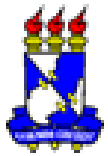
Sistemas de Tipos

Prof. Alberto Costa Neto
alberto@ufs.br

Linguagens de Programação



Departamento de Computação
Universidade Federal de Sergipe

Sistemas de Tipos

- Tipos permitem que dados sejam descritos de forma efetiva
  - Previnem operações sem sentido (ex: 5 * true)
  - Programas mais confiáveis e eficientes
- Na prática, toda linguagem é tipada
- Checagem de Tipo classifica linguagens
  - Estaticamente Tipada (tempo de compilação)
  - Dinamicamente Tipada (tempo de execução)

Sistemas de Tipos

- Linguagens Estaticamente Tipadas
  - Variáveis e Parâmetros possuem tipo fixo
  - Os tipos das expressões podem ser deduzidos, e portanto checados, na compilação

(+) Programas mais eficientes

(+) Erros são descobertos mais cedo

(-) Flexibilidade reduzida para o programador

Pascal

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

Maioria das Linguagens de Alto Nível

Verificação Estática de Tipos

C

```
int par (int n) {
   return (n % 2 == 0);
}
main() {
   int i = 3;
   par (i);
}
```

- Ações do Compilador
  - Operandos de % devem ser inteiros, logo n deve ser inteiro
  - Os operandos de == devem ser de um mesmo tipo. Como 0 e o resultado de % são inteiros, a op. é válida
  - O tipo de retorno de *par* deve ser inteiro
  - O parâmetro real de *par* deve ser inteiro

Sistemas de Tipos

- Linguagens Dinamicamente Tipadas
  - Somente os valores possuem tipo fixo
  - Variáveis podem ter tipos diferentes em tempos diferentes e portanto não se sabe o tipo de uma expressão no momento da compilação

Lisp

```
(defun mult-tres (n)
   (* 3 n))
(mult-tres 7)
(mult-tres “abacaxi”)
```

Normalmente,
Linguagens Interpretadas

Sistemas de Tipos

– Linguagens Dinamicamente Tipadas

(+) Maior Flexibilidade para o programador

(-) Programas menos eficientes

(-) Erros são descobertos tardiamente

Lisp

```
(defun segundo (l)
   (car(cdr l)))

(segundo (1 2 3) )
(segundo (  (1 2 3)   (4 5 6)))
(segundo ("manga"   "abacaxi"   5    6))
```

car: retorna o primeiro elemento da lista
cdr: retorna a lista sem o primeiro elemento

Sistemas de Tipos

- Linguagens Fortemente Tipadas
  - Uma LP é **fortemente tipada** se:
    - Erros de tipo sempre são detectados
      - Os tipos de todos os operandos têm que ser determinados em tempo de compilação ou execução
    - Detecta, em tempo de execução, quando valores incorretos são atribuídos a variáveis que podem armazenar mais de um tipo (uniões disjuntas)

Sistemas de Tipos

[Compatibilidade]

- Checagem de tipos requer definição de equivalência de tipos
- Formas de equivalência
  - Equivalência Estrutural
  - Equivalência por Nome

Sistemas de Tipos

- Equivalência Estrutural [Compatibilidade]
  - $T^1 \equiv T^2$ se, somente se T^1 e T^2 possuem o mesmo conjunto de valores
  - Pode ser verificada checando as estruturas dos tipos
  - Exemplo
    - Se T = A x B e T' = A' x B', então T ≡ T' se, somente se, A ≡ A' e B ≡ B'. (produtos cartesianos)
      - Ex: Integer x Boolean ≡ Integer x Boolean
    - Se T = A → B e T' = A' → B', então T ≡ T' se, somente se, A ≡ A' e B ≡ B'. (mapeamentos - array)
      - Ex: Integer → Boolean ≡ Integer → Boolean

Sistema de Tipos
[Compatibilidade]

- Equivalência por Nome
  - $T^1 \equiv T^2$ se, somente se T^1 e T^2 foram definidas no mesmo local

  (+) Fácil de implementar

  (-) Altamente restritiva

Pascal

```
type T1 = file of Integer;
     T2 = file of Integer;
var  f1 : T1;
     f2 : T2;
procedure p (var f : T1); ...
```

p (f1) --YES: f e f1 são EN
p (f2) --NO: f e f2 ñ são EN

Sistema de Tipos

[Compatibilidade]

- Equivalência por Nome X Estrutural

C

```
typedef float quilometros;
typedef float milhas;
quilometros converte (milhas m) {
        return 1.6093 * m;
}
main() {
        milhas s = 200;
        quilometros q = converte(s);   // ambas
        s = converte(q);               // estrutural apenas
}
```

Sistema de Tipos
[Compatibilidade]

- Equivalência por Declaração

Pascal

```
type tipo1 = array[1..10] of integer;
     tipo2 = array[1..10] of integer;
     tipo3 = tipo2;
```

  - não há equivalência por estrutura tipo1≠ tipo2
  - tipo3 ≡ tipo2
    - mostra que equivalência de nomes nem é utilizada
    - Equivalência de Declaração

Sistema de Tipos

[Compatibilidade]

- Algumas Linguagens
  - Haskell: equivalência por estrutura permitindo declarações de tipos novos (newtype e data)
  - C: equivalência estrutural exceto para estruturas definidas no mesmo arquivo (usa equivalência de declaração).
  - C++: equivalência por nome. Note que typedef não define um tipo novo (só sinônimo)
  - Java: equivalência por nome

Sistema de Tipos

[Princípio da Completude]

Algumas linguagens restringem o uso de alguns valores em alguns casos

- Ex: Funções em Pascal
  - não podem ser devolvidas como resultados de funções
  - não podem ser atribuídas
  - não podem ser utilizadas como componentes de um registro
  - Valor de "Segunda Classe"
- Valores de tipos primitivos podem ser usados sem estas restrições
  - Valores de "Primeira Classe"

Sugestões de Leitura

- Concepts of Programming Languages (Robert Sebesta)
  - Seções 6.10, 6.11 e 6.12
- Programming Language Concepts and Paradigms (David Watt)
  - Seção 2.5
- Linguagens de Programação (Flávio Varejão)
  - Seção 7.1 (menos 7.1.4)