

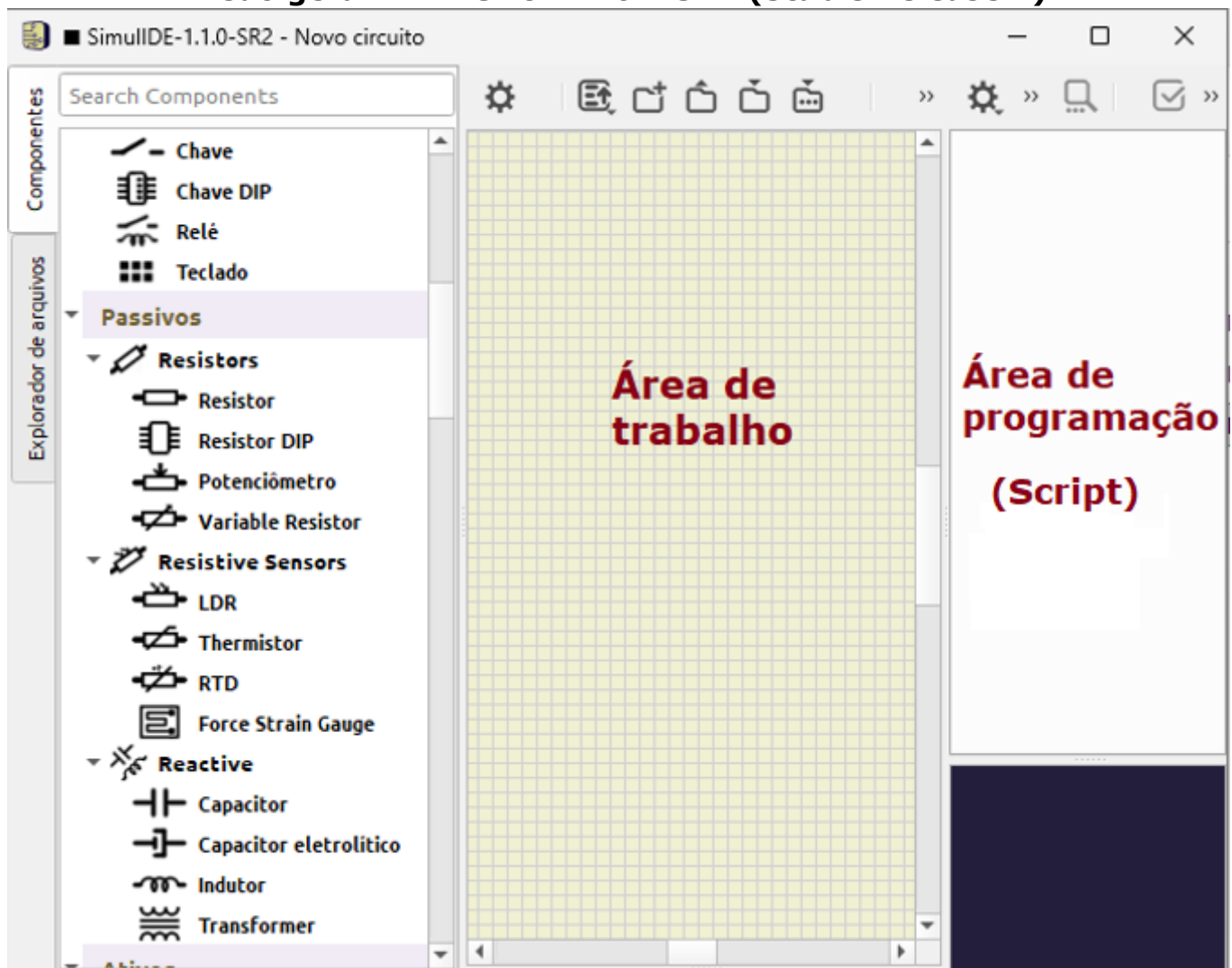


SimulIDE Circuit Simulator

PARTE I - Eletrônica Analógica

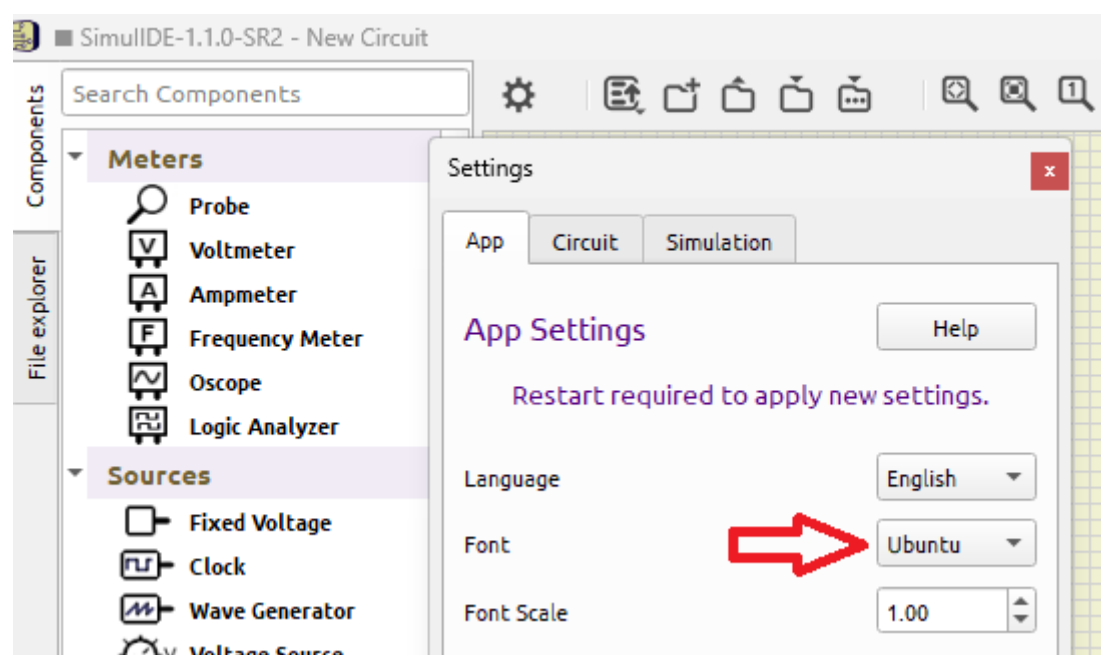
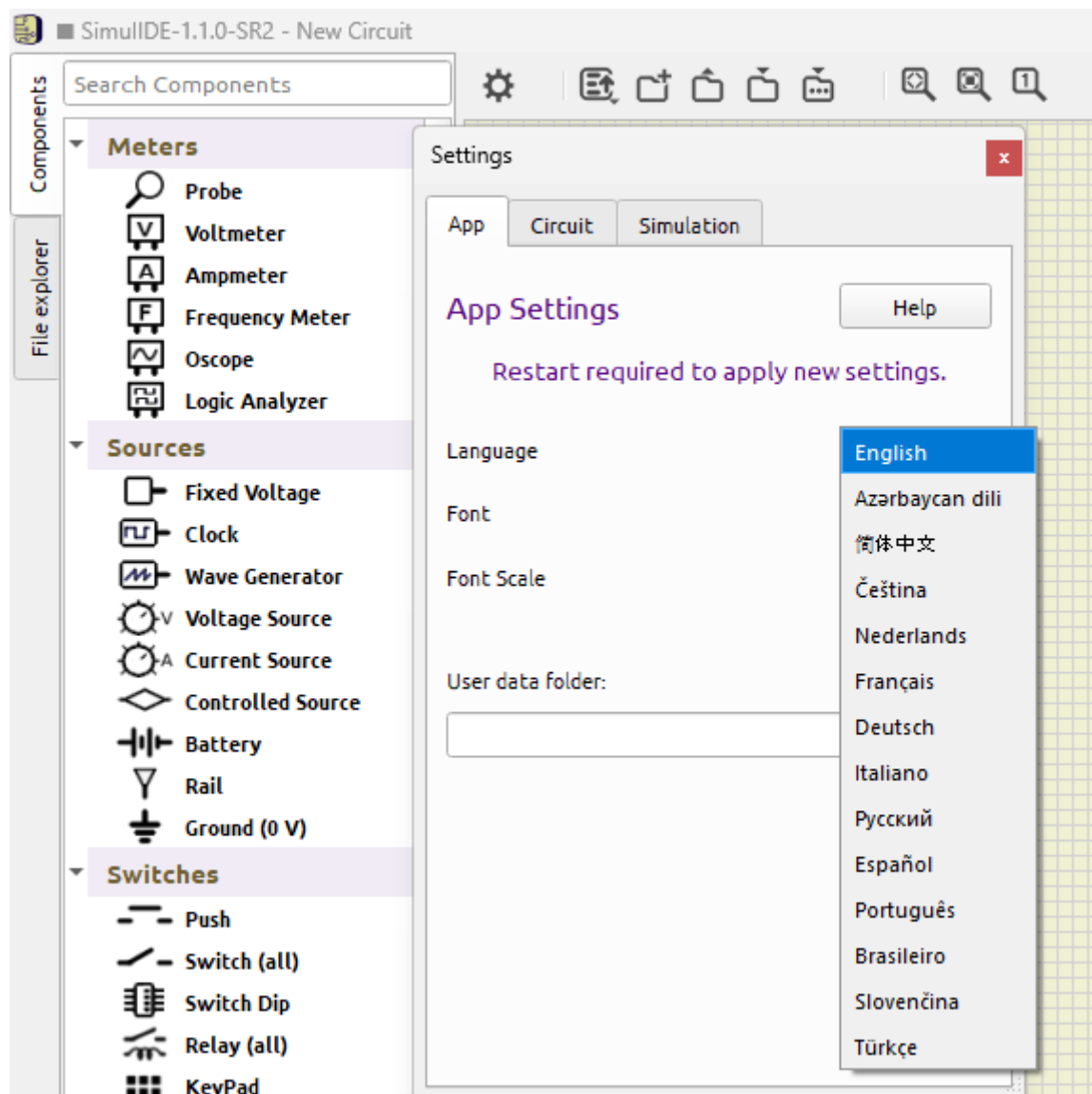
SimulIDE (Simulador IDE) é um simulador de circuitos eletrônicos em tempo real, gratuito e de código aberto. Ele é leve e permite testar circuitos analógicos, digitais e microcontroladores (como Arduino, PIC e AVR) de forma rápida e interativa. A vantagem desse simulador é que opera totalmente off-line, não precisa ser instalado no computador, é totalmente portátil, podendo ser copiado e executado a partir de um pen drive.

Visão geral – VERSÃO 1.1.0 – SR2 (Stable Release 2)



Menu configurado para idioma Português do Brasil, podendo ser configurado para outros idiomas.

As figuras abaixo mostram como alterar as configurações de linguagem e de fonte do Menu principal:

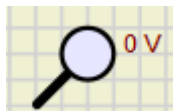


Vamos analisar os recursos que o simulador oferece, voltado nesta PARTE I para a área de Eletrônica Analógica, que eventualmente poderão ser usados em outros segmentos.

Medidores (Meters)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

Terminal de prova (Probe):



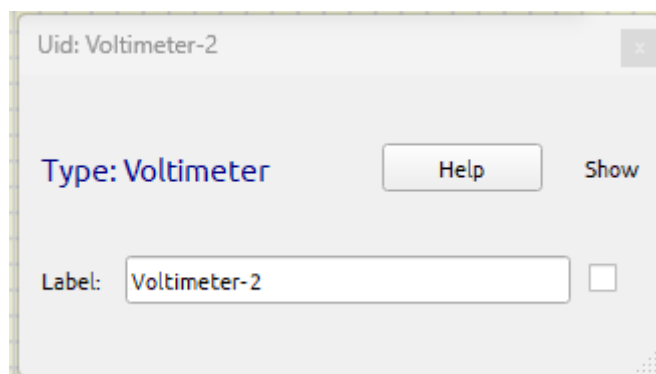
Permite medir tensões DC em pontos estratégicos de um circuito de forma rápida e sem ocupar o espaço de um voltímetro.



Voltímetro (Voltmeter):



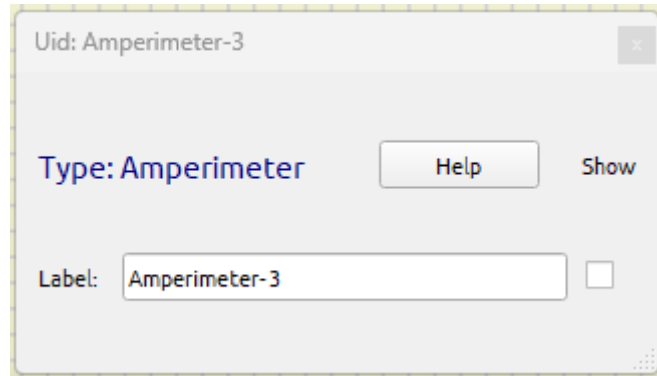
Permite medir tensões DC:



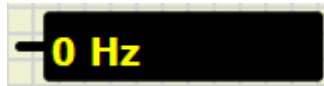
Amperímetro (Ammeter - Amperimeter):



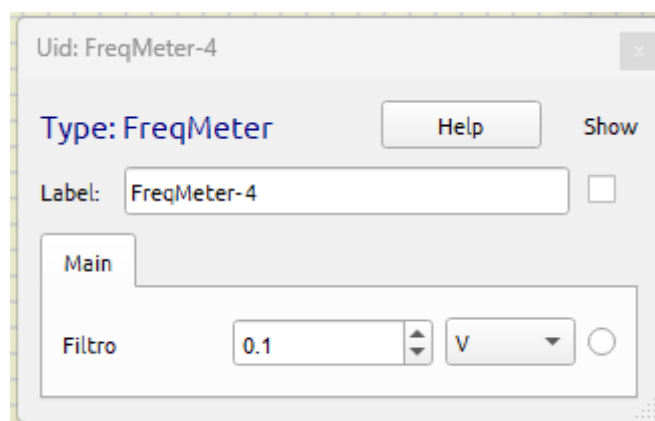
Permite medir correntes DC:



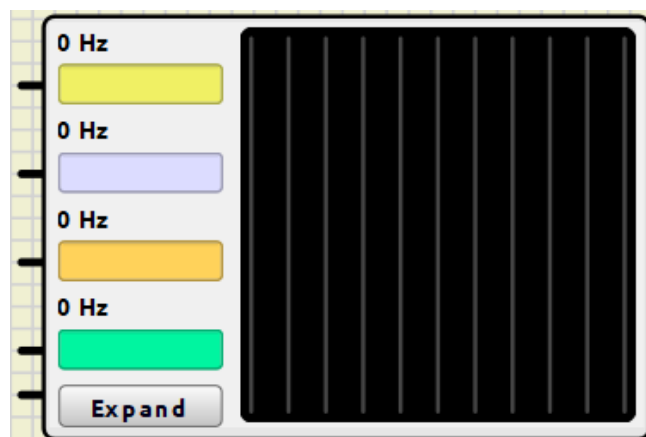
Frequencímetro (Frequency Meter - FreqMeter):



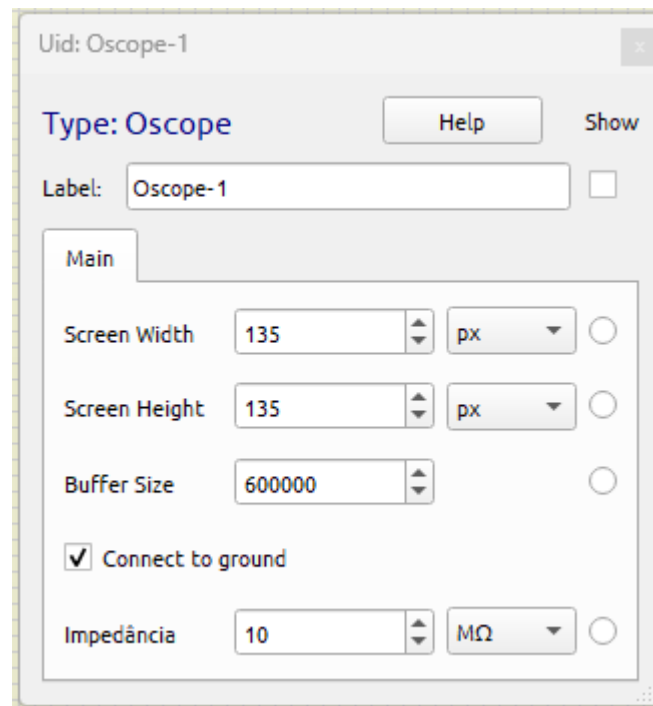
Permite medir frequências de formas de onda senoidal, quadrada, dente de serra e triangular.



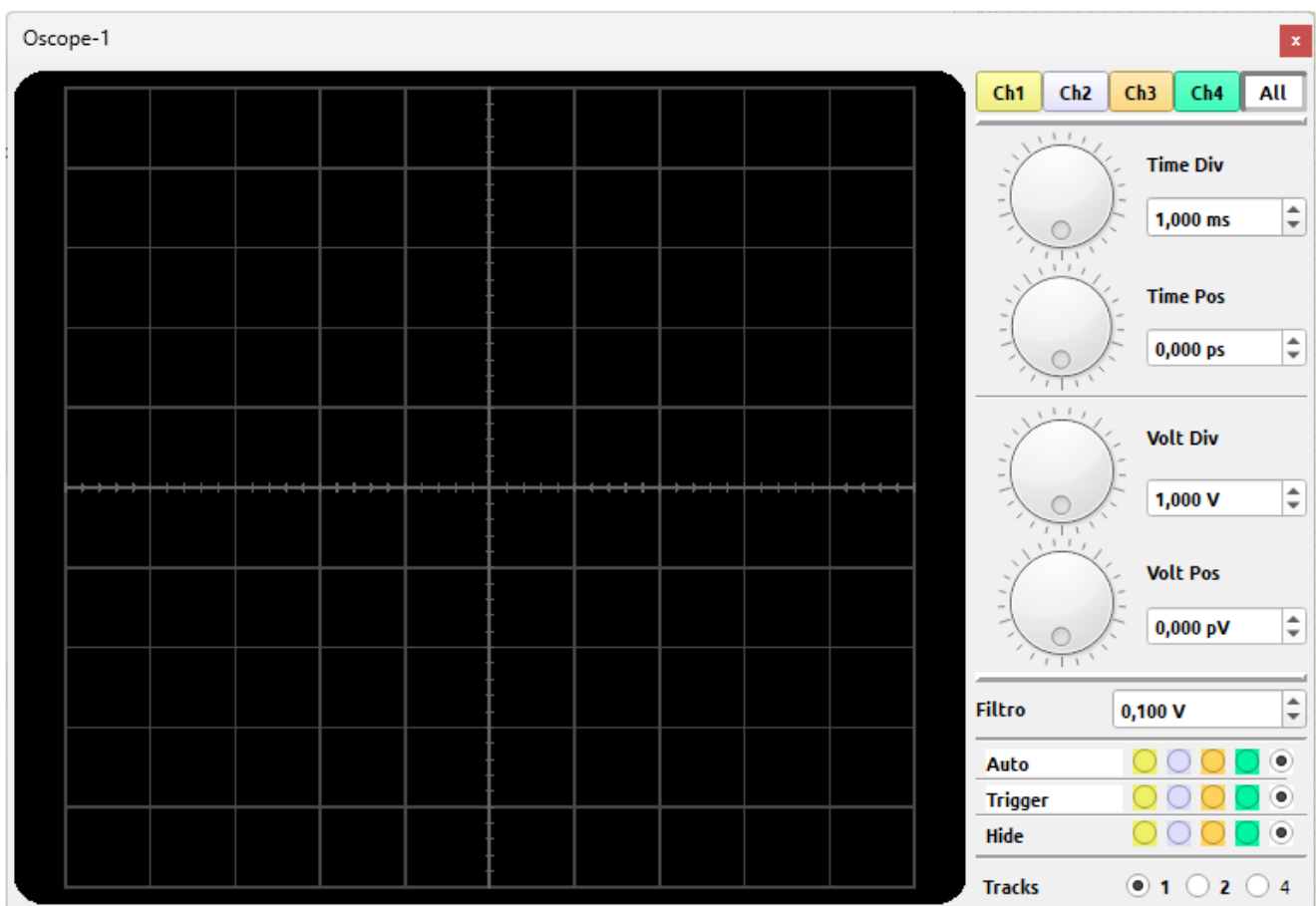
Osciloscópio (Oscope):



Conforme podemos observar, trata-se de um osciloscópio de 4 canais. Cada canal opera de forma independente, permitindo ajustes tanto na base de tempo (eixo x) como na amplitude (eixo y).



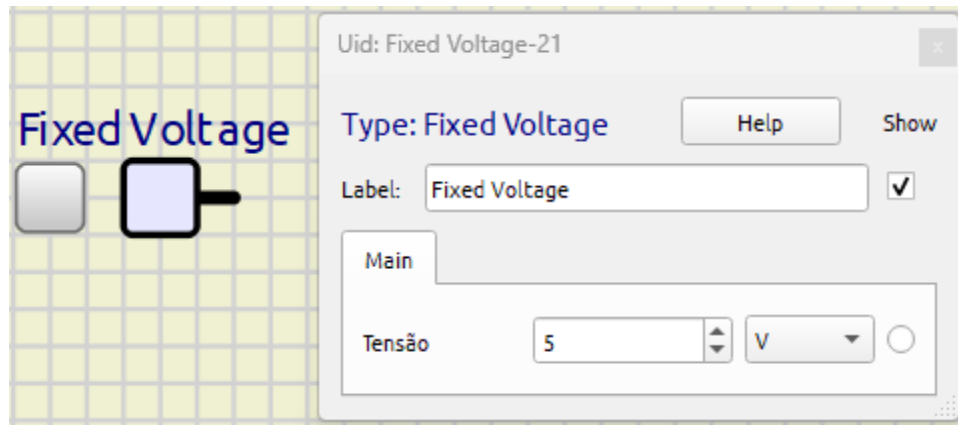
Para ajustar e calibrar base de tempo e amplitude, basta clicar no botão "Expand" (eixos x e y respectivamente). *A largura e altura de visualização do osciloscópio, podem ser definidos em Screen Width x High (no caso, 135 x 135 px).*



Fontes (Sources)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

Fonte de tensão fixa: (Fixed Voltage):

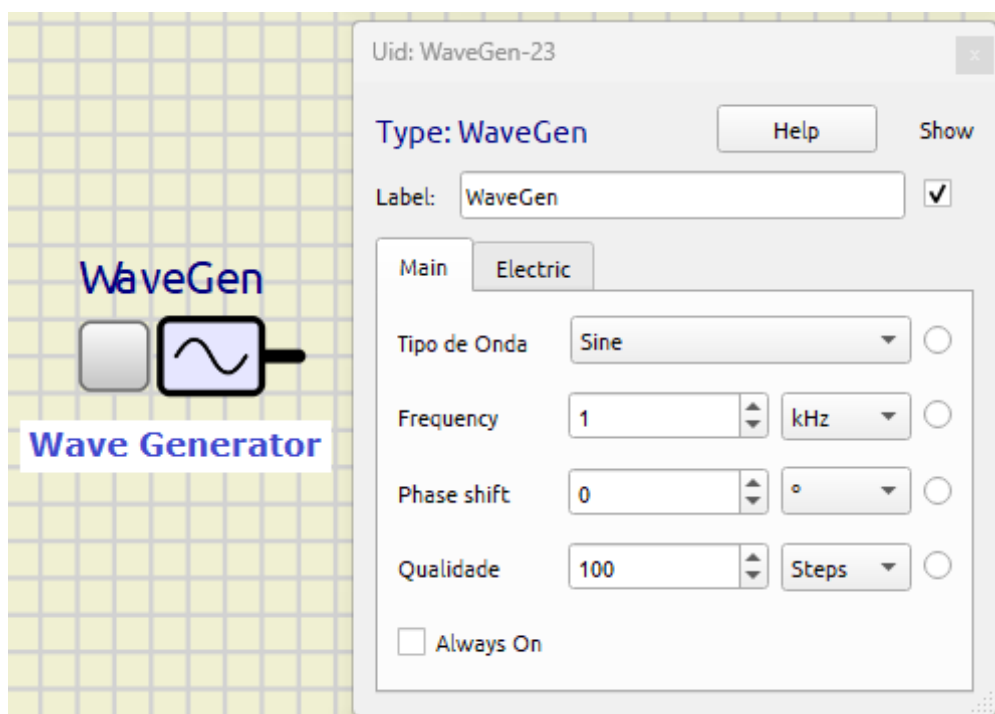


Trata-se de uma fonte de tensão DC fixa, que pode ser ajustada de acordo com as necessidades do projeto na opção "Tensão".

IMPORTANTE: o botão disponível à esquerda do ícone, permite ligar/desligar a função com o cursor de mouse, mesmo com o processo de simulação ativo.

Gerador de sinais / ondas (Wave Generator / WaveGen):

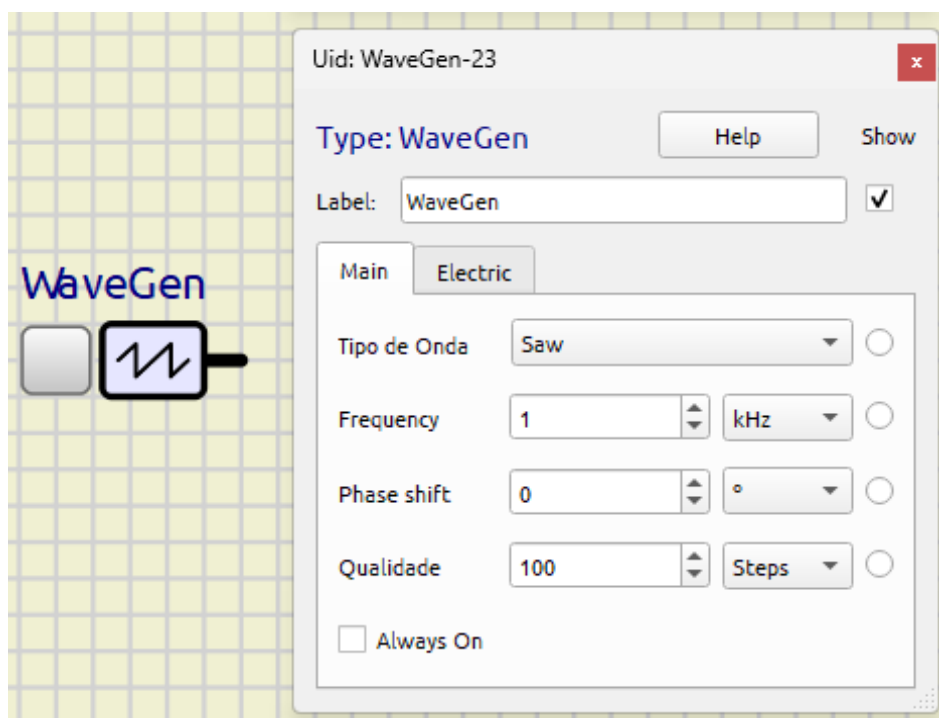
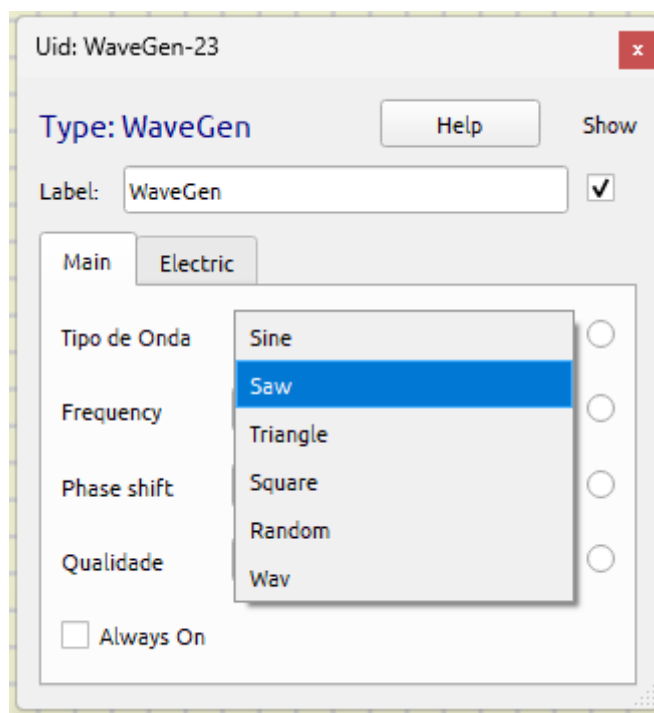
A figura a seguir mostra um gerador de sinais típico, onde se observa que a forma de onda é do tipo senoidal com uma frequência de 1kHz (que pode ser ajustada de acordo com as necessidades do projeto).



IMPORTANTE: o botão disponível à esquerda do ícone, permite ligar/desligar a função, mesmo com o processo de simulação ativo.

A seta na caixa de seleção “Tipo de Onda” permite optar pelas formas de onda disponíveis: Senoidal (Sine), Dente de serra (Saw), Triangular (Triangle), Quadrada (Square), Randômica (Random) e Áudio (Wav)

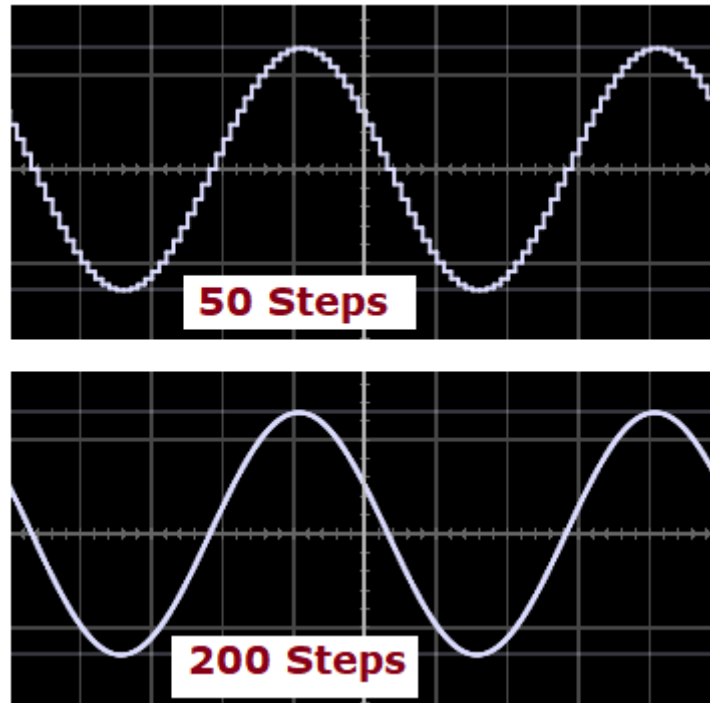
As figuras abaixo mostram, como exemplo, a mudança do formato de onda no ícone, quando optamos pela forma de onda dente de serra.



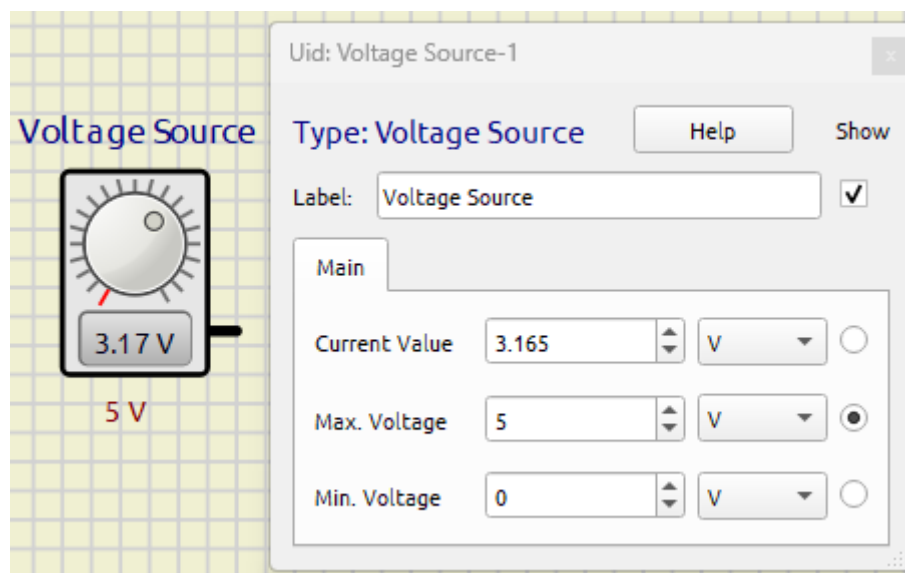
Observe que na caixa de diálogo *Qualidade*, a unidade de medida *Steps* está selecionada em 100. Mas o que isso significa?

Define a qualidade da forma de onda que será visualizada quando for usado um osciloscópio para visualização e interpretação de uma forma de onda.

Para melhor entender esse conceito, as figuras a seguir mostram uma forma de onda senoidal, criada nessa fonte geradora, vista na tela de um osciloscópio, com duas opções: 50 steps (passos) e 200 steps, onde observa-se nitidamente a qualidade da imagem em “200 steps”.



Fonte de Tensão (Voltage Source):



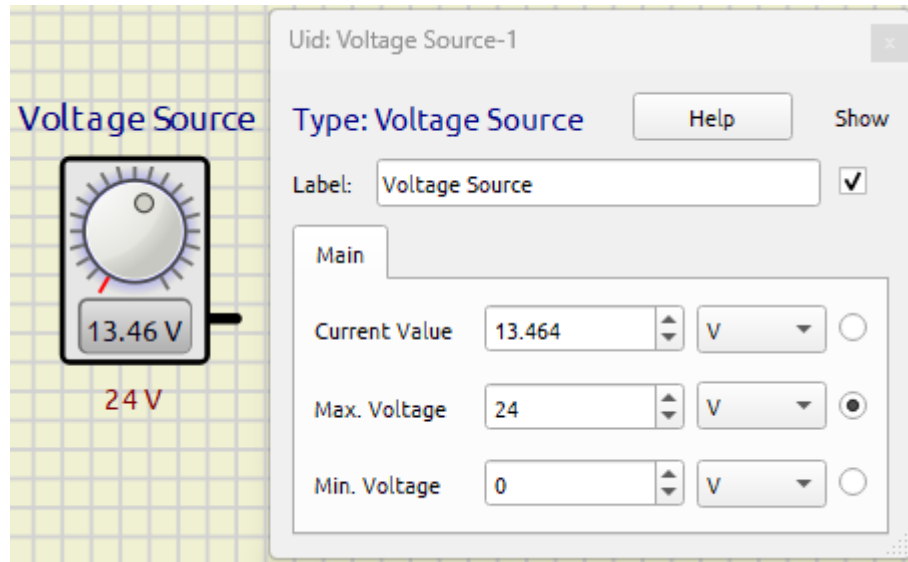
Nota-se que se trata de uma fonte de tensão variável DC, (*Voltage Source* = *Fonte de Tensão*) que permite variar a tensão através da rotação do knob, ou então digitar diretamente o valor desejado na caixa de diálogo que no caso é 3,165V.

A máxima tensão ajustada foi ajustada 5 volts.

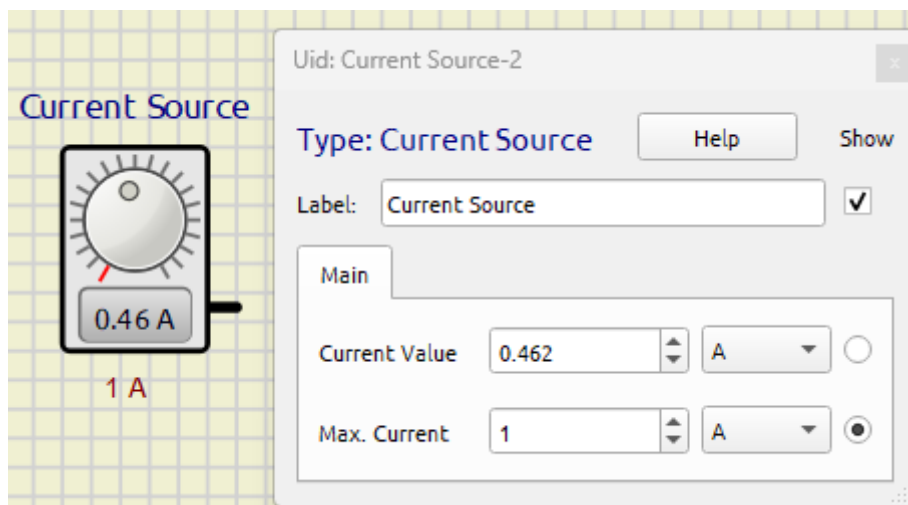
OBS: A rotação do knob permite ajustar tanto os valores de tensão como de corrente, que podem ocorrer da seguinte forma: a) usando o cursor do mouse; b) usando as teclas do teclado com o conjunto setas para cima ou para baixo (up-down) ou direita ou esquerda (right-left).

No entanto, outros valores podem ser definidos.

Veja um exemplo de uma tensão máxima ajustada para 24 volts:



Fonte de corrente (Current Source):

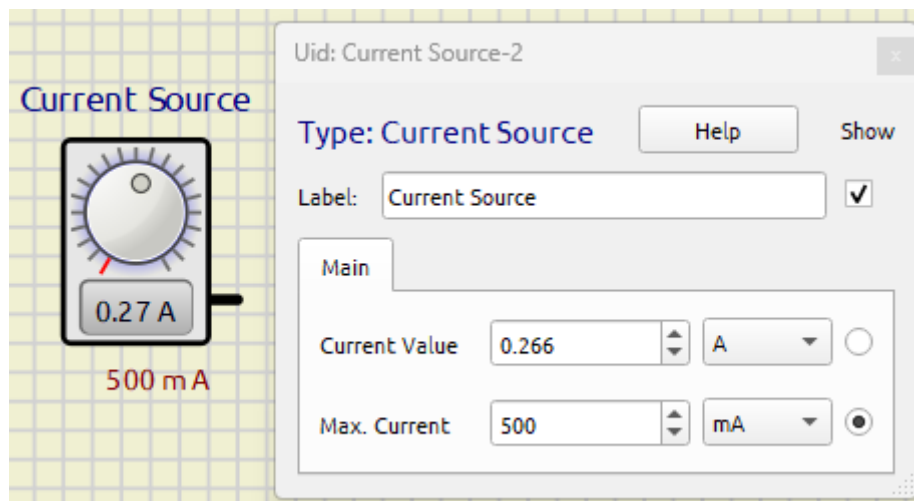


Nota-se que se trata de uma fonte de corrente variável DC, (*Current Source* = *Fonte de Corrente*) que permite variar a corrente através da rotação do knob, ou então digitar diretamente o valor desejado na caixa de diálogo que no caso é 0,462A (462mA).

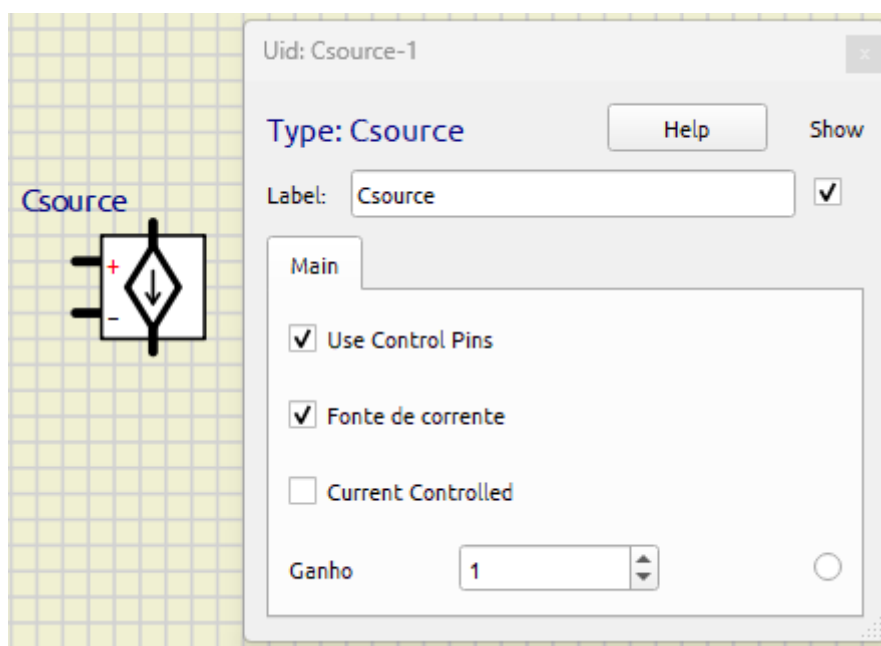
A máxima corrente ajustada foi ajustada 1 ampère.

No entanto, outros valores podem ser definidos.

A figura a seguir mostra a opção "Max Current" ajustada para 500mA.



Fonte controlada (Controlled Source / Csource):



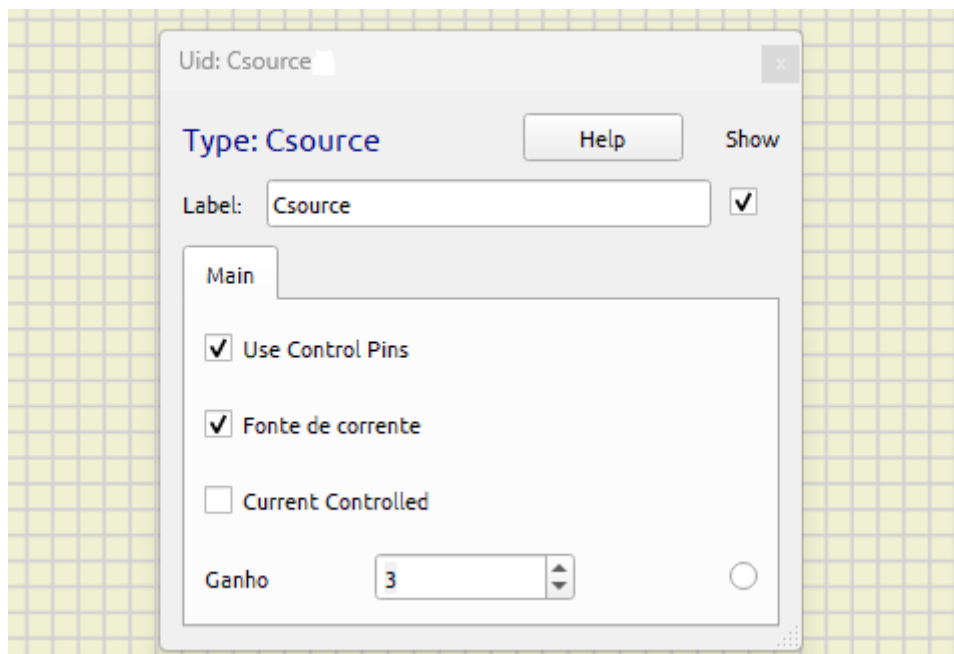
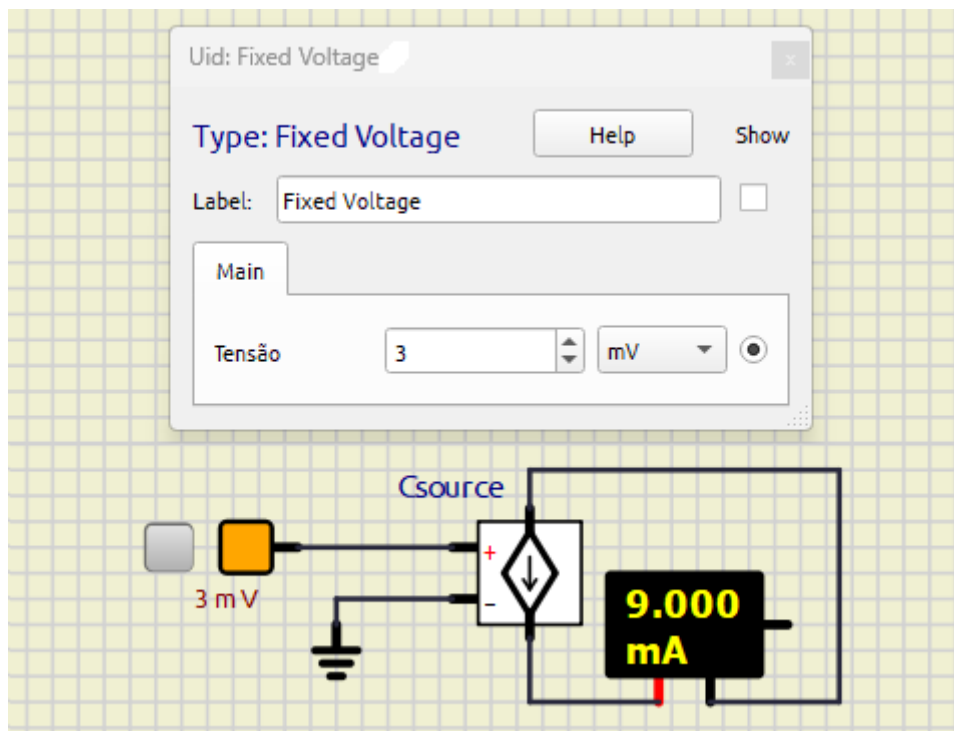
Esse recurso é bastante interessante, pois a Fonte Controlada (Controlled Source), pode ser configurada de duas formas:

- 1 – Fonte de corrente controlada por tensão;
- 2 – Fonte de tensão controlada por tensão.

Para que haja esse controle é necessário que a opção "Use Control Pins" esteja selecionada.

A partir daí podemos definir o ganho, ou seja, a corrente que estará disponível na saída em função do ganho.

A figura a seguir mostra uma fonte de corrente controlada por tensão, onde o ganho foi definido como 3 e a tensão aplicada na entrada 3mV.



Tensão de entrada = 3mV

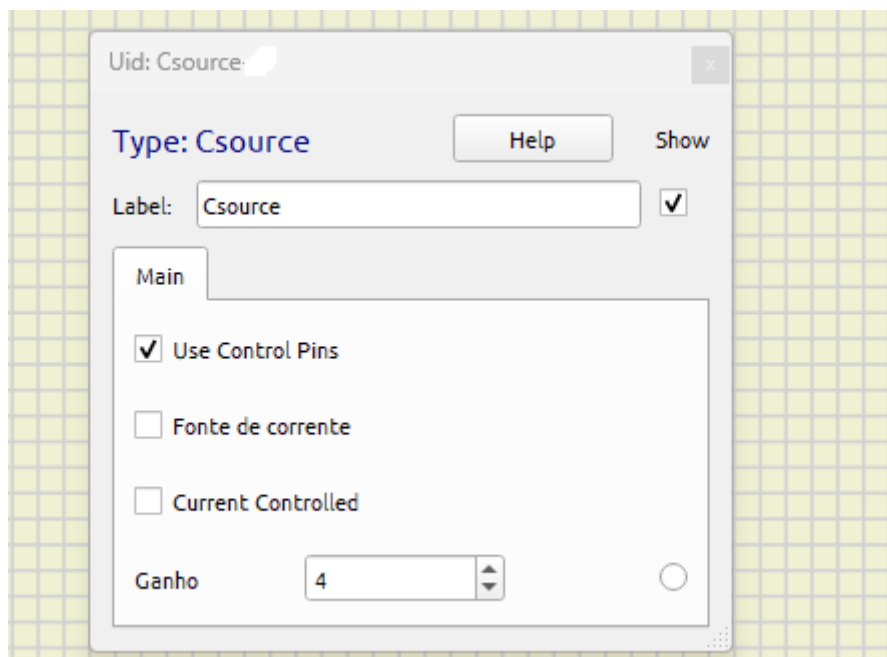
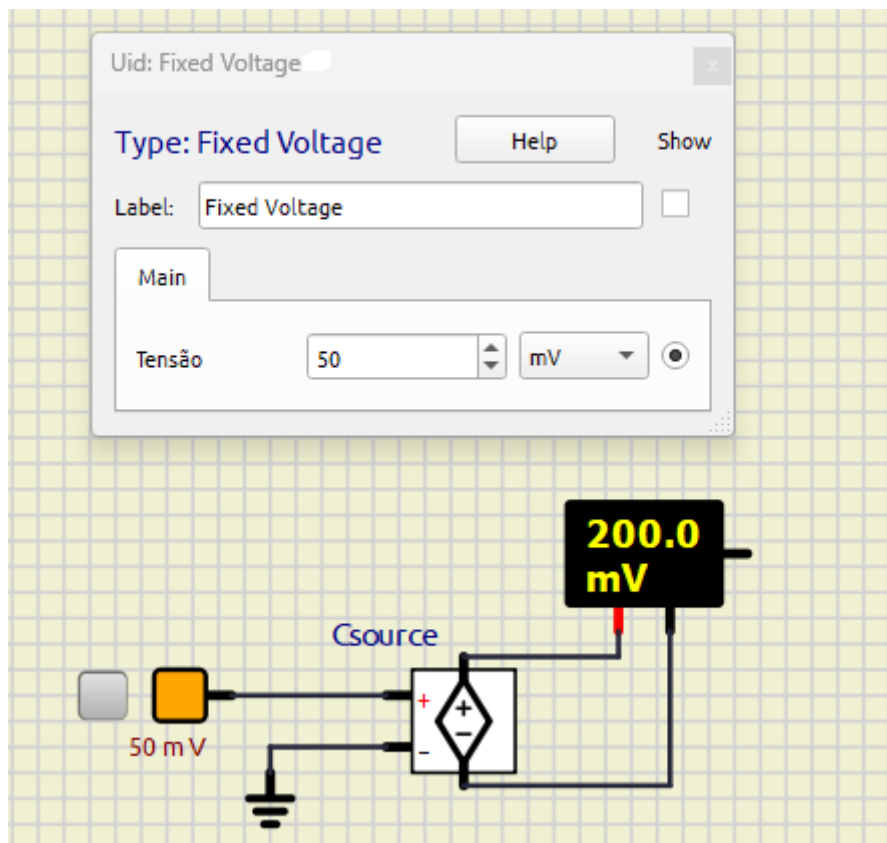
Ganho = 3

Calculando: $3\text{mV} \times 3 = 9\text{mA}$

Se a tensão na entrada for alterada, por exemplo, para 5mV, teremos na saída:

$5\text{mV} \times 3 = 15\text{mA}$

A figura abaixo mostra uma fonte de tensão controlada por tensão:



Tensão de entrada = 50mV

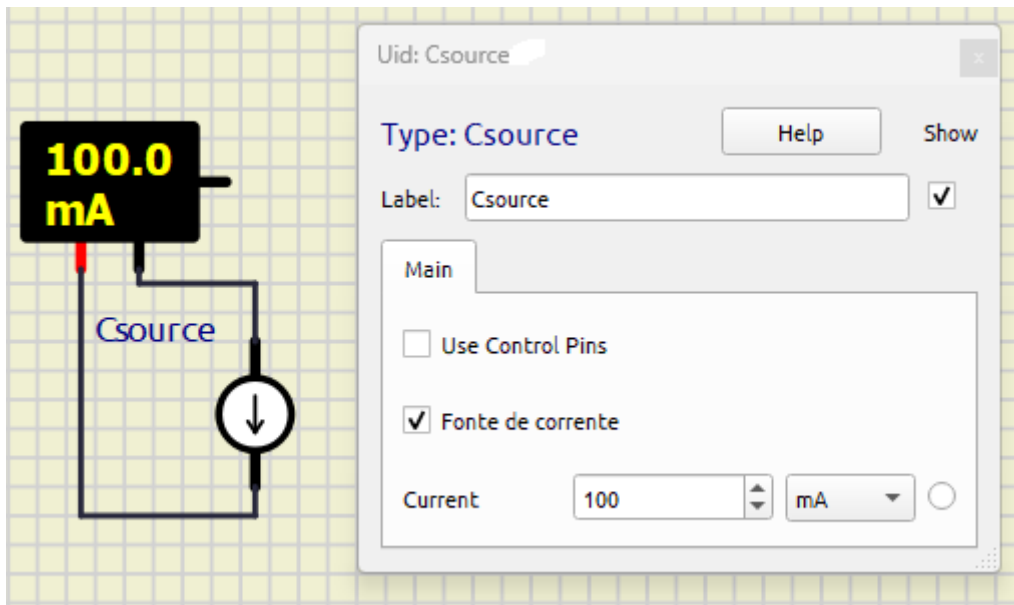
Ganho = 4

Calculando: $50\text{mV} \times 4 = 200\text{mV}$

Observe que a opção "Fonte de corrente" está desmarcada.

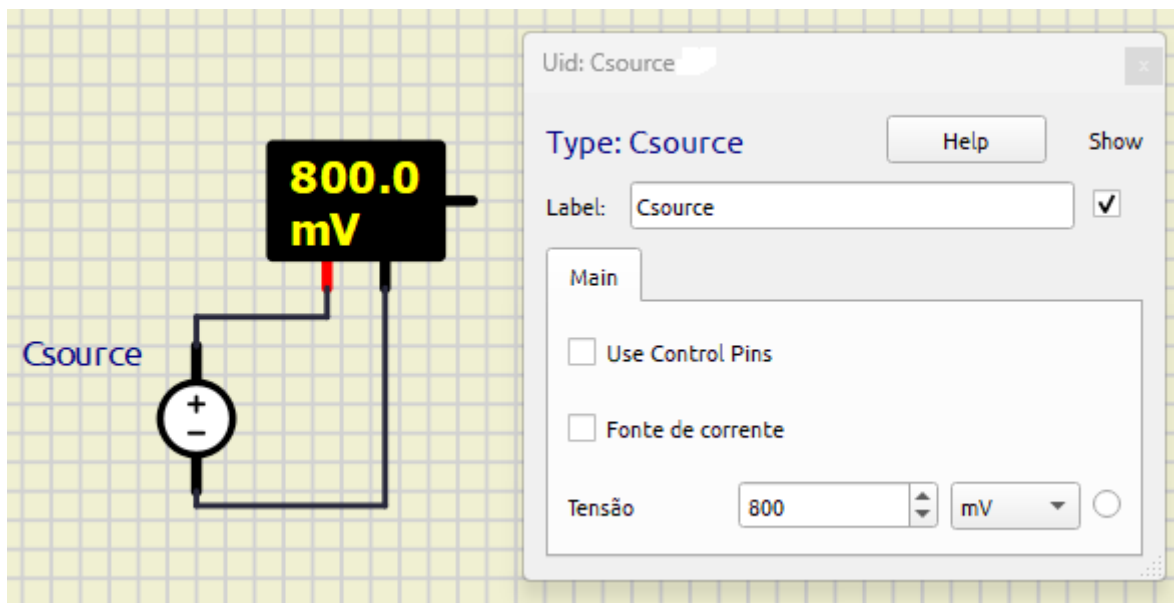
Ainda com relação a fonte Controlled Source, é possível configurá-la como fonte de tensão e corrente fixas, conforme mostram as figuras a seguir:

Fonte de corrente fixa



Desmarcando a opção "Use Control Pins" temos uma fonte de corrente fixa, no caso, ajustada para corrente de 100mA.

Fonte de tensão fixa



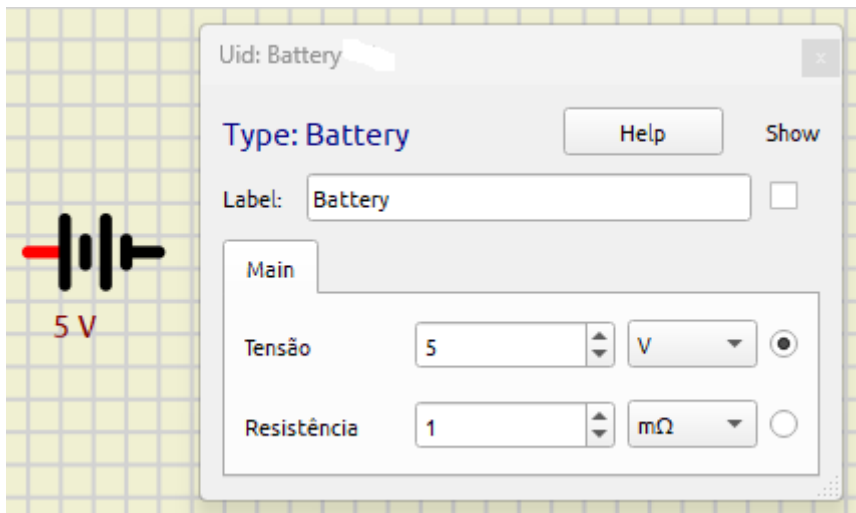
Desmarcando a opção "Use Control Pins" e "Fonte de Corrente" temos uma fonte de tensão fixa, no caso, ajustada para tensão de 800mV.

Bateria (Battery):

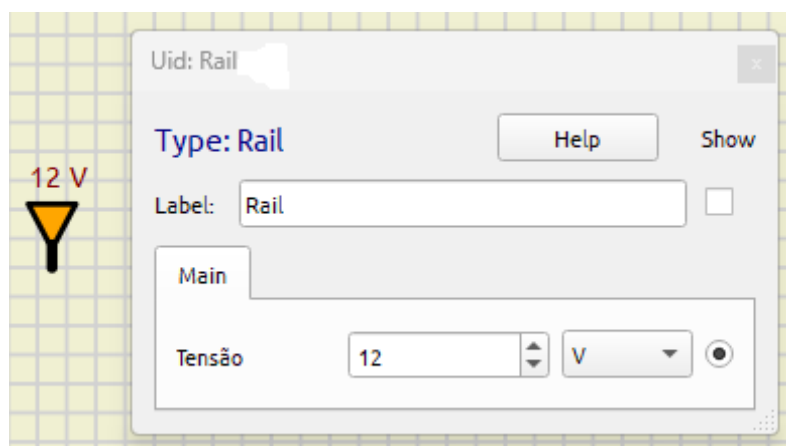
É um componente básico de alimentação DC (corrente contínua), podendo ser configurada como uma fonte ou célula de energia.

A resistência interna da bateria pode ser definida com outros valores.

Neste caso está configurada em $1\text{m}\Omega$ e a tensão ajustada para 5 volts, por padrão do simulador.



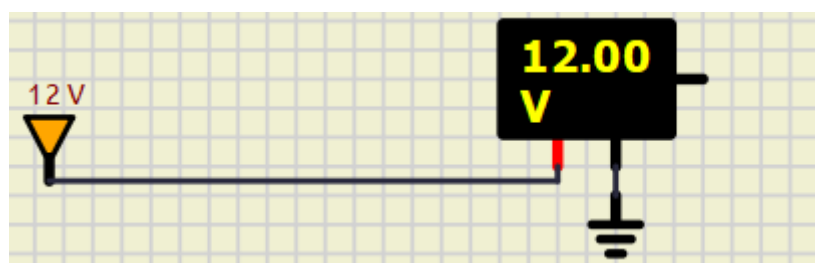
Linha de alimentação (Rail):



Rail ou Linha de Alimentação, é na realidade uma fonte de tensão, que serve para alimentar circuitos de forma limpa, criando um ponto invisível ou explícito de tensão constante.

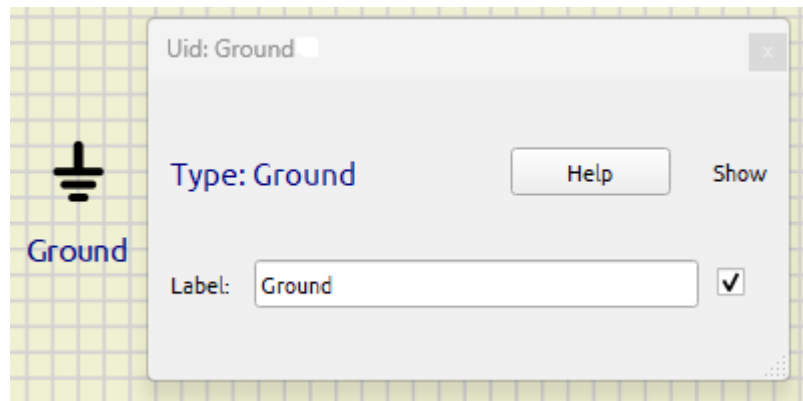
Ela simplifica o esquema elétrico, evitando o excesso de fios cruzados ligados a uma bateria ou fonte de alimentação comum.

Pode ser configurada com os valores exigidos no projeto.

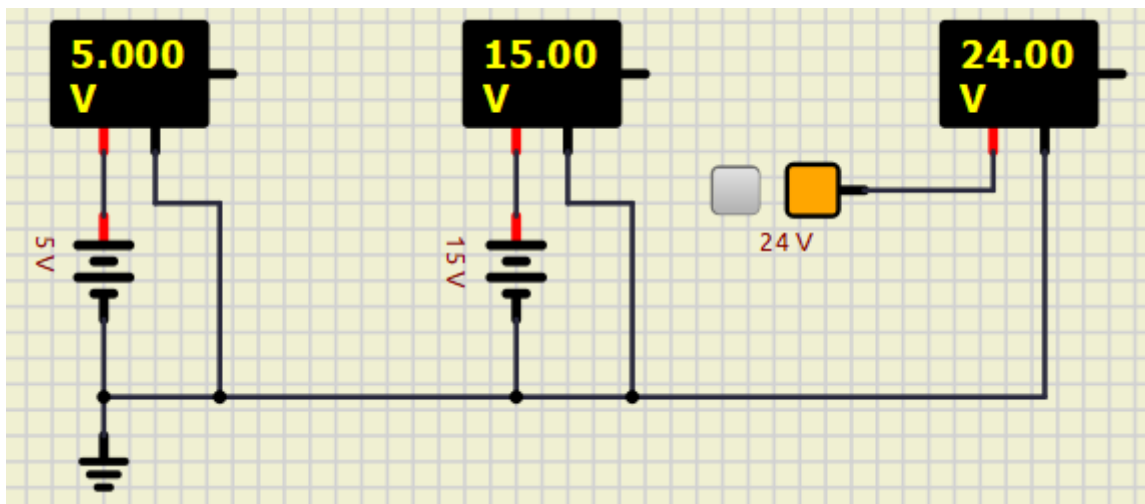


Terra (Ground):

O Ground ou Terra é usado como referencial (considerado também 0V) para conectar diversos setores ou componentes de um circuito, otimizando assim as conexões entre componentes.



A figura abaixo ilustra uma aplicação do terminal "Ground". Todos os referenciais estão conectados a um único ponto. Neste caso o referencial para todas as fontes é o terra "Ground ou GND".



Interruptores (Switches)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

Botão (Push):

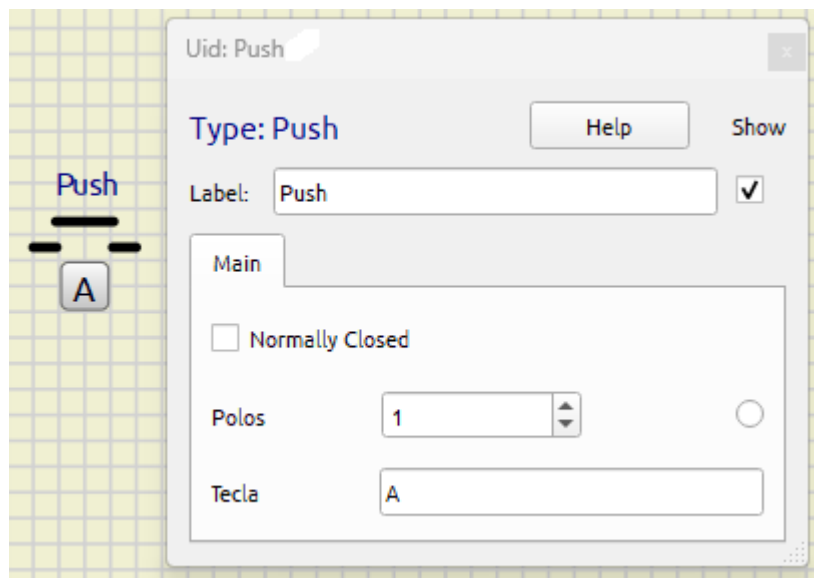
O botão push (ou *push button*) funciona como um interruptor pulsador momentâneo.

Ele envia um sinal elétrico para o circuito apenas enquanto é mantido pressionado, voltando ao estado original ao ser liberado.

Podemos então dizer que possui uma ação temporária, pois conduz corrente ou muda o contato apenas durante o clique.

Dependendo do tipo de projeto a ser simulado, ele pode ser ajustado de duas maneiras:

- normalmente aberto
- normalmente fechado

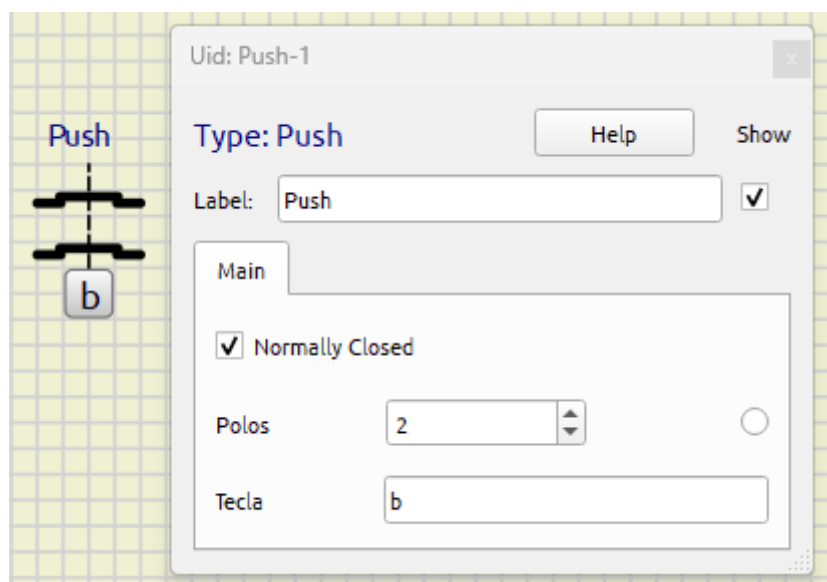


O botão está configurado como normalmente aberto e pode ser acionado via teclado.

Está configurado com apenas 1 polo e a tecla de acionamento é a letra A, mas atenção: é sensível a maiúsculas e minúsculas (Case Sensitive).

Isto significa que é inoperante com a letra "a" minúscula. A configuração da tecla é opcional. Caso não seja configurada, o acionamento ocorre com o cursor do mouse.

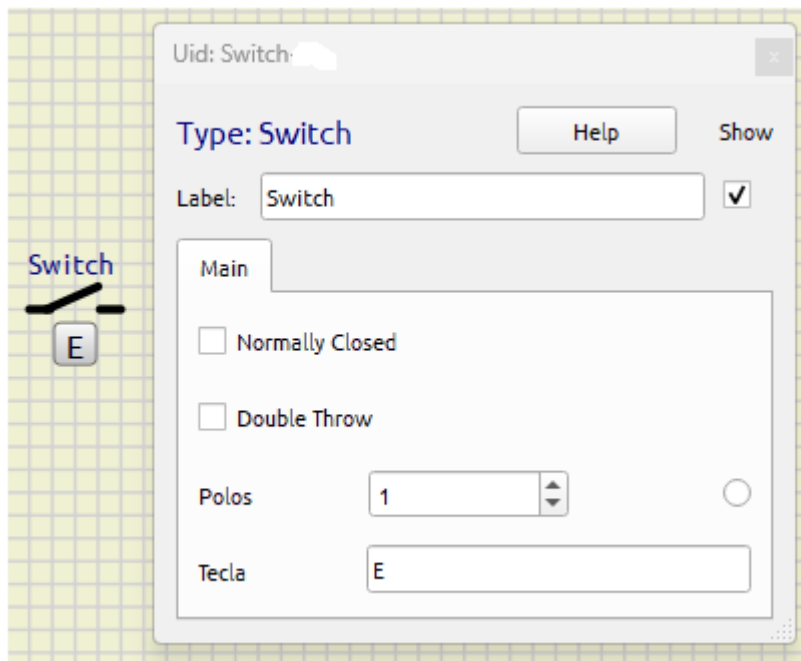
A figura a seguir mostra a configuração do teclado, com 2 polos, normalmente fechado e acionado pela letra "b" minúscula.



Chave (Switch):

A chave switch, que na realidade opera como um interruptor, serve para abrir ou fechar um circuito manualmente. A exemplo do botão push-button, pode ser configurado de duas maneiras:

- normalmente aberta
- normalmente fechada

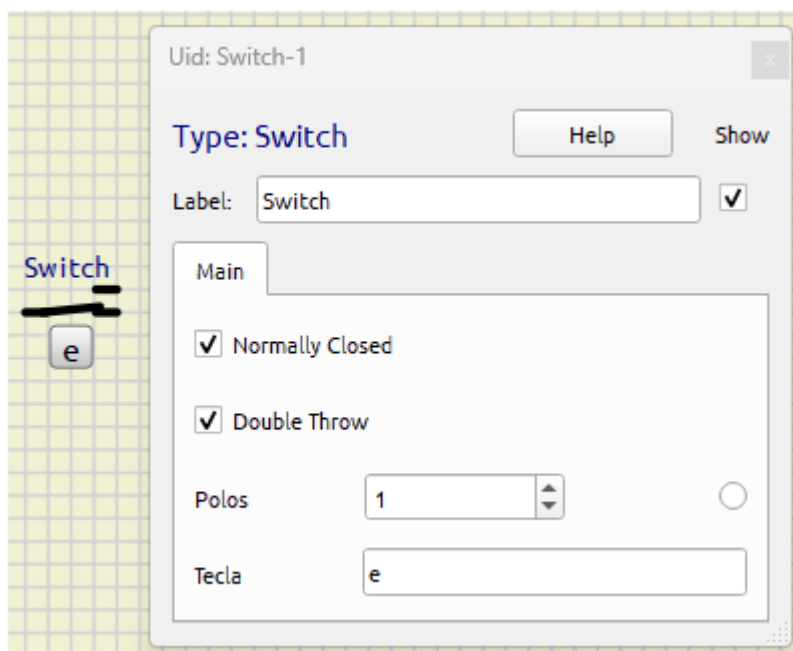


Com a opção "Double Throw" desmarcada, a chave comporta-se como SPST (Single Pole Single Throw)

As configurações obedecem às vistas anteriormente no botão, porém é possível configurar essa chave para duas posições.

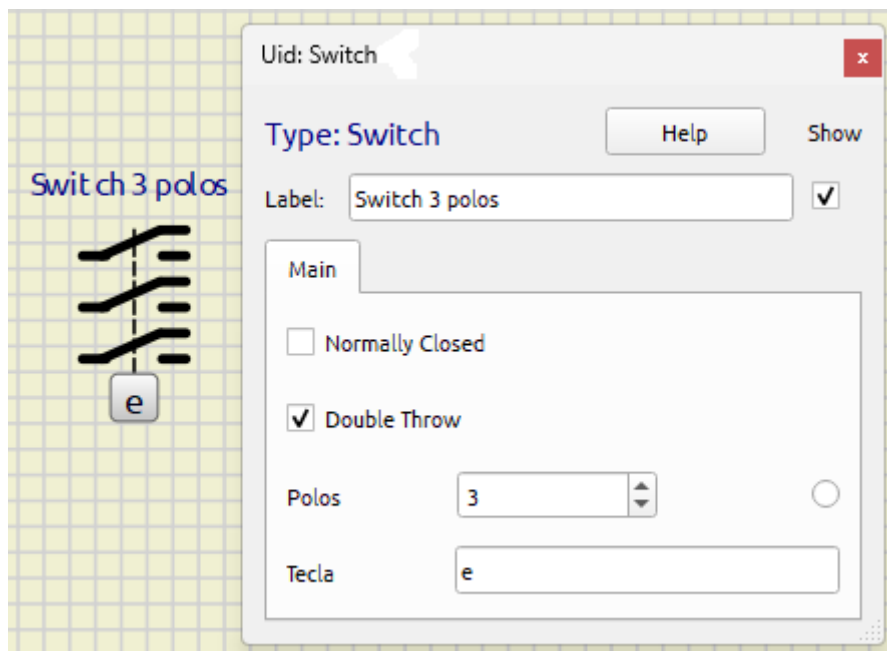
Da mesma forma que o botão, a chave pode ser configurada para mais polos, permitindo assim uma otimização na simulação de projetos, no entanto, ao definir uma tecla ou optar pelo acionamento pelo cursor do mouse, todos os polos estarão sincronizados.

A figura a seguir mostra a configuração normalmente fechada, duas posições (Double Throw) e configurada para ser acionada com a tecla "e" minúscula.



Com a opção "Double Throw" marcada, a chave comporta-se como SPDT (Single Pole Double Throw)

A figura a seguir mostra uma chave de duas posições, 3 polos, normalmente aberta acionada pela letra "e" minúscula



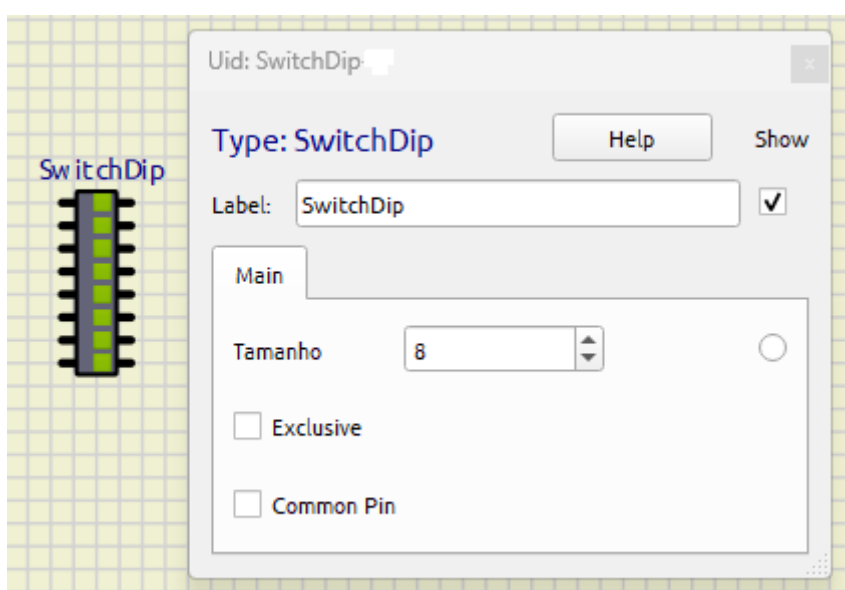
Chave DIP (SwitchDip):

Uma chave DIP ou Dip Switch (do inglês *Dual In-line Package switch*) é um pequeno componente eletrônico que reúne vários interruptores manuais em um único bloco.

Cada chavinha individual liga ou desliga um circuito independente, permitindo definir configurações binárias (ligado/desligado) manualmente, de forma prática em placas de circuitos eletrônicos, que necessitam de configurações estritamente manuais. Normalmente esse componente eletrônico é encontrado com 2 até 12 vias.

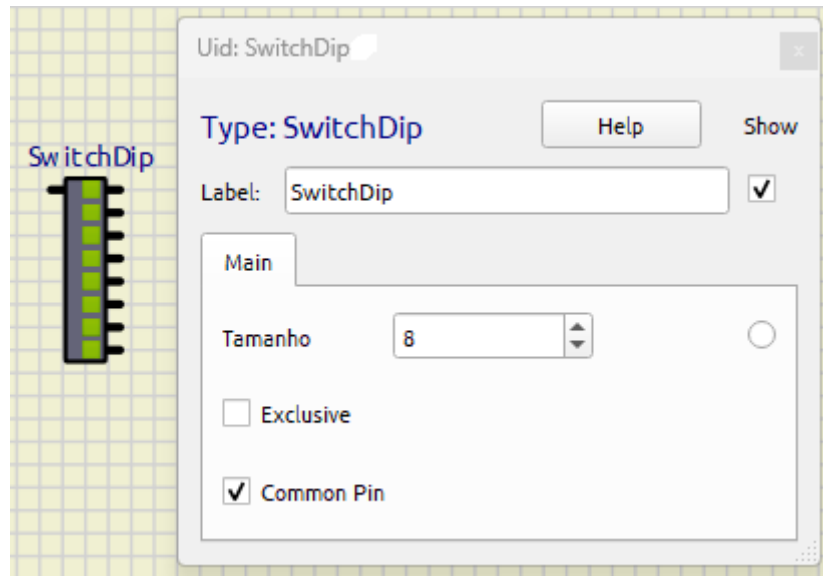
Se for utilizada de forma binária, uma chave de 8 vias por exemplo, pode gerar até 256 estados diferentes, no entanto, é muito comum sua utilização em eletrônica analógica para processamento de sinais elétricos.

A figura abaixo ilustra uma chave DIP de 8 vias, que são acionadas individualmente, ou seja, são totalmente independentes. O acionamento de cada chave (On/Off) é feito através do cursor do mouse.



A quantidade de vias, ou de chaves em cada bloco é selecionada na opção "Tamanho".

No entanto, é possível configurar o bloco para uma única entrada, acionando a opção "Common Pin".

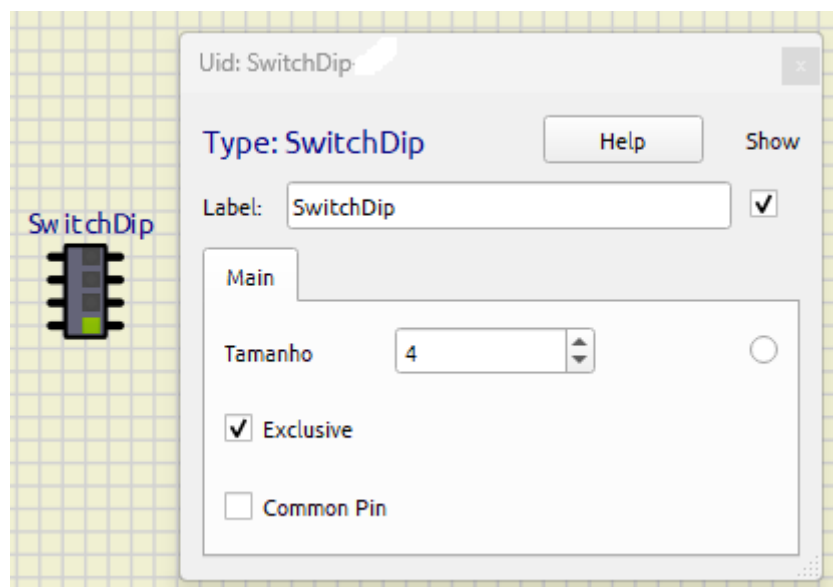


Outra configuração importante é "Exclusive". Qual é a função dessa configuração?

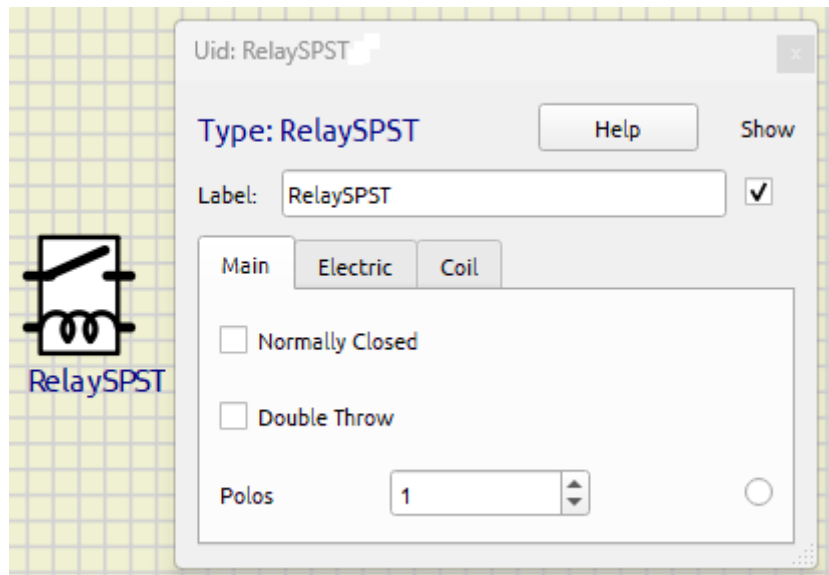
Vimos anteriormente que cada chave opera de forma independente, ou seja, é possível acionar todas as chaves simultaneamente. Quando selecionada a opção "Exclusive" isso não é possível, ou seja, apenas uma chave ou posição é ativada.

Isto significa que se houver uma tentativa de ativar uma chave em uma posição qualquer e já houver uma chave ativada em outra posição, essa última é automaticamente desativada, dando lugar à nova posição.

A figura abaixo mostra uma chave DIP configurada para 4 posições (16 estados) no modo "Exclusive". Lembrando que a opção "Exclusive" é funcional para a opção "Common Pin" esteja ela configurada ou não.



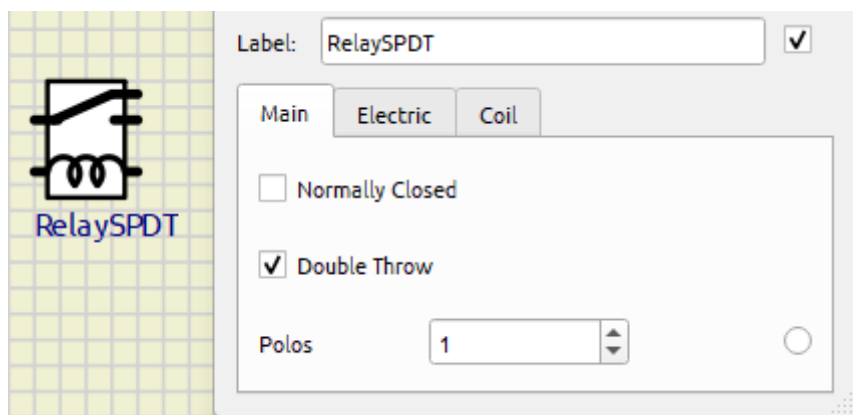
Relê (RelaySPST):



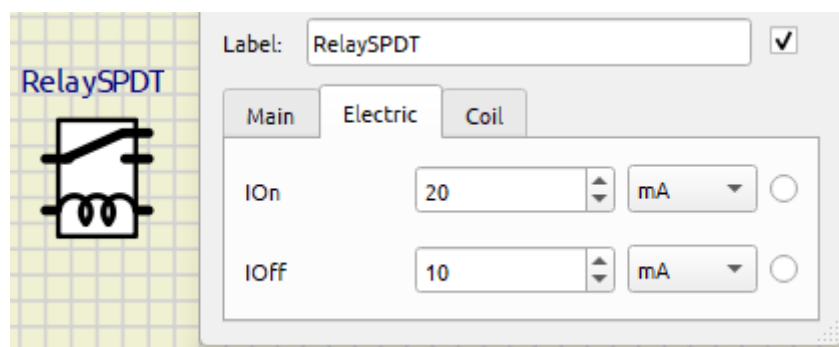
O relê disponível é do tipo SPST (Single Pole Single Throw) na condição de normalmente aberto. Existem características importantes que devem ser observadas em relação as configurações:

- 1) os contatos normalmente aberto ou fechado
- 2) tipo SPST ou SPDT (mais utilizados)

Ao marcar a opção Double Throw, ele se converte em SPDT (Single Pole Double Throw)



- 3) as características elétricas em relação a energização da bobina



Na configuração acima, temos $I_{On} = 20\text{mA}$, que é a corrente necessária para produzir campo magnético na bobina para o fechamento ou abertura dos contatos do

relê (dependendo da configuração ou tipo do relê, se os contatos forem do tipo normalmente aberto ou fechado).

A corrente $I_{Off} = 10\text{mA}$, é a corrente que desenergiza a bobina liberando os contatos.

A diferença entre as duas determina a histerese magnética da bobina, ou seja, durante esse intervalo os contatos do rele continuam atracados ou desatracados, dependendo da configuração ou tipo do relê, contatos normalmente abertos ou fechados respectivamente.

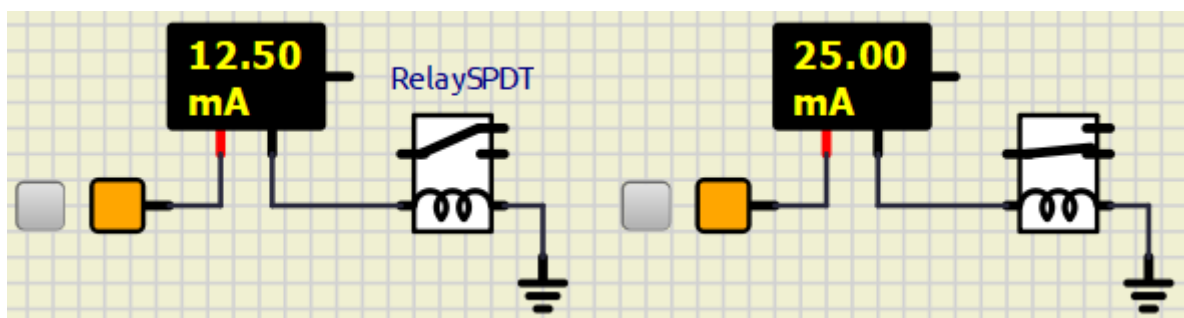
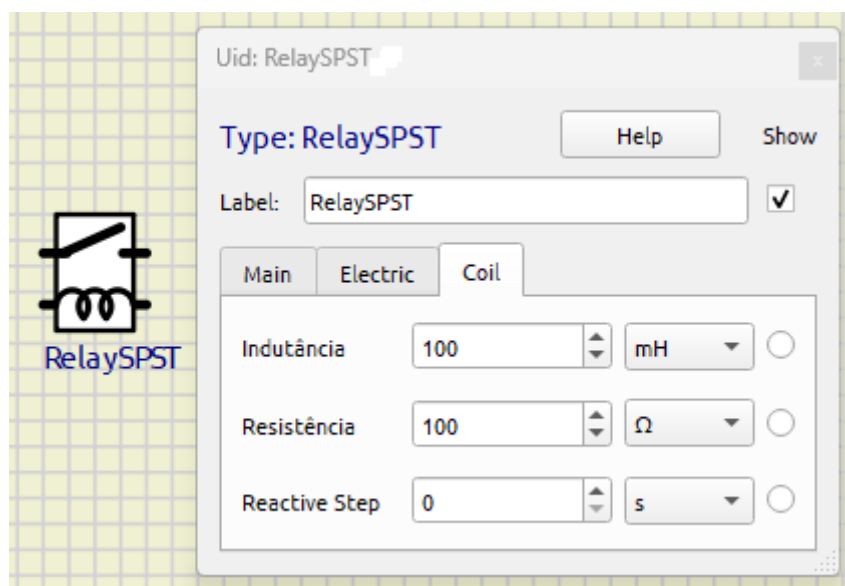
4) a indutância da bobina

5) resistência ôhmica da bobina

A indutância da bobina relaciona a resistência à passagem de AC, ou mais precisamente a sua reatância indutiva que é diretamente proporcional à frequência aplicada.

A resistência ôhmica da bobina é um parâmetro importante, quando o relê operar em DC. A opção "Reactive Step" está relacionada ao script do programa.

Por padrão está ajustado em 0, no entanto, se houver algum tipo de problema durante a simulação, esse parâmetro poderá ser reajustado até obter os resultados desejados.



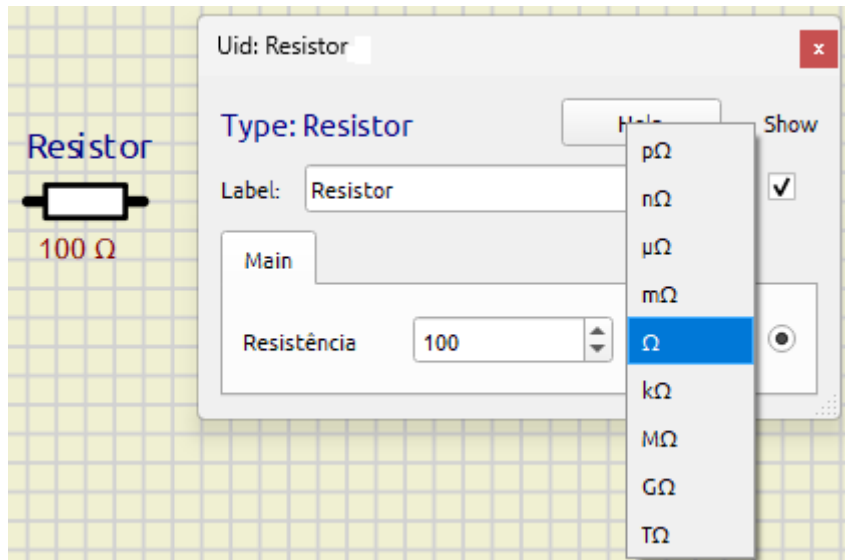
No relê à esquerda a corrente na bobina não foi suficiente para fechar com contatos do relê (resistência da bobina configurada em 400Ω) e à direita com a resistência da bobina configurada em 200Ω , ocorreu o fechamento.

Passivo (Passive)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

Resistor:

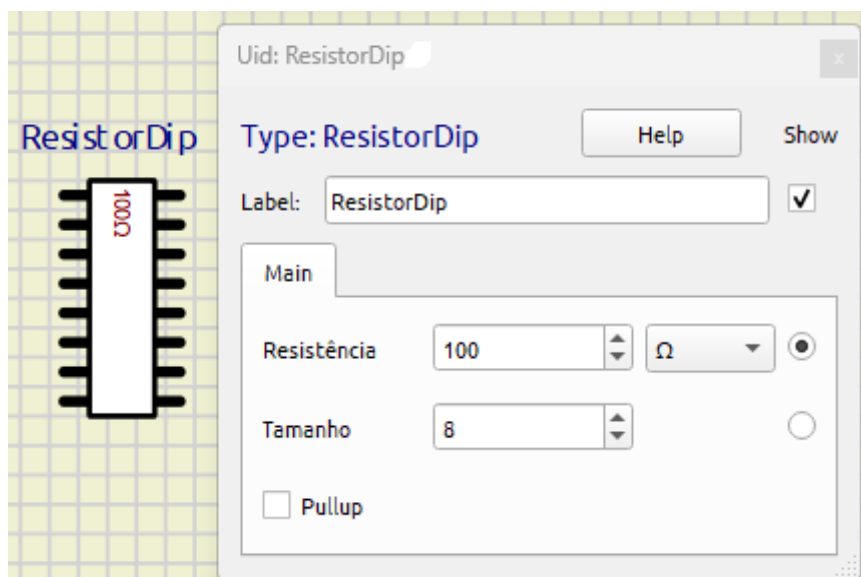
A figura abaixo mostra a configuração de um resistor de 100 ohms.



A configuração é bem simples em relação as unidades de medida, abrangendo de pico ohm ($p\Omega = 10^{-12}$) até Tera ohm ($T\Omega = 10^{12}$).

Resistor em encapsulamento DIP (ResistorDIP):

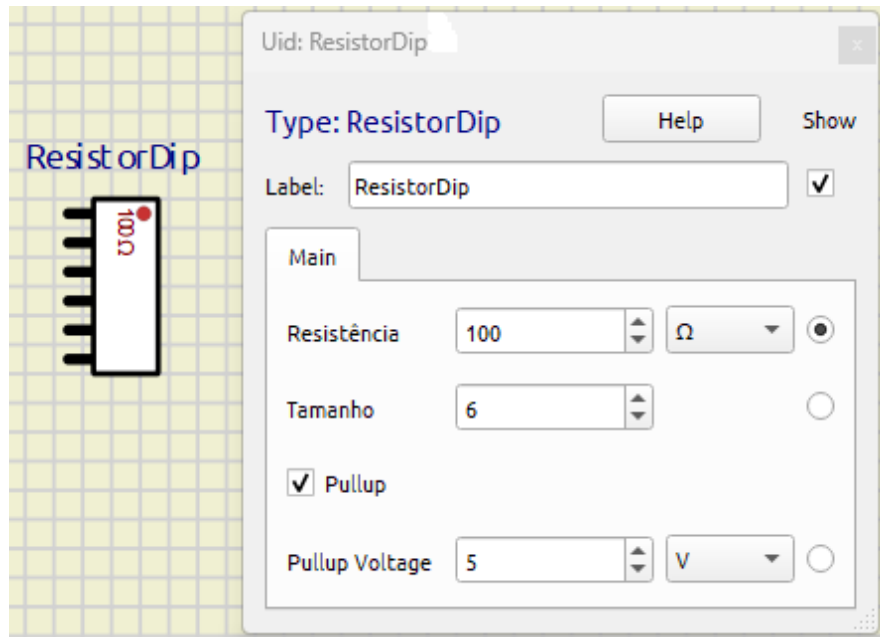
O resistor DIP é um conjunto de vários resistores agrupados em um único invólucro no padrão *Dual In-line Package* (DIP). Ele serve para economizar espaço no circuito e além da sua ampla utilização em eletrônica analógica, é muito usado como resistor de pull-up ou pull-down em barramentos e entradas digitais.



Da mesma forma que anteriormente em relação ao resistor fixo, as unidades de medida vão de $p\Omega$ a $T\Omega$.

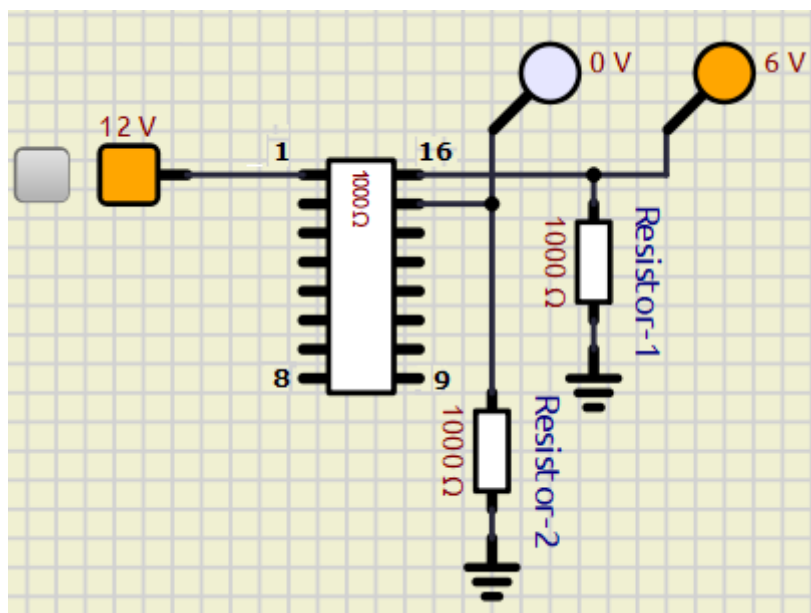
A inserção por padrão representa a configuração em Pulldown. Para configurar em Pullup basta selecionar a opção correspondente "Pullup".

É possível definir o tamanho, ou seja, a quantidade de resistores no chip. Na figura acima, mostra que o tamanho é igual a 8, ou DIP 8, com 8 terminais de cada lado. A figura abaixo mostra o ResistorDIP configurado como Pullup e com tamanho fixado em 6 pinos ou terminais:



No entanto, internamente existe uma fonte de alimentação que pode ser ajustada de acordo com as necessidades do projeto "Pullup Voltage".

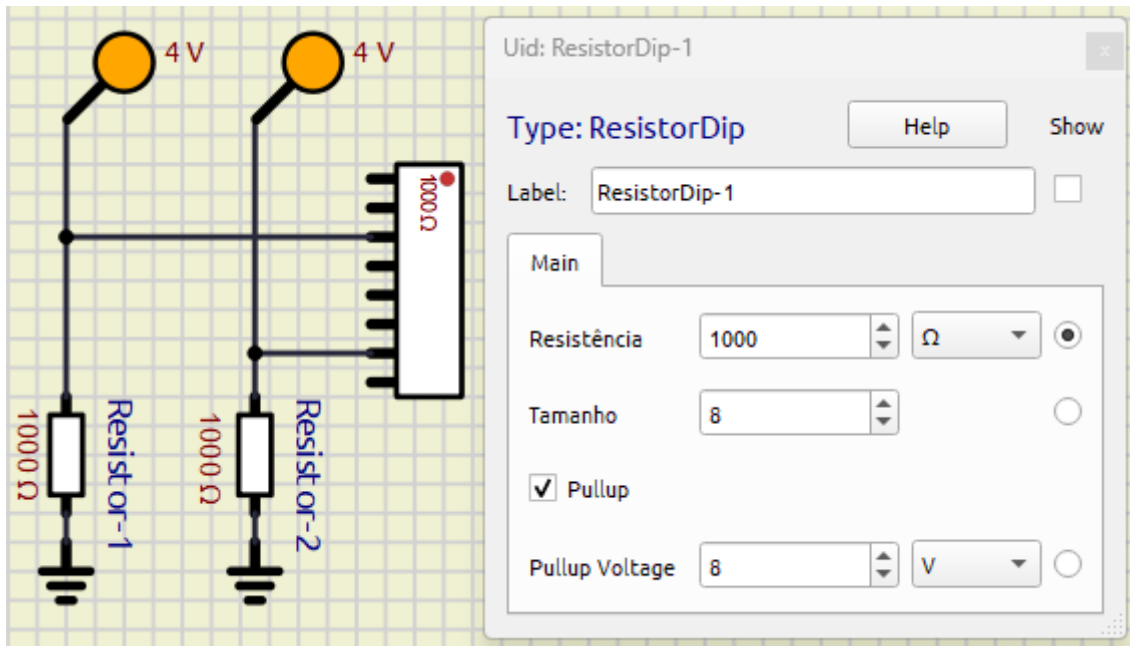
A figura abaixo mostra a condição de "Pulldown", necessitando de uma fonte externa. Observe que a tensão na entrada foi aplicada no pino 1 através de uma fonte externa de 12V e estará disponível apenas no pino 16, enquanto que no pino 15 não haverá tensão, pois o pino 2 não está alimentado.



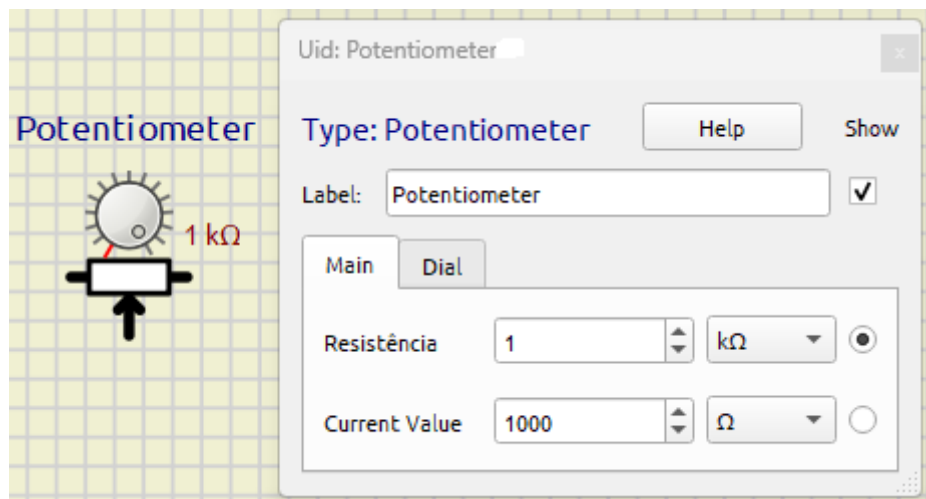
O resistor 1 forma um divisor de tensão com o resistor interno do ResistorDip (configurado em 1.000Ω) e por terem valores iguais, a tensão será dividida ao meio ($12V / 2 = 6V$).

A figura abaixo mostra a condição "Pullup" com a tensão (interna) configurada em 8V.

Neste caso, podemos observar que nos dois resistores haverá a divisão de tensão ao meio, por terem o mesmo valor ôhmico.

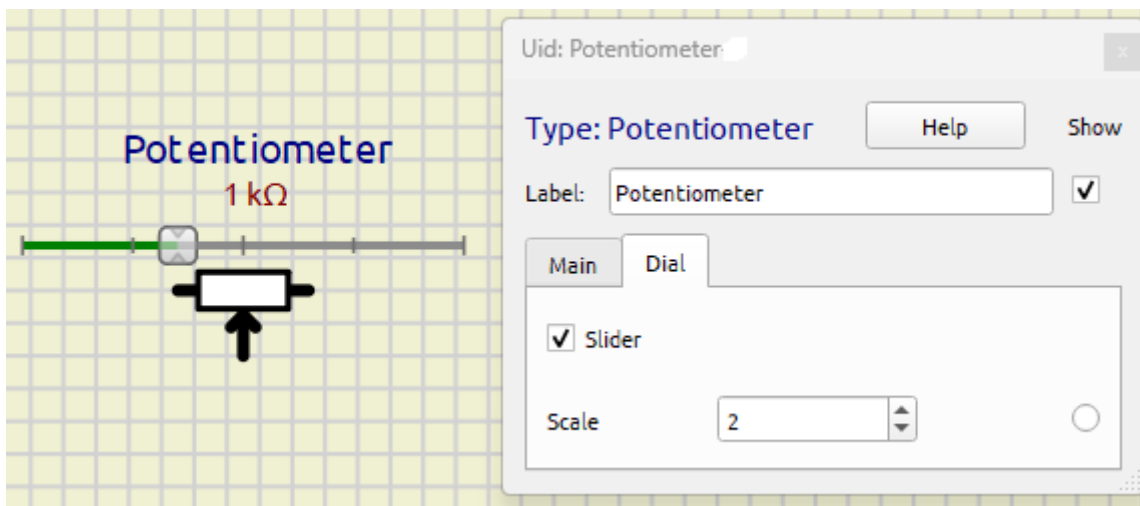


Potenciômetro (Potentiometer):



OBS: A rotação do knob permite variar o valor da resistência ôhmica entre o pino central e uma das extremidades, que pode ocorrer da seguinte forma: a) usando o cursor do mouse; b) usando as teclas do teclado com o conjunto setas para cima ou para baixo (up-down) ou direita ou esquerda (right-left).

No entanto, o mesmo procedimento poderá ser adotado se optar pela configuração "Slider" ao invés do knob (padrão), conforme mostra a figura abaixo:

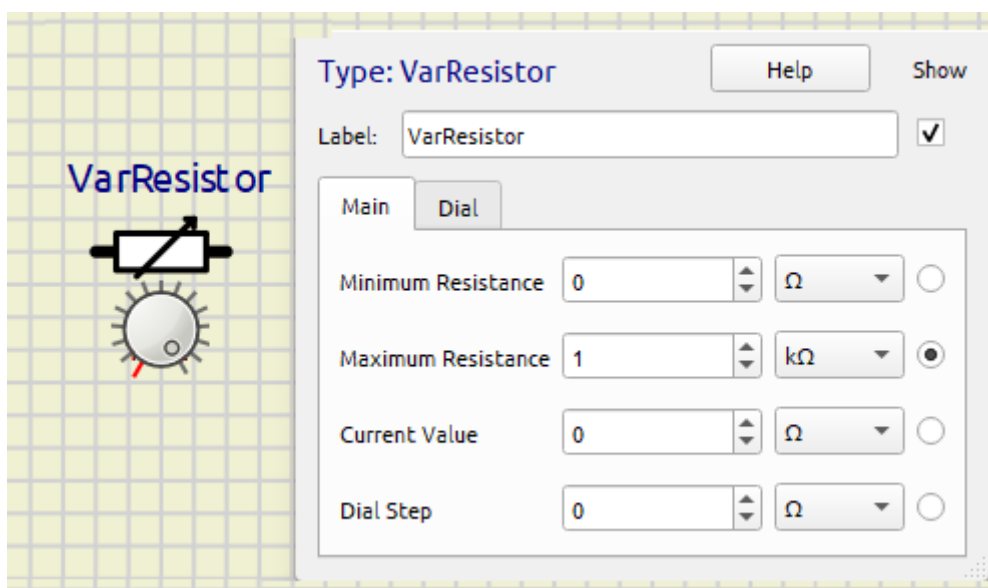


A opção "Scale" no guia *Dial* customiza o comprimento do cursor visto na tela. Quanto maior o número, maior o comprimento.

Resistor variável (Variable Resistor / VarResistor): Diferenças Principais:

Terminais: O potenciômetro usa 3 pinos (duas pontas fixas e um cursor móvel); o VarResistor (resistor variável ou reostato) usa apenas 2 pinos: uma ponta fixa e o cursor móvel.

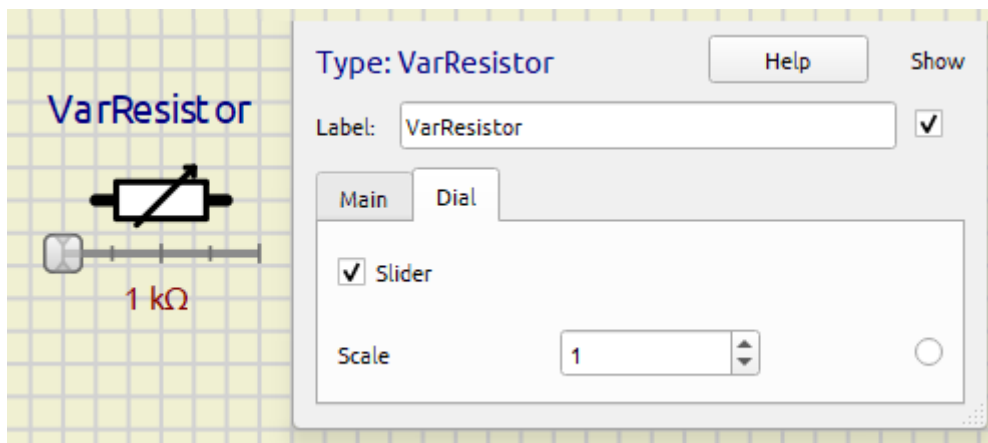
Aplicação: O potenciômetro tem aplicação no controle de nível de tensão, geralmente para sinais elétricos, em suma, para controlar baixas potências, ao contrário dos resistores variáveis (também denominados reostatos) que são utilizados para controlar e suportar altas correntes, o que diretamente envolve altas potências.



A exemplo do potenciômetro, o simulador permite também ajustar e controle de knob para "Slider" (deslizante).

"Dial Step" no VarResistor define o incremento em relação a rotação do dial (knob) ou posicionamento do controle deslizante. Em outras palavras, modifica a sensibilidade durante a simulação.

O valor "0" é a configuração padrão do simulador. Valores maiores do que "0" tornam a variação menos precisa.

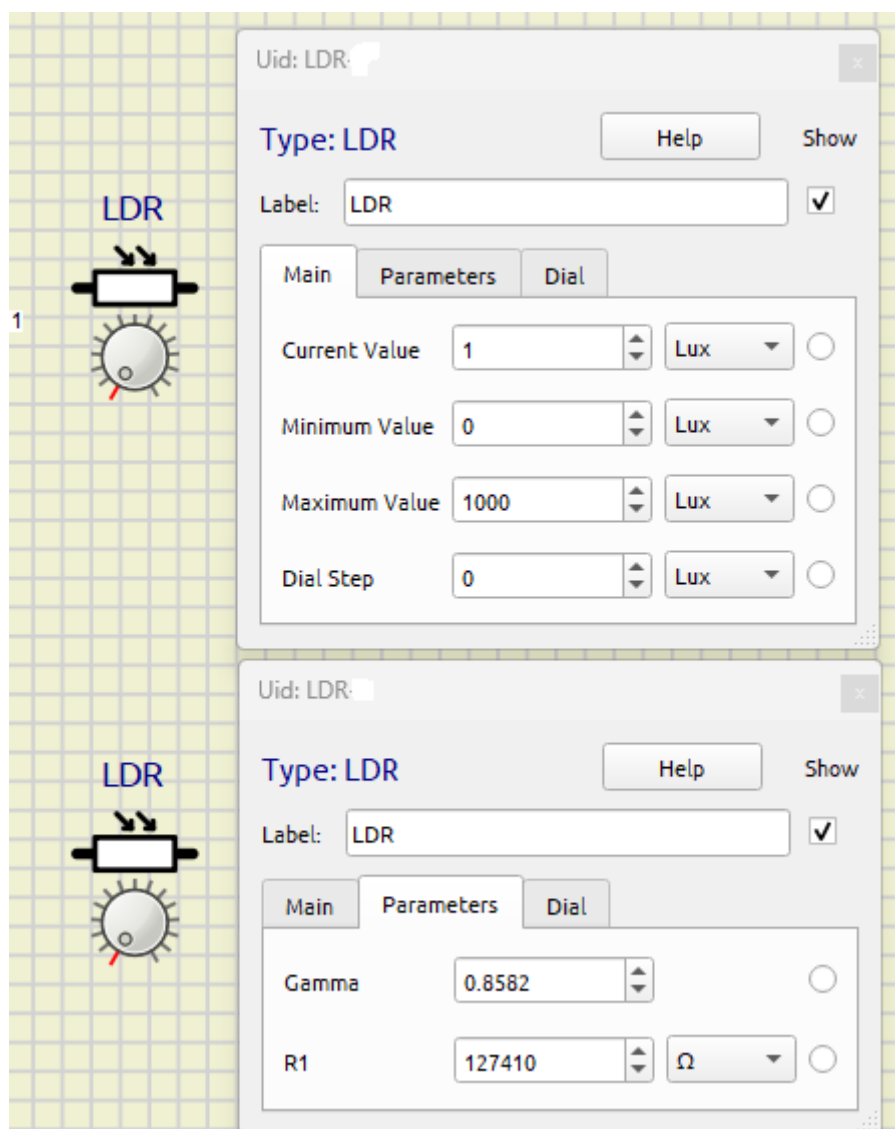


LDR:

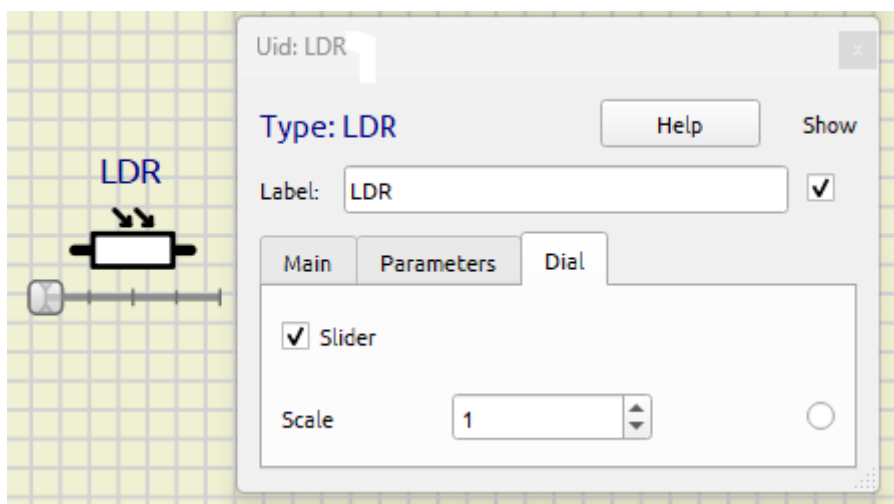
LDR (Light Dependent Resistor), que traduzindo significa *resistor dependente da luz*, é um resistor variável, não linear, de coeficiente negativo.

Coeficiente negativo significa que, à medida que a luz sobre ele aumenta, sua resistência diminui.

As figuras a seguir mostram as configurações disponíveis para esse componente, através dos guias "Main", "Parameters".



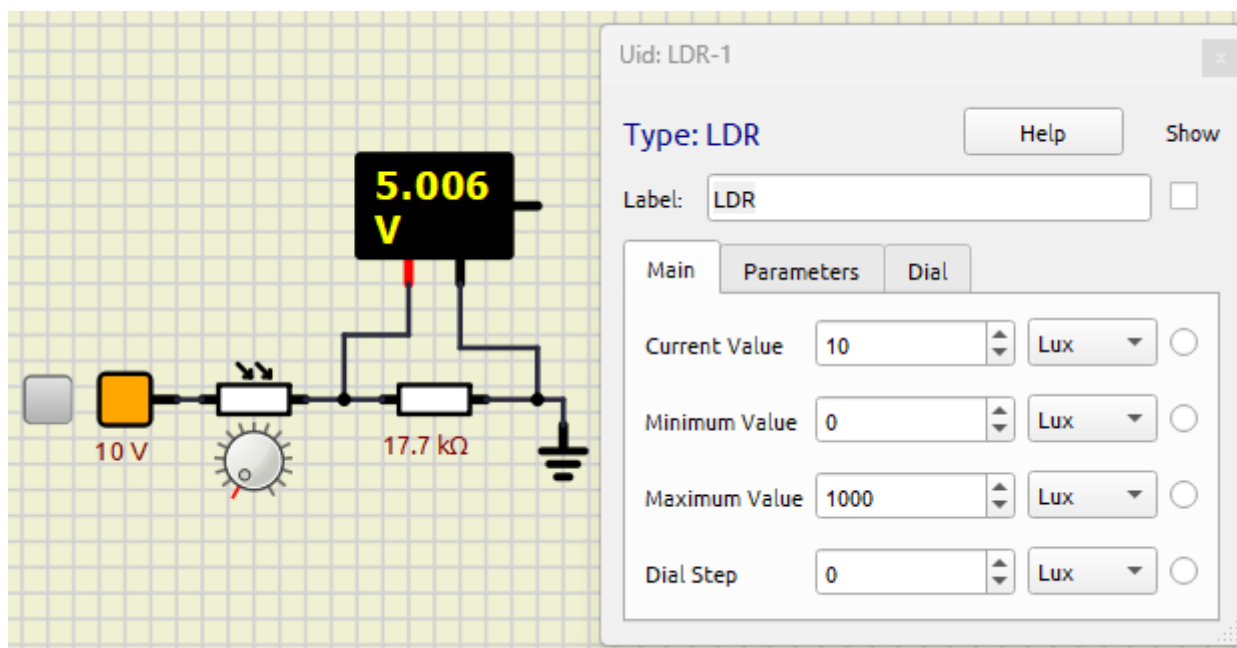
A exemplo do potenciômetro e do resistor variável, vistos anteriormente, no guia "Dial" é possível converter o knob ou dial, em um controle deslizante.



OBS: No guia "Parameters" o campo Gamma está especificado em 0,8582 e R1 em 127410 que é o padrão do simulador. O que isso significa?

Significa que, a combinação desses dois valores padrão representa a resistência do LDR quando a iluminação incidente está exatamente em 1 Lux.

O teste padrão em laboratório para LDRs reais, a resistência cai para 17.700 ohms sob a incidência de 10 lux. A figura abaixo esse mostra esse padrão, que normalmente simula um LDR comercial genérico.

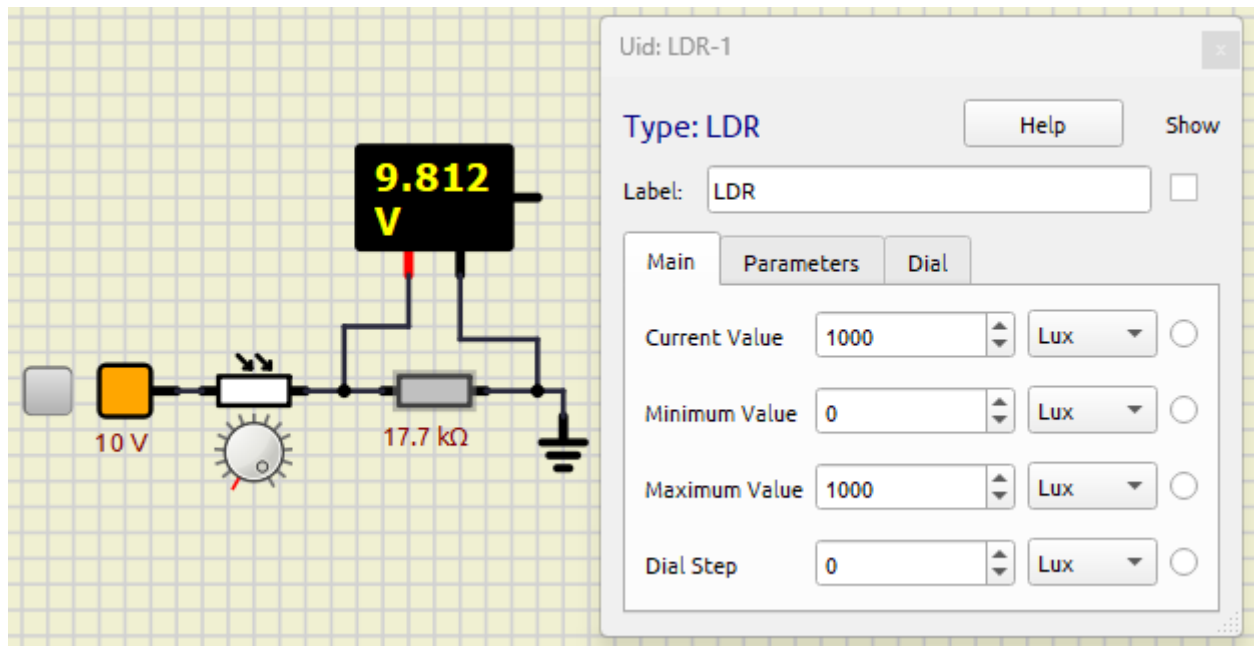


Observe que temos na entrada a aplicação de 10 volts.

Como o valor da tensão no resistor é a metade do valor da tensão de entrada, conclui-se que se trata de um divisor de tensão com resistores do mesmo valor.

Evidentemente, à medida que aumentarmos a quantidade do fluxo luminoso sobre o LDR, a tensão no resistor de 17,7kΩ tende a aumentar, visto que a resistência do LDR diminui.

Veja na figura abaixo essa simulação, onde o fluxo luminoso foi aumentado de 10 para 1.000 lux:



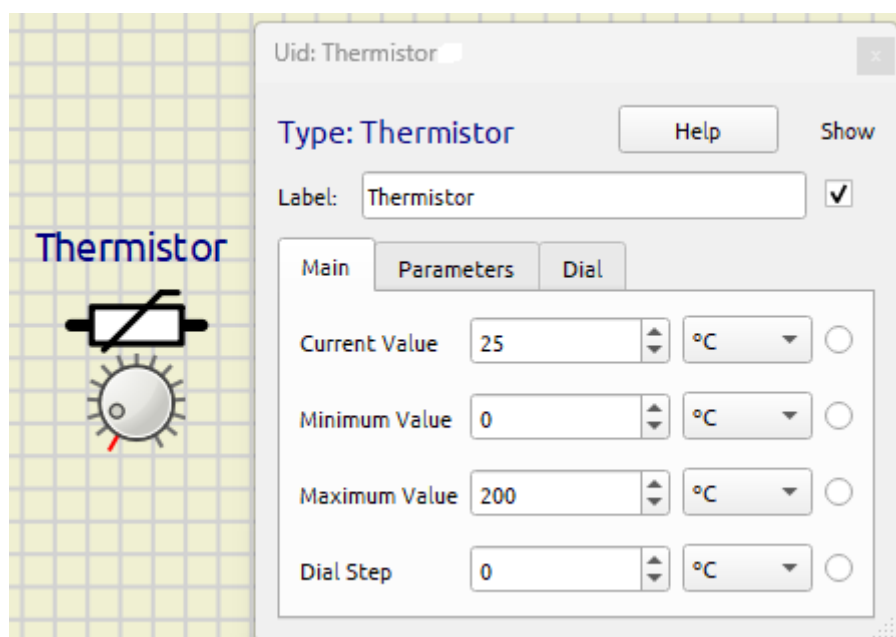
Observe que a resistência do LDR ficou bastante reduzida, onde a tensão nas suas extremidades é de 188mV ($10V - 9,812V = 0,188V$).

Podemos calcular facilmente a resistência que o LDR apresenta sob um fluxo luminoso de 1.000 lux:

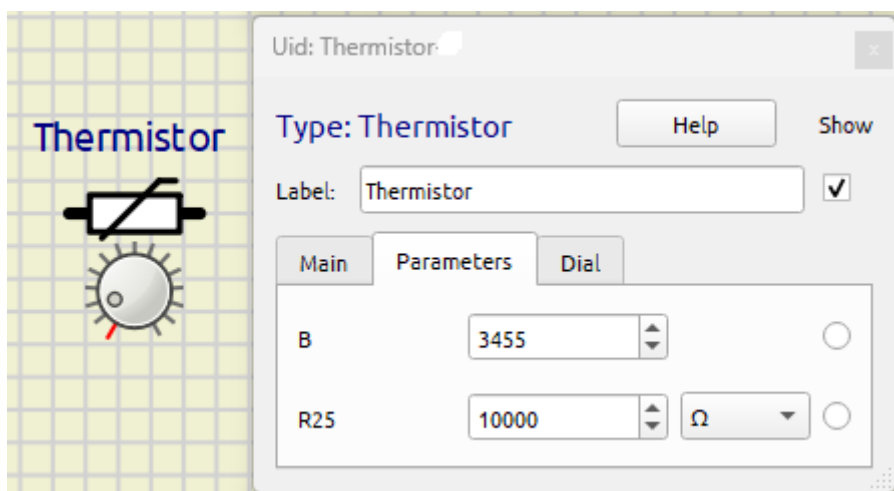
$$\begin{aligned}\text{Corrente no resistor de } 17,7k\Omega &= 9,812V / 17,7k\Omega = 554,35\mu A \\ \text{Resistência do LDR} &= 188mV / 554,35\mu A \approx 339\Omega\end{aligned}$$

Observa-se uma queda significativa da resistência no LDR: **17,7kΩ para 339Ω**

Termistor (Thermistor / NTC - Negative Temperature Coefficient):

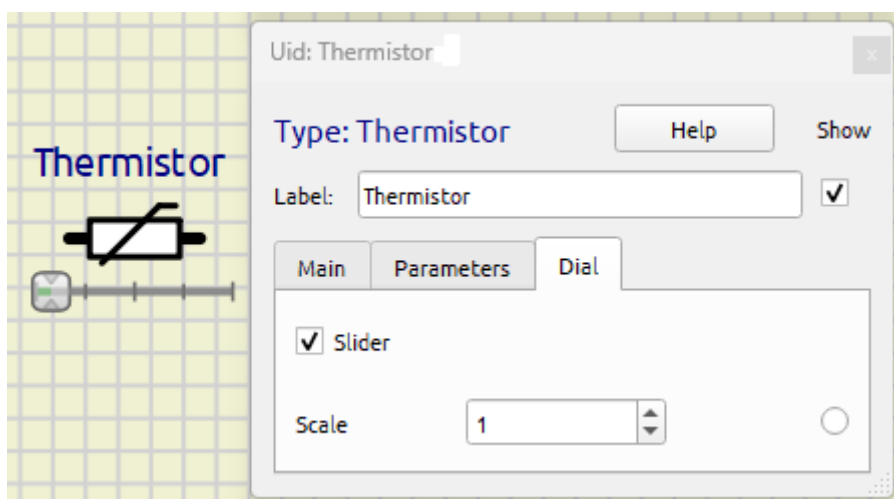


O termistor disponível é do tipo NTC, ou seja, à medida que a temperatura aumenta sua resistência diminui, caracterizando assim “coeficiente negativo” (*Negative Temperature Coefficient*).



A opção “Dial Step” a exemplo do que foi visto nos dispositivos anteriores, refere-se a sensibilidade ao movimentar o dial ou cursor deslizante.

A figura a seguir mostra a configuração do “Dial” visualizado como “Slider” ou cursor deslizante:



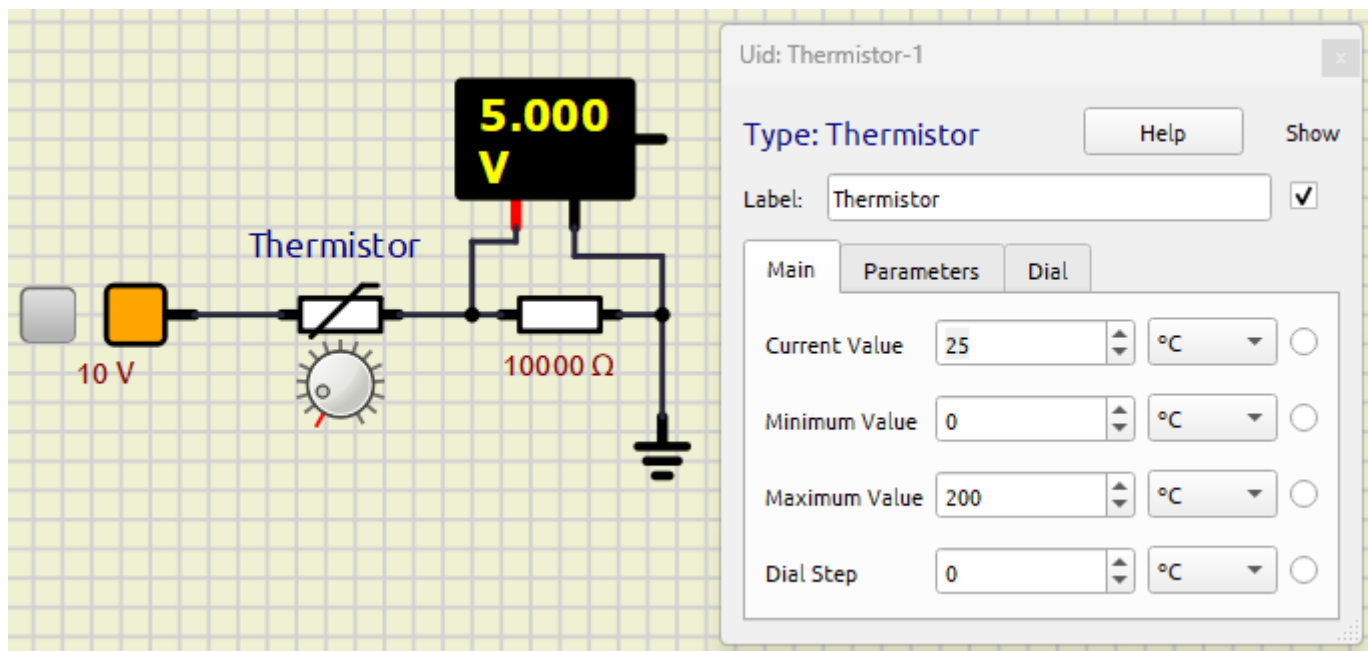
Interpretando os parâmetros “B” e “R25”:

R25 é a resistência nominal do componente a temperatura de 25°C, cuja resistência padrão é 10kΩ, sendo utilizada como base para a referência ou calibração do equipamento de teste ou simulador.

B = 3455, esse parâmetro denominado beta (β) refere-se ao material utilizado na fabricação do dispositivo e controla a inclinação da curva exponencial em relação à variação da temperatura, uma vez que se trata de componente (resistor) não linear.

Portanto, esses parâmetros são referência para quaisquer valores de temperatura diferentes de 25°C.

A figura abaixo mostra a simulação com os padrões “B” e “R25” do simulador:



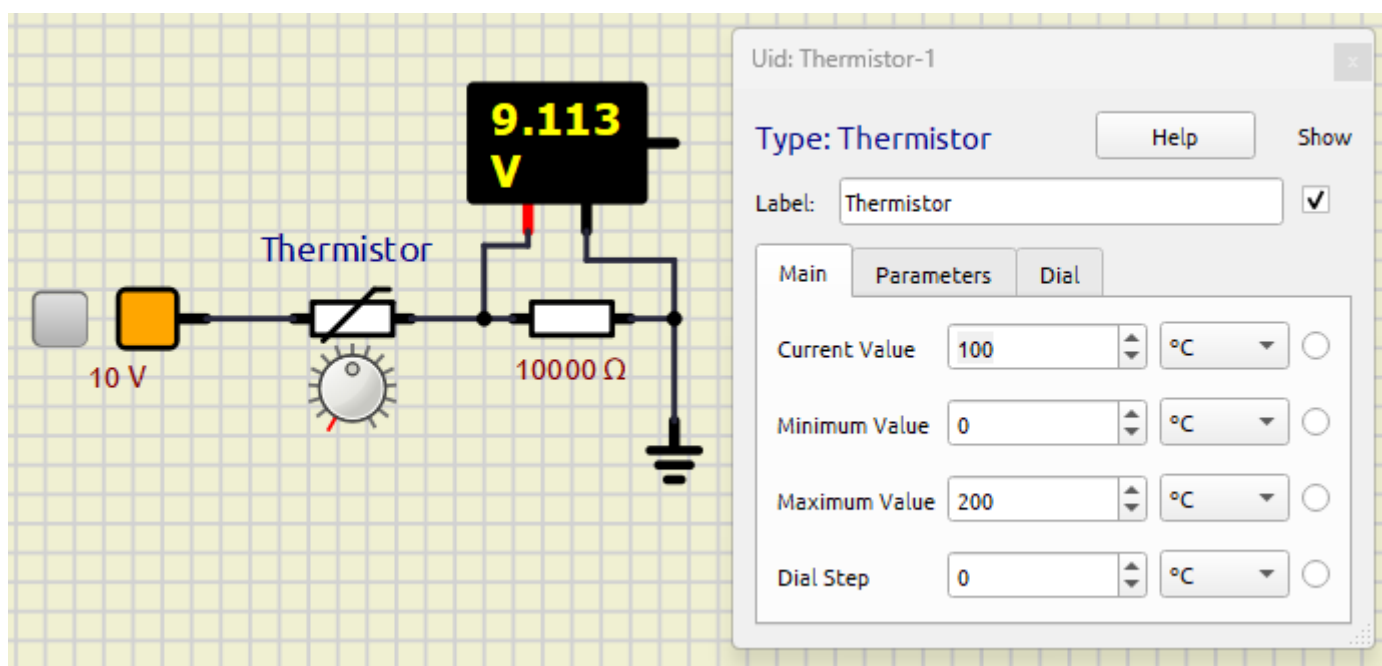
A entrada da tensão é 10V e a tensão nos extremos do resistor de 10kΩ é de 5V, ou seja, a metade da tensão de entrada.

Logo, conclui-se que a resistência do NTC para a temperatura de 25°C também será de 10kΩ.

Com o aumento da temperatura, a resistência do NTC tende a diminuir, provocando então um aumento da tensão nos extremos do resistor de 10kΩ.

A figura a seguir mostra o comportamento do circuito, aumentando a temperatura para 100°C:

A queda de tensão nos extremos do resistor de 10kΩ é de 9,113V e por se tratar de um divisor de tensão com dois resistores, no NTC teremos 887mV. A partir daí, podemos determinar o valor da resistência do NTC a essa temperatura:
 $(10V - 9,113V = 0,887V)$



Corrente no resistor de $10k\Omega = 9,113V / 10k\Omega = 911,3\mu A$
Resistência do NTC = $887mV / 911,3\mu A \cong 973\Omega$
Observa-se uma queda significativa da resistência no NTC: **$10k\Omega$ para 973Ω**

"Parameters" do simulador, tanto para os termistores como para os LDRs vistos anteriormente, podem ser modificados dependendo do tipo de dispositivo que se deseja simular, cujas características são encontradas nos manuais dos fabricantes.

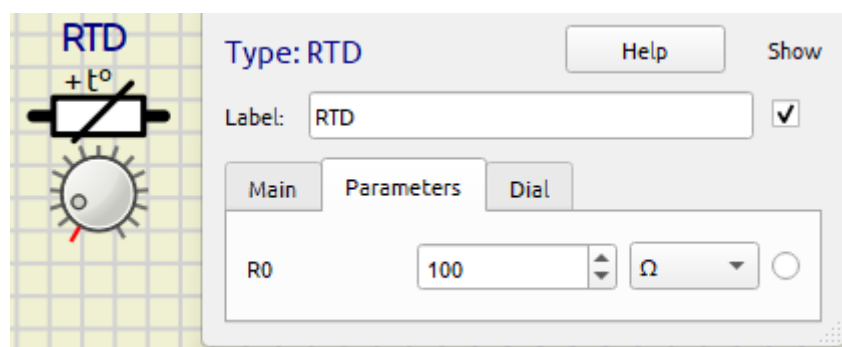
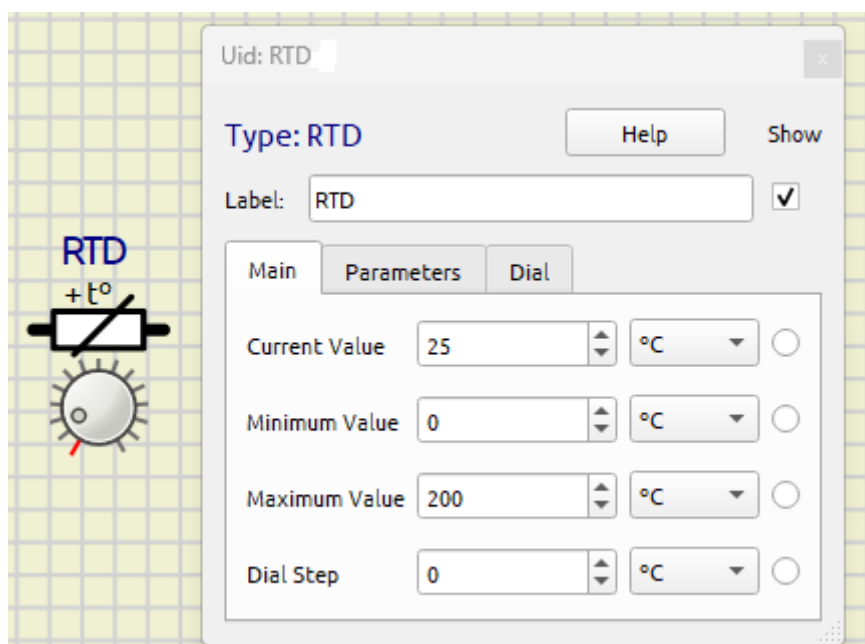
Detetor de temperatura (RTD / PTC - Positive Temperature Coefficient):

RTD (*Resistance Temperature Detector*), traduzindo: Detetor de Temperatura por Resistência, ou então, PTC que opera basicamente como o termistor visto anteriormente, com algumas diferenças:

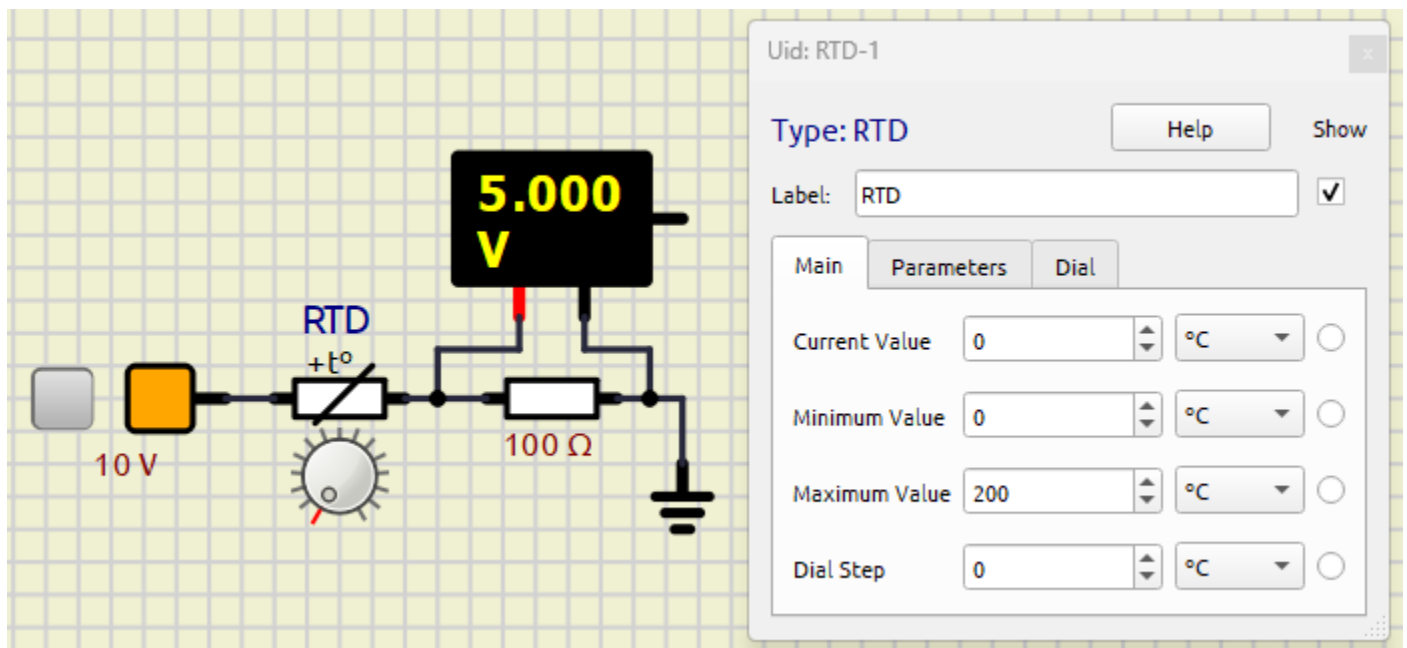
1 - RTD geralmente é feito com materiais de alta pureza, como por exemplo a platina, que varia praticamente de forma linear com a variação da temperatura, diferentemente do termistor (NTC) cuja variação é exponencial (logarítmica);

2 - Devido a essa condição, a variação no dispositivo RTD com a temperatura é mais suave, se comparado com o termistor que varia de forma mais brusca;

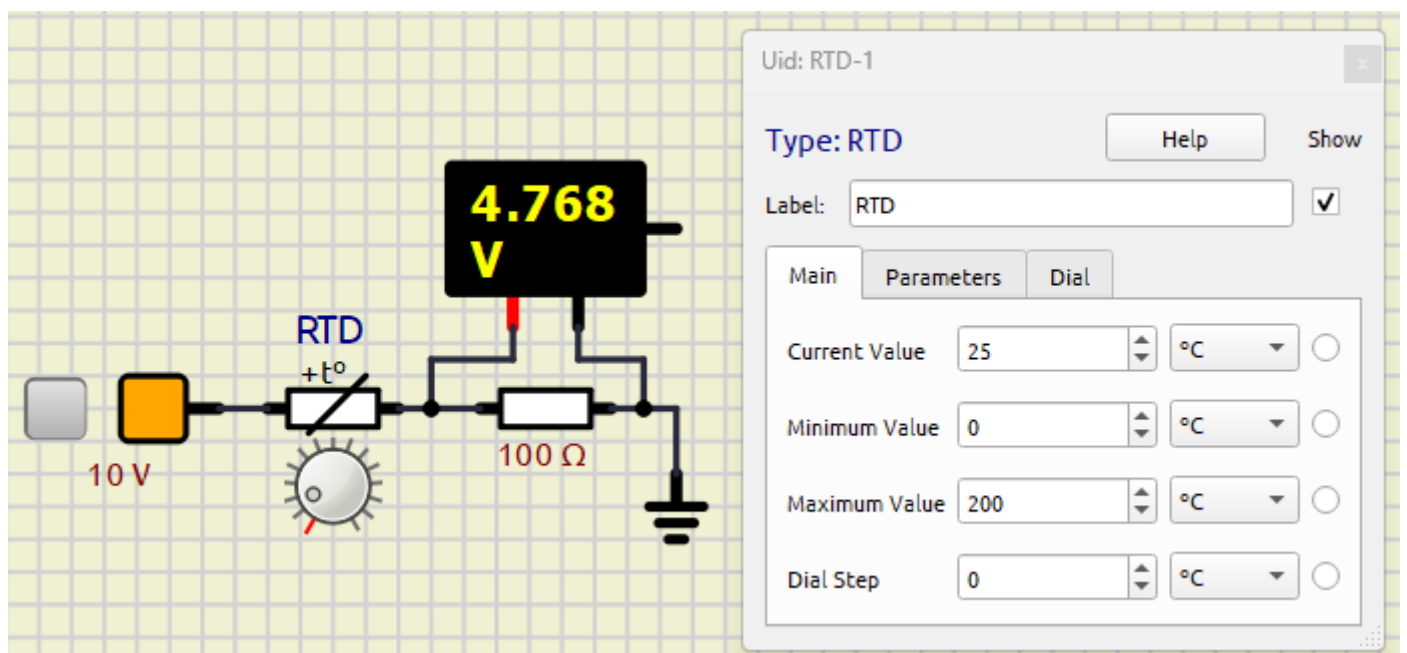
3 - Os RTDs operam em faixas de temperaturas mais extensas e extremas, tipicamente de $-200^{\circ}C$ a $+800^{\circ}C$, enquanto que os termistores (NTC) operam tipicamente em faixas mais estreitas: $-100^{\circ}C$ a $300^{\circ}C$.



O parâmetro R0 (padrão do simulador), indica que a resistência do dispositivo a uma temperatura de 0°C é de 100Ω.



Em se tratando de um divisor de tensão com dois resistores a análise é feita como nos casos anteriores, neste caso a resistência do RTD é igual a 100Ω. A figura a seguir mostra a variação do RTD quando submetido a uma temperatura de 25°C:

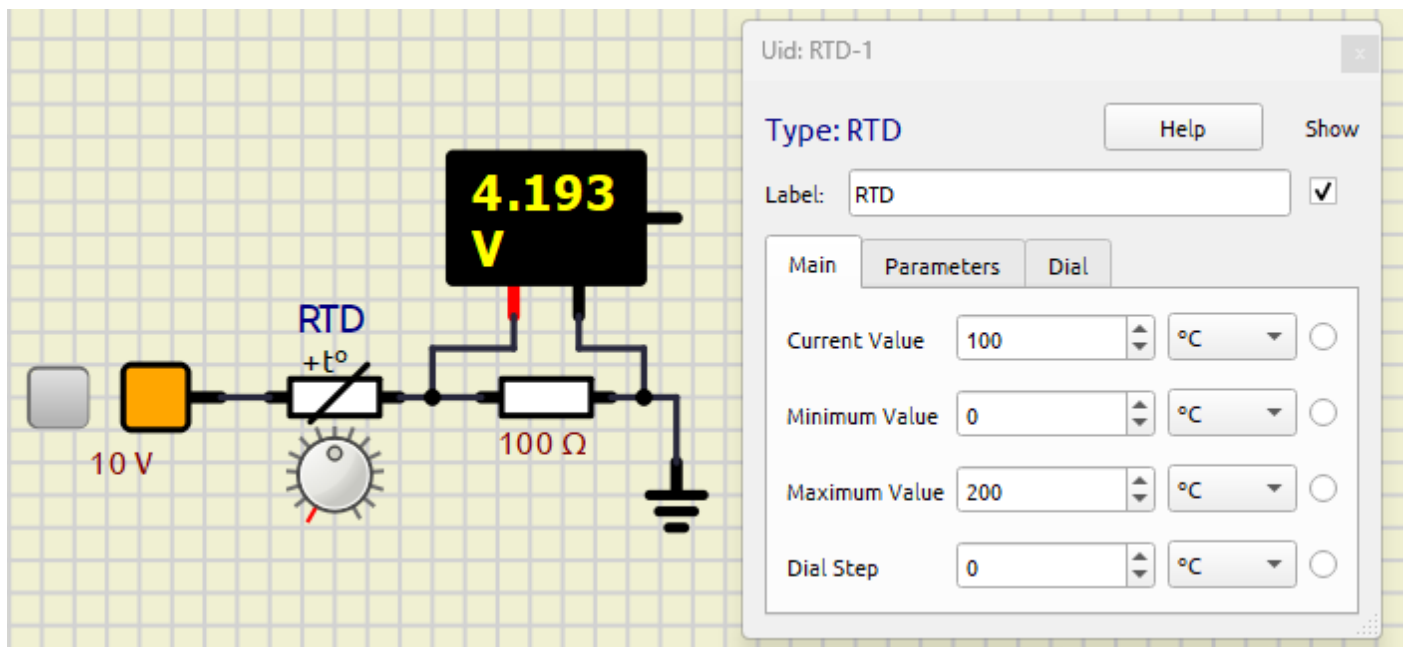


Calculando a resistência do RTD a essa temperatura, observando que a queda de tensão no RTD é igual a $10V - 4,768V = 5,232V$

$$\text{Corrente no resistor de } 100\Omega = 4,768V / 100\Omega = 47,68\text{mA}$$

$$\text{Resistência do RTD} = 5,232V / 47,68\text{mA} \cong 110\Omega$$

Aumentando a temperatura para 100°C:



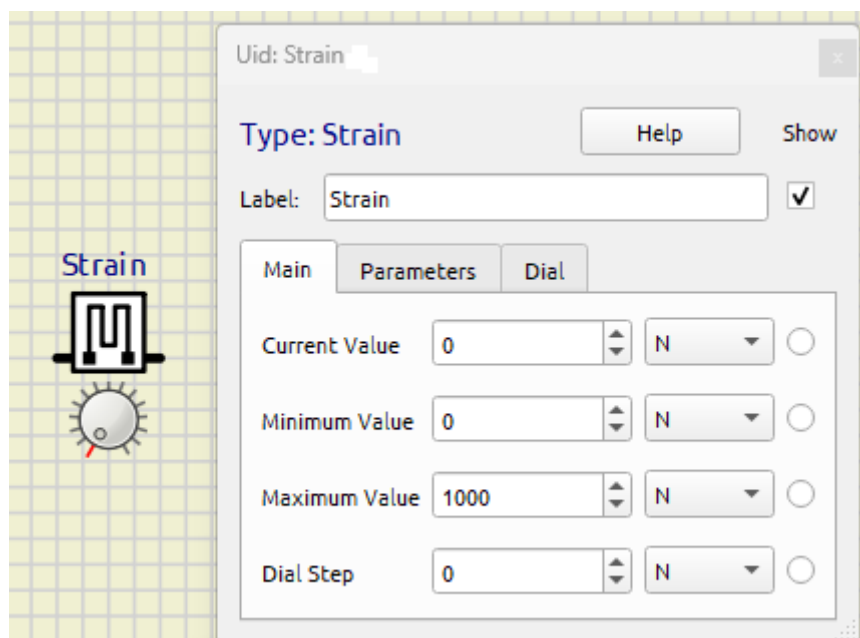
Calculando a resistência do RTD a essa temperatura, observando que a queda de tensão no RTD é igual a $10\text{V} - 4,193\text{V} = 5,807\text{V}$

Corrente no resistor de $100\Omega = 4,193\text{V} / 100\Omega = 41,93\text{mA}$

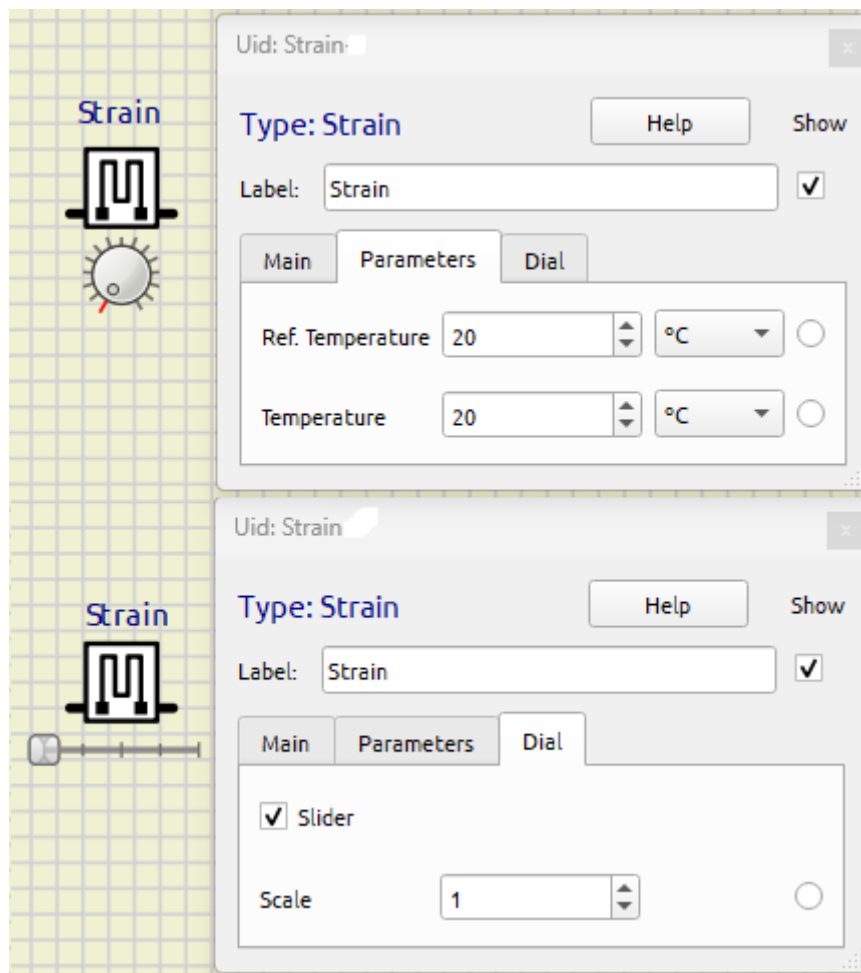
Resistência do RTD = $5,807\text{V} / 41,93\text{mA} \cong 138\Omega$

Comparando as variações da resistência do RTD nas temperaturas de 25°C e 100°C , verifica-se que essa variação é mais suave se comparada ao termistor NTC, obedecendo praticamente uma linearidade.

Medidor de força (Force Strain Gauge / Strain):

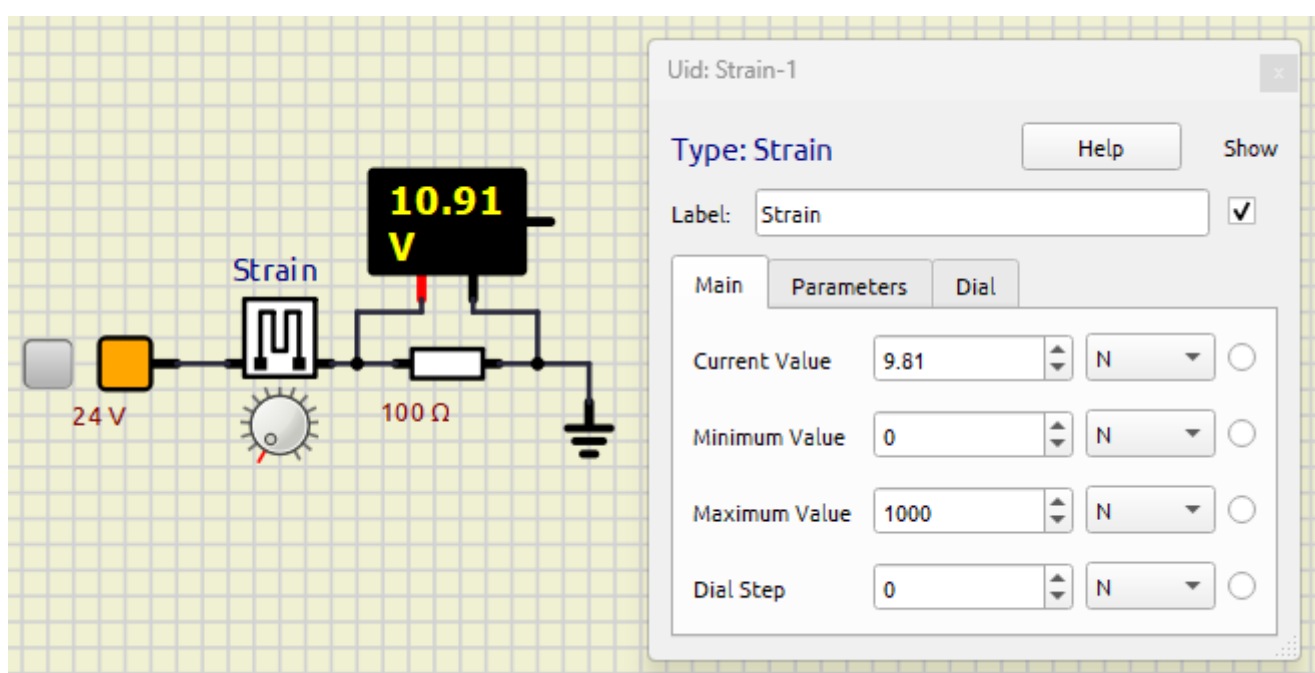


Force Strain Gauge (*Medidor de Força e Deformação*) é um sensor interativo que simula um extensômetro (Strain Gauge), cuja resistência elétrica varia de acordo com a proporcionalidade da força mecânica aplicada.



Finalidade: Usado para medida de peso, tração ou compressão, sendo muito sensível a sinais analógicos de baixa amplitude acoplado a um microprocessador com ampla aplicação em balanças digitais de precisão.

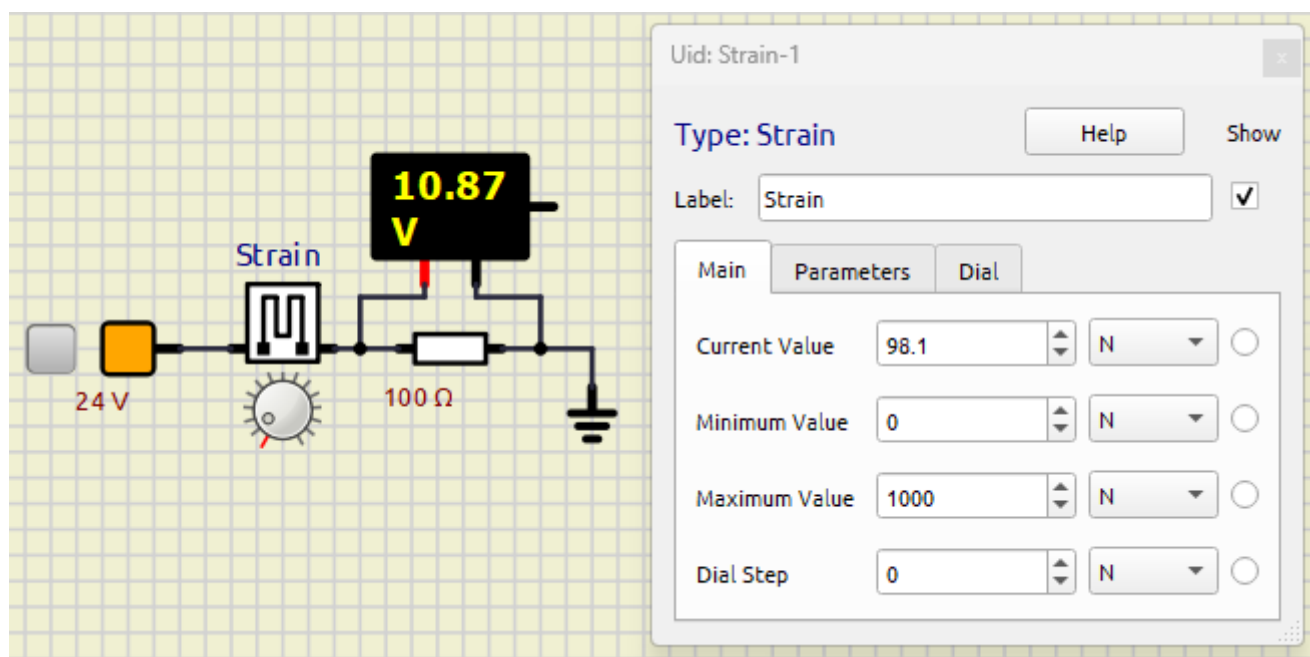
Os parâmetros padrão Ref. Temperature = 20°C e Temperature = 20°C (os dois valores de temperatura iguais) indica que o sensor está operando de forma correta sem desvios de leitura, ou seja, a leitura obtida é 100% correta.



No SimulIDE a força aplicada através da rotação do dial ou knob ou controle deslizante é especificada em Newton (N).

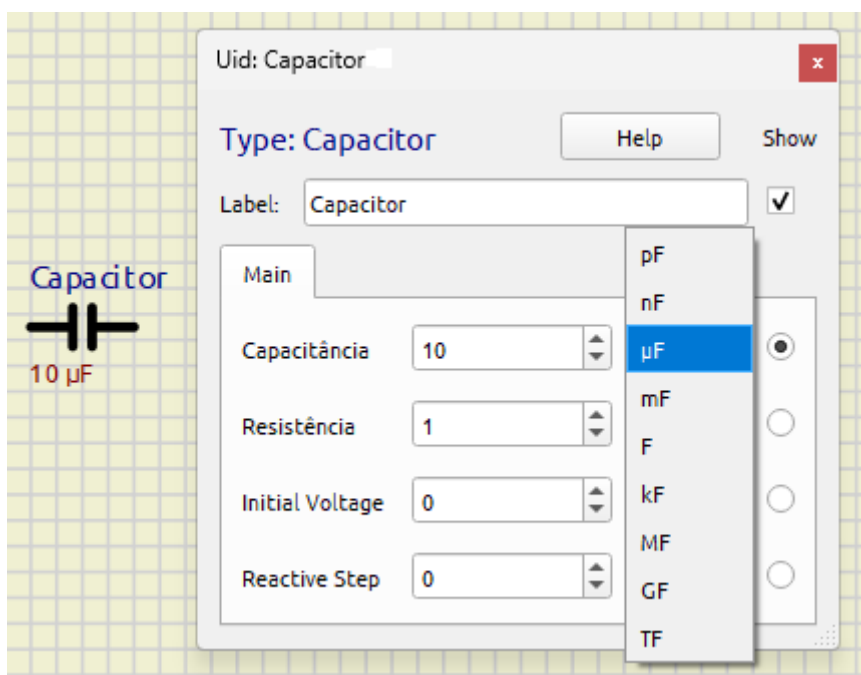
Na simulação representada anteriormente, foi inserida uma força peso de 9,81N que corresponde a 1kg (2ª Lei de Newton).

A próxima figura mostra a força peso alterada para 98,1N (10kg).



O resistor de 100Ω representa uma carga, que pode ser substituída por um display ou um circuito complexo contendo microprocessadores ou amplificadores operacionais, para processar as leituras obtidas através de variações de tensão ou corrente. Observe que a variação de 1kg para 10kg proporcionou uma variação muito pequena da leitura da tensão (cerca de 40mV).

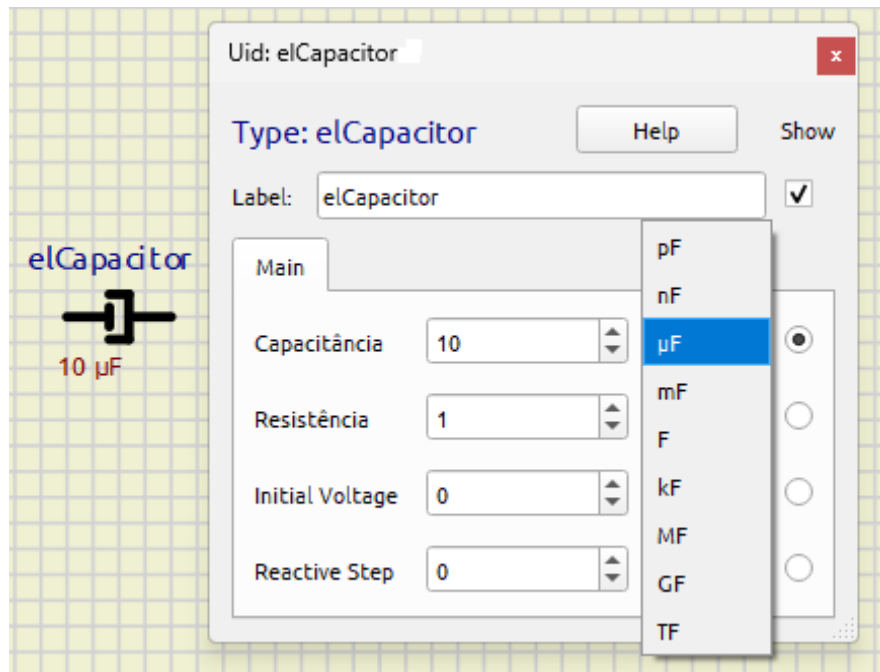
Capacitor fixo (Capacitor):



O capacitor fixo também é denominado capacitor não polarizado:

Capacitor eletrolítico (elCapacitor):

O capacitor eletrolítico é denominado também capacitor polarizado:



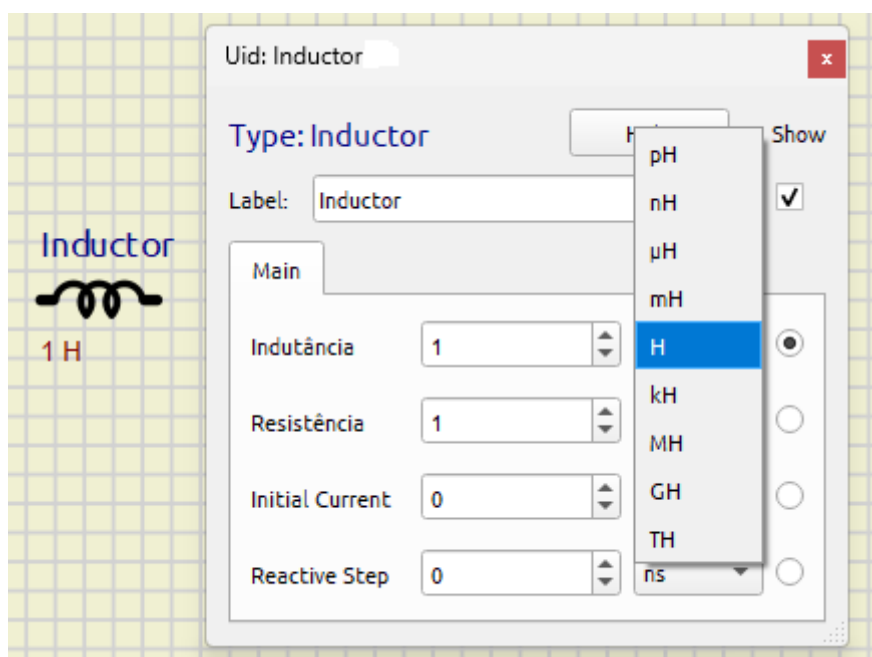
A opção "Initial Voltage", presente nos dois tipos de capacitores, é o parâmetro que define a tensão inicial no capacitor.

Por padrão esse valor é fixado em "0", ou seja, estado inicial descarregado.

A opção "Reactive Step" também comum nos dois tipos de capacitores, é configurada, por padrão do simulador em "0".

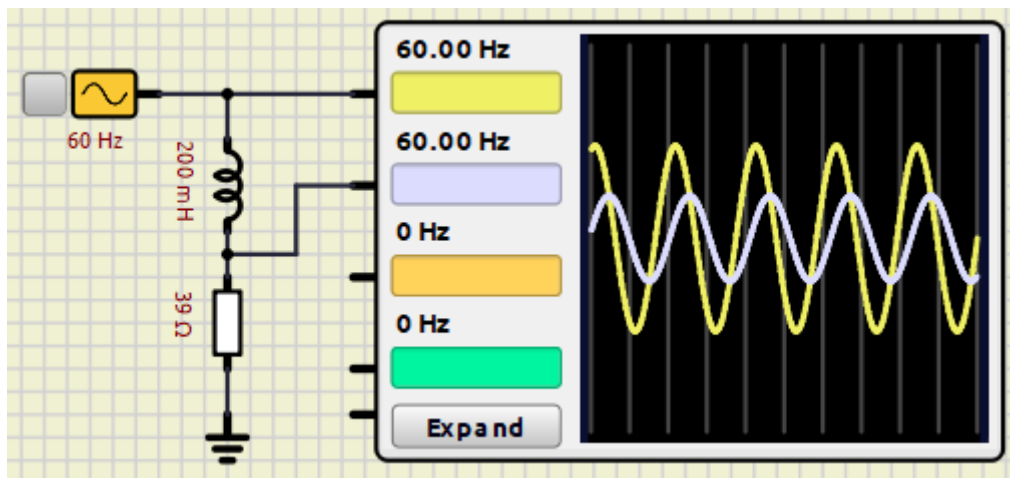
No entanto, de acordo com o tipo de simulação, como por exemplo em osciladores ou circuitos de comutação eletrônica, temporizadores, etc. essa configuração pode ser alterada.

Indutores (Inductor):



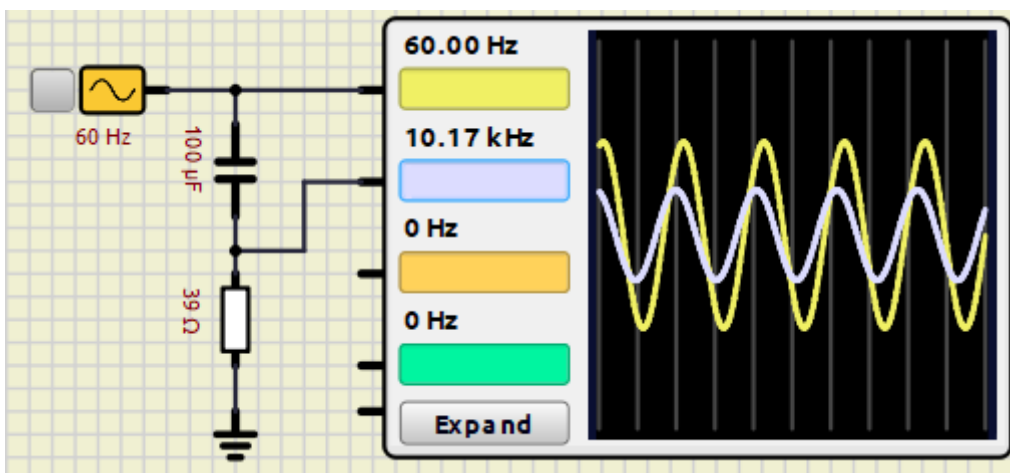
A exemplo dos capacitores, a opção "Reactive Step" é configurada, por padrão do simulador em "0" e também pode ser alterada de acordo com as necessidades do projeto, como osciladores, temporizadores, etc.

A figura abaixo mostra uma simulação entre um indutor e um resistor submetidos a uma tensão alternada, frequência de 60Hz:



Observa-se uma defasagem entre a tensão de entrada e a tensão no indutor.

Podemos analisar o mesmo comportamento em relação à defasagem entre um capacitor e resistor:

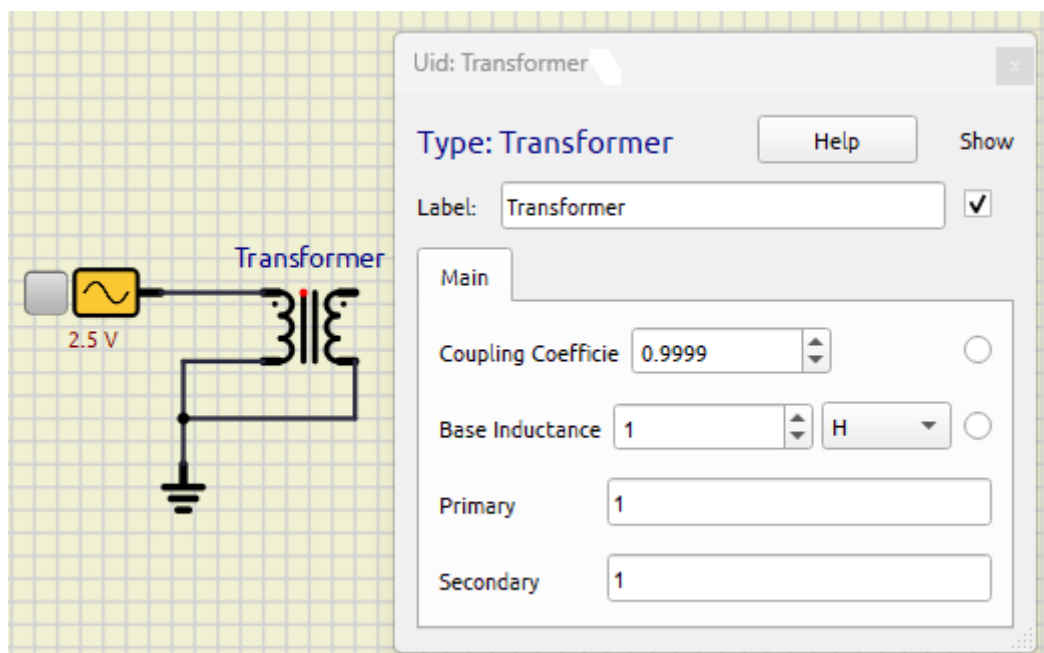


Comparando as duas simulações, podemos observar o comportamento dos dois componentes em AC, ou seja, defasagem entre as tensões aplicadas na entrada com relação ao indutor e ao capacitor.

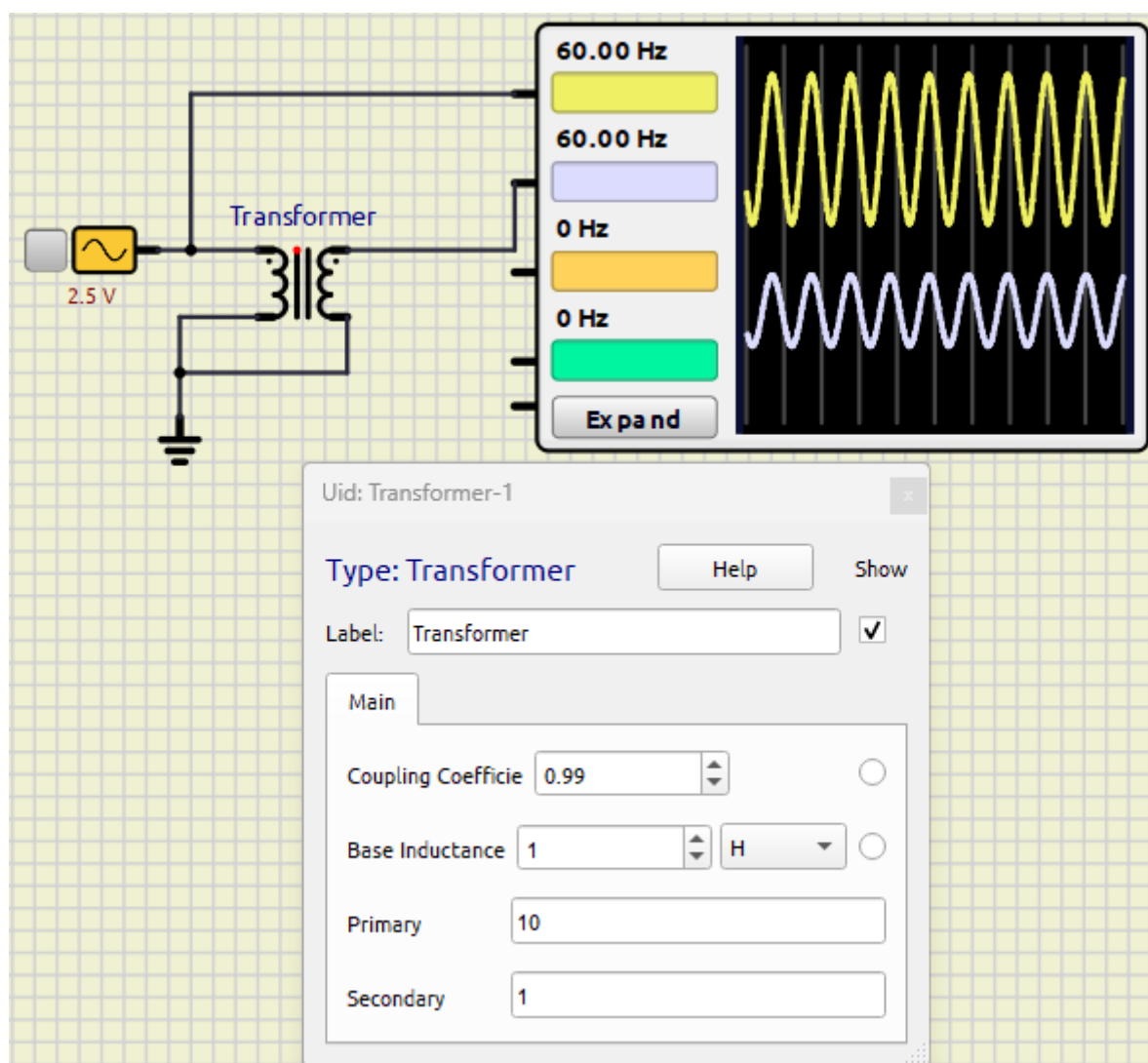
- No indutor, a tensão está adiantada em 90° em relação ao resistor
- No capacitor, a tensão está atrasada 90° em relação ao resistor

Transformador (Transformer):

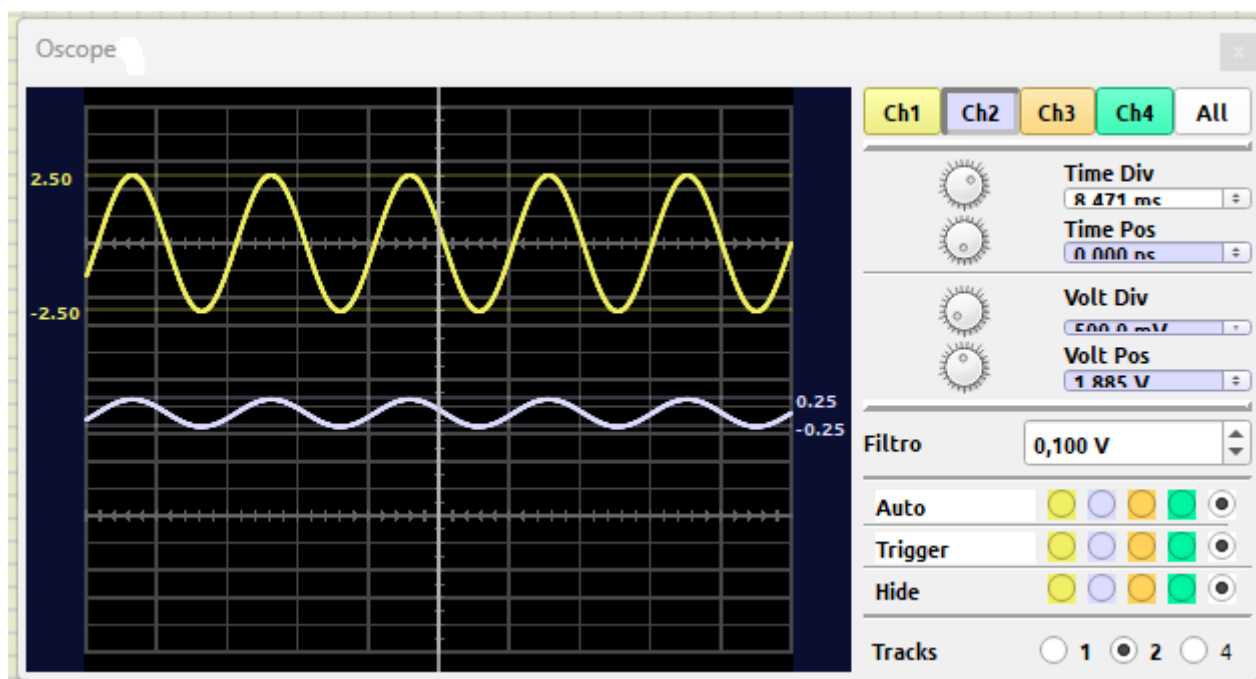
Analisando os parâmetros apresentados na figura a seguir: "Coupling Coefficient" representa a eficiência do fluxo magnético transferido do primário para o secundário, sendo 0,9999 considerado ideal. Coeficiente menor, indica perda dessa eficiência (perda no núcleo).



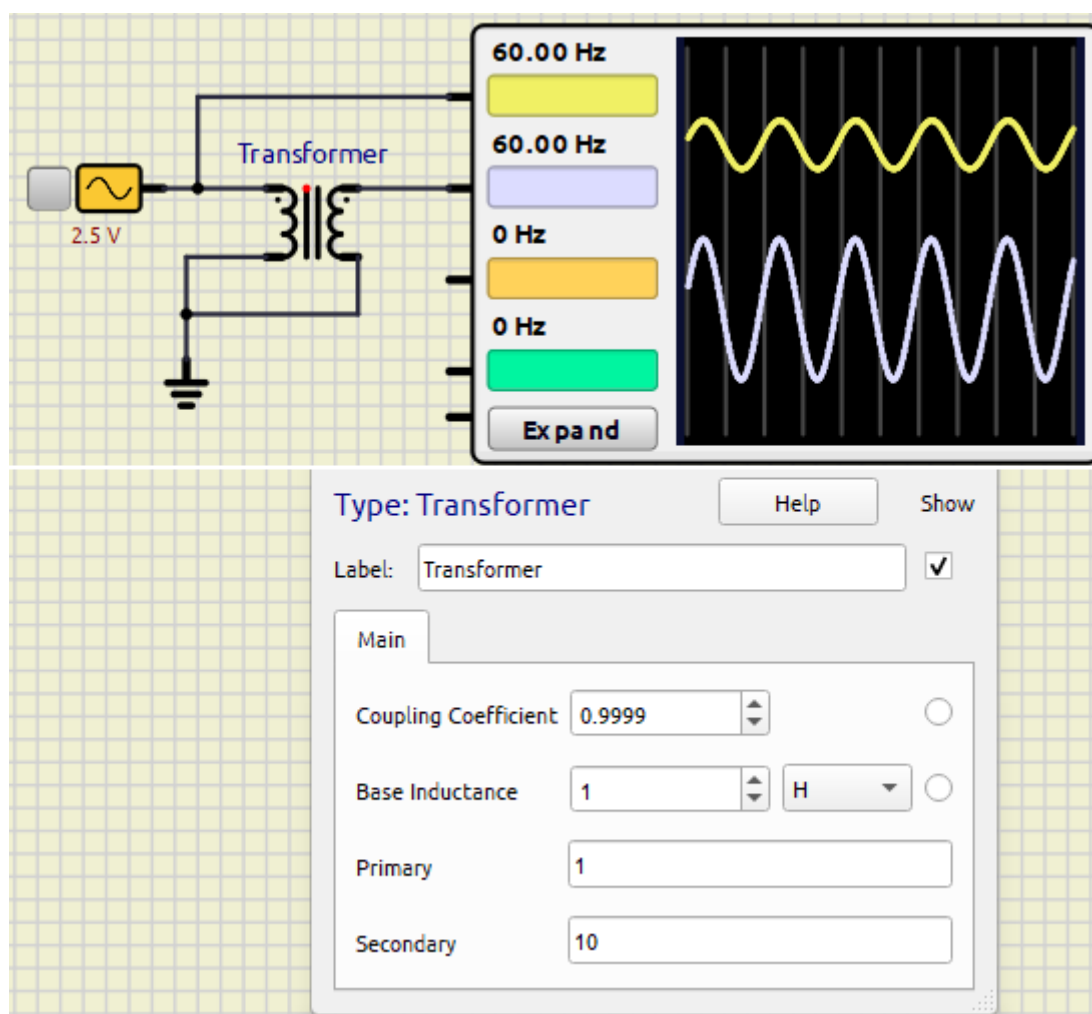
“Primary” e “Secondary” é a relação da espiras entre primário e secundário, ou seja, define se o dispositivo é um autotransformador, transformador abaixador de tensão ou transformador elevador de tensão. A figuras a seguir mostram um exemplo de transformador abaixador de tensão.

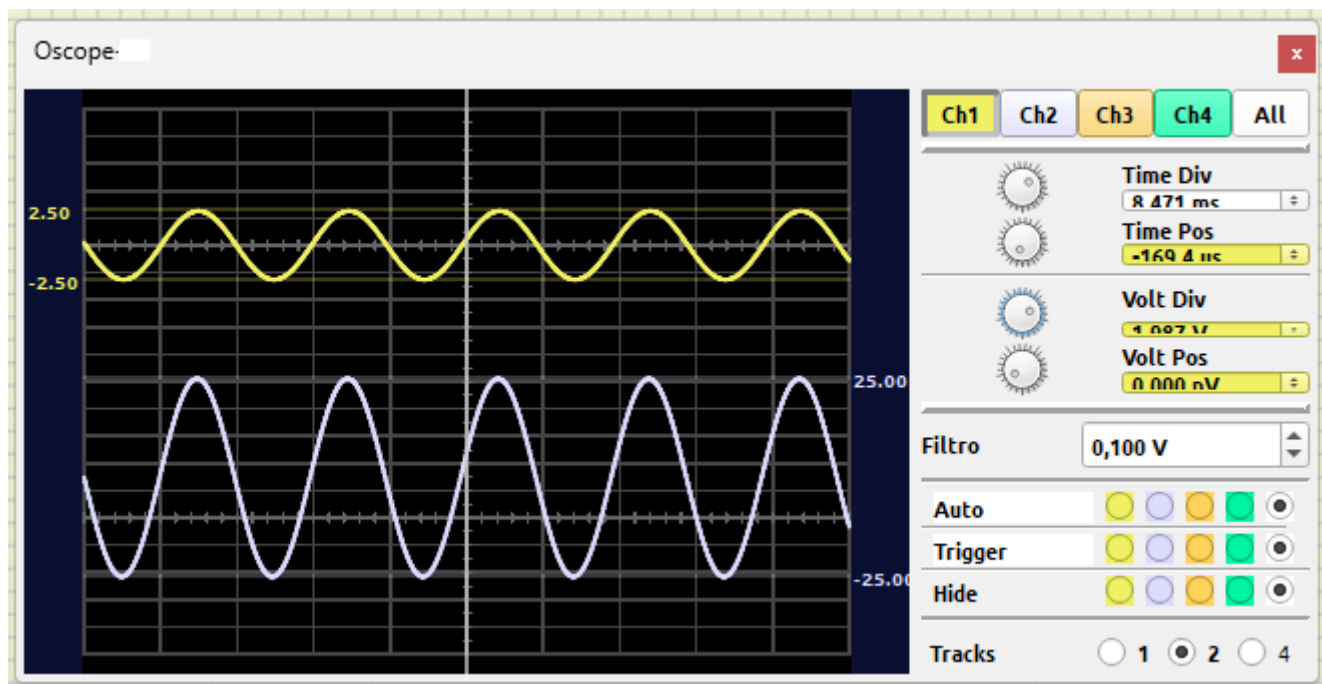


A relação de espiras é igual a 10. Se aplicarmos uma tensão de 2,5V no primário, teremos 0,25V no secundário, conforme mostra a figura abaixo:



Invertendo: Primary = 1 e Secondary = 10, teremos um elevador de tensão. As figuras a seguir mostram essa condição:



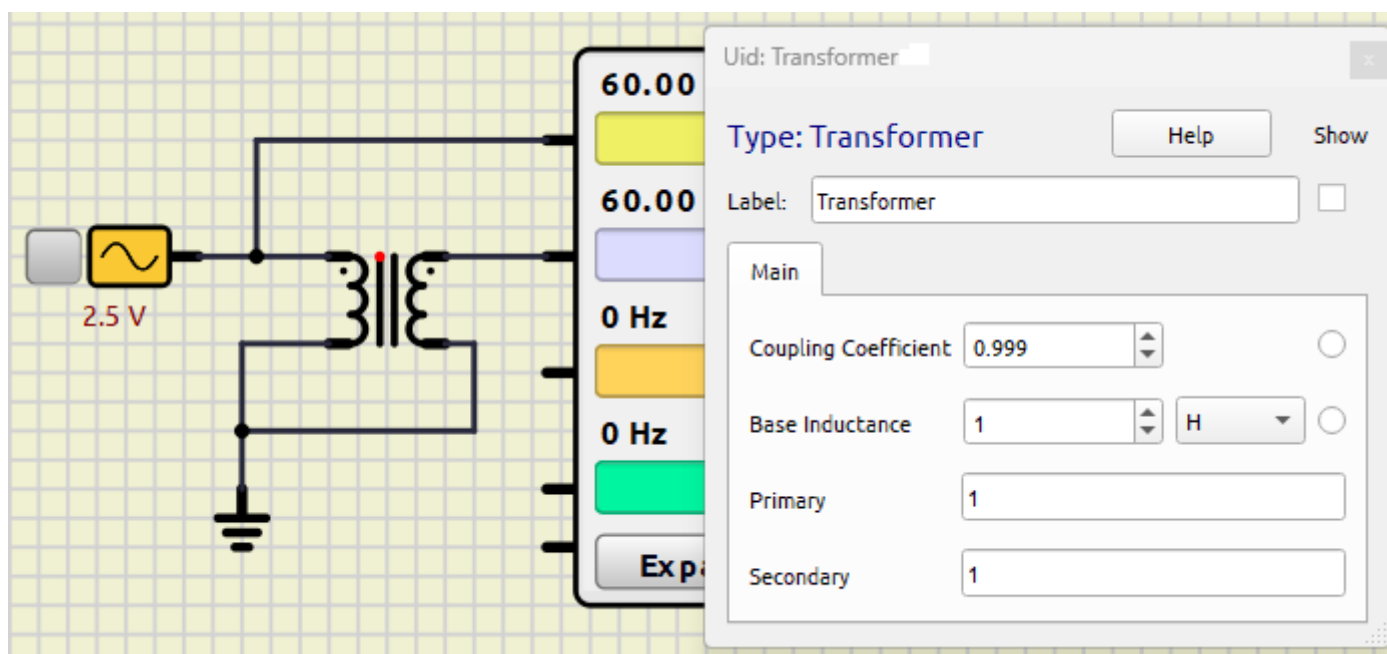


No primeiro caso, tivemos uma relação de espiras entre primário e secundário que representa 10:1 (abaixador de tensão).

No segundo caso, tivemos uma relação de espiras entre o primário e secundário que representa 1:10 (elevador de tensão).

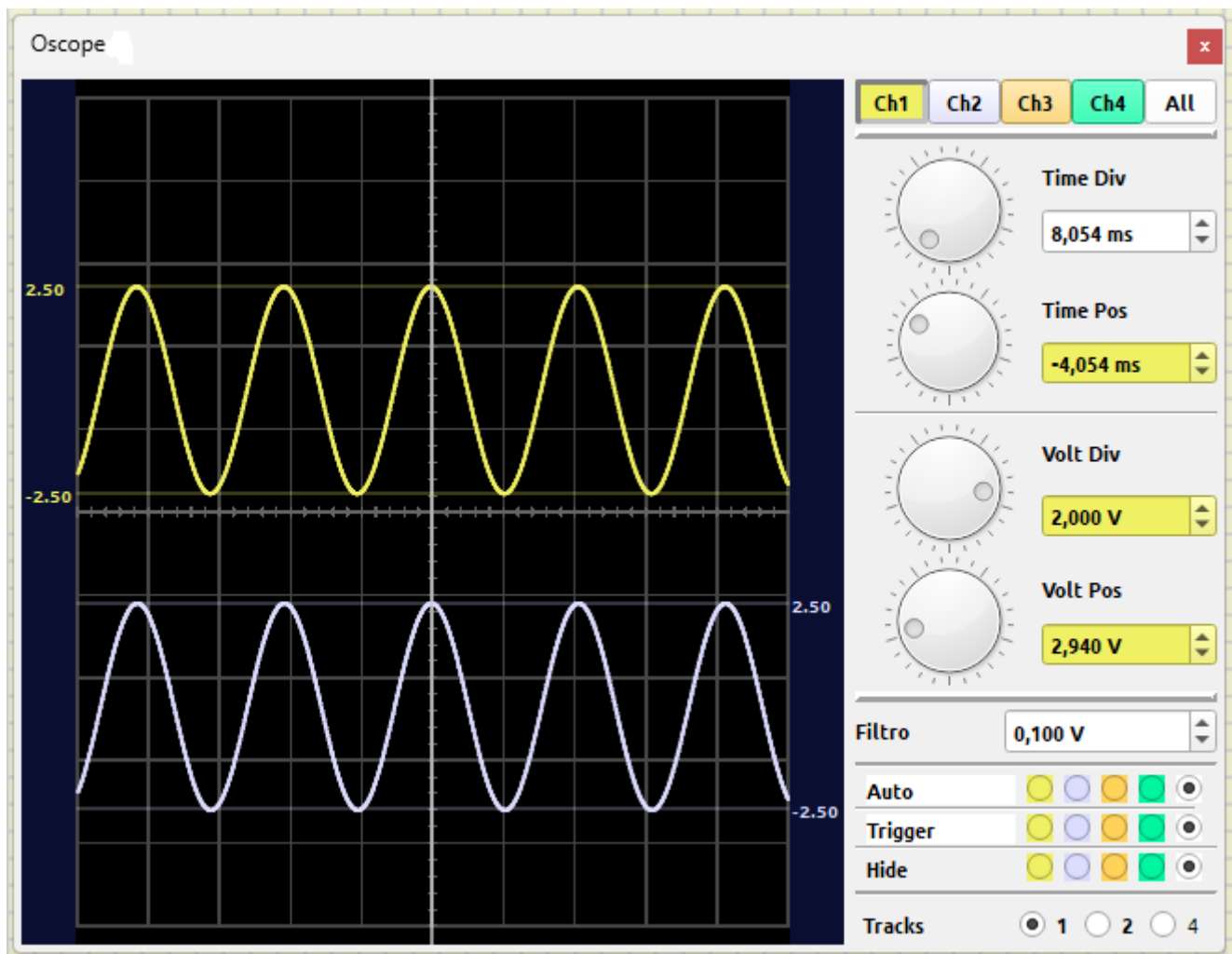
Para finalizar, vamos manter a relação de espiras 1:1 e analisar o comportamento do transformador, modificando o coeficiente de acoplamento:

TRANSFORMADOR IDEAL (0,999)



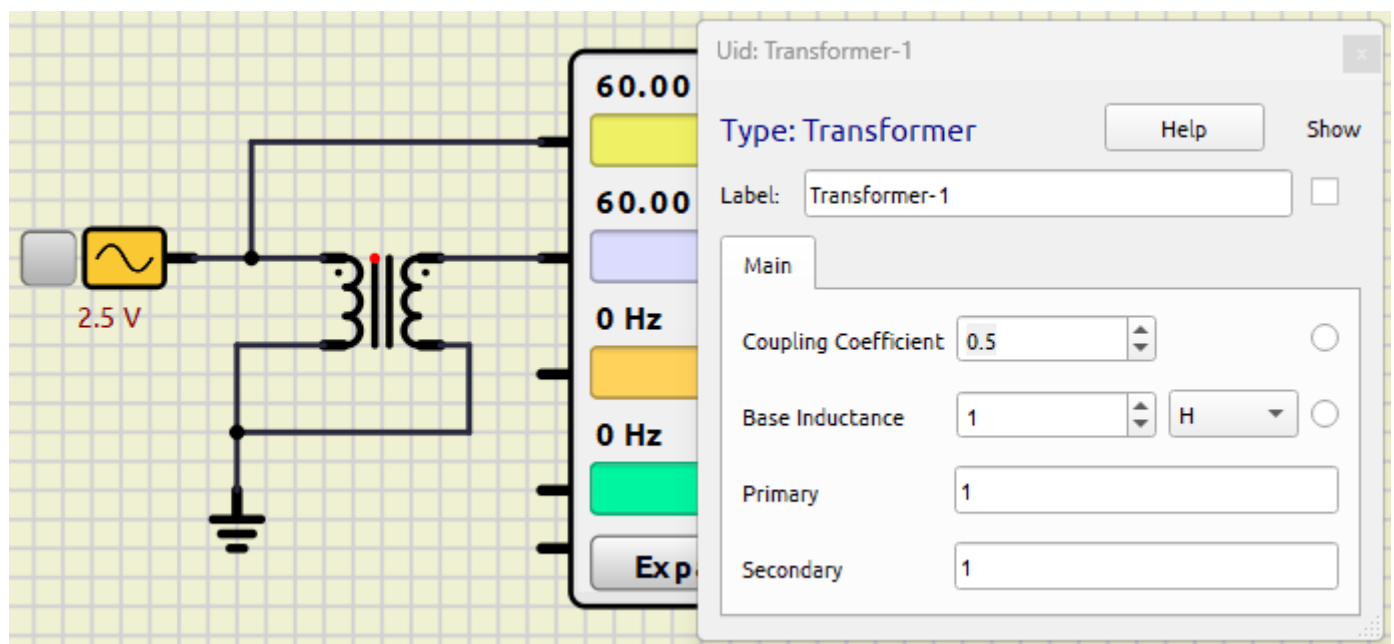
Com coeficiente de acoplamento ideal, não havendo perda no núcleo, todo o fluxo magnético do primário será transferido para o secundário.

Desta forma, toda a tensão presente no primário do transformador, estará disponível no secundário do mesmo. Veja a figura a seguir:

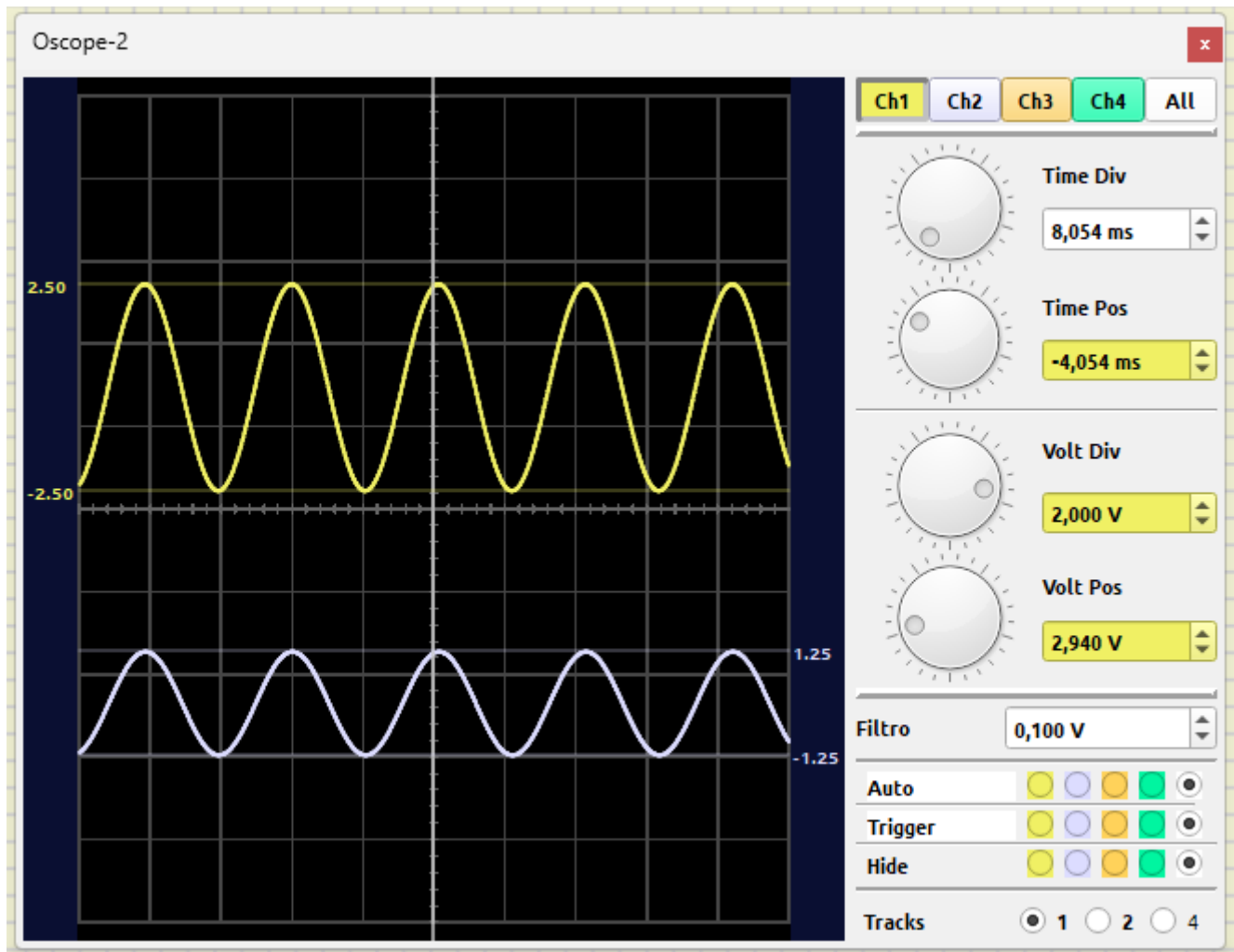


TRANSFORMADOR COM PERDA NO NÚCLEO (0,5)

Alterando o coeficiente de acoplamento para 0,5 haverá perda de fluxo magnético no núcleo (normalmente se manifesta aquecendo o transformador) e a tensão no secundário será comprometida, conforme mostra a figura a seguir.



No caso, a tensão no primário de 2,50V foi reduzida para 1,25V o que representa uma perda de 50%.



Ativo (Active)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

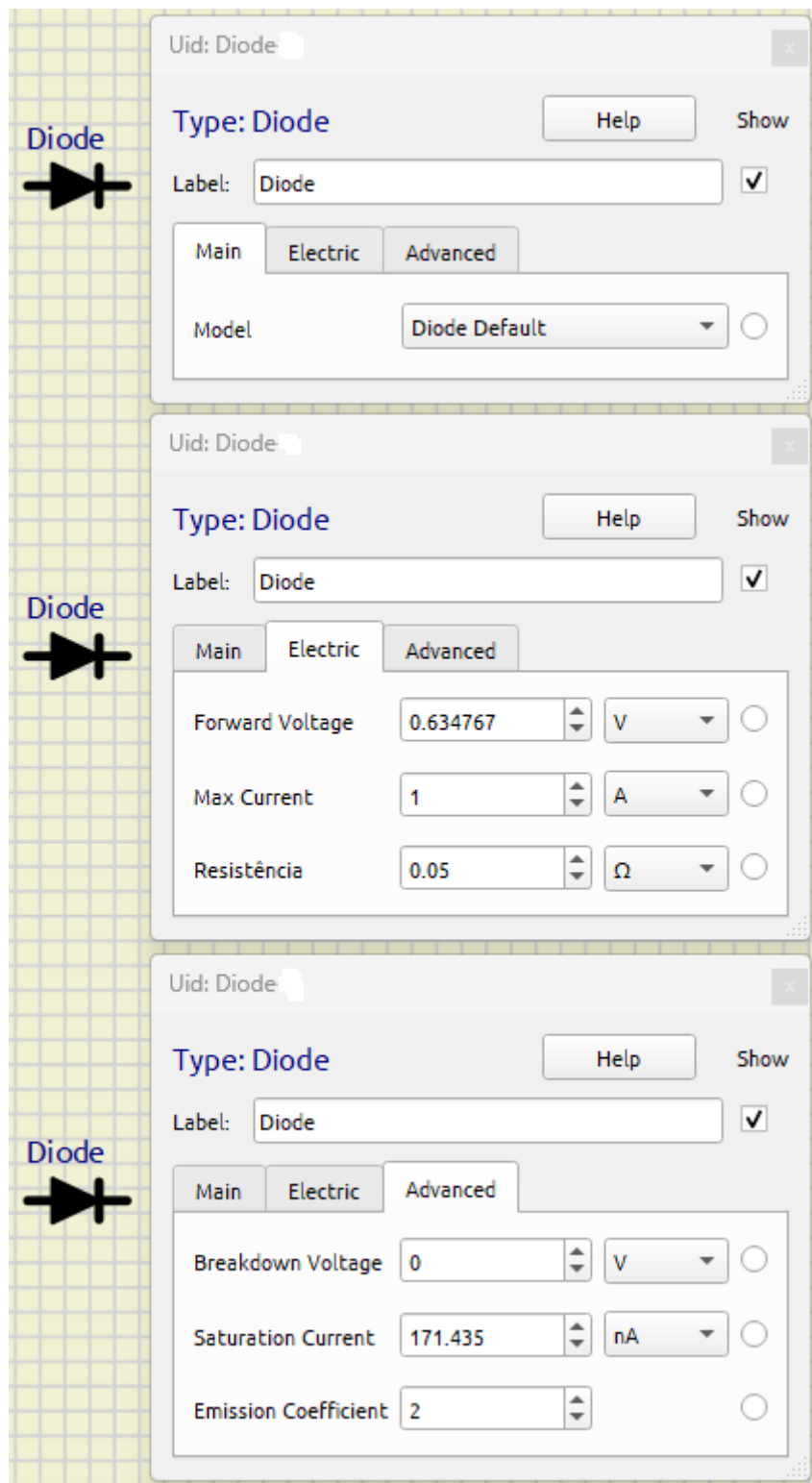
Diodo (Diode): Diodo de uso geral, junção PN, que quando polarizado diretamente (anodo mais positivo do que o catodo), opera como uma chave eletrônica fechada.

O simulador dispõe de 3 tipos de diodos:

- 1 - Default (silício)
- 2 - Schottky (alta velocidade / comutação / especial)
- 3 - Germanium (germânio)
- 4 - Custom

Este último pode ser configurado de acordo com as necessidades de um determinado projeto (individualizado/customizado)

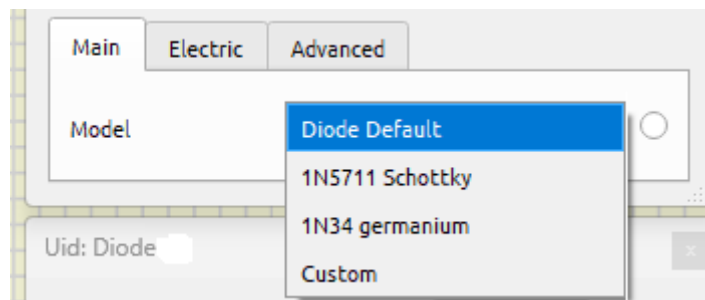
A figura a seguir mostra a configuração “Diode Default” (silício):



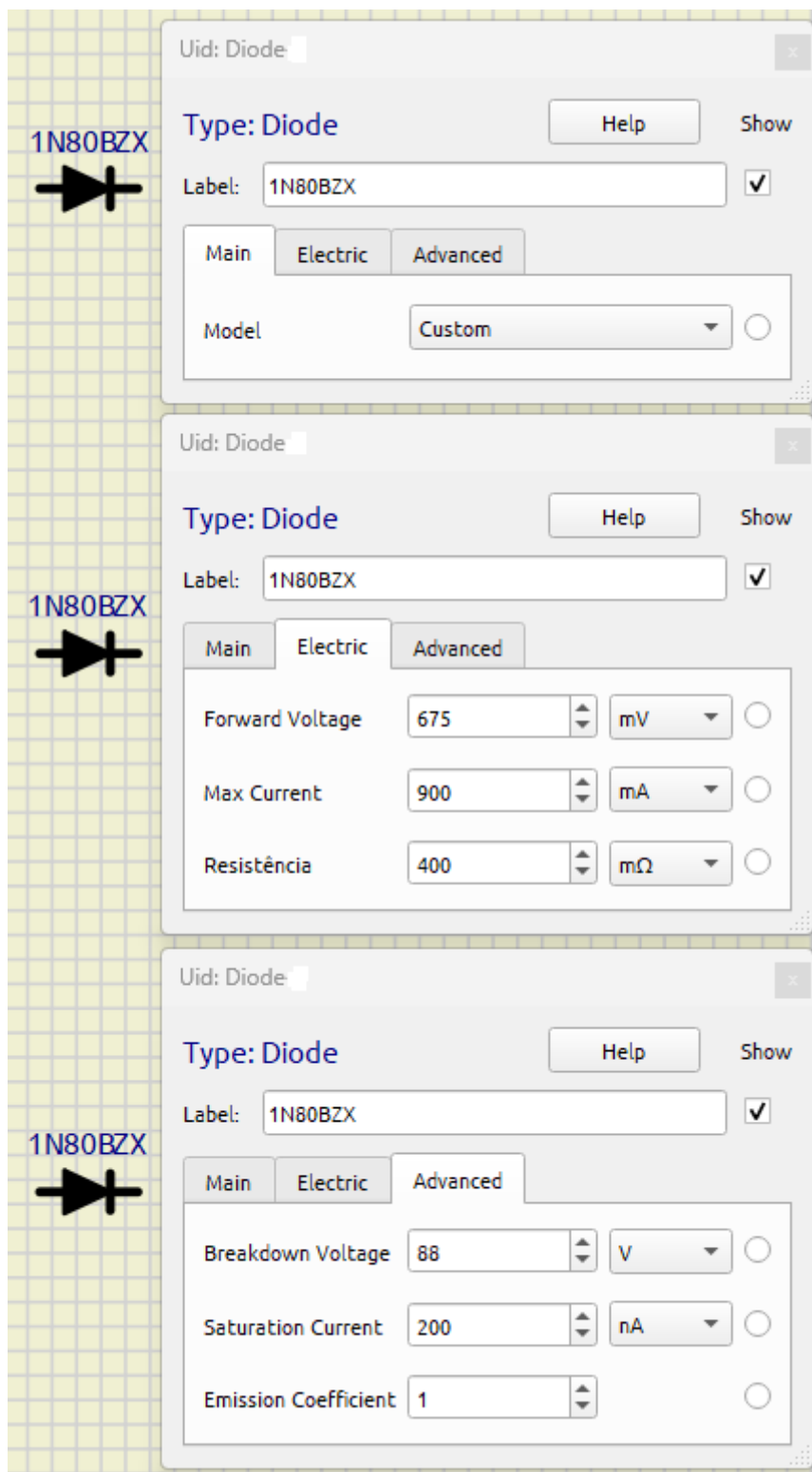
O parâmetro “Emission Coefficient” é um padrão do simulador, que representa a simulação como um diodo real.

“Emission Coefficient” = 1, representa a simulação de um diodo ideal, é claro, dependendo dos objetivos da análise do comportamento do dispositivo.

O diodo pode ser configurado com parâmetros elétricos, simulando diodos comerciais. O simulador ainda oferece o recurso de personalizar o modelo de diodo a ser utilizado com os padrões do simulador já configurados:



A figura abaixo representa a configuração de um diodo fictício ("Custom").

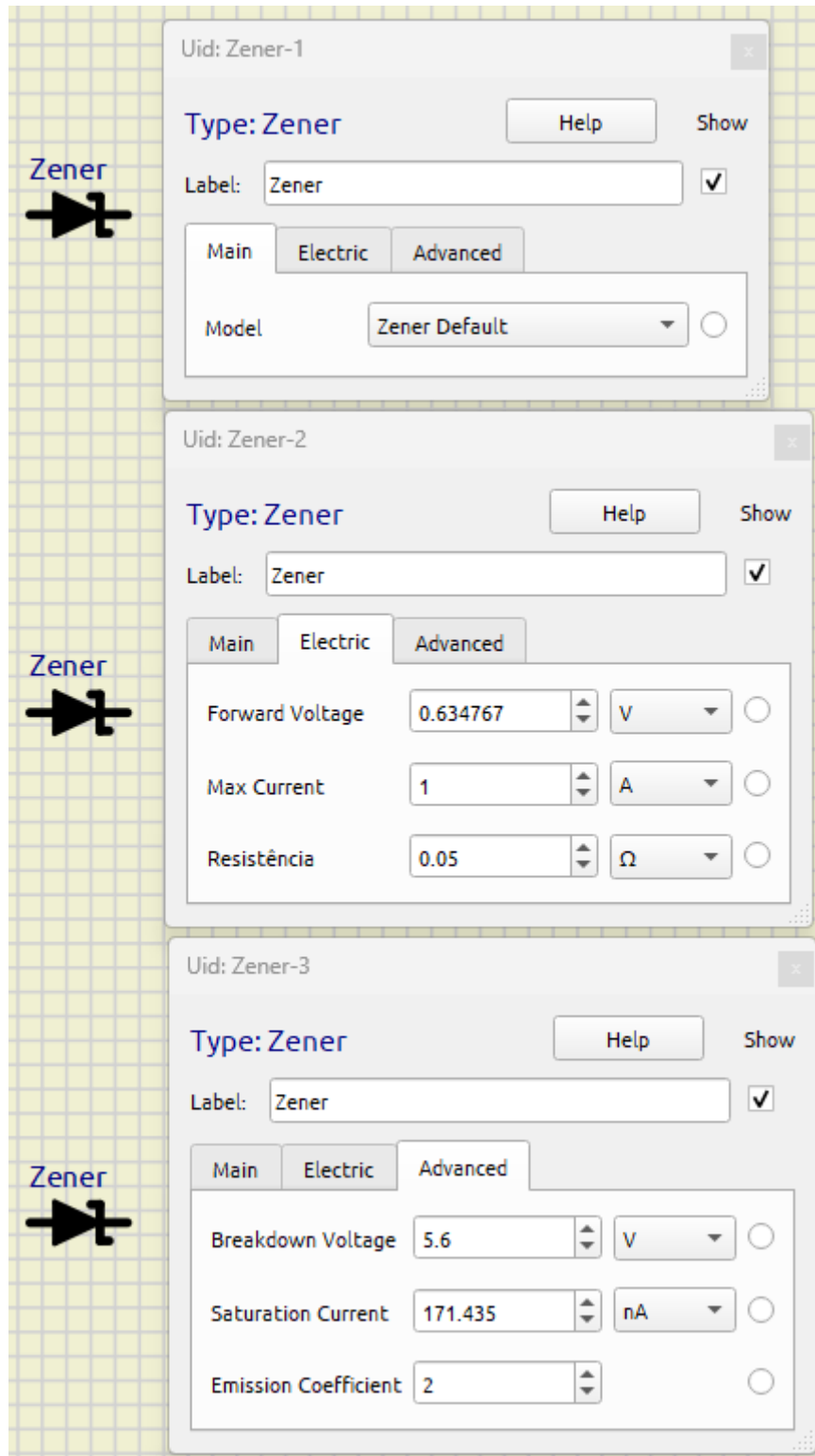


A configuração “Custom” permite que ao consultar o manual do fabricante (datasheet), sejam inseridas as especificações por ele fornecidas, para tornar a simulação mais precisa e real em relação ao comportamento do componente.

No entanto, a configuração “Diode Default” (padrão do simulador para diodo de silício), também permite essas alterações.

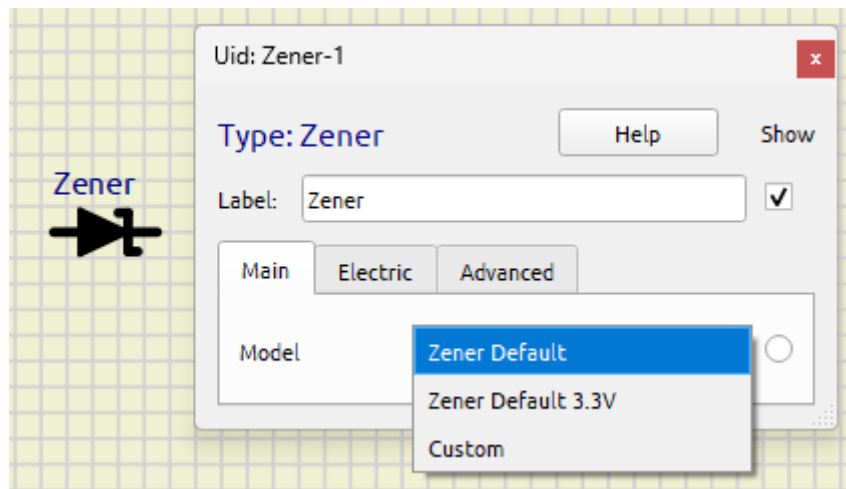
Diodo zener (Zener Diode / Zener):

A figura a seguir mostra um diodo zener padrão do simulador (5,6V):



Da mesma forma que o diodo comum visto anteriormente, as configurações podem ser alteradas de acordo com as especificações dos parâmetros desejados para simulação, através do manual do fabricante (datasheet).

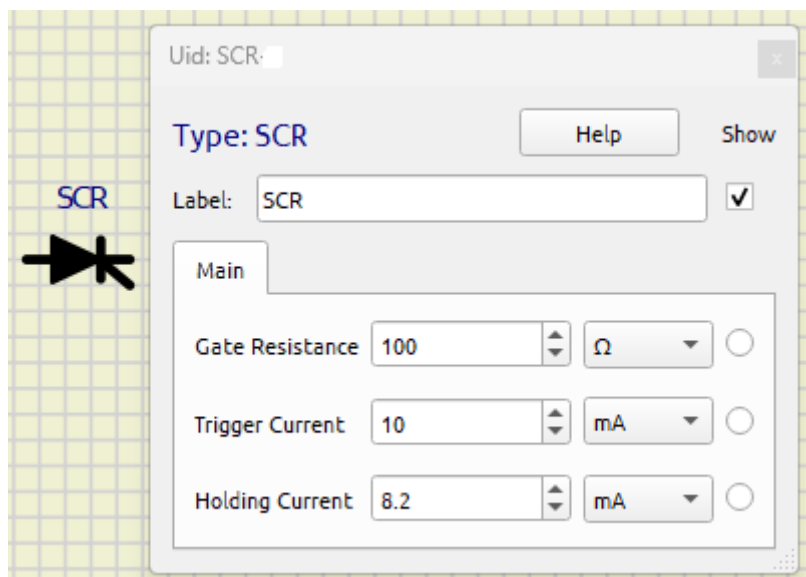
É possível também, a exemplo do diodo de junção comum visto anteriormente a personalização "Custom".



SCR (Silicon Controlled Rectifier):

SCR é um tiristor comumente denominado Retificador Controlado de Silício, que permite passagem de corrente em apenas um sentido, mas somente quando recebe um estímulo (pequeno sinal elétrico) em seu terceiro terminal denominado *gate*.

A figura abaixo ilustra esse componente disponível no simulador:



Consultando o manual do fabricante (datasheet) podemos configurar os principais parâmetros para simulação para um determinado SCR:

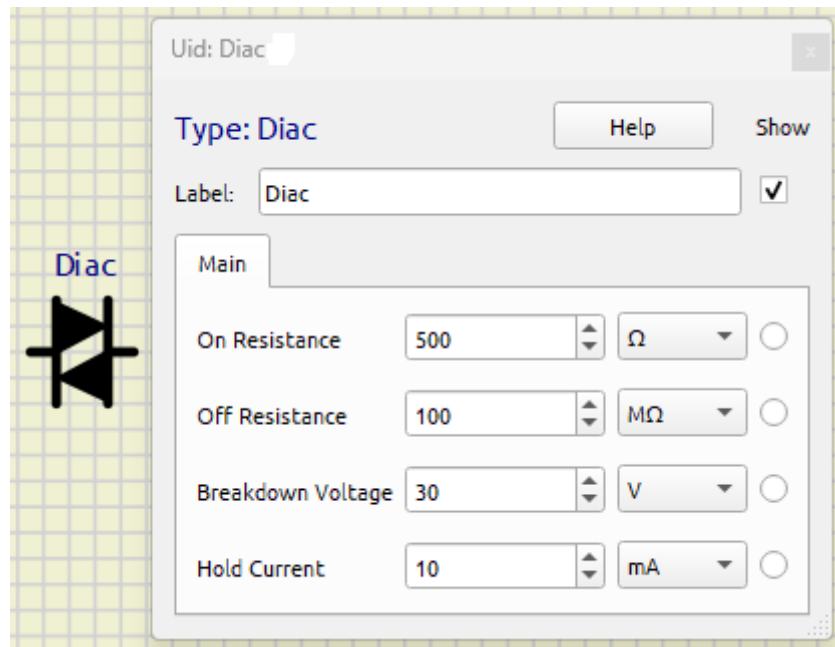
"Gate Resistance" - é a resistência interna entre o gate e o catodo.

"Trigger Current" - é a corrente mínima de disparo aplicada ao gate (gatilho) para fazer o SCR conduzir. A partir do momento em que o SCR entra em condução esse estímulo, pode ser retirado.

“Holding Current” - é a mínima corrente que deve circular entre o anodo e o catodo para manter o SCR conduzindo, comumente denominada *corrente de manutenção*.

Diac (Diode for Alternating Current):

Diac (Diodo para Corrente Alternada), é um dispositivo que conduz corrente nos dois sentidos após a tensão entre os seus terminais atingir um certo valor, normalmente denominada *tensão de disparo*.



Analisando os parâmetros:

“On Resistance” - é a resistência interna quando o Diac está conduzindo.

“Off Resistance” - é a resistência interna quando o Diac está bloqueado, ou seja, estado desligado.

“Breakdown Voltage” - é a tensão que permite o disparo do Diac fazendo com o mesmo conduza corrente nos dois sentidos. Abaixo dessa tensão, comporta-se como uma chave aberta.

“Hold Current” - é a corrente mínima que deve circular pelo Diac para que ele continue ligado (estado ON - chave fechada).

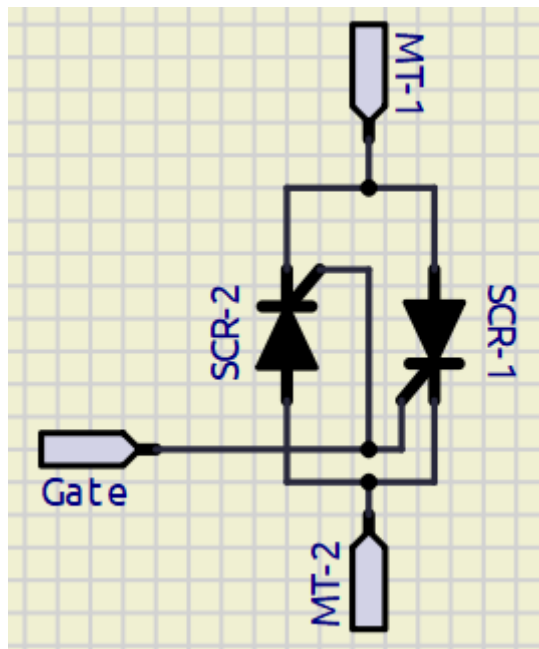
Triac (Triode for Alternating Current):

O Triac (Triodo para Corrente Alternada) é um tiristor que permite a condução de corrente nos dois sentidos, e por isso, recebe também a denominação de diodo bidirecional.

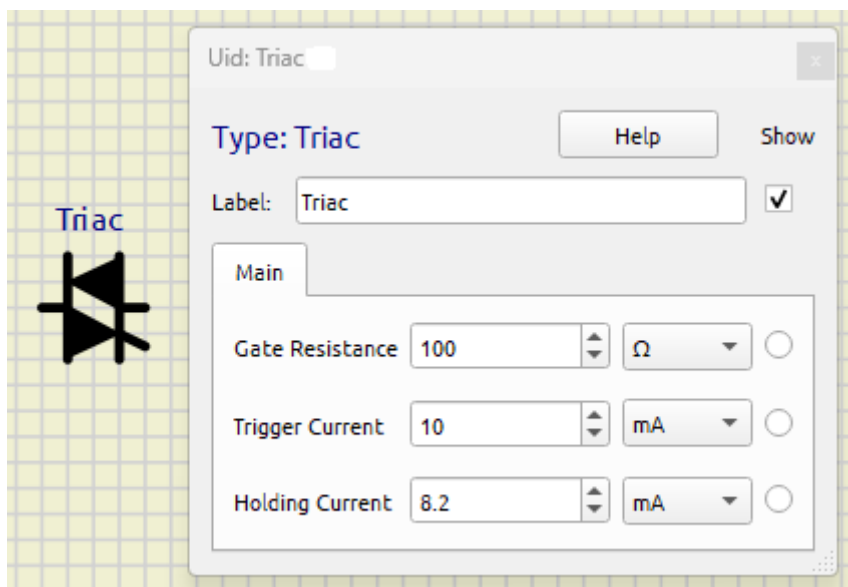
A exemplo do SCR, necessita de um estímulo (pequeno sinal) no seu gate para que haja a condução.

Resumindo, por ser bidirecional, pode ser representado eletricamente por dois SCRs ligados em antiparalelo.

A figura a seguir mostra essa configuração:



Assim sendo, a designação dos parâmetros é idêntica ao SCR, lembrando que, a diferença básica entre os dois é que, enquanto o SCR conduz corrente em um único sentido, o Triac é bidirecional.



Mosfet (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor):

Mosfet é um Transistor de Efeito de Campo, muito utilizado em chaveamento eletrônico e amplificação de sinais elétricos.

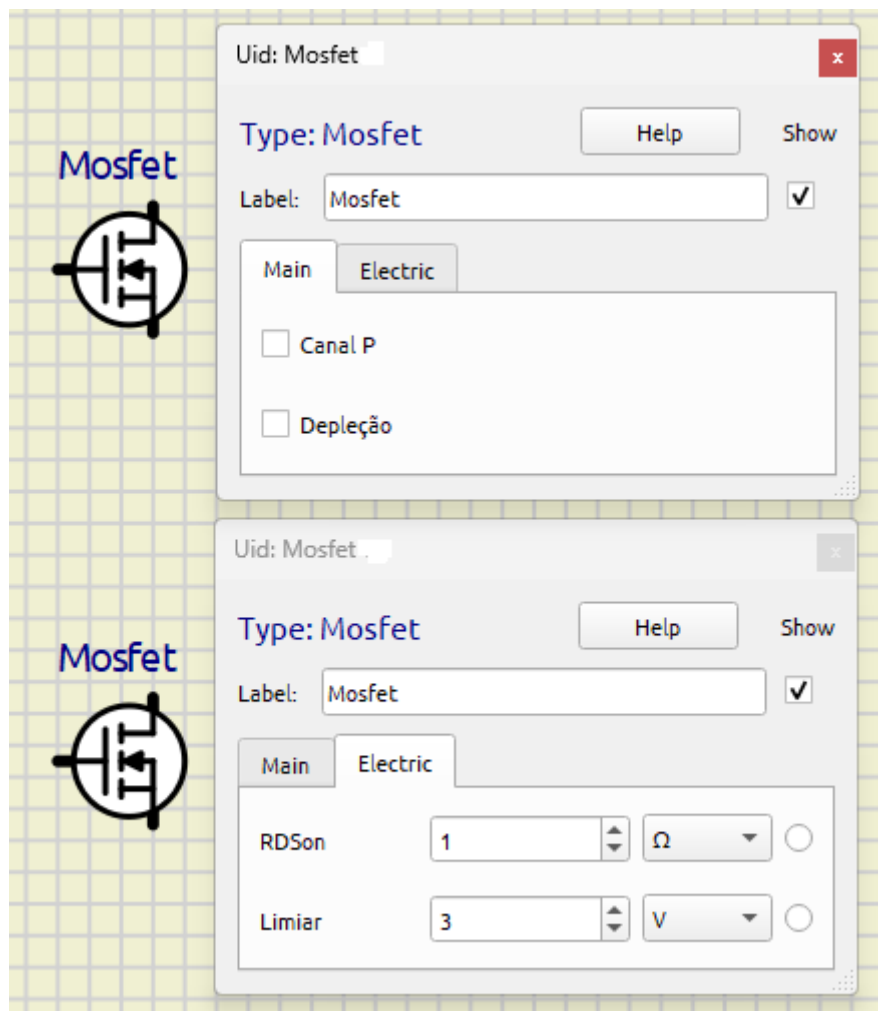
Possui geralmente 3 pinos:

Gate (porta / G) - recebe o sinal da tensão

Drain (dreno / D) - entrada e saída da corrente

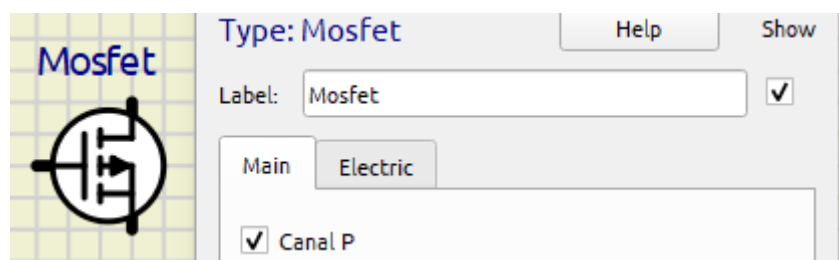
Source (fonte / S) - terminal de referência

Uma tensão adequada aplicada ao Gate (G) cria um canal interno que permite a passagem da corrente entre Drain (D) e Source (S).



Parâmetros para configuração/personalização do componente:

1) Canal P - por padrão do simulador o Mosfet é canal N. Ao selecionar a opção é convertido em canal P.

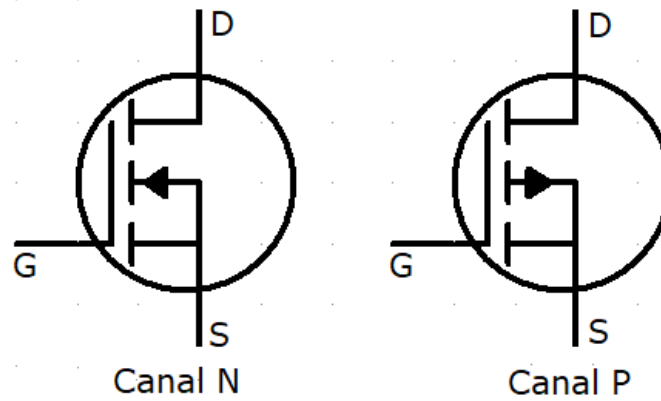


2) Depleção - quando a opção está selecionada, indica Mosfet de depleção.

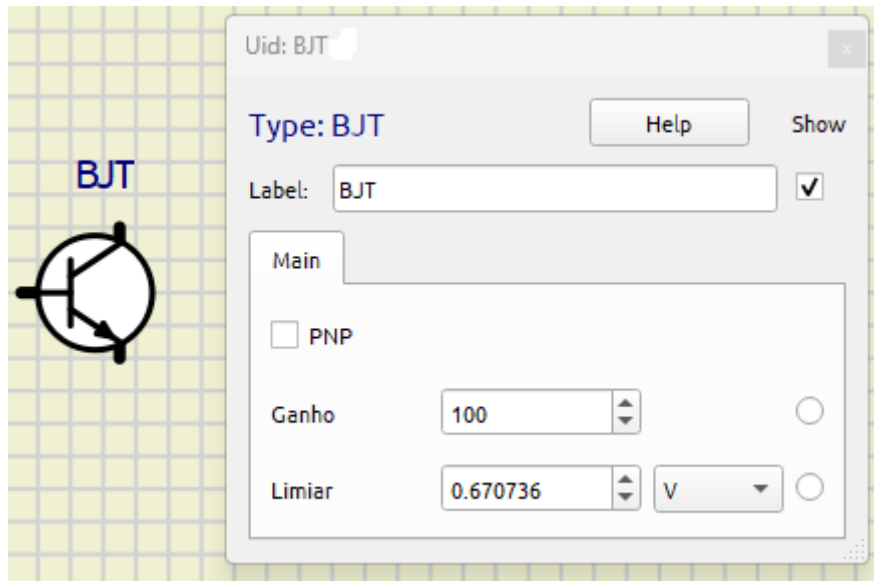
Lembrando que, principal diferença é que o MOSFET de depleção possui um canal físico que conduz corrente mesmo com tensão zero no terminal Gate (G). Já o MOSFET de não depleção (mais conhecido como MOSFET de enriquecimento ou *enhancement*) exige uma tensão externa positiva para formar o canal e começar a conduzir

3) RDSon - define a resistência do canal quando ligado, que na realidade é a resistência entre Drain (D) e Source (S) quando o Mosfet está em plena condução.

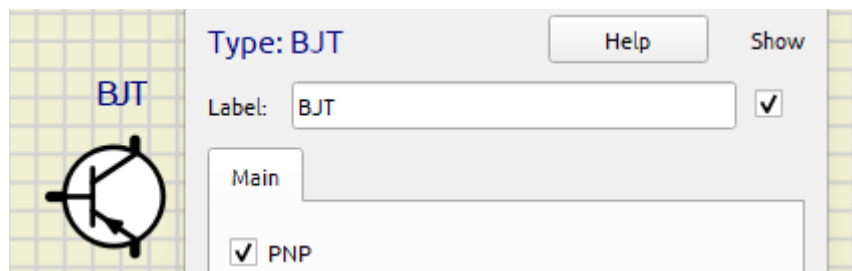
4) Limiar - é a tensão mínima que deve ser aplicada aos terminais Gate (G) e Source (S) para a formação do canal.



Transistor de junção bipolar (BJT / Bipolar Junction Transistor):



No simulador o Transistor de Junção Bipolar é padronizado como NPN, bastando selecionar a opção PNP para mudar sua polaridade:



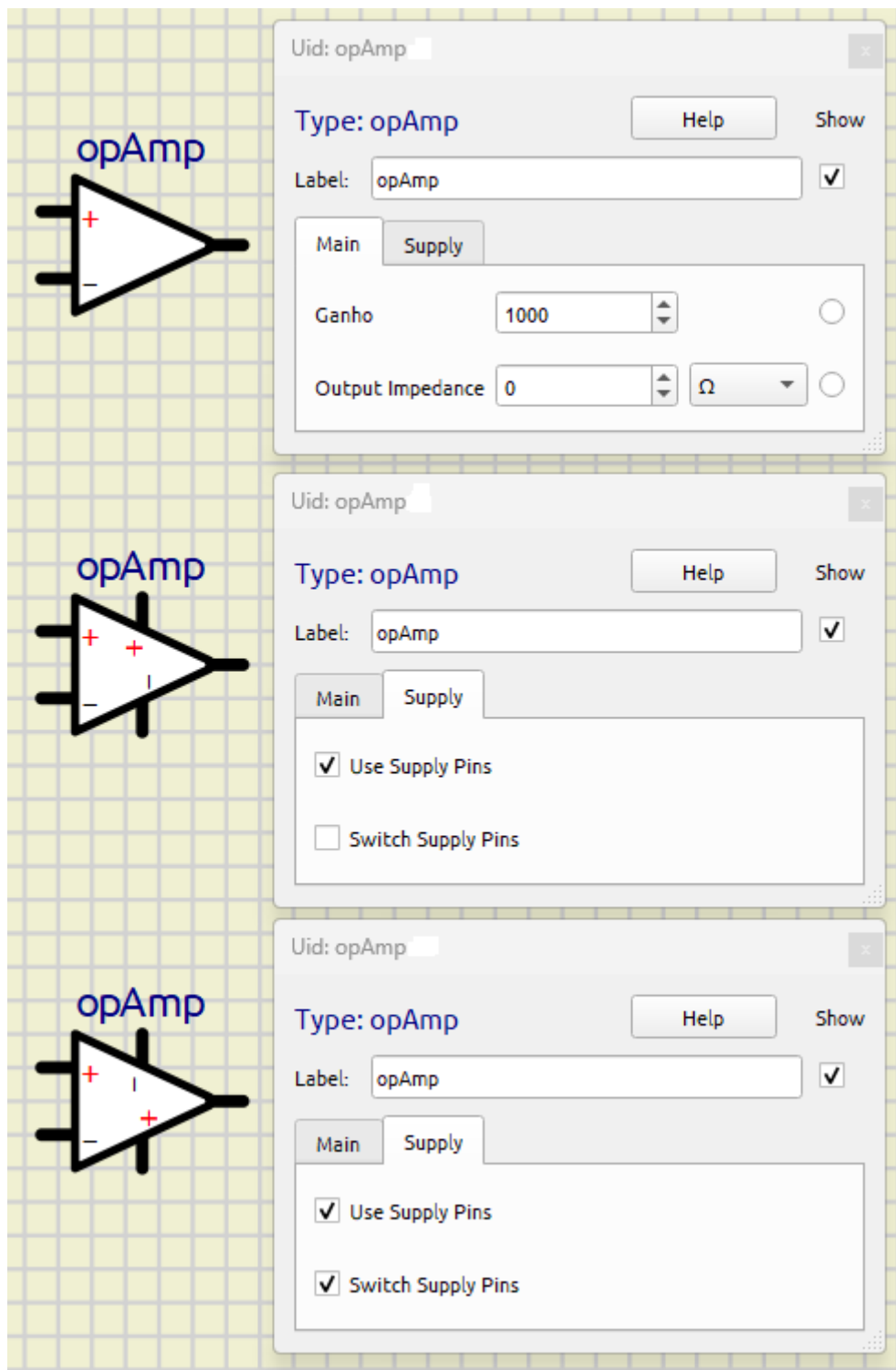
Parâmetros:

1) Ganho: definido normalmente por β ou h_{FE} , representa o fator de multiplicação entre a corrente de base e a corrente de coletor.

2) Limiar: tensão de polarização para que o dispositivo entra em condução, sendo que o valor típico para transistores de silício é da ordem de 600mV a 700mV, definida também como tensão de polarização entre base e emissor (V_{BE}) e para transistores de germânio é da ordem de 200mV a 300mV.

Essas tensões de polarização referem-se à condução dentro de uma região, denominada região linear ou região ativa.

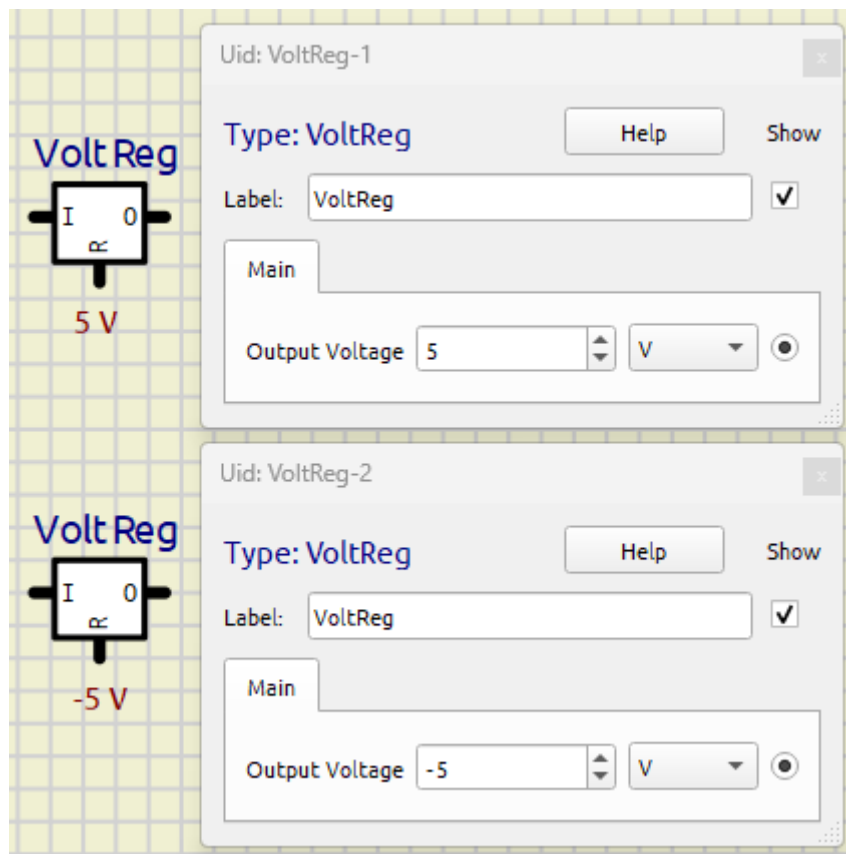
Amplificador operacional (opAmp):



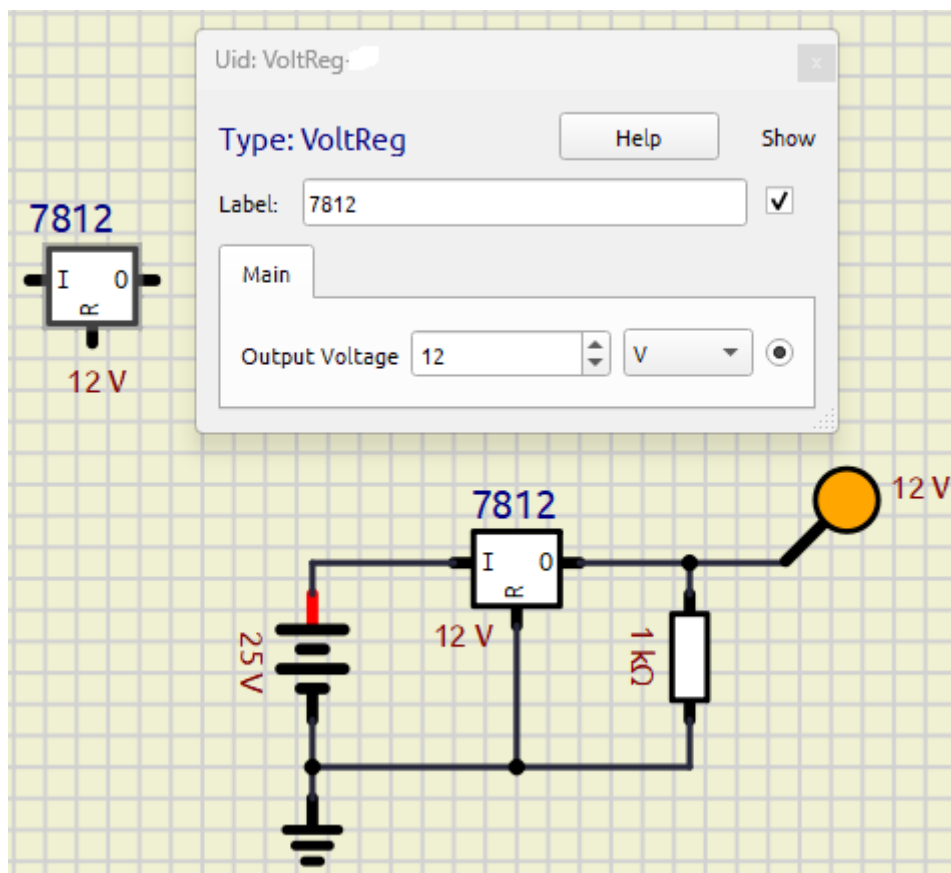
Os parâmetros "Ganho" e "Output Impedance" permitem definir o ganho do amplificador operacional e sua impedância de saída.

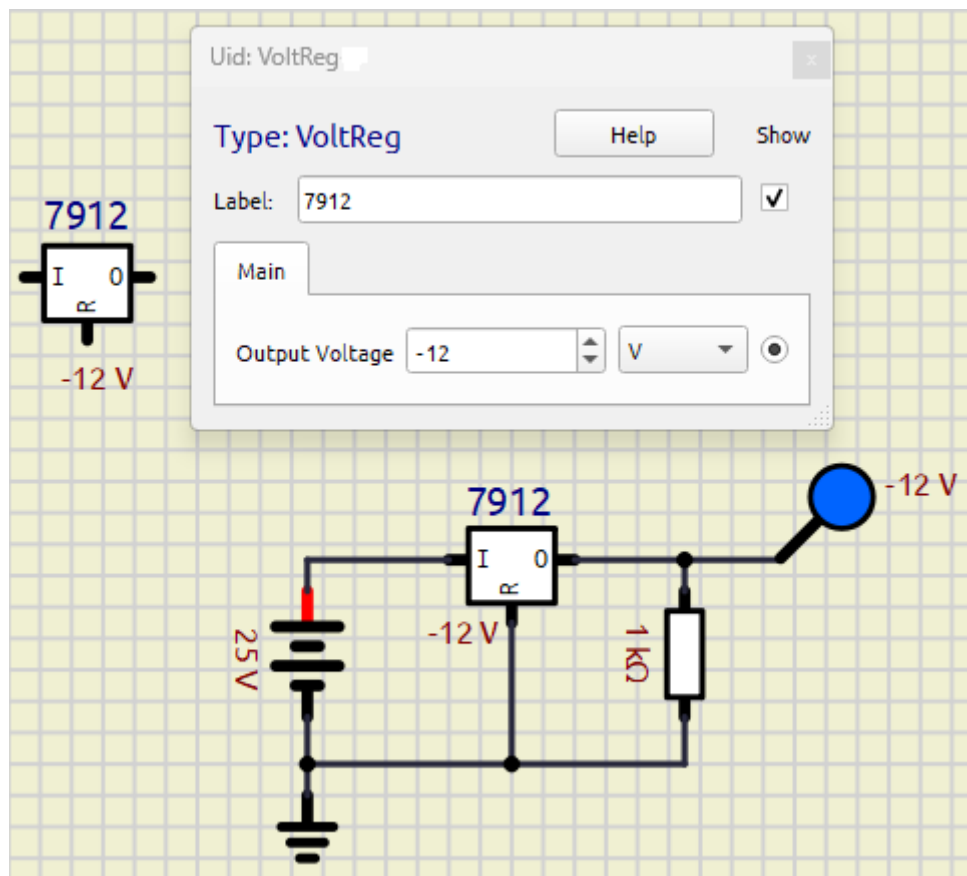
A opção "Supply" permite a visualização dos pinos para alimentação do amplificador operacional ("Use Supply Pins"), que normalmente é alimentado de forma simétrica, bem como permite a inversão de seus terminais de alimentação entre os polos positivo e negativo, quando as opções "Use Supply Pins" e "Switch Supply Pins" estão selecionadas.

Regulador de tensão (VoltReg):



É possível simular os reguladores da série 78XX e 79XX, bastando para isso inverter a polaridade do parâmetro "Output Voltage". Veja exemplos a seguir:

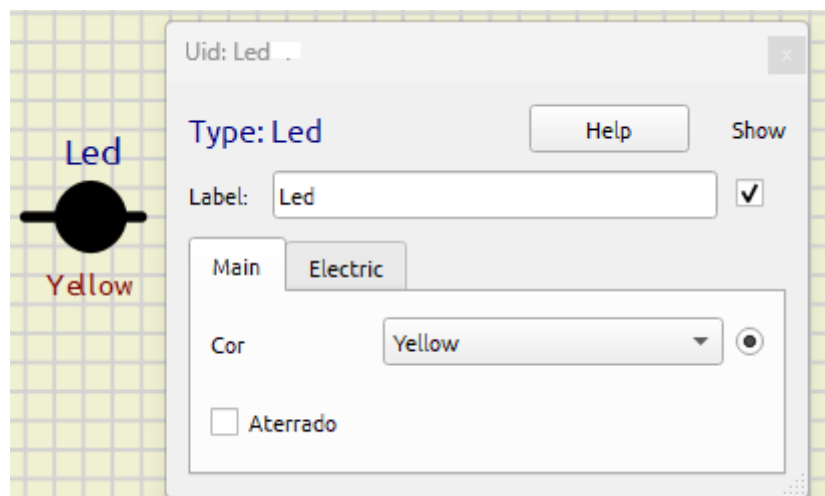




Saídas (outputs)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

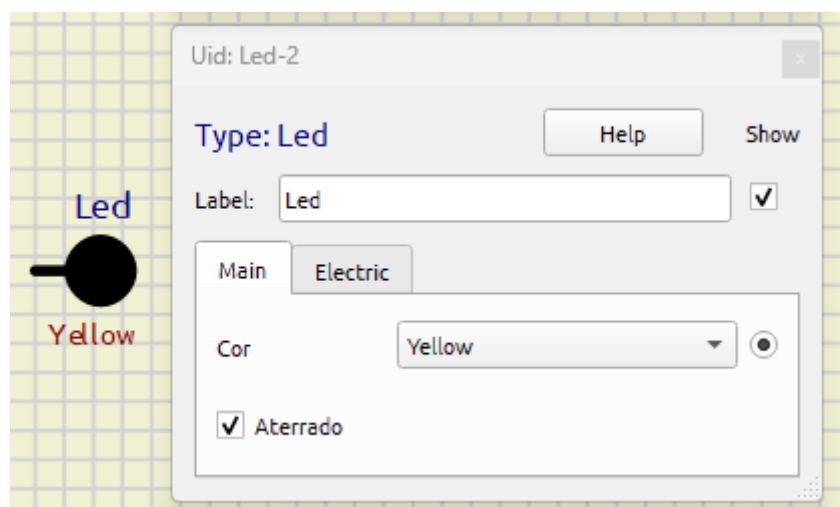
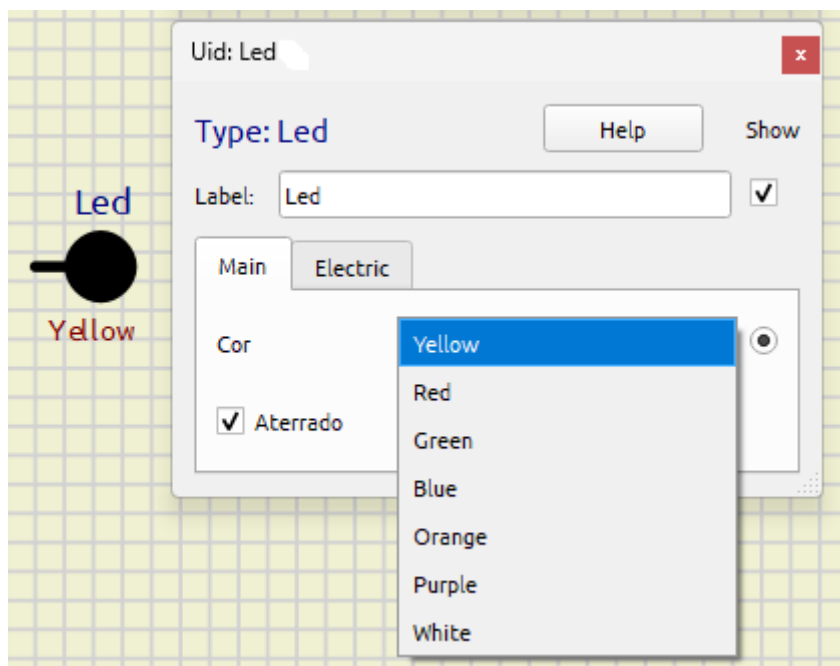
LED (Light Emitting Diode / Led):



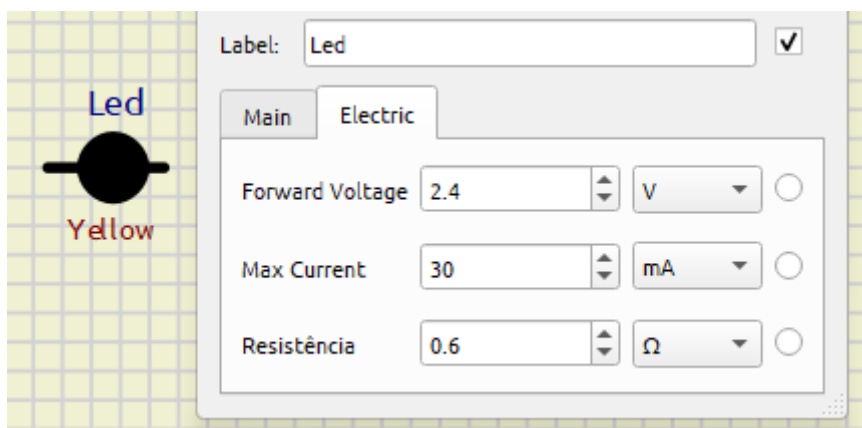
A opção "Aterrado" automaticamente cria o referencial de terra entre anodo e catodo, facilitando a montagem de projetos mais complexos.

Nestas condições, o terminal do catodo é automaticamente suprimido no layout, mas interligado internamente ao ponto de referência, no caso, o terra.

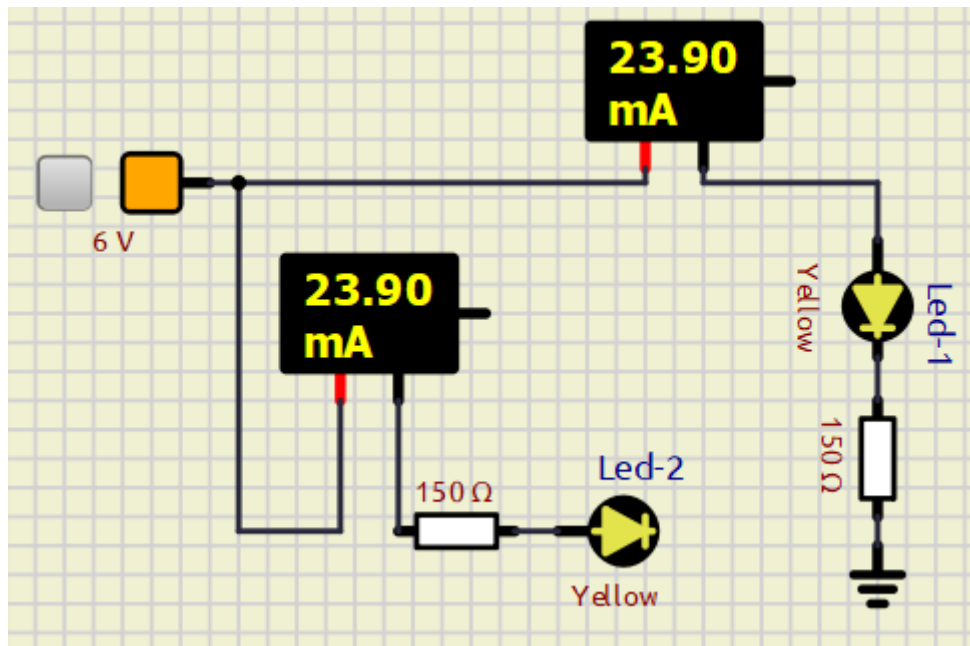
O guia "Cor" permite selecionar a cor desejada. O LED nada mais é do que um diodo, com junção PN que tem a propriedade de emitir luz, e para que isso aconteça é necessário polariza-lo diretamente, ou seja, anodo positivo em relação ao catodo.



No guia "Eletric" é possível ver os parâmetros elétricos do led amarelo (Yellow).

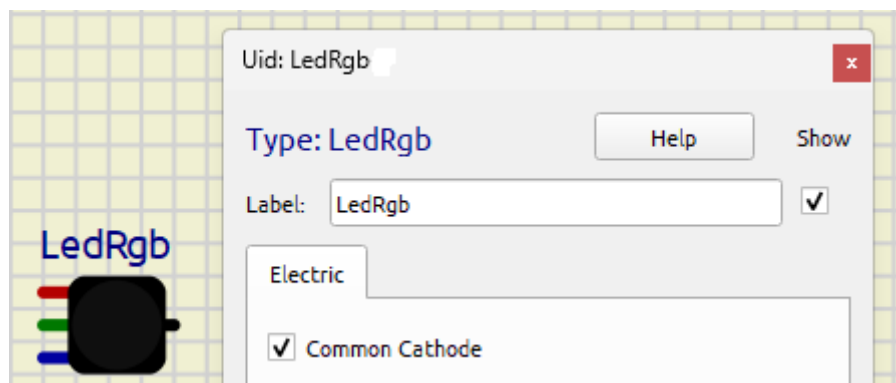


A figura abaixo mostra a ligação nas duas opções (aterrado e não aterrado):

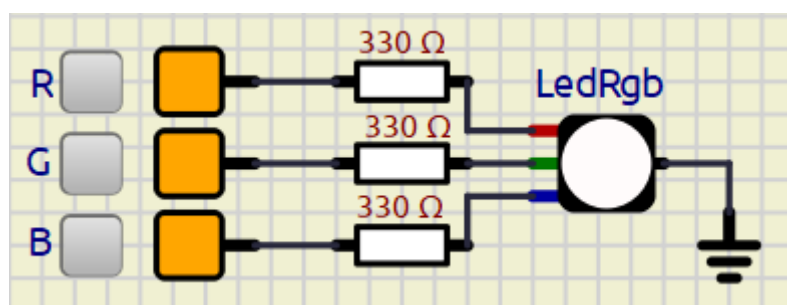


Observe que o funcionamento é exatamente igual nos dois leds, no entanto no led 2 não houve necessidade de aterramento, por ter sido escolhida a opção “Aterrado”. Essa opção é bastante útil, em alguns projetos como por exemplo, na simulação de uma matriz com leds.

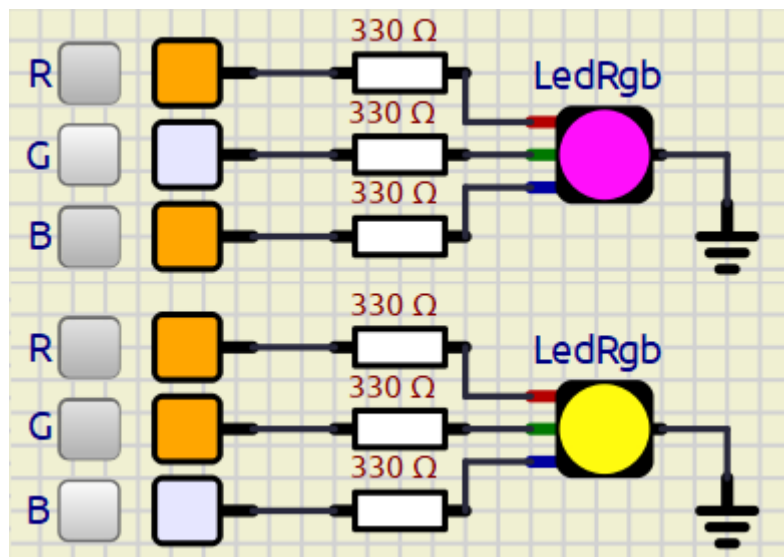
LED RGB (LedRgb):



A opção “Commom Cathode” (catodo comum) estando selecionada, interliga todos os catodos como referencial ou terra. Desmarcando essa opção, o componente será configurado como anodo comum. A figura abaixo mostra os pinos RGB submetidos a uma tensão, resultando no branco:



Abaixo outras configurações combinando alternadamente RGB:



Parâmetros elétricos:

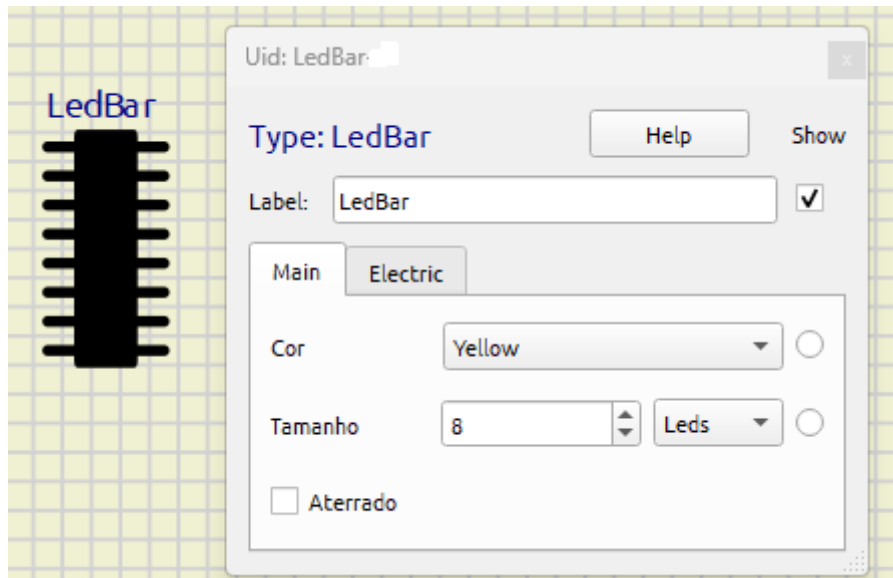
The screenshot shows the 'LedRgb' component configuration window. The 'Electric' tab is selected, and the 'Common Cathode' checkbox is checked. The settings for the Red, Green, and Blue channels are as follows:

Channel	Forward Voltage	Max Current	Resistência
Red:	2.4 V	30 mA	0.6 Ω
Green:	3.5 V	30 mA	0.6 Ω
Blue:	3.5 V	30 mA	0.6 Ω

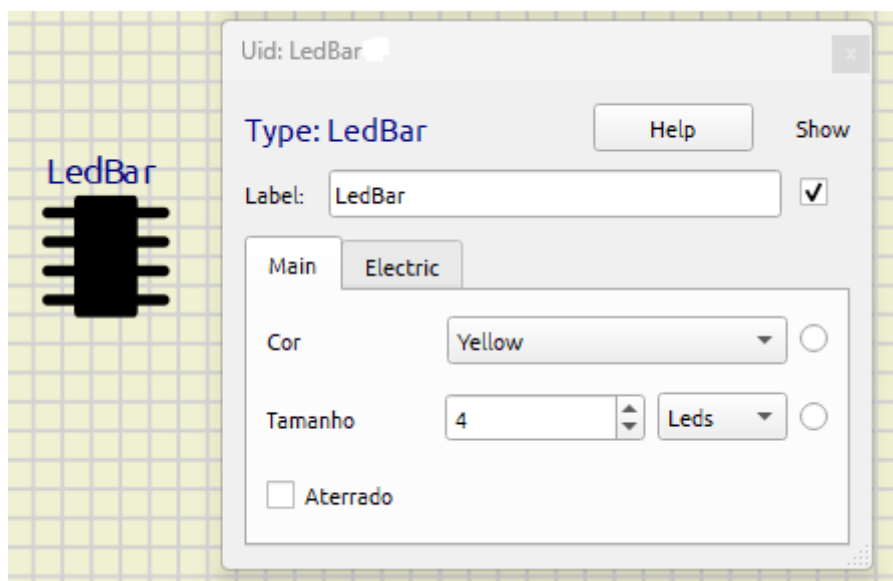
Barra de LEDs (LedBar):

A barra de LEDs (Led Bar), funciona como um arranjo de múltiplos LEDs encapsulados em um único chip, permitindo o controle de vários diodos de forma independente, muito utilizado para a criação de indicadores visuais.

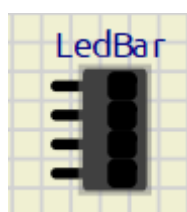
O guia “Cor”, permite selecionar a cor desejada e o guia “Tamanho” permite selecionar a quantidade de LEDs do dispositivo.



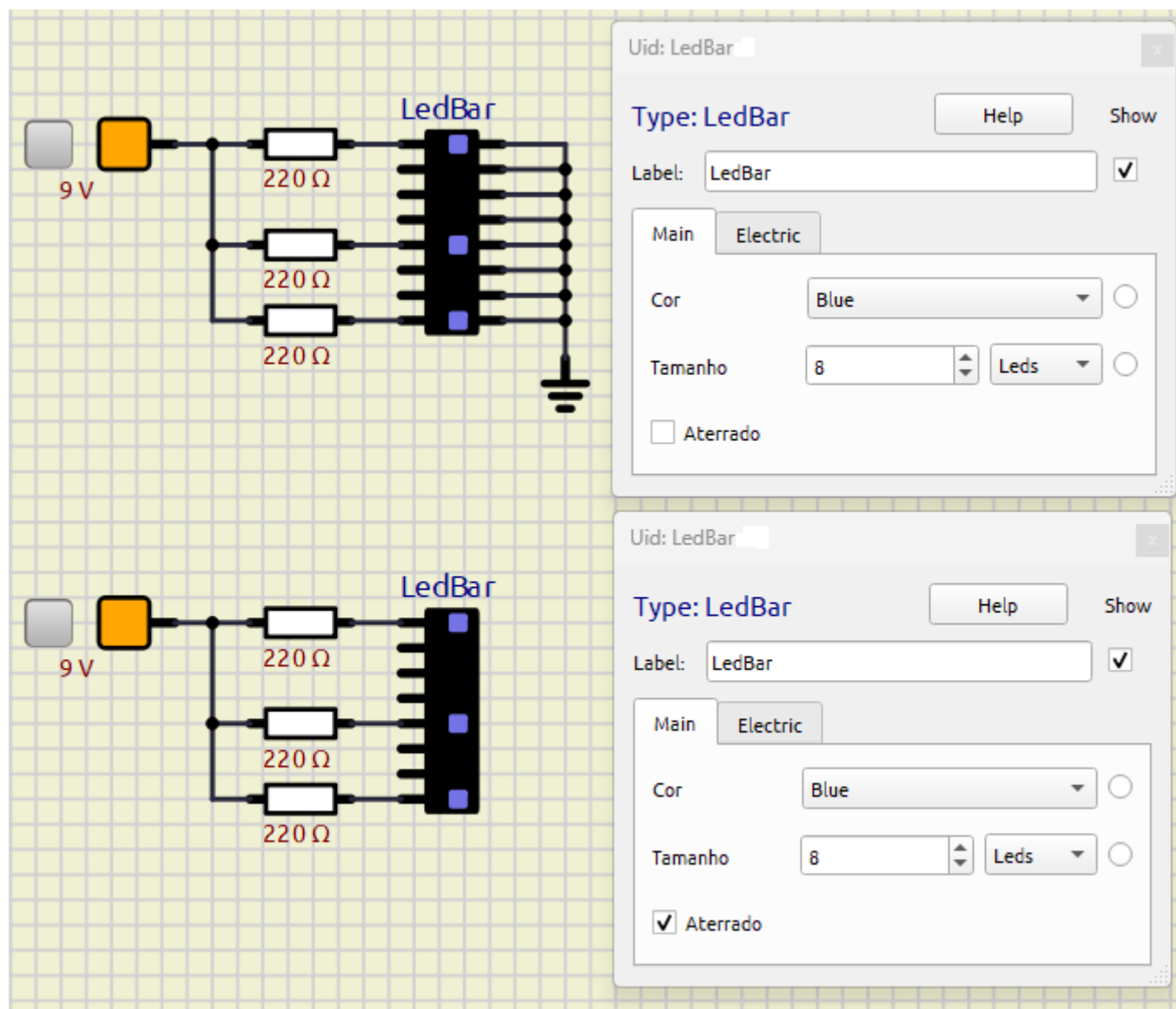
A figura abaixo mostra a opção com 4 LEDs.



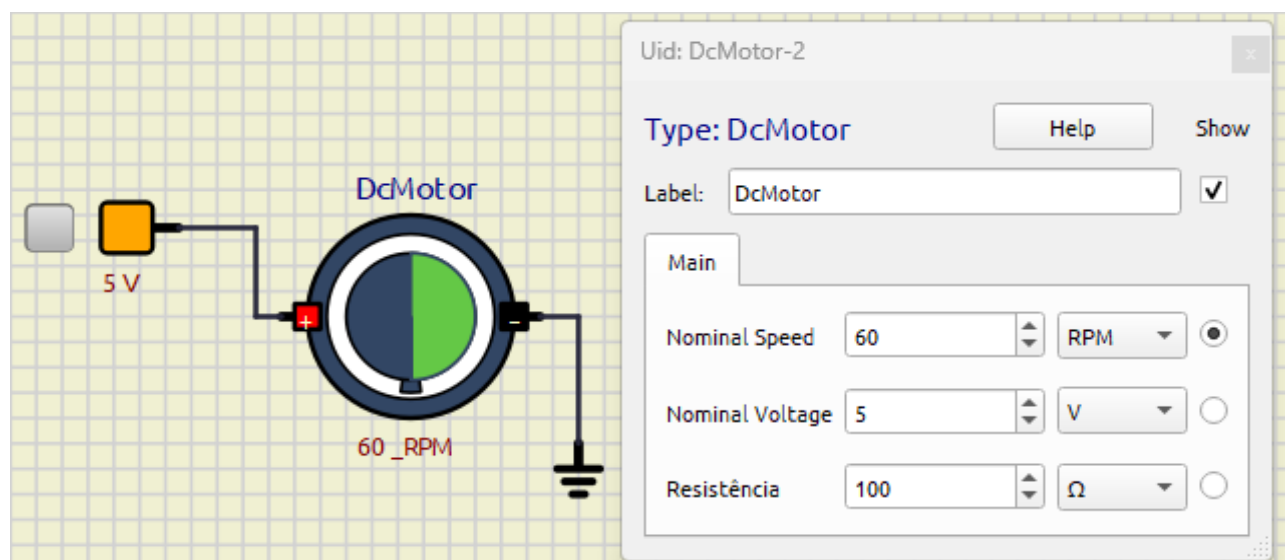
Cada LED é polarizado individualmente, sendo anodo (+) e catodo (-), podendo ser interligados internamente se a opção “Aterrado” for selecionada, conforme mostra a figura abaixo:



As figuras abaixo mostram exemplos com a opção "Aterrado" não selecionada e selecionada respectivamente:

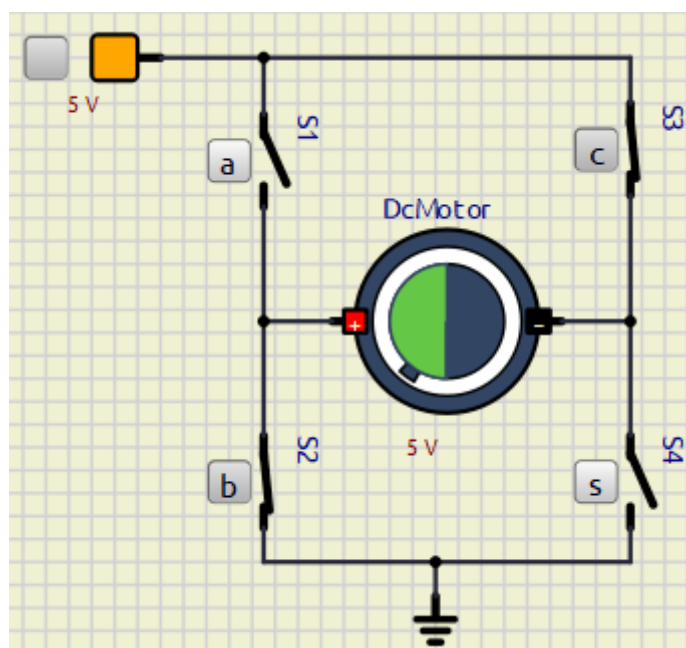
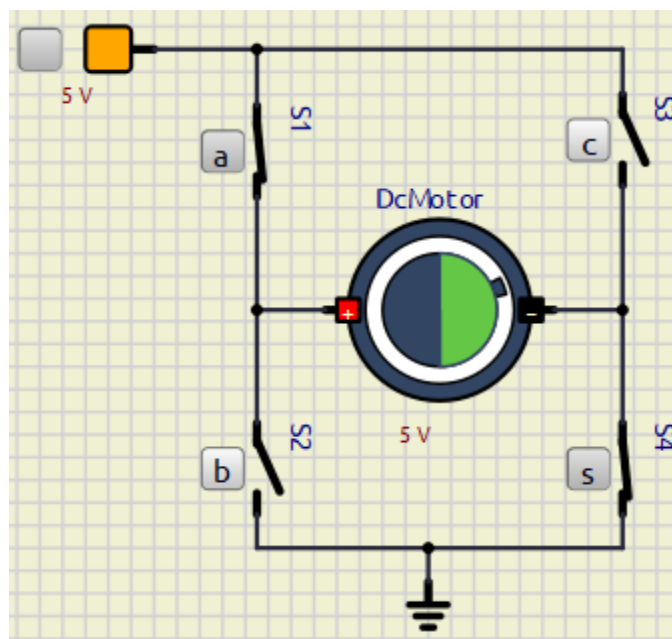


Motor DC (Dc Motor / DcMotor):



O guia "Main" permite selecionar as opções "Nominal Speed", "Nominal Voltage" e "Resistência", que por padrão do simulador vem configuradas como 60 RPM, 5V e 100Ω respectivamente.

A figura abaixo ilustra um motor DC em ponte H, onde através da comutação adequada é possível rotacioná-lo no sentido horário e anti-horário:

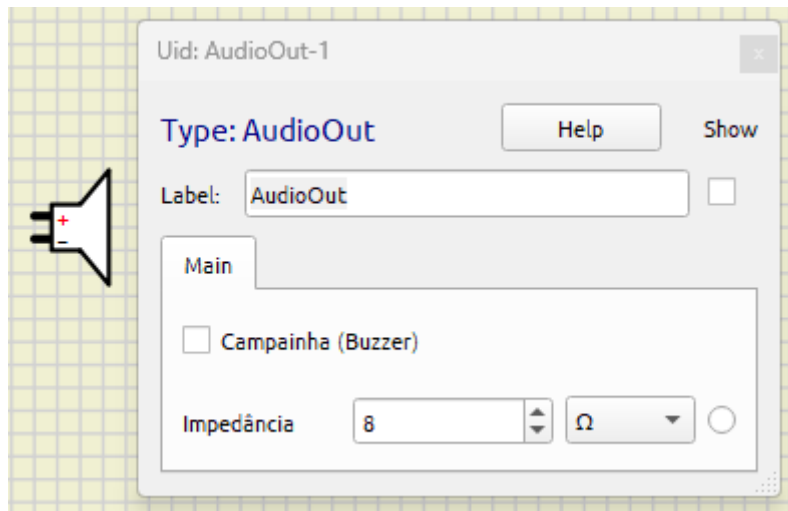


S1 e S4 fechadas / S2 e S3 abertas = sentido horário

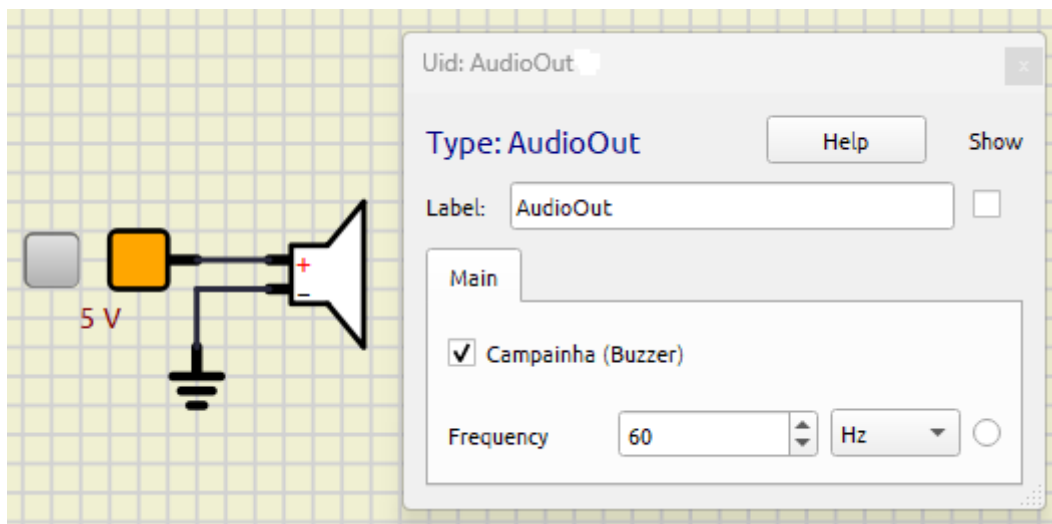
S1 e S4 abertas / S2 e S3 fechadas = sentido anti-horário

Saída de áudio (AudioOut):

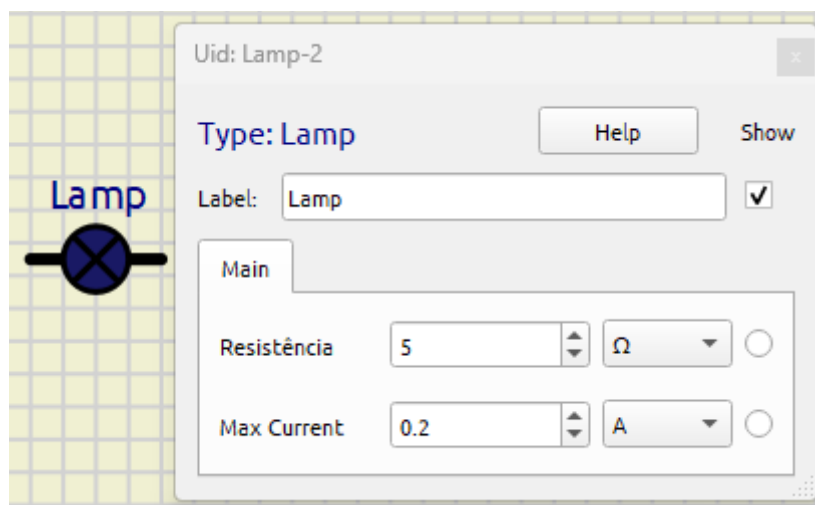
Este recurso permite simular auto falante permitindo selecionar a impedância desejada no caso de simulação de amplificadores de áudio.



A figura abaixo mostra o alto falante configurado para operar como Buzzer na opção “Campainha”.

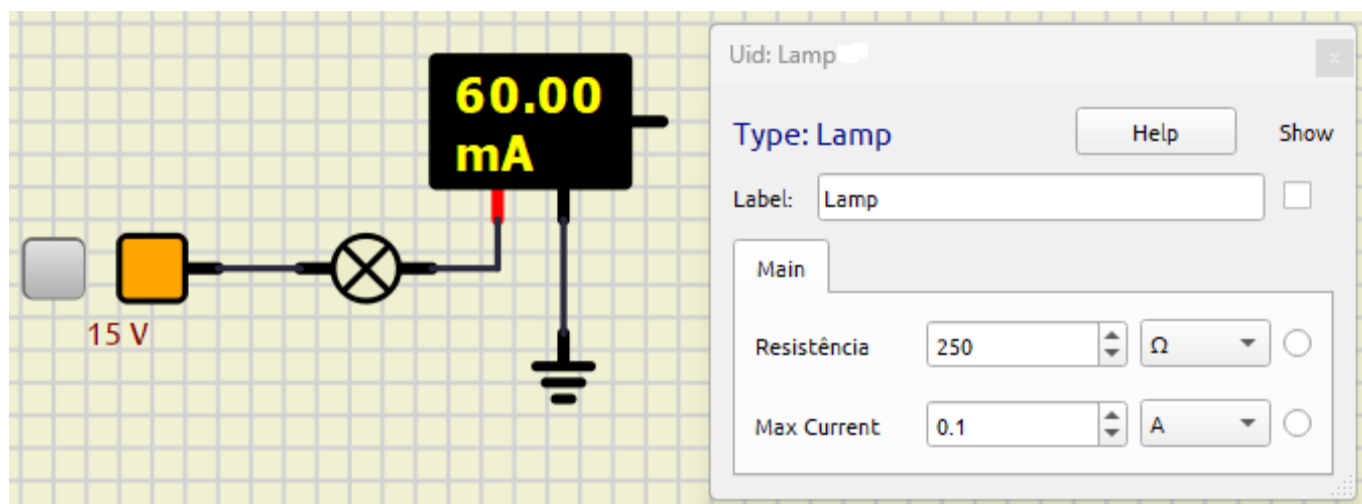


Lâmpada incandescente (Incandescent lamp / Lamp):



Permite a configuração e simulação de lâmpadas de filamento, onde as opções “Resistência” e “Max Current” permitem configurar as potências adequadas, a partir da aplicação da Lei de Ohm.

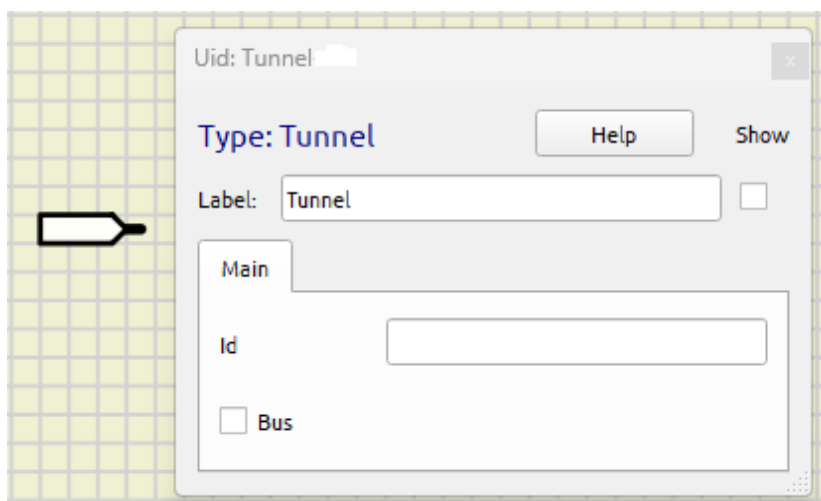
A figura a seguir mostra a simulação de uma lâmpada piloto, cuja corrente no filamento máxima é de 100mA, com alimentação de 15V.



Conectores (Connectors)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

Rótulo / Etiqueta (Tunnel):



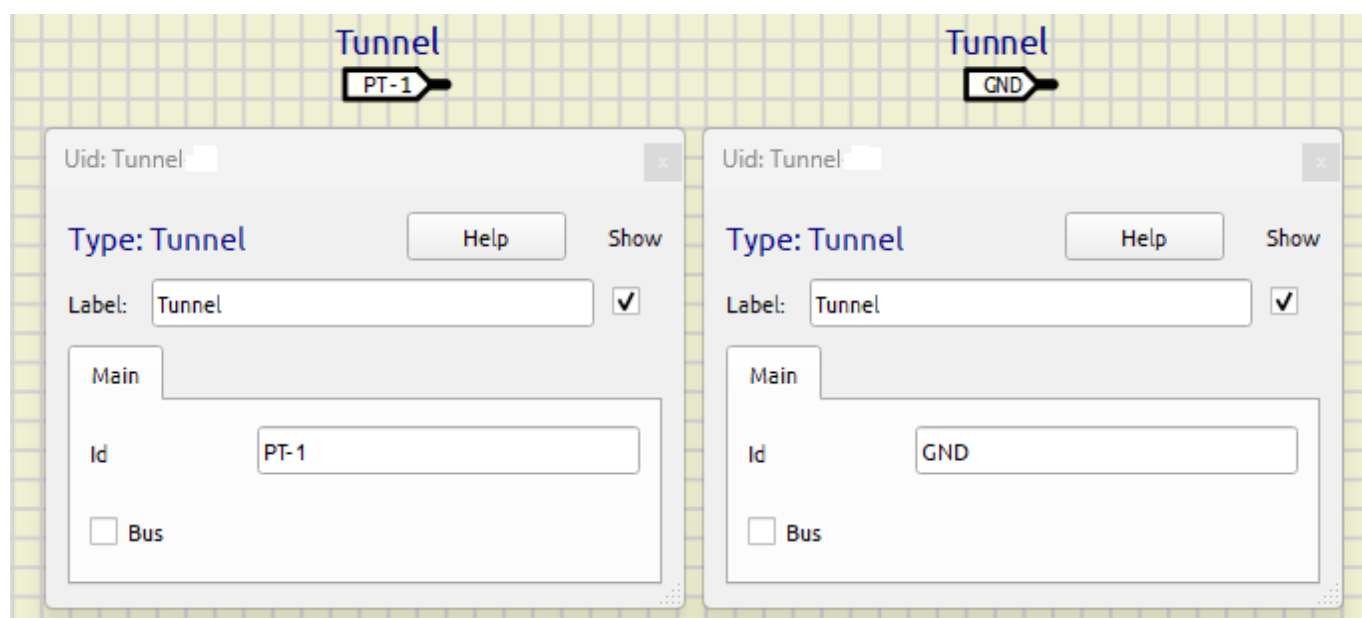
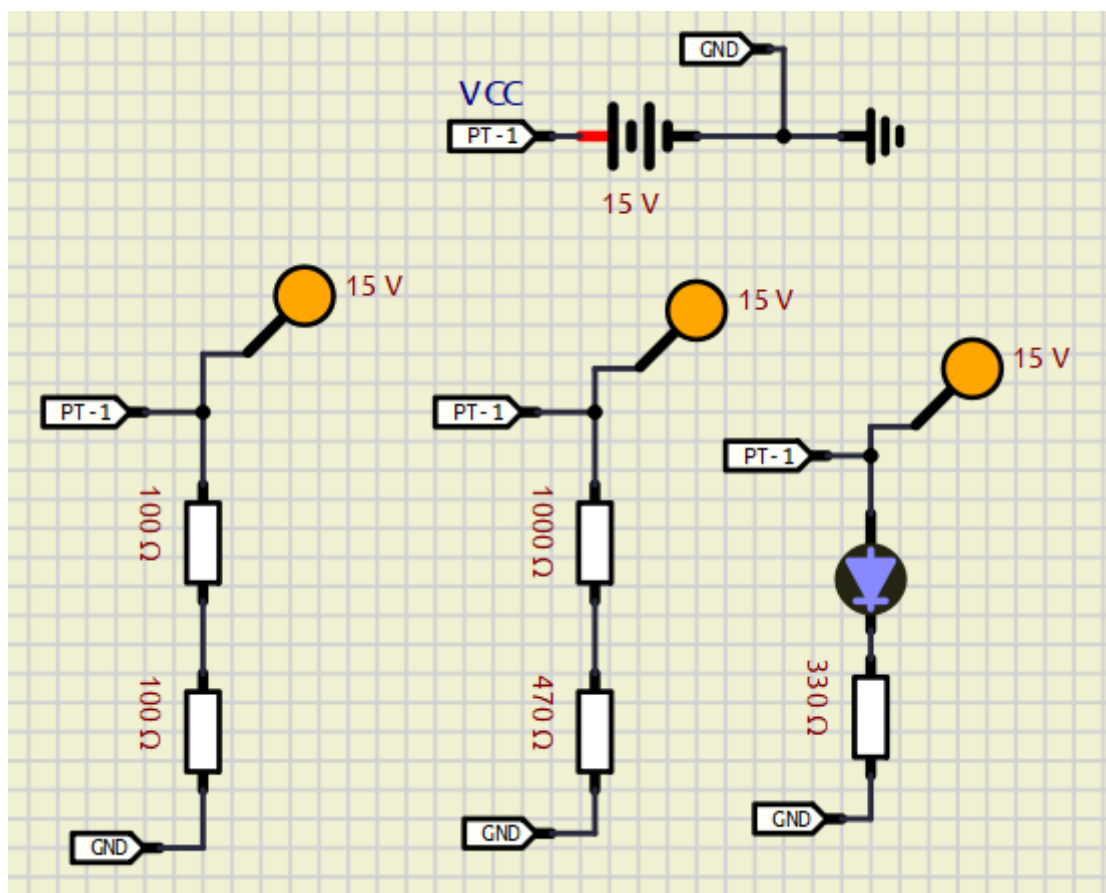
O conector "Tunnel" pode ser traduzido para o português como sendo rótulo ou etiqueta de pontos específicos de um circuito, podendo ser aplicado em qualquer parte do circuito.

Em esquemas mais complexos interliga qualquer ponto de do circuito sem a necessidade de desenhar linhas físicas, organizando assim as ligações sem a poluição visual, que muitas vezes dificulta a interpretação e análise.

Para isso é necessário que os rótulos ou etiquetas tenham exatamente o mesmo nome, criando assim uma interligação, sem necessidade de desenhar linhas físicas.

Pode ser utilizado em circuitos digitais e analógicos, porém, a opção "Bus" não deve ser marcada quando se tratar de circuitos analógicos, pois essa é uma opção típica para circuitos digitais.

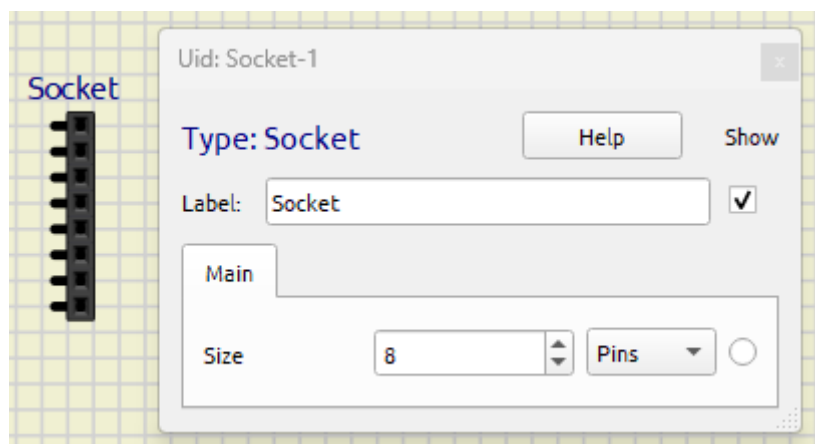
Veja abaixo um exemplo:



Soquete / Base (Socket):

Muito útil para otimizar conexões, como entrada e saída de sinal, alimentação, referencial, etc. concentrando as mesmas em um único barramento, permitindo agrupar componentes, simplificando as interligações entre os mesmos.

Na figura abaixo temos as propriedades de um soquete, onde podemos observar que na opção "Size", o mesmo pode ser redimensionado quanto a quantidade de pinos.



A figura abaixo ilustra um exemplo de aplicação:

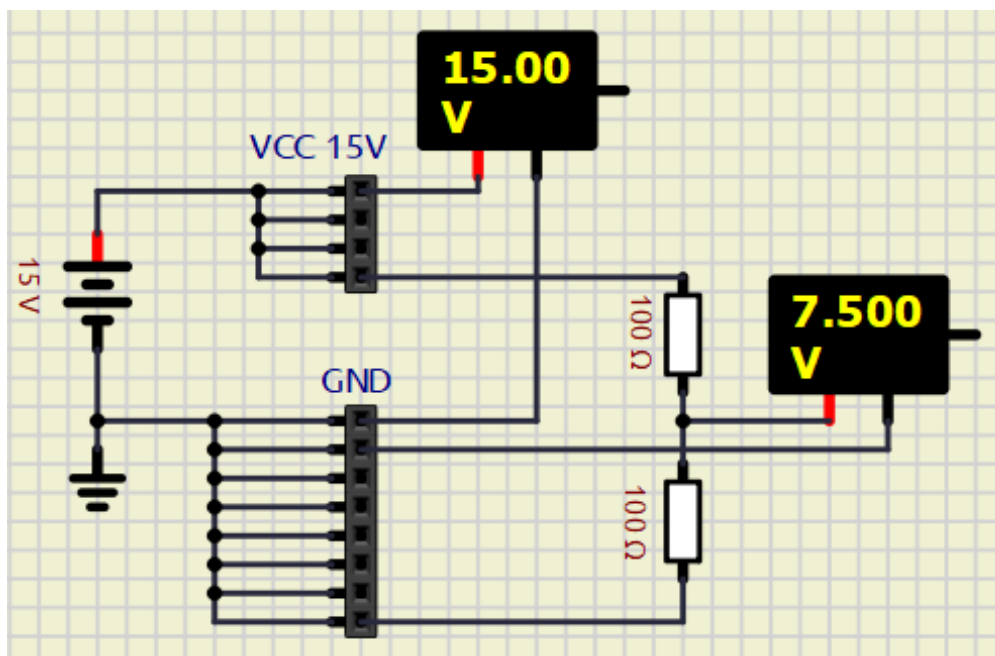


Gráfico (Graphical)

Para configurar as propriedades de cada componente, dar um duplo clique no ícone correspondente ou botão direito do mouse – propriedades.

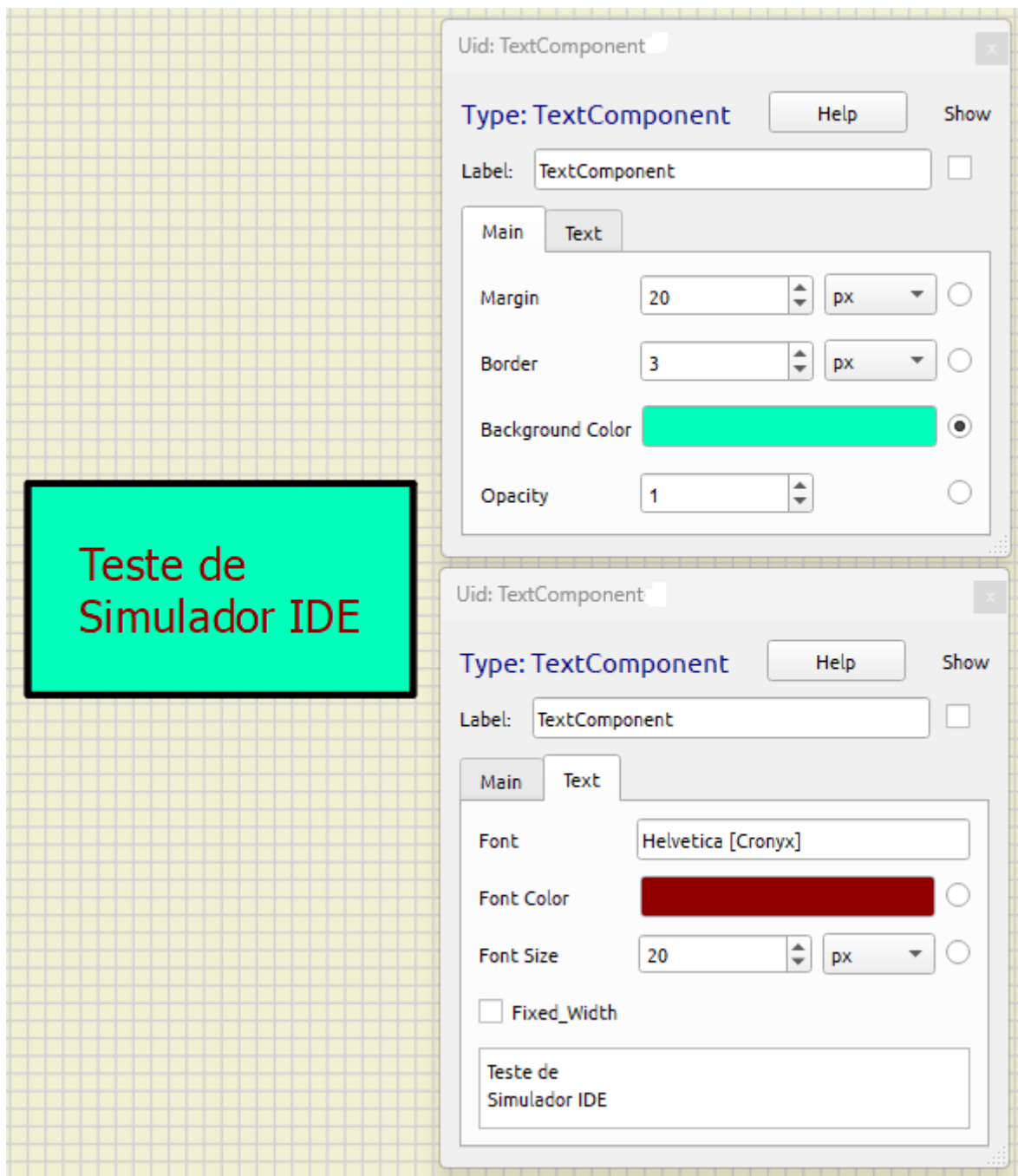
Texto (Text):

Permite identificar qualquer parte de um circuito, mostrando uma caixa de diálogo, que pode ser dimensionada quanto a largura e altura, permitindo também a personalização da cor de fundo e da cor do texto.

A figura a seguir mostra um exemplo no qual a borda "Border" foi ajustada em 3 pixels (px).

Em "Background Color" a cor de fundo foi configurada em verde e em "Font Color" a cor da fonte foi configurada em marrom. Quando a opção "Opacity" for ajustada em "0", a cor de fundo será desativada, permanecendo somente as bordas.

Resumindo: esses ajustes podem ser personalizados com outras dimensões e cores.

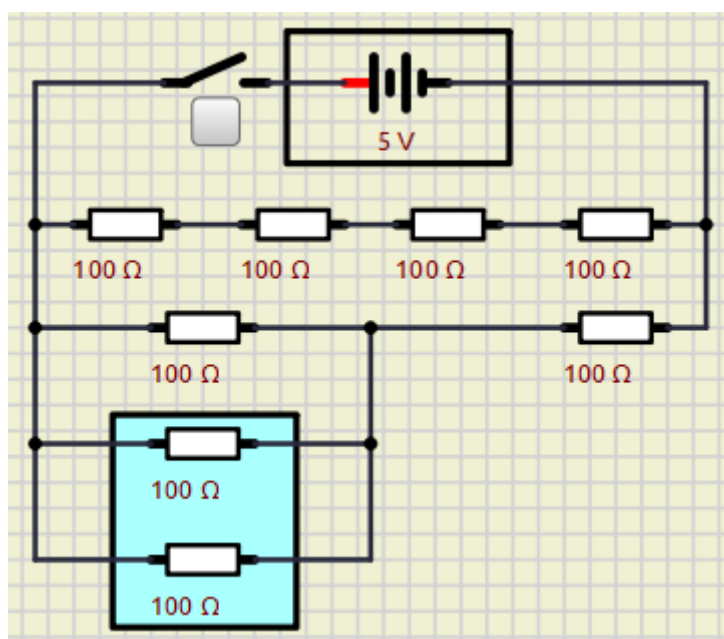
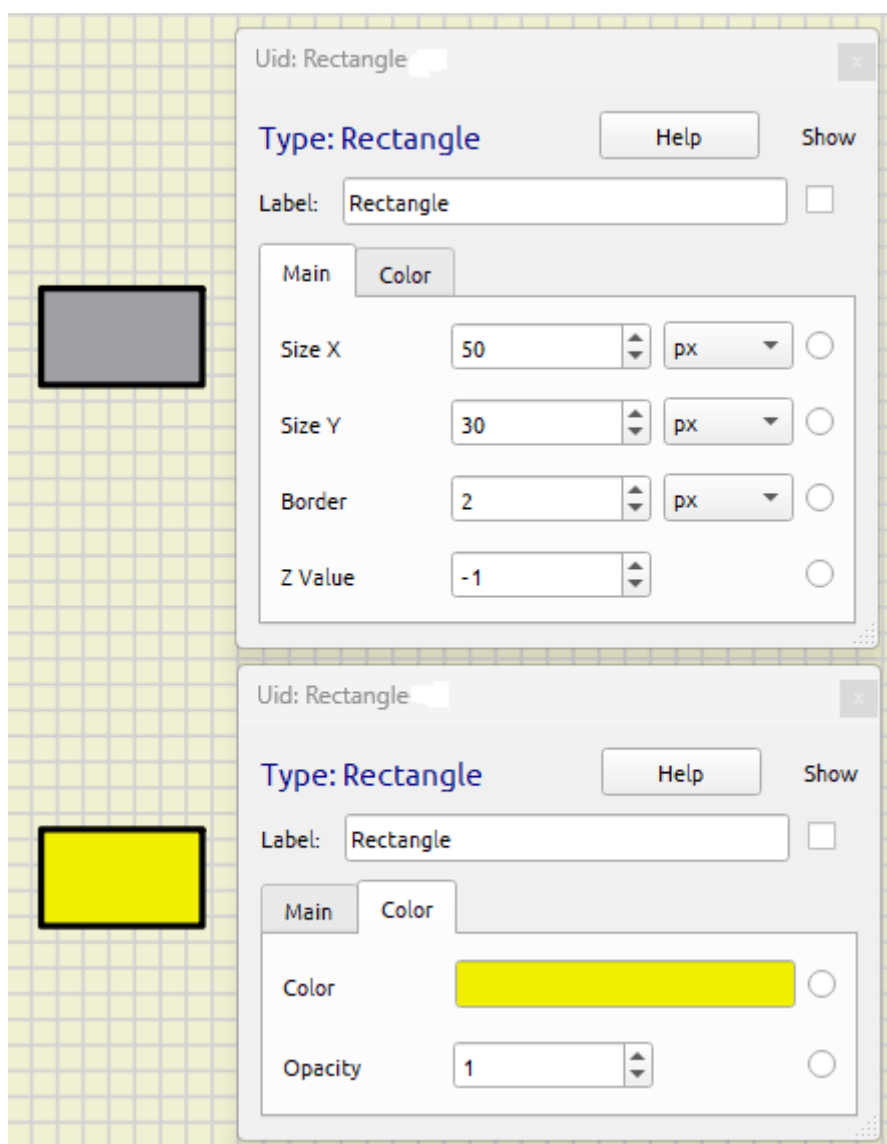


Retângulo (Rectangle):

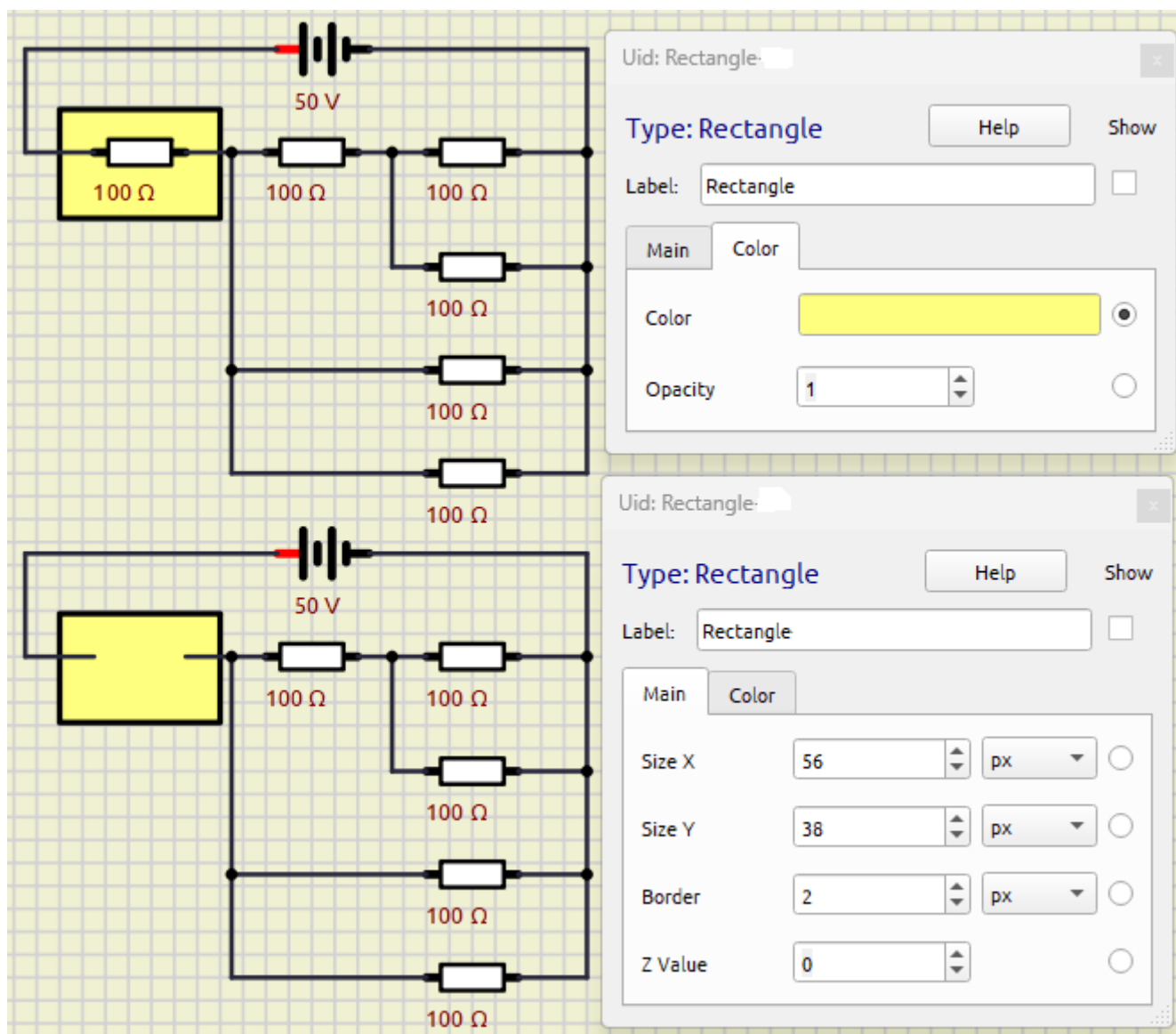
Permite criar destaques em áreas ou pontos estratégicos de um circuito, como por exemplo, grupo de componentes. As opções "Size X" e "Size Y" permitem personalizar a área desejada associada à opção "Border" que define a espessura da mesma. Se os valores de "Size X" e "Size Y" forem iguais, teremos um quadrado.

A opção "Z Value" define a sobreposição de um objeto em relação a outro e a configuração padrão é "-1".

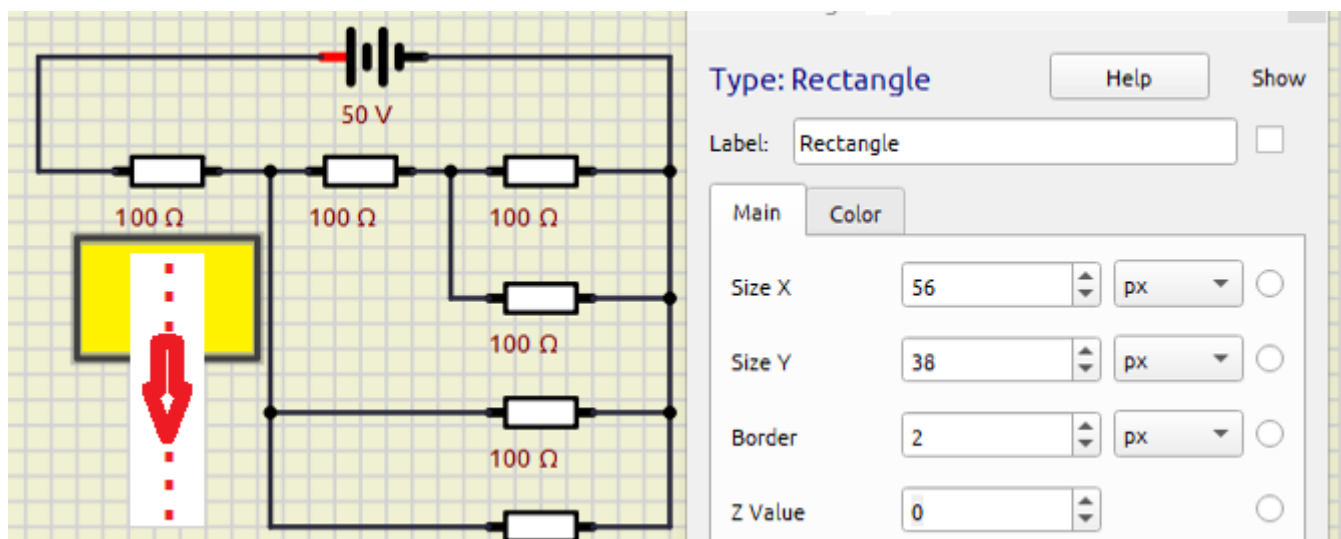
A opção "Color" permite ajustar a cor de fundo desejada, desde que "Opacity" esteja ajustada em 1, caso contrário, se ajustada em 0, somente as bordas ficarão visíveis.



A figura abaixo ilustra um exemplo de aplicação com a opção "Z Value" ajustada em "0":



A simulação ocorre normalmente, porém o componente fica invisível, coberto pelo triângulo.

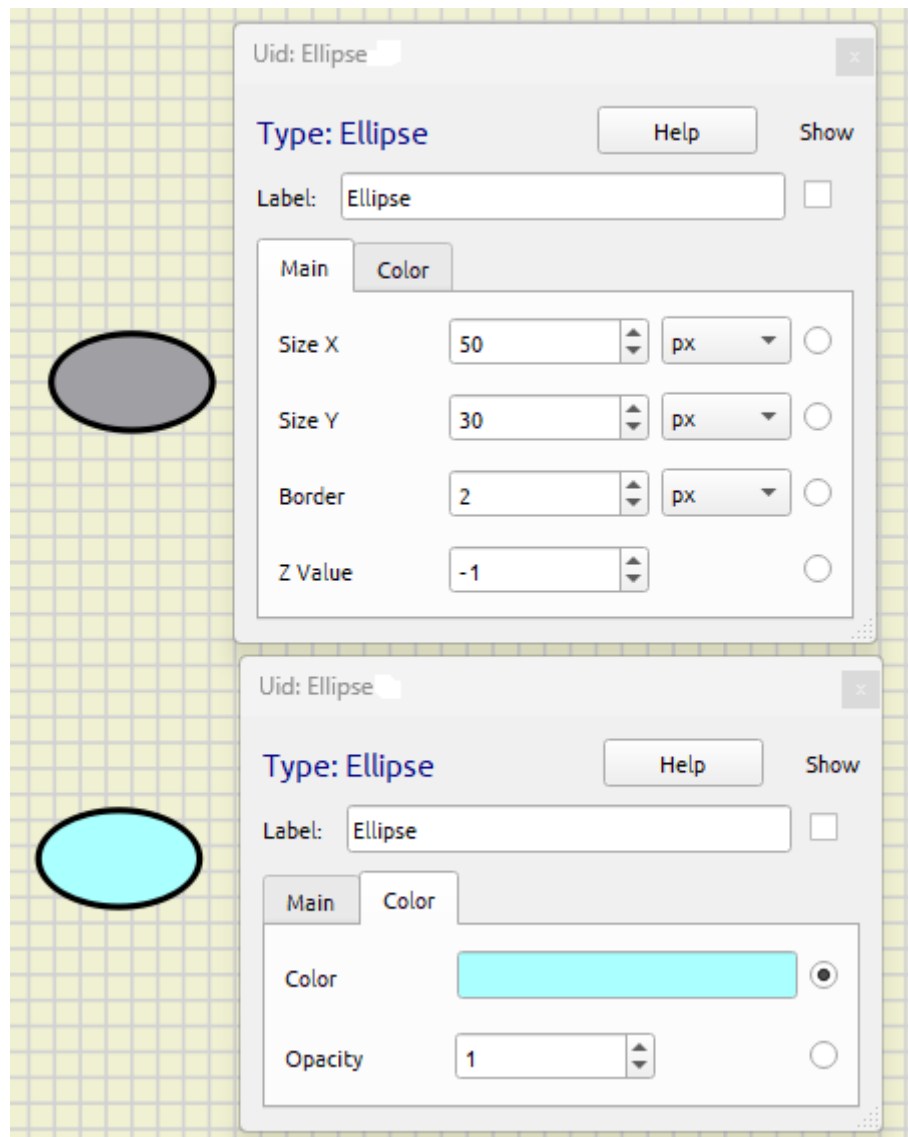


Ellipse (Ellipse):

Permite criar destaques em áreas ou pontos estratégicos de um circuito, como por exemplo, grupo de componentes. As opções "Size X" e "Size Y" permitem personalizar a área desejada associada à opção "Border" que define a espessura da mesma.

Se os valores de "Size X" e "Size Y" forem iguais, teremos um círculo.

Resumindo: as configurações são idênticas ao retângulo, diferindo apenas no formato geométrico:

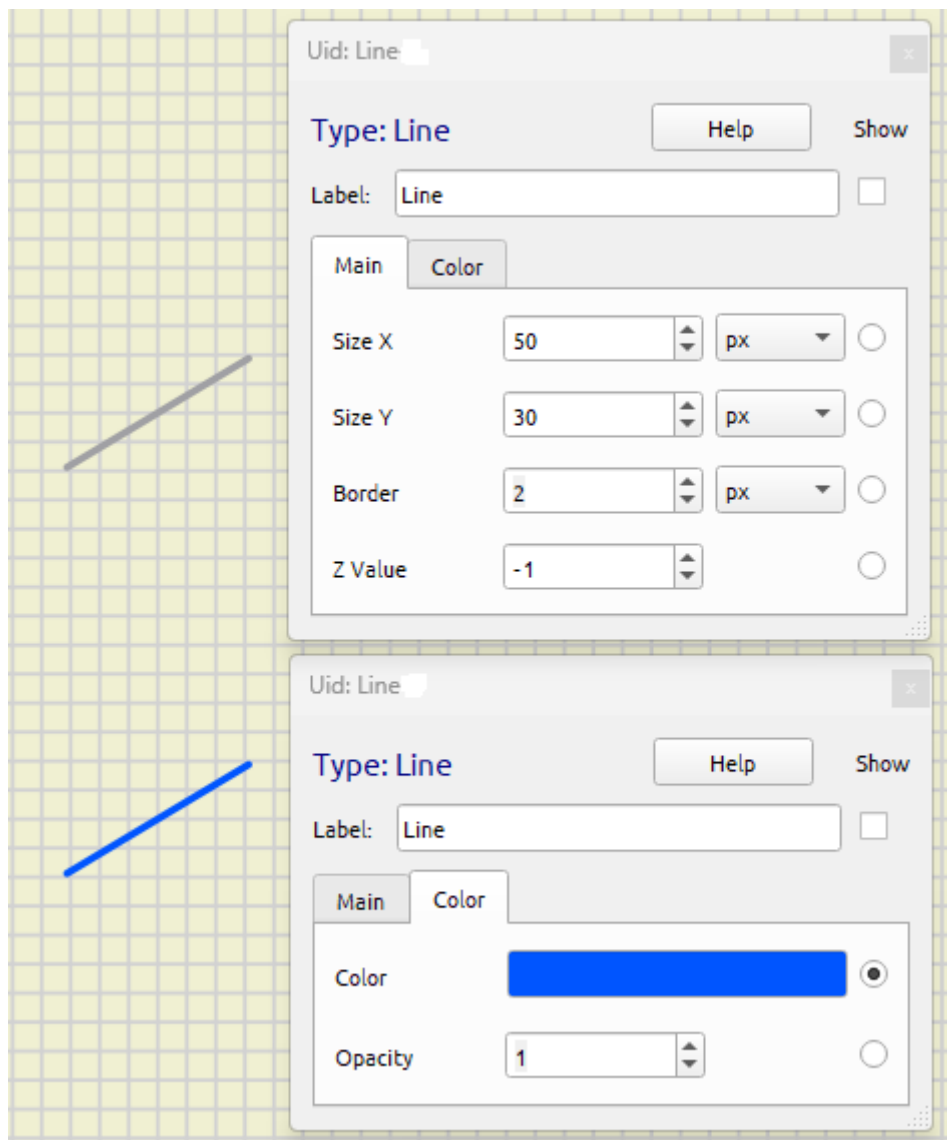


Linha (Line):

A aplicação principal é adicionar linhas retas verticais, horizontais ou diagonais na área de trabalho.

A principal utilização quando necessário, é separar blocos ou seções de um circuito mais complexo, permitindo personalizar espessura, cor, comprimento, etc.

Resumindo: a principal utilidade é tornar o visual de um diagrama esquemático mais compreensível e atrativo.



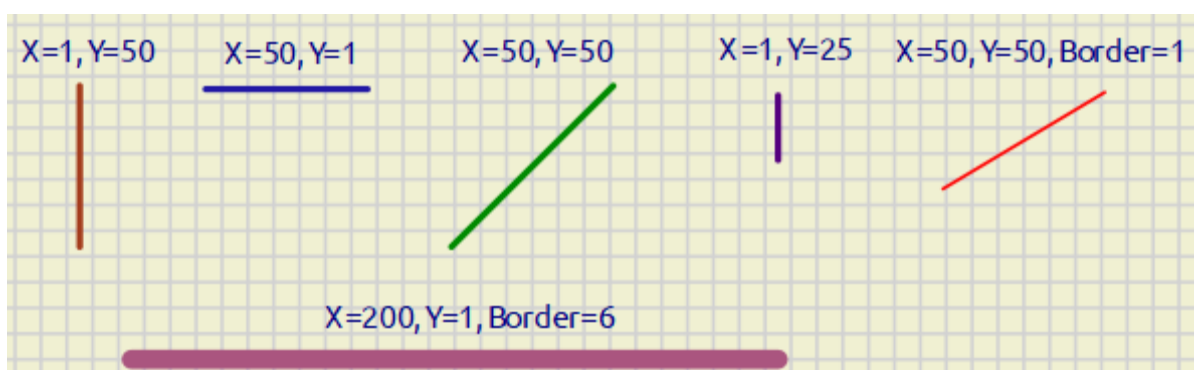
As opções "Size X" e "Size Y" determinam comprimento e inclinação da linha.

Por padrão do simulador, a opção "Border" = 2. Assim:

a) quando $X = 50$ e $Y = 1$, teremos uma linha reta horizontal, onde X configura o comprimento ou extensão.

b) quando $X = 1$ e $Y = 50$, teremos uma linha reta vertical, onde Y configura a comprimento ou extensão.

Veja alguns exemplos de configuração a seguir:



ÍNDICE

PARTE I - Eletrônica Analógica

DESCRIÇÃO	PÁGINA
MEDIDORES (Meters)	
Terminal de prova (Probe)	03
Voltímetro (Voltmeter)	03
Amperímetro (Ampmeter - Amperimeter)	04
Frequencímetro (Frequency Meter - FreqMeter)	04
Osciloscópio (Oscope)	04
FONTES (Sources)	
Fonte de tensão fixa	06
Gerador de sinais / onda (Wave Generator / WaveGen)	06
Fonte de Tensão (Voltage Source)	08
Fonte de corrente (Current Source)	09
Fonte controlada (Controlled Source / Csource)	10
Fonte de corrente fixa	13
Fonte de tensão fixa	13
Bateria (Battery)	13
Linha de alimentação (Rail)	14
Terra (Ground)	14
Interruptores (Switches)	
Botão (Push)	15
Chave (Switch)	16
Chave DIP (SwitchDIP)	18
Relê (RelaySPST)	20
Passivo (Passive)	
Resistor	22
Resistor em encapsulamento DIP (ResistorDIP)	22
Potenciômetro (Potentiometer)	24
Resistor variável (Variable Resistor / VarResistor)	25
LDR	26
Termistor (Thermistor / NTC)	28
Detetor de temperatura (RTD / PTC)	31
Medidor de força (Force Strain Gauge / Strain)	33
Capacitor fixo (Capacitor)	35
Capacitor eletrolítico (elCapacitor)	36
Indutores (Inductor)	36
Transformador (Transformer)	37
Transformador ideal (0,999)	40
Transformador com perda no núcleo (0,5)	41
Ativo (Active)	
Diodo (Diode)	42
Diodo zener (Zener Diode / Zener)	45
SCR (Silicon Controlled Rectifier)	46
Diac (Diode for Alternating Current)	47

Triac (Triode for Alternating Current)	47
Mosfet (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor)	48
Transistor de junção bipolar (BJT /Bipolar Junction Transistor)	50
Amplificador operacional (opAmp)	51
Regulador de tensão (VoltReg)	52
Saídas (Outputs)	
LED (Light Emitting Diode / Led)	53
LED RGB (LedRgb)	55
Barra de LEDs (LedBar)	57
Motor DC (Dc Motor / DcMotor)	58
Saída de áudio (AudioOut)	59
Lâmpada incandescente (Incandescent lamp / Lamp)	60
Conectores (Connectors)	
Rótulo / Etiqueta (Tunnel)	61
Soquete / Base (Socket)	62
Gráfico (Graphical)	
Texto (Text)	63
Retângulo (Rectangle)	64
Elipse (Ellipse)	67
Linha (Line)	67