

基于单片机和 AD9833 的信号发生器的设计

王 峰 夏 巍 王 鸣

(南京师范大学 物理科学与技术学院, 江苏 南京 210046)

[摘要] 基于 DDS 芯片 AD9833 提出了一种实现波形可选、频率可调的信号发生器的设计方法,介绍了所设计的信号发生器的硬件电路结构以及软件程序流程图。结合单片机作为控制单元,通过键盘输入信号源的参数,系统可以输出频率在 0Hz ~ 12.5MHz 内的信号。实验结果表明,该方法具有成本低、精度高、设置灵活、稳定性好等优点。

[关键词] 信号发生器, AD9833, 单片机, 直接数字频率合成(DDS)

[中图分类号] TN79 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-4292(2012)01-0076-04

Design of Signal Generator Based on MCU and AD9833

Wang Feng, Xia Wei, Wang Ming

(School of Physical Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: In this paper, a method of signal generator design based on AD9833, a DDS chip, is proposed, and hardware circuit structure and software program flow chart are introduced. Optional waveform and adjustable frequency can be realized by this method. With the MCU as a central control unit, and setting up the parameters of the source of the signal through the keyboard, the output signal's frequency can be changed from 0Hz to 12.5MHz. The experimental results show that this signal generator has many advantages such as low cost, flexible setting, high precision and good stability.

Key words: signal generator, AD9833, MCU, DDS

对于电流调制型激光自混合干涉系统,调制信号是影响其测量精度和分辨率的重要环节。实验室一般使用美国泰克(Tektronix)公司的信号发生器来作为调制信号源,但其价格昂贵,体积大不便于携带。为克服以上缺点,本文提出了基于 DDS 原理的多功能信号发生器的设计方法,以 STC89C52RC 单片机作为控制系统,基于 C 语言软件编程,通过 4 × 4 键盘选择波形和设置频率,并使用液晶显示简单的操作步骤。

1 DDS 芯片 AD9833

1.1 AD9833 简介

直接数字频率合成技术 DDS(Direct Digital Synthesizer)是从相位出发,直接采用数字技术产生波形的一种频率合成技术,其成本低、功耗低、分辨率高、相位连续、结构简单、体积小,广泛应用于电信与电子仪器领域,是实现设备全数字化的一项关键技术。

AD9833 是 ADI 公司生产的一款高精度、低功耗的串行接口 DDS 芯片,能够输出正弦波、三角波、方波。其结构框图如图 1 所示,内部电路主要由数控振荡器(NCO)、频率和相位调节器、正弦只读存储器(Sine ROM)、数模转换器(DAC)、电压调整器等组成。

AD9833 的核心是 28 位的相位累加器,它由加法器和相位寄存器组成,每来 1 个时钟,相位寄存器以步长增加,相位寄存器的输出与相位控制字相加后输入到正弦查询表地址中。正弦查询表包含 1 个周期正弦波的数字幅度信息,每个地址对应正弦波中 0° ~ 360° 范围内的 1 个相位点。查询表把输入的地址相位信息映射成正弦波幅度的数字量信号,驱动 DAC 输出模拟量。相位寄存器每经过 $2^{28}/freq$ 个 MCLK 时钟后回

收稿日期: 2011-11-28.

基金项目: 江苏省光电技术重点实验室开放基金(1640703061-2)。

通讯联系人: 王 鸣,教授,博士生导师,研究方向: 光电技术和微纳技术。E-mail: wangming@njnu.edu.cn

到初始状态 相应地正弦查询表经过一个循环回到初始位置 ,这样就输出了一个正弦波. 输出正弦波频率为:

f_{OUT}=freq\times(f_{MCLK}/2^{28}).

其中 freq 为频率控制字 ,由外部编程给定 ,其范围为 0\leq f_{req}\leq 2^{28}-1;f_{MCLK} 为主时钟频率.

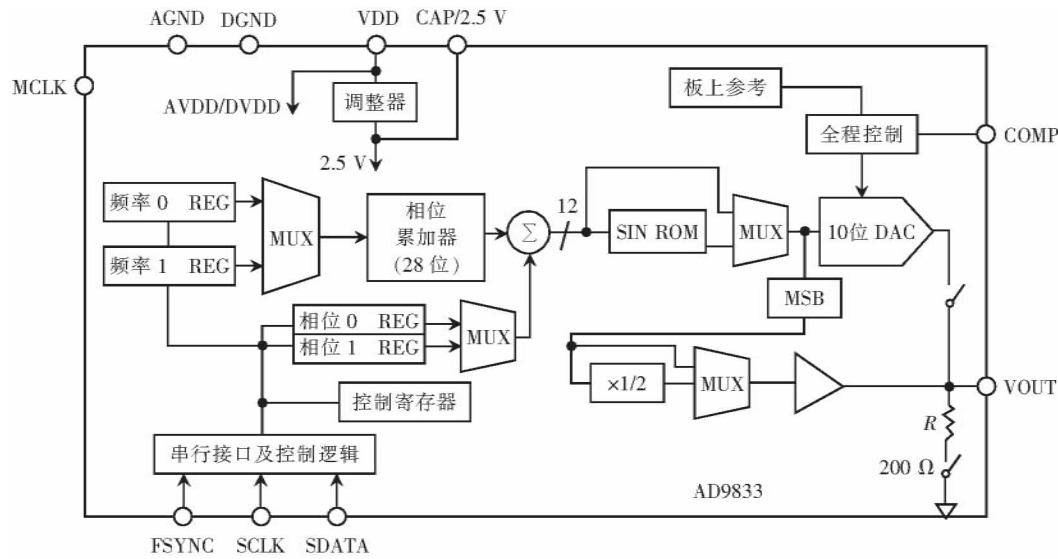


图 1 AD9833 的功能框图
Fig.1 Functional block diagram of AD9833

表 1 给出了频率和相位寄存器的操作.

表 1 频率和相位寄存操作

Table 1 Operating of frequency and phase register

DB15	DB14	DB13 - - - - - DB0
0	0	后 14 位用来写控制字.
0	1	选择 FREQ0 ,后 14 位写频率寄存器的内容.
1	0	选择 FREQ1 ,后 14 位写频率寄存器的内容.
DB13 DB12 DB11 - - - - - DB0		
1	1	0 X 选择 PHASE0 ,后 12 位写相位寄存器的内容.
		1 X 选择 PHASE1 ,后 12 位写相位寄存器的内容.

1.2 AD9833 的引脚功能及封装

AD9833 的引脚排列如图 2 所示 ,采用 μSOIC 型表面贴片封装 ,体积小.

AD9833 供电电压为 2.3 ~5.5 V ,内部数字电路工作电压为 2.5 V. 当 VDD 小于或等于 2.7 V 时 ,引脚 CAP/2.5 V 应直接连接至 VDD.

FSYNC 引脚是使能引脚 ,电平触发方式 ,低电平有效; SCLK 是串行时钟; SDATA 是数据输入口. 进行串行数据传输时 ,FSYNC 引脚必须置低. FSYNC 置低后 ,经过 16 个 SCLK 的下降沿数据被送到 AD9833 的输入移位寄存器. 在第 16 个 SCLK 的下降沿时 ,FSYNC 可以被置高. 当然 ,也可以在 FSYNC 为低电平时 ,连续加载多个 16 位数据 ,仅在最后一个数据的第 16 个 SCLK 下降沿时将 FSYNC 置高. 值得注意的是 ,写数据时 SCLK 为低电平脉冲 ,但在 FSYNC 刚开始变为低电平时(即开始写数据时) ,SCLK 必须为高电平.

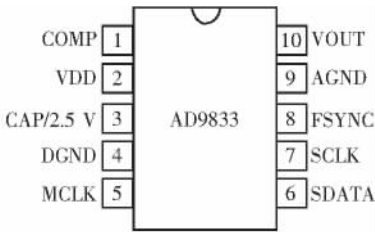


图 2 AD9833 的引脚图
Fig.2 Pins of AD9833

2 信号发生器的软硬件设计

2.1 硬件组成

系统主要由 STC89C52RC 单片机及其外部电路、AD9833 芯片及其外部电路、低通滤波器、放大电路、

4×4键盘和LCD1602组成. 硬件接口电路图如图3所示, 单片机的P1.0、P1.1和P1.2分别接AD9833的FSYNC、SCLK和SDATA引脚; P0口接LCD1602液晶的数据端, 且需接4.7 K的上拉电阻; P1.6和P1.7分别接LCD1602的数据/命令选择端(RS)和使能信号(E); P2口接4×4键盘. 单片机采用R/C上电复位, 且外接22.118 4 MHz无源晶振. AD9833的MCLK端口需接25 MHz的有源晶振, 信号输出端接一个RC低通滤波器. 输出信号通过放大电路, 使其电压幅度达到要求. 放大电路由TLC2254设计成同相放大器.

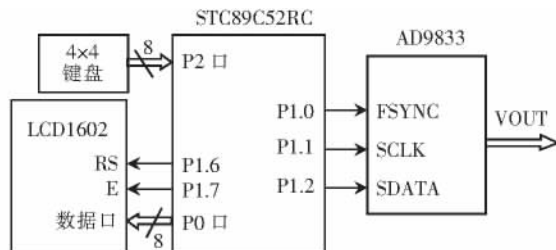


图3 硬件接口电路图

Fig.3 Hardware interface circuit

本系统中所需电源电压为直流电压, STC89C52RC需要+5 V的供电电压, LCD1602液晶模块最佳工作电压为+5 V, AD9833需要+2.3~+5.5 V供电电压, 因此本系统选择的电压值为5 V, 由输出为12 V的开关电源经过7805稳压得到, 并用200 μ H的电感将模拟电源和数字电源、模拟地和数字地隔离. 此时, AD9833的CAP/2.5 V引脚需经过0.1 μ F的陶瓷电容和10 μ F的钽电容接地.

2.2 软件流程

主程序流程图如图4所示. 其中#键作为重新选择波形和设置频率的标志. 选择波形和设置频率都是通过按键来实现.

初始化AD9833的程序流程图如图5所示. 当初始化AD9833时, 为避免DAC产生虚假输出, RESET必须置为1, 直到将频率寄存器和相位寄存器配置完毕后, 才将RESET置为0.

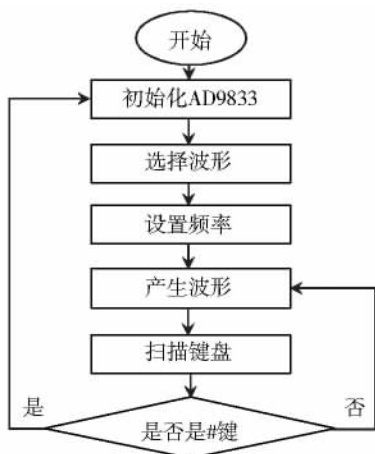


图4 主程序流程图

Fig.4 The main program flow chart

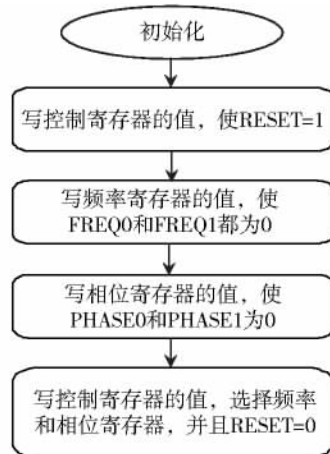


图5 AD9833初始化流程图

Fig.5 Initialization flow chart of AD9833

选择波形的程序流程图如图6所示. 按键A、B、C被定义为功能键, 用于选择输出波形方式(正弦波、三角波、方波), 其中A键表示正弦波, B键表示方波, C键表示三角波.

设置频率的程序流程图如图7所示. 按键被定义为数字键和控制键, 数字键(0~9)用于输入频率值; 控制键包括*键、#键, *键作为修改设置频率的标志, #键作为设置频率结束的标志. 在计算频率时, 为了使通过按键设置的频率与输出波形频率一致, 根据公式 $f_{OUT} = freq \times (f_{MCLK} / 2^{28})$ (其中 f_{OUT} 为输出波形频率, 即通过按键设置的频率; $freq$ 为输入到AD9833频率寄存器的值; f_{MCLK} 为主时钟频率, 即25 MHz), 可得 $freq = f_{OUT} \times 2^{28} / 25\,000\,000$, 即将设置频率值乘以常数 $2^{28} / 25\,000\,000$ 作为输入到AD9833频率寄存器的值.

3 实验实测

图8为实验通过示波器实际测得的波形. 由实测波形图可以看出, 实际波形的频率与设置频率基本一致; 频率范围跨度较大, 且较稳定; 三角波的线性度较好, 可以达到半导体激光自混合干涉测振技术中调制信号源的要求.

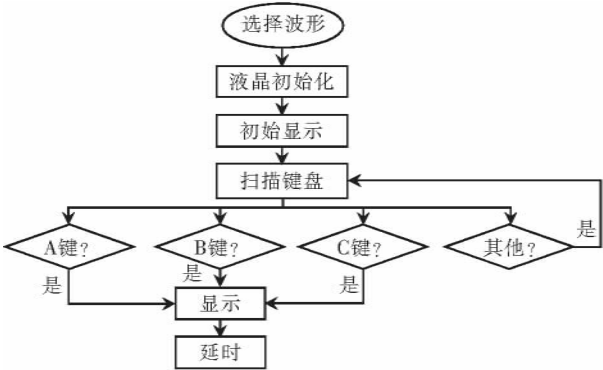


图 6 选择波形程序流程图

Fig.6 Flow chart of selecting waveforms

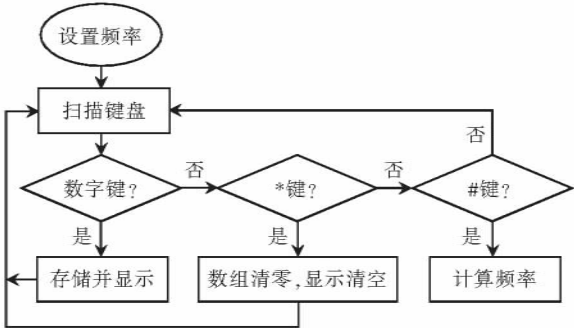


图 7 设置频率程序流程图

Fig.7 Flow chart of setting frequency

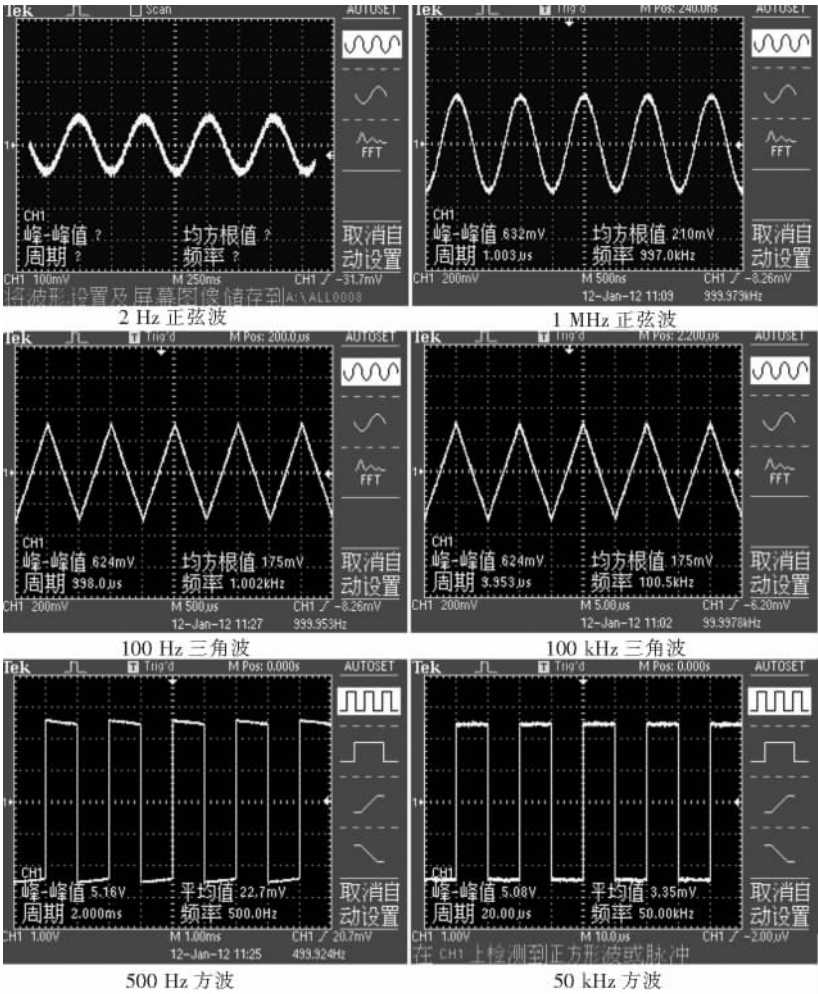


图 8 实测波形

Fig.8 Measured waves

4 结语

基于 AD9833 的信号发生器能够产生高分辨率、高稳定度的正弦波、三角波、方波信号,与单片机实时控制技术相结合,在波形选择和频率控制上很方便地实现控制。实验和实测的结果表明,所设计的系统结构简单、使用方便、工作性能可靠、实用性强、成本低,在半导体激光自混合干涉测振系统中使用,可以使系统硬件简化、操作简单、成本降低、体积减小,便于小型化、低成本、实用化的半导体激光自混合干涉测振仪的设计和实现。

- Ma Yue ,Zhao Xiaoyan ,Zhang Chao. Preparation method for purple corn beverage: China ,200810119985.4 [P]. 2010-06-09. (in Chinese)
- [4] 姬万里 庞玉艳. 玉米在饮料工业中的应用[J]. 黑龙江农业科学 2010(3) :126-127.
Ji Wanli ,Pang Yuyan. Application of corn in beverage industry [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences 2010 (3) : 126-127. (in Chinese)
- [5] 李义 龚树立 张国威 等. 由鲜糯玉米籽粒制成混汁饮料的方法: 中国 200710056761.9 [P]. 2007-08-15.
Li Yi ,Gong Shuli ,Zhang Guowei ,et al. Preparation method for turbid corn beverage made from milk-stage waxy corn kernel: China ,200710056761.9 [P]. 2007-08-15. (in Chinese)
- [6] 牛丽影 宋江峰 李大婧 等. 玉米汁饮料生产加工研究进展与展望[J]. 江苏农业科学 2011 ,39(5) :372-374.
Niu Liying ,Song Jiangfeng ,Li Dajing ,et al. Research progress and prospect on corn juice and beverage [J]. Jiangsu Agricultural Sciences ,2011 ,39(5) : 372-374. (in Chinese)
- [7] 庄作钦. BOX-PLOT——描述统计的一个简便工具[J]. 统计与预测 2003(2) :56-57.
Zhuang Zuoqin. BOX-PLOT—a simple and convenient tool for description analysis [J]. Statistics and Forecasting ,2003 (2) : 56-57. (in Chinese)
- [8] 赵镭 牛丽影 汪厚银 等. 橙汁感官品质指标重要性调查分析[J]. 食品科学 2008 29(9) :62-65.
Zhao Lei ,Niu Liying ,Wang Houyin ,et al. Importance and preference Investigation of orange juice sensory properties [J]. Journal of Food Science ,2008 ,29(9) : 62-65. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]

(上接第79页)

[参考文献](References)

- [1] Analog Devices Inc. AD9833 Preliminary Technical Data[R]. Norword: Analog Devices Inc ,2002.
- [2] 刘国良 廖力清 施进平. AD9833 型高精度可编程波形发生器及其应用[J]. 国外电子元器件 2006(6) :44-47.
Liu Guoliang ,Liao Liqing ,Shi Jinping. Programmable waveform generator AD9833 and its application [J]. International Electronic Elements ,2006(6) :44-47. (in Chinese)
- [3] 郭豫荣. 基于 DDS9833 的波形发生器设计[J]. 装备制造技术 2009(9) :17-18.
Guo Yurong. Design of wave generator based on DDS9833 technology [J]. Equipment Manufacturing Technology ,2009(9) : 17-18. (in Chinese)
- [4] 肖伸平 窦颖艳 曾红兵 等. 基于 AD9833 信号发生器的设计[J]. 机电产品开发与创新 2008 21(2) :67-68.
Xiao Shenping ,Dou Yingyan ,Zeng Hongbing ,et al. Design of signal generator based on AD9833 [J]. Development and Innovation of Machinery and Electrical Products ,2008 ,21(2) : 67-68. (in Chinese)
- [5] 黄斌 洪赢政 朱康生. 基于 AD9833 的高精度可编程波形发生器系统设计[J]. 电子设计工程 2009 17(5) :6-7.
Huang Bin ,Hong Yingzheng ,Zhu Kangsheng. Design of high precision programmable waveform generator system based on AD9833 [J]. Electronic Design Engineering ,2009 ,17(5) :6-7. (in Chinese)
- [6] 张雅珍 魏榕山. 基于 AD9833 的信号发生器设计与实现[J]. 中国仪器仪表 2010(3) :60-62.
Zhang Yazheng ,Wei Rongshan. Design and implementation a signal generator based on AD9833 chip [J]. China Instrumentation ,2010(3) :60-62. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]