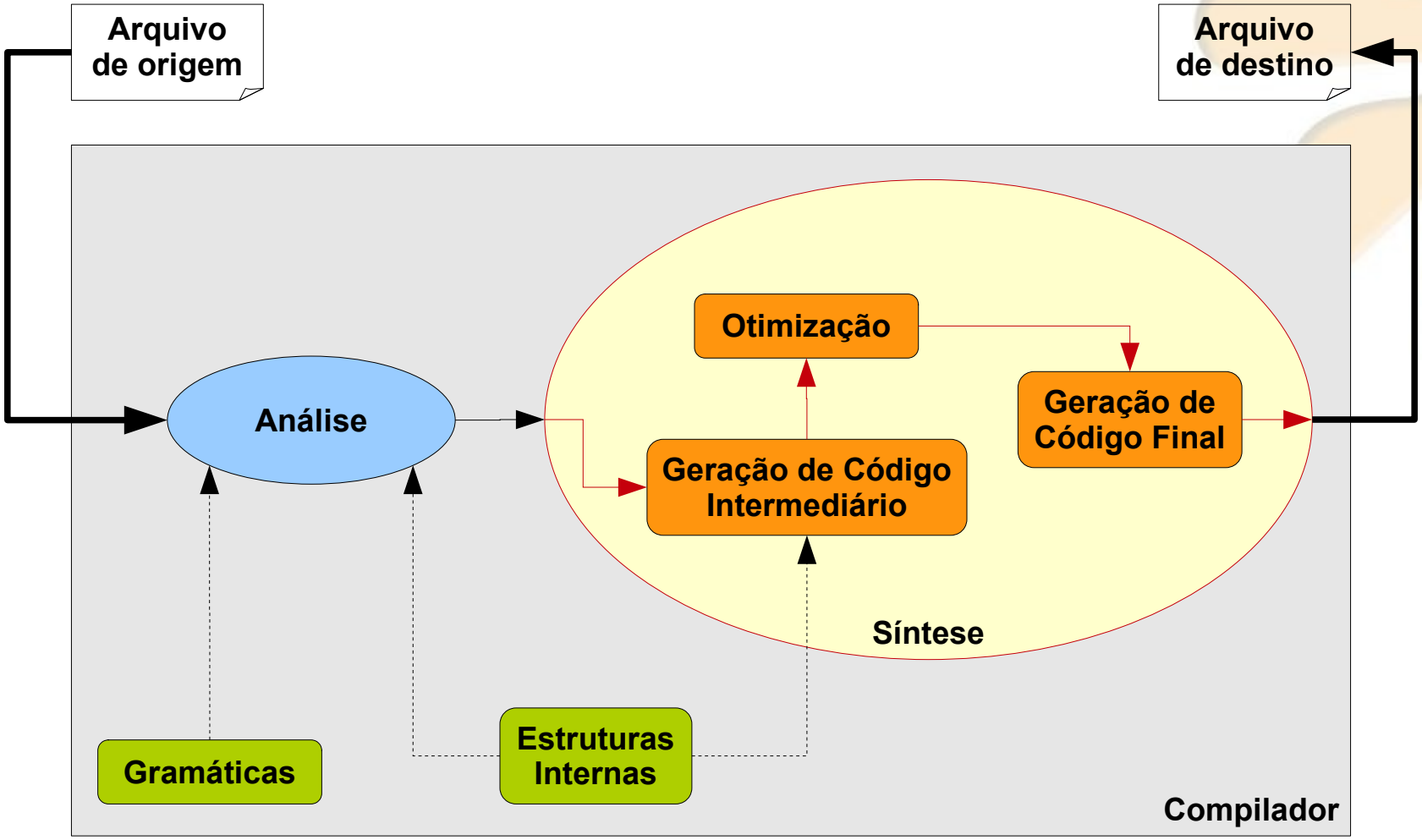
Compiladores

Geração de Código Objeto

Cristiano Lehrer, M.Sc.

ybadoo

Atividades do Compilador



Introdução

- Os principais requisitos impostos a geradores de código objeto são os seguintes:
  - O código gerado deve ser correto e de alta qualidade.
  - O código deve fazer uso efetivo dos recursos da máquina.
  - O código gerado deve executar eficientemente.
- O problema de gerar código ótimo é insolúvel (indecidível) como tantos outros.
- Na prática, devemos contentar-nos com técnicas heurísticas que geram bom código (não necessariamente ótimo).

Considerações

- Basicamente, quatro aspectos devem ser considerados no projeto de geradores de código:
  - Forma do código objeto a ser gerado:
    - Linguagem absoluta, relocável ou *assembly*.
  - Seleção das instruções de máquina:
    - A escolha da sequência apropriada pode resultar num código mais curto e mais rápido.
  - Alocação de registradores.
  - Escolha da ordem de avaliação:
    - A determinação da melhor ordem para execução das instruções é um problema insolúvel.
    - Algumas computações requerem menos registradores para resultados intermediários.

Forma do Código Objeto (1/3)

- Linguagem absoluta:
  - A geração de um programa em linguagem absoluta de máquina tem a vantagem de que o programa objeto pode ser armazenado numa área de memória fixa e ser imediatamente executado.
  - Compiladores deste tipo são utilizados em ambientes universitários, onde é altamente conveniente diminuir o custo de compilação.
  - Os compiladores que geram código absoluto e executam-no imediatamente são conhecidos como *load and go compilers*.

Forma do Código Objeto (2/3)

- Linguagem relocável:
  - A geração de código em linguagem de máquina relocável permite a compilação separada de subprogramas.
  - Módulos e objetos relocáveis podem ser ligados e carregados por um Ligador-Carregador.
  - Essa estratégia dá flexibilidade para compilar subrotinas separadamente e para chamar outros programas previamente compilados.

Forma do Código Objeto (3/3)

- Linguagem *assembly*:
  - A tradução para linguagem *assembly* facilita o processo de geração de código.
  - São geradas instruções simbólicas e podem ser usadas as facilidades de macro instruções.
  - O preço pago é um passo adicional:
    - Tradução para linguagem de máquina.
  - É uma estratégia razoável, especialmente, para máquinas com pouca memória, nas quais o compilador deve desenvolver-se em vários passos.

Alocação de Registradores (1/2)

- Instruções com registradores são mais curtas e mais rápidas do que instruções envolvendo memória.
- Portanto, o uso eficiente de registradores é muito importante.
- A atribuição ótima de registradores a variáveis é muito difícil, e muito problemática quando a máquina trabalha com registradores aos pares (para instruções de divisão e multiplicação), ou provê registradores específicos para endereçamentos e para dados.

Alocação de Registradores (2/2)

- Operação de divisão nos computadores IBM/360 e IBM/370:
  - D r, m
    - O dividendo de 64 bits deve estar armazenado em um par de registradores par ímpar, representado por r.
    - m contém o divisor.
    - Após a divisão, o registrador par contém o resto e o ímpar contém o quociente

```
t = a + b      L       R0, a
               A       R0, b
t = t + c      A       R0, c
t = t / d      SRDA    R0, 32    desloca o dividendo para R1 e limpa R0
               D       R0, d
               St      R1, t
```

Máquina Objeto (1/2)

- Familiaridade com a máquina e com o conjunto de instruções é pré-requisito para projetar um bom gerador de código.
- Formato das instruções: `op fonte, destino`
- Instruções:
  - `ADD  R1, R2` R2 = R2 + R1 (adição)
  - `SUB  R1, R2` R2 = R2 – R1 (subtração)
  - `MUL  R1, R2` R2 = R2 * R1 (multiplicação)
  - `DIV  R1, R2` R2 = R2 / R1 (divisão)
  - `LOAD  M , R` Registrador = Memória (carregamento)
  - `STORE  R , M` Memória = Registrador (armazenamento)
  - `COPY  R1, R2` R2 = R1 (cópia)

ybadoo

Máquina Objeto (2/2)

- a = b + c
  - `LOAD  b, R0  R0 = b`
  - `LOAD  c, R1  R1 = c`
  - `ADD  R1, R0  R0 = R0 + R1`
  - `STORE  R0, a  a = R0`
- a = b + c * d
  - `LOAD  d, R0  R0 = d`
  - `LOAD  c, R1  R1 = c`
  - `MUL  R0, R1  R1 = R1 * R0`
  - `LOAD  b, R0  R0 = b`
  - `ADD  R1, R0  R0 = R0 + R1`
  - `STORE  R0, a  a = R0`