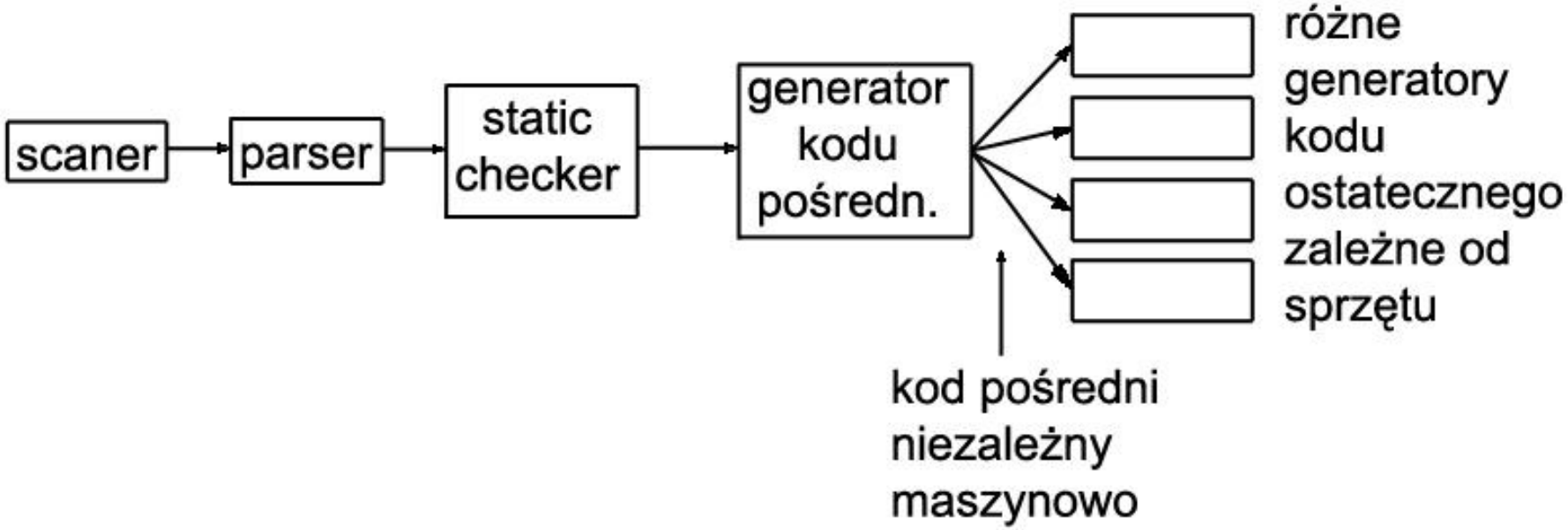
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Generacja kodu pośredniego

Dr inż. Janusz Majewski
Języki formalne i automaty

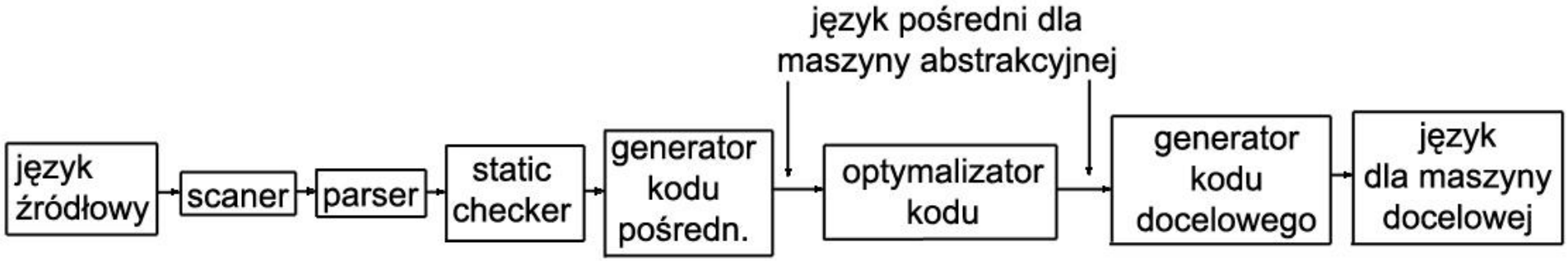
Przyczyny dwustopniowego tłumaczenia

- *Łatwość generowania kompilatorów tego samego języka dla różnych platform systemowo-sprzętowych*



Przyczyny dwustopniowego tłumaczenia

- *Łatwość przeprowadzania optymalizacji na bazie kodu pośredniego niezależnie od sprzętu*



Języki kodu pośredniego

Języki kodu pośredniego są językami dla pewnej maszyny abstrakcyjnej :

- Odwrotna notacja polska (notacja postfiksowa) → maszyna stosowa
- Drzewa syntaktyczne lub grafy skierowane acykliczne
- Kod trójadresowy

Przykład – translacja wyrażeń do odwrotnej notacji polskiej (ONP)

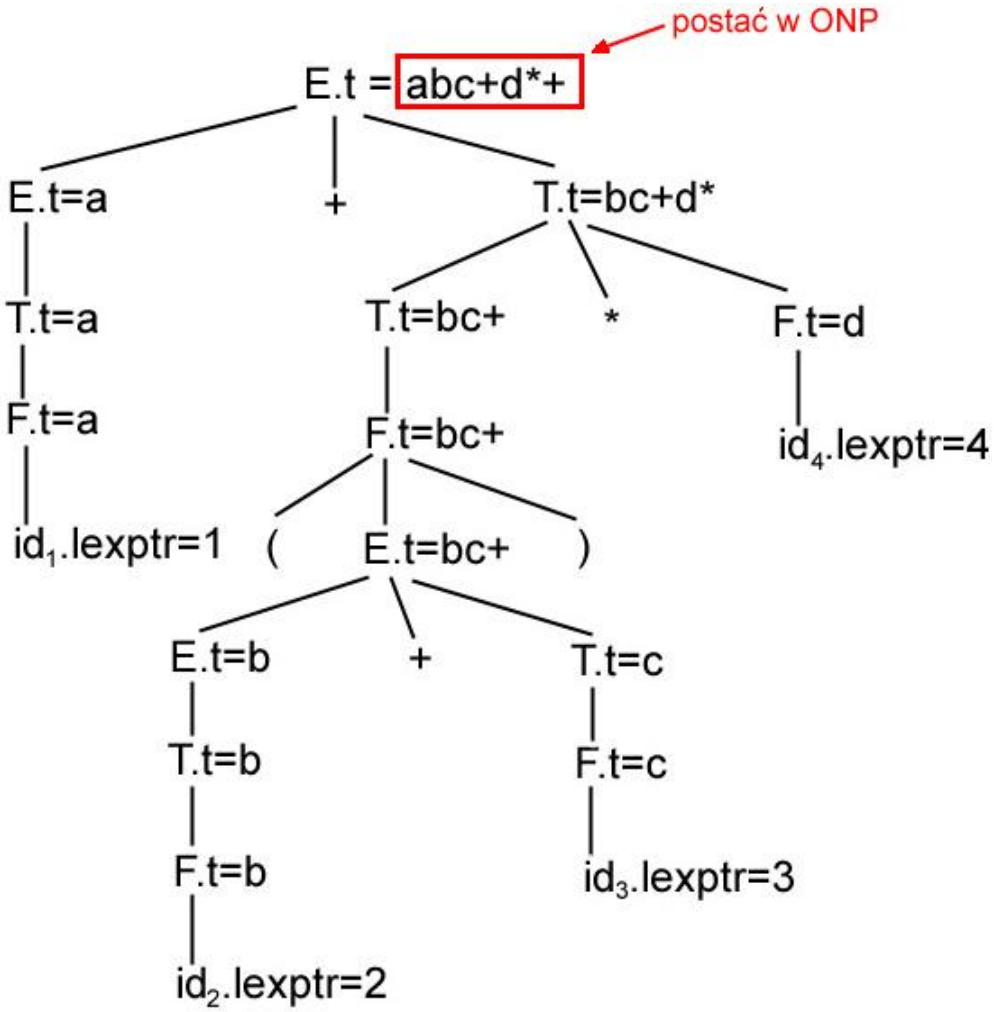
$E \rightarrow E_1 + T$	$E.t \leftarrow E_1.t \parallel T.t \parallel$ '+'
$E \rightarrow T$	$E.t \leftarrow T.t$
$T \rightarrow T_1 * F$	$T.t \leftarrow T_1.t \parallel F.t \parallel$ '*'
$T \rightarrow F$	$T.t \leftarrow F.t$
$F \rightarrow (E)$	$F.t \leftarrow E.t$
$F \rightarrow \underline{id}$	$F.t \leftarrow name(\underline{id}.lexptr)$

gdzie: **||** - operator konkatenacji tekstów

Rozważane słowo źródłowe: **a+(b+c)*d**

Po analizie leksykalnej: **$\underline{id}_1+(\underline{id}_2+\underline{id}_3)*\underline{id}_4$**

id.lexptr	**name(id.lexptr)**
1	a
2	b
3	c
4	d



Maszyna wirtualna działająca w oparciu o ONP

Przykład: maszyna wirtualna = maszyna stosowa

- źródło: **day := (1461 * y) div 4 + (153 * m + 2) div 5 + d**
- ONP: **day 1461 y * 4 div 153 m * 2 + 5 div + d + :=**

Instrukcje maszyny stosowej:

- **push v** - złożenie stałej na stos
- **rvalue l** - złożenie zawartości l na stos
- **lvalue l** - złożenie adresu l na stos
- **(operacja, np:+)** - wykonanie operacji na dwóch argumentach na wierzchołku stosu i bezpośrednio pod wierzchołkiem, zdjęcie obu argumentów ze stosu złożenie tam wyniku.
- **:=** - r-wartość z wierzchołka stosu przesyłana jest do pamięci pod adres (l–wartość) znajdujący się bezpośrednio pod wierzchołkiem. Obie wartości są zdejmowane ze stosu

Program dla maszyny stosowej

- źródło: **day := (1461 * y) div 4 + (153 * m + 2) div 5 + d**
- ONP: **day 1461 y * 4 div 153 m * 2 + 5 div + d + :=**

- Tłumaczenie dla maszyny stosowej:

```
lvalue    day
push      1461
rvalue    y
*
push      4
div
push      153
rvalue    m
*
push      2
+
push      5
div
+
rvalue    d
+
:=
```

Przykład – translacja instrukcji przypisania do kodu trójadresowego

$S \rightarrow \underline{id} := E$	**S.zm ← name(id.lexptr)** **gen(S.zm ‖ ":=" ‖ E.zm)**
$E \rightarrow E_1 + E_2$	**E.zm ← new_temp( )** **gen(E.zm ‖ ":=" ‖ E_1.zm ‖ "+" ‖ E_2.zm**
$E \rightarrow E_1 * E_2$	**E.zm ← new_temp( )** **gen(E.zm ‖ ":=" ‖ E_1.zm ‖ "*" ‖ E_2.zm**
$E \rightarrow (E_1)$	**E.zm ← E_1.zm**
$E \rightarrow \underline{id}$	**E.zm ← name(id.lexptr)**

słowo źródłowe: **d:=a+(b+c)*d**

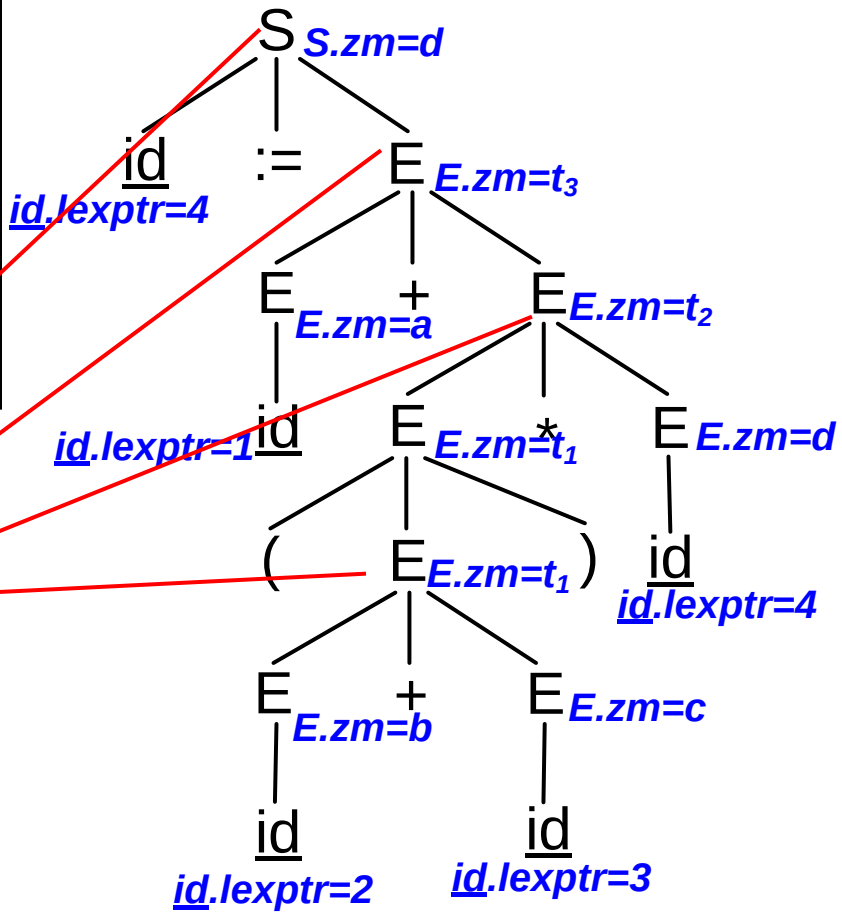
Tłumaczenie:

$t_1 := b + c$

$t_2 := t_1 * d$

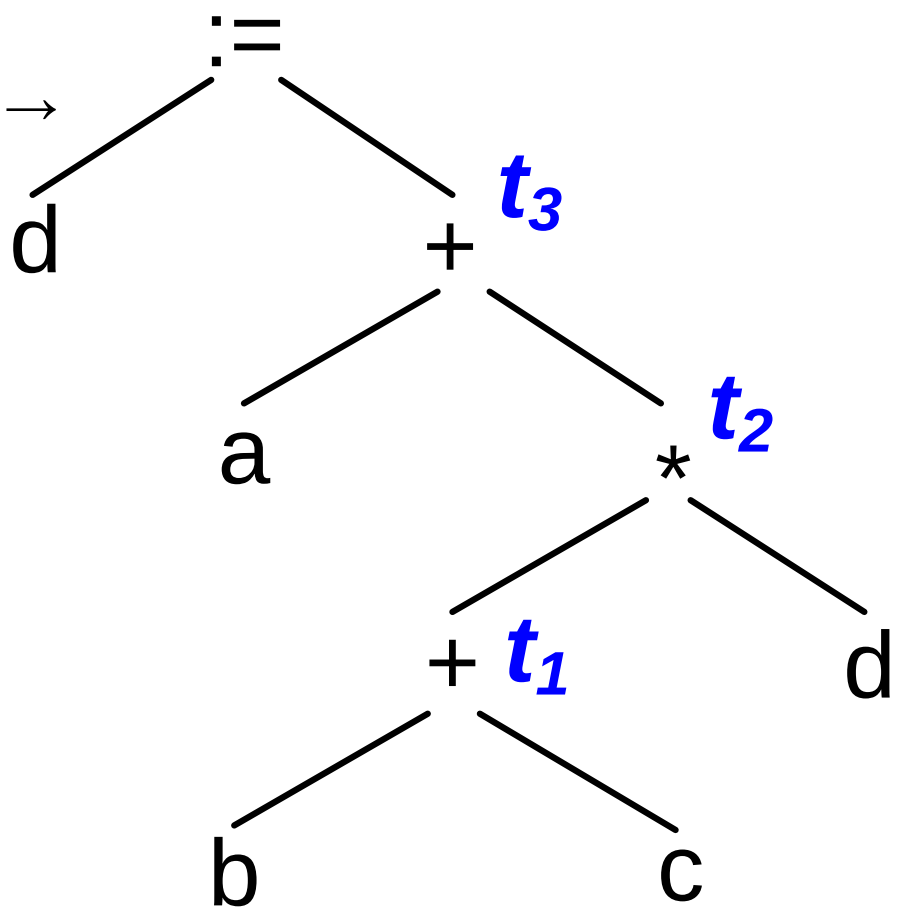
$t_3 := a + t_2$

$d := t_3$



Przykład – translacja instrukcji przypisania do kodu trójadresowego

Drzewo syntaktyczne →



Słowo źródłowe: **d:=a+(b+c)*d**

Tłumaczenie:

$t_1 := b + c$

$t_2 := t_1 * d$

$t_3 := a + t_2$

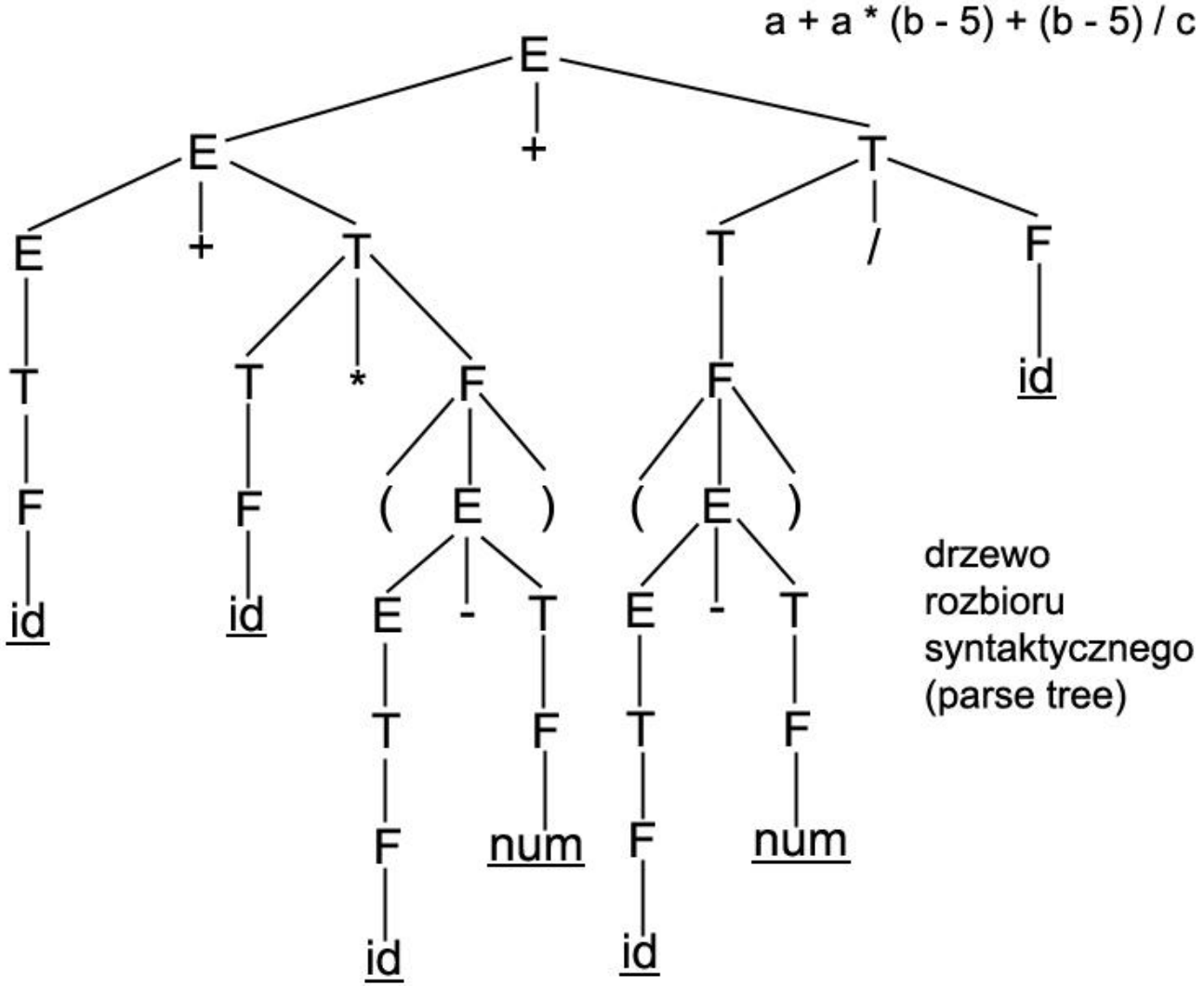
$d := t_3$

Zestaw instrukcji trójadresowych

(a) **x := y op z** dla operacji dwuargumentowych
(b) **x := op y** dla operacji jednoargumentowych
(c) **x := y** kopiowanie
(d) **goto L** skok bezwarunkowy
(e) **if x relop y goto L** skok warunkowy
(f) **param x**
call p, n } do obsługi procedur
return y
(g) **x := y[i]** } do obsługi tablic
x[i] := y
i – odległość elementu od początku tablicy liczona w jednostkach pamięci, np. w bajtach
(h) **x := &y**
x := *y } do obsługi wskaźników
***x := y**

Przypomnienie: drzewa rozbioru

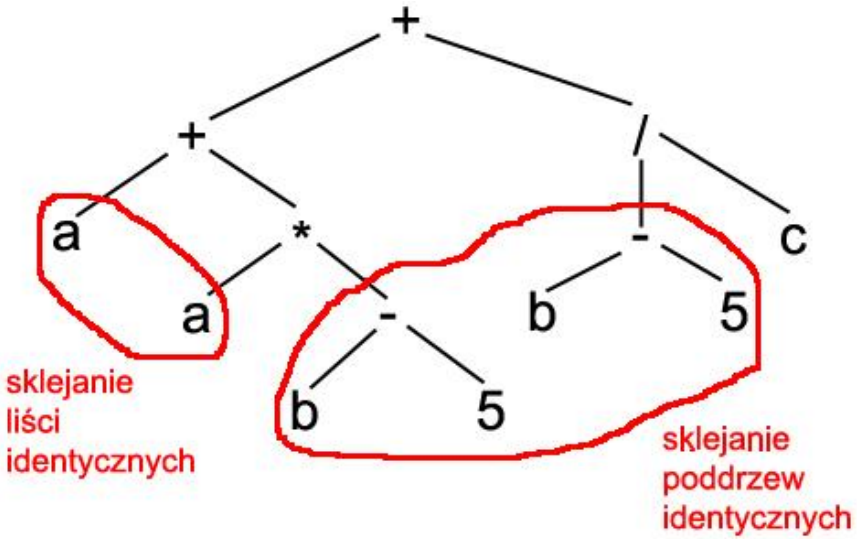
$$E \rightarrow E + T \mid E - T \mid T$$
$$T \rightarrow T * F \mid T / F \mid F$$
$$F \rightarrow (E) \mid \underline{id} \mid \underline{num}$$



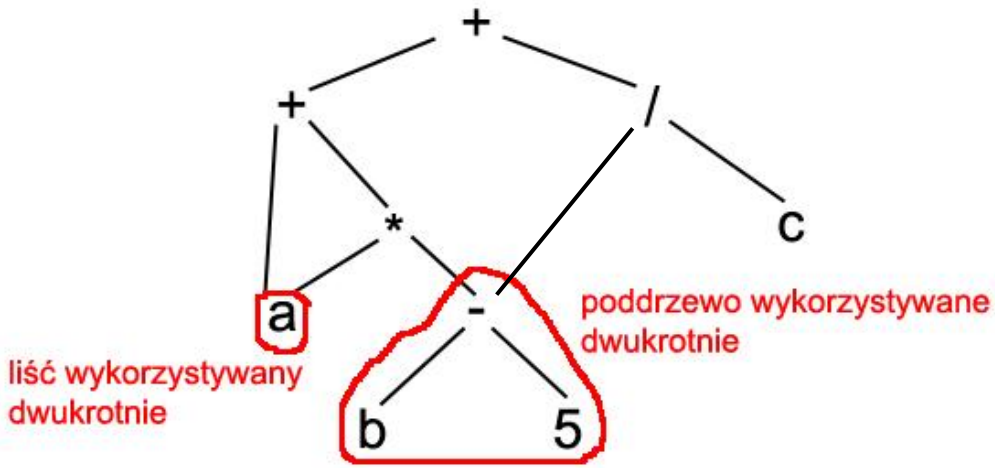
drzewo rozbioru syntaktycznego (parse tree)

Drzewa syntaktyczne i dagi

a + a * (b - 5)+ (b - 5) / c



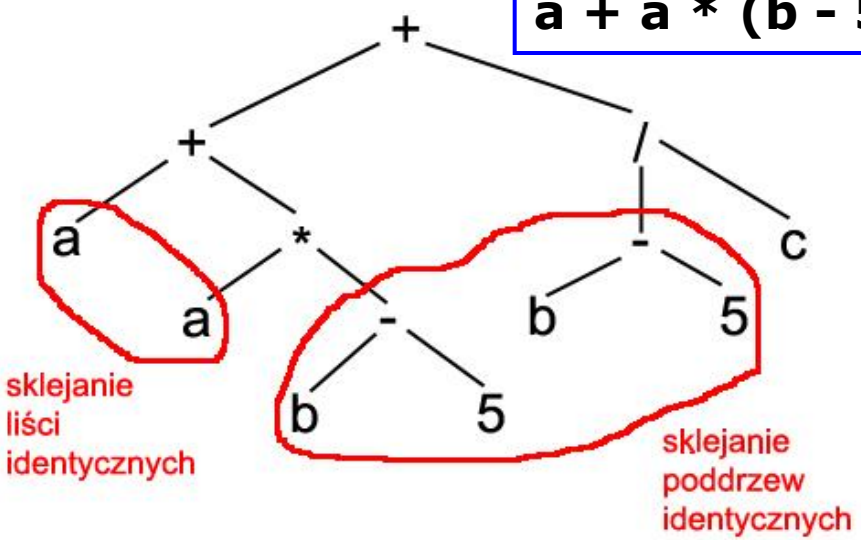
drzewo syntaktyczne
(syntax tree)



skierowany graf acykliczny
(directed acyclic graph - dag)

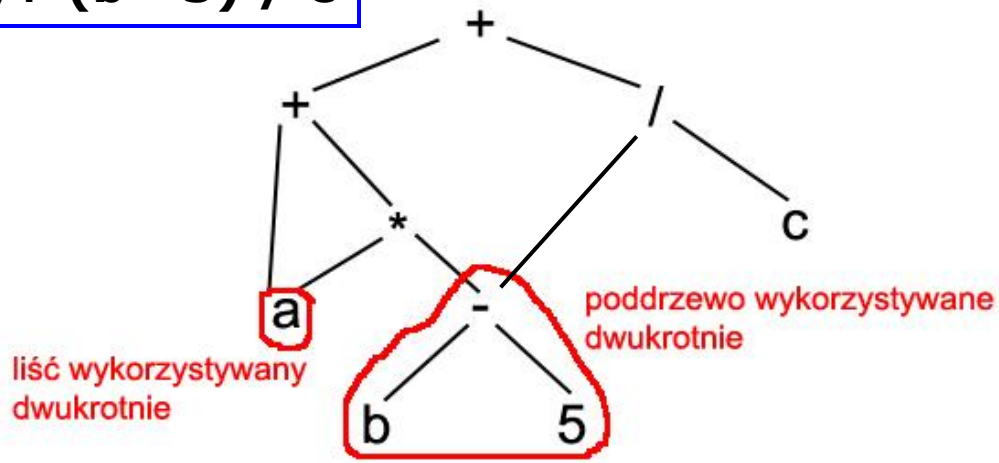
Drzewa syntaktyczne i dagi a kod trójadresowy

a + a * (b - 5)+ (b - 5) / c



drzewo syntaktyczne
(syntax tree)

$t_1 := b - 5$
$t_2 := a * t_1$
$t_3 := a + t_2$
$t_4 := b - 5$
$t_5 := t_4 / c$
$t_6 := t_3 + t_5$

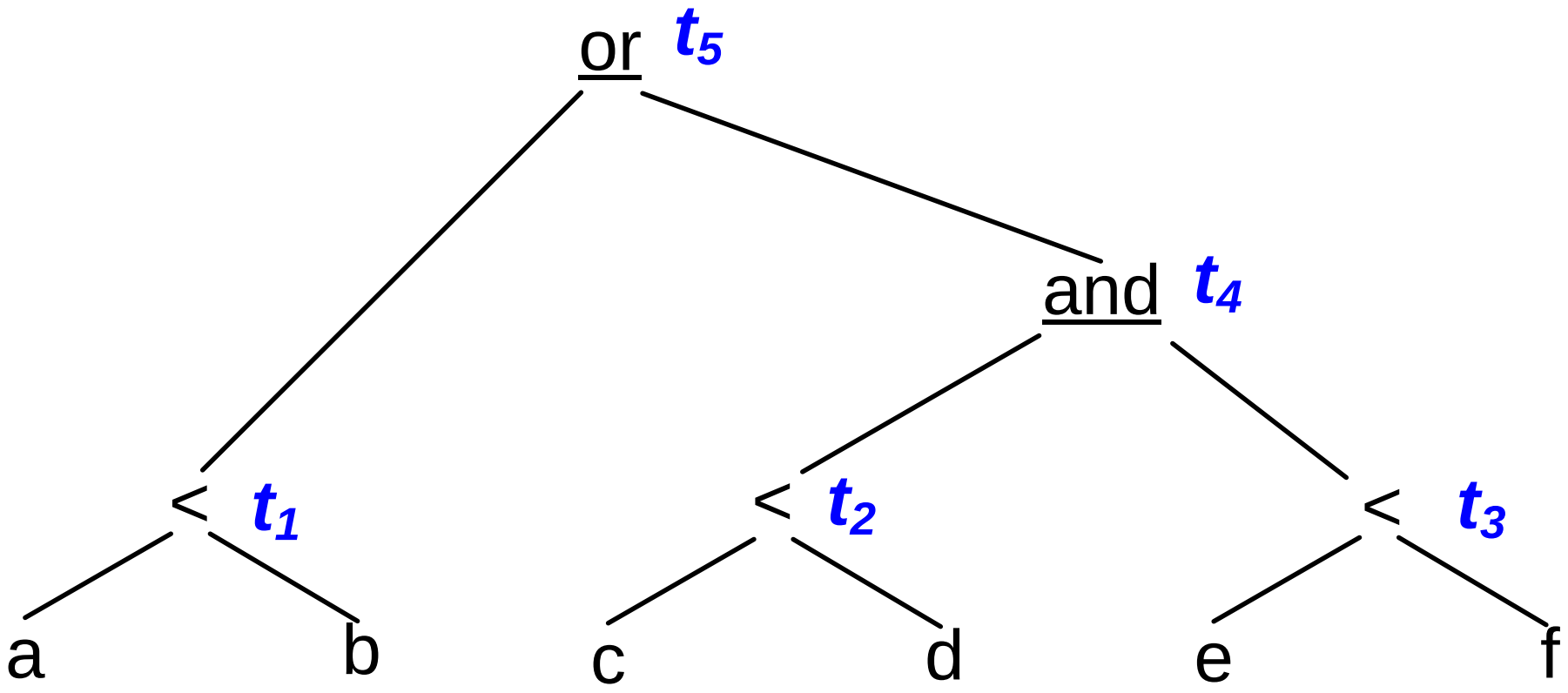


skierowany graf acykliczny
(directed acyclic graph - dag)

$t_1 := b - 5$
$t_2 := a * t_1$
$t_3 := a + t_2$
$t_4 := t_1 / c$
$t_5 := t_3 + t_4$

Translacja wyrażeń logicznych

Przykład: **a < b or c < d and e < f**



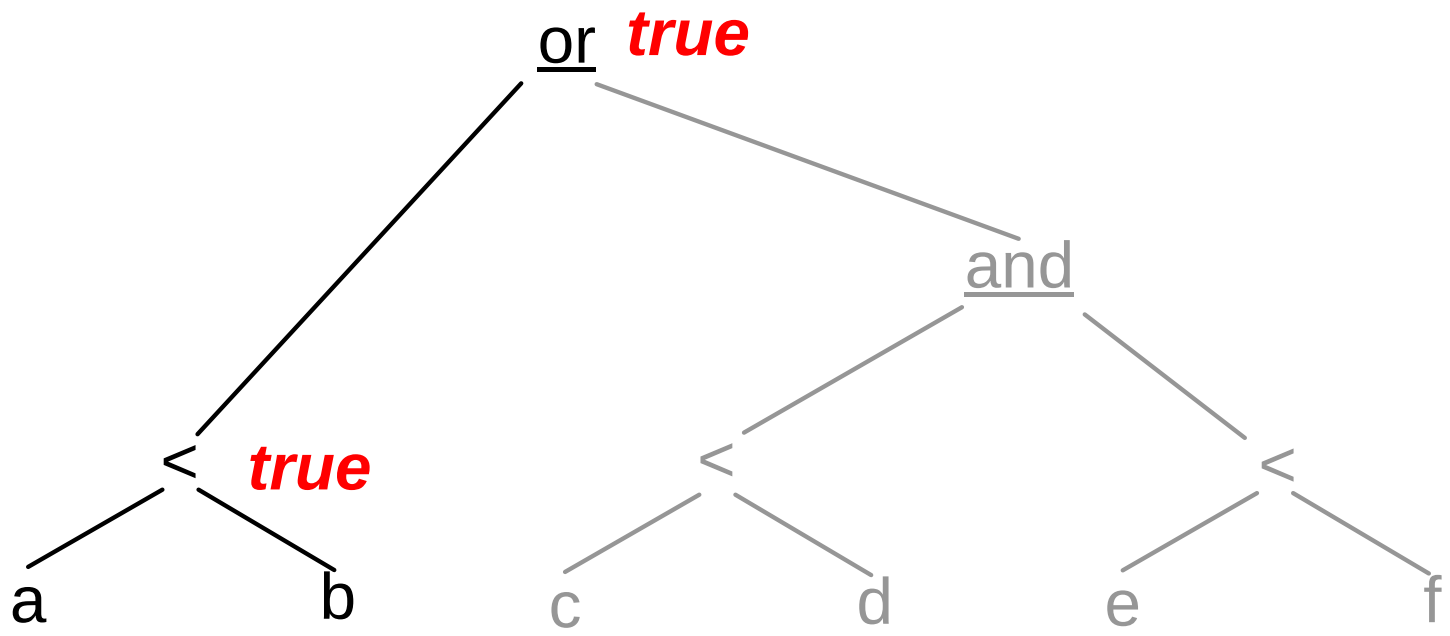
Translacja wyrażeń logicznych

Przykład: **a < b or c < d and e < f**

100 : if a < b goto 103
101 : t_1 := 0
102 : goto 104
103 : t_1 := 1
104 : if c < d goto 107
105 : t_2 := 0
106 : goto 108
107 : t_2 :=1
108 : if e < f goto 111
109 : t_3 := 0
110 : goto 112
111 : t_3 := 1
112 : t_4 := t_2 and t_3
113 : t_5 := t_1 or t_4

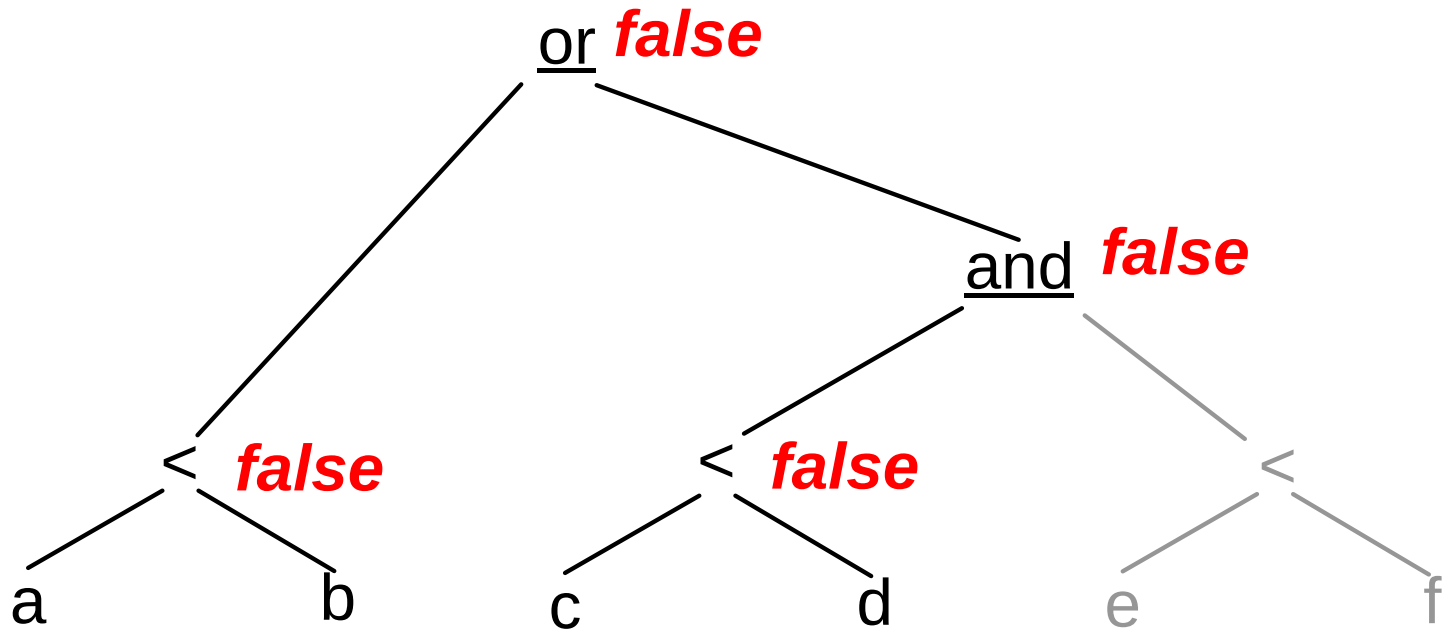
Translacja wyrażeń logicznych

Przykład: **a < b or c < d and e < f**



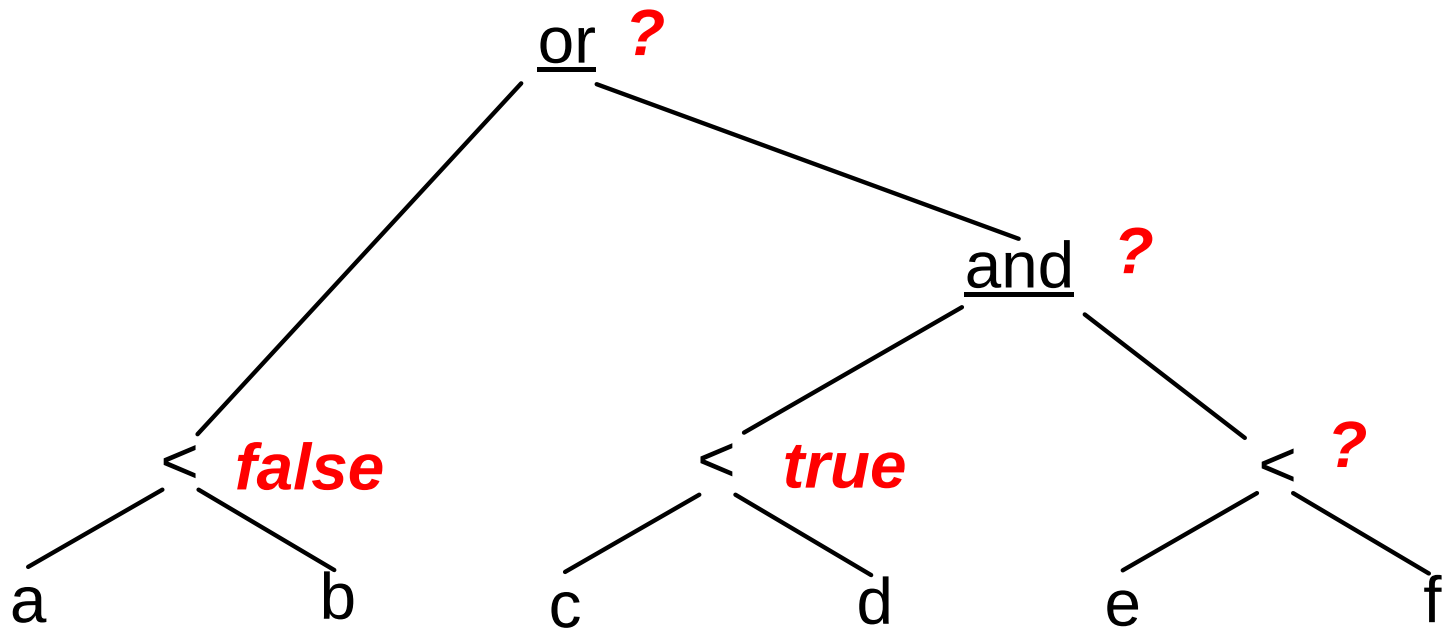
Translacja wyrażeń logicznych

Przykład: **a < b or c < d and e < f**

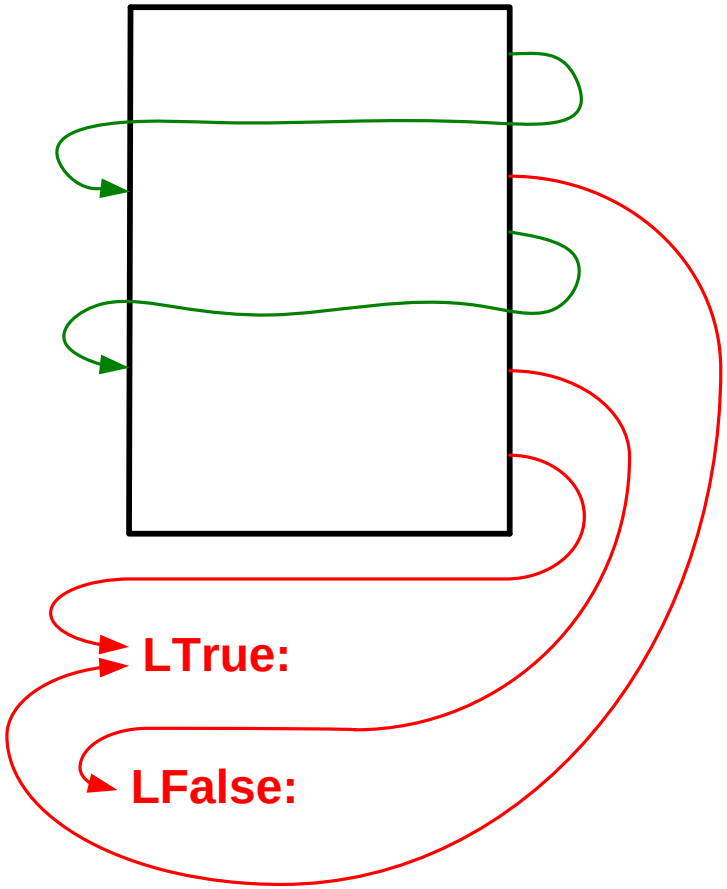


Translacja wyrażeń logicznych

Przykład: **a < b or c < d and e < f**



Translacja wyrażeń logicznych



Translacja wyrażeń logicznych

Przykład: **a < b or c < d and e < f**

```
        if a < b goto L.true
        goto L1
L1:     if c < d goto L2
        goto: L.false
L2:     if e < f goto L.true
        goto L.false
```

Po optymalizacji…

```
if a < b goto L.true
if c >= d goto L.false
if e < f goto L.true
goto L.false
```