

# 基于单片机与 AD9852 的信号源设计

王永涛, 韩建, 牟海维, 全星慧

(大庆石油学院 电子科学学院, 黑龙江 大庆 163318)

**摘要:** 提出了一种基于单片机与 AD9852 的信号源的实现, 重点介绍了单片机与 AD9852 硬件接口电路、AD9852 串行工作流程以及宽带滤波器设计的关键技术。

**关键词:** AD9852; 信号发生器; 频率合成

**中图分类号:** TP346      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1001-1390(2006)07-0039-03

## The Design for Discretional Signal Generator Based on SCM and AD9852

WANG Yong-tao, HAN Jian, MU Hai-wei, QUAN Xing-hui

(Electronics science college, Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Bring forward a new design for discretional signal generator, which is based on SCM and AD9852. Introduce the hardware interface circuit of SCM and AD9852, the AD9852 serial working flow and the key technology of Broad Band filter.

**Key words:** AD9852; signal generator; frequency synthesizer

### 0 引言

直接数字频率合成技术<sup>[1,2]</sup>(DDS)是一种直接对参考时钟进行抽样、数字化,然后用数字计算技术产生频率的频率合成方法。它的工作原理是在采样频率一定的条件下,通过控制两次连续采样之间的相位增量(不得大于 $\pi$ )来改变所得的离散序列的频率,然后经保持和滤波,唯一地恢复出该频率的模拟信号。与其他频率合成方法比,直接数字频率合成器(DDS)具有频率捷变速度快、频率分辨率高、输出相位连续、可编程和全数字化、便于集成等突出优点,因此,它得到了越来越广泛的应用,成为众多电子系统中不可缺少的组成部分。本文通过 AT89S51 单片机来实现对 DDS 芯片 AD9852<sup>[3]</sup>控制,来产生 10MHz 频率内的正弦信号、调幅信号、调频信号、ASK 及 PSK 信号。

### 1 AD9852 介绍

AD9852 具有高速频率转换、高分辨率、高稳定性、低相位噪声以及输出信号易数字式调制等特点,是新型数字化高密度集成电路产品。当提供给 AD9852 精确的频率时钟源时,AD9852 将产生高稳定、频率相位幅度可编程的正弦波,该正弦波可作为信号源广泛应用于通信工程、雷达以及许多其它设

施。AD9852 的主要性能如下:

- (1) 含有 300MHz 内部时钟;
- (2) 具有集成化的 12 位 D/A 输出;
- (3) 超高速、每秒抖动偏差仅 3RMS;
- (4) 具有良好的动态性能:在 100MHz 输出时仍具有 80dB SFDR;
- (5) 内含 4~20 倍可编程参考时钟倍乘器;
- (6) 带有双向 48 位可编程频率寄存器和双向 14 位可编程相位寄存器;
- (7) 具有 12 位振幅调谐和可编程的 Shaped On/off Keying 功能;
- (8) 具有单脚 FSK 和 PSK 数据接口;
- (9) HOLD 引脚具有线性或非线性 FM 线性调频功能;
- (10) FSK 的线性频率在时钟发生模式下的总偏差小于 25ps RMS;
- (11) 可自动进行双向频率扫描;
- (12) 可进行  $\sin(x)/x$  校正;
- (13) 有简化的控制接口:
  - 10MHz 的串行两线或三线外围接口;
  - 100MHz 的 8 位并行程序设计接口。

- (14) 采用 3.3V 供电;
- (15) 具有多路低功耗功能;
- (16) 可采用单端或差分参考时钟输入;
- (17) 采用小型 80 引脚 LQFP(14×14×1.4mm)封装形式。

AD9852 由外部控制逻辑输入数据和地址,并通过读、写程序寄存器置值来控制 DDS 的工作模式;同时,参考时钟频率通过可编程参考时钟倍乘器、DDS、反向正弦滤波器、计数倍乘器、两个 300MHz 的 12 位数模转换器来输出模拟信号并以选定的工作模式进行工作。

## 2 系统构成

### 2.1 硬件电路设计

该系统结构框图如图 1 所示。

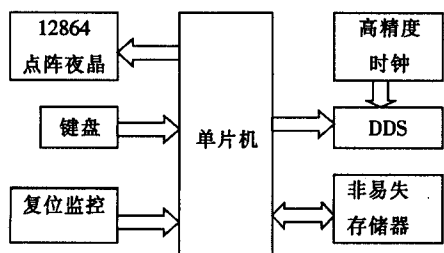


图 1 系统框图

该系统以 AT89C51 单片机为控制核心,用 P1 口作为数据总线,P2 口作为地址总线,P3 口作为读写控制对 AD9852 进行操作。其接口电路如图 2 所示。AD9852 的串并选择管脚设置为高电平。在调试过程中发现若 AD9852 的参考时钟具有较高的频率稳定度,输出信号的频谱噪声比信号小 60dB 以上。在 PCB

布线时采用单点接地,且要注意电源去耦等,这将大大改善输出信号的频谱噪声特性。

人机交互由 P0 口扩展,其中键盘扫描电路采用 HD7279,显示部分采用 12864 点阵模块 LM3033。HD7279 和 LM3033 均采用串行接口,占用 I/O 口线较少。通过键盘设置输出信号类型、信号频率、幅度、调幅度、频偏等参数。

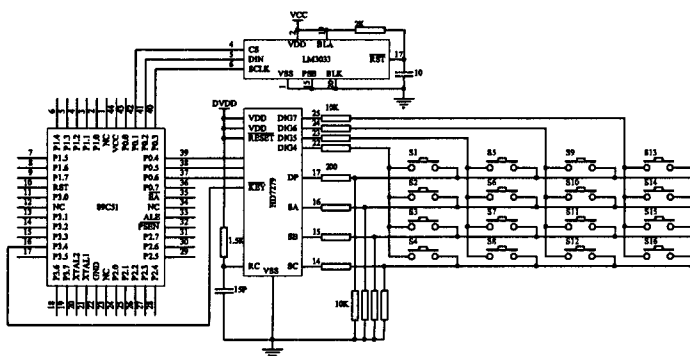


图 3 人机交互接口

由于 AD9852 的输出信号,受参考时钟及器件本身噪声等因素的影响,高端散杂噪声干扰较大,为得到频谱纯度很好的信号,采用七阶椭圆函数低通滤波器,滤波器电路及频率特性仿真图如图 4 所示,上限截止频率为 10MHz,通带内幅频特性平坦。

AD9852 输出电流范围是 5~20mA,在输出典型电流值 10mA 时,在 50Ω 负载上仅有 500mV 电压,需要进行幅度放大,考虑到增益带宽积、压摆率等性能指标最终选取集成宽带运放 AD811。AD811 单位增益带宽为 140MHz,压摆率 2500V/μs,输出信号幅度可达 10V 以上。

### 2.2 软件设计

AD9852 的内部系统时钟由外部有源晶体振荡器经内部锁相环倍频产生,倍频数可在 4~20 之间选择;系统内部时钟选取 100MHz,片外时钟选取 10MHz,倍频数为 10。相位累加器在每个系统时钟周期完成一次累加操作,所加的值为频率控制寄存器的值,相位累加器和频率控制寄存器均为 48 位寄存器,相位累加器的输出与相位偏移寄存器的值相加作为正弦表的查表地址,相位累加器每溢出一次,表格查

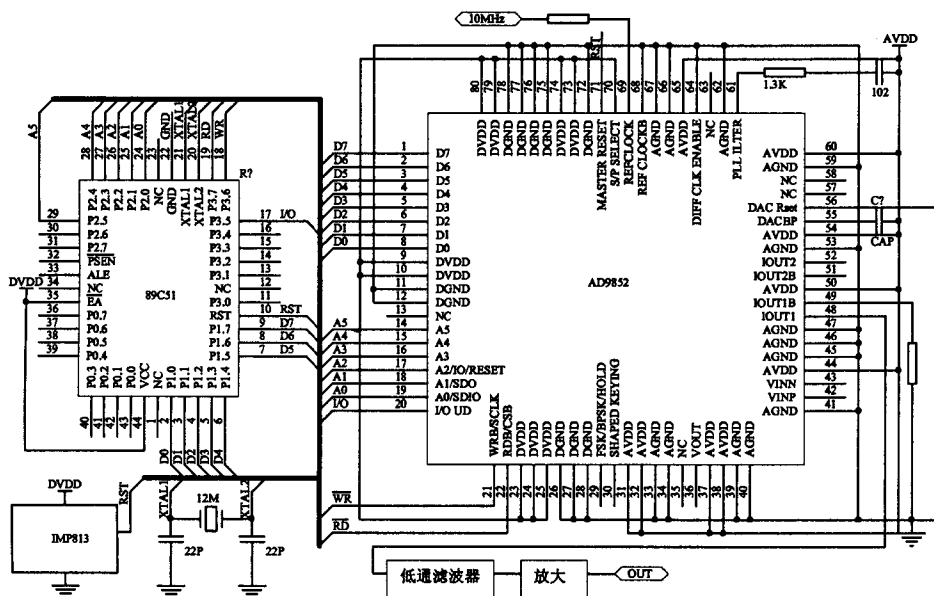


图 2 AD9852 和单片机接口电路

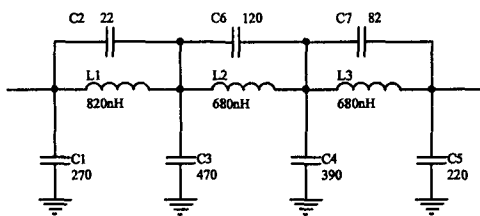


表 1  $m_a$ 、 $ATW$ 、 $|K_s|$  之间的关系

$m_a$	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
$ATW$	2252	2457	2662	2867	3072	3276	3481	3686	3891	4095
$ K_s $	204	409	614	819	1024	1228	1433	1638	1843	2047

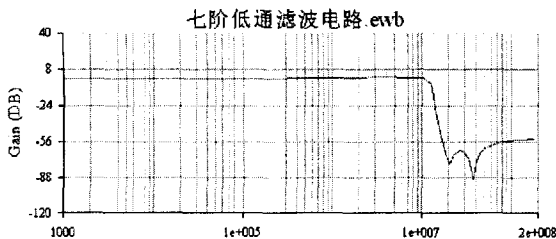


图 4 七阶椭圆滤波器电路图及仿真框图

完一次,溢出频率即为输出信号频率。通过设置频率控制寄存器中的值  $K$  可改变频率,不仅可实现频率步进,还可通过程序对其动态修改实现调频。所以输出频率为

$$f_0 = \left( \frac{K}{2^{48}} \right) \times f_{systemclk}$$

通过修改幅度控制寄存器的数值可实现调幅功能及 ASK 功能。对于调幅信号输出载波幅度应设为最大值的一半,对应 12 位幅度控制寄存器的值为 2048,则调制度与幅度控制寄存器数值的关系为

$$m_a = \frac{ATW - 2048}{2048}$$

式中  $ATW$ —在该调制度下幅度控制寄存器的最大值;

$m_a$ —调制度。

则调制信号量化并经单片机处理(放大或压缩及偏移)后取值范围  $K_s$  为

$$|K_s| = ATW - 2048$$

则  $m_a$ 、 $ATW$ 、 $|K_s|$  之间的关系如表 1 所示。

若调制度为 10%, 则应为 -204~204,  $ATW$  应在 2048 基准上上下最大偏移 204, 若调制度为 20%, 则最大偏移值为  $204 \times 2 = 408$ , 其他依次类推。当工作于 ASK 模式时, 只需将幅度控制寄存器的值按码流电平高低送全 1 或全 0 即可实现 ASK 功能。

PSK 功能可通过赋给两个相位偏移寄存器适当值实现, 二值 PSK 可赋两个相位偏移寄存器分别为 0 和 1/2 最大值(即 2000H), 对应相位偏移为 0 和  $\pi$ , 由外部 BPSK 引脚输入调制信号, 高电平选择相位偏移寄存器 1, 相位变化为 0, 低电平选择相位偏移寄存器 2, 对应相位变化为  $\pi$ 。主程序框图如图 5 所示。

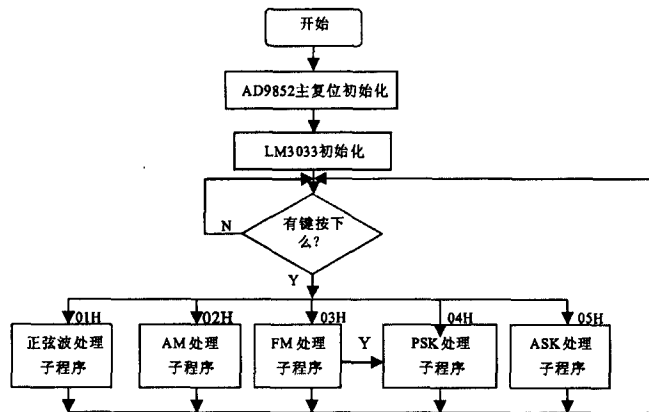


图 5 软件流程图

### 3 仪器参数

正弦波信号频率范围: 0.05Hz~10MHz;

频率输出精度: 0.01Hz;

幅度输出范围: 1~10V;

调幅度设定范围: 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%;

调频信号频偏: 5kHz~10kHz;

调制信号: 50Hz~20kHz;

附加功能: ASK、PSK。

### 4 总结

把 DDS 应用到信号源设计中, 是直接数字合成技术应用的一个重要方面。该系统利用单片机对 DDS 芯片 AD9852 进行控制, 简单方便、易于操作, 同时对输出信号进行有效的滤波和放大, 完全能满足一般应用场合的需要。通过适当的扩展, 该信号源可输出频率更高的信号, 并可产生任意信号。目前该信号源已应用于教学, 具有很高的实用价值。

### 参考文献

- [1] 王秋生, 王 祁, 孙圣和. 直接数字合成调频信号的研究[J]. 仪器仪表学报, 2000, (4).
- [2] 乐 翔, 秦 士. 直接数字合成信号的杂散性能分析[J]. 清华大学学报, 2000, (1).
- [3] Technical Data Sheet. AD9852—CMOS 300MHz Complete DDS synthesizer[Z]. Analog Device Inc, 2000.

作者简介:

王永涛(1971-), 男, 讲师, 主要从事电子测量仪器开发方面的研究。

收稿日期: 2006-04-12

(丘 源 编发)