

# DDS 芯片 AD9852 及其应用

上海贝尔有限公司(上海 201206) 潘炳松 许明 潘锦

**摘 要** 文章介绍了直接数字频率合成器(DDS)的组成及工作原理,描述了 DDS 芯片 AD9852 的功能特性,同时给出了 AD9852 在本地同步时钟中的应用。

**关键词** DDS AD9852 同步时钟

## 1 概述

频率源在现代电子系统中占有十分重要的地位,通信、雷达、制导等电子系统功能的实现及性能指标的好坏都直接依赖于频率源的性能。

频率源的性能是伴随着频率合成技术的进步而发展的,频率合成技术主要有直接合成、锁相频率合成和直接数字合成(DDS)三种方式。DDS 的概念首先由美国学者 J. Tierney 等人提出,它不同于前两种频率合成方法。它是把一系列数字量形式的信号通过 DAC 转换成模拟信号的合成技术。与其他频率合成方法相比,DDS 具有频率转换时间极短、频率分辨率高、输出相位连续、可编程、全数字化易于集成等突出优点。因此,它得到越来越广泛的应用,成为现代频率合成技术中的佼佼者。

## 2 基本原理

常见的 DDS 方式是在高速存储器中放入正弦函数—相位数据表格,经过查表操作,将读出的数据送到高速 DAC 产生正弦波。常用的可编程 DDS 系统如图 1 所示。

DDS 系统由频率控制字、相位累加器、正弦查

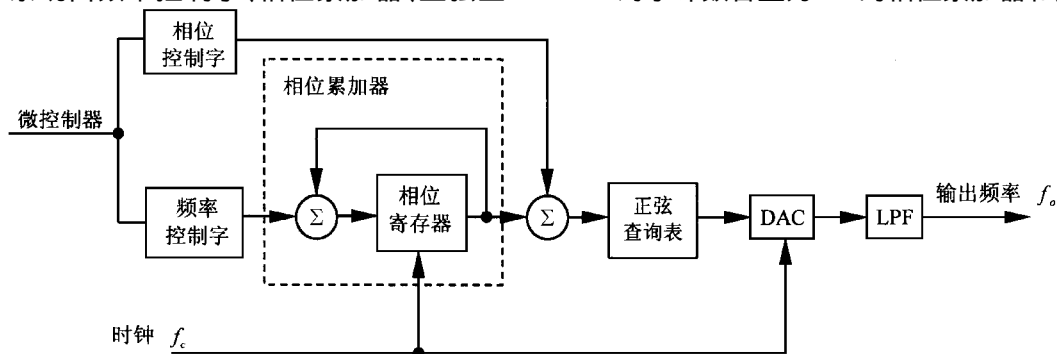


图 1 DDS 的基本原理图

询表、D/A 转换器和低通滤波器组成。参考时钟为高稳定度的晶体振荡器,其输出用于同步 DDS 各组成部分的工作。

DDS 系统的核心是相位累加器,它由  $N$  位加法器与  $N$  位相位寄存器构成,类似一个简单的计数器。每来一个时钟脉冲,相位寄存器的输出就增加一个步长的相位增量值,加法器将频率控制数据与累加寄存器输出的累加相位数据相加,把相加结果送至累加寄存器的数据输入端。相位累加器进入线性相位累加,累加至满量时产生一次计数溢出,这个溢出频率即为 DDS 的输出频率。

正弦查询表是一个可编程只读存储器(PROM),存储的是以相位为地址的一个周期正弦信号的采样编码值,包含一个周期正弦波的数字幅度信息,每个地址对应于正弦波中  $0^\circ \sim 360^\circ$  范围的一个相位点。将相位寄存器的输出与相位控制字相加得到的数据作为一个地址对正弦查询表进行寻址,查询表把输入的地址相位信息映射成正弦波幅度信号,驱动 DAC,输出模拟信号;低通滤波器平滑并滤除不需要的取样分量,以便输出频谱纯净的正弦波信号。

对于计数容量为  $2^N$  的相位累加器和具有  $M$  个

相位取样点的正弦波波形存储器,若频率控制字为  $K$ ,输出信号频率为  $f_o$ ,参考时钟频率为  $f_c$ ,则 DDS 系统输出信号的频率为:

$$f_o = \frac{2^N K}{f_c}$$

输出信号频率的分辨率为:

$$f_o = \frac{f_c}{2^N}$$

由奈奎斯特采样定理知,DDS 输出的最大频率为

$$f_{\max} = \frac{f_c}{2}$$

DDS 输出信号的频率范围为:  $0 \sim \frac{1}{2} f_c$

AD 公司生产的 AD9830、AD9850、AD9852 等 DDS 产品性能优越,已被广泛应用。下面以 AD 公司的 AD9852 为例进行介绍。

### 3 AD9852 的工作原理及特性

AD9852 是 AD 公司采用先进的 DDS 技术生产的具有高集成度 DDS 电路器件,其系统功能框图原理如图 2 所示。

AD9852 内部包含高速、高性能 D/A 转换器及高速比较器,以形成可编程、可灵活使用的频率合成功能。外接精密时钟源时,AD9852 可以输出一个频谱纯净、频率和相位都可以编程控制且稳定性良好的模拟正弦波,该信号可直接作为基准信号源广泛地应用于通信、雷达及其他电子应用中。AD9852 输出的正弦波也可通过其内部比较器方便地转换成

方波输出。

AD9852 有以下主要特性:

- (1) 内含 300MHz 内部时钟;
- (2) 集成 12 位 D/A 转换器;
- (3) 具有良好的动态性能:在 100MHz 输出时,DAC 输出的抑制寄生动态范围(SFDR)仍具有 80dB;
- (4) 内含 4~20 倍可编程参考时钟倍乘器,可方便地在内部产生高频时钟信号,免除了对外部高频振荡器的需要,减小了由于外频过高而产生的相位噪声;
- (5) 频率分辨率高,内有双向 48 位可编程频率寄存器,300MHz 系统时钟下输出频率的精度可达 0.07Hz;
- (6) 相位可调,内含双向 14 位可编程相位偏移寄存器;
- (7) 具有 12 位振幅调谐和可编程的 Shaped On/ Off Keying 功能;
- (8) 具有单引脚 FSK 和 PSK 数据接口;
- (9) FM 线性调频模式中 HOLD 引脚具有线性或非线性调频功能;
- (10) 时钟发生模式下,FSK 线性频率的抖动偏差小于 25ps RMS;
- (11) 自动进行双向频率扫描;
- (12) 可进行  $\sin(x)/x$  校正;
- (13) 控制接口简单,可选择串行或并行方式;
- (14) 3.3V 单电源供电;
- (15) 低功耗,最大功耗小于 500mW;

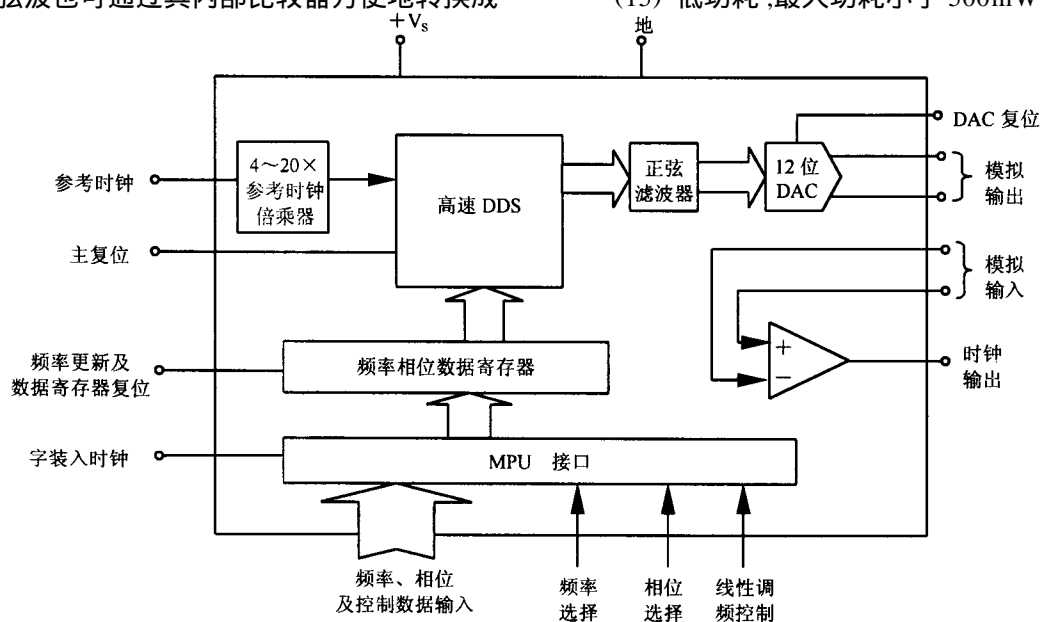


图 2 AD9852 结构框图

(16) 参考时钟可采用单端或差分输入;

(17) 采用小型 80 引脚 LQPF (14 × 14 × 1.4 mm) 封装形式;

(18) 工作温度范围 - 45 ~ 80 ℃;

AD9852 有五种可编程工作模式, 可通过可编程控制寄存器中 (1FH) 的三位工作模式设置位进行选择, 设置方式如表 1 所列。

表 1 模式选择表

工作模式	Mode 2	Mode 1	Mode 0
Single-Tone	0	0	0
FSK	0	0	1
RAMPED FSK	0	1	0
CHIRP	0	1	1
BPSK	1	0	0

各个工作模式下可实现的功能不尽相同, 但所有的工作模式都具有对输出信号的频率和相位进行调节和控制的功能。下面以 Single-Tone 工作模式为例作些介绍。

该模式为 AD9852 上电复位后的缺省模式, 也可通过设置控制寄存器 (1FH) 的工作模式位 (Mode 000) 来实现。相位累加器的溢出频率, 即 DDS 的输出频率的大小取决于频率调节字寄存器 1 中的 48 位控制值的大小, 其缺省值为 0。AD9852 复位后, 输出频率为 0 Hz 且幅值也为 0 的信号。通过对相关寄存器进行编程设置, 即可输出用户所定义的信号。

首先确定输出信号的频率, 依据频率控制字的计算公式计算出频率控制字, 若该值不为整数, 在写入频率控制字寄存器之前, 必须将其取舍为整数。

DDS 输出信号频率的改变并不影响相位的连续性, 因为下一个频率的第一个相位是以前一个频率的最后一个相位作为参考点来计算的。

在 Single-Tone 模式下, 用户可改变输出信号的下列参量:

- (1) 输出频率的 48 位分辨率;
- (2) 输出振幅的 12 位分辨率;
- (3) 相位输出的 14 位分辨率;

上述特性均可通过对相关可编程寄存器进行设置加以控制。

AD9852 有并行编程模式和串行编程模式, 可通过 AD9852 的串并行选择 (S/P SELECT) 引脚进行选择。当该引脚设为高电平时, AD9852 处于并行编程模式, 此状态下接口为 6 位地址位和 8 位双向数据口; 反之为串行编程模式, SDIO 引脚用作双

向串行数据输入输出。

## 4 AD9852 在同步钟中的应用

DDS 具有极高的频率分辨率和非常小的频率调谐步进, 能够有效地实现频率的精确。同时 DDS 是一个开环系统, 当一个转换频率的指令加在 DDS 的数据输入端时, 它会迅速合成所需要的频率信号, 在输出信号上没有叠加任何电流脉冲, 输出变化为一个平稳的过渡过程, 且相位是连续变化的。DDS 这些优点使其非常适用于频率的跟踪与同步。

通信领域中, 经常要求设备的本地时钟与外来时钟具有相同的频率, 以同一个时标来识别和处理信号, 以免产生误码。为达到同步的目的, 常采用将设备的本地时钟同步于来自上一级时钟 (外参考时钟) 的方法。AD9852 在这方面的应用如图 3 所示。

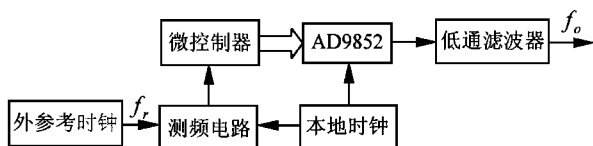


图 3 AD9852 在本地同步时钟中的应用

在上述应用中, AD9852 的工作模式置为 Single-Tone 模式, 并采用串行编程模式, SDIO 引脚双向传送数据; 外参考时钟的频率  $f_r$  为 10 MHz, 定义 DDS 的输出频率  $f_o$  为 2.048 MHz, 参考时钟倍乘器设为 20 倍, 这样可得到频率控制字  $K$  为:

$$K = \frac{f_o \times 2^{48}}{f_r \times 20}$$

将得到的  $K$  值取舍为整数后并对频率控制字寄存器进行初始化。

测频电路的功能是比较外参考时钟和本地时钟之间的频率差值, 并将该数据传送到 CPU; CPU 在得到频率差值后, 经过运算得到频率调字节, 并以一定的时间间隔去刷新频率控制字寄存器, 以调整 AD9852 输出信号的频率, 使它能够与外参考时钟信号的频率同步。如果外参考时钟信号的频率发生了变化, 一旦得到调频指令, AD9852 的输出信号能够迅速跟踪外参考时钟信号的变化。同传统的锁相频率合成比较, DDS 输出信号频率的跟踪及转换速度要快得多。

通过 AD9852 在本地同步时钟中的应用可以看出, 它具有频率转换时间短、输出相位连续和输出频谱纯等优点, 是一种性价比极高的 DDS 芯片。DDS 技术不仅可应用于传统的信号源领域, 而且也将会开拓许多新的应用领域, 得到更广泛的应用。