文章编号：1672-8785(2019)05-0023-05

正弦波调制技术在光损耗测试仪中的应用

孙　强　张爱国

（中国电子科技集团公司第四十一研究所，山东 青岛　266555）

摘　要：针对传统光损耗测试仪存在预热时间长、温度变化对红外光源输出功率变化影响较大等不足，提出了用正弦波信号对红外光源进行调制的方案。此方法有效解决了这些问题，获得了较好的测试效果。首先，介绍了三种正弦波信号的产生方法，其中直接数字式频率合成(Direct Digital Synthesis，DDS)方法产生的正弦波具有较高的频率分辨率和频率稳定度。其次，介绍了 DDS 芯片 AD9832 的内部构造及转换原理，将其产生的正弦波信号应用到光损耗测试仪中。比较了正弦波信号调制前后以及预热前后红外光源功率的变化情况。结果表明，经过正弦波调制的红外光源的稳定性明显优于调制前，用户能更方便地进行快速光损耗测试。

关键词：直接数字频率合成；AD9832；光损耗测试

中图分类号：TN211　　**文献标志码**：A　　**DOI**：10.3969/j.issn.1672-8785.2019.05.004

Application of Sinusoidal Wave Modulation Technology in Optical Fiber Loss Tester

SUN Qiang，ZHANG Ai-guo

(*The 41st Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation，Qingdao 266555，China*)

Abstract：In view of the shortcomings of the traditional optical fiber loss tester，such as long preheating time and great influence of temperature change on the output power of the infrared light source，a scheme of modulating the infrared light source with sine wave signal was proposed. This method can effectively solve these problems and achieve good test results. Firstly，three kinds of sinusoidal wave signal generation methods were introduced，among which the direct digital frequency synthesis (DDS) method produces sinusoidal wave with high frequency resolution and frequency stability. Secondly，the internal structure and conversion principle of DDS chip AD9832 were introduced. The sinusoidal wave signal generated by the DDS chip was applied to the infrared optical loss tester. The changes of the infrared light source power before and after the sine wave signal modulation and before and after the preheating were compared. The results show that the stability of infrared light source after sinusoidal wave modulation is better than that before modulation，and it is more convenient for users to quickly measure the optical fiber loss.

Key words：direct digital frequency synthesis；AD9832；optical fiber loss measurement

收稿日期：2019-04-16

作者简介：孙强(1981-)，男，山东潍坊人，硕士，工程师，主要从事光损耗测试技术研究。

E-mail：eiqd@ceyear.com

0 引言

目前，随着光纤通信技术和密集波分复用技术(Dense Wavelength Division Multiplexing，DWDM)的快速发展和广泛应用，光纤传输系统发展迅速。在光纤传输系统中存在大量光纤连接器、光耦合器、光开关以及光分路器等光器件。这些光器件会减弱传输系统中光信号的能量，同时光器件接头处会产生一定的后向反射光信号。因此，为确保系统正常工作，对这些光器件的损耗进行测试极为重要[1]。

传统的光损耗测试仪采用带功率控制的同轴激光器，基于连续光方式实现损耗测试。这种方式存在预热时间长、温度变化对红外光源输出稳定性影响较大的问题，光源是否稳定会极大地影响光损耗测试仪的测试准确度和效率。研究发现，对输出光信号加以正弦波调制能明显提高红外光源输出的稳定性，从而有效克服上述不足。

正弦波发生器是一种极重要的信号源，被广泛应用于雷达系统以及电子测量等领域[2]。目前，正弦波信号发生器的产生方式主要有以下三种：(1)采用独立分元件，使用振荡电路来实现。(2)采用专门的波形集成芯片，通过改变外围器件参数实现信号的发送和接收。(3)采用 DDS 方案[3]。DDS 是一种新的频率合成技术和信号产生方法。与传统的直接频率合成方法相比，DDS 具有超高速的频率转换时间和极高的频率分辨率，易于实现各类调制。因此，DDS 器件得到了广泛应用，成为当今电子系统及设备中频率源的首选器件[4-6]。

本文以 STM32 系列单片机为基础，选用 AD9832 作为正弦波发生器，并应用于光损耗测试仪中，通过采用该方法取得了较好的测试效果。

1 DDS 的基本原理

DDS 是从相位概念出发、直接合成所需波形的一种频率合成技术，通过控制相位的变化速度，直接产生不同频率的一种频率合成方法，其原理框图如图 1 所示。首先，分别给频率控制字(Frequency Control Word，FCW)和相位初值赋值，在参考时钟的控制下，N 位相位累加器可将 FCW 所决定的相位进行累加。如果溢出，则累加器只保留后面的 N 位数字。该 N 位数字作为地址信息对应一个相位点，通过查询正弦查找表，取出该相位点对应的幅度数值，并送到高速数字模拟转换器中，转换成模拟量；经低通滤波器滤除杂散高阶谐波信号，然后加以平滑，得到所需要频率的正弦波信号[7]。

从上述 DDS 原理分析可以看出，DDS 输出的正弦波频率为

$$f_{out}=(K/2^N)f_{clk} \tag{1}$$

式中，f_{out} 为输出正弦波频率，f_{clk} 为参考时钟频率，K 为频率控制字，N 为相位累加器的位数。

只要相位累加器的位数足够多，总可以得到所需要的频率，换言之，这种方法具有极高的频率分辨率。当 N 和 K 确定之后，输出频率的稳定性完全决定于参考时钟频率，而参考时钟频率通常由石英晶体振荡器提供，此类振荡器输出频率的漂移非常小。因此，DDS 的输出频率可以达到很高的稳定性。

2 AD9832 芯片介绍

AD9832 芯片采用单一 3 V 或 5 V 供电，

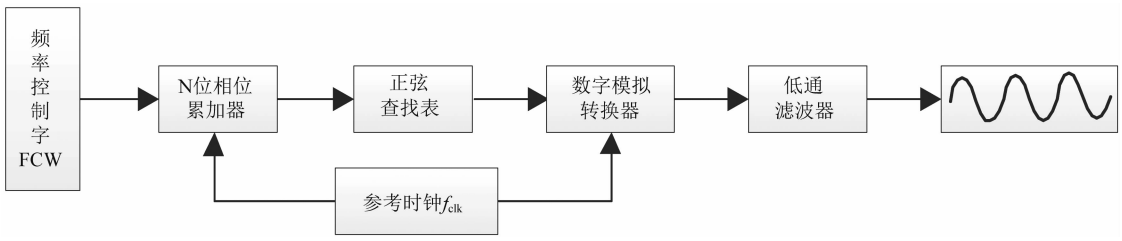


图 1 DDS 原理框图

可通过串行端口来设置运行参数。时钟频率可高达 25 MHz，可以产生一般频率合成方法难以产生的波形。该芯片的功耗较低，适用在低功耗要求的设备中。

AD9832 芯片的内部结构如图 2 所示，主要由数控振荡器、相位累加器、正弦查询表和 10 位数字模拟转换器等部分组成。其中，数控振荡器和相位累加器由 4 个频率寄存器、1 个相位累加器和 4 个相位寄存器组成。除此之外，AD9832 芯片还包含一些其他辅助模块。通过改变频率寄存器数值，两组频率寄存器中的每一组都可以控制产生不同的频率[8]。

AD9832 芯片的端口分为数据及控制端口、电源端口以及参考和输出信号端口几部分。其中，主要端口引脚的功能如下：

MCLK：主时钟输入端，该时钟决定了 DDS 的输出频率精度和相位噪声。

SCLK：串行时钟信号，数据在 SCLK 的每一个下降沿写入 AD9832 芯片。

SDATA ：16 位串行数据输入信号。

FSYNC：串行同步信号，逻辑低使能串行端口。

FSELECT：频率选择控制端，用于选择 AD9832 芯片的频率寄存器 FREQ0 或 FREQ1。

PSEL0，PSEL1：相位选择控制端，用于选择 AD9832 芯片的相位寄存器 PHASE 0～3。

FSADJUST ：DAC 满刻度输出调整。

REFIN：参考电压输入端。

REFOUT：参考电压输出端。

IOU T：DAC 输出，近似为高阻电流源，通过调整负载电阻改变输出电压。

COMP：内部参考放大器的补偿端。

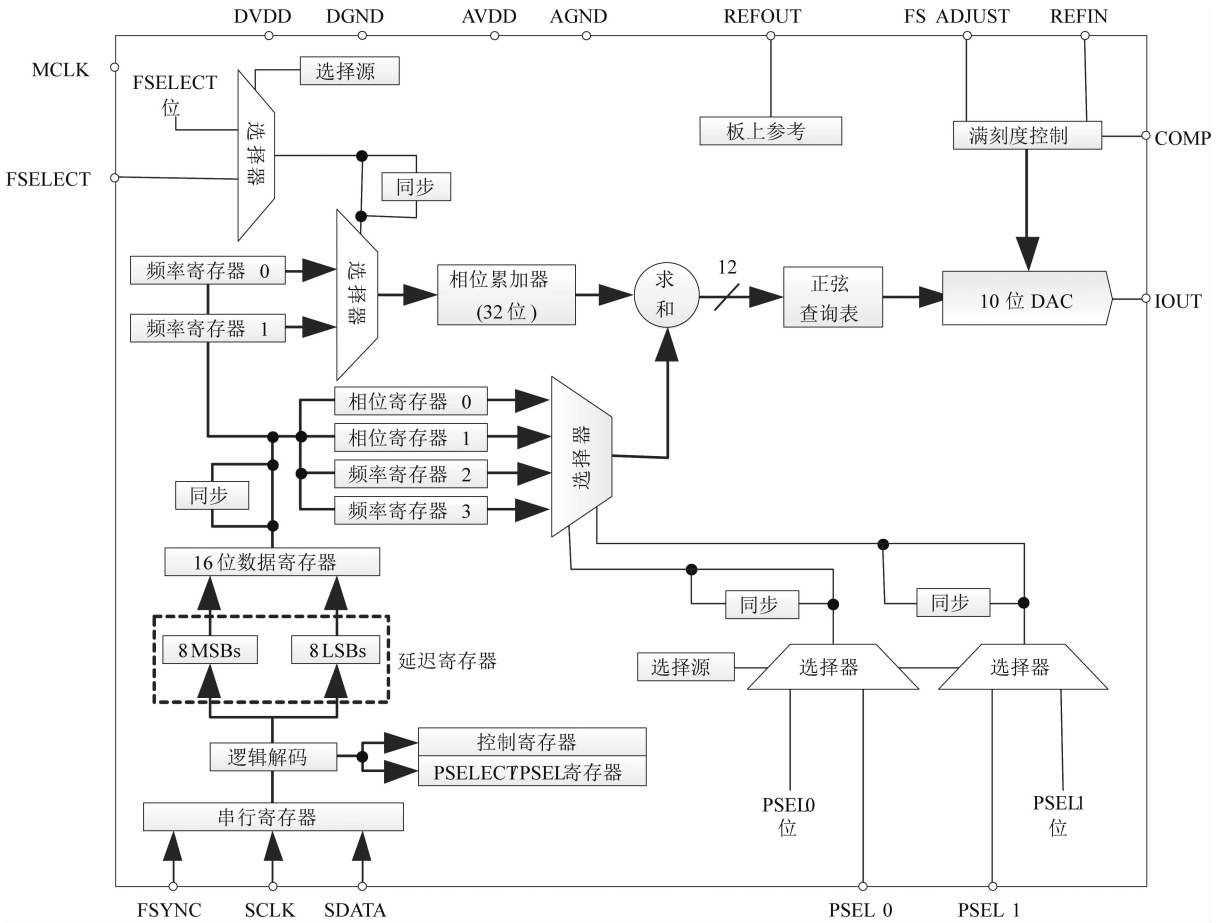


图 2 AD9832 芯片的内部结构框图

3 DDS 在光损耗测试仪中的应用

本文引入直接数字频率合成技术，并采用 STM32 系列单片机芯片作为微控制器，设计了一台光损耗测试仪。该仪器由稳定光源模块、精密光功率计模块、按键模块、显示模块和电源模块等组成。微控制器控制 AD9832 芯片产生一定频率的正弦波信号，将该信号调制到稳定红外光源输出模块，并由高精度的功率计模块进行接收。通过比较连接参考光纤跳线(REF)和接入待测光器件(DUT)后精密光功率计模块采集功率的变化，即可计算出待测光器件的插入损耗。该仪器的工作原理框图如图 3 所示。

从光损耗测试仪的工作原理可以看出，如果红外光源在参考测试和待测光器件测试时的输出功率不一致，会影响插入损耗的测试准确性和测试效率，因此，光源的输出功率越稳定越好。将该仪器的光源输出通过光纤跳线连接到标准光功率计，比较调制前后和预热前后在 15 min 内光源输出功率变化的测试结果，见表 1。从测试结果可以看出，光源未预热时，调制前后光源输出功率相差 0.1066；预热后，调制前后光源输出功率相差 0.0122。经调制后，光源输出功率的稳定性明显优于调制前，而且，此时是否进行预热对光源输出功率变化的影响不明显。

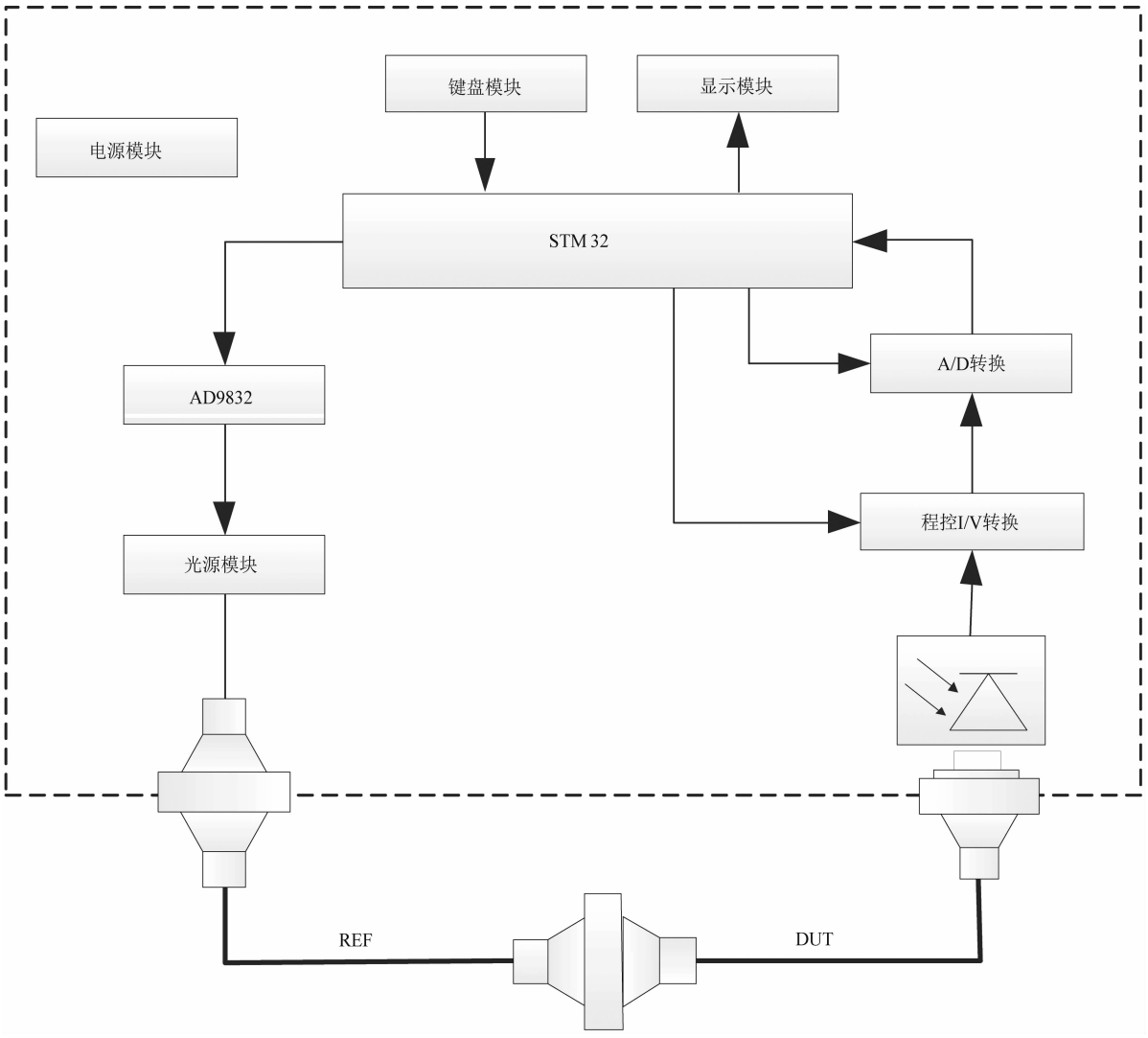


图 3 红外光损耗测试仪的工作原理框图

表 1 红外光源输出功率变化比较

	未预热△P (dB/15 min)	预热后△P (dB/15 min)
调制前	0.1223	0.0235
调制后	0.0157	0.0113

4 总结

本文提出用正弦波信号对红外光源进行调制的方案设计一台损耗测试仪。采用 DDS 方法产生的正弦波信号对光源进行调制，比较了仪器引入正弦波调制前后光源输出功率的变化情况。测试结果表明，光源经过调制后，输出光功率的稳定性明显优于调制前，而且，此时是否进行预热对光源输出光功率变化的影响不明显。

参考文献

[1] 林学煌. **光无源器件** [M]. 北京：人民邮电出版社，1998.

[2] 杨丽寰，邱琪. 红外量子阱激光器的大信号调制特性研究 [J]. **红外**，2007，**30**(5)：41-44.

[3] 舒金意. 基于单片机的正弦波发生器的设计 [J]. **商丘职业技术学院学报**，2016，**15**(2)：93-95.

[4] 姜田华. 实现直接数字频率合成器的三种技术方案 [J]. **电子技术应用**，2004，**30**(3)：1-3.

[5] 冯朝军. 直接数字频率合成(DDS)的软件及硬件实现 [D]. 成都：西南交通大学，2007.

[6] 江玉蓉，周有庆，吴桂清. AD9832 及其在高频测试仪中的应用 [J]. **电力自动化设备**，2002，**22**(1)：53-54.

[7] 沈拓，董德存. 直接数字频率合成芯片 AD9832 原理及其典型应用设计 [J]. **测控技术**，2004，**23**(12)：68-70.

[8] Analog Devices，Inc. AD9832 datasheet [Z]. 1999.