

ВХОДНОЙ ЯЗЫК ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

М. КОТЛИ

Описываемый входной язык и его транслятор для модернизированной машины М-3 используются в Институте кибернетики Академии наук Эстонской ССР.

Входной язык предназначен для программирования задач арифметического характера и не подходит для записи логических задач. Арифметические выражения записываются на входном языке в форме, близкой к обыкновенной математической записи. Используются переменные и константы двух типов: действительные и целочисленные. Действительные переменные могут иметь до трех индексов, массивы — максимальную размерность три и циклы по параметру — максимальную кратность три. В пределах одной задачи можно использовать до семи разных функций ($\sin x$, \sqrt{x} и т. д.) одного аргумента, заданных в машинном коде и фигурирующих на входном языке как одноместные операции. Входной язык позволяет использовать подпрограммы, записанные на входном языке. Имеется возможность ввода данных с перфоленты.

Длина транслятора входного языка, составленного для нашей машины, 1934 команды. Из-за ограниченности оперативной памяти машины (1024 ячейки на ферритах и 1024 на барабане), транслятор разделен на три части, хранящиеся во внешней памяти и работающие одна за другой. Внешняя память используется при трансляции и для хранения обрабатываемой программы.

Время трансляции одной программы, которая помещается в оперативной памяти, 5—25 мин.

Составленная программа работает при помощи специальной интерпретирующей программы. Однажды составленную программу можно использовать многократно.

Опыт применения входного языка и транслятора в Институте кибернетики показывает, что он: 1) позволяет программировать большинство небольших инженерных задач, 2) легко и быстро усваивается потребителями машины, 3) уменьшает время, затрачиваемое для составления и отладки программ.

1. Алфавит входного языка

Алфавит входного языка состоит из 63 символов, кодируемых двухзначными восьмеричными числами. Слова, напечатанные жирным шрифтом, понимаются как единые символы.

Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код
A	01	0	40	Q	21	—	62
B	02	1	41	R	22	—	63
		2	42	S	23	/	64
C	03	3	43	T	24	×	65
D	04	4	44	U	25		66
		5	45	V	26		67
E	05	6	46	X	27	Функции од- ного аргу- мента	70
F	06	7	47	Y	30		71
G	07	8	50	Z	31		72
H	10	9	51	блок	32		73
I	11	(52	подпрограм-			74
J	12)	53	ма	33	если 0	75
K	13	,	54	возврат	34	если +	76
L	14	*	55	начало цик-		переход	77
M	15	:	56	ла	35		
N	16	.	57	конец цикла	36		
O	17	=	60	целые	37		
P	20	+	61				

Символы алфавита делятся на 3 группы: буквы, цифры и разделители.

1.1. Буквы

<буква> ::= A|B|C|D|E|F|G|H|I|J|K|L|M|N|O|P|

Q|R|S|T|U|V|X|Y|Z | блок | подпрограмма |

возврат | начало цикла | конец цикла | целые

1.2. Цифры

<цифра> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

1.3. Разделители

<разделитель> ::= (|)|,|*|;|.|<элементарная операция>

<элементарная операция> ::= <одноместная операция> |

<двухместная операция> | если 0 | если + | переход | =

<одноместная операция> ::= — | <функция одного аргумента>

<двухместная операция> ::= + | — | | — || / | ×.

Функция одного аргумента есть произвольный символ (напр., $\sqrt{\quad}$, \sin), кодируемый двухзначным восьмеричным числом из указанного диапазона.

Символ «|—|» обозначает вычитание модулей, «|/» деление и «|×» — умножение.

2. Слова

Для обозначения предметов входного языка из букв и цифр образуются слова.

<слово> ::= <буква> | <слово> <буква> | <слово> <цифра>

Примеры: A

B1

X2Y

блок 2

начало цикла A2C

Длина слова не ограничена, но два слова, в которых пять первых символов совпадают, воспринимаются программирующей программой как идентичные.

Девять слов имеют фиксированное значение, и их нельзя употреблять на входном языке в другом смысле.

Это:

<i>Слово</i>	<i>Русский перевод</i>
1. MASS	массивы
2. STP	стоп
3. TR	печать
4. SV	ввод
5. LOPP	конец программы
6. I	} параметры циклов
7. J	
8. K	
9. Целые	

Слова, начинающиеся буквами **блок**, **подпрограмма**, **возврат**, **начало цикла**, **конец цикла**, выделяются для обозначения разных наименований, как, например, наименования блоков, циклов, подпрограмм и т. д. Все остальные слова можно использовать для обозначения массивов и переменных.

3. Числа

$\langle \text{число} \rangle ::= \langle \text{целое число} \rangle | \langle \text{действительное число} \rangle$

$\langle \text{целое число} \rangle ::= \langle \text{цифра} \rangle | \langle \text{целое число} \rangle \langle \text{цифра} \rangle$

Примеры: 0
21
1963

$\langle \text{действительное число} \rangle ::= \langle \text{рациональное число} \rangle | \langle \text{число с плавающей запятой} \rangle$

$\langle \text{рациональное число} \rangle ::= \langle \text{целое число} \rangle , | \langle \text{целое число} \rangle , \langle \text{целое число} \rangle$

$\langle \text{число с плавающей запятой} \rangle ::= \langle \text{рациональное число} \rangle * \langle \text{порядок} \rangle$

$\langle \text{порядок} \rangle ::= \langle \text{целое число} \rangle | + \langle \text{целое число} \rangle | - \langle \text{целое число} \rangle$

Примеры: 0,
3,
4,51
 $34,7 * -5$ ($34,7 \cdot 10^{-5}$)
 $0,13 * +3$ ($0,13 \cdot 10^{+3}$)

Целые числа могут иметь значения от 0 до 9999999. Рациональные числа могут иметь максимально 7 значащих цифр. Если рациональное число длиннее, то последние цифры отбрасываются. Например, число 0,00342735795 воспринимается как $0,3427357 \cdot 10^{-2}$; число 3452043400,1 — как $0,3452043 \cdot 10^{10}$.

4. Наименования

$\langle \text{наименование массива} \rangle ::= \langle \text{слово} \rangle$

$\langle \text{наименование блока} \rangle ::= \text{блок} \mid \langle \text{наименование блока} \rangle \langle \text{буква} \rangle \mid \langle \text{наименование блока} \rangle \langle \text{цифра} \rangle$

$\langle \text{наименование цикла} \rangle ::= \text{начало цикла} \mid \langle \text{наименование цикла} \rangle \langle \text{буква} \rangle \mid \langle \text{наименование цикла} \rangle \langle \text{цифра} \rangle$

$\langle \text{наименование подпрограммы} \rangle ::= \text{подпрограмма} \mid \langle \text{наименование подпрограммы} \rangle \langle \text{буква} \rangle \mid \langle \text{наименование подпрограммы} \rangle \langle \text{цифра} \rangle$

$\langle \text{наименование возврата} \rangle ::= \text{возврат} \mid \langle \text{наименование возврата} \rangle \langle \text{буква} \rangle \mid \langle \text{наименование возврата} \rangle \langle \text{цифра} \rangle$

$\langle \text{конец цикла} \rangle ::= \text{конец цикла} \mid \langle \text{конец цикла} \rangle \langle \text{буква} \rangle \mid \langle \text{конец цикла} \rangle \langle \text{цифра} \rangle$

Примеры: **блок** 1
начало цикла 2A
подпрограмма AB
возврат AB
конец цикла 2A

5. Переменные

$\langle \text{переменная} \rangle ::= \langle \text{простая переменная} \rangle \mid \langle \text{переменная с индексами} \rangle$

$\langle \text{простая переменная} \rangle ::= \langle \text{слово} \rangle$

$\langle \text{переменная с индексами} \rangle ::= \langle \text{наименование массива} \rangle (\langle \text{список индексов} \rangle)$

$\langle \text{список индексов} \rangle ::= \langle \text{индекс} \rangle \mid \langle \text{индекс} \rangle ; \langle \text{индекс} \rangle \mid \langle \text{индекс} \rangle ; \langle \text{индекс} \rangle ; \langle \text{индекс} \rangle$

$\langle \text{индекс} \rangle ::= \langle \text{параметр цикла} \rangle \mid \langle \text{целое число} \rangle \mid \langle \text{целое число} \rangle \times \langle \text{параметр цикла} \rangle \mid \langle \text{индекс} \rangle + \langle \text{индекс} \rangle \mid \langle \text{индекс} \rangle - \langle \text{индекс} \rangle$

$\langle \text{параметр цикла} \rangle ::= I \mid J \mid K$

Примеры: A
 X1Y
 A(0; 1)
 B1(2 × K - 1; 3 + 2 × I - J; 10)
 C(3 × J)

6. Декларации

$\langle \text{декларация целых переменных} \rangle ::= \text{целые} * \langle \text{список целых переменных} \rangle$

$\langle \text{список целых переменных} \rangle ::= \langle \text{целая переменная} \rangle \mid \langle \text{список целых переменных} \rangle ; \langle \text{целая переменная} \rangle$

$\langle \text{целая переменная} \rangle ::= \langle \text{простая переменная} \rangle$

Пример: $\text{целые} * A1; N; M; KI.$

Все переменные, перечисленные в декларации целых переменных, и, кроме того, параметры цикла I, J, K будут принимать в программе только целочисленные значения. Все остальные простые переменные и переменные с индексами принимают действительные (в форме с плавающей запятой) значения.

$\langle \text{декларация массивов} \rangle ::= \text{MASS} * \langle \text{список массивов} \rangle.$

$\langle \text{список массивов} \rangle ::= \langle \text{массив с размерами} \rangle | \langle \text{список массивов} \rangle$
 $\langle \text{массив с размерами} \rangle$

$\langle \text{массив с размерами} \rangle ::= \langle \text{наименование массива} \rangle (\langle \text{список размеров} \rangle$

$\langle \text{список размеров} \rangle ::= \langle \text{целое число} \rangle | \langle \text{целое число} \rangle ; \langle \text{целое число} \rangle | \langle \text{целое число} \rangle ; \langle \text{целое число} \rangle ; \langle \text{целое число} \rangle$

Пример: $\text{MASS} * A(10) B1(3; 4) C(2; 5; 3).$

Массивы могут быть одно-, двух- или трехмерные. Если размеры массива m_1, m_2 и m_3 , то индексы элементов массива принимают значения $0, 1, \dots, m_1 - 1; 0, 1, \dots, m_2 - 1$ и $0, 1, \dots, m_3 - 1$. Каждая переменная с индексами должна принадлежать к одному из массивов, перечисленных в декларации массивов.

Элементы массива упорядочены так, что в первую очередь изменяется последний индекс и последним — первый индекс.

Например, элементы массива $B(2; 3)$ будут $B(0; 0); B(0; 1); B(0; 2); B(1; 0); B(1; 1); B(1; 2).$

7. Арифметические выражения

$\langle \text{арифметическое выражение} \rangle ::= \langle \text{действительное арифметическое выражение} \rangle | \langle \text{целочисленное арифметическое выражение} \rangle$

$\langle \text{первичное выражение} \rangle ::= \langle \text{действительная переменная} \rangle | \langle \text{действительное число} \rangle | (\langle \text{действительное арифметическое выражение} \rangle) | \langle \text{одноместная операция} \rangle \langle \text{первичное выражение} \rangle$

$\langle \text{действительное арифметическое выражение} \rangle ::= \langle \text{первичное выражение} \rangle | \langle \text{действительное арифметическое выражение} \rangle$

$\langle \text{двухместная операция} \rangle \langle \text{действительное арифметическое выражение} \rangle$

$\langle \text{действительная переменная} \rangle ::= \langle \text{переменная с индексами} \rangle | \langle \text{простая переменная} \rangle$

Примеры: 2,

$$-A1$$

$$(2, + A1 \times B) - 3, / B$$

$$\sin X + \cos \sqrt{(X + A)} \times B(I; J + 1)$$

$\langle \text{целочисленное арифметическое выражение} \rangle ::= \langle \text{целое число} \rangle | \langle \text{целая переменная} \rangle | - \langle \text{целое число} \rangle | - \langle \text{целая переменная} \rangle | \langle \text{целое число или целая переменная} \rangle \langle +, -, \times \text{ или } / \rangle | \langle \text{целое число или целая переменная} \rangle$

Примеры: 2

$$\begin{aligned} I \\ -N \\ I+2 \\ J/N, \end{aligned}$$

где N переменная, фигурирующая в декларации целых переменных. I и J как параметры цикла всегда целочисленные переменные.

Старшинство операций следующее:

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 1. одностная операция | 5. — |
| 2. \times | 6. $+$ |
| 3. $/$ | 7. $=$ |
| 4. $ - $ | 8. если 0, если $+$ |

Операции одинаковых рангов выполняются в последовательности их появления в выражении.

В следующем примере отмечен порядок выполнения операции:

$$\begin{array}{cccccccccc} 8 & 5 & 6 & 3 & 4 & 2 & 1 & 7 & 9 \\ -(A - B - C \times A/B \times \sin X + C) + A. \end{array}$$

8. Операторы

$\langle \text{оператор} \rangle ::= \langle \text{оператор присваивания} \rangle | \langle \text{оператор перехода} \rangle |$
 $| \langle \text{оператор ввода} \rangle | \langle \text{оператор вывода} \rangle | \langle \text{оператор останова} \rangle |$
 $| \langle \text{оператор обращения к подпрограмме} \rangle$

8.1.

$\langle \text{оператор присваивания} \rangle ::= \langle \text{действительная переменная} \rangle = \langle \text{действительное арифметическое выражение} \rangle | \langle \text{целая переменная} \rangle = \langle \text{целое арифметическое выражение} \rangle | \langle \text{действительная переменная} \rangle = \langle \text{целое число или целая переменная} \rangle$

Последняя форма оператора присваивания предусмотрена для перехода от целочисленных величин к действительным.

Примеры: $A1 = -B \times \sin(X - A)$
 $I = J \times K$
 $B1(I; J; K - 1) = B1(I; J; K) - 2, \times A$
 $A = J.$

Целочисленными здесь являются $I, J, K.$

8.2.

$\langle \text{оператор перехода} \rangle ::= \langle \text{оператор условного перехода} \rangle | \langle \text{оператор безусловного перехода} \rangle$

$\langle \text{оператор условного перехода} \rangle ::= \langle \text{арифметическое выражение} \rangle$
 $\langle \text{операция условного перехода} \rangle \langle \text{наименование блока, цикла или возврата} \rangle | \langle \text{оператор присваивания для действительной переменной} \rangle \langle \text{операция условного перехода} \rangle \langle \text{наименование блока, цикла или возврата} \rangle$

$\langle \text{операция условного перехода} \rangle ::= \text{если } 0 | \text{если } +$

Примеры: I если 0 блок A

$K - J$ если + возврат 2

$Y = \sin X - B$ если + начало цикла C

\langle оператор безусловного перехода $\rangle ::=$ переход \langle наименование блока, цикла или возврата \rangle

Примеры: переход блок A

переход возврат $C1$

8.3.

\langle оператор останова $\rangle ::= STP | STP \langle$ номер останова \rangle

\langle номер останова $\rangle ::= \langle$ целое число \rangle

8.4.

\langle оператор ввода $\rangle ::= SV * \langle$ переменная $\rangle | SV * \langle$ переменная с индексами $\rangle \langle$ переменная с индексами $\rangle \langle$ шаг \rangle

\langle шаг $\rangle ::= \langle$ целое число $\rangle | \langle$ целая переменная \rangle

Примеры: $SV * I$

$SV * A1 (I; J; K)$

$SV * A (0; 0) A (9; 9) 1$

$SV * B (0; 0) B (J; 0) 5.$

Оператор ввода первого типа вводит с перфоленты одно число и присваивает его значение указанной переменной. Оператор ввода второго типа вводит с перфоленты массив чисел и присваивает их значения элементам массива, первый и последний элемент которого указаны. Шаг указывает шаг движения по массиву. Например, в случае третьего примера, если размеры массива A $m_1 \geq 10$ и $m_2 = 10$, то вводятся

$A (0; 0) A (0; 1) \dots A (0; 9)$

$A (1; 0) A (1; 1) \dots A (1; 9)$

$A (9; 0) A (9; 1) \dots A (9; 9).$

В случае четвертого примера вводятся

$B (0; 0) B (1; 0) B (2; 0) \dots B (J; 0),$

если размеры массива B есть $m_1 \geq J$ и $m_2 = 5$.

8.5.

\langle оператор вывода $\rangle ::= TR * \langle$ переменная $\rangle | TR * \langle$ переменная с индексами $\rangle \langle$ переменная с индексами $\rangle \langle$ шаг \rangle

Примеры: $TR * K$

$TR * A (J; K; 0)$

$TR * A (0; 0; 0) A (1; 3; 5) 1.$

Оператор вывода печатает значение указанной переменной или значения элементов массива, первый и последний из которых указаны. Шаг означает шаг движения по массиву.

8.6.

<оператор обращения к подпрограмме> ::= <наименование подпрограммы>

Пример: подпрограмма АВ.

9. Блоки

<блок> ::= <наименование блока> * <совокупность операторов>.

<совокупность операторов> ::= <оператор> | <совокупность операторов>; <оператор>

Пример: блок 1 * $Y = A$;

$B = Y + C/2$;

$N1 = \cos B$ если + блок В;

$TR * N1$;

STP.

10. Циклы по параметру

<цикл> ::= <заголовок цикла> <совокупность блоков> <конец цикла>.

<заголовок цикла> ::= <наименование цикла> (<параметр цикла>; <начальная величина параметра>; <шаг параметра>; <конечная величина параметра>)

<начальная величина параметра> ::= <целое число> | <целая переменная>

<шаг параметра> ::= <целое число> | <целая переменная>

<конечная величина параметра> ::= <целое число> | <целая переменная>

<совокупность блоков> ::= <блок> | <цикл> | <совокупность блоков> <блок> | <совокупность блоков> <цикл>

Пример: начало цикла $A(I; 0; H; N)$

блок 1 * $A(I) = X + \sin Y - B(I - 1)$.

начало цикла $B(J; 1; 2; I)$

блок В * $C(I; J) = A(I) \times A(J)$; $TR * C(I; J)$.

конец цикла В.

конец цикла А.

H и N в примере целочисленные переменные, декларированные раньше. Так как для обозначения параметров цикла выделено только три переменных I , J и K , то можно образовать одно-, двух- или трехкратные циклы. Если кратность циклов больше трех, то нужно образовать некоторые циклы другими средствами, например при помощи счетчиков.

11. Подпрограммы

$\langle \text{подпрограмма} \rangle ::= \langle \text{список деклараций} \rangle \langle \text{наименование подпрограммы} \rangle * \langle \text{совокупность блоков} \rangle \langle \text{наименование возврата} \rangle$

$\langle \text{список деклараций} \rangle ::= \langle \text{пусто} \rangle | \langle \text{список деклараций} \rangle \langle \text{декларация} \rangle$

Пример: `целые * N . MASS * A (20).`
`подпрограмма AB * блок A * ... ; ... ; ...`
`блок B * ... ; ... ; ...`
`начало цикла 1 (I; 0; 1; N)`
`блок 1 * ... ; ... ; ...`
`блок 2 * ... ; ... ; ...`
`конец цикла 1.`
`блок C * ... ; ... ; ...`
`возврат AB.`

12. Программа

$\langle \text{программа} \rangle ::= \langle \text{список деклараций} \rangle \langle \text{совокупность подпрограмм} \rangle \langle \text{совокупность блоков} \rangle \text{LOPP.}$

$\langle \text{совокупность подпрограмм} \rangle ::= \langle \text{пусто} \rangle | \langle \text{совокупность подпрограмм} \rangle \langle \text{подпрограмма} \rangle$

Пример: `целые * M; N.`
`MASS * A(3; 2; 4) B(4).`
`подпрограмма A * ... возврат A.`
`подпрограмма B * ... возврат B.`
`целые * O; P.`
`блок 1 * ... ; ... ; ...`
`блок 2 * ... ; ... ; ...`
`начало цикла 1 (; ;)`
`блок 3 * ... ; ... ; ...`
`конец цикла 1.`
`LOPP.`

В программе все подпрограммы должны стоять перед основной программой. При этом в каждой подпрограмме можно обращаться к подпрограммам, стоящим как впереди, так и за этой подпрограммой. Декларации массивов и целых переменных должны стоять перед подпрограммой или программой, в которой первый раз используются элементы, перечисленные в декларациях массивов или целых переменных.

13. Примеры программ

а) Скалярное произведение векторов

С перфоленты вводятся уменьшенная на единицу длина векторов $K < 30$, $K + 1$ элементов вектора A и $K + 1$ элементов вектора B . Скалярное произведение печатается.

MASS * A(30) B(30).

блок 1 * SV * K;

SV * A(0) A(K) 1;

SV * B(0) B(K) 1;

S = 0.

начало цикла 1 (J; 0; 1; K)

блок 2 * S = S + A(I) × B(I).

конец цикла 1.

блок 3 * TR * S; STP.

LOPP.

б) Вычисление интеграла

$$J(R) = \int_0^{\pi} \frac{dV}{R^2 - 2R \cos V + 1}$$

для $R = 0,01; 0,02; \dots; 0,99$ по методу Симпсона (см. Автоматизация программирования, М., 1961, стр. 330). С перфоленты водится увеличенная в три раза точность EPS. Для каждого значения параметра R печатаются значения параметра и интеграла.

целые * N.

подпрограмма F *

блок F * F = 1, / (R × R - 2, × R × cos V + 1,).

возврат F.

блок 1 * SV * EPS;

R = 0,01.

блок 2 * IRMAX = 4, / R;

N = 1;

H = 1,570796;

V = 0,;

подпрограмма F;

F1 = F;

V = 3,141593;

подпрограмма F;

Y = H × (F × F1).

блок 3 * S = 0.

начало цикла 1 (K; 1; 1; N)

блок 4 * K1 = K;

V = (2, × K1 - 1,) × H;

подпрограмма F;

S = S + F.

конец цикла 1.

блок 5 * IR = Y + 4, × H × S;

EPS |—| (IR - IRMAX) если + блок 6;

IRMAX = IR;

Y = (IR + Y) / 4,;

N = 2 × N;

H = 0,5 × H;

переход блок 3.

блок 6 * IR = IR / 3,;

TR * R;

TR * IR;

R = R + 0,01;

0,995 — R если + блок 2;

STP.

LOPP.

Институт кибернетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
8 II 1964

SISENDKEEL ARITMEETILISTE ÜLESANNETE AUTOMAATSEKS
PROGRAMMEERIMISEKS

M. Kotli

Resümee

Esitatakse ENSV TA Küberneetika Instituudis kasutatava programmeeriva programmi sisendkeel arvuti M-3 jaoks.

Sisendkeel võimaldab aritmeetilist laadi ülesandeid kirja panna harilikule matemaatilisele kirjutusviisile lähedasel kujul.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Küberneetika Instituut*

Saabus toimetusse
8. II 1964

PROGRAMMING LANGUAGE FOR AUTOMATIC PROGRAMMING
OF ARITHMETICAL PROBLEMS

M. Kotli

Summary

In this article a programming language for computer M-3 used by the Institute of Cybernetics (Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.) is presented.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Cybernetics*

Received
Feb. 8th, 1964