

Arquitetura de Microcontroladores

Unisul – Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor: Fernando Kestering Longo

Histórico

É no ano de 1969 que uma equipa de engenheiros japoneses pertencentes à companhia BUSICOM chega aos Estados Unidos com a encomenda de alguns circuitos integrados para calculadoras a serem implementados segundo os seus projectos. A proposta foi entregue à INTEL e Marcian Hoff foi o responsável pela sua concretização. Como ele tinha tido experiência de trabalho com um computador (PC) PDP8, lembrou-se de apresentar uma solução substancialmente diferente em vez da construção sugerida. Esta solução pressupunha que a função do circuito integrado seria determinada por um programa nele armazenado. Isso significava que a configuração deveria ser mais simples, mas também era preciso muito mais memória que no caso do projecto proposto pelos engenheiros japoneses. Depois de algum tempo, embora os engenheiros japoneses tenham tentado encontrar uma solução mais fácil, a ideia de Marcian venceu e o primeiro microprocessador nasceu. Ao transformar esta ideia num produto concreto, Frederico Faggin foi de uma grande utilidade para a INTEL. Ele transferiu-se para a INTEL e, em somente 9 meses, teve sucesso na criação de um produto real a partir da sua primeira concepção. Em 1971, a INTEL adquiriu os direitos sobre a venda deste bloco integral. Primeiro eles compraram a licença à companhia BUSICOM que não tinha a mínima percepção do tesouro que possuía. Neste mesmo ano, apareceu no mercado um microprocessador designado por 4004. Este foi o primeiro microprocessador de 4 bits e tinha a velocidade de 6 000 operações por segundo. Não muito tempo depois, a companhia Americana CTC pediu à INTEL e à Texas Instruments um microprocessador de 8 bits para usar em terminais. Mesmo apesar de a CTC acabar por desistir desta ideia, tanto a Intel como a Texas Instruments continuaram a trabalhar no microprocessador e, em Abril de 1972, os primeiros microprocessadores de 8 bits apareceram no mercado com o nome de 8008. Este podia endereçar 16KB de memória, possuía 45 instruções e tinha a velocidade de 300 000 operações por segundo. Esse microprocessador foi o pioneiro de todos os microprocessadores actuais. A Intel continuou com o desenvolvimento do produto e, em Abril de 1974 pôs cá fora um processador de 8 bits com o nome de 8080 com a capacidade de endereçar 64KB de memória, com 75 instruções e com preços a começarem em \$360.

Uma outra companhia Americana, a Motorola, apercebeu-se rapidamente do que estava a acontecer e, assim, pôs no mercado um novo microprocessador de 8 bits, o 6800. O construtor chefe foi Chuck Peddle e além do microprocessador propriamente dito, a Motorola foi a primeira companhia a fabricar outros periféricos como os 6820 e 6850. Nesta altura, muitas companhias já se tinham apercebido da enorme importância dos microprocessadores e começaram a introduzir os seus próprios desenvolvimentos. Chuck Peddle deixa a Motorola para entrar para a MOS Technology e continua a trabalhar intensivamente no desenvolvimento dos microprocessadores.

Em 1975, na exposição WESCON nos Estados Unidos, ocorreu um acontecimento crítico na história dos microprocessadores. A MOS Technology anunciou que ia pôr no mercado microprocessadores 6501 e 6502 ao preço de \$25 cada e que podia satisfazer

de imediato todas as encomendas. Isto pareceu tão sensacional que muitos pensaram tratar-se de uma espécie de vigarice, considerando que os competidores vendiam o 8080 e o 6800 a \$179 cada. Para responder a este competidor, tanto a Intel como a Motorola baixaram os seus preços por microprocessador para \$69,95 logo no primeiro dia da exposição. Rapidamente a Motorola pôs uma acção em tribunal contra a MOS Technology e contra Chuck Peddle por violação dos direitos de autor por copiarem ao copiarem o 6800. A MOS Technology deixou de fabricar o 6501, mas continuou com o 6502. O 6502 é um microprocessador de 8 bits com 56 instruções e uma capacidade de endereçamento de 64KB de memória. Devido ao seu baixo custo, o 6502 torna-se muito popular e, assim, é instalado em computadores como KIM-1, Apple I, Apple II, Atari, Comodore, Acorn, Oric, Galeb, Orais, Ultra e muitos outros. Cedo aparecem vários fabricantes do 6502 (Rockwell, Sznertek, GTE, NCR, Ricoh e Comodore adquiriram a MOS Technology) que, no auge da sua prosperidade, chegou a vender microprocessadores à razão de 15 milhões por ano !

Contudo, os outros não baixaram os braços. Frederico Faggin deixa a Intel e funda a Zilog Inc. Em 1976, a Zilog anuncia o Z80. Durante a concepção deste microprocessador, Faggin toma uma decisão crítica. Sabendo que tinha sido já desenvolvida uma enorme quantidade de programas para o 8080, Faggin conclui que muitos vão permanecer fieis a este microprocessador por causa das grandes despesas que adviriam das alterações a todos estes programas. Assim, ele decide que o novo microprocessador deve ser compatível com o 8080, ou seja, deve ser capaz de executar todos os programas que já tenham sido escritos para o 8080. Além destas características, outras características adicionais foram introduzidas, de tal modo que o Z80 se tornou um microprocessador muito potente no seu tempo. Ele podia endereçar directamente 64KB de memória, tinha 176 instruções, um grande número de registos, uma opção para refrescamento de memória RAM dinâmica, uma única alimentação, maior velocidade de funcionamento, etc. O Z80 tornou-se um grande sucesso e toda a gente se transferiu do 8080 para o Z80. Pode dizer-se que o Z80 se constituiu sem sombra de dúvida como o microprocessador de 8 bits com maior sucesso no seu tempo. Além da Zilog, outros novos fabricantes como Mostek, NEC, SHARP e SGS apareceram. O Z80 foi o coração de muitos computadores como o Spectrum, Partner, TRS703, Z-3 e Galaxy, que foram aqui usados.

Em 1976, a Intel apareceu com uma versão melhorada do microprocessador de 8 bits e designada por 8085. Contudo, o Z80 era tão superior a este que, bem depressa, a Intel perdeu a batalha. Ainda que mais alguns microprocessadores tenham aparecido no mercado (6809, 2650, SC/MP etc.), já tudo estava então decidido. Já não havia mais grandes melhorias a introduzir pelos fabricantes que fundamentassem a troca por um novo microprocessador, assim, o 6502 e o Z80, acompanhados pelo 6800, mantiveram-se como os mais representativos microprocessadores de 8 bits desse tempo.

Microcontrolador versus Microprocessador

Um microcontrolador difere de um microprocessador em vários aspectos. Primeiro e o mais importante, é a sua funcionalidade. Para que um microprocessador possa ser usado, outros componentes devem-lhe ser adicionados, tais como memória e componentes para receber e enviar dados. Em resumo, isso significa que o

microprocessador é o verdadeiro coração do computador. Por outro lado, o microcontrolador foi projectado para ter tudo num só. nenhuns outros componentes externos são necessários nas aplicações, uma vez que todos os periféricos necessários já estão contidos nele. Assim, nós poupamos tempo e espaço na construção dos dispositivos.

Arquitetura CISC

CISC (Complex Instruction Set Computer, ou, em uma tradução literal, “Computador com um Conjunto Complexo de Instruções”): é um processador capaz de executar centenas de instruções complexas diferentes sendo, assim, extremamente versátil. Exemplo de processador CISC, 8051.

Os microcontroladores baseados na computação de conjunto de instruções complexas contêm uma micro programação, ou seja, um conjunto de códigos de instruções que são gravados no processador, permitindo-lhe receber as instruções dos programas e executá-las, utilizando as instruções contidas na sua micro programação. Seria como quebrar estas instruções, já em baixo nível, em diversas instruções mais próximas do hardware (as instruções contidas no microcódigo do processador). Como característica marcante esta arquitetura contém um conjunto grande de instruções, a maioria deles em um elevado grau de complexidade.

Examinando do ponto de vista um pouco mais prático, a vantagem da arquitetura CISC é que já temos muitas das instruções guardadas no próprio processador, o que facilita o trabalho dos programadores de linguagem de máquina; disponibilizando, assim, praticamente todas as instruções que serão usadas em seus programas. Os processadores CISC têm a vantagem de reduzir o tamanho do código executável por já possuírem muito do código comum em vários programas, em forma de uma única instrução.

Esta arquitetura processa e trata grandes e complexas instruções, nomeadamente operações de multiplicação e divisão mas também executa e/ou descodifica grandes quantidades de operações, parecendo possuir outro processador pelo fato da maioria dos algoritmos já se encontrarem no processador sendo o seu tempo de restabelecimento praticamente nulo.

A CISC é implementada e guardada em micro-código no processador, sendo difícil modificar a lógica de tratamento de instruções.

Esta arquitetura suporta operações do tipo “ $a=a+b$ ” descrita por “add a,b”, ou seja podem simplesmente utilizar dois operandos para uma única instrução, sendo um deles fonte e destino (acumulador) e permite um ou mais operadores em memória para a realização das instruções. Com isto se comprova a necessidade de abranger um elevado leque de modelos de endereçamento, com acesso direto à memória e com apontadores para as variáveis em memória, armazenados eles próprios (ponteiros) em células de memória.

A complexidade que envolve estes modelos compromete o produto a nível de comercialização e desenvolvimento, limitando ou diminuindo o aumento a frequência de relógio não só pelo tempo de acesso às memórias como devido ao reduzido número de registos.

Porém, do ponto de vista da performance, os CISC's têm algumas desvantagens em relação aos **RISC's**, entre elas a impossibilidade de se alterar alguma instrução composta para se melhorar a performance. O código equivalente às instruções compostas do CISC pode ser escrito nos RISC's da forma desejada, usando um conjunto de instruções simples, da maneira que mais se adequar. Sendo assim, existe uma disputa entre tamanho do código X desempenho.

Arquitetura RISC

Reduced Instruction Set Computer ou Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções (RISC), é uma linha de arquitetura de computadores que favorece um conjunto simples e pequeno de instruções que levam aproximadamente a mesma quantidade de tempo para serem executadas. A maioria dos microcontroladores modernos são RISCs, por exemplo PIC, todas as famílias.

Os microcontroladores baseados na computação de conjunto de instruções reduzido não tem micro-programação, as instruções são executadas diretamente pelo hardware. Como característica, esta arquitetura, além de não ter microcódigo, tem o conjunto de instruções reduzido, bem como baixo nível de complexidade.

A idéia foi inspirada pela descoberta de que muitas das características incluídas na arquitetura tradicional de processadores para ganho de desempenho foram ignoradas pelos programas que foram executados neles. Mas o desempenho do processador em relação à memória que ele acessava era crescente. Isto resultou num número de técnicas para otimização do processo dentro do processador, enquanto ao mesmo tempo tentando reduzir o número total de acessos à memória.

Esta arquitetura suporta operações do tipo “ $a=b+c$ ” descrita por “add a,b,c”, ou seja, podem especificar três operandos para uma única instrução, mas exclusivamente se estes forem registros, originando em situação contrária (operadores em memória) um atraso provocado pela introdução de ações extra no processador que se reflete no funcionamento encadeado (pipelining).

Para garantir rapidez e eficiência do sistema, pretende-se que os operadores sejam acedidos á velocidade de funcionamento do processador, logo se justifica a utilização dos registros, e para que a representação de todas as variáveis para processamento sejam apresentadas como registros, tem que se garantir um número elevado destes, assegurando-se atualmente a maioria das variáveis escalares pela utilização de 32 registros genéricos que caracterizam a maioria da tecnologia dos compiladores atuais.

Arquiteturas Von Neumann e Harvard

A diferença básica entre a arquitetura Harvard e a arquitetura von-Neumann está na separação dos barramentos de memórias. Na arquitetura Harvard as memórias são separadas, uma contém as instruções de programa e outra é a memória de dados. Esse fator, permite que um processador possa acessar as duas simultaneamente, obtendo um desempenho melhor do que a da arquitetura von-Neumann pois pode também estar buscando uma nova instrução enquanto está executando outra.

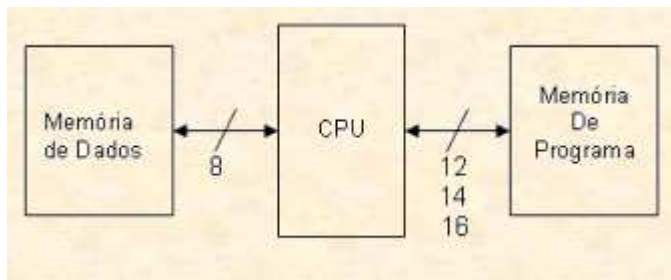


Figura 1: Arquitetura Harvard

A Arquitetura de von Neumann, por sua vez caracteriza-se pela possibilidade de uma máquina digital armazenar seus programas no mesmo espaço de memória que os dados, podendo assim manipular tais programas.

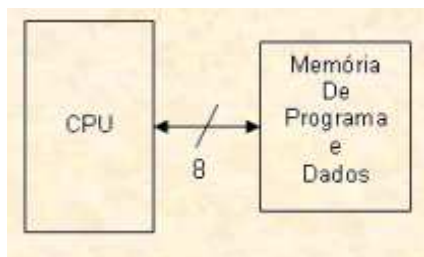


Figura 2: Arquitetura Von-Neumann

Memórias no universo dos microcontroladores PIC16Cxxx e PIC16Fxxx

ROM (*Read-Only Memory* - Memória Somente de Leitura) recebem esse nome porque os dados são gravados nelas apenas uma vez. Depois disso, essas informações não podem ser apagadas ou alteradas, apenas lidas pelo microcontrolador, exceto por meio de procedimentos especiais. Outra característica das memórias ROM é que elas são do tipo *não voláteis*, isto é, os dados gravados não são perdidos na ausência de energia elétrica ao dispositivo.

- **EEPROM** (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*): este tipo de memória ROM também permite a regravação de dados, para isto, os processos para apagar e gravar dados são feitos eletricamente, fazendo com que não seja necessário mover o dispositivo de seu lugar para um aparelho especial para que a regravação ocorra. Nesta, são gravados valores de variáveis que precisam ser acessado posteriormente, ex. senhas e nomes. Esta memória não é volátil

- **Flash**: as memórias Flash também podem ser vistas como um tipo de EEPROM, no entanto, o processo de gravação (e regravação) é muito mais rápido. Além disso, memórias Flash são mais duráveis e podem guardar um volume elevado de dados. É nesta memória que o programa fica gravado.

- **RAM** (*Random-Access Memory* - Memória de Acesso Aleatório) constituem uma das partes mais importantes dos microcontroladores, pois são nelas que o processador armazena os dados com os quais está lidando. Esse tipo de memória tem um processo de gravação de dados extremamente rápido, se comparado aos vários tipos de memórias existentes. No entanto, as informações gravadas se perdem quando não há mais energia

elétrica, isto é, quando o computador é desligado, sendo, portanto, um tipo de memória *volátil*.