

# PROJEKT PŘEKLADAČE

pro předměty Formální jazyky a překladače a Algoritmy

Tým 097, varianta I

Tom Barbořík (xbarbo06) – 30%

Pavel Kaleta (xkalet05) – 30%

Miroslav Tichavský (xticha04) – 25%

David Myška (xmyska05) – 15%

Rozšíření: projekt neimplementuje žádné z možných rozšíření

# Lexikální analyzátor

Pracoval: Pavel Kaleta

## Výstup:

Token reprezentující jedním lexémem.

## Implementace:

Pomocí konečného deterministického automatu. Při zavolání funkce scanner začne číst znak po znaku ze vstupního souboru a podle jistých pravidel se rozhoduje mezi stavy a vrací příslušný token. Pokud se scanner dostane do chybného stavu, předá tuto skutečnost parseru, který to vrátí jako lexikální chybu.

# Syntaktický analyzátor (bez zpracování výrazů)

Pracoval: Miroslav Tichavský, Tom Barbořík, Pavel Kaleta

Pro implementaci syntaktické analýzy jsme zvolili doporučenou metodu **rekurzivního sestupu**. Největším úskalím, před vlastní implementací, bylo správné zvolení pravidel pro konstrukci bezkontextové gramatiky, pomocí které jsme vytvořili LL-tabulku, tak aby odpovídala zadaným konstrukcím jazyka IFJ17.

## Vstup:

Syntaktický analyzátor volá scanner (lexikální analyzátor), který v globální proměnné předkládá typ načteného tokenu a případně další potřebné detaily o tokenu.

```
95  /* BODY = scope EOL <PROGRAM> end scope */
96  int func_body() {
97      int result;
98      if (token == M_SCOPE) {
99          token = scanner();
100         if (token == LEX_ERROR) return LEX_ERROR;
101         if (token == M_EOL) {
102             //...
103             result = func_program();
104             if (result != SYNTAX_OK) return result;
105             //...
106             return SYNTAX_OK;
107         }
108         return SYNTAX_ERROR;
109     }
110 }
```

-----> Pravidlo pro rozgenerování neterminálu na levé straně  
-----> Funkce vykonávající rozgenerování daného neterminálu  
-----> Kontrola symbolu na vstupu  
-----> Volání scanneru pro načtení dalšího tokenu  
-----> V případě lexikální chyby ukončí syntaktickou analýzu a vrátím příslušný chybový kód  
-----> V případě dalšího neterminálu v pravidle, musím volat jemu příslušnou funkci  
-----> V případě chyby propaguji danou chybu do volající funkce  
-----> Pokud odsimulovaná derivace uspěla, propaguji syntaktickou správnost  
-----> V opačném případě propaguji syntaktickou chybu

## Výstup:

Výstupem analýzy je vyhodnocení, zda je zdrojový kód zapsán syntakticky správně nebo došlo k syntaktické chybě. Dále dochází k naplnění tabulky symbolů a kontrole sémantiky. Také se zajišťuje vytvoření syntaktických stromů, které jsou následně předkládány generátoru cílového kódu.

## Implementace:

Pro každý neterminál gramatiky je implementována funkce, která pomocí kontroly příchozích tokenů vyhodnocuje, zda tokeny korespondují s gramatickými pravidly pro daný neterminál (viz. LL-tabulka). Neterminály jsou zástupné symboly, které se během rekurzivního sestupu snažíme v několika krocích nahradit sekvencí terminálů.

Během rekurzivního volání funkcí dochází také ke kontrole sémantické správnosti zdrojového kódu, k tomu je využita tabulka symbolů implementována v modulu **symtable.c**. Do tabulky vkládáme identifikátory a další potřebné detaily o proměnných a funkcích a při jejich volání kontrolujeme, jestli došlo ke správné definici či deklaraci. Kontrolujeme také, jestli nedochází k jejich redefinici.

```
165 /* F_DEC_DEF → declare function id (<PARAM_LIST>) as DATATYPE */
166 int func_f_dec_def() {
167     //...
168     if(token == M_ID) {
169         char *id = str_to_array(detail);
170         s_btree node;
171         int resultTree = Btget(&g_symtable, id, &node);
172
173         if (resultTree == 0) {
174             return SEMANTIC_ERROR_1;
175         }
176         return SYNTAX_OK;
177     }
178     return SYNTAX_ERROR;
179 }
```

Vykonáváním rekurzivního sestupu je zároveň prováděno plnění seznamu syntaktických stromů, které se následně předloží generátoru cílového kódu. Pro plnění jsou využity datové struktury a funkce implementovány v modulu **syntaxtree.c**.

```
484 /* P_DEFINITION → dim id as DATATYPE <ASSIGN> */
485 int func_p_definition() {
486     //...
487     e_dtype type = d_void;
488     result = func_datatype(&type);
489     //...
490     Btput(&t_symtable, id, sn_var, type, NULL);
491     Ladd(&list, SCreateVar(id, type));
492     //...
493 }
```

## Precedenční analýza

Pracoval: Pavel Kaleta

Kontroluje správný zápis výrazu. Zda odpovídá pravidlům a možným typovým konverzím.

**Vstup:**

Seznam tokenů.

**Výstup:**

Hodnota, zda je výraz v pořádku, nebo je v něm syntaktická nebo sémantická chyba.

**Implementace:**

Pomocí zásobníku, který se řídí precedencí, což je priorita termů zaznamenaných v precedenční tabulce. Ta je realizovaná pomocí dvojdimenzionálního pole. Priorita načteného symbolu se porovná s prioritou nejvrchnějšího termu na zásobníku a podle toho se rozhodne, co se s daným tokenem provede. Pokud kombinace priorit těchto termů neexistuje, vrátí funkce chybu.

# Postfix

Pracoval: Pavel Kaleta

Převod infixového výrazu na postfixový.

Vstup:

Hodnota indikující načtený symbol.

Výstup:

Pole reprezentující postfixový výraz.

Implementace:

Výraz se musí zbavit závorek a k tomu je využit zásobník, do kterého se podle algoritmu přidávají ty tokeny, které by měly být přeskočeny kvůli závorkám. Tyto tokeny jsou poté na příslušném místě za zásobníku vyndány a doplněny do výrazu.

## Tabulka symbolů

Pracoval: David Myška

Tabulka symbolů je implementována pomocí binárního vyhledávacího stromu. Vyhledávání probíhá podle klíče odpovídajícímu názvu proměnné nebo funkce. Každý uzel si s sebou nese několik informací, typ uzlu, zda se jedná o funkci nebo proměnnou, datový typ, pro proměnné označuje její datový typ a pro funkce návratový typ. Dále pak seznam parametrů, který je definovaný pouze pro funkce.

## Syntaktický strom

Pracoval: David Myška

Syntaktický strom jsme použili jako rozhraní mezi syntaktickou analýzou a generátorem výstupního kódu. Generátoru je pak předáván celý seznam stromů, implementovaný pomocí dynamického pole, obsahující vnitřní reprezentaci celého vstupního kódu.

Jednotlivé stromy, popřípadě jeho uzly, se vytvářejí pomocí skupiny funkcí "*STcreate...*", například funkce *STcreateIntConst(int value)* vytvoří uzel pro celočíselnou konstantu odpovídající hodnotě zadané jejím parametrem. Některé funkce mají jako parametr podstrom vytvořené také těmito funkcemi, proto jsou funkce "*STcreate...*" psány tak, aby je bylo možné zanořovat, například voláním "*STcreateExpr(STcreateDoubleConst(1.75), "\*", STcreateVar("var", d\_double))*" se vytvoří strom odpovídající výrazu "*1.75 \* var*". Každá z funkcí přijímající nějaký podstrom jako parametr přísně kontroluje, zda zadaný parametr má povolený typ, například do podmínky nelze vložit výpis na obrazovku. Pro přidání stromu do seznamu pak jen stačí zavolat funkci *Ladd(s\_list \*list, s\_stree tree)*, popřípadě jako parametr "*tree*" lze opět zadat přímo příkazy ze skupiny "*STcreate...*".

# Řetězec (String)

Pracoval: Tom Barbořík

Modul textového řetězce pro práci s proměnným počtem znaků.

## Implementace

Řetězec je implementován pomocí lineárního acyklického seznamu. Seznam se skládá z uzlů, kde každý uzel obsahuje určitý kus výsledného řetězce. Podle konstanty *STR\_MAXLEN* se rozhoduje, jak velký blok má být. V případě, že je v bloku nedostatek místa pro vkládaný řetězec, vytváří se nový, dokud není celý řetězec vložený. Je to z důvodu, aby se při přidání každého znaku neprováděla alokace paměti a tím se ušetřil čas, přestože výsledný *String* pak může zabírat více paměti, než by zabíral při alokaci po jednom znaku. Aktuálně je délka bloku nastavena na 64 znaků, protože ne příliš se objevovaly delší řetězce.

## Zásobník

Pracoval: Tom Barbořík

Modul obecného zásobníku.

## Implementace

Zásobník je implantován pomocí dvou struktur. Hlavní obsahuje informace o vrcholu a druhá už reprezentuje samostatný prvek s daty a odkazem na další prvek. Použité funkce byly inspirované látkou z předmětu IAL.

## Generátor

Pracoval: Tom Barbořík

Generátor slouží pro tvorbu výsledného kódu ze seznamu syntaktických stromů. Výsledný kód odpovídá pravidlům interpretu a reprezentuje vstupní kód jazyka IFJ17.

## Implementace

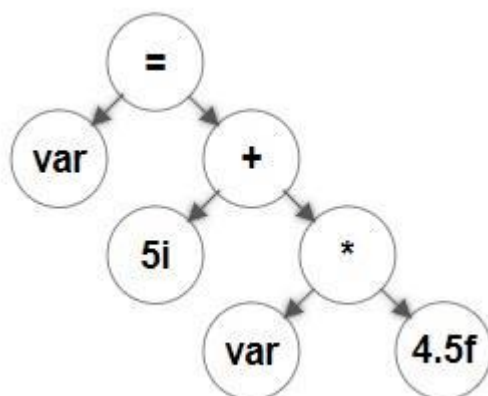
Poté, co dokončí parser svoji práci, je zavolán generátor. Ten jako první vytvoří hlavičku výsledného kódu společně s kódem pro vytvoření lokálního rámce a poté projde celý seznam syntaktických stromů a pro každou položku zavolá určité. To se rozliší podle typu položky, např. *n\_var*, *n\_expr* ... . Nejzajímavější je implementace podmínek, smyček a výrazů.

Podmínky a smyčky (*if*, *while*) jsou implementované pomocí zásobníku, který se využívá pro podporu zanořování řídicích struktur. Při tvorbě každé struktury je každé přiděleno unikátní id, jež je využito pro tvorbu návěští. Toto id a uzel popisující strukturu jsou vloženy na vrchol zásobníku, ze kterého se při ukončení řídicí struktury odebírá.

Podmínkové výrazy jsou v alternativě zpracované pomocí funkce, která generuje výrazy navíc s pomocnou proměnnou, ve které je uložena pravdivostní hodnota. Podle toho se poté rozhodne o přeskočení bloku s podmínkou nebo její vykonání. Pomocné proměnné se v téměř všech situacích ukládají na lokální rámec.

Cykly byly na implementaci komplikovanější, protože v nich definované pomocné proměnné každý cyklus znovu definují. To bylo vyřešeno nastavením flagu, že se momentálně generuje kód uvnitř cyklu. Při tomto nastavení jsou všechny pomocné proměnné definované na dočasný rámec, který se

vytváří nový pro každý cyklus. Tímto bylo zabráněno předefinování proměnné na lokálním rámci, což by vedlo k chybě interpretu. Jinak se cyklus chová stejně jako podmínka.



Nejsložitější ze všeho bylo vytvořit funkci pro vytvoření výrazu. Ty jsou ve stromě uspořádané stylem viz. obrázek, který reprezentuje přiřazení: `var = 5 + var * 4.5`.

Zde bylo obtížné vymyslet, jak strom převést, v jakém okamžiku vytvořit pomocné proměnné pro dočasné uložení výsledku a dále konverzi hodnot při operacích, které ji povolují. To se jedná pro typy `float -> int` a `int <- float`.

Celý algoritmus pracuje rekurzivně s průchodem postupně od nejpravějšího.

V případě, který je uveden na levém obrázku, se první zanoří funkce do nejpravějšího uzlu úplně na dně stromu. V něm

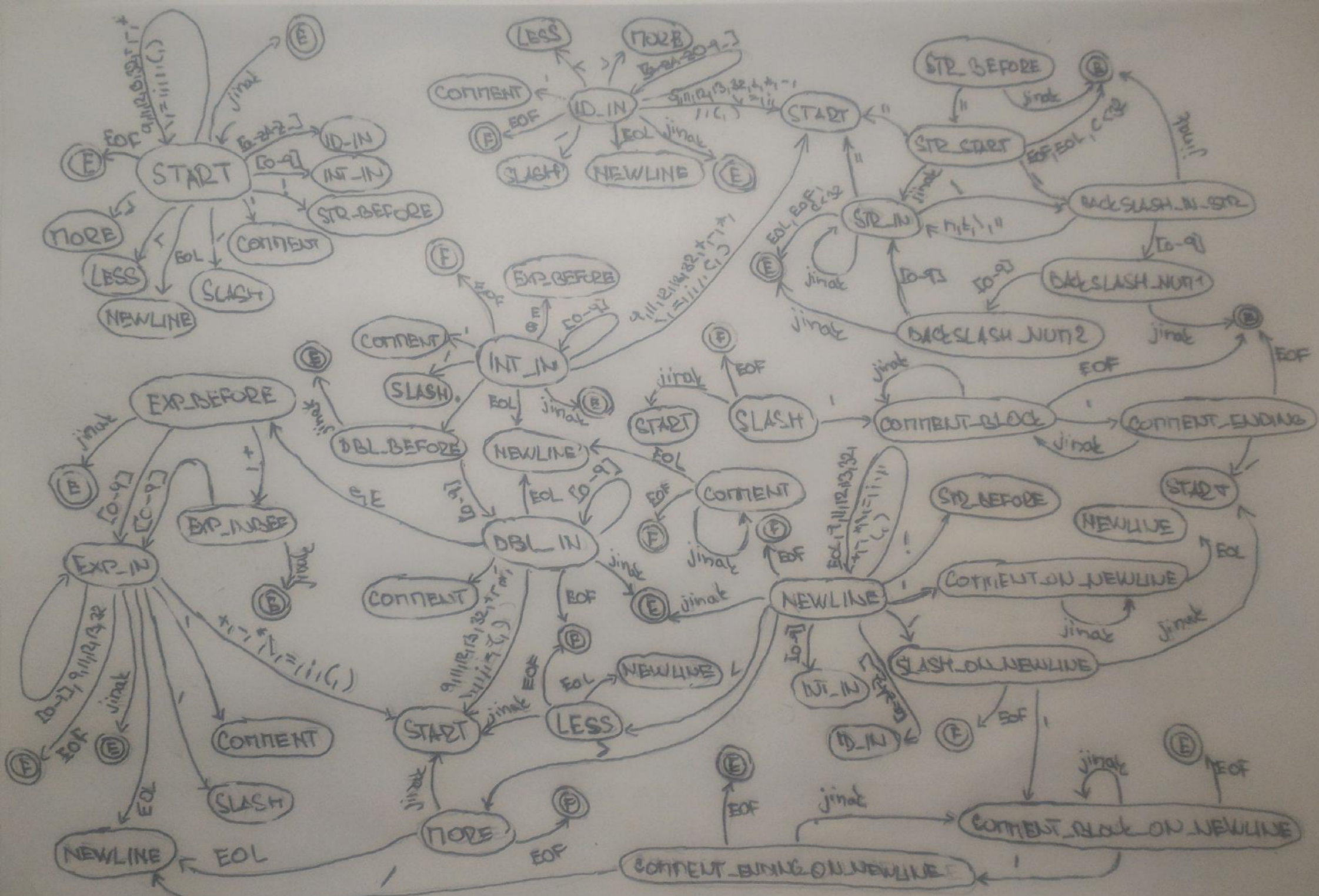
se jedná o konstantu, tak se vytvoří pomocná proměnná, kterou funkce vrátí (reprezentuje konstantu). Pak se jde do levého uzlu, ve kterém je proměnná, a protože je konstanta typu `float`, vytvoří se podmíněné přetypování (pokud není `var float`, přetypuj na něj) a provede se vynásobení, jehož výsledek je opět uložen v pomocné proměnné, která je vrácena jako pravý operand pro sčítání. Tam se jde doleva, vytvoří se pomocná pro `integer 5` a ten se přetypuje na `float`. Vráť se a obě pomocné se sečtou. Výsledek se opět vrátí v pomocné, která se přesune do proměnné `var`. Pokud je proměnná typu `int`, po přiřazení se provede přetypování, tj. zaokrouhlení na celé číslo s prioritou sudé číslice.

## Rozdělení bodů

Rozdělení bodů je nerovnoměrné, protože všichni členové týmu nevěnovali projektu stejné úsilí.

Dalo by se říct, že Mirek splnil svou část zadání, nicméně v ní byla spousta chyb, které Tom a Pavel museli zdoluhavě opravovat a při finálním debuggingu Mirkovu část i docela dost rozšiřovat. David dostal za úkol jednoduchou část, a proto měl týmu pomoci, kdyby se vyskytl problém. Jenže když tým něco potřeboval, nikdy neměl čas, a tak neudělal nic dalšího. Tom a Pavel převzali nedokončenou práci po všech ostatních a dali ji dohromady.





## Precedenční tabulka

## Vstupní token

[illegible]

terminál na vrcholu zásobníku



## LL - tabulka

Pravidlo:	Definicce	(	)	;	,	*	/	+	-	<	>	<=	>=	\	=	EOL	scope	end	dim	id	as	declare	function	end	integer	double	string	input	print	if	then	else	do	while	loop	return	expr	term		
1	START → <F_DEC_DEF_LIST> BODY EOF																1					1	1																	
2	F_DEC_DEF_LIST → F_DEC_DEF EOL <F_DEC_DEF_LIST>																					2	2																	
3	F_DEC_DEF_LIST → ε																3																							
4	F_DEC_DEF → declare function id (<PARAM_LIST>) as DATATYPE																					4																		
5	F_DEC_DEF → function id (<PARAM_LIST>) as DATATYPE EOL <F_PROGRAM> end fun																						5																	
6	F_PROGRAM → F_P_DEF_STAT EOL <F_PROGRAM>																		6	6								6	6	6			6			6				
7	F_PROGRAM → ε																7																							
8	F_P_DEF_STAT → P_DEFINITION																		8																					
9	F_P_DEF_STAT → STAT																			9									9	9	9			9						
10	F_P_DEF_STAT → STAT_RET																																				10			
11	BODY → scope EOL <PROGRAM> end scope																11																							
12	PROGRAM → P_DEF_STAT EOL <PROGRAM>																		12	12								12	12	12			12							
13	PROGRAM → ε																13																							
14	P_DEF_STAT → P_DEFINITION																																							
15	P_DEF_STAT → STAT																																							
16	P_DEFINITION → dim id as DATATYPE <ASSIGN>																			16																				
17	ASSIGN → = expr															17																								
18	ASSIGN → ε															18																								
19	PARAM_LIST → id as DATATYPE <PARAM_N>																																							
20	PARAM_LIST → ε		20																																					
21	PARAM_N → , id as DATATYPE <PARAM_N>					21																																		
22	PARAM_N → ε		22																																					
23	DATATYPE → integer																								23															
24	DATATYPE → double																									24														
25	DATATYPE → string																											25												
26	STAT → id = STAT_EXFU																			26																				
27	STAT_EXFU → expr																																					27		
28	STAT_EXFU → id [<IN_PARAM_LIST>]																			28																				
29	IN_PARAM_LIST → term <IN_PARAM_N>																																						29	
30	IN_PARAM_N → , term <IN_PARAM_N>					30																																		
31	STAT → input id																											31												
32	STAT → print expr ; <EXPR_N>																													32										
33	EXPR_N → expr ; <EXPR_N>																																					33		
34	EXPR_N → ε															34																								
35	STAT → if expr then EOL <STAT_LIST_IF> <ELSE> end if																																							