

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?

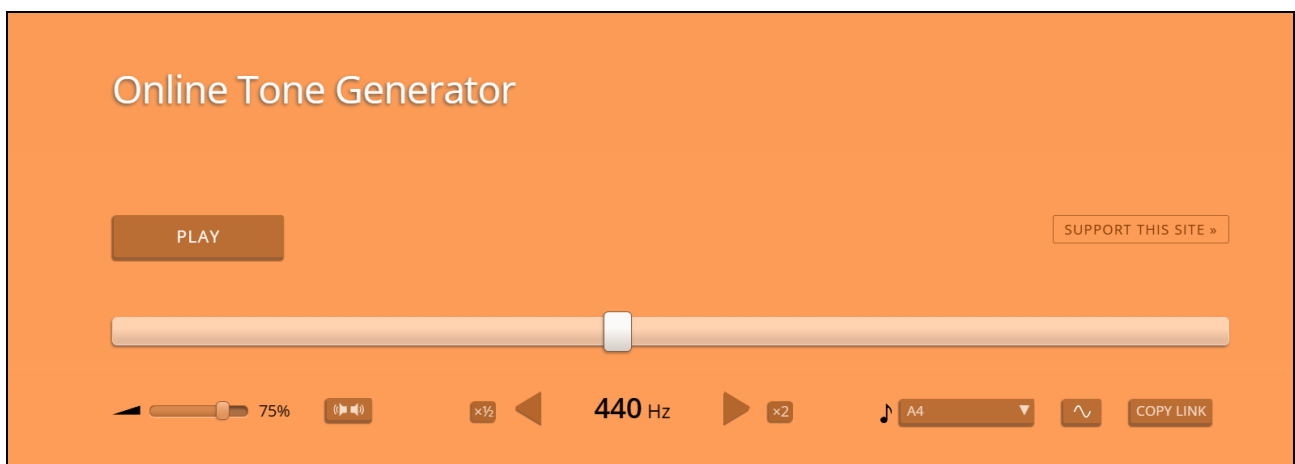
O **Equalizador Paramétrico** é uma solução elegante para a necessidade de equalização e amplificação em áudio. Montado com várias células, cada uma sintonizada para uma faixa de frequência, este tipo de equalizador fornece ganho simétrico com o ajuste de um potenciômetro, podendo ser sintonizado para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

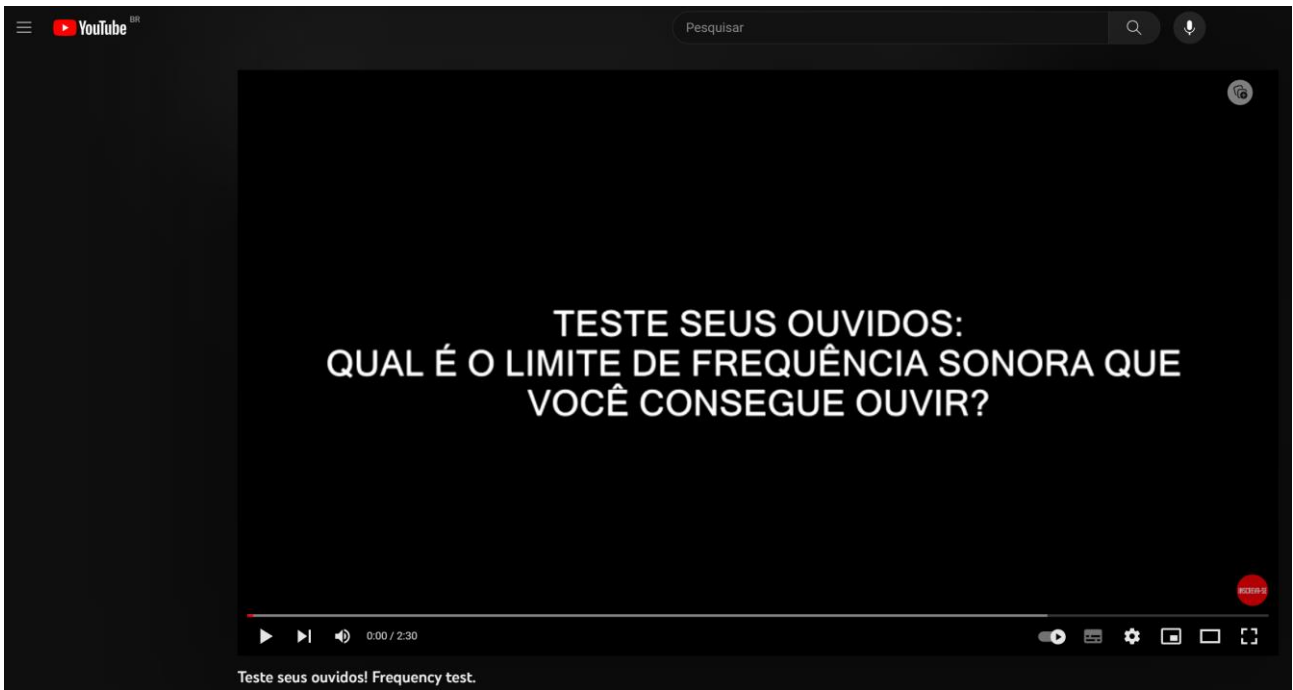
Implementação em Protoboard

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.

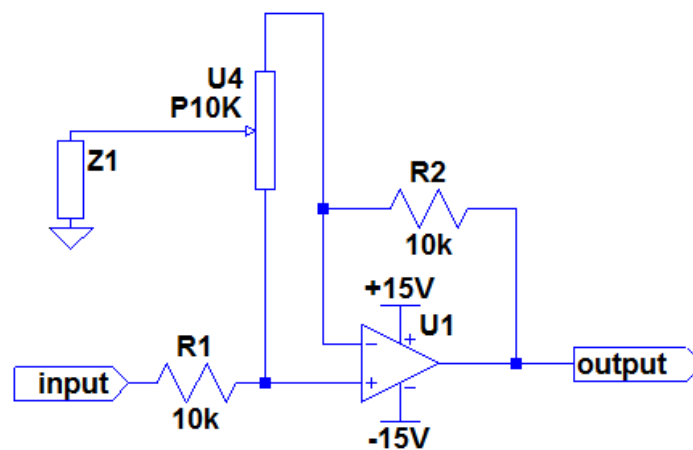


Fig. 2.1 - Filtro Paramétrico

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.

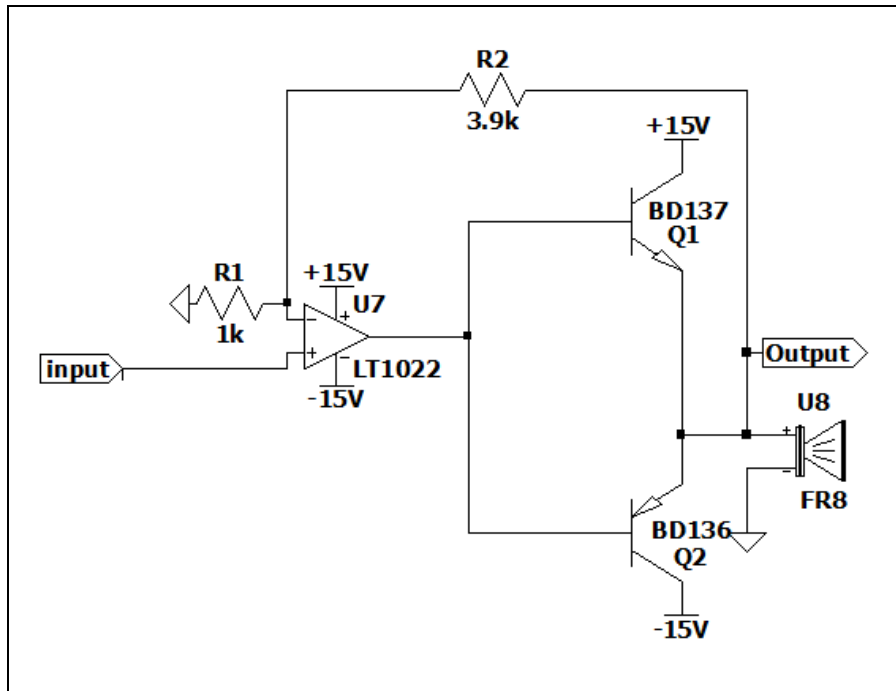


Fig. 2.2 - Amplificador de Potência (esquemático LTSPice)

Girador

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

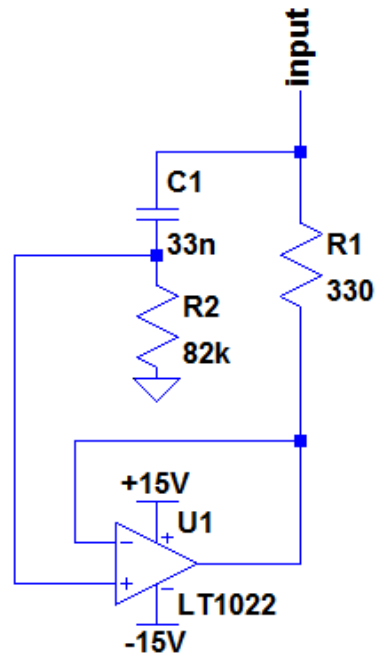


Fig. 2.3a - Circuito Girador

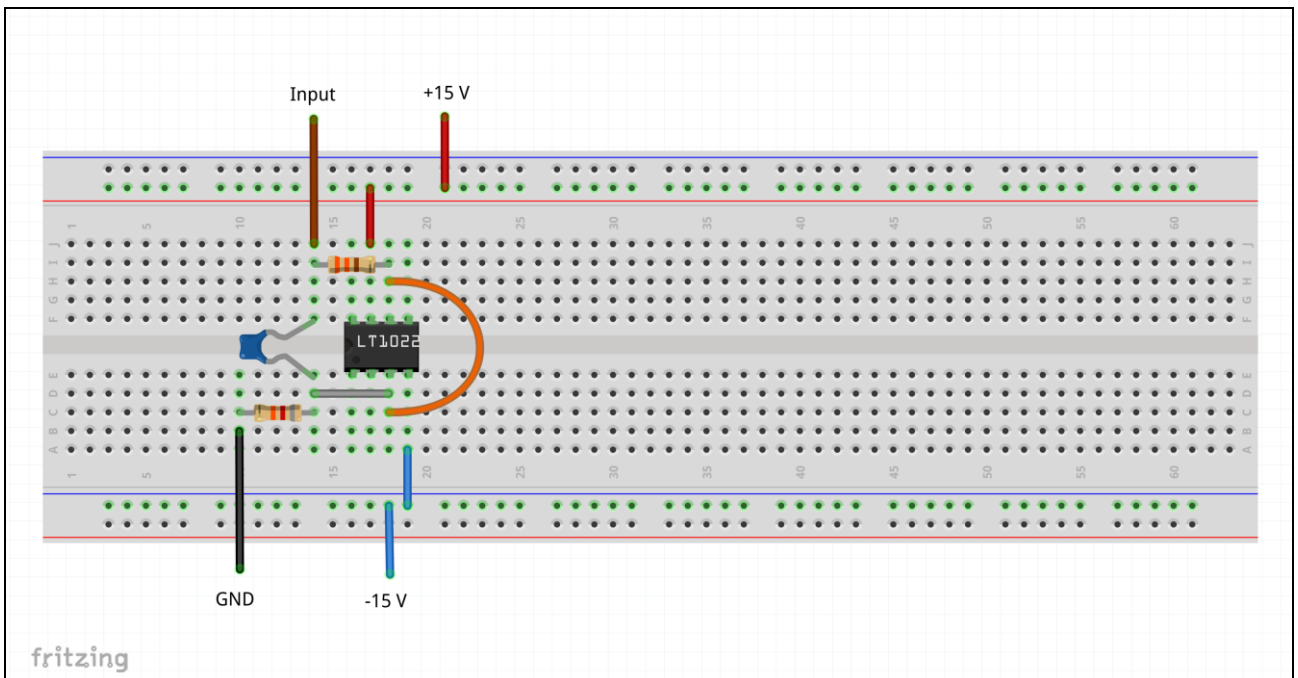


Fig. 2.3b - Circuito Girador

Amplificador de Ganho Variável

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

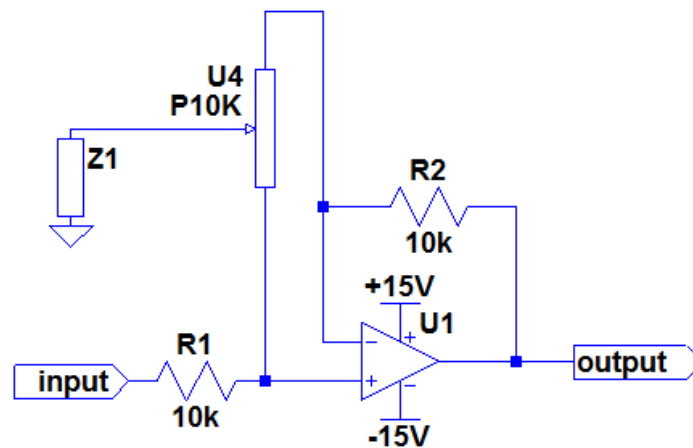


Fig. 2.4a – Amplificador de Ganho Variável

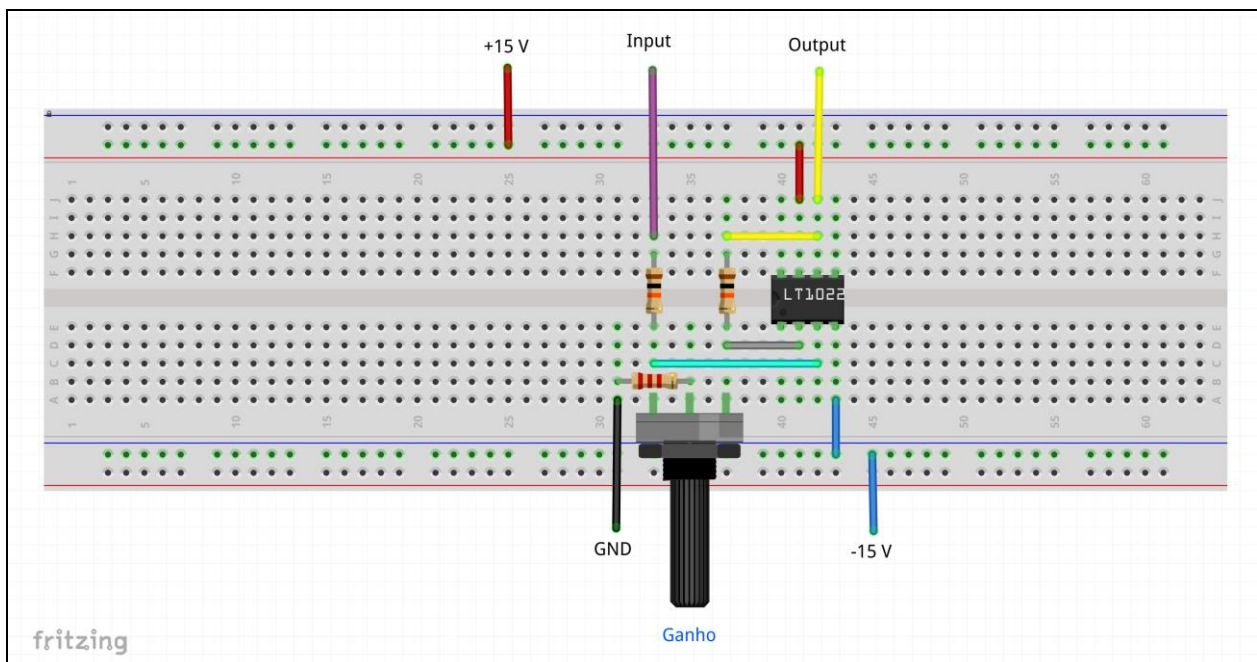


Fig. 2.4b – Amplificador de Ganho Variável

- 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.

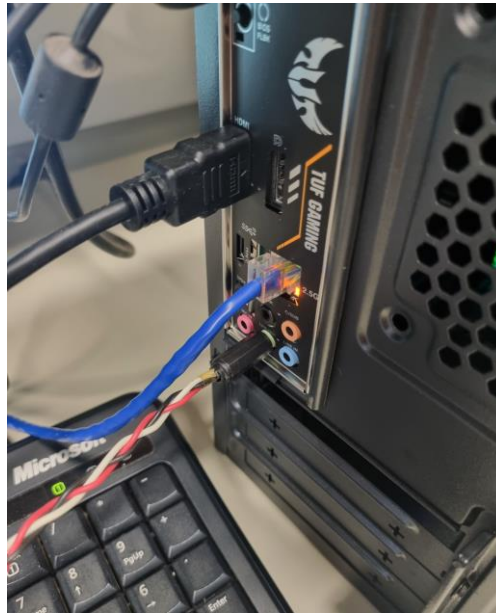


Fig. 2.5 – Saída de áudio traseira do desktop

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).

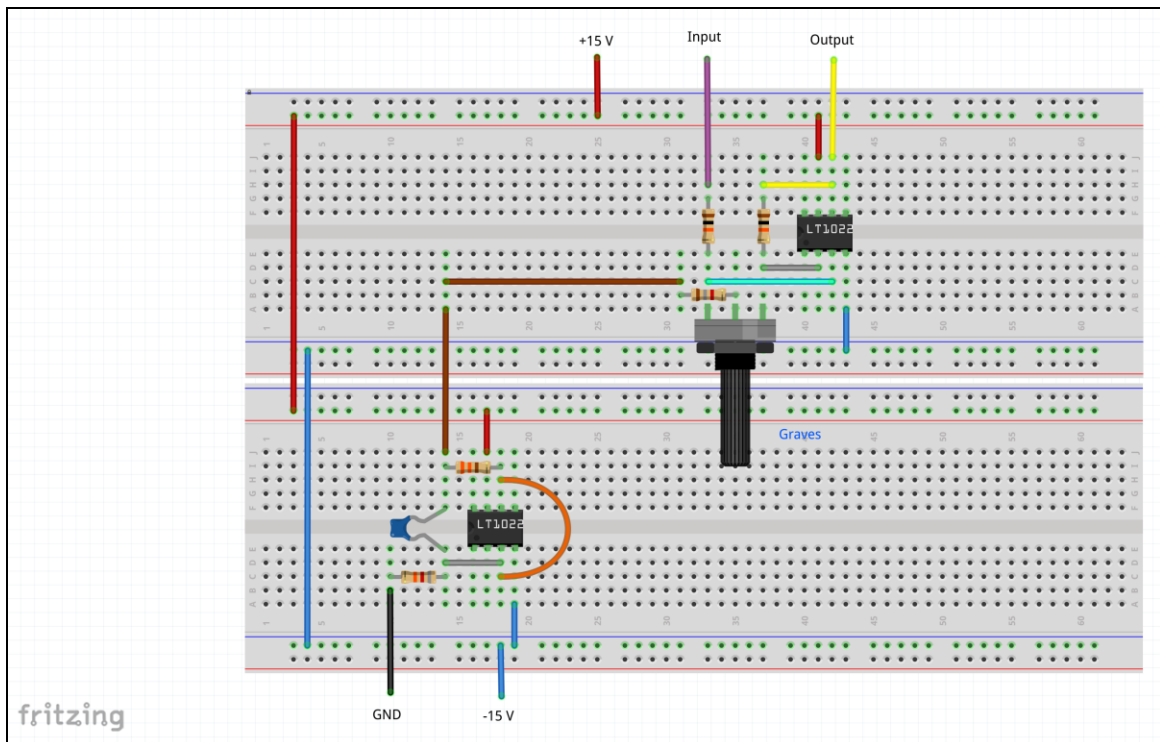


Fig. 2.6 - Filtro Paramétrico | Controle de Graves

Filtro Paramétrico Controle de Agudos

2.5) Use como Z_1 um resistor de 2.2k Ω em série com um capacitor de 15nF, conforme Fig. 2.7. Aplique um sinal senoidal de 100Hz, 1kHz e 10kHz e verifique na saída do filtro os máximos e mínimos ganhos.

2.6) 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 agudos (Ex.: música clássica – Inverno de Vivaldi).

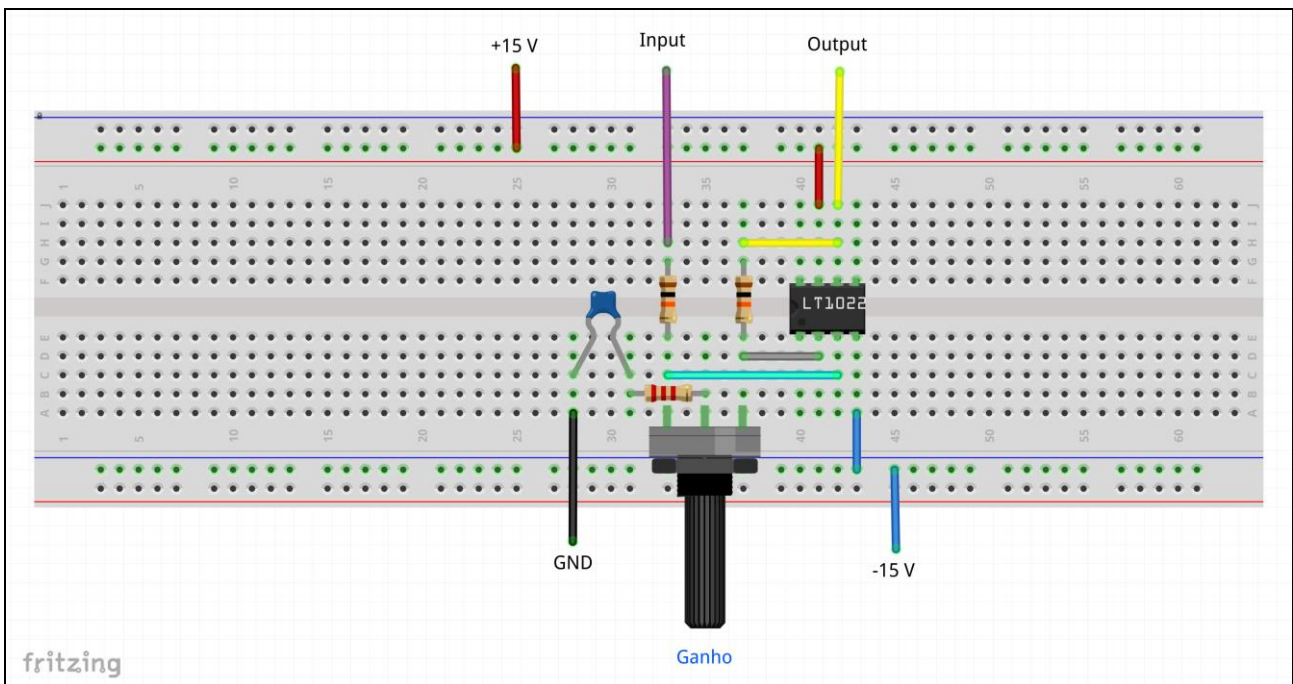


Fig. 2.7 - Filtro Paramétrico | Controle de Agudos

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).

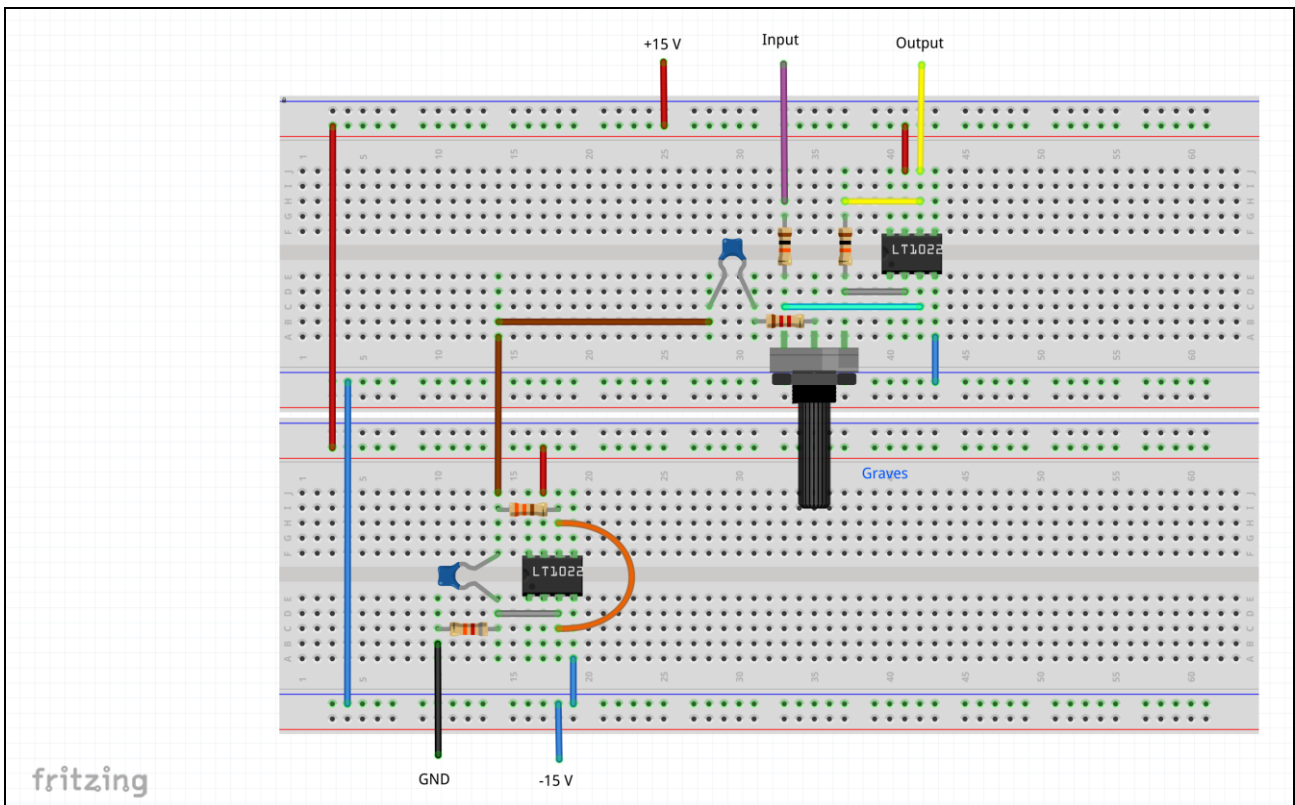


Fig. 2.8 - Filtro Paramétrico | Controle de Médios

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 ?