

FIR 数字滤波器的设计及应用研究

摘要：信号是当今世界信息传输的重要载体，在信号传输过程中，难免会引入一些其他无用的信号成分，电子信息可快速发展使得信号的使用越来越频繁，信息量越来越大，所以滤波技术成为了解决这一问题的关键核心。

本文首先介绍了滤波器的分类及其对比，并且详细比较了 FIR 数字滤波器与 IIR 高通滤波器的不同。详细阐述了 FIR 数字滤波器的两个线性相位条件，在对比不同的设计方法之后，选择基于频率采样法，通过 MATLAB 设计出课题需要的 FIR 数字高通滤波器。通过 MATLAB 仿真工具得出不同情况下 FIR 数字高通滤波器的幅值图和相位图，通过不同过渡点下的幅值图的差异对比，最终得出满足课题要求的设计结果。

关键词：FIR 数字高通滤波器 频率采样法 线性相位

目录

摘要	I
第一章 绪论	1
1.1 数字滤波器研究现状	1
1.2 本文的主要研究工作	1
1.3 论文结构	1
1.4 本章小结	1
第二章 数字滤波技术	2
2.1 模拟滤波器与数字滤波器	2
2.2 数字滤波器的分类	2
2.3 IIR 数字滤波器和 FIR 数字滤波器	3
2.4 线性相位 FIR 数字滤波器	3
2.4.1 线性相位的条件	3
2.4.2 幅度特性	6
2.5 本章小结	7
第三章 FIR 数字高通滤波器设计	8
3.1 常用的数字滤波器设计方法	8
3.2 应用频率采样法设计 FIR 数字高通滤波器	8

3.2.1 基本思想	8
3.2.2 设计方法	8
3.2.3 约束条件	9
3.2.4 设计实现	9
3.3 本章小结	10
第四章 FIR 数字高通滤波器的 MATLAB 设计实现	11
4.1 MATLAB 实验结果	11
4.2 仿真结果分析	12
4.3 仿真设计总结	12
4.3.1 频率采样法的优缺点	12
4.3.2 频率采样法设计优化方案	13
4.4 本章小结	13
第五章 总结与展望	14
5.1 课题设计工作总结	14
5.2 未来展望	14
参考文献	16

第一章 绪论

1.1 数字滤波器研究现状

在经济文化、科学技术不断进步的今天，人们的生活和工作毋庸置疑的在技术的发展中发生着潜移默化的变化，而几乎这一切都能够归因与电子信息技术的发展。这一大进步无疑时新时代新技术的快速发展带来的结果，让人们整个生活有了前所未有的变化。新的变化必将激发出人们心底的好奇心，人们自然对新的技术、新的事物表达出了强烈的欲望；生活节奏也在技术发展中不断加快，更加高效快捷的生活方式也成为了人们的直接诉求，这些日益增多的生活发展要求在不断的为技术发展提出新的难题，在这一机遇下，电子科学技术找到了一条前景光明的发展道路。当今时代，信息无处不在，随着互联网的飞速向前发展，信息的数量，质量，容量都直线上升，信号作为信息的传输载体，肩上的担子越来越重了，信息的快速传输，自然引起信号传输的错综复杂，在这一过程中难免会引入一些干扰因素，一些不利于信号传输的其他信号成分，因此，在进行信号处理前对信号进行滤波处理显得格外重要，这时就到了滤波器发挥作用的时候，因此滤波器的设计和不断更新完善对当今发展起着举足轻重的作用。本课题研究的滤波器就十分具有意义。

目前，数字信号处理的技术已经几乎涉及到所有的行业之中，而数字信号处理技术一个重大的贡献就是指引了数字滤波器的研究方向，从上世纪的50年代开始，滤波器开始成为人们的热议话题，60年代快速傅里叶变换的发明让数字信号处理实现了里程碑式的跨越，紧接着就出现了许多经典的滤波器设计方法，随着时间的推移和发展，滤波器已经成为前沿科学，有着非常广阔的研究应用前景^[1-3]。

1.2 本文的主要研究工作

本文的课题为：设计一个满足线性相位条件的滤波器（FIR数字高通滤波器），边界频率为 $\omega_c = 0.8\pi$ ， $N = 64$ 。画出该滤波器的频率特性的离散样本以及幅频特性图。

本课题通过频率采样法设计FIR数字高通滤波器，并对其进行优化，以达到生活应用需要，从中掌握设计方法和技巧。

1.3 论文结构

本来论文分为五部分，从不同方面介绍此次设计过程：

第一章：绪论，首先介绍了滤波器的发展历史和对当前世界的研究意义，第二部分阐述了本课题的工作及要求。

第二章：数字滤波器基本知识及其相关理论的阐述，第一部分主要介绍滤波器的两大分类，并对他们进行比较；第二部分用来介绍数字滤波器的分类；第三部分重点对 IIR 和 FIR 滤波器进行比较；第四部分展示了 FIR 滤波器的线性相位条件。

第三章：数字滤波器的 MATLAB 仿真前期设计工作，本章介绍了不同的 FIR 数字高通滤波器设计方法，并对他们进行了优缺点的比较，描述了采用频率采样法设计 FIR 数字高通滤波器的设计步骤和实现方法，最后还对不同优化下的实验结果进行了对比，得出了频率采样法的优点与缺点。

1.4 本章小结

本章主要介绍了数字滤波器的发展研究现状和前景，介绍了本文的研究课题内容，以及对本篇文章的整体架构做出了概括。

第二章 数字滤波技术

滤波器的主要工作就是在时域或者在频域上对输入的信号进行预设的处理,使得输入信号和输出信号满足生产、工程的需要,以达到最好的效果。滤波器在实质上,是通过对信号进行某些数学上的变换,让信号的内在成分变得与之前不同^[4]。滤波器的功能实现方式是通过改变原始输入信号的频率成分,最需要的有用信号进行增强,对干扰信号进行抑制和屏蔽。

2.1 模拟滤波器与数字滤波器

滤波器的分类有很多种方法,其中最常见的就是根据它本身所需要处理的信号类型进行分类,这样子可以把它分为我们常常说的模拟滤波器和数字滤波器两种,模拟和数字时相中完全不同的东西,因此其两者的工作原理也是完全不同的,这就导致它们在形式上就有着较大的差异。模拟滤波器的实现,主要是运用各种模拟原件搭建而成的;数字滤波器则能够通过先进的软件编程,或者是高新数字芯片来实现。

目前,想要快速从信号中提取到对我们有用的信息,数字滤波器是我们的不二之选,数字滤波器的工作方式就是运用某些特定的手段将输入信号转变为人们所需要的信号序列。

数字滤波器具有许多模拟滤波器不具备的优点:

1. 精度高,模拟滤波器因为是采用电容、电感这些模拟原件搭建而成的,这导致其再精度方面远远低于数字滤波器,在当前的高精密应用方面,数字滤波器的地位是无法取代的。

2. 灵活度高,可编程改变特性或复用,数字滤波器的性能主要由其中乘法器的各项系数来决定,而这些系数是以数据的形式储存在存储空间中的,这些数据可以随时进行修改,从而获得不同的滤波系统,因此数字滤波器具有很大的灵活性。

3. 可靠性高,众所周知,数字系统只有“高低”两个电平,即“0”和“1”,它受环境的影响非常有限,性能十分稳定,可以在复杂恶劣环境下工作,而模拟滤波器的各个器件,都特别容易受到工作环境周围的温度、器件所在位置的湿度、振动是否剧烈等外界因素的干扰,故障率高,可靠性无法与数字滤波器相比。

可实现大规模集成，现在的数字元器件都已经做到了高度规范化，便于大规模的组装集成，以实现更强大的功能，满足更高的需求，数字滤波器在器件总体积、总重量，综合性能方面的性能已经完全领先^[5,6]。

2.2 数字滤波器的分类

数字滤波器是多种多样的，主要可以分为，①：传统数字滤波器、②：现代数字滤波器。

当出现输入信号的有效频率与干扰频率频带互不重叠的情况时，类似选频滤波器就会派上用场；当出现频率与干扰频率频带出现重叠这种情况时，则可以选择运用现代滤波器，任何随机信号的内部都存在一定的规律，而现代滤波器正是利用了这一规律，从输入信号中有效地提取有用信号，因而它相较于传统滤波器有其独特的优点^[7]。

不同滤波器的功能不同，可以将数字滤波器分为低通、高通、带通和带阻滤波器四种。

如若根据不同数字滤波器的具有不同网络结构来对数字滤波器进行分类划分，则可以分为递归型和非递归型两类数字滤波器。

除此之外还有一种十分重要的分类方法，即根据单位脉冲响应 $h(n)$ 的长度不同区分，可以将其分为无限冲击响应 (IIR) 数字滤波器和有限脉冲响应 (FIR) 数字滤波器^[8]。

2.3 IIR 数字滤波器和 FIR 数字滤波器

上文中已经提到，数字滤波器常常被分为 IIR 和 FIR 数字滤波器。

IIR 数字滤波器的系统函数可以表示为：

$$H(z) = \frac{\sum_{r=0}^M b_r z^{-r}}{1 + \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}} \quad (2-1)$$

上式描述了一个阶数为 N 的 IIR 数字滤波器，从上式我们不难看出，IIR 数字滤波器由极点存在于 Z 平面上，所以其在结构上存在由输出端发出，作用于输入端的反馈环节。

FIR 滤波器的系统函数为：

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n) z^{-n} \quad (2-2)$$

上式描述了一个阶数为 $N-1$ 的 FIR 数字滤波器，从上式我们不难看出，FIR 数字滤波器是一种因果系统，它的极点全部位于 $Z=0$ 处，因此不存在由输出端发出，作用于输入端的反馈环节^[9]。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/746144220014011011>

- [1] Y. C. Lim . Frequency-response masking approach for the synthesis of sharp linear phase digital filters [J] . IEEE Transactions on Circuits and Systems, 1986.
- [2] Y. C. Lim, Y. Lian . The optimum design of one-and-two-dimensional FIR filters using the frequency response masking technique [J] . IEEE Trans . Circuits Syst., 1993.
- [3] Y. Lian . A modified frequency-response masking structure for high-speed FPGA implementaion of sharp FIR filters [J] . Journal of Circuits, Systems and Computers, , 2003.
- [4] 邓重一 . 滤波器的过去、现在与未来[J] . 世界电子元器件, 2001, (4): 48-19.
- [5] 吴镇扬 . 数字信号处理 . 第三版 . 高等教育出版社, 2004.
- [6] 程佩青 . 数字信号处理教程(第二版)[M] . 北京:清华大学出版社, 2001.
- [7] 王赞松 . FIR 数字滤波器设计 . 西安电子科技大学 . 2012.
- [8] 陈后金等.数字信号处理.北京: 高等教育出版社, 2004.7.
- [9] 阎毅, 黄联芬等 . 数字信号处理[M] . 北京: 北京大学出版社, 2006.