**Introdução**

1. **O que diferencia um sistema computacional embarcado de um sistema computacional ‘convencional’?**

A principal diferença entre um sistema embarcado para um sistema computacional é a sua finalidade. Um sistema embarcado é definido como um dispositivo que realiza uma atividade específica, e por conta disso é otimizado para aquela atividade. Um computador convencional tem uma característica genérica podendo várias realizar atividades diferentes.

1. **Defina time-to-market. Comente a sua importância em sistemas embarcados.**

Time-to-market é o tempo que leva desde a concepção de um produto até o seu lançamento no mercado. O time-to-market define a quantidade de retorno financeiro que um produto terá, se o seu produto for lançado muito tarde no mercado, após o lançamento de produtos similares pelo seu concorrente, você levará uma parcela menor do lucro potencial daquele produto. Por outro lado, quanto mais cedo o seu produto for lançado, ou ainda, quanto antes dos concorrentes você lançar um produto, uma boa parcela do lucro irá para o seu produto.

1. **Defina reuso e a sua importância no projeto de sistemas embarcados**

Reuso é a capacidade de componentes e softwares serem utilizados em diferentes sistemas/plataformas de forma facilitada. Muitas empresas desenvolvem “famílias” de plataformas com compatibilidade entre si, isso promove um melhor aproveitamento, ou reuso, de componentes e código entre os membros da família. A sua importância no meio embarcado se dar na necessidade que se tem de muitas fazer a troca de uma plataforma para outra da mesma família, com o reuso facilitado essa troca é menos “dolorosa”.

1. **Defina SoC (System on Chip). Comente sobre as vantagens de usá-lo no projeto de um sistema embarcado.**

Pode-se definir SoC como o nome já diz um sistema (computacional) em um único chip. Isso quer dizer que em um único chip temos entrada/saída, memória e processador. Esse termo é mais utilizado hoje em dia para microcontroladores de alta performance. Como vantagens temos o tamanho reduzido do chip e o preço se comparado a compra dos periféricos separadamente.

1. **Descreva brevemente a diferença entra Requisitos e Especificação.**

Requisitos são itens necessários ao funcionamento, são características que fazem o produto ser o que ele é. A especificação é a formalização dos requisitos.?

1. **Sugira uma estratégia para medir o tempo de computação de um programa rodando em um microprocessador**

Utilizando-se funções próprias da plataforma associadas ao relógio interno do processador ou utilizando um osciloscópio associado a ativação e desativação de um pino.

1. Sugira uma estratégia para medir a energia gasta por um programa rodando em um microprocessador.
2. **Considere os seguintes sistemas embarcados: Um tablet, uma impressora e um sistema de navegação automotivo. Faça uma tabela com uma coluna para cada dispositivo e uma linha para cada uma das seguintes métricas de projeto: custo unitário, desempenho, tamanho e potência. Para cada campo da tabela, indique se existe uma forte restrição para aquela métrica.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Tablet | Impressora | GPS |
| Custo Unitário | Forte Restrição | Forte Restrição | Forte Restrição |
| Desempenho | Forte Restrição | Média Restrição | Forte Restrição |
| Tamanho | Forte Restrição | Baixa Restrição | Forte Restrição |
| Potência | Forte Restrição | Baixa Restrição | Forte Restrição |

**Unidades de processamento**

**1. Cite as estratégias utilizadas para implementar o processamento em computadores e destaque as diferenças entre elas.**

ASSIC – Sistema específico para uma aplicação, geralmente desenvolvido para e pago por um único cliente, seu hardware é “fechado” e possui um alto desempenho para uma aplicação específica. Em contra partida, por não ter uma escala o seu custo é bastante elevado.

ASSP – Um sistema/chip que é específico para uma aplicação. Diferente do ASSIC este pode ser encontrado em prateleiras e tem uma escala maior, tornando seu custo unitário mais acessível dependendo da escala. É uma opção mais “affordable” que um ASSIC.

Reprogramáveis – São dispositivos que podem ser programados com um hardware específico. A sua diferença dos ASSIC é que aqueles vem construído de fábrica e estes podem ser desenvolvidos e programados pelo usuário final. Seu preço não é um dos mais baratos, mas não é tão caro quanto os ASSIC. Possuem alto desempenho e funcionam como um meio termo entre os processadores e os ASSIC.

Processadores – Sistemas de propósito geral. Eles tem bastante escala o que torna seu preço bastante acessível. São feito de forma genérica de forma a atender uma gama grande de aplicações.

**2. Compare um microprocessador, que usa uma estrutura previamente definida e genérica com um circuito dedicado. Apresente pontos positivos e negativos de cada uma das duas estratégias.**

O circuito dedicado apresenta melhor desempenho por ter sido desenvolvido para uma aplicação específica, enquanto que o processador não vai apresentar a mesma vantagem por ter sido desenvolvido de forma genérica e não ter recebido as mesmas otimizações. Por outro lado o circuito dedicado foi desenvolvido para uma aplicação específica e muitas vezes não tem escala o que eleva bastante o preço se comparado a um processador que por ser genérico tem bastante escala e o preço menor.

**3. Defina plataforma.**

Plataforma é um conjunto de hardwares e softwares que são base para um produto. A definição de plataforma pode ser algo bastante abrangente, por exemplo, a plataforma Microchip abrange toda a gama de processadores desta fabricante, mas também pode-se falar em plataforma PIC18, o que limita a abrangência a esta família específica.

**4. Escolha duas plataformas microprocessadas apresentadas em classe e destaque as diferenças e semelhanças entre elas. Indique uma aplicação que seria bem sucedida em uma das plataformas e não seria na outra.**

**5. O que é um ‘Cross compiler’? Qual a sua importância no desenvolvimento de sistemas embarcados?**

Um cross compiler é um compilador cross plataforma. Isso quer dizer que ao compilar um programa com um cross compiler você não está compilando para a plataforma onde o compilador esta (host), mas para uma outra plataforma(target). Sua importância se deve ao fato de que em muitos casos de projetos de sistemas embarcados a plataforma target não tem um sistema operacional capaz de fazer a compilação do código para a plataforma.

**6. Ao se escolher um processador para ser usado em um projeto, em que o tamanho da palavra de dados (barramento) é relevante? E a palavra de instruções?**

**7. De que maneira os circuitos reconfiguráveis podem ajudar a diminuir o tempo de projeto de um sistema computacional?**

O tempo de projeto é impactado, pois ao invés de ocorrer todo o planejamento e fabricação (muitas vezes em outro país) de um chip proprietário, nas plataformas reconfiguráveis o processo de fabricação ocorre na “casa” do usuário. Da mesma forma se ocorrer um erro no projeto a correção de bugs é bem mais fácil na plataforma reconfigurável do que num chip específico por exemplo.

**8. Como um SoC pode ser implementado em um FPGA?**

Pode-se usar um processador softcore acompanhado dos periféricos necessários implementados ou não na FPGA ou pode-se usar um chip hibrido acompanhados dos mesmos periféricos.

**9. Explique porque um processador de propósito geral pode custar mais barato que um processador projetado por você mesmo. Por que, então, você faria seu próprio projeto?**

Um processador de propósito geral geralmente tem uma escala milhares de vezes maior que um processador criado por você mesmo. Dessa forma, o custo de desenvolvimento dele será diluído entre todos os compradores deste processador, ao criar um processador você arcará com os custos sozinho. Você faria seu próprio projeto caso tivesse certeza de que a escala dele atingiria um valor aproximado àquela de um processador de propósito geral.

**Energia e Desempenho**

1. **Em um sistema computacional, diferencie Potência de Energia. Como estas grandezas afetam a**

**vida das baterias do sistema?**

Potência é a energia consumida ao longo do tempo, a potência está relacionada com o aquecimento do sistema. A energia é a capacidade do sistema de realizar suas funções e está diretamente relacionada ao gasto de baterias. Em um sistema computacional diminuir a potencia pode ou não diminuir a enegia consumida. Observe que se um sistema realiza uma atividade em um tempo t com uma potência P ele gastará uma energia X, entretanto se ele realizar a mesma tarefa em um tempo 2T com uma potência reduzida pela metade ele gastará a mesma energia. O segredo está em diminuir a potencia e o tempo de computação, assim menos energia será gasta e a vida das baterias será aumentada.

**2. Em um circuito CMOS, explique como as comutações afetam a potência dissipada.**

As comutações estão diretamente relacionados a potencia dinâmica do sistema. Num circuito de transistor CMOS enquanto o mesmo se localizar nos estados de saturação ou corte, não há dissipação de potencia. Entretanto, o funcionamento do sistema computacional se baseia na comutação desses transistores e na sua passagem de um estado para outro, no momento de transição então ocorre a dissipação de potencia. A velocidade de transição e a quantidade de transições por unidade de tempo contribuem para essa dissipação.

**3. Apresente e justifique duas estratégias para reduzir a potência dissipada em um circuito fabricado**

**com tecnologia CMOS.**

Observe que a potencia dissipada (potencia dinâmica) de um transistor CMOS está diretamente ligado a fórmula P = C\*Vdd²\*f. Logo pode-se reduzir essa potência diminuindo a tensão de alimentação ou a frequência de operação, contudo deve-se realizar tais modificações com cuidado. A diminuição da frequência implica no degradamento da performance e a diminuição da tensão implica indiretamente também no degradamento da performance visto que a tensão mínima admite uma frequência máxima.

**4. Explique DVS (Dynamic Voltage Scaling) e como esta técnica pode ser usada para aumentar a vida das baterias que alimentam um sistema computacional.**

DVS é a técnica pela qual o par tensão/frequência pode ser dinamicamente alterado durante o funcionamento do sistema. Geralmente a tensão possui níveis pré-definidos que podem ser selecionados dinamicamente com uma tensão que resultará no melhor resultado para uma determinada aplicação. Como ambos estão diretamente ligados a potencia dissipada (energia por tempo), elas podem ser modificadas para diminuir a dissipação de potencia e o gasto de energia, a diminuição do gasto de energia está por sua vez ligado a vida das baterias.

**5. Como a profundidade do pipeline afeta a potência de um processador?**

A profundidade do pipeline é função do número de unidades funcionais disponíveis para a execução paralela. Mais unidades funcionais implica num gasto maior de potência, visto que um número maior de recursos estão ligados durante a execução.

**6. Como as instruções de desvio encontradas em um programa podem afetar a potência dissipada em um processador pipeline? O que se pode fazer para minimizar esta potência? Apresente várias alternativas e analise os pontos fortes e fracos de cada uma delas.**

**R:**

**7. Do ponto de vista da potência dissipada, em que um processador EPIC (VLIW) é diferente de um superescalar convencional?**

O computador superescalar retira o paralelismo de um código em tempo de execução, isso implica na necessidade de um hardware especializado que gastará potência, já na abordagem VLIW esse hardware não existe visto que o paralelismo é extraído em tempo de compilação, a inexistência desse hardware contribui para uma menor dissipação de potencia nessa técnica.

**8. Qual a problema da superescalaridade para aplicações de tempo-real?**

Imprevisibilidade dos desvios.?

**9. Por que processadores EPIC/VLIW têm maior aceitação entre aplicações embarcadas do que em computadores desktop?**

Por que ao implementar a técnica VLIW estamos fazendo uma ligação direta entre o hardware e o código compilado para aquele hardware. Por implementar o paralelismo no nível de compilação o código gerado após a compilação é destinado ao hardware específico do VLIW o que não é problema para aplicações embarcadas já que o mesmo software não será usado em hardwares diferentes, o que não acontece em computadores desktop.

**10. Qual o problema do uso de sistemas de memória cache para aplicações de tempo-real?**

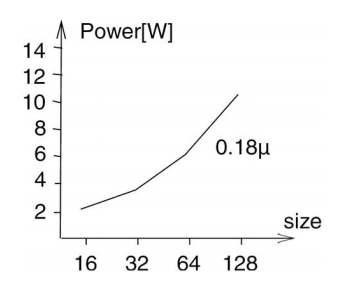
O uso de caches acrescenta o fator de imprevisibilidade ao sistema, visto que é bastante difícil saber quando a cache dará hit ou miss. Como as aplicações em tempo real necessitam descobrir qual o pior caso (quando sempre der miss) a presença de uma cache pode inviabilizar essa avaliação.

**11. Explique a diferença entre um FPGA (Field-Programmable Gate Array) e um CPLD (Complex Programmable Logic Device).**

FPGA e CPLD estão ambos na categoria de dispositivos reconfiguráveis. Entretanto existem alguma diferenças básicas, a aplicação dos dispositivos FPGA é destinada a circuitos de alta performance que utilizem uma grande quantidade de portas lógicas, já a aplicação dos CPLDs recai no campo da lógica combinancional como uma atualização dos antigos PLDs. Quanto ao tamanho da célula, os FPGAs tem células de tamanho menor e os CPLDS tem células maiores e menos conexões. Alguns FPGAs já vem com algum hardware com funções específicas embutidos e são baseados em RAM. Os CPLDs por outro lado são baseados em EEPROM, logo são mais lentos.

**12. O que são instruções tipo SIMD? Como isso pode ajudar a atender restrições de sistemas embarcados?**

Instruções SIMD, como o nome já diz, são instruções únicas que operam sobre uma grande quantidade de dados. Em certos tipos de aplicações embarcadas, um set de instruções diferenciado é utilizado para operar sobre um hardware especializado capaz de realizar várias operações sobre um conjunto de dados em um única instrução. Um exemplo disso é a implementação de um filtro FIR que utiliza um hardware de ULA MAC para realizar a sua operação. Com esse hardware toda a operação de multiplicação de acúmulo pode ser realizado utilizando instruções SIMD o que levara bem menos tempo se comparado a utilização de instruções generalizadas.



**13. A figura a seguir mostra a relação entra a capacidade da memória cache e a potência dissipada nesta memória, quando usada a tecnologia de fabricação 0.18µm. Baseado no gráfico analise pontos fortes e fracos, bem como restrições do uso de cache em sistemas embarcados.**

**Pontos fortes**: A cache aumenta o desempenho geral do sistema e diminuem a potência. Isso acontece porque ao introduzirmos uma memória cache num sistema ela será mais utilizada que a memória de hierarquia maior, por ser mais rápida a resposta do sistema será mais rápida.

**Pontos fracos:** A introdução de caches pode inviabilizar avaliações em sistema de tempo real por inserir um fator de imprevisibilidade no comportamento do sistema. A implementação da cache também implica em um hardware especializado de gerenciamento de memória MMU.

**14. Considere um sistema de medição da precipitação (pluviômetro) localizado remotamente e capaz de enviar as suas leituras por comunicação sem fio de longa distância. O sistema faz leituras em intervalos de 20 minutos e manda a leitura para um servidor remoto. A alimentação é feita por baterias de 3V. O processo de medição/transmissão dura 10 segundos e durante esse tempo o consumo é de 50mA. Depois disso o sistema entra em repouso e seu consumo é desprezível. Qual a potência que as baterias devem ser capazes de fornecer? Se for usada uma bateria de 2000mAh, em quanto tempo ele precisará ser substituída?**

As medições são feitas a cada 20 minutos, logo em 1 hora são feitas 3 medições. Cada medição gasta 50mA, logo o consumo médio em 1 hora é 30\*50/3600 = 0,41mA. A bateria entrega 2000mA em uma hora, para que isso seja igualado temos 2000mA/0,41, 4878 vezes. Como o consumo médio se manterá em 0,41mA temos que aumentar o número de horas para 4878 horas. A potência da bateria deve ser 0,41mA\*3 = 1,25mW.

**Unidades de Entrada e Saída**

1. **Compare o display de 7 segmentos (LED) com o LCD e o OLED em relação a potência, vida útil e preço. Explique.**
2. **Por que o LCD apresenta menor brilho que o OLED?**

Por que o LCD gasta bastante energia com a necessidade de uma luz de fundo, para diminuir o seu gasto o brilho dessa luz é diminuindo, mesmo em regiões de preto a luz estará funcionando. Já o OLED tem um led para cada pixel e pode ser desligado em regiões de preto, o que apresenta uma diminuição do gasto sem a necessidade de diminuir o brilho total da tela.

1. **Explique o funcionamento de um conversor D/A. Analise aspectos como linearidade e resolução.**

O conversor D/A utiliza uma malha de resistores e um amplificador operacional para converter um dado digital em analógico, o que acontece é que cada bit de um dado digital contribui com um valor de tensão que será somado pelo amplificador para resultar na tensão final analógica. Dependendo de como é feita a malha de resistores pode impactar mais ou menos na linearidade: Como cada resistor não é igual ao anterior as tensões apresentadas podem variar e a contribuições podem não ser exatas para cada resistor. Uma técnica que é utilizada é a de utilizar resistores R ou 2R o que diminui as possibilidades de diferença. Quanto a resolução um DA com resolução muito grande é inviável economicamente por conta do hardware necessário para implementá-lo e visto que não se pode representar todos os valores possíveis independente da resolução os impactos causados pelos erros de arredondamento se tornariam mais evidentes.

1. **Dê três exemplos de dispositivos atuadores. Cite duas aplicações para cada um deles.**

Potenciômetro digital. Aparelhos de som mais modernos.

Ponte H. Acionamento de motores CC.

Motor de passo. Construção de modelos de carros de brinquedo. Relógios.

1. **Dê três exemplos de sensores. Cite duas aplicações para cada um deles.**

Sensor de humidade. Detecção de humidade do ar. Detecção de queimadas.

Sonar. Identificação de distâncias.

Sensor de luminosidade. Detecção de presença.

1. **Proponha três sensores diferentes para detectar chuva em um automóvel. Como um processador poderia ler estes sensores?**

Sensor de humidade: leitura através do conversor A/D.

Sensor de chuva: pode-se utilizar tanto uma saída digital para detectar seco/molhado, quanto a saída analógica para detectar nuances mais finas entre os dois estados.

Emissor de infravermelho: Instala-se o emissor e o receptor a certa distância um do outro e em um certo ângulo, caso o vidro esteja seco a luz é completamente refletida e chega ao receptor. Caso haja água no vidro, partes da luz serão refletidas para fora do sistema e nem toda a luz chega ao receptor. As leituras no receptor podem ser feitas utilizando o conversor A/D do processador.

1. **Compare os conversores A/D tipo aproximação sucessiva e conversão direta em relação a resolução, linearidade e velocidade. Explique.**

Aproximação sucessiva: Pode-se conseguir resoluções mais altas (>14bits), a linearidade é menos prejudicada, pois existe apenas 1 comparador de tensão que influenciará na linearidade, (embora o conversor D/A também influencie nisto) a velocidade de conversão é menor se comparado ao direto, pois a conversão leva N vezes mais tempo, sedo N o número de bits da resolução do A/D.

Conversão direta: método mais rápido, entretanto utiliza-se 2^N – 1 comparadores, sendo N o número de bits da resolução, isso tem forte impacto na linearidade visto que cada comparador não pode ser fabricado de forma idêntica ao anterior. Por conta disso é inviável ter conversores desse tipo com resoluções muito altas (>10 bits).

1. **Sugira duas aplicações para cada um dos seguintes tipos de conversor A/D: Integrador, Flash.**

Flash, comunicações ópticas e de rádio que exigem altas frequências de amostragem.

Integrador, aplicações que exigem alta precisão: instrumentação.

1. **Dada uma aplicação que requer valores elevados de resolução e linearidade, qual conversor A/D você recomendaria? Por que?**

O de aproximações sucessivas é o ideal. Ele apresenta uma boa linearidade por conta da existência de apenas 1 comparador de tensão e sua estrutura permite a utilização de resoluções mais elevadas (>14bits).

1. **Qual a importância da taxa de amostragem para a fidelidade de um sinal digitalizado?**

Segundo o critério de Nyquist a taxa de amostragem está diretamente ligada a capacidade do sinal ser recomposto utilizado os dados amostrados. Se utilizarmos taxas muito baixas ocorre o erro de aliasing que é o sinal recomposto utilizando os dados amostrados não é o sinal original. Utilizando a regra de Nyquist que dita que a frequência de amostragem tem de ser 2\* a frequência máxima, ou seja, fazendo no mínimo duas capturas por período o sinal original poderá ser recomposto com melhor fidelidade.

1. **Explique o erro de quantização. Como ele pode ser reduzido?**

O erro de quantização está ligado a não capacidade de podermos representar todos os valores contínuos de um sinal utilizando um número discreto de dados. Ele está ligado diretamente a resolução da conversão (seja D/A ou A/D). Por mais alta que seja a resolução não podemos representar todos os infinitos pontos de um sinal, entretanto quanto mais alta a resolução menor será o erro de quantização.

1. **Um motor opera a 100 rpm quando submetido a uma tensão de 3,7V. Considere a disponibilidade de um driver PWM que fornece 5V quando em nível alto e 0V quando em nível baixo. Calcule o valor de ciclo de trabalho (razão cíclica ou Duty cicle) para que o motor opere a 100 rpm.**

Deseja-se que a tensão média fornecida pelo PWM seja de 3.7V. Fazendo-se uma simples regra de 3 podemos chegar ao valor do D. Sabemos que para o D 100% teremos um valor médio de 5V, logo para termos 3.7V.

5X = 370

X = 74%