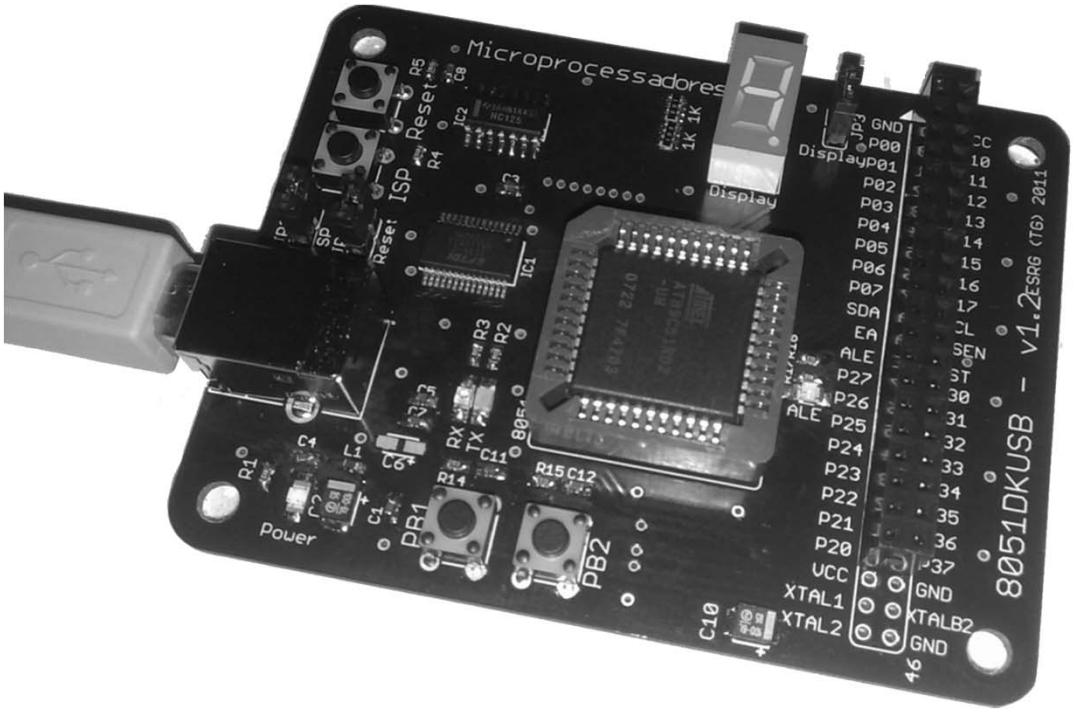
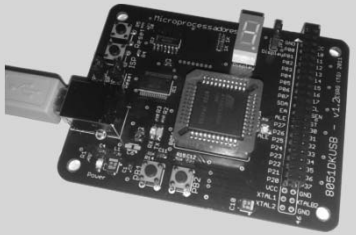
Mestrado Integrado em Eng. Electrónica Industrial e Computadores



Revisões

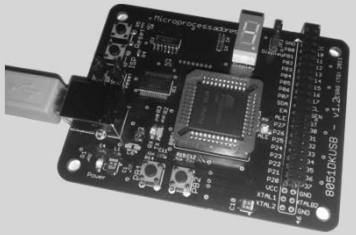
Microcontroladores

2º Ano – A02



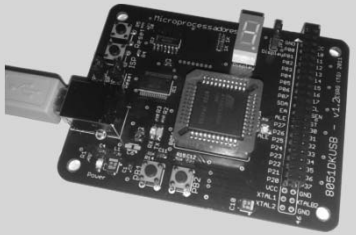
Revisão: Representação de números e códigos

- Representação de números:
  - Números decimais: *base 10*
    - O peso de cada dígito é 10 vezes maior que o dígito à sua direita.
      - $2200_{10} = 2x10^3 + 2x10^2 + 0x10^1 + 0x10^0$
      - Multiplicar por 10, 100 e 1000
      - Dividir por 10, 100 e 1000



Revisão: Representação de números e códigos

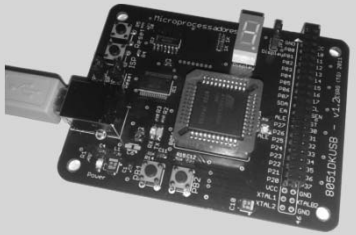
- Números binários: base 2
  - O peso de cada dígito é 2 vezes maior que o dígito à sua direita.
    - $1100_2 = 1x2^3 + 1x2^2 + 0x2^1 + 0x2^0$
      $= 8 + 4 + 0 + 0$
      $= 12_{10}$
- Números octais: *base 8*
  - O peso de cada dígito é 8 vezes maior que o dígito à sua direita.
    - $2702_8 = 2x8^3 + 7x8^2 + 0x8^1 + 2x8^0$
      $= 1024 + 448 + 0 + 2$
      $= 1474_{10}$
- Números hexadecimais: base 16
  - O peso de cada dígito é 16 vezes maior que o dígito à sua direita.
    - $2A0C_{16} = 2x16^3 + 10x16^2 + 0x16^1 + 12x16^0$
      $= 8192 + 2560 + 0 + 12$
      $= 10764_{10}$



Revisão: Representação de números e códigos

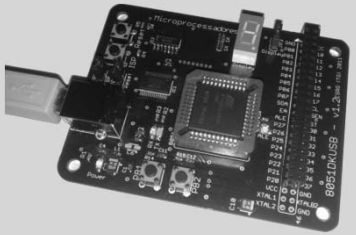
Table 3. Octal, Binary, and Hexadecimal Equivalents

Octal	Direct Binary	8-Bit Binary	Hexadecimal
000	000 000 000	0000 0000	$00
001	000 000 001	0000 0001	$01
002	000 000 010	0000 0010	$02
003	000 000 011	0000 0011	$03
004	000 000 100	0000 0100	$04
005	000 000 101	0000 0101	$05
006	000 000 110	0000 0110	$06
007	000 000 111	0000 0111	$07
010	000 001 000	0000 1000	$08
011	000 001 001	0000 1001	$09
012	000 001 010	0000 1010	$0A
013	000 001 011	0000 1011	$0B
014	000 001 100	0000 1100	$0C
015	000 001 101	0000 1101	$0D
016	000 001 110	0000 1110	$0E
017	000 001 111	0000 1111	$0F
101	001 000 001	0100 0001	$41
125	001 010 101	0101 0101	$55
252	010 101 010	1010 1010	$AA
377	011 111 111	1111 1111	$FF



Revisão: Representação de números e códigos

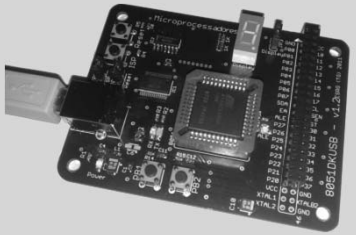
- Código ASCII
  - Os computadores tem que tratar diferentes tipos de informação, tais como números e letras.
  - Esta informação tem que ser codificada de modo a que computadores possam trocar dados entre si e ainda serem capazes de interpretá-los.
  - O código mais usado é *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII).
  - O código ASCII codifica os caracteres (números, letras e símbolos, tais como '?') em códigos binários de 7-*bits*.
    - Na prática o código ocupa um *byte* onde o *bit* mais significativo é nulo.
  - Nota:
    - Actualmente devido a necessidade de trocar informação entre diferentes idiomas que exigem a utilização de muitos mais símbolos, o código ASCII é insuficiente. Por esse motivo a maioria das aplicações utiliza o *UNICODE (~105 mil caracteres)*.



Revisão: Representação de números e códigos

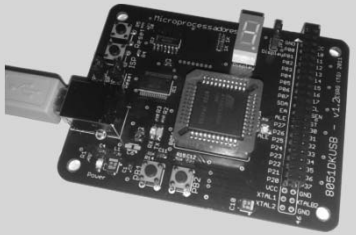
Table 2. ASCII to Hexadecimal Conversion

Hex	ASCII	Hex	ASCII	Hex	ASCII	Hex	ASCII
$00	NUL	$20	SP space	$40	@	$60	` grave
$01	SOH	$21	!	$41	A	$61	a
$02	STX	$22	“	$42	B	$62	b
$03	ETX	$23	#	$43	C	$63	c
$04	EOT	$24	$	$44	D	$64	d
$05	ENQ	$25	%	$45	E	$65	e
$06	ACK	$26	&	$46	F	$66	f
$07	BEL beep	$27	‘ apost.	$47	G	$67	g
$08	BS back sp	$28	(	$48	H	$68	h
$09	HT tab	$29	)	$49	I	$69	i
$0A	LF linefeed	$2A	*	$4A	J	$6A	j
$0B	VT	$2B	+	$4B	K	$6B	k
$0C	FF	$2C	, comma	$4C	L	$6C	l
$0D	CR return	$2D	– dash	$4D	M	$6D	m
$0E	SO	$2E	. period	$4E	N	$6E	n
$0F	SI	$2F	/	$4F	O	$6F	o
$10	DLE	$30	0	$50	P	$70	p
$11	DC1	$31	1	$51	Q	$71	q
$12	DC2	$32	2	$52	R	$72	r
$13	DC3	$33	3	$53	S	$73	s
$14	DC4	$34	4	$54	T	$74	t
$15	NAK	$35	5	$55	U	$75	u
$16	SYN	$36	6	$56	V	$76	v
$17	ETB	$37	7	$57	W	$77	w
$18	CAN	$38	8	$58	X	$78	x
$19	EM	$39	9	$59	Y	$79	y
$1A	SUB	$3A	:	$5A	Z	$7A	z
$1B	ESCAPE	$3B	;	$5B	[	$7B	{
$1C	FS	$3C	<	$5C	\	$7C	|
$1D	GS	$3D	=	$5D	]	$7D	}
$1E	RS	$3E	>	$5E	^	$7E	~
$1F	US	$3F	?	$5F	_ under	$7F	DEL delete



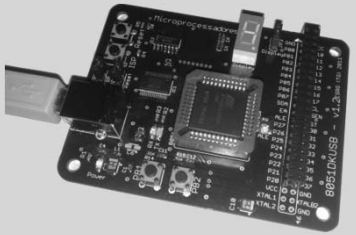
Revisão: Unidades de memória

- Num computador a menor unidade de memória é o *bit* que pode armazenar os valores ‘0’ e ‘1’.
- Os *bits* podem ser agrupados em
  - grupos de quatro *bits* formando um ‘*nibble*’.
  - grupos de oito *bits* formando um ‘*byte*’.
    - um *byte* tem dois *nibbles*.
  - grupos de 16 ou 32 *bits* formando uma ‘*word*’.
    - o tamanho de uma *word* varia de processador para processador.



Revisão:

- Prefixos:
  - Dizemos que 1000 ohm = 1k ohm,
  - Contudo, 1k *byte* são1024 *bytes* e não 1000 *bytes* !!!
  - Temos então que:
    - 1.000 : 1k ↔ 2^{10} : 1024_{10} : 1k byte=1KB
    - 1.000.000 : 1M ↔ 2^{20} : 1.048.576 bytes : 1M byte
    - 1.000.000.000 : 1G ↔ 230 : $1.073.741.824^{10}$ bytes : 1G byte



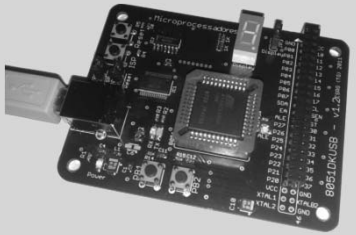
Problema

- Pretende-se desenvolver um programa que gere o resultado da equação de uma recta:

$$y=2*x+1$$

- Quais são as instruções?
- Quais são as variáveis?

- *As instruções são comandos enviados ao CPU de modo a resolver a equação da recta, com base no valor da variável de entrada **x**. A equação é resolvida e o resultado é armazenado na variável de saída **y**.*
- *Onde armazenar as variáveis de entrada e de saída?*
- *Onde armazenar as instruções?*
- *Qual o maior valor possível para **y**, sabendo que **x** tem 8-bit?*
- *Se **y** estiver limitado a 8-bit, qual o maior valor de **x**?*



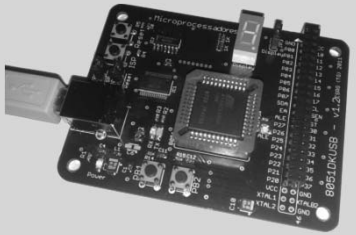
von Neumann

- Publicou um relatório incompleto sobre o primeiro computador (o ENIAC) "*First Draft of a Report on the EDVAC*";

- Esse relatório contém os fundamentos de uma arquitectura, designada como arquitectura de von Neumann. No relatório propunha que as operações a executar (programa) fossem codificadas e armazenadas em memória. Na altura o ENIAC utilizava ligações eléctricas para definir as operações a executar;

- No mesmo relatório sugeriu ainda que os códigos (das operações a executar) utilizassem o sistema binário (ligado/desligado);

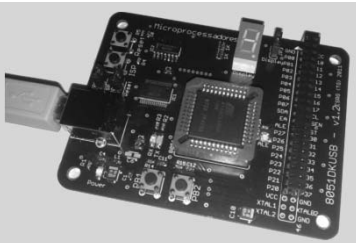
- Sugeria ainda que o processamento dos códigos binários, que representam as operações, fossem processados sequencialmente, bit a bit: **máquina de estados**.



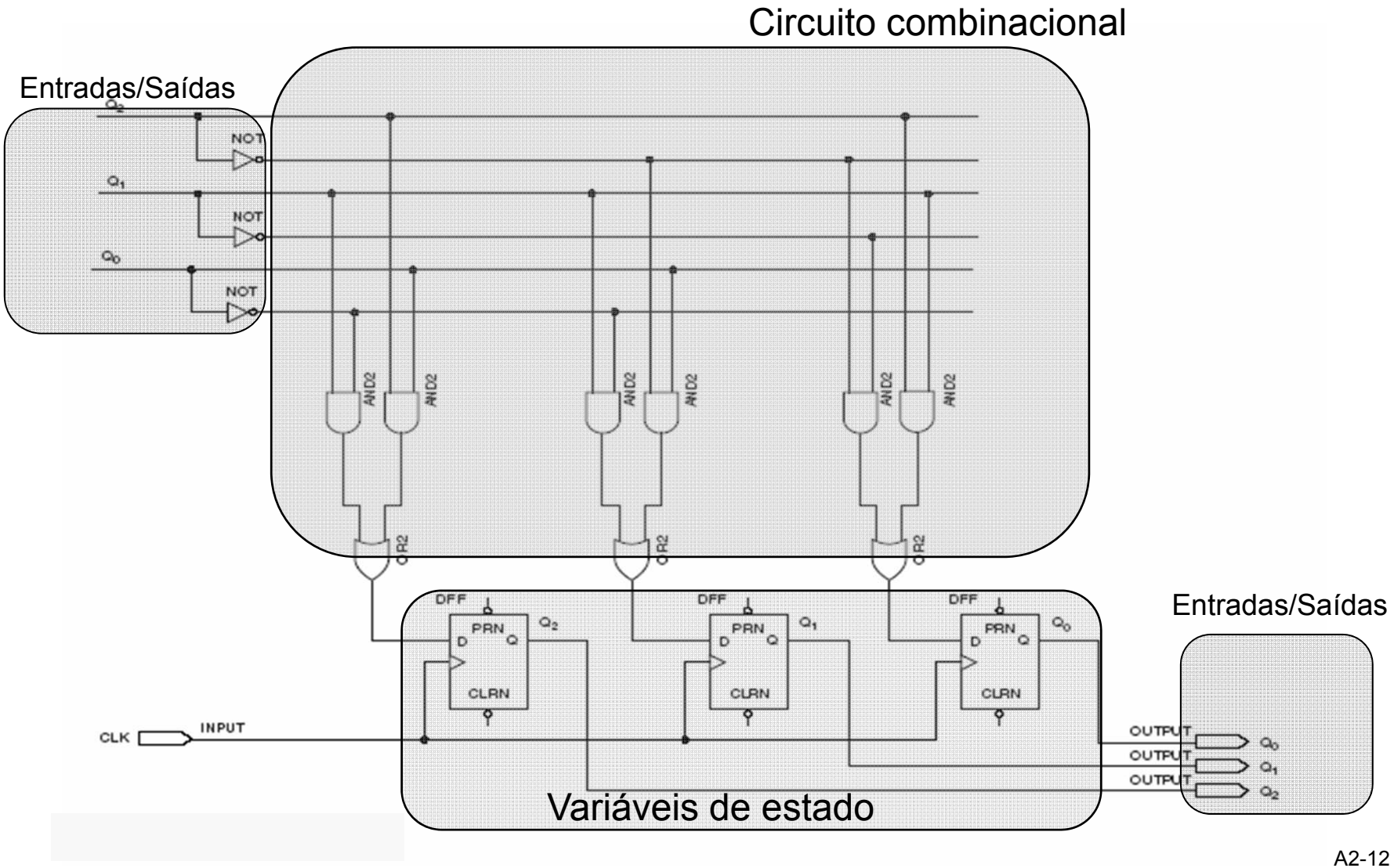
Sistema computorizado

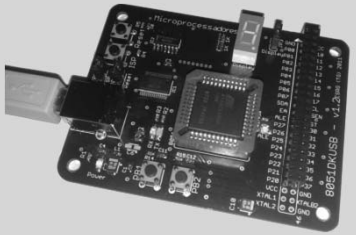
- Sistema capaz de executar um programa residente em memória;

- Principais blocos constituintes:
  - **Memória**
  - **CPU** – Unidade de Processamento Central
    - **ALU** – Unidade Lógica e Aritmética;
    - **CTU** – Unidade de Controlo
  - **Periféricos**:
    - Unidades de E/S (Entrada/Saída).



Revisão: O que são máquinas de estado ?



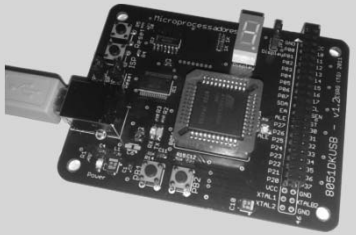


CPU

Unidade de Processamento Central:

- ALU
  - Circuito lógico combinacional;
  - Suporta um conjunto pré-definido de instruções aritméticas e lógicas, descritas na arquitectura do conjunto de instruções (ISA) do CPU.

- CTU
  - Circuito lógico sequencial;
  - Realiza a sequência de operações necessárias à execução de cada uma das instruções especificadas na ISA.

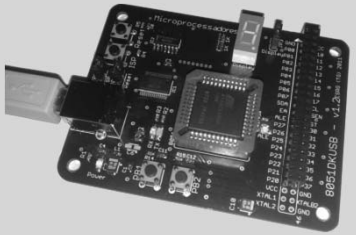


Micro...

- Microprocessador (µP)
  - Um único Circuito Integrado (CI) composto pelo CPU;
  - Exemplos: 8088, x386 (Pentium), PowerPC.

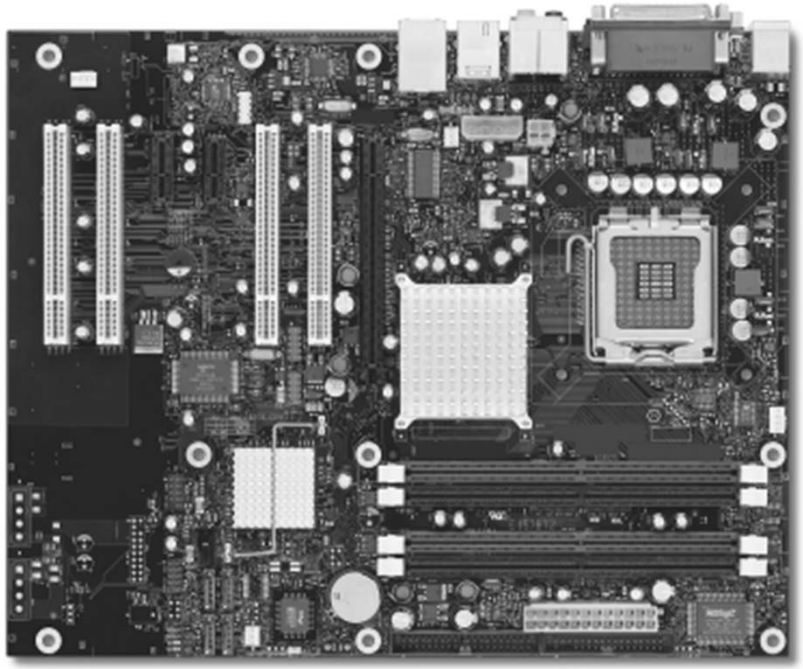
- Microcomputador
  - Computador onde o CPU é um µP;
  - Exemplos: IBM PC, Apple Macintosh.

- Microcontrolador (µC)
  - CPU+Memória+I/O num único CI;
  - Exemplos: 4004, 8051, ATTiny, PIC16F84.

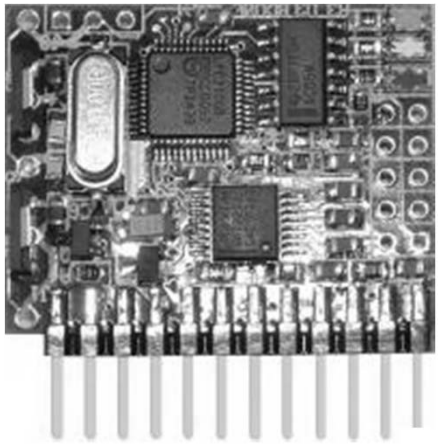


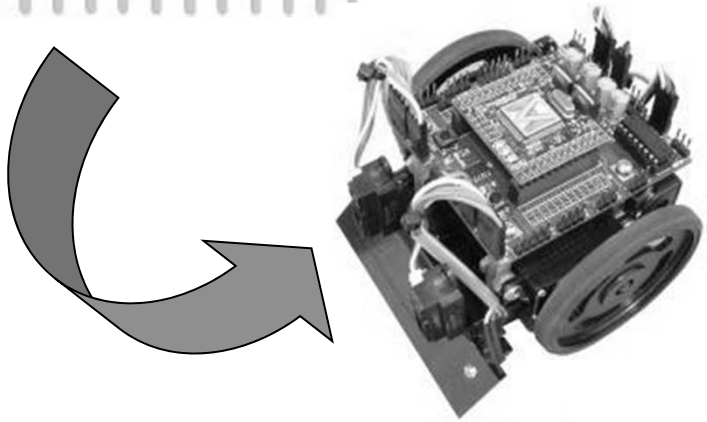
Microprocessador X Microcontrolador

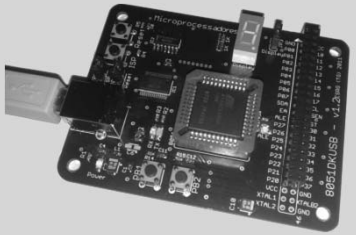
Sistema baseado em microprocessador [Intel P4]



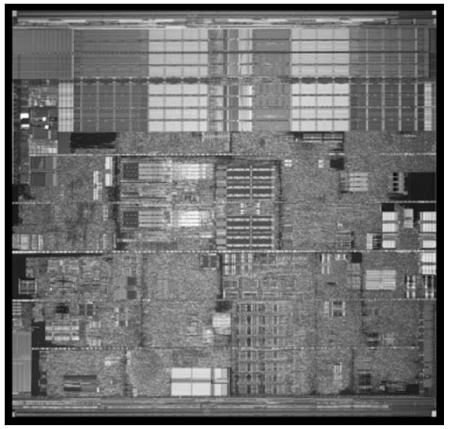
Sistema baseado em microcontrolador [ARM]

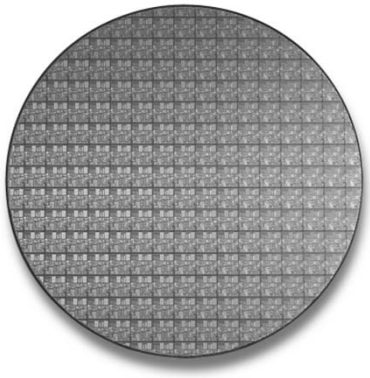


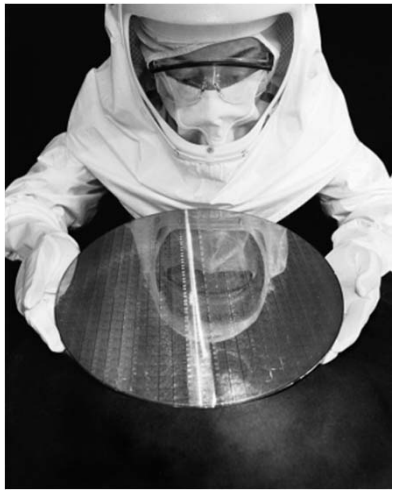


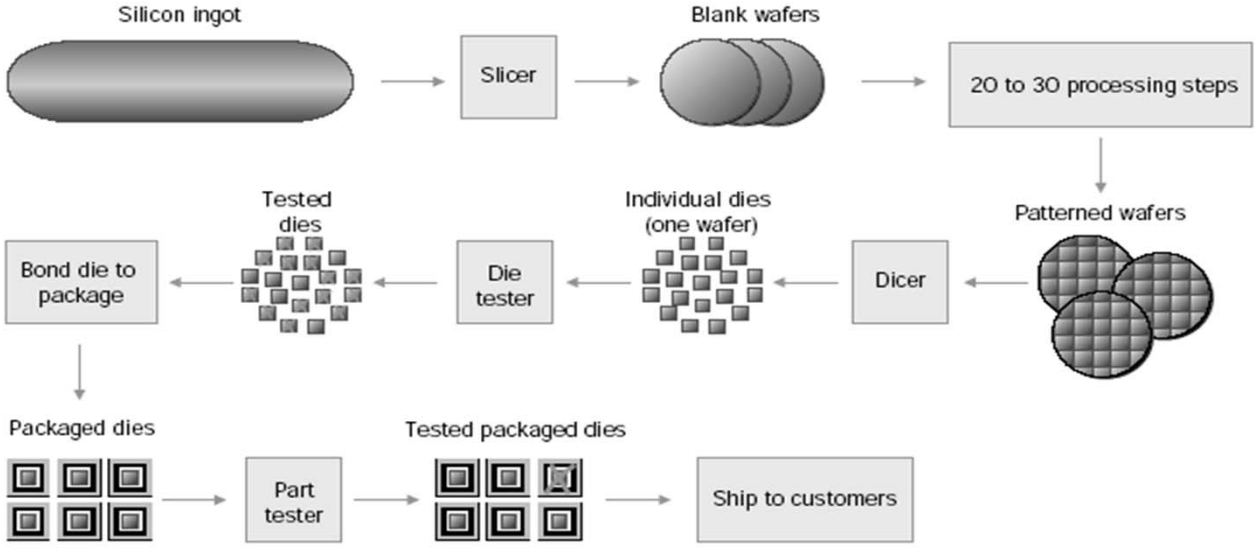


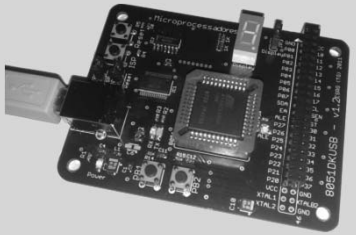
Processo de fabrico





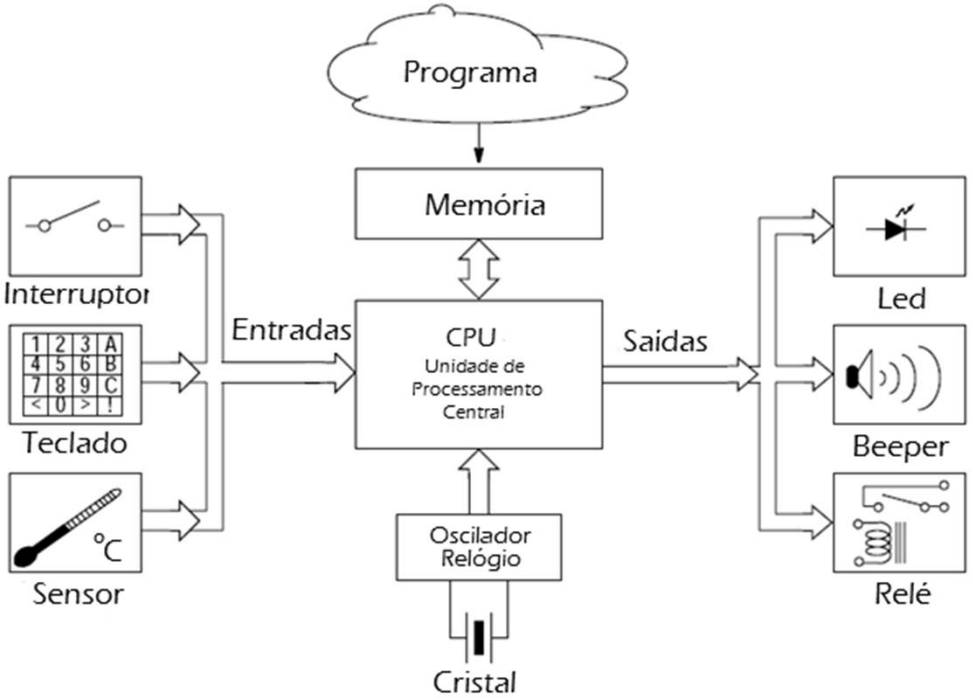


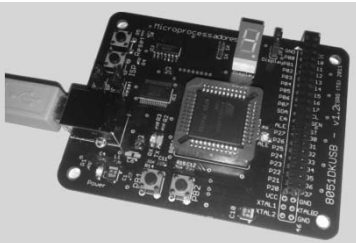




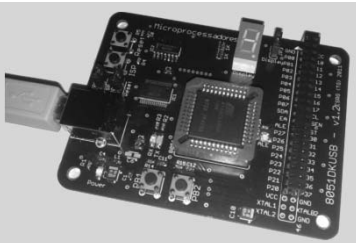
Arquitectura von Neumann

- O programa a executar sequencialmente está armazenado numa memória e é constituído por instruções que estão definidas no ISA e são suportadas pela sua Unidade de Processamento Central (CPU).

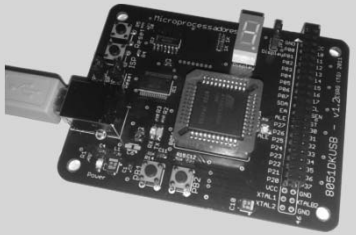




- O que distingue um microprocessador de um microcontrolador ?
  - Microprocessador
    - Este para ser usado precisa que outros componentes sejam adicionados externamente, tais como memória e periféricos de interface Entrada/Saída (E/S).
  - Microcontrolador
    - Desenhado de modo a ter todas as funcionalidades integradas num único circuito. Ou seja, dentro do chip são colocados todos os componentes/periféricos necessários.

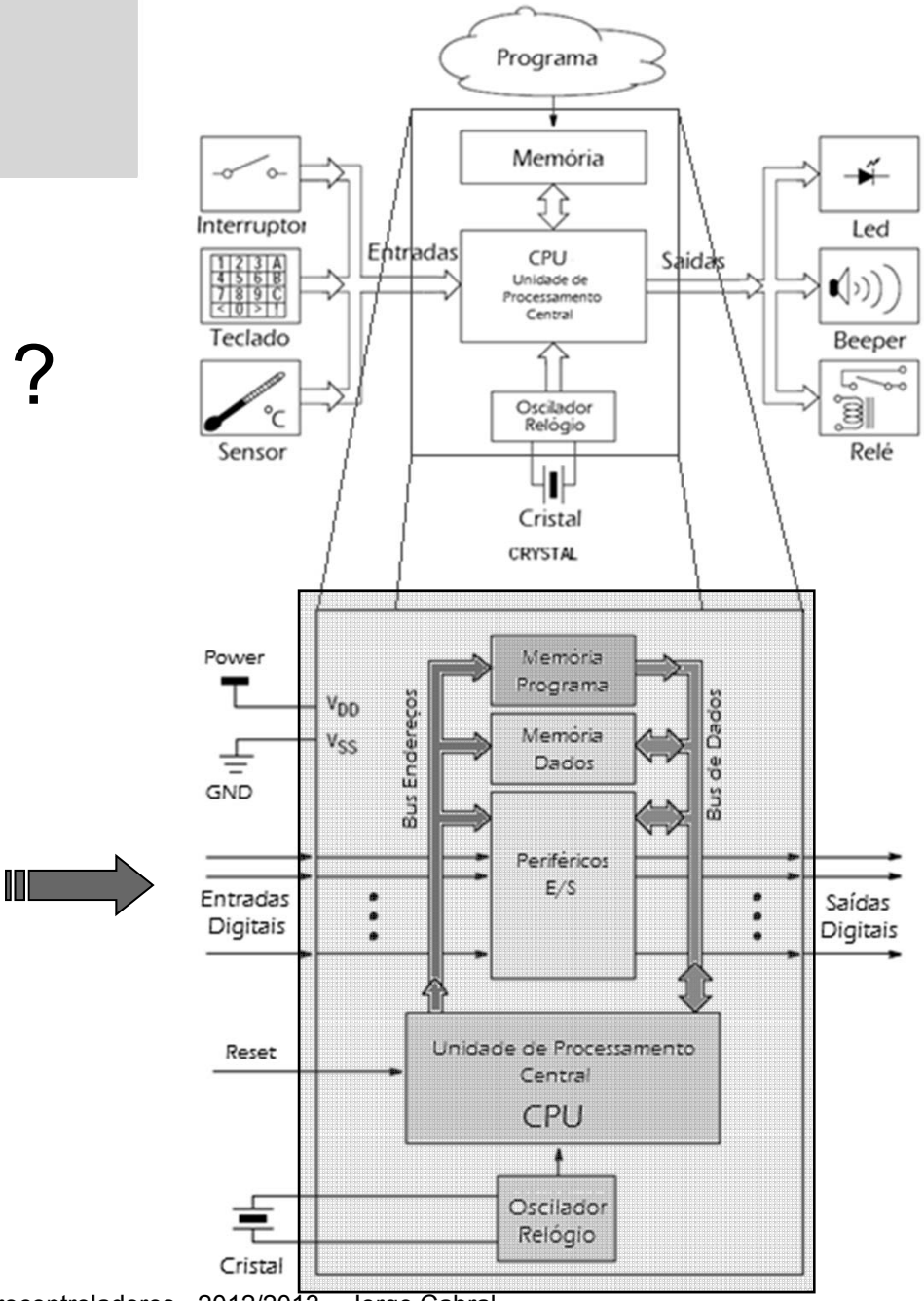


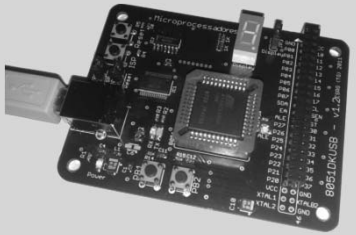
- **Componentes/Periféricos de um microcontrolador:**
  - CPU;
  - Diferentes tipos de memória: ROM (PROM, EPROM, FLASH), RAM, EEPROM;
  - Barramentos: endereços, dados e controlo;
  - Controlador de Comunicação: *ethernet*, CAN, I2C, SPI;
  - Unidades de temporização/contagem;
  - *Watchdog*;
  - Conversores A/D e D/A;
  - Portas de E/S digitais.



- O que é um microcontrolador ?

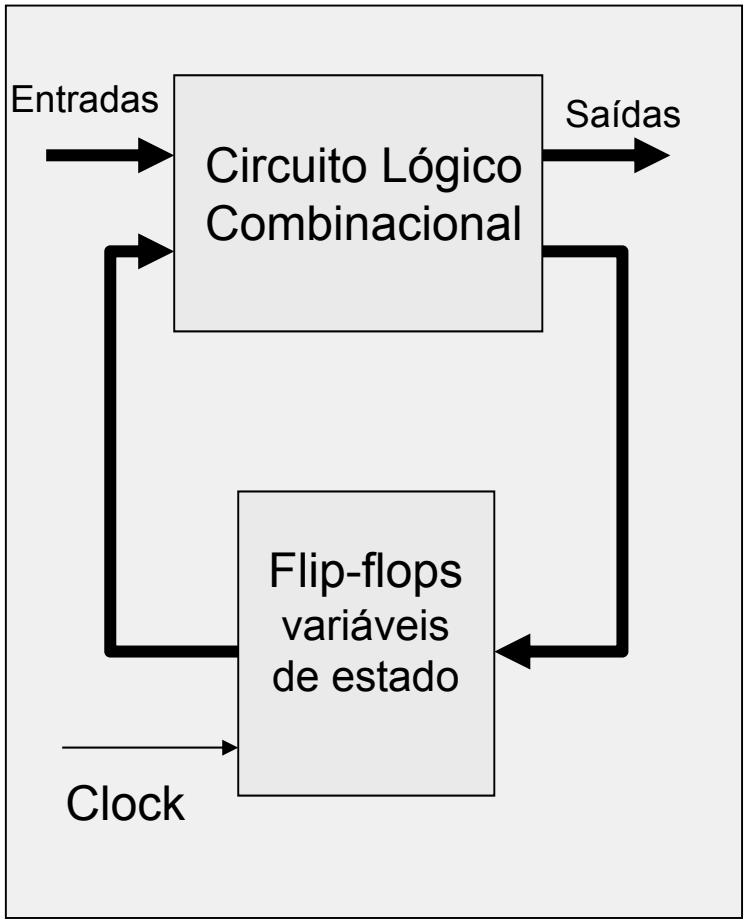
Microcontrolador



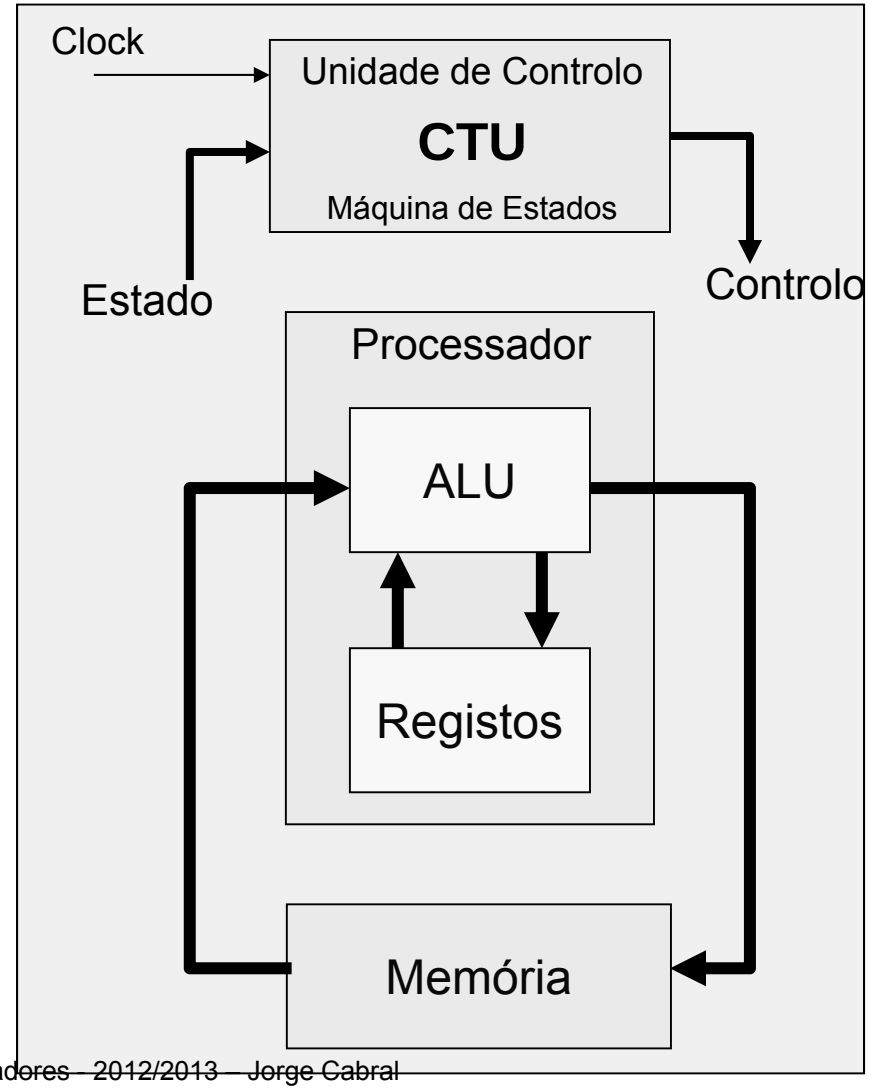


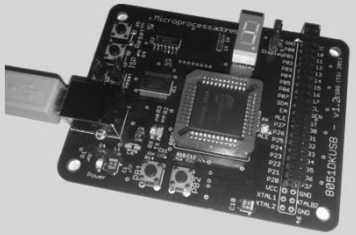
O que é um processador ?

Máquinas de estados

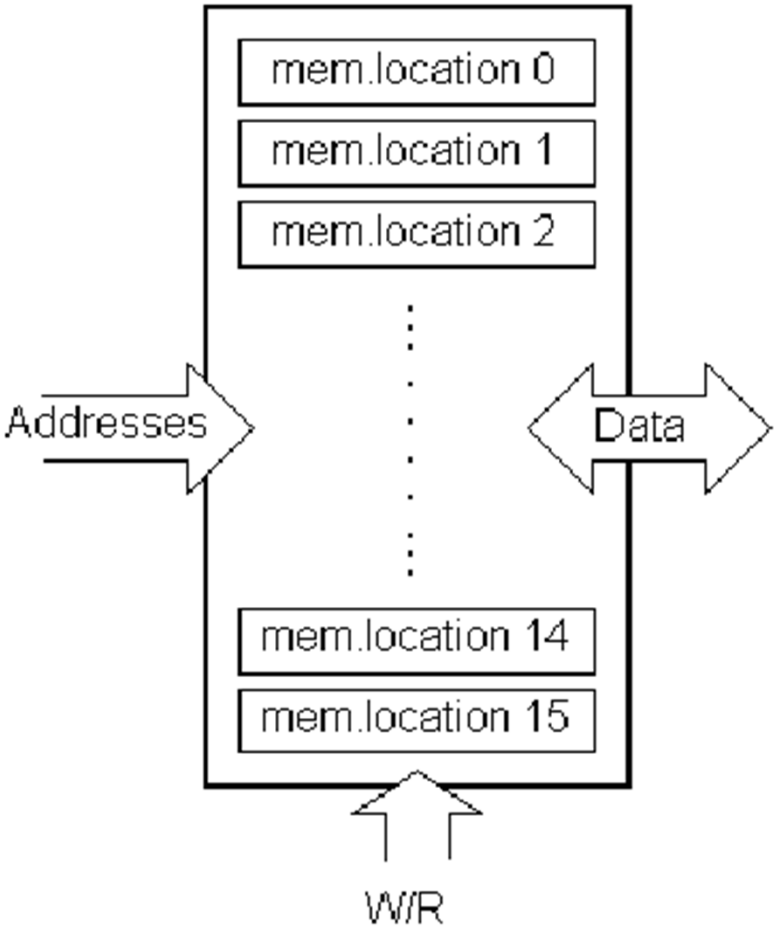


Modelo computacional elementar

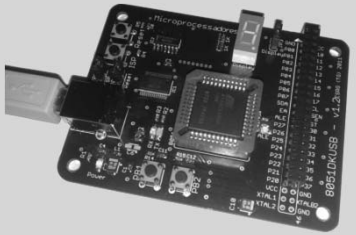




Unidade de Memória

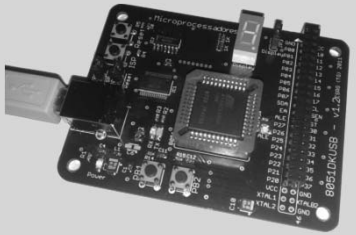


Exemplo de um modelo simplificado de uma unidade de memória.



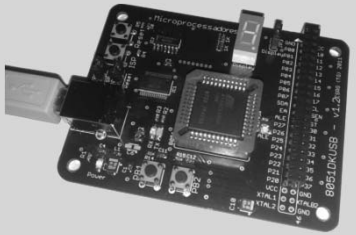
Revisão: O que é uma memória

- A memória de um computador pode ser vista como uma matriz de caixas de correio.
  - Cada caixa pode ser entendida como um invólucro onde guardamos as cartas (informação).
  - Num processador de oito *bits,* cada posição de memória pode ser vista como uma determinada caixa de correio que está dividida em oito prateleiras.
  - Ao contrário de uma caixa de correio real, onde podemos colocar sempre mais uma carta, neste caso só podemos guardar simultaneamente oito cartas.



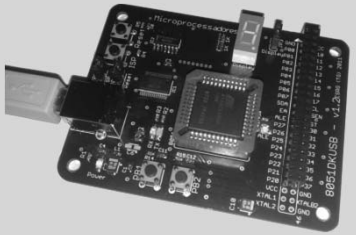
Revisões

- Em cada instante cada uma das prateleiras na caixa de correio pode estar vazia ou preenchida.
- Cada caixa de correio tem um único endereço, logo podemos guardar informação e retirá-la mais tarde.
- No caso de um processador com 10 linhas de endereço teríamos 1024 posições diferentes de memória.
- Quando o processador pretende ler uma posição de memória, este coloca uma combinação única de 1's e 0's nas linhas de endereço de forma a identificar a posição de memória pretendida.
  - Num processador definimos duas características o tamanho típico dos dados (8-bits, 16-bits, ...) e o tamanho das linhas de endereço que nos diz quantos *bytes* o processador consegue distinguir e armazenar.



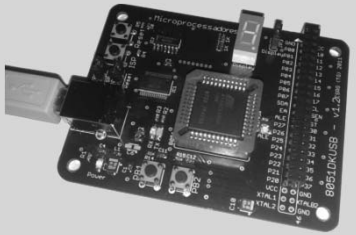
Revisões

- Um sistema computorizado usa diferentes tipos de informação, requerendo diversos tipos de memória (quanto ao armazenamento dos dados):
  - Memória volátil:
    - Resultados temporários de variáveis são usados apenas naquele momento, não tendo que ser preservado quando o sistema é desligado. Nestes casos usa-se uma memória volátil para armazenar a informação.
  - Memória não-volátil:
    - Por exemplo, as instruções que controlam o processador não podem ser perdidas quando o sistema é desligado, logo terá que ser armazenada numa memória não-volátil.



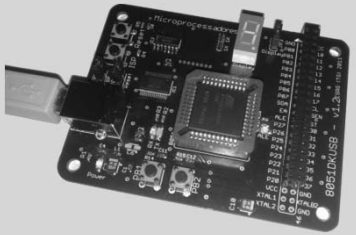
Revisão: Memórias

- Tipos de memórias (quanto a tecnologia):
  - *Random Access Memory* (RAM).
    - É um tipo de memória volátil cujas posições podem ser acedidas em qualquer ordem.
  - *Read-Only Memory* (ROM).
    - É um tipo de memória não-volátil. A informação armazenada é 'gravada' durante o fábrico do circuito integrado.
  - *Programmable ROM* (PROM).
    - É semelhante a ROM, mas pode ser programada uma vez após o circuito integrado ter sido feito.



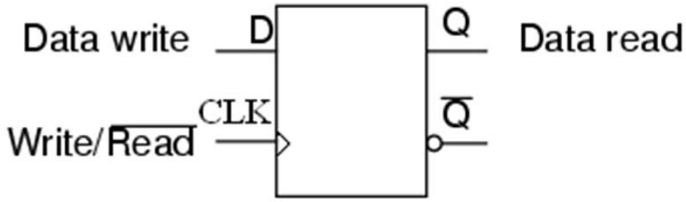
Revisão: Memórias

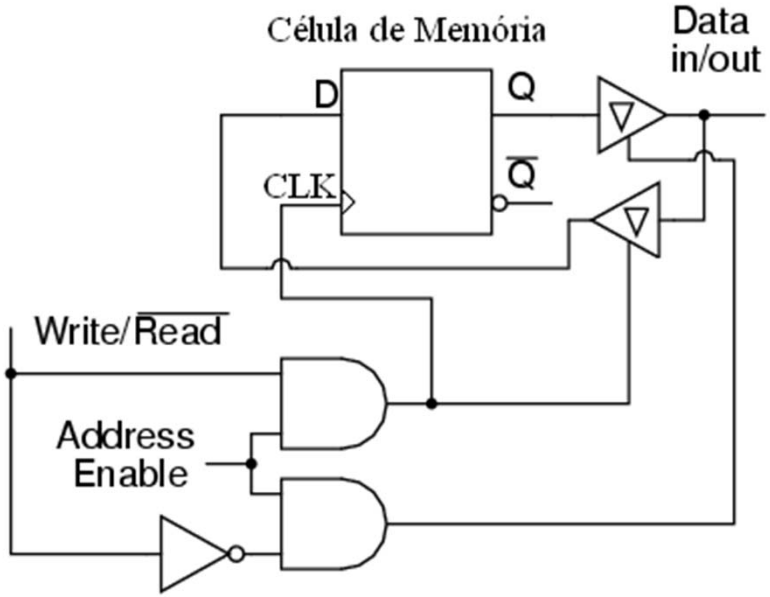
- *Erasable PROM* (EPROM).
  - Semelhante a ROM, mas a informação pode ser apagada e reprogramada tantas vezes quanto necessária.
  - O conteúdo é apagado através de luz ultravioleta.
- *Electrically erasable PROM* (EEPROM).
  - Semelhante a EPROM, mas o conteúdo pode ser apagado electricamente e gravado com o integrado inserido no circuito final.

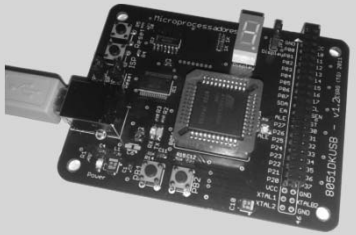


Memória – Static RAM

- Numa *Static* RAM o *flip-flop* tipo-D pode ser utilizado para armazenar 1-bit de informação. A entrada D do *flip-flop* serve para gravar o bit no *flip-flop* e a saída Q do *flip-flop* para ler o bit armazenado.
- Utilizando dois *buffers* de 3 estados, podemos conectar a entrada "*data write*" e a saída "*data read*" a uma só linha de dados, fazendo com que os *buffers* ou conectem a saída Q à linha de dados (Read) ou conectem a entrada D à linha de dados (Write) ou se mantenham ambos num estado de alta impedância, o que significa que tanto a entrada D como a saída Q estão desconectadas da linha de dados.
- Notar que NANDs, NOTs e *buffers* são implementados com MOSFETs (tecnologia CMOS). A *Static* RAM já não é utilizada (espaço, consumo e dissipação de calor). Na *dynamic* RAM utilizam-se condensadores (carregado ou descarregado) para armazenar a informação binária, de modo prevenir as perdas é feito um *refresh* periódico aos condensadores. A tecnologia *flash* utiliza a gate isolada do MOSFET para implementar os condensadores que armazenam a informação.



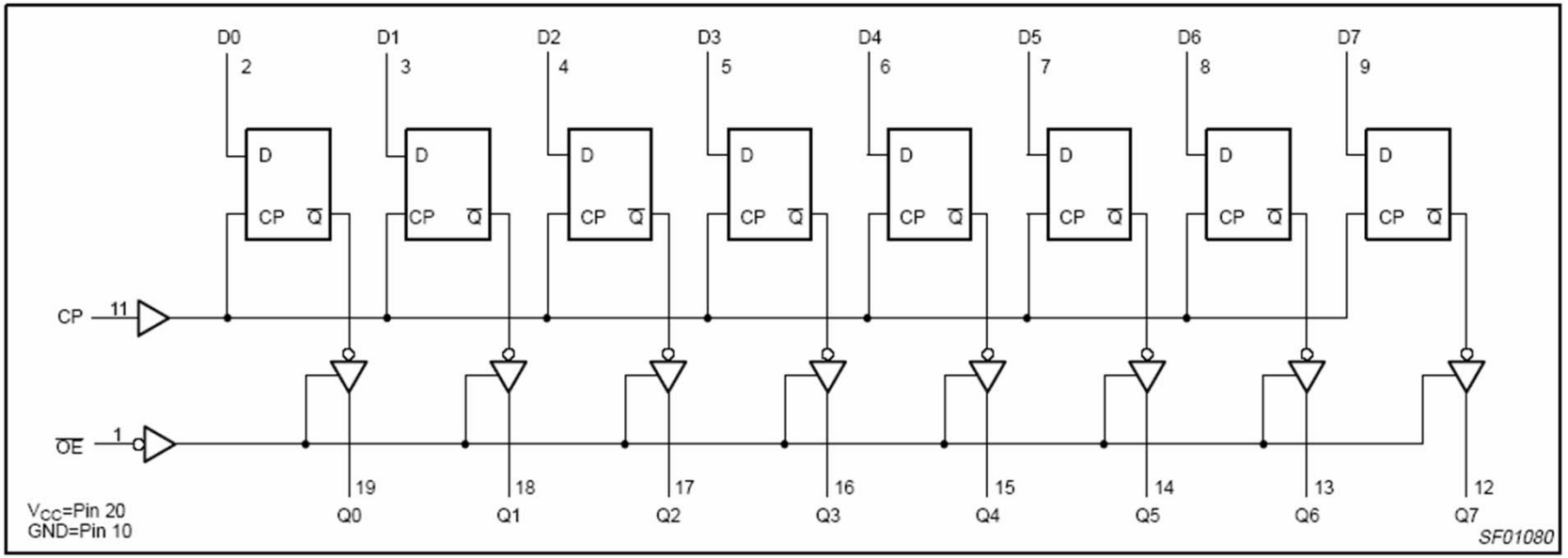




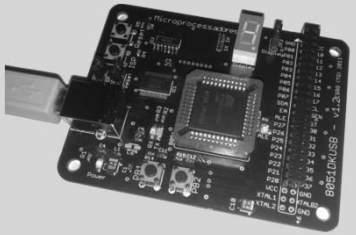
Registo de 8-bit

- Utilizando oito células de memória obtemos um registo de 8-bit. Notar que um registo pode ser visto como um único endereço de uma memória com 8-bit de dados. Relembrar que para implementar 1-byte de memória (ou um registo de 8-bit) poderemos utilizar um 74F574.

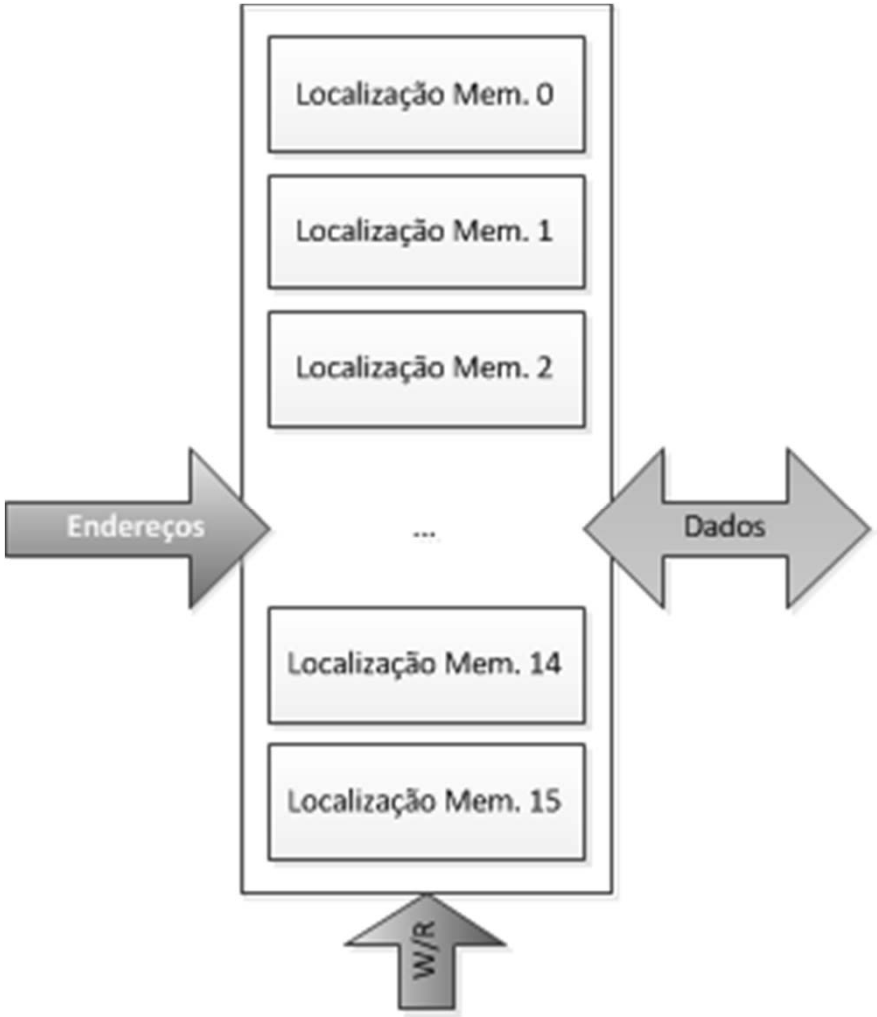
LOGIC DIAGRAM – 74F574 Philips Semiconductors



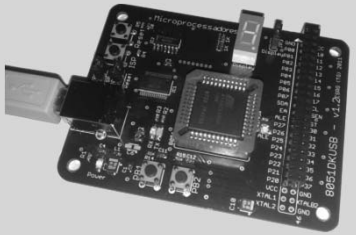
- A única diferença para a célula de memória anterior prende-se com a utilização da saída !Q que é utilizada para minimizar o nº de MOSFETs. Utilizando apenas este circuito integrado não é possível utilizar apenas um barramento de dados. O sinal CP é a entrada CLK (Write Data) e o sinal OE é usado como Read Data.



Unidade de Memória

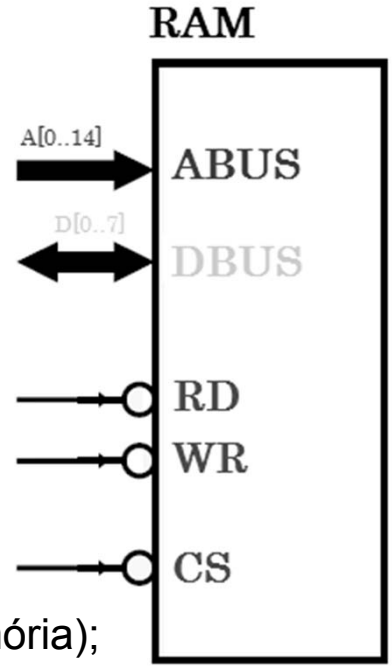


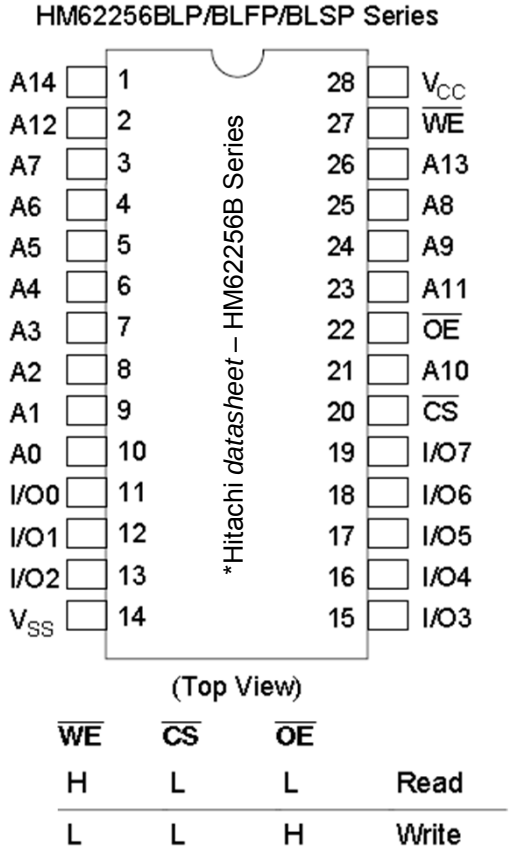
Exemplo de um modelo simplificado de uma unidade de memória.



Leitura/Escrita Memória

- Barramentos:
  - Endereços (ABUS);
  - Dados (DBUS);
  - Controlo (RD,WR e CS).

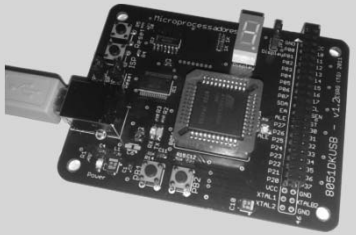




WE	CS	OE	
H	L	L	Read
L	L	H	Write

Operação de Leitura

- Recebe:
  - Sinal de activação (CS);
  - ABUS (n linhas=tamanho da memória);
  - Sinal /RD para leitura.
- Devolve:
  - DBUS (n linhas=tamanho da palavra de memória);
  - Em DBUS é colocada a palavra que se encontra armazenada no endereço, fornecido por ABUS.



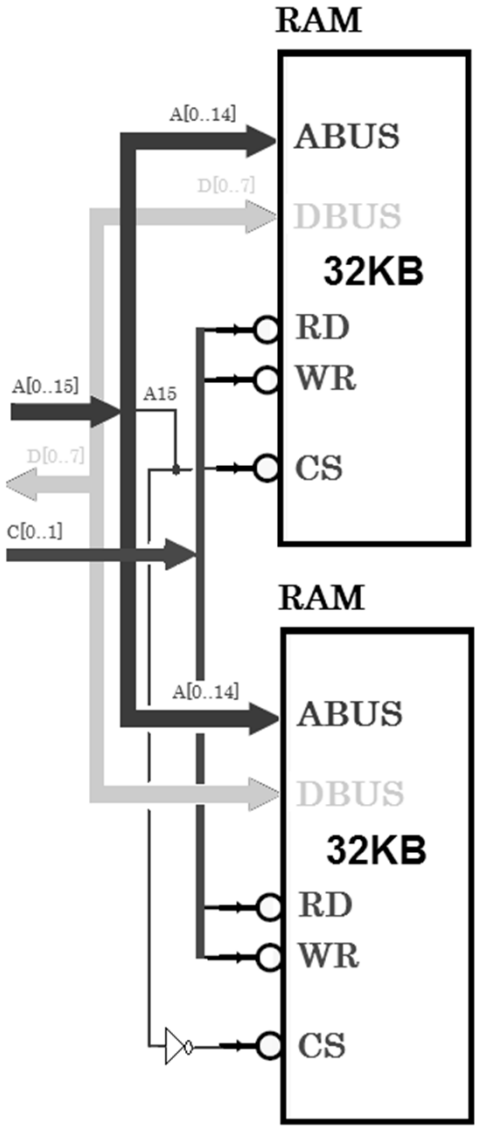
Leitura/Escrita Memória

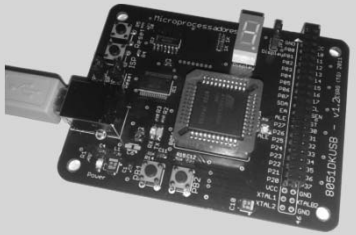
Operação de Escrita

- Recebe:
  - Sinal de activação (CS);
  - ABUS (n linhas=tamanho da memória);
  - DBUS (n linhas=tamanho da palavra de memória);
  - Sinal /WR para escrita.
- Devolve:
  - Não devolve nada.
- Operação:
  - Armazena a palavra presente em DBUS no endereço presente em ABUS.

Operação de Leitura

- Recebe:
  - Sinal de activação (CS);
  - ABUS (n linhas=tamanho da memória);
  - Sinal RD para leitura.
- Devolve:
  - DBUS palavra armazenada na memória.
- Operação:
  - Coloca em DBUS a palavra armazenada no endereço presente em ABUS.





RAM - Exemplos

Memória 64Kb Não Volátil

- Tecnologia Ferroeléctrica
- Funcionamento idêntico a RAM:
  - Sinal de activação (/CE);
  - ABUS (n linhas=tamanho da memória);
  - DBUS (n linhas=tamanho da palavra de memória);
  - Sinal /WE para escrita;
  - Sinal /OE para leitura.
- Armazena dados durante 10 anos
- Operação escrita:
  - Colocar linha /WE a zero;
  - Colocar em ABUS endereço a escrever;
  - Colocar linha /CE a zero (a FRAM faz *latch* do endereço);
  - Colocar em DBUS o dado a escrever;
  - Coloca /CE a um;
  - Colocar /WE a um.

FM1608

64Kb Bytewide FRAM Memory

RAMTRON

Pin Configuration

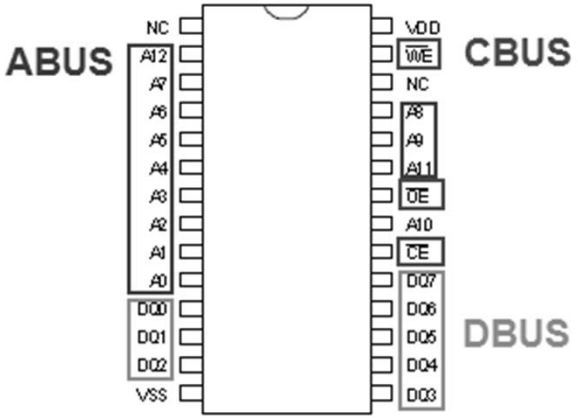
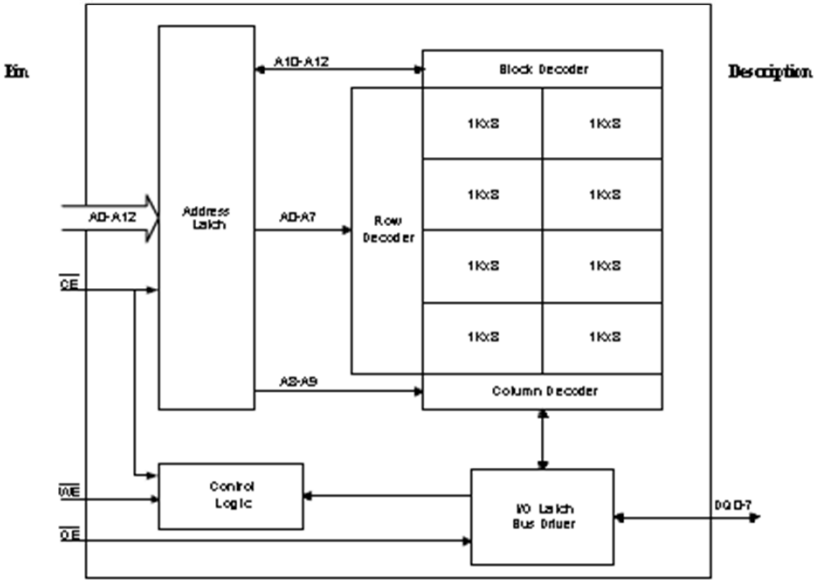
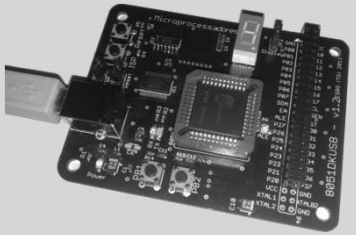


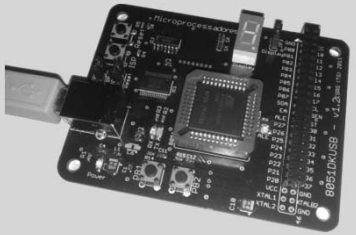
Figure 1. Block Diagram





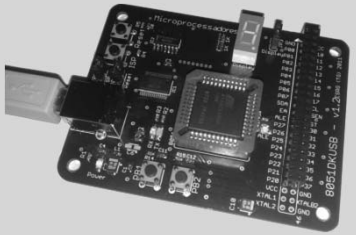
Exercício

- Pretende-se utilizar vários *chips* FM1608 para implementar um espaço de memória de 64KB.
  - Quantos CI FM1608 necessita?
  - Faça o mapeamento para cada memória;
  - Obtenha as equações lógicas dos sinais de /CE de cada memória;
  - Implemente o circuito lógico que gera os sinais.

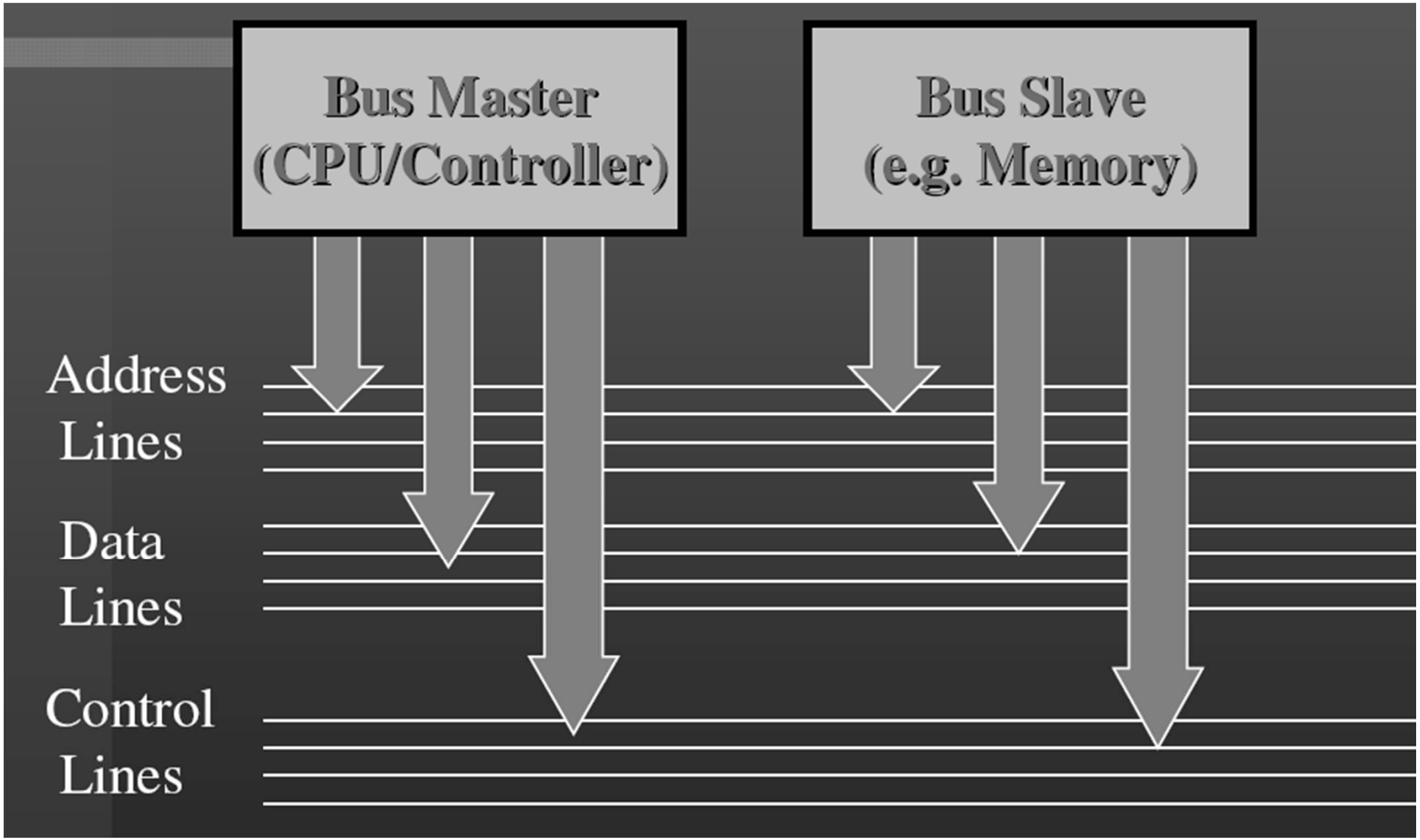


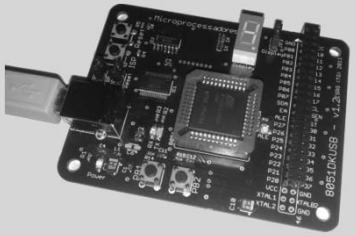
Barramentos

- O processador de um computador comunica com outros módulos do computador através de um dispositivo chamado barramento (bus).
- Existem várias arquitecturas de barramento disponíveis no mercado, tais como PCI; cPCI; VME …
- Todas as arquitecturas incluem um barramento de controlo, um barramento de dados e um barramento de endereços.
- Similarmente os microcontroladores utilizam também uma arquitectura de barramento para comunicarem com todos os módulos existentes dentro do chip. A arquitectura pode variar de micro para micro, mas incluem os três barramentos referidos.



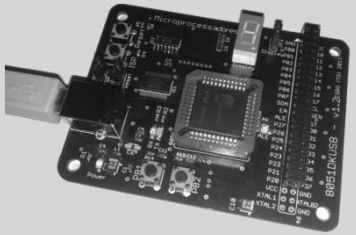
Barramentos





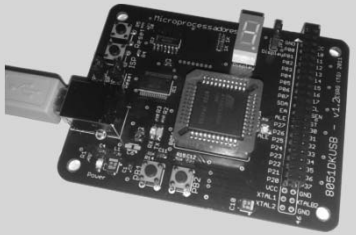
Sequência de Escrita (Write)

- O *master* coloca o endereço da memória, onde os dados devem ser escritos, no barramento de endereços e qualifica-os usando as linhas de controlo;
- O *master* sinaliza, usando as linhas de controlo, que esta é uma operação de escrita;
- O *master* coloca os dados a serem escritos no barramento de dados e qualifica-os utilizando as linhas de controlo;
- Após a qualificação do endereço pelo *master*, o *slave* compara o endereço no barramento de endereços com o seu próprio endereço. Se a operação de **Write** lhe é destinada, ele adquire os dados e sinaliza usando as linhas de controlo que terminou a operação (faz o *acknowledge* dos dados).



Sequência de leitura (Read)

- O *master* coloca o endereço de memória de onde pretende ler os dados no bus e qualifica-o usando as linhas de controlo;
- O *master* sinaliza, usando as linhas de controlo, que se trata de uma sequência de leitura;
- O *master* sinaliza que está pronto a receber os dados usando as linhas de controlo;
- O *slave* compara o endereço no barramento com o seu próprio endereço, após o *master* o ter qualificado. Se a leitura se refere a ele, ele coloca os dados no barramento e sinaliza, usando as linhas de controlo que terminou (*acknowledge* dos dados). No final o *master* realiza o *Latch* dos dados.



Transferência Paralelo

- Num barramento paralelo todos os bits de um byte ou word (palavra: 16-bit ou 32-bit) são transferidos simultaneamente;
- Se tivermos um barramento com um byte de tamanho (8 linhas) e uma frequência de 1MHz então temos uma velocidade de barramento de 1Mbytes/seg;
- Num barramento há transferência de dados em paralelo (oposta à transferência de dados em série que iremos analisar posteriormente).