

文章编号: 1005-0523(2005)04-0090-04

AD9854 非线性调频输出功能的仿真与分析

汤少维

(电子科技大学 通信与信息工程学院, 四川 成都 610054)

摘要: AD9854 是美国 Analog Device 公司生产的一种新型 DDS 芯片, 该芯片能够在单片上完成频率调制、相位调制、幅度调制以及 IQ 正交调制等多种功能. 本文从 DDS 的组成和基本原理出发, 介绍了 AD9854 的结构和工作原理及其常用实现电路. 同时利用 simulink 针对其 FM Chirp 调频模式中的非线性调频输出功能进行了仿真, 对仿真中的各主要功能模块作出了详细的分析并给出了最终的输出数据和波形.

关键词: AD9854; 调频; 非线性

中图分类号: TM

文献标识码: A

1 引言

DDS(直接数字频率合成)技术出现于 20 世纪 70 年代, 它是一种全数字频率合成技术. 它将先进的数字信号处理理论与方法引入信号合成领域, 实现了合成信号的频率转换速度与频率准确度之间的统一. 它以连续的相位变换方式、极快的频率转换速度、极高的频率分辨率等优点在理论、技术及应用上获得了飞速的发展. DDS 特殊的原理和结构, 使其具有以数字方式实现多种模拟调制和数字调制的能力, 因此已广泛应用于通信射频电路中.

AD9854 是由 AD 公司生产的单片 DDS 芯片, 它采用高度集成的 CMOS 技术, 内部集成了 48-Bit 频率累加器、48-Bit 相位累加器、正余弦波形表、12 位正交数模转换器以及调制和控制电路. 该芯片能够在单片上完成频率调制、相位调制、幅度调制以及 IQ 正交调制等多种功能, 具有很高的性能价格比和广阔的应用空间. 本文就是针对 AD9854 的 FM Chirp (Mode 011) 调频模式中的非线性调频输出功能进行了仿真, 对仿真原理及过程进行了详细的分

析.

2 预备知识

2.1 DDS 的基本工作原理

DDS 的基本原理是利用采样定理, 通过查表法产生波形. DDS 的结构有很多种, 其基本的电路原理可用图 1 来表示.

图中相位累加器由 N 位加法器与 N 位累加寄存器级联构成. 每来一个时钟脉冲 f_c , 加法器将频率控制字 K 与累加寄存器输出的累加相位数据相加, 把相加后的结果送至累加寄存器的数据输入端. 累加寄存器将加法器在上一个时钟脉冲作用后所产生的新相位数据反馈到加法器的输入端, 以使加法器在下一个时钟脉冲的作用下继续与频率控制字相加. 这样, 相位累加器在时钟作用下, 不断对频率控制字进行线性相位累加. 由此可以看出, 相位累加器在每一个时钟脉冲输入时, 把频率控制字累加一次, 相位累加器输出的数据就是合成信号的相位, 相位累加器的溢出频率就是 DDS 输出的信号频率. 用相位累加器输出的数据作为波形存储器

收稿日期: 2005-06-20

作者简介: 汤少维(1982-), 男, 江西南昌人, 电子科技大学通信与信息工程学院信号与信息处理专业硕士研究生.

(ROM)的相位取样地址,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)经查表查出,完成相位到幅值转换.波形存储器的输出送到D/A转换器,D/A转换器将数字量形式的波形幅值转换成

所要求合成频率的模拟量形式的信号.低通滤波器用于滤除不需要的取样分量,以便输出频谱纯净的正弦波信号.

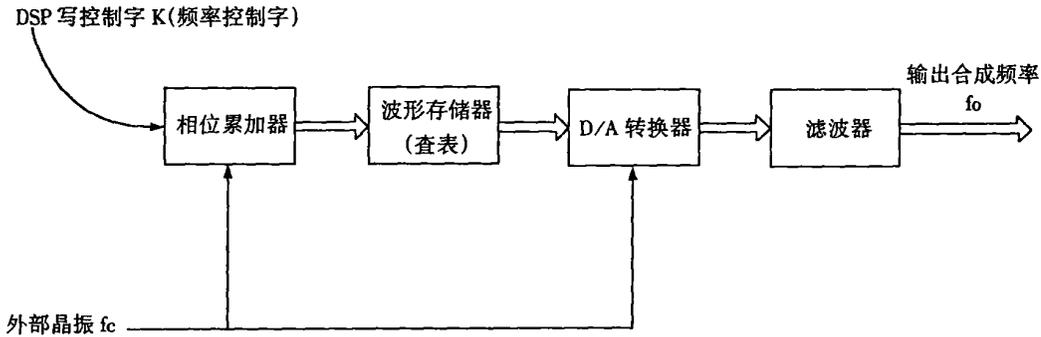


图1 DDS原理框图

2.2 AD9854 的特点与功能

AD9854 是美国 Analog Device 公司于 1999 年推出的 CMOS 型 DDS 单片集成电路.该芯片超高的工作频率、方便灵活的外部接口方式、多种的信号输出形式使其具有很高的性能价格比,尤其是其正交 2 路信号输出功能,使它正好满足一般中频电路的要求.AD9854 主要由时钟乘法器、频率累加器、相位累加器、正弦转换表、逆 sinc 滤波器、数字幅度调制乘法器、编程寄存器、频率和相位控制字乘法器与调频控制逻辑、DAC 变换、I/O 口缓冲器、比较器等组成.其主要特点包括:

- 1) 高达 300 MHz 的内部时钟频率(内含倍频次数为 4~20 以内整数的可编程时钟倍频器,使得外部可只提供一低频参考时钟);
- 2) 内含 12 位 DAC 正交双通道输出;
- 3) 双 48 位可编程频率寄存器(一路频率控制字,一路步进频率控制字,频率分辨率可达微赫);
- 4) 双 14 位可编程相位寄存器;
- 5) 双 12 位可编程幅度控制寄存器和键控可编程幅度渐变开关功能.

AD9854 能够产生多种形式的输出信号,其工作模式有:

- 1) Single-Tone (Mode 000):单频模式;
- 2) Unramped FSK (Mode 001):频移键控模式;
- 3) Ramp FSK (Mode 010):频率渐变 FSK 模式;
- 4) FM Chirp (Mode 011):调频模式.该模式是

在指定的频率范围和频率精度上,频率可以是线性或非线性变化输出,而且扫频方向可控.与 Ramped FSK 模式相比,该模式需要用户自己通过“HOLD”(P29 高电平)控制停止频率点,同时控制停止后的状态;

5) BPSK (Mode 100):二位相移键控模式.

本次仿真只模拟了其 011 即 FM CHIP 功能,该功能即可实现线形调频,又可实现非线性调频输出.我采用了非线性调频输出,使输出的调频波的频率按正弦波变化,可以在后面的仿真输出波形中看到.

2.3 AD9854 的电路实现框图

方案 1:采用开环系统结构(本次仿真采用该开环结构).

该实现电路具有很快的频率捷变速度,结构简单,低杂散、低谐波性能容易实现.方案 1 的相位噪声和杂散性能主要受 DDS 特性的影响,表现在相位截断误差引起的寄生调相 PM、幅度量误差引起的寄生调幅 AM 以及 DAC 非线性引起的误差.

方案 2:采用闭环(DDS+PLL)系统结构.

该实现电路除了受 DDS 特性的影响,还受锁相环 PLL 的影响,由于采用了锁相环,其窄带跟踪相位的特性使得本系统具有很高的工作频率、宽的频带,高的输出信噪比,同时由于限幅器以及锁相环可以较好的抑制寄生调幅 AM,从而得到更纯的频谱.

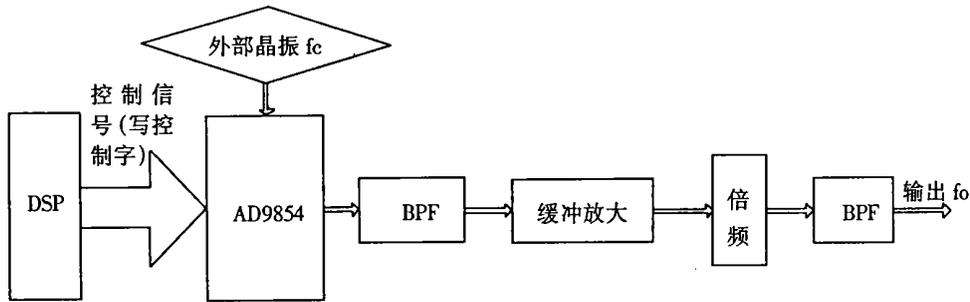


图2 方案1:AD9854开环实现电路

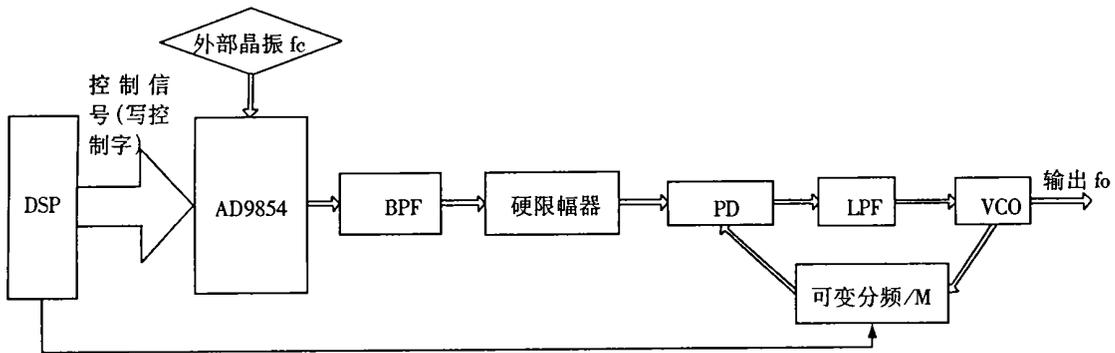
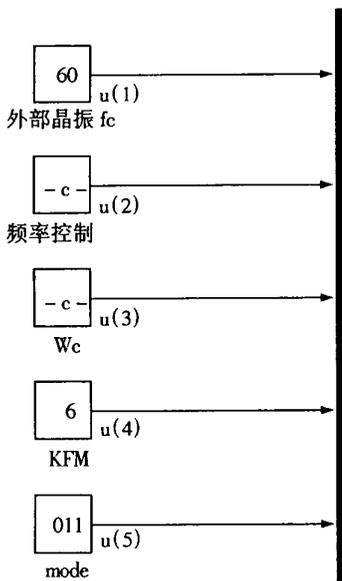


图3 方案2:AD9854闭环实现电路

3 Simulink 仿真设计

3.1 模块分析

1) 控制端部分如下:



其中 f_c 为外部晶振的频率, 本次仿真设定

AD9854 中得到的调制信号频率为 45 MHz. 由于考虑到了 AD9854 内部有时钟乘法器, 所以假设乘法倍数为 4 的情况下只需要外接 $f_c = 60$ MHz 的晶振即可得到 45 MHz 的调制信号频率. 其具体计算公式为: $f_o = P_{fsw} \cdot f_c / 2^N$; 其中 f_o 表示得到的调制信号频率, P_{fsw} 为频率控制字 (为得到 $f_o = 45$ MHz, 给出的 $P_{fsw} = 5.278e13$), 由控制端 (DSP) 提供, N 为 DDS 芯片相位累加器的位数.

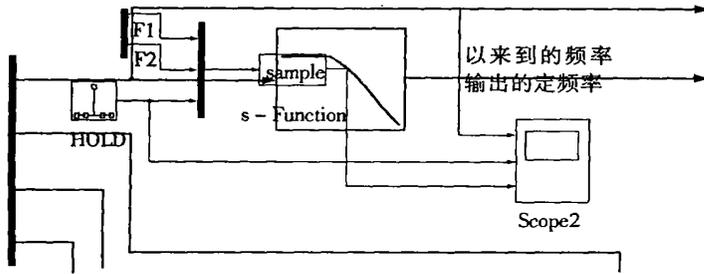
图中另外三个来自于控制端的参数为 W_c , KFM 和 $mode$. W_c 为 AD9854 中的调频载波角频率, KFM 为频偏常数, 通过设置不同的 W_c 和 KFM 就可以调节 AD9854 的扫频范围. $mode$ 用来控制 AD9854 的工作模式, 本次仿真只模拟了其 011 即 FM CHIP 功能, 该功能即可实现线性调频, 又可实现非线性调频输出. 我采用了非线性调频输出, 使输出的调频波的频率按正弦波变化, 可以由后面第二个示波器看到.

2) AD9854 主要工作过程模拟由以下模块来完成:

其中 `kiddtang.m` 文件是内嵌于 DDS 模块中的 `s-function` 程序, 模拟了 AD9854 在模式 011 (FM CHIP) 下的工作过程. 本程序使 AD9854 输出为频率

非线性变化的调频波.

过程,可表示为下图:



由于 AD9854 在的输出调频波带有谐波分量,同时还混入了 D/A 转换器的量化噪声,这些都属于杂散信号,因此后面所加的 LPF 就是用来滤除这些杂散信号的,从而保证调频波基波成分的输出.

上图中的 F1 和 F2 分别表示输出调频波的最低频率和最高频率.由于输出调频波的频率是按正弦规律做非线性变化,扫频范围为 [F1, F2],于是采用 AD9854 第 29 引脚上的脉冲信号(即 HOLD 信号)来作为频率取样信号.也就是说,当 HOLD=1 时提取当前时刻的调频波频率作为最终输出频率,当 HOLD=0 时,不做操作.

3) 频率取样过程的实现模块如下

其中 sample.m 文件是内嵌于该模块中的 s-function 程序,模拟了上述频率取样的工作过程.

3.2 运行结果

下面是运行之后得到的相关输出数据:

```
fo =4.4999e+007 //调制信号频率
mode =11 //当前 AD9854 工作模式
sweeping-scope =1.0e+008 * (1.7450 3.6549)
//扫频范围
```

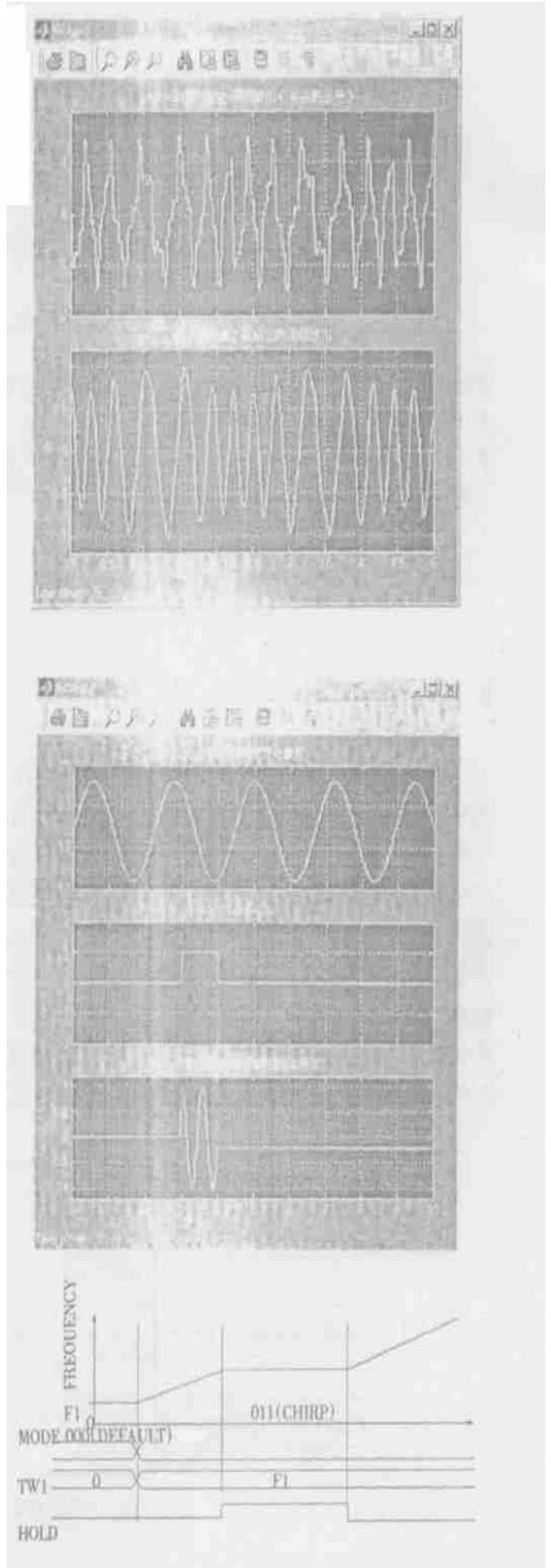
F1 =1.7450e+008 //输出调频波最低频

F2 =3.6549e+008 //输出调频波最高频

fstep =8.5264e-007 //频率步进值

示波器 1:

示波器 2:



(下转第 97 页)

4 结束语

由以上输出数据和波形可知,在 AD9854 的调频模式中,目标频率不是预先指定的.如果用户不进行人为控制,AD9854 只能将其输出频率保持在扫频范围之内.用户可以通过 AD9854 第 29 引脚上的 HOLD 脉冲来终止其调频过程,从而得到需要的目标输出频率.该过程也就是前面所说的频率取样的

参考文献:

- [1] 李小亭, 韩冰, 李正坤. 关于精密控温方法的比较研究[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2004, 24(1): 107~111.
- [2] 吴为民, 王仁丽. 温度控制系统的发展概况[J]. 工业炉,

2002, 24(2): 18~20.

- [3] 李士勇. 模糊控制和智能控制理论与应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998.
- [4] 薛钧义, 张彦斌. 凌阳十六位单片机原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.

The System of Temperature Control Based on SPCE061A

ZHANG Yong-xian

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In this paper, a kind of temperature controller based on SPCE061A is introduced. Using solid state relay as power adjust element and fuzzy PID control method is adopted. The results of experiment show that this controller has the better control effect.

Key words: SPCE061A; temperature control; solid state relay; fuzzy PID control

(上接第 93 页)

参考文献:

- [1] AD9854 Datasheet[M]. Analog Devices Inc. 1999
- [2] AD9854 CMOS300 MSPSQuadrature Complete—DDS(REV. A)
- [3] 恽小华. 现代频率合成技术综述[J]. 电子学报, 1995, 23(10): 148~151

- [4] 王秀芳, 姜建国, 李中雷. 跳频通信系统中频率合成器的研究. 电信科学, 2001(11), 61~63
- [5] 吴大正, 高西全等. MATLAB 及在电子信息课程中的应用[M]. 电子工业出版社, 2002
- [6] 孙屹, 吴磊. Simulink 通信仿真开发手册[M]. 国防工业出版社, 2004

Simulation and Analysis of Nonlinear FM Output Function of AD9854

TANG Shao-wei

(School of Communication and Information Engineering, UESTC, Chengdu 610054, China)

Abstract: The AD9854 is a new DDS chip produced by Analog Device company of the US, it can accomplish many functions as frequency modulation, phase modulation, amplitude modulation and IQ modulation on the single chip. The thesis, based on the structure and basic theory of the DDS, introduced the structure and working theory of the AD9854 and its usual realization circuits. Then It utilized the Simulink to simulate it's function of nonlinear FM outputting in its FM Chirp mode, and gave a detailed analysis of primary modules in the simulation and exhibited final output datas and waveforms.

Key words: AD9854; FM; nonlinear