Seminários STR

# Digital Signal Processor

1. Sobre as arquiteturas Von Neumman, Hardware e Super Hardware, marque verdadeiro ou falso:

(F) A arquitetura Von Neumman é conhecida por ter uma única memória e um único barramento para instruções e dados, o que as tornam ideal para aplicações de processamento de sinais.

(V) A arquitetura Von Neumman é bastante comum em processadores de propósito geral e se encontra na maioria dos dispositivos, já a hardware é popular nos DSPs devido ao aumento de velocidade que a mesma proporciona aos dispositivos.

(V) A arquitetura super hardware nada mais é do que a arquitetura hardware com aprimoramentos feitos em hardware, como o uso de cache de instruções, DMAs, DAG, registradores sombra, etc.

(F) A arquitetura hardware possui memória única para dados e instruções, enquanto que a Von Neumman possui uma memória para dados e outra para instruções.

(V) Processadores SHARC e TigerSHARC fazem uso de uma arquitetura Super hardware, enquanto que o TMS320VC5402 usam uma arquitetura hardware

1. Quais as características existentes nos DSPs que os tornam mais adequados a aplicações de processamento de sinais que os microprocessadores:
2. Os DSPs realizam operações como a acumulação de somas parciais resultantes de múltiplos produtos mais rapidamente que um microprocessador;
3. Possui baixo consumo de potência em comparação aos microprocessadores, e desta forma seu uso é mais adequado a aplicações de processamento de sinal em tempo real;
4. Possuem hardware, software e conjunto de instruções otimizados para aplicações de processamento numérico de alta velocidade, ao contrário dos microprocessadores que possuem hardware e software para propósito geral;
5. Os DSPs executam uma operação por ciclo e são desenvolvidos para rodarem diversas aplicações, o que é um ganho de velocidade em relação aos microprocessadores;

Estão corretos os itens:

1. i, ii e iii b) i e iii c) ii, iii e iv d) ii e iv e) i , iii e iv

**Resposta: B**

1. Com relação ao buffer circular, marque a alternativa falsa:
2. O uso de buffer circular é ótimo para aplicações offline, mas crítico para aplicações de tempo real;
3. O buffer circular otimiza a performance de algoritmos que usam loops constantemente, por isso é ideal para aplicações de processamento de sinais;
4. O buffer circular é útil para aplicações como o FIR, o finite impulse filter, onde as n últimas amostras são usadas em uma soma acumulada, já que guardar no buffer é bem mais fácil e menos custoso do que guardar na memória;
5. Nas arquiteturas SHARC o endereçamento a buffer circular é feito via hardware;
6. O buffer circular não é muito utilizado em aplicações de processamento de sinais, já que tais aplicações não usam somas acumuladas nem multiplicações;

**Resposta: E**

1. Sobre o processamento digital de sinais em relação ao processamento analógico, marque a alternativa falsa:
2. O processamento analógico de sinais é feito através de circuitos analógicos compostos de componentes como resistores, capacitores e indutores. Sua principal desvantagem é sua sensibilidade a ruídos provenientes de variações de temperatura e tensão;
3. O processamento digital é mais flexível pois são implementados via software em dispositivos como os DSPs. Desta forma, é possível atualizar e modificar a aplicação apenas mudando o algoritmo, sem fazer modificações no circuito;
4. Apesar das flexibilidades e rapidez de produção, o processamento digital de sinal não é tão robusto e abrangente quanto o processamento analógico, o que impossibilita que problemas mais complexos sejam tratados digitalmente
5. Modificações em um problema de processamento analógico exigem que todo o circuito seja refeito para se adaptar aquela aplicação;
6. O processamento digital de sinal reduz o tempo e o custo de desenvolvimento devido a sua alta programabilidade;

**Reposta: C**

1. Comparando os DSPs de ponto fixo e flutuante:
2. DSPs de ponto fixo são aqueles que representam os números com no mínimo 16 bits, enquanto que os de ponto flutuante representam com 32bits ou mais;
3. DSPs de ponto flutuante são mais baratos e possuem uma arquitetura mais simples. Além disso, o programador não precisa se preocupar constantemente com overflow e underflow;
4. DSPs de ponto flutuante não são adequados a aplicações que usam apenas pontos fixos devido a sua arquitetura complexa;
5. DSPs de ponto fixo possuem arquitetura mais simples e são mais barato, e por isso são usados em dispositivos em que o custo e o time-to-market são cruciais, como celulares ou CD players. DSPs de ponto fixo, por sua vez, são mais caros e de arquitetura mais complexa, o que os fazem ideais para dispositivos onde a precisão é muito importante, como equipamentos de tomografia computadoriazada;

Estão corretos os itens:

1. iii e iv b) i, ii e iii c) ii e iii d) i e iv e) ii, iii e iv

**Resposta: D**

1. Dadas as aplicações abaixo, classifique-as em offline, on-line ou de tempo real:
2. Transmissão digital em celulares (Tempo Real)
3. Sintetizador de Voz(Online)
4. Processamento digital de imagens, como compressão, filtragem, segmentação, etc (Offline)
5. Dispositivo de imagens médicas como os MRI (Magnetic Ressonance Image) (Offline)
6. Amplificadores em guitarras eletrônicas (Tempo Real)
7. Sobre a arquitetura SHARC, marque a alternativa falsa:
8. O uso do DMA faz com que dados sejam transmitidos no barramento sem ocupar a CPU, o que possibilita que estas atividades ocorram em paralelo com as demais;
9. A cache de instruções otimiza os algoritmos de processamento de imagem pois estes possuem muitos loops, já que torna mais rápido e fácil a chamada sucessiva das mesmas instruções;
10. A arquitetura SHARC é baseada na arquitetura hardware com melhorias no throughput através da adição de hardware extra, como a cache de instruções e controladores de I/O;
11. Os registradores sombras são cópias dos registradores tradicionais e servem para aumentar o espaço de armazenamento da memória e agilizar as requisições a memória;
12. Na arquitetura SHARC, ALU e multiplicadores podem ser acessados paralelamente, o que permite que as operações aritméticas sejam executadas em apenas um ciclo de clock;

**Resposta: D**

1. Sobre as linguagens de programação usadas no desenvolvimento de DSPs e a interface JTAG, marque verdadeiro ou falso:

(F) DSPs são desenvolvidos apenas em Assembly;

(V) JTAG é uma interface que permite a execução de teste e upgrades nos DSPs sem a necessidade de modificar o hardware do dispositivo;

(V) Os programas de DSPs possuem menos linhas de código do que os demais softwares e as restrições de tempo são críticas nos mesmos. Daí a preferência do desenvolvimento em Assembly por grande parte dos engenheiros de DSPs;

(V) O JTAG é um padrão IEEE que baseia-se num protocolo interno do DSP que possibilita o total acesso a estrutura interna do mesmo. Desta forma, é possível ler conteúdo de registradores,memórias, e até mesmo alterá-los, facilitando posteriores upgrades de um sistema de processamento digital;

(F) A linguagem assembly usada nos DSPs varia de acordo com o fabricante e a família de processadores, sendo em sua grande maioria de sintaxe complexa e difícil programação;

1. Comparando os principais modelos de DSPs atuantes no mercado, o SHARC , o TigerSHARC e o TMS320VC5402, marque a alternativa correta:
2. Tanto o SHARC quanto o TigerSHARc usam arquiteturas somente hardware, enquanto que o TMS320VC5402 possui arquitetura super hardware com duas unidades de processamento;
3. Por usar uma arquitetura apenas hardware, o TMS320VC540 não possui vantagens competitivas em relação aos demais DSPs
4. O TMS320VC5402 é um DSP de ponto fixo de 16 bits que pode ser executado a 100 MHz;
5. SHARC e TigerSHARC forma desenvolvidas pela Texas Instruments e possuem arquitetura Von Neumman;
6. O DSP SHARC dá suporte a operações de ponto fixo de 32 bits e ponto flutuante, enquanto que a TigerSHARC permite apenas operações de ponto fixo de 16 bits;

**Resposta: C**

1. Sobre as principais plataformas de desenvolvimento de processamento digital de sinais, assinale a resposta correta:
2. Micro-controladores são hardware de propósito geral e implementam diversas aplicações;
3. FPGA podem ser usadas para o processamento de sinais. Contudo, com o aumento da complexidade, há um grande aumento da complexidade de programação e implementação, o que as tornam inviáveis;
4. DSPs conseguem efetuar várias operações em um único ciclo e esta é uma de suas vantagens de processamento em relação aos microprocessadores normais de uso genérico;
5. Microprocessadores possuem baixo consumo de potência e geralmente são usados em sistemas embarcados devido a sua pouca memória;
6. i e ii b) ii, iii e iv c) somente a iii d) ii e iii e) i e iv

**Resposta: D**

1. Com relação as principais métricas de Benchmark dos DSPs, assinale a resposta falsa:
2. Métricas simples são as que medem as operações básicas, como soma e multiplicações, por segundo, e podem ser medidas em termo de MIPS, MOPS e MMACs;
3. Métricas de algoritmos de kernel usam os cálculos mais complexos comumente empregados no processamento de sinais, como FFT, DCT, FIR, IRR;
4. Métricas de full application são mais adequadas para medidas de benchmarks de aplicações genéricas;
5. As medidas de benchmark de DSPs dependem do propósito em que será usado determinado DSPs. As mais comuns são velocidades, eficiência de memória e potência;
6. As abordagens MIPS e MOPS são comumente usadas como métricas de velocidade de DSPs;

**Resposta: C**

1. Baseando-se no estudo do mercado dos DSPs marque a resposta falsa:
2. Tendências como VoIP aqueceram o mercado de consumo de DSPs nos anos 2002 em diante;
3. Os dispositivos eletrônicos de consumo geral que mais fazem uso dos DSPs são os celulares devido a sua necessidade de processamento de voz em tempo real;
4. O mercado inicialmente foi dominado pelos processadores de propósito geral devido a popularidade dos computadores pessoais. DSPs por sua vez, apesar de ter suas raízes nos anos 70 e 80, tinham propósitos mais tecnológicos e científicos e por isso eram menos populares;
5. As aplicações de áudio, como sintetizadores, compressores mp3, decodificadores, equalizadores, etc, são as mais abrangentes e diversas em termos de uso de DSPs;
6. Dentre as atuais tecnologias, o DSP é a que teve menos crescimento nos últimos anos;

**Resposta: E**

1. Sobre o FIR e sua implementação em buffer circular :
2. O filtro de FIR consiste de operações de somas de multiplicações acumuladas e dependendo do número de entradas, sua operação se torna extremamente complexa e custosa, com diversas requisições a memória;
3. O buffer circular diminui o custo de tempo de requisições a memória ao implementar chamada única em um simples loop dos das entradas sucessivas;
4. FIR é um tipo de técnica de processamento analógico de sinais;
5. somente i b) somente iii c) i e ii d) todos e) ii e iii

**Resposta: B**

1. Comparando as características gerais de DSPs e marque verdadeiro ou falso:

( V ) Os DSPs de ponto fixo são ideais para aplicações de pouca precisão, devido ao seu pequeno range dinâmico;

( V) Os processadores da família SHARC são muito usados para aplicações de áudio enquanto a TigerSHARC em sua maioria, devido a sua maior capacidade de processamento, é adequada a aplicações de vídeo;

( F) Aplicações como telefonia celular são tipos de processamento offline e não exigem DSPs de alta velocidade e com uso das diversas melhorias proporcionadas pela arquitetura SHARC.

(V ) DSPs da família SHARC de 32-bits efetuam operações de ponto flutuante e fixo com a mesma eficiência;

( F) Usualmente usa-se linguagem assembly no desenvolvimento de DSPs devido a sua alta velocidade e performance, fatores que são críticos na maioria das aplicações de tempo real;

1. Sobre a arquitetura TigerSHARC marque a alternativa falsa
2. Pode fazer até 4 instruções de 32 bits em um único ciclo;
3. Possui arquitetura VILW, contudo dá suporte a operações do tipo SIMD tanto através de bloco computacionais em paralelo quanto computações específicas;
4. Dá suporte a multiprocessamento de alta performance;
5. Tem a arquitetura SHARC como base, mas utiliza de diversos hardware adicionais para melhoria de performance;
6. Suporte apenas a operações SISD (Single Instruction , Sigle Data);

**Resposta: E**

1. Marque a alternativa verdadeira com relação às indústrias e as famílias de DSPs:
2. As famílias ADSP2106xx e ADSP211xx desenvolvidas pela Analogic Devices deram nome a arquitetura SHARC;
3. A Texas Instruments é a líder no desenvolvimento de DSPs, contudo, devido ao fato de se especializarem unicamente em DSPs, ela fica vulnerável ao desenvolvimento de outras tecnologias;
4. A Intel e a AMI foram as pioneiras no desenvolvimento de DSPs, lançando os primeiros no final dos anos 70;
5. Somente i b) Somente ii c) ii e iii d) Todas e) i e iii

**Resposta: D**

1. Em relação aos processadores SHARC, marque a alternativa falsa:
2. Apropriados para aplicações de processamento de áudio profissional;
3. Possuem 32 ponteiros de endereço com suporte a 32 buffers circulares;
4. Uso de pipeline aritmético e paralelismo de multiplicações;
5. Endereçamento a buffer circular via hardware;
6. Grande conjunto de instruções com suporte a operações condicionais, aritméticas, manipulações de bits, etc.

**Resposta: C**

----Questões 18 a

1. Considerando uma visão geral de processamento de sinais, DSPs, aplicações, arquiteturas e indústria e mercado, marque a alternativa falsa:
2. Aplicações como equalização de áudio e compressão de imagens são exemplos de processamento de sinais;
3. Grande parte das técnicas de processamento de sinais como FIR, FFT (Fast Fourier Transform), DCT (Discrete Cosine Transform) faz uso excessivo de operações aritméticas, em especial para grandes entradas, e contém diversos loops ao longo do programa;
4. Processamento de sinais consiste na análise e/ou modificação de sinais de forma a torná-los mais apropriados a certas aplicações;
5. O grande gargalo da execução de algoritmos de processamento de sinais consiste na transferência de dados de e para a memória;
6. O processamento digital de sinal possui baixa imunidade a ruído e pouca flexibilidade;

**Reposta: E**

1. a) Há quatro maneiras de representar números nos DPS de ponto fixo: unsigned interger, signed integer, unsigned fraction e signed fraction;
2. A diferença entre processamento on-line e de tempo real está nas restrições de tempo: o on-line permite que o dado seja processado enquanto uma nova entrada não seja ativada, enquanto que o tempo real retorna as saídas assim que as entradas são apresentadas ao sistema, possuindo portanto um delay bem menor;
3. Tanto o DMA quanto os DAGs são hardwares que aliviam a CPU de trabalhos excessivos, ajudando na redução do consumo dos ciclos de clocks do mesmo com requisições externas e gerenciamento de endereços, respectivamente;
4. ALU, multiplicadores e shifters são implementados sequencialmente e não podem fazer operações em paralelo;
5. As principais líderes na indústria de DSPs são a Texas instruments, Lucent, Motorola (não mais de acordo com Sérgio, mas considerem os dados estatísticos desatualizados dos slides para responder a pergunta) e Analogic Devices;

**Resposta: D**

1. a) As grandes aplicações emergentes de DSPs como VoiP e TV digitais podem ser consideradas como processamento offline;
2. Os softwares para DSPs se diferenciam dos demais devido ao menor código e as restrições de velocidade;
3. DSPs de ponto fixo são mais simples e baratos, contudo perdem em precisão e imunidade a ruído;
4. Registradores sombras são um aprimoramento das arquiteturas Super-hardware que possibilitam rápida troca de contexto sem armazenamento de dados na memória;
5. Os processadores TigerSHARC são capazes de manusear dados de 1, 8, 16 e 32 bits em ponto fixo, bem como dados em ponto flutuante (32/40 bits)

**Reposta: A**

### Definição de Processamento digital de sinais e DSPs

Processamento de sinais consiste na análise, ou modificação dos sinais de forma a extrair informações para torná-los apropriados para alguma aplicação específica. Tal processamento pode ser feito de duas formas: analógica e digital. O processamento analógico é feito por meio de componentes analógicos, como: Resistores, capacitores e indutores.O problema de utilizar tais componentes é que temperatura, variações de tensão, podem afetar a eficiência dos circuitos analógicos. As principais vantagens de usar processamento digital estão na flexibilidade de programação. Você pode atualizar e modificar facilmente sua aplicação sem maiores transtornos. Já no analógico temos um circuito que funciona apenas para aquela aplicação. Em requisitos de hardware o processamento digital reduze o tempo e consequentemente o custo de desenvolvimento devido a sua alta programabilidade. Além disso eles também são mais imunes a ruídos, são mais estáveis e reduzem a dependência aos efeitos de variação com a temperatura ou a tensão.

Atualmente as técnicas existentes para processamento digital de sinal são bastante poderosas, onde dificilmente o processamento de sinais analógicos teria um desempenho similar. Alguns exemplos são os filtros FIR com fase linear ou o filtro adaptativo que é um filtro muito utilizado em ambientes onde não há conhecimento a priori dos sinais de entrada.

O processamento digital de sinais pode ser classificado em três tipos:

Processamento off-line : o sinal de entrada inteiro reside no computador. Um exemplo disto é o processamento de imagens médicas, como tomografia computadorizada ou MRI. Os dados são adquiridos enquanto o paciente está dentro do equipamento, mas a reconstrução da imagem pode ser feita com um longo atraso de tempo.

Processamento on-line: Os dados são apresentados ao processador, mas o mesmo não precisa terminar o processamento do dado antes que um novo chegue.

Processamento de tempo-real: O sinal de saída é produzido quase que no mesmo tempo em que os sinais de entrada são coletados. Tal tipo de processamento é necessário em dispositivos de telefone ou radares. Tais aplicações necessitam que a informação esteja disponível imediatamente.

### Definição de processadores digitais de sinais

Existem 4 tipos básicos de hardware que podem ser utilizados em processamento digital de sinais:

* Os microprocessadores, que são processadores de propósito geral otimizados para grandes aplicações. Seus cálculos são mais lentos devido ao fato da sua arquitetura ser do tipo CISC. Possuindo blocos computacionais mais básicos como ULA, e unidades de deslocamento. Instruções mais complexas podem demorar muitos ciclos de clock.
* FPGAs: São compostas por portas lógicas básicas, AND, OR, NOT e registradores de deslocamento. Sua desvantagem é que pode se tornar sua programação pode ficar complicada para processamentos mais complexos
* Microcontroladores: São dispositivos dedicados a uma aplicação específica. Porém sua ULA é simples, não possuindo dispositivos internos de otimização.
* DSPs: São os dispositivos mais rápidos e versáteis. Realizam múltiplas operações por ciclos. Adequados para aplicações mais complexas em tempo real.

Falando um pouco sobre DSPs:

* Tanto o hardware, como o software e o conjunto de instruções do

processador de um DSP são otimizados para processamento numérico

de alta velocidade.

* São projetados em um único CI, em que o usuário define que tipo

de algoritmo aquele processador vai rodar.

* O objetivo dos DSPs é realizar o máximo de processamento possível

antes que um novo dado tenha que ser manipulado, o que é uma

característica de processamento tempo real.

* Realiza operações mais rapidamente que os microprocessadores de

uso geral, como acumulação de soma de produtos, muito

utilizada na operação de convolução.

### Arquitetura dos DSPS

Um dos grandes gargalos na execução de algoritmos de processamento de sinais é a transferência de informações da e para a memória. Isto inclui tanto dados, como amostras de um sinal de entrada e coeficientes de um filtro, como instruções.

Os microprocessadores tradicionais usam a arquitetura Von Neumann, que contém uma única memória e um único barramento para transferência de dados com a CPU. A multiplicação de dois números requer ao menos três ciclos de clock.

A arquitetura hardware por sua vez possui memória separada para dados e instruções, bem como barramentos separados também. Como tais barramentos operam independentemente, instruções e dados podem ser carregados ao mesmo tempo, melhorando portanto a velocidade de processamento. A grande maioria dos DSPs atuais faz uso da arquitetura hardware.

Para melhorar ainda mais a performance dos DSPs foi desenvolvida a arquitetura Super Hardware Architecture = SHARC, que são uma melhoria do throughput das tradicionais arquiteturas Hardware ao se adicionar entre outras coisas, uma cache de instruções e um controlador de I/O.

* Como a adição da cache melhora o desempenho: o barramento de dados geralmente está mais ocupado que o barramento de instruções. Para melhorar a situação, deslocamos uma parte do conjunto de dados para a memória de programa( dados secundários). Geralmente os algoritmos de DSPs perdem grande parte do seu tempo executando instruções de loop, o que significa que um mesmo conjunto de instruções vai continuamente passar pela memória de programa para a CPU. Desta forma, a arquitetura SHARC aproveita tal característica e implementa uma chache de instruções na CPU. Em uma primeira passagem por um loop, as instruções do programa devem passar da memória de instruções até a CPU, o que gera uma operação mais lenta. Contudo, em uma execução adicional do loop, as instruções podem ser simplesmente coletadas da cache de instruções.
* Os controladores de I/O, como os DMAs (Direct Memory Acess) permite que dados sejam transmitidos diretamente pela memória sem passar pelos registrados da CPU e desta forma sem consumir ciclos de operação do processador, ocorrendo simultaneamente e independentemente de outras tarefas sendo executadas pela CPU.
* DAG = Data Address Generator : hardware especializado em controlar os endereços enviados ao programa bem como os dados enviados a memória, especificando de onde a informação deve ser lida e onde ela deve ser escrita. Como DSPs são desenvolvidos para operar com buffers circulares, um hardware extra para tal gerenciamento evita usar os ciclos de clock da CPU para verificação de como os dados são armazenados.
* O processamento matemático é dividido em três seções: um multiplicador, uma unidade lógica aritmética (ALU) e um shifter. Uma característica poderosa da arquitetura SHARC é que o multiplicador e a ALU podem ser acessados paralelamente. Em um único ciclo de clock, dados dos registradores 0-7 podem ser passados a o multiplicador, dados dos registradores 8-15 são passados para a ALU, e os dois resultados são retornados para qualquer um dos 16 registradores.
* Outra característica interessante é o uso de registradores sombra (shadow registers)para todos os registradores chave da CPU. Tais registradores são registradores duplicados que podem ser trocados com seus parceiros em um único ciclo de clock. Eles são usados para troca rápida de contexto, a habilidade de lidar com interrupções rápidas. Quando uma interrupção ocorre em um micro-processador tradicional, todos os dados são salvos antes da ocorrência da interrupção. Em contrapartida, uma interrupção no SHARC é feita movendo os dados para os registradores sombra em um único ciclo de clock. Quando a rotina de interrupção é completa, os registradores são rapidamente trocados.

### Considerações de Software

* A interface JTAG : O DSP tem uma vantagem em relação aos demais processadores que é a possibilidade de upgrade, sem que haja necessidade de troca de equipamentos através da interface JTAG. Através dela é possível modificar o projeto a qualquer momento, dando aos DSPs uma maior flexibilidade de projeto.

JTAG é um sistema padrão da IEEE usado para testes. Foi inicialmente desenvolvido para testes em circuito integrados e depois expandido para demais áreas. O desenvolvimento de sistemas embarcados depende de debuggers que trocam dados com chip com pinos de entrada a JTAG para fazer operações como passo simples e breakpoint. Produto s eletrônicos digitais como celulares e pontos de acesso wireless não possuem outras interfaces de debug ou teste senão a JTAG.

Baseia-se num protocolo interno do DSP que possibilita o total acesso a estrutura interna do DSP. Assim, é possível ler conteúdo de registradores,memórias, e até mesmo alterá-los, facilitando posteriores upgrades de um sistema de processamento digital.

* Linguagens usadas no desenvolvimento de DSPs : Os DSPs podem ser programados nas linguagens comumente usadas para o desenvolvimento de demais microprocessadores, como assembly ou C. Programas executados em assembly são mais rápidos enquanto que programas escritos em C são mais simples de desenvolver e manter.

Em aplicações tradicionais, como programas que rodam em computadores pessoais e mainframes, C é sempre a primeira escolha. Contudo, programas de processamento de sinais são diferentes dos softwares tradicionais em relação a dois aspectos: os programas usados são sempre menores que os tradicionais e a velocidade de execução é sempre um fator crítico na maioria das aplicações. Desta forma, estes dois fatores contribuem para que a maioria dos engenheiros que trabalham com o desenvolvimento de processadores digitais de sinais troquem C por Assembly.