Linguagens de Programação
Conceitos e Técnicas

Polimorfismo

Tipos de Dados

- Definem um conjunto de valores e as operações aplicáveis sobre esses valores
- Servem fundamentalmente para oferecer informações relevantes aos programadores e aos compiladores (ou interpretadores) sobre os dados usados pelos programas

Linguagens de Máquina

- Não tipadas porque nessas linguagens existe um único tipo representado pela palavra da memória
- Programar significa representar tudo (caracteres, números, ponteiros, estruturas de dados, instruções e programas) como cadeias de bits

Linguagens de Máquina

- Necessário uma interpretação externa para identificar de maneira clara o que está sendo representado nos programas
- Mesmo em linguagens não tipadas, o conceito de tipos de dados surge naturalmente com a atividade de programação
  - Números, caracteres e instruções precisam ser tratados de maneira distinta pelo programador

Linguagens de Máquina

- Impossibilidade de evitar violações na organização dos dados
  - não há impedimento para o programador efetuar a atribuição de uma instrução a algo que representava um número
  - ambos são cadeias de bits, o único tipo realmente reconhecido por essas linguagens

Linguagens de Alto Nível

- São tipadas
  - Cada LP define um sistema de tipos com um conjunto próprio de tipos de dados
- Sistemas de tipos facilitam o processo de organização dos dados
  - Oferecendo facilidades para a definição e o uso dos dados
  - Fornecem garantias de tratamento apropriado

Linguagens de Alto Nível

- Linguagens que incluem o tipo booleano facilitam o programador
  - Criar variáveis desse tipo
    - Não é necessário definir a representação de um valor booleano
  - Usar essas variáveis
    - As operações boolenas já estão definidas
  - Garantir que essas variáveis não serão usadas em operações inapropriadas
    - Por exemplo, adição com um valor inteiro

Sistemas de Tipos

- Serve para descrever de modo mais adequado os dados
  - Aumenta a legibilidade e a redigibilidade dos programas
- Evita que programas executem operações incoerentes
  - Somar um inteiro e um caracter

Verificação de Tipos

- Atividade de garantir que operandos de um certo operador são de tipos compatíveis
- Verificação a priori de tipos é normalmente recomendada
  - Evita a realização de operações sem sentido
- LPs podem possibilitar ou não a realização de uma ampla verificação de tipos
  - C adota uma postura fraca
  - ADA e JAVA procuram realizar uma verificação extremamente ampla de tipos

Verificação de Tipos

- Deve ser feita necessariamente antes da execução das operações
- Em geral, o quanto antes melhor
  - Erros de tipos são identificados mais cedo
  - Nem sempre isso é possível ou desejável
- Algumas LPs possuem brechas no seu sistema de tipos que impedem a realização de algum tipo de verificação
  - Registro variante em PASCAL e MODULA-2

Verificação Estática de Tipos

- Todos os parâmetros e variáveis devem possuir um tipo fixo identificável a partir da análise do texto do programa
- Tipo de cada expressão pode ser identificado e cada operação pode ser verificada em tempo de compilação
  - C faz poucas verificações
    - Reduz confiabilidade
  - MODULA-2 faz muitas verificações
    - Reduz redigibilidade

Verificação Dinâmica de Tipos

- Em tempo de execução
- Somente os valores dessas LPs têm tipo fixo
  - Cada valor tem associado a ele um `tag` indicando o seu tipo
- Uma variável ou parâmetro não possui um tipo associado
  - Pode designar valores de diferentes tipos em pontos distintos da execução
  - Verificação dos tipos de operandos imediatamente antes da execução da operação
- LISP, BASIC, APL e SMALLTALK

Verificação de Tipos Mista

- Maior parte das verificações de tipos em tempo de compilação
- Algumas verificações em tempo de execução
  - Programas em LPs orientadas a objetos podem precisar verificar a conversão de tipos de objetos durante a execução
- C++, ADA e JAVA

Linguagens Fortemente Tipadas

- Conceito muito em voga nos anos 80 e 90
- Devem possibilitar a detecção de todo e qualquer erro de tipo em seus programas
- Verificação estática tanto quanto o possível e a verificação dinâmica quando for necessário
- ALGOL-68 é fortemente tipada
- ADA e JAVA são quase fortemente tipadas

Verificação Estática de Tipos

- Ações do Compilador

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

  - Operandos de % devem ser inteiros
  - Os operandos de == devem ser de um mesmo tipo
  - O tipo de retorno de *par* deve ser inteiro
  - O parâmetro real de *par* deve ser inteiro

Verificação Dinâmica de Tipos

- Efetuadas antes da execução das operações

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

- Maior flexibilidade para produzir código reutilizável

```
(defun segundo (l)
   (car(cdr l)))
(segundo '(1 2 3))
(segundo '( '(1 2 3) '(4 5 6)))
(segundo '("manga" "abacaxi" 5 6))
```

- Menor eficiência computacional

Inferência de Tipos

- LPs estaticamente tipadas não devem necessariamente exigir a declaração explícita de tipos

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

Inferência de Tipos

- Um sistema de inferência de tipos pode ser usado para identificar os tipos de cada entidade e expressão do programa
  - Aumenta redigibilidade, mas pode reduzir legibilidade e facilidade para depuração dos programas
  - Compiladores são bem mais exigidos
- HASKELL e ML

Conversão Implícita de Tipos

- Situações nas quais se aplica um operando de tipo diferente do esperado por uma operação
  - C é extremamente liberal
  - MODULA-2 é extremamente rigorosa
  - JAVA adota postura intermediária
- Necessário estabelecer regras nas quais a conversão é possível

Regras para Conversão Implícita de Tipos

- Específicas para cada tipo de conversão
- Baseadas no conceito de inclusão de tipos
  - Permitida se os valores do tipo do operando também são valores do tipo esperado pela operação
- Baseadas em equivalência de tipos
  - Estrutural
    - O conjunto de valores do tipo do operando é o mesmo do tipo esperado pela operação
    - Compara-se as estruturas dos dois tipos
  - Nominal
    - Equivalentes se e somente se possuem o mesmo nome

Equivalência Estrutural

- Se T e T' são primitivos, então T e T' devem ser idênticos
  - inteiro ≡ inteiro
- Se T e T'são produtos cartesianos e T = A x B e T'= A' x B', então A ≡ A' e B ≡ B'
  - inteiro x booleano ≡ inteiro x booleano
- Se T e T'são uniões e T = A + B e T'= A' + B'; então A ≡ A' e B ≡ B' ou A ≡ B' e B ≡ A'
  - inteiro + booleano ≡ booelano + inteiro
- Se T e T'são mapeamentos e T = A → B e T' = A' → B'; então A ≡ A' e B ≡ B'.
  - inteiro → booleano ≡ inteiro → booleano

Estrutural X Nominal

```
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
}
```

- C adota estrutural neste caso
- Nominal passa a ser preferida a partir de TADs

Sistemas de Tipos Monomórficos

- Todas constantes, variáveis e subprogramas devem ser definidos com um tipo específico
- PASCAL e MODULA-2
- Simples mas com baixa reusabilidade e redigibilidade
- Muitos algoritmos e estruturas de dados são inerentemente genéricos
  - Algoritmo para ordenação independe parcialmente do tipo do elemento a ser ordenado
    - Tipo do elemento precisa ter operação de comparação
  - Conjuntos e suas operações são totalmente independentes do tipo dos elementos

Sistemas de Tipos Monomórficos

- Nenhuma LP é totalmente monomórfica
- PASCAL
  - *read, readln, write, writeln* e *eof*
  - Vetores, conjuntos, arquivos
- PASCAL e MODULA-2
  - Operadores (como +) atuam sobre diversos tipos
- Linguagens monomórficas exigem que se crie representação e operações distintas para cada tipo de elemento
  - Lista de inteiros, lista de cadeia de caracteres, etc

Sistemas de Tipos Polimórficos

- Favorecem a construção e uso de estruturas de dados e algoritmos que atuam sobre elementos de tipos diversos
  - Subprogramas polimórficos são aqueles cujos parâmetros (e, no caso de funções, o tipo de retorno) podem assumir valores de mais de um tipo
  - Tipos de dados polimórficos são aqueles cujas operações são aplicáveis a valores de mais de um tipo
- *C*
  - *void** possibilita a criação de variáveis e parâmetros cujos valores podem ser ponteiros para tipos quaisquer
    - possibilita a construção de estruturas de dados genéricas
  - funções com lista de parâmetros variável também são polimórficas

Tipos de Polimorfismo

- Classificação de Cardelli e Wegner

<table>
<tr><td rowspan="4">Polimorfismo</td><td rowspan="2">Ad-hoc</td><td>Coerção</td></tr>
<tr><td>Sobrecarga</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Universal</td><td>Paramétrico</td></tr>
<tr><td>Inclusão</td></tr>
</table>

Tipos de Polimorfismo

- Ad-hoc
  - Se aplica apenas a subprogramas
  - Aparentemente proporciona reuso do código de implementação do subprograma, mas na realidade não o faz
  - São criados subprogramas específicos para operar sobre cada tipo admissível
  - Somente proporciona reuso do código de chamada dos subprogramas

Tipos de Polimorfismo

- Universal
  - Se aplica a subprogramas e estruturas de dados
    - estrutura de dados pode ser criada incorporando elementos de tipos diversos
    - mesmo código pode ser executado e atuar sobre elementos de diferentes tipos
  - Proporciona reuso de código tanto na chamada quanto na implementação
  - Considerado o verdadeiro polimorfismo

Coerção

- Conversão implícita de tipos

```
void f (float i) { }
main() {
   long num;
   f (num);
}
```

  - *f* aparenta lidar com *float* e *long*
  - De fato, *f* lida apenas com *float*
  - Compilador se encarrega de embutir código para transformar *long* em *float*
- C possui tabela de conversões permitidas

Coerção

- Ampliação
  - Tipo de menor conjunto de valores para tipo de maior conjunto
  - Operação segura pois valor do tipo menor necessariamente tem correspondente no tipo maior
- Estreitamento
  - Tipo de maior conjunto de valores para tipo de menor conjunto
  - Operação insegura pois pode haver perda de informação
- Nem sempre é ampliação ou estreitamento
  - *int* para *unsigned* em C

Coerção

- Dão a entender que determinada operação ou subprograma pode ser realizada com operandos de tipos diferentes mas não é isso o que ocorre

```
main() {
   int w = 3;
   float x;
   float y = 5.2;
   x = x + y;          //  x = somafloat (x, y)
   x = x + w;          //  x = somafloat (x, intToFloat (w) );
}
```

Coerção

- Ocorre com grande frequência em atribuições e expressões em C

```
main() {
   int i;
   char c = 'a';
   float x;
   i = c;
   c = i + 1;
   x = i;
   i = x / 7;
}
```

Coerção

- Existem opiniões controversas a seu respeito
  - Maior redigibilidade por não demandar chamada de funções de conversão
  - Menor confiabilidade pois podem impedir a detecção de certos tipos de erros por parte do compilador

```
main() {
   int a, b = 2, c = 3;
   float d;
   d = a * b;              //  d = (float) (a * b) ;
   a = b * d;              //  a = b * c;
}
```

Coerção

- ADA e MODULA-2 não admitem coerções
- C adota uma postura bastante permissiva
- JAVA busca um meio termo só admitindo a realização de coerções para tipos mais amplos

```
byte a, b = 10, c = 10;
int d;
d = b;
c = (byte) d;
a = (byte) (b + c);
```

Sobrecarga

- Quando identificador ou operador é usado para designar duas ou mais operações distintas
- Aceitável quando o uso do operador ou identificador não é ambíguo
  - A operação apropriada pode ser identificada usando-se as informações do contexto de aplicação

Sobrecarga

- Operador - de C pode designar
  - Negações inteiras
    - (*int* → *int* ou *short* → *short* ou *long* → *long*)
  - Negações reais
    - (*float* → *float* ou *double* → *double*)
  - Subtrações inteiras
    - (*int* x *int* → *int*)
  - Subtrações reais
    - (*float* x *float* → *float*)
- Conjunto de operações pode ser muito maior

Sobrecarga

- Sugere que determinada operação ou subprograma pode ser realizada com operandos de tipos diferentes mas não é isso que ocorre

```
main(){
   int a = 2, b = 3;
   float x = 1.5, y = 3.4;
   a = a + b;              //   a = somaint (a, b);
   x = x + y;              //   x = somafloat (x, y);
}
```

Sobrecarga

- MODULA-2 e C
  - Embutem sobrecarga em seus operadores
  - Programadores não podem implementar novas sobrecargas de operadores
  - Não existe qualquer sobrecarga de subprogramas
- PASCAL
  - Existem subprogramas sobrecarregados na biblioteca padrão
    - *read* e *write*
  - Programadores não podem implementar novas sobrecargas de subprogramas

Sobrecarga

- JAVA
  - Embute sobrecarga em operadores e em subprogramas de suas bibliotecas
  - Só subprogramas podem ser sobrecarregados pelo programador
- ADA e C++
  - Adotam a postura mais ampla e ortogonal
  - Realizam e permitem que programadores realizem sobrecarga de subprogramas e operadores
  - Não admitem a criação de novos operadores
  - Sintaxe e precedência não pode ser alterada

Sobrecarga em C++

```
class umValor {
    int v;
public:
    umValor() { v = 0; }
    umValor(int j) { v = j; }
    const umValor operator+(const umValor& u)const {
       return umValor(v + u.v);
    }
    umValor& operator+=(const umValor& u) {
       v += u.v;
       return *this;
    }
```

Sobrecarga em C++

```
    const umValor& operator++() { // prefixado
       v++;
       return *this;
    }
    const umValor operator++(int) { // posfixado
       umValor antes(v);
       v++;
       return antes;
    }
};
```

Sobrecarga em C++

```
main() {
    int a = 1, b = 2, c = 3;
    c += a +b;
    umValor r(1), s(2), t;
    t += r + s;
    r = ++s;
    s = t++;
}
```

- Útil na criação de objetos em diferentes contextos
- Sintaxe esquisita para sobrecarga de ++ e --
- Nem todos operadores podem ser sobrecarregados
  - :: (resolução de escopo), . (seleção de membro), *sizeof* (tamanho do objeto/tipo) não podem

Sobrecarga

- Independente de Contexto
  - Lista de parâmetros diferenciada em número ou tipo dos parâmetros
  - Tipo de retorno não pode ser usado para diferenciação
  - JAVA e C++
- Dependente de Contexto
  - Necessário apenas uma assinatura diferenciada
  - Tipo de retorno pode ser usado para diferenciação
  - Exige mais esforço dos compiladores
  - Pode provocar erros de ambigüidade
  - ADA

Sobrecarga Independente de Contexto

```
void f(void) { }
void f(float) { }
void f(int, int) { }
void f(float, float) { }
// int f(void) { }
main() {
   f();
   f(2.3);
   f(4, 5);
   f(2.2f, 7.3f);
   // f(3, 5.1f);
   // f(1l, 2l);
}
```

- Não pode diferenciar apenas por tipo de retorno
  - `// int f(void) { }`
- Pode gerar ambigüidade quando combinada com coerção
  - `// f(3, 5.1f);`
  - `// f(1l, 2l);`

Sobrecarga Dependente de Contexto

- / designa
  - divisão real (float x float → float)
  - divisão inteira (integer x integer → integer)
- Ambigüidade mesmo sem coerção
- Sobrecarga de / (integer x integer → float)

```
function "/" (m,n : integer)  return float is begin
   return float (m) / float (n);
end "/";
n : integer; x : float;
x: = 7.0/2.0;          -- calcula 7.0/2.0 = 3.5
x: = 7/2;              -- calcula 7/2 = 3.5
n: = 7/2;              -- calcula 7/2 = 3
n: = (7/2) / (5/2);    -- calcula (7/2)/(5/2) = 3/2 = 1
x: = (7/2) / (5/2);    -- erro: ambiguidade (pode ser 1.4 ou 1.5)
```

Sobrecarga

- Nem todos consideram uma característica desejável a possibilidade dos programadores sobrecarregarem os operadores
- Programas podem ficar mais fáceis de serem lidos e redigidos com a sobrecarga
- Aumenta a complexidade da LP
- Pode ser mal utilizado, tendo efeito contrário a legibilidade
- JAVA não inclui a sobrecarga de operadores por considerá-la capaz de gerar confusões e aumentar a complexidade da LP

Paramétrico

- Parametrização das estruturas de dados e subprogramas com relação ao tipo do elemento sobre o qual operam
  - Abstrações recebem um parâmetro implícito adicional especificando o tipo sobre o qual elas agem
- Subprogramas específicos para cada tipo do elemento

```
int identidade (int x) {
   return x;
}
```

- Subprogramas genéricos

```
T identidade (T x) {
   return x;
}
```

Politipo

- Subprogramas genéricos possuem parâmetro tipo
  - T é parâmetro tipo em T identidade (T x)
  - Tipo retornado por identidade será o mesmo usado na chamada

    x = identidade (3.2); // x receberá um float
  - Tipo de identidade é sua assinatura T → T
  - Tipo como T→ T é chamado de politipo porque pode derivar uma família de muitos tipos
- Não existe impedimento em se usar mais de um parâmetro tipo em um politipo
  - U x T→ T indica que parâmetros podem ser de tipos distintos e que o tipo retornado será o tipo do segundo

Paramétrico em C++

- Uso de *template*

```
template <class T>
T identidade (T x) {
   return x;
}
class tData {
   int d, m, a;
};
```

```
main () {
   int x;
   float y;
   tData d1, d2;
   x = identidade (1);
   y = identidade (2.5);
   d2 = identidade (d1);
   // y = identidade (d2);
}
```

Paramétrico em C++

- Muitas funções são parcialmente genéricas

```
template <class T>
T maior (T x, T y) {
   return x > y ? x : y;
}
class tData {
   int d, m, a;
};
```

```
main ( ) {
    tData d1, d2;
    printf ("%d", maior (3, 5));
    printf ("%f", maior (3.1, 2.5));
    // d1 = maior (d1, d2);
}
```

- Erro de compilação porque o operador > não está definido para a classe tData
- Necessário sobrecarregar o operador > para a classe tData

Paramétrico em C++

- É possível parametrizar classes

```
template <class T, int tam>
class tPilha {
   T elem[tam];
   int topo;
public:
   tPilha(void) { topo = -1; }
   int vazia (void) { return topo == -1; }
   void empilha (T);
   void desempilha (void);
   T obtemTopo (void);
};
```

Paramétrico em C++

```
template <class T, int tam>
void tPilha<T, tam>::empilha (T el){
   if (topo < tam-1)
       elem[++topo] = el;
}
template <class T, int tam>
void tPilha<T, tam>::desempilha (void){
   if (!vazia()) topo--;
}
template <class T, int tam>
T tPilha<T, tam>::obtemTopo (void) {
   if (!this->vazia()) return elem[topo];
}
```

Paramétrico em C++

```
class tData {
   int d, m, a;
};
```

```
void main () {
   tData d1, d2;
   tPilha <int, 3> x;
   tPilha <tData, 2> y;
   x.empilha (1);
   y.empilha (d1);
   x.empilha (3);
   y.empilha (d2);
   while (!x.vazia() || !y.vazia()) {
      x.desempilha();
      y.desempilha();
   }
}
```

Paramétrico em C++

- Implementação de template em C++
  - Só possibilita a reutilização de código fonte
  - Não é possível compilar o código usuário separadamente do código de implementação
  - O compilador C++ necessita saber quais tipos serão associados ao template
    - Faz varredura do código usuário
    - replica todo o código de implementação para cada tipo utilizado
  - Compilador necessita verificar se o tipo usado é compatível com as operações definidas nas implementações e saber o tamanho a ser alocado

Paramétrico

- ADA
  - Pacotes Genéricos
- JAVA
  - Tipos genéricos a partir do Java 5

Tipos genéricos em Java

```
public class Casulo<T> {
    private T elemento;
    public void colocar(T elem) {
        elemento = elem;
    }
    public T retirar() {
        return elemento;
    }
}
```

```
Casulo<String> cs = new Casulo<String>();
cs.colocar("Uma string");
// Erro: cs.colocar(new Integer(10));
String s = cs.retirar();

Casulo<Object> co = new Casulo<Object>();
co.colocar("Uma string");
co.colocar(new Integer(10));
Object o = co.retirar();
```

Inclusão

- Característico de linguagens orientadas a objetos
- Uso de hierarquia de tipos para criação de subprogramas e estruturas de dados polimórficas
- Idéia Fundamental
  - Elementos dos subtipos são também elementos do supertipo
  - Abstrações formadas a partir do supertipo podem também envolver elementos dos seus subtipos

Inclusão

- S subtipo de T implica
  - S formado por um sub-conjunto dos valores de T
    - Todo valor de S é também um valor de T
  - As operações associadas ao tipo T são aplicáveis ao subtipo S
    - S herda todas as operações do tipo T
- Conceito de tipo implementado através de classes em linguagens orientadas a objetos

Herança

- Subclasses herdam os atributos e métodos de uma classe e, portanto, implementam subtipos do tipo definido por essa classe
- Herança associa à subclasse
  - uma representação inicial para os objetos dessa classe (os atributos herdados)
  - um conjunto inicial de métodos aplicáveis aos objetos dessa classe (os métodos herdados)
- Subclasse pode conter atributos e métodos adicionais, especializando o estado e o comportamento dos objetos da subclasse

Herança em JAVA

```
public class Pessoa {
   private String nome;
   private int idade;
   public Pessoa (String n, int i) {
      nome = n;
      idade = i;
   }
   public void aumentarIdade () {
      idade++;
   }
}
```

Herança em JAVA

```
public class Empregado extends Pessoa {
   private float salario;
   public Empregado (String n, int i, float s) {
      super(n, i);
      salario = s;
   }
   public void mudarSalario (float s) {
       salario = s;
   }
}
```

Herança em JAVA

```
public class Empresa {
   public static void main(String[] args) {
      Pessoa p = new Pessoa ("Denise", 34);
      p.aumentarIdade();
      Empregado e1 = new Empregado ("Rogerio", 28, 1000.00);
      e1.mudarSalario(2000.00);
      e1.aumentarIdade();
   }
}
```

Vantagens da Herança

- Aumenta a reusabilidade do código
  - Desnecessário redefinir os atributos e métodos da classe Pessoa na classe Empregado
- Herança é polimorfismo universal
  - o método aumentarIdade(), usado para mudar a idade de uma Pessoa, e também aplicado para mudar a idade de um Empregado

Especificador de Acesso para Classes Herdeiras

- Algumas situações requerem que classes herdeiras tenham acesso livre aos atributos da classe herdada
- A alternativa de fazer esses atributos públicos ou criar métodos públicos de acesso pode não ser satisfatória porque torna esses atributos e métodos acessíveis para métodos de qualquer outra classe
- protected: novo especificador de acesso para classes herdeiras

Especificador de Acesso para Classes Herdeiras em JAVA

```
public class Pessoa {
   protected int idade;
}
public class Empregado extends Pessoa {
   public Empregado (int i) { idade = i; }
   public boolean aposentavel() {
      if (idade >= 65) return true;
      return false;
   }
}
```

Especificador de Acesso para Classes Herdeiras em JAVA

```
public class Empresa {
   public static void main(String[] args) {
      Empregado e = new Empregado (32);
      if (e.aposentavel()) System.out.println("Chega de trabalho!");
      // e.idade = 70;
   }
}
```

Inicialização de Atributos com Herança

- Necessário inicializar atributos da superclasse antes dos da classe
- Em JAVA

```
class Estado {
   Estado(String s) {
      System.out.println(s);
   }
}
class Pessoa {
   Estado p = new Estado("Ativo");
   Pessoa () {
      System.out.println("Pessoa");
   }
}
```

Inicialização de Atributos com Herança

```
class Idoso extends Pessoa {
   Estado i = new Estado("Sabio");
   Idoso () {
      System.out.println("Idoso ");
   }
}
class Avo extends Idoso {
   Estado a1 = new Estado ("Alegre");
   Avo() {
      System.out.println("Avo");
      a3 = new Estado ("Orgulhoso");
   }
   Estado a2 = new Estado ("Amigo");
```

Inicialização de Atributos com Herança

```
    void fim() {
        System.out.println("Fim");
    }
    Estado a3 = new Estado ("Satisfeito");
}
public class Inicializacao {
    public static void main(String[] args) {
        Avo a = new Avo();
        a.fim();
    }
}
```

Sobrescrição

- Método herdado não é adequado para realizar a mesma operação nos objetos das subclasses

```
class XY {
    protected int x = 3, y = 5;
    public int soma () {
       return x + y;
    }
}
class XYZ extends XY {
    int z = 17;
    public int soma () {
       return x + y + z;
    }
}
```

Sobrescrição

```
public class Sobrescrita {
   public static void main (String[] args) {
      XYZ xyz = new XYZ();
      System.out.println(xyz.soma());
   }
}
```

- Extensão de método na sobrescrição

```
class XYZ extends XY {
   int z = 17;
   public int soma () {
      return super.soma() + z;
   }
}
```

Identificação Dinâmica de Tipos

- Forma de identificar o tipo do objeto em tempo de execução
  - útil em situações nas quais o programador desconhece o tipo verdadeiro de um objeto
  - permite elaboração de trechos de código nos quais métodos invocados por um mesmo referenciador de objetos se comportam de maneira diferenciada

Ampliação ou Upcast

- Instância
  - Objetos de uma classe
- Membro
  - Todas as instâncias da classe e de suas subclasses
- É permitido atribuir qualquer membro a uma referência à classe
- Ampliação
  - Termo usado para descrever o movimento de objetos na sua linha de ancestrais no sentido da subclasse para as superclasses

Ampliação em JAVA

```
public class Empresa {
   public void paga (Pessoa pes) {}
   public void contrata (Empregado emp) {}
   public static void main(String[] args) {
      Pessoa p = new Pessoa ("Lucas", 30);
      Empregado e = new Empregado ("Luis", 23, 1500.00);
      p = e;
      // e = p;
      Empresa c = new Empresa();
      c.paga(e);
      // c.contrata(p);
   }
}
```

Ampliação em C++

- Só através de ponteiros ou referências

```
Pessoa p, *q;
Empregado e, *r;
q = r;
// r = q;
// p = e;
// e = p;
```

- Limitação é consequência do mecanismo de cópia de objetos utilizado pela operação de atribuição e para passagem de parâmetros por valor

Amarração Tardia de Tipos

- Definição dinâmica do método a ser executado
  - Depende do objeto que invoca o método

```
class Pessoa {
  String nome;
  int idade;
  public Pessoa (String n, int i) {
     nome = n;
     idade = i;
  }
  public void aumentaIdade () { idade++; }
  public void imprime(){
     System.out.print(nome + " , " + idade);
  }
}
```

Amarração Tardia de Tipos

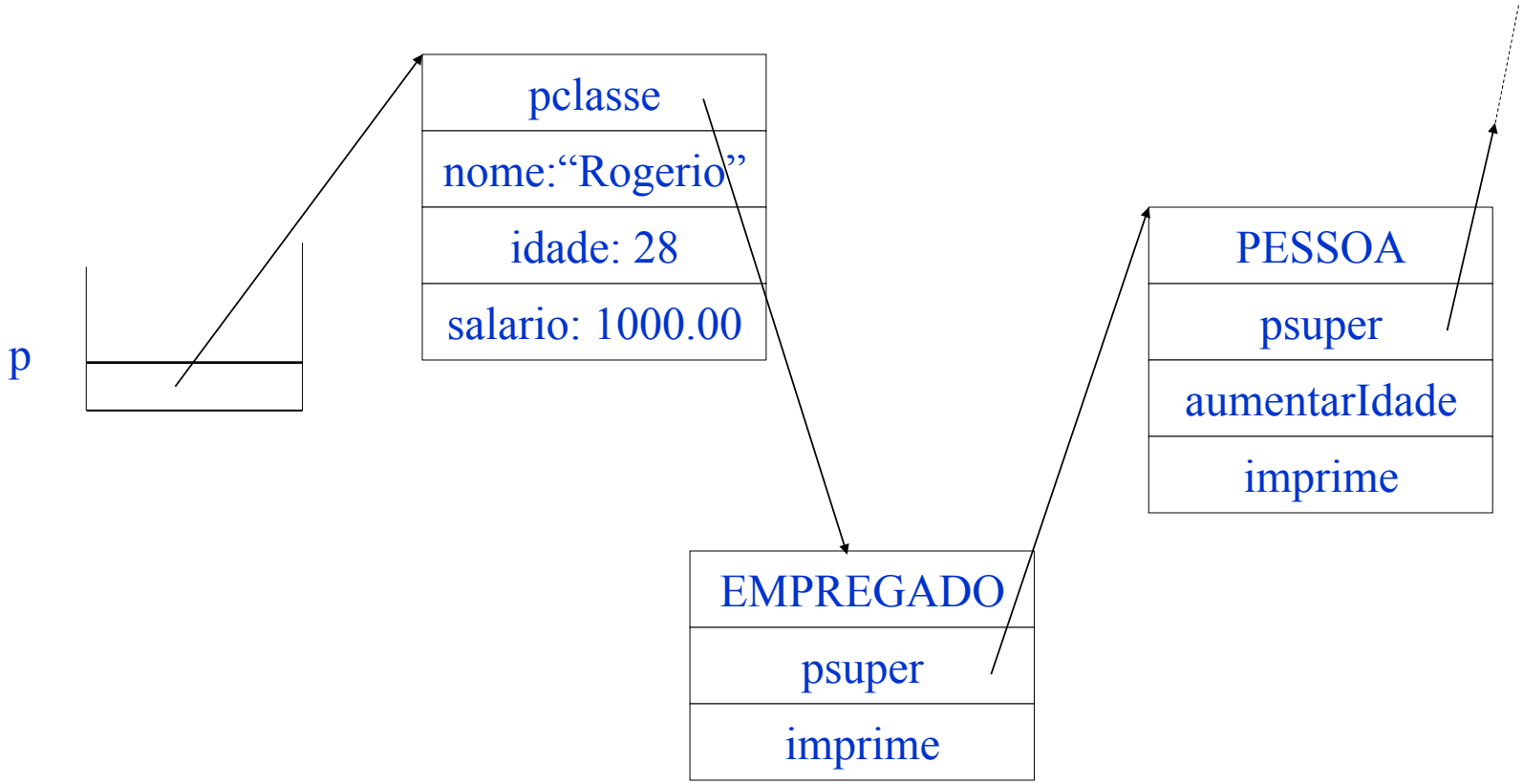
```
class Empregado extends Pessoa {
   float salario;
   Empregado (String n, int i, float s) {
      super(n, i);
      salario = s;
   }
   public void imprime(){
      super.imprime();
      System.out.print(" , " + salario);
   }
}
```

Amarração Tardia de Tipos

```
public class Empresa {
  public static void main(String[] args) {
     Pessoa p = new Empregado ("Rogerio", 28, 1000.00);
     p.aumentaIdade();
     p.imprime();
   }
}
```

- Menos eficiente que amarração estática

Amarração Tardia de Tipos



Amarração Tardia x Amarração Estática em C++

- Todas chamadas utilizam amarração tardia em JAVA
- Em C++ o implementador da classe pode decidir se deseja o uso de amarração tardia ou não para cada método da classe
  - Visa não comprometer a eficiência de execução desnecessariamente
  - Uso da palavra virtual

```
class Pessoa {
public:
   void ler(){}
   virtual void imprimir() {}
};
```

Amarração Tardia de Tipos

- Possibilita a criação de código usuário com polimorfismo universal

```
class Militar {
   void operacao(){}
}
class Exercito extends Militar {
   void operacao(){System.out.println("Marchar");}
}
class Marinha extends Militar {
   void operacao(){System.out.println("Navegar");}
}
class Aeronautica extends Militar {
   void operacao(){System.out.println("Voar");}
}
```

Amarração Tardia de Tipos

```
public class Treinamento {
   public static void treinar(Militar[] m) {
      for (int i = 0; i < m.length; i++) {
         m[i].operacao();
      }
   }
   public static void main (String[] args) {
      Militar[] m = new Militar[] {
            new Exercito(), new Marinha(), new Aeronautica(),
            new Militar()
      }
      treinar(m);
   }
}
```

Classes Abstratas

- Possuem membros, mas não possuem instâncias
  - Membros são as instâncias de suas subclasses concretas (não abstratas)
  - Proibida a criação de instâncias dessas classes
- Deve ser necessariamente estendida
- Úteis quando uma classe, ancestral comum para um conjunto de classes, se torna tão geral a ponto de não ser possível ou razoável ter instâncias dessa classe

Classes Abstratas

- Em JAVA
  - Uso de especificador abstract

```
abstract class Militar {
   void operacao(){}
}
```

  - Provocaria erro de compilação no exemplo apresentado anteriormente
    - Na construção de Militar

Métodos Abstratos

- Métodos declarados na classe, mas não implementados
  - A implementação desses métodos é deixada para as subclasses
- Classes abstratas normalmente possuem um ou mais métodos abstratos
- Se uma classe possui um método abstrato, ela deve necessariamente ser uma classe abstrata
- Especificam protocolo entre a classe e suas subclasses
  - Devem ser implementados pelas subclasses concretas

Classes e Métodos Abstratos

- Em JAVA

```
abstract class Militar {
   String patente;
   Militar(String p) { patente = p; }
   String toString() { return patente; }
   abstract void operacao();
}
```

Classes e Métodos Abstratos

- Em C++

```
class Militar {
public:
   virtual void operacao()=0;
   void imprime { cout << "Militar"; }
};
```

Especificação por Classe Abstrata

```
abstract class Forma {
    abstract void mover(int dx, int dy);
    abstract void desenhar();
}
class Circulo extends Forma {
    int x, y, raio;
    Circulo (int x, int y, int r) {
            this.x = x;
            this.y = y;
            raio = r;
    }
```

Especificação por Classe Abstrata

```
    void mover(int dx, int dy) {
       x += dx;
       y += dy;
    }
    void desenhar() {
       System.out.println ("Circulo:");
       System.out.println ("   Origem: (" + x + ", " + y +")");
       System.out.println ("   Raio: " + raio);
    }
}
```

Classes Abstratas Puras

- Todos os métodos são abstratos
- Usadas para disciplinar a construção de classes
- JAVA define o conceito de interface para a sua implementação
  - Não possuem atributos de instância
  - Métodos são todos públicos e abstratos

```
interface Forma {
  void mover(int dx, int dy);
  void desenhar();
}
```

Estreitamento ou Downcast

- Termo usado para descrever a conversão de tipos de objetos no sentido da superclasse para as subclasses
- Não é completamente seguro para o sistema de tipos porque um membro da superclasse não é necessariamente do mesmo tipo da subclasse para a qual se faz a conversão
  - Algumas LPs não permitem o estreitamento
  - Outras exigem que ele seja feito através de uma operação de conversão explícita

Estreitamento ou Downcast

- JAVA somente permite a realização de estreitamento através de conversão explícita
  - Caso a conversão seja feita entre classes não pertencentes a uma mesma linha de descendência na hierarquia, ocorrerá erro de compilação
  - Caso a conversão seja na mesma linha de descendência, mas o objeto designado pela superclasse não seja membro da classe para o qual se faz o estreitamento, ocorrerá uma exceção em tempo de execução
  - O operador instanceof permite testar dinamicamente se o objeto designado pela superclasse realmente é da classe para a qual se deseja fazer a conversão

Estreitamento em JAVA

```
class UmaClasse {}
class UmaSubclasse extends UmaClasse {}
class OutraSubclasse extends UmaClasse{}
public class Estreitamento {
   public static void main (String[] args) {
      UmaClasse uc = new UmaSubclasse();
      UmaSubclasse us = (UmaSubclasse) uc;
      OutraSubclasse os;
      // os = (OutraSubclasse) us;
      // os = (OutraSubclasse) uc;
      if (uc instanceof OutraSubclasse) os = (OutraSubclasse) uc;
   }
}
```

Estreitamento em C++

- Conversão explícita tradicional
  - Feita em tempo de compilação sem qualquer verificação
  - cast
- Conversão explícita estática
  - Feita em tempo de compilação
  - Verifica se conversão ocorre em uma linha de descendência
  - static_cast

Estreitamento em C++

- Conversão explícita dinâmica
  - Feita em tempo de execução
  - Verifica se conversão é para o tipo correto
  - dynamic_cast
- Teste dinâmico de tipos
  - Feito em tempo de execução
  - Verifica qual o tipo referenciado por ponteiro
  - typeid

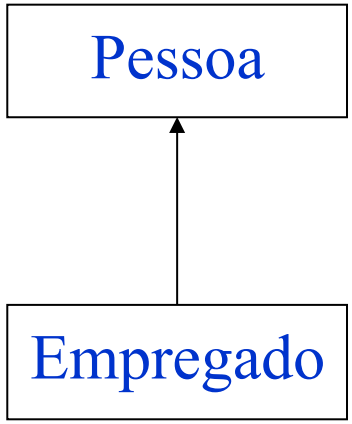
Estreitamento em C++

```
#include <typeinfo>
class UmaClasse {
public:
   virtual void temVirtual () {}
};
class UmaSubclasse: public UmaClasse {};
class OutraSubclasse: public UmaClasse {};
class OutraClasse {};
main () {
   // primeira parte do exemplo
   UmaClasse* pc = new UmaSubclasse;
   OutraSubclasse* pos = dynamic_cast <OutraSubclasse*> (pc);
   UmaSubclasse* ps = dynamic_cast <UmaSubclasse*> (pc);
```

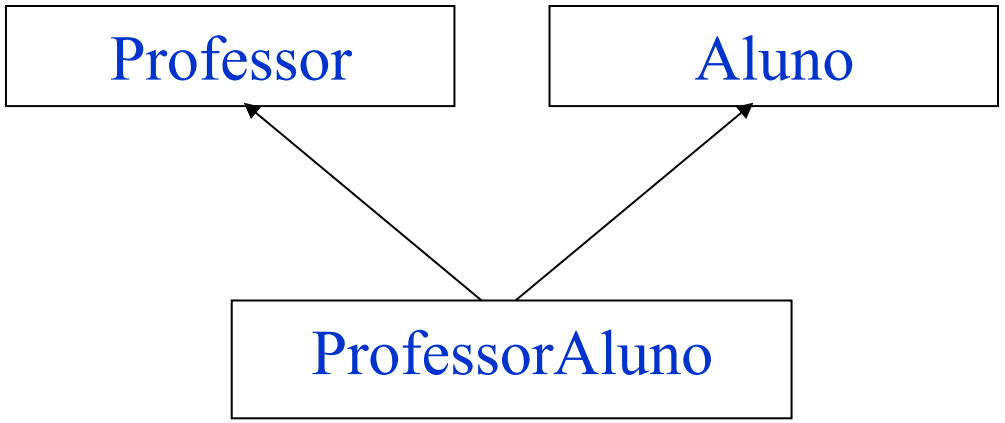
Estreitamento em C++

```
   // segunda parte do exemplo
   UmaSubclasse us;
   pc = static_cast <UmaClasse*> (&us);
   pc = &us;
   OutraClasse* poc = (OutraClasse*) pc;
   // OutraClasse* poc = static_cast <OutraClasse*> (pc);
   // terceira parte do exemplo
   if (typeid(pc) == typeid(ps))
      ps = static_cast<UmaSubclasse*>(pc);
   if (typeid(pc) == typeid(pos))
      pos = static_cast<OutraSubclasse*>(pc);
}
```

Herança Múltipla



Herança Simples



Herança Múltipla

Herança Múltipla

- LPs com herança simples
  - Composição
  - Uso de métodos envoltórios
  - Impede subtipagem múltipla

```
class Professor {
      String n = "Marcos";
      int matr = 53023;
      public String nome() { return n; }
      public int matricula() { return matr; }
}
class Aluno {
      String n = "Marcos";
      int matr = 127890023;
```

Herança Múltipla

```
        float coef = 8.3;
        public String nome() { return n; }
        public int matricula() { return matr; }
        public float coeficiente() { return coef; }
}
class ProfessorAluno extends Professor {
        Aluno aluno = new Aluno();
        public float coeficiente() {
           return aluno.coeficiente();
        }
        public int matriculaAluno() {
           return aluno.matricula();
        }
}
```

Herança Múltipla

- LPs com herança múltipla
  - Resolvem problema de subtipagem múltipla
  - Não precisam de métodos envoltórios
  - Problemas
    - Conflito de Nomes
    - Herança Repetida
  - Em C++

```
class Aluno {
   float nota;
public:
   void imprime();
};
```

Conflito de Nomes

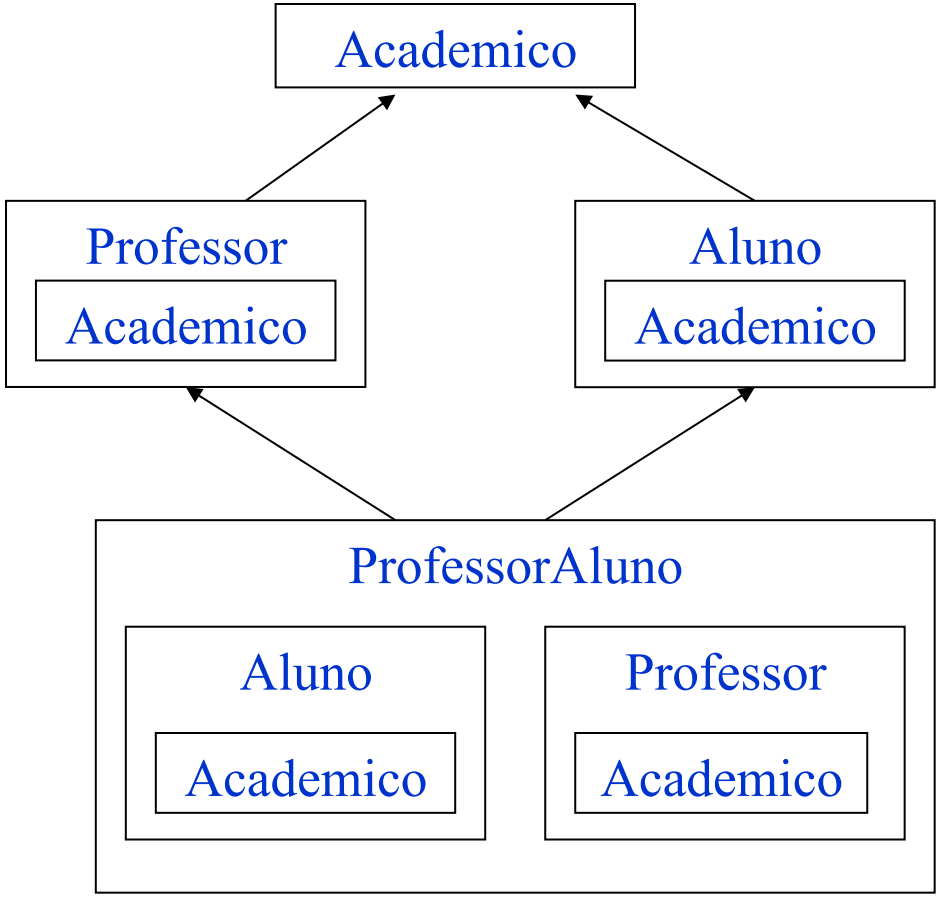
```
class Professor {
   float salario;
public:
   void imprime();
};
class ProfessorAluno: public Professor, public Aluno { };
main() {
   ProfessorAluno indeciso;
   // indeciso.imprime();
}
```

Conflito de Nomes

- Sobrescrição resolve

```
class ProfessorAluno: public Professor, public Aluno {
public:
   void imprime();
};
void ProfessorAluno::imprime() {
   Aluno::imprime();
}
main() {
   ProfessorAluno indeciso;
   indeciso.imprime();
}
```

Herança Repetida



Herança Repetida

- Duplicação desnecessária de atributos
- Conflito de Nomes
- Uso de virtual em C++

```
class Academico {
   int i;
   int m;
public:
   int idade ( ) { return i; }
   int matricula ( ) { return m; }
};
```

Herança Repetida

```
class Professor: virtual public Academico {
   float s;
public:
   float salario ( ) { return s; }
};
class Aluno: virtual public Academico {
   float coef;
public:
   float coeficiente ( ) { return coef; }
};
class ProfessorAluno: public Professor, public Aluno {};
```

Herança Múltipla em JAVA

- Não permite herança múltipla de classes
- Usa o conceito de interfaces para permitir subtipagem múltipla

```
interface Aluno {
        void estuda();
        void estagia();
}
class Graduando implements Aluno {
        public void estuda() {}
        public void estagia() {}
}
```

Herança Múltipla em JAVA

```
interface Cirurgiao { void opera(); }
interface Neurologista { void consulta(); }
class Medico { public void consulta() {} }
class NeuroCirurgiao extends Medico implements Cirurgiao,
                                                Neurologista {
   public void opera() { }
}
public class Hospital {
   static void plantãoCirurgico (Cirurgiao x) { x.opera(); }
   static void atendimentoGeral (Medico x) { x.consulta(); }
   static void neuroAtendimento (Neurologista x) { x.consulta(); }
   static void neuroCirurgia (NeuroCirurgiao x) { x.opera(); }
```

Herança Múltipla em JAVA

```
    public static void main(String[ ] args) {
        NeuroCirurgiao doutor = new NeuroCirurgiao();
        plantãoCirurgico(doutor);
        atendimentoGeral(doutor);
        neuroAtendimento(doutor);
        neuroCirurgia(doutor);
    }
}
```

- Não existem problemas de conflito de nomes e herança repetida
- Dificulta a reutilização de código pois limita a herança aos protótipos dos métodos

Metaclasses

- Classes cujas instâncias são outras classes
  - Atributos são os métodos, instâncias e as superclasses das classes instâncias da metaclasse
  - Os métodos normalmente oferecem serviços aos programas de aplicação, tais como, retornar os conjuntos de métodos, instâncias e superclasses de uma dada classe
- JAVA possui uma única metaclasse, chamada de Class

Metaclasse em JAVA

```
import java.lang.reflect.*;
class Info {
   public void informa(){}
   public int informa(Info i, int x) { return x; }
}
class MetaInfo {
   public static void main (String args[]) throws Exception {
      Class info = Info.class;
      Method metodos[] = info.getMethods();
      Info i = (Info)info.newInstance();
      Method m = info.getDeclaredMethod("informa", null);
      m.invoke(i, null);
   }
}
```

Metaclasses

- **Nível Único:** Todos objetos são vistos como classes e todas as classes são vistas como objetos
- **Dois Níveis:** Todos objetos são instâncias de uma classe, mas classes não são acessíveis por programas
- **Três Níveis:** Todos objetos são instâncias de uma classe e todas as classes são instâncias de uma única metaclasse
- **Vários Níveis:** Podem existir várias metaclasses

Composição X Herança

- Composição
  - Quando se quer as características de uma classe, mas não sua interface
  - Objeto é utilizado para implementar a funcionalidade da nova classe
  - Relacionamento do tipo **tem-um**
- Herança
  - Além de usar as características, a classe herdeira também usa a interface da classe herdada
  - Relacionamento do tipo **é-um**

Estruturas de Dados Genéricas

- Polimorfismo Paramétrico
  - C++, Java
    - Compilador garante homogeneidade dos elementos
- Polimorfismo por Inclusão
  - JAVA
    - Uso de Object
    - Simplifica a LP
    - Necessidade de Estreitamento