



UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
*Departamento de Engenharia Informática*

## Projeto de Compiladores

2016/17 – 2º semestre

Licenciatura em Engenharia Informática

**Data de Entrega Final:** 2 de Junho 2017

v1.0.0

**Nota Importante:** Qualquer tipo de fraude terá como consequência imediata a reprovação à disciplina e será comunicada superiormente nos termos da regulamentação aplicável.

## Compilador para a linguagem Ja

Este projeto consiste no desenvolvimento de um compilador para a linguagem Ja, que é um pequeno subconjunto da linguagem Java (versão 8)<sup>1</sup>. Os programas da linguagem Ja são constituídos por uma única classe (a classe principal) contendo métodos e atributos, todos eles estáticos e (possivelmente) públicos. O ponto de entrada no programa é o método `main`.

Na linguagem Ja é possível utilizar variáveis e literais dos tipos booleano, inteiro (de 32 bits) com sinal e real de precisão dupla. Também é possível usar literais do tipo cadeia de caracteres (string), mas apenas para efeitos de impressão no `stdout`. A linguagem implementa expressões aritméticas e lógicas e operações relacionais simples, bem como instruções de controlo (`if-else`, `while` e `do-while`). Implementa ainda métodos (estáticos) envolvendo os tipos de dados referidos acima (e ainda o tipo especial `String[]`), com ou sem valor de retorno.

É possível passar parâmetros, que deverão ser literais inteiros, a um programa em Ja através da linha de comandos. Supondo que o parâmetro formal do método `main()` é `args`, os respetivos valores podem ser recuperados através da construção `Integer.parseInt(args[...])`, e o número de parâmetros pode ser obtido através da expressão `args.length`. A construção `System.out.println(...)` permite imprimir valores lógicos, inteiros, reais ou string.

Finalmente, são aceites (e ignorados) comentários dos tipos `/* ... */` e `// ...`.

O significado de um programa em Ja será o mesmo que o seu significado em Java 8. Por exemplo, o seguinte programa imprime o primeiro argumento passado na linha de comandos:

```
class Echo {  
    public static void main(String[] args) {  
        int x;  
        x = Integer.parseInt(args[0]);  
        System.out.println(x);  
    }  
}
```

---

<sup>1</sup> James Gosling, Bill Joy, Guy Steele, Gilad Bracha, and Alex Buckley, *The Java® Language Specification, Java SE 8 Edition*, Oracle America, Inc., 2015-02-13. [ <https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se8/html/index.html> ]

## Metas

O projeto será estruturado como uma sequência de quatro metas com ponderação e datas de entrega próprias, a saber:

1. Análise lexical (10%) – até 1 de março de 2017
2. Análise sintática (30%) – até 31 de março de 2017
3. Análise semântica (30%) – até 5 de maio de 2017
4. Geração de código intermédio (30%) – até 2 de junho de 2017

Em cada uma das metas, o trabalho será obrigatoriamente validado no mooshak usando um concurso criado especificamente para o efeito. O código submetido ao mooshak deve estar devidamente comentado de modo a permitir compreender a estratégia de implementação adotada. Para além disso, a entrega final do projeto deverá ser feita no inforestudante até às **23h59** do dia **2 de junho**, e incluir todo o código fonte produzido no âmbito do projeto (exatamente os mesmos zip que tiverem sido submetidos atempadamente ao mooshak em cada meta, bem como os que, eventualmente, tiverem sido submetidos às pós-metas) e um ficheiro grupo.txt contendo os dados do grupo, no formato:

```
Grupo: <nome_do_grupo>
Nome1: <nome_aluno_1>
Numero1: <numero_aluno_1>
Email1: <email_aluno_1>
Nome2: <nome_aluno_2>
Numero2: <numero_aluno_2>
Email2: <email_aluno_2>
```

Os ficheiros zip correspondentes a cada submissão devem chamar-se 1.zip, ..., 4.zip para as submissões regulares, e 1pos.zip, 2pos.zip, ..., para as submissões às pós-metas.

## Defesa e grupos

O trabalho será normalmente realizado por grupos de dois alunos, admitindo-se também que o seja a título individual. A **defesa oral** do trabalho será realizada **em grupo** e terá lugar entre os dias **5 e 16 de junho de 2017**. A nota final do projeto diz respeito à prestação **do grupo** na defesa e está limitada pela soma das pontuações obtidas no mooshak em cada uma das metas. A pontuação de cada meta será a obtida à respetiva data de entrega ou, quando esta for pelo menos 80% do total, a obtida na pós-meta à data de entrega final do projeto. *Excecionalmente*, e apenas por motivos justificados, a pontuação das pós-metas poderá ser tida em conta noutras situações, mas a classificação final nunca poderá exceder a pontuação obtida no mooshak para as diversas metas à data da última entrega.

Aplicam-se mínimos de 47,5% à nota final após a defesa.

# Meta I – Analisador lexical

O analisador lexical deve ser implementado em C utilizando a ferramenta lex. Os tokens da linguagem são apresentados de seguida.

## Tokens da linguagem Ja

ID : Sequências alfanuméricas começadas por uma letra, onde os símbolos “\_” e “\$” contam como letras. Letras maiúsculas e minúsculas são consideradas letras diferentes.

DECLIT : o dígito zero, ou sequências de dígitos decimais ou “\_”, começadas por um dígito diferente de zero e terminadas num dígito.

REALLIT : uma parte inteira seguida de um ponto, opcionalmente seguido de uma parte fracionária e/ou de um expoente; ou um ponto seguido de uma parte fracionária, opcionalmente seguida de um expoente; ou uma parte inteira seguida de um expoente. O expoente consiste numa das letras “e” ou “E” seguida de um número opcionalmente precedido de um dos sinais “+” ou “-”. Tanto a parte inteira como a parte fracionária e o número do expoente consistem em sequências de dígitos decimais ou “\_” começadas e terminadas por um dígito.

STRLIT : uma sequência de caracteres (excepto “*carriage return*”, “*newline*”, ou aspas duplas) e/ou “sequências de escape” entre aspas duplas. Apenas as sequências de escape \f, \n, \r, \t, \\ e \” são definidas pela linguagem. Sequências de escape não definidas devem dar origem a erros lexicais, como se detalha mais adiante.

BOOL = “boolean”

BOOLLIT = “true” | “false”

CLASS = “class”

DO = “do”

DOTLENGTH = “.length”

DOUBLE = “double”

ELSE = “else”

IF = “if”

INT = “int”

PARSEINT = “Integer.parseInt”

PRINT = “System.out.println”

PUBLIC = “public”

RETURN = “return”

STATIC = “static”

STRING = “String”

VOID = “void”

WHILE = “while”

OCURV = “(”

CCURV = “)”

OBRACE = “{”

CBRACE = “}”

OSQUARE = “[”

CSQUARE = “]”

AND = “&&”

OR = “||”

LT = "<"  
GT = ">"  
EQ = "=="  
NEQ = "!="  
LEQ = "<="

GEQ = ">="

PLUS = "+"

MINUS = "-"

STAR = "\*"

DIV = "/"

MOD = "%"

NOT = "!"

ASSIGN = "="

SEMI = ";"

COMMA = ","

RESERVED = keywords do Java 8 não utilizadas em Ja, bem como os operadores "++" e "--" e o literal "null".

## Implementação

O analisador deverá chamar-se `jac`, ler o ficheiro a processar através do `stdin` e, se invocado com qualquer das opções `-l` ou `-1`, emitir o resultado da análise para o `stdout` e terminar. Na ausência de qualquer destas opções, nada deve ser escrito no `stdout` à excepção de possíveis mensagens de erro. Caso o ficheiro `Echo.java` contenha o programa de exemplo dado anteriormente, a invocação

```
./jac -l < Echo.java
```

deverá imprimir a correspondente sequência de tokens no ecrã. Neste caso:

```
CLASS
ID(Echo)
OBRACE
PUBLIC
STATIC
VOID
ID(main)
OCURV
STRING
OSQUARE
CSQUARE
ID(args)
CCURV
OBRACE
INT
ID(x)
SEMI
ID(x)
ASSIGN
PARSEINT
OCURV
ID(args)
OSQUARE
```

DECLIT(0)  
CSQUARE  
CCURV  
SEMI  
PRINT  
OCURV  
ID(x)  
CCURV  
SEMI  
CBRACE  
CBRACE

O analisador deve aceitar (e ignorar) espaço em branco (espaços, tabs e os caracteres “*form feed*”, “*carriage return*” e “*newline*”) bem como comentários dos tipos `/* . . . */` e `// . . .`. Deve ainda detetar a existência de quaisquer erros lexicais no ficheiro de entrada. Sempre que um token possa admitir mais do que um valor semântico, o valor encontrado deve ser impresso entre parêntesis logo a seguir ao nome do token, como se exemplificou acima para ID e DECLIT.

## Tratamento de erros

Caso o ficheiro de entrada contenha erros lexicais, o programa deverá imprimir uma das seguintes mensagens no stdout, conforme o caso:

```
"Line <num linha>, col <num coluna>: illegal character (<s>)\n"  
"Line <num linha>, col <num coluna>: invalid escape sequence (<s>)\n"  
"Line <num linha>, col <num coluna>: unterminated comment\n"  
"Line <num linha>, col <num coluna>: unterminated string literal\n"
```

onde `<num linha>` e `<num coluna>` devem ser substituídos pelos valores correspondentes ao *início* do token que originou o erro, e `<s>` deve ser substituído por esse token. O analisador deve recuperar da ocorrência de erros lexicais a partir do fim desse token. No caso de uma string não terminada que inclua sequências de escape inválidas, o erro de string não terminada deve ser apresentado após os erros de sequência inválida.

## Submissão

O trabalho deverá ser validado no mooshak, usando o concurso criado especificamente para o efeito em <https://mooshak2.dei.uc.pt/~comp2017>. Será tida em conta apenas a última submissão ao problema A desse concurso. Os restantes problemas destinam-se a ajudar na validação do analisador. No entanto, o mooshak não deve ser utilizado como ferramenta de debug!

O ficheiro lex a submeter deve chamar-se `jac.l` e ser colocado num ficheiro zip com o nome `jac.zip`. O ficheiro zip não deve conter quaisquer diretórios.