



一种高精度波形发生器的设计

■ 西安电子科技大学 张鹏 陈健

摘要

随着电子技术的发展,在诸如测量、控制等领域,经常要求信号的幅度保持在某个高精度的整数数值上。但由于一般数模转换器在最小量化电平上的限制,其输出的信号电平很难在整数数值上得到较高的精度。针对该问题,介绍一种高性能的16位数模转换器AD7846,使用TMS320VC54X系列DSP作为核心控制器,设计出幅度可精确至1mV的波形发生器。文中给出具体的硬件实现框图以及用来产生波形的DSP汇编源程序。

关键词 波形发生器 高精度 AD7846 DSP

引言

随着电子技术的发展,波形发生器已经广泛的应用在通信、控制、测量等各个领域。在很多地方,如测试测量领域,需要输出的波形能够精确地定位在某一整数数值上,但通常由于ADC参考电平的限制,使之很难达到所需的精度,给系统的调试及软件设计带来诸多不便。本文采用了高精度的电压参考芯片ADR434为模数转换器提供参考电平,使波形发生器的最低可调电压达到125 μ V,为精确地输出整数电压及其相应波形提供了方便的硬件环境。本设计具有输出精确,控制灵活方便等特点。

1 系统设计

本系统采用TI公司生产的TMS320VC54X系列DSP作为核心控制器件,并采用Cypress公司生产的CY7C1021V(64K \times 16位RAM)来扩充DSP的外部数据存储空间。在DSP与ADC及RAM之间的数据接口加入74LVC16245(16位总线变换器)以增加DSP的驱动能力,并用来隔离器件间的干扰。DSP与DAC之间的逻辑控制采用CPLD实现,这样可以方便系统的设计与调试,本文中采用的CPLD为Altera公司的EPM7064SLC84-10。

整个系统的方框图如图1所示。

2 器件简介

本系统所采用的数模转换器为AD7846,它是美国AD(Analog Device)公司基于LC²MOS工艺生产的16位数模转换器。它有VREF+和VREF-两个参考电平输入端以及一个片内放大器。标准情况下可以将其配置为单极性输出(0~+5V, 0~+10V)或双极性输出(\pm 5V, \pm 10V)。当

然,改变VREF+和VREF-两个参考电平输入端的电平,也可以改变其输出的动态范围。如本文中便是采用高精度电压参考芯片AD434提供参考电平,使D/A的动态范围设置为 \pm 4.096V。

AD7846采用分段式结构。DAC锁存器的高4位选通16个电阻串中的一段,段的两端接有运放作为缓冲,运放的输出反馈至12位的模数变换电路,并由该电路提供后12位分辨率。这种结构可以确保16位单调性,两个缓冲运放间输入失调电压的高度匹配还确保了优良的积分非线性。

除了优良的精度指标外,AD7846与微处理器的连接也非常方便。它有16位数据I/O口以及4根控制线(\overline{CS} , R/\overline{W} , \overline{LDAC} 以及 \overline{CLR})。 R/\overline{W} 与 \overline{CS} 用来控制对I/O锁存器的读写, \overline{LDAC} 信号用于多DAC系统中同步更新多片DAC数据, \overline{CLR} 用于将DAC的输出复位至0V。

3 AD7846参考电压的设计

为了使系统的输出波形在幅度上能够精确到1mV,本文采用AD434为AD7846提供参考电压。ADR434为AD

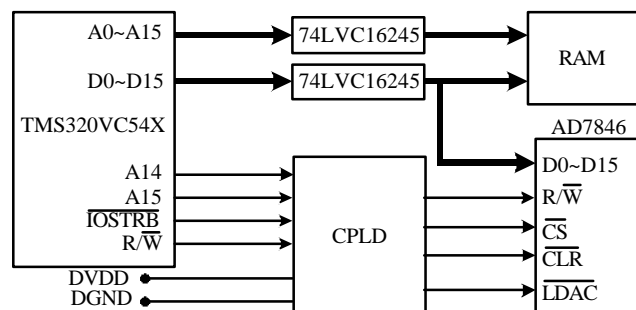


图1 系统方框图



公司生产的低噪声、高精度、低温漂的电压参考芯片。它采用了AD公司的温漂曲率修正专利技术，可以使其电压对温度的非线性达到最小。二者的具体连接如图2所示。

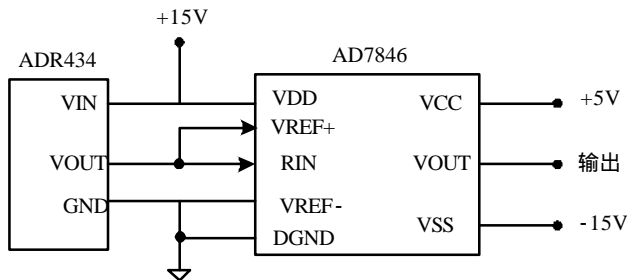


图2 AD7846的参考电位设计

图2所示的连接方法使AD7846工作在双极性输出状态下。AD434为D/A提供+4.096V的参考电平，D/A根据此电平经过双极十六位线性分解，所得的最低可调电压为 $4.096V/2^{15}=125\mu V$ 。具体的编码表如表1所列。

表1 AD7846 编码表

DAC 锁存器中的二进制数	模拟输出 V_{OUT}/V
1111 1111 1111 1111	+4.096V(32767/32768)=+4.095875
1000 0000 0000 1000	+4.096V(8/32768) =+0.001
1000 0000 0000 0001	+4.096V(1/32768) =+0.000125
1000 0000 0000 0000	+4.096V(0/32768) =0
0111 1111 1111 1111	-4.096V(1/32768) =-0.000125
0000 0000 0000 0000	-4.096V(32768/32768)=-4.096

4 逻辑控制及软件实现

本文使用CPLD作为DSP控制D/A的逻辑编程器件，将D/A映射在DSP的I/O口，地址为4000H ~ 7FFFH。AD7846一共有4根控制线，它们组成的控制逻辑如表2所列。

表2 AD7846 控制逻辑真值表

\overline{CS}	R/ \overline{W}	\overline{LDAC}	CLR	功能
1	X	X	X	使DAC的I/O锁存器呈高阻态
0	0	X	X	数据(DB15~DB0)装入I/O锁存器
0	1	X	X	I/O锁存器中的数据输出到数据线上
X	X	0	1	I/O锁存器中的数据装入DAC锁存器
X	0	X	0	DAC锁存器装入数据000...000
X	1	X	0	DAC锁存器装入数据100...000

CPLD中烧入的逻辑图如图3所示。

对于波形的产生，通常有两种方法。一种方法为使用算法计算输出波形某点的幅度编码值(如正弦波可通过泰勒级数展开得到)，这种方法可直接精确地计算出每个角度的波形值，所占用的存储空间小，但对于任意波形的输出，所需的算法较为复杂，系统实时性也会受

到影响。另一种方法为查表法，该方法可能需要占用较大的存储空间，但软件控制却非常方便，实时性也更高。采用查表法的软件控制可由如下代码实现。

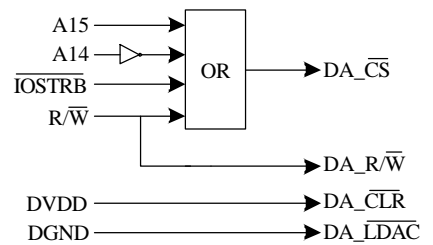


图3 CPLD逻辑图

```

.mmregs
.globalmain
main: nop
ori:   stm #SINtable,ar2 ; 将数据表头地址送入ar2
      ld #13H,a          ; 循环输出20个样点值
JUMP: portw *ar2+, 4000h ; AD7846被配置在I/O口的4000H
      ; ~ 7FFFH处
      rpt#1fffh         ; 改变rpt的值可以改变正弦波的
      nop               ; 频率
      sub #1d, a
      bc JUMP, aneq
      bori
SINtable ; 正弦波幅度编码表
.word 7FFFH .word 0A78DH .word 0CB3CH .word 0EF8DH
.word 0F9BCH .word 0FFFFH .word 0F9BCH .word 0E78DH
.word 0CB3CH .word 0A78DH .word 8000H .word 5872H
.word 34C3H .word 1872H .word 0643H .word 0000H
.word 0643H .word 1872H .word 34C3H .word 5872H
.end

```

该段程序可使AD7846输出标准正弦波，幅度范围为±4.096V，频率可通过改变rpt的值加以调节。若提供大量采样点，可使其实时输出高精度的任意波形。当然，利用DSP强大的运算处理能力，也可用软件计算出所需波形的各点采样值，这样可以节省存储空间，降低系统硬件成本。

结 语

本系统已经过实际测量，系统各部分工作正常，AD7846可精确稳定地输出所需波形。该方案不仅达到了很高的精度与系统实时性，还具有控制灵活方便等特点，是一种很好的波形发生器。

参考文献

- 1 Analog Devices Inc. ADR434 datasheet. 2003
- 2 Analog Devices Inc. AD7846 datasheet. 1998
- 3 Texas Instrument Inc. TMS320C54x DSP Reference Set Volume 1: CPU and Peripherals[z]. 1999

(收稿日期: 2004-08-16)

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>