

# CIRCUITOS LÓGICOS COMBINACIONAIS: CODIFICADORES E DECODIFICADORES

BARROS, E. C.<sup>1</sup>, NASCIMENTO, L. A. F.<sup>1</sup>, MOURA, A. F. L.<sup>1</sup>, EGOAVIL, C. J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Monitor (a) da disciplina DE SISTEMAS DIGITAIS - DAEE, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Sala 206 - 2C, Porto Velho, Rondônia, Brasil (e-mail: eletronicamonitoria@gmail.com)

<sup>2</sup>Professor do Curso de Engenharia Elétrica - DAEE, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Sala 206 - 2C, Porto Velho, Rondônia, Brasil (e-mail: ciro.egoavil@unir.br)

## OBJETIVOS

- Compreender a importância de circuitos codificadores e decodificadores para Sistemas Digitais;
- Estudar os principais códigos presentes em Sistemas Digitais;
- Implementar circuitos codificadores e decodificadores;

## I. INTRODUÇÃO TEÓRICA

A utilização de circuitos lógicos codificadores justifica-se devido ao fato de que codificar um sinal em uma base numérica diferente daquela em que este se apresenta naturalmente, pode ser entendido como o processo onde um conjunto de sinais é reorganizado de tal maneira que há otimização no processo de comunicação. De acordo com Schilling, sistemas numéricos que diferem da representação do sistema decimal (representação natural) são chamados de códigos numéricos, pois precisam ter o “código”, ou seja, as regras de atribuições das sequências que formam os números, de modo a determinar o valor numérico representado pela sequência [1].

Com o advento de Sistemas Digitais onde os estados de qualquer variável são descritos em termos de apenas duas possibilidades, a utilização da base numérica binária tornou-se indispensável no que tange a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Atualmente, as bases numéricas que são potências da base dois: Octal e Hexadecimal, terceira e quarta potência de dois, respectivamente, tem suma importância no funcionamento de aparelhos com lógica digital como o computador. Entretanto, a interface homem máquina exige a possibilidade de se realizar conversões entre a base numérica binária (e aquelas que são potências desta), e a base numérica decimal. Neste ponto, há novamente uma justificativa pela qual torna-se evidente a necessidade da utilização de circuitos codificadores e decodificadores: Humanos e máquinas trabalham com códigos diferentes, sendo necessário a tradução entre estas linguagens para que

haja comunicação [2].

### A. CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS BASES NUMÉRICAS DECIMAL E BINÁRIA

As bases numéricas decimal e binária podem ser relacionadas através do processo de contagem. Há pelo menos dez dígitos possíveis na base numérica decimal (considerando o 0), todos os números que representam quantidades maiores do que nove são, na verdade combinações entre os dez dígitos existentes nesta base numérica. O mesmo acontece para uma base numérica binária, entretanto, devido ao fato de haver apenas dois dígitos na base numérica binária, números que representam quantidades maiores do que um são, na verdade, combinações entre os dígitos binários. Na tabela 1 é possível observar a relação existente entre os processos de contagem nas bases decimal e binária.

Tabela 1. Contagem decimal e contagem binária

Contagem decimal	Contagem binária
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Há de ser destacado que cada dígito na base numérica binária é chamado de *bit* e que o número de *bits* utilizados em um número binário determina a maior quantidade decimal que poderá ser representada por este conjunto de binários, de acordo com a equação (1), onde  $n$  é o número de bits:

$$2^n - 1 = X \tag{1}$$

De acordo com a tabela 1 pode-se observar que de modo a representar a quantidade 9 em decimal, foi necessária a utilização de:

$$2^n - 1 = 9 \tag{2}$$

Explicitando  $n$  na equação (2) através da aplicação de logaritmo natural:

$$n = \frac{\ln(8)}{\ln(2)} = 3,32 \text{ bits}$$

Como cada *bit* é um inteiro, na verdade, o resultado de  $n$  na equação (2) é:

$$n = 4 \text{ bits}$$

### B. CÓDIGO BCD (BINÁRIO CODIFICADO EM DECIMAL)

O método para codificar um número decimal em um número binário é chamado de BCD, do inglês *Binary Coded Decimal* ou binário codificado em decimal, nesta codificação, cada dígito decimal é convertido em seu equivalente binário (Tabela 1) de modo a obter uma combinação de binários que representa um número decimal qualquer [3].

Por exemplo, o número  $(874)_{10}$  pode ser codificado em BCD da seguinte forma:

8	7	4	(Decimal)
↓	↓	↓	
1000	0111	0100	(BCD)

Pode-se concluir que o código BCD exige que cada decimal seja representado por pelo menos 4 *bits* e que as combinações de 4 *bits* que tem correspondência maior do que o número 9 em decimal são proibidas em BCD.

Um circuito integrado que realiza a decodificação de BCD para decimal é o *SN74LS145N* da *Texas Instruments* cujo invólucro mais comum pode ser visto na figura 1:



Figura 1. Invólucro DIP-14 do circuito integrado SN74LS145N [4].

O diagrama esquemático de um circuito integrado 7445 pode ser visto na figura (2). Deve-se ter em mente que os

prefixos relacionados aos fabricantes não alteram os diagramas esquemáticos dos circuitos integrados, assim como a designação *HC* ou *LS* diz respeito apenas a construção do dispositivo, todavia a configuração de terminais de um circuito integrado 7445 permanece a mesma independente do fabricante ou construção interna [5].

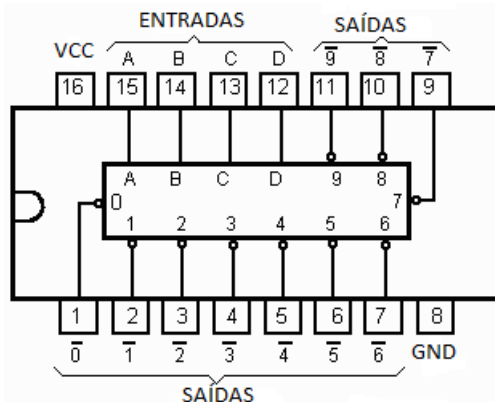


Figura 2. Diagrama esquemático de um CI 7445 [4].

De acordo com a figura (2), é possível observar que os terminais A, B, C e D são destinados a inserção de um código BCD, enquanto que os terminais de 1 a 11, excetuando-se o terminal *ground*, são destinados as saídas específicas em decimal.

### C. CODIFICAÇÃO BCD PARA SETE SEGMENTOS

Outra forma importante e recorrente de codificação é conhecida como BCD para sete segmentos. Nesta codificação é possível mostrar num display de construção simples os 9 dígitos decimais a partir da combinação de *bits binários* na entrada de um decodificador específico conectado ao display. Na figura 3 é possível observar um display de sete segmentos:

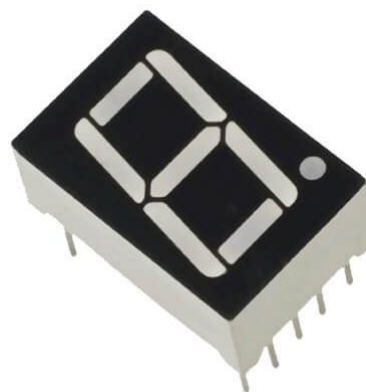


Figura 3. Display de sete segmentos [5].

Cada um dos sete segmentos do display da figura 3 é, na verdade, um diodo emissor de luz. Na figura 4 é possível ver o diagrama esquemático de duas formas distintas de construção deste display. Na configuração a esquerda observa-se

que há uma configuração onde o *cátodo* é comum a todos os diodos enquanto que na configuração a direita há uma tipo de construção onde o *ânodo* é comum a todos os diodos. É possível observar que cada diodo, e conseqüentemente cada segmento do display é identificado por um letra.

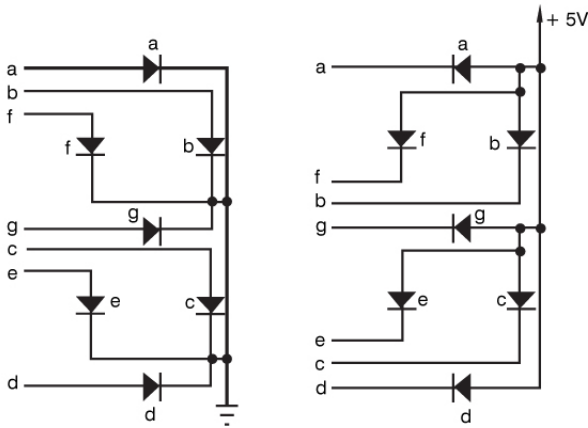


Figura 4. Diagrama esquemático de duas formas de construção do display de sete segmentos [4].

Controlando cada um destes leds de modo a acendê-los ou apagá-los de maneiras específicas, é possível representar decimais de 0 a 9 neste display. Este controle se dá através de um circuito específico destinado a codificação do código BCD em um código de sete segmentos.

Na figura 5 é possível observar a correspondência entre os códigos BCD e sete segmentos:

Código BCD				Segmentos do Display							Display
A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g	
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5. Correspondência entre BCD e sete segmentos [4].

É possível obter uma expressão lógica booleana para cada segmento do display, a partir da utilização de ferramentas de simplificação como os *Mapas de Karnaugh*. Desta forma, é possível compreender o diagrama lógico do decodificador envolvido no funcionamento do display.

O *Mapa de Karnaugh* para o segmento *a* pode ser visto na figura (6):

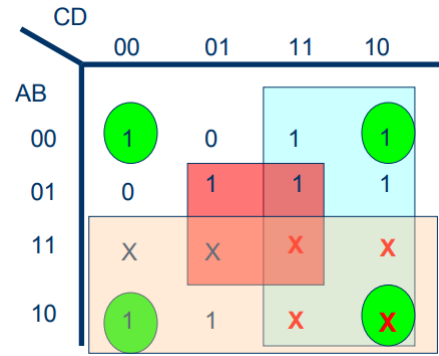


Figura 6. Mapa de Karnaugh para o segmento *a* [6].

Na equação (3) é possível visualizar expressão lógica obtida através do mapa de Karnaugh da figura (6):

$$a = A + C + BD + \bar{B}.\bar{D} \quad (3)$$

Este mesmo procedimento pode ser estendido para todos os segmentos de modo a obter uma expressão lógica para cada um deles.

Um Circuito integrado que realiza a decodificação de BCD para sete segmentos é o *SN74LS47N* e seu invólucro mais comum, *DIP-14*, pode ser visto na figura 7:

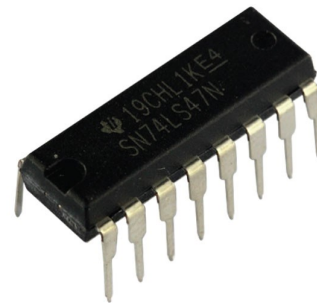


Figura 7. Invólucro DIP-14 do circuito integrado *SN74LS47N* [4].

O diagrama esquemático deste circuito integrado pode ser observado na figura 8:

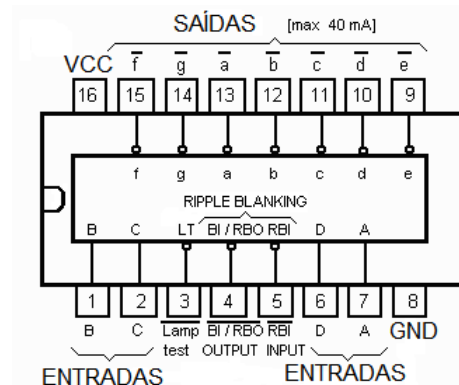


Figura 8. Diagrama esquemático do CI 7447 [4].

## II. MATERIAIS UTILIZADOS

- 01 Circuito integrado 7445
- 01 Circuito integrado 7447
- Push buttons
- Resistores de 560Ω
- Resistores de 220Ω
- Leds

### A. DECODIFICAÇÃO BCD PARA DECIMAL

A possibilidade de codificar números decimais em binários é de grande importância para os sistemas digitais, visto isto, utilize o circuito integrado 7445 para construir um decodificador de modo a decodificar a mensagem que foi codificada em BCD na tabela 2. Lembre-se que cada combinação de quatro bits em BCD irá fornecer uma saída em decimal e que, a saída correspondente será a combinação de cada decimal isoladamente.

Tabela 2. Mensagem codificada

BCD	ASCII <sub>10</sub>	MENSAGEM DECODIFICADA
0110 1001		
0111 0110		
0110 1001		
1000 0100		
1000 0010		
0111 1001		
0111 1000		
0111 0011		
0110 0111		
0110 0101		
0110 0010		
1000 0000		
0111 1001		
1000 0100		
0110 1001		
0111 1000		
0110 0111		
0111 0011		
0110 0101		

### B. OBSERVAÇÃO

Durante a implementação do circuito, tenha em mente que circuitos integrados com entradas flutuantes irão considerar estas entradas como possuindo valor lógico 1, lembre-se também que circuitos integrados construídos a partir de transistores de efeito de campo *FET* estão sujeitos a danos em operação com terminais flutuantes.

### C. DECODIFICAÇÃO BCD PARA 7 SEGMENTOS COM PORTAS LÓGICAS

Utilize um *mapa de Karnaugh* para cada segmento do display de sete segmentos de modo a obter a equação Booleana correspondente a cada um deles. A partir das expressões booleanas implemente o circuito lógico de cada segmento. Siga os passos para a implementação:

- 1) Construa um *Mapa de Karnaugh* de quatro variáveis para cada segmento como na figura 6.
- 2) Encontre a expressão booleana de cada segmento.
- 3) A partir das expressões lógicas, implemente o circuito.

- 4) Como foram considerados os *Mintermos* no *Mapa de Karnaugh*, utilize um display de sete segmentos com configuração de *cátodo comum*, visto que cada led será ativado por um valor lógico 1.
- 5) Utilize um resistor de 220Ω antes de cada segmento do display de modo a limitar a corrente nos leds.
- 6) Caso não haja um display de sete segmentos, construa uma configuração como a da figura 4 (Com *cátodo comum*) apenas com *led's*.

O diagrama esquemático de um display de sete segmentos com configuração de *cátodo comum* pode ser vista na figura 9:

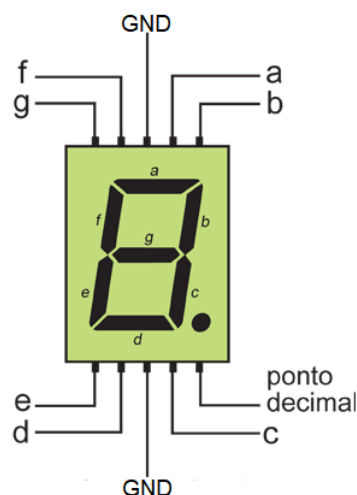


Figura 9. Correspondência entre BCD e sete segmentos [6].

### D. DECODIFICAÇÃO BCD PARA SETE SEGMENTOS COM UM CIRCUITO INTEGRADO DECODIFICADOR

Utilize um circuito integrado 7447 para realizar a decodificação de BCD para sete segmentos. Implemente o circuito atentando-se as características de alimentação do circuito integrado, bem como para as condições em que os valores lógicos na entrada são iguais a zero. Não permita flutuações no sinal de entrada de modo a não comprometer a integridade do circuito integrado.

### Referências

- [1] TAUB, H. SCHILLING, L., *Digital Integrated Electronics* New York, IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY MAGAZINE, 1977.
- [2] CHRISTIAN, B. *O Humano Mais Humano: O que a inteligência artificial nos ensina sobre a vida*, Brasil, 2013.
- [3] TOCCI, Ronald J, *Sistemas Digitais*, Pearson 11° Ed, Brasil, 2011.
- [4] TEXAS INSTRUMENTS, *Digital Logic: Pocket Data Book*, Dallas, Texas, 2006.
- [5] OLIVEIRA, C. ZANETTI, H., *Projeto N°. 11: Display de Leds de 7 Segmentos* Jundiá, 2017.
- [6] IDOETA, I., CAPUANO, F., *Elementos de Eletrônica Digital* 41° Edição, Érica, São Paulo, 2013.