



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

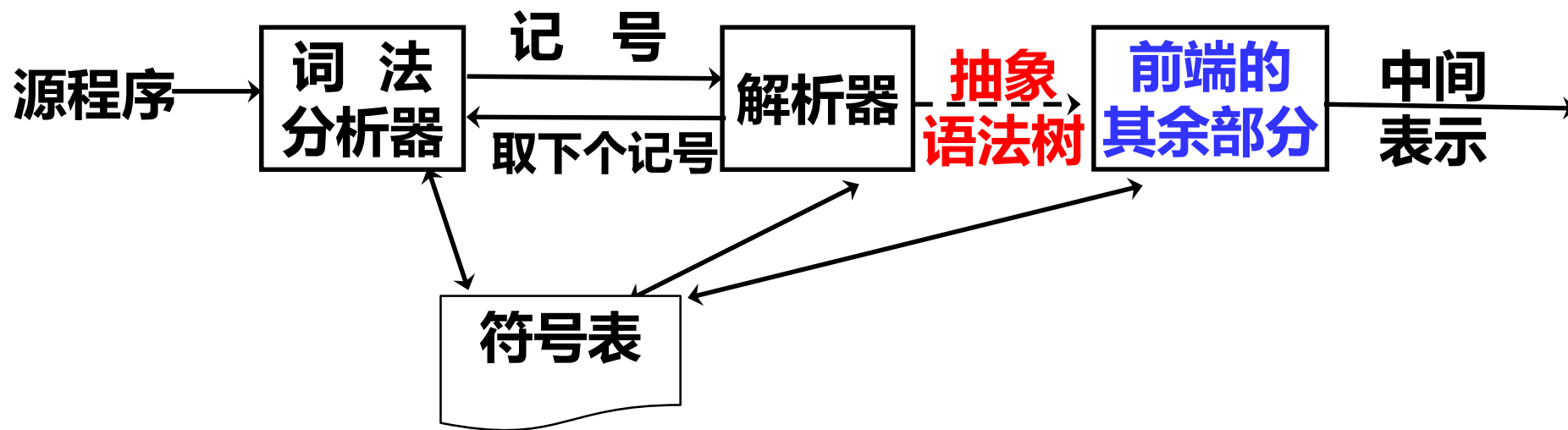
# 语法制导的翻译 II

《编译原理(H)》

张昱

0551-63603804, [yuzhang@ustc.edu.cn](mailto:yuzhang@ustc.edu.cn)

中国科学技术大学  
计算机科学与技术学院



## □ 语义的描述：语法制导的定义、翻译方案

- 语法制导：syntax-directed  
按语法结构来指导语义的定义和计算
- 抽象语法树、注释分析树等

## □ 语法制导翻译的实现方法：自上而下、自下而上

- 边语法分析边翻译



## 4.3 L属性定义的自上而下计算

- 翻译方案
- 预测翻译器的设计
- 用综合属性代替继承属性



# 翻译方案一内嵌无信息传播的语义动作

例 把有加和减的中缀表达式翻译成后缀表达式

如果输入是 $8+5-2$ ，则输出是 $8\ 5\ +\ 2\ -$

$E \rightarrow T R$

$R \rightarrow \text{addop } T \{ \text{print}(\text{addop.lexeme}) \} R_1 \mid \varepsilon$

$T \rightarrow \text{num } \{ \text{print}(\text{num.val}) \}$

$E \Rightarrow T R \Rightarrow \text{num } \{ \text{print}(8) \} R$

$\Rightarrow \text{num } \{ \text{print}(8) \} \text{addop } T \{ \text{print}(+) \} R$

$\Rightarrow \text{num } \{ \text{print}(8) \} \text{addop num} \{ \text{print}(5) \} \{ \text{print}(+) \} R$

$\dots \{ \text{print}(8) \} \{ \text{print}(5) \} \{ \text{print}(+) \} \text{addop } T \{ \text{print}(-) \} R$

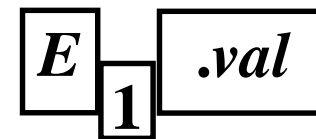
$\dots \{ \text{print}(8) \} \{ \text{print}(5) \} \{ \text{print}(+) \} \{ \text{print}(2) \} \{ \text{print}(-) \}$

内嵌动作不涉及  
属性信息传播



# L属性定义及其翻译方案

EQN程序示例 *E sub 1 .val*



*ps*-point size (继承属性); *ht*-height(综合属性)

产生式	语义规则
$S \rightarrow B$	$B.ps = 10; S.ht = B.ht$
$B \rightarrow B_1 B_2$	$B_1.ps = B.ps; B_2.ps = B.ps;$ $B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$B \rightarrow B_1 \text{ sub } B_2$	$B_1.ps = B.ps; B_2.ps = \text{shrink}(B.ps);$ $B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text.h} \times B.ps$



# L属性定义及其翻译方案

- $S \rightarrow \{B.ps = 10\}$
- $B \{S.ht = B.ht\}$
- $B \rightarrow \{B_1.ps = B.ps\}$
- $B_1 \{B_2.ps = B.ps\}$
- $B_2 \{B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)\}$
- $B \rightarrow \{B_1.ps = B.ps\}$
- $B_1$
- $\text{sub} \{B_2.ps = \text{shrink}(B.ps)\}$
- $B_2 \{B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)\}$
- $B \rightarrow \text{text} \{B.ht = \text{text.h} \times B.ps\}$

产生式	语义规则
$S \rightarrow B$	$B.ps = 10; S.ht = B.ht$
$B \rightarrow B_1 B_2$	$B_1.ps = B.ps; B_2.ps = B.ps;$ $B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$B \rightarrow B_1 \text{sub} B_2$	$B_1.ps = B.ps; B_2.ps = \text{shrink}(B.ps);$ $B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text.h} \times B.ps$

## 属性信息从左向右流动

- 产生式右部符号的继承属性必须在解析该符号之前计算
- 语义动作不能引用其右边符号的综合属性
- 产生式左部非终结符的综合属性只能在其依赖的所有属性都计算完后才能计算

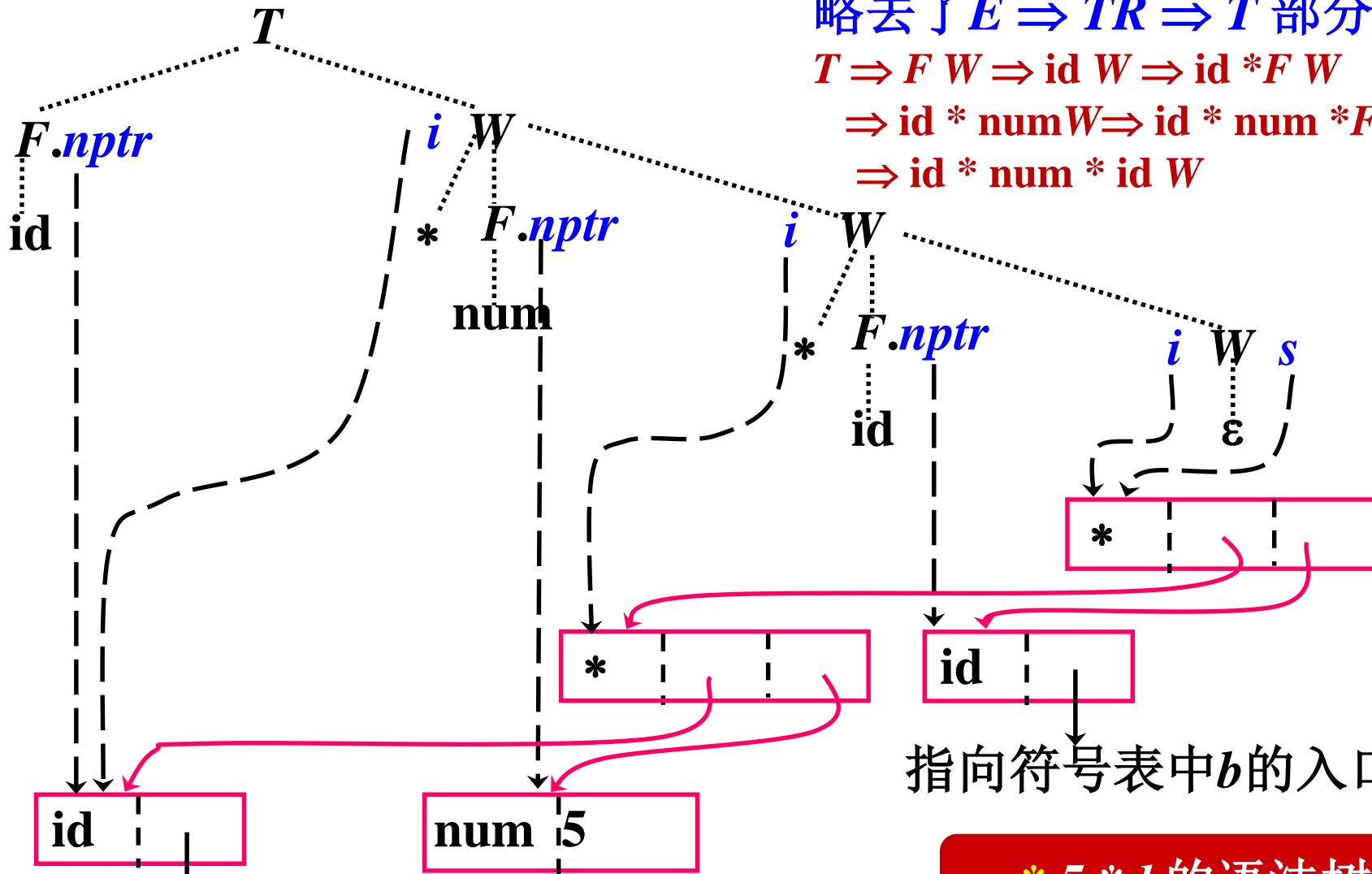


# 左递归的消除引起继承属性

## 表达式语言的 LL 文法

产生式	语义规则
$E \rightarrow T R$	$R.i = T.nptr ; E.nptr = R.s$
$R \rightarrow + T R_1$	$R_1.i = mkNode ( '+', R.i, T.nptr ); R.s = R_1.s$
$R \rightarrow \varepsilon$	$R.s = R.i$
$T \rightarrow F W$	$W.i = F.nptr ; T.nptr = W.s$
$W \rightarrow * F W_1$	$W_1.i = mkNode ( '*', W.i, F.nptr ); W.s = W_1.s$
$W \rightarrow \varepsilon$	$W.s = W.i$
...	...

产生式	语义规则
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.nptr = mkNode( '+', E_1.nptr, T.nptr )$
$E \rightarrow T$	$E.nptr = T.nptr$
$T \rightarrow T_1 * F$	$T.nptr = mkNode( '*', T_1.nptr, F.nptr )$
$T \rightarrow F$	$T.nptr = F.nptr$
$F \rightarrow ( E )$	$F.nptr = E.nptr$
$F \rightarrow id$	$F.nptr = mkLeaf( id, id.entry )$
$F \rightarrow num$	$F.nptr = mkLeaf( num, num.val )$



略去了  $E \Rightarrow TR \Rightarrow T$  部分

$T \Rightarrow F W \Rightarrow id W \Rightarrow id * F W$

$\Rightarrow id * num W \Rightarrow id * num * F W$

$\Rightarrow id * num * id W$

指向符号表中  $a$  的入口

指向符号表中  $b$  的入口

$a * 5 * b$  的语法树



# 消除左递归的语法树构造翻译方案

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow T && \{R.i = T.nptr\} && T + T + T + \dots \\
 &R && \{E.nptr = R.s\} \\
 R &\rightarrow + \\
 &T && \{R_1.i = mkNode( '+', R.i, T.nptr)\} \\
 &R_1 && \{R.s = R_1.s\} \\
 R &\rightarrow \varepsilon && \{R.s = R.i\} \\
 T &\rightarrow F \\
 &W && \{T.nptr = W.s\} \\
 W &\rightarrow * \\
 &F && \{W_1.i = mkNode( '*', W.i, F.nptr)\} \\
 &W_1 && \{W.s = W_1.s\} \\
 W &\rightarrow \varepsilon && \{W.s = W.i\}
 \end{aligned}$$

产生式	语义规则
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.nptr = mkNode( '+', E_1.nptr, T.nptr)$
$E \rightarrow T$	$E.nptr = T.nptr$
$T \rightarrow T_1 * F$	$T.nptr = mkNode( '*', T_1.nptr, F.nptr)$
$T \rightarrow F$	$T.nptr = F.nptr$
$F \rightarrow (E)$	$F.nptr = E.nptr$
$F \rightarrow id$	$F.nptr = mkLeaf(id, id.entry)$
$F \rightarrow num$	$F.nptr = mkLeaf(num, num.val)$

继承属性的计算内嵌在产生式右部的某文法符号之前，表示在分析该文法符号之前计算

$F$  的产生式部分不再给出



## 4.3 L属性定义的自上而下计算

- 翻译方案
- 预测翻译器的设计
- 用综合属性代替继承属性



方法：将预测解析器的构造方法推广到翻译方案的实现（*LL*文法）

产生式  $R \rightarrow +TR \mid \varepsilon$  的分析过程

```
void R() {  
    if (lookahead == '+' ) {           // First(+TR)  
        match ( '+' ); T(); R();  
    }  
    else if (lookahead == ')' || lookahead == '$' ) ; // Follow(R)  
    else error();  
}
```



# 预测翻译器的设计

```
syntaxTreeNode * R (syntaxTreeNode * i) {  
    //继承属性作为参数,综合属性作为返回值  
    syntaxTreeNode *nptr, *i1, *s1, *s;  
    char addoplexeme;  
  
    if (lookahead == '+') {  
        addoplexeme = lexval;  
        match('+'); nptr = T();  
        i1 = mkNode(addoplexeme, i, nptr);  
        s1 = R (i1); s = s1;  
    }  
    else if (lookahead == ') ' || lookahead == '$') s = i;  
    else error();  
    return s;  
}
```

```
void R() {  
    if (lookahead == '+') {  
        match ('+'); T(); R();  
    }  
    else if (lookahead == ') ' || lookahead == '$') ;  
    else error();  
}
```

```
R : i, s  
T : nptr  
+ : addoplexeme
```



## 4.3 L属性定义的自上而下计算

- 翻译方案
- 预测翻译器的设计
- 用综合属性代替继承属性



例 Pascal语言的变量声明，如  $m, n : \text{integer}$

$D \rightarrow L : T$                        $L.in = T.type$

$L \rightarrow L_1, \text{id} \mid \text{id}$                $L_1.in = L.in, \dots$

$T \rightarrow \text{integer} \mid \text{char}$        $T.type = \dots$

该语法制导定义非L属性定义

信息从右向左流，归约从左向右，两者不一致



# 非L属性定义：改写文法

例 Pascal的声明，如  $m, n : \text{integer}$

$D \rightarrow L : T$        $L.in = T.type$  (非L属性定义：属性信息从右流向左)

$L \rightarrow L_1, \text{id} \mid \text{id}$        $L_1.in = L.in, \dots$

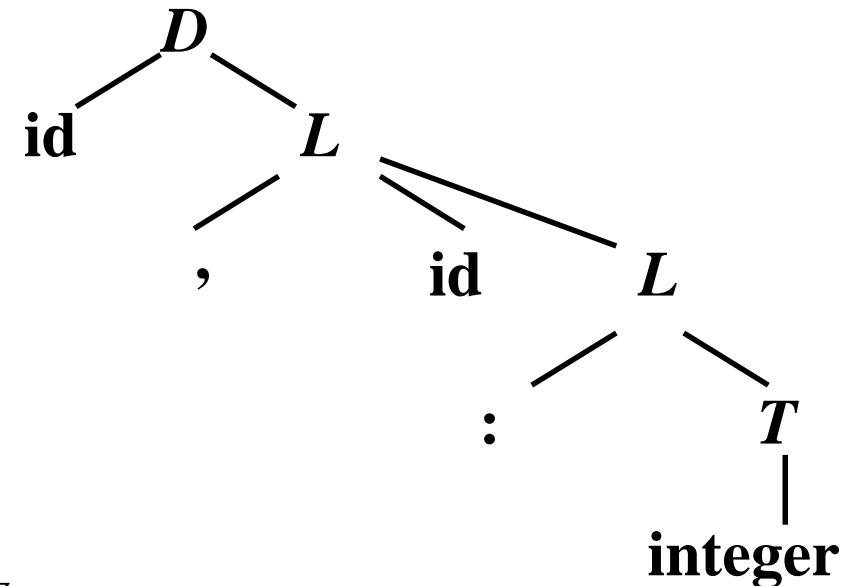
$T \rightarrow \text{integer} \mid \text{char}$        $T.type = \dots$

等所需信息获得后再归约，改成从右向左归约

$D \rightarrow \text{id} L$  (S属性定义)

$L \rightarrow , \text{id} L \mid : T$

$T \rightarrow \text{integer} \mid \text{char}$





# 用综合属性代替继承属性

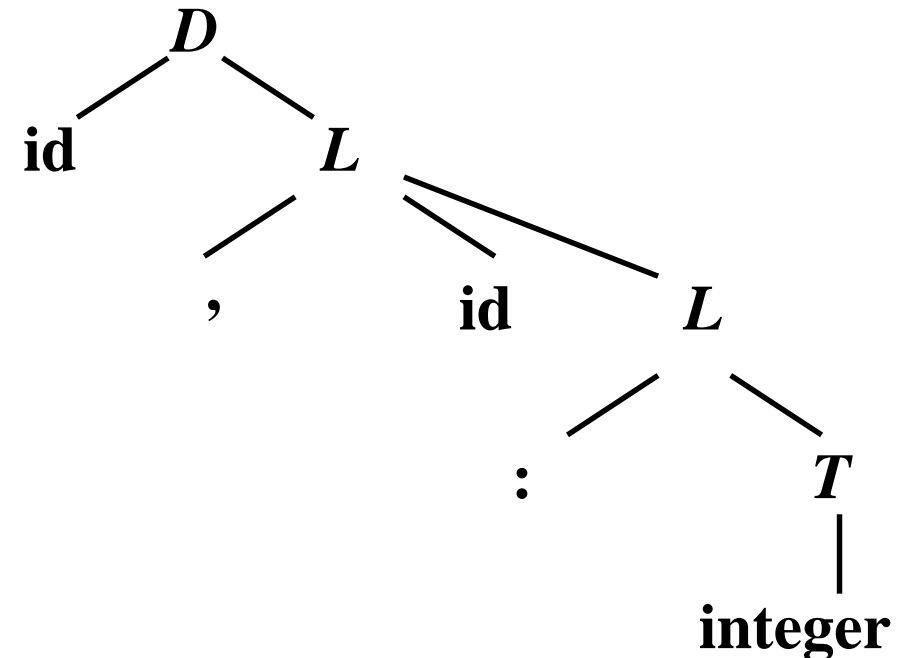
$D \rightarrow \text{id } L \quad \{ \text{addtype}(\text{id. entry}, L.type); \}$

$L \rightarrow , \text{id } L_1 \quad \{ L.type = L_1.Type; \}$   
 $\quad \quad \quad \text{addtype}(\text{id. entry}, L_1.type); \}$

$L \rightarrow : T \quad \{ L.type = T.type; \}$

$T \rightarrow \text{integer} \quad \{ T.type = \text{integer}; \}$

$T \rightarrow \text{real} \quad \{ T.type = \text{real}; \}$





## 4.4 L属性定义的自下而上计算

- 删除翻译方案中的内嵌动作
- 继承属性的计算



# $L$ 属性的自下而上计算

在自下而上解析的框架中实现 $L$ 属性定义的方法

- 它能实现**任何**基于LL(1)文法的 $L$ 属性定义
- 也能实现**许多**(但不是所有的)基于LR(1)的 $L$ 属性定义



## □ 中缀表达式翻译成后缀表达式

$$E \rightarrow T R$$

$$R \rightarrow + T \{print\ ('+')\} R_1 \mid - T \{print\ ('-')\} R_1 \mid \varepsilon$$

$$T \rightarrow num \{print(num.val)\}$$

- 在文法中加入推出 $\varepsilon$ 的标记非终结符，让每个内嵌动作由不同的标记非终结符 $M$ 代表，并把该动作移到产生式 $M \rightarrow \varepsilon$ 的右端 (继承属性 $\Rightarrow$ 综合属性)

$$E \rightarrow T R$$

$$R \rightarrow + T M R_1 \mid - T N R_1 \mid \varepsilon$$

$$T \rightarrow num \{print (num.val)\}$$

$$M \rightarrow \varepsilon \{print\ ('+')\}$$

$$N \rightarrow \varepsilon \{print\ ('-')\}$$

YACC会按这种方法来处理输入的文法，即为内嵌的语义动作引入 $\varepsilon$ 产生式



# L属性的自下而上计算

## bison-examples: config/exprL.y

input : ...

```
| input{ lineno ++; printf("Line %d:\t", lineno);} line { printf("*"); };
```

- \$\$表示产生式LHS(left-hand side)符号的语义值, \$1, \$2...依次为RHS(right-hand side)中符号的语义值, 本例中线语义值通过\$3 来引用
- Bison自动为上述2个蓝色的嵌入动作引入2个产生 $\epsilon$ 的标记非终结符, 对应case 3和4

## src/exprL.tab.c

```
case 4:
/* Line 1806 of yacc.c */
#line 36 "config/exprL.y"
{ printf("*"); }
break;
```

### yyreduce:

```
/* yyn is the number of a rule to reduce with. */
...
YY_REDUCE_PRINT (yyn);
switch (yyn) { ... 产生式编号
case 3:
/* Line 1806 of yacc.c */
#line 32 "config/exprL.y"
{ lineno ++; printf("Line %d:\t", lineno);
}
break;
```



## 4.4 L属性定义的自下而上计算

- 删除翻译方案中的内嵌动作
- 继承属性的计算

## 情况1 属性位置可预测

例 `int p, q, r`

$D \rightarrow T \quad \{L.in = T.type\}$

$L$

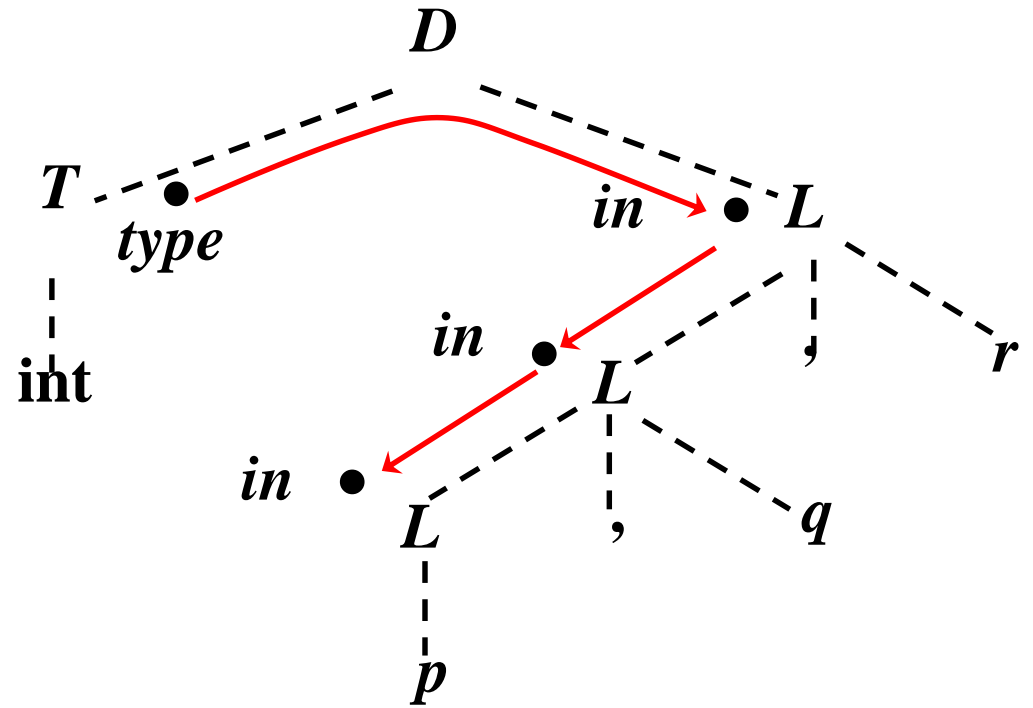
$T \rightarrow int \quad \{T.type = integer\}$

$T \rightarrow real \quad \{T.type = real\}$

$L \rightarrow \quad \{L_1.in = L.in\}$

$L_1, id \quad \{addtype(id.entry, L.in)\}$

$L \rightarrow id \quad \{addtype(id.entry, L.in)\}$



继承属性值  
已在解析栈中

## 情况1 属性位置可预测

例 `int p, q, r`

$$D \rightarrow T \quad \{L.in = T.type\}$$

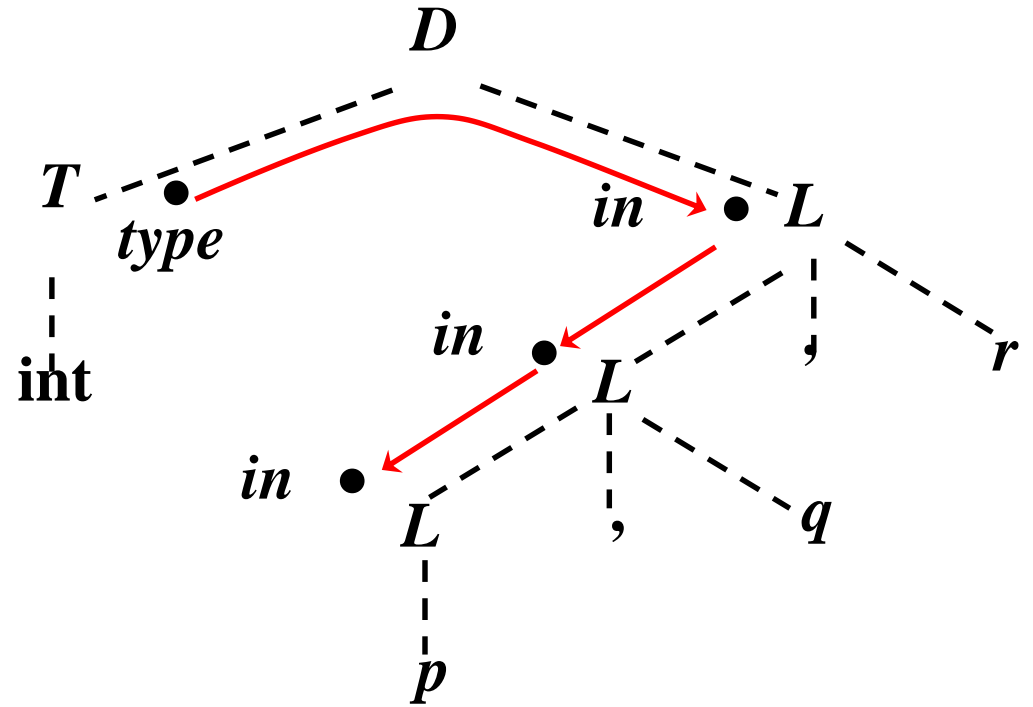
$$L$$

$$T \rightarrow \text{int} \quad \{T.type = \text{integer}\}$$

$$T \rightarrow \text{real} \quad \{T.type = \text{real}\}$$

$$L \rightarrow \quad \{L_1.in = L.in\}$$

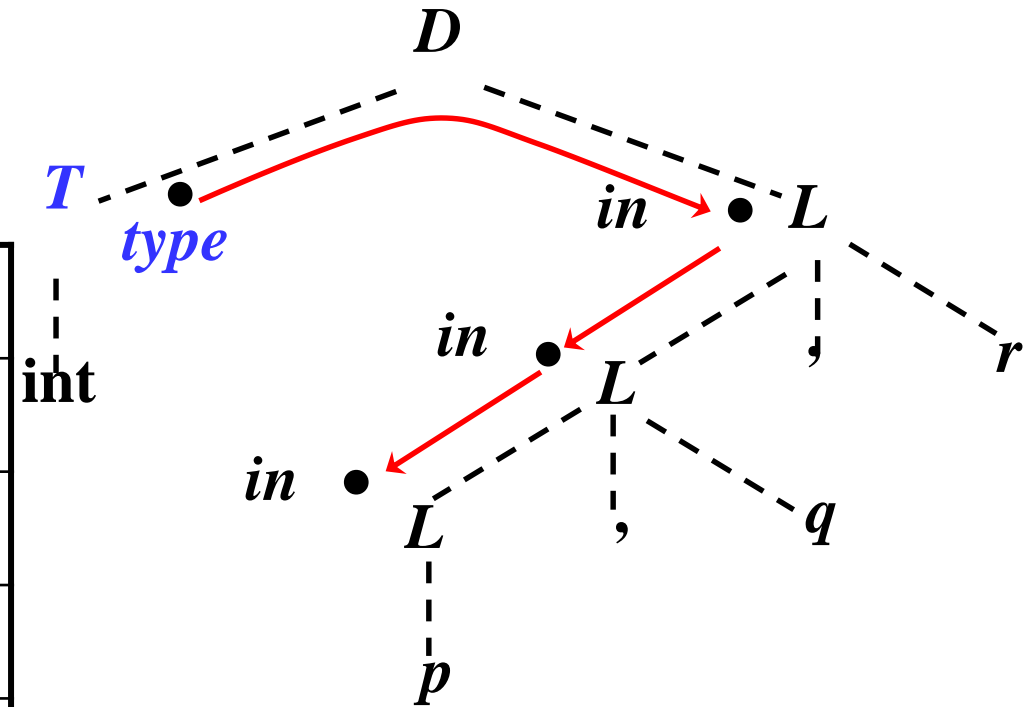
$$L_1, \text{id} \quad \{\text{addtype}(\text{id.entry}, L.in)\}$$

$$L \rightarrow \text{id} \quad \{\text{addtype}(\text{id.entry}, L.in)\}$$


略去继承属性的计算  
引用继承属性的地方改成  
引用其他符号的综合属性

## 情况1 属性位置可预测

产生式	代码段
$D \rightarrow TL$	
$T \rightarrow \text{int}$	$val[top] = \text{integer}$
$T \rightarrow \text{real}$	$val[top] = \text{real}$
$L \rightarrow L_1, \text{id}$	$addType(val[top], val[top-3]);$
$L \rightarrow \text{id}$	$addType(val[top], val[top-1]);$



略去继承属性的计算  
引用继承属性的地方改成  
引用其他符号的综合属性



# YACC中的继承属性定义

在内嵌动作代码中设置该文法符号的语义值

bison-examples: **config/exprL1.y**

line : ...

| NUMBER { ...

指明lineno的语义值  
所在的共用体的域

**$\$<val>lineno$**  = \$1; // val是%union中声明的语义值类型

//  **$\$<val>\$$**  = \$1; // 该语义动作代码未指定名字时

...

给内嵌语义动作对应的  
标记非终结符命名

} [**lineno**]

exp EOL { ...

printf("Line %d: %g\n", (int)  **$\$<val>lineno$** , \$3);

...

}



在内嵌代码中使用存储在栈中任意固定相对位置的语义值

bison-examples: config/midrule.y

```
exp: a_1 a_2 { $<val>$ = 3; } { $<val>$ = $<val>3 + 1; } a_5
    sum_of_the_five_previous_values
    {
        USE (($1, $2, $<foo>3, $<foo>4, $5));
        printf ("%d\n", $6);
    }
```

sum\_of\_the\_five\_previous\_values:

```
{
    $$ = $<val>0 + $<val>-1 + $<val>-2 + $<val>-3 + $<val>-4;
}
```

\$<val>0、\$<val>-1、\$<val>-2、\$<val>-3、\$<val>-4分别表示栈中a\_5、  
{ \$<val>\$ = \$<val>3 + 1; }、{ \$<val>\$ = 3; }、a\_2、a\_1文法符号的语义值



## 情况2 属性位置不可预测

$$S \rightarrow aAC \quad C.i = A.s$$

$$S \rightarrow bABC \quad C.i = A.s$$

$$C \rightarrow c \quad C.s = g(C.i)$$

继承属性值  
已在分析栈中

A和C之间可能有B，也可能没有B，C.i 的值有2种可能

□ 增加标记非终结符，使得位置可以预测

$$S \rightarrow aAC \quad C.i = A.s$$

$$S \rightarrow bABMC \quad M.i = A.s; C.i = M.s$$

$$C \rightarrow c \quad C.s = g(C.i)$$

$$M \rightarrow \varepsilon \quad M.s = M.i$$



# 模拟继承属性的计算

- 继承属性是综合属性的函数

$$S \rightarrow aAC \quad C.i = f(A.s)$$

$$C \rightarrow c \quad C.s = g(C.i)$$

继承属性不直接  
等于某个综合属性

- 增加标记非终结符，把 $f(A.s)$ 的计算移到对标记非终结符归约时进行

$$S \rightarrow aANC \quad N.i = A.s; C.i = N.s$$

$$N \rightarrow \varepsilon \quad N.s = f(N.i)$$

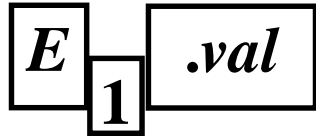
$$C \rightarrow c \quad C.s = g(C.i)$$



# L属性定义的自下而上计算

例 数学排版语言EQN

$E \text{ sub } 1 \text{ .val}$



$S \rightarrow B$

$B \rightarrow B_1 B_2$

$B \rightarrow B_1 \text{ sub } B_2$

$B \rightarrow \text{text}$

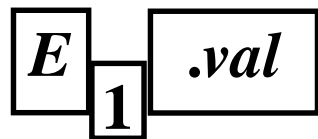
产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$B.ps = L.s; S.ht = B.ht$
$L \rightarrow \epsilon$	$L.s = 10$ 将 $B.ps$ 存入栈中, 便于引用
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$B_1.ps = B.ps; M.i = B.ps;$ $B_2.ps = M.s; B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$M \rightarrow \epsilon$	$M.s = M.i$
$B \rightarrow B_1 \text{ sub } NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text.h} \times B.ps$



# L属性定义的自下而上计算

例 数学排版语言EQN

$E \text{ sub } 1 \text{ .val}$



$S \rightarrow B$

$B \rightarrow B_1 B_2$

$B \rightarrow B_1 \text{ sub } B_2$

$B \rightarrow \text{text}$

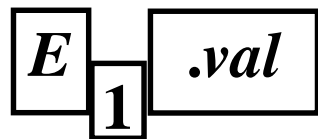
产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$B.ps = L.s; S.ht = B.ht$
$L \rightarrow \epsilon$	$L.s = 10$ 将 $B.ps$ 存入栈中, 便于引用
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$B_1.ps = B.ps; M.i = B.ps;$ $B_2.ps = M.s; B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$M \rightarrow \epsilon$	$M.s = M.i$ 单纯为了属性位置可预测
$B \rightarrow B_1 \text{ sub } NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text.h} \times B.ps$



# L属性定义的自下而上计算

例 数学排版语言EQN

$E \text{ sub } 1 \text{ .val}$



$S \rightarrow B$

$B \rightarrow B_1 B_2$

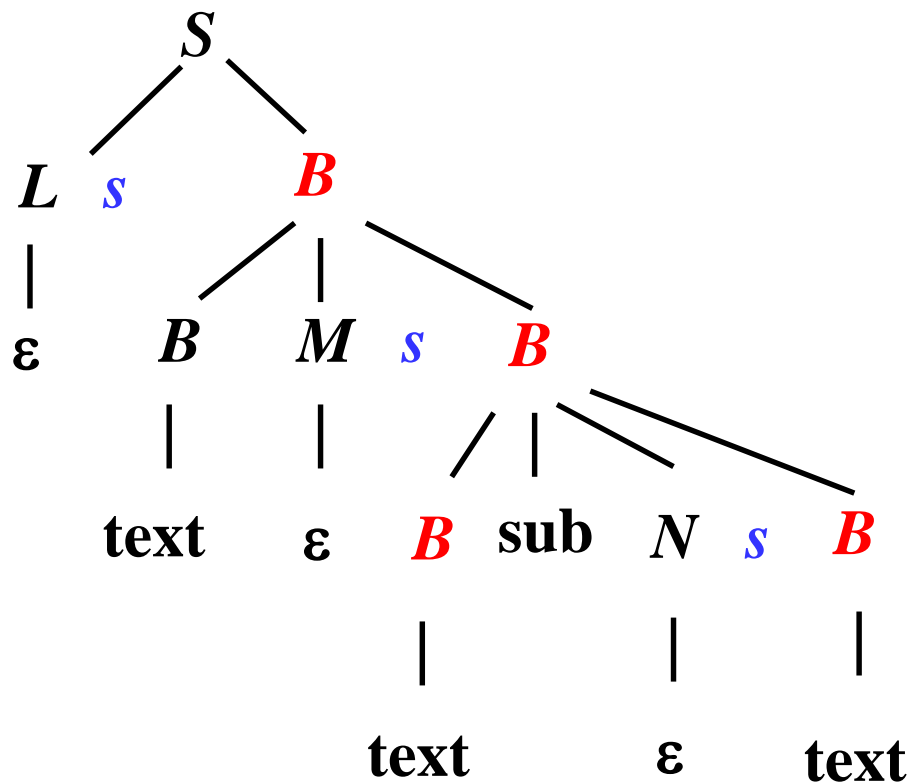
$B \rightarrow B_1 \text{ sub } B_2$

$B \rightarrow \text{text}$

产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$B.ps = L.s; S.ht = B.ht$
$L \rightarrow \epsilon$	$L.s = 10$ 将 $B.ps$ 存入栈中, 便于引用
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$B_1.ps = B.ps; M.i = B.ps;$ $B_2.ps = M.s; B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$M \rightarrow \epsilon$	$M.s = M.i$ 单纯为了属性位置可预测
$B \rightarrow B_1 \text{ sub } NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$ 兼有计算功能
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text.h} \times B.ps$



# EQN：自下而上计算的实现



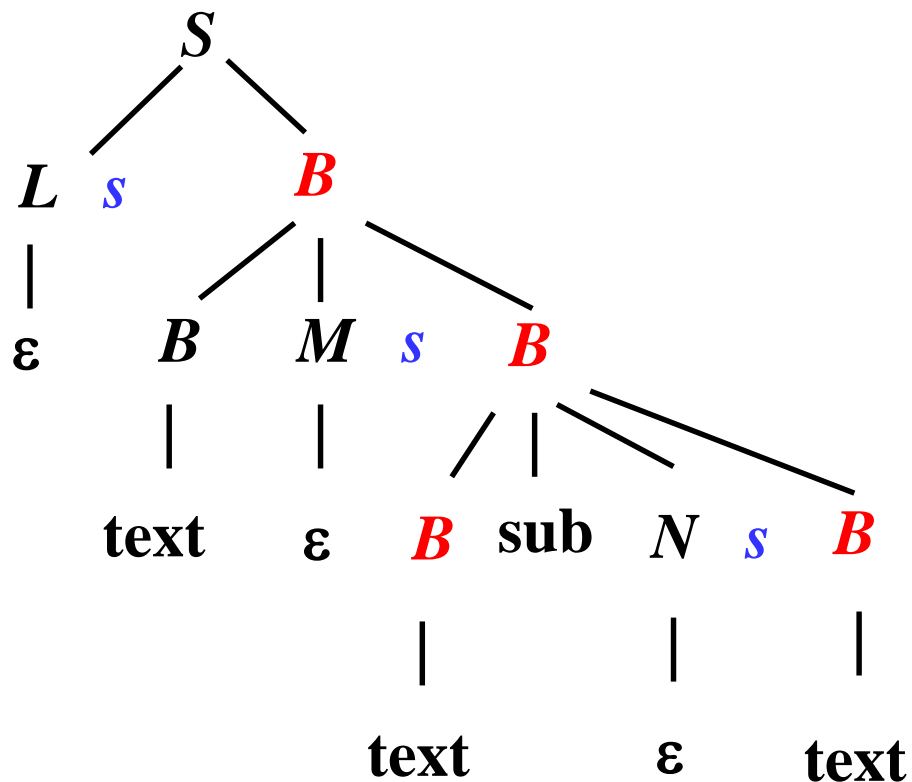
在text归约成B时，B的ps属性都在次栈顶位置

产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$B.ps = L.s; S.ht = B.ht$
$L \rightarrow \epsilon$	$L.s = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$B_1.ps = B.ps; M.i = B.ps;$ $B_2.ps = M.s; B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$M \rightarrow \epsilon$	$M.s = M.i$
$B \rightarrow B_1 \text{sub} NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text.h} \times B.ps$

继承属性的值为栈中某个综合属性的值时，栈中只保存综合属性的值



# EQN：自下而上计算的实现



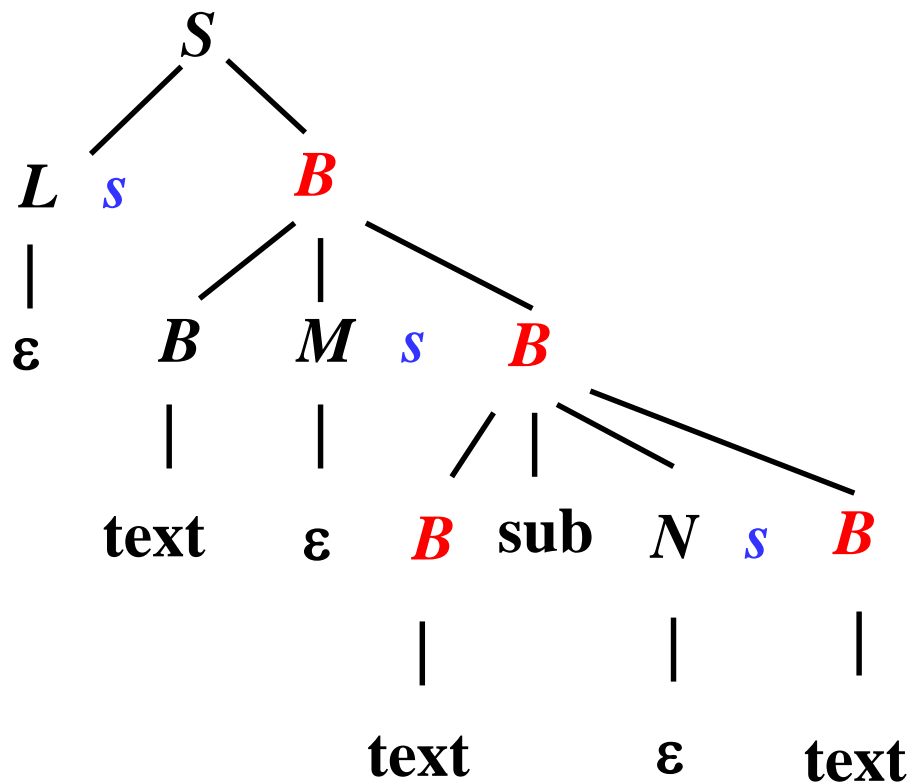
在text归约成B时，B的ps属性都在次栈顶位置

产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$val[top-1] = val[top]$
$L \rightarrow \epsilon$	$L.s = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$B_1.ps = B.ps; M.i = B.ps;$ $B_2.ps = M.s; B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$M \rightarrow \epsilon$	$M.s = M.i$
$B \rightarrow B_1 \text{sub} NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text.h} \times B.ps$

$B.ps = L.s; S.ht = B.ht$



# EQN：自下而上计算的实现



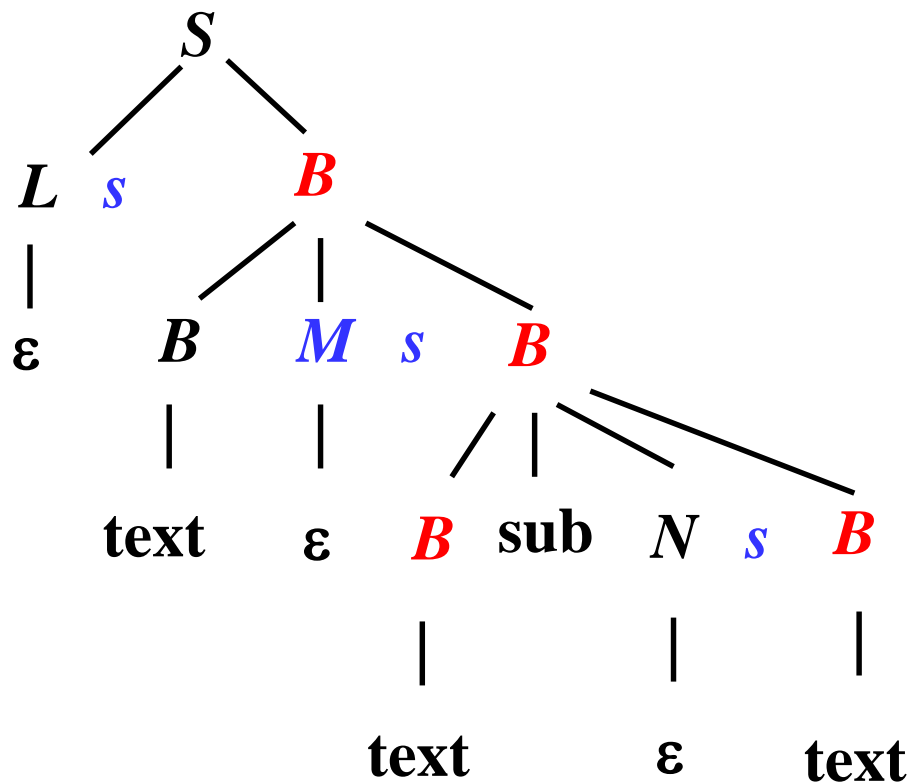
在text归约成B时，B的ps属性都在次栈顶位置

产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$val[top-1] = val[top]$
$L \rightarrow \epsilon$	$val[top+1] = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$B_1.ps = B.ps; M.i = B.ps;$ $B_2.ps = M.s; B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$
$M \rightarrow \epsilon$	$M.s = M.i$
$B \rightarrow B_1 sub NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text}.h \times B.ps$

$L.s = 10$



# EQN : 自下而上计算的实现

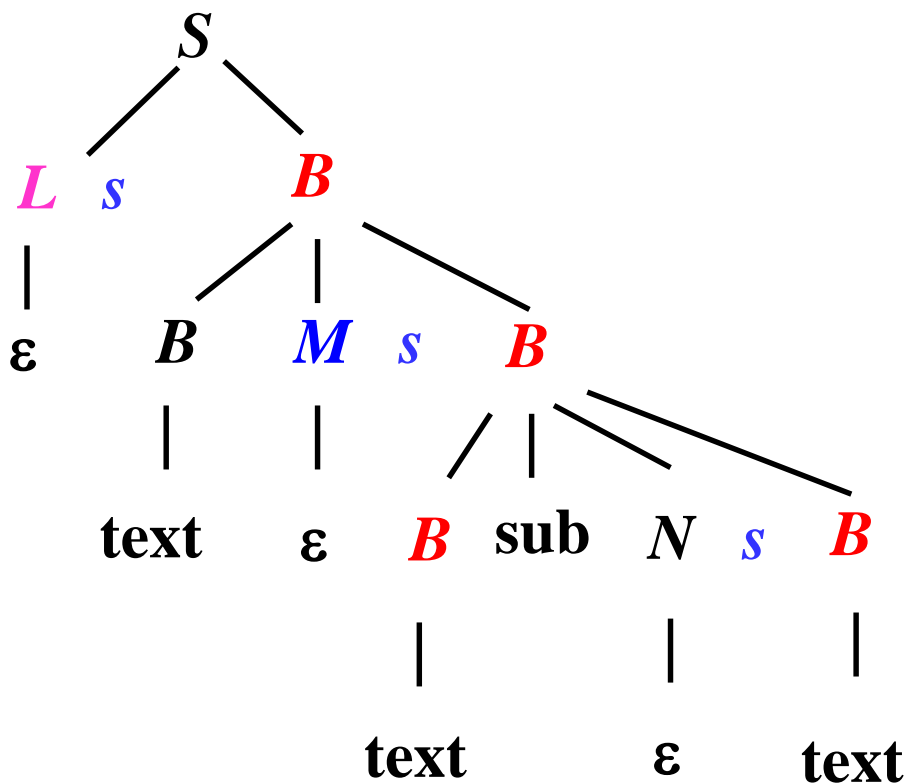


产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$val[top-1] = val[top]$
$L \rightarrow \epsilon$	$val[top+1] = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$val[top-2] = \max(val[top-2], val[top])$
$M \rightarrow \epsilon$	$M.s = M.i$
$B \rightarrow B_1 \text{sub} NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text}.h \times B.ps$

$$B_1.ps = B.ps; M.i = B.ps; B_2.ps = M.s; B.ht = \max(B_1.ht, B_2.ht)$$



# EQN : 自下而上计算的实现

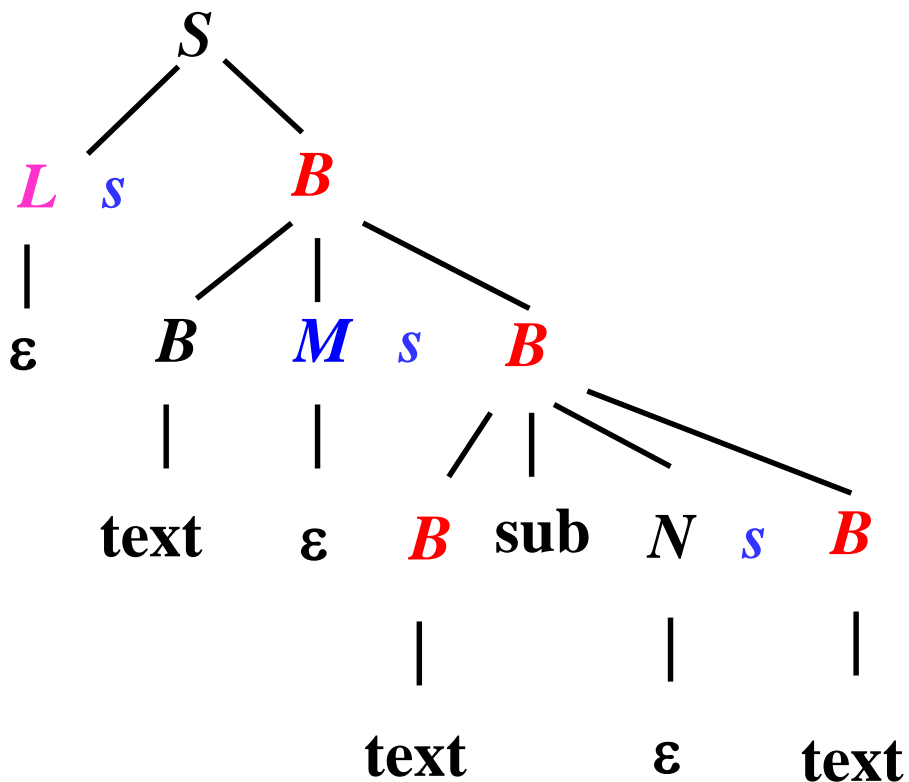


产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$val[top-1] = val[top]$
$L \rightarrow \epsilon$	$val[top+1] = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$val[top-2] = \max(val[top-2], val[top])$
$M \rightarrow \epsilon$	$val[top+1] = val[top-1]$
$B \rightarrow B_1 \text{ sub } NB_2$	$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps;$ $B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text}.h \times B.ps$

$M.i = B.ps; M.s = M.i$



# EQN : 自下而上计算的实现

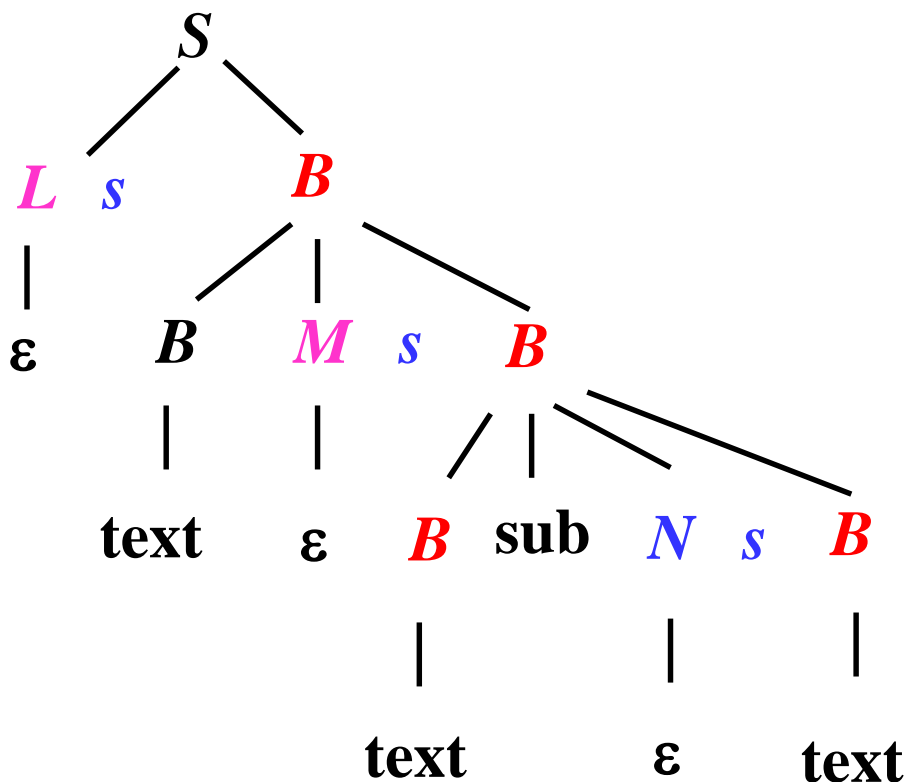


产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$val[top-1] = val[top]$
$L \rightarrow \epsilon$	$val[top+1] = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$val[top-2] = \max(val[top-2], val[top])$
$M \rightarrow \epsilon$	$val[top+1] = val[top-1]$
$B \rightarrow B_1 \text{sub} NB_2$	$val[top-3] = \text{disp}(val[top-3], val[top])$
$N \rightarrow \epsilon$	$N.s = \text{shrink}(N.i)$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text}.h \times B.ps$

$$B_1.ps = B.ps; N.i = B.ps; B_2.ps = N.s; B.ht = \text{disp}(B_1.ht, B_2.ht)$$



# EQN : 自下而上计算的实现

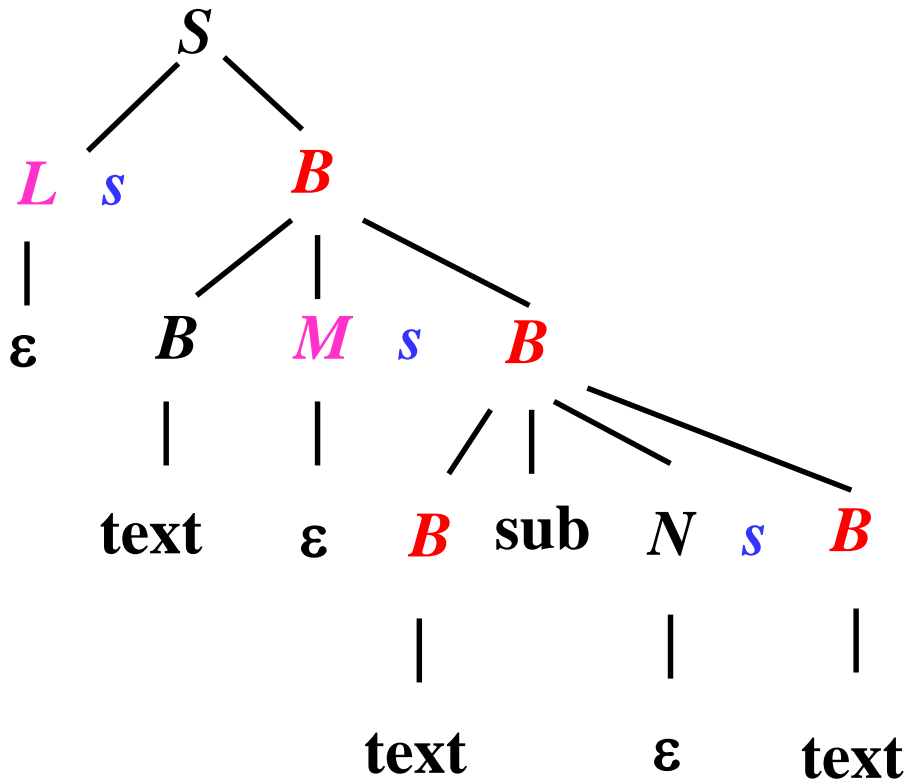


产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$val[top-1] = val[top]$
$L \rightarrow \varepsilon$	$val[top+1] = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$val[top-2] = \max(val[top-2], val[top])$
$M \rightarrow \varepsilon$	$val[top+1] = val[top-1]$
$B \rightarrow B_1 \text{sub} NB_2$	$val[top-3] = \text{disp}(val[top-3], val[top])$
$N \rightarrow \varepsilon$	$val[top+1] = \text{shrink}(val[top-2])$
$B \rightarrow \text{text}$	$B.ht = \text{text}.h \times B.ps$

$$N.i = B.ps; N.s = \text{shrink}(N.i)$$



# EQN : 自下而上计算的实现



产生式	语义规则
$S \rightarrow LB$	$val[top-1] = val[top]$
$L \rightarrow \varepsilon$	$val[top+1] = 10$
$B \rightarrow B_1 MB_2$	$val[top-2] = \max(val[top-2], val[top])$
$M \rightarrow \varepsilon$	$val[top+1] = val[top-1]$
$B \rightarrow B_1 \text{sub} NB_2$	$val[top-3] = \text{disp}(val[top-3], val[top])$
$N \rightarrow \varepsilon$	$val[top+1] = \text{shrink}(val[top-2])$
$B \rightarrow \text{text}$	$val[top] = val[top] \times val[top-1]$

$$B.ht = \text{text}.h \times B.ps$$



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

下期预告：语义分析