

Проектирования и реализация транслятора с языка КуМир в язык C++

Выпускная квалификационная работа
студента 421 группы Пронина А. А.

Саратовский государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского

Кафедра дискретной математики
и информационных технологий

Научный руководитель: доцент Синельников Е. А.

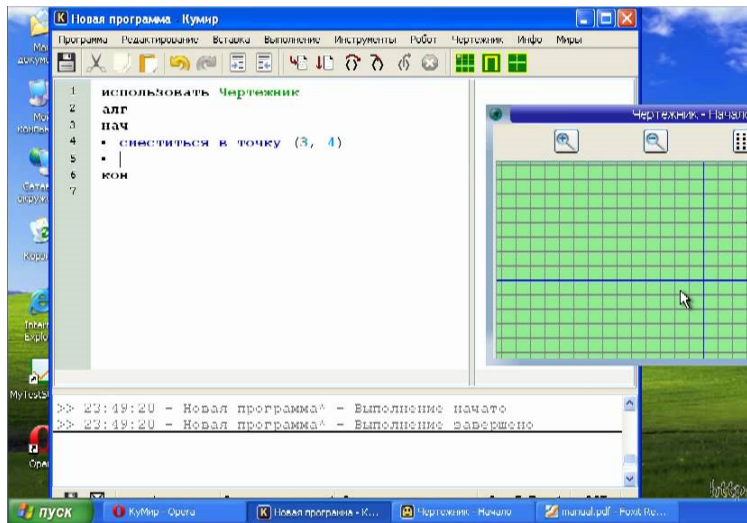
2022г.

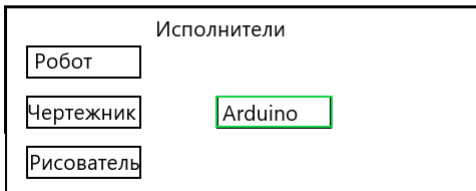
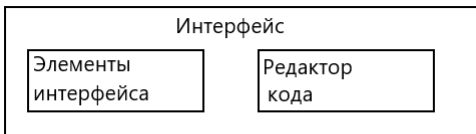
Цель — разработать транслятор со школьного алгоритмического языка программирования КуМир в язык программирования C++.

- ❶ снижение входного порога в области обучения робототехнике;
- ❷ применение навыков программирования в системе КуМир на практике;
- ❸ уменьшение затрат на приобретение программных и аппаратных средств разработки.

Опираясь на текущую кодовую базу среды программирования КуМир – проекта с открытым исходным кодом, требуется разработать дополнительный модуль трансляции оригинального языка КуМир в язык C++.

- Изучить:
 - существующие алгоритмы и методы трансляции;
 - базовый программный интерфейс платформы Arduino;
 - набор основных команд и архитектуру программ в среде программирования КуМир.
- проанализировать исходные коды системы программирования КуМир;
- разработать модуль для предоставления набора основных команд платформы Arduino;
- разработать транслятор с языка КуМир в язык C++.





```

алг
нач
. цел a = 10;
. нц пока a > 0
. . a := a - 1;
. кц
кон
    
```



```

void setup() {
  int a = 10;
  while (a > 0)
  {
    a--;
  }
}

void loop() {
    }
    
```



Основные этапы трансляции:

- существующие алгоритмы и методы трансляции;
- базовый программный интерфейс платформы Arduino;
- набор основных команд и архитектуру программ в среде программирования КуМир.

Основные этапы трансляции:

- модуль;
- выражение;
- утверждение;
- тип;
- переменная;
- алгоритм.

The screenshot shows the Qt Creator IDE interface. On the left, the 'Project' sidebar displays the file structure of the 'kumir2' project. The 'src' directory contains subdirectories 'actors' and 'app'. The 'app' directory contains 'kumir2-libs', which in turn contains 'dataformats'. The 'dataformats' directory lists several files, with 'ast_expression.h' highlighted. On the right, the editor displays the contents of 'ast_expression.h'. The code defines several typedefs for pointers to Expression, Statement, and Data structures. It also defines an enum 'ExpressionType' with values like ExprNone, ExprVariable, ExprConst, ExprArrayElement, ExprFunctionCall, and ExprSubexpression. Finally, it defines an enum 'ExpressionOperator' with values like OpNone, OpSumm, OpSubtract, OpMultiply, OpDivision, OpPower, OpNot, OpAnd, OpOr, OpEqual, and OpNotEqual.

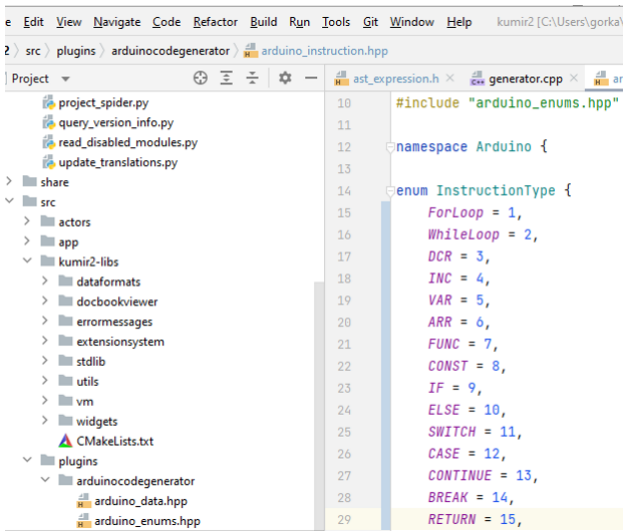
```
31 typedef QWeakPointer<struct Expression> ExpressionWPtr;  
32  
33 typedef QSharedPointer<struct Statement> StatementPtr;  
34  
35 typedef QSharedPointer<struct Data> DataPtr;  
36  
37 /** Type of expression structure */  
38 enum ExpressionType {  
39     /** Dummy expression, when it optional  
40     *(for example, "step" value in for-loop)  
41     */  
42     ExprNone,  
43     /** Variable */  
44     ExprVariable,  
45     /** Constant */  
46     ExprConst,  
47     /** Array of string element, or slice */  
48     ExprArrayElement,  
49     /** Function call */  
50     ExprFunctionCall,  
51     /** Subexpression */  
52     ExprSubexpression  
53 };  
54  
55 /** Operand delimiter for subexpressions */  
56 enum ExpressionOperator {  
57     OpNone,  
58     OpSumm,  
59     OpSubtract,  
60     OpMultiply,  
61     OpDivision,  
62     OpPower,  
63     OpNot,  
64     OpAnd,  
65     OpOr,  
66     OpEqual,  
67     OpNotEqual,
```

```
ИСПОЛНИТЕЛЬ: {  
    name: ИМЯ,  
    description: ДОКУМЕНТАЦИЯ, /* опционально */  
    methods: [ список описаний АЛГОРИТМ ],  
    gui: описание пользовательского интерфейса GUI /* опционально */  
}
```

Основные этапы трансляции:

- используемые технологии и библиотеки: Cmake, Python, Qt4 SDK, Zlib, Boost;
- объем строк программного кода > 1 млн;
- небольшое число комментариев, нечетко раскрывающих суть программного кода;
- использование старых версий библиотек, неподдерживаемых на данный момент;
- отсутствие документации к проекту.

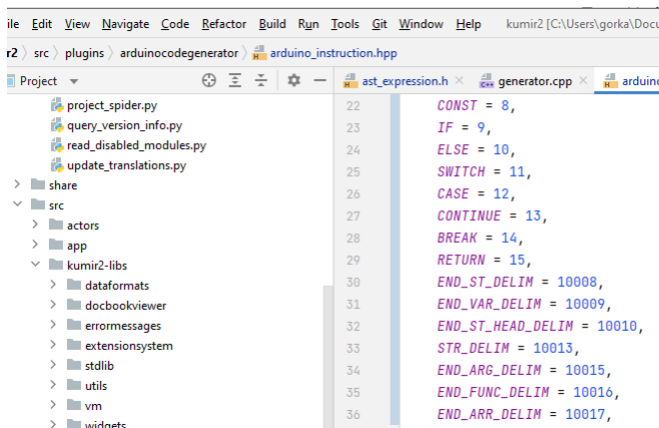
- управляющие команды;
- инструкции-разделители;
- инструкции-операции.



The screenshot shows an IDE window with the following components:

- Menu Bar:** e, Edit, View, Navigate, Code, Refactor, Build, Run, Tools, Git, Window, Help.
- Path Bar:** 2 > src > plugins > arduinocodegenerator > arduino_instruction.hpp
- Project Explorer (Left):**
 - project_spider.py
 - query_version_info.py
 - read_disabled_modules.py
 - update_translations.py
 - share
 - src
 - actors
 - app
 - kumir2-libs
 - dataformats
 - docbookviewer
 - errormessages
 - extensionsystem
 - stdlib
 - utils
 - vm
 - widgets
 - CMakeLists.txt
 - plugins
 - arduinocodegenerator
 - arduino_data.hpp
 - arduino_enums.hpp

- Editor (Right):** arduino_enums.hpp
- Line 10: `#include "arduino_enums.hpp"`
- Line 12: `namespace Arduino {`
- Line 14: `enum InstructionType {`
- Line 15: `ForLoop = 1,`
- Line 16: `WhileLoop = 2,`
- Line 17: `DCR = 3,`
- Line 18: `INC = 4,`
- Line 19: `VAR = 5,`
- Line 20: `ARR = 6,`
- Line 21: `FUNC = 7,`
- Line 22: `CONST = 8,`
- Line 23: `IF = 9,`
- Line 24: `ELSE = 10,`
- Line 25: `SWITCH = 11,`
- Line 26: `CASE = 12,`
- Line 27: `CONTINUE = 13,`
- Line 28: `BREAK = 14,`
- Line 29: `RETURN = 15,`



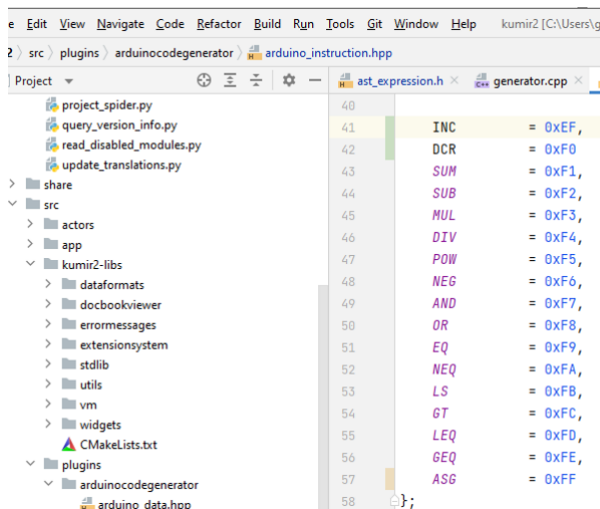
The screenshot shows an IDE window with the following components:

- Menu Bar:** File, Edit, View, Navigate, Code, Refactor, Build, Run, Tools, Git, Window, Help.
- Path Bar:** r2 > src > plugins > arduinocodegenerator > arduino_instruction.hpp
- Project Explorer:**
 - project_spider.py
 - query_version_info.py
 - read_disabled_modules.py
 - update_translations.py
 - share
 - src
 - actors
 - app
 - kumir2-libs
 - dataformats
 - docbookviewer
 - errormessages
 - extensionsystem
 - stdlib
 - utils
 - vm
 - widaets

- Code Editor:**
- Tab 1: ast_expression.h
- Tab 2: generator.cpp
- Tab 3: arduino_instruction.hpp (active)

The active file contains the following C++ code:

```
22  CONST = 8,  
23  IF = 9,  
24  ELSE = 10,  
25  SWITCH = 11,  
26  CASE = 12,  
27  CONTINUE = 13,  
28  BREAK = 14,  
29  RETURN = 15,  
30  END_ST_DELIM = 10008,  
31  END_VAR_DELIM = 10009,  
32  END_ST_HEAD_DELIM = 10010,  
33  STR_DELIM = 10013,  
34  END_ARG_DELIM = 10015,  
35  END_FUNC_DELIM = 10016,  
36  END_ARR_DELIM = 10017,
```



```
e Edit View Navigate Code Refactor Build Run Tools Git Window Help kumir2 [C:\Users\g  
2 > src > plugins > arduinocodegenerator > arduino_instruction.hpp  
Project  
project_spider.py  
query_version_info.py  
read_disabled_modules.py  
update_translations.py  
> share  
v src  
  > actors  
  > app  
  v kumir2-libs  
    > dataformats  
    > docbookviewer  
    > errormessages  
    > extensionsystem  
    > stdlib  
    > utils  
    > vm  
    > widgets  
    CMakeLists.txt  
  v plugins  
    v arduinocodegenerator  
      arduino_data.hpp  
40  
41 INC = 0xEF,  
42 DCR = 0xF0  
43 SUM = 0xF1,  
44 SUB = 0xF2,  
45 MUL = 0xF3,  
46 DIV = 0xF4,  
47 POW = 0xF5,  
48 NEG = 0xF6,  
49 AND = 0xF7,  
50 OR = 0xF8,  
51 EQ = 0xF9,  
52 NEQ = 0xFA,  
53 LS = 0xFB,  
54 GT = 0xFC,  
55 LEQ = 0xFD,  
56 GEQ = 0xFE,  
57 ASG = 0xFF  
58 };
```


- бесконечный цикл;
- цикл n раз;
- цикл со счетчиком;
- цикл с условием.

Программный код бесконечного цикла в исходном языке

18

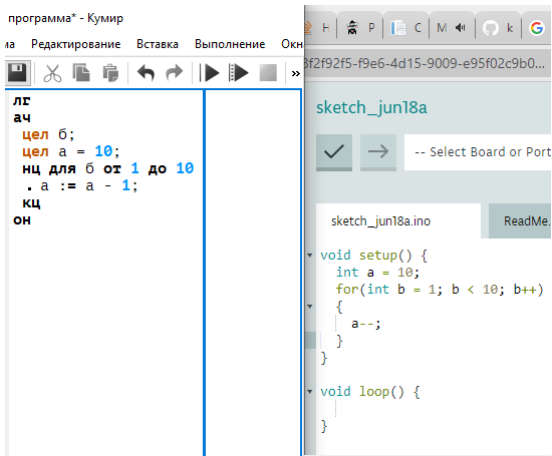
```
алг
нач
  . цел а = 10;
  . нц
  . . а := а - 1;
  . кц
кон
```

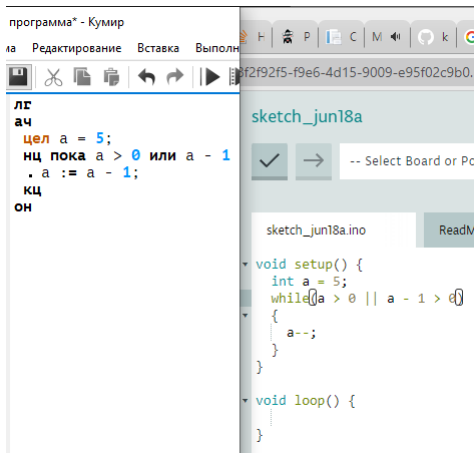
Результат трансляции исходного кода в язык низкоуровневой машины

19

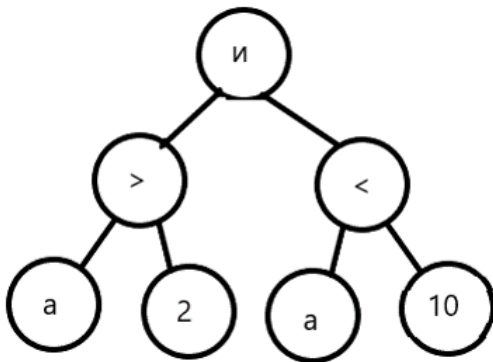
```
3:      line col 0-3
4:      line no 2
5:      line col 0-10
6:      init local 0          # a
7:      load constant 0       # 10
8:      store local 0         # a
9:      pop 0
10:     line no 3
11:     line col 0-2
12:     load constant 0x1     # да
13:     pop 0x5
14:     jz 25 5
15:     line no 4
16:     line col 0-9
17:     load local 0          # a
18:     load constant 0x2     # 1
19:     sub
20:     store local 0         # a
21:     pop 0
22:     loop
23:     line col 0-2
24:     jump 10
25:     line no 6
26:     line col 0-3
27:     return
```

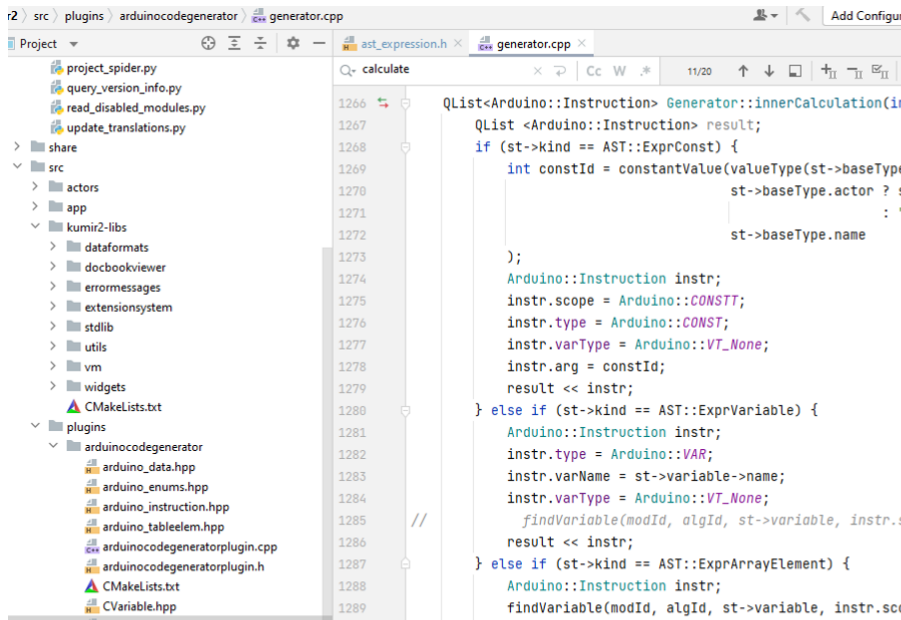
```
void setup() {  
    int a = 10;  
    while (true)  
    {  
        a--;  
    }  
}  
  
void loop() {  
    ...  
}
```



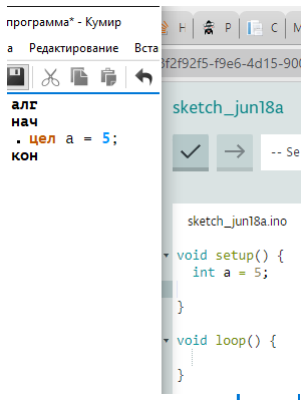


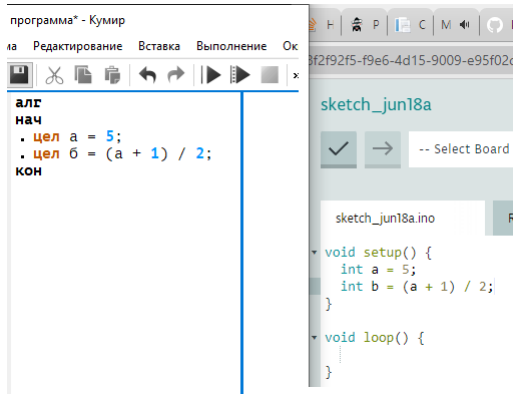
Подвыражение на исходном языке: $a > 2$ и $a < 10$





```
1266 QList<Arduino::Instruction> Generator::innerCalculation(in
1267
1268 QList<Arduino::Instruction> result;
1269 if (st->kind == AST::ExprConst) {
1270     int constId = constantValue(valueType(st->baseType
1271                                     st->baseType.actor ? :
1272                                     st->baseType.name
1273 );
1274 Arduino::Instruction instr;
1275 instr.scope = Arduino::CONSTT;
1276 instr.type = Arduino::CONST;
1277 instr.varType = Arduino::VT_None;
1278 instr.arg = constId;
1279 result << instr;
1280 } else if (st->kind == AST::ExprVariable) {
1281     Arduino::Instruction instr;
1282     instr.type = Arduino::VAR;
1283     instr.varName = st->variable->name;
1284     instr.varType = Arduino::VT_None;
1285     findVariable(modId, algId, st->variable, instr.s
1286     result << instr;
1287 } else if (st->kind == AST::ExprArrayElement) {
1288     Arduino::Instruction instr;
1289     findVariable(modId, algId, st->variable, instr.sc
```



- ❶ разработать самостоятельный клиент для программирования роботов;
- ❷ добавить возможность прошивки робота из клиента;
- ❸ добавить возможность выбора порта для прошивки;
- ❹ разработать настраиваемый алгоритм прошивки.

Список решенных задач:

- изучены существующие алгоритмы и методы трансляции;
- изучен набор основных команд платформы Arduino;
- исследован набор основных команд и архитектура программ в среде программирования КуМир;
- проанализированы и переработаны исходные коды языка программирования КуМир;
- разработан модуль для предоставления набора основных команд платформы Arduino;
- разработан транслятор с языка программирования Кумир в язык C++.



Сармантаева Л. С. Исследование технологий обучения программированию в школе // Проблемы и перспективы развития образования в России. 2012. №16. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-tehnologiy-obucheniya-programmirovaniyu-v-shkole> (дата обращения: 08.05.2022).



Челнокова Елена Александровна, Хижная Анна Владимировна, Казначеев Дмитрий Александрович РОБОТОТЕХНИКА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ ШКОЛЫ // Проблемы современного педагогического образования. 2019. №65-1. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/robototekhnika-v-obrazovatelnoy-praktike-shkoly> (дата обращения: 26.12.2021).



Сенюшкин Н.С. Изучение робототехники в школе - путь интеграции в инженерное образование // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2014. №10. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-robototekniki-v-shkole-put-integratsii-v-inzhenernoe-obrazovanie> (дата обращения: 26.12.2021).



Брянцева Р.Ф. Занимательная робототехника в современной школе // Наука и перспективы. 2018. №1. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zanimatelnaya-robototekhnika-v-sovremennoy-shkole> (дата обращения: 26.12.2021).






Образовательная робототехника: дайджест актуальных материалов / ГАОУ ДПО «Институт развития образования Свердловской области»; Библиотечно-информационный центр; сост. Т. Г. Попова. – Екатеринбург: ГАОУ ДПО СО «ИРО», 2015. – 70 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://cmitsuperlab.ru/assets/upload/files/19-dajdzhest-aktualnyix-materialov-poobrazovatelnoj-robototexnike.pdf> (дата обращения: 26.12.2021).



Статья о предназначении комплектов Arduino [Электронный ресурс] URL: <http://arduino.ru/> (дата обращения: 26.12.2021).



Официальный сайт КуМир [Электронный ресурс] URL: <https://www.niisi.ru/kumir/> (дата обращения: 26.12.2021).

-  Статья о КуМире на электронном образовательном портале Фоксфорд [Электронный ресурс] URL: <https://foxford.ru/wiki/informatika/sreda-programmirovaniya-kumir> (дата обращения: 26.12.2021).
-  Леонов А.Г., Кушниренко А.Г. Методика преподавания основ алгоритмизации на базе системы «КуМир». М.: «Первое сентября», 2009.
-  Кушниренко А.Г., Рогожкина И.Б., Леонов А.Г. // Большой московский семинар по методике раннего обучения информатике (ИТО-РОИ-2012): сб. докл. ПиктоМир: пропедевтика алгоритмического языка (опыт обучения программированию старших дошкольников). М.: Конгресс конференций ИТО-РОИ, 2012.



Леонов А. Г. Тенденции объектно-ориентированного программирования в разработке системы КуМир // Программные продукты и системы. 2012. №4. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-obektno-orientirovannogo-programmirovaniya-v-razrabotke-sistemy-kumir> (дата обращения: 03.01.2022).



Официальный сайт платформы Arduino [Электронный ресурс] URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> (дата обращения: 26.12.2021).



Серёгин М.С. Использование платформы arduino в образовательной деятельности // Инновационная наука. 2019. №6. [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-platformy-arduino-v-obrazovatelnoy-deyatelnosti> (дата обращения: 02.01.2022).



Сорокин Алексей Николаевич ОСОБЕННОСТИ
СОСТАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО
ИЗУЧЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ
УСТРОЙСТВ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO // БГЖ. 2019.
№4 (29). [Электронный ресурс]
<https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sostavleniya-laboratornyh-rabot-po-izucheniyu-elektricheskikh-programmirumykh-ustroystv-na-platforme-arduino> (дата обращения: 02.01.2022).



Let's Build A Simple Interpreter. Part 7: Abstract Syntax Trees
[Электронный ресурс] URL:
<https://ruslanspivak.com/lsbasi-part7/> (дата обращения:
26.12.2021).



Ахо А. Теория синтаксического анализа, перевода и
компиляции. Синтаксический анализ: Том 1 / Ахо А.,
Ульман Дж. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 613 с



Library of Congress Cataloging-in-Publication Data Slonneger, Kenneth. Formal syntax and semantics of programming languages: a laboratory based approach / Kenneth Slonneger, Barry L. Kurtz. p.cm. Includes bibliographical references and index. ISBN 0-201-65697-3 1.Programming languages (Electronic computers)–Syntax. 2.Programming languages (Electronic computers)–Semantics. I. Kurtz, Barry L. II. Title. QA76.7.S59 1995 005.13'1–dc20



Ахо, Альфред В., Лам, Моника С., Сети, Рави, Ульман, Джеффри Д. К63 Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий, 2-е изд. :Пер. с англ. - М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2008. — 1184 с. : ил. — Парал. тит. англ.



Репозиторий с исходным кодом среды исполнения КуМир [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/a-a-maly/kumir2> (дата обращения: 26.12.2021)



Система программирования Кумир 2.x А.Г.Кушниренко ,
М. А. Ройтберг , Д.В.Хачко, В. В. Яковлев [Электронный
ресурс]

URL:[http : //roytberg.lpm.org.ru/pdfs/kumir2x2015.pdf](http://roytberg.lpm.org.ru/pdfs/kumir2x2015.pdf)
(дата обращения: 26.12.2021)



LLVM API [Электронный ресурс] URL:

[https : //llvm.org/docs](https://llvm.org/docs) (дата обращения: 26.12.2021)

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!