

**Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo**  
**Curso de Graduação em Engenharia Eletrônica**

Circuitos codificadores e decodificadores

RELATÓRIO DA DISCI-  
PLINA LABORATÓRIO  
DE ELETRÔNICA 1 COM  
O PROF. GILBERTO  
CUARELLI E O PROF.  
HAROLDO GUIBU.

Gustavo Senzaki Lucente  
Luís Otávio Lopes Amorim

SP303724X  
SP3034178

SÃO PAULO

2020

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Materiais e equipamentos utilizados . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Montagem 1: decodificador . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Montagem2: codificador . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Utilização do circuito integrado 4511 . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Utilização do circuito integrado 4028 . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>QUESTÕES . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Construção do sistema . . . . .</b>	<b>13</b>
3.1.1	Codificação . . . . .	13
3.1.2	Filtragem . . . . .	15
3.1.3	Sistema completo . . . . .	16
<b>3.2</b>	<b>Utilização do CI 74138 . . . . .</b>	<b>17</b>
3.2.1	4 entradas e 16 saídas . . . . .	17
3.2.2	6 entradas e 64 saídas . . . . .	18
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>19</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>20</b>

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Circuito decodificador . . . . .	8
Figura 2 – Mapa de Karnaugh de $S_1$ . . . . .	9
Figura 3 – Mapa de Karnaugh de $S_2$ . . . . .	9
Figura 4 – Circuito codificador . . . . .	10
Figura 5 – Circuito de teste do 4511 . . . . .	11
Figura 6 – Circuito de teste do 4028 . . . . .	12
Figura 7 – Circuito do codificador de decimal para BCD . . . . .	14
Figura 8 – Filtro comparativo de entradas . . . . .	16
Figura 9 – Sistema digital completo . . . . .	16
Figura 10 – Decodificador de 4 entradas e 16 saídas . . . . .	17
Figura 11 – Decodificador de 6 entradas e 64 saídas . . . . .	18

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela verdade do decodificador . . . . .	7
Tabela 2 – Tabela verdade do codificador . . . . .	8
Tabela 3 – Tabela verdade do 4511 . . . . .	11
Tabela 4 – Tabela verdade do 4028 . . . . .	12
Tabela 5 – Tabela de correspondência do conversor decimal para BCD . . . . .	13

# 1 INTRODUÇÃO TEÓRICA

Um código é um conjunto de símbolos que representam algum tipo de informação segundo regras conhecidas pelo seu emissor e pelo seu receptor (CONCEITO, 2012), exemplos de códigos são o binário puro e suas variações como o BCD explorado em experimentos anteriores.

Dessa forma um circuito codificador é aquele que é capaz de converter um sinal de um certo tipo em um código, por exemplo um sinal decimal em BCD. Já os decodificadores fazem o contrário, convertem um sinal de um código utilizado pelo circuito digital para formato decimal ou alguma forma que seja propícia para realizar a interface com outro sistema ou mesmo com o ser humano (BRAGA, 2010).

Esses tipos de circuitos são extremamente úteis para realizar interface com humanos, seja para receber uma informação de um teclado, mostrar algum dado em alguma tipo de display, na verdade, a maioria dos dispositivos de entrada e saída precisam de um codificador/decodificador para transformar os dados de uma linguagem entendível pelo ser humano (os dados de entrada) para uma linguagem entendível pelo circuito (a forma como eles serão trabalhados) e vice versa.

Nesse experimentos trabalhamos com alguns circuitos desses dois tipos, construímos utilizando apenas portas lógicas tanto circuitos codificadores quanto decodificadores, além disso fizemos a utilização de circuitos integrados que realizam essa operação e montamos sistemas que recebem dados, codificam eles, trabalham com eles e os decodificam para uma interface com o homem.

## 1.1 Objetivos

Analisar e entender as etapas de desenvolvimento de circuitos lógicos combinacionais. Adquirir o conceito de circuito codificador e decodificador.

## 1.2 Materiais e equipamentos utilizados

- Circuito integrado 7408 (Porta AND);
- Circuito integrado 7432 (Porta OR);
- Circuito integrado 7404 (Porta NOT);
- Circuito integrado 7402 (Porta NOR);

- Circuito integrado 4511 (Decodificador para 7 segmentos);
- Circuito integrado 4028 (Decodificador BCD-decimal);
- Circuito integrado 7485 (Comparador binário);
- Circuito integrado 74138 (Decodificador 3 para 8);
- Display de LED de 7 segmentos catodo comum;
- 1 Fonte de alimentação DC;
- LED's e resistores para monitoramento de níveis lógicos;
- Software de simulação Proteus

## 2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

### 2.1 Montagem 1: decodificador

A primeira montagem realizada foi a de um circuito decodificador que recebe uma entrada de dois bits e possui 4 saídas. Caso o número de entrada seja 0, apenas a saída 0 possui nível lógico 1, caso a entrada seja 1, a saída 1 deve possuir nível lógico 1 e assim sucessivamente. A tabela 1 mostra as entradas e saídas esperadas desse circuito.

Tabela 1 – Tabela verdade do decodificador

Entradas		Saídas			
$A$	$B$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

**Fonte:** Elaborada pelos autores

A partir dessa tabela montamos as equações 2.1 a 2.4 que são as expressões booleanas de cada uma das saídas desse decodificador.

$$S_1 = \bar{A}\bar{B} \quad (2.1)$$

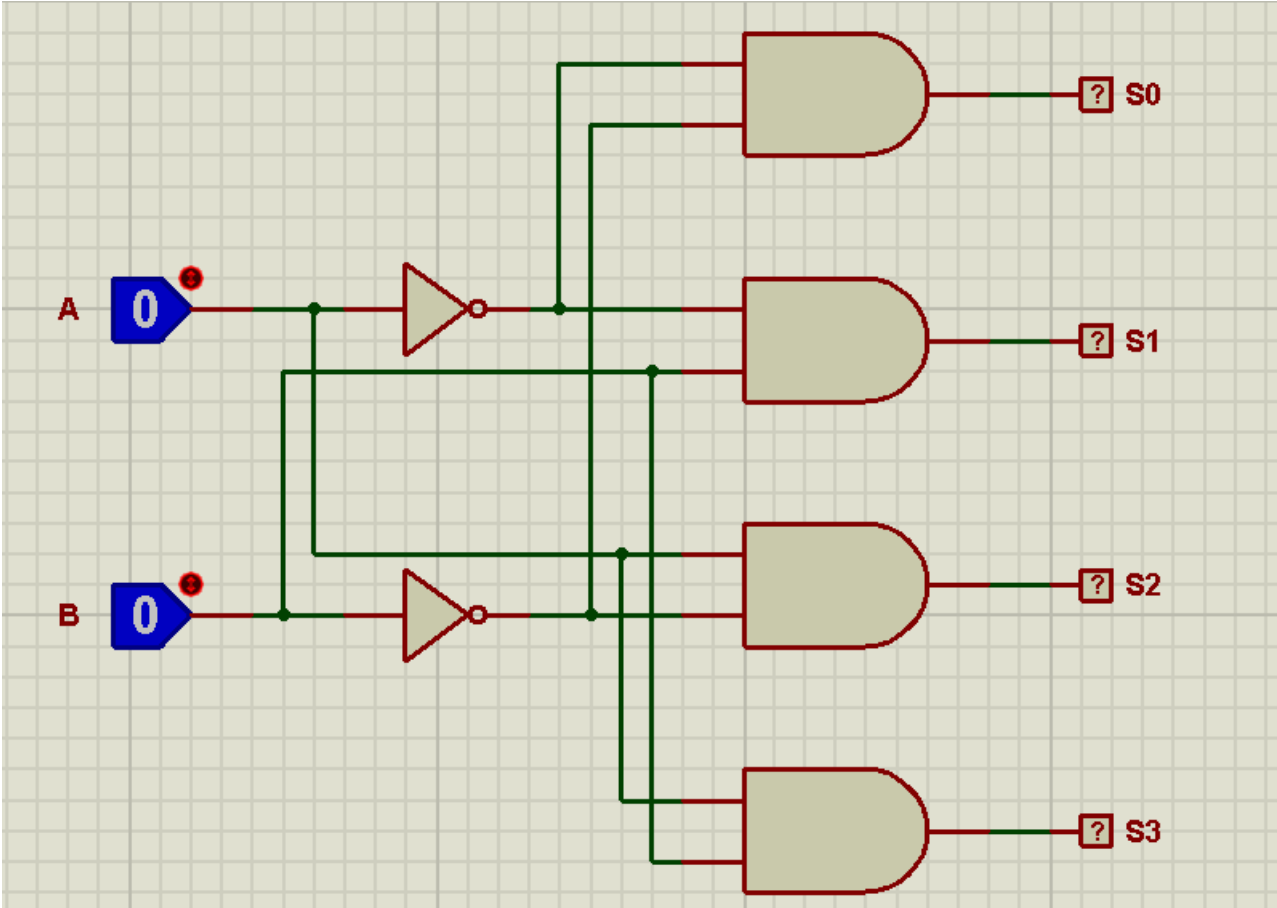
$$S_2 = \bar{A}B \quad (2.2)$$

$$S_3 = A\bar{B} \quad (2.3)$$

$$S_4 = AB \quad (2.4)$$

Essas equações foram utilizadas para a construir um circuito que faça essa decodificação e pode ser visto na figura 1 A tabela verdade do circuito montado foi construída ao variar os valores de entrada e, assim como esperado, ela coincide perfeitamente com a tabela 1 que foi a sua construção teórica.

Figura 1 – Circuito decodificador



Fonte: Elaborada pelos autores

2.2 Montagem2: codificador

Em seguida foi proposta a construção de um circuito codificador de três entradas que representam os números 1, 2 e 3 sendo que a saída desse codificador deve ser a representação binária do maior número dentre esses três conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Tabela verdade do codificador

Entradas			Saídas	
$I_2$	$I_1$	$I_0$	$S_1$	$S_0$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

Fonte: Elaborada pelos autores



A partir dessa tabela montamos as equações 2.5 e 2.7 que são as expressões booleanas das duas saídas desse codificador. Além disso, montamos também os mapas de Karnaugh visíveis nas figuras 2 e 3 das duas expressões para simplificá-las obtendo assim expressões mais simples para a montagem dos circuitos. As equações 2.6 e 2.8 representam essas expressões simplificadas.

$$S_1 = \sum m(2, 3, 4, 5, 6, 7) \quad (2.5)$$

Figura 2 – Mapa de Karnaugh de  $S_1$

		$I_0I_1$			
		00	01	11	10
$I_2$	0	0	1	1	0
	1	1	1	1	1

**Fonte:** Elaborada pelos autores

$$S_1 = I_1 + I_2 \quad (2.6)$$

$$S_2 = \sum m(1, 4, 5, 6, 7) \quad (2.7)$$

Figura 3 – Mapa de Karnaugh de  $S_2$

		$I_0I_1$			
		00	01	11	10
$I_2$	0	0	0	0	1
	1	1	1	1	1

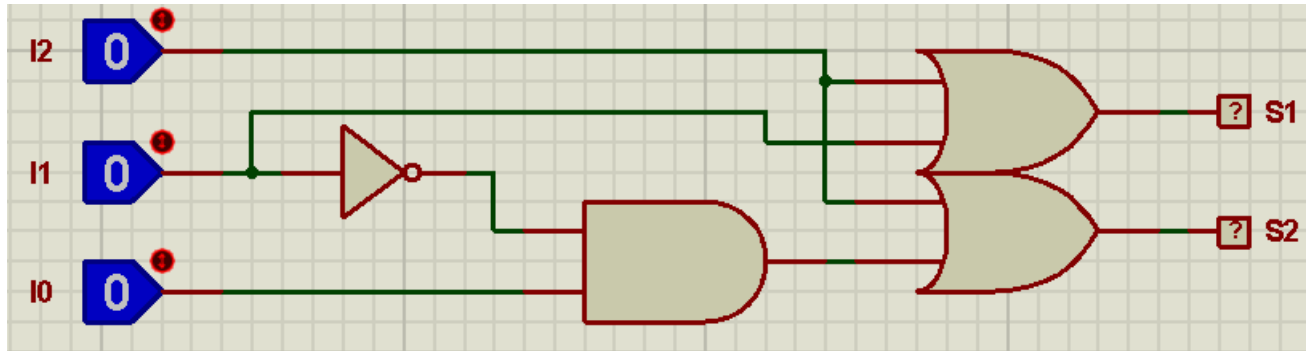
**Fonte:** Elaborada pelos autores

$$S_2 = I_0\bar{I}_1 + I_2 \quad (2.8)$$

Com as expressões simplificadas montamos o circuito desse codificador, uma imagem dessa montagem feita utilizando o software simulador Proteus pode ser vista na figura

4. Após realizar a montagem, aferimos as saídas utilizando diferentes combinações de entradas e a tabela verdade desse circuito é equivalente à tabela 2 que foi a tabela verdade teórica construída para esse circuito, por isso podemos dizer que o circuito foi construído de forma correta a fazer a operação designada a ele.

Figura 4 – Circuito codificador



Fonte: Elaborada pelos autores

## 2.3 Utilização do circuito integrado 4511

O CI 4511 é um circuito decodificador que recebe em sua entrada um número em código BCD além de três entradas de controle e fornece como saída dados para um display de 7 segmentos, dessa forma, utilizando ele podemos mostrar no display o número que foi fornecido como entrada. Como sua saída deve ser fornecida para um display de 7 segmentos, ele possui 7 saídas, sua tabela verdade está representada na tabela 3.

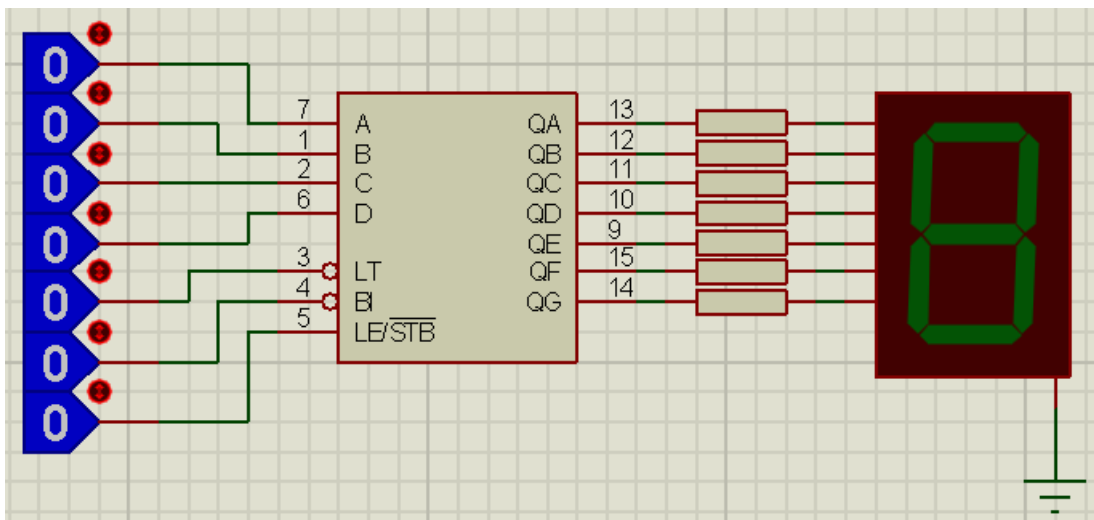
O circuito utilizado para montar essa tabela está representado na figura 5. Como já dito antes, esse CI possui 3 entradas de controle, ou melhor, de teste, são elas  $LE$ ,  $\overline{BL}$  e  $\overline{LT}$ , com o circuito montado foi possível entender o funcionamento de cada uma delas. A primeira,  $LE$  conhecida por latch enable possui um funcionamento de memória, ou seja enquanto  $LE = 1$  o número de saída do CI será aquele que estava como entrada no momento em que  $LE$  tomou esse valor, portanto caso a entrada seja 7 quando  $LE$  virou 1, caso a entrada mude para 6 a saída só se tornará 6 no momento em que  $LE$  voltar para 0. A segunda entrada de teste,  $\overline{BL}$  que significa blank light serve para fazer com que a saída seja toda 0, ou seja, caso essa entrada seja 0 todas as 7 saídas terão o valor lógico 0 e, caso o CI seja conectado a um display de LED de 7 segmentos, nenhum dos 7 será aceso. Por fim,  $\overline{LT}$  significa light test e caso seja 0 produzirá 1 em todas as 7 saídas, fazendo um display de 7 segmentos mostrar o dígito 8.

Tabela 3 – Tabela verdade do 4511

$LE$	$\overline{BL}$	$\overline{LT}$	$D$	$C$	$B$	$A$	Saída
X	X	0	X	X	X	X	8
X	0	1	X	X	X	X	—
0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	0	2
0	1	1	0	0	1	1	3
0	1	1	0	1	0	0	4
0	1	1	0	1	0	1	5
0	1	1	0	1	1	0	6
0	1	1	0	1	1	1	7
0	1	1	1	0	0	0	8
0	1	1	1	0	0	1	9
0	1	1	1	0	1	0	—
0	1	1	1	0	1	1	—
0	1	1	1	1	0	0	—
0	1	1	1	1	0	1	—
0	1	1	1	1	1	0	—
1	1	1	1	1	1	1	Fixa o valor anterior

**Fonte:** Elaborada pelos autores

Figura 5 – Circuito de teste do 4511



**Fonte:** Elaborada pelos autores

## 2.4 Utilização do circuito integrado 4028

O CI 4028 é um decodificador que recebe em suas entradas um número no formato BCD e fornece como saída um número decimal na forma one-hot, ou seja, a única saída que possui nível lógico 1 é a que representa a entrada em formato decimal. Como exemplo, caso a entrada seja o número  $0110_2$  a saída correspondente ao número 6 será 1 enquanto todas as outras serão 0. A tabela 4 é a tabela verdade desse circuito integrado, ela foi

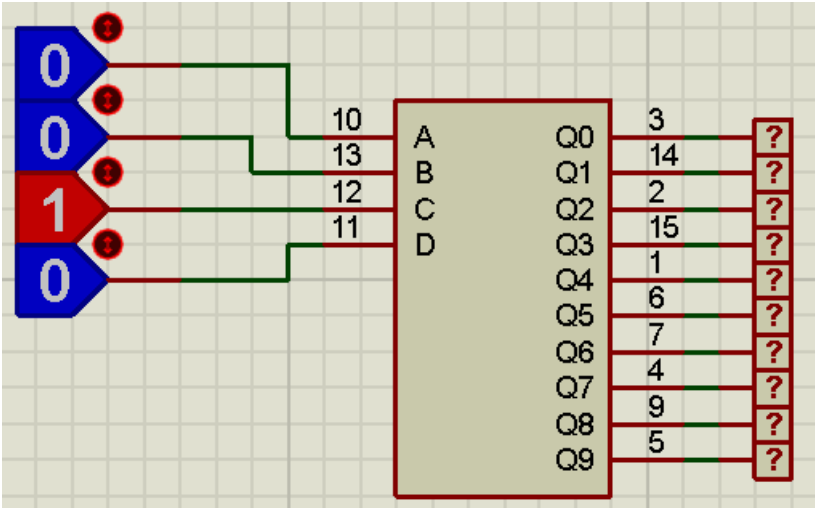
construída utilizando o circuito da figura 6.

Tabela 4 – Tabela verdade do 4028

Entradas				Saídas									
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 6 – Circuito de teste do 4028



Fonte: Elaborada pelos autores

## 3 QUESTÕES

Foram propostas duas questões para a resolução, a primeira delas é a construção de um sistema digital que recebe entradas de um teclado numérico e mostra o valor em um display de 7 segmentos caso algumas condições fossem cumpridas. A outra envolve o uso do decodificador 74138.

### 3.1 Construção do sistema

O sistema a ser montado deve receber essa entrada de um teclado numérico e mostrar esse valor em um display. Além disso deve haver um outro display que também deve mostrar esse número caso ele seja menor ou igual a 5 ou igual a um número que é a outra entrada do circuito.

#### 3.1.1 Codificação

Para mostrar os números no display utilizamos o CI4511, portanto o primeiro passo foi transformar o dígito pressionado no formato BCD. Dessa forma devemos montar um circuito de 10 entradas e 4 saídas cuja relação pode ser vista na tabela 5.

Tabela 5 – Tabela de correspondência do conversor decimal para BCD

Entradas										Saídas			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

**Fonte:** Elaborada pelos autores

Construir um conversor com prioridade exigiria que a tabela verdade tivesse  $2^{10}$  entradas, além disso resultaria num circuito extremamente mais complexo, por isso vamos utilizar de uma entrada em formato one-hot, em que só uma entrada terá nível lógico 1 por vez. A primeira linha dessa tabela merece um comentário especial, quando nenhum

dos dígitos forem fornecidos como entrada, não queremos que o display mostre nada e, para isso, ele deve receber um número maior que 9, por isso, quando todas as entradas tiverem nível lógico 0 queremos que todas as saídas tenham nível lógico 1 resultando no número 15.

A partir da tabela 5 montamos as equações 3.1 até 3.4 que representam as expressões booleanas de cada uma das saídas. Vale notar que a primeira linha da tabela foi feita uma expressão separada e essa expressão foi somada à expressão de todas as saídas.

$$A = 1 + 3 + 5 + 7 + 9 \quad (3.1)$$

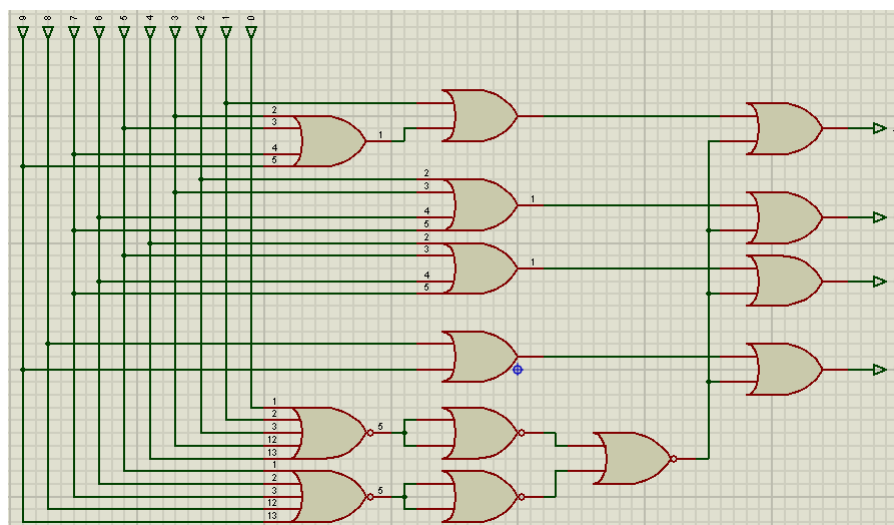
$$B = 2 + 3 + 6 + 7 \quad (3.2)$$

$$C = 4 + 5 + 6 + 7 \quad (3.3)$$

$$D = 8 + 9 \quad (3.4)$$

A primeira linha da tabela diz que todas as saídas desse circuito devem ser ativadas quando todas as entradas estiverem desligadas, para isso é útil explorar a operação NOR, cuja saída é 1 apenas quando todas as entradas são 0. Portanto foi utilizada uma porta NOR de 10 entradas nesse circuito e a saída dessa porta NOR foi somada (porta OR) com as expressões de cada uma das saídas. O circuito montado para fazer essa codificação pode ser visto na figura 7.

Figura 7 – Circuito do codificador de decimal para BCD



**Fonte:** Elaborada pelos autores

Como não existem portas do tipo NOR de 10 entradas, a construímos ao juntar 2 de 5 entradas e 3 de 2 entradas como é possível ver no esquema do circuito. O mesmo ocorreu com a operação OR de 5 ou mais entradas que foi feita ao juntar algumas portas do tipo OR.

### 3.1.2 Filtragem

Como já dito, a saída só deverá ser mostrada no display caso seja menor ou igual à 5 ou seja igual a um número fornecido pelo usuário. Por isso precisamos que o número BCD seja passado por uma espécie de filtro antes de ser enviado ao segundo display. Esse comparador deve receber 8 entradas sendo 4 delas o número no formato BCD que foi digitado no teclado e as outras 4 o número que o do teclado deve ser igual.

A comparação foi realizada utilizando o circuito integrado 7485, que é um comparador de números de 4 bits. O filtro possui 4 saídas, cada uma delas deve ser um ao cumprir algumas condições: o primeiro número de entrada é menor ou igual a 5 ou igual ao segundo número de entrada e o bit da primeira entrada correspondente à essa saída é igual a 1.

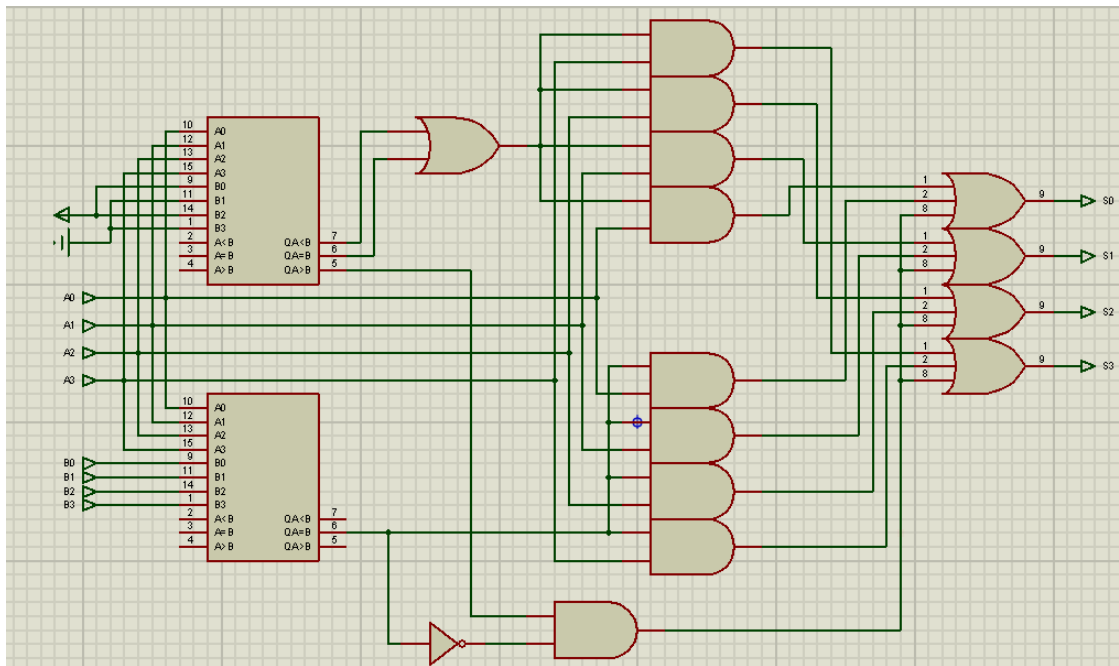
Dessa forma foram utilizados dois 7485, o primeiro para checar se o primeiro número de entrada é maior do que 5 e o segundo para checar se ele é igual ao segundo número de entrada. Por isso, no primeiro 7485 foi ligada na entrada A o número que vem do teclado e na entrada B o número 5, assim as saídas  $A = B$  e  $A < B$  foram fornecidas de entrada para uma porta do tipo OR para termos a expressão  $A \leq B$  que foi fornecida como uma entrada para quatro portas AND cuja outra entrada foi o número A, ou seja, aquele que saiu do teclado, dessa forma quando  $A \leq 5$  a saída será A, caso contrário será 0. A saída  $A \geq B$  desse 7485 foi utilizada para a outra comparação.

O outro comparador foi utilizado apenas para o caso em que a entrada do teclado seja maior que 5 e igual à segunda entrada. Nesse caso as duas entradas do comparador são o número A (entrada do teclado) e o número B (2 entrada do circuito). A saída  $A = B$  desse CI foi novamente passada por portas AND junto com os bits da entrada A.

Além disso a saída  $A > B$  do primeiro comparador foi fornecida como entrada de uma outra porta AND cuja outra entrada foi o inverso de  $A = B$  do segundo comparador, ou seja,  $A \neq B$ . A saída dessa porta será então 1 quando as duas entradas forem diferentes e a entrada A for maior que 5, gerando a expressão  $A \neq B \text{ AND } A > 5$ .

Por fim, as saídas das portas AND do primeiro comparador, do segundo comparador e da porta AND da expressão  $A \neq B \text{ AND } A > 5$  foram passadas por portas do tipo OR que levam às saídas desse filtro comparativo. O circuito completo do filtro pode ser visto na figura 8.

Figura 8 – Filtro comparativo de entradas

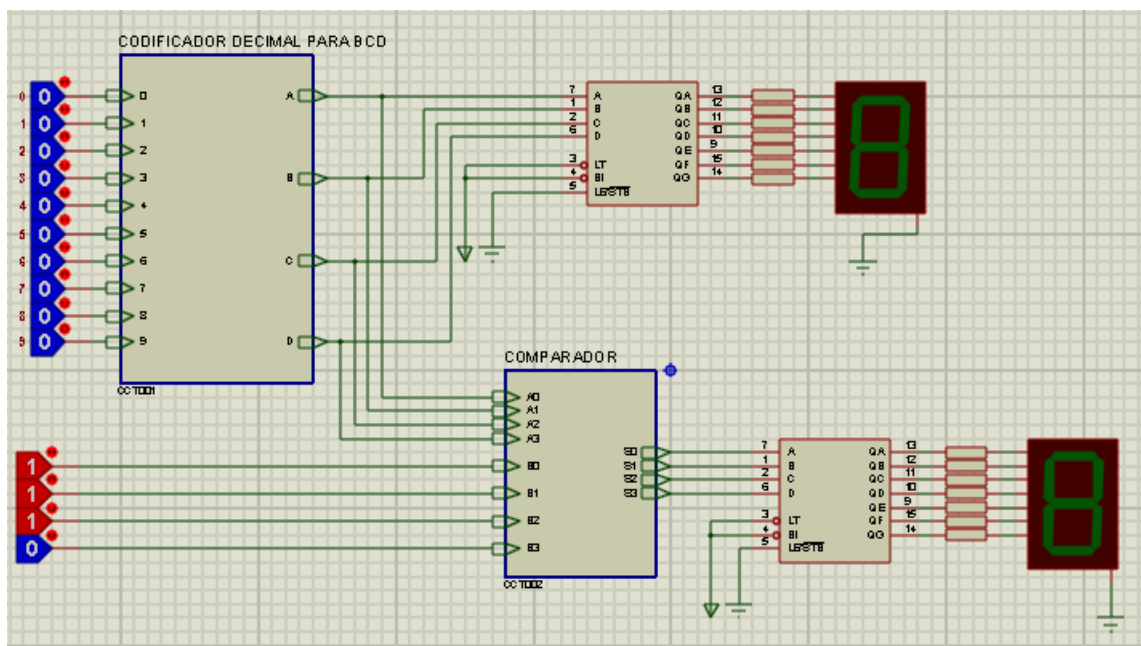


Fonte: Elaborada pelos autores

### 3.1.3 Sistema completo

Para montar o sistema proposto basta juntar o circuito codificador com o comparador e utilizar dois CI 4511 para fazerem a interface com os displays de LED catodo comum, a montagem do sistema final pode ser vista na figura 9.

Figura 9 – Sistema digital completo



Fonte: Elaborada pelos autores



## 3.2 Utilização do CI 74138

O circuito integrado 74138 é um decodificador de 3 entradas de dados, 3 de controle e 8 saídas, ou seja ele transforma um número binário de 3 bits em formato decimal. Porém ele pode ser utilizado para além disso, principalmente ao combinarmos dois ou mais deles para criar decodificadores de mais entradas e mais saídas.

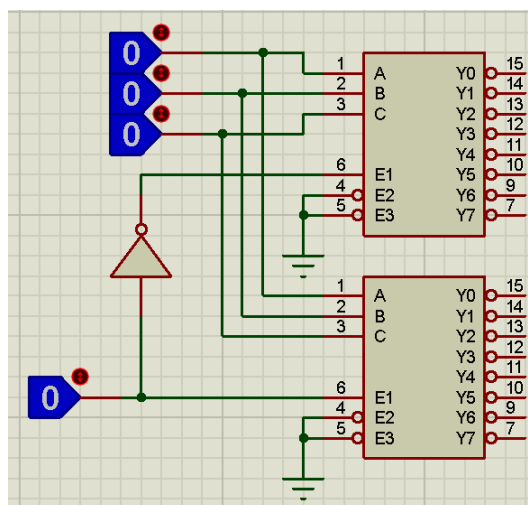
Esse CI possui 3 entradas de controle que quando ativas fazem com que todas as saídas tenham nível lógico 1 e quando inativas uma das saídas (definida pela entrada de dados) possua nível lógico 0. Uma das entradas de controle (terminal 6) é ativa com nível lógico alto enquanto as outras (terminais 4 e 5) são ativas baixo.

### 3.2.1 4 entradas e 16 saídas

Um exemplo dessa junção é ao trabalhar com 2 74138 para criar um decodificador de 4 entradas e 16 saídas, e há vários meios de fazer essa junção. A primeira delas é utilizando 16 portas do tipo AND e ligar a mesma saída do 74138 a duas delas e a outra entrada de cada uma das portas seria a 4 entrada do decodificador, em metade das portas essa entrada normal e na outra metade essa entrada invertida. Porém esse circuito claramente se tornaria muito extenso sem necessidade e encontramos uma alternativa melhor.

A alternativa melhor e que foi utilizada é a de mudar as entradas de controle do 74138, dessa forma podemos fazer com que um deles fique com todas as saídas em alto e o outro com uma em baixo, obtendo assim a saída que desejamos. Para isso basta utilizar a quarta entrada do decodificador para configurar uma das entradas de controle dos 74138 de forma que em um essa entrada seja invertida, o decodificador de 16 saídas pode ser visto na figura 10.

Figura 10 – Decodificador de 4 entradas e 16 saídas

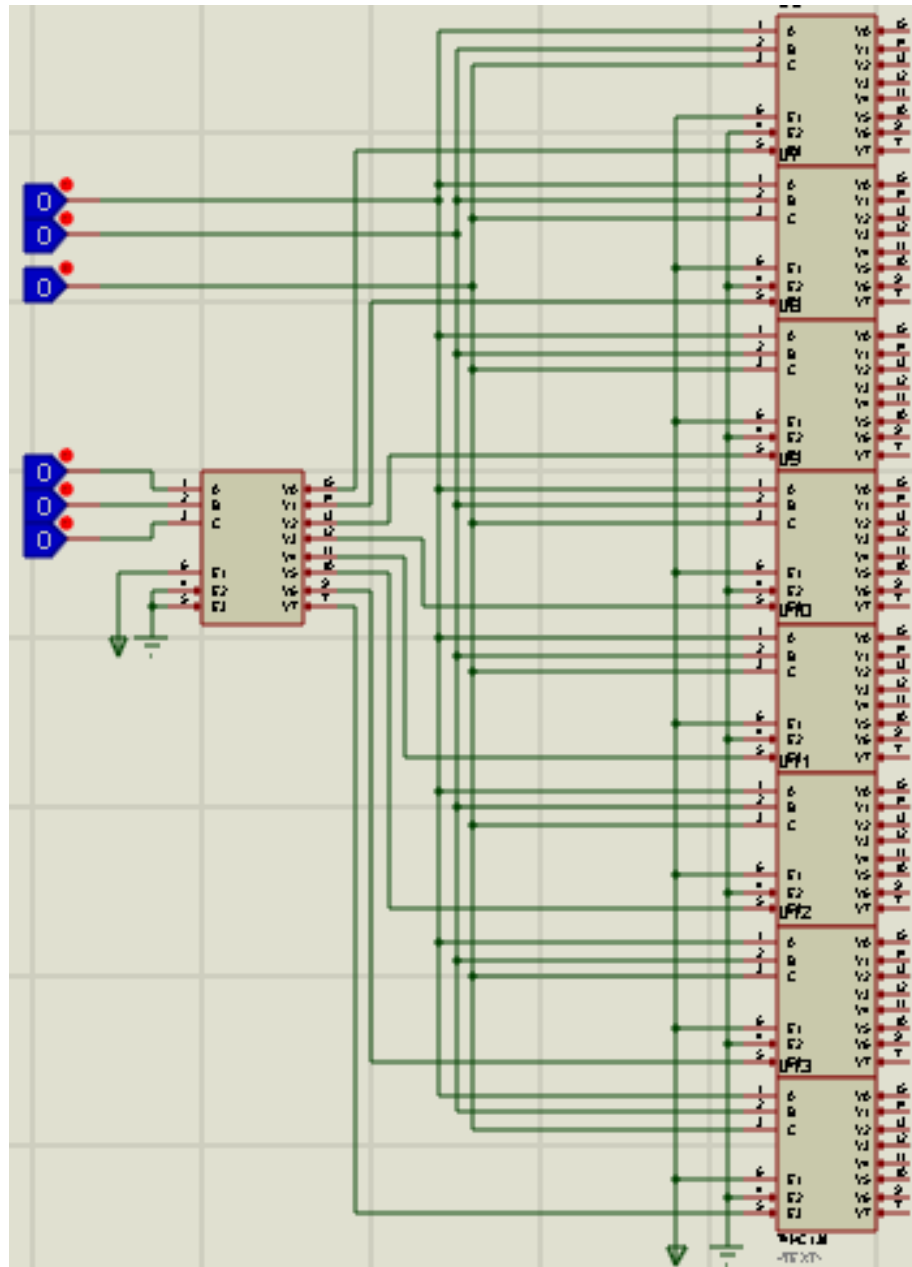


Fonte: Elaborada pelos autores

### 3.2.2 6 entradas e 64 saídas

A montagem do decodificador de 6 entradas e 64 saídas utiliza um raciocínio parecido com o de 4 entradas. Porém dessa vez utilizamos 1 74138 para fornecer a entrada de controle de outros 8, além de três entradas de dados adicionais. A figura 11 representa esse circuito montado no software de simulação Proteus.

Figura 11 – Decodificador de 6 entradas e 64 saídas



Fonte: Elaborada pelos autores

## 4 CONCLUSÃO

Nesse experimento tivemos a oportunidade de trabalhar com alguns circuitos codificadores e decodificadores além de diversos tipos de códigos diferentes. Manipular códigos é uma tarefa extremamente importante dentro dos sistemas digitais pois um código é a forma como uma informação é representada.

Os circuitos decodificadores são essenciais para trabalhar com dispositivos de entrada, que enviam saídas para interpretação humana, além disso são necessários também para os sistemas que devem se comunicar com um outro tipo de circuito, caso o circuito que recebe os dados esteja esperando dados em um código diferente daqueles fornecidos pelo dispositivo que os envia deve haver um decodificador no meio para realizar essa "tradução".

Os circuitos codificadores também são de extrema importância para os sistemas que recebem entradas de um humano, já que essa entrada será recebida em um formato que o ser humano entende (números em base 10 por exemplo) ela deve ser codificada para um código entendido pelo sistema (BCD, Gray, Johnson entre outros). Além disso, assim como os decodificadores os codificadores podem servir de etapa intermediária na comunicação dentre dois circuitos que trabalham com os dados em formatos de código diferentes.

# REFERÊNCIAS

BRAGA, N. C. **Codificadores e decodificadores (ART160)**. 2010. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1196-art160>>. Acesso em: 13 de mar. de 2021. Citado na página 5.

CONCEITO. **Conceito de código - O que é, Definição e Significado**. 2012. Disponível em: <<https://conceito.de/codigo>>. Acesso em: 13 de mar. de 2021. Citado na página 5.