

ORGANIZAÇÃO E ARQUITETURA DE COMPUTADORES

Circuitos Seqüenciais

**Alexandre Amory
Edson Moreno**

Nas Aulas Anteriores ...

- **A algumas aulas: Arquitetura da Cleo**
- **A duas aulas: Como descrever a parte operativa da Cleo usando portas lógicas**
- **Na aula anterior: Como minimizar a expressão booleana e como isso ajuda a reduzir a área do hardware**
- **Ainda mais recentemente: como construir a ULA da Cleo usando portas lógicas combinacionais**

Na Aula de Hoje ...

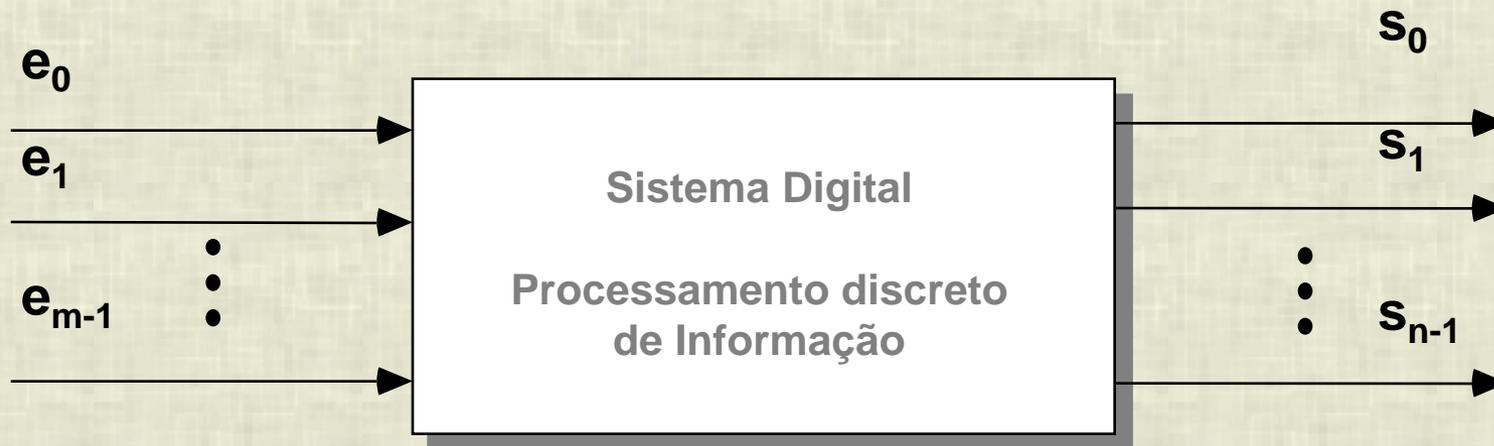
- **Como descrever a parte de controle da Cleo**
- **Principais componentes da parte de controle**

Sistemas Digitais

Definição funcional:

Aparato dotado de conjuntos finitos de **entradas** e **saídas** e capaz de processar informação representada sob forma **discreta**

Representação estrutural:



Subdivisão:

- Circuitos combinacionais
- **Circuitos seqüenciais**

Sistemas Digitais Seqüenciais

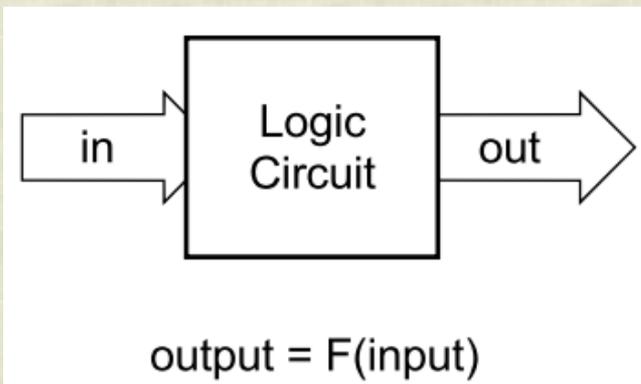
Definição:

Circuito, cujo comportamento de cada saída é descrito como função dos **valores instantâneos** das entradas e de seus **valores passados**

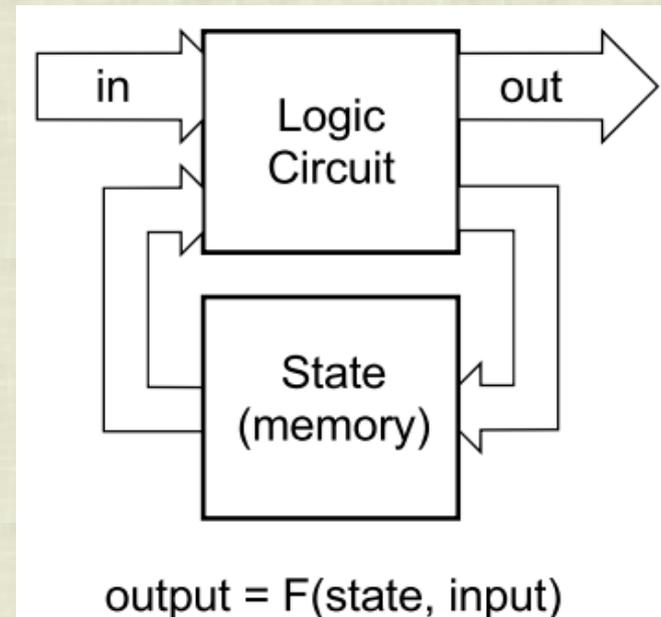
Intuitivamente esta definição leva ao conceito de **memória**, responsável por armazenar os valores passados

Representação:

Combinacional

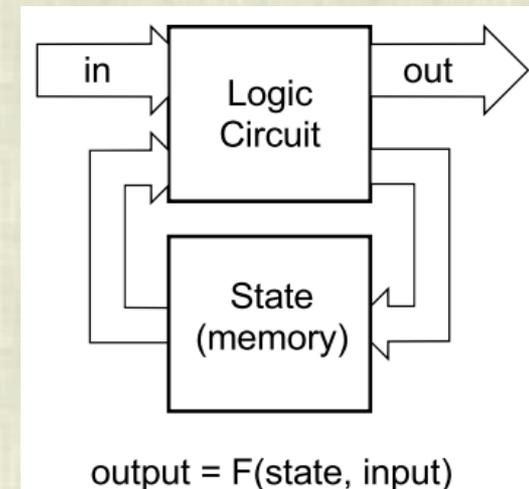


Seqüencial



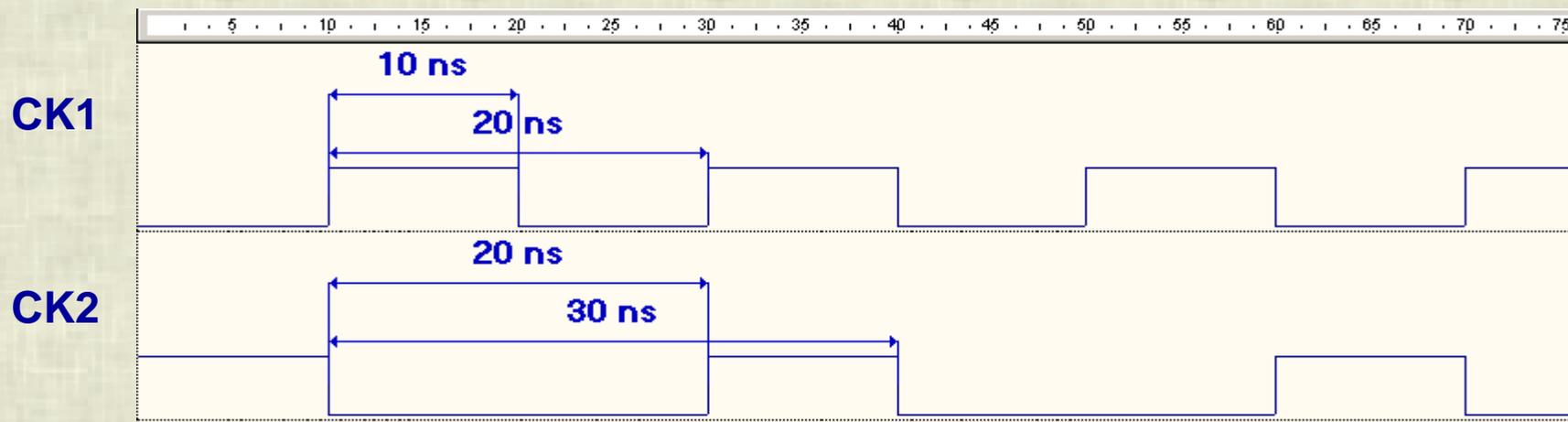
Sistemas Digitais Seqüenciais

- **Circuito seqüencial**: um circuito combinacional + **memória**
- A parte combinacional tem como **entradas**:
 - **entradas externas**: entradas do circuito seqüencial
 - **entradas internas**: provenientes da memória
- A parte combinacional tem como **saídas**:
 - **saídas externas**: saídas do circuito seqüencial
 - **saídas internas**: fornecem o cálculo do próximo estado para o circuito
- A **memória** tem como entradas o valor do próximo estado que será armazenado e sinais de controle
 - Os principais sinais de controle
 - **relógio** (do inglês, clock)
 - inicialização: set, reset, clear
 - iniciam a operação do circuito seqüencial
 - em um estado conhecido



Relógio

- Relógio é uma onda periódica com frequência, fase e amplitude. O objetivo deste sinal é determinar os instantes de tempo em que o circuito seqüencial deve avaliar as suas entradas
- Exemplo:
 - Abaixo seguem dois relógios CK1 e CK2 com períodos 20ns e 30ns, respectivamente. Conseqüentemente com frequências 50MHz e 33,33MHz
 - 1 Hz : 1 evento por segundo
 - 1 segundo == 1.000 ms (1×10^3) == 1.000.000 us (1×10^6) == 1.000.000.000 ns (1×10^9) == 1.
 - $1.000.000.000 \text{ ns} / 20 \text{ ns} = 50.000.000 = 50\text{M}$ eventos por segundo (MHz)
 - $1.000.000.000 \text{ ns} / 30 \text{ ns} = 33.333.333,333 = 33,33\text{M}$ evento por segundo (MHz)



* **Desenhe um relógio com as seguintes características:**

Frequência de 1GHz, com 25% do período em 1 e 75% em 0

Período = $1.000.000.000 \text{ Hz} / 1.000.000.000 \text{ ns} = 1 \text{ ns}$

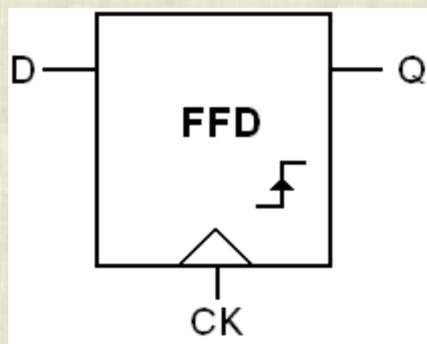
Flip-Flops

- Flip-flop é um circuito digital pulsado capaz de servir como uma **memória de um bit**. capacidade de assumir dois estados (0 ou 1)
- Existem diversos tipos de flip-flops. Estudaremos o **flip-flop do tipo D (FFD)**
- FFD é uma memória de um bit
 - armazena o valor da entrada **D** qnd ocorrer um evento de relógio.
 - Este valor é mantido na saída (normalmente chamada de **Q**), enquanto não ocorrer um novo evento de relógio
- Usualmente um evento de relógio (**ck**) são as variações de 0 para 1 e de 1 para 0. Ou seja, sensibilidade à borda de subida ou borda de descida
- Outras portas do FFD
 - CE (chip enable): habilitar o comportamento do FFD
 - Clear: FFD armazena 0
 - Preset: FFD armazena 1

Flip-Flop D (FFD)

- Exemplo de FFD, sensível à borda de subida, e apenas com as entradas D e CK

representação



representação interna

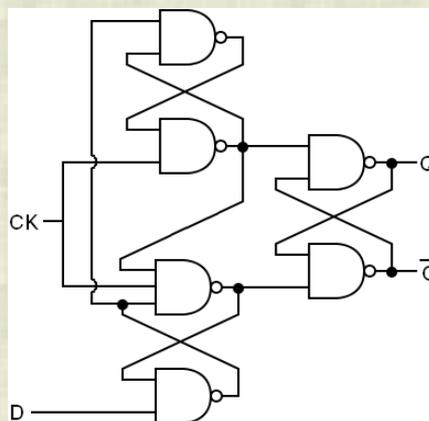
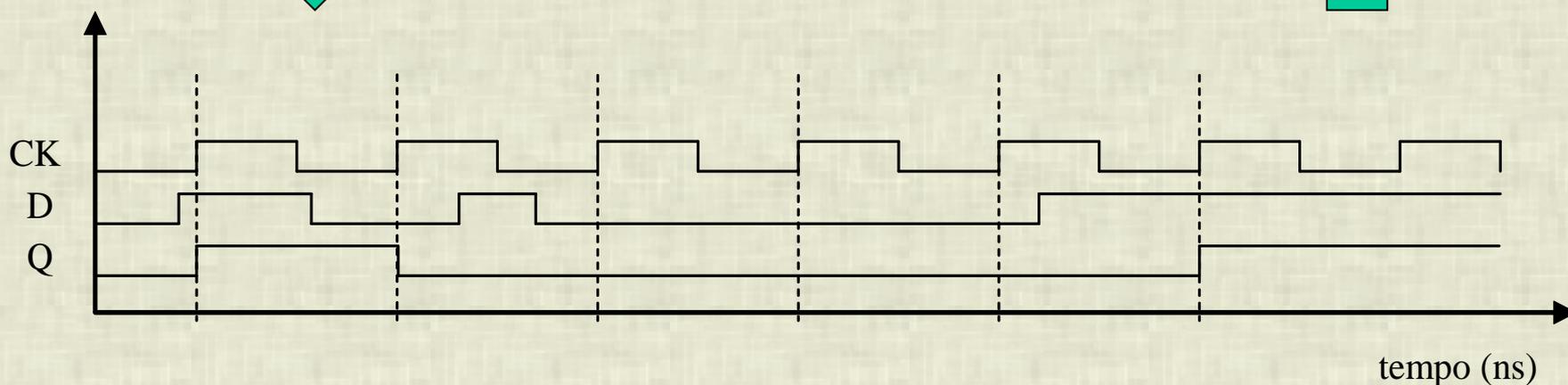


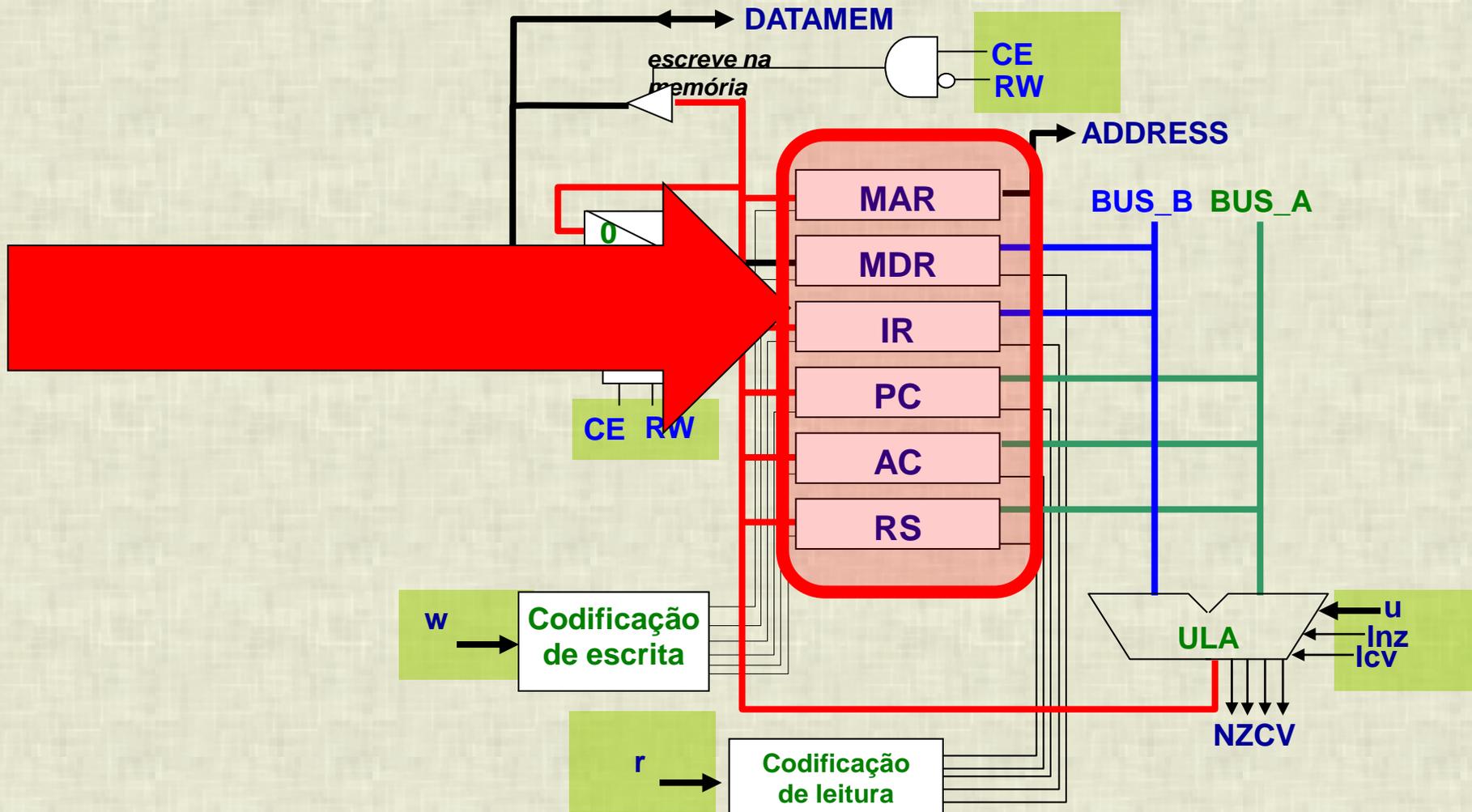
tabela verdade

D(t)	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1



Registradores

- Podem ser vistos como um agrupamento de flip-flops



Equivalência entre Circuitos Combinacionais e Seqüenciais

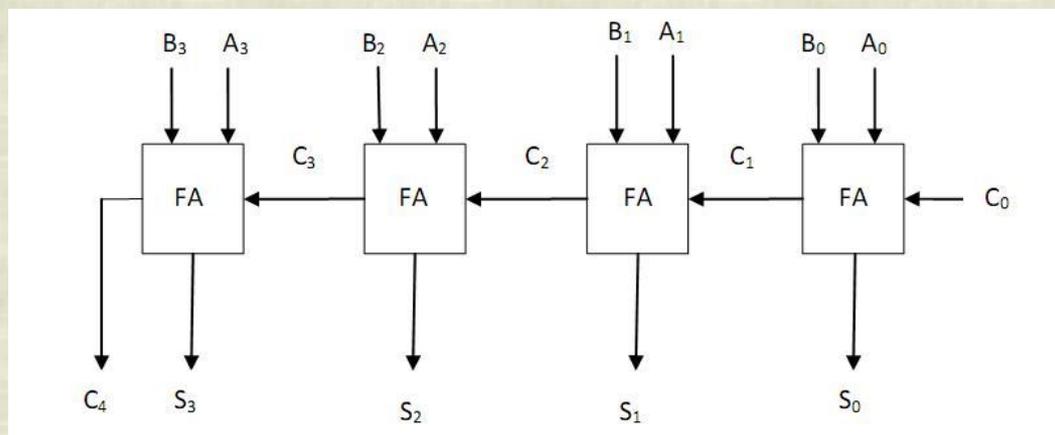
- Circuitos ***combinacionais*** implementam suas funcionalidades de maneira ***espacial***
 - Ou seja, teoricamente, sua funcionalidade pode ser obtida instantaneamente
- Circuitos ***seqüenciais*** implementam algoritmos de forma ***espaço-temporal***
 - Ou seja, sua funcionalidade requer intervalos de tempo
- **Teoricamente, todo o circuito seqüencial pode ser implementado de forma combinacional**
 - O inverso, também é verdadeiro, já que um circuito combinacional é um caso especial de circuito seqüencial sem memórias
 - Os requisitos e restrições de projeto são fatores determinantes para direcionar a implementação

Somador de 4 bits: Combinacional

A=0001

B=0001

A = 0001
B = 0001
C = 0010



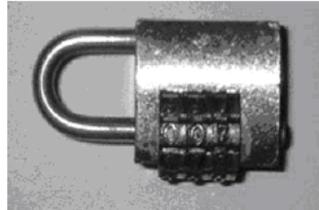
S=0010

Exercícios

I. TELEFONE CELULAR



II. CADEADO COM SEGREDO



III. SEGREDO DE COFRE



6. (ENADE 2005 Eng. II - 19) Os circuitos lógicos podem ser classificados como combinacionais ou seqüenciais. Nos circuitos combinacionais, a saída é uma mera combinação lógica dos sinais de entrada. Nos circuitos seqüenciais, a seqüência dos sinais de entrada influencia a saída. Em outras palavras, os circuitos seqüenciais guardam uma memória do passado e os combinacionais, não
- Identificando a Lógica Combinacional pela letra **C** e a Lógica Seqüencial pela letra **S**, as lógicas utilizadas pelos objetos acima representados seriam modeladas, respectivamente, como:

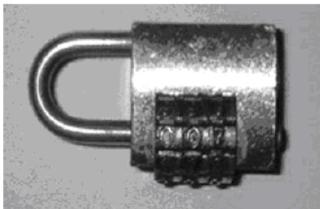
1. C - C - C
2. C - S - S
3. S - C - C
4. S - C - S
5. S - S - S

Resposta do Exercício

I. TELEFONE CELULAR



II. CADEADO COM SEGREDO



III. SEGREDO DE COFRE



6. (ENADE 2005 Eng. II - 19) Os circuitos lógicos podem ser classificados como combinacionais ou seqüenciais. Nos circuitos combinacionais, a saída é uma mera combinação lógica dos sinais de entrada. Nos circuitos seqüenciais, a seqüência dos sinais de entrada influencia a saída. Em outras palavras, os circuitos seqüenciais guardam uma memória do passado e os combinacionais, não
- Identificando a Lógica Combinacional pela letra C e a Lógica Seqüencial pela letra S, as lógicas utilizadas pelos objetos acima representados seriam modeladas, respectivamente, como:

1. C - C - C

2. C - S - S

3. S - C - C

4. S - C - S

5. S - S - S

Resumo

- Vimos que um elemento básico de circuitos seqüenciais é a **memória**
- A memória pode ser implementada por **flip-flops**
 - Vimos o comportamento de um flip-flop
- **flip-flops** são agrupados, formando **registradores**
- Identificamos na **Cleo** onde estão os registradores