南昌航空大学实验报告

二○二一年十月二十一日

课程名称：生物医学数字信号处理 实验名称：用MATLAB设计IIR数字滤波器

班级： 190841班 姓名： 李奕澄 同组人：

指导教师评定： 签名：

**一、实验目的**

熟悉双线性变换法设计数字IIR滤波器的基本思路及方法。

**二、实验设备**

1、PC

2、MATLAB R2019a

**三、实验原理**

利用双线性变换法设计IIR滤波器，首先要设计出满足指标要求的模拟滤波器的传递函数，然后由通过双线性变换可得所要设计的IIR滤波器的系统函数。如果给定的指标为数字滤波器的指标，则首先要转换成模拟域指标。

1、低通数字滤波器设计

数字域与模拟域关系

 （3.1）

 （3.2）

2、高通数字滤波器设计

数字域与模拟域关系

 （3.3）

 （3.4）

3、带通数字滤波器设计

数字域与模拟域关系

 （3.5）

 （3.6）

 （3.7）

4、带阻数字滤波器设计

 （3.8）

 （3.9）

 （3.10）

模拟滤波器设计：

巴特沃兹滤波器的振幅平方函数为

 （3.11）

其传输函数为

 （3.12）

  （3.13）

首先确定技术指标：

(1)通带中允许的最大衰减和通带截止频率；

(2)阻带允许的最小衰减和阻带起始频率。

由式（11）可得：

 （3.14）

 （3.15）

得到

 （3.16）

 （3.17）

再利用上面两式得到



令

， 

则

 （3.18）

已知，可由式(3.18)求出滤波器的阶数N。求出的N可能有小数部分一般取大于等于N的最小整数。关于3dB截止频率，有时在技术指标中给出，如果没有给出可以按照式（3.16）或式（3.17）求出。

根据以上所述，巴特沃兹滤波器的设计步骤为：

(1)根据要求，由式(3.18)求出阶数N；

(2)由式（3.16）或式(5.17)求出3dB截止频率；

(3)由式（3.13）求出N个极点；

(4)由式（3.12）写出传递函数。

实际设计中，第（3）、（4）两步由以下两步代替：

(5)由N可查下表，得归一化低通巴特沃兹滤波器：

|  |  |
| --- | --- |
| 阶数N | 分母多项式的因式 |
| 1、 |  |
| 2、 |  |
| 3、 |  |
| 4、 |  |
| 5、 |  |
| 6、 |  |

(6)去归一化，即将用代替，得到实际。

**四、实验用MATLAB语言工具函数简介**

用双线性变换法设计IIR滤波器是IIR滤波器设计的经典方法，首先根据模拟滤波器的指标设计出相应的模拟滤波器，然后将设计好的模拟滤波器转换成满足给定技术指标的数字滤波器。在MATLAB的数字信号处理工具箱中提供了相应的设计函数，常用的有：

1．Butterworth滤波器阶数选择函数

[N,Wn]=buttord(Wp,Ws,Rp,Rs)

输入参数：Wc通带截止频率，Ws阻带截止频率，Rp通带最大衰减，Rs阻带最小衰减；

输出参数：N符合要求的滤波器最小阶数，Wc为Butterworth滤波器固有频率（3dB）。

2．零极点增益模型到传递函数模型的转换

[num,den]=zp2tf(Z,P,K);

输入参数：Z,P,K分别表示零极点增益模型的零点、极点和增益；

输出参数：num,den分别为传递函数分子和分母的多项式系数。

3．从低通向低通的转换

[b,a]=lp2lp(Bap,Aap,Wc);

功能：把模拟滤波器原型转换成截止频率为Wc的低通滤波器。

4．双线性变换函数

[bz,az]=bilinear(b,a,Fs);

功能：把模拟滤波器的零极点模型转换为数字滤波器的零极点模型，其中Fs是采样频率。

**五、实验内容及要求**

用双线性变换法设计一个Butterworth低通滤波器，要求其通带截止频率100Hz，阻带截止频率200Hz，通带衰减Ap=2dB，阻带衰减As=15dB，采样频率Fs=500HZ。

**六、实验程序**

Fs=500; %把数字滤波器参数转换成模拟滤波器参数

Ts=1/Fs;

wp=2\*pi\*100/Fs;%数字频率

ws=2\*pi\*200/Fs;

Ap=2;

As=15;%选择滤波器的最小阶数

[N,Wc]=buttord(wp/pi,ws/pi,Ap,As);%创建butterworth模拟滤波器

[Z,P,K]=buttap(N);%把滤波器零极点模型转化为传递函数模型

[Bap,Aap]=zp2tf(Z,P,K);

%把模拟滤波器原型转换成截至频率为Wn的低通滤波器

[b,a]=lp2lp(Bap,Aap,Wc);

%用双线性变换法实现模拟滤波器到数字滤波器的转换

[bz,az]=bilinear(b,a,Fs);%绘制频率响应曲线

freqz(bz,az);

运行结果：

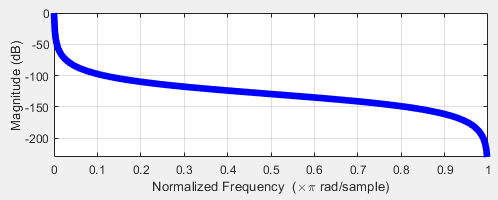


图1 Butterworth低通滤波器的频率响应（幅频）

**七、实验总结即心得**

通过本次实验学习并完成了用双线性变换法设计一个Butterworth低通滤波器，并实现了所要求的技术指标。本次实验利用了MATLAB许多本身包含的函数，所以实际并没有编写什么程序，只是将模拟信号转换为数字信号以及设置参数，主体程序已经编写好了，本次实验更多的是通过程序来了解双线性变换的原理和过程，其过程十分复杂，不易探究明白,但其本身作用较广，所以仍需要更多的研究才能明白其中的原理。