



# LTSpice

e como queimar menos componentes



# O que é spice

*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*

Spice1 - Laurence Nagel, 1973, fortran, domínio público

Spice2 - Melhoras e popularização

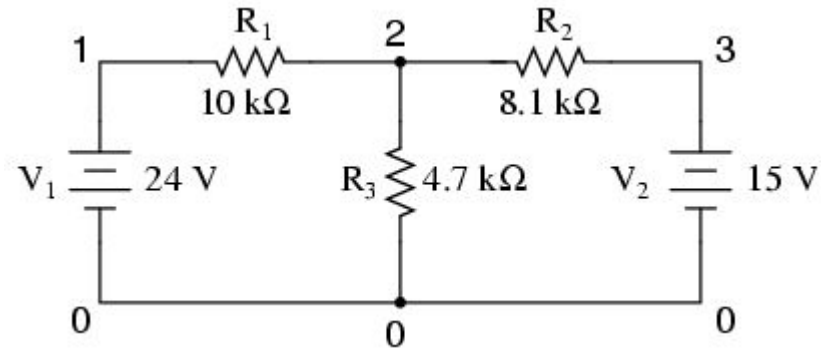
Spice3 - Thomas Quarles, 1989, c, BSD

Circuit simulation programs

Entra uma netlist com componentes e conexões, sai uma lista de vetores com resultados por nó



# O que é spice



Multiple dc sources

```
v1 1 0
```

```
v2 3 0 15
```

```
r1 1 2 10k
```

```
r2 2 3 8.1k
```

```
r3 2 0 4.7k
```

```
.dc v1 24 24 1
```

```
.print dc v(1) v(2) v(3) v(1,2) v(2,3)
```

```
.end
```

node	voltage	node	voltage	node	voltage
( 1 )	24.0000	( 2 )	9.7470	( 3 )	15.0000



# O que é o LTSpice

Desenvolvido pela Linear Technology, traz uma GUI para o spice, visualizador de formas de onda e ferramentas extras de análise.

Biblioteca com 80% dos componentes da LTC

Não é indicado para simulações digitais



# Por que usar o Spice

Fácil

Rápido

Barato

Medições

10 minutos em 1

Nada Queima



# Tipos de simulação

Com o spice podemos escolher diferentes tipos de simulação, para explorar o resultado em diferentes situações, sendo eles:

Ponto de operação - OP

Fontes DC com step - DC

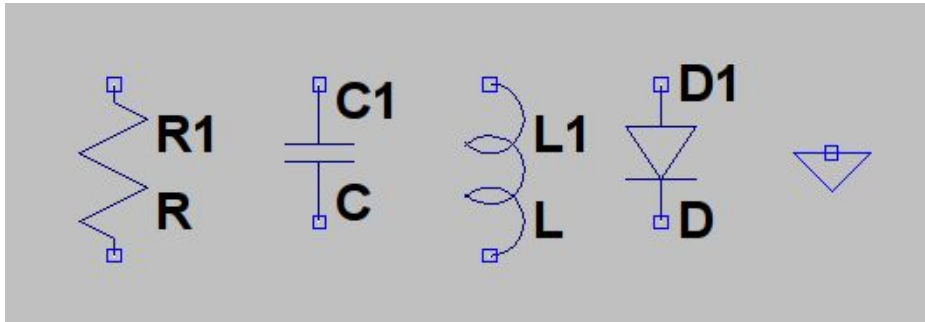
Fontes AC - AC

Análise transitória - TRAN



# Usando componentes

Alguns dos componentes mais básicos estão acessíveis por atalhos, outros fim no menu de componentes

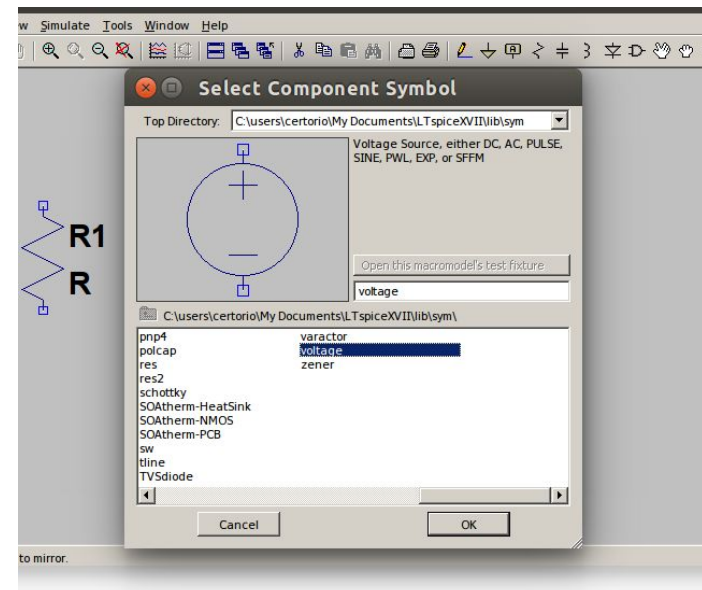
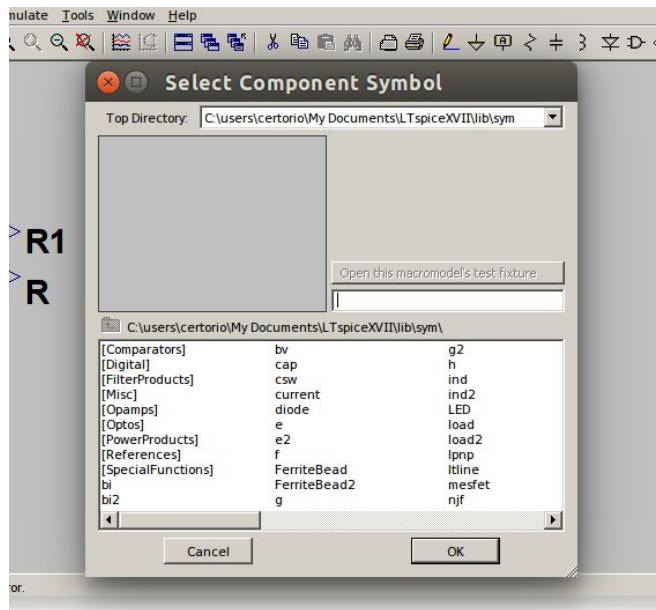


Componentes	-	F2
Resitores	-	R
Indutores	-	L
Capacitores	-	C
Diodos	-	D
Terra	-	G



# Usando componentes

- Fonte independente de tensão - F2 + voltage
- Fonte independente de corrente - F2 + current







# Fonte de tensão

DC simples

**Voltage Source - V1**

DC value[V]

Series Resistance[Ω]

OK

Cancel

Advanced



# Fonte de tensão

## Pulso:

V1,

V2,

Tdelay,

Trise, Tfall, Ton, Period,

Ncycles

**Independent Voltage Source - V1**

**Functions**

- ☒ (none)
- ☐ PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)
- ☐ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)
- ☐ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)
- ☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)
- ☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)
- ☐ PWL FILE:

**DC Value**

DC value

Make this information visible on schematic ☒

**Small signal AC analysis (AC)**

AC Amplitude

AC Phase

Make this information visible on schematic ☒

**Parasitic Properties**

Series Resistance[Ω]

Parallel Capacitance[F]

Make this information visible on schematic ☒

**Additional PWL Points**

Make this information visible on schematic ☒



# Fonte de tensão

**Seno:**

Voffset, Vamp,

Freq,

Td,

Theta, Phi,

Ncycles

**Independent Voltage Source - V1**

**Functions**

- ☒ (none)
- ☐ PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)
- ☐ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)
- ☐ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)
- ☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)
- ☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)
- ☐ PWL FILE:

**DC Value**

DC value

☒ Make this information visible on schematic

**Small signal AC analysis (AC)**

AC Amplitude

AC Phase

☒ Make this information visible on schematic

**Parasitic Properties**

Series Resistance[Ω]

Parallel Capacitance[F]

☒ Make this information visible on schematic

☒ Make this information visible on schematic



# Fonte de tensão

PWL:

t1, v1

**Independent Voltage Source - V1**

**Functions**

- ☒ (none)
- ☐ PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)
- ☐ SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)
- ☐ EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)
- ☐ SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)
- ☐ PWL(t1 v1 t2 v2...)
- ☐ PWL FILE:

☒ Make this information visible on schematic

**DC Value**

DC value

☒ Make this information visible on schematic

**Small signal AC analysis(AC)**

AC Amplitude

AC Phase

☒ Make this information visible on schematic

**Parasitic Properties**

Series Resistance[Ω]

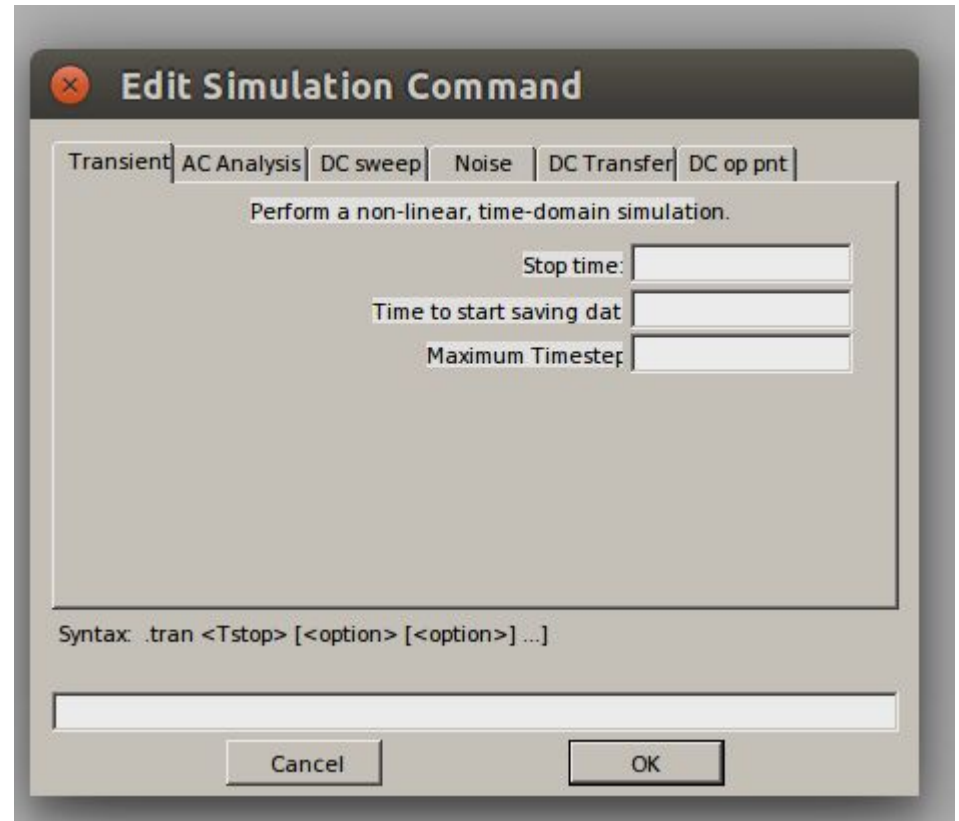
Parallel Capacitance[  ]

☒ Make this information visible on schematic



# Simulação transiente - TRAN

Descrever os parâmetros necessários  
usar essa simulação





# EX1: montar R-L-C

Montar um circuito RLC, tudo em série.

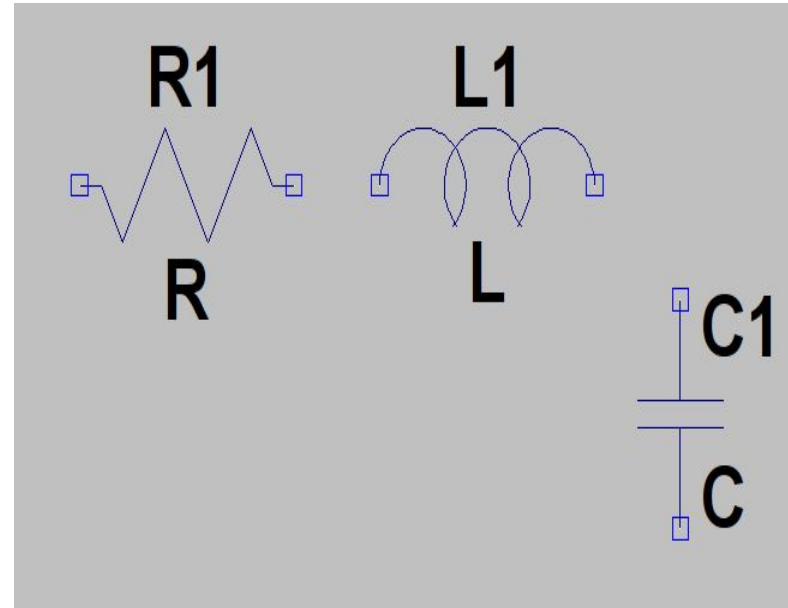
Colocar uma fonte de tensão, de pulso, que começa em 0V e vai para 5V em 10ms. Fazer uma simulação transiente de 30ms.

Ver o gráfico da tensão nos 3 nós do circuito.

# EX1: passo 1

Teclas de atalho entre parênteses

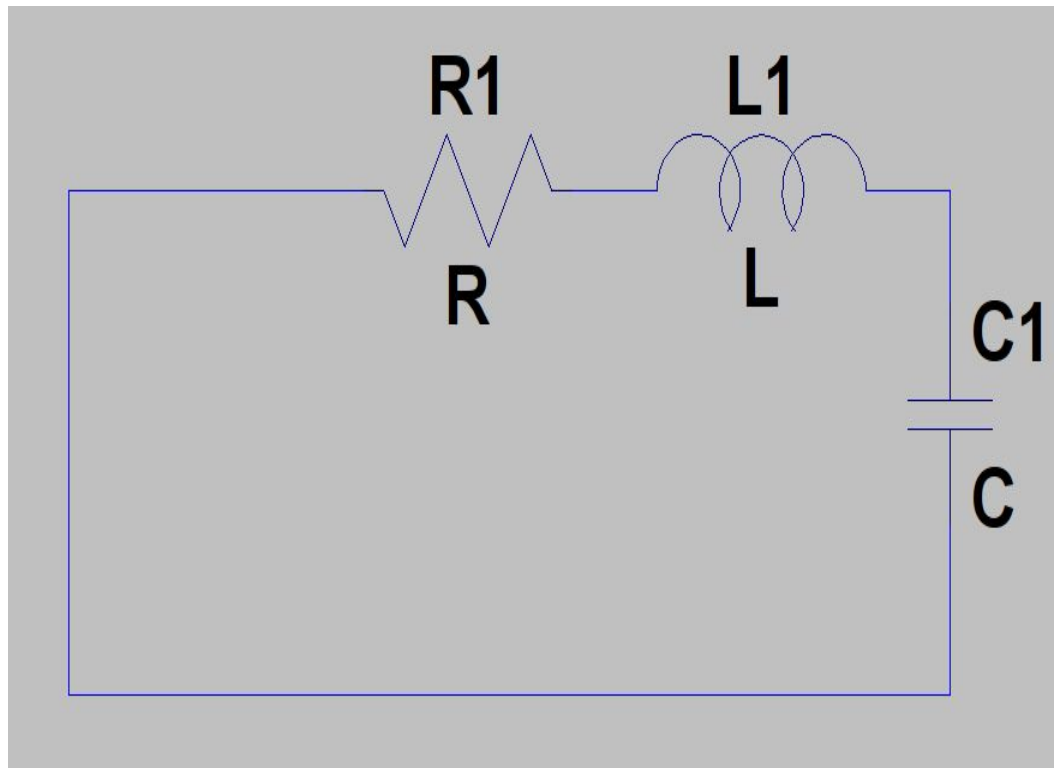
- Criar um novo projeto
- Colocar um resistor (R)
- Colocar um indutor (L)
- Colocar um capacitor (C)





## EX1: passo 2

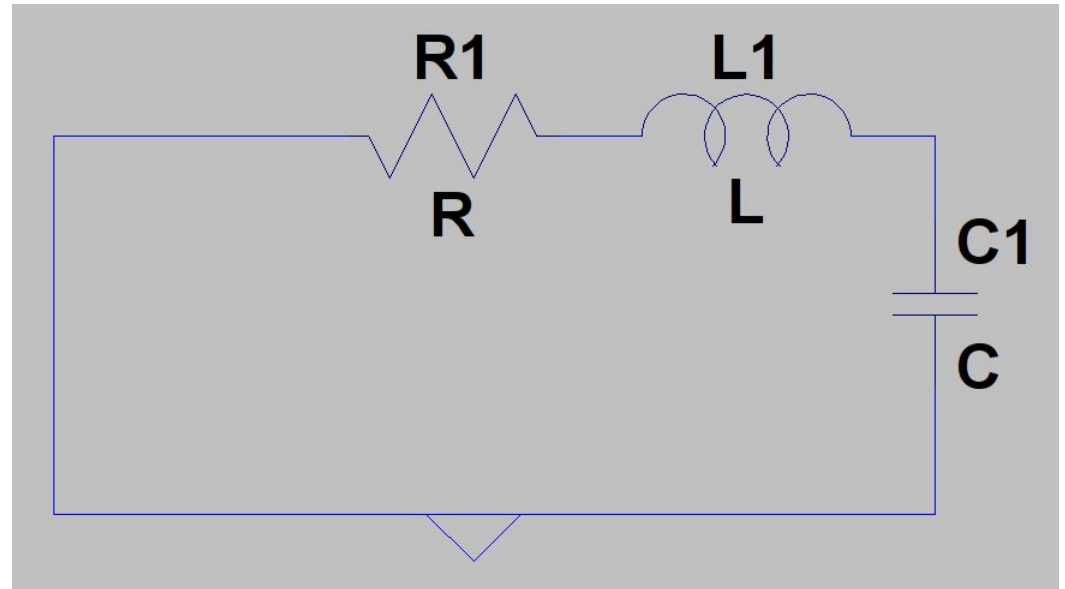
- Girar movendo e com (Ctrl+R)
- Espelhar movendo e com (Ctrl+E)
- Ligar componentes com fios (F3)





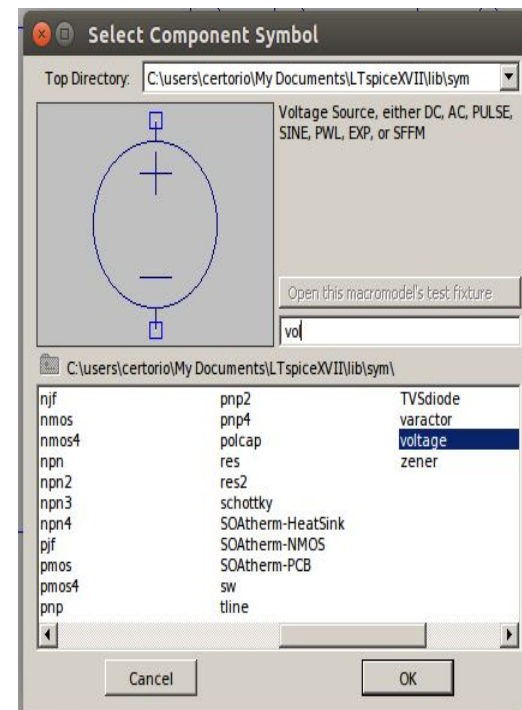
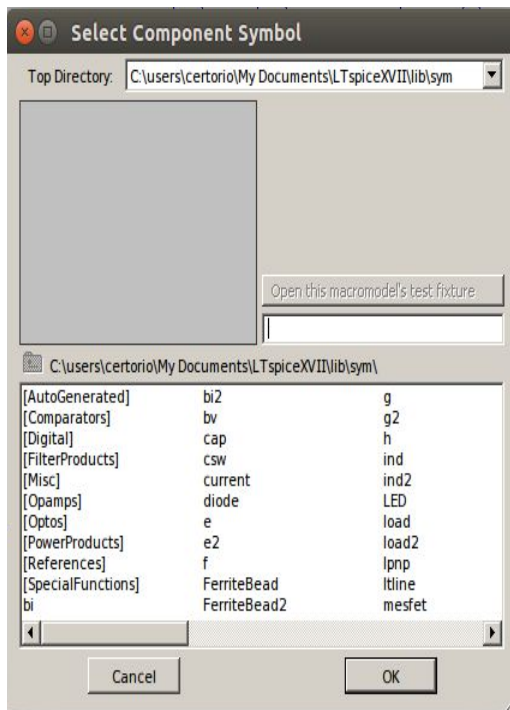
# EX1: passo 3

- Adicionar o terra (G)



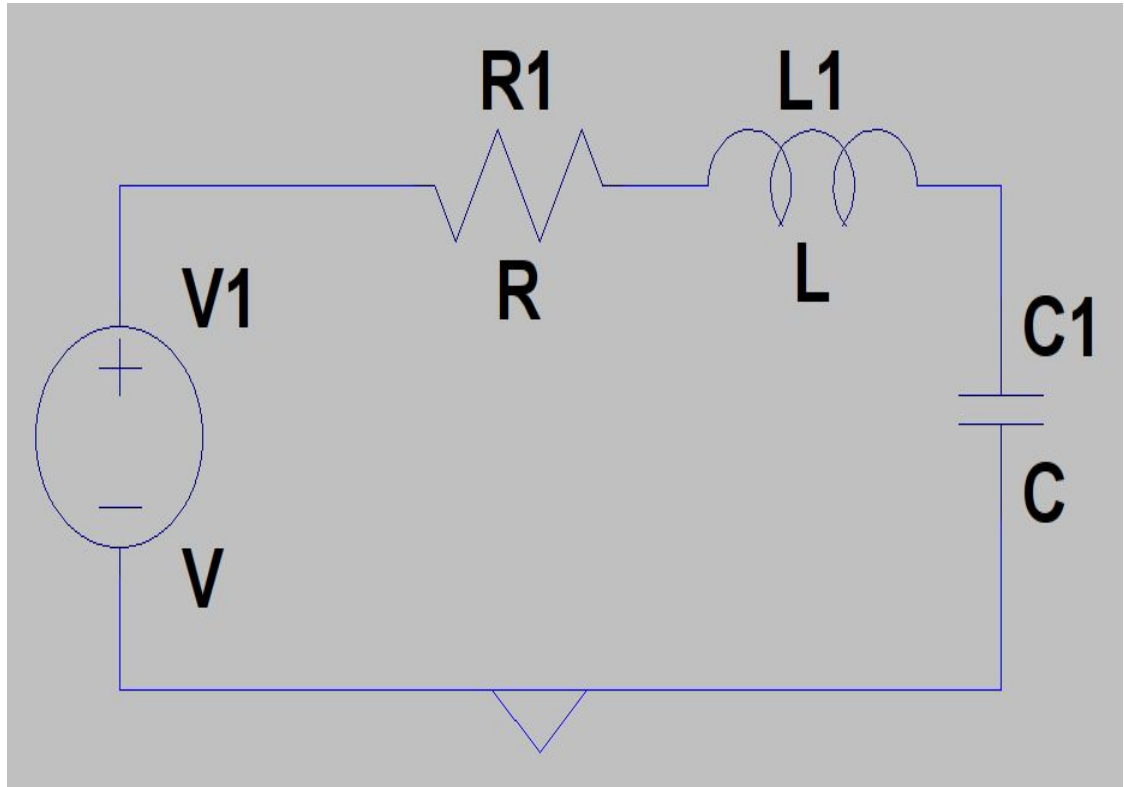
# EX1: passo 4

- Procurar a fonte de tensão no menu de componentes (F2)
- *Voltage*



## EX1: passo 5

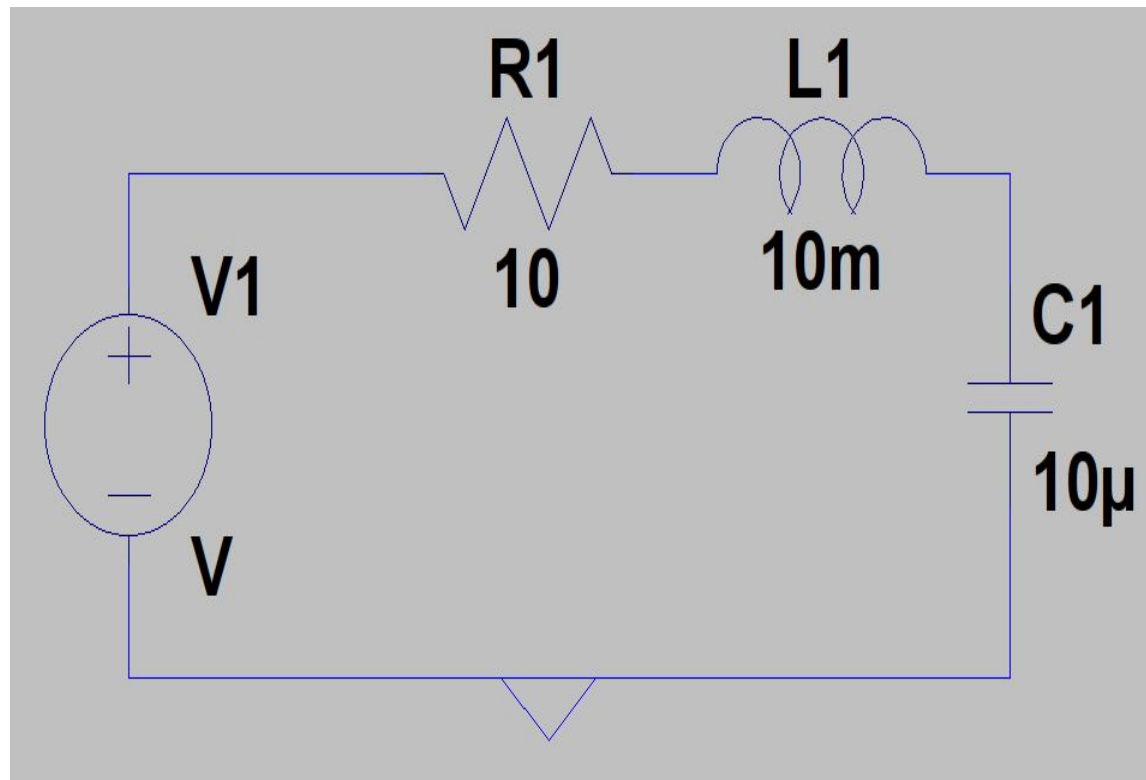
- Adicionar a fonte
- Conectar com fios (F3)





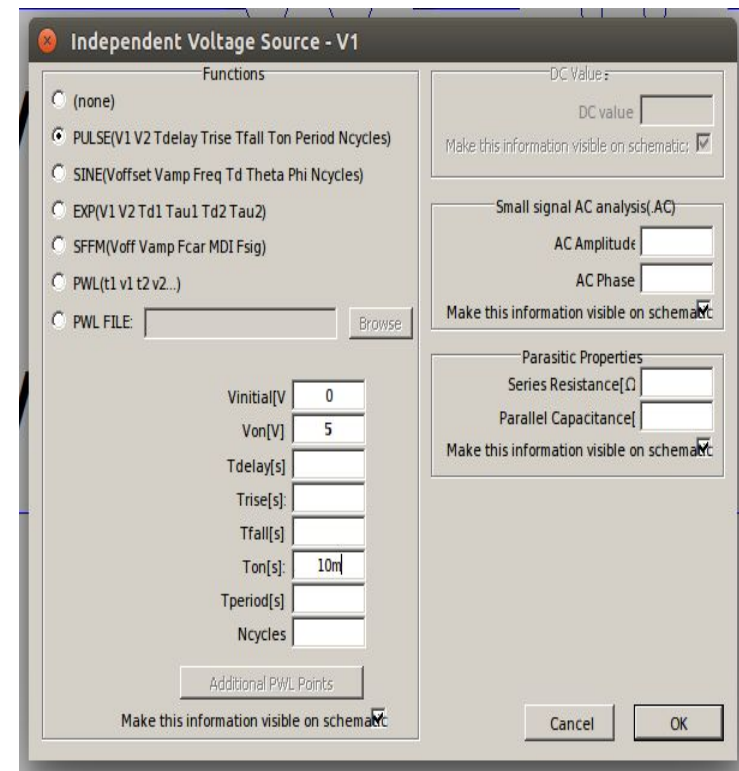
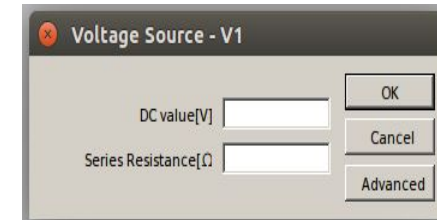
## EX1: passo 6

- Colocar os valores no circuito
- Clique com o botão direito no componente



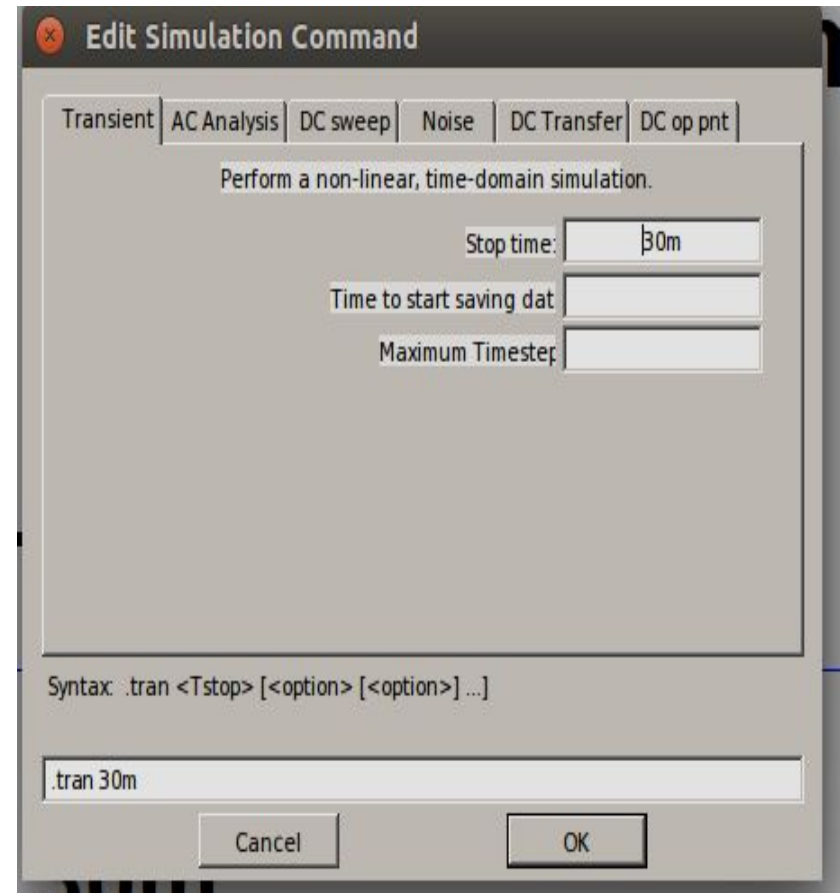
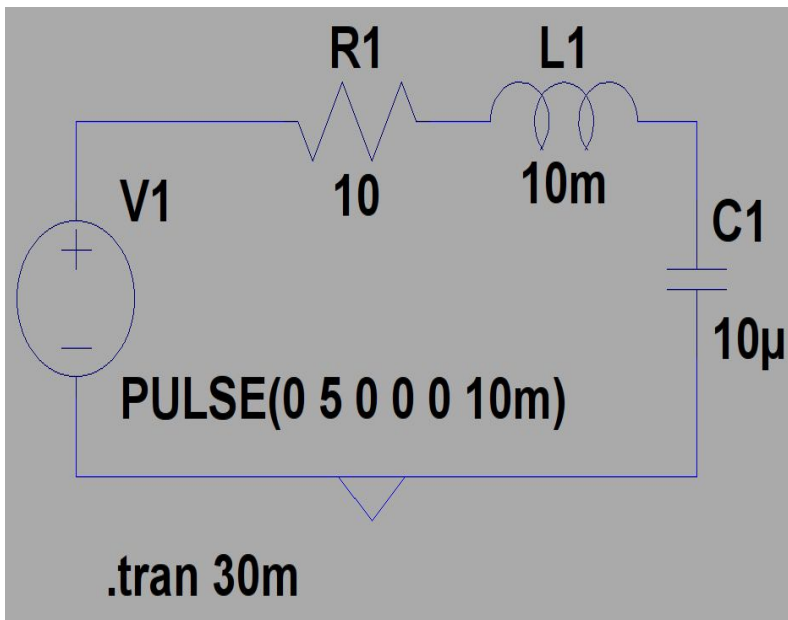
# EX1: passo 7

- Abrir a configuração da fonte
- Ir em *advanced*
- Configurar para 0V inicial
- Configurar para 5V ligado
- Tempo *on* de 10ms



# EX1: passo 8

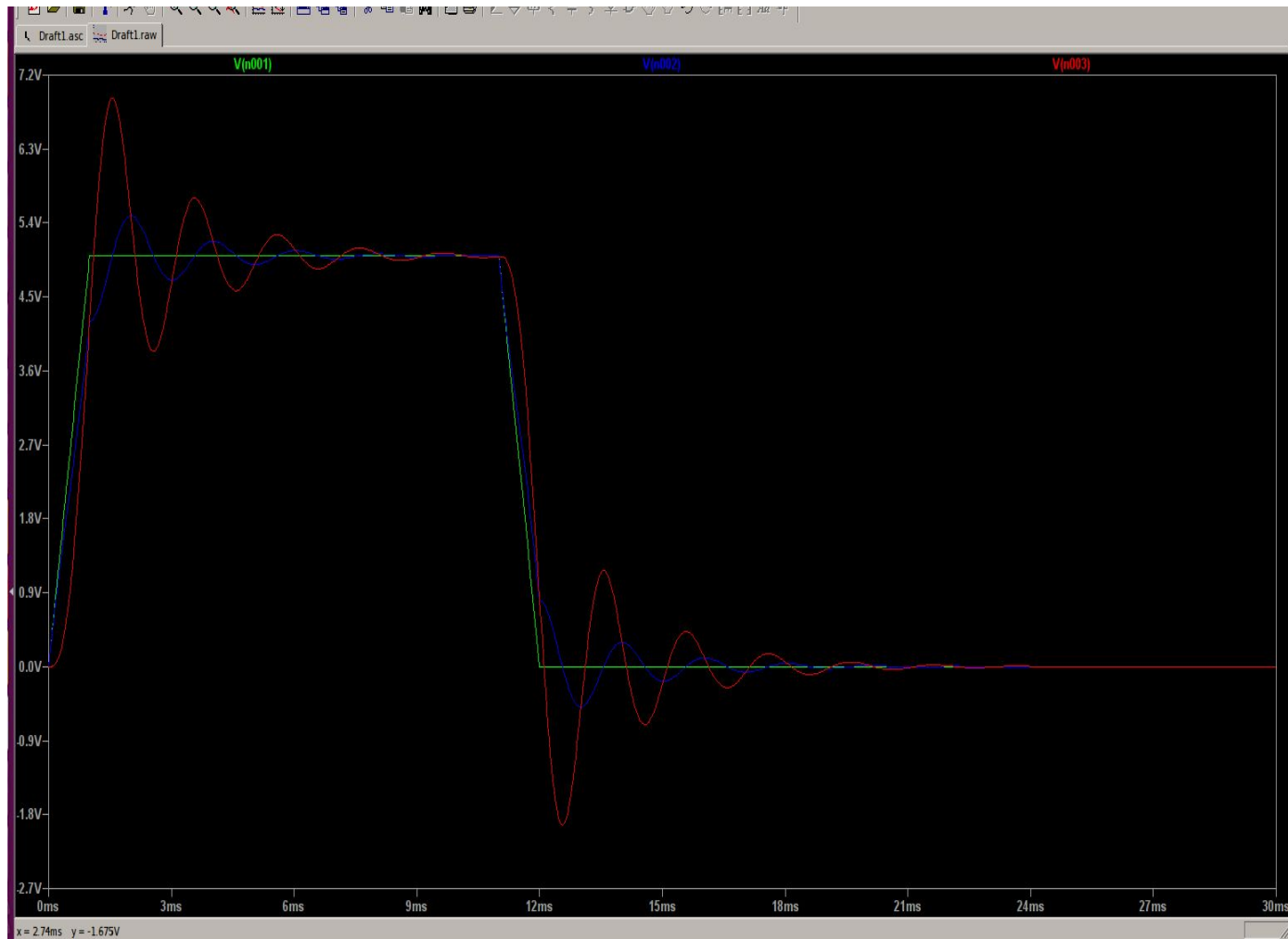
- *Simulate>Edit simulation cmd*
- *Transient*
- *Stop time 30ms*
- Posicionar na tela o comando





# EX1: passo 9

- Medir a tensão nos 3 nós



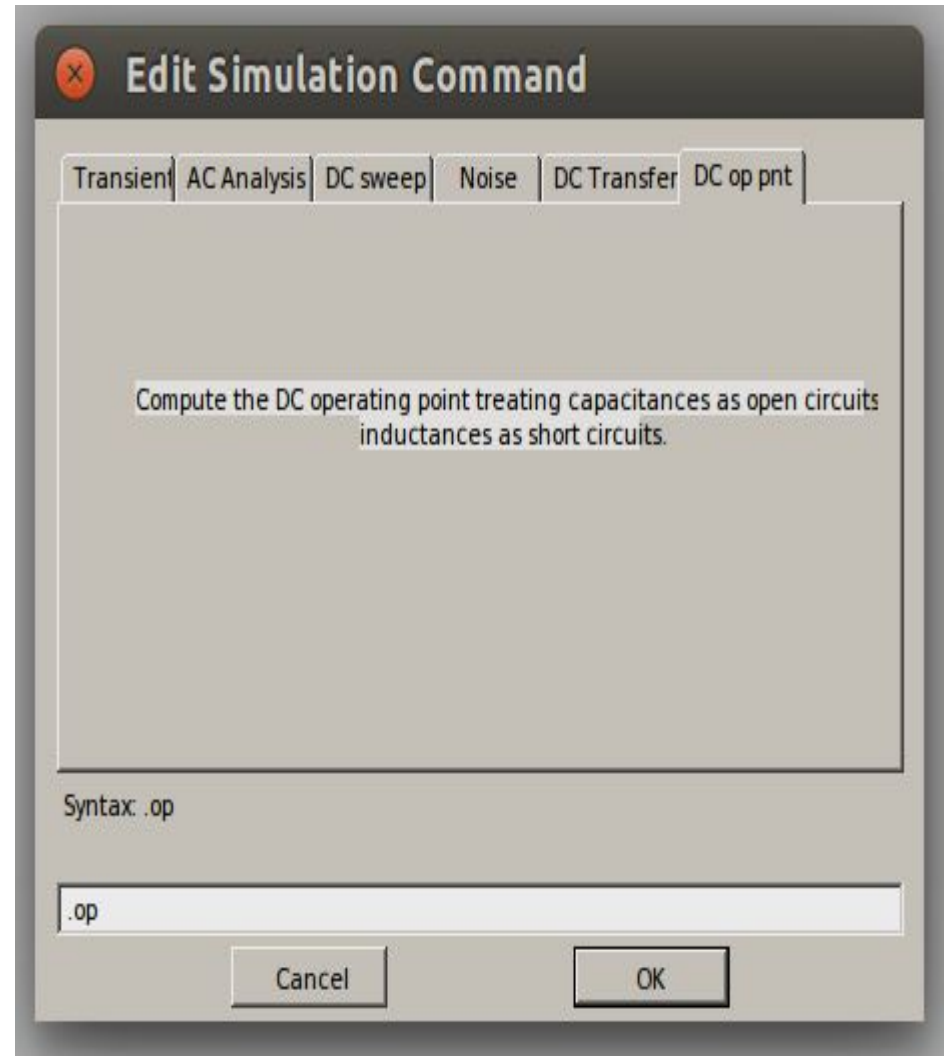


# Simulação ponto de operação - OP

Não há parâmetros

Usa só as fontes DC

Encontra o ponto operacional DC







## EX2: montar rede resistiva

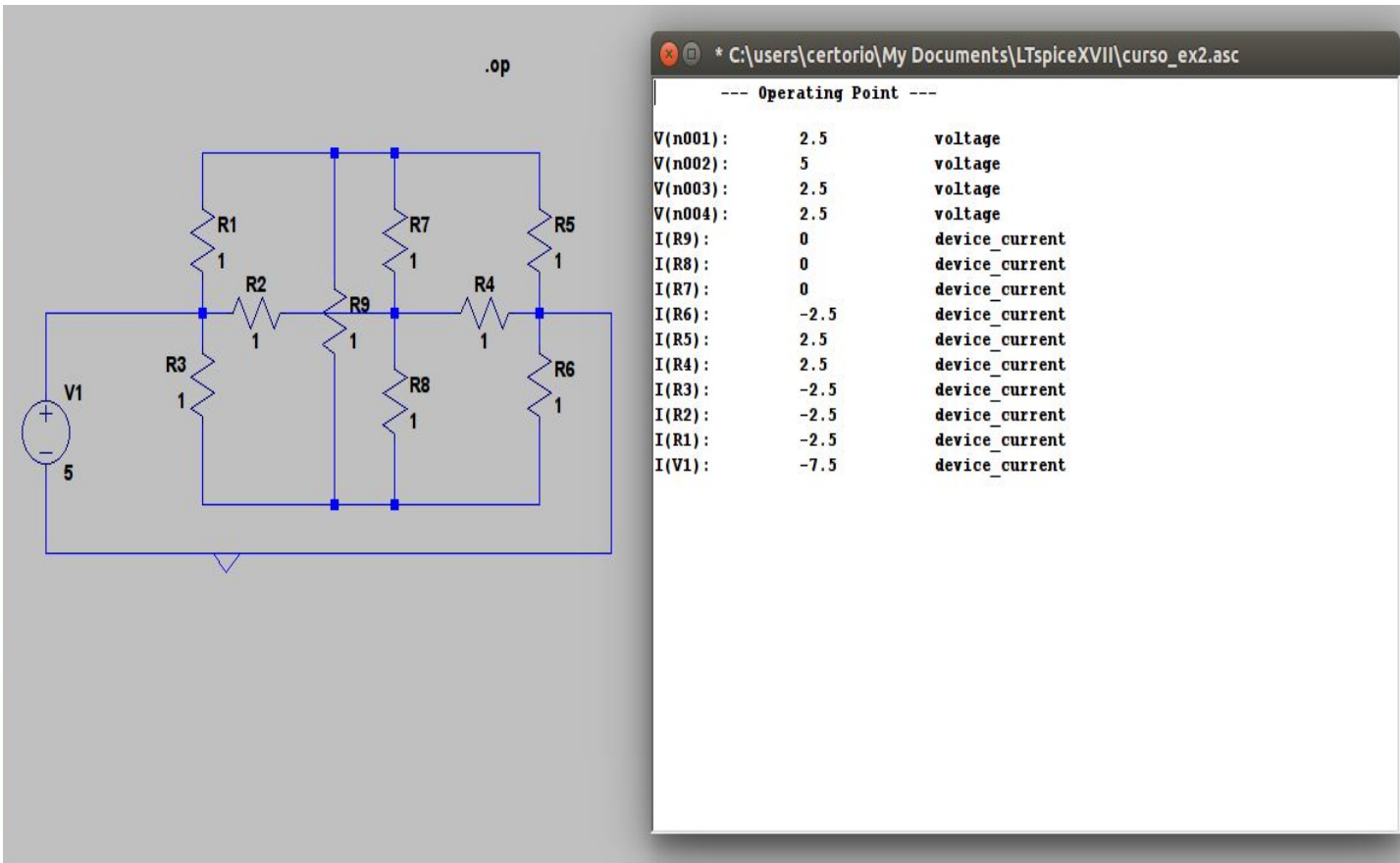
Colocar uma fonte 5v, simples.

Montar circuito de R, bipiramidal triangular todos r iguais (arquivo base).

Descobrir o ponto operacional em *Simulate\Edit simulation cmd\DC op pnt*



## EX2: montar rede resistiva





# Simulação operação DC com step - DC

Parâmetros:

- Nome
- Tipo de varredura (linear, oitava, década,...)
- Valor mínimo e máximo
- Passo entre os valores testados

The screenshot shows the 'Edit Simulation Command' dialog box with the 'DC sweep' tab selected. The dialog contains the following elements:

- Tabbed Interface:** Transient | AC Analysis | **DC sweep** | Noise | DC Transfer | DC op pnt
- Description:** Compute the DC operating point of a circuit while stepping independent sou and treating capacitances as open circuits and inductances as short circi
- Source Selection:** 1st Source | 2nd Source | 3rd Source
- Configuration Fields:**
  - Name of 1st source to sweep: [Text Box]
  - Type of sweep: [Dropdown Menu]
  - Start value: [Text Box]
  - Stop value: [Text Box]
  - Increment: [Text Box]
- Syntax:** .dc [<oct,dec,lin>] <Source1> <Start> <Stop> [<Incr>] [<source2> ...]
- Command Entry:** A text box containing '.dc'
- Buttons:** Cancel and OK

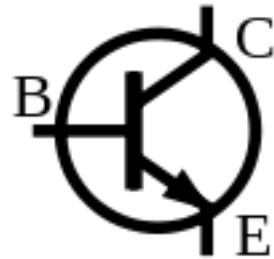


# Transistores

BJT

Entra corrente em B

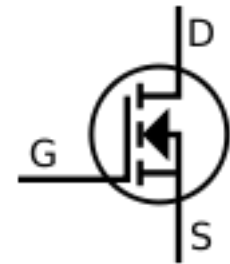
Corrente  $I_c$  proporcional a  $I_b$



MOSFET

Não entra corrente em G

Não-linear





# EX3a: MOSFET amplificador

Usar um MOSFET como amplificador, passando por um resistor alto (arquivo base)

Achar que valor no gate do MOSFET gera 6V na saída



# EX3b: BJT de amplificador

Usar um BJT como amplificador

Fonte de 12V e R de 1kR entre C e a fonte

Fonte de corrente na B

**Achar offset que deixa a saída dele em 6V**

**Achar amplitude que maximiza a faixa de saída**



# Simulação AC - AC

Frequências mínimas e máximas

Número de medições na varredura

Distribuição dos pontos (linear, oitava, década...)

**Edit Simulation Command**

Transient | **AC Analysis** | DC sweep | Noise | DC Transfer | DC op pnt

Compute the small signal AC behavior of the circuit linearized about its DC operating point.

Type of sweep:

Number of points:

Start frequency:

Stop frequency:

Syntax: .ac <oct, dec, lin> <Npoints> <StartFreq> <EndFreq>

.ac

Cancel OK



# EX4a: Filtro passivo

Fazer um filtro passa faixa com capacitores (arquivo base)

Manter os dois resistores em 1 Ohm

**Qual capacitor influencia a frequência de corte inferior? E a superior?**

Adeque o projeto as especificações:

**$F_{min} = 200\text{Hz}$ ;  $F_{max} = 20\text{kHz}$**





# Amplificador Operacional

Explicação sobre Amp op, cada pino e básico do funcionamento.



## EX4b: Filtro ativo

Fazer um filtro passa faixa com capacitores (arquivo base)

Use os valores de capacitores do exemplo anterior, varie os resistores

**Qual a expressão de ganho em relação as resistências?**

Adeque o projeto as especificações:

**$F_{min} = 200\text{Hz}$ ;  $F_{max} = 20\text{kHz}$ ;  $G = -40\text{dB}$**



# Diretivas spice

Mostrar como colocar elas

Exemplo das mais comuns



# Acoplamento - K

K1 L1 L2 1



## EX5: circuito de transformador

Transformador com acoplamento  $k$ , análise transiente de muitos períodos e retificação de meia onda. Usar o FFT para observar o sinal de saída.

Trocar para retificação completa e observar a FFT.



# Medir - MEAS

.meas



# Parâmetro - PARAM

```
.param X { #expressão }
```



## EX6: Amp Op Oscilador

Montar um oscilador com um potenciômetro que controla a frequência de oscilação, atingir uma frequência de 9kHz e 11kHz.





# Muito obrigado

Fim da parte 1



# Variação - STEP

.step param R #inicial #final #passo



# View/Select Steps

Selecionar quais gráficos você quer mostrar



## EX7: oscilador ne555

Usar ne555, para varios valores de rc.

Consiga uma frequência entre 19Hz e 21Hz.

Varie o tempo entre ligado e desligado (duty) de 30% a 60%



# Fontes dependentes

Corrente

Tensão



# EX8a: modelo ideal de um transistor

Corrente que depende de tensão

Preencher com uma fonte de corrente que depende de tensão



## EX8b: espelho de corrente

Montar um espelho de corrente, usando uma fonte independente de corrente



# Análise e projeto de circuitos

Nós com label

Análise de distorção

Potência

BOM





# Label

Dando nome aos nós



# EX9: modelo ideal de um amplificador operacional

Crie um modelo que funcione como um amplificador operacional, preencha o que falta no circuito



# BOM

view/bill of material



# EX10: peças de um projeto

Pegue o exemplo 7 e gere o BOM dele



# Muito obrigado

Fim da parte 2



# Arquivos PWL

Arquivo picewise list, são arquivos de texto que contém:

Tempo (s), Valor (V ou A)



## EX11: passar em um filtro um pwl (list)

Passar em um filtro uma *piecewise list* para mostrar como as diferentes frequências são afetadas. Usar de valores a sequência de Fibonacci até o  $10^0$  termo, variando a cada 1ms. Sendo o  $11^0$  termo **zero**.

Ajustar o filtro para a saída dele ser metade da amplitude do sinal de entrada. Observar a FFT do sinal de entrada e o resultante.



# Arquivos WAV

Para ler, coloque no valor da tensão:

```
wavefile="<caminho>/<arquivo>" chan=<0,1,2...>
```

Para escrever, colocar a diretiva:

```
.wave <filename.wav> <Nbits> <SampleRate> V(out) [V(out2) ...]
```

exemplo: `.wave output.wav 16 44.1K V(n002)`





## EX12: passar em um filtro um wav

Passar em um filtro uma trecho de música para mostrar como as diferentes frequências são afetadas e rodar o áudio de saída.



# Criando subcircuitos

1. Crie um símbolo
2. Crie uma netlist



# Criando um símbolo

1. **File/New Symbol**
2. **Draw** (fazer o desenho dele)
3. **Edit/Attributes/Edit attributes** no campo Prefix preencher com X
4. Salvar como **.asy** (lembrar o local)
5. Procurar a pasta Itspice/lib
6. Colocar seu símbolo em Itspice/lib/sym
7. Conferir se ele aparece no menu de símbolos (F2)



# Crie uma netlist

1. Crie um novo Draft (projeto)
2. Crie o circuito desejado e dê nome aos nós igual no símbolo feito
3. Teste o circuito
4. Então, **View/SPICE Netlist** e copie o modelo
5. Abra um arquivo de texto (bloco de notas)
6. Cole o modelo lá
7. Antes da primeira linha do modelo, coloque `.subckt fizocursodespice 1 2 3`
8. Após as linhas do modelo, coloque `.ends fizocursodespice`
9. Salve o arquivo como **abc.sub**

Note que, **fizocursodespice** é o nome do subcircuito e os número **1, 2 e 3** são os pinos de entrada/saída do subcircuito



# Feche e abra o Ltspice

No menu de componentes (F2) deve aparecer o novo símbolo

Ao colocar o componente no circuito inclua a seguinte diretiva:

**.lib /.../abc.sub**

Modifique no simbolo colocado no seu projeto o campo **value** para:

**fizocursodespice**



# EX13: Diodo em série com capacitor

Faça o modelo de um diodo em série com um capacitor e faça a análise Transiente ou AC no circuito



# Projetos

Fazer um sintetizador simples:

- Fonte regulável
- Oscilador de relaxação
- Oscilador controlado por tensão (VCO)
- Modulador
- Amplificador
- Amplificador digital



# Projetos

Juntar em duplas e pegar um diagrama, **quanto mais simples melhor**, amanhã vamos fazer eles e usar o Itspice para identificar o efeito de variar parâmetros no mesmo.





# Muito obrigado

Fim da parte 3