

**Universidade Estadual de Campinas**  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO  
**EE534** (Laboratório de Eletrônica Básica I)

Prof. Bruno Sanches Masiero, Prof. Fernando Ortolano e Monitor  
João Victor Gomes Carneiro

Nome	Henrique Parede De Souza	R.A.	260497
Nome	Mateus De Lima Almeida	R.A.	242827
Nome	Victor Hoshikawa Satoh	R.A.	260711

Data da realização do experimento	14/08/2025	Turma	X	Bancada	4
-----------------------------------	------------	-------	---	---------	---

**OBSERVAÇÕES IMPORTANTES**

- Apenas os locais hachurados devem ser preenchidos;
- Este relatório deve ser enviado pelo Classroom;
- Apenas um participante de cada grupo deve enviar o relatório.

**Experimento I – Filtros com Constante de Tempo Simples e familiarização com os instrumentos de bancada**

**1. Objetivos**

Neste experimento, pretende-se criar familiaridade com os diversos instrumentos utilizados no curso, a partir da caracterização experimental de dois filtros analógicos (passa-alta e passa-baixa). Para isto, deve-se construir e analisar os diagramas de Bode de dois filtros CTS (constante de tempo simples) obtidos com simulação e montagem experimental e, então, comparar os resultados de teoria, simulação e experimental.

**2. Componentes**

- 1 placa de circuito impresso padrão ou protoboard;
- 2 resistores de 100 k $\Omega$ ;
- 2 capacitores de 100 pF.

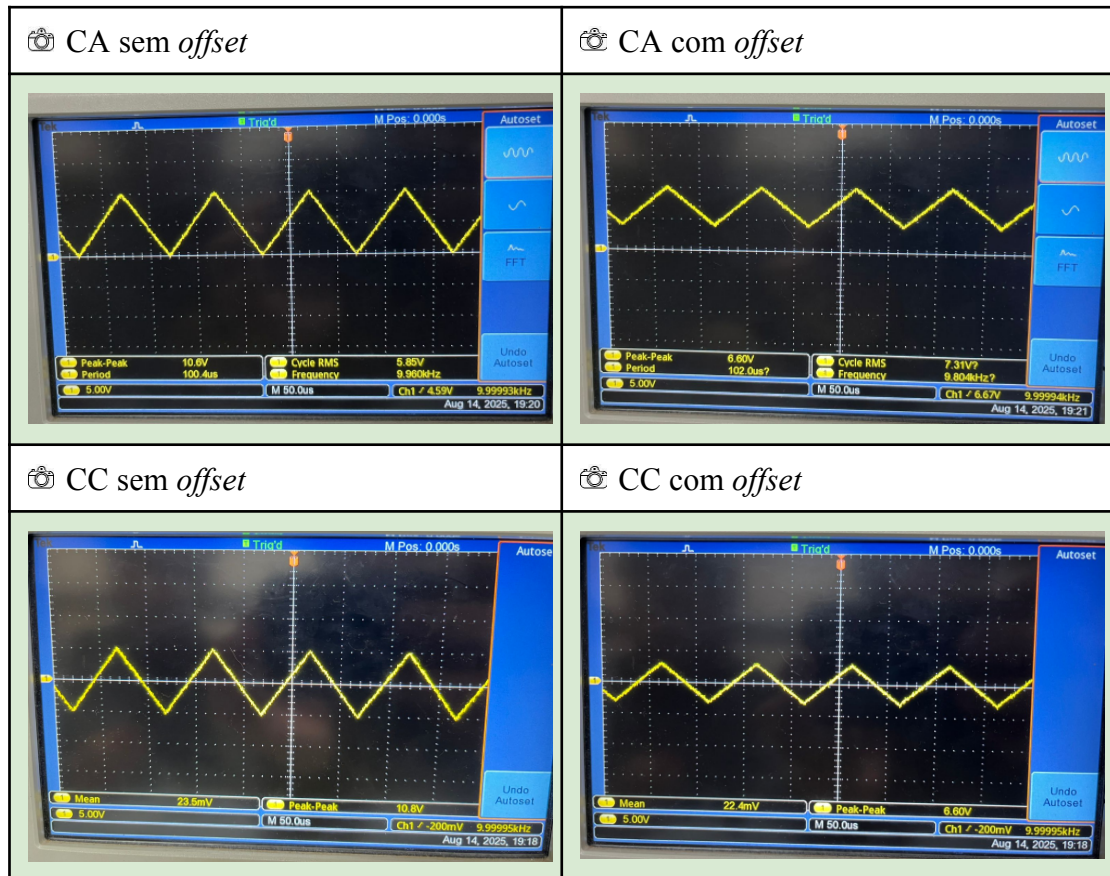
**3. Parte Experimental**

- 3.1. Conecte a saída do gerador de funções ao canal 1 do osciloscópio. Ajuste o gerador para produzir um sinal de tensão com as seguintes características:

Forma de onda: Triangular  
Amplitude: 10 Vpp  
Offset: 0 V  
Frequência: 10 kHz

*OBS: Monitore este sinal com o osciloscópio. Atente para o fator de atenuação da ponta de prova.*

- 3.1.1. Observe a diferença entre configurar o canal para medida CA e medida CC. Varie a tensão de *offset* do gerador durante a sua observação. Retorne *offset* para 0 V antes de partir para o próximo item.



- 3.1.2. Meça, utilizando o recurso cursor, a amplitude de pico-a-pico  $V_{pp}$ , período  $T$ , tempo de subida ( $t_r$ ) e tempo de descida ( $t_f$ ).
- 3.1.3. Agora com o recurso *measure*, meça o valor médio, amplitude de pico-a-pico, período, tempo de subida ( $t_r$ ) e de descida ( $t_f$ ) deste sinal.

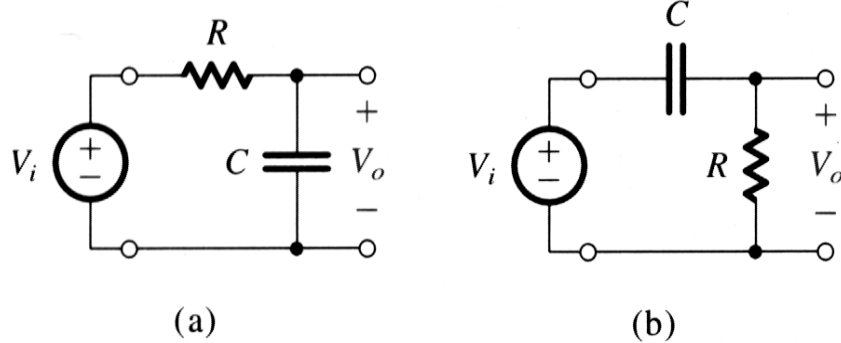
	Medido manualmente usando cursores (4.1.1)	Medido usando o recurso <i>measure</i> (4.1.2)
$V_{pp}$	10.24V	10.1V
$T$	100 $\mu$ s	99.8 $\mu$ s
$t_r$	50 $\mu$ s	39.8 $\mu$ s
$t_f$	50 $\mu$ s	40.1 $\mu$ s

- 3.1.4. Compare os valores obtidos através do recurso *cursor* com os obtidos com o recurso *measure*.

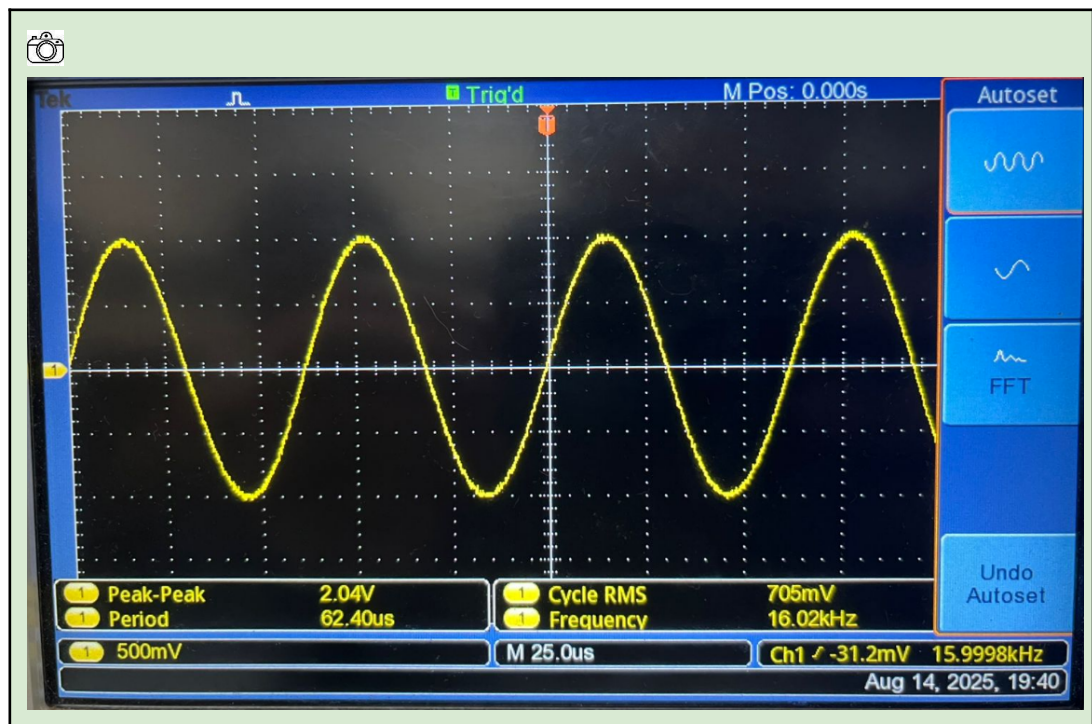
Resposta: As medições de  $V_{pp}$  e de  $T$  realizadas pelo cursor e pelo *measure* mostraram-se concordantes, não havendo diferença percentual significativa. Já em relação às medições de  $t_r$  e de  $t_f$ , ocorreu uma diferença notável entre o cursor e o *measure*. Uma explicação possível para esta observação é o fato de que o *measure* utiliza critérios padronizados, enquanto o cursor depende do posicionamento manual, que pode introduzir erros sistemáticos.

- 3.2. Um filtro Passa-baixas com Constante de Tempo Simples (CTS) é mostrado na Figura 1a. Já a Figura 1b mostra o Passa-altas. Calcule a frequência de corte para cada filtro.

Figura 1: Filtros CTS a) passa-baixas e b) passa-altas.



- 3.3. Monte os circuitos mostrados na Figura 1.
- 3.3.1. Substitua a onda triangular por uma senoidal com as seguintes características Amplitude: 1 Vpp, *offset*: 0 V e frequência: 16 kHz.



- 3.3.2. Conecte a fonte de sinais ao Passa-baixas. Com os cabos apropriados, conecte a saída deste circuito ao osciloscópio. Efetue as medidas preenchendo a Tabela 1.

Tabela 1: Medidas dos filtros CTS.

nó	$V_i$	$V_o$ Passa-baixas	$V_o$ Passa-altas
amplitude (pico a pico)	1.06V	720mV	720mV
defasagem com relação a $V_i$	---	50°	-43°
valor médio	0mV	4.3mV	2.8mV
valor máximo	520mV	360mV	360mV
valor mínimo	-520mV	-360mV	-360mV

- 3.3.3. Altere a frequência do sinal  $V_i$  e descreva **qualitativamente** o que ocorre com a amplitude e a fase do sinal de saída do filtro passa altas.

Resposta: No filtro passa-alta, o aumento da frequência para além da frequência de corte faz com que a amplitude e a fase do sinal de saída estabilizem. Já para frequências abaixo da frequência de corte, há uma redução da amplitude e aumento da fase do sinal de saída.

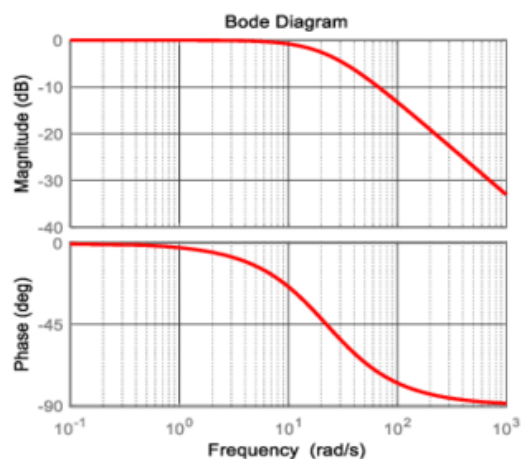
- 3.3.4. Aplique um sinal senoidal com as seguintes características: Amplitude: 1 Vpp, offset: 0 V, e varie a frequência conforme a tabela abaixo. Planeje a execução destas medidas de forma otimizada. *OBS: Certifique-se que os dois canais estão com acoplamento CA e que a atenuação das pontas está correta.*

nó	Frequência	100 Hz	1 kHz	10 kHz	16 kHz	50 kHz	100 kHz	1 MHz
$V_i$	Amplitude (pico a pico)	1.02V	1.02V	1.02V	1.02V	1.02V	1.02V	1.02V
$V_o$ PB	Amplitude (pico a pico)	920mV	960mV	780mV	640mV	260mV	160mV	0.01mV
	Atenuação em dB	-0.90dB	-0.53dB	-2.33dB	-4.05dB	-11.87dB	-16.09dB	-40.17dB
	Fase relativa a $V_i$	-1°	-3.6°	-30°	-47.3°	-72.6°	-80°	-90°

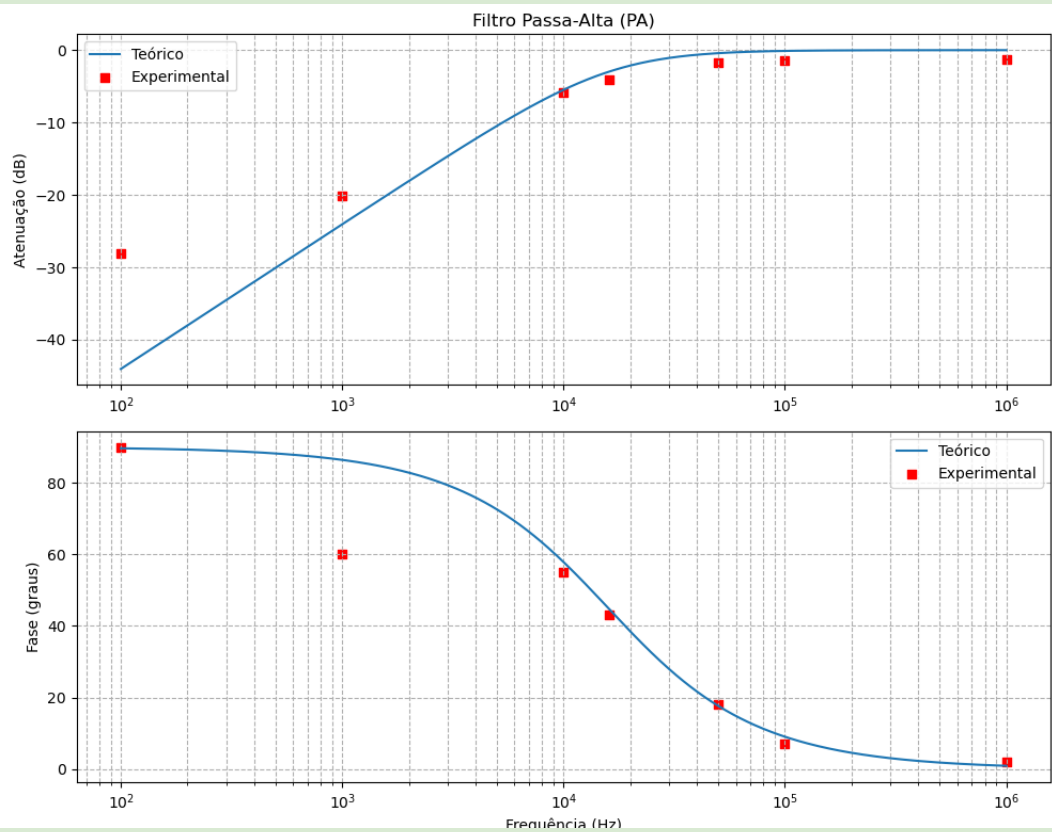
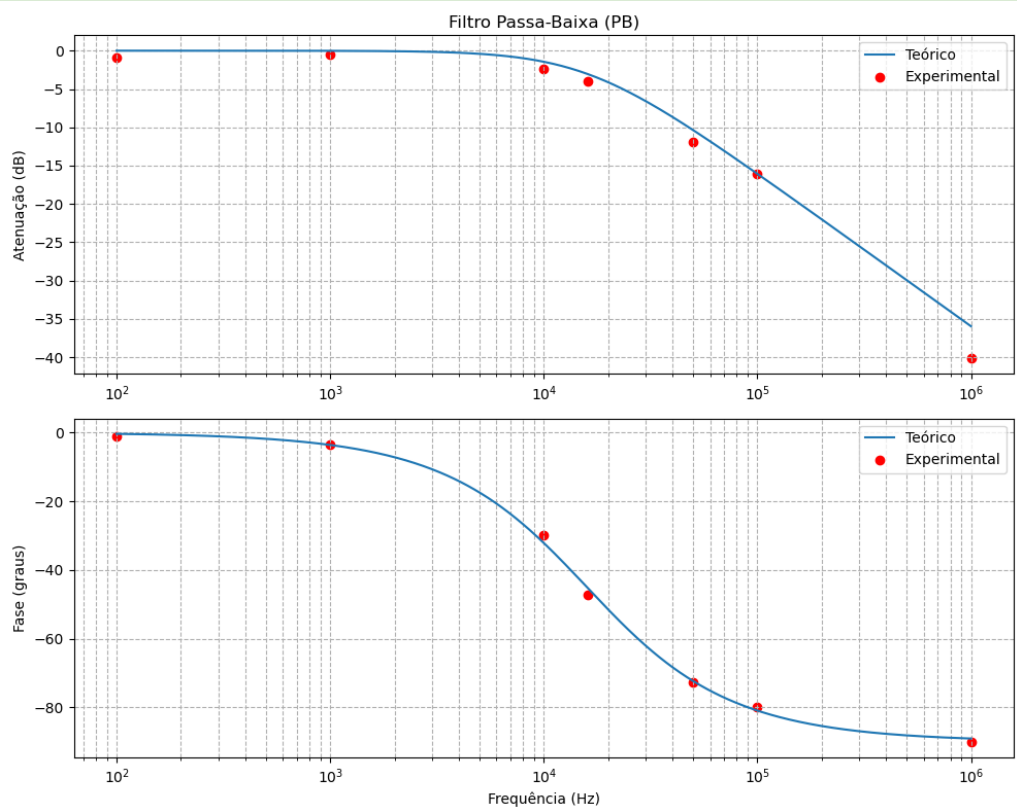
$V_o$ PA	Amplitude (pico a pico)	40mV	100mV	520mV	640mV	840mV	860mV	880mV
	Atenuação em dB	-28.13dB	-20.17dB	-5.85dB	-4.05dB	-1.67dB	-1.48dB	-1.28dB
	Fase relativa a $V_i$	90°	60°	55°	43°	18°	7°	2°

3.3.5. Construa o diagrama de Bode para o módulo e fase dos dois filtros usando um gráfico mono-log. Destaque seus resultados experimentais no gráfico usando um marcador. Não conecte os pontos da medição. Compare os valores obtidos com a teoria e com a simulação.

Exemplo para a formatação dos seus gráficos para o resultado de **simulação**:



Resposta: Gráficos na próxima página. Ao compararmos os plots resultantes, podemos perceber a proximidade entre o resultado experimental e a teoria. Apesar de alguns poucos valores, principalmente no filtro PA, acabam ficando distantes da linha de tendência teórica, os resultados obtidos ainda são consistentes.



#### 4. Conclusão

Resposta: A partir dos resultados do experimento conduzido, podemos concluir que os filtros propostos de fato se comportaram como descreve a teoria. A partir da análise dos gráficos, podemos concluir que o filtro PB apenas permitiu a passagem de baixas frequências, rejeitando as altas, enquanto que o PA teve comportamento oposto ao PB.

Apesar dos dados experimentais obtidos terem evidenciado as tendências descritas anteriormente, observa-se uma variação significativa entre alguns pontos experimentais e teóricos. Uma explicação possível para este fenômeno é a imprecisão das pontas de medição utilizadas no laboratório, que, por serem antigas e gastas, podem ter introduzido erro sistemático no experimento conduzido, sendo, portanto, a maior limitação do experimento.

Considerando os resultados obtidos e as limitações explicitadas, avaliamos que o experimento foi concluído com êxito, tendo sido explorados os principais conceitos acerca dos filtros em estudo.

#### 5. Dicas

Na simulação dos circuitos da Figura 1 use o [LTspice](#) ou o [MultisimLive](#). Faça uma análise transiente e uma varredura AC. Para visualizar o ganho em dB e a fase relativa utilize os comandos DB (# do nó) e P (# do nó), respectivamente. Estes comandos estão dentro do *Add Trace*.

Se preferir, utilize outro *software*.

#### Bibliografia

- A. S. Sedra, K.C.Smith, Microeletrônica, Makron Books Ltda.
- B. Razavi, Fundamentos de Microeletrônica, LTC.