

文章编号:1006 - 5342(2008)06 - 0041 - 03

# 基于 Simulink 的数字滤波器系统仿真与分析\*

吴四清, 熊 钢

(咸宁学院 电子与信息工程学院, 湖北 咸宁 437100)

**摘 要:**介绍了数字滤波器的数学模型,在 Simulink 环境下,建立数字滤波器系统的框图模型并仿真,对仿真结果进行了分析.

**关键词:**数字滤波器;Simulink;仿真

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

## 0 引言

随着数字信号处理技术的快速发展与进步,尤其是以数字信号处理芯片为核心的数字系统的设计与使用,使得数字信号处理技术得到了广泛的应用.数字信号处理技术具有诸多模拟信号处理技术所不具备的优点,因此在很多领域都开始取代传统的模拟信号处理.本文以 MATLAB 的集成仿真环境 Simulink 为平台,对数字信号处理领域的数字滤波器系统进行了仿真,并对仿真结果进行了分析.

## 1 数字滤波器的数学模型

数字滤波器可以对系统输入的信号进行数字滤波.这里以低通数字滤波器为例说明线性离散系统的仿真技术.低通滤波器可以滤除信号中的高频部分,以获取信号中有用的低频信号,其使用非常广泛.下面给出一个低通数字滤波器的差分方程描述<sup>[1]</sup>:

$$y(n) - 1.6y(n-1) + 0.7y(n-2) =$$

$$0.04u(n) + 0.08u(n-1) + 0.04u(n-2)$$

其中  $u(n)$  为滤波器的输入,  $y(n)$  为滤波器的输出.由线性系统的定义可知,此低通数字滤波器为一线性离散系统.线性离散系统往往在  $Z$  域进行描述,由滤波器系统的差分方程可获得系统的  $Z$  变换域描述<sup>[1]</sup>:

$$\frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{0.04 + 0.08z^{-1} + 0.04z^{-2}}{1 - 1.6z^{-1} + 0.7z^{-2}}$$

## 2 数字滤波器系统模型

本文使用简单的通信系统说明低通数字滤波器的功能.在此系统中,发送方首先使用高频正弦

波对一低频锯齿波进行幅度调制,然后在无损信道中传递此幅度调制信号;接收方在接受到幅度调制信号后,首先对其进行解调,然后使用低通数字滤波器对解调后的信号进行滤波以获得低频锯齿波信号.

建立此系统模型所需要的系统模块主要有:

(1) Sources 模块库中的 Sine Wave 模块:用来产生高频载波信号 Carrier 与解调信号 Carrier1.

(2) Sources 模块库中的 Signal Generator 模块:用来产生低频锯齿波信号 sawtooth.

(3) Discrete 模块库中的 Discrete Filter 模块:用来表示数字滤波器.

(4) Math 模块库中的 Product 模块:用来完成低频信号的调制与解调.

完整的系统模型<sup>[2]</sup>如图1所示.

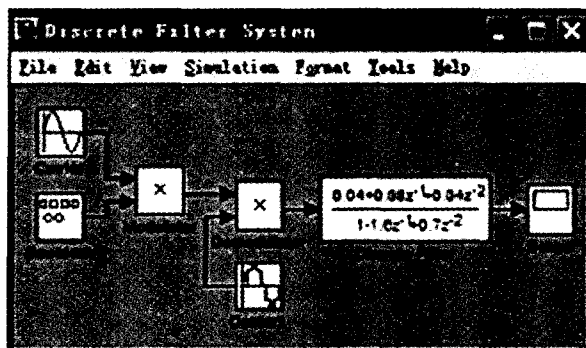


图1 数字滤波器系统模型

## 3 数字滤波器系统仿真

### 3.1 系统模块参数设置

在数字滤波器系统模型建立之后,需要对模型

中各个系统模块的参数进行设置,具体设置<sup>[6]</sup>如下:

(1) 正弦载波信号模块 Carrier 的参数设置:频率 Frequency 为  $1\ 000\text{rad/sec}$ ,其余设置为默认值。

(2) 信号发生器模块 Signal Generator 参数设置:Wave form 设置为 sawtooth,幅值与频率均设置为 1(默认值)。

(3) 正弦解调信号模块 Carrier1 参数设置:频率为  $1\ 000\text{rad/sec}$ ,采样时间 Sample time 为  $0.005\text{s}$ ,其余设置为默认值。

(4) 数字滤波器模块 Discrete Filter 参数设置:分子多项式 numerator 为  $[0.04\ 0.08\ 0.04]$ 、分母多项式为  $[1\ -1.6\ 0.7]$ 、采样时间 Sample time 为  $0.005\text{s}$ 。

由于模块的参数设置比较简单,这里不再给出

相应的模块参数设置对话框;但是需要说明以下几点:

(1) 信号发生器模块 Signal Generator 可以用来产生多种信号如方波信号、正弦信号、锯齿波信号及随机信号等,使用时只需选择相应的信号即可。

(2) 解调信号为离散信号,主要是为了使数字滤波器的输入信号为一数字信号。

(3) 数字滤波器的采样时间一般应与解调信号的采样时间保持一致。

### 3.2 系统仿真参数设置

在系统模块参数设置完毕之后,在进行系统仿真之前,需要设置系统的仿真参数。在这里使用变步长连续求解器对此系统进行仿真。系统仿真参数设置如图 2 所示。

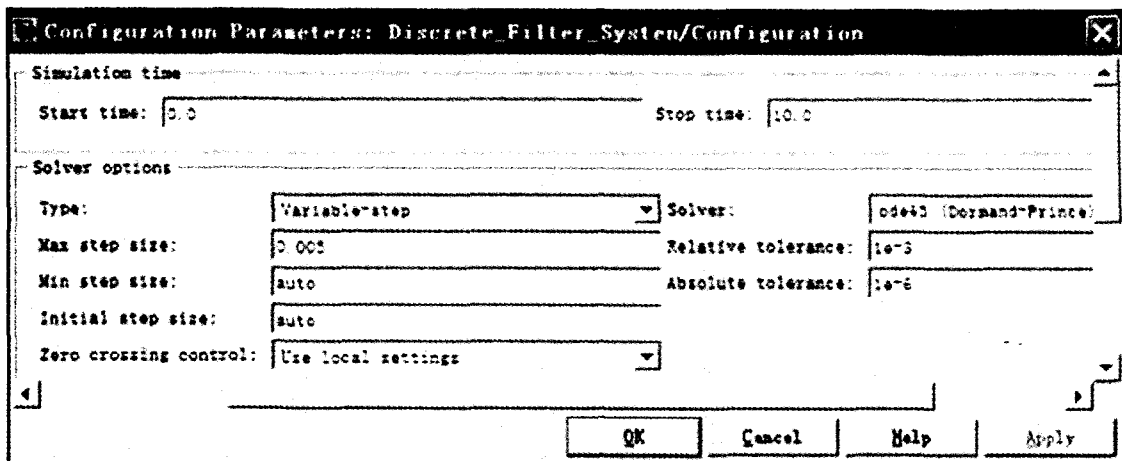


图 2 数字滤波器系统仿真参数设置

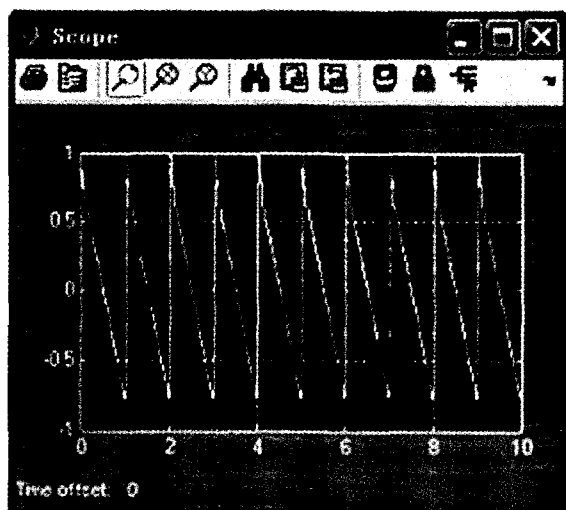


图 3 数字滤波器输出信号

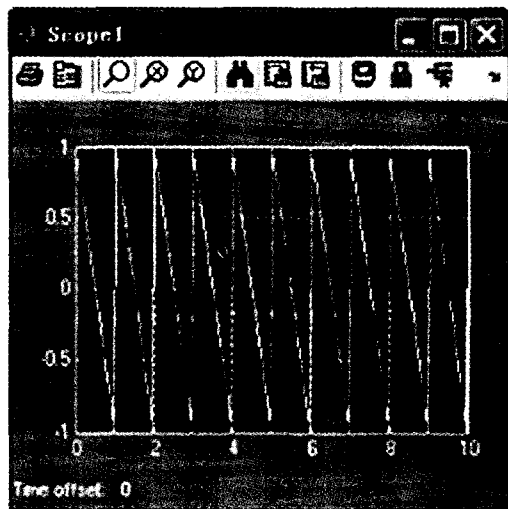


图 4 原始锯齿波信号

### 3.3 系统仿真

设置好系统模块参数和仿真参数后,接下来对系统进行仿真. 在系统的模型窗口,选择菜单“Simulink”→“Start”,则开始仿真,仿真结果如图3所示. 为了将数字滤波器的输出信号(仿真结果)与原始锯齿波信号进行比较,用示波器对 Signal Generator 模块进行监测,得到原始锯齿波信号如图4所示.

### 4 仿真结果分析

首先,从输出信号的波形图中可以看出,输出信号在幅值上存在一定的失真. 但只要失真小于一定的阈值,不会对锯齿波信号的使用造成太大的影响. 其次,在实际应用系统中,还会由于通信信道的延迟以及加性随机噪音的干扰,出现通信系统的输出信号比原始锯齿波信号的起始时间出现延迟.

### 参考文献:

- [1] 姚天任,江太辉. 数字信号处理[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2003.
- [2] 姚俊,马松辉. Simulink 建模与仿真[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [3] Ingle V K, Proakis J G. Digital Processing Using MATLAB[M]. PWS Publishing Company,2003.
- [4] Hayes M H. Statistical Digital Signal Processing and Modeling[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [5] Lim J S, Oppenheim A V, ed. Advanced Topics in Signal Processing[M]. Englewood Cliffs (New Jersey): Prentice - Hall, 2005.
- [6] 王嘉梅. 基于 MATLAB 的数字信号处理与实践开发[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.
- [7] 郑阿奇. MATLAB 实用教程[M]. 第2版. 北京:电子工业出版社,2007.

## The Simulation and Analysis of Digital-filter System Based on Simulink

WU Si-qing, XIONG Gang

(College of Electronic and Information Engineering, Xianning University, Xianning 437100, China)

**Abstract:** The paper introduces the digital-filter's mathematical model. In the Simulink environment, the digit-filter system's diagram model is established and simulated. In the end, the simulation result is analysed.

**Key words:** Digital filter; Simulink; Simulation