

Universidade do Minho - Departamento de Eletrónica Industrial

## Sistemas Digitais - Laboratórios

# TP0 - Introdução aos Sistemas Digitais

**Duração máxima: 1 aula.**

Os alunos devem entregar no final da aula um pequeno relatório, em formato PDF, com a resolução de todas as questões realçadas a sublinhado neste guia. O relatório deve ser entregue no final da aula através da Blackboard no *link* de entrega correspondente ao seu turno. O título do ficheiro deve conter o turno, grupo e trabalho prático (Ex: PL1\_G05\_TP0).

**Durante a realização do trabalho**, os alunos devem:

- 1) Realizar as montagens indicadas no guia utilizando o simulador CircuitVerse.
- 2) Registrar no *logbook* toda a informação relevante (diagramas, esquemáticos, etc.).
- 3) Desenvolver um relatório com as resoluções de todas as questões do guia.

**Depois de realizar o trabalho na totalidade**, os alunos devem:

- 1) Ter adquirido conhecimentos sobre o funcionamento do simulador CircuitVerse.
- 2) Ter adquirido conhecimentos básicos sobre circuitos digitais.

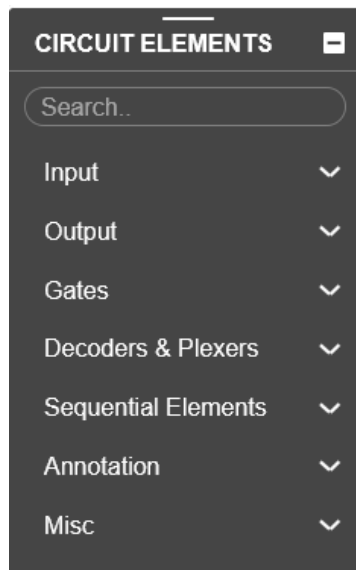
**Elementos de estudo:**

- 1) Slides de Sistemas Digitais.
- 2) John F. Wakerly, "Digital Design, Principles and Practices", Prentice Hall, 2000.

## 1. Simulador de circuitos digitais CircuitVerse

Para a realização deste trabalho será utilizado o simulador de circuitos digitais CircuitVerse (<https://circuitverse.org>). Este é um simulador que funciona através do *browser*, pelo que não requer a instalação de qualquer programa. Apesar de não ser necessário ter uma conta para utilizar o simulador, terá de criar uma conta para poder guardar os projetos e circuitos que desenvolver e poder assim ter um link ao projeto para colocar no relatório.

Para utilizar o simulador, pode clicar em *Launch Simulador* na página principal. Após isto, irá ser aberta a página onde podem simular os vossos circuitos. Do lado esquerdo, em *Circuit Elements* (Figura 1), irão ter acesso a todos os elementos necessários para “montar” o circuito.



**Figura 1. Painel dos elementos onde é possível adicionar o circuito.**

Do lado direito do simulador, é possível modificar o nome do projeto e do circuito com um nome mais adequado. Um mesmo projeto pode ter vários circuitos. Para guardar este projeto, basta carregar em *Save Online* no painel de acesso rápido (à esquerda do painel das propriedades). O circuito fica agora guardado na sua conta. Pode confirmar isso acedendo à sua *Dashboard* (canto superior direito, carregando no nome da sua conta). Na secção *My Circuits* da *Dashboard* estão disponíveis todos os seus projetos desenvolvidos. Para obter o link do projeto pode-o fazer carregando em *More* - uma nova página irá abrir com apenas aquele projeto, em que o URL dessa nova página ficará a ser o *link* partilhável do projeto, para colocar no relatório.

## 1.1. Circuitos integrados

A Figura 2 apresenta o *pinout* de alguns dos circuitos integrados (CIs) da família TTL mais utilizados. Estes integrados contêm apenas elementos digitais básicos (portas lógicas), existindo outros integrados com elementos mais complexos, que serão vistos depois.

**Deve sempre consultar o *datasheet* de cada CI utilizado antes de iniciar o trabalho,** não só para conhecer o seu *pinout* (repare, por exemplo, que o 7402 tem *pinout* diferente do 7400), mas também para se obterem informações importantes sobre o seu funcionamento e características elétricas.

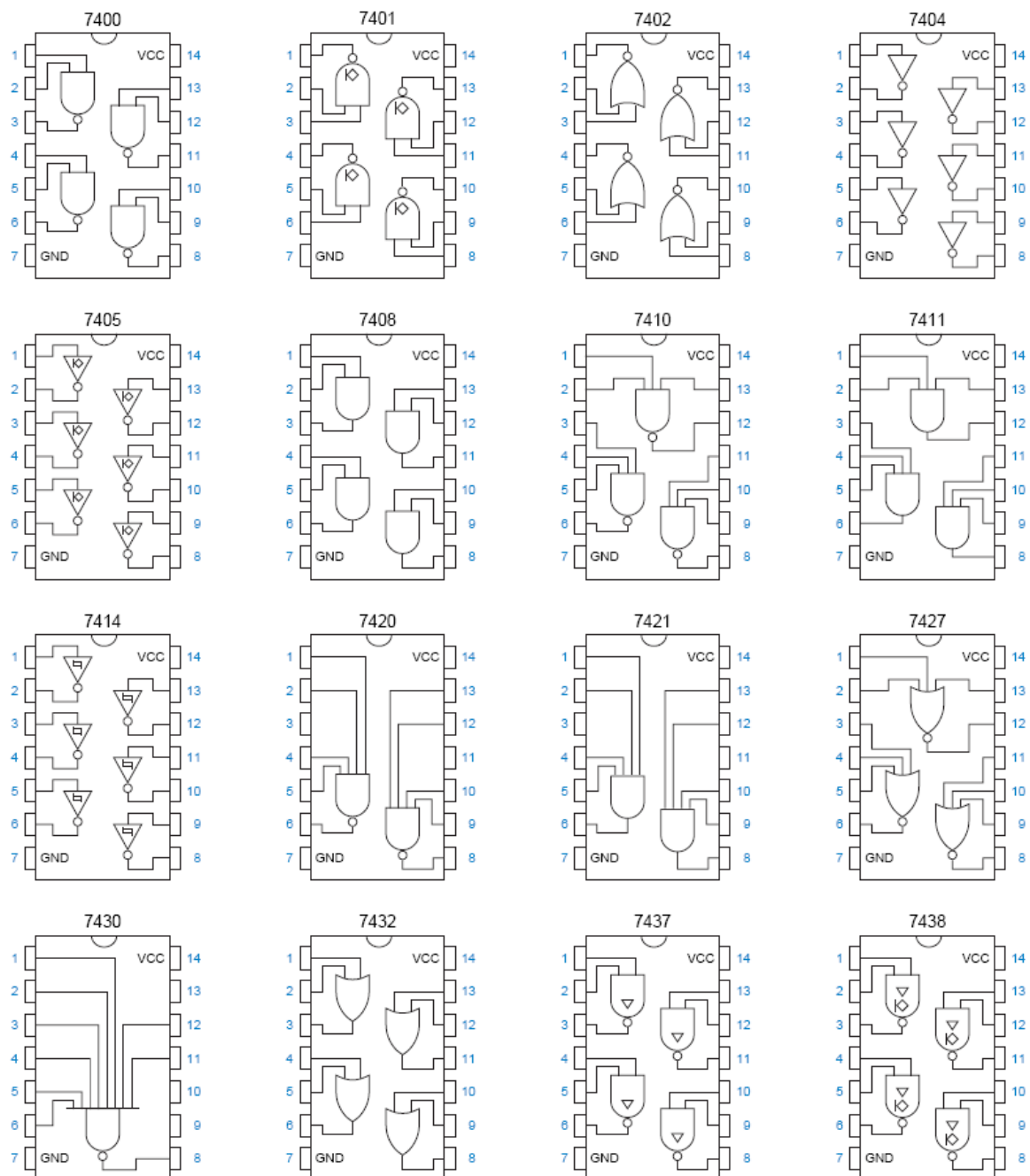
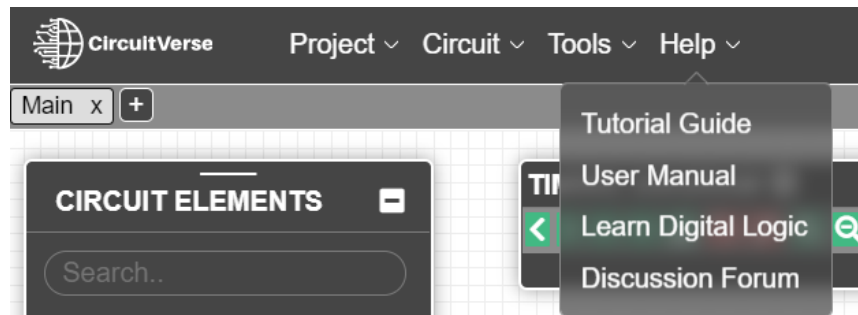


Figura 2 - *Pinout* de alguns dos integrados TTL mais utilizados.

## 1.2. Introdução ao simulador

Antes de começar a utilizar o simulador, é recomendado seguir o tutorial, bem como consultar a documentação disponível (Figura 3).



**Figura 3.** Na secção *Help* do simulador poderá seguir um tutorial básico, bem como consultar a sua documentação.

1 – Após a realização do tutorial e a leitura do seu manual de utilização, apresente no relatório as respostas às seguintes perguntas e tarefas:

- Quantos elementos de *input* estão disponíveis? Quais os seus nomes?
- Quantos elementos de *output* estão disponíveis? Quais os seus nomes?
- Quantas *gates* (portas lógicas) estão disponíveis? Desenhe e identifique cada uma delas e atribua o número do IC correspondente (Figura 2). No relatório coloque o símbolo da porta lógica, com as suas entradas e saídas, bem como o seu nome e o número do CI correspondente.
- Implemente uma porta lógica inversora (NOT). Coloque uma imagem no relatório da implementação da porta lógica no simulador.

## 1.3. Simulação de portas lógicas

Os circuitos digitais operam com níveis lógicos binários (0 e 1). Nos trabalhos práticos efetuados nas aulas práticas, iremos considerar que o nível lógico 0 corresponde a tensões próximas de 0 V, e o nível lógico 1 corresponde a tensões em torno de 4 ou 5 V.

A Figura 4 apresenta uma porta lógica OR com 2 entradas (X e Y) e uma saída (Z). Como mostra a Figura 2, o circuito integrado 7432 contém 4 portas OR de 2 entradas, pelo que poderia utilizar qualquer uma à escolha caso fizesse uma montagem. No simulador CircuitVerse pode obter esta porta lógica e outras na secção *Gates*.



**Figura 4 - Porta lógica OR.**

2 - Insira a porta lógica OR no simulador. Adicione duas entradas do tipo *Input* a essa porta lógica e uma saída, neste caso pode ser um *DigitalLed*. Caso cometa um erro durante a edição, pode facilmente voltar para trás com o botão *Undo* do painel de acesso rápido.

Clicando em cada uma das entradas é possível comutar o valor de 0 para 1 e vice-versa. O LED irá acender quando a saída da porta tem o nível lógico “1” e ficar apagado quando a saída tem o nível lógico “0”.

Preencha a Tabela 1 com todas as combinações possíveis de entrada na porta lógica e com o nível lógico de saída. Repita o processo para as seguintes portas lógicas: AND,

NAND, NOR e XOR. No relatório coloque a tabela para cada porta lógica, devidamente identificadas, bem como o *link* do projeto da simulação das portas lógicas.

Tabela 1 - Tabela a preencher com os níveis lógicos das portas.

X	Y	Z

#### 1.4. Projeto de um circuito completo

3 – Como já deve ter percebido, no simulador não é necessário ligar as alimentações a nenhuma das portas lógicas, nem é necessário adicionar uma resistência de limitação de corrente ao LED. Porém, numa montagem real, isto tem sempre que ser feito, caso contrário o circuito não irá funcionar corretamente, havendo ainda o risco de danificar os componentes.

Na Figura 5 é apresentado o *pinout* do IC 7432, que corresponde à porta lógica OR. A partir da Figura 5, desenhe o resto do circuito à volta do CI, igual àquele que utilizaria numa montagem, usando apenas uma das quatro portas lógicas. Assuma que dispõe de uma tensão de alimentação de +5 V, de 2 interruptores de 2 posições, e que é usado um LED para verificar a saída da porta lógica. Dimensione a resistência do LED assumindo que a tensão de saída do CI é de +5 V, a tensão de funcionamento do LED é de +2 V e a corrente de funcionamento do LED é de 3 mA. Para já não precisa de ter em consideração as limitações de corrente que a porta lógica pode fornecer, pelo que pode ligar o LED em série com a resistência na saída da porta lógica para a massa (GND). Pode usar um programa de edição de imagem para fazer o desenho ou simplesmente usar o desenho feito no seu *logbook*, tirando depois uma fotografia (legível) para colocar no relatório.

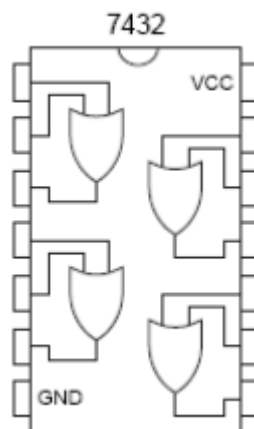


Figura 5. Pinout do CI 7432 (OR).