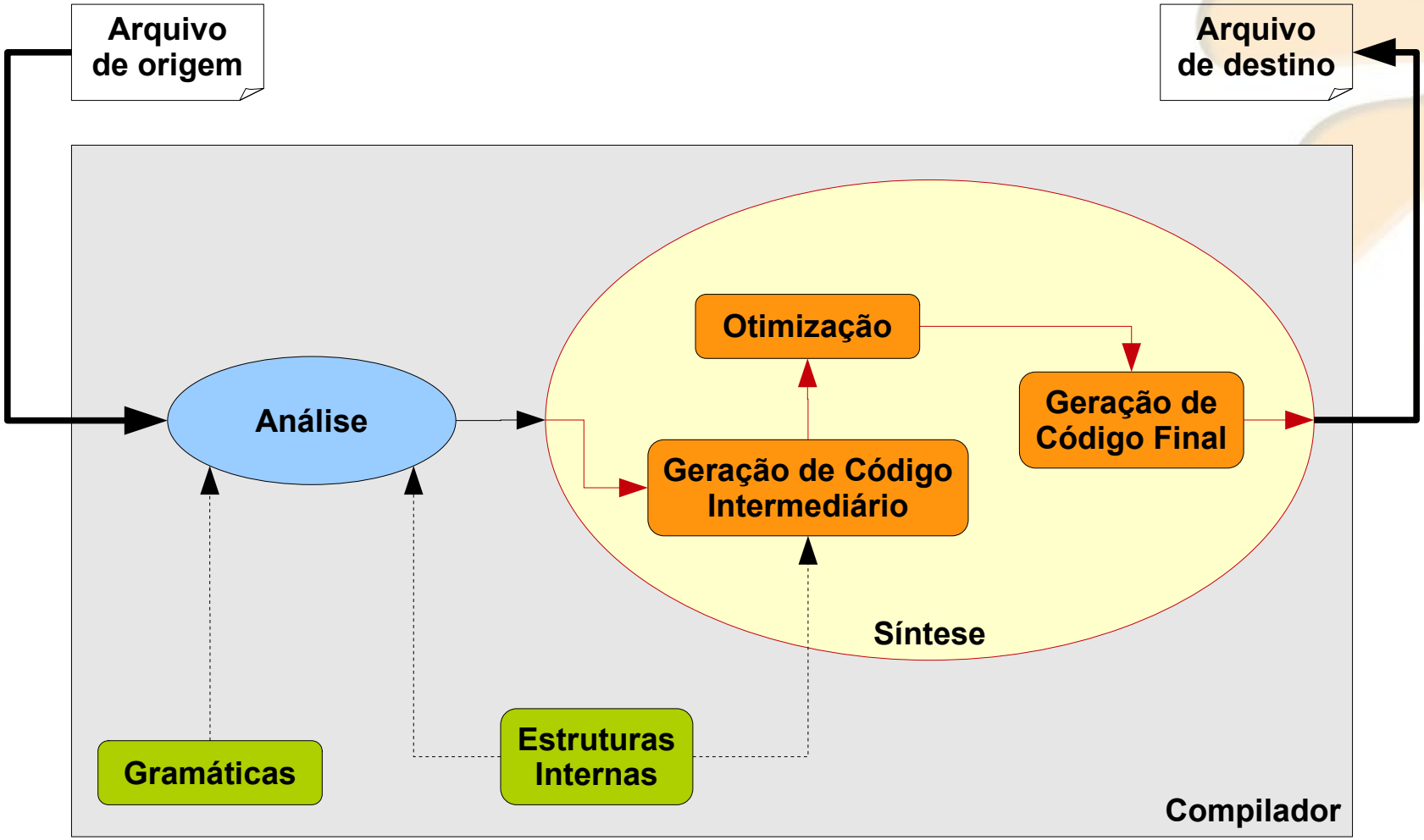
Compiladores

Geração de Código Intermediário

Cristiano Lehrer, M.Sc.

ybadoo

Atividades do Compilador



Introdução

- A geração de código intermediário é a transformação da árvore de derivação em um segmento de código.
- Esse código pode, eventualmente, ser o código objeto final, mas, na maioria das vezes, constitui-se num código intermediário.
- A grande diferença entre o código intermediário e o código objeto final é que o intermediário não especifica detalhes da máquina alvo, tais como quais registradores serão usados, quais endereços de memória serão referenciados, entre outros detalhes físicos da máquina alvo.

Vantagens e Desvantagens

- Vantagens da geração de código intermediário:
  - Possibilita a otimização do código intermediário, de modo a obter-se o código objeto final mais eficiente.
  - Simplifica a implementação do compilador, resolvendo, gradativamente, as dificuldades da passagem de código fonte para objeto (alto nível para baixo nível), já que o código fonte pode ser visto como um texto condensado que explode em inúmeras instruções elementares de baixo nível.
  - Possibilita a tradução do código intermediário para diversas máquinas.
- Desvantagens da geração de código intermediário:
  - O compilador requer um passo a mais, pois a tradução direta do código fonte para objeto leva a uma compilação mais rápida.

Linguagens Intermediárias

- Os vários tipos de código intermediário fazem parte de uma das seguintes categorias:
  - Representações gráficas:
    - Árvore e grafo de sintaxe.
  - Notação pós-fixada ou pré-fixada.
  - Código de três endereços:
    - Quádruplas e triplas.

Árvore e Grafo de Sintaxe (1/4)

- Uma **árvore de sintaxe** é uma forma condensada de árvore de derivação na qual somente os operandos da linguagem aparecem como folhas:
  - Os operandos constituem nós interiores da árvore.
  - Outra simplificação da árvore de sintaxe é que cadeias de produções simples (por exemplo, A → B, B → C) são eliminadas.
- Um **grafo de sintaxe**, além de incluir as simplificações da árvore de sintaxe, faz a fatoração das subexpressões comuns, eliminando-as.

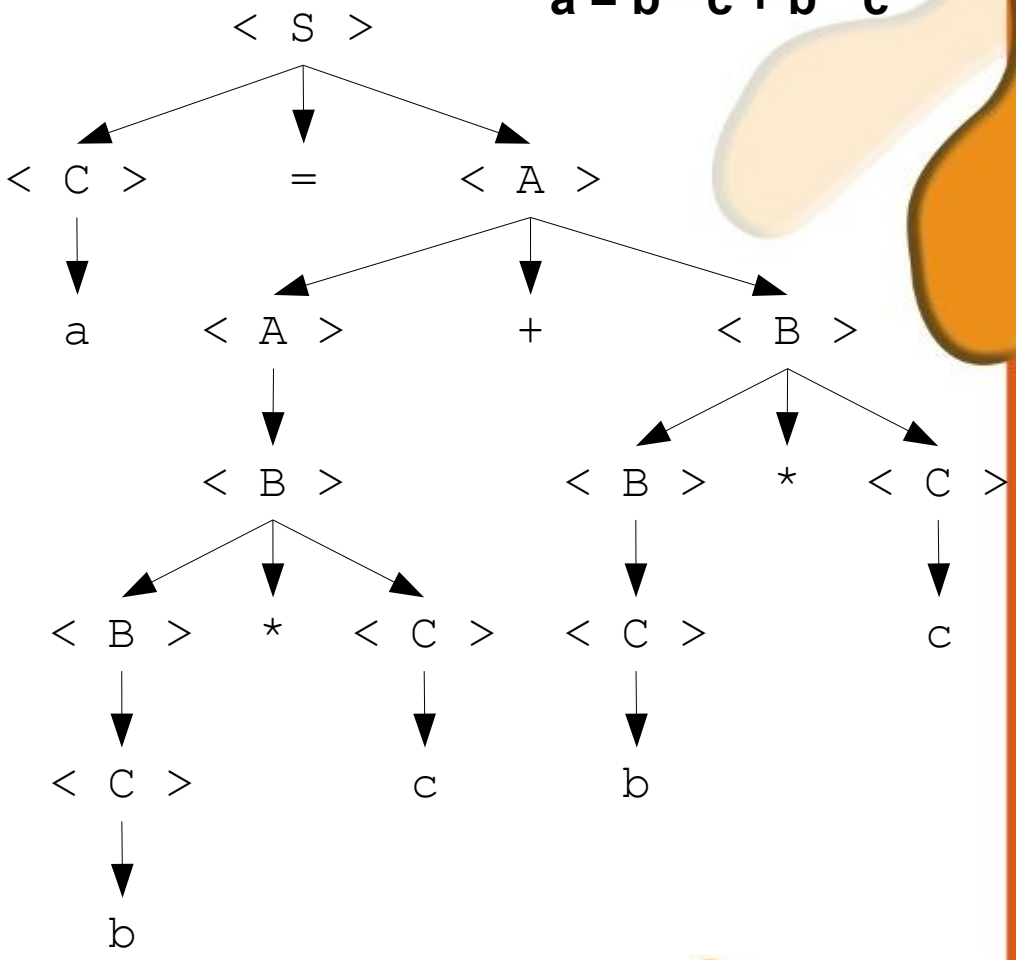
ybadoo

Árvore e Grafo de Sintaxe (2/4)

```
G = ({S, A, B, C},
     {a, b, c, +, *, =}, P, S)
P = { < S > → < C > = < A >
      < A > → < A > + < B >
              |  < B >
      < B > → < B > * < C >
              |  < C >
      < C > → a
              |  b
              |  c   }
```

Árvore de derivação

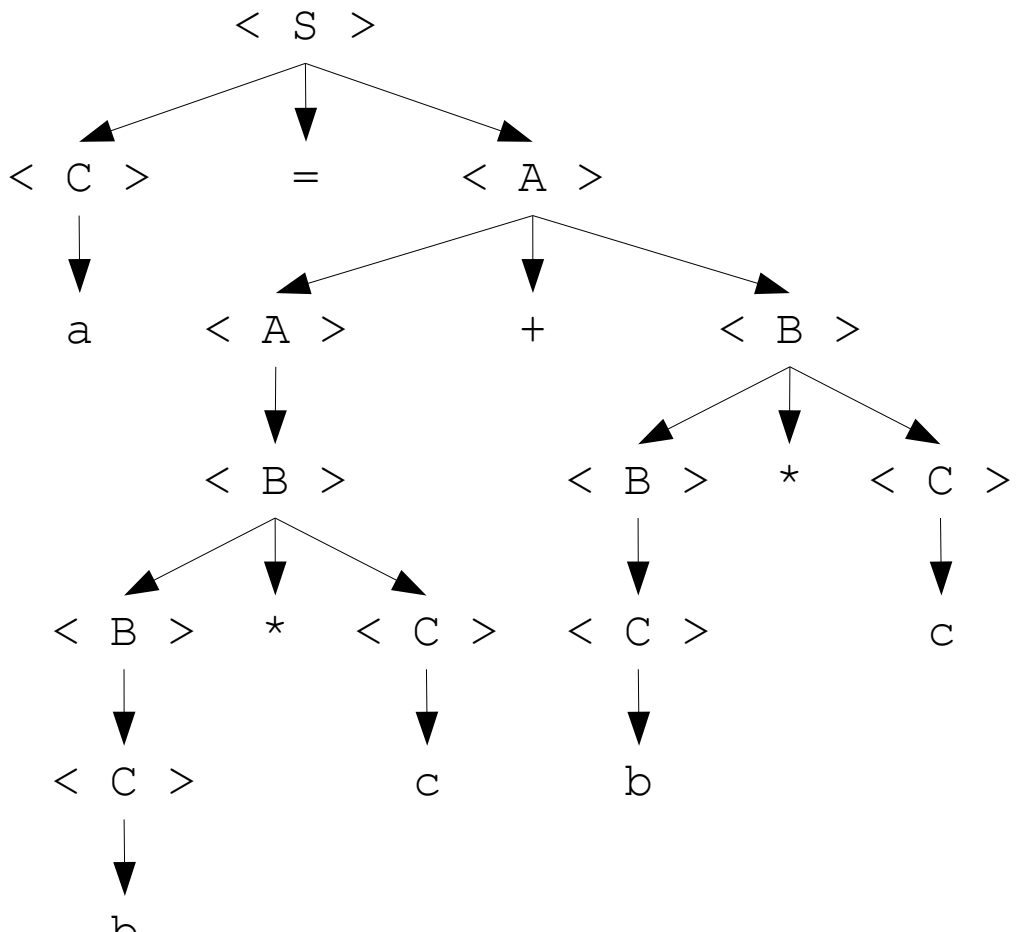
a = b * c + b * c



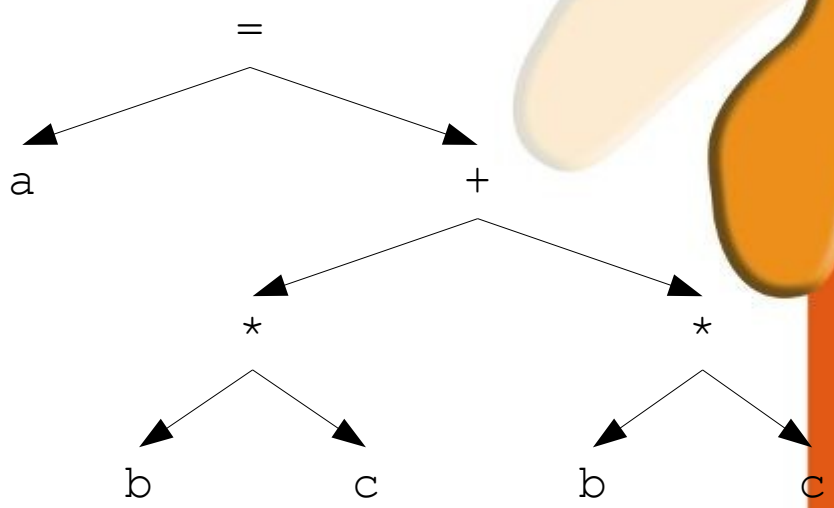
ybadoo

Árvore e Grafo de Sintaxe (3/4)

Árvore de derivação
a = b * c + b * c



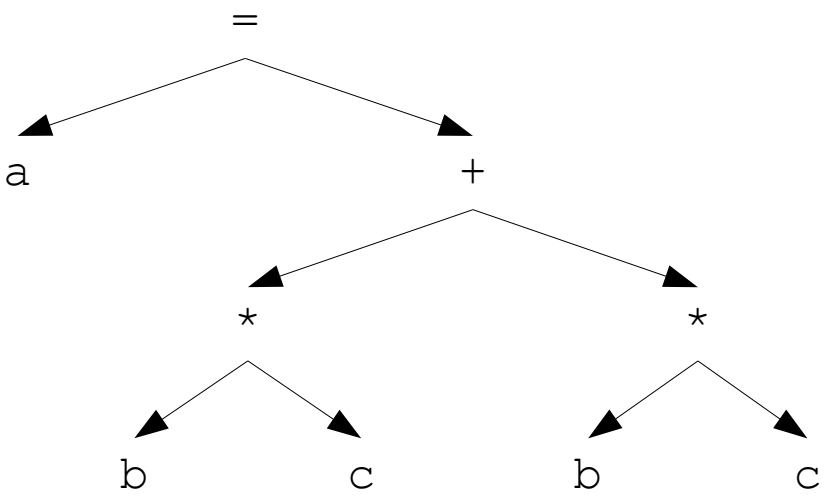
Árvore de sintaxe
a = b * c + b * c



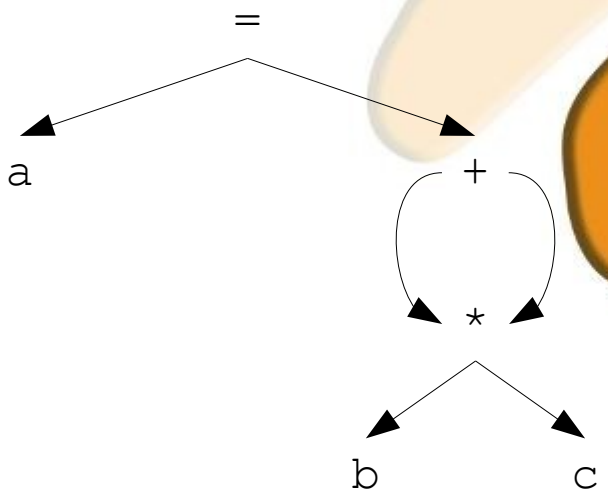
ybadoo

Árvore e Grafo de Sintaxe (4/4)

Árvore de sintaxe
a = b * c + b * c



Grafo de sintaxe
a = b * c + b * c



Notações Pós-fixada e Pré-fixada (1/4)

- Se E_1 e E_2 são expressões pós-fixadas e q é um operador binário, então, $E_1\ E_2\ q$ é a representação pós-fixada para a expressão $E_1\ q\ E_2$.
- Se E_1 e E_2 são expressões pré-fixadas e **q** é um operador binário, então, $q\ E_1\ E_2$ é a representação pré-fixada para a expressão $E_1\ q\ E_2$.
- Notações pós e pré-fixadas podem ser generalizadas para operadores n-ários.

ybadoo

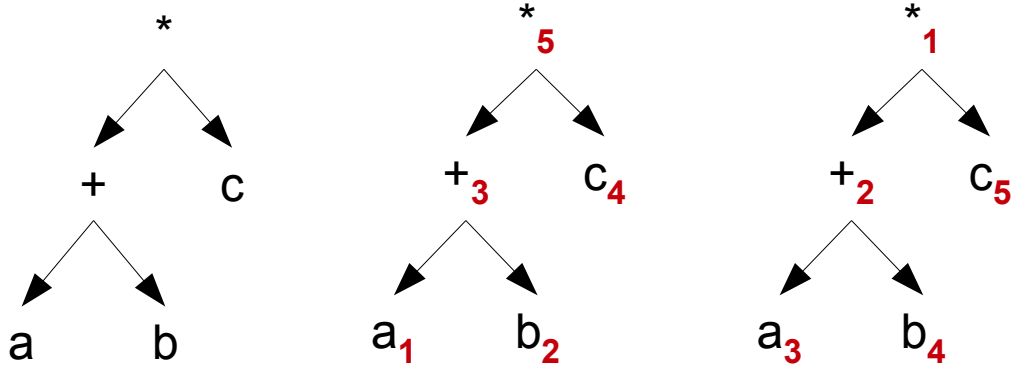
Notações Pós-fixada e Pré-fixada (2/4)

Notação		
Infixada	**Pós-fixada**	**Pré-fixada**
(a + b) * c	ab+c*	*+abc
a * (b + c)	abc+*	*a+bc
a + b * c	abc*+	+a*bc

(a + b) * c

Pós-ordem

Pré-ordem



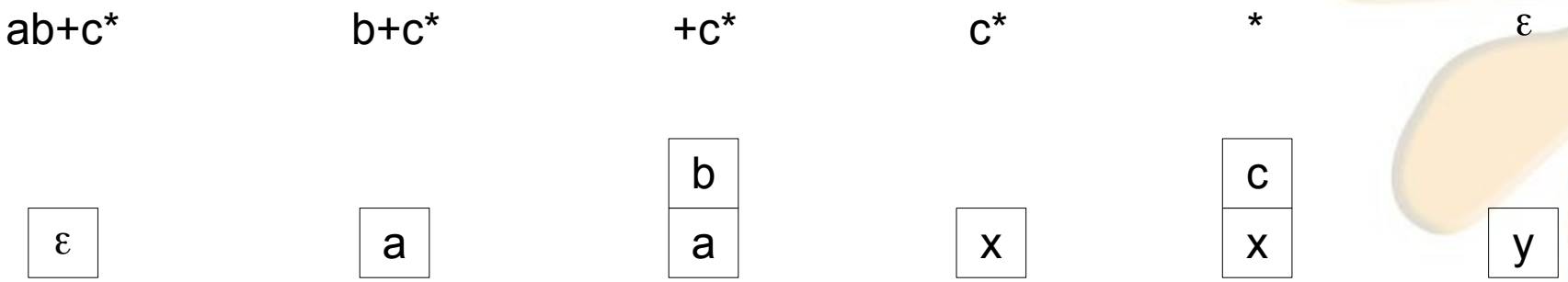
ybadoo

Notações Pós-fixada e Pré-fixada (3/4)

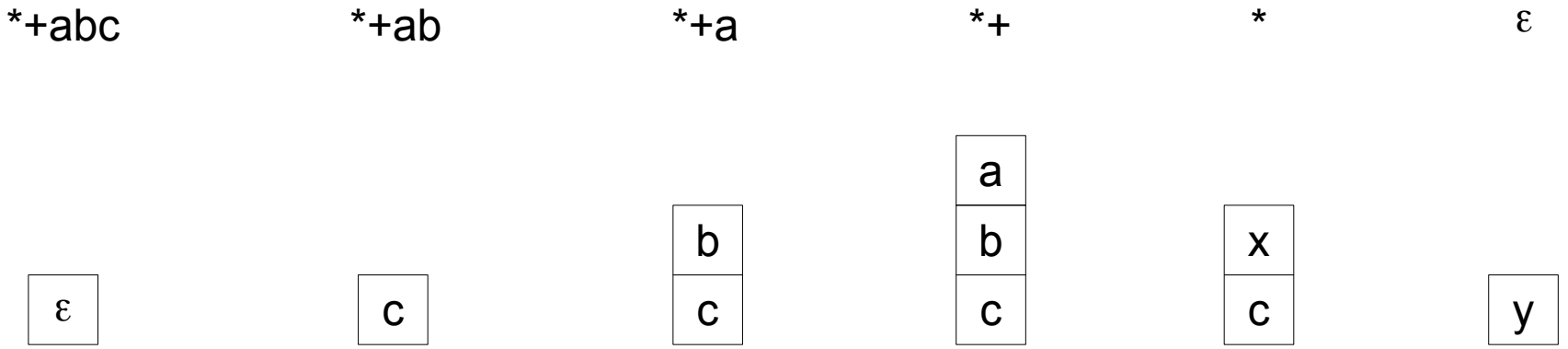
- Para a avaliação de expressões pós-fixadas, pode-se utilizar uma pilha e um processo que age do seguinte modo:
  - Lê a expressão da esquerda para a direita, empilhando cada operando até encontrar um operador.
  - Encontrando um operador n-ário, aplica o operador aos n operandos do topo da pilha.
- Processamento semelhante pode ser aplicado para a avaliação de expressões pré-fixadas:
  - Nesse caso, a expressão é lida da direita para a esquerda.

Notações Pós-fixada e Pré-fixada (4/4)

Execução de expressões pós-fixadas



Execução de expressões pré-fixadas



Código de Três Endereços (1/4)

- No código intermediário de três endereços, cada instrução faz referência, no máximo, a três variáveis (endereços de memória).
- As instruções dessa linguagem são as seguintes:

```
A := B op C

A := op B

A := B

goto L

if A oprel B goto L
```

  - Onde `A`, `B` e `C` representam endereços de variáveis.
  - `op` representa operador (binário ou unário).
  - `oprel` representa operador relacional.
  - `L` representa o rótulo de uma instrução intermediária.

Código de Três Endereços (2/4)

- Exemplo `A := X + Y * Z`

```
T1 := Y * Z
T2 := X + T1
A := T2
```

  - onde `T1` e `T2` são variáveis temporárias.
- Um código de três endereços pode ser implementado através de quádruplas ou triplas.

Código de Três Endereços (3/4)

- As quádruplas são constituídas de quatro campos:
  - Um operador, dois operandos e um resultado.
- Exemplo `A := B * (-C + D)`

	oper	arg1	arg2	result
(0)	-u	C		T1
(1)	+	T1	D	T2
(2)	*	B	T2	T3
(3)	:=	T3		A

Código de Três Endereços (4/4)

- As triplas são formadas por:
  - Um operador e dois operandos.
- Essa representação utiliza ponteiros para a própria estrutura, evitando a nomeação explícita de temporários.
- Exemplo `A := B * (-C + D)`

	oper	arg1	arg2
(0)	-u	C	
(1)	+	(0)	D
(2)	*	B	(1)
(3)	:=	A	(2)

ybadoo