



## **Projeto Prático de Eletrônica Básica para Mecatrônica**

**Título:** Desenvolvimento de bancada pratica de filtro ativo de segunda ordem.

### **Objetivos:**

- Conhecimento básico do uso de software para montagem de circuitos eletrônicos;
- Introdução básica a um sistema de controle analógico;
- Técnicas de construção de placas de circuitos eletrônicos.

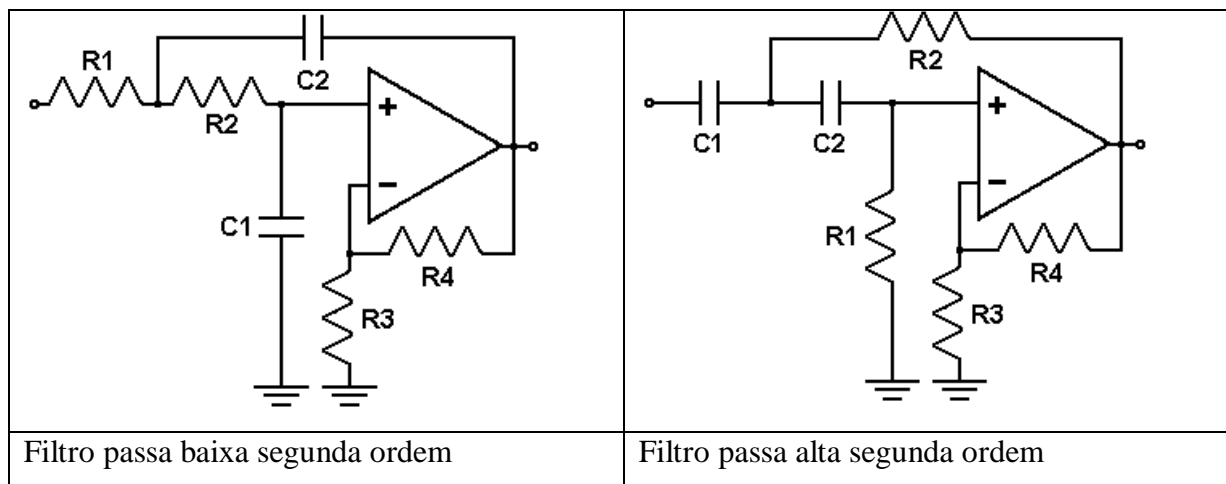
### **Circuito:**

O circuito a ser implementado na forma de bancada prática para utilização para filtragem de sinais para passagem de sinais em alta frequência (Filtro Passa Alta) e circuito para filtragem de sinais para passagem de sinais em baixa frequência (Filtro Passa Baixa).

Um filtro é qualquer dispositivo que tem a função de separar misturas. Um filtro eletrônico é um circuito que aceita em sua entrada sinais elétricos de um amplo espectro de frequências mas que só deixa passar (ou não passar) para sua saída sinais que estejam dentro de uma faixa selecionada. E de acordo com essa faixa de frequências passantes os filtros são classificados em quatro tipos: filtros passa-baixas, passa-altas, passa-faixa e rejeita-faixa (quando uma faixa de frequências é bloqueada). Os filtros em Eletrônica também podem ser passivos, quando são construídos com resistores e capacitores; ou ativos, quando também utilizam componentes como transistores e circuitos integrados, como os op-amps. Os filtros passa-baixas (LPF - Low Pass Filter) são aqueles que deixam passar somente os sinais que estejam abaixo de uma determinada frequência, chamada frequência de corte (cut-off frequency), e bloqueiam todas as outras acima desta. Os filtros passa-altas (HPF - High Pass Filter) só deixam passar os sinais com frequências acima da de corte. Os passa-faixa (BPF - Band Pass Filter), também chamados de filtros passa-banda, permitem a passagem somente dos sinais cujas frequências estejam entre duas frequências de corte selecionadas, a de corte inferior e a de corte superior. Por fim, os filtros rejeita-faixa (BRF - Band Reject Filter), ou rejeita banda, bloqueiam todos os sinais dentro de duas frequências de corte e permitem a passagem de todas as outras. O filtro mais simples que se pode construir é composto por um



resistor e um capacitor em série, chamado de filtro RC, e conectados diretamente à fonte de sinais; a saída desse filtro é tomada sobre o resistor ou sobre o capacitor.



**Figura 1: filtros a serem implementados**

O filtro RC da esquerda é um filtro LPF e sua saída é tomada sobre o capacitor; o da direita é um filtro HPF e sua saída é tomada sobre o resistor. Os filtros BPF e BRF são combinações em série desses dois primeiros filtros. A amplitude do sinal tomado na saída de um filtro RC é sempre atenuado por seus componentes passivos e pode ainda ter sua resposta de frequência (seletividade) alterada pela impedância do circuito que vai a ele conectado.

Para contornar tais problemas existem os filtros ativos que além de amplificar o sinal filtrado podem ainda melhorar sua seletividade. Filtros ativos são normalmente construídos com op-amps por estes possuírem alta impedância de entrada, baixa impedância de saída e ainda ter seu ganho de tensão controlado pelo seu resistor no loop de realimentação.

As mesmas fórmulas para o cálculo do ganho de tensão do amplificador e de frequência de corte do circuito anterior valem para este tipo de filtro. Filtros passa-faixa e rejeita-faixa ativos também podem ser implementados inserindo-se amplificadores com op-amps entre filtros passivos LPF e HPF. Os filtros vistos até aqui são ditos de primeira ordem porque eles têm somente um componente reativo no circuito, o capacitor. Se dois estágios desses filtros são conectados em série para melhorar a seletividade do sinal de entrada passam a ser classificados como filtros de segunda ordem ou filtros de dois polos; os de terceira ordem possuem três componentes reativos, e assim por diante. Em nosso projeto de interface cérebro-computador utilizaremos um tipo especial de filtro ativo passa-baixas de segunda ordem chamado de filtro Butterworth para fazer a conexão entre a saída do amplificador de



instrumentação e uma entrada analógica do Arduino. O filtro ativo Butterworth além de mais seletivo apresenta banda passante mais plana que os filtros convencionais.

### **Dados de projeto:**

A execução do projeto deve ser feito em dupla, onde os dados dos alunos devem constar em relatório conforme feito ao longo do semestre, onde o mesmo segue as mesmas diretrizes. A placa deve conter o número de matrícula na placa de ambos os alunos, a qual deve ser feita por corrosão em Percloroeto de Cobre como feito com as trilhas a serem projetadas por meio de software capaz deste tipo de desenvolvimento, bem como todos os comparativos por meio de simulação dos circuitos por meio de software para este fim.

O projeto deve ser contemplado de forma a se obter frequências de corte ajustável em operação de 500 Hz até 5 kHz a ser ajustado pelo operador, com uso dos resistores R1 e R2 como resistores variáveis para ajuste da frequência de corte. Mesmo procedimento que deve ser adotado para ajuste do ganho que é definido pelos resistores R3 e R4, cujo valor do ganho deve ser escalonado entre 0,1 e 500. .

O acesso aos terminais de entrada e saída, bem como ao referencial de terra e os terminais de alimentação +VCC e -VCC deve ser feito por meio de conectores ou bornes para conexão, de forma que o projeto seja o mais flexível. O projeto deve ser pensado de forma que o mesmo possa ser utilizado como Filtro Passa Faixa e Filtro Rejeita Faixa por meio do uso dos conectores supracitados.

### **Relatório:**

Com o auxílio do osciloscópio, meça simultaneamente os sinais de entrada e saída do circuito e anote os resultados na tabela pela variação da frequência para os valores indicados na mesma tabela e anote os resultados. Calcule o ganho experimental e apresente a curva de resposta em frequência para os filtros de 2 Polos, bem como os gráfico monolog (logaritmo na base 10) respectivos conforme figura representativa para levantamento do diagrama de Bode.



f [Hz]	200	500	1K	2K	5K	10K	12K
Vin [Vp-p]							
Vout [Vp-p]							
Ganho [dB]							

f [Hz]	14K	16K	18K	20K	30K	50K	100K
Vin [Vp-p]							
Vout [Vp-p]							
Ganho [dB]							

Figura 2- Medidas no filtro 2 Pólos

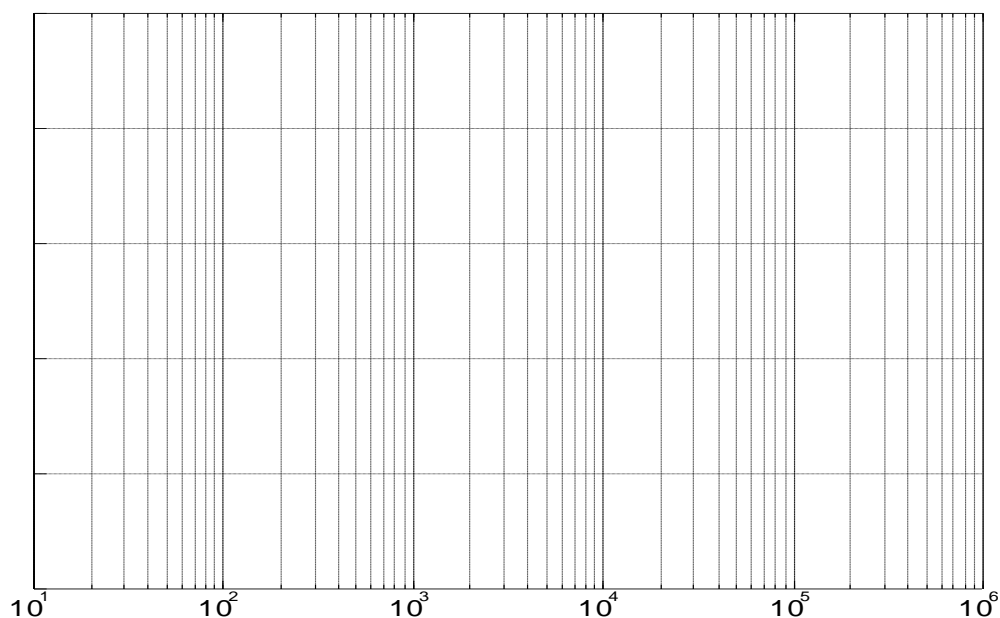


Figura 3- Resposta em Frequência do filtro 2 Polos



Atividades a serem desenvolvidas

- a) Deve ser levantada no projeto a frequência de corte experimental, teórica e de simulação com base em valor a ser adotado ou determinado, estes parâmetros devem ser levantados usando as técnicas de ganho e de defasagem.
- b) Avaliar decaimento de 40 dB por década e justificar a diferença no decaimento. Os levantamentos devem ser feitos por meio teórico, prático e experimental.
- c) Avaliar o ganho mínimo e máximo em dB, fazendo uso de conceitos teórico, prático e experimental para comprovação dos resultados.
- d) Comprovação para utilização da placas para uso e levantamentos de frequência com diagrama de Bode para implementação de filtro passa faixa e rejeita faixa, com frequências a serem sugeridas em projeto pelo grupo.