

DDS 在低频矢量网络分析仪中的应用*

The Application of DDS Technology in Net Analyzer

东南大学无线电工程系 (南京 210096) 吴捷 王刚

【摘要】 在介绍直接数字频率合成(DDS)技术的基础上,给出了一种用 DDS 技术实现矢量网络分析仪中扫频信号源电路的方案。

关键词: 矢量网络分析仪, 扫频信号源, 直接数字频率合成

【Abstract】 The theory of Direct Digital Synthesis (DDS) technology and the application of AD9850 in sweep oscillator of net analyzer are presented in this paper. The project of circuit fabrication is also introduced.

Keywords: net analyzer, sweep oscillator, direct digital synthesis(DDS)

1 引言

在无线电测量中,经常需要测量设备或网络的频率特性,矢量网络分析仪用于测量二端口线性非时变网络的频率特性,包括幅频响应和相频响应。频率特性测量的关键是产生频率步进的信号源,该信号源的频率、幅度及相位应能精确测定。以往的扫频信号源大多是基于压控振荡器(VCO)、函数发生器及锁相环(PLL)技术。这些技术存在转换频率时间长、频率精度不高、硬件耗费比较大等问题。随着超大规模集成电路的迅速发展,由单片微处理机和直接数字频率合成(DDS)芯片为核心构成的 DDS 扫频信号源应运而生。与其它频率合成方法相比较,DDS 技术的主要优点是:分辨率高;频率转换速度快;频率切换时相位保持连续;合成频率准确;全数字化控制,可与微处理器接口。DDS 对信号质量的改善在于其系统的相位噪声主要取决于参考时钟振荡器,基本不受系统其他部分的影响。现在,DDS 技术已经广泛应用于本振、信号发生器、仪器、通信、雷达等系统。

2 直接数字频率合成(DDS)技术

直接数字频率合成 DDS (Direct Digital Synthesis),是一种新颖的频率合成技术。这种技术的实现依赖于高速数字电路的产生,目前,其工作速度主要受 D/A 变换器的限制。DDS 技术就是利用正弦信号的相位与时间呈线性关系的特性,通过查表的方式得到信号的瞬时幅值,从而实现频率合成。为了输出—

定频率的信号,在每一个时钟周期中,存储在频率/相位字寄存器中的相位增量值 $\Delta Phase$ 被送到相位累加器中,输出的结果送入正弦、余弦函数表中,通过查询将相位信息转换为对应的正弦幅度值,产生数字化正弦信号。相位增量值 $\Delta Phase$ 与输出信号频率 f_{out} 和 f_c 参考时钟频率之间的关系为

$$\Delta Phase = (f_{out} \cdot 2^N) / f_{clk} \\ 0 \leq \Delta Phase \leq 2^N - 1 \quad (1)$$

式中, N 是相位累加器的字长。由公式(1)知,相位增量值 $\Delta Phase$ 与输出信号频率 f_{out} 成正比。

由取样定理,DDS 所产生的信号频率不能超过时钟频率的一半,在实际运用中,为了保证信号的质量,输出频率不要高于时钟频率的 33%,以避免混叠或谐波落入有用输出频带内。

扫频信号源频率分辨率 f_{step} 直接取决于 DDS 的频率分辨率 Δf , 计算公式如下

$$\Delta f = f_{clk} / 2^N \quad (2)$$

$$f_{step} = M \cdot \Delta f \quad 1 \leq M \leq 2^N - 1 \quad (3)$$

3 矢量网络分析仪中扫频信号源的构成

矢量网络分析仪用来测量二端口线性时不变网络的频率特性。频率特性是一个网络对一系列正弦输入信号的响应特性。如图 1 所示,被测网络输入幅度为 A_i ,角频率为 ω 的正弦信号,对于线性时不变网络,其稳态输出也是正弦信号,幅度为 A_o ,角频率为 ω ,相角

差为 Φ 。改变 ω 的大小,可以得到一系列的输入和输出数据,其中,幅频特性 $A(\omega)$ 和相频特性 $\Phi(\omega)$ 统称为频率特性。网络分析仪中的扫频信号源为被测网络提供激励,根据测量要求,需产生一系列频率精度高、转换速度快、步进小、相位可控、频率转换时相位保持连续的正弦波。



图 1

本仪器扫频范围为 1mHz~2MHz,采用美国 AD 公司的 DDS 芯片 AD9850,用单片机作控制

制器,实现频率的合成与控制。AD9850 芯片内包括一个 32 位相位累加器,一个正弦和余弦查询表,和一个 10 位高速数模转换器,核心是相位累加器。该芯片最高时钟参考频率为 125MHz,对于该频率,输出正弦波的频率精度为 0.0291Hz;控制接口简单,可以用 8 位并行接口或串行接口输入控制数据;40 位控制字,其中 32 位频率控制字,5 位相位控制字,1 位电源休眠功能,2 位厂家保留测试功能;允许输出相位以 180°、90°、45°、22.5°、11.25°或者这些相位的组合为增量而改变;先进的 CMOS 工艺不仅使 AD9850 性能优异,而且功耗小,+3.3V 供电时,功耗仅为 155mW;接上精密时钟源,AD9850 可产生频谱纯净,频率、相位编程控制的模拟正弦波输出。

采用单片微处理机对 DDS 进行控制,构成扫频信号源的电路非常简捷,其电路方框图见图 2。

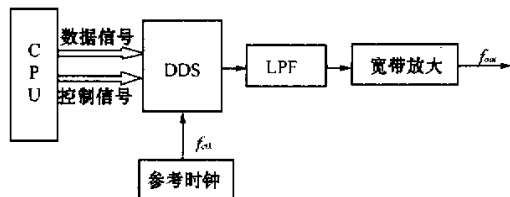


图 2 扫频信号源电路方框图

该电路由单片微处理机(CPU)、DDS、参考时钟、低通滤波器(LPF)和宽带放大电路组成。低通滤波器是扫频信号源中一关键器件,负责滤除输出信号中所含有的高频杂散信号和谐波信号。DDS 的输出杂散有三个主要来源:N 比特相位累加器只输出高 M 位对 ROM 进行寻址;ROM 存储的幅值编码仅为有限位;DAC 的有限分辨率和非线性特性;DDS 的输出包括基本脉冲谐波谱,出现在下列位置:

$$Kf_{clk} \pm f_{out} \quad K = 1, 2, 3L L$$

笔者设计的是 1mHz~2MHz 低频矢量网络分析仪,输出最高频率是 2MHz,采用了 50MHz 的参考时钟,

使谐波信号频率远离输出信号频率,减小对低通滤波器的要求。笔者设计了一 7 阶椭圆滤波器,取得了较好的效果。宽带放大器选用低噪声的运放,对 DDS 输出的信号进行放大,以达到扫频信号源的要求。

利用单片微处理机可以对 DDS 的逻辑和输出信号进行实时控制,笔者选用 Intel 公司生产的 MCS-51 系列芯片 AT89C51。AD9850 的 CS 信号,由地址译码得到,W-CLK 和 FQ-UD 信号直接由 89C51 的 P1 口给出。在程序中,需严格按照 AD9850 的时序要求。其软件流程图如图 3(以并行接口方式为例)所示。

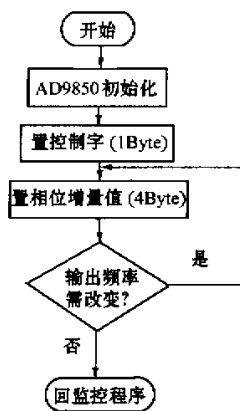


图 3 软件流程图

图 3 中,AD9850 初始化是 DDS 芯片的复位,复位后除输入寄存器以外的寄存器清零,输出变成高阻,复位脉冲的高电平至少保持 5 个时钟周期。控制字定义是否相位调制、低功耗选择和置数模式。相位增量值由公式(1)计算得出。

DDS 是近几年出现的新一代频率合成技术,笔者有几点建议供实际运用时参考:在程序设计中要注意 DDS 的时序要求,正确送

出逻辑控制字、相位增量值;DDS 是超大规模 CMOS 器件,对时钟信号的质量要求比较高,时钟信号的上升沿和下降沿应无大的尖峰和凹坑,时钟信号用地线屏蔽;给 AD9850 的时钟信号不能低于 1MHz,低于 1MHz 时,芯片自动进入电源休眠方式,高于此频率时,系统恢复正常;要考虑良好的去耦电路,去耦电容尽可能靠近器件,注意良好接地,模拟地、数字地分开。

4 结束语

本文介绍直接数字频率合成(DDS)技术的基本原理,并给出了一种用 DDS 实现低频矢量网络分析仪中扫频信号源的系统构成和实现方法。直接数字频率合成(DDS)技术有很多优点,如:DDS 的输出稳定度取决于时钟源的稳定度;DDS 是个开环系统,无反馈环节,其频率合成时间主要决定于输出端低通滤波器的延迟时间,适用于需频率捷变的场合;DDS 可实现 mHz 的频率分辨率;DDS 的信号输出是一个平稳变化的过程,其连续的相位是其他频率合成所不具有的。DDS 的诸多优点很好地满足了扫频信号源的要求,但

(下转第 41 页)

根据 H4001 的特性,我们知道它的数据序列是以 9 个连续的“1”开始的,然后就是数据和校验位。因此,只要在上面 128 位信息中找到 9 个连续的“1”,并且分析其后的数据位和行列校验位就可以确定这一张卡的信息。

5 研究结果

在试验的过程中,根据以上原理编制的程序每次都能正确读取卡上的信息。

经测量,程序读卡距离为 9.5cm~11.5cm。读卡

(上接第 32 页)

动进给数控装置,不仅简化了硬件的开发和制造过程,而且使体积大大减小,提高了系统的可靠性。更重要的是仅仅通过改变软件设计,就可以改变进给量,实现不同数控装置的不同要求。

(上接第 38 页)

它也存在一定的缺点,如:输出频谱杂散较大;另外,输出受限于器件的工作频率。本课题 1mHz~2MHz 低频矢量网络分析仪应用 AD9850 于扫频信号源,取得了良好的效果,达到了预期的目标。

时间为 0.086s。(测量方法:把卡放在线圈上,开启程序,正确读到信号就停止。)

6 程序流程图

程序流程图见图 6。

程序略。

参 考 文 献

- 1 孙涵芳,徐爱卿. MCS-51、96 系列单片机原理及应用. 北京:北京航空航天大学出版社,1988 ■

参 考 文 献

- 1 徐志军. 大规模可编程逻辑器件及其应用. 成都:电子科技大学出版社,1999 ■

参 考 文 献

- 1 李华主编. MCS-51 系列单片机实用接口技术. 北京:北京航空航天大学出版社,1993 ■

IR 新型单片荧光灯照明控制集成电路

功率半导体专家国际整流器公司(International Rectifier,简称 IR),推出具有集成功率因数修正(PFC)功能的 IR2166 镇流器控制集成电路,适用于线性荧光照明镇流器。这套新的单芯片解决方案,能取代单独的镇流器控制集成电路、栅驱动器、PFC 集成电路及额外的分立器件,从而把镇流器成本降低 30%。镇流器设计员若采用 IR2166 控制集成电路,不仅能减少元件数目,还能简化电路、节省设计时间。

高功率因数有助于改善电力设备工作效率,世界上愈来愈多的国家正在采纳 PFC 技术和线性谐波标准规定。

全新镇流器芯片采用正在申办专利的临界导通模式升压 PFC 控制方法,能动态适配镇流器控制模式,把 PFC 性能发挥至最大。这种方法能将总谐波失真减至 10%以下,在 120V 线性电压下的功率因数大于 0.99,高出大多数国家的规定,性能也超过独立式 PFC 集成电路。没有 PFC 阶段,总谐波失真则高达 128%,功率因数低至 0.55。

IR2166 通过内部的状态控制内核来控制镇流器的操作顺序,包括欠压锁定、灯丝预热、点亮、运行及故障模式。该芯片集成了可编程预热时间及频率,能将灯丝加热至适当的发射温度。这种特性能将电灯寿命延长达三十倍,同时可以降低所需点亮电压。

IR2166 可编程的死区时间、预热及运行频率的特性,通过简单地改变元件就能适配不同的电灯。此外,通用的 80V 至 260V 交流电源输入特性,能针对全球市场简化电路设计,减低为不同地区进行特别设计的需要。

这种集成电路能在电压或电流尖峰时提供保护,从而进一步延长电灯及镇流器的寿命,同时提供无闪烁的高质量照明。这些保护项目包括:欠压锁定、软启动、点亮故障、灯丝故障、过流、一项正在申办专利的寿命完结保护、更换灯泡后自动启动,以及直流总线欠压复位等功能。

IR 为 35W/T5 电灯及通用输入(90—260VAC)提供每套售价为 200 美元的 IRPLLNR4 参考设计组件。镇流器设计软件可从 IR 网站免费下载。客户若需要照明镇流器的进一步资料或下载有关软件,可浏览 www.irf.com/lighting/。

微波射频测试仪器使用操作培训

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,推出多套微波射频以及天线设计培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



微波射频测量仪器操作培训课程合集

搞硬件、做射频,不会仪器操作怎么行!对于射频工程师和硬件工程师来说,日常电路设计调试工作中,经常需要使用各种测试仪器测量各种电信号来发现问题、解决问题。因此,熟悉各种测量仪器原理,正确地使用这些测试仪器,是微波射频工程师和硬件工程师必须具备和掌握的工作技能,该套射频仪器操作培训课程合集就可以帮助您快速熟练掌握矢量网络分析仪、频谱仪、示波器等各种仪器的原理和使用操作...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/67.html>

矢量网络分析仪使用操作培训课程套装

矢量网络分析仪是最常用的测试仪器是射频工程师和天线设计工程师最常用的测试仪器;该套培训课程套装是国内最专业、实用和全面的矢量网络分析仪培训教程套装,包括安捷伦科技和罗德施瓦茨公司矢量网络分析仪的 5 套视频培训课程和一本矢网应用指南教材,能够帮助微波、射频工程师快速地熟练掌握矢量网络分析仪使用操作...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/34.html>



示波器使用操作培训课程套装

示波器是硬件和射频工程师几乎在每天的工作中都会用到仪器,因此掌握示波器的原理并能够正确使用示波器是所有从事电子硬件电路设计和调试的工程师必须具备的最基本的技能。本站推出的示波器视频培训课程套装既有示波器的基本原理以及示波器性能参数对测量结果影响的讲解,也有安捷伦和泰克多种常用示波器的实际操作讲解,能够帮助您更加深入地理解手边常用的示波器从而更加正确地使用示波器...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/osc/49.html>