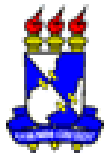
Valores e Tipos

Prof. Alberto Costa Neto
alberto@ufs.br

Linguagens de Programação



Departamento de Computação
Universidade Federal de Sergipe

Introdução

- Componente mais básico: ***Valor***
  - Entidade que existe durante uma computação
  - Pode ser avaliado, armazenado, incorporado em estruturas de dados, passado como parâmetro, retornado como resultado, ...
  - Decidir que construções da linguagem têm o status de valor pode impactar radicalmente o poder de expressão da linguagem (ex. Funções como valor)

Introdução

- É conveniente agrupar valores em ***Tipos***
  - Agrupam valores e operações relacionadas
  - Valores de um tipo devem exibir comportamento uniforme em relação às operações sobre o tipo

Valor

3 2.5 'a' “Paulo” 0x1F 026

Tipo

{true, 25, 'b', “azul” } não corresponde a um tipo

{ true, false } corresponde a um tipo

Classificações de Tipos

- Tipos Primitivos
- Tipos Compostos
- Tipos Recursivos

Tipos Primitivos

- Valores são atômicos
  - não podem ser decompostos
- Tipos numéricos
  - Inteiro = {...,-2,-1,0,+1,+2,...}
  - Real = {...,-1.0,...,0.0,...,+1.0,...}
- Tipos booleanos
  - Valor-Verdade = {*false*,*true*}
- Tipos caractere
  - Caracter = {...,'a','b',...,'z',...,'\n',...}

Tipos Primitivos

- Definição de novo tipo primitivo
  - Enumeração dos valores (ou identificadores de valores)

ex Pascal:

```
type Mes = (jan, fev, mar, abr, mai, jun, jul,
            ago, set, out, nov, dez)
```

  - Mes = {jan, fev, mar, ..., dez}

Tipos Primitivos

- PASCAL, ADA, C e C++ permitem que o programador defina novos tipos primitivos através da enumeração de identificadores dos valores do novo tipo

```
enum mes_letivo { mar, abr, mai, jun, ago, set, out, nov };

enum mes_letivo m1, m2;
```

- Possuem correspondência direta com intervalos de tipos inteiros e podem ser usados para indexar vetores e para contadores de repetições
- Aumentam a legibilidade e confiabilidade do código
- Java incluiu recentemente suporte a tipo enumerado

```
public enum mes_letivo { mar, abr, mai, jun, ago, set, out, nov }
```

Tipos Compostos

- Tipos de dados estruturados
  - valores são compostos a partir de mais simples

- Conceitos para Estruturação
  - Produtos Cartesianos (tuplas e registros)
  - Uniões Disjuntas (registros variantes e uniões)
  - Mapeamentos (arrays e funções)
  - *Powersets* (conjuntos)
  - Tipos recursivos (estruturas de dados dinâmicas)

Tipos Compostos

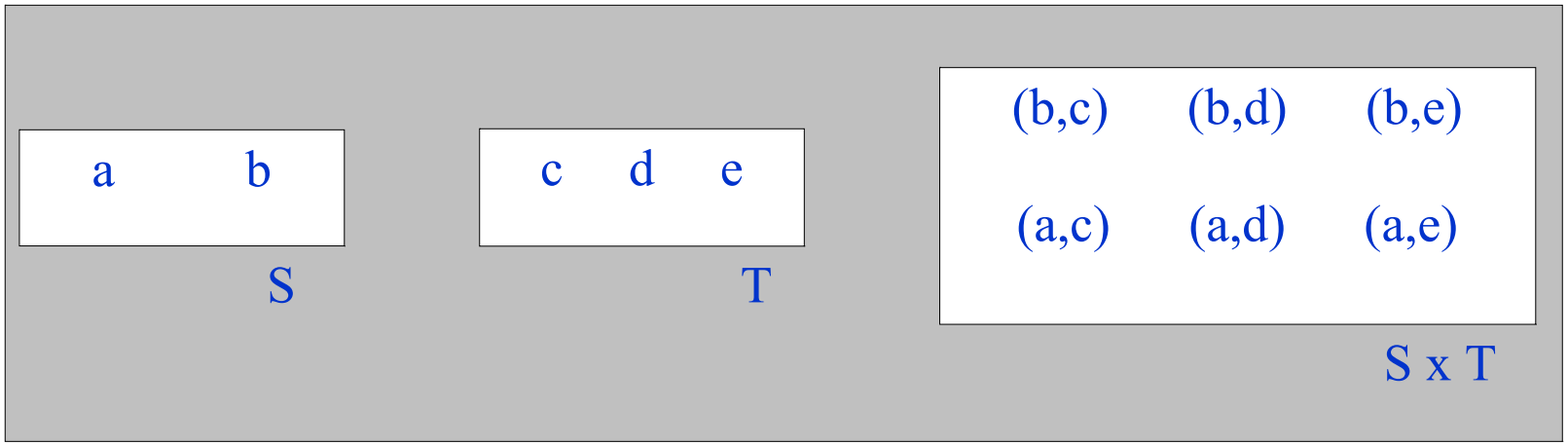
[Produtos cartesianos]

- Forma mais simples de composição
- Pares ordenados de valores de 2 tipos (iguais ou diferentes)

- **Defn**. $S \times T = \{(x,y) | x \in S;\ y \in T\}$
  - conjunto de todos os pares ordenados de valores
- **Extensão Defn**. : $S_1 \times S_2 \times S_3 \times S_n$

Tipos Compostos

[Produtos cartesianos]



Tipos Compostos

[Produtos cartesianos]

ex Pascal:

```
type Data = record
                m: Mes;
                d: 1..31
            end
```

– Data = {jan,fev,...,dez} × {1, ..., 31}

(jan,1) (jan,2) ... (jan,31)

...

(dez,1) (dez,2) ... (dez,31)

Tipos Compostos

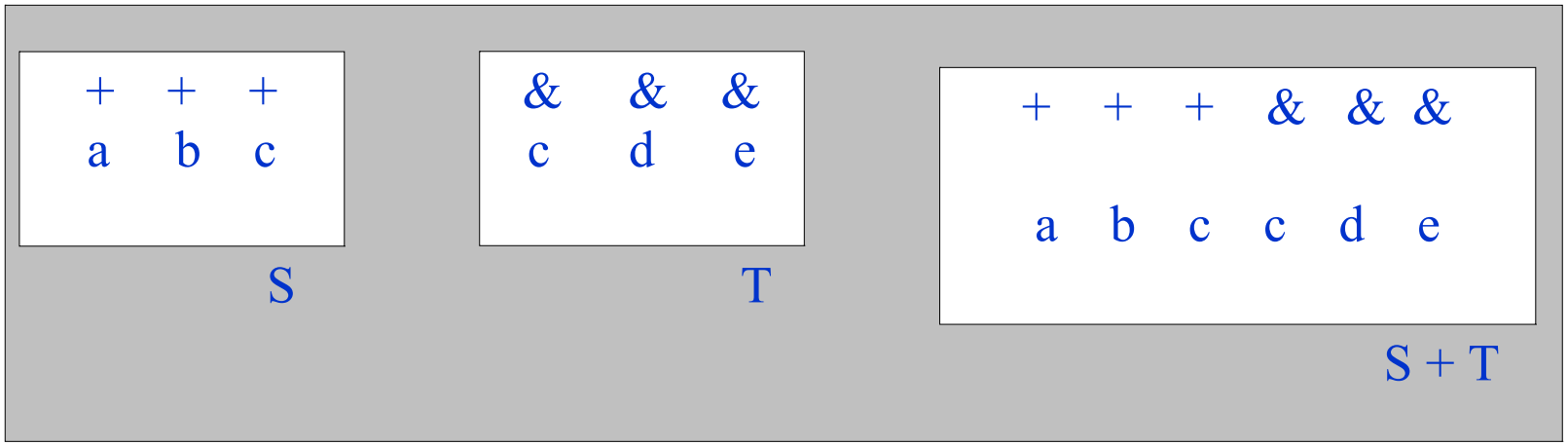
[Uniões Disjuntas]

- Valor é escolhido entre 2 tipos diferentes
- Cada valor possui uma *tag* para identificar o conjunto de onde veio

- **Defn**. $S + T = \{ tag1\ x \mid x \in S \} \cup \{ tag2\ y \mid y \in T \}$
- **Extensão Defn**. $S_1 + S_2 + \ldots + S_n$

Tipos Compostos

[Uniões disjuntas]



Tipos Compostos

[Uniões Disjuntas]

ex Pascal (registros variantes):

```
type Precisao = (exato, aprox);
     Numero = record
                case prec : Precisao of
                   exato : (ival : Integer);
                   aprox : (rval : Real)
                end
```

- Numero = Integer + Real
- Numero = {..., *exato*(-1), *exato* 0, *exato* 1, ...} ∪
  {..., *aprox*(-1.0),..., *aprox* 0.0, *aprox* 1.0,...}

Tipos Compostos

[Uniões Disjuntas]

- Consideração importante
  - Uniões Disjuntas ≠ Uniões Tradicionais
  - S e T = {a,b}
  - T ∪ T = {a,b} = T
  - T + T = {*first* a, *first* b, *second* a, *second* b} ≠ T

ex Pascal (registros variantes):

```
type TipoProduto = (cd, livro);
     Compra = record
                valor: Real;
              case produto : TipoProduto of
                cd : (nummus : Integer);
                livro : (numpag : Integer)
              end
```

Real X (Integer + Integer)

Tipos Compostos

[Uniões Disjuntas]

- Problema (Pascal):
  - Registros Variantes são inseguros
    - a *tag* é tratada como um campo comum
    - Se num:Numero tem valor *exato* 7,
      então num.prec = *exato* e num.ival = 7
    - Se num.prec := *aprox*, então
      Efeito Colateral: num.ival é destruído e num.rval é criado com valor indefinido
    - Portanto: *exato* 7 → *aprox indefinido*

Tipos Compostos

[Uniões Disjuntas]

- ADA não tem o problema
  - Todos os registros variantes têm *tags*
  - Impossível criar uniões inconsistentes porque a *tag* não pode ser atribuida separadamente
  - Referências ao campo variante é precedida de uma checagem da *tag*
- Linguagens Funcionais: tipos algébricos
  - tags são identificadores (não são valores)

```
data Number = Exact Integer | Approx Double        Haskell
```

Tipos Compostos

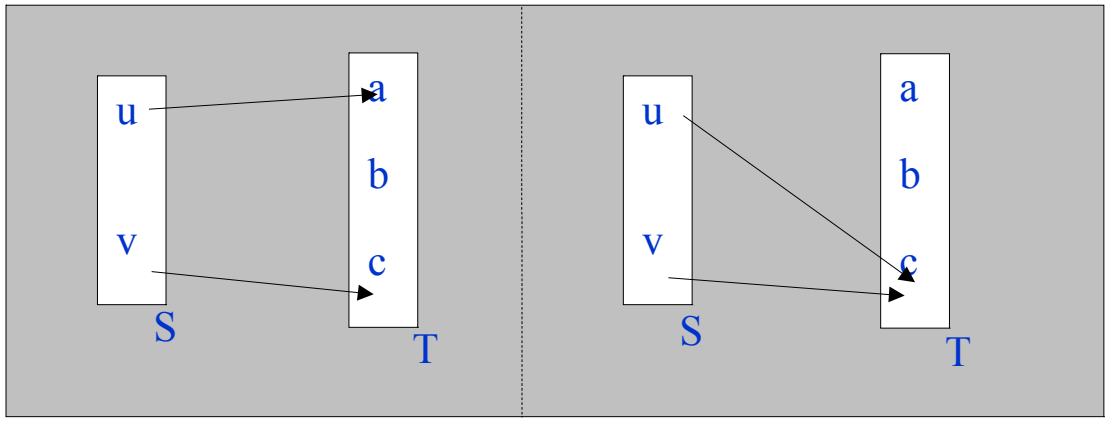
[Mapeamentos ou funções]

- Mapear valores de um conjunto para outro
- **Defn**. $S \rightarrow T = \{ m \mid x \in S \Rightarrow m(x) \in T \}$

- Dois tipos:
  - Arrays
  - Abstração de Funções

Tipos Compostos

[Mapeamentos ou funções]



Tipos Compostos

[Arrays]

- Arrays: mapeamentos finitos
  - Conjunto dos índices → Conjunto dos componentes
  - Pascal e Ada: qualquer tipo primitivo discreto serve como índice

```
ex Pascal:
type Cor   = (red, green, blue);
     Pixel = array [Cor] of 0..1;
```

  - Exemplos de valores do tipo Pixel:
    (red --> 0, green --> 0, blue --> 0)

    (red --> 1, green --> 0, blue --> 1)

Tipos Compostos

[Arrays]

Categoria de Vetor	Tamanho	Tempo de Definição	Alocação	Local de Alocação	Exemplos
Estáticos	Fixo	Compilação	Estática	Base	FORTRAN 77
Semi-Estáticos	Fixo	Compilação	Dinâmica	Pilha	PASCAL, C, MODULA 2
Semi-Dinâmicos	Fixo	Execução	Dinâmica	Pilha	ALGOL 68, ADA, C
Dinâmicos	Variável	Execução	Dinâmica	Monte	APL, PERL

Tipos Compostos

[Arrays]

Estáticos (C)

```
void f () {
    static int x[10];
}
```

Semi-Estáticos (C)

```
void f () {
    int x[10];
}
```

Semidinâmicos (Padrão ISO - 1999)

```
void f (int n) {
    int x[n];
}
```

Dinâmicos (APL)

$A \leftarrow (2\ \ 3\ \ 4)$

$A \leftarrow (2\ \ 3\ \ 4\ \ 15\ )$

Tipos Compostos

[Arrays]

- Arrays multi-dimensionais:
  - Conjunto dos índices (tuplas) → Conjunto dos Componentes

ex Pascal:

```
type Janela = array [0..100, 0..300] of 0..1;
```

  - Conjunto de valores para o tipo Janela
  - Janela = {0, ..., 100} × {0, ..., 300} --> 0..1

Tipos Compostos

- Abstração de Função [Abstração de Funções]
  - Mapeamento S --> T por meio de um algoirtmo
  - S (o argumento) --> T (o resultado)

ex Pascal:

```
function ehPar(n : Integer) : Boolean;
begin
    ehPar := (n mod 2 = 0)
end
```

  - Integer → Boolean

    {0 --> *true*, ±1 --> *false*, ±2 --> *true*, ...}

Tipos Compostos

[Abstração de Funções]

- C utiliza o conceito de ponteiros para manipular endereços de funções como valores

```
int impar (int n){ return n%2; }
int negativo (int n) { return n < 0; }
int multiplo7 (int n) { return !(n%7); }
int conta (int x[], int n, int (*p) (int) ) {
    int j, s = 0;
    for (j = 0; j < n; j++)
        if ( (*p) (x[j]) ) s++;
    return s;
}
```

Tipos Compostos

[Abstração de Funções]

```
main() {
    int vet [10];
    printf ("%d\n", conta (vet, 10, impar));
    printf ("%d\n", conta (vet, 10, negativo));
    printf ("%d\n", conta (vet, 10, multiplo7));
}
```

Java até antes da versão 6 não tratava funções (métodos) como valores

- Pode-se empregar algoritmos diferentes para implementar um mesmo mapeamento
- Algumas vezes, vetores e funções podem ser usados para implementar o mesmo mapeamento finito

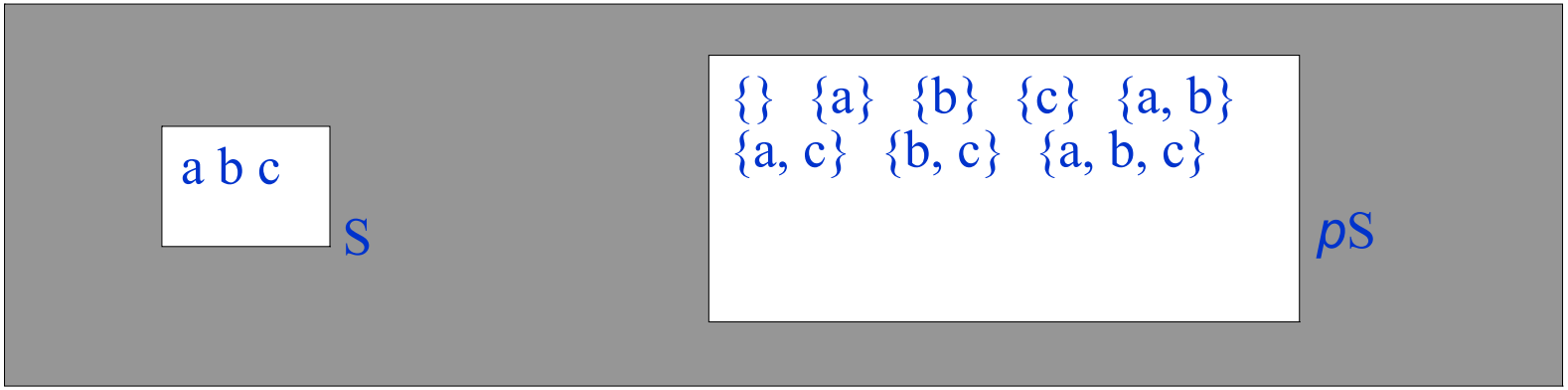
Tipos Compostos

[*Powerset*]

- Conjunto de valores correspondem a todos os possíveis sub-conjuntos de um determinado tipo
- **Defn**. pS = { s | s $\subseteq$ S }
- Operações básicas:
  - testar se é um membro do conjunto
  - união
  - interseção

Tipos Compostos

[*Powerset*]



Tipos Compostos

[*Powerset*]

ex Pascal:

```
type Cor = (red, green, blue);
       Matiz = set of Cor
...
minhaMatiz := [red,green];
```

– Conjunto de valores é Matiz = *p*Cor (todos os subconjuntos de Cor

{} {red} {green} {blue} {red,green}

{red, blue} {green,blue} {red,green,blue}

Tipos Compostos

[*Powerset*]

Poucas LPs oferecem. Muitas vezes de forma restrita

PASCAL

```
TYPE
      Carros = (corsa, palio, gol);
      ConjuntoCarros = SET OF Carros;
VAR
     Carro: Carros;
     CarrosPequenos: ConjuntoCarros;
BEGIN
     Carro:= corsa;
     CarrosPequenos := [palio, gol];                    /*atribuicao*/
     CarrosPequenos:= CarrosPequenos + [corsa];  /*uniao*/
```

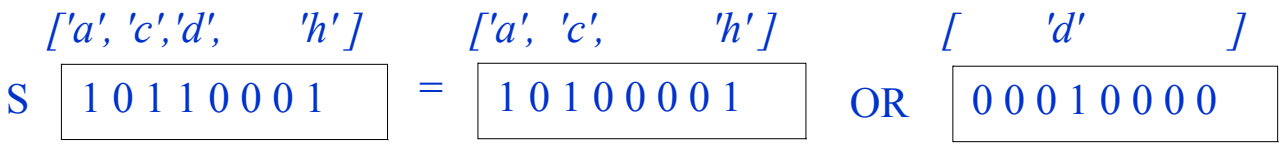
Tipos Compostos

[*Powerset*]

```
CarrosPequenos:= CarrosPequenos * [gol];      /*intersecao*/
      if Carro in CarrosPequenos THEN              /*pertinencia*/
      if  CarrosPequenos >= [gol, corsa] THEN      /*contem*/
```

Restrições de PASCAL visam permitir implementação eficiente

```
VAR S: SET OF [ 'a' .. 'h' ];
    BEGIN
       S := ['a', 'c', 'h'] + ['d'];
    END;
```



Tipos Recursivos

- Valores são formados a partir de valores do mesmo tipo
  - R ::= < parte inicial > R < parte final >
  - Tipo Lista ::= Tipo Lista Vazia | (Tipo Elemento x Tipo Lista)
- Um tipo recursivo é definido em termos dele mesmo
  - Cardinalidade é infinita
  - Não é possível enumerar todos os valores de um tipo recursivo
- Exemplos
  - Listas, Arvores, Strings

Tipos Recursivos

[Listas]

- Sequência de valores homogêneos
- Valor vazio ou um par consistindo de um valor (*head*) e o restante da lista (*tail*)
- **Defn**. T-List =

$$\{ \mathit{nil}() \} \cup \{ \mathit{cons}(i, l) \mid i \in \text{T}, l \in \text{T-List} \}$$

Tipos Recursivos

[Listas]

ex ML:

datatype intlist = nil | cons **of** int * intlist

– Alguns valores do tipo intlist:

nil

cons(15, nil)

cons(2, cons(3, cons(8, cons(10, nil))))

Tipos Recursivos

- Tipos recursivos podem ser definidos a partir de ponteiros ou diretamente

Em C

```
struct no {
   int  elem;
   struct no* prox;
};
```

Em C++

```
class no {
   int elem;
   no* prox;
};
```

Em JAVA

```
class no {
   int elem;
   no prox;
};
```

Tipos Recursivos

[String]

- Seqüência de caracteres
- Questões de projeto
  - Primitivos ou Compostos? Que operações devem ser suportadas? Tamanho estático ou dinâmico?
- ML: String é um tipo primitivo
- Pascal: String é um tipo composto (array de caracteres)
- Haskell e Prolog: String é uma lista de caracteres
  - String = Unit + (Carac × String)

Sugestões de Leitura

- Concepts of Programming Languages (Robert Sebesta)
  - Capítulo 6 (Tipos de dados)
- Programming Language Concepts and Paradigms (David Watt)
  - Capítulo 2 (2.1, 2.2, 2.3, 2.4)
- Linguagens de Programação (Flávio Varejão)
  - Capítulo 3