

# 目录

<b>1</b>	<b>设计说明</b>	<b>1</b>
1.1	设计要求 . . . . .	1
1.2	系统组成 . . . . .	1
<b>2</b>	<b>子电路</b>	<b>1</b>
2.1	前置增益：同相比例运算电路 . . . . .	1
2.1.1	电路原理 . . . . .	1
2.1.2	Multisim电路图 . . . . .	2
2.1.3	仿真情况 . . . . .	2
2.2	同相输入一阶低通滤波器电路 . . . . .	2
2.2.1	电路原理 . . . . .	2
2.2.2	Multisim电路图 . . . . .	4
2.2.3	仿真情况 . . . . .	6
2.3	压控电压源二阶高通滤波器电路 . . . . .	6
2.3.1	电路原理 . . . . .	6
2.3.2	Multisim电路图 . . . . .	7
2.3.3	仿真情况 . . . . .	7
<b>3</b>	<b>电路总系统</b>	<b>10</b>
3.1	电路总图 . . . . .	10
3.2	Multisim仿真 . . . . .	10

## 一、设计说明

### 1.1 设计要求

完成一个音频放大器设计制作，要求如下：

1. 20dB增益
2. 通带为1KHz 30KHz

### 1.2 系统组成

根据设计要求，将音频放大器分为前置增益、低通滤波器和高通滤波器三部分，见图1.1。

其中，由于要求20dB（10倍）的增益，设置前置增益的放大倍数为2倍、低通滤波器的通带放大倍数为2.5倍、高通滤波器的通带放大倍数为2倍。

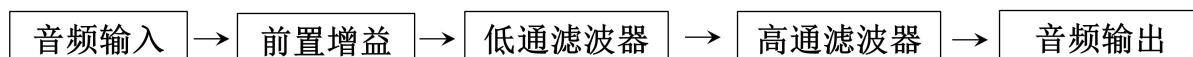


图 1.1: 音频放大原理框图

## 二、子电路

### 2.1 前置增益：同相比例运算电路

#### 2.1.1 电路原理

如图2.1，根据“虚短”和“虚断”，有

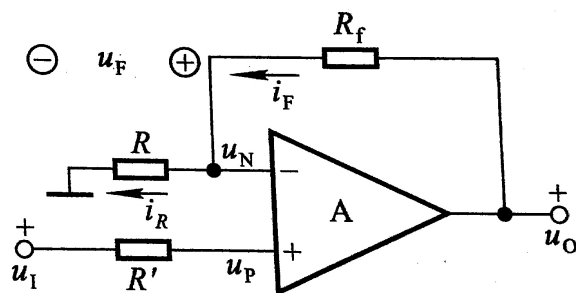


图 2.1: 同相比例运算电路原理

$$u_P = u_N = u_I \quad (1)$$

$$i_R = i_F \quad (2)$$

即

$$\frac{u_N - 0}{R} = \frac{u_O - u_N}{R} \quad (3)$$

将式(1)代入，得

$$u_O = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) u_I \quad (4)$$

为实现2倍放大，取 $\frac{R_f}{R} = 1$ 。

### 2.1.2 Multisim电路图

由电路原理，得到电路图如图2.2。

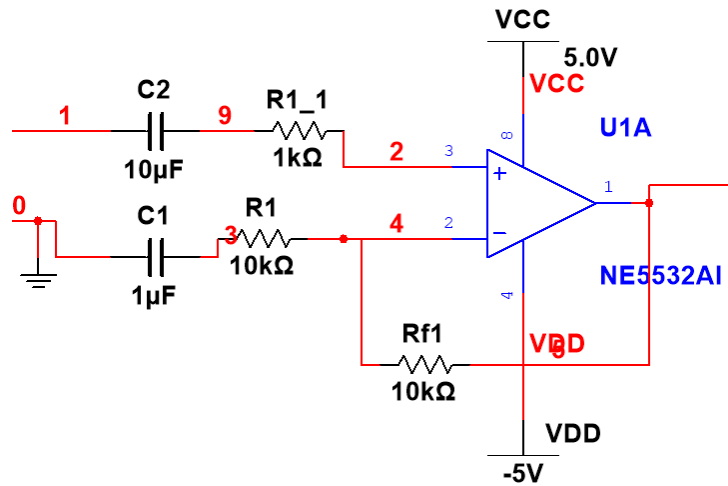


图 2.2: 前置增益电路图

### 2.1.3 仿真情况

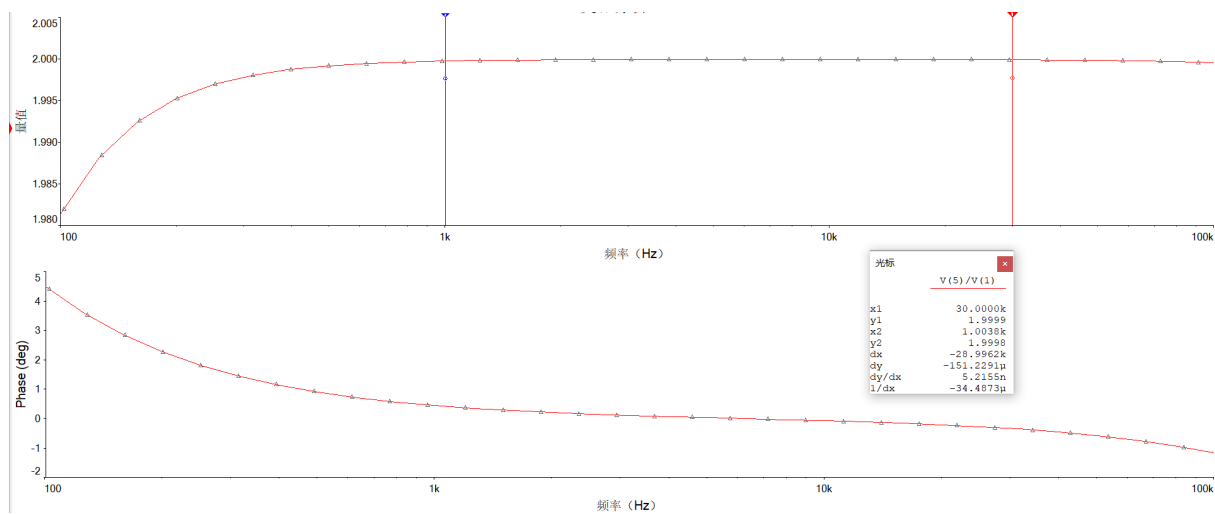
借助Multisim仿真，得到增益情况见图2.3。

可知其基本符合2倍增益的要求。

## 2.2 同相输入一阶低通滤波器电路

### 2.2.1 电路原理

如图2.4 ,其传递函数为



光标

V(5)/V(1)	
x1	30.0000k
y1	1.9999
x2	1.0038k
y2	1.9998
dx	-28.9962k
dy	-151.2291μ
dy/dx	5.2155n
1/dx	-34.4873μ

图 2.3: 前置增益仿真情况

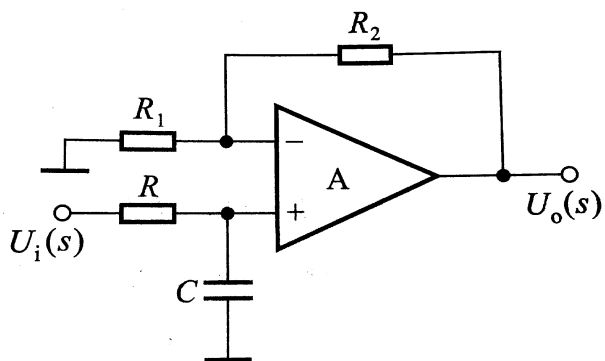


图 2.4: 一阶低通滤波器电路原理

$$A_u(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{U_p(s)}{U_i(s)} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{1 + sRC} \quad (5)$$

用 $j\omega$ 取代 $s$ ，且令

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (6)$$

得到电压放大倍数

$$\dot{A}_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_0}} \quad (7)$$

其中， $f_0$ 称为特征频率。令 $f = 0$ ，可得到通带放大倍数

$$\dot{A}_{up} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (8)$$

当 $f = f_0$ 时， $\dot{A}_u = \frac{\dot{A}_{up}}{\sqrt{2}}$ ，故通带截止频率

$$f_p = f_0 \quad (9)$$

为实现2.5倍通带增益、3dB截止频率为30KHZ，取 $\frac{R_2}{R_1} = 1.5$ ， $f_p = 30KHZ$ ，于是 $R = 2500\Omega$ ， $C = 2.1nF$

### 2.2.2 Multisim电路图

由电路原理，得到电路图如图2.5。

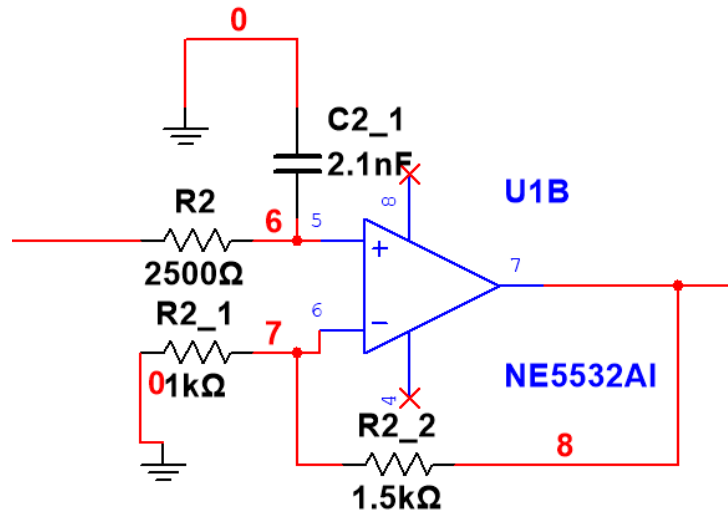


图 2.5: 低通滤波器电路图

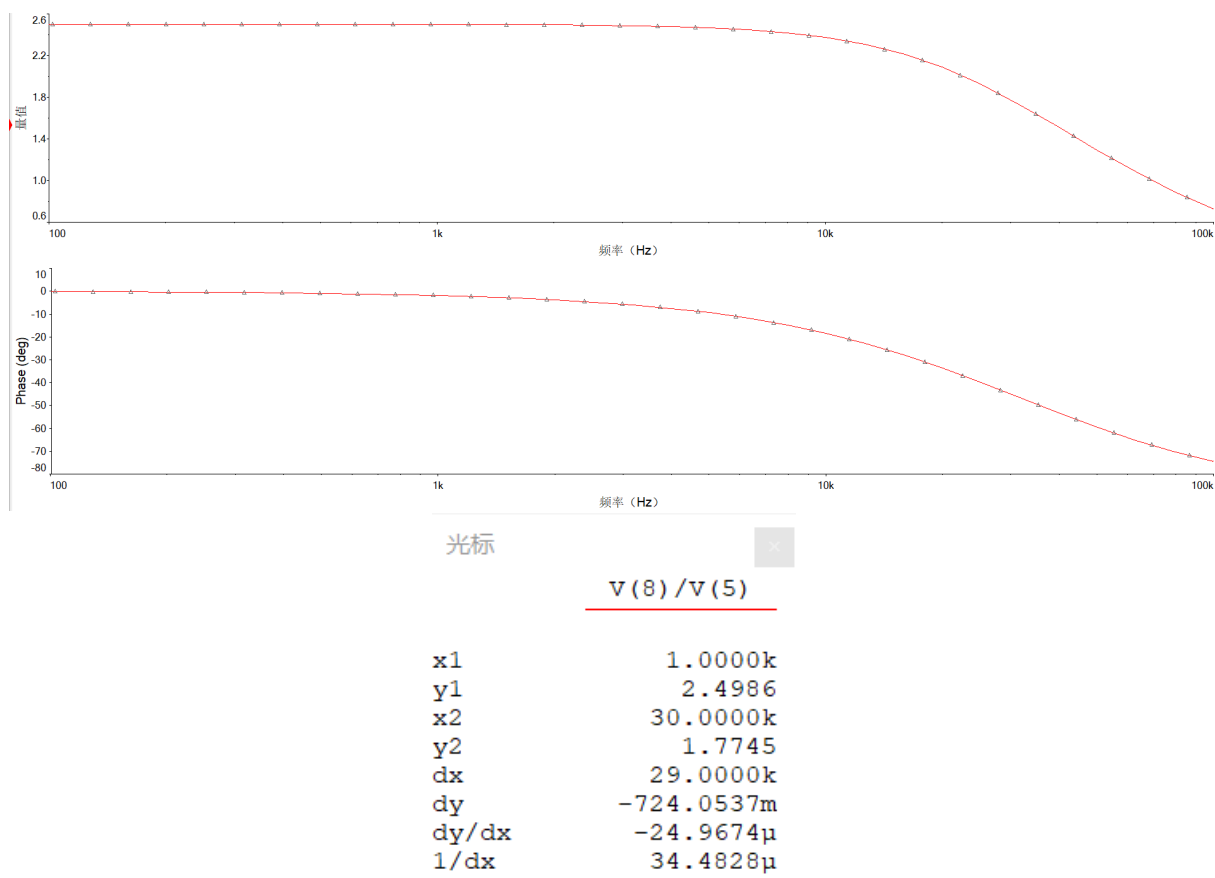


图 2.6: 低通滤波器仿真情况（线性）

### 2.2.3 仿真情况

借助Multisim仿真，得到线性增益情况见图2.6。

可知其基本符合通带2.5倍增益的要求。

而分贝增益情况见图2.7。

可知其基本符合3dB截止频率为30KHZ的要求，当 $f > f_p$ 时，曲线以 $-20dB/十倍频$ 下降。

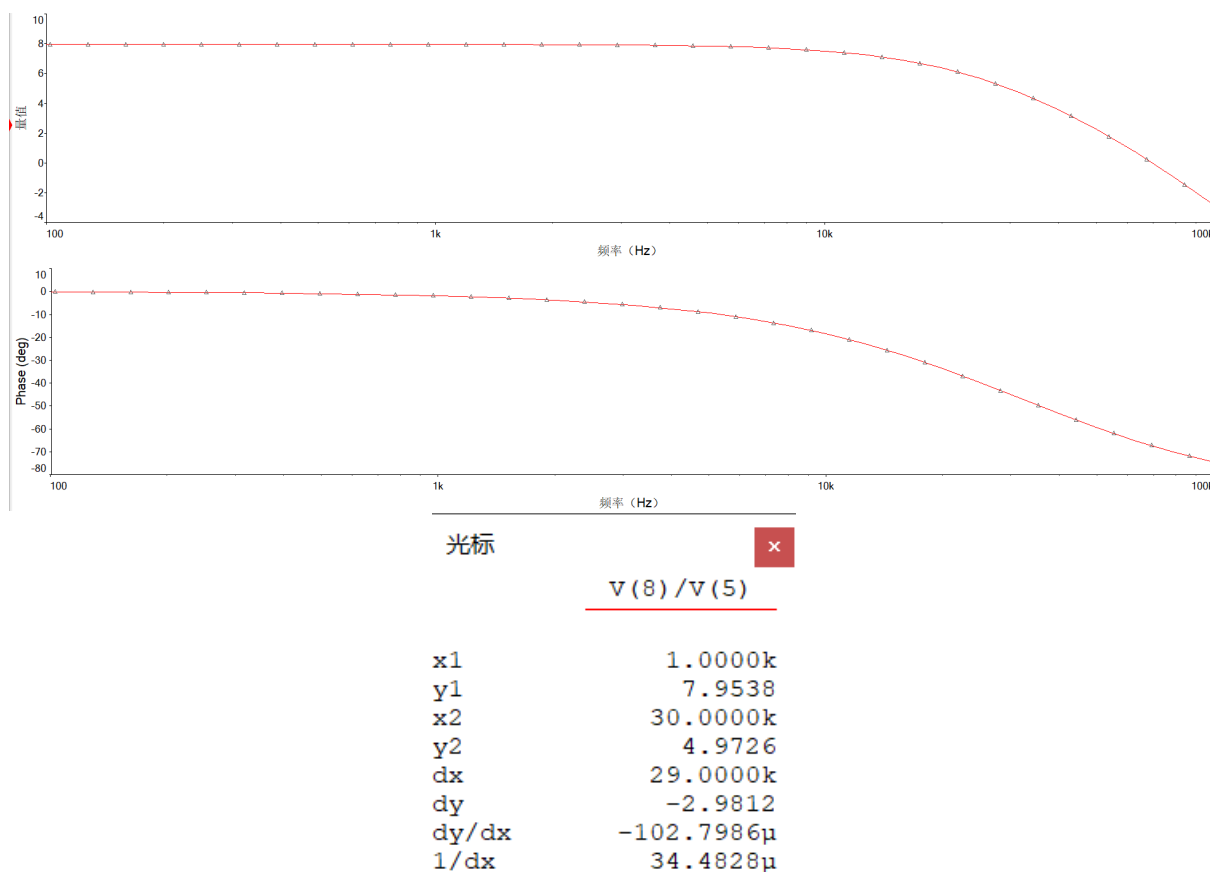


图 2.7: 低通滤波器仿真情况（分贝）

## 2.3 压控电压源二阶高通滤波器电路

### 2.3.1 电路原理

如图2.8，电路的传递函数、通带放大倍数、截止频率和品质因数分别

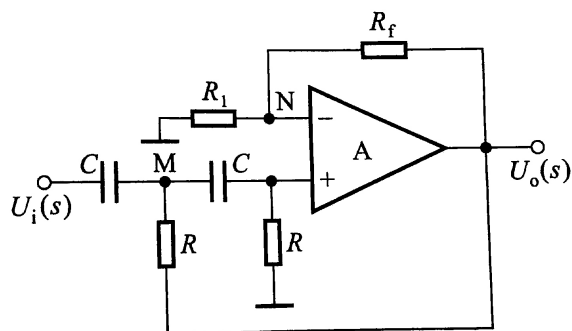


图 2.8: 压控电压源二阶高通滤波器电路原理

为

$$A_u(s) = A_{up}(s) \cdot \frac{sRC^2}{1 + [3 - A_{up}(s)]sRC + (sRC)^2} \quad (10)$$

$$\dot{A}_{up} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (11)$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi RC} \quad (12)$$

$$Q = \frac{1}{3 - \dot{A}_{up}} \quad (13)$$

为实现2倍通带增益、3dB截止频率为1KHZ，取 $\frac{R_f}{R_1} = 1$ ， $f_p = 1KHZ$ ，于是 $R = 120\Omega$ ， $C = 1.2\mu F$ 。

但仿真时，发现以上的取值并不能使3dB截止频率为1KHZ，于是最终调整后的取值中， $R = 100\Omega$ 。

### 2.3.2 Multisim电路图

由电路原理，得到电路图如图2.9。

### 2.3.3 仿真情况

借助Multisim仿真，得到线性增益情况见图2.10。

可知其基本符合通带2倍增益的要求。

而分贝增益情况见图2.11。

可知其基本符合3dB截止频率为1KHZ的要求。



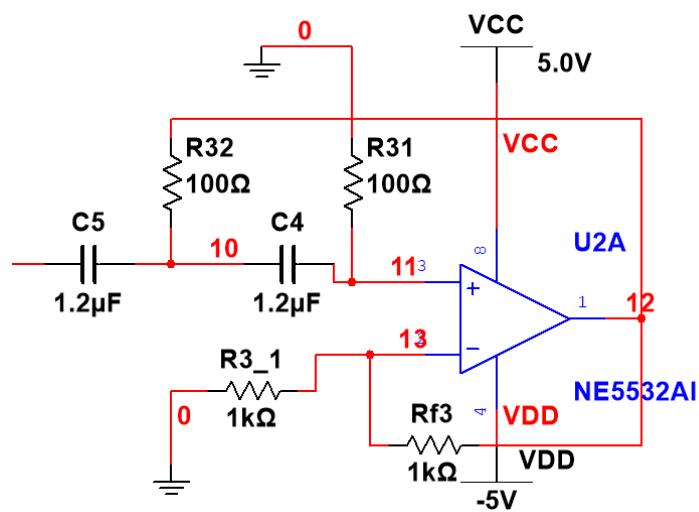


图 2.9: 高通滤波器电路图

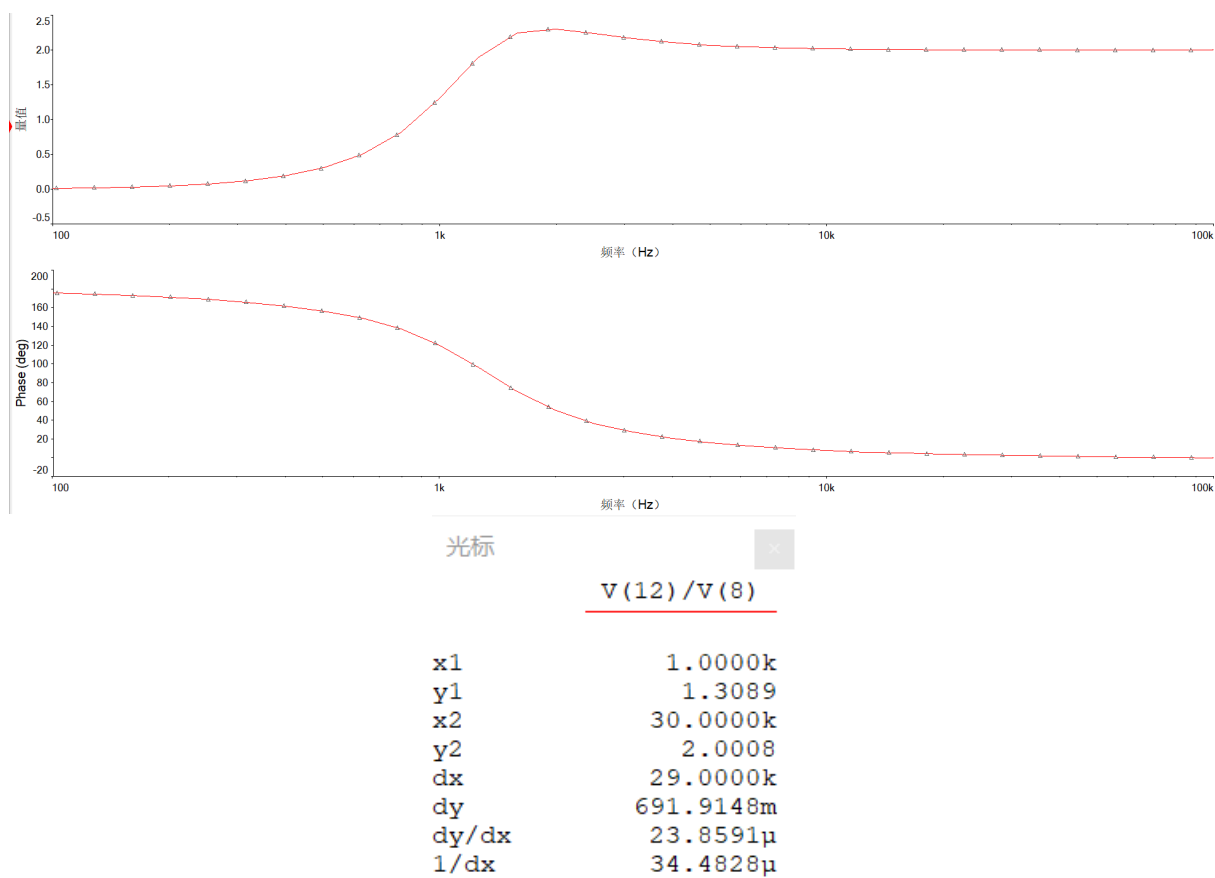


图 2.10: 高通滤波器仿真情况（线性）

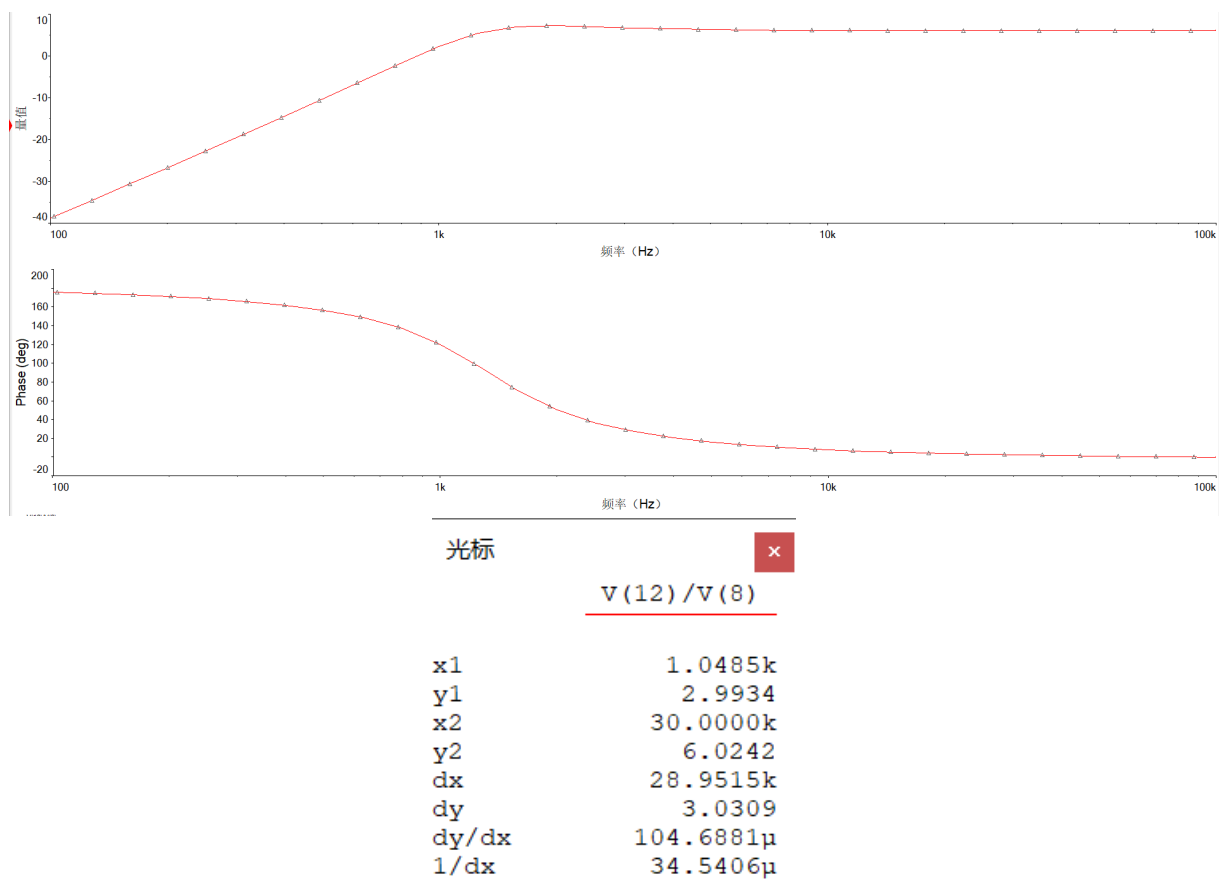


图 2.11: 高通滤波器仿真情况（分贝）

### 三、电路总系统

#### 3.1 电路总图

将以上子电路级联，得到总电路图如图3.1。

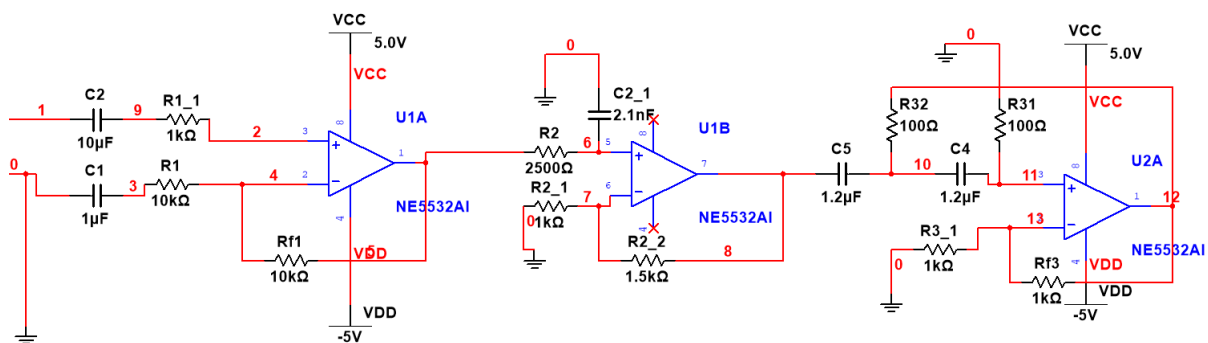
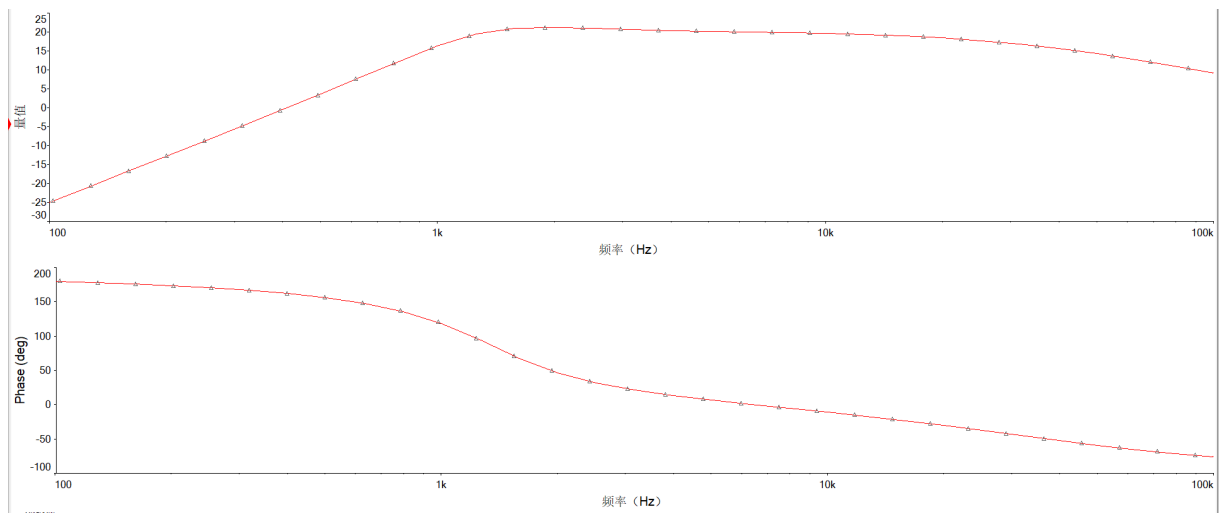


图 3.1: 总电路图

#### 3.2 Multisim仿真

借助Multisim仿真，得到增益情况见图3.2。可知其基本符合要求，增益为20dB，3dB上限截止频率为1KHZ，3dB下限截止频率为30KHZ。



光标		光标	
<u>V(12)/V(1)</u>		<u>V(12)/V(1)</u>	
x1	5.0000k	x1	1.0485k
y1	20.1720	y1	16.9662
x2	15.0000k	x2	30.0837k
y2	19.0652	y2	17.0058
dx	10.0000k	dx	29.0352k
dy	-1.1068	dy	39.6006m
dy/dx	-110.6791μ	dy/dx	1.3639μ
1/dx	100.0000μ	1/dx	34.4410μ

图 3.2: 总仿真情况