

# Roteiro Aula Prática



## Eletrônica Analógica

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 1

**NOME DA DISCIPLINA:** Eletrônica Analógica

**Unidade:** 1 - Diodos e circuitos com diodos

**Aula:** 4 - Circuitos retificadores com diodo

## OBJETIVOS

### Definição dos objetivos da aula prática:

Compreender o funcionamento do diodo Zener com e sem carga, bem como traçar as suas curvas de operação em ambas as situações.

## SOLUÇÃO DIGITAL:

### Laboratório Virtual Algetec

#### Exatas > Práticas Específicas de Eng. Elétrica > Eletrônica Analógica – O Diodo Zener – ID 731

Algetec é um simulador de laboratórios virtuais que simula o ambiente real e proporciona ao aluno a execução de experimentos sem sair de casa. Replica a aula prática com alto grau de fidelidade ao laboratório físico tradicional.

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

### Procedimento/Atividade nº 1

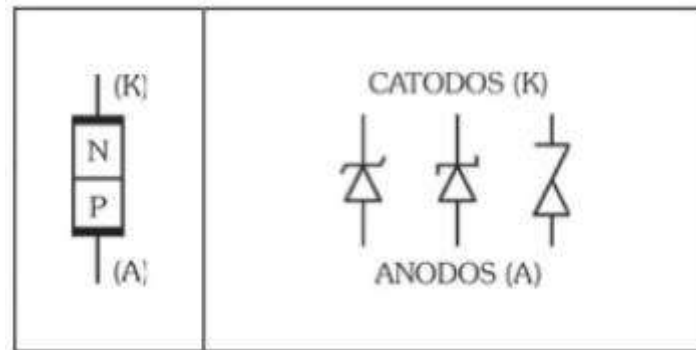
*Diodo Zener*

**Atividade proposta:** Analisar o comportamento do diodo zener em dois tipos de circuito: um circuito com o diodo em vazio e outro com o diodo alimentando uma carga.

### Procedimentos para a realização da atividade:

O diodo Zener é um tipo especial de diodo semiconductor que é projetado para operar na região reversa de sua curva de características de polarização direta. Ele é usado principalmente como um regulador de tensão em circuitos eletrônicos.

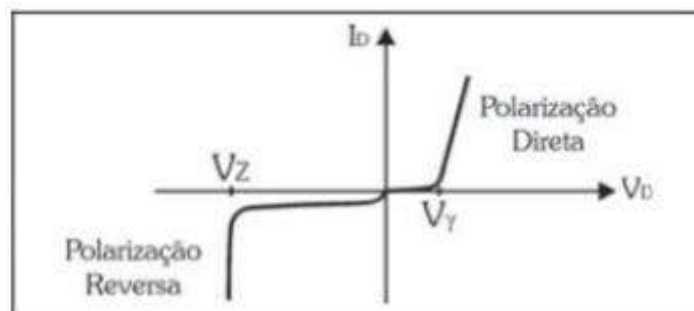
Figura 1 – Característica física



Fonte: Markus (2008, p.79)

A característica principal do diodo Zener é sua capacidade de manter uma tensão constante através de seus terminais, mesmo quando polarizado reversamente além da sua tensão de ruptura, conhecida como tensão Zener. Quando a tensão reversa aplicada ao diodo Zener atinge ou excede sua tensão Zener, o diodo começa a conduzir, permitindo que a corrente flua através dele.

Figura 2 – Característica elétrica

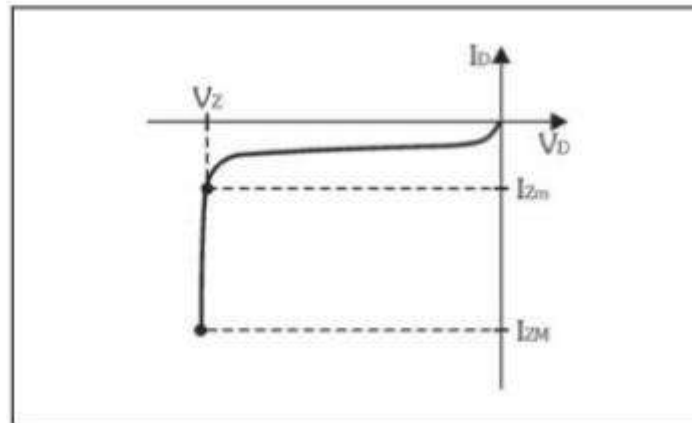


Fonte: Markus (2008, p.79)

O diodo Zener é polarizado reversamente, o que significa que o terminal P (positivo) está conectado ao lado negativo da fonte de alimentação, e o terminal N (negativo) está conectado ao lado positivo da fonte de alimentação.

Quando a tensão reversa atinge a tensão Zener específica, o diodo Zener começa a conduzir. A tensão Zener é uma característica crucial do diodo Zener e é especificada pelo fabricante. Esta tensão é mantida praticamente constante enquanto a corrente através do diodo permanece dentro de certos limites.




Figura 3 – Diodo polarizado reversamente



Fonte: Markus (2008, p.79).

O diodo Zener é amplamente utilizado em aplicações onde a regulação de tensão é crítica, como em fontes de alimentação reguladas, estabilizadores de tensão, entre outros. A Figura 4 a seguir mostra as informações da folha de dados de alguns destes diodos.

Figura 4 – Folha de dados de alguns diodos do tipo ZENER

Código e Aspecto	Características	Especificações
<p>1N4742</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Média potência</li> <li>• Baixa tensão Zener</li> </ul>	$V_Z = 12 \text{ V @ } I_{ZT} = 21 \text{ mA}$ $I_{ZK} = 0,25 \text{ mA}$ $I_{ZM} = 83 \text{ mA}$ $P_D = 1 \text{ W (máx)}$ $V_{Z\%} = \pm 10\%$ $R_Z = 9 \Omega$
<p>1N751</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa potência</li> <li>• Baixa tensão Zener</li> </ul>	$V_Z = 5,1 \text{ V @ } I_{ZT} = 20 \text{ mA}$ $P_D = 400 \text{ mW (máx)}$ $R_Z = 17 \Omega$ $V_{Z\%} = \pm 10\%$
<p>MMSZ5240B</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta temperatura de soldagem</li> <li>• Baixa tensão Zener</li> <li>• SMD (<i>Surface Mounting Device</i>) (Dispositivo de Montagem em Superfície)</li> </ul>	$V_Z = 10 \text{ V @ } I_{ZT} = 20 \text{ mA}$ $P_D = 400 \text{ mW (máx)}$ $R_Z = 17 \Omega$

Fonte: Markus (2008, p.81)

Para realizar o procedimento no ambiente de simulação, execute os passos listados a seguir:

1 – Abra o ambiente de simulação acessando-o por meio de seu AVA. Nesse ambiente pode-se opcionalmente realizar a leitura do sumário teórico, e realizar o pré-teste, como ilustrado a seguir:

Anterior Roteiro Próximos Experimento

Apresentação ✓  
 Sumário teórico ✓  
 Roteiro ✓  
 Pré Teste ●  
 Experimento ✓  
 Pós Teste ●  
 Atividade ●

**Pré Teste**

1. A região Zener é uma região onde:


A. A curva característica do diodo cai de forma quase vertical em um potencial de polarização reversa denotado por  $V_z$ ;

B. A curva característica do diodo cai de forma quase vertical em um potencial de polarização direta denotado por  $V_z$ ;

C. A curva característica do diodo cai lentamente em um potencial de polarização reversa denotado por  $V_z$ .

1 de 5 perguntas

Próximo >

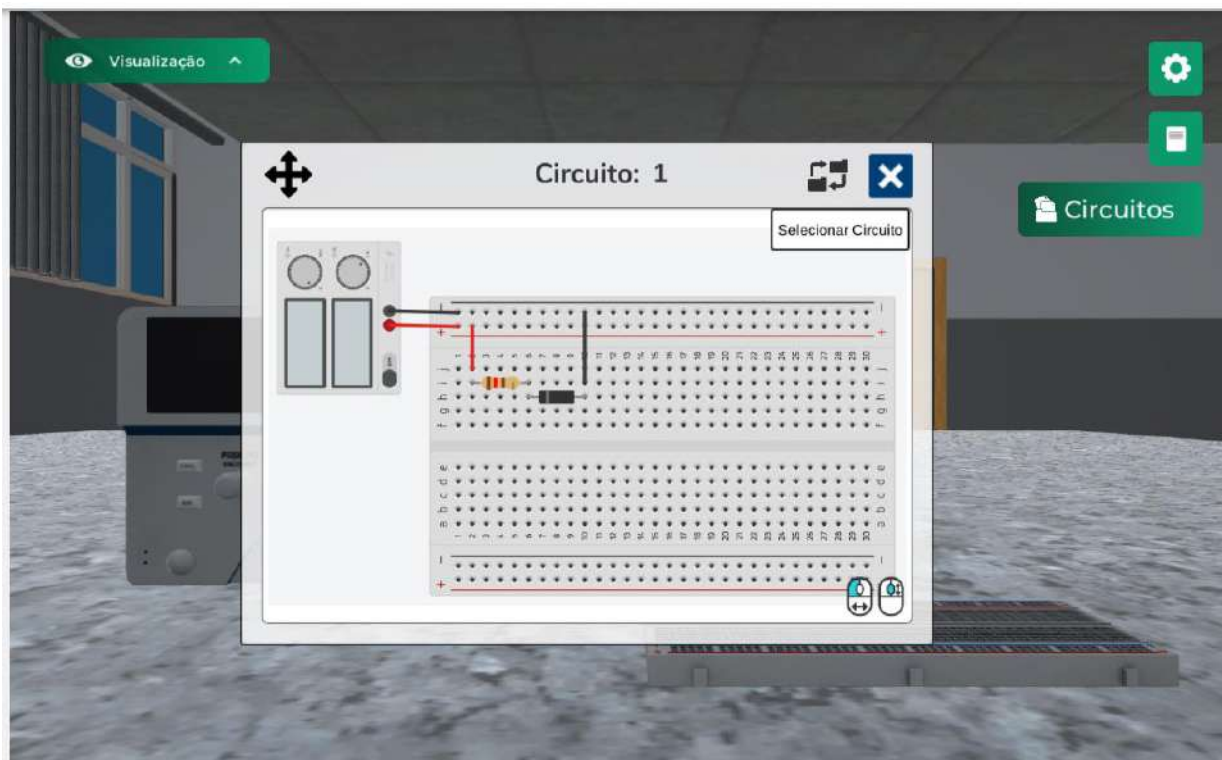
2 - Clique em  Experimento . Em seguida clique sobre a imagem para acessar o laboratório virtual

### Experimento

Acesse o laboratório:



3 - Selecione o circuito 1 no canto superior direito, pelo botão Circuitos



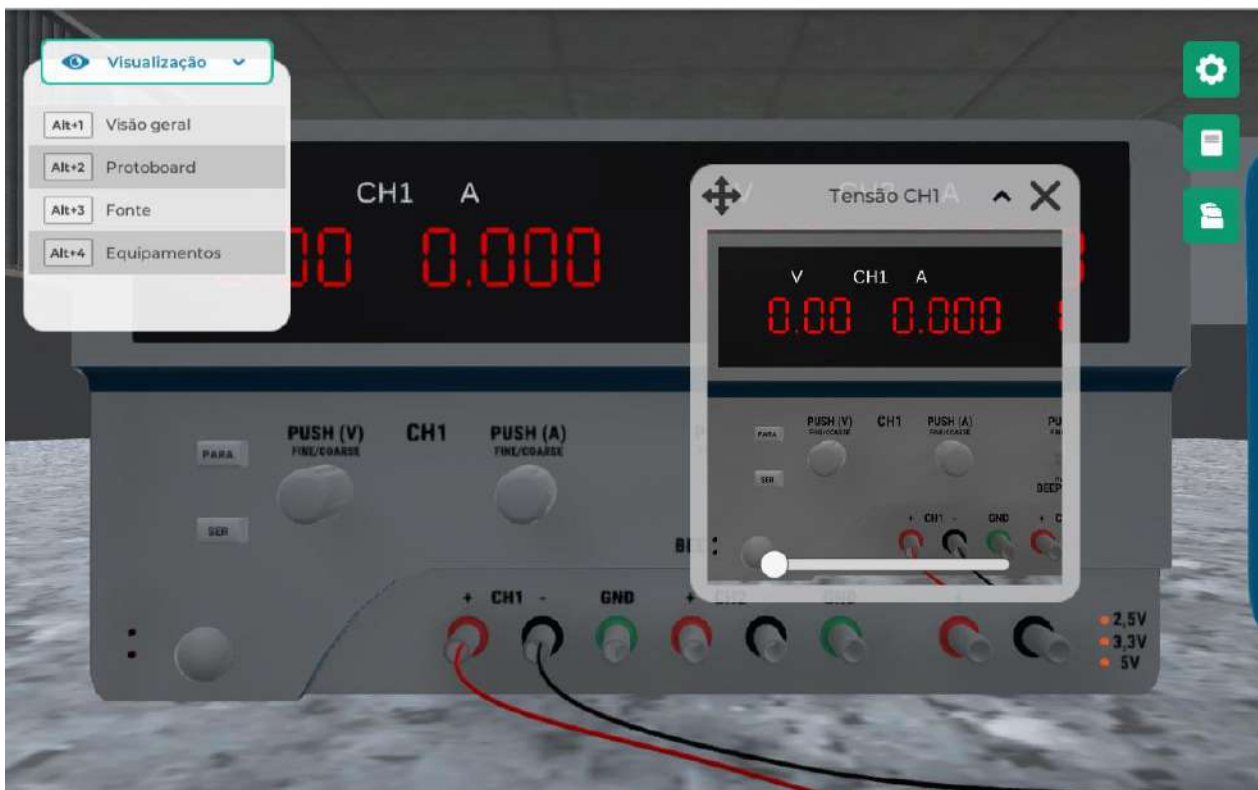
4 - Agora é preciso conectar os cabos da fonte na protoboard, para isso mova o mouse para cima da fonte variável, clique com o botão direito e escolha "Conectar à protoboard"



5 - Conecte o multímetro ao diodo zener. Para isso mova o mouse para acima do diodo zener na protoboard, clique com botão direito e selecione “Medir tensão”.



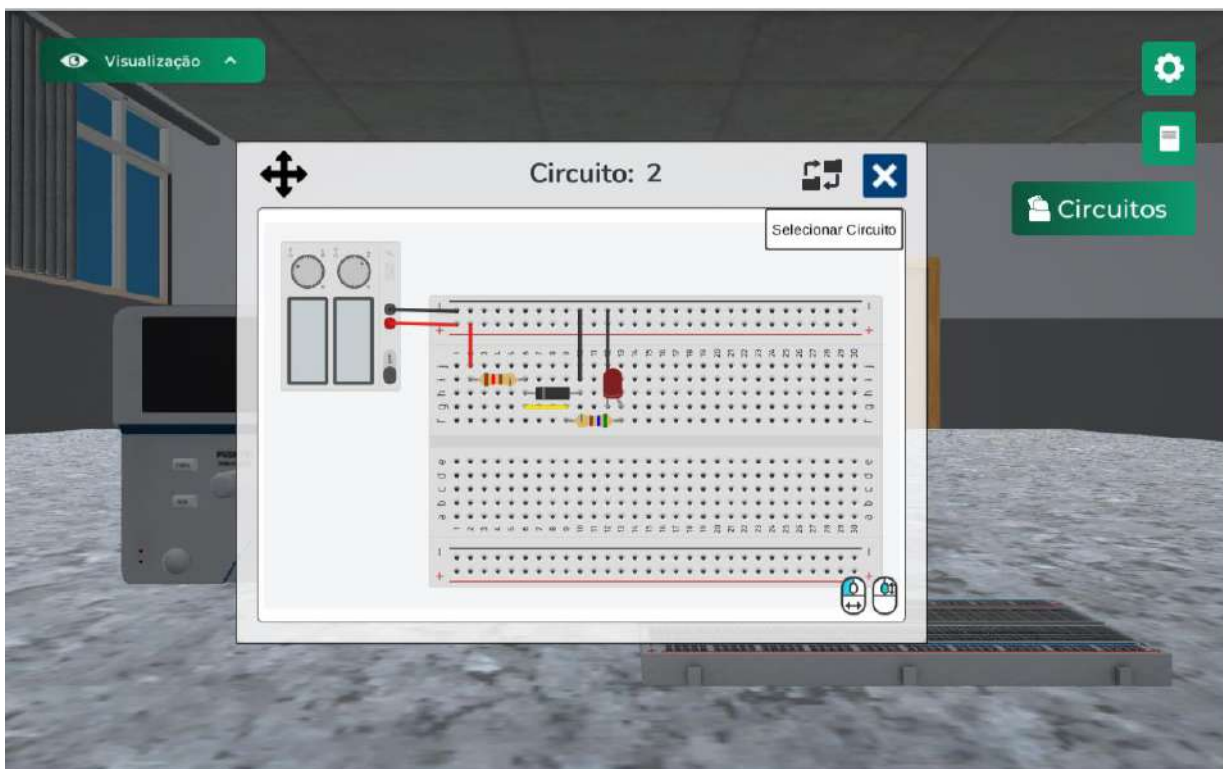
6 - Em visualização, escolha Fonte. Agora iremos ligar a fonte, basta para isso clicar no botão on/off dela com o botão esquerdo. Em seguida, mova o mouse para o potenciômetro de ajuste com a label “PUSH (V)” e clique com o botão esquerdo, uma nova janela abrirá para modificar o valor da tensão da fonte.



7 - Selecione “Visão Geral”. Agora você deve mudar os valores de tensão em passos de 1V e preencher os valores na tabela a seguir:

Tensão medida (V)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Tensão diodo em vazio (V)										
Tensão medida (V)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
Tensão diodo em vazio (V)										

8 - Ao final da coleta de dados, zere a fonte, desligue a fonte, remova os cabos da fonte e do multímetro. Para remover os cabos basta clicar com o botão direito sobre os componentes e selecionar a opção correspondente. Clique novamente sobre o botão Circuitos e selecione o circuito 2 (Diodo Zener com carga).

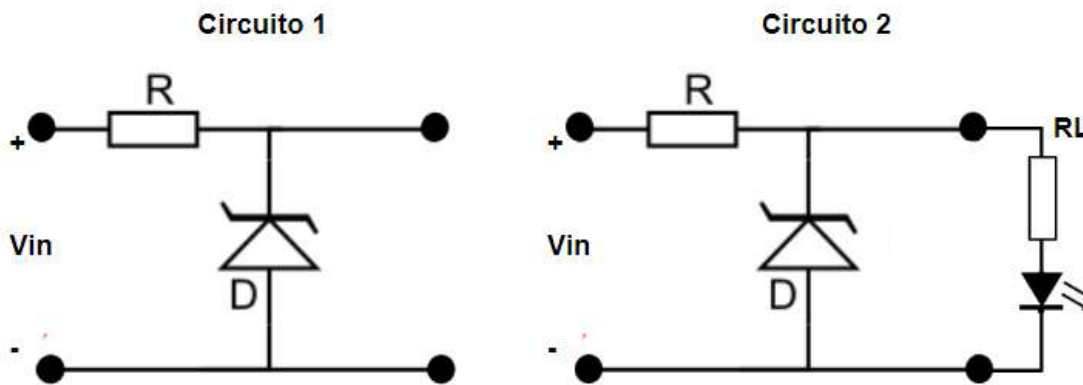


9 - Repita o procedimento de conexão de cabos e variação da fonte (passos de 7 a 10), preenchendo uma nova tabela conforme a seguir.

Tensão medida (V)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Tensão diodo em carga (V)										
Tensão medida (V)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
Tensão diodo em carga (V)										

10 - Após a coleta de dados terminar, zere a fonte, desligue a fonte, desconecte os cabos e saia do experimento.

A Figura a seguir apresenta o esquemático dos circuitos 1 e 2, onde o Diodo Zener corresponde a um 1N4742A; O resistor R de 120 Ohms e o Resistor RL de 560 Ohms.



#### **Avaliando os resultados:**

Como resultado da execução do procedimento, apresente as tabelas preenchidas em cada etapa do procedimento e capturas de tela do experimento no simulador. Além disso, descreva detalhadamente as etapas executadas e uma discussão dos resultados obtidos, salientando os pontos mais importantes e a influência da carga no diodo Zener.

#### **Checklist:**

- ✓ Escolher o circuito sem carga
- ✓ Conectar cabos da fonte à protoboard
- ✓ Conectar cabos do multímetro ao diodo Zener
- ✓ Realizar medições em passos de 1V de alimentação
- ✓ Zerar a fonte
- ✓ Desconectar cabos
- ✓ Escolher novo circuito (Zener com carga)
- ✓ Conectar novamente cabos da fonte à protoboard
- ✓ Conectar novamente cabos do multímetro ao diodo Zener.
- ✓ Realizar medições em passos de 1V de alimentação.

## RESULTADOS

### Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

### Resultados de Aprendizagem:

Os alunos devem compreender e aplicar seu funcionamento como regulador de tensão, mantendo uma tensão constante ao ser polarizado reversamente. A atividade envolve a montagem do circuito com o diodo Zener em um ambiente de simulação, onde o aluno ajustará a fonte de tensão e coletará dados para observar a estabilidade da tensão Zener, tanto com quanto sem carga. Além de realizar e documentar medições de tensão em tabelas organizadas, os alunos devem interpretar o comportamento do diodo em diferentes condições, consolidando seu entendimento sobre o papel do Zener como estabilizador em circuitos eletrônicos.

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 2

**NOME DA DISCIPLINA:** Eletrônica Analógica

**Unidade:** 2 - Transistores bipolares de junção (TBJ)

**Aula:** 2 - Polarização CC dos TBJ

## OBJETIVOS

### Definição dos objetivos da aula prática:

Se familiarizar com uma aplicação com Transistor. Observar o comportamento das correntes e tensões em um circuito com Transistor. Plotar e analisar a curva característica de entrada e saída de um Transistor. Polarizar um circuito com Transistor em Corrente Contínua

## SOLUÇÃO DIGITAL:

### LTspice

LTspice é um software simulador SPICE poderoso, rápido e gratuito, captura esquemática e visualizador de forma de onda com melhorias e modelos para melhorar a simulação de circuitos analógicos. Sua interface de captura esquemática gráfica permite sondar esquemas e produzir resultados de simulação, que podem ser explorados ainda mais através do visualizador de forma de onda integrado.

O download do software pode ser feito no seguinte endereço:

<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Após o download, a instalação é rápida e intuitiva. A própria desenvolvedora do software fornece um tutorial básico de utilização que pode ser acessados em:

<https://www.analog.com/en/resources/media-center/videos/series/ltspice-getting-started-tutorial.html>

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

### Procedimento/Atividade nº 1

*Polarização do transistor*

**Atividade proposta:** Montar um experimento para conhecer as características do Transistor NPN do simulador online e depois calcular os parâmetros de um circuito dado de polarização em corrente contínua.

## Procedimentos para a realização da atividade:

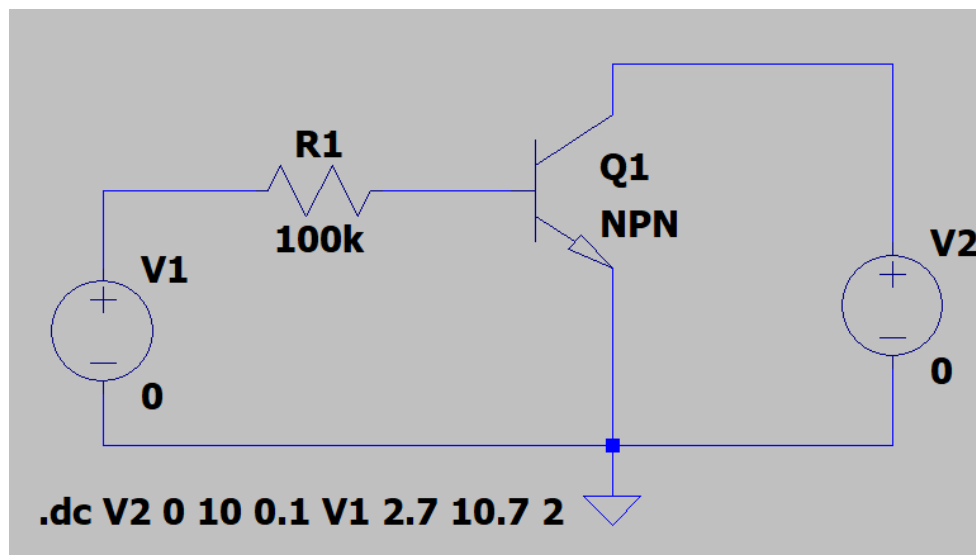
### 1ª Etapa – Conhecer o Transistor do simulador

Para a realização dessa aula prática você precisa instalar e abrir o LTspice. Com o software instalado, siga os seguintes procedimentos:

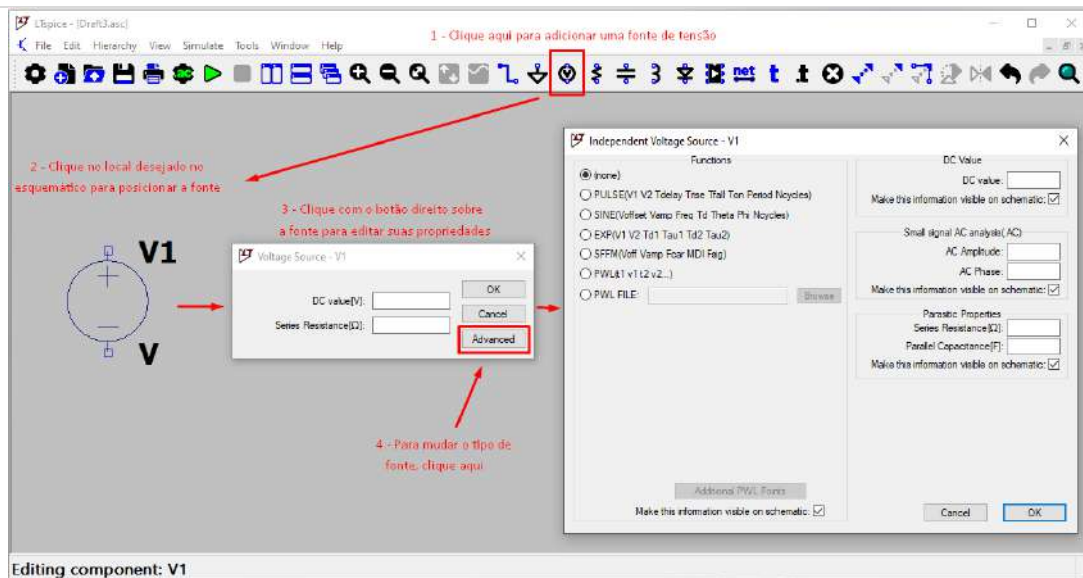
- Ao abrir o software, você irá se deparar com sua tela inicial, apresentada a seguir. Para criar um novo esquemático de circuito clique no local indicado.



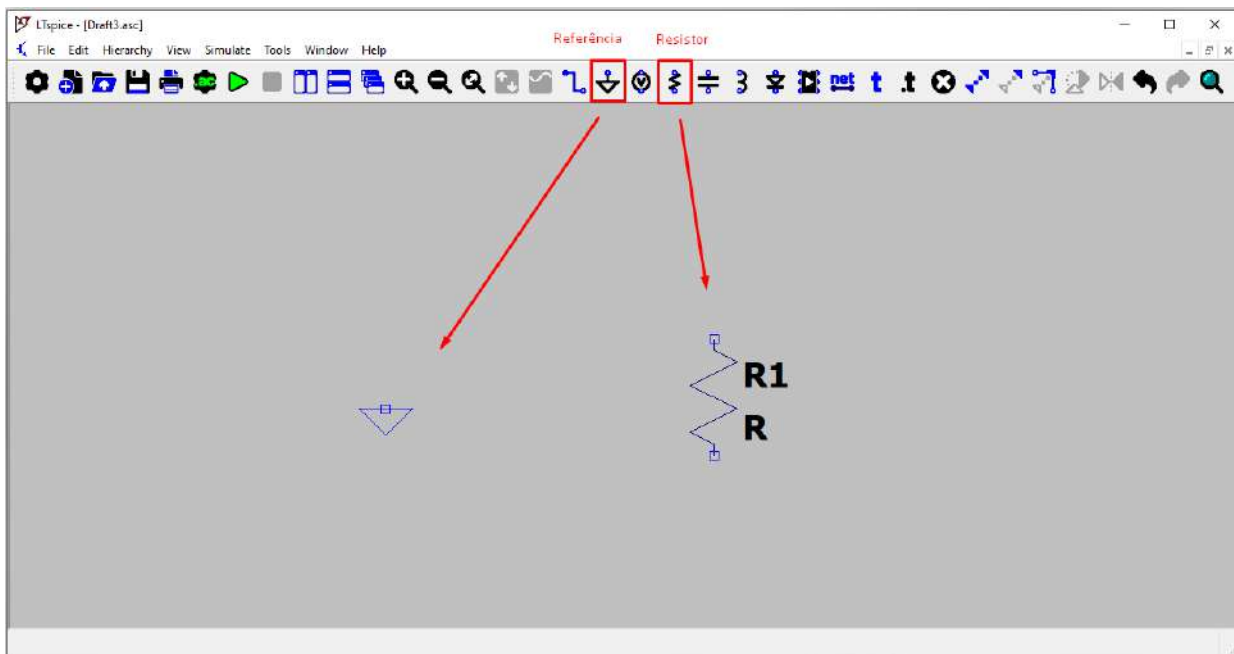
- Você deve montar o circuito apresentado a seguir e realizar a sua simulação. Os próximos passos indicam como você pode montar o circuito no simulador e realizar a simulação.



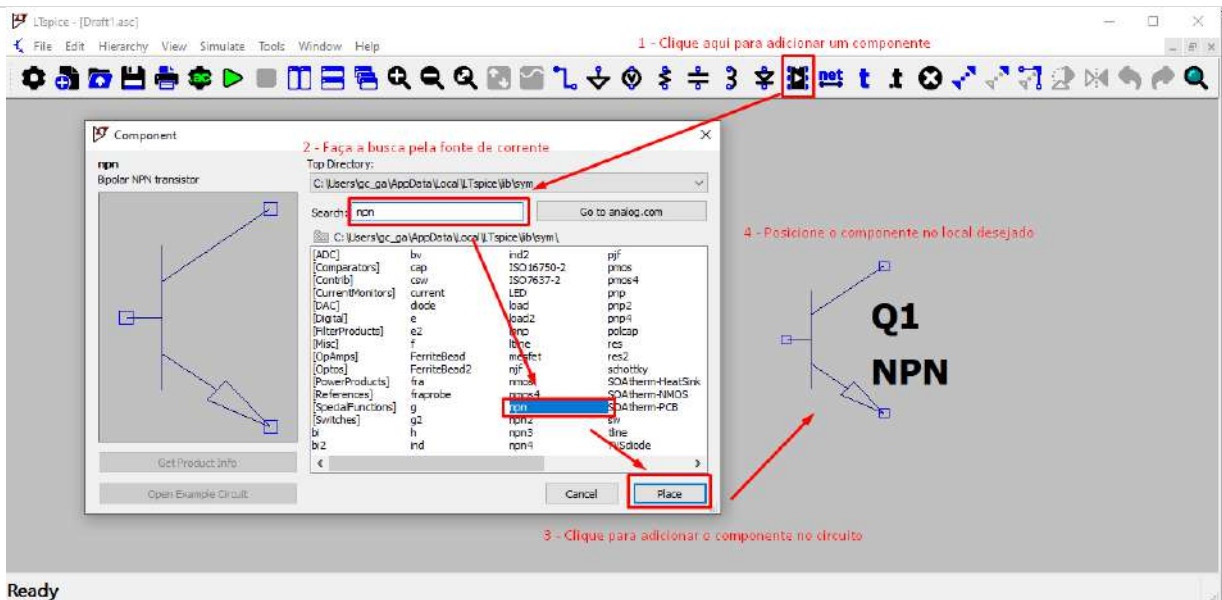
- A fonte de tensão está posicionada no local indicado a seguir. Configure o valor “DC value[V]” com o necessário para o experimento (zero para ambas as fontes).



- O resistor e a referência estão nos locais indicados a seguir. Para configurar o valor do resistor, clique sobre ele com o botão direito.

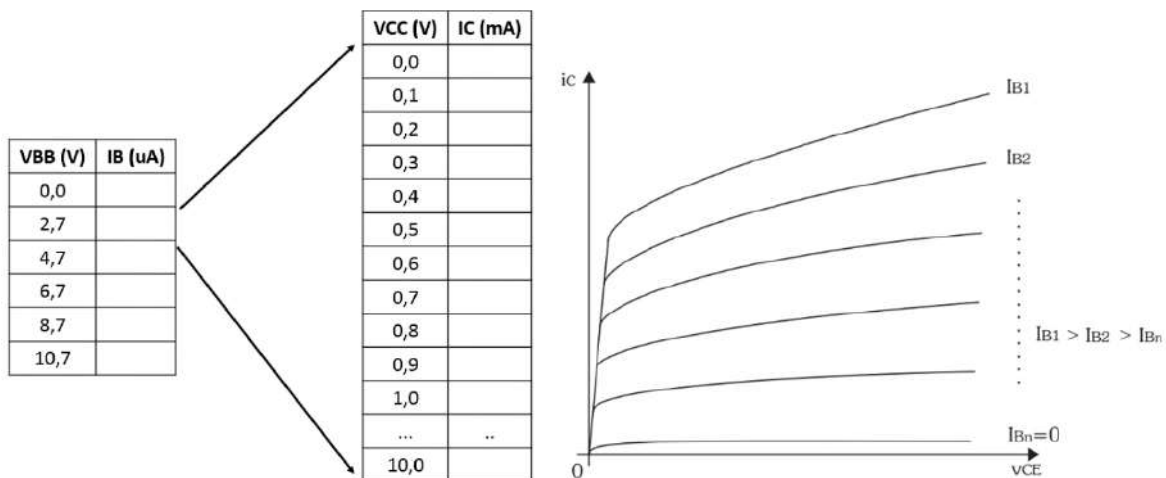


- O transistor está localizado na área de adição de componentes, como segue.



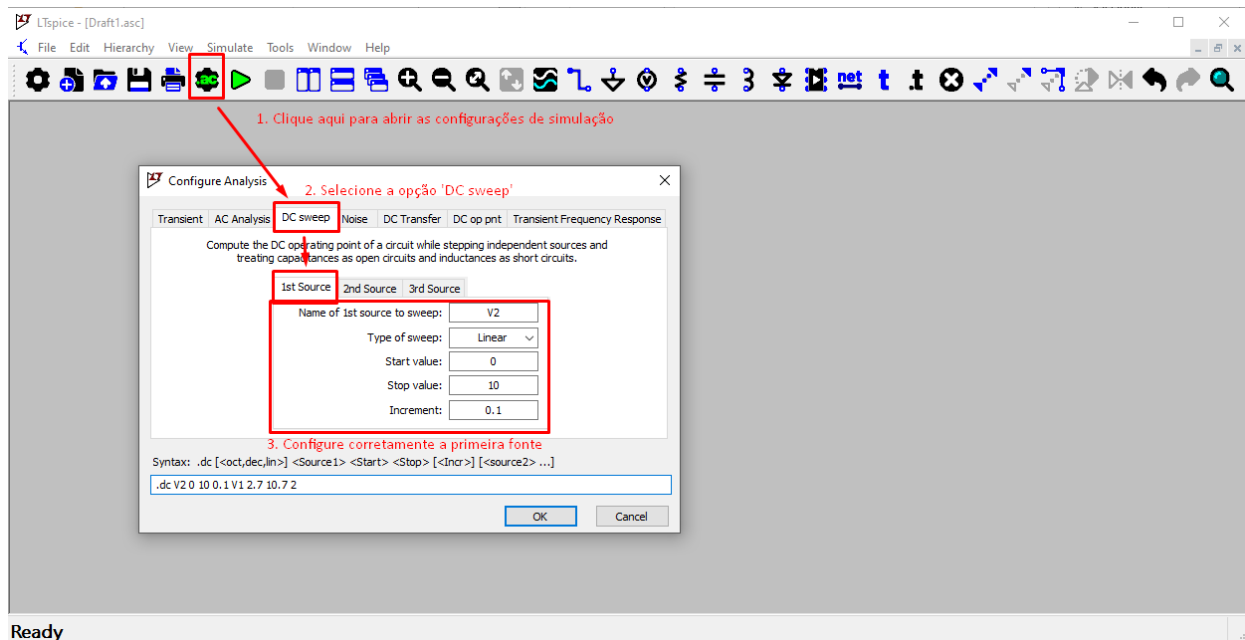
- Caso seja necessário remover algum componente, aperte a tecla 'del' do teclado e clique sobre o componente que deseja remover. Para mover um componente, utilize a tecla 'M' e clique sobre o componente desejado. Para cancelar uma seleção ou a adição de algum compente, aperte a tecla 'esc'. A ligação dos componetes é feita com o fio (wire), selecionado ao se clicar 'w' ou pelo atalho na barra de ferramentas. Para rotacionar um componente quando ele é adicionado, aperte 'Ctrl+R'.

- Implemente variações nas fontes  $V_{BB}$  (entrada) e  $V_{CC}$  (saída) conforme indicado abaixo. Para cada variação de  $V_{BB}$  (2,7V a 10,7V com incrementos de 2,0V), tem-se uma variação completa de  $V_{CC}$  (0,0V a 10,0V, com incrementos de 0,1V). Isso pode ser feito de forma automática pelo software de simulação, de forma a ser possível se gerar a curva característica de saída do transistor ( $V_{CE} \times I_c$ ).

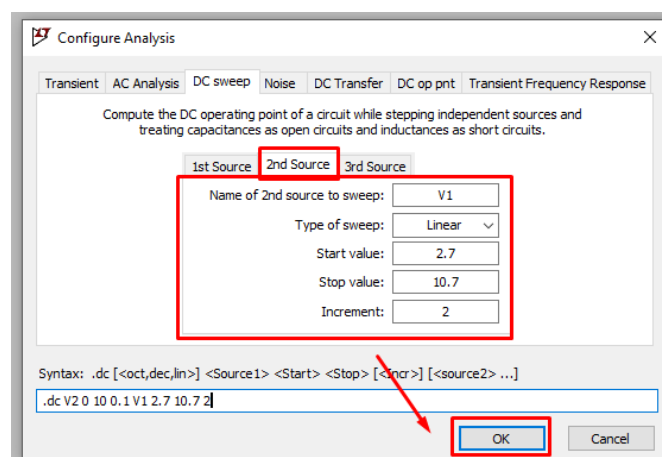


Fonte: Adaptada de Marques (2013, p. 124).

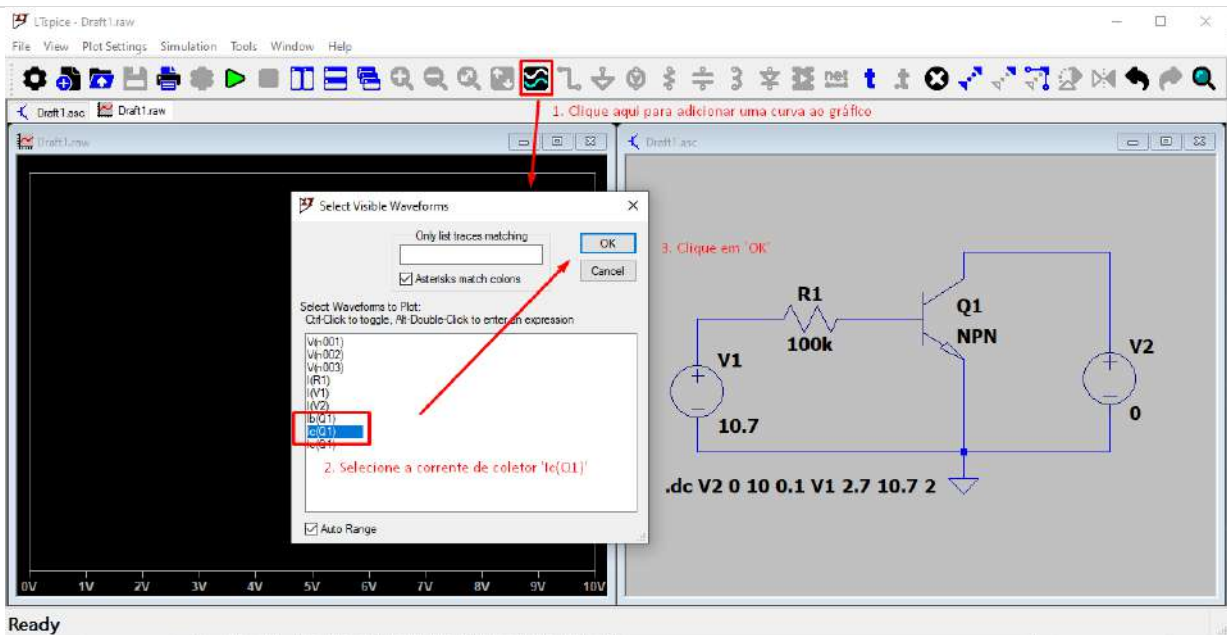
- Para garantir que as configurações sejam feitas de forma correta se assegure que a fonte de tensão ligada ao resistor da base do transistor tenha o nome de V1 e a fonte ligada ao coletor, V2, seguindo exatamente o indicado na figura com o circuito a ser montado no simulador. Nas configurações de simulação, selecione a opção 'DC sweep' e ajuste os parâmetros conforme indicado na figura a seguir.



- Também deve ser configurada a segunda fonte no 'DC sweep', como segue. Feitas as configurações, clique em 'ok' e posicione a diretiva de simulação em qualquer local no esquemático do circuito.

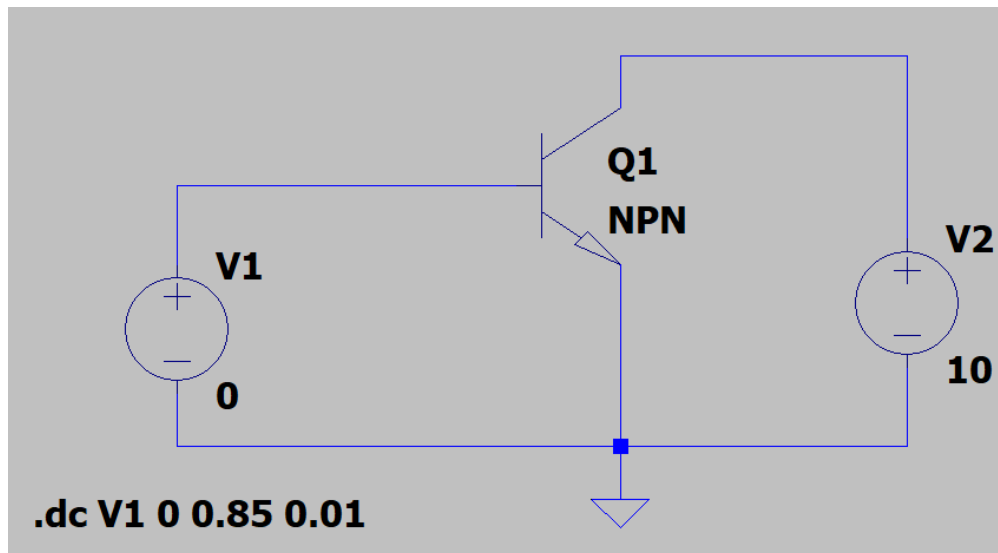


- Feita as configurações, execute a simulação e adicione a curva e corrente do coletor (corrente sobre a fonte V2). Ela deve possuir o formato da curva característica de saída do transistor ( $V_{CE}$  x  $I_C$ ). Apresente tal curva em seus resultados do experimento.

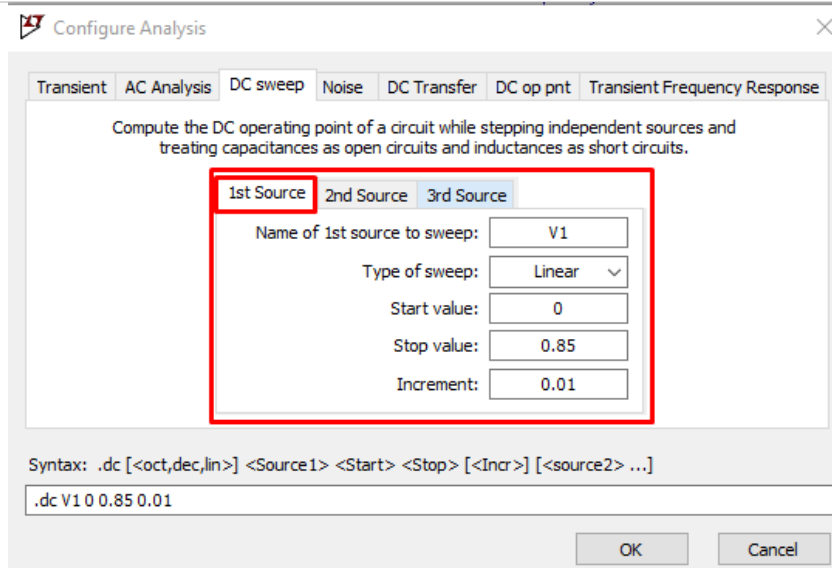


- Remova a curva  $V_{CE} \times I_C$  do gráfico e adicione a curva referente a corrente de base do transistor. Apresente tal curva nos seus resultados, além dos valores de corrente de base em regime permanente, obtidos com o cursor do mouse sobre as curvas da simulação.

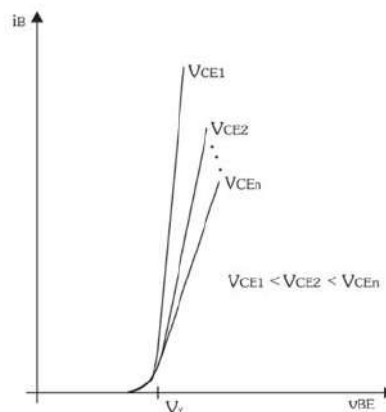
- Para se obter a curva  $V_{BE} \times I_B$  do transistor, é necessário se retirar o resistor do circuito, ligando uma fonte direto na base. Assim, crie um novo projeto no LTspice, mantendo o anterior aberto, e monte o circuito a seguir.



- Se assegure que a fonte de tensão ligada ao resistor da base do transistor tenha o nome de V1 e a fonte ligada ao coletor, V2. Ajuste a simulação para um 'DC sweep' de 0 a 0,85 V com passo de 0,01 V na fonte V1, conforme indicado a seguir.



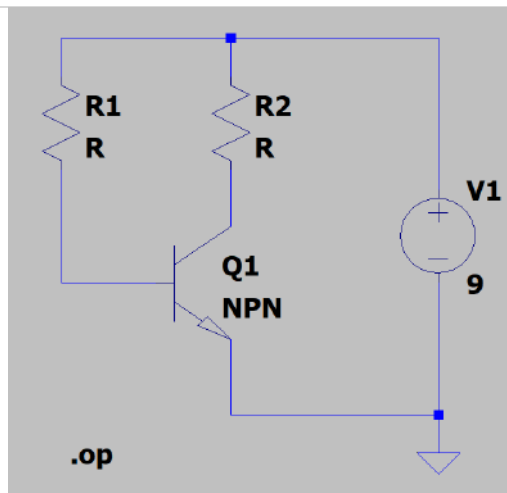
- Realize a simulação e obtenha o gráfico da corrente de base do transistor em função da tensão de base ( $V_{BE} \times I_B$ ). Essa curva terá o formato semelhante ao apresentado a seguir. Apresente a curva obtida nos resultados.



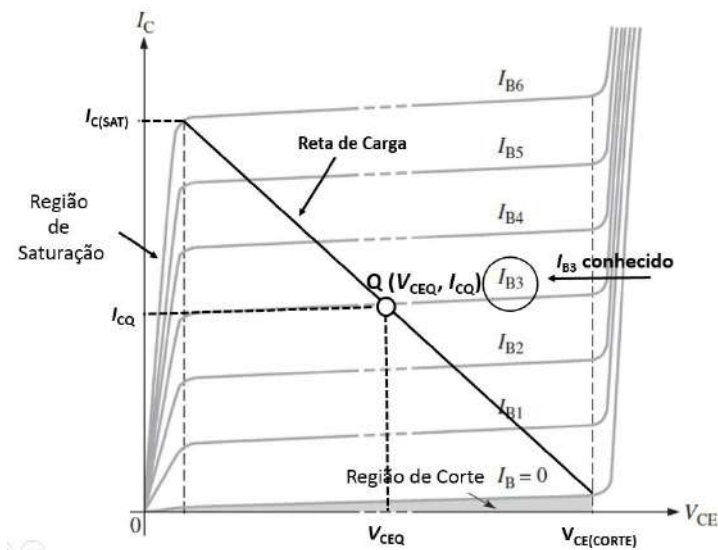
Fonte: Adaptada de Marques (2013, p. 125).

## 2ª Etapa – Projeto de circuito de polarização

- Projete os resistores a serem utilizados no circuito de polarização a seguir, que utiliza o mesmo transistor da 1ª etapa. Para tanto, configure a tensão da fonte em  $V_{CC} = 9\text{ V}$  e considere  $V_{CEQ} = V_{CC}/2$ .

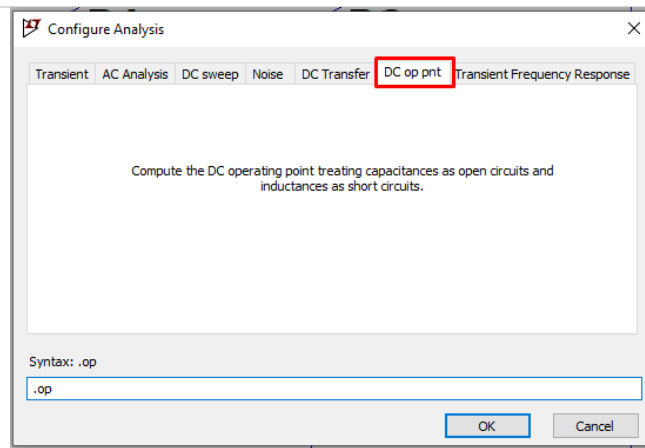


- Para o projeto, considere o ponto Q de operação o mais centralizado possível com  $V_{CEQ} = V_{CC}/2$  no gráfico de  $V_{CE} \times I_C$  obtido na primeira etapa. Desta forma, consultando o gráfico é possível se obter o valor de  $I_{CQ}$ , sobre a curva relativa a um determinado valor de  $I_{BQ}$ . Com o valor de  $I_{BQ}$ , consulte o gráfico de  $V_{BE} \times I_B$  da etapa anterior e obtenha  $V_{BEQ}$ . Com os valores de  $V_{CEQ}$ ,  $I_{CQ}$ ,  $I_{BQ}$  e  $V_{BEQ}$  resolva as malhas da base e coletor do circuito a ser projetado para obter os valores de R1 e R2.



Fonte: Adaptada de Floyd (2012, p.181).

- Ajuste os valores dos resistores conforme projetado e realize a simulação configurada no formato 'op'.



- Realize a simulação que irá exibir como resultado uma janela contendo todos os valores de tensão e corrente sobre os componentes. Adicionalmente, você pode fechar tal janela e clicar/colocar o mouse sobre determinado componente que os valores de simulação serão exibidos. Apresente tais valores nos seus resultados, juntamente com uma análise se eles estão coerentes ou não.

### **Avaliando os resultados:**

Como resultado da execução do procedimento, apresente os gráficos obtidos e capturas de tela do experimento no simulador. Além disso, descreva detalhadamente as etapas executadas e uma discussão dos resultados obtidos e projeto realizado.

### **Checklist:**

- ✓ Monte o circuito da etapa 1 no LTspice;
- ✓ Obtenha as curvas  $V_{CE} \times I_C$  do transistor e os valores de corrente de base para cada situação;
- ✓ Ajuste o circuito e obtenha a curva  $V_{BE} \times I_B$ ;
- ✓ Na etapa 2, projete os valores dos resistores do circuito de polarização;
- ✓ Simule o circuito e verifique se os valores obtidos são coerentes.

## **RESULTADOS**

### **Resultados do experimento:**

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

### Resultados de Aprendizagem:

Ao final das atividades práticas, espera-se que o aluno seja capaz de configurar, simular e analisar o comportamento de circuitos de polarização utilizando transistores no simulador LTspice, compreendendo como variar fontes e obter curvas características de saída ( $V_{CE} \times I_C$ ) e de base ( $V_{BE} \times I_B$ ) do transistor. Além disso, o aluno deverá ser capaz de projetar resistores para um circuito de polarização, posicionar o ponto de operação (Q) de modo centralizado, e realizar uma simulação operacional para verificar a consistência dos valores de corrente e tensão obtidos, aprimorando suas habilidades em análise e interpretação de resultados em experimentos simulados.

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 3

**NOME DA DISCIPLINA:** Eletrônica Analógica

**Unidade:** 3 – Transistores de efeito de campo (FET)

**Aula:** 2 - Polarização do FET

## OBJETIVOS

### Definição dos objetivos da aula prática:

Compreender os princípios básicos de funcionamento de um transistor JFET. Identificar as principais características do JFET, incluindo a tensão de corte ( $V_{gs(off)}$ ) e a corrente de dreno ( $I_d$ ). Aprender a calcular os valores ideais de polarização para otimizar o ponto de operação do transistor. Realizar medições práticas para verificar e ajustar a polarização do JFET.

## SOLUÇÃO DIGITAL:

### LTspice

LTspice é um software simulador SPICE poderoso, rápido e gratuito, captura esquemática e visualizador de forma de onda com melhorias e modelos para melhorar a simulação de circuitos analógicos. Sua interface de captura esquemática gráfica permite sondar esquemas e produzir resultados de simulação, que podem ser explorados ainda mais através do visualizador de forma de onda integrado.

O download do software pode ser feito no seguinte endereço:

<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Após o download, a instalação é rápida e intuitiva. A própria desenvolvedora do software fornece um tutorial básico de utilização que pode ser acessados em:

<https://www.analog.com/en/resources/media-center/videos/series/ltspice-getting-started-tutorial.html>

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

### Procedimento/Atividade nº 1

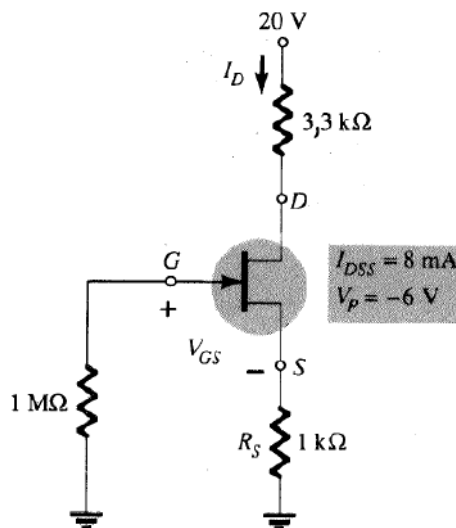
*Polarização de JFET*

**Atividade proposta:** Montar um circuito de polarização de um JFET.

### Procedimentos para a realização da atividade:

Bem-vindo à aula prática sobre a polarização de transistores do tipo JFET (Junction Field-Effect Transistor). Nesta aula, exploraremos as características fundamentais deste componente semicondutor e entenderemos como aplicar uma polarização adequada para que este opere na região linear por autopolarização, conforme o circuito da Figura 1.

Figura 1 – Autopolarização de JFET.



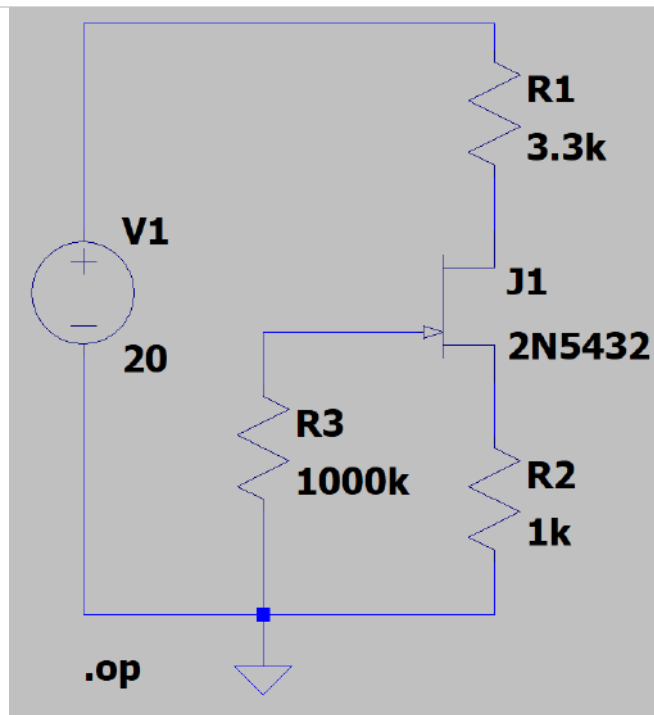
Fonte: Boylestad, 2013.

Os transistores JFET são dispositivos cruciais em eletrônica, desempenhando um papel vital em amplificadores, osciladores e outros circuitos. Sua operação baseia-se no controle do fluxo de corrente entre duas regiões semicondutoras por meio de um campo elétrico. Logo, o JFET pode ser utilizado como um amplificador aumentando ou reduzindo o fluxo conforme a tensão aplicada entre o gate e o source.

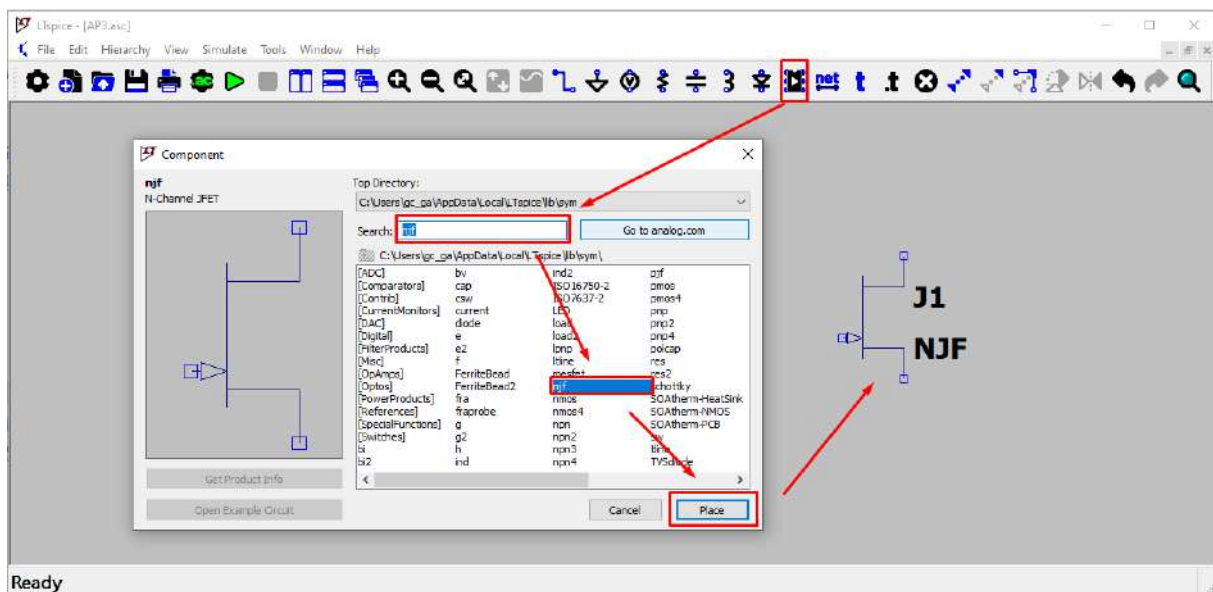
A equação de Shockley descreve a corrente que flui através de um transistor JFET. Ela é expressa como  $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2$ , onde  $I_D$  é a corrente de dreno,  $I_{DSS}$  é a corrente de dreno de saturação máxima,  $V_{GS}$  é a tensão porta-fonte e  $V_p$  é a tensão de polarização.

Na aproximação em que a corrente no gate é zero ( $I_{GS} \approx 0$ ), o termo relacionado ao resistor de gate ( $R_G$ ) pode ser aproximado por um curto-circuito. Isso simplifica os cálculos, facilitando a análise do ponto de operação do JFET, pois trata-se apenas da relação  $V_{GS} = -I_D R_S$ .

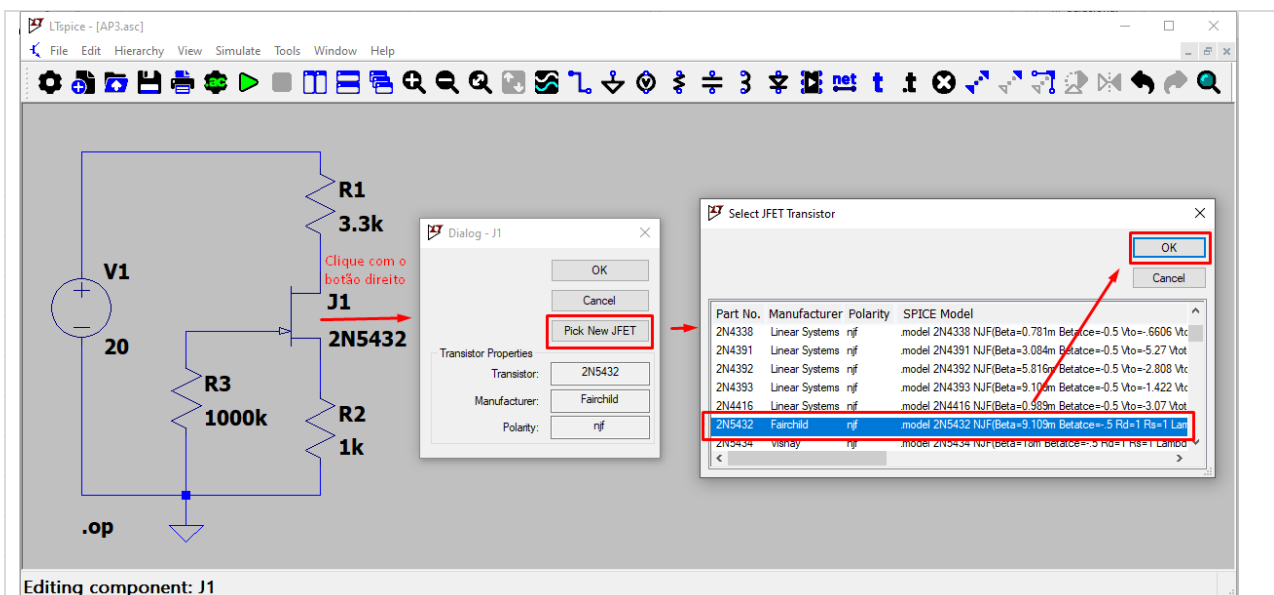
Abra o LT spice, crie um novo esquemático e monte o circuito apresentado a seguir.



O JFET a ser adicionado possui a nomenclatura 'njf' no seletor de componentes, conforme indicado a seguir.



Após adicionar o JFET, clique sobre ele com o botão direito do mouse, vá na a opção 'Pick New JFET' e selecione o modelo 2N5432 na lista.



Realize a simulação configurada no formato 'op'. Anote os valores da corrente de dreno  $I_D$  e tensão  $V_{GS}$  do JFET. Avalie se os valores obtidos são coerentes e, eventualmente, calcule o erro entre eles e os valores esperados.

Agora modifique o valor do resistor  $R1$  para  $1\text{ k}\Omega$  e comente como as medidas de corrente  $I_D$  e  $V_{GS}$  mudam.

### Avaliando os resultados:

Como resultado da execução do procedimento, os valores de tensão e corrente obtidos e capturas de tela do experimento no simulador. Além disso, descreva detalhadamente as etapas executadas e uma discussão dos resultados obtidos, avaliando a coerência e os comparando com os valores teóricos.

### Checklist:

- ✓ Montar o circuito;
- ✓ Medir a tensão  $V_{GS}$ ;
- ✓ Medir a corrente  $I_D$ ;
- ✓ Comparar com os valores de  $V_{GS}$  e  $I_D$  calculados

## RESULTADOS

### Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

#### **Resultados de Aprendizagem:**

Ao término desta atividade prática, espera-se que o aluno seja capaz de configurar e simular circuitos de polarização de JFET no software LTspice, interpretando as principais características de operação deste dispositivo semiconductor. O aluno deverá compreender a aplicação da equação de Shockley para análise da corrente de dreno ( $I_D$ ) e da tensão porta-fonte ( $V_{GS}$ ), além de entender a influência do resistor de gate ( $R_G$ ) na simplificação do circuito. A atividade permitirá observar, calcular e avaliar os resultados simulados de corrente e tensão, comparando-os com valores esperados e examinando o impacto de alterações nos componentes, como a variação do resistor R1, no comportamento do JFET.

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 4

**NOME DA DISCIPLINA:** Eletrônica Analógica

**Unidade:** 4 – Amplificadores operacionais (amp-op)

**Aula:** 2 - Circuitos básicos com amp-ops

## OBJETIVOS

### Definição dos objetivos da aula prática:

Compreender o funcionamento de um circuito inversor e não inversor. Desenvolver e simular um circuito inversor e não inversor. Analisar os resultados obtidos de forma analítica e computacional.

## SOLUÇÃO DIGITAL:

### LTspice

LTspice é um software simulador SPICE poderoso, rápido e gratuito, captura esquemática e visualizador de forma de onda com melhorias e modelos para melhorar a simulação de circuitos analógicos. Sua interface de captura esquemática gráfica permite sondar esquemas e produzir resultados de simulação, que podem ser explorados ainda mais através do visualizador de forma de onda integrado.

O download do software pode ser feito no seguinte endereço:

<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Após o download, a instalação é rápida e intuitiva. A própria desenvolvedora do software fornece um tutorial básico de utilização que pode ser acessados em:

<https://www.analog.com/en/resources/media-center/videos/series/ltspice-getting-started-tutorial.html>

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

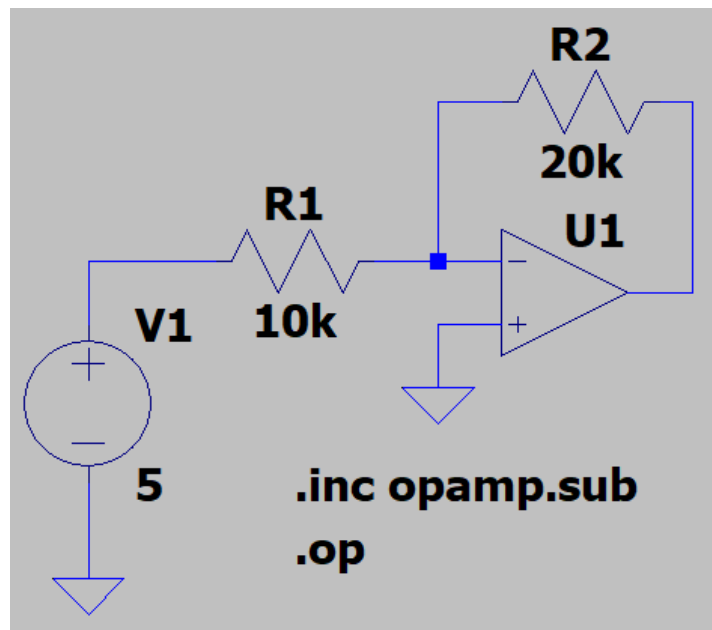
### Procedimento/Atividade nº 1

*Circuitos com amplificadores operacionais*

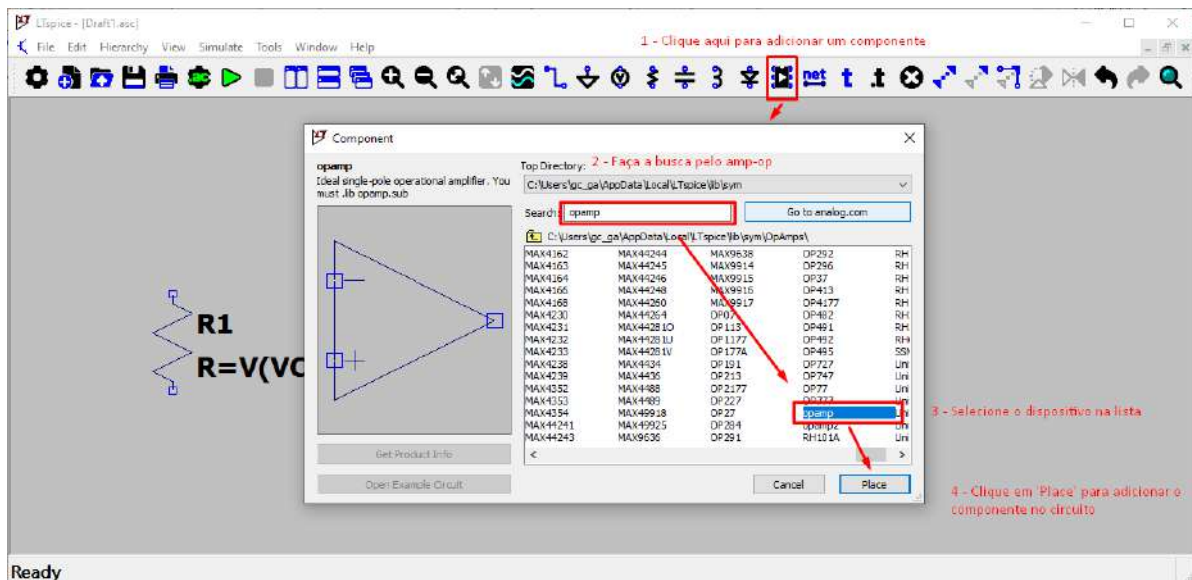
**Atividade proposta:** Simular o circuito amplificador inversor e não inversor.

## Procedimentos para a realização da atividade:

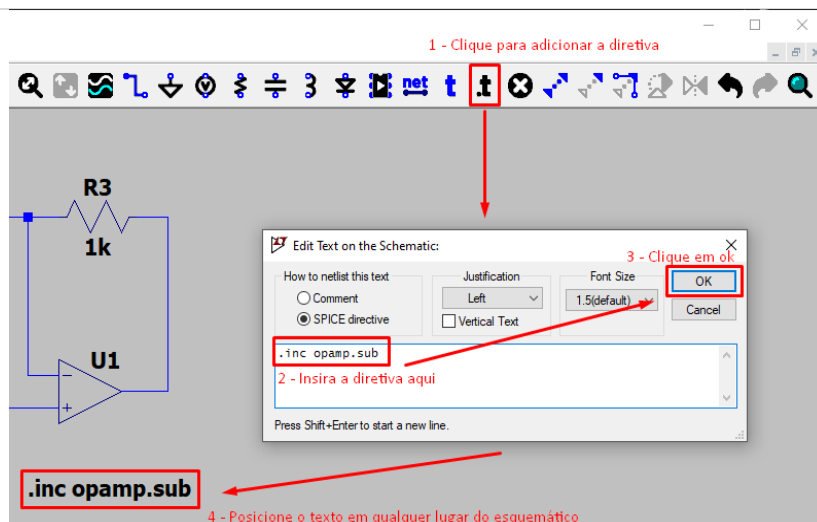
Abra o LT spice, crie um novo esquemático e monte o circuito amplificador inversor com amp-op apresentado a seguir.



Para adicionar um amplificador operacional no circuito, selecione o componente 'opamp'.

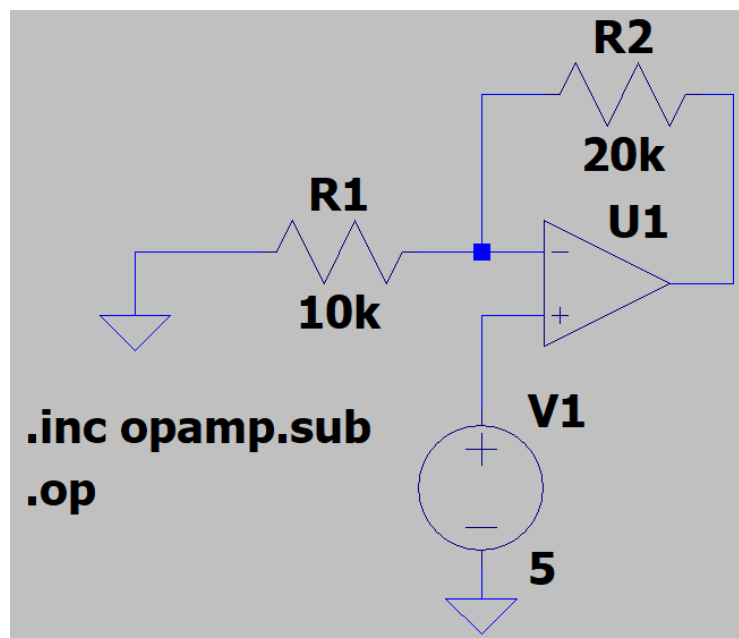


Depois disso, adicione uma diretiva de simulação para que ele funcione ('SPICE directive') utilizando o atalho na barra de ferramentas ou a tecla '.' do teclado e insira o texto '.inc opamp.sub'.



Uma vez montado o circuito por completo, realize a simulação configurada no formato 'op'. Registre o valor de tensão obtido na saída do amplificador operacional. Após a simulação, resolva o circuito analiticamente, calculando a tensão de saída. Compare o valor simulado com o obtido pelo cálculo.

Agora, crie um novo esquemático e monte no simulador o amplificador não inversor com amp-op, mostrado na figura a seguir.



Realize a simulação configurada no formato 'op'. Registre o valor de tensão obtido na saída do amplificador operacional. Resolva o circuito analiticamente, calculando a tensão de saída. Compare o valor simulado com o obtido pelo cálculo.

### **Avaliando os resultados:**

Como resultado da execução do procedimento, os valores de tensão e corrente obtidos e capturas de tela do experimento no simulador. Além disso, descreva detalhadamente as etapas executadas e uma discussão dos resultados obtidos, avaliando a coerência e os comparando com os valores teóricos.

### **Checklist:**

- ✓ Criar um novo circuito no LTspice para o amplificador inversor;
- ✓ Selecionar os elementos necessários ao circuito simulado;
- ✓ Realizar a devida ligação entre os elementos, sem esquecer das referências de terra;
- ✓ Coletar a tensão da saída no amplificador operacional;
- ✓ Comparar a resolução analítica com a simulação.
- ✓ Repetir o processo para o amplificador não inversor;

## **RESULTADOS**

### **Resultados do experimento:**

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

### **Resultados de Aprendizagem:**

Ao final das atividades práticas, o aluno deverá ser capaz de montar, simular e analisar circuitos de amplificadores inversor e não inversor utilizando amplificadores operacionais no LTspice, identificando as diferenças entre as configurações e o comportamento de cada tipo de amplificador. Além disso, espera-se que o aluno desenvolva a habilidade de calcular analiticamente a tensão de saída para comparar com os resultados da simulação, avaliando a coerência entre os valores teóricos e simulados.