  现代社会已步入信息时代，在各种信息技术中，信息的传输及通信起着支撑作用。电子技术的蓬勃发展推动了通信、雷达、测控、电子对抗等很多领域的发展，信号源作为一种电子测量工具在这些领域中起着不可替代的重要作用。与传统的信号发生器相比，现代化的电子技术对信号源性能和其他各个方面的要求都非常高。不仅要求它来产生正弦波、三角波、方波、基带调制信号，还要求其频率稳定度和准确度高，频率改变方便，而且还要求可以产生任意波形，输出不同幅度的信号等。信号发生器一般有以下三点用途:一是波形的产生，作为信号的输入；二是在信号的分析和比较应用方面作为参考源来使用；三是信号仿真，仿真分析某些干扰信号。随着电子信息时代的不断推动向前发展，工业上对于信号发生器的功能和性能的要求也逐步提高，所以设计出高性能的信号发生器显得尤为重要。

传统信号发生器的设计是将软硬件集成在一起，其硬件结构灵活性差，不易后续改进升级，同时软件系统程序难以移植，不可修改。另外，计算机技术和嵌入式技术的联系日益紧密，使信号发生器越来越多与计算机相结合。在测量领域，传统信号发生器提供的通信接口难以匹配计算机接口，这给以计算机辅助控制信号的场景带来不便。因此，发展与现代计算机接口对接更适合的信号发生器成为当务之急。随着电子设计自动化技术的快速发展以及芯片功能和帘量得到很大提升，这些变革为新式数字测量仪器带来新的发展机遇，促使以模拟电路技术为主导的传统信号发生器逐渐被数字电路技术为主导的现代信号发生器所代替，产生的信号在质量上比以前有明显改善。

早期的频率调制技术为锁相频率合成技术利用锁相环的原理，如图1-1所示，基本锁相环电路包括输入端的鉴相器、环路低通滤波器以及用变容二极管实现的VCO压控晶体振荡器。其中频率的控制是通过压控振荡器来完成的。

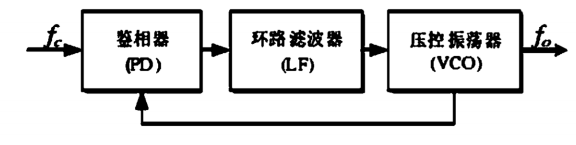


图1-1 锁相环原理图  
现代电子通信领域最常见的频率合成调制技术是基于锁相环的模数混合式结构的，相比传统的锁相环电路的改进之处是在输入端用数字鉴相器来代替传统的模拟鉴相。由于具有较好的窄带跟踪特性，可以将带宽做到很宽，而且其具有很低的相位噪声和杂散，以及能够产生任意频率，此外还有低功耗和低成本等优势。但是它的缺点也很明显，频率响应速率不快频率分辨率达不到很高等。

电子设计实验用到的激励信号源通常是由函数信号发生器提供。但往往难以兼顾宽频带、宽幅度范围和低谐波失真，因此需要自行设计信号源实现既定信号输出。基于直接数字频率合成DDFS(Direct Digital Frequency Synthesize)技术，依据调制信号相关原理，设计出一种基于DDS的正弦信号发生器，能够得到低失真的宽带正弦波以及各种调制信号。其带负载能力强，可以满足多方面需求，发展前景良好，可广泛应用于工程领域。在现有条件下，该技术与其他技术相比具有独特的优势，其占用频带宽、转换速度快、分辨率高和相位连续，可实现对信号参数的参数控制。因此，高速信号发生器多采用这一技术来产生可变频的载波信号、各种类型调制信号以及用户自定义的有限带宽任意信号，也为各个领域提供稳定、准确、可靠的测试信号。

直接数字频率合成(DDS)是一种基于相位累加的方法来实现的技术[12]。它的本质原理是通过对一一个周期内的相位值量化之后再采取频率合成方法，把连续的模拟信号通过采样定理转换为离散的数字信号。直接数字合成技术的组成结构主要包括N位相位累加器、ROM信号波形存储表、DAC数模转换器以及后级低通滤波器。其中振荡器每经过一个时钟周期就会在相位累加器中相加计算一个相位值，然后通过该相位值查找ROM波形表中的地址值，之后把该地址值对应的量化幅度值映射到DAC输出端，通过低通滤波器后就得到输出的波形信号。DDS频率合成从70年代开始发展的模拟式，到后来的锁相式，再到现如今的直接数字式，体现了电子设备对性能的要求不断提高。同时，直接数字式(DDS)也应其体积小、灵活度高等特点逐渐成为发展趋势。

**·国内外发展现状**

2.2.1 DDS的发展史

20世纪90年代，美国学者J.Tierney、C.M.Rader 和B.Gold提出了一种通过数字技术从相位角度合成频率的方法，即DDS技术。相比于第一代频率合成技术和第二代锁相环频率合成技术，DDS有着突出的优点，在各个领域都饰泛应用。  
 1993年，LawrenceJ,Kushner 提出了一种新型复合式DDS结构。它由一个低速高分辨率的DDS和一个高速、低分辨率的相位累加器构成，其中低速部分提供了DDS的细调，高速部分提供粗调。复合式DDS具有高速、低功耗特点。  
 1993年,Nathalic,Caglio等人介绍了-种时钟频率1.25Hz的连续波调频(FM-CW)GaAs-DDS,  
它由一个双相位累加器和一个单片数模正弦转换器构成。  
 1994年,LOKe,Kun,Tan等人介绍了利用正弦和余弦的对称性改进存储技术，使之在不增加ROM的容量下，实现200MHz正交输出DDS的方法。

Tierney等人提出了降低杂散的两种方法，即单象限正弦波形存储法和改进的查表算法。Sunderland在改进的查表算法基础上建立了一种非常有效的压缩存储查表法，称为Sunderland。  
 传统基于ROM查找表的DDS系统实现简单，但由于是全数字结构实现，信号杂散相对较大、输出频率范围相对较低。因此国外一些学者针对基于ROM查找表的DDS系统做了很多改进，如文献[15]中对ROM查找表进行算法改进，通过流水线结构来实现相位累加器，通过加入相位抖动来抑制信号的杂散等。文献中Strollo 对Multipartite tablemethods理论进行了改进，并成功将其应用到DDS系统，使得信号频谱纯度有了一一定提高。  
 随着CORDIC算法的提出，越来越多的学者通过使用CORDIC算法代替ROM查找表来提高信号的频谱纯度。CORDIC 算法只需移位和加减运算就可以实现三角函数的计算，硬件实现比较简单，所以国内外学者针对CORDIC算法在DDS系统中的应用做了 大量研究。文献[17]中 Caro和Nicola Petra提出了基于混合CORDIC算法的DDS系统，将旋转分为三步来实现，此改进算法对迭代方向有着很好的判断，可以提高系统运行速 度。文献中J. Jaime Francisco和A. Sanchez Miguel等人又提出了对Scaling-Free的改进，将传统结构与Scaling-Free结构相结合，使算法的运算速度有了一定提高。

**DDS国内外现状**

现阶段，DDS系统的实现方法主要有三种，分别是基于ROM查找表、泰勒级数和坐标旋转数字计算机(Coordinate Rotation Digital Computer, CORDIC)算法，其中基于ROM查找表和CORDIC算法较为常用。ROM查找表具有结构简单的特点，应用较为广泛。

随着集成电路技术和数字技术日趋成熟，国外的各大公司都推出了高性能的DDS芯片。DDS芯片的频率分辨率、频率转换速度、杂散抑制、输出频率范围等相关功能与 之前相比较也都有了很大提高。国外比较成熟的DDS芯片生产厂商有Analog Devices、 Qualcomm、TISciteg 和Stanford等公司。

Qualcomm 公司推出了DDS系列Q2220、Q2230、Q2334、Q2240、Q2368，其中Q2368的时钟频率为130MHz,分辨率为0.03Hz，杂散控制为-76dBc，变频时间为0.1us;

Analog Devices公司的产品性能领先，种类较多，市场占有率较高，代表产品有AD985x系列、AD995x等系列，可以实现线性调频的AD9852、两路正交输出的AD9854以及以DDS为核心的QPSK调制器AD9853、数字上变频器AD9856和AD9857。其中AD9910的最高采样频率可以达到1GHz,输出信号频率可以达400MHz,是一款高性能的DDS芯片。

国内对数字直接频率合成技术的研究相对较晚，从研究开始到现在大约几十年的时间。国产的DDS芯片有振芯科技的GM4943，其内部带有16位DAC,具有4路独立输出通道，最大时钟频率为5GHz,最大功耗为2000mW,是国内性能较高的DDS芯片。虽然国内研究比较晚，这些年却有了很大进步，但在一些关键技术上，与国外还是有着不小差距。