Introdução à Arquitetura RISC-V

Prof. Fabrício B. Gonçalves

Instituto Federal Fluminense
Campus Bom Jesus do Itabapoana

Agenda

1 Introdução

Agenda

1. Introdução
2. CISC e RISC

Agenda

1. Introdução
2. CISC e RISC
3. Arquiteturas de Computadores

Agenda

1. Introdução
2. CISC e RISC
3. Arquiteturas de Computadores
4. RISC-V

Agenda

1. Introdução
2. CISC e RISC
3. Arquiteturas de Computadores
4. RISC-V
5. RV32I e RV64I

Agenda

1. Introdução
2. CISC e RISC
3. Arquiteturas de Computadores
4. RISC-V
5. RV32I e RV64I
6. Extensões RISC-V

Introdução

Organização e Arquitetura de Computadores

Introdução

Organização e Arquitetura de Computadores

A Organização de Computadores e a Arquitetura de Computadores são dois conceitos intimamente relacionados no campo da ciência da computação e engenharia da computação, mas eles se concentram em aspectos diferentes do design e da funcionalidade dos sistemas computacionais.

Organização de Computadores

Introdução

Organização de Computadores

A Organização de Computadores lida com a implementação física e a estrutura operacional dos componentes de hardware e do sistema. Esse aspecto inclui:

- **Hardware e suas interconexões:** como os componentes físicos (CPU, memória, dispositivos de entrada/saída) são conectados e interagem;
- **Detalhes de implementação:** tecnologias de memória, tipos de processadores, velocidades de clock, etc;
- **Estratégias de otimização:** como melhorar o desempenho através do uso eficiente de cache, paralelismo, entre outros.

Arquitetura de Computadores

Introdução

Organização de Computadores

A Arquitetura de Computadores refere-se ao projeto conceitual e às estruturas fundamentais que definem um sistema computacional. Esse conceito está preocupado principalmente com a forma como o hardware é estruturado e como ele opera no nível mais alto. Isso inclui:

- **Conjunto de instruções:** as operações básicas que o computador pode executar;
- **Modos de endereçamento:** como os locais de memória são referenciados;

  Organização do pipeline de CPU: como as instruções são processadas pela CPU;

  Design do sistema de barramento: como os dados e os sinais de controle são transmitidos entre as partes do computador.

Diferenças Principais

Introdução

Diferenças Principais

A principal diferença entre esses dois conceitos é a sua abordagem e foco. Arquitetura de Computadores é mais preocupada com a estrutura funcional e o design lógico, enquanto Organização de Computadores lida com a implementação física e os detalhes operacionais.

Um bom projeto de arquitetura facilita o desenvolvimento de software eficiente, enquanto uma boa organização otimiza o desempenho e a eficiência do hardware. Ambos são essenciais para o desenvolvimento de sistemas computacionais eficazes e eficientes.

CISC e RISC

CISC - Complex Instruction Set Computer

CISC e RISC

CISC - Complex Instruction Set Computer

CISC é uma arquitetura de processador caracterizada por um conjunto de instruções complexo, projetado para realizar operações mais complicadas em uma única instrução. Isso é conseguido através de instruções que podem executar várias operações de baixo nível, como carregar da memória, realizar uma operação e então armazenar o resultado na memória, tudo em uma única instrução.

A principal vantagem do CISC é a sua eficiência em termos de programação. Com instruções mais complexas, o número de instruções necessárias para realizar uma tarefa pode ser reduzido, o que potencialmente simplifica a compilação e pode melhorar a utilização da memória.

As arquiteturas CISC são amplamente utilizadas em computadores pessoais e servidores, com a arquitetura x86 sendo o exemplo mais notável.

RISC - Reduced Instruction Set Computer

CISC e RISC

RISC - Reduced Instruction Set Computer

RISC é uma arquitetura de processador que utiliza um conjunto de instruções simples que são projetadas para serem executadas em um único ciclo de clock. Essa abordagem enfatiza a eficiência do hardware ao limitar o número e a complexidade das instruções, permitindo uma execução mais rápida e previsível.

RISC simplifica o hardware do processador, o que pode levar a uma maior eficiência energética e a um desempenho mais rápido devido à execução de instruções em um ritmo mais constante. Isso é ideal para dispositivos móveis e sistemas embutidos onde a economia de energia é crucial.

Arquiteturas RISC, como ARM, são dominantes em smartphones, tablets e outros dispositivos móveis devido à sua eficiência energética.

Principais Diferenças entre CISC e RISC

CISC e RISC

Principais Diferenças entre CISC e RISC

1. CISC possui um conjunto de instruções mais complexo e abrangente, enquanto RISC foca em um conjunto de instruções mais simples e limitado;
2. Instruções CISC tendem a ser variáveis em comprimento e podem levar vários ciclos de clock para executar, ao passo que instruções RISC são projetadas para serem executadas em um único ciclo de clock;
3. RISC pode oferecer um desempenho mais previsível e eficiência energética devido à sua simplicidade, enquanto CISC pode reduzir o número de instruções necessárias para executar uma tarefa, potencialmente simplificando o desenvolvimento de software.
4. RISC permite um design de processador mais simples, o que pode facilitar o aumento de velocidades de clock e a eficiência energética. CISC, por outro lado, requer um hardware mais complexo para decodificar e executar suas instruções multifacetadas.

CISC e RISC

Principais Diferenças entre CISC e RISC: Exemplo de Instrução CISC

Instrução CISC - MOVSB:

- A instrução MOVSB é usada para copiar um byte de dados da localização apontada pelo registrador de fonte (SI) para a localização apontada pelo registrador de destino (DI) e, em seguida, atualiza automaticamente os registradores SI e DI para apontarem para a próxima localização, preparando-se para uma possível repetição da operação.

- Em termos mais simples, MOVSB move um byte de dados de um lugar para outro e prepara tudo para que a operação possa ser facilmente repetida. Esta única instrução, portanto, executa várias ações: carrega o byte de origem, armazena o byte no destino, e atualiza os ponteiros de origem e destino.

CISC e RISC

Principais Diferenças entre CISC e RISC: Exemplo de Instrução RISC

Instrução RISC - LOAD:

- Uma instrução LOAD em uma arquitetura RISC poderia ser usada para carregar dados da memória para um registrador. Por exemplo, LOAD R1, 100 carrega o conteúdo da memória no endereço 100 para o registrador R1.
- Esta instrução faz apenas uma coisa: copia os dados de um local específico na memória para um registrador. Qualquer operação subsequente, como modificar esses dados ou armazená-los em outro lugar, requer instruções adicionais.

CISC e RISC

Principais Diferenças entre CISC e RISC: Comparações dos Exemplos

- **CISC(MOVSB):** A instrução MOVSB é multifuncional, abordando várias etapas lógicas (carregar, armazenar, atualizar ponteiros) em uma única instrução. Isso é representativo do design CISC, onde instruções mais complexas podem realizar tarefas abrangentes, potencialmente reduzindo o código necessário para implementar certas funcionalidades, mas a custo de uma execução mais complexa e, possivelmente, mais lenta.

- **RISC(LOAD):** A instrução LOAD é focada e realiza apenas uma operação específica por vez. Isso exemplifica a filosofia RISC, onde cada instrução é projetada para ser rápida e simples, permitindo que o processador execute cada instrução em um único ciclo de clock, levando a um desempenho previsível e eficiente.

Arquiteturas de Computadores

Arquitetura x86

Arquiteturas de Computadores

Arquitetura x86

Desenvolvida pela Intel em 1978, com o Intel 8086 sendo o primeiro microprocessador a usar essa arquitetura.

A arquitetura x86 é uma família de instruções CISC (Complex Instruction Set Computing), conhecida por sua compatibilidade retroativa e amplo suporte de software. Ela tem evoluído ao longo dos anos, com extensões como x86-64 (ou AMD64, introduzida pela AMD), que suporta 64 bits, aumentando a quantidade de memória diretamente acessível.

Predominantemente utilizada em computadores pessoais, servidores e workstations. A arquitetura x86 é notável por sua presença em ambientes de desktop e data centers.

Arquitetura ARM

Arquiteturas de Computadores

Arquitetura ARM

Desenvolvida pela ARM Holdings, a arquitetura começou com o processador ARM1 em 1985. ARM significa Advanced RISC Machine, originalmente Acorn RISC Machine.

A arquitetura ARM é uma família de instruções RISC (Reduced Instruction Set Computing), conhecida por sua eficiência energética e simplicidade de design. Isso permite que dispositivos baseados em ARM ofereçam uma boa relação de desempenho por watt, tornando-os ideais para dispositivos móveis e embutidos.

Amplamente utilizada em smartphones, tablets, sistemas embarcados, e mais recentemente, em alguns laptops e servidores devido à sua eficiência energética.

Outras Arquiteturas

Arquiteturas de Computadores

Outras Arquiteturas

Além do x86 e ARM, existem outras arquiteturas significativas, como:

- **PowerPC:** Originalmente desenvolvida pela aliança Apple-IBM-Motorola (AIM), foi amplamente utilizada em sistemas embarcados, consoles de videogame (como o Xbox 360 e PlayStation 3), e em alguns modelos de Macintosh antes da transição da Apple para processadores Intel.

- **MIPS:** Utilizada em uma variedade de sistemas embarcados, roteadores, e consoles de videogame antigos como o Sony PlayStation e Nintendo 64.

- **RISC-V:** Uma arquitetura de conjunto de instruções de código aberto que permite a personalização e extensão, ganhando popularidade em pesquisa, educação e aplicações de IoT (Internet das Coisas) devido à sua flexibilidade e custo-benefício.

RISC-V

RISC-V

RISC-V (pronuncia-se "risk-five") é uma arquitetura de conjunto de instruções (ISA) de código aberto baseada no princípio RISC (Reduced Instruction Set Computing). Desenvolvida originalmente na Universidade da Califórnia, Berkeley, em 2010, RISC-V foi projetada para ser uma ISA moderna, eficiente, modular e extensível, oferecendo uma alternativa aos modelos proprietários dominantes, como ARM e x86.

Características Principais de RISC-V

RISC-V

Características Principais de RISC-V

1. **Código Aberto e Livre:** Diferentemente das ISAs proprietárias, RISC-V é disponibilizada sob licenças de código aberto, permitindo que qualquer pessoa use, modifique e distribua a ISA sem a necessidade de pagar royalties. Isso promove uma colaboração ampla e inovação entre acadêmicos, pesquisadores e a indústria.

2. **Modularidade:** RISC-V é projetada com uma base simples de instruções obrigatórias, sobre a qual módulos ou extensões podem ser adicionados conforme necessário. Isso permite que implementações da RISC-V sejam altamente personalizáveis para atender a necessidades específicas de diferentes aplicações, desde sistemas embarcados até computação de alto desempenho.

RISC-V

Características Principais de RISC-V

3. **Eficiência e Simplicidade:** Seguindo os princípios RISC, a RISC-V foca em um conjunto reduzido de instruções que podem ser executadas rapidamente e com eficiência energética, o que é particularmente vantajoso para dispositivos móveis, wearables e aplicações na Internet das Coisas (IoT).

4. **Extensibilidade:** A estrutura modular da RISC-V facilita a adição de novas instruções e extensões sem perturbar o núcleo básico, permitindo que a arquitetura evolua e se adapte às mudanças tecnológicas e às novas necessidades de aplicações.

Aplicações de RISC-V

RISC-V

Aplicações de RISC-V

Devido à sua flexibilidade, custo-benefício e natureza de código aberto, RISC-V tem sido adotada em uma ampla gama de aplicações, incluindo:

- **Dispositivos Embarcados e IoT:** A eficiência energética e a customização fazem da RISC-V uma escolha popular para dispositivos embarcados e aplicações de IoT.
- **Computação de Alto Desempenho (HPC):** A capacidade de personalizar extensivamente a ISA para otimizar o desempenho torna a RISC-V atraente para aplicações de HPC.

RISC-V

Aplicações de RISC-V

Continuação:

- **Pesquisa e Educação:** A natureza aberta da RISC-V é ideal para ambientes acadêmicos, facilitando o ensino de conceitos de arquitetura de computadores e pesquisa em novas tecnologias de hardware.

- **Desenvolvimento de Microprocessadores:** Empresas e startups estão explorando RISC-V para desenvolver seus próprios microprocessadores customizados, beneficiando-se da ausência de royalties e da comunidade de suporte ativa.

RV32I e RV64I

RV32I e RV64I

O RISC-V define várias bases de conjuntos de instruções, conhecidas como "ISA base", das quais o RV32I e o RV64I são duas das mais importantes. Essas bases são projetadas para diferentes necessidades de processamento e tamanhos de dados, refletindo a versatilidade e a adaptabilidade da arquitetura RISC-V. Vamos explorar o que cada uma representa e suas aplicações principais.

RV32I

RV32I e RV64I

RV32I

O RV32I é a base do conjunto de instruções de 32 bits do RISC-V. "RV"significa RISC-V, "32"indica o tamanho da palavra de 32 bits, e "I"significa inteiro, indicando que este conjunto de instruções é focado em operações de inteiros.

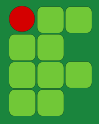
O RV32I define um conjunto de instruções mínimo necessário para um sistema computacional operar. Inclui instruções para operações aritméticas, lógicas, de controle de fluxo (como saltos e chamadas de função), e acesso à memória.

Devido à sua simplicidade e eficiência, o RV32I é ideal para microcontroladores, dispositivos embarcados, e outras aplicações onde a eficiência energética e o custo são críticos. Ele é adequado para aplicações que não requerem processamento de grandes volumes de dados ou operações de 64 bits.

RV64I

RV32I e RV64I

RV64I



O RV64I é a base do conjunto de instruções de 64 bits do RISC-V. Similar ao RV32I, "RV"representa RISC-V, "64"indica o tamanho da palavra de 64 bits, e "I"significa inteiro.

Além de suportar todas as instruções do RV32I, o RV64I adiciona suporte para operações de 64 bits. Isso inclui a capacidade de manipular dados de 64 bits e endereçar uma quantidade significativamente maior de memória, graças ao seu espaço de endereçamento expandido.

O RV64I é adequado para aplicações que exigem maior poder de processamento e capacidade de memória, como servidores, workstations, e sistemas que executam aplicações complexas, incluindo processamento de grandes bancos de dados, simulações científicas, e mais. Ele oferece a flexibilidade e o poder necessários para tarefas que vão além das capacidades dos sistemas baseados em 32 bits.

Comparação e Escolha entre RV32I e RV64I

RV32I e RV64I

Comparação e Escolha entre RV32I e RV64I

O RV64I é a base do conjunto de instruções de 64 bits do RISC-V. Similar ao RV32I, "RV"representa RISC-V, "64"indica o tamanho da palavra de 64 bits, e "I"significa inteiro.

Além de suportar todas as instruções do RV32I, o RV64I adiciona suporte para operações de 64 bits. Isso inclui a capacidade de manipular dados de 64 bits e endereçar uma quantidade significativamente maior de memória, graças ao seu espaço de endereçamento expandido.

O RV64I é adequado para aplicações que exigem maior poder de processamento e capacidade de memória, como servidores, workstations, e sistemas que executam aplicações complexas, incluindo processamento de grandes bancos de dados, simulações científicas, e mais. Ele oferece a flexibilidade e o poder necessários para tarefas que vão além das capacidades dos sistemas baseados em 32 bits.

Extensões RISC-V

Extensões RISC-V

As extensões RISC-V expandem a funcionalidade do conjunto de instruções base (como RV32I ou RV64I) para suportar uma variedade de recursos e otimizações. Cada extensão é designada por uma letra única ou uma combinação de letras, e estas podem ser combinadas para criar um perfil de processador que atenda às necessidades específicas de uma aplicação.

Vamos explorar algumas das extensões RISC-V mais comuns e o que elas adicionam à funcionalidade básica:

- Extensão M - Multiplicação e Divisão;
- Extensão A - Atomic;
- Extensões F e D - Ponto Flutuante Simples e Duplo;
- Extensão C - Compressed

Extensão M - Multiplicação e Divisão

Extensões RISC-V

Extensão M - Multiplicação e Divisão

A extensão M do RISC-V, também conhecida como a extensão de instruções de multiplicação e divisão, é projetada para adicionar um conjunto de operações aritméticas de multiplicação e divisão diretamente ao conjunto de instruções básico de um processador RISC-V.

Essa extensão é crucial para aplicações que requerem cálculos matemáticos intensivos, permitindo que estas operações sejam executadas de forma mais eficiente no hardware sem a necessidade de rotinas de software complexas.

Extensões RISC-V

Extensão M - Multiplicação e Divisão: Características

- **Operações de Multiplicação**
  - A extensão inclui várias instruções de multiplicação que suportam tanto números inteiros sinalizados quanto não sinalizados;
  - Instruções básicas de multiplicação, como MUL, que realiza a multiplicação de dois registros de 32 ou 64 bits, dependendo da base (RV32I ou RV64I), e armazena o resultado em um terceiro registro;
  - Instruções mais específicas, como MULH, MULHSU, e MULHU, que fornecem os bits superiores do produto de duas operações de multiplicação, úteis para implementar multiplicação de precisão arbitrária ou para cálculos que precisam de partes específicas do resultado da multiplicação.
- **Operações de Divisão:**
  - Instruções de divisão, como DIV e DIVU, para divisão sinalizada e não sinalizada, respectivamente. Estas instruções dividem o conteúdo de dois registros e armazenam o resultado em um terceiro registro.
  - Instruções REM e REMU para calcular o resto da divisão (ou módulo) para números sinalizados e não sinalizados, respectivamente.

Extensões RISC-V

Extensão M - Multiplicação e Divisão: Aplicações

A extensão M é particularmente importante em campos como:

- **Processamento de Sinais:** Operações de multiplicação e divisão são fundamentais em algoritmos de processamento de sinais digitais, como filtragem, FFT (Transformada Rápida de Fourier), e outras transformações.
- **Computação Científica:** Cálculos que envolvem operações matemáticas complexas, muitas vezes requerem multiplicação e divisão precisas e eficientes.
- **Criptografia:** Algoritmos criptográficos, incluindo cifras de bloco e funções hash, frequentemente utilizam operações de multiplicação e divisão.
- **Gráficos e Renderização:** Cálculos gráficos, como transformações de vértices e operações de iluminação, podem se beneficiar das instruções de multiplicação e divisão para acelerar o processamento.

Extensões RISC-V

Extensão M - Multiplicação e Divisão: Benefícios

- **Desempenho Acelerado:** Ao mover operações de multiplicação e divisão para o hardware, a extensão M permite que estas operações sejam realizadas significativamente mais rápido do que seriam em software, usando um conjunto básico de instruções sem suporte para essas operações;
- **Eficiência Energética:** Realizar estas operações no hardware reduz o número de instruções necessárias e, por conseguinte, o consumo de energia, o que é especialmente valioso em dispositivos móveis e embarcados;
- **Simplicidade de Programação:** Dispor de instruções de multiplicação e divisão no conjunto de instruções simplifica o desenvolvimento de software para aplicações que necessitam dessas operações, reduzindo a complexidade do código e melhorando a legibilidade.

Extensão A - Atomic

Extensões RISC-V

Extensão A - Atomic

A extensão A de RISC-V, conhecida como Atomic, introduz instruções atômicas ao conjunto de instruções básico, essenciais para o desenvolvimento de sistemas operacionais, ambientes multithread e aplicações concorrentes.

As operações atômicas são fundamentais para garantir a consistência e a integridade dos dados em sistemas onde múltiplas threads ou processos podem acessar e modificar dados compartilhados simultaneamente.

Extensões RISC-V

Extensão A - Atomic: Características

- **Operações Atômicas:** Instruções atômicas realizam leitura-modificação-escrita (RMW) de maneira indivisível. Isso significa que nenhuma outra operação pode intervir entre a leitura e a escrita, garantindo que o valor seja atualizado de forma segura mesmo em ambientes com múltiplas threads.

- **Instruções LOAD and STORE Atômicas:** A extensão A adiciona várias instruções para operações de carga (LOAD) e armazenamento (STORE) atômicas, como LR (Load Reserved) e SC (Store Conditional), além de operações atômicas de leitura-modificação-escrita como AMOADD (Atomic ADD), AMOXOR (Atomic XOR), entre outras.

- **Suporte a Sincronização:** As instruções atômicas são cruciais para implementar primitivas de sincronização, como semáforos e mutexes, de maneira eficiente no hardware, permitindo a construção de algoritmos de lock e sincronização sem race conditions.

Extensões RISC-V

Extensão A - Atomic: Aplicações

- **Sistemas Operacionais:** Implementação eficiente de primitivas de sincronização e mecanismos de controle de concorrência para gerenciamento de processos e threads.

- **Programação Concorrente:** Desenvolvimento de aplicações multithread que necessitam de acesso concorrente a recursos compartilhados, garantindo que as atualizações de estado sejam realizadas de forma segura e consistente.

- **Sistemas de Banco de Dados:** Manutenção da integridade dos dados em ambientes de alta concorrência, onde transações simultâneas precisam ser gerenciadas de forma eficaz.

- **Computação Paralela:** Em arquiteturas multicore ou multiprocessador, as instruções atômicas facilitam a divisão de tarefas e a coordenação entre os núcleos, otimizando o desempenho e o uso de recursos.

Extensões RISC-V

Extensão A - Atomic: Benefícios

- **Consistência de Dados:** Garante que operações concorrentes em dados compartilhados sejam realizadas de forma segura, evitando condições de corrida e outros problemas de sincronização que podem levar a inconsistências de dados.
- **Eficiência de Sincronização:** Proporciona uma maneira mais direta e eficiente de implementar locks e outras primitivas de sincronização, reduzindo a sobrecarga de desempenho associada a esses mecanismos.
- **Portabilidade:** Ao padronizar as instruções atômicas na ISA, a extensão A facilita o desenvolvimento de software concorrente que é portável entre diferentes implementações de hardware RISC-V.

Extensões F e D - Ponto Flutuante Simples e Duplo

Extensões RISC-V

Extensões F e D - Ponto Flutuante Simples e Duplo

As extensões F e D do RISC-V são projetadas para adicionar suporte a operações de ponto flutuante de precisão simples (F) e precisão dupla (D), respectivamente.

Elas permitem que os processadores baseados em RISC-V executem cálculos de ponto flutuante diretamente no hardware, o que é crucial para uma ampla gama de aplicações científicas, de engenharia, gráficas e financeiras que requerem cálculos numéricos complexos.

Extensões RISC-V

Extensões F e D - Ponto Flutuante Simples e Duplo: Características

Extensão F - Ponto Flutuante de Precisão Simples

- **Descrição:** A extensão F adiciona um conjunto de instruções para operações de ponto flutuante de 32 bits. Isso inclui operações aritméticas básicas como adição, subtração, multiplicação e divisão, bem como funções mais complexas como raiz quadrada, conversões entre inteiros e números de ponto flutuante, e comparações.

  Registradores de Ponto Flutuante: Introduz registradores de ponto flutuante separados do conjunto principal de registradores inteiros, especificamente para armazenar números de ponto flutuante e resultados de operações.

- **Conformidade com Padrões:** As operações de ponto flutuante na extensão F seguem o padrão IEEE 754-2008 para aritmética de ponto flutuante, garantindo compatibilidade e previsibilidade nos cálculos.

Extensões RISC-V

Extensões F e D - Ponto Flutuante Simples e Duplo: Características

Extensão D - Ponto Flutuante de Precisão Dupla

- **Descrição:** A extensão D estende a funcionalidade da extensão F ao introduzir operações de ponto flutuante de 64 bits. Ela inclui um conjunto similar de operações aritméticas, conversões e comparações, mas para números de ponto flutuante de maior precisão.

  Registradores de Ponto Flutuante: Além dos registradores de ponto flutuante da extensão F, a extensão D utiliza os mesmos registradores de ponto flutuante, mas considera que cada registrador pode agora armazenar um valor de 64 bits, o que implica na utilização de pares de registradores para operações de precisão simples em algumas implementações de RISC-V.

- **Conformidade com Padrões:** Assim como a extensão F, as operações na extensão D aderem ao padrão IEEE 754-2008, proporcionando uma base confiável para cálculos de ponto flutuante de alta precisão.

Extensões RISC-V

Extensões F e D - Ponto Flutuante Simples e Duplo: Aplicações

- **Computação Científica e Engenharia:** Cálculos que exigem precisão e representação de grandes intervalos de valores, como simulações físicas, análises estruturais e modelagem climática.

- **Processamento Gráfico:** Operações gráficas e renderização 3D, onde cálculos de ponto flutuante são usados para transformações geométricas, iluminação e sombreamento.

- **Análise Financeira:** Modelos financeiros complexos que requerem cálculos precisos de ponto flutuante para previsão e análise de risco.

  Pesquisa e Desenvolvimento: Áreas de pesquisa que utilizam intensamente dados numéricos, como genética, química computacional e inteligência artificial, podem se beneficiar significativamente do suporte a ponto flutuante de precisão simples e dupla.

Extensões RISC-V

Extensões F e D - Ponto Flutuante Simples e Duplo: Benefícios

- **Desempenho Melhorado:** Executar operações de ponto flutuante diretamente no hardware reduz significativamente o tempo de execução em comparação com a implementação dessas operações em software.
- **Precisão e Flexibilidade:** Com suporte tanto para precisão simples quanto dupla, os desenvolvedores podem escolher o nível de precisão apropriado para a aplicação, equilibrando desempenho e requisitos de memória com a necessidade de precisão numérica.
- **Padronização:** A conformidade com o IEEE 754 facilita a portabilidade do código e garante que os resultados dos cálculos sejam consistentes e previsíveis, independentemente da plataforma RISC-V específica.

Extensão C - Compressed

Extensões RISC-V

Extensão C - Compressed

A extensão C de RISC-V, também conhecida como "Compressed Instruction Set", é uma extensão projetada para reduzir o tamanho do código binário e aumentar a densidade do código. Isso é alcançado por meio da introdução de um conjunto de instruções comprimidas de 16 bits, complementando o conjunto padrão de instruções de 32 bits do RISC-V.

A extensão C visa melhorar a eficiência no uso da memória e, potencialmente, a eficiência energética, além de aumentar o desempenho em alguns casos, especialmente em sistemas com largura de banda de memória limitada ou caches pequenos.

Extensões RISC-V

Extensão C - Compressed: Características

- **Instruções Comprimidas de 16 Bits:** Ao contrário das instruções padrão de RISC-V que têm 32 bits, as instruções da extensão C são comprimidas em 16 bits. Isso permite que o código ocupe menos espaço na memória e nos caches, podendo reduzir a quantidade de acesso à memória necessária para buscar instruções.

  Codificação Eficiente: A extensão C inclui versões comprimidas de algumas das instruções mais comumente usadas em aplicações típicas, como movimentação de dados, operações aritméticas simples e saltos condicionais.

Extensões RISC-V

Extensão C - Compressed: Características

- **Compatibilidade:** As instruções comprimidas são traduzidas para as instruções padrão de 32 bits dentro do próprio hardware do processador antes da execução, garantindo total compatibilidade com o conjunto de instruções existente do RISC-V.

- **Redução de Código e Melhoria de Performance:** Ao diminuir o tamanho das instruções, a extensão C pode reduzir a pressão sobre o sistema de memória, melhorar a eficiência do cache e, em alguns casos, aumentar a velocidade de execução do programa devido à redução de miss no cache e à diminuição da largura de banda de memória necessária.

Extensões RISC-V

Extensão C - Compressed: Aplicações

- **Sistemas Embarcados e IoT:** Dispositivos com recursos limitados de memória e energia podem se beneficiar significativamente da compactação do código, permitindo aplicações mais complexas em hardware mais simples e com menor consumo de energia.

  Dispositivos Portáteis e Wearables: A eficiência energética melhorada e o uso reduzido de memória são particularmente valiosos em dispositivos portáteis, onde o espaço de memória e a duração da bateria são críticos.

- **Aplicações com Restrições de Memória:** Em sistemas onde o espaço de memória é uma limitação significativa, a capacidade de compactar o código sem alterar a funcionalidade do programa pode permitir a inclusão de mais funcionalidades ou a utilização de memórias menores, reduzindo o custo.

Extensões RISC-V

Extensão C - Compressed: Benefícios

- **Eficiência no Uso da Memória:** Reduz a quantidade de memória necessária para armazenar programas, o que pode reduzir os custos de hardware para memória e melhorar a eficiência do cache.
- **Melhoria Potencial na Eficiência Energética:** Menor necessidade de acessos à memória pode levar a uma redução no consumo de energia, especialmente importante para dispositivos alimentados por bateria.
- **Aumento de Performance:** Aumenta a densidade do código e pode reduzir o número de ciclos de clock necessários para executar um programa devido à melhoria na eficiência do cache e redução da largura de banda de memória usada.

Introdução à Arquitetura RISC-V

Prof. Fabrício B. Gonçalves

Instituto Federal Fluminense
Campus Bom Jesus do Itabapoana