

# Compiladores

## Ficha prática 1 – Lex

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

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

No ficheiro de especificações, 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 corressemos 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 “numero”, 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:

```
numero [0-9]+  
%%  
{numero}          {printf("\Inteiro");}  
{numero} "." {numero} {printf("\Real");}  
%%  
int main()  
{  
  yylex();          /* chama o entry point */  
  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” na secção “Material de Apoio” da página da cadeira). Em linux (ou unix), corra o seguinte comando:

```
lex exemplo1.1
```

De seguida, deverá compilar o código c gerado (*lex.yy.c*), com o seguinte comando:

```
clang-3.8 -o analisador1 lex.yy.c
```

Poderá agora experimentar o programa gerado (correndo o *analisador1* - no unix *./analisador1* -, que acabou de criar). Coloque números inteiros e reais, experimente com outro tipo de tokens.

- (a) Altere o seu programa 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.
- (b) Altere o seu programa para emitir a mensagem `"token!"` quando for detectado um dos seguintes padrões:
  - i. `abc`
  - ii. `abbb...c` (começa com a, tem pelo menos um b e termina em c)
  - iii. `bc`, `abcbc`, `abcbcbc...` (pode começar ou não com a, tem pelo menos uma ocorrência de `bc`)
- (c) 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 fracionária.
- (d) Teste o seu programa com o ficheiro `"test1.txt"` que acompanha esta ficha.

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

### Mais dicas sobre o *lex*:

1 - 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):

- O analisador tenta escolher a regra que identifica um padrão maior
- O analisador escolhe a regra que aparece primeiro

2 - 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 todo os caracteres, exceptuando o `\n`, não se deve fazer nada". Logicamente, tem que ser a ultima 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
int yylex(void)	Chamada do analisador lexical (entry point)
char *yytext	Ponteiro para a string detectada (o token)
yyleng	Comprimento da string detectada (do token)
yylval	Valor associado ao token
int yywrap(void)	Wrapup, devolve 1 se acabou input, 0 caso contrário
int yylineno	Número de linha do ficheiro de entrada
FILE *yyin	Ponteiro para ficheiro de entrada
FILE *yyout	Ponteiro para ficheiro de saída
BEGIN	Macro para condição inicial no switch
ECHO	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;
}

```

1. Faça um analisador lexical que transforme, no texto de input, todas as minúsculas em maiúsculas (e mantenha tudo o resto igual).

2. Faça um analisador lexical que extrai de um documento de texto todos os endereços de email contidos. Assuma que os caracteres não permitidos num endereço de email são “\t”, “\n”, “”, “”, *espaço, ponto e vírgula, vírgula e aspas*. Lembre-se também que não pode haver dois “@” nem dois *pontos* seguidos. Este analisador deve apenas produzir a lista de endereços, separados de vírgula e espaço. Ou seja, prontos para serem copiados directamente para um cliente de email. Por exemplo, o texto:

\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"

```

daria o seguinte resultado

```

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

```

3. Dado um ficheiro .srt (de legendas para Divx), fazer 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.  
<http://epaperpress.com/lexandyacc/epaperpress>
- [3] Manual do lex/flex em Unix (comando “man lex” na shell)