

Sistemas Digitais – Ficha Prática Nº 8

Introdução aos Circuitos Sequenciais

1. Introdução aos circuitos sequenciais

Até agora os trabalhos práticos efectuados eram apenas baseados em circuitos combinacionais. No entanto, os circuitos puramente combinacionais não apresentam capacidade de memória fazendo com que estes tenham uma gama de aplicação muito limitada. Devido a esta razão torna-se nesta altura essencial introduzir um novo tipo de circuitos digitais que inclua esta mesma capacidade. Este tipo de circuitos denomina-se por circuito sequencial.

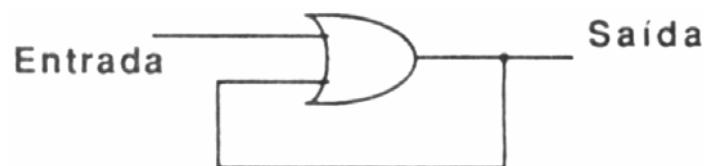
Um dado dispositivo que inclua a função memória deve possibilitar:

- Uma operação de escrita que armazena o valor 0 ou o valor 1 no dispositivo.
- Uma leitura posterior do valor armazenado (escrito), sendo esse valor inalterado até que haja uma nova operação de escrita.

A realização da função memória pode ser realizada de duas formas essenciais:

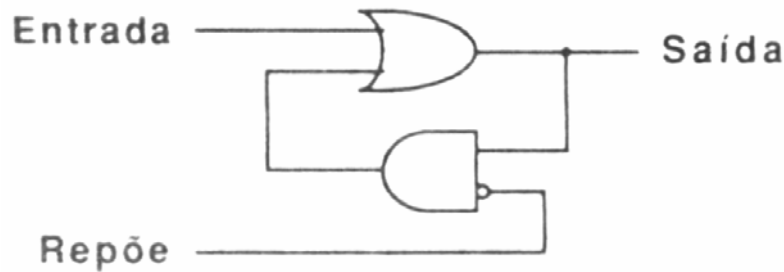
- Utilização de mecanismos de armazenamento analógicos.
- Circuitos construídos com base em elementos combinacionais (portas,...) com realimentação dos sinais de saída para as entradas.

Este trabalho e os próximos vão, no entanto, recair sobre a segunda forma. Numa forma muito básica a função memória pode ser representada pelo seguinte circuito:



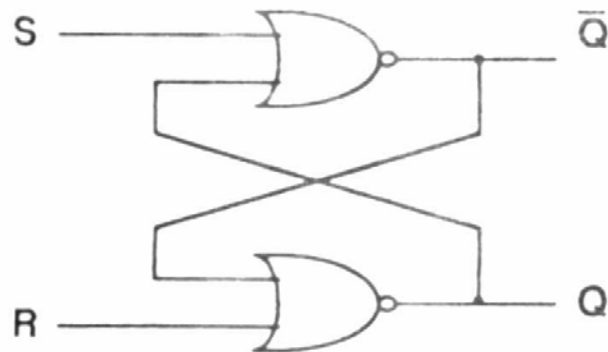
Relativamente à figura anterior, se em algum momento for aplicado um 1 à entrada, a partir daí o circuito memoriza essa ocorrência apresentando sempre um 1 à saída.

Se o circuito de realimentação for modificado da forma que se segue:



Com o sinal $\text{Repõe} = 0$ o circuito captura qualquer 1 que surja na entrada. No entanto se esse valor for igual a 1 a saída volta a 0 excepto quando a entrada é igual a 1.

Um circuito quase idêntico ao anterior é o do chamado b́ascula S-R (Set –Reset).



A tabela que define o estado seguinte seŕa da forma:

S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	indefinido

Circuitos síncronos e assíncronos

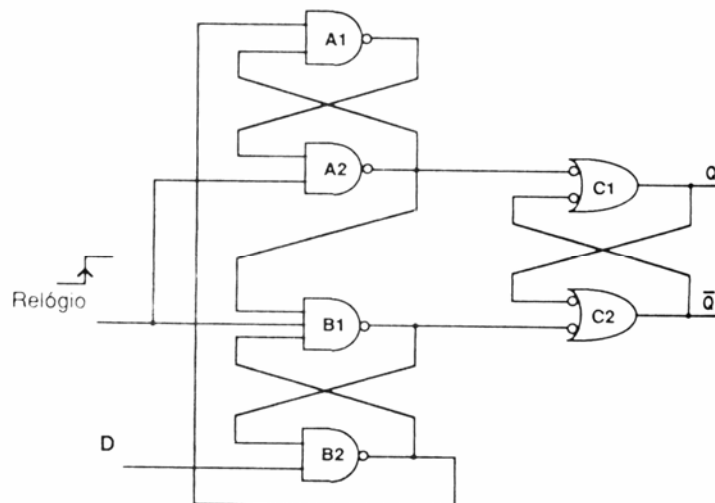
A célula de memória descrita anteriormente tem um funcionamento assíncrono, i. e., as células reagem de imediato às transições que se dão na entrada. Desta forma conclui-se que uma comutação na linha de entrada pode causar de imediato uma mudança da saída de uma ou mais células de memória que integram o circuito e o estado final das saídas depende do sequenciamento exacto das entradas.

No entanto, devido à ocorrência de atrasos nas entradas (aquando das transições 0 – 1 e 1- 0) a resposta deste tipo de circuitos nem sempre é a desejada. Para que estes problemas ocorridos durante as transições deixem de existir era essencial que as transições nas entradas ocorressem exactamente ao mesmo tempo, no entanto tal é impossível de controlar.

Os circuitos síncronos, por seu turno, eliminam este tipo de problemas. Neste tipo de circuitos são utilizados exclusivamente células de memória especiais – que têm capacidade de responder às entradas apenas em determinados momentos cadenciados por uma entrada de relógio. Este tipo de células síncronas são também designadas por **flip-flops**.

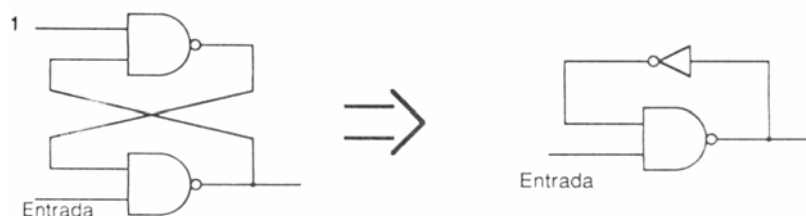
Flip-flop D (edge triggered)

A função do flip-flop D (D de delay – atraso) é a de armazenar e apresentar à saída o valor lógico de uma única entrada, preservando o valor da saída entre duas ocorrências temporizadas (consecutivas) de uma linha de relógio.



As portas NAND cruzadas constituem básicas S-R básicas ou semelhantes.

Tendo em conta a figura seguinte é possível afirmar que o circuito da direita encrava com a saída a 1 a partir do momento que lhe seja aplicado um 0 à entrada.



Funcionamento

Quando o relógio comuta de 0 para 1, há sempre um dos circuitos cruzados A_1-A_2 e B_1-B_2 que encrava. Se D é igual a 1 no momento da comutação do relógio é A_1-A_2 que encrava, caso contrário é o par B_1-B_2 que encrava.

O encravamento de um dos pares impede uma comutação posterior no outro par, independentemente de qualquer eventual variação da entrada D após a comutação do relógio. A báscula colocada à saída tem entradas a 1 quando a entrada de relógio se encontra a 0. As entradas podem apenas ir a 0 quando a entrada de relógio é igual a 1 e nunca simultaneamente.