

# APÊNDICE 1 - SÍMBOLOS IEEE PARA CIRCUITOS LÓGICOS<sup>1</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC - International Electrotechnical Commission) desenvolveu uma poderosa linguagem simbólica que pode mostrar a relação entre cada entrada de um circuito lógico digital para cada saída sem mostrar explicitamente a representação lógica interna. O coração do sistema é a notação de dependência, que é explicada na sessão 4.

O sistema foi introduzido nos EUA numa forma rudimentar no padrão IEEE/ANSI Y32.14-1973. Naquela época, devido a falta completa do desenvolvimento de uma notação de dependência, o padrão oferecia pouco mais dos que a substituição das formas distintivas familiares representando as funções de AND, OR, negação, etc. por formas retangulares. Este não é mais o caso atualmente.

Internacionalmente, o Grupo de Trabalho 2 do Comitê Técnico do IEC TC-3 preparou um documento (publicação 617-12) para consolidar o trabalho original iniciado em meados da década de 60 e publicado em 1972 (publicação 117-15) com as alterações e suplementos que se seguiram. Similarmente, nos EUA, o Comitê do IEEE SCC 11.9 revisou a publicação IEEE std 91/ANSI Y31.14. A Texas Instruments participou do trabalho em ambas organizações e introduziu os símbolos lógicos padrão IEEE/ANSI nos seus manuais TTL Data Book.

A explicação a seguir sobre a linguagem simbólica para os símbolos IEEE é necessariamente breve e muito condensada a partir do que a publicação do padrão contém. Não é a intenção que esta explicação seja suficiente para pessoas desenvolvendo símbolos para novos dispositivos. A intenção primária é que seja possível o entendimento dos símbolos utilizados nos manuais TTL Data Book da Texas Instruments; a comparação dos símbolos com os diagramas de blocos funcionais e/ou com as tabelas verdade deverá auxiliar no entendimento mais completo do dispositivo.

## 2. COMPOSIÇÃO DE UM SÍMBOLO

Um símbolo comprehende um contorno ou uma combinação de contornos juntos com um ou mais símbolos qualificadores. A forma destes contornos não possui significado. Conforme mostrado na Figura 1, os símbolos qualificadores são utilizados para indicar exatamente qual operação lógica é efetuada pelos seus elementos. A Tabela mostra os símbolos qualificadores gerais utilizados nos TTL Data Books. As linhas de entrada são colocadas à esquerda e a linhas de saída são colocadas à direita. Quando uma excessão é feita a esta conceção, a direção dos fluxo de sinais é indicada por uma seta, conforme mostrado na Figura .

Todas as saídas de um único, elemento indivisível sempre têm os estados lógicos internos idênticos determinados pela função do elemento exceto quando indicado por um símbolo qualificador associado ou por um rótulo dentro do elemento.

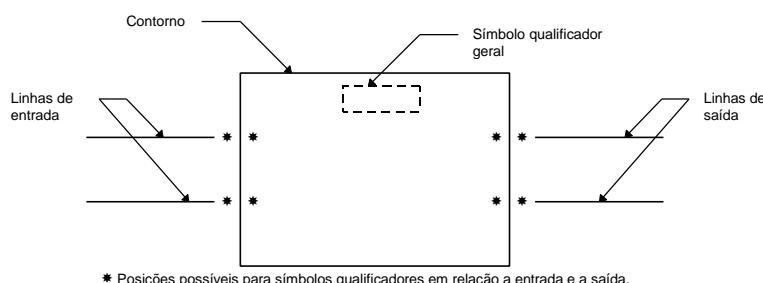


Figura 1 - Composição de um símbolo

1 Traduzido e adaptado do texto de F. A. Mann do manual TTL Data Book da Texas Instruments Inc. de 1984 por Jun Okamoto Jr., Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Os contornos dos elementos podem ser agrupados um dentro do outro ou tocando-se em um dos lados. Neste último caso devem ser aplicadas as seguinte convenções:

- Não deve existir conexão lógica entre os elementos quando a linha comum entre seus contornos estiver na direção do fluxo do sinal.
- Deve existir pelo menos uma conexão lógica entre os elementos quando a linha comum aos seus contornos for perpendicular à direção do fluxo do sinal.
- O número de conexões lógicas entre os elementos deve ser esclarecido pelo uso de símbolos qualificadores que são discutidos mais adiante em outro tópico.
- Se nenhuma indicação for mostrada em qualquer dos lados da linha comum, é assumido que existe apenas uma conexão.

Quando um circuito tiver uma ou mais entradas que são comuns a mais de um elemento do circuito, deve ser utilizado o bloco de controle-comum. Este é o único bloco diferenciado pelo seu formato no sistema IEC. A Figura 2 mostra que a memos que seja qualificada por uma notação de dependência, uma entrada em um bloco de controle-comum é entrada para cada um dos elementos abaixo deste bloco.

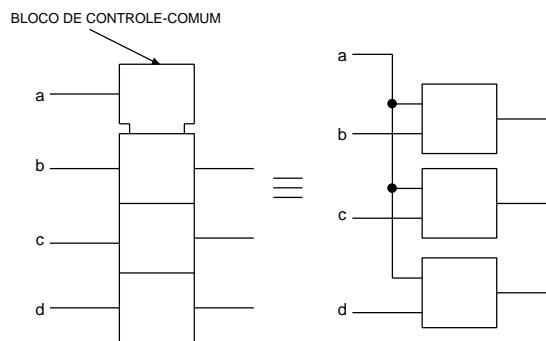


Figura 2 - Bloco de controle-comum

Uma saída comum dependendo de todos os elementos de uma matriz pode ser representada como um elemento de saída-comum. A característica visual distintiva é a linha dupla na sua parte superior. Adicionalmente, o elemento de saída-comum pode ter outras entradas, conforme mostrado na Figura . A função do elemento de saída-comum deve ser especificada por um símbolo qualificador geral.

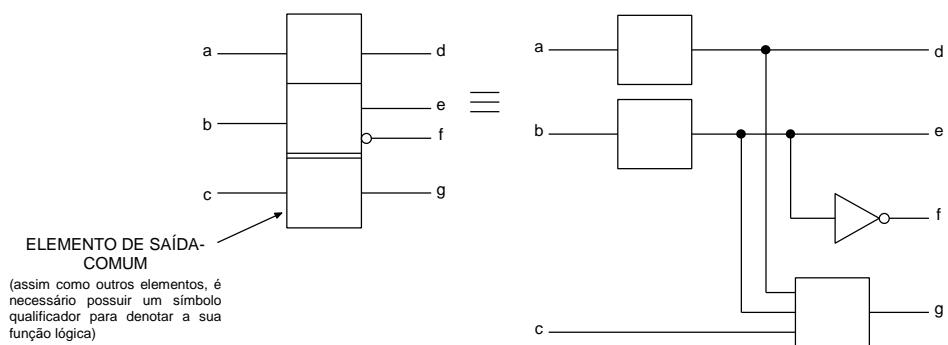


Figura 3 - Elemento de saída-comum

### 3. SÍMBOLOS QUALIFICADORES

#### 3.1 Símbolos Qualificadores Gerais

A Tabela mostra os símbolos qualificadores gerais utilizados nos manuais TTL Data Book da Texas Instruments. Estes caracteres são colocados perto da parte central do topo do símbolo ou elemento que define a função básica do dispositivo representada pelo símbolo ou elemento.

#### 3.2 Símbolos Qualificadores para Entradas e Saídas

Os símbolos qualificadores para entradas e saídas são mostrados na Tabela I e serão familiares à maioria dos usuários com exceção da polaridade lógica e dos indicadores de sinais analógicos. A antiga negação lógica indica

Tabela I - Símbolos Qualificadores Gerais

Símbolo	Descrição	Exemplo
&	Porta AND (E) ou função	SN7400
$\geq 1$	Porta OR (OU) ou função. O símbolo foi escolhido para indicar que pelo menos uma entrada ativa é necessária para ativar a saída.	SN7402
$=1$	Exclusive OR (OU Exclusivo). Uma e somente uma entrada deve estar ativa para ativar a saída.	SN7486
=	Identidade lógica. Todas as entradas devem estar no mesmo estado.	SN74180
2k	Um número par de entradas devem estar ativas.	SN74180
2k+1	Um número ímpar de entradas devem estar ativas.	•
1	A entrada um deve estar ativa.	SN7404
$\triangleright$ ou $\triangleleft$	Um buffer ou elemento com capacidade de saída maior do que a usual (o símbolo é orientado na direção do fluxo do sinal).	SN74S436
$\square$	Schmitt trigger; elemento com histerese.	SN74LS18
X/Y	Codificador, conversor de código (DEC/BCD, BIN/OCT, BIN/7-SEG, etc.).	SN74LS347
MUX	Multiplexador/seletor de dados.	SN74150
DMUX ou DX	Demultiplexador.	SN74138
$\Sigma$	Somador.	SN74LS385
P-Q	Subtrator.	SN74LS385
CPG	Gerador de Look-ahead carry.	SN74182
$\pi$	Multiplicador.	SN74LS384
COMP	Comparador de magnitude.	SN74LS682
ALU	Unidade lógico-aritmética	SN74LS381
$\square\!\square$	Monostável redispersável.	SN74LS422
$1\ \square\!\square$	Monostável não-redispersável.	SN74121
$\square\!\square\ G$	Elemento astável. Mostrar a forma de onda é opcional	SN74LS320
$\square\!\square\ !G$	Astável com inicialização sincrona.	SN74LS624
$\square\!\square\ G!$	Elemento astável que para com um pulso de término.	•
SRGm	Registrador de deslocamento, m = número de bits.	SN74LS595
CTRm	Contador, m = número de bits; comprimento do ciclo = $2^m$ .	SN74LS590
CTR DIVm	Contador com comprimento do ciclo = m.	SN74LS668
ROM	Read-only memory.	•
RAM	Random-access read/write memory.	SN74170
FIFO	First-in, first-out memory.	SN74LS222

• Nem todos os símbolos qualificadores gerais são utilizados nos manuais TTL Data Book da Texas Instr., porém, eles foram incluídos nesta tabela para deixá-la completa.

usuários com exceção da polaridade lógica e dos indicadores de sinais analógicos. A antiga negação lógica indica

que o estado externo 0 produz o estado interno 1. O estado interno 1 indica o estado ativo. A negação lógica pode ser utilizada em diagramas lógicos puros; de maneira a vincular os estados lógicos externos 1 e 0 com os níveis lógicos H (high - alto) e L (low - baixo), uma asserção sobre a utilização de lógica positiva ( $1 = H, 0 = L$ ) ou lógica negativa ( $1 = L, 0 = H$ ) é requerida ou deve ser assumida. Os indicadores de polaridade lógica eliminaram a necessidade de se referir à convenção lógica e são utilizados no manuais TTL Data Book da Texas Instruments na simbologia dos dispositivos reais. A presença de um indicador de polaridade triangular indica que o nível lógico L produzirá o estado interno 1 (estado ativo) ou que, no caso de uma saída, o estado interno 1 produzirá um nível lógico L externo. Deve-se notar que a direção ativa da transição para uma entrada dinâmica (entrada sensível à borda) é indicada com lógica positiva, lógica negativa, e com indicação de polaridade.

Tabela II - Símbolos qualificadores para entradas e saídas

Símbolo	Descrição		
	Negação lógica na entrada. 0 externo produz 1 interno.		
	Negação lógica na saída. 1 interno produz 0 externo.		
	Entrada active-low (ativo-em-baixo). Equivalente a  em lógica positiva.		
	Saída active-low (ativo-em-baixo). Equivalente a  em lógica positiva.		
	Entrada active-low no caso de fluxo de sinal da direita para a esquerda.		
	Saída active-low no caso de fluxo de sinal da direita para a esquerda.		
	Fluxo de sinal da direita pra a esquerda. Se não indicado em caso contrário o fluxo de sinal é da esquerda pra a direita.		
	Fluxo de sinal bidirecional.		
	<b>LÓGICA POSITIVA</b> <b>LÓGICA NEGATIVA</b> <b>INDICAÇÃO DE POLARIDADE</b>		
	Entradas dinâmicas ativas na transição indicada.  não utilizado	 não utilizado	não utilizado
	Conexão não-lógica. Um rótulo dentro do símbolo normalmente define a natureza deste pino.		
	Entrada para sinais analógicos.		
	Conexão interna. Estado 1 na esquerda produz estado 1 na direita.		
	Conexão interna negada. Estado 1 na esquerda produz estado 0 na direita.		
	Conexão interna dinâmica. A transição de 0 para 1 na esquerda produz transição para o estado 1 na direita.		
	Entrada interna (entrada virtual). Sempre mantém seu estado 1 interno a menos que seja afetada por uma relação de dependência modificadora.		
	Saída interna (saída virtual). Seu efeito numa entrada interna na qual está conectada é indicado por uma notação de dependência.		

As conexões lógicas entre elementos lógicos agrupados que tocam-se em um dos lados num símbolo podem ser indicados pelos símbolos internos mostrados na Tabela 2. Cada conexão lógica pode ser mostrada pela presença de um símbolo qualificador em um ou em ambos lados da linha comum e se surgir confusão sobre o número de conexões, podem ser utilizados símbolos de conexão internos.

A entrada interna (virtual) é uma entrada originada em alguma parte do circuito e não é conectada diretamente a um terminal. A saída interna (virtual) é, da mesma maneira que a entrada interna, não conectada a um terminal diretamente. A aplicação de entrada e saídas internas requer o entendimento da notação de dependência que é

explicada na Seção 4.

Numa matriz de elementos, se o mesmo símbolo qualificador geral e os mesmos símbolos qualificadores

Tabela III - Símbolos dentro do contorno

Símbolo	Descrição
	Saída retardada (de um flip-flop disparável por pulso). A saída muda quando a entrada iniciando a mudança (e.g., uma entrada C) retorna para o seu estado externo ou nível inicial. Ver § 5.
	Entrada com duplo nível de disparo (entrada com histerese).
	Coletor-aberto NPN ou saída similar que pode suprir um nível lógico L com impedância relativamente baixa quando não ligado. Requer um pull-up externo. Capaz de conexão wired-AND com lógica positiva.
	Saída pull-up-passiva é similar a saída coletor-aberto NPN mas é suplementada com um pull-up-passivo interno.
	Emissor-aberto NPN ou saída similar que pode suprir um nível lógico H de impedância relativamente baixa quando não ligado. Requer pull-up externo. Capaz de conexão wired-OR com lógica positiva.
	Saída pull-down-passiva é similar a saída emissor-aberto NPN mas é suplementada com um pull-down-passivo interno
	Saída three-state (saída com terceiro estado de alta impedância)
	Habilitação de entrada Quando no seu estado interno 1, todas as saídas estão habilitadas. Quando no seu estado interno 0, saídas coletor-aberto e emissor-aberto estão ligadas, as saídas three-state estão com seus estados internos normalmente definidos e os estados externos estão em alta impedância, e todas as outras saídas (e.g. totem-pole) estão no seu estado interno 0.
J, K, R, S, T	Significados usuais associados a flip-flops (e.g., R = reset, T = toggle)
	Entrada de dados de um elemento de armazenamento, equivalente a:
	Entradas de deslocamento para direita (esquerda), m = 1, 2, 3, etc. Se m = 1, normalmente não é mostrado.
	Entradas de contagem para cima (para baixo), m = 1, 2, 3, etc. Se m = 1, normalmente não é mostrado
	Agrupamento binário, m é a potência de 2 mais alta.
	Entrada de registro de conteúdo, quando ativa, causa o conteúdo do registrador a assumir o valor indicado.
	O conteúdo da saída é ativo se o conteúdo do registrador for o valor indicado.
	Agrupamento de linhas de entrada. Os ... indicam que dois ou mais terminais são utilizados para implementar uma única entrada lógica.
	e.g., o par de entradas expandidas do SN7450.
	Saída de estado fixo, sempre mantém o seu estado interno 1. Por exemplo, o SN74185.

associados a entradas e saídas deveriam aparecer dentro de cada um dos elementos da matriz, estes símbolos

qualificadores são normalmente mostrados apenas no primeiro elemento. Isto é feito para reduzir clutter e para poupar tempo no reconhecimento do símbolo. Similarmente, elementos idênticos e grandes que são subdivididos em elementos menores podem cada um ser representados por contornos não subdivididos. O símbolo do SN54LS440 ilustra este princípio.

### 3.3 Símbolos dentro de contornos

A Tabela III mostra alguns símbolos utilizados dentro de contornos. Deve-se notar que particularmente saídas coletor-aberto, emissor-aberto e three-state possuem símbolos distintivos. Também deve ser notado que a entrada EN afeta todas as saídas do circuito e não tem efeito em nenhuma entrada. Quando uma entrada de habilitação afeta somente certas saídas e/ou afeta uma ou mais entradas, deve ser utilizada alguma forma de notação de dependência indicar este fato (vide 4.9 que mostra o efeito da entrada EN em diversos tipos de saídas).

É particularmente importante notar que uma entrada D é sempre a entrada de dados do elemento de armazenagem. No seu estado interno 1, a entrada D leva o elemento de armazenagem ao seu estado 1 (set), e no seu estado 0, leva o elemento de armazenagem ao seu estado 0 (reset).

O símbolo de agrupamento binário é explicado em mais detalhe na seção 8. As entradas binárias-ponderadas são ordendas e os pesos binários das linhas menos-significativa e mais-significativa são indicados por números. Nos manuais TTL Data Book da Terxas Instruments os pesos das linhas de entradas e saídas normalmente são representados por potências de dois quando são utilizados os símbolos de agrupamento binário, caso contrário, são utilizados números decimais. As entradas agrupadas geram um número interno sobre o qual pode ser executada uma função matemática o que pode ser um número identificador para a notação de dependência. A Figura 28 mostra um uso freqüente deste caso para endereços de memória.

Em direção reversa, o símbolo de agrupamento binário pode ser utilizado para saídas. O conceito é análogo ao das entradas e as saídas ponderadas indicarão o número interno que é assumido pelo circuito.

Outros símbolos são utilizados dentro do contornos nos manuais TTL Data Book da Terxas Instruments de acordo com os padrões IEC/IEEE mas não foram apresentados aqui. Geralmente estes símbolos estão associados a operações aritméticas e são auto-explicativos.

Quando informação não padronizada é mostrada dentro de um contorno, é normalmente mostrada entre colchetes [com estes].

## 4. NOTAÇÃO DE DEPENDÊNCIA

### 4.1 Explicação Geral

A notação de dependência é uma ferramenta poderosa que destaca os símbolos IEC dos sistemas anteriores e possibilitam símbolos mais compactos, significativos. Esta notação fornece meios para denotar a relação entre entradas, saídas, ou entradas e saídas sem realmente mostrar quais os elementos e interconexões estão envolvidos. A informação fornecida pela notação de dependência suplementa aquela fornecida pelos símbolos qualificadores para a função do elemento.

Na convenção para a notação de dependência será feito uso dos termos “afetante” e “afetado”. Nos casos em que não é evidente quais entradas devem ser consideradas como afetantes ou afetadas (e.g. se elas mantêm uma relação AND), a escolha pode ser feita de qualquer maneira conveniente.

Até o momento, foram definidos dez tipos de relação de dependência e todos eles são utilizados nos manuais TTL Data Books da Texas Instruments. Eles estão listados abaixo na ordem em que são apresentados e são resumidos na Tabela IV seguindo 4.11.

Seção	Tipo de dependência ou outro assunto
4.2	G, AND
4.3	Regras gerais para notações de dependência
4.4	V, OR
4.5	N, Negação (Exclusive OR)
4.6	Z, Interconexão

- |      |                          |
|------|--------------------------|
| 4.7  | C, Controle              |
| 4.8  | S, Set e R, Reset        |
| 4.9  | EN, Enable (Habilitação) |
| 4.10 | M, Modo                  |
| 4.11 | A, Address (endereço)    |

## 4.2 Dependência G (AND)

Uma relação comum entre dois sinais é tê-los juntos numa operação AND. Isto tem sido tradicionalmente mostrado através do desenho explícito de uma porta AND com os sinais conectados às entradas da porta. A publicação IEC de 1972 e o padrão IEEE/ANSI de 1973 mostraram diversas maneiras de se indicar esta relação AND utilizando-se a notação de dependência. Como nove outras relações de dependência foram definidas desde então, as diversas maneiras de se invocar a dependência AND foram agora reduzidas a uma.

Na Figura a entrada **b** é relacionada com a entrada **a** por uma função AND e o complemento de **b** é relacionado com a entrada **c** por outra função AND. A letra G foi escolhida para indicar a relação AND e é colocada na entrada **b**, dentro do símbolo. Um número considerado apropriado pelo projetista do símbolo (foi utilizado 1 aqui) é colocado após a letra G e também em cada entrada afetada. Deve-se notar a barra sobre o 1 na entrada **c**.

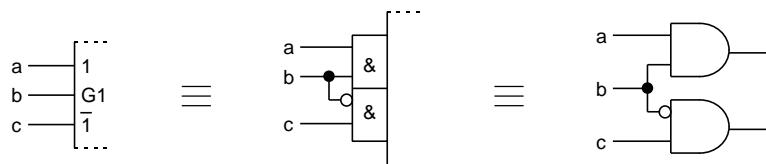


Figura 4 - Dependência G entre as intradas

Na Figura 5, a saída **b** afeta a entrada **a** com uma relação AND. O exemplo inferior da Figura mostra que o estado lógico interno de **b** é que mantém a relação AND com a entrada e não afetado pelo sinal de negação. A Figura 6 mostra que entrada **a** mantém uma relação AND com a entrada dinâmica **b**.

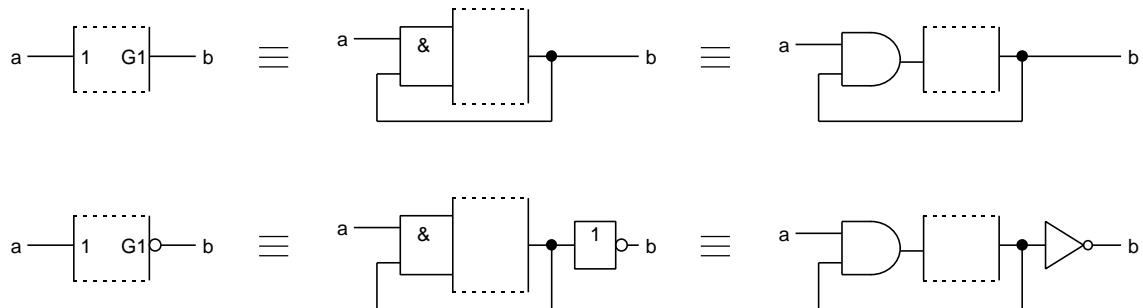


Figura 5 - Relação de dependência G entre entradas e saídas



Figura 6 - Relação de dependência G com uma entrada dinâmica

As regras para a dependência G podem ser resumidas assim:

Quando uma entrada  $Gm$  ou uma saída ( $m$  é um número) é mantida no seu estado interno 1, todas as entradas e saídas afetadas por  $Gm$  manterão seus estados lógicos internos normalmente definidos. Quando uma entrada  $Gm$  ou saída é mantida no seu estado 0, todas as entradas e saídas afetadas por  $Gm$  mantém seu estado interno 0.

### 4.3 Convenções para a aplicação da notação de dependência em geral

As regras para a aplicação das relações de dependência em geral seguem o mesmo padrão ilustrado para a dependência G.

A aplicação da notação de dependência é feita da seguinte maneira:

- 1) a rotulação da entrada (ou saída) afetando outras entradas ou saídas é feita com a letra indicando a relação envolvida (e.g., G para AND) seguido por um número identificador, escolhido apropriadamente, e
- 2) a rotulação de cada entrada ou saída afetada por aquela entrada afetante (ou saída) é feita com o mesmo número.

Se for o complemento do estado lógico interno da entrada ou saída afetante que faz a função, então deve ser colocada uma barra sobre os números identificadores que afetam as entradas ou saídas. Vide Figura 4.

Se duas entradas ou saídas afetantes têm a mesma letra e o mesmo número identificador, elas possuem uma relação OR entre elas. Vide Figura 7.

Se a entrada ou saída afetada requer um rótulo que denote a sua função (e.g., "D"), este rótulo deve ser precedido pelo número identificador da entrada afetante.

Vide Figura 12.

Se uma entrada ou saída é afetada por mais de uma entrada afetante, os números identificadores de cada entrada afetante deverão aparecer no rótulo da afetada, separados por vírgulas. A ordem normal de leitura destes números deve ser na mesma seqüência das relações afetantes. Vide Figura 12.

Se os rótulos das funções das entradas ou saídas afetadas forem números, (e.g., saídas de um codificador), os números identificadores as serem associados a ambas entradas ou saídas afetantes e afetadas deverão ser substituídas por outro caracter selecionado para evitar ambiguidade, e.g., letras gregas. Vide Figura 8.

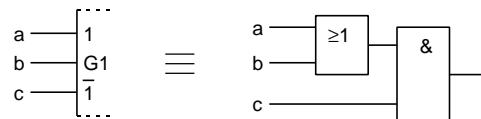


Figura 7 - Entradas afetantes por função OR

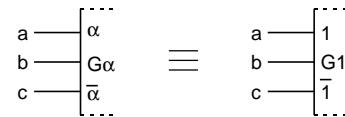


Figura 8 - Substituto para números

### 4.4 Dependência V (OR)

O símbolo que denotra a dependência OR é a letra V. Vide Figura 9.

Quando uma entrada ou saída  $Vm$  mantiver seu estado interno 1, todas as entradas e saídas afetadas por  $Vm$  manterão seus estados internos em 1. Quando a entrada ou saída  $Vm$  mantiver seu estado interno 0, todas as entradas ou saídas afetadas por  $Vm$  manterão seus estados internos nos seus estados lógicos normalmente definidos.

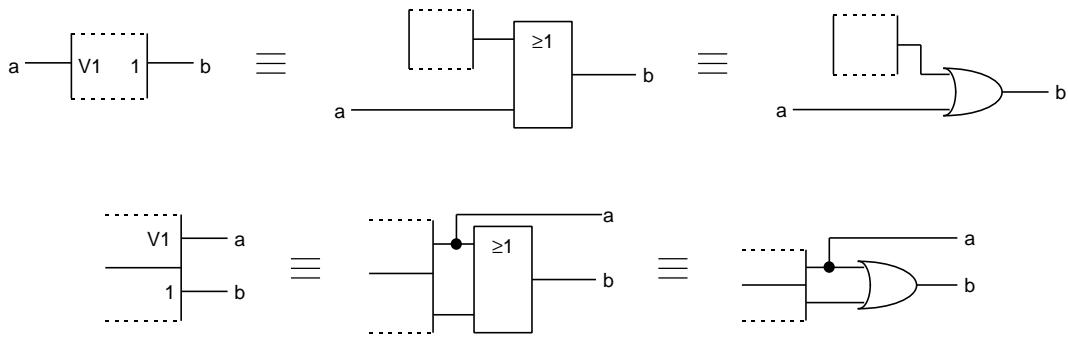


Figura 9 - Dependência V (OR)

#### 4.5 Dependência N (Negação) (XOR)

O símbolo que denota dependência de negação é a letra N. Vide Figura 10. Cada entrada ou saída afetada por uma entrada ou saída  $Nm$  mantém uma relação de OU-Exclusivo (Exclusive-OR) com a entrada ou saída  $Nm$ .

Quando uma entrada ou saída  $Nm$  mantiver seu estado interno 1, o estrado interno de cada entrada e cada saída afetada por  $Nm$  será o complemento do que seria caso contrário. Quando a entrada ou saída  $Vm$  mantiver seu estado interno 0, todas as entradas ou saídas afetadas por  $Nm$  manterão seus estados internos nos seus estados lógicos normalmente definidos.

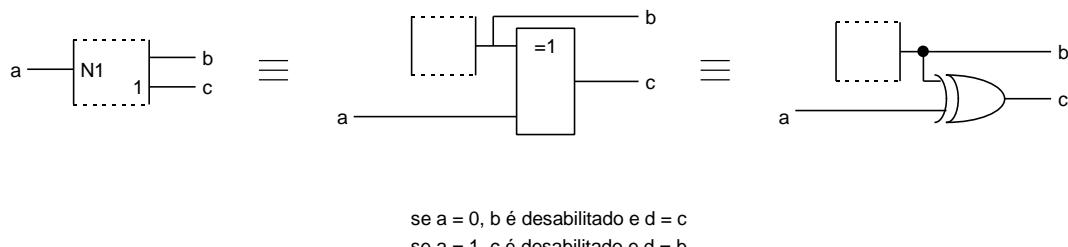


Figura 10 - Dependência N (Negação) (XOR)

#### 4.6 Dependência Z (Interconexão)

O símbolo que denota a dependência de interconexão é a letra Z.

A dependência de interconexão é utilizada para indicar a existência de conexões lógicas internas entre entradas, saídas, entradas internas e/ou saídas internas.

O estado lógico interno de uma entrada ou saída afetada por uma entrada ou saída  $Zm$  será o mesmo que o estado lógico interno da entrada ou saída  $Zm$ , a menos que seja modificada por notações de dependência adicionais. Vide Figura 11.

#### 4.7 Dependência C (Controle)

O símbolo que denota a dependência de controle é a letra C.

As entradas de controle normalmente são utilizadas para habilitar ou desabilitar as entradas de dados (D, J, K, R, ou S) de elementos de armazenamento. Elas podem utilizar seus estados internos 1 (estar ativas) tanto estaticamente quanto dinamicamente.

como dinamicamente. No último caso, o símbolo de entra dinâmica deve ser utilizado conforme o terceio exemplo da Figura 12.

Quando uma entrada ou saída  $Cm$  estiver no seu estado interno 1, as entradas afetadas por  $Cm$  terão seu efeito normalmente definido sobre a função do elemento, i.e. estas entradas estarão habilitadas. Quando a entrada ou saída  $Cm$  estiver seu estado interno 0, as entradas afetadas por  $Cm$  estarão desabilitadas e não terão efeito sobre a função do elemento.

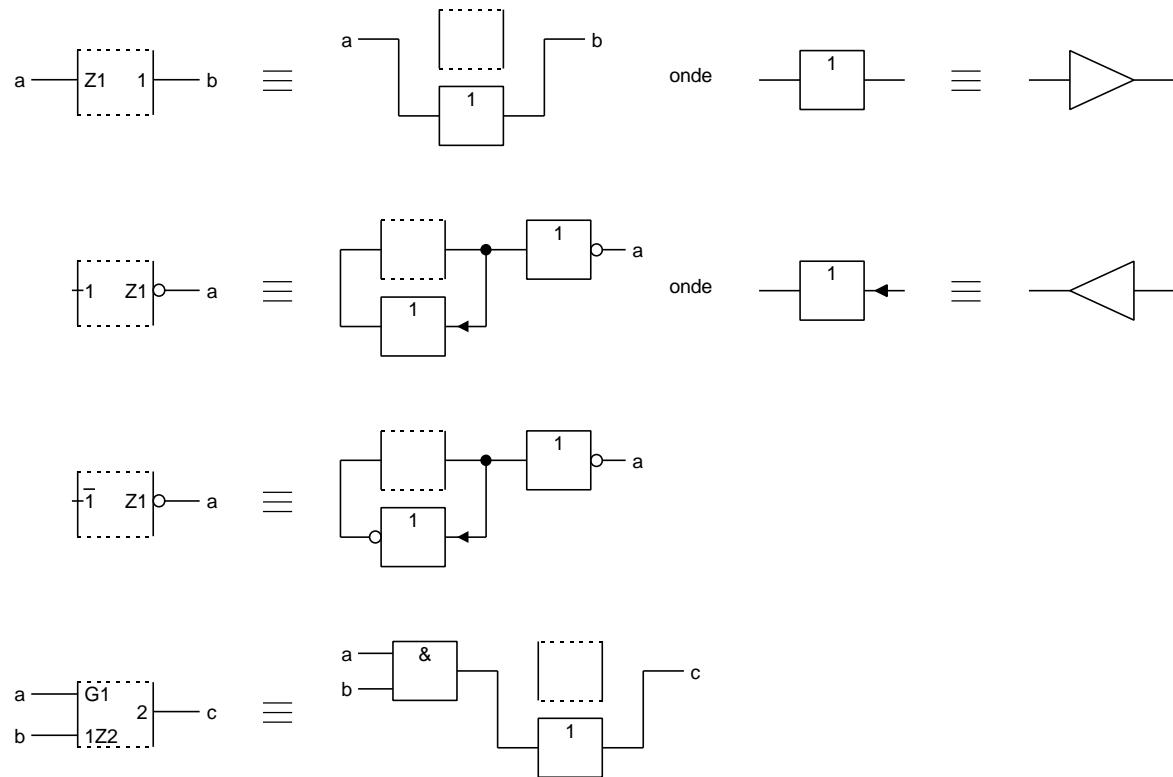


Figura 11 - Dependência Z (Interconexão)

#### 4.8 Dependências de S (Set) e R (Reset)

O símbolo que denota a dependência de Set é a letra S. O símbolo que denota a dependência de Reset é a letra R.

As dependências de Set e Reset são utilizadas caso seja necessário especificar o efeito da combinação  $R=S=1$  num elemento biestável. O caso 1 da Figura 13 não utiliza a dependência S ou R.

Quando uma entrada  $Sm$  está no seu estado interno 1, as saídas afetadas pela entrada  $Sm$  regagirão, independentemente do estado da entrada R, como elas normalmente reagiriam a combinação  $S=1, R=0$ . Vide os casos 2, 4 e 5 da Figura 13.

Quando uma entrada  $Rm$  está no seu estado interno 1, as saídas afetadas pela entrada  $Rm$  regagirão, independentemente do estado da entrada S, como elas normalmente reagiriam a combinação  $S=0, R=1$ . Vide os casos 3, 4 e 5 da Figura 13.

Quando as entradas  $Sm$  e  $Rm$  estiverem no seu estado interno 0, elas não terão nenhum efeito.

Deve-se notar que os padrões das saídas complementares nos casos 4 e 5 são somente pseudo-estáveis. A volta simultânea de uma das entradas para a condição  $S=R=0$  poduz um estado impredizível e um padrão de saída complementar.

## 4.9 Dependência EN (Habilitação)

O símbolo que denota a dependência de habilitação é a combinação de letras EN.

Uma entrada EN<sub>m</sub> tem o mesmo efeito nas saídas que uma entrada EN, vide 3.1, mas ela afeta somente as saídas rotuladas com o número identificador *m* e também aquelas entradas rotuladas com o número identificador *m*. Por outro lado, uma entrada EN afeta todas as saídas e nenhuma entrada. O efeito de uma entrada EN<sub>m</sub> numa entrada afetada é identico ao de uma entrada C<sub>m</sub>. Vide Figura 14.

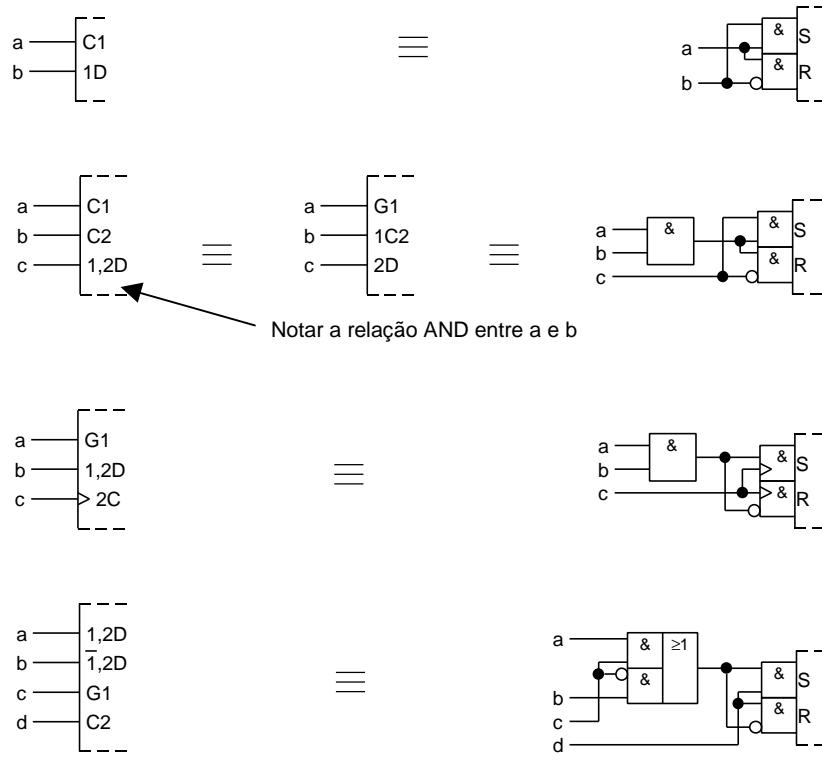


Figura 12 - Dependência C (Controle)

Quando uma entrada EN<sub>m</sub> estiver no seu estado interno 1, as entradas afetadas por EN<sub>m</sub> tem seu efeito normalmente definido na função do elemento e as saídas afetadas por esta entrada mantém os seus estados lógicos internos normalmente definidos, i.e., estas entradas e saídas estão habilitadas.

Quando uma entrada EN<sub>m</sub> estiver no seu estado interno 0, as entradas afetadas por EN<sub>m</sub> estarão desabilitadas e não terão nenhum efeito na função do elemento, e as saídas afetadas por EN<sub>m</sub> também estarão desabilitadas. As saídas coletor-aberto estarão desligadas e as saídas three-state manterão seus estados lógicos internos mas externamente exibirão alta impedância, e todas as outras saídas (e.g., saídas totem-pole) manterão seus estados internos iguais a 0.

## 4.10 Dependência M (Modo)

O símbolo que denota a dependência de modo é a letra M.

A dependência de modo é utilizada para indicar que os efeitos de certas entradas e saídas de um elemento dependem do modo no qual o elemento está operando.

Se uma entrada ou saída tem o mesmo efeito em diferentes modos de operação, os números identificadores das entradas afetantes relevantes M<sub>m</sub> aparecerão no rótulo daquele entrada ou saída afetada entre parenteses e separada por uma barra. Vide Figura 19.

#### 4.10.1 Dependência M afetando entradas

A dependência M afeta as entradas da mesma maneira que a dependência C. Quando uma entrada  $Mm$  ou uma saída  $Mm$  estiver no seu estado interno 1, as entradas afetadas por esta entrada  $Mm$  ou saída  $Mm$  têm seu feito normalmente definido na função do elemento, i.e., as entradas estão habilitadas.

Quando uma entrada  $Mm$  ou saída  $Mm$  estiver no seu estado interno 0, as entradas afetadas pela entrada  $Mm$  ou pela saída  $Mm$  não terão nenhum efeito na função do elemento. Quando uma entrada afetada tem diversos conjuntos de rótulos separados por barras (e.g.,  $C4/2 \rightarrow 3+$ ), qualquer conjunto no qual aparece o número identificador da entrada  $Mm$  ou saída  $Mm$  não terá efeito e deve ser ignorado. Isto representa desabilitar algumas das funções de uma entrada multifunção.

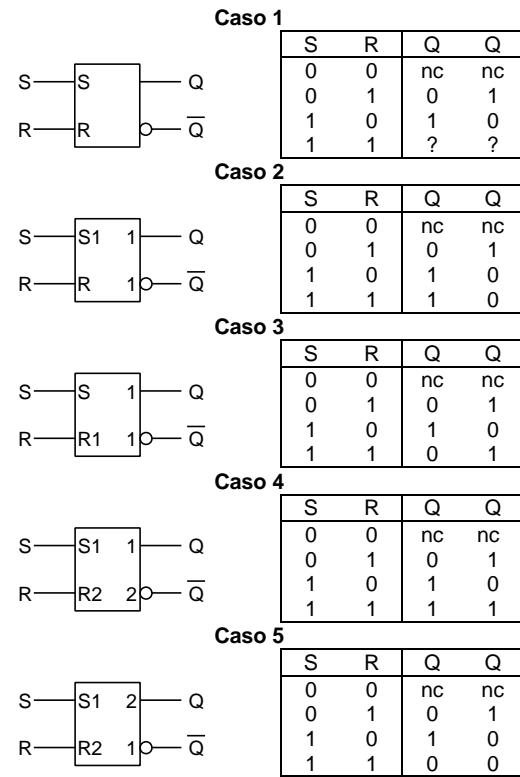
O circuito da Figura 15 tem duas entradas, **b** e **c**, que controlam qual dos quatro modo (0, 1, 2, ou 3) devem existir em qualquer momento. As entradas **d**, **e**, e **f** são entradas D sujeitas ao controle dinâmico (clock) pela entrada **a**. Os números **1** e **2** foram escolhidos na série para indicar os modos de modo que as entradas **e** e **f** são somente habilitadas no modo 1 (para carga paralela) e a entrada **d** é somente habilitada no modo 2 (para carga serial). Deve-se notar que a entrada **a** tem três funções. Ela é o clock para dados entrando. No modo 2, causa o deslocamento para a direita dos dados, o que corresponde a um deslocamento se distanciando do bloco de controle. No modo 3, causa o conteúdo do registador a ser incrementado por um.

#### 4.10.2 Dependência M afetando saídas

Quando uma entrada  $Mm$  ou saída  $Mm$  estiver no seu estado interno 1, as saídas afetadas manterão seus estados lógicos normalmente definidos, i.e., as saídas estarão habilitadas.

Quando uma entrada  $Mm$  e ou saída  $Mm$  estiver no seu estao interno 0, em cada uma da saídas afetadas qualquer conjunto de rótulos contendo o número identificador daquela entrada  $Mm$  ou saída  $Mm$  não terá nenhum efeito e deve ser ignorada. Quando uma saída tiver diversos conjuntos de rótulos separados por barras (e.g., 2,4/3,5), somente aqueles conjuntos nos quais aparecem os números identificadores das entradas  $Mm$  ou saídas  $Mm$  deverão ser ignorados.

Na Figura 16, o modo 1 existe quando a entrada **a** estiver no seu estado interno 1. O símbolo de saída retardada é efetivo somente em modo 1 (quando a entrada  $a = 1$ ) em cujo caso a função do dispositivo é a de um flip-flop disparável por pulso. Vide seção 5. Quando a entrada  $a = 0$ , o dispositivo não está em modo 1, então o símbolo da saída com atraso não tem efeito e a função do dispositivo é a de um latch transparente.



0 = estado externo 0  
nc = no change (sem alteração)

1 = estado externo 1  
? = não especificado

Figura 13 - Dependências de S (Set) e R (Reset)

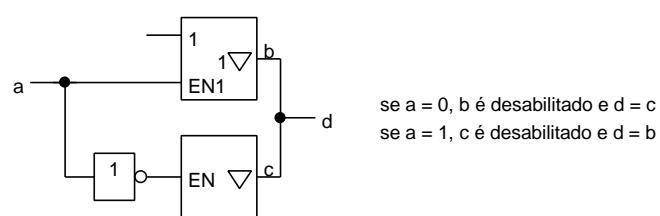
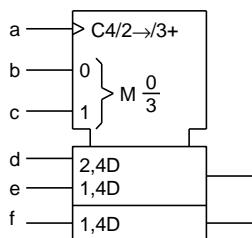


Figura 14 - Dependência EN (Enable - habilitação)



Note-se que todas as operações são sincronas.  
 No MODO 0 ( $b = 0, C = 0$ ), as saídas permanecem nos seus estados existentes sendo que nenhuma das entradas faz efeito.  
 No MODO 1 ( $b = 1, c = 0$ ), carga paralela através das entradas e e f.  
 No MODO 2 ( $b = 0, c = 1$ ), deslocamento para baixo e carga serial através da entrada d.  
 No MODO 3 ( $b = 1, c = 1$ ), contagem crescente com incremento unitário por pulso de clock.

Figura 15 - Dependência M (modo) afetando entradas

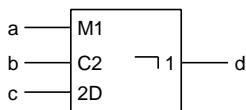


Figura 16 - Tipo de flip-flop determinado pelo modo

Na Figura 17, se a entrada **a** estiver no seu estado interno 1 estabelecendo o modo 1, a saída **b** manterá seu estado interno 1 somente quando o conteúdo do registrador for igual a 9, uma vez que a saída **b** é localizada no bloco de controle-comum sem nenhuma função definida fora do modo 1.

Na Figura 18, se uma entrada **a** estiver no seu estado interno 1 estabelecendo o modo 1, a saída **b** manterá seu estado interno 1 somente quando o conteúdo do registrador for 15. Se a entrada **a** estiver no seu estado interno 0, a saída **b** manterá o seu estado interno 1 somente quando o conteúdo do registrador for igual a 0.

Na Figura 19, as entradas **a** e **b** são ponderadas binariamente para gerar os números 0, 1, 2, ou 3. Isto determina o qual dos quatro modos existirão.

Na saída **e**, o conjunto de rótulos causando a negação (se  $c = 1$ ) será efetivo somente nos modos 2 e 3. Nos modos 0 e 1 esta saída manterá seu estado normalmente definido como se não tivesse rótulos. Na saída **f**, o conjunto de rótulos terá efeito quando o modo não for 0 de modo que a saída é negada (se  $c = 1$ ) nos modos 1, 2, e 3. No modo 0, o conjunto de rótulos não tem efeito de modo que a saída manterá seu etado normalmente definido. Neste exemplo 0,4 é equivalente a  $(1/2/3)4$ . Na saída **g**, existem dois conjuntos de rótulos. O primeiro, causando a negação (se  $c = 1$ ) que é efetivo somente no modo 2. O segundo, sujeita **g** a denpendência AND com **d** e tem efeito somente no modo 3.

Deve-se notar que no modo 0 nenhuma das relações de dependência tem qualquer efeito nas saídas, de modo que **e**, **f**, e **g** manter-se-ão nos mesmos estados.

#### 4.11 Dependência A (Address - endereço)

O símbolo que denota a dependência de endereço é a letra A.

A dependência de endereços fornece uma representação clara para aqueles elementos, particularmente memórias, que utilizam entradas de controle de endereços para selecionar seções específicas de uma matriz multidimensional. Tal seleção de uma matriz de memória é usualmente chamada de palavra. O propósito da dependência de endereços é permitir uma representação simbólica de toda a matriz. Uma entrada de uma matriz mostrada num elemento particular desta seção geral é comum aos elementos correspondentes de todas as seções selecionadas da matriz. Uma saída da matriz mostrada num elemento particular desta seção geral é o resultado de uma função OR das saídas dos elementos correspondentes das seções selecionadas. Se o rótulo de uma saída da matriz mostrada num elemento particular desta seção geral indica que esta saída é uma saída em circuito-aberto ou uma saída em three-state, então esta indicação se refere a saída da matriz e não àquelas das seções da matriz.

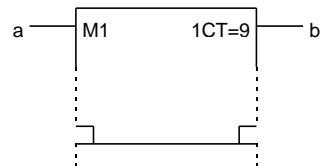


Figura 17 - Desabilitando uma saída de um bloco de controle-comum

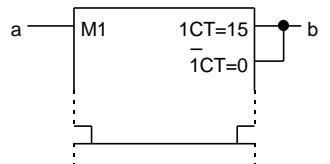


Figura 18 - Determinando a função de uma saída

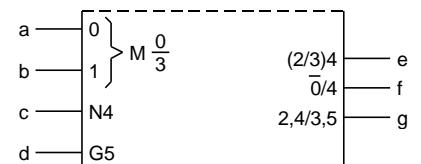


Figura 19 - Relações de dependência afetadas pelo modo

As antradas que não são afetadas por nenhuma entrada de endereço afetante tem seu efeito normalmente definido em todas as seções da matriz, mesmo que uma entrada afetada por uma entrada de endereço tenha seu efeito normalmente definido somente na seção selecionada por aquela entrada de endereço.

Uma entrada de endereço afetante é normalmente rotulada por uma letra A seguida por um número identificador que corresponde ao endereço de uma seção particular da matriz selecionada por esta entrada. Dentro da seção geral apresentada pelo símbolo, entradas e saídas afetadas por uma entrada  $A_m$  são rotuladas com a letra A., que coreesponde aos números identificadores, i.e., os endereços de seções particulares.

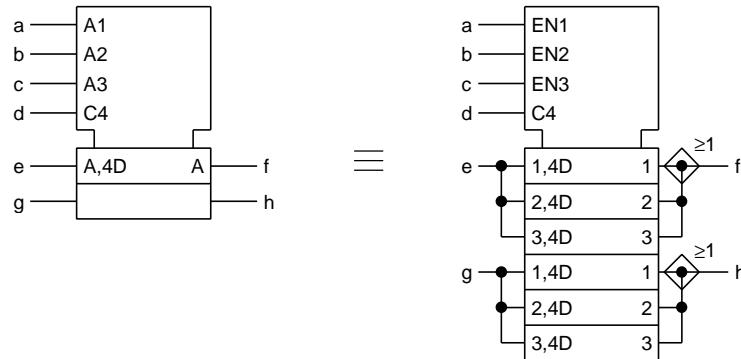


Figura 20 - Dependência A (endereço)

A Figura 20 mostra uma memória de 3-palavras por 2-bits que tem linhas de endereços separadas para cada palavra e utiliza a dependência EM para explicar a operação. Para selecionar a palavra 1, a entrada a é levada ao seu estado 1, que estabelece o modo 1. O dado pode agora ser armazenado através das entradas marcadas “1,4D”. A menos que as palavras 2 e 3 também seja selecionadas, os dado não pode ser armazenado através das entradas marcadas com “2,4D”e “3,4D”. As saídas serão as funções OR das saídas selecionadas, i.e., somente aquelas habilitadas pelas funções EN ativas.

Os números identificadores das entradas de endereços afetantes correspondem aos endereços das seções selecionadas por estas entradas. Elas não diferem necessariamente das outras entradas afetantes com dependência (e.g., G, V, N, ...), porque elas são substituídas pela letra A na seção geral apresentada pelo símbolo.

Se existem diversos conjuntos de entradas afetantes  $A_m$  para o propósito de acesso simultâneo e independente às seções da matriz, então a letra A é modificada para 1A, 2A, .... Estes conjuntos de entrada A podem ter os mesmos números identificadores porque eles tem acesso as mesmas seções da matriz.

A Figura 21 mostra outra ilustração deste conceito.

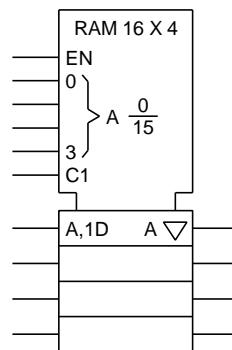


Figura 21 - Matriz de 16 seções de quatro latches transparentes com saídas three-state correspondendo a uma memória de acesso aleatório de 16-palavras x 4-bits

Tabela IV - Resumo da notação de dependência

Tipo de dependência	Símbolo letra*	Entrada afetante e seu estado-1	Entrada afetante e seu estado-0
Endereço	A	Permite ação (endereço selecionado)	Previne ação (endereço não selecionado)
Controle	C	Permite ação	Previne ação
Habilitação	EN	Permite ação	Previne ação das entradas. ◇ saídas desligadas. ▽ saída em alta impedância externa, estado lógico interno inalterado. Outras saídas em estado interno 0.
AND	G	Permite ação	Impõe estado 0
Modo	M	Permite ação (modo selecionado)	Previne ação (modo não selecionado)
Negação (X-OR)	N	Complementa o estado	Sem efeito
RESET	R		Sem efeito
SET	S		Sem efeito
OR	V	Impõe estado 1	Permite ação
Interconexão	Z	Impõe estado 1	Impõe estado 0

\*Estes símbolos letra aparecem nas entradas AFETANTES (ou saídas) e são seguidos por um número. Cada entrada (ou saída) AFETADA por esta entrada é rotulada com o mesmo número. Quando os rótulos EN, R e G aparecem em entradas sem números, as descrições acima não se aplicam. A ação destas entradas é descrita em "Símbolos dentro de Contornos", vide 3.1.

## 5. ELEMENTOS BIESTÁVEIS

O símbolo de entrada dinâmica, o símbolo de saída retardada, e a notação de dependência fornecem as ferramentas para se diferenciar os quatro tipos principais de elementos biestáveis e fazem as entradas sincronas e assíncronas facilmente reconhecíveis. Vide Figura 22. A primeira coluna desta figura mostra as características essenciais para distinção, as outras colunas mostram exemplos.

Os latches transparentes tem uma entrada de controle operada por nível. A entrada D é ativa desde que a entrada C estiver no seu estado interno 1. As saídas respondem imediatamente. Elementos sensíveis a borda aceitam dados de entradas D, J, K, R, ou S na transição ativa de C. Elementos disparáveis por pulso requerem que os dados estejam estáveis antes do início do pulso de controle (tempo de setup); a entrada C é considerada estática desde que o dado deve manter-se estável durante o tempo em que C estiver no estado 1. A saída é retardada até que C retorne ao seu estado 0. O elemento data-lock-out é similar à versão disparável-por-pulso com a exceção que a entrada C é considerada dinâmica no sentido de que pouco depois que C passa por sua transição ativa, a entrada de dado é desabilitada e o dado não deve ser mantido estável. Contudo, a saída será retardada até que a entrada C retorne para o seu nível externo inicial.

Deve-se notar que as entradas sincronas podem ser prontamente reconhecidas por seu rótulos de dependência (1D, 1J, 1K, 1S, 1R) comparadas as entradas assíncronas (S, R), que não são dependentes das entradas C.

## 6. CODIFICADORES

O símbolo geral para um codificador ou conversor de código é mostrado na Figura 23. X e Y podem ser substituídos pelos indicadores apropriados do código utilizado para representar a informação nas entradas e nas saídas, respectivamente.

A indicação de conversão de código é baseada na seguinte regra:

Dependendo do código de entrada, os estados lógicos internos das entradas determinam um valor interno. Este valor é reproduzido pelos estados lógicos internos das saídas, dependendo do código da saída.

A indicação das relações entre os estados lógicos internos das entradas e o valor interno é obtido por:

- 1) rotulação as entradas com números. Neste caso o valor interno é igual a soma dos pesos associados a estas entradas que estiverem no seu estado interno 1, ou por
- 2) substituição de X por uma indicação apropriada do código de entrada e rotulação das entradas com caracteres que se referem a este código.

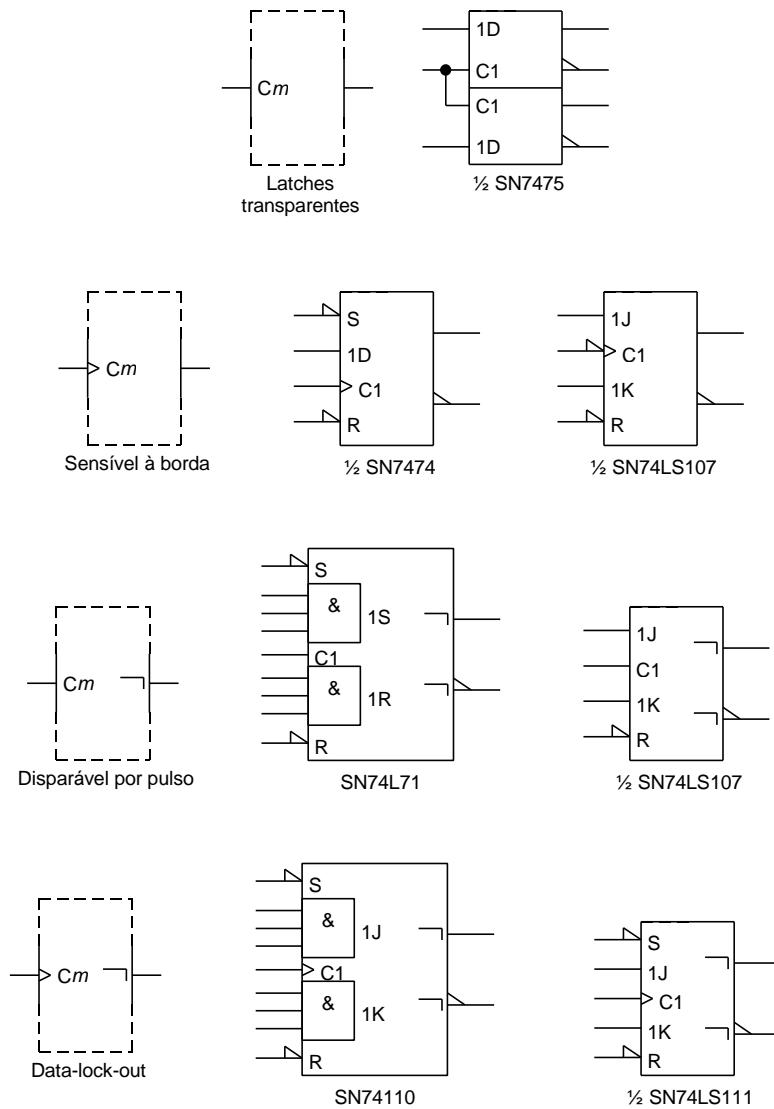


Figura 22 - Quatro tipos de circuitos biestáveis

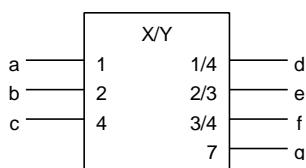
As relações entre o valor interno e os estados lógicos internos das saídas são indicados por:

- 1) rotulação de cada saída com uma lista de números representando aqueles valores internos que levam ao estado interno 1 daquela saída. Estes números deverão ser separados por barras como na Figura 24. Esta rotulação também deve ser aplicado quando Y for substituído por uma letra denotando um tipo de dependência (vide seção 7). Se uma faixa contínua de valores internos produzem o estado interno 1 de uma saída, isto pode ser indicado por dois números que são o início e o fim da faixa, estes dois números separados por três pontos, e.g.,  $4\dots9 = 4/5/6/7/8/9$ , ou por
- 2) substituição de Y por uma indicação apropriada do código da saída e rotulação das saídas com caracteres que se referem a este código, conforme a Figura 25.

Alternativamente, o símbolo geral pode ser utilizado junto com uma referência apropriada a uma tabela na qual é indicada a relação entre as entradas e saídas. Esta é uma maneira recomendada para simbolizar uma PROM após a sua programação.

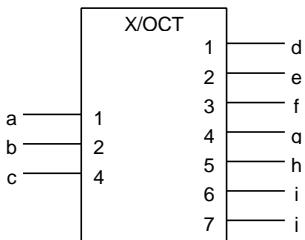


Figura 23 - Símbolo geral para codificador



INPUTS			COLUMN			
c	b	a	g	f	e	d
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0

Figura 24 - Conversor de código X/Y



INPUTS			COLUMN						
c	b	a	j	i	h	g	f	e	d
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Figura 25 - Conversor de código X/Octal

## 7. UTILIZAÇÃO DE UM CODIFICADOR PARA PRODUZIR ENTRADAS AFETANTES

É freqüente ocorrer um conjunto de entradas afetantes para a notação de dependência ser produzido pela decodificação de sinais sobre certas entradas de um elemento. Neste caso pode ser utilizado o símbolo de um codificador como um símbolo interno. Vide Figura 26.

Se todas as entradas afetantes produzidas por um codificador são do mesmo tipo e os seus números identificadores correspondem aos números mostrados nas saídas do codificador, Y (no símbolo qualificador X/Y) pode ser substituído por uma letra denotando o tipo de dependência. As indicações das entradas afetantes devem ser omitidas. Vide Figura 27.

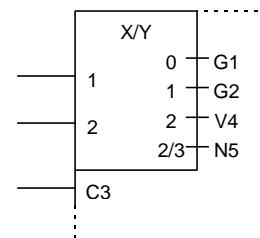


Figura 26 - Produzindo diversos tipos de dependências

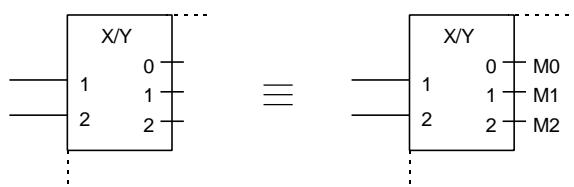


Figura 27 - Produzindo um tipo de dependência

## 8. UTILIZAÇÃO DE AGRUPAMENTO BINÁRIO PARA PRODUZIR ENTRADAS AFETANTES

Se todas as entradas afetantes produzidas por um codificador forem do mesmo tipo e tiverem números identificadores consecutivos não necessariamente correspondendo aos números que deveriam ser mostrados nas saídas do codificador, pode ser utilizado um símbolo de agrupamento binário (vide 3.1), onde  $k$  linhas externas geram  $2^k$  entradas internas. A chave é seguida por uma letra denotando o tipo de dependência seguido por  $\frac{m_1}{m_2}$ , onde  $m_1$  deve ser substituído pelo menor número identificador e  $m_2$  pelo maior, conforme mostrado na Figura 28.

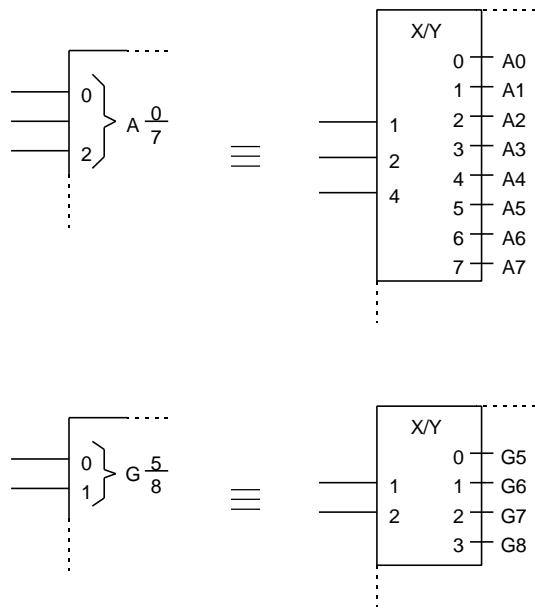


Figura 28 - Utilização do símbolo de agrupamento binário

## 9. SEQÜÊNCIA DE RÓTULOS DE ENTRADAS

Se uma entrada que tem um efeito funcional simples é afetada por outras entradas, o símbolo qualificador (se existir algum) para aquele efeito funcional é precedido por rótulos correspondendo as entradas afetantes. A ordem esquerda-paradireita destes rótulos precessores é a ordem na qual os efeitos ou modificações devem ser aplicados. A entrada afetada não tem efeito funcional no elemento se o estado lógico de qualquer uma das entradas afetantes, considerada separadamente, deverá causar a entrada afetada a ter nenhum efeito, independente dos estados lógicos de outras entradas afetantes.

Se uma entrada tiver efeitos funcionais diferentes ou possui diversos conjuntos de entradas afetantes, dependendo do modo de ação, a entrada pode ser mostrada tão frequentemente quanto necessário. Contudo, existem casos nos quais este método de representação não é vantajoso. Neste casos a entrada deve ser mostrada uma vez com diferentes conjuntos de rótulos separados por barras. Vide

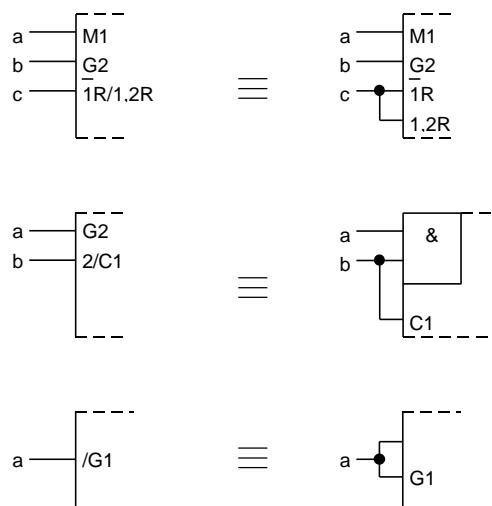


Figura 29 - Rótulos de entradas

Figura 29. Nenhum significado é atribuído a ordem destes conjuntos de rótulos. Se um dos elementos funcionais de uma entrada é aquele de uma entrada sem rótulo do elemento, uma barra deve preceder o primeiro conjunto de rótulos mostrado.

Se todas as entradas de um elemento combinatório estiverem desabilitadas (não causando nenhum efeito na função do elemento), os estados lógicos internos das saídas do elemento não são especificados pelo símbolo. Se todas as entradas de um elemento sequencial forem desabilitadas, o conteúdo deste elemento não é modificado e as saídas permanecem nos seus estados lógicos existentes.

Os rótulos podem ser fatorados utilizando-se técnicas algébricas.

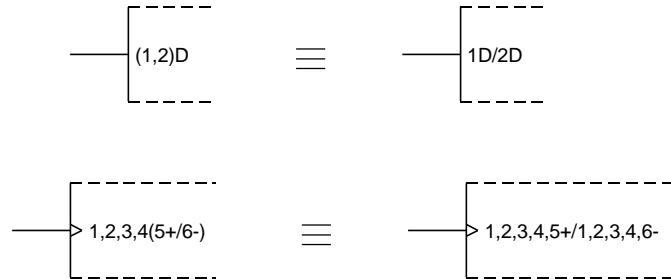


Figura 30 - Fatorando rótulos de entradas

## 10. SEQUÊNCIA DE RÓTULOS DE SAÍDAS

Se uma saída tiver um número de rótulos diferentes, independente do fato de serem números identificadores de entradas afetantes ou saídas or não, estes rótulos são mostrados na seguinte ordem:

- 1) se o símbolo de saída retardada for mostrado, este vem primeiro, se necessário precedido por indicadores de quais entradas que devem ser aplicadas;
- 2) seguido por rótulos indicando as modificações do estado lógico interno da saída, tal que a ordem esquerda-para-direita destes rótulos corresponda a ordem na qual os efeitos devem ser aplicados;
- 3) seguido pelo rótulo indicando o efeito da saída nas entradas e em outras saídas do elemento.

Símbolos para circuito-aberto ou saídas three-state, quando aplicáveis, são colocados dentro da broda externa do contorno do símbolo adjacente a linha de saída. Vide Figura 31.

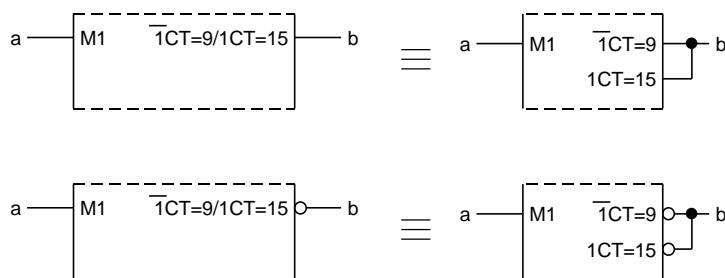


Figura 32 - Rótulos de saídas

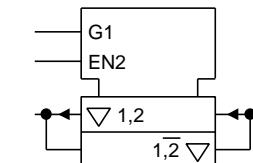


Figura 31 - Colocação de símbolos 3-state

Se uma saída necessita de diversos conjuntos diferentes de rótulos que representam funções alternativas (e.g., dependendo do modo de ação), estes conjuntos podem ser mostrados em linhas de saídas diferentes que precisam ser conectadas fora do contorno. Contudo, existem casos nos quais este método de representação não é vantajoso. Nestes casos a saída deve ser mostrada uma vez com

conjuntos diferentes de rótulos separados por barras. Vide Figura 32.

Dois números identificadores adjacentes de entradas afetantes num conjunto de rótulos que ainda não são separados por caracteres não numéricos devem ser separados por vírgula.

Se um conjunto de rótulos de uma saída, que não contenha barras, contém um número identificador de uma entrada afetante  $Mm$  no seu estado interno 0, este conjunto de rótulos não tem nenhum efeito naquela saída.

Os rótulos podem ser fatorados utilizando-se técnicas algébricas.

$$\begin{array}{ccc} \overline{(1/2)3} & \equiv & \overline{1,3/2,3} \\ \hline \overline{1,2,3,4(\overline{5}CT=9/5} & \equiv & \overline{1,2,3,4(\overline{5}CT=9/1,2,3,4,5} \\ \hline \end{array}$$

Figura 33 - Fatorando rótulos de saídas