МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ И. С. ТУРГЕНЕВА»

Кафедра программной инженерии

**ОТЧЕТ**

по лабораторным работам

по дисциплине: «Проектная деятельность»

Выполнили: Евдокимов Н.А., Панин М.С.

Институт приборостроения, автоматизации и информационных технологий

Направление: 09.03.04 «Программная инженерия»

Группа: 71-ПГ

Проверили: Конюхова О.В., Гордиенко А.П.

Отметка о зачете:

Дата: «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г.

Орёл, 2019

# 1 Структура компилятора

**Компилятор** — это программа, которая считывает текст программы, написанной на одном языке — исходном, и транслирует его в эквивалентный текст на другом языке — целевом.

Компиляция происходит в два этапа: анализ и синтез.

Анализ разбивает исходную программу на составные части и накладывает на них грамматическую структуру. Затем он использует это структуру для создания промежуточного представления исходной программы. Если анализ обнаруживает, что исходная программа неверно составлена, он должен выдать сообщение об этом. Анализ также собирает информацию об исходной программе и сохраняет ее в структуре данных, именуемой таблицей символов, которая передается вместе с промежуточным представлением синтезу.

Синтез строит требуемую целевую программу на основе промежуточного представления и информации из таблицы символов.

Компиляция представляет собой последовательность фаз, каждая из которых переводит одно из представлений программы в другое. Таблица символов, используется всеми фазами компилятора.

Некоторые компиляторы содержат фазу оптимизации. Ее назначение — преобразовать промежуточное представление так, чтобы синтез мог получить более качественную целевую программу по сравнению с той, которая может быть получена из неоптимизированного промежуточного представления. Оптимизация является необязательной фазой и может отсутствовать.

Фазы компилятора представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 — фазы компиляции

**Задание на лабораторную работу:** научиться использовать лексический анализатор lex.

В ходе лабораторной работы было написано следующее описание, подаваемое на вход вариации программы lex — flex.

%{

#include <stdio.h>

%}

D [0-9]

L [a-zA-Z]

ID {L}({D}|{L})\*

SPACE " "

ASSINGMENT {SPACE}\*{ID}{SPACE}\*:={SPACE}\*({ID}|{D}){SPACE}\*

%%

{ID} { printf("ID"); }

{ASSINGMENT} { printf("ASSINGMENT"); }

%%

int main(void) {

yylex();

return 0;

}

В данном описании приведены определения для целых чисел, строк, идентификаторов и операции присвоения. Для того, чтобы передать это описание flex необходимо сохранить его в файл с расширением .l (например example.l) и выполнить следующую команду.

flex example.l

После выполнения данной команды будет сгенерирован файл lex.yy.c, который необходимо скомпилировать любым компилятором языка C. При компиляции необходимо слинковать код с библиотекой fl. Для выполнения этих задач необходимо выполнить следующую команду.

gcc lex.yy.c -lfl -o out

Результатом выполнения вышеописанной команды будет исполняемый файл out, осуществляющий лексический анализ подаваемого ему на вход текста в соответствии с заданными ранее правилами. Для его использования достаточно выполнить следующую команду (в файле src.c хранится подвергаемый анализу текст).

cat src.c | ./out

# 2 Распознавание лексем

**Лексема** — это последовательность машинных символов исходного кода программы, имеющие определенное совокупное значение.

Распознание лексем осуществляется путем использования лексического анализа, выполняемого лексическим анализатором. Лексический анализатор читает поток символов, составляющих исходную программу, и группирует эти символы в значащие последовательности — лексемы.

Для каждой лексемы анализатор строит выходной токен, представляющий собой пару: имя токена, значение атрибута. Имя токена — это абстрактный символ, использующийся во время синтаксического анализа, а значение атрибута указывает на запись в таблице символов, соответствующую этому токену.

**Задание на лабораторную работу:** пределить введенную лексику на принадлежность классам: целое число, число с плавающей запятой, идентификатор.

Для выполнения лабораторной работы была написана программа, читающая последовательность токенов и определяющая тип каждого токена путем использования регулярных выражений. Код программы представлен ниже.

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <regex>

#include <map>

using namespace std;

enum TYPES {

ID, CONST\_INT, CONST\_FLOAT, ERROR

};

map<TYPES, string> typeToString = {

{ID, "ID"},

{CONST\_INT, "CONST\_INT"},

{CONST\_FLOAT, "CONST\_FLOAT"},

{ERROR, "ERROR"}

};

ifstream inStream;

string yytext;

TYPES currentType;

bool isId(const string& token) {

bool isId = true;

regex pattern(R"([a-zA-Z](\d|[a-zA-Z])\*)");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isId = false;

}

return isId;

}

bool isConstInt(const string& token) {

bool isConstInt = true;

regex pattern(R"(-?\d+)");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isConstInt = false;

}

return isConstInt;

}

bool isConstFloat(const string& token) {

bool isConstFloat = true;

regex pattern(R"((-?\d+(\.\d+)?e[-+]\d+)|(-?\d+\.\d+))");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isConstFloat = false;

}

return isConstFloat;

}

void yylex() {

if (inStream.eof()) {

cout << "Reached end of file!" << endl;

return;

}

string token;

inStream >> token;

string s = " s = asd";

if (token.length() == 1 && token[0] == '\n') {

return;

}

if (isId(token)) {

yytext = token;

currentType = ID;

} else if (isConstInt(token)) {

yytext = token;

currentType = CONST\_INT;

} else if (isConstFloat(token)) {

yytext = token;

currentType = CONST\_FLOAT;

} else {

yytext = token;

currentType = ERROR;

}

}

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

if (argc <= 1) {

cout << "Usage: ./lab2 <file\_to\_parse>";

exit(0);

}

try {

inStream.open(argv[1]);

} catch(const ifstream::failure& e) {

cout << "Can't open file: " << argv[1];

exit(0);

}

yylex();

cout << typeToString[currentType] << ':' << yytext;

switch (currentType) {

case CONST\_INT: {

int i = stoi(yytext);

break;

}

case CONST\_FLOAT: {

float i = stof(yytext);

break;

}

default: {

string i = yytext;

}

}

return 0;

}

# 3 построение списка токенов

Список — это абстрактный тип данных, представляющий собой упорядоченный набор значений, в котором некоторое значение может встречаться более одного раза.

Список определяется в связной памяти и предоставляет последовательный доступ к своим элементам, что исключает возможность прямого доступа, как при использовании массивов. В случае односвязного списка элементом списка является запись, содержащая сами данные и указатель на следующий элемент.

**Задание на лабораторную работу:** на основе предыдущей лабораторной работы написать программу, формирующую список токенов.

Для выполнения лабораторной работы была реализована такая структура данных, как односвязный список. Его исходный код содержится в файле LinkedList.h и приведен ниже. Реализация содержит методы для добавления, доступа и удаления элементов.

template <class T>

class LinkedList {

struct ITEM {

T\* data;

ITEM\* next = nullptr;

} item;

ITEM\* root = nullptr;

long length = 0;

public:

void addItem(T\* newItem) {

if (root == nullptr) {

root = new ITEM();

root->data = newItem;

length++;

return;

}

ITEM\* currentItem = root;

while (currentItem->next != nullptr) {

currentItem = currentItem->next;

}

currentItem->next = new ITEM();

currentItem = currentItem->next;

currentItem->data = newItem;

length++;

}

T\* getItem(int index) {

if (index + 1 > length || index < 0) {

return nullptr;

}

ITEM\* currentItem = root;

for (int i = 0; i < index; i++) {

currentItem = currentItem->next;

}

return currentItem->data;

}

void deleteItem(int index) {

if (index + 1 > length || index < 0) {

return;

}

ITEM\* currentItem = root;

for (int i = 0; i < index - 1; i++) {

currentItem = currentItem->next;

}

ITEM\* temp = currentItem->next;

currentItem->next = currentItem->next->next;

delete temp->data;

delete temp;

length--;

}

};

Помимо односвязного списка были реализованы следующие структуры (реализация каждой из них приведена в файле structs.h).

enum TYPES {

ID, CONST\_INT, CONST\_FLOAT, ERROR

};

enum SYMBOL\_CLASS {

NUMBER, OPERATION, BRACKET

};

union SYMBOL\_VALUE {

char special\_char;

float num;

};

struct TOKEN {

SYMBOL\_CLASS type;

SYMBOL\_VALUE sym;

};

Далее приведен исходный код программы, реализующей построение списка токенов.

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <regex>

#include <map>

#include "structs.h"

#include "LinkedList.h"

using namespace std;

map<SYMBOL\_CLASS, string> typeToString = {

{NUMBER, "NUMBER"},

{OPERATION, "OPERATION"},

{BRACKET, "BRACKET"}

};

ifstream inStream;

LinkedList<TOKEN> list;

bool isConstInt(const string& token) {

bool isConstInt = true;

regex pattern(R"(-?\d+)");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isConstInt = false;

}

return isConstInt;

}

bool isOperation(const string &token) {

bool isOperation = true;

regex pattern(R"([+-/\*])");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isOperation = false;

}

return isOperation;

}

bool isBracket(const string &token) {

return token.length() == 1 && (token[0] == '(' || token[0] == ')');

}

bool isConstFloat(const string& token) {

bool isConstFloat = true;

regex pattern(R"((-?\d+(\.\d+)?e[-+]\d+)|(-?\d+\.\d+))");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isConstFloat = false;

}

return isConstFloat;

}

void yylex() {

if (inStream.eof()) {

cout << "Reached end of file!" << endl;

return;

}

string tokenStr;

inStream >> tokenStr;

if (tokenStr.length() == 1 && tokenStr[0] == '\n') {

return;

}

TOKEN\* token = new TOKEN();

if (isConstFloat(tokenStr) || isConstInt(tokenStr)) {

token->type = SYMBOL\_CLASS::NUMBER;

token->sym.num = stof(tokenStr);

} else if (isOperation(tokenStr)) {

token->type = SYMBOL\_CLASS::OPERATION;

token->sym.special\_char = tokenStr[0];

} else if (isBracket(tokenStr)) {

token->type = SYMBOL\_CLASS::BRACKET;

token->sym.special\_char = tokenStr[0];

}

list.addItem(token);

}

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

if (argc <= 1) {

cout << "Usage: ./lab2 <file\_to\_parse>";

exit(0);

}

try {

inStream.open(argv[1]);

} catch(const ifstream::failure& e) {

cout << "Can't open file: " << argv[1];

exit(0);

}

{

int i = 0;

while (!inStream.eof()) {

yylex();

TOKEN\* token = list.getItem(i);

cout << typeToString[token->type] << ':';

if (token->type == NUMBER) {

cout << token->sym.num << endl;

} else {

cout << token->sym.special\_char << endl;

}

i++;

}

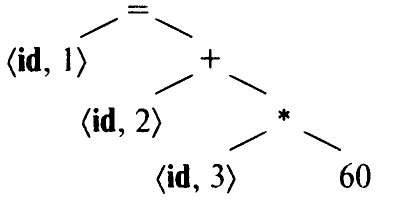
}

return 0;

}

# 4 разбор выражений

Разбор выражений выполняется в фазе синтаксического анализа. Анализатор использует первые компоненты токенов, полученных при лексическом анализе, для создания древовидного промежуточного представления, которое описывает грамматическую структуру потока токенов. Как правило, для выполнения такой задачи используется синтаксическое дерево, в котором каждый узел представляет собой операцию, а дочерние узлы — аргументы этой операции. Пример синтаксического дерева изображен на рисунке 2.

Рисунок 2 — Пример синтаксического дерева

**Задание на лабораторную работу:** сформировать дерево выражения и вывести его.

Для выполнения данной лабораторной работы был реализован класс AstBuilder, осуществляющий формирование дерева выражения. Данная операция выполняется в два этапа: перевод выражения в обратную польскую нотацию и построение дерева на основе результата предыдущего преобразования.

Исходный код AstBuilder представлен ниже.

#include "AstBuilder.h"

#include <stack>

#include <stdexcept>

AstBuilder::AstBuilder() {

classToPriority[OPERATION\_ADD] = 1;

classToPriority[OPERATION\_SUB] = 1;

classToPriority[OPERATION\_MUL] = 2;

classToPriority[OPERATION\_DIV] = 2;

classToPriority[OPEN\_BRACKET] = 0;

}

vector<TOKEN> AstBuilder::buildRpn(vector<TOKEN> &expression) {

// TOKEN currentToken;

vector<TOKEN> result;

stack<TOKEN> st;

for (TOKEN currentToken : expression) {

switch (currentToken.type) {

case SYMBOL\_CLASS::NUMBER: {

result.push\_back(currentToken);

break;

}

case OPEN\_BRACKET: {

st.push(currentToken);

break;

}

case CLOSE\_BRACKET: {

while (st.top().type != OPEN\_BRACKET) {

result.push\_back(st.top());

st.pop();

if (st.empty()) {

throw out\_of\_range("Invalid expression");

}

}

st.pop();

break;

}

default: {

while (!st.empty() && (classToPriority[currentToken.type] <= classToPriority[st.top().type])) {

result.push\_back(st.top());

st.pop();

}

st.push(currentToken);

}

}

}

while (!st.empty()) {

result.push\_back(st.top());

st.pop();

}

return result;

}

AstNode\* AstBuilder::getLastLeftFree(AstNode \*root) {

AstNode\* result = root;

AstNode\* currentNode = root;

while (true) {

if (currentNode->left == nullptr) {

result = currentNode;

}

if (currentNode->right != nullptr && currentNode->right->token.type != SYMBOL\_CLASS::NUMBER) {

currentNode = currentNode->right;

}

else {

break;

}

}

return result;

}

AstNode\* AstBuilder::buildAstTree(vector<TOKEN> expression) {

vector<TOKEN> rpn = buildRpn(expression);

stack<AstNode\*> stOperations;

AstNode\* root = new AstNode();

root->token = rpn.back();

AstNode\* prevNode = root;

for (long long i = rpn.size() - 2; i >= 0; i--) {

AstNode\* currentNode = new AstNode();

currentNode->token = rpn[i];

while (prevNode->left != nullptr && prevNode->right != nullptr) {

prevNode = stOperations.top();

stOperations.pop();

}

if (prevNode->right == nullptr) {

prevNode->right = currentNode;

}

else {

prevNode->left = currentNode;

}

if (rpn[i].type != SYMBOL\_CLASS::NUMBER) {

stOperations.push(prevNode);

prevNode = currentNode;

}

}

return root;

}

Для вывода дерева была реализована процедура print\_tree, принимающая на вход корень дерева и уровень. Второй аргумент используется для вывода нужного количества отступов. Данная процедура имеет рекурсивную природу. Ее исходный код приведен далее.

void print\_Tree(AstNode\* p, int level) {

if (p) {

if (p->right) print\_Tree(p->right, level + 4);

if (level) {

cout << setw(level) << ' ';

}

if (p->token.type == SYMBOL\_CLASS::NUMBER) {

cout << p->token.sym.num << "\n";

} else {

cout << p->token.sym.special\_char << "\n";

}

if (p->left) print\_Tree(p->left, level + 4);

}

}

Ниже приведен исходный код программы, осуществляющей построение дерева выражения.

1. #include <iostream>

#include <fstream>

#include <regex>

#include <map>

#include<iomanip>

#include "structs.h"

#include "LinkedList.h"

#include "AstBuilder.h"

using namespace std;

map<SYMBOL\_CLASS, string> typeToString = {

{NUMBER, "NUMBER"},

{OPERATION\_ADD, "OPERATION\_ADD"},

{OPERATION\_DIV, "OPERATION\_DIV"},

{OPERATION\_MUL, "OPERATION\_MUL"},

{OPERATION\_SUB, "OPERATION\_SUB"},

{CLOSE\_BRACKET, "CLOSE\_BRACKET"},

{OPEN\_BRACKET, "OPEN\_BRACKET"}

};

ifstream inStream;

LinkedList<TOKEN> list;

bool isConstInt(const string& token) {

bool isConstInt = true;

regex pattern(R"(-?\d+)");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isConstInt = false;

}

return isConstInt;

}

bool isOperation(const string &token) {

bool isOperation = true;

regex pattern(R"([+-/\*])");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isOperation = false;

}

return isOperation;

}

bool isBracket(const string &token) {

return token.length() == 1 && (token[0] == '(' || token[0] == ')');

}

bool isConstFloat(const string& token) {

bool isConstFloat = true;

regex pattern(R"((-?\d+(\.\d+)?e[-+]\d+)|(-?\d+\.\d+))");

smatch match;

regex\_match(token, match, pattern);

if (match.length() <= 0) {

isConstFloat = false;

}

return isConstFloat;

}

void yylex() {

if (inStream.eof()) {

cout << "Reached end of file!" << endl;

return;

}

string tokenStr;

inStream >> tokenStr;

if (tokenStr.length() == 1 && tokenStr[0] == '\n') {

return;

}

TOKEN\* token = new TOKEN();

if (isConstFloat(tokenStr) || isConstInt(tokenStr)) {

token->type = SYMBOL\_CLASS::NUMBER;

token->sym.num = stof(tokenStr);

} else if (isOperation(tokenStr)) {

switch (tokenStr[0]) {

case '\*':

token->type = SYMBOL\_CLASS::OPERATION\_MUL;

break;

case '/':

token->type = SYMBOL\_CLASS::OPERATION\_DIV;

break;

case '+':

token->type = SYMBOL\_CLASS::OPERATION\_ADD;

break;

case '-':

token->type = SYMBOL\_CLASS::OPERATION\_SUB;

break;

}

token->sym.special\_char = tokenStr[0];

} else if (isBracket(tokenStr)) {

switch (tokenStr[0]) {

case '(':

token->type = SYMBOL\_CLASS::OPEN\_BRACKET;

break;

case ')':

token->type = SYMBOL\_CLASS::CLOSE\_BRACKET;

break;

}

token->sym.special\_char = tokenStr[0];

}

list.addItem(token);

}

void print\_Tree(AstNode\* p, int level) {

if (p) {

if (p->right) print\_Tree(p->right, level + 4);

if (level) {

cout << setw(level) << ' ';

}

if (p->token.type == SYMBOL\_CLASS::NUMBER) {

cout << p->token.sym.num << "\n";

} else {

cout << p->token.sym.special\_char << "\n";

}

if (p->left) print\_Tree(p->left, level + 4);

}

}

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

if (argc <= 1) {

cout << "Usage: ./lab2 <file\_to\_parse>";

exit(0);

}

try {

inStream.open(argv[1]);

} catch(const ifstream::failure& e) {

cout << "Can't open file: " << argv[1];

exit(0);

}

{

int i = 0;

while (!inStream.eof()) {

yylex();

TOKEN\* token = list.getItem(i);

i++;

}

vector<TOKEN> tokenVector;

for (unsigned long j = 0; j < list.size(); j++) {

tokenVector.push\_back(\*list.getItem(j));

}

AstBuilder builder = AstBuilder();

AstNode\* astRoot = builder.buildAstTree(tokenVector);

print\_Tree(astRoot, 0);

cout << endl << endl;

cout << "Calculation result: " << calculateTree(astRoot);

}

return 0;

}

# 5 вычисление арифметических выражений

Арифметическое выражение содержит только арифметические операторы и операнды. Как правило, выражения подлежащие вычислению представлены в виде древовидной структуры данных, у которой каждый узлы представляют операторы, а дочерние узлы — операнды.

**Задание на лабораторную работу:**  на основе предыдущей лабораторной работы написать программу, осуществляющую вычисление арифметического выражения на основе дерева выражения.

Для выполнения лабораторной работы была написана рекурсивная функция calculateTree, принимающая в качестве аргумента узел дерева. В качестве возвращаемого значения — результат вычислений. Весь остальной исходный код соответствует предыдущей лабораторной работе.

float calculateTree(AstNode\* root) {

float result = 0;

switch (root->token.type)

{

case OPERATION\_ADD:

result = calculateTree(root->left) + calculateTree(root->right);

break;

case OPERATION\_SUB:

result = calculateTree(root->left) - calculateTree(root->right);

break;

case OPERATION\_MUL:

result = calculateTree(root->left) \* calculateTree(root->right);

break;

case OPERATION\_DIV:

result = calculateTree(root->left) / calculateTree(root->right);

break;

case NUMBER:

result = root->token.sym.num;

break;

default:

break;

}

return result;

}

# 6 разбор команд языка паскаль

Процесс проверка правильности написанной программы относительно грамматики языка называет семантический анализ, его проводит семантический анализатор. Он использует синтаксическое дерево и информацию из таблицы символов для проверки исходной программы на семантическую согласованность с определением языка. В случае если исходный текст не соответствует предъявляемым требованиям, компиляция не может быть совершена.

**Задание на лабораторную работу:** написать семантический анализатор определяющий верность написанного кода на языке Паскаль.

Для выполнения лабораторной работы был введен перечислимый тип, содержащий названия рассматриваемых в рамках работы кострукций: WHILE, IF, ASSIGNMENT, ERROR, BLOCK. Исходный код данного перечисления представлен ниже.

enum GRAMMAR\_SYMBOL\_TYPE {

WHILE, IF, ASSIGNMENT, ERROR, BLOCK

};

Исходный код программы, проверяющей правильность исходного кода представлен ниже. Основная работа происходит в рекурсивной функции checkSyntax, принимающей список строк и возвращающей логический тип — правильно ли составлен код. Если функция находит сложную конструкцию, состоящую более, чем из одной строчки, она составляет подсписок, состоящий из операций данной конструкции, после чего происходит вызов этой же функции с составленным подсписком.