

第七章 代码优化

本章主要介绍：

- 优化基本概念
- 基本块内的局部优化

7.1 优化概述

什么是代码优化？

对程序实施各种等价变换, 使得变换后程序能生成高效率的目标代码。

高效率的目标代码是指：

目标代码占用的存储空间少

目标代码运行时间短

代码优化的原则

1. 等价原则： 保证等价性。
2. 有效原则： 有明显的效果。
3. 合算原则： 较低的代价取得较好的优化效果。

7.1 优化概述

代码优化的种类：

❖ 根据是否涉及具体的计算机分为：

➤ 与机器有关的优化

(优化工作主要在目标代码级上进行)

◆ 对寄存器的优化

◆ 多处理机的优化

◆ 特殊指令的优化等

➤ 与机器无关的优化

(优化工作主要在中间代码级上进行)

7.1 优化概述

❖ 根据优化对象所涉及的程序范围分为：

◆ 局部优化 ◆ 循环优化 ◆ 全局优化

◆ 局部优化：局限于程序基本块范围内的一种优化。

- 合并已知量
- 删除公共子表达式(删除多余的运算)
- 删除无用赋值

◆ 循环优化：是指对循环中的代码进行优化。

- 代码外提
- 删除归纳变量
- 强度削弱

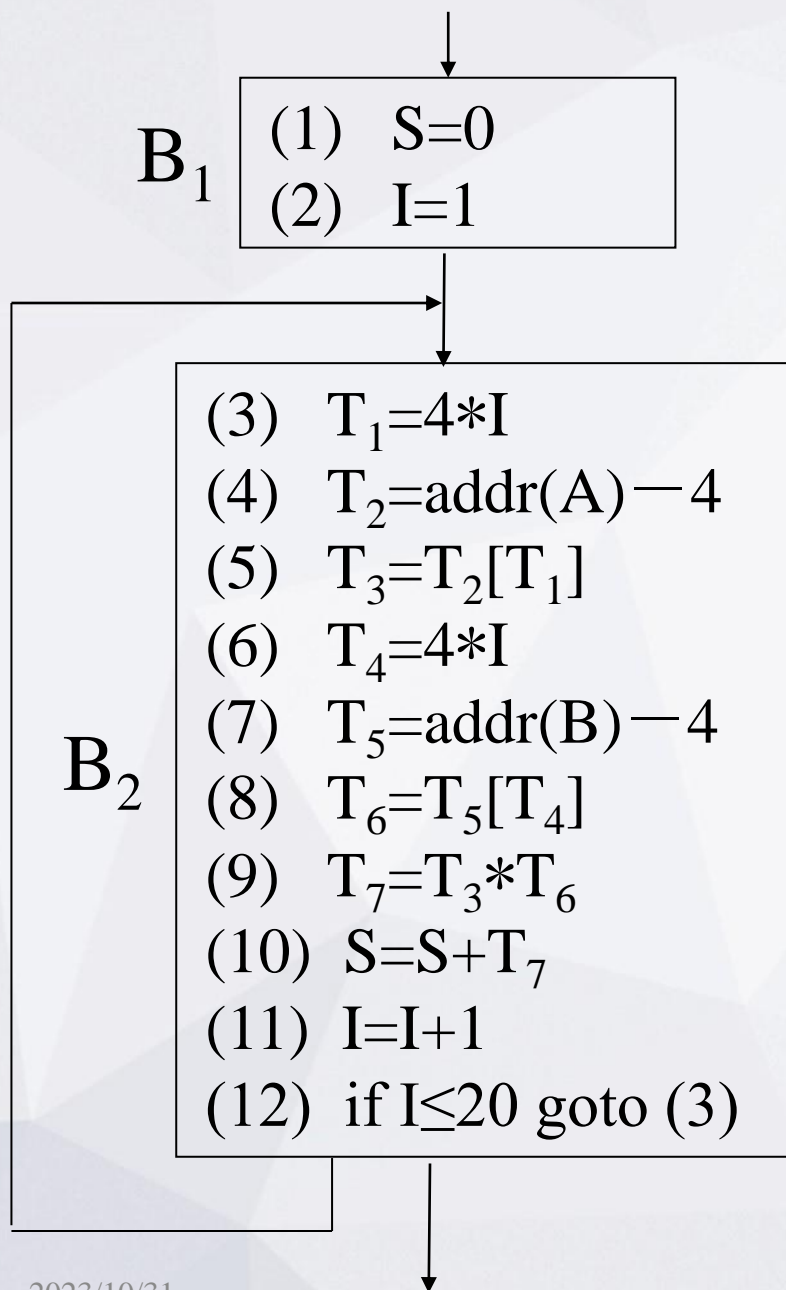
◆ 全局优化：是在整个程序范围内进行的优化，需进行数据流分析，花费代价很高。

7.1 优化概述

优化处理

例如 设有一个计算两个向量内积的源程序段：

```
S = 0;  
for ( i=1; i<=20; i++ )  
    S = S + A[i]*B[i] ;
```



说明:

$$\begin{aligned}\langle A[I] \rangle &= \langle A[1] \rangle + I - 1 \\ &= \text{addr}(A) - 1 + I\end{aligned}$$

$$\text{addr}(A) - 1 \Rightarrow T_2$$

地址计算的不变部分

$$I \Rightarrow T_1$$

地址计算的可变部分
用 $T_2[T_1]$ 表示数组元
素的地址

若一个机器字有四个
字节，按字节编址：

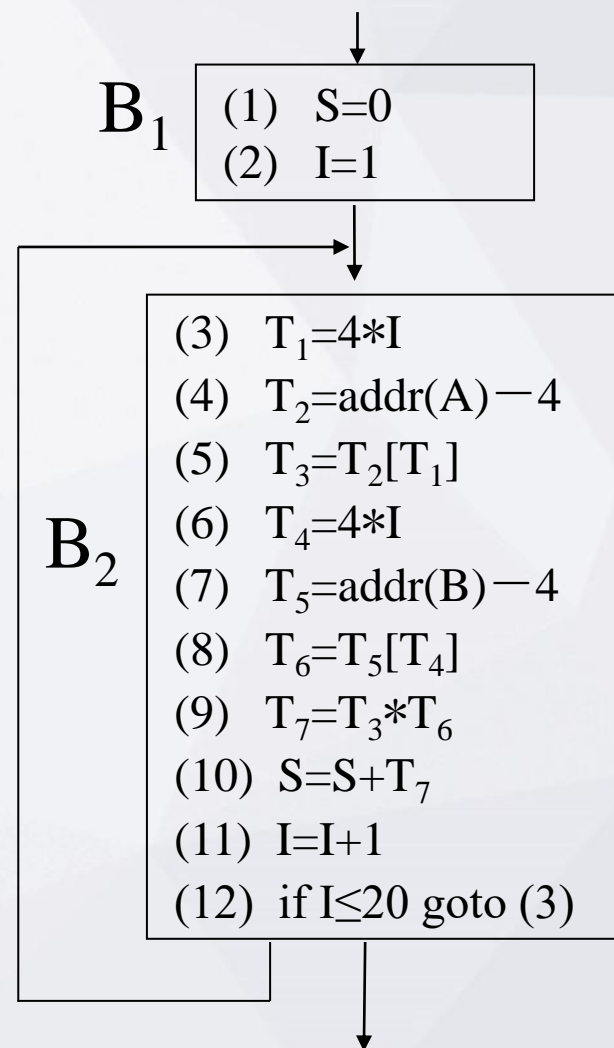
$$T_1 = 4 * I$$

$$T_2 = \text{addr}(A) - 4 * 1$$

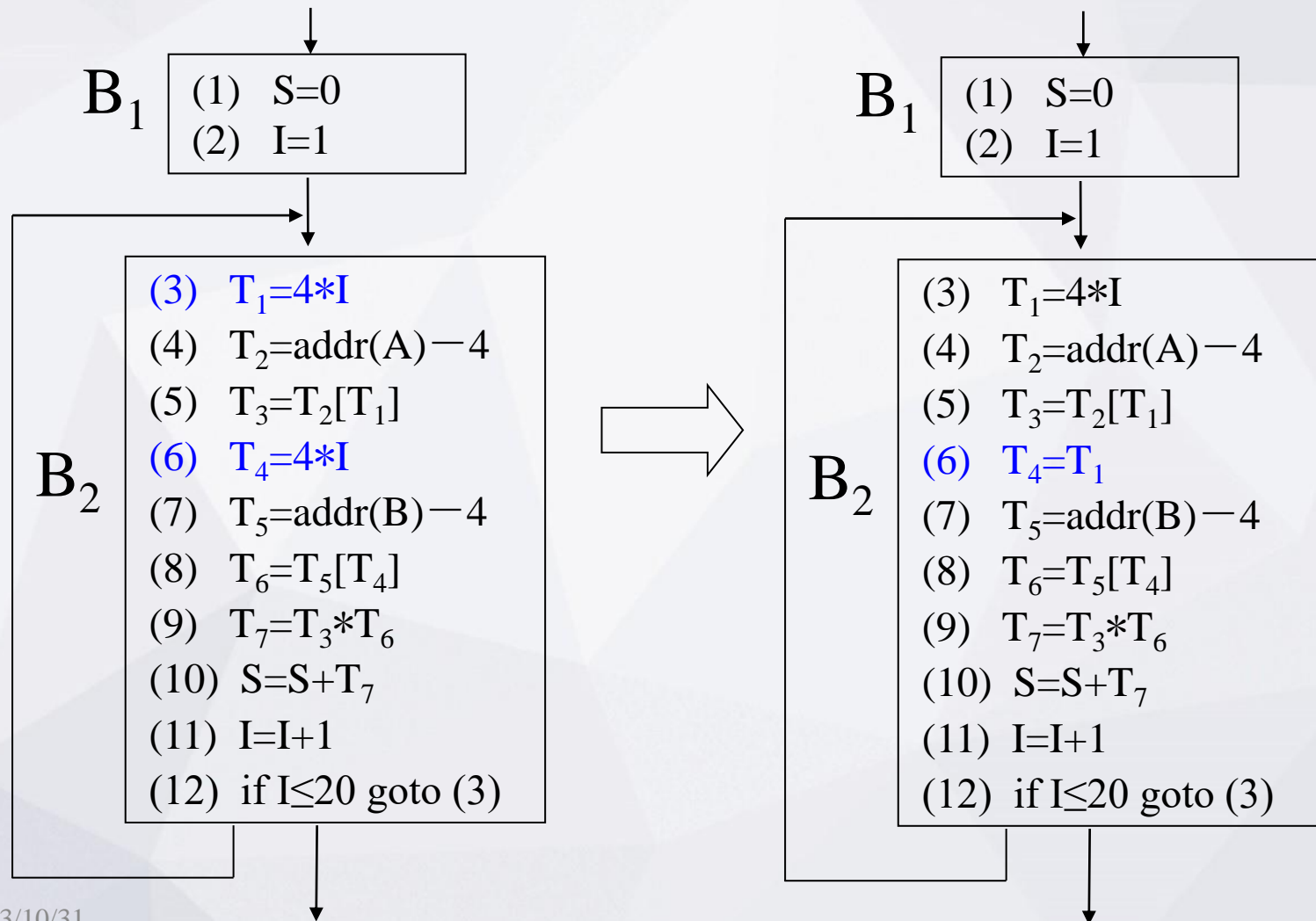
7.1 优化概述

1. 删除公共子表达式 (删除多余运算)

公共子表达式是指在一个基本块内计算结果相同的子表达式。



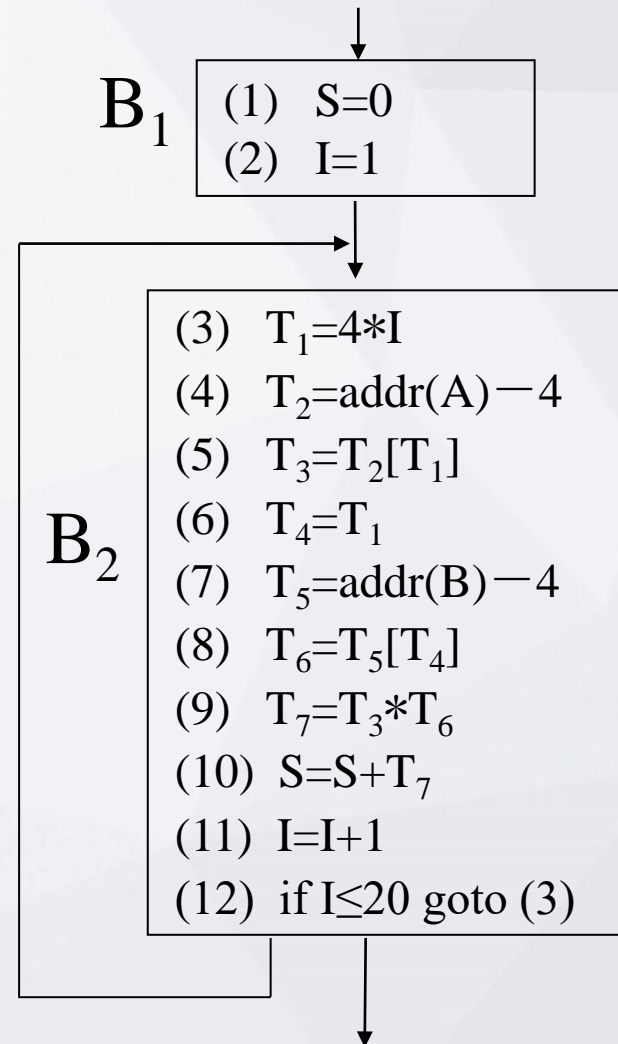
7.1 优化概述



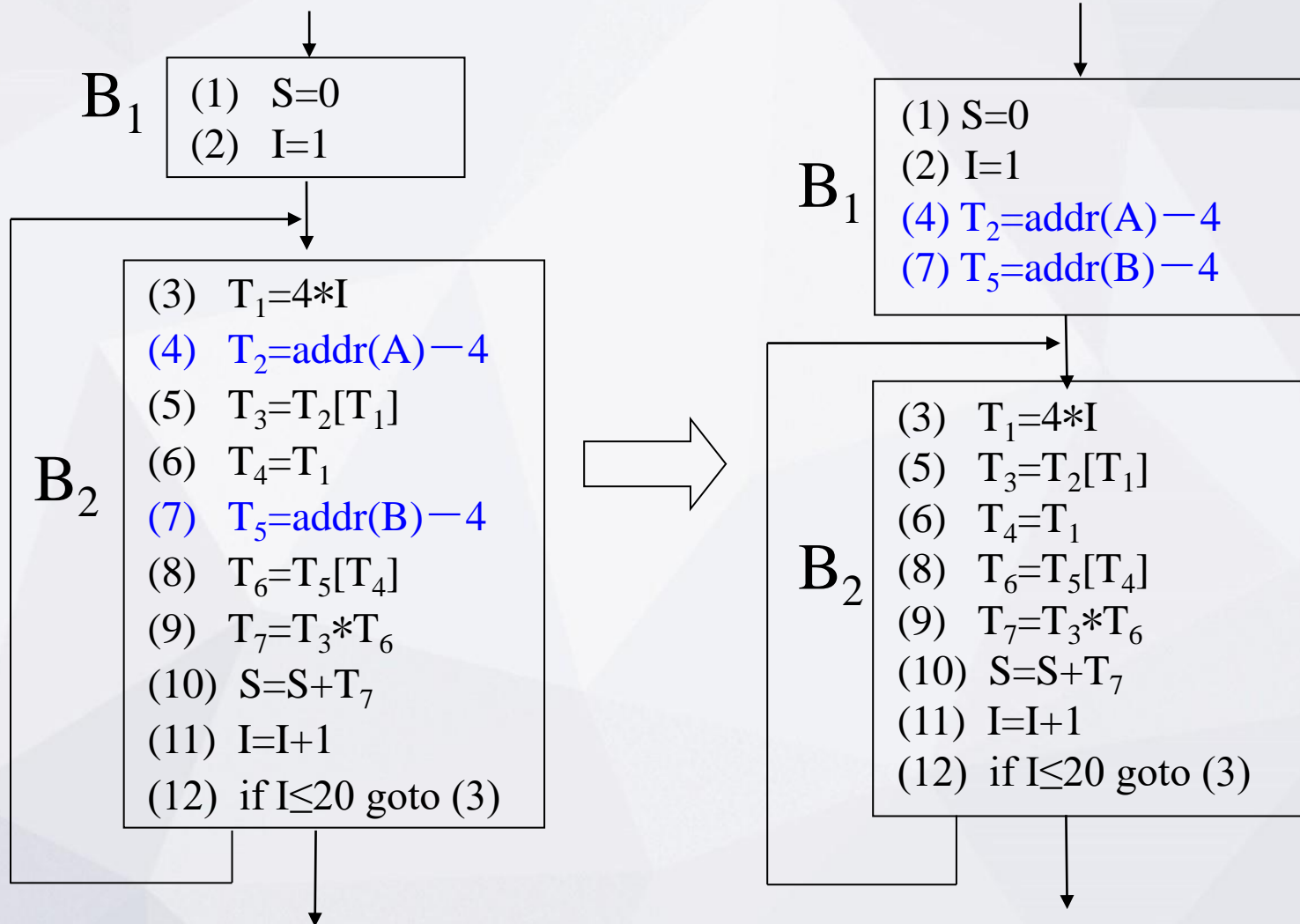
7.1 优化概述

2. 代码外提

代码外提是指将循环中的不变运算提到循环体之外。



7.1 优化概述

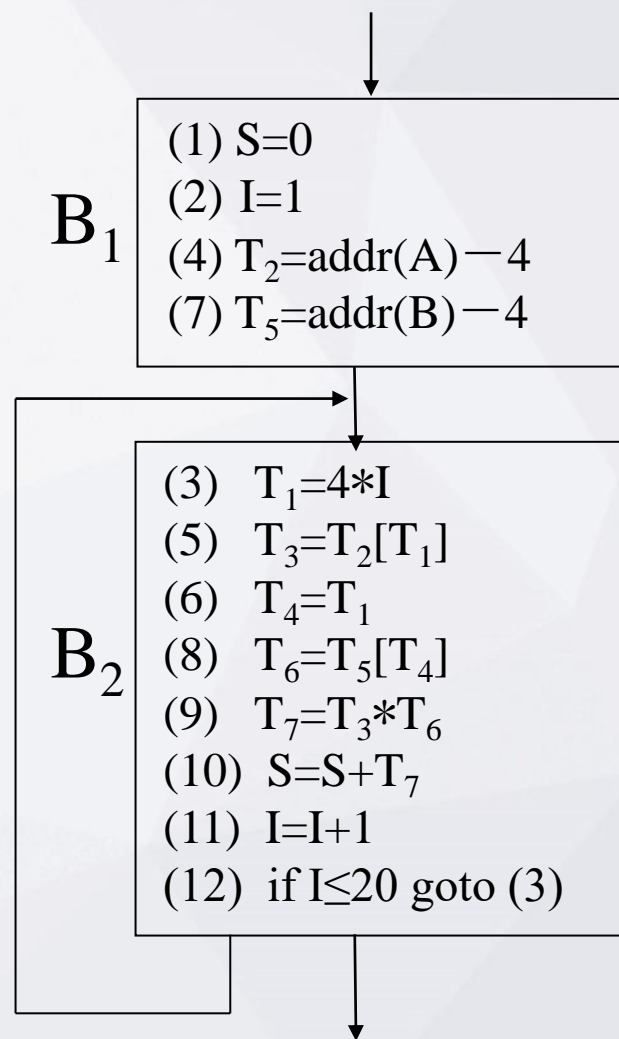


7.1 优化概述

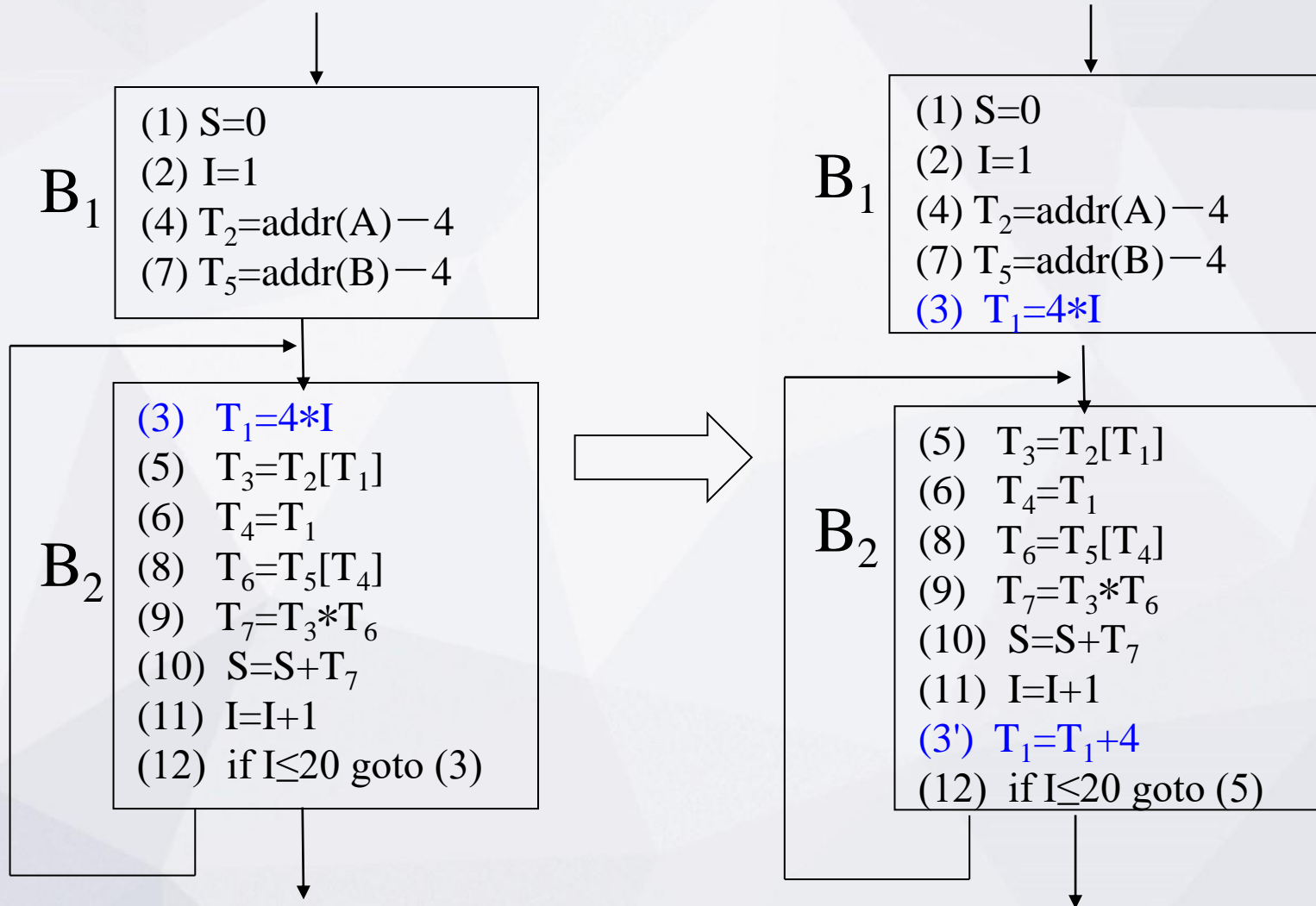
3. 强度削弱

强度削弱是指在不改变运算结果的前提下，将程序中执行时间长的运算替换成执行时间短的运算。

对计算机上的二进制算术运算，作加法一般比作乘法的速度快。



7.1 优化概述

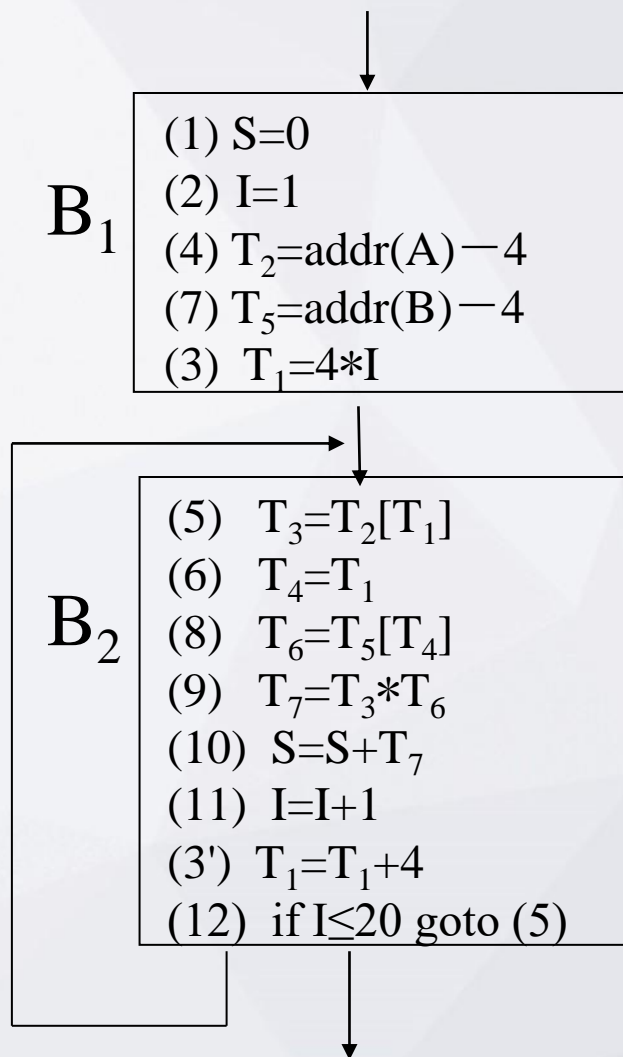


7.1 优化概述

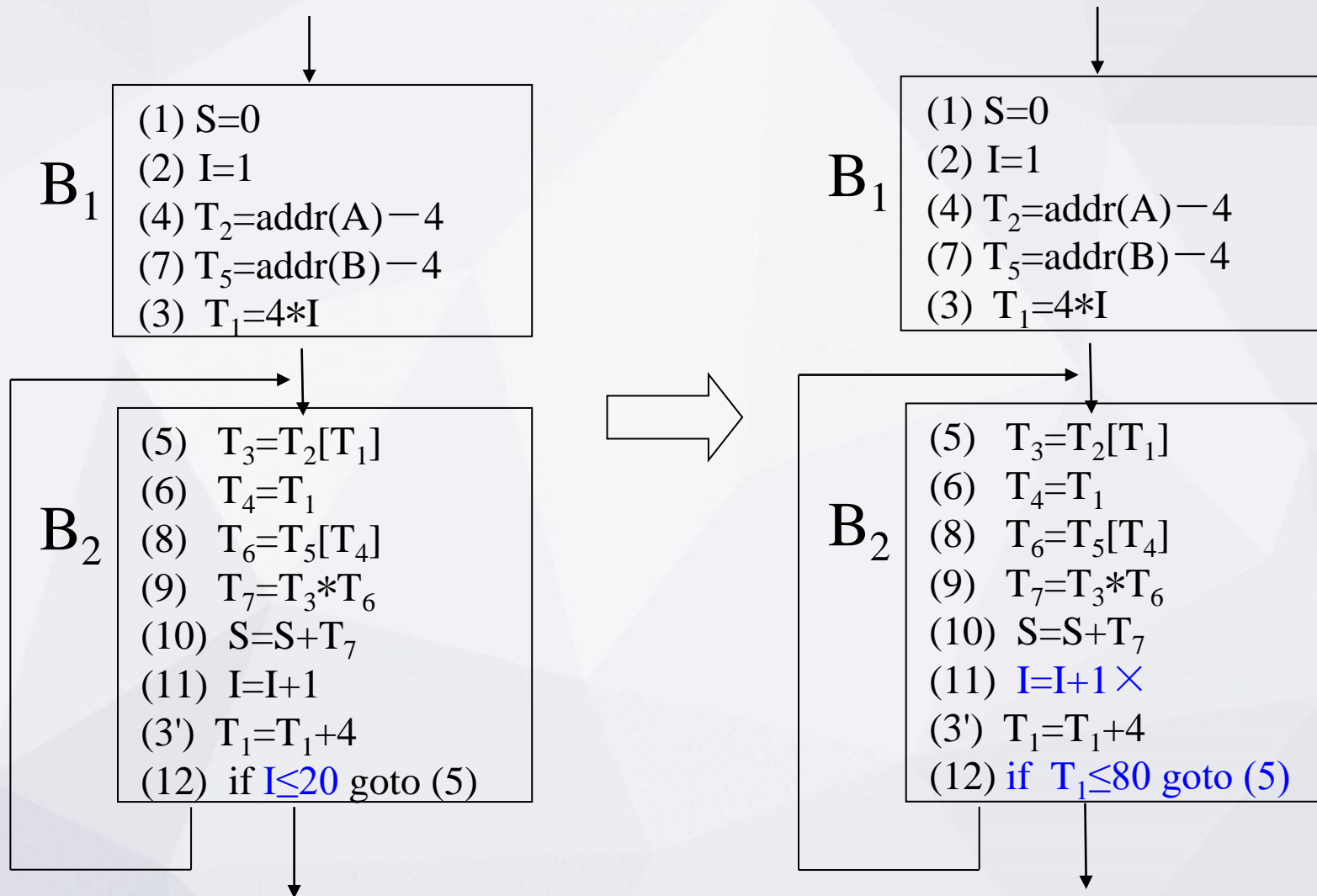
4. 变换循环控制条件 (删除归纳变量)

在 B_2 中存在变量 T 与循环控制变量 I 保持线性关系，则可由 T 取代 I ，因此对三地址语句 (12) 中的循环控制条件

$$I \leq 20 \iff T_1 \leq 80$$



7.1 优化概述

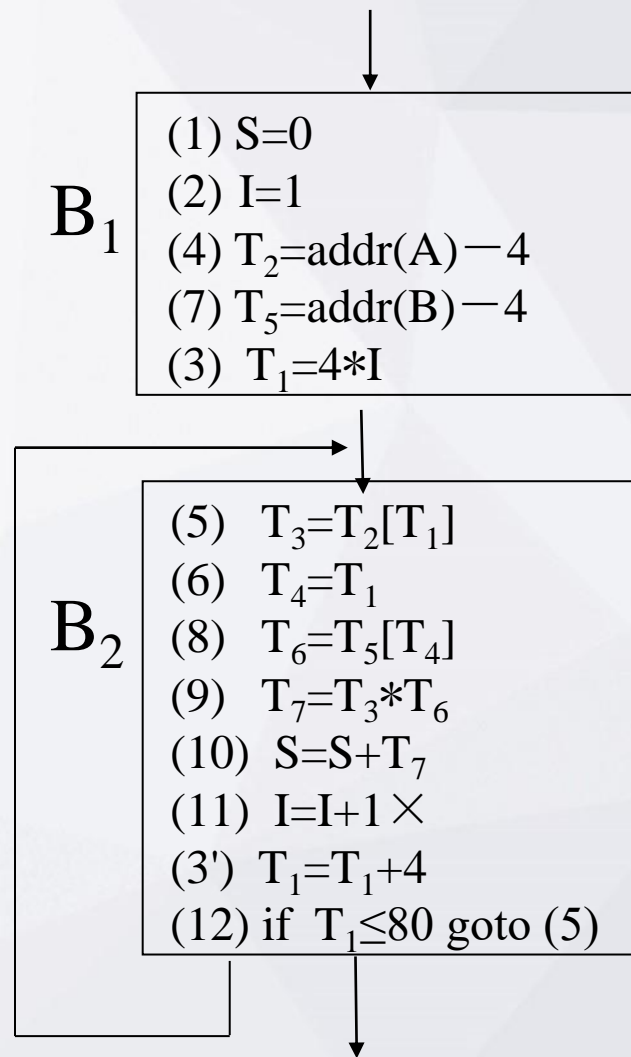


7.1 优化概述

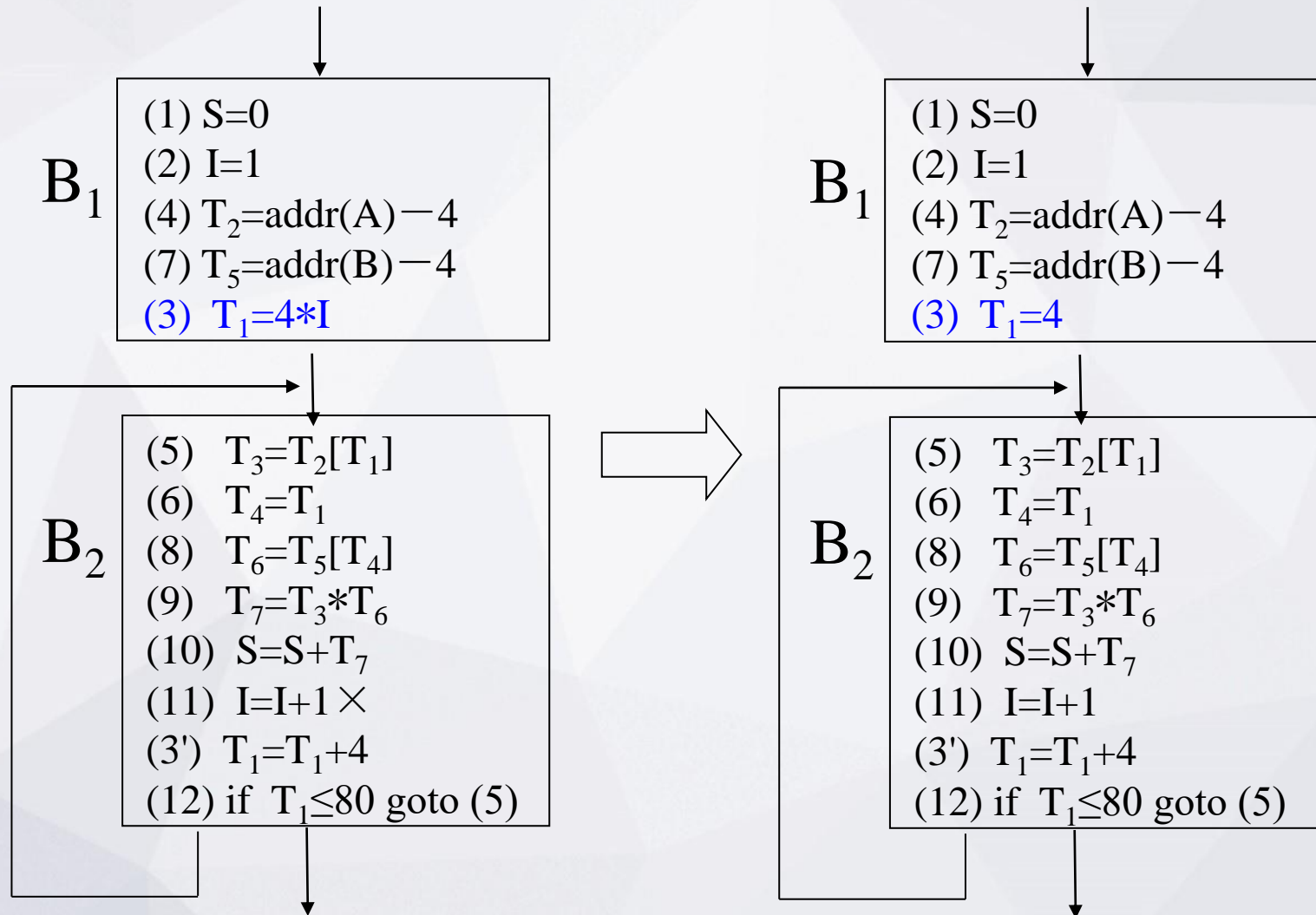
5. 合并已知量

已知量是指常数或在编译时就能确定其值的变量。

合并已知量是指若参加运算的两个对象在编译时都是已知量，则可以在编译时直接计算出它们的运算结果，不必生成目标。



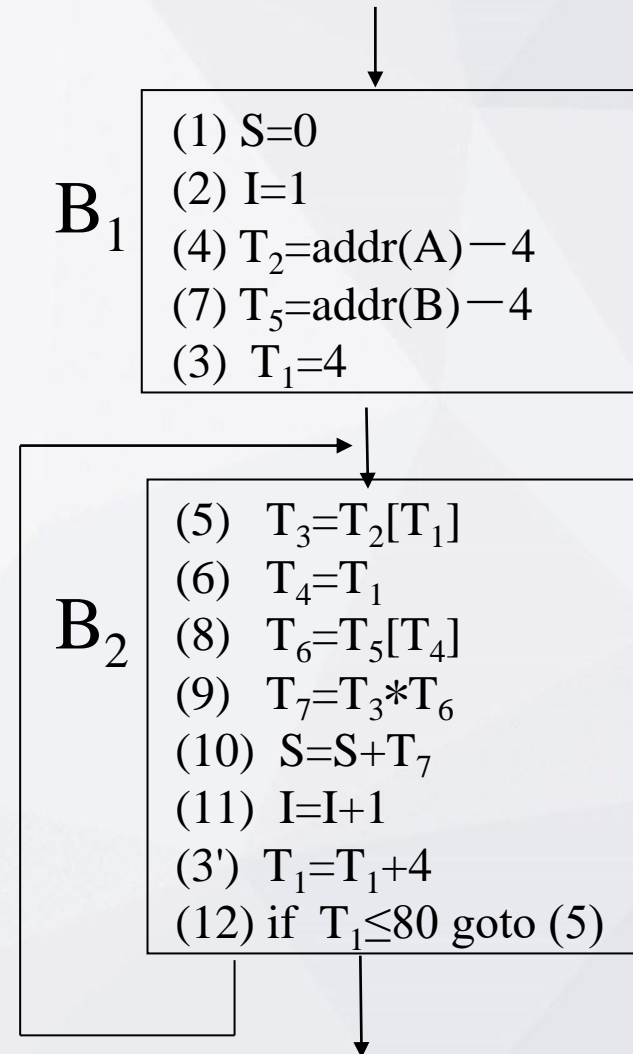
7.1 优化概述



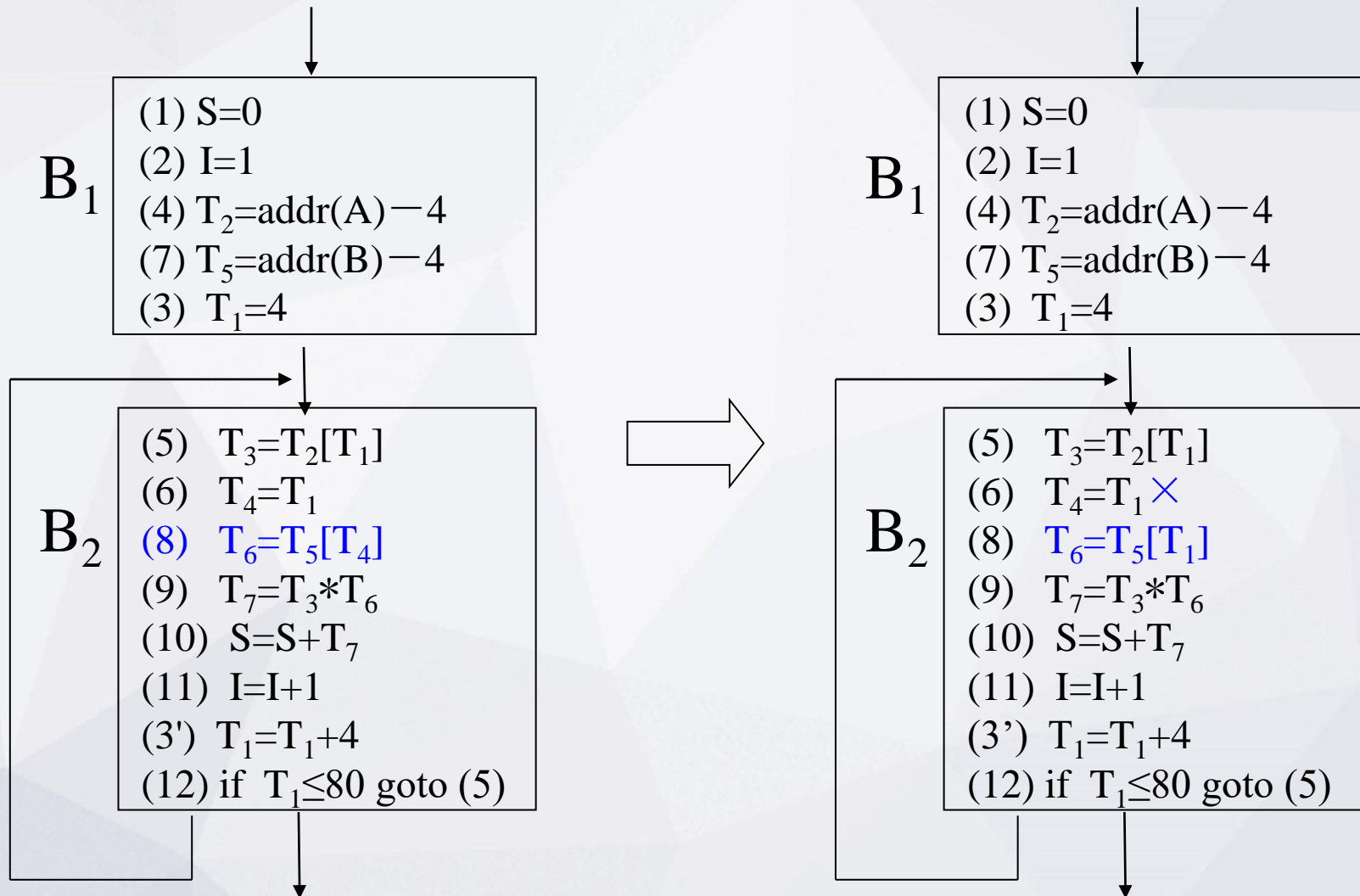
7.1 优化概述

6. 复写传播

复写传播是指尽量不引用那些在程序中仅仅只传递信息而不改变其值，也不影响其运行结果的变量。



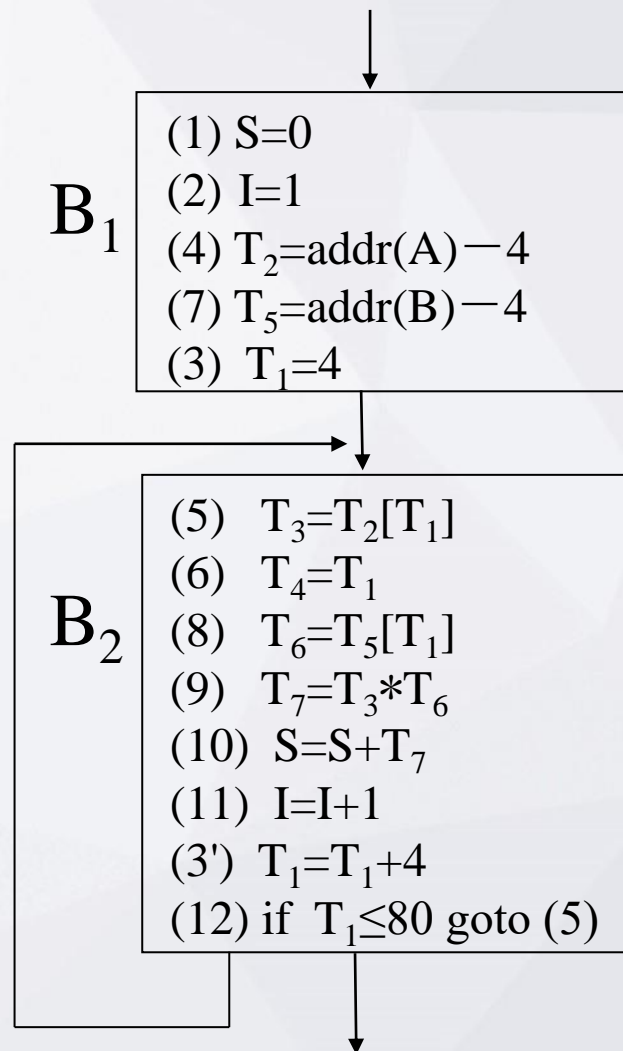
7.1 优化概述



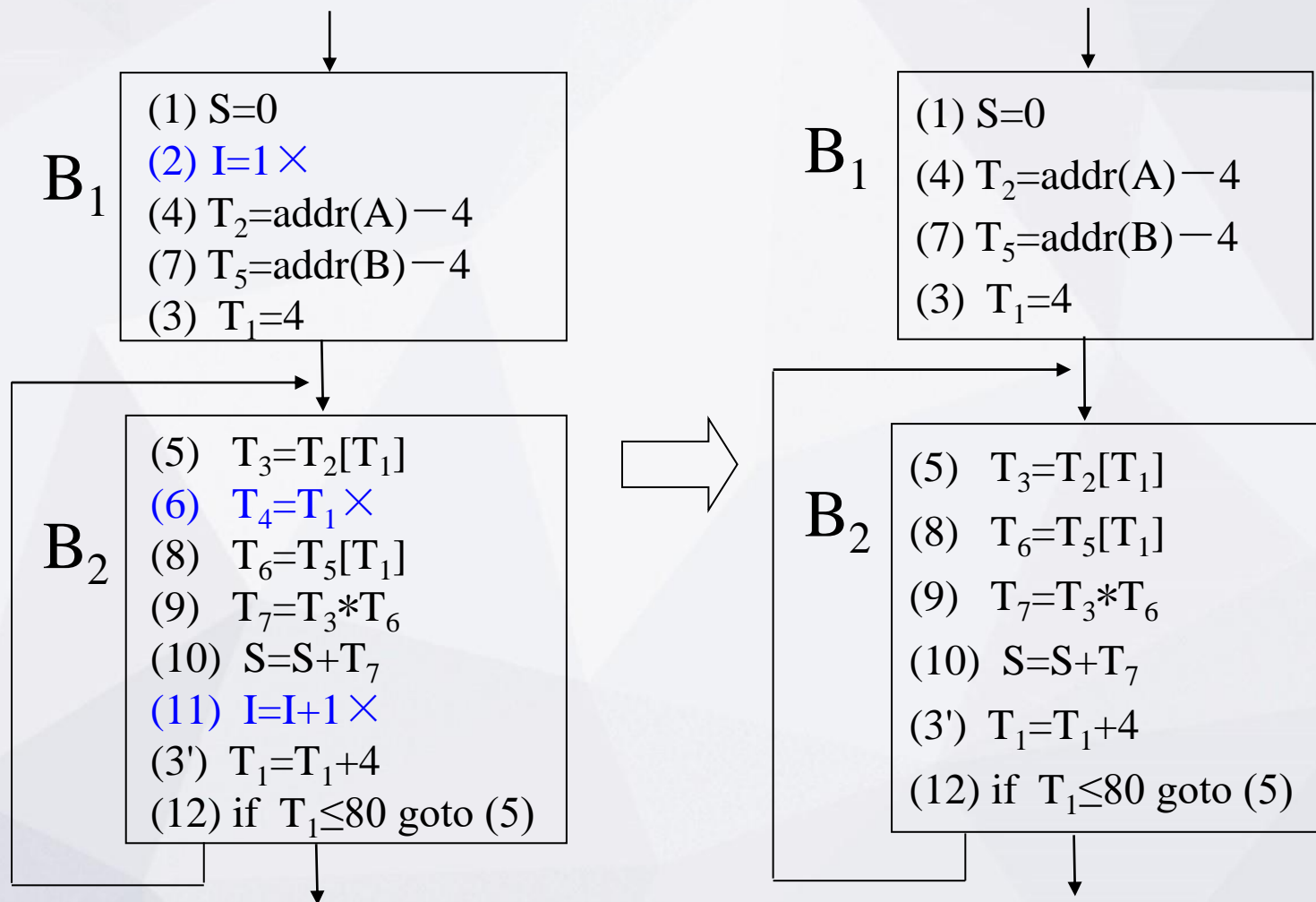
7.1 优化概述

7. 删除无用赋值

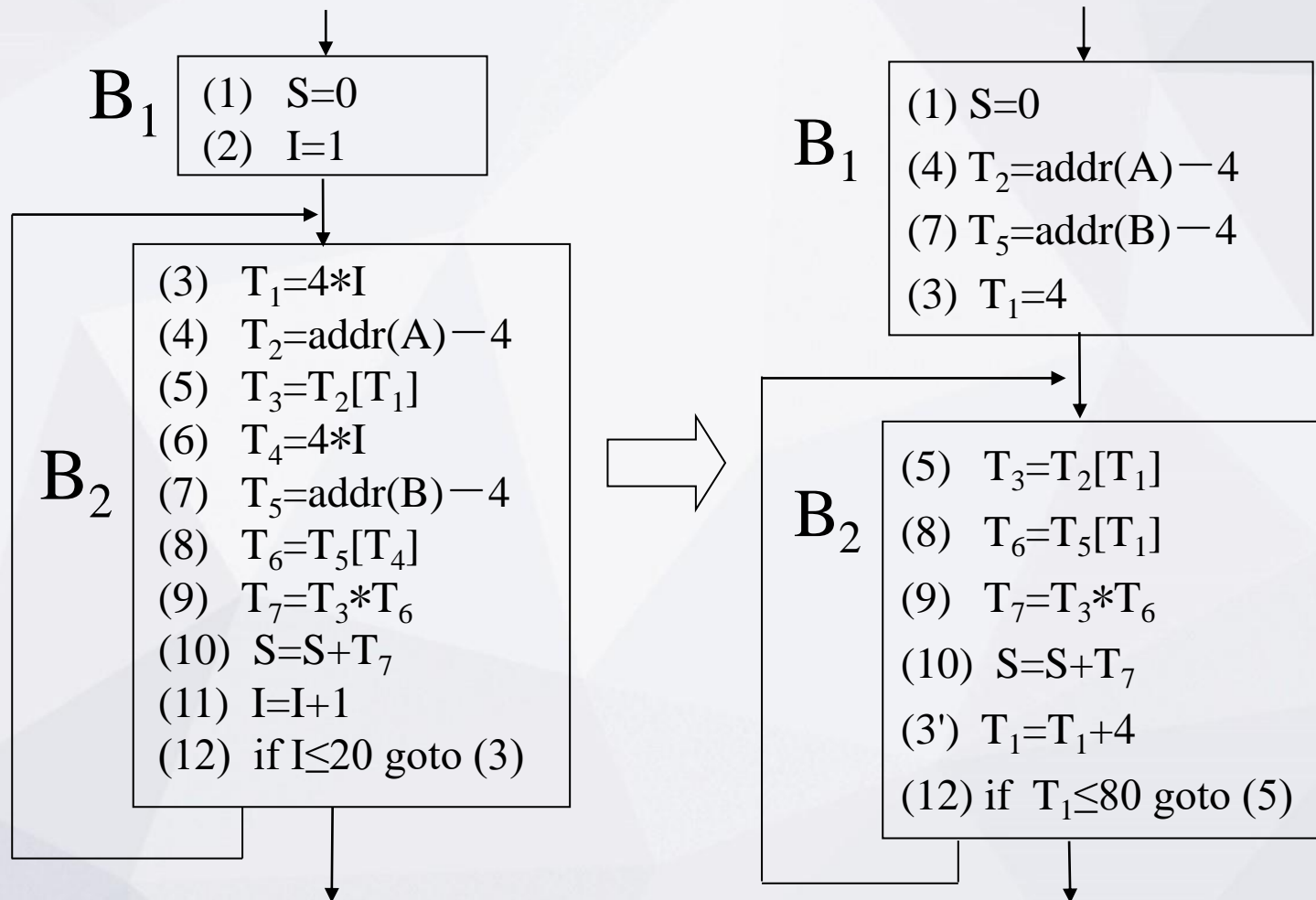
对赋值语句 $X=Y$ ，若在程序的任何地方都不引用 X ，这时该语句执行与否对程序运行结果没有任何作用，这种语句称为无用赋值语句，可以删除。



7.1 优化概述



7.1 优化概述



7.2 局部优化

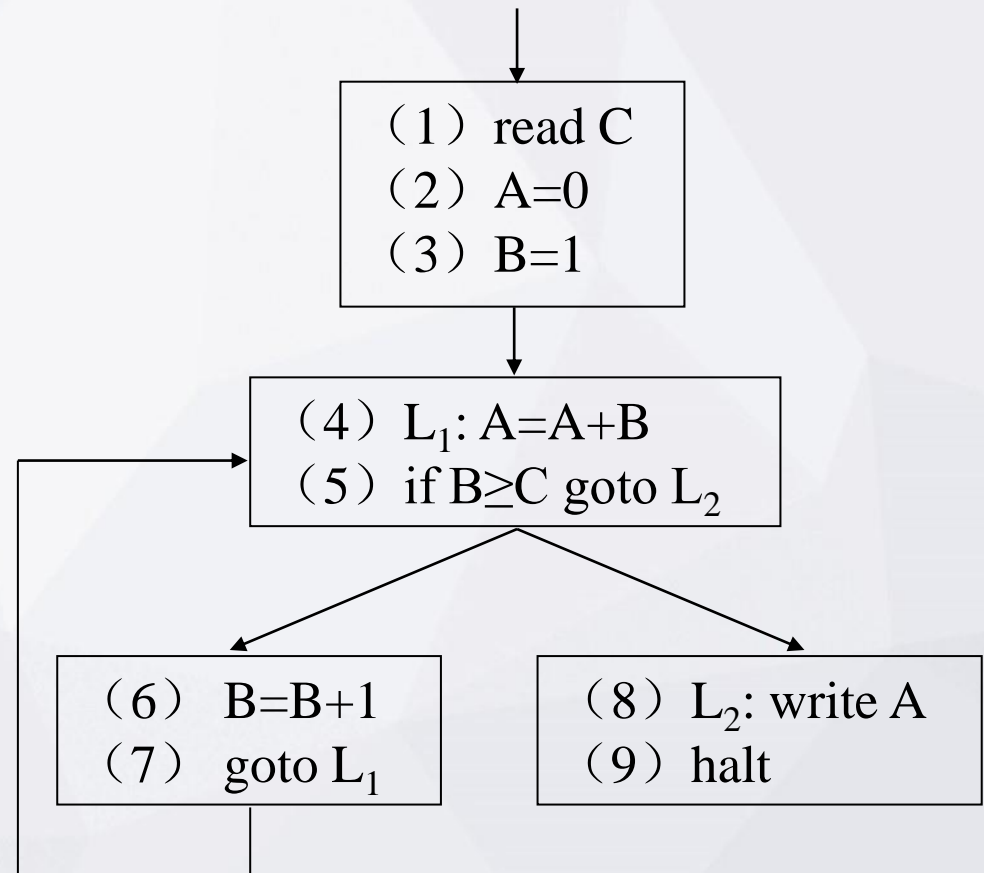
局部优化是指局限于程序基本块范围内的一种优化。

- 入口语句
 - 四元式序列的第一个语句
 - 由条件转移语句或无条件转移语句转移到的语句
 - 紧跟在条件语句之后的语句
- 出口语句
 - 下一个入口的前导语句
 - 转移语句
 - 停语句

7.2.1 划分基本块的方法

例 划分基本块，构造程序流图。

- (1) read C
- (2) A=0
- (3) B=1
- (4) L_1 : A=A+B
- (5) if $B \geq C$ goto L_2
- (6) B=B+1
- (7) goto L_1
- (8) L_2 : write A
- (9) halt

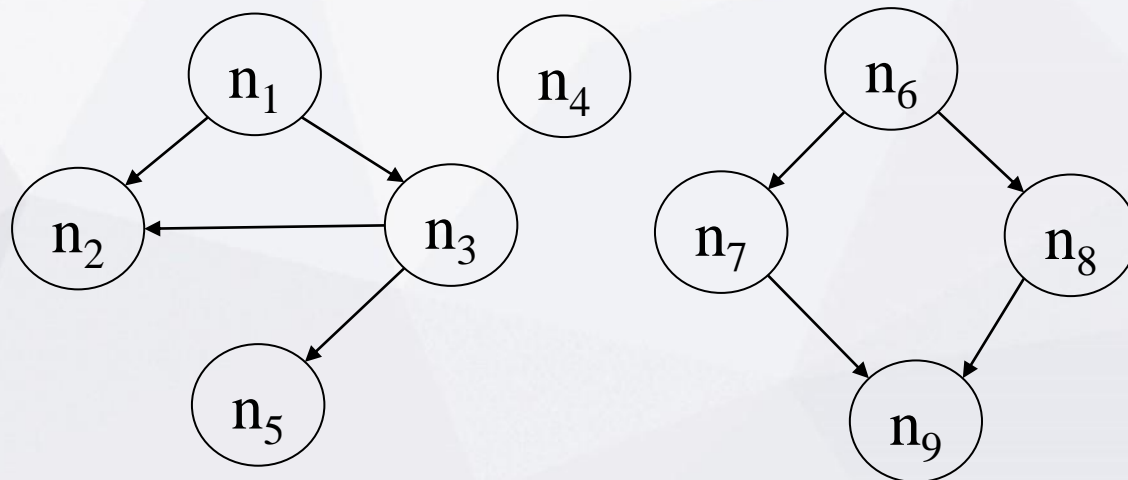


7.2.2 基本块的DAG表示

利用DAG实现局部优化的思想：

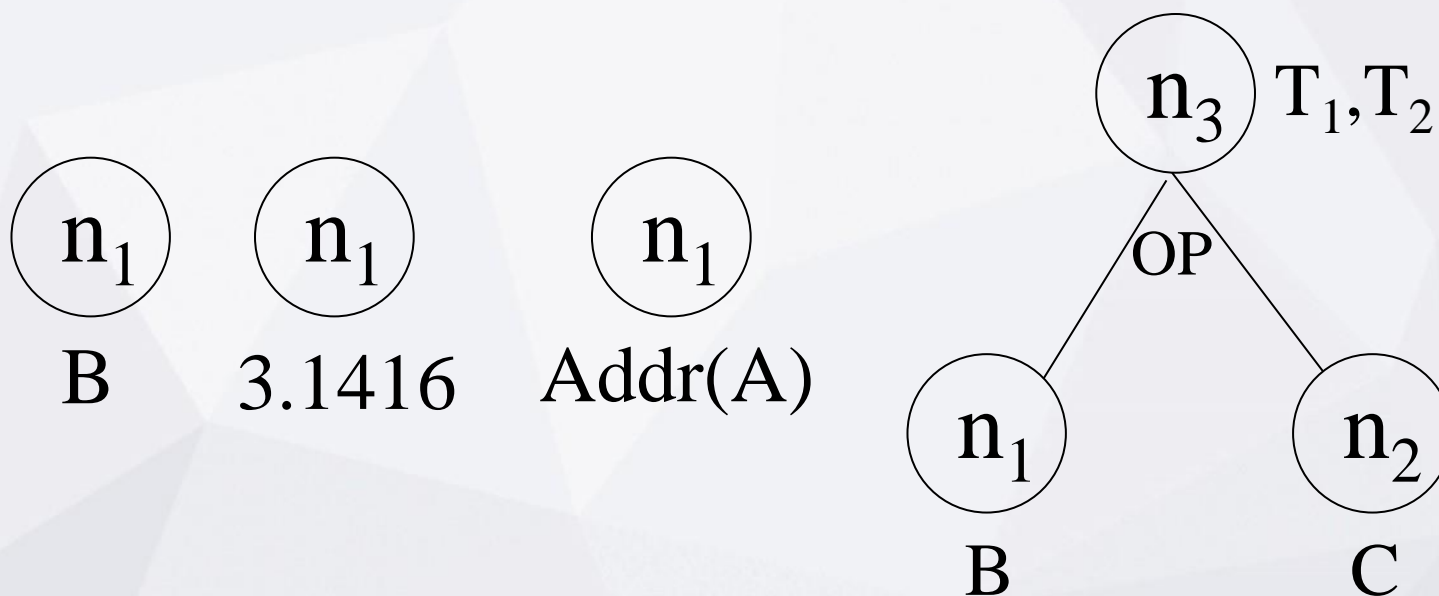
首先对一个基本块构造一个DAG，然后按构造结点的次序将DAG还原成四元式序列。

DAG (无环路有向图)



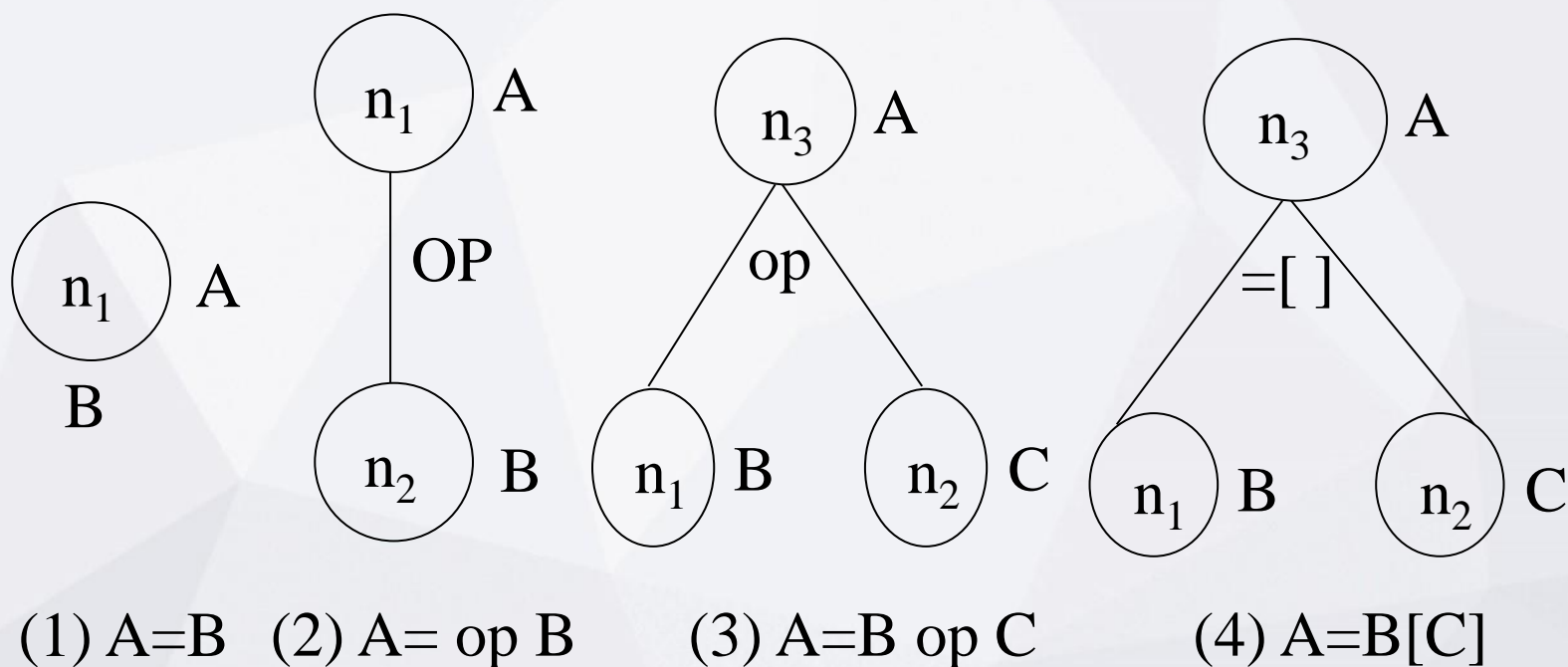
7.2.2 基本块的DAG表示

结点带有标记的DAG:



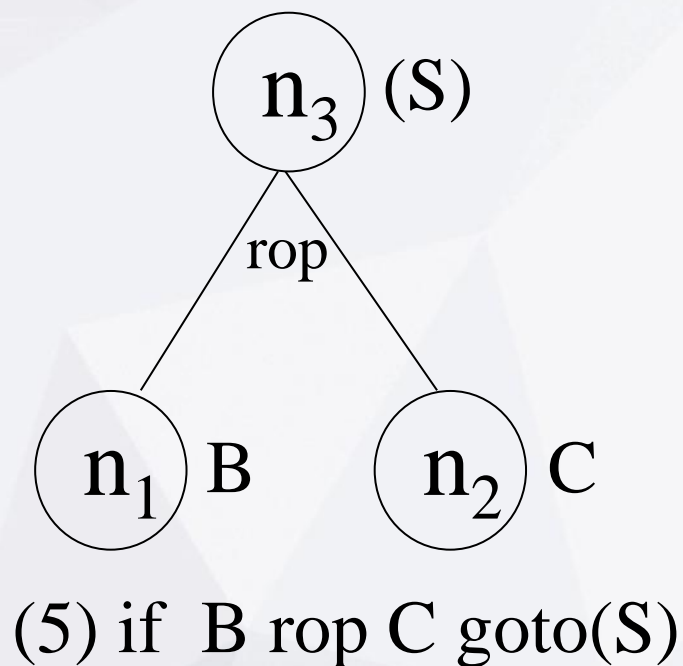
7.2.2 基本块的DAG表示

基本块的DAG表示：

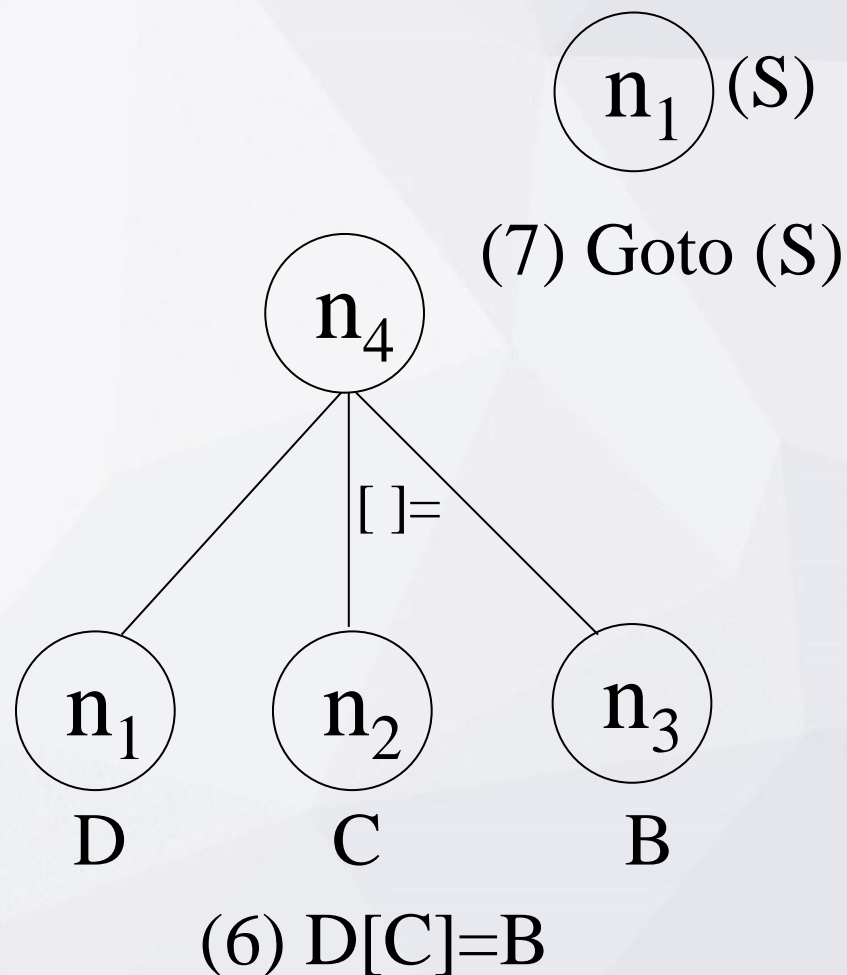


四元式与DAG

7.2.2 基本块的DAG表示



四元式与DAG



7.2.3 利用DAG实现局部优化

例 构造以下基本块的DAG:

(1) $T_0 = 3.14$

(2) $T_1 = 2 * T_0$

(3) $T_2 = R + r$

(4) $A = T_1 * T_2$

(5) $B = A$

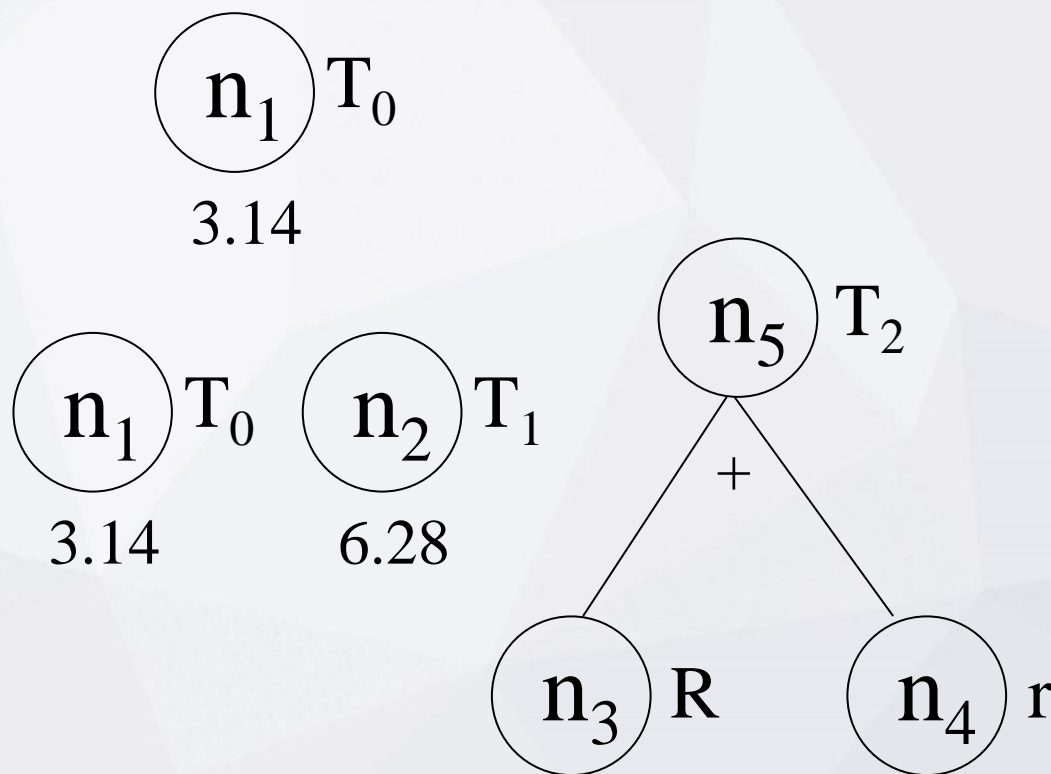
(6) $T_3 = 2 * T_0$

(7) $T_4 = R + r$

(8) $T_5 = T_3 * T_4$

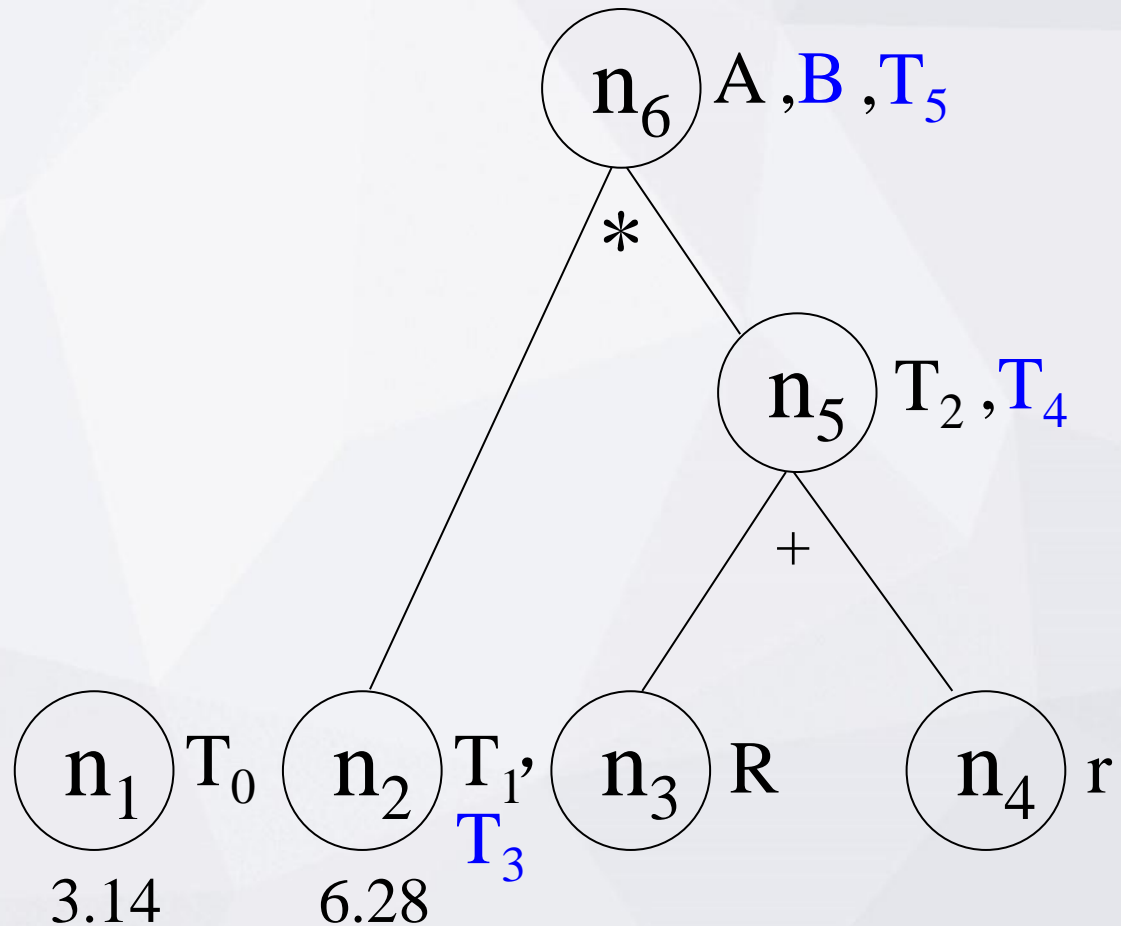
(9) $T_6 = R - r$

(10) $B = T_5 * T_6$



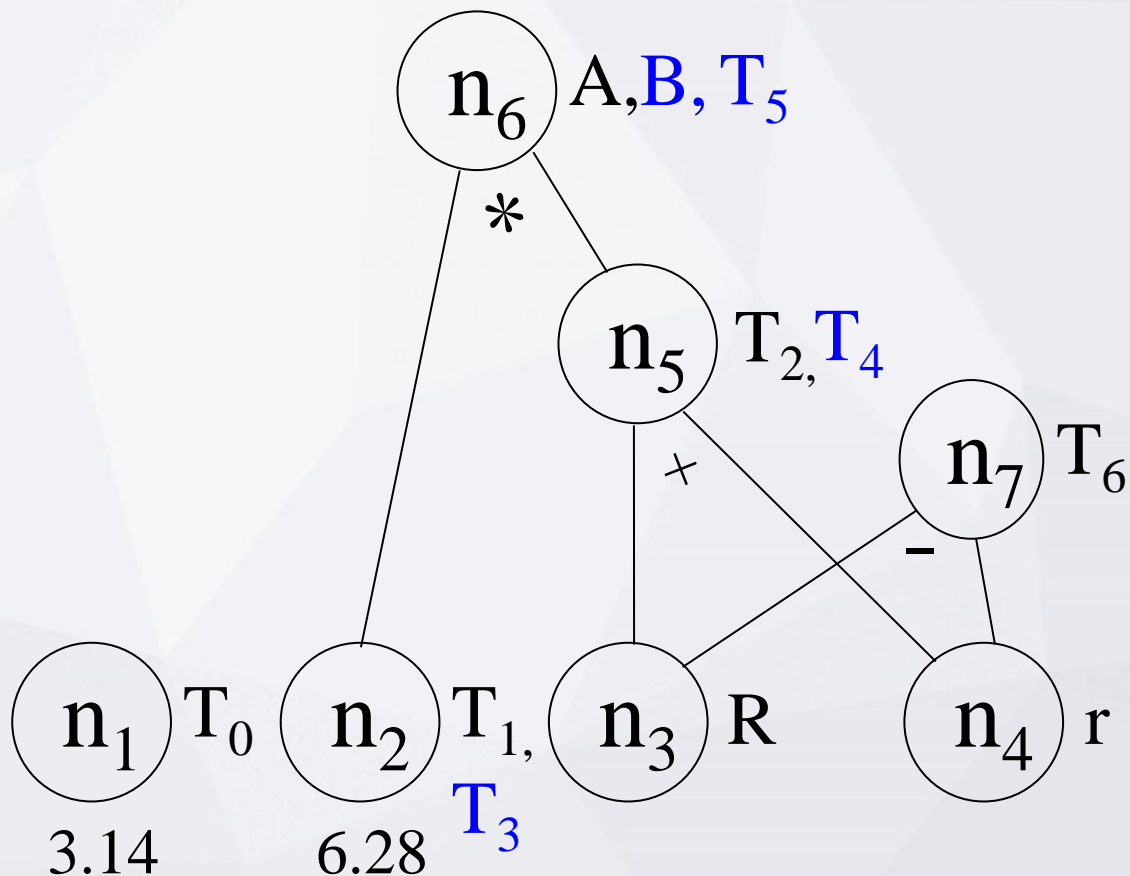
7.2.3 利用DAG实现局部优化

- (1) $T_0 = 3.14$
- (2) $T_1 = 2 * T_0$
- (3) $T_2 = R + r$
- (4) $A = T_1 * T_2$
- (5) $B = A$
- (6) $T_3 = 2 * T_0$
- (7) $T_4 = R + r$
- (8) $T_5 = T_3 * T_4$
- (9) $T_6 = R - r$
- (10) $B = T_5 * T_6$



7.2.3 利用DAG实现局部优化

- (1) $T_0 = 3.14$
- (2) $T_1 = 2 * T_0$
- (3) $T_2 = R + r$
- (4) $A = T_1 * T_2$
- (5) $B = A$
- (6) $T_3 = 2 * T_0$
- (7) $T_4 = R + r$
- (8) $T_5 = T_3 * T_4$
- (9) $T_6 = R - r$
- (10) $B = T_5 * T_6$



7.2.3 利用DAG实现局部优化

(1) $T_0 = 3.14$

(2) $T_1 = 2 * T_0$

(3) $T_2 = R + r$

(4) $A = T_1 * T_2$

(5) $B = A$

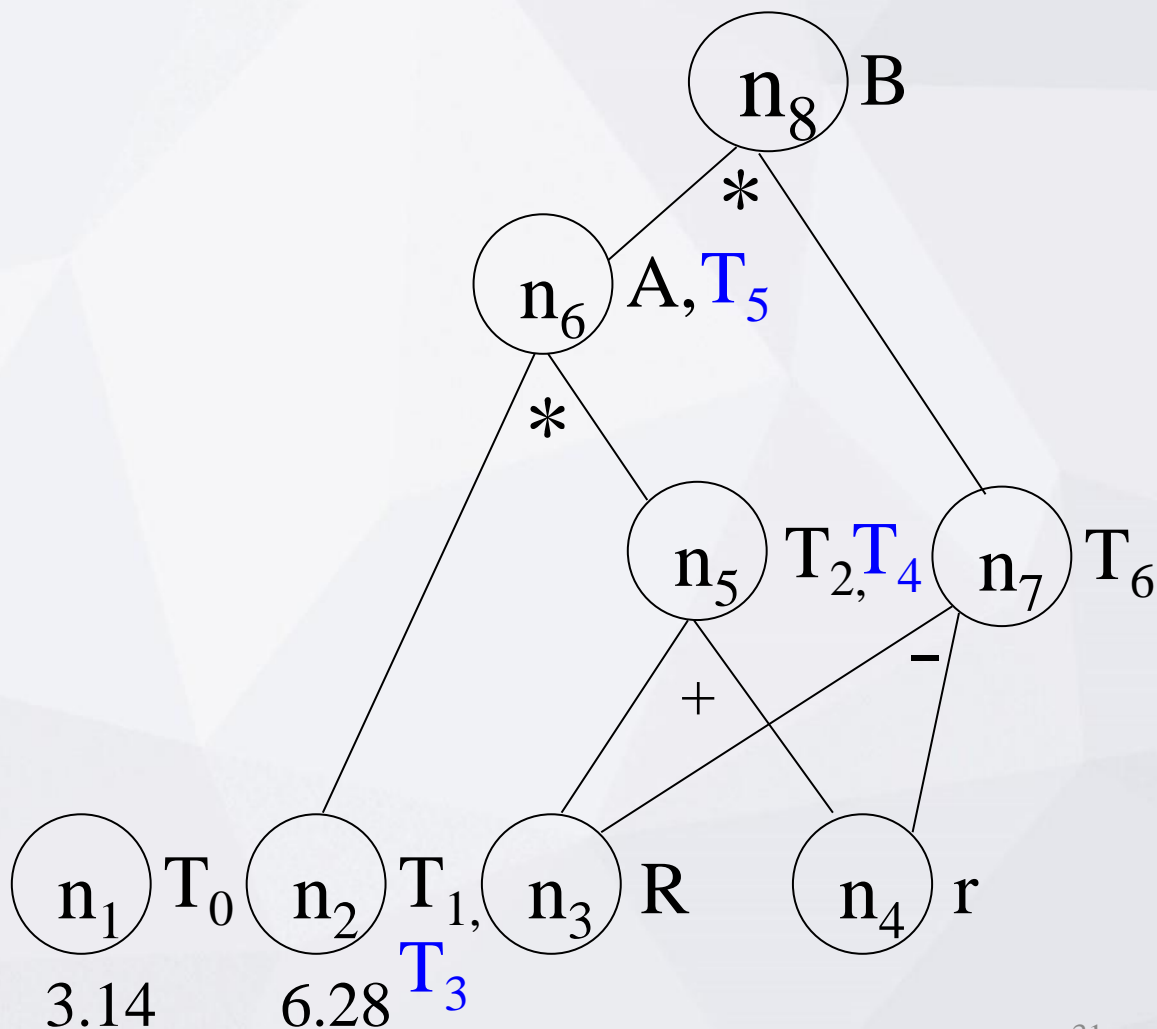
(6) $T_3 = 2 * T_0$

(7) $T_4 = R + r$

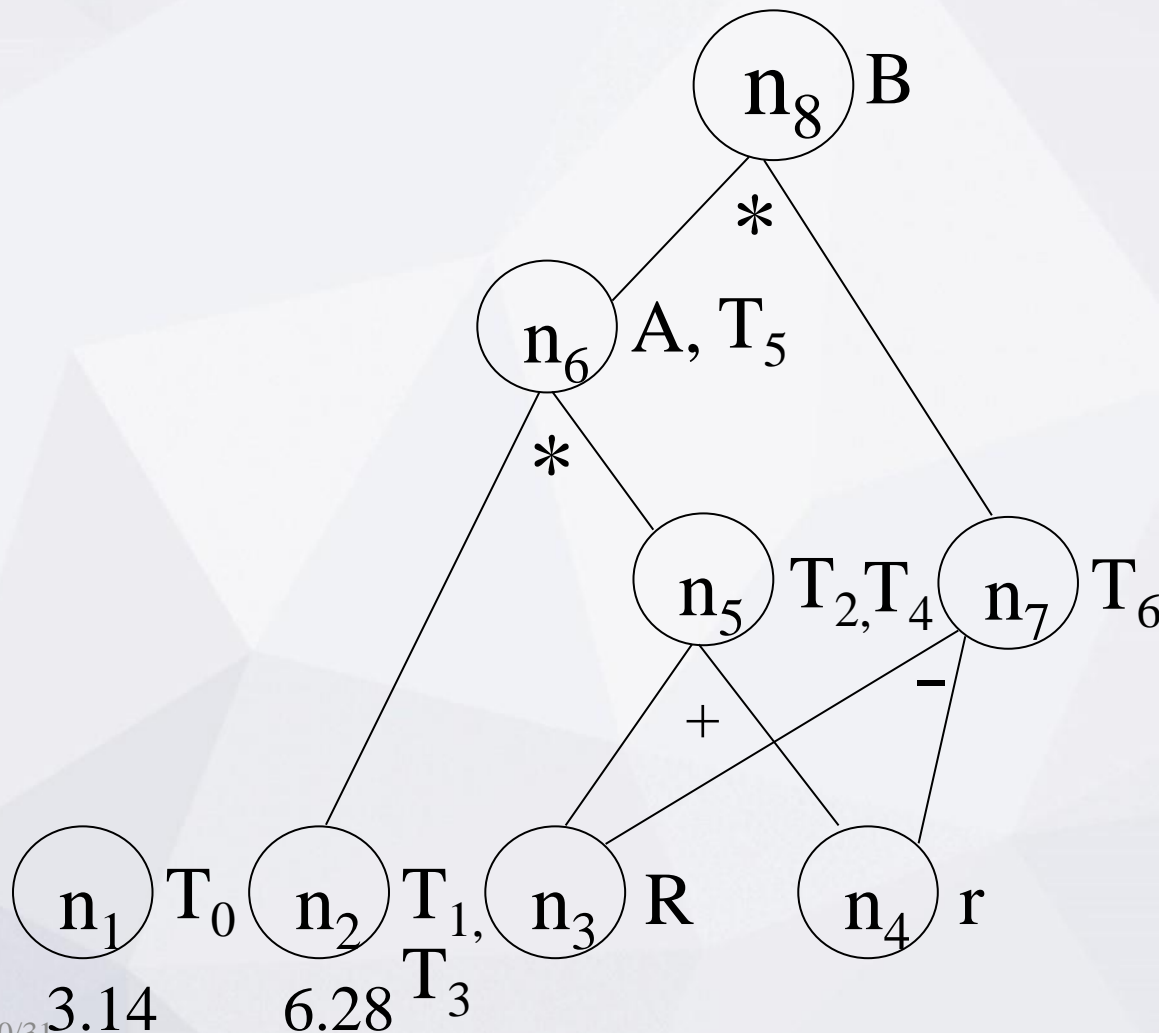
(8) $T_5 = T_3 * T_4$

(9) $T_6 = R - r$

(10) $B = T_5 * T_6$



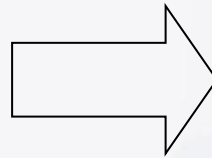
7.2.3 利用DAG实现局部优化



- (1) $T_0 = 3.14$
- (2) $T_1 = 6.28$
- (3) $T_3 = 6.28$
- (4) $T_2 = R + r$
- (5) $T_4 = T_2$
- (6) $A = 6.28 * T_2$
- (7) $T_5 = A$
- (8) $T_6 = R - r$
- (9) $B = A * T_6$

7.2.3 基本块上的优化处理

- (1) $T_0 = 3.14$
- (2) $T_1 = 2 * T_0$
- (3) $T_2 = R + r$
- (4) $A = T_1 * T_2$
- (5) $B = A$
- (6) $T_3 = 2 * T_0$
- (7) $T_4 = R + r$
- (8) $T_5 = T_3 * T_4$
- (9) $T_6 = R - r$
- (10) $B = T_5 * T_6$



- (1) $T_0 = 3.14$
- (2) $T_1 = 6.28$
- (3) $T_3 = 6.28$
- (4) $T_2 = R + r$
- (5) $T_4 = T_2$
- (6) $A = 6.28 * T_2$
- (7) $T_5 = A$
- (8) $T_6 = R - r$
- (9) $B = A * T_6$