

## 《编译原理》课程期中答案

2019 年春季学期

开课学院：信息学院

考试方式：闭卷

考试时间：95 分钟

班级姓名学号

题号	一	二	三	四	五	六	总分
满分	10	20	10	60			100
得分							
阅卷人							

一、 判断题(每个小题 1 分，共 10 分，正确的打上√，错误的画上×)

- 编译程序的输出是机器语言语言程序。( )
- 一个上下文无关文法包含一组开始符号和一组终结符号。( )
- 一个文法具有二义性，是该文法有两个不同的推导方式。( )
- 词法分析时，单词符号有五种类别，其中常数没有属性信息。( )
- 语法分析时，必须先消除文法中的左递归。( )
- 构造 LR 分析器的任务就是构造 LR 分析表。( )
- 递归下降分析法是自上向下分析法。( )
- 某计算机上的某编译程序在另一台计算机上能直接使用的必要条件是两台计算机的操作系统功能完全相同。( )
- LL(1)文法是无二义的文法。( )
- SLR 分析法的 S 是简单的意思。( )

1. ×; 2. ×; 3. ×; 4. ×; 5. ×;

6. √; 7. √; 8. ×; 9. √; 10. √。

二、 单项选择题(每题 1 分，共 20 分)请将答案填写在下面的答题表中

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	D	A	B	A	D	C	D	C	D	B
题号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
答案	C	B	C	B	C	D	B	A	C	D

1、下列不属于编译程序前端的结构是( )。

- A. 词法分析器      B. 语法分析器  
C. 语义分析      D. 目标代码生成器

2、下列对编译程序描述正确的是( )。

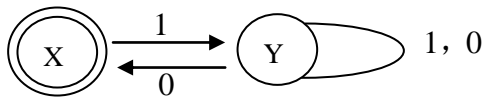
- A. 编译程序能把一种语言程序转换成另一种语言程序
- B. 编译程序只是对高级语言的翻译
- C. 链接程序只有链接功能
- D. 优化是对目标代码的优化

3、已知下列文法  $G[S]$ ，请问它的语言是（ ）。

$G[S]: S \rightarrow dA$

$A \rightarrow aA \mid a$

- A.  $\{d^m a^n | n > 1, m > 1\}$
  - B.  $\{da^n | n > 0\}$
  - C.  $\{da^n d | n \geq 1\}$
  - D.  $\{a^n d | n > 0\}$
- 4、下列正规表达式中与  $(a^* | b^*)c$  等价的表达式是（ ）。
- A.  $a^* c | b^* c$
  - B.  $a^* | b^* c$
  - C.  $a^* c | b^*$
  - D.  $(a | b)^* c$
- 5、下列状态转换图识别的字符串是（ ）。



- A. 以 1 开头的二进制数组成的集合
  - B. 以 0 结尾的二进制数组成的集合
  - C. 含奇数个 1 和 0 的二进制数组成的集合
  - D. 以 1 开头，0 结尾的二进制数组成的集合
- 6、DFA 与 NFA 的描述正确的是（ ）。
- A. 可以从 NFA 转换到 DFA，转换前后的初态与终态结点不变
  - B. NFA 与 DFA 都只包含一个初态结点
  - C. NFA 和 DFA 都可以有多条箭弧从一个状态结点出发
  - D. NFA 的结点数肯定多于 DFA 的状态结点数
- 7、若一个文法具有左递归，则它能产生的句子的个数是（ ）。
- A. 有限个
  - B. 无穷个
  - C. 不确定
  - D. 根据其他产生式而定
- 8、对短语的描述正确的是（ ）。
- A. 短语是由产生式直接生成的
  - B. 在归约的过程中，每个短语都是句柄
  - C. 在归约的过程中，部分短语是句柄
  - D. 直接短语包含素短语
- 9、已知下列文法  $G[E]$ ，该文法对于句型  $E+a*(F+T)$  的直接短语包含（ ）。

$G[E]: E \rightarrow E+T \mid T$

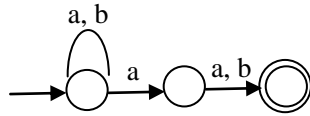
$T \rightarrow F \mid T * F$

$F \rightarrow a \mid (E)$

- A. T
  - B. E
  - C.  $a*(F+T)$
  - D. F
- 10、若文法  $G$  的符号集是无限的，则该文法必然是（ ）。
- A. 二义性的
  - B. 递归的
  - C. 无二义性的
  - D. 前后文无关的
- 11、已知文法  $S \rightarrow xSxy \mid y$ ，请问它所识别的语言是（ ）。
- A.  $xyx$
  - B.  $(xyx)^*$
  - C.  $x^n y (xy)^n (n \geq 0)$
  - D.  $x^* y x^*$
- 12、已知语言  $x^n y y^n (n \geq 1)$ ，则下述文法中，可以产生该语言的文法是（ ）。
- A.  $S \rightarrow xSy \mid xAy \mid x$
  - B.  $S \rightarrow xAy$
  - C.  $A \rightarrow xAy \mid x$
  - D.  $A \rightarrow xAy \mid y$

- C.  $S \rightarrow AyB$   
 $A \rightarrow xB \mid x$   
 $B \rightarrow xy \mid y$
- D.  $S \rightarrow xAy \mid y$   
 $A \rightarrow x$

13、已知下列状态转换图，与它等价的正规式是（ ）。



- A.  $(a \mid b) a (a \mid b)$   
C.  $(a^* \mid b^*) a (a \mid b)$
- B.  $(a \mid b) a^* (a \mid b)$   
D.  $(a \mid b)^* a a b$

14、已知文法  $G[S]$ ，该文法的 FOLLOW(A) 是（ ）。

$G[S]: S \rightarrow xAB \mid y$   
 $A \rightarrow xB \mid \varepsilon$   
 $B \rightarrow (S) \mid \varepsilon$

- A.  $\{ (, \varepsilon, \# \}$     B.  $\{ (, ), \# \}$     C.  $\{ (, ), \varepsilon, \# \}$     D.  $\{ ), \# \}$

15、已知文法  $G[S]$ ，该文法对于输入串  $xxByxxB$  的最左素短语是（ ）。

$G[S]: S \rightarrow xAB$   
 $A \rightarrow xBy \mid y$   
 $B \rightarrow xB \mid x \mid y$

- A.  $x$     B.  $xBy$     C.  $xB$     D.  $y$

16、已知文法  $G[E]$ ，该文法对于输入串  $i_1 * i_2 + T * F$  进行规范归约的第 4 步的句柄是（ ）。

$G[E]: E \rightarrow T \mid E + T$   
 $T \rightarrow F \mid T * F$   
 $F \rightarrow (E) \mid i$

- A.  $i_1$     B.  $i_2$     C.  $T$     D.  $T * F$

17、已知某语言可表示所有包含 1 个  $a$  或者多个  $a$ ，并且以  $b$  结尾字符串，该正规式是（ ）。

- A.  $a^* b$     B.  $a a^* b$     C.  $a^* \mid ab$     D.  $a \mid a^* b$

18、已知递归下降程序如下，请问该程序对应的文法是（ ）。

```
PROCEDURE E;
IF SYM='+' THEN
BEGIN
  ADVANCE;
  T; E
END;
```

- A.  $E \rightarrow +TE \mid \varepsilon$     B.  $E \rightarrow +T \mid +E$     C.  $E \rightarrow + \mid TE$     D.  $E \rightarrow +T \mid E$

19、已知 LL(1) 预测分析表，请问对于输入字符  $i+i$  分析时，可选的产生式有（ ）。

非终结符	输入字符			
	i	+	*	#
E	$E \rightarrow TE'$	$E \rightarrow +TE$		
T	$T \rightarrow i$	$T \rightarrow \varepsilon$	$T \rightarrow *FT$	
E'		$E' \rightarrow +TE'$		$E' \rightarrow \varepsilon$

(1) $E \rightarrow TE'$ (2) $T \rightarrow i$ (3) $E \rightarrow +TE$  (4) $T \rightarrow \varepsilon$ (5) $E' \rightarrow +TE'$  (6) $T \rightarrow *FT$  (7) $E' \rightarrow \varepsilon$

A. 所有产生式 B. (3)(4)(5)(6)(7) C. (1)(2)(5)(7) D. (1)(2)(3)(5)(7)

20、已知文法  $G[S]$ ，请问该文法对于输入串  $aacabccb$  的最左推导正确的是（ ）。

$G[S]: S \rightarrow aAcB \mid BdS$

$A \rightarrow BaB \mid aBc \mid a$

$B \rightarrow aScA \mid cAB \mid b$

A.  $S \Rightarrow BdS \Rightarrow aScAdS \Rightarrow aBdScAdS \Rightarrow abdScAdS \Rightarrow abdaAcBcAdS$

$\Rightarrow abdaacBcAdS \Rightarrow abdaacbcAdS \Rightarrow abdaacbcadS \Rightarrow abdaacbcadaAcB$

$\Rightarrow abdaacbcadaacB \Rightarrow abdaacbcadaacb$

B.  $S \Rightarrow aAcB \Rightarrow aaBc \Rightarrow aacABc \Rightarrow aacaBc \Rightarrow aacabc$

C.  $S \Rightarrow BdS \Rightarrow aScAdS \Rightarrow aaAcBcAdS \Rightarrow aaacBcAdS$

$\Rightarrow aaacbcAdS \Rightarrow aaacbcadS \Rightarrow aaacbcadaAcB \Rightarrow aaacbcadaacB \Rightarrow aaacbcadaacb$

D.  $S \Rightarrow aAcB \Rightarrow aaBccB \Rightarrow aacaBccB \Rightarrow aacabccB \Rightarrow aacabccb$

### 三、填空题(每空 1 分，共 10 分)

1、编译程序的输入是\_\_\_\_\_输出是\_\_\_\_\_。

2、编译程序结构中，除了包含词法分析、语法分析、语义分析和中间代码生成、优化、目标代码生成以外，还包含\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

3、文法  $G$  的开始符号  $S$ ， $S \Rightarrow x(x \in V_T)$ ，则  $x$  是文法  $G$  的一个\_\_\_\_\_；若  $S \Rightarrow Ax(A \in V_N, x \in V_T)$ ，则  $Ax$  是文法  $G$  的一个\_\_\_\_\_。

4、自上而下分析中，主要面临的问题是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

5、已知语言  $L = \{a^i b^j \mid j > i \geq 1\}$ ，能产生该语言的上下文无关文法是\_\_\_\_\_，该文法\_\_\_\_\_二义性文法。

1. 源语言程序、目标语言程序

2. 表格管理、出错管理

3. 句子、句型

4. 左递归、回溯

5.  $G[S]: S \rightarrow aSb \mid Sb \mid b$ 、是

### 四、综合题(共 60 分)

1. 已知文法  $G[S]$ :

$S \rightarrow aA \mid bB \mid aC$

$A \rightarrow aB \mid b \mid bC$

$B \rightarrow bC \mid a$

$C \rightarrow b$

(1) 请判断该文法的二义性；

(2) 请给出该文法的 NFA 图；

(3) 请对 NFA 确定化，画出 DFA 图；

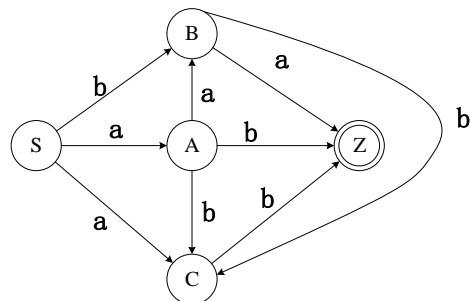
(4) 请最小化该 DFA，画出最小化的 DFA 图。(10 分)

答案：

(1) 该文法对输入串  $ab$  具有二义性， $S \Rightarrow aA \Rightarrow ab$ ,  $S \Rightarrow aC \Rightarrow ab$

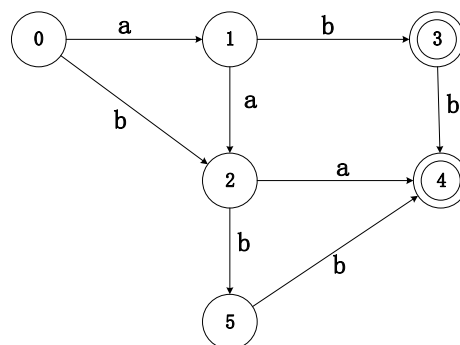
(2) 由文法  $G[S]$  构造的 NFA 状态转换矩阵和由 NFA 状态转换矩阵生成的 NFA 状态转换图

状态	a	b
S	{A, C}	{B}
A	{B}	{Z, C}
B	{Z}	{C}
C	$\emptyset$	{Z}
Z	$\emptyset$	$\emptyset$



(3) 对 NFA 确定化的状态转换矩阵和对 NFA 确定化后的 DFA 状态转换图

I	$I_a$	$I_b$
0 {S}	1 {A,C}	2 {B}
1 {A,C}	2 {B}	3 {Z,C}
2 {B}	4 {Z}	5 {C}
3 {Z,C}		4 {Z}
4 {Z}		
5 {C}		4 {Z}



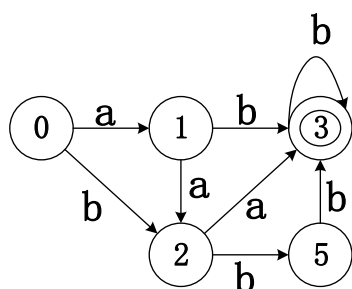
(4) 最小化 DFA 的步骤和具体思路：

1. 初始集合：把所有状态分为{非终态组}, {终态组} = {0, 1, 2, 5}, {3, 4}
2. {0, 1, 2, 5}, {3, 4}  
考察{3, 4}, 由于 $\{3, 4\}_a = \{\emptyset\}$ ,  $\{3, 4\}_b = \{4\} \subset \{3, 4\}$ , {3, 4}经过 a 弧和 b 弧到达同一个状态组, 所以不可分。  
当前状态组依然为{0, 1, 2, 5}, {3, 4}
3. {0, 1, 2, 5}, {3, 4}  
考察{0, 1, 2, 5}, 由于 $\{0, 1, 2, 5\}_a = \{1, 2, 4\}$ , 它既不包含在{0, 1, 2, 5}, 也不包含在{3, 4}之中, 因此, 应把{0, 1, 2, 5}一分为二。由于状态 0、1 经 a 弧到达状态 1、2 包含在{0, 1, 2, 5}中, 而状态 2 经 a 弧到达状态 4 包含在{3, 4}中, 状态 5 经 a 弧不到达任何状态, 因此, 应该把状态 2 和 5 划分出来。  
当前状态组为: {0, 1}, {5}, {2}, {3, 4}
4. {0, 1}, {2}, {3, 4}, {5}  
考察{0, 1}, 由于 $\{0, 1\}_a = \{1, 2\}$ , 它既不包含在{0, 1}, 也不包含在{3, 4}和{2}之中, 因此, 应把{0, 1}一分为二。  
当前状态组为: {0}, {1}, {2}, {3, 4}, {5}
5. 最终分组结果{0}, {1}, {2}, {3, 4}, {5}
6. 对分组重新编号以后结果: 0, 1, 2, 3, 5

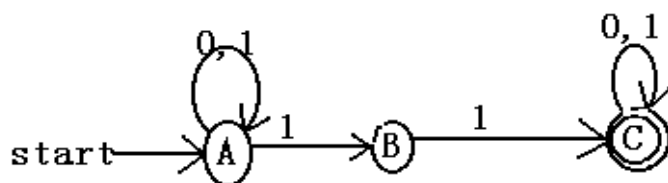
对 DFA 最小化分组后的状态转换矩阵：

状态	a	b
0	{1}	{2}
1	{2}	{3}
2	{3}	{5}
3	$\emptyset$	{3}
5	$\emptyset$	{3}

DFA 最小化后的状态转换图：



2. 已知有限自动机如下图所示



- (1) 请给出该状态转换图表示的语言；
- (2) 写出其正规式与正规文法；
- (3) 构造识别该语言的最小化 DFA。(10 分)

答案：

(1) 状态转换图表示的语言：以多个或 0 个 0 或 1 开头，中间 2 个 1，以多个或 0 个 0 或 1 结尾的字符串。 $\{(0^m|1^n)11(0^x|1^y)|m, n, x, y \geq 0\}$ 。

(2) 正规式： $(0|1)^*11(0|1)^*$

正规文法：

$G(A)$ :

$A \rightarrow 0A \mid 1A \mid 1B$

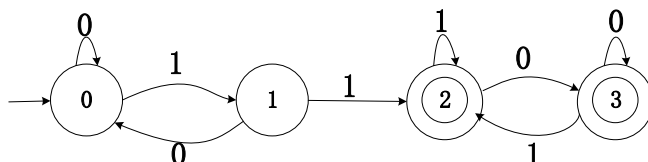
$B \rightarrow 1C$

$C \rightarrow 0C \mid 1C$

(3) 对该有限自动机 NFA 图生成确定化状态转换矩阵:

I		I <sub>0</sub>		I <sub>1</sub>	
0	{A}	0	{A}	1	{A,B}
1	{A,B}	0	{A}	2	{A,B,C}
2	{A,B,C}	3	{A,C}	2	{A,B,C}
3	{A,C}	3	{A,C}	2	{A,B,C}

对 NFA 确定化后的 DFA 的状态转换图:

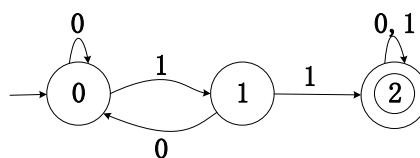


最小化 DFA 的具体步骤和思路:

1. 初始集合: 把所有状态分为{非终态组}, {终态组} = {0, 1}, {2, 3}
2. {0, 1}, {2, 3}:  
考察{0, 1}, {0, 1}<sub>0</sub>={0}⊂{0, 1}, {0, 1}<sub>1</sub>={1, 2}, 它既不包含在{0, 1}, 也不包含在{2, 3}之中, 因此, 应把{0, 1}一分为二, 划分为{0}, {1}。  
当前分组结果: {0}, {1}, {2, 3}
3. {0}, {1}, {2, 3}  
考察{2, 3}, {2, 3}<sub>0</sub>={3}⊂{2, 3}, {2, 3}<sub>1</sub>={2}⊂{2, 3}, 所以, 它不能划分。  
当前分组结果: {0}, {1}, {2, 3}
4. 最终分组结果: {0}, {1}, {2, 3}
5. 对分组结果重新编号以后的结果: 0, 1, 2

最小化 DFA 后的状态转换矩阵和状态转换图:

状态	0	1
0	{0}	{1}
1	{0}	{2}
2	{2}	{2}



3. 已知文法 G[E]

$E \rightarrow E+T \mid T$

$T \rightarrow T * F \mid T - F \mid F$

$F \rightarrow (E) \mid i$

(1) 画出句型  $T+T * F * (T-i)$  的语法分析树;

(2) 找出句型  $T+T * F * (T-i)$  的所有短语、素短语、最左素短语、直接短语和句柄。(8分)

答案:

(1) 语法分析树如右图

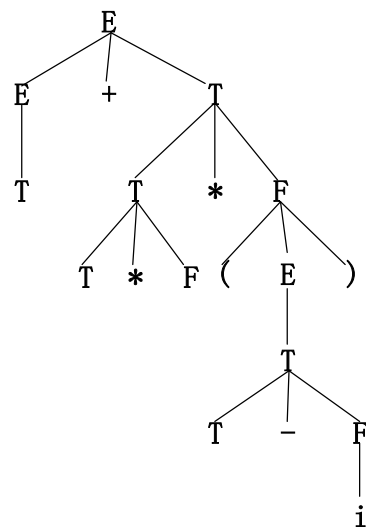
(2) 短语:  $T, i, T-i, (T-i), T^*F, T^*F^*(T-i), T+T^*F^*(T-i)$

素短语:  $i, T^*F$

最左素短语:  $T^*F$

直接短语:  $T, i, T^*F$

句柄:  $T$



4. 已知下文法  $G[D]$

$D \rightarrow TL$

$T \rightarrow \text{int} \mid \text{real}$

$L \rightarrow \text{id } R$

$R \rightarrow , \text{id } R \mid \varepsilon$

(1) 请给出该文法的 FIRST 和 FOLLOW 集合;

(2) 请构造该文法的 LL(1)分析表;

(3) 请证明该文法是否是 LL(1)文法。(12 分)

答案:

(1) 该文法的 FIRST 和 LAST 集合

$\text{FIRST}(D) = \text{FIRST}(T) = \{\text{int}, \text{real}\}; \text{FOLLOW}(D) = \text{FOLLOW}(L) = \{\#\}$

$\text{FIRST}(L) = \{\text{id}\};$

$\text{FOLLOW}(T) = \{\text{id}\}$

$\text{FIRST}(R) = \{ , , \varepsilon \};$

$\text{FOLLOW}(R) = \{\#\}$

(2) 该文法的 LL(1)分析表

非终结符	输入符号				
	int	real	id	,	#
D	$D \rightarrow TL$	$D \rightarrow TL$			
T	$T \rightarrow \text{int}$	$T \rightarrow \text{real}$			
L			$L \rightarrow \text{id } R$		
R				$R \rightarrow , \text{id } R$	$R \rightarrow \varepsilon$

建立 LL(1)分析表的过程:

1. 对每个产生式  $A \rightarrow \alpha$  执行第 2 步和第 3 步;

2. 对每个终结符  $a \in \text{FIRST}(\alpha)$ , 把  $A \rightarrow \alpha$  加到  $M[A, a]$  中;

$D \rightarrow TL, \text{int} \in \text{FIRST}(D), \text{real} \in \text{FIRST}(D)$ , 因此, 把  $D \rightarrow TL$  加到  $M[D, \text{int}]$  和  $M[D, \text{real}]$  中;

$T \rightarrow \text{int} \mid \text{real}, \text{int} \in \text{FIRST}(T), \text{real} \in \text{FIRST}(T)$ , 因此, 把  $T \rightarrow \text{int}$  加到  $M[T, \text{int}]$  中, 把  $T \rightarrow \text{real}$  加到  $M[T, \text{real}]$  中;

$L \rightarrow \text{id } R, \text{id} \in \text{FIRST}(L)$ , 因此, 把  $L \rightarrow \text{id } R$  加到  $M[L, \text{id}]$  中;

$R \rightarrow , \text{id } R, , \in \text{FIRST}(R)$ , 因此, 把  $R \rightarrow , \text{id } R$  加到  $M[R, , ]$  中,

3. 对  $\varepsilon \in \text{FIRST}(\alpha)$ , 则对任何  $b \in \text{FOLLOW}(A)$  把  $A \rightarrow \alpha$  加到  $M[A, b]$  中;

$R \rightarrow \varepsilon, \# \in \text{FOLLOW}(R)$ , 把  $R \rightarrow \varepsilon$  加到  $M[R, \#]$  中;

(3) 证明文法  $G[D]$  是否为 LL(1)文法

1. 检查文法  $G[D]$  是否含有左递归, 没有, 因此, 满足 LL(1)文法的第一个条件;

2. 对文法  $G[D]$  检查, 找到有形如  $A \rightarrow \alpha \mid \beta$  的产生式



文法  $G[D]$  有以下两个满足以上形式的产生式，分别为

$T \rightarrow \text{int} \mid \text{real}$

$R \rightarrow , \text{id } R \mid \varepsilon$

检查以上两个产生式中每一个非终结符的右部的候选首符集是否两两不相交

$\text{FIRST}(\text{int}) \cap \text{FIRST}(\text{real}) = \{\text{int}\} \cap \{\text{real}\} = \emptyset$

$\text{FIRST}(, \text{id } R) \cap \text{FIRST}(\varepsilon) = \{, \} \cap \{\varepsilon\} = \emptyset$

由于交集为空，因此满足 LL(1) 文法的第二个条件；

3. 检查文法  $G[D]$  中每个非终结符，若它存在某个候选集包含  $\varepsilon$ ，满足该条件的非终结符有：

$R \rightarrow , \text{id } R \mid \varepsilon$

$\text{FIRST}(R) \cap \text{FOLLOW}(R) = \{, , \varepsilon\} \cap \{\#\} = \emptyset$

满足 LL(1) 文法的第三个条件。

因此，文法  $G[D]$  是 LL(1) 文法。

5. 已知文法  $G[S]$ :

$S \rightarrow A * B$

$A \rightarrow A + B \mid a$

$B \rightarrow (A) \mid b$

(1) 请写出输入串  $a+(A+B)*(a+b)$  的最右推导过程；

(2) 请画出该输入串的语法分析树；

(3) 请按顺序给出对输入串  $a+(A+B)*(a+b)$  进行规约，以及移进-归约过程中产生的所有句型的相应句柄。(8 分)

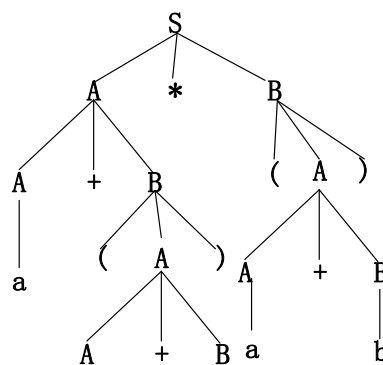
答案：

(1) 最右推导过程：

$S \Rightarrow A * B \Rightarrow A * (A) \Rightarrow A * (A + B) \Rightarrow A * (A + b) \Rightarrow A * (a + b) \Rightarrow A + B * (a + b) \Rightarrow A + (A) * (a + b)$

$\Rightarrow A + (A + B) * (a + b) \Rightarrow a + (A + B) * (a + b)$

(2) 语法分析树



(3) 句柄:

- 1) a            对应句型为  $a+(A+B)*(a+b)$
- 2) A+B        对应句型为  $A+(A+B)*(a+b)$
- 3) (A)        对应句型为  $A+(A)*(a+b)$
- 4) A+B        对应句型为  $A+B*(a+b)$
- 5) a           对应句型为  $A*(a+b)$
- 6) b           对应句型为  $A*(a+B)$
- 7) A+B        对应句型为  $A*(A+B)$
- 8) (A)        对应句型为  $A*(A)$
- 9) A\*B        对应句型为  $A*B$

6. 已知文法  $G[S]$ :

$S \rightarrow S*F \mid F$

$F \rightarrow F^{\wedge}P \mid P$

$P \rightarrow (S) \mid i$

- (1) 求该文法的 FIRSTVT 和 LASTVT 集合;
- (2) 请构造该文法的算符优先关系表;
- (3) 请判断该文法是否算符文法, 是否算符优先文法, 并给出判断理由;
- (4) 如果该文法是算符优先文法, 请给出句型  $S*P^{\wedge}(S*P)$  中的终结符按算符优先表得到的优先关系;
- (5) 请给出句型  $S*P^{\wedge}(S*P)$  的最左素短语 (12 分)

答案:

(1) 该文法的 FIRSTVT 和 LASTVT 集合

$FIRSTVT(S) = \{*, ^{\wedge}, (, i\}$ ,  $LASTVT(S) = \{*, ^{\wedge}, ), i\}$

$FIRSTVT(F) = \{^{\wedge}, (, i\}$ ,  $LASTVT(F) = \{^{\wedge}, ), i\}$

$FIRSTVT(P) = \{(, i\}$ ,  $LASTVT(P) = \{), i\}$

(2) 该文法的算符优先关系表

	*	$^{\wedge}$	(	)	i	#
*	$\triangleright$	$\triangleleft$	$\triangleleft$	$\triangleright$	$\triangleleft$	$\triangleright$
$^{\wedge}$	$\triangleright$	$\triangleright$	$\triangleleft$	$\triangleright$	$\triangleleft$	$\triangleright$
(	$\triangleleft$	$\triangleleft$	$\triangleleft$	$\equiv$	$\triangleleft$	
)	$\triangleright$	$\triangleright$		$\triangleright$		$\triangleright$
i	$\triangleright$	$\triangleright$		$\triangleright$		$\triangleright$
#	$\triangleleft$	$\triangleleft$	$\triangleleft$		$\triangleleft$	$\equiv$

建立算符优先关系表的过程:

1. 首先,  $P \rightarrow (S)$ , 该产生式右部满足  $P \rightarrow \dots aQb \dots$ , 因此,  $(\equiv)$ 。在表中‘(这一行, 对应)’这一列, 加入  $\equiv$ ;  
对于#, 由于有  $\#S\#$ , 同样满足上述的条件, 因此,  $\#\equiv\#$ 。在表中‘#’这一行, 对应‘#’这一列, 加入  $\equiv$ ;
2. 对形如  $\dots aP \dots$ ,  $b \in FIRSTVT(P)$ , 我们有  $a \triangleleft b$ 。  
 $S \rightarrow S*F$ ,  $\wedge \in FIRSTVT(F)$ ,  $( \in FIRSTVT(F)$ ,  $i \in FIRSTVT(F)$ , 因此,  $* \triangleleft \wedge$ ,  $* \triangleleft ($ ,

$* \leq i$ 。在表中 '\*' 这一行，对应的 '^'、'('、')' 列的空白栏内加入  $\leq$ ；

$F \rightarrow F^{\wedge}P$ ,  $( \in \text{FIRSTVT}(P)$ ,  $i \in \text{FIRSTVT}(P)$ , 因此,  $\wedge \leq ($ ,  $\wedge \leq i$ 。在表中 '^' 这一行，对应的 '('、')' 列的空白栏内加入  $\leq$ ；

$P \rightarrow (S)$ ,  $* \in \text{FIRSTVT}(S)$ ,  $\wedge \in \text{FIRSTVT}(S)$ ,  $( \in \text{FIRSTVT}(S)$ ,  $i \in \text{FIRSTVT}(S)$ , 因此,  $( \leq *$ ,  $( \leq \wedge$ ,  $( \leq ($ ,  $( \leq i$ 。在表中 '(' 这一行，对应的 '\*'、'^'、')'、')' 列的空白栏内加入  $\leq$ ；

对于 #, 由于有  $\#S\#$ ,  $* \in \text{FIRSTVT}(S)$ ,  $\wedge \in \text{FIRSTVT}(S)$ ,  $( \in \text{FIRSTVT}(S)$ ,  $i \in \text{FIRSTVT}(S)$ , 因此,  $\# \leq *$ ,  $\# \leq \wedge$ ,  $\# \leq ($ ,  $\# \leq i$ 。在表中 '#' 这一行，对应的 '\*'、'^'、')'、')' 列的空白栏内加入  $\leq$ ；

3. 对形如  $\dots Pb\dots$ ,  $a \in \text{LASTVT}(P)$ , 我们有  $a \geq b$ 。

$S \rightarrow S^*F$ ,  $* \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $\wedge \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $) \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $i \in \text{LASTVT}(S)$ , 因此,  $* \geq *$ ,  $\wedge \geq *$ ,  $) \geq *$ ,  $i \geq *$ 。在表中 '\*' 这一列，对应的 '\*'、'^'、')'、')' 列的空白栏内加入  $\geq$ ；

$F \rightarrow F^{\wedge}P$ ,  $\wedge \in \text{LASTVT}(F)$ ,  $) \in \text{LASTVT}(F)$ ,  $i \in \text{LASTVT}(F)$ , 因此,  $\wedge \geq \wedge$ ,  $) \geq \wedge$ ,  $i \geq \wedge$ 。在表中 '^' 这一列，对应的 '^'、')'、')' 列的空白栏内加入  $\geq$ ；

$P \rightarrow (S)$ ,  $* \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $\wedge \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $) \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $i \in \text{LASTVT}(S)$ , 因此,  $* \geq )$ ,  $\wedge \geq )$ ,  $) \geq )$ ,  $i \geq )$ 。在表中 ')' 这一列，对应的 '\*'、'^'、')'、')' 列的空白栏内加入  $\geq$ ；

对于 #, 由于有  $\#S\#$ ,  $* \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $\wedge \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $) \in \text{LASTVT}(S)$ ,  $i \in \text{LASTVT}(S)$ , 因此,  $* \geq \#$ ,  $\wedge \geq \#$ ,  $) \geq \#$ ,  $i \geq \#$ 。在表中 '#' 这一列，对应的 '\*'、'^'、')'、')' 列的空白栏内加入  $\geq$ ；

(3) 判断是否算符文法，是否算符优先文法

没有相继的两个终结符在任何产生式右边出现，是算符文法。

该文法不含  $\epsilon$ -产生式，且任何两个终结符之间都至多满足三种关系之一，是算符优先文法。

(4) 句型  $S^*P^{\wedge}(S^*P)$  中的终结符按算符优先表得到的优先关系

$\# \leq * \leq \wedge \leq ( \leq * \geq ) \geq \#$

(5) 句型  $S^*P^{\wedge}(S^*P)$  的最左素短语：  $S^*P$