

## Trabalho Prático Nº 6

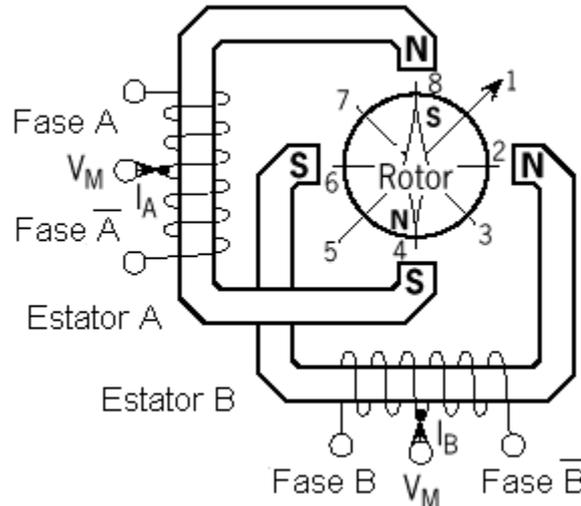
### Controlo de um motor de passo

#### Introdução

Através dum circuito sequencial síncrono, pretende-se controlar um motor de passo unipolar de 4 fases.

#### Princípio de funcionamento do motor de passo

O motor de passo utilizado é um motor unipolar constituído por 4 bobines (4 fases) que envolvem um material electromagnético (estator). O rotor (parte móvel do motor) é constituído por um material magnetizado de forma permanente. Quando uma ou mais bobines são submetidas a uma tensão de alimentação, o campo magnético induzido no estator provoca um movimento de rotação no rotor até se atingir um ponto de equilíbrio.



#### Controlo do movimento rotacional

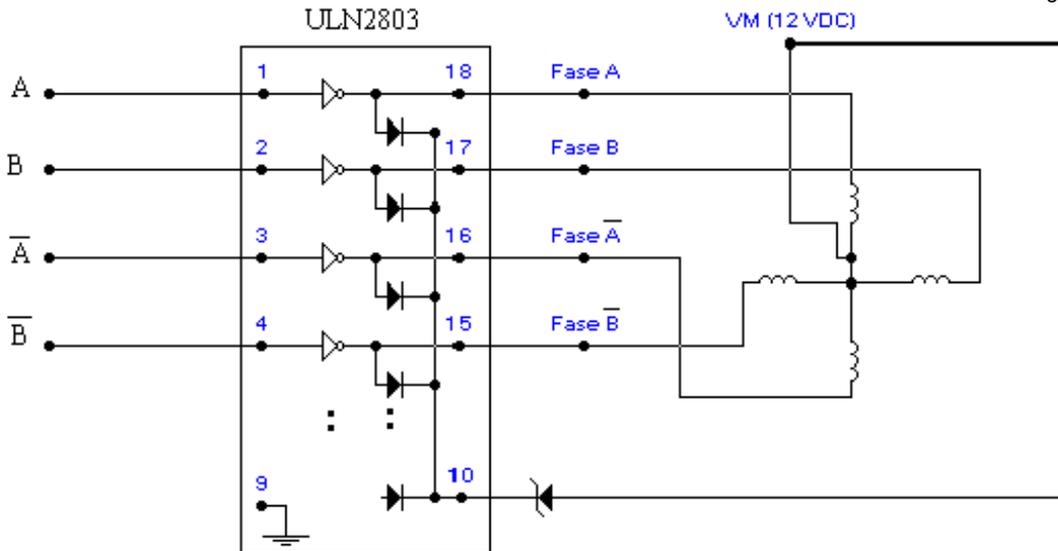
O controlo do movimento rotacional do rotor é conseguido pela aplicação sequencial da tensão de alimentação nas bobines. Neste tipo de motor, é possível aplicar os seguintes modos de funcionamento (“Stepping modes”):

- ◆ “Wave Drive”  
Neste modo de funcionamento, apenas umas das bobines se encontra alimentada. Ao aplicarmos de forma sequencial, uma tensão de alimentação nas fases  $A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B}$ , o rotor roda, passo a passo, ao longo das posições  $8 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6$ .
- ◆ “Full Step Drive”  
Neste modo de funcionamento, duas bobines são simultaneamente alimentadas. Ao aplicarmos, simultaneamente, de forma sequencial, uma tensão de alimentação nas fases  $AB \rightarrow \bar{A}B \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow A\bar{B}$ , o rotor roda, passo a passo, ao longo das posições  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 7$ .
- ◆ “Half Step Drive”  
Este modo de funcionamento combina os dois modos anteriores permitindo uma rotação de meio passo. Ao aplicarmos, simultaneamente, de forma sequencial, uma tensão de alimentação nas fases  $AB \rightarrow B\bar{A} \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow \bar{B} \rightarrow \bar{B}A \rightarrow A \rightarrow AB$ , o rotor roda, passo a passo, ao longo das posições  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8$ .

#### Alimentação do motor de passo

A figura seguinte descreve o circuito de alimentação das bobines do motor de passo. É necessária a utilização do circuito integrado ULN2803 para a condução (“drive”) das intensidades de corrente absorvidas pelas bobines. O ULN2803 permite a condução de intensidades de corrente até 500mA, valor suficiente para as características das bobines do motor de passo do sistema. As entradas 1-4 são compatíveis TTL e permitem controlar o estado ligado/desligado das bobines, de acordo com a tabela seguinte:

Entrada 1-4	Bobine (Fase)
1	Ligada
0	Desligada



### Modos de funcionamento

De acordo com o esquema anterior, o controlo do modo de funcionamento do motor de passo poderá ser obtido por aplicação sequencial e temporizada de valores lógicos nas linhas  $AB\bar{A}\bar{B}$ , conforme se descreve na tabela seguinte:

Modo	$AB\bar{A}\bar{B}$	Fases (Bobines ligadas)
Wave Drive	1000	A
	0100	B
	0010	$\bar{A}$
	0001	$\bar{B}$
Full Step Drive	1100	AB
	0110	$B\bar{A}$
	0011	$\bar{A}\bar{B}$
	1001	$A\bar{B}$
Half Step Drive	1100	AB
	0100	B
	0110	$\bar{A}B$
	0010	$\bar{A}$
	0011	$\bar{A}\bar{B}$
	0001	$\bar{B}$
	1001	$A\bar{B}$
	1000	A

### Controlo da velocidade de rotação

A velocidade de rotação é controlada pelo tempo entre duas seqüências consecutivas. Sendo o módulo de controlo um circuito sequencial síncrono, a velocidade de rotação será determinada pela temporização do sinal de relógio.

## Módulo de controlo

Pretende-se implementar um módulo de controlo baseado num circuito sequencial síncrono, de acordo com as seguintes especificações:

- Deverá ser utilizado o modo de funcionamento “Full Step Drive” para o motor de passo;
- A velocidade do motor de passo será controlada pelo sinal de relógio do sistema;
- A inicialização é feita pela entrada RST, assíncrona e activa a zero, que deve colocar as saídas no estado  $AB \overline{A} \overline{B} = 1100$ ;
- A entrada de controlo X irá permitir controlar o sentido de rotação do motor de passo.

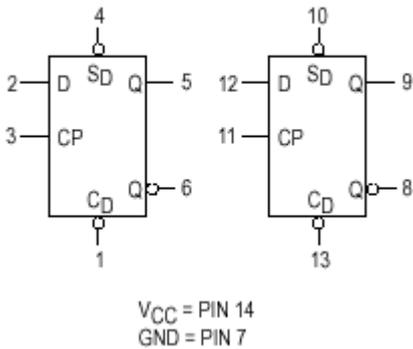
Entrada X	Sequência de estados ( $AB \overline{A} \overline{B}$ )
0	1100⇒0110⇒0011⇒1001⇒1100....
1	1100⇒1001⇒0011⇒0110⇒1100....

## Trabalho a realizar

Analizadas as especificações, construa o diagrama de estados, a tabela de transição de estados e as funções de excitação para flip-flops do tipo D. Implemente o módulo controlador utilizando IC's 7474 (Flip-Flops D) e IC's 7486 (X-OR de duas entradas). Teste o módulo controlador visualizando as saídas  $AB \overline{A} \overline{B}$  nos LED's numa configuração de cátodo comum.

### 7474

#### Dual D-Type Positive Edge-Triggered Flip-Flop LOGIC SYMBOL



#### MODE SELECT — TRUTH TABLE

OPERATING MODE	INPUTS			OUTPUTS	
	S <sub>D</sub>	C <sub>D</sub>	D	Q	Q̄
Set	L	H	X	H	L
Reset (Clear)	H	L	X	L	H
*Undetermined	L	L	X	H	H
Load "1" (Set)	H	H	h	H	L
Load "0" (Reset)	H	H	l	L	H

\* Both outputs will be HIGH while both S<sub>D</sub> and C<sub>D</sub> are LOW, but the output states are unpredictable if S<sub>D</sub> and C<sub>D</sub> go HIGH simultaneously. If the levels at the set and clear are near V<sub>IL</sub> maximum then we cannot guarantee to meet the minimum level for V<sub>OH</sub>.

H, h = HIGH Voltage Level

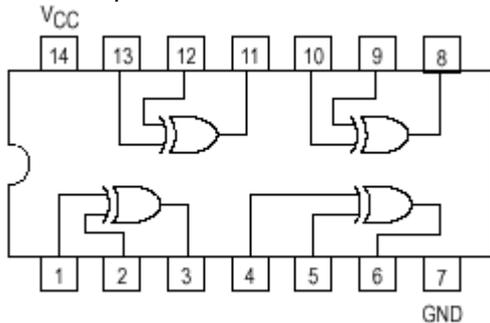
L, l = LOW Voltage Level

X = Don't Care

i, h (q) = Lower case letters indicate the state of the referenced input (or output) one set-up time prior to the HIGH to LOW clock transition.

### 7476

#### Quad 2 Input Exclusive OR



#### TRUTH TABLE

IN		OUT
A	B	Z
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L