

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

Simulação de Portas lógicas

RELATÓRIO DA DISCIPLINA
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

1	INTRODUÇÃO TEÓRICA	5
1.1	Objetivos	5
1.2	Materiais e Equipamentos	5
2	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	6
2.1	Montagem 1	6
2.2	Montagem 2	7
2.3	Montagem 3	9
2.4	Montagem 4	11
2.5	Montagem 5	12
3	QUESTÕES	15
3.1	Diferentes tipos de códigos	15
3.1.1	Binário	15
3.1.1.1	Conversão binário-decimal	15
3.1.1.2	Conversão decimal-binário	15
3.1.2	Hexadecimal	16
3.1.2.1	Conversão binário-hexadecimal	16
3.1.2.2	Conversão hexadecimal-binário	17
3.1.3	BCD	17
3.1.4	Gray	17
3.1.5	ASCII	17
3.2	Transistores bipolares e MOS	18
4	CONCLUSÕES	19
	REFERÊNCIAS	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do circuito 1	6
Figura 2 – Circuito 1	6
Figura 3 – Símbolo ABNT AND	7
Figura 4 – Símbolo ISO AND	7
Figura 5 – Esquema do circuito 2	8
Figura 6 – Circuito 2	8
Figura 7 – Símbolo ABNT OR	9
Figura 8 – Símbolo ISO OR	9
Figura 9 – Esquema do circuito 3	9
Figura 10 – Circuito 3	10
Figura 11 – Símbolo ABNT NOT	10
Figura 12 – Símbolo ISO NOT	10
Figura 13 – Esquema do circuito 4	11
Figura 14 – Circuito 4	11
Figura 15 – Símbolo ABNT NOR	12
Figura 16 – Símbolo ISO NOR	12
Figura 17 – Esquema do circuito 5	12
Figura 18 – Circuito 5	13
Figura 19 – Símbolo ABNT NAND	13
Figura 20 – Símbolo ISO NAND	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Tabela verdade circuito 1	. . . . .	7
Tabela 2	–	Tabela verdade circuito 2	. . . . .	8
Tabela 3	–	Tabela verdade circuito 3	. . . . .	10
Tabela 4	–	Tabela verdade circuito 4	. . . . .	11
Tabela 5	–	Tabela verdade circuito 5	. . . . .	13

1 INTRODUÇÃO TEÓRICA

Uma porta lógica é um dispositivo eletrônico fundamental para o desenvolvimento da eletrônica digital por serem o bloco construtor dos mais diversos tipos de circuitos integrados (SILVA, 2020). Usualmente portas lógicas são utilizadas como uma espécie de caixa preta, em que lhe fornecemos suas entradas e sabemos exatamente qual valor esperar na sua saída, porém não conhecemos o seu funcionamento interno. O objetivo desse experimento é fazer com que seu funcionamento deixe de ser desconhecido por simular a construção de alguns tipos de portas lógicas.

Existem basicamente duas formas de funcionamento de uma porta lógica: a baseada em diodos e a baseada em transístores (RAJ, 2019). Não há vantagens nem desvantagens no uso de um tipo em relação ao outro (JOHN, 2020). Dessa forma, nesse experimento contruímos alguns tipos de portas lógicas utilizando diodos e alguns tipos de portas lógicas utilizando transístores.

1.1 Objetivos

O objetivo do experimento é verificar e entender o funcionamento interno dos circuitos que geram a base da eletrônica digital, as portas lógicas.

1.2 Materiais e Equipamentos

- 01 Transístor BC 547 ou BC 548 ou equivalente;
- 03 Diodos 1N4001 ou equivalente;
- 01 Fonte de alimentação DC varável;
- 02 Cabos banana-jacaré para a fonte;
- 01 resistor $1k\Omega$;
- 02 resistor $10k\Omega$;
- 01 resistor 470Ω ;
- Multímetro digital;
- Protoboard;
- Cabos para conexões.

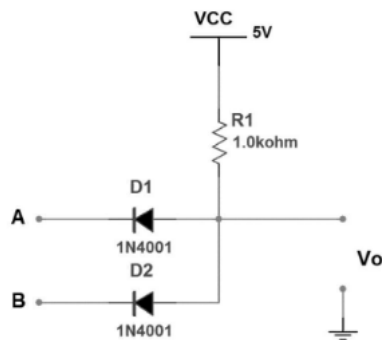
2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

No experimento foram montados 5 circuitos para portas lógicas diferentes, após suas montagem procuramos entender o seu funcionamento, identificar sua função lógica e expressão booleana, montar sua tabela verdade e por fim, buscamos seu símbolo lógico nos padrões utilizados.

2.1 Montagem 1

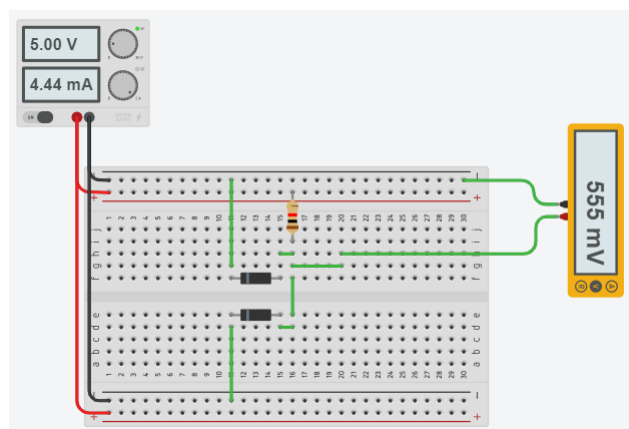
O esquema do circuito a ser montado é aquele representado na figura 1. Além disso, a figura 2 mostra o circuito montado pelos alunos. Por fim, sua tabela verdade é mostrada na tabela 1.

Figura 1 – Esquema do circuito 1



Fonte: Elaborada pelos professores

Figura 2 – Circuito 1



Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 1 – Tabela verdade circuito 1

A	B	$V_0(V)$	Nível Lógico
0	0	0,55	0
1	0	0,57	0
0	1	0,57	0
1	1	5	1

Fonte: Elaborada pelos autores

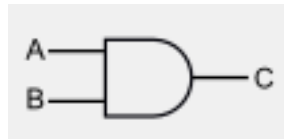
Analisando sua tabela verdade, podemos perceber que a porta construída trata-se de uma porta do tipo AND. Seu símbolo padrão está representado na figura 3 e na norma ISO na figura 4.

Figura 3 – Símbolo ABNT AND



Fonte: Eletronpi

Figura 4 – Símbolo ISO AND



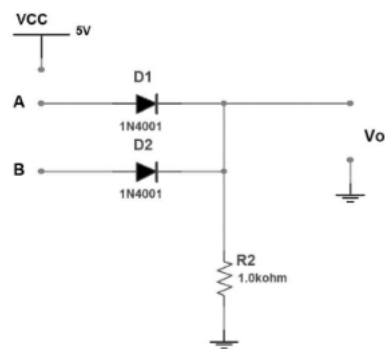
Fonte: Eletronpi

O circuito funciona utilizando o fato de que diodos só permitem que a corrente elétrica passe em um sentido. Dessa forma, quando pelo menos uma das entradas é 0 temos basicamente um circuito aberto de V_{cc} até essa entrada, já que a resistência de um diodo é mínima. Por outro lado, quando as duas entradas têm valor 1, o potencial elétrico de ambas é $5V$, ou seja, o mesmo que V_{cc} , dessa forma a corrente elétrica saíra de V_{cc} para o único ponto com potencial elétrico menor, a saída do circuito.

2.2 Montagem 2

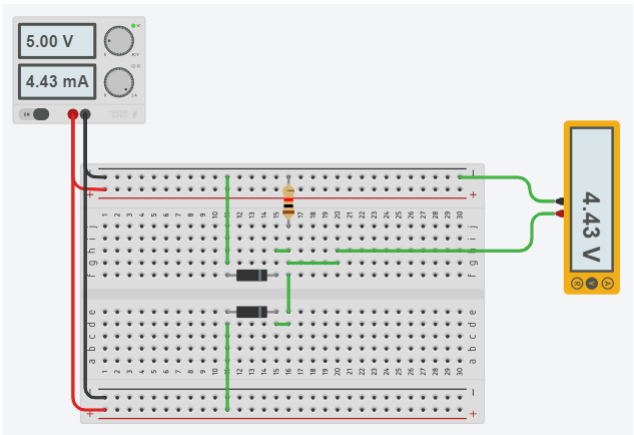
O próximo circuito a ser montado é aquele representado esquematicamente na figura 5 e a montagem realizada pelos autores pode ser vista na figura 6. Por fim, sua tabela verdade é vista na tabela 2.

Figura 5 – Esquema do circuito 2



Fonte: Elaborada pelos professores

Figura 6 – Circuito 2



Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 2 – Tabela verdade circuito 2

A	B	$V_0(V)$	Nível Lógico
0	0	0	0
1	0	4,43	1
0	1	4,43	1
1	1	4,43	1

Fonte: Elaborada pelos autores

Novamente, pela análise da tabela verdade, podemos perceber que trata-se de uma porta lógica do tipo OR. As figuras 7 e 8 representam seu símbolo no padrão ABNT e ISO, respectivamente.

Figura 7 – Símbolo ABNT OR

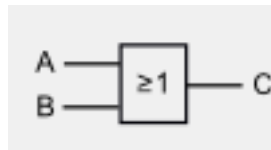
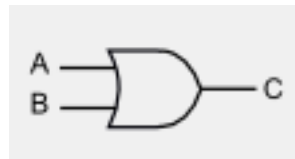
**Fonte:** Eletronpi

Figura 8 – Símbolo ISO OR

**Fonte:** Eletronpi

O seu funcionamento é bem simples. Quando pelo menos uma das entradas possui nível lógico 1 há diferença de potencial, dessa forma a corrente flui da entrada para V_0 . Caso nenhuma das entradas estejam com nível 1, todos os pontos da malha tem o mesmo potencial, 0V, dessa forma não há corrente elétrica.

2.3 Montagem 3

Esse circuito possui uma montagem um pouco mais complicada, isso pois é necessário um transistor também. Sua representação esquemática pode ser visualizada na figura 9, sua montagem na figura 10. A tabela 3 representa sua tabela verdade.

Figura 9 – Esquema do circuito 3

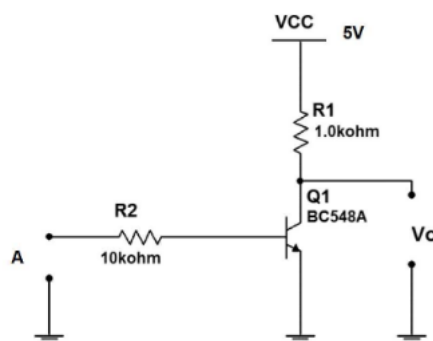
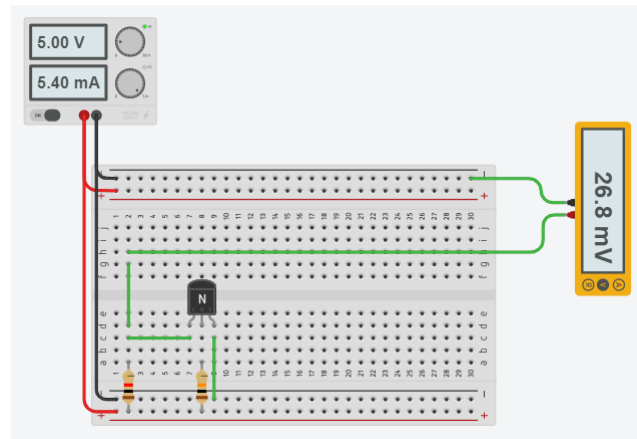
**Fonte:** Elaborada pelos professores

Figura 10 – Circuito 3



Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 3 – Tabela verdade circuito 3

A	$V_0(V)$	Nível Lógico
0	5	1
1	0,02	0

Fonte: Elaborada pelos autores

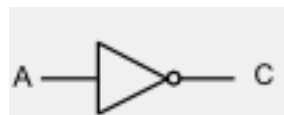
A partir desta tabela verdade é visível que a porta montada trata-se de uma porta NOT, já que há apenas uma entrada e a saída é o inverso dessa entrada. Seus símbolos ABNT e ISO estão representados, respectivamente, nas figuras 11 e 12.

Figura 11 – Símbolo ABNT NOT



Fonte: Eletronpi

Figura 12 – Símbolo ISO NOT



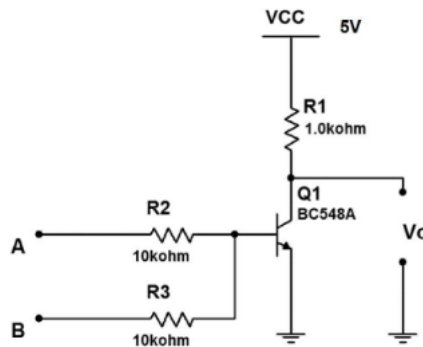
Fonte: Eletronpi

Seu funcionamento usa a característica de interruptor do transistor. Quando a entrada é 1, a base do transistor fica energizada, dessa forma a corrente pode correr do coletor para o emissor. Como a resistência interna do transistor é quase nula, quando a base está energizada há um circuito praticamente aberto ligando V_{cc} ao GND, dessa forma a resistência da saída (V_0) é muito maior, por isso a corrente não flui para lá, fazendo com que a saída seja 0. Caso a base esteja desenergizada (entrada sendo 0) só há um caminho para a corrente percorrer: saindo de V_{cc} e indo para a saída.

2.4 Montagem 4

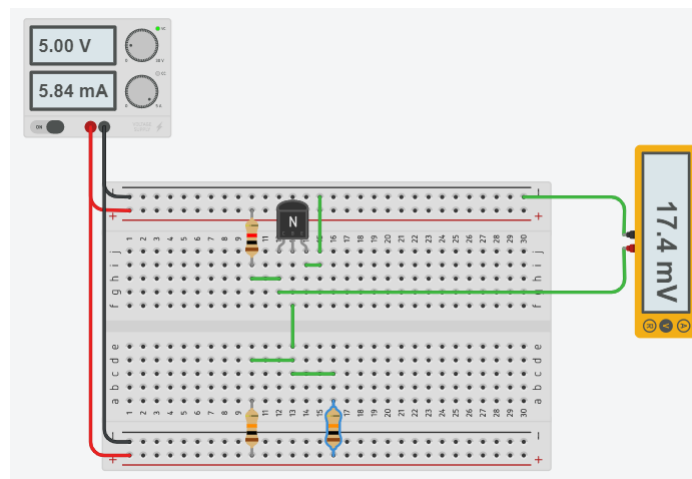
Novamente um circuito baseado em um transistor. Seu esquema elétrico pode ser visualizado na figura 13, sua montagem na figura 14 e sua tabela verdade na tabela 4.

Figura 13 – Esquema do circuito 4



Fonte: Elaborada pelos professores

Figura 14 – Circuito 4



Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 4 – Tabela verdade circuito 4

A	B	$V_0(V)$	Nível Lógico
0	0	5	1
1	0	0,33	0
0	1	0,33	0
1	1	0,33	0

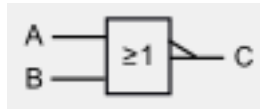
Fonte: Elaborada pelos autores

Pela análise da tabela verdade, percebemos que trata-se de uma porta do tipo NOR. Suas representações na forma padrão ABNT e ISO podem ser vistas respectivamente nas figuras 15 e 16.

Figura 15 – Símbolo ABNT NOR

**Fonte:** Eletronpi

Figura 16 – Símbolo ISO NOR

**Fonte:** Eletronpi

Nesse circuito, o transistor funciona como um tipo de ralo. Caso uma das duas entradas tenha nível lógico 1, a base do transistor será energizada, assim esse permitirá que a corrente passe do coletor para o emissor. Nesse caso, o transistor drenará toda a corrente fornecida pela fonte, fazendo com que não passe corrente na saída da porta. Caso a base não seja energizada, o transistor não permite essa passagem de energia e seu efeito de ralo não ocorre, fazendo com que a corrente da fonte vá toda para a saída da porta.

2.5 Montagem 5

O último circuito a ser montado, é o mais complexo de todos, envolvendo o uso tanto de transistores quanto de diodos. Seu esquema elétrico pode ser visualizado na figura 17, sua montagem feita pelos alunos na figura 18 e sua tabela verdade obtida na tabela 5.

Figura 17 – Esquema do circuito 5

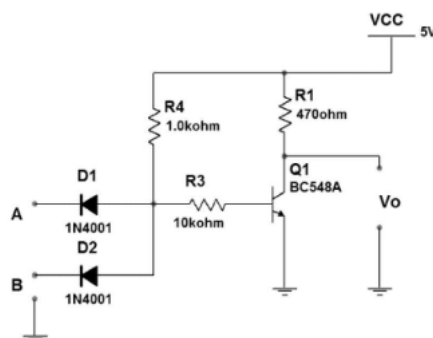
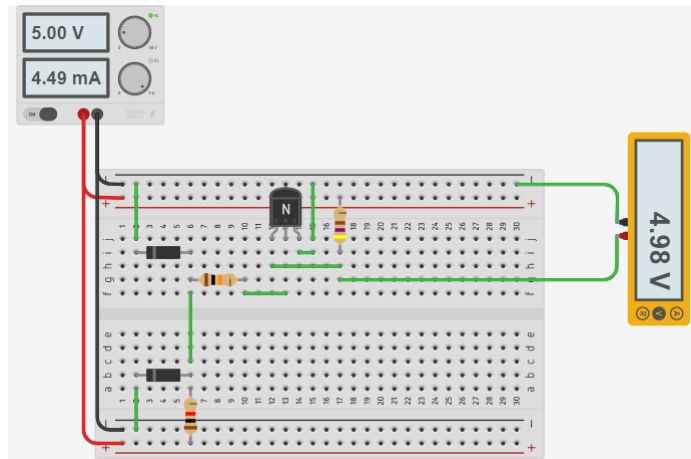
**Fonte:** Elaborada pelos professores

Figura 18 – Circuito 5



Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 5 – Tabela verdade circuito 5

A	B	$V_0(V)$	Nível Lógico
0	0	4,98	1
1	0	4,96	1
0	1	4,96	1
1	1	0,43	0

Fonte: Elaborada pelos autores

Novamente, a partir da análise de sua tabela verdade, podemos perceber que trata-se de uma porta NAND. Os símbolos lógicos ABNT e ISO estão representados respectivamente na figura 19 e na figura 20.

Figura 19 – Símbolo ABNT NAND



Fonte: Eletronpi

Figura 20 – Símbolo ISO NAND



Fonte: Eletronpi

Como já dito, esse é o circuito mais complexo dos apresentados aqui. Enquanto pelo menos uma das duas entradas for 0 a corrente elétrica que passa pelo resistor de $1K\Omega$ flui apenas para esta entrada, de forma que a base do transistor não seja energizada (novamente, a resistência interna do diodo é mínima se comparada com a resistência de

$10K\Omega$, assim a corrente que chega na base é praticamente nula). Com a base do transistor desenergizada, o único caminho que resta para a corrente elétrica que passa pelo transistor de 470Ω é para a saída do circuito.

Por outro lado, caso as duas entradas tenham valor 1, ou seja, $5V$, a corrente que passa pelo resistor de $1K\Omega$ não pode ir para essas entradas, assim ela flui para a base do transistor, energizando-o. Com a base do transistor energizado, a corrente que passa pelo resistor de 470Ω vai quase que completamente para esse o transistor, tornando a saída da porta 1 (novamente isso ocorre por causa da diferença de resistência dos dois circuitos, a resistência interna do transistor é praticamente nula se comparada com a resistência da saída da porta).

3 QUESTÕES

3.1 Diferentes tipos de códigos

Usualmente, para traduzir os sinais 1 e 0 para algo com um significado é utilizado algum tipo de código, abordaremos alguns códigos aqui.

3.1.1 Binário

O código binário, ou sistema de numeração binária é basicamente uma forma de representas números utilizando apenas dois algarismos (1, 0). Esse sistema é interessante pois permite que computadores e sistemas digitais no geral, possam processar números, mas para isso duas operações são extremamente importantes: conversão binário-decimal e conversão decimal-binário (TOCCI, 2007).

Antes de tratar essas conversões, explicaremos como o sistema funciona. O sistema binário, assim como o sistema decimal, com o qual estamos acostumados, é um sistema posicional, ou seja, não é apenas o algarismo que determina o seu valor, mas a sua posição no número também. Um exemplo disso é que no sistema decimal os números 91_{10} e 19_{10} são diferentes, mesmo usando os mesmos algarismos, no caso de sistemas binários podemos trazer exemplos parecidos, 1101_2 é diferente do número 1011_2 .

Vale notar que sempre que tratamos de mais de um sistema numérico diferente, colocamos a base utilizada como subscrito como feito nos exemplos acima.

No sistema decimal, cada posição do número é uma potência de 10, ou seja, o número 123_{10} pode ser representado por $3 \cdot 10^0 + 2 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^3$. Analogamente, no sistema binário, a posição do número é uma potência de 2, dessa forma o número 1101_2 pode ser escrito como $1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3$.

3.1.1.1 Conversão binário-decimal

A conversão de um número binário para decimal é feita basicamente ao decompor esse número em suas potências de 2, assim, como no exemplo acima, o número 1101_2 ppode ser escrito como $1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3$, ao somar todas essas parcelas obtemos o valor 13, dessa forma $1101_2 = 13_{10}$.

3.1.1.2 Conversão decimal-binário

O processo oposto é um pouco mais complicado. Ele é feito a partir de divisões sucessivas e acumulos de restos, como no exemplo:

$$\frac{13}{2} = 6 \text{ resto } 1$$

$$\frac{6}{2} = 3 \text{ resto } 0$$

$$\frac{3}{2} = 1 \text{ resto } 1$$

$$\frac{1}{2} = 0 \text{ resto } 1$$

Repetimos essas divisões até obter um resultado 0, em seguida o número em binário é a junção dos restos obtidos (de trás para frente), novamente obtivemos que $13_{10} = 1101_2$.

3.1.2 Hexadecimal

Esse é outro formato para escrever um número, dessa forma utilizando 16 algarismos diferentes: $1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9\ A\ B\ C\ D\ E\ F$. Esse sistema de numeração é especialmente interessante ao escrever números binários muito grandes já que um dígito hexadecimal é igual a 4 binários (TOCCI, 2007), por exemplo nos computadores atuais, em que há 64-bits de endereços de memória, ou seja, um número binário com 64 casas, por isso usualmente endereços de memória são representados em sua forma hexadecimal.

Novamente por isso, é importante saber converter números em seu formato binário para formato hexadecimal, ou vice-versa.

3.1.2.1 Conversão binário-hexadecimal

Como já dito, um dígito hexadecimal consegue corresponder a até 4 dígitos binários, dessa forma, para transformar um número binário em seu formato hexadecimal basta completar o número binário preenchendo-o com 0 à esquerda, até que haja um número de algarismos que seja múltiplo de 4, em seguida agrupar de 4 em 4 bits e encontrar seu correspondente hexadecimal, como exemplo, encontraremos a representação hexadecimal de 1110100110_2 :

$$1110100110_2 = 001110100110_2$$

$$0011_2 = 3_{16}$$

$$1010_2 = A_{16}$$

$$0110_2 = 6_{16}$$

Dessa forma, $1110100110_2 = 3A6_{16}$.

3.1.2.2 Conversão hexadecimal-binário

O processo contrário também é bem simples, basta transformar cada dígito hexadecimal em seu correspondente de 4-bits, no final agrupar todos os bits encontrados, no exemplo encontraremos $9F2_{16}$ em seu formato binário:

$$9_{16} = 1001_2$$

$$F_{16} = 1111_2$$

$$2_{16} = 0010_2$$

Dessa forma, temos que $9F2_{16} = 100111110010_2$.

3.1.3 BCD

Código BCD (*binary-coded decimal*) é uma forma de escrever um número decimal utilizando bits. Cada um dos 10 algarismos decimais são traduzidos para um número binário de 4-bits, dessa forma, todos os algarismos podem ser representados, sua vantagem é que converter um número em formato BCD para decimal é muito mais simples que a conversão entre binário e decimal, basta memorizar como é descrito cada algarismo (TOCCI, 2007). Exemplo:

$$32_{10} = 00110010_{BCD}$$

É interessante notar que a representação de cada algarismo é exatamente a sua representação binária, ou seja no exemplo acima, o algarismo 3 é transformado em 0011, isso porque $3_{10} = 0011_2$.

3.1.4 Gray

O código gray é outro tipo de representação binária de um número. Sua vantagem e diferença em relação aos outros códigos é que na passagem de um número para seu predecessor ou sucessor, apenas um bit muda de valor (BRAGA, 2020).

3.1.5 ASCII

O código ASCII é um código alfanumérico, ou seja, representa tanto números, quanto letras, quanto outros símbolos. O código ASCII é um código que utiliza 7 bits de informação para caracterizar cada um de seus símbolos (TOCCI, 2007).

3.2 Transistores bipolares e MOS

Um transistor bipolar é um dispositivo formado por semicondutores. Basicamente é um componente em que a saída do emissor ou coletor depende da corrente que chega na base, eles são muito utilizados em aplicações que envolvem correntes elétricas menores, isso devido ao seu custo menor (IAN, 2020).

Por outro lado, transístores MOS (*metal oxide semiconductor field effect transistor*) é um dispositivo controlado por tensão. O que controla a sua porta é um campo produzido por uma tensão fornecida. Quando a tensão é alta o suficiente, a corrente elétrica pode fluir, ou não (dependendo do tipo do transistor) da fonte para o dreno. Eles são mais interessantes pois lidam de forma mais eficiente com a energia (IAN, 2020).

4 CONCLUSÕES

Nesse experimento pudemos entender o interior de algumas das principais portas lógicas existentes, dessa forma esses dispositivos deixam de ser uma caixa preta que simplesmente funcionam como devem, sem termos noção nenhuma do que ocorre fisicamente, para algo totalmente compreensível e lógico.

Além disso, pudemos ver na prática o funcionamento de transistores e diodos pela primeira vez em um experimento, como eles devem ser conectados, por onde corre a corrente elétrica dentro desses componentes, quando essa corrente fluirá por ele. Sendo esses componentes essenciais na eletrônica o entendimento deles é imprescindível para o desenvolvimento dos alunos na disciplina e no curso como um todo.

Algo importante que o experimento proporcionou aos alunos é o conhecimento de diversos tipos de códigos, códigos esses importantes para a comunicação de um dispositivo eletrônico com o outro e desses dispositivos com o usuário.

Por fim, é importante ressaltar que, por mais que as tensões obtidas nas saídas dos circuitos montados (podem ser vistas nas tabelas 1, 2, 3, 4, 5) não serem todas exatamente 0V ou 5V, isso não é um problema, já que os níveis lógicos 1 e 0 não correspondem exatamente a esses valores, e sim a uma faixa de valores. O nível lógico 0 varia de 0V a 0,8V e o nível lógico 1 varia de 2V a 5V (TOCCI, 2007).

REFERÊNCIAS

BRAGA, N. C. **Código Gray**. 2020. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/almanaque/62-codigo-gray>>. Acesso em: 06 de dez. de 2020. Citado na página 17.

IAN. **Difference Between BJT and MOSFET**. 2020. Disponível em: <<http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-bjt-and-mosfet/>>. Acesso em: 06 de dez. de 2020. Citado na página 18.

JOHN. **Logic Gates**. 2020. Disponível em: <<https://www.circuitstoday.com/logic-gates>>. Acesso em: 06 de dez. de 2020. Citado na página 5.

RAJ Kamal. **Logic Gates Using Diodes and Transistors**. 2019. Disponível em: <<https://circuitfever.com/logic-gates-using-diodes-and-transistor/>>. Acesso em: 06 de dez. de 2020. Citado na página 5.

SILVA Thiago. **O que são Portas lógicas em circuitos digitais?** 2020. Disponível em: <<https://blog.silvatronics.com.br/portas-logicas/>>. Acesso em: 06 de dez. de 2020. Citado na página 5.

TOCCI, R. J. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 10. ed. [S.l.]: Pearson, 2007. 830 p. Citado 4 vezes nas páginas 15, 16, 17 e 19.