苏州大学实验报告

院系	计算机学院	年级专业	21 计科	姓名	方浩楠	学号	2127405048
课程名称	编译原理课程实践					成绩	
指导教师	王中卿	同组实验者	无		实验日期	2023.12.18	

实 验 名 称 实验

一. 实验目的

目的概述
本实验旨在通过编程实现一个简易 Python 解释器，特别着重于类的解析及其内部成员（变量和函数）的语法制导翻译。通过这个实验，学生将深入理解面向对象编程中类的概念、类的内部结构以及类如何在编程语言中被解析和翻译的过程。

具体目标
理解类的结构：深入理解类的定义、类成员变量和方法的概念。
语法分析和词法分析：掌握如何使用词法分析器和语法分析器处理类定义及其成员。
语法制导翻译技术：学习并实现语法制导翻译技术，将类结构从源代码级转换为可执行代码。
编码实践：提高 Python 编程能力，特别是在处理复杂数据结构和算法方面。

二. 实验内容

实验环境和工具
编程语言：Python 3.9.6
主要工具：

```
Package    Version
---------- -------
pip        23.3.2
ply        3.11
setuptools 68.2.0
wheel      0.41.2
```

开发环境：任意支持 Python 的 IDE,本人使用的是 PyCharm Professional Edition 2023.3.1

类的解析

实现词法分析器（py_lex.py）以识别类定义的关键词和符号。
在语法分析器（py_yacc.py）中定义类的语法规则，如何解析类定义、类成员变量和方法。
类中变量的翻译

设计数据结构（在 node.py 中）来表示类中的变量。
在翻译阶段（translation.py），实现对类变量的处理逻辑，如变量声明、初始化和访问。
类中函数的翻译

扩展 node.py 中的数据结构以包含类中的函数定义。
在 translation.py 中实现对类中函数的翻译，包括函数调用、参数传递和作用域管理。
实验要点
确保词法分析器和语法分析器能够准确解析类定义及其成员。
关注类成员（变量和函数）的作用域和可见性。
考虑类的继承和多态性在翻译过程中的处理。

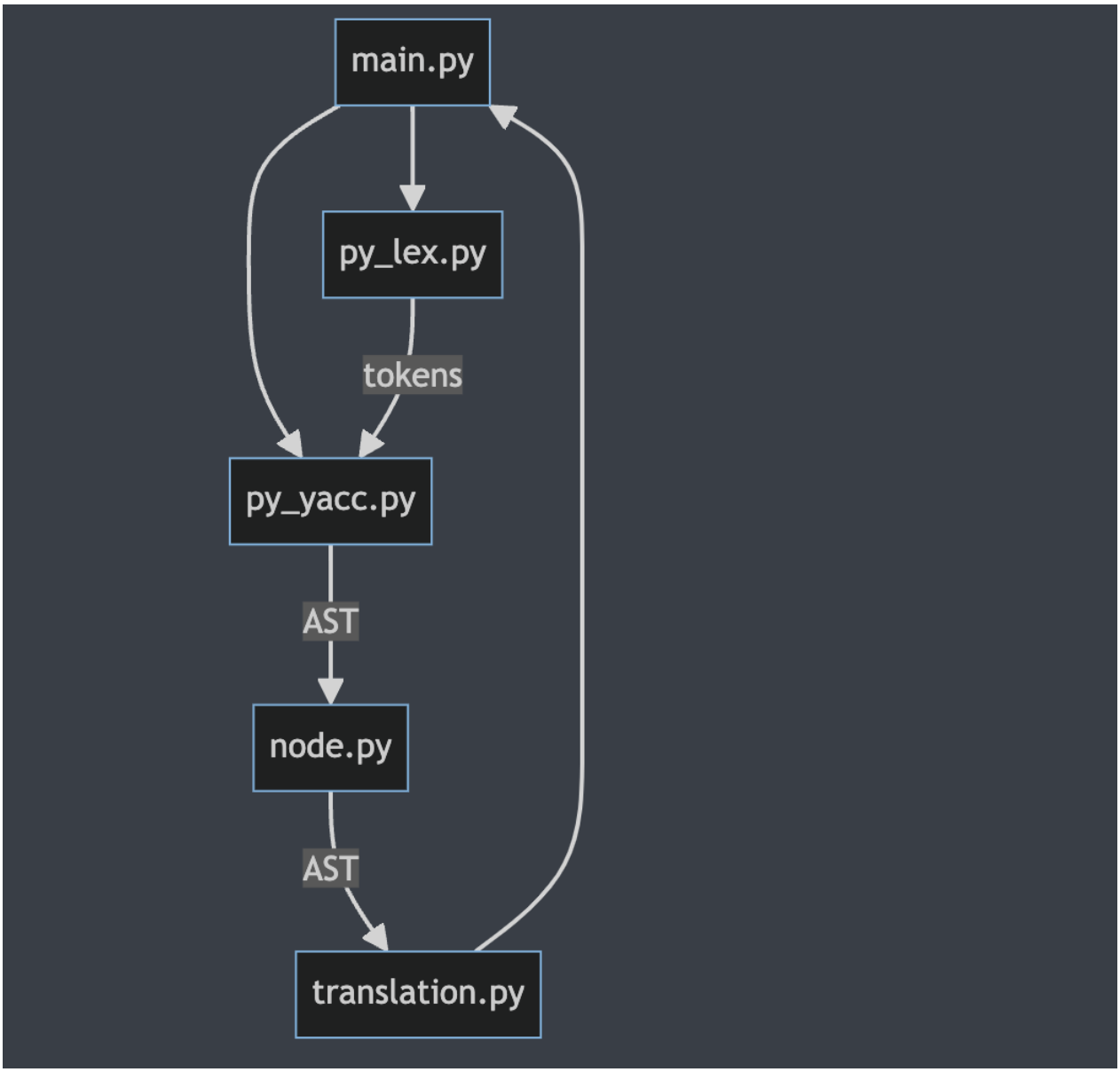
三. 实验步骤和结果

本次实验将之前的部分代码使用 typing 模块重写,同时加上了 Google 风格的 docstring 来增加代码的可读性

项目结构图:

```
基于 PLY 的 Python 解析(4)
├── python_parser
│   ├── main.py # 项目的入口文件。处理命令行参数，读取 Python 脚本文件
│   ├── node.py #  定义了用于构建抽象语法树（AST）的节点类
│   ├── parser.out
│   ├── parsetab.py
│   ├── py_lex.py # 定义了如何将 Python 代码拆分成一个个的词法单元（tokens）
│   ├── py_yacc.py # 定义了 Python 语言的语法规则
│   ├── stu.py # 示例 Python 脚本，用于测试解释器
│   └── translation.py #  负责将抽象语法树转换成可执行的代码
├── readme.md
└── requirements.txt
```

项目流程图



流程图分析:
流程图分析
main.py（主入口）

main.py 作为整个程序的入口点，它首先调用 py_lex.py 和 py_yacc.py。
它负责接收输入文件（Python 代码），并控制整个程序的流程。
py_lex.py（词法分析器）

py_lex.py 负责将输入的 Python 代码分解为词法单元（tokens），例如关键字、标识符、字面量等。
词法分析的结果（tokens）随后传递给 py_yacc.py。
py_yacc.py（语法分析器）

py_yacc.py 接收来自 py_lex.py 的 tokens，进行语法分析。
它根据定义的语法规则，将这些 tokens 组装成一个抽象语法树（AST）。

教务处制

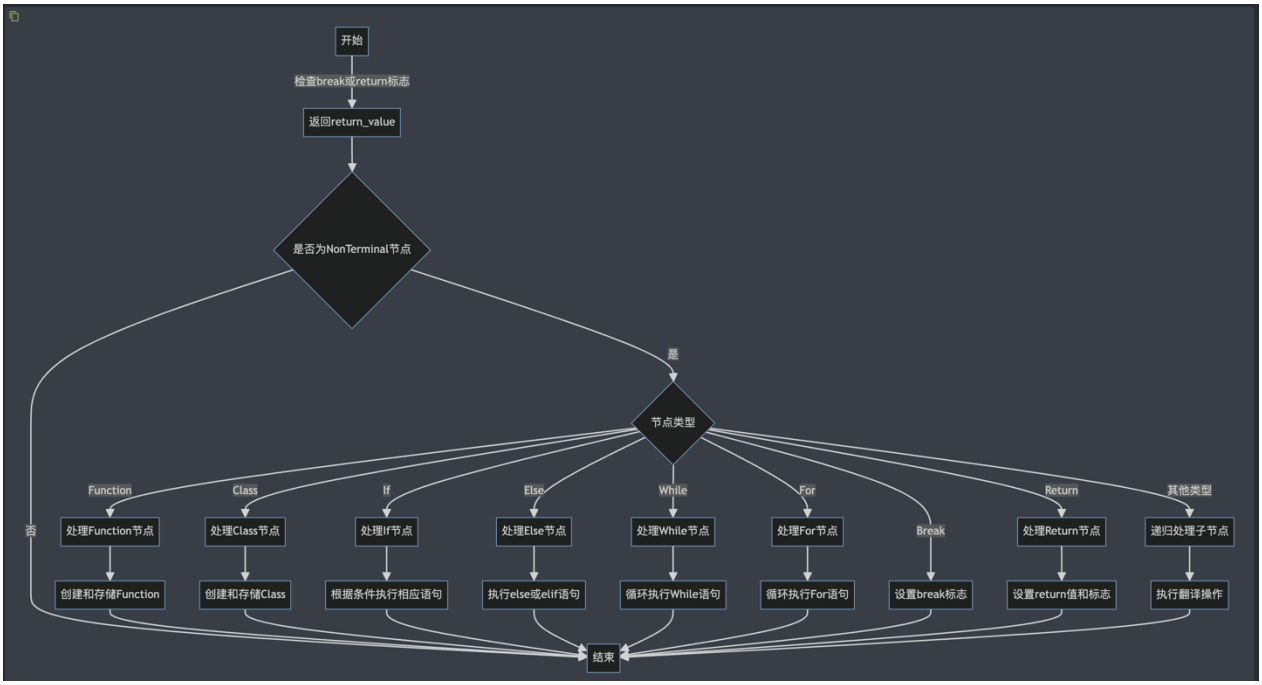
生成的 AST 随后传递给 node.py。
node.py（节点定义）

node.py 定义了 AST 的节点结构。
它接收来自 py_yacc.py 的 AST，并可能对其进行进一步的处理或补充，使其适用于翻译过程。
translation.py（语法制导翻译）

translation.py 接收从 node.py 来的 AST。
它负责将 AST 转换为可执行代码。这个过程涉及到遍历 AST 并执行相应的操作。
回到 main.py

完成翻译后，控制权回到 main.py，可能包括执行转换后的代码，或者进行其他后续操作，如打印输出等。
数据流向和处理
Tokens 的生成和传递：
从 py_lex.py 到 py_yacc.py：py_lex.py 生成 tokens，传递给 py_yacc.py 进行语法分析。
AST 的构建和应用：
从 py_yacc.py 到 node.py：py_yacc.py 构建 AST，node.py 根据需要处理或补充这个 AST。
从 node.py 到 translation.py：处理后的 AST 被传递到 translation.py 进行语法制导翻译。

translate 函数的工作流程:



以下是对每个主要步骤的具体分析：

开始:

函数开始执行，首先检查 break_flag 或 return_flag。

如果其中一个标志为真，则立即返回 return_value。
检查是否为 NonTerminal 节点:

检查 _tree 是否是一个 NonTerminal 节点。
如果不是，则流程结束。
如果是，根据 _tree 节点的类型执行不同的操作。
节点类型判断:

函数会根据节点的类型（如 Function, Class, If, Else, While, For, Break, Return）来决定下一步操作。
处理不同类型的节点:

对于每种类型的节点，函数会执行相应的操作：
Function：处理函数定义节点，创建新的 Function 对象，并将其存储在变量表中。
Class：处理类定义节点，创建新的 Class 对象，并将其存储在变量表中。
If/Else：处理条件判断节点，根据条件值执行相应的语句块。
While：处理循环节点，只要条件为真，就不断循环执行语句块。
For：处理 for 循环节点，根据初始化、条件和更新表达式执行循环体。
Break：设置 break_flag，表示中断循环。
Return：处理返回语句节点，设置 return_value 和 return_flag。
递归处理子节点:

如果节点是其他类型，函数将递归地处理其所有子节点。
执行翻译操作:

根据当前节点和其子节点的信息，执行相应的翻译操作。
结束:

最后，函数返回 return_value。

node.py 模块作用:

该模块定义了用于构建抽象语法树（AST）的各种节点类型。

主要包含的类有：
- _node：所有节点的基类，提供基本的节点数据结构。
- NonTerminal：非终结符节点，用于表示具有特定类型和可选值的非终结符。
- Variable：左值节点，表示引用的变量，包含类型和标识符。
- Number：数字节点，直接包含一个数字值。
- ID：标识符节点，包含标识符的名称和值。
- Terminal：终结符节点，用于表示除标识符外的其他终结符，包含其文本内容。

这些节点类型在解析 Python 代码并构建其 AST 时发挥核心作用。

```
py_lex.py 模块中定义的关键词
reserved_words = {
    'print': 'PRINT',
    'if': 'IF',
    'elif': 'ELIF',
    'else': 'ELSE',
    'for': 'FOR',
    'while': 'WHILE',
    'len': 'LEN',
    'break': 'BREAK',
    'and': 'AND',
    'or': 'OR',
    'def': 'DEF',
    'return': 'RETURN',
    'class': 'CLASS',
}
tokens = ['NUMBER', 'PLUS', 'MINUS', 'TIMES', 'DIVIDE', 'LPAREN', 'RPAREN', 'LBRACKET', 'RBRACKET', 'ASSIGN',
          'LBRACE', 'RBRACE', 'SEMICOLON', 'COMMA', 'DPLUS', 'DMINUS', 'ID', 'EDIVIDE', 'MINEQUAL', 'PLUSEQUAL',
          'LT', 'LE', 'GT', 'GE', 'EQ', 'NE', 'DOT', 'STRING', ] + list(reserved_words.values())

t_PLUSEQUAL = r'\+='
t_MINEQUAL = r'-='
t_PLUS = r'\+'
t_MINUS = r'-'
t_TIMES = r'\*'
t_EDIVIDE = r'//'
t_DIVIDE = r'/'
t_LPAREN = r'\('
t_RPAREN = r'\)'
t_LBRACE = r'\{'
t_RBRACE = r'\}'
t_LBRACKET = r'\['
t_RBRACKET = r'\]'
t_ASSIGN = r'='
t_DPLUS = r'\+\+'
t_DMINUS = r'--'
t_COMMA = r','
t_SEMICOLON = r';'
t_LT = r'<'
t_LE = r'<='
t_GT = r'>'
t_GE = r'>='
```

t_EQ = r'=='
t_NE = r'!='
t_DOT = r'\.'

该解释器中用到的语法规则:

Grammar

```
Rule 0     S' -> program
Rule 1     program -> statements
Rule 2     statements -> statements statement
Rule 3     statements -> statement
Rule 4     statement -> assignment
Rule 5     statement -> expr
Rule 6     statement -> print
Rule 7     statement -> if
Rule 8     statement -> while
Rule 9     statement -> for
Rule 10    statement -> break
Rule 11    statement -> function
Rule 12    statement -> class
Rule 13    statement -> return
Rule 14    assignment -> variable ASSIGN expr
Rule 15    assignment -> variable MINEQUAL expr
Rule 16    assignment -> variable PLUSEQUAL expr
Rule 17    assignment -> variable DPLUS
Rule 18    assignment -> variable DMINUS
Rule 19    variable -> variable LBRACKET expr RBRACKET
Rule 20    variable -> ID DOT ID
Rule 21    variable -> ID
Rule 22    expr -> expr PLUS term
Rule 23    expr -> expr MINUS term
Rule 24    expr -> term
Rule 25    expr -> string
Rule 26    expr -> array
Rule 27    term -> term TIMES factor
Rule 28    term -> term DIVIDE factor
Rule 29    term -> term EDIVIDE factor
Rule 30    term -> factor
Rule 31    factor -> variable
Rule 32    factor -> NUMBER
Rule 33    factor -> len
Rule 34    factor -> call
Rule 35    factor -> LPAREN expr RPAREN
Rule 36    exprs -> exprs COMMA expr
```

```
Rule 37    exprs -> expr
Rule 38    len -> LEN LPAREN variable RPAREN
Rule 39    print -> PRINT LPAREN exprs RPAREN
Rule 40    print -> PRINT LPAREN RPAREN
Rule 41    array -> LBRACKET exprs RBRACKET
Rule 42    array -> LBRACKET RBRACKET
Rule 43    condition -> condition OR join
Rule 44    condition -> join
Rule 45    join -> join AND equality
Rule 46    join -> equality
Rule 47    equality -> equality EQ rel
Rule 48    equality -> equality NE rel
Rule 49    equality -> rel
Rule 50    rel -> expr LT expr
Rule 51    rel -> expr LE expr
Rule 52    rel -> expr GT expr
Rule 53    rel -> expr GE expr
Rule 54    rel -> expr
Rule 55    if -> IF LPAREN condition RPAREN LBRACE statements RBRACE
Rule 56    if -> IF LPAREN condition RPAREN LBRACE statements RBRACE else
Rule 57    else -> ELIF LPAREN condition RPAREN LBRACE statements RBRACE
Rule 58    else -> ELIF LPAREN condition RPAREN LBRACE statements RBRACE else
Rule 59    else -> ELSE LBRACE statements RBRACE
Rule 60    while -> WHILE LPAREN condition RPAREN LBRACE statements RBRACE
Rule 61     for -> FOR LPAREN assignment SEMICOLON condition SEMICOLON assignment
RPAREN LBRACE statements RBRACE
Rule 62    break -> BREAK
Rule 63    function -> DEF ID LPAREN args RPAREN LBRACE statements RBRACE
Rule 64    function -> DEF ID LPAREN RPAREN LBRACE statements RBRACE
Rule 65    args -> args COMMA ID
Rule 66    args -> ID
Rule 67    call -> ID LPAREN exprs RPAREN
Rule 68    call -> ID LPAREN RPAREN
Rule 69    call -> ID DOT ID LPAREN exprs RPAREN
Rule 70    call -> ID DOT ID LPAREN RPAREN
Rule 71    return -> RETURN
Rule 72    return -> RETURN exprs
Rule 73    class -> CLASS ID LBRACE functions RBRACE
Rule 74    functions -> functions function
Rule 75    functions -> function
Rule 76    string -> STRING
```

translation.py 中的一些类的接口:

```
class Function:
    """
    表示一个函数的类。

    此类用于封装函数的定义，包括函数名、参数名列表和函数体。

    Attributes:
        name (str): 函数的名称。
        arg_names (List[str]): 函数的参数名列表。
        body (_node): 函数的主体，是一个节点对象。
    """

class Class:
    """
    表示一个 Python 类的对象。

    此类负责解析并存储类定义中的函数。它使用 'Translator' 来翻译类中的函数，
    并将翻译后的函数存储在自身的 'functions' 属性中。

    Attributes:
        name (str): 类的名称。
        functions (dict): 一个包含类中函数的字典，其中键是函数名称，值是函数的表示。
    """

class PyObject:
    """
    代表一个 Python 对象。

    此类用于模拟 Python 中的对象，包括类属性和构造函数的执行。

    Attributes:
        cls (Any): 该对象所属的类。
        props (Dict[str, Any]): 存储对象属性的字典。
    """
```

项目运行配置:

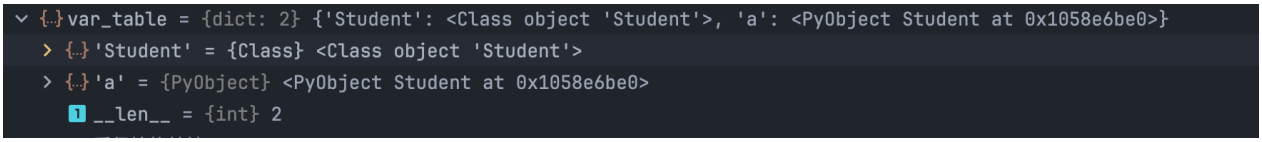
该项目运行配置的 xml 文件:

```
<component name="ProjectRunConfigurationManager">
  <configuration default="false" name="main" type="PythonConfigurationType"
factoryName="Python">
    <module name="experiment13" />
    <option name="ENV_FILES" value="" />
    <option name="INTERPRETER_OPTIONS" value="" />
    <option name="PARENT_ENVS" value="true" />
    <envs>
      <env name="PYTHONUNBUFFERED" value="1" />
    </envs>
    <option name="SDK_HOME" value="" />
    <option name="WORKING_DIRECTORY" value="$PROJECT_DIR$/python_parser" />
    <option name="IS_MODULE_SDK" value="true" />
    <option name="ADD_CONTENT_ROOTS" value="true" />
    <option name="ADD_SOURCE_ROOTS" value="true" />
    <EXTENSION ID="PythonCoverageRunConfigurationExtension" runner="coverage.py" />
    <option name="SCRIPT_NAME" value="$PROJECT_DIR$/python_parser/main.py" />
```

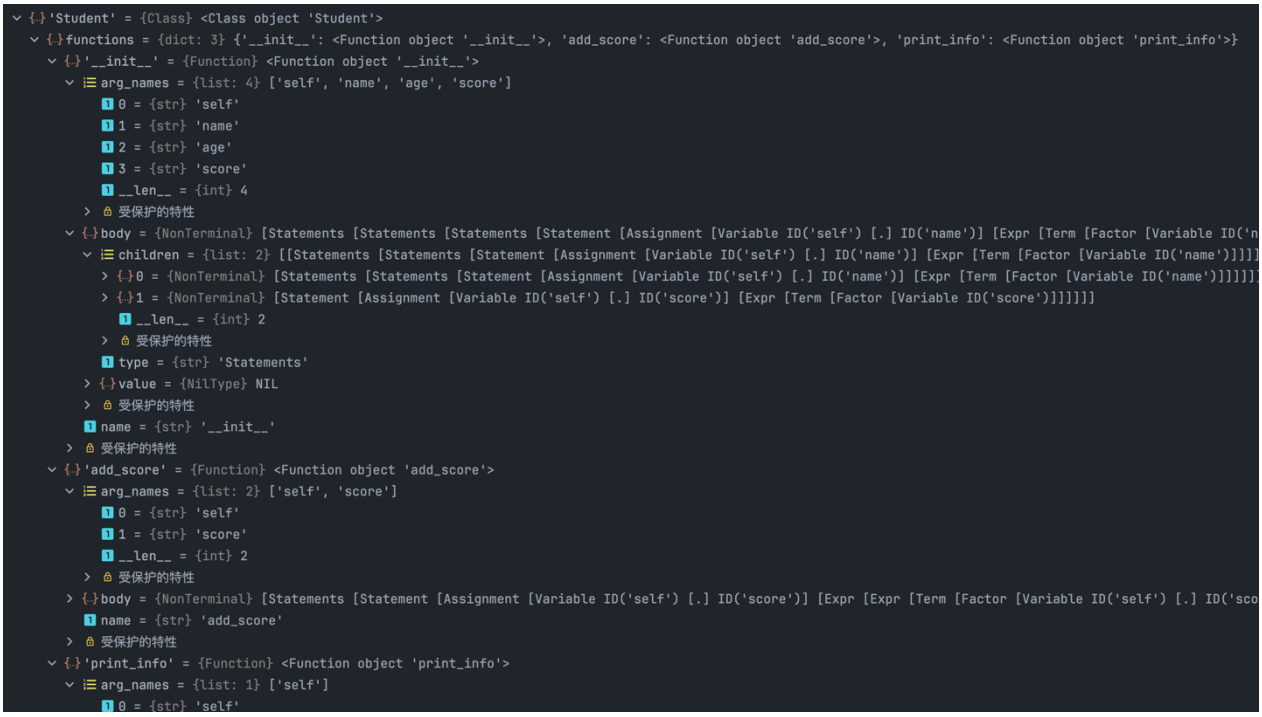
```
    <option name="PARAMETERS" value="stu.py" />
    <option name="SHOW_COMMAND_LINE" value="false" />
    <option name="EMULATE_TERMINAL" value="false" />
    <option name="MODULE_MODE" value="false" />
    <option name="REDIRECT_INPUT" value="false" />
    <option name="INPUT_FILE" value="" />
    <method v="2" />
  </configuration>
</component>
```

项目运行后:

变量表中存储的内容:



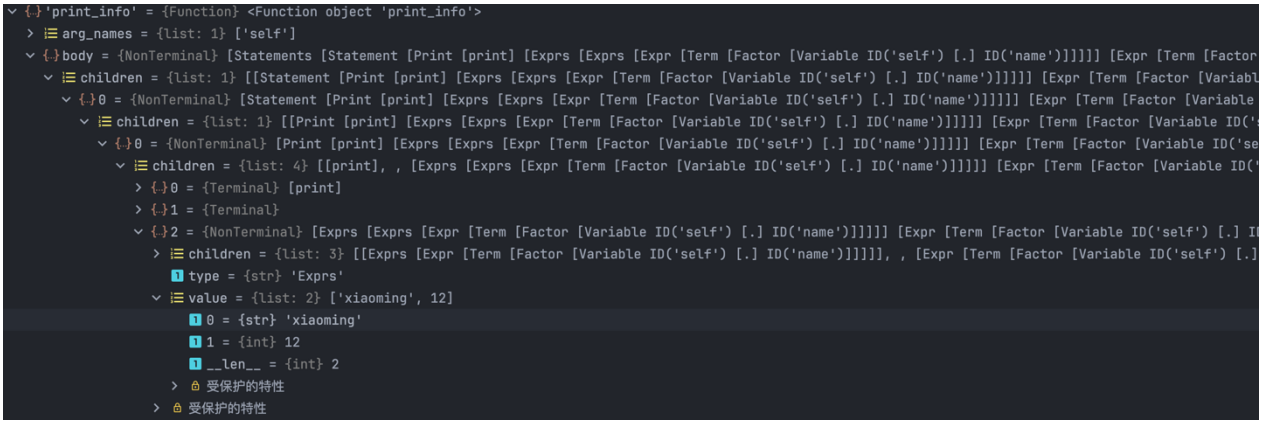
其中,Class Student 中的内容:



其中,a 中的内容:

教务处制

该 class 中的 self 变量的值:



图中可以看到,该 class 中的非终结符中的两个值分别为”xiaoming”和 12,这两个值分别对应着 self.name 和 self.age

将该 python 项目打包为 Linux 可执行文件后,在 zsh 终端运行该项目:

```
./dist/main/main python_parser/stu.py
```

执行结果:

```
(.venv) fanghaonan@fanghaonandeMacBook-Pro experiment13 % ./dist/main/main python_parser/stu.py
Generating LALR tables
WARNING: 10 shift/reduce conflicts
语法树:  [Program [Statements [Statements [Statements [Statements [Statement [Class ID('Student') [Fu
ID('self')] ID('name')] ID('age')] ID('score')] [Statements [Statements [Statements [Statement [Assig
('name')]]]]]]] [Statement [Assignment [Variable ID('self') [.] ID('age')] [Expr [Term [Factor [Varia
ore')] [Expr [Term [Factor [Variable ID('score')]]]]]]] ]] [Function ID('add_score') [Args [Args ID('
) [.] ID('score')] [Expr [Expr [Term [Factor [Variable ID('self') [.] ID('score')]]]] [+] [Term [Fact
f')] [Statements [Statement [Print [print] [Exprs [Exprs [Expr [Term [Factor [Variable ID('self') [.]
] ]]] ]] ]]] [Statement [Assignment [Variable ID('a')] [Expr [Term [Factor [Call ID('Student') [Exprs
er(12)]]]] [Expr [Term [Factor Number(20)]]]] ]]]]]] [Statement [Expr [Term [Factor [Call ID('a') [.
nt [Expr [Term [Factor [Call ID('a') [.] ID('print_info') ]]]]]]
该python文件运行结果:
xiaoming 12
变量表中存放的内容:{'Student': <Class object 'Student'>, 'a': <PyObject Student at 0x104064850>}
```

可以看到 stu.py 的内容被成功解析

教务处制

四. 实验总结

成果
成功实现了一个能够解析和翻译 Python 类的简易解释器。
深入理解了类的内部结构以及类在编程语言中的处理方式。
遇到的挑战
类的作用域和可见性规则在实现时比较复杂。
保持代码的模块化和清晰结构在项目扩展时具有一定的挑战。
收获与反思
对面向对象编程和编译原理有了更深刻的理解。
实践中学习到的编码技巧和问题解决方法对未来的学习和研究有极大帮助。
未来的工作可以更加注重代码的可维护性和模块化设计。
展望
进一步扩展解释器，支持更多高级特性，如异常处理、装饰器等。
将这个项目作为学习编译原理和 Python 编程的基础，继续深入研究相关领域。