

基于MSP430单片机和直接数字合成技术的信号发生器

胡虎斌, 胡仁杰

(东南大学 电气工程学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 介绍了基于直接数字合成技术(DDS)的正弦信号发生器的工作原理、系统结构及软硬件设计,该系统采用AD9850为核心芯片,以MSP430单片机为控制芯片,给出了AD9850子程序。系统能够实现高精度、宽频带、控制灵活的正弦信号输出。输出信号稳定不失真,工作性能可靠,具有广泛的应用前景。

关键词: 直接数字合成技术; 正弦信号发生器; AD9850 芯片

中图分类号: TM73; TP368.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-3175(2008)11-0038-03

Signal Generator Based on MSP430 Microcontroller and Direct Digital Synthetic Technology

HU Hu-bin, HU Ren-jie

(School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Introduction was made to the working principle, system structure, and hardware and software design of sinewave signal generator based on direct digital synthetic technology (DDS). The system adopted AD9850 as core chip, MSP430 microcontroller as control chip, giving out AD9850 subprogram. The system can realize high accuracy, wide frequency band, sinewave signal output which is flexible to control. The output signal is without distortion, reliable in working performance with broad application prospect.

Key words: direct digital synthesizer; sine signal generator; AD9850 chip

0 引言

直接数字频率合成器DDS(Direct Digital Frequency Synthesis)相对带宽很宽,频率转换时间极短(ns级),频率分辨率很高(可达 μHz),全数字化结构便于集成,输出相位连续,频率、相位和幅度均可实现程控。因此能够充分发挥软件的作用,并且成本低,功耗小。采用DDS芯片AD9850和低功耗MSP430单片机实现的正弦信号发生器,输出信号具有高精度、高频率、高稳定度的特点。

1 DDS的基本原理

直接数字合成法采用直接数字合成技术DDS(Direct Digital Synthesizer),这是一种新型的频率合成技术,主要通过相位累加查表方法实现任

意波形合成,它将波形幅值数据存到波形存储器中,调节频率控制字,并在时钟源的激励下让相位累加器以频率控制字为间隔采样波形存储器中所存波形,最后经D/A转换器和低通滤波器输出波形。本设计采用一款典型的DDS芯片AD9850^[1]。

AD9850芯片的主要性能指标如下:

(1)单电源工作: +3.3 V或+5 V; (2)接口简单,可用8位并行口或串行口直接装载频率和相位调制数据; (3)片内有高性能D/A转换器和高速比较器,可输出正弦波和方波; (4)最高工作时钟125 MHz, 32位频率控制字保证在125 MHz的工作时钟下频率分辨率达0.029 1 Hz; (5)5位调相控制字,可实现相位调制功能; (6)频率转换速率极快,可达 2.3×10^7 次/s; (7)低功耗: 在125 MHz时钟频率、+5 V电源工作时,功耗为380 mW; (8)110 MHz时钟频率、+3.3 V工作时,功耗为155 mW。

AD9850芯片采用先进的DDS技术,在内部集成

作者简介: 胡虎斌(1984-),男,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统与控制技术。

了32位相位累加器、14位正/余弦查询表和高性能的10位D/A转换器以及一个高速比较器,其原理框图如图1所示。

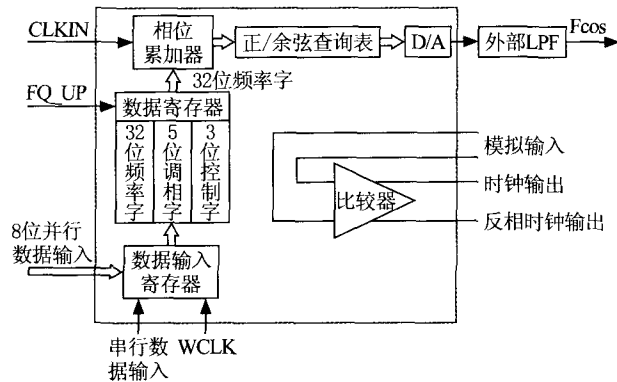


图1 AD9850芯片原理框图

2 正弦信号发生器的硬件设计

本设计采用MSP430系列16位单片机MSP430F449作为主控芯片^[2],MSP430采用高效的精简指令集(RISC)结构,此单片机具有非常高的集成度,它集成了多通道12-bit的A/D转换器、模拟比较器、多个包含捕捉/比较寄存器的定时器、串行通信接口USART、看门狗定时器、数控振荡器(DCO)、硬件乘法器、大量的I/O端口以及最多可达64KB的Flash和2KB RAM,可以满足大多数设备的应用需要。其内部预设了JTAG模块,具有完整的在线调试功能,可

利用片内Flash方便地实现软件升级。

本系统硬件接口电路如图2所示,MSP430通过P3口与AD9850连接,P2.5、P2.6和P2.7分别模拟DDS_RST、FQ_UP和W_CLK。P1口与键盘连接,P4、P5口接RT12864CT图形点阵液晶显示,实现人机交互。

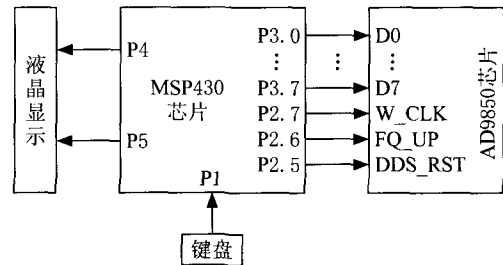


图2 硬件接口电路

AD9850芯片的外围电路如图3所示,AD9850通过并口写入的频率控制字来设定相位累加器的步长大小,相位累加器输出的数字相位通过查找正/余弦查询表得到所需频率信号的采样值,然后通过D/A变换,输出所需频率的正弦波信号。还可以通过高速比较器将该正弦波信号转换成方波,作为时钟信号输出。输出信号的频率公式: $f_{out} = (\Delta Phase \times CLKIN) / 2^{32}$;其中 f_{out} 为输出频率,其单位为MHz。 $\Delta Phase$ 为32位的频率转换字。 $CLKIN$ 是DDS芯片工作频率,系统使用106.25MHz的有源晶振。当 $CLKIN=106.25\text{MHz}$ 时,频率合成器的分辨率 $\Delta f_{out} = CLKIN / 2^{32} = 0.0247\text{Hz}$ 。

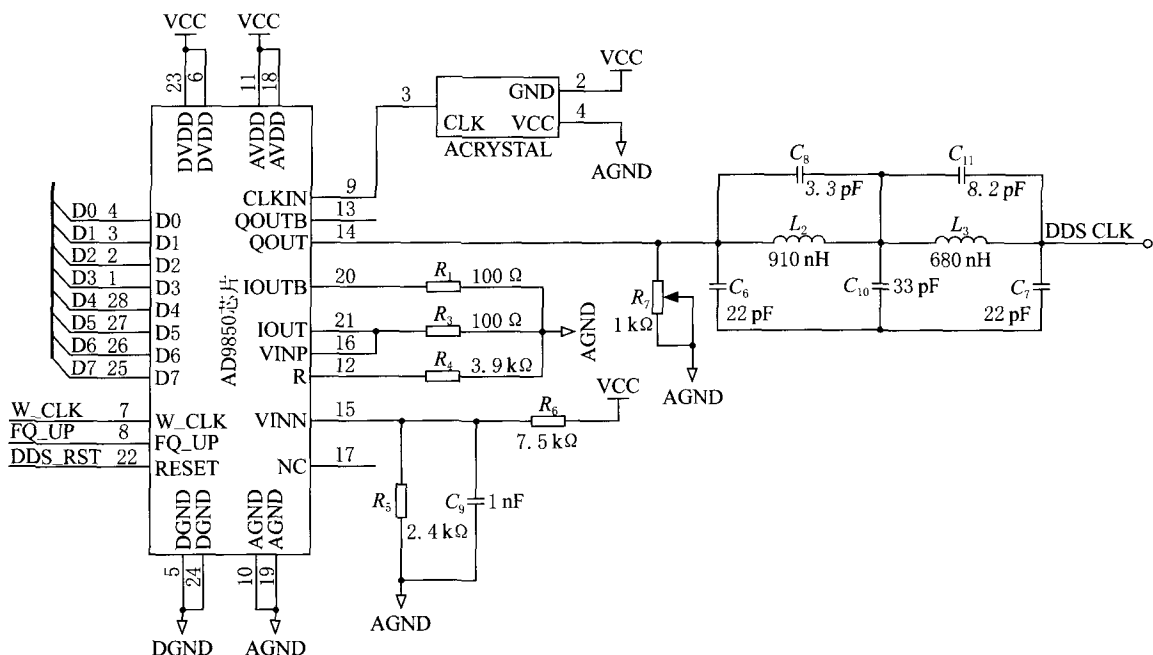


图3 AD9850芯片外围电路图

3 软件设计

3.1 初始化

初始化包括系统内存单元清零, 液晶的初始化并显示本系统开机画面, 键盘初始化并开外部中断, 然后进入低功耗状态。

3.2 按键处理

MSP430单片机P1口具有中断功能, 采用中断方式判断是否有键按下, 消抖后用扫描方式找到闭合键。中断产生后唤醒MSP430。按键被定义为功能键和数字键, 功能键用于选择输出波形方式: 正弦波, AM, FM, ASK, FSK, 后四者用于功能扩充; 数字键用于输入频率。

3.3 AD9850子程序

AD9850外围电路图如图3所示, 操作流程为上电后对AD9850进行复位, 以保证后续操作的有效性; 然后对AD9850频率数据寄存器进行更新, 在5个总线写操作周期中, 将工作方式字W0和频率参数W1~W4依次写入AD9850, 最后使FQ_UP产生一个高电平脉冲(对其地址进行一次写操作), 经过18个工作时钟周期后AD9850就输出所需要的频率信号。输出的信号经过一个低通滤波器滤波后得到所需要的波形。AD9850数据更新时序图如图4所示。

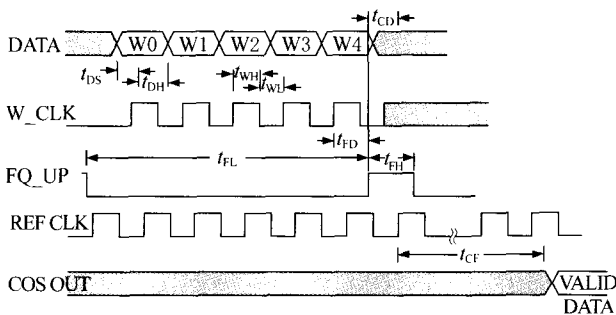


图4 AD9850芯片数据更新时序图

AD9850子程序为:

```
void dds_init(void)
{
    P3DIR=0xFF;
    P3OUT=0x00;
    P2DIR=0xFF;
    P2OUT=0x00;
    P2OUT|=BIT5; // DDS_RST置1
    P2OUT^=BIT5; // DDS_RST置0
}
```

```
void dds_freq(char Fq_Word[5]) //存放频率控制字
{
    int i;
    P2OUT &=~BIT6; // FQ_UP置0
    for(i=0; i<5; i++)
    {
        P3OUT=Fq_Word[i];
        _NOP();
        P2OUT|=BIT7; // W_CLK置1
        _NOP();
        P2OUT^=~BIT7; // W_CLK置0
    }
    P2OUT|=BIT6; // FQ_UP置1
    _NOP();
}

void dds_freq_change(unsigned long Fq_Value)
{
    char Fq_Word[5];
    Fq_Word[0]=0;
    Fq_Word[1]=(Fq_Value & 0xff000000)>>24;
    Fq_Word[2]=(Fq_Value & 0x00ff0000)>>16;
    Fq_Word[3]=(Fq_Value & 0x0000ff00)>>8;
    Fq_Word[4]=(Fq_Value & 0x000000ff);
    dds_freq(Fq_Word);
}
```

4 结语

通过对正弦信号发生器在不同频率下的输出波形进行了测试, 本系统能够实现高精度、宽频带、控制灵活的正弦信号输出。输出范围1 Hz~30 MHz, 频率步进1 Hz, 输出频率稳定。输出信号稳定不失真, 工作性能可靠, 具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 张晞, 王德银, 张晟. MSP430系列单片机实用C语言程序设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [2] 沈建华. MSP430系列16位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

收稿日期: 2008-06-23