

Microeletrônica: Introdução ao Projeto Físico de Portas Lógicas

Rafael Schivittz, Roberto Almeida, Giane Ulloa, Fábio Silva
Cristina Meinhardt, Paulo F. Butzen

- Pontualidade
- Auxiliar os colegas nas aulas práticas
- Participar perguntando, comentando, discutindo o assunto da aula
- Deixar para após a aula emails, mensagens e conversas
- Desligar o monitor durante as aulas teóricas
- Deixar o laboratório do mesmo modo como encontrou

- Aula 1 – Álgebra booleana → Tabela Verdade
→ Rede de chaves.
 - Introdução ao NGSPICE → Fontes DC e PWL
- Aula 2 – Transistores → Lógica Complementar
 - » (Pull-up/Pull-down)
- Aula 3 – Construção das portas lógicas complementares
 - » INV, NAND2, NOR2, AOI
- Aulas 4, 5 e 6
 - Atrasos, Dimensionamento, Sub-circuitos.

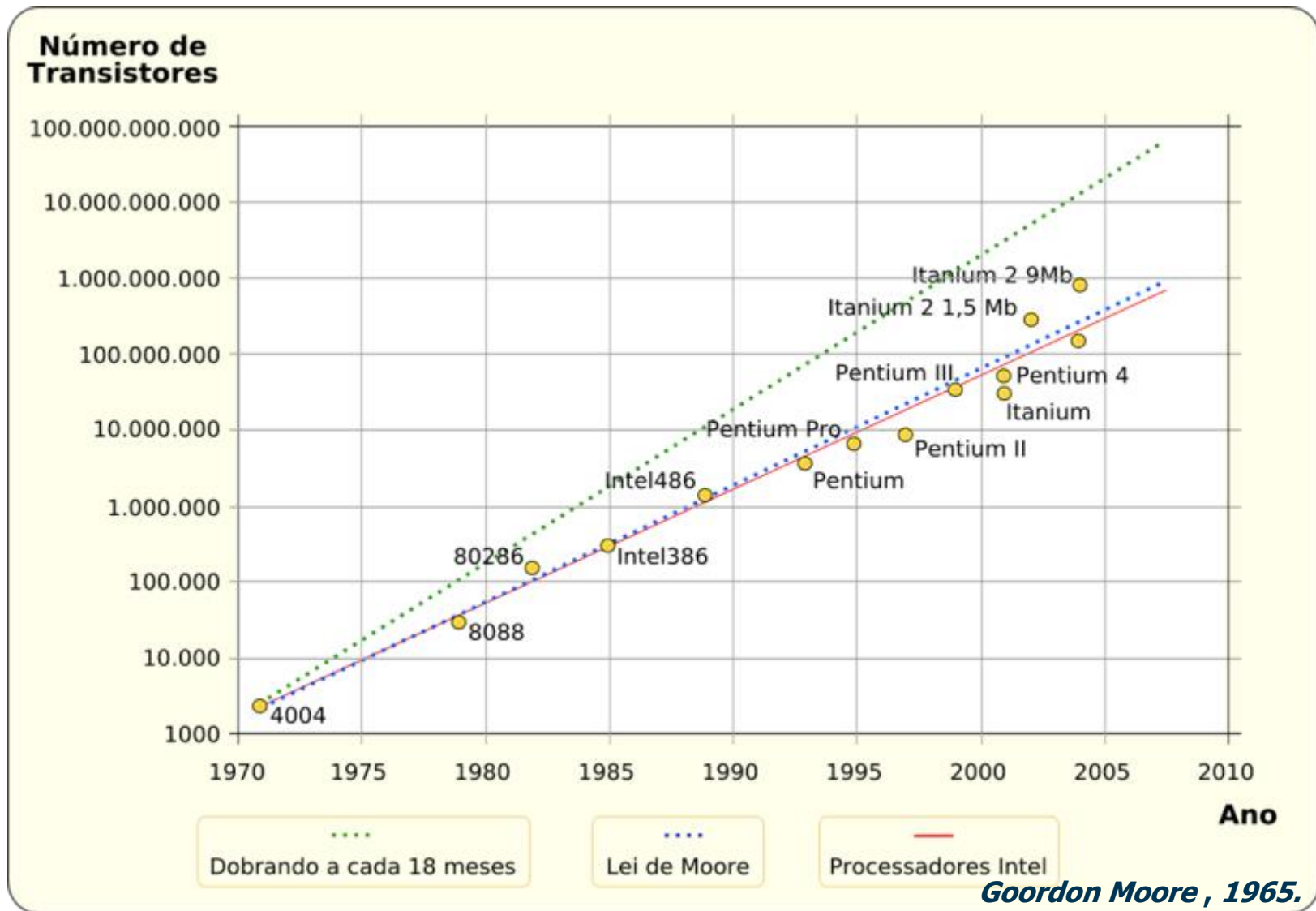
Aulas:

- segunda (19h – 21h), dias 4 e 11 de abril
- quarta (19h – 21h), dias 6 e 13 de abril
- quinta (19h – 21h), dias 7 e 14 de abril

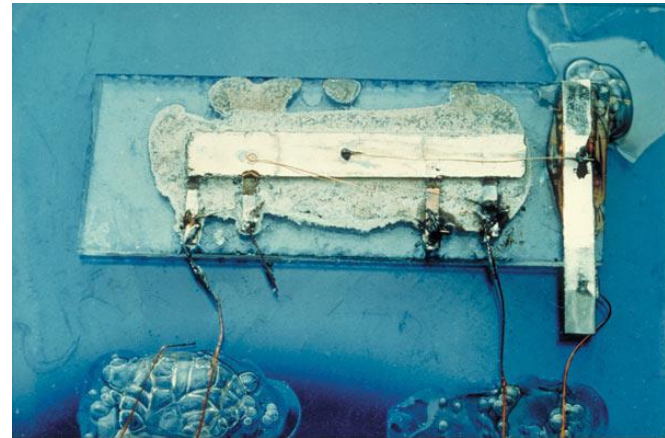
A **microeletrônica** é um ramo da eletrônica, voltado à integração de circuitos eletrônicos, promovendo uma miniaturização dos componentes em escala microscópica.

Wikipedia, agosto de 2011.

- 2 aspectos
 - Processos físico-químicos de fabricação
 - Projeto de circuitos integrados
- Componentes atuais em escala nanométrica.
 - O conjunto desses componentes é chamado de circuito integrado, ou simplesmente, **chip**.
- A redução do tamanho dos componentes vem obedecendo a Lei de Moore.

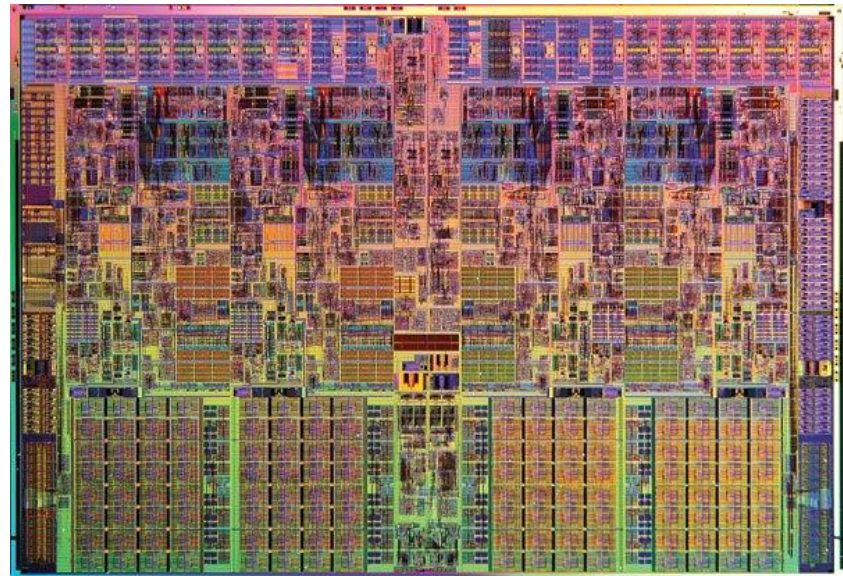


1958 – 1 Transistor



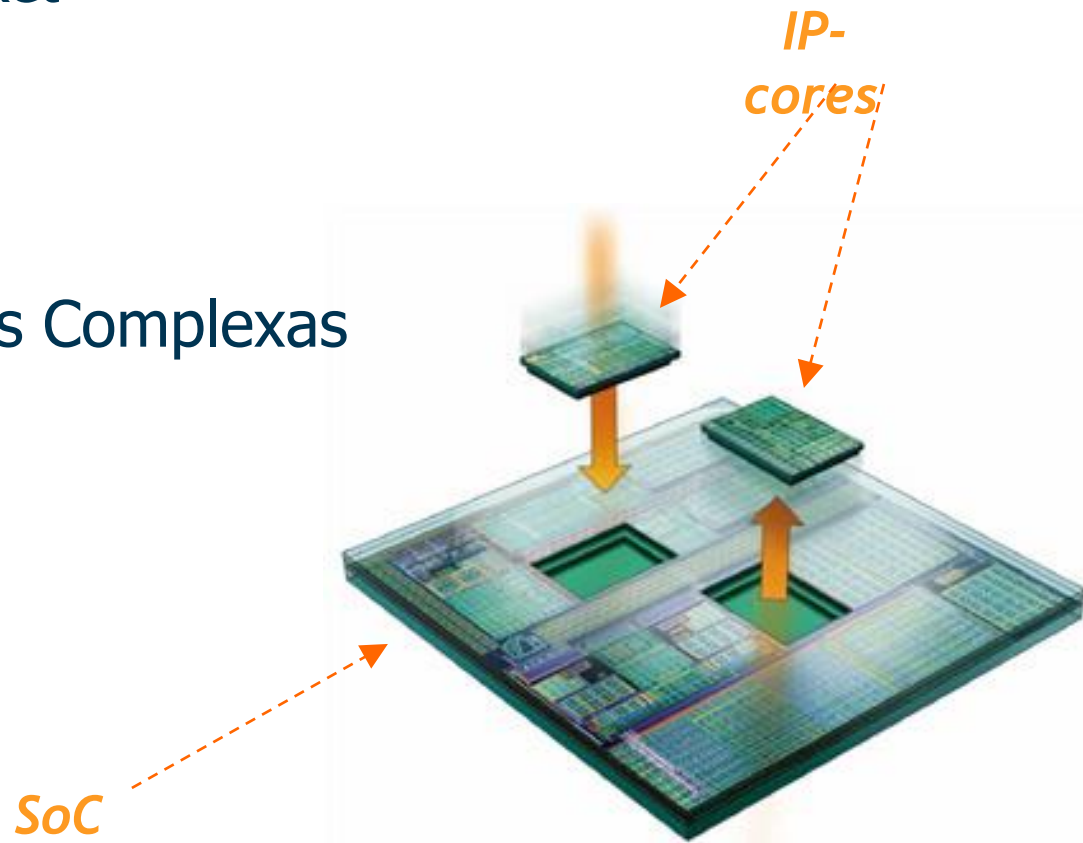
2008 – Intel i7

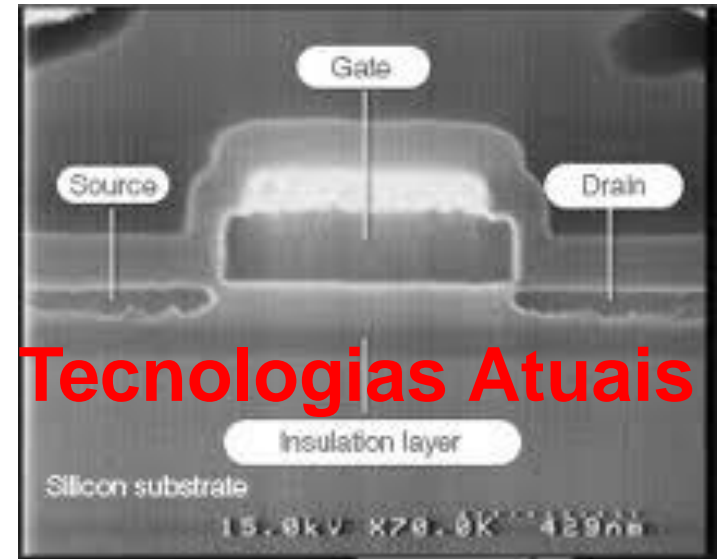
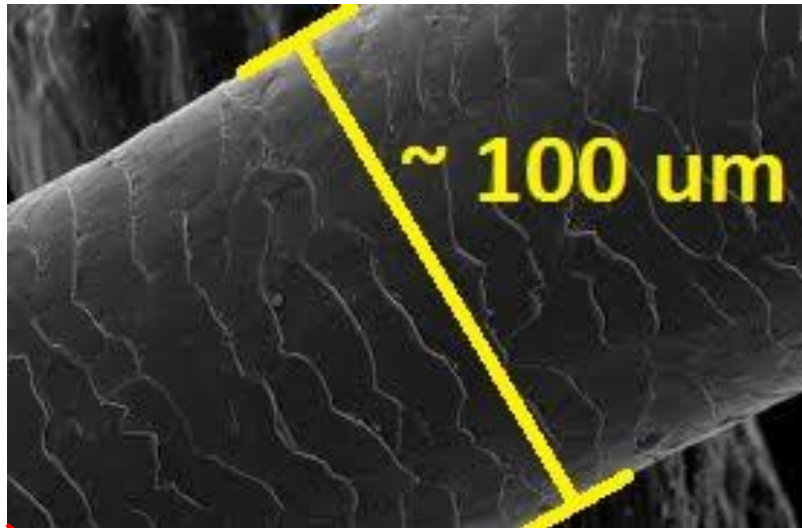
758 milhões de Transistores



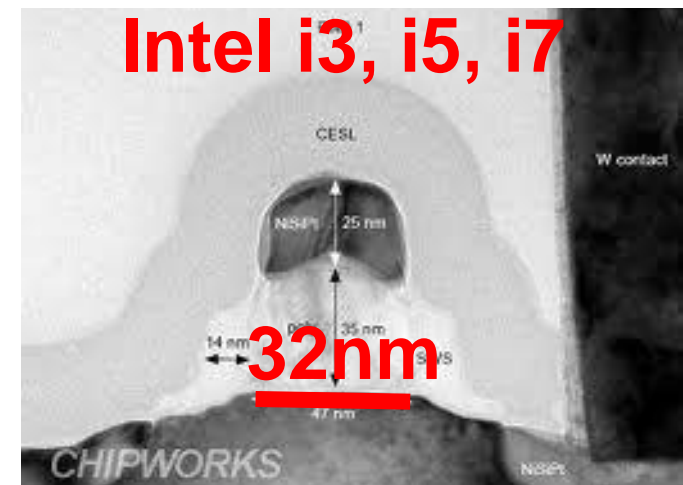


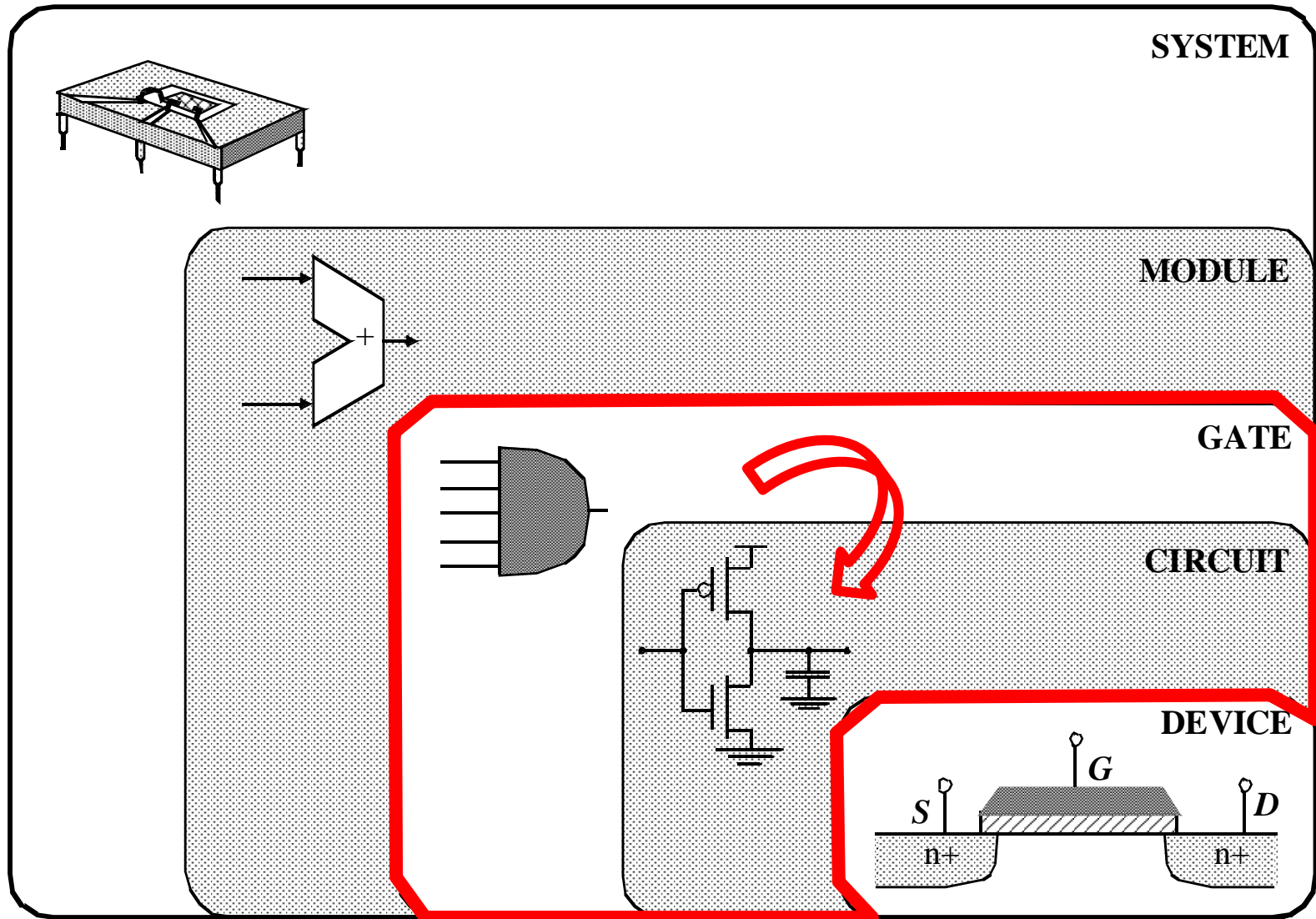
- Alto Grau de Integração
- Restrições de Projeto
 - Time-to-market
 - Performance
 - Tamanho
 - Preço
- Funcionalidades Complexas





Tecnologias Atuais





- Na álgebra Booleana, existem três operações ou funções básicas.
 - Operação **OU (Adição lógica)**
 - Se pelo menos um operando possui valor 1, a saída recebe 1
 - Operação **E (Multiplicação lógica)**
 - Se pelo menos um operando possui valor 0, a saída recebe 0
 - Operação **Complementação**
 - A saída recebe o contrário do operando
 - Operando 0 → Saída 1
 - Operando 1 → Saída 0

- Como extrair a tabela verdade de uma função lógica?

!A?

A	!A
0	1
1	0

Complemento
A saída recebe o
inverso do
operando

- Como extrair a tabela verdade de uma função lógica?

A+B?

A	B	A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

OU LÓGICO
Se pelo menos
um operando
possui valor 1, a
saída recebe 1

- Como extrair a tabela verdade de uma função lógica?

A.B?

A	B	A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

E LÓGICO
**Se pelo menos
um operando
possui valor 0, a
saída recebe 0**

- Como extrair a tabela verdade de uma função lógica?

$$(A.B)+C?$$

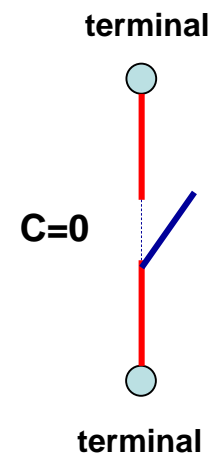
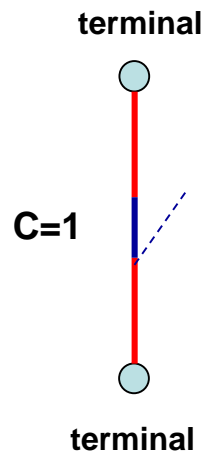
A	B	C	A.B	A.B+C
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

- Como extrair a tabela verdade de uma função lógica?

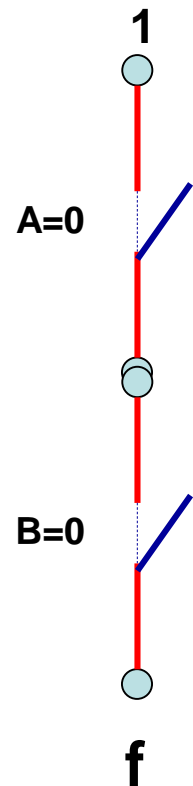
$$(A.B)+(A.C)?$$

A	B	C	A.B	A.C	$(A.B)+(A.C)$
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

Lógica booleana com Chaves

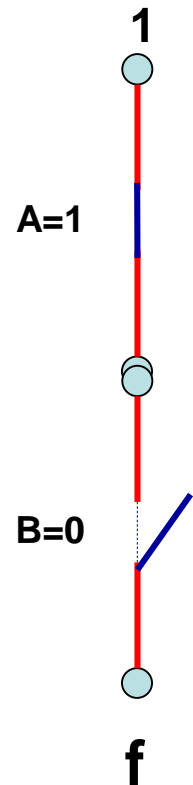


- Em série:



$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

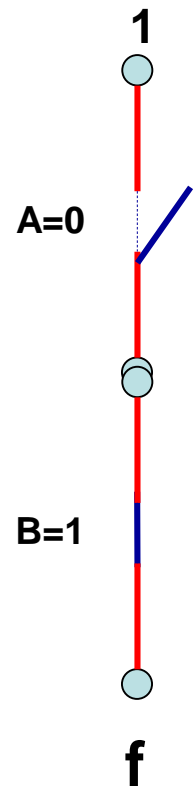
- Em série:



$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 0$$

- Em série:

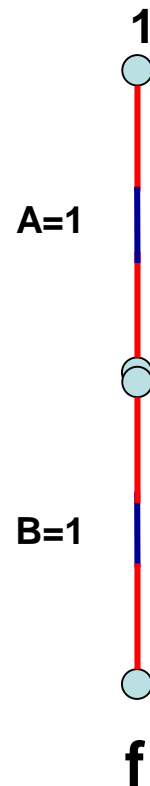


$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 0, B = 1 \rightarrow F = 0$$

- Em série:



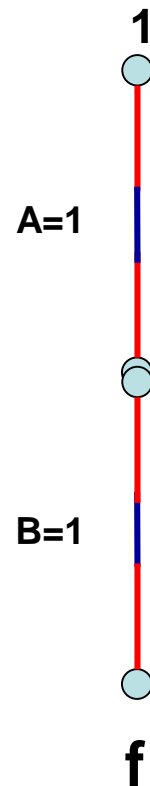
$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 0, B = 1 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 1 \rightarrow F = 1$$

- Em série:



$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

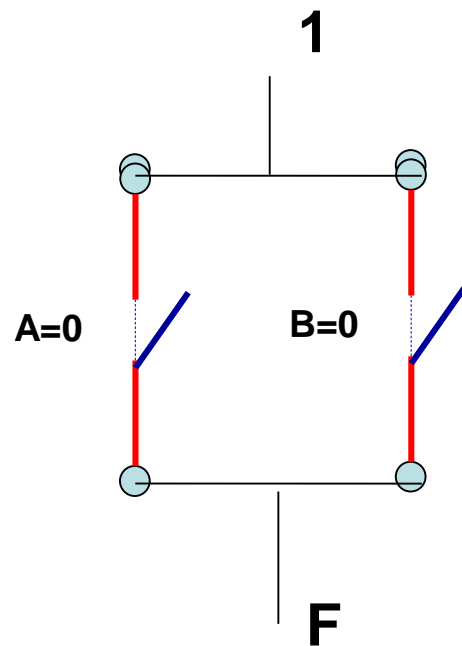
$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 0, B = 1 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 1 \rightarrow F = 1$$

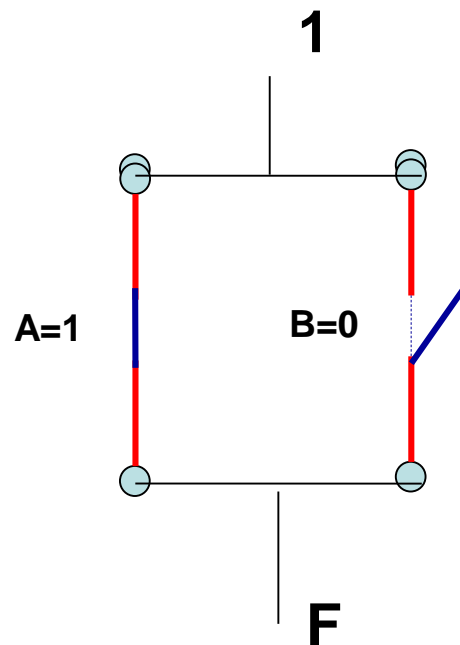
$$F = A * B$$

- Em paralelo:



$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

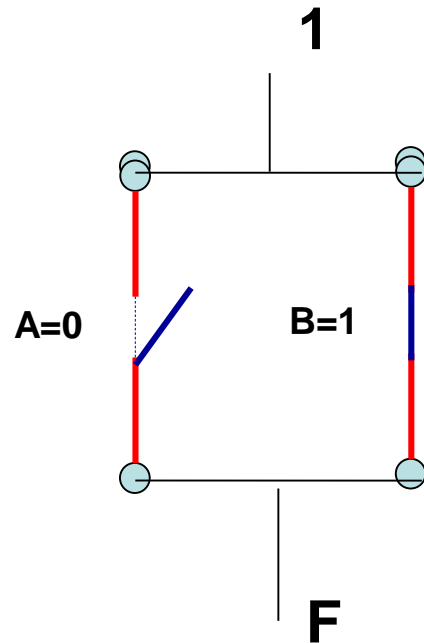
- Em paralelo:



$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 1$$

- Em paralelo:

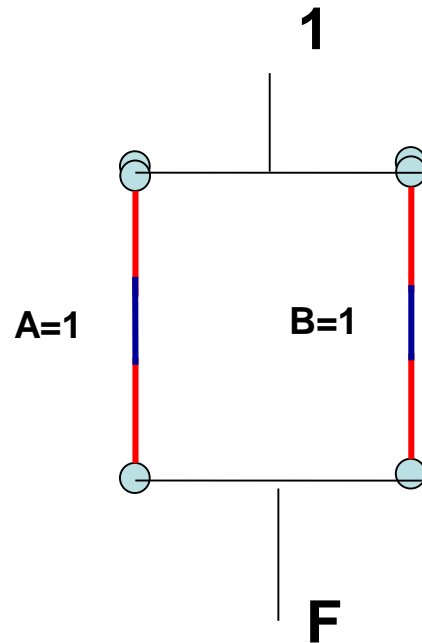


$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 1$$

$$A = 0, B = 1 \rightarrow F = 1$$

- Em paralelo:



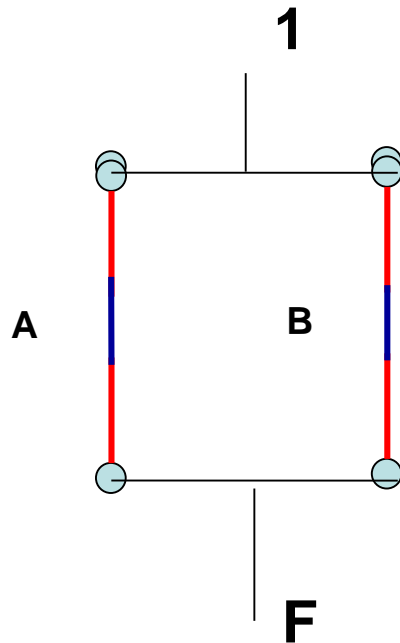
$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 1$$

$$A = 0, B = 1 \rightarrow F = 1$$

$$A = 1, B = 1 \rightarrow F = 1$$

- Em paralelo:



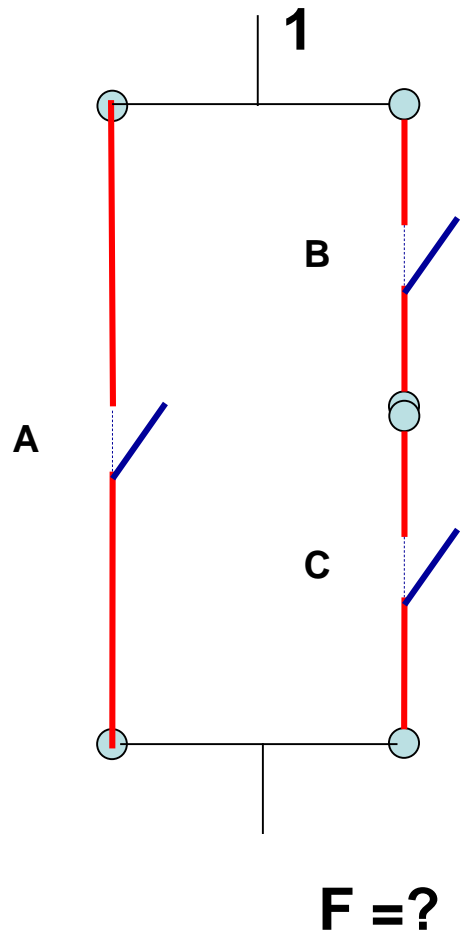
$$A = 0, B = 0 \rightarrow F = 0$$

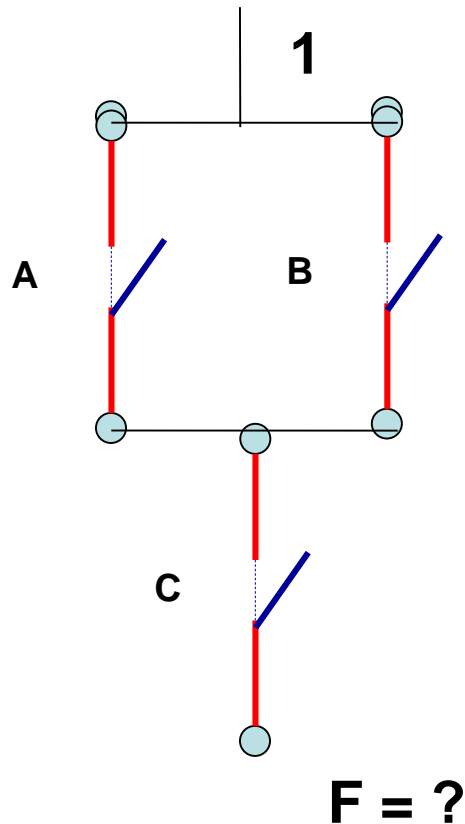
$$A = 1, B = 0 \rightarrow F = 1$$

$$A = 0, B = 1 \rightarrow F = 1$$

$$A = 1, B = 1 \rightarrow F = 1$$

$$F = A + B$$





1. Montar redes de chaves :

a. $A*B*C$

b. $A+B+C$

c. $(A+B)*C$

Introdução ao NGSPICE

- Existem inúmeros simuladores Spice (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)
- NGSPICE é gratuito
- Site: <http://ngspice.sourceforge.net/>
- Manual

- a) Descrição do circuito: uma descrição completa do circuito a ser analisado;
 - Seus elementos, suas fontes de sinais e de polarização
 - Como estes dispositivos estão interligados no circuito.
 - Modelos para a descrição comportamental dos componentes ativos a serem simulados.
- b) Especificação de análise: uma definição dos tipos de análise
 - cc, transiente, pequenos sinais, etc..
 - Medidas que serão realizadas

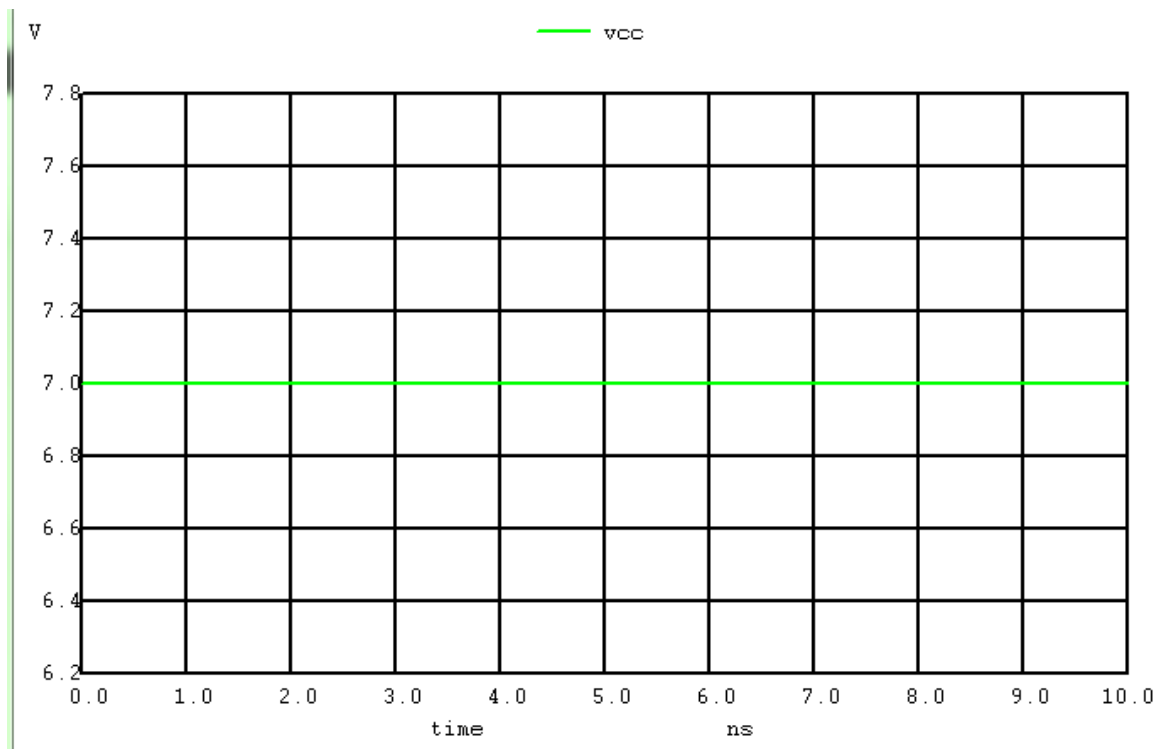
- A descrição do circuito deve ser feita em um arquivo texto
- A primeira linha do arquivo é reservada para a identificação da simulação
- A última linha do arquivo deve conter o comando **`.END`**
- O SPICE é case-**IN**sensitive, ou seja, não diferencia maiúsculo ou minúsculo.
- A ordem das linhas de comandos e definições restantes é totalmente arbitrária e fica a critério do usuário.
 - Embora seja recomendável o uso de comentários ao longo do arquivo para facilitar a sua posterior interpretação.
- As linhas de comentário são identificadas pela presença do asterisco (*) como primeiro caractere.

- **Cabeçalho (primeira linha):** identificando a simulação descrita no arquivo
- **Bibliotecas:** chamadas para as bibliotecas ou modelos para as tecnologias utilizadas
- **Parâmetros:** declaração de parâmetros
- **Subcircuitos:** declaração de subcircuitos
- **Fontes:** declaração das fontes do circuito
- **Netlist:** descrição dos componentes do circuito
- **Tipo de análise:** definição do tipo de análise
- **Medidas:** comandos para realizar medidas durante as simulações

- Criar um arquivo texto
- Salvar como fontes.cir
- Copiar o trecho de código abaixo:

```
* Declarando Fontes de tensão  
  
* Declaração das fontes  
  
* Simulação Transiente de 50ns com passo de 0.1ns  
.tran 0.1ns 50ns  
  
* Fim do Arquivo SPICE  
.end
```

- Fontes DC
 - Tem tensão fixa durante toda simulação
 - `V<nome> <nodo+> <nodo-> <valor_da_tensão>`
 - Exemplo: `Vexemplo vcc gnd 7`



- Abra o simulador
- No simulador, primeiro carregamos o arquivo de simulação com o comando *source*

```
source fontes.cir
```

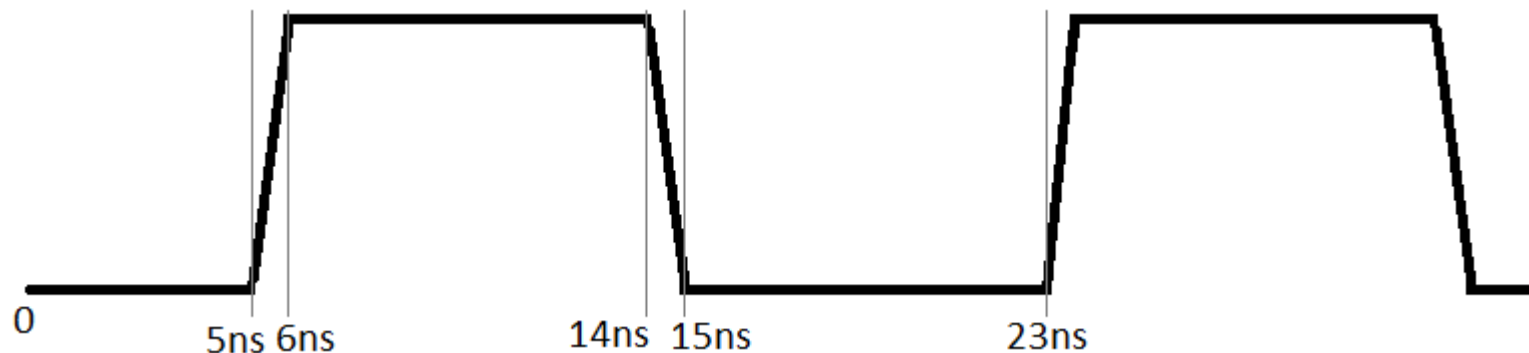
- Depois, rodamos a simulação com o comando *run*

```
Run
```

- Para ver as ondas geradas, usamos o comando *plot* e o nome do sinal que queremos observar

```
plot v(vcc)
```

- Fonte PWL – Piece-Wise Linear
 - Fonte moldada conforme for declarada
 - `V<nome> <n1> <n2> PWL (<t0> <v0> <t1> <v1> <t2> <v2> <t3> <v3> ... <tn> <vn>)`
- Exemplo:



• Chave
ativa com 1:

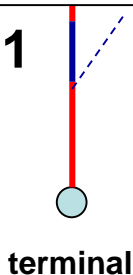
• Chave
ativa com 0:

on

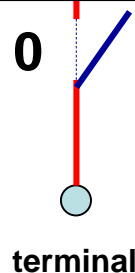
Próxima aula! 😊

off

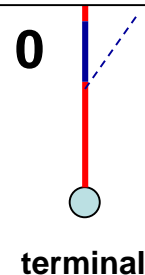
C = 1



C = 0



C = 0



C = 1

