

# Circuitos Digitais - Aula 16

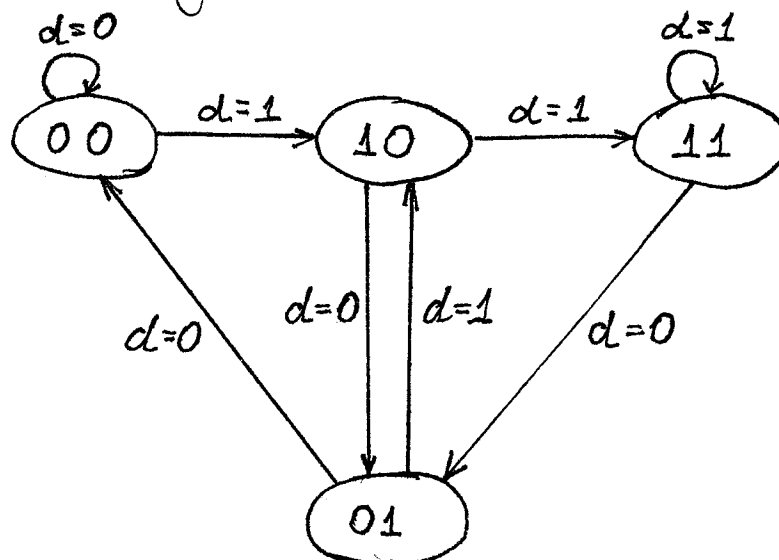
## Parte 1 - Registradores de Deslocamento

Exercício 1: Usando flip-flops D, projete uma máquina de estado com 2 entradas,  $ck$  (clock) e  $d$  (um bit de dado), e 2 saídas,  $Q_1, Q_0$ , tal que a cada borda de descida do clock as saídas mudam de acordo com a seguinte tabela de transição:

estado atual		próx. estado	
$Q_1$	$Q_0$	$Y_1$	$Y_0$
$a_1$	$a_0$	$d$	$a_1$

Solução:

Passo Um: diagrama de estados



### Passo Dois: Tabelas verdade

$d$	$Q_1$	$Q_0$	$Y_1$	$Y_0$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

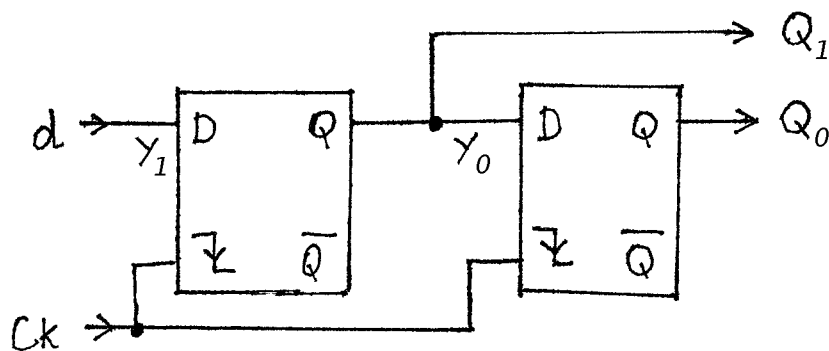
### Passo Três: Expressões para $Y_0$ e $Y_1$ .

Pela observação das tabelas verdade, verifica-se imediatamente que:

$$Y_1 = d$$

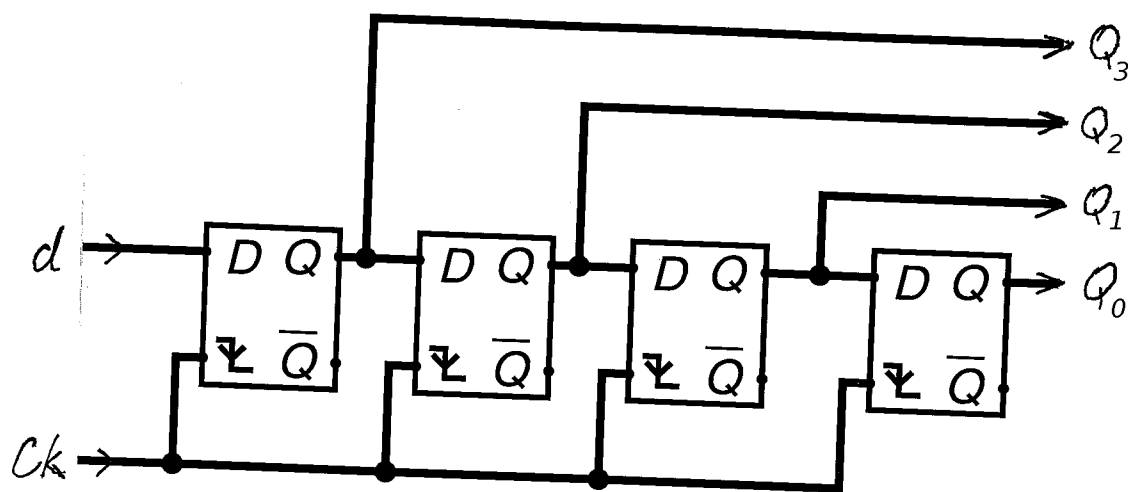
$$Y_0 = Q_1$$

### Passo Quatro: Diagrama do circuito.

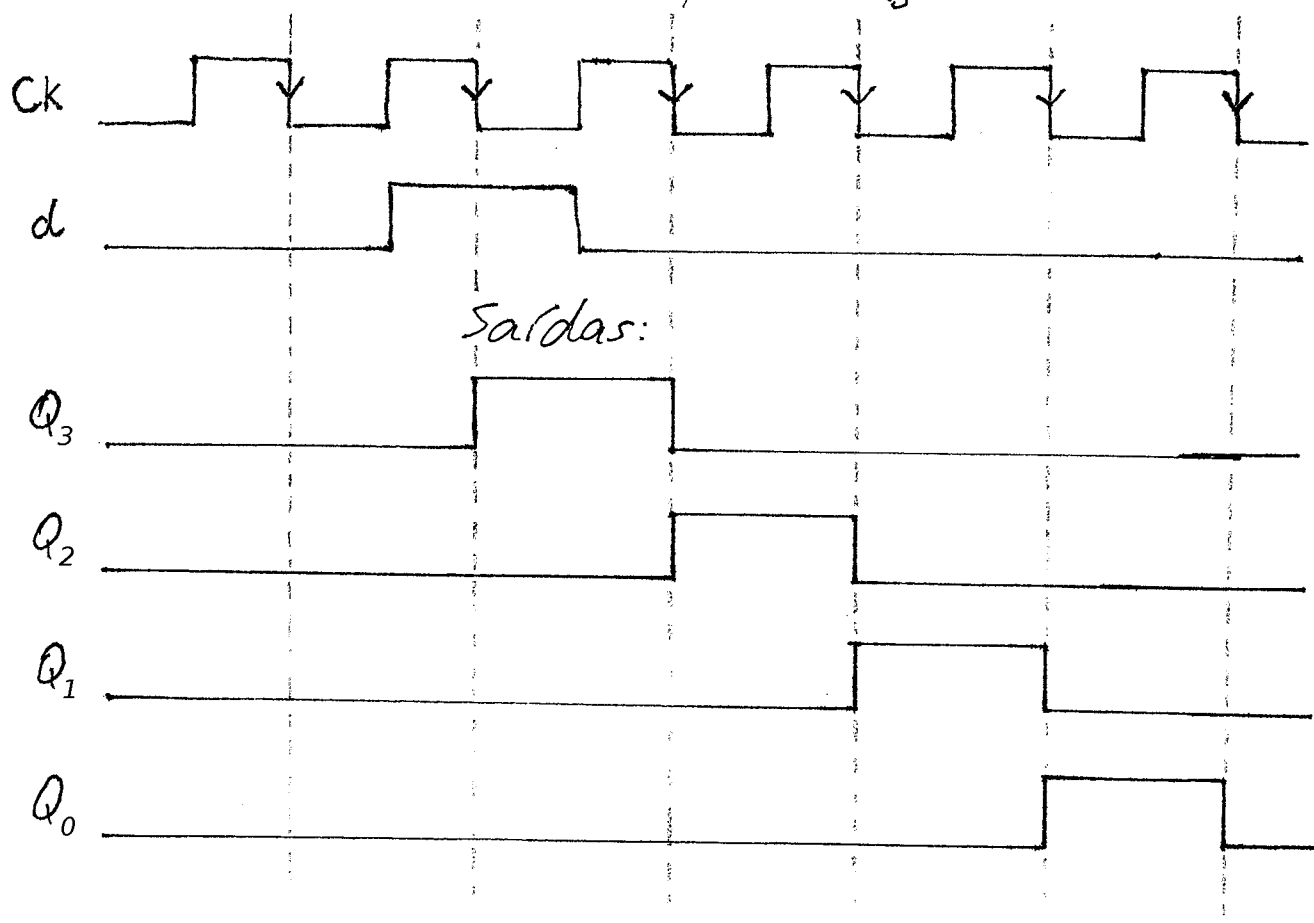


O circuito acima é chamado registrador de deslocamento de 2 bits. com entrada serial e saída paralela (ou, simplesmente, série para paralelo)

Exercício 2: Abaixo temos o circuito para um registrador de deslocamento série para paralelo de 4 bits:

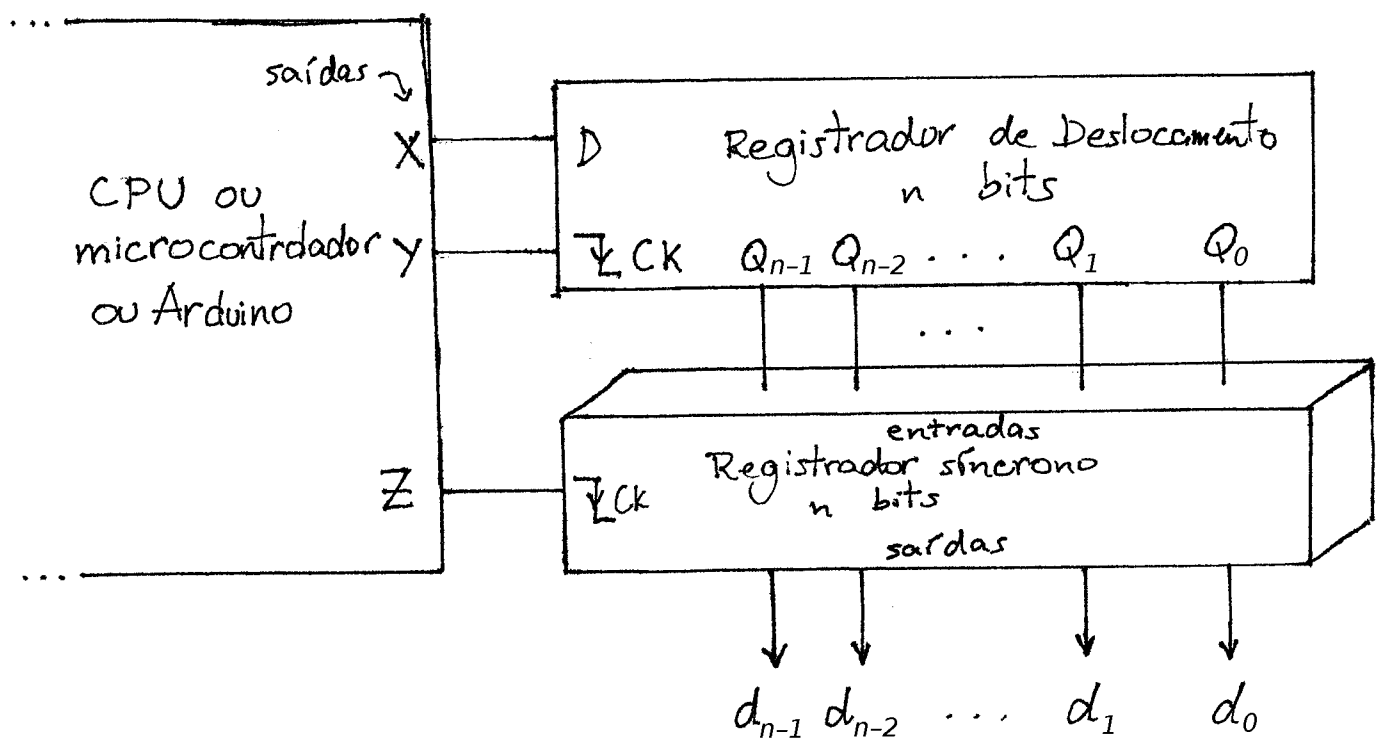


Considerando os diagramas de forma de onda para  $d$  e  $Ck$ , e que, inicialmente,  $Q_0, Q_1, Q_2$  e  $Q_3$  estão no estado 0, esboce as diagramas para as saídas  $Q_0, Q_1, Q_2$  e  $Q_3$ .



## Para que serve um Registrador de Deslocamento?

Estudo de caso de uso: suponha que você possui uma CPU/microcontrolador/Arduino com apenas 3 saídas disponíveis e deseja controlar  $n$  dispositivos diferentes,  $d_0, d_1, \dots, d_{n-1}$ , onde  $n > 3$ .



Exemplo: diagramas de forma de onda para fazer  $d_0 = 1$ ,  $d_1 = 1$ ,  $d_2 = 0$ ,  $d_3 = 1$  (ou seja  $d_3 d_2 d_1 d_0 = 1011$ ).

(Ver Figura na próxima página)

Para saber mais sobre registradores de deslocamento, leia o Capítulo 9 do livro do Floyd.

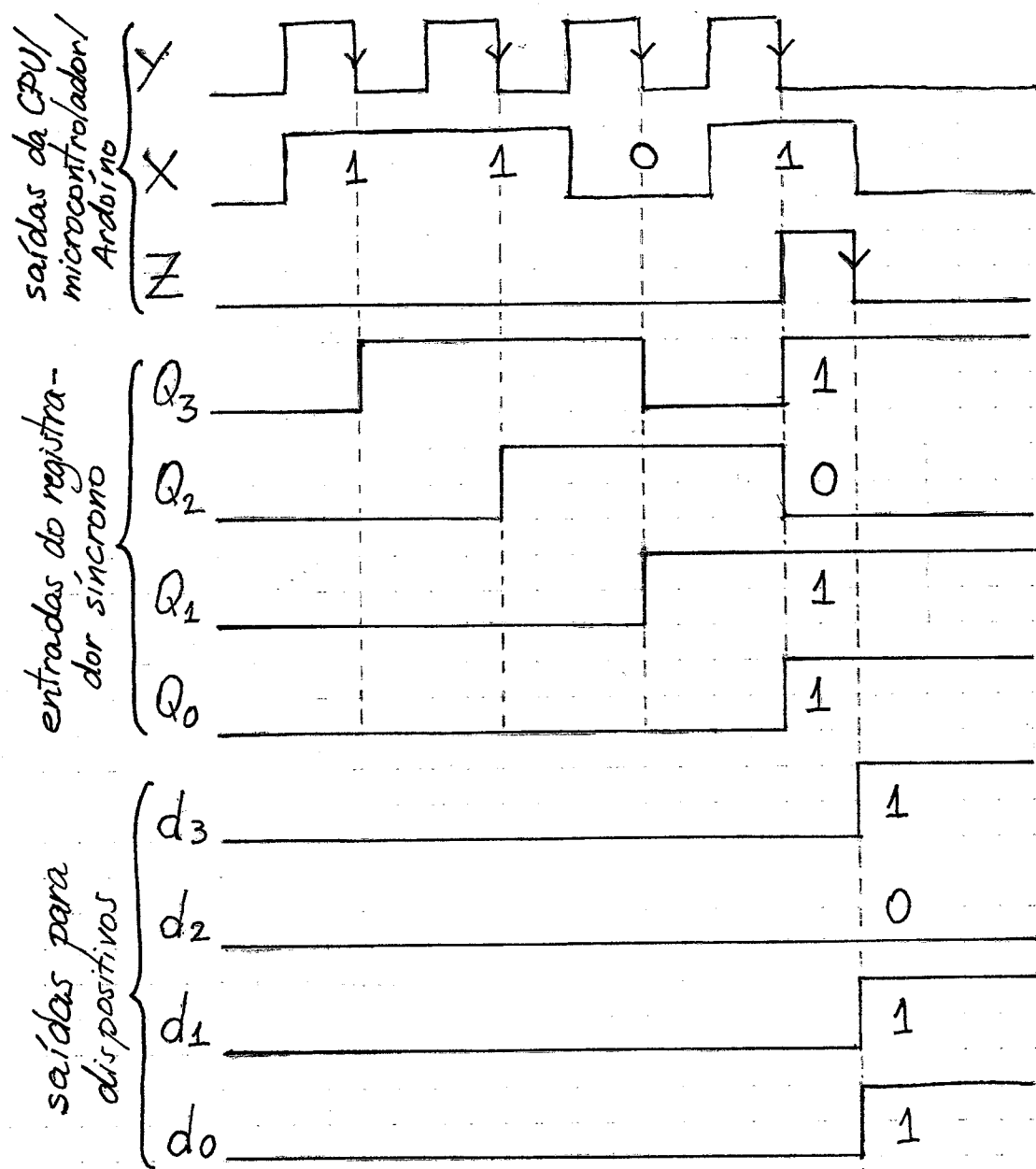
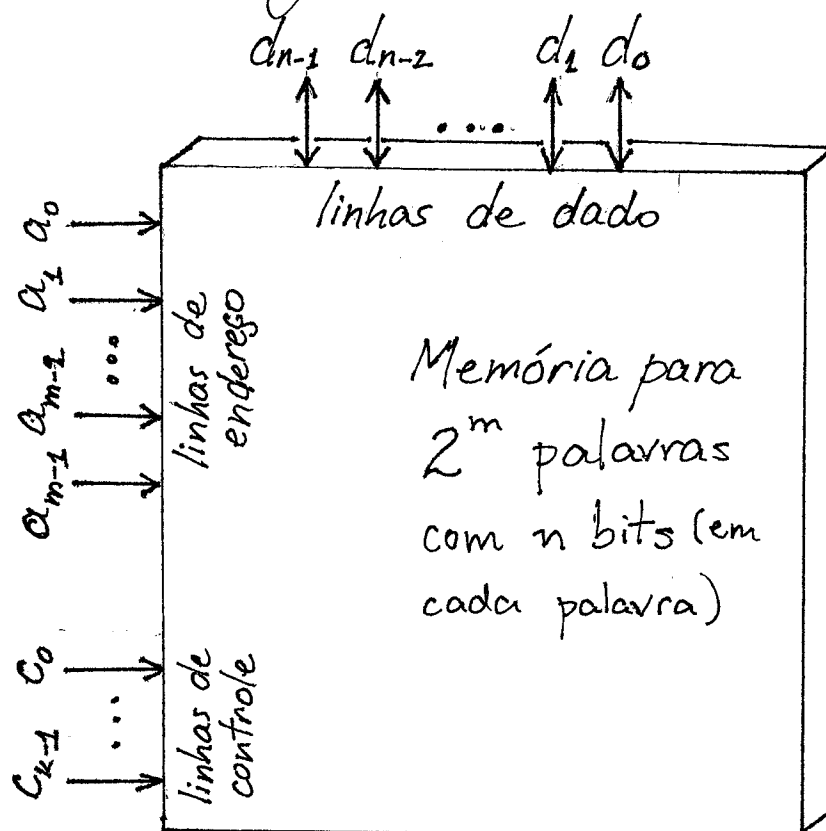


Figura: Diagramas de forma de onda para controle das saídas  $d_3, d_2, d_1, d_0$  por meio de apenas 3 linhas de sinal  $X, Y, Z$ .

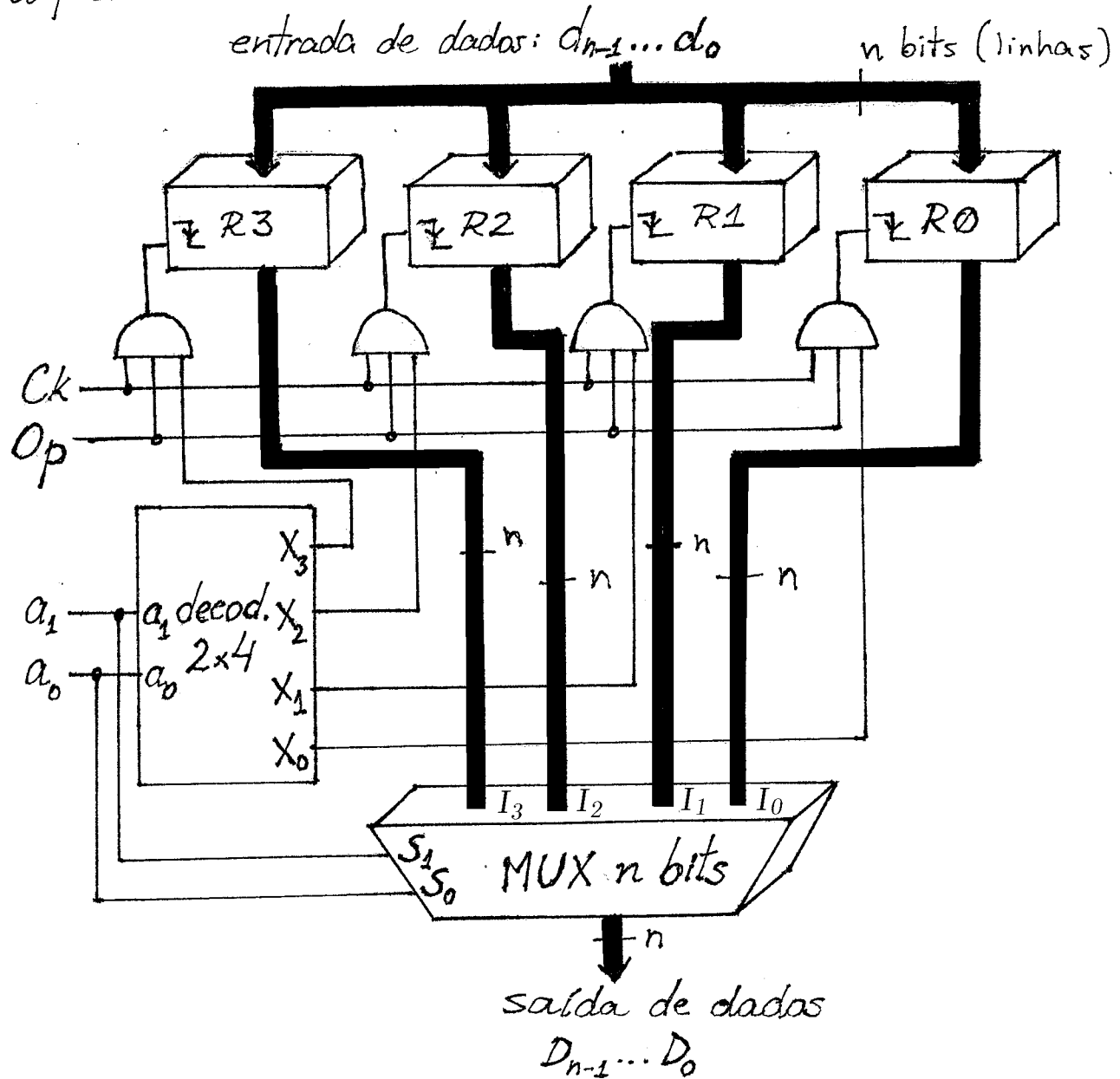
## Parte 2 - Memórias

No contexto deste curso, memória é qualquer circuito que permita o armazenamento de informação digital.

Um registrador de armazenamento (visto na aula 12 e, em sua versão síncrona, na aula 14) é um tipo de memória. Até mesmo um latch ou flip-flop do tipo D é uma memória (para apenas 1 bit)! Porém, é mais usual a aplicação do termo "memória" a um circuito digital cuja interface é similar à organização abaixo:



Exemplo: construção de uma memória para 4 palavras de  $n$  bits usando registradores síncronos de  $n$  bits, um mux  $4 \times 1$  de  $n$  bits e um decodificador  $2 \times 4$ .



A memória acima possui linhas separadas para entrada e saída de dados, (entrada:  $d_{n-1}, \dots, d_0$ ; saída:  $D_{n-1}, \dots, D_0$ ), duas linhas de endereço ( $a_1, a_0$ ), que selecionam qual registrador será lido ou escrito, e duas linhas de controle (clock  $Ck$  e bit de operação  $Op$ , que indica se um registrador será

lido, caso  $Op=0$ , ou escrito, caso  $Op=1$ ).

A memória deste exemplo é caracterizada como memória estática, síncrona, volátil, de leitura/escrita.

→ Estática: uma vez que um dado é armazenado em uma posição da memória, ele é mantido até que uma operação de escrita o apague, ou até que a alimentação elétrica seja desligada.

→ Síncrona: as operações na memória (neste caso, apenas a escrita) são sincronizadas por meio de um sinal de clock externo (chamado clock do sistema).

→ Volátil: os dados armazenados serão perdidos caso a alimentação elétrica seja desligada.

→ De leitura/escrita: são permitidas as operações de leitura e de escrita.

Contraste com o extremo oposto:

→ Dinâmica: após a escrita do dado, ele será "esquecido" (perdido) após um certo tempo, mesmo que a alimentação elétrica seja mantida. Necessita de refresh (reescrita dos dados) periodicamente.



- Assíncrona: operações na memória não dependem do clock do sistema.
- Não-volátil: os dados são mantidos mesmo que a alimentação elétrica seja desligada.
- Apenas de Leitura (ROM - Read-Only Memory): somente é permitida a leitura de dados pré-gravados.

### Classificação de Memórias

- Quanto à necessidade de refresh:  
Estática (não precisa) x Dinâmica (precisa)
- Quanto ao sincronismo:  
Síncrona (clock do sistema) x Assíncrona
- Quanto à volatilidade:  
Volátil x Não-volátil
- Quanto à possibilidade de reescrita/apagamento:
  - Somente leitura (ROM)
  - WORM (Write-Once, Read Many)
  - Regravável (para escrever, é preciso apagar todos os dados anteriores primeiro)
  - Leitura/escrita
- Quanto ao método de acesso:
  - Acesso aleatório ou imediato (RAM)
  - Acesso direto
  - Acesso sequencial
  - Acesso associativo

- Quanto à tecnologia:
  - Semicondutora
  - Magnética
  - Ótica
  - Magneto-ótica
  - Eletromecânica
  - Outras...

### Exemplos:

- Disco rígido: estática, não-volátil, leitura/escrita, acesso direto, magnética.
- Pen-drive: estática, não-volátil, leitura/escrita\*, acesso direto, semicondutora.
- Fita de backup: não-volátil, leitura/escrita, acesso sequencial, magnética.
- CD/DVD/Blu-Ray: não-volátil, ROM, acesso direto, ótica.
- CD-ROM/DVD-ROM/BD-ROM: não-volátil, WORM, acesso direto, ótica.
- CD-RW/DVD-RW/BD-RW: não-volátil, regravável, acesso direto, ótica.
- DIMM SDRAM (vulgarmente chamada, nos dias de hoje, apenas por "memória RAM de computador"): dinâmica, síncrona, volátil, leitura/escrita, acesso imediato (RAM), semicondutora.

- Memória Cache: (tipicamente) estática, síncrona, volátil, leitura/escrita, acesso associativo, semicondutora.

\* Sobre a classificação leitura/escrita para o pen-drive: os dispositivos conhecidos vulgarmente como "pen-drive" são feitos com memória flash (para a não-volatilidade) e mais uma porção de memória RAM (para que seja de leitura/escrita). A memória flash é um tipo de memória bem peculiar, organizada em "células," que são apenas regraváveis, devendo ser apagadas por meio de um pulso elétrico de maior intensidade (daí o nome "flash") antes que possam ser reescritas.

Para saber mais sobre memórias: leia o capítulo 10 do livro do Floyd.

### Referências

FLOYD, Thomas L. Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações. 9ª Edição. Editora Bookman, 2007.