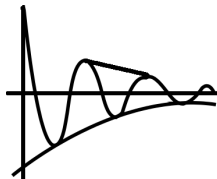


Simulações Computacionais de Sistemas Complexos

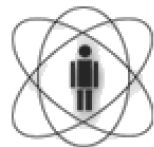
Thadeu Penna

Instituto de Física
Universidade Federal Fluminense
tjpp@if.uff.br

V Escola do CBPF, 2004



V Escola do CBPF



CBPF

uff

Universidade Federal Fluminense

- 1 Introdução
 - Definições
 - Motivação

- 2 Sistemas Binários
 - Álgebra de Boole
 - Números inteiros
 - Operações com Inteiros

- 1 Introdução
 - Definições
 - Motivação

- 2 Sistemas Binários
 - Álgebra de Boole
 - Números inteiros
 - Operações com Inteiros

Sistemas Complexos

Sistemas Complexos

- Sistema com um grande número de constituintes ou partes, que interagem entre si.
- Aparece um comportamento coletivo complexo.
- As interações são conflitantes mas não são complicadas.
- O comportamento do todo é diferente da soma das partes.

Sistemas Complexos

Sistemas Complexos

- Sistema com um grande número de constituintes ou partes, que interagem entre si.
- Aparece um comportamento coletivo complexo.
- As interações são conflitantes mas não são complicadas.
- O comportamento do todo é diferente da soma das partes.

Sistemas Complexos

Sistemas Complexos

- Sistema com um grande número de constituintes ou partes, que interagem entre si.
- Aparece um comportamento coletivo complexo.
- **As interações são conflitantes mas não são complicadas.**
- O comportamento do todo é diferente da soma das partes.

Sistemas Complexos

Sistemas Complexos

- Sistema com um grande número de constituintes ou partes, que interagem entre si.
- Aparece um comportamento coletivo complexo.
- As interações são conflitantes mas não são complicadas.
- **O comportamento do todo é diferente da soma das partes.**

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- Padrões, descrição, informação,
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- Padrões, descrição, informação,
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- **Emergência - não linearidade, escalas,**
- Padrões, descrição, informação,
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- **Padrões, descrição, informação,**
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- Padrões, descrição, informação,
- **Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle**
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- Padrões, descrição, informação,
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- **Adaptação, evolução, organização, auto-organização,**
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- Padrões, descrição, informação,
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- **Conflito, satisfação, frustração, otimização**
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- Padrões, descrição, informação,
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- **História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais**
- Complexidade, descrição do sistema, entropia

Mini Vocabulário

- Elementos, partes, componentes,
- Interações, conexões, relacionamentos, redes,
- Emergência - não linearidade, escalas,
- Padrões, descrição, informação,
- Dinâmica, resposta, feedback, homeostase, controle
- Adaptação, evolução, organização, auto-organização,
- Conflito, satisfação, frustração, otimização
- História, diversidade, sensibilidade às condições iniciais
- **Complexidade, descrição do sistema, entropia**

Como Estudar Sistemas Complexos ?

- **Macroscópico \longleftrightarrow Microscópico**
- Termodinâmica \longleftrightarrow Mecânica Estatística
- Escalas, frustração \longleftrightarrow Transições de Fase
- Interações assimétricas, metaestabilidade, flutuações
- Simulações Computacionais eficientes
- Monte Carlo, automata celulares, simulated annealing, amostragem entrópica
- Tamanho finito, multigrid

Como Estudar Sistemas Complexos ?

- Macroscópico \longleftrightarrow Microscópico
- **Termodinâmica \longleftrightarrow Mecânica Estatística**
- Escalas, frustração \longleftrightarrow Transições de Fase
- Interações assimétricas, metaestabilidade, flutuações
- Simulações Computacionais eficientes
- Monte Carlo, automata celulares, simulated annealing, amostragem entrópica
- Tamanho finito, multigrid

Como Estudar Sistemas Complexos ?

- Macroscópico \longleftrightarrow Microscópico
- Termodinâmica \longleftrightarrow Mecânica Estatística
- Escalas, frustração \longleftrightarrow Transições de Fase
- Interações assimétricas, metaestabilidade, flutuações
- Simulações Computacionais eficientes
- Monte Carlo, automata celulares, simulated annealing, amostragem entrópica
- Tamanho finito, multigrid

Como Estudar Sistemas Complexos ?

- Macroscópico \longleftrightarrow Microscópico
- Termodinâmica \longleftrightarrow Mecânica Estatística
- Escalas, frustração \longleftrightarrow Transições de Fase
- Interações assimétricas, metaestabilidade, flutuações
- Simulações Computacionais eficientes
- Monte Carlo, automata celulares, simulated annealing, amostragem entrópica
- Tamanho finito, multigrid

Como Estudar Sistemas Complexos ?

- Macroscópico \longleftrightarrow Microscópico
- Termodinâmica \longleftrightarrow Mecânica Estatística
- Escalas, frustração \longleftrightarrow Transições de Fase
- Interações assimétricas, metaestabilidade, flutuações
- **Simulações Computacionais eficientes**
- Monte Carlo, automata celulares, simulated annealing, amostragem entrópica
- Tamanho finito, multigrid

Como Estudar Sistemas Complexos ?

- Macroscópico \longleftrightarrow Microscópico
- Termodinâmica \longleftrightarrow Mecânica Estatística
- Escalas, frustração \longleftrightarrow Transições de Fase
- Interações assimétricas, metaestabilidade, flutuações
- Simulações Computacionais eficientes
- Monte Carlo, automata celulares, simulated annealing, amostragem entrópica
- Tamanho finito, multigrid

Como Estudar Sistemas Complexos ?

- Macroscópico \longleftrightarrow Microscópico
- Termodinâmica \longleftrightarrow Mecânica Estatística
- Escalas, frustração \longleftrightarrow Transições de Fase
- Interações assimétricas, metaestabilidade, flutuações
- Simulações Computacionais eficientes
- Monte Carlo, automata celulares, simulated annealing, amostragem entrópica
- **Tamanho finito, multigrid**

Simulações



Sistemas Booleanos

Propósito: simplificação



Sistemas Booleanos

Propósito: simplificação

Adequado para implementação em computadores digitais



Sistemas Booleanos

Propósito: simplificação

Adequado para implementação em computadores digitais

Fácil paralelização



Sistemas Booleanos

Propósito: simplificação

Adequado para implementação em computadores digitais

Fácil paralelização



Boole, George (1815-1864)

Sistemas Booleanos

Propósito: simplificação

Adequado para implementação em computadores digitais

Fácil paralelização

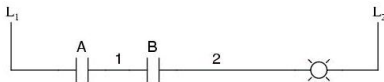


Boole, George (1815-1864)

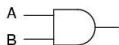
- Criador da Lógica Matemática
- The Mathematical Analysis of Logic (1847)
- Operações Básicas: AND \wedge , OR \vee e NOT !
- particular: álgebra de ordem 2 (0 e 1)

Operações Booleanas

Operação AND \wedge

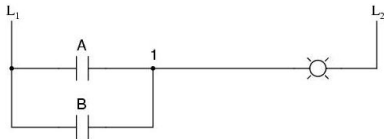


| A | B | Output |
|---|---|--------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

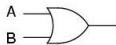


Operações Booleanas

Operação OR \vee



| A | B | Output |
|---|---|--------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



Operações Booleanas

Operação NOT !



| A | Output |
|---|--------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |



Tabela Verdade

Operações Booleanas

| | AND | OR | XOR |
|----|-----|----|-----|
| 00 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 0 |

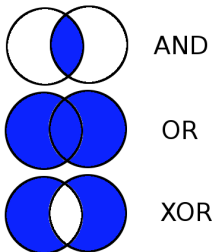
Tabela Verdade

Operações Booleanas

| | AND | OR | XOR |
|----|-----|----|-----|
| 00 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 0 |

P: Quantas operações binárias existem ?

Diagrama de Conjuntos



Propriedades



Propriedades

Idempotente:

$$a \vee a = a \wedge a = a$$



Propriedades

Idempotente:

$$a \vee a = a \wedge a = a$$

Comutativa:

$$a \vee b = b \vee a$$

$$a \wedge b = b \wedge a$$



Propriedades

Idempotente:

$$a \vee a = a \wedge a = a$$

Comutativa:

$$a \vee b = b \vee a$$

$$a \wedge b = b \wedge a$$

Associativa:

$$a \vee (b \vee c) = (a \vee b) \vee c$$

$$a \wedge (b \wedge c) = (a \wedge b) \wedge c$$

Problema 1

Escreva

- AND em termos de OR e NOT
- OR em termos de NOT e AND
- AND em termos de NAND (NOT AND)
- XOR em termos de AND, OR e NOT
- XOR em termos de NAND e NOT
- XNOR (NOT XOR) em termos de AND, OR e NOT

Bits & Bytes

Os computadores lidam com números inteiros e de ponto flutuante.



Bits & Bytes

Os computadores lidam com números inteiros e de ponto flutuante. Operações com inteiros são mais eficientes: não tem expoentes.



Bits & Bytes

Os computadores lidam com números inteiros e de ponto flutuante. Operações com inteiros são mais eficientes: não tem expoentes. Números inteiros são restritos a uma faixa ($[-2^{31}, 2^{31} - 1]$ para 32 bits).

Bits & Bytes

Os computadores lidam com números inteiros e de ponto flutuante. Operações com inteiros são mais eficientes: não tem expoentes. Números inteiros são restritos a uma faixa ($[-2^{31}, 2^{31} - 1]$ para 32 bits).

Operações de aritmética devem ser escritas em termos das funções anteriores.

Bits & Bytes

Os computadores lidam com números inteiros e de ponto flutuante. Operações com inteiros são mais eficientes: não tem expoentes. Números inteiros são restritos a uma faixa ($[-2^{31}, 2^{31} - 1]$ para 32 bits).

Operações de aritmética devem ser escritas em termos das funções anteriores.

C possui `unsigned long int`.

Representação dos inteiros

Números de 3 bits

$$0 = 000_2 \equiv 0$$

$$1 = 001_2 \equiv 1$$

$$2 = 010_2 \equiv 2$$

$$3 = 011_2 \equiv 3$$

$$4 = 100_2 \equiv -4$$

$$5 = 101_2 \equiv -3$$

$$6 = 110_2 \equiv -2$$

$$7 = 111_2 \equiv -1$$

Representação dos inteiros

Números de 3 bits

$$0 = 000_2 \equiv 0$$

$$1 = 001_2 \equiv 1$$

$$2 = 010_2 \equiv 2$$

$$3 = 011_2 \equiv 3$$

$$4 = 100_2 \equiv -4$$

$$5 = 101_2 \equiv -3$$

$$6 = 110_2 \equiv -2$$

$$7 = 111_2 \equiv -1$$

Complemento de 2 ($-Y = 2^B - Y$)

Operações Básicas

Soma

$$\underline{\quad} + \underline{\quad} \equiv \underline{\quad} + \underline{\quad}$$

Operações Básicas

Soma

$$\begin{array}{r} 6 \\ + \quad \quad \quad \end{array} \equiv \begin{array}{r} 110_2 \\ + \quad \quad \quad \end{array}$$

Operações Básicas

Soma

$$\begin{array}{r} 6 \\ + 3 \\ \hline \end{array} \equiv \begin{array}{r} 110_2 \\ + 011_2 \\ \hline \end{array}$$

Operações Básicas

Soma

$$\begin{array}{r} 6 \\ + 3 \\ \hline \end{array} \equiv \begin{array}{r} 110_2 \\ + 011_2 \\ \hline 001_2 \end{array}$$

Operações Básicas

Soma

$$\begin{array}{r} 6 \\ + 3 \\ \hline 1 \end{array} \equiv \begin{array}{r} 110_2 \\ + 011_2 \\ \hline 001_2 \end{array}$$

Operações Básicas

Soma

$$\begin{array}{r}
 6 \\
 + 3 \\
 \hline
 1
 \end{array}
 \equiv
 \begin{array}{r}
 110_2 \\
 + 011_2 \\
 \hline
 001_2
 \end{array}$$

Overflow!!! Carry !!!

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\underline{\quad + \quad} \equiv \underline{\quad + \quad}$$

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + \quad \underline{\quad} \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + \quad \underline{\quad} \end{array}$$

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3 \\ \hline \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + 011_2 \\ \hline \end{array}$$

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3 \\ \hline \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + 011_2 \\ \hline 110_2 \end{array}$$

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3 \\ \hline 6 \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + 011_2 \\ \hline 110_2 \end{array}$$

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3 \\ \hline 6 \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + 011_2 \\ \hline 110_2 \end{array}$$

\times e \div por potências de 2 correspondem a deslocamentos (“shifts”)

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3 \\ \hline 6 \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + 011_2 \\ \hline 110_2 \end{array}$$

\times e \div por potências de 2 correspondem a deslocamentos (“shifts”)
 Também podem levar a overflow

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3 \\ \hline 6 \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + 011_2 \\ \hline 110_2 \end{array}$$

\times e \div por potências de 2 correspondem a deslocamentos (“shifts”)
 Também podem levar a overflow

Note que esta representação funciona para a multiplicação

Operações Básicas

Multiplicação por 2^n

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3 \\ \hline 6 \end{array} \equiv \begin{array}{r} 011_2 \\ + 011_2 \\ \hline 110_2 \end{array}$$

\times e \div por potências de 2 correspondem a deslocamentos (“shifts”)

Também podem levar a overflow

Note que esta representação funciona para a multiplicação
É imediato a adaptação para mais bits ;)

Problema 2

Escreva um programa para

a soma de dois números inteiros, só utilizando as funções binárias

FORTRAN

```
integer*4 a,b
write(*,*) iand(a,b)
write(*,*) ior(a,b)
write(*,*) ieor(a,b)
write(*,*) ishft(a,1)
write(*,*) ishft(a,-1)
write(*,*) not(a)
```

C

```
unsigned int a,b;
printf("%d\n",a&b);
printf("%d\n",a|b);
printf("%d\n",a^b);
printf("%d\n",a<<1);
printf("%d\n",a>>1);
printf("%d\n",~a);
```

Potências de 2

Clique aqui

Potências de 2

Clique aqui

Tente descobrir $2^n - 1$

Potências de 2

Clique aqui

Tente descobrir $2^n - 1$

Tente descobrir o i° bit

Potências de 2

Clique aqui

Tente descobrir $2^n - 1$

Tente descobrir o i° bit

Como setar um bit ?

Potências de 2

Clique aqui

Tente descobrir $2^n - 1$

Tente descobrir o i^{o} bit

Como setar um bit ?

Como resetar um bit ?

Potências de 2

Clique aqui

Tente descobrir $2^n - 1$

Tente descobrir o i° bit

Como setar um bit ?

Como resetar um bit ?

Como inverter um bit ?

Potências de 2

Clique aqui

Tente descobrir $2^n - 1$

Tente descobrir o i^{o} bit

Como setar um bit ?

Como resetar um bit ?

Como inverter um bit ?

Como fazer um shift circular ?