第八章 代码优化

流 图

哈尔滨工业大学 陈鄞

基本块(*Basic Block*)

- 基本块是满足下列条件的最大的连续三地址指令序列
  - 控制流只能从基本块的第一个指令进入该块。也就是说，没有跳转到基本块中间或末尾指令的转移指令
  - 除了基本块的最后一个指令，控制流在离开基本块之前不会跳转或者停机

基本块划分算法

- 输入：
  - 三地址指令序列
- 输出：
  - 输入序列对应的基本块列表，其中每个指令恰好被分配给一个基本块
- 方法：
  - 首先，确定指令序列中哪些指令是首指令(*leaders*)，即某个基本块的第一个指令
    1. 指令序列的第一个三地址指令是一个首指令
    2. 任意一个条件或无条件转移指令的目标指令是一个首指令
    3. 紧跟在一个条件或无条件转移指令之后的指令是一个首指令
  - 然后，每个首指令对应的基本块包括了从它自己开始，直到下一个首指令(不含)或者指令序列结尾之间的所有指令

例

```
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;
```

B_1
(1) $i = m - 1$
(2) $j = n$
(3) $t_1 = 4 * n$
(4) $v = a[t_1]$

B_2
(5) $i = i + 1$
(6) $t_2 = 4 * i$
(7) $t_3 = a[t_2]$
(8) if $t_3 > v$ goto(5)

B_3
(9) $j = j - 1$
(10) $t_4 = 4 * j$
(11) $t_5 = a[t_4]$
(12) if $t_5 > v$ goto(9)

B_4
(13) if $i >= j$ goto(23)
(14) $t_6 = 4 * i$
(15) $x = a[t_6]$

B_5
(16) $t_7 = 4 * i$
(17) $t_8 = 4 * j$
(18) $t_9 = a[t_8]$
(19) $a[t_7] = t_9$
(20) $t_{10} = 4 * j$
(21) $a[t_{10}] = x$
(22) goto (5)

B_6
(23) $t_{11} = 4 * i$
(24) $x = a[t_{11}]$
(25) $t_{12} = 4 * i$
(26) $t_{13} = 4 * n$
(27) $t_{14} = a[t_{13}]$
(28) $a[t_{12}] = t_{14}$
(29) $t_{15} = 4 * n$
(30) $a[t_{15}] = x$

流图(*Flow Graphs*)

- 流图的结点是一些基本块
- 从基本块*B*到基本块*C*之间有一条边当且仅当基本块*C*的第一个指令可能紧跟在*B*的最后一条指令之后执行

此时称*B*是*C*的前驱(*predecessor*)，
*C*是*B*的后继(*successor*)

流图(*Flow Graphs*)

- 流图的结点是一些基本块
- 从基本块*B*到基本块*C*之间有一条边当且仅当基本块*C*的第一个指令可能紧跟在*B*的最后一条指令之后执行
  - 有两种方式可以确认这样的边：
    - 有一个从*B*的结尾跳转到*C*的开头的条件或无条件跳转语句
    - 按照原来的三地址语句序列中的顺序，*C*紧跟在之*B*后，且*B*的结尾不存在无条件跳转语句

例

B_1
(1) $i = m - 1$
(2) $j = n$
(3) $t_1 = 4 * n$
(4) $v = a[t_1]$

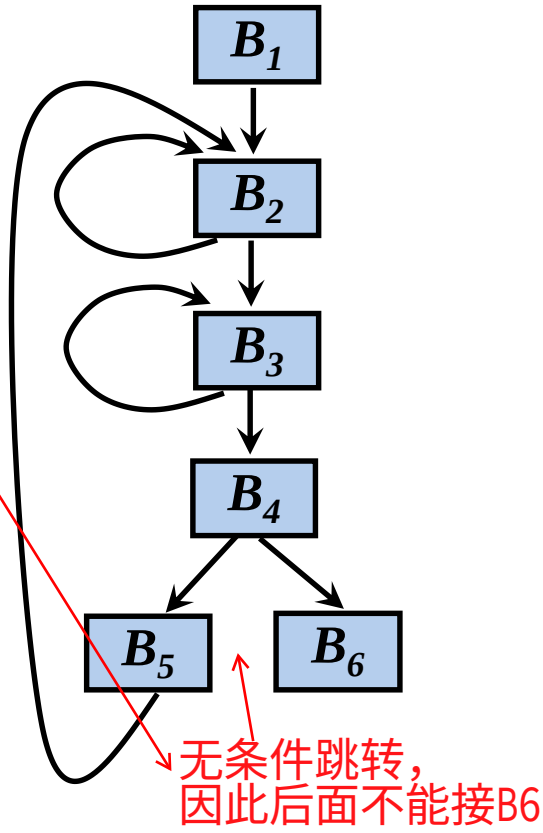
B_2
(5) $i = i + 1$
(6) $t_2 = 4 * i$
(7) $t_3 = a[t_2]$
(8) *if* $t_3 > v$ *goto*(5)

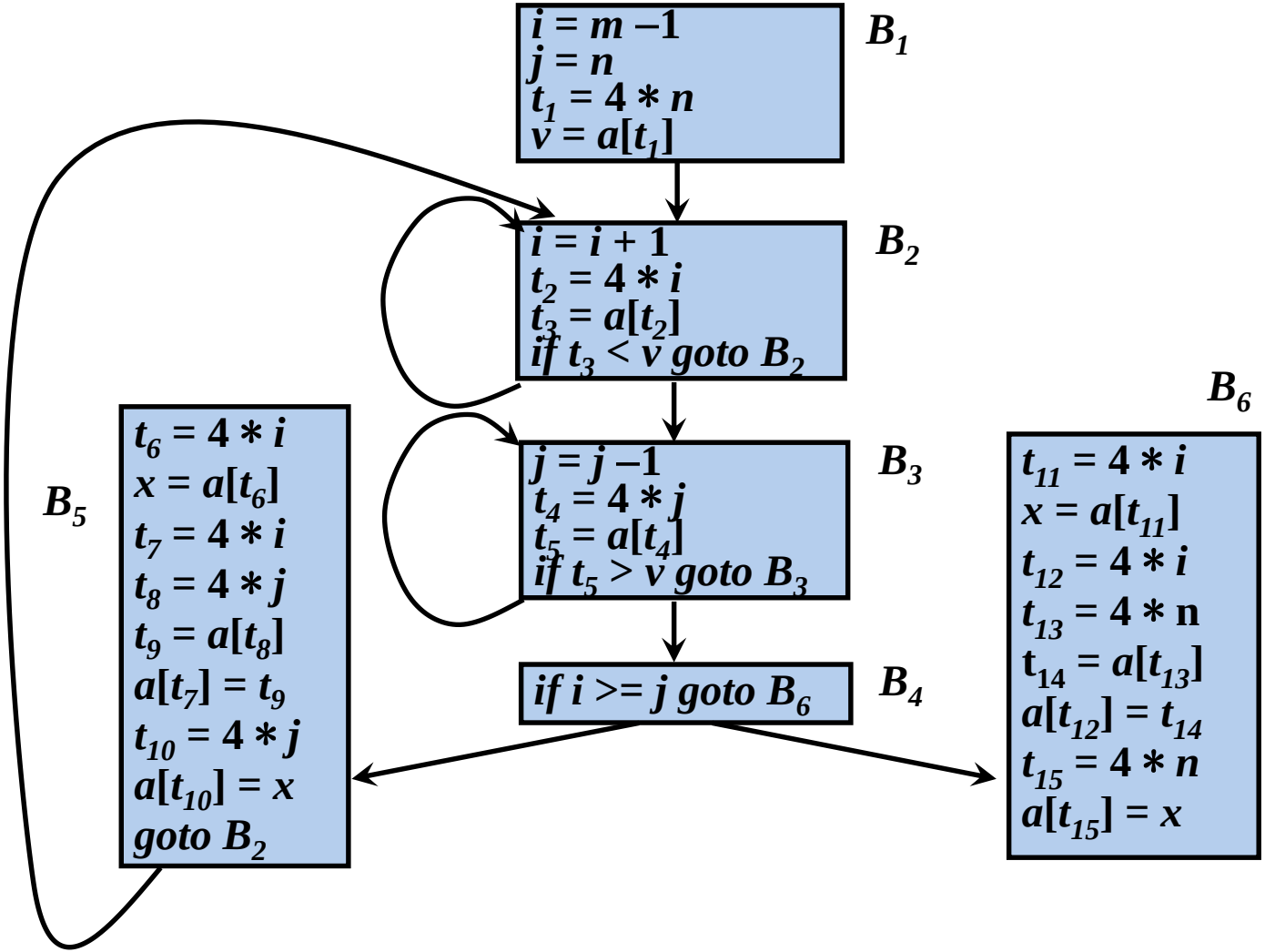
B_3
(9) $j = j - 1$
(10) $t_4 = 4 * j$
(11) $t_5 = a[t_4]$
(12) *if* $t_5 > v$ *goto*(9)

B_4
(13) *if* $i >= j$ *goto*(23)
(14) $t_6 = 4 * i$
(15) $x = a[t_6]$

B_5
(16) $t_7 = 4 * i$
(17) $t_8 = 4 * j$
(18) $t_9 = a[t_8]$
(19) $a[t_7] = t_9$
(20) $t_{10} = 4 * j$
(21) $a[t_{10}] = x$
(22) *goto* (5)

B_6
(23) $t_{11} = 4 * i$
(24) $x = a[t_{11}]$
(25) $t_{12} = 4 * i$
(26) $t_{13} = 4 * n$
(27) $t_{14} = a[t_{13}]$
(28) $a[t_{12}] = t_{14}$
(29) $t_{15} = 4 * n$
(30) $a[t_{15}] = x$




i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
t6 = 4 * i
x = a[t6]
t7 = 4 * i
t8 = 4 * j
t9 = a[t8]
a[t7] = t9
t10 = 4 * j
a[t10] = x
goto B2
B5
B6
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x

第八章 代码优化

流 图

哈尔滨工业大学 陈鄞

第八章 代码优化

常用的代码优化方法(1)

哈尔滨工业大学 陈鄞

优化的分类

- 机器无关优化
  - 针对中间代码
- 机器相关优化
  - 针对目标代码
- 局部代码优化
  - 单个基本块范围内的优化
- 全局代码优化
  - 面向多个基本块的优化

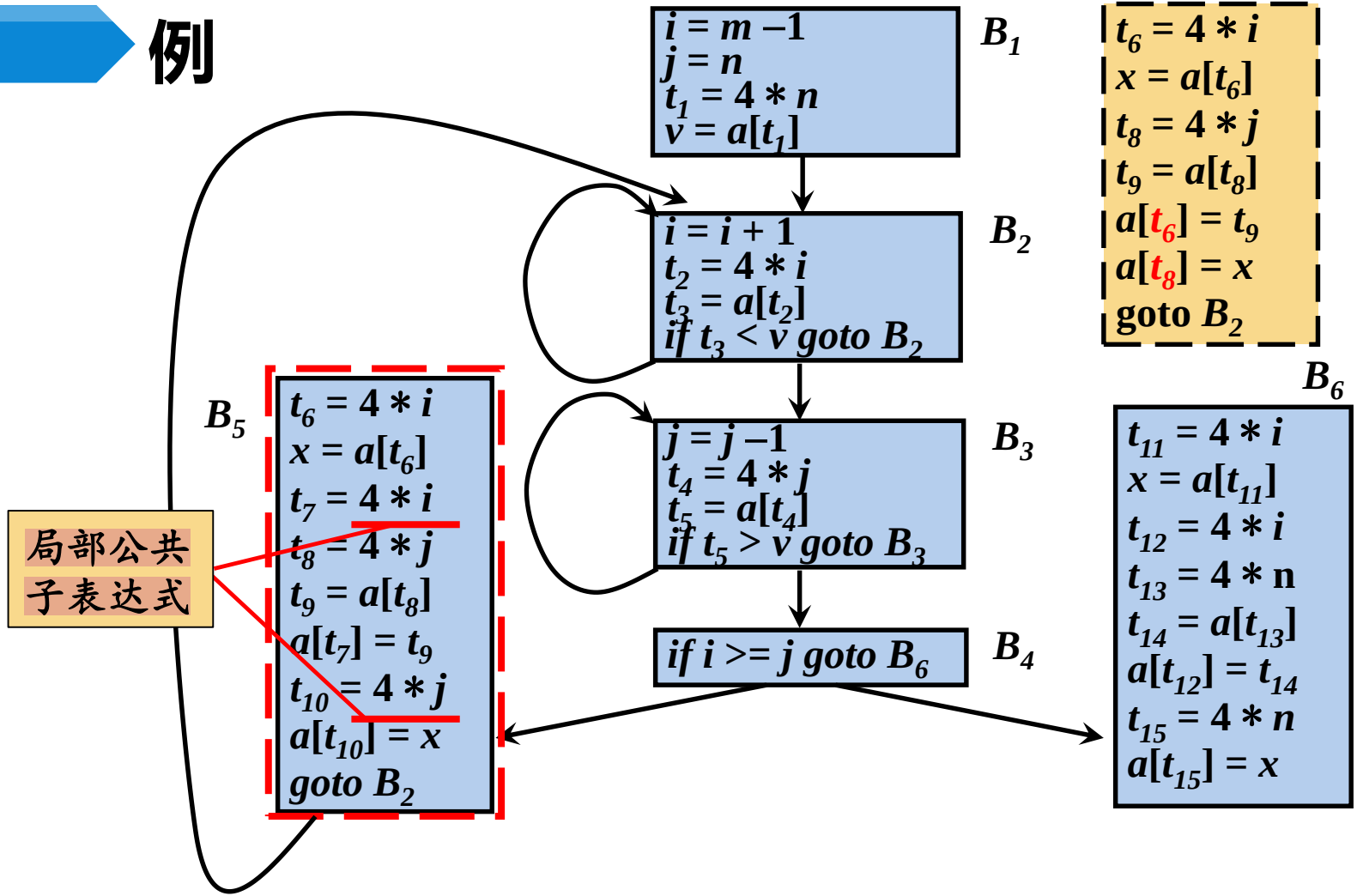
常用的优化方法

- 删除公共子表达式
- 删除无用代码
- 常量合并
- 代码移动
- 强度削弱
- 删除归纳变量

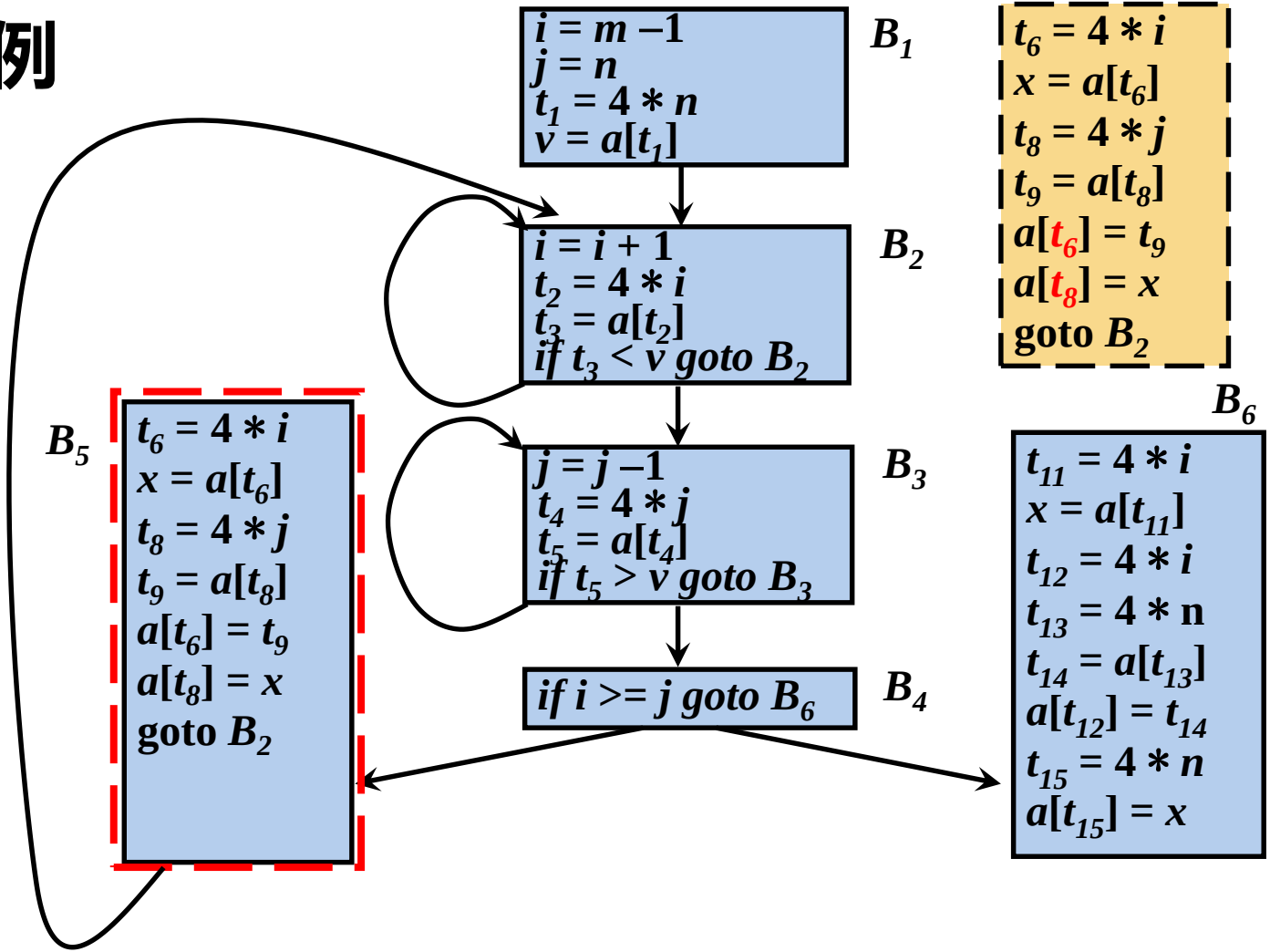
① 删除公共子表达式

- 公共子表达式
  - 如果表达式x op y先前已被计算过，并且从先前的计算到现在，x op y中变量的值没有改变，那么x op y的这次出现就称为公共子表达式(*common subexpression*)

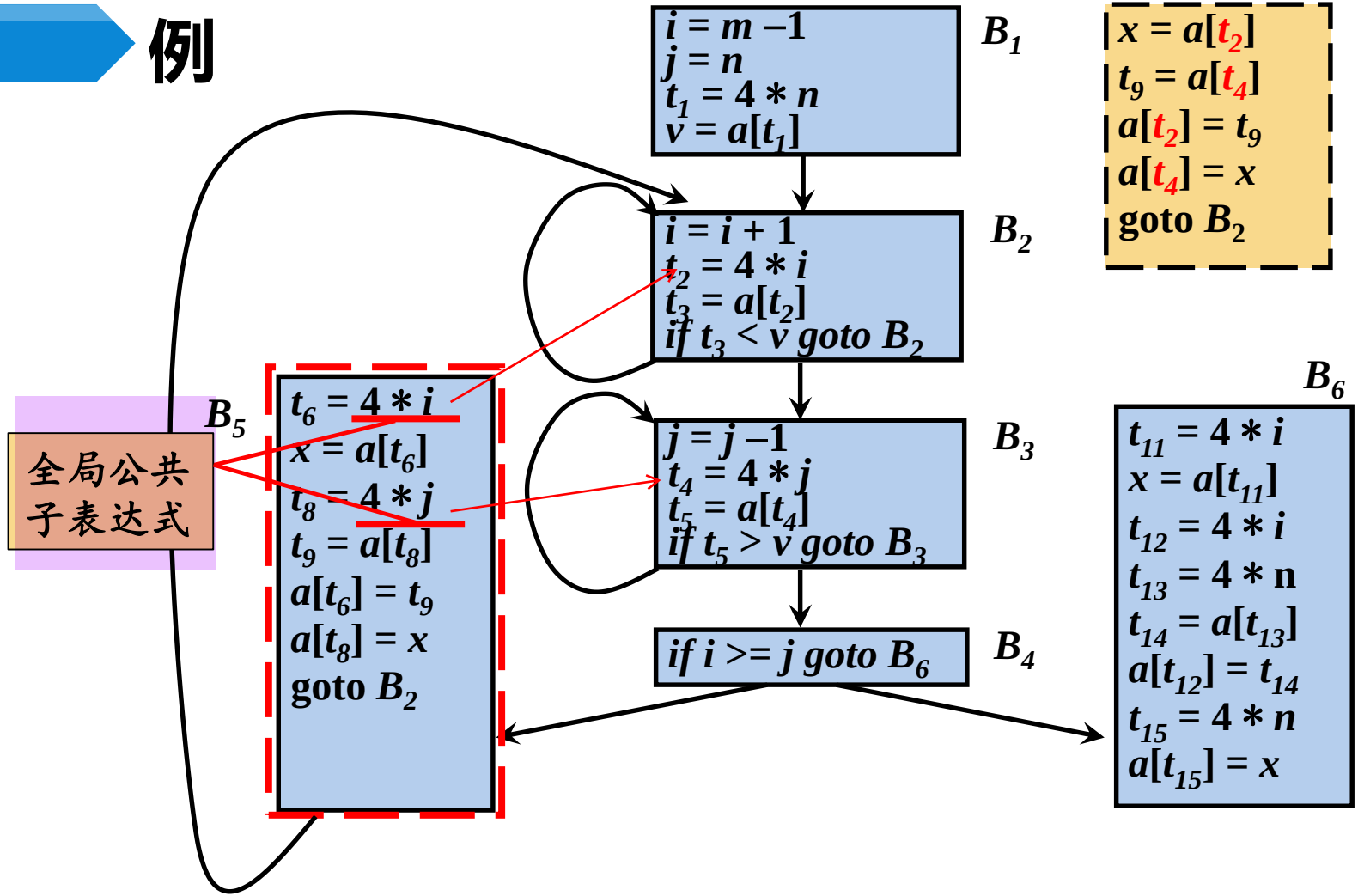
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
B5
t6 = 4 * i
x = a[t6]
t7 = 4 * i
t8 = 4 * j
t9 = a[t8]
a[t7] = t9
t10 = 4 * j
a[t10] = x
goto B2
局部公共
子表达式
t6 = 4 * i
x = a[t6]
t8 = 4 * j
t9 = a[t8]
a[t6] = t9
a[t8] = x
goto B2
B6
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x

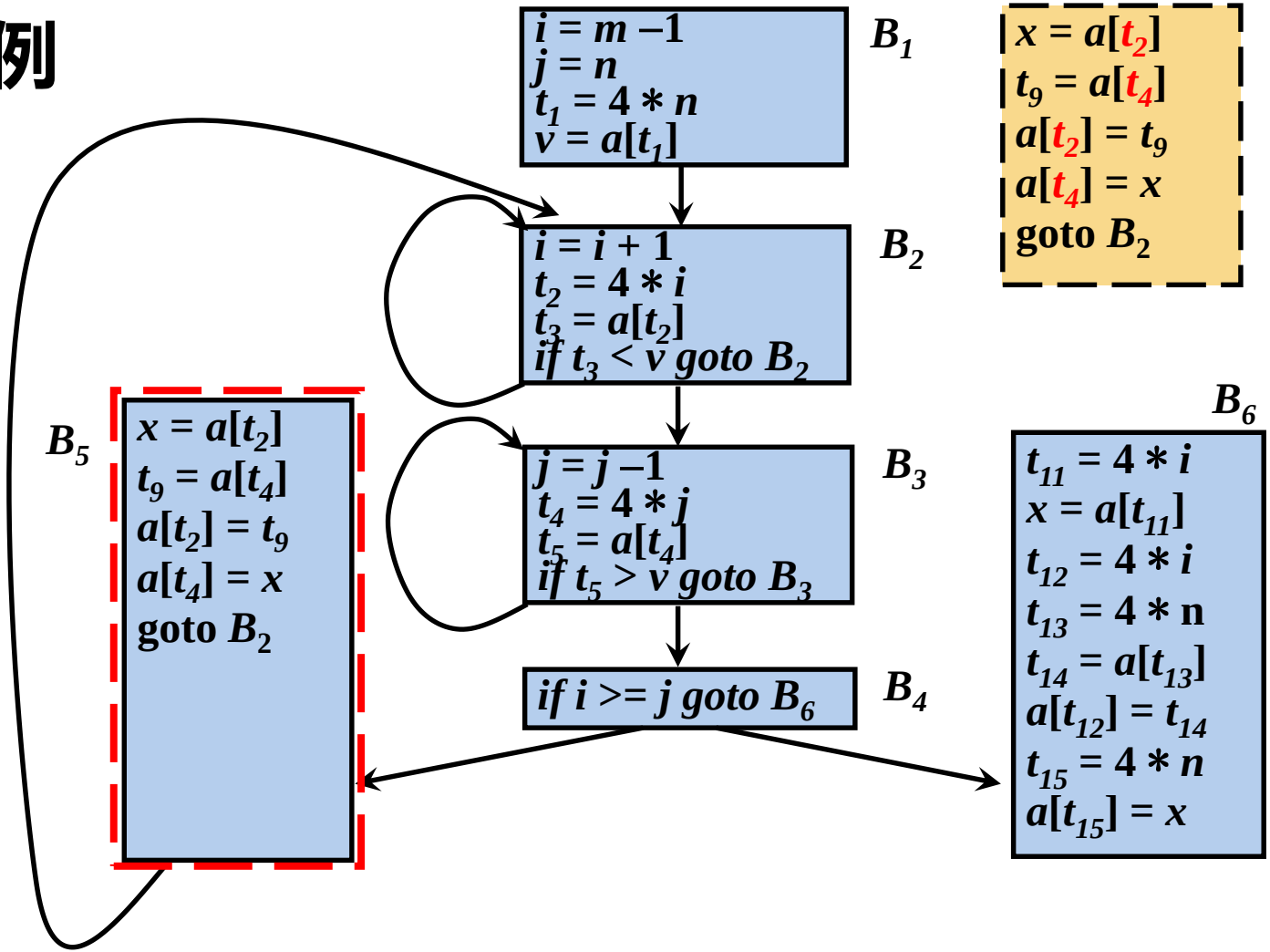
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
t6 = 4 * i
x = a[t6]
t8 = 4 * j
t9 = a[t8]
a[t6] = t9
a[t8] = x
goto B2
B5
t6 = 4 * i
x = a[t6]
t8 = 4 * j
t9 = a[t8]
a[t6] = t9
a[t8] = x
goto B2
B6
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x

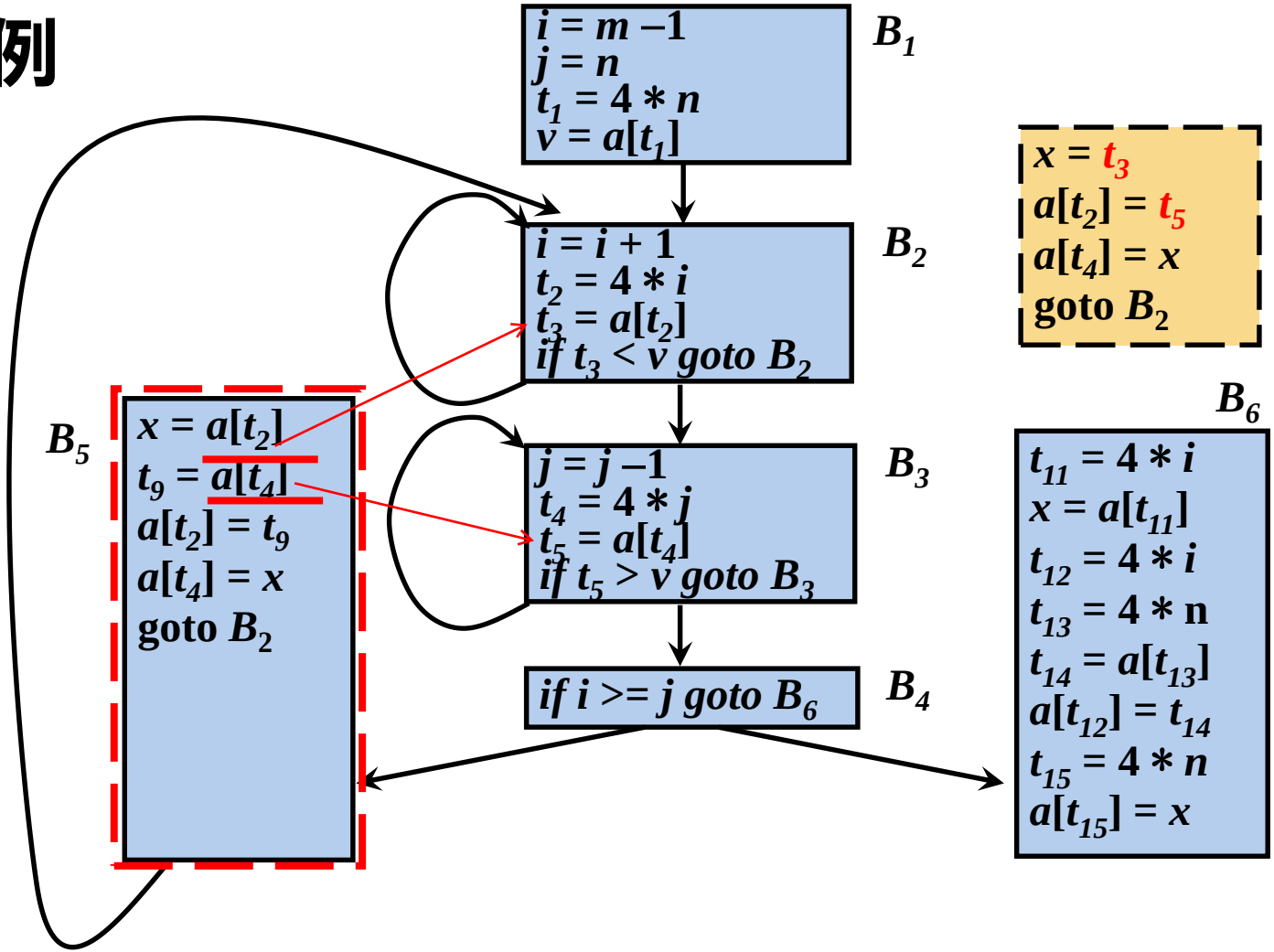
例


$i = m - 1$
$j = n$
$t_1 = 4 * n$
$v = a[t_1]$
B_1
$i = i + 1$
$t_2 = 4 * i$
$t_3 = a[t_2]$
if $t_3 < v$ goto B_2
B_2
$j = j - 1$
$t_4 = 4 * j$
$t_5 = a[t_4]$
if $t_5 > v$ goto B_3
B_3
if $i >= j$ goto B_6
B_4
$t_6 = 4 * i$
$x = a[t_6]$
$t_8 = 4 * j$
$t_9 = a[t_8]$
$a[t_6] = t_9$
$a[t_8] = x$
goto B_2
B_5
全局公共子表达式
$x = a[t_2]$
$t_9 = a[t_4]$
$a[t_2] = t_9$
$a[t_4] = x$
goto B_2
B_6
$t_{11} = 4 * i$
$x = a[t_{11}]$
$t_{12} = 4 * i$
$t_{13} = 4 * n$
$t_{14} = a[t_{13}]$
$a[t_{12}] = t_{14}$
$t_{15} = 4 * n$
$a[t_{15}] = x$

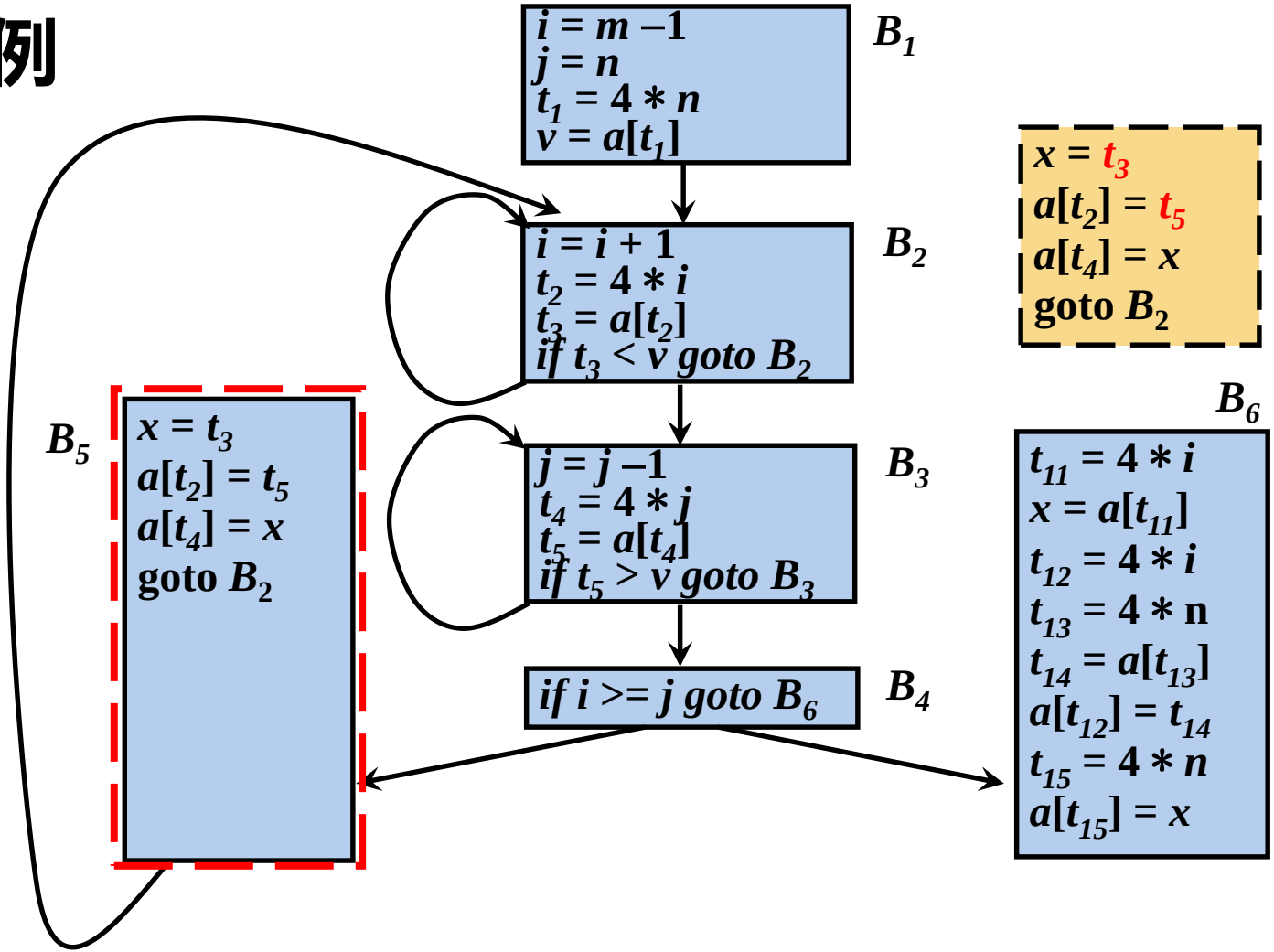
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = a[t2]
t9 = a[t4]
a[t2] = t9
a[t4] = x
goto B2
B5
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x
B6
x = a[t2]
t9 = a[t4]
a[t2] = t9
a[t4] = x
goto B2

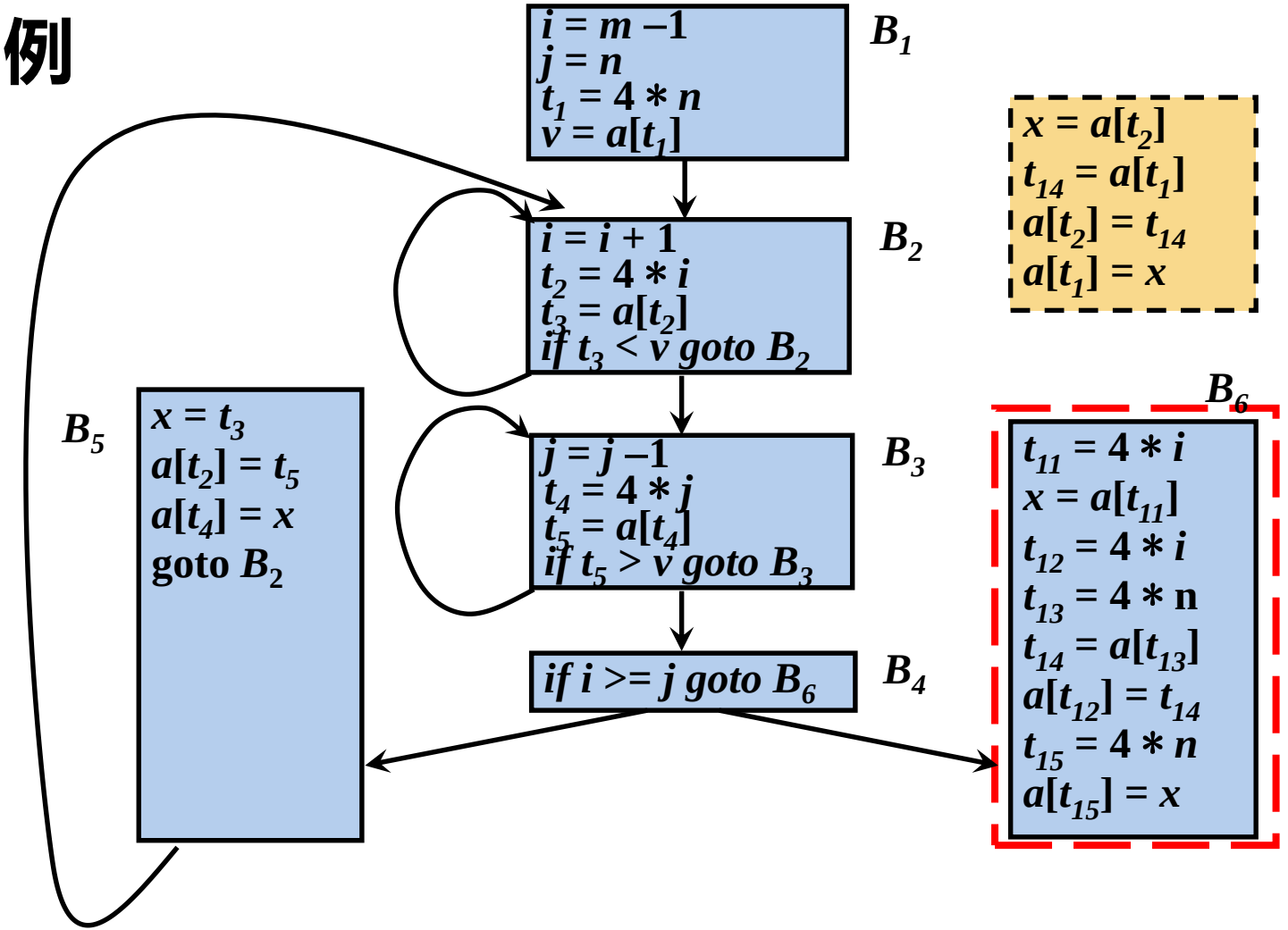
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = a[t2]
t9 = a[t4]
a[t2] = t9
a[t4] = x
goto B2
B5
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B6
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x

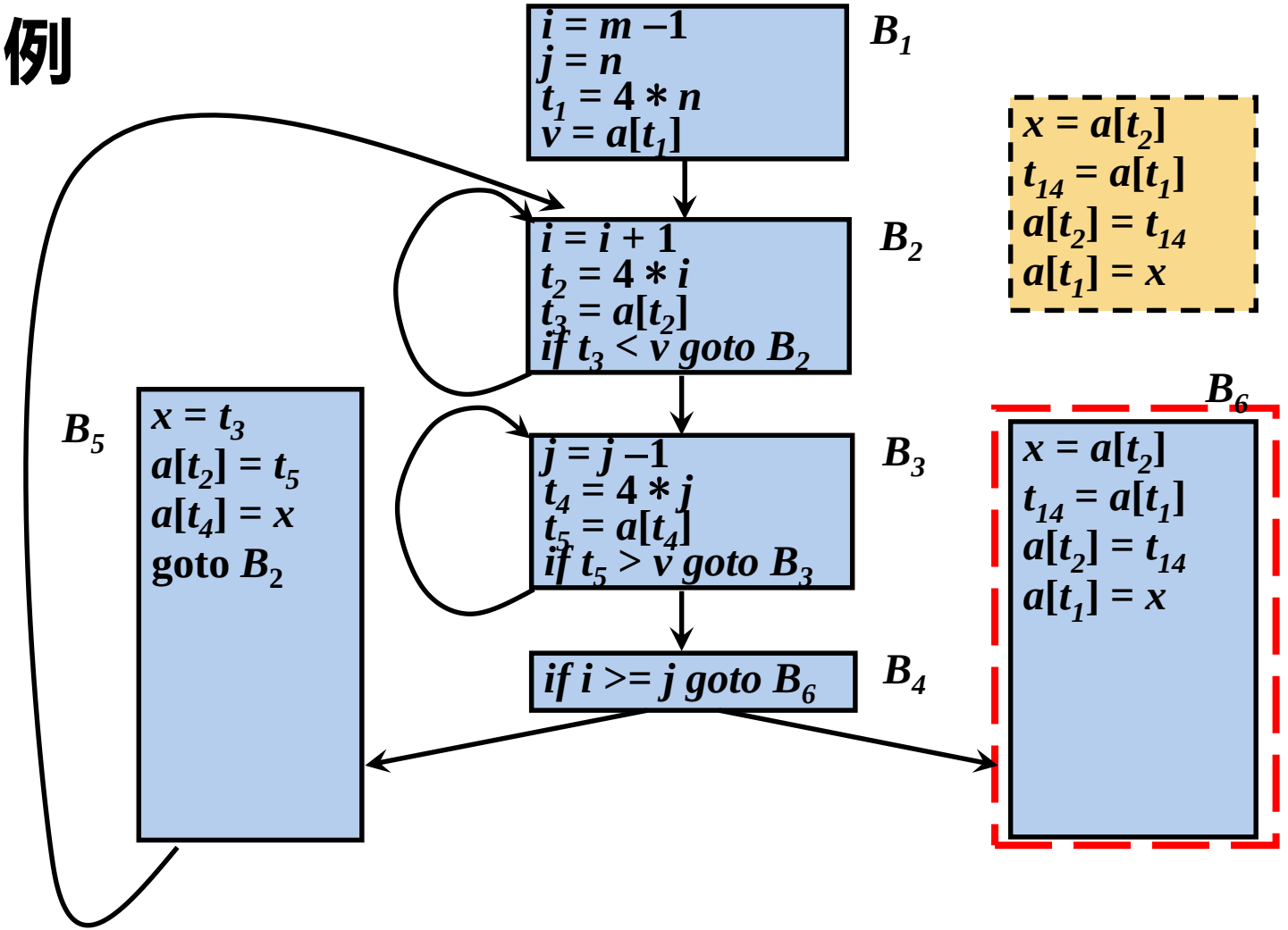
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B5
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B6
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x

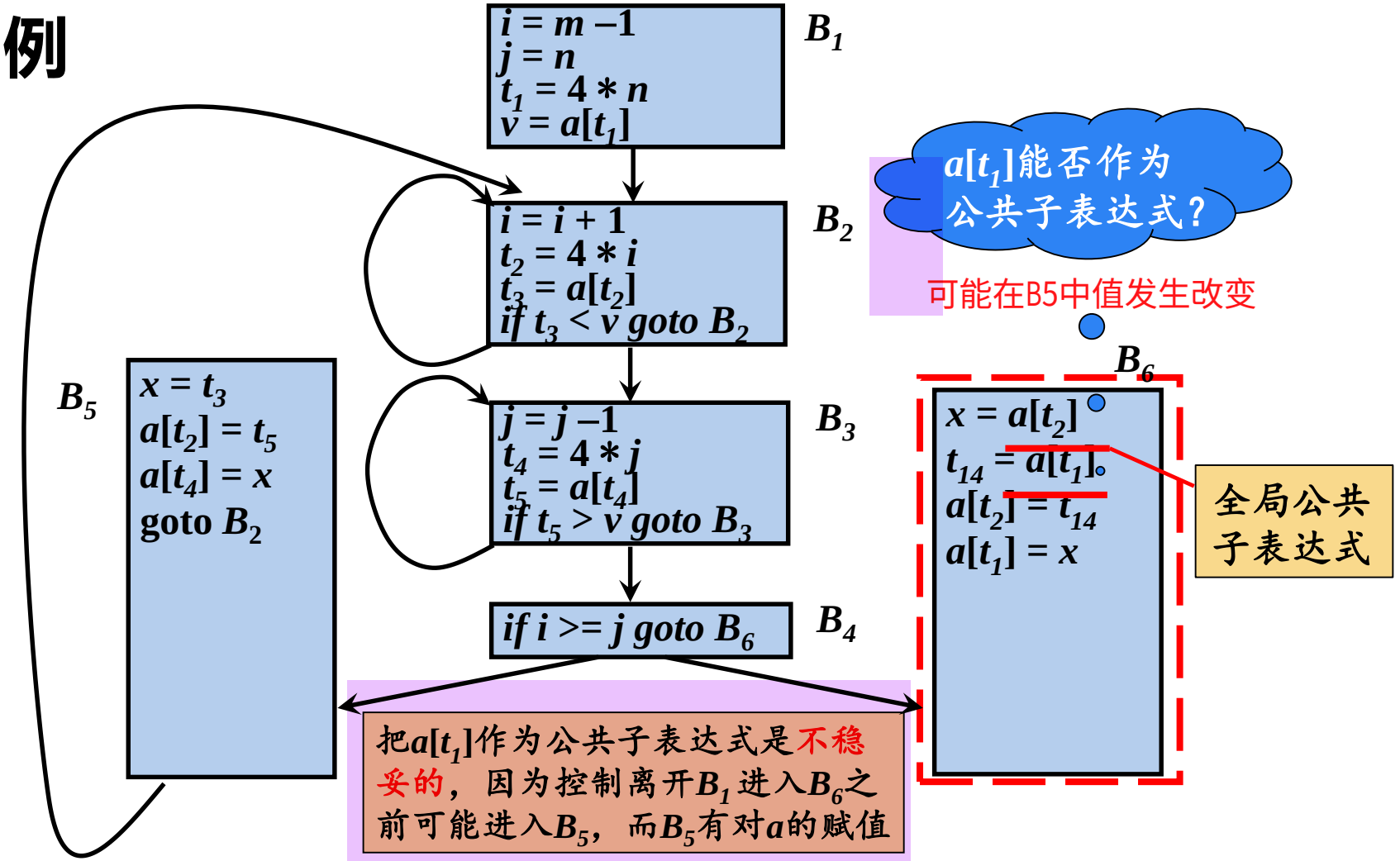
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B5
x = a[t2]
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x
B6
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x

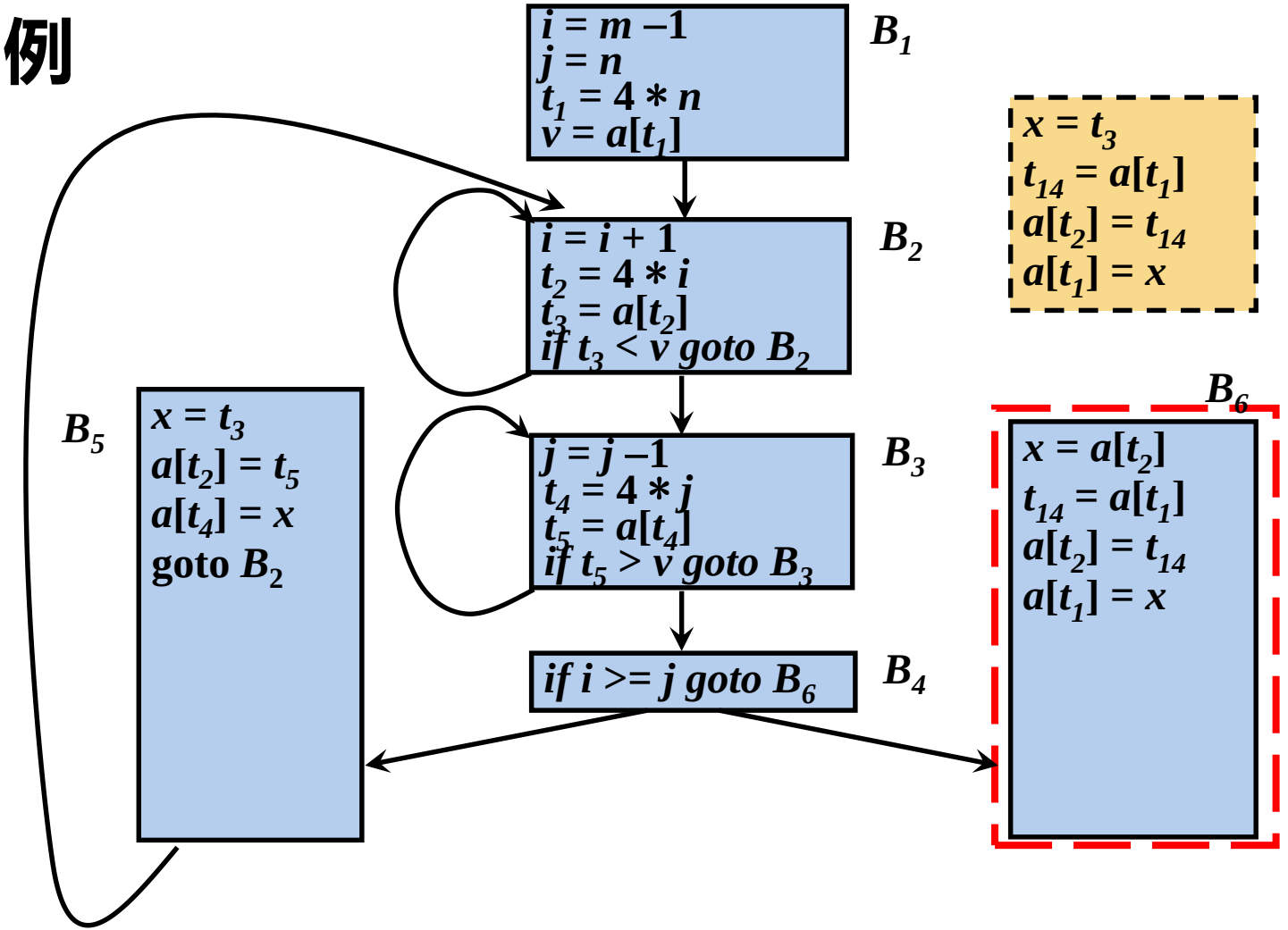
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B5
x = a[t2]
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x
B6
x = a[t2]
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x

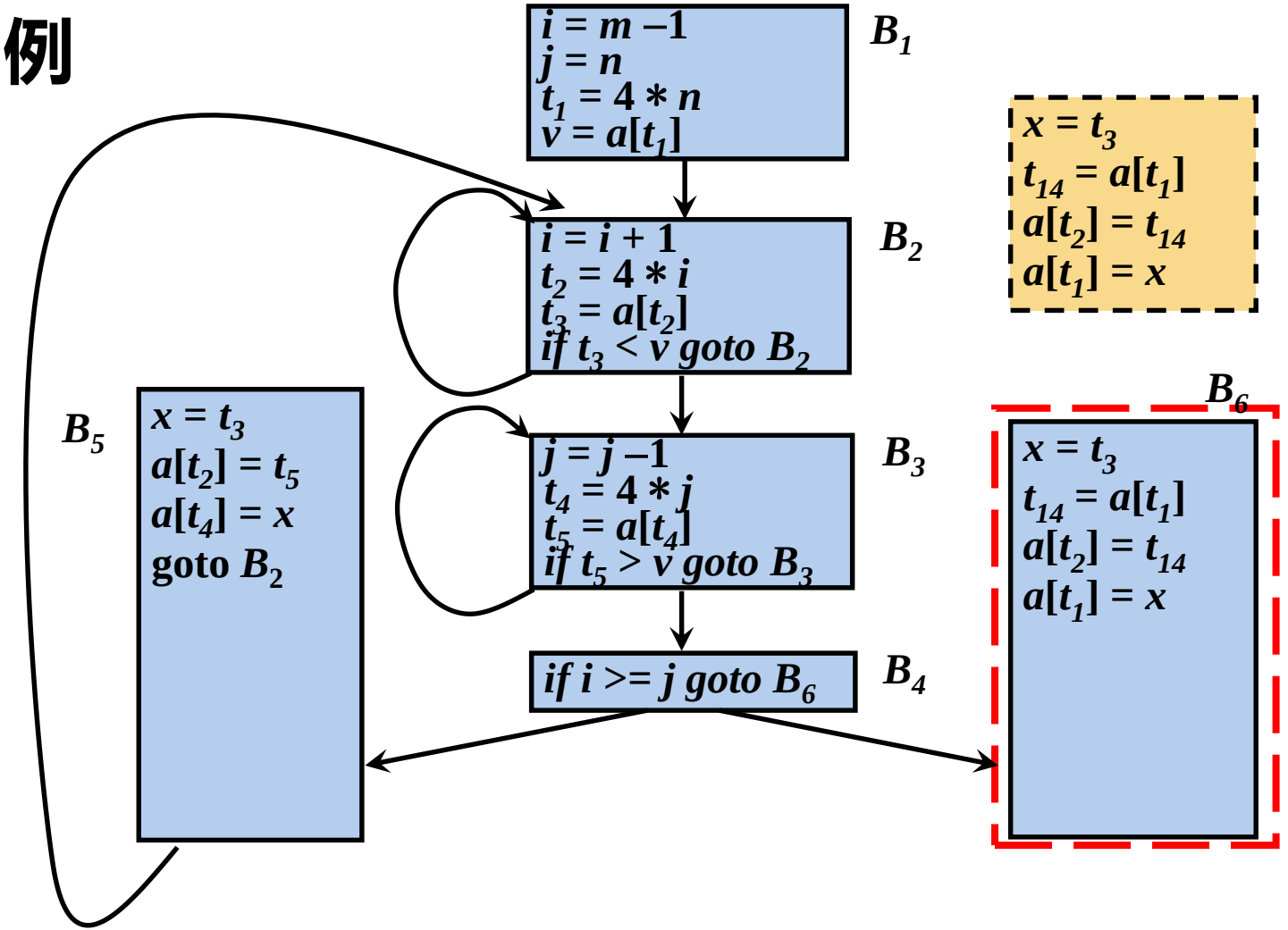
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
B5
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B6
x = a[t2]
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x
a[t1]能否作为公共子表达式?
可能在B5中值发生改变
全局公共子表达式
把a[t1]作为公共子表达式是不稳妥的，因为控制离开B1进入B6之前可能进入B5，而B5有对a的赋值

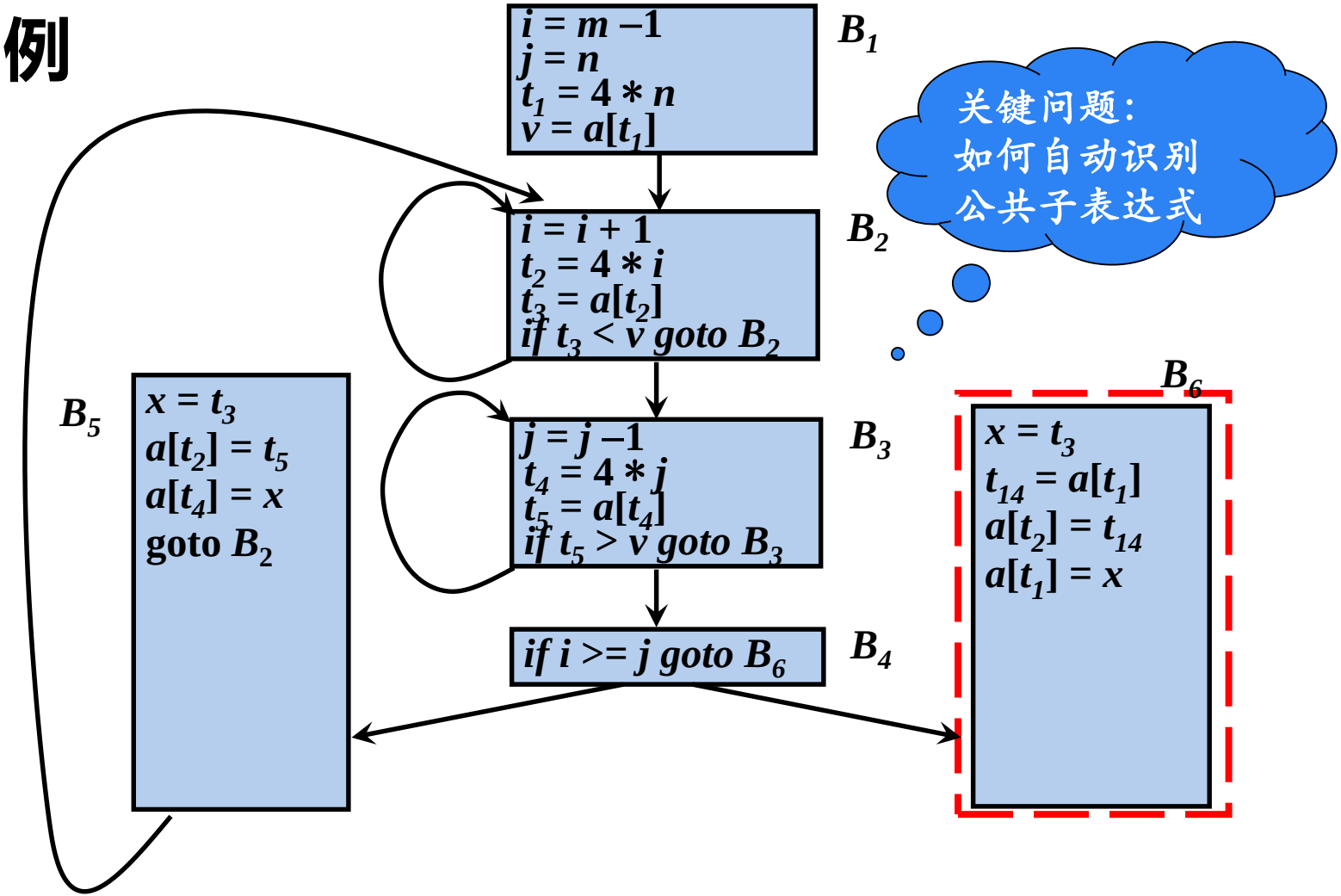
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B5
x = t3
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x
x = a[t2]
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x
B6

例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B5
x = t3
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x
B6
x = t3
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x

例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
x = t3
a[t2] = t5
a[t4] = x
goto B2
B5
x = t3
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = x
B6
关键问题：
如何自动识别
公共子表达式

第八章 代码优化

常用的代码优化方法(1)

哈尔滨工业大学 陈鄞

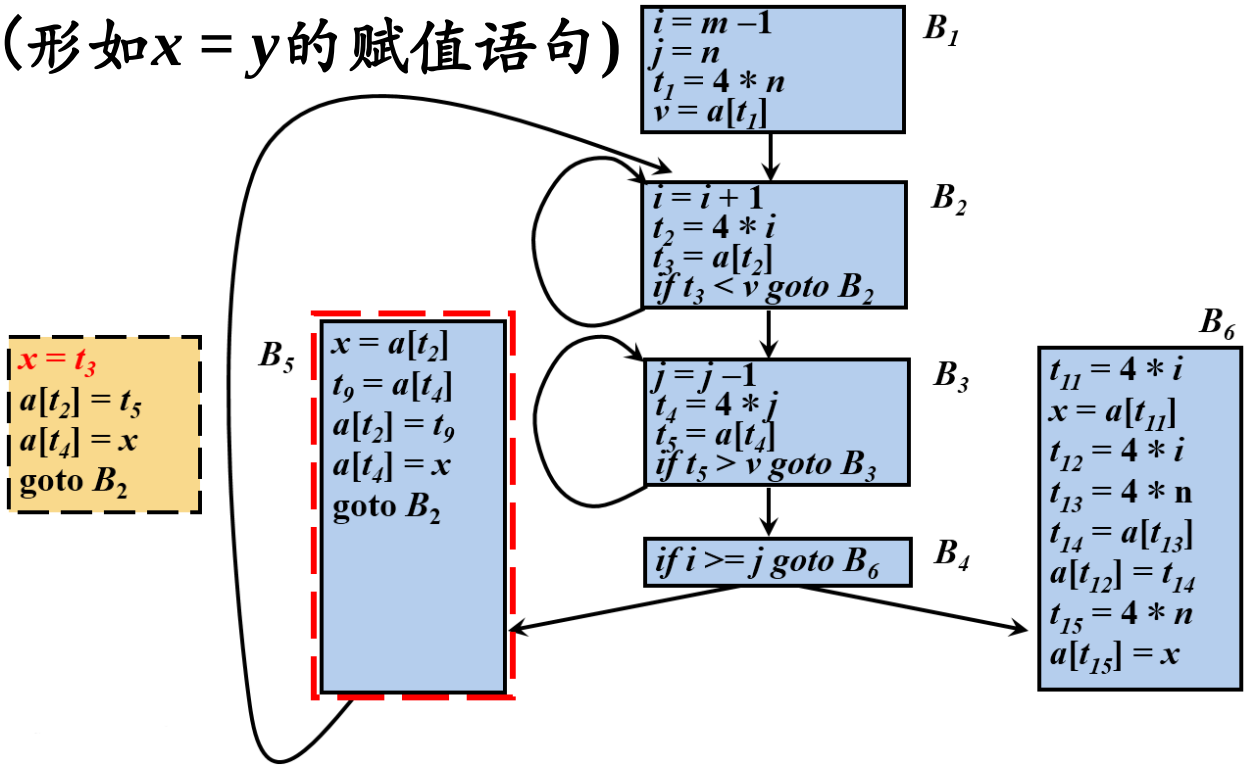
第八章 代码优化

常用的代码优化方法(2)

哈尔滨工业大学 陈鄞

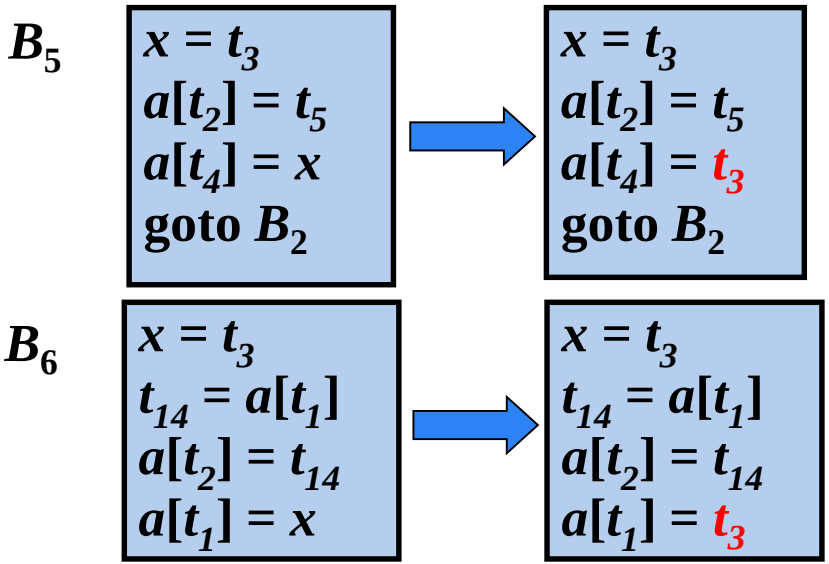
② 删除无用代码

- 复制传播
  - 常用的公共子表达式消除算法和其它一些优化算法会引入一些复制语句(形如$x = y$的赋值语句)



② 删除无用代码

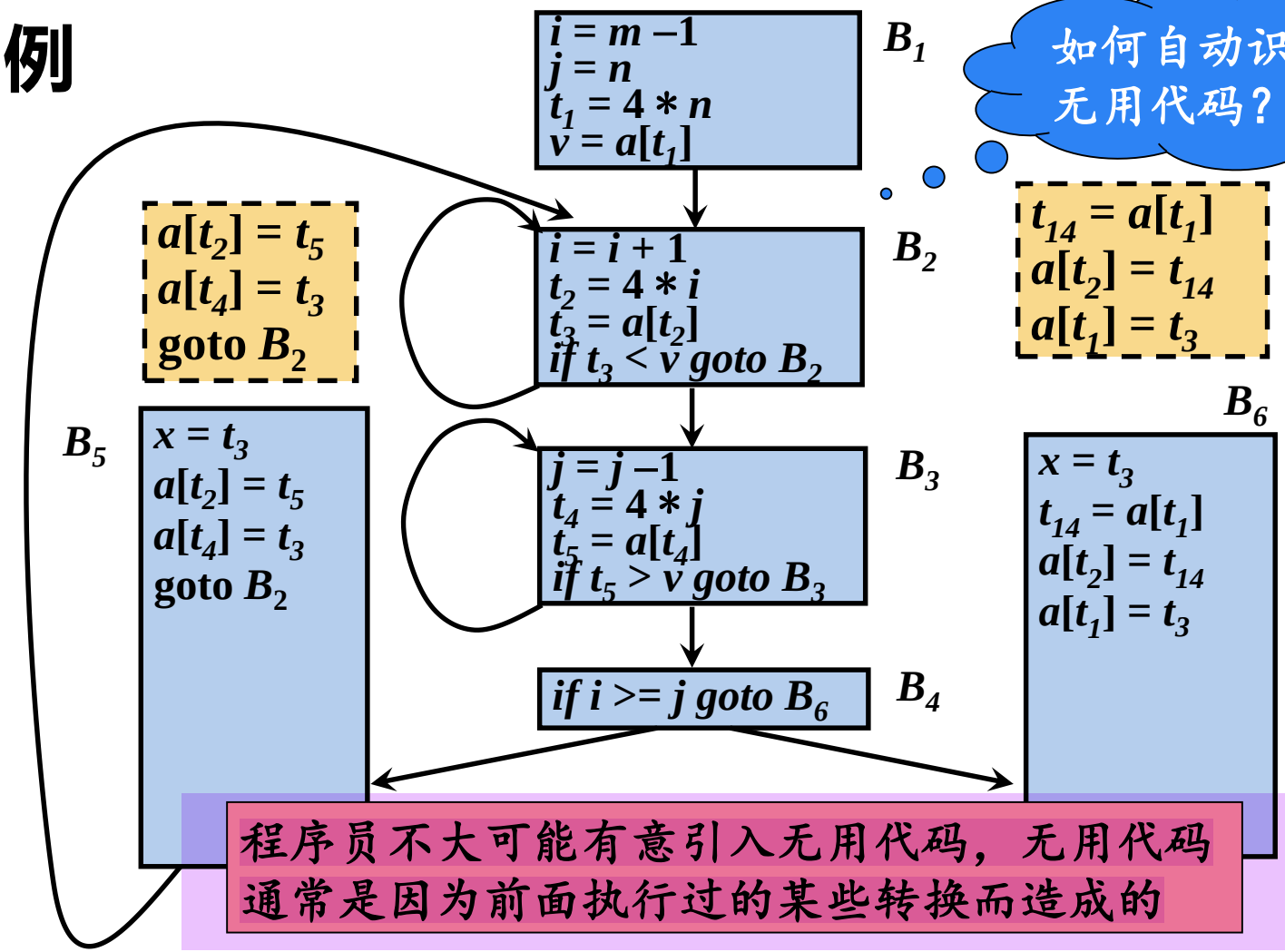
- 复制传播
  - 常用的公共子表达式消除算法和其它一些优化算法会引入一些复制语句(形如$x = y$的赋值语句)
  - 复制传播：在复制语句$x = y$之后尽可能地用y代替x
  - 例



② 删除无用代码

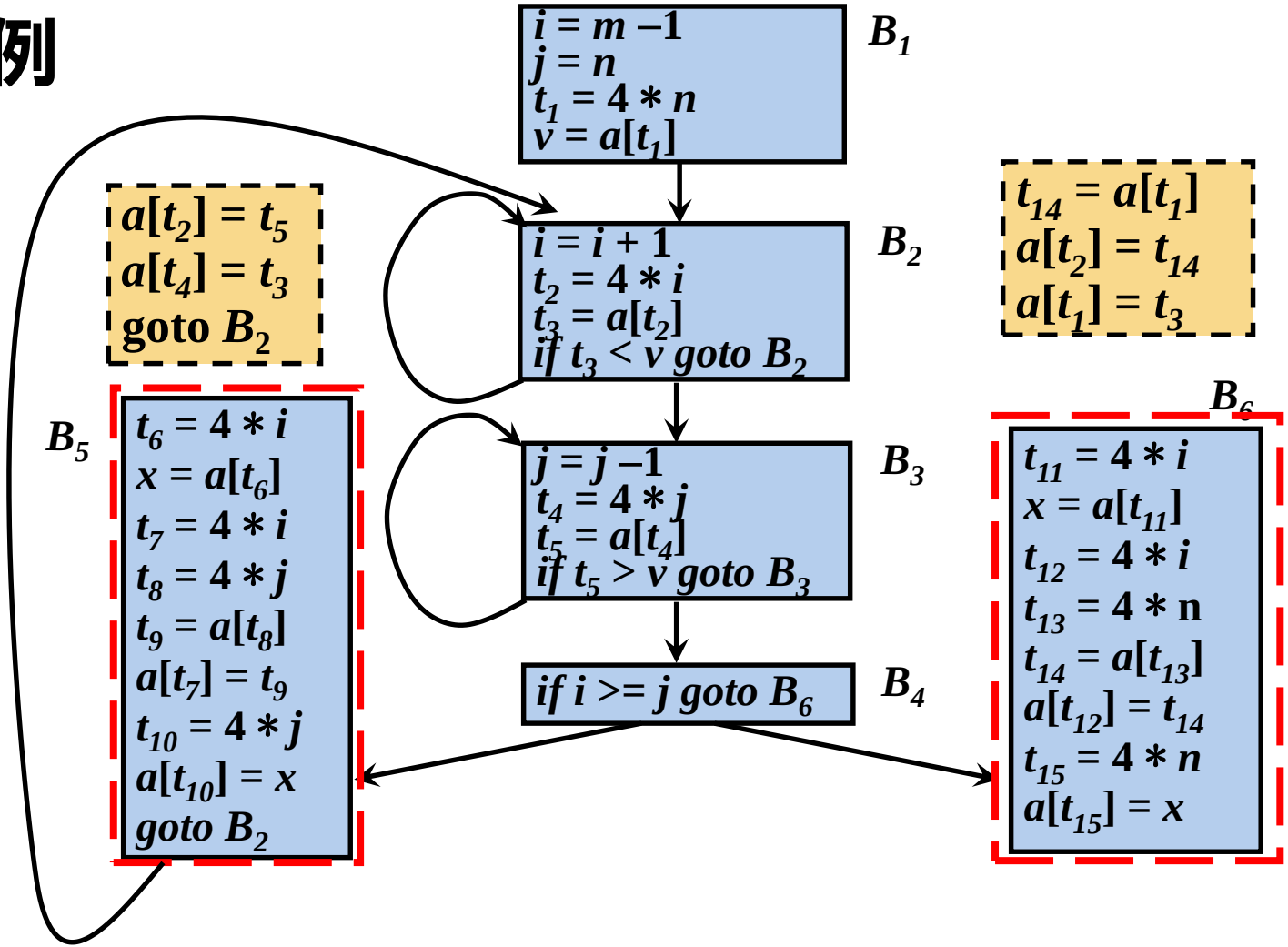
- 复制传播
  - 常用的公共子表达式消除算法和其它一些优化算法会引入一些复制语句(形如$x = y$的赋值语句)
  - 复制传播：在复制语句$x = y$之后尽可能地用y代替x
    - 复制传播给删除无用代码带来机会
- 无用代码(死代码*Dead-Code*)：其计算结果永远不会被使用的语句

例



程序员不大可能有意引入无用代码，无用代码通常是因为前面执行过的某些转换而造成的

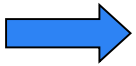
例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
a[t2] = t5
a[t4] = t3
goto B2
B5
t6 = 4 * i
x = a[t6]
t7 = 4 * i
t8 = 4 * j
t9 = a[t8]
a[t7] = t9
t10 = 4 * j
a[t10] = x
goto B2
t14 = a[t1]
a[t2] = t14
a[t1] = t3
B6
t11 = 4 * i
x = a[t11]
t12 = 4 * i
t13 = 4 * n
t14 = a[t13]
a[t12] = t14
t15 = 4 * n
a[t15] = x

③ 常量合并(*Constant Folding*)

- 如果在编译时刻推导出一个表达式的值是常量，就可以使用该常量来替代这个表达式。该技术被称为常量合并
  - 例： $l = 2*3.14*r$

$t_1 = 2 * 3.14$
$t_2 = t_1 * r$
$l = t_2$



$t_1 = 2 * 3.14$
$t_2 = 6.28 * r$
$l = t_2$

④ 代码移动(*Code Motion*)

- 代码移动
  - 这个转换处理的是那些不管循环执行多少次都得到相同结果的表达式(即循环不变计算，*loop-invariant computation*)，在进入循环之前就对它们求值

例

- 原始程序

```
for( n=10; n<360; n++ )
{ S=1/360*pi*r*r*n;
  printf( “Area is %f ”, S );
}
```

- 优化后程序

```
C= 1/360*pi*r*r;
for( n=10; n<360; n++ )
{ S=C*n;
  printf( “Area is %f ”, S );
}
```

循环不变计算

(1) $n = 1$
(2) if n>360 goto(21)
(3) goto (4)
(4) $t_1 = 1 / 360$
(5) $t_2 = t_1 * pi$
(6) $t_3 = t_2 * r$
(7) $t_4 = t_3 * r$
(8) $t_5 = t_4 * n$
(9) $S = t_5$
… …
(18) $t_9 = n + 1$
(19) $n = t_9$
(20) goto (4)
(21)

如何自动识别循环不变计算？

循环不变计算的相对性

- 对于多重嵌套的循环，循环不变计算是相对于某个循环而言的。可能对于更加外层的循环，它就不是循环不变计算
  - 例：

```
for(i = 1; i<10; i++)
    for( n=1; n<360/(5*i); n++ )
    {   S=(5*i)/360*pi*r*r*n; ... }
```

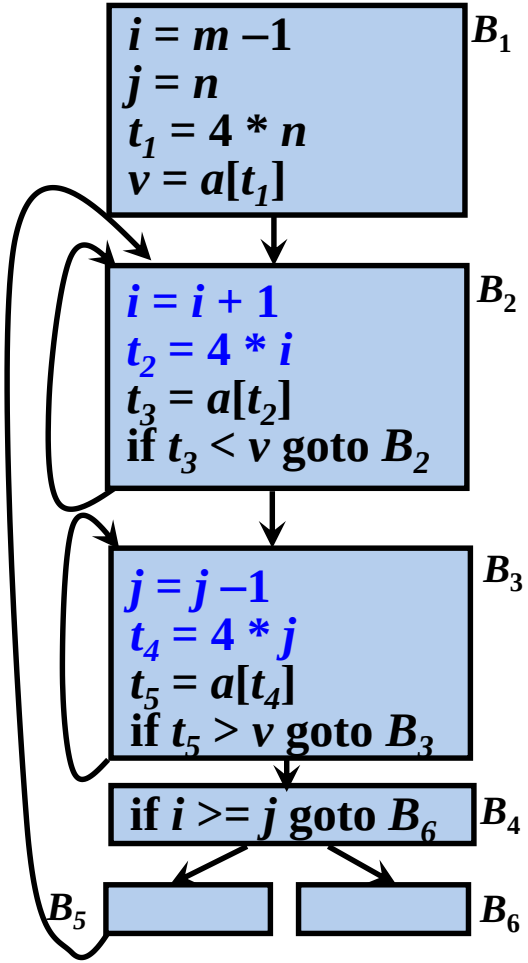
⑤ 强度削弱(*Strength Reduction*)

- 强度削弱
  - 用较快的操作代替较慢的操作，如用加代替乘
  - 例
    - $2*x$ 或 $2.0*x$ ⇒ $x+x$
    - $x/2$ ⇒ $x*0.5$
    - x^2 ⇒ $x*x$
    - $a_nx^n+a_{n-1}x^{n-1}+\ldots+a_1x+a_0$ ⇒$((\ldots(a_nx+a_{n-1})x+a_{n-2})\ldots)x+a_1)x+a_0$

循环中的强度削弱

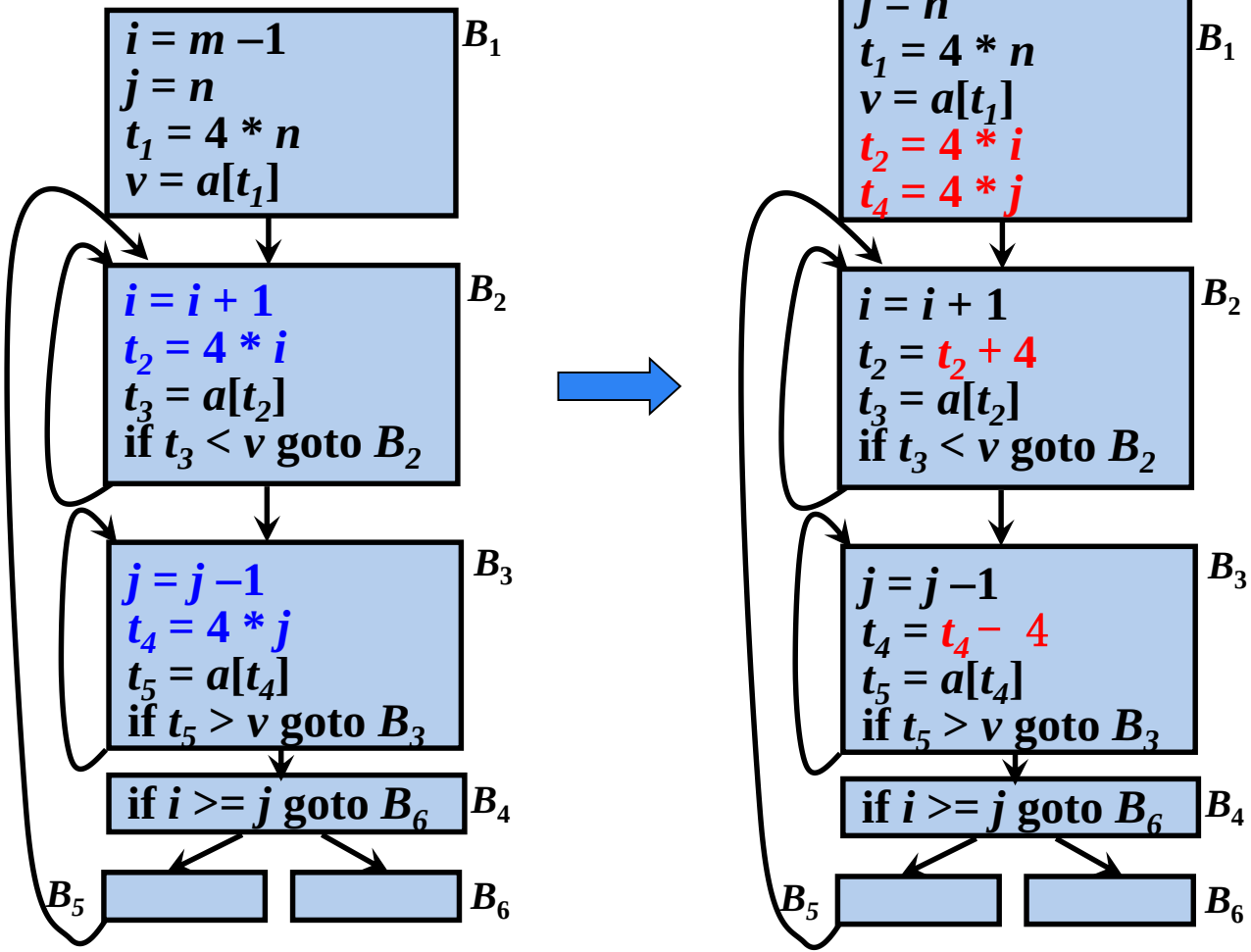
- 归纳变量
  - 对于一个变量x，如果存在一个正的或负的常数c使得每次x被赋值时它的值总增加c，那么x就称为归纳变量(*Induction Variable*)

例

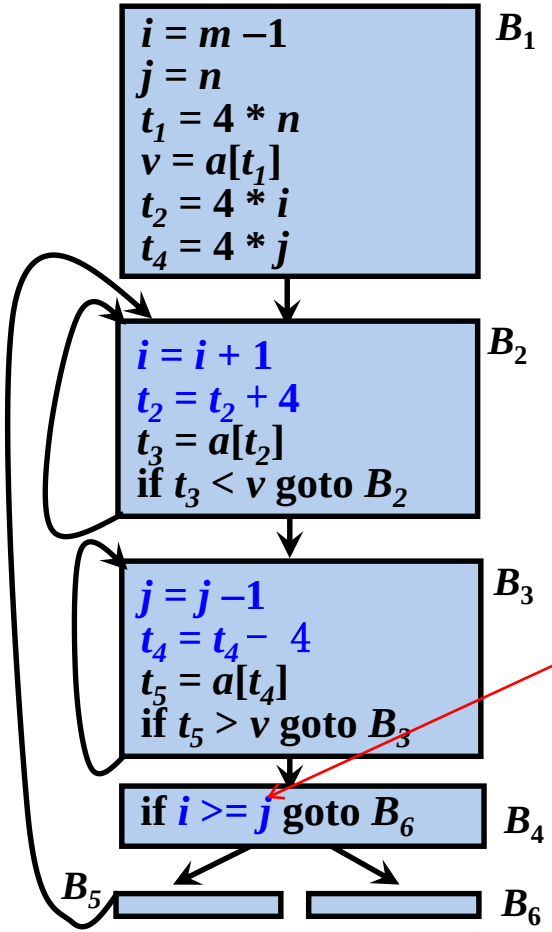


归纳变量可以通过在每次循环迭代中进行一次简单的增量运算(加法或减法)来计算

例


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
B1
i = i + 1
t2 = 4 * i
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = 4 * j
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
B5
B6
i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
t2 = 4 * i
t4 = 4 * j
B1
i = i + 1
t2 = t2 + 4
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = t4 – 4
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
B5
B6

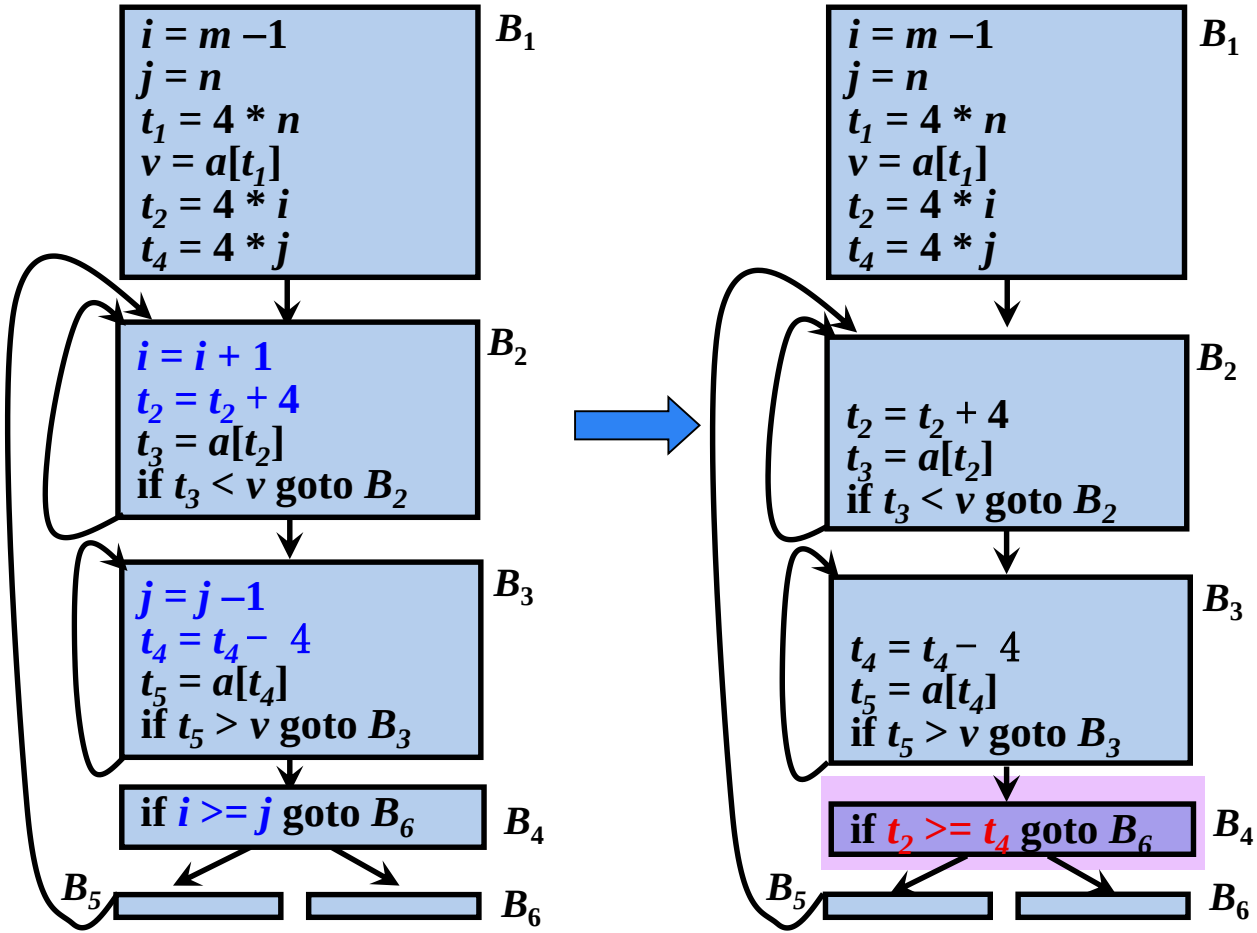
⑥ 删除归纳变量



在沿着循环运行时，如果有一组归纳变量的值的变化保持步调一致，常常可以将这组变量删除为只剩一个

i j控制t2 t4之后就没有用了，因此删除

⑥ 删除归纳变量


i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
t2 = 4 * i
t4 = 4 * j
B1
i = i + 1
t2 = t2 + 4
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
j = j –1
t4 = t4 – 4
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if i >= j goto B6
B4
B5
B6
i = m –1
j = n
t1 = 4 * n
v = a[t1]
t2 = 4 * i
t4 = 4 * j
B1
t2 = t2 + 4
t3 = a[t2]
if t3 < v goto B2
B2
t4 = t4 – 4
t5 = a[t4]
if t5 > v goto B3
B3
if t2 >= t4 goto B6
B4
B5
B6

第八章 代码优化

常用的代码优化方法(2)

哈尔滨工业大学 陈鄞

第八章 代码优化

基本块的优化

哈尔滨工业大学 陈鄞

基本块的优化

- 很多重要的局部优化技术首先把一个基本块转换成为一个无环有向图(*directed acyclic graph，DAG*)

基本块的 *DAG* 表示

- 例

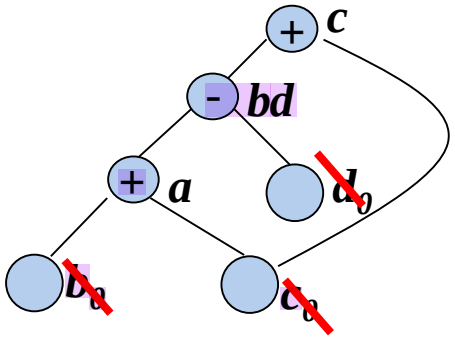
  $a = b + c$

  $b = a - d$

  $c = b + c$

  $d = a - d$

对于形如$x=y+z$的三地址指令，如果已经有一个结点表示$y+z$，就不往DAG中增加新的结点，而是给已经存在的结点附加定值变量x



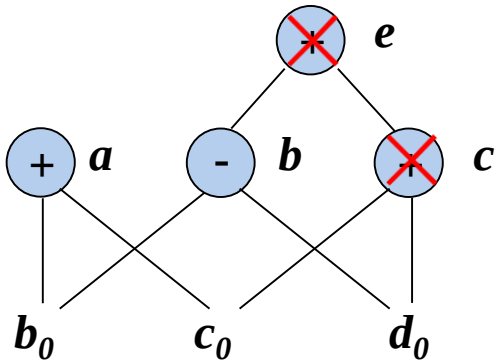
- 基本块中的每个语句s都对应一个内部结点N
  - 结点N的标号是s中的运算符；同时还有一个定值变量表被关联到N，表示s是在此基本块内最晚对表中变量进行定值的语句
  - N的子结点是基本块中在s之前、最后一个对s所使用的运算分量进行定值的语句对应的结点。如果s的某个运算分量在基本块内没有在s之前被定值，则这个运算分量对应的子结点就是代表该运算分量初始值的叶结点(为区别起见，叶节点的定值变量表中的变量加上下脚标0)
  - 在为语句$x=y+z$构造结点N的时候，如果x已经在某结点M的定值变量表中，则从M的定值变量表中删除变量x

基于基本块的 *DAG* 删除无用代码

- 从一个*DAG*上删除所有没有附加活跃变量（活跃变量是指其值可能会在以后被使用的变量）的根结点(即没有父结点的结点)。重复应用这样的处理过程就可以从*DAG*中消除所有对应于无用代码的结点

- 例

$a = b + c$
$b = b - d$
$c = c + d$
$e = b + c$



假设*a*和*b*是活跃变量，但*c*和*e*不是

数组元素赋值指令的表示

- 例

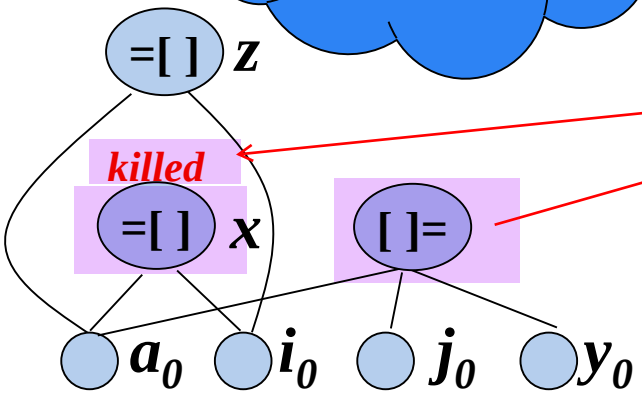
$x=a[i]$

$a[j]=y$

$z=a[i]$

此处可能已经改变了a[i]的值

在构造DAG时，如何防止系统将$a[i]$误判为公共子表达式？



- 对于形如$a[j]=y$的三地址指令，创建一个运算符为“[]=”的结点，这个结点有3个子结点，分别表示a、j和y
- 该结点没有定值变量表
- 该结点的创建将杀死所有已经建立的、其值依赖于a的结点
- 一个被杀死的结点不能再获得任何定值变量，也就是说，它不可能成为一个公共子表达式

根据基本块的*DAG*可以获得一些非常有用的信息

- 确定哪些变量的值在该基本块中赋值前被引用过
  - 在*DAG*中创建了叶结点的那些变量
- 确定哪些语句计算的值可以在基本块外被引用
  - 在*DAG*构造过程中为语句*s*（该语句为变量*x*定值）创建的节点*N*，在*DAG*构造结束时*x*仍然是*N*的定值变量

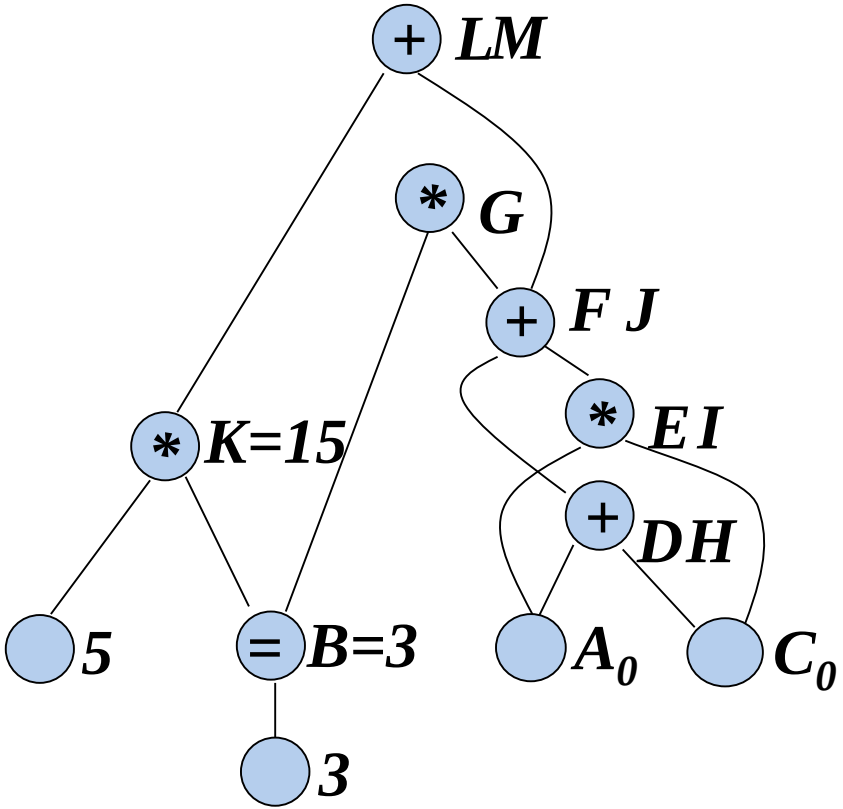
从 *DAG* 到基本块的重组

- 对每个具有若干定值变量的节点，构造一个三地址语句来计算其中某个变量的值
  - 倾向于把计算得到的结果赋给一个在基本块出口处活跃的变量(如果没有全局活跃变量的信息作为依据，就要假设所有变量都在基本块出口处活跃，但是不包含编译器为处理表达式而生成的临时变量)
- 如果结点有多个附加的活跃变量，就必须引入复制语句，以便给每一个变量都赋予正确的值

例

- 给定一个基本块

① $B = 3$
② $D = A + C$
③ $E = A * C$
④ $F = E + D$
⑤ $G = B * F$
⑥ $H = A + C$
⑦ $I = A * C$
⑧ $J = H + I$
⑨ $K = B * 5$
⑩ $L = K + J$
⑪ $M = L$

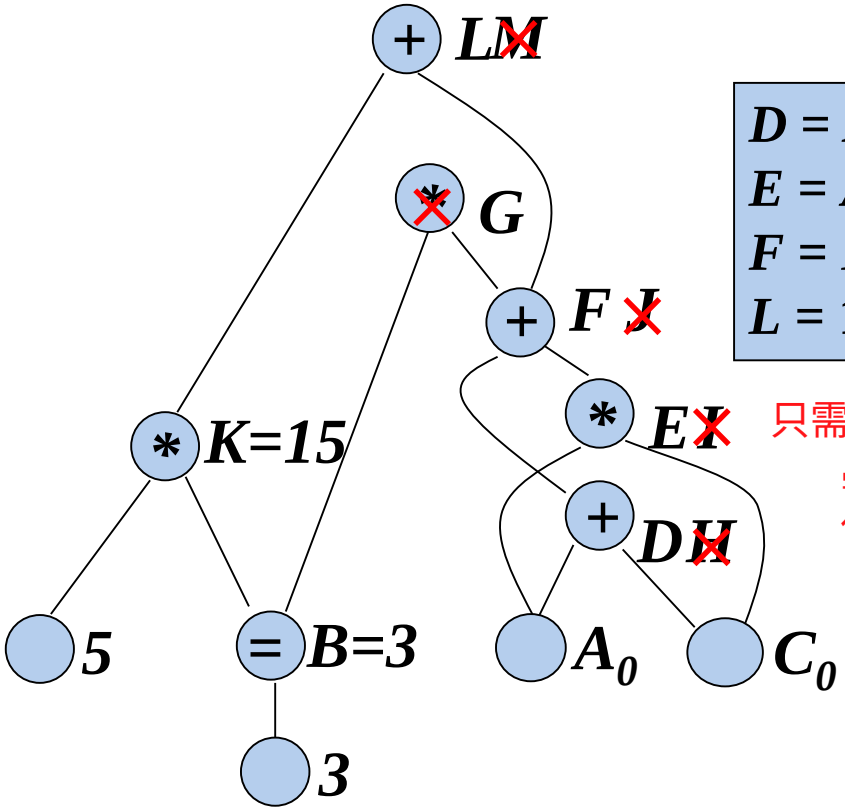


假设：仅变量L在基本块出口之后活跃

例

- 给定一个基本块

① $B = 3$
② $D = A + C$
③ $E = A * C$
④ $F = E + D$
⑤ $G = B * F$
⑥ $H = A + C$
⑦ $I = A * C$
⑧ $J = H + I$
⑨ $K = B * 5$
⑩ $L = K + J$
⑪ $M = L$



$D = A + C$
$E = A * C$
$F = E + D$
$L = 15 + F$

只需要生成一个

需要B的地方直接用5代替，K用15代替

假设：仅变量L在基本块出口之后活跃

第八章 代码优化

基本块的优化

哈尔滨工业大学 陈鄞