

UM DISPOSITIVO FUNDAMENTAL: O MICROPROCESSADOR

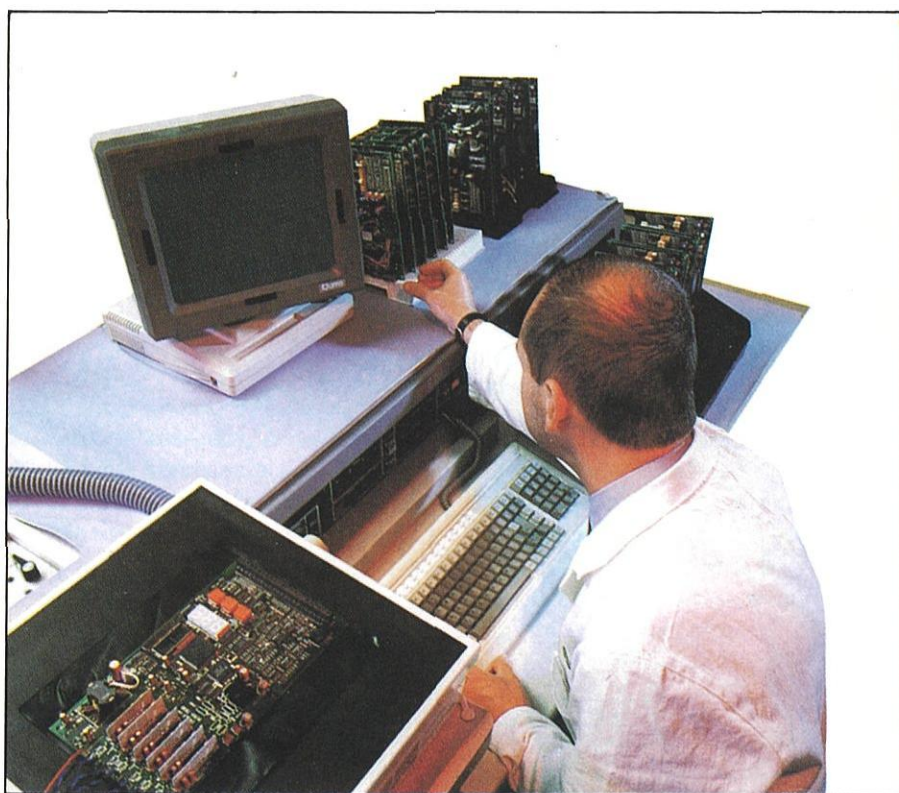


por: Victor Santos *

Em artigo anterior falamos, ainda que ligeiramente, do enquadramento global da Automatização no Sistema de Produção. Continuaremos esta questão, tema de um pequeno conjunto de conversas que pensamos poder manter consigo nesta Revista, mas, por ora, deixamos as questões gerais e iniciamos a abordagem de outros de natureza tecnológica, começando por falar do dispositivo que, hoje, está na base de quase todos os sistemas que implementam a automatização: o microprocessador.

Claro que sabemos que muitos dos nossos eventuais leitores estarão plenamente familiarizados com microprocessadores; no entanto outros não os conhecerão suficientemente e terão até a curiosidade desse conhecimento e assim, embora com o risco de não agradarmos a ninguém, enfatiando uns e sendo demasiado generalistas para outros, começamos por aqui, certos de que «agradar a gregos e troianos será sempre difícil».

* Licenciado em Engenharia Electrotécnica. Mestrado em Sistemas Digitais e Computadores. Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto nas áreas da Informática e da Electrotecnia. Investigador do INESC— NORTE na área dos Sistemas Gráficos e de Imagem.



Muito sinteticamente lembraremos que um processo é um conjunto de actos pelos quais se realiza uma operação, qualquer que seja a sua natureza. Operação assume, nesta definição, o contexto de uma unidade logicamente indivisível, implementável fisicamente por um conjunto, sequencial, ou não de actos ou microoperações.

Um processador é pois, apenas um dispositivo capaz de realizar as microoperações físicas que implementam uma operação logicamente definida.

Utilizamos o termo microprocessador para designar um processador construído com base na tecnologia da electrónica do estado sólido (com todas as vantagens e inconvenientes que daí advêm), dotado de uma constituição (arquitectura) suficientemente geral e flexível para que seja fácil a sua utilização como processador capaz de actuar em ambientes muito diferenciados. Notamos desde já a utilização de termos como microcontrolador e microcomputador que dizem respeito a dispositivos derivados ou baseados no microprocessador mas

tendo características funcionais menos gerais, adaptadas ou tendo em vista um determinado contexto de trabalho menos amplo.

São dois os princípios em que se baseia o funcionamento do microprocessador; um de natureza física e outro conceptual.

O primeiro diz respeito à descoberta e utilização de um dispositivo electrónico, o transistor, com o qual se podem implementar outros dispositivos mais complexos entre os quais os circuitos lógicos simples

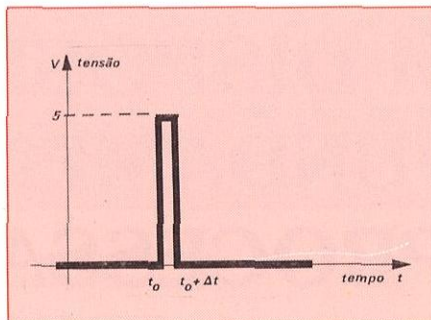
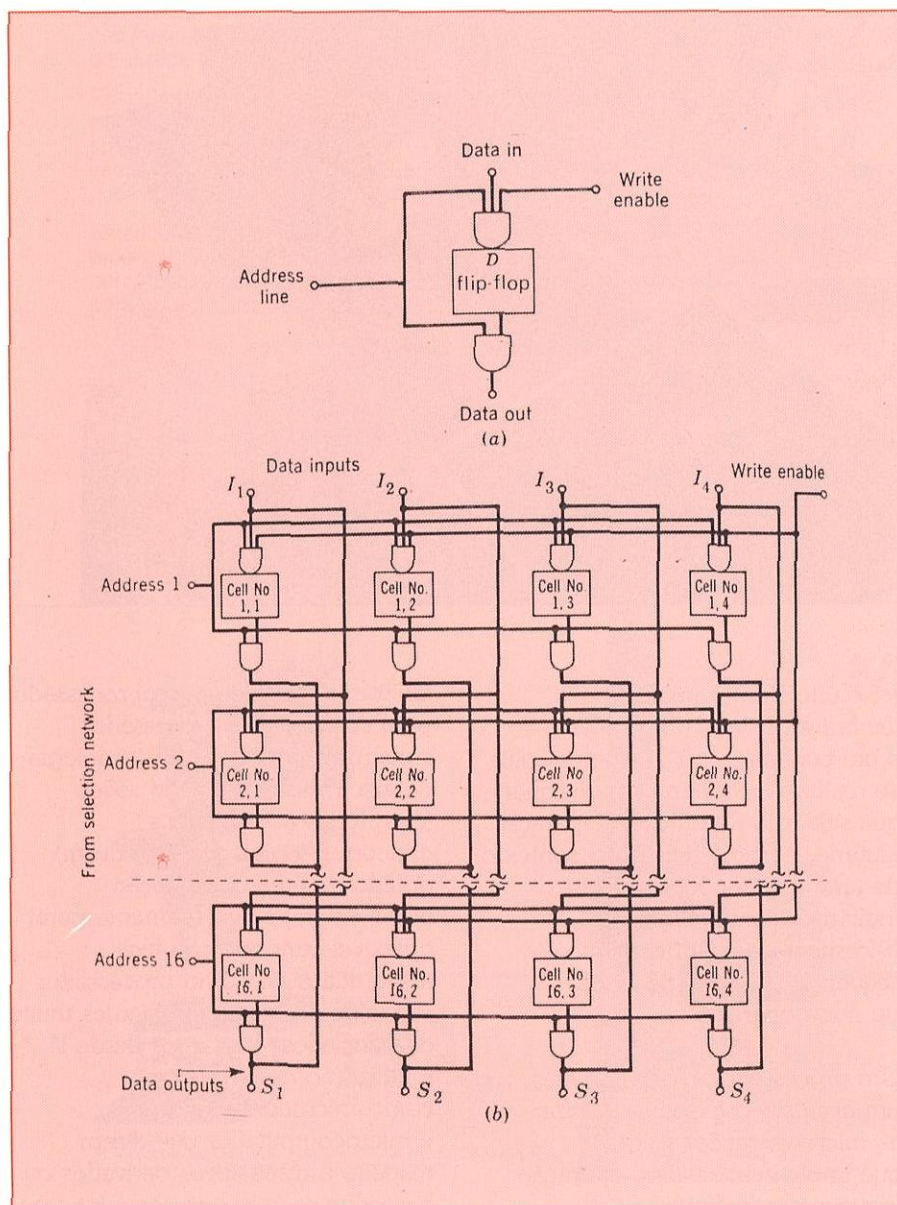


Fig. 1 - impulso de tensão

(AND, OR, etc.) e a báscula ou Flip-Flop, elemento básico de um circuito digital denominado registo.

Fig. 2 - Memória a semicondutor: a) dispositivo básico; b) organizao possível para um agregado de dispositivos básicos, constituindo uma "memória".



A báscula é um circuito de natureza biestável, isto é, só pode permanecer em um de dois estados possíveis, e uma situao de incerteza termina sempre num desses dois estados. Além disso, uma excitao adequada do dispositivo pode fazê-lo transitar de um para outro estado, onde permanecerá, «memorizando» assim esse estado.

É evidente que sendo este dispositivo de natureza eléctrica, os seus estados poderão ser fisicamente materializados pela ausência ou presença de uma grandeza eléctrica, geralmente a tensão.

E a excitao a aplicar para obter a mudança de estado será também da mesma natureza, por exemplo, um impulso de tensão, isto é, a aplicao durante um intervalo de tempo tipicamente curto de uma tensão (fig.1).

Com este dispositivo biestável podem construir-se agregados em número e organizao variável, obtendo-se assim os denominados registos e memórias, utilizáveis como células de arquivo de dados dispondo de acessos para a entrada e a saída dos dados, e ainda o controle da própria célula ou agregado de células (fig.2).

As memórias podem ter tecnologias diferentes, relacionadas com a tecnologia utilizada na construo dos transistores, mas fundamentalmente distinguem-se por uma característica denominada volatilidade.

As memórias voláteis (RAM, por exemplo) são memorizam os estados eléctricos enquanto estão electricamente alimentadas e podem mudar de estado em qualquer momento; as memórias não voláteis (ROM, PROM, EPROM, etc.) mantm o estado eléctrico inicialmente aposto de modo permanente, mesmo na ausência de alimentao, isto é, quando o sistema é desligado.

Outra construo importante utilizando transistores é a de circuitos lógicos elementares.

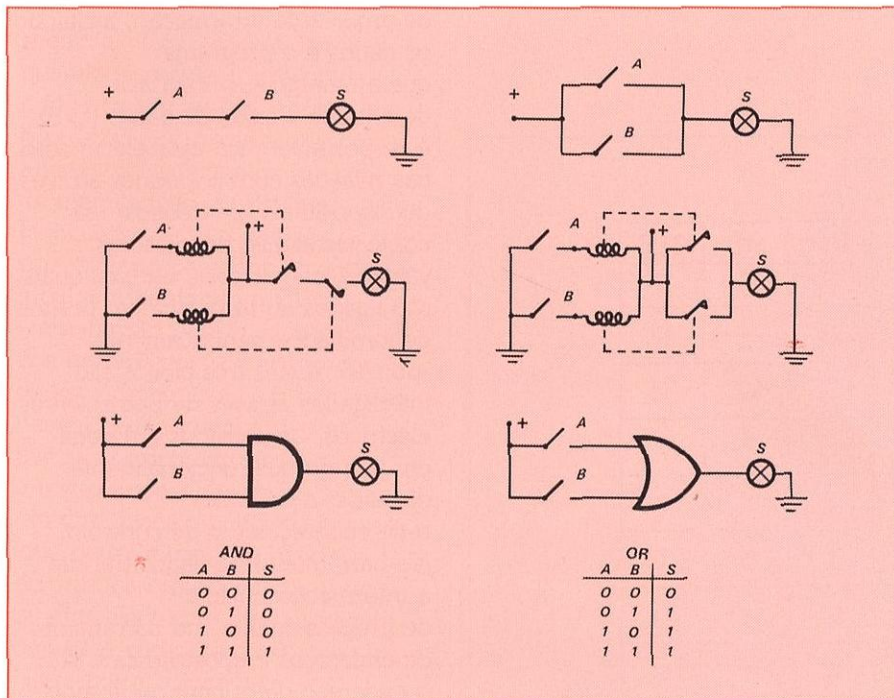


Fig. 3 - As operações lógicas elementares, usando diferentes tecnologias.

Estes circuitos implementam as mesmas operações lógicas (AND, OR, etc.) construídas com interruptores ou contactores na tecnologia de controlo convencional (fig.3).

Com estes dispositivos podem construir-se circuitos de controlo complexos, capazes de realizar operações lógicas e aritméticas, nos quais cada saída será activa (existirá uma tensão, por exemplo) quando as entradas tiverem um conjunto de valores pré-determinado. Deste ponto de vista, e a menos da tecnologia utilizada, tudo é semelhante às implementações habitualmente efectuadas com contactores, usadas no comando e controlo de máquinas.

O segundo princípio diz respeito à sua utilização no contexto do mundo real. De facto, o objectivo é manipular grandezas físicas ou entidades do mundo real e tal é possível convencionando representações dessas grandezas. É um procedimento habitual e a nossa escrita utiliza uma dessas representações.

Claro que, no caso do microprocessador, é necessário utilizar uma representação de natureza adequada. E sendo de dois estados eléctricos a natureza fundamental do funcionamento deste dispositivo, parece adequado para tal usar-se um alfabeto de dois

símbolos apenas [0,1], cada um dos símbolos representando, por exemplo, a ausência ou presença de tensão. Com este alfabeto podem construir-se os denominados códigos, utilizáveis para a representação de grandezas ou entidades. Por exemplo, [0101] é uma representação da quantidade 5, usando o código binário natural escrito com quatro dígitos binários ou *bits* [01010110; 01000001; 01010011; 01001111] é uma representação no código ASCII da palavra «VASO».

Estas representações podem ser memorizadas e manuseadas pelo microprocessador, os resultados obtidos constituindo as representações das grandezas ou entidades ou das acções que pretendemos obter. A fig.4a mostra uma tabela de códigos numéricos usados correntemente.

A capacidade de memorizar e processar, não só as representações das grandezas e objectos mas também as que dizem respeito ao seu próprio manuseamento determina a característica

TABELA DE CÓDIGOS NUMÉRICOS

DECIMAL	HEXADECIMAL	BINÁRIO (4 bits)				pesos
		8	4	2	1	
0	0	0	0	0	0	
1	1	0	0	0	1	
2	2	0	0	1	0	
3	3	0	0	1	1	
4	4	0	1	0	0	
5	5	0	1	0	1	
6	6	0	1	1	0	
7	7	0	1	1	1	
8	8	1	0	0	0	
9	9	1	0	0	1	
10	A	1	0	1	0	
11	B	1	0	1	1	
12	C	1	1	0	0	
13	D	1	1	0	1	
14	E	1	1	1	0	
15	F	1	1	1	1	

Fig. 4a - Correspondência entre códigos numéricos (dentro de cada rectângulo indicam-se os símbolos básicos do "alfabeto" de cada código). A conversão do código binário aos outros códigos pode fazer-se por soma dos pesos.

Fig.4b - Valor decimal do código ASCII de símbolos alfanuméricos

$$V \cong (80+6)_D = 86_D = 56_H = 0101.0110$$

$$A \cong (64+1)_D = 65_D = 41_H = 0100.0001$$

DEC	32	48	64	80	96	112
HEX	2	3	4	5	6	7
0	0	espaços	∅	ⓐ	P	p
1	1	!	1	A	Q	a
2	2	"	2	B	R	b
3	3	#	3	C	S	c
4	4	\$	4	D	T	d
5	5	%	5	E	U	e
6	6	&	6	F	V	f
7	7	'	7	G	W	g
8	8	(	8	H	X	h
9	9	)	9	I	Y	i
10	A	*	:	J	Z	j
11	B	+	;	K	[	k
12	C	,	<	L	\	l
13	D	-	=	M	]	m
14	E	.	>	N	^	n
15	F	/	?	O	_	o

de arquivo da informação, incluindo os dados e o programa que a manipula; o interface de entrada e saída de dados (E/S) é responsável pelo estabelecimento das relações com o exterior através de dispositivos «periféricos» tais como terminais, impressoras, válvulas, contactores, etc., os quais são ligados ao interface em pontos denominados genericamente «portos». Estes três blocos são interligados através de barramentos eléctricos, organizados em geral em três grupos funcionalmente distintos, o de dados, o de endereços e o de controlo. No barramento de dados transita a informação objecto de processamento, no barramento de endereços é apostado pela CPU o endereço de origem ou destino da informação e o barramento de controlo é sede dos sinais que efectuam a gestão de todo o sistema, incluindo a execução do programa, a qual é da responsabilidade da Unidade de Controlo.

Normalmente, uma linha deste barramento é utilizada para iniciação do sistema (RESET). Quando esta linha é activada (e de facto também quando o sistema é ligado) o processador inicia um ciclo fixo de operações que consiste em transferir a instrução (palavra) que está num dado endereço da memória para um dispositivo interno onde é decodificada (interpretada), após o que executa o microprograma correspondente a essa instrução.

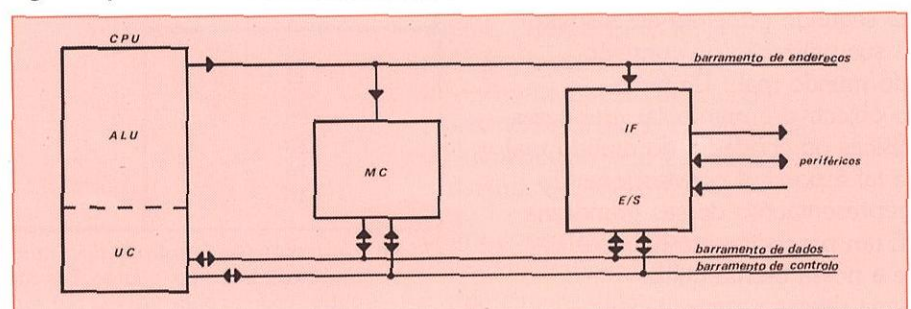
Uma vez terminada esta execução o ciclo reinicia-se, agora efectuando-

de «programabilidade» dos sistemas baseados em microprocessadores e, claro, a versatilidade e flexibilidade do seu uso.

É costume representar um sistema a microprocessador tal como o fazemos na fig.5: usando três blocos, cada um aglutinando um conjunto de funções relacionadas. Assim, a Unidade de Processamento Central (CPU), que compreende a Unidade Aritmética e Lógica (ALU) e a Unidade de Controlo (UC),

constitui o bloco responsável pelas acções executadas pelo sistema; a memória central (MC) é a sede

Fig.5 - Arquitectura de um sistema a microprocessador



-se a execução da instrução seguinte. Este ciclo só termina quando a instrução executada é uma ordem de fim, após o que o processador passa a executar apenas procedimentos internos de manutenção do sistema. Habitualmente designa-se por microprocessador um circuito integrado contendo a CPU e a extensão para o exterior, dos barramentos de endereços, dados e de controlo. É com base neste circuito integrado que se constrói um sistema a microprocessador, para o que se usa uma placa de circuito impresso (que permite, por um processo de gravação fotoquímico, gravar os «fios eléctricos» que interligam os vários componentes). Nesta placa colocam-se o microprocessador, os circuitos integrados de memória RAM e ROM, dispositivos de portos, os circuitos de descodificação dos endereços e, eventualmente, outros circuitos específicos (fig.6).

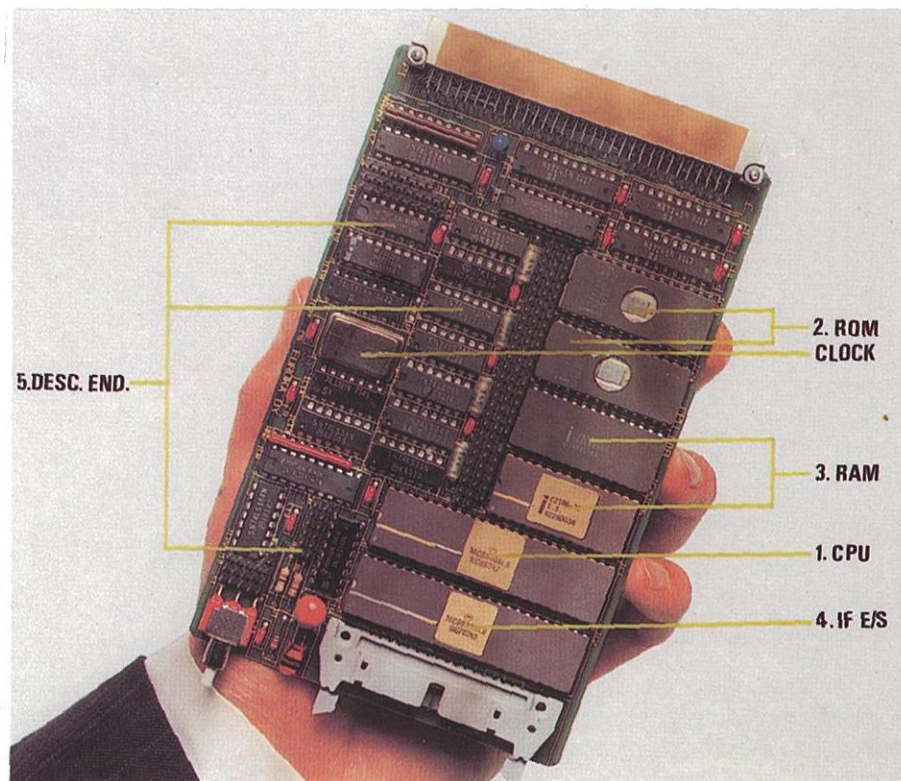


Fig.6 - Uma placa contendo um sistema a microprocessador

A função destes circuitos é a seguinte:

1. O microprocessador executa um programa gravado na memória central (em PROM), o qual especifica o conjunto de tarefas a executar;
2. A memória ROM que, como já dissemos, é gravável uma só vez, destina-se a conter o programa e, eventualmente, outros dados sob a forma de tabelas;
3. A memória RAM destina-se a guardar os dados que são captados do exterior ou alterados pelo processador, isto é, dados que, eventualmente, se vão modificando ao longo do tempo de funcionamento;
4. Os interfaces de E/S, incluindo os portos, são o meio de ligação com os periféricos e destinam-se a controlar a informação que flui

do sistema para o exterior e vice-versa. Cabe-lhes também, por vezes, a função de adaptação da saída ou entrada do sistema à natureza dos periféricos;

5. A «lógica de descodificação» destina-se a captar os endereços que, nos momentos de leitura e escrita são apostos pelo CPU no respectivo barramento para gerar os sinais que activam um de entre os vários destinos possíveis: uma posição de memória, um porto, etc.

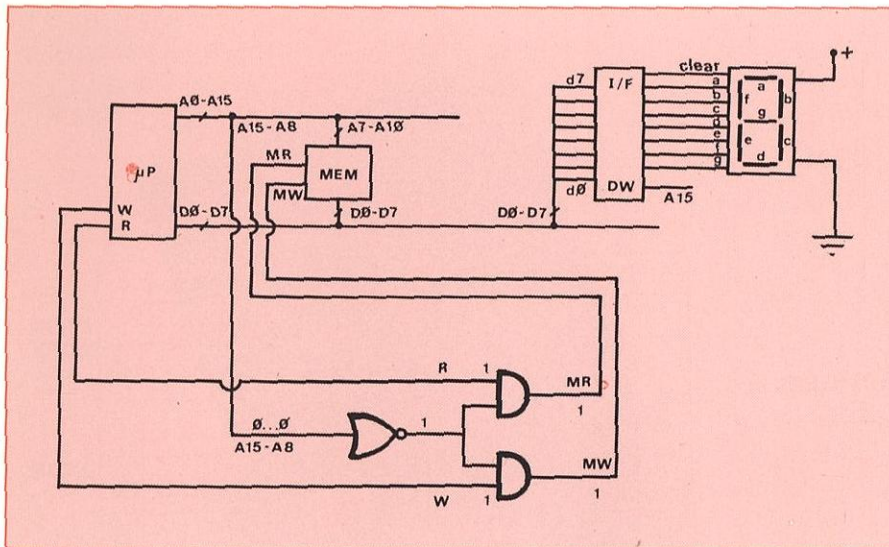
A fig.7 mostra-nos um pormenor da ligação entre um sistema a uP e um «display de 7-segmentos». Notemos algumas características deste sistema:

1. A memória, que se supõe com organização de 256 palavras de 8 bits cada (256 bytes), está colocada na zona de endereços 0000 a 00FF (ou, em binário, 0000.0000.0000.0000 a 0000.0000.1111.1111);

2. O porto está colocado no campo de endereços 8000 a FFFF: qualquer endereço dentro destes limites o activa;

3. É a lógica de descodificação que distingue o dispositivo a ser activado, neste caso a memória ou o porto. Os sinais de READ (R) e de WRITE (W) do uP são combinados com os endereços arbitrados para colocação da memória e do porto para gerar, respectivamente, os sinais de MEMORY-WRITE (MW), MEMORY-READ (MR) e DISPLAY-WRITE (DW);

4. O interface para o display de 7-segmentos é constituído por um circuito contendo 8 Flip-Flops activados simultaneamente pelo sinal DW. Uma vez escrita uma palavra ela permanecerá na saída do interface mesmo quando se altera o conteúdo do barramento de dados, e só mudará quando o processador reescrever o interface;



funcionamento de um microprocessador, mas supomos que a descrição que fizemos permitirá ficar com uma ideia genérica da sua organização e funcionamento. Em próxima ocasião verificaremos que o conhecimento genérico do uP permitirá conhecer melhor a essência de controladores genéricos de uso corrente em ambiente de automatização, nomeadamente os autómatos programáveis (PLC's) e as máquinas de controlo numérico (NC's e CNC's). Simultaneamente, e em contraposição ao uso de controladores genéricos, descreveremos algumas realizações que utilizam o microprocessador como controlador dedicado, nomeadamente a implementação de um leitor de caudal para uma bomba mecânica, um teclado especial utilizável em substituição do teclado normal de microcomputador e a construção de simuladores de processos industriais destinados à aprendizagem do uso de PLC's.

Fig. 7 - Ligação a um display de 7 segmentos

5. Para «acender» um dígito deve escrever-se no I/F a palavra adequada. Assim, para obter o número 3 deve ser escrita a palavra 01111001. Supõe-se, neste exemplo, que a palavra 1XXXXXXX coloca todos os segmentos em estado «apagado».

A fig.8 mostra-nos um programa que «acende» o dígito «3».

Os comentários que o acompanham são elucidativos. Apenas há que notar que supomos ser um microprocessador a acumulador, isto é, dispondo de um registo especial, denominado acumulador, ponto intermédio de passagem de dados eventualmente processados na sua passagem da memória para o porto ou vice-versa.

A fig.9 mostra-nos, por mera curiosidade, uma alteração do programa anterior de modo a obter outro tipo de acção. É capaz o leitor de dizer qual é? Finalmente, a fig.10 mostra-nos um modelo da memória contendo o programa a partir do endereço 0000, que se supõe ser o endereço de arranque do uP (RESET ou POWER-UP RESET).

ORG	0000	* define o endereço inicial do programa
LDA	79	* carrega (LOAD) o valor 79(H)=01111001(B) no acumulador
STA	8000	* transfere (STORE) 79(H) para o I/F
END		

Fig.8 - Um programa que "acende" o número 3 no sistema da fig.7. Os operandos estão em hexadecimal

ciclo	ORG	0000	
	LDA	79	* coloca 79(H) no acumulador
	STA	8000	* transfere para o I/F
	LDA	FF	* coloca FF(H) no acumulador
	STA	8000	* transfere para o I/F
	JMP	ciclo	* volta a colocar 79(H) no acumulador ...
			* e continua

Fig.9 - Uma alteração ao programa da fig.8

0000	10000110	código de LDA=86(H)
0001	01111001	79(H)
0002	10010111	código de STA=97(H)
0003	10000000	BmS do endereço (80)
0004	00000000	BmS do endereço (00)
0005	00101101	Fim = 3B(H)
0006	xxxxxxxx	
0007	xxxxxxxx	

Fig.10 - O programa em memória.
BMS: Byte mais significativo
BmS: Byte menos significativo