

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA APLICADA

Análise de circuito amplificador com transistor BJT

Pedro Couto Vieira Braga, N^o: 21

19 de julho de 2022

TP-03

Objetivos

1. Simular circuitos eletrônicos de amplificador com variação de parâmetros durante a simulação;
2. Calcular ganho de circuitos amplificadores transistorizados para pequenos sinais alternados.
3. Analisar o comportamento de amplitude e fase em amplificadores com transistores bipolares.
4. Comparar resultados teóricos, de simulação e experimentais para verificar a validade de simplificações usuais na análise de circuitos transistorizados.

Lista de material

Lista de material, equipamentos e aplicativos de software necessários.

- Notebook
NIELVIS Instruments: DMM, Multisim, Matlab .
- Módulo NIELVIS II+
- Caixa com alicate de corte, alicate de bico e cabos jumper de protoboard.
- 1 (um) par de cabos (vermelho+preto) para medições com o instrumento virtual DMM.
- Componentes discretos

Item	Descrição	Valor	Qtde.
1	Resistor de 1/4W	12 k Ω	1
2	Resistor de 1/4W	6.8 k Ω	1
3	Resistor de 1/4W	1.8 k Ω	2
4	Resistor de 1/4W	220 Ω	1
5	capacitor eletrolítico	10 μ F	2
6	transistor BC549 ou BC547	10 μ F	1

Recomendações Gerais

- O registro com uma foto de você realizando os experimentos é recomendado para confirmar sua presença no laboratório.
- As formas de onda medidas com os instrumentos do NIELVIS II+ devem ser salvas em arquivos texto. Usando um programa Matlab adequado para cada instrumento virtual desenha-se os gráficos para serem inseridos no corpo do relatório.
- É **proibido** o uso de borracha nas bancadas do LEIC.
- É **proibido** manter garrafa de água sobre a bancada no LEIC.

Dez Recomendações para montagens em laboratório

1. Desenhe o circuito a ser montado identificando cada componente com um rótulo e respectivo valor.
É PROIBIDO iniciar uma montagem sem o diagrama do circuito desenhado em papel por mais simples que seja o circuito.
2. Indique os pinos e conexões de alimentação **Positiva**, **Negativa** e **Terra** com destaque.
3. Obtenha a folha de dados do circuito integrado ou componente a ser usado e verifique a pinagem com atenção ao tipo de encapsulamento do CI disponível para a montagem.
4. Identifique os componentes que tem polaridade (capacitores, CIs, etc.)
5. Identifique no Protoboard as linhas verticais para alimentação **Positiva**, **Negativa** ou **Terra**.
6. Faça primeiro as conexões dos pinos de alimentação de todos os CIs.
7. Utilize cores padronizadas para a alimentação **Positiva** (**+Vermelho**), **Negativa** (**-Azul** ou **-Verde**) e **Terra** (Preto ou Cinza). Sinais podem ser de cores variadas inclusive Branco.
8. Decapar fios mantendo o alicate de corte apontando para baixo, em direção que não comprometa os seus olhos nem os dos demais colegas. Usar óculos de proteção. Decapar em torno de 7mm apenas.
9. Desligar a alimentação dos circuitos antes de efetuar modificações.
10. Solicitar a verificação da montagem pelo professor antes de energizar o circuito.

Atenção

Quando terminar a prática, certifique-se de:

1. guardar as pontas de prova nas bolsas plásticas,
2. recolher e guardar componentes e ferramentas na caixa de sua bancada,
3. desligar os equipamentos de bancada (osciloscópio, NIELVIS),
4. encerrar sua seção no notebook e fechar a tampa do notebook.
5. guardar os cabos de energia e cabos USB nos armários ou no suporte de cabos.

1 Parte teórica

Exercício 1 Analisar o circuito amplificador transistorizado ilustrado na Figura 1 obtendo as componentes contínuas (CC) e alternadas (CA) ([Braga(2020)]) conforme pede-se a seguir: NB: Um sinal composto por uma componente contínua e alternada é representado usando letras maiúsculas e minúsculas e.g. $v_B(t) = V_B + v_b$.

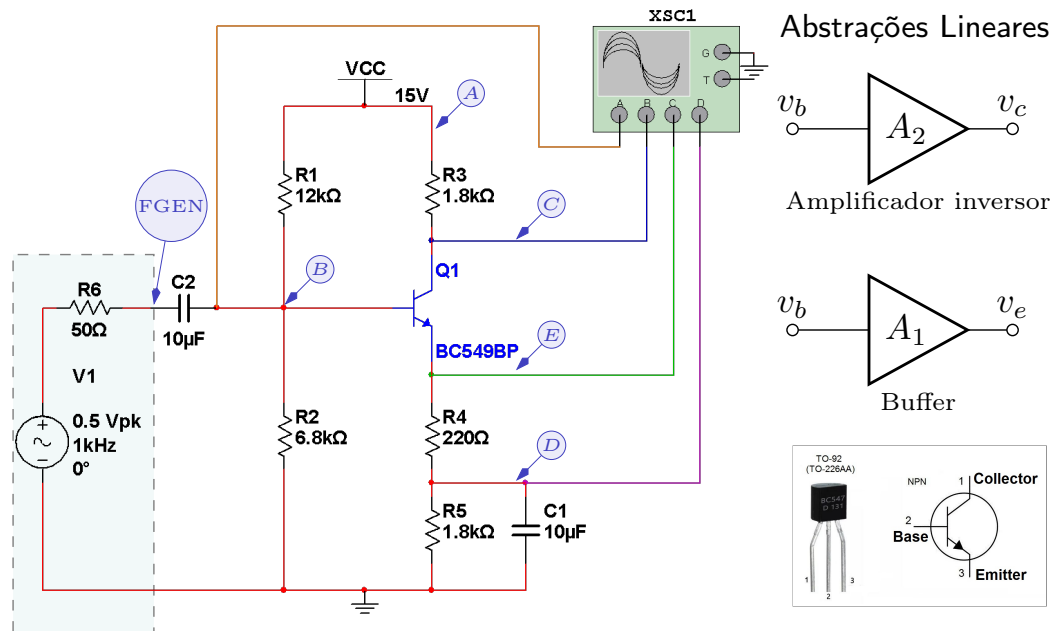


Figura 1: Amplificador transistorizado com BJT. Pinagem do encapsulamento TO-92.

1. Desenhar o diagrama esquemático do modelo de pequenos sinais para o circuito amplificador mostrado na Figura 1.

Resposta:

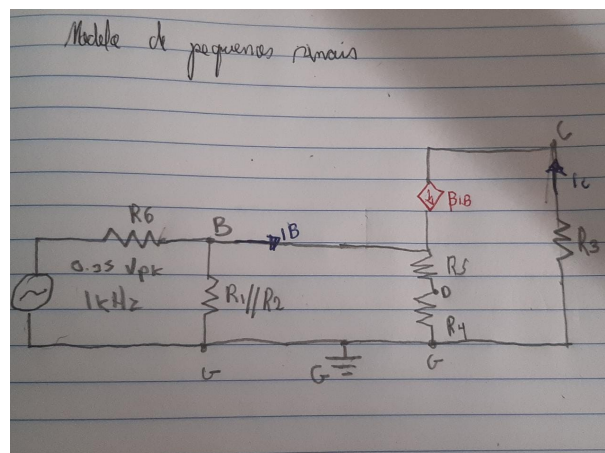


Figura 2: Modelo de pequenos sinais

■

2. Calcular, teoricamente, usando o modelo ideal de transistor ($|V_{BE}| = 0.7V$ e $I_B \approx 0A$) os valores das voltagens v_B , v_C , v_E , v_{CE} , das correntes i_B , i_C e i_E e dos ganhos $A_1 = \frac{|v_e|}{|v_b|}$ (ganho de buffer, i.e. $A_1 \approx 1$) e $A_2 = \frac{|v_c|}{|v_b|}$ (ganho inversor). **Registrar os resultados na Tabela ??**.
3. Desconectar o capacitor C_1 do circuito mostrado na Figura 1 e recalcular o ganho do circuito, $A_{2x} = \frac{v_c}{v_b}$.

2 Parte experimental

2.1 Simulação

1. Desenhar no PAPO o diagrama esquemático do circuito mostrado na Figura 1 para que possa registrar as conexões quando estiver montando o circuito no protoboard.

Resposta:

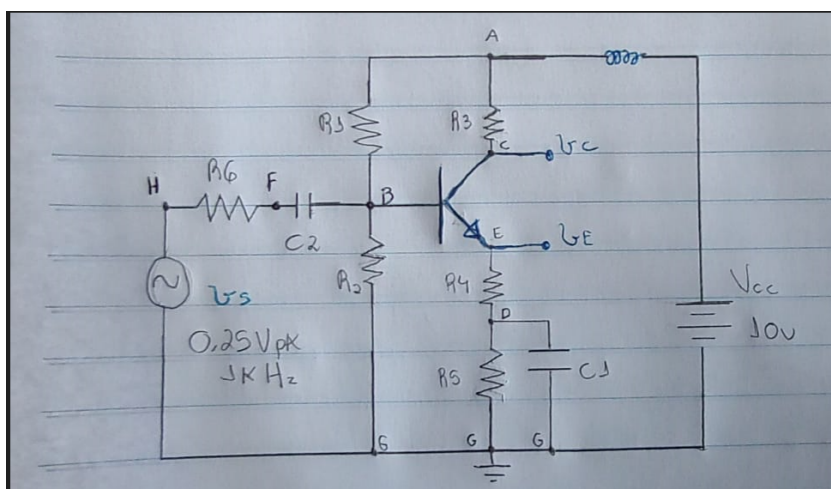


Figura 3: Diagrama esquemático do circuito

■

2. Editar no ambiente do Multisim usando a opção **File>New>NIELVISII+** o diagrama do circuito mostrado na Figura 1. **Simular** o circuito no Multisim mensurando e registrando na Tabela ?? os valores de voltagens e correntes. Verifique as correntes usando a Lei de Ohm com a queda de voltagem sobre os resistores R_3 e R_5 .
3. Obter e registrar as formas de onda na entrada v_B e na saída v_C . O sinal de entrada deve ser ajustado para $\tilde{v}_1 = 0.5 \sin(2000\pi t)$.

4. Medir, a partir das formas de onda, o ganho do amplificador, $A_2 = \frac{v_c}{v_b}$, para um sinal de entrada com frequência de 1kHz e amplitude de 0.5Vp e registrar na Tabela ??.
5. Medir, a partir das formas de onda, o ganho de tensão $A_1 = \frac{v_c}{v_b}$ e registrar na Tabela ??.
6. Desenhar em um mesmo gráfico as formas de onda do gerador (FGEN) v_1 , v_B , v_E e sobre o resistor R_5 , v_D . O sinal de entrada é $v_1 = 0.5 \sin(2000\pi t)$.
7. Desconectar o capacitor C_1 do circuito mostrado na Figura 1 e mensurar o ganho do circuito, $A_{2x} = \frac{v_c}{v_b}$.

Resposta:

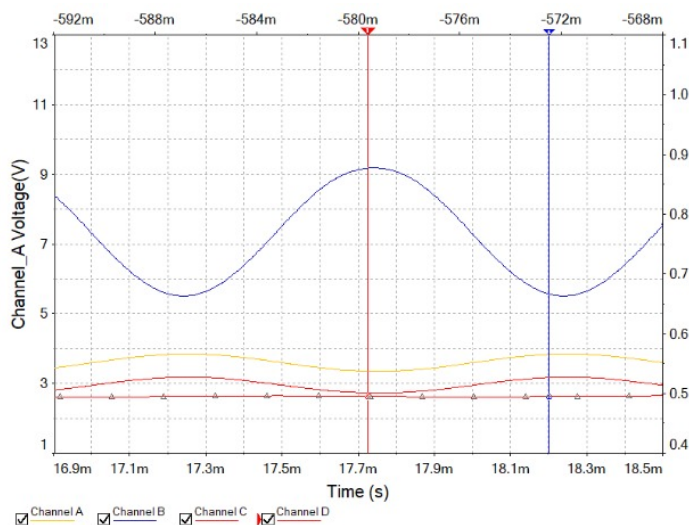


Figura 4: Grapher com o capacitor conectado.

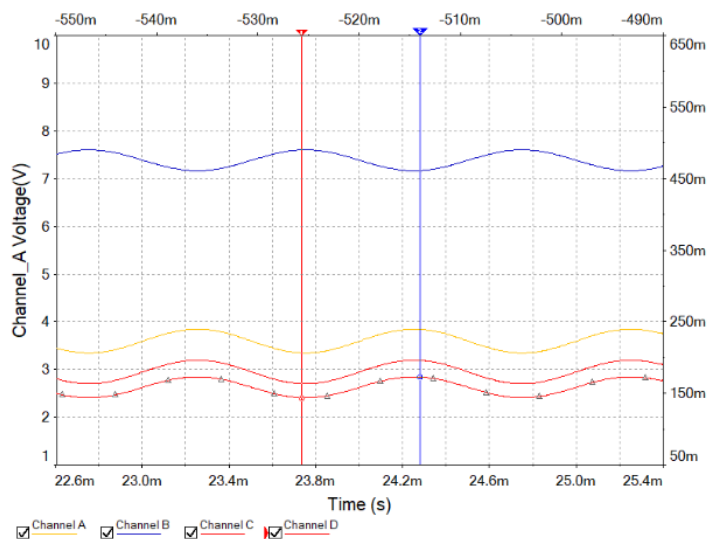


Figura 5: Grapher sem o capacitor conectado.

2.2 Experimento real

Montar o circuito amplificador no protoboard do NIELVISII+ e anotar na Tabela ?? os resultados experimentais. Refaça os mesmos procedimentos de simulação com o experimento real.

Utilize o multímetro portátil para mensurar as correntes tomando cuidado para não fechar curto-circuito. Se estiver com receio ou dúvida, solicite ajuda do professor.

Resposta:

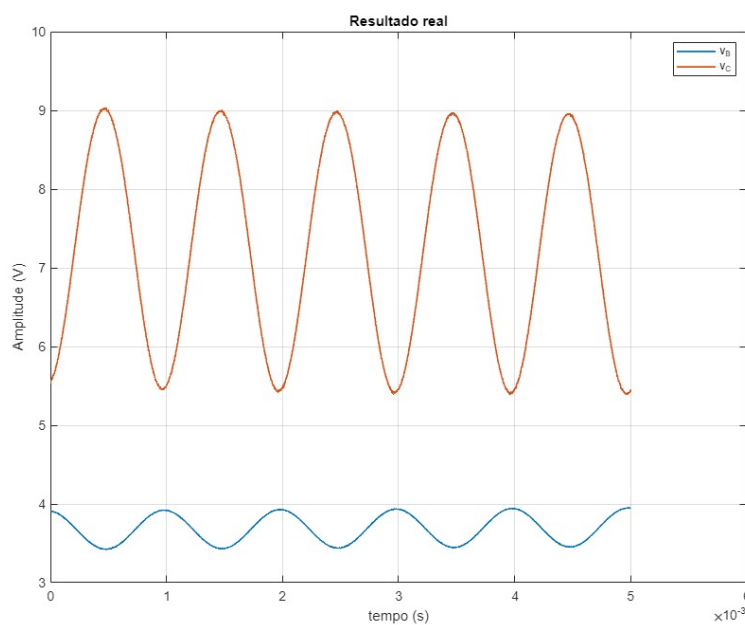


Figura 6: Tensão no coletor com o capacitor conectado

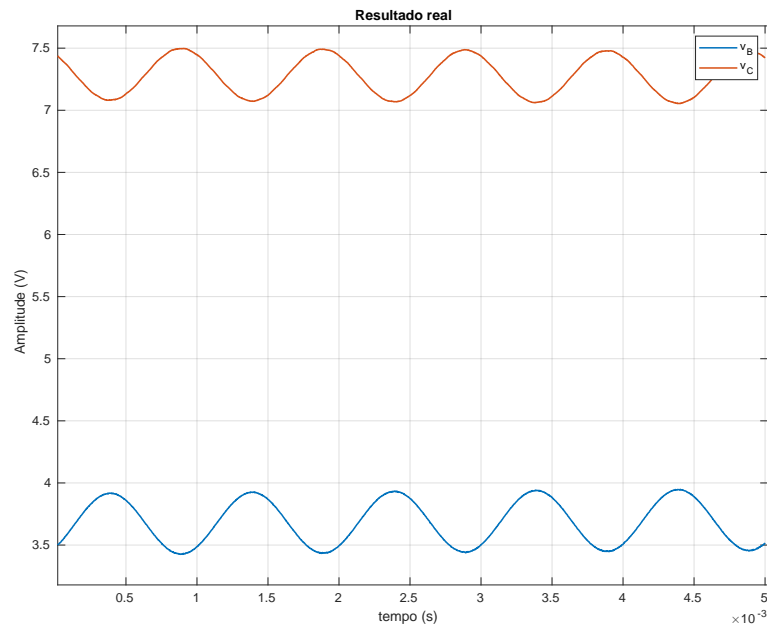


Figura 7: Voltagem no coletor com o capacitor desconectado

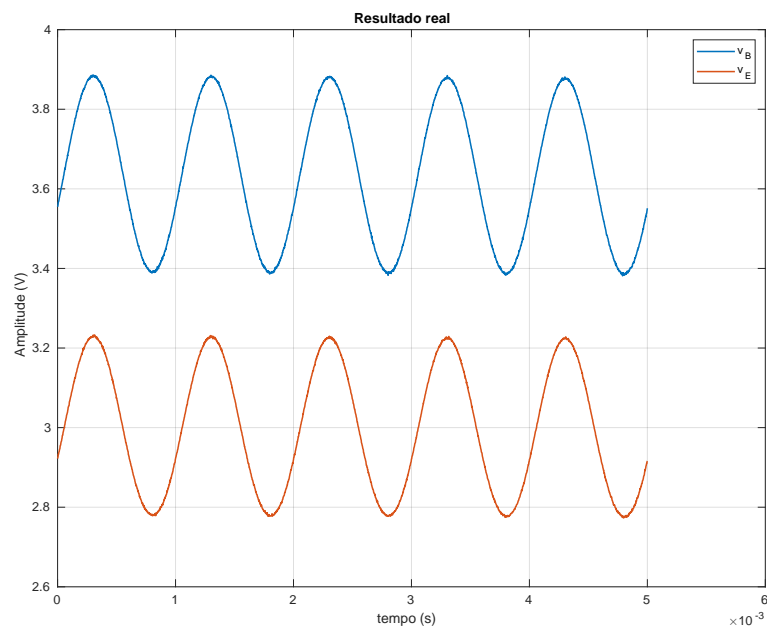


Figura 8: Voltagem no emissor com o capacitor conectado e desconectado (Nota: o capacitor não muda a voltagem no emissor)



2.3 Análise de resultados

Comparar os resultados registrados na Tabela ??, i.e. previstos teoricamente, simulação e experimental.

- A previsão teórica de amplificação linear (sem distorções) foi verificada em simulação e experimentalmente?
- As discrepâncias observadas são significativas a ponto de comprometer as aproximações teóricas usadas?
- O efeito de buffer (reforçador de sinal) com ganho unitário positivo foi observado no ganho $A_1 = \frac{v_e}{v_b}$?
- O sinal negativo do ganho A_2 foi verificado como uma inversão de fase em torno de um valor offset positivo de voltagem?
- O efeito do capacitor C_1 no ganho A_{2x} foi verificado como significativo?

Resposta:

Tabela 1: Tabela dos resultados de análise CC e CA do amplificador transistorizado.

Variável	Valor teórico	Valor simulado	Valor experimental
v1 [V]	$0.0 + 0.250\sin(2\pi t)$	$0.0 + 0.250\sin(2\pi t)$	$0.0 + 0.25\sin(2\pi t)$
vB	$3.61 + 0.247\sin(2\pi t)$	$3.59 + 0.247(2\pi t)$	$3.5 + 0.2755\sin(2\pi t)$
vE	$2.91 + 0.247\sin(2\pi t)$	$2.95 + 0.223(2\pi t)$	$2.9 + 0.255\sin(2\pi t)$
vC	$7.4 - 2.02\sin(2\pi t)$	$7.38 - 1.82\sin(2\pi t)$	$7.14 - 1.86\sin(2\pi t)$
vCE	$4.5 - 2.267\sin(2\pi t)$	$4.43 - 2.043\sin(2\pi t)$	$4.24 - 2.115\sin(2\pi t)$
vD	$2.6 + 0.0\sin(2\pi t)$	$2.63 + 0.016\sin(2\pi t)$	$2.6 + 0.0415\sin(2\pi t)$
iB	0	~0m	~0m
iE	$[1.44+1.12\sin(2\pi t)]$ m	$[1.45+1.01\sin(2\pi t)]$ m	$[1.43+1.15\sin(2\pi t)]$ m
iC	$[1.44+1.12\sin(2\pi t)]$ m	$[1.45+1.01\sin(2\pi t)]$ m	$[1.43+1.15\sin(2\pi t)]$ m
A1	1 ou 0dB	0.9 ou -2.1dB	0.92 ou -1.76dB
A2	8.17 ou 42dB	7.36 ou 39.9dB	6.75 ou 38.19dB
A2x	0.89 ou -2.33dB	0.88 ou -2.55dB	0.86 ou -3.01dB

Figura 9: Tabela dos resultados de análise CC e CA do amplificador transistorizado.

Resposta: ■



Figura 10: registro de presença no laboratório

3 Conclusões e sugestões

Resposta: Aprendi como funciona o circuito amplificador com transistor BJT e aperfeiçoei minhas práticas no Multisim, Matlab e NI ELVIS. ■

4 Referências bibliográficas

Resposta:

NT2020.13 Analise de Circuito Amplificador com Transistor Bipolar. ■

Referências

[Braga(2020)] Anísio R. Braga. Análise de amplificador com transistor bipolar. Relatório Interno NAIEA2010-21, Colégio Técnico da UFMG, March 2020.