

# 基于 DSP 和 DDS 的高精度频率信号源实现

张玉梅, 阔永红, 傅丰林

(西安电子科技大学通信工程学院, 陕西省西安市 710071)

**【摘 要】** 介绍了一种基于 DSP 和 DDS 的高精度频率信号源的软硬件实现方案。利用 DSP 芯片 TMS320VC5402 控制 DDS 芯片 AD9852, 可以产生一个分辨率高、转换速度快、输出频谱纯的信号, 且具有调幅、调相、线性及非线性调频功能。文中主要介绍了 AD9852 与 DSP 的硬件接口设计、整个系统的软件编程及设计中的一些注意事项。

**关键词:** 数字信号处理器, 直接数字频率合成, 分辨率, 转换速度

**中图分类号:** TN74

## 0 引言

高精度的频率信号源在现代电子系统中占有十分重要的地位, 通信、雷达、制导等电子系统功能的实现及性能指标的好坏都直接依赖于频率源的性能。直接数字频率合成 (DDS) 技术将先进的数字信号处理器 (DSP) 理论与方法引入频率合成领域, 具有频率转换时间短、频率分辨率高、输出相位连续、可编程、全数字化、易于集成等突出优点。采用高性能的 DSP 芯片控制 DDS, 可以较好地实现高精度的频率信号源。

## 1 AD9852 概述

AD9852 是 AD 公司采用先进的 DDS 技术生产的具有高集成度的电路器件, 结合内部高速、高性能 D/A 转换器和比较器, 具有可编程、可灵活使用的频率合成功能。若提供给 AD9852 精确的频率时钟源, AD9852 将产生高稳定的、频率和相位均可编程的正弦波, 该正弦波可由内部比较器转换成方波作为精确时钟发生器使用。AD9852 可以实现单频、频移键控 (FSK)、线调频脉冲 (chirp)、二进制相移键控 (BPSK) 等多种输出形式。

AD9852 主要由 48 位频率寄存器、48 位相位累加器、正(余)弦查询表、幅度调制寄存器、乘法器以及 12 位 D/A 转换器构成。AD9852 的时钟频率为 300 MHz, 近端杂散抑制优于 -80 dBc, 远端杂散抑制优于 -48 dBc, 相位噪声为 -148 dBc/Hz (偏离载频 10 kHz 时), 频率跳变速度为 130 ns, 频率分辨率为  $10^{-6}$  Hz。AD9852 片内内置了可编程时钟乘法电路, 可以使用户采用相对较低频率的振荡器, 通过乘法电路实现 4 ~

20 的整数倍频成为系统时钟信号。

## 2 AD9852 与 DSP 硬件接口设计

在设计过程中, 我们选用的 DSP 芯片是 TI 公司的 TMS320VC5402, 由于该芯片和 AD9852 都是 3.3 V 供电, 所以可以直接将二者的数据线相连。AD9852 采用的是并行数据输入方式, 没有片选信号, 所以用 DSP 的 I/O 设备选通信号  $\overline{\text{IOSTRB}}$  与读写信号一起控制对 AD9852 的数据传输。由于 DSP 的读写管脚复用, 当该管脚为高时, 通过非门输出低电平, 与  $\overline{\text{IOSTRB}}$  相“或”后选通 AD9852 的读信号; 该管脚为低时, 则直接与  $\overline{\text{IOSTRB}}$  相“或”后选通 AD9852 的写信号。AD9852 的 UPDATE 信号可由 DSP 的 XF 管脚产生, 也可单独由 CLKD 产生。

图 1 为 AD9852 与 DSP 的硬件接口电路。

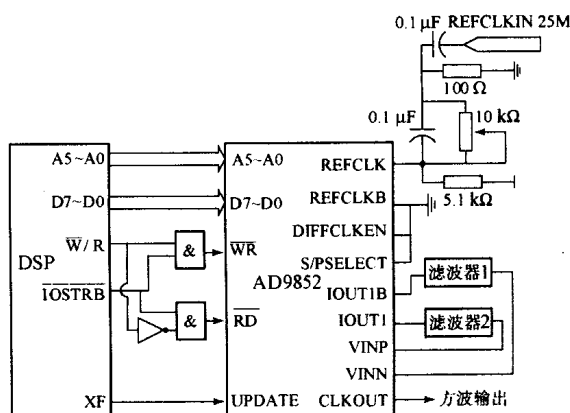


图 1 AD9852 与 DSP 硬件接口电路

## 3 系统软件编程

程序的流程如图 2 所示。首先, DSP 进行初始化设计, 确定其工作状态, 然后再对 DDS 进行初始化, 最

收稿日期: 2003-05-29; 修回日期: 2003-08-17

后输入控制字和频率字。

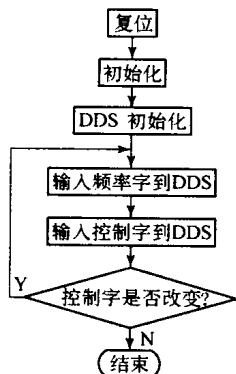


图 2 程序的主流程

下面给出的是 AD9852 工作在单频模式下时 DSP 的控制程序。由于篇幅有限,省略了 DSP 初始化程序和部分控制程序,仅给出 DSP 控制 DDS 的程序。

```

.nmregs
.global main
.text
ddscw1d .set 05h //不使用 control D/A 转换器及数字乘法器
ddscw1e .set 20h //不使用倍频,晶振低于 200 MHz
ddscw1f .set 00h //单频模式,UPDATE 信号由外部输入
ddscw20 .set 40h //不使用反辛格函数及数字乘法器,
D/A 转换器满量程输出
ddscw04 .set 01h // 输出频率为 100 kHz AD9852 工作在 20 MHz
ddscw05 .set 47h
ddscw06 .set 0aeh
ddscw07 .set 14h
ddscw08 .set 7ah
ddscw09 .set 0e1h
.....
main:
STM # ddscw04, AR0 //输入频率字
PORTW AR0, 04h
STM # ddscw05, AR0
PORTW AR0, 05h
STM # ddscw06, AR0
PORTW AR0, 06h
STM # ddscw07, AR0
PORTW AR0, 07h
STM # ddscw08, AR0
PORTW AR0, 08h
STM # ddscw09, AR0
PORTW AR0, 09h
STM # ddscw1d, AR0 //输入控制字
PORTW AR0, 1Dh
STM # ddscw1e, AR0

```

```

PORTW AR0, 1eh
STM # ddscw1f, AR0
PORTW AR0, 1fh
STM # ddscw20, AR0
PORTW AR0, 20h
RSBX XF //产生 UPDATE 信号
SSBX XF
RSBX XF
.....

```

## 4 滤波器设计

AD9852 芯片内部不带带通滤波器,所以外围电路应该按需要外接带通滤波器,滤除不需要的频率分量。根据信号源中使用的 D/A 转换器的最高转换速率,可以确定 DDS 的最高输出频率,即滤波器带宽。在设计时选用了美国 MAXIM 公司的 MAX275 芯片。

### 4.1 MAX275 概述

MAX275 是 4 阶连续时间低通/带通有源滤波器,其中心频率高达 300 kHz,在全部可工作温度范围内的精度为  $\pm 0.9\%$ ,总谐波失真的典型值为  $-86$  dB。MAX275 内部含有 2 个二阶节,用这些二阶节可以很容易地实现高阶巴特沃兹型或切比雪夫型低通、带通滤波器。MAX275 不需要外接电容,只需要外接电阻,每个二阶节的中心频率  $F_0$ 、 $Q$  值、放大倍数都由 4 个外接电阻确定。与由运算放大器和电阻、电容组成的二阶节相比,具有外接元件少、容易实现、参数调整方便和不受运算放大器本身频率特性影响等优点。由于没有外接电容,而且是单片结构,因而受杂散电容影响较小。MAX275 可以采用  $+5$  V 或是  $\pm 5$  V 供电。

### 4.2 滤波器设计步骤

a) 计算  $F_0/Q$ 。限于内部运算放大器的增益带宽积和驱动能力,MAX275 对  $F_0/Q$  有一定限制,如图 3 所示。

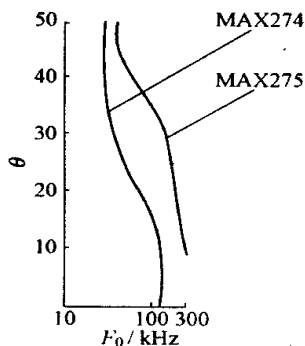


图 3  $F_0$ 、 $Q$  取值范围

在设计一个滤波器时,应先计算  $F_0$  和  $Q$  值,确保它们在图 2 的可实现区内,超出此范围的滤波器是不

能实现的。

b) 计算每个滤波器单元的电阻值。4 个外接电阻可按相关资料中的公式计算得出。需要注意的是,外接电阻最大不应超过  $4\text{ M}\Omega$ ,因为这时寄生电容的影响会明显地表现出来,造成过大的  $F_0/Q$  误差。外接电阻最小不应小于  $5\text{ k}\Omega$ ,这是由运算放大器的驱动能力所决定的。

## 5 AD9852 的工作过程

a) 要保证上电后复位,Master RESET 高有效,至少持续 10 个系统时钟周期。

b) 选择参考信号输入方式,若采用单端输入方式,REFCLKB 应接电源或地。若采用多片 AD9852 产生多个相位相互关联的正弦波,则应该选用差分输入模式,这样可以减小各个 DDS 参考时钟间的相位误差。我们选择的是单端输入模式。

c) 选择数据输入方式,对 S/P SELECT 管脚置 1 为并行,置 0 为串行。我们选择的是并行输入方式。

d) 在 WR 信号及 UPDATE 信号控制下从并行输入口写入 48 位并行寄存器。

## 6 AD9852 工作过程中需要注意的问题

a) 正确使用 UPDATE 信号。在 AD9852 工作过程中,UPDATE 信号起着非常重要的作用。从 TMS320VC5402 送来的数据先存储在 I/O 缓存中,在 UPDATE 信号的上升沿,数据才送入 DDS 核心。UPDATE 信号也是 DDS 正常工作的一个标志,上电复位后,该脚应该有一个周期性(8 个系统时钟周期)脉冲信号输出。为了控制 UPDATE 信号的发生时刻,最好使用外部模式。当转换成外部模式后,该脚的输出信号消失,变成输入端。应注意该管脚不要直接和外部

控制管脚相连,否则很可能造成短路。

b) 正确接入参考信号。参考信号要求有  $1.6\text{ V}$  直流电平,可采用分压方法得到,具体电路见图 1。对于信号单端输入方式,REFCLKB 管脚接电源或地;对于差分输入方式,输入端信号可以是方波或正弦波,直流电平约为  $1.6\text{ V}$ ,峰峰值大于  $0.4\text{ V}$ 。

c) 要避免杂散较大的输出点。对于杂散信号很大又离主频很近的点,如靠近  $f_c/3, f_c/4, f_c/5, \dots$  的频点,在实际中是很难去除的,要尽量避免输出这些点。

d) 注意 AD9852 的工作温度。工作温度如果偏高,芯片很容易被烧坏。为了降低功耗,最好将反辛格滤波器旁路去掉,尤其是 AD9852 工作在高频时。对于没有用到的功能模块,如没有用到 Control DAC(D/A 转换器)和 Digital Multiplier(数字乘法器),那就在控制字中把它们屏蔽掉。可通过把控制寄存器地址 1 dh 上的 Control DAC 位和 Digital Multiplier 位置高来实现。

## 7 结束语

本文介绍的利用 DSP 芯片 TMS320VC5402 控制 DDS 芯片 AD9852 来实现高精度的频率信号源已在实际应用中取得了成功。实验表明,AD9852 具有分辨率高、转换速度快、体积小、系统工作稳定、使用方便等特点,通过 DSP 的控制,可以广泛地应用在通信、雷达、制导等电子系统中。

## 参 考 文 献

- [1] <http://www.ti.com/TMS320VC5402DataSheet>. Texas Instruments Incorporation, 2000
- [2] <http://www.analog.com/AD9852DataSheet>. Analog Devices Inc, 2002

# Design of High Accuracy Frequency Signal Synthesizer Based on DSP and DDS

Zhang Yumei, Kuo Yonghong, Fu Fenglin

(Xidian University, Xi'an 710071, China)

**【Abstract】** The design method of a high-accuracy signal synthesizer based on DSP and DDS is presented. By using DSP chip TMS320VC5402 to control DDS chip AD9852, a signal with high resolution, high transferring speed and pure spectrum is obtained, which can be used in AM, PM, linear and non-linear FM. The hardware interface, the software flowing of the system and some key points in the design are mainly introduced.

**Key words:** DSP, DDS, high resolution, transferring speed