Conceitos de Otimização de Código

Sandro Rigo
sandro@ic.unicamp.br

Introdução

- Melhorar o algoritmo é tarefa do programador
- O compilador pode ser útil para
  - Aplicar transformações que tornam o código gerado mais eficiente
  - Deixa o programador livre para escrever um código limpo

Blocos Básicos

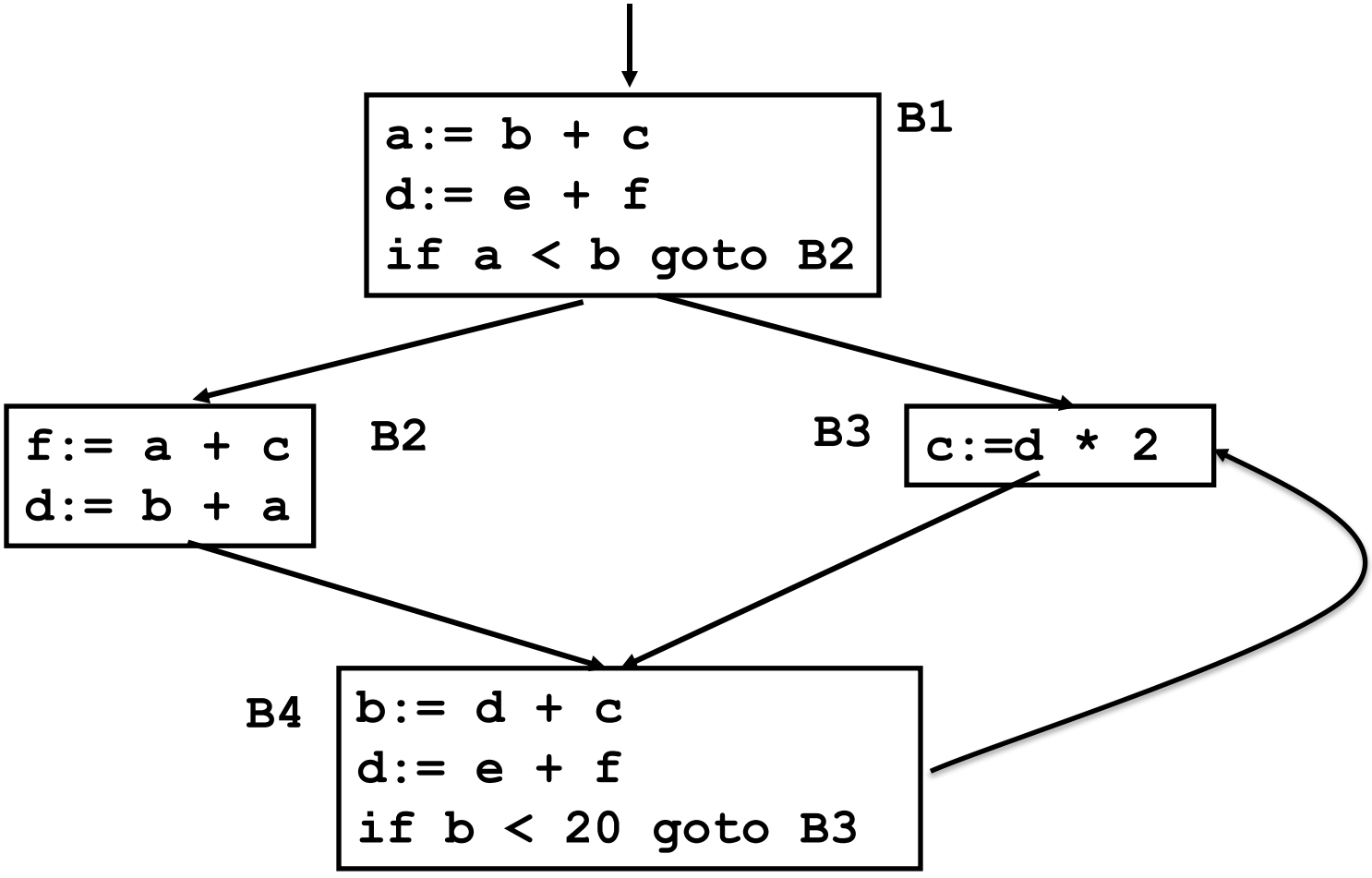
- Seqüência de instruções consecutivas
- Fluxo de Controle:
  - Entra no início
  - Sai pelo final
  - Não existem saltos para dentro ou do meio para fora da seqüência

```
t1 = a * a
t2 = a * b
t3 = b * 3
t4 = t2 - t3
```

Algoritmo para Quebrar em BBs

- Entrada: seqüência de código 3 endereços
- Defina os líderes (iniciam os BBs):
  - Primeira Sentença é um líder
  - Todo alvo de um goto, condicional ou incondicional, é um líder
  - Toda sentença que sucede imediatamente um goto, condicional ou incondicional, é um líder
- Os BBs são compostos pelos líderes e todas as instruções subsequentes até o próximo líder (exclusive)

Grafo de Fluxo de Controle (CFG)



Quick Sort

```
void quicksort(m,n)
int m,n;
{
     int i,j;
     int v,x;
     if ( n <= m ) return;
     /* fragment begins here */
     i = m-1; j = n; v = a[n];
     while(1) {
         do i = i+1; while ( a[i] < v );
         do j = j-1; while ( a[j] > v );
         if (i >= j ) break;
         x = a[i]; a[i] = a[j]; a[j] = x;
     }
     x = a[i]; a[i] = a[n]; a[n] = x;
     /* fragment ends here */
     quicksort(m,j); quicksort(i+1,n);
}
```

Fig. 10.2. C code for quicksort.

Quick Sort

```
(1)   i := m-1
(2)   j := n
(3)   t1 := 4*n
(4)   v := a[t1]
(5)   i := i+1
(6)   t2 := 4*i
(7)   t3 := a[t2]
(8)   if t3 < v goto (5)
(9)   j := j-1
(10)  t4 := 4*j
(11)  t5 := a[t4]
(12)  if t5 > v goto (9)
(13)  if i >= j goto (23)
(14)  t6 := 4*i
(15)  x := a[t6]
(16)  t7 := 4*i
(17)  t8 := 4*j
(18)  t9 := a[t8]
(19)  a[t7] := t9
(20)  t10 := 4*j
(21)  a[t10] := x
(22)  goto (5)
(23)  t11 := 4*i
(24)  x := a[t11]
(25)  t12 := 4*i
(26)  t13 := 4*n
(27)  t14 := a[t13]
(28)  a[t12] := t14
(29)  t15 := 4*n
(30)  a[t15] := x
```

Fig. 10.4. Three-address code for fragment in Fig. 10.2.

Quick Sort

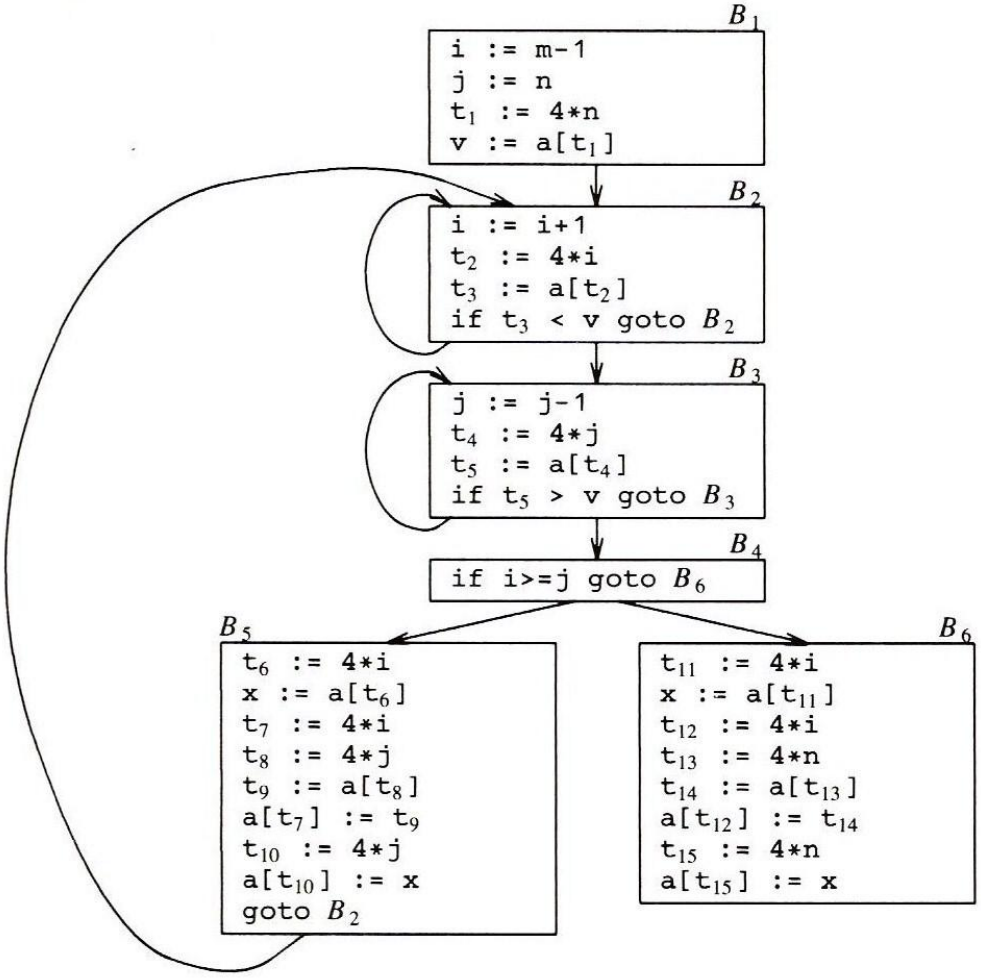


Fig. 10.5. Flow graph.

Principais Fontes de Otimização

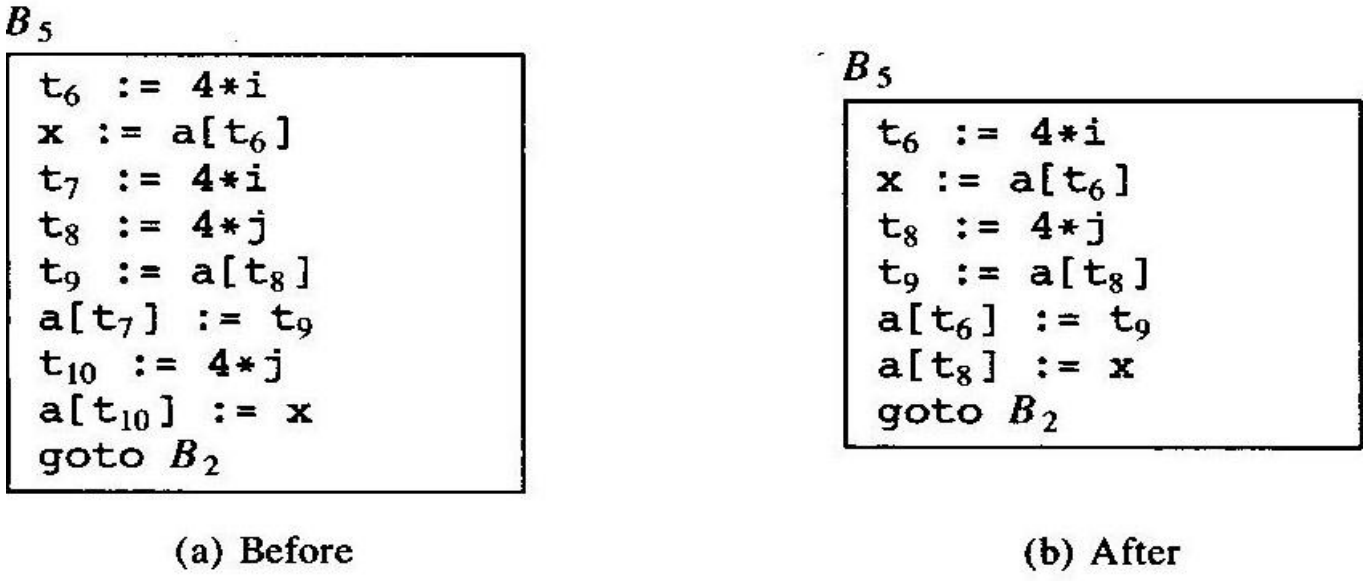
- Transformações que preservam a funcionalidade
  - Eliminação de Sub-expressões comuns (CSE)
  - Propagação de Cópias
  - Eliminação de código morto
  - Constant folding
- Transformações Locais
  - Dentro de um bloco básico
- Transformações Globais
  - Envolve mais de um bloco básico

Principais Fontes de Otimização

- Muitas podem ser tanto locais como globais
- Locais normalmente são aplicadas primeiro

Local CSE

- *E* é sub-expressão comum se
  - *E* foi previamente computada
  - Os valores usados por E não sofreram alterações



(a) Before (b) After

Fig. 10.6. Local common subexpression elimination.

Global CSE

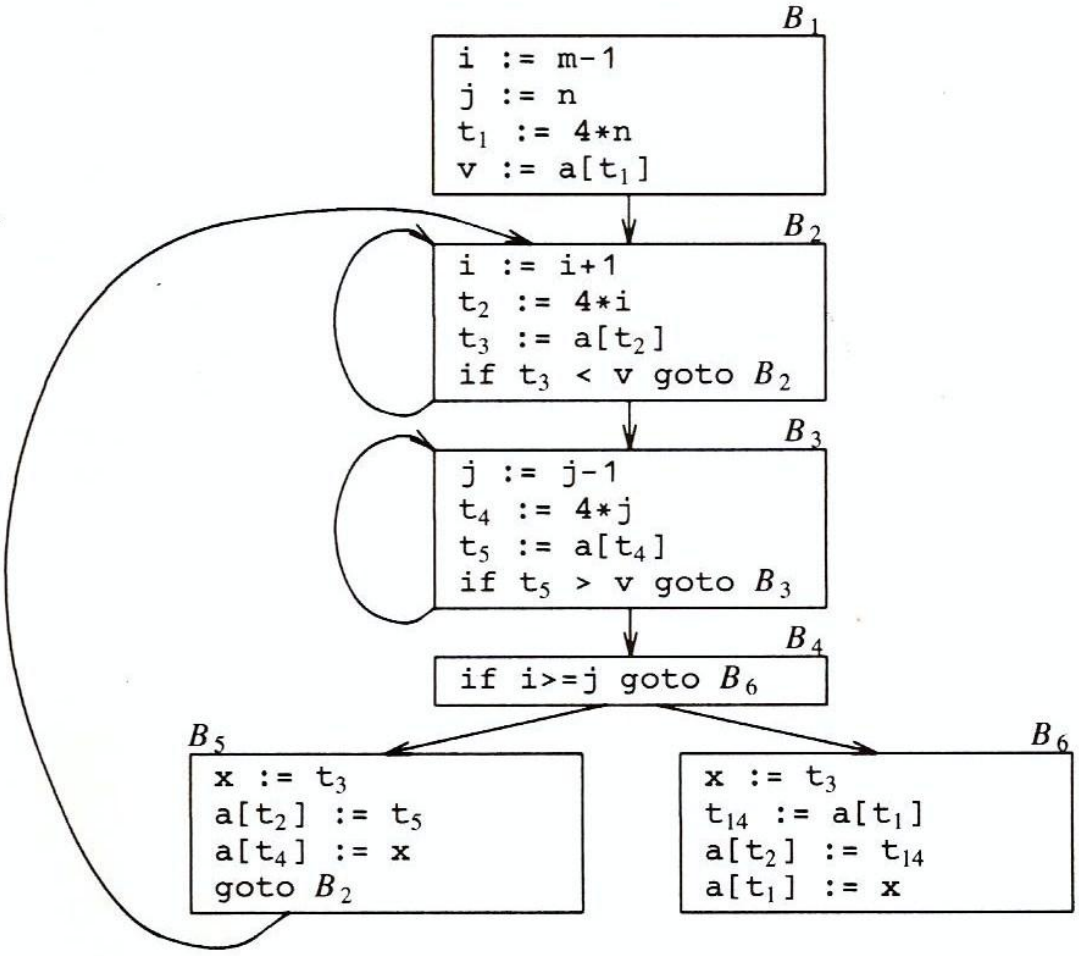


Fig. 10.7. B_5 and B_6 after common subexpression elimination.

Directed Acyclic Graphs

- Úteis para transformações em BBs
- Mostra como os valores computados são usados em sentenças subseqüentes
- Common Sub-expression Elimination (CSE)
- Não confundir com o CFG
  - DAG: representa um BB
  - CFG: Nós são os BBs

Directed Acyclic Graphs

- Construção:
  - Folhas são identificadores únicos
    - variáveis, constantes
    - são os valores iniciais das variáveis
    - usa-se índices para não confundir com valor atual

Directed Acyclic Graphs

- Construção:
  - Nós internos são operadores:
    - valores computados
    - O rótulo é o operador associado
    - podem ter uma lista de variáveis associados
      - é o último valor computado para cada uma delas
    - um nó associado a cada sentença
    - filhos representam a última definição dos operandos

Exemplo - DAGs

```
(1)t1 := 4 * i
(2)t2 := a [ t1]
(3)t3 := 4 * i
(4)t4 := b [t3]
(5)t5 := t2 * t4
(6)t6 := prod + t5
(7)prod := t6
(8) t7 := i + 1
(9) i := t7
(10) if i <= 20 goto (1)
```