

AD9850 DDS 芯片信号源的研制

高卫东, 尹学忠, 储飞黄

(电子工程学院 测试中心, 合肥市 230081)

TN742.1

92-95, 98

摘要:直接数字合成(Direct Digital Synthesize, DDS)是一种重要的频率合成技术, 具有分辨率高, 频率变换快等优点。阐述了性能价格比较高的AD9850直接数字频率合成器芯片的基本原理和性能特点, 以及用其研制的0~30MHz信号源。

关键词:直接数字合成; 频率合成; 分辨率

AD9850 DDS 芯片信号源

中图分类号: TN742.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7167(2000)05-0092-04

Research about Signals Generator Made of AD9850 Direct Digital Synthesize Chip

GAO Wei-dong, YIN Xue-zhong, CHU Fei-huang

(Test Center, Electronic Eng. Inst., Hefei 230081, China)

Abstract: Direct digital synthesize (DDS) is an important technology in the frequency synthesizing with some advantages of higher frequency resolution, faster frequency transform etc. This paper discussed the basic principle and performance of AD9850 DDS chip and 0-30MHz signal generator made of it.

Key words: direct digital synthesize; frequency synthesizing; resolution

直接数字频率合成是一种由一个高稳定性和准确度的标准参考频率源, 产生千百万个具有同一频率稳定性和准确度的信号的技术, 它具有模拟频率合成器难以比拟的优点, 是简化和改善频率合成技术的有力工具。主要优点有: (1) 频率转换快: DDS 频率转换时间短, 一般在 ns 级。 (2) 分辨率高: 大多数

DDS 可提供的频率分辨率在 1Hz 数量级, 许多小于 0.001Hz, 有些甚至还要小。 (3) 合成范围宽。 (4) 信号纯度高。 (5) 可控制相位: DDS 可方便地控制输出信号的相位, 在频率变换时也能保持相位连续。在所有的频率合成技术中, 这个特点是 DDS 所独有的。在现代电子测量、雷达通讯系统和电子对抗领域中, 具有频率宽, 分辨率高, 快速转换的多模式信号源是十分重要和必不可少的, 所以 DDS 信号源在便携式通信、雷达系统、跳频通信等领域具有广泛的应用前景。

收稿日期: 1999-11-09

基金项目: 国防科技重点实验室基金项目: 软件可定义的通用通信设备的半实物仿真) 的部分。项目编号: 98JS05. 1. 2, JB3903

1 AD9850 芯片的基本原理

(1) 一般性描述。AD9850 芯片在有一个精确的时钟源作为参考频率源时,能产生一个频谱很纯的频率或相位可编程的模拟正弦波输出。这个正弦波可直接作为频率源或变换成为一个方波用于灵活可变的时钟产生。对于 125MHz 参考时钟输出,AD9850 经过改进的,高速的 DDS 核心芯片能产生一个 32 位频率调整控制字,它将导致一个 0.0291 Hz 的频率分辨率。AD9850 的电路结构允许产生频率值是参考时钟的一半的输出,并且输出的频率能用数控方式以每秒产生 23000000 个新频率的速度变化。AD9850 还提供了 5bits 的数控相位调制,它能使输出相位以 $180^\circ, 90^\circ, 45^\circ, 22.5^\circ, 11.25^\circ$ 或是它们任意组合的增量改变。AD9850 还包括一个高速比较器,此比较器被构成能接收 D/A 转换输出(在外部已被滤除),以产生一个低抖动的方波输出的装置,这样可使 AD9850 用作时钟发生器十分方便。

(2) AD9850 的工作原理。AD9850 的基本功能模块图和信号流程如图 1 所示:

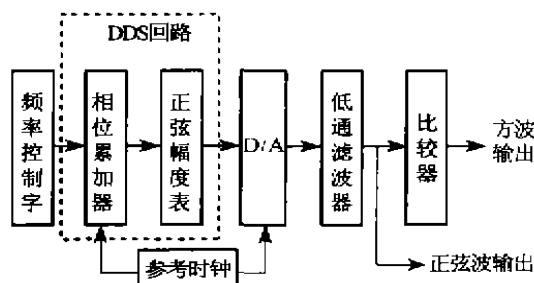


图 1 AD9850 的基本功能模块

DDS 回路是基于数字频率的分频功能实现频率合成的。它的分辨率由参考时钟的频率及 N 决定,其中 N 为频率控制字的字长。相位累加器实质上是一个可变模的计数器,即 DDS 相位增量 $\Delta\psi$ 的个数在计数器收到每一个时钟脉冲时被存储起来,当计数器溢出时,它就回到初态并使用相位累加器输出到相邻值。频率控制字设置了计数器的模,

它决定了增量($\Delta\psi$)的大小。增量($\Delta\psi$)在每个时钟到来时便在相位累加器中相加, $\Delta\psi$ 越大,则累加器溢出的速度越快,产生的输出频率越高。输入,输出,参考时钟和频率控制字的关系如下:

$$F_{out} = \Delta\psi \times \text{SYSCLK} / 2^{32}$$

式中: $\Delta\psi = 32\text{bits}$ 为调制频率控制字的数值;SYSCLK 为输入的参考时钟频率; F_{out} 为输出的信号频率。

AD9850 利用改进的,独有的算法,把 14bits 已截断的相位累加器的输出转变成适当的余弦值,经片内高速的 10bits D/A 转换器,可得到模拟正弦波。这个独特的算法使用一个简化了的 ROM 表和 DSP 技术等功能,有助于缩小 AD9850 的体积和功耗。因为 AD9850 的输出是取样信号,它的输出频谱遵循奈斯特采样定理,它的输出谱应该包括基本脉冲谐波谱,将出现在下列位置,即

$$KF_{clk} \pm F_{out} \quad (K=1, 2, 3, \dots)$$

如图 2 所示:

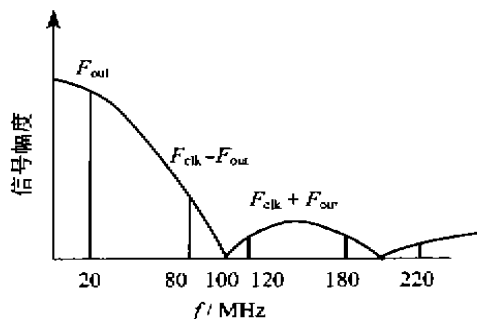


图 2 输出谱 $KF_{clk} + F_{out}$ 的位置

在这个例子中参考时钟是 100MHz,输出频率为 20MHz。正象图 2 所示,谐波是很明显的,所以在 D/A 的输出端需要一个低通滤波器来抑制谐波的影响。

2 硬件基本设计

硬件主要由两部分组成:微机 ISA 总线接口板和频率合成板。接口板置于机内用于完成计算机输出频率数据信号的锁存以及 AD9850 控制信号的产生。频率合成板则置

于机外,能够接收接口电路板送来的频率控制数据,完成控制信号的时序变换以及输出信号的平滑滤波问题。为了提高低通滤波器的性能,滤波器的大部分器件采用贴片元件。

2.1 接口电路板

(1) 原理框图(图 3)

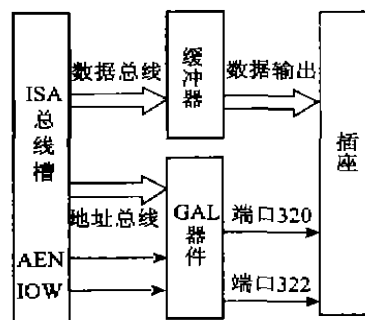


图 3 接口电路板原理框图

(2) 作用:

- ① 传送 8 位数据信号线至缓冲器。
- ② 产生 W-CLK 信号。
- ③ 产生 FQ-UD 信号。

(3) 工作原理:

8 位数据信号从 ISA 接口直接送入缓冲器,经输出端送至插座。W-CLK 信号和 FQ-UD 信号都是由地址信号、AEN 信号、IOW 信号通过 GAL 器件而产生的。它们的端口分别是 320H 和 322H,表达式分别为:

$$W_CLK = A9 \& A8 \& !A7 \& !A6 \& A5 \& !A4 \& !A3 \& !A2 \& !A1 \& !A0 \& !IOW \& !AEN$$

$$FQ_UD = A9 \& A8 \& !A7 \& !A6 \& A5 \& !A4 \& !A3 \& !A2 \& A1 \& !A0 \& !IOW \& !AEN$$

2.2 频率合成板

(1) 原理框图(图 4)

(2) 作用

① 接收 8 位数据信号经锁存器送至 AD9850。

② 作 W-CLK 信号触发锁存器,并将其延时送至 AD9850。

③ 将 FQ-UD 信号送至 AD9850。

④ AD9850 在 FQ-UD 信号和 W-CLK

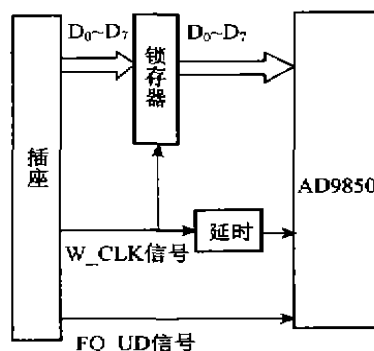


图 4 频率合成板原理框图

信号及 8 位数据信号的共同作用下输出所需频率。

(3) 工作原理

8 位数据信号从插座经匹配电阻送入锁存器,经输出端送至 AD9850 数据输入端。W-CLK 信号则直接触发锁存器,并将其经延时电路送至 AD9850,作为 AD9850 的加载触发信号。FQ_UD 信号直接送至 AD9850,作为 40bits 信号加载触发信号。因为 W-CLK 信号既作为锁存器触发信号又作为 AD9850 的加载信号,而二者之间存在着时间差所以采用延时电路。这样既省下了一个信号,使电路简单,又能很好解决时序问题。

3 软件控制系统

3.1 实现 AD9850 的软件控制

AD9850 在进行频率控制时,首先送入相位调制码、功率调节码、输入模式控制码,然后送入 32bit 频率控制码。在并行数据输入的模式下,40bit 的控制字经 8 位数据总线重复 5 次输入。W-CLK 和 FQ_UD 信号是用来控制输入数据的地址和加载控制字的。在 FQ_UD 信号的上升沿将 40bit 的控制字加载进入相位累加器,并且将地址指针复位指向第一个数据输入地址端。W-CLK 信号的作用是在其上升沿将 8bit 的频率控制字加载进入数据锁存器,并且将地址指针下移指向下一个数据输入地址端。当经过 5 次加

载后,已经输入了 40bit 的控制字,则 W_CLK 信号的上升沿将被忽略,即数据将不再被加载,直到下一个复位信号或者下一个 FQ_UD 信号的上升沿到来为止。在串行数据输入的模式下,40bit 的控制字经 D7 线,重复 40 次输入。W_CLK 和 FQ_UD 信号的作用相同。

AD9850 共包含 40 位控制码(D39—D0),其作用是:

(1) D39、D38,用来控制 AD9850 数据输入的模式。

AD9850 的数据输入模式分为两种:并行输入模式和串行输入模式。在并行输入模式的情况下,模式控制码为“00”,由数据输入端 D0~D7 每次 8bit 分数次输入频率控制字。在串行输入模式的情况下,模式控制码为“11”。由数据输入端 D7 每次 1bit 依次输入频率控制字。

(2) D37,用来调节 AD9850 输出的功率。

(3) D36—D32 相位调制码,用来控制 AD9850 的相位调制量。

(4) D31—D0,用来控制 AD9850 输出的频率。

这 32 位频率控制码是由输入的频率值转换过来的。具体转换关系为

$$\Delta\text{PHASE} = F_{\text{out}} / (\text{CLKIN} / 2^{32})$$

值得注意的是,在 AD9850 中有一些特殊的控制码是被用来在工厂中对 AD9850 进行性能测试的。这些控制码会使 AD9850 的性能临时无效。因此,在应用这些控制码时必须十分注意,除非是进行性能测试,否则应尽量避免应用这些控制码。

由于此电路在硬件设计时采取的是并行数据输入模式,因此本软件也是根据这一模式而设计的。此软件在工作时,首先由用户输入所要求输入的频率值。然后由计算机将频率值根据公式 $\Delta\theta = F_{\text{out}} / (\text{SYSCLK} / 2^{32})$ 转换为相位控制字,准备送往频率控制输出板。在

传输数据的过程中,计算机先向端口 322H 输出一个数值为零的数据,使之产生一个上升沿,使系统复位。再依次传输 00H 和 32bit 的频率控制码。每传输一次即 8bit 的控制码,就传输一个 W_CLK 信号,即向端口 320H 输出一个数值为零的数据使输入的 8bit 的控制码加载到 AD9850 中的数据锁存器中。最后,在 40bit 的控制码全部加载到 AD9850 中的数据锁存器中后,输入 FQ_UD 信号使 40bit 的控制码全部加载到 AD9850 中的 DDS 频率合成部分中,经过 10 到 13 个时钟周期即 10 到 13ns 后,就可以得到所需要的频率了。

3.2 软件控制程序的介绍

(1) 主程序流程图

主程序的主要流程图如图 5 所示

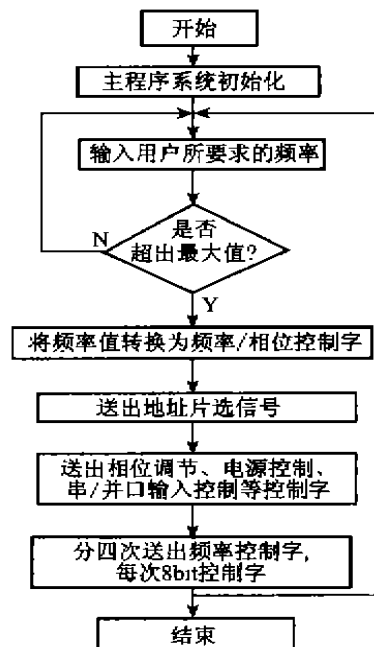


图 5 主程序流程图

主程序包括:主程序系统初始化,由用户输入所要求的频率值,判断输入的频率值是否超出系统所限制的最大值,由计算机完成输入频率值对频率/相位控制码的转换,计算

(下转第 98 页)

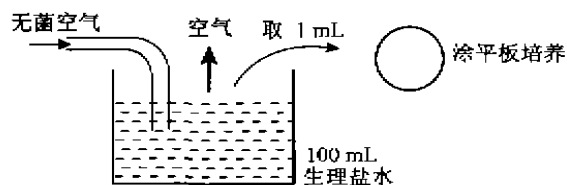


图4 空气无菌度检查示意图

3 实验室的应用

(1) 利用自制该系统进行了“微生物酶法制取单一对映体药物研究”项目的工艺研究,初步筛选出菌种扩大培养和酶解的最佳条件,为该项目的进一步研究与中试提供了基础。

(2) 利用该系统进行了“微生物水解酮洛芬酯的菌种培养及发酵”、“庆大霉素菌种选育与制备”等教学实验,菌丝浓度及效价等指标与摇床发酵数据接近。

(3) 利用该系统可为中试反应罐及摇床发酵供氧,满足中试放大罐对无菌空气的要求,改善了某些好氧菌摇瓶发酵供氧不足的

状况。

4 结论

(1) 设计了实验室规模的空气除菌系统,实践证明操作方便、稳定,除菌效果好,成本低,与构进的整套设备相比,节约资金十几万元。

(2) 该系统可用于教学实验,调节流量后可同时提供多组学生同时进行实验,节约了时间和经费,提高了教学效果。

(3) 利用该自制系统可进行生物反应,研究发酵工艺条件,改善氧传递状况。

参考文献:

- [1] 俞俊棠,顾其丰等.生物化学工程[M].北京:化学工业出版社,1994.202-220.
- [2] 邹行彦,熊宗贵等.抗生素生产工艺学[M].北京:化学工业出版社,1982.71-77.

第一作者简介:杨 丽(1967—),女,工程师,制药工程实验室主任。

(上接第95页)

机由XT扩展口输出地址片选信号,送出频率控制字,等待第二次输入或结束任务。

本程序采用可视化编程工具 Visual C++编写较为方便。

(2) 软件控制程序的操作

程序运行后,我们看到的是 DDS 的主界面,把鼠标放在“请输出频率”框中单击,当出现闪烁的光标后就可以输入频率值。如果输入的值超出了最大值,系统会自动提示出错,请求重新输入。下面就是计算机处理数据了。若是结束工作,只需单击 Cancel 即可。整个程序界面十分友好,操作也很简便,能够很好地完成所要求的功能。

4 结 语

我们对制作的 DDS 信号源在不同情况下用 HP8567 频谱仪进行了测试,结果完全达到了 AD9850 给定的性能指标。实践证明,

AD9850 的确是一块价廉物美的 DDS 芯片,有着极其广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 王育红.直接数字式频率合成器的谱质研究[J].西安电子科技大学学报,1996,23(1):19-26.
- [2] 金 松,张费春,陈世伟.一种可实现快速跳频的新型频率合成器[J].北京理工大学学报,1994(5):143-146
- [3] Analog corp. Analog Devices [J/OL]. <http://www.analog.com> 1999.
- [4] 陈世伟.频率合成技术发展及动向[A].国防科工委指挥技术学院第二届学术报告论文集[C].北京:国防科工委指挥技术学院,1989.101-104.

第一作者简介:高卫东(1959—),男,测试中心主任,高级工程师。