



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE TAQUARITINGA - FATEC

Curso: Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Disciplina: Arquitetura e Organização de Computadores

Semestre: 1º Semestre de 2023

IEEE 754: Padrão de Representação de Números de Ponto Flutuante



Aluno:

Leonardo David Silva Setti, R.A.: 0220482312930

Professor Orientador:

João de Lucca

Palavras-chave: *IEEE 754, números de ponto flutuante, precisão, portabilidade, operações aritméticas.*

Definição do IEEE 754

IEEE 754 é um padrão internacional para representação de números de ponto flutuante em sistemas de computação. Ele foi estabelecido pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) e é amplamente utilizado na indústria de computação.

1. O padrão IEEE 754 define formatos para representação de números de ponto flutuante, especificando como esses números são codificados em bits e como as operações aritméticas devem ser realizadas.
2. O padrão abrange diferentes formatos, como "half-precision" (16 bits), "single-precision" (32 bits) e "double-precision" (64 bits), cada um com suas características de precisão e intervalo.
3. Ele estabelece regras para lidar com valores especiais, como infinito e NaN (Not-a-Number), além de especificar as convenções de arredondamento e tratamento de erros em operações aritméticas.

Aplicações do IEEE 754:

1. O padrão é amplamente utilizado em sistemas computacionais que requerem o processamento de números de ponto flutuante, como computadores pessoais, servidores, supercomputadores e dispositivos embarcados.
2. É essencial em áreas como engenharia, ciência, física, economia e gráficos computacionais, onde cálculos precisos com números reais são necessários.
3. É utilizado em linguagens de programação, compiladores e bibliotecas matemáticas para fornecer suporte a operações aritméticas com números de ponto flutuante.

Benefícios e vantagens do IEEE 754:

1. **Consistência:** O padrão IEEE 754 garante que a representação e o processamento de números de ponto flutuante sejam consistentes em diferentes sistemas computacionais, permitindo a portabilidade dos algoritmos.
2. **Precisão:** Os diferentes formatos do IEEE 754 permitem a representação de números com precisão adequada para várias aplicações, desde cálculos científicos de alta precisão até aplicações que exigem eficiência de espaço.
3. **Tratamento de erros:** O padrão define regras para o tratamento de erros, como estouro (overflow) e underflow, garantindo que as operações aritméticas produzam resultados adequados e previsíveis.
4. **Valor especial:** O IEEE 754 estabelece como lidar com valores especiais, como infinito e NaN, evitando comportamentos inesperados e permitindo a detecção de condições excepcionais durante o processamento.

O modelo de representação de números em ponto flutuante, estabelecido pelo padrão IEEE 754, utiliza um formato binário para representar números reais com parte inteira e parte fracionária. O número é representado por três componentes principais: *sinal*, *expoente* e *mantissa*.

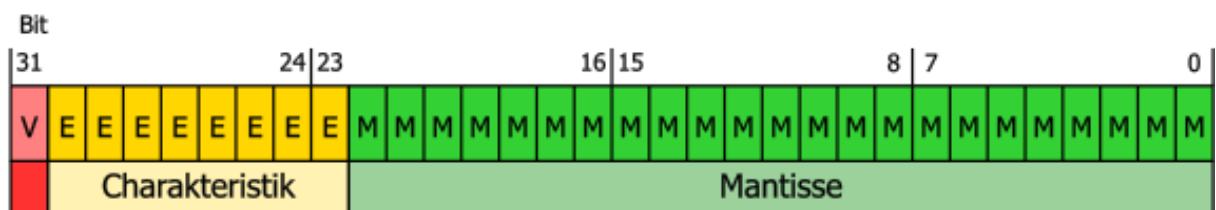
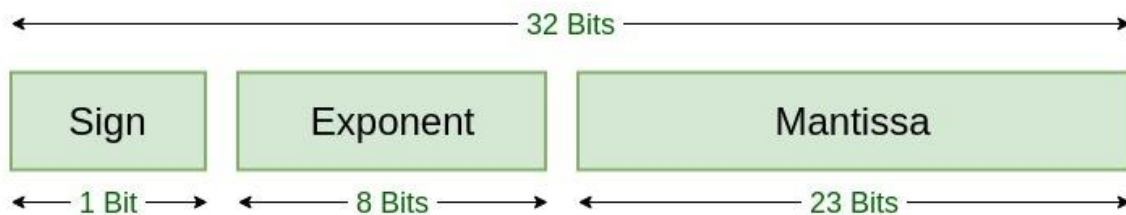


Figura 1: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/IEEE-754-single.svg>

1. **Sinal:**
 - 1.1. Um bit é reservado para indicar o sinal do número. O bit de sinal é 0 para números positivos e 1 para números negativos.
2. **Expoente:**
 - 2.1. É responsável por ajustar a escala do número. O expoente é codificado em uma representação com complemento de dois para permitir a representação de números positivos e negativos.
 - 2.2. O padrão IEEE 754 utiliza um deslocamento de bias (viés) para o expoente, ou seja, um valor fixo é adicionado ao valor real do expoente para permitir sua representação em complemento de dois. Isso permite que o expoente tenha um alcance simétrico positivo e negativo.
 - 2.3. O número de bits reservados para o expoente varia de acordo com o formato escolhido, como "single-precision" (32 bits) ou "double-precision" (64 bits).
3. **Mantissa:**
 - 3.1. Também conhecida como fração ou significante, a mantissa representa a parte fracionária do número em ponto flutuante.

- 3.2. A mantissa é normalizada, o que significa que seu valor está entre 1 e 2, permitindo uma representação compacta de números com alta precisão.
- 3.3. No formato IEEE 754, a mantissa é normalizada com um bit implícito (não armazenado) igual a 1 antes da vírgula decimal (ou binária).

Exemplo de representação em ponto flutuante usando o formato "single-precision" (32 bits) do IEEE 754:



Single Precision IEEE 754 Floating-Point Standard

Considere o número real -22.75.

- 1) **Sinal:**
 - a) Como o número é negativo, o bit de sinal será 1.
- 2) **Expoente:**
 - a) O valor absoluto do número é 22.75, que é aproximadamente 1.110110001 em binário.
 - b) O expoente é 4 porque deslocamos a vírgula decimal 4 posições para a esquerda.
 - c) O valor do expoente é adicionado ao valor de bias (127 no caso do formato "single-precision").
 - d) Portanto, o expoente é $4 + 127 = 131$, que em binário é 10000011.
- 3) **Mantissa:**
 - a) A parte fracionária do número é 0.75, que é aproximadamente 0.11 em binário.
 - b) A mantissa normalizada inclui o bit implícito 1, então temos 1.11.

A representação em ponto flutuante do número -22.75 no formato "single-precision" do IEEE 754 será:

1 10000011 110110000000000000000000

Aplicação do padrão IEEE 754:

A aplicação do IEEE 754 é ampla em várias áreas, incluindo:

1. Processadores de computadores pessoais, servidores e dispositivos móveis, onde é usado para realizar cálculos matemáticos precisos e eficientes.
2. Aplicações científicas e de engenharia que envolvem simulações, modelagem física, cálculos numéricos e análise de dados.
3. Gráficos computacionais, jogos e animações, onde números de ponto flutuante são usados para representar posições, rotações e escalas em ambientes 3D.
4. Aplicações financeiras e econômicas que envolvem cálculos complexos de juros, cotações de ações, análise de risco e previsões.

A representação digital de quantidades numéricas, com a precisão adequada conforme o padrão IEEE 754, é de extrema importância em várias áreas da computação e da ciência. Aqui estão alguns motivos que destacam a importância dessa representação:

1. **Precisão e exatidão:** A representação digital de quantidades numéricas permite que valores reais sejam armazenados e manipulados com precisão e exatidão. Isso é fundamental em várias aplicações, como simulações científicas, cálculos financeiros, análise de dados e engenharia de sistemas.
2. **Portabilidade e interoperabilidade:** O padrão IEEE 754 estabelece uma representação padronizada de números de ponto flutuante, garantindo a portabilidade de algoritmos e resultados entre diferentes sistemas computacionais. Isso permite que programas e algoritmos escritos em uma plataforma sejam executados corretamente em outras plataformas, sem perda de precisão ou compatibilidade.
3. **Eficiência de espaço e processamento:** Os formatos definidos pelo IEEE 754, como "single-precision" e "double-precision", permitem representar uma ampla faixa de valores reais usando uma quantidade limitada de bits. Isso é especialmente importante em sistemas com recursos restritos de armazenamento e processamento, como dispositivos móveis e sistemas embarcados, onde a eficiência é crucial.
5. **Consistência em operações aritméticas:** O padrão IEEE 754 estabelece regras precisas para operações aritméticas com números de ponto flutuante, incluindo adição, subtração, multiplicação e divisão. Essas regras garantem que as operações sejam realizadas de forma consistente e previsível em diferentes implementações de hardware e software.
6. **Tratamento de valores especiais:** O padrão IEEE 754 define como lidar com valores especiais, como infinito, NaN (Not-a-Number) e números subnormais. Esses valores especiais têm aplicações importantes em cálculos científicos e engenharia, onde é necessário representar condições excepcionais ou resultados indeterminados.

Em resumo, a representação digital de quantidades numéricas com a precisão e os formatos definidos pelo padrão IEEE 754 é crucial para garantir a precisão, a portabilidade e a consistência no processamento de números de ponto flutuante em sistemas computacionais. Isso é fundamental para uma ampla gama de aplicações científicas, tecnológicas e industriais.

Fonte bibliográfica:

1. "IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic" (IEEE 754-2008). Disponível em: <https://standards.ieee.org/standard/754-2008.html>
2. Goldberg, David. "What Every Computer Scientist Should Know About Floating-Point Arithmetic." ACM Computing Surveys, vol. 23, no. 1, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/103162.103163>