



编译系统
第六章
中间代码生成

哈尔滨工业大学 陈鄞



第13讲（中间代码生成_3）要点

➤ 赋值语句的翻译

➤ 主要任务：生成对表达式求值的三地址码

➤ 难点：数组元素的寻址

➤ 关键：地址计算公式 \longleftrightarrow 文法

第13讲（中间代码生成_3）要点

➤ 控制流语句的翻译

➤ 基础文法

➤ $P \rightarrow S$

➤ $S \rightarrow S_1 S_2$

➤ $S \rightarrow \text{id} = E ; \mid L = E ;$

➤ $S \rightarrow \text{if } B \text{ then } S_1$

$\mid \text{if } B \text{ then } S_1 \text{ else } S_2$

$\mid \text{while } B \text{ do } S_1$

控制流语句的代码结构

➤ 例

$S \rightarrow \text{if } B \text{ then } S_1 \text{ else } S_2$

S.code

if

B.code

then

S₁.code

else

S₂.code

例1: B="a<b"

三地址指令

if a<b goto *S₁.first*

goto *S₂.first*

标号(常量)

问题: 生成跳转指令的时候, *S₁.first*和
*S₂.first*的值还**不知道**

例2: B="a<b || a>200 && b<100"

布尔表达式*B*被翻译成由
跳转指令构成的跳转代码

用指令的**标号**标识一条三地址指令

控制流语句的代码结构

➤ 例

$S \rightarrow \text{if } B \text{ then } S_1 \text{ else } S_2$

S.code

if

B.code

then

S₁.code

else

S₂.code

例1: B="a<b"

三地址指令

if a<b goto *S₁.first*

goto *S₂.first*

临时指令

if a<b goto *B.true*

goto *B.false*

标号(常量)

地址(变量)

布尔表达式*B*被翻译成由
跳转指令构成的跳转代码

用指令的标号标识一条三地址指令

控制流语句的代码结构

➤ 例

$S \rightarrow \text{if } B \text{ then } S_1 \text{ else } S_2$

S.code

if

B.code

then

S₁.code

else

S₂.code

例1: B="a<b"

三地址指令

if a<b goto *S₁.first*

goto *S₂.first*

临时指令

if a<b goto *B.true*

goto *B.false*

if a<b goto (*B.true*)

goto (*B.false*)

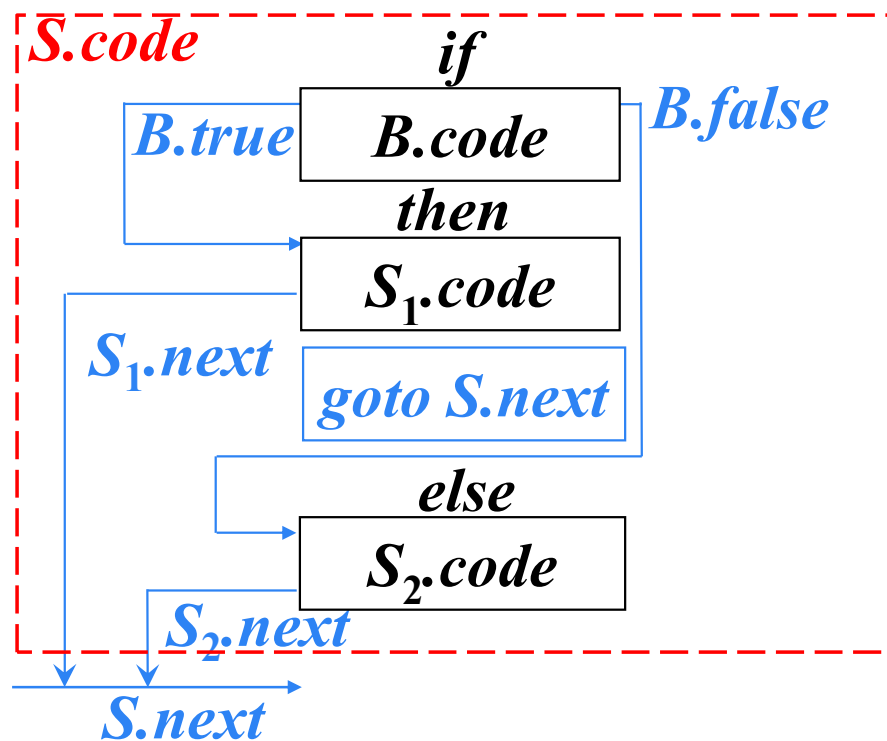
布尔表达式*B*被翻译成由
跳转指令构成的跳转代码

用指令的标号标识一条三地址指令

控制流语句的代码结构

➤ 例

$S \rightarrow \text{if } B \text{ then } S_1 \text{ else } S_2$



布尔表达式 B 被翻译成由
跳转指令构成的跳转代码

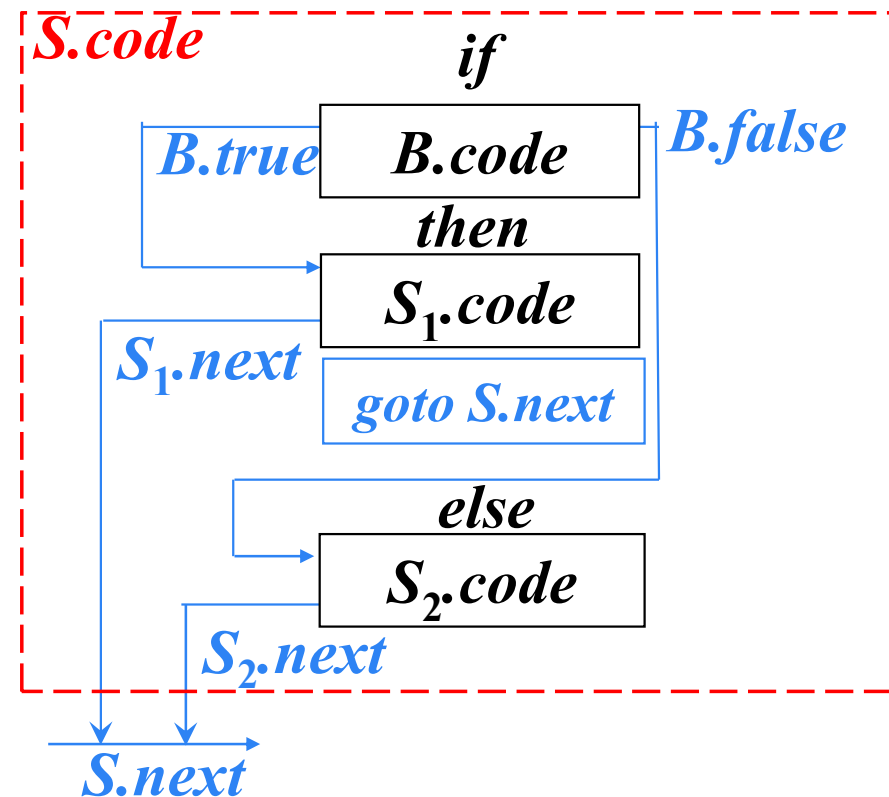
➤ 继承属性

- $B.true$: 是一个地址, 该地址用来存放当 B 为真时控制流转向的指令的标号
- $B.false$: 是一个地址, 该地址用来存放当 B 为假时控制流转向的指令的标号
- $S.next$: 是一个地址, 该地址用来存放紧跟在 S 代码之后执行的指令(S 的后继指令)的标号

用指令的标号标识一条三地址指令

if-then-else语句的SDT

$S \rightarrow \text{if } B \text{ then } S_1 \text{ else } S_2$



$S \rightarrow \text{if } \{ B.true = \text{newlabel}(); B.false = \text{newlabel}(); \} B$
 $\quad \text{then } \{ S_1.next = S.next; \text{label}(B.true); \} S_1 \{ \text{gen}('goto' S.next) \}$
 $\quad \text{else } \{ S_2.next = S.next; \text{label}(B.false); \} S_2$

控制流语句SDT编写要点

- 分析每一个非终结符之前
 - 先计算继承属性
 - 再观察代码结构图中该非终结符对应的方框顶部是否有导入箭头。如果有，调用label()函数
- 上一个代码框执行完不顺序执行下一个代码框时，生成一条显式跳转指令
- 有自下而上的箭头时，设置begin属性。且定义后直接调用label()函数绑定地址

总结

- 控制流语句翻译的一个关键是确定跳转指令的目标标号
- 存在问题：生成跳转指令时，目标标号还不能确定
- 解决办法：生成一些临时变量用来存放标号，将临时变量的地址作为继承属性传递到标号可以确定的地方。也就是说，当目标标号的值确定下来以后再赋给相应的变量
- 缺点：需要进行两遍处理
 - 第一遍生成临时的指令
 - 第二遍将指令中的临时变量的地址改为具体的标号，从而得到最终的三地址指令

避免生成冗余的goto指令

例：语句 “*while* $a < b$ *do if* $c < d$ *then* $x = y + z$ *else* $x = y - z$ ” 的三地址代码

B.first → 1: *if* $a < b$ *goto* 3

2: *goto* 11

S₁.first → 3: *if* $c < d$ *goto* 5

4: *goto* 8

5: $t_1 = y + z$

6: $x = t_1$

7: *goto* 1

8: $t_2 = y - z$

9: $x = t_2$

10: *goto* 1

11:

1: *ifFalse* $a < b$ *goto* 11

2:

3: *if* $c < d$ *goto* 5

4: *goto* 8

5: $t_1 = y + z$

6: $x = t_1$

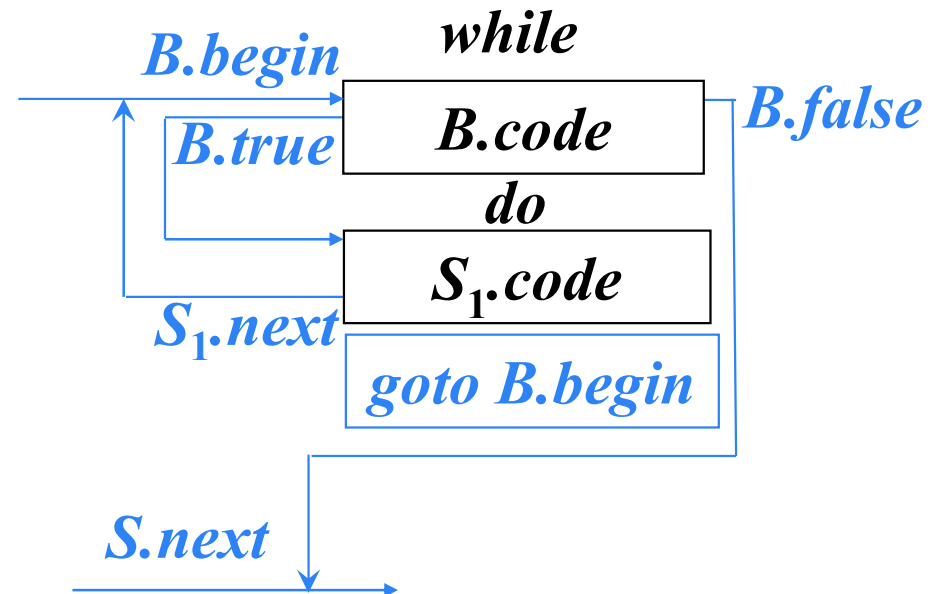
7: *goto* 1

8: $t_2 = y - z$

9: $x = t_2$

10: *goto* 1

11:

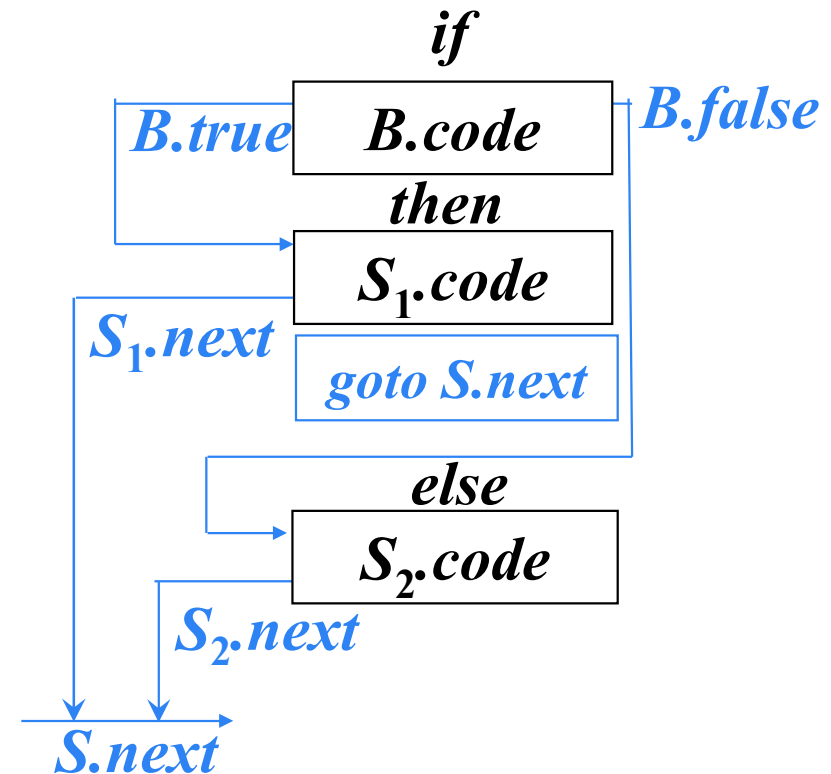


避免生成冗余的goto指令

例：语句 “*while* $a < b$ *do if* $c < d$ *then* $x = y + z$ *else* $x = y - z$ ” 的三地址代码

1: *if* $a < b$ *goto* 3
2: *goto* 11
B.first → 3: *if* $c < d$ *goto* 5
4: *goto* 8
S₁.first → 5: $t_1 = y + z$
6: $x = t_1$
7: *goto* 1
S₂.first → 8: $t_2 = y - z$
9: $x = t_2$
10: *goto* 1
11:

1: *ifFalse* $a < b$ *goto* 11
2:
3: *if* $c < d$ *goto* 5
4: *goto* 8
5: $t_1 = y + z$
6: $x = t_1$
7: *goto* 1
8: $t_2 = y - z$
9: $x = t_2$
10: *goto* 1
11:

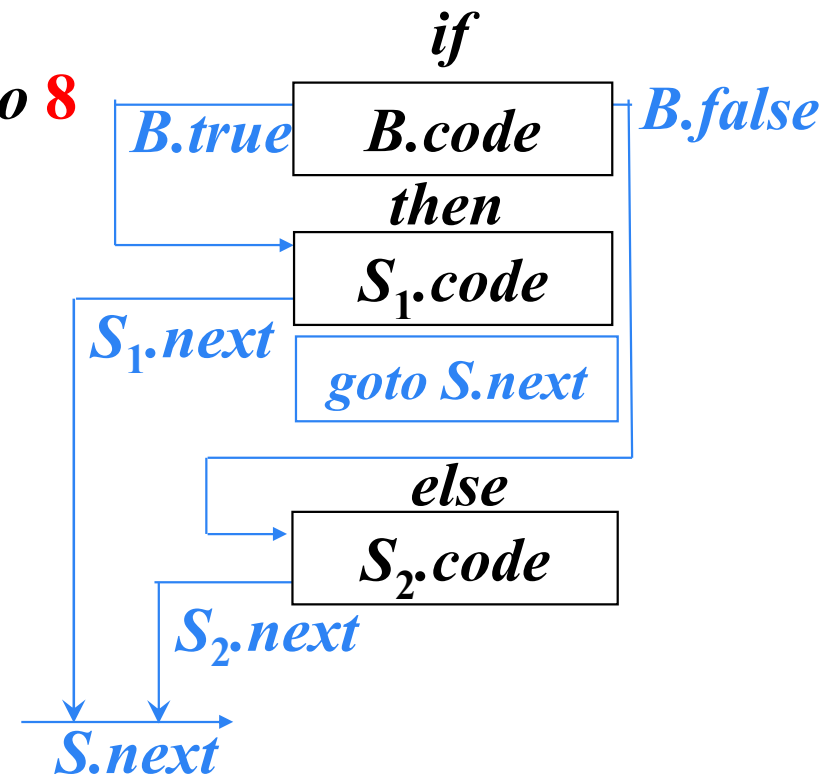


避免生成冗余的goto指令

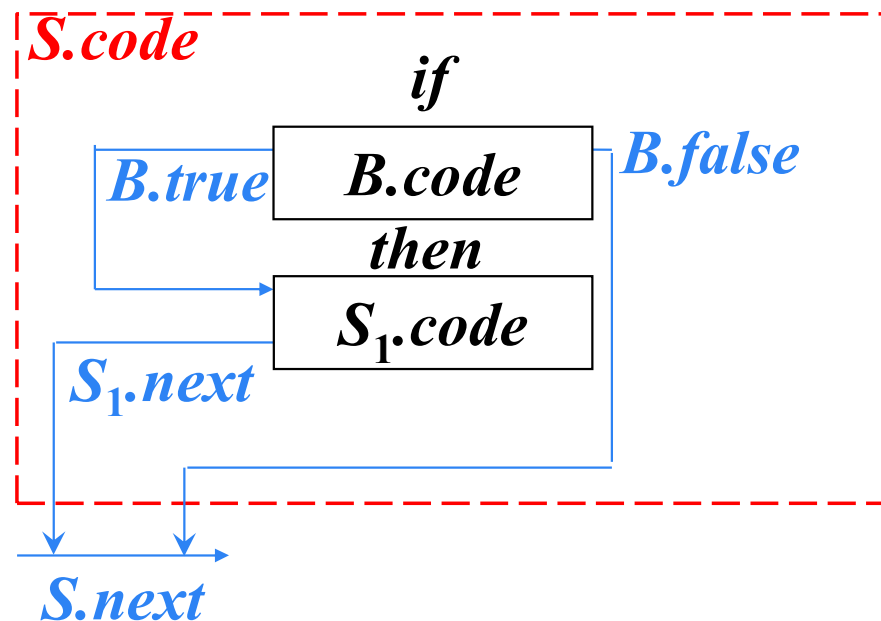
例：语句 “*while* $a < b$ *do if* $c < d$ *then* $x = y + z$ *else* $x = y - z$ ” 的三地址代码

1: *if* $a < b$ *goto* 3
2: *goto* 11
B.first → 3: *if* $c < d$ *goto* 5
4: *goto* 8
S₁.first → 5: $t_1 = y + z$
6: $x = t_1$
7: *goto* 1
S₂.first → 8: $t_2 = y - z$
9: $x = t_2$
10: *goto* 1
11:

1: *ifFalse* $a < b$ *goto* 11
2:
3: *ifFalse* $c < d$ *goto* 8
4:
5: $t_1 = y + z$
6: $x = t_1$
7: *goto* 1
8: $t_2 = y - z$
9: $x = t_2$
10: *goto* 1
11:



修改 *if-then* 语句的 *SDT*



$$S \rightarrow \text{if } \{ B.true = \text{newlabel}(); B.false = S.next; \} B$$
$$\text{then } \{ \text{label}(B.true); S_1.next = S.next; \} S_1$$

不生成任何跳转指令



$$S \rightarrow \text{if } \{ B.true = \text{fall}; B.false = S.next; \} B$$
$$\text{then } \{ S_1.next = S.next; \} S_1$$

修改 $B \rightarrow E_1 \text{ relop } E_2$ 的 SDT

➤ $B \rightarrow E_1 \text{ relop } E_2 \{ \text{gen}(\text{'if' } E_1.\text{addr relop } E_2.\text{addr 'goto' } B.\text{true}) ;$
 $\text{gen}(\text{'goto' } B.\text{false}); \}$



➤ $B \rightarrow E_1 \text{ relop } E_2$

{ if $B.\text{true} \neq \text{fall}$ and $B.\text{false} \neq \text{fall}$ then

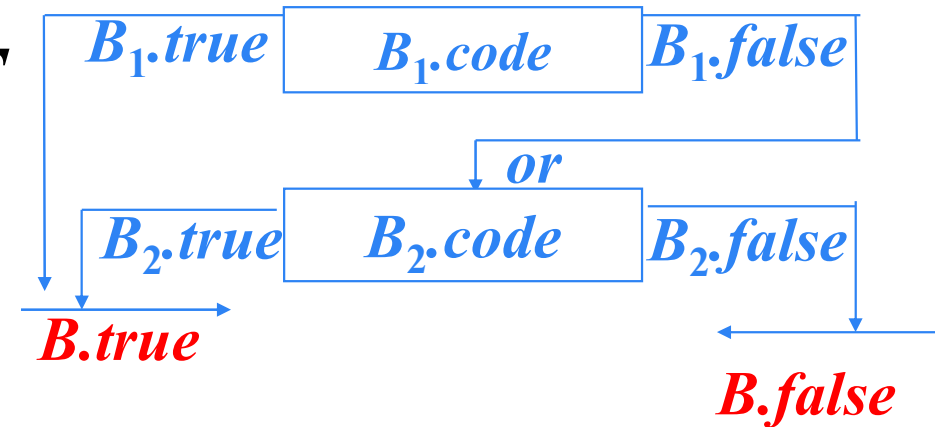
$\text{gen}(\text{'if' } E_1.\text{addr relop } E_2.\text{addr 'goto' } B.\text{true}) ; \text{gen}(\text{'goto' } B.\text{false}); \}$

else if $B.\text{true} \neq \text{fall}$ then $\text{gen}(\text{'if' } E_1.\text{addr relop } E_2.\text{addr 'goto' } B.\text{true}) ;$

else if $B.\text{false} \neq \text{fall}$ then $\text{gen}(\text{'ifFalse' } E_1.\text{addr relop } E_2.\text{addr 'goto' } B.\text{false});$

else ' ' }

修改 $B \rightarrow B_1 \text{ or } B_2$ 的SDT

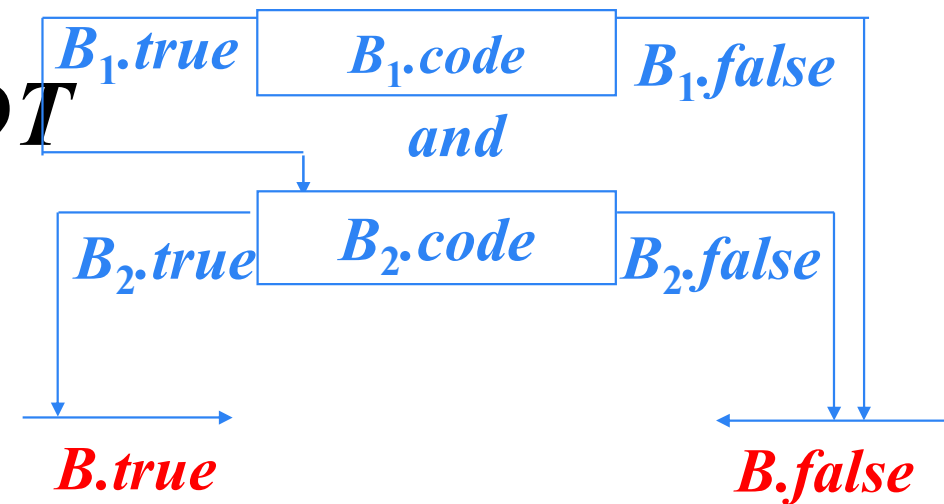


$B \rightarrow \{ B_1.true = B.true; B_1.false = newlabel(); \} B_1$
 or $\{ label(B_1.false); B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2$



$B \rightarrow \{ B_1.true = \text{if } B.true \neq fall \text{ then } B.true \text{ else } newlabel(); B_1.false = fall; \} B_1$
 or $\{ B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2 \{ label(B_1.true); \}$

修改 $B \rightarrow B_1 \text{ and } B_2$ 的SDT



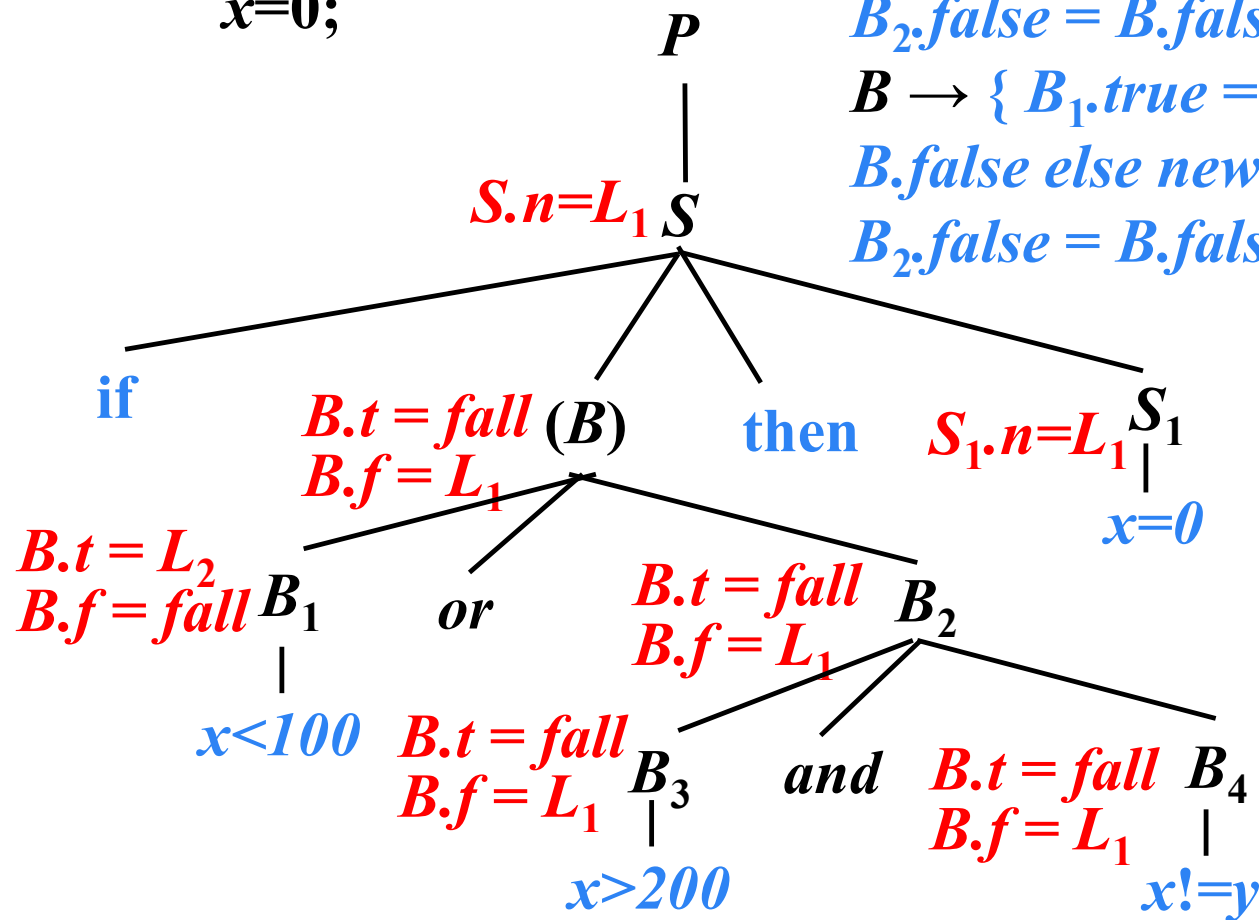
$B \rightarrow \{ B_1.true = \text{newlabel}(); B_1.false = B.false; \} B_1$
 $\text{and } \{ \text{label}(B_1.true); B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2$



$B \rightarrow \{ B_1.true = \text{fall}; B_1.false = \text{if } B.false \neq \text{fall then } B.false \text{ else newlabel}(); \} B_1$
 $\text{and } \{ B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2 \{ \text{label}(B_1.false); \}$

例

if ($x < 100 \parallel x > 200 \ \&\& \ x \neq y$)
 $x = 0$;



$S \rightarrow \text{if} \{ B.true = \text{fall}; B.false = S.next; \} B$
 $\text{then} \{ S_1.next = S.next; \} S_1$

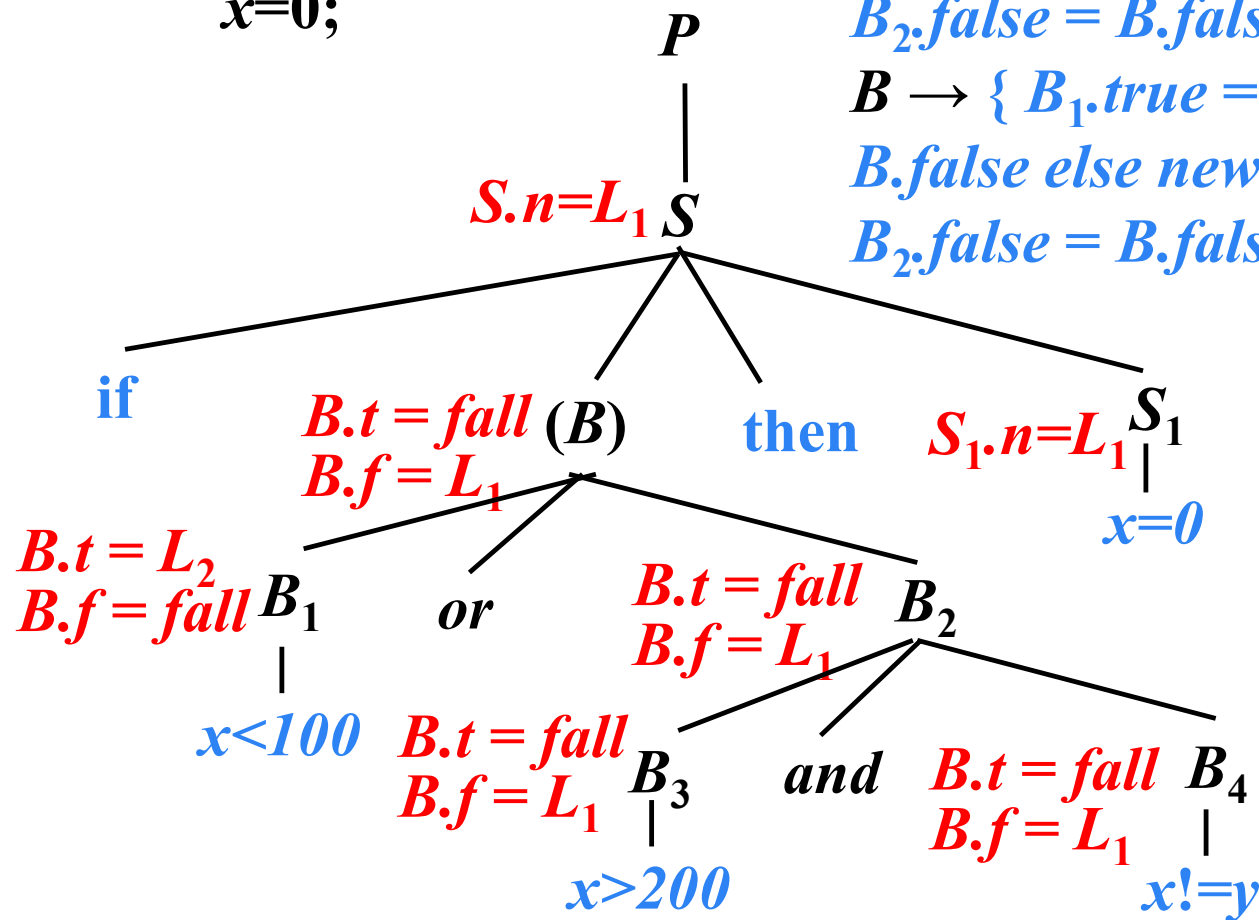
$B \rightarrow \{ B_1.true = \text{if } B.true \neq \text{fall} \text{ then } B.true \text{ else } \text{newlabel}(); B_1.false = \text{fall}; \} B_1$ **or** $\{ B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2 \{ \text{label}(B_1.true); \}$

$B \rightarrow \{ B_1.true = \text{fall}; B_1.false = \text{if } B.false \neq \text{fall} \text{ then } B.false \text{ else } \text{newlabel}(); \} B_1$ **and** $\{ B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2 \{ \text{label}(B_1.false); \}$

if $x < 100$ *goto* L_2
ifFalse $x > 200$ *goto* L_1
ifFalse $x \neq y$ *goto* L_1
 $L_1 \ L_2: \ x = 0$

例

if ($x < 100 \parallel x > 200 \ \&\& \ x \neq y$)
 $x = 0$;



$S \rightarrow \text{if} \{ B.\text{true} = \text{fall}; B.\text{false} = S.\text{next}; \} B$
 $\text{then} \{ S_1.\text{next} = S.\text{next}; \} S_1$

$B \rightarrow \{ B_1.\text{true} = \text{if } B.\text{true} \neq \text{fall} \text{ then } B.\text{true} \text{ else } \text{newlabel}(); B_1.\text{false} = \text{fall}; \} B_1$ **or** $\{ B_2.\text{true} = B.\text{true}; B_2.\text{false} = B.\text{false}; \} B_2 \{ \text{label}(B_1.\text{true}); \}$

$B \rightarrow \{ B_1.\text{true} = \text{fall}; B_1.\text{false} = \text{if } B.\text{false} \neq \text{fall} \text{ then } B.\text{false} \text{ else } \text{newlabel}(); \} B_1$ **and** $\{ B_2.\text{true} = B.\text{true}; B_2.\text{false} = B.\text{false}; \} B_2 \{ \text{label}(B_1.\text{false}); \}$

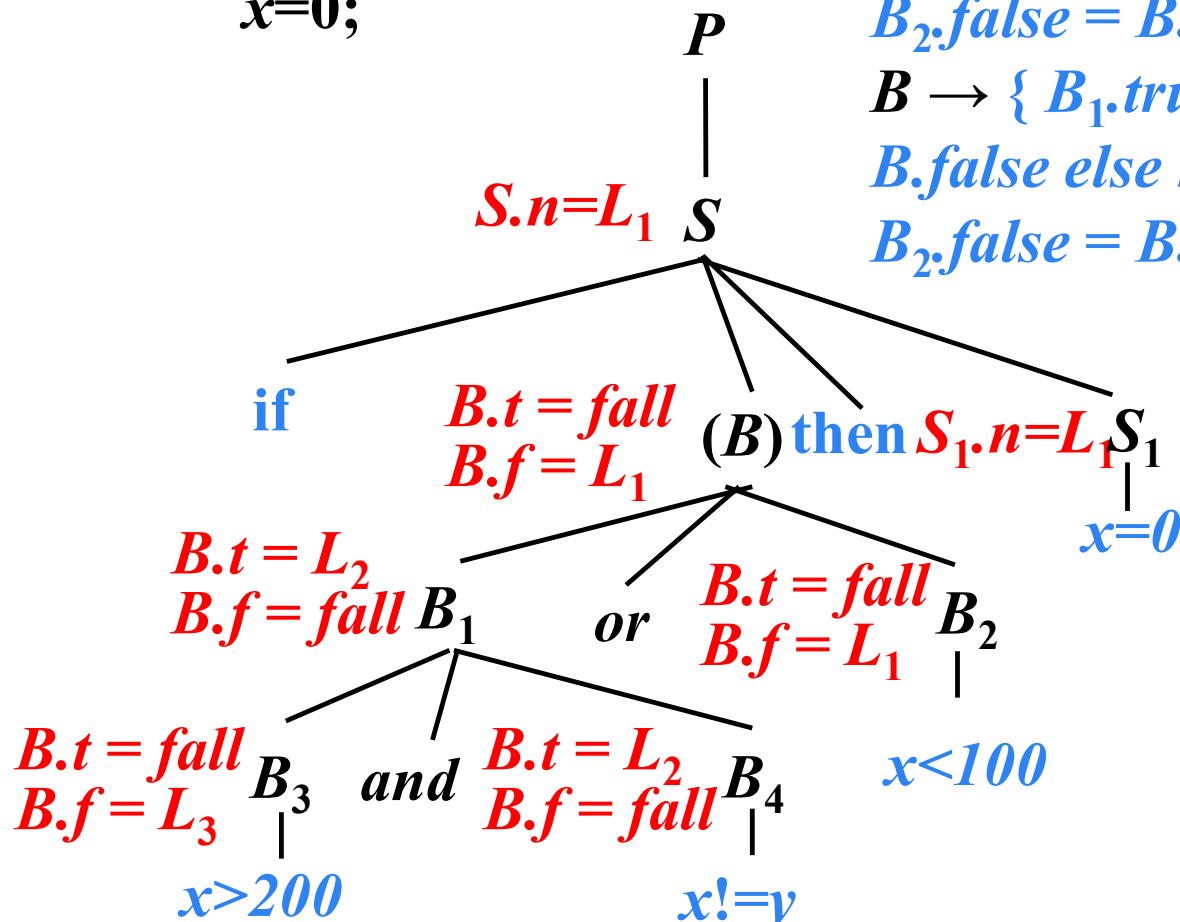
if $x < 100$ *goto* L_2
ifFalse $x > 200$ *goto* L_1
ifFalse $x \neq y$ *goto* L_1

L_2 : $x = 0$

L_1 :

例

if (*x*>200 && *x*!=*y* || *x*<100)
x=0;



$S \rightarrow \text{if } \{ B.true = \text{fall}; B.false = S.next; \} B$
 then $\{ S_1.next = S.next; \} S_1$

$B \rightarrow \{ B_1.true = \text{if } B.true \neq \text{fall} \text{ then } B.true \text{ else } \text{newlabel}(); B_1.false = \text{fall}; \} B_1$ **or** $\{ B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2 \{ \text{label}(B_1.true); \}$

$B \rightarrow \{ B_1.true = \text{fall}; B_1.false = \text{if } B.false \neq \text{fall} \text{ then } B.false \text{ else } \text{newlabel}(); \} B_1$ **and** $\{ B_2.true = B.true; B_2.false = B.false; \} B_2 \{ \text{label}(B_1.false); \}$

ifFalse *x*>200 *goto* *L*₃

if *x*!=*y* *goto* *L*₂

*L*₃ : *ifFalse* *x*<100 *goto* *L*₁

*L*₂ : *x*=0

*L*₁ :



结束

