

# **Compiladores - Projecto**

## **iJava**

João Ricardo Lourenço, N° 2011151194  
Joaquim Pedro Bento Gonçalves Pratas Leitão, N° 2011150072

29 de Maio de 2014

### **Relatório**

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Análise Lexical</b>	<b>5</b>
2.1	Tokens . . . . .	5
2.2	Comentários . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Análise Sintática</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Construção da Árvore de Sintaxe Abstracta</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Análise Semântica</b>	<b>11</b>
5.1	Tabelas de Símbolos . . . . .	11
5.2	Deteção de Erros Semânticos . . . . .	12
<b>6</b>	<b>Geração de Código</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Apreciação do Trabalho</b>	<b>14</b>

# 1 Introdução

O presente trabalho pretende-se desenvolver um compilador para a linguagem *iJava*, um pequeno subconjunto da linguagem Java (versão 5.0). Por ser um subconjunto de uma outra linguagem, todos os programas que respeitem as regras impostas em *iJava* são também, garantidamente, programas válidos em *Java*.

Nesta linguagem todos os programas são constituídos por uma única classe, que possui métodos e atributos estáticos, e públicos. Para além disso, a classe necessita obrigatoriamente de ter um método *main*, onde a execução do programa se inicia.

Podemos utilizar literais dos tipos inteiro e booleano e variáveis inteiras, booleanas e arrays uni-dimensionais de inteiros e booleanos.

A linguagem implementa também expressões aritméticas e lógicas, operações relacionais simples, instruções de atribuição e controlo (*if – else* e *while*).

Os métodos definidos, e os respetivos valores de retorno, podem ser de qualquer tipo acima mencionado, com exceção do método *main*, que tal como em *Java* possui como tipo de retorno o tipo *void*.

É também possível passar parâmetros (literais inteiros) ao nosso programa através da linha de comandos. É o método *main* que vai receber esses parâmetros, armazenando-os num array de objetos do tipo *String*. Embora este tipo de dados não esteja incluído na lista de tipos permitidos em *iJava*, a sua utilização apenas é permitida no método *main*, com a mera finalidade de obter os parâmetros passados ao programa aquando da sua invocação.

O desenvolvimento do compilador foi dividido em três fases distintas.

Numa primeira fase foi realizada a *Análise Lexical* do programa fonte, onde são identificados *tokens*, isto é, cadeias pertencentes à linguagem e que têm significado e relevância para o programa.

Seguiu-se a *Análise Semântica*, composta por quatro etapas principais: FIXME, MUDAR A MANEIRA COMO ESTAMOS A DIZER O QUE SE SEGUE

- **Tradução da gramática-fonte** (fornecida em notação *EBNF*) para o yacc 3 e realização da **Análise Sintática** do programa, permitindo assim reconhecer se as sequências de *tokens* que o constituem pertencem à linguagem, permitindo-nos assim detetar eventuais erros de sintaxe.
- **Construção da árvore de sintaxe abstrata**, etapa que é realizada em simultâneo com a *Análise Sintática*. A árvore de sintaxe abstrata irá representar o nosso programa a compilar, recorrendo a uma estrutura em árvore para representar as estruturas sintáticas das cadeias que constituem o programa a compilar.

- **Construção da tabela de símbolos**, utilizadas para armazenar informações relevantes sobre a classe (seus atributos e métodos), bem como sobre cada método definido pelo programador (como, por exemplo, o tipo de retorno e os argumentos).
- **Verificação de erros semânticos**, etapa principal da *Análise Semântica*, onde são realizadas verificações de tipos, garantindo que para cada operação a realizar não existem incompatibilidades de tipos entre os operandos nela envolvidos.

A última fase do trabalho consistiu na *Geração de Código Intermédio*, da qual resulta, na representação intermédia de *LLVM*, um programa equivalente ao que pretendemos compilar.

METER IMAGEM BONITINHA, TIPO CACEIRO???

## 2 Análise Lexical

Tal como referimos anteriormente, na *Análise Lexical* procedemos à identificação dos *tokens* da nossa linguagem. Para isso utilizámos a ferramenta *lex*, responsável por gerar analisadores lexicais para linguagens.

Assim, no nosso analisador, sempre que é detetada a presença de um comentário no programa a compilar, seja do tipo `//...` (comentários de apenas uma linha) ou do tipo `/*...*/` (comentários multi-linha), os caracteres incluídos nesse comentário são ignorados.

Sempre que é detetado um caracter, ou uma sequência de caracteres, que não constitui nenhum *token* é detetado um erro lexical, sendo impressa uma mensagem de erro, indicando a existência de um caracter ilegal, juntamente com a sua posição no programa.

Adicionalmente, caso se verifique a ocorrência de um comentário multi-linha que não foi devidamente terminado, o erro lexical é também detetado, sendo impressa uma mensagem de erro que indica a posição no programa onde o comentário foi iniciado.

### 2.1 Tokens

Em seguida, apresentamos a lista dos *tokens* válidos na linguagem *iJava* e a lista dos *tokens* reservados que, por essa razão, não estão disponíveis na nossa linguagem:

- **ID**: Sequências alfanuméricas (maiúsculas e minúsculas) começadas por uma letra, podendo conter também símbolos como `"_"` e `"$"`. Este *token* pode também ser descrito na forma da sua expressão regular: `letra(letra—[0-9])*`, sendo o *token* **letra** da nossa autoria, definido por: `[a—z] | [A—Z] | "_"$"`
- **INTLIT**: Sequências de dígitos decimais e hexadecimais (incluindo a-f e A-F) precedidas de `0x`. Este *token* pode também ser descrito na forma da seguinte expressão regular: `[0-9]+—0x[0-9a-fA-F]+`
- **BOOLLIT**: `true` | `false`
- **INT**: `int`
- **BOOL**: `boolean`
- **NEW**: `new`
- **IF**: `if`
- **ELSE**: `else`
- **WHILE**: `while`

- **PRINT:** *System.out.println*
- **PARSEINT:** *Integer.parseInt*
- **CLASS:** *class*
- **PUBLIC:** *public*
- **STATIC:** *static*
- **VOID:** *void*
- **STRING:** *String*
- **DOTLENGTH:** *.length*
- **RETURN:** *return*
- **OCURV:** (
- **CCURV:** )
- **OBRACE:** {
- **CBRACE:** }
- **OSQUARE:** [
- **CSQUARE:** ]
- **OP1:** && ||
- **OP2:** <|>|==|!=|<=|>=
- **OP3:** " + " | −
- **OP4:** " \* " | " / " | "%"
- **NOT:** "!"
- **ASSIGN:** " = "
- **SEMIC:** ";"
- **COMMA:** ", "
- **RESERVED:** *abstract | continue | for | switch | assert | default | goto | package | synchronized | do | private | this | break | double | implements | protected | throw | byte | import | throws | case | enum | instanceof | transient | catch | extends | short | try | char | final | interface | finally | long | strictfp | volatile | const | float | native | super | null | ++ | --*

Para além dos *tokens* apresentados, definimos ainda os seguintes *tokens*, que passamos a especificar:

- **NEWLINE**: *Token* correspondente ao caracter de mudança de linha,  $\backslash n$
- **WHITESPACE**: *Token* correspondente ao caracter de espaço em branco
- **OPEN\_COMMENT**: *Token* correspondente ao início de um comentário multi-linha,  $/*$
- **CLOSE\_COMMENT**: *Token* correspondente ao fecho de um comentário multi-linha,  $*/$
- **SINGLE\_LINE\_COMMENT**: *Token* utilizado para detetar a ocorrência de um comentário de uma linha apenas

Quando implementámos a *Análise Sintática*, para resolver problemas de ambiguidade da gramática foi necessário, entre outras ações que iremos abordar na próxima secção, separar os *tokens* **OP1**, **OP2**, **OP3** e **OP4** nas diferentes sequências alfanuméricas que os constituíam. Assim, temos ainda os seguintes *tokens*:

- **AND** (" $\&$ ") e **OR** (" $|$ "), originados a partir do *token* **OP1**
- **LE** (" $\ll$ "), **GE** (" $\gg$ "), **EQ** (" $==$ "), **NEQ** (" $!=$ "), **LEQ** (" $\ll=$ ") e **GEQ** (" $\gg=$ "), originados a partir do *token* **OP2**
- **PLUS** (" $+$ ") e **MINUS** (" $-$ "), originados a partir do *token* **OP3**
- **MULT** (" $*$ "), **DIV** (" $/$ ") e **MOD** (" $\%$ "), originados a partir do *token* **OP4**

## 2.2 Comentários

Para identificarmos a ocorrência de comentários nos programas a compilar recorreremos aos *tokens* **OPEN\_COMMENT**, **CLOSE\_COMMENT** e **SINGLE\_LINE\_COMMENT**.

Quando detetamos o *token* **OPEN\_COMMENT** é criado um novo estado no analisador, que indica a existência de um comentário multi-linha. A esse estado damos o nome **MULTI\_LINE\_COMMENT\_S**.

Uma vez neste estado, todos os caracteres e *tokens* identificados são ignorados, com exceção do *token* de fecho do comentário multi-linha (**CLOSE\_COMMENT**) e do *token* de fim do ficheiro,  $\ll EOF \gg$ , disponível na ferramenta utilizada para desenvolver o analisador (*lex*).

Caso seja identificado o *token* *CLOSE\_COMMENT*, o estado do analisador é repostado, passando este a ter o seu estado por defeito.

Por outro lado, se for detetado *<< EOF >>* temos uma situação em que um comentário multi-linha não foi devidamente terminado, pelo que é gerado um erro lexical, terminando a execução do analisador e sendo o utilizador informado da ocorrência do erro e da localização no programa fornecido do comando que inicia o comentário.

Se, por alguma razão, o *token* *CLOSE\_COMMENT* for identificado quando o analisador não se encontra no estado *MULTI\_LINE\_COMMENT\_S* é detetada a ocorrência de um erro lexical, uma vez que na nossa linguagem não é possível a existência do comando *\*/* sem que antes tenha sido colocado um */\**. Mais uma vez, assim que o erro lexical é detetado o utilizador é informado com uma mensagem que indica a posição no programa onde se deu o erro, e o analisador termina a sua execução.

Ao detetarmos o *token* *SINGLE\_LINE\_COMMENT* vamos ignorar todos os caracteres e *tokens* que se lhe seguirem, até que seja reconhecido o *token* de mudança de linha (*NEWLINE*). Desta forma estamos a descartar toda a restante linha do programa, após a ocorrência de *\\*, tal como seria desejado proceder no tratamento de comentários de uma linha apenas.

## 2.3 Tratamento de Erros Lexicais

Tal como referimos nos pontos anteriores, sempre que o analisador desenvolvido deteta a ocorrência de um erro lexical (seja por existência de um *token* não permitido ou por não término de um comentário multi-linha), é impressa uma mensagem de erro que indica a posição do erro no programa a compilar (indicando a linha e coluna onde o erro ocorreu).

Quando é detetado um carácter ilegal, o analisador imprime a mensagem de erro, prosseguindo a sua execução na linha seguinte do programa a compilar até ser lido todo o conteúdo do programa.

Tendo sido detetada a ocorrência de um ou mais erros lexicais, após ler todo o programa, o analisador termina a sua execução, não sendo realizado mais nenhum passo da compilação.



### 3 Análise Sintática

## 4 Construção da Árvore de Sintaxe Abstracta

## 5 Análise Semântica

### 5.1 Tabelas de Símbolos

## 5.2 Detecção de Erros Semânticos

## 6 Geração de Código

## 7 Apreciação do Trabalho