

Αρχές Γλωσσών Προγραμματισμού και Μεταφραστών

Απόστολος Ζεκυριάς (1100554) – Σπυρίδων Μανταδάκης (1100613) – Παναγιώτης Παπανικολάου (1104804) – Αλέξανδρος Γεώργιος Χαλαμπάκης (1100754)

# **Γενικές Πληροφορίες**

Απαντήσεις Project

c

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται οι απαντήσεις της ομάδας μας στο Project του μαθήματος "Αρχές Γλωσσών Προγραμματισμού και Μεταφραστών". Σε αυτήν τη σελίδα παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τα μέλη της ομάδας.

Η ομάδα αποτελέιται από τους εξής φοιτητές:

Απόστολος Ζεκυριάς

Σπυρίδων Μανταδάκης

Παναγιώτης Παπανικολάου

Αλέξανδρος Γεώργιος Χαλαμπάκης

**Αναλυτικότερες Πληροφορίες:**

[A person wearing glasses and a black shirt

Description automatically generated](https://www.youtube.com/watch?v=dRW2LBKzM7A)[Απόστολος](https://youtu.be/v3a6Fz9fWe4?si=934JN9VypLPD8Lft) [Ζεκυριάς](https://youtu.be/YgC3SpOWrvw?si=TTqcnArgTyh0i8dv) 1100554

[up1100554@ac.upatras.gr](mailto:up1100554@ac.upatras.gr)

[Φοιτητής 2ου έτους](https://docs.google.com/document/d/10-blbL7yAtm5ahq3mtDn46sf4O0fPu424H8AR08jXIU/edit#heading=h.yx8l8bvprakc)

[A person sitting in a parka

Description automatically generated](https://www.pornhub.com/view_video.php?viewkey=66b718dd87ad3#1)Σπυρίδων Μανταδάκης 1100613

[up1100613@ac.upatras.gr](mailto:up1100613@ac.upatras.gr)

Φοιτητής 2ου έτους

A person sitting at a table with his hand on his chin

Description automatically generatedΠαναγιώτης Παπανικολάου 1104804

[up1104804@ac.upatras.gr](mailto:up1104804@ac.upatras.gr)

Φοιτητής 2ου έτους

A person drinking from a cup

Description automatically generatedΑλέξανδρος Γεώργιος Χαλαμπάκης 1100754

[up1100754@ac.upatras.gr](mailto:up1100754@ac.upatras.gr)

Φοιτητής 2ου έτους

**Περιεχόμενα**

1. Αρχική μορφή της περιγραφής της γραμματικής της γλώσσας σε BNF.……………………………………………………………………………………….  **3**
2. Τελική μορφή της περιγραφής του λεξικού αναλυτή μας……………………**6**
3. Τελική μορφή της περιγραφής του συντακτικού αναλυτή μας……………**10**
4. Screenshots παραδειγμάτων εφαρμογής……………………………………..**22**
5. Σχόλια……………………………………………………………………………………..**28**

**Αρχική μορφή της περιγραφής της γραμματικής της γλώσσας σε BNF.**

**Παρακάτω φαίνεται η περιγραφή της γραμματικής της γλώσσας μας σε BNF με την οποία αρχίσαμε την υλοποίηση της εργασίας και τροποποιήσαμε αργότερα για την ορθή λειτουργία της.**

%%

<PROGRAM> : := START <STATEMENTS> END /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ\*/

<STATEMENTS>: := <STATEMENT> [<STATEMENTS>] /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΕΩΝ \*/

<STATEMENTS> : := <STATEMENT\_IF> /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ\*/

| <STATEMENT\_WHILE>

| <STATEMENT\_ASSIGN>

| <STATEMENT\_SWITCH>

| <STATEMENT\_RETURN>

| <STATEMENT\_CLASS>

| <VARIABLE\_DECLARATION>

| < METHOD\_DECLARATION>

| <STATEMENT\_DO\_WHILE>

| <STATEMENT\_FOR>

| <STATEMENT\_PRINT>

| <CREATE\_CLASS\_OBJECT>

|<STATEMENT\_BREAK>

|<COMMENTS>

| <PROGRAM>

<STATEMENT\_IF> : := “IF” ”(“ <CONDITION>”)” “{“<STATEMENTS>”}” /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ IF \*/

| “IF” ”(“ <CONDITION>”)” “{“<STATEMENTS>”}” <ELSE\_IF> “ELSE ”

“{“<STATEMENTS>”}”

<ELSE\_IF> ::=”ELSE IF” ”(“ <CONDITION>”)” “{“<STATEMENTS>”}” /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ELSE IF\*/  
 | ”(“ <CONDITION>”)” “{“<STATEMENTS>”}” <ELSE\_IF>

<STATEMENT\_WHILE> : := ”WHILE” “(“ <CONDITION>”)” “{“ <STATEMENTS> ”}”

/\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ WHILE \*/

<STATEMENT\_BREAK> ::= “BREAK” “;” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ BREAK\*/

<STATEMENT\_ASSIGN> ::= <VARIABLE\_DECLARATION> “=” <EXPRESSION> “;”

/\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ «=»\*/

<STATEMENT\_SWITCH> ::= “SWITCH” <EXPRESSION> <SWITCH\_BODY> /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ SWITCH\*/

<COMMENTS> ::= "// " <CHARACTERS> /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΩΝ\*/

| " /\* " <CHARACTERS> " \*/ "

<STATEMENT\_PRINT> ::="OUT.PRINT” “(“ < STRING\_LITERAL > [ "," <EXPRESSION>] ”)” “;”

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ PRINT\*/

<VARIABLE\_DECLARATION>::= [<ACCESS\_MODIFIER> ] <VARIABLE\_TYPE> <IDENTIFIER> {

/\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ\*/

< METHOD\_DECLARATION>::=<ACCESS\_MODIFIER> <RETURN\_TYPE> <IDENTIFIER> “(“ [<PARAMETER\_LIST> ] “)” "{" [<VARIABLE\_DECLARATION>] <STATEMENTS> “}”

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ\*/

<RETURN\_TYPE> ::=<VARIABLE\_TYPE> /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΥ RETURN\*/  
 |”VOID”

<ACCESS\_MODIFIER> ::= “PUBLIC” /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ\*/  
 |“PRIVATE”

<VARIABLE\_TYPE> ::= “INT” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ\*/  
 | “CHAR”  
 | “DOUBLE”   
 | “BOOLEAN”  
 | “STRING”

<PARAMETER\_LIST> ::=<VARIABLE\_TYPE> <IDENTIFIER> [“,” <PARAMETER\_LIST> ]

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΛΙΣΤΑΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ\*/

<CONDITION> ::= <EXPRESSION > < COMPARISON> <EXPRESSION> /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΘΗΚΗΣ\*/

| <EXPRESSION > < COMPARISON> <EXPRESSION> “&&” <CONDITION>

| <EXPRESSION > < COMPARISON> <EXPRESSION> “||” <CONDITION>

<SWITCH\_BODY> ::= “CASE” <EXPRESSION> “:” <STATEMENTS> [ “DEFAULT” “:” <STATEMENTS> ]

| “CASE” <EXPRESSION>“:” <STATEMENTS> <SWITCH\_BODY>

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ SWITCH\*/

<STATEMENT\_RETURN> ::= “RETURN” <EXPRESSION> “;” /\*ΟΡΙΜΣΟΣ RETURN\*/

<STATEMENT\_CLASS>::= <ACCESS\_MODIFIER> “CLASS” <CLASS\_IDENTIFIER>”{“ <VARIABLE\_DECLARATION> <METHOD\_DECLARATION>”}”

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΛΑΣΗΣ\*/

<CLASS\_IDENTIFIER> ::= <UPPERCASE> [<IDENTIFIER>] /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΚΛΑΣΗΣ\*/

<CREATE\_CLASS\_OBJECT> ::= <CLASS\_IDENTIFIER> <IDENTIFIER> “=” <STATEMENT\_NEW> ”();”

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΚΛΑΣΗΣ\*/

<STATEMENT\_DO\_WHILE> ::= “DO” “{“ <STATEMENTS> “}” ”WHILE” “(“ CONDITION “)”

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ DO WHILE\*/

<ACCESS\_TO\_CLASS\_MEMBERS> ::= <IDENTIFIER >“.”, IDENTIFIER>”;”

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΑ ΜΕΛΗ ΚΛΑΣΗΣ \*/

<STATEMENT\_FOR> ::= ”FOR” “(“ <STATEMENT\_ASSIGN> “;” <CONDITION> “;” <STATEMENT\_ASSIGN> “)” ”{“

<STATEMENTS> ”}”

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ FOR\*/

<OPERATION\_CONTINUE> ::= “+” “(“ <OPERATION> “)” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ ΠΡΑΞΗΣ\*/

|”-“ “(“ <OPERATION> “)”

| “\*” “(“ <OPERATION> “)”

| “/” “(“ <OPERATION> “)”

<ADDITION> ::= <VALUE> “+” <VALUE> [<OPERATION\_CONTINUE> ] /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΘΡΟΙΣΗΣ\*/

< MULTIPLICATION> ::= <VALUE> “\*” <VALUE> [<OPERATION\_CONTINUE> ]

/\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ\*/

<SUBTRACTION> ::= <VALUE> "-" <VALUE> [<OPERATION\_CONTINUE>] /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ\*/

<DIVISION> ::=<VALUE> "/" <VALUE> [<OPERATION\_CONTINUE> ] /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ\*/

<IDENTIFIER> ::= < LETTER> /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΤΙΚΟΥ \*/

| <IDENTIFIER> <LETTER>

| <IDENTIFIER> <NUMBER>

| <IDENTIFIER> “\_”

<NUMBER> ::= <DIGIT> [<NUMBER>] /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ\*/

<COMPARISON> ::= “>” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ\*/

| “<”

| «<=»

| «>»

| «==»

| «=!»

<EXPRESSION> ::= <VALUE> /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΚΦΡΑΣΗΣ\*/

| <OPERATION>

| <STATEMENT\_ NEW>

| <BOOLEAN>

<BOOLEAN> ::= “TRUE” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ BOOLEAN \*/

| “FALSE”

<STATEMENT\_NEW> ::= "NEW" <VARIABLE\_TYPE>

| “NEW” <CLASS\_IDENTIFIER> /\* ΟΡΙΣΜΟΣ NEW\*/

<VALUE> ::= < NUMBER> /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΙΜΗΣ \*/

| <IDENTIFIER>

<OPERATION> ::= <ADDITION> /\* ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΑΞΗΣ\*/

| < MULTIPLICATION>

| <SUBTRACTION>

| <DIVISION>

<DIGITIT> ::=” 0”|”1”|”2”|”3”|”4”|”5”|”6”|”7”|”8”|”9” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΨΗΦΙΟΥ\*/

<LETTER> ::= <UPPERCASE> /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣ\*/

| <LOWERCASE>

<UPPERCASE> ::= “A”|”B”|”C”|”D”|”E”|”F”|”G”|”H”|”I”|”J”|”K”|”L” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ\*/

|”M”|”N”|”O”|”P”|”Q”|”R”|”S”|”T”|”U”|”V”|”W”|”X”|”Y”|”Z”

<LOWERCASE> :: = “a”|”b”|”c”|”d”|”e”|”f”|”g”|”h”|”I”|”j”|”k”|”l” /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ\*/

|”m”|”n”|”o”|”p”|”q”|”r”|”s”|”t”|”u”|”v”|”w”|”x”|”y”|”z”

<STRING\_LITERAL> ::= ’ ” ’ <CHARACTERS> ’ ” ’ /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΗΛΩΣΗΣ ΚΕΙΜΕΝΟΥ ΤΟΥ PRINT \*/

<CHARACTERS> ::= < <CHARACTER> [<CHARACTERS>] /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΩΝ\*/

<CHARACTER> ::=<DIGIT> /\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ\*/  
 |<LETTER>  
 |<SPECIAL\_CHARACTERS>

<SPECIAL\_CHARACTERS> ::= "\_" | "+" | "-" | "\*" | "/" | "(" | ")" | "{" | "}" | "[" | "]" | "<" | ">" | "=" | "!" | "&" | "|" | ";" | "," | "." |”%”|”#”|”@”|”^”|”?”| "'" | '"' | " " | "\t" | "\n" | "\r" |”\n”

\*ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΩΝ\*/

%%

**Τελική μορφή της περιγραφής του λεξικού αναλυτή μας:**

%{

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <string.h>

#include <ctype.h>

#include "bison\_Program.tab.h"

extern FILE \*yyin;

extern FILE \*yyout;

extern void yyerror(char \*s);

char string\_buffer[1000];

char\* string\_buffer\_pointer;

int line\_in=-1;

%}

%option noyywrap

%option yylineno

%x COMMENT\_CONTENTS

%x ONELINE\_COMMENT\_CONTENTS

%x STRING\_CONTENTS

DIGIT [0-9]

LETTER [a-zA-Z]

WHITESPACE [ \t]+

NEWLINE [\n]+

NUMBER [1-9]{DIGIT}\*|"0"

DOUBLE {DIGIT}+\.{DIGIT}+d

IDENTIFIER [a-zA-Z\_][a-zA-Z0-9\_]\*

%%

"if"                        { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_IF; }

"else"                      { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_ELSE; }

"while"                     { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_WHILE; }

"do"                        { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_DO; }

"for"                       { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_FOR; }

"switch"                    { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_SWITCH; }

"case"                      { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_CASE; }

"default"                   { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_DEFAULT; }

"break"                     { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_BREAK; }

"return"                    { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_RETURN; }

"class"                     { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_CLASS; }

"public"                    { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_PUBLIC; }

"private"                   { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_PRIVATE; }

"int"                       { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_INT; }

"char"                      { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_CHAR; }

"void"                      { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_VOID; }

"double"                    { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_DOUBLE; }

"bool"                      { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_BOOLEAN; }

"string"                    { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_STRING; }

"true"                      { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_TRUE; }

"false"                     { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_FALSE; }

"new"                       { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_NEW; }

"out.print"                 { yylval.strvalue = strdup(yytext); return TOKEN\_OUT\_PRINT; }

";"                         { return TOKEN\_SEMICOLON; }

"{"                         { return TOKEN\_LBRACE; }

"}"                         { return TOKEN\_RBRACE; }

"("                         { return TOKEN\_LPAREN; }

")"                         { return TOKEN\_RPAREN; }

"["                         { return TOKEN\_LBRACKET; }

"]"                         { return TOKEN\_RBRACKET; }

"="                         { return TOKEN\_ASSIGN; }

","                         { return TOKEN\_COMMA; }

"+"                         { return TOKEN\_PLUS; }

"-"                         { return TOKEN\_MINUS; }

"\*"                         { return TOKEN\_MULT; }

"/"                         { return TOKEN\_DIV; }

"<"                         { return TOKEN\_LESS\_THAN; }

">"                         { return TOKEN\_GREATER\_THAN; }

"=="                        { return TOKEN\_EQUAL; }

"!="                        { return TOKEN\_NOT\_EQUAL; }

"<="                        { return TOKEN\_LESS\_THAN\_EQUAL; }

">="                        { return TOKEN\_GREATER\_THAN\_EQUAL; }

"&&"                        { return TOKEN\_AND; }

"||"                        { return TOKEN\_OR; }

"%"                         { return TOKEN\_MODULO; }

"#"                         { return TOKEN\_HASH; }

"@"                         { return TOKEN\_AT; }

"^"                         { return TOKEN\_CARET; }

"?"                         { return TOKEN\_QUESTION\_MARK; }

"."                         { return TOKEN\_DOT; }

"!"                         { return TOKEN\_EXCLAMATION\_POINT; }

"|"                         { return TOKEN\_PIPE; }

":"                         { return TOKEN\_COLON; }

{DOUBLE}                    { yylval.dvalue = atof(yytext); return DOUBLE\_NUMBER;}

{NUMBER}                    { yylval.intvalue = atoi(yytext); return NUMBER; }

\'[^\']\'                   { yylval.charvalue = yytext[1]; return CHARACTER; }

{IDENTIFIER}                { yylval.strvalue = strdup(yytext); return IDENTIFIER;}

"/\*"                                     {BEGIN(COMMENT\_CONTENTS); string\_buffer\_pointer = string\_buffer;line\_in=0;}

<COMMENT\_CONTENTS>"\*"+"/"                {BEGIN(INITIAL); \*string\_buffer\_pointer ='\0';

                                              line\_in=-1; printf("Multiple Line Comment\n");}

<COMMENT\_CONTENTS>"\n"                   {line\_in++;}

<COMMENT\_CONTENTS>[^\*\n]\*                {char \*ypointer = yytext;

                                              while (\*ypointer ) \*string\_buffer\_pointer++ = \*ypointer++; }

<COMMENT\_CONTENTS>[\*]\*                   {}

<COMMENT\_CONTENTS><<EOF>>                {yyerror("Comment not terminated"); return 0;}

"//"                                     {BEGIN(ONELINE\_COMMENT\_CONTENTS); string\_buffer\_pointer = string\_buffer;}

<ONELINE\_COMMENT\_CONTENTS>.              {}

<ONELINE\_COMMENT\_CONTENTS>[^\\\n\"]+     {char \*ypointer = yytext;

                                              while( \*ypointer) \*string\_buffer\_pointer++ = \*ypointer++; }

<ONELINE\_COMMENT\_CONTENTS>"\n"           {BEGIN(INITIAL); \*string\_buffer\_pointer = '\0'; printf("One Line Comment\n");}

\"                                       {BEGIN(STRING\_CONTENTS); string\_buffer\_pointer= string\_buffer; }

<STRING\_CONTENTS>\"                      {BEGIN(INITIAL); \*string\_buffer\_pointer = '\0';yylval.strvalue = strdup(string\_buffer);

                                               return STRING\_LITERAL; }

<STRING\_CONTENTS>\\n                     {\*string\_buffer\_pointer++ = '\n';}

<STRING\_CONTENTS>\\t                     {\*string\_buffer\_pointer++ = '\t';}

<STRING\_CONTENTS>\\\"                    {\*string\_buffer\_pointer++ = '"';}

<STRING\_CONTENTS>[^\\\n\"]+              {char \*ypointer = yytext;

                                               while ( \*ypointer ) \*string\_buffer\_pointer++ = \*ypointer++;}

<STRING\_CONTENTS><<EOF>>                    {yyerror("String not terminated"); return 0;}

{WHITESPACE}                             {}

{NEWLINE}                                {}

%%

**Τελική μορφή της περιγραφής του συντακτικού αναλυτή μας**

%{

/\* DEFINITIONS \*/

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <string.h>

#include <ctype.h>

extern FILE \*yyin;

extern FILE \*yyout;

extern int yylex();

extern int yywrap;

extern int yylineno;

extern int line\_in;

extern char string\_buffer[];

extern char\* string\_buffer\_pointer;

void yyerror(char \* s);

#define YYDEBUG 1

int yydebug;

int class\_found = 0;

/\* Symbol table for variables and methods \*/

typedef struct Variable {

    char\* name;

    struct Variable\* next;

} Variable;

typedef struct Method {

    char\* name;

    struct Method\* next;

} Method;

Variable\* var\_table = NULL; // Linked list for variables

Method\* method\_table = NULL; // Linked list for methods

/\* Function declarations \*/

void add\_variable(char\* name);

int check\_variable(char\* name);

void add\_method(char\* name);

int check\_method(char\* name);

%}

/\* DECLARATIONS \*/

%union {

    int intvalue;

    double dvalue;

    char\* strvalue;

    char charvalue;

}

%token <strvalue> TOKEN\_IF TOKEN\_ELSE TOKEN\_WHILE TOKEN\_DO TOKEN\_FOR TOKEN\_SWITCH TOKEN\_CASE TOKEN\_DEFAULT TOKEN\_BREAK TOKEN\_RETURN

%token <strvalue> TOKEN\_CLASS TOKEN\_PUBLIC TOKEN\_PRIVATE TOKEN\_INT TOKEN\_CHAR TOKEN\_DOUBLE TOKEN\_BOOLEAN TOKEN\_STRING TOKEN\_TRUE TOKEN\_FALSE

%token <strvalue> TOKEN\_NEW TOKEN\_OUT\_PRINT TOKEN\_SEMICOLON TOKEN\_LBRACE TOKEN\_RBRACE TOKEN\_LPAREN TOKEN\_RPAREN TOKEN\_LBRACKET TOKEN\_RBRACKET

%token <strvalue> TOKEN\_ASSIGN TOKEN\_COMMA TOKEN\_PLUS TOKEN\_MINUS TOKEN\_MULT TOKEN\_DIV TOKEN\_LESS\_THAN TOKEN\_GREATER\_THAN TOKEN\_EQUAL

%token <strvalue> TOKEN\_NOT\_EQUAL TOKEN\_LESS\_THAN\_EQUAL TOKEN\_GREATER\_THAN\_EQUAL TOKEN\_AND TOKEN\_OR TOKEN\_MODULO TOKEN\_HASH TOKEN\_AT TOKEN\_CARET

%token <strvalue> TOKEN\_QUESTION\_MARK TOKEN\_DOUBLE\_QUOTE TOKEN\_UNDERSCORE TOKEN\_DOT TOKEN\_EXCLAMATION\_POINT TOKEN\_PIPE

%token <strvalue> STRING\_LITERAL TOKEN\_ADD LOWER\_THAN\_DEFAULT

%token <strvalue> TOKEN\_COLON TOKEN\_VOID IGNORE\_WHITESPACE\_NEWLINE

%type <intvalue> PROGRAM STATEMENTS STATEMENT STATEMENT\_IF\_ELSE STATEMENT\_BREAK STATEMENT\_ASSIGN STATEMENT\_SWITCH VARIABLE\_DECLARATION\_BODY

%type <intvalue> SWITCH\_BODY STATEMENT\_RETURN STATEMENT\_CLASS CREATE\_CLASS\_OBJECT STATEMENT\_DO\_WHILE ACCESS\_TO\_CLASS\_MEMBERS STATEMENT\_FOR CLASS\_BODY

%type <intvalue> STATEMENT\_PRINT VARIABLE\_DECLARATION METHOD\_DECLARATION ACCESS\_MODIFIER  PARAMETER\_LIST CONDITION PRINT\_OPTIONAL\_VAR METHOD\_CALL

%type <intvalue> COMPARISON EXPRESSION BOOLEAN STATEMENT\_NEW VALUE OPERATION ADDITION MULTIPLICATION SUBTRACTION DIVISION ELSE\_CLAUSE MORE\_DECLARATIONS MORE\_DECLARATIONS\_ASSIGN

%type <strvalue> DEFAULT\_BODY SWITCH\_CASE\_BODY VARIABLE\_TYPE

%token <charvalue> CHARACTER

%left TOKEN\_COMMA

%right TOKEN\_ASSIGN

%left TOKEN\_ADD TOKEN\_SUB

%left TOKEN\_MUL TOKEN\_DIV

%nonassoc UMINUS

%left TOKEN\_LPAREN TOKEN\_RPAREN

%left TOKEN\_LBRACKET TOKEN\_RBRACKET

%nonassoc LOWER\_THAN\_DEFAULT

%nonassoc TOKEN\_DEFAULT

%nonassoc LOWER\_THAN\_CASE

%nonassoc TOKEN\_CASE

%token <dvalue> DOUBLE\_NUMBER

%token <intvalue> NUMBER

%token <strvalue> IDENTIFIER

%%

/\* RULES / BNF \*/

PROGRAM: STATEMENTS {

              if ($1 == 0) {

                 printf("Error: No statement found in the input.");

                 YYABORT;

             }

             else if  (!class\_found) {

                 printf("Error: No class statement found in the input.");

                 YYABORT;

             } else {

                 printf("Program parsed successfully.\n");

             }

        };

STATEMENTS : %empty  {$$ = 0;}

           | STATEMENT STATEMENTS   {$$= 1;}

           ;

STATEMENT : METHOD\_DECLARATION

          | VARIABLE\_DECLARATION

          | STATEMENT\_IF\_ELSE

          | STATEMENT\_DO\_WHILE

          | STATEMENT\_FOR

          | STATEMENT\_SWITCH

          | STATEMENT\_ASSIGN TOKEN\_SEMICOLON

          | STATEMENT\_CLASS

          | CREATE\_CLASS\_OBJECT

          | STATEMENT\_PRINT

          | STATEMENT\_BREAK

          | METHOD\_CALL

          | ACCESS\_TO\_CLASS\_MEMBERS

          ;

STATEMENT\_IF\_ELSE: TOKEN\_IF TOKEN\_LPAREN CONDITION TOKEN\_RPAREN TOKEN\_LBRACE STATEMENTS  TOKEN\_RBRACE ELSE\_CLAUSE

                  {

                      printf("IF Statement\n");

                  }

                  ;

ELSE\_CLAUSE: TOKEN\_ELSE TOKEN\_LBRACE STATEMENTS TOKEN\_RBRACE

           {

               printf("ELSE Statement\n");

           }

           | TOKEN\_ELSE STATEMENT\_IF\_ELSE

           {

               printf("ELSE ");

           }

           | %empty

           {

           }

           ;

STATEMENT\_BREAK: TOKEN\_BREAK TOKEN\_SEMICOLON { printf("BREAK Statement\n"); }

               ;

STATEMENT\_ASSIGN: IDENTIFIER TOKEN\_ASSIGN EXPRESSION  {

                    if (!check\_variable($1)) {

                        yyerror("Error: Variable not declared.");

                        YYABORT;

                    }

                }

                | ACCESS\_TO\_CLASS\_MEMBERS TOKEN\_ASSIGN EXPRESSION

                ;

STATEMENT\_SWITCH: TOKEN\_SWITCH TOKEN\_LPAREN EXPRESSION TOKEN\_RPAREN SWITCH\_BODY { printf("SWITCH Statement\n"); }

                ;

SWITCH\_BODY: SWITCH\_CASE\_BODY DEFAULT\_BODY {}

           ;

SWITCH\_CASE\_BODY: TOKEN\_CASE EXPRESSION TOKEN\_COLON STATEMENT SWITCH\_CASE\_BODY

                | %empty {} %prec LOWER\_THAN\_CASE

                ;

DEFAULT\_BODY: TOKEN\_DEFAULT TOKEN\_COLON STATEMENT

            | %empty {} %prec LOWER\_THAN\_DEFAULT

STATEMENT\_RETURN: TOKEN\_RETURN EXPRESSION TOKEN\_SEMICOLON { printf("RETURN Statement\n"); }

                ;

STATEMENT\_CLASS: ACCESS\_MODIFIER TOKEN\_CLASS IDENTIFIER TOKEN\_LBRACE CLASS\_BODY TOKEN\_RBRACE

               {

                   class\_found = 1;

                   printf("CLASS Statement\n");

                   if (!isupper($3[0])) {

                       printf("Error: Class identifier must start with an uppercase letter.");

                       YYABORT;

                   }

               };

CLASS\_BODY: VARIABLE\_DECLARATION CLASS\_BODY

          | METHOD\_DECLARATION CLASS\_BODY

          | STATEMENT\_CLASS

          | %empty {}

          ;

CREATE\_CLASS\_OBJECT: IDENTIFIER IDENTIFIER TOKEN\_ASSIGN STATEMENT\_NEW { printf("Create Class Object Statement\n");

                        if (!isupper($1[0])) {

                       printf("Error: Class identifier must start with an uppercase letter.");

                       YYABORT;

                   } }

                   ;

STATEMENT\_DO\_WHILE: TOKEN\_DO TOKEN\_LBRACE STATEMENTS TOKEN\_RBRACE TOKEN\_WHILE TOKEN\_LPAREN CONDITION TOKEN\_RPAREN TOKEN\_SEMICOLON { printf("DO WHILE Statement\n");

 }

                  ;

ACCESS\_TO\_CLASS\_MEMBERS: IDENTIFIER TOKEN\_DOT IDENTIFIER {  if (!check\_variable($3)) {

                        yyerror("Error: Variable not declared.");

                        YYABORT;

                    }printf("Access to Class Members Statement\n"); }

                       | IDENTIFIER TOKEN\_DOT METHOD\_CALL { printf("Access to Class Members Statement\n"); }

                       ;

STATEMENT\_FOR: TOKEN\_FOR TOKEN\_LPAREN VARIABLE\_DECLARATION CONDITION TOKEN\_SEMICOLON STATEMENT\_ASSIGN TOKEN\_RPAREN TOKEN\_LBRACE STATEMENTS TOKEN\_RBRACE

              {

                  printf("FOR loop executed.\n");

              }

             ;

STATEMENT\_PRINT: TOKEN\_OUT\_PRINT TOKEN\_LPAREN STRING\_LITERAL PRINT\_OPTIONAL\_VAR TOKEN\_RPAREN TOKEN\_SEMICOLON { printf("Print Statement\n"); printf("%s \n", $3);}

PRINT\_OPTIONAL\_VAR : TOKEN\_COMMA IDENTIFIER PRINT\_OPTIONAL\_VAR {if (!check\_variable($2)) {

                        yyerror("Error: Variable not declared.");

                        YYABORT;

                    }}

                   | %empty {}

                   ;

VARIABLE\_DECLARATION: ACCESS\_MODIFIER VARIABLE\_DECLARATION\_BODY

                    | VARIABLE\_DECLARATION\_BODY

                    ;

VARIABLE\_DECLARATION\_BODY : VARIABLE\_TYPE IDENTIFIER MORE\_DECLARATIONS TOKEN\_SEMICOLON   {

                              if (check\_variable($2)) {

                                  yyerror("Variable already declared.");

                                  YYABORT;

                              } else {

                                  add\_variable($2);

                                  printf("Variable Declaration of type: %s\n", $1);

                              }

                          }

                          | VARIABLE\_TYPE IDENTIFIER TOKEN\_ASSIGN EXPRESSION MORE\_DECLARATIONS\_ASSIGN TOKEN\_SEMICOLON {

                              if (check\_variable($2)) {

                                  yyerror("Variable already declared.");

                                  YYABORT;

                              } else {

                                  add\_variable($2);

                                  printf("Variable Declaration of type: %s\n", $1);

                              }

                          }

                          ;

MORE\_DECLARATIONS :  TOKEN\_COMMA IDENTIFIER MORE\_DECLARATIONS { if (check\_variable($2)) {

                                  yyerror("Variable already declared.");

                                  YYABORT;

                              } else {

                                  add\_variable($2);}}

                  | %empty {}

                  ;

MORE\_DECLARATIONS\_ASSIGN : TOKEN\_COMMA IDENTIFIER TOKEN\_ASSIGN EXPRESSION MORE\_DECLARATIONS\_ASSIGN {if (check\_variable($2)) {

                                  yyerror("Variable already declared.");

                                  YYABORT;

                              } else {

                                  add\_variable($2);}}

                  | %empty {}

                  ;

METHOD\_DECLARATION: ACCESS\_MODIFIER VARIABLE\_TYPE IDENTIFIER TOKEN\_LPAREN PARAMETER\_LIST TOKEN\_RPAREN TOKEN\_LBRACE STATEMENTS STATEMENT\_RETURN TOKEN\_RBRACE {

                      if (check\_method($3)) {

                          yyerror("Method already declared.");

                          YYABORT;

                      } else {

                          add\_method($3);

                          printf("Method Declaration\n");

                      }

                  }

                  | ACCESS\_MODIFIER TOKEN\_VOID IDENTIFIER TOKEN\_LPAREN PARAMETER\_LIST TOKEN\_RPAREN TOKEN\_LBRACE STATEMENTS TOKEN\_RBRACE  {

                      if (check\_method($3)) {

                          yyerror("Method already declared.");

                          YYABORT;

                      } else {

                          add\_method($3);

                          printf("Method Declaration\n");

                      }

                  }

                  ;

METHOD\_CALL: IDENTIFIER TOKEN\_LPAREN PARAMETER\_LIST TOKEN\_RPAREN TOKEN\_SEMICOLON  {

               if (!check\_method($1)) {

                   yyerror("Error: Method not declared.");

                   YYABORT;

               }

               printf("Method call\n");

           }

           ;

ACCESS\_MODIFIER: TOKEN\_PUBLIC {printf("public scope\n");}

               | TOKEN\_PRIVATE {printf("private scope\n");}

               ;

VARIABLE\_TYPE: TOKEN\_INT { $$ = "int"; }

             | TOKEN\_CHAR { $$ = "char"; }

             | TOKEN\_DOUBLE { $$ = "double"; }

             | TOKEN\_BOOLEAN { $$ = "boolean"; }

             | TOKEN\_STRING { $$ = "string"; }

             ;

PARAMETER\_LIST : VARIABLE\_TYPE IDENTIFIER TOKEN\_COMMA PARAMETER\_LIST { printf("Parameter List\n"); }

               | VARIABLE\_TYPE IDENTIFIER { printf("Parameter List\n"); }

               | %empty {}

               ;

BOOLEAN : TOKEN\_TRUE  {$$=1; printf("Assigned true\n");}

        | TOKEN\_FALSE {$$=0; printf("Assigned false\n");}

CONDITION : BOOLEAN {$$=$1;}

        | EXPRESSION COMPARISON EXPRESSION

           {

               switch ($2) {

                   case 1 :  $$ = ($1 < $3); break;

                   case 2:  $$ = ($1 > $3); break;

                   case 3: $$ = ($1 <= $3); break;

                   case 4: $$ = ($1 >= $3); break;

                   case 5: $$ = ($1 == $3); break;

                   case 6: $$ = ($1 != $3); break;

                   case 7: $$ = ($1 && $3); break;

                   case 8: $$ = ($1 || $3); break;

                   default: yyerror("Unknown comparison operator");

               }

               printf("Condition result: %d\n", $$);

           }

COMPARISON : TOKEN\_LESS\_THAN { $$ = 1; printf("Less than\n"); }

           | TOKEN\_GREATER\_THAN { $$ = 2; printf("Greater than\n"); }

           | TOKEN\_LESS\_THAN\_EQUAL { $$ = 3; printf("Less or equal than \n");}

           | TOKEN\_GREATER\_THAN\_EQUAL { $$ = 4 ; printf("Greater or equal than\n"); }

           | TOKEN\_EQUAL { $$ = 5 ; printf("Equal\n");}

           | TOKEN\_NOT\_EQUAL { $$ = 6 ; printf("Not equal\n"); }

           | TOKEN\_AND  { $$ = 7 ; printf("And");}

           | TOKEN\_OR { $$ = 8 ; printf("Or");}

           ;

EXPRESSION : VALUE { $$ = $1;}

           | OPERATION { $$ = $1; }

           | STATEMENT\_NEW { $$ = $1; }

           ;

STATEMENT\_NEW : TOKEN\_NEW VARIABLE\_TYPE TOKEN\_SEMICOLON { printf("New Statement\n"); }

              | TOKEN\_NEW IDENTIFIER TOKEN\_LPAREN TOKEN\_RPAREN TOKEN\_SEMICOLON { printf("New Statement\n");

                  if (!isupper($2[0])) {

                       printf("Error: Class identifier must start with an uppercase letter.");

                       YYABORT;

                   } }

              ;

VALUE : NUMBER {$$ = $1; printf("Assigned int Value: %d\n", $$); }

      | TOKEN\_LPAREN OPERATION TOKEN\_RPAREN { $$ = $2;}

      | BOOLEAN {$$= $1;}

      | DOUBLE\_NUMBER {$$ =$1; printf("Assigned double Value: %f\n", $1);}

      | CHARACTER {$$= $1; printf("Char value: %c\n",$1);}

      | STRING\_LITERAL { $$ = STRING\_LITERAL; printf("Assigned String Value: %s\n", $1); }

      | IDENTIFIER { }

      ;

OPERATION : ADDITION { $$ = $1; }

          | MULTIPLICATION { $$ = $1;  }

          | SUBTRACTION { $$ = $1; }

          | DIVISION { $$ = $1; }

          ;

ADDITION: VALUE TOKEN\_PLUS VALUE { $$ = $1 + $3; printf("Addition: %d\n", $$); }

        ;

MULTIPLICATION : VALUE TOKEN\_MULT VALUE { $$ = $1 \* $3; printf("Multiplication: %d\n", $$); }

SUBTRACTION : VALUE TOKEN\_MINUS VALUE { $$ = $1 - $3; printf("Subtraction: %d\n", $$); }

DIVISION:

    VALUE TOKEN\_DIV VALUE {

        if ($3 == 0) {

            yyerror("Error: Division by zero");

            YYABORT;

        } else {

            $$ = $1 / $3;

            printf("Division: %d\n", $$);

        }

    }

  ;

%%

/\* CODE \*/

int yydebug=0;

/\* Add variable to the symbol table \*/

void add\_variable(char\* name) {

    Variable\* new\_var = (Variable\*)malloc(sizeof(Variable));

    new\_var->name = strdup(name);

    new\_var->next = var\_table;

    var\_table = new\_var;

}

/\* Check if a variable is already declared \*/

int check\_variable(char\* name) {

    Variable\* temp = var\_table;

    while (temp) {

        if (strcmp(temp->name, name) == 0) return 1;

        temp = temp->next;

    }

    return 0; // Not declared

}

/\* Add method to the symbol table \*/

void add\_method(char\* name) {

    Method\* new\_method = (Method\*)malloc(sizeof(Method));

    new\_method->name = strdup(name);

    new\_method->next = method\_table;

    method\_table = new\_method;

}

/\* Check if a method is already declared \*/

int check\_method(char\* name) {

    Method\* temp = method\_table;

    while (temp) {

        if (strcmp(temp->name, name) == 0) return 1;

        temp = temp->next;

    }

    return 0; // Not declared

}

void yyerror( char \*s) {

    fprintf(stderr, "%s at line %d\n", s, yylineno);

    exit(1);

}

int main(int argc, char \*\*argv) {

    if (argc > 1) {

        FILE \*file = fopen(argv[1], "r");

        if (!file) {

            perror("Could not open file");

            return 1;

        }

        yyin = file;

    }

    yyparse();

    return 0;}

**Screenshots παραδειγμάτων εφαρμογής.**

Αρχικά εκτελουμε στο terminal τις εντολές:

flex flex\_Program.l

**A black background with yellow and green text

Description automatically generated**

και bison bison\_Program.y

**A black background with yellow and green text

Description automatically generated**

Μετά κάνουμε compile τα δύο αρχεία εκτελώντας την εντολή:

gcc bison\_Program.tab.c lex.yy.c -o myParser.exe -lfl**A black background with yellow and green text

Description automatically generated**

και τρέχουμε το αρχείο εισόδου (input\_file.txt) με την εντολή:

./myParser intput\_file.txt

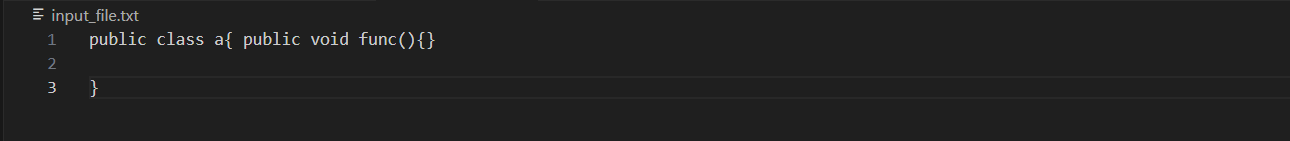
**A black background with yellow and green text

Description automatically generated**

**ΕΡΩΤΗΜΑ 1**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

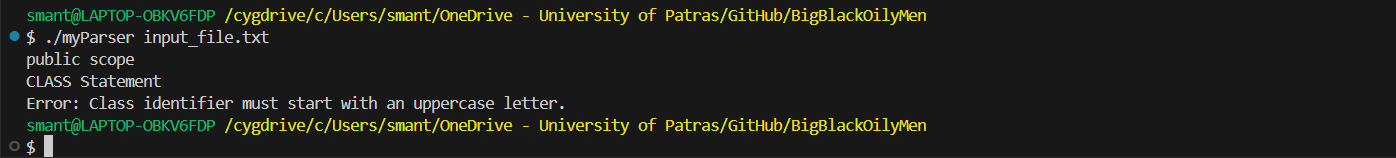
Το αρχέιο εισόδου περίεχει τον ψευδοκώδικα:



και με την εκτέλεση της εντολής:

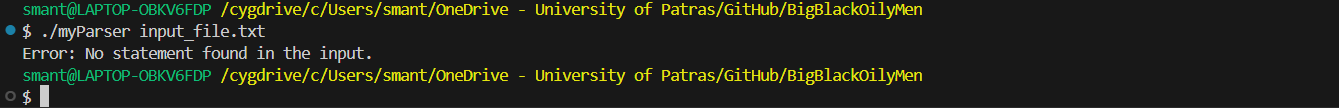
./myParser intput\_file.txt

Το terminal εκτυπώνει :



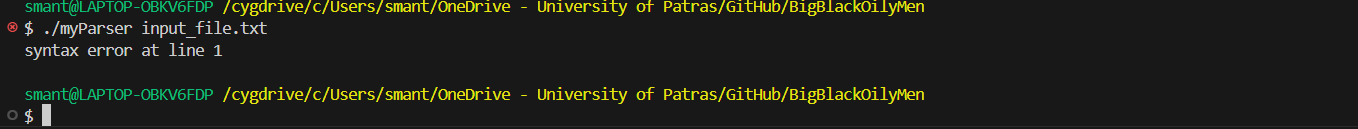
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Όταν το αρχείο εισόδου είναι κένο, το terminal εκτυπώνει:



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

Όταν το αρχείο εισόδου περιέχει ψευδοκώδικα που δεν αντιστοιχεί σε κανόνα του BNF τότε το terminal εκτυπώνει:

****

**ΕΡΩΤΗΜΑ 2**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Το αρχέιο εισόδου περίεχει τον ψευδοκώδικα:

A black background with a black line

Description automatically generated

Το terminal εκτυπώνει :

A black screen with yellow text

Description automatically generated

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Το αρχέιο εισόδου περίεχει τον ψευδοκώδικα:

A screen shot of a computer

Description automatically generated

Το terminal εκτυπώνει :

A screen shot of a computer

Description automatically generated

Η επικαιροποιημένη BNF για την υλοποίηση του ερωτήματος 2 περιέχει το παρακάτω κομμάτι κώδικα:

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

**ΕΡΩΤΗΜΑ 3**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Το αρχέιο εισόδου περίεχει τον ψευδοκώδικα:

A black rectangular object with a black line

Description automatically generated

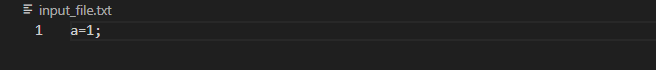
Το terminal εκτυπώνει:

A black screen with yellow text

Description automatically generated

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Το αρχέιο εισόδου περίεχει τον ψευδοκώδικα:



Το terminal εκτυπώνει: A black screen with yellow text

Description automatically generated

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

Το αρχέιο εισόδου περίεχει τον ψευδοκώδικα:

A screen shot of a computer

Description automatically generated

Το terminal εκτυπώνει:

A screen shot of a computer

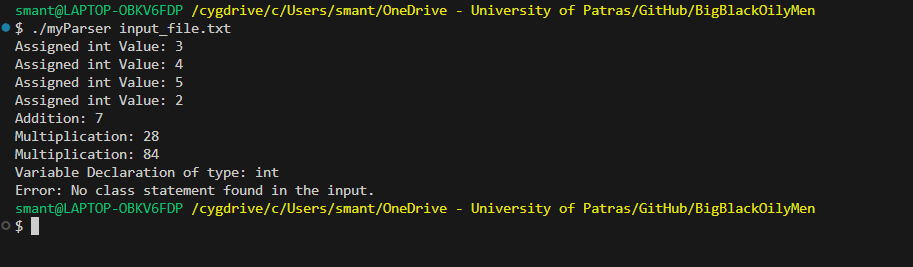
Description automatically generated

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4

Το αρχέιο εισόδου περίεχει τον ψευδοκώδικα:

A black screen with white text

Description automatically generated



**ΣΧΟΛΙΑ**

Για την ανάπτυξη της εργασίας ξεκινήσαμε από την αρχική μορφή της BNF γραμματικής και σταδιακά την τροποποιήσαμε ώστε να μπορεί σε συνδυασμό με το αρχείο flex να υλοποιεί τα ζητούμενα.

Για το Ερώτημα 1, συγκεκριμένα το error handling, χρησιμοποιούμε το yyerror και άλλα print messages για να αντιμετωπίζουμε syntax errors, σωστή μορφή class identifier, error για κενό αρχείο εισόδου, error για απουσία δήλωσης class στο εκτελέσιμο αρχείο και πολλά άλλα διαφορετικά errors.

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε ήταν η αναφορά στη σωστή γραμμή σε περίπτωση που λείπει το τελευταίο token πριν την ολοκλήρωση αριστερού μέλους του κανόνα. Μετά από αρκετή προσπάθεια δεν βρήκαμε κάποιο τρόπο λύσης, αλλά κατανοήσαμε το λόγο που προκαλείται αυτό το πρόβλημα. Ο Parser λειτουργεί σαν stack στο οποίο κάνουμε shift tokens, και όταν αναγνωρίζεται ένα δεξιό μέλος ενός κανόνα, κάνουμε reduce. Ουσιαστικά όταν λείπει το τελευταίο token στον κανόνα, ο Parser συνεχίζει στις επόμενες γραμμές μέχρι να βρει ένα token. Αν βρει token αλλά δεν είναι εκείνο για την ολοκλήρωση του κανόνα, σταματάει εκεί και αναφέρει το syntax error αλλά στη γραμμή “yylineno” που βρήκε το επόμενο token. Επιπλέον, οι εντολές συνθήκης και εντολές loop μόνο αναγνωρίζονται από τον Parser ως κανόνες και δεν υλοποιούν τις λειτουργίες που έχει μια εντολή Loop και συνθήκης.

Στο Ερώτημα 2 τροποποιήσαμε τον κανόνα “VARIABLE\_DECLARATION” για να μπορεί να διαχειρίζεται δηλώσεις πολλών μεταβλητών καθώς και δηλώσεις με ανάθεση τιμής.

Στο Ερώτημα 3 προσθέσαμε Symbol Table για τον έλεγχο και την αποθήκευση μεταβλητών και μεθόδων. Σε συνδυασμό με τις βοηθητικές μεθόδους που έχουν οριστεί στην αρχή του bison αρχείου, σε κάθε δήλωση μεταβλητής και μεθόδου γίνεται έλεγχος αν υπάρχει ήδη, αν δεν υπάρχει τότε προστίθεται στην αντίστοιχη συνδεδεμένη λίστα.

Το β ερώτημα το προσπαθήσαμε αλλά δεν καταφέραμε να ενσωματώσουμε τις αλλαγές για scope handling στην τελική έκδοση του αρχείου Bison διότι δημιουργήθηκαν αρκετά προβλήματα και errors.

Στο γ ερώτημα καταφέραμε να υλοποιήσουμε την εκτέλεση αριθμητικών πράξεων καθώς και την ανάθεση αριθμητικού αποτελέσματος πράξης σε μεταβλητή. Δεν καταφέραμε ωστόσο να αποθηκεύσουμε τιμές σε μεταβλητές οι οποίες να μπορούν μετά να χρησιμοποιούνται από το υπόλοιπο πρόγραμμα καθώς και να αλλάξουν. Επιπλέον, ένα άλλο πρόβλημα που δεν προλάβαμε να επιλύσουμε είναι ο έλεγχος τύπου δεδομένων με την έκφραση την οποία αναθέτουμε σε μεταβλητή. Δεν διαμορφώσαμε error handling, δηλαδή, για την αντιμετώπιση διαφορετικού variable type και διαφορετικού value.