

# Módulo 1

## Representação de sistemas digitais e implementação com componentes TTL

### Objectivos

---

*Pretende-se que o aluno compreenda o relacionamento entre a representação por tabelas e por expressões booleanas. É igualmente objectivo deste módulo que o aluno saiba descrever problemas usando diversas representações (texto, tabelas, expressões algébricas, diagrama lógico) e que obtenha as expressões minimizadas pelo método exaustivo (algébrico). Em terceiro lugar, pretende-se que o aluno conheça os circuitos integrados TTL da família 74LSXXX, de modo a ser capaz de concretizar um sistema digital com circuitos integrados desta família.*

*Leituras: Wakerly, secções 4.1.6, 4.3.1, 4.3.2 e 4.3.3.*

---

## Problemas

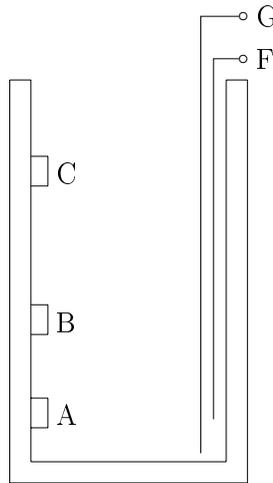
### P1: Tabelas de verdade

Construa uma tabela de verdade que descreva o funcionamento de cada um dos seguintes circuitos:

1. Um dado motor deve ser activado, usando 3 interruptores, quando está ligado apenas um deles ou quando estão ligados simultaneamente os 3.
2. Numa unidade fabril, uma passadeira eléctrica é usada para recolher o material de 3 postos. Junto a cada posto está um botão que deve ser continuamente premido pelo funcionário desse posto, assim que ele tenha colocado material na passadeira. Esta (a passadeira) só é activada quando os 3 botões estiverem a ser premidos. Contudo, com o intuito de avisar eventuais funcionários atrasados nas suas tarefas, quando 2 botões estiverem a ser premidos, uma luz deve ser activada, até o 3º botão ser premido, altura em que a passadeira é posta em actividade.
3. Num determinado processo industrial, 3 sensores de nível condicionam o funcionamento de 2 bombas F e G, de acordo com as seguintes regras:

- Ambas as bombas funcionam quando  $\text{nível}_{\text{água}} \geq \text{nível}_C$ .
- A bomba F funciona e a G não, quando  $\text{nível}_{\text{água}} \geq \text{nível}_B$  e  $\text{nível}_{\text{água}} < \text{nível}_C$ .
- A bomba G funciona e a F não, quando  $\text{nível}_{\text{água}} \geq \text{nível}_A$  e  $\text{nível}_{\text{água}} < \text{nível}_B$ .
- Ambas as bombas não funcionam quando  $\text{nível}_{\text{água}} < \text{nível}_A$ .

Considere que quando os sensores detectam água, devolvem o valor lógico 1 e que as bombas funcionam com o valor lógico 1.



## P2: Circuito conversor binário para 7 segmentos

Pretende-se construir um circuito que, dados 4 bits de entrada B3..B0, representando um número em binário de 0 a 9, produza as saídas C6..C0 correspondentes a um visor de 7 segmentos. Considerar o aspecto gráfico para os algarismos abaixo apresentado.



1. Desenhar o diagramas de blocos;
2. Construir a tabela com a funcionalidade do conversor;
3. Obter as expressões booleanas canónicas para as saídas **C0** e **C1**, por inspeção da tabela anterior;
4. Minimizar as expressões de **C0** e **C1**;
5. As combinações correspondentes aos números 10 a 15 não estão especificadas. Muitas vezes, há algumas combinações que não têm qualquer utilidade para o problema a resolver, i.e. não são definidas as saídas. Repetir a minimização das expressões de **C1** e **C0**, considerando que nos casos 10 a 15 as saídas são *don't care* (i.e. que podem tomar o valor '0' ou o valor '1').
6. Como trabalho para casa, minimizar as expressões de **C2** a **C6** do conversor.

### P3: Simplificação de funções

Considere as seguintes funções booleanas:

- $P(A, B, C) = \bar{A}.\bar{B}.C + \bar{A}.B.\bar{C} + A.\bar{B}.\bar{C} + A.B.C$
- $Q(A, B, C) = \bar{A}.\bar{B}.\bar{C} + \bar{A}.\bar{B}.C + A.\bar{B}.\bar{C} + A.\bar{B}.C + A.B.\bar{C} + A.B.C$
- $R(A, B, C) = \sum_{A,B,C} m(1, 2, 3, 6)$
- A função  $S(A,B,C)$  dada pela seguinte tabela

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

- $T(A, B, C, D) = \bar{A}.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + \bar{A}.\bar{B}.C.\bar{D} + A.\bar{B}.\bar{C}.\bar{D} + A.\bar{B}.C.D + A.B.\bar{C}.\bar{D} + A.B.C.D$
- $U(A, B, C, D) = \sum_{A,B,C,D} m(3, 4, 6, 9, 12, 13, 15)$

1. Simplifique as funções usando as leis e os teoremas da Álgebra Booleana.
2. Relativamente à função P, desenhe os diagramas lógicos para a expressão na forma canónica e para a expressão na forma simplificada que obteve.

### P4: Implementação de sistemas digitais com componentes TTL

Nesta secção pretende-se que o aluno tome conhecimento das características físicas e funcionais dos circuitos integrados TTL da família 74LSXXX, sendo deste modo capaz de concretizar um sistema digital, recorrendo a circuitos integrados dessa família.

1. Implementar o controlador de passadeira eléctrica, descrito no exercício 2 da secção P1, numa placa de testes (*breadboard*) e utilizando circuitos integrados TTL da família 74LSXXX. Na implementação deve usar apenas portas lógicas (AND, OR e NOT) de 2 entradas. O diagrama de blocos do controlador de passadeira eléctrica é apresentado na figura 1.
2. Verificar o correcto funcionamento do circuito, aplicando todas as combinações possíveis aos sinais de entrada (via interruptores) e observando (via LEDs) se as saídas apresentam os valores esperados, de acordo com a tabela de verdade obtida anteriormente.

Para facilitar a implementação do controlador, descreve-se um esquemático (figura 2) obtido a partir da tabela de verdade.

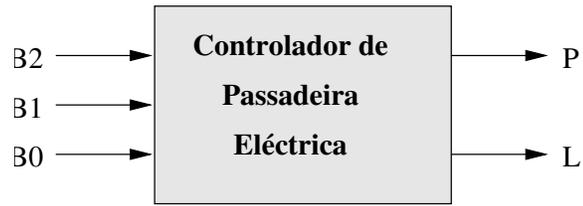


Figura 1: Diagrama de blocos do controlador de passadeira eléctrica.

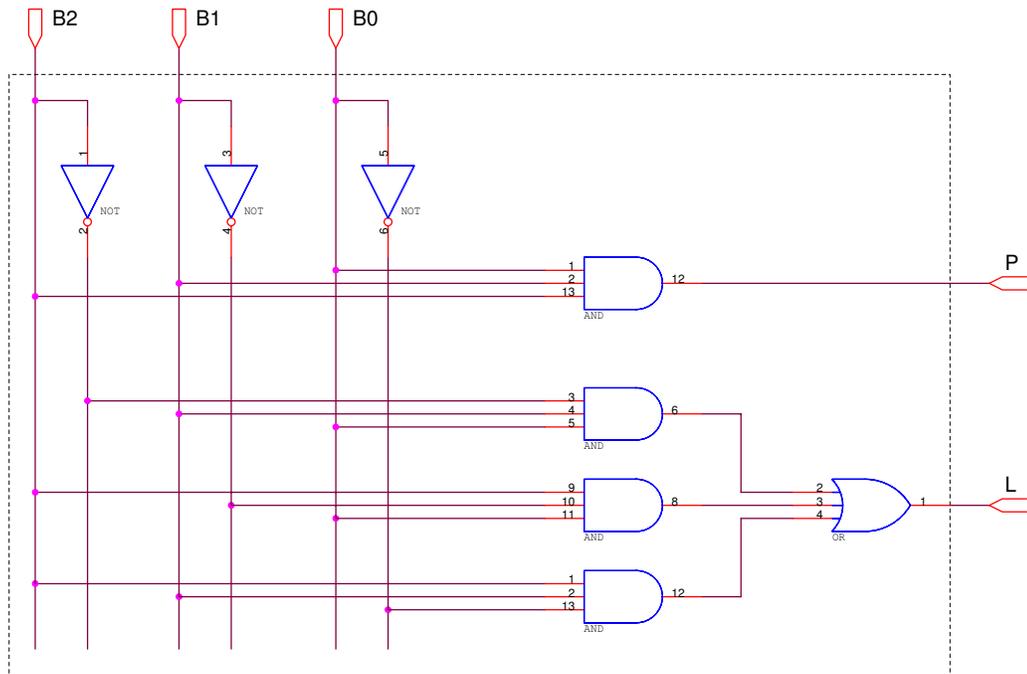


Figura 2: Esquemático do controlador de passadeira eléctrica.

## Referência de alguns circuitos integrados TTL

Porta Lógica	Referência
Inversor (NOT)	74LS04
AND 2 entradas	74LS08
AND 3 entradas	74LS11
AND 4 entradas	74LS21
OR 2 entradas	74LS32
OR 4 entradas	74LS72
NAND 2 entradas	74LS00
NAND 3 entradas	74LS10
NAND 4 entradas	74LS20
NOR 2 entradas	74LS02
NOR 3 entradas	74LS27
XOR 2 entradas	74LS86
XNOR 2 entradas	74LS266
Flip-flop tipo D	74LS74

## Características físicas de alguns circuitos integrados TTL

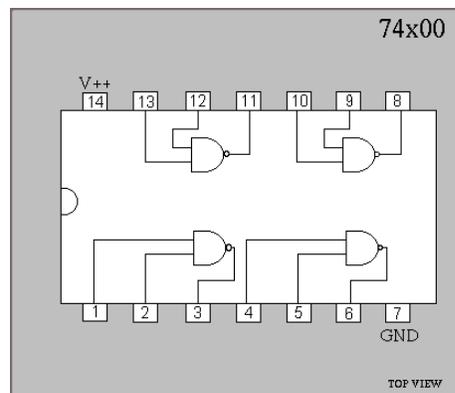


Figura 3: 7400 - quatro portas NAND de 2 entradas

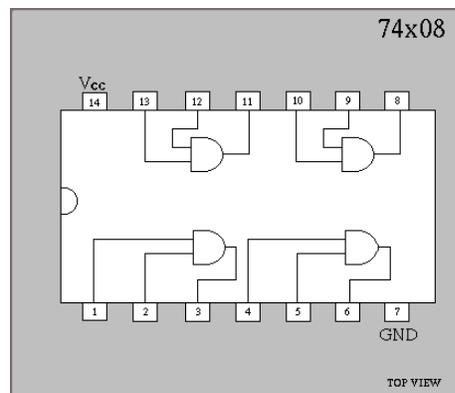


Figura 4: 7408 - quatro portas AND de 2 entradas.

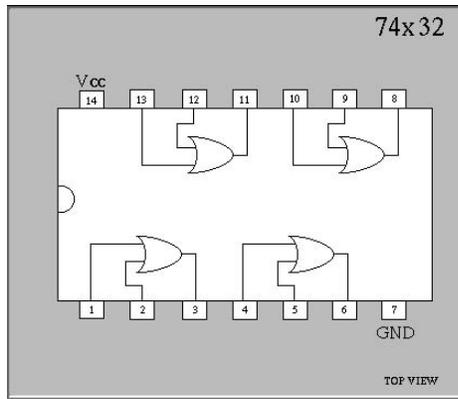


Figura 5: 7432 - quatro portas OR de 2 entradas.

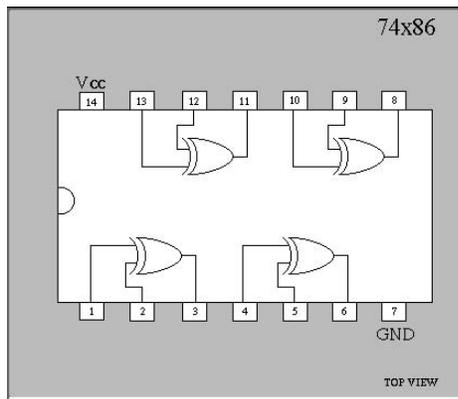


Figura 6: 7486 - quatro portas XOR de 2 entradas.

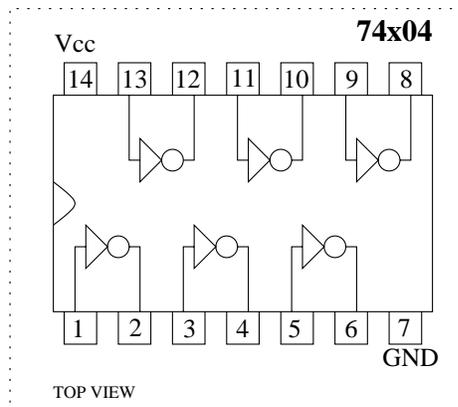


Figura 7: 7404 - seis inversores.