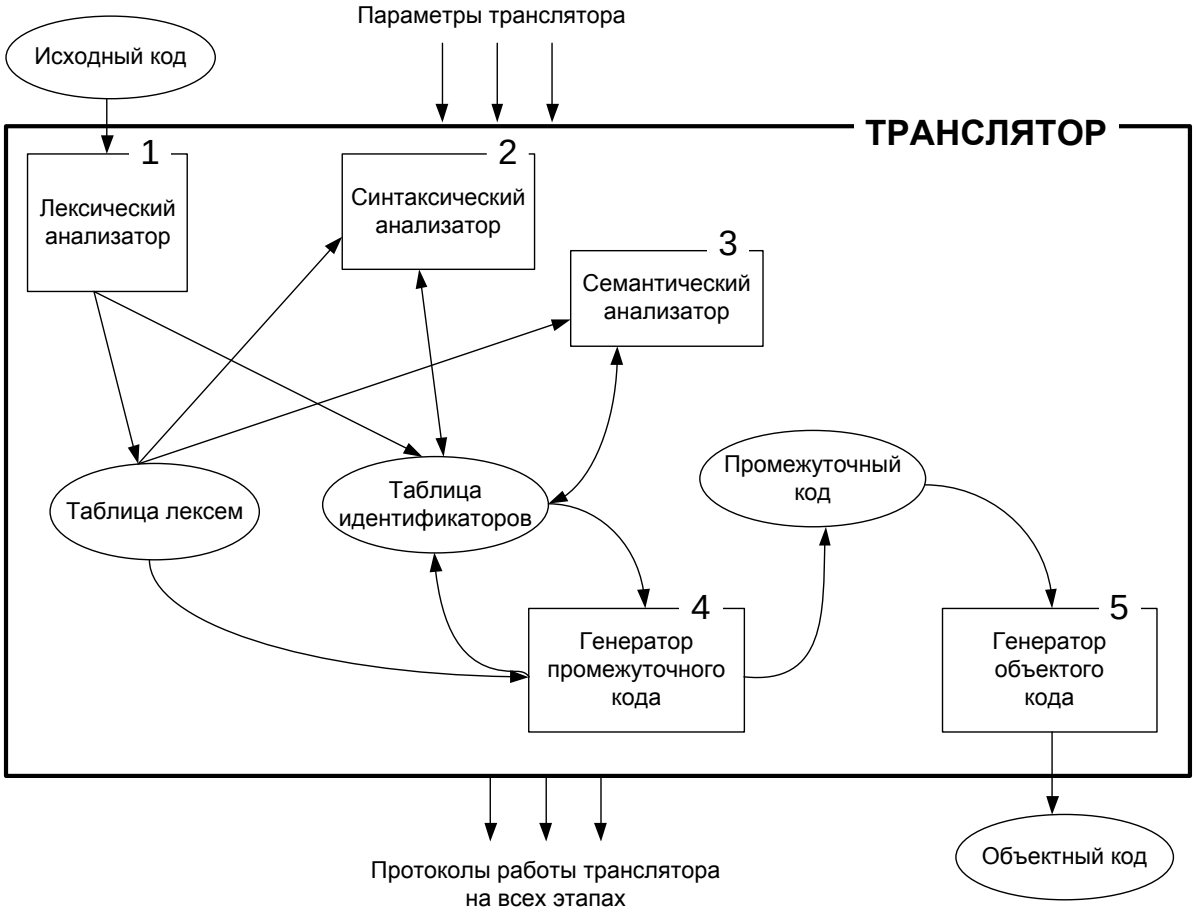
Лекция 24

БГТУ, ФИТ, ПОИТ, 3 семестр, Языки программирования

Генерация промежуточного кода

1. Структура транслятора

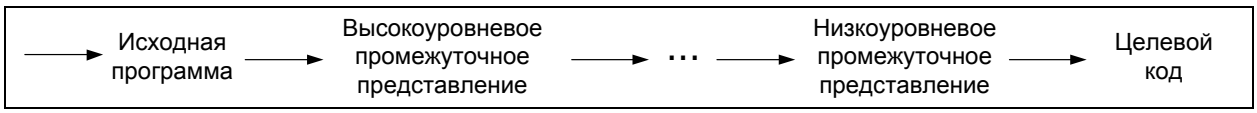


2. Генерация промежуточного кода. Методы генерации кода. Общие принципы генерации кода.

Промежуточный код: код удобный для генерации объектного кода.

Перед генерацией кода необходимо преобразовать выражения (сначала получить польскую запись, затем сгенерировать дополнительный код).

Генерация объектного кода — это перевод компилятором внутреннего представления исходной программы в цепочку символов выходного языка.



В процессе трансляции программы на некотором исходном языке в код для заданной целевой машины компилятор может построить последовательность промежуточных представлений.
Высокоуровневые представления близки к исходному языку, а низкоуровневые – к целевому коду.

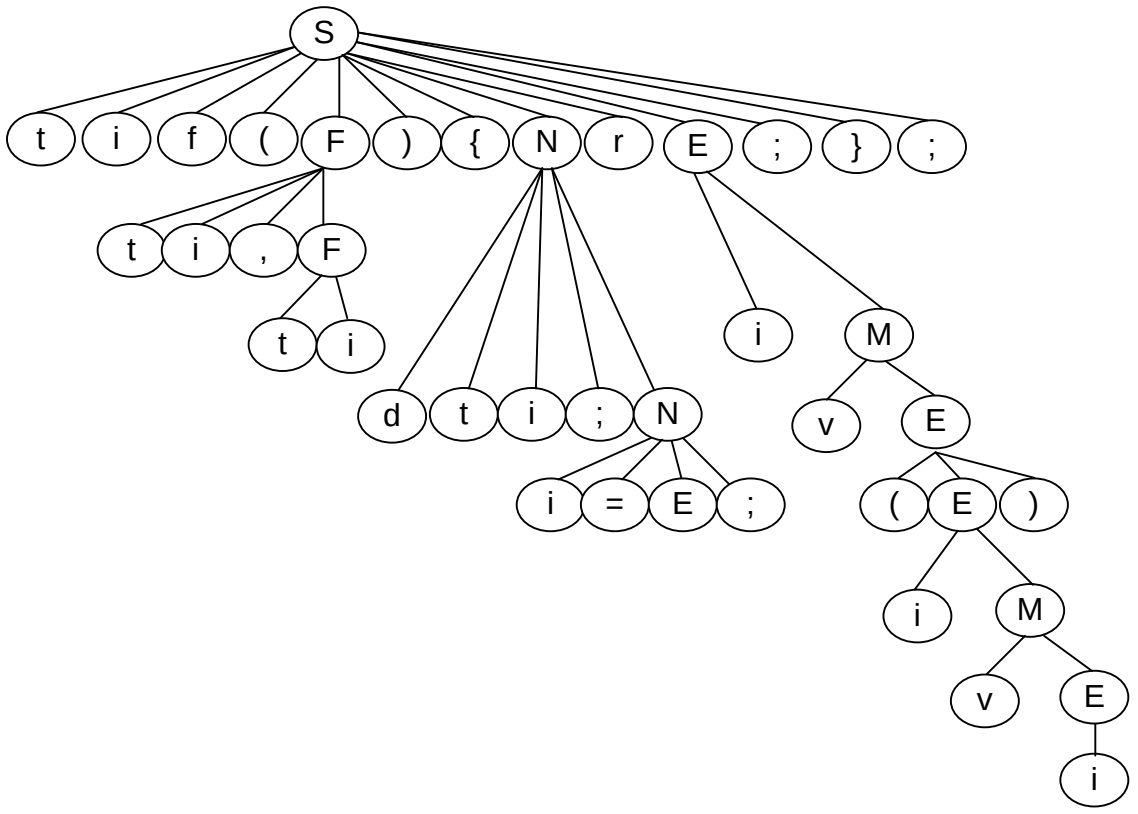
3. Способы внутреннего представления программ:

Формы внутреннего представления программ:

- списочные структуры, представляющие синтаксическое дерево;
- многоадресный код с явно именуемым результатом (тетрады);
- многоадресный код с неявно именуемым результатом (триады);
- обратная (постфиксная) польская запись операций;
- ассемблерный код или машинные команды.

3.1 Синтаксические деревья

Это структура, представляющая собой результат работы синтаксического анализатора и отражающая синтаксис конструкций входного языка.



3.2 Многоадресный код с явно именуемым результатом (тетрады)

Тетрады – форма записи операций из четырех составляющих: операция, два операнда и результат операции.

<операция>(<операнд1>,<операнд2>,<результат>).

Пример. Запись выражения A:=B*C+D–B*10 в виде тетрад:

1) * (B, C, T1)
2) + (Tl, D, T2)
3) * (B, 10, T3)
4) – (T2, T3, T4)
5) := (T4, 0, A)

где идентификаторы T1, T2, T3, T4 обозначают временные переменные.

3.3 Многоадресный код с неявно именуемым результатом (триады)

Триады – форма записи операций из трех составляющих: операция и два операнда.

<операция>(<операнд1>,<операнд2>)

Пример. Запись выражения A:=B*C+D–B*10 в виде триад:

1) * (B, C)
2) + (^1, D)
3) * (B, 10)
4) – (^2, ^3)
5) := (A, ^4)

Знак ^ означает ссылку операнда одной триады на результат другой.

3.4 Обратная польская запись операций

Обратная (постфиксная) польская запись — удобная форма записи операций и операндов для вычисления выражений. Эта форма предусматривает, что знаки операций записываются после операндов.

Пример. Польская запись не содержит скобок.

a **+** ***b******** ***c*** **–** **a/(** ***a*** **+** ***b*****)** **=>** ***a b c*** ***** **+** ***a a b*** **+ / –**

3.5 Ассемблерный код и машинные команды

Команды ассемблера представляют собой форму записи машинных команд.

Внутреннее представление программы зависимо от архитектуры вычислительной системы, на которую ориентирован результирующий код.

Примеры синтаксических конструкций для различных языков программирования.

1). Операторы цикла:

do while <логическое_выражение> <операторы> **loop**	Повторяет <операторы> пока <логическое_выражение> истинно
do until <логическое_выражение> <операторы> **loop**	**?**
while <логическое_выражение> **{** <операторы> **}**	**?**
while <логическое_выражение> **:** <оператор> <оператор>	**?**
for [инициализация_счетчика]**;**[условие]**;**[изменение_счетчика] **{** <операторы> **}**	**?**
for ([инициализация_счетчика]**;**[условие]**;**[изменение_счетчика]**) {** <операторы> **}**	**?**
repeat { <операторы> **} while** <логическое_выражение>	**?**
for объект_последовательности **in** последовательность **{** <операторы> **}**	**?**
…	

2). Функции

Пример функции возведения в квадрат в некоторых языках программирования.

Императивный **C**:	Функциональный **Scheme**:

int square(int x)
{
  return x * x;
}
	(define square
	(lambda (x)
	(* x x)))

Конкатенативный **Joy**:	Конкатенативный **Factor**:
DEFINE square == dup * .	: square (x -- y) dup *;

Конкатенативный язык **Cat** (функциональный стековый язык программирования, обеспечивает статическую типизацию с выводом типов):

```
define square {
  dup *
}
```

здесь **dup** создает копию аргумента, находящегося на вершине стека, и заносит эту копию в стек;

* — функция умножения с сигнатурой *:: (int) → (int) → (int);

Вызов функции:

3 square

где 3 — тоже функция с сигнатурой 3::() → (int), т.е. возвращающая сама себя.

Пример. Hello world, выглядящий в этой нотации несколько непривычно:

"Hello world" print

В стек заносится строка «Hello World», а затем функция print извлекает элемент с вершины стека и выводит его в консоль.

Пример:

10 ["Hello, " "Factor" append print] times

Используется операция над цитатами: в стек кладется 10 и цитата (заключена в []), a times выполняет код из цитаты указанное количество раз.

Код внутри цитаты последовательно кладет в стек две строки, затем соединяет их и выводит в консоль.

4. ПОЛИЗ: внутренняя форма представления программы.

Форма представления в обратной польской нотации достаточна проста для последующей интерпретации с использованием стека.

Постфиксную запись выражений можно определить следующим образом:

1) если выражение E является единственным операндом a, то ПОЛИЗ выражения E —этот операнд a;

2) ПОЛИЗ выражения E_1 *op* E_2,
где *op* — знак бинарной операции,
E_1 и E_2 операнды для q,
является запись:
E_1' E_2' *op* ,
где E_1' и E_2' — ПОЛИЗ выражений E_1 и E_2 соответственно;

3) ПОЛИЗ выражения (E) является ПОЛИЗ выражения E.

Замечание: для интерпретации, кроме ПОЛИЗ выражения, необходима дополнительная информация об операндах, хранящаяся в таблицах.

Замечание: может оказаться, что знак бинарной операции по написанию совпадает со знаком унарной; например, знак «–» в большинстве языков программирования означает и бинарную операцию вычитания, и унарную операцию изменения знака. В этом случае во время интерпретации операции «–» возникнет неоднозначность: сколько операндов надо извлекать из стека и какую операцию выполнять. Устранить неоднозначность можно двумя способами:

- заменить унарную операцию бинарной, т.е. считать, что –a означает 0–a;
- либо ввести специальный знак для обозначения унарной операции; например, –a **заменить** на a.
  Важно: это изменение касается только внутреннего представления программы. Входной язык не требует изменения.

ПОЛИЗ для некоторых операторов некоторого входного языка.

	Оператор языка	Операция	Вид	ПОЛИЗ
1	Присваивание	:=	I := E	I E :=
2	Безусловный переход	!	goto L	p !
3	Условный оператор	!F	if B then S_1 else S_2	B p_1! !F S_1 p_2! S_2
4	Цикл с предусловием		while B do S	B p_1! !F S p_0!
5	Ввод	R	read (I)	I R
6	Вывод	W	write (E)	E W

1. Оператор присваивания I E :=

:= – бинарная операция;
I и E — операнды;
I – адрес переменной I.

Семантика: ….

2. Оператор перехода p ! – унарная операция.

! – переход к элементу ПОЛИЗ с номером p, помеченному меткой L;
p – номер лексемы в таблице лексем (нумерация начинается с 1).

3. Условный оператор вида:

if <условие> then <выражение S_1> else <выражение S_2>

Введем вспомогательную операцию: условный переход по лжи с семантикой

if (not B) then goto L

Тогда условный оператор может быть описан:

if (not B) then goto L_2; S_1; goto L_3; L_2: S_2; L_3: …

ПОЛИЗ условного оператора будет таким:

B p_2 ! !F S_1 p_3 ! S_2

где

p_2 — номер элемента, с которого начинается ПОЛИЗ выражения S_2, помеченного меткой L_2,

p_3 — номер следующего за условным оператором.

Пример. if x>0 then x:=x+8 else x:=x–3

x	0	>	14	!	!F	x	x	8	+	:=	19	!	x	x	3	–	:=	…
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

4. Оператор цикла

Семантика оператора цикла **while B do S** может быть описана:

```
L0: if (not B) then goto L1;
    S;
    goto L0;
L1: …
```

Тогда ПОЛИЗ оператора цикла **while** будет таким:

B p_1! !F S p_0! … ,

где p_i — номер элемента, с которого начинается ПОЛИЗ оператора, помеченного меткой L_i, i = 0,1.

Пример.

Простая инструкция while порождается продукцией:

S –> **while** (*C*) S_1

где *S* – нетерминал;

C – нетерминал, представляет условное выражение, которое после вычисления принимает значение true или false.

Выполнение while.

- вычисление условного выражения*;*
- если оно истинно, то управление передается ***коду*** для выражения S_1;
- если ложно, то управление передается ***коду***, следующему за while (*S.next)*.

Необходимо генерировать метки:

- *L1* – начало ***кода*** инструкции while для вычисления условного выражения *C*; по окончании ***кода*** S_1 будет осуществлен переход к ней;
- *L2* – определяет начало ***кода*** S_1, к которому передается управление, если C.*true*.

Конструкция while	Встроенные действия для конструкции while
S -> **while** (*C*) S_1	*L1* = new(); *L2* = new(); *C.false* = *S.next*; *C.true* = *L2*; S_1.*next* = *L1*; *S.code* = ***label*** || *L1* || *C.code* || ***label*** || *L2* || S_1.*code*

Здесь переменные *L1* и *L2* хранят метки, которые генерируются как первое действие продукции.

|| – конкатенация фрагментов кода.

5. Оператор ввода – унарная операция

R — операция ввода.

Тогда оператор ввода

read (I)

в ПОЛИЗ будет записан как

I R

6. Оператор вывода – унарная операция

W — операция вывода.

Тогда оператор вывода

write (E)

будет записан как

E W

Замечание:

Цикл

for (<выражение1>; < выражение2>; <выражение3>)<оператор>

можно преобразовать к эквивалентному циклу с предусловием:

<выражение1>;
while (<выражение2>){
<оператор>;

<выражение3>;

}

Замечание:

Одномерный массив. Операция использования одномерного массива в ПОЛИЗ, например [:

<имя_массива><индекс>[

Пример. Схема компиляции для перевода выражений в обратную польскую запись.

Рассмотрим грамматику языка арифметических выражений с операциями +, –, * и /:

G({+,–, /, *, a, b}, {S, T, E}, P, S):
P:
S –> S+T | S–T | T
T –> T*E | T/E | E
E –> (S) | a | b

Схему компиляции будем строить по следующему принципу: имеется *выходная* цепочка символов ***R*** и известно текущее положение указателя ***p*** в этой цепочке. Распознаватель, выполняя подбор альтернативы по правилу грамматики, может записывать символы в выходную цепочку и менять текущее положение указателя в ней.

Построенная таким образом схема компиляции очень проста. В ней **с каждым** правилом грамматики связаны некоторые действия, которые записаны через «;» (точку с запятой) за правой частью каждого правила. Если никаких действий выполнять не нужно, в записи следует пустая цепочка *(λ)*.

S –> S+T; *R*(p) = "+", p=p+1
S –> S–T; *R*(p) = "–", p=p+1
S –> T; λ
T –> T*E; *R*(p) = "*", p=p+1
T –> T/E; *R*(p) = "/", p=p+1
T –> E; λ
E –> (S); λ
E –> a; *R*(p) = "a", p=p+1
E –> b; *R*(p) = "b", p=p+l

Подобную схему компиляции можно использовать для любого распознавателя без возвратов, допускающего разбор входных цепочек на основе правил данной грамматики. Для каждого правила грамматики, распознаватель будет выполнять необходимые дополнительные действия, связанные с этим правилом. В результате будет построена цепочка *R*, содержащая представление исходного выражения.

Типы.

Проверка типов. Необходимо проверить, что типы операндов соответствуют типам, допустимым для данной операции.

Применение в трансляции. По типу переменной компилятор определяет количество памяти, требуемое для данного идентификатора. Например, для вычисления адреса при обращении к элементу массива; для добавления команд явного преобразования типов и т.п.

Фундаментальными типами многих языков программирования являются boolean, char, integer.

Правило определения эквивалентности типов:

два типа эквивалентны тогда и только тогда, когда выполняется одно из условий:

- они представляют собой собой один и тот же фундаментальный тип;
- один тип представляет собой имя, обозначающее другой тип.

Объявление типов.

Правила упрощенной грамматики объявления типов по одному:

$D \rightarrow T$ id; $D \mid \lambda$
$T \rightarrow BC$
$B \rightarrow$ int | float | char
$C \rightarrow \lambda \mid$ [num]

Грамматика работает с фундаментальными типами и массивами.
Нетерминал ***D*** порождает последовательность объявлений.
Нетерминал ***T*** порождает фундаментальные типы и массивы.
Нетерминал ***B*** порождает фудаментальные типы int или float, или char.
Нетерминал ***C*** порождает строку, состоящую из пустой строки или целого числа, размещенного в квадратных скобках. Тогда тип массива состоит из фундаментального типа, определяемого ***B***, за которым следует копонент, порождаемый нетерминалом ***C***, который указывает количество элементов массива.

Замечание.

Исходя из типа имени можно определить количество памяти, требуемое для размещения данного имени в процессе выполнения программы.
Во время компиляции эти значения могут использоватья для назначения каждому имени относительного адреса.
Тип и относительный адрес для данного имени может хранится в таблице идентификаторов.

Замечание.
Надо помнить о выравнивании адресов. Если массив состоит из 10 символов, то компилятор может выделить для него 12 байт – число кратное 4, оставляя неиспользованными 2 байта.

Размер типа равен количеству байт (единиц) памяти, необходимому для хранения объектов данного типа. Память для массивов, классов выделяется одним непрерывным блоком байтов.

Для продукции *B* –> int, тип устанавливается равным integer и ширина типа – полагается равной 4 байтам, размеру целого числа.

Замечание.

Размерность целочисленного типа в битах в 32-битной архитектуре равна 32, а в 64-битной архитектуре – 64.

Размер массива получается путем умножения размера элемента на количество элементов в массиве.

Компилятор должен выполнять проверки типов, т.е. определять удовлетворяют ли типы набору правил языка программирования. Реализация языка является строго типизированной, если компилятор гарантирует, что полученная в результате программа не будет иметь ошибок, связанных с типами данных.

5. Семантический анализ и подготовка к генерации кода.

Входные данные для семантического анализа:

- таблица идентификаторов;
- дерево разбора – результат разбора синтаксических конструкций входного языка.

Основные действия семантического анализатора:

1) проверка соблюдения в исходной программе семантических правил входного языка;
2) дополнение внутреннего представления программы в компиляторе операторами и действиями, неявно предусмотренными семантикой входного языка;
3) проверка элементарных семантических (смысловых) норм языка программирования.

1). Проверка соблюдения ***семантических правил*** входного языка ― сопоставление входных цепочек программы с требованиями семантики входного языка программирования.

2). ***Дополнение внутреннего представления программы операторами*** и действиями неявно предусмотренными семантикой входного языка.

Операторы языка C++	Выполняемые операции
a = b + c;	− операция сложения; − операция присваивания результата.

int c = 1;
float b = 2.5;
double a;
a = b + c;
	− преобразование целочисленной переменной c в формат чисел с плавающей точкой;
	− сложение двух чисел с плавающей точкой;
	− преобразование результата в число с плавающей точкой удвоенной точности;
	− присвоение результата переменной a.

3). ***Проверка элементарных смысловых норм*** языков программирования, напрямую не связанных с входным языком, — это сервисная функция, которую предоставляют большинство современных компиляторов.

Примеры соглашений:

- каждая переменная или константа должна хотя бы один раз использоваться в программе;
- каждая переменная должна быть определена до ее первого использования при любом ходе выполнения программы;
- переменной должно всегда предшествовать присвоение ей какого-либо значения;
- результат функции должен быть определен при любом ходе ее выполнения;
- каждый оператор в исходной программе должен иметь возможность хотя бы один раз выполниться;
- операторы условия и выбора должны предусматривать возможность пути выполнения программы по каждой из своих ветвей;
- операторы цикла должны предусматривать возможность завершения цикла.

Рассмотрим следующую схему преобразования промежуточного кода:

- предварительно преобразуем выражения и другие операторы языка в представление в виде обратной польской записи
- сгенерируем дополнительный код.

Способы внутреннего представления программ

Формы внутреннего представления программ:

- списочные структуры, представляющие синтаксические дерево;
- многоадресный код с явно именуемым результатом (тетрады);
- многоадресный код с неявно именуемым результатом (триады);
- обратная (постфиксная) польская запись операций;
- ассемблерный код или машинные команды.

Трехадресный код

В правой части команды **не более** одной операции.

Адресом может быть: имя переменной, константа, либо временная переменная, генерируемая компилятором.

Распространенные трехадресные команды:

1) Команды присваивания вида x = y *op* z,
   где *op* – бинарная арифметическая или логическая операция,
   x, y, z – адреса.
2) Присваивание вида x = *op* y,

где *op* – унарная операция (арифметические, логические, операторы преобразования переменных из одного типа в другой).

3) Команды копирования вида x = y *op* z,
   в которых x присваивается значение y.
4) Безусловный переход goto L.
   После этой команды будет выполнена команда с адресом L.
5) Условный переход вида if x goto L или ifFalse x goto L.
   Если значение x истинно (или ложно), то соответственно следующей выполняется команда L. В противном случае выполняется следующая за условным переходом.
6) Условные переходы вида if x relop y goto L.
7) Вызовы процедур call p, n.
   Последовательность:

   param x_1
   param x_2
   …
   param x_n
   call p, n

   где n – количество фактических параметров, p – взвращаемое значение. Вызовы могут быть вложенными.
8) Массивы (индексированные переменные) вида x = y[i] или x[i] = y (присвоение x значения i-го элемента относительно y и занесение в i-ю ячейку памяти по отношению к x значения y).
9) Присваивание адресов и указателей вида x = &y, x = *y и *x = y.

Рассмотрим инструкцию:

do i = i + 1; while (a[i] < v);

Возможные трансляции:

Символьные метки		Номера команд	
L:	t1 = i + 1	100	t1 = i + 1
	i = t1	101	i = t1
	t2 = i * 4	102	t2 = i * 4
	t3 = a [t2]	103	t3 = a [t2]
	if t3 < v goto L	104	if t3 < v goto 100

Вычисление выражений с помощью обратной польской записи

Вычисление выражений в обратной польской записи выполняется с использованием стека. Выражение просматривается в порядке слева направо, и встречающиеся в нем элементы обрабатываются по следующим правилам:

1. Если встречается операнд, то он помещается в вершину стека.
2. Если встречается знак унарной операции, то операнд выбирается с вершины стека, операция выполняется и результат помещается в вершину стека.
3. Если встречается знак бинарной операции, то два операнда выбираются с вершины стека, операция выполняется и результат помещается в вершину стека.

Вычисление выражения заканчивается, когда достигается конец записи выражения.

1. **Пример:польская запись.**

tfi(ti,ti)
{
dti;
i=iv(ivi);
ri;
};
tfi(ti,ti)
{
dti;
dtfi(ti,ti,ti);
i=i(i,l,l)vi;
ri;
};
m
{
dti;
dti;
dti;
dti;
dti;
dti;
dtfi(ti);
i=i;
i=l;
i=l;
i=l;
i=i(i,i);
i=i(i,i);
pl;
pi;
pi;
pi(i);
rl;
};
	tfi(ti,ti)
	{
	dti;
	i= iiivv;
	ri;
	};
	tfi(ti,ti)
	{
	dti;
	dtfi(ti,ti,ti);
	i=ill@$_3$iv;
	ri;
	};
	m
	{
	dti;
	dti;
	dti;
	dti;
	dti;
	dti;
	dtfi(ti);
	i=i;
	i=l;
	i=l;
	i=l;
	i=ii@$_2$;
	i=ii@$_2$;
	pl;
	pi;
	pi;
	pi@$_1$;
	rl;
	};

2. Пример: генерация дополнительного кода.

tfi(ti,ti)
{
dti;
 	
i= iiivv;
ri;
};
tfi(ti,ti)
{
dti;
dtfi(ti,ti,ti);
i=ill@3iv;
 	
ri;
};
m
{
dti;
dti;
dti;
dti;
dti;
dti;
dtfi(ti);
i=i;
i=l;
i=l;
i=l;
i=ii@2;
i=ii@2;
pl;
pi;
pi;
pi@1;
rl;
};
	tfi(ti,ti)
	{
	dti;
	dti;
	i=iiv;
	i=iiv;
	ri;
	};
	tfi(ti,ti)
	{
	dti;
	dtfi(ti,ti,ti);
	dti;
	dti;
	i=ill@3;
	i=iiv;
	ri;
	};
	m
	{
	dti;
	dti;
	dti;
	dti;
	dti;
	dti;
	dtfi(ti);
	i=i;
	i=l;
	i=l;
	i=l;
	i=ii@2;
	i=ii@2;
	pl;
	pi;
	pi;
	pi(i);
	rl;
	};

3. Тетрады: пример

Тетрады: операция (операнд1, операнд2, результат3)

start(p1,p2,p3)	Создать таблицу ссылок p1 = null p2 = null p3 = адрес таблицы ссылок
entry(p1,p2,p3)	Поместить ссылку на локальную функцию в таблицу ссылок. Инициализировать счетчик стека. p1 = адрес таблицы ссылок p2 = имя p3 = адрес ссылки
mentry(p1,p2,p3)	Поместить ссылку на главную локальную функцию в таблицу ссылок. Инициализировать счетчик стека. p1 = адрес таблицы ссылок p2 = имя p3 = адрес ссылки
ext(p1,p2,p3)	поместить ссылку на внешнюю функцию в таблицу ссылок p1 = адрес таблицы ссылок p2 = null p3 = адрес ссылки
stackaddr(p1,p2,p3)	Вычислить адрес в стеке p1 = смещение p2 = null p3 = адрес
push(p1,p2,p3)	Записать в стек p1 = длина p2 = значение p3 = адрес в стеке (null)
pop(p1,p2,p3)	Сдвинуть стек p1 = количество байт p2 = null p3 = null
+(p1,p2,p3)	Вычислить сумму двух integer-значений, результат поместить в стек p1 = значение 1 p2 = значение 2 p3 = адрес результата в стеке
*(p1,p2,p3)	Вычислить произведение двух integer-значений, результат поместить в стек p1 = значение 1 p2 = значение 2

	p3 = адрес результата в стеке
cont(p1,p2,p3)	Конкатенация двух string-значений, результат поместить в стек p1 = значение 1 p2 = значение 2 p3 = адрес результата в стеке
str(p1,p2,p3)	Сформировать строку p1 = длина p2 = null p3 = адрес результата в стеке
store(p1,p2,p3)	Скопировать данные p1 = адрес источника p2 = адрес получателя p3 = null
callstd(p1,p2,p3)	Вызов внешней функции p1 = адрес в таблице ссылок p2 = null p3 = null
callloc(p1,p2,p3)	Вызов локальной функции p1 = адрес в таблице ссылок p2 = null p3 = null
prints(p1,p2,p3)	Писать строку в стандартный вывод p1 = строка p2 = null p3 = null
printi(p1,p2,p3)	Писать string-значение в стандартный вывод p1 = string-значение p2 = null p3 = null
goto(p1,p2,p3)	Переход по адресу p1 = адрес p2 = null p3 = null

		start(null,null,start0)

integer function
fi(integer x, integer y)
{
	tfi(ti,ti)
	{
		entry(start0,
		fi,
		entryfi)
		
		stackaddr(0, null, fi01)
		stackaddr(4, null, fi02) // rc
		stackaddr(8, null, fix)
		stackaddr(12, null, fiy)

declare integer z;	dti;	push(4,0,fiz)
z= x*(x+y);	**dti;**	push(4,0,fi03)

	i=iiv;	+(fix,fiy,fi04) //push
		store(fi04,fi03,null)

	i=iiv;	*(fix,f03,fi05) //push
		store(fi05,fiz,null)

return z;};	ri};	store(fiz,fi02,null) pop(16, null, null) goto(fi01,null,null)

string function
fs(string a, string b) {
	tfi(ti,ti)
	{
		entry(start0,
		‘fs’,
		entryfs)
		
		stackaddr(0, null, fs01) // ret
		stackaddr(4, null, fs02) // rc
		stackaddr(8, null, fsa)
		stackaddr(12, null, fsb)

declare string c;	dti;	str(0, null,fs05) // new 1+255
		push(4,fs05,fsc) // адрес

declare string function substr(string a, integer p, integer n);	dtfi(ti,ti,ti);	ext(start0 ,'substr@s@i@i', fs04) //push

c = substr(a, 1,3)+ b;	**dti;**	str(0, null,fs06) // new 1+255
		push(4,fs06,fs07) // адрес

	dti;	str(0, null,fs08) // new 1+255
		push(4,fs06,fs09) // адрес

	i=ill@$_3$;	push(4,fs10, null) push(4,3,null) push(4,1,null) push(4,fsa,null) callstd(fs04,null,null) fs10:store(fs10,fs07,null) pop(16,null, null)
	i=iiv;	cont(fs07,fsb,fs11) store(fs11,fsc,null)
return c; };	ri;};	store(fsc,fc02,null) pop(10, null, null) goto(fs01,null,null)

main
{
	m
	{
		mentry(start0, null, null)
		stackaddr(0, null, main01) // ret
		stackaddr(4, null, main02) // rc

declare integer x;	dti;	push(4,0,mainx)
declare integer y;	dti;	push(4,0,mainy)

declare integer z;	dti;	push(4,0,mainz)

declare string sa;	dti;	str(0, null,main03) // new 1+255
		push(4, main01, mainsa) // адрес

declare string sb;	dti;	str(0, null,main04) // new 1+255
		push(4, main04, mainsb) // адрес

declare string sc;	dti;	str(0, null,main05) // new 1+255
		push(4, main05, mainsc) // адрес

declare integer function strlen(string p);	dtfi(ti);	ext(start0,'strlen@s', main04) //push
x = 1;	i=l;	store(1,mainx,null)
y = 5;	i=l;	store(5,mainy,null)
sa = '1234567890';	i=l;	store('1234567890',mainsa,null)
sb = '1234567890';	i=l;	store('1234567890',mainsa,null)

z = fi(x,y);	**i=ii@$_2$;**	push(4,main07,null) //ret
		push(4,0,main08) //rc
		push(4,3,null)
		push(4,1,null)
		callloc(entryfi,null,null)
		main05:store(main08,mainz,null)
		pop(16,null, null)

sc = fs(sa,sb);	**i=ii@$_2$;**	push(4,main09,null) //ret
		push(4,0,main10) //rc
		push(4,mainsb,null)
		push(4,mainsa,null)
		callloc(entryfs,null,null)
		main07:store(main10,mainsc,null)
		pop(16,null, null)

print 'контрольный пример';	pl;	prints('контрольный пример',null,null)

print z;	pi;	printi(mainz,null,null)
print sc;	pi;	prints(mainsc,null,null)

print strlen(sc);	**pi@$_1$**;	push(4, main11,null) //ret
		push(4,0,main12) //rc
		push(4,mainsc,null)
		callstd(main04,null,null)
		main11: pop(12,null, null)
		printi(main12, null, null)

return 0; };	rl; };	store(0,main02,null) goto(main01,null,null)