

---

# Lab. de Sistemas Digitais

## Da Álgebra de Boole à FPGA

---

**Prof. Dr. Maximilian Luppe**

*Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação - SEL*

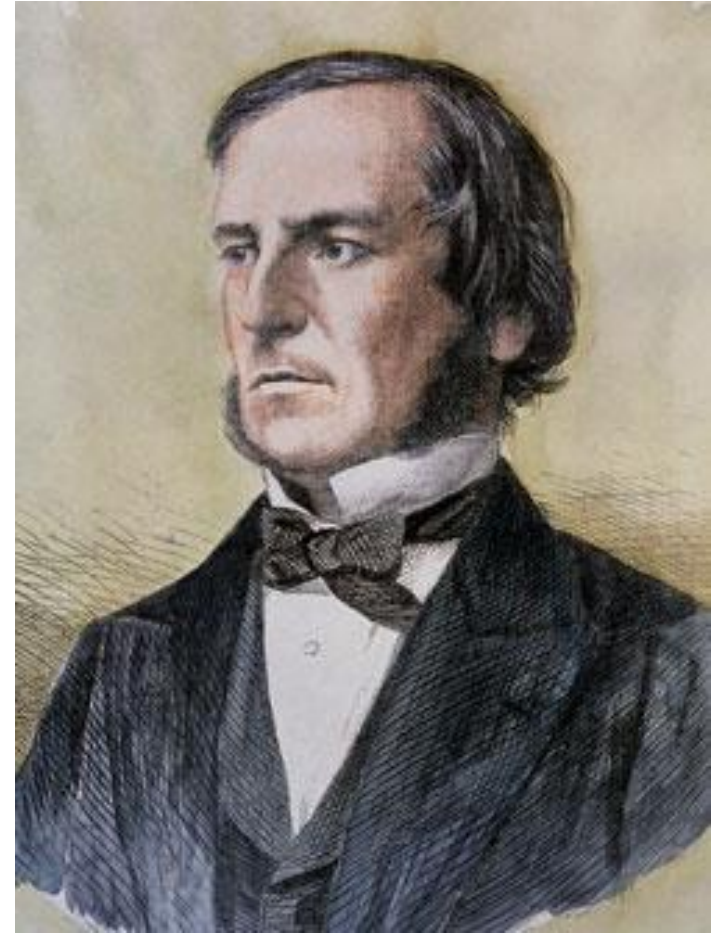
*Escola de Engenharia de São Carlos - EESC*

*Universidade de São Paulo - USP*

---

# Álgebra de Boole

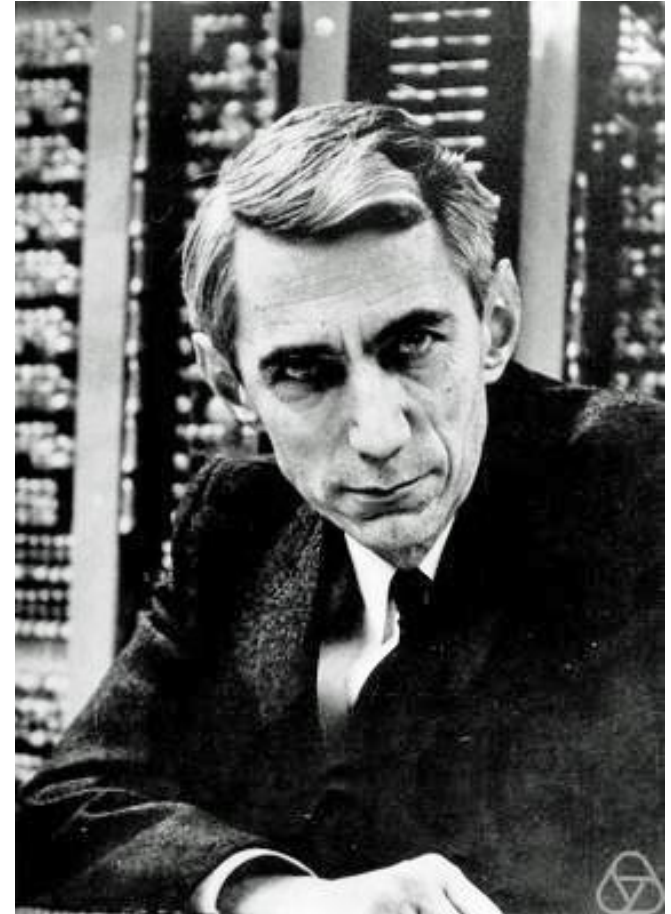
- Baseada no sistema algébrico apresentado pelo matemático inglês George Boole (1815-1864) no trabalho intitulado “*The Mathematical Analysis of Logic*”, em 1847, e depois no livro “*The Laws of Thought*”, em 1854.



Fonte: Wikipedia

# Álgebra de Boole

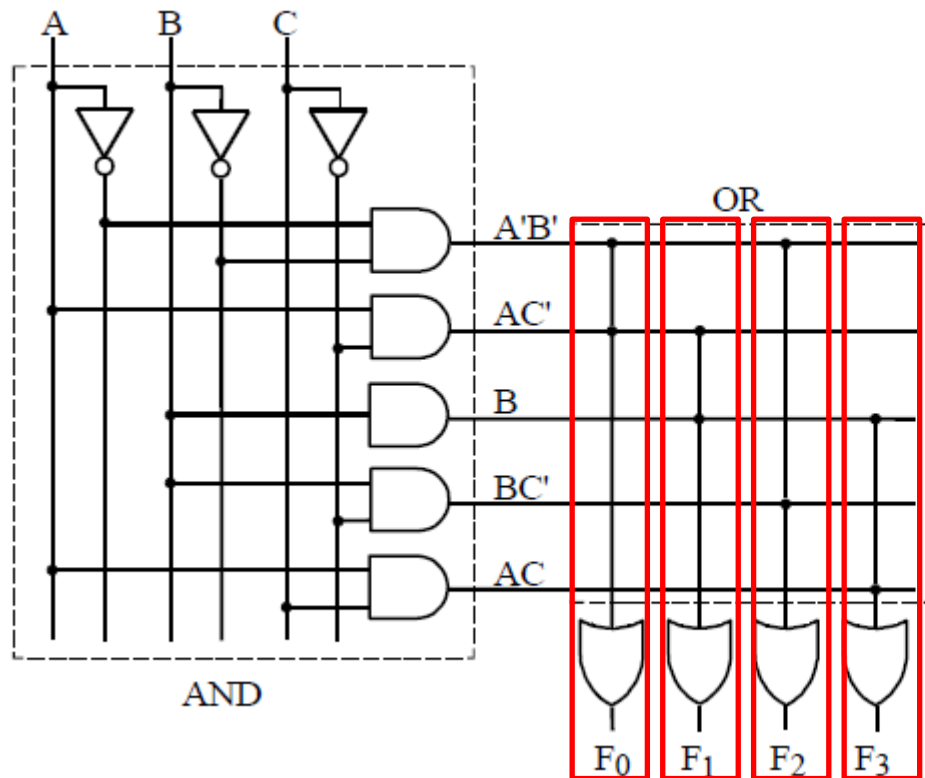
- Somente em 1937 foi estabelecida uma relação entre a Álgebra de Boole e os circuitos eletrônicos, por Claude Elwood Shannon (1916-2001), em seu trabalho de mestrado no MIT, intitulado “*A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*”.



Fonte: Wikipedia

# Dispositivos Reconfiguráveis

- É possível representar qualquer Expressão Booleana na forma de “Soma de Produtos” (SOP)
- Circuitos podem ser formados por uma matriz AND e uma matriz OR



Product	Inputs			Outputs			
	A	B	C	F0	F1	F2	F3
A'B'	0	0	-	1	0	1	0
AC'	1	-	0	1	1	0	0
B	-	1	-	0	1	0	1
BC'	-	1	0	0	0	1	0
AC	1	-	1	0	0	0	1

$$F_0 = A'B' + AC'$$

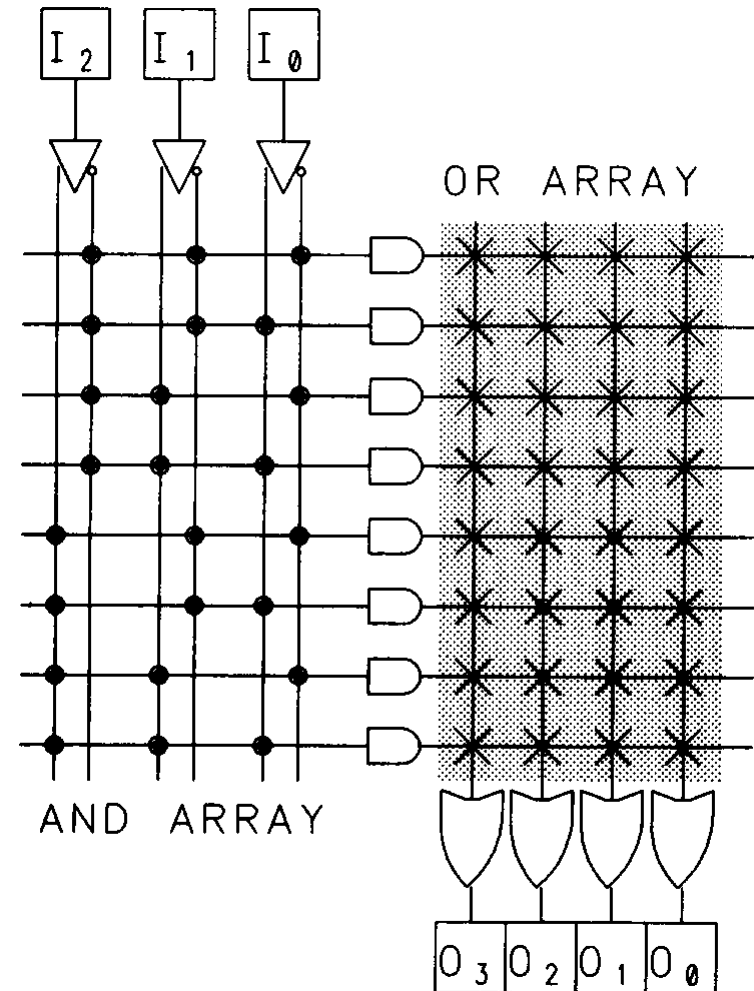
$$F_1 = AC' + B$$

$$F_2 = A'B' + BC'$$

$$F_3 = B + AC$$

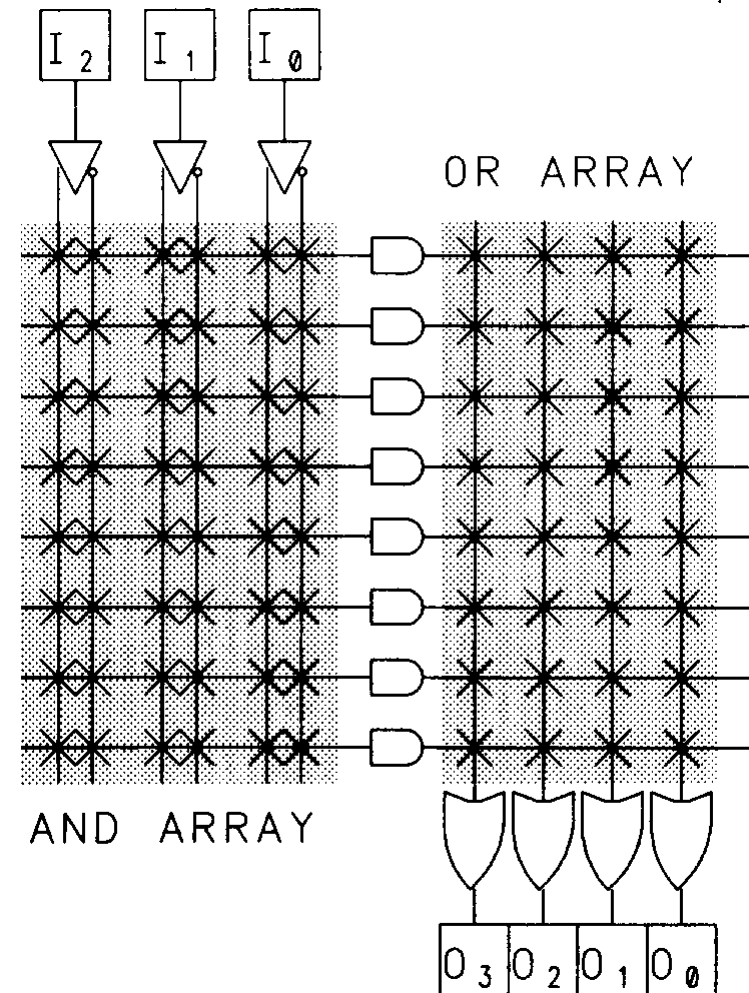
# Primeiros Dispositivos ‘Programáveis’

- ROM – *Read Only Memory*
- Matriz AND fixa, formando os “Produtos Canônicos”
- Matriz OR programável



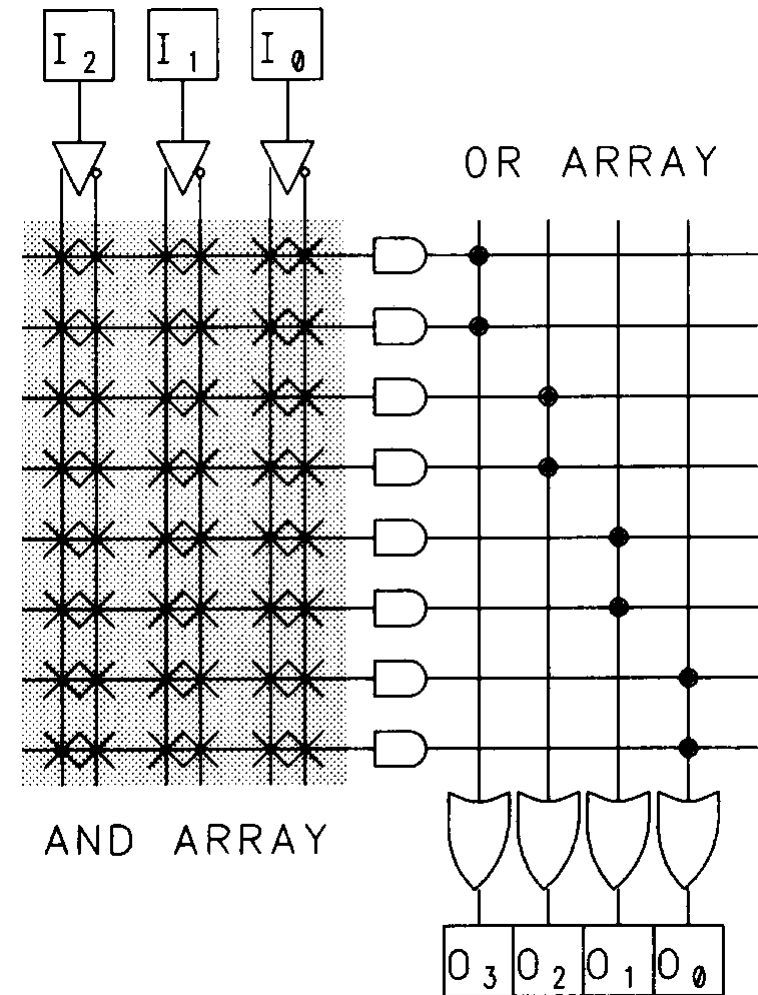
# Primeiros Dispositivos 'Programáveis'

- PLA – *Programmable Logic Array*
- Matriz AND programável
- Matriz OR programável
- Introduzida em 1970 pela Texas Instruments (TI) – TMS2000



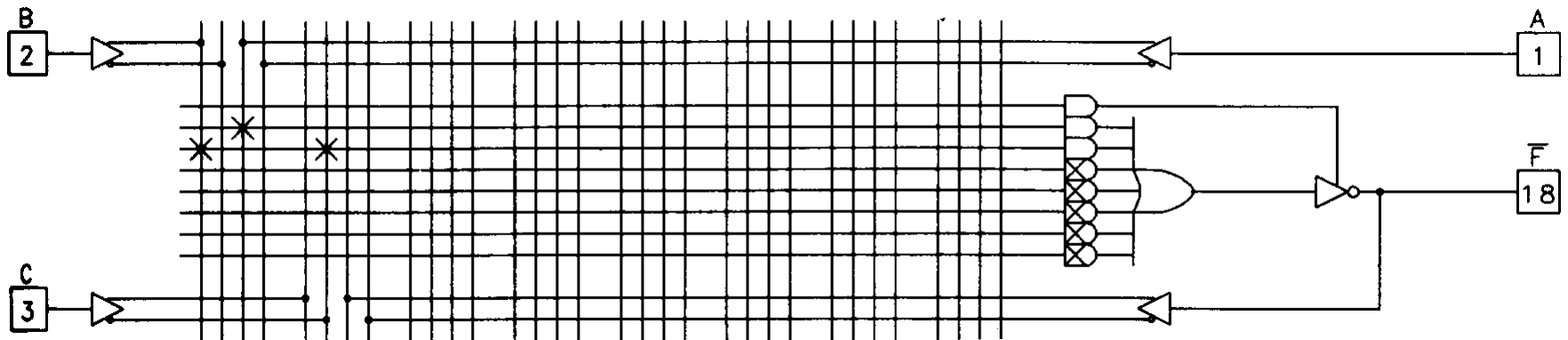
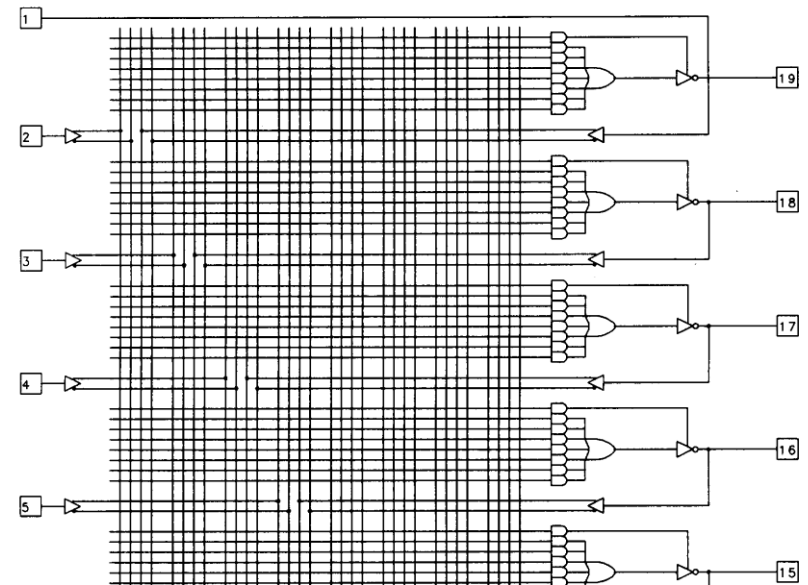
# Primeiros Dispositivos 'Programáveis'

- PAL – *Programmable Array Logic*
- Matriz AND programável
- Matriz OR fixa
- Introduzida em 1978 pela Monolithic Memories Inc. (MMI)
- Desenvolveu a linguagem PALASM (PAL ASseMbler) para o desenvolvimento de circuitos digitais, onde as equações booleanas eram convertidas em padrões para a programação do dispositivo



# Primeiros Dispositivos 'Programáveis'

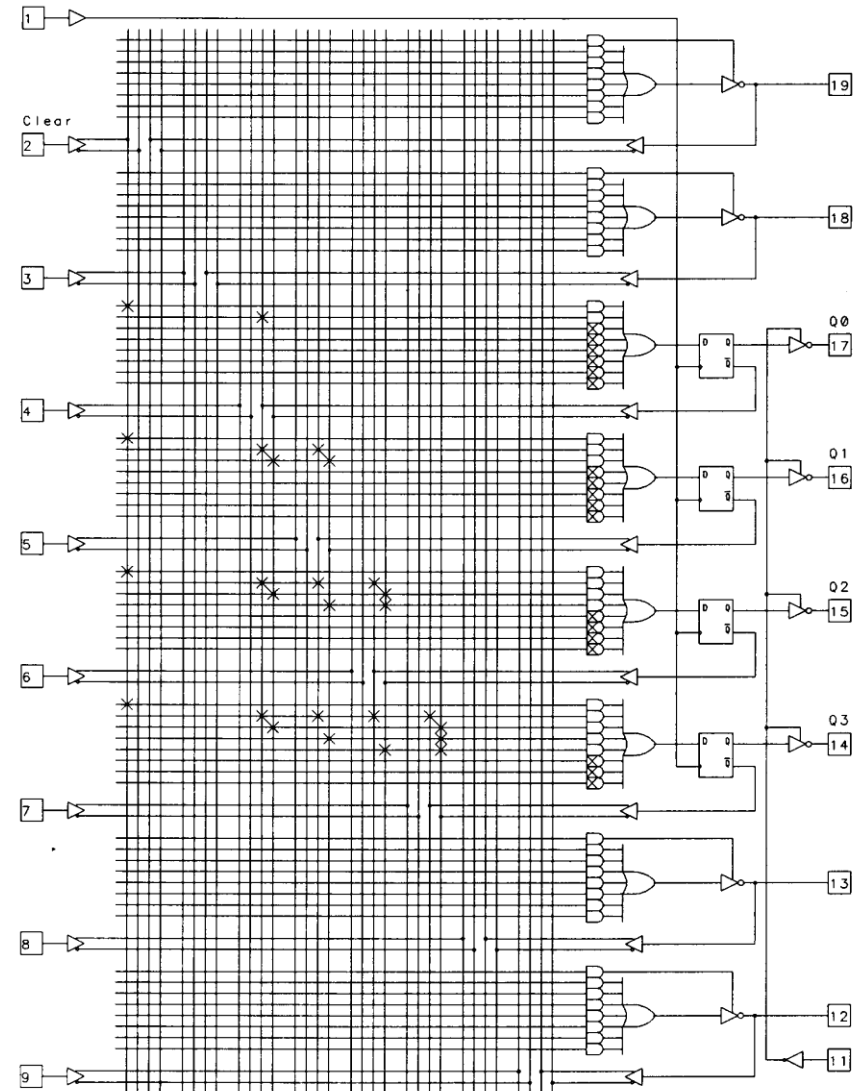
- PAL16L8
- Referência em dispositivos PLD (Programmable Logic Devices) ou SPLD (Simple PLD)
- Exemplo:  $F' = A + B \cdot C'$





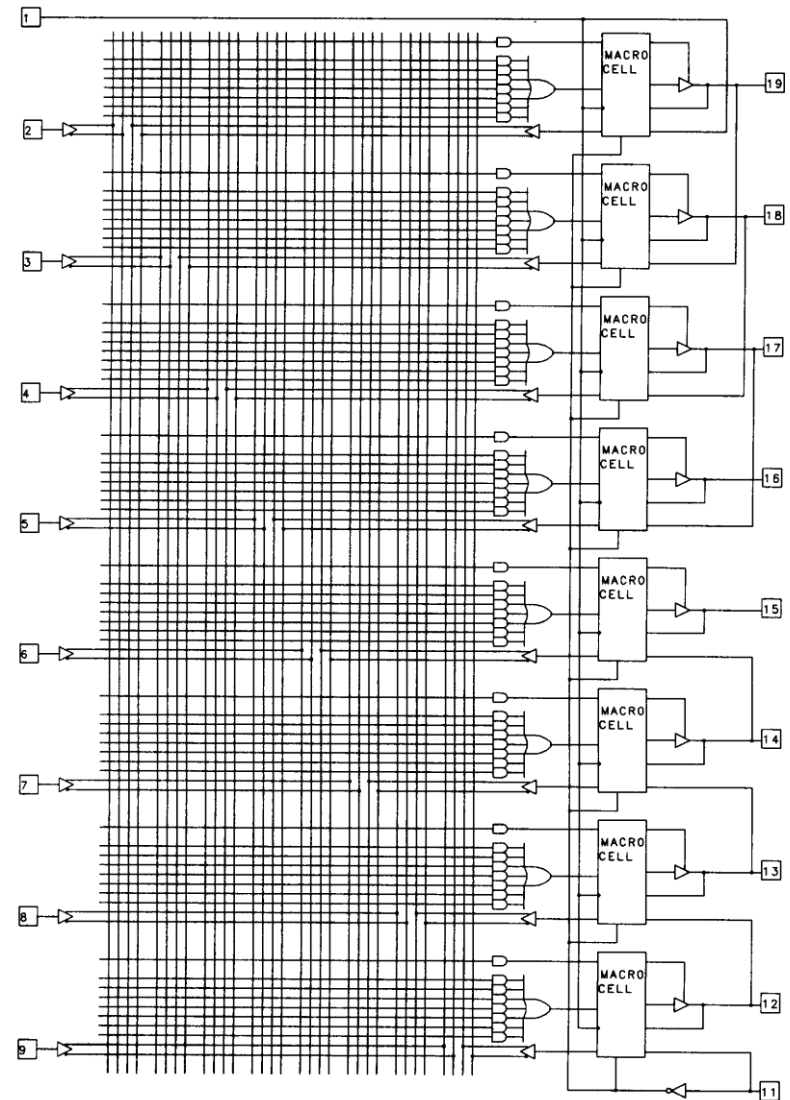
# Primeiros Dispositivos 'Programáveis'

- PAL16R4 – Incorpora elementos de memória (Flip-Flop Tipo D)
- Possibilita a implementação de circuitos sequenciais (registradores, contadores, máquinas de estados)
- Exemplo de programação:



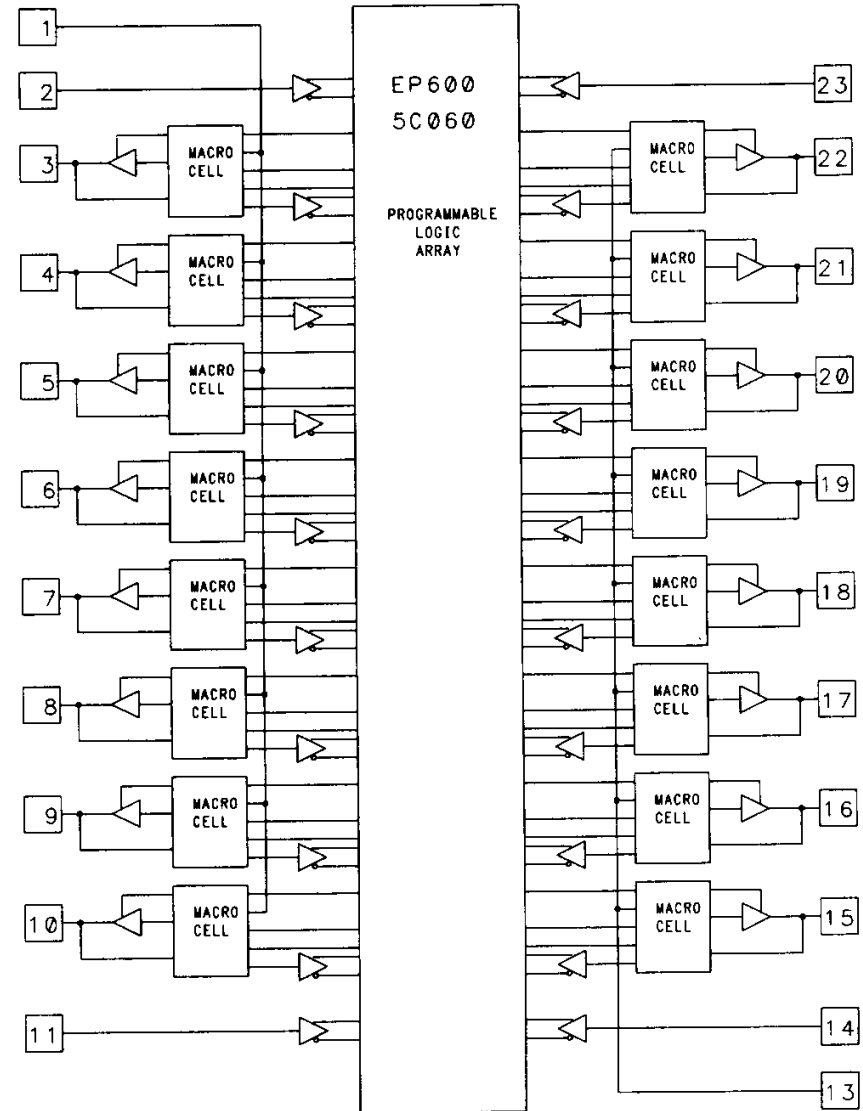
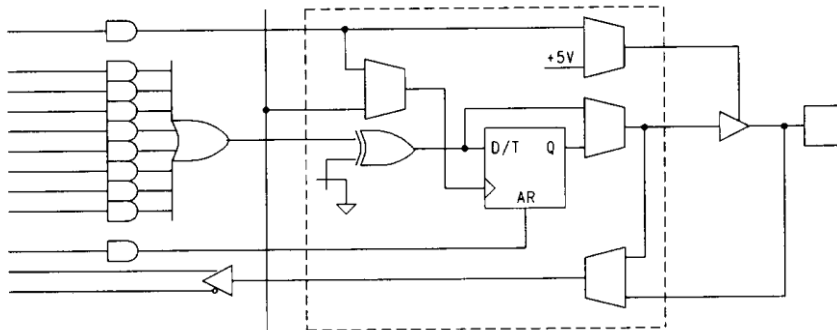
# Primeiros Dispositivos ‘Programáveis’

- GAL16V8 – inventada pela Lattice Semiconductor em 1985
- Podia ser reprogramada (tecnologia EEPROM)
- MACRO CELL com três modos de operação



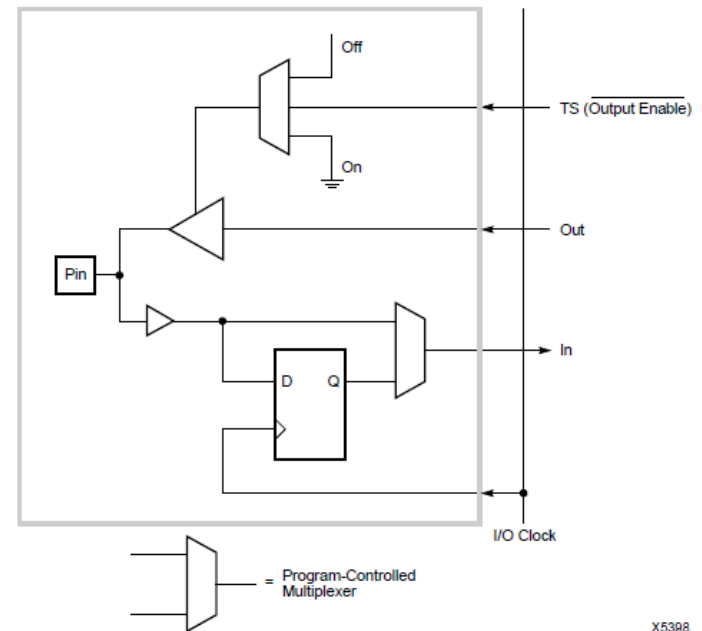
# Primeiros Dispositivos 'Programáveis'

- CPLD – *Complex PLD*
- Introduzido em 1984 pela Altera – EP300
- Tecnologia EPROM



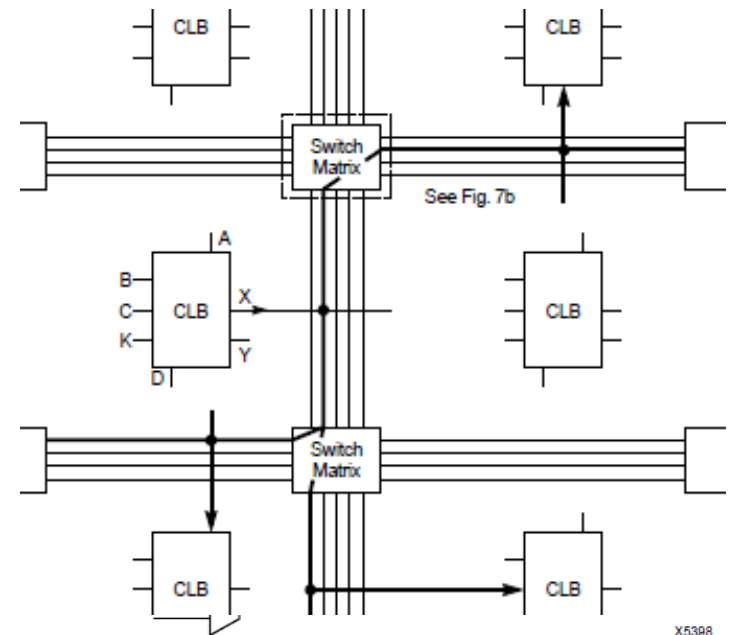
# Primeiros Dispositivos ‘Programáveis’

- FPGA – Field Programmable Gate Array
- Criada pela Xilinx em 1985 (XC2064)
- Três estruturas
  - IOB – Input/Output Block
  - Bus Interconnections
  - LB – Logic Block (ou CLB)
- Tecnologia SRAM



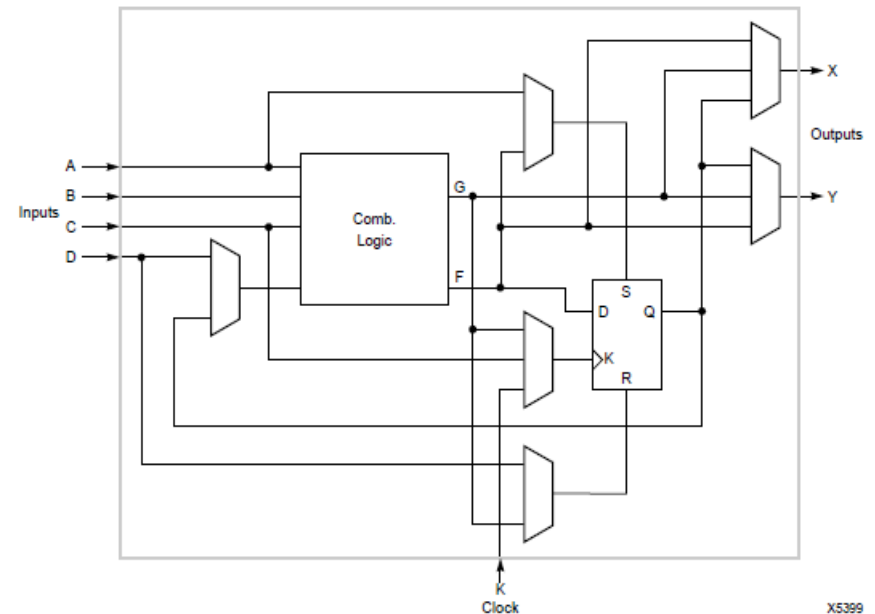
# Primeiros Dispositivos ‘Programáveis’

- FPGA – Field Programmable Gate Array
- Criada pela Xilinx em 1985 (XC2064)
- Três estruturas
  - IOB – Input/Output Block
  - Bus Interconnections
  - LB – Logic Block (ou CLB)
- Tecnologia SRAM



# Primeiros Dispositivos ‘Programáveis’

- FPGA – Field Programmable Gate Array
- Criada pela Xilinx em 1985 (XC2064)
- Três estruturas
  - IOB – Input/Output Block
  - Bus Interconnections
  - LB – Logic Block (ou CLB)
- Tecnologia SRAM



---

# Atualmente

- Se tornaram extremamente complexos
  - Incorporam
    - Memória
    - Estruturas DSP (MAC)
    - Estruturas para geração de clock (PLL)
    - CPU *Hardcore* (MIPS ou ARM)
    - Interfaces para diversos barramentos
    - etc.
  - Necessidade de nova nomenclatura!
-