

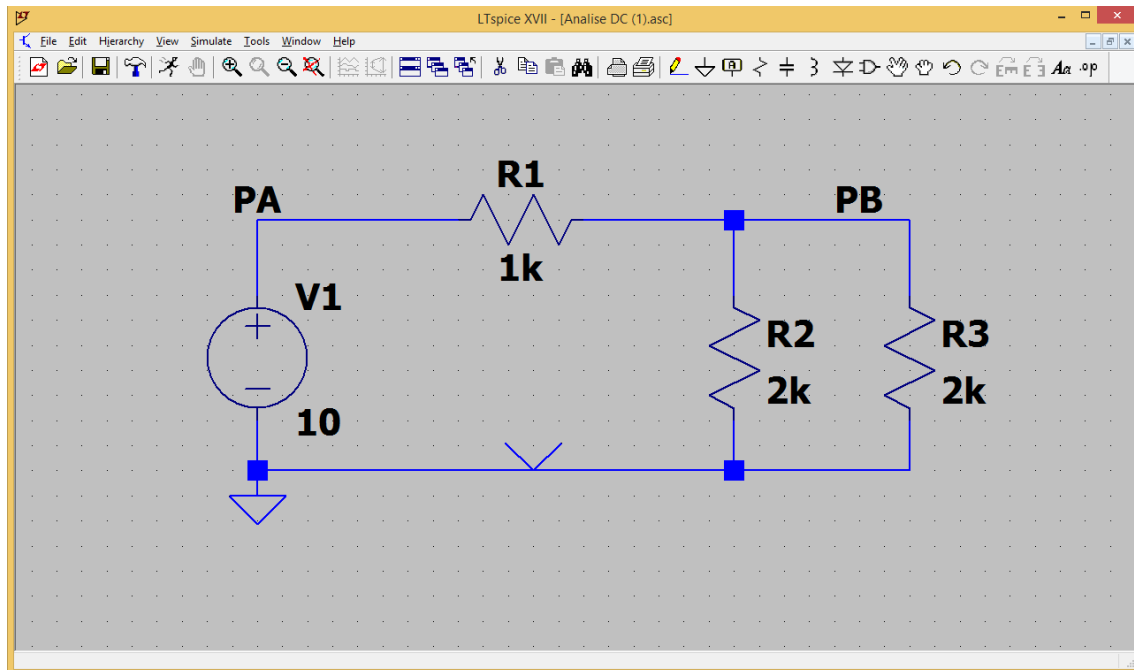
Analise DC de Ponto de Operação no LTspice

Beleza pessoal! Vamos continuar nossa série aprendendo um pouco mais sobre o LTspice. Nesse post vamos explorar um pouco mais a análise DC de ponto de operação do circuito.

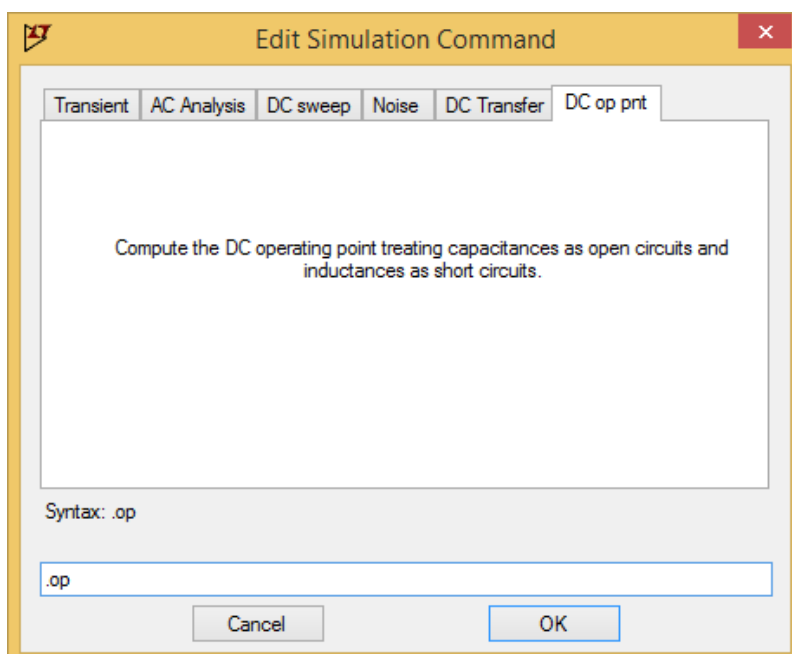
O LTspice tem muito recursos para serem aplicados nas análises de circuito, então, vamos aprende-los para melhorarmos nossa performance de análise.

O Esquemático

Monte o circuito a seguir. Se necessário consulte artigos anteriores para entender o básico de como montar circuitos no LTspice.

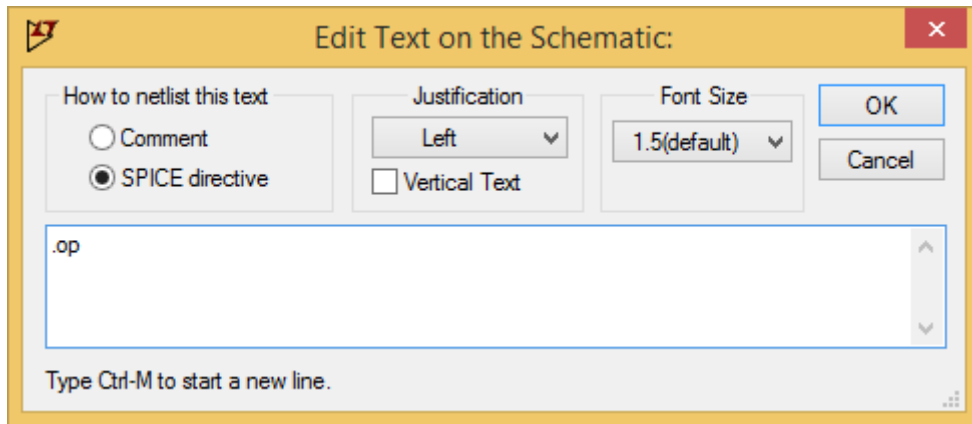


Apliquei alguns rótulos nos nós do circuito (PA, PB e COM). Ainda não foi escolhido o tipo de análise DC que vamos fazer. No menu [Simulate] selecione a opção [Edit Simulation Cmd].

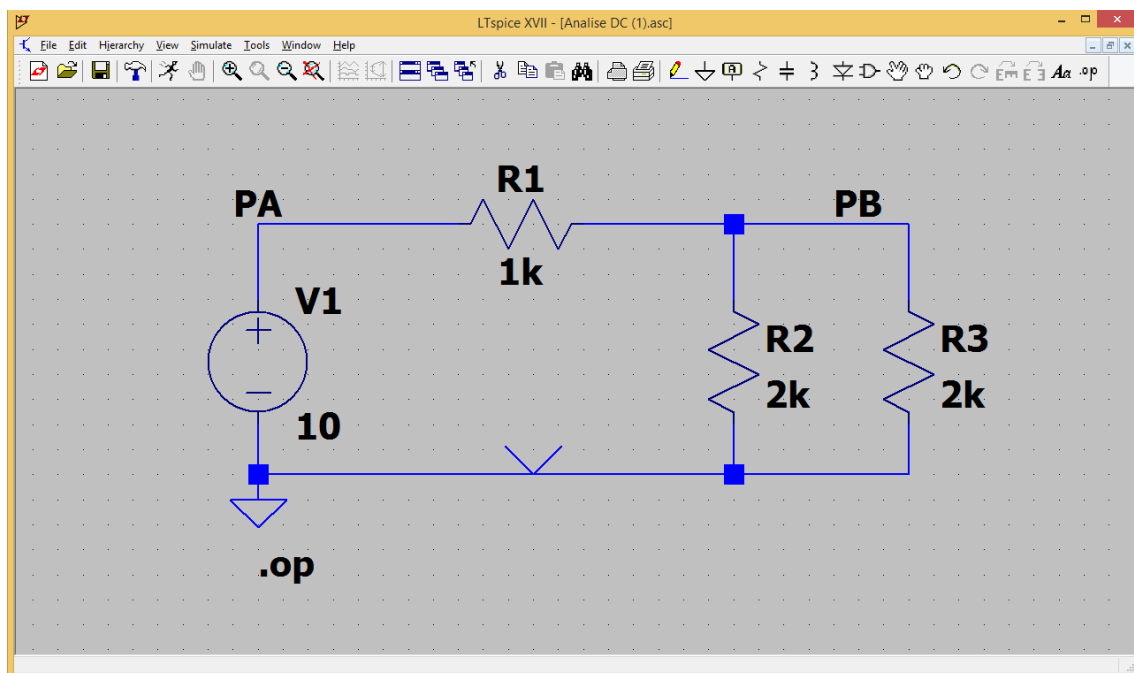


Selecione a aba [DC op pnt] e automaticamente o LTspice insere a Diretiva Spice '.op' indicando que estamos selecionando a analise DC de Ponto de Operação. Clique no botão [OK], arraste e cole a Diretiva Spice no esquemático.

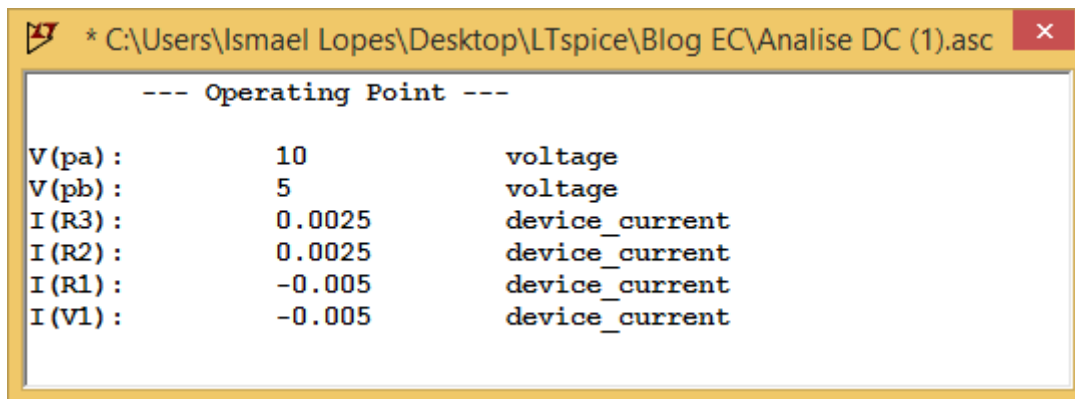
Outra opção de selecionar essa analise DC seria na barra de ferramentas, clicar no botão [SPICE Directive] e digitar '.op'. Depois clique no botão [OK], arraste e cole a Diretiva Spice no esquemático.



Esquemático pronto e tipo de análise DC '.op' configurada



Vamos Simular!

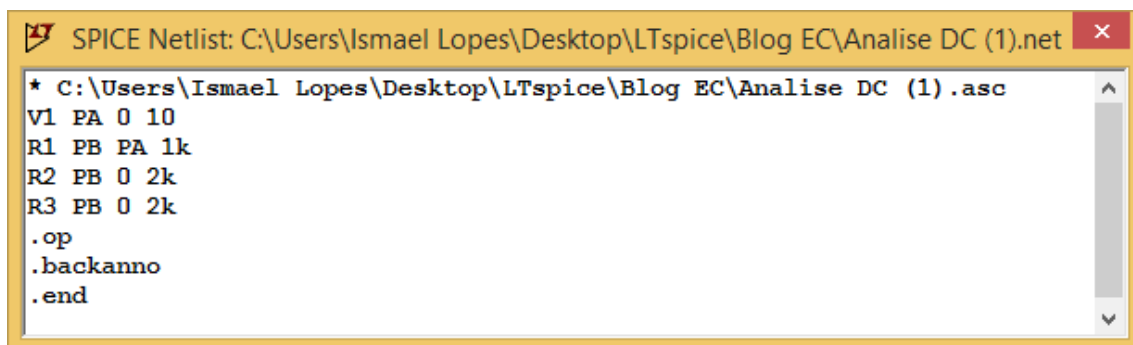


```
--- Operating Point ---  
  
V(pa) :      10      voltage  
V(pb) :       5      voltage  
I(R3) :      0.0025   device_current  
I(R2) :      0.0025   device_current  
I(R1) :     -0.005     device_current  
I(V1) :     -0.005     device_current
```

Os pontos de operação DC do circuito serão mostrados.

Também vamos ver a Netlist do circuito

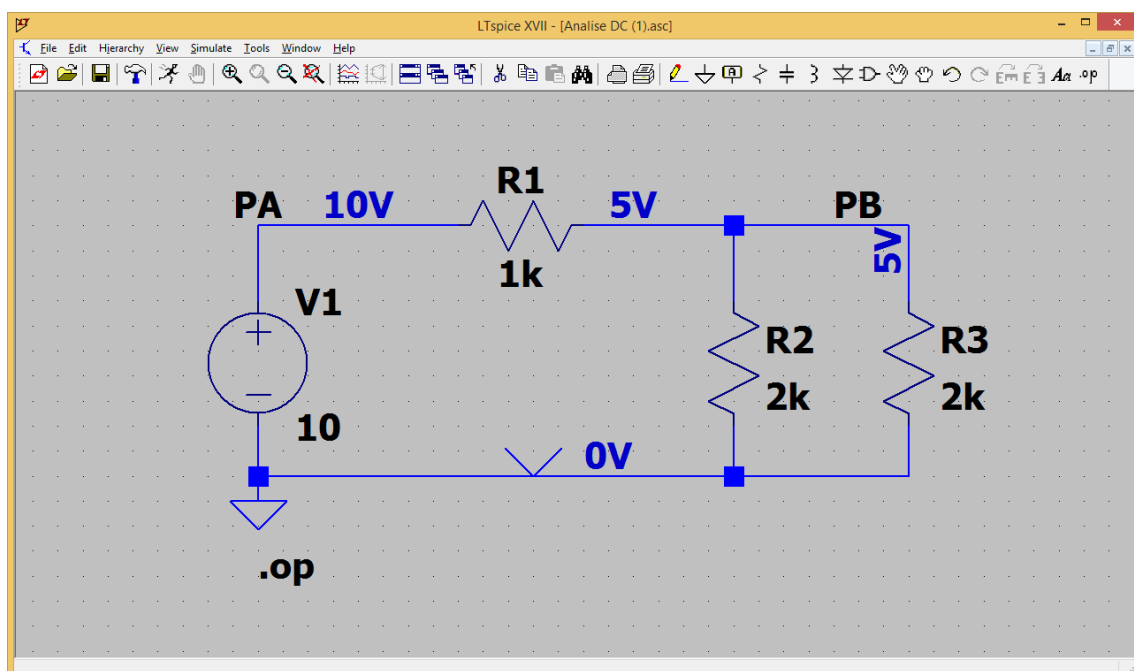
No menu [View] selecione a opção [SPICE Netlist].



```
SPICE Netlist: C:\Users\Ismael Lopes\Desktop\LTspice\Blog EC\Analise DC (1).net  
  
* C:\Users\Ismael Lopes\Desktop\LTspice\Blog EC\Analise DC (1).asc  
V1 PA 0 10  
R1 PB PA 1k  
R2 PB 0 2k  
R3 PB 0 2k  
.op  
.backanno  
.end
```

Uma visão geral do circuito é descrita na linguagem SPICE, e também as Diretivas Spice de análise são mostradas.

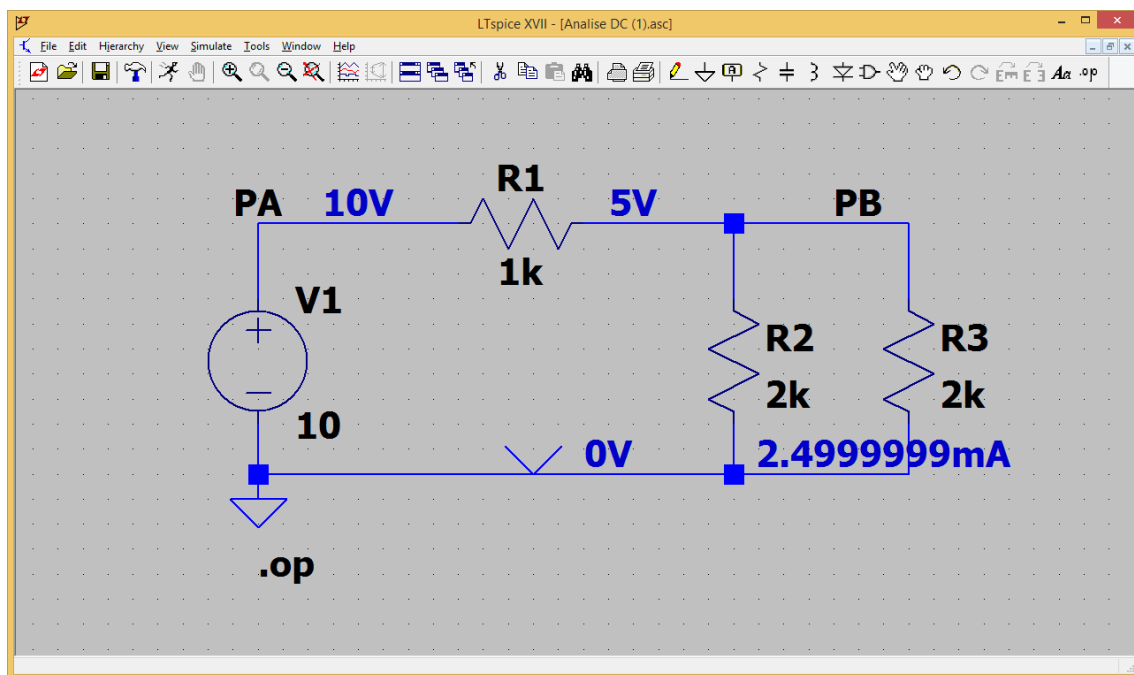
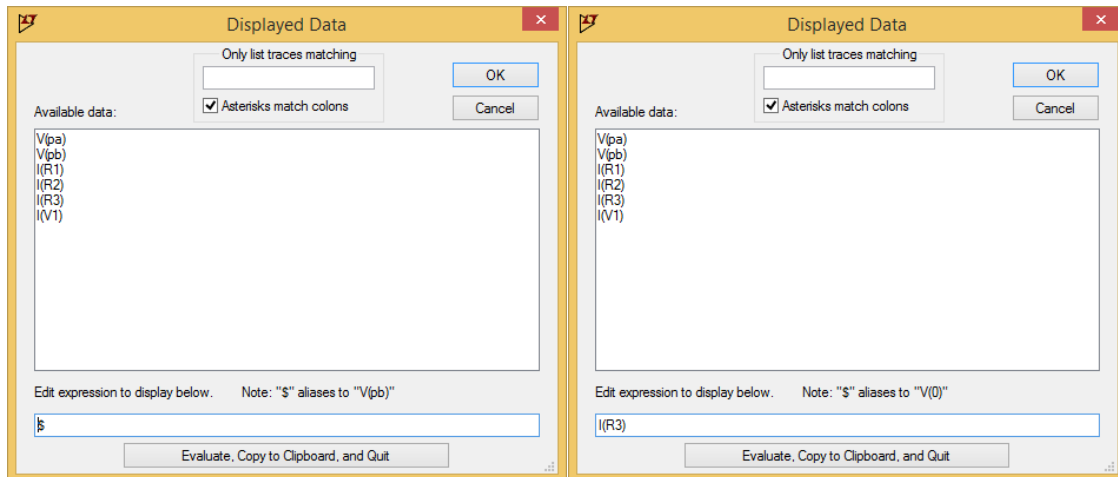
Outros Recursos da Análise de Ponto de Operação '.op'



Depois que rodou a simulação, se você aproximar o ponteiro do mouse sobre os fios de conexões do circuito, na barra de status é mostrado as medições de tensões nesses pontos.

Se der duplo clique com o botão esquerdo do mouse sobre os fios, a tensão nesses fios se torna rótulos.

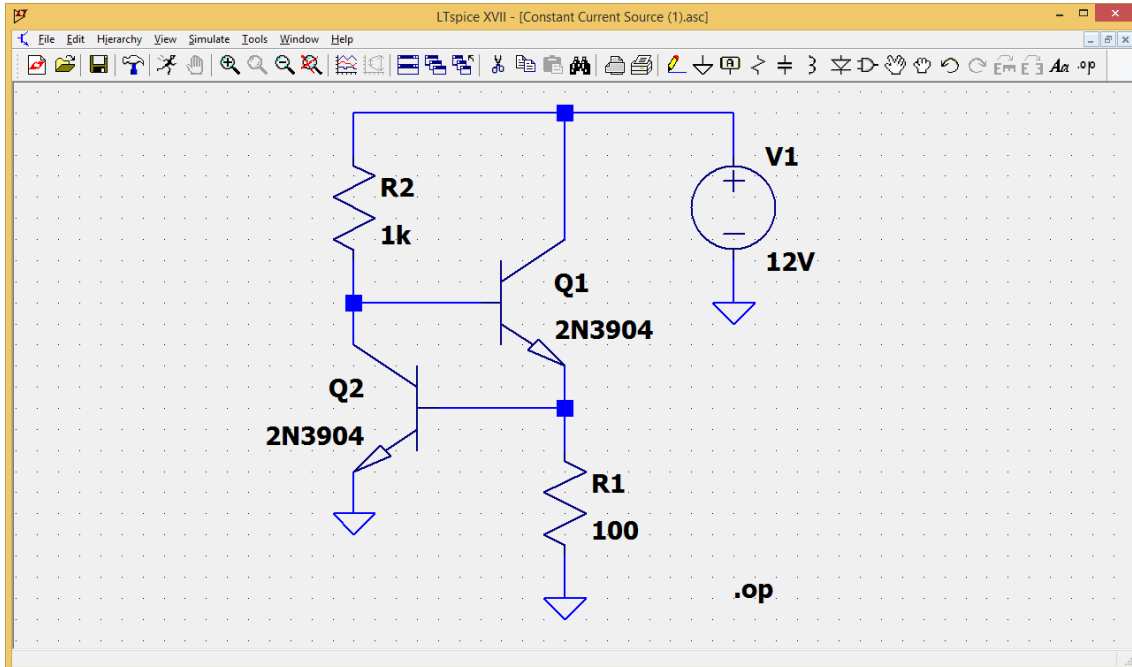
Para mudar os rótulos de valor de tensão para corrente. Clique com o botão direito do mouse sobre um rótulo de tensão e a seguinte janela será mostrada. Substitua o '\$' pela expressão que representa o rótulo de corrente naquele ponto, por exemplo, 'I(R3)'. Depois clique no botão [OK].



Outro recurso sensacional!

Monte o circuito a seguir. É uma fonte de corrente.

Simule o circuito e observe a corrente no coletor de Q₁, conforme dados do ponto de operação.



$I_{CQ1} = 7,19 \text{ [mA]}$

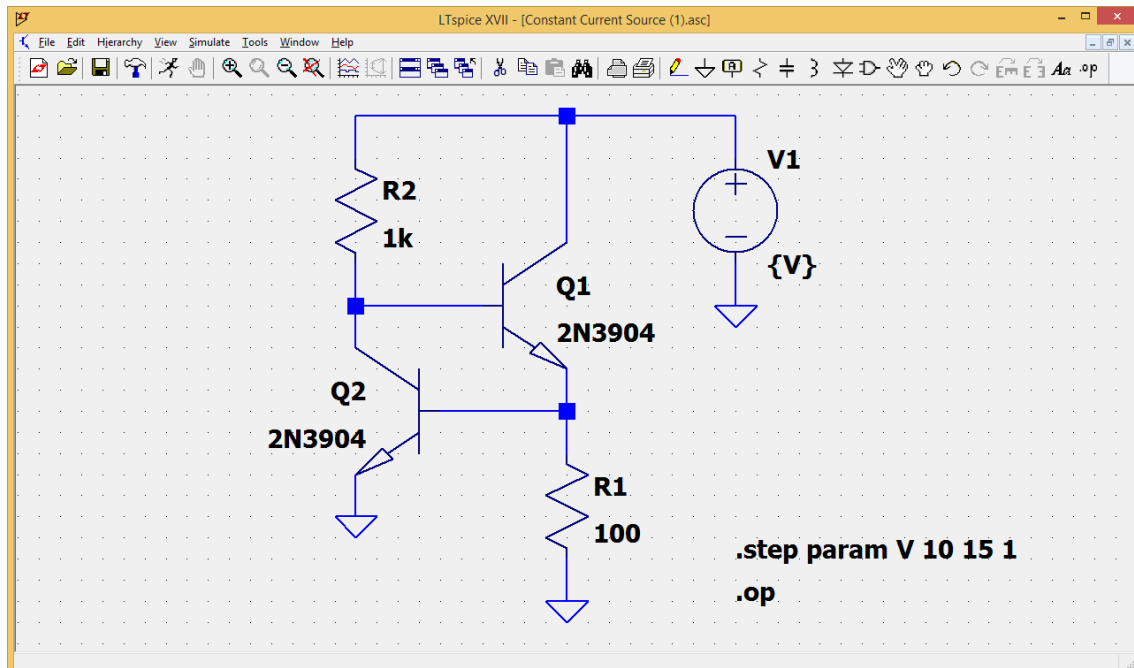
The screenshot shows the 'Operating Point' window from the LTspice simulation. It displays a table of electrical parameters for the circuit components.

--- Operating Point ---		
V(n001) :	12	voltage
V(n002) :	1.4235	voltage
V(n003) :	0.718334	voltage
Ic(Q2) :	0.0105545	device_current
Ib(Q2) :	3.58506e-005	device_current
Ie(Q2) :	-0.0105903	device_current
Ic(Q1) :	0.00719715	device_current
Ib(Q1) :	2.20484e-005	device_current
Ie(Q1) :	-0.0072192	device_current
I(R2) :	0.0105765	device_current
I(R1) :	0.00718335	device_current
I(V1) :	-0.0177736	device_current

Até aqui vimos que a análise de ponto de operação fornece um relatório com todas as medições de tensões e correntes do circuito.

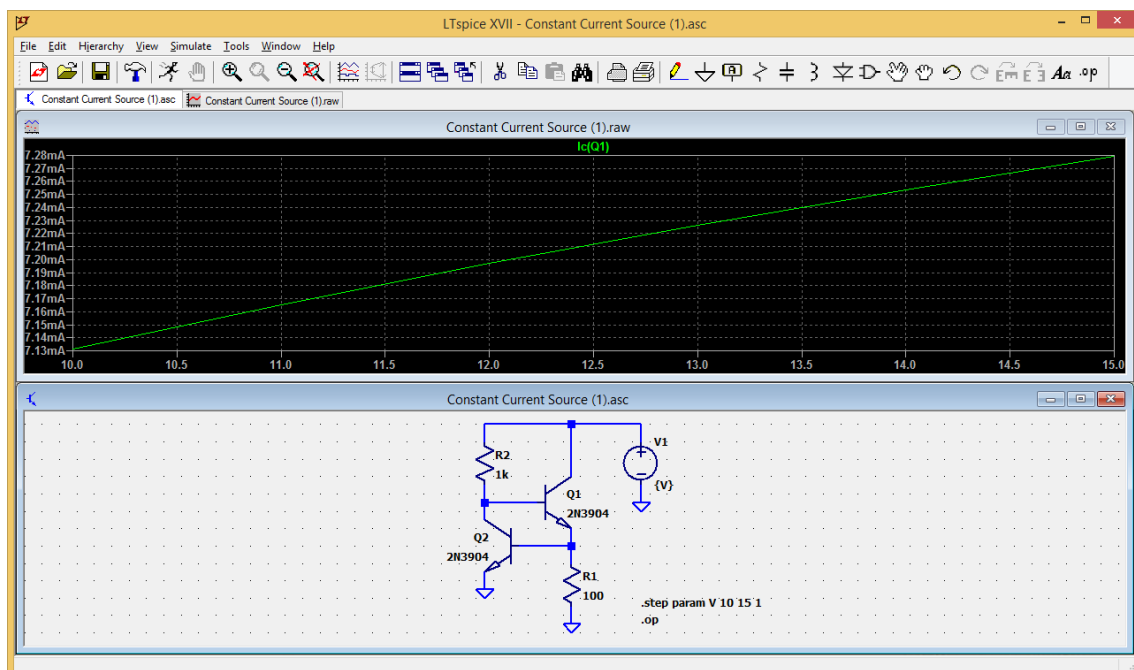
Mas, se quisermos variar a fonte de alimentação de 10 Volts a 15 Volts, e avaliar se realmente a corrente no coletor de Q₁ permanece estável. Como faríamos nesse tipo de análise.

Apenas inclua a Diretiva Spice '`.step param V 10 15 1`', clicando no botão [SPICE Directive], na barra de ferramentas, e modifique o valor da fonte de tensão para '{V}', conforme mostrado a seguir.



Simule o circuito e meça a corrente no terminal coletor de Q₁, aproximando o ponteiro do mouse no coletor de Q₁ até que o ponteiro vire um alicate amperímetro, então, clique nesse ponto. O LTspice variará a fonte de alimentação de 10V à 15V, com incremento de 1V.

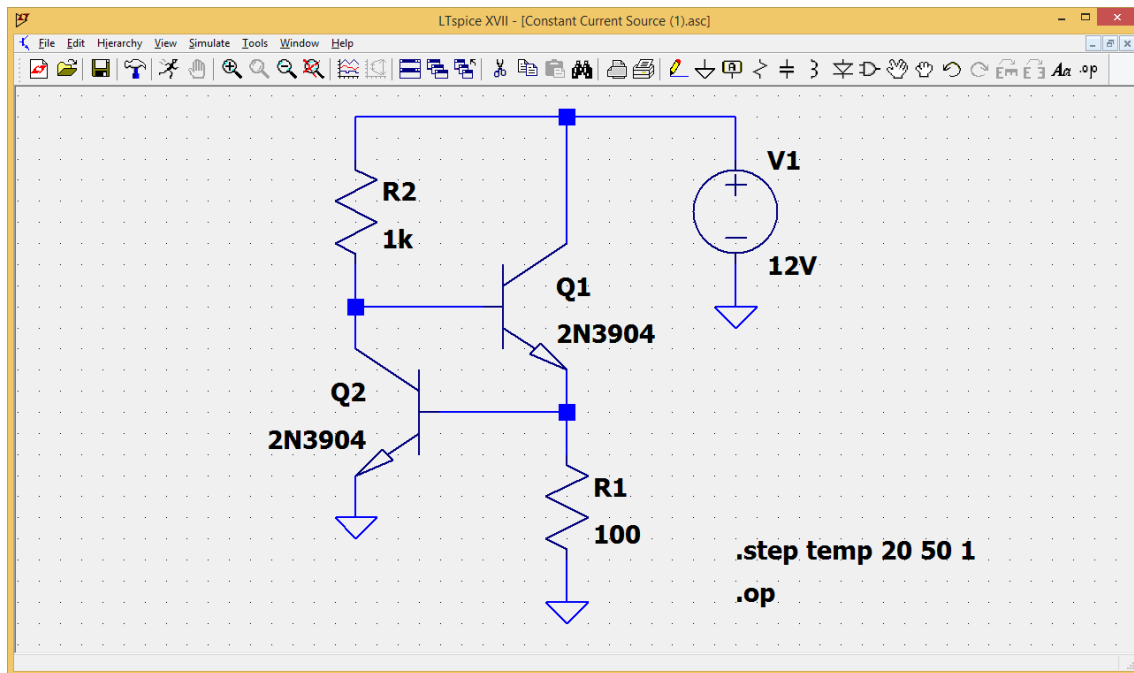
Você observou que não apareceu o relatório detalhando todas as medições de tensão e corrente, mas, a janela de forma de onda foi visualizada.



Observe que essa forma de onda mostra graficamente a variação da corrente no terminal coletor de Q₁ (eixo y) pela variação da tensão da fonte de alimentação (eixo x).

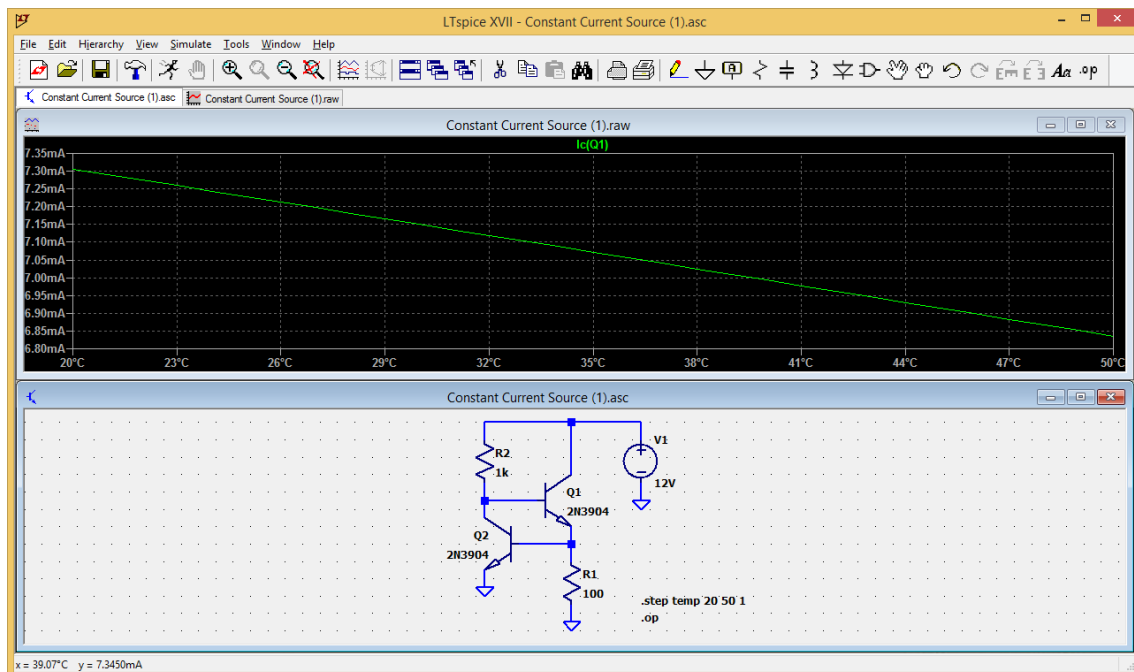
Mais uma análise show de bola!

Vamos substituir a Diretiva Spice `'.step param V 10 15 1'` pela Diretiva Spice `'.step temp 20 50 1'`, e também voltando a alimentação de 12 Volts, conforme mostrado a seguir.



Agora queremos analisar a influencia da variação de temperatura sobre essa corrente

O LTspice variará a temperatura de 20°C à 50°C, com incremento de 1°C. Simule o circuito e observe a variação de corrente no coletor de Q₁.



Maravilha, não é mesmo?

Bem, espero que você entendeu um pouco mais sobre análise DC de Ponto de Operação

Gostou? Se sim, compartilhe e de seu feedback! Caso tenha dúvidas comente aqui embaixo.

Ismael Lopes