

Sistemas de Computação

Ponto Flutuante

Haroldo Gambini Santos

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

26 de abril de 2010

1 Introdução

2 O Padrão IEEE

3 Expoente

4 Fração

Ponto Flutuante

Aplicações

- Engenharia
- Matemática
- Física
- Processamento de Imagens
- Computação Gráfica 3D

Ponto Flutuante

FLOP

Floating Point Operations per Second

Medida importante para computação de alto desempenho.
Supercomputadores atuais: escala de petaflops (10^{15}).

Notação Científica

Útil para separar a faixa da precisão de um número.

$$n = \mathbf{f} \times 10^{\mathbf{e}}$$

f fração ou mantissa;

e expoente: um inteiro positivo ou negativo.

Notação Científica - Exemplo

Representação Decimal com Nr. de Dígitos Limitado

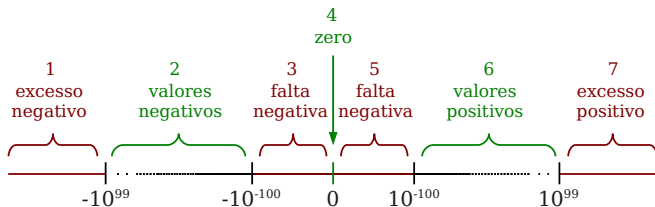
■ Fração

- $0,1 \leq |f| < 1$
- 3 dígitos
- $0,1$, ... , $0,999$
- + ou -

■ Expoente

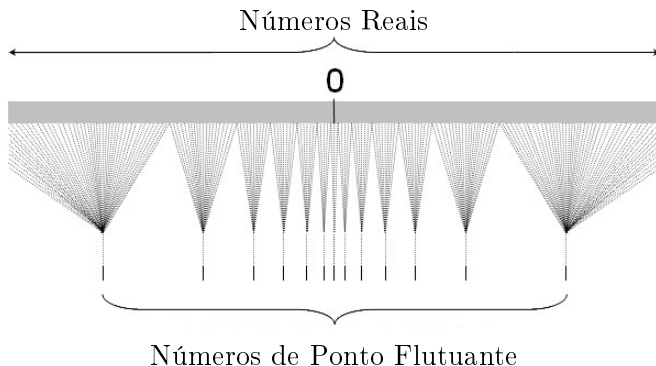
- 2 dígitos
- $0, \dots, 99$
- + ou -

Notação Científica - Exemplo



- 1 números negativos grandes menores do que $-0,999 \times 10^{99}$
- 2 números negativos entre $-0,999 \times 10^{99}$ e $-0,100 \times 10^{-99}$
- 3 números negativos pequenos com grandezas menores do que $0,1 \times 10^{-99}$
- 4 0
- 5 números positivos pequenos com grandezas menores do que $0,1 \times 10^{-99}$
- 6 números positivos entre $0,1 \times 10^{-99}$ e $0,999 \times 10^{99}$
- 7 números positivos grandes maiores do que $0,999 \times 10^{99}$

De Reais para Números de Ponto Flutuante



1 Introdução

2 O Padrão IEEE

3 Expoente

4 Fração

O Padrão IEEE

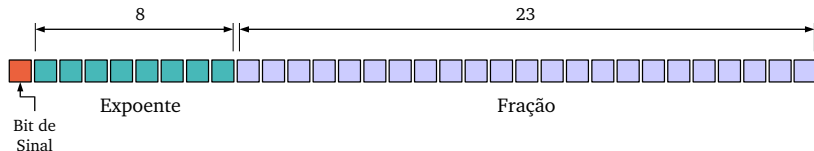
IEEE 754

- Padrão amplamente usado em praticamente todas as CPUs modernas
- Especifica a representação de ponto flutuante no formato:

$$\textit{mantissa} \times 2^{\textit{expoente}}$$

O Padrão IEEE

Precisão Simples: 32 bits



O Padrão IEEE

Precisões

	Bits		Total ¹	Declaração em C
	Expoente	Fração		
Simples	8	23	32	float
Dupla	11	52	64	double

¹inclui sinal

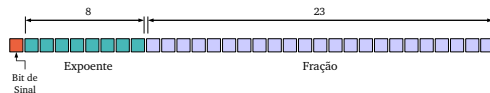
1 Introdução

2 O Padrão IEEE

3 Expoente

4 Fração

Expoente



O Campo Expoente

- representado na notação *por excesso* (*biased*)
 - valor fixo é adicionado ao expoente
 - em precisão simples, excesso = 127
 - $\text{expoente} = \text{valor do campo expoente} - 127$

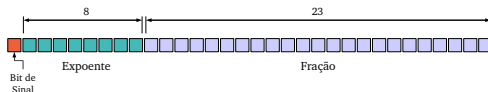
1 Introdução

2 O Padrão IEEE

3 Expoente

4 Fração

Fração



O Campo Fração

- Codifica a parte fracionária de um número com parte inteira = 1
- Utiliza a representação de sinal e magnitude

Mantissa no padrão IEEE 754:

$1.fração$

Fração

Exemplo

Qual é o campo de fração da representação de 6,25 em ponto flutuante de representação simples ?

Fração

Exemplo

Qual é o campo de fração da representação de 6,25 em ponto flutuante de representação simples ?

Resolução

- para a parte inteira: $110 = 2^2 + 2^1 = 6$
- para a parte fracionária, o que equivale a 0,25 ?

Fração

De frações decimais para frações binárias:

- Vamos preencher os dígitos binários da fração da direita (-1) para a esquerda $(-n)$:
 - $\dots, d_{-1} d_{-2} \dots d_{-n}$
- Preencha os dígitos do seguinte modo, considerando a fração decimal **fração**
 - 1 **fração** = **fração** $\times$ 2
 - 2 se **fração** ≥ 1 , então **dígito** = 1 e diminua 1 de **fração**
 - 3 senão, **dígito** = 0
 - 4 se **fração** > 0 volte para 1

Fração

De frações decimais para frações binárias:

Convertendo 0,40625:

Fração			Dígito
0,40625	×	2 = 0,8125	0
0,8125	×	2 = 1,625	1
0,625	×	2 = 1,25	1
0,25	×	2 = 0,5	0
0,5	×	2 = 1,0	1

Fração

Representação

Então, como 6,25 é armazenado no campo de fração ?

$$6,25 = 0b110,01$$

$$0b110,01 = 0b1,1001 \times 2^2$$

No padrão para precisão simples, considera-se uma parte inteira fixa de 1. Desse modo, a parte fracionária armazenada é:

100100000000000000000000

Interpretação dos Números

Campo Expoente	Campo Fração	Representa
0	0	0
0	não 0	$+/- (0, \text{fração}) \times 2^{1-\text{excesso}}$
0s e 1s todos 1	qualquer 0	$+/- (1, \text{fração}) \times 2^{\text{expoente}-\text{excesso}}$
todos 1	não zero	+/- infinito
		NaN