

## 实验十. 滤波器的仿真二

### 一. 实验目的

1. 学习高阶无限增益多路反馈滤波器的设计
2. 学习产生有限周期激励信号的方法

### 二. 实验内容

#### A: 无限增益多路反馈低通滤波器的仿真

##### 1. 设计内容

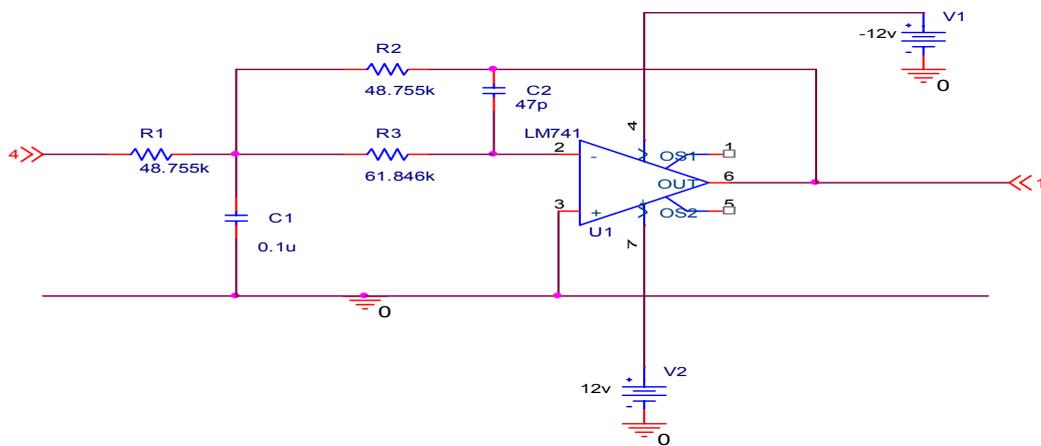
设计截止频率为 1305Hz, 增益为 1 的八阶无限增益多路低通反馈滤波器, 方法是将四个实图 10.1 中的二阶无限增益多路反馈低通滤波器级联, 四级二阶无限增益多路反馈低通滤波器的电容, 电阻值分别如下: (按照 R1,R2,R3,C1,C2)

第一级: 48.755k, 48.755k, 61.846k, 0.1uf, 47pf

第二级: 16.142k, 16.142k, 25.667k, 0.1uf, 0.5nf

第三级: 12.769k, 12.769k, 11.478k, 0.1uf, 3nf

第四级: 11.133k, 11.133k, 9.271k, 0.1uf, 20nf



实图 10.1 二阶无限增益多路反馈低通滤波器的通用电路

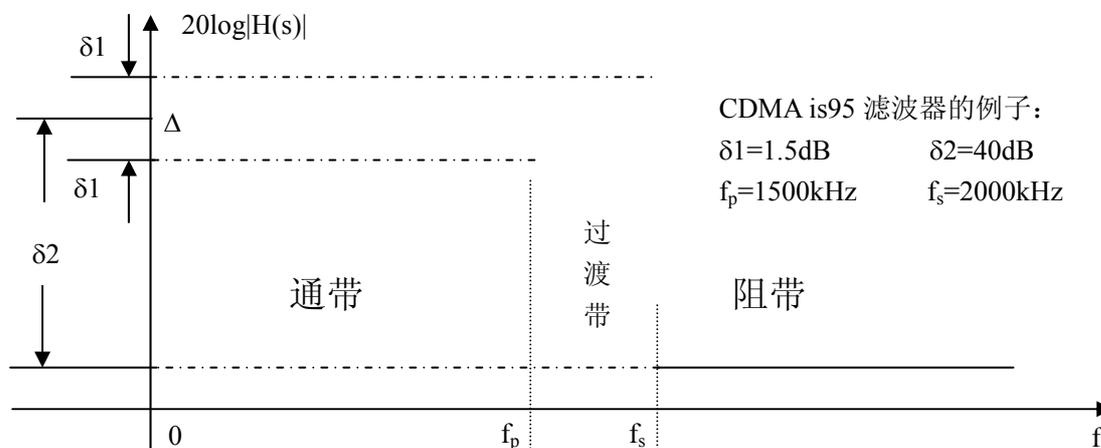
##### 2. 仿真内容

(1) 在 CAPTURE 下绘制好电路图, 用 PSPICE A/D 进行仿真并对波形曲线作处理, 并按下面要求进行相应测试。

(注意: 作 AC 扫描时, 横坐标采用线性坐标, 频率范围从 1Hz 至 3kHz)

测试内容:

实际应用中一般将低通滤波器的频带划分为通带、过渡带、阻带，参见实图 10.3。0 至  $f_p$  范围是信号的通带，大于  $f_s$  范围是信号的阻带， $f_p$  至  $f_s$  范围是信号的过渡带。其中，带内（通带）波动小于  $\delta_1=0.5\Delta(\text{dB})$ ，带外（阻带）抑制大于  $\delta_2=X(\text{dB})$ 。



实图 10.3 低通滤波器的频谱说明图

在测试过程中，可以采用 `pspice->markers->advanced->dB magnitude of voltage` 测试总输出幅度频率曲线，再在 `probe` 波形窗口中分析曲线。

本题目中设计通带为 0 到 1.3kHz，即  $f_p=1.3\text{kHz}$ ，在通带内有带内波动（见实图 10.2），测试的时候可以只先做 0 到 1.3kHz 的 AC 扫描，注意 AC 扫描的点数要使得仿真得到的曲线比较平滑。再采用 `trace->eval goal function` 功能对 0 到 1.3kHz 之间曲线求 max 和 min 值，可以获得二者差的绝对值，就是带内波动  $\Delta(\text{dB})$ 。

max 和 min 二者和的平均值可以看作带内平均频率响应  $X(\text{dB})$ 。

然后再用 `probe` 波形窗口中的 `cursor` 寻求  $(X-40)\text{dB}$  的响应的频率点  $f_s$ ，就是截止带的开始。

测试并记录该低通滤波器曲线中的  $\Delta(\text{dB})$ 、 $X(\text{dB})$ 、 $f_s$  和  $f_s-f_p$  值。

- (2) 仿真出每一级（共四级）的幅频曲线。
- (3) 把激励信号设置为一有限长的正弦信号，其频率为 1080Hz，有 5 个周期，仿真出结果，并注意对响应波形的观测，记录好响应的上升、下降情况。
- (4) **（选做）** 对有关元件进行参数分析，并指出哪些元件参数的变化对滤波器的响应影响较显著，对每级二阶的滤波单元任选一个电阻或电容做为参数，至少做四个参数分析，记录好仿真的结果。

## B: 无限增益多路反馈高通滤波器的仿真

### 1. 设计内容

设计截止频率为 1525Hz，增益为 1 的八阶的无限增益多路高通反馈滤波器，方法是将四个实图 10.6 中的二阶无限增益多路反馈高通滤波器**级联**，四级二阶无限增益多路反馈高通滤波器的电容，电阻值分别如下：（按照  $C_1, C_2, C_3, R_1, R_2$ ）

第一级：100nf, 100nf, 100nf, 24.26, 44.455k

第二级：100nf, 100nf, 100nf, 69.51, 11.361k

第三级: 100nf, 100nf, 100nf, 103.6, 3.576k

第四级: 100nf, 100nf, 100nf, 122.6, 628.9

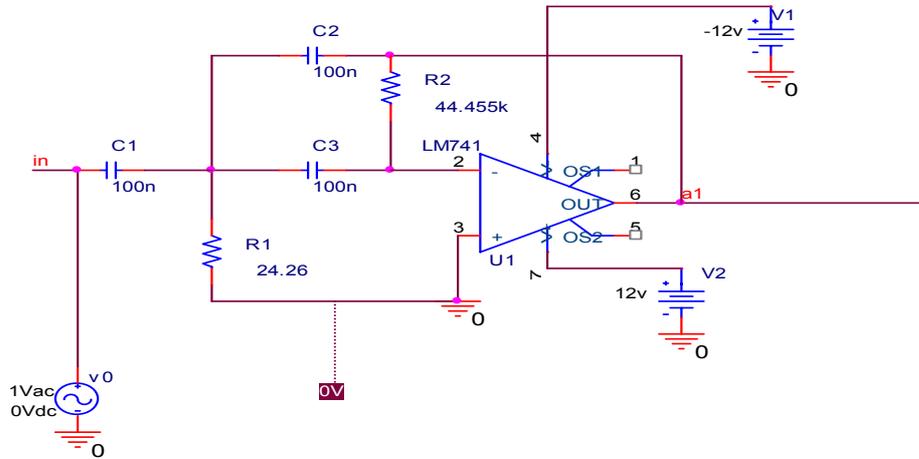


图 10.6 二阶无限增益多路反馈高通滤波器的通用电路

## 2. 仿真内容

(1) 在 CAPTURE 下绘制好电路图, 用 PSPICE A/D 进行仿真并对波形曲线作处理, 并按下面要求进行相应测试。

(注意: 作 AC 扫描时, 横坐标采用线性坐标, 频率范围从 1Hz 至 12kHz)

测试内容:

实际应用中一般将高通滤波器的频带划分为阻带(0-- $f_s$ )、过渡带( $f_s$ — $f_p$ )、通带( $\geq f_p$ )。

可以采用 ps Spice->markers->advanced->dB magnitude of voltage 测试总输出幅频特性曲线, 再在 probe 波形窗口中分析曲线。

本题目中设计通带为 2.5k 到 10kHz(10kHz 以上不做要求)范围, 即  $f_p=2.5\text{kHz}$ , 在通带内有带内波动。测试的时候可以只先做 2.5k 到 10kHz 的 AC 扫描, 注意 AC 扫描点数要使得仿真得到的曲线比较平滑。采用 trace->eval goal function 功能对 2.5k 到 10kHz 之间曲线求 max 和 min 值, 可以获得二者差的绝对值, 就是带内波动  $\Delta(\text{dB})$ 。

max 和 min 二者和的平均值可以看作带内平均频率响应  $X(\text{dB})$ 。

然后再用 probe 波形窗口中的 cursor 寻求  $(X-40)\text{dB}$  的响应的频率点  $f_s$ , 就是截止带的开始。

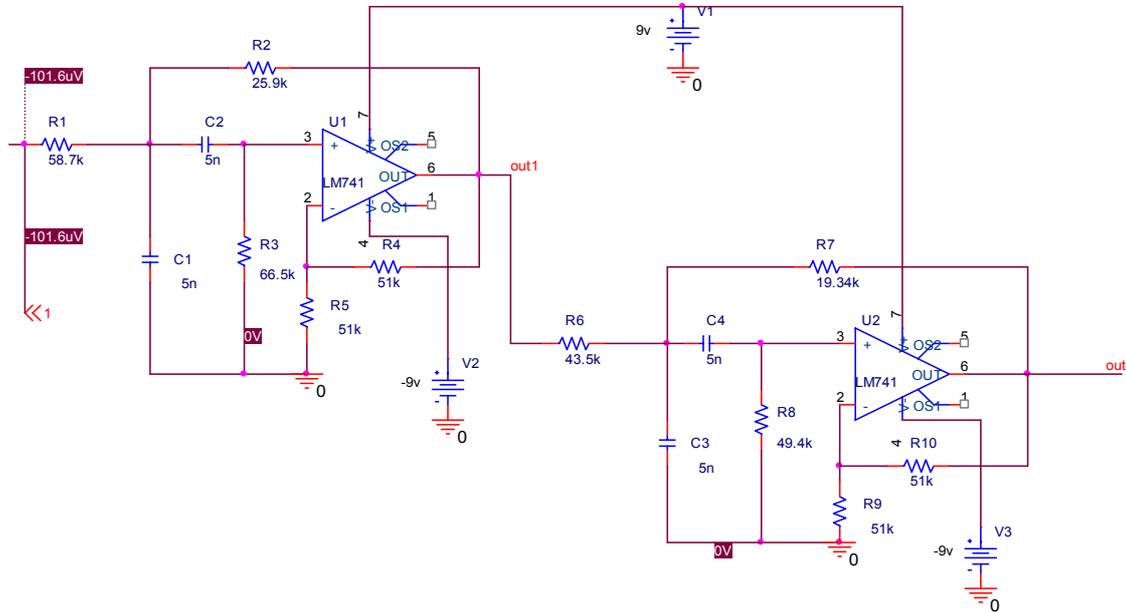
测试并记录该高通滤波器曲线中的  $\Delta(\text{dB})$ 、 $X(\text{dB})$ 、 $f_s$  和  $f_p-f_s$  值。

- (2) 仿真出每级滤波器的幅频曲线, 做好记录。
- (3) 把激励信号设置为有限长的正弦信号, 其频率为 1750Hz 和 2K, 有 5 个周期, 仿真出结果, 并注意对响应波形的观测, 记录好响应的上升, 下降情况。
- (4) (选做) 对有关元件进行参数分析, 并指出哪些元件参数的变化对滤波器的响应影响较显著, 对每级二阶的滤波单元任选一个电阻或电容做为参数, 至少做四个参数分析, 记录好仿真的结果。

## C: 无限增益多路反馈带通滤波器的仿真

### 1. 设计内容

设计实图 10.9 所示的四阶无限增益多路反馈带通滤波器。



实图 10.9 四阶无限增益多路反馈带通滤波器

### 2. 设计要求

中心频率 1080HZ，带宽 450HZ，增益 8

第一级：中心频率 920HZ，增益 4

第二级：中心频率 1240HZ,增益 4

### 3. 仿真内容

- (1) 参照所给的电路图，对带通滤波器的幅频响应曲线进行仿真。  
(注意：作 AC 扫描时，横坐标采用对数坐标，频率范围设在 100HZ ~ 10KHZ。)
- (2) 仿真出每级（共两级）滤波器的幅频曲线。
- (3) 把激励信号设置为一有限长的正弦信号，其频率为 980HZ 和 1180HZ，有 5 个周期，仿真出结果，并注意对响应波形的观测，记录好响应的上升，下降情况。
- (4) **(选做)** 对有关元件进行参数分析，并指出哪些元件参数的变化对滤波器的响应影响较显著，每级至少选出一个元件做参数分析，记录好它们对滤波器的幅频影响。