

双道高精度数控医用信号仪的研制

陈龙聪¹, 刘改琴² (1.重庆医科大学 生物医学工程研究室, 重庆 400016; 2.重庆工学院 数理学院应用物理系, 重庆 400050)

摘要:目的: 研制出一种以单片机和高性能芯片为核心研制的医用信号仪。方法: 主要利用单片机控制两片高精度数控频率和位相的 IC(AD9833)和 D/A 转换 IC(AD558)等, 并利用 LCD 显示信号的相关参数。结果: 该仪器可输出双道高精度频率和位相的正弦、三角、方波信号及各种生理信号。可用于人耳频率特性和人体阻抗特性的研究和教学; 利用同时输出的两道位相差可数控的正弦信号, 可方便地演示医学物理等教学中两简谐振动在不同频率、不同相位差、不同方向等情况下的合成, 如拍频、李萨如图形等。结论: 该智能仪器可广泛用于实验教学、临床测试和医疗仪器维修。

关键词: 单片机; 数控; 生理信号; 简谐振动

中图分类号: R318.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-202X(2007)03-0224-04

Development of Double-channel Medical Signal Generator with High Precision and Digital Control

CHEN Long-cong¹, LIU Gai-qin²

(1.Department of Biomedicine Engineering, Chongqing University of Medical Sciences, Chongqing 400016, China; 2.Department of Applied Physics, School of Mathematica Scientia, Chongqing Institute of technology, Chongqing 400050, China)

Abstract: Objective: To develop a double-channel medical signal generator which is based on a single-chip microcomputer and highly integrated device. **Methods:** Some integrated chips (IC), including digital-controlled highly frequency and phase IC (AD9833) and D/A IC (AD9855), are controlled by a single-chip microcomputer. Furthermore, the relative parameters are showed by LCD. **Results:** This medical signal generator may output not only double channels accurate sine, square and triangle waveforms with digital-controlled frequency and phase at the same time, but also many kinds of physiological signal. Therefore, it is convenient to measure and teach about hearing, research and study on frequency characteristic of human ear and impedance characteristic of human body in medical science. Using double channels sine signal to show synthesis of two simple harmonic vibration under different frequency, phase difference and direction, such as beat frequency and Lissajous chart, is very easy for experiment of medical physics. **Conclusions:** This instrument is convenient for experiment teaching, clinic examining, maintaining of medical instrument.

key words: single chip microcomputer; liquid crystal display; physiological signal; simple harmonic vibration

前言

在各大院校的物理等相关教学中,经常会演示或实验两简谐振动不同情况下的合成波形,如拍频、李萨如图形等,现有相关仪器演示或实验起来不是很方便,尤其是学生作实验则是更加困难,调试会花很多时间,甚至根本调不出来;在医学中,对人耳频率特性

和人体阻抗特性的研究和教学中,经常需要高频率精度、高驱动能力、高纯度的正弦信号,很多现有信号发生器根本无法满足要求。另外,在医疗设备及其它医用设备的维修或调试中,经常需要输入模拟心电、脑电等标准或异常的生理信号,而现在的信号发生器或多功能生理信号发生器,运用一般的示波器观察超低频生理信号既不方便,在实验教学中尤其不便。也有一些文章介绍了应用模拟或数字方法研制的心电信号发生器^[1-3],但其信号种类比较单一。为此笔者研制出一种基于单片机技术的“双道高精度智能信号发生器”,利用它既可以输出常用信号和各种生理信号,还可以很方便地为观察两简谐振动在不同频率、相同频率、不同相位、不同方向等情况下的合成,如拍频、李

收稿日期: 2006-05-07

作者简介: 陈龙聪(1973-),男,四川安岳人,硕士,讲师,从事生物医学工程科研和教学工作。Tel: 023-66967866, E-mail: cle_mpd@163.com.

萨如图形等提供高精度的信号和不同频率的生理信号,在医学中,对人耳频率特性和人体阻抗特性的研究和教学极为方便。这给科研、实验教学、仪器维修和调试等带来方便。

1 总体设计

本智能仪器以单片机和高性能集成芯片为核心进行开发,这不但可增加其智能化程度、可扩展性和稳定性能,而且可提高精度、减小功耗和缩小体积。该仪器的整体设计思路^[1]是仿照计算机分块模式设计的,将硬件部分模块化,各模块之间是通过总线(数据线,控制线)相连,这为以后该仪器的改进带来很大的方便。本仪器除可同时输出两道常用高精度频率的正弦、三角和方波外,还能输出常用的心电图(理想的标准波形和12道正常人的波形)、脉搏波、呼吸波等生理信号,同时用户可利用笔者编制的 Windows 应用软件定制信号源^[2],这使得该仪器具有一定的开放性。由于简谐振动的波形是正弦或余弦形式,故利用可同时输出两道频率和位相差可数控的正弦信号和示波器,可以很容易演示两简谐振动在不同频率、相同频率、不同相位、不同方向等情况下的合成,如拍频、李萨如图形等。另外,该仪器还提供了一个高驱动能力的接口,可直接驱动耳机等听取不通频率的纯音、方波、三角波等产生的声音或人体阻抗特性的研究等。考虑到本仪器显示的信息量比较多,因此利用 192×64 的图形点阵液晶块显示频率、位相差、波形种类等相关信息。从总体上来说,该仪器分为硬件和软件两部分,其中硬件包括单片机控制单元、键盘输入单元、RS232 接口单元等 7 个单元,软件包括用 VC++6.0 编

写的信号数据生成软件和用 MSC-51 汇编语言编写的单片机软件两大部分,下面分别从这两个部分进行叙述。

2 硬件设计

硬件分为单片机控制单元、双道数控信号产生单元、键盘输入单元、存储单元、A/D 转换单元、D/A 转换单元、液晶显示单元、RS232 接口单元和信号处理单元,每一单元之间通过总线相连接。单片机单元起着控制和运算的核心作用,保证各单元电路相互协调工作。各单元之间的具体连接关系如硬件原理框图,如图 1 所示。单片机的 P0 口作为整个仪器的数据总线、P1、P2 和 P3 部分接口作为控制总线;P3.0 和 P3.1 作为与计算机接口的串口连接线;P3.2 和 P3.3 分别作为键盘输入中断和 A/D 转换结束中断连接口。

2.1 单片机控制单元

以内部含有 8 kB 快闪程序存储器单片机 AT89S52^[4]为核心组成单片机应用系统,它对其它部分起着控制等作用。在它的控制下,各部分得以完成数据交换,实现相应的功能。

2.2 双道数控信号产生单元

主要有两片数控信号发生 IC 和相应接口电路组成。其中数控信号发生 IC 选用的是 AD9833^[5],该集成芯片是一种高性能 28 位数控频率和 12 位数控位相、能产生高精度的正弦、三角、方波。本仪器选用 12 MHz 时钟晶振,其数控频率分辨率可达 $12\text{ M}/2^{28}$ 约为 0.04470,其数控位相分辨率可达 $360\text{ 度}/2^{12}$ 约为 0.087890 度。由此可知其频率和位相精度均很高。

2.3 键盘输入单元

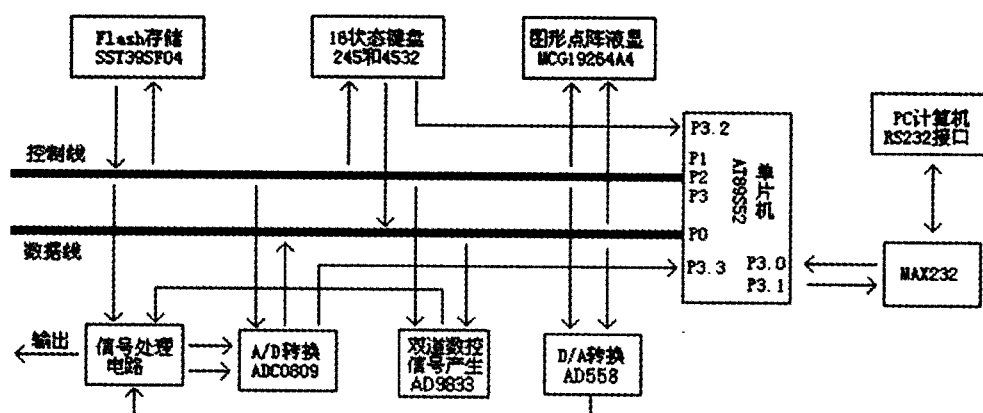


图 1 硬件框图

Fig.1 The structure of hardware

在实际使用中,因键盘的输入是随机的,故采用单片机的外部中断是最有效的,在具体制作的电路中使用单片机的 INT0(P3.2)外部中断。该单元主要利用 8 位三态缓冲器 245 和两片 8-3 优先编码芯片 4532 等组成 16 状态的输入,以便实现输入各种输入,通过中断处理软件实现各种控制和显示。

2.4 存储单元

主要由 Flash 存储芯片 SST39SF04 及其相应的接口电路组成,该 Flash 存储芯片为 512 kB 的存储空间,主要由于存储生理信号和用户自定义的数据,以便形成所需调用的生理信号等。

2.5 A/D 转换单元

主要由 A/D 转换芯片、相应的可控放大处理电路等组成。通过单片机控制单元控制 8 通道的 8 位 A/D 转换芯片 ADC0809,将经过放大处理的输入信号转换为数字信号,并将其暂存起来,以供显示和进一步处理。在实际电路中,利用单片机的定时器启动 A/D 转换及通道地址选择,并将 A/D 模数转换的结束信号作为中断信号,触发单片机的中断 INT1(P3.3),借助中断服务程序对其数据进行处理。

2.6 D/A 转换单元

主要由 D/A 转换芯片、滤波和放大处理电路组成。在单片机的控制下,通过高性能 8 位 D/A 转换芯片 AD558 将数字信号转换为模拟信号,通过滤波和可控放大等处理后,输出所需的生理信号或其它信号。

2.7 液晶显示单元

由液晶显示接口电路和图形点阵液晶块 MCG19264A4-2 组成,在单片机的控制下,显示输出信号种类、频率和幅度及相关信息等,使得该仪器更直观,操作更简便。

2.8 RS232 接口单元

利用单片机的 P3.0(RXD)和 P3.1(TXD)串行通讯口,与电平转换芯片 MAX232 组成全双工串口,实现与 PC 计算机的串行通讯。显然,可通过软件将用户随时定义的信号数据从 PC 计算机写入单片机的 Flash 存储器中,以便满足用户需要,产生相应的信号波形。因此,该仪器具有良好的开放性。

2.9 信号处理单元

主要由模拟开关 IC、输出功率放大 IC 和功率放大 IC 电路组成。模拟开关 IC 笔者选用的是具有四道的 DG201,在单片机控制单元的作用下选择所需信号输出到功率放大。输出功率放大 IC 笔者选用了具有高输出电流的 THS6052,并具有自动短路和热保护功能。

3 软件设计

软件包括用 VC++6.0 编写的信号数据生成软件^[2]和用 MSC-51 汇编语言编写的单片机处理软件两部

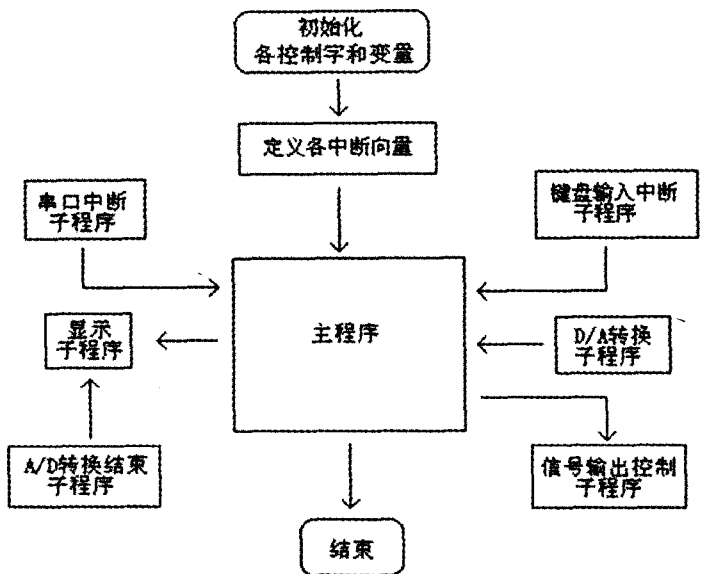


图 2 单片机软件框图

Fig.2 The structure of software for single-chip microcomputer

分。

信号数据生成软件主要是产生信号数据,并将数据通过 PC 计算机的 RS232 串口与单片机通信,主要是通过单片机从 Flash 存储芯片读出数据或将数据写入 Flash 存储芯片。利用该软件用户可根据自己需要来定义信号。用 MSC-51 汇编语言编写的单片机处理软件主要包括主程序,键盘输入中断子程序、A/D 转换结束中断子程序、串口中断子程序、显示子程序、D/A 转换子程序、信号输出控制子程序共七部分组成,其软件框图如图 2。主程序主要是根据用户的输入的信息,调用相应的子程序,并调用显示子程序给出相应各参数的变化和所处的状态;键盘输入中断子程序主要是在键盘有输入时单片机自动调用外部中断 INT0,实现将用户输入的信息转变为各参数的值,并将其变化传送给主程序进行相应的处理;A/D 转换结束中断子程序主要是完成两道输出信号峰峰值的测量,当中断产生时,就发出相应控制信号读取数据,同时把相应数据传给显示子程序显示峰峰值;串口中断子程序主要实现接送和发送数据,其主要是根据计算机通过串口传输的指令来实现把 Flash 存储器中的数据传送到计算机或从计算机把数据写入 Flash 存储器;显示子程序主要是给据相应参数的值控制 LCD 显示相应的信息;D/A 转换子程序主要是利用定时中断,定时启动 A/D 转换、产生控制信号和从 Flash 存储器中读取所需数据送入 D/A 转换产生相应的信号;信号输出控制子程序主要根据相应参数产生模拟开关的控制信号,选择所需输出的信号。

4 工作模式

该多功能仪器,主要分为三种工作模式:联合工作模式、分离工作模式和数据传送工作模式。在每一种工作模式下,图形点阵液晶显示均会显示出相应信号的波形类型及相关的重要信息。通过键盘上的一个快捷键可直接在三种工作模式直接切换。

4.1 联合工作模式

在该工作模式下,两信号输出输出的信号可在正弦、方波和三角波信号可独立选择。在该模式下又有两种选择,一种是输出口1的频率直接通过键盘输入,输出口2的频率直接通过键盘只能输入是输出1的频率的倍数(可有一位小数),二者的位相差可直接从键盘入。该种情况主要是用于演示两简谐振动的合成设置的,利用该种情况可以很方便地演示两简谐振动在不同频率、相同频率、不同相位等情况下的合成(同方向、相互垂直——如李萨如图形);另外一种输出口1的频率可直接通过键盘输入,输出2的频率直接从键盘输入与输出口1的差值,二者的位相差也可以直接从键盘输入。该种情况主要用于演示拍频而设置的,利用它可以很方便地演示拍频。

4.2 分离工作模式

在该工作模式下,两信号输出中,输出口1只能是正弦、方波或三角波中的一种信号。输出口2的信号可以是正弦、方波或三角波中的一种,也可以是各种生理常用生理信号,如心电信号,脉搏波、呼吸等,也可以是用户自己定义的信号。在该种工作模式下,两输出信号的频率和位相差可以直接从键盘输入,频率和位相差均可有一位小数。但若输出口2是各种生理信号或用户自定义的信号时,输出口2信号的频率只能是从提供的几种频率中选择,位相差在该种情况下已经无显示,也变得无意义了。该工作模式下,对于同一生理信号提供了几种频率,这为用一般的示波器观察各种生理信号的波形提供很大方便。

4.3 数据传送工作模式

在该工作模式下,输出口1的输出与前面两种无差别,输出口2无任何输出,在LCD液晶上显示数据传输的方向、总量和已传输量等信息。数据的传送方向和总量由信号数据生成软件的设置决定,利用该模式可读出Flash存储器上的数据和写入用户定义的信号数据。

5 讨论

(1)利用高驱动能力的输出接口,可直接驱动耳机用于人耳频率特性的测量、实验和研究,同时利用其能输出高频率精度、高纯度、高驱动能力的正弦信号,可极其方便地用于人体阻抗特性的研究和教学。

(2)利用该仪器可以非常方便地演示医学物理中的两简谐振动在不同频率、相同频率、不同相位等情况下的合成(同方向、相互垂直——拍频、李萨如图形等),这比现有仪器使用起来方便很多,同时因为采用的数控频率和位相IC,因此该仪器能提供高精度频率和位相差,这可供科研等提供高精度的信号源。

(3)该仪器能输出各种生理信号,可直接驱动耳机,便于听取不同生理信号的声音,这尤其是教学中让学生亲身感受其效果,加深学生对不同频率下声波相关内容的理解,也可以让学生感受不同生理信号的听觉效果,在教学中,尤其是医学院校的教学中,具有很大的意义。

(4)该仪器考虑到一般的生理信号频率很低,利用一般的示波器观察波形不方便,因此该仪器对于同一生理信号提供了几种频率,用一般的示波器也可很容易观察各种生理信号的波形,同时还具有一定的开放性。

(5)该仪器所产生的生理信号和用户自定义信号的频率受单片机的时钟频率限制,当然随着高速单片机技术的发展,以及高速、高容量的存储芯片的发展,本仪器可定义的信号频率范围和存储信息的总量必将得到大大提高。

参考文献:

- [1] 徐小乔,卢冬霞,林薇薇. 便携式多功能信号源的研制[J]. 医疗设备信息, 2000,15(3):19.
- [2] 程凡,魏义祥. 多功能心电信号发生器的研制[J]. 中国医疗器械杂志, 2000,24(4):209.
- [3] 陈龙聪,胡国虎,高斌. 开放式生理信号产生及测量仪的研制[J]. 生物医学工程学杂志, 2004,21(6):953-956.
- [4] Atmel Corporation. AT89S52 Datasheet [M]. <http://www.atmel.com>, 2005.
- [5] Analog Device. AD9833 Datasheet[M]. <http://www.analog.com>, 2003.