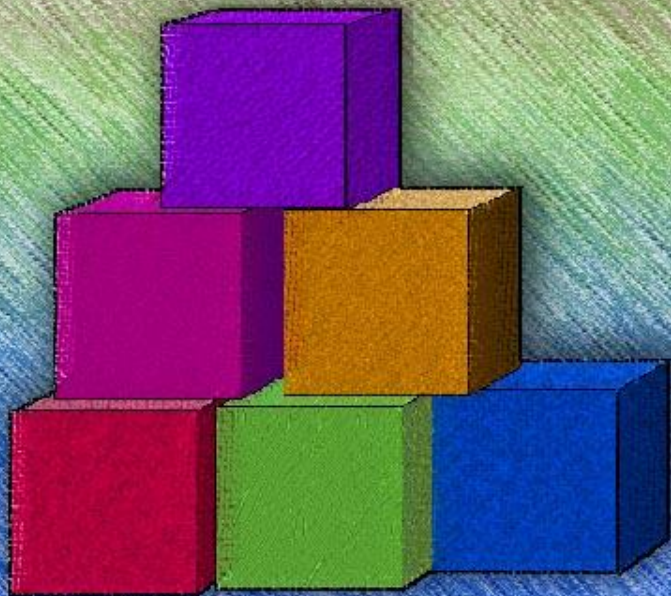






# 集成乘法混频器设计

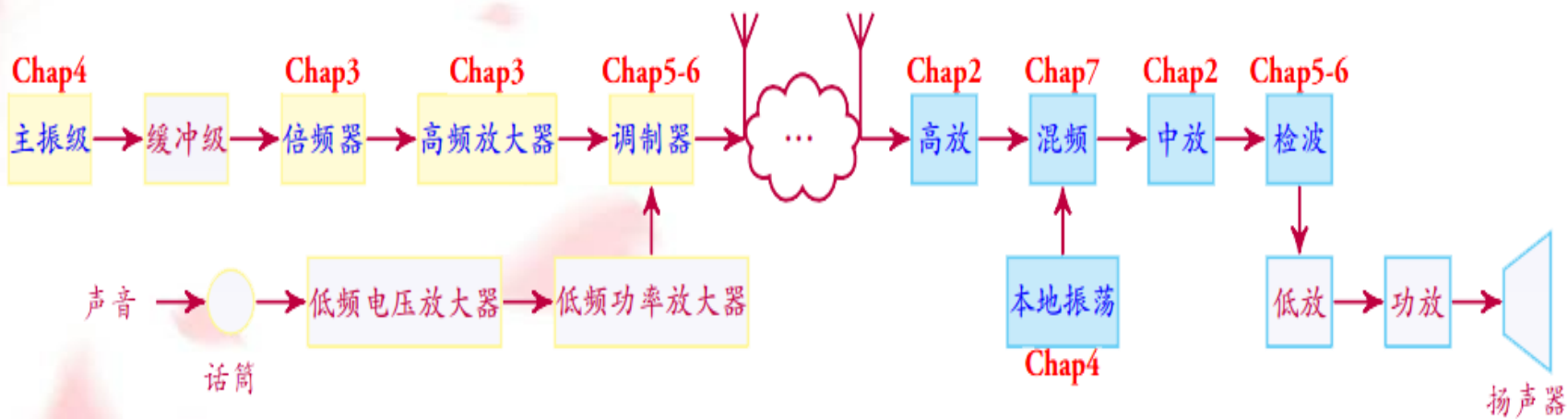


小组成员：

周文敬  
李晨晨  
周秀华

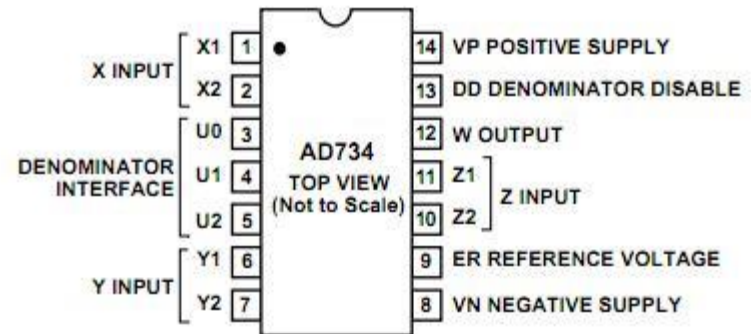


# 系统组成



# 设计简介

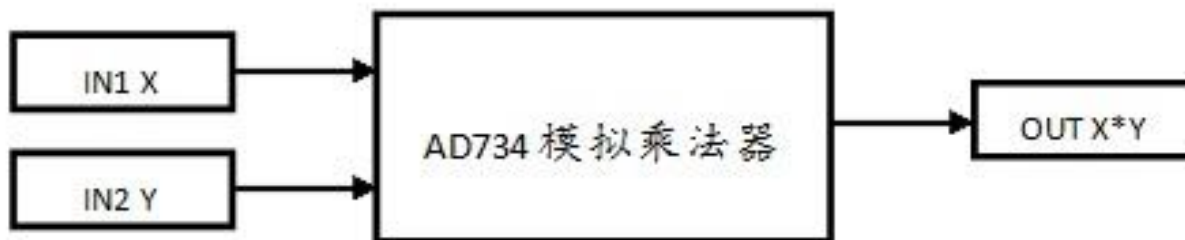
- 利用模拟乘法器AD734实现信号的调制和混频
- 调制
- 混频
- 滤波分析与选择



# 信号调制

- 利用AD743模拟乘法器
- 将要传输的低频信号和载波信号相乘
- 将低频信号搬移到载波信号上。

# 工作原理



从IN1和IN2分别输入载波和低频信号，从OUT输出调制信号

$$\text{IN1: } u_c(t) = U_{cm} \cos \omega_c t$$

$$\text{IN2: } u_\Omega(t) = U_{\Omega m} \cos \Omega t$$

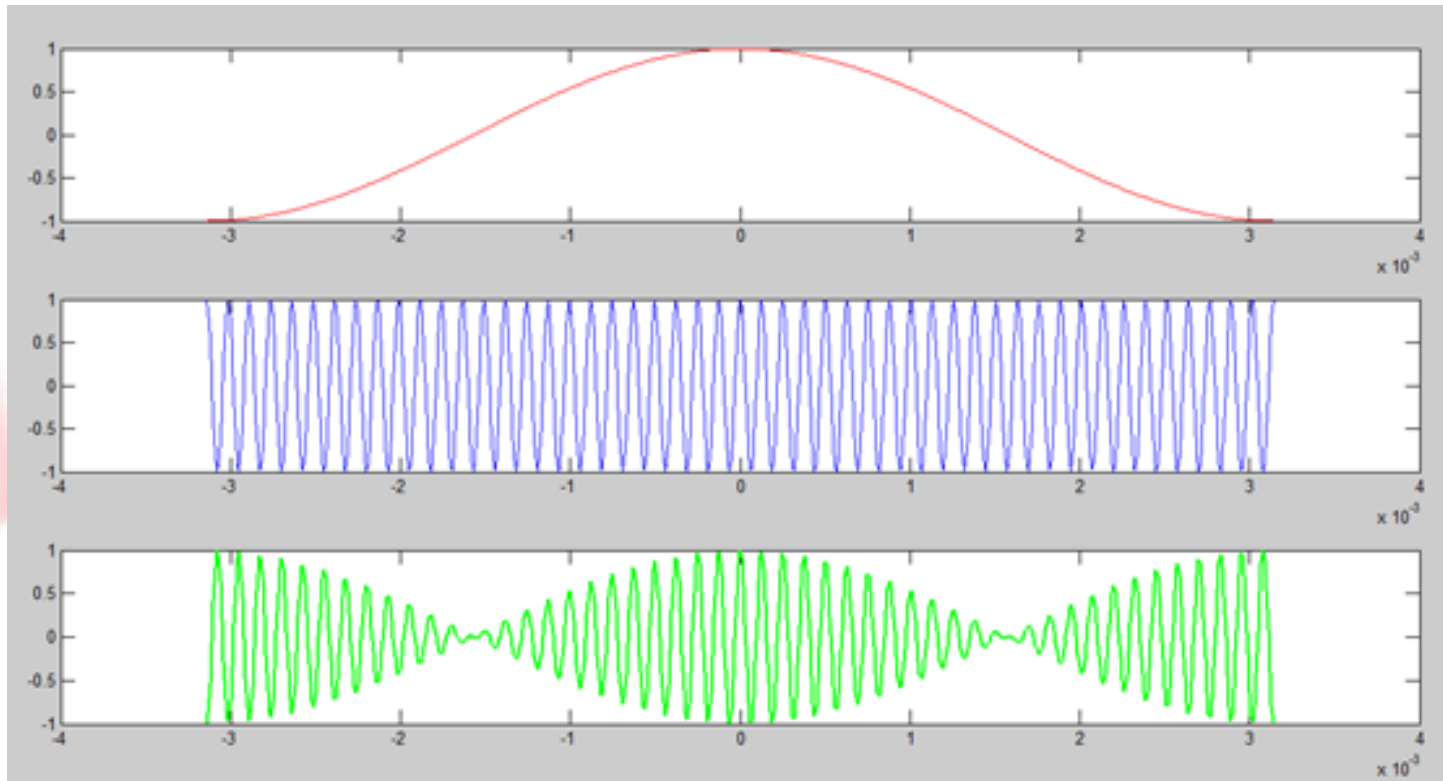
OUT:

$$u_{AM}(t) = u_\Omega(t) \times u_c(t)$$

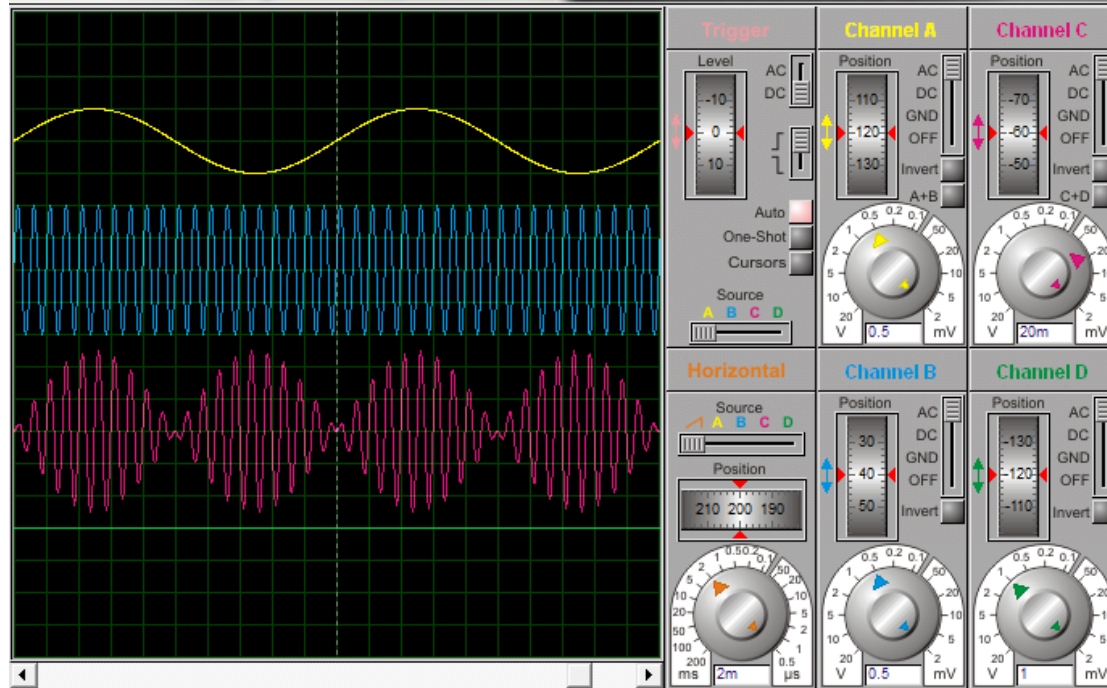
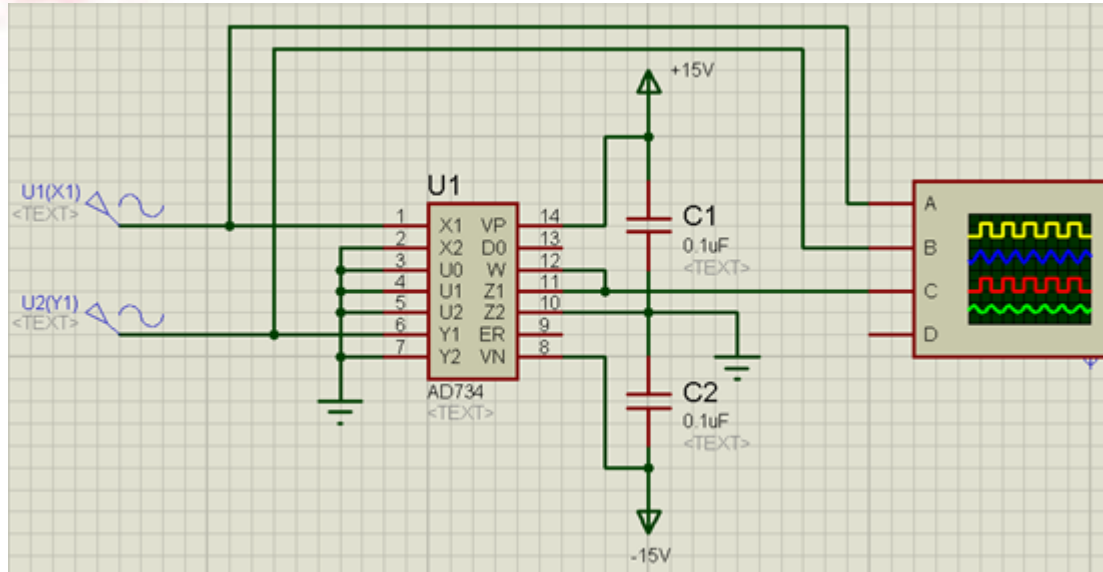
$$u_{AM}(t) = \frac{1}{2} U_{\Omega m} U_{cm} \cos(\omega_c + \Omega)t + \frac{1}{2} U_{\Omega m} U_{cm} \cos(\omega_c - \Omega)t$$

# 理论分析

- $u_1(t) = \cos(1000t) \times \cos(50000t)$



# 仿真分析





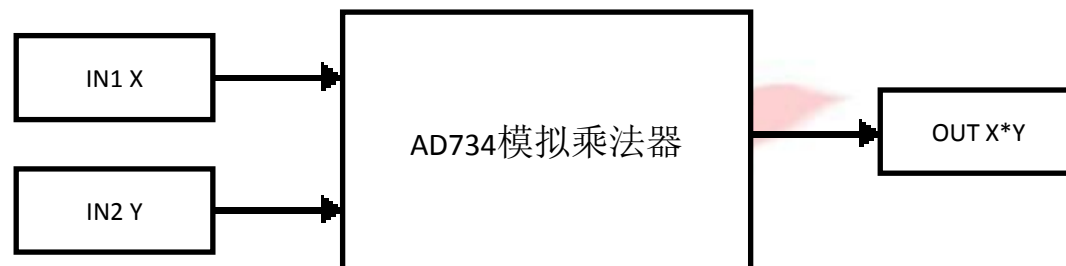
# 混频

- 混频是指将信号从一个频率变换到另外一个频率的过程，其实质是频谱线性搬移的过程。
- 混频电路包括三个组成部分：  
本机振荡器  
非线性器件  
带通滤波器

# 工作原理

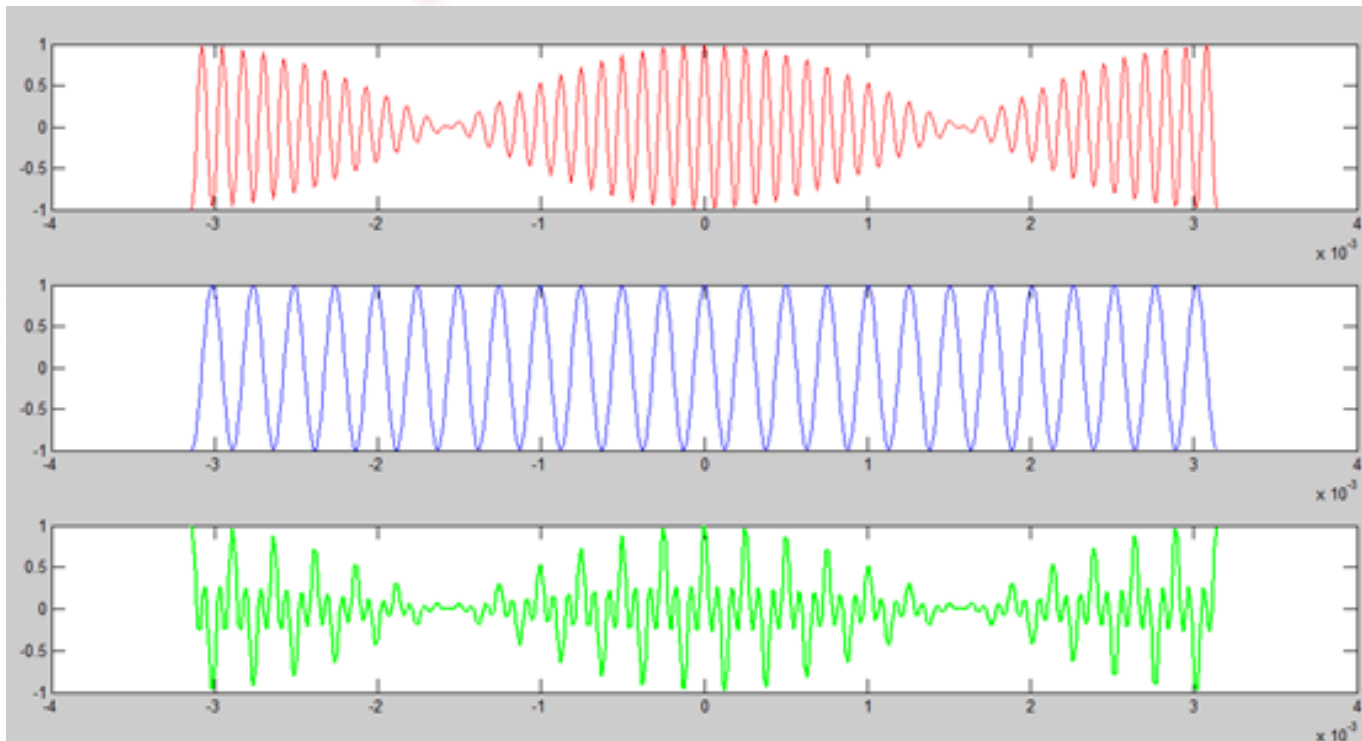
- IN1:  $u_{AM}(t) = \frac{1}{2} U_{\Omega m} U_{cm} \cos(\omega_c + \Omega)t + \frac{1}{2} U_{\Omega m} U_{cm} \cos(\omega_c - \Omega)t$
- IN2:  $u_m(t) = U_m \cos \omega_m t$
- OUT: 
$$u_{ml}(t) = u_m(t) \times u_{AM}(t)$$
$$= \frac{1}{4} U_{\Omega m} U_{cm} U_m \cos(\omega_c + \Omega - \omega_m)t + \frac{1}{4} U_{\Omega m} U_{cm} U_m \cos(\omega_c + \Omega + \omega_m)t$$
$$+ \frac{1}{4} U_{\Omega m} U_{cm} U_m \cos(\omega_c - \Omega + \omega_m)t + \frac{1}{4} U_{\Omega m} U_{cm} U_m \cos(\omega_c - \Omega - \omega_m)t$$

差频分量 就是所需要的所要求的中频分量。



# 理论分析

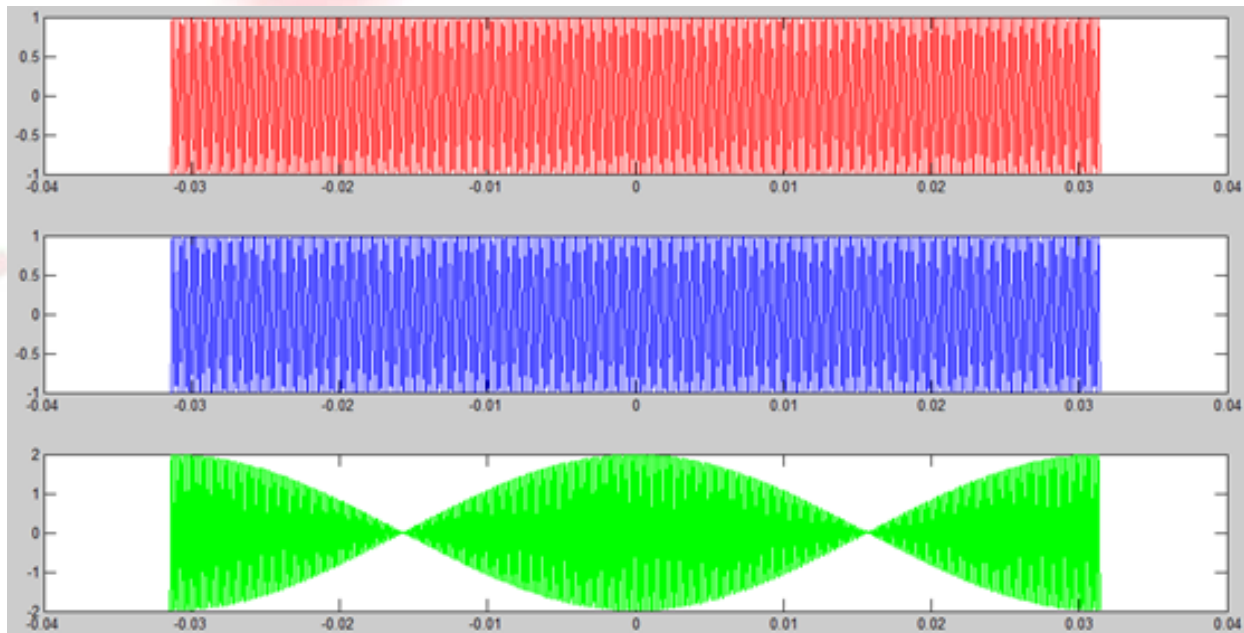
- $u_3(t) = \cos(1000t) \times \cos(50000t)$
- $u_4(t) = \cos(25000t)$
- $u_5(t) = u_3(t) \times u_4(t)$





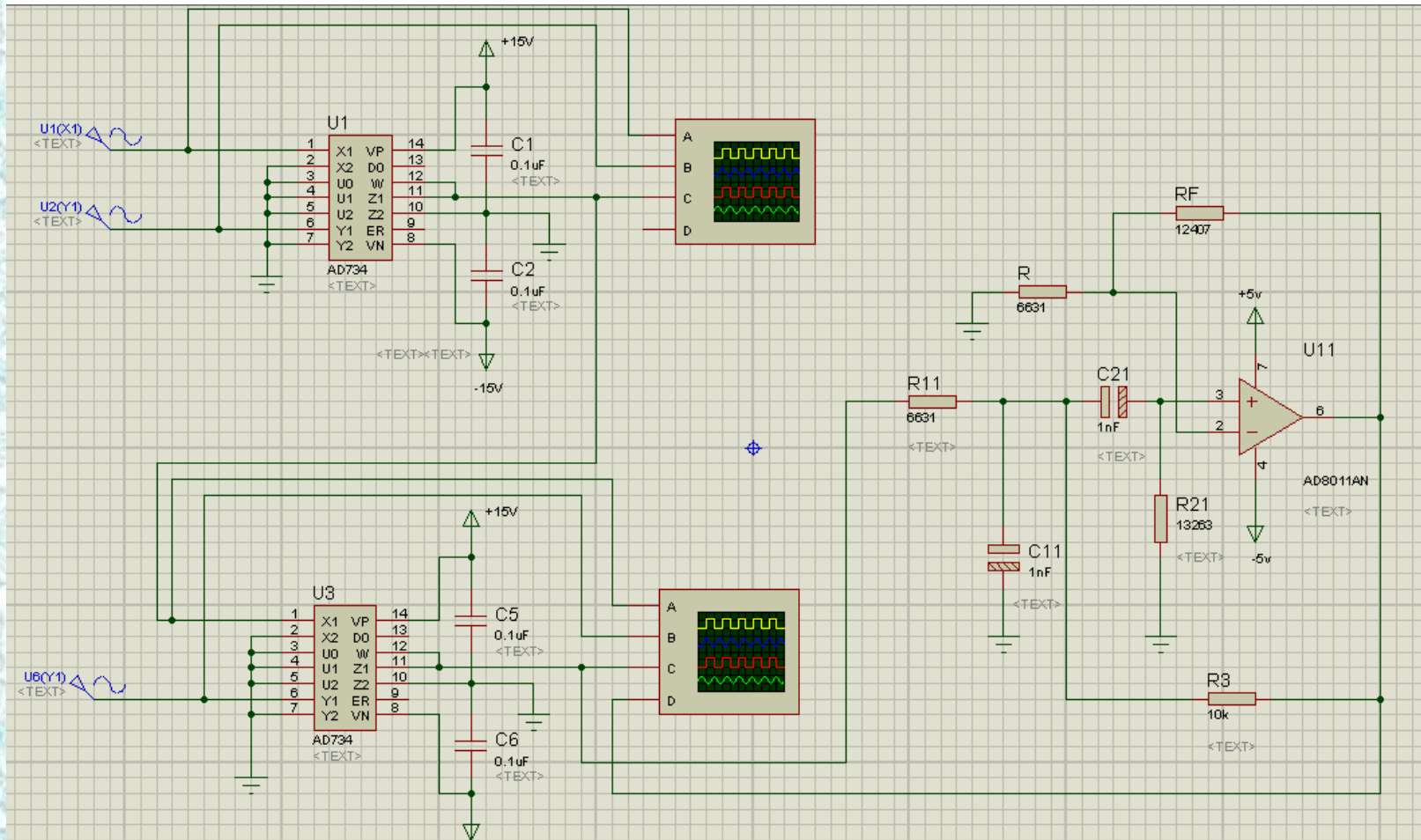
# 滤波后波形的理论值

- 滤波之后的波形相当于频率值处的正弦值的叠加。
- $u_1(t)=\cos((25000-1000)t)$
- $u_2(t)=\cos((25000+1000)t)$
- $u_5(t)=u_1(t)+u_2(t)$

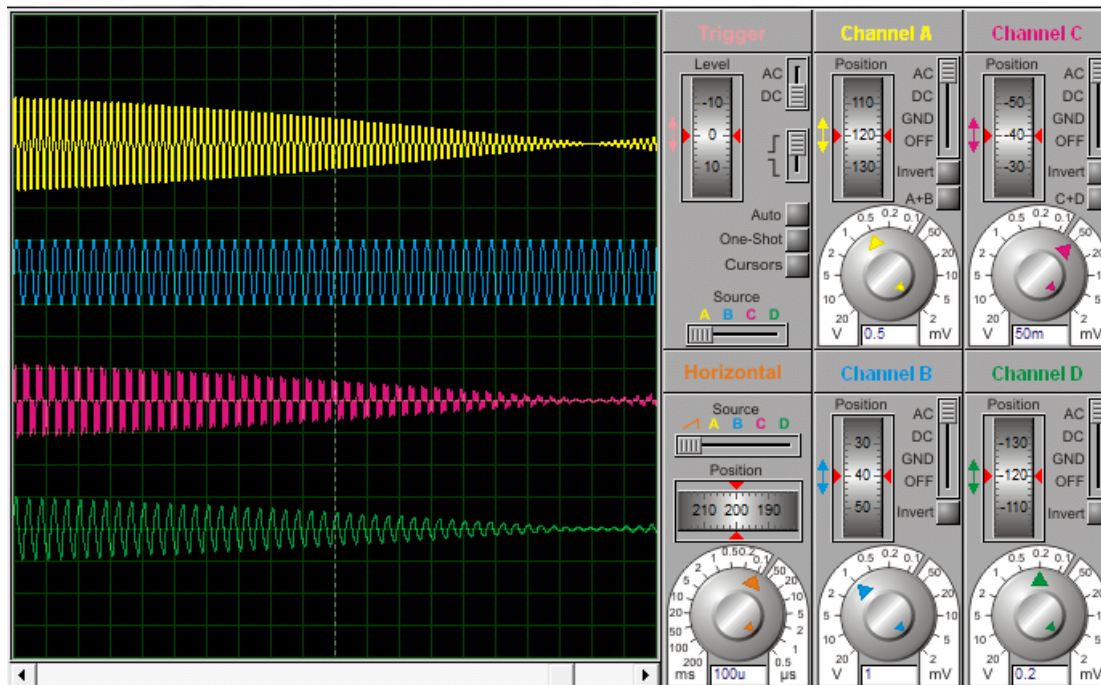




# 混频器电路



# 仿真分析



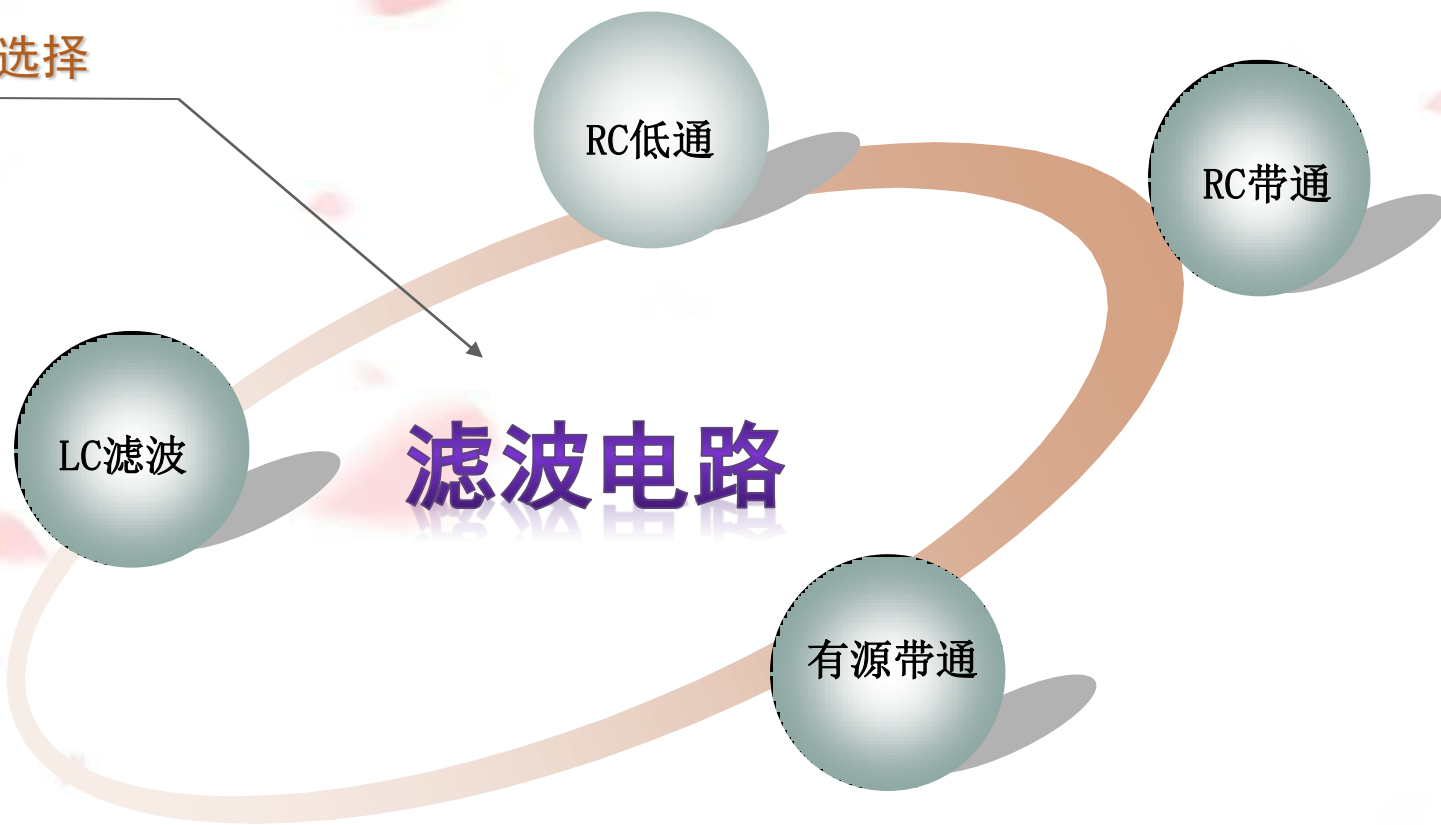
- 的绿色曲线（频率 $f_m=25\text{kHz}$ ）
- 与图中的黄色曲线（频率 $f_s=50\text{kHz}$ ）包络形状几乎相同
- 频率由高频转变为中频，符合要求。



# 滤波

- 混频后利用带通滤波器对混频后的信号选频，得到所需的中频信号。
- 利用压控电压源带通滤波电路，将所得信号的频率限制在选用的中频信号频率上（ $\omega_c - \Omega - \omega_m$ ）

滤波电路的选择



LC滤波

RC低通

RC带通

滤波电路

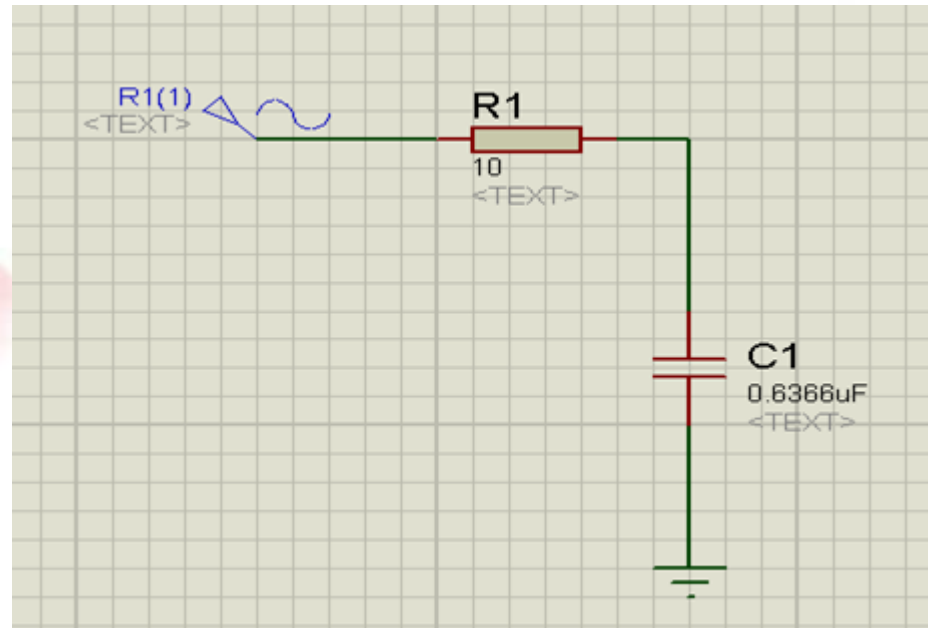
有源带通

# LC滤波电路

$$R=10\Omega$$

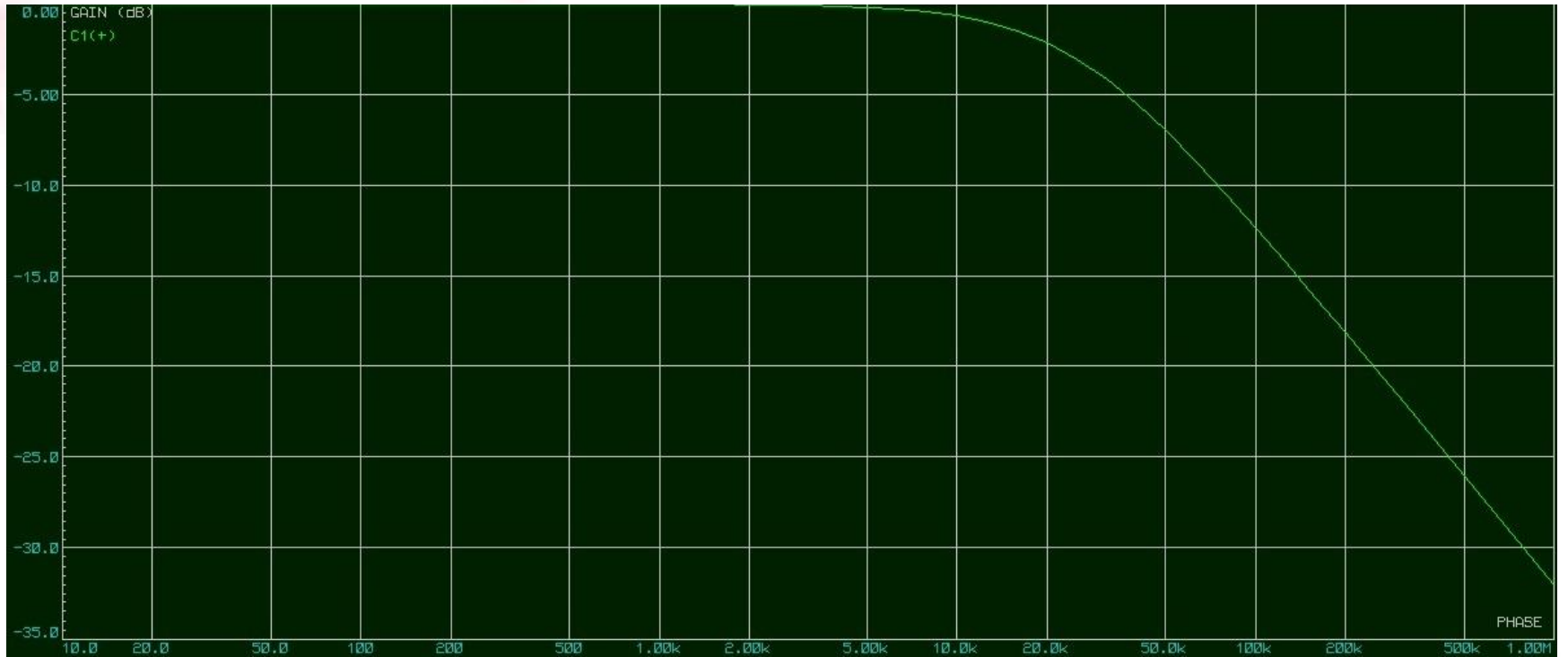
$$f = \frac{1}{2\pi RC} = 25k$$

$$C=0.6366\mu F$$

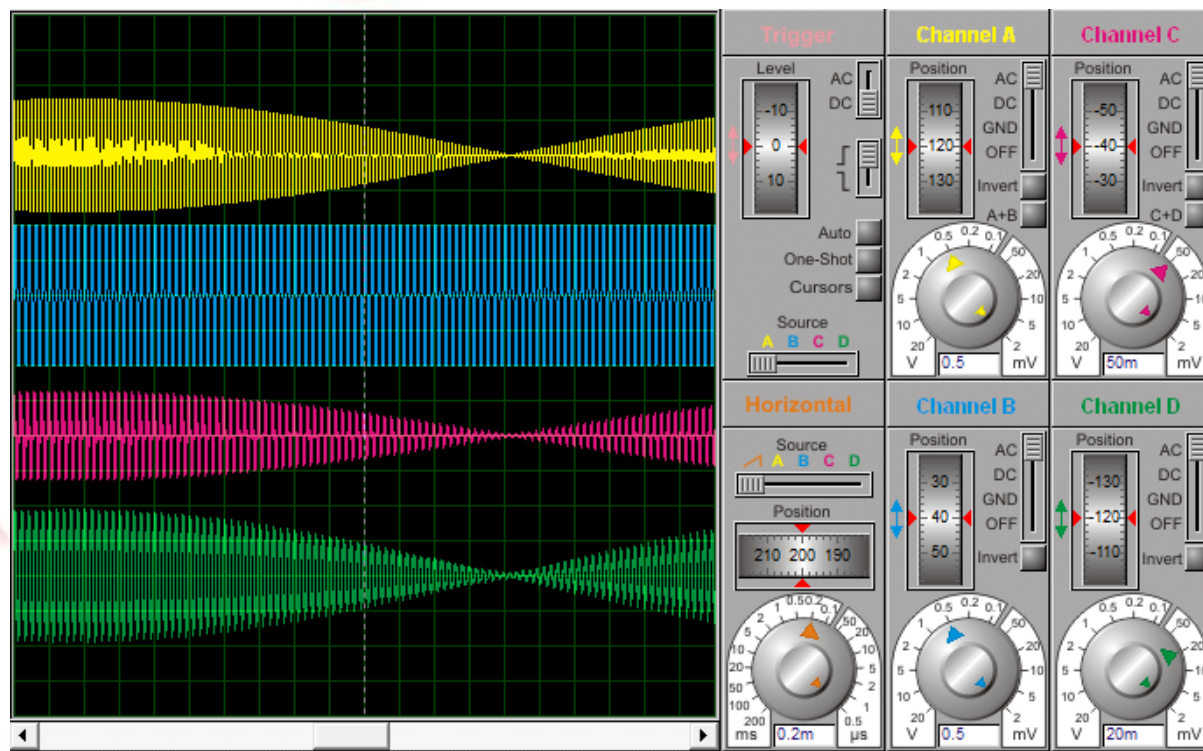




# 频率特性曲线



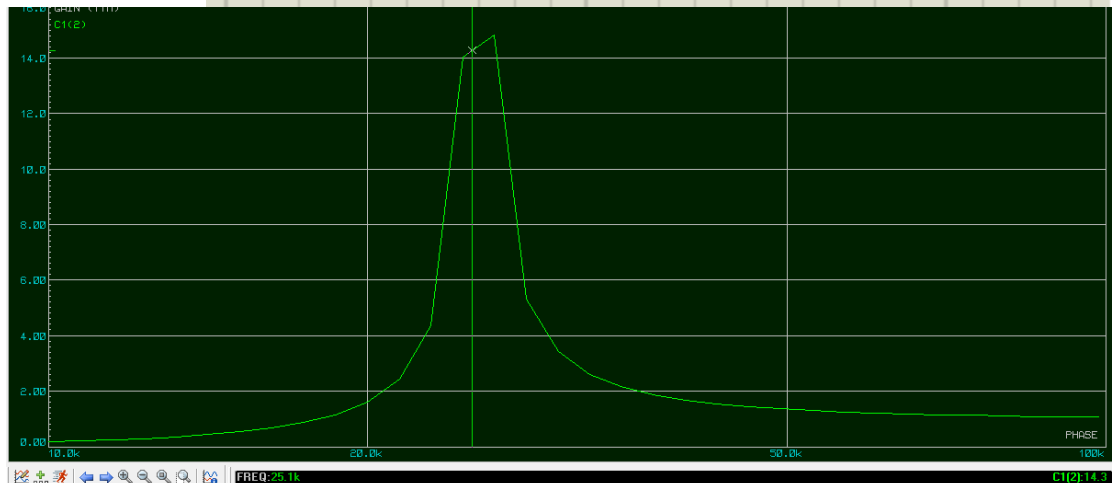
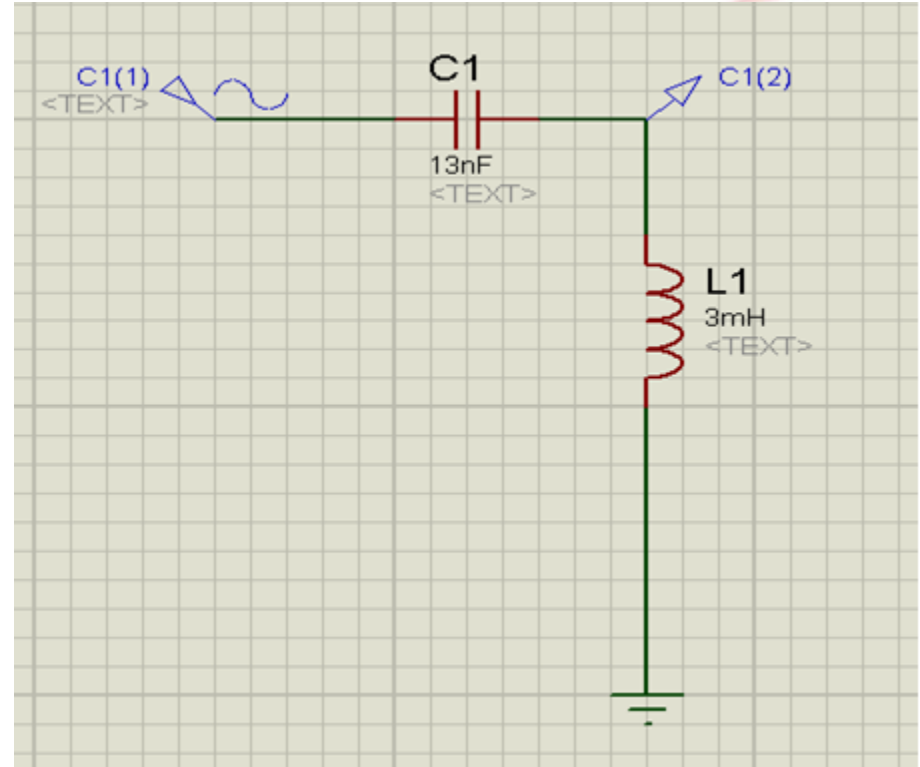
# 滤波结果



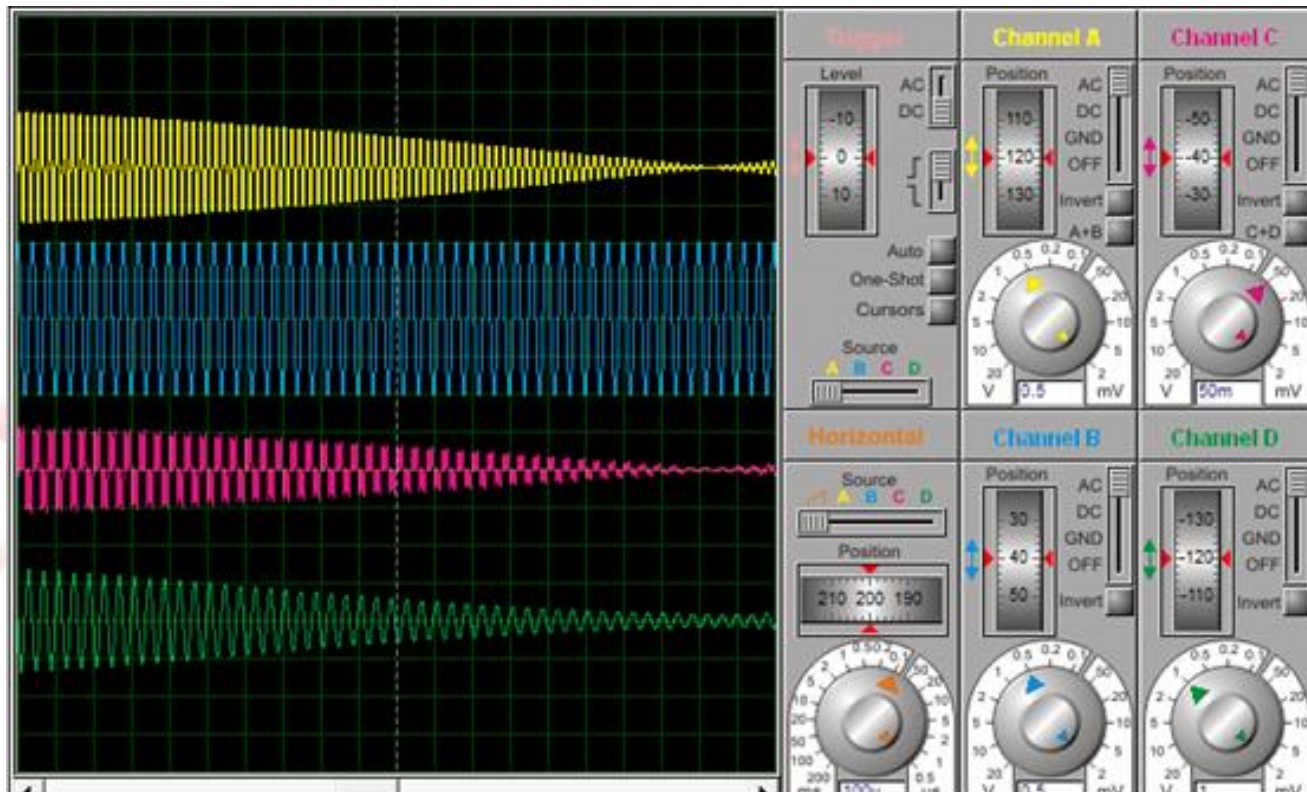
- 理论上，对于频率成分比较少时，可以使用低通滤波器，但是，仿真结果显示，滤波效果并不好。这与转折频率处的斜率有关。

# RC低通滤波电路

- 取  $L=3.1mH$ ,  
 $C=13.2nF$  由  
 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{RC}}$  得  $f=25k$



# 结果分析





# 有源带通滤波电路

$$\vec{A}_{uf} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{(3 - \vec{A}_{uf})^2 + 4} - (3 - \vec{A}_{uf}) \right]$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{(3 - \vec{A}_{uf})^2 + 4} + (3 - \vec{A}_{uf}) \right]$$

$$f_{bw} = f_{p2} - f_{p1} = |3 - \vec{A}_{uf}| f_0$$

$$C = C_1 = C_2 = 1\mu F$$

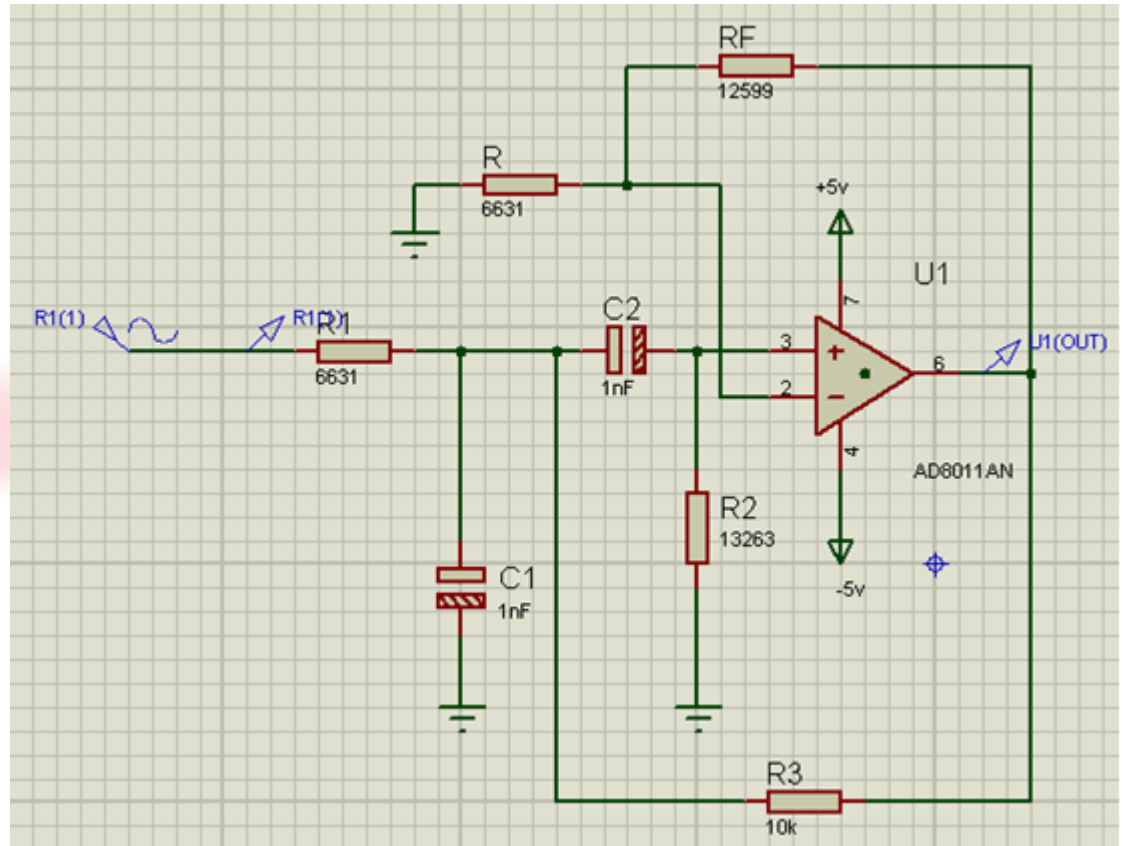
$$R = R_1 = 6633\Omega$$

$$R_2 = 2R = 13263\Omega$$

结合公式得到：

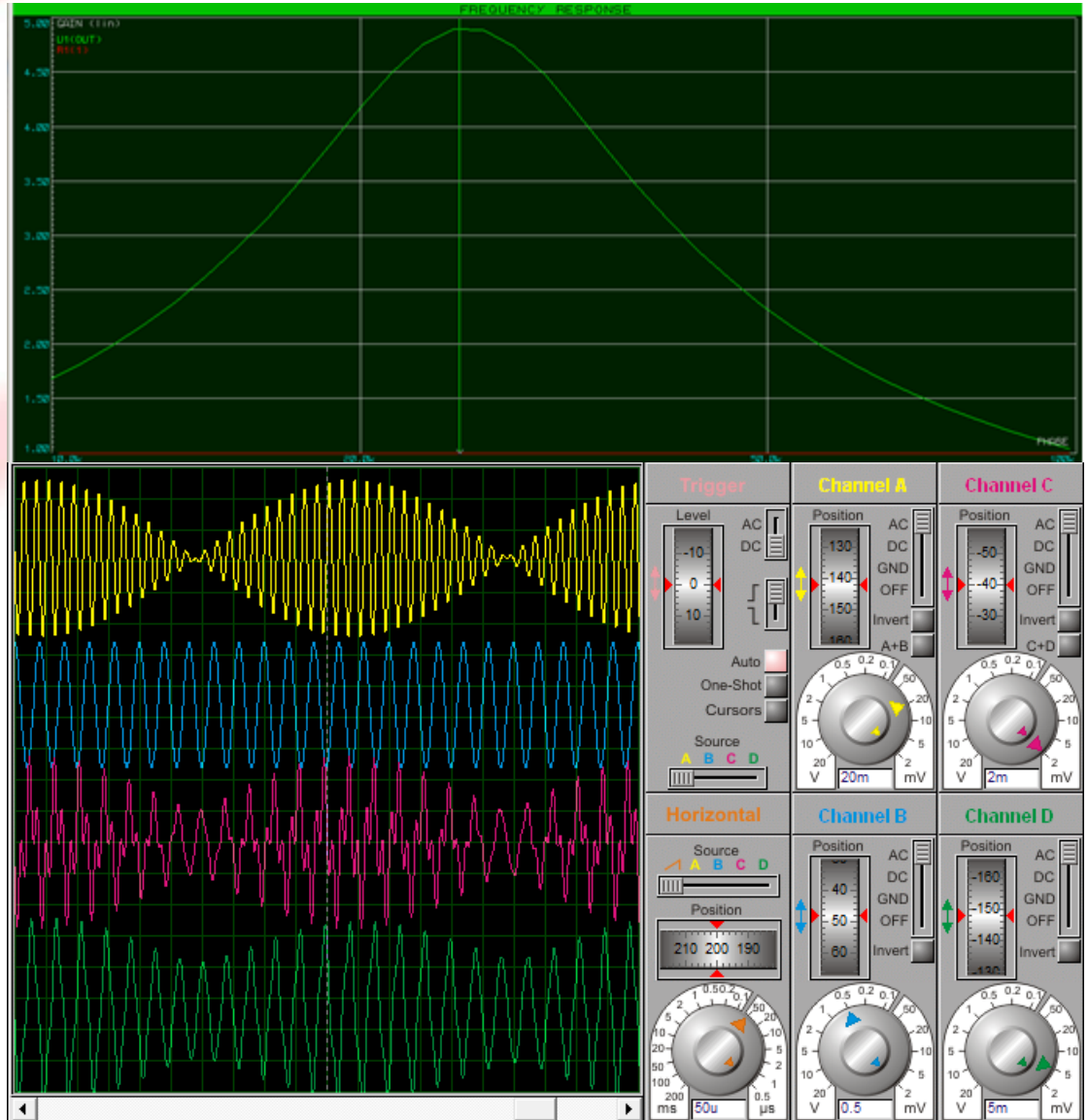
$$f_0 = 25.1k$$

$$f_{bw} \approx 15k$$



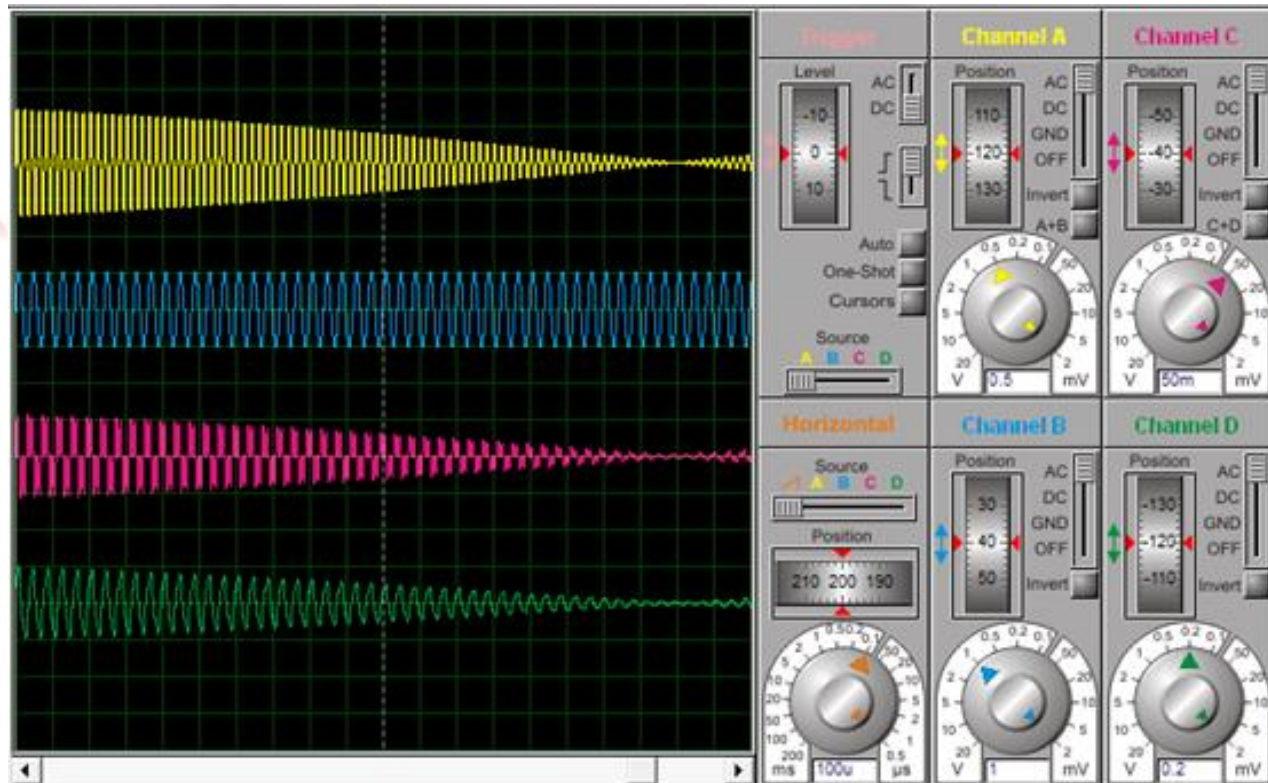
# 结果分析

- $Q = \left| \frac{1}{(3 - \bar{A})} \right|$
- 选择复制较大的输入信号。
- 改变滤波电路。
- 改变中心频率，可以适当左移，但是再输入信号频率比较复杂时不太适用。



# 结果分析


- 输入信号幅值为  $0.5\text{mV}$  时，滤波结果上图所示，而改用幅值为  $1\text{mV}$  的输入信号之后，滤波结果如下图所示。改变幅值之后滤波效果非常好。





**思考：**


放大后为何不直接检波而经过混频器之后再检波？





# 结论

- 电路工作稳定
- 提高灵敏性
- 使电路结构简化



谢谢！