

## 基于 DDS 技术的通信信号源设计与实现

· 论文 ·

刘 伟, 黄瑞光

(华中科技大学 电信系数字视频中心, 湖北 武汉 430074)

**【摘 要】**介绍了用数字方式实现频率合成技术的基本原理和 DDS 芯片 AD9852 的结构、功能特点, 并采用单片机控制 AD9852 设计及实现能产生多种信号模式的声频通信信号源, 可以通过串口通信修改输出信号的参数。在水声通信可利用带宽很窄的情况下具有实用价值。

**【关键词】**频率合成; 直接数字频率合成; 单片机控制; 串口通信

**【中图分类号】** TN914.3

**【文献标识码】** B

## Design and Realization of Communication Signal Source Based on DDS Technology

LIU-Wei, HUANG Rui-guang

(Huazhong University of Science &amp; Technology, Wuhan 430074, China)

**【Abstract】** Direct digital synthesizer(DDS) is a new method in frequency synthesizer. Underwater acoustic communication has become a hotspot in modern communication research, because of its advantage, direct digital synthesizer has been widely applied to it. The principle of DDS, the structure and features of AD9852 are introduced. Audio communication signal source which can generate multiple signal modes is designed and realized by MCU controlled AD9852. It can modify the parameter through serial interface. This paper also introduces some application of this signal source. It is worth using under the circumstance of narrow band in underwater acoustic communication.

**【Key words】** frequency synthesizer; DDS; MCU; serial interface communication

在浅海环境中利用声波进行数字通信是正在发展中的技术。水声通信通常采用 FSK 调制方式的非相干检测方式传输信息, 当传输的信息量足够大时, 采用多进制频移键控方式(MFSK)在无线通信中广泛应用的跳频技术在水声通信当中也得到了应用; 时延差编码方式是一种比较新的通信方式, 它利用线性调频信号的自相关特性有效实现通信; 此外, QPSK 方式以及其它一些在无线通信中得到应用的通信方式也逐渐被应用到水声通信当中。

笔者采用了数字频率合成技术设计并实现了能产生多种信号形式的信号源, 输出信号的参数通过软件灵活控制, 具有很强的可控性。笔者利用该信号源, 根据不同通信模式特点对信号源的输出进行控制, 实现了 MFSK 和时延差编码通信方式的信号输出。

## 1 DDS 的基本原理

直接数字频率合成(DDS)是一种新的频率合成技术, 它将先进的数字处理理论与方法引入频率合成领域, 全数字化结构便于实现程控。采用全数字的频率合成器, 频率切换速度快, 便于控制, 而且易于实现, 也能产生线性度高的线性调频信号。实现线性调频信号输

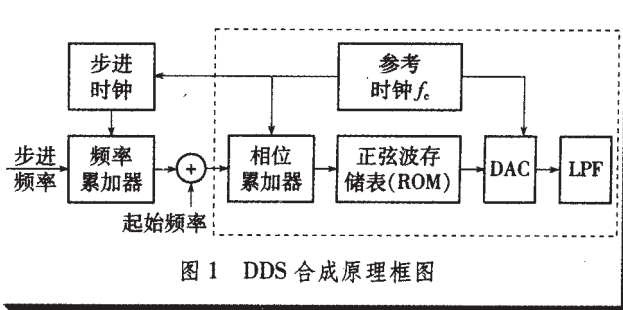


图 1 DDS 合成原理框图

出的 DDS 的原理框图如图 1 所示。

图中虚线框为正弦输出的 DDS 的原理框图, 相位累加器的输入为频率控制字 FCW。输出正弦波时, ROM 中存有一个周期正弦波波形取样点幅度值的编码, 在外部时钟的控制下, 加法器将被锁定的频率控制字与累加寄存器输出的累积相位数据不断累加, 输出的相位序列(即相位码)作为地址去寻址 ROM, 得到离散的幅度编码, 该幅度码经过 DAC 变换后得到模拟的阶梯电压, 再经过低通滤波器平滑后, 即得到所需的正弦信号。相位累加器实现相位的线性变化, 而线性调频信号的相位不是线性变化的, 因此需要在相位累加器的前面增加频率累加器, 其输入为步进频率, 在步进时钟的控制下与起始频率相加, 实现输出频率的线性变

化。

在正弦波输出时,设 DDS 的时钟频率为  $f_c$ , 频率控制字为  $W_{FC}$ , 相位累加器的位数为  $N$ , 则 DDS 的输出频率为  $f_0 = \frac{f_c}{2^N} \times W_{FC}$ , 频率分辨率为  $f_c/2^N$ , 相位累加器的位数决定了 DDS 的频率分辨率。所以在 DDS 结构及参考时钟确定的前提下,通过控制  $W_{FC}$  就可以方便地控制输出频率  $f_0$ 。产生线性调频信号时,通过对步进频率和起始频率的控制,就可以改变线性调频信号的输出斜率和扫频范围。

## 2 信号源的具体设计与实现

### 2.1 系统结构设计

DDS 技术具有广泛的应用,它可实现多点、高相噪的点频和频率步进输出,可用来实现 MFSK、QPSK 等通信方式,在扩频通信中能实现跳频模式。Qualcomm 公司的 DDS 芯片系列有 Q2220、Q2230 等,内部没有集成 D/A; Analog Device 公司的 DDS 芯片有 AD9850, AD9852 等,内部集成了高度 D/A,应用更方便。

该信号源要产生的信号形式有单频连续波、单频脉冲波、线性调频连续波、线性调频脉冲等波形,AD9850 为基本 DDS 的结构,不支持线性调频波形的输出,而 AD9852 为图 1 所示的结构框架,能输出高信噪比的点频信号,支持线性调频波形的输出和多种工作模式,支持并行和串行接口操作,数据寄存器和控制寄存器统一编址,控制方便。因此,这里采用 AD9852。

以 AD9852 为核心配以外围控制电路和功放电路实现的信号源的结构框图如图 2 所示。

### 2.2 信号源的工作过程

基于 PC 机设计的人机交互软件接收关于输出信号参数的输入,包括输出信号频率、输出信号脉冲宽度、信号重复周期;对线性调频信号还包括线性调频的斜率、扫频范围、起始频率等;对跳频信号输出,包括跳频工作速率等参数。当需要利用信号源实现 MFSK 和时延差编码通信方式时,需要选择相应的工作方式。PC 将这些参数转

换成 AD9852 正常工作时所需要的控制字,通过串口传送给单片机,由单片机根据接收到的参数,由软件控制 AD9852 的工作,将相应的数据写入 AD9852 的控制和数据寄存器实现期望的输出,同时 PC 机的控制命令也通过串口和单片机进行交互,控制信号源的输出。

### 2.3 硬件设计

该信号源电路结构框图如图 3 所示。根据实现各种调制模式的需要,信号源电路外扩了 8 K 的 RAM 用来存储数据和参数。AD9852 和外部 RAM 统一编址,根据 P2.7,  $\overline{RD}$ ,  $\overline{WR}$  构成的组合逻辑来进行片选,设定的 RAM 所占用的地址空间为 E000H~FFFFH。AD9852 的接口有串口和并口 2 种方式可以选择,将并口/串口选择管脚置为“1”,选择并口方式,这样每次对 AD9852 的一个寄存器进行修改,频率切换的速度快。AD9852 有 6 根地址线,39 个寄存器单元根据地址的选择进行操作,占用的地址空间为 7F00H~7F27H。对 AD9852 的控制信号,用单片机的 P1 口的部分 I/O 线直接进行控制。另外考虑到 AD9852 是 3.3 V 供电,AT89C52 是 5 V 供电,采用电平接口芯片实现电平转换。

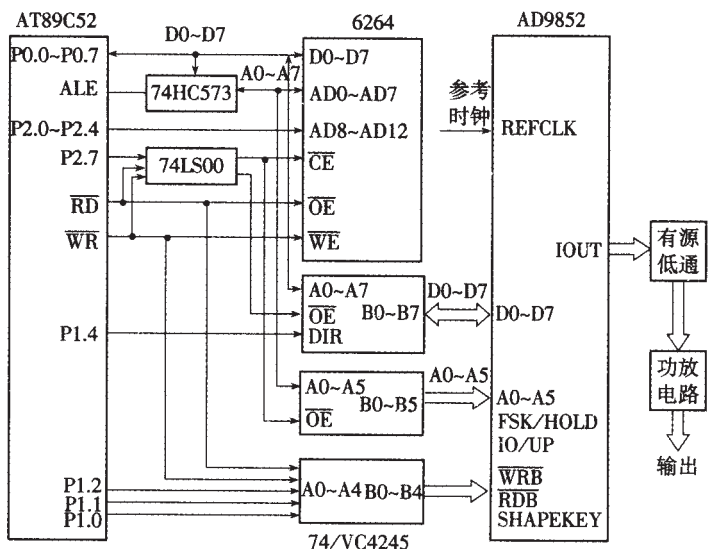


图 3 AT89C52 控制 AD9852 的通信信号源接口电路框图

AD9852 的输出经过设计的有源低通滤波电路,由于输出的信号频率在音频范围,而根据 DDS 合成的频谱分析,固有的杂散频率和期望输出频率的间隔很大,采用 LM148 设计了带增益的二阶有源低通滤波电路,考虑到应用频率范围为声频,因此滤波器的截止频率设计为 50 kHz。滤波电路的输出经功放电路后加到换能器上实现发射。

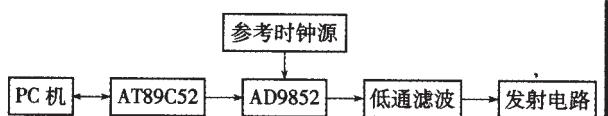
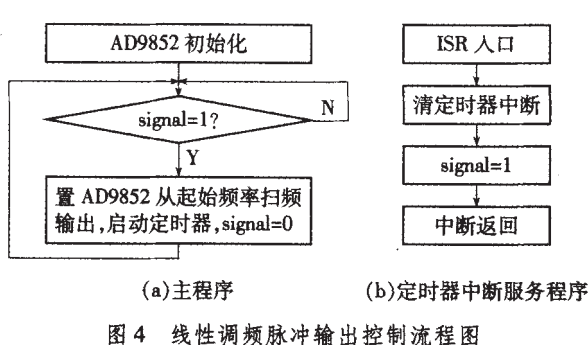


图 2 信号源电路结构框图

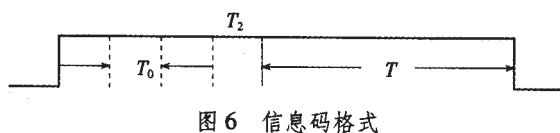
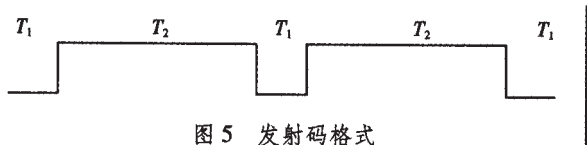
## 2.4 软件设计

AT89C52 接收参数, 根据参数确定相应的工作方式, 进而根据要求控制 AD9852 的输出。信号源的系统软件采用 C51 开发, 可读性强, 开发容易。信号源实现线性调频脉冲输出的软件控制流程如图 4 所示, 定时器定时值为输出线性调频脉冲的脉冲时间宽度, 线性调频脉冲的步进频率根据输入的参数设定。



## 3 信号源的应用

利用所设计的信号源可实现时延差编码和 FSK 这 2 种通信方式。时延差编码通信方式利用时延差编码, 在发射端利用线性调频信号脉冲的时延值进行时延编码, 在接收端采用时延估计技术进行时延解码。发射码格式如图 5 所示, 信息码格式如图 6 所示, 其中  $T_1$  为停止时间,  $T$  为线性调频脉冲持续时间,  $T_0$  为基本时隙,  $T_2 = T + NT_0$ ,  $N$  由信息码决定。

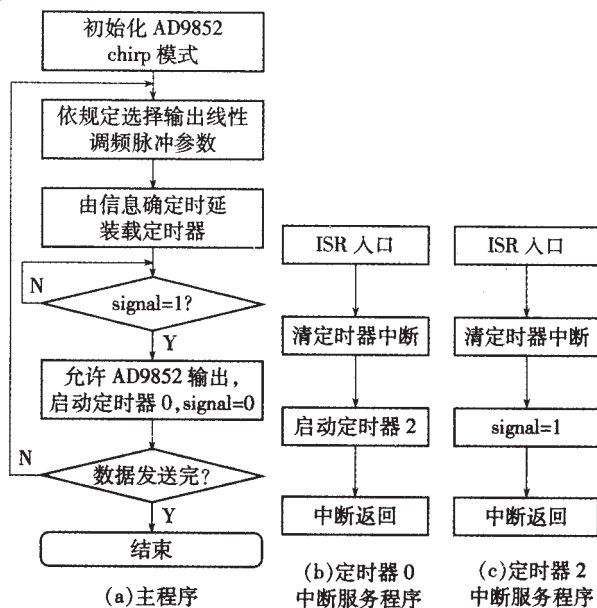


不同的时延值代表不同的信息码, 一组线性调频脉冲按规定的顺序产生。

利用该信号源, 通过软件控制产生时延差编码调制信号, 软件流程如图 7 所示。

输出的调制信号经频谱仪观察, 在扫频范围内频谱比较理想, 将调制信号经功放电路加到换能器上, 在实验室环境下由接收换能器接收后由数据采集卡采集分析, 输出波形的线性度也基本满足要求。

利用该信号源实现 FSK 调制较方便, AD9852 有



FSK 的数据接口, 将 AD9852 的工作模式设置为 FSK 方式, 根据参数要求控制输出脉冲的长度和输出脉冲的频率即可, 对 MFSK 方式只需根据信息改变输出频率, 控制较简单。经过调制输出的信号质量满足要求。

## 4 总结

经实验证明, 采用该方案设计实现的声频通信信号源工作稳定, 能输出多种形式的信号, 能满足实验当中采用不同模式工作的信号要求。由于 DDS 自身所具有的频率转换速度快、频率分辨率高、工作稳定的优点, 使得该信号输出信号的频率具有极高的分辨率, 在水声通信可利用带宽很窄的情况下具有较强的实用价值。另外, AD9852 所具有的多种工作方式和该方案中采用的灵活的控制方式, 使得利用该信号源可以实现 QPSK, 8PSK, MFSK 等调制方式, 并可方便地实现跳频信号, 应用在需要产生复杂波形、信号调制的系统中。

### 参考文献

- [1] AD9852-CMOS Complete DDS Synthesizer. Technical Datasheet, Analog Instrument Instruction. 2002.
- [2] 渠丽娟, 唐小宏. 用 PIC 单片机控制 DDS 芯片 AD9852 实现雷达跳频系统. 电子技术应用, 2003, (1): 69-71.
- [3] 惠俊英, 刘丽, 刘宏, 冯海宏. Pattern-时延差编码水声通信研究. 声学学报, 1999, 24 (6): 561-573.
- [4] Technical datasheet of AT89C52, ATMEL Technology INC. 2001.

[收稿日期] 2003-10-14