

# Roteiro do experimento 1 de Sistemas Digitais Experimental

## Introdução

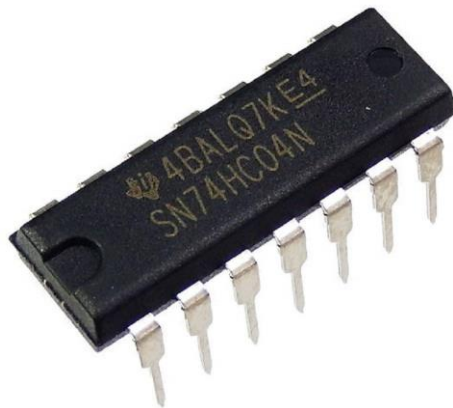
Este é o primeiro experimento da disciplina de Sistemas Digitais Experimental e envolve os assuntos fundamentais relacionados a eletrônica digital, como entradas e saídas digitais, funções booleanas e portas lógicas.

## Objetivos

Este experimento tem como objetivos familiarizar os alunos com a montagem de circuitos digitais utilizando dispositivos eletrônicos de entrada e saída, como chaves botões e LEDs. Tem também o objetivo de apresentar aos alunos os circuitos integrados digitais, de forma a permitir a utilização das portas lógicas fundamentais nos circuitos digitais. Tem ainda o objetivo de exercitar os conhecimentos obtidos na disciplina teórica de Sistemas Digitais.

## Fundamentação





Nos circuitos eletrônicos digitais que implementam os sistemas digitais são utilizadas portas lógicas, que são implementações eletrônicas das funções lógicas fundamentais. Estas portas lógicas são implementadas na forma de circuitos integrados como este apresentado na figura a seguir.




Circuito Integrado Digital

Cada circuito integrado pode ser identificado por um código alfanumérico impresso na sua superfície. No exemplo da figura o código é "SN74HC04N". Neste código as letras estão relacionadas ao nome do fabricante e a tecnologia de fabricação utilizada, e os números estão relacionados a função lógica implementada. Assim, o que importa para a montagem dos circuitos digitais são principalmente os números. As tecnologias de fabricação serão abordadas na disciplina teórica. Neste caso, o circuito da figura implementa a função "7404" que é a implementação de 6 portas lógicas inversoras. Esta regra não é válida para todos os circuitos integrados, mas funciona para a maioria das portas lógicas e funções digitais.

Cada circuito integrado possui uma folha de dados (datasheet) que pode ser obtida na internet e que fornece todas as informações necessárias à sua utilização. A figura a seguir mostra a folha de dados do 7404.

 Ordering & quality
 Technical documentation
 Design & development
 Support & training



**SN74HC04, SN54HC04**  
SCLS078H – DECEMBER 1982 – REVISED APRIL 2021

## SNx4HC04 Hex Inverters

### 1 Features

- Buffered inputs
- Wide operating voltage range: 2 V to 6 V
- Wide operating temperature range:  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
- Supports fanout up to 10 LSTTL loads
- Significant power reduction compared to LSTTL logic ICs

### 2 Applications

- Synchronize inverted clock inputs
- Debounce a switch
- Invert a digital signal

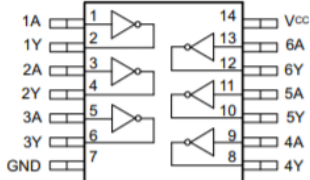
### 3 Description

This device contains six independent inverters. Each gate performs the Boolean function  $Y = \bar{A}$  in positive logic.


#### Device Information<sup>(1)</sup>

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
SN74HC04D	SOIC (14)	8.70 mm × 3.90 mm
SN74HC04DB	SSOP (14)	6.50 mm × 5.30 mm
SN74HC04N	PDIP (14)	19.30 mm × 6.40 mm
SN74HC04NS	SO (14)	10.20 mm × 5.30 mm
SN74HC04PW	TSSOP (14)	5.00 mm × 4.40 mm
SN54HC04J	CDIP (14)	21.30 mm × 7.60 mm
SN54HC04W	CFP (14)	9.20 mm × 6.29 mm
SN54HC04FK	LCCC (20)	8.90 mm × 8.90 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.



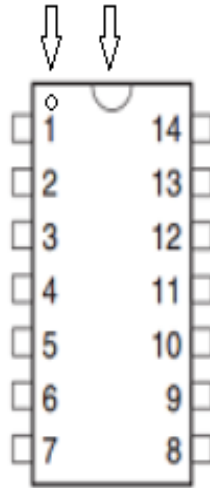
**Functional pinout**

 An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

### Datasheet do 7404

Dentre as várias informações presentes no datasheet uma das mais importantes é a “pinagem” do circuito integrado, ou seja, a função de cada um dos pinos deste circuito.

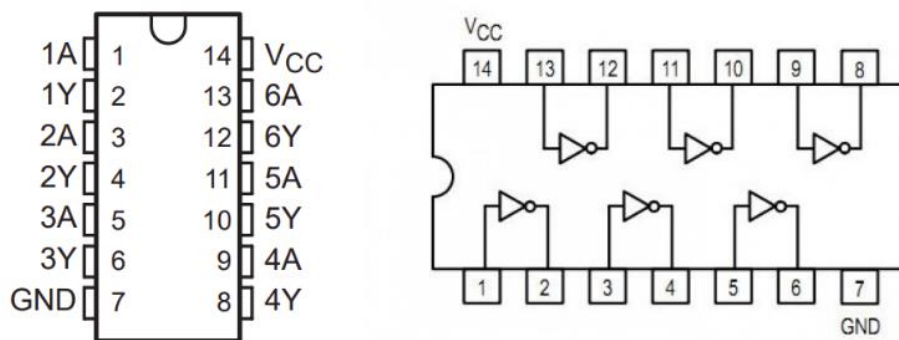
Existem várias embalagens de circuitos integrados, nos nossos experimentos serão utilizados principalmente circuitos integrados do tipo PDIP como o da figura anterior. Nestes circuitos integrados os pinos são numerados no sentido anti-horário, iniciando pela marcação. Veja a figura a seguir.



Numeração dos pinos do circuito integrado

Existem circuitos integrados com números de pinos diferentes, mas a lógica de numeração é sempre a mesma.

A partir da folha de dados é possível determinar a estrutura interna do circuito integrado e como ele pode ser utilizado, veja na figura a seguir a “pinagem” do 7404.

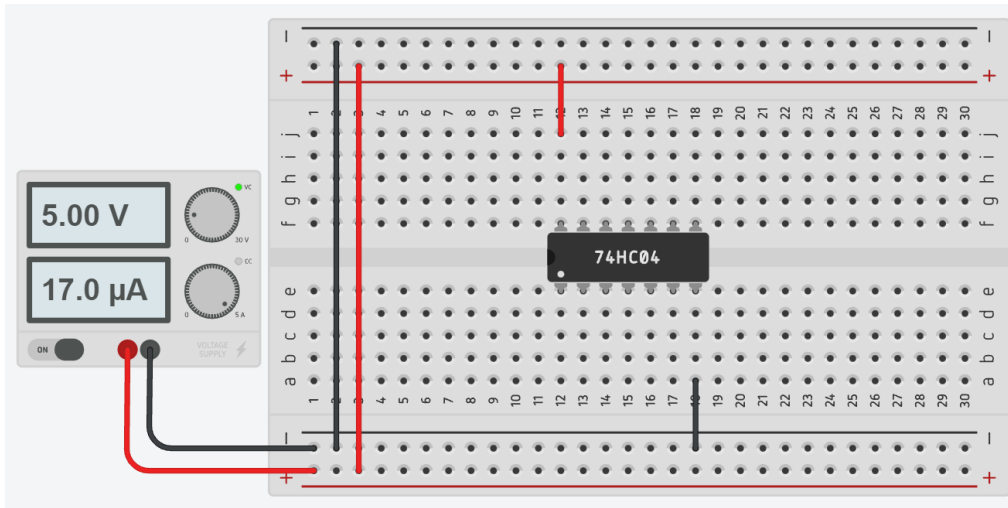


Circuito integrado 7404.

Observando a figura notamos que o 7404 é composto internamente por 6 portas lógicas inversoras, que podem ser utilizadas separadamente. Por exemplo, a entrada da primeira porta inversora é o pino 1 e a saída desta porta é o pino 2.

Uma característica muito importante dos circuitos integrados é que eles necessitam de energia para funcionar, ou seja, eles devem ser alimentados, normalmente com 5V. As características elétricas de cada circuito estão na sua folha de dados, mas na maioria dos nossos experimentos a alimentação é de 5V.

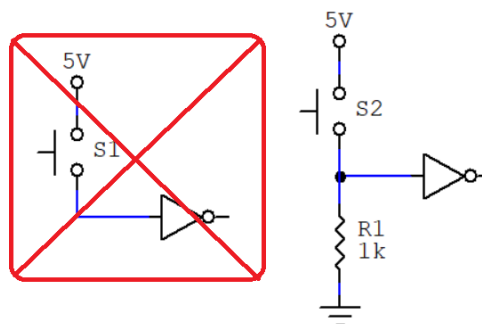
No 7404 apresentado na figura os pinos 7 e 14 são reservados para a alimentação, e são marcados como VCC e GND. **VCC é a alimentação positiva de 5V e GND é a alimentação negativa.** Veja um exemplo de alimentação do circuito integrado na figura a seguir.



Alimentação do circuito integrado

É importante destacar que na maioria dos diagramas de circuitos eletrônicos digitais a alimentação do circuito integrado é suprimida, mas para a montagem prática ela **deve ser implementada**.

Outra informação importante com relação a utilização de circuitos integrados é que pinos de entrada desconectados podem assumir qualquer valor lógico, ou seja, para que nossos circuitos funcionem adequadamente é necessário garantir o nível lógico apropriado em sua entrada. Veja a figura a seguir.

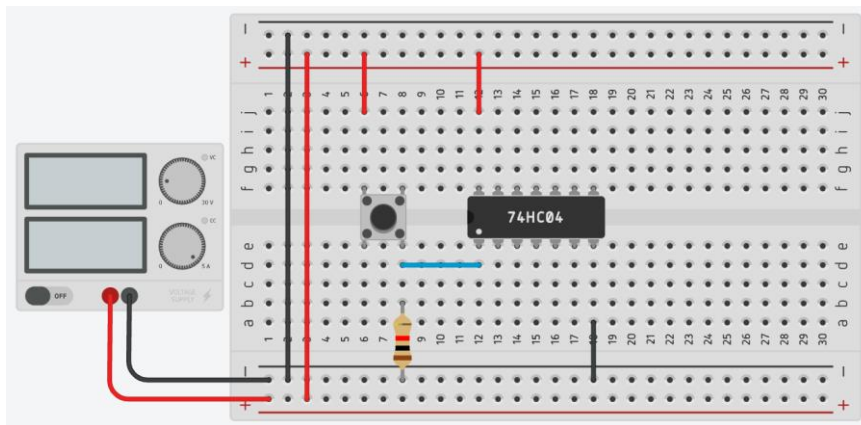


Entradas digitais dos circuitos integrados

Na figura é utilizado um botão para enviar nível lógico 1 a uma porta inversora. Na esquerda, a chave quando pressionada envia 5 V ao circuito integrado (nível 1), porém quando a chave não está pressionada a entrada da porta inversora fica desconectada e com um nível lógico indeterminado.

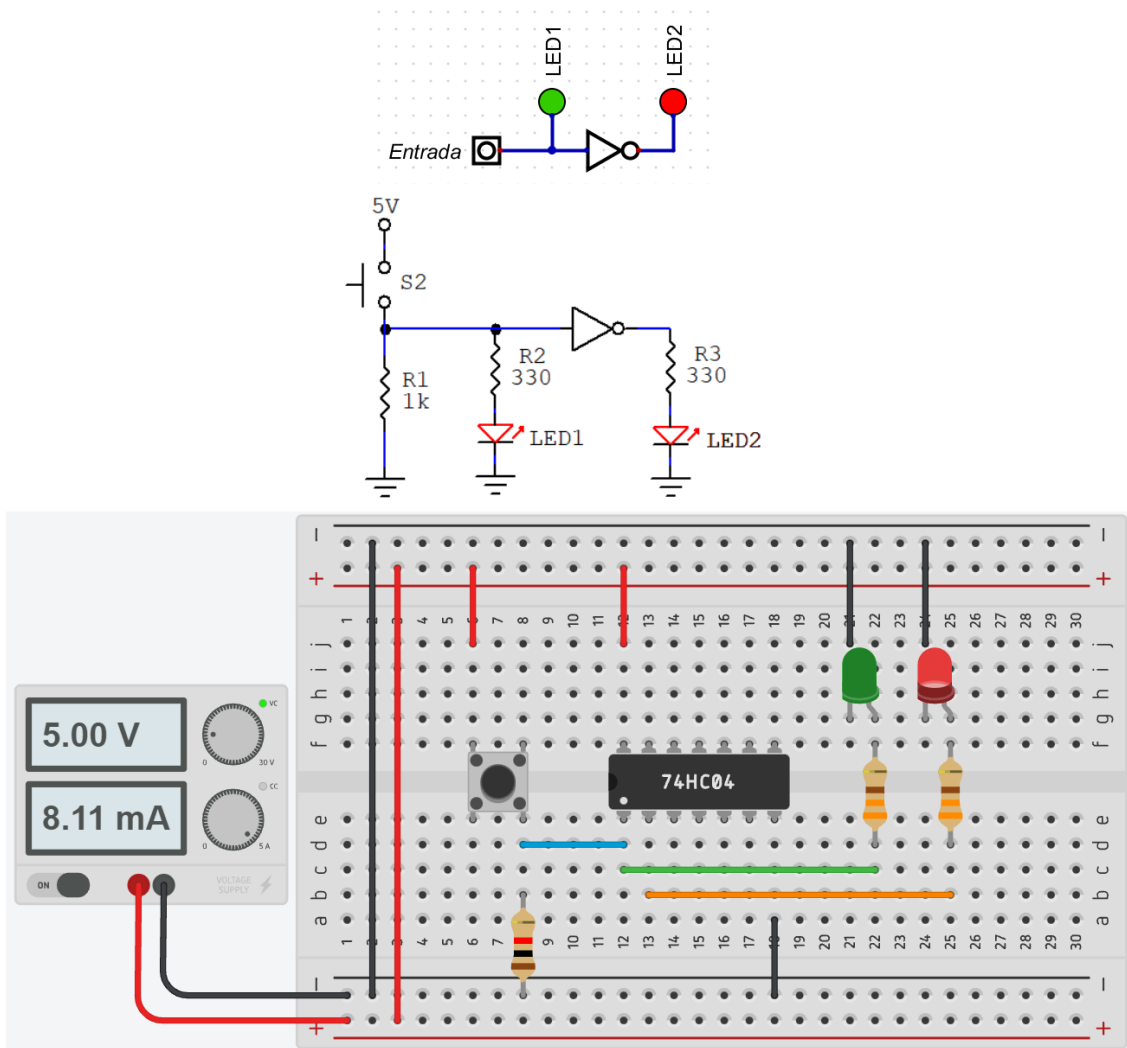
Para evita isso, no circuito da direita da figura é adicionado um resistor de forma a garantir 0 V (nível 0), quando a chave não está pressionada.

A montagem deste circuito no protoboard é apresentada na figura a seguir.



Montagem no protoboard.

Desta forma, a montagem de circuitos digitais reais apresenta algumas características que não são apresentadas nos diagramas de circuito, veja um exemplo na figura a seguir.



Diferentes visualizações de um circuito digital.

Nesta figura, são apresentadas três versões do mesmo circuito digital. A primeira é um diagrama utilizado em um simulador de circuitos digitais. Nestes simuladores os detalhes dos circuitos são suprimidos.

Na segunda implementação está um diagrama eletrônico mais completo, apresentado todos os componentes necessários a sua implementação.

E na parte inferior da figura está a montagem deste circuito no protoboard.

### Implementação de funções booleanas com portas lógicas.

Em aplicações práticas é comum que se deseje implementar na forma de um sistema digital físico as funções booleanas necessária ao funcionamento do nosso sistema. A implementação das funções booleanas na forma de circuitos eletrônicos digitais é possível através da utilização de portas lógicas.

Como exemplo vamos implementar a seguinte função booleana na forma de um circuito digital utilizando portas lógicas.

$$y = \bar{a} \cdot \bar{b} + \overline{(b + c)} + a \cdot b \cdot c$$

O circuito digital da Figura a seguir implementa esta função.

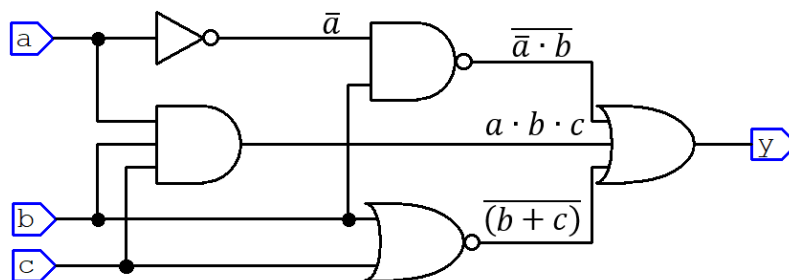
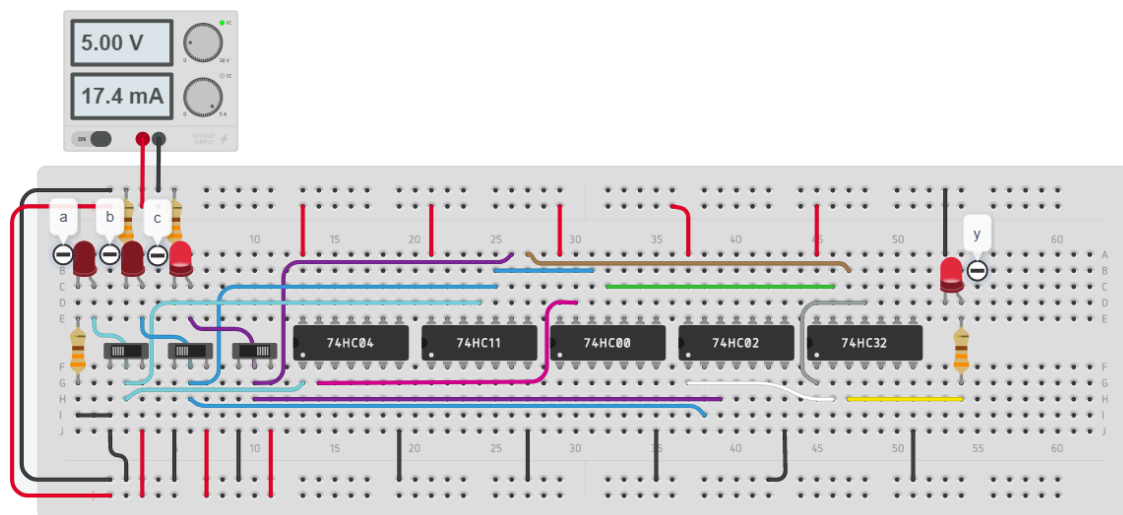


Diagrama do circuito.

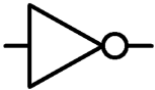
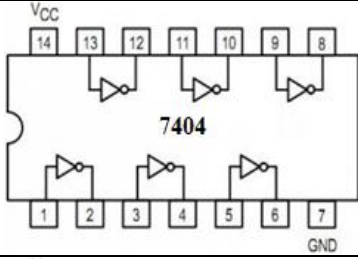

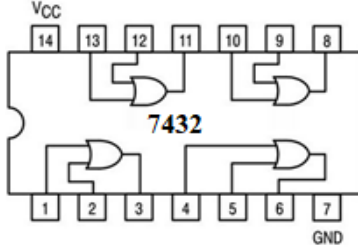

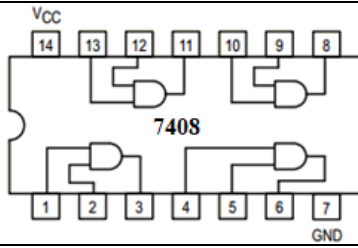
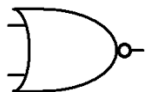
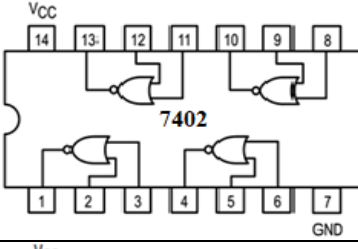
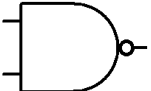
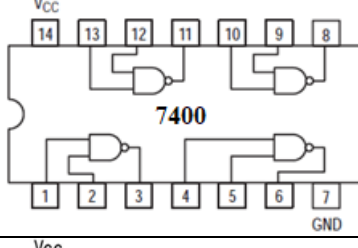

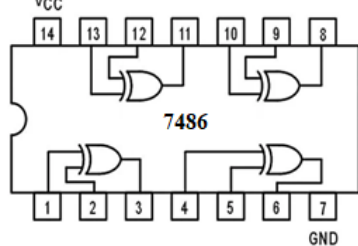
Com base neste diagrama poderíamos montar então o circuito físico para executar a função desejada. A Figura a seguir apresenta a montagem deste circuito.



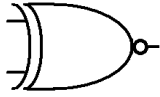
Montagem do circuito no protoboard.

## Principais circuitos integrados lógicos

A tabela a seguir mostra os principais circuitos integrados e suas funções lógicas. Estes circuitos serão utilizados nos próximos experimentos.

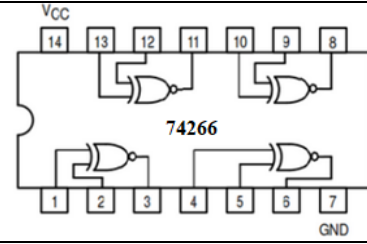
Porta	Símbolo	Função	Tabela Verdade	Circuito Integrado															
Inversora (NOT)		$y = \bar{a}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Entrada</th> <th>Saída</th> </tr> <tr> <th>a</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Entrada	Saída	a	y	0	1	1	0								
Entrada	Saída																		
a	y																		
0	1																		
1	0																		
OU (OR)		$y = a + b$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	a	b	y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	
a	b	y																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
E (AND)		$y = a \cdot b$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	a	b	y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	
a	b	y																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
Não OU (NOR)		$y = \overline{a + b}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	a	b	y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	
a	b	y																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
Não E (NAND)		$y = \overline{a \cdot b}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	a	b	y	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
a	b	y																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
OU Exclusivo (XOR)		$y = a \oplus b$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	a	b	y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
a	b	y																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	

Não OU  
Exclusivo  
(XNOR)



$$y = \overline{a \oplus b}$$

a	b	y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1





## Parte experimental

### Projeto de um sistema de controle de movimento para uma ponte rolante

Um modelo de ponte rolante é apresentado na figura a seguir. O projeto consiste em um sistema digital que controle os movimentos desta ponte rolante.



Modelo da ponte rolante

Deseja-se construir um circuito lógico para controlar o movimento de uma ponte rolante, que se restringe a movimentos para a esquerda e para a direita.

Os movimentos são controlados através de um painel que contém dois botões normalmente abertos. Um deles serve para movimentar o carro da ponte para a esquerda e o outro para a direita.

Como medida de segurança, nas extremidades da ponte, devem ser instalados sensores de fim de curso.

#### A metodologia de projeto consiste em:

- A partir do problema, identificar a lógica de operação (convenções e atribuições), as variáveis de entrada e as variáveis de saída;
- Obter a tabela-verdade;
- Obter a expressão booleana;
- Simplificar a expressão booleana;
- Montar o circuito lógico com portas lógicas.

#### Para o caso da ponte rolante, têm-se:

- Variáveis de entrada:
  - E - Botão que determina movimento para a esquerda;
  - D - Botão que determina movimento para a direita;
  - Se - Sensor de fim de curso da extremidade esquerda;
  - Sd - Sensor de fim de curso da extremidade direita.

- Variáveis de saída:
  - Me - motor ligado para a esquerda;
  - Md - motor ligado para a direita.

### Determinação da lógica utilizada

**E=1:** botão do movimento para a esquerda **acionado**;  
**E=0:** botão do movimento para a esquerda **não acionado**;  
**D=1:** botão do movimento para a direita **acionado**;  
**D=0:** botão do movimento para a direita **não acionado**;  
**Se=1:** sensor de fim de curso da esquerda **acionado**;  
**Se=0:** sensor de fim de curso da esquerda **não acionado**;  
**Sd=1:** sensor de fim de curso da direita **acionado**;  
**Sd=0:** sensor de fim de curso da direita **não acionado**;  
**Me=1:** motor ligado, tracionando para a esquerda;  
**Me=0:** motor desligado;  
**Md=1:** motor ligado, tracionando para a direita;  
**Md=0** motor desligado.

### Metodologia

Para a realização do experimento primeiramente é necessário obter a tabela verdade a partir da lógica de operação da ponte rolante. Veja o modelo de tabela verdade para este problema a seguir.

Entrada				Saída	
E	D	Se	Sd	Me	Md
0	0	0	0		
0	0	0	1		
0	0	1	0		
0	0	1	1		
0	1	0	0		
0	1	0	1		
0	1	1	0		
0	1	1	1		
1	0	0	0		
1	0	0	1		
1	0	1	0		
1	0	1	1		
1	1	0	0		
1	1	0	1		
1	1	1	0		
1	1	1	1		

A partir desta tabela verdade deve-se então obter a expressão booleana equivalente. Esta expressão deve então ser minimizada utilizando as técnicas estudadas na disciplina teórica.

Utilizando botões para as entradas e LEDs para as saídas esta função booleana deve então ser implementada no protoboard utilizados portas lógicas.

É interessante utilizar simuladores de computador para verificar o funcionamento do circuito projetado, facilitando assim a detecção de falhas no projeto.

Comprovado o funcionamento do circuito prático, um relatório deve ser elaborado e enviado para o professor via sistema SIGAA. O modelo do relatório está disponível na página da disciplina.