

# Introdução à simulação de circuitos com o *LTspice IV*

Renan Birck Pinheiro

Universidade Federal de Santa Maria

3 de Setembro de 2012

# Introdução

- Por que simular circuitos?

# Introdução

- Por que simular circuitos?
  - Complexidade do projeto de novos circuitos

# Introdução

- Por que simular circuitos?
  - Complexidade do projeto de novos circuitos
  - Reduzir custos de prototipagem

# Introdução

- Por que simular circuitos?
  - Complexidade do projeto de novos circuitos
  - Reduzir custos de prototipagem
  - Simplificar o processo de projeto

# Introdução

- Por que simular circuitos?
  - Complexidade do projeto de novos circuitos
  - Reduzir custos de prototipagem
  - Simplificar o processo de projeto
  - entre outros.

# SPICE

- **Simulation Program With Integrated Circuit Emphasis** - Ferramenta de Simulação com Ênfase em Circuitos Integrados
- **Primeiras versões:** FORTRAN, anos 70, grandes computadores, modo texto
- **SPICE 2:** linguagem C, anos 80/90, computadores de pequeno/médio porte, interface gráfica simples
- **Versões atuais:** C/C++, computadores pessoais, interface gráfica avançada, desenho de circuitos

# SPICE

- **Simulation Program With Integrated Circuit Emphasis** - Ferramenta de Simulação com Ênfase em Circuitos Integrados
- **Primeiras versões:** FORTRAN, anos 70, grandes computadores, modo texto
- **SPICE 2:** linguagem C, anos 80/90, computadores de pequeno/médio porte, interface gráfica simples
- **Versões atuais:** C/C++, computadores pessoais, interface gráfica avançada, desenho de circuitos
- **Vários fabricantes** pegaram o código e fizeram suas próprias versões adicionando recursos
  - **Motivação:** atender interesses específicos de indústrias: microeletrônica, RF etc...
  - Assim, temos hoje diversos simuladores: PSpice, HSpice, LTspice, Spectre, Proteus entre outros



## Vantagens:

- **Projeto** mais rápido, podem-se testar diversos componentes antes da compra.
- Realizar **medidas** que muitas vezes são difíceis de fazer na bancada.
- **Projeto iterativo**, usando métodos de otimização para atender requisitos.

## Desvantagens:

- **Não substitui prototipagem:** os modelos são aproximados, não levam efeitos térmicos ou as componentes parasitas da placa
- **Necessidade** de modelos para os componentes
- O simulador deverá **suportar** as tecnologias usadas
- Em geral: **lixo entra, lixo sai**. Os resultados das simulações são tão bons quanto os modelos e o projeto do circuito forem.



**Figura :** O simulador é uma " máquina ignorante" que só faz o que ele é mandado. Pena que ele não faz café

## Obtendo e instalando o LTspice

- <http://www.linear.com/ltspice> → *Download LTspice IV*
- Proceder com a instalação, será criado um ícone na área de trabalho.

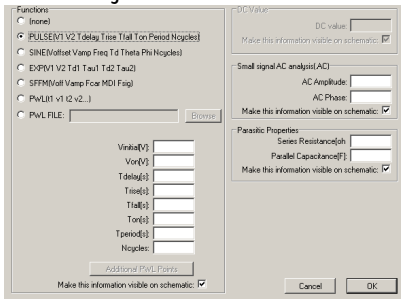
# Desenhando um circuito

# Componentes

- Acessíveis pelo teclado: Resistor (R), capacitor (C), indutor (L), diodo (D)
- No menu de componentes (aperte F2): Fonte de tensão (*Voltage*) e de corrente (*Current*), transistores (*nnp/pnp*, *njf/pjf* (FET), *nmos/pmos* (MOSFET))

# Parâmetros: fontes de tensão/corrente

Clique com o botão direito na fonte e após clique em Advanced. Aparecerá uma janela com diversas configurações possíveis para a



fonte.





## Parâmetros: resistores, capacitores e indutores

- Para capacitores e indutores, podemos definir **condições iniciais** de tensão e corrente, respectivamente...
- ... mas elas só serão respeitadas se marcarmos *Use initial Conditions* nos parâmetros de simulação

## Parâmetros: semicondutores

- Modelos de semicondutores contêm os parâmetros que serão usados pelas equações de dispositivos.
- Normalmente esses modelos são fornecidos pelos fabricantes.
- Componentes mais complexos (*op-amps*, *buffers* etc...) estão disponíveis na forma de subcircuitos.

# Análise transiente

- Simulação no domínio do tempo, para circuitos lineares ou não, empregando as equações de dispositivos e as técnicas de análise de circuitos

## Análise transiente - opções de configuração

- *Stop Time*: por quanto tempo executar a simulação
- *Time to Start Saving Data*: quando começar a salvar dados?
- *Start external DC supplies at 0V*: iniciar as fontes DC em 0V; após 20  $\mu\text{s}$  elas subirão ao nível especificado
- *Skip Initial Operating Point Solution*: usar as condições iniciais especificadas anteriormente (se não tiver nenhuma, ele usa 0 V), caso contrário ele tenta calcular um ponto de operação DC.

## Exemplo 1: Circuitos RC e RLC

## Exemplo 2: Transformador

Usamos o elemento  $K$  para definir um acoplamento magnético entre dois indutores.

## Exemplo 3: Circuito a transistor

# Análise AC

- Análise de pequenos sinais no **domínio da frequência**
- Circuitos não-lineares são **linearizados** ao redor do ponto de operação
- As fontes são definidas como fasores com módulo e fase
- Por exemplo: Fonte definida como AC 1 0 =  $1\angle 0$



## Análise AC - Opções de configuração

- *Type of Sweep*: seleciona se a varredura é feita por oitavas, por décadas, de forma linear ou para pontos especificados.
  - Oitava: faixa de frequências de  $f$  a  $2f$
  - Década: faixa de frequências de  $f$  a  $10f$
- *Number of Points*: número de pontos.
- *Start Frequency/Stop Frequency*: frequências de início e de fim.

## Exemplo 4: Circuito com amplificador operacional

# Análise de varredura DC

## Exemplo 5: Curvas do diodo

# Análise de Fourier

- Permite visualizar o conteúdo harmônico de um sinal, isto é, as frequências que formam esse sinal.
- **Sempre** especificar o parâmetro *plotwinsize=0*, para desativar a compactação (que pode resultar na perda de componentes do sinal).

## Exemplo 6: Modulador AM a transistor

# Resultados

Da teoria de Fourier, sabemos que ao multiplicarmos um sinal de frequência  $F_s$  por uma portadora de frequência  $F_c$  (modulação em amplitude), obtemos as harmônicas  $F_s + F_c$  e  $F_s - F_c$ . E isso fica visível no gráfico.

# Medição de THD com Fourier

- Excita-se o circuito com um sinal senoidal na entrada, e determina-se o conteúdo harmônico da saída.
  - Sintaxe: `.four freq-fundamental V(out)`
  - Obs.: **definir uma análise transiente antes**



## Exemplo 7: Amplificador *push-pull*

## Links de interesse

- <http://tech.groups.yahoo.com/group/LTspice/> - grupo de usuários do LTspice

# OBRIGADO!

Contatos: `renan.ee.ufsm@gmail.com`

`http://facebook.com/renanbirck`

`http://twitter.com/renan2112`

O código-fonte desses slides e os circuitos empregados estão disponíveis em

`https://github.com/renanbirck/minicurso-2012` ou com o autor.

Crédito das tirinhas: Vida de Programador

`http://www.vidadeprogramador.com.br`