



编译原理

第十章 优化

第十章 优化

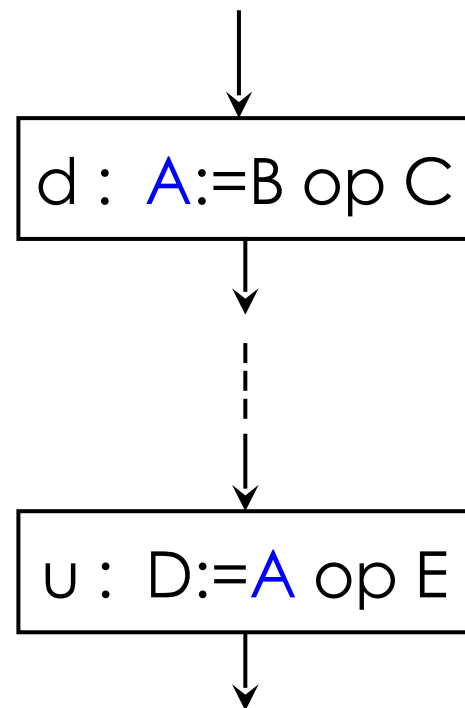
- 优化概述
- 局部优化
- 循环优化

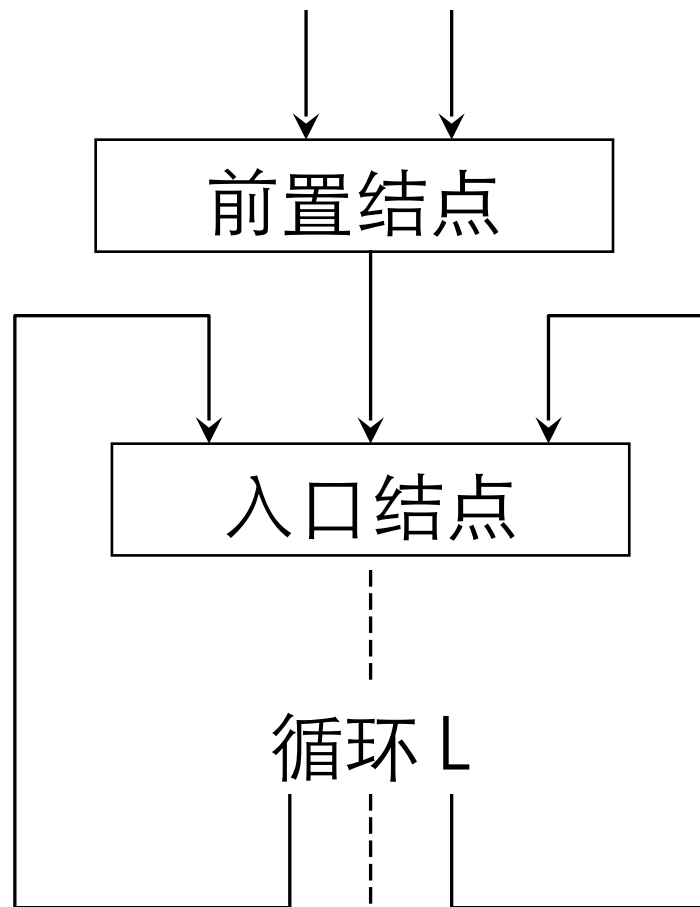
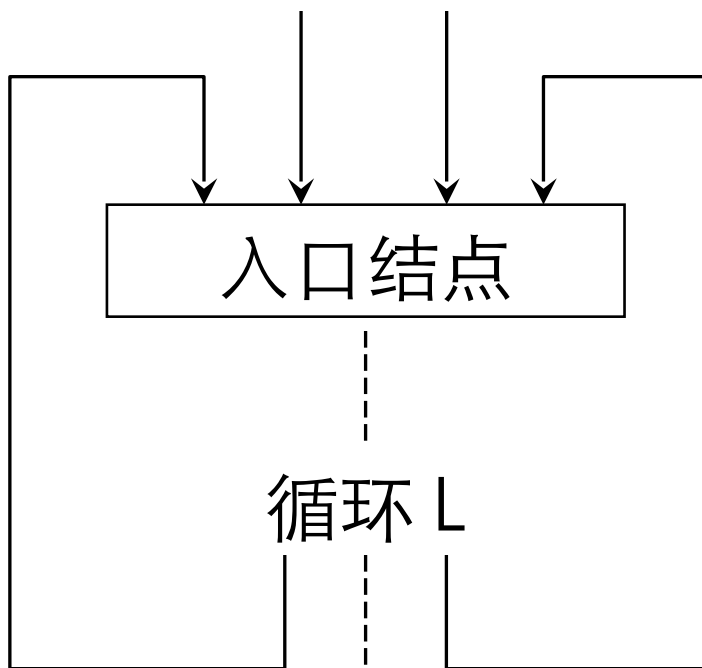
10.3 循环优化

- 对循环中的代码，可以实行
 - 代码外提
 - 强度消弱
 - 删除归纳变量（变换循环控制条件）
 - 循环展开
 - 循环合并

10.3.1 代码外提

- 所谓变量 A 在某点 d 的**定值到达**另一点 u （或称变量 A 的定值点 d 到达另一点 u ），是指流图中从 d **有一通路**到达 u 且该通路上没有 A 的其它定值
- **循环不变运算**：对四元式 $A:=B \text{ op } C$, 若 B 和 C 是常数，或者到达它们的 B 和 C 的定值点都在循环外
- 把循环不变运算提到循环体外

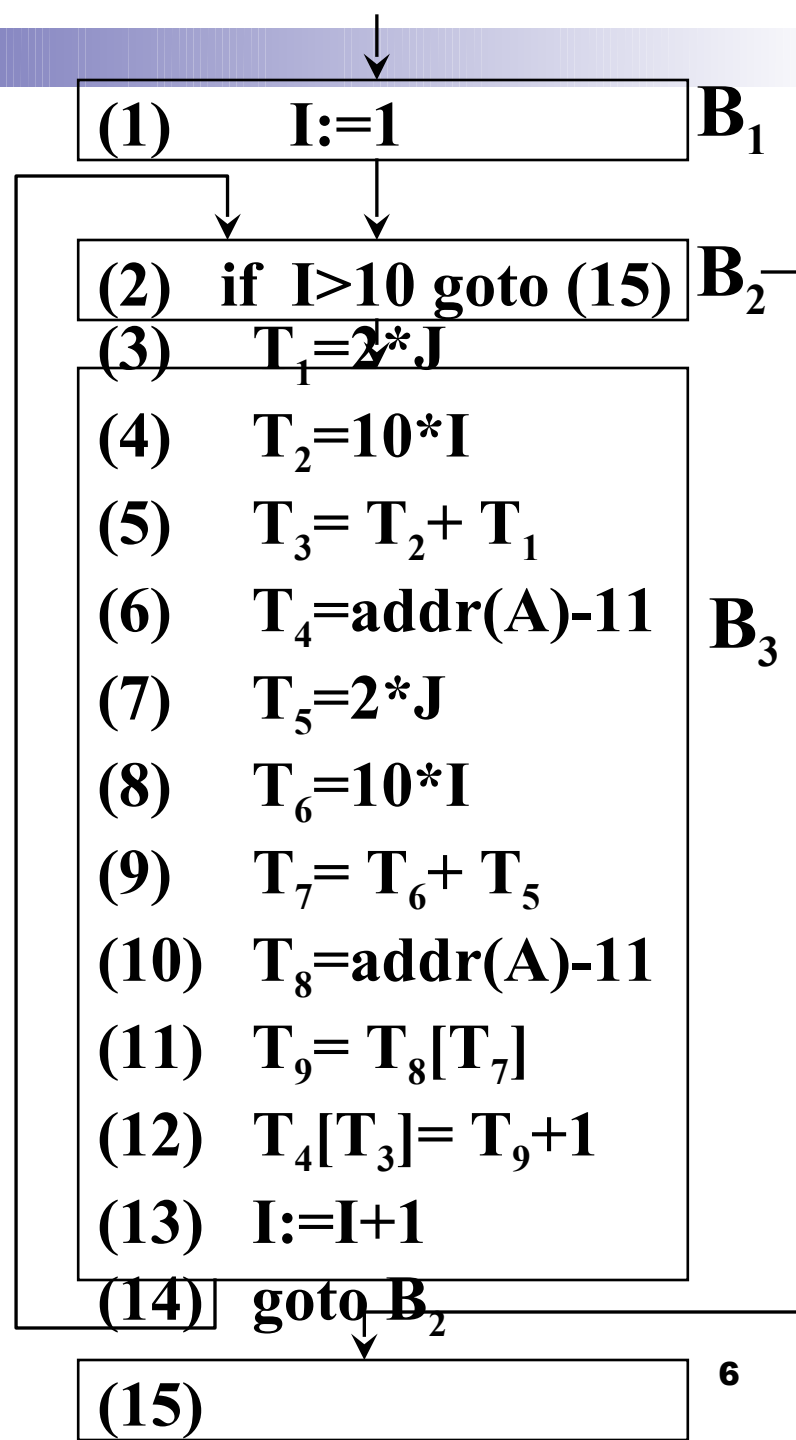


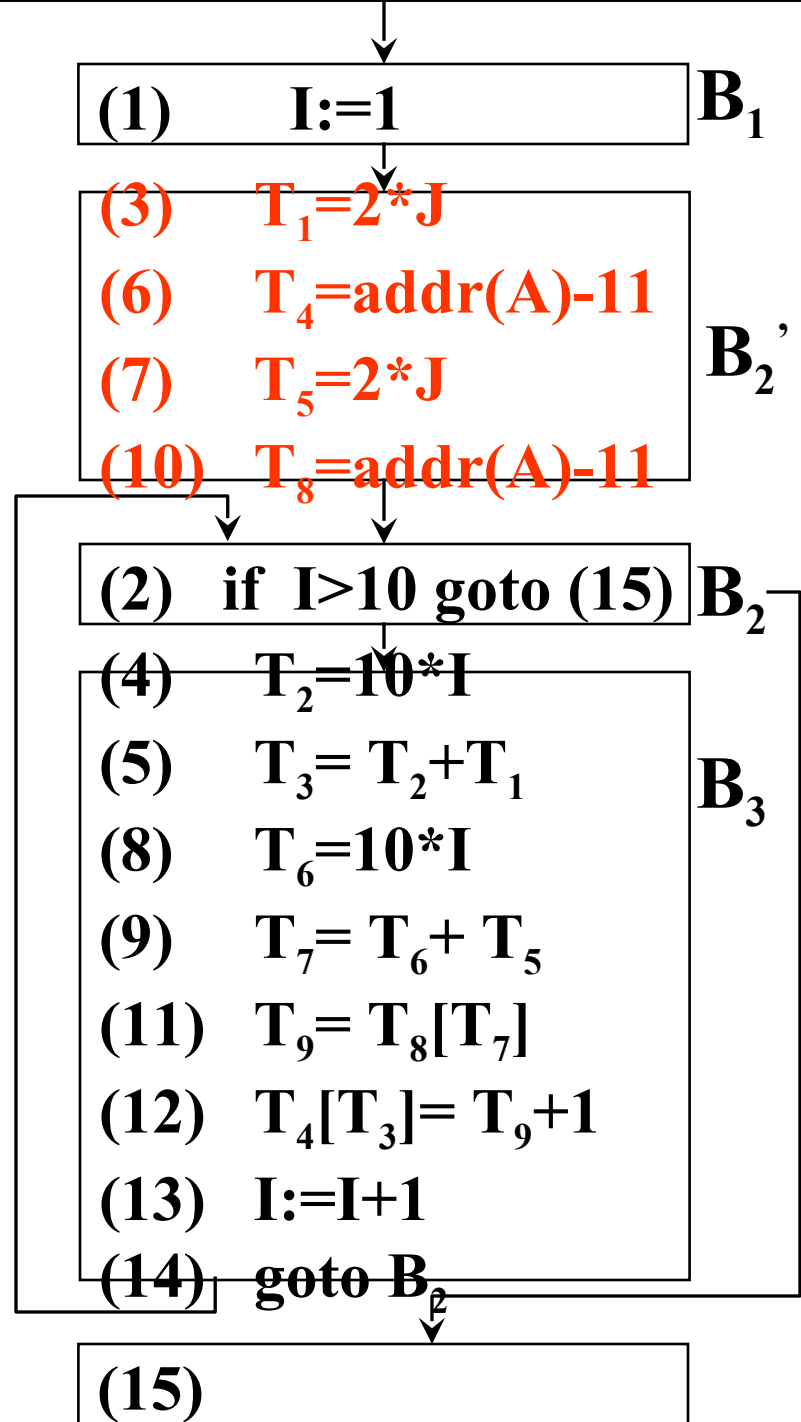
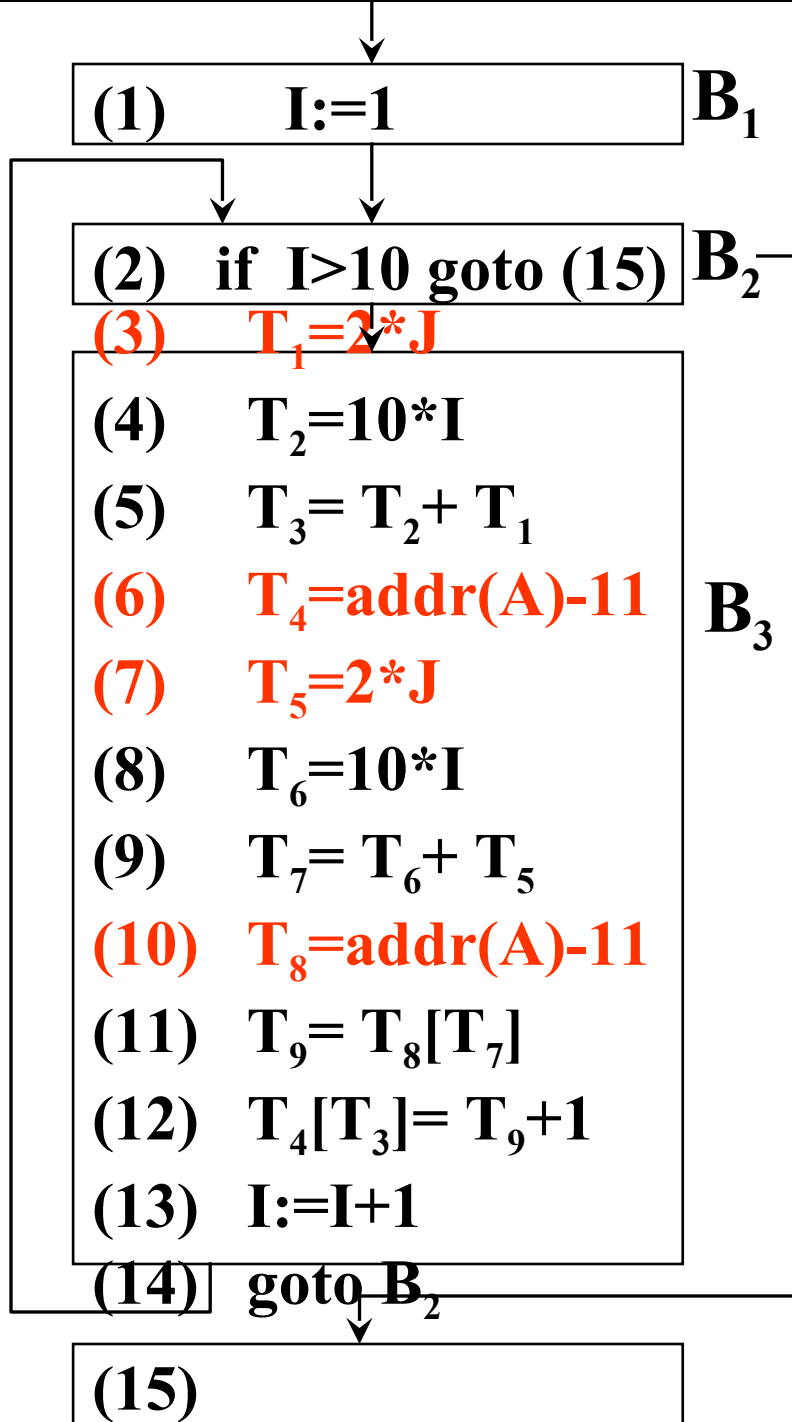


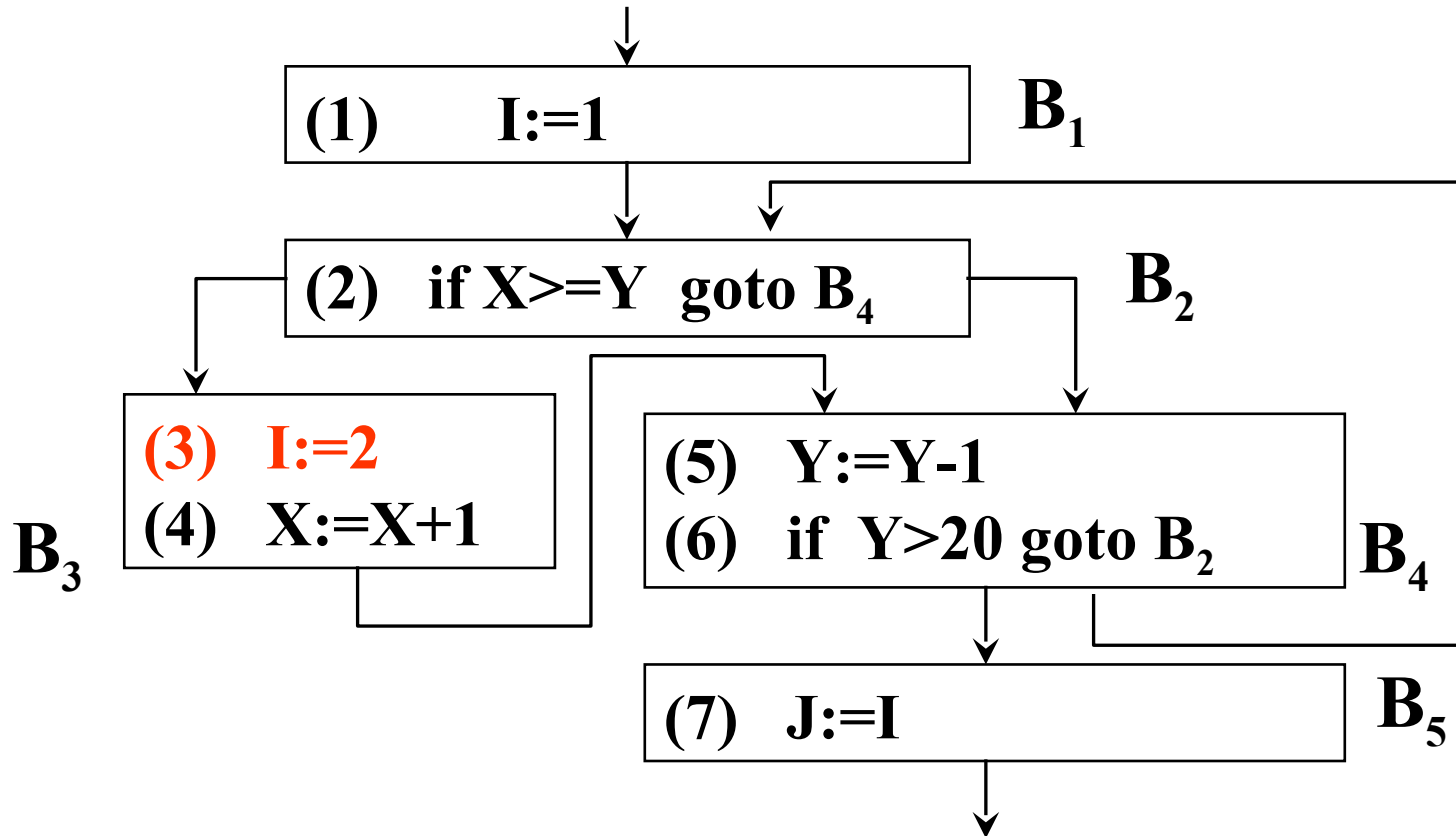
■ 代码外提条件

for I:=1 to 10 do

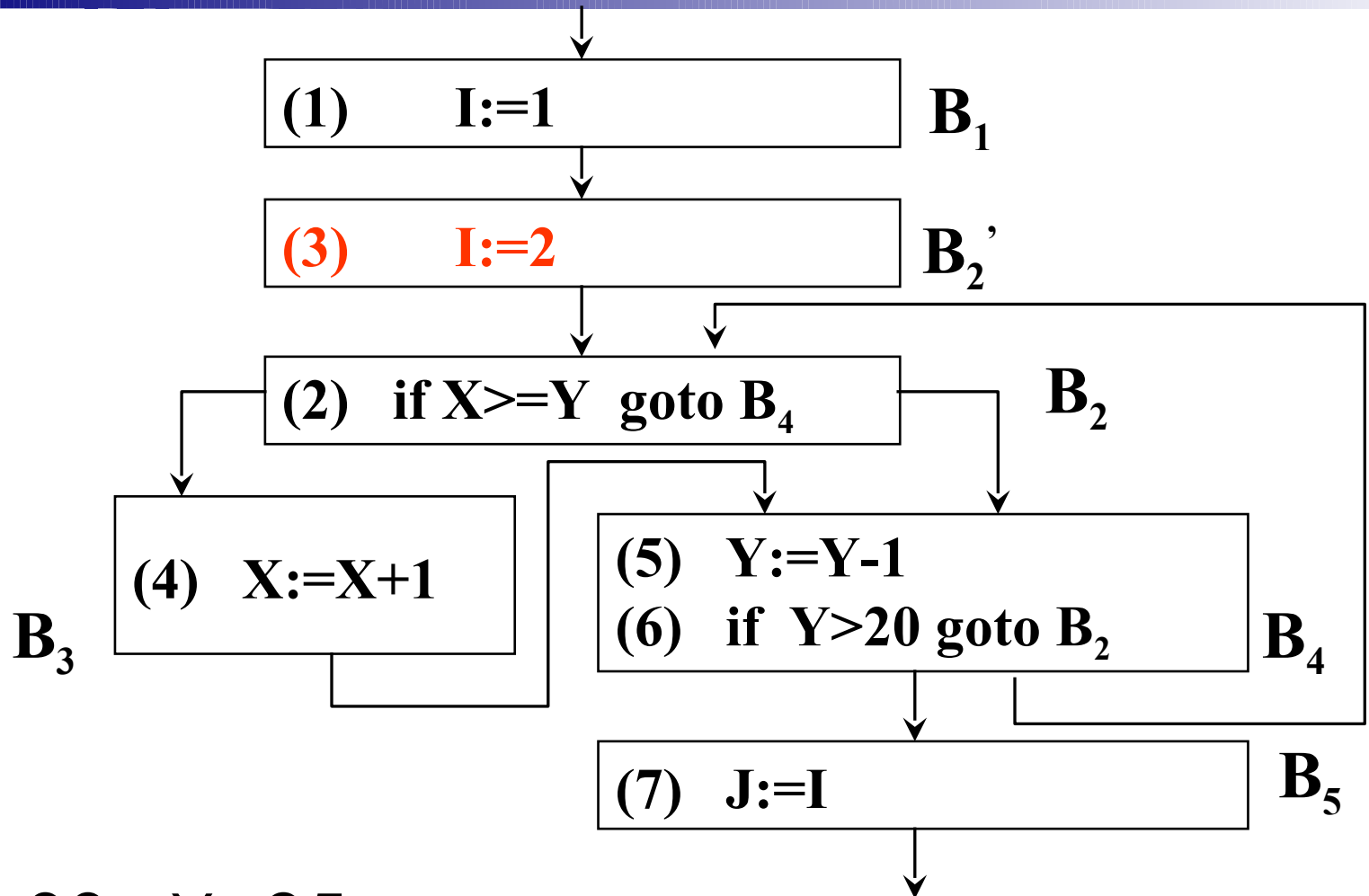
$A[I, 2*J] := A[I, 2*J] + 1$



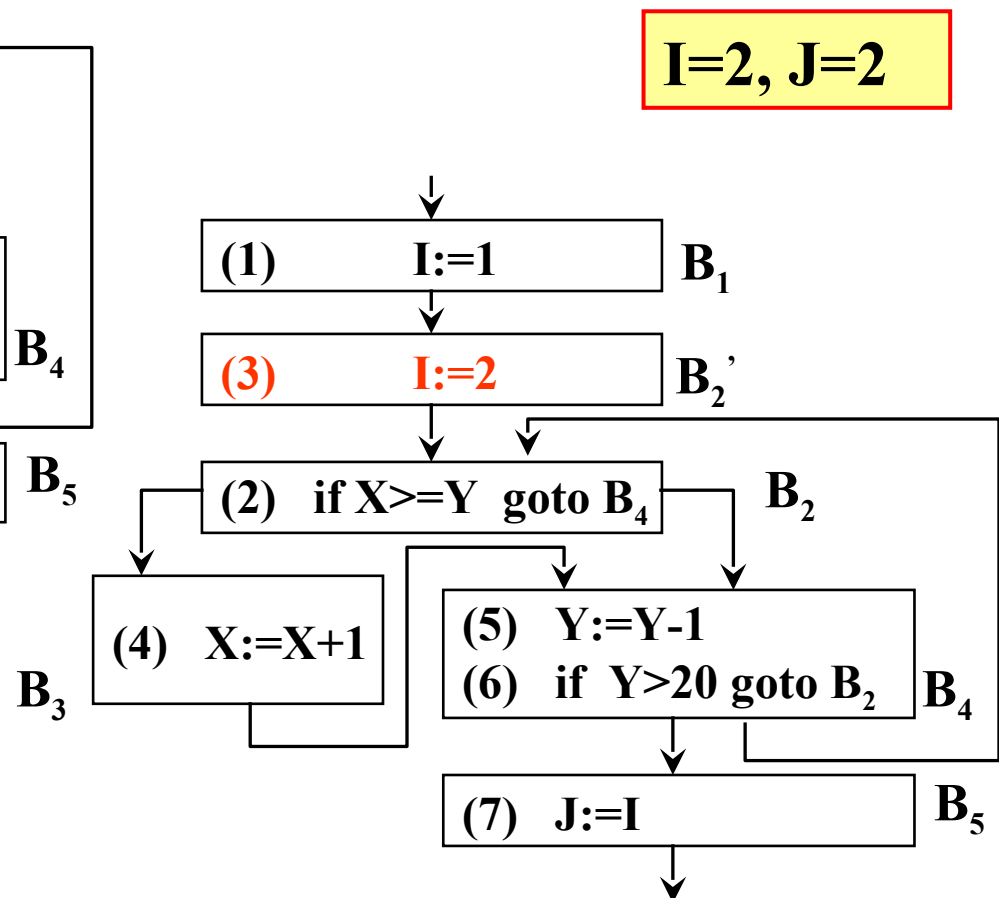
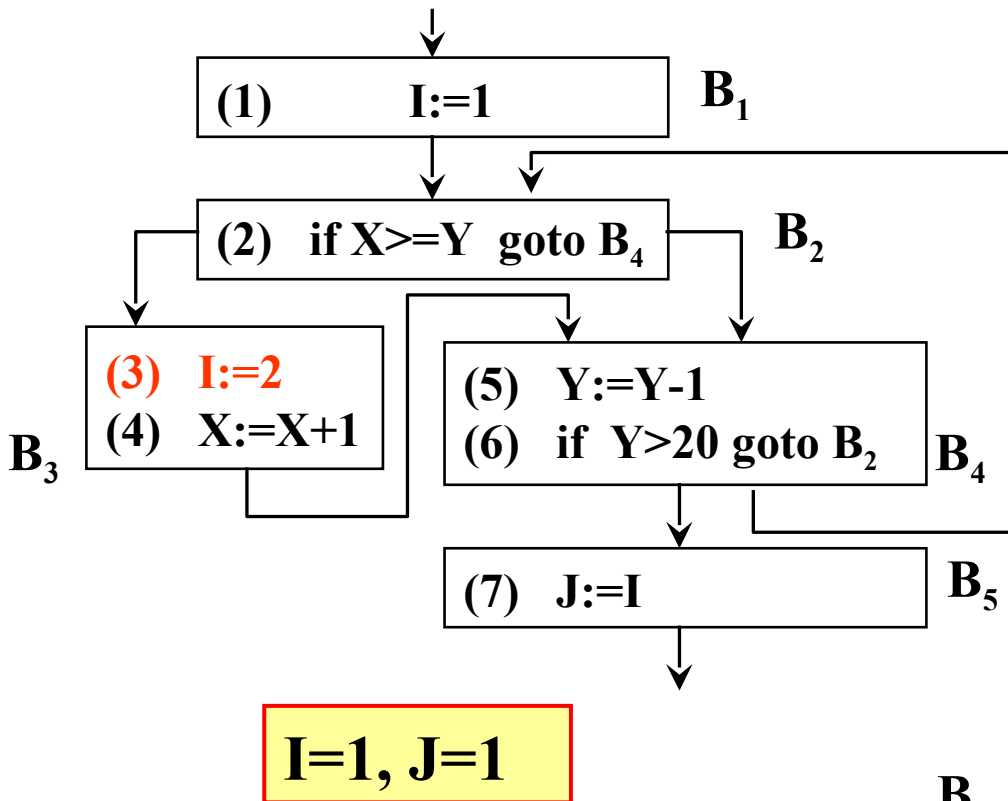




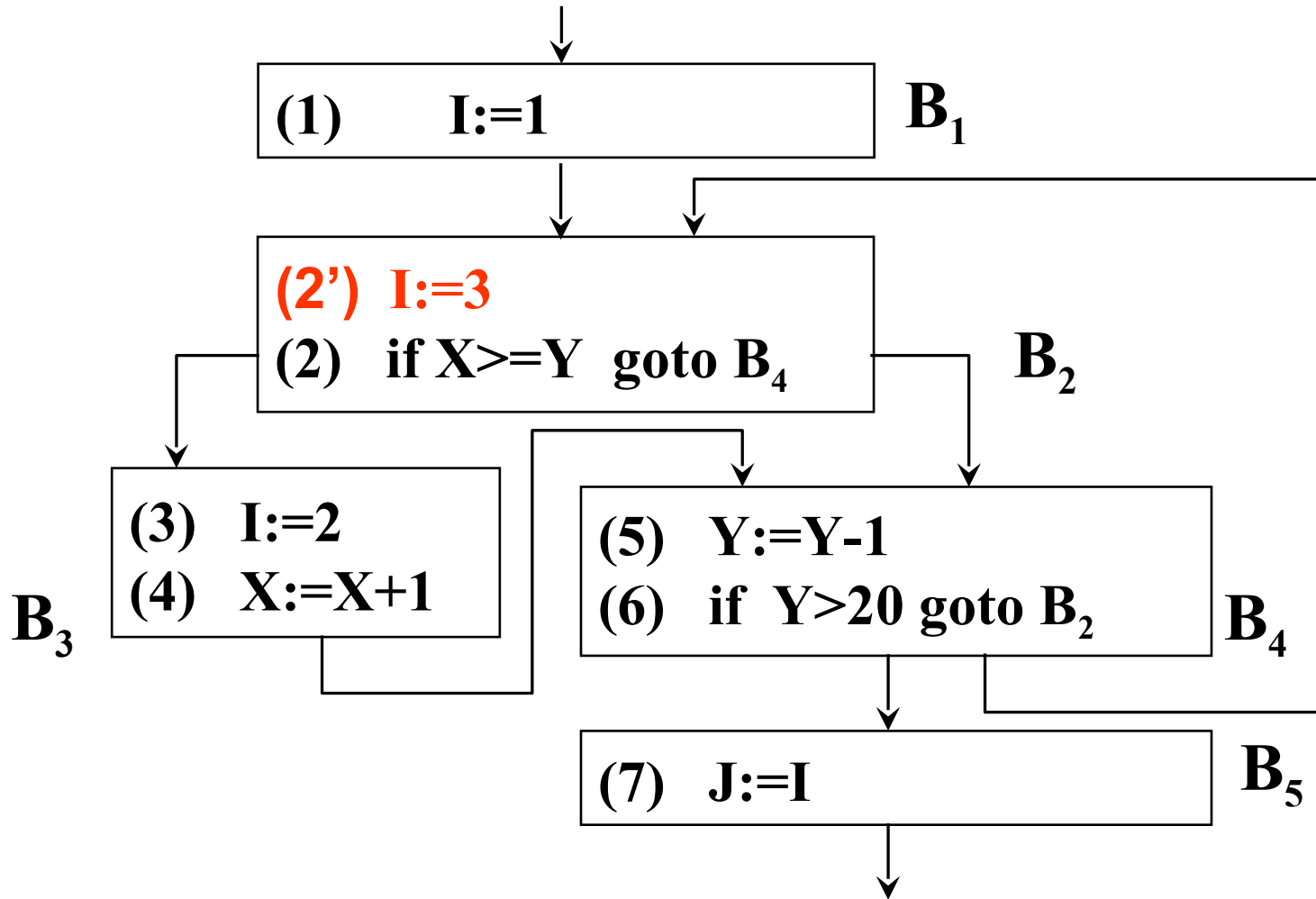
- $X=30, Y=25$
- $B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow \dots \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_5$
- $I=1, J=1$



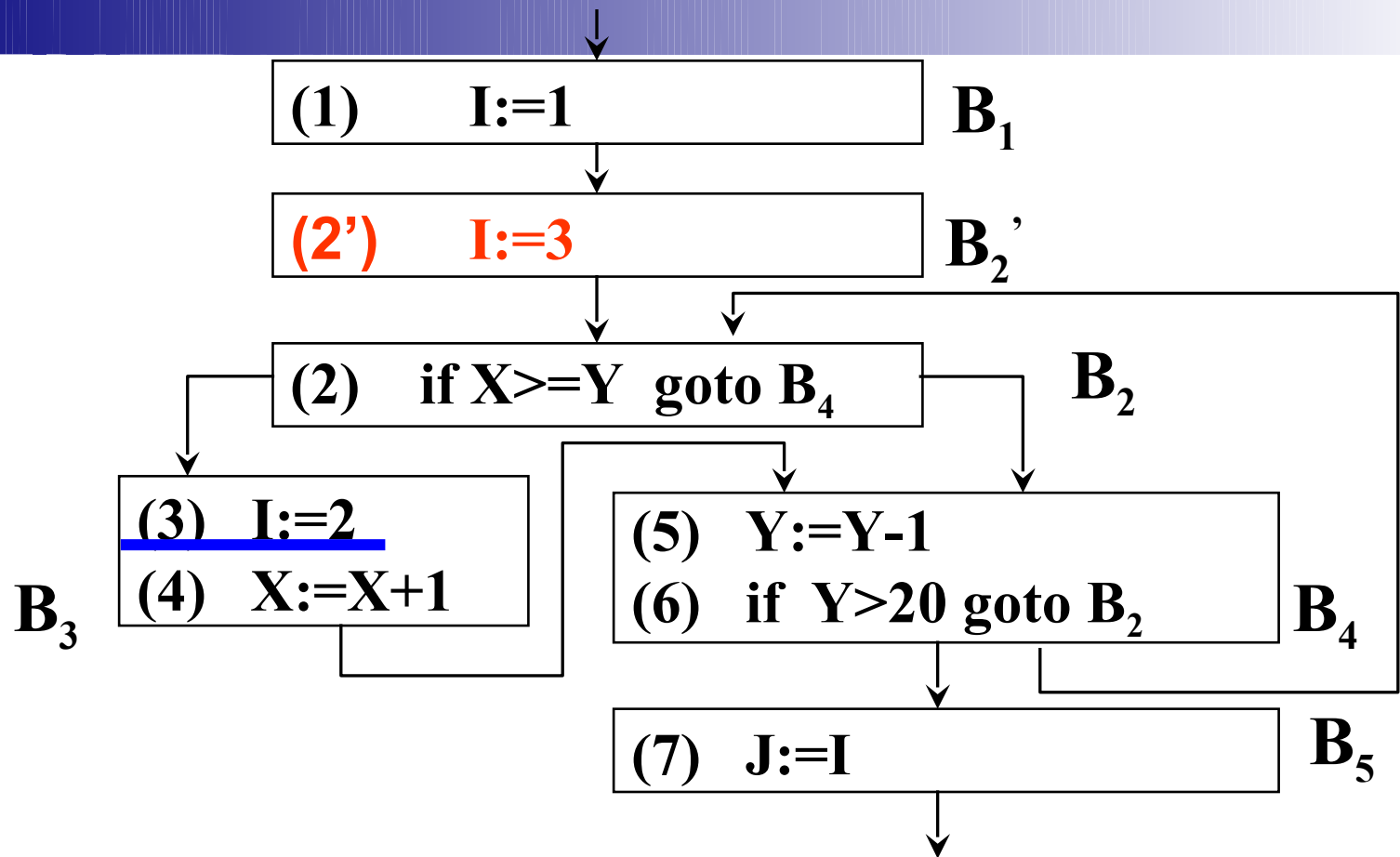
- $X=30, Y=25$
- $B_1 \rightarrow B_2' \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow \dots \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_5$
- $I=2, J=2$



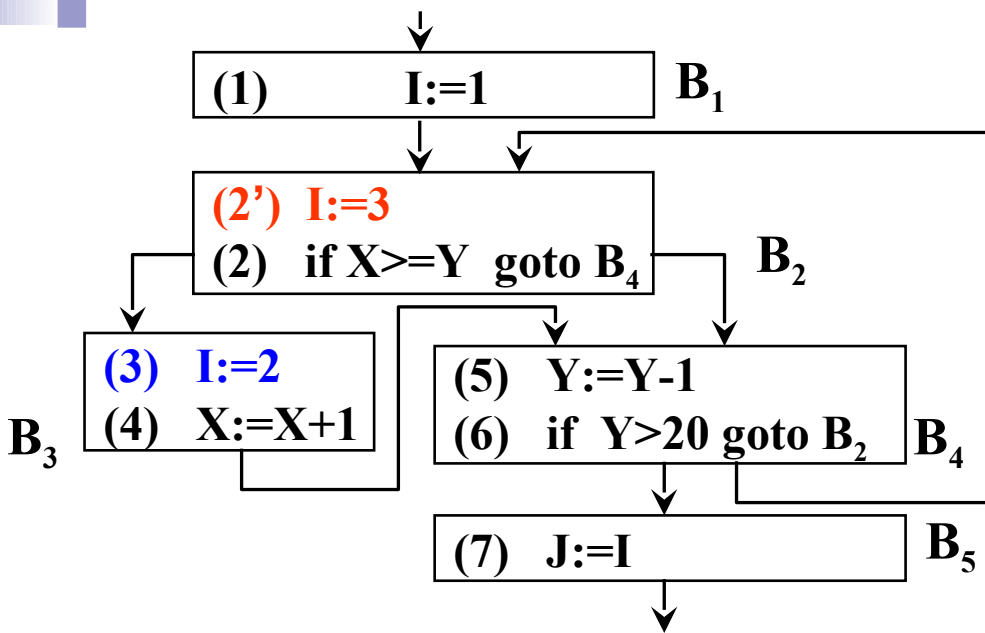
- 代码外提条件：不变运算所在的结点是 L 所有出口结点的必经结点



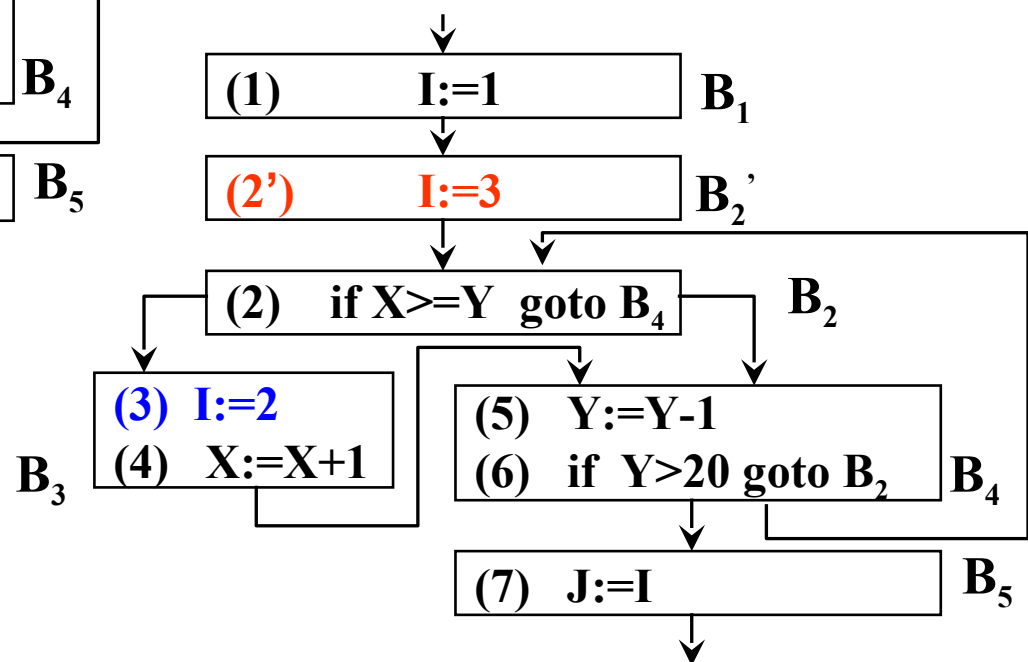
- 考虑： $B_2 \rightarrow B_3 \rightarrow B_4 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_5$
- $I=3, J=3$



- 考虑： $B_2 \rightarrow B_3 \rightarrow B_4 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_5$
- $I=2, J=2$

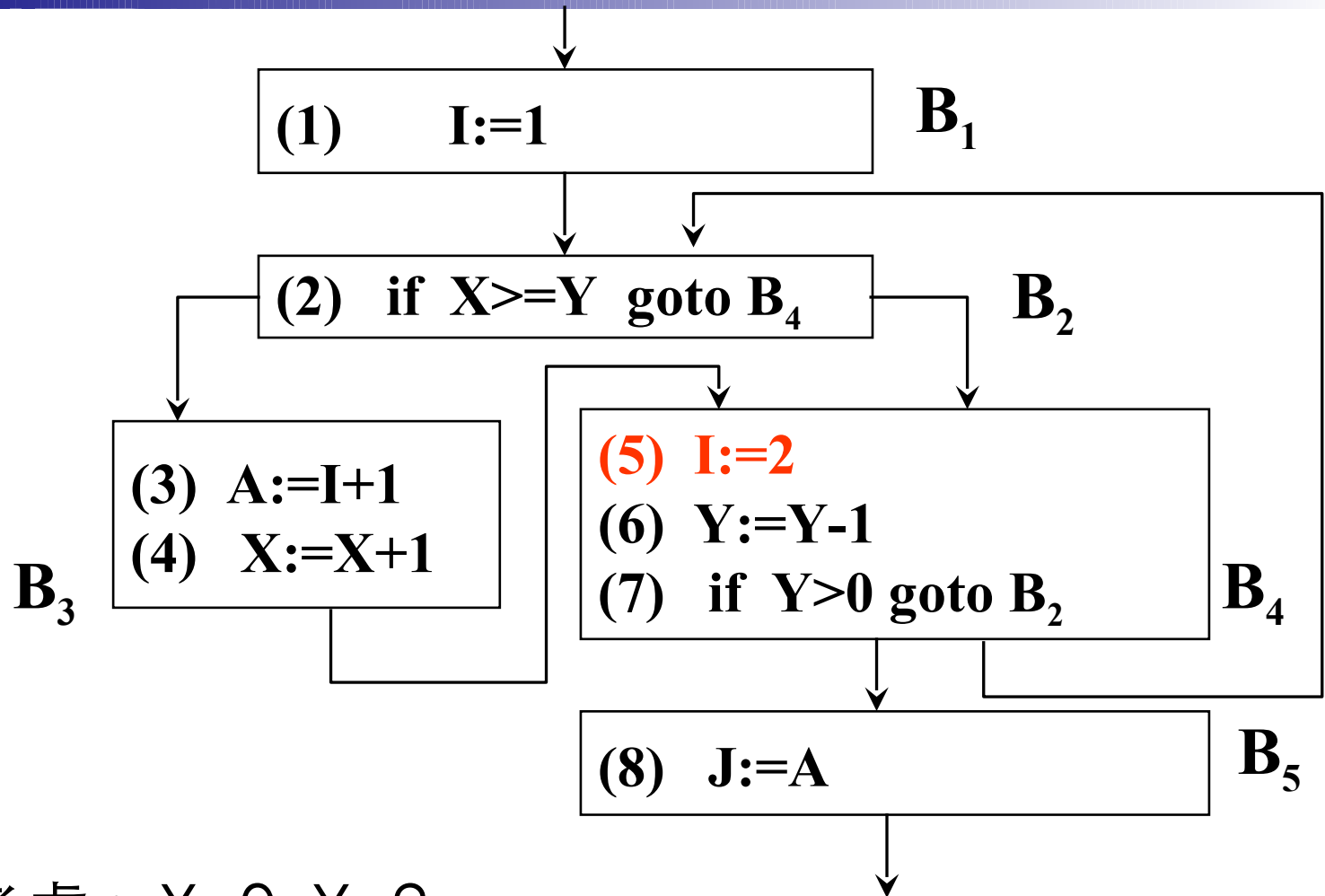


$I=3, J=3$

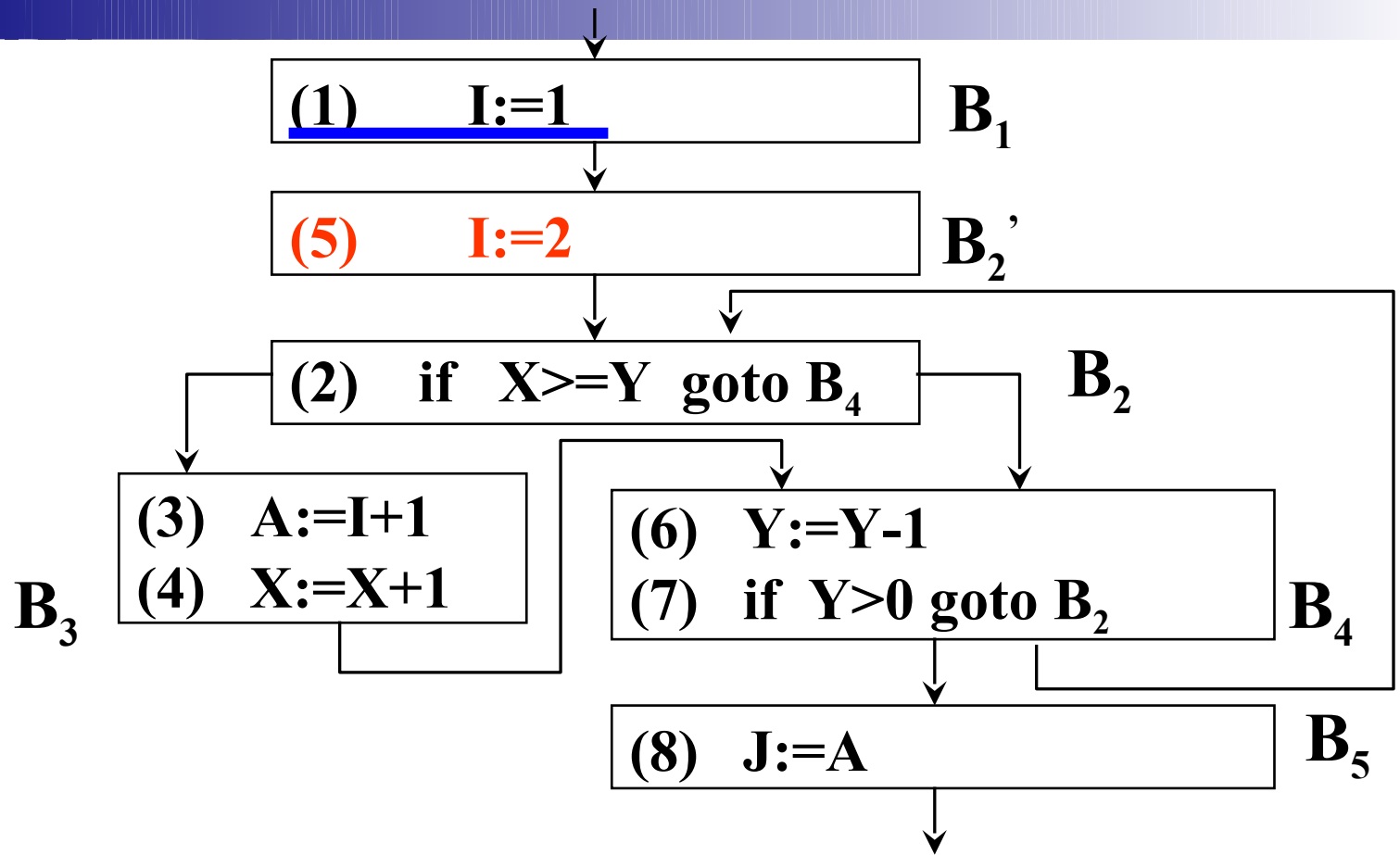


$I=2, J=2$

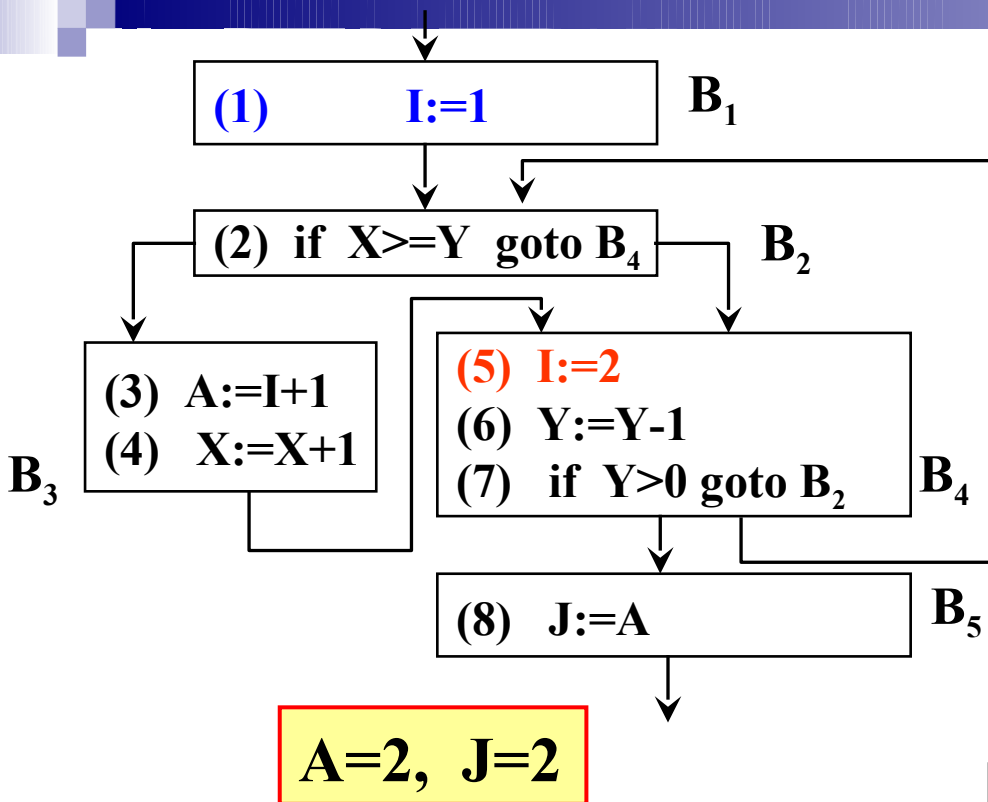
- 代码外提条件：A 在循环中其他地方未再定值，才能把循环不变运算 $A:=B \text{ op } C$ 外提



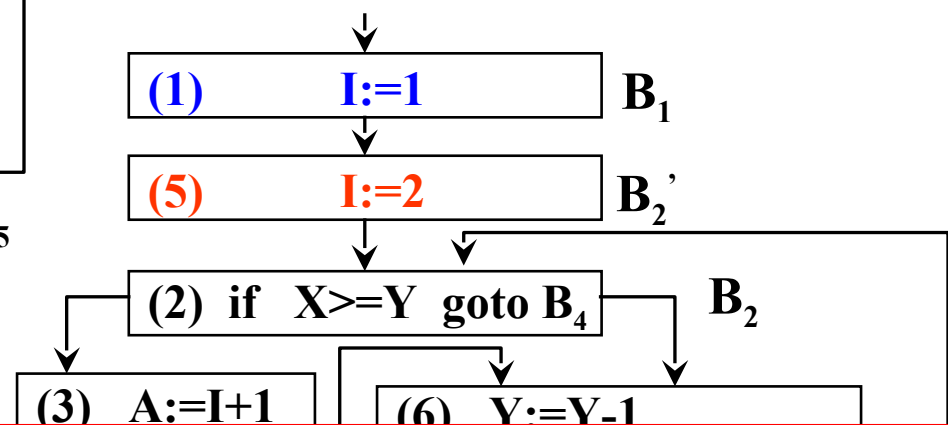
- 考虑： $X=0, Y=2$
 $B_2 \rightarrow B_3 \rightarrow B_4 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_5$
- $A=2, J=2$



- 考慮： $X=0, Y=2$
 $B_2 \rightarrow B_3 \rightarrow B_4 \rightarrow B_2 \rightarrow B_4 \rightarrow B_5$
- $A=3, J=3$



$A=3, J=3$



$S(A:=B \text{ OP } C)$ 外提条件

- (i) S 所在的结点是 L 所有出口结点的必经结点；
- (ii) A 在 L 中其他地方未再定值；
- (iii) L 中所有 A 的引用点只有 S 中的 A 的定值才能到达。

查找循环 L 的不变运算的算法：

1. 依次查看 L 中各基本块的每个四元式，如果它的每个运算对象或为常数，或者定值点在 L 外，则将此四元式标记为 "不变运算"；
2. 重复第 3 步直至没有新的四元式被标记为 "不变运算" 为止；
3. 依次查看尚未被标记为 "不变运算" 的四元式，如果它的每个运算对象或为常数，或定值点在 L 之外，或只有一个到达 - 定值点且该点上的四元式已被标记为 "不变运算"，则把被查看的四元式标记为 "不变运算"。

代码外提算法

1. 求出 L 的所有不变运算
2. 对每个不变运算 $s:A:=B \text{ op } C$ 或 $A:=\text{op } B$ 或 $A:=B$ 检查是否满足条件 (1) 或 (2)

(1)

- (i) s 所在的结点是 L 所有出口结点的必经结点；
- (ii) A 在 L 中其他地方未再定值；
- (iii) L 中所有 A 的引用点只有 s 中的 A 的定值才能到达。

代码外提算法

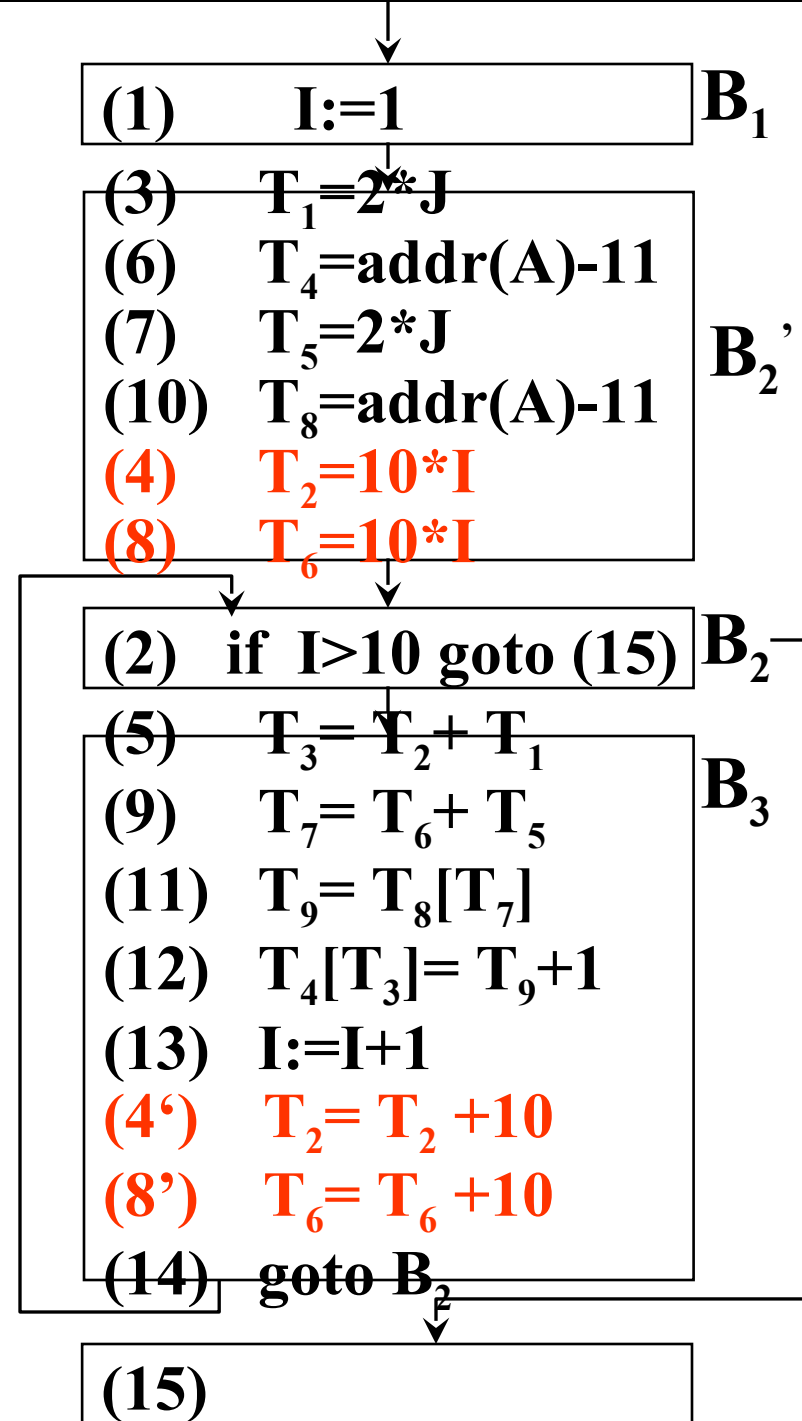
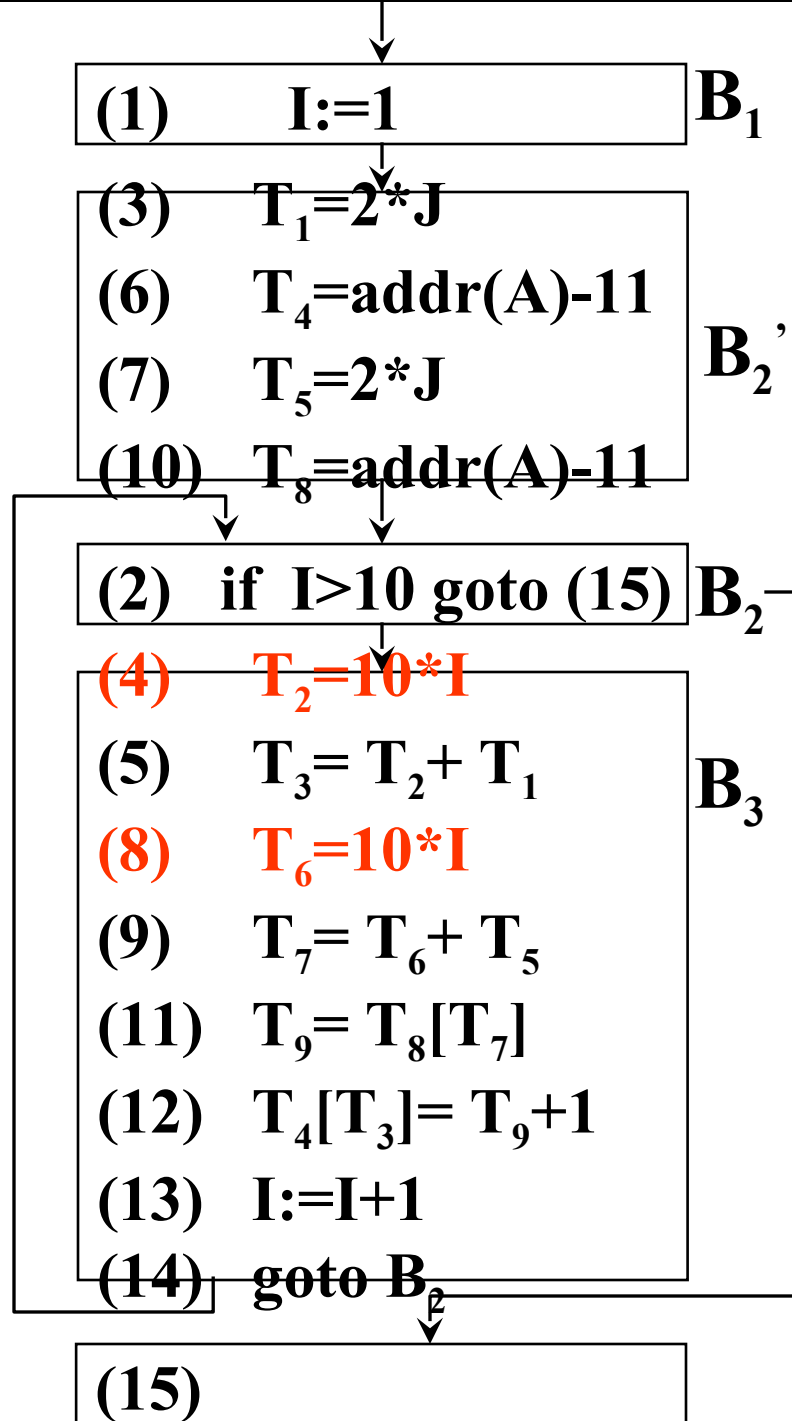
- (i) s 所在的结点是 L 所有出口结点的必经结点；
- (ii) A 在 L 中其他地方未再定值；
- (iii) L 中所有 A 的引用点只有 s 中的 A 的定值才能到达

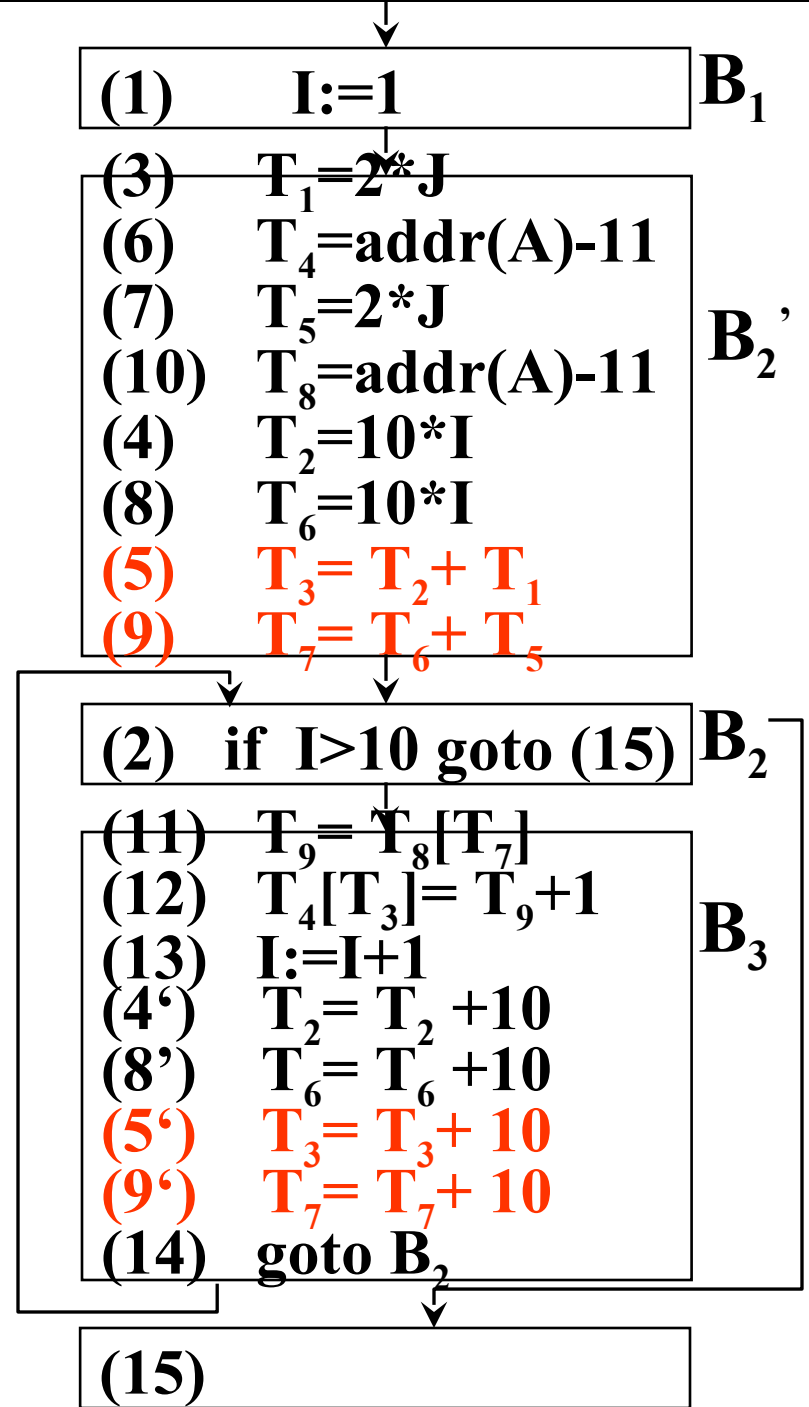
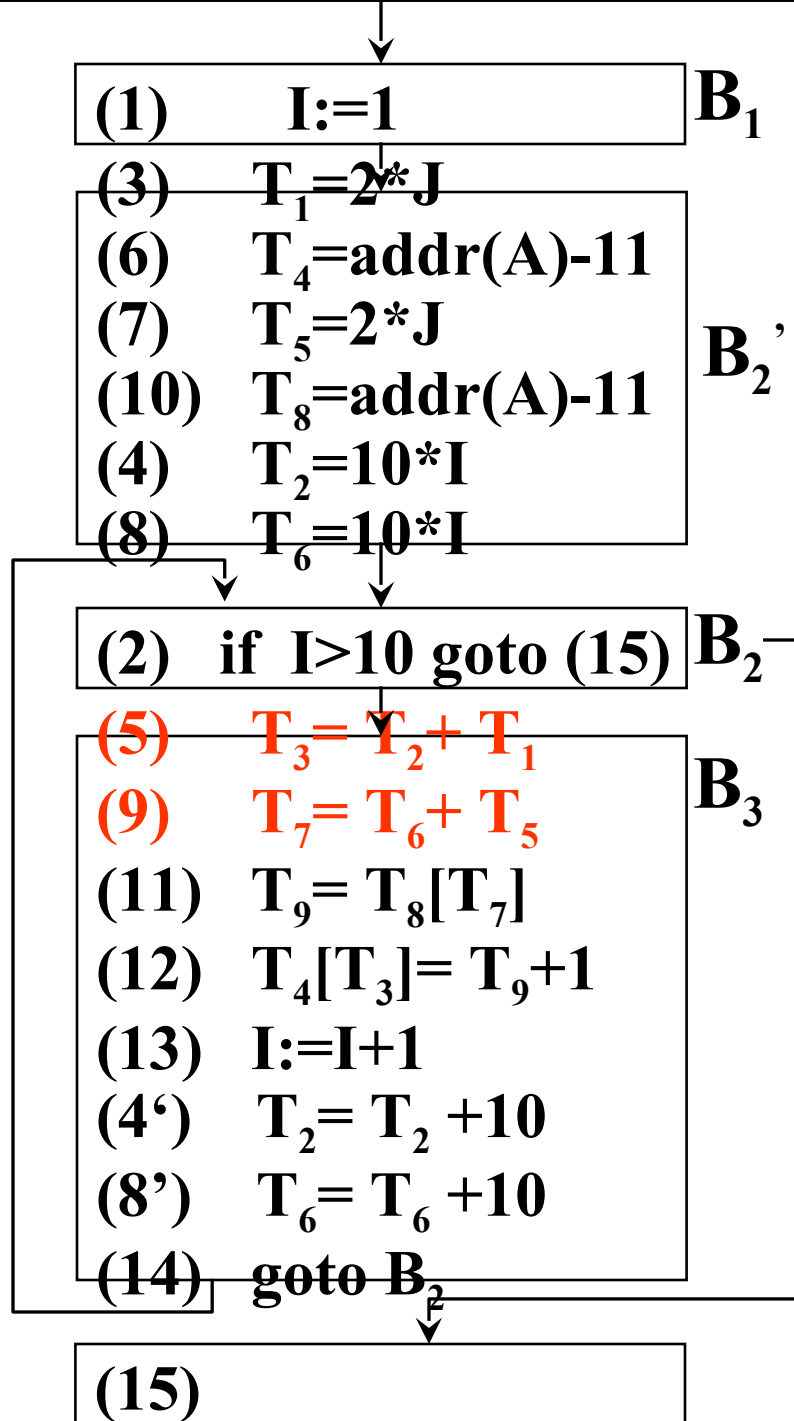
**$s:A:=B \text{ op } C$ 或 $A:=op$
 B 或 $A:=B$**

3. 按步骤 1 所找出的不变运算的次序，依次把符合条件 2 的条件 (1) 或 (2) 的不变运算 s 外提到 L 的前置结点中。但是，如果 s 的运算对象 (B 或 C) 是在 L 中定值的，那么，只有当这些定值四元式都已外提到前置结点中时，才能把 s 也外提到前置结点中。

10.3.2 强度消弱

- 把程序中执行时间较长的运算转换为执行时间较短的运算



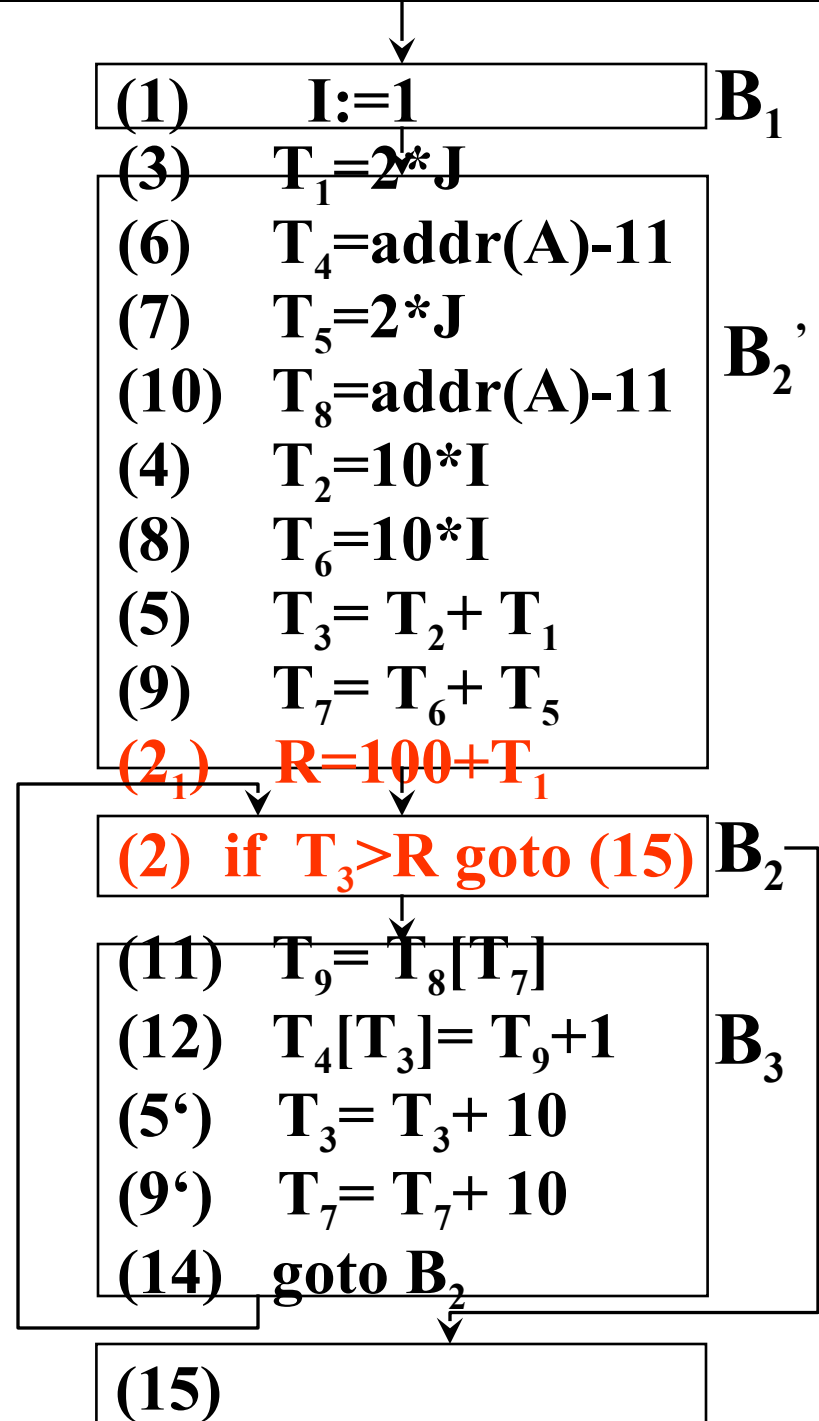
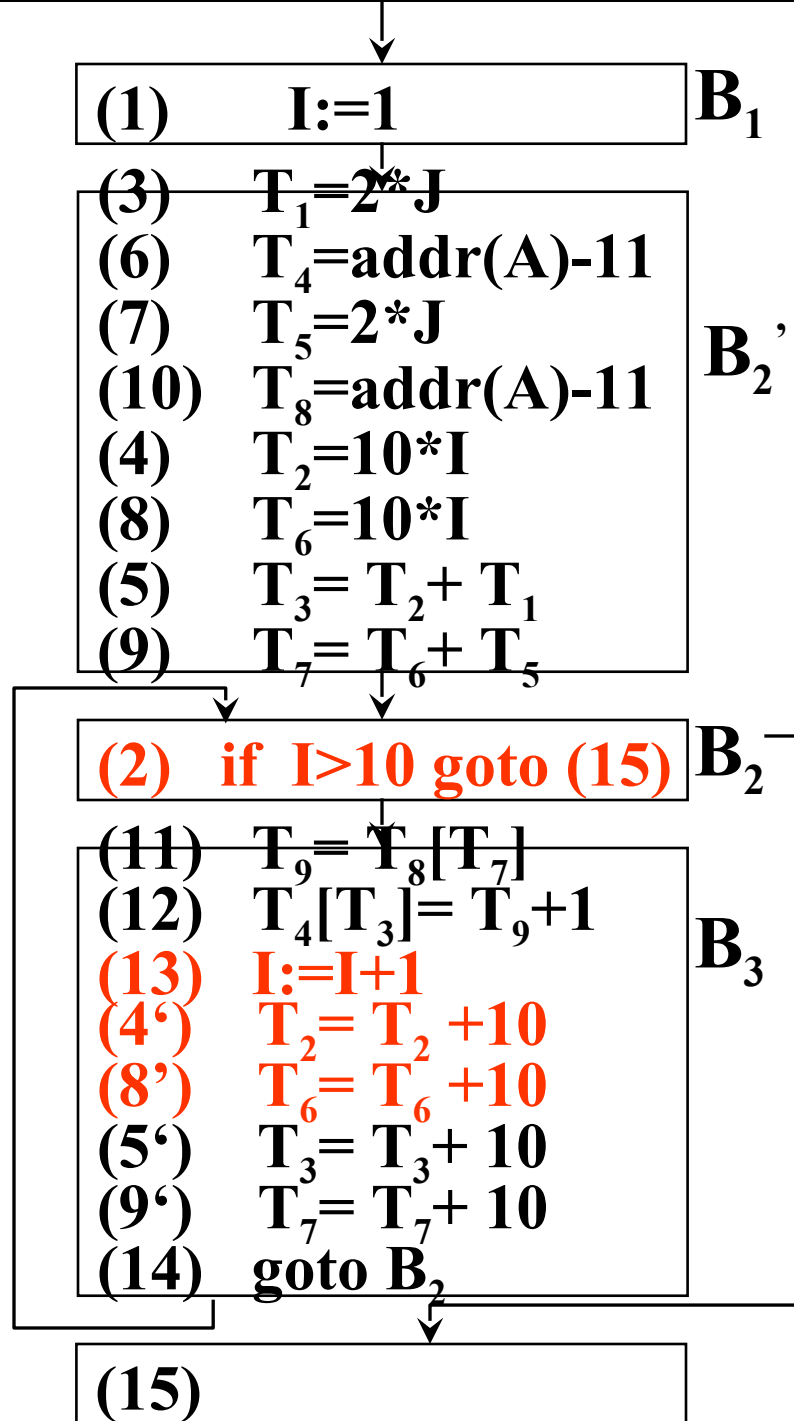


■ 强度消弱

- 强度消弱通常是对与循环控制变量有线性关系的变量赋值进行
- 经过强度消弱后，循环中可能出现一些新的无用赋值
- 对于消弱下标变量地址计算的强度非常有效

10.3.3 删除归纳变量

- 如果循环中对变量 I 只有唯一的形如 $I := I \pm C$ 的赋值，且其中 C 为循环不变量，则称 I 为循环中的**基本归纳变量**
- 如果 I 是循环中一基本归纳变量， J 在循环中的定值总是可化归为 I 的同一线性函数，也即 $J = C_1 * I \pm C_2$ ，其中 C_1 和 C_2 都是循环不变量，则称 J 是**归纳变量**，并称它与 I 同族。一个基本归纳变量也是一归纳变量



- 删除归纳变量是在强度削弱以后进行的。强度削弱和删除归纳变量的统一算法框架，其步骤如下：
 1. 利用循环不变运算信息，找出循环中所有基本归纳变量。
 2. 找出所有其它归纳变量 A ，并找出 A 与已知基本归纳变量 X 的同族线性函数关系 $F_A(X)$ 。
 3. 对 2 中找出的每一归纳变量 A ，进行强度削弱。
 4. 删除对归纳变量的无用赋值。

5. 删除基本归纳变量。如果基本归纳变量 B 在循环出口之后不是活跃的，并且在循环中，除在其自身的递归赋值中被引用外，只在形如

if B rop Y goto L

中被引用，则可选取一与 B 同族的归纳变量 M 来替换 B 进行条件控制。最后删除循环中对 B 的递归赋值的代码。

GCC 编译器

- GCC 是 GNU 项目的编译器组件之一，也是 GNU 最具有代表性的作品
- 最初，GCC 仅支持 C 语言的编译
- 现在，支持 Ada 语言、C++ 语言、Java 语言、Objective C 语言，Pascal 语言、COBOL 语言，以及支持函数式编程和逻辑编程的 Mercury 语言的编译

GCC 编译器

■ 编译开关

- 全局开关 (Overall Options)
- 语言相关开关 (Language Options)
- 预处理开关 (Preprocessor Options)
- 汇编开关 (Assembler Option)
- 连接开关 (Linker Options)
- 目录相关开关 (Directory Options)
- 警告开关 (Warning Options)
- 调试开关 (Debugging Options)
- 优化开关 (Optimization Options)
- 目标机开关 (Target Options)
- 生成代码开关 (Code Generation Options)

GCC 编译器

■ 编译开关

□ 优化开关 (Optimization Options)

- -On , n:0~3 , 控制优化的强度, -O3 最强
- -O0 : 省缺, 不做优化, 减少编译时间, 方便调试
- -O1 : 减小代码的长度和执行时间, 不做一些很耗时的优化
- -O2 : 完成所有 -O1 级别的优化之外, 同时还要进行一些额外的调整工作, 如处理器指令调度等
- -O3 : 完成所有 -O2 级别的优化之外, 还包括循环展开和其它一些与处理器特性相关的优化工作

本章小结

- 优化的基本概念
- 局部优化
- 循环优化
- GCC 的优化开关

作业

- P306-4 , 5