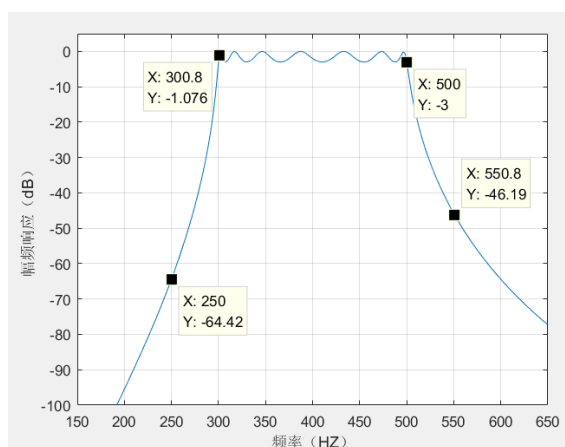


第五次作业批改报告

本次作业是本学期最后一次作业，作业提交情况良好。从批改的情况来看，同学们能够熟练地利用 Matlab 工具设计出多种多样的数字滤波器，并给出定性的分析，结合设计原理作出合理的解释，对利用 Matlab 设计有了初步的体会。

这里调出比较典型的代表给大家提供参考

2015301510050 韦彦宏



cheb1 型设计 IIR 滤波器

2015301510030 叶秉奕

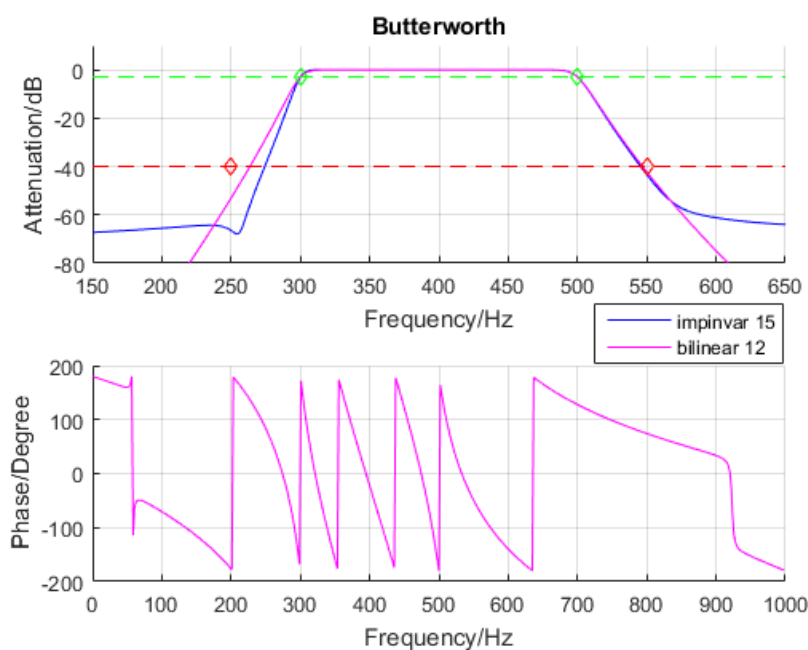


图1 巴特沃斯型 IIR 滤波器频率响应，冲激响应不变法（15 阶，蓝），双线性变换法（12 阶，紫）

以上挑选出来两位同学的作图分析作为参考，在同学们的作业中比较欠缺的一点就是对设计结果的定量分析。出于对 Matlab 工具的信任，大家认为只要编写了正确的代码就会出现正确的结果，但是严谨地来看，应当**结合设计要求逐一**对设计结果进行验证。两位同学的作图中清晰地反映了设计结果的性能参数，对于我们分析结果有很大的帮助。

在这次作业中，大部分同学们都采用了不同的滤波器类型和设计方法，这些方法在都能满足设计要求时，就需要考虑对资源的需求和细节分析处理这些问题。

2015301510030 叶秉奕

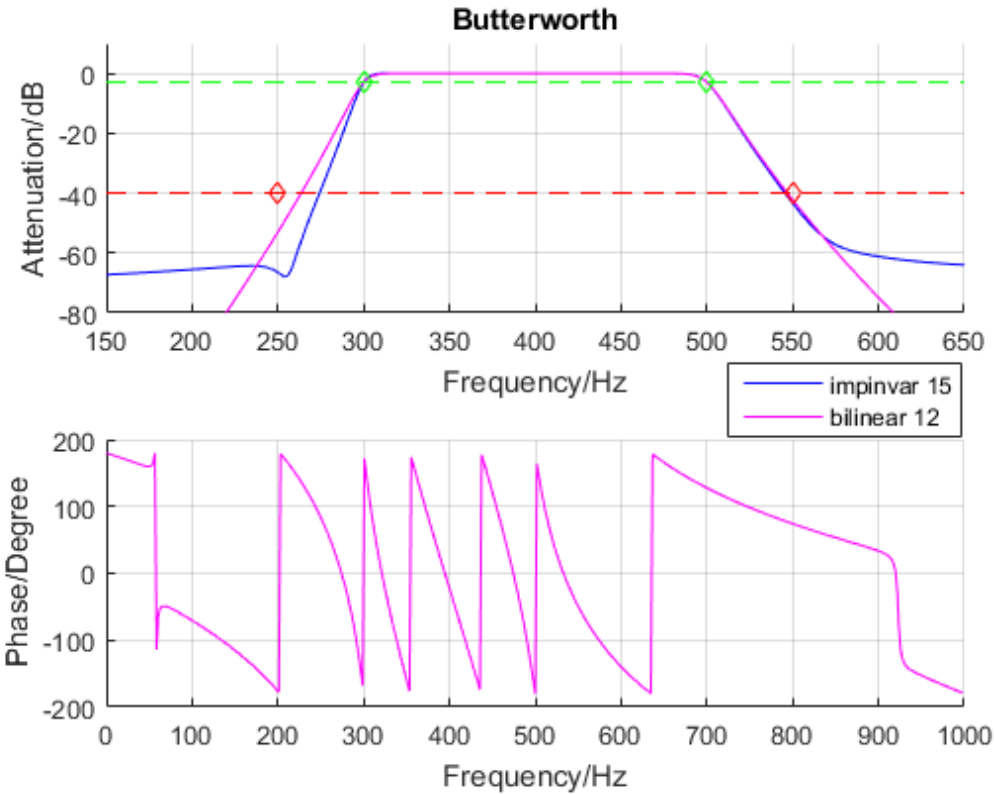


图 1 巴特沃斯型 IIR 滤波器频率响应，
冲激响应不变法（15 阶，蓝），双线性变换法（12 阶，紫）

从图中可以看出巴特沃斯滤波器的最显著特点：**通带平坦**。**两种变换方法得到的滤波器衰减性能均满足题目要求，相位线性度良好，但阶数与下面三种相比较**高。

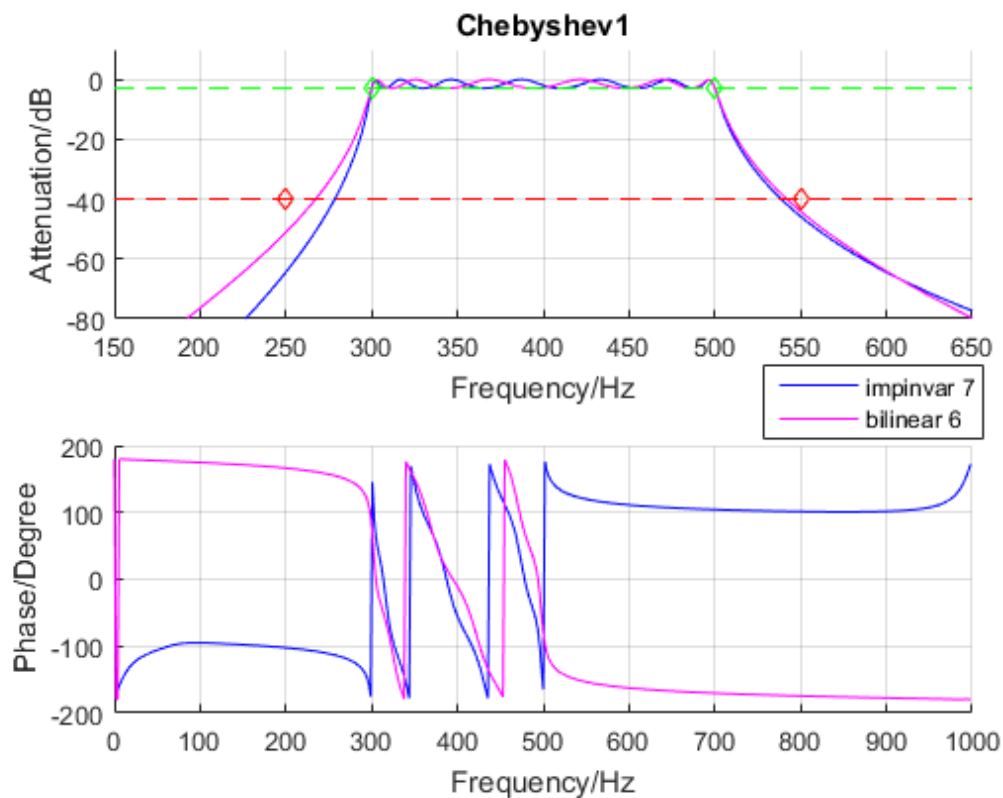


图2 切比雪夫1型IIR滤波器频率响应，
冲激响应不变法（7阶，蓝），双线性变换法（6阶，紫）

切比雪夫1型滤波器牺牲了通带的平坦性，换取了过渡带的快速下降。虽然通带有衰减，但在题目的要求范围（3dB）内。两种变换方法得到的滤波器性能均满足题目要求，但相位非线性比较明显。

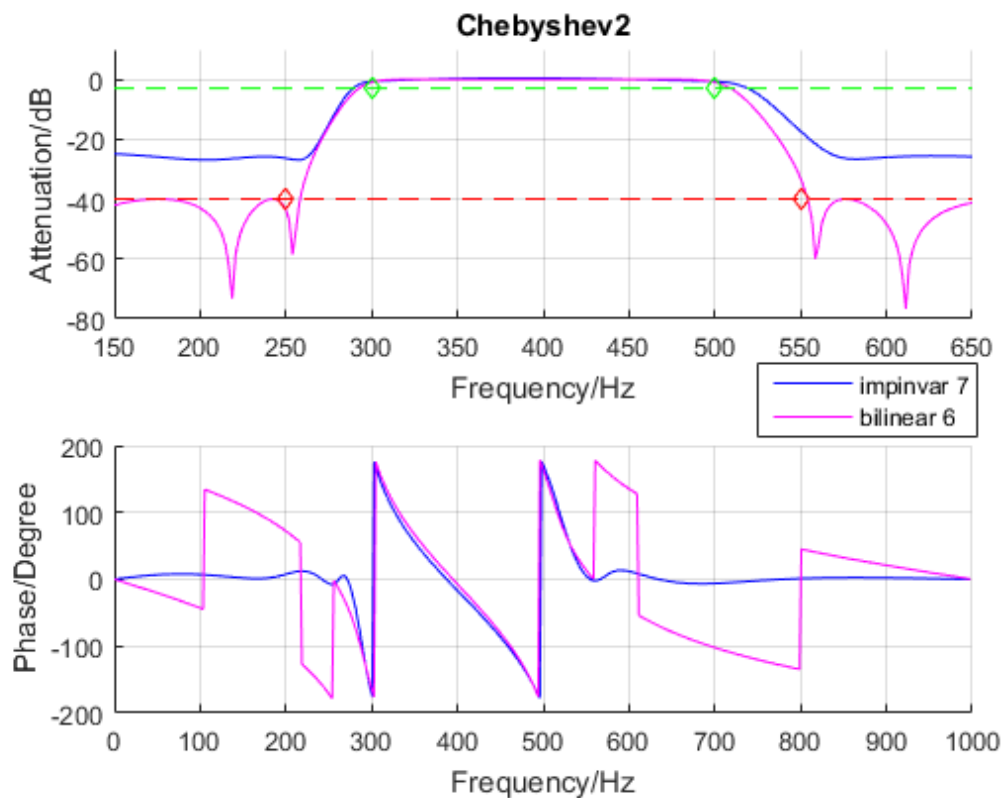


图3 切比雪夫2型IIR滤波器频率响应，
冲激响应不变法（7阶，蓝），双线性变换法（6阶，紫）

类似的，切比雪夫2型滤波器牺牲了阻带的平坦性，换取了过渡带的快速下降和通带的平坦。因为我们不要求阻带平坦，该滤波器的幅度响应比切比雪夫1型更合适，相位非线性同样明显。冲激响应不变法得到的滤波器有混叠，造成阻带衰减不够，只能选用双线性变换法。

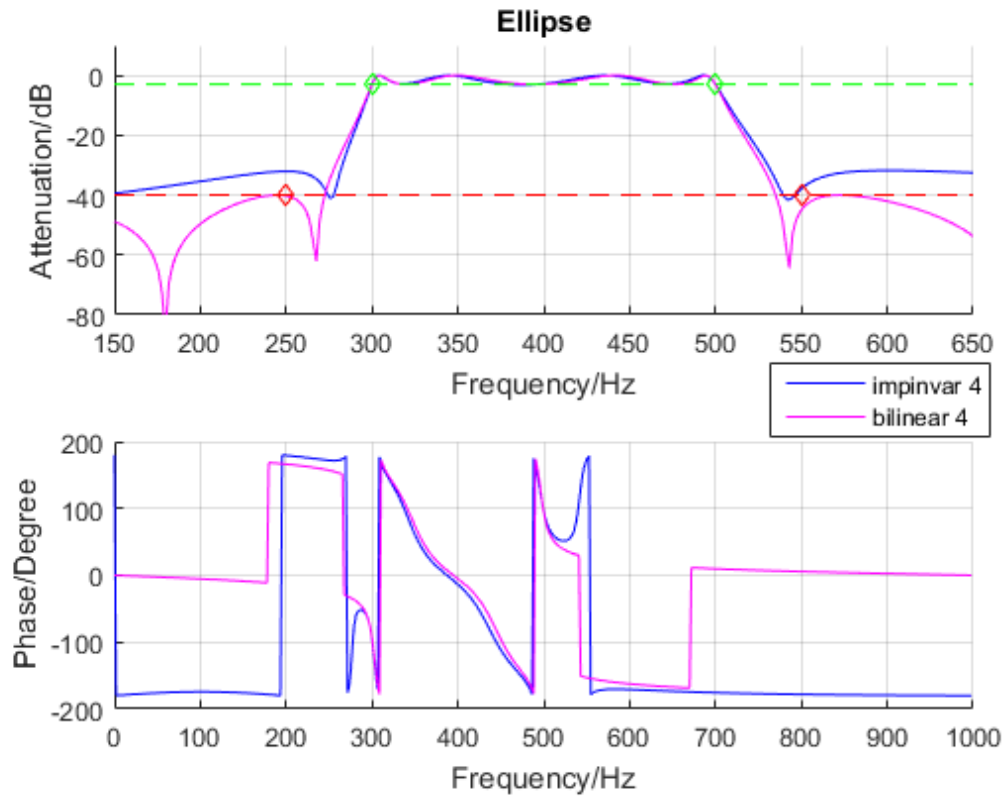


图4 椭圆型 IIR 滤波器频率响应，
冲激响应不变法（4 阶，蓝），双线性变换法（4 阶，紫）

椭圆滤波器通带和阻带的幅度响应都有波动，但换取了极短的过渡带，因此，可以大幅度减小阶数要求，**只需要 4 阶**即可满足题目的衰减要求。可以看出，该滤波器的**相位非线性极为严重**。同样，**使用冲激响应不变法得到的滤波器阻带衰减不够，只能选用双线性变换法**。

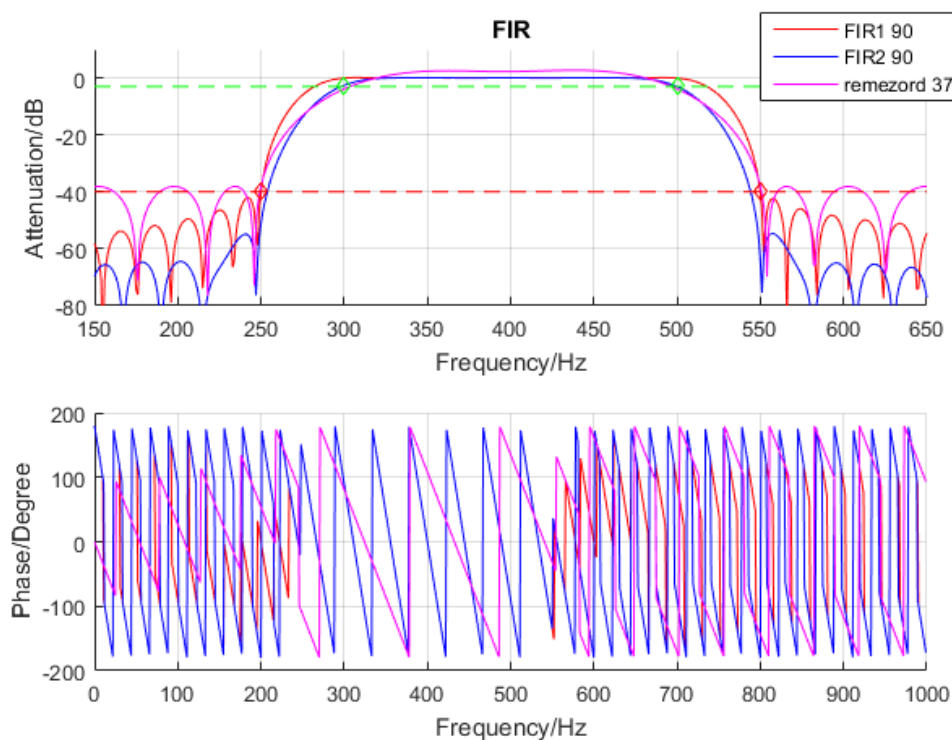


图 5 FIR 滤波器频率响应，
FIR1 (90 阶，红)，FIR2 (90 阶，蓝)，最优等波动法 (37 阶，紫)

三种设计方法得到的滤波器幅度响应都能满足题目要求，相位响应线性度也都很好，但和上述四种 IIR 滤波器相比，阶数明显大很多，导致延时也较大。三种 FIR 滤波器之中，**性能最好的是最优等波动法设计的滤波器**，只使用了 37 阶就实现了设计。但我们可以注意到，其阻带的波动是均等的，由于数字化的误差，出现了部分频率点衰减略小于 40dB，应该根据需要增大几阶。

将阶数提高到 39 阶，得到的滤波器响应就能完全满足题目要求，在 FIR 滤波器中阶数最低。

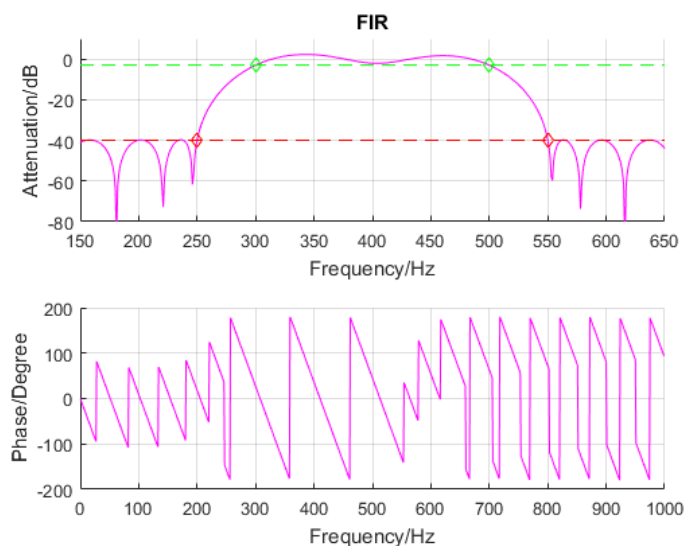


图 6 滤波器频率响应，最优等波动法 (39 阶)

通过对比分析，我们对不同设计函数和方法的认识更加全面，这对于积累设计经验有着重要的意义，这里挑选刘凡同学的总结分析和大家分享。

2015301510084 刘凡

总结：

1、使用 IIR 进行设计时，需要选择某一种类型的滤波器，再根据给出的频率点、衰减幅度等求出其阶数和截止频率，并转换为数字滤波器即可，还可使用完全设计函数简化设计过程。

使用 FIR 进行设计时，需要选择一个具体的窗函数，根据设计滤波器的参数来计算所需的阶数、此窗函数的表达式，再利用 fir1、fir2 函数设计，。

2、IIR 设计出的滤波器除 Butterworth 型外一般是非线性的，而 FIR 可以设计出严格线性的滤波器。

3、IIR 设计出的滤波器阶数相对要低很多。

4、FIR 设计出的滤波器波纹基本均匀分布，因此误差相对较小。

对于作业的分析 and 总结，我们能够收获不少经验和认识，希望大家坚持良好习惯。最后祝大家期末取得良好的成绩。