

# CDDS 技术的原理及应用

陈梅, 古康

(国营黄河机器制造厂 雷达设计研究所 陕西 西安 710043)

**摘要:** 综述了直接数字频率合成 (DDS) 技术的基本原理及特点, 并在此基础上以 AD9852 为例着重介绍了使用线性调频技术 (CDDS) 产生不同斜率的线性调频信号的原理及电路。

**关键词:** 直接数字频率合成器; 线性调频; 调频斜率; 相位累加

**中图分类号:** TN911

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1004-373X (2003) 18-073-03

## Theory and Application of CDDS Technology

CHEN Mei, GU Kang

(Institute of Radar Design, The State Run Huanghe Machine Building Factory, Xi'an, 710043, China)

**Abstract** This article describes the knowledge and feature of Direct Digital Synthesizer (DDS). The theory and circuit of the chirp signal generator with different ramp rate using CDDS technical based on an example of AD9852 is introduced.

**Keywords** direct digital synthesizer (DDS); chirp; ramp rate; phase accumulate

直接数字频率合成 (DDS) 是近年来迅速发展起来的一种新的频率合成法, 是将先进的数字处理理论与方法引入信号合成领域的一项新技术。他是从相位的概念出发进行频率合成的, 采用了全数字结构, 具有精确的频率分辨率、快速的频率转换时间以及可灵活产生多种信号等优点, 已逐渐取代了模拟电路。随着科学技术的不断发展, 能直接产生线性调频的 DDS (即 CDDS) 也不断出现, 其中美国 AD 公司的 AD9852 便是其中的一种, 他具有时钟频率高, 变频速度快, 频率分辨率高, 配备相应的控制电路, 能够方便灵活地产生各种线性调频信号。

### 1 CDDS 的基本原理及特点

DDS 是从相位的概念出发, 根据奈奎斯特取样定理来产生连续信号的, 其基本原理如图 1 所示, 主要由参考源、相位累加器、正弦波函数功能表 (ROM, 波形存储器)、D/A 转换器及低通滤波器组成。

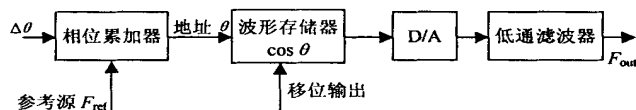


图 1 直接数字频率合成器的基本原理

对于输出一个连续的正弦波信号, 其角频率  $\omega$  可

以用相位频率  $\Delta\phi/\Delta t$  表示。而相位累加器等效于一个相位圆。

$$\Delta\Phi = 2\pi/M$$

其中:  $M$  为相位取样点。

$$\Delta t = 1/f_r$$

所以输出频率:

$$f_o = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\Delta\Phi}{2\pi \times \Delta t} = \frac{f_r}{M}$$

根据奈奎斯特取样定理,  $f_o$  最大为  $f_r/2$ 。改变  $f_r$  和  $M$  即可改变相位累加器的相位输出值 (即一个周期的正弦波信号的离散相位序列) 然后利用其寻址, 直接查找正弦函数值得到相应的幅度数据, 该幅度数据通过 D/A 转换得到连续的阶梯波, 经过低通滤波滤除其中的高频分量, 最后得到所需的输出信号。

CDDS 是在 DDS 的基础上增加了频率累加器, 在频率累加器的作用下产生线性增加的瞬时频率, 经过相位累加器输出线性调频信号的二次瞬时相位, 再以此相位值进行寻址, D/A 转换, 再经过低通滤波处理从而得到线性调频信号。针对不同的器件其实现结构略有差别, AD 公司新推出的 AD9852 是一款性价比很好的线性调频器件, 其原理框图如图 2 所示。

其中 48 b 频率控制字 FTW 1 用来定义线性调频的起始频率;

48 b 频率增量控制字用来定义在  $\Delta t$  内累加的  $\Delta f$

收稿日期: 2003-06-07

值, 其  $M$  SB 的高低决定了  $\Delta f$  的正负, 即线性调频斜率的正负;

20 b RAMP Rate 用来定义步进时钟  $\Delta t$ ,  $\Delta t = \Delta t_r \times M$  ( $\Delta t_r$  为系统时钟);

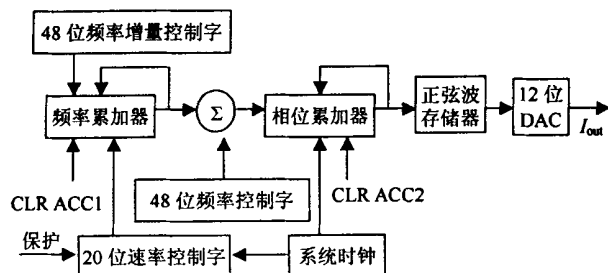


图2 AD9852 产生线性调频信号的原理框图

所有控制字均为二进制码数值, 与系统时钟有关;

CLR ACC1 可以使频率累加器在一定的 I/O UPDATE CLOCK 下使频率回到起始频率,  $F_{TW1}$ ;

CLR ACC2 可使相位累加器清零, 使得DDS 输出为 0 Hz。

利用CLR ACC1 和CLR ACC2 的功能便能得到 2 种线性调频的工作方式, 如图 3 和图 4 所示。

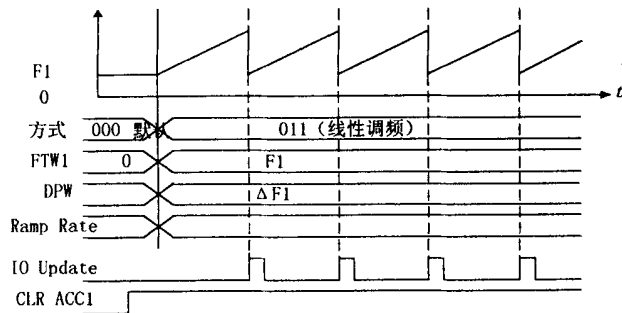


图3 利用清ACC1标志实现线性调频

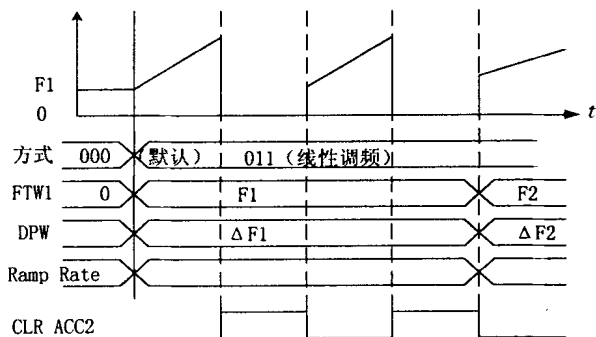


图4 利用清ACC2标志实现线性调频

由图 3 和图 4 可见 CDDS 产生线性调频信号时, 与其他方式相比, 具有如下几个特点:

(1) 产生方式简单明了

只要输入相应的控制字  $f_0$ ,  $\Delta f$ ,  $\Delta t$  即可以一定规律重复产生线性调频信号。

(2) 调频线性度好

经过频率累加器输出的是严格线性增长的瞬时频率, 其产生公式如下:

$$f(t) = kt + f(0)$$

$$\phi(t) = 2\pi \int_0^t f(\tau) d\tau$$

$$= 2\pi \int_0^t [k\tau + f(0)] d\tau$$

$$= 0.5T \quad t \quad 0.5T$$

由于相位的截断, 量化会引入一定的误差, 但其线性度仍完全满足实际要求。

(3) 产生信号灵活

通过配备一定的硬件电路, 利用软件编程可灵活地控制信号的中心频率、带宽、调频斜率, 得到雷达不同工作方式下所需的不同参数的信号。

## 2 不同调频斜率下的线性调频信号的产生

在我们研制的雷达产品中, 根据工作体制的要求, 需要产生一个不同时宽下不同频宽的线性调频信号, 技术指标要求如下: 接收定时器发送的线性调频同步脉冲, 根据控制命令生成频宽分别为 5 MHz 和 2.5 MHz 的线性调频信号, 其中同步脉冲为 13  $\mu$ s 时频宽为 5 MHz, 26  $\mu$ s 时为频宽为 2.5 MHz, 其中心频率均为 30 MHz, 其原理框图如图 5 所示。

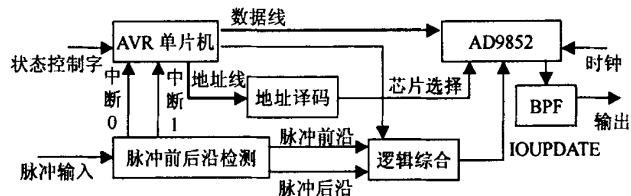


图5 不同斜率线性调频信号的产生

输入的脉冲是一个时宽变化的脉冲, 状态控制字表明了此时时宽的状态, 以便确定单片机应输入的起始频率  $f_0$ 、频率步进  $\Delta f$ 、步进时间  $\Delta t$ 。

$$\Delta t = T/M$$

其中:  $T$  为脉冲宽度。

$$\Delta f = \frac{(f_{\text{终止}} - f_{\text{起始}})}{M}$$

$$\text{斜率 } K = \frac{\Delta f}{\Delta t}$$

CPLD 内的硬件电路是将脉冲取其前沿和后沿, 与状态控制字改变时单片机给出的脉冲信号合并作为 AD9852 的 I/O UPDATE 信号, 同时脉冲的前后沿决定了 ACC2 位的高低, 从而使得 AD9852 具有在前沿开始线性调频, 而在后沿终止线性调频的功能, 其软

件流程图如图 6 所示。

实验结果表明此电路的设计完全满足总站的要求, 频率转换方便快捷, 并且选择合适的滤波器可以使其杂散做到大于 60 dB<sub>c</sub>。

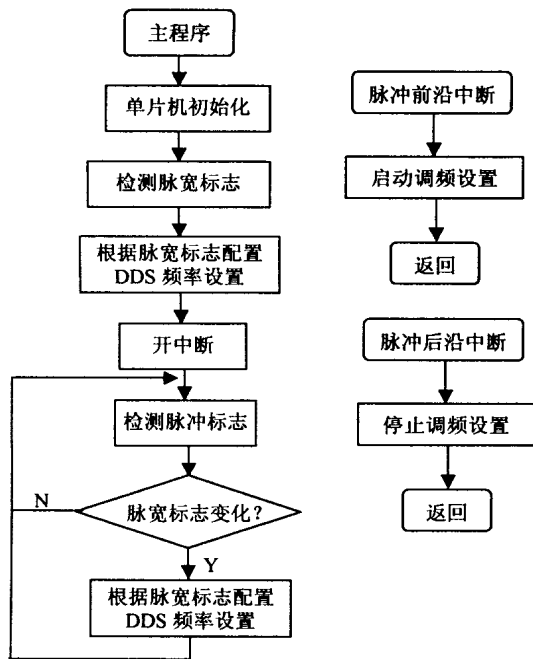


图 6 不同斜率的线性调频信号软件流程

### 3 结 语

本文介绍了使用 CDDS 技术产生不同斜率的线性调频信号的原理及电路。该电路通过软件调整便可以产生其他各种类型的信号, 甚至可以作为任意波形发生器使用, CDDS 技术的广泛应用为频综系统的技术发展提供了一条新的思路。

### 参 考 文 献

- [1] Analog Devices Inc. CMOS 300MHz Complete  $\Sigma$ -DDS Synthesizer AD9852 Data Sheet, 1999.
- [2] [美] 威廉 依根 F. 锁相频率合成 [M]. 张其善, 抑重堪, 梁钊, 译. 北京: 人民邮电出版社, 1984.
- [3] 魏福立. 直接数字合成技术与应用 [J]. 电子技术应用, 1993, (5).
- [4] 张颖光, 祝明波, 常文革. 基于 CDDS 技术的宽带雷达信号的产生 [J]. 雷达与对抗, 1998, (1).

**作者简介** 陈 梅 女, 1970 年出生, 学士, 高级工程师, 1992 年 7 月毕业于西安电子科技大学电磁场工程系, 现任国营黄河机器制造厂雷达设计研究所雷达频综系统主管设计师, 主要从事 DDS、频率综合器等方面的研究和技术开发工作。

古 康 男, 1969 年出生, 硕士, 高级工程师, 1993 年 7 月毕业于西安交通大学研究生院, 现任国营黄河机器制造厂雷达设计研究所雷达计算机系统主任设计师, 主要从事分布式计算机系统体系构造、大规模可编程逻辑电路以及数模混合系统等方面的研究和技术开发工作。

(上接第 59 页)

在可控硅导通的瞬间使电网电压畸变, 功率因数下降, 对电网的其他用电设备产生不良影响。而过零触发电路无偶次谐波, 奇次谐波也很小, 只是存在一定程度的低频干扰。并且, 随着  $\eta$  的增大, 低频分量也大幅减少。这对于我们的电缴过程中的电阻性负载, 很容易获得良好的正弦波。过零触发方式已在某汽车配件厂气门生产中, 得到了很好的验证。

**作者简介** 陈海滨 男, 1965 年出生, 工程师。主要从事测控自动化的教学与科研工作。

田瑞利 女, 1966 年出生, 实验师, 在读硕士。主要研究方向为传感技术与智能控制。

### 参 考 文 献

- [1] 杨庆芬, 等. 温控装置中的锁相过零控制 [J]. 电力电子技术, 1994, (3): 24-29.
- [2] 李刚. Labview 易学易用的计算机图形化编程语言 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
- [3] 郑莹娜. 基于 NI Labview 开发平台的虚拟仪器测试系统 [J]. 电子技术应用, 1998, (12): 6-9.