

高精度测微仪激励信号发生电路的设计与实现

欧浩源, 陈晓竹

(中国计量学院 信息工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 介绍一种高集成化的 DDS 专业芯片 AD9833, 并利用该芯片设计了高精度电感测微仪的正弦波激励信号发生电路, 同时对该电路在实际应用中的结果进行了简单的分析。通过实验表明, 该电路能够产生高稳定性和高精度的激励信号, 可以满足电感测微仪的测量精度要求。

关键词: AD9833; 电感测微仪; 激励信号发生电路

中图分类号: TM934.4

文献标识码: B

文章编号: 1006-2394(2007)11-0022-03

Design and Implementation of Excitation Signal Generator for High-accurate Inductance Sensor

OU Hao-yuan, CHEN Xiao-zhu

(College of Information Engineering, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: A special DDS chip AD9833 is used to design a sinusoidal wave excitation signal generating circuit for high-accurate inductance sensor. In the paper the hardware circuit and the key software program are introduced. Also the result of the application with this circuit is given and analyzed. The experiment proves that this circuit can produce a high-stability and high-accuracy excitation signal which meets the precision of inductance sensor.

Key words: AD9833; inductance sensor; excitation signal generator

1 引言

电感测微仪是一种建立在电磁感应基础上, 利用线圈自感的变化来实现非电量电测的精密测量仪器, 它由电感传感器和测量电路两部分组成。整个仪器的测量精度和稳定性很大程度上取决于其测量电路的设计与实现, 因此, 选取合适的激励频率和设计稳定的信号发生电路是电感测微仪设计中的一个重要部分。本文以基于 DDS 技术的高精度可编程波形发生器 AD9833 为核心, 设计了一个可以由微控制器根据需要改变输出信号频率的激励信号发生电路。

2 硬件电路

AD9833 是 ADI 公司生产的一款低功耗、可编程波形发生器, 能够产生正弦波、三角波和方波输出, 广泛应用于各种测量、激励和时域响应领域。它是一块完全集成的 DDS (Direct Digital Frequency Synthesis) 电路, 仅需要 1 个外部参考时钟, 1 个低精度电阻器和一些解耦电容就能产生高达 12.5MHz 的正弦波。它的工作原理如图 1 所示。

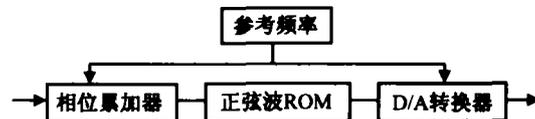


图 1 AD9833 的工作原理

如上图中的 28 位相位累加器是 AD9833 的核心, 它由加法器和相位寄存器组成, 每来一个时钟, 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 $0^\circ \sim 360^\circ$ 范围内的一个相位点。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 $2^{28}/M$ (M 为 28 位频率控制字) 个 MCLK 时钟后回到初始状态, 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。正弦波的输出频率与 M 值相关, 微控制器通过改变频率控制字就可以改变 AD9833 输出正弦波的频率。

AD9833 采用 10 个管脚的 SOIC 封装结构, 最大功耗仅为 20mW, 其管脚的功能描述如表 1。

收稿日期: 2007-05

基金项目: 浙江省重大科技攻关项目(2005C11012)

作者简介: 欧浩源(1983—), 男, 硕士研究生, 研究方向为数据采集与嵌入式测量仪器设计; 陈晓竹(1968—), 女, 教授。

表 1 AD9833 的引脚功能

引脚	符号	功能说明
1	COMP	该引脚用来为 DAC 偏置电压退耦
2	VDD	电源电压 (+2.3V 到 +5.5V)
3	CAP	当 VDD 大于 2.7V 时,该脚接 100nF 的电容到 DGND,若 VDD 小于 2.7V,该脚可直接接到 VDD。该引脚使内部产生 +2.5V 的电源,供器件的数字电路工作使用
4	DGND	数字地
5	MCLK	主频数字时钟输入端
6	SDATA	串行数据输入端
7	SCLK	串行时钟输入端
8	FSYNC	控制串行数据的输入。对 AD9833 写入串行数据时,该引脚必须为低电平
9	AGND	模拟地
10	VOUT	电压输出。通过该引脚可以获得设定频率的信号输出

激励信号发生电路的设计包括 AD9833 外围一些解耦电容的设计以及其与微控制器接口两个部分,如图 2 所示。

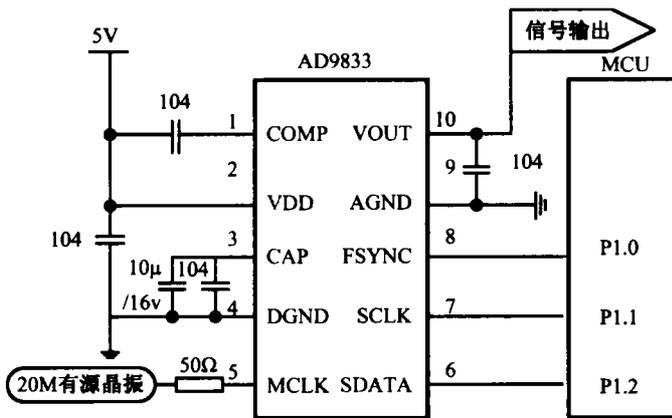


图 2 AD9833 硬件连接电路

3 软件设计

基于 AD9833 的激励信号发生电路的软件编程包括两个部分:AD9833 与微控制器的接口时序和初始化设置程序。

AD9833 的接口是与一般 DSP 和微处理器标准兼容的 3 线 SPI 接口。在测微仪中,通过软件模拟一个 SPI 的时序来实现微控制器与 AD9833 的通信。AD9833 的数据传输时序如图 3 所示。

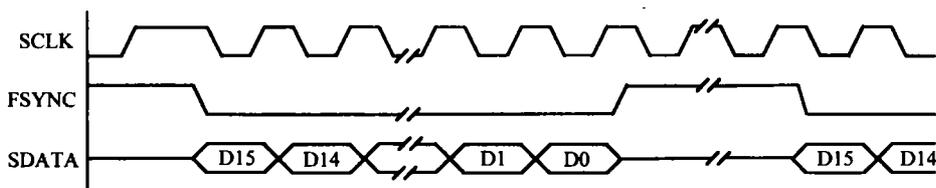


图 3 AD9833 的串行数据时序

在进行串行数据传输的时候,使能引脚 FSYNC 必须为低电平,要注意,FSYNC 有效到 SCLK 下降沿的建立时间应该大于 5ns。FSYNC 置低后,在 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 FSYNC 可以被置高。需要注意的是,在写数据时 SCLK 是高低的电平脉冲,但是在 FSYNC 刚开始变低时,SCLK 必须为高电平。

AD9833 内部有 5 个可编程寄存器,包括 1 个 16 位的控制字寄存器,2 个 28 位频率寄存器和 2 个 12 位相位寄存器。其 16 位的控制寄存器各个位的功能如表 2。

表 2 AD9833 的控制寄存器的功能

位	名称	功能说明
DB15	控制位	00:写控制寄存器 10:写频率寄存器 1
DB14	控制位	01:写频率寄存器 0 11:写相位寄存器 0 或相位寄存器 1
DB13	B28	对每一个频率寄存器都需要进行两次写操作。B28 = 1 时,每个频率寄存器都作为完整的 28 位使用,需对每个寄存器进行 2 次连续写操作。先写低 14 位,后写高 14 位。前 2 位说明写入的是哪个寄存器,01 表示写入的是频率寄存器 0;10 表示写入的是频率寄存器 1。B28 = 0 时,每个频率寄存器都作为 2 个 14 位的寄存器,1 个是高 14 位,1 个是低 14 位,并且可以相互独立更改,由控制寄存器的 DB12 位确定写入的是高 14 位还是低 14 位
DB12	HLB	B28 = 1 时,该位无效;B28 = 0 时,若 HLB = 1,允许写选定寄存器的高 14 位,若 HLB = 0,允许写选定寄存器的低 14 位
DB11	FSELECT	0:频率寄存器 0 有效 1:频率寄存器 1 有效
DB10	PSELECT	0:相位寄存器 0 有效 1:相位寄存器 1 有效
DB9	保留位	该位设置为 0
DB8	RESET	0:禁止复位 1:复位内部寄存器为 0
DB7	SLEEP1	0:使能 MCLK 1:内部 MCLK 被禁止,DAC 保持当前值
DB6	SLEEP2	0:DAC 处于激活状态 1:片内 DAC 休眠
DB5	OPBITEN	0:直接输出 DAC,由 DB1 决定输出的是三角波还是正弦波 1:输出 DAC 的 MSB 或 MSB/2
DB4	保留位	该位设置为 0
DB3	DIV2	0:直接输出 DAC 的 MSB/2 1:直接输出 DAC 的 MSB
DB2	保留位	该位设置为 0
DB1	MODE	该位与 DB5 配合使用,0:输出正弦波 1:输出三角波
DB0	保留位	该位设置为 0

对 AD9833 的频率寄存器和相位寄存器设置之前,需要对 AD9833 进行复位,这样可以避免 DAC 产生虚假的输出。当设置完成之后,将控制寄存器中的 RESET 位置 0,过 8~9 个 MCLK 时钟周期后就可以观测到波形的输出了。

频率字和相位字的确定可以根据需要输出的信息通过下面的公式计算得到:

$$f_{OUT} = f_{MCLK} \times \frac{FREQREG}{2^{28}} \quad (1)$$

其中, $FREQREG$ 为所选频率寄存器中的频率字。

$$P_{OUT} = 2\pi \times \frac{PHASEREG}{4096} \quad (2)$$

其中, $PHASEREG$ 是所选的相位寄存器中的相位字。

在电感测微仪的测量电路中需要一个 20kHz, 稳定度为 0.001%, 相位偏移为零的正弦波信号。通过式 (1) 可以计算所选频率寄存器中频率字:

$$\frac{f_{OUT} \times 2^{28}}{f_{MCLK}} = \frac{20\text{kHz} \times 268435456}{20000\text{kHz}} = 268435 = 41893\text{H}$$

其低 14 位为: 01 1000 1001 0011B

其高 14 位为: 60 0600 0001 0000B

由于相位偏移为零, 所有相位字为: 0000 0000 0000B

该电路选择了 AD9833 的频率寄存器 0 和相位寄存器 0, 在计算得到的低 14 位和高 14 位频率字前面分别加上频率寄存器的标识 01, 在 12 位的相位字前面加上相位寄存器 0 的标识 1101, 得到写进 AD9833 的频率字和相位字如下:

频率字的低位: 0101 1000 1001 0011B = 5893H

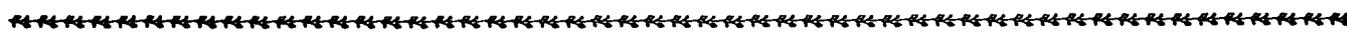
频率字的高位: 0100 0000 0001 0000B = 4010H

相位字为: 1101 0000 0000 0000B = D000H

经过上述的计算, 将得到的 16 位数值作为频率字和相位字分别写到 AD9833 对应的寄存器就可以完成相应的设置了。

总的来说对 AD9833 的初始化设置分为下面 6 个部分:

- (1) 写 0100H, 将所有寄存器复位为 0。
- (2) 写 2000H, 将频率寄存器设置为作为完整的 28 位使用。
- (3) 写 5893H, 将频率字的低 14 位写进频率寄存器 0。
- (4) 写 4010H, 将频率字的高 14 位写进频率寄存器 0。
- (5) 写 D000H, 将相位字写进相位寄存器 0。
- (6) 写 0000H, 设置频率寄存器 0 和相位寄存器 0 有效, 禁止复位, 使用 MCLK, 激活 DAC 输出, 直接输出正弦波。



(上接第 21 页)

使用, 系统稳定性较好, 抗干扰能力较强, 适用范围宽, 具有较好的应用前景。

参考文献:

- [1] 曾书儿, 毛改利. 能见度的观测及仪器[J]. 应用气象学报, 1999, 10(2): 207-212.
- [2] 胡玉峰. 自动气象站原理与测量方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004.

4 测试结果

对于上述设计的 20kHz 激励信号发生电路, 在 30min 内, 通过数字示波器观测其正弦波输出的频率, 并且在该激励信号下测量 0.5mm 的量块, 观测其测量精度和稳定程度。其实验测试的数据如表 3。

表 3 实验数据

时间	0min	5min	10min	15min	20min	25min	30min
频率(kHz)	19.9996	19.9996	19.9995	19.9996	19.9996	19.9996	19.9995
0.5mm 量块	0.4999	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

测试结果表明, 使用 AD9833 可以产生稳定的高精度正弦波, 其频率的变化只有 0.1Hz, 可以满足测微仪激励信号的频率稳定性要求。在 20kHz 的正弦波激励信号下测微仪的测量精度和稳定程度也比较好, 其误差也在仪器的要求之内。

5 结论

通过实验发现, AD9833 作为电感测微仪激励信号发生电路的核心元件, 能够产生高稳定度、高精度的正弦波。测微仪在该激励信号的作用下能够保证很高的测量精度和运行稳定性。

参考文献:

- [1] 洪小丽, 戴一帆. 改善电感测微仪二次测量电路精度的措施[J]. 国防科技大学学报, 2003, 25(3).
- [2] 单成祥. 传感器的理论与设计基础及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [3] 胡明江, 等. 影响直线式差动变压器灵敏度因素的研究[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2004, 19(1).
- [4] 鲁标, 潘玉恒, 孟克, 等. DDS 技术在步进电动机控制系统中的应用[J]. 应用科技, 2005, 32(8).
- [5] 石晓明, 申小中. 一种简易高精度频率信号发生器的设计与实现[J]. 现代电子技术, 2006, 225(10).

(丁云编发)

- [3] 王启万. 前向散射式能见度仪的发射和接收装置设计[J]. 气象水文海洋仪器, 2005, 6(2): 1-16.
- [4] 刘和平. TMS320LF240X DSP 结构、原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [5] 刘和平. TMS320LF240X DSP C 语言开发应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [6] 刘俊, 张斌珍. 微弱信号检测技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

(丁云编发)