

# 基于DDS技术的任意波形发生器研究

文/杨建 徐攀 (四川大学锦江学院电子信息工程系)

**【摘要】** 本文用DDS原理设计了一种任意波形发生器,通过对频率字和参考频率的改变改善了因DDS全数字化结构引起的输出频率准确性差的缺陷。这种设计方法简单,对硬件要求不高,而且易于扩展和改进,是一种行之有效的設計方法。

**【关键词】** DDS, 任意波形, 发生器  
波形发生器信号源作为一种基本电子设备无论是在教学、科研还是在部队技术保障中,都有着广泛的使用。随着科学技术的发展,普通的性能单一的波形发生器已经越来越不能满足实际的需求。频率合成技术分为直接模拟频率合成技术、间接频率合成技术、直接数字频率合成技术。其中的直接数字频率合成技术(DDS)是一种新的频率合成技术,它具有频率分辨率极高、频率切换速度快、切换相位连续、可输出宽带正交信号、输出信号相位噪声低、可产生任意波形、易于集成、体积小、重量轻等优点。随着科学技术的发展以及现代战争的需要,DDS在电子领域中将有更为广泛的应用前景。

## 1 DDS基本原理

直接数字合成技术(Direct Digital Synthesis, 简称DDS)是建立在采样定理基础上,首先对需要产生的波形进行采样,将采样值数字化后存入存储器作为查找表,然后通过查表读取数据,再经D/A转换器转换为模拟量,将保存的波形重新合成出来。DDS基本原理框图如图1所示。

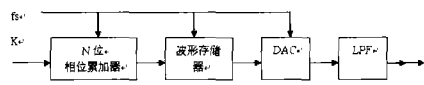


图1 DDS基本原理图

除了滤波器(LPF)之外,DDS系统都是以数字集成电路实现,因此DDS系统易于集成和小型化。DDS系统的参考时钟源通常是一个具有高稳定性的晶体振荡器,整个系统的各个组成部分提供同步时钟。频率字(FSW)实际上是相位增量值(二进制编码),作为相位累加器的累加值。相位累加器在每一个参考时钟脉冲输入时,累加一次频率字,其输出相应增加一个步长的相位增量。由于相位累加器的输出连接在波形存储器(ROM)的地址线上,因此其输出的改变就相当与查表。这样就可把存储在波形存储器内的波形抽样值(二进制编码)经查找表查出。ROM的输出送到D/A转换器,经D/A转换器转换成模拟量输出。

## 2任意波形发生器

在上述DDS系统中,当 $f_r$ 和 $n$ 一定时,输出频率 $f_o$ 与 $k$ 成正比,当 $k=1$ 时,则要逐

个读出波形的每一个数据,此时输出波形的失真最小,但当 $k \neq 1$ 时,则要跳跃或间隔式读出波形数据,这样输出的波形就会加大失真,并且 $k$ 值越大,对应的 $f_o$ 越高,失真更加严重。当产生任意波形时,由于波形变化不规则,其中有丰富的谐波,这时不能简单地用滤波的方法来改善波形失真,因滤波可能削减了信号的有用成分。所以当要合成产生任意波形时,应采取逐点读取波形的每一个数据,即 $k=1$ 不变,要改变输出频率 $f_o$ 可通过改变参考时钟频率 $f_r$ ,或通过改变波形存储器中存储的波形周期的数目来实现。

直接数字频率合成具有高分辨率、超高速的频率改变速率、低相噪的优点,为超高速频率合成器的实现提供可能。但DDS技术仍然有它的缺点:输出频率低和输出杂散大。依据采样定理,DDS输出频率低于系统时钟 $f_c$ 的 $1/2$ ,实际应用中一般只能达到 $40\%f_c$ 。因受到DDS器件的速度限制,DDS输出频率上限有待提高。杂散来源主要有三个:相位累加器相位舍位误差造成的杂散;幅度量化误差(由存储器有限字长引起)造成的杂散和DAC非理想特性造成的杂散。

## 3基于DDS的任意波形发生器

### 3.1系统的组成

系统的框图如图1所示。该系统以计算机和D/A转换器为核心。我们所用计算机是工业计算机610, D/A转换由数据采集卡(pc1818hg)提供的一路D/A输出来完成。

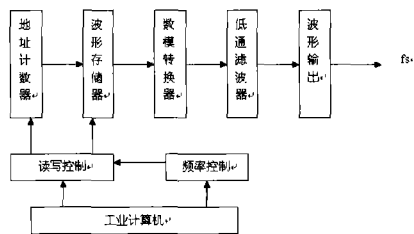


图2 基于DDS的任意波形发生器系统图

在相同的频段内,通过改变一个周期输出点的个数来改变波形的频率;在不同的频段内先改变计数器的初值,然后再通过改变一个周期的输出个数来改变波形的频率,从而使波形的失真得到改善。通过把数据存储器的数据乘以一个比例因子来调节波形的幅值。

### 3.2 D/A转换模块

D/A转换器是DDS系统的核心器件,其速度和特性直接影响整个系统的性能。从建立时间、尖峰脉冲能量、位数和积分线性等四个方面选择D/A转换器。因为DDS系统的工作频率一般都很高,因此首先应选

用高速D/A转换器。其次是考虑信噪比问题,增大D/A转换器的位数,可减小电压幅值量化误差,增大信噪比,因此,采用了12位的D/A转换器。波形幅值控制主要由数字电位器构成,由单片机P1口的两根口线经过FLEX6016芯片对其进行控制。DDS系统的输出波形接到数字电位器的固定端,单片机通过P1口线改变数字电位器的滑动端计数寄存器的内容,从而控制滑动端在电阻阵列中的位置,使得输出波形的幅值得以改变。

### 3.3任意波形生成软件

在本软件环境下可生成、绘制、编辑波形,并通过RS232串行口将波形数据传送到系统中生成波形信号。生成的波形数据共8K,每2个字节为一个波形幅度值,并以2的补码形式存放。

(1)函数模块 包括 $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\sin x/x$ 等函数,直接生成波形数据。

(2)波形绘制 其有类似Windows中画图的界面,提供点、直线、圆弧、橡皮等工具。用户可在给定的坐标系上绘制新波形或编辑已存波形。

(3)数据生成 将屏幕上绘制、编程的波形图形转化为波形数据。

(4)模拟显示 将生成的波形数据在屏幕上模拟显示为波形图形。

(5)数据传输 将波形数据传输到系统中由硬件产生所要信号。

### 3.4系统控制实现

本系统采用工业计算机控制,通过PCI总线向任意波形发生器发送控制数据。其控制软件主要由以下三部分组成。

#### (1)硬件初始化

设定数据采集卡的ID号和基本输入输出的基地址以及D/A的输出范围。

#### (2)主要控制参数的设置

通过键盘来设定输出信号的频率、幅值以及波形的形状等基本参数。该控制系统具有如下功能:键盘扫描与显示、频率输入处理、幅值输入处理及信号波形的选择。

#### (3)信号生成子程序

根据以上输入的参数对Intel8254进行设置,使其输出相应的触发脉冲。设置波形存储器的数据,使其能够按所设定的参数输出一给定波形形状、幅值和频率的信号波形。

## 参考文献

[1] 郝迎吉,王长乾,王荣刚. 基于DDS三相数字信号源的设计[J]. 国外电子元件, 2007(9): 57-59.

[2] 胡力. 基于DDS的扫频信号源设计实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2006.