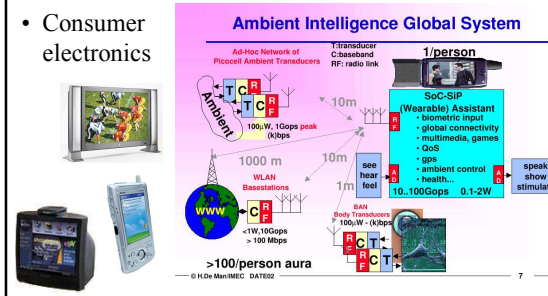


## Além do PC

- Consumer electronics



## Microcontroladores

1. Introdução
2. Memória interna
3. Portas de entrada e saída
4. Conversor analógico-digital
5. Módulo PWM
6. *Watchdog Timer*
7. Interface serial

**Microcontrolador 8051**  
**Microcontroladores PIC**

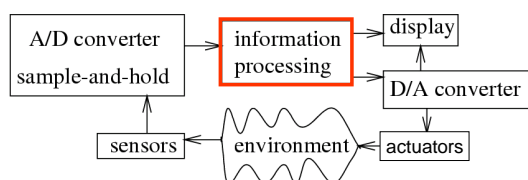
INF01113 - Organização de Computadores

## 1. Introdução

- **Microcontrolador** = microcomputador de um único chip ao qual são adicionados elementos para uso industrial
  - periféricos especializados para aplicações de automação e controle
  - memória RAM e ROM internas
- Periféricos e memórias incorporados na pastilha reduzem a necessidade de circuitos externos
- Conjunto de instruções (usualmente CISC) também dedicado a aplicações de automação e controle
- Sistemas de automação têm geralmente as seguintes características:
  - sistemas embarcados em algum produto
  - programação fixa
  - programas simples
  - pouca exigência de desempenho

INF01113 - Organização de Computadores

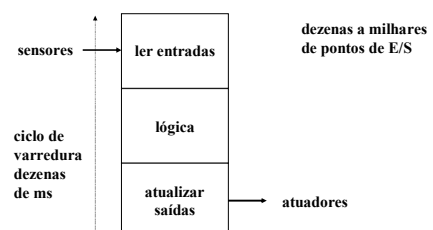
## Hardware em laço



INF01113 - Organização de Computadores

## Introdução

### Típico processo de controle industrial



INF01113 - Organização de Computadores

## Introdução

- Várias combinações de periféricos são oferecidas caracterizando o que se conhece por *família de um microcontrolador*
- Periféricos comumente encontrados:
  - portas de entrada/saída – bits, vetores de bits
  - contadores/temporizadores
  - interfaces seriais
  - unidades PWM
  - temporizadores do tipo *watchdog*
  - conversores A/D
  - unidades detectoras e geradoras de eventos

INF01113 - Organização de Computadores

## Introdução

- Microcontroladores podem ser caracterizados como:
  - *genéricos*
  - *específicos*
    - controle de um display de cristal líquido
    - controle de vídeo
    - controle de barramento
- A *escolha* de um microcontrolador é baseada na *aplicação* e no *custo* (eventualmente também desempenho, potência)
- Microcontrolador escolhido deve requerer o menor número de periféricos externos possível e o menor esforço de programação (conjunto adequado de instruções)

INF01113 - Organização de Computadores

## 2. Memória interna

- Muitas aplicações de controle precisam de programas pequenos e operam sobre pequenos volumes de dados
  - memórias RAM e ROM internas
- Tipos de memórias utilizadas
  - RAM - memória volátil
  - ROM - memória não-volátil, pode ser gravada apenas uma vez
  - EPROM - memória não-volátil, é gravada eletricamente e apagada expondo uma janela à luz ultravioleta por alguns minutos
  - EEPROM/FLASH - memória não volátil, pode ser gravada e apagada eletricamente
    - para o apagamento e gravação é necessária a utilização de tensões especiais, diferentes das normalmente utilizadas para a leitura

INF01113 - Organização de Computadores

## EEPROM x FLASH

- Memória EEPROM: pode-se realizar o apagamento seletivo de apenas um byte
- Memória FLASH: só pode ser apagada em blocos
  - o tamanho de cada bloco varia de acordo com o modelo e/ou fabricante
- O preço da produção da memória EEPROM é um pouco mais elevado do que a memória FLASH
- Portanto a memória FLASH é uma alternativa mais econômica

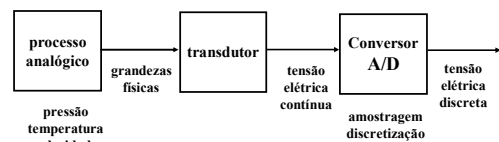
INF01113 - Organização de Computadores

## 3. Portas de entrada e saída

- As portas de entrada e saída de um microcontrolador são utilizadas para interface com o processo físico sendo controlado
  - pode-se utilizar o microcontrolador de forma a acionar chaves, ler sensores de luminosidade, etc.
  - pode-se receber informações e controlar qualquer processo que possa ser representado por níveis *discretos* de tensão
- Sinais de interface do microcontrolador operam com níveis de tensão padronizados
  - portas que operam sobre dois valores 0 e 1 (desligado e ligado)
  - portas que operam sobre valores de 8 (ou 16) bits
- Deve-se adaptar estes sinais a outros níveis de tensão e a outras grandezas (temperaturas, velocidades, etc.) com a utilização de *transdutores* e de *conversores A/D* e *D/A*

INF01113 - Organização de Computadores

## Entrada e saída



INF01113 - Organização de Computadores

#### 4. Conversor analógico-digital

- Quando uma aplicação trabalha com sinais contínuos (analógicos), um conversor analógico-digital deve ser utilizado
- Conversor tem como entrada um sinal de tensão analógico (valor dentro de uma escala de  $-X$  a  $+Y$  Volts) e converte este valor analógico para um valor digital
- A conversão é realizada em intervalos regulares (na taxa de amostragem) ou pré-determinados
- Assim, um sinal contínuo passa a ser representado por um conjunto de valores discretos

INF01113 - Organização de Computadores

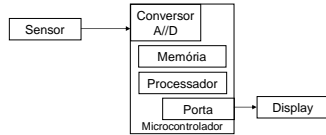
#### Conversor analógico-digital

- O sinal de entrada será convertido para um valor dentro de uma escala cujo valor máximo será igual a  $2^N - 1$ , onde  $N$  é o número de bits da representação
- Ex.: representando em 8 bits uma variável com intervalo de valores entre 0 e 1000 unidades
  - conversor A/D converte valores da variável para escala de 0 a 5 V
  - valor da variável = 1000 será representado por 255
  - valor da variável = 500 será representado por 127 ou 128

INF01113 - Organização de Computadores

#### Conversor analógico-digital

- Exemplo de aplicação: Termômetro digital
- Nesta aplicação pode-se observar a redução no sistema com a integração dos periféricos ao microcontrolador
- Somente o sensor e o display ficam fora do chip



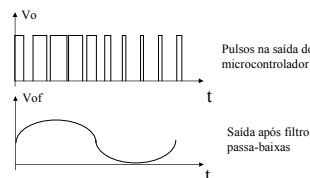
INF01113 - Organização de Computadores

#### 5. Módulo PWM

- A finalidade deste componente é realizar uma conversão digital-analógico
- Um módulo PWM (*Pulse Width Modulation*) gera em sua saída um sinal que é uma onda retangular
- Este sinal tem período fixo e a largura de pulso (ou seja, o tempo que a saída fica em valor alto) é variável e proporcional ao valor de entrada
- Com isto, tem-se na saída um sinal cujo valor médio é proporcional ao valor de entrada do módulo
- Este sinal passa por um filtro passa-baixas
  - componente eletrônico que elimina as altas frequências, ou variações rápidas de um sinal

INF01113 - Organização de Computadores

#### Módulo PWM

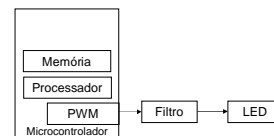


- Este é um dos métodos mais simples (basta gerar uma sequência de pulsos) de conversão digital-analógico, mas que tem uma velocidade baixa de conversão

INF01113 - Organização de Computadores

#### Módulo PWM

- Aplicação: controle do brilho de um LED



INF01113 - Organização de Computadores

## 6. Watchdog Timer

- O *watchdog timer* é um contador cuja finalidade é resetar o microcontrolador
- Isto deve ser feito quando ocorre uma situação não prevista e o software “tranca” em uma situação qualquer
- Este temporizador é inicializado com um valor inicial e decreta automaticamente, sem a intervenção do processador
- No momento em que a contagem chega a zero, o microcontrolador é reinicializado
- A contagem deve ser reiniciada regularmente pelo programa, para que o microcontrolador mantenha seu funcionamento
- Com isso, o sistema que emprega o microcontrolador fica menos vulnerável a falhas na execução do software

INF01113 - Organização de Computadores

## 7. Interface serial

- A interface serial tem por objetivo possibilitar a comunicação entre o microcontrolador e outros dispositivos
  - comunicação ocorre através do envio sucessivo de bits, seguindo um determinado padrão
- Com este dispositivo, o microcontrolador pode ser utilizado para adicionar inteligência a um sensor (ou seja, realiza processamento no local onde está o sensor)
  - sensor inteligente pode fazer parte de um sistema com processamento distribuído, realizando comunicação com um sistema central de supervisão
- Outra possibilidade é realizar a atualização do próprio programa do microcontrolador, desde que este não esteja gravado em ROM
  - uma parte fixa do programa encarrega-se de receber a atualização através da porta serial e substituir parte do conteúdo da memória

INF01113 - Organização de Computadores

## Microcontrolador 8051

1. Introdução
2. Organização do processador
3. Organização de memória
4. Modos de endereçamento
5. Conjunto de instruções
6. Portas de entrada e saída
7. Temporizadores/Contadores
8. Controlador de interrupções
9. Interface serial

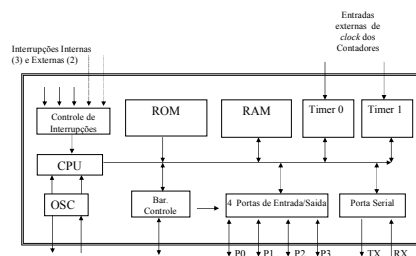
INF01113 - Organização de Computadores

## 1. Introdução

- O microcontrolador 8051BH é composto de:
  - um microprocessador de 8 bits
    - arquitetura CISC
    - baseado em acumulador
    - memórias de programa e de dados separadas
  - 4 portas de entrada/saída
  - memórias ROM/RAM internas
  - interface serial full duplex
  - controlador de interrupções
  - 2 temporizadores / contadores

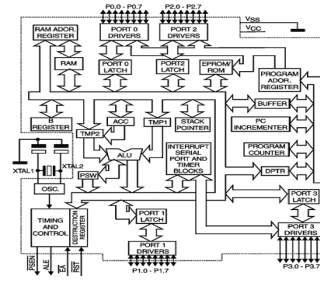
INF01113 - Organização de Computadores

## 2. Organização do processador



INF01113 - Organização de Computadores

## Estrutura interna do 80C51BH



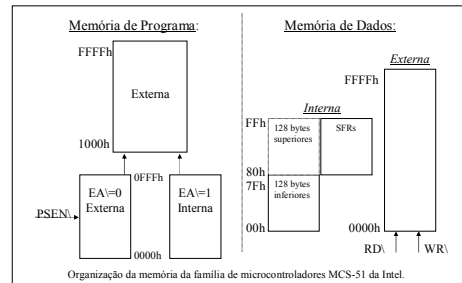
INF01113 - Organização de Computadores

### 3. Organização de memória

- Memória de instruções
  - a memória de instruções tem uma parte inferior que pode ser a ROM interna ou uma memória externa
  - o sinal PSEN seleciona a memória externa
- Memória de dados interna
  - 128 bytes de RAM interna (4 bancos de 8 registradores de 8 bits + 16 registradores endereçados a bit + RAM normal)
  - registradores especiais (acima de 80H)

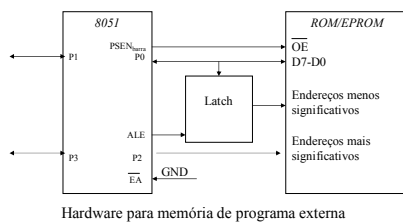
INF01113 - Organização de Computadores

### Organização de memória



INF01113 - Organização de Computadores

### Organização de memória



INF01113 - Organização de Computadores

### 4. Modos de endereçamento

Modo de endereçamento	Operandos (Registradores e Memória)
Endereçamento Imediato	Memória de Programa
Por Registrador	R0-R7 e ACC (A), B, C ( <i>carry-bit</i> ) e DPTR
Direto	Os 128 bytes menos significativos da RAM Interna e Registradores de Funções Especiais
Indireto por Registrador	RAM interna (@R0, @R1 e SP) e Memória de Dados Externa (@R0, @R1 e @DPTR)
Registrador Base mais indireto indexado por registrador	Memória de Programa (@DPTR+A e @PC+A)

INF01113 - Organização de Computadores

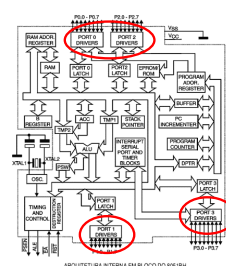
### 5. Conjunto de instruções

Instrução	C	OV	AC
ADD	X	X	X
ADDC	X	X	X
SUBB	X	X	X
MUL	0	X	
DIV	0	X	
DA	X		
RRC	X		
RLC	X		
SETB C	1		
CLR C	0		
CPL C	X		
ANL C, bit	X		
ANL C, /bit	X		
ORL C, bit	X		
ORL C, /bit	X		
MOV C, bit	X		
MOV C, /bit	X		
CJNE	X		

INF01113 - Organização de Computadores

### 6. Portas de entrada e saída

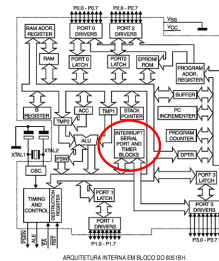
- O 8051BH possui quatro portas de entrada/saída
- As portas 0 e 2 são usadas como barramento de dados e de endereços no caso de acesso à memória externa
- A porta 3 pode ter os seus 8 pinos utilizados individualmente para:
  - controle da interface serial
  - recepção de interrupções externas
  - recepção de relógio externo para os temporizadores
  - controle da memória externa



INF01113 - Organização de Computadores

## 7. Temporizadores/Contadores

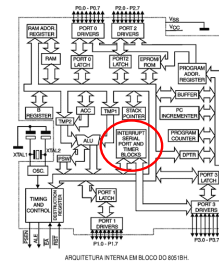
- O 8051 possui 2 Temporizadores/Contadores (T/C) internos, programáveis e com capacidade de operarem independentemente da CPU
- Podem ser habilitados ou desabilitados por software ou por hardware
- São 2 os registradores que comandam a programação dos T/C:
  - TCON
  - TMOD



INF01113 - Organização de Computadores

## 8. Controlador de interrupções

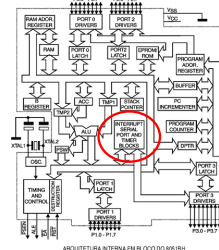
- Existe um controlador dedicado para o atendimento de interrupções
- As interrupções são vetoradas, com vetor fixo na memória de programa
- Existem 5 fontes de interrupção:
  - Duas externas através da porta 3
  - Duas associadas com o overflow dos dois temporizadores
  - Uma associada com a interface serial
- O 8051 não possui interrupções por software



INF01113 - Organização de Computadores

## 9. Interface serial

- Interface serial do tipo full-duplex
- Dados podem ser transmitidos e recebidos ao mesmo tempo
- Funciona através dos pinos 0 e 1 da porta número 3
- Possui um registrador para paralelização dos dados recebidos
- Escrever em SBUF = carregar o registrador de transmissão
- Ler de SBUF = acessar um registrador de recepção fisicamente separado



INF01113 - Organização de Computadores