

## SEL318 - Laboratório de Circuitos Eletrônicos III

### Laboratório 2 – Equalizador Paramétrico

O equalizador Baxandall pode ser bastante útil para um ajuste de graves e agudos em pré-amplificadores de áudio, principalmente devido a sua simplicidade. A principal desvantagem DESTA topologia é a sua pouca versatilidade pois ele funciona para graves e agudos. O que ocorre caso se deseje um ajuste mais fino, por exemplo, a cada oitava?

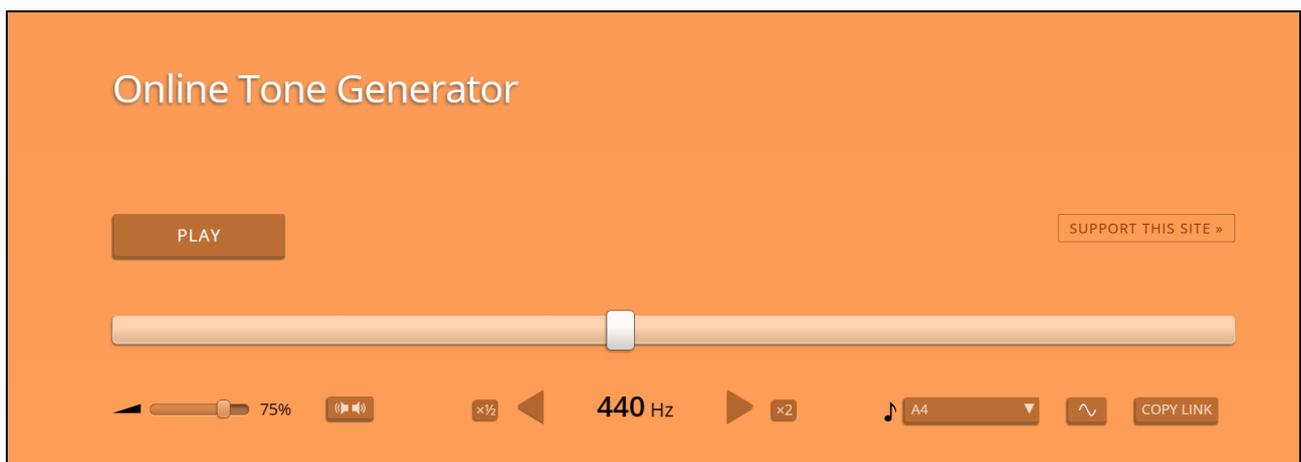
O **Equalizador Paramétrico** é uma solução elegante para a necessidade de equalização e amplificação em áudio. Montado com várias células, cada uma sintonizada para uma faixa de frequência, este tipo de equalizador fornece ganho simétrico com o ajuste de um potenciômetro, podendo ser sintonizado para qualquer banda dentro da resposta dos componentes ativos.

O **Circuito Girador** é um simulador de indutâncias utilizando um operacional, resistores e capacitores, muito útil para elaboração de filtros com frequências de corte baixas.

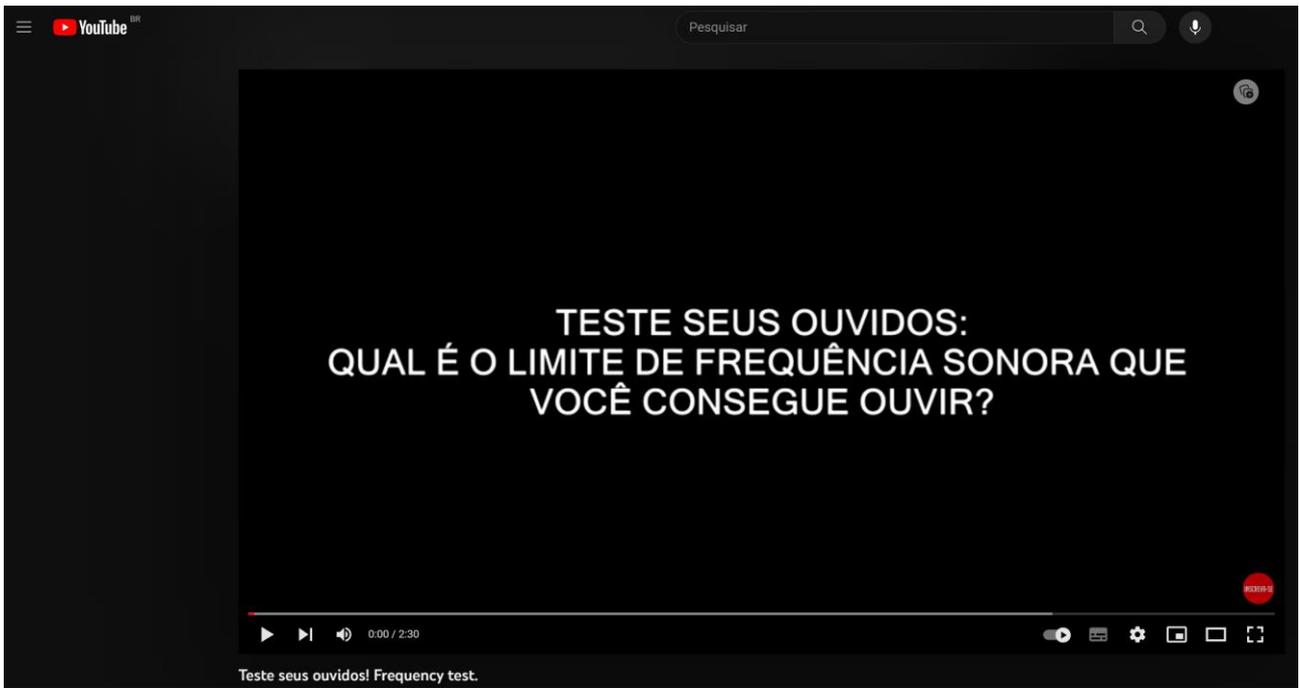
### Implementação em Protoboard

### Geradores Senoidais

Os geradores de sinais senoidais, através dos links abaixo mostrados, podem ser utilizados para testar o equalizador Baxandall e o amplificador de áudio.



<https://www.szynalski.com/tone-generator/>



<https://www.youtube.com/watch?v=gf2JkPNuiCU>

### Filtro Paramétrico

Implemente o Filtro Paramétrico da Fig. 2.1 utilizando o amplificador operacional LF351.

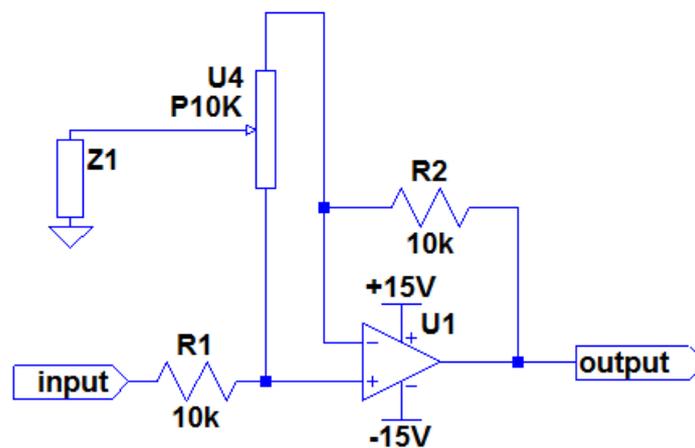


Fig. 2.1 - Filtro Paramétrico

## Amplificador de Áudio

Utilize o amplificador de áudio implementado no Laboratório 1 – Equalizador Baxandall com o op amp LF351 e alimentação simétrica de 15V, mostrado na fig. 2.2.

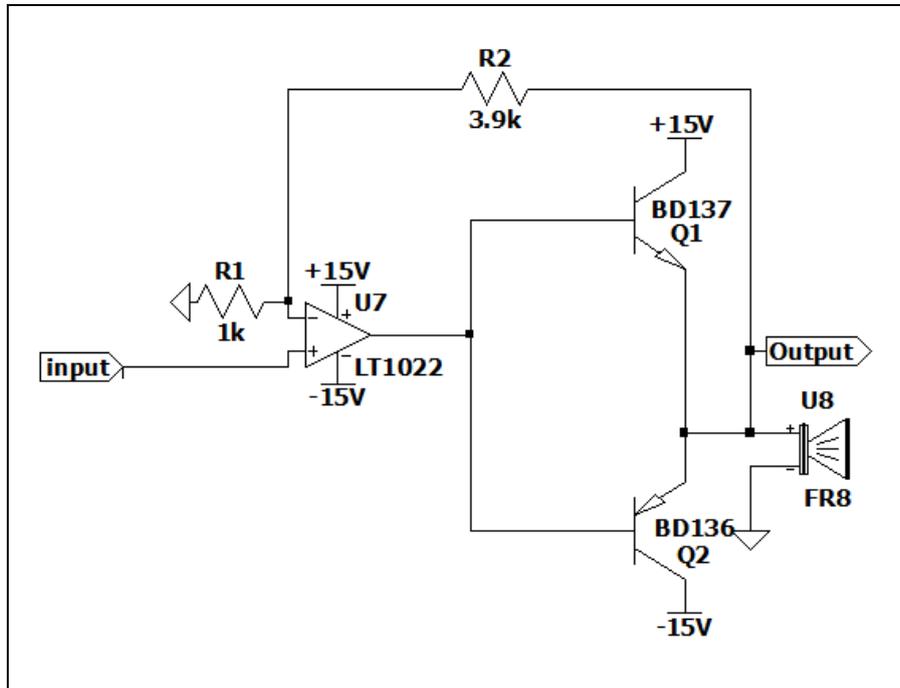


Fig. 2.2 - Amplificador de Potência (esquemático LTSPice)

## Girador

Implemente o Girador da Fig. 2.3 utilizando o amplificador operacional LF351.

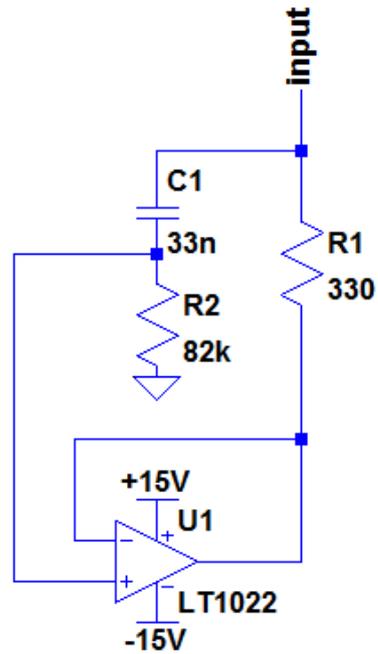


Fig. 2.3a - Circuito Girador

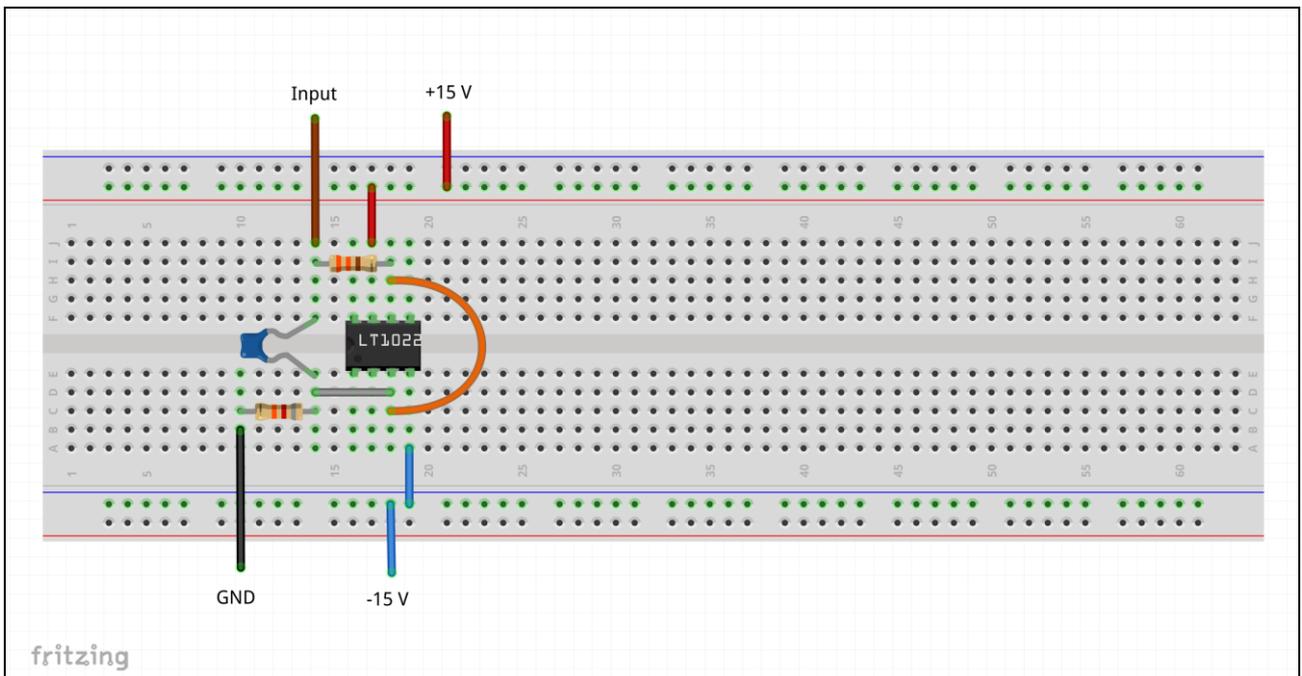


Fig. 2.3b - Circuito Girador

## Amplificador de Ganho Variável

Implemente o circuito da Fig.2.4 utilizando o amplificador operacional LF351 sendo **Z1 um resistor de 2.2k $\Omega$** .

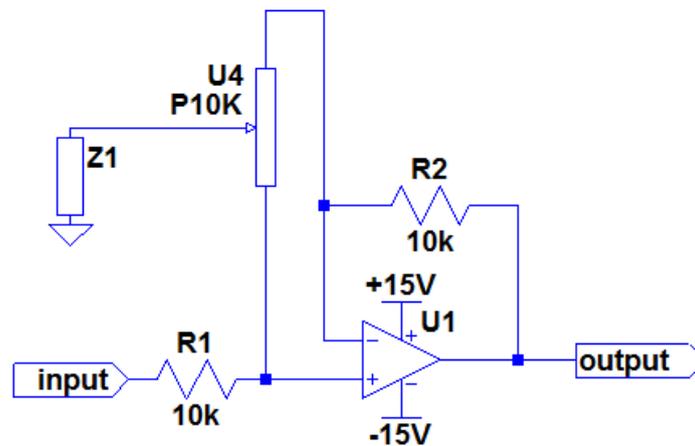


Fig. 2.4a – Amplificador de Ganho Variável

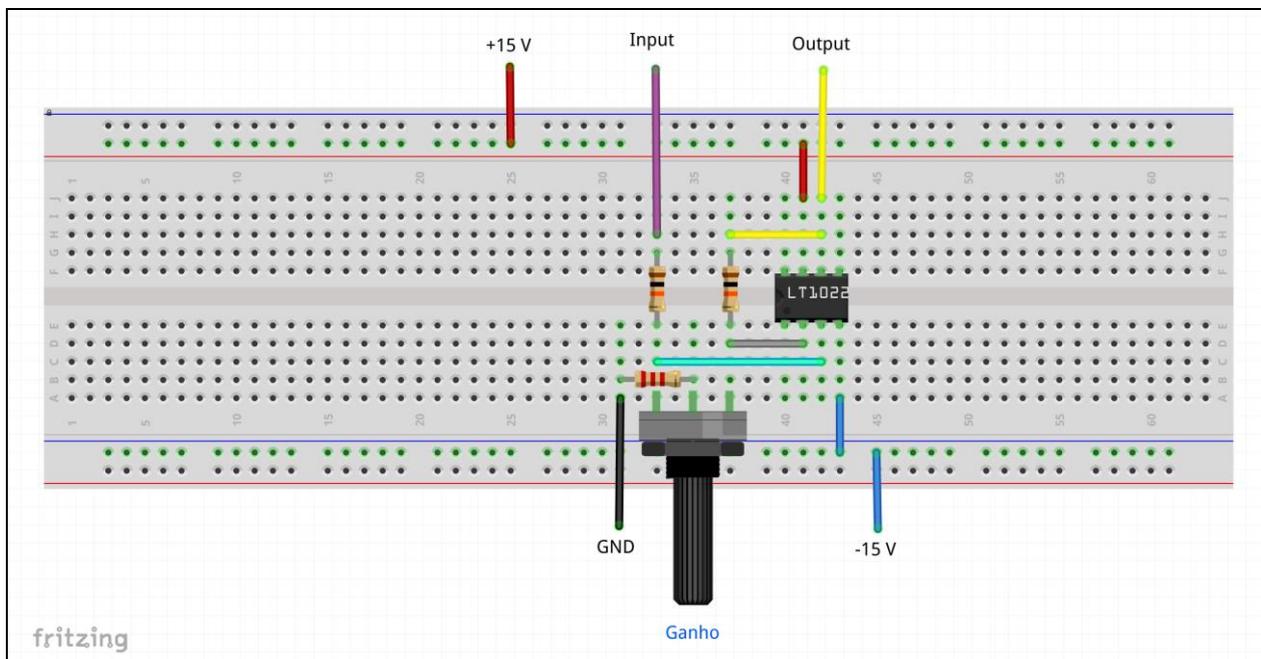


Fig. 2.4b – Amplificador de Ganho Variável

- 2.1) Aplique um sinal senoidal de 1kHz e baixa amplitude na entrada do filtro e verifique como se comporta o ganho do circuito em função da posição do potenciômetro. Meça o máximo e o mínimo ganho.
- 2.2) Aplique um sinal musical na entrada do circuito, conecte a sua saída na entrada do amplificador de áudio e verifique o seu comportamento.

Utilize a saída de áudio traseira do desktop, conforme figura 2.5.



Fig. 2.5 – Saída de áudio traseira do desktop

## Filtro Paramétrico Controle de Graves

2.3) Use como  $Z_1$  um resistor de  $1.8k\Omega$  em série com o girador (Fig.2.6). Aplique um sinal senoidal de 100Hz, 1kHz e 10kHz e verifique na saída do filtro os máximos e mínimos ganhos.

2.4) Aplique um sinal musical na entrada do circuito, conforme Fig. 2.5, conecte a sua saída na entrada do amplificador de áudio e verifique o seu comportamento, de preferência uma música com muitos graves (música eletrônica).

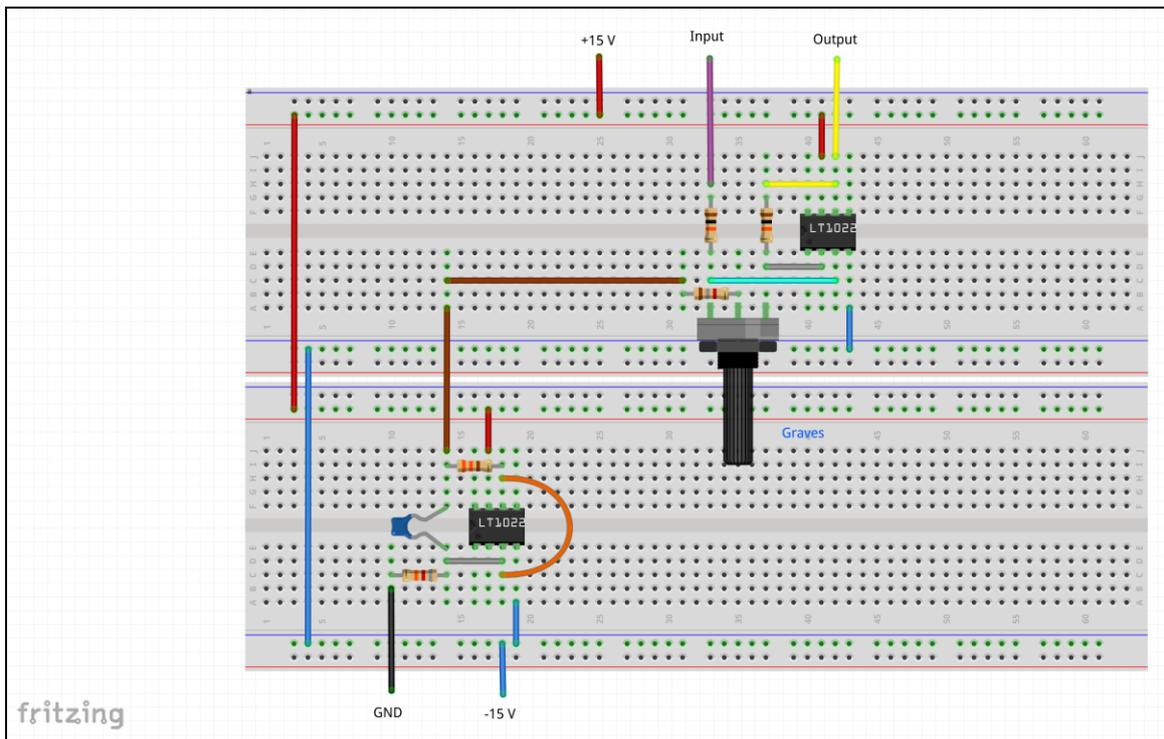


Fig. 2.6 - Filtro Paramétrico | Controle de Graves



## Filtro Paramétrico Controle de Médios

Um filtro paramétrico de passa faixa pode ser implementado com a associação de um resistor, um capacitor e um girador em série, ou somente do capacitor e girador caso deseje-se obter um fator de qualidade maior.

2.7) Use como  $Z_1$  como a associação em série de um resistor de  $1.2k\Omega$ , um capacitor de  $27nF$  e o girador, conforme Fig.2.8. Aplique novamente um sinal senoidal de 100Hz, 1kHz e 10kHz e verifique na saída do filtro os máximos e mínimos ganhos.

1.8) Aplique um sinal musical na entrada do circuito, Aplique um sinal musical na entrada do circuito, conforme Fig. 2.5, conecte a sua saída na entrada do amplificador de áudio e verifique o seu comportamento, de preferência utilizando uma música com muitos médios (Ex.: pop com vocal).

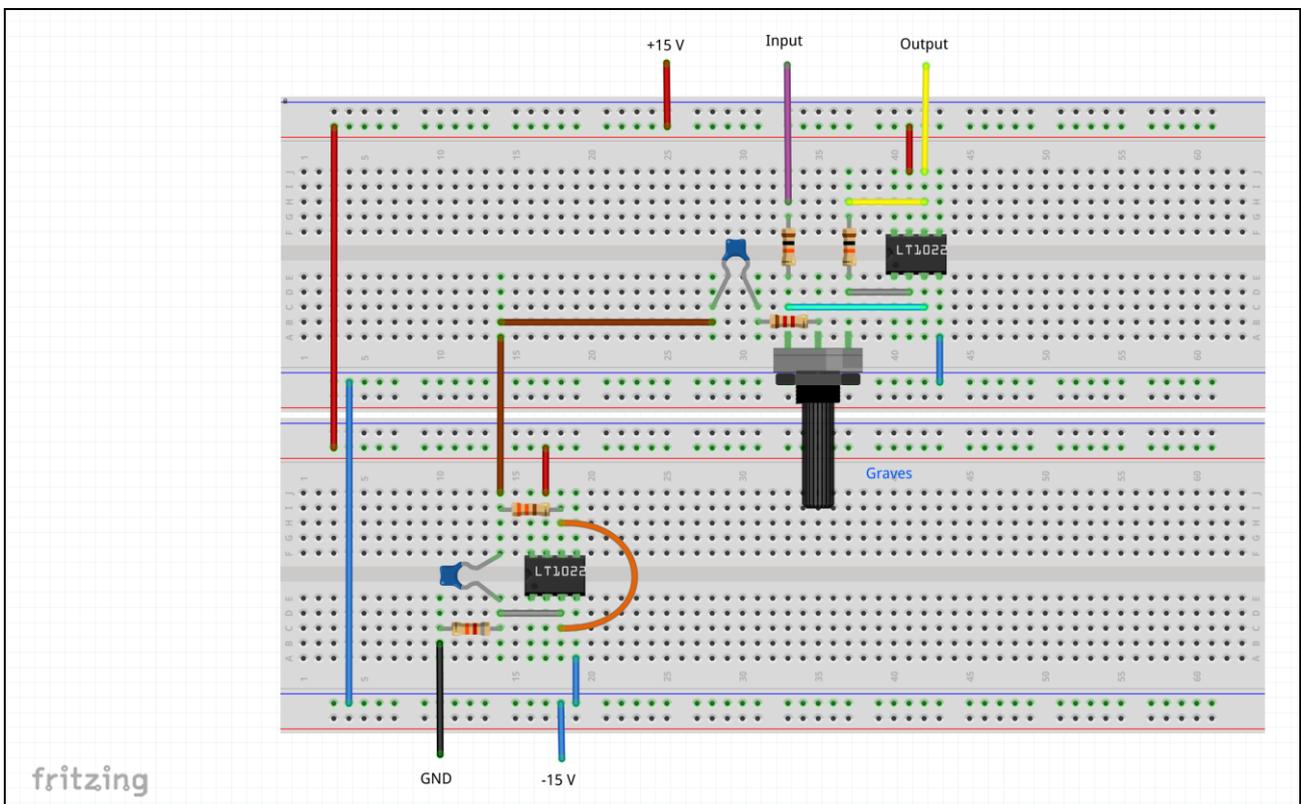


Fig. 2.8 - Filtro Paramétrico | Controle de Médios

## Simulação no LTSpice

### Amplificador de Ganho Variável

- 2.1) Simule o circuito da Fig.2.1 para o caso onde  $Z_1$  é um resistor de  $2.2k\Omega$ . Aplique um sinal dc em sua entrada e plote em análise .OP a tensão de saída em função da variação do potenciômetro.
- 2.2) Plote a família de curvas da resposta em frequência do circuito variando a posição do potenciômetro.

### Filtro Paramétrico

#### Controle de Graves

- 2.2) Substitua  $Z_1$  por um resistor de  $2.2k\Omega$  e um indutor de  $1mH$ , o maior valor comercial disponível no laboratório. Plote a família de curvas da resposta em frequência do circuito variando a posição do potenciômetro.

#### Controle de Agudos

- 2.3) Simule o circuito da Fig. 2.1 para o caso onde  $Z_1$  é um resistor de  $2.2k\Omega$  em série com um capacitor de  $15nF$ . Plote a família de curvas da resposta em frequência do circuito variando a posição do potenciômetro.

### Girador

- 2.4) No circuito da Fig. 2.2 em análise .AC simule o circuito na faixa de áudio e meça a impedância vista pela entrada em função da frequência.
- 2.5) Simule um resistor de valor  $R_1$  em série com um indutor ideal de valor  $L=R_1R_2C_1$  e compare a sua impedância de entrada em função da frequência com a do girador.
- 2.6) Use  $Z_1$  como um resistor de  $1.8k\Omega$  em série com o girador e plote a família de curvas da resposta em frequência do circuito variando a posição do potenciômetro.
- 2.7) Use  $Z_1$  como um resistor de  $1.2k\Omega$  em série com o capacitor de  $27nF$  e o girador e plote a família de curvas da resposta em frequência do circuito variando a posição do potenciômetro.

## Questionário

- 2.1) O circuito da Fig. 2.1 ilustra a unidade básica de um filtro paramétrico, um amplificador não inversor, com ganho ajustável pelo potenciômetro. O valor máximo e mínimo desse ganho são determinados pela impedância genérica vista pelo tap central do potenciômetro. Deduza ou pesquise a equação que relaciona o ganho entre entrada e saída do amplificador, com os resistores  $R_1$  e  $R_2$ , a posição do potenciômetro e a magnitude da impedância  $Z_1$ . Suponha primeiramente que a impedância  $Z_1$  é puramente resistiva.
- 2.2) Qual o máximo ganho que pode ser obtido com a excursão do potenciômetro? E qual o mínimo ganho? Qual relação matemática o máximo ganho apresenta com o mínimo ganho?
- 2.3) O que pode ocorrer caso a impedância  $Z_1$  seja variável com a frequência?
- 2.4) Como o circuito se comporta quando  $Z_1$  é resistivo ?
- 2.5) Como o circuito se comporta quando  $Z_1$  é um resistor em série com um capacitor ?
- 2.6) Como o circuito se comporta quando  $Z_1$  é um resistor em série com um capacitor e com um indutor ?