

# INSTITUTO SUPERIOR de ENGENHARIA de LISBOA

## Licenciatura em Engenharia Informática e Multimédia

2.º Semestre Letivo 2024/2025

### Computação Física

#### 1.º Trabalho Prático

**Objetivos:** Operações aritméticas com números binários. Projeto de circuitos combinatórios. Utilização de tabelas de verdade. Simplificação algébrica de funções lógicas usando as respetivas propriedades e usando mapas de *Karnaugh*. Desenho de circuitos lógicos. Projeto de circuitos sequenciais utilizando o grafismo ASM. Simulação dos circuitos projetados no Arduino.

1. Projete uma ALU (*Arithmetic and Logic Unit*) para operar dois números binários,  $A$  e  $B$ , a três (3) bits cada, consoante uma palavra de controlo  $C$ , a dois (2) bits. Das operações, ter-se-á um resultado  $R$ , que é um número binário a três (3) bits, com a afetação de *flags* em conformidade. A ALU deverá dispor de uma entrada de *Enable* ( $E$ ), ficando inibida de fornecer resultados em qualquer das suas saídas, caso esta entrada esteja inativa. As funcionalidades operativas, e de afetação de *flags* da ALU, encontram-se indicadas e descritas na seguinte tabela:

Controlo (c)		Funcionalidade			Flags		
$C_1$	$C_0$	Mnemónica	Designação	Operação	$Cy/Bw$	$Ov$	$Z$
0	0	ADD	Adição	$R = A + B$	•	•	•
0	1	SUB	Subtração	$R = A - B$	•	•	•
1	0	NOR	NOR bit-a-bit	$R = \overline{A + B}$	–	–	•
1	1	NAND	NAND bit-a-bit	$R = \overline{A \cdot B}$	–	–	•

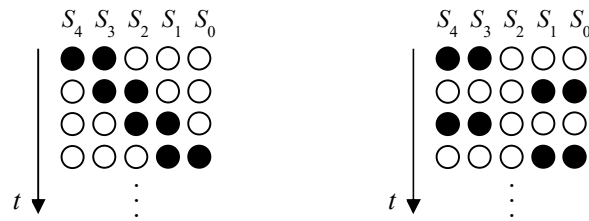
A *flag*  $Cy/Bw$  deve ser considerada interpretando-se os números  $A$ ,  $B$  e  $R$  em código binário absoluto. A *flag*  $Ov$  deve ser considerada quando  $A$ ,  $B$  e  $R$  são interpretados em código binário de complementos. A representação dos números, em ambos os domínios, é a 3 bits.

- a) Defina o modelo “caixa preta” da ALU, em termos dos sinais de entrada e de saída;
- b) Adote uma abordagem modular à ALU, dividindo-a em módulos distintos quanto à funcionalidade, definindo as entradas e as saídas de cada módulo;
- c) Obtenha as expressões lógicas simplificadas de cada módulo e faça o respetivo teste no Arduino;
- d) Desenhe o circuito lógico completo simplificado;
- e) Simule e teste o circuito combinatório da ALU no Arduino.

Nota: Devido à limitação do número de pinos digitais do Arduino, podem ser utilizados também os pinos das entradas analógicas para *input/output* digital, se for necessário.

2. Projete um gerador de sequências luminosas repetitivas que, sobre uma linha de cinco LEDs, ao ritmo de um sinal de *clock*, seja capaz de cumprir as sequências mostradas nas seguintes figuras. Em qualquer momento, o utilizador deve ter a possibilidade de selecionar qual das duas sequências deve ser mostrada.

Nota: círculo preto significa LED aceso e círculo branco significa LED apagado.



- Defina o modelo “caixa preta” do gerador de sequências, em termos dos sinais de entrada e de saída;
- Desenhe o ASM que descreve o funcionamento pretendido;
- Desenhe modelo de *Moore-Mealey*, baseando a implementação em *flip-flops* do tipo D e do tipo J-K;
- Projete e implemente as funções de estado seguinte (FES) e de saída (FS);
- Desenhe o circuito lógico completo simplificado e simule-o no Arduino.

Este trabalho tem a duração de 4 aulas laboratoriais e é realizado em grupo, fazendo parte da avaliação prática da disciplina. Os objetivos de cada aula, sujeitos a validação (que é parte integrante da nota da implementação do trabalho), correspondem a completar as seguintes alíneas na respetiva aula:

- Aula laboratorial 1 – Questões 1 a), 1 b) e 1 c);
- Aula laboratorial 2 – Questões 1 d) e 1 e);
- Aula laboratorial 3 – Questões 2 a), 2 b) e 2 c);
- Aula laboratorial 4 – Questões 2 d) e 2 e).

#### Considerações sobre as entregas dos relatórios:

- O relatório de cada aula do 1.º Trabalho Prático deverá ser submetido via Moodle, no *link* disponibilizado para o efeito, até ao limite de uma semana após a respetiva aula prática, na respetiva turma.
- O relatório de cada aula deve constar de um único ficheiro em formato “.pdf”. Não entregar em formato Word, ou outro qualquer editável! Deverá ser também incluído todo o código realizado (quando este existir), devidamente comentado e separado, exercício a exercício.
- O formato a utilizar para o nome do ficheiro, a submeter via Moodle, é o seguinte:

Gxx\_Tyyy\_TP1\_Aulazz.pdf

(xx identifica o grupo, yyy identifica a turma e zz identifica a aula, no respetivo trabalho).

- Exemplo: G02\_T21D\_TP1\_Aula01.pdf (relatório da 1.ª aula do Trabalho Prático 1, realizado pelo Grupo 2 da turma LEIM21D).
- A submissão referente à última aula do trabalho deve incorporar o acumulado dos relatórios parciais anteriormente entregues. Este documento final deve conter capa, índice, lista de figuras e tabelas, conclusões, etc. Caso o grupo tenha realizado melhorias ao conteúdo entregue nas semanas anteriores, pode e deve colocar o conteúdo melhorado nesta versão final do relatório.
- A discussão do trabalho será realizada em data a determinar pelo docente da parte laboratorial.

Os docentes,  
Carlos Carvalho, Jorge Pais e João Casaleiro