

# 设计问答

## 直接数字频率合成器

Don Tuite

模拟/电源编辑

《Electronic Design》

### 直接数字频率合成器(DDS)是如何工作的?

DDS至少包括带相位调制器的数字控制振荡器(NCO)、将相位信息转换为幅度的模块,以及数模转换器(DAC)三个部分。在DAC之前可能还会有一个同相/正交(I/Q)调制器。

下面介绍DDS的工作原理。在模拟域的正弦波中,单个频率 $f_a$ 的相位角以下面的速度旋转一个固定角度:

$$\omega = \Delta \text{phase} / \Delta t = 2\pi f_a$$

相位角相对于时间的变化与正弦波频率呈线性关系,在每个正弦波周期结束时相位角为0。在数字域,上述方程式中的 $\Delta t$ 为采样时钟频率 $f_s$ 的倒数,这表明对任何给定的采样:

$$f_a = \Delta \text{phase} * f_s / 2\pi$$

DDS中的相位累加器生成输出信号的

相位信息,它通常基于一个32位的频率调节字(FTW),代表了 $\Delta \text{phase}$ 。显然,32位的FTW能够保证DDS输出频率的高分辨率。通过另外的相位寄存器累加相位偏移量来完成相位调制。

这个相位信息直接映射为输入字决定的频率的幅度信息,然后DDS中的一个模块将相位信息转换为幅度值。

传统上由保存在内存中的正弦/余弦查找表来完成这项任务。为控制查找表的大小,并不是FTW中所有的位都被用于查找表,尽管它们可在选择 $f_a$ 上提供高分辨率。该模块的输出为DAC的输入,DAC则产生一个幅度序列,然后由低通滤波器对DAC的输出进行平滑处理。

### DDS有什么优势?

DDS的数字本质能提供高度的灵活性、重复性和精确度。由于输出由数字计算得到,所以只要参考时钟稳定,输出结果不会随时间变化发生偏移。如果仔细做好频率规划,

DDS还能提供最大的无杂散动态范围(SFDR)。

### 哪些应用采用DDS技术?

DDS最初被用于可调谐的本振和信号发生器,以实现各种调制。最新的DDS芯片除了上述用途外,还被用于医学成像、单边带载波抑制调制、相控雷达和声纳应用、时钟源,以及声光可调谐滤波器(AOTF)。

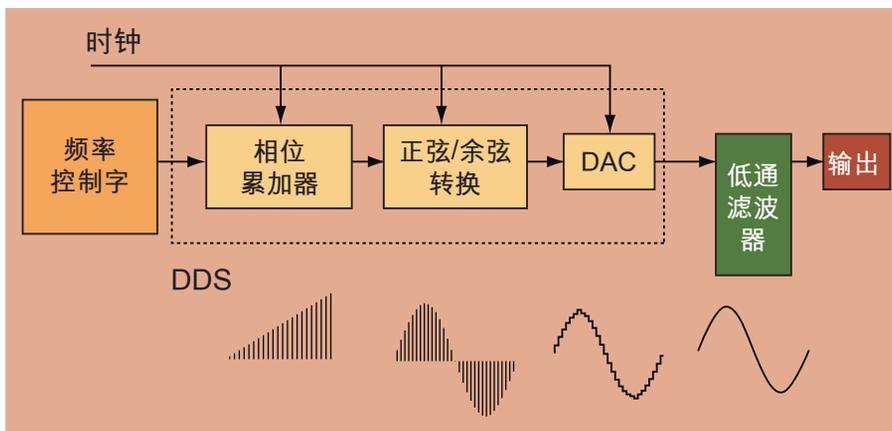
AOTF是一种固态电子可调谐光带通滤波器,它使得从多谱线或宽带光源中提取单一波长成为可能。施加在AOTF转换器上的RF信号的频率控制输出光的波长,RF信号的振幅则控制光的强度。

### 单片集成电路DDS芯片的发展历程是什么?

虽然DDS技术至少从上世纪70年代开始就已在使用,但在上世纪90年代中期以前,它一直采用多芯片来实现。最慢且最昂贵的元件(DAC)限制了它的性能。第一款单芯片DDS出现于1994年,它们将DAC与其它电路集成在一起,简化了实现过程并降低了成本。

### 最新DDS芯片有什么不同特性?

如今,具有72dB通道隔离度的双通道芯片和具有65dB通道隔离度的四通道芯片已经上市。它们的时钟最快可达500Mps,能提供以116MHz为步长、从DC到200MHz的频率输出。(由于谐波与时钟的带内混叠较难滤除,所以 $f_{\text{max}}$ 略低于Nyquist准则。)



直接数字频率合成器的基本组成部分,每部分都给出了代表性的波形。

# 产品问答

## 新型多通道DDS轻松应对同步设计的挑战并减小电路板面积

在架构上正在用算法替代查找表，从而更加有效地将相位信息转换为幅度信息。新的特性能够对所有通道的最新振幅、频率和相位信息同步加载。

这些芯片的性能更好、SFDR更高，并且FTW的更新速度也更快。在速度最快的新IC中，FTW能够在50ns内更新，比以前的芯片快32倍。虽然如此，芯片的功耗却更低，在多通道DDS芯片中，每通道功耗降低至165mW左右。

这些芯片能够针对两级直接调制、线性扫描或单音信号生成的任意组合进行编程，且不受引脚限制。在一定的限制条件下，也可以同时进行4级、8级和16级调制。

另外，还可选择对幅度、频率或相位进行调制。渐变特性使得在调制数据序列的前后实现幅度的渐变。此外，可以对幅度、频率或相位的两点之间的扫描进行精确步长控制。

### 最新DDS芯片还有什么其它新的功能？

在多通道DDS芯片出现之前，IC之间的外部延迟使同步变得非常困难。一些新型双通道和四通道芯片使设计工程师可以选择相对于每个通道的相位偏移。经过改进的同步技术能够管理具有更多通道的应用。

ADI推出的新型AD9959(四通道)和AD9958(双通道)多通道DDS IC有助于降低设计复杂性、减小电路板面积并节省成本，同时提供高精度的DDS性能。

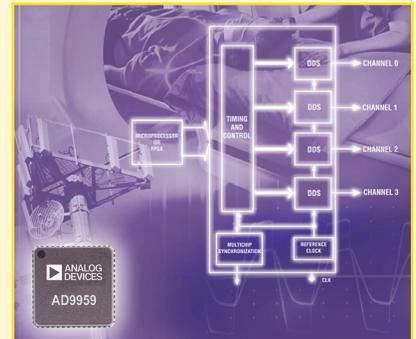
### 内部同步，独立编程

这些DDS芯片可对多达4个同步的输出进行独立编程，从而使设计工程师能够实现多输出之间的精确同步，而无需花太多时间和精力处理这个通常很复杂的系统设计部分。

每一个完全独立可编程的通道都提供14位相位偏移调节、32位频率精度和10位幅度控制。可编程通道控制可以对外部模拟处理而产生的信号通道不平衡进行校正。

### 减小电路板面积，降低成本

多通道DDS IC在一块芯片上集成了多个DDS通道，不再需要数个单通道DDS芯片和外部电路，从而大大简化了设计过程。这种集成在降低系统成本的同时，还将电路板面积减小了60%(与传统的解决方案相比)。



AD9959和AD9958的特性如下：

- 具有4/2个同步的完整DDS通道，采样速率为500 Msps；
- 各通道具有独立的相位(14位)、频率(32位)和幅度(10位)控制；
- 优异的通道隔离性能；
- 宽带SFDR超过53dBc；
- 每通道功耗小于165mW；
- 采用了56引脚LFCSP封装。

要求多同步输出的应用，如相控雷达系统、光通信、自动测试设备和医学成像等，将从这些产品中受益。

欲了解更多关于AD9959以及AD9958多通道DDS产品的信息，请访问[www.analog.com/dds/faq/edchina9-06](http://www.analog.com/dds/faq/edchina9-06)。

