

# Capítulo 3 - Trabalhando com circuitos digitais

O primeiro passo para se trabalhar com circuitos digitais é inserir portas lógicas. Para isto, dispomos de dois métodos. No primeiro deles, devemos escolher um determinado circuito integrado (CI) usando a toolbox “Components”. Nela, temos duas opções: “Place TTL” e “Place CMOS”. Clique em uma destas opções e será aberta uma janela “Select a component” onde todas as subfamílias são mostradas, em especial a classe 74. Você deve escolher um CI nesta lista. Para exemplificar, escolhamos a família TTL e o CI 74LS00D digitando o nome deste CI no campo “Component”. Será aberta uma janela similar a mostrada na Figura 6

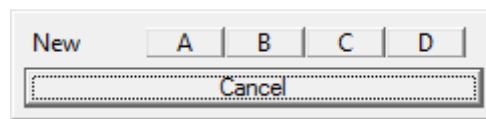


Figura 6 – Janela aberta quando se seleciona o componente 74LS04D

Nela, você devera clicar em uma das quatro letras que aparecem na janela. Cada uma destas letras indicam as 4 portas NAND que contém o CI 7400.

O segundo modo de se inserir uma porta lógica, de um modo mais genérico, é indo a opção “Place Misc Digital” da toolbox “Components” e lá escolha a família “TIL”. Com isto, lhe será mostrada uma lista de portas lógicas genéricas diversas. Se preferir, digita no campo “Component” o nome da porta lógica que deseja. Por exemplo, se neste campo digitar NAND3, o programa automaticamente selecionará uma porta NAND de 3 entradas. Clique em OK e insira a porta no *Circuit Window*.

Outra ferramenta preciosa para detectar um nível lógico em uma determinada parte do circuito é o “Probe”. Este componente é visto na toolbox “Measurement components” em cinco diferentes opções e cores. Quando ligado a um determinado fio, ele ascende quando o nível lógico que passa por aquele fio é alto e apaga quando é baixo.

## 3.1 – Ferramentas para circuitos digitais

Basicamente, iremos trabalhar com as três ferramentas para circuitos digitais: (i) o “Word generator”, o (ii) “Logic Analyser” e (iii) por fim o “Logic Converter”.

### Word Generator

O *Word Generator* é um componente que gera uma seqüência binária (palavra) de até 32 bits de acordo um definição do usuário. Este componente pode ser encontrado na toolbox “Instruments” e quando inserido no *Circuit Window* apresenta um ícone similar ao visto na Figura 7a.

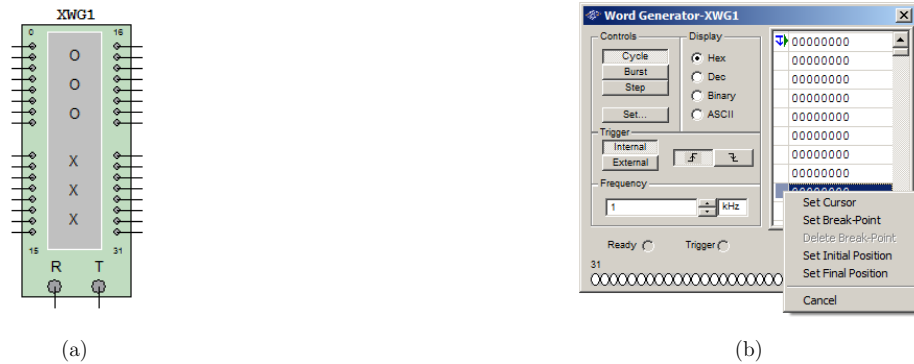


Figura 7 – (a) ícone do Word Generator no Circuit Window. Observe a numeração dos pinos (b) Janela de configuração do Word Generator

Com um duplo clique sobre o ícone do componente é aberta uma janela que permite a configuração do componente. Nela são listados os valores que o componente deve gerar. Esta lista é editável. Com um clique com o botão direito do mouse sobre a lista, defina uma posição inicial (“Set Initial Position”) e a final (“Set Final Position”). Os valores contidos entre estes dois marcos serão gerados pelo componente a uma frequência definida pelo campo “Frequency”. No caso da Figura 7b, serão geradas 1000 palavras por segundo. Por fim, existem variados modos de se transmitir os dados armazenados no componente. O primeiro deles, visto como o botão “Cycle” os dados saem ciclicamente (repetem-se). O modo “Burst” os dados saem uma só vez entre a posição inicial e final. Já o modo “Step” os dados saem à medida que clicamos em Step.

É também possível usar um clock externo para gerar as palavras. Para isto configure o componente para receber um trigger externo e ligue este sinal externo ao pino T do componente. O pino R indica quando um novo dado está disponível.

Por fim, é possível também gerar uma seqüência de dados pré-definida clicando no botão “Set...”. O mesmo apresenta uma série de opções para gerar dados e carregar valores pré-definidos. Para ilustrar o funcionamento do *Word Generator*, monte um circuito similar ao visto na Figura 8. Para isto, use um clock de 100 Hz para este componente e componentes “Probe” ligados aos pinos 0,1,2 e R. Simule o circuito e veja os resultados.

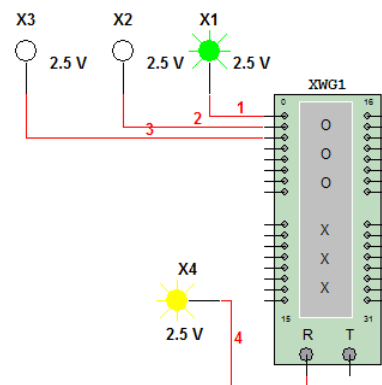


Figura 8 – Exemplo de circuito para ilustrar o funcionamento do Word Generator

## Logic Analyser

O *Logic Analyser* permite visualizar simultaneamente vários sinais (até 16 entradas). A Figura 9a ilustra o ícone do componente quando inserido no *Circuit Window*. A exemplo do componente anterior,

ele também possui uma série de configurações que podem ser acessadas através de um duplo clique do componente inserido no *Circuit Window* (ver Figura 9b). O mais importante deles é a frequência de aquisição dos dados. Para configurar este parâmetro clique no botão “Set...”. Uma nova janela será aberta e nela é possível configurar a frequência de aquisição através do campo “Clock rate”. É também possível usar um clock externo. Mas iremos trabalhar em um primeiro momento somente com clock interno.

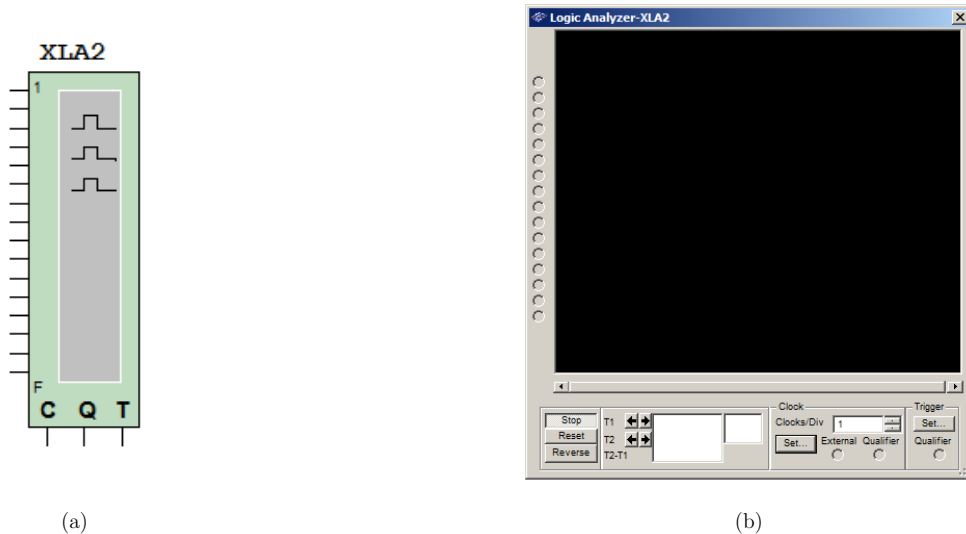


Figura 9 – (a) ícone do Logic Analyser no Circuit Window. Observe a numeração dos pinos (b) Janela de configuração do Word Generator

Para entender o funcionamento do *Analysers*, iremos montar um circuito similar ao visto na Figura 10a. Na entrada do circuito será inserido o componente *Word Generator* para gerar todas as possíveis combinações de entrada do circuito. Na saída será ligado o *Logic Analyser* para visualizar os níveis de saída. Conhecendo os valores de entrada e saída é possível montar a tabela-verdade do circuito. Como trata-se de um circuito de três variáveis de entrada, o gerador de palavras deve ser configurado para contar de 0 a 7 ciclicamente. Ainda, certifique-se de verificar que ambos componentes irão trabalhar com um clock de 200 Hz. O resultado da simulação é visto na Figura 10b.

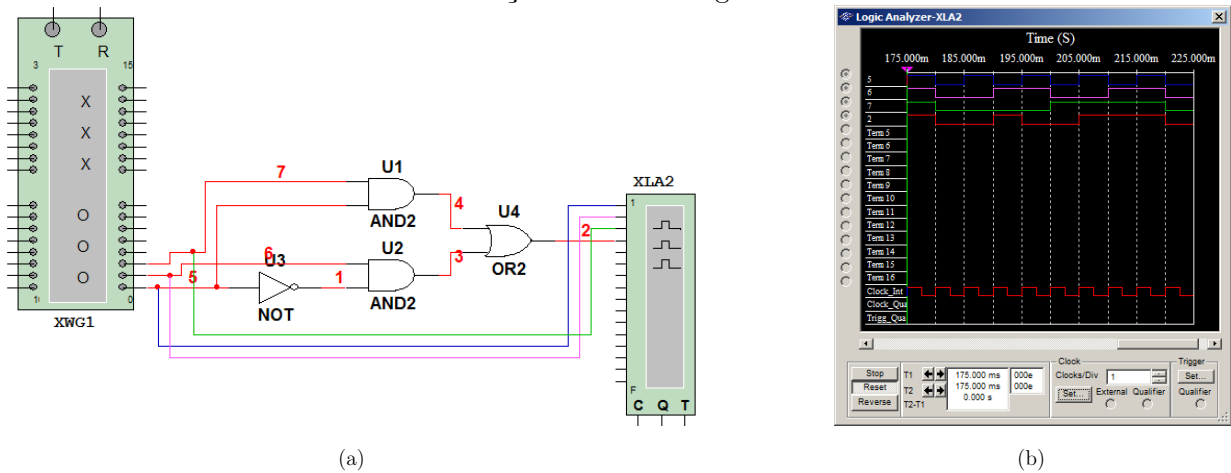
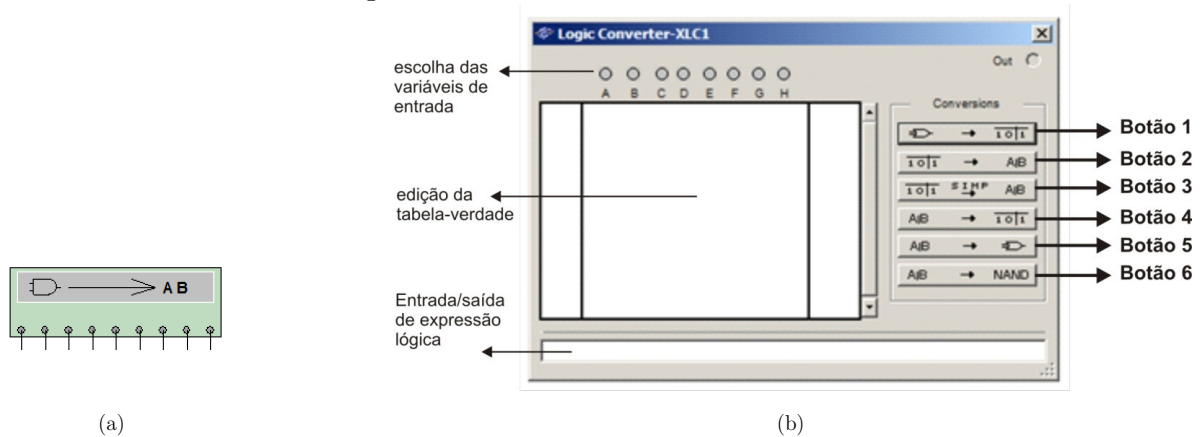


Figura 10 – (a) Componentes empregados para levantar a tabela-verdade de um determinado circuito lógico. Nele são usados na entrada o *Word Generator* e para medir a saída um *Logic Analyser*. (b) Resultado da simulação. A cor com quem são representados os sinais é a mesma do fio ligado ao canal assim como a sua ordem.

## Logic Converter

O *Logic Converter* é uma ferramenta extremamente versátil e importante. Ela possibilita ao usuário uma série de operações em circuitos digitais tais como: (i) fornecer a tabela verdade de um circuito lógico a partir de seu circuito; (ii) obter a expressão booleana a partir da tabela verdade; (iii) obter o circuito lógico a partir da tabela verdade; (iv) obter a expressão lógica simplificada e (v) obter o circuito implementado só com portas NAND de duas entradas.

Esta ferramenta está disponível na toolbox “Instruments”. Seu ícone no *Circuit Window* assim como sua interface são ilustrados na Figura 11.



**Figura 11** – (a) ícone do *Logic Converter* no *Circuit Window* (b) Interface do componente. Nele são numerados seus principais botões contendo seus recursos.

Os principais recursos da ferramenta relacionados à Figura 11b são:

- Botão 1: obtém a tabela-verdade se fornecido o circuito lógico;
- Botão 2: obtém a expressão lógica completa, dada a tabela-verdade;
- Botão 3: obtém a expressão lógica simplificada, dada a tabela-verdade;
- Botão 4: obtém a tabela-verdade se dada a expressão lógica;
- Botão 5: obtém o circuito lógico com portas dada a tabela-verdade;
- Botão 6: obtém o circuito lógico com portas NAND dada a tabela-verdade.

Para entender o funcionamento da ferramenta, selecione quantidade de variáveis de entrada de seu projeto. Logo em seguida edite a tabela verdade. Repare que você pode definir a saída da tabela clicando em seus valores. Cada clique altera os valores da saída para 0, 1 ou X. Neste caso, X indica “don’t care” ou uma condição de irrelevância. Feita a descrição da tabela-verdade, você já usufruir dos recursos da ferramenta.

Para ilustrar um caso, considera um problema que tenha a seguinte tabela-verdade (F:= farol aceso; I:= ignição ligada; P: = porta aberta).

F	I	P	x
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0

1	1	1	1
---	---	---	---

A partir da tabela, monta-se a expressão lógica dada por:

$$x = \overline{F}IP + F\overline{I}P + F\overline{I}\overline{P} + FIP$$

Simplificando a expressão anterior temos o resultado final:

$$x = IP + F\overline{I}$$

Faça a mesma coisa só que usando a ferramenta Logic Converter.

Outra forma de usar o recurso é a partir de um circuito pronto. A Figura 12 ilustra este segundo modo assim como as suas ligações. Repare que o circuito é idêntico ao da Figura 10. Depois de feita a ligação conforme se vê na figura, clique no botão 1 da Figura 11. Feito isto, explore os demais recursos da ferramenta para entender seu funcionamento.

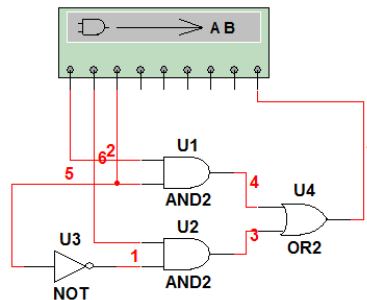
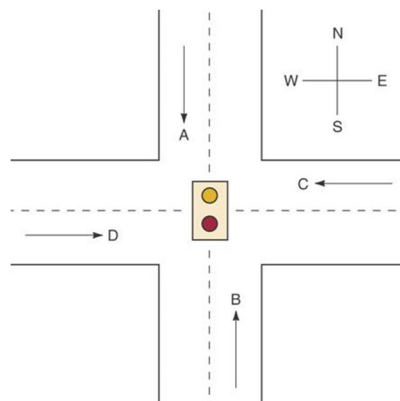


Figura 12 – Aplicação do Logic Converter

### 3.2 - Exercícios de revisão

1) Para consolidar seus conhecimentos em MultiSIM, projeto um circuito par atender o problema: A figura abaixo mostra o cruzamento de uma rodovia com uma via de acesso. Sensores detectores de veículos são colocados ao longo das pistas C e D (rodovia) e nas pistas A e B (via de acesso). As saídas desses sensores serão nível BAIXO (0) quando nenhum veículo estiver presente e nível ALTO (1) quando um veículo estiver presente. O sinal de trânsito no cruzamento é controlado de acordo com a seguinte lógica:



- a) O sinal da direção leste-oeste (L/O) será verde quando as duas pistas C e D estiverem ocupadas.
- b) O sinal da direção L/O será verde sempre que as pistas C ou D estiverem ocupadas, mas com as A e B desocupadas

- c) O sinal da direção norte-sul (N/S) será verde sempre que as duas pistas A e B estiverem ocupadas, mas as pistas C ou D estiverem desocupadas
- d) O sinal da direção N/S será verde quando as pistas A ou B estiverem ocupadas e enquanto ambas as pistas C e D estiverem vazias
- e) O sinal da direção leste-oeste será verde quando não houver veículo presente
- f) Nos casos omissos, C e D tem preferência sobre A e B

Usando as saídas dos sensores A, B, C e D como entradas, projete e simule um circuito lógico para controlar o semáforo. Devem existir duas saídas N/S e L/O, que serão nível alto quando a luz correspondente for verde. Ligue a cada uma das saídas do circuito um LED para indicar o estado destas saídas.