

基于 DDS 技术的 chirp 信号实现方法研究

沈媛媛 刘益成 郑恭明

(长江大学电子信息学院 湖北 荆州)

摘 要: chirp 信号(线性调频信号)具有良好的脉冲压缩性能和高分辨率,因此在可控震源地震勘探中被广泛采用。文章在阐述和分析了线性调频信号原理的基础上,对三种利用直接数字合成技术(DDS)产生 chirp 信号的解决方案进行了对比研究。

关键词: 可控震源; 线性调频信号; DDS

中图分类号: TN911.7 文献标识码: B 文章编号: 1004-9134(2008)01-0078-02

0 引言

在可控震源的数据处理中,可控震源地震勘探的分辨率取决于相关子波的分辨率,相关子波来源于扫描信号和回波信号的互相关。子波形态是决定子波分辨率的重要因素,子波的主瓣突出而旁瓣较小则分辨率高^[1]。因此扫描信号的自相关函数是影响地震勘探分辨率的重要因素。我们在设计扫描信号的时候应该满足扫描信号的相关子波主瓣应具有尖锐的自相关函数,即具有脉冲压缩性能。

1 线性调频信号产生的方法分析

可控震源地震勘探来源于 chirp 雷达技术,可控震源最早采用的也是 chirp 信号(线性调频信号),如图 1 所示, chirp 信号的自相关函数具有明显的主瓣和较小的旁瓣,其作为子波具有良好的分辨率^[1]。线性调频信号是一种在信号持续期内频谱连续性变化的脉冲压缩信号,其产生的方法有模拟法和数字法。现在通常用的是数字法,数字法包括波形存储直读法(DDWS)和直接数字频率合成法(DDFS),以下简称 DDS。

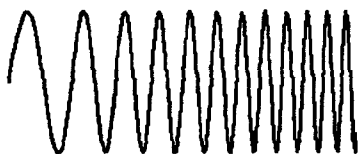


图 1 chirp 信号(线性调频信号)示意图

DDWS 方法是根据预定的采样频率以及所需要信号的带宽、时宽等参数,由信号的数学表达式计算出信号各点的采样值,并按采样顺序预先存储在高速存储器中^[2]。信号产生期间通过对采样时钟计数产生高速地址并寻址存储器,依次读出采样值进行数模转换,再经过低通滤波器产生所需的模拟信号。

DDS 方法是通过相位累加、幅度查表以及数模变换生成模拟信号的一种方法,其实质是参考时钟频率对相位进行等可控间隔的采样以及对采样值的模拟重构,相位累加器在 N 位频率控制字 FCW 的控制下,以参考时钟 f_c 为采样率,产生待合成信号的数字线性相位序列,将其高 M 位作为地址通过正弦查询表 ROM 产生对应信号波形的幅度数字序列,再由数模变换器 DAC 将其转化为阶梯模拟电压波形,最后由具有内插作用的低通滤波器 LPF 将其平滑为连续的正弦波形输出,信号产生原理图如图 2 所示。

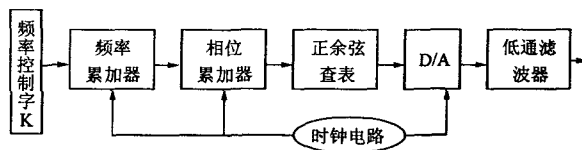


图 2 DDS 产生线性调频信号原理图

上图中输入的初始化频率为 f_0 , 线性调频信号瞬时频率为 $f(t) = f_0 + Kt - \frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2}$, 线性调频信号瞬时相位函数 $\Phi(t) = 2\pi \int_{-0.5T}^t (K\tau + f_0) d\tau$, 在线性调频模式下, 频率累加器首先产生线性瞬时频率 $f_0 +$

Kt , 该瞬时频率输出到累加器上进行积分, 获得平方率瞬时相位 $\Phi(t) = 2\pi f_0 t + \pi k t^2$, 平方率瞬时相位加到正弦查表电路就可以获得数字线性调频信号, 经 D/A 转换后再对杂波进行抑制后输出模拟的线性调频信号。

两种方法各有特点: DDWS 需要高速的地址产生和数据读取, 可以产生各种形式的波形信号, 对器件的速度要求更高一些; 而 DDS 使用的是两级累加器, 一般专用于产生线性调频信号; DDS 的 ROM 存储器中保存一个周期的采样值, 存储容量由频率分辨率所决定; DDWS 的存储器作为波形存储器可以根据要产生的波形形式存储信号的采样数据, 存储容量由系统时钟和一个周期波形长度决定。

在可控震源中通常需要的是线性调频信号, DDS 在相对带宽、频率转换时间、高分辨率、相位连续性、正交输出以及集成化等一系列性能指标方面远远超过传统频率合成技术所能达到的水平, 为系统提供了优于模拟信号源的性能, 因此采用 DDS 技术更适合要求。

2 实现 DDS 的三种技术方案

2.1 采用 DDS 芯片 AD9854

AD9854 是美国 ADI 公司推出的高性能、多功能且使用简单的芯片, 它只需写入少量的控制字即可实现不同的功能。它主要由时钟倍频器、频率累加器、相位累加器正弦转换表、反 sinc 滤波器、可编程寄存器、频率和相位控制字乘法器、DAC 变换、I/O 口缓冲器、比较器等组成。AD9854 有 5 种基本工作方式^[3], 我们可以选择 CHIRP 工作方式产生我们所需要的线性调频信号, 其工作方式是按照预先设定好的步进频率使输出频率在设定的频率范围渐变, 并且可以通过外部输入信号控制其输出的 LFM 信号的扫频方向。在系统中我们可以选择 MCS-51 系列单片机对其进行控制, 软件流程图如图 3 所示。

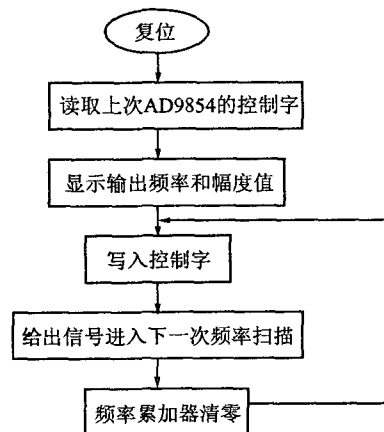


图 3 控制流程图

2.2 利用 FPGA 自行设计 DDS 电路

FPGA 采用了逻辑单元阵列 LCA (Logic Cell Array) 技术, 内部包括可配置逻辑模块 CLB (Configurable Logic Block)、输出输入模块 IOB (Input Output Block) 和内部连线 (Interconnect) 三个部分。具有体系结构和逻辑单元灵活、大规模、高集成度、高可靠性、高速、可反复配置和功能强大的智能开发工具支持等特性, 可以完成从设计输入、编译、逻辑综合、器件适配、设计仿真、定时分析、器件编程的所有过程^[4]。且可以有文本输入、原理图输入、状态图输入以及模块输入等多种方法实现同一目标。

以文本输入为例, 根据图 2 所示原理框图, 在 Quartus II 中分别建立 DDS 的顶层文件 DDS_VHDL.vhd 和底层模块文件, 底层模块包括 32 位加法模块 ADDER32B.vhd、10 位加法模块 ADDER10B.vhd、32 位寄存器模块 REG32B.vhd、10 位寄存器模块 REG102B.vhd、ROM 查找表模块 SIN_ROM.vhd 和 10 位正弦波初始化数据文件 ImpSinLUT.mif。综合此 DDS 的 VHDL 程序得到图 4 所示的 RTL 电路。

2.3 基于 DSP 的 DDS 线性调频控制

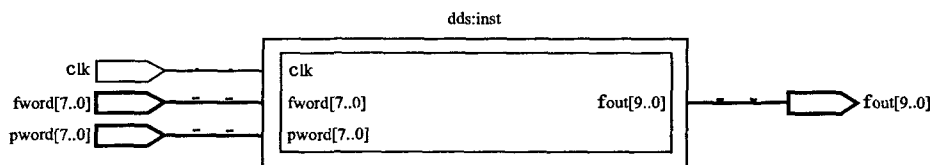


图 4 RTL 电路图

线性调频信号类似于正弦信号, 我们首先可以通过 DSP 产生一个正弦信号, 然后利用 DDS 的基本原理, 控制每次采样的相位增量 $\Delta\theta$, 并输出模为 2 的相位, 将其转化为对应相位的正弦波幅度并存入存储器 ROM 中, 相位指向地址, 存储器的内容为量化后的离散正弦波幅值代码, 然后由数模转换器来将幅值代码转换模拟信号^[5]。要想得到线性调频信号我们必须控

制相位的增量, 假设最小相位增量为 $\Delta\theta = \frac{2\pi}{M}$, 我们可以得到可变的信号频率 $f_0 = \frac{Kf_c}{M}$, 其中 K 为频率控制字, f_c 为采样频率。通过对相位增量的控制可以实现对信号频率的控制, 程序设计流程图如图 5 所示。

(转第 77 页)

经济可行的注水开发调整方案。

3.5 应用效果分析^[6]

通过方案制定措施,将高含水井转注1口,以此增加受效方向改善低产出油井动用状况,同时对砂体规模较小的井组进行压裂、补孔措施2口,增加井间连通程度,进一步扩大水驱控制程度(达到82.59%)。对比调整方案实施前后6个月的动态数据表明,流压从调整前的1.64 MPa回升到1.81 MPa,日产液能力有所提高,由从措施调整前的74 m³稳定在77 m³,平均单井日产油保持在2t的水平,阶段含水上率由调整前的4.1%降低为3.8%。采用多学科技术联合制定出的措施调整方案在矿场实施中的整体开发效果改善明显。

4 结论与认识

(1)通过多学科协同工作,实现技术整合是提高复杂断块油藏注水开发水平的重要研究思路。

(2)油藏工程动态分析结合数值模拟技术的历史拟合工作可以验证油藏描述对实际油藏的地质认识程度,结合地质人员校正量化的油藏各项属性参数,为技术经济可行的方案调整提供理论依据。

(3)油藏数值模拟技术承接了油藏描述成果并为开发方案的确定提供了重要的综合性技术,实现技术因素与经济因素之间的沟通。

(4)三维地质模型及数值模拟模型封装了地震、地质、油藏多学科研究的数字化成果,实现了数据共享,使建立的数值模拟模型能够让地质学家、油藏工程师以及经济学家多次利用,搭建共同工作交流的平台。

参考文献

- [1] 李福垠. 油藏经营管理中的主要技术[J]. 中国海上油气地质, 2000, 14(2)
- [2] 吴胜和. 储层建模[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999
- [3] 李慧莉. 桥口油藏三维可视化地质模型的建立及应用[J]. 断块油气田, 2000, 7(3)
- [4] 秦同洛. 实用油藏工程计算方法[M]. 北京: 石油工业出版社,
- [5] 姜汉桥, 谷建伟, 陈月明, 等. 剩余油分布规律的精细数值模拟[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1999, 23(5)
- [6] 李福垠. 黑油及组分模型的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1996

(收稿日期: 2007-05-17 编辑: 梁保江)

(接第79页)

3 结束语

以上三种方法都能产生线性调频信号,采用DDS芯片AD9854开发周期短,实现简单,但扩展性较弱,产生的信号类型往往受到芯片型号的限制;利用FPGA则可以根据需要方便地实现各种比较复杂的调频、调相和调幅功能,但信号精度不如DDS专用芯片产生的信号精度高;利用DSP产生方法ROM查询表法结构比较简单,而且扩展性好,可以实现任意波形的输出,在有效控制杂散后,有较好的实用价值。

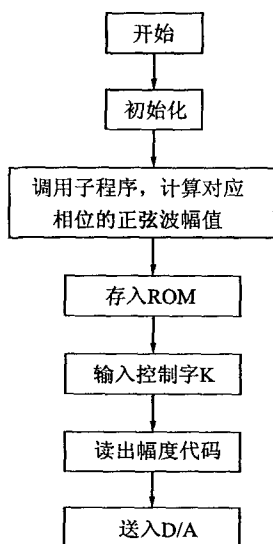


图5 程序设计流程图

参考文献

- [1] 林君. 电磁驱动可控震源地震勘探原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [2] 霍志勇. 基于DDS的雷达扫频信号产生系统研究[D]. 西安: 电子科技大学, 2005
- [3] 王江. LFM CW雷达波形产生器的研制[D]. 成都: 电子科技大学, 2004
- [4] 潘松, 黄继业. EDA技术与VHDL[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005
- [5] 徐云, 迟忠君, 张凯洪, 等. 基于DDFS技术的双通道任意波形信号发生器[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(5)

(收稿日期: 2007-09-15 编辑: 姜婷)