

基于 AD9833 信号发生器的设计

肖伸平, 龚颖艳, 曾红兵, 邹恩

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

摘要: 介绍了基于 AD9833 的信号发生器的设计方案, 由单片机 AT89S52 完成系统的控制功能; 幅度控制采用 AD8320 可编程增益放大器和 D/A 转换芯片 TLC7528 实现; 功率放大电路采用高速缓冲器 BUF634, 最大可输出 250mA 的电流。实验表明该系统能够产生正弦波、方波和三角波三种周期性波形, 且能实现从 1Hz~2MHz 的稳定输出, 频率稳定度优于 10^{-4} 。

关键词: 信号发生器; 直接数字频率合成; AD9833

中图分类号: TN782 文献标识码: A 文章编号: 1002-6673 (2008) 02-067-03

0 引言

直接数字频率合成技术 (direct digital synthesizer, DDS) 是近几年发展起来的一种新的频率合成技术。该技术具有低成本、低功耗、高分辨率、频率切换时间短、相位连续、相噪低、结构简单、体积小等优点, 广泛用在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。作为通信系统的信号发生器也越来越多地采用了该技术。本文介绍一款基于 DDS 芯片 AD9833^[1-2] 信号发生器的设计方案。

1 AD9833 芯片

1.1 AD9833 芯片主要参数

AD9833 是一款低功耗、可编程波形发生器, 能够产生正弦波、三角波、方波输出。其主要特性如下: 频率和相位可数字编程; 工作电压为 3V 时, 功耗仅为 20mW; 输出频率范围为 0MHz~12.5MHz, 频率寄存器为 28 位 (在 25MHz 的参考时钟下, 精度为 0.1Hz); 可选择正弦波、三角波、方波输出; 无需外接元件, 3 线 SPI 接口, 温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim +105^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 内部结构框图

AD9833 内部结构框图如图 1。AD9833 的内部电路主要有数控振荡器 (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。其核心是 28 位的相位累加器, 它由加法器和相位

收稿日期: 2008-02-03

作者简介: 肖伸平 (1965-), 男, 教授, 硕士生导师。主要从事鲁棒控制、智能控制等研究; 龚颖艳 (1984-), 女, 河北衡水人, 在读硕士研究生。主要从事智能控制理论的研究。

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 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 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 $2^{28}/M$ 个 MCLK 时钟后回到初始状态, 相应的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:

$$f_{OUT} = M (FMCLK / 2^{28})$$

其中, M 为频率控制字, 由外部编程给定, 其范围为 $0 \sim M / 2^{28} - 1$ 。

VDD 引脚为 AD9833 的模拟部分和数字部分供电, 供电电压为 2.3V~5.5V。AD9833 内部数字电路工作电压为 2.5V, 其板上的电压调节器可以从 VDD 产生 2.5V 稳定电压。若 VDD 小于等于 2.7V, 引脚 CAP/2.5V 应直接连接至 VDD。

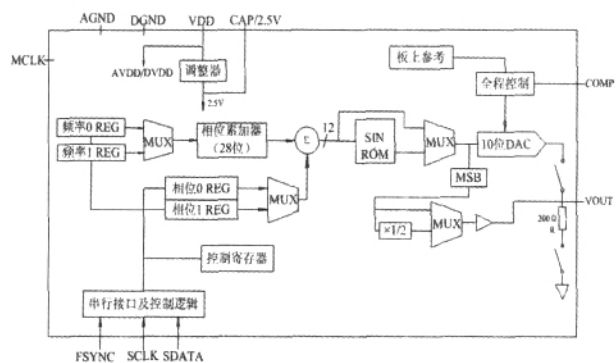


图 1 AD9833 内部结构框图

Fig.1 The interior framework of AD9833

2 信号发生器的基本原理及组成

2.1 DDS 基本原理

该信号发生器基于奈奎斯特抽样定理和数字波形合成原理。一个完整的信号发生器内部结构由位频率控制寄存器、模 2^N 加相位累加器、正弦“相位-幅度”转换表 ROM 存储器及数模转换器 DAC 等几部分组成。每来 1 个时钟 f_r ，相位寄存器以步长 K (频率控制字) 增加，相位寄存器的输出与相位控制字相加，然后作为正弦查询表的查询地址，正弦查询表包含一个周期正弦波的数字幅度信息，查询表把输入的地址相位信息映射成正弦波幅度信号，通过 DAC 输出模拟量。相位寄存器每经过 $2^N/K$ 个 f_r 时钟周期后回到初始状态，相应的正弦查询表的地址经过 1 周期后回到初始位置，整个 DDS 系统输出一个周期的正弦波，输出的弦波频率为： $f_o = k * f_r / 2^N$ ，通过改变频率控制字 K ，即可调节读取查询表中正弦波形输出点的速度，从而产生不同频率的正弦波。DDS 原理如图 2 所示，图中参考时钟源 f_r 是一个稳定的晶体振荡器 [3]。

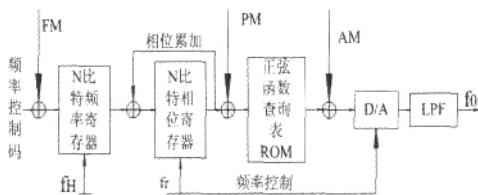


图 2 DDS 原理

Fig.2 The principle of DDS

2.2 信号发生器的硬件实现

该系统主要由图 3 所示的四种模块组成：控制模块、键盘显示模块、幅度控制模块和功率放大模块。

(1) 单片机控制电路。信号源采用 AT89S52 微处理器，内置 8KB 可编程只读存储器，256B 的内部 RAM，32 位可编程 I/O 总线，适应工作频率高达 24MHz。直接将 AD9833 的 SDATA 脚、SCLK 脚、FSYNC

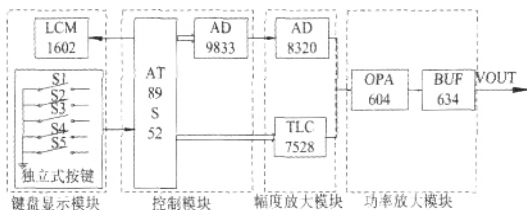


图 3 硬件结构框图

Fig. 3 The block diagram of hardware

脚与 AT89S52 的 P3.5、P3.4、P3.3 引脚相连，从实际使用效果来看工作可靠，实现了高稳定性、高精度、高分辨率的要求。

(2) 幅度控制模块。增益控制模块采用 AD8320 芯片，该芯片为一种功率可控制的功率放大器，8bit 数字控制增益，增益范围可达 36dB (-10 -26dB)，±0.20dB 增益精度，V/V/LSB 的线性增益响应，低噪声，低失真，高功率。相对于由继电器或模拟开关与运放的增益可控放大器来说，采用的电路比较简单，调试起来比较容易。

(3) 功率放大模块。为了达到系统要求，采用 OPA604 芯片与 BUF634 芯片相结合。OPA604 是一场效应管输入运算放大器，低失真 (0.0003% 1KHz)，低噪声 (10nv / Hz 赫兹) 和高带宽 (增益带宽: 20MHz) 的特性。这方面也满足了此设计对频率范围的要求。BUF634 是高速的单位增益开环放大器，频带范围宽 (0.1Hz ~ 30MHz)，应用范围广，它可以用在放大器的反馈环中来增大输出电流，消除热反馈和提高容性负载驱动能力，输出电路由内部的电流限制和热关断进行完全保护，使得它耐振而且容易应用。

(4) 键盘显示模块。系统采用 5 个独立式按键，分别为：S1 键改变波形，可产生正弦、三角、方波三种波形；S2 键改变信号发生器的工作状态，有调频、调幅、输出三种工作状态；S3 键改变调频或调幅步进值；S4 键与 S5 键使频率值加/减一步当前步值。

2.3 信号发生器的软件设计

信号发生器的软件部分直接由 C 语言写成，主要是完成单片机初始化、键盘、显示等功能，按照 AD9833 的时序将控制字写入 AD9833 的内部存储器中，从而产生相应的频率，达到频率的步进控制等设计功能。主程序流程图见图 4。

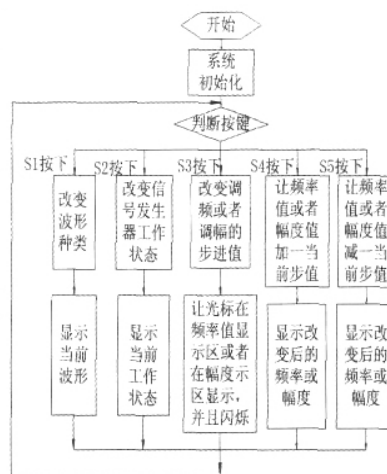


图 4 主程序流程图

Fig.4 The program flowchart

3 实验测试与结果分析

硬件搭建完毕，通过软件调试后，使用 1MHz 双通道数字示波器 (型号: RIGOL-DS-5042M 示波器) 对设计完成的 DDS 正弦信号发生器进行测试。输出波形频率范围测试数据见表 1。

测试表明，系统具有以下特征：能够产生三角波、正弦波、方波三种周期性波形； (下转第 73 页)



图4 猎食的鹰
Fig.4 A hunting eagle

大,后轮直径较小,增强了操纵和行驶的稳定性和舒适性。发动机可以任意挡位启动,操控方便;舒适性:采用新型前后倒置全可调油气减振器,行程大吸振性能好,底部采用叉形摇架管式车架,管径小重量轻灵活轻便。

3 结束语

采用仿生学原理来设计迷你运动型越野摩托车,实践证明是一行之有效的方法。上述两款越野车分别模仿了袋鼠、恐龙和老鹰等三种动物的体征、动作以及色彩,无处不彰显出其阳刚之气、野性与灵性,从形态构成、功能实现和外观配色上均充分展示了仿生学的魅

力。基于仿生学原理设计制造的两款迷你运动型越野摩托车,不仅造型新颖别致,而且结构科学合理,完全表达了越野摩托车的个性与品味,它们现在已成为欧美市场上的畅销产品,售价是国内同类产品的3-5倍,很显然,其附加值的提升与其所采用的先进设计方法和制作工艺是密不可分的。

参考文献:

- [1] 于帆,陈燕.仿生造型设计[M].武汉:华中科技大学出版社,2005.
- [2] 姚平, Luigi Colani.仿生设计传奇[J].艺术与设,2004,5.
- [3] 张安祥,陈华薪.摩托车造型设计中应考虑的几个问题[J].摩托车技术,1995,5.
- [4] 杨力斌.国产摩托车造型艺术设计初探[J].摩托车技术,2002,1.
- [5] 史春涛,等.摩托车工业设计策略研究[J].机械设计,2005,9.
- [6] 陈震邦.工业产品造型设计[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [7] 李建春.摩托车车架[P].中国:专利号 200530156004.0,2005,11.

Application of Bionics Design in the Product Development of Dirt Motorcycles

LI Xin-Mo¹, LI Jian-Chun², WANG Da-Cheng¹

(1. Wuyi University, Jangmen Guangdong 529020, China)

2. Shuopu Science & Tech. Dev. Co., Ltd, Jangmen Guangdong 529020, China)

Abstracts: Bionic design as a unique design has been most widely used in industrial products. Taking a shape design of a mini sport dirt motorcycle for example, this paper fully shows the charm of bionics by modeling certain animals' signs, movements and color patterns from the structure, function and appearance aspects. The two new mini-motorcycles based on the above bionics design have displayed not only chic new shape but also the structure of scientific and rational. Furthermore, they have become the best-selling products in the Europe and the U.S market.

Key words: bionics design; dirt motors; product development

(上接第68页) 表1 输出频率测试数据

Tab.1 The frequency test data

预置频率/Hz	输出频率/Hz				
	正弦波			方波	三角波
	空载	负载 1K	负载 50	空载	空载
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
100	100.2	100.2	100.2	100.2	100.2
1K	1.002K	1.002K	1.002K	1.002K	1.002K
10K	10.02K	10.02K	10.02K	10.02K	10.02K
100K	100.2K	100.2K	100.2K	100.2K	100.2K
1M	1.002M	1.002K	1.002M	1.002M	1.002M
2M	2.0002M	2.002M	2.0002M	2.0002M	2.0002M

波形输出频率范围 1Hz~2MHz; 具有频率设置功能, 步进值为 1Hz, 10Hz, 100Hz, 1KHz, 10KHz, 100KHz, 1MHz; 输出信号频率稳定度优于 10^{-4} ; 失真度: 用

示波器观察时无明显失真。

4 结束语

基于 AD9833 的频率合成技术能够产生高分辨率、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。因此, AD9833 芯片以及基于此芯片制成的各类信号源在各种领域有着广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 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]. 仪器与仪表, 2006,10.
- [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, 200,10.
- [3] 袁雪莲, 冯伟. 基于 AD9954 信号发生器的设计[J]. 信息技术, 2006,12.

Design of Signal Generator Based on AD9833

XIAO Shen-Ping, DOU Ying-Yan, ZENG Hong-Bing, ZOU En

(Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: The design of signal generator based on AD9833 is proposed in this paper. The single-chip microcomputer AT89S52 is adopted in control module. The programmable gain amplifier AD8320 and D/A converter TLC7528 are used in amplitude control module. The high speed buffer BUF634 is introduced in power amplifier, and its maximum output current is 250mA. The experiment results indicate the system can produce sine wave, square wave and triangular wave. The frequency range is 1Hz~2MHz. The frequency stability surpasses 10^{-4} .

Key words: signal generator; direct digital synthesizer (DDS); AD9833