

# Ficha prática 1

## Compiladores

### 2022/23

#### Lex

## 1 Introdução

A ferramenta *lex*, tipicamente disponível em sistemas Unix, permite criar um analisador lexical extremamente poderoso. Para utilizar o *lex*, devemos criar um ficheiro que descreve as expressões regulares correspondentes aos tokens (ou padrões) pretendidos. A partir desta especificação, o *lex* gera então código C, que pode ser utilizado como um programa independente (como verá em breve), ou associado a outras ferramentas (como o YACC).

O *lex* espera um ficheiro no seguinte formato:

```
...definições...
%%
...regras...
%%
...subrotinas...
```

Por agora, vamos concentrar-nos na segunda parte (regras), onde se pode descrever um conjunto de padrões, bem como definir acções associadas a cada padrão. Cada regra é dividida em duas partes distintas.

1. A primeira parte, sempre do lado esquerdo, descreverá o padrão a ser identificado. Os padrões (ou tokens) são descritos em expressões regulares. Na tabela seguinte, mostramos a linguagem utilizada na descrição destas expressões regulares:

| Expressão regular  | Significado  | Exemplos                        |
|--------------------|--|---------------------------------|
| <b>x</b>           | Caracter <b>x</b>                                    | a, aa, abc, 123, a1, ...        |
| <b>"x" ou \x</b>   | Caracter <b>x</b> , mesmo que seja metacaracter      | ".", "[", "\", "\n", "\\ ", ... |
| <b>[xy] ou x y</b> | Caracter <b>x</b> ou <b>y</b>                        | [ab], a b, [abc], ...           |
| <b>[x-y]</b>       | Caracteres entre <b>x</b> e <b>y</b>                 | [a-z], [0-9], ...               |
| <b>[^x]</b>        | Todos os caracteres excepto <b>x</b>                 | [^a], [^a.2], [^\n], ...        |
| <b>.</b>           | Qualquer caracter excepto \n                         |                                 |
| <b>x?</b>          | Caracter <b>x</b> facultativo                        | ab?c, ...                       |
| <b>()</b>          | Associação de expressões regulares                   | (ab cd), ([ab][123]), ...       |
| <b>x*</b>          | <b>x</b> repetido 0 ou mais vezes                    | a*, [ab]*, (a b)*, ...          |
| <b>x+</b>          | <b>x</b> repetido 1 ou mais vezes                    | a+, ab+c, [ab]+, ...            |
| <b>x{n}</b>        | Repetição de <b>x</b> n vezes                        | a{3}b+, [0-9]{4}, ...           |
| <b>x{n,m}</b>      | Repetição de <b>x</b> de n a m vezes                 | a{3,6}b+, [0-9]{4,6}, ...       |
| <b>^x</b>          | O caracter <b>x</b> deve aparecer no início da linha |                                 |
| <b>x\$</b>         | O caracter <b>x</b> deve aparecer no fim da linha    |                                 |

2. A segunda parte, separada de pelo menos um espaço (ou tab), corresponde a um bloco de código em linguagem C, que deverá ser executado sempre que encontrado o padrão especificado.

No ficheiro de uma especificação, deve então descrever todas as expressões regulares que o analisador lexical deve suportar. Caso haja algum padrão não considerado pelo analisador, este simplesmente copia para a saída o padrão encontrado. Em baixo, é mostrada a especificação de um analisador que imprime a palavra **Inteiro** de cada vez que encontrar um número inteiro no input:

```
%%
[0-9]+          {printf("Inteiro");}
```

Se corrêsemos este analisador, verificaríamos que substituiria simplesmente todos os inteiros pela palavra **Inteiro** (deixando tudo o resto igual). Elaborando agora um pouco mais, podemos acrescentar uma regra para os números reais:

```
%%
[0-9]+ "." [0-9]+    {printf("Real");}
```

Na zona de definições (antes das regras), podemos criar uma definição para número, que tornará mais legível o ficheiro (passaremos a usar {numero} em vez de [0-9]+). Na zona de subrotinas, é também normal colocar as funções `int main()` e `yywrap()`. Assim, o nosso primeiro ficheiro de exemplo terá o seguinte conteúdo:

```

numero [0-9]+
%%
{numero}          {printf("Inteiro");}
{numero} "." {numero} {printf("Real");}
%%
int main()
{
    yylex();        /* chama o autómato que faz a análise lexical */
    return 0;
}
int yywrap() {
    return 1;        /* Esta função será chamada quando o input chegar ao fim.
                       Devolve 1 se não houver mais nada a processar. */
}

```

Para testar este exemplo, comece por fazer o download do ficheiro `exemplo1.1` (dentro de `p-01-lex.zip`). Em linux (ou unix), corra o seguinte comando:

```
lex exemplo1.1
```

De seguida, deverá compilar o código C gerado (no ficheiro `lex.yy.c`), com o seguinte comando:

```
clang -o analisador1 lex.yy.c
```

Nota: se o comando anterior reportar que o comando `clang` não existe, tente especificar a versão, por exemplo, `clang-14`.

Poderá agora experimentar o programa gerado correndo o executável produzido, `analisador1`. Em Linux (ou Unix), corra o seguinte comando:

```
./analisador1
```

Coloque números inteiros e reais, e experimente com outro tipo de tokens.

## 2 Exercícios

**Exercício 1** *Altere o programa a que se chegou na secção anterior para distinguir entre números positivos e negativos. Note que os símbolos `-` e `+` são operadores das expressões regulares, pelo que deverá usar aspas `"`. Não se esqueça de testar.*

1. *Altere o seu programa para emitir a mensagem `token!` quando for detectado um dos seguintes padrões:*

- (a) `abc`
  - (b) `abbb...c` (palavras que começam por `a`, têm um ou mais `b` e terminam em `c`)
  - (c) `bc`, `abcbc`, `abcbcbc...` (palavras que podem ou não começar por `a`, e têm uma ou mais ocorrências de `bc`)
2. Acrescente regras que reconheçam números tal como são definidos na linguagem C (colocamos aqui em itálico a parte indicadora do tipo): `123`, `123l`, `123u`, `123ul`, `12.3`, `123e-1`, `12.3e+1`, `123f`.
- Indique, para cada um, qual o tipo correspondente (`integer`, `long`, `unsigned int`, `unsigned long`, `float`, `floating point`, `floating point`, `float`, respectivamente). Permita também a utilização da vírgula (,) para além do ponto (.) nos números com parte fraccionária.
3. Teste o seu programa com o ficheiro `test1.txt` que acompanha esta ficha.

□

**Exercício 2** Escreva regras no `lex` que reconheçam as strings tal como definidas em Java. Repare que são rodeadas de aspas (`"`). Não necessita de considerar a inclusão de aspas dentro da expressão (com `\`). Caso pretenda, associe acções às regras. □

### 3 Ainda sobre o `lex`

Em caso de haver um padrão que seja reconhecido por mais de uma expressão regular, o `lex` resolve assim a ambiguidade (por ordem de preferência):

1. O analisador tenta escolher a regra que identifica um padrão maior.
2. O analisador escolhe a regra que aparece primeiro.

Quando não queremos que o analisador simplesmente reproduza tudo o que não é reconhecido, colocamos uma última regra semelhante à seguinte:

. `{;}`

Esta regra diz que, "para todos os caracteres, exceptuando o `\n`, não se deve fazer nada". Logicamente, tem que ser a última regra, para evitar prejudicar as regras anteriores.

O `lex` permite o acesso a um conjunto de variáveis e funções pré-definidas, de entre as quais destacamos:

| Nome                          | Descrição   |
|-------------------------------|---|
| <code>int yylex(void)</code>  | Chamada do analisador lexical                       |
| <code>char *yytext</code>     | Ponteiro para a string detectada (o token)          |
| <code>yleng</code>            | Comprimento da string detectada (do token)          |
| <code>ylval</code>            | Valor associado ao token                            |
| <code>int yywrap(void)</code> | Wrapup, devolve 1 se acabou input, 0 caso contrário |
| <code>int yylineno</code>     | Número de linha do ficheiro de entrada              |
| <code>FILE *yyin</code>       | Ponteiro para ficheiro de entrada                   |
| <code>FILE *yyout</code>      | Ponteiro para ficheiro de saída                     |
| <code>BEGIN</code>            | Macro para condição inicial no switch               |
| <code>ECHO</code>             | Macro para repetir na saída a string detectada      |

Por agora, vamos utilizar o ponteiro para a string (`yytext`). Com esta variável, temos acesso directo ao token (ou padrão), e portanto são muito maiores as potencialidades do *lex*. Por exemplo, se, em vez de escrevermos simplesmente `Inteiro`, quiséssemos substituir o número pelo seu equivalente em hexadecimal, a regra seria:

```
%%
[0-9]+          printf("%X", atoi(yytext));
```

Lembramos que `%X` imprime um inteiro em hexadecimal (na função `printf`, de C) e que a função `atoi(char*)` devolve o valor inteiro contido numa string.

Outra possibilidade no *lex* é a declaração de variáveis na parte de definições (desde que entre `{` e `}`). No código seguinte, podemos ver um exemplo da sua aplicação:

```
{
    int numints=0;      /* Contador de inteiros */
}
%%
[0-9]+          { printf("%X", atoi(yytext)); /* Passa a hex */
                  numints++;} /* Soma um */
[0-9]+ "." [0-9]+ ; /* Real, não faz nada */
.               ; /* Tudo o resto excepto new line */
\n              ; /* new line */
%%
int main()
{
    yylex();
    printf("Numero de inteiros=%d", numints); /* Mostra resultado */
    return 0;
}
int yywrap()
```

```
{
    return 1;
}
```

## 4 Exercícios

**Exercício 3** *Construa um analisador lexical que transforme, no texto de input, todas as minúsculas em maiúsculas (e mantenha tudo o resto igual).* □

**Exercício 4** *Construa um analisador lexical que extraia de um documento de texto todos os endereços de email nele contidos. Assuma que os caracteres não permitidos num endereço de email são \t, \n, espaço, ;, , e ". Lembre-se também que não pode haver dois @ nem dois . seguidos.*

*Este analisador deve apenas produzir a lista de endereços, separados de virgula e espaço. Ou seja, prontos para serem copiados directamente para um cliente de email.*

*Por exemplo, para o texto seguinte:*

O endereço do João Fonseca é jfonseca@gmail.com e o do Carlos Meireles é meiras@hotmail.com. Para os outros, estão na lista abaixo:

- mariliaf@student.deeei.uq.tp; mfons@kkks.us
- gilaroi@yaaahooo.com; gil eanes@grlah.jh

*o resultado seria*

jfonseca@gmail.com, meiras@hotmail.com, mariliaf@student.deeei.uq.tp,  
mfons@kkks.us, gilaroi@yaaahooo.com, eanes@grlah.jh

□

**Exercício 5** *Dado um ficheiro .srt (de legendas para Divx), construa um analisador lexical para adiantar/atrasar essas legendas de acordo com um valor de x segundos. Exemplo do formato de um ficheiro .srt:*

```
1
00:00:45,000 --> 00:00:50,400
Hello
2
00:00:50,300 --> 00:00:58,200
Goodbye
```

*Neste exemplo serão geradas duas legendas. A primeira, será apresentada no filme aos 45 segundos durante cerca de 5 segundos. A segunda, será apresentada no filme aos 50 segundos durante cerca de 3 segundos.*

□

## Referências

- [1] Anexo A de Processadores de Linguagens. Rui Gustavo Creso. IST Press. 1998
- [2] A Compact Guide to Lex & Yacc. T. Niemann.  
<https://epaperpress.com/lexandyacc>
- [3] Manual do lex/flex em Unix (comando `man lex` na shell)