



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

《编译原理与技术》

期末复习

计算机科学与技术学院

郑启龙 李 诚

25/12/2018



□考试时间1月15日下午（具体时间待定）

□地点西区3教（具体时间待定）

□闭卷考试



□第2章 词法分析

- ❖理解并会使用正规式（即正则表达式）
- ❖掌握NFA和DFA，以及之间的转换
- ❖学会为正规式写NFA和DFA
- ❖DFA的化简



例题1



□ 针对正规集 $L = \{\text{含奇数个1的0、1串}\}$

✧ 给出描述正规集 L 的正规式(即正则表达式) R



□ 针对正规集 $L = \{\text{含奇数个1的0、1串}\}$

✧ 给出描述正规集 L 的正规式(即正则表达式) R

□ 解答过程:

✧ 可以先写出几个合法的串

- 1, 111, 111111, 可以在相邻的两个1之间或第一个1之前或最后一个1之后插入任意多的0
- 排除0以外, 合法的1串都可以看做两部分“1+偶数个1的串”
- $0^*1(10^*1|0)^*$



□构造识别正规式 $10 \mid (0 \mid 11)0^*1$ 的极小化 DFA M。

❖这里一定要注意优先级，不少同学把 \mid 的优先级弄错了。



□构造识别正规式 $10 \mid (0 \mid 11)0^*1$ 的极小化 DFA M。

□解答过程

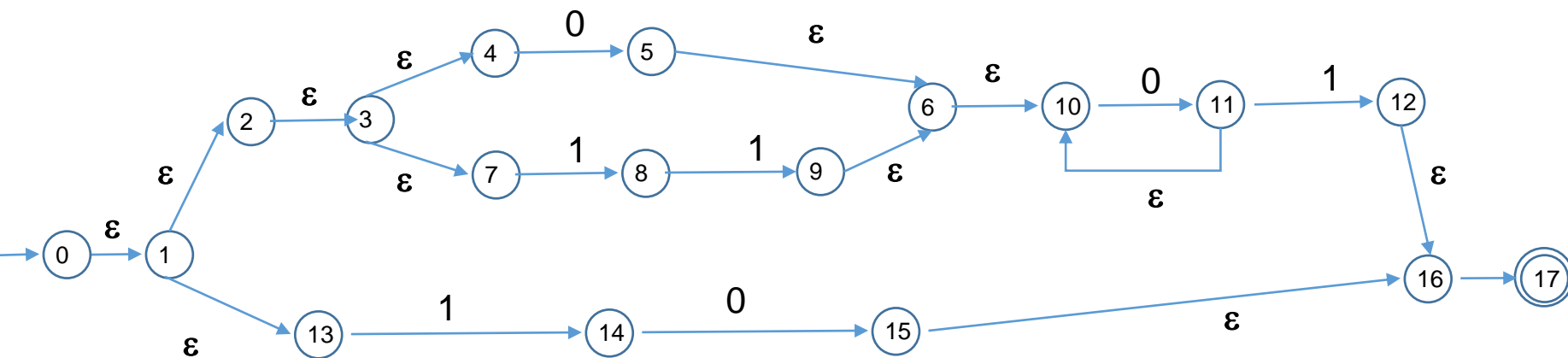
- ❖如果不熟练，可以先画出NFA
- ❖然后通过子集构造法将NFA转成DFA
- ❖最后通过化简得到极小化的DFA



□构造识别正规式 $10 \mid (0 \mid 11)^*1$ 的极小化 DFA M 。

□解答过程

❖如果不熟练，可以先画出NFA





□ 子集构造法(subset construction)

- ❖ ϵ -闭包 (ϵ -closure) : 状态 s 的 ϵ -闭包是 s 经 ϵ 转换所能到达的状态集合
- ❖ NFA的初始状态的 ϵ -闭包对应于DFA的初始状态
- ❖ 针对每个DFA状态 – NFA状态子集 A , 求输入每个 a_i 后能到达的NFA状态的 ϵ -闭包并集 (ϵ -closure(move(A, a_i))), 该集合对应于DFA中的一个已有状态, 或者是一个要新加的DFA状态



□ 子集构造法(subset construction)

- ❖ $A = \varepsilon\text{-closure}(\text{状态}0) = \{0, 1, 2, 3, 4, 7, 13\}$
- ❖ 接下来考虑转换函数 $move$, 以及输入字母表 $\{0, 1\}$
- ❖ $move(A, \text{输入}0) = \{5\}$
- ❖ $B = \varepsilon\text{-closure}(move(A, \text{输入}0)) = \{5, 6, 10\}$
- ❖ $move(A, \text{输入}1) = \{8, 14\}$
- ❖ $C = \varepsilon\text{-closure}(move(A, \text{输入}1)) = \{8, 14\}$
- ❖ $move(B, \text{输入}0) = \{11\}$
- ❖



□ 子集构造法(subset construction)

- ❖ $A = \varepsilon\text{-closure}(\text{状态}0) = \{0, 1, 2, 3, 4, 7, 13\}$
- ❖ 接下来考虑转换函数 $move$, 以及输入字母表 $\{0, 1\}$
- ❖ $move(A, \text{输入}0) = \{5\}$
- ❖ $B = \varepsilon\text{-closure}(move(A, \text{输入}0)) = \{5, 6, 10\}$
- ❖ $move(A, \text{输入}1) = \{8, 14\}$
- ❖ $C = \varepsilon\text{-closure}(move(A, \text{输入}1)) = \{8, 14\}$
- ❖ $move(B, \text{输入}0) = \{11\}$
- ❖



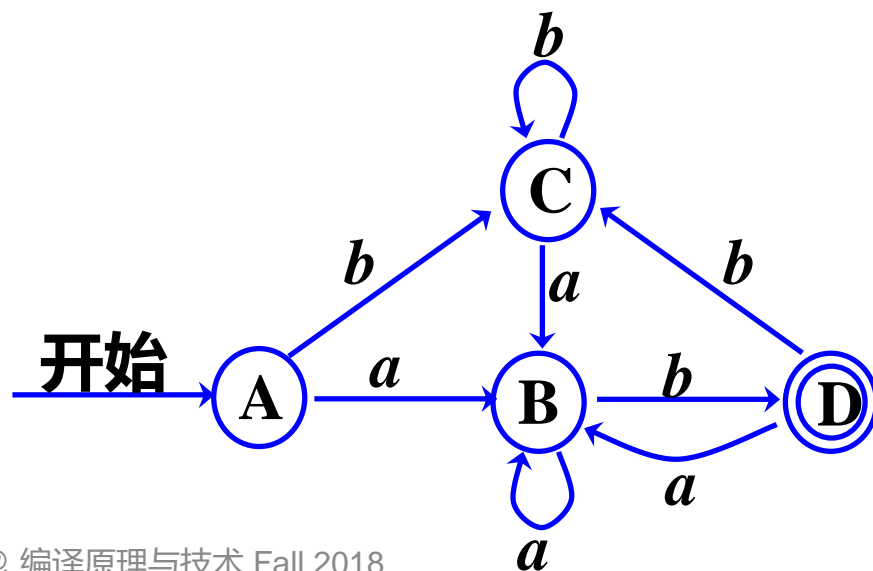
□ A和B是可区别的状态

- ❖ 从A出发，读过单字符b构成的串，到达非接受状态C，而从B出发，读过串b，到达接受状态D

□ A和C是不可区别的状态

- ❖ 无任何串可用来像上面这样区别它们

可区别的状态要
分开对待



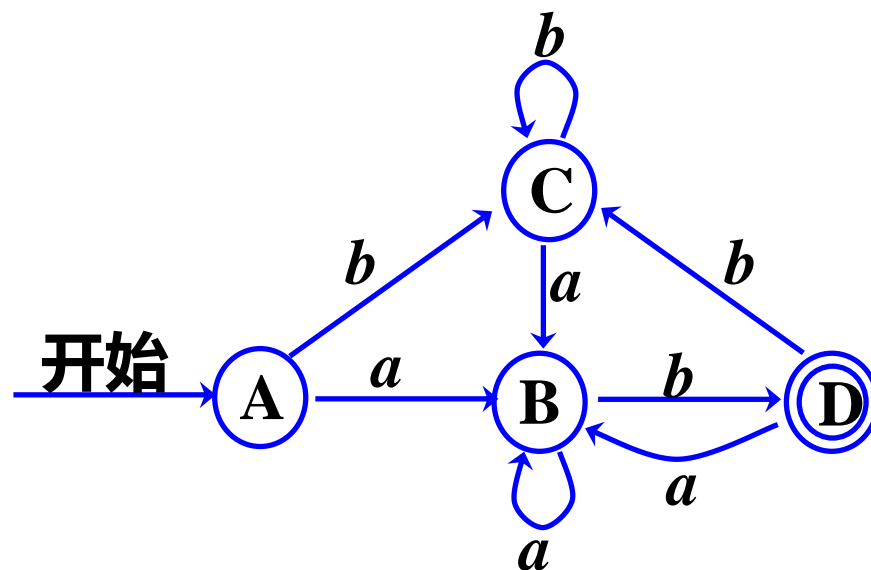


1. 按是否是接受状态来区分

$\{A, B, C\}, \{D\}$

$\text{move}(\{A, B, C\}, a) = \{B\}$

$\text{move}(\{A, B, C\}, b) = \{C, D\}$





1. 按是否是接受状态来区分

$\{A, B, C\}, \{D\}$

$\text{move}(\{A, B, C\}, a) = \{B\}$

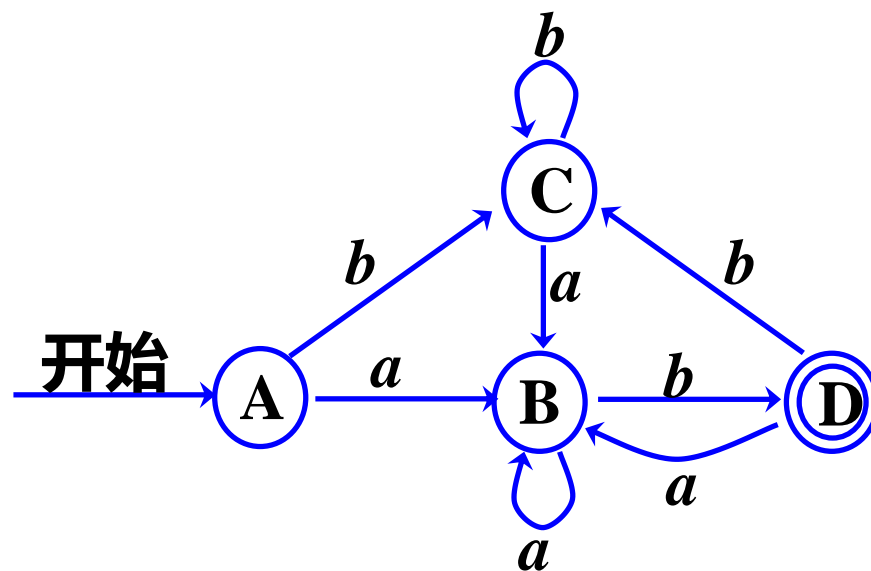
$\text{move}(\{A, B, C\}, b) = \{C, D\}$

2. 继续分解

$\{A, C\}, \{B\}, \{D\}$

$\text{move}(\{A, C\}, a) = \{B\}$

$\text{move}(\{A, C\}, b) = \{C\}$



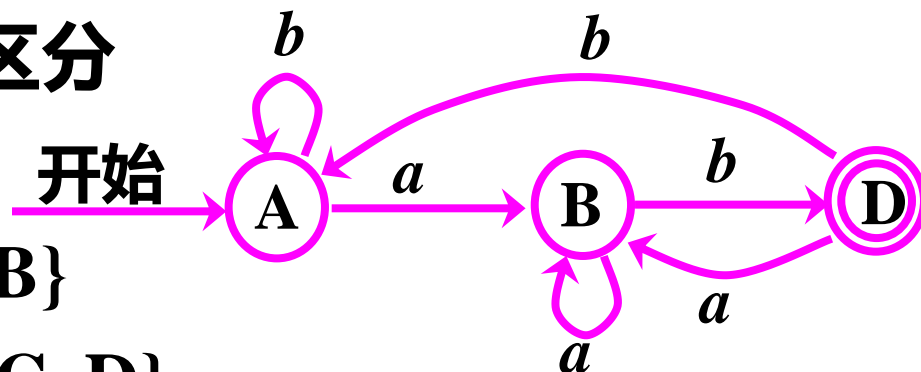


1. 按是否是接受状态来区分

$\{A, B, C\}, \{D\}$

$\text{move}(\{A, B, C\}, a) = \{B\}$

$\text{move}(\{A, B, C\}, b) = \{C, D\}$

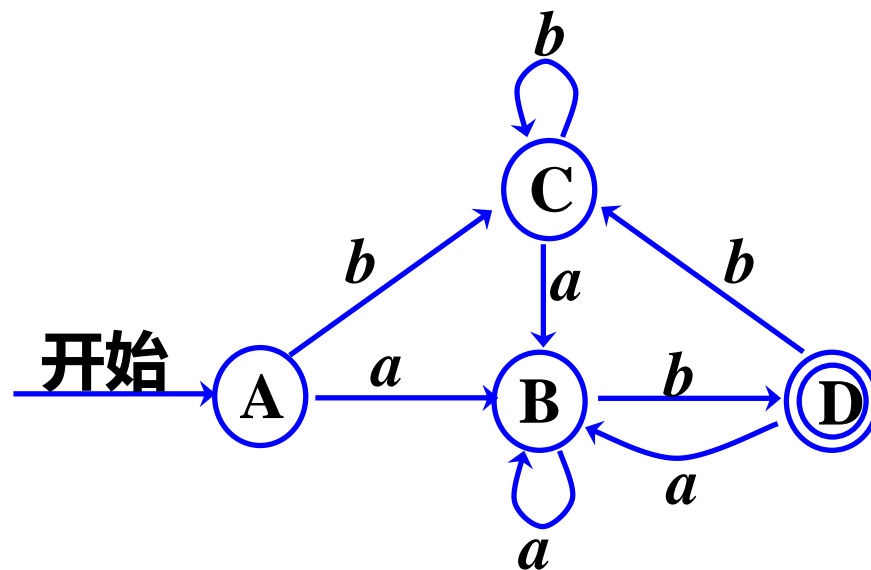


2. 继续分解

$\{A, C\}, \{B\}, \{D\}$

$\text{move}(\{A, C\}, a) = \{B\}$

$\text{move}(\{A, C\}, b) = \{C\}$

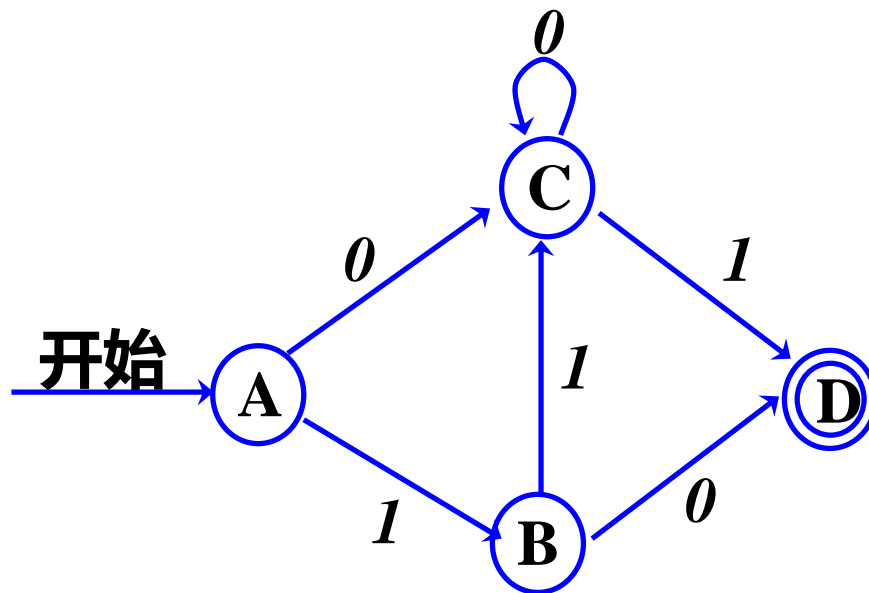




例题2



□最终结果





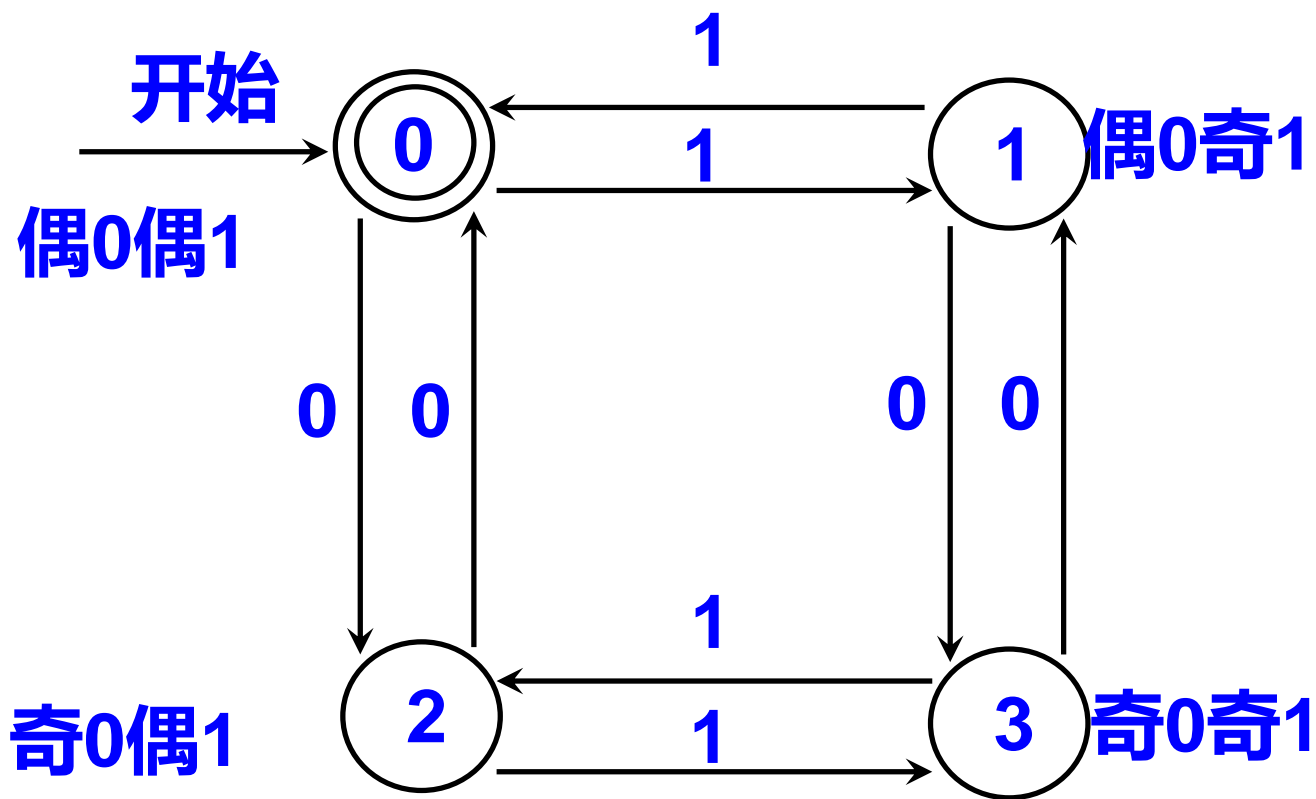
例题3



- 针对正规集 $L = \{0 \text{ 和 } 1 \text{ 的个数均为偶数的 } 0\text{-}1 \text{ 串}\}$:
- (1) 先直接给出识别 L 的极小化 DFA M ;
- (2) 再给出描述 L 的正规式 R 。



例题3





例题3



□正则表达式为:

□ $(00|11|((01|10)(00|11)^*(01|10)))^*$



□第3章 语法分析

- ❖掌握文法的定义和书写格式
- ❖掌握First/Follow集合计算、二义性分析
- ❖掌握SLR和LR分析表的构造、移进-归约冲突的分析



- (1)给出产生可被5整除的二进制串集(含空串)的上下文无关文法G0;
- (2)并针对G0, 给出First与Follow集合, LL(1)分析表;
- (3)为G0设计相应的递归下降分析程序。
- 解答过程:
 - ❖首先给出DFA, 然后按照下一页ppt的规则来写文法
 - ❖First和Follow集合计算
 - ❖递归下降分析程序主要考虑消除左递归和match, 以及错误处理

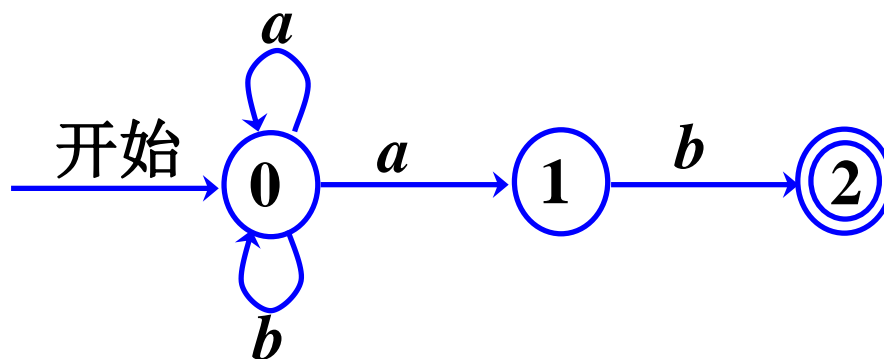


□都能表示语言

□能用正则表达式表示的语言都能用CFG表示

❖正则表达式

$(a|b)^*ab$



❖CFG文法

$A_0 \rightarrow a A_0 \mid b A_0 \mid a A_1$

$A_1 \rightarrow b A_2$

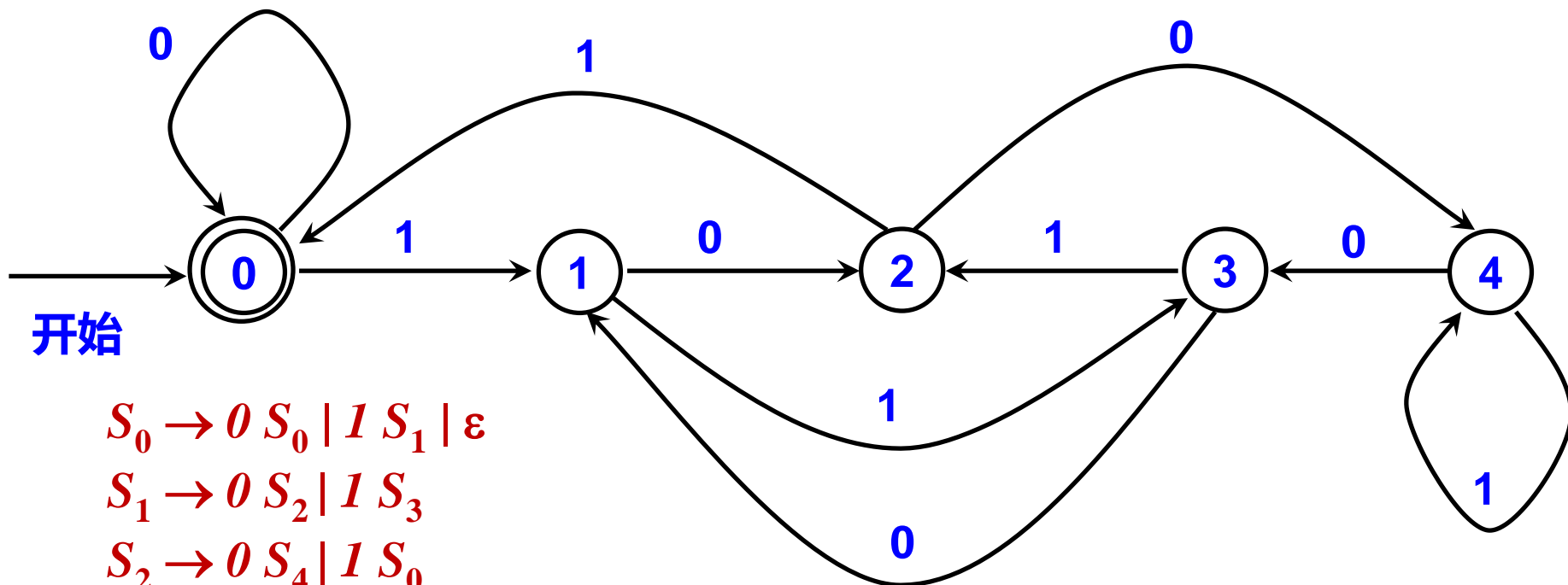
$A_2 \rightarrow \varepsilon$



例题4



□(1)给出产生可被5整除的二进制串集(含空串)的上下文无关文法G0;



$$S_0 \rightarrow 0 S_0 \mid 1 S_1 \mid \varepsilon$$

$$S_1 \rightarrow 0 S_2 \mid 1 S_3$$

$$S_2 \rightarrow 0 S_4 \mid 1 S_0$$

$$S_3 \rightarrow 0 S_1 \mid 1 S_2$$

$$S_4 \rightarrow 0 S_3 \mid 1 S_4$$



□ 计算FIRST(X), $X \in V_T \cup V_N$

❖ $X \in V_T$, $\text{FIRST}(X) = \{X\}$

❖ $X \in V_N$ 且 $X \rightarrow \epsilon$

则将 ϵ 加入到FIRST(X)

❖ $X \in V_N$ 且 $X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k$

➤ 如果 $a \in \text{FIRST}(Y_i)$ 且 ϵ 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_{i-1})$ 中, 则将 a 加入到FIRST(X)

➤ 如果 ϵ 在 $\text{FIRST}(Y_1), \dots, \text{FIRST}(Y_k)$ 中, 则将 ϵ 加入到FIRST(X)



□ 计算FOLLOW(A), $A \in V_N$

❖ \$ 加入到FOLLOW(A), 当A是开始符号

❖ 如果 $A \rightarrow \alpha B\beta$, 则 $\text{FIRST}(\beta) - \{\epsilon\}$ 加入到 FOLLOW(B)

❖ 如果 $A \rightarrow \alpha B$ 或 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 且 $\epsilon \in \text{FIRST}(\beta)$, 则 FOLLOW(A) 加入到 FOLLOW(B)



□(1)给出产生可被5整除的二进制串集(含空串)的上下文无关文法G0;

$$\text{First}(S_0) = \{0, 1, \epsilon\}$$

$$\text{First}(S_1) = \text{First}(S_2) = \text{First}(S_3) = \text{First}(S_4) = \{0, 1\}$$

$$\text{Follow}(S_0) = \dots = \text{Follow}(S_4) = \{\$\}$$

$$S_0 \rightarrow 0 S_0 \mid 1 S_1 \mid \epsilon$$

$$S_1 \rightarrow 0 S_2 \mid 1 S_3$$

$$S_2 \rightarrow 0 S_4 \mid 1 S_0$$

$$S_3 \rightarrow 0 S_1 \mid 1 S_2$$

$$S_4 \rightarrow 0 S_3 \mid 1 S_4$$



□对文法的每个产生式 $A \rightarrow \alpha$ ，执行(1)和(2)

- ❖ (1) 对 $\text{FIRST}(\alpha)$ 的每个终结符 a ，把 $A \rightarrow \alpha$ 加入 $M[A, a]$
- ❖ (2) 如果 ϵ 在 $\text{FIRST}(\alpha)$ 中，对 $\text{FOLLOW}(A)$ 的每个终结符 b （包括 $\$$ ），把 $A \rightarrow \alpha$ 加入 $M[A, b]$

M 中其它没有定义的条目都是error



例题4



□(1)给出产生可被5整除的二进制串集(含空串)的上下文无关文法G0;

$\text{First}(S_0) = \{0, 1, \epsilon\}$

$\text{First}(S_1) = \text{First}(S_2) = \text{First}(S_3) = \text{First}(S_4) = \{0, 1\}$

$\text{Follow}(S_0) = \dots = \text{Follow}(S_4) = \{\$ \}$

$S_0 \rightarrow 0 S_0 \mid 1 S_1 \mid \epsilon$

$S_1 \rightarrow 0 S_2 \mid 1 S_3$

$S_2 \rightarrow 0 S_4 \mid 1 S_0$

$S_3 \rightarrow 0 S_1 \mid 1 S_2$

$S_4 \rightarrow 0 S_3 \mid 1 S_4$

非终结符	输入符号		
	0	1	\$
S0	$S_0 \rightarrow 0 S_0$	$S_0 \rightarrow 1 S_1$	$S_0 \rightarrow \epsilon$
S1	$S_1 \rightarrow 0 S_2$	$S_1 \rightarrow 1 S_3$	
S2	$S_2 \rightarrow 0 S_4$	$S_2 \rightarrow 1 S_0$	
S3	$S_3 \rightarrow 0 S_1$	$S_3 \rightarrow 1 S_2$	
S4	$S_4 \rightarrow 0 S_3$	$S_4 \rightarrow 1 S_4$	



```

void type( ) {
    if ( (lookahead == integer) || (lookahead == char) ||
        (lookahead == num) )
        simple( );
    else if ( lookahead == '↑' ) { match('↑'); match(id); }
    else if (lookahead == array) {
        match(array); match( '[' ); simple( );
        match( ']' ); match(of); type( );
    }
    else error( );
}

```

type → simple
 | ↑ id
 | array [simple] of type

例题4结果略



例题5



文法 G1 和 G2 中有一个是二义性文法，另一个是非二义性文法。

文法 G1, s 为开始符号。

$S \rightarrow a B S \mid b A S$

$S \rightarrow \varepsilon$

$A \rightarrow a \mid b A \underline{A}$

$B \rightarrow b \mid a B \underline{B}$

文法 G2, s 为开始符号。

$S \rightarrow a B \mid b A$

$S \rightarrow \varepsilon$

$A \rightarrow a S \mid b A \underline{A}$

$B \rightarrow b S \mid a B \underline{B}$

- (1) 针对其中的二义性文法，用串 aababb 证明其二义性；
- (2) 针对其中的非二义性文法，给出读过活前缀 aBaaBB 经过的所有 LR(0) 项目集簇。



□输入串为aababb

✧推导1:

$S \Rightarrow a \quad B \Rightarrow a \quad a \quad B \quad B \Rightarrow a \quad a \quad b \quad S \quad B \Rightarrow a \quad a \quad b \quad B \Rightarrow a \quad a \quad b \quad a \quad B \quad B$
 $\Rightarrow aababSB \Rightarrow aababB \Rightarrow aababb$

✧推导2:

$S \Rightarrow a \quad B \Rightarrow a \quad a \quad B \quad B \Rightarrow a \quad a \quad b \quad S \quad B \Rightarrow aabaBB \Rightarrow aababSB$
 $\Rightarrow aababB \Rightarrow aababb$

□存在两个最左推导，因此G2二义



2. 构造LR(0)项目集规范族

I_0 :

$E' \rightarrow \cdot E$

$E \rightarrow \cdot E + T$

$E \rightarrow \cdot T$

$T \rightarrow \cdot T * F$

$T \rightarrow \cdot F$

$F \rightarrow \cdot (E)$

$F \rightarrow \cdot id$

求项目集的闭包closure(I)

闭包函数closure(I)

1、I的每个项目均加入closure(I)

2、如果 $A \rightarrow \alpha B\beta$ 在 closure(I)中，且 $B \rightarrow \gamma$ 是产生式，那么如果项目 $B \rightarrow \gamma$ 还不在于closure(I)中的话，那么把它加入。



LR分析法总结



		SLR	LALR	LR(1)
初始状态		$[S' \rightarrow S]$	$[S' \rightarrow S, \$]$	$[S' \rightarrow S, \$]$
项目集		LR(0) CLOSURE(I)	合并LR(1)项目集 族的同心项目集	LR(1), CLOSURE(I) 搜索符考虑 FISRT (βa)
动作	移进	$[A \rightarrow \alpha a \beta] \in I_i$ $GOTO(I_i, a) = I_j$ ACTION $[i, a] = sj$	与LR(1)一致	$[A \rightarrow \alpha a \beta, b] \in I_i$ $GOTO(I_i, a) = I_j$ ACTION $[i, a] = sj$
	归约	$[A \rightarrow \alpha] \in I_i, A \neq S'$ $a \in FOLLOW(A)$ ACTION $[i, a] = rj$	与LR(1)一致	$[A \rightarrow \alpha; a] \in I_i$ $A \neq S'$ ACTION $[i, a] = rj$
	接受	$[S' \rightarrow S \cdot] \in I_i$ ACTION $[i, \$] = acc$	与LR(1)一致	$[S' \rightarrow S; \$] \in I_i$ ACTION $[i, \$] = acc$
	出错	空白条目	与LR(1)一致	空白条目
GOTO		$GOTO(I_i, A) = I_j$ GOTO $[i, A] = j$	与LR(1)一致	$GOTO(I_i, A) = I_j$ GOTO $[i, A] = j$
状态量		少(几百)	与SLR一样	多(几千)



例题5



① 拓广文法:

$S' \rightarrow S$, $S \rightarrow aBS$, $S \rightarrow bAS$, $S \rightarrow \epsilon$
 $A \rightarrow a$, $A \rightarrow bAA$, $B \rightarrow b$, $B \rightarrow aBB$







□ 针对右图中的文法G3,

- ❖ (1) 给出LR(1)项目集簇
- ❖ (2) G3是否为SLR(1)文法?
- ❖ (3) G3是否为LALR(1)文法?
- ❖ (4) G3是否为LR(1)文法?

文法G3, s为开始符号。

$S \rightarrow A$

$A \rightarrow b B$

$B \rightarrow c C$

$B \rightarrow c C e$

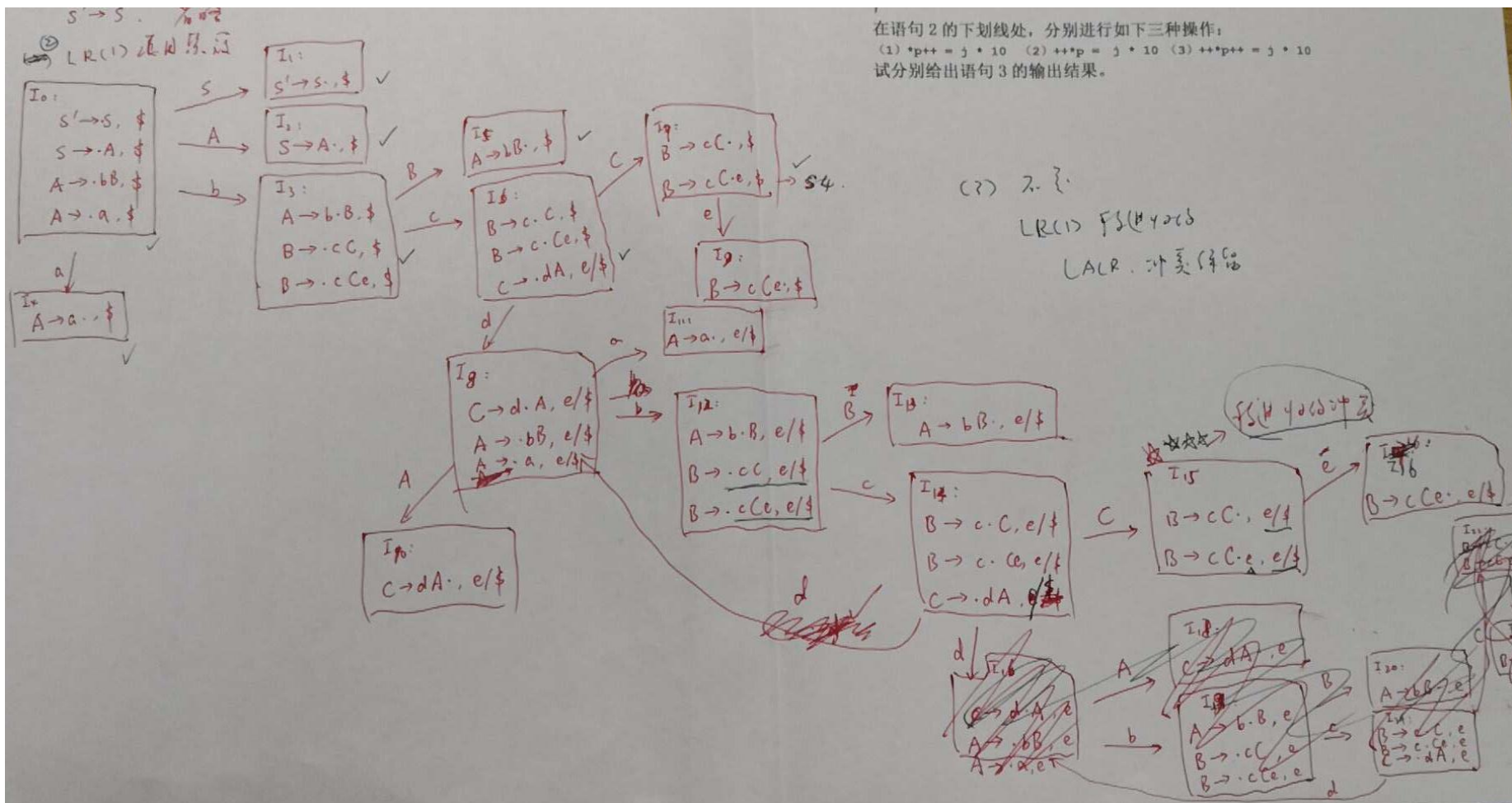
$C \rightarrow d A$

$A \rightarrow a$


$$[A \rightarrow \alpha B \beta, a]$$

□ LR(1) 17个状态

向前看搜索符集合=FIRST(βa)





例题6



□ 针对右图中的文法G3,

❖ (1) 给出LR(1)项目集簇

❖ (2) G3是否为SLR(1)文法?

➤ 不是, 在LR(0)中考虑I7

文法G3, s为开始符号。

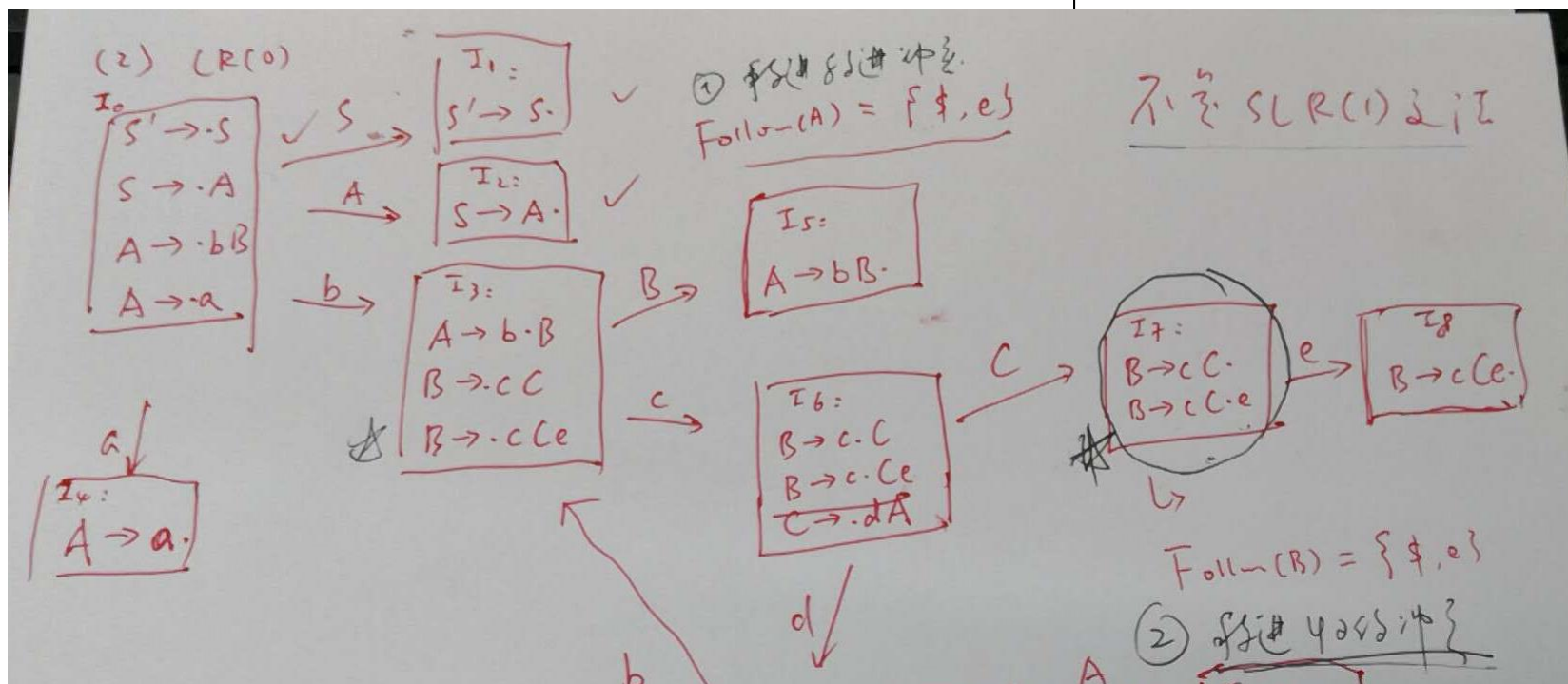
$S \rightarrow A$

$A \rightarrow b B$

$B \rightarrow c C$

$B \rightarrow c C e$

$C \rightarrow d A$





□针对右图中的文法G3,

❖(1)给出LR(1)项目集簇

❖(2)G3是否为SLR(1)文法?

❖(4)G3是否为LR(1)文法?

➤不是, 在LR(1)状态转换图中
考虑I15

➤有移进-归约冲突

文法G3, s为开始符号。

$S \rightarrow A$

$A \rightarrow b B$

$B \rightarrow c C$

$B \rightarrow c C e$

$C \rightarrow d A$

$A \rightarrow a$



□ 针对右图中的文法G3,

❖ (3) G3是否为LALR(1)文法?

➤ 不是,

➤ 因为LR(1)有移进-归约冲突

➤ LALR(1)会保留这样的冲突

文法G3, s为开始符号。

$S \rightarrow A$

$A \rightarrow b B$

$B \rightarrow c C$

$B \rightarrow c C e$

$C \rightarrow d A$

$A \rightarrow a$



□第4章 语法制导翻译

- ❖掌握语法制导翻译方案
- ❖掌握简单的综合属性和继承属性计算
- ❖掌握继承属性的自下而上计算模拟



□4.12(b) 文法如下:

$$S \rightarrow (L) \mid a$$

$$L \rightarrow L, S \mid S$$

(1)写一个翻译方案，它打印出每个a在句子中是第几个字符。例如，当句子是(a,(a,(a,a),(a)))时，打印的结果是2, 5, 8, 10, 14。

(4)写出自下而上分析的栈操作代码



□语义规则和产生式相联系两种方式

❖语法制导定义

- 将文法符号和某些属性相关联，并通过语义规则来描述如何计算属性的值，没有描述这些规则的计算时机

❖语法制导的翻译方案

- 在产生式的右部的适当位置，插入相应的语义动作，按照分析的进程，执行遇到的语义动作，从而明确了语法分析过程中属性的计算时机。



□a自身的信息无法确定a在序列中的位置，因此必须要借助继承属性。

□方法一：

❖继承属性 in：该文法符号推出的字符序列的前面已经有多少字符

❖综合属性 out：该文法符号推出的字符序列的最后一个字符在序列中是第几个字符

$$S' \rightarrow \{ S.in = 0; \} S$$
$$S \rightarrow \{ L.in = S.in + 1; \} (L) \{ S.out = L.out + 1; \}$$
$$S \rightarrow a \{ S.out = S.in + 1; \text{print}(S.out); \}$$
$$L \rightarrow \{ L1.in = L.in; \} L1, \{ S.in = L1.out + 1; \} S \\ \{ L.out = S.out; \}$$
$$L \rightarrow \{ S.in = L.in; \} S \{ L.out = S.out; \}$$



□a自身的信息无法确定a在序列中的位置，
因此必须要借助继承属性。

□方法二：

❖继承属性 **in**：该文法符号推出的字符序列的
前面已经有多少字符

❖综合属性 **total**：该文法符号推出的字符序列
所包含的字符总数

$$S' \rightarrow \{ S.in = 0; \} S$$
$$S \rightarrow \{ L.in = S.in + 1; \} (L) \{ S.total = L.total + 2; \}$$
$$S \rightarrow a \{ S.total = 1; \text{print}(S.in + 1); \}$$
$$L \rightarrow \{ L1.in = L.in; \} L1, \{ S.in = L1.in + L1.total + 1; \} S$$
$$\{ L.total = L1.total + S.total + 1; \}$$
$$L \rightarrow \{ S.in = L.in; \} S \{ L.total = S.total; \}$$



例题7



- 引入标记非终极符M,N,R,P

产生式	语义规则	栈操作代码
$S' \rightarrow MS$	$S.in = M.out$	$Stack[top - 1] = Stack[top]$
$M \rightarrow \varepsilon$	$M.out = 0$	$Stack[top + 1] = 0$
$S \rightarrow (NL)$	$N.in = S.in + 1, L.in = N.out;$ $S.out = L.out + 1;$	$Stack[top - 3] = Stack[top - 1] + 1$
$N \rightarrow \varepsilon$	$N.out = N.in$	$Stack[top + 1] = Stack[top - 1] + 1$
$S \rightarrow a$	$S.out = S.in + 1; \text{print}(S.out);$	$Stack[top] = Stack[top - 1] + 1$
$L \rightarrow SRT$	$S.in = L.in; R.in = S.in; T.in =$ $R.out, L.out = T.out;$	$Stack[top - 2] = Stack[top]$
$R \rightarrow \varepsilon$	$R.out = R.in$	$Stack[top + 1] = Stack[top - 1]$
$T \rightarrow ,SPT_1$	$S.in = T.in + 1; P.in = S.in; T_1.in =$ $P.out; T_1.out = S.out;$	$Stack[top - 3] = Stack[top]$
$P \rightarrow \varepsilon$	$P.out = P.in$	$Stack[top + 1] = Stack[top]$
$T \rightarrow \varepsilon$	$T.out = T.in$	$Stack[top] = Stack[top - 1]$



□第5章 类型检查

✧掌握类型表达式书写

➤指针、数组、结构体、函数等



□5.5 假如有下列C的声明:

```
typedef struct{
```

```
    int a, b;
```

```
} CELL, *PCELL;
```

```
CELL foo[100];
```

```
PCELL bar(x, y) int x; CELL y; {}
```

为变量foo和函数bar的类型写出类型表达式。

CELL foo[100];

array(Range ?, TypeOfElement ?)

array(0..99, TypeOfElement ?)

array(0..99, CELL)

array(0..99, record((int a) × (int b)))

array(0..99, record((a × integer) × (b × integer)))

□ 5.5 假如有下列c的声明:

```
typedef struct{  
    int a, b;  
} CELL, *PCELL;  
  
CELL foo[100];  
  
PCELL bar(x, y) int x; CELL y; {}
```

为变量foo和函数bar的类型写出类型表达式。

PCELL bar(x, y) int x; CELL y; {}

TypeOfParameters? -> TypeOfReturnValue?

(int × CELL) -> PCELL

(integer × record((a × integer) × (b × integer))) -> PCELL

(integer × record((a × integer) × (b × integer))) ->
pointer(record((a × integer) × (b × integer)))

□ 5.5 假如有下列c的声明:

```
typedef struct{
    int a, b;
} CELL, *PCELL;

CELL foo[100];

PCELL bar(x, y) int x; CELL y; {}
```

为变量foo和函数bar的类型写出类型表达式。



□第6章 运行时

❖掌握活动记录

❖掌握存储栈式分配

➤结合C语言例子

- 掌握C源程序，汇编代码，活动记录三者内在联系

➤结合PL0的例子

- 针对PL0运行时环境设定和相关“伪”指令含义，做扩展设计，详见：

http://staff.ustc.edu.cn/~qlzheng/compiler/ex_on_PL0.pdf

```
void func( int a , int b )
{
    int c , d;
    c = a;
    d = b;
}
```



画出运行栈及活动记录

```
.file "ar.c"
.text
.globl func
.type func,@function
func:
    pushl %ebp
    movl %esp, %ebp
    subl $8, %esp
    movl 8(%ebp), %eax
    movl %eax, -4(%ebp)
    movl 12(%ebp), %eax
    movl %eax, -8(%ebp)
    leave
    ret
```

ebp ←



例题9



```
void func( int a , int b )  
{  
    int c , d;  
    c = a;  
    d = b;  
}
```



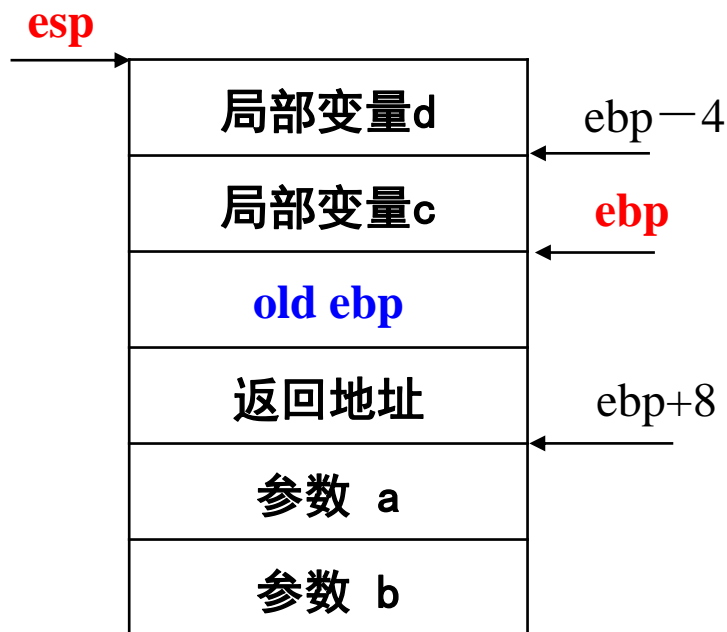
```
.file "ar.c"  
.text  
.globl func  
.type func,@function  
func:  
    pushl %ebp //老基地址压栈  
    movl %esp, %ebp //基地址指针=栈顶指针  
    subl $8, %esp  
    movl 8(%ebp), %eax  
    movl %eax, -4(%ebp)  
    movl 12(%ebp), %eax  
    movl %eax, -8(%ebp)  
    leave  
    ret
```



例题9



```
void func( int a , int b )  
{  
    int c , d;  
    c = a;  
    d = b;  
}
```



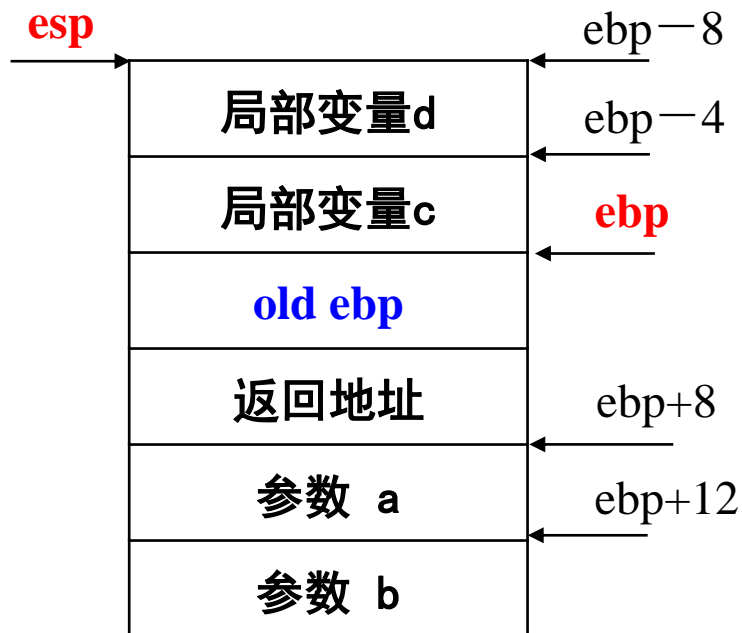
```
.file "ar.c"  
.text  
.globl func  
.type func,@function  
func:  
    pushl %ebp //老基地址压栈  
    movl %esp, %ebp //基地址指针=栈顶指针  
    subl $8, %esp //分配c,d局部变量空间  
    movl 8(%ebp), %eax //将a值放进寄存器  
    movl %eax, -4(%ebp) //将a值赋给c  
    movl 12(%ebp), %eax  
    movl %eax, -8(%ebp)  
    leave  
    ret
```



例题9



```
void func( int a , int b )  
{  
    int c , d;  
    c = a;  
    d = b;  
}
```



```
.file "ar.c"  
.text  
.globl func  
.type func,@function  
func:  
    pushl %ebp //老基地址压栈  
    movl %esp, %ebp //基地址指针=栈顶指针  
    subl $8, %esp //分配c,d局部变量空间  
    movl 8(%ebp), %eax //将a值放进寄存器  
    movl %eax, -4(%ebp) //将a值赋给c  
    movl 12(%ebp), %eax //将b值放进寄存器  
    movl %eax, -8(%ebp) //将b值赋给d  
    leave  
    ret
```




□ <http://staff.ustc.edu.cn/~qlzheng/compiler/>

❖ 补全汇编代码等习题

□ [针对PL0运行时环境设定和相关“伪”指令含义，做扩展设计，详见：](#)

❖ http://staff.ustc.edu.cn/~qlzheng/compiler/ex_on_PL0.pdf



□第7章 中间代码生成

□第8章 代码生成

❖掌握三地址码的格式

❖掌握基本块、流图、循环

➤给定三地址码，如何划分基本块、画出流图、找出循环、计算回边等



例题10: $A[i, j] := B[i, j]$



□数组A: $A[1..10, 1..20]$ of integer;

数组B: $B[1..10, 1..20]$ of integer;

$w : 4$ (integer)

□TAC如下:

为高级语言程序写三地址码

(1) $t_1 := i * 20$

(2) $t_1 := t_1 + j$

(3) $t_2 := A - 84 \quad // \quad 84 == ((1*20)+1) * 4$

(4) $t_3 := t_1 * 4 \quad // \text{以上} A[i, j] \text{的 (左值) 翻译}$



例题10: $A[i, j] := B[i, j]$



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

TAC如下 (续) :

(5) $t_4 := i * 20$

(6) $t_4 := t_4 + j$

(7) $t_5 := B - 84$

(8) $t_6 := t_4 * 4$

(9) $t_7 := t_5[t_6]$

**//以上计算 $B[i,j]$ 的
右值**

TAC如下 (续) :

(10) $t_8 := t_7 * k$

//以上整个右值表达

//式计算完毕

(11) $t_2[t_3] := t_8$

// 完成数组元素的赋值



例题11



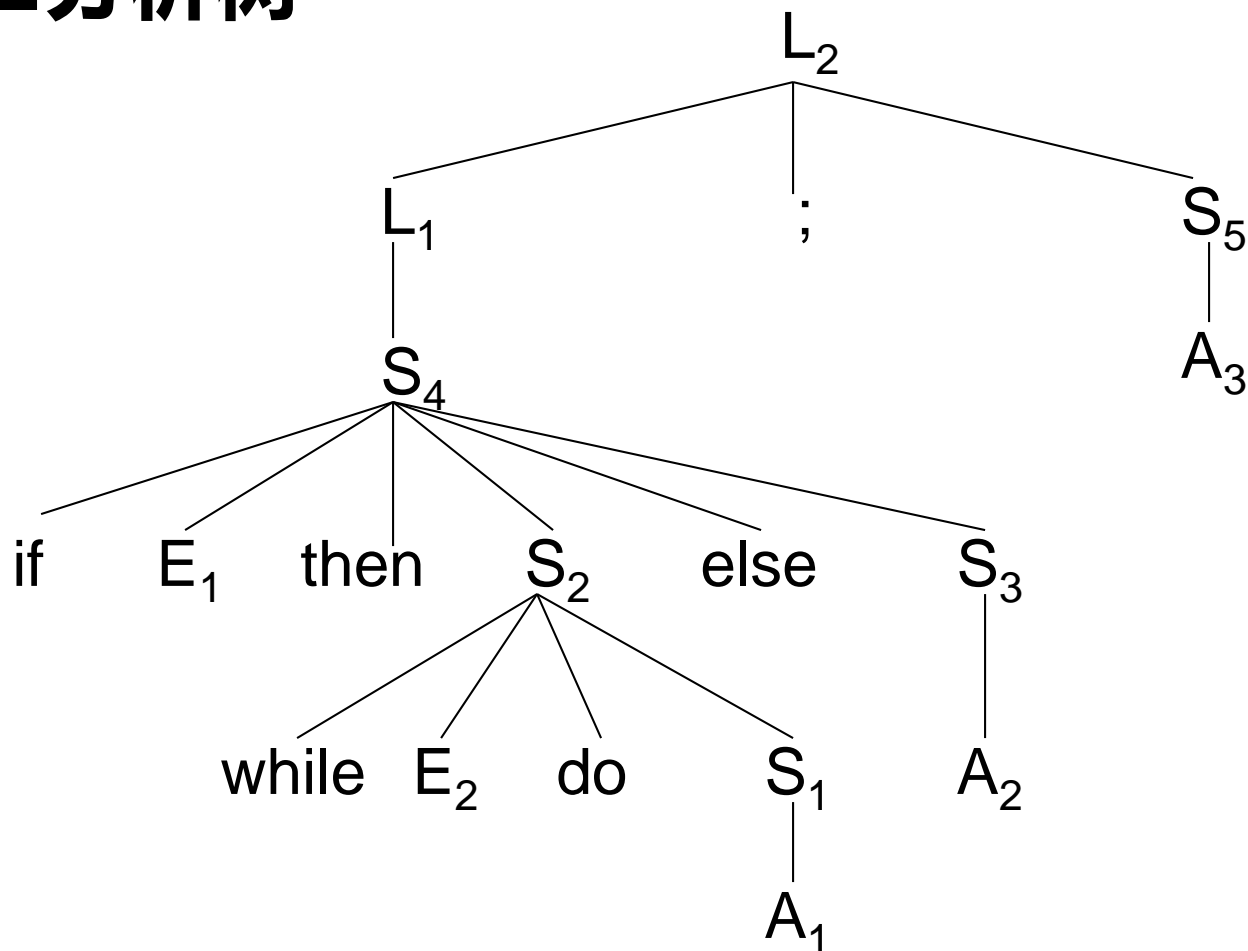
翻译以下语句序列：

要掌握标号回填技术

```
if ( a < b or c < d and e < f ) then  
    while ( a > c ) do c := c + 1  
else d := d + 1;  
e := e + d;
```



□分析树





一、翻译 E_1 : ($a < b$ or $c < d$ and $e < f$)

(100) if $a < b$ goto 106

(101) goto 102 //用102回填(101)

(102) if $c < d$ goto 104 //用104回填(102)

(103) goto 111

(104) if $e < f$ goto 106

(105) goto 111

truelist: { 100, 104 } falselist: { 103, 105 }



二、翻译 S_2 : while E_2 do S_1

(106) if $a > c$ goto 108 //用108回填(106)

(107) goto 112

(108) $c := c + 1$ // $S_1 \rightarrow A_1$ $S_1.nextlist = \{\}$

(109) goto 106 // 转至循环入口(106)

$S_2.nextlist: \{ 107 \}$ //转至循环外部

(110) goto 112 // 由 $N \rightarrow \epsilon$ 生成

(111) $d := d + 1$ // $S_3 \rightarrow A_2$ $S_3.nextlist = \{\}$



三、分析完 S_4

□用106回填(100)和(104); 用111回填(103)和(105)

□ $S_4.nextlist$: { 107, 110 }

四、分析完 L_1

□ $L_1.nextlist$: { 107, 110 }

五、分析 S_5

(112) $e := e + d$ // $S_5 \rightarrow A_3$ $S_5.nextlist = \{\}$



例题11



六、分析完 L_2

□用112回填(107)和(110)

□ L_2 .nextlist: {}



例题12:



□9.15 a. 计算支配关系

$D(1) = \{1\}$

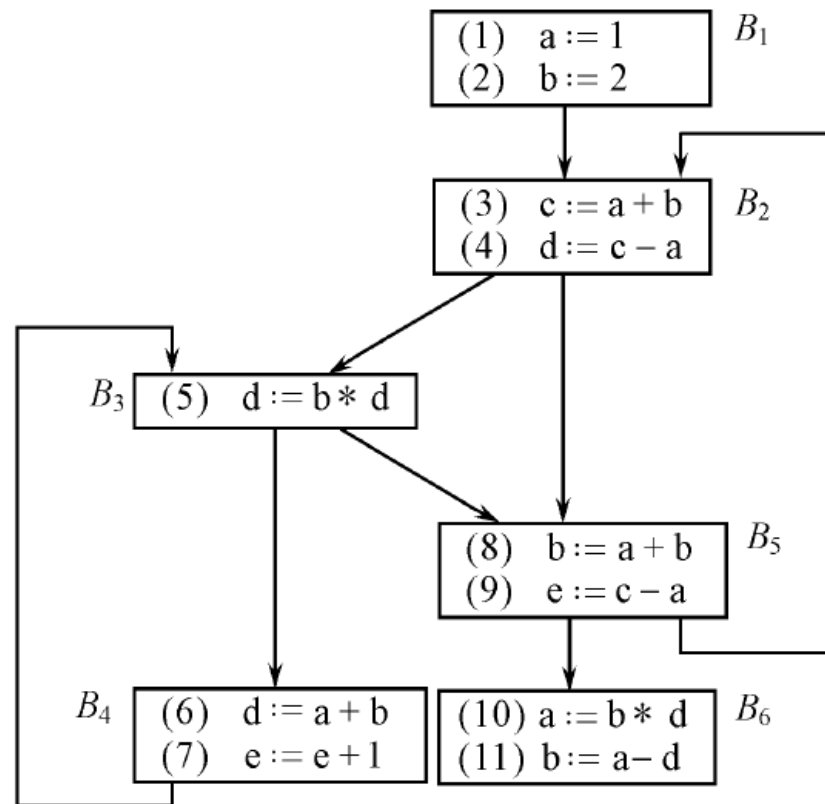
$D(2) = \{1, 2\}$

$D(3) = \{1, 2, 3\}$

$D(4) = \{1, 2, 3, 4\}$

$D(5) = \{1, 2, 5\}$

$D(6) = \{1, 2, 5, 6\}$





例题12:

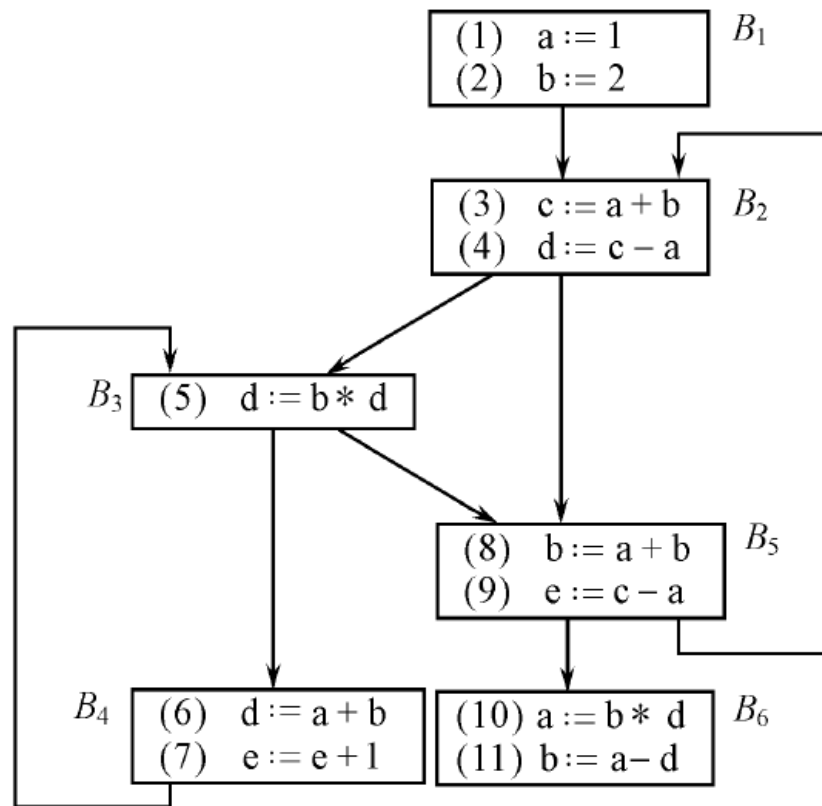


□ 9.15 b. 找出一种深度优先排序

□ {1,2,5,6,3,4}

□ Or

□ {1,2,3,4,5,6}





例题12:

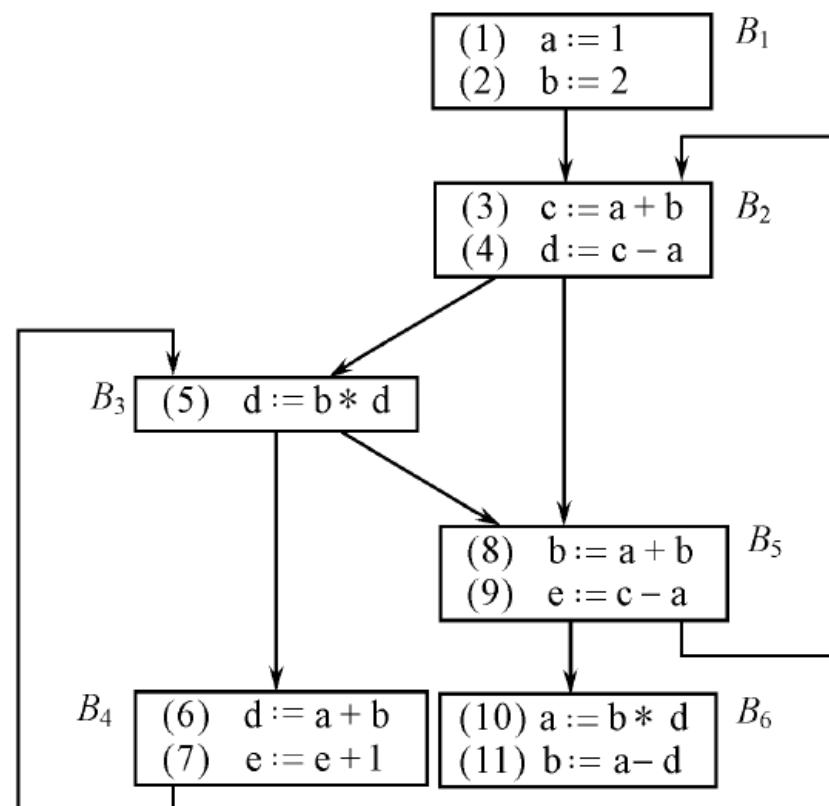


□ 9.15 c.对 (b) 的结果,
标明前进边, 后撤边和
交叉边

□ 前进边: 1->2; 2->5; 2->3; 5->6; 3->4

□ 后撤边: 4->3; 5->2

□ 交叉边: 3->5





例题12:



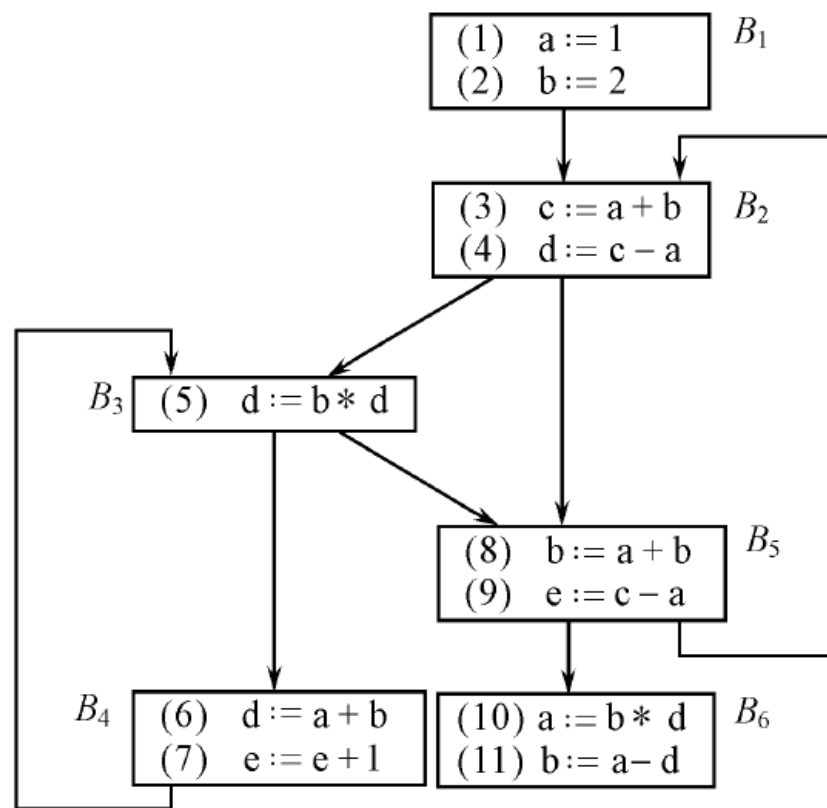
□ 9.15 d. 该图是否可归约

□ 后撤边: $4 \rightarrow 3$; $5 \rightarrow 2$

□ 判断他们是不是回边

□ 显然是

□ 所以可以归约





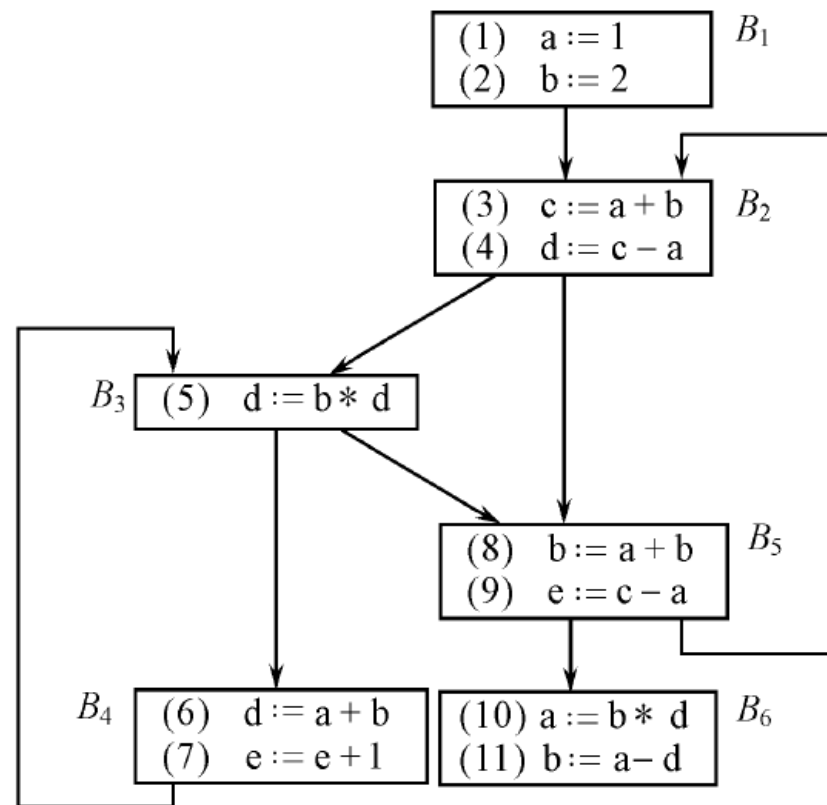
例题12:



□ 9.15 e. 计算该流图的深度

□ 深度为1

□ 深度优先生成树，
看无环路径上有几条
后撤边





例题12:

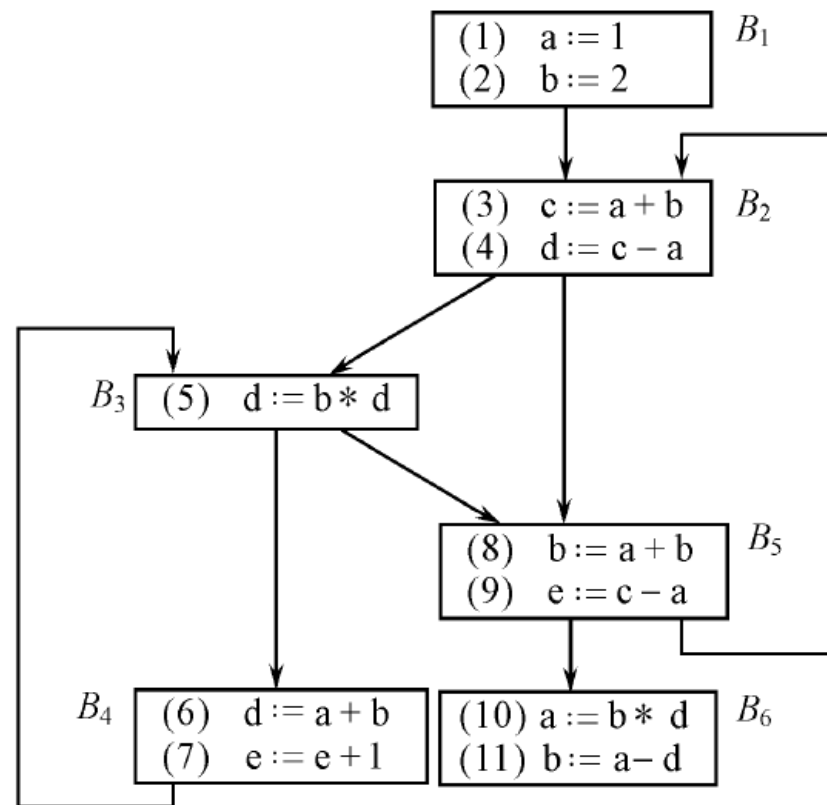


□ 9.15 f. 找出该图的自然循环

□ 针对回边:

□ 4-→3: {3,4}

□ 5-→2: {2,3,4,5}





例题12:

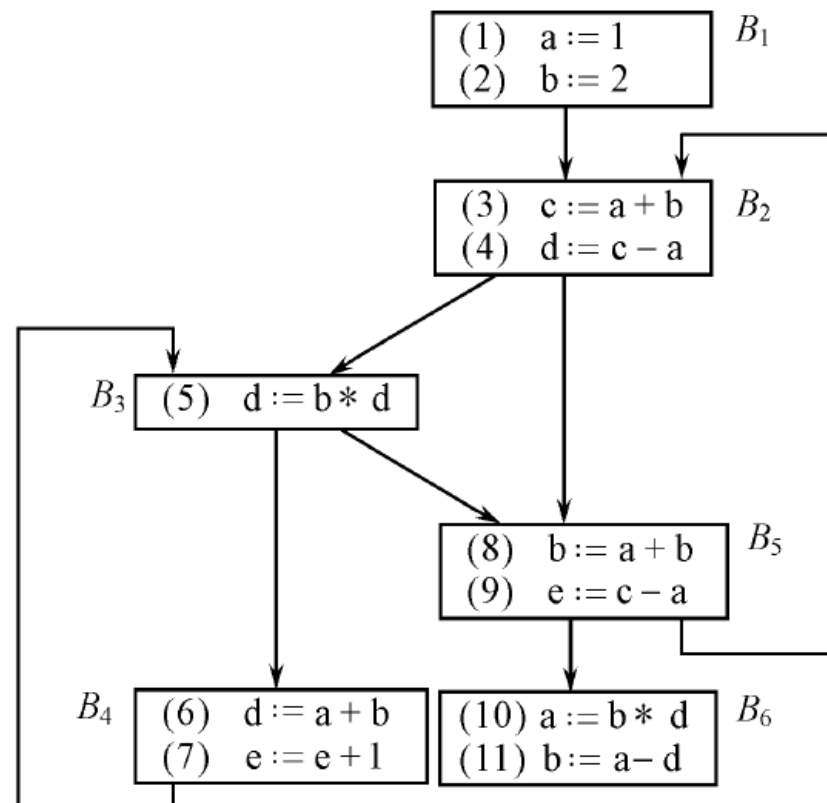


□9.1 a. 识别该流图的循环

□针对回边:

□4-→3: {3,4}

□5-→2: {2,3,4,5}





□第9章 独立于机器的优化

- ❖掌握数据流分析的基本概念
- ❖掌握一些数据流分析的方法
 - 如计算到达定值等



例题13



□9.3 a.为到达-定值分析，计算每个块的gen,kill,IN和OUT集合

□ $GEN[B1] = \{d1, d2\}$

□ $KILL[B1] = \{d8, d10, d11\}$

□ $GEN[B2] = \{d3, d4\}$

□ $KILL[B2] = \{d5, d6\}$

□ $GEN[B3] = \{d5\}$

□ $KILL[B3] = \{d4, d6\}$

□ $GEN[B4] = \{d6, d7\}$

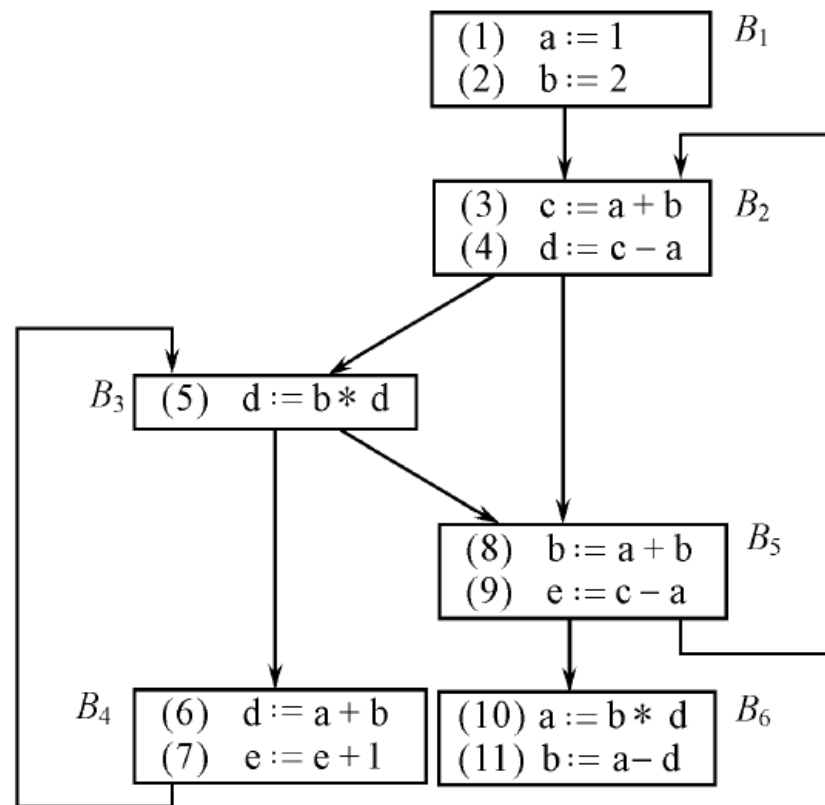
□ $KILL[B4] = \{d4, d5, d9\}$

□ $GEN[B5] = \{d8, d9\}$

□ $KILL[B5] = \{d2, d11, d7\}$

□ $GEN[B6] = \{d10, d11\}$

□ $KILL[B6] = \{d1, d2, d8\}$





例题13



块	初始	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1,d2\} \cup (\emptyset - \{d8,d10,d11\})$ $= \{d1,d2\}$		
B2	\emptyset				
B3	\emptyset				
B4	\emptyset				
B5	\emptyset				
B6	\emptyset				



例题13



块	初始	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$		
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$		
B3	\emptyset				
B4	\emptyset				
B5	\emptyset				
B6	\emptyset				



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$		
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$		
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} - \{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$		
B4	\emptyset				
B5	\emptyset				
B6	\emptyset				



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$		
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$		
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} - \{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$		
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} - \{d4, d5, d9\}) = \{d1, d2, d3, d6, d7\}$		
B5	\emptyset				
B6	\emptyset				



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$		
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$		
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} - \{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$		
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} - \{d4, d5, d9\}) = \{d1, d2, d3, d6, d7\}$		
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup \{d1, d2, d3, d5\}$ $= \{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\} - \{d2, d11, d7\}) = \{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$		
B6	\emptyset				



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$		
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$		
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} - \{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$		
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} - \{d4, d5, d9\}) = \{d1, d2, d3, d6, d7\}$		
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup \{d1, d2, d3, d5\}$ $= \{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\} - \{d2, d11, d7\}) =$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$		
B6	\emptyset	$\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} + (\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} - \{d1, d2, d8\}) = \{d3, d4, d5, d9, d10, d11\}$		



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$	\emptyset	$\{d1, d2\}$
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d1, d2\} \cup$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d5, d6\}) = \{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$		
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} -$ $\{d4, d5, d9\}) =$ $\{d1, d2, d3, d6, d7\}$		
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup$ $\{d1, d2, d3, d5\}$ $=$ $\{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\} -$ $\{d2, d11, d7\}) =$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$		
B6	\emptyset	$\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} +$ $(\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d9, d10, d11\}$		



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$	\emptyset	$\{d1, d2\}$
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d1, d2\} \cup$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d5, d6\}) = \{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ $\cup \{d1, d2, d3, d6, d7\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} -$ $\{d4, d5, d9\}) =$ $\{d1, d2, d3, d6, d7\}$		
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup$ $\{d1, d2, d3, d5\}$ $=$ $\{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\} -$ $\{d2, d11, d7\}) =$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$		
B6	\emptyset	$\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} +$ $(\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d9, d10, d11\}$		



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$	\emptyset	$\{d1, d2\}$
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d1, d2\} \cup$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d5, d6\}) = \{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ $\cup \{d1, d2, d3, d6, d7\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} -$ $\{d4, d5, d9\}) =$ $\{d1, d2, d3, d6, d7\}$	$\{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$	$\{d6, d7\} + \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\} -$ $\{d4, d5, d9\}) = \{d1, d2, d3, d6, d7, d8\}$
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup$ $\{d1, d2, d3, d5\}$ $=$ $\{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\} -$ $\{d2, d11, d7\}) =$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$		
B6	\emptyset	$\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} +$ $(\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d9, d10, d11\}$		



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$	\emptyset	$\{d1, d2\}$
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d1, d2\} \cup$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d5, d6\}) = \{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ $\cup \{d1, d2, d3, d6, d7\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} -$ $\{d4, d5, d9\}) =$ $\{d1, d2, d3, d6, d7\}$	$\{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$	$\{d6, d7\} + \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$ $- \{d4, d5, d9\}) = \{d1, d2, d3, d6, d7, d8\}$
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup$ $\{d1, d2, d3, d5\}$ $=$ $\{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\} -$ $\{d2, d11, d7\}) =$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ \cup $\{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$ $= \{d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9\}$	$\{d8, d9\} +$ $(\{d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9\} -$ $\{d2, d11, d7\}) = \{d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9\}$
B6	\emptyset	$\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} +$ $(\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d9, d10, d11\}$		



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$	\emptyset	$\{d1, d2\}$
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d1, d2\} \cup$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d5, d6\}) = \{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ $\cup \{d1, d2, d3, d6, d7\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d6, d7\} + (\{d1, d2, d3, d5\} -$ $\{d4, d5, d9\}) =$ $\{d1, d2, d3, d6, d7\}$	$\{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$	$\{d6, d7\} + \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$ $- \{d4, d5, d9\}) = \{d1, d2, d3, d6, d7, d8\}$
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup$ $\{d1, d2, d3, d5\}$ $=$ $\{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\} -$ $\{d2, d11, d7\}) =$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ \cup $\{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$ $= \{d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9\}$	$\{d8, d9\} +$ $(\{d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9\} -$ $\{d2, d11, d7\}) = \{d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9\}$
B6	\emptyset	$\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} +$ $(\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d9, d10, d11\}$	$\{d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} + (\{d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9\} -$ $\{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d6, d9, d10, d11\}$



例题13



块	OUT[B]	IN[B]_1	OUT[B]_1	IN[B]_2	OUT[B]_2
B1	\emptyset	\emptyset	$\{d1, d2\} \cup (\emptyset - \{d8, d10, d11\})$ $= \{d1, d2\}$	\emptyset	$\{d1, d2\}$
B2	\emptyset	$\{d1, d2\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2\} - \{d5, d6\})$ $= \{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d1, d2\} \cup$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d3, d4\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5, d8, d9\} -$ $\{d5, d6\}) = \{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$
B3	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\}$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4\} -$ $\{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ $\cup \{d1, d2, d3, d6, d7\} =$ $\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8$	$\{d5\} + (\{d1, d2, d3, d4, d6, d7, d8, d9\}$ $- \{d4, d6\}) = \{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$
B4	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d5\}$	继续迭代直到out没有变化，此处略去， 由于时间关系，有可能计算有误，做一个 免责声明。		
B5	\emptyset	$\{d1, d2, d3, d4\} \cup$ $\{d1, d2, d3, d5\}$ $=$ $\{d1, d2, d3, d4, d5\}$	$\{d8, d9\} + (\{d1, d2, d3, d4, d5\}$ $- \{d2, d11, d7\}) =$ $\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d1, d2, d3, d4, d6, d8, d9\}$ \cup $\{d1, d2, d3, d5, d7, d8, d9\}$ $= \{d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9\}$	$\{d8, d9\} +$ $(\{d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9\} -$ $\{d2, d11, d7\}) = \{d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9\}$
B6	\emptyset	$\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} +$ $(\{d1, d3, d4, d5, d8, d9\}$ $- \{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d9, d10, d11\}$	$\{d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9\}$	$\{d10, d11\} + (\{d1, d3, d4, d5, d6, d8, d9\}$ $- \{d1, d2, d8\}) =$ $\{d3, d4, d5, d6, d9, d10, d11\}$



□ 平时的ppt

□ 考题参考:

❖ staff.ustc.edu.cn/~chengli7/courses/compiler18/materials/final_exam_references.doc

□ 部分郑启龙老师额外增加的习题:

❖ <http://staff.ustc.edu.cn/~qlzheng/compiler/>

□ 有问题可以询问同学，如果还有解决不了的，请发送邮件到:

❖ compiler-principle-2018-ustc@googlegroups.com



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China



《编译原理与技术》

期末复习

预祝大家考出好成绩!