Exame - Lista 2 - CES41 Compiladores

14 de Julho de 2019

Prof. Dr. Fábio Carneiro Mokarzel

Igor Bragaia[1]

[1]Aluno de Graduação em Engenharia do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

E-mail: igor.bragaia@gmail.com

Questão 1

Seja a gramática do exemplo da Seção 5.5.3 do Capítulo V dos Slides Teóricos de CES-41 e as tabelas de ações e de transições do analisador LR, no mesmo exemplo. Fazer uma tabela de execução, no mesmo analisador, simulando a análise da seguinte sentença: id * ((id + id) * ((id + id) * id)) $

Resolução

Implementou-se um código em Python que constrói a tabela de execução de acordo com o algoritmo descrito nos slides. O código pode ser consultado nos arquivos anexos ou no link

https://github.com/igorbragaia/CES-41/blob/master/list2/ex1/ex1.py

O resultado obtido foi

$ 0	id * ((id + id) * ((id + id) * id)) $	d 5	
$ 0 (5, 'id')	* ((id + id) * ((id + id) * id)) $	r 6 (F -> id)	Goto (0, F) = 3
$ 0 (3, 'F')	* ((id + id) * ((id + id) * id)) $	r 4 (T -> F)	Goto (0, T) = 2
$ 0 (2, 'T')	* ((id + id) * ((id + id) * id)) $	d 7	
$ 0 (2, 'T') (7, '*')	((id + id) * ((id + id) * id)) $	d 4	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(')	(id + id) * ((id + id) * id)) $	d 4	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(')	id + id) * ((id + id) * id)) $	d 5	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (5, 'id')	+ id) * ((id + id) * id)) $	r 6 (F -> id)	Goto (4, F) = 3
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (3, 'F')	+ id) * ((id + id) * id)) $	r 4 (T -> F)	Goto (4, T) = 2
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (2, 'T')	+ id) * ((id + id) * id)) $	r 2 (E -> T)	Goto (4, E) = 8
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E')	+ id) * ((id + id) * id)) $	d 6	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+')	id) * ((id + id) * id)) $	d 5	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+') (5, 'id')	) * ((id + id) * id)) $	r 6 (F -> id)	Goto (6, F) = 3
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+') (3, 'F')	) * ((id + id) * id)) $	r 4 (T -> F)	Goto (6, T) = 9
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+') (9, 'T')	) * ((id + id) * id)) $	r 1 (E -> E+T)	Goto (4, E) = 8
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E')	) * ((id + id) * id)) $	d 11	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (11, ')')	* ((id + id) * id)) $	r 5 (F -> (E))	Goto (4, F) = 3

$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (3, 'F')	* ((id + id) * id)) $	r 4 (T -> F)	Goto (4, T) = 2
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T')	* ((id + id) * id)) $	d 7	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*')	((id + id) * id)) $	d 4	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(')	(id + id) * id)) $	d 4	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(')	id + id) * id)) $	d 5	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (5, 'id')	+ id) * id)) $	r 6 (F -> id)	Goto (4, F) = 3
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (3, 'F')	+ id) * id)) $	r 4 (T -> F)	Goto (4, T) = 2
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (2, 'T')	+ id) * id)) $	r 2 (E -> T)	Goto (4, E) = 8
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E')	+ id) * id)) $	d 6	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+')	id) * id)) $	d 5	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+') (5, 'id')	) * id)) $	r 6 (F -> id)	Goto (6, F) = 3
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+') (3, 'F')	) * id)) $	r 4 (T -> F)	Goto (6, T) = 9
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (6, '+') (9, 'T')	) * id)) $	r 1 (E -> E+T)	Goto (4, E) = 8
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E')	) * id)) $	d 11	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (4, '(') (8, 'E') (11, ')')	* id)) $	r 5 (F -> (E))	Goto (4, F) = 3
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (3, 'F')	* id)) $	r 4 (T -> F)	Goto (4, T) = 2
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T')	* id)) $	d 7	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*')	id)) $	d 5	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (5, 'id')	)) $	r 6 (F -> id)	Goto (7, F) = 10
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (10, 'F')	)) $	r 3 (T -> T*F)	Goto (4, T) = 2
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T')	)) $	r 2 (E -> T)	Goto (4, E) = 8
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (8, 'E')	)) $	d 11	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (8, 'E') (11, ')')	) $	r 5 (F -> (E))	Goto (7, F) = 10
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T') (7, '*') (10, 'F')	) $	r 3 (T -> T*F)	Goto (4, T) = 2

$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (2, 'T')	) $	r 2 (E -> T)	Goto (4, E) = 8
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (8, 'E')	) $	d 11	
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (4, '(') (8, 'E') (11, ')')	$	r 5 (F -> (E))	Goto (7, F) = 10
$ 0 (2, 'T') (7, '*') (10, 'F')	$	r 3 (T -> T*F)	Goto (0, T) = 2
$ 0 (2, 'T')	$	r 2 (E -> T)	Goto (0, E) = 1
$ 0 (1, 'E')	$	aceitar	

Questão 2

Construir para a gramática a seguir as tabelas de ações e de transições de um analisador sintático SLR. Dizer se a referida gramática é SLR ou não e justificar a resposta. Mostrar todo o desenvolvimento usado, ou seja, os autômatos não-determinístico e determinístico obtidos, a tabela dos seguintes de todos os não-terminais e a tabela com estados contendo os itens de final de todas as produções da gramática. Não é necessário programar, porém não é proibido.

Produções da gramática:

E **E + T | T**
T **T * F | F**
F **P @ F | P**
P **(E) | a | a (L)**
L **L , E | E**

Obs.: o não-terminal E é o símbolo inicial da gramática.

Resolução

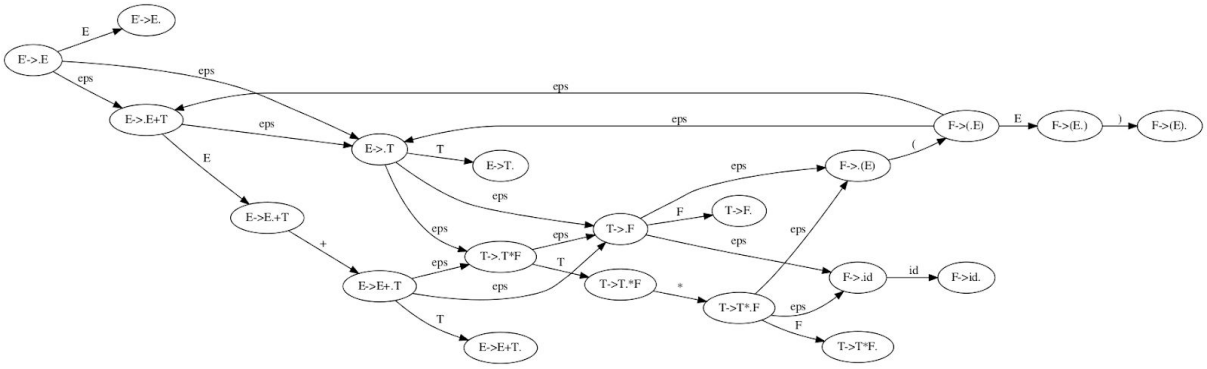
Implementou-se um código em Python que a partir das produções da gramática, cria programaticamente um autômato não-determinístico e então lhe reduz para um autômato determinístico. Em seguida, fazendo uso dos Seguintes (obtidos por meio do código desenvolvido na lista 1), o script em Python segue a implementação dos slides e obtém a tabela de ações e transições pedida. O código pode ser consultado nos arquivos anexos ou no link

https://github.com/igorbragaia/CES-41/blob/master/list2/ex2/ex2.py

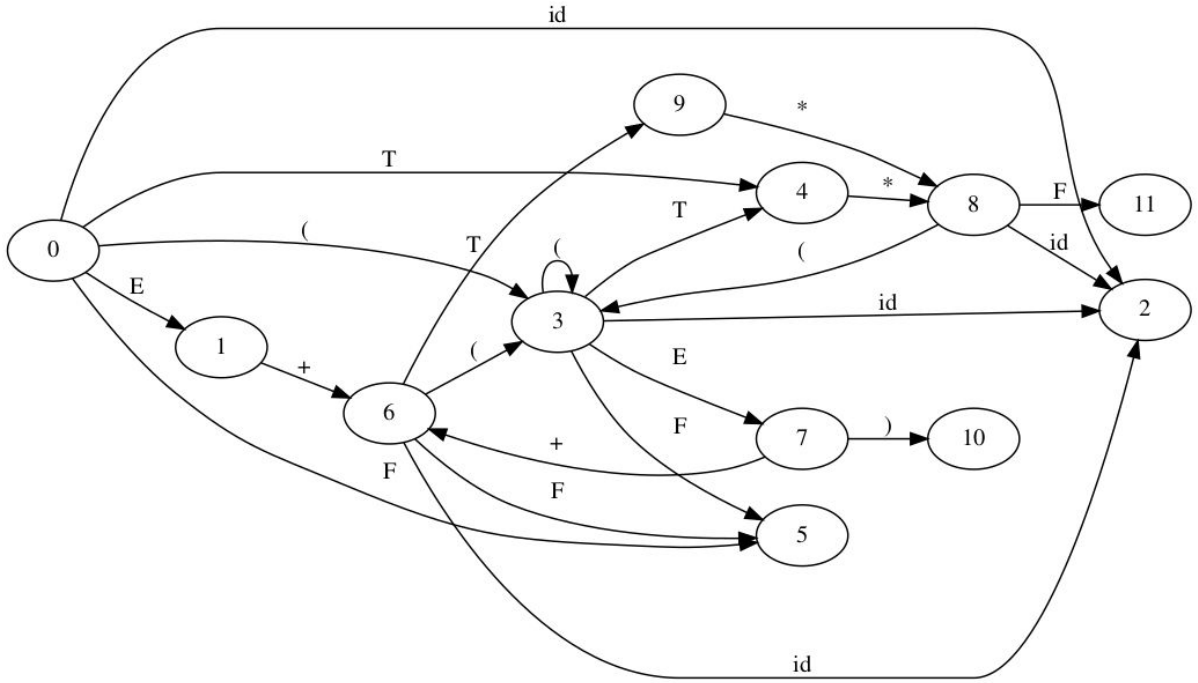
Para o exemplo do slide da aula 5-c, temos um resultado idêntico ao slide, embora com nomenclatura diferente nos nós. Veja a seguir, por exemplo, para a gramática dos slides

E **E + T | T**
T **T * F | F**
F **(E) | id**

O autômato finito não determinístico é



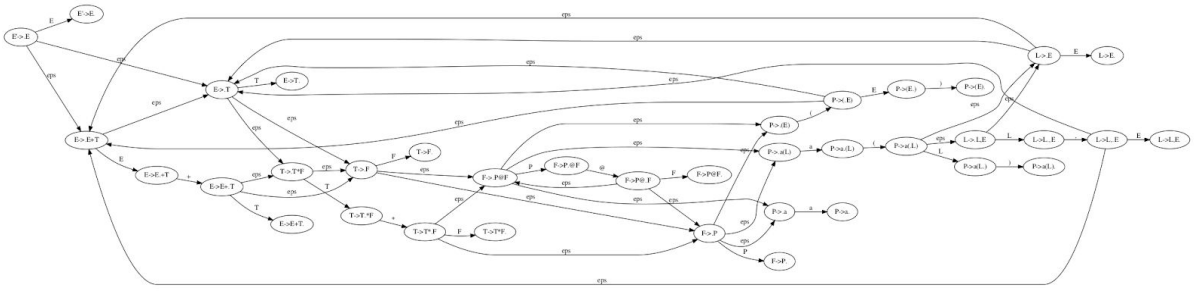
O autômato finito determinístico, por sua vez, é



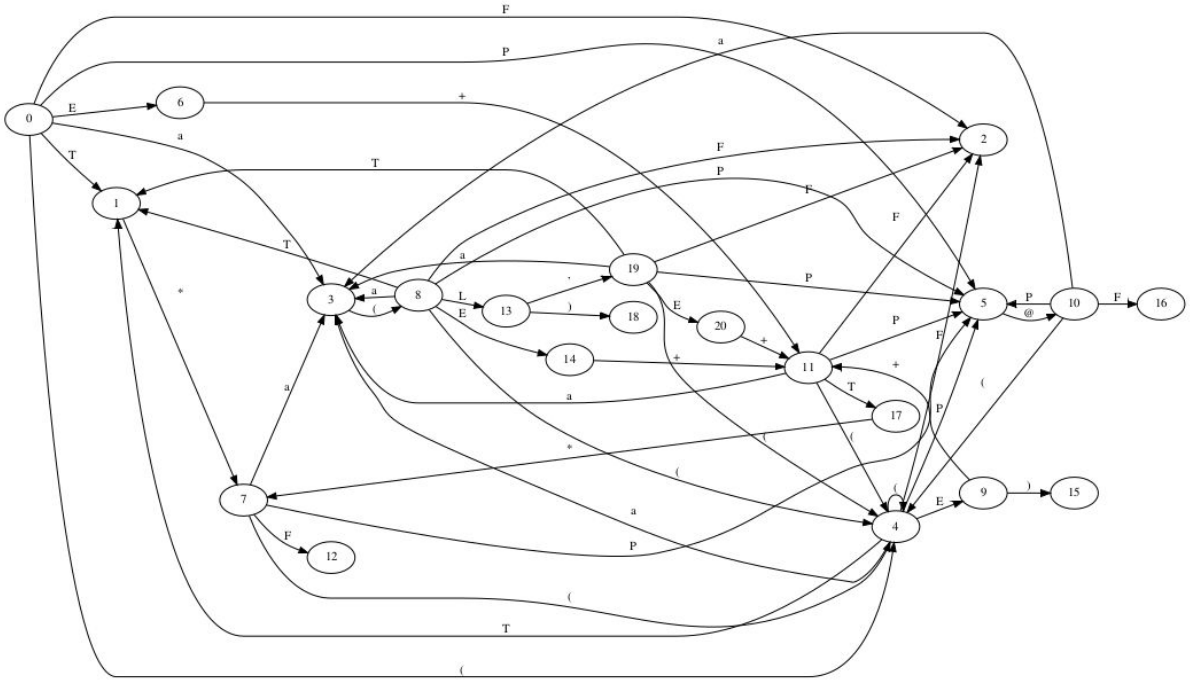
Para a questão da lista, dada a gramática

E	**E + T | T**
T	**T * F | F**
F	**P @ F | P**
P	**(E) | a | a (L)**
L	**L , E | E**

O autômato finito não determinístico é (veja em melhor resolução no pdf em anexo ou em https://github.com/igorbragaia/CES-41/blob/master/list2/ex2/questao_lista/afnd.gv.pdf)



O autômato finito determinístico, por sua vez, é (veja em melhor resolução no pdf em anexo ou no link https://github.com/igorbragaia/CES-41/blob/master/list2/ex2/questao_lista/afd.gv.pdf)



Usando o código em Python, desenvolvido na questão 3 da lista 1, para gramática em questão, temos que os Seguintes para os não terminais dessa gramática são

Seguintes	
E'	['$']
E	['$', '+', ')', ',']
F	['*', '$', '+', ')', ',']
L	[')', ',']
P	['@', '*', '$', '+', ')', ',']
T	['*', '$', '+', ')', ',']

Por fim, seguindo a implementação apresentada no slide para obtenção da tabela de ações e transições de um analisador SLR, temos que a tabela de ações e de transições é

	@	**+**	*****	**(**	**)**	**a**	**,**	**$**	**E**	**T**	**F**	**P**	**L**
0				d 4		d 3			6	1	2	5	
1		r 2	d 7		r 2		r 2	r 2					
2		r 4	r 4		r 4		r 4	r 4					
3	r 8	r 8	r 8	d 8	r 8		r 8	r 8					
4				d 4		d 3			9	1	2	5	
5	d 10	r 6	r 6		r 6		r 6	r 6					
6		d 11						act					
7				d 4		d 3					12	5	
8				d 4		d 3			14	1	2	5	13
9		d 11			d 15								
10				d 4		d 3					16	5	
11				d 4		d 3				17	2	5	
12		r 3	r 3		r 3		r 3	r 3					
13					d 18		d 19						
14		d 11			r 11		r 11						
15	r 7	r 7	r 7		r 7		r 7	r 7					
16		r 5	r 5		r 5		r 5	r 5					
17		r 1	d 7		r 1		r 1	r 1					
18	r 9	r 9	r 9		r 9		r 9	r 9					
19				d 4		d 3			20	1	2	5	
20		d 11			r 10		r 10						

Por fim, dado que durante a construção da tabela acima não houve nenhuma entrada com mais de uma ação possível, temos que a gramática é SLR.

Questão 3

Escrever o código intermediário para o programa escrito na linguagem COMP-ITA 2019. Tal código deve ser livre de quádruplas de operadores NOP e de operadores de atribuição desnecessários em determinadas situações. Não usar o programa desenvolvido nos laboratórios.

Resolução

Obs.: A fim de simplificar a construção da tabela, optei por escrever os próprios símbolos ao invés de escrevê-los por extenso. Por exemplo, escrevi "+" ao invés de MAISOP nas quádruplas.

PROGRAMA	rótulo	QUÁDRUPLAS			
`program MatrizTransposta {`	1	OPENMOD	(MODULO, MatrizTransposta)	(IDLE)	(IDLE)
`global: int A[10,10], n;`	2	PARAM	(VAR, A)	(IDLE)	(IDLE)
	3	PARAM	(VAR, n)	(IDLE)	(IDLE)
`functions:`					
`void LerMatriz () {`	4	OPENMOD	(MODULO, LerMatriz)	(IDLE)	(IDLE)
`local: int i, j;`	5	PARAM	(VAR, i)	(IDLE)	(IDLE)
	6	PARAM	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
`statements:`					
`write ("Dimensao da matriz quadrada: ");`	7	PARAM	(CADEIA, "Dimensao da matriz quadrada:")	(IDLE)	(IDLE)
	8	WRITEOP	(INT, 1)	(IDLE)	(IDLE)
`do read (n); while (n < 0);`	9	PARAM	(VAR, n)	(IDLE)	(IDLE)
	10	READOP	(INT, 1)	(IDLE)	(IDLE)
	11	<	(VAR, n)	(INT, 0)	(VAR, ##1)
	12	JTOP	(VAR, ##1)	(IDLE)	(RÓTULO, 9)
`write ("\nElementos da matriz: \n");`	13	PARAM	(CADEIA, "Elementos da matriz: \n")	(IDLE)	(IDLE)
	14	WRITEOP	(INT,1)	(IDLE)	(IDLE)

`for (i <- 0; i <= n-1; i <- i+1)`
`  for (j <- 0; j <= n-1; j <- j+1)`
`  read (A[i,j]);`
	15	ATRIBOP	(INT, 0)	(IDLE)	(VAR, i)

	16	ATRIBOP	(INT, 0)	(IDLE)	(VAR, j)
	17	IND	(VAR,i)	(IDLE)	(IDLE)
	18	IND	(VAR,j)	(IDLE)	(IDLE)
	19	INDEX	(VAR,A)	(INT,2)	(VAR, ##2)
	20	PARAM	(VAR, ##3)	(IDLE)	(IDLE)
	21	READOP	(INT,1)	(IDLE)	(IDLE)
	22	ATRIBPONT	(VAR, ##3)	(IDLE)	(VAR, ##2)
	23	+	(VAR, j)	(INT, 1)	(VAR, ##4)
	24	ATRIBOP	(VAR, ##4)	(IDLE)	(VAR, j)
	25	-	(VAR, n)	(INT,1)	(VAR, ##5)
	26	<=	(VAR, j)	(VAR, ##5)	(VAR, ##6)
	27	JTOP	(VAR, ##6)	(IDLE)	(RÓTULO, 17)
	28	+	(VAR, i)	(INT, 1)	(VAR, ##7)

	29	ATRIBOP	(VAR, ##7)	(IDLE)	(VAR, i)
	30	<=	(VAR, i)	(VAR, ##5)	(VAR, ##8)
	31	JTOP	(VAR, ##8)	(IDLE)	(RÓTULO, 16)
}	32	RETURNOP	(IDLE)	(IDLE)	(IDLE)
void EscreverMatriz () {	33	OPENMOD	(MODULO, EscreverMatriz)	(IDLE)	(IDLE)
local: int i, j;	34	PARAM	(VAR,i)	(IDLE)	(IDLE)
	35	PARAM	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
statements:					
if (n <= 0) write ("Matriz nula");	36	<=	(VAR, n)	(INT,0)	(VAR, ##1)
	37	JFOP	(VAR, ##1)	(IDLE)	(RÓTULO, 41)
	38	PARAM	(CADEIA, “Matriz nula”)	(IDLE)	(IDLE)
	39	WRITEOP	(INT,1)	(IDLE)	(IDLE)
	40	JUMPOP	(IDLE)	(IDLE)	(RÓTULO, 60)
else					

for (i <- 0; i <= n-1; i <- i+1) {
for (j <- 0; j <= n-1; j <- j+1)
write (A[i,j]);
write ("\n");
}
	41	ATRIBOP	(INT,0)	(IDLE)	(VAR,i)

	42	ATRIBOP	(INT,0)	(IDLE)	(VAR,j)
	43	IND	(VAR,i)	(IDLE)	(IDLE)
	44	IND	(VAR,j)	(IDLE)	(IDLE)
	45	INDEX	(VAR,A)	(INT,2)	(VAR,##2)
	46	CONTAPONTOP	(VAR, ##2)	(IDLE)	(VAR, ##3)
	47	PARAM	(VAR, ##3)	(IDLE)	(IDLE)
	48	WRITEOP	(INT, 1)	(IDLE)	(IDLE)
	49	+	(VAR, j)	(INT, 1)	(VAR, ##4)
	50	ATRIB	(VAR, ##4)	(IDLE)	(VAR, j)
	51	-	(VAR, n)	(INT,1)	(VAR, ##5)
	52	<=	(VAR, j)	(VAR, ##5)	(VAR. ##6)
	53	JTOP	(VAR, ##6)	(IDLE)	(RÓTULO, 43)
	54	PARAM	(CADEIA, “\n”)	(IDLE)	(IDLE)
	55	WRITEOP	(INT,1)	(IDLE)	(IDLE)
	56	+	(VAR, i)	(INT, 1)	(VAR, ##7)
	57	ATRIBOP	(VAR, ##7)	(IDLE)	(VAR, i)
	58	<=	(VAR, i)	(VAR, ##5)	(VAR, ##8)
	59	JT	(VAR, ##8)	(IDLE)	(RÓTULO, 42)
}	60	RETURNOP	(IDLE)	(IDLE)	(IDLE)
void Trocar (int i, int j) {	61	OPENMOD	(MODULO, Trocar)	(IDLE)	(IDLE)
local: int aux;	62	PARAM	(VAR, aux)	(IDLE)	(IDLE)
statements:					

aux <- A[i,j];	63	IND	(VAR, i)	(IDLE)	(IDLE)
	64	IND	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
	65	INDEX	(VAR, A)	(INT,2)	(VAR, ##1)
	66	CONTAPONTOP	(VAR, ##1)	(IDLE)	(VAR, ##3)
	67	ATRIB	(VAR, ##3)	(IDLE)	(VAR, aux)
A[i,j] <- A[j,i];	68	IND	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
	69	IND	(VAR, i)	(IDLE)	(IDLE)
	70	INDEX	(VAR, A)	(INT,2)	(VAR, ##4)
	71	CONTAPONTOP	(VAR, ##4)	(IDLE)	(VAR, ##5)
	72	IND	(VAR, i)	(IDLE)	(IDLE)
	73	IND	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
	74	INDEX	(VAR, A)	(INT, 2)	(VAR, ##6)
	75	ATRIBPONTOP	(VAR, ##5)	(IDLE)	(VAR, ##6)
A[j,i] <- aux;	76	IND	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
	77	IND	(VAR, i)	(IDLE)	(IDLE)
	78	INDEX	(VAR, A)	(INT,2)	(VAR, ##7)
	79	ATRIBPONTOP	(VAR, aux)	(IDLE)	(VAR, ##7)
}	80	RETURNOP	(IDLE)	(IDLE)	(IDLE)
main {	81	OPENMOD	(MODULO, Main)	(IDLE)	(IDLE)
local: int i, j;	82	PARAM	(VAR, i)	(IDLE)	(IDLE)
	83	PARAM	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
statements:					
/*Leitura e escrita da matriz original*/					
call LerMatriz();	84	CALLOP	(FUNCAO, LerMatriz)	(INT, 0)	(IDLE)
write ("\nMatriz original:\n\n");	85	PARAM	(CADEIA," \nMatriz original:\n\n")	(IDLE)	(IDLE)
	86	WRITEOP	(INT, 1)	(IDLE)	(IDLE)
call EscreverMatriz();	87	CALLOP	(FUNCAO, EscreverMatriz)	(INT, 0)	(IDLE)
/*Transformacao da matriz em sua transposta*/					
if (n > 0)	88	>	(VAR, n)	(VAR, 0)	(VAR, ##1)
	89	JFOP	(VAR, ##1)	(IDLE)	(RÓTULO, 106)

for (i <- 0; i <= n-2; i <- i+1)
for (j <- i+1; j <= n-1; j <- j+1)
call Trocar (i, j);
	90	ATRIBOP	(INT, 0)	(IDLE)	(VAR,i)

	91	+	(VAR, i)	(INT,1)	(VAR, ##2)
	92	ATRIBOP	(VAR, ##2)	(IDLE)	(VAR, j)
	93	PARAM	(VAR, i)	(IDLE)	(IDLE)
	94	PARAM	(VAR, j)	(IDLE)	(IDLE)
	95	CALLOP	(FUNCAO, Trocar)	(INT,2)	(IDLE)

	96	+	(VAR, j)	(INT. 1)	(VAR, ##3)
	97	ATRIBOP	(VAR, ##3)	(IDLE)	(VAR, j)
	98	-	(VAR, n)	(INT, 1)	(VAR, ##4)
	99	<=	(VAR, j)	(VAR, ##4	(VAR, ##5)
	100	JTOP	(VAR, ##5)	(IDLE)	(RÓTULO, 93)
	101	+	(VAR, i)	(INT, 1)	(VAR, ##6)
	102	ATRIBOP	(VAR, ##6)	(IDLE)	(VAR, i)
	103	-	(VAR, n)	(INT, 2)	(VAR, ##7)
	104	<=	(VAR, i)	(VAR, ##7)	(VAR, ##8)
	105	JTOP	(VAR, ##8)	(IDLE)	(RÓTULO, 91)
`/*Escrita da matriz transposta */`					
`write ("\nMatriz transposta:\n\n");`	106	PARAM	(CADEIA, "\nMatriz transposta:\n\n")	(IDLE)	(IDLE)
	107	WRITEOP	(INT, 1)	(IDLE)	(IDLE)
`call EscreverMatriz();`	108	CALLOP	(FUNCAO, EscreverMatriz)	(INT, 0)	(IDLE)
`}`	109	RETURNOP	(IDLE)	(IDLE)	(IDLE)
`}`	110	RETURNOP	(IDLE)	(IDLE)	(IDLE)