

Sistemas Digitais

Aula 15 - Introdução a Microprocessadores, Microcontroladores e Processadores Digitais de Sinais

Apresentação

Nesta aula, você verá uma breve introdução de microprocessadores, microcontroladores e processadores de sinais digitais (DSP – *Digital Signal Processing*). Você estudará as características peculiares a cada um deles, bem como será feito um pequeno relato histórico que o situará no contexto destes chips que provocaram revolucionárias transformações em nossas vidas nos últimos 40 anos.

Objetivos

Ao final desta aula você será capaz de:

- Entender o que é um computador e definir os seus blocos construtivos básicos.
- Conhecer alguns conceitos básicos que envolvem os microprocessadores, os microcontroladores e os DSPs.
- Classificar a arquitetura de um processador quanto ao seu conjunto de instruções e ao acesso a dados e programas.
- Distinguir as principais áreas de atuação ou de aplicação dos processadores digitais, microcontroladores, microprocessadores, e DSPs.
- Explicar como se deu a evolução dos processadores.

Introdução aos Microprocessadores e Microcontroladores

Vamos começar a aula com uma pergunta bem básica.

Para você, o que é um computador? Tente responder antes de seguir seu estudo.

Figura 01 - Uma torre de um computador e as placas internas



Fonte: <<http://vivibelon-design.blogspot.com.br/2011/04/principais-componentes-de-um-computador.html>> Acesso em: 26 maio 2012.

Na literatura, podemos encontrar importantes referências em livros consagrados de Arquitetura e Organização de Computadores. Dentre as definições encontradas, uma que se destaca em muitas referências é a seguinte

Um computador pode ser visto como um sistema formado por um conjunto estruturado de componentes, e sua função pode ser compreendida em termos das funções desses componentes.

Parece uma caracterização confusa, não é? Mas, iremos ver que essa é uma boa resposta para a pergunta anterior.

Para caracterizar um sistema como sendo um computador, basta, então, que sejam bem definidas as funções desejadas de um sistema que se comporte como tal. Então, vamos pensar quais seriam essas funções?

Quais as funções básicas de um computador? São quatro:

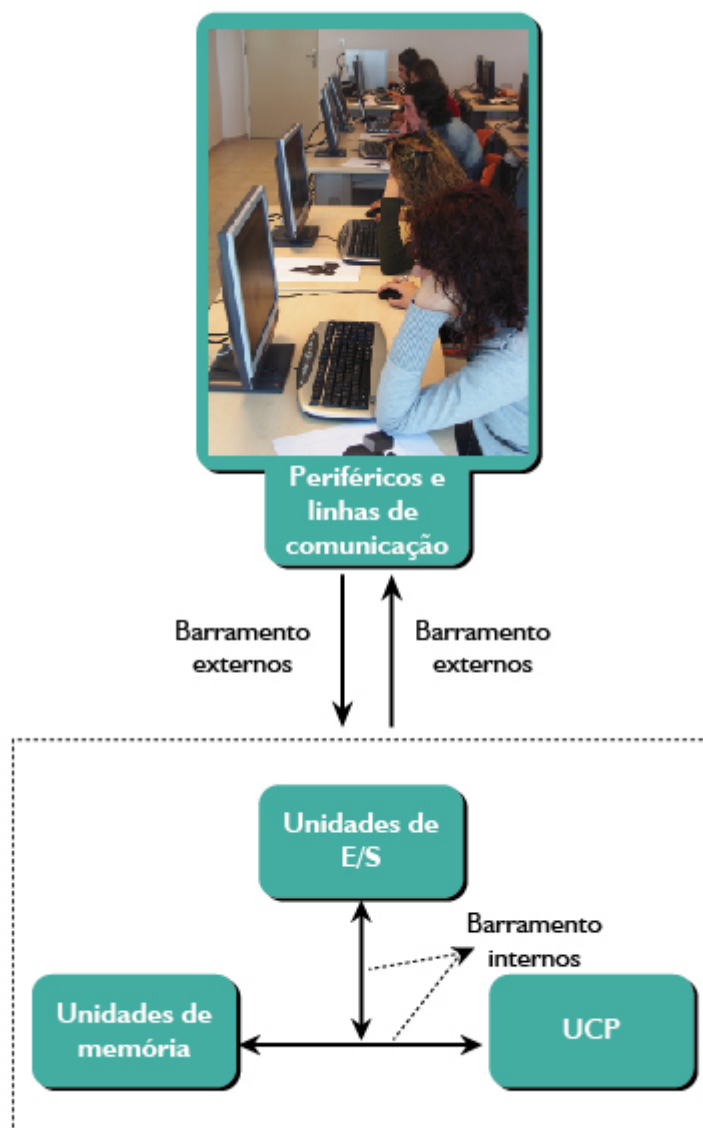
- Processar informação ou dados.
- Armazenar dados a serem processados ou já processados.
- Fazer a transferência de dados de/para as unidades responsáveis pelo acesso à informação, ao armazenamento e ao processamento.
- Controlar todas as operações internas e de acesso à informação.

Agora, com essa descrição em mente, você pode analisar e compreender a definição dada por William Stallings no livro de Arquitetura e Organização de Computadores. Senão vejamos: um computador é qualquer sistema que possua blocos funcionais capazes de promover o acesso a uma informação, de transferir essa informação entre os blocos que o compõe, de processar essa informação e de armazenar a informação antes e após o seu processamento.

Organização e a Arquitetura de um Computador

Vamos associar, agora, o que foi dito com a organização e a arquitetura de um computador mostrada na Figura 2.

Figura 02 - Blocos básicos de um computador



Na figura, pode-se observar que existem periféricos ou linhas de transmissão, como teclado, mouse, monitor. Ao lado desses periféricos ou dessas linhas de transmissão estão, naturalmente, os usuários.

No interior do tracejado cinza, temos:

- a. O bloco de unidades E/S, esse bloco corresponde a nossas placas de entrada e saída de dados ou nossas interfaces de Entrada/Saída (E/S). Interfaces essas que possibilitam que dados de um teclado ou de um mouse, por exemplo, cheguem para processamento e que dados processados possam ser enviados, por exemplo, para um monitor de vídeo, para uma impressora, ou que sejam enviados via internet.
- b. O bloco Unidades de memória é dito ser responsável pelos recursos de armazenamento de dados. Todos os dados a serem processados e todas as operações que serão executadas pelo computador ficam armazenados nas unidades de memória.
- c. O bloco UCP (Unidade Central de Processamento ou CPU - de *Central Processing Unit*) é a unidade principal de um computador, gerenciando a transferência dos dados de/para as unidades de E/S, gerenciando a transferência dos dados de/para as unidades de memória e sendo responsável direta pelo processamento da informação.
- d. Esses blocos têm que estabelecer comunicação entre eles. Assim, interligando todas as unidades internas do computador estão as linhas físicas onde trafegam a informação, e que se constituem nos chamados barramentos internos. Um exemplo de barramento interno é o [PCI Express](#).
- e. Interligando as unidades de E/S e os periféricos ou linhas de comunicação de dados estão as linhas físicas onde trafegam os dados que são enviados ou recebidos pelo computador, os chamados barramentos externos. Hoje, um exemplo bem característico de barramento externo é o barramento USB (Universal serial Bus). Atualmente, a maioria dos dispositivos usados para entrada e saída de dados dos microcomputadores, como mouses, teclados, pendrives e impressoras, usam o barramento [USB](#).

Existem dois termos utilizados para caracterizar um sistema de computação: sua organização e sua arquitetura. Embora exista uma certa dificuldade em dar uma definição precisa para esses termos, de acordo com Stallings, existe um consenso sobre os itens gerais que são cobertos em cada um dos termos, conforme as definições de Vranesic (1980), Siewiorek (1982) e Bell (1978):

Arquitetura de um computador refere-se aos atributos de um sistema que são visíveis para o programador. Esses atributos têm impacto direto sobre a execução lógica de um programa.

Exemplos de atributos de arquitetura incluem o conjunto de instruções, o número de bits usados para representar os vários tipos de dados, os mecanismos de E/S e as técnicas de endereçamento de memória.

Definir se um computador deve ou não ter uma instrução de multiplicação, por exemplo, constitui uma decisão do projeto da sua arquitetura.

Organização de um computador refere-se às unidades operacionais e suas interconexões que implementam as especificações da sua arquitetura.

Atributos de organização incluem detalhes de hardware transparentes ao programador (ou seja, que não são percebidos pelo programador), tais como os sinais de controle, as interfaces entre o computador e os periféricos e a tecnologia de memória utilizada.

Voltando ao exemplo anterior, definir se uma instrução de multiplicação será implementada por uma unidade de multiplicação especial ou por um mecanismo que utiliza, repetidamente, sua unidade de soma constitui uma decisão do projeto da sua organização.

Atividade 01

Você entendeu bem a diferença entre arquitetura e organização de um microcomputador? Procure selecionar:

1. Mais dois exemplos que considere que faça parte da arquitetura.

2. E mais dois exemplos que considere que faça parte da organização de um microcomputador.

Conjunto de Instruções

Estes termos, arquitetura e organização, no entanto, tendem a se combinar e a sua relação a se estreitar, à medida que aumenta a miniaturização dos computadores.

Mudanças na tecnologia, por exemplo, não apenas influenciam a organização, mas também resultam na introdução de arquiteturas mais ricas e poderosas.

Para estruturas de elevado grau de miniaturização, normalmente, não existe um forte requisito de compatibilidade de uma geração para outra, o que flexibiliza e aumenta a relação das tomadas de decisão relativas à sua arquitetura e à sua organização.

Para nós, neste curso, será mais que suficiente conhecer um pouco da arquitetura dos computadores.

Existem duas linhas de definição da arquitetura dos computadores. A primeira é feita pela escolha do conjunto de instruções que lhes são atribuídas e a segunda é feita pela escolha do modelo que será usado para acesso a dados e programas.

Pela escolha do seu conjunto de instruções, podemos ter dois principais tipos de arquiteturas:

- CISC (Complex Instruction Set Computer – Computador com um conjunto complexo de instruções).
- RISC (Reduced Instruction Set Computer – Computador com um conjunto reduzido de instruções).

Antes de aprendermos as diferenças entre os dois tipos conjunto de instruções é importante entendermos o que é um conjunto de instruções. De um modo geral, um conjunto de instruções consiste nas operações que o sistema de computação é capaz de executar. Esse sistema de computação pode ser desde um microprocessador, um microcontrolador, um DSP (do inglês Digital Signal Processor, ou Processador Digitais de Sinais) ou algum outro tipo de arquitetura. Alguns exemplos de instruções que podem compor um conjunto de instruções são: soma, subtração, multiplicação, instruções de acesso a dados na memória, etc.

É tarefa do projetista do dispositivo definir quais instruções serão executadas pelo seu sistema e qual vai ser o formato dessas instruções. Entenderemos mais sobre os diferentes formatos nas páginas seguintes. Por enquanto, basta entendermos que todo sistema computacional precisa de um conjunto de instruções bem definido para poder executar as operações.

CISC e RISC

Agora que sabemos o que é um conjunto de instruções, podemos retomar as definições de arquiteturas do tipo CISC e RISC, começando pela CISC. Os computadores com arquitetura CISC apresentam um conjunto muito grande de instruções e algumas delas, dado sua complexidade, apresentam formatos e tamanhos diferenciados e são executadas em múltiplos ciclos de relógio (clock).

Por outro lado, a proposta das arquiteturas RISC é possuir um conjunto de instruções com poucas instruções e que essas instruções sejam do mesmo tamanho e, normalmente, processadas em um único ciclo de relógio.

As arquiteturas RISC foram propostas como uma alternativa às arquiteturas CISC, uma vez que em muitos casos, notou-se que os processadores com grande conjunto de instruções CISC passava a maior parte do tempo executando um pequeno subconjunto do seu conjunto de instruções, e quase nunca executavam as instruções mais complexas. Dessa forma, com o objetivo de tentar diminuir a complexidade da arquitetura, surgiu a proposta de projetar processadores mais simples e rápidos, retirando do seu conjunto de instruções as instruções mais complexas, e conseqüentemente, mais demoradas.

Com o sucesso das arquiteturas RISC, muitos fabricantes passaram a projetar e desenvolver processadores com conjunto reduzido de instruções. Exemplos de algumas arquiteturas RISC são o SPARC da Sun Microsystems (1987); o RS/6000 da IBM (1990); e o PowerPC, criado pela aliança entre IBM, Motorola e Apple, no início dos anos 90. O PowerPC foi, durante muitos anos, o processador dos computadores Apple.

Apesar disso, como você pode perceber na frase anterior, o PowerPC “foi” o processador dos computadores da Apple. Se você pesquisar no site da [Apple](#) (acesso em 05/10/2017), verá que atualmente todos os computadores, notebooks ou desktops, possuem o processador da Intel core ix (o x se refere ao número, que atualmente, pode ser i5 ou i7). Os processadores Intel ix são processadores CISC. Nesse momento, você deve estar então se perguntando, se a arquitetura RISC é tão mais simples e rápida que a CISC, por que a arquitetura RISC não suplantou a arquitetura CISC?

A resposta está nos seguintes pontos:

1. Problemas de compatibilidade com arquiteturas mais antigas. Uma vez que o software foi desenvolvido para uma arquitetura CISC, simplesmente mudar para RISC implica em incompatibilidade, pois as instruções CISC não serão entendidas pela máquina RISC.
2. Arquiteturas RISC necessitam de um software mais complexo, já que o hardware do processador é mais simples. Isso pode ser um problema, dependendo do que se deseja executar naquele processador.

Levando as vantagens e desvantagens em consideração, o que temos hoje em dia é que a escolha da arquitetura RISC ou CISC depende do contexto ao qual àquela máquina irá trabalhar. Mais do que isso, à medida que ocorre a miniaturização dos processadores digitais, observa-se também uma nítida tendência em se projetar unidades com arquiteturas híbridas, CISC e RISC.

Além do conjunto de instruções, o projeto de um sistema de computação também deve considerar o modelo que será usado para acesso a dados e programas. Assim, podemos ter computadores com arquitetura projetada de acordo com o modelo proposto pelo Instituto de Estudos Avançados de Princeton (atribuído

a Von Neumann) – Máquina de Von Neumann – e computadores projetados com arquitetura segundo o modelo proposto pela universidade de Harvard – Máquina de Harvard. Logo a seguir você terá uma visão gráfica dessas duas arquiteturas.

Um computador projetado com arquitetura segundo o modelo proposto por Von Neumann apresenta três blocos funcionais básicos (a Unidade de Memória, a Unidade de Controle, e a Unidade Central de Processamento (UCP), que é composta por diversos processadores). Esses blocos são acessíveis através de três barramentos padrões (chamados de BUS): o de dados, o de controle e o de endereços, como mostrado na Figura 3. Por possuir uma única unidade de memória, fisicamente, estão armazenados nessa unidade, programas e dados. Como consequência, pelo barramento de dados, além dos dados (como as variáveis inerentes de um programa), trafegam também as próprias instruções de programa.

Figura 03 - Computador projetado segundo o modelo proposto por Von Neumann



Fonte: <<http://sistemasuniban.blogspot.com.br/2010/04/arquiterura-von-neumann-vs-harvard>>. Acesso em: 24 maio 2012.

Já um computador projetado segundo o modelo de Harvard se diferencia do de Von Neumann por apresentar duas unidades de memória: uma para armazenar dados e uma para armazenar programas. Por consequência, precisa também de um barramento específico para tráfego de dados e um específico para tráfego de instruções de programas, como mostra a Figura 4.

Figura 04 - Computador projetado segundo o modelo proposto por Harvard



Fonte: Adaptado de <<http://sistemasuniban.blogspot.com.br/2010/04/arquiterura-von-neumann-vs-harvard>>. Acesso em: 08 out. 2015.

Beneficiados pelos avanços da tecnologia de fabricação e pelo elevado grau de miniaturização dos chips, muitas inclusões foram feitas aos modelos de Von Neumann e de Harvard, no entanto, a essência de suas proposições está mantida até os dias de hoje.

O modelo Harvard, por possuir memórias separas para memória e dados, permite que o processador possa acessar as duas memórias simultaneamente, obtendo um desempenho maior do que o modelo de Von Neumann, que precisa acessar dados e instruções de forma sequencial.

Para que você entenda como ocorre o ganho de desempenho com acesso simultâneo, é importante que lembrar que um programa é formado por instruções e dados que ficam armazenados em memória. No momento da execução, as instruções são buscadas na memória e executadas uma a uma de forma sequencial. Quando uma instrução precisa de um ou mais dados que estão na memória, o processador precisa aguardar que esse dados seja buscado para poder continuar a execução. Um exemplo do uso do modelo Harvard para aumentar desempenho é buscar a instrução seguinte na memória de instruções, enquanto a instrução atual está sendo executada e seus dados estão sendo buscados na memória de dados. Assim, quando a instrução atual encerrar a execução, a instrução seguinte já estará pronta para iniciar a execução, e a etapa de buscar essa instrução na memória já foi adiantada.

Atividade 02

1. Processadores com conjunto de instruções complexas em geral, requerem o uso de microprogramação com um interpretador. Procure encontrar o que é micro-programação do CISC e para que é usada.

Microcomputadores

Se até agora só falamos de computador, você deve estar se perguntando: Mas, o que é um microcomputador? O que o diferencia de um computador? Essas respostas estão nas definições dadas a seguir.

Um microcomputador é qualquer sistema computacional que possua como CPU um microprocessador. Ficou na mesma? Calma. Vamos por partes.

Um microprocessador é qualquer componente que implemente, em um único chip, os dois blocos funcionais que compõem a unidade central de processamento, ou seja, a unidade de controle e a unidade de processamento. Ficou claro agora? Na Figura 5, você pode verificar a figura de um microprocessador da Intel, que é um dos maiores fabricantes na área. Uma boa leitura sobre os microprocessadores Intel você pode encontrar [aqui](#).

Figura 05 - Microprocessador da Intel

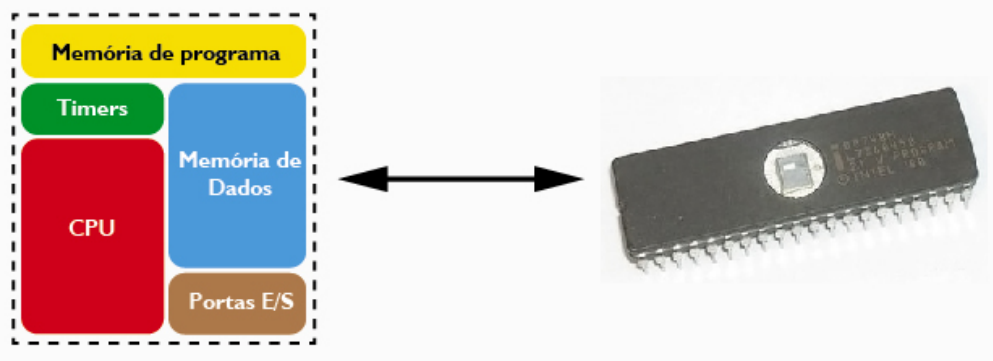


Fonte: <<http://www.tecmundo.com.br/sandy-bridge/1356-processadores-intel-quais-as-diferencas-entre-os-modelos-vendidos-atualmente-.htm>>. Acesso em: 26 maio 2012.

Agora, também poderemos chegar ao conceito do que seja um microcontrolador.

Microcontrolador é qualquer componente que incorpore, em um único chip, todas as unidades de um microcomputador, ou seja, a CPU, a memória e as portas e periféricos de E/S. Em outras palavras, um microcontrolador é um microcomputador em um único chip.

Figura 06 - Arquitetura genérica de um microcontrolador, à esquerda, e o chip de um microcontrolador (PIC) da empresa Microchip, à direita



Fonte: <<http://poluidor.blogspot.com.br/2009/02/processo-de-gravacao-de-um-pic.html>>. Acesso em: 26 maio 2012.

Daí que surge outra novidade: o DSP (Digital Signal Processor), ou seja, Processador Digital de Sinais.

Um DSP é qualquer microcontrolador que adicione funções avançadas para condicionamento e processamento digital de sinais. O termo DSP é usado também para designar o Processamento Digital de Sinais.

Observação

Esse é um assunto muito avançado e não iremos lhe repassar mais informações sobre ele, mas, só para atizar sua curiosidade, sabia que todos os sinais manipulados por um celular, como os de som e de imagem, são processados por um DSP. É pouco ou quer mais?

Hardware e Software em Microcomputadores

Nós falamos tanto em hardware e software, não é mesmo. Mas, você sabe exatamente o que hardware e o que é software em um microcomputador? E firmware?

Pois bem, hardware é o conjunto de dispositivos elétricos/eletrônicos que englobam a CPU, a memória e os dispositivos de E/S, ou seja, é composto de objetos tangíveis – circuitos integrados, placas de circuito impresso, cabos, fontes de alimentação, memórias, impressoras, terminais de vídeo, teclados etc.

O software, ao contrário, consiste em algoritmos (instruções detalhadas que dizem como fazer algo) e suas representações para o computador, ou seja, os programas.

Mas e firmware? Terminologia nova na área, não?

Firmware é todo programa ou conjunto de programas (constituintes do software básico de um computador) que orienta a sua partida, a sua inicialização (os bootstraps programs, ou seja, programas responsáveis pela partida ou por dá o pontapé inicial no funcionamento de um microcomputador, por isso, é comum usarmos o termo dá o boot no computador), bem como a sua operação.

Por essa razão, são softwares que devem estar permanentemente residentes em uma memória não volátil (tipo uma ROM), interna ao microcomputador.

Outro conceito importante nesse mundo dos microprocessadores é o de memória principal (bloco de memória interno do microcomputador responsável pelo armazenamento de programas e de dados que podem ser, imediatamente, acessados pela CPU ou, por que não dizer logo, pelo microprocessador).

A memória principal de um microcomputador é, fisicamente, implementada por meio do uso de pastilhas semicondutoras de memória ROM ("read only memory"), não voláteis, e RAM ("random access memory"), voláteis. Lembre-se das aulas onde comentamos sobre as memórias.

Além da memória principal, temos também a memória secundária ou de massa (memória auxiliar, externa, onde possa ser armazenada a maior quantidade de dados e programas, os quais não sejam, imediatamente, necessários a CPU).

Alguns exemplos de unidades de memória de massa são os discos magnéticos, presentes nos HD (harddisks), e as memórias flashes, presentes nos pendrives.

Conceituamos microprocessadores, microcontroladores e DSP, mas você deve querer saber onde aplicar cada um deles, não é mesmo? Pois bem, as principais áreas de atuação desses dispositivos estão sintetizadas na Quadro 1.

Microprocessadores	Sistemas computacionais de propósitos gerais
Microcontroladores	Sistemas embarcados em produtos maiores
DSPs	Sistemas para processamento digital de sinais

Quadro 1 – Tipos de microprocessadores por principais áreas de atuação

Atividade 03

1. Se o dono de um posto de gasolina procurar um engenheiro eletricista ou de computação para projetar um sistema que permita controlar toda quantidade de gasolina, álcool e óleo diesel vendida durante o dia, qual seria a melhor opção do projetista: usar um DSP, um microcontrolador ou um microprocessador? Justifique a opinião dada.

Barramento

Na realidade, os limites de aplicabilidade desses três componentes não são tão bem definidos como mostra o quadro acima. Por exemplo: o projeto de um sistema embarcado que exija um complexo tratamento matemático, mesmo que não envolva o processamento digital de sinais, pode ser bem melhor resolvido com um DSP do que com um microcontrolador.

Em contrapartida, o projeto de um sistema de controle digital, mesmo envolvendo o processamento digital de sinais, sem grandes exigências de cálculo, pode ser bem melhor resolvido, com custos bem mais reduzidos, com um microcontrolador do que com um DSP.

Uma coisa interessante é associarmos a maioria dos microprocessadores e microcontroladores com as diversas modalidades de arquiteturas que foram apresentadas.

Por exemplo, embora uma unidade microprocessadora possa se apresentar segundo o modelo de Von Neumann ou de Harvard e ser projetada como uma máquina CISC ou RISC, os microprocessadores, em sua grande maioria, se apresentam para o usuário numa mistura Von Neumann-CISC, enquanto os microcontroladores e DSP, em sua grande maioria, se apresentam numa mistura Harvard-RISC.

Existem certas características que são bem próprias de cada um desses processadores digitais e que nos ajudam a diferenciá-los. Tais características serão citadas a seguir.

Os microprocessadores apresentam:

- Largura de barramento de endereços elevada, pois permitem o gerenciamento de grande quantidade de memória. Desde meados da década de 1980 a 1990 que essa largura de barramento de endereços se estabilizou em ser de 32 bits (o que permite uma capacidade de endereçamento de 2^{32} , ou seja, 4 GBytes) mas, já alcançamos a casa dos 64 bits (o que dá uma capacidade de endereçamento de memória imensurável no nosso universo: 2^{64}).

A largura de barramento de endereços indica a capacidade, em bits, que aquele barramento tem de transmitir um endereço. Existem barramentos que conseguem transmitir apenas 8 bits de endereço simultaneamente, outros transmitem 16 bits, 32 bits, 64 bits. Os mais comuns, atualmente são os de 32 e 64 bits.

Não precisa nem mencionar que quanto mais bits, maior o endereço que pode ser transmitido pelo barramento, não é mesmo?

- Unidade de gerenciamento de memória integrada ou on-chip.
- Tratamento de dados com representação binária de 8, 16, 32, 64 e até mesmo de 80 bits.
- Unidade de cálculo de matemática em ponto flutuante on-chip com suporte a operações numéricas bastante complexas com números reais. Essa unidade é chamada de FPU (Unidade de Ponto Flutuante).
- Infelizmente, apresentam alto custo, alto consumo de energia e ocupam a maior área de silício em comparação com as demais modalidades de processadores.

Microcontroladores

Os microcontroladores apresentam:

- Memória e unidades periféricas on-chip.
- Barramento de endereços com poucos bits, só permitindo o gerenciamento de pequena quantidade de memória. Algumas larguras típicas variam de 10 a 14 bits e, nestes casos, limitando seu acesso à memória variando de 1 Kbyte a 8 Kbytes.
- Tratamento de dados restrito aos inteiros com representação binária de 8 bits. Atualmente, algumas famílias permitem o tratamento de inteiros de 8 e de 16 bits.
- Ausência de unidades aritméticas de ponto flutuante.
- Em contrapartida, são de baixo custo, apresentam baixo consumo e, em comparação aos demais, ocupam as menores áreas de silício.

Bem, os Processadores Digitais de Sinais, hardwares específicos para o processamento de sinais e, muitas vezes, imagens, DSP, se apresentam com características intermediárias entre os microprocessadores e os microcontroladores. Algumas famílias atuais de DSP já tratam dados de até 64 bits e permitem operações aritméticas com números inteiros e com números reais, em ponto flutuante.

Para entender melhor o que é aritmética de ponto flutuante, faça uma associação dela com a notação científica normalizada, usada para representar números reais muito grandes ou muito pequenos. Por exemplo, o número 0,000016 pode ser representado, em notação científica, como **1,6E-5** e o número 34.000.000.000.000 como **3,4E+13** ou **3,4E13**, onde 1,6E-5 e 3,4E13 representam, respectivamente, $1,6 \times 10^{-5}$ e $3,4 \times 10^{13}$. Observe que se tem apenas um dígito inteiro significativo e o expoente varia de acordo com o posicionamento da vírgula. Não queremos e não existe a necessidade de você entrar nesse assunto de ponto fixo e ponto flutuante.

Critérios de Microcontroladores

A seguir, você vai estudar alguns critérios importantes, caso venha a precisar escolher que processador usar em algum projeto.

A escolha de um microprocessador para uma dada aplicação é, provavelmente, a mais difícil tarefa enfrentada por um engenheiro ou por um técnico. Para tomar a melhor decisão, ele deve conhecer a gama de microchips que poderá usar para a aplicação, para assim poder precisar e medir os prós e contras de cada opção. A maioria opta por fazer a escolha dentro do conjunto de dispositivos com o qual já está familiarizada.

Para ajudar nessa escolha, a maioria dos fabricantes oferece ferramentas de desenvolvimento e de avaliação. Essas ferramentas permitem ao engenheiro ou ao técnico desenvolver e testar o seu software sem ter que implementar o hardware requerido pela aplicação.

Com as tolerâncias inerentes a qualquer projeto, os primeiros critérios que devem ser levados em conta na escolha de um microprocessador dizem respeito a:

- Funcionalidade do conjunto de instruções;
- Arquiteturas usadas em sua construção;
- Velocidade de execução (não exatamente a frequência do clock);
- Capacidade de executar operações aritméticas e lógicas;
- Consumo de energia e tamanho;
- Presença de periféricos necessários à aplicação;
- Ferramentas de software e suporte técnico. Neste item devem ser observados o ambiente de desenvolvimento (presença de editor, compilador, simulador, emulador etc.), a biblioteca de funções e as soluções de software disponibilizadas pelo fabricante ou empresas credenciadas;
- Custo;
- Disponibilidade de mercado;
- E, por fim, a maturidade do processador.

Atividade 04

Nos parágrafos anteriores, foram colocadas várias características que diferenciam os DSP, microcontroladores e microprocessadores, bem como foram colocados alguns fatores que permitem fazer uma escolha apropriada de um deles para algumas linhas de projetos.

1. Para você, que características e que fatores são mais relevantes para que um projetista escolha um DSP para projetar e conseguir colocar no mercado, com ótimas perspectivas de venda, um equipamento que possa agrupar as funções de um celular, de uma calculadora científica e de um receptor de áudio e vídeo?

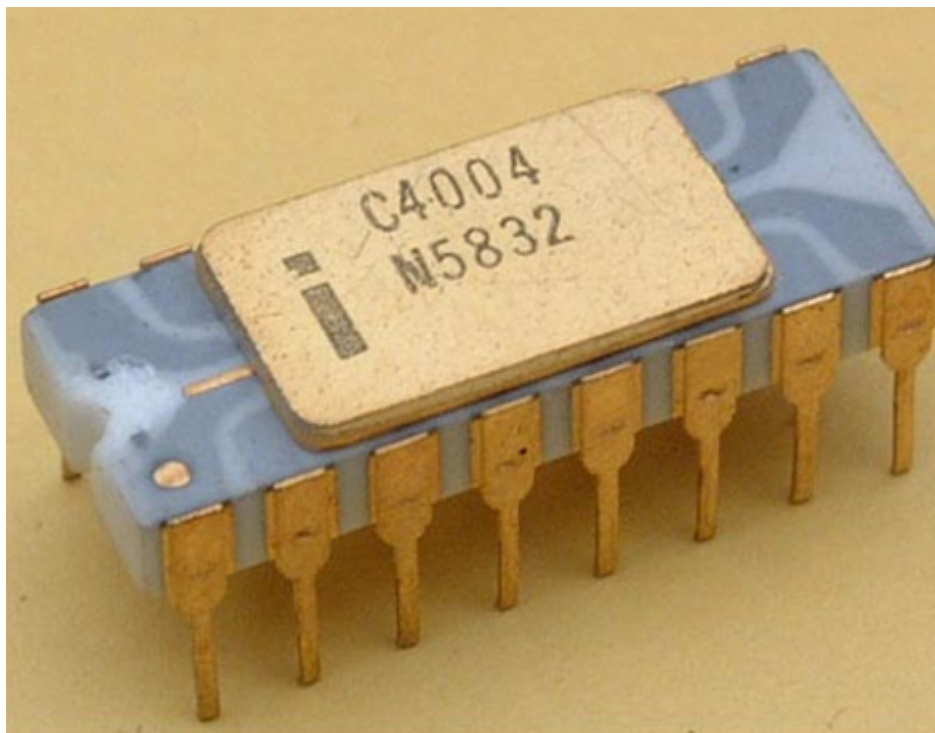
Microprocessadores e sua História

Sempre que fazemos uma introdução aos microprocessadores, procuramos também fazer uma contextualização histórica para que o aluno ou o leitor tenha uma noção clara da revolução que esses dispositivos provocaram no mundo moderno.

O desenvolvimento do microprocessador, na década de 1970, representou o maior marco na história dos sistemas eletrônicos e da computação. Ele permitiu o desenvolvimento de computadores pessoais de baixo custo e gerou o campo dos sistemas embarcados, nos quais um microprocessador, um microcontrolador ou um DSP é usado para controlar um sistema ou um subsistema eletrônico em especial.

A paternidade do microprocessador é, ainda, debatida até hoje. Em 1971, a Intel introduziu o 4004 (Figura 7), que incluía todos os elementos de uma CPU de 4 bits. Neste mesmo ano, a Texas lançou o TMS1802NC.

Figura 07 - Microprocessador Intel 4004



Fonte: <http://www.retrothing.com/2011/11/the_first_singl.html>. Acesso em: 26 maio 2012.

Esses dois microprocessadores foram, originalmente, orientados para suportar as funções de uma calculadora eletrônica. O TMS1802NC da Texas mostrou-se, no entanto, pouco flexível, já que sua programação era armazenada em uma memória interna, só de leitura (o que significava que a mudança no programa exigia um novo processo de mascaramento do chip).

A Intel, a partir do seu primeiro chip, o 4004, provavelmente o primeiro do mundo, continuou seus esforços no desenvolvimento de microprocessadores produzindo, em 1972, o 8008 e, em 1972, o 8080 (reconhecidamente o primeiro microprocessador desenvolvido para aplicações de uso geral).

Várias companhias seguiram os passos da Intel. Como por exemplo: a Motorola, com o 6800, a Rockwell, com o 6502, e a Zilog, com o Z80. Para competir com esses novos processadores, a Intel lançou, em 1975, uma versão melhorada do 8080, o 8085.

Como características marcantes desses microprocessadores, destacam-se: barramento de dados de 8 bits; barramento de endereços de 16 bits (capacidade de endereçamento de 216); conjunto de instruções com, aproximadamente, 80 instruções (ou um pouco mais); execução sequencial das instruções de um programa (tal característica fazia com que a execução de uma instrução só fosse iniciada quando a anterior tivesse sido completamente concluída).

Nessa mesma época começaram a ser desenvolvidos os microprocessadores de 16 bits. No entanto, apenas em 1978 surgiu o primeiro deles, o 8086 da Intel. A ele sucederam o 8088 e o 286 (Figura 8) da Intel (usados nas linhas de microcomputadores PC, XT e AT da IBM) e os 68000 e 68010 da Motorola (usados na linha de microcomputadores da Apple).

Figura 08 - Microprocessador Intel 80286 de 8 MHz



Fonte: <<http://www.tecmundo.com.br/historia/2157-a-historia-dos-processadores.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

Esses microprocessadores se caracterizam por apresentar: barramento de dados de 16 bits (com exceção do 8088 que tinha um barramento de dados de 8 bits); barramento de endereços de 20 e de 24 bits; maior e mais complexo conjunto de instruções; modificação da execução sequencial para a técnica de pipeline (a técnica de pipeline é semelhante a uma linha de produção de fábrica. Como cada instrução de um microprocessador passa por diversas fases, cada fase fica sob a responsabilidade ou é canalizada para um bloco funcional específico).

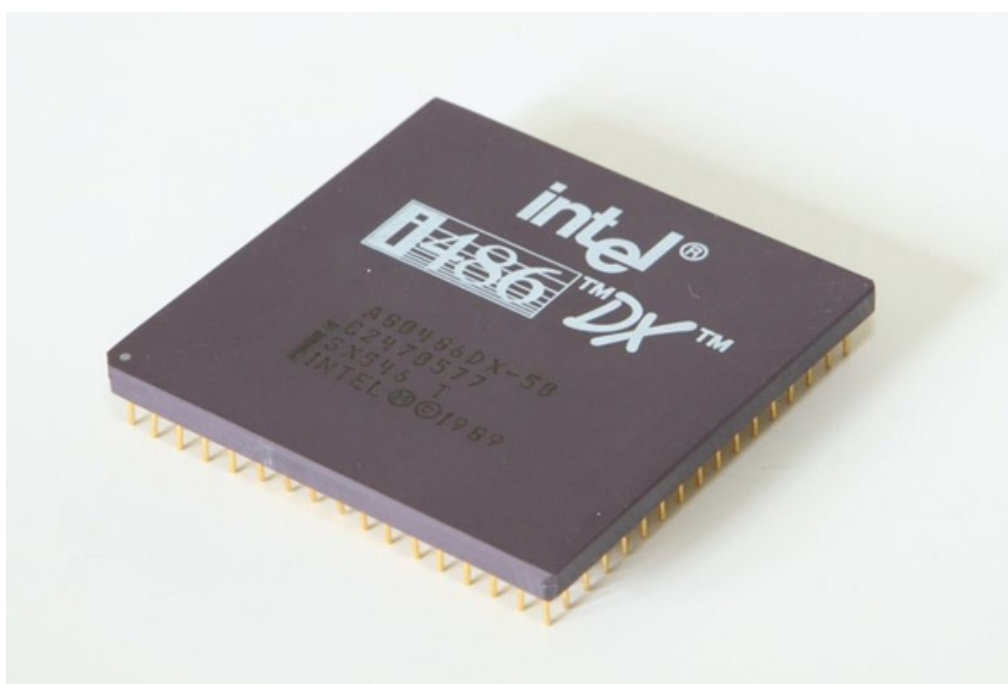
A geração de microprocessadores de 32 bits é iniciada em 1984, pela Motorola, com o lançamento do 68020, num ambiente já notadamente multiusuário e multitarefa, ou seja, o ambiente poderia ser acessado por mais de um usuário, cada um deles podendo executar diversos códigos simultaneamente (ao mesmo tempo). Na época, esta execução simultânea é dita “aparente” porque, na verdade, existia o

intercalação de execução de pequenos trechos de diferentes códigos. O resultado era: ora executa uma parte de um código, ora executa uma parte de outro código. Como esta intercalação era realizada rapidamente, passava ao usuário a impressão que mais de um código estava sendo executado por vez.

Pós o 68020 vieram o 68030, da Motorola, e o 80386DX, da Intel (usado como unidade central da linha de computadores 386DX).

Como principais características desses microprocessadores, destacam-se: barramento de dados de 32 bits; barramento de endereços de 32 bits; aumento no número de instruções; capacidade de endereçamento de 4 Gigabytes (2³²) de memória física; estrutura pipeline melhorada (aumento do número de unidades no processo de canalização de etapas a serem executadas); possibilidade de inclusão de memória cache externa.

Figura 09 - Processador 486 DX



Fonte: <<http://www.tecmundo.com.br/historia/2157-a-historia-dos-processadores.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

O 80486DX apresentou uma arquitetura escalar, em [pipeline](#) único com quatro níveis, extremamente otimizado, e incorporou on-chip uma unidade cache e uma unidade em ponto flutuante.

A inclusão da unidade cache interna (denominada de L1) veio permitir menos acessos à memória cache externa – denominada L2 – e menos acesso à memória principal.

O 80486DX evoluiu de 25 MHz (velocidade de clock dos primeiros lançamentos) para 33 MHz e 50 MHz. As versões de 50 MHz, embora extremamente rápidas, apresentaram um grave problema, o superaquecimento da pastilha, já que trabalhava em 5 V e com velocidade de barramento equivalente.

Para contornar esse problema, a Intel lançou o 486DX2 (de 50 MHz e de 66 MHz em 3,3V) e o 486DX4 (de 75MHz, 83MHz e 100MHz em 3,3V), os quais multiplicavam, segundo um fator 2 ou 3, o clock de processamento enquanto mantinham o clock do barramento no limite de 33 MHz (velocidade máxima dos barramentos usados em algumas placas como, por exemplo, o EISA, o VL-BUS e o PCI).

Posteriormente, a Intel lança a linha PENTIUM (Figura 10), também de 32 bits, a qual deu origem à saga de microprocessadores atuais e cujas características você lida no dia a dia.

Figura 10 - Processador Intel Pentium A80501, de 66 MHz

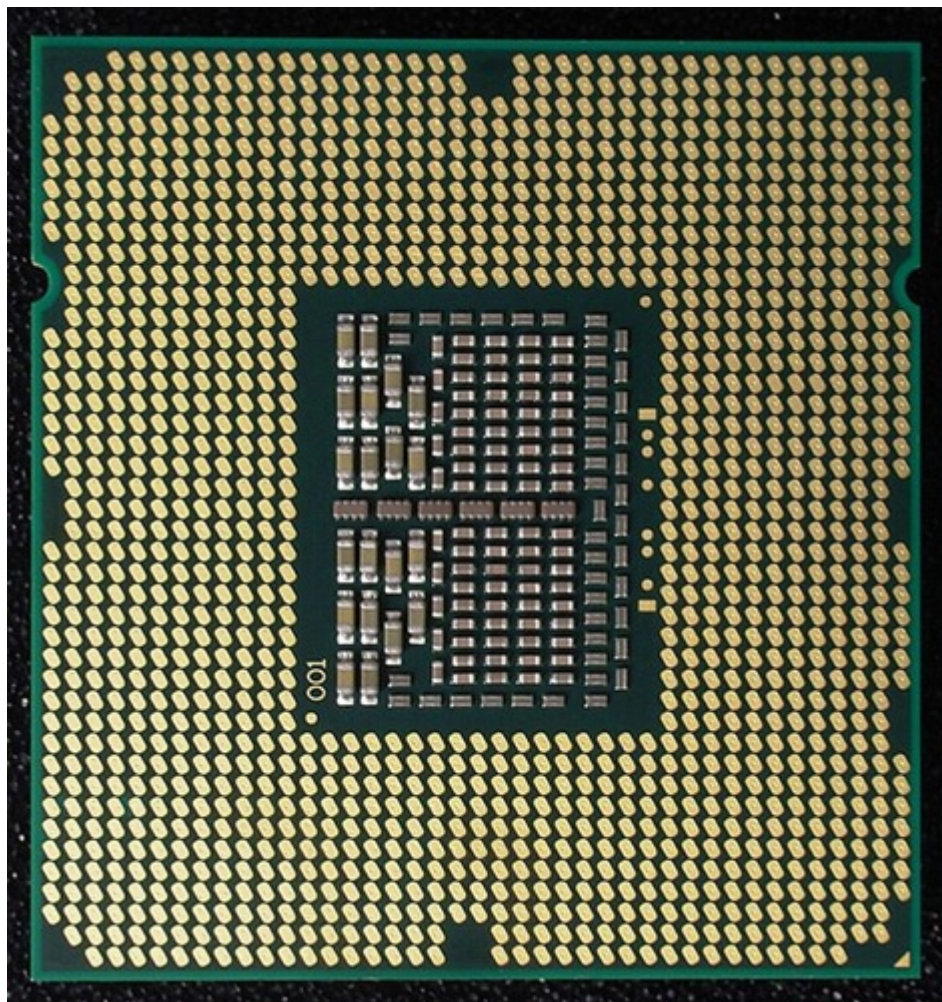


Fonte: <<http://www.tecmundo.com.br/historia/2157-a-historia-dos-processadores.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

Conforme a tecnologia dos processadores foi progredindo, o tamanho de seus transistores foi diminuindo de forma significativa. Contudo, após o lançamento do Pentium 4, eles já estavam tão pequenos (0,13 micrômetros) e numerosos (120 milhões) que se tornou muito difícil aumentar o clock por limitações físicas, principalmente pelo superaquecimento gerado. Além disso, por limitações do próprio processo de fabricação, também estava muito difícil diminuir mais ainda o tamanho dos transistores. Então, com a frequência estagnada e o tamanho dos transistores chegando ao seu limite físico, era necessário encontrar outras alternativas para continuar a melhorar o desempenho. Pois, apesar dessas limitações, o aumento da complexidade e do tamanho dos programas continuava a crescer. Uma solução bastante promissora seria colocar mais núcleos de processamento, introduzindo-se, assim, uma nova tecnologia chamada de multicore, que estamos vivendo hoje. A Intel lança a linha Core. Quem já não ouviu falar nos

modelos Core 2 Duo, Dual Core, Quad Core e, em 2010, os últimos modelos Core i3, i5 e i7 (Figura 11)? Lógico que outras empresas também lutam nesse mercado e podemos citar a [AMD](#).

Figura 11 - Base do processador Intel core i7-940



Fonte: <<http://www.tecmundo.com.br/historia/2157-a-historia-dos-processadores.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

Paralelamente, na busca de melhores performances tão bem quanto de novos mercados, os produtores de microprocessadores procuraram especializar os seus projetos. Como resultado desse esforço, em 1974, a Texas Instruments produziu o primeiro microcontrolador: o TMS1000.

Esses microcontroladores, em essência, se constituíam em um completo microcomputador em um chip. A inclusão de memória e de unidades periféricas no chip o fez, particularmente, eficiente em aplicações de sistemas embarcados onde custo, tamanho e consumo de energia deviam ser mantidos extremamente baixos.

Em 1980, a Intel lançou a família de microcontroladores 8748. Essa família integrou muitos periféricos, inclusive uma memória de programa que podia ser apagada e reprogramada pelo projetista. Tais características abaixaram os custos de desenvolvimento dos sistemas a microcontrolador e permitiu o seu uso em aplicações de sistemas embarcados de baixos volumes.

Figura 12 - Microcontroladores 8748



Fonte: <<http://wikiimc.wikispaces.com/8748>>. Acesso em: 3 maio 2012.

Em 1983, surgiu o primeiro processador digital de sinais. Lançado pela Texas Instruments, o TMS320C10, especificamente projetado para resolver problemas de processamento digital de sinais, até essa época, feito totalmente no domínio da eletrônica analógica.

Figura 13 - Processador Digital de Sinais da Texas Instruments o TMS32020



Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments_TMS320> Acesso em: 25 abr. 2012.

O Processamento digital de sinais, além de muito pouco utilizado, requeria máquinas muito complexas, restritivas às áreas militares, aeroespaciais e de exploração do petróleo.

Hoje, com a presença de baratos e eficientes DSPs, o processamento digital de sinais se incorporou a um conjunto muito grande de áreas da produção industrial onde são exigidos, principalmente, algoritmos eficientes e rápidos para a compressão de dados, análise e controle de processos, aquisição de dados, análise e simulação espectral. A tecnologia DSP é, então, atualmente, encontrada em vários dispositivos, tais como telefones móveis, multimídias para computadores, gravadores de vídeo, CD Players, controladores de disco rígido e modems, e ainda substituirá circuitos analógicos em telefones e canais de televisão.

Uma importante aplicação do DSP é na compactação e descompactação de sinais. Nos sistemas de CD, por exemplo, a música gravada no CD é uma forma de compactação (para aumentar a capacidade de armazenamento) e deve ser descompactada por um gravador de sinais para ser reproduzido. A descompactação é usada em telefones celulares digitais para permitir que um número de chamadas maior seja mantido simultaneamente dentro de cada “Célula” local. Algumas áreas típicas e específicas são:

1. **Telecomunicações:** Modems de linha telefônica, fax, telefones celulares, viva-voz, ADPCM transcodificados, interpolação de voz digital e secretárias eletrônicas.
2. **Processamento de Imagens:** HDTV, reconhecimento de imagens, transmissão e compressão de imagens, rotação em 3D e animação.
3. **Medicina:** Imagens MRI, imagens ultrassom, monitoramento de pacientes, equipamentos médicos (EEG, ECG, EMG etc.).
4. **Radars:** Sensores de radar para fornecerem informações sobre as propriedades físicas da superfície do planeta que está em estudo (por exemplo, topografia, aspereza, umidade e constante dielétrica). Sensores infravermelhos para medir as propriedades térmicas próximas à superfície do planeta. Sensores visíveis e próximos do infravermelho para fornecer informações sobre a composição química da superfície do planeta.

A diferenciação introduzida pela absorção de periféricos específicos nos microprocessadores gera componentes extremamente especializados. Alguns, por exemplo, são especificamente projetados para aplicações em protocolos de comunicação (Ethernet, USB etc.) enquanto outros são especificamente projetados para uso em motores elétricos. O benefício de tais especificações é a produção de projetos eficientes, em termos de custos, tamanho e consumo de energia.

Atividade 05

1. Procure descobrir as características do microcomputador que você está trabalhando neste momento ou o de sua casa. Cronologicamente, os recursos que esse computador apresenta, desde quando estão presentes nos microcomputadores?

Caso algum recurso não tenha sido apresentado no texto desta aula, procure acessar o site do clube do hardware <www.clubedohardware.com.br> e faça essa analogia cronológica.

Leitura Complementar

- <<http://www.tecmundo.com.br/mac-os-x/1697-a-historia-dos-computadores-e-da-computacao.htm>>.

Resumo

Nesta aula, você estudou uma breve introdução de microprocessadores, microcontroladores e DSP. Você viu as características peculiares a cada um, bem como foi feito um pequeno relato histórico na busca de situá-lo no contexto desses revolucionários chips. Revolucionários pelas transformações que o mundo sofreu a partir do seu surgimento.

Autoavaliação

1. Explique o que entende que seja um computador.
2. Defina os blocos construtivos básicos de um computador.
3. O que é um microprocessador, um microcontrolador e um DSP?
4. O que é firmware?
5. Como se classificam as arquiteturas dos computadores quanto ao seu conjunto de instruções?
6. Como se classificam as arquiteturas dos computadores quanto ao acesso a dados e programas?
7. Quais as principais áreas de atuação ou de aplicação dos processadores digitais?
8. Qual o principal marco histórico na evolução dos microprocessadores?
9. Quais as características dos microprocessadores de 8 bits? E as dos de 32 bits?

10. Qual a capacidade de endereçamento do 80486DX?

Referências

LIMA, Fernando. **Curso de Tecnologia em Automação Industrial na UTFPR**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAepngAJ/dsp-s>>. Acesso em: 24 maio 2012.

STALLINGS, William. **Arquitetura e organização de computadores**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.