
Circuitos Digitais **Combinacionais**

Tabelas de consulta, PLAs, FPGAs

- Prototipação de circuitos integrados.
- Métodos de projeto.
- Metodologia de projeto de CI.
- Sistemas digitais.
- Dispositivos programáveis em campo: PROM , PLA, FPGA.
- FPGA : Princípios de funcionamento, programação e características.
- Linguagens de descrição de *hardware*.
- VHDL.
- Síntese de alto nível.
- Ferramenta desenvolvimento FPGA+VHDL: Quartus.

- Protótipo – Primeiro tipo ou exemplar, original. (Dicionário Aurélio)
- Circuitos integrados (CI) – É um circuito eletrônico miniaturizado produzido na superfície de um substrato de material semicondutor e que realiza uma função (ou muitas) função(ões) específica (s).

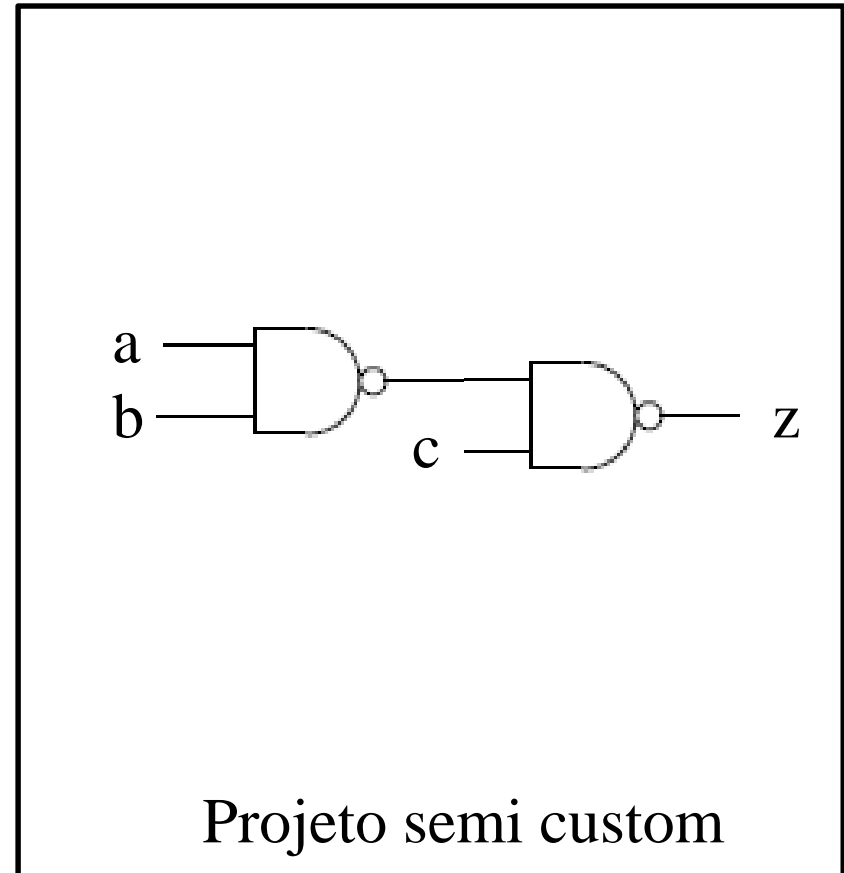
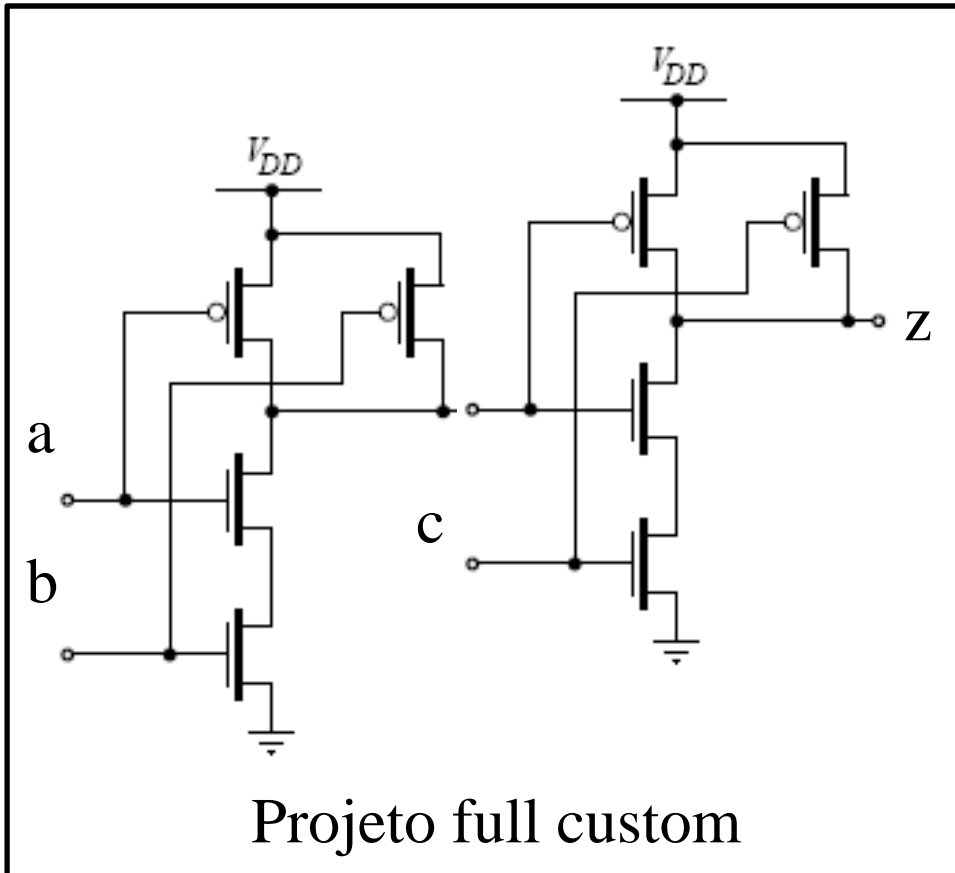
Conclusão: Estamos lidando com o projeto dos primeiros exemplares de um CI especificado para realizar uma determinada função. Basicamente é um projeto de hardware.

- A unidade básica para o projeto de CIs são os transistores.
- Os projetos podem ser de dois tipos:
 - *Full custom* – Especifica o *layout* de cada transistor individual bem como a forma de interligações entre eles.
 - *Semi-custom* – Blocos de transistores podem ser projetados e utilizados como blocos fundamentais.

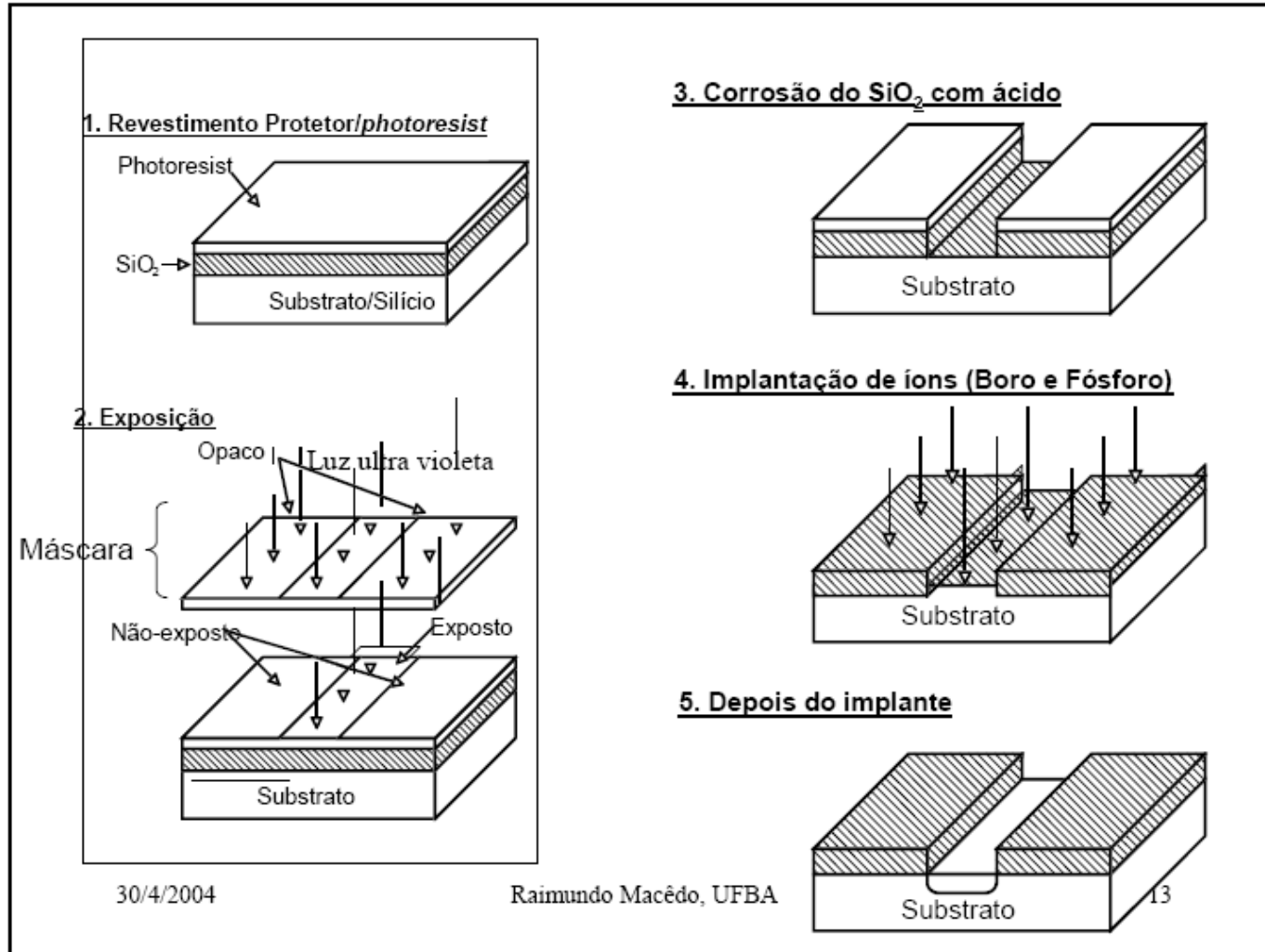
Exemplo: *full custom* vs *semi custom*

Projeto da função lógica:

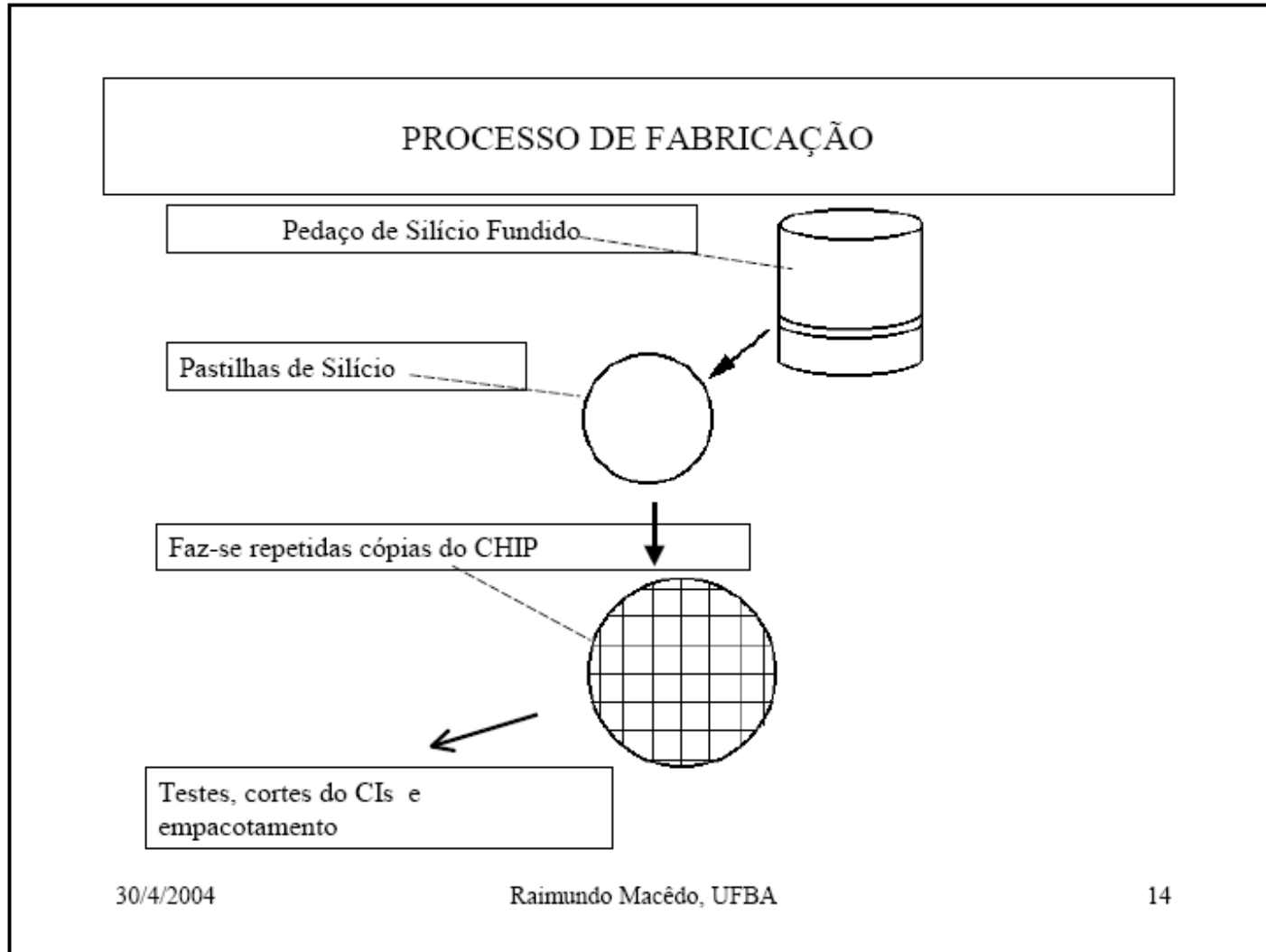
$$z = \overline{\overline{(a \bullet b)} \bullet c}$$

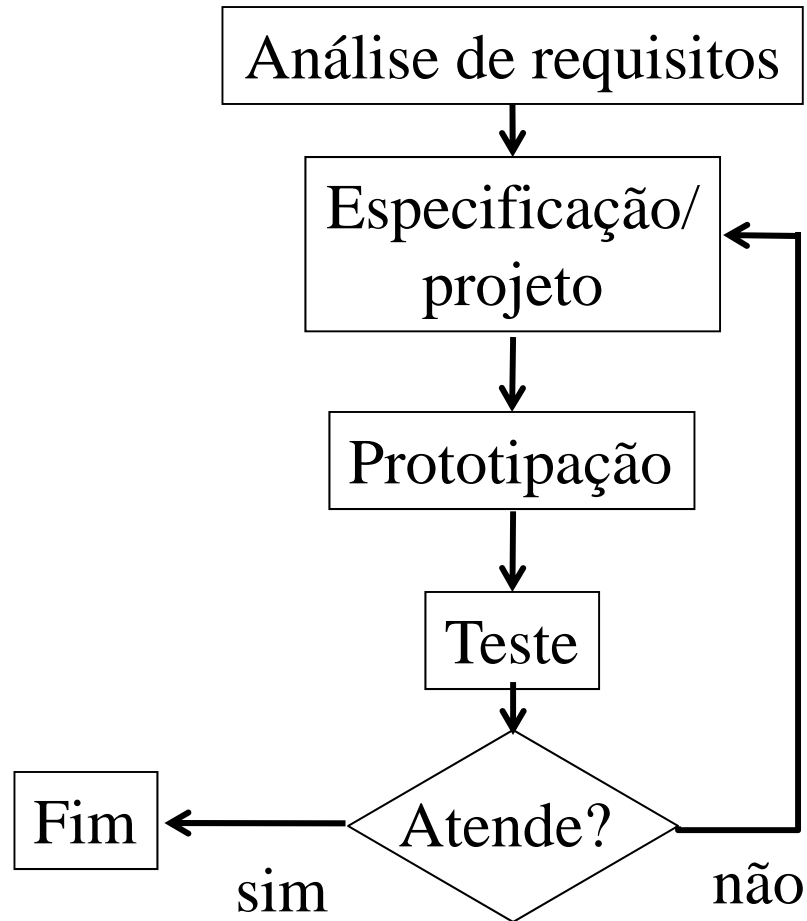


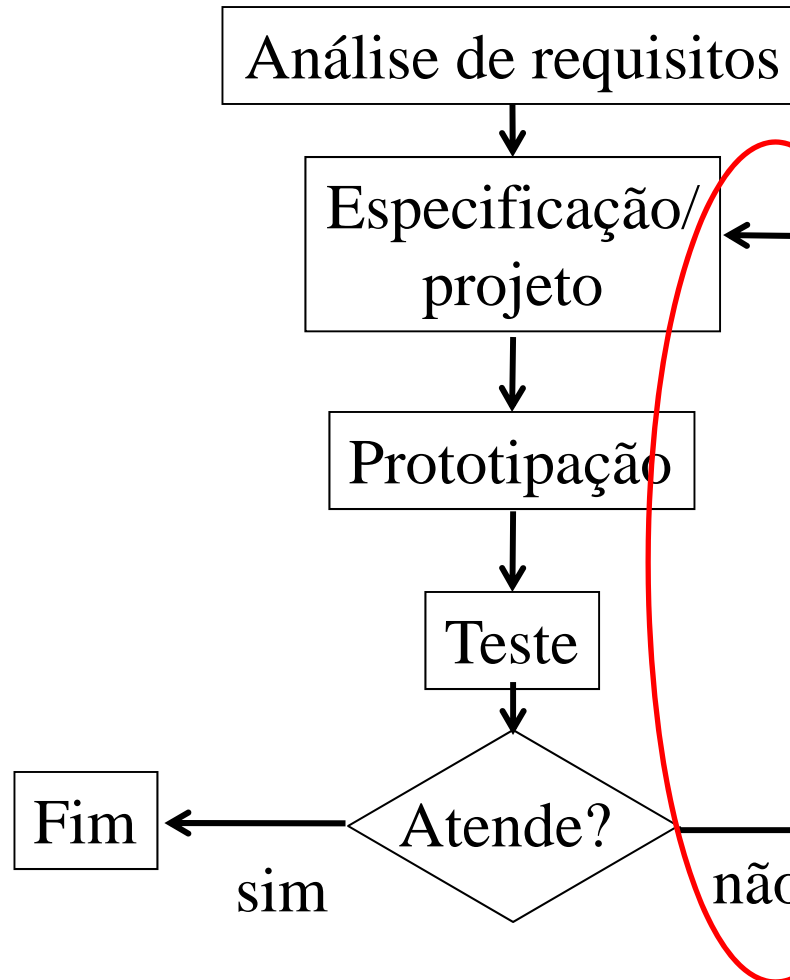
Processo de fabricação de CI (1)



Processo de fabricação de CI (2)



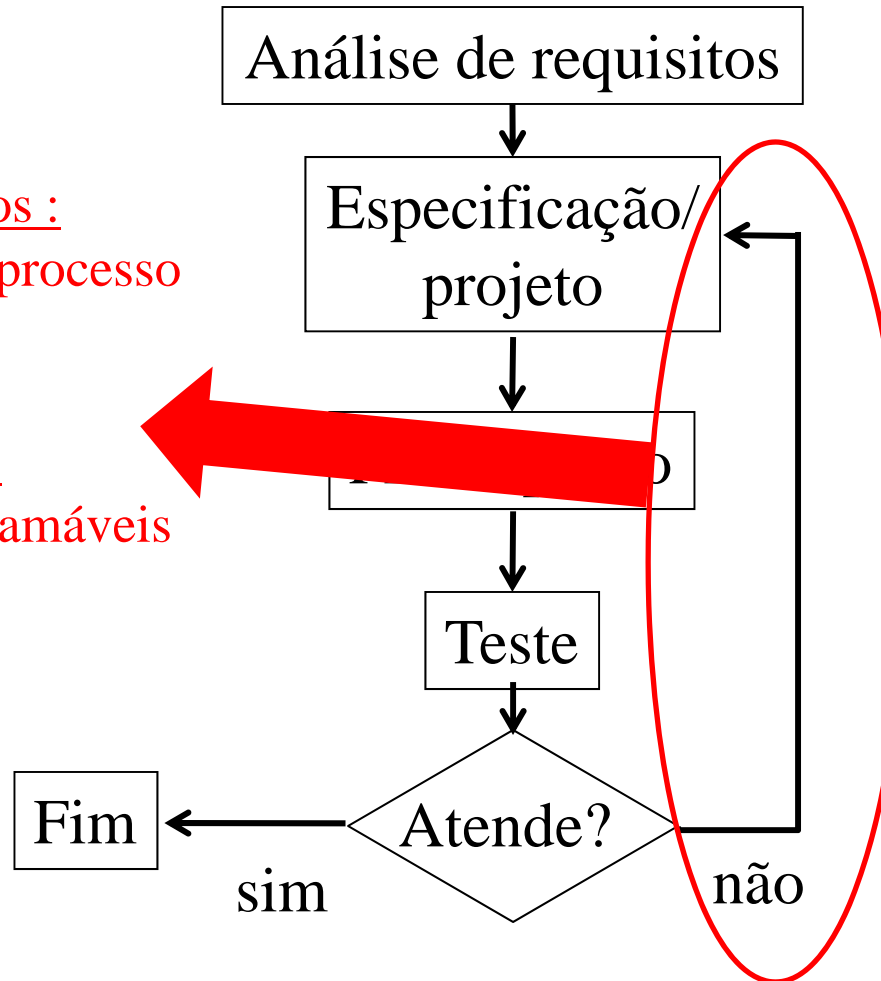




Etapa custosa!
Deve ser evitada

Sistemas analógicos :
Envolve um novo processo
de fabricação

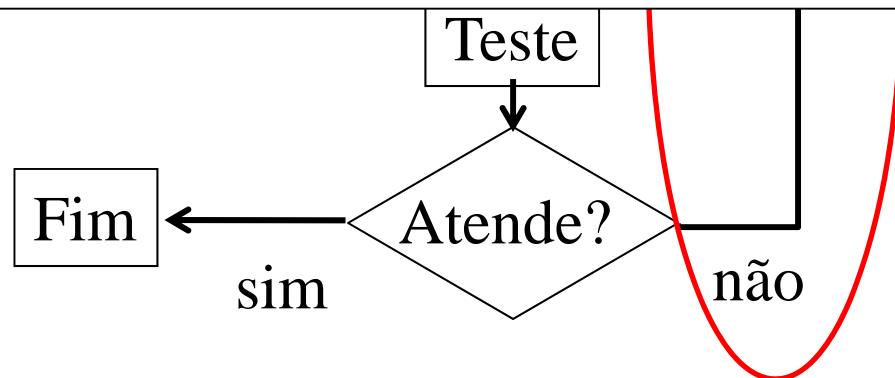
Sistemas digitais :
Dispositivos programáveis
em campo



Etapa custosa!
Deve ser evitada

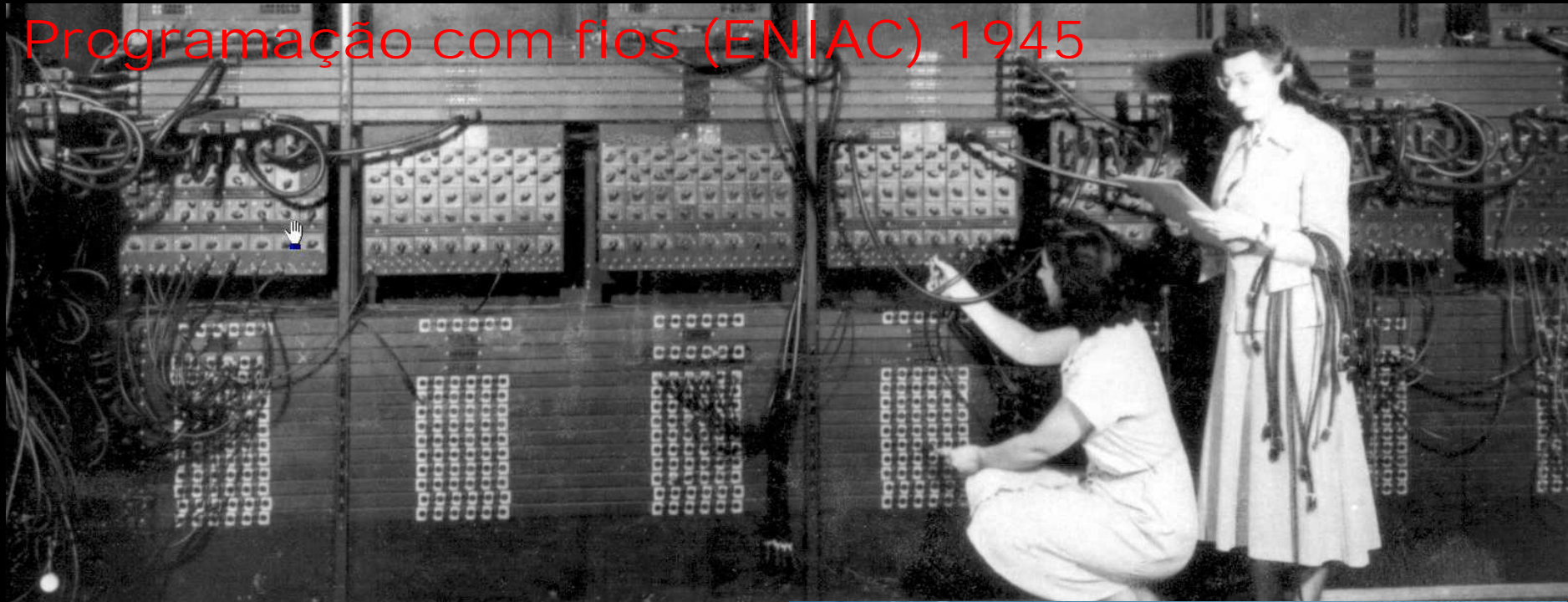
Análise de requisitos

Vamos abordar sistemas digitais de hardware configuráveis.



- Sistema digital – Um sistema no qual os sinais envolvidos têm um número finito de valores discretos.
- Evolução:
 - Sistemas programáveis com fios.
 - Portas lógicas.
 - Sistemas programáveis (memórias).
 - Hardware de propósito geral.
 - Hardware de propósito geral com periféricos integrados.
 - Hardware programável em campo (FPGA).
 - *System on Chip*

Programação com fios (ENIAC) 1945



Transistor E.S. (1947)

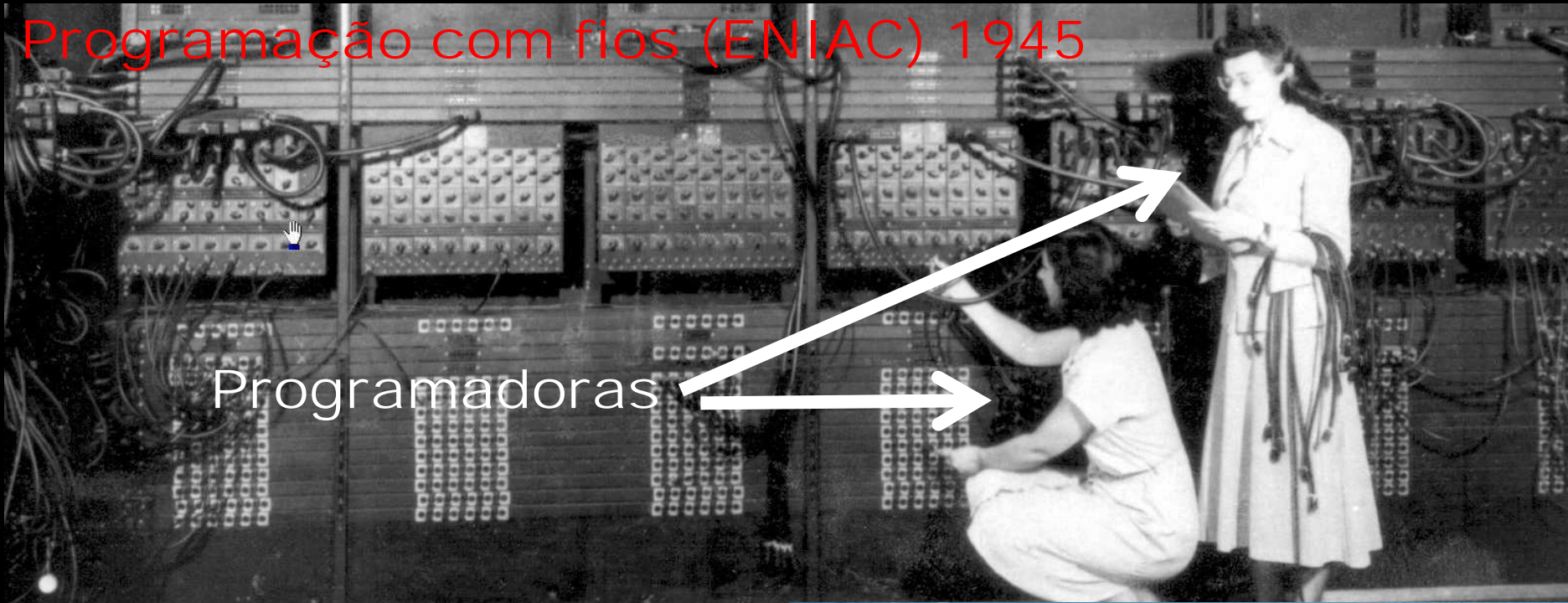


Circuito Integrado (1959)



Programação com fios (ENIAC) 1945

Programadoras

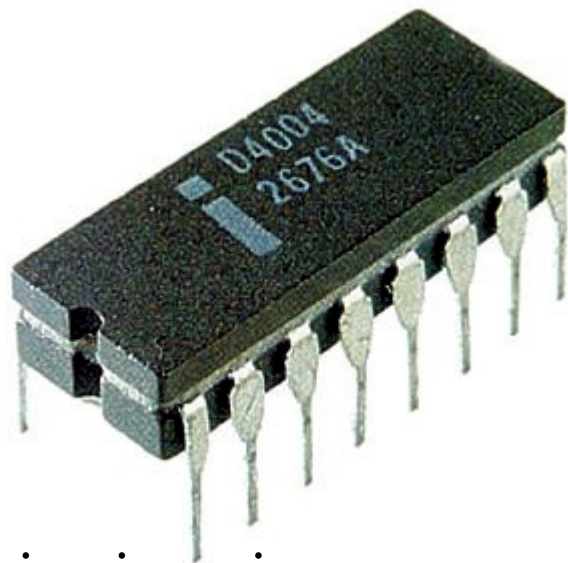


Transistor E.S. (1947)

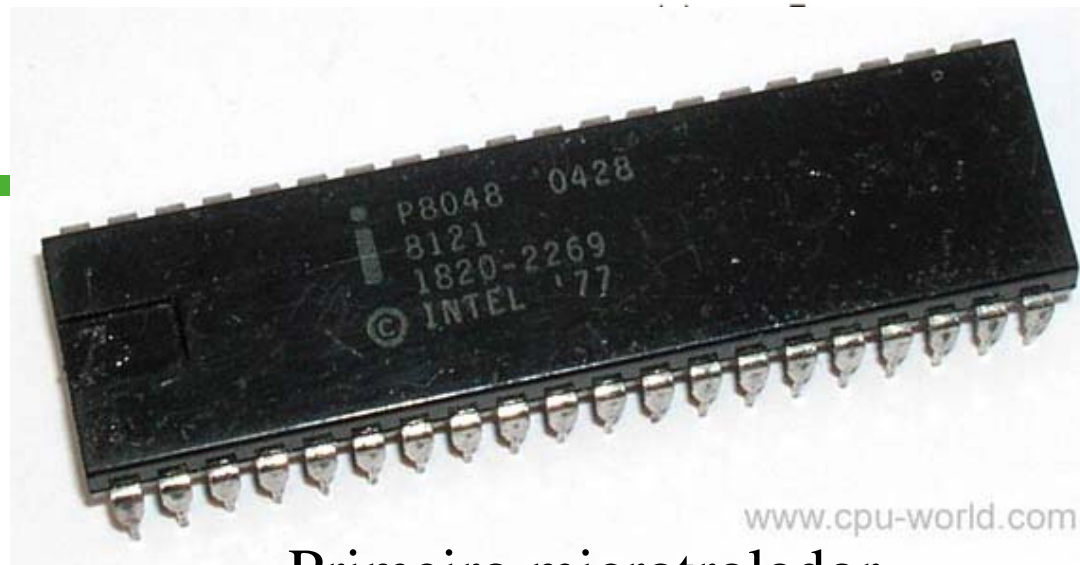


Circuito Integrado (1959)





Primeiro microprocessador
Intel 4004 (1971)

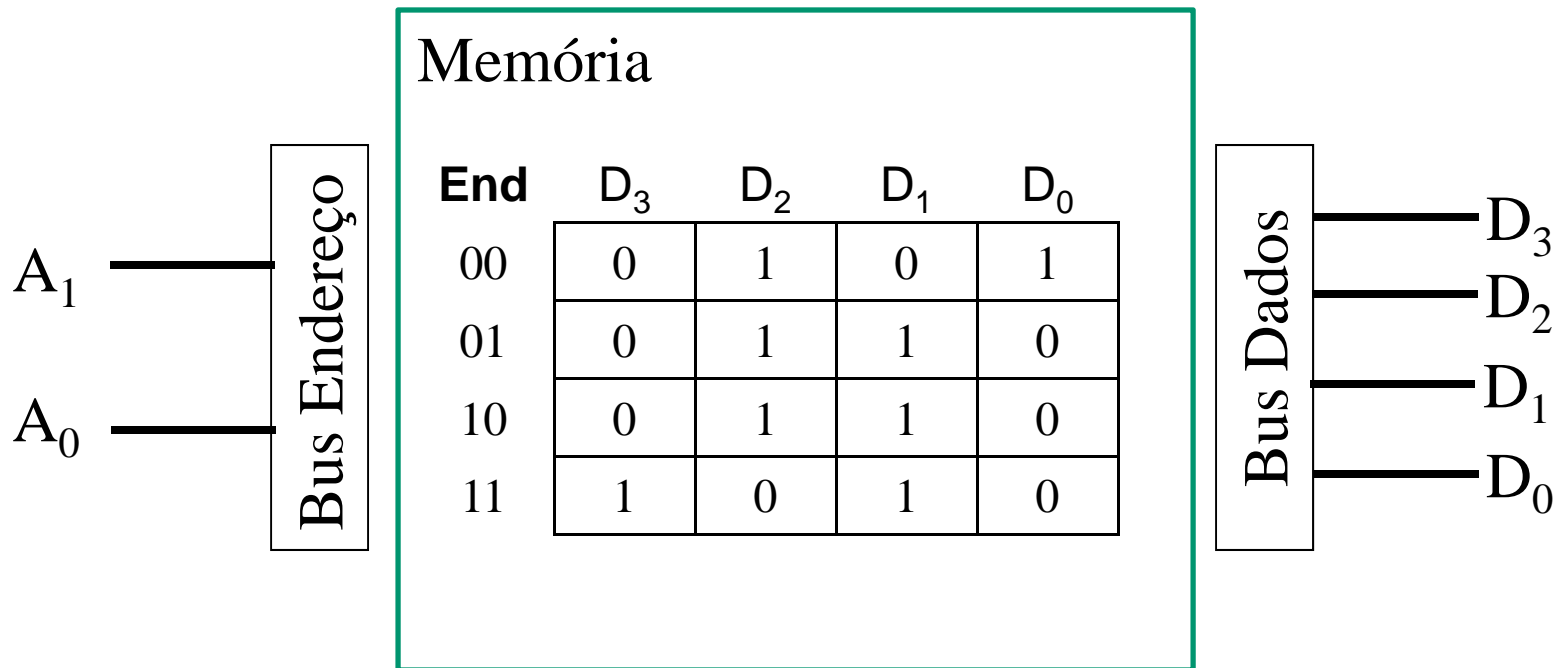


Primeiro microcontrolador
Intel 8048 (1978)

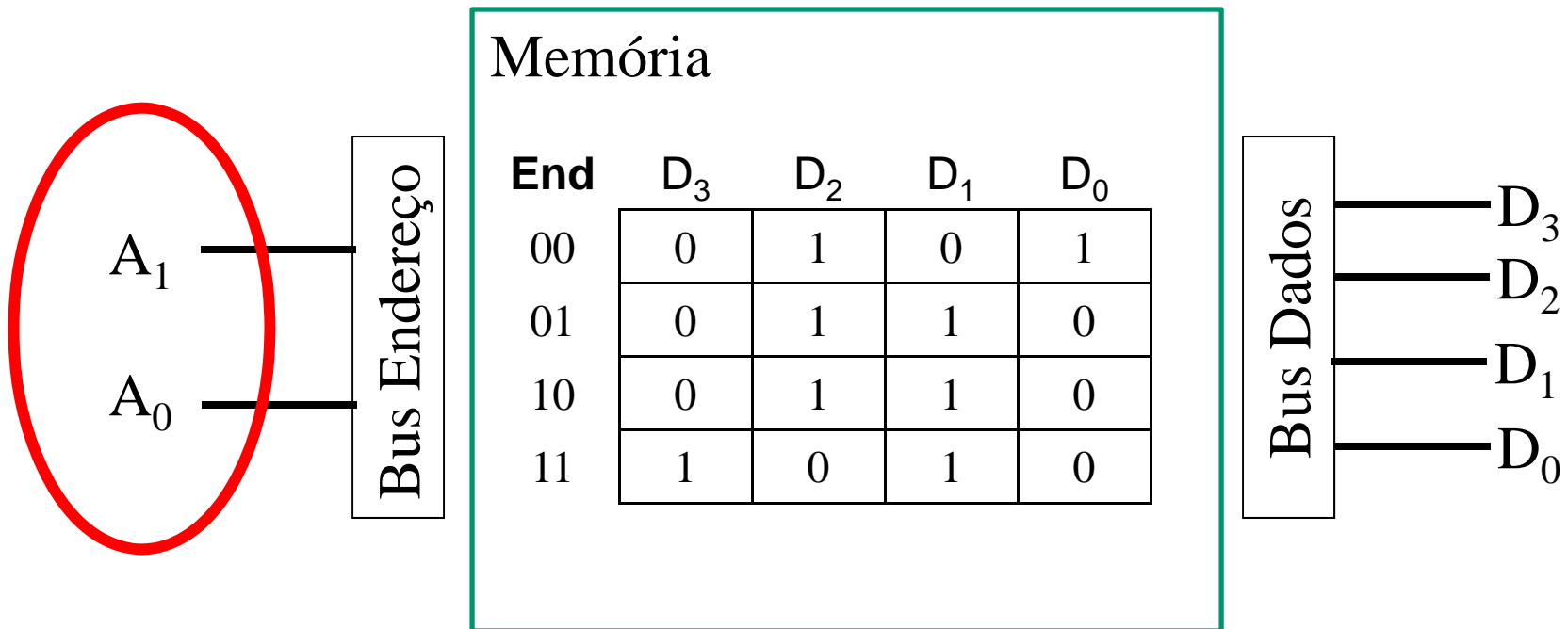


Primeiro FPGA Xlink (1985)

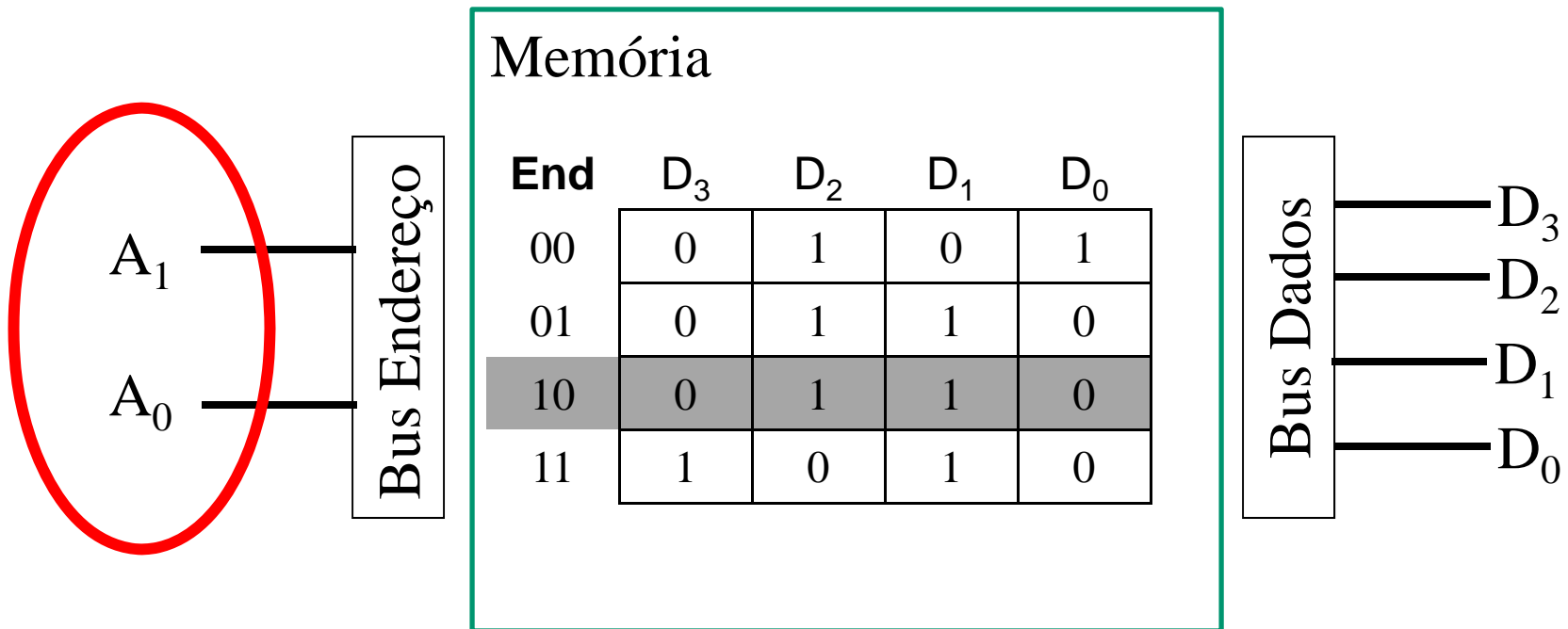
- Possuem dois barramentos: Endereço e Dados



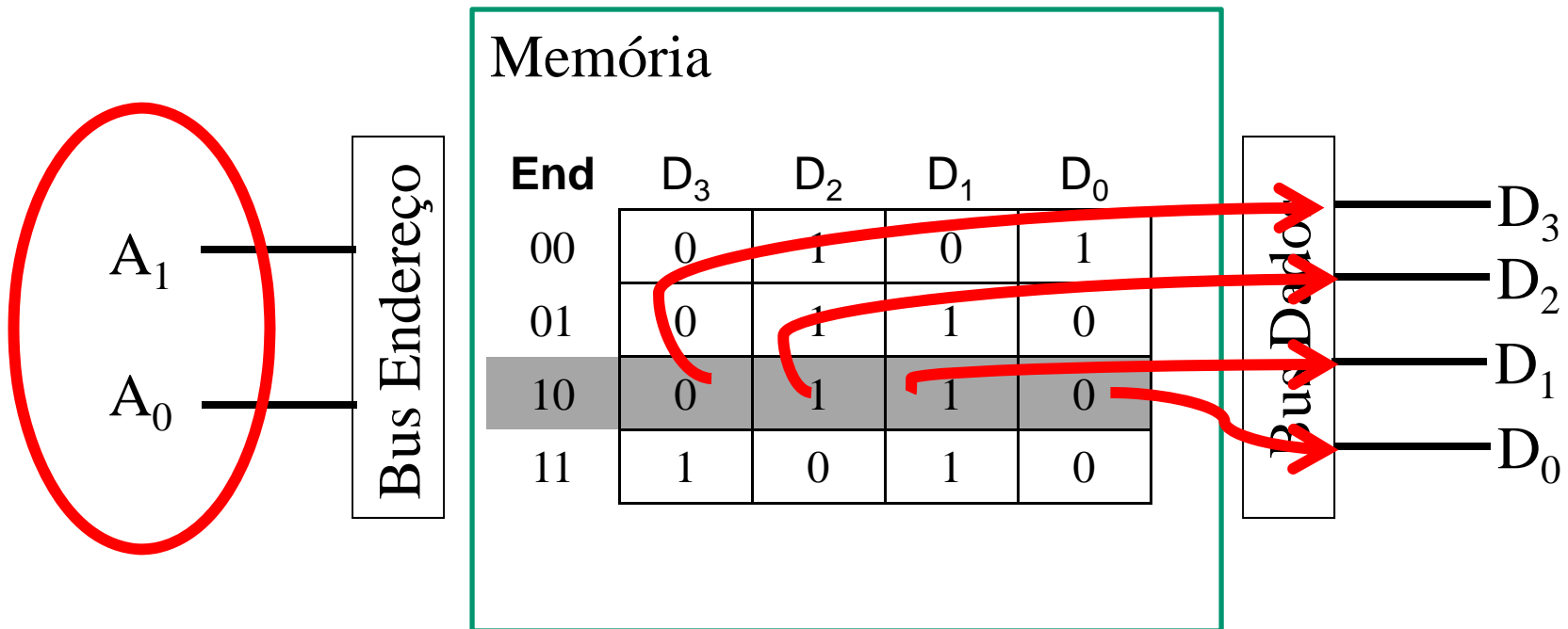
- Possuem dois barramentos: Endereço e Dados



- Possuem dois barramentos: Endereço e Dados

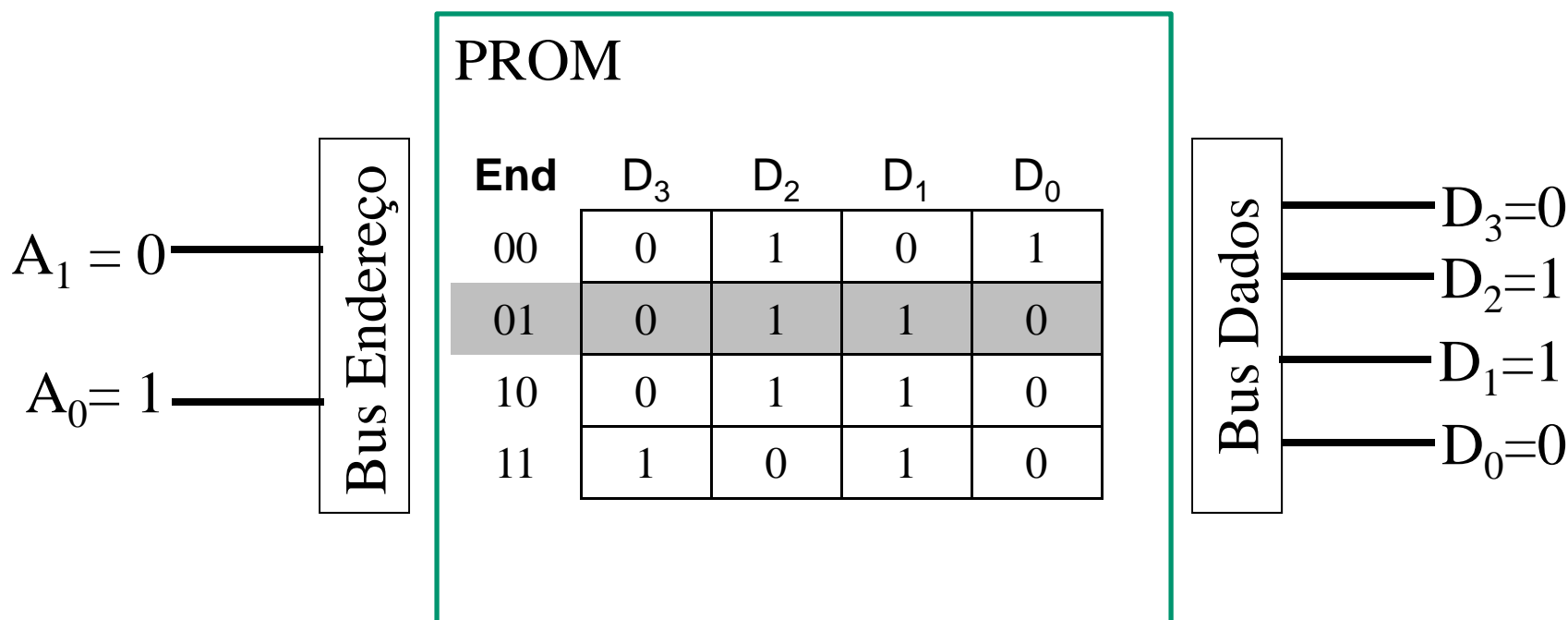


- Possuem dois barramentos: Endereço e Dados



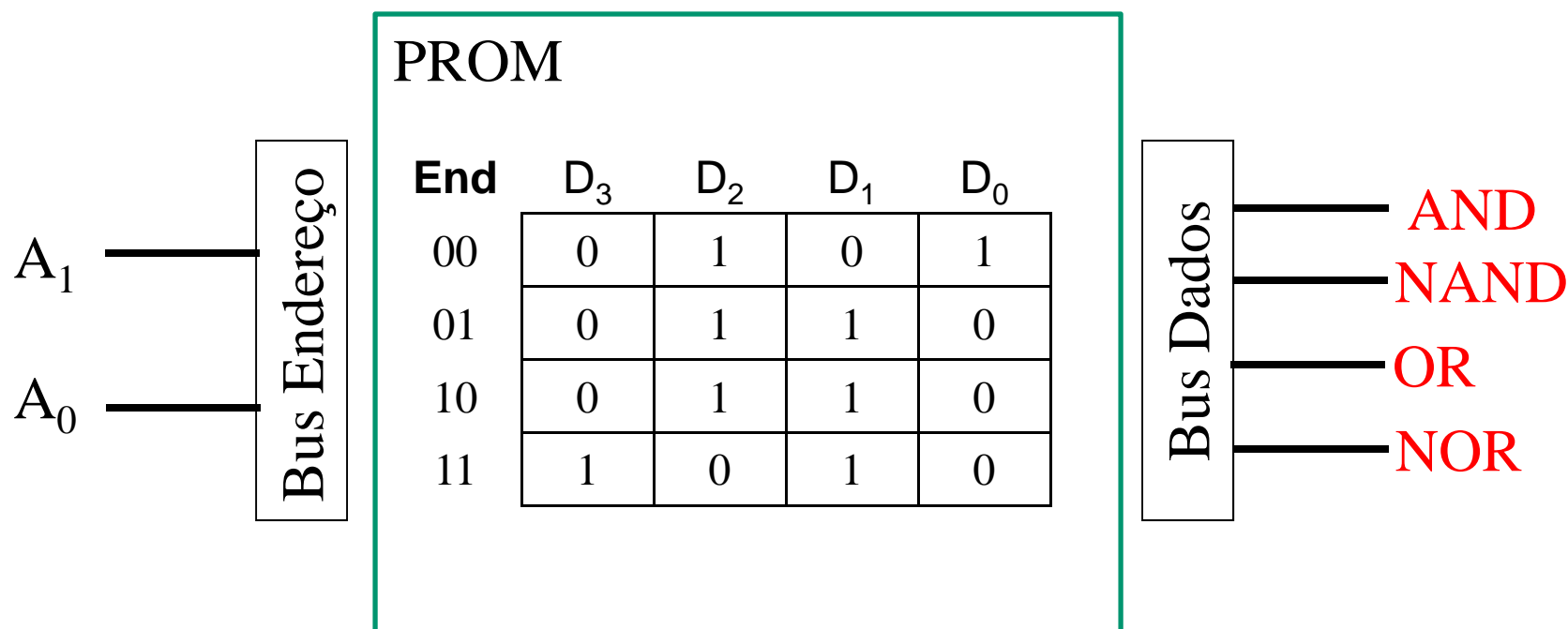
Dispositivos programáveis em campo

- Primeiro dispositivo – PROM (Programmable Read Only Memory)
- Pode ser usada para implementar funções digitais



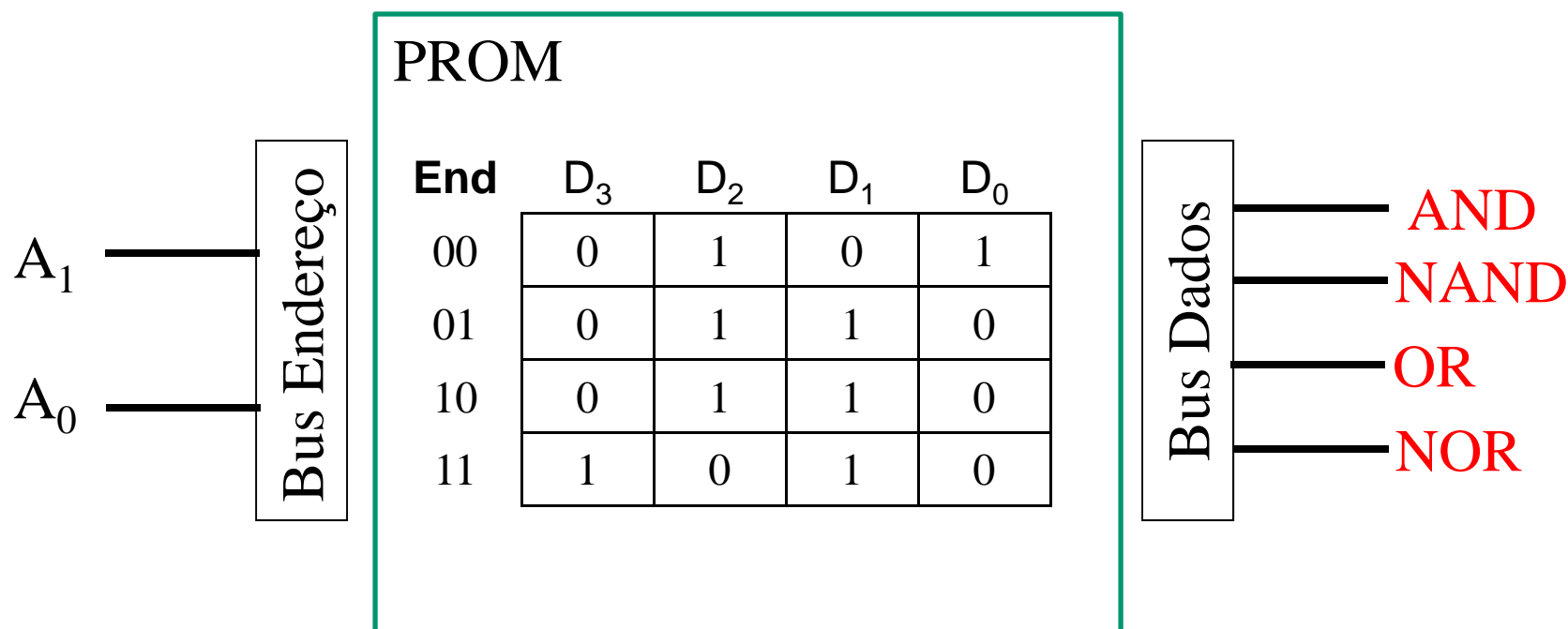
Dispositivos programáveis em campo

- Primeiro dispositivo – PROM (Programmable Read Only Memory)
- Pode ser usada para implementar funções digitais



Dispositivos programáveis em campo

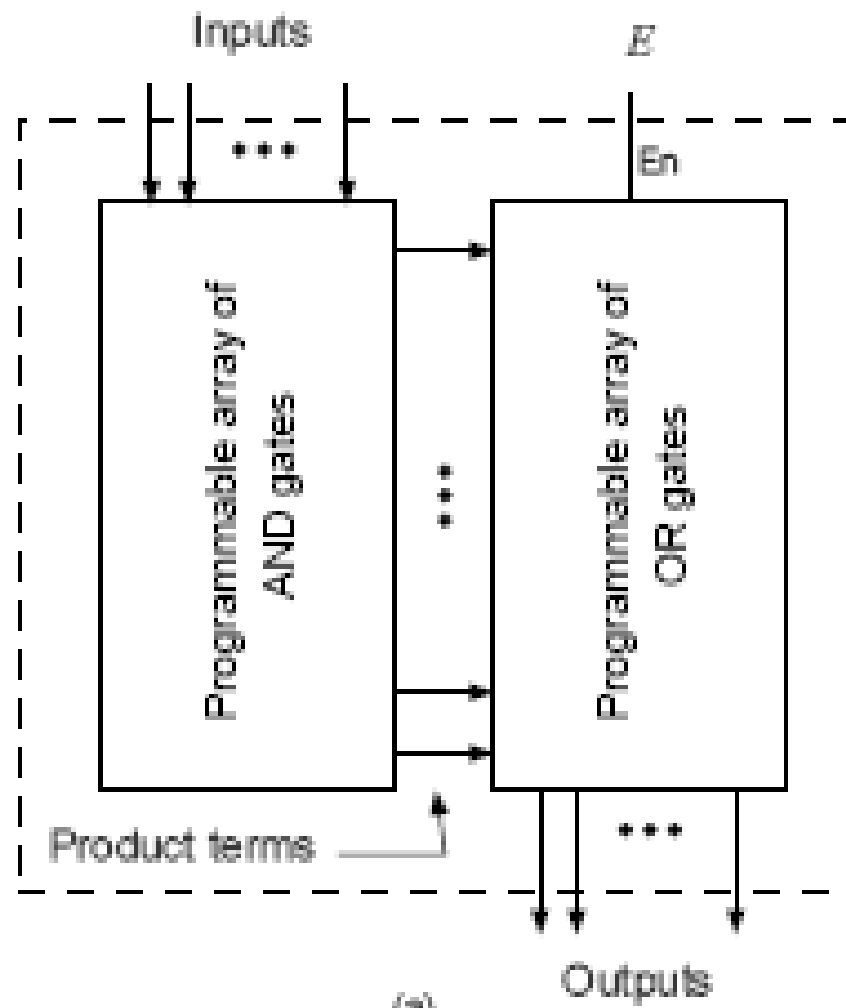
- Primeiro dispositivo – PROM (Programmable Read Only Memory)
- Pode ser usada para implementar funções digitais



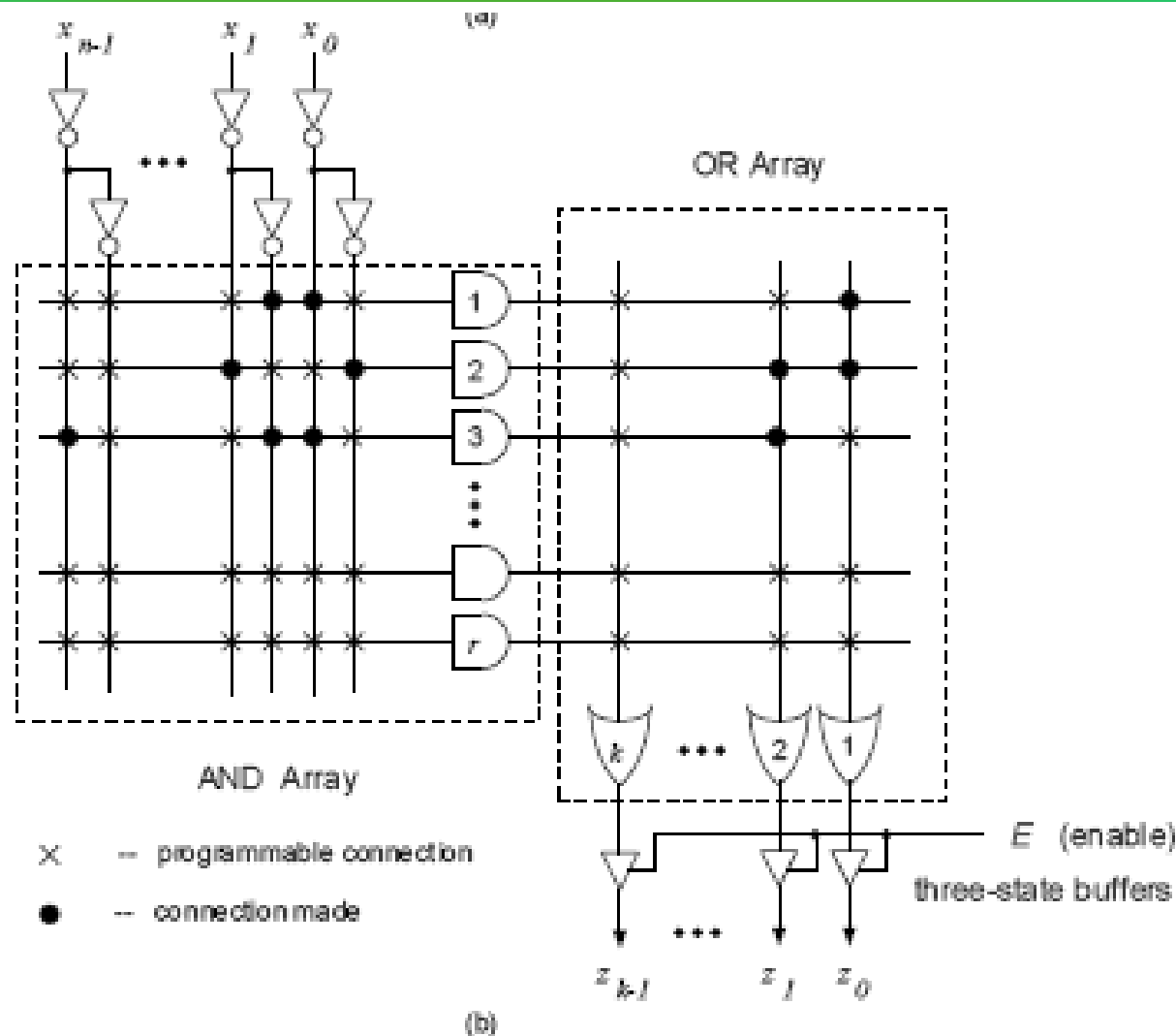
- Princípio: Toda função lógica combinacional pode ser implementada como soma de mintermos ou “soma” de “produtos”.

$$f(x, y, z) = f(0,0,0)m_0 + \dots + f(1,1,1)m_7$$

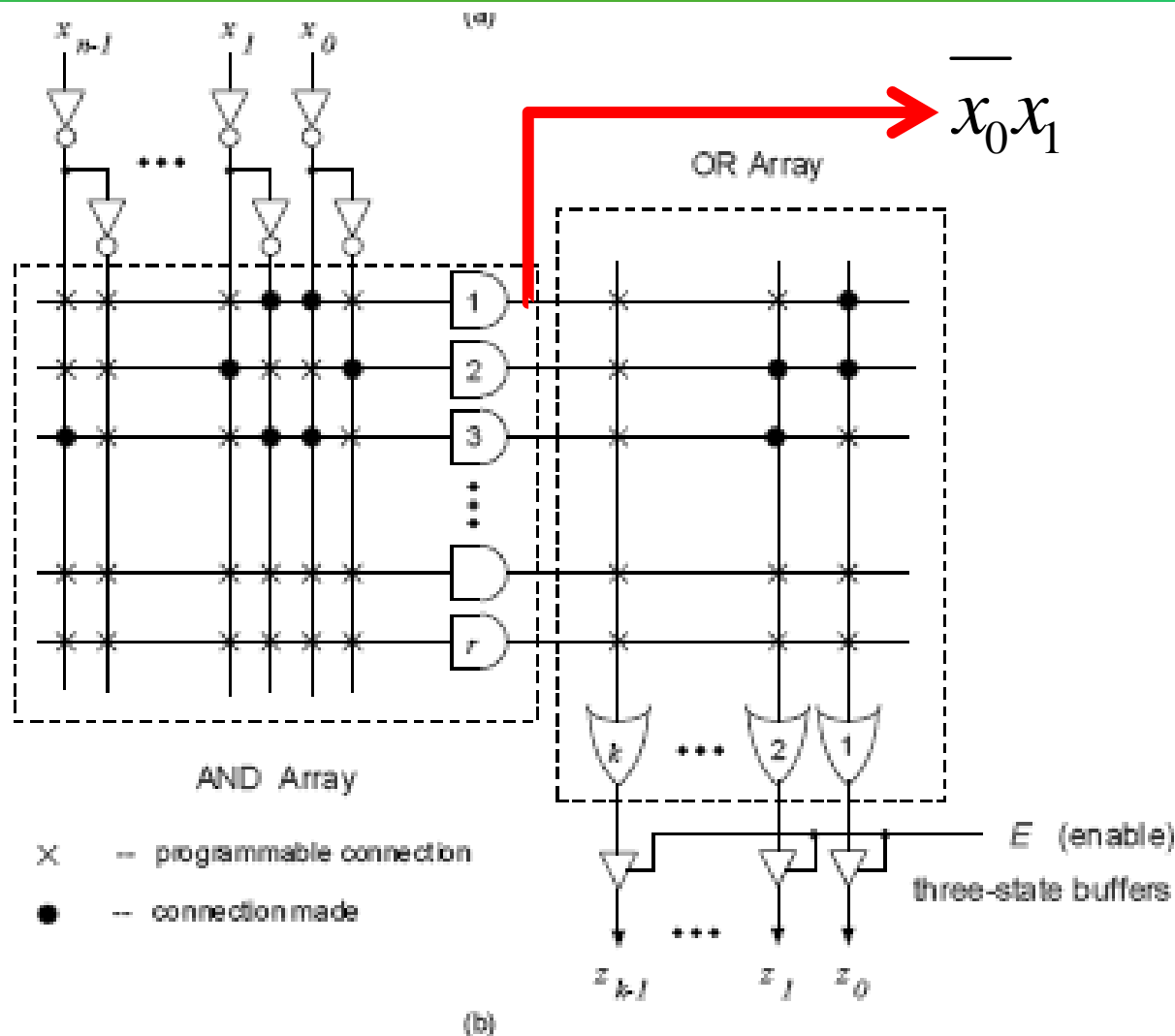
Matriz Lógica Programável (PLA)



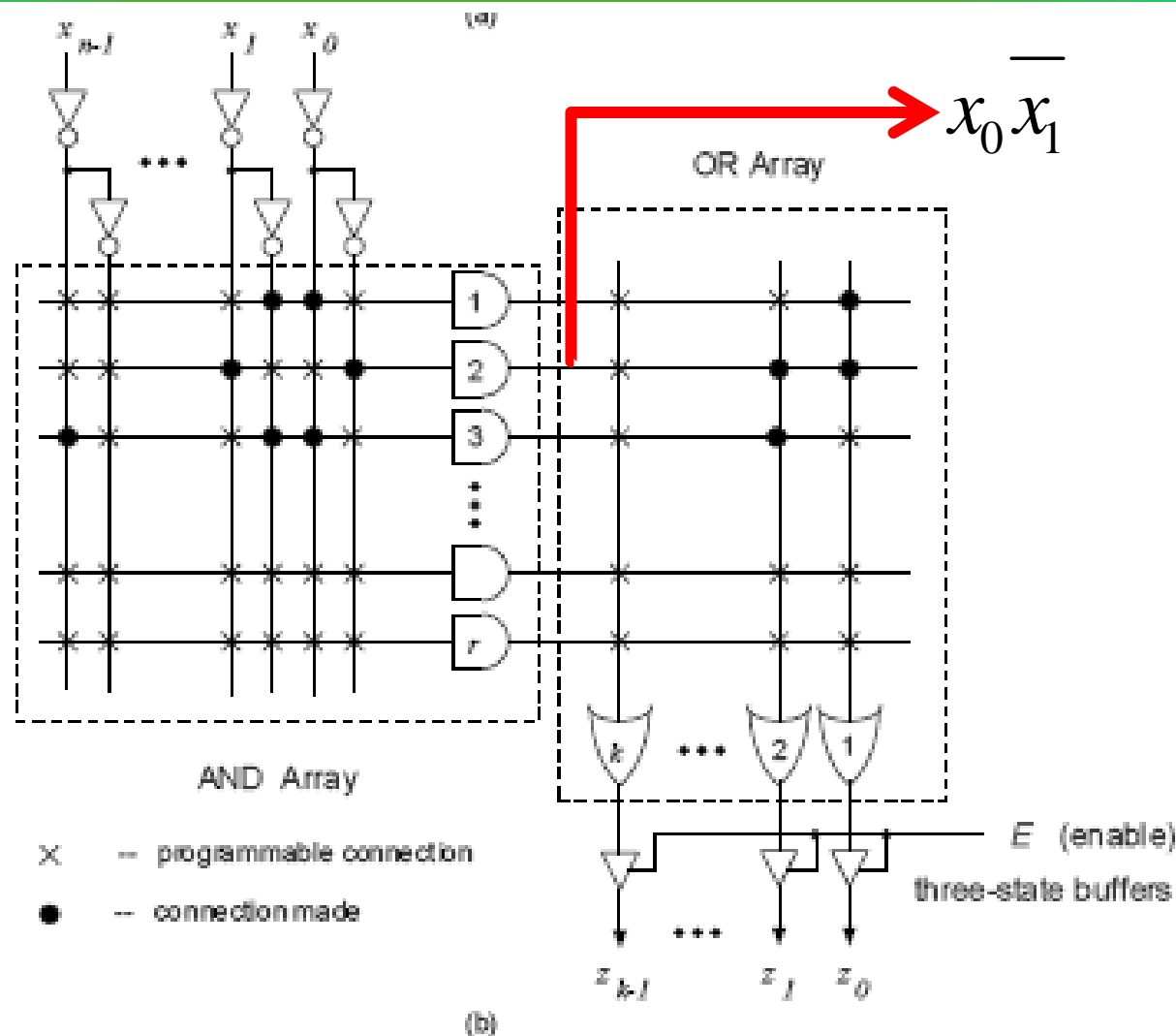
Matriz Lógica Programável (PLA)



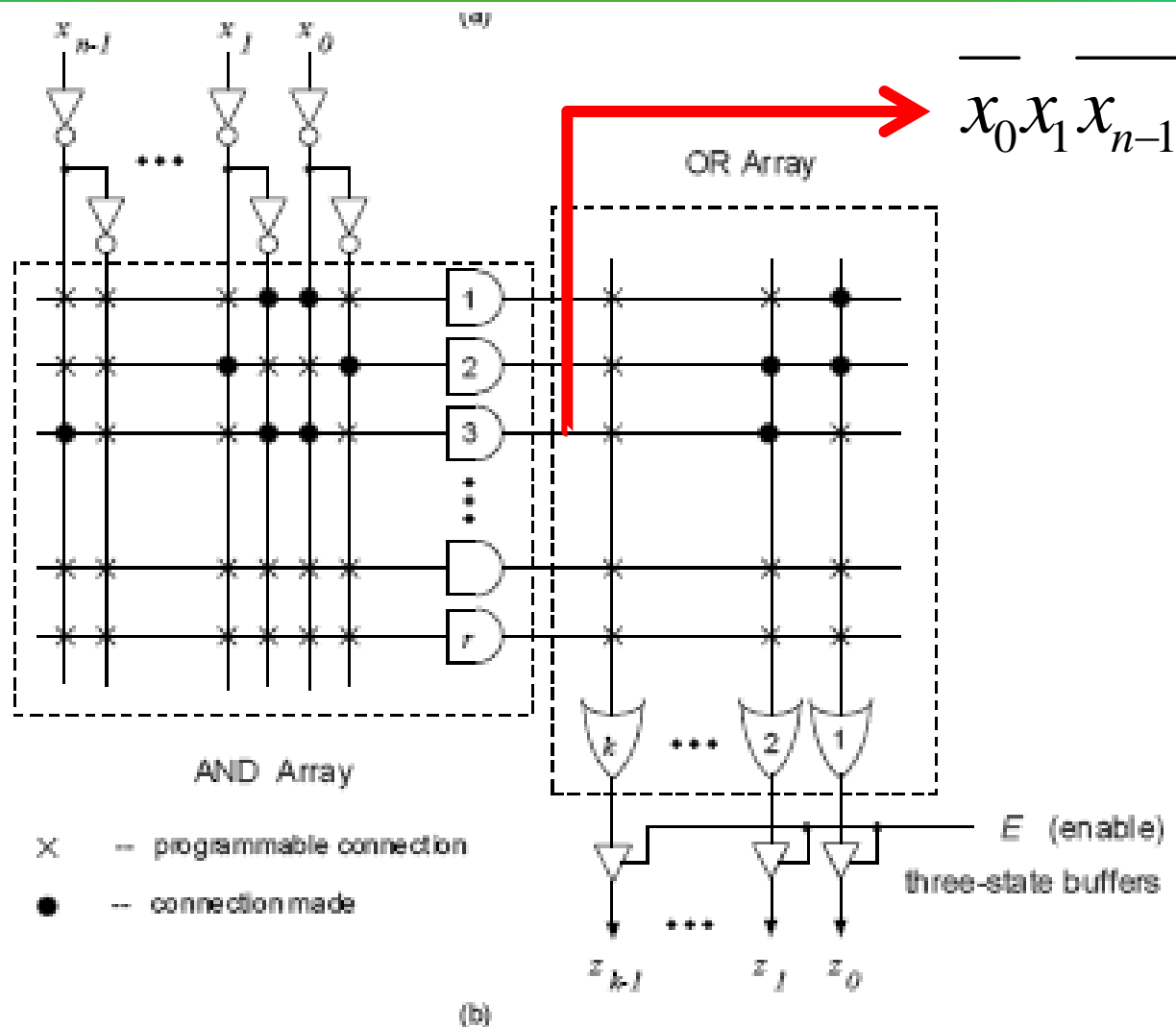
Matriz Lógica Programável (PLA)



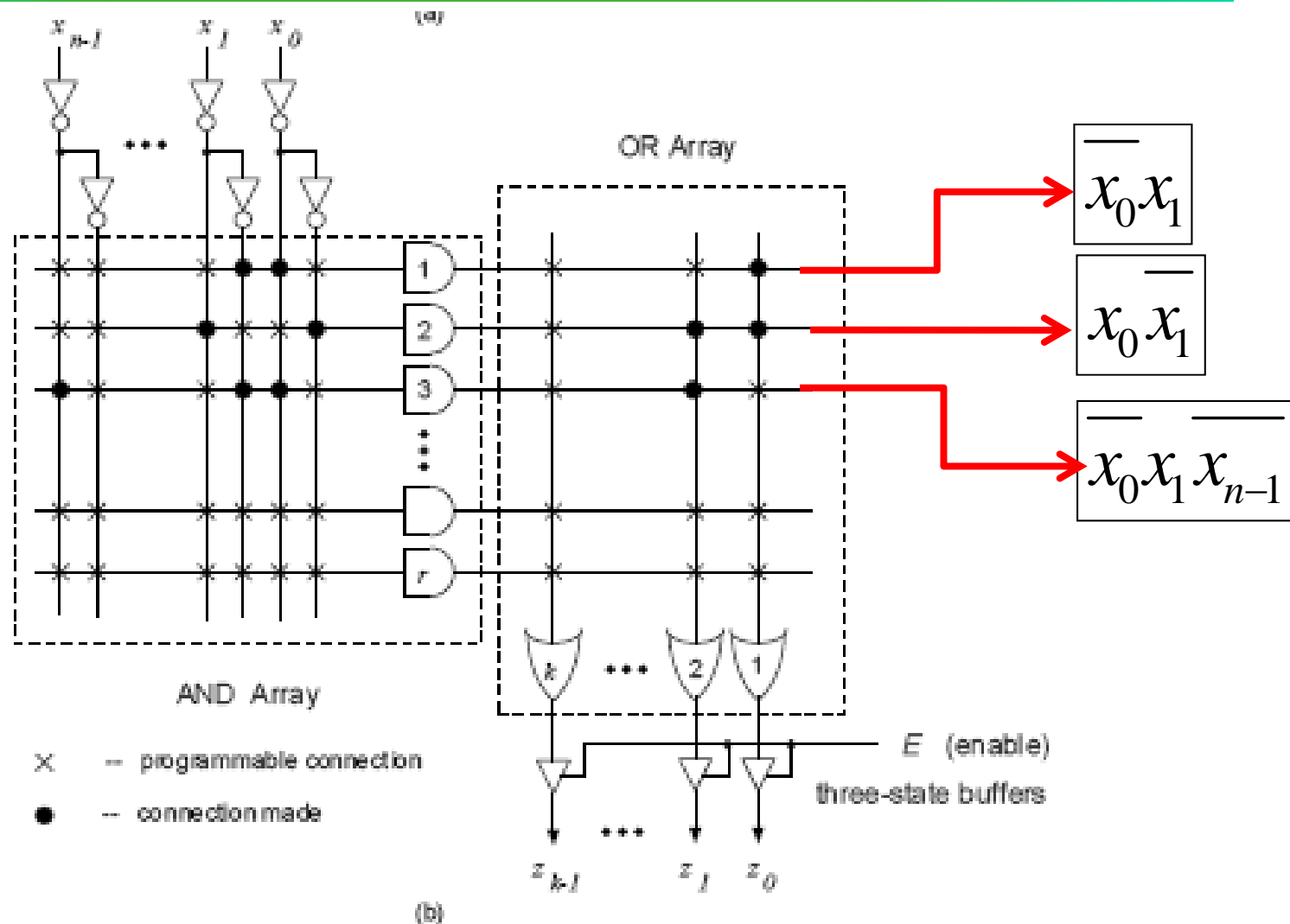
Matriz Lógica Programável (PLA)



Matriz Lógica Programável (PLA)

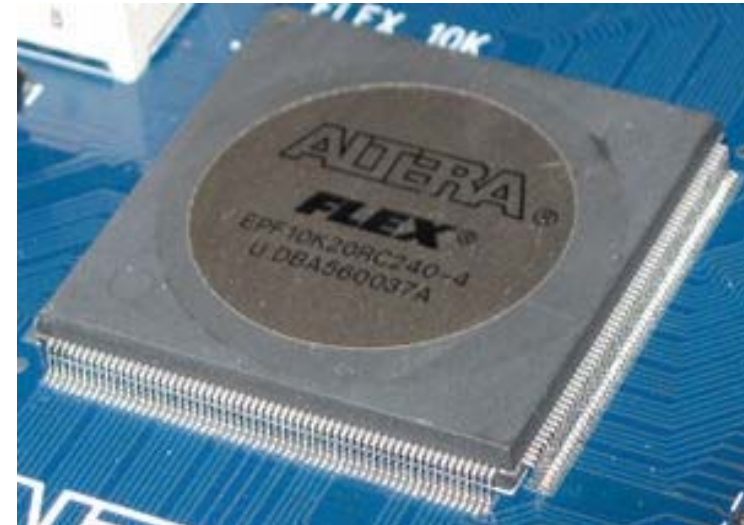


Matriz Lógica Programável (PLA)

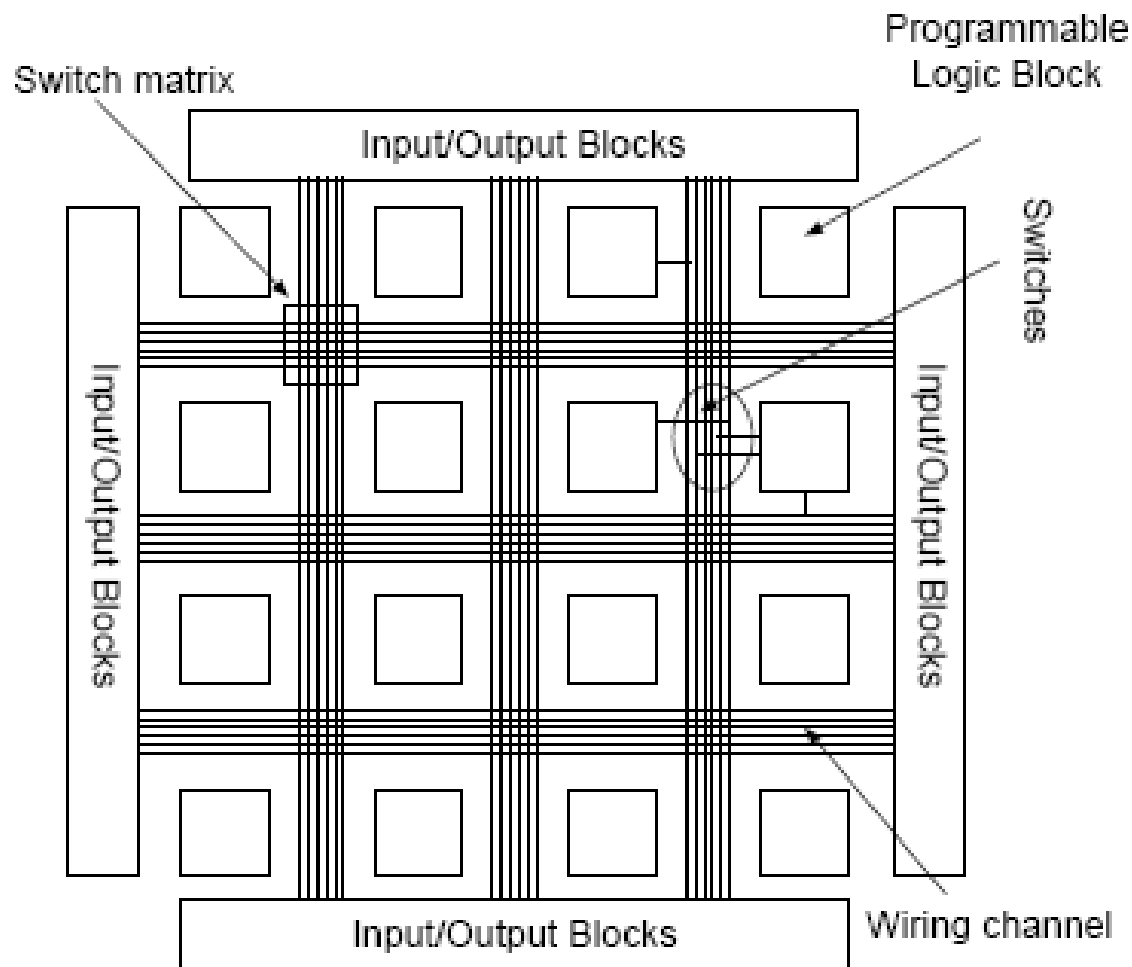


Field Programmable Gate Array – FPGA

- FPGA consiste de uma matriz de elementos (blocos lógicos) “descompromissados”, um conjunto de recursos de interconexão e um conjunto de portas de entrada/saída.
- O usuário final configura o FPGA através “programando” o dispositivo.
- Alguns Fabricantes:
 - Xilinx, Altera, Lattice Semi.
 - Actel, QuickLogic, Atmel.



Organização do FPGA



- Número de blocos lógicos ~ 10k à 1M.
- Tecnologias para armazenamento da configuração:
 - SRAM
 - Flash
 - OTP

Tipo	Reconfigurável?	Volátil?
SRAM	Sim	Sim
FLASH	Sim	Não
OTP	Não	Não

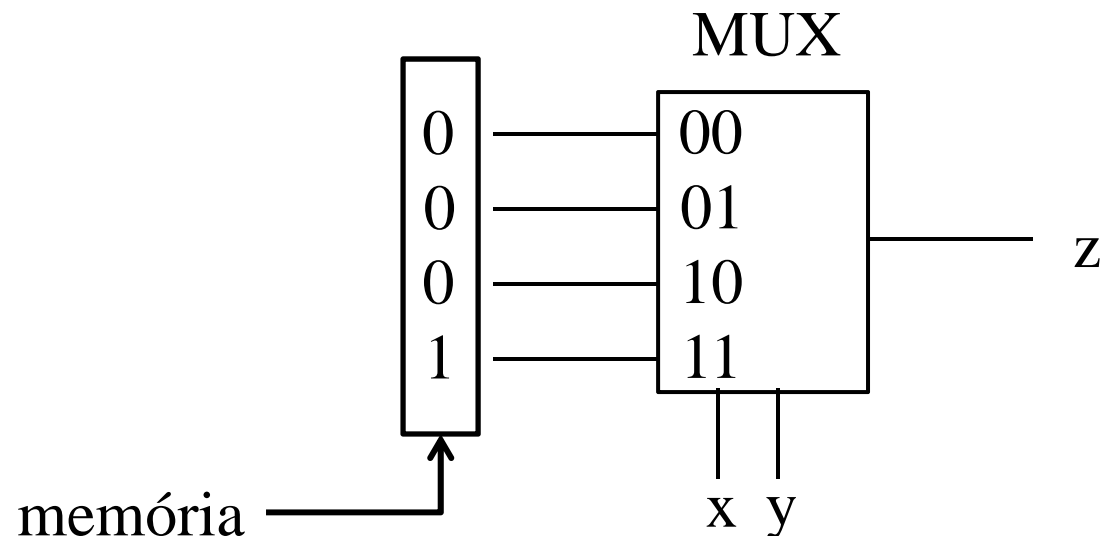
- Utiliza “look-up tables” (LUT) para formação dos blocos lógicos.
- É possível implementar qualquer função combinacional com uma LUT.
- Princípio: Armazene o valor da função desejada para cada entrada possível.

Entradas			Saída
0	0		0
0	1		1
1	0		1
1	1		1

- Porta AND com uma LUT

Entradas			Saída
x	y		z
0	0		0
0	1		0
1	0		0
1	1		1

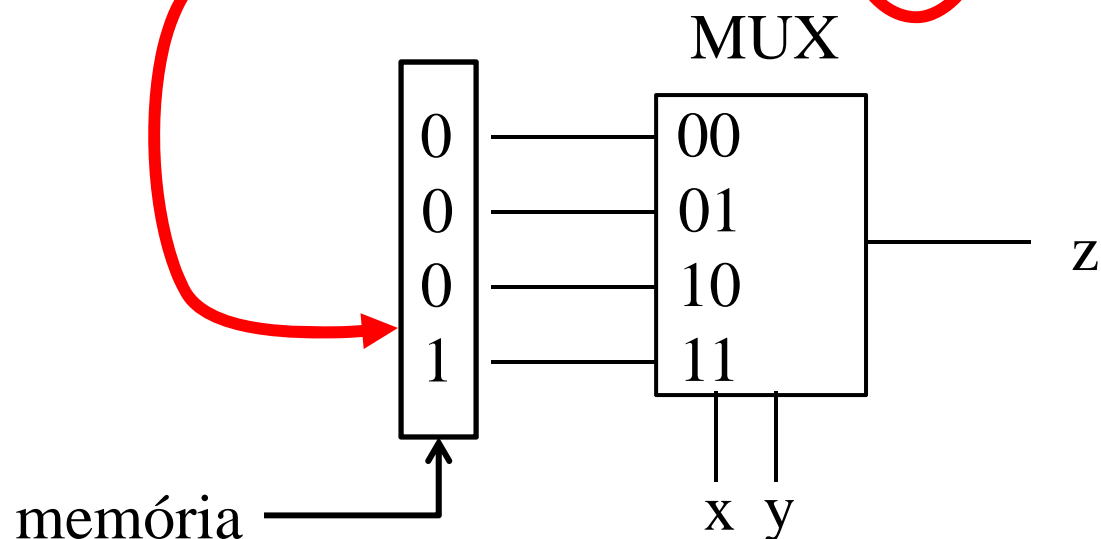
- Implementação

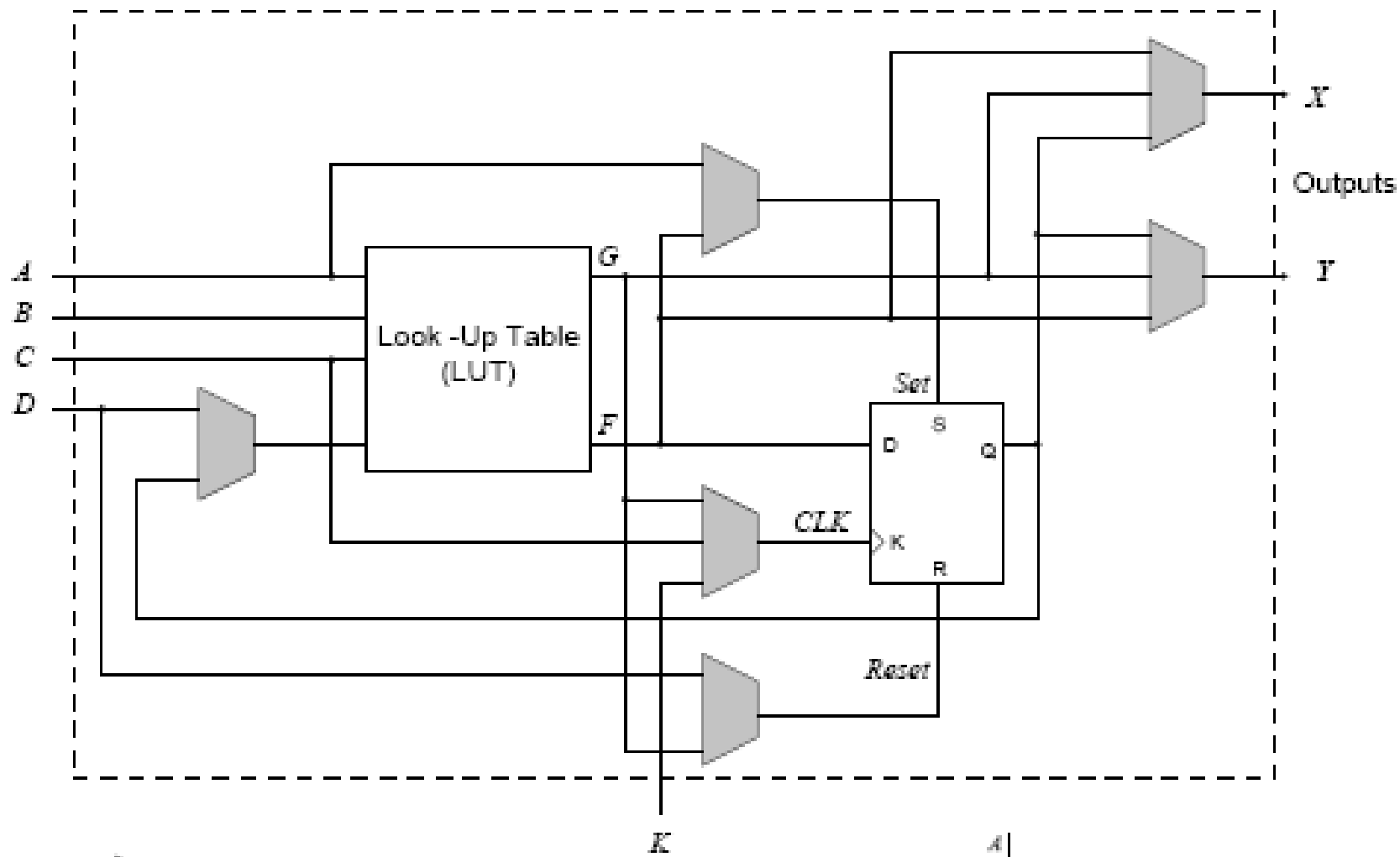


- Porta AND com uma LUT

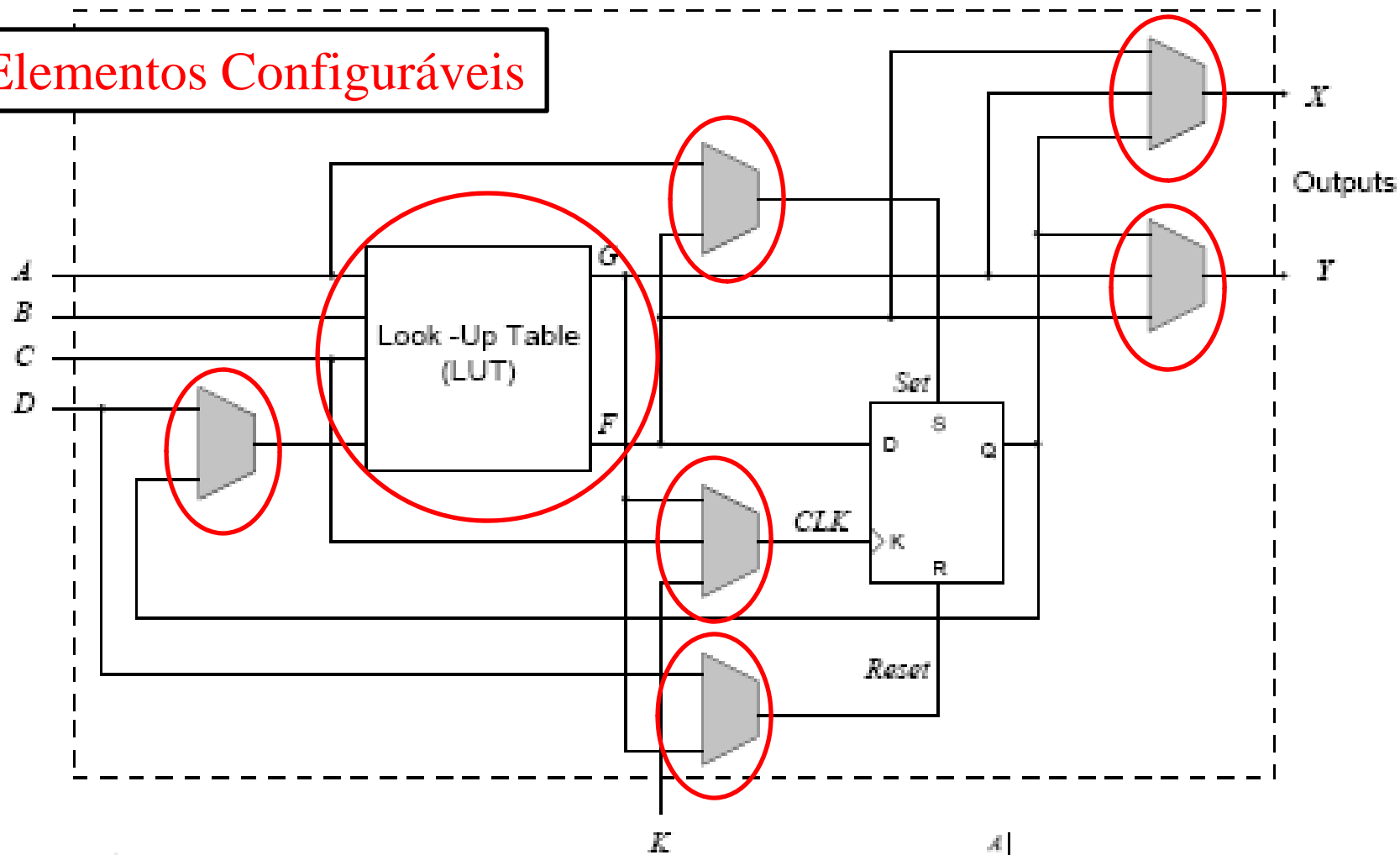
Entradas			Saída
x	y		z
0	0		0
0	1		0
1	0		0
1	1		1

- Implementação

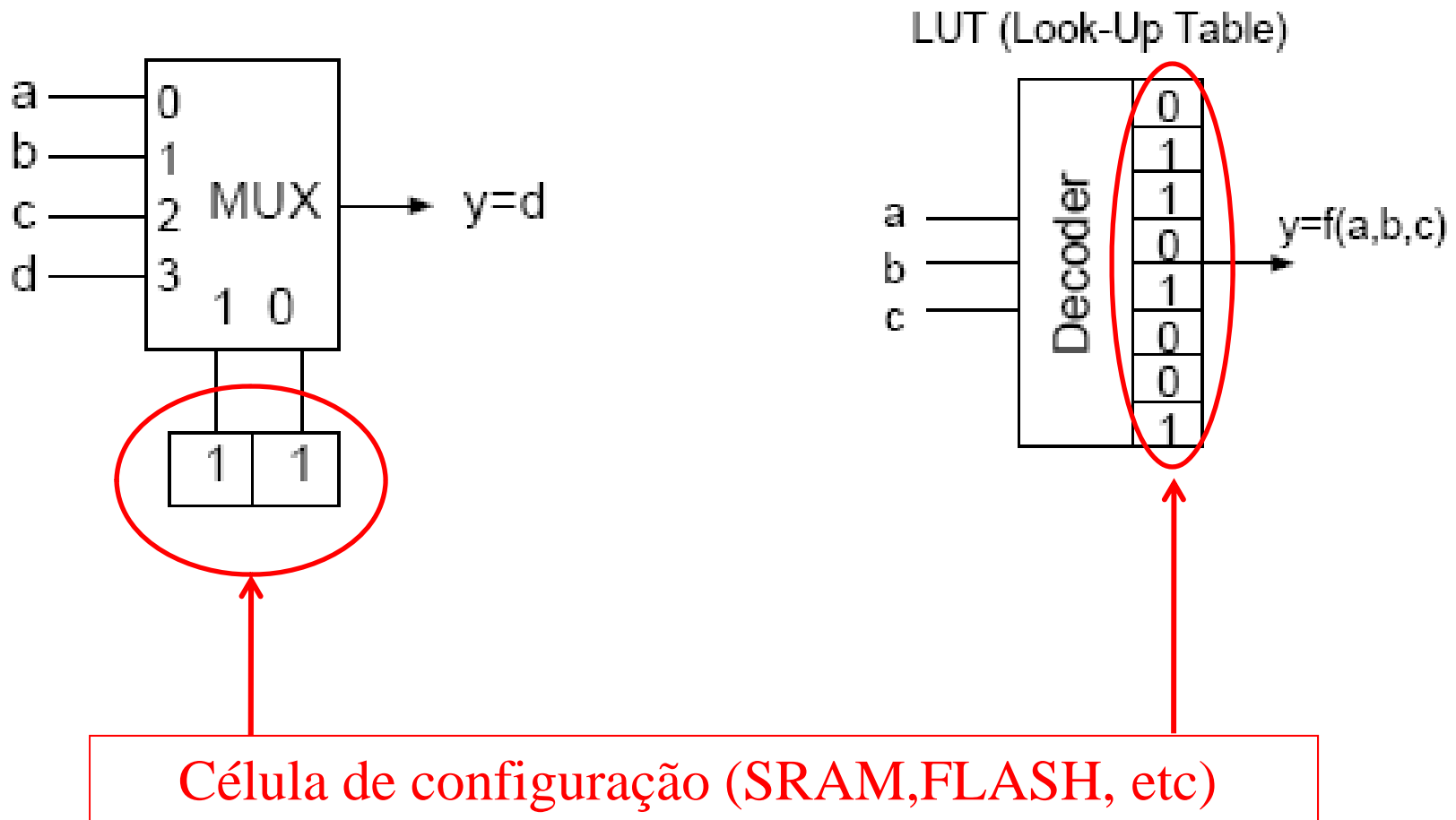


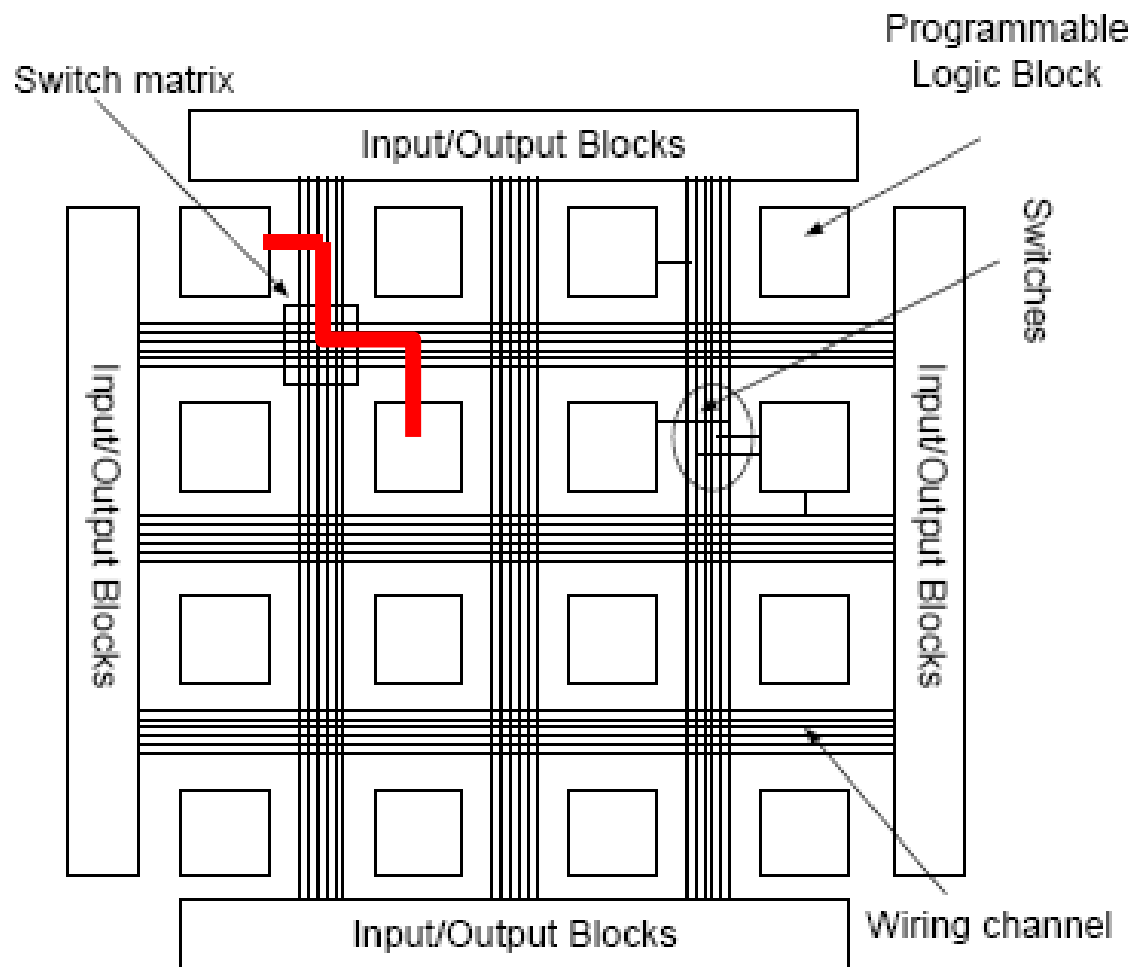


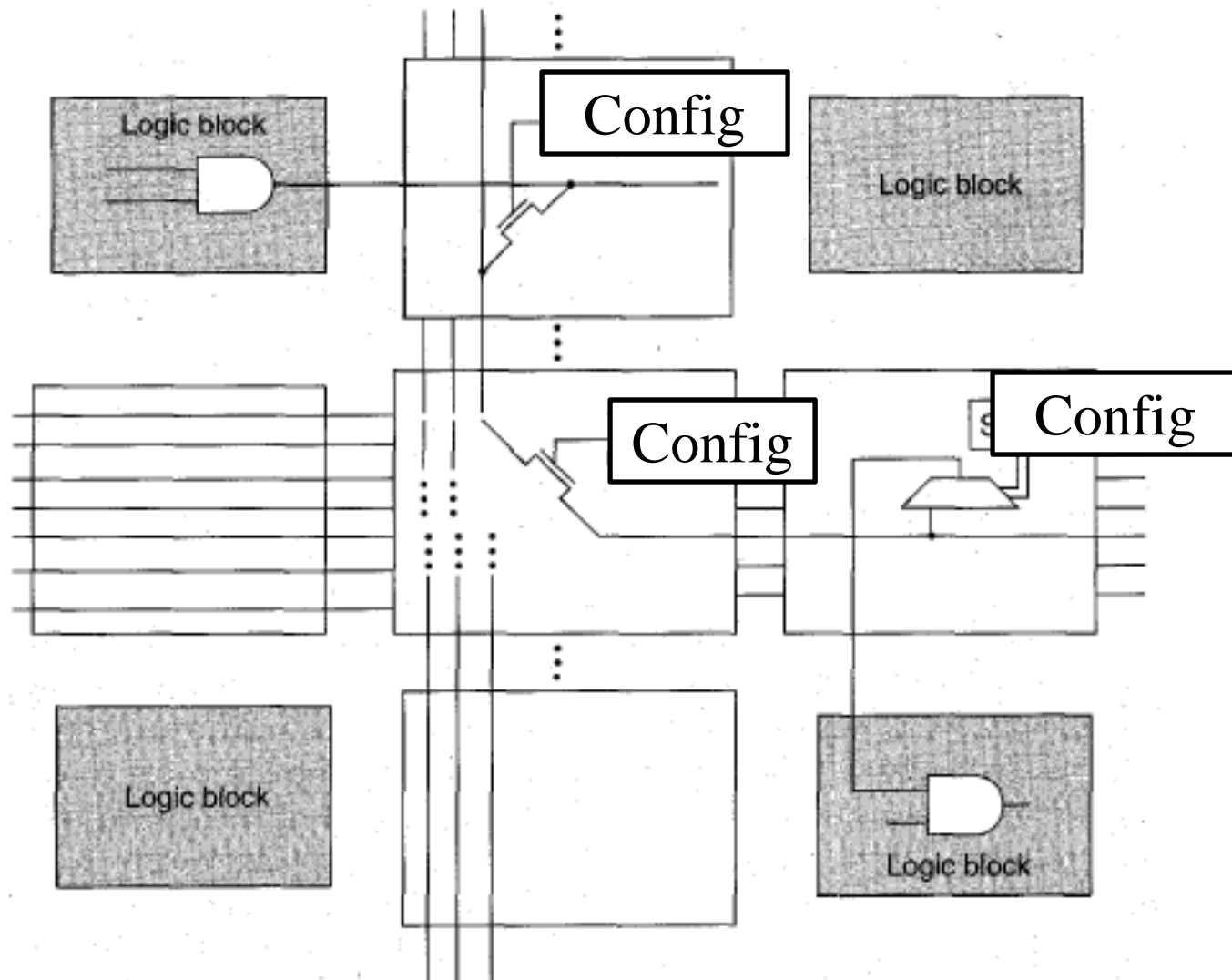
Elementos Configuráveis



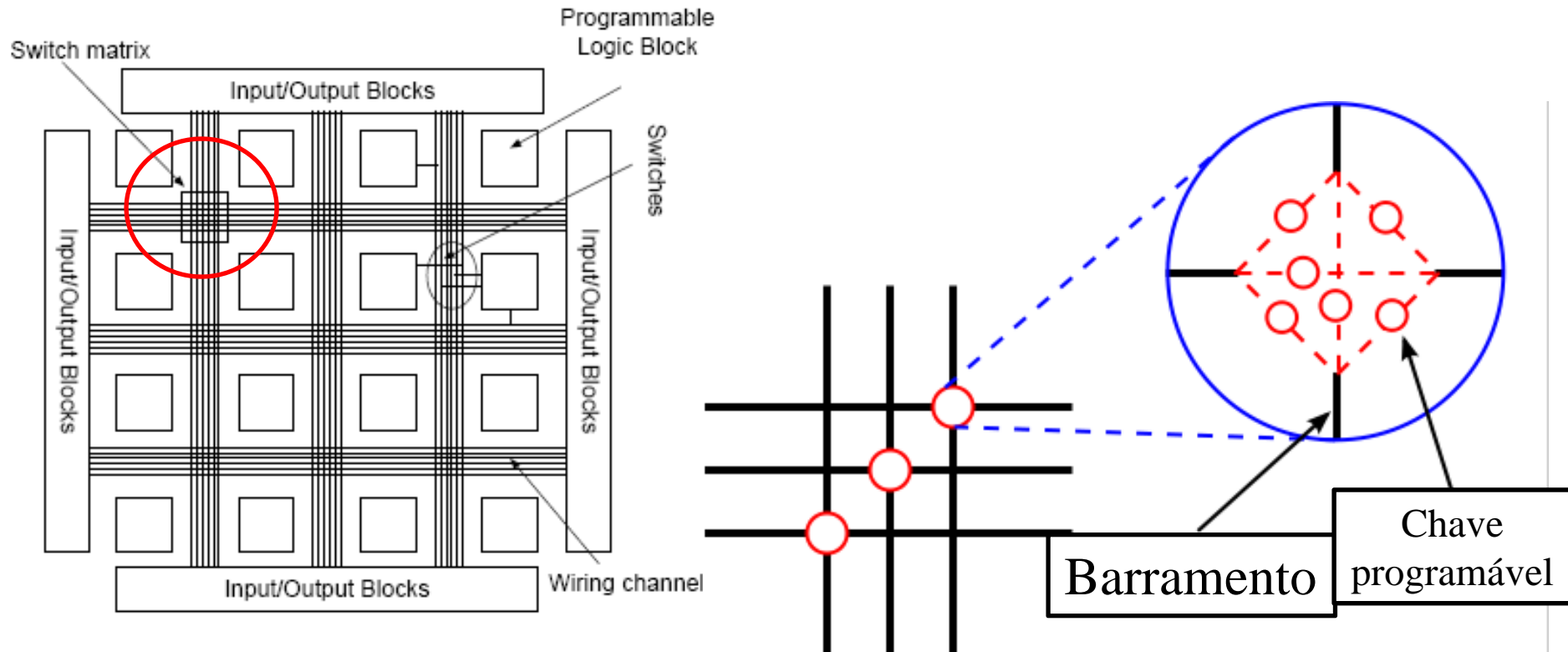
FPGA – Blocos lógicos: Como Configurar







FPGA - Interligações



Como configurar o FPGA?

- Imagine o seguinte cenário:
 - Um sistema com dezenas de milhares de portas lógicas.
 - Projete o sistema e encontre uma forma de implementar no FPGA se preocupando com interligações de blocos lógicos, LUTs etc.
- Muito complexo!
- Este processo deve ser feito de forma automática:
 - Projetista descreve o sistema e um “compilador” sintetiza e encontra uma forma de colocar no FPGA.

- Uma alternativa à entrada esquemática de um circuito digital.
- O projetista cria um arquivo de texto, seguindo certo conjunto de regras, conhecido como sintaxe da linguagem.
- Uma ferramenta CAD gera o circuito digital de forma automática a partir da descrição.