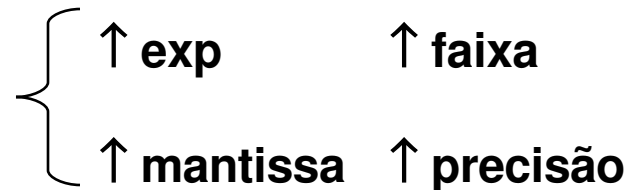
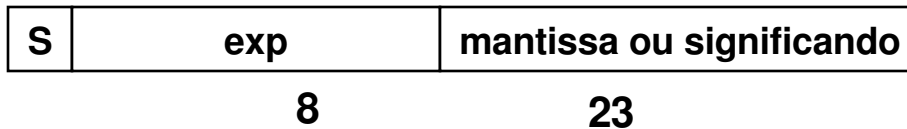

Aritmética Computacional (Ponto-Flutuante)

Capítulo 4

Ponto Flutuante

- **Objetivos:**
 - representação de números não inteiros
 - aumentar a capacidade de representação (maiores ou menores)
- **Formato padronizado**
 $1.XXXXXXXXXX \dots * 2^{yyy}$ (no caso geral B^{yyy})

- **No MIPS:**



sinal-magnitude

$$(-1)^S F * 2^E$$

Ponto Flutuante e padrão IEEE 754

expoente $\in [-128, 127]$

se $2^{10} \approx 10^3$

$$128 = 8 + 10 * 12;$$

$$2^{128} = 2^{(8 + 10 * 12)} = 2^8 * 2^{(10 * 12)} \approx 2 * 10^{38}$$

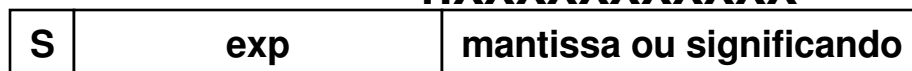
overflow $\Rightarrow N^o > 10^{38}$

underflow $\Rightarrow N^o < 10^{-38}$

PADRÃO IEEE 754

um implícito

1.XXXXXXXXXXX



8

23

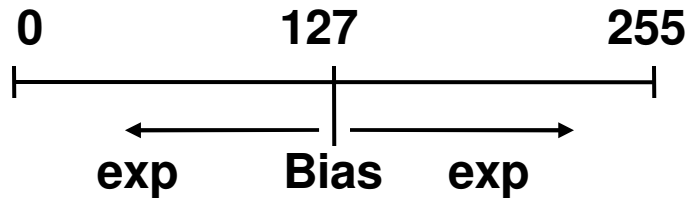
mantissa: precisão simples: 23 bits (+1)

precisão dupla: 52 bits (+1)

Padrão IEEE754: bias

$$N^{\circ} = (-1)^S (1 + \text{Mantissa}) * 2^E$$

Para simplificar a ordenação (sorting): BIAS



$$\text{No padrão: } 2^{(nE - 1)} - 1 = 127$$

$$\text{EXP} = \text{CAMPO}_{\text{EXP}} - \text{BIAS}$$

Exemplo: representar $-0,75_{10} = -(1/2 + 1/4)$

$$-0,75_{10} = -0,11_2 = -1,10 * 2^{-1}$$

mantissa = 1000000 (23 bits)

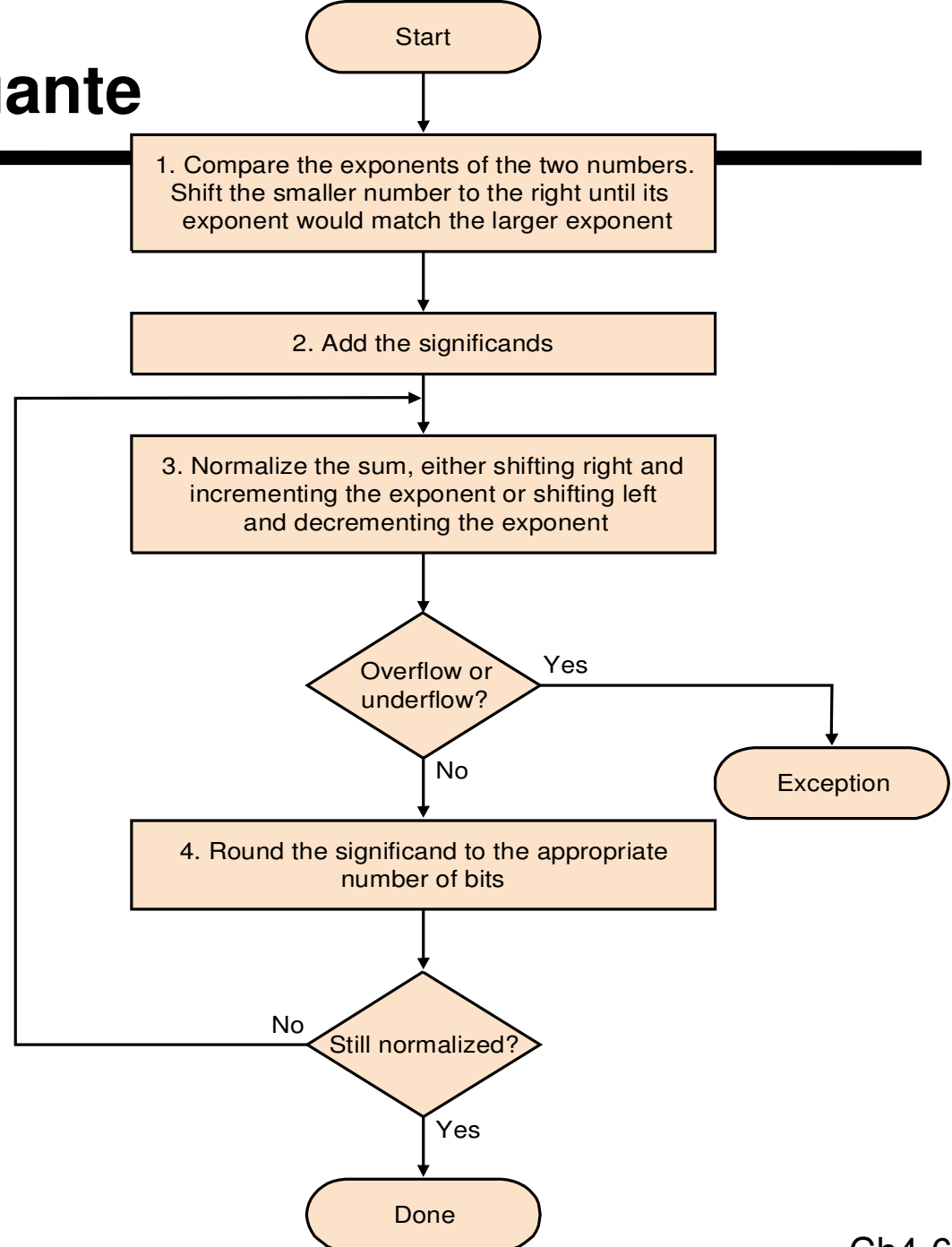
campo expoente: $-1 + 127 = 126_{10} = 0111\ 1110_2$

1	0111 1110	1000 0000 0000 0000 0000 0000
---	-----------	-------------------------------

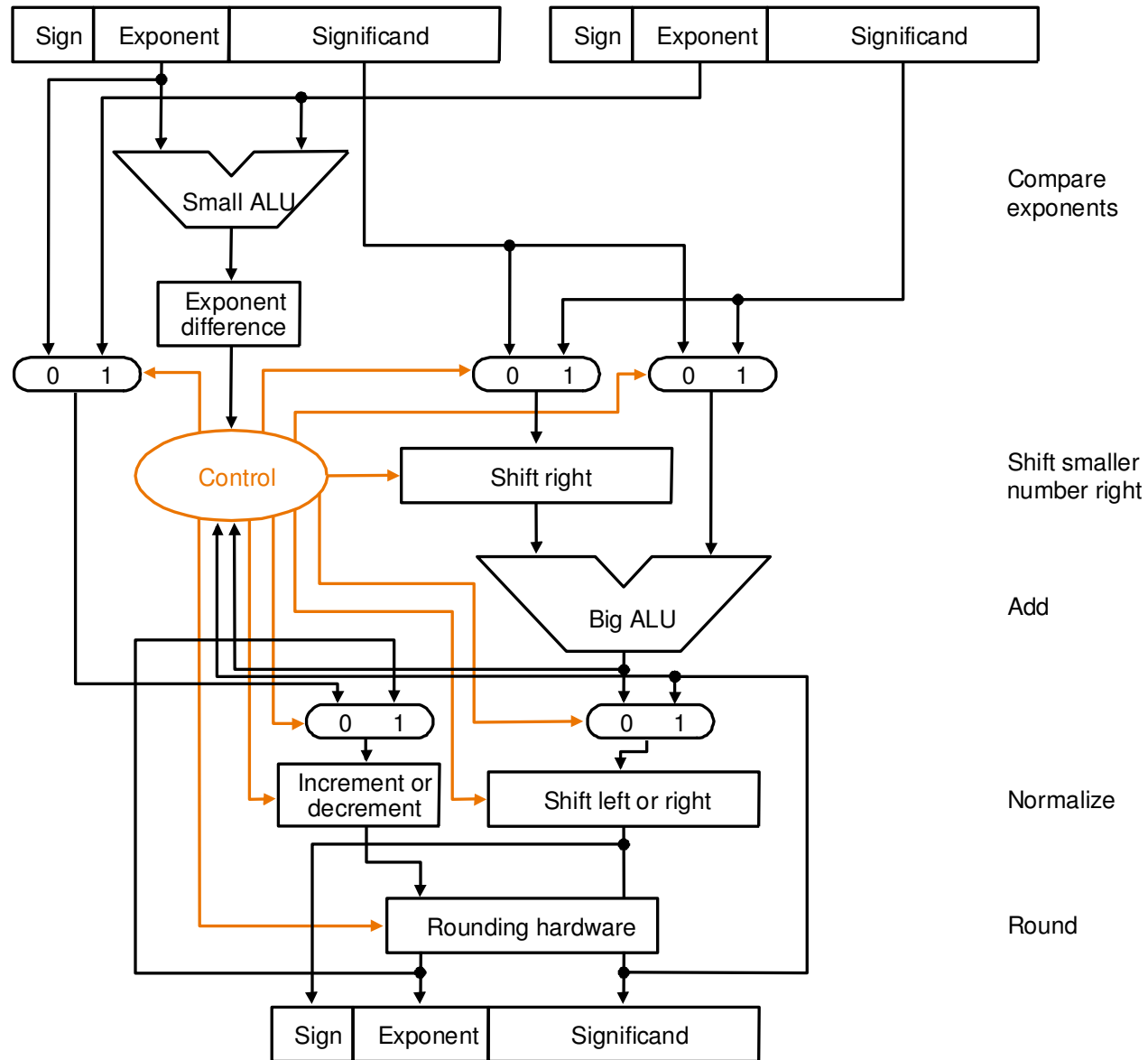
Tabela de faixas de representação do IEEE 754

Precisão simples		Precisão dupla		Significado
Expoente	Mantissa	Expoente	Mantissa	
0	0	0	0	0
0	0	0	0	Número não normalizado
1 – 254	qquer	1 – 2046	qquer	Número normalizado
255	0	2047	0	infinito
255	0	2047	0	NaN (not a number)
8bits	23(+1)	11	52(+1)	

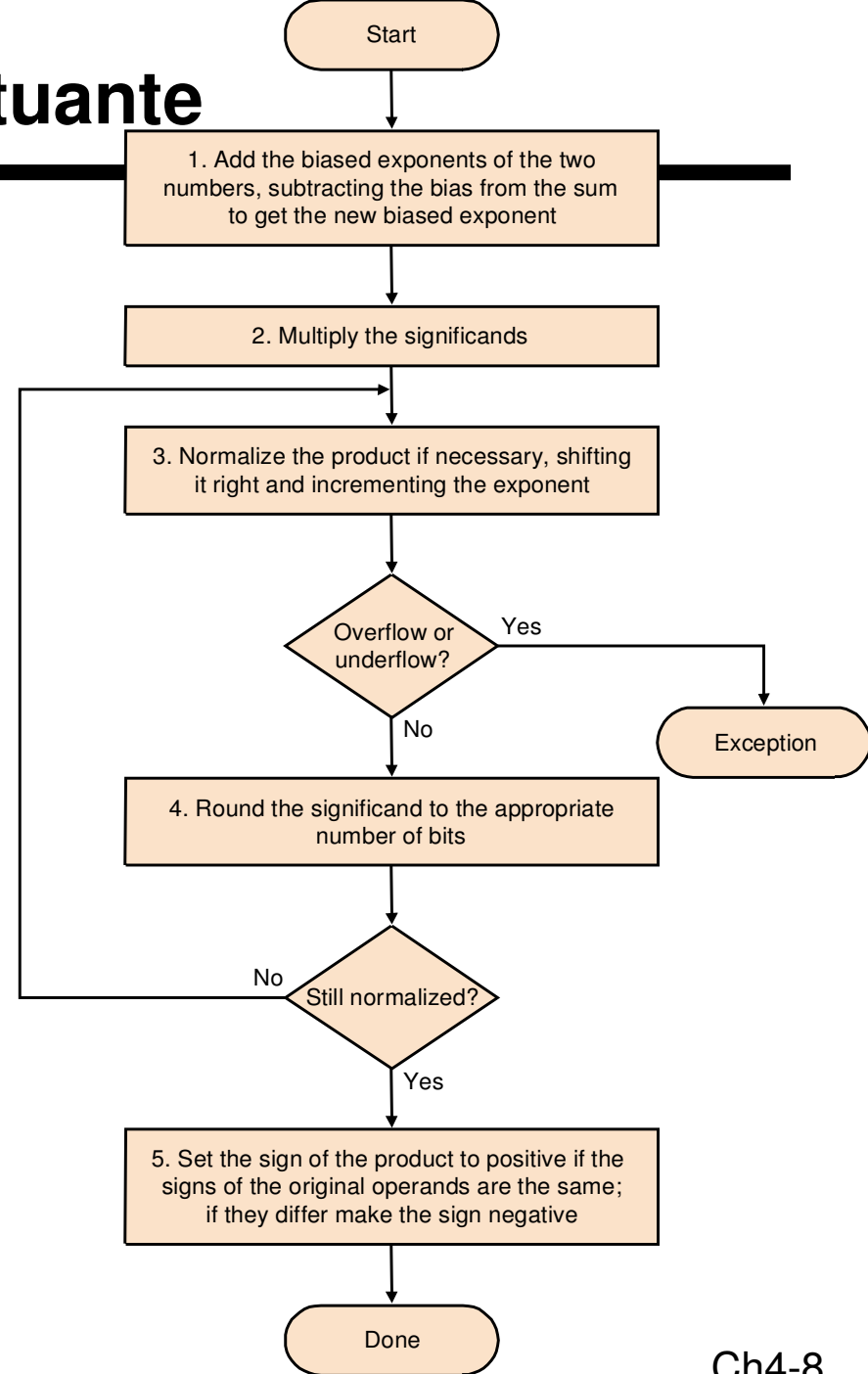
Soma em ponto flutuante



ULA para soma em ponto flutuante



Multiplicação em ponto flutuante



Complexidade dos números de ponto-flutuante

- Operações são mais complexas
- Pode-se ter tanto o overflow quanto o “underflow”
- Acurácia torna o projeto de Hw de ponto-flutuante mais complexo
 - IEEE 754 mantém dois bits extra, guard e round
 - Quatro modos de arredondamento
 - No. positivo dividido por zero produz um valor “infinito”
 - zero dividido por zero produz “not a number”
- Implementar o padrão pode ser trabalhoso!
- Não implementá-lo é pior!

Resumo do Capítulo

- **Aritmética computacional é condicionada pela precisão limitada**
- **Padrões:**
 - **Complemento de 2**
 - **IEEE 754**
- **Instruções de computador determinam o significado dos padrões dos bits**
- **Desempenho e acurácia são importantes**