

实验三：IIR 滤波器设计

一、实验目的

认真复习滤波器幅度平方函数的特性，模拟低通滤波器的巴特沃思逼近、切比雪夫型逼近方法；复习从模拟低通到模拟高通、带通、带阻的频率变换法；从模拟滤波器到数字滤波器的脉冲响应不变法、双线性变换法的基本概念、基本理论和基本方法。掌握巴特沃思、切比雪夫模拟低通滤波器的设计方法；利用模拟域频率变换设计模拟高通、带通、带阻滤波器的方法。掌握利用脉冲响应不变法、双线性变换法设计数字滤波器的基本方法。

二、实验内容

1. 设计模拟低通滤波器，通带截止频率为 10KHz，阻带截止频率为 16KHz，通带最大衰减 1dB，阻带最小衰减 20dB。

a). 用巴特沃思、切比雪夫 I 型分别进行设计，并绘制所设计滤波器的幅频和相频特性图。

b). 在通带截止频率不变的情况下，分别用 $n=3,4,5,6$ 阶巴特沃思滤波器设计所需的低通滤波器，并绘制其相应的幅频响应和相频响应图。

2. 通带截止频率为 1kHz，阻带截止频率为 1.4kHz，通带最大衰减为 2dB，阻带最小衰减为 20dB。

a). 分别设计巴特沃思、切比雪夫 I 型模拟低通滤波器，并分别绘制所设计滤波器的幅频和相频特性图。

b). 分别用脉冲响应不变法、双线性变换法把巴特沃思、切比雪夫 I 型模拟低通转换成数字低通滤波器，并分别写出数字滤波器的系统函数，绘制数字滤波器的幅频和相频特性图。

3. 设模拟信号为： $x_a(t) = 5\sin(200\pi t) + 2\cos(300\pi t)$ 。系统中有理想 A/D 转换器将输入信号转化为离散时间序列 $x(n) = x_a(nT)$ 。序列 $x(n)$ 通过一数字 IIR 滤波器后得到输出序列 $y(n)$ 后经过内插形成模拟输出信号 $y_a(t)$ 。选取适当的采样周期 T。

a). 设计一个 IIR 数字滤波器，以小于 1dB 的衰减通过离散时间序列 $x(n)$ 中原模拟信号 $x_a(t)$ 的 150Hz 信号分量，以至少 40dB 衰减来抑制 $x(n)$ 中原模拟信号 $x_a(t)$ 的 100Hz 信号分量。要求滤波器有等波纹的通带和单调的阻带，求出该滤波器有理分式形式的系统函数，并绘制其幅度响应(dB)。

b). 产生模拟信号 $x(t)$ 的 150 个采样样本 $x(nT)$ ，然后将所得序列输入到 a)中设计的 IIR 数字滤波器中，求滤波器的输出序列，并内插形成模拟输出信号 $y_a(t)$ 。绘制滤波器输入输出信号。

三、实验报告要求

根据实验目的与内容，写出相应的计算过程，绘制各种波形图。完成实验内容，撰写实验报告，给出必要的理论推导，附上全部程序代码（详细注释，确保程序可以直接运行并输出相应的图形）。在实验报告末尾总结实验收获和体会。