;储能电容通过并接低通滤波电路滤波后输出稳定的高压直流信号;电压反馈电路并接在储能电容两端,输出反馈电压到单片机的 PA0 口;电压反馈电路由分压电阻和电容组成,电容与电阻并联后一端接地,另一端串联电阻,然后并联在储能电容两端。

4. 根据权利要求3所述的便携式高压多脉冲超声波发射装置,其特征在于:所述的低通滤波电路由一个 π 型低通滤波电路并联一个一阶阻容低通滤波电路构成,所述的 π 型低通滤波电路由两个电容和一个电阻构成。

5. 根据权利要求1所述的便携式高压多脉冲超声波发射装置,其特征在于:脉冲激励电路(2)由 MOS 管驱动电路、延时电路、推挽电路和隔离电路组成;MOS 管驱动电路是由 MOS 管驱动芯片 IR2110 及其外围器件构成的典型悬浮自举升压电路组成, MOS 管驱动芯片的输入端 HIN 和 LIN 分别连接单片机的 PA3 口和 PA2 口, MOS 管驱动芯片的高端输出端(HO)通过延时电路连接推挽电路的高端 MOS 管的 G 极,控制高端 MOS 管的导通与截止,低端输出端(LO)通过延时电路连接推挽电路的低端 MOS 管的 G 极,控制低端 MOS 管的导通与截止,推挽电路中高端 MOS 管的漏极经限流电阻与高压升压电路的输出端相连;推挽电路的输出通过隔离电路连接超声换能器(4),推挽电路输出高频高压方波脉冲信号,激励超声换能器(4)产生超声波。

6. 根据权利要求5所述的便携式高压多脉冲超声波发射装置,其特征在于:所述的延时电路由电阻和二极管并联组成,二极管正极接 MOS 管的 G 极。

7. 根据权利要求5所述的便携式高压多脉冲超声波发射装置,其特征在于:所述的推挽电路由高端 MOS 管和低端 MOS 管连接组成,高端 MOS 管的源极和低端 MOS 管的漏极相连,低端 MOS 管的源极接地。

8. 根据权利要求 5 所述的便携式高压多脉冲超声波发射装置,其特征在于:所述的隔离电路由电阻、电容和二极管组成,两个二极管极性相反并联后一端通过电容与推挽电路的输出相连,另一端经电阻接地。

一种便携式高压多脉冲超声波发射装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种高压多脉冲参数可调超声波发射装置,属于工业超声无损检测技术领域,用于低压直流电产生脉冲超声波的场合。

背景技术

[0002] 超声无损检测技术已经广泛应用在工业中,便携超声检测设备中常见的超声波发射电路采用 Boost 升压电路产生高压尖脉冲激励超声换能器产生超声波,利用尖脉冲频谱宽的特性来适应不同频率的超声换能器,脉冲电压越高则激励的超声波能量越大,但是超声换能器都有最高耐压值,激励电压超过最高耐压值就容易损坏换能器,这种激励方式可以用来测厚或对超声波能量要求不高的场合。对于高能量超声波的激励方式常用信号发生器配合大功率模拟功放实现,但是因为功放电路处于模拟放大状态,功耗大,所以一般这种功放体积大,对于野外检测非常不方便。所以需要一种新型的便携的能够发射高能量超声波的超声波发射装置。

实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的是提供一种便携的能够发射高能量超声波的超声波发射装置。该装置采用反激式开关方式升压和推挽式输出激励,可由低压直流电产生高压连续脉冲,激励超声换能器产生超声波。本装置能够发射连续高压脉冲激励超声换能器产生超声波,激励电压越高、激励脉冲周期数越多,发射的超声波能量越大。本装置可以根据需要对激励电压、激励脉冲周期数、激励频率和激励间隔周期四个参数进行调整。

[0004] 本实用新型的技术方案如下:

[0005] 一种便携式高压多脉冲超声波发射装置,包括高压升压电路(1)、脉冲激励电路(2)、单片机电路(3)和超声换能器(4),其特征在于:单片机电路(3)连接高压升压电路(1),控制高压升压电路(1)的输出电压,高压升压电路(1)的输出电压再反馈给单片机电路(3)实现输出电压的闭环控制;单片机电路(3)与脉冲激励电路(2)连接,控制脉冲激励电路(2)产生高压脉冲;高压升压电路(1)连接脉冲激励电路(2),为脉冲激励电路(2)提供高压电源;脉冲激励电路(2)与超声换能器(4)连接,激励超声换能器(4)产生超声波。

[0006] 单片机电路(3)包括单片机 STM32F103C8T6,以及典型复位电路、典型晶振电路和典型 JTAG 仿真接口电路;单片机 STM32F103C8T6 的 PA1 端口输出 PWM 信号到高压升压电路(1)的 PWM-IN 端口, PWM 信号的产生由单片机 STM32F103C8T6 采用 TIMER2 定时器的 PWM 功能实现,单片机的 PA0 端口作为单片机电路(3)的 FEEDBACK 端口用来接收高压升压电路(1)的反馈电压;单片机的 PA2 和 PA3 端口用于向脉冲激励电路(2)发送脉冲控制信号。

[0007] 高压升压电路(1)由 MOS 管、高频变压器、储能电容、DCR 尖峰吸收电路、低通滤波电路和电压反馈电路组成;单片机 PA1 口连接 MOS 管的 G 极,控制 MOS 管的导通与截止, MOS 管 S 极接地;高频变压器初级绕组连接在 MOS 管 D 极和电源之间,DCR 尖峰吸收电路并接在高频变压器初级绕组两端用于吸收 MOS 管关断瞬间初级绕组产生的高压尖脉冲,高频变压

器的次级绕组一端接地,一端通过二极管连接储能电容,当 MOS 管导通时,电源向变压器初级绕组充入能量,当 MOS 管截止时,高频变压器次级绕组通过二极管向储能电容放电实现升压;储能电容通过并接低滤波电路滤波后输出稳定的高压直流信号;电压反馈电路并接在储能电容两端,输出反馈电压到单片机的 PA0 口;电压反馈电路由分压电阻和电容组成,电容与电阻并联后一端接地,另一端串联电阻,然后并联在储能电容两端。

[0008] 低通滤波电路由一个 π 型低通滤波电路并接一个一阶阻容低通滤波电路构成,所述的 π 型低通滤波电路由两个电容和一个电阻构成。

[0009] 脉冲激励电路(2)由 MOS 管驱动电路、延时电路、推挽电路和隔离电路组成;MOS 管驱动电路是由 MOS 管驱动芯片 IR2110 及其外围器件构成的典型悬浮自举升压电路组成, MOS 管驱动芯片的输入端 HIN 和 LIN 分别连接单片机的 PA3 口和 PA2 口, MOS 管驱动芯片的高端输出端(HO)通过延时电路连接推挽电路的高端 MOS 管的 G 极,控制高端 MOS 管的导通与截止,低端输出端(LO)通过延时电路连接推挽电路的低端 MOS 管的 G 极,控制低端 MOS 管的导通与截止,推挽电路中高端 MOS 管的漏极经限流电阻与高压升压电路(1)的输出端相连;推挽电路的输出通过隔离电路连接超声换能器(4);延时电路由电阻和二极管并接组成,能够缩短 MOS 管关断延时,避免推挽电路的高/低端 MOS 管同时导通;当单片机 PA3 口和 PA2 口输出高频方波信号时(PA2 口信号与 PA3 口信号反相),推挽电路输出高频高压方波脉冲信号,激励超声换能器(4)产生超声波。

[0010] 延时电路由电阻和二极管并接组成,二极管正极接 MOS 管的 G 极。

[0011] 推挽电路由高端 MOS 管和低端 MOS 管连接组成,高端 MOS 管的源极和低端 MOS 管的漏极相连,低端 MOS 管的源极接地。

[0012] 隔离电路由电阻、电容和二极管组成,两个二极管极性相反并接后一端通过电容与推

[0013] 挽电路的输出相连,另一端经电阻接地。

[0014] 本装置通过配合使用按键用于设置激励电压、激励脉冲周期数、激励频率和激励间隔周期四个参数,通过液晶显示屏显示设置的上述参数。按键与本装置的连接,以及液晶显示屏与本装置的连接属于现有技术,详见图 7、8。

[0015] 单片机一方面根据高压升压电路(1)的反馈电压与设置的激励电压比较,经过 PID 运算后输出特定占空比的 PWM 信号到高压升压电路(1),实现输出电压的控制。另一方面根据设置的激励脉冲周期数、激励频率和激励间隔周期三个参数输出连续脉冲到脉冲激励电路(2),控制其激励超声换能器(4)。高压升压电路(1)为脉冲激励电路(2)提供高压电源,高压电源的电压决定了脉冲激励电路(2)激励超声换能器(4)的脉冲的电压,电压越高激励出的超声波能量越大。

[0016] 有益效果

[0017] 本装置的优点在于,脉冲激励电压可调,脉冲激励频率最高可达 2MHz,激励脉冲周期数可任意调整,适用于各种电压驱动型超声换能器。由于采用多脉冲发射方式,所以在低压情况下能够发射高能量超声波,可以应用在对超声波能量要求高的场合。由于电路简单,元器件少,所以整个装置体积小、重量轻,适用于野外作业。

附图说明

- [0018] 图 1 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的系统原理图
- [0019] 图 2 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的单片机电路电路图
- [0020] 图 3 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的电源电路图
- [0021] 图 4 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的脉冲激励电路电路图
- [0022] 图 5 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的高压升压电路电路图
- [0023] 图 6 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的脉冲激励电路的输出波形
- [0024] 图 7 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的按键电路图
- [0025] 图 8 :为本实用新型便携式高压多脉冲超声波发射装置的液晶显示屏电路图

具体实施方式

[0026] 下面结合图介绍本实用新型的实施例。

[0027] 一种便携式高压多脉冲超声波发射装置,如图 1 所示,包括高压升压电路(1)、脉冲激励电路(2)、单片机电路(3)和超声换能器(4)。单片机电路(3)通过 PWM 信号线连接高压升压电路(1),通过脉冲线与脉冲激励电路(2)连接;高压升压电路(1)通过电压反馈线与单片机电路(3)连接,通过高压电源线与脉冲激励电路(2)连接,超声换能器(4)连接到脉冲激励电路(2)上。单片机电路(3)输出 PWM 信号控制高压升压电路(1)的输出电压,高压升压电路(1)的输出电压再反馈给单片机电路(3)实现输出电压的闭环控制;高压升压电路(1)通过高压电源线为脉冲激励电路(2)提供高压电源;单片机电路(3)通过脉冲线控制脉冲激励电路(2)产生高压脉冲,高压脉冲激励超声换能器(4)产生超声波。

[0028] 所述单片机电路(3)如图 2 所示,包括单片机 STM32F103C8T6,以及典型复位电路、典型晶振电路和典型 JTAG 仿真接口电路。单片机 STM32F103C8T6 的 PA1 输出 PWM 信号到高压升压电路(1)的 PWM-IN 端口,PWM 信号的产生由单片机 STM32F103C8T6 采用 TIMER2 定时器的 PWM 功能实现,本实施例中产生的 PWM 信号频率为 40kHz。单片机的 PA0 端口作为单片机电路(3)的 FEEDBACK 端口用来接收高压升压电路(1)FEEDBACK 端的反馈电压。单片机的 PA2 和 PA3 端口用于向脉冲激励电路(2)发送脉冲控制信号。

[0029] 所述脉冲激励电路(2)如图 4 所示,由 MOS 管驱动电路、延时电路、推挽电路和隔离电路组成。MOS 管驱动电路是由 MOS 管驱动芯片 IR2110 及其外围 R12、D8、C6 和 C7 构成的典型悬浮自举升压电路(具体详见 IR2110 芯片手册)构成,IR2110 包含 14 个引脚,其中 VDD (引脚 9):逻辑电路电源电压、VSS (引脚 13):逻辑电路接地端、HIN (引脚 10):逻辑高端输入、LIN (引脚 12):逻辑低端输入、LO (引脚 1):低端输出、HO (引脚 7):高端输出、VS (引脚 5):高端浮置电源公共端、VB (引脚 6):高端浮置电源电压、COM (引脚 2):低端电源公共端、VCC (引脚 3):低端电源电压,IR2110 的 LIN 端连接单片机的 PA2 口,HIN 端连接单片机的 PA3 口,C6 连接在 IR2110 的 VB 和 VS 之间做为自举电容,其为 HO 输出提供能量,C6 接 VB 的一端连接 D8 的负极,D8 的正极通过电阻 R12 连接 +15V 电源,用于为 C6 进行充电,C7 连接在 IR2110 的 VCC 和 COM 端,用于为 LO 输出提供能量,C7 接 VCC 的一端通过电阻 R12 连接 +15V,用来为 C7 进行充电;延时电路由电阻和二极管并联组成;推挽电路由 MOS 管 Q1 和 Q2 连接组成,Q1 的源极和 Q2 漏极相连,Q2 的源极接地,R7 和 D5 并联在 Q1 的 G 极和 S 极之间,且 D5 正极接 Q1 的 S 极,用于钳位 Q1 的 G 极和 S 极之间的电压,R8 和 D4 并联在 Q2

的 G 极和 S 极之间,且 D4 正极接 Q2 的 S 极,用于钳位 Q2 的 G 极和 S 极之间的电压,D2 和 R5 并联在 Q1 的 D 极和 S 极之间用于钳位 Q1 关断时产生的浪涌电压,D2 正极连接 Q1 的 S 极,D3 和 R6 并联在 Q2 的 D 极和 S 极之间用于钳位 Q2 关断时产生的浪涌电压,D3 正极连接 Q2 的 S 极;隔离电路由 C5、D6、D7、R9 组成,电容 C5、二极管 D6 以及电阻 R9 串联,二极管 D7 与 D6 并联,且 D7 与 D6 极性相反,电阻 R9 一端接地。MOS 管驱动电路中 IR2110 的 HO 端通过由 R10 和 D19 并联组成的延时电路连接到 MOS 管 Q1 的 G 极,且 D19 正极接 MOS 管 Q1 的 G 极;IR2110 的 LO 端通过由 R11 和 D18 并联组成的延时电路连接到 MOS 管 Q2 的 G 极,且 D18 正极接 MOS 管 Q2 的 G 极;IR2110 的 VS 端与推挽电路中 Q1 的 S 极相连作为高端浮置电源公共端;推挽电路中 Q1 的漏极经限流电阻与高压升压电路(1)的 HIGE-VOLTAGE 输出端相连;推挽电路的输出与隔离电路中的电容 C5 相连;隔离电路中电阻 R9 上的电压作为超声换能器(4)的输入电压。电路原理为:工作时,当 LIN 输入为高,HIN 为低时,IR2110 的 HO 端在芯片内部连接到 VS 端,LO 端在芯片内部连接到 VCC 端,此时 Q1 截止,Q2 导通。当 HIN 输入为高,LIN 输入为低时,IR2110 的 HO 端在芯片内部连接到 VB 端,LO 端在芯片内部连接到 COM 端,此时 Q1 导通,Q2 截止。延时电路用来防止高低端 MOS 管同时导通,当 HO 输出由高转为低,同时 LO 输出由低转为高时,MOS 管 Q1 栅极电压通过二极管 D19 放电,LO 通过 R11 向 Q2 栅极充电,由于二极管导通电阻小,电荷释放快,所以 Q1 先截止后 Q2 才导通,同理当 HO 输出由低转为高,同时 LO 输出由高转为低时,HO 通过电阻 R10 向 Q1 的栅极充电,Q2 栅极通过二极管 D18 放电,由于二极管导通电阻小,电荷释放快,所以 Q2 先截止后 Q1 才导通,避免了 Q1 和 Q2 同时导通。MOS 管 Q1 和 Q2 采用 IRF840 型号,耐压可达 500V,导通延时和关断延时典型值为 15ns 和 40ns,所以本实施例中激发脉冲频率可达 2MHz。隔离电路的 C5 用于隔直,D6 和 D7 能够阻止低压干扰信号输出到超声换能器(4),避免超声激励电路对后续超声波采集电路的影响。

[0030] 所述高压升压电路(1)如图 5 所示,采用反激式开关升压原理,由 MOS 管 Q3、高频变压器 T1、储能电容 C3、DCR 尖峰吸收电路、低通滤波电路和电压反馈电路组成。DCR 尖峰吸收电路由二极管、电阻和电容组成,电阻与电容并联后与二极管串联;低通滤波电路由一个 π 型低通滤波电路并联一个一阶阻容低通滤波电路构成,所述的 π 型低通滤波电路由两个电容和一个电阻构成;电压反馈电路由分压电阻和电容组成,电容与电阻并联后一端接地,另一端串联电阻,分压比为百分之一,为方便调节,分压电阻可以设置 3 个或以上;单片机 PA1 口输出的 PWM 信号通过 R14 和 R13 分压后连接到 MOS 管 Q3 的 G 极,控制 Q3 的导通与截止,接收单片机 PWM 信号的端口即为高压升压电路(1)的 PWM-IN 端口,MOS 管 Q3 采用 IRF840 型号,Q3 的 D 极连接高频变压器 T1 的初级绕组的 2 脚,Q3 的 S 极接地;高频变压器 T1 的初级绕组的 1 脚通过电感 L1 连接电源 +15V;由 D20、C12 和 R21 组成的 DCR 尖峰吸收电路并联在变压器 T1 的初级绕组两端,二极管 D20 的正极接变压器 T1 初级绕组的 2 脚,用于吸收 MOS 管 Q3 关断瞬间变压器 T1 初级绕组产生的高压尖峰;D9 并联在 Q3 的 D 极和 S 极之间用于吸收 Q3 关断时产生的浪涌高压,D9 正极接 Q3 的 S 极;变压器 T1 的次级绕组 3、4 脚之间串联二极管 D1 和储能电容 C3,二极管 D1 正极接次级绕组的 3 脚,次级绕组 4 脚接地;由 C1、R1、C4、R4 和 C2 组成的低通滤波电路并联在 C3 两端对输出电压进行滤波;R2、R3、R15 和 C11 组成电压反馈电路并联在 C3 两端用以反馈输出电压。电路原理为:当单片机 PA1 口输出的 PWM 信号为高时,MOS 管 Q3 导通,电源 +15V 通过电感 L1 向变压器 T1 的

初级绕组充电, T1 的次级绕组感应出的电压使二极管 D1 处于反偏, 电源能量以磁能形式储存到变压器中, 导通时间越长储存的能量越多; 当单片机 PA1 口输出的 PWM 信号为低时, MOS 管 Q3 截止, T1 的初级绕组感应电压极性反向, 次级绕组上的电压极性颠倒, 二极管 D1 正偏, 储存在变压器中的磁能通过二极管 D1 向储能电容 C3 充电, 次级绕组匝数比初级绕组匝数比越大, 变压输出电压越高; 储能电容 C3 两端的电压经过低通滤波电路滤波后, 向脉冲激励电路(2) 提供高压直流电源, 供电端口命名为 HIGE-VOLTAGE 端; R2、R3、R15 和 C11 组成的电压反馈电路采用电阻分压方式将高压信号降至 0 到 3V, 本实施例中为了便于调节, 共采用了 3 个电阻, 通过 FEEDBACK 端送给单片机的 AD 输入端口 PA0, 实现输出电压的闭环控制。本实施例中高压升压电路(1) 的输出电压调整范围为 50V 到 300V。

[0031] 所述超声换能器(4) 采用超声压电换能器。

[0032] 所述按键电路由四个按键组成: 上选择键、下选择键、确认键和取消键。

[0033] 所述液晶显示屏为 128*64 分辨率的点阵液晶显示屏。

[0034] 本实施例中, 按键用来设置激励电压、激励脉冲周期数、激励频率和激励间隔周期四个参数, 液晶显示屏显示设置的上述参数, 单片机一方面根据高压升压电路(1) FEEDBACK 端的反馈电压与设置的激励电压进行比较, 经过 PID 运算后输出特定占空比的 PWM 信号到高压升压电路(1) 实现输出电压的控制。另一方面根据设置的激励脉冲周期数、激励频率和激励间隔周期三个参数输出连续脉冲到脉冲激励电路(2), 控制其激励超声换能器(4) 产生高能量超声波。高压升压电路(1) 为脉冲激励电路(2) 提供高压电源, 高压电源的电压决定了脉冲激励电路(2) 激励超声换能器(4) 的脉冲的电压, 电压越高激励的超声波能量越大。如图 6 所示为脉冲激励电路(2) 实际输出波形(10 倍衰减探头输入), 激励电压幅值为 300V, 激励频率为 50KHz, 激励脉冲周期数为 10。

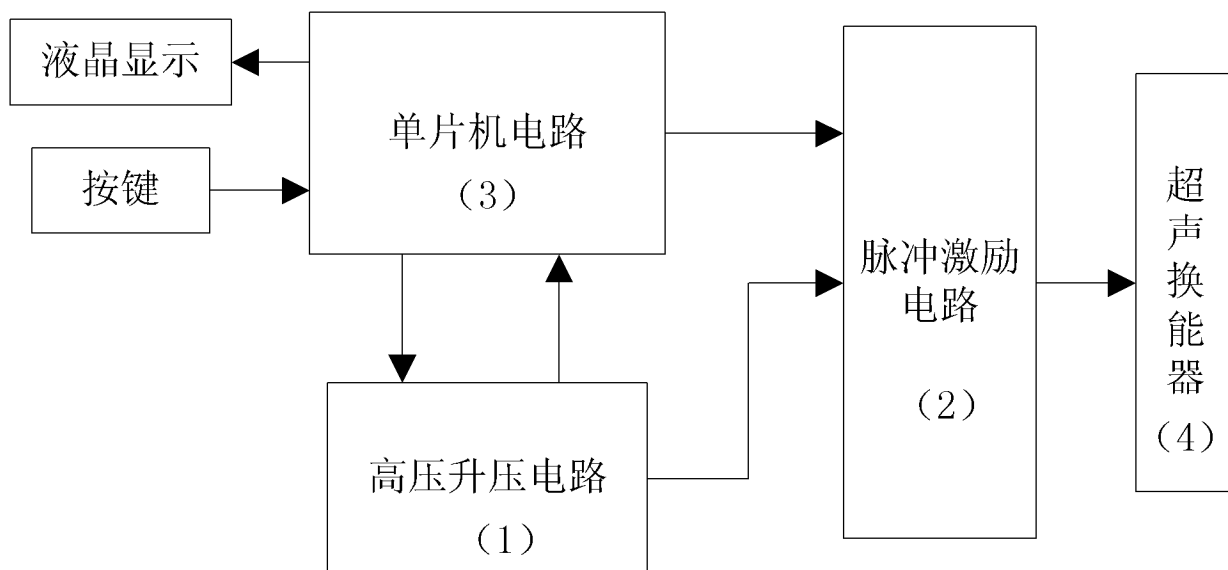


图 1

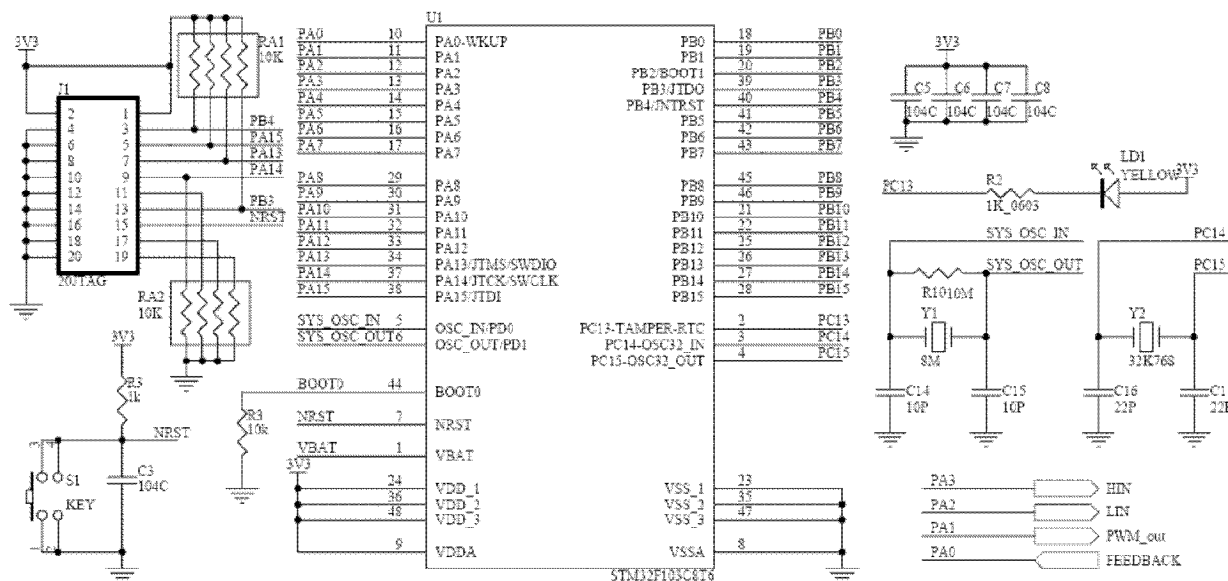


图 2

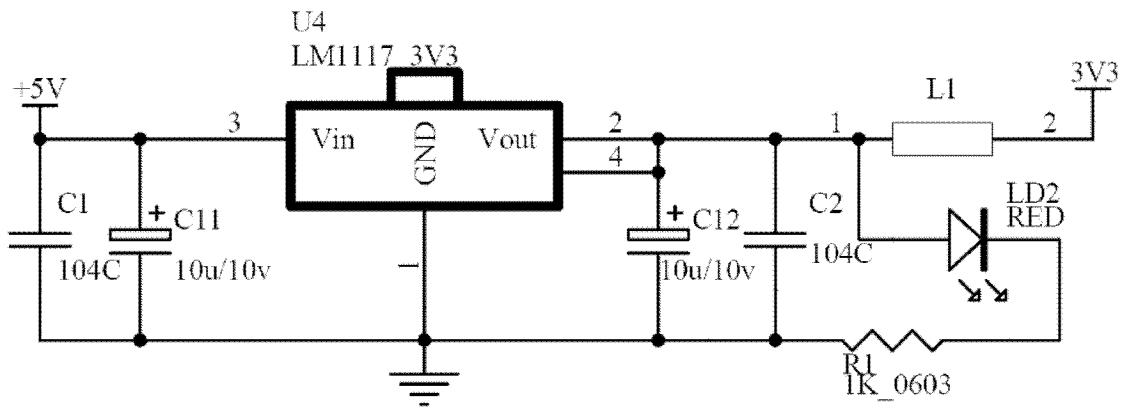


图 3

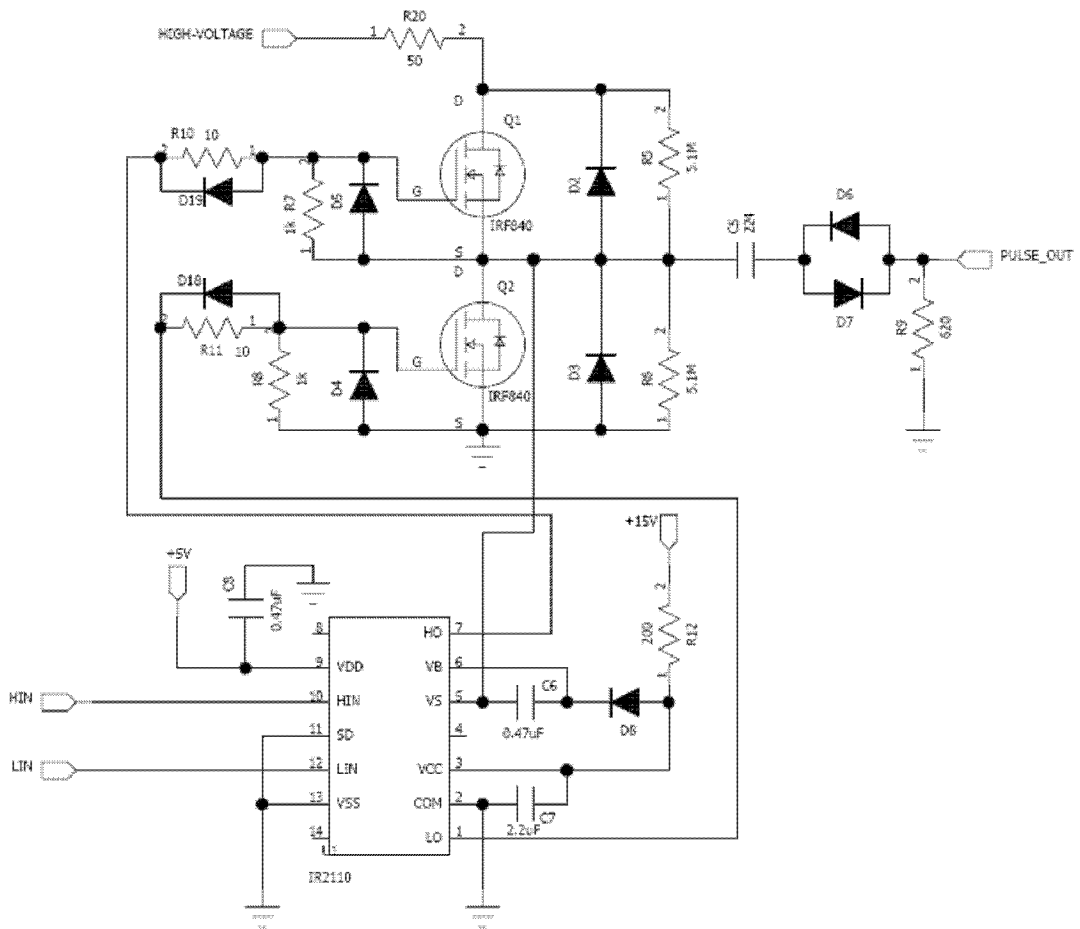


图 4

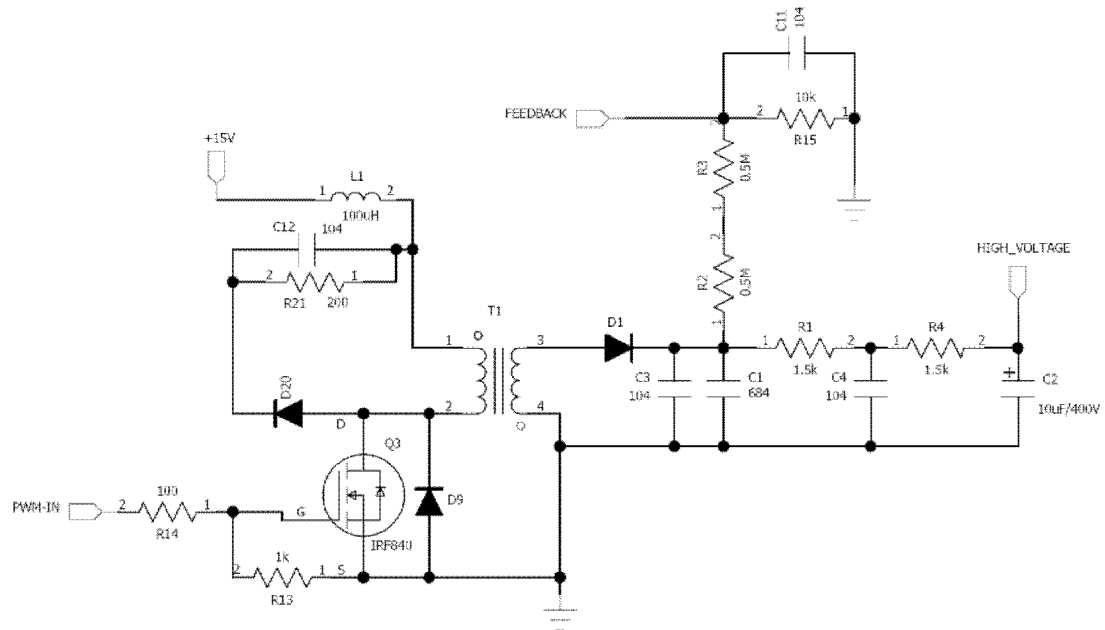


图 5

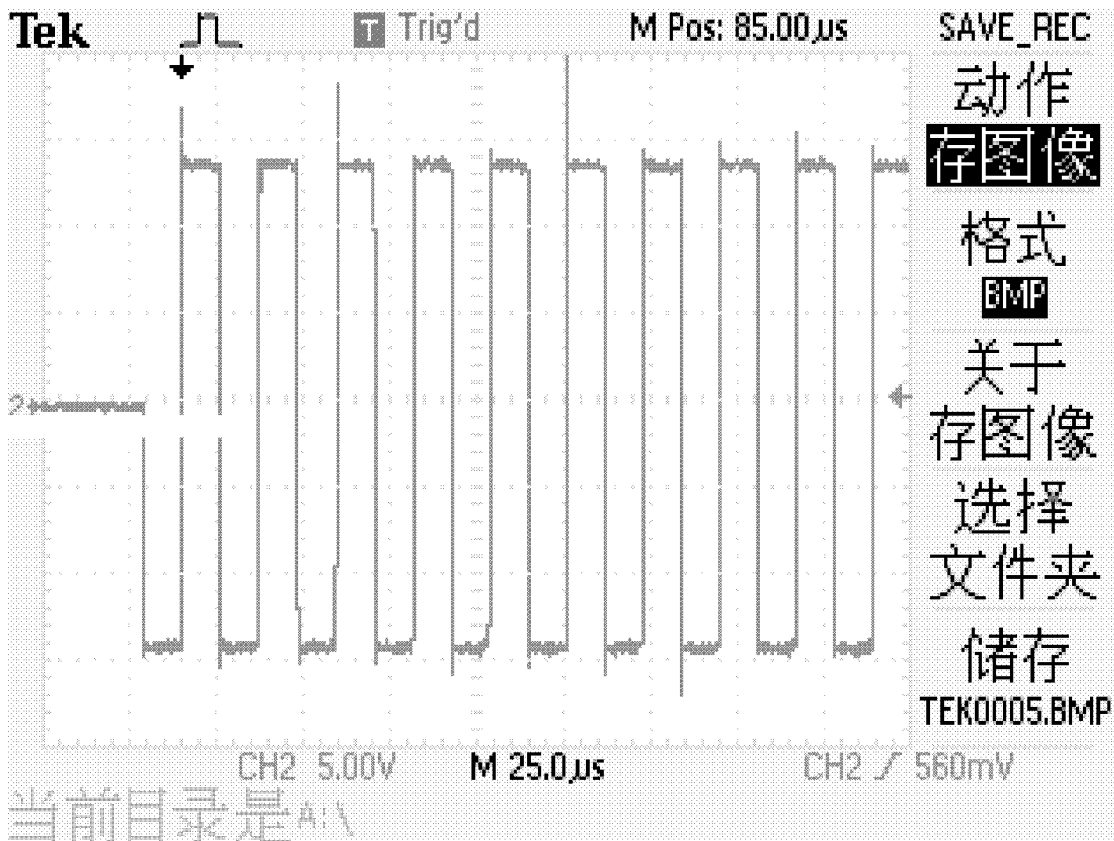


图 6

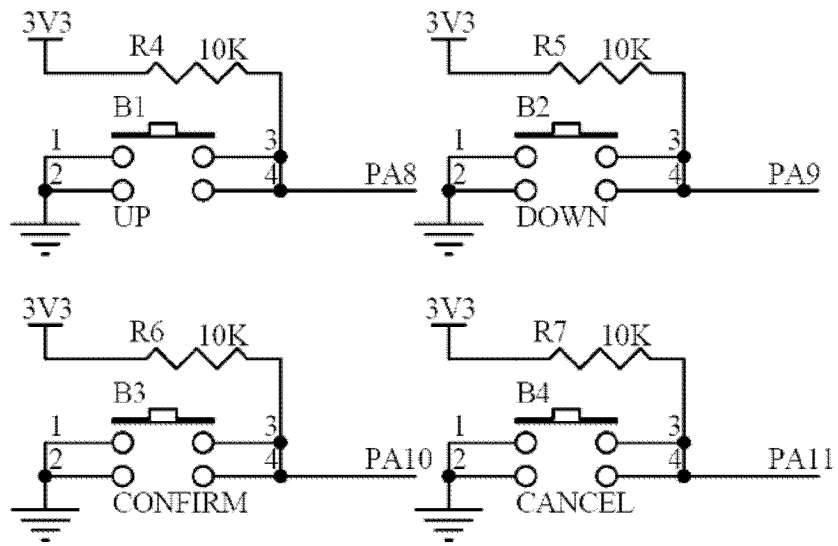


图 7

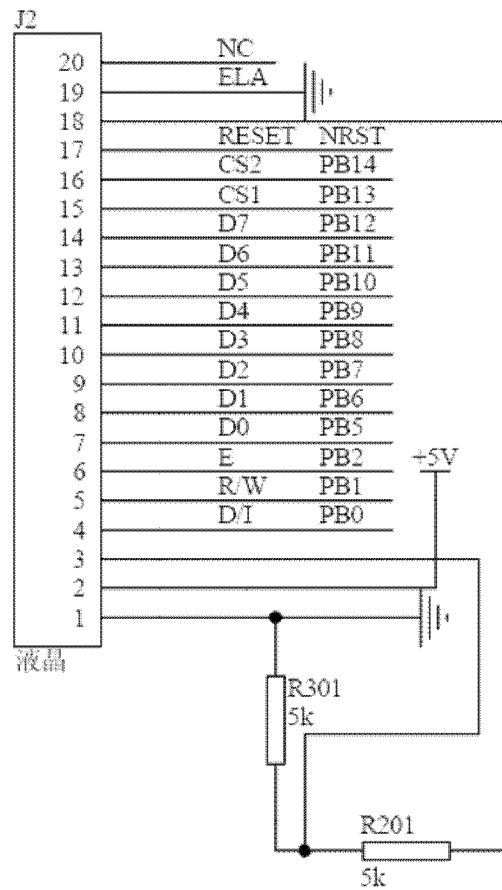


图 8