

编译原理1-4章习题课

2021级计算机科学与技术

第 1 章 习题

第 1 题 解释下列术语：

(1) 编译程序

(2) 源程序、目标程序

(3) 编译程序的前端、后端

第 1 章 习题

答案：

(1) **编译程序**：如果源语言为高级语言，目标语言为某台计算机上的汇编语言或机器语言，则此翻译程序称为编译程序。

(2) **源程序**：源语言编写的程序称为源程序。

目标程序：目标语言书写的程序称为目标程序。

第1章 习题

(3) **编译程序的前端**：它由这样一些阶段组成：这些阶段的工作主要依赖于源语言而与目标机无关。通常前端包括词法分析、语法分析、语义分析和中间代码生成这些阶段，某些优化工作也可在前端做，也包括与前端每个阶段相关的出错处理工作和符号表管理等工作。

编译程序的后端：指那些依赖于目标机而一般不依赖源语言，只与中间代码有关的那些阶段，即目标代码生成，以及相关出错处理和符号表操作。

第 1 章 习题

第 2 题

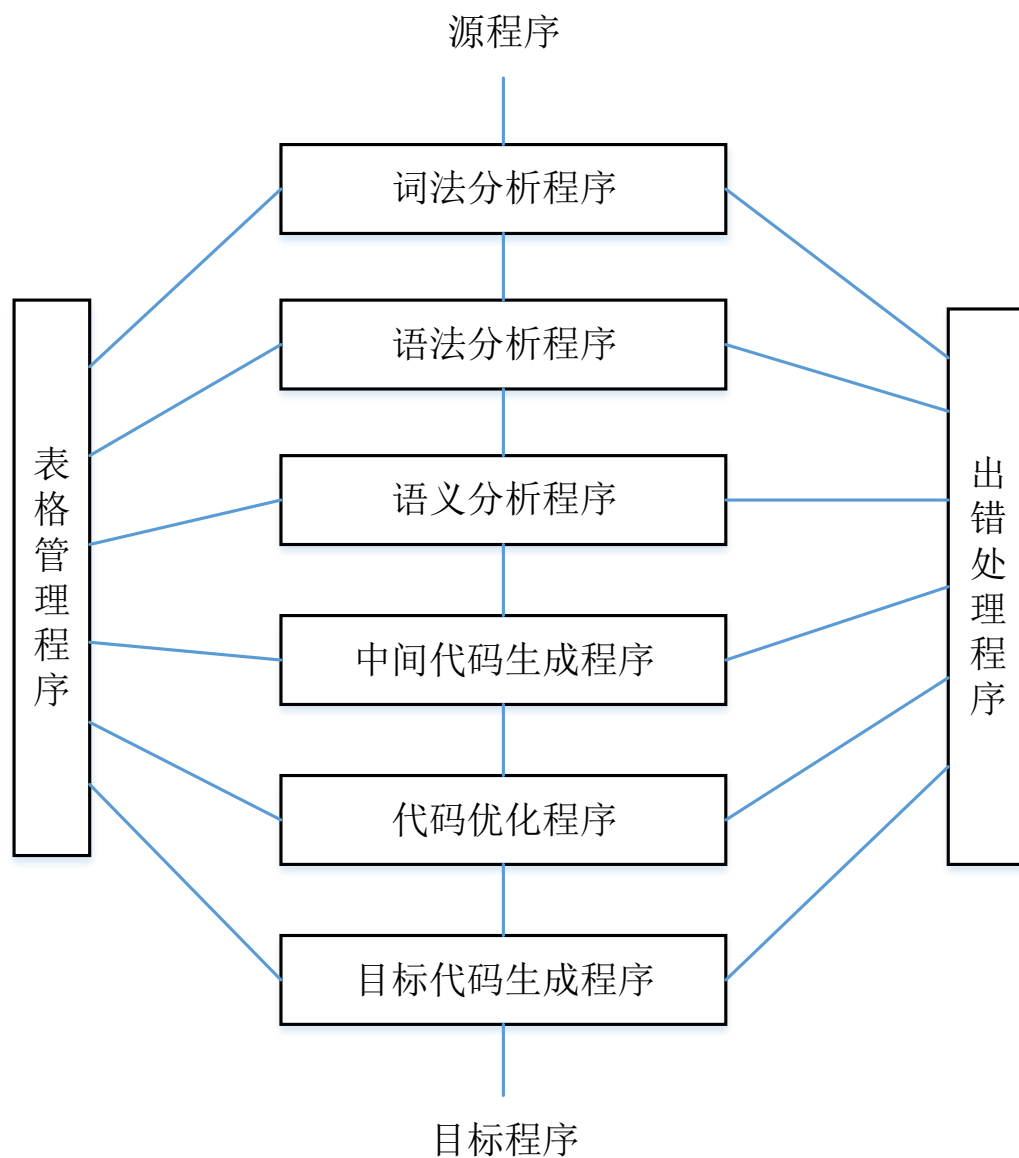
- (1) 一个典型的编译程序通常由哪些部分组成？
- (2) 各部分的主要功能是什么？
- (3) 并画出编译程序的总体结构图。

第 1 章 习题

答案：

一个典型的编译程序通常包含 8 个组成部分，它们是词法分析程序、语法分析程序、语义分析程序、中间代码生成程序、中间代码优化程序、目标代码生成程序、表格管理程序和错误处理程序。其各部分的主要功能简述如下。

- (1) **词法分析程序**：输入源程序，拼单词、检查单词和分析单词，输出单词的机内表达形式。
- (2) **语法分析程序**：检查源程序中存在的形式语法错误，输出错误处理信息。
- (3) **语义分析程序**：进行语义检查和分析语义信息，并把分析的结果保存到各类语义信息表中。
- (4) **中间代码生成程序**：按照语义规则，将语法分析程序分析出的语法单位转换成某形式的中间语言代码，如三元式或四元式。
- (5) **中间代码优化程序**：为了产生高质量的目标代码，对中间代码进行等价变换处理。
- (6) **目标代码生成程序**：将优化后中间代码转换成目标代码程序。
- (7) **表格管理程序**：负责建立、填写和查找等一系列表格工作。
- (8) **错误处理程序**：处理和校正源程序中存在的词法、语法和语义错误。当编译程序发现源程序中的错误时，错误处理程序负责报告出错的位置和错误性质等信息，同时对发现的错误进行适当的校正(修复)，目的是使编译程序能够继续向下进行分析和处理。



注意：如果问编译程序有哪些主要构成成分，只要回答六部分就可以。如果搞不清楚，就回答八部分。

第 1 章 习题

第 3 题

何谓翻译程序、编译程序和解释程序？
它们三者之间有何种关系？

第1章 习题

答案：

(1) **翻译程序**是指将用某种语言编写的程序转换成另一种语言形式的程序的程序，如编译程序和汇编程序等。

(2) 广义上讲，编译程序和解释程序都属于翻译程序，但它们的翻译方式不同，**解释程序**是边翻译(解释)边执行，不产生目标代码，输出源程序的运行结果。而**编译程序**只负责把源程序翻译成目标程序，输出与源程序等价的目标程序，而目标程序的执行任务由操作系统来完成，即只翻译不执行。

第1章 习题

(3)解释程序分为两种方式:

- 源程序功能的实现(运行)完全由解释程序承担和完成,即每读出源程序的一条语句的第一个单词,则依据这个单词把控制转移到实现这条语句功能的程序部分,该部分负责完成这条语句的功能的实现(运行),完成后返回到解释程序的总控部分再读入下一条语句继续进行解释、执行;
- 一边翻译一边执行,即每读出源程序的一条语句,解释程序就将其翻译成一段机器指令并执行之(由控制下自己执行,不由解释程序执行),然后再读入下一条语句继续进行解释、执行。两种方式,都是源程序的执行结果。目前很多解释程序采取上述两种方式综合实现,即先把源程序翻译成较容易解释执行的中间代码,然后集中解释执行中间代码程序,最后得到运行结果。

第 1 章 习题

第 4 题

对下列错误信息，请指出可能是编译的哪个阶段(词法分析、语法分析、语义分析、代码生成)报告的。

- | | |
|-------------------|-------|
| (1) else 没有匹配的 if | 语法 |
| (2) 数组下标越界 | 语义 |
| (3) 使用的函数没有定义 | 语法/语义 |
| (4) 在数中出现非数字字符 | 语法 |

第 2 章 习题

第 1 题

文法 $G = (\{A, B, S\}, \{a, b, c\}, P, S)$ 其中 P 为：

$$S \rightarrow Ac | aB$$

$$A \rightarrow ab$$

$$B \rightarrow bc$$

写出 $L(GS)$ 的全部元素。

答案： $L(GS) = \{abc\}$

第2章 习题

第2题

文法 GN 为：

$$N \rightarrow D | ND$$

$$D \rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9$$

GN 的语言是什么？

答案：GN 的语言是 V^+ 。 $V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

$$N \Rightarrow ND \Rightarrow NDD \dots \Rightarrow ND D D D \dots D \Rightarrow D \dots D$$

或允许0开头的非负整数

第 2 章 习题

第 3 题

为只包含数字、加号和减号的表达式，例如：

9-2+5、3-1、7等构造一个文法。

答案：

GS:

$$S \rightarrow S + D \mid S - D \mid D$$
$$D \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$$

第 2 章 习题

第 4 题

已知文法 G :

$\langle \text{表达式} \rangle ::= \langle \text{项} \rangle \mid \langle \text{表达式} \rangle + \langle \text{项} \rangle$

$\langle \text{项} \rangle ::= \langle \text{因子} \rangle \mid \langle \text{项} \rangle * \langle \text{因子} \rangle$

$\langle \text{因子} \rangle ::= (\langle \text{表达式} \rangle) \mid i$

试给出下述表达式的推导及语法树。

(1) $i+(i+i)$ $\langle \text{表达式} \rangle \Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle + \langle \text{项} \rangle$

$\Rightarrow \langle \text{项} \rangle + \langle \text{项} \rangle$

(2) $i+i*i$ $\Rightarrow \langle \text{因子} \rangle + \langle \text{项} \rangle$

$\Rightarrow i + \langle \text{项} \rangle$

$\Rightarrow i + \langle \text{因子} \rangle$

$\Rightarrow i + (\langle \text{表达式} \rangle)$

$\Rightarrow i + (\langle \text{表达式} \rangle + \langle \text{项} \rangle)$

$\Rightarrow i + (\langle \text{项} \rangle + \langle \text{项} \rangle)$

$\Rightarrow i + (\langle \text{因子} \rangle + \langle \text{项} \rangle)$

$\Rightarrow i + (i + \langle \text{项} \rangle)$

$\Rightarrow i + (i + \langle \text{因子} \rangle) \Rightarrow i + (i + i)$

答案:

第 2 章 习题

第 5 题

证明下述文法 G $\langle \text{表达式} \rangle$ 是二义的。

$\langle \text{表达式} \rangle ::= a | (\langle \text{表达式} \rangle) | \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle$

$\langle \text{运算符} \rangle ::= + | - | * | /$

可为句子 $a+a*a$ 构造两个不同的最右推导:

最右推导 1 $\langle \text{表达式} \rangle \Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle a$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle * a$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle * a$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle a * a$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle + a * a$

$\Rightarrow a + a * a$

最右推导 2 $\langle \text{表达式} \rangle \Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle a$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle \langle \text{表达式} \rangle * a$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle \langle \text{运算符} \rangle a * a$

$\Rightarrow \langle \text{表达式} \rangle + a * a$

$\Rightarrow a + a * a$

第 2 章 习题

第 6 题

文法 GS 为：

$$S \rightarrow Ac|aB$$
$$A \rightarrow ab$$
$$B \rightarrow bc$$

该文法是否为二义的？为什么？

答案：

对于串 abc

(1) $S \Rightarrow Ac \Rightarrow abc$

(2) $S \Rightarrow aB \Rightarrow abc$

即存在两不同的最右推导。所以，该文法是二义的。

或：对于输入字符串，能构造出两棵不同的语法树，所以它是二义的。

第2章 习题

第7题

令文法 GE 为：

$$E \rightarrow T \mid E+T \mid E-T$$

$$T \rightarrow F \mid T * F \mid T / F$$

$$F \rightarrow (E) \mid i$$

证明 $E+T * F$ 是它的一个句型，指出这个句型的所有短语、直接短语和句柄。

答案：

语法树如右图，所以 $E+T * F$ 是一个句型。

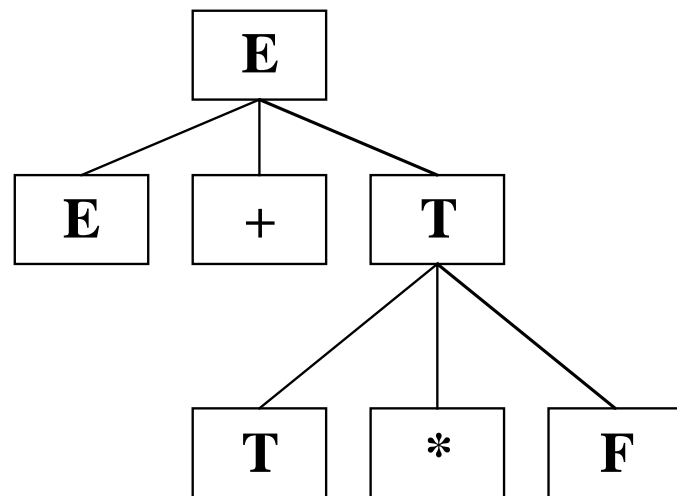
或：存在推导序列： $E \Rightarrow E+T \Rightarrow E+T * F$ ，所以是一个句型。

- 此句型相对于 E 的短语有： $E+T * F$ ；

相对于 T 的短语有 $T * F$

- 直接短语为： $T * F$

- 句柄为： $T * F$

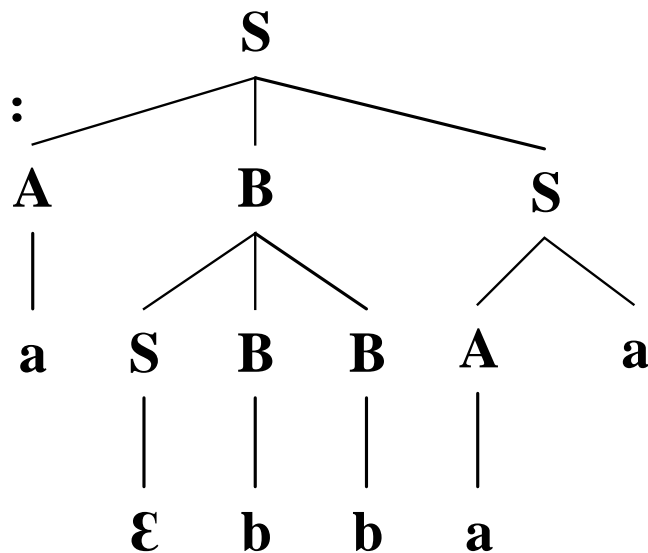


第2章 习题

第8题

一个上下文无关文法生成句子 $abbaa$ 的推导树如右：

- (1) 给出串 $abbaa$ 的最左推导、最右推导。
- (2) 该文法的产生式集合 P 可能有哪些元素？
- (3) 找出该句子的所有短语、直接短语、句柄。



答案：

(1) 串 $abbaa$ 的最左推导：

$$S \Rightarrow ABS \Rightarrow aBS \Rightarrow aSBBS \Rightarrow aBBS \Rightarrow abBS \Rightarrow abbS \Rightarrow abbAa \Rightarrow abbaa$$

最右推导：

$$S \Rightarrow ABS \Rightarrow ABa a \Rightarrow ABaa \Rightarrow ASBBaa \Rightarrow ASBbaa \Rightarrow ASbbaa \Rightarrow Abbaa \Rightarrow abbaa$$

(2) 产生式集合可能包含的元素： $S \rightarrow ABS \mid Aa \mid \varepsilon$ $A \rightarrow a$ $B \rightarrow SBB \mid b$

(3) 该句子的短语有：

a 是相对 A 的短语 ε 是相对 S 的短语

b 是相对 B 的短语 εbb 是相对 B 的短语

aa 是相对 S 的短语 $a\varepsilon bbaa$ 是相对 S 的短语

直接短语有： a 、 ε 、 b 句柄是： a

第 2 章 习题

第 9 题 解释下列术语和概念：

(1) 字母表

(2) 串、字符和句子

(3) 语言、语法和语义

答案：

(1) 字母表：是一个非空有穷集合。

(2) 串：符号的有穷序列。

字符：字母表中的元素。

句子：从识别符号出发推导出的终结字符串。

(3) 语言：它是由句子组成的集合，是由一组记号所构成的集合。程序设计的语言就是所有该语言的程序的全体。

语法：表示构成语言句子的各个记号之间的组合规律。程序的结构或形式。

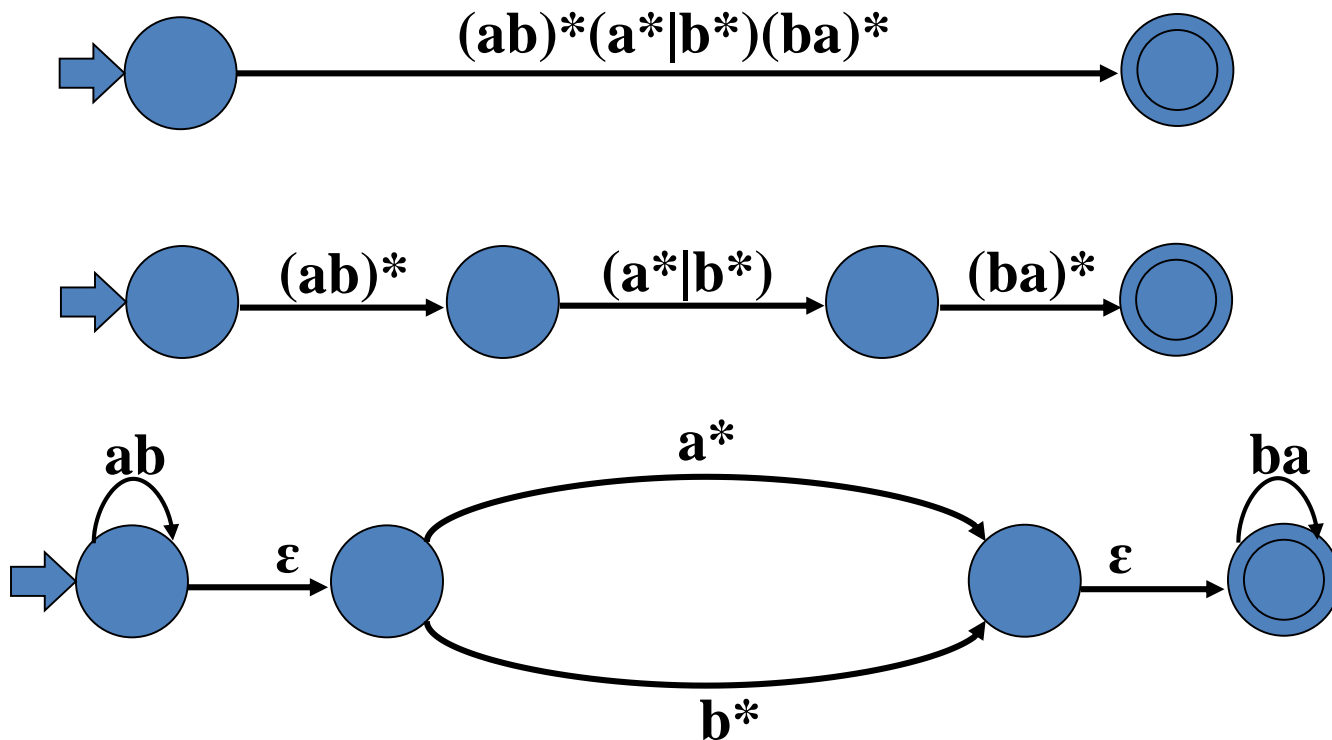
语义：表示按照各种表示方法所表示的各个记号的特定含义。语言所代表的含义。

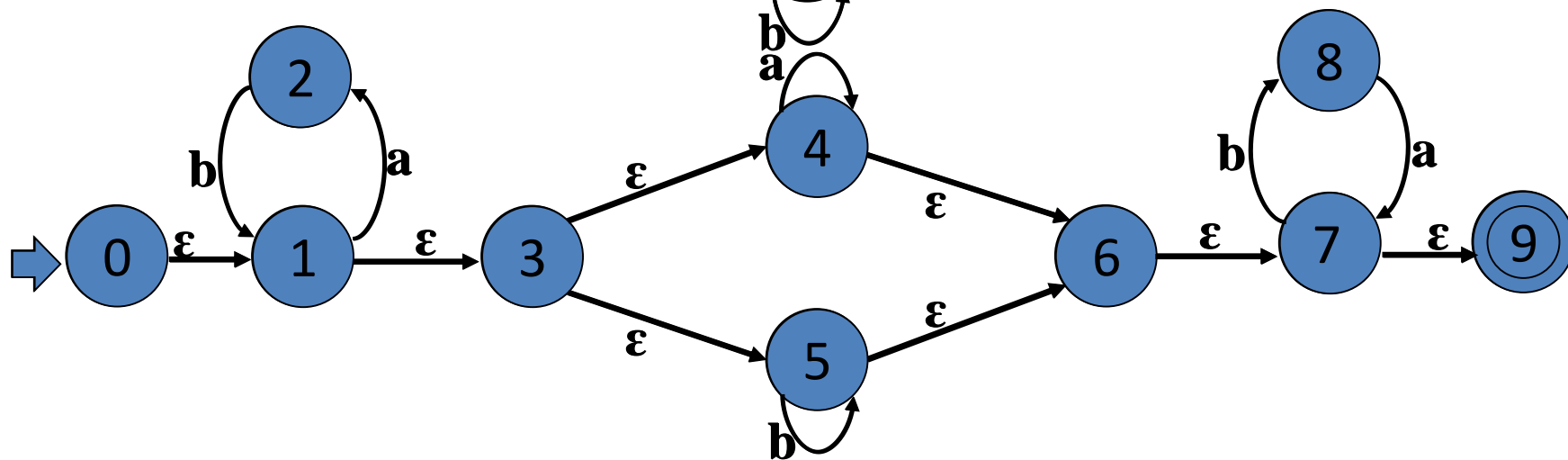
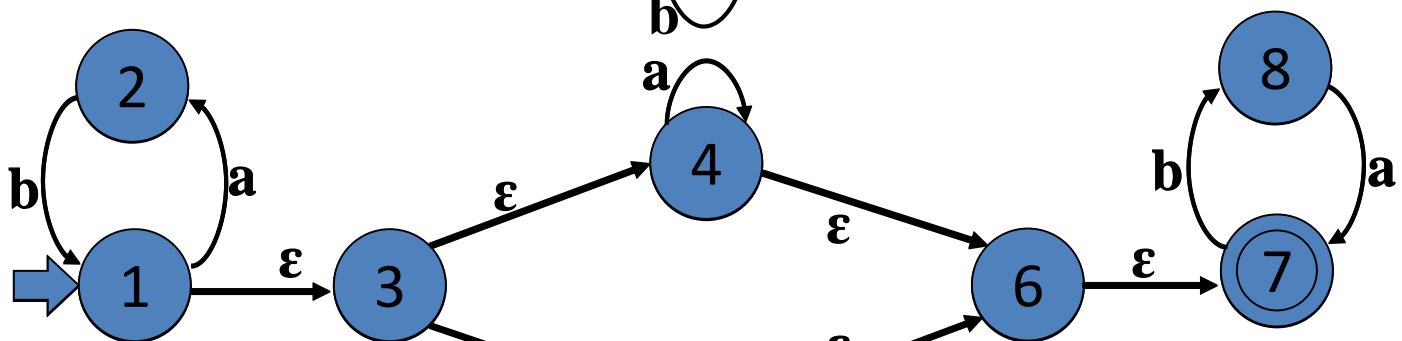
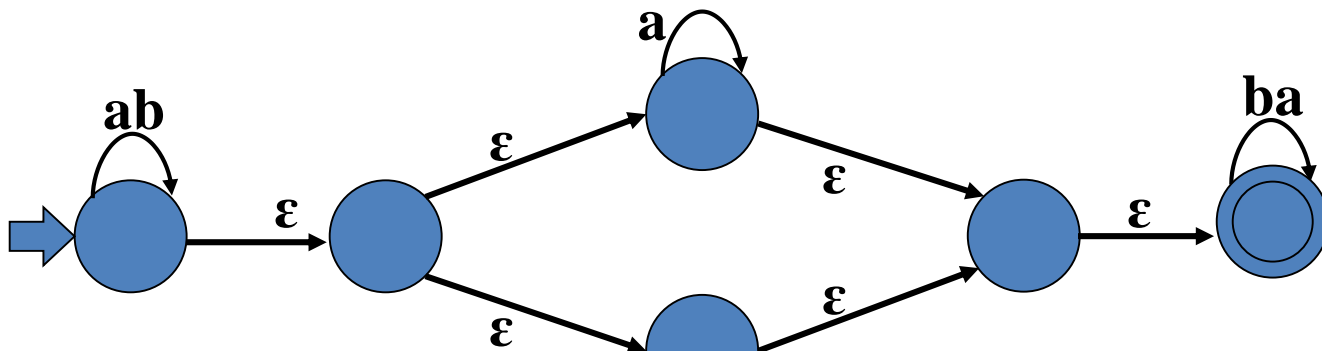
第3章 词法分析习题

第1题 构造与正规表达式 $(ab)^*(a^*|b^*)(ba)^*$ 等价的DFA

答案:

1) 首先构造正规表达式的NFA

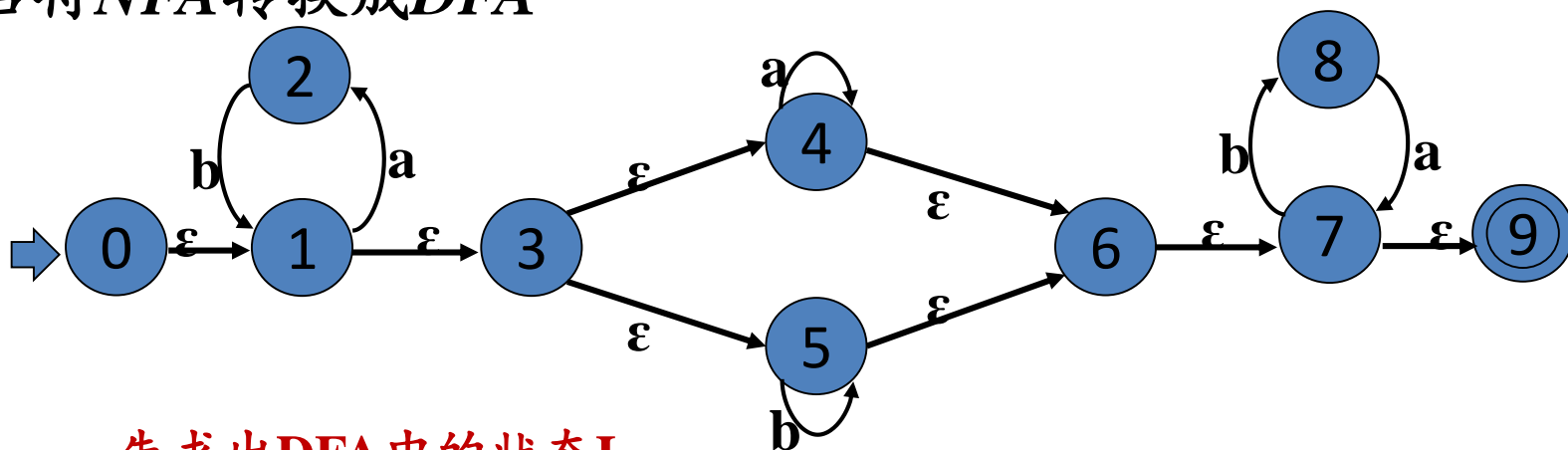




第3章 词法分析习题

答案:

2)然后将NFA转换成DFA



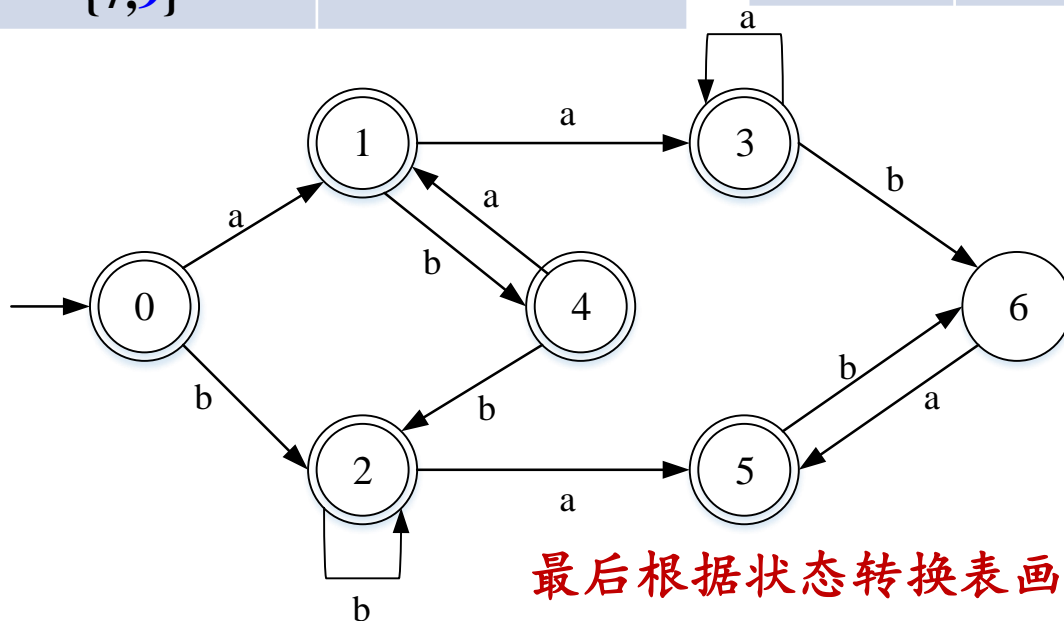
先求出DFA中的状态I

I	ϵ -closure(move(I,a))	ϵ -closure(move(I,b))
$\rightarrow \{0,1,3,4,5,6,7,9\}$	$\{2,4,6,7,9\}$	$\{5,6,7,8,9\}$
$\{2,4,6,7,9\}$	$\{4,6,7,9\}$	$\{1,3,4,5,6,7,8,9\}$
$\{5,6,7,8,9\}$	$\{7,9\}$	$\{5,6,7,8,9\}$
$\{4,6,7,9\}$	$\{4,6,7,9\}$	$\{8\}$
$\{1,3,4,5,6,7,8,9\}$	$\{2,4,6,7,9\}$	$\{5,6,7,8,9\}$
$\{7,9\}$		$\{8\}$
$\{8\}$	$\{7,9\}$	

I	ϵ -closure (move(I,a))	ϵ -closure (move(I,b))
\rightarrow {0,1,3,4,5,6,7,9}	{2,4,6,7,9}	{5,6,7,8,9}
{2,4,6,7,9}	{4,6,7,9}	{1,3,4,5,6,7,8,9}
{5,6,7,8,9}	{7,9}	{5,6,7,8,9}
{4,6,7,9}	{4,6,7,9}	{8}
{1,3,4,5,6,7,8,9}	{2,4,6,7,9}	{5,6,7,8,9}
{7,9}		{8}
{8}	{7,9}	

然后给出状态转换表

$\Sigma \backslash S$	a	b
$\rightarrow 0$	1	2
1	3	4
2	5	2
3	3	6
4	1	2
5		6
6	5	



最后根据状态转换表画出相应的DFA

第3章 词法分析习题

第2题

(1)先构造其NFA

给定文法GS:

$S \rightarrow aA | bQ$

$A \rightarrow aA | bB | b$

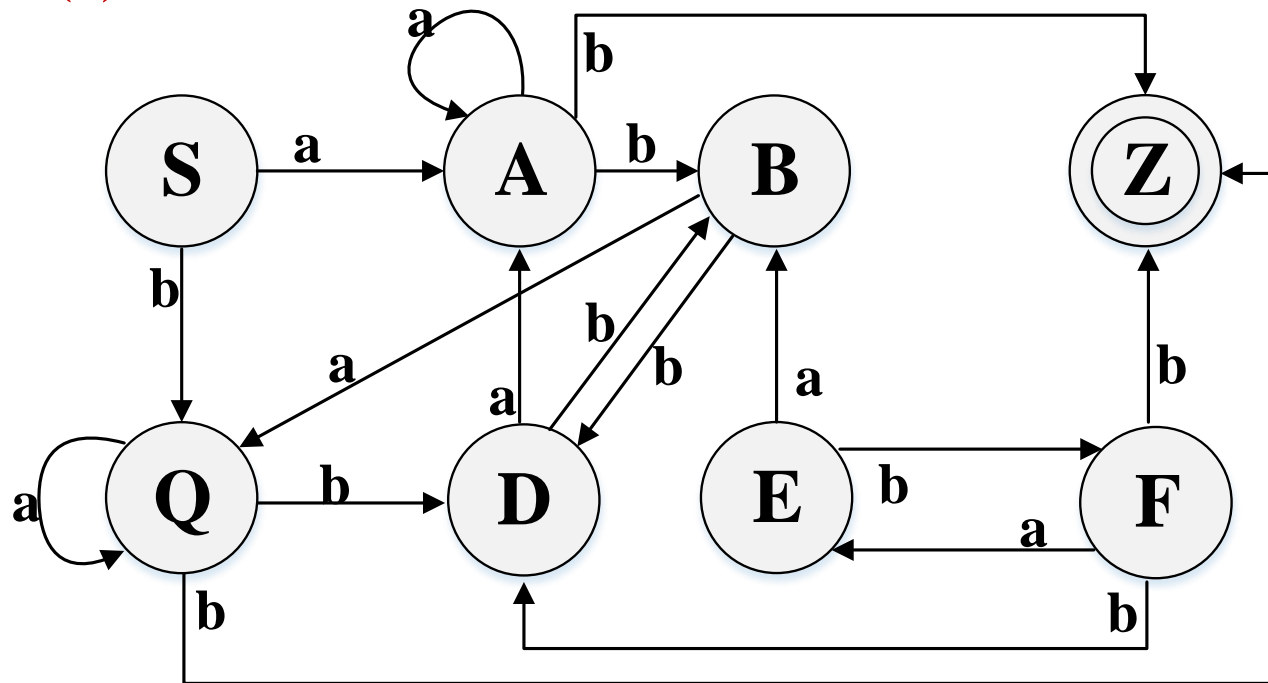
$B \rightarrow bD | aQ$

$Q \rightarrow aQ | bD | b$

$D \rightarrow bB | aA$

$E \rightarrow aB | bF$

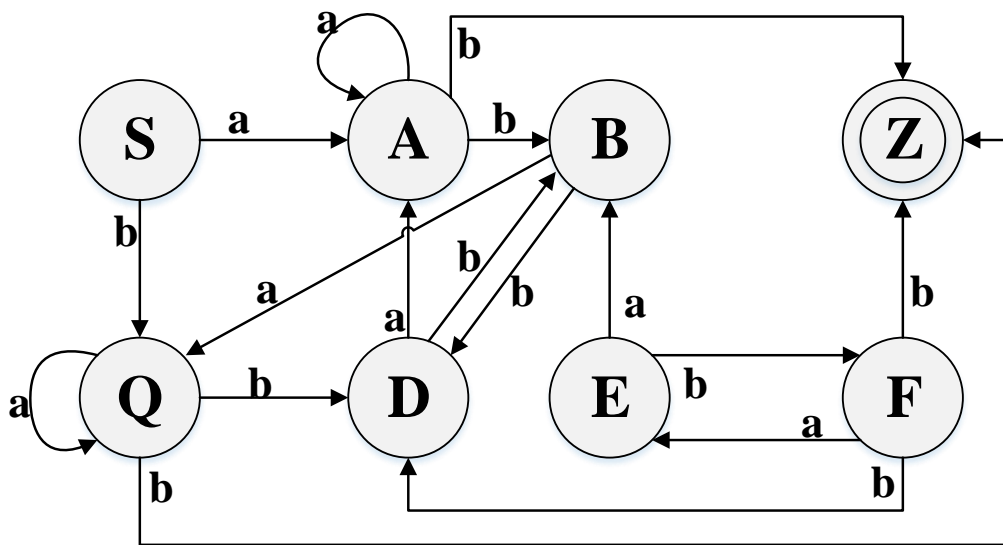
$F \rightarrow bD | aE | b$



构造相应的最小的DFA。

第3章 词法分析习题

(2) 用子集法将NFA 确定化



	a	b
→ S	A	Q
A	A	BZ
Q	Q	DZ
BZ	Q	D
DZ	A	B
D	A	B
B	Q	D

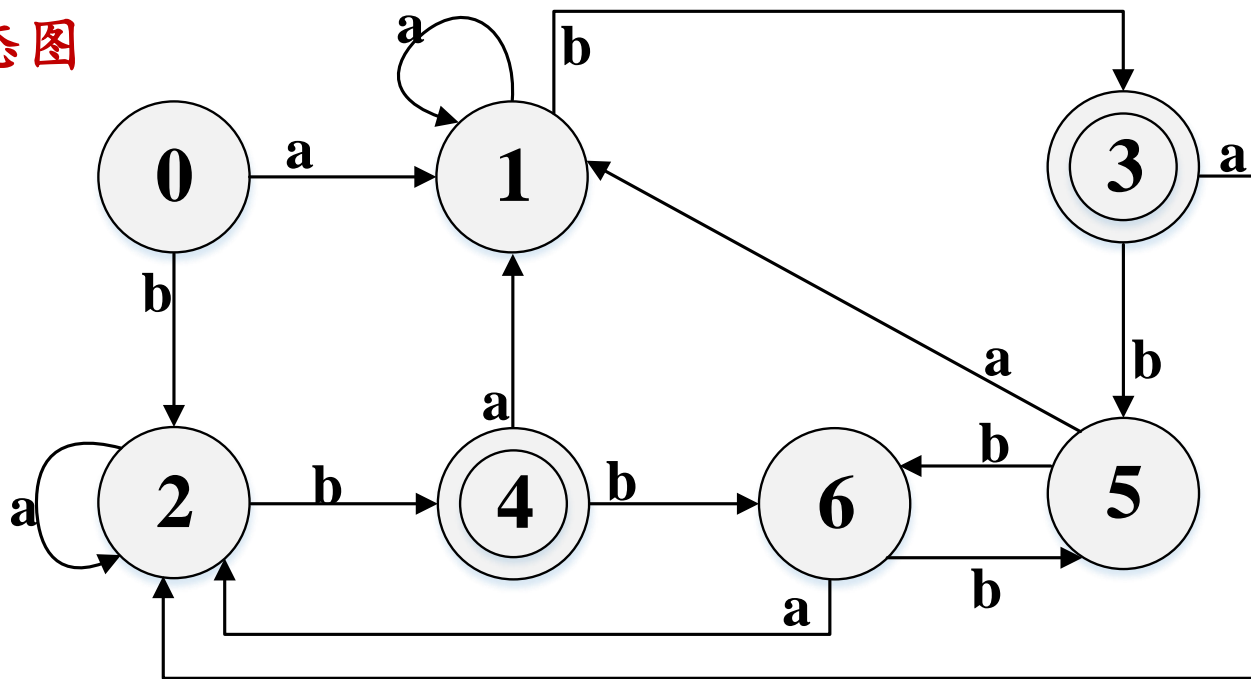
	a	b
→ 0	1	2
1	1	3
2	2	4
3	2	5
4	1	6
5	1	6
6	2	5

将S、A、Q、BZ、DZ、D、B重新命名，
用0、1、2、3、4、5、6分别表示。
因为3、4中含有Z，所以它们为终态。

第3章 词法分析习题

(2) 确定化后的DFA状态图

	a	b
$\rightarrow 0$	1	2
1	1	3
2	2	4
3	2	5
4	1	6
5	1	6
6	2	5



(3) 化简DFA

$P_0 = (\{ 0,1,2,5,6 \} , \{ 3,4 \})$ 用b进行分割

$P_1 = (\{ 0,5,6 \} , \{ 1,2 \} , \{ 3,4 \})$ 再用b进行分割

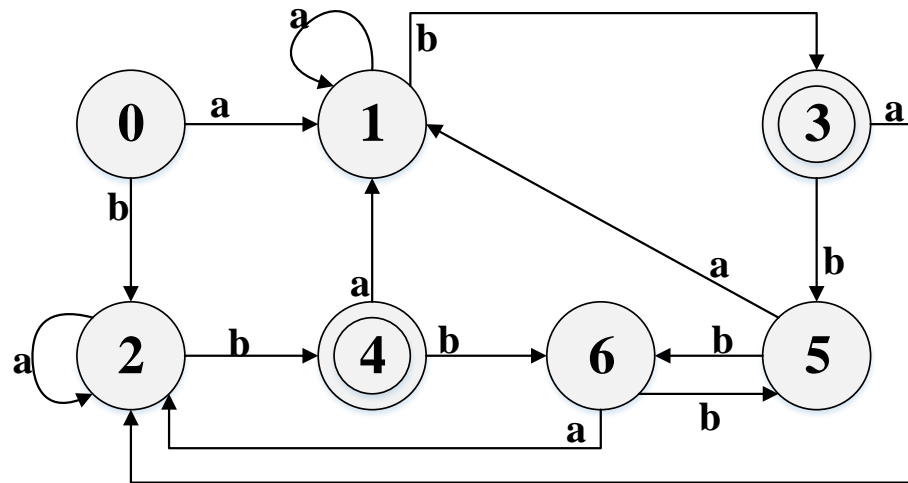
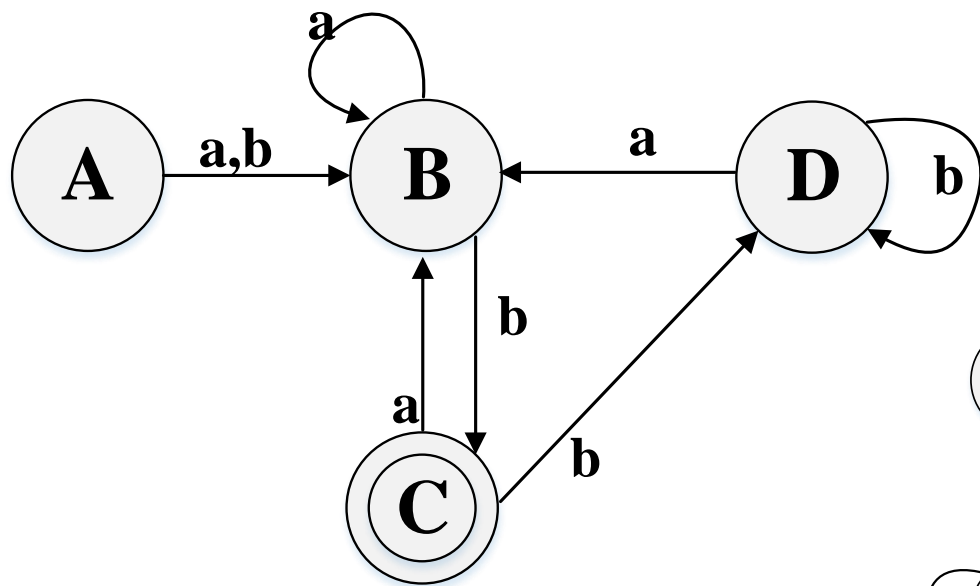
$P_2 = (\{ 0 \} , \{ 5,6 \} , \{ 1,2 \} , \{ 3,4 \})$ 再用a,b进行分割

不再发生变化

令 $\{ 0 \}$ 为A, $\{ 1, 2 \}$ 为B, $\{ 3, 4 \}$ 为C, $\{ 5, 6 \}$ 为D。

第3章 词法分析习题

(3)化简后的DFA



$P_0 = (\{ 0,1,2,5,6 \} , \{ 3,4 \})$ 用b进行分割

$P_1 = (\{ 0,5,6 \} , \{ 1,2 \} , \{ 3,4 \})$ 再用b进行分割

$P_2 = (\{ 0 \} , \{ 5,6 \} , \{ 1,2 \} , \{ 3,4 \})$ 再用a,b进行分割

不再发生变化

令 $\{ 0 \}$ 为A, $\{ 1, 2 \}$ 为B, $\{ 3, 4 \}$ 为C, $\{ 5, 6 \}$ 为D。

第4章 自顶向下语法分析习题

第1题 试消除下面文法 $G[A]$ 中的左递归和左公因子，并判断改写后的文法是否为 $LL(1)$ 文法？

$G[A]$:

$A \rightarrow aABe \mid a$

$B \rightarrow Bb \mid d$

$A \rightarrow \alpha \beta_1 \mid \alpha \beta_2 \mid \dots \mid \alpha \beta_n \mid \gamma_1 \mid \gamma_2 \mid \dots \mid \gamma_m$

替换为

$A \rightarrow \alpha A' \mid \gamma_1 \mid \gamma_2 \mid \dots \mid \gamma_m$

$A' \rightarrow \beta_1 \mid \beta_2 \mid \dots \mid \beta_n$

$A \rightarrow A \alpha_1 \mid A \alpha_2 \mid \dots \mid A \alpha_n \mid \beta_1 \mid \beta_2 \mid \dots \mid \beta_m$

($\alpha_i \neq \varepsilon$, β_j 不以 A 开头)

$A \rightarrow \beta_1 A' \mid \beta_2 A' \mid \dots \mid \beta_m A'$

$A' \rightarrow \alpha_1 A' \mid \alpha_2 A' \mid \dots \mid \alpha_n A' \mid \varepsilon$

答案：

(1)提取左公共因子和消除左递归后， $G[A]$ 变换为等价的 $G'[A]$ 如下：

$A \rightarrow a A'$

$A' \rightarrow A B e / \varepsilon$

$B \rightarrow d B'$

$B' \rightarrow b B' / \varepsilon$

第4章 自顶向下语法分析习题

$A \rightarrow a A'$ (2) 计算非终结符的FIRST集和FOLLOW集结果如下:

$A' \rightarrow A B e / \varepsilon$ $\text{FIRST}(A) = \{a\}$ $\text{FOLLOW}(A) = \{\$, d\}$

$B \rightarrow d B'$ $\text{FIRST}(B) = \{d\}$ $\text{FOLLOW}(B) = \{e\}$

$B' \rightarrow b B' | \varepsilon$ $\text{FIRST}(A') = \{a, \varepsilon\}$ $\text{FOLLOW}(A') = \{\$, d\}$

$\text{FIRST}(B') = \{b, \varepsilon\}$ $\text{FOLLOW}(B') = \{e\}$

(3) 对相同左部的产生式可知:

$\text{FIRST}(A' \rightarrow A B e) \cap \text{FOLLOW}(A' \rightarrow \varepsilon) = \{a\} \cap \{\$, d\} = \emptyset$

$\text{FIRST}(B' \rightarrow b B') \cap \text{FOLLOW}(B' \rightarrow \varepsilon) = \{b\} \cap \{e\} = \emptyset$

所以 $G'[A]$ 是LL(1)文法。

第4章 自顶向下语法分析习题

第2题 已知文法GS:

$S \rightarrow aH$ $H \rightarrow aMd | d$

$M \rightarrow Ab | \epsilon$ $A \rightarrow aM | e$

- (1) 判断G 是否是LL(1)文法, 若是, 请构造相应的LL(1)预测分析表;
(2) 如果是LL(1)文法, 请给出输入串aaabd\$的预测过程。

答案:

(1) 计算FIRST集和FOLLOW集

非终结符	FIRST集	FOLLOW集
S	{a}	{ \$ }
H	{a, d}	{ \$ }
M	{a, e, ϵ }	{d, b}
A	{a, e}	{b}

(2) 构造LL(1)预测分析表

	a	d	b	e	\$
S	$S \rightarrow aH$				
H	$H \rightarrow aMd$	$H \rightarrow d$			
M	$M \rightarrow Ab$	$M \rightarrow \epsilon$	$M \rightarrow \epsilon$	$M \rightarrow Ab$	
A	$A \rightarrow aM$			$A \rightarrow e$	

第4章 自顶向下语法分析习题

第2题 已知文法GS:

$S \rightarrow aH$ $H \rightarrow aMd | d$

$M \rightarrow Ab | \epsilon$ $A \rightarrow aM | e$

- (1) 判断G 是否是LL(1)文法, 若是, 请构造相应的LL(1)预测分析表;
(2) 如果是LL(1)文法, 请给出输入串aaabd\$的预测过程。

答案:

(1) 计算FIRST集和FOLLOW集

非终结符	FIRST集	FOLLOW集
S	{a}	{ \$ }
H	{a, d}	{ \$ }
M	{a, e, ϵ }	{d, b}
A	{a, e}	{b}

(2) 构造LL(1)预测分析表

	a	d	b	e	\$
S	$S \rightarrow aH$				
H	$H \rightarrow aMd$	$H \rightarrow d$			
M	$M \rightarrow Ab$	$M \rightarrow \epsilon$	$M \rightarrow \epsilon$	$M \rightarrow Ab$	
A	$A \rightarrow aM$			$A \rightarrow e$	

第4章 自顶向下语法分析习题

文法GS:

$S \rightarrow aH$

$H \rightarrow aMd \mid d$

$M \rightarrow Ab \mid \varepsilon$

$A \rightarrow aM \mid e$

LL(1)预测分析表

	a	d	b	e	\$
S	$S \rightarrow aH$				
H	$H \rightarrow aMd$	$H \rightarrow d$			
M	$M \rightarrow Ab$	$M \rightarrow \varepsilon$	$M \rightarrow \varepsilon$	$M \rightarrow Ab$	
A	$A \rightarrow aM$			$A \rightarrow e$	

(3)输入串aaabd\$的预测过程

步骤	分析栈	输入串	推导使用产生式
1	S\$	aaabd\$	$S \rightarrow aH$
2	aH\$	aaabd\$	‘a’匹配
3	H\$	aabd\$	$H \rightarrow aMd$
4	aMd\$	aabd\$	‘a’匹配
5	Md\$	abd\$	$M \rightarrow Ab$
6	Abd\$	abd\$	$A \rightarrow aM$
7	aMbd\$	abd\$	‘a’匹配
8	Mbd\$	bd\$	$M \rightarrow \varepsilon$
9	bd\$	bd\$	‘b’匹配
10	d\$	d\$	‘d’匹配
11	\$	\$	分析成功