

**题目 1**

考虑下面的文法  $G_1$  :

$$S \rightarrow \alpha|\Lambda|(T)$$

$$T \rightarrow T, S|S$$

(1) 消去  $G_1$  的左递归。然后，对每个非终结符，写出不带回溯的递归子程序。

(2) 经改写后的文法是否是  $LL(1)$  的？给出它的预测分析表。

解答：

(1)  $G_1$  消去左递归后如下所示：

$$S \rightarrow \alpha|\Lambda|(T)$$

$$T \rightarrow ST'$$

$$T' \rightarrow \rightarrow, ST'|\epsilon$$

非终结符  $S$  递归子程序如下所示：

```
1 procedure S;
2 begin
3     if sym = 'a' or sym = 'Λ' then advance;
4     else if sym = '(' then
5         begin
6             advance;
7             T;
8             if sym = ')' then advance;
9             else error;
10        end
11    else error;
12 end
```

非终结符  $T$  递归子程序如下所示：

```
1 procedure T;
2 begin
3     S;
4     T';
5 end
```

非终结符  $T'$  递归子程序如下所示：

```
1 procedure T';
```

```

2  begin
3      if sym = ',' then
4          begin
5              advance;
6              S;
7              T';
8          end
9      else if sym != ')' then error;
10 end

```

- (2)  $\text{FIRST}(S) = \{\alpha, \Lambda, (\}$   
 $\text{FIRST}(T) = \{\alpha, \Lambda, (\}$   
 $\text{FIRST}(T') = \{, , \varepsilon\}$   
 $\text{FOLLOW}(S) = \{) , , \#\}$   
 $\text{FOLLOW}(T) = \{)\}$   
 $\text{FOLLOW}(T') = \{)\}$

不难发现，上述文法符合 LL(1) 要求，下述即为该文法的预测分析表。

	$\alpha$	$\Lambda$	(	)	,	#
S	$S \rightarrow \alpha$	$S \rightarrow \Lambda$	$S \rightarrow (T)$			
T	$T \rightarrow ST'$	$T \rightarrow ST'$	$T \rightarrow ST'$			
T'				$T' \rightarrow \varepsilon$	$T' \rightarrow ,ST'$	

## 题目 2

对下面的文法 G:

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow TE' \\
 E' &\rightarrow +E | \varepsilon \\
 T &\rightarrow FT' \\
 T' &\rightarrow T | \varepsilon \\
 F &\rightarrow PF' \\
 F' &\rightarrow *F' | \varepsilon \\
 P &\rightarrow (E) | a | b | \Lambda
 \end{aligned}$$

- (1) 计算这个文法的每个非终结符的 FIRST 和 FOLLOW
- (2) 证明这个文法是 LL(1) 的
- (3) 构造它的预测分析表
- (4) 构造它的递归下降分析程序

解答:

(1) 上述每个非终结符的 FIRST、FOLLOW 集如下：

	<i>FIRST</i>	<i>FOLLOW</i>
E	{(, a, b, $\Lambda$ }	{), #}
E'	{+, $\varepsilon$ }	{), #}
T'	{(, a, b, $\Lambda$ , $\varepsilon$ }	{+, ), #}
T	{(, a, b, $\Lambda$ }	{+, ), #}
F'	{*, $\varepsilon$ }	{(, a, b, $\Lambda$ , +, ), #}
F	{(, a, b, $\Lambda$ }	{(, a, b, $\Lambda$ , +, ), #}
P	{(, a, b, $\Lambda$ }	{*, (, a, b, $\Lambda$ , +, ), #}

(2) LL(1) 文法需要满足三个条件，第一个条件文法不含左递归。不难发现，上述文法中的确没有左递归，因此条件一符合。

第二个条件是每个非终结符各产生式的 FIRST 集不相交，判断过程如下所示：

$$FIRST(+E) \cap FIRST(\varepsilon) = \phi$$

$$FIRST(T) \cap FIRST(\varepsilon) = \phi$$

$$FIRST(*F') \cap FIRST(\varepsilon) = \phi$$

$$FIRST((E)) \cap FIRST(a) \cap FIRST(b) \cap FIRST(\Lambda) = \phi$$

第三个条件是对于文法中每个非终结符，若其 FIRST 集中含  $\varepsilon$ ，则其 FIRST 集与 FOLLOW 集不相交。

$$FIRST(E') \cap FOLLOW(E') = \phi$$

$$FIRST(T') \cap FOLLOW(T') = \phi$$

$$FIRST(F') \cap FOLLOW(F') = \phi$$

由此可知，上述三个条件均符合，因此该文法是 LL(1) 的。

(3) 上述文法预测分析表如下。

	+	(	)	*	a	b	$\Lambda$	#
E		$E \rightarrow TE'$			$E \rightarrow TE'$	$E \rightarrow TE'$	$E \rightarrow TE'$	
E'	$E' \rightarrow +E$		$E' \rightarrow \varepsilon$					$E' \rightarrow \varepsilon$
T'	$T' \rightarrow \varepsilon$	$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow \varepsilon$		$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow T$	$T' \rightarrow \varepsilon$
T		$T \rightarrow FT'$			$T \rightarrow FT'$	$T \rightarrow FT'$	$T \rightarrow FT'$	
F'	$F' \rightarrow \varepsilon$	$F' \rightarrow \varepsilon$	$F' \rightarrow \varepsilon$	$F' \rightarrow *F'$	$F' \rightarrow \varepsilon$	$F' \rightarrow \varepsilon$	$F' \rightarrow \varepsilon$	$F' \rightarrow \varepsilon$
F		$F \rightarrow PF'$			$F \rightarrow PF'$	$F \rightarrow PF'$	$F \rightarrow PF'$	
P		$P \rightarrow (E)$			$P \rightarrow a$	$P \rightarrow b$	$P \rightarrow \Lambda$	

(4) 非终结符 E 递归子程序如下所示：

```

1 procedure E;
2 begin
3     T;
```

```

4      E';
5  end

```

非终结符  $E'$  递归子程序如下所示：

```

1  procedure E';
2  begin
3      if sym = '+' then
4          begin
5              advance;
6              E;
7          end
8      else if sym != ')' or sym != '#' then error;
9  end

```

非终结符  $T$  递归子程序如下所示：

```

1  procedure T;
2  begin
3      F;
4      T';
5  end

```

非终结符  $T'$  递归子程序如下所示：

```

1  procedure T';
2  begin
3      if sym = '(' or sym = 'a' or sym = 'b' or sym = 'Λ' then T;
4      else if sym != '+' or sym != ')' or sym != '#' then error;
5  end

```

非终结符  $F$  递归子程序如下所示：

```

1  procedure F;
2  begin
3      P;
4      F';
5  end

```

非终结符  $F'$  递归子程序如下所示：

```

1  procedure F';
2  begin
3      if sym = '*' then
4          begin
5              advance;
6              F';

```

```

7         end
8     end

```

非终结符  $P$  递归子程序如下所示：

```

1  procedure P;
2  begin
3      if sym = '(' then
4          begin
5              advance;
6              E;
7              if sym = ')' then advance;
8              else error;
9          end
10     else if sym = 'a' or sym = 'b' or sym = 'Λ' then advance;
11     else error;
12 end

```

### 题目 3

下面文法中，哪些是 LL(1) 的，说明理由。

(1)

$$S \rightarrow Abc$$

$$A \rightarrow a|\varepsilon$$

$$B \rightarrow b|\varepsilon$$

(2)

$$S \rightarrow Ab$$

$$A \rightarrow a|B|\varepsilon$$

$$B \rightarrow b|\varepsilon$$

(3)

$$S \rightarrow ABBA$$

$$A \rightarrow a|\varepsilon$$

$$B \rightarrow b|\varepsilon$$

(4)

$$S \rightarrow aSe|B$$

$$B \rightarrow bBe|C$$

$$C \rightarrow cCe|d$$

解答：

(1) 该文法中非终结符对应的 FIRST 集与 FOLLOW 集如下所示，不难发现该文法符合 LL(1)。

	<i>FIRST</i>	<i>FOLLOW</i>
S	$\{a, b\}$	$\{\#\}$
A	$\{a, \varepsilon\}$	$\{b\}$
B	$\{b, \varepsilon\}$	$\phi$

(2) 该文法中非终结符对应的 FIRST 集与 FOLLOW 集如下所示：

	<i>FIRST</i>	<i>FOLLOW</i>
S	$\{a, b\}$	$\{\#\}$
A	$\{a, b, \varepsilon\}$	$\{b\}$
B	$\{b, \varepsilon\}$	$\{b\}$

由上述 FIRST 集与 FOLLOW 集可知，非终结符 A、B 均不符合条件三，因此该文法不符合 LL(1)。

(3) 该文法中非终结符对应的 FIRST 集与 FOLLOW 集如下所示：

	<i>FIRST</i>	<i>FOLLOW</i>
S	$\{a, b, \epsilon\}$	$\{\#\}$
A	$\{a, \epsilon\}$	$\{a, b, \#\}$
B	$\{b, \epsilon\}$	$\{a, b, \#\}$

由上述 FIRST 集与 FOLLOW 集可知，非终结符 A、B 均不符合条件三，因此该文法不符合 LL(1)。

(4) 该文法中非终结符对应的 FIRST 集与 FOLLOW 集如下所示，不难发现该文法符合 LL(1)。

	<i>FIRST</i>	<i>FOLLOW</i>
S	$\{a, b, c, d\}$	$\{e, \#\}$
B	$\{b, c, d\}$	$\{e, \#\}$
C	$\{c, d\}$	$\{e, \#\}$

#### 题目 4

对下面文法：

$$Expr \rightarrow -Expr$$

$$Expr \rightarrow (Expr) | Var ExprTail$$

$$ExprTail \rightarrow -Expr | \varepsilon$$

$$Var \rightarrow id VarTail$$

$$VarTail \rightarrow (Expr) | \varepsilon$$

(1) 构造 LL(1) 分析表

(2) 给出对句子  $id - -id((id))$  的分析过程

解答：

(1) 该文法中非终结符对应的 FIRST 集与 FOLLOW 集如下所示：

	<i>FIRST</i>	<i>FOLLOW</i>
Expr	$\{-, (, id\}$	$\{), \#\}$
ExprTail	$\{-, \varepsilon\}$	$\{), \#\}$
Var	$\{id\}$	$\{-, ), \#\}$
VarTail	$\{(\, \varepsilon\}$	$\{-, ), \#\}$

由上述 FIRST 集与 FOLLOW 集，根据 LL(1) 定义可知，该文法符合 LL(1) 要求，下述为该文法对应的预测分析表。

	-	id	(	)	#
Expr	$Expr \rightarrow -Expr$	$Expr \rightarrow Var\ ExprTail$	$Expr \rightarrow (Expr)$		
ExprTail	$ExprTail \rightarrow -Expr$			$ExprTail \rightarrow \varepsilon$	$ExprTail \rightarrow \varepsilon$
Var		$Var \rightarrow id\ VarTail$			
VarTail	$VarTail \rightarrow \varepsilon$		$VarTail \rightarrow (Expr)$	$VarTail \rightarrow \varepsilon$	$VarTail \rightarrow \varepsilon$

(2)  $id - -id((id))$  的分析过程如下所示：

步骤	符号栈	输入串	所用产生式
0	$\#Expr$	$id - -id((id))\#$	
1	$\#ExprTail\ Var$	$id - -id((id))\#$	$Expr \rightarrow Var\ ExprTail$
2	$\#ExprTail\ VarTail\ id$	$id - -id((id))\#$	$Var \rightarrow id\ VarTail$
3	$\#ExprTail\ VarTail$	$- -id((id))\#$	
4	$\#ExprTail$	$- -id((id))\#$	$VarTail \rightarrow \varepsilon$
5	$\#Expr-$	$- -id((id))\#$	$ExprTail \rightarrow -Expr$
6	$\#Expr$	$-id((id))\#$	
7	$\#Expr-$	$-id((id))\#$	$Expr \rightarrow -Expr$
8	$\#Expr$	$id((id))\#$	
9	$\#ExprTail\ Var$	$id((id))\#$	$Expr \rightarrow Var\ ExprTail$
10	$\#ExprTail\ VarTail\ id$	$id((id))\#$	$Var \rightarrow id\ VarTail$
11	$\#ExprTail\ VarTail$	$((id))\#$	
12	$\#ExprTail\ )Expr($	$((id))\#$	$VarTail \rightarrow (Expr)$
13	$\#ExprTail\ )Expr$	$(id))\#$	
14	$\#ExprTail\ ))Expr($	$(id))\#$	$Expr \rightarrow (Expr)$
15	$\#ExprTail\ ))Expr$	$id))\#$	
16	$\#ExprTail\ ))ExprTail\ Var$	$id))\#$	$Expr \rightarrow Var\ ExprTail$
17	$\#ExprTail\ ))ExprTail\ VarTail\ id$	$id))\#$	$Var \rightarrow id\ VarTail$
18	$\#ExprTail\ ))ExprTail\ VarTail$	$)\#$	
19	$\#ExprTail\ ))ExprTail$	$)\#$	$VarTail \rightarrow \varepsilon$
20	$\#ExprTail\ ))$	$)\#$	$ExprTail \rightarrow \varepsilon$
21	$\#ExprTail\ )$	$)\#$	
22	$\#ExprTail$	$\#$	
23	$\#$	$\#$	$ExprTail \rightarrow \varepsilon$