МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени ЛЕНСОВЕТА

А. М. АБАНЬШИН

65-3
6351

ПРИНЦИПЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

(на примере машины „Сетунь“)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ЛЕНИНГРАД
1965

Гос.
Публичная
Библиотека
в
Ленинграде

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5
Введение 6
§ 1. Позиционные системы счисления 8
§ 2. Запоминающее устройство машины «Сетунь» 16
§ 3. Развернутая блок-схема машины «Сетунь» 21
§ 4. Система команд 24
§ 5. Система ввода-вывода 29
§ 6. Составление простейших программ 33
§ 7. Итеративные процессы 39
§ 8. Стандартные подпрограммы 46
§ 9. Программа для вычисления квадратного корня методом Ньютона 48
§ 10. Подпрограммы перевода чисел из десятичной системы счисления в троичную (10 ⟶ 3) и наоборот (3 ⟶ 10) 49
§ 11. Использование магнитного барабана (МБ) 52
§ 12. Понятие о контроле ввода и счета 53
§ 13. Составление программы в целом 54
§ 14. Понятие о числах с плавающей запятой 61
§ 15. Интерпретирующие системы 63
§ 16. Определение числа ступеней массообмена в ректификационном аппарате 66
Примеры программ 70
Дополнение 104
§ 17. Перфолента 104
§ 18. Пульт управления 106
§ 19. Отладка 109
Литература 110

ПРЕДИСЛОВИЕ

Содержанием работы являются основные положения, разработанные автором при постановке курса «Программирование для электронных цифровых вычислительных машин» (на примере машины «Сетунь») в Ленинградском технологическом институте им. Ленсовета.

Автор признателен *В. А. Пуниной* и *И. И. Дубровской*, оказавшим большую помощь в оформлении рукописи.

ВВЕДЕНИЕ

Электронные цифровые вычислительные машины (ЭЦВМ) являются мощным, зачастую незаменимым средством для переработки информации в различных областях науки и техники.

ЭЦВМ позволяют решать задачи различной сложности — в этом их универсальность.

Благодаря очень большой скорости, с которой происходит выполнение отдельных операций (от сотен до сотен тысяч операций в секунду), ЭЦВМ дают возможность не только резко сократить время решения задач, уже решавшихся ранее, но и коренным образом изменить отношение к тем задачам, которые считались практически неразрешимыми из-за огромного объема вычислительных работ.

Такие скорости стали возможными с появлением вычислительных машин, построенных на электронных элементах и имеющих специальное запоминающее устройство, способное хранить все необходимое для решения конкретной задачи (последнее, помимо всего прочего, позволило освободить человека от непосредственного участия в вычислительном процессе).

Блок-схема ЭЦВМ. Всякая ЭЦВМ состоит из следующих основных устройств:

Рис. 1.

Арифметическое устройство (АУ) предназначено для выполнения некоторого набора арифметических и логических операций.

Устройство управления (УУ) предназначено обеспечить автоматическую работу машины в процессе решения задачи.

Запоминающее устройство (ЗУ) предназначено для хранения информации, необходимой при решении поставленной задачи: специальным образом закодированных методов решения задачи, исходных данных, промежуточных и окончательных результатов (информация в машине представляется в виде некоторого набора цифр).

Устройство ввода предназначено для записи в ЗУ метода решения задачи и исходных данных.

Устройство вывода предназначено для извлечения из машины требуемой информации, в частности, окончательных результатов.

Линии, связывающие отдельные устройства, это каналы, по которым происходит обмен информацией между ними. Кроме того, УУ связано со всеми устройствами машины иными каналами, с помощью которых оно настраивает всю машину на выполнение определенной операции в элементарный отрезок времени.

Принцип программного управления

ЗУ разбито на ряд ячеек, каждой из которых присвоен некоторый номер, называемый адресом. В ячейке может храниться либо число, либо некоторая специальная информация, содержащая в себе, с одной стороны, характеристику операции (сложение, вычитание и т. д.) и, с другой стороны, адреса ячеек, с содержимыми которых эта операция должна работать. Каждой операции также присваивается некоторый номер, называемый кодом операции, а вся информация, состоящая из кода операции и адресов, называется командой. Определенная последовательность команд, описывающая метод решения задачи, называется программой. Программирование, таким образом, заключается в разложении способа решения задачи в определенную последовательность отдельных операций, каждая из которых может быть реализована машиной, и в записи их в виде команд.

С помощью устройства ввода эта программа записывается в ЗУ. Затем команды в выбранной ранее последователь-

ности поступают в УУ, которое расшифровывает их и настраивает машину на выполнение определенных операций.

Замечание: В зависимости от количества адресов, содержащихся в команде, машины разделяются на одноадресные, двухадресные и т. д.

§ 1. ПОЗИЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Так как ЭЦВМ построены на электронных элементах, имеющих, как правило, два или три устойчивых состояния, десятичная система счисления, для изображения чисел в которой необходимо десять цифр, не реализуется в таких ЭЦВМ.

Необходимо ввести в рассмотрение такие системы счисления, для изображения чисел в которых требовалось бы 2 или 3 цифры.

Присваивая каждому из состояний электронного элемента значение одной из цифр, можно таким образом эти системы счисления использовать в машине.

Рассмотрим подробнее десятичную систему счисления. Возьмем, к примеру, число 272, 32.

Здесь цифра 2, стоящая непосредственно перед запятой, в 100 раз меньше цифры 2, стоящей перед цифрой 7, и в 100 раз больше цифры 2, стоящей после цифры 3. Т. е., в зависимости от положения (позиции) в числе цифра имеет различный вес, значимость. Отсюда и название — позиционная система счисления (в отличие от римской, например).

Для изображения чисел в десятичной системе счисления имеется десять цифр: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Всякое число в этой системе

$$a_1\ a_2\ a_3 \cdots a_n,\ a_{n+1}\ a_{n+2} \cdots = a_1 \cdot 10^{n-1} + a_2 \cdot 10^{n-2} + \cdots +$$

$$+ a_n \cdot 10^0 + a_{n+1} \cdot 10^{-1} + \cdots = \left(\sum_{i=1}^{\infty} a_i 10^{-i} \right) \cdot 10^n,$$

где

$$a_i \in \{0, 1, 2, \ldots, 9\},\ i = 1, 2, 3, \ldots, n, n+1, \ldots,$$

a_i — значение разряда числа,

10 — основание системы (комбинация цифр 1 и 0).

В частном случае верхний предел суммы может равняться конечному числу, когда после запятой число цифр, отличных от нуля, конечно.

Вообще, можно построить позиционную систему с любым основанием q (q — целое положительное). Для изображения чисел в такой системе потребуется q различных цифр: 0, 1, 2, . . ., q—1. Сами числа

$$b_1 b_2 \cdots b_l,\ b_{l+1} \cdots = \left(\sum_{i=1}^{\infty} b_i q^{-i} \right) q^l,$$

где

$$b_i \in \{0, 1, 2, \ldots, q-1\}.$$

В частности, по такому же принципу строится и система счисления, для изображения чисел в которой достаточно двух цифр: 0 и 1 — двоичная.

Основание этой системы счисления равно двум (по количеству различных цифр в этой системе).

Количество, которое в десятичной системе изображается цифрой 2, в этой системе также изображается 10 (набор цифр 1 и 0). Но число 10 (двоичное) здесь означает — при переводе в десятичную систему —

$$(10)_2 = 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 2.$$

Вообще, всякое число в двоичной системе счисления представляет набор цифр 1 и 0. Например:

$$10100{,}101 = 1 \cdot 10^4 + 0 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 +$$
$$+ 0 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 0 \cdot 10^{-2} + 1 \cdot 10^{-3}$$

(здесь 10 — это двоичное число, равное в десятичной системе цифре 2!).

При переводе в десятичную систему достаточно в сумме, стоящей справа число 10 (двоичное) заменить цифрой 2 и подсчитать сумму

$$(10100, 101)_2 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 +$$
$$+ 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} = (20, 625)_{10}.$$

Замечание: 1. Для облегчения понимания показатели степеней числа 10 в сумме написаны в десятичной системе, хотя при строгом изложении их следовало бы писать в двоичной: $(4)_{10} = (100)_2$; $(3)_{10} = (11)_2$ и т. д.

2. В дальнейшем, когда придется оперировать с числами в различных системах счисления, чтобы не возникло путаницы, мы будем число заключать в скобки, помечая основание системы, например: $(N)_2$; $(M)_{10}$ и т. д.

Так как в основном мы будем рассматривать ЭЦВМ «Сетунь», в которой используется не двоичная, а сокращенная троичная система счисления, перейдем к более подробному знакомству с этой системой.

Для изображения чисел в этой системе счисления имеется три цифры: 1, 0 и $\bar{1}$ ($\bar{1} = -1$).

Конструкция этой системы счисления та же, что и десятичной, только основание равно трем (или в троичной — 10).

$$(\bar{1}\ 0\ 1,\ 1\ \bar{1})_3 = \bar{1}\cdot 3^2 + 0\cdot 3^1 + 1\cdot 3^0 + 1\cdot 3^{-1} + \bar{1}\cdot 3^{-2} =$$
$$= -9 + 0 + 1 + 0{,}333\ldots - 0{,}111,\ldots = (-7{,}777\ldots)_{10}$$

Вообще

$$(\varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_m,\ \varepsilon_{m+1}\,\varepsilon_{m+2}\ldots)_3 = \varepsilon_1\cdot 3^{m-1} + \varepsilon_2\cdot 3^{m-2} +$$
$$+\ldots+\varepsilon_m\cdot 3^0 + \varepsilon_{m+1}\cdot 3^{-1} + \ldots = \left(\sum_{i=1}^{\infty}\varepsilon_i\cdot 3^{-i}\right)3^m,$$
$$\text{где } \varepsilon_i \in \{0,\ 1,\ \bar{1}\},\ i = 1,\ 2,\ldots,\ m,\ m+1,\ldots, \qquad (1)$$

ε_i — значение разряда троичного числа,
m — число цифр в целой части числа.

Эта система счисления обладает тремя полезными свойствами.

Свойство 1. Для представления чисел в этой системе не требуется специального знакового разряда — знак числа определяется знаком старшей значащей цифры.

Например. $\bar{1}\,1\,0\,1$ — отрицательное число.

Действительно:

$$(\bar{1}101)_3 = \bar{1}\cdot 3^3 + 1\cdot 3^2 + 0\cdot 3^1 + 1\cdot 3^0 = -27 + 9 + 1 = (-17)_{10}$$
$$(1\bar{1}0\bar{1})_3 = 1\cdot 3^3 + \bar{1}\cdot 3^2 + 0\cdot 3^1 + \bar{1}\cdot 3^0 = +27 - 9 - 1 = (+17)_{10}$$

Свойство 2. Чтобы изменить знак числа на противоположный, достаточно изменить знаки на противоположные у разрядов этого числа (см. предыдущий пример).

Свойство 3. Наилучшее округление числа

$$x = \varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_m,\ \varepsilon_{m+1}\,\varepsilon_{m+2}\ldots\varepsilon_k\varepsilon_{k+1}\ldots$$

до k верных троичных знаков получается отбрасыванием всех младших знаков, начиная с $(k+1)^{\text{го}}$:

$$\varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_m,\ \varepsilon_{m+1}\varepsilon_{m+2}\ldots\varepsilon_k,$$

т. к. отбрасываемая часть по абсолютной величине всегда $\leqslant$ половины единицы последнего разряда числа (равенство будет иметь место только в случае, когда либо все $\varepsilon_i = 1$, либо $\varepsilon_i = \bar{1}$, $i = k+1,\ k+2,\ \ldots$).

Следствие. Ближайшим целым числа x является число

$$[x]_{\text{бл}} = \varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_m$$

Арифметические действия (сложение, вычитание, умножение) с числами в сокращенной троичной системе

Принципы выполнения арифметических действий (добавление единицы переноса в старший разряд — при сложении, сдвиг частичных произведений — при умножении и т. д.) здесь те же самые, что и в десятичной системе.

Сложение

Таблица сложения очень проста:

$\bar{1}+\bar{1}=\bar{1}1$	$0+\bar{1}=\bar{1}$	$1+\bar{1}=0$
$\bar{1}+0=\bar{1}$	$0+0=0$	$1+0=1$
$\bar{1}+1=0$	$0+1=1$	$1+1+1\bar{1}$

Пример:

$$\begin{array}{r} 1\bar{1}1\bar{1}\ 1\ \bar{1}\ \bar{1}\bar{1} \\ +\ \bar{1}\ 0\ 1\ 1\ \bar{1},1\ 0\ \bar{1} \\ 1\ \bar{1}\ 1\ 1\ 1,1\ 1\ \bar{1} \\ \hline 0\ 0\ 0\ \bar{1}\ 1,\bar{1}\ 0\ 1 \end{array}$$

Вычитание

На основании свойства 2 операция вычитания легко заменяется операцией сложения с числом, противоположным по знаку с вычитаемым.

Пример:

$$1011\bar{1}\bar{1}\bar{1} - 1011\bar{1}\bar{1} = 1011\bar{1}\bar{1}\bar{1} + \bar{1}0\bar{1}\bar{1}11 = 1\bar{1}1\bar{1}100$$

Умножение

Таблица умножения:

$\bar{1}\times\bar{1}=1$	$0\times\bar{1}=0$	$1\times\bar{1}=\bar{1}$
$\bar{1}\times 0=0$	$0\times 0=0$	$1\times 0=0$
$\bar{1}\times 1=\bar{1}$	$0\times 1=0$	$1\times 1=1$

Пример:

$$
\begin{array}{r}
\times\quad 1\bar{1}\bar{1}0{,}10\bar{1} \\
1\,01\bar{1} \\
\hline
\bar{1}110\,\bar{1}01 \\
1\bar{1}\bar{1}01\,0\bar{1} \\
1\bar{1}\bar{1}010\,\bar{1} \\
\hline
1\bar{1}\bar{1}1110{,}\bar{1}\bar{1}1
\end{array}
$$

Легко заметить, что при умножении множимого на разряд множителя, равный 1, множимое без изменения переписывается (со сдвигом на 1 разряд) под разрядами предыдущего частичного произведения; при умножении на $\bar{1}$ множимое переписывается с изменением знаков его разрядов; при умножении на нуль производится только очередной сдвиг.

Заметим, что десятичные цифры в этой системе представляются следующим образом:

$$0\sim 0,\ 1\sim 1,\ 2\sim 1\bar{1},\ 3\sim 10,\ 4\sim 11,\ 5\sim 1\bar{1}\bar{1},$$

$$6\sim 1\bar{1}0,\ 7\sim 1\bar{1}\bar{1},\ 8\sim 10\bar{1},\ 9\sim 100.$$

Рассмотрим перевод троичных чисел в десятичные и наоборот, предполагая, что все действия выполняются в десятичной системе счисления.

Перевод чисел из троичной системы счисления в десятичную (3 → 10)

Перевод сводится к вычислению выражения (1), т. е. нужно просуммировать те степени числа 3, которые входят в сумму с $\varepsilon_i=1$ и вычесть те, которые входят в сумму с $\varepsilon_i=\bar{1}$.

При этом для получения результата с n верными десятичными знаками после запятой необходимо отрицательные

степени числа 3 брать с $n+1$ верным десятичным знаком после запятой.

Пример. Перевести число $x=101\bar{1},\ \bar{1}11$ из троичной системы в десятичную с тремя верными десятичными знаками после запятой.

$$x=101\bar{1},\ \bar{1}11=1\cdot 3^3+1\cdot 3^1+\bar{1}\cdot 3^0+\bar{1}\cdot 3^{-1}+1\cdot 3^{-2}+1\cdot 3^{-3}=$$
$$=27+3-1-0{,}3333+0{,}1111+0{,}0370=28{,}8148.$$

Перевод чисел из десятичной системы в троичную (10 → 3)

Рассмотрим сначала способ перевода 10 → 3 для чисел x, удовлетворяющих условию $|x|<{}^1/_2$.

Очевидно, в троичной системе такое число будет иметь вид

$$x=0,\ \varepsilon_1\ \varepsilon_2\ldots\varepsilon_k,$$

т. е.

$$x=\sum_{i=1}^{k}\varepsilon_i\cdot 3^{-i},$$

где ε_i — значения троичных разрядов, которые нужно определить, исходя из заданного числа x в десятичной системе.

Ясно, что

$$3x=\varepsilon_1,\ \varepsilon_2,\ \varepsilon_3\ldots\varepsilon_k$$

Следовательно, $\varepsilon_1=[3x]_{бл}$, т. е. ε_1 является ближайшим целым числа $3x$.

Положив

$$x_1=3x-[3x]_{бл},$$

получим:

$$|x_1|<\frac{1}{2}\ \text{и}\ x_1=0,\ \varepsilon_2\varepsilon_3\ldots\varepsilon_k$$

Отсюда:

$$\varepsilon_2=[3x_1]_{бл}\ \text{и т. д.}$$

Таким образом, положив для единообразия $x = x_0$, получим следующие рекурентные соотношения для получения троичных цифр ε_i:

$$\varepsilon_i = [3x_{i-1}]_{бл}, \qquad (2)$$

$$x_i = 3x_{i-1} - [3x_{i-1}]_{бл}, \quad i = 1, 2, \ldots, k.$$

Пример: $x = 0{,}4$.

Предлагается вычисление по формулам (2) проводить по следующей схеме:

$3x_{i-1}$	$\varepsilon_i = [3x_{i-1}]_{бл}$	$x_i = 3x_{i-1} - [3x_{i-1}]_{бл}$.
		$x_0 = 0{,}4$
1,2	$\varepsilon_1 = 1$	$x_1 = 0{,}2$
0,6	$\varepsilon_2 = 1$	$x_2 = -0{,}4$
—1,2	$\varepsilon_3 = \bar{1}$	$x_3 = -0{,}2$
—0,6	$\varepsilon_4 = \bar{1}$	$x_4 = 0{,}4$
		и т. д.

$$x = (0{,}4)_{10} = (0{,}1\bar{1}\bar{1}1\ldots)_3.$$

Перевод произвольного числа x сводится к рассмотренному случаю умножением на 3^r, где r — целое число, подбираемое из расчета, чтобы $|x \cdot 3^r| < 1/2$.

Переводя число $x \cdot 3^r$ из десятичной системы в троичную и перенося в получившемся числе запятую на $|r|$ разрядов вправо при $r < 0$ и влево — при $r > 0$, получим искомое значение.

Пример: $x = 32{,}4$.

Подбираем степень числа 3 так, чтобы $32{,}4 \cdot 3^r < 1/2$. Например, $r = -4$. Тогда, $32{,}4 \cdot 3^{-4} = 0{,}4 = 0{,}1\bar{1}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\ldots$ Перенося запятую в троичном числе на четыре разряда вправо, получим

$$32{,}4 = 1\bar{1}\bar{1}{,}1\bar{1}\bar{1}1\ldots$$

Для перевода целых десятичных чисел в троичную систему укажем более простой способ.

Пусть дано десятичное число x. В троичной системе оно будет иметь вид $x = \varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_m$, т. е. $x = \sum_{i=1}^{m} \varepsilon_i \cdot 3^{m-i}$, где ε_i — троичные цифры, подлежащие определению.

Очевидно,

$$\frac{x}{3} = \varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_{m-1},\ \varepsilon_m,$$

$$3\left[\frac{x}{3}\right]_{бл} = \varepsilon_1\varepsilon_2\ldots\varepsilon_{m-1}0$$

и, следовательно,

$$\varepsilon_m = x - 3\left[\frac{x}{3}\right]_{бл}$$

Если положить

$$\left[\frac{x}{3}\right]_{бл} = x_1 \text{ и } x = x_0, \text{ то}$$

можно выписать следующие рекурентные соотношения для получения троичных цифр:

$$x_{i+1} = \left[\frac{x_i}{3}\right]_{бл}, \qquad (3)$$

$$\varepsilon_{m-i} = x_i - 3\left[\frac{x_i}{3}\right]_{бл}, \quad i = 0, 1, 2, \ldots m-1.$$

Этот процесс продолжается до тех пор, пока не окажется $x_m = 0$.

Пример. Перевести в троичную систему число 56.

```
 56 | 3
-57   19 | 3
  1   18   6 | 3
       1   6   2 | 3
           0   3   1 | 3
               1   0   0
                   1
```

Отсюда получаем

$$(56)_{10} = (1\bar{1}01\bar{1})_3.$$

В дальнейшем произвольную последовательность троичных цифр будем называть троичным кодом.

Для сокращенной записи троичных кодов используются цифры сокращенной девятиричной системы счисления: α_i: —4, —3, —2, —1, 0, 1, 2, 3, 4.

При этом первые четыре цифры записываются соответственно в виде $\bar{4}$, $\bar{3}$, $\bar{2}$, $\bar{1}$.

Соответствие между девятиричными цифрами и парами троичных цифр следующее:

$$\bar{4} \sim \bar{1}\bar{1}, \quad \bar{3} \sim \bar{1}0, \quad \bar{2} \sim \bar{1}1, \quad \bar{1} \sim 0\bar{1}, \quad 0 \sim 00, \quad 1 \sim 01,$$
$$2 \sim 1\bar{1}, \quad 3 \sim 10, \quad 4 \sim 11.$$

Для того, чтобы троичный код записать с помощью вышеуказанных цифр, нужно каждую пару смежных троичных цифр, начиная справа, заменить соответствующей α_i (в случае, когда троичный код состоит из нечетного количества разрядов, слева код дополняют нулем).

Пример. Код $\overbrace{0\bar{1}}\,\overbrace{1\bar{1}}\,\overbrace{\bar{1}0}\,\overbrace{1\bar{1}}\,\overbrace{\bar{1}0}\,\overbrace{11}\,\overbrace{\bar{1}\bar{1}}$ сокращенно записывается:

$$\bar{1}\ 2\ \bar{3}\ 2\ \bar{3}\ 4\ \bar{2}.$$

Впоследствии часто вместо указанных обозначений цифр α_i, мы будем использовать буквенные обозначения:

	Русский алфавит	Латинский алфавит
$\bar{4}$	Ж	W
$\bar{3}$	Х	X
$\bar{2}$	У	Y
$\bar{1}$	Ц	Z

Например, код $\bar{1}2\bar{3}2\bar{3}4\bar{2}$ будет записываться либо в виде Ц2Х2Х4У, либо в виде Z2X2X4Y.

§ 2. ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО МАШИНЫ «СЕТУНЬ»

В машине «Сетунь» имеется два вида памяти: память, построенная на ферритовых сердечниках,—оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и память на магнитном барабане (МБ).

При работе только с ОЗУ машина может выполнять до 4500 операций в секунду. Емкость ОЗУ — 162 девятиразрядных троичных кода.

ОЗУ условно разбивается на три одинаковых зоны Φ_α, $\alpha = \bar{1}, 0, 1$, каждая из которых состоит из 54 девятиразрядных ячеек. Каждый разряд ячейки — это электронный элемент, обладающий свойством иметь три устойчивых отличных друг от друга состояния. Каждому из состояний элемента присвоено значение одной из троичных цифр $\bar{1}$, 0 или 1. Набор из девяти таких элементов дает возможность интерпретировать любой девятиразрядный троичный код.

Каждую из трех зон $\Phi_{\bar{1}}$, Φ_0 и Φ_1 можно представлять схематически в виде прямоугольника, разбитого на 54 отделения (ячейки), занумерованные троичными числами (адреса)

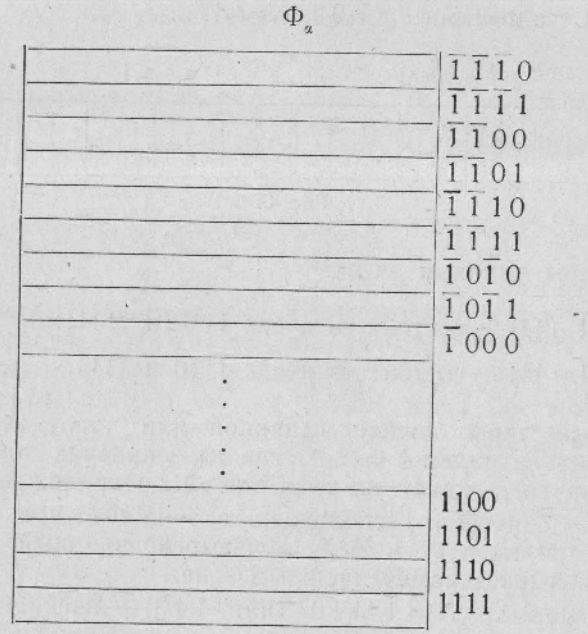


Рис. 2.

Адреса ячеек в каждой из зон Φ_α имеют значения в пределах от $\bar{1}\bar{1}\bar{1}0$ до 1111 (в сокращенной записи — от $\bar{4}\bar{3}$ до 44). Следует отметить, что адрес последующей ячейки получается из адреса предыдущей либо добавлением 1, если адрес пре-

дыдущей оканчивается на 0 (признак адреса $\pi_A = 0$), либо добавлением (двойки), если адрес предыдущей оканчивается на 1 (признак адреса $\pi_A = 1$). Адреса ячеек через одну отличаются на 10 (3 единицы).

Предусмотрена возможность работы с 18-ти разрядными ячейками (они называются длинными в отличие от 9-ти разрядных, называемых короткими), получающимися из двух соседних 9-ти разрядных; при этом ячейка с $\pi_A = 0$ представляет левую (старшую) часть 18-ти разрядной ячейки. Признаком длинной ячейки служит цифра $\bar{1}$ в конце адреса ($\pi_A = \bar{1}$).

Пример. Ячейка с адресом $\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3\bar{1}$, где ε_i ($i=1, 2, 3$),— троичные цифры, — длинная ячейка, составленная из коротких ячеек с адресами $\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 0$ и $\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 1$.

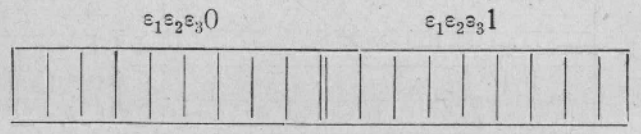


Рис. 3.

Примеры длинных ячеек:

$\bar{1}\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ $(\bar{4}\bar{4})$ — состоит из ячеек $\bar{1}\bar{1}\bar{1}0$ и $\bar{1}\bar{1}\bar{1}1$;

$1\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ $(4\bar{4})$ — состоит из ячеек $1\bar{1}10$ и $1\bar{1}\bar{1}1$.

Полный адрес ячейки (длинной или короткой) можно представить в виде: $A = \pi_\Phi \Delta$, где π_Φ — признак зоны — указывает на то, в какой из трех зон Φ_α расположена ячейка (при $\pi_\Phi = \bar{1}$ ячейка расположена в зоне $\Phi_{\bar{1}}$; при $\pi_\Phi = 0$.— в Φ_0 и при $\pi_\Phi = 1$ — в Φ_1), а четырехразрядный троичный код Δ указывает номер ячейки в зоне.

Примеры. $A = \bar{1}11\bar{1}0$ (или $\bar{1}\bar{4}3$) — ячейка из зоны $\Phi_{\bar{1}}$ с номером $11\bar{1}0$ (короткая).

$A = 1\bar{1}01\bar{1}$ (или $1\bar{3}2$) — ячейка из зоны Φ_1 с номером $\bar{1}01\bar{1}$ (длинная, состоящая из двух коротких ячеек $\bar{1}010$ и 1011).

Замечание. Память (ОЗУ) в машине «Сетунь», «зацикленная». Это следует понимать в том смысле, что за последней ячейкой зоны $\Phi_{\bar{1}}$ будет следовать (по правилу получения адресов) первая ячейка зоны Φ_0 и т. д., т. е. имеет место такая схема:

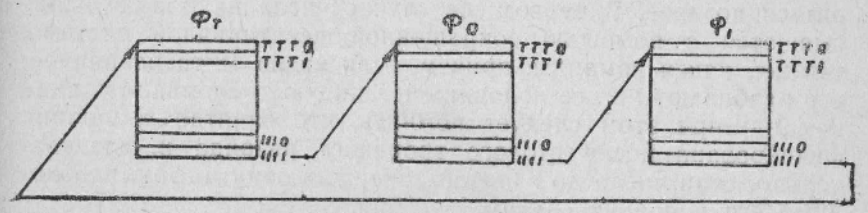


Рис. 4.

Представление команд и чисел

ЭЦВМ «Сетунь» является малогабаритной одноадресной машиной последовательного действия с фиксированной запятой.

Команды представляются девятиразрядными троичными кодами:

$$\underbrace{\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3\varepsilon_4\varepsilon_5}_{A}\ \underbrace{\varepsilon_6\varepsilon_7\varepsilon_8}_{\theta}\ \underbrace{\varepsilon_9}_{\pi_F},$$

причем пять старших разрядов команды образуют адресную часть, а младшие четыре разряда образуют код операции со специальным признаком модификации π_F, о котором будет говориться ниже.

Код операции θ определяет характер операции, а адресная часть A указывает, как правило, адрес ячейки, над содержимым которой должна выполняться эта операция.

Команды располагаются в коротких ячейках.

На бланке команды записываются в сокращенной девятиричной системе, причем, очевидно, старшая троичная цифра ε_1 (признак зоны Φ_α) всегда будет совпадать со старшей девятиричной цифрой.

Числа могут располагаться как в коротких ячейках (9-ти разрядное троичное число соответствует 4-х разрядному десятичному), так и в длинных (18-ти разрядное троичное число соответствует 8-и разрядному десятичному).

Запятая фиксирована после второго разряда, т. е. все числа, представляемые в машине, по абсолютной величине меньше 4, 5.

В память машины можно вводить числа как переведенные заранее в троичную систему, так и не переведенные, но специальным образом закодированные, о чем будет говориться позднее. В первом же случае числа на бланке записываются с помощью сокращенной девятиричной системы так же, как и команды, причем, если число 18-ти разрядное, его разбивают на две половины и каждую записывают в виде команд; при этом следует помнить, что запятая в машине фиксирована после второго троичного разряда и, следовательно, если число до запятой содержит одну цифру, необходимо его дополнить нулем.

Пример. Число $1,\bar{1}0111\bar{1}\bar{1}$ имеет перед запятой одну цифру. Дополняем нулем и записываем с помощью сокращенной девятиричной системы:

$$\begin{array}{lcccccc} & 0 & 1, & \bar{1}0 & 111 & \bar{1}\bar{1} \\ & 0 & 2 & 1 & 4 & \bar{4} \end{array}$$

Число $\bar{1}1,111\bar{1}\bar{1}\bar{1}\bar{1} \quad 0010\bar{1}0\bar{1}11$

разбиваем на два девятиразрядных и каждое записываем сокращенно

$$\begin{array}{l} \bar{1}4\,4\,\bar{4}\,\bar{4} \\ 0\,1\,\bar{1}\,\bar{1}\,4 \end{array}$$

Магнитный барабан (МБ). Основной памятью машины «Сетунь» является магнитный барабан емкостью 36 зон по 54 коротких ячейки, т. е. всего на МБ имеется 1944 коротких ячейки. Зоны МБ занумерованы кодами от $0\,1\,1\,\bar{1}$ (или $1\bar{4}$) до 1111 (или 44), т. е. в девятиричной системе счисления номера зон МБ следующие:

$$1\bar{4},\ 1\bar{3},\ 1\bar{2},\ 1\bar{1},\ 10,\ 11,\ 12,\ 13,\ 14,\ 2\bar{4},\ 2\bar{3},\ \ldots\ 43,\ 44.$$

Обмен информацией между МБ и ОЗУ производится зонами т. е. информация любой зоны МБ (ОЗУ) целиком записывается или считывается в соответствующие ячейки любой зоны ОЗУ (МБ).

Адресная часть А команды указанного обмена информацией имеет следующий вид:

$$A = \pi_{\text{ф}} M,$$

где $\pi_{\text{ф}}$ — признак зоны ОЗУ, а М — номер зоны МБ, между которыми происходит обмен информацией.

§ 3. РАЗВЕРНУТАЯ БЛОК-СХЕМА МАШИНЫ «СЕТУНЬ»

Арифметическое устройство (АУ) предназначено для выполнения операций сложения, вычитания, умножения, поразрядного умножения, сдвига и нормализации. Операции производятся с 18-ти разрядными троичными числами, у которых запятая фиксирована после второго разряда. Основные узлы АУ: сумматор АУ, с помощью которого происходит выполнение вышеназванных операций; 18-ти разрядный регистр S со сдвигом вправо и влево, куда, как правило, засылается результат выполненной опарации; блок множительного устройства с 18-ти разрядным регистром R, предназначенный для выполнения операций умножения; триггеры переполнения φ_1 и φ_2, констатирующие тот факт, что результат выполнения некоторой операции превысил по абсолютной величине число 4,5 (при этом происходит останов машины); триггеры ω_S и ω_R, предназначенные для фиксирования знака результата выполненной операции ($\omega_S\,\omega_R, = 1$, если результат операции > 0; ω_S, $\omega_R = 0$, если результат равен нулю и ω_S, $\omega_R = \bar{1}$, если результат < 0).

Устройство управления (УУ) предназначено для формирования адреса очередной команды, для выборки команды из ОЗУ, для модификации адресной части команды, для выборки и записи чисел согласно указанному в команде адресу, для дешифрирования кода операции и выработки последовательности сигналов, настраивающих машину на отработку выполняемой команды.

Основные узлы УУ: сумматор УУ, регистр команд (РК), состоящий из 5-ти разрядного регистра адреса (РА) и 4-х разрядного регистра кода операции (РКО) (на регистр команд выбирается команда из ОЗУ перед ее исполнением), 5-ти разрядный регистр С, предназначенный для хранения адреса ячейки ОЗУ, содержимое которой (команда) выбрано в РК для исполнения; 5-ти разрядный регистр F, предназначенный для изменения (модификации) адресной части команды; триггер ω_F, назначение которого такое же, что и ω_S, ω_R АУ; дешифраторы адреса и кода операции, предназначенные для определения характера операции, подлежащей выполнению, и для выработки соответствующих сигналов, организующих работу машину для отработки этой операции.

Рассмотрим подробнее три момента в работе УУ.

1. Формирование адреса очередной команды. Пусть в регистре С находится адрес некоторой ячейки, откуда команда

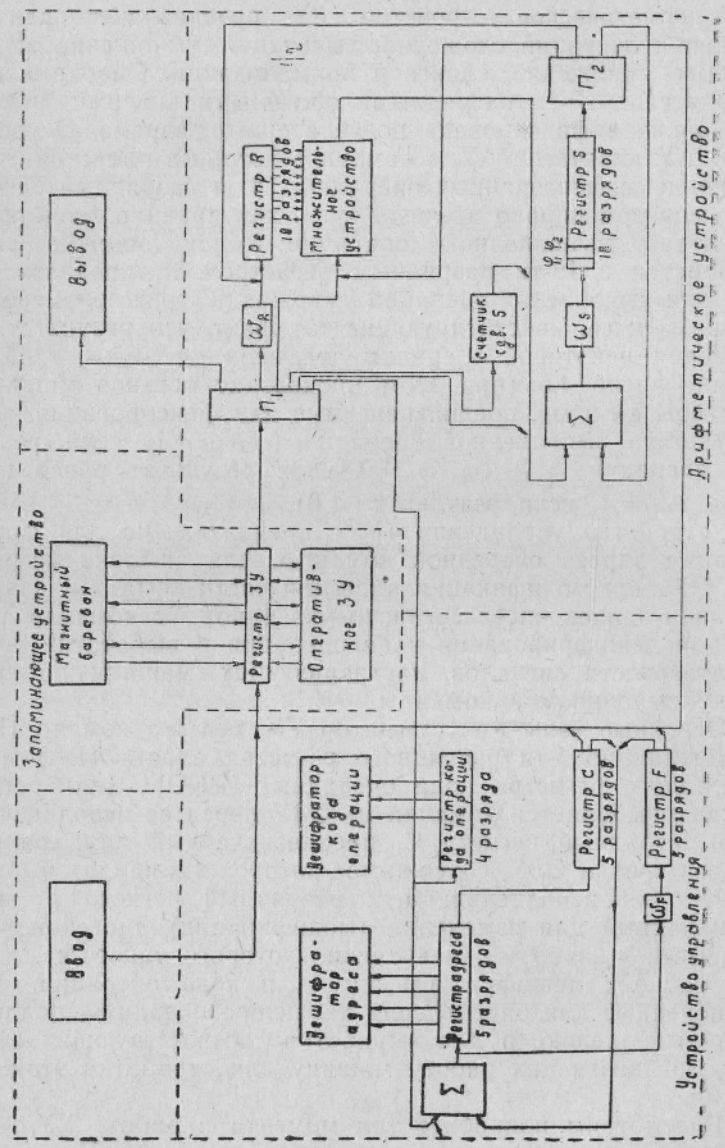


Рис. 5.

выбрана на РК и передана на дешифраторы. Для выработки адреса следующей ячейки, откуда команда должна будет выбраться затем на РК для исполнения, содержимое С поступает на сумматор УУ, где происходит прибавление 1 или 2 (в зависимости от π_A адреса, хранившегося в С). Затем полученный адрес сдвигается в P_A. Происходит считывание команды из ячейки по получившемуся адресу, после чего адрес из РА сдвигается в С.

2. Прием команды на РК. Четыре младших разряда поступают на РКО. Пять старших (адресная часть) — поступают на сумматор УУ, где в зависимости от значения признака модификации π_F может произойти изменение адресной части команды. Затем результат сдвигается в РА.

3. Модификация адресной части команды. Изменение адресной части команды происходит в сумматоре УУ по следующему правилу: модифицированный адрес

$$A^* = [A + \pi_F(F)] \bmod 3^5,$$

где π_F — признак модификации (младший разряд в команде) — может равняться $\bar{1}$, 0 и 1;

(F) — содержимое регистра F;

A — адресная часть команды $A\theta\pi_F$, выбираемой из ОЗУ.

Происходит алгебраическое сложение двух пятиразрядных целых троичных чисел A и (F), причем в случае получения результата из шести разрядов старший разряд теряется. Итак, вместо выбираемой из ячейки ОЗУ команды $A\theta\pi_F$ выполняется команда $A^*\theta\pi_F$ (очевидно, в случае $\pi_F=0$ будет $A^* = A$).

Замечание 1. Содержимое регистров S, R, РК, C, F и триггеров φ_1, φ_2 и ω воспроизводится на вертикальной панели пульта управления (см. рис. 21), для чего каждому разряду регистров и триггеров соответствуют две неоновых лампочки. Зажигание верхней лампочки указывает на то, что в данном разряде содержится 1, нижней — $\bar{1}$ и, если не горят обе лампочки, то в данном разряде содержится 0.

Замечание 2. Как говорилось выше, выполнение каждой команды, связанной с регистрами S, R, F, сопровождается выработкой соответствующего признака ω_S, ω_R, ω_F, характеризующего знак результата выполненной команды. На пульт управления выводится общий признак ω, который указывает на знак результата выполнения каждой очередной команды. При выполнении иных команд, не связанных с S, R и F, сохраняется прежнее значение ω.

Замечание 3. При записи информации из ячейки (регистра) в регистр (ячейку) содержимое ячейки (регистра) не исчезает и не изменяется: «копия» этой информации переписывается в регистр (ячейку) на место прежнего содержимого. То же имеет место и при обмене информацией между ОЗУ и МБ.

§ 4. СИСТЕМА КОМАНД

Перед тем, как перейти к системе команд, введем некоторые дополнительные обозначения:

Δ^*, $\pi_\Phi{}^*$ — модифицированные коды составляющих адресной части команды;

(A), (S), (R), (C) — содержимое соответственно ячейки с адресом A и регистров S, R, C;

$\langle x \rangle$ — адрес ячейки, содержащей число x;

$[\Phi_\alpha]$, [M] — содержимое соответственно зоны Φ_α ОЗУ и зоны M МБ;

$\rightarrow$ — засылка информации из одного устройства в другое, например, (A) $\rightarrow$ S означает: содержимое ячейки с адресом A послать в регистр S.

Замечание: Если число разрядов в регистре (ячейке), куда происходит запись, больше числа разрядов в ячейке (регистре), откуда информация переписывается, то эта информация переписывается в старшие разряды регистра (ячейки), а в остальные его (ее) разряды записываются нули. В противном случае, младшие разряды теряются.

Примеры на выполнение команд.

Пусть в регистре S находится троичное число:

S	0	0,	0	0	0	1	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	0	0	$\bar{1}$	$\bar{1}$	1	1	0	1	1

Рис. 6.

В ячейке с адресом $\bar{1}20$ находится троичное число:

$\bar{1}20$	0	0,	1	$\bar{1}$	0	1	1	$\bar{1}$	$\bar{1}$

Рис. 7.

1. На регистр команд (РК) выбрана команда $\bar{1}2033$ (Z2033). По этой команде к (S) прибавляется ($\bar{1}20$), результат посылается в S, т. е. после выполнения операции в S окажется троичное число:

S	0	0,	1	$\bar{1}$	1	$\bar{1}$	$\bar{1}$	0	1	0	0	$\bar{1}$	$\bar{1}$	1	1	0	1	1

Рис. 8.

2. На РК выбрана команда $\bar{1}20$ 20, (Z2020), т. е. команда поразрядного умножения (S) на ($\bar{1}20$). Так как ячейка $\bar{1}20$ состоит из девяти разрядов, а регистр S из 18-ти, число из ячейки при выполнении операции дополняется нулями (младшие разряды) до 18-ти, т. е. (S) поразрядно умножается на 00,1$\bar{1}$011$\bar{1}\bar{1}$000000000. После выполнения операции:

S	0	0,	0	0	0	1	$\bar{1}$	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 9.

3. На РК выбрана команда $\bar{1}20\bar{2}0$ (Z20У0). В 5-ти старших разрядах ячейки $\bar{1}20$ находится код 001$\bar{1}$0 (это соответствует десятичному числу 6). Содержимое S сдвигается на 6 разрядов влево, так как код представляет собой положительное число. В результате выполнения операции:

S	$\bar{1}$	$\bar{1}$,	1	0	0	$\bar{1}$	$\bar{1}$	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Рис. 10.

4. На РК выбрана команда $\bar{1}20\bar{2}\bar{3}$ (Z20УХ). Содержимое S нормализуется, т. е. в данном случае сдвигается влево на 4 разряда и результат посылается в ячейку $\bar{1}20$, а в пяти старших разрядах регистра S оказывается — 4, так как сдвиг происходил влево.

S	0	0,	0	$\bar{1}$	$\bar{1}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 11.

$\bar{1}20$	0	1,	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	0	0	$\bar{1}$	$\bar{1}$

Рис. 12.

Таблица 1

Система команд

№№ п. п.	Наименование операции	Код операции: девятиричный	Код операции: троичный	Содержание команды	Выработка признака	Время выполнения (*мк сек*)	Пояснения
1	Посылка в S	30	100	$(A^*) \to S$	ω_S	180	При переполнении — останов.
2	Сложение в S	33	101	$(S) + (A^*) \to S$	ω_S	180	«
3	Вычитание в S	$3\overline{3}(3X)$	$10\overline{1}$	$(S) - (A^*) \to S$	ω_S	180	«
4	Умножение — 0	40	110	$(S) \to R; (A^*)(R) \to S$	ω_S	320	«
5	Умножение — 1	43	111	$(S) + (A^*)(R) \to S$	ω_S	320	«
6	Умножение — $\overline{1}$	$4\overline{3}(4X)$	$11\overline{1}$	$(S)(R) + (A^*) \to S$	ω_S	320	«
7	Поразрядное умножение	20	$1\overline{1}0$	$(A^*) \otimes (S) \to S$	ω_S	180	Значение каждого разряда результата получается умножением значений соответствующих разрядов кодов из A* и S на основании таблицы умножения троичных цифр.
8	Посылка в R	23	$1\overline{1}1$	$(A^*) \to R$	ω_R	180	
9	Останов (Ω)	$2\overline{3}(2X)$	$1\overline{1}\overline{1}$	Стоп $(A^*) \to R$	ω_R	—	Приняв команду на РК, машина остановится. После нажатия кнопки «пуск» произойдет посылка (A*) в R и выборка очередной команды.
10	Условный переход УП-0	10	010	$A^* \to C$ при $\omega = 0$	сохраняется	100 или 180	Если при выполнении предыдущей команды $\omega = 0$, после команды УП—0 произойдет выборка на РК команды из ячейки A*; в дальнейшем на РК будут выбираться команды из ячеек, следующих за ячейкой A*. В противном случае, на РК выберется очередная команда (не нарушится последовательный порядок выполнения команд).
11	Условный переход УП-1	13	011	$A^* \to C$ при $\omega = 1$	сохраняется	100 или 180	То же в зависимости от выполнения условия $\omega = 1$.
12	Условный переход УП-$\overline{1}$	$1\overline{3}(1X)$	$01\overline{1}$	$A^* \to C$ при $\omega = \overline{1}$	„	„	То же в зависимости от выполнения условия $\omega = \overline{1}$
13	Безусловный переход (БП)	00	000	$A^* \to C$	„	180	В результате выполнения команды произойдет выборка на РК команды из ячейки A*. В дальнейшем то же, что и при выполнении УП.
14	Запись из C	03	001	$(C) \to A^*$	„	180	Содержимое регистра C переписывается на место пяти старших разрядов ячейки A*, в остальные разряды запишутся нули.
15	Запись из F	$0\overline{3}(0X)$	$00\overline{1}$	$(F) \to A^*$	ω_F	180	То же для (F).
16	Посылка в F	$\overline{1}0(Z0)$	$0\overline{1}0$	$(A^*) \to F$	ω_F	180	Содержимое пяти старших разрядов ячейки A* переписывается в F.
17	Сложение в C с посылкой в F	$\overline{1}3(Z3)$	$0\overline{1}1$	$(A^*) + (C) \to F$	ω_F	180	Код, находящийся в пяти старших разрядах ячейки A* прибавляется к содержимому регистра C и результат записывается в F; возможный перенос из пятого разряда в старший (шестой) теряется.
18	Сложение в F	$\overline{1}\,\overline{3}(ZX)$	$0\overline{1}\overline{1}$	$(A^*) + (F) \to F$	ω_F	180	То же для регистра F.
19	Сдвиг	$\overline{2}0(У0)$	$\overline{1}10$	Сдвиг (S) на $(A^*) \to S$	ω_S	280÷375	Содержимое S сдвигается на $\lvert N \rvert$ разрядов вправо, если $N<0$, и влево, если $N>0$, где N — код, хранящийся в пяти старших разрядах ячейки A*. При $N=0$ содержимое S не изменяется.

Продолжение

№№ п. п.	Наименование операции	Код операции: девятиричный	Код операции: троичный	Содержание команды	Выработка признака ω_S	Время выполнения (*мк сек*)	Пояснения
20	Запись из S	$\overline{2}3$ (УЗ)	$\overline{1}11$	(S) → A*		225	Содержимое S сдвигается в таком направлении и на такое число разрядов $\lvert N \rvert$, чтобы результат, посылаемый в ячейку A*, оказался по модулю больше 0,5 и меньше 1,5, т. е. чтобы в старших двух разрядах результата (разряды, стоящие перед запятой) оказалась комбинация 0 1 или 0 1; в пять старших разрядов регистра S посылается число N, знак которого определяется направлением сдвига: если сдвиг (S) осуществляется вправо, то N>0, если влево, то N<0. Если первоначально (S) = 0 или 0,5< |(S)| <1,5, то в ячейку A* посылается (S), а в регистр S посылается N = 0.
21	Нормализация	$\overline{2}\overline{3}$ (УХ)	$\overline{1}\,1\,\overline{1}$	норм (S) → A*; N → S		250÷365	
22	Ввод — вывод	$\overline{3}0$ (Х0)	$\overline{1}00$	Смотри табл. 2	сохраняется	7500	
23	Запись на МБ	$\overline{3}3$ (Х3)	$\overline{1}01$	$[\Phi\alpha] \to M^*_\alpha = \pi_F$	сохраняется	7500	Информация, находящаяся в ячейках зоны Φ_α ОЗУ, переписывается в зону M* МБ.
24	Считывание с МБ	$\overline{3}\overline{3}$ (ХХ)	$\overline{1}0\,\overline{1}$	$[M^*] \to \Phi\alpha, \alpha = \pi_F$	сохраняется	7500	То же для обратной переписи с МБ в ОЗУ.

Замечание: При изучении системы команд мы исходили из предположения, что $\pi_F = 0$. Если же признак модификации $\pi_F \neq 0$, то часть команды, отводимая для $\theta\pi_F$, будет отличаться от табличного кода операции на 1 или $\overline{1}$ (в зависимости от значения π_F).

Например: Команда $\overline{1}\,2\,0\;32$ означает также операцию сложения, но с предварительной модификацией адресной части, т. е. формируется модифицированный адрес

$$A^* = \overline{1}20 - (F),$$

и выполняется команда A* 32 (при формировании A* здесь производится вычитание F, потому что кодовая часть команды 32 отличается от 33 на $\overline{1}$).

§ 5. СИСТЕМА ВВОДА И ВЫВОДА

Информация, вводимая в (выводимая из) ЗУ машины «Сетунь» может быть двух видов:

1) последовательность команд и других троичных кодов, записанных в виде команд;

2) последовательность некоторых символов из определенного набора (см. таблицу 3).

Предварительно информация, предназначенная для ввода в ЗУ, пробивается на пятипозиционной перфоленте с помощью телетайпа: на клавиатуре телетайпа имеется некоторый набор цифр и символов; нужная комбинация пробивок получается на перфоленте после нажатия соответствующей клавиши.

Считывание с перфоленты осуществляется с помощью одного из двух фототрансмиттеров. После нажатия кнопки «начальный пуск» на наклонной панели пульта управления (см. рис. 21) происходит считывание информации с фототрансмиттера № 1 в Φ_0 ОЗУ и выполнение программы начинается с команды, расположенной в ячейке 001. Дальнейшее считывание информации осуществляется программным путем по определенным командам (ввод производится в какую-либо зону Φ_α в последовательные ячейки, начиная с первой $\pi_\Phi \overline{4}\,\overline{3}$).

В случае информации первого вида каждый код задается, как говорилось выше, пятью девятиричными цифрами, каждой из них соответствует одна строчка на перфоленте, т. е. одному коду соответствует пять строчек информации.

Такого вида информация пробивается на перфоленте полными зонами (по 54 коротких кода), между различными зонами оставляется расстояние в 15—20 *см*. Вводится такая информация в $Ф_{\alpha}$ целыми зонами, поэтому, если в какой-либо зоне число коротких кодов меньше 54, ее дополняют нулями. При вводе каждая девятиричная цифра кода, кроме старшей, записывается в ЗУ в соответствующие разряды короткой ячейки в виде двух троичных цифр; старшая цифра, всегда совпадающая по значению с троичной, записывается в старший разряд.

В случае информации второго вида каждому символу на перфоленте соответствует одна строчка. При вводе каждый символ запоминается очередными тремя разрядами ячейки (три символа в короткой ячейке, начиная со старших разрядов). Ввод может осуществляться неполными зонами, для этого в конце информации на перфоленте пробивается символ стоп (ст.) с тем расчетом, чтобы он оказался третьим символом в короткой ячейке (или пробиваются три символа стоп).

Вывод информации из машины осуществляется с помощью электроуправляемой пишущей машинки по специальным командам программы.

При выводе троичных кодов (вывод в виде команд) каждый короткий код печатается пятью девятиричными цифрами в одной строке. Коды располагаются столбцом. При выводе в виде символов последовательность троек цифр, начиная со старших разрядов ячеек выводимой зоны, определяет характер и последовательность печатаемых символов.

Вывод информации производится из последовательных ячеек, начиная с первой зоны ОЗУ, указанной в команде вывода.

В первом случае осуществляется вывод полных зон (по 54 коротких кода), во втором случае возможен вывод неполных зон, для чего в конце выводимой информации в последних трех разрядах короткой ячейки должен задаваться символ стоп.

Все команды ввода и вывода имеют одну и ту же структуру $п_ф M\bar{3}0$ (в случае модификации вместо $\bar{3}0$ записывается $\bar{3}\bar{1}$ или $\bar{3}1$). $п_ф$ указывает на номер зоны ОЗУ, куда должна вводиться или откуда должна выводиться информация, а M — четырехразрядный троичный (двухразрядный девятиричный) код — определяет: какая из операций (ввод или вывод) должна выполняться, какие из внешних устройств

(пишущая машинка, фототрансмиттеры № 1 или № 2) должны участвовать при выполнении конкретной команды.

Возможные значения кода M и соответствующий характер команды ввода — вывода видны из следующей таблицы:

Таблица 2

Значение кода M		Смысл команды ввода — вывода
девятиричное	троичное	
01	0001	Ввод троичных кодов (ввод в виде команд) с фототрансмиттера № 1.
$0\bar{1}$	$000\bar{1}$	Ввод символов с фототрансмиттера № 1
03	0010	Ввод троичных кодов с фототрансмиттера № 2
$0\bar{3}$	$00\bar{1}0$	Ввод символов с фототрансмиттера № 2
10	0100	Вывод троичных кодов на пишущую машинку
$\bar{1}0$	$0\bar{1}00$	Вывод символов на пишущую машинку

Пять комбинаций пробивок (последние в таблице 3) не воспринимаются машиной при любом вводе.

Среди остальных 27-ми комбинаций имеются такие, роль которых заключается в выдаче некоторых управляющих воздействий на выводные устройства:

Таблица 3

№№ п/п	Латинский вариант		Русский вариант		Код на перфоленте	Код в машине	
	буквенн. регистр 5	цифров. регистр	буквенн. регистр	цифр. регистр		В 3-х тр. разр.	В 2-х тр. разр.
1	A	6	А	6	110 00	$1\bar{1}0$	—
2	B	7	В	7	110 01	$1\bar{1}1$	—
3	C	8	С	8	100 10	$10\bar{1}$	—
4	D	9	Д	9	100 00	100	—
5	E	ПР	Е	ПР	100 01	101	—

№№ п/п	Латинский вариант		Русский вариант		Код на перфоленте	Код в машине	
	буквенн. регистр 5	цифров. регистр	буквенн. регистр	цифр. регистр		в 3-х тр. разр.	в 2-х тр. разр.
6	F	—	Б	—	010 11	$\bar{1}\bar{1}0$	—
7	G	/	Щ	Ю	000 11	$\bar{1}00$	—
8	H	·	Н	·	100 11	$\bar{1}01$	—
9	I	+	Л	+	001 11	$\bar{1}10$	—
10	J	V	Ы	Э	101 11	$\bar{1}11$	—
11	K	W ($\bar{4}$)	К	Ж ($\bar{4}$)	010 10	$0\bar{1}\bar{1}$	$\bar{1}\bar{1}$
12	L	X ($\bar{3}$)	Г	Х ($\bar{3}$)	010 00	$0\bar{1}0$	$\bar{1}0$
13	M	Y ($\bar{2}$)	М	У ($\bar{2}$)	010 01	$0\bar{1}1$	$\bar{1}1$
14	N	Z ($\bar{1}$)	И	Ц ($\bar{1}$)	000 10	$00\bar{1}$	$0\bar{1}$
15	P	0 (0)	Р	0 (0)	011 11	000	00
16	Q	1	Й	1	000 01	001	01
17	R	2	Я	2	001 10	$01\bar{1}$	$1\bar{1}$
18	S	3	Ь	3	001 00	010	10
19	T	4	Т	4	001 01	011	11
20	U	5	П	5	110 10	$1\bar{1}\bar{1}$	—
21	(	)	Ш	Ф	101 01	111	—
22	=	×	=	×	011 01	$\bar{1}1\bar{1}$	—
23	подчеркивание (ПЧ)				110 11	$\bar{1}\bar{1}1$	—
24	буквенный регистр (БР)				101 00	110	—
25	цифровой регистр (ЦР)				101 10	$11\bar{1}$	—
26	возврат каретки, перевод строки (ВК, ПС)				011 00	$\bar{1}0\bar{1}$	—
27	стоп (СТ)				011 10	$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$	—
28	комбинации не воспринимаются при любом вводе				111 01	—	—
29					111 10	—	—
30					111 00	—	—
31					111 11	—	—
32					000 00	—	—

«стоп» (ст) — о нем говорилось выше;

«возврат каретки, перевод строки» (вк, пс) — определяет форму печати выводимой зоны (часто вместо вк, пс пишут пс);

«цифровой регистр» (цр) — включает нижний (цифровой) регистр пишущей машинки;

«буквенный регистр» (бр) — включает верхний (буквенный) регистр пишущей машинки.

Заметим, что символ «пробел» (пр) (в цифровом регистре) является пропуском одной позиции при печати, а с помощью символа «подчеркивание» (пч) производится подчеркивание очередной позиции и блокируется сдвиг каретки (переход к следующей позиции).

Рассмотрим в заключение параграфа пример перфорации информации в виде символов. Пусть мы хотим вывести на печать такой текст:

РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ
МЕТОД ЭЙЛЕРА

Для этого мы должны ввести этот текст в машину, предварительно отперфорировав на перфоленте информацию о тексте так, чтобы выводимый текст совпадал с заданным не только по последовательности символов, но и по формату печати. Чтобы печать текста при выводе осуществилась с начала строки, самому тексту мы предпошлем такую комбинацию символов цр пр пр пр пр пс. При выводе этой группы символов пишущая машинка переключится на цифровой регистр, затем передвинет каретку на четыре позиции, ничего не напечатав (символы пр), и вернет ее в крайнее положение (пс).

Итак: цр пр пр пр пр пс бр РЕШЕНИЕ цр пр бр ДИ цр ФФ бр ЕРЕН цр Ц бр ИАЛЬН цр О бр Г цр О пр У бр РАВНЕНИЯ пс пр пр пр пр пр пр пр пр пр бр МЕТ цр О бр Д цр О бр М цр пр Э бр ЙЛЕРА ст ст ст

Так как в таблице 3 нет букв О, Ч, З, вместо них используются одинаковые по написанию цифры 0, 4, 3. Перед каждой группой символов, находящихся в разных регистрах, перфорируется соответствующий символ цр, бр. Для соблюдения формы текста нужно после окончания перфорирования на ленте каждой строки, кроме последней, пробивать символ пс. В нашем примере, чтобы вторая строка заняла среднее положение под первой строкой, мы после символа пс отперфорируем некоторое количество символов пр (например, 8 символов).

§ 6. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ПРОГРАММ

Понятие о масштабировании. Все числа, представимые в машине «Сетунь», должны удовлетворять условию:

$$|x| < 4{,}5.$$

Гос. Публичная Библиотека в Ленинграде

Следовательно, необходимо предварительно всякую задачу, при решении которой могут встретиться числа, выходящие из указанных границ, промасштабировать, т. е. так преобразовать входящие в нее величины, чтобы и сами исходные значения величин, и промежуточные результаты, и, наконец, окончательные результаты были представимы в машине.

Рассмотрим это на конкретном примере 1. Пусть требуется вычислить на машине значение функции

$$y = (x_1^2 x_2 + x_3)\, x_4,$$

если известно, что возможные значения аргументов находятся в пределах

$$b_i \leqslant |x_i| \leqslant a_i, \quad i = 1,\ 2,\ 3,\ 4,$$

а значения самой функции при этом удовлетворяют условию

$$b \leqslant |y| \leqslant a;$$

результат вычислений запомнить в регистре S, после чего машину остановить.

Вводим новые переменные

$$X_i = \lambda_i x_i, \quad Y = \lambda y, \quad i = 1,\ 2,\ 3,\ 4, \tag{4}$$

где λ_i, λ выбираются обычно из условия

$$0 < \lambda_i < \frac{1{,}5}{a_i}, \quad 0 < \lambda < \frac{1{,}5}{a}, \quad i = 1,\ 2,\ 3,\ 4. \tag{5}$$

Тогда новые переменные

$$\lambda_i b_i \leqslant |X_i| < 1{,}5; \quad \lambda b \leqslant |Y| < 1{,}5,$$

т. е. все новые входные величины и результат будут представимы в машине.

Исходная формула при этом преобразуется к виду

$$Y = \Big(\underbrace{\frac{\lambda}{\lambda_1^2\lambda_2\lambda_4}}_{\gamma_1} X_1^2 X_2 + \underbrace{\frac{\lambda}{\lambda_3\lambda_4}}_{\gamma_2} X_3\Big) X_4 = (\gamma_1 X_1^2 X_2 + \gamma_2 X_3) X_4 \tag{6}$$

Подбирая значения λ и λ_i ($i = 1,\ 2,\ 3,\ 4$), по-прежнему удовлетворяющие (5), нужно добиться того, чтобы:

1) все промежуточные результаты были представимы в машине;

2) сами γ_1 и γ_2 были представимы в машине;

3) не было большой потери точности (потеря точности возможна, например, если за значения λ принимается некоторое число, существенно меньшее $\frac{1{,}5}{a}$).

Задача масштабирования очень трудоемкая и сложная. Это усугубляется еще тем, что во многих случаях оценка области изменения самих величин очень затруднена, а грубые оценки приводят к большой потере точности. Заметим, кстати, что на точность результата часто влияет и порядок выполнения расчетов.

Проделав работу по масштабированию и получив окончательную рабочую расчетную формулу (6), приступим к составлению программы. При этом заметим, что для получения нужного значения y по вычисленному машиной Y, необходимо воспользоваться соотношением (4).

Составление программы в условных (буквенных) адресах

Предварительно всю исходную информацию и команды программы условно размещаем в некоторых ячейках с адресами, обозначенными с помощью букв.

Пусть $\gamma_i = (\nu_i)$, $i = 1,\ 2$; $X_j = (\eta_j)$, $j = 1,\ 2,\ 3,\ 4$, а команды программы располагаются в ячейках, начиная с $\varkappa_0$. Ячейки $\varkappa_0$, $\varkappa_1$ и т. д. — короткие, а ν_i и η_j могут быть как короткими, так и длинными в зависимости от требований точности. Пусть в условиях нашей задачи ν_i и η_j — длинные ячейки.

Вторым шагом является выбор определенной последовательности выполнения вычислений (составление логической схемы программы) и запись ее в виде команд в условных адресах.

Адреса ячеек, в которых хранятся команды:	Команды	Комментарии	Результат выполнения команды
$\varkappa_0$	ν_1 30	$(\nu_1) \to S$	$(S) = \gamma_1$
$\varkappa_1$	η_1 40	$(S)\,(\eta_1) \to S$	$(S) = \gamma_1 X_1$
$\varkappa_2$	η_1 40	$(S)\,(\eta_1) \to S$	$(S) = \gamma_1 X_1^2$
$\varkappa_3$	η_2 40	$(S)\,(\eta_2) \to S$	$(S) = \gamma_1 X_1^2 X_2$
$\varkappa_4$	ν_2 23	$(\nu_2) \to R$	$(R) = \gamma_2$
$\varkappa_5$	η_3 43	$(R)\,(\eta_3) + (S) \to S$	$(S) = \gamma_1 X_1^2 X_2 + \gamma_2 X_3$
$\varkappa_6$	η_4 40	$(\eta_4)\,(S) \to S$	$(S) = Y$
$\varkappa_7$	Адрес безразличен 2X	Останов.	

Окончательным этапом является распределение конкретных ячеек для размещения программы и исходных данных

в ЗУ (присвоение буквенным адресам действительных значений).

Для размещения команд необходимо 8 коротких ячеек; для размещения γ_j и X_j необходимо 6 длинных ячеек. Предполагая, что числовая информация предварительно переведена в троичную систему счисления, мы можем и программу, и исходную числовую информацию поместить в одной зоне.

Руководствуясь тем, что начальный ввод осуществляется всегда в зону Φ_0 ОЗУ и выполнение программы начинается с команды, расположенной в ячейке 001, поместим программу в последовательные ячейки, начиная с 001, т. е. $\varkappa_0 = 001$, тогда $\varkappa_7 = 013$. Числовую информацию можно разместить в любых свободных длинных ячейках; например, $\nu_1 = 0WW$, $\nu_2 = 0WZ$, $\eta_1 = 0W2$, ..., $\eta_4 = OX2$.

Остальные свободные ячейки заполняются нулями. При записи команд на бланке в адресной части их вместо букв записываются соответствующие действительные адреса. Запись числовой информации в длинные ячейки осуществляется по правилу, указанному в § 2 (запись троичных чисел в виде команд).

Пример 2. Требуется вычислить значения функции $f(x)$ по одному из трех аналитических выражений в зависимости от значения x:

$$f(x) = \begin{cases} px^2 + q, & \text{если } x \leqslant \varepsilon_1, \\ lx, & \text{если } \varepsilon_1 < x \leqslant \varepsilon_2, \\ rx + e, & \text{если } \varepsilon_2 < x, \end{cases}$$

где p, q, l, r, e, ε_1 и ε_2 — заданные числа, а x получено машиной и хранится в ячейке $\eta = 1WX$.

Результат нужно запомнить в ячейке 1WY.

Будем предполагать, что работа по масштабированию уже проделана и что счет достаточно вести по коротким ячейкам из-за слабых требований к точности результата.

Разместим исходную информацию:

$$\varepsilon_1 = (\mu_1),\ \varepsilon_2 = (\mu_2),\ p = (\nu_1),\ q = (\nu_2),\ l = (\nu_3),\ r = (\nu_4) \text{ и } e = (\nu_5).$$

Заметим, что обычно удобно информацию одного рода размещать в ячейках, обозначенных одной и той же буквой.

Логическая схема программы. Обозначим каждый из возможных вариантов вычисления функции, начиная с первого,

соответственно буквами A_1, A_2 и A_3, т. е. A_1 — счет по формуле $f(x) = px^2 + q$, A_2 — счет по формуле $f(x) = lx$ и A_3 — счет по формуле $f(x) = rx + e$. Машина должна сама определить, по какому из этих вариантов должен производиться счет, для этого в программу необходимо ввести блоки, позволяющие осуществить этот выбор. Эти блоки, обозначаемые обычно буквой P с различными индексами, называются логическими (в отличие от блоков A_i, называемых арифметическими). В основе работы логического блока лежит проверка некоторого условия, в зависимости от выполнения которого осуществляется с помощью команд условной передачи управления выбор пути счета в дальнейшем.

Пусть логический блок P_1 проверяет выполнение условия $x - \varepsilon_1 \leqslant 0$. Очевидно, при выполнении этого условия (тогда $\omega = 0$ или 1) значение функции нужно вычислять по варианту A_1, в противном случае ($\omega = 1$), должно быть проверено условие $x - \varepsilon_2 \leqslant 0$ (блок P_2); при выполнении последнего условия ($\omega = 0$ или 1) необходимо выполнить счет по варианту A_2, в противном случае ($\omega = 1$), — по A_3.

По какому бы варианту не производился счет, результат вычислений должен быть записан в ячейке 1WY, после чего машину нужно остановить — эти простые функции выполнит блок A_4. Итак,

$$P_1(x - \varepsilon_1 \leqslant 0)\, A_1(f(x) = px^2 + q);\ P_2(x - \varepsilon_2 \leqslant 0)\, A_2(f(x) = lx);\ A_3(f(x) = rx + e)\, A_4$$

Адреса ячеек, содержащие команды	Команды	Комментарии	Результат выполнения команды
$P_1 \begin{cases} \varkappa_0 \\ \varkappa_1 \\ \varkappa_2 \end{cases}$	η 30 μ_1 3X $\varkappa_{17}$ 13	$(\eta) \to S$ $(S) - (\mu_1) \to S$ УП — 1 ↑ 1 по адресу $\varkappa_7$	$(S) = x$ $(S) = x - \varepsilon_1$ Если в результате выполнения предыдущей команды окажется $\omega = 1$, произойдет передача управления по адресу, содержащему первую команду блока P_2 ($\varkappa_7$); в противном случае, последовательный порядок выполнения команд не нарушится.

A_1	$\varkappa_3$	η 30	$(\eta) \to S$	$(S) = x$
	$\varkappa_4$	ν_1 40	$(S)(\nu_1) \to S$	$(S) = px$, $(R) = x$
	$\varkappa_5$	ν_2 4X	$(S)(R) + (\nu_2) \to S$	$(S) = px^2 + q$
	$\varkappa_6$	$\varkappa_{16}$ 00	БП_____↑ 2 по адресу $\varkappa_{16}$	Безусловная передача управления по адресу, содержащему первую команду блока $A_4(\varkappa_{16})$.
P_2	$\varkappa_7$	η 30	$(\eta) \to S \leftarrow\mid 1$	$(S) = x$
	$\varkappa_8$	μ_2 3X	$(S) - (\mu_2) \to S$	$(S) = x - \varepsilon_2$
	$\varkappa_9$	$\varkappa_{13}$ 13	УП — 1_____↑ 3 по адресу $\varkappa_{13}$	По $\omega = 1$ произойдет передача управления по адресу, содержащему первую команду блока $A_3(\varkappa_{13})$.
A_2	$\varkappa_{10}$	η 30	$(\eta) \to S$	$(S) = x$
	$\varkappa_{11}$	ν_3 40	$(S)(\nu_3) \to S$	$(S) = lx$, $(R) = x$
	$\varkappa_{12}$	$\varkappa_{16}$ 00	БП_____↑ 4 по адресу $\varkappa_{16}$	Безусловная передача управления по адресу, содержащему первую команду блока $A_4(\varkappa_{16})$.
A_3	$\varkappa_{13}$	η 30	$(\eta) \to S \leftarrow\mid 3$	$(S) = x$
	$\varkappa_{14}$	ν_4 40	$(S)(\nu_4) \to S$	$(S) = rx$, $(R) = x$
	$\varkappa_{15}$	ν_5 33	$(S) + (\nu_5) \to S$	$(S) = rx + e$
A_4	$\varkappa_{16}$	1 WY Y3	$(S) \to 1\,WY \leftarrow\mid 2; 4$ ячейка результата	$(1WY) = f(x)$
	$\varkappa_{17}$	1WY 2X	Ω	Останов. В адресной части команды „Останов" можно написать любой адрес, например, 1WY.

Программа занимает 18 коротких ячеек; числовая информация (не считая ячейки, где располагается x, и ячейки для результата, в качестве которых были заданы вполне определенные ячейки зоны Φ_1: 1WX и 1WY) — 7 коротких ячеек. Программу, по-прежнему можно разместить в ячейках зоны Φ_0, начиная с 001, а числовую информацию в любых свободных ячейках этой же зоны; например, $\mu_1 = 031$, $\mu_2 = 033$, $\nu_1 = 034$ и т. д., наконец, $\nu_5 = 041$.

Пусть $\varepsilon_1 = 0{,}3$; $\varepsilon_2 = 0{,}9$; $p = 1{,}3$; $q = 0{,}3$; $l = 1{,}499$; $r = 1{,}426$; $e = 0{,}9$.

Переводя в троичную систему ε_1, ε_2, p, q, l, r и e, получим:

$$\varepsilon_1 = 0{,}10\bar{1}010\bar{1};\quad \varepsilon_2 = 1{,}0\bar{1}010\bar{1}0;\quad p = 1{,}10\bar{1}010\bar{1};\quad q = 0{,}10\bar{1}010\bar{1};$$

$$l = 1{,}1111111;\quad r = 1{,}11\bar{1}1111;\quad e = 1{,}0\bar{1}010\bar{1}0$$

(перевод осуществляется до получения седьмого троичного разряда после запятой, так как счет идет по коротким, т. е.

9-ти разрядным, ячейкам, а в машине «Сетунь» запятая фиксирована после второго разряда). Запись на бланке чисел, переведенных в троичную систему, выполняется по правилам, сформулированным в § 2.

Программа, составленная выше, в действительных адресах на типовом бланке представлена в приложении 1.

Программы такого типа носят название разветвляющихся программ.

§ 7. ИТЕРАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Рассмотренные программы имеют ту характерную особенность, что каждое действие, которое необходимо выполнить в процессе вычислений по заданной формуле, представляется в программе отдельной командой, причем соответствие это выполняется и в количественном отношении. Такие программы называются линейными.

Изучим организацию программ для задач, решаемых методом последовательных приближений (методом итераций). В простейшем случае итеративный процесс можно определить следующим образом: пусть дана некоторая функция $y = f(x)$ и начальное приближение x_0; итеративный процесс заключается в вычислении по одной и той же формуле $x_{k+1} = f(x_k)$, $k = 0, 1, 2, \ldots$, последующих приближений до тех пор, пока не окажется выполненным некоторое условие (условие окончания процесса). Первое из полученных приближений x_1, x_2, ..., удовлетворяющее этому условию, является конечным результатом процесса.

Итак, итеративный процесс определяется:

1) итеративной формулой,
2) начальным приближением,
3) условием окончания процесса.

Разберем довольно общую схему организации программ итеративных процессов.

Пусть условие окончания процесса определяется сравнением двух последовательных приближений x_n и x_{n+1}. Следовательно, в памяти машины должны быть отведены две стандартные ячейки: ячейка α — для хранения x_n и ячейка β — для хранения x_{n+1}. В процессе выполнения программы на основании $(\alpha) = x_n$ вырабатывается x_{n+1} и посылается в β. Затем эти две величины сравниваются и, если условие окончания процесса не удовлетворяется, полученное новое приближение x_{n+1} из ячейки β пересылается в ячейку α и эта

группа команд программы повторяется заново, в противном случае, полученное приближение x_{n+1} считается искомым.

Логическая схема программы имеет вид:

З П А Р (или: З П А Р П А Р П А Р . . .),

где:

З — блок засылки: подготавливает программу к работе (например, засылает нулевое приближение x_0 в ячейку β);

П — блок пересылки: пересылает полученное приближение из ячейки β в ячейку α (на место предыдущего приближения);

А — арифметический блок: выполняет счет по итеративной формуле;

Р — логический блок: проверяет условие окончания процесса и в зависимости от выполнения этого условия либо передает управление блоку П, либо следующей по порядку команде.

Группа команд ПАР (многократно повторяющихся команд) носит название цикла, а программы, содержащие циклы, называются циклическими.

З а м е ч а н и е 1. Иногда условие окончания процесса основывается не на сравнении двух соседних приближений, например, критерием окончания процесса может служить какая-то одна специальная величина, тогда нет необходимости в блоке П.

З а м е ч а н и е. 2. Итеративные процессы делятся на два класса: 1) итеративные процессы с известным заранее числом итераций и 2) итеративные процессы с числом итераций, заранее неизвестным. Если для задач класса 1) возможно составление линейной программы (для этого достаточно известное число раз повторить цикл), то для задач класса 2) подобная организация программы принципиально невозможна.

Примеры итеративных процессов с известным заранее числом итераций

В этих случаях задается заранее число n итераций, необходимых для получения результата. Логическая схема при этом упрощается: З А Р, где логический блок Р проверяет выполнение n шагов.

П р и м е р 1. Вычислить n-ную степень числа x, находящегося в ячейке α. Результат запомнить в регистре S.

Линейная программа для решения этой задачи имеет следующий вид:

$\varkappa_0$	α 30	$(\alpha) \to$ S	(S) $= x$
$\varkappa_1$	α 40	(S) $(\alpha) \to$ S	(S) $= x^2$
$\varkappa_2$	α 40	(S) $(\alpha) \to$ S	(S) $= x^3$
. . .	. . .	. . .	. . .
. . .	. . .	. . .	. . .
$\varkappa_{n-1}$	α 40	(S) $(\alpha) \to$ S	(S) $= x^n$

Здесь $n-1$ раз повторяется одна и та же команда α 40. Этого можно избежать, организовав специальный счетчик, который подсчитывал бы, сколько раз выполнялась данная команда. Удобно подобный счетчик организовать с помощью регистра F.

Число — $(n-1)$ помещаем в пяти старших разрядах некоторой ячейки ν_1, а в 5-м разряде другой ячейки ν_2 помещаем число 1 (это так называемая единица адреса; обозначается $1e_A$ в отличие от обычного целого числа 1, которое располагалось бы в ячейке во втором разряде слева; иначе говоря, в ячейку ν_2 помещаем целое число 1 в масштабе 3^{-3}; то же самое необходимо сказать и о числе — $(n-1)$).

Программа имеет вид:

З	$\varkappa_0$	α 30	$(\alpha) \to$ S	(S) $= x$
	$\varkappa_1$	ν_1 Z0	$(\nu_1) \to$ F	(F) $= -(n-1)\,e_A$
А	$\varkappa_2$	α 40	(S) $(\alpha) \to$ S	(S) $= x^{i+1}$
Р	$\varkappa_3$	ν_2 ZX	(F) $+ 1e_A \to$ F	(F) $= -(n-1)\,e_A + ie_A$
	$\varkappa_4$	x_2 1X	УП — $\overline{1}$ ——↑ по адресу $\varkappa_2$	
	$\varkappa_5$	любой адрес 2X		

Здесь при каждом выполнении команды α 40 к содержимому регистра F прибавляется $1e_A$ и, пока (F) <0, управление передается на повторное выполнение указанной команды; в противном случае, машина остановится. Следовательно, команда α 40 будет выполняться при значениях (F):

$-(n-1)\,e_A,\ -(n-2)\,e_A, \ldots, -2e_A,\ -1e_A$, т. е. $n-1$ раз.

П р и м е р 2. Пусть в длинных ячейках ZWW — Z4W находятся некоторые числа. Нужно просуммировать их и сумму поместить в регистр S.

Программу можно организовать следующим образом: к содержимому регистра S (предварительно туда нужно послать 0) нужно прибавить содержимое 25-ти длинных ячеек, начиная с ZWW, адреса которых отличаются на $3e_A$. При составлении линейной программы пришлось бы 25 раз написать команду типа ZWW$+3e_A i$33, $i=0, 1, 2, \ldots 24$. В отличие от предыдущего примера у этой команды перед каждым ее выполнением адресная часть должна изменяться (модифицироваться) на $3e_A$.

С помощью регистра F легко осуществить одновременно и подсчет количества исполнений команды и модификацию ее адресной части на $3e_A$. Для этого к содержимому регистра F, куда предварительно заносится $-3\cdot 25e_A=-75e_A$, нужно после каждого исполнения интересующей нас команды прибавлять по $3e_A$, а код операции самой команды изменить на 1, т. е. вместо 33 написать 32 или 34, что и будет указывать на необходимость изменения адресной части команды перед ее исполнением.

При этом возникает необходимость в вычислении адресной части модифицируемой команды, что выполняется по-разному в зависимости от вида модификации: модификации $\oplus$, когда $A^* = A + (F)$ (в нашем примере, если команда будет иметь вид A 34), или модификации $\ominus$, когда $A^* = A - F$ (в примере, если команда будет иметь вид A 32).

Используем в программе команду A 34.

$\varkappa_0$	$<0>$ 30	$0 \to$ S	
$\varkappa_1$	$<-75e_A>$ Z0	$-75e_A \to$ F	или в девятиричной системе
$\varkappa_2$	A 34	(S) + (A*) → S	Z1X → F
$\varkappa_3$	$<3e_A>$ ZX	(F) + $3e_A$ → F	
$\varkappa_4$	$\varkappa_2$ 1X	УП — 1 ____ по адресу $\varkappa_2$	
$\varkappa_5$	Адрес любой $2x$	Останов	

Адрес A находим из того условия, чтобы при первом исполнении команды A 34

$$A^* = A + (F) = A + Z1X = ZWW$$

ZWW — адрес первой ячейки из массива, где располагаются заданные числа.

Легко видеть, что в качестве A берется адрес ячейки, следующей за последней ячейкой массива:

$$A = ZWW - ZIX = Z4Z.$$

Эта программа может служить примером цикла с переадресацией.

Замечание. В случае цикла с переадресацией организация цикла существенно облегчается наличием регистра F; в предыдущем же примере в качестве счетчика можно было бы использовать любую ячейку памяти, осуществляя добавление 1 с помощью регистра S.

Пример 3. Вычислить многочлен P_n по схеме Горнера

$$P_n(x) = C_0x^n + C_1x^{n-1} + \ldots + C_{n-1}x + C_n =$$
$$= (\ldots((C_0x + C_1)x + C_2)x + \ldots + C_{n-1})x + C_n;$$

результат оставить в регистре S.

Пусть $C_0, C_1, \ldots C_n$ размещены в последовательных длинных ячейках.

Программа.

$\varkappa_0$	$<x>$ 23	$x \to$ R	Вычисление ведется по итеративной формуле $P_{к+1}(x) = P_к(x)x + C_{к+1}$, $P_0(x) = C_0$ Условие окончания вычислений: $к+1=n$
$\varkappa_1$	$<C_0>$ 30	$C_0 \to$ S	
$\varkappa_2$	$<-3ne_A>$ Z0	$-3ne_A \to$ F	
$\varkappa_3$	$<C_i>$ 4Y	(S) (R) + C_i → S	
$\varkappa_4$	$<3e_A>$ ZX	(F) + $3e_A$ → F	
$\varkappa_5$	$\varkappa_3$ 1X	УП — 1 ____ по адресу $\varkappa_3$	

Напомним, что $<p>$ означает адрес ячейки, содержащей код (число) p.

Пример 4. Программа для выполнения операции деления.

Требуется вычислить $\frac{u}{v}$, где u и v — заданные числа, не превосходящие по абсолютной величине 1,5; предполагаем, что и $\left|\frac{u}{v}\right| < 1{,}5$. Будем считать, что $0{,}5 < |v| < 1{,}5$, так как если $|v| < 0{,}5$, то с помощью операции нормализации этому условию легко удовлетворить; при этом чтобы величина $\frac{u}{v}$ не изменилась, необходимо и числитель u сдвинуть на число, равное по абсолютной величине количеству сдвигов при нормализации, но противоположное по знаку.

Выведем формулу для вычисления $z = \frac{1}{v}$

$v = \delta + h$, где $\delta = [v]_{бл}$ и, следовательно, $|\delta| = 1$

$h = \{v\}_{др.\ часть}$ и, следовательно, $|h| < \frac{1}{2}$.

$$\frac{1}{\delta^2 - h^2} = \frac{1}{1 - h^2} = 1 + h^2 + h^4 + \ldots, \text{ откуда}$$

$$z = \frac{1}{v} = \frac{1}{\delta + h} = (\delta - h)(1 + h^2 + h^4 + \ldots)$$

Примем за нулевое приближение z_0 обратной величины v

$$z_0 = (\delta - h)(1 + h^2 + a_1 h^4 + a_2 h^6 + a_3 h^8),$$

где $a_1 = 1{,}00074$, $a_2 = 0{,}95043$ и $a_3 = 1{,}51258$; при этом

$$z_0 = \frac{1}{v} + \Delta,$$

где

$$|\Delta| < 10^{-4}$$

Последующие уточнения будем получать по итеративной формуле

$$z_{n+1} = z_n (2 - z_n v)$$

Оказывается, что одно уточнение по этой формуле дает возможность получить z с ошибкой не более, чем 3^{-16}; следовательно, достаточно одного уточнения.

Для получения в машине $\delta - h$, h^2 и $2 - z_0 v$ воспользуемся командой поразрядного умножения.

1. $(\delta + h) \otimes 01.\underbrace{\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1}}_{\text{16 разрядов}} = \delta - h.$

2. $(\delta + h)(\delta - h) = 1 - h^2$; $(1 - h^2) \otimes 00.\underbrace{\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1}}_{\text{16 разрядов}} = h^2$

3. $vz_0 = v\left(\frac{1}{v} + \Delta\right) = 1 + v\Delta = 1 + H_0,$

где $|H_0| < \frac{1}{2}$, $H_0 = \{vz_0\}_{др.\ часть}$

Тогда

$$vz_0 \otimes 01.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1} = 1 - H_0 = 2 - (1 + H_0) = 2 - vz_0$$

Заметим, что $A = 01.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cdot 3^{-16}$, $B = 00.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1} = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cdot 3^{-16}$

Программа

$\varkappa_0$	$<v>$ 30	$v \to S$	Нормализованное v посылается в стандартную ячейку $<v>$.
$\varkappa_1$	$<0002X>$ 10	УП—0 ↑ 1 на останов	
$\varkappa_2$	$<v>$ YX	$v_{норм} \to <v>$, $N_{норм} \to S$	Изменяется знак на противоположный у числа, определявшего количество сдвигов при нормализации.
$\varkappa_3$	$<\bar{1}1.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1}>$ 20	$-N_{норм} \to S$	
$\varkappa_4$	γ_1 Y3	$-N_{норм} \to \gamma_1$	
$\varkappa_5$	$<u>$ 30	$u \to S$	
$\varkappa_6$	γ_1 Y0	сдв. (S) на $(\gamma_1) \to S$	При $v = 0$ (деление на нуль) предусматривается останов.
$\varkappa_7$	$<u>$ Y3	$(S) \longrightarrow <u>$	
$\varkappa_8$	$<v>$ 30	$v = \delta + h \longrightarrow S$	
$\varkappa_9$	$<01.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1}>$ 20	$\delta - h \longrightarrow S$	
$\varkappa_{10}$	γ Y3	$\delta - h \longrightarrow \gamma$	
$\varkappa_{11}$	$<v>$ 40	$(\delta - h)(\delta + h) = 1 - h^2 \longrightarrow S$	
$\varkappa_{12}$	$<00.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1}>$ 20	$h^2 \longrightarrow S$	
$\varkappa_{13}$	$<a_3>$ 40	$a_3 h^2 \longrightarrow S$, $h^2 \longrightarrow R$	
$\varkappa_{14}$	$<a_2>$ 33	$a_2 + a_3 h^2 \longrightarrow S$	
$\varkappa_{15}$	$<a_1>$ 4X	$a_1 + (a_2 + a_3 h^2) h^2 \longrightarrow S$	
$\varkappa_{16}$	$<1>$ 4X	$1 + (a_1 + a_2 h^2 + a_3 h^4) h^2 \longrightarrow S$	
$\varkappa_{17}$	$<1>$ 4X	$1 + (1 + a_1 h^2 + a_2 h^4 + a_3 h^6) h^2 \longrightarrow S$	
$\varkappa_{18}$	γ 40	$z_0 = (\delta - h)(1 + h^2 + a_1 h^4 + a_2 h^6 + a_3 h^8 \to S$	
$\varkappa_{19}$	γ Y3	$z_0 \longrightarrow \gamma$	
$\varkappa_{20}$	$<v>$ 40	$z_0 v \longrightarrow S$	
$\varkappa_{21}$	$<01.\bar{1}\bar{1}..\bar{1}>$ 20	$2 - z_0 v \longrightarrow S$	
$\varkappa_{22}$	γ40	$z_0(2 - z_0 v) = z_1 \longrightarrow S$	
$\varkappa_{23}$	$<u>$ 40	$uz_1 = \frac{u}{v} \longrightarrow S$	

Здесь γ — рабочая ячейка — длинная; в качестве γ_1 (короткая ячейка) можно использовать одну из коротких ячеек, составляющих γ.

Программа занимает 25 коротких ячеек; две длинных отводятся для кодов A и B, две длинных — для u, v, одна длинная используется в качестве γ и четыре коротких — для 1, a_1, a_2 и a_3.

§ 8. СТАНДАРТНЫЕ ПОДПРОГРАММЫ

При каждой машине имеется некоторый набор программ, например, для вычисления элементарных функций, для перевода чисел из одной системы в другую, которые часто используются в качестве составных частей в более сложных программах. Такие программы используются двояко: способом включения в основную программу (при этом нужная программа переписывается в то место основной программы, где появилась в ней необходимость) и методом обращения. В последнем случае стандартные подпрограммы вводятся в закрепленные за ними места ЗУ независимо от основной программы. Программисту достаточно располагать сведениями о том лишь, как обращаться к данной подпрограмме.

Схема использования ст. п/п методом обращения

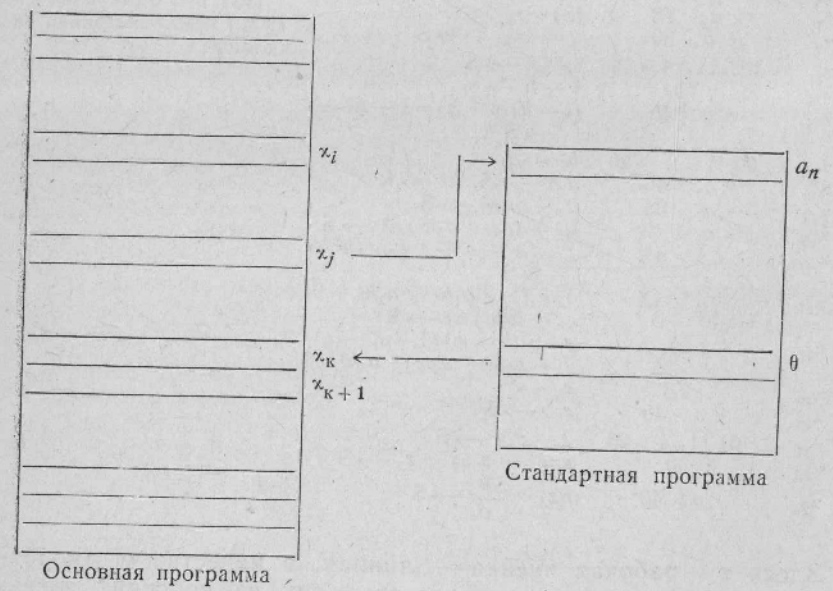


Рис. 13.

В ячейке a_n находится первая команда ст. п/п. Ячейка θ — ячейка возврата обеспечивает передачу управления в основную программу после окончания работы ст. п/п.

Пусть после выполнения некоторой команды из ячейки $\varkappa_i$ основной программы понадобилось обратиться к ст. п/п. Обеспечив предварительно возврат из ст. п/п в нужную ячейку $\varkappa_к$ основной программы, в некоторой ячейке $\varkappa_j$ помещаем команду передачи управления в начало ст. п/п. Возврат осуществляется с помощью информации, имеющейся в ячейке θ. Заметим, что любая ст. п/п состоит из двух частей: с одной стороны — команды и, с другой стороны — константы, необходимые для ее работы, рабочие ячейки и т. д.; ячейка θ располагается непосредственно после массива ячеек, занятых командами.

Способы обращения к ст. п/п и организации ст. п/п

I. В ст. п/п не используется регистр F.

Для обращения к ст. п/п необходимо в основной программе предусмотреть группу команд

$\varkappa_0$ $(c) + \Delta \longrightarrow F$
$\varkappa_1$ БП ——— ↑
по адресу a_n (на выход в ст. п/п)
$\varkappa_2$

В этом случае в ячейку θ достаточно поместить код 00001. После выполнения команды из ячейки $\varkappa_0$ $(F) = \varkappa_0 + \Delta$; команда из $\varkappa_1$ передает управление в начало ст. п/п. После окончания работы ст. п/п будет выполняться команда из ячейки θ: 00001 — безусловная передача управления с предварительной модификацией адресной части, т. е. команда $\varkappa_0 + \Delta\, 0\, 0$.

В частном случае, когда $\Delta = 3e_A$, управление из ст. п/п будет передано в ячейку $\varkappa_2$.

II. В ст. п/п используется регистр F.

Обращение:

$\varkappa_0$ $(C) + 3e_A \longrightarrow F$
$\varkappa_1$ БП ——— ↑ a_n
$\varkappa_2$ ←
из ст. п/п

В стандартной п/п в ячейке a_n в этом случае должна находиться команда $(F) \longrightarrow \theta$; следовательно, после ее выполнения в ячейке θ окажется следующий код: $\varkappa_2\, 0\, 0$.

III. Регистр F нельзя использовать при обращении к ст. п/п: он несет существенную информацию для ст. п/п.

Обращение:

$\varkappa_0$	(C) $\longrightarrow \alpha$	В ст. п/п перед ячейкой θ нужно предусмотреть ячейку, содержащую команду (α) → F, в ячейке θ должен содержаться код: 003 01. Кроме того, в ст. п/п должна быть выделена ячейка α.
$\varkappa_1$	БП $\longrightarrow\uparrow a_n$	
$\varkappa_2$		

Рассмотрим в качестве примера организацию стандартной подпрограммы для операции деления.

Будем считать, что п/п деления при ее использовании должна располагаться в $\Phi_{\overline{1}}$. Так как в п/п не используется регистр F, воспользуемся способом 1 ее организации. Пусть первая команда программы находится в ячейке ZWX, тогда последняя — в ячейке ZZ4. В ячейке ZOX (ячейка θ) должен находиться код 00001. Размещение констант по ячейкам видно из приложения 2. Для получения результата деления двух чисел в основной программе перед обращением необходимо делимое послать в стандартную ячейку Z12, а делитель — в Z2W.

Результат окажется в регистре S. Само обращение:

$\varkappa_0$	(C) + $3e_A$ → F	
$\varkappa_1$	БП → на ZWX	на вход в ст. п/п деления
$\varkappa_2$	← из ст. п/п	

§ 9. ПРОГРАММА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КВАДРАТНОГО КОРНЯ МЕТОДОМ НЬЮТОНА

Эта программа интересна с двух точек зрения: 1) как пример итеративного процесса с неизвестным заранее числом итераций и 2) как пример использования ст. п/п.

Требуется вычислить на машине $x = \sqrt{p}$, где $0 \leqslant p < 1{,}5$ (очевидно, тогда и $0 \leqslant x < 1{,}5$).

Это равносильно задаче определения положительного корня уравнения $f(x) = x^2 - p = 0$. Воспользовавшись методом Ньютона, для определения приближенного значения $\sqrt{p}$ получим итеративную формулу:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} = x_n - \frac{x_n^2 - p}{2x_n} = \frac{x_n}{2} + \frac{p}{2x_n}$$

Взяв за нулевое приближение корня $x = 1{,}5 - 0{,}5 \cdot 3^{-16}$, мы обеспечим сходимость итеративного процесса для любых значений p из указанной выше области.

Итак, итеративный процесс определяется следующими условиями:

$$x_{n+1} = \frac{x_n}{2} + \left(\frac{p}{2}\right) : x_n \quad x_0 = 1{,}5 - 0{,}5 \cdot 3^{-16}$$

и условием окончания процесса $|x_{n+1} - x_n| \leqslant \varepsilon$, где ε — заданное число. Счет будем вести по длинным ячейкам.

З	$\varkappa_0$	$<x_0>$	30	$x_0 \longrightarrow$ S	
	$\varkappa_1$	β	Y3	$x_0 \longrightarrow$ β	
	$\varkappa_2$	$<\frac{1}{2}>$	30	$\frac{1}{2} \longrightarrow$ S	
	$\varkappa_3$	$<p>$	40	$p \cdot \frac{1}{2} \longrightarrow$ S	
	$\varkappa_4$	$\varkappa_{20}$	10	УП$_{-0}$ ↑ 1	
	$\varkappa_5$	z 12	Y3	$\frac{p}{2} \longrightarrow <u>$ в ст п/п деления	
П	$\varkappa_6$	β	30	(β) → S ← 3	(в первый раз $x_0 \longrightarrow$ S)
	$\varkappa_7$	α	Y3	(S) → α	(в первый раз $x_0 \longrightarrow \alpha$)
А	$\varkappa_8$	Z 2 W	Y3	(S) → $<v>$	(в первый раз $x_0 \longrightarrow <v>$)
	$\varkappa_9$	$<3e_A>$	Z3	$(c) + 3e_A \longrightarrow$ F	
	$\varkappa_{10}$	ZWX	00	БП ↑ на вход в ст п/п деления	
	$\varkappa_{11}$	$<\frac{1}{2}>$	23	$\frac{1}{2} \longrightarrow$ R ← из ст п/п деления	
	$\varkappa_{12}$	α	43	$x_{n+1} = \frac{x_n}{2} + \left(\frac{p}{2}\right) : x_n \longrightarrow$ S	
	$\varkappa_{13}$	β	Y3	$x_{n+1} \longrightarrow$ β	(в первый раз получим x_1)
Р	$\varkappa_{14}$	α	3X	$x_{n+1} - x_n \longrightarrow$ S	
	$\varkappa_{15}$	$\varkappa_{17}$	13	УП$_{-1}$ ↑ 2	
	$\varkappa_{16}$	$<-1>$	40	$-$(S) → S	
	$\varkappa_{17}$	$<\varepsilon>$	3X	$\lvert x_{n+1} - x_n \rvert - \varepsilon \longrightarrow$ S ← 2	
	$\varkappa_{18}$	$\varkappa_6$	13	УП$_{-1}$ ↑ 3	
	$\varkappa_{19}$	$\varkappa_{21}$	00	БП ↑ 4	передача управления блоку
	$\varkappa_{20}$	β	Y3	(S) → β ← 1	П в случае, если условие
	$\varkappa_{21}$	. . . . .		← 4	окончания процесса не выполнено

§ 10. ПОДПРОГРАММЫ ПЕРЕВОДА ЧИСЕЛ ИЗ ДЕСЯТИЧНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ В ТРОИЧНУЮ (10 → 3) И НАОБОРОТ (3 → 10)

Рассмотрим в качестве учебных подпрограмм подпрограммы перевода чисел из одной системы счисления в другую.

1. *Подпрограмма перевода 10 → 3.* Подпрограмма предназначена для перевода в троичную систему десятичных

чисел вида $x = \pm \alpha_1, \alpha_2\alpha_3\alpha_4$, удовлетворяющих условию $|x| < 1{,}5$.

На перфоленте каждое из чисел пробивается как последовательность символов пс.$\pm \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$. При вводе в машину каждая такая комбинация символов будет запоминаться в одной длинной ячейке.

Программа перевода осуществляет перевод десятичных чисел, выбираемых из последовательных длинных ячеек массива, и результат перевода засылает в соответствующие короткие ячейки с признаком $\pi_A = 0$ на место переводимых чисел.

Так как числа указанного вида в целой части содержат либо 0, либо 1, то удобно перевод их осуществлять в два этапа:

1) перевод дробной части числа 0, $\alpha_2\alpha_3\alpha_4$;

2) выделение целой части переводимого числа и прибавление к результату, полученному на этапе 1.

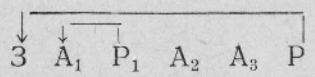
Перевод дробной части осуществляется на основании соотношения:

$$0, \alpha_2\alpha_3\alpha_4 = \alpha_2 \cdot 10^{-1} + \alpha_3 10^{-2} + \alpha_4 \cdot 10^{-3},$$

где α_i и степени числа 10 представлены в троичной системе.

В связи с тем, что в машине «Сетунь» запятая фиксирована после второго разряда, указанное соотношение несколько видоизменяется.

Логическая схема программы 10 → 3.



З — блок засылки, обеспечивающий перевод конкретного числа из указанного массива;

A_1 — арифметический блок, обеспечивающий перевод дробной части абсолютной величины числа;

P_1 — логический блок, проверяющий окончание перевода дробной части абсолютной величины числа;

A_2 — арифметический блок, обеспечивающий выделение целой части переводимого числа и окончание перевода абсолютной величны числа;

A_3 — арифметический блок, присваивающий переведенному числу соответствующий знак;

Р — логический блок, проверяющий окончание перевода чисел заданного массива.

При работе ст. п/п должна находиться в зоне $\Phi_{\overline{1}}$. Перед обращением к п/п в основной программе должны быть предусмотрены команды, обеспечивающие п/п информацией об адресе первого переводимого числа (для этого в стандартную ячейку п/п Z3X необходимо заслать адрес длинной ячейки $A_п$, расположенной непосредственно перед массивом переводимых чисел) и об адресе последнего переводимого числа (для этого в ячейку Z3Y необходимо заслать код — $A_к$, где $A_к$ — адрес последнего переводимого числа).

Обращение к ст. п/п имеет вид:

$\varkappa_0$ $(c) + 3e_A \rightarrow F$

$\varkappa_1$ БП ↑ по адресу ZWX (вход в п/п)

$\varkappa_2$ ← выход из п/п.

2. Подпрограмма перевода 3 → 10.

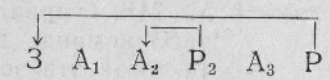
Она предназначена для перевода массива троичных чисел, расположенных в коротких ячейках с $\pi_A = 0$ (т. е. через одну ячейку). Переведенные числа будут занимать соответствующие длинные ячейки и представляться в виде комбинации символов пс $\pm \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$, что соответствует числам $\pm \alpha_1, \alpha_2\alpha_3\alpha_4$, (переводимые числа, по-прежнему, по абсолютному значению не должны превосходить 1,5).

Перевод абсолютной величины троичного числа x в десятичную систему ($x = \alpha_1, \alpha_2\alpha_3\alpha_4$) осуществляется на основании соотношений:

$$\alpha_1 = E[x] = \left[x - \frac{1}{2}\right]_{бл},$$

$$\alpha_2 = E[(x - \alpha_1) \cdot 10] \text{ и т. д.}$$

Логическая схема программы



З — блок засылки, обеспечивающий перевод конкретного троичного числа;

A_1 — блок формирования знака;

A_2 — блок перевода абсолютной величины троичного числа;

P_2 — логический блок, проверяющий окончание перевода числа;

A_3 — блок пересылки переведенного числа в длинную ячейку;

Р — блок проверки окончания перевода массива чисел.

Как и в случае п/п 10 → 3, перед обращением к 3 → 10 необходимо $A_н \to Z3X$ и $-A_к \to Z3Y$. Обращение такое же, что и для 10 → 3.

Подробно логика обеих подпрограмм изложена в приложениях 3 и 4.

§ 11. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНОГО БАРАБАНА (МБ)

Рационально использовать МБ по одной из трех схем.

Схема I. Если программа длинная, а объем числовой информации невелик (умещается в одной зоне ОЗУ), то удобно исходную числовую информацию целиком размещать в одной из зон ОЗУ, а программу последовательно (по мере выполнения) вызывать в одну какую-либо зону ОЗУ: обычно $Ф_1$ отводится для основной программы, $Ф_0$ и $Ф_{\bar{1}}$ — для числовой информации и ст. п/п.

Схема II. Программа невелика по объему (умещается в одной-двух зонах ОЗУ), но большое количество числовой информации. Тогда в одну из зон ОЗУ последовательно вызывается числовая информация.

Схема III. Общий случай. Распределение зон ОЗУ: $Ф_0$ — для числовой информации; $Ф_1$ — для размещения программы и $Ф_{\bar{1}}$ — для стандартных констант, рабочих ячеек и т. д.

Способы вызова в ОЗУ очередной зоны МБ.

1-й способ

1WX	$[Ф_1] \to M$
1WY	$[M'] \to Ф_1$
1WO	M
144	БП_↑ по адресу 1WX (1WY)

Рис. 14.

Каждая зона программы «окантовывается» группой команд, указанных на чертеже слева. После окончания работы программы, вызванной в $Ф_1$ из зоны M МБ, управление передается либо команде из ячейки 1WX (и тогда эта зона переписывается в ту же зону МБ, откуда она была вызвана), либо команде из ячейки 1WY, которая вызывает в $Ф_1$ зону M′ МБ и выполнение вновь вызванной части программы начинается с команды, расположенной в ячейке 1W0.

2-й способ. В некоторой зоне ОЗУ, например в $Ф_0$, храним небольшую программу

$M \to F$
$[Ф_1] \to M$
$(F) + 1e_A \to F$
$[M + 1] \to Ф_1$
$(F) \to \langle M \rangle$
БП_____↑ на начало вызванной части программы.

При этом должна быть выделена специальная ячейка, в которой будет храниться номер зоны M магнитного барабана, откуда программа вызвана в $Ф_1$.

§ 12. ПОНЯТИЕ О КОНТРОЛЕ ВВОДА И СЧЕТА

Одним из самых распространенных методов контроля ввода является метод контрольного суммирования (КС). Ввод программы и иной информации осуществляется, как правило, подпрограммой ввода (сама подпрограмма вводится в $Ф_0$ после нажатия кнопки «начальный пуск» и выполнение ее начинается с команды, расположенной в ячейке 001). По командам этой подпрограммы информация последовательно вводится обычно в $Ф_1$, переписывается в соответствующие зоны МБ и считывается в $Ф_{\bar{1}}$ для суммирования (суммирование идет по 9-ти разрядным троичным кодам). Для каждой вводимой зоны имеется заранее подсчитанная контрольная сумма. Критерием правильности ввода зоны является совпадение полученной суммы с контрольной суммой. Часть подпрограммы ввода, выполняющая суммирование, имеет вид:

$0 \to F$
$(F) \to \Sigma'$ — Σ' — ячейка, где накапливается результат суммирования.
$(F) - 81e_A \to F_{\leftarrow}|^3$
$a_i \to S_{\leftarrow}|^1$ — $\Sigma'_{КС}$ — заранее подсчитанная КС
Сдв. (S) на $\vec{9} \to S$
$(S) + (\Sigma') \to S$
$(S) \to \Sigma'$
$(F) + 3e_A \to F$
$УП_{\bar{1}}$ —↑ 1

$УП_{-1} \longrightarrow \uparrow^{2}$

$1e_A \longrightarrow F$

$БП \longrightarrow \uparrow^{3}$

$(S) - \Sigma_{КС} \longrightarrow S$

$УП_{-0} \longrightarrow \uparrow$ на ввод следующей зоны или на окончание ввода

Ω останов в случае несовпадения (Σ') и $\Sigma_{КС}$.

Контроль счета осуществляется либо повторным просчетом всей задачи с начала до конца и сравнением результатов обоих просчетов, либо методом двойного счета, когда задача разбивается на отдельные этапы, каждый из которых просчитывается машиной дважды и автоматически сравниваются результаты; в случае совпадения их машина переходит к выполнению следующего этапа вычислений, в противном случае, останов.

§ 13. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ В ЦЕЛОМ

Проследим все этапы составления программы в целом на конкретном примере. При этом, чтобы не отвлекаться от основной цели, мы не будем рассматривать здесь вопрос целесообразности применения того или иного метода и вопрос оценки погрешностей.

Дано дифференциальное уравнение

$$z' = 2xz^2 + 2x^2. \tag{7}$$

Требуется найти численные решения $z(x)$ этого уравнения в промежутке $0 \leqslant x \leqslant 1$ для некоторого набора начальных условий вида: при $x = x_0 = 0$, $z(0) = z_0$, где z_0 — заданные числовые значения из области:

$$-\frac{1}{4} \leqslant z_0 \leqslant \frac{1}{4}.$$

Значения каждого решения $z_k = z(x_k)$, $k = 1, 2, \ldots, 10$, вычислить в точках $x_1 = 0{,}1$; $x_2 = 0{,}2$; $x_3 = 0{,}3$; $\ldots$, $x_9 = 0{,}9$; $x_{10} = 1{,}0$.

Для решения поставленной задачи применить метод Эйлера с постоянным шагом $h = 0{,}001$.

Тогда формулы для определения числовых значений решения в применении к (7) будут иметь вид:

$$z_{i+1} = z_i + h(2x_i z_i^2 + 2x_i^2), \tag{8}$$

$$x_{i+1} = x_i + h, \; i = 0, 1, 2, \ldots, 999.$$

Определение области изменения переменных.

Переменная x, по условию, не выходит из промежутка [0,1]. Определяем область изменения $z(x)$, для чего построим два дифференциальных уравнения, решение одного из которых будет больше, а другого — меньше соответствующих значений решения уравнения (7) (при одних и тех же начальных условиях)

$$2x^2 \leqslant z' = 2xz^2 + 2x^2 \leqslant 2xz^2 + 2x.$$

Решение уравнения

$$v' = 2x^2,$$

удовлетворяющее начальным условиям: при $x = x_0 = 0$, $v_0 = z_0$ — есть $v(x) = \frac{2}{3}x^3 + z_0$.

Решение уравнения $u = 2xu^2 + 2x$, удовлетворяющее тем же начальным условиям, есть $u = \operatorname{tg}(x^2 + \operatorname{arctg} z_0)$.

Следовательно,

$$\frac{2}{3}x^3 + z_0 \leqslant z(x) \leqslant \operatorname{tg}(x^2 + \operatorname{arctg} z_0),$$

Откуда $-0{,}25 < z(x) < 3$.

Промасштабируем (8) так, чтобы все z_k по абсолютной величине не превосходили 1,5, так как подпрограмма $3 \to 10$ рассчитана на перевод только тех чисел, которые удовлетворяют этому условию.

Введем новую переменную y с помощью соотношения $z = 2y$; ясно, что $-0{,}125 < y < 1{,}5$, а формула (8) преобразуется к виду:

$$y_{i+1} = y_i + h(4x_i y_i^2 + x_i^2)$$

где $h = 0{,}001$.

При счете по полученной формуле выберем некоторую определенную последовательность выполнения операций таким образом, чтобы при этом не получить переполнение и не уменьшить точность результатов вычислений.

Последнюю формулу преобразуем к окончательному виду:

$$y_{i+1} = y_i + 0{,}01\,(0{,}4y_i^2 + 0{,}1x_i)\,x_i,\ i = 0,\ 1,\ 2, \ldots\ 999 \qquad (9)$$

На основании этой формулы и соотношения

$$x_{i+1} = x_i + 0{,}001 \qquad (10)$$

составим программу для определения x_k, y_k. Чтобы затем получить z_k, нужно вычисленные машиной y_k умножить на 2.

Итак, требуется составить программу по формулам (9), (10), для вычисления значений $y_k = y(x_k)$, где $x_k = 0$; 0,1; 0,2; ... 0,9; 1,0; результаты счета выдавать на печать двумя столбцами, озаглавив каждый из них соответственно буквами X и Y; всем результатам предпослать заголовок:

Решение уравнения

$$y = 4xy^2 + x^2$$

методом Эйлера
точн до третьего
знака после зап
перв строка — нач усл

Логическая схема программы

$A_1\ A_2\ З_1\ З_2\ A_3\ P_1\ A_4\ P_2\ A_5\ \Omega$ — пуск

A_1 — ввод программы с контролем и печать заголовка «Решение уравнения и т. д.»;

A_2 — ввод начальных условий x_0 и y_0 в Φ_0 с переводом из $10 \to 3$;

$З_1$ — подготовка цикла для вычисления y_k и записи x_k, y_k в Φ_0;

$З_2$ — подготовка цикла для выполнения 100 шагов вычислений по (9), (10);

A_3 — счет по формулам (9), (10);

P_1 — проверка условия выполнения 100 шагов вычислений по (9), (10);

A_4 — запись очередной полученной пары значений x_k, y_k в Φ_0;

P_2 — проверка условия окончания счета;

A_5 — перевод полученных x_k, y_k $3 \to 10$, печать результатов;

Ω — останов.

После нажатия кнопки «пуск» на наклонной панели пульта управления (см. рис. 21) должен осуществиться переход на вычисление y_k при других начальных условиях (передача управления блоку A_2).

Ввод заголовка и начальных условий будем осуществлять с фототрансмиттера № 2, для чего на отдельной перфоленте нужно отперфорировать заголовок, следуя правилам § 5, и пары начальных условий в форме пс $\pm\, a_1a_2a_3a_4$; после каждой такой информации необходимо пробить символ «ст» в конце короткой ячейки для управления окончанием ввода неполных зон.

Распределение памяти: программа и стандартные подпрограммы после выполнения A_1 будут находиться в некоторых зонах МБ; в процессе работы в Φ_1 последовательно будет вызываться программа с МБ, в $\Phi_{\bar{1}}$ — стандартные подпрограммы перевода, а в Φ_0 — накапливаться результаты вычислений x_k, y_k, начиная с первых ячеек:

(OWW) $= x_0$, (OWZ) $= y_0$, (OW2) $= x_1$, (OXW) $= y_1$ и т. д.

Начнем составление программы с блока A_3. Будем считать, что выделены две стандартные ячейки $< x_i >$ст и $< y_i >$ст. в которые первоначально засылаются x_0 и y_0; на основании содержимого этих ячеек блок A_3 получает на следующем шаге значения x_i, y_i и посылает их на место предыдущих в эти же ячейки.

$\varkappa_0$	$< y_i >$ ст	30	$y_i \longrightarrow S$
$\varkappa_1$	$< y_i >$ ст	40	$y_i^2 \longrightarrow S$
$\varkappa_2$	$< 0{,}4 >$	40	$0{,}4 \cdot y_i^2 \longrightarrow S$
$\varkappa_3$	$< x_i >$ ст	23	$x_i \longrightarrow R$
$\varkappa_4$	$< 0{,}1 >$	43	$0{,}1x_i + 0{,}4y_i^2 \longrightarrow S$
$\varkappa_5$	$< 0{,}01 >$	40	$0{,}01\,(S) \longrightarrow S$
$\varkappa_6$	$< x_i >$ ст	23	$x_i \longrightarrow R$
$\varkappa_7$	$< y_i >$ ст	4X	$y_i + (S)\,x_i \longrightarrow S$
$\varkappa_8$	$< y_i >$ ст	Y3	$y_{i+1} \longrightarrow < y_i >$ ст
$\varkappa_9$	$< x_i >$ ст	30	$x_i \longrightarrow S$
$\varkappa_{10}$	$< 0{,}001 >$	33	$x_i + 0{,}001 \longrightarrow S$
$\varkappa_{11}$	$< x_i >$ ст	Y3	$x_{i+1} \longrightarrow < x_i >$ ст

Очевидно, после каждых 100 вычислений по формулам (9), (10) в $< x_i >$ст и $< y_i >$ст будут находиться результаты, которые нужно пересылать в соответствующие ячейки Φ_0 для выдачи на печать; таких пересылок должно быть 10 (x_1, y_1; x_2, y_2; ...; x_{10}, y_{10}). Вычисление по формулам (9) и (10) организуется с помощью блоков $З_2$ и P_1, пересылка — с помощью $З_1$ и P_2.

Внутренний цикл ($З_2\ A_3\ P_1$) использует в качестве счетчика числа шагов некоторую ячейку γ, куда перед началом

вычисления новой пары x_k, y_k засылается — $100 \cdot 3^{-3}$; последовательное прибавление $1 \cdot 3^{-3}$ к (γ) всякий раз после проведения вычислений по (9), (10) до получения нуля в γ даёт возможность необходимое число раз (100 раз) выполнить нужные вычисления.

$З_2$	$\varkappa_{-2}$	$<-100 \cdot 3^{-3}>$	30	$-100 \cdot 3^{-3} \longrightarrow S \leftarrow \mid 2$
	$\varkappa_{-1}$	γ	Y3	$(S) \longrightarrow \gamma \quad \leftarrow \mid 1$
$Р_1$	$\varkappa_{12}$	γ	30	$(\gamma) \longrightarrow S$
	$\varkappa_{13}$	$<1 \cdot 3^{-3}>$	33	$(S) + 1 \cdot 3^{-3} \longrightarrow S$
	$\varkappa_{14}$	$\varkappa_{-1}$	1X	УП $-\overline{1}$ ___ $\uparrow 1$

Внешний цикл, организуемый с помощью $З_1$ и $Р_2$, выполняет 10 пересылок x_k, y_k в соответствующие ячейки; для управления циклом используется регистр F, так как здесь помимо счета количества пересылок необходимо обеспечить модификацию адресной части посылочных команд. Адреса соседних длинных ячеек для x_k и для y_k (они располагаются через одну длинную ячейку) отличаются на $6e_A$, следовательно:

$З_1$	$\varkappa_{-7}$	$<x_0>$	30	$x_0 \longrightarrow S$	Первоначальная засылка x_0, y_0 в $<x_i>$ ст и $<y_i>$ ст
	$\varkappa_{-6}$	$<x_i>$ ст	Y 3	$(S) \longrightarrow <x_i>$ ст	
	$\varkappa_{-5}$	$<y_0>$	30	$y_0 \longrightarrow S$	
	$\varkappa_{-4}$	$<y_i>$ ст	Y 3	$(S) \longrightarrow <y_i>$ ст	
	$\varkappa_{-3}$	$<-60e_A>$	Z 0	$-60e_A \longrightarrow F$	
$Р_2$	$\varkappa_{15}$	$<x_i>$ ст	30	$x_к \longrightarrow S$	
	$\varkappa_{16}$	$<x_к>$	Y 4	$(S) \longrightarrow <x_к>^{\oplus}$	
	$\varkappa_{17}$	$<y_i>$ ст	30	$y_к \longrightarrow S$	
	$\varkappa_{18}$	$<y_к>$	Y 4	$(S) \longrightarrow <y_к>^{\oplus}$	
	$\varkappa_{19}$	$<6e_A>$	ZX	$(F) + 6e_A \longrightarrow F$	
	$\varkappa_{20}$	$\varkappa_{-2}$	IX	УП $-\overline{1}$ ___ $\uparrow 2$	
$А_2$	$\varkappa_{-15}$	00X	X0	x_0, $y_0 \longrightarrow \Phi_0$ с фототрансмиттера № 2	
	$\varkappa_{-14}$	$ZM_{10 \to 3}$	XX	$[M_{10 \to 3}] \longrightarrow \Phi_{\overline{1}}$	
	$\varkappa_{-13}$	$<A_н>$	30	$A_н \longrightarrow S$	
	$\varkappa_{-12}$	Z 3 X	Y 3	$(S) \longrightarrow Z\,3\,X$	
	$\varkappa_{-11}$	$<-A_к>$	30	$-A_к \longrightarrow S$	
	$\varkappa_{-10}$	Z 3 Y	Y 3	$(S) \longrightarrow S\,3\,Y$	
	$\varkappa_{-9}$	$<3e_A>$	Z 3	$(C) + 3e_A \longrightarrow F$	
	$\varkappa_{-8}$	ZWX	00	БП___$\uparrow$ на п/п $10 \longrightarrow 3$	

В результате работы рассмотренной части программы в зоне Φ_0 будет записано 11 пар значений x_k, y_k, $k=$

$=0, 1, 2, \ldots, 10$; после перевода их в десятичную систему они будут храниться в тех же ячейках в виде

$\pi_A = 0$ $\quad$ $\pi_A = 1$ $\quad$ длинные ячейки

$x_к$ | ПС $\pm \alpha_1$ | $\alpha_2\ \alpha_3\ \alpha_4$ |

Рис. 15

$y_к$ | ПС $\pm \alpha_1'$ | $\alpha_2'\ \alpha_3'\ \alpha_4'$ |

Рис. 16

Чтобы вывод на печать можно было осуществить в два столбца, нужно во всех ячейках, содержащих y_k символ пс заменить каким-либо другим, например, символом «пр» (|___|). Это легко сделать, умножив поразрядно коды из первых половин указанных ячеек (короткие ячейки с $\pi_A = 0$) на троичный код 000111111 (девятиричный: 00444) и прибавив к результатам комбинацию символов |___| 00.

В результате, содержимое указанных ячеек примет вид

$y_к$ | |___| $\pm \alpha_1'\ \alpha_2'\ \alpha_3'\ \alpha_4'$ |

Рис. 17

Так как у x_k максимальное число цифр после запятой равно единице, с помощью такого же типа преобразований заменим $\alpha_3\alpha_4$ на |___| |___|. Окончательно,

| ПС $\pm \alpha_1\ \alpha_2$ |___| |___| |

Рис. 18

На бумажном рулоне при выводе результатов пары x_k, y_k будут напечатаны следующим образом:

$$\pm \alpha_1\ \alpha_2 \qquad \pm \alpha_1'\ \alpha_2'\ \alpha_3'\ \alpha_4',$$

что означает:

$$\pm \alpha_1,\ \alpha_2 \qquad \pm \alpha_1',\ \alpha_2'\ \alpha_3'\ \alpha_4'.$$

Чтобы над первым столбцом было напечатано X, а над вторым — Y, необходимо в программе заготовить набор символов:

ЦР					ПС						ПС
		X							У		
ПС					СТ						

Подчеркнутая группа символов нужна для получения при печати интервала между отдельными выдачами.

Чтобы при выводе на печать не напечаталось ничего, кроме одиннадцати пар x_k, y_k, нужно в конец выводимых чисел поместить группу символов |___| |___| ст.

Итак, блок A_5:

$[M_{3\to 10}] \longrightarrow \Phi_{\overline{1}}$

$A_н \longrightarrow S$

$(S) \longrightarrow Z\,3\,X$

$-A_к \longrightarrow S$

$(S) \longrightarrow Z\,3\,Y$

$(C) + 3e_A \longrightarrow F$

БП ___↑ на п/п $3 \longrightarrow 10$

$-66e_A \longrightarrow F$ ←___| из п/п $3 \longrightarrow 10$

$x_к(\pi_A = 1) \longrightarrow S$ ←| 4

$(S) \otimes 14000 \longrightarrow S$

$(S) + 0$ |___| |___| $\longrightarrow S$

$(S) \longrightarrow \langle x_к \rangle^{\oplus}_{\pi_A=1}$

$y_к(\pi_{A=0}) \longrightarrow S$

$(S) \otimes 00444 \longrightarrow S$

$(S) +$ |___| $00 \longrightarrow S$

$(S) \longrightarrow \langle y_к \rangle^{\oplus}_{\pi_A=0}$

$(F) + 6e_A \longrightarrow F$

УП$_{\overline{1}}$ ___↑ 4

|___| |___| ст $\longrightarrow S$

(S) ⟶ в конец массива выводимых чисел

Заголовок (X, Y) ⟶ на печать (в виде символов)

$[\Phi_0] \longrightarrow$ на печать (печать результатов)

Ω останов

БП___↑ на счет другого варианта (блок A_2)

Так как группы символов мы будем вводить в те же зоны, что и программу (вместе с программой), то их нужно будет записать на бланке в виде команд. Например, группа символов |___| |___| ст должна быть введена в короткую ячейку ЗУ и храниться там в виде троичного кода $101101\overline{1}\overline{1}\overline{1}$ (смотри таблицу 3); для этого достаточно в эту короткую ячейку ввести в виде команд девятиричный код 1132 W.

Программа, за исключением блока A_1, составлена. Первую ее часть (блоки от A_2 до P_2) разместим в одной зоне МБ (зоне $M_1 = 1Y$), а вторую ее часть (A_5) — в другой зоне $M_2 = 1Z$. Следуя § 11, каждую из частей заключим между соответствующими командами, обеспечивающими автоматический выбор нужной зоны на Φ_1. За $\langle x_k \rangle$ст и $\langle y_k \rangle$ст приняты свободные ячейки зоны Φ_0: соответственно 032 и 04 W. Размещение самих команд и констант по ячейкам видно из прилагаемой программы (приложение 5) в действительных адресах. Предполагается, что подпрограммы $10 \to 3$ и $3 \to 10$, данные ранее, размещаются в зонах соответственно 1W и 1X МБ.

Что касается блока A_1, то это стандартная подпрограмма ввода, функции которой заключаются в размещении основной программы в соответствующие зоны МБ и в контроле правильности ввода. Изменения внесены в ячейки 0Z4 — 000:

0Z4 Z0XX0 Заголовок („Решение дифф. уравнения и т. д.") $\longrightarrow \Phi_{\overline{1}}$ с ФТ № 2

00X ZZ0X0 $[\Phi_{\overline{1}}] \longrightarrow$ на печать (в виде символов) — печать заголовка

00Y 11YXX $[1Y] \longrightarrow \Phi_1$ вызов первой части основной программы в Φ_1

000 1YX00 БП ___↑ 0 на начало основной программы (блоку A_2).

§ 14. ПОНЯТИЕ О ЧИСЛАХ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ

Рассмотрим какое-нибудь троичное число, например, $x = 10\overline{1}\overline{1},101$. Его можно представить в самых различных формах:

$$x = 10\overline{1}\overline{1},101 = 0,10\overline{1}\overline{1}101 \cdot 3^4 = 10\overline{1}\overline{1}10100 \cdot 3^{-5} = 1,0\overline{1}\overline{1}101 \cdot 3^3$$

и т. д.

Вообще, любое троичное число x_i бесчисленным множеством способов можно представить в виде

$$x_i = X_i \cdot 3^{P_{x_i}} \qquad (11)$$

Если при этом на X_i наложить некоторые ограничения, например, чтобы

$$0{,}5 < |X_i| < 1{,}5 \text{ при } x_i \neq 0, \qquad (12)$$

то такое представление (11) будет единственно.

X_i называется мантиссой числа x_i, а P_{x_i} — порядком x_i. Положение запятой в числе x_i меняется с изменением величины P_{x_i}, т. е. запятая «плавает», поэтому числа, представленные в таком виде носят название чисел с плавающей запятой. Заметим, что от числа с фиксированной запятой с помощью операции нормализации легко перейти к числу с плавающей запятой.

Существуют машины, выполняющие операции над числами с плавающей запятой (машины с плавающей запятой). Однако и на машинах с фиксированной запятой можно осуществлять арифметические операции над такими числами, но только по специальным подпрограммам; при этом арифметические операции выполняются отдельно над мантиссами и отдельно над порядками перерабатываемых чисел, в отличие от выполнения таковых в машинах с плавающей запятой.

В машине «Сетунь» числа x_i с плавающей запятой обычно размещаются следующим образом: мантисса X_i помещается в длинной ячейке как 18-ти разрядное троичное число с фиксированной запятой, а порядок P_{x_i} — в пяти старших разрядах следующей за ней короткой ячейки (P_{x_i} рассматривается как целое число).

Рассмотрим схему работы с числами в системе плавающей запятой на примере операции умножения. Даны два числа $x_1 = X_1 \cdot 3^{P_{x_1}}$ и $x_2 = X_2 \cdot 3^{P_{x_2}}$ в системе плавающей запятой. Требуется найти их произведение

$$y = x_1 x_2 = X_1 X_2 \cdot 3^{p_{x_1} + p_{x_2}} = Y \cdot 3^{p_y}$$

Для получения результата умножения нужно отдельно вычислить мантиссу произведения Y и отдельно — порядок произведения p_y, причем мантисса Y должна удовлетворять (12).

$\varkappa_0$	$<X_1>$	30	$X_1 \longrightarrow S$
$\varkappa_1$	$<X_2>$	40	$X_1 X_2 \longrightarrow S$
$\varkappa_2$	$<Y>$	YX	$(S)_{норм} \longrightarrow <Y>$ $N_{норм} \longrightarrow S$
$\varkappa_3$	$<p_{x_1}>$	33	$(S) + p_{x_1} \longrightarrow S$
$\varkappa_4$	$<p_{x_2}>$	33	$(S) + p_{x_2} \longrightarrow S$
$\varkappa_5$	$<p_y>$	Y3	$(S) \longrightarrow <p_y>$

Несмотря на то, что мантиссы X_1 и X_2 удовлетворяют (12), их произведение может этому условию не удовлетворять.

Для того, чтобы и $X_1 X_2$ удовлетворяло (12), используем операцию нормализации и одновременно вносим корректировку в порядок P_y на $N_{норм}$.

Таким образом, на машинах с фиксированной запятой при работе с числами в системе плавающей запятой вместо одной команды умножения приходится использовать целую группу команд. То же относится и к остальным арифметическим операциям. Обычно эти группы команд либо переписываются в нужные места программы (столько раз, сколько это необходимо), либо оформляются в виде стандартных подпрограмм и используются методом обращения.

§ 15. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Для обслуживания широкого круга вычислительных задач, решаемых на машине «Сетунь», разработано несколько интерпретирующих систем [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7].

В этом параграфе будет дана краткая характеристика интерпретирующей системы с ИП-2, подробно изложенной в [1], [2].

Интерпретирующая система предназначена для автоматизации обмена информацией между МБ и ОЗУ, для введения плавающей запятой и для использования некоторого набора стандартных подпрограмм. МБ рассматривается как оперативная память.

Для указания расположения кодов в ЗУ вводятся обобщенные адреса, имеющие следующую структуру:

$$A_j = \pi_{\Phi_j} M_j \Delta_j,$$

где π_{Φ_j} — одноразрядный троичный код, а M_j и Δ_j — четырехразрядные. Как правило, либо $M_j = 0$, тогда ячейка с адресом A_j находится в зоне π_{Φ_j} куба и имеет номер Δ_j либо $M_j \neq 0$, но $\pi_{\Phi_j} = 0$, тогда ячейка A_j находится в зоне M_j МБ и имеет номер Δ_j.

Распределение памяти:

Φ_0 — служит местом, куда считывается с МБ информация, необходимая в процессе выполнения программы, или стандартные подпрограммы, используемые основной программой;

Φ_1 — зона, предназначенная для считывания с МБ очередной зоны основной программы;

$\Phi_{\overline{1}}$ — зона, предназначенная для размещения ИП-2.

Интерпретирующая система строится на основе ИП-2, выполняющей следующие функции:

1) реализацию обращения к стандартным подпрограммам, в частности, пересылку информации с одного места на другое;

2) реализацию передачи управления по обобщенному адресу (команде, находящейся на МБ);

3) организацию перехода от одной зоны программы к другой при выполнении линейных кусков программы.

ИП-2 состоит из двух зон и размещается на МБ в зонах 1W и IX. Стандартные подпрограммы для выполнения арифметических действий с плавающей запятой и вычисления элементарных функций (см. таблицу 3) располагаются в зонах IY—13 МБ.

Стандартные подпрограммы перевода $10 \to 3$ и $3 \to 10$ занимают зоны МБ от 4Z по 44.

Таблица 3

№№ п. п.	Название стандартной подпрограммы	Обобщенный адрес ячейки входа	Содержание
1	Сложение	01YX3	$(u) + (v) \longrightarrow u$; норм $(v) \longrightarrow v$
2	Вычитание	01YXY	$(u) - (v) \longrightarrow u$; —норм $(v) \longrightarrow v$
3	Вычитание модулей	01Y23	$\lvert(u)\rvert - \lvert(v)\rvert \to u$; —норм $\lvert(v)\rvert \to v$
4	Обратное сложение	01YW3	$-(u) - (v) \longrightarrow u$; — норм $(v) \longrightarrow v$
5	Обратное вычитание	01YWX	$-(u) + (v) \longrightarrow u$; норм $(v) \longrightarrow v$
6	Умножение	01ZW0	$(u) \times (v) \longrightarrow u$; норм $(v) \longrightarrow v$
7	Деление	01ZW3	$(u)/(v) \longrightarrow u$; норм $1/(v) \longrightarrow v$
8	Извлечение квадратного корня	010WY	$\sqrt{(u)} \longrightarrow u$; $1/\sqrt{(u)} \longrightarrow v$
9	Синус	011W3	$\sin(u) \longrightarrow u$
10	Косинус	011W0	$\cos(u) \longrightarrow u$
11	Экспонента	012Z3	$\exp(u) \longrightarrow u$
12	Натуральный логарифм	013WX	$\ln(u) \longrightarrow u$

Замечание: В ИП-2 имеются две стандартные ячейки u и v, с содержимым которых и работают подпрограммы, перечисленные в таблице 3; норм $(v) \to v$ означает: содержимое ячейки v нормализуется и засылается в эту же ячейку.

Обращение к $10 \to 3$ имеет следующий вид:

$\varkappa_0$	ZY3 Z3	$(C) + 3e_A \longrightarrow F$
$\varkappa_1$	ZWY 00	БП__↑ на ВХ VI ИП—2
$\varkappa_2$	04Z WY	Обобщенный адрес ячейки входа в $10 \longrightarrow 3$.
$\varkappa_3$	$0M_1\Delta_1$	Обобщенный адрес ячейки первого переведенного числа.
$\varkappa_4$	$6n$	n — количество переводимых чисел
$\varkappa_5$		←| из п/п $10 \longrightarrow 3$

Программа $10 \to 3$ вводит числа с фототрансмиттера № 2, переводит их в троичную систему и записывает сплошным массивом в системе плавающей запятой, начиная с ячейки $OM_1\Delta_1$; 6_n записывается в короткую ячейку, начиная с младших разрядов, как целое девятиричное число (на бланке).

Десятичные числа пробиваются на перфоленте зонами (по 13 чисел) в символах в следующем виде:

$$\text{пс}\,|__|\,\pm A_1A_2A_3A_4A_5A_6 \pm B_1B_2,$$

где A_j, B_j — символы, обозначающие десятичные цифры. Эта запись соответствует числу

$$\pm\, O,\ A_1A_2A_3A_4A_5A_6 \cdot 10^{\pm B_1B_2}$$

Обращение к $3 \to 10$ имеет ту же структуру:

$\varkappa_0$	ZY3 Z3	$(C) + 3e_A \longrightarrow F$
$\varkappa_1$	ZWY 00	БП__↑ на ВХ VI ИП—2
$\varkappa_2$	042 Z4	Обобщенный адрес ячейки входа в $3 \longrightarrow 10$
$\varkappa_3$	$OM_1\Delta_1$	Обобщенный адрес первого переводимого числа.
$\varkappa_4$	$6n$	n — количество переводимых чисел.
$\varkappa_5$		←| из $3 \longrightarrow 10$.

Программа предназначена для перевода в десятичную систему сплошного массива троичных чисел в системе плавающей запятой, расположенных на МБ в ячейках, начиная с $OM_1\Delta_1$ (обобщенный адрес указан в обращении к $3 \to 10$). Перевод осуществляется группами по 12 чисел с выдачей на пишущую машинку (в один столбец). Каждое число печатается в виде

$$\pm A_1A_2A_3A_4A_5A_6 \pm B_1B_2, \text{ что означает:}$$

$$\pm\, O,\ A_1A_2A_3A_4A_5A_6 \cdot 10^{\pm B_1B_2}$$

Для ознакомления со способами обращения к стандартным подпрограммам из таблицы 3 и работой ИП-2 при тех или иных обращениях рекомендуется изучить работы [1], [2].

§ 16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА СТУПЕНЕЙ МАССООБМЕНА В РЕКТИФИКАЦИОННОМ АППАРАТЕ

В качестве примера использования ИП-2 при решении задач на машине рассмотрим задачу определения числа ступеней ректификации для жидких смесей. Постановка этой задачи и вывод расчетных формул изложены в работе [13].

Заданы:

1) уравнение равновесной кривой $y = \frac{x}{k_1 + k_2 x}$;

2) уравнение рабочих линий над и под местом ввода исходной жидкой смеси $y = m^{(i)} x + b^{(i)}$, где $i = 1,2$;

3) числовые значения величин d_p и $e_f^{(i)}$, $i = 1,2$;

Требуется, определив корни $r_1^{(i)}$, $r_2^{(i)}$, $i = 1,2$, уравнений

$$\theta^2 + (-k_1 m^{(i)} + k_2 b^{(i)} - 1)\,\theta + k_1 m^{(i)} = 0, \; i = 1,2,$$

вычислить число ступеней массообмена в ректификационном аппарате по формуле:

$$n^{(i)} = \frac{\ln \dfrac{e_f^{(i)} - (d_p m^{(i)} + b^{(i)})(e_f^{(i)} k_2 + k_1) + r_1^{(i)}(d_p - e_f^{(i)})}{e_f^{(i)} - (d_p m^{(i)} + b^{(i)})(e_f^{(i)} k_2 + k_1) + r_2^{(i)}(d_p - e_f^{(i)})}}{\ln \dfrac{r_1^{(i)}}{r_2^{(i)}}}, \; i = 1,2,$$

при различных значениях величин k_1, k_2, d_p, $m^{(i)}$, $b^{(i)}$, $e_f^{(i)}$, $i = 1,2$.

Для определения корней $r_1^{(i)}$ и $r_2^{(i)}$ воспользуемся формулами:

$$r_{1,2}^{(i)} = \frac{1}{2}(k_1 m^{(i)} - k_2 b^{(i)} + 1) \pm$$

$$\pm \sqrt{\left[\frac{1}{2}(k_1 m^{(i)} - k_2 b^{(i)} + 1)\right]^2 - k_1 m^{(i)}}.$$

Перед каждой выдачей результатов $n^{(1)}$ и $n^{(2)}$ требуется печатать заголовок:

УРАВНЕНИЕ РАВНОВЕСНОЙ КРИВОЙ $y = \frac{x}{k_1 + k_2 x}$

УРАВНЕНИЕ РАБОЧИХ ЛИНИЙ $y = m^{(1)} x + b^{(1)}$ $y = m^{(2)} x + b^{(2)}$

ЧИСЛО СТУПЕНЕЙ РЕКТИФИКАЦИИ РАВНО СООТВЕТСТВЕННО

Заметим, что, если в этом заголовке нет необходимости, легко в программу внести небольшие изменения, чтобы печати заголовка не было (об этом будет сказано позднее).

Исходные данные пробиваются на перфоленте в системе плавающей запятой в том порядке, в котором они записаны на бланке (см. стр. 102). Для формирования заголовка необходимы числа k_1, k_2, $m^{(i)}$ и $b^{(i)}$, $i = 1,2$. Они пробиваются отдельными зонами (перед соответствующими зонами исходных данных) как шестиразрядные десятичные числа (считая и разряд до запятой) в том виде, в каком задаются; символ знака не используется (так как они всегда больше нуля); запятая подразумевается; порядок указан на стр. 100. Для примера здесь заданы конкретные числовые значения:

$$k_1 = 0{,}41; \; k_2 = 0{,}59, \; m^{(1)} = 0{,}75; \; b^{(1)} = 0{,}249;$$

$$m^{(2)} = 1{,}3773; \; b^{(2)} = 0{,}001886; \; d_p = 0{,}4; \; e_f^{(1)} = 0{,}995;$$

$$e_f^{(2)} = 0{,}005.$$

Вся эта информация вводится со второго фототрансмиттера. Заголовок занимает две зоны МБ 4X и 4Y и пробивается в конце программы (вводится с фототрансмиттера № 1). Числовая информация нужна для формирования второй части заголовка (стр. 98); программным путем значения k_i, $m^{(i)}$, $b^{(i)}$ засылаются на свои места, а затем заголовок выдается на печать. Программа занимает пять зон МБ (с зоны 2W до зоны 20); зона ввода на МБ не запоминается, так как ее функции заканчиваются с началом работы основной программы.

Логическая схема программы

$$A_1\ A_2\ A_3\ A_4\ З\ A_5\ Р\ A_6\ \Omega \text{ — „пуск“}$$

A_1 — ввод программы с контролем;
A_2 — ввод заголовка;
A_3 — ввод констант, необходимых для формирования заголовка, печать заголовка;
A_4 — ввод исходных данных с переводом;
З — подготовка цикла для вычисления $n^{(i)}$, $i = 1, 2$;
A_5 — счет по формулам, указанным выше, получение $n^{(i)}$;
Р — проверка конца счета;
A_6 — перевод и выдача на печать $n^{(i)}$;
Ω — останов.

Если после останова нажать кнопку «пуск», управление будет передано блоку A_3 для просчета нового варианта. Если нет надобности в выдаче на печать заголовка, в программе ввода в ячейке OY4 вместо обобщенного адреса 02WWX следует написать обобщенный адрес 02W03, этот же адрес следует написать в программе, расположенной в зоне 20 МБ в ячейках с обобщенным адресом 0 20 20.

В этом случае на ленте исходных данных не нужно пробивать дополнительные зоны констант (стр. 100).

Заметим, что зона ввода кроме выполнения основных своих функций подготавливает ИП-2 к работе; это обеспечивает группа команд:

0УУ	11WXX	$[1W] \longrightarrow Ф_1$
0У0	Z1XXX	$[1X] \longrightarrow Ф_{\overline{1}}$
0У1	ZУ3Z3	$(C) + 3e_A \longrightarrow F$
0У3	ZWУ00	БП_____↑ на BxV1 ИП—2
0У4	02WWX	Начало основной программы

Так как в ячейке M_1 зоны переходов ИП-2 первоначально находится номер 1W, то при обобщенном переходе на начало программы содержимое $Ф_1$, где в это время находится зона переходов, перепишется в зону МБ с номером 1W, т. е. на свое место, а в $Ф_1$ вызовется программа из 2W.

Заметим, что рабочие ячейки для хранения промежуточных результатов мы выбрали в той же зоне 4W, где хранятся и исходные данные; окончательные результаты $n^{(i)}$, $i = 1, 2$, размещаются в зоне 34 магнитного барабана.

Итак, программа (с заголовком или без него) и исходные данные (с дополнительными зонами констант для заголовка или без них) пробиваются на отдельных перфолентах. Первая ставится на фототрансмиттер № 1, вторая — на фототрансмиттер № 2. После нажатия кнопки «начальный пуск» зона ввода считывается в $Ф_0$ и первой исполняется команда, находящаяся в ячейке 001; зона ввода размещает программу в соответствующих зонах МБ и передает управление основной программе, которая вычисляет $n^{(i)}$ и, напечатав их, останавливается. Для счета следующего варианта достаточно нажать кнопку «пуск».

Замечание: Перед вводом программы нужно предварительно ввести ИП-2 с необходимыми подпрограммами.

Приложение 1

Задача_____ Зона МБ_____

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
WW	WX	0	00	00	
	WY	0	00	00	
WZ	W0	0	00	00	
	W1	0	00	00	
W2	W3	0	00	00	
	W4	0	00	00	
XW	XX	0	00	00	
	XY	0	00	00	
XZ	X0	0	00	00	
	X1	0	00	00	
X2	X3	0	00	00	
	X4	0	00	00	
YW	YX	0	00	00	
	YY	0	00	00	

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
02	03	0	31	3X	$x - \varepsilon_1 \longrightarrow S$
	04	0	13	13	УП — 1 ___↑[1]
1W	1X	1	WX	30	$x \longrightarrow S$
	1Y	0	34	40	$p \cdot x \longrightarrow S,\ x \longrightarrow R$
1Z	10	0	4X	4X	$px^2 + q \longrightarrow S;\ (S) = f(x)$
	11	0	3Y	00	БП ___↑[2]
12	13	1	WX	30	$x \longrightarrow S \longleftarrow \mid 1$
	14	0	33	3X	$x - \varepsilon_2 \longrightarrow S$
2W	2X	0	23	13	УП — 1___↑[3]
	2Y	1	WX	30	$x \longrightarrow S$
2Z	20	0	4Y	40	$lx \longrightarrow S,\ x \longrightarrow R\ (S) = f(x)$
	21	0	3Y	00	БП___↑[4]
22	23	1	WX	30	$x \longrightarrow S \longleftarrow \mid 3$
	24	0	40	40	$rx \longrightarrow S\ x \longrightarrow R$

YZ	Y0	0	00	00	
	Y1	0	00	00	
Y2	Y3	0	00	00	
	Y4	0	00	00	
ZW	ZX	0	00	00	
	ZY	0	00	00	
ZZ	Z0	0	00	00	
	Z1	0	00	00	
Z2	Z3	0	00	00	
	Z4	0	00	00	
0W	0X	0	00	00	
	0Y	0	00	00	
0Z	00	0	00	00	
	01	1	WX	30	$x \longrightarrow S$

3W	3X	0	41	33	$rx + e \longrightarrow S\ (S) = f(x)$
	3Y	1	WY	Y3	$f(x) \longrightarrow 1WY \longleftarrow \mid 2, 4$
3Z	30	1	WY	2X	Ω
	31	0	1Z	1Z	$\}\ \varepsilon_1 = 0{,}3$
32	33	0	3X	3X	$\}\ \varepsilon_2 = 0{,}9$
	34	0	4Z	1Z	$\}\ p = 1{,}3$
4W	4X	0	1Z	1Z	$\}\ q = 0{,}3$
	4Y	0	44	44	$\}\ l = 1{,}499$
4Z	40	0	42	44	$\}\ r = 1{,}426$
	41	0	3X	3X	$\}\ e = 0{,}9$
42	43	0	00	00	
	44	0	00	00	
КС					

„_____"_____196 г. *Подпись*_____

Приложение 2

Задача _____ Зона МБ _____

Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии
WW	WX	Z	2W	30	$V \longrightarrow S$
	WY	Z	0Y	10	УП—0 $\uparrow^1$
WZ	W0	Z	2W	YX	$V_{норм} \longrightarrow \langle V \rangle N_{норм} \longrightarrow S$
	W1	Z	1Y	20	$-N_{норм} \longrightarrow S$
W2	W3	Z	20	Y3	$-N_{норм} \longrightarrow \gamma_1$
	W4	Z	12	30	$U \longrightarrow S$
XW	XX	Z	20	Y0	Сдв. (S) на $(\gamma_1) \longrightarrow S$
	XY	Z	12	Y3	$(S) \longrightarrow \langle U \rangle$
XZ	X0	Z	2W	30	$\delta + h \longrightarrow S$
	X1	Z	1Z	20	$\delta - h \longrightarrow S$
X2	X3	Z	2Z	Y3	$\delta - h \longrightarrow \gamma$
	X4	Z	2W	40	$1 - h^2 \longrightarrow S$
YW	YX	Z	1W	20	$h^2 \longrightarrow S$
	YY	Z	04	40	$a_3h^2 \longrightarrow S \quad h^2 \longrightarrow R$

Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии
02	03	0	3Z	X0	$a_2 = 0{,}95043$
	04	1	WW	ZW	$a_3 = 1{,}51258$
1W	1X	0	ZW	WW	$00.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1} = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 3^{-16}$
	1Y	Z	WW	WW	
1Z	10	0	2W	WW	$01.\bar{1}\bar{1}\ldots\bar{1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 3^{-16}$
	11	Z	WW	WW	
12	13				U
	14				
2W	2X				V
	2Y				
2Z	20				γ
	21				
22	23	0	00	00	Свободные ячейки
	24	0	00	00	

YZ	Y0	Z	03	33	$a_2 + a_3h^2 \longrightarrow S$
	Y1	Z	01	4X	$a_1 + a_2h^2 + a_3h^4 \longrightarrow S$
Y2	Y3	Z	00	4X	$1 + a_1h^2 + a_2h^4 + a_3h^6 \longrightarrow S$
	Y4	Z	00	4X	$1 + h^2 + a_1h^4 + a_2h^6 + a_3h^8 \rightarrow S$
ZW	ZX	Z	2Z	40	$z_0 \longrightarrow S$
	ZY	Z	2Z	Y3	$z_0 \longrightarrow \gamma$
ZZ	Z0	Z	2W	40	$V z_0 \longrightarrow S$
	Z1	Z	1Z	20	$2 - V z_0 \longrightarrow S$
Z2	Z3	Z	2Z	40	$z_1 \longrightarrow S$
	Z4	Z	12	40	$\frac{U}{V} \longrightarrow S$
0W	0X	0	00	01	выход
	0Y	0	00	2X	Ω (деление на 0)
0Z	00	0	30	00	1
	01	0	30	02	$a_1 = 1{,}00074$

3W	3X	0	00	00	Свободные ячейки
	3Y	0	00	00	
3Z	30	0	00	00	
	31	0	00	00	
32	33	0	00	00	
	34	0	00	00	
4W	4X	0	00	00	
	4Y	0	00	00	
4Z	40	0	00	00	
	41	0	00	00	
42	43	0	00	00	
	44	0	00	00	
КС					

„_____“_____ 196 г. *Подпись* _____

Приложение 3

Задача _____ Зона МБ _____

Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии
WW	WX	Z	24	0X	(F) ⟶ Z24
	WY	Z	40	23	$\frac{1}{10}$ ⟶ R ⟵| 6
WZ	W0	Z	3X	Z0	A_i ⟶ F
	W1	Z	4X	30	$15e_A$ ⟶ S
W2	W3	Z	43	Y3	(S) ⟶ b_1
	W4	Z	30	Y0	0 ⟶ S
XW	XX	Z	41	Y3	(S) ⟶ A
	XY	0	03	31	(A_i) ⟶ S ⟵| 2
XZ	X0	Z	43	Y0	Сдв. (S) на $\overleftarrow{b_1}$ ⟶ S
	X1	Z	30	20	(S) ⊗ a ⟶ S
X2	X3	Z	41	43	(A) $\frac{1}{10} + \frac{a_i}{3}$ ⟶ S
	X4	Z	41	Y3	(S) ⟶ A
YW	YX	Z	43	30	(b_1) ⟶ S
	YY	Z	33	3X	(S) — $3e_A$ ⟶ S

Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии
02	03	Z	33	Y0	Сдв. (S) $\overleftarrow{3}$ ⟶ S
	04	Z	4Y	20	(S) ⊗ $27e_A$ ⟶ S
1W	1X	Z	13	13	УП — 1 ⟶↑ 3
	1Y	Z	41	40	(S) (A) ⟶ S
1Z	10	Z	14	00	БП ⟶↑ 4
	11	0	00	00	} Свободная ячейка
12	13	Z	41	30	(A) ⟶ S ⟵| 3
	14	0	03	Y4	(S) ⟶ A_i ⟵| 4
2W	2X	Z	33	ZX	(F) + $3e_A$ ⟶ F
	2Y	Z	3X	0X	(F) ⟶ <A_i>
2Z	20	Z	3Y	ZX	(F) — $A_к$ ⟶ F
	21	Z	24	10	УП — О ⟶↑ 5
22	23	Z	WY	00	БП ⟶↑ 6
	'24	0	00	00	Выход из п/п ⟵| 5

YZ	Y0	Z	43	Y3	(S) ⟶ b_1
	Y1	Z	34	3X	(S) — $6e_A$ ⟶ S
Y2	Y3	Z	ZX	10	УП — 0 ⟶↑ 1
	Y4	Z	XY	00	БП ⟶↑ 2
ZW	ZX	Z	41	43	(A)·$\frac{1}{10}$ ⟶ S ⟵| 1
	ZY	Z	31	Y0	Сдв. (S) $\overleftarrow{1}$ ⟶ S
ZZ	Z0	Z	41	Y3	(S) ⟶ A
	Z1	0	03	31	(A_i) ⟶ S
Z2	Z3	Z	34	Y0	} Сдв. (S) $\overleftarrow{7}$ ⟶ S
	Z4	Z	31	Y0	
0W	0X	Z	44	20	(S) ⊗ C ⟶ S
	0Y	Z	41	33	(S) + (A) ⟶ S
0Z	00	S	41	Y3	(S) ⟶ A
	01	0	03	31	(A_i*) ⟶ S

3W	3X	0	00	00	} $A_i' = A_н + 3e_A$ (i — 1)
	3Y	0	00	00	} — $A_к$
3Z	30	1	40	00	} a
	31	0	01	00	} $1e_A$
32	33	0	03	00	} $3e_A$
	34	0	1X	00	} $6e_A$
4W	4X	0	2X	00	} $15e_A$
	4Y	0	30	00	} $27e_A$
4Z	40	0	03	X3	$^1/_{10}$
	41	0	00	00	} Яч. A
42	43	0	00	00	} Яч. b_1
	44	1	30	00	} C
КС					

"_____" _____ 196 г. *Подпись* _____

Приложение 4

Задача_____ Зона МБ_____

Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии
WW	WX	Z	21	0X	(F) ⟶ Z 21
	WY	Z	31	23	$^{10}/_{27}$ ⟶ R
WZ	W0	Z	3X	Z0	A_i ⟶ F ⟵| 6
	W1	0	04	31	(A_i) $\pi_ф = 0$ ⟶ S
W2	W3	Z	X1	13	УП — 1 ___↑ 1
	W4	Z	33	20	(S) ⊗ 1,5 ⟶ S
XW	XX	Z	42	Y3	(S) ⟶ U, V
	XY	Z	34	30	ПС — 0 ⟶ S
XZ	X0	Z	X4	00	БП___↑ 2
	X1	Z	42	Y3	(S) ⟶ U, V ⟵| 1
X2	X3	Z	4X	30	ПС + 0 ⟶ S
	X4	0	03	Y4	(S) ⟶ A_i ⟵| 2
YW	YX	Z	43	30	(U) ⟶ S
	YY	Z	30	3X	(S) — $\frac{1}{2}$ ⟶ S

Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии
02	03	Z	42	33	(S) + (U, V) ⟶ S
	04	Z	11	ZX	(F) + $5e_A$ ⟶ F
1W	1X	Z	Z3	1X	УП — $\overline{1}$___↑ 4
	1Y	Z	3X	Z0	A_i ⟶ F
1Z	10	Z	24	Y0	Сдв. (S) $\overleftarrow{9}$ ⟶ S
	11	0	1W	Y4	(S) ⟶ A_i $\pi_ф = 1$
12	13	Z	Y3	ZX	(F) + $3e_A$ ⟶ F
	14	Z	3X	0X	(F) ⟶ < A_i >
2W	2X	Z	3Y	ZX	(F) — $A_к$ ⟶ F
	2Y	Z	21	10	УП — 0___↑ 5
2Z	20	Z	W0	00	БП___↑ 6
	21	0	00	00	Выход из п/п ⟵| 5
22	23	0	00	00	} 0
	24	0	10	00	} $9e_A$

YZ	Y0	Z	43	Y3	(S) ⟶ U
	Y1	Z	41	Y0	Сдв. (S) $\overrightarrow{7}$ ⟶ S
Y2	Y3	0	03	34	(S) + (A_i) ⟶ S
	Y4	0	03	Y4	(S) ⟶ A_i
ZW	ZX	Z	43	30	(U) ⟶ S
	ZY	Z	4Y	Y0	Сдв. (S) $\overleftarrow{2}$ ⟶ S
ZZ	Z0	Z	40	Z0	— $15e_A$ ⟶ F
	Z1	Z	0Y	00	БП ___↑ 3
Z2	Z3	Z	Y3	Y0	Сдв. (S) $\overleftarrow{3}$ ⟶ S ⟵| 4
	Z4	Z	42	Y3	(S) ⟶ U, V
0W	0X	Z	43	30	(U) ⟶ S
	0Y	Z	33	4X	(S) (R) + 1,5 ⟶ S ⟵| 3
0Z	00	Z	43	Y3	(S) ⟶ U
	01	Z	40	Y0	Сдв. (S) $\overrightarrow{15}$ ⟶ S

3W	3X	0	00	00	} $A_i' = A_н + 3e_A\ (i-1)$
	3Y	0	00	00	} — $A_к$
3Z	30	0	14	44	} $^1/_2$
	31	0	11	00	} $^{10}/_{27}$
32	33	1	WW	WW	} 1,5
	34	Z	ZW	00	} ПС — 0
4W	4X	Z	ZY	00	} ПС + 0
	4Y	0	02	00	} $2e_A$
4Z	40	0	Y3	00	} — $15e_A$
	41	0	Z2	00	} — $7e_A$
42	43	0	00	00	} U
	44	0	00	00	} V
KC					

„_____"_____196 г. *Подпись*_____

Программа ввода

Приложение 5

Задача _____ Зона МБ _____

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
WW	WX	0	00	02	$\Sigma_{пр}$ ввода
	WY	1	3Z	XY	
WZ	W0	0	00	Z2	$\Sigma_{10 \to 3}$
	W1	0	34	43	
W2	W3	0	00	Z0	$\Sigma_{3 \to 10}$
	W4	0	4W	ZZ	
XW	XX	0	00	04	Σ_{A_1}
	XY	Z	44	X0	
XZ	X0	0	00	1Z	Σ_{A_2}
	X1	0	YW	Y0	
X2	X3	0	00	00	0
	X4	0	00	00	
YW	YX	0	41	Z0	$M \to F \leftarrow\!\mid$ 3
	YY	0	41	ZX	$(F) + M \to F$
YZ	Y0	0	41	ZX	$(F) + M \to F$
	Y1	0	X2	3Y	$(S) - \Sigma_{кс} \to S$
Y2	Y3	0	ZY	10	УП — 0 ___↑ 5
	Y4	0	42	2X	Ω
ZW	ZX	0	1X	00	БП ___↑ 6
	ZY	0	41	Z0	$M \to F \leftarrow\!\mid$ 5
ZZ	Z0	0	4Y	ZX	$(F) + 1e_A \to F$
	Z1	0	41	0X	$(F) \to M$
Z2	Z3	0	1X	1X	УП — $\overline{1}$ ___↑ 7
	Z4	Z	0X	X0	Заголовок → $\Phi_{\overline{1}}$ с ФТ № 2
0W	0X	Z	Z0	X0	$[\Phi_{\overline{1}}] \to$ на печать
	0Y	1	1Y	XX	$[1Y] \to \Phi_1$
0Z	00	1	YX	00	БП ___↑ 0 на 1YX
	01	0	40	Z0	$0 \to F$

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
02	03	0	10	X3	$[\Phi_0] \to [10]$
	04	0	11	00	БП ___↑ 1
1W	1X	0	41	Z0	$M \to F \leftarrow\!\mid$ 6; 7
	1Y	1	01	X0	Прогр. $\to \Phi_1$ с ФТ № 1
1Z	10	1	10	X4	$[\Phi_1] \to [M + 10]$
	11	Z	10	XY	$[M + 10] \to \Phi_{\overline{1}} \leftarrow\!\mid$ 1
12	13	0	40	Z0	$0 \to F$
	14	0	42	0X	$(F) \to \Sigma$
2W	2X	0	33	ZX	$(F) - 81e_A \to F \leftarrow\!\mid$ 4
	2Y	0	WX	31	$a_i \to S \leftarrow\!\mid$ 2
2Z	20	0	34	Y0	Сдв. $(S)\overrightarrow{9} \to S$
	21	0	42	33	$(S) + \Sigma \to S$
22	23	0	42	Y3	$(S) \to \Sigma$
	24	0	4X	ZX	$(F) + 3e_A \to F$
3W	3X	0	2Y	1X	УП — $\overline{1}$ ___↑ 2
	3Y	0	YX	13	УП — 1 ___↑ 3
3Z	30	0	4Y	Z0	$1e_A \to F$
	31	0	2X	00	БП ___↑ 4
32	33	Z	00	00	$-81e_A$
	34	0	Z0	00	$-9e_A$
4W	4X	0	03	00	$3e_A$
	4Y	0	01	00	$1e_A$
4Z	40	0	00	00	0
	41	0	Z4	00	$M = -5$
42	43	0	00	0Y	Σ
	44	Z	X1	32	
КС					

«_____» _____ 196 г. *Подпись* _____

Основная программа
(первая зона)

Задача_____ Зона МБ $M_1 = 1Y$

Адреса ПФ=1		Команда			Комментарии
WW	WX	Z	42	00	Ан
	WY	0	41	00	— Ак
WZ	W0	0	12	Y2	0,4
	W1	Z	4W	4W	
W2	W3	0	03	X3	0,1
	W4	Z	1Z	1Z	
XW	XX	0	00	24	0,01
	XY	0	WW	3Y	
XZ	X0	0	00	02	0,001
	X1	1	W0	40	
X2	X3	1	1Y	X3	$[\Phi_1] \longrightarrow M_1 \leftarrow\!\mid 3$
	X4	1	1Z	XX	$[M_2] \longrightarrow \Phi_1$
YW	YX	0	0X	X0	$[x_0,\ y_0] \rightarrow \Phi_0 \leftarrow\!\mid 0$ с ФТ № 2
	YY	Z	1W	XX	$[M_{10} \longrightarrow 3] \longrightarrow \Phi_{\overline{1}}$
02	03	0	4W	40	$y_i^2 \longrightarrow S$
	04	1	WZ	40	$0{,}4y_i^2 \longrightarrow S$
1W	1X	0	32	23	$x_i \longrightarrow R$
	1Y	1	W2	43	$0{,}1x_i + 0{,}4y_i^2 \longrightarrow S$
1Z	10	1	XW	40	$0{,}01\,(S) \longrightarrow S$
	11	0	32	23	$x_i \longrightarrow R$
12	13	0	4W	4X	$y_i + (S)\,x_i \longrightarrow S$
	14	0	4W	Y3	$y_{i+1} \longrightarrow \langle y_i \rangle$ ст
2W	2X	0	32	30	$x_i \longrightarrow S$
	2Y	1	XZ	33	$x_i + 0{,}001 \longrightarrow S$
2Z	20	0	32	Y3	$x_{i+1} \longrightarrow \langle x_i \rangle$ ст
	21	0	31	30	$(\gamma) \longrightarrow S$
22	23	1	41	33	$(S) + 1 \cdot 3^{-3} \longrightarrow S$
	24	1	00	1X	УП — $\overline{1}$ ___↑ 1

YZ	Y0	1	WX	30	Ак $\longrightarrow$ S
	Y1	Z	3X	Y3	$(S) \longrightarrow Z3X$
Y2	Y3	1	WY	30	— Ак $\longrightarrow$ S
	Y4	Z	3Y	Y3	$(S) \longrightarrow Z3Y$
ZW	ZX	Z	33	Z3	$(C) + 3e_A \longrightarrow F$
	ZY	Z	WX	00	БП___↑ на п/п $10 \longrightarrow 3$
ZZ	Z0	0	WX	30	$x_0 \longrightarrow S \leftarrow\!\mid$ из п/п
	Z1	0	32	Y3	$(S) \longrightarrow \langle x_i \rangle$ ст
Z2	Z3	0	W0	30	$y_0 \longrightarrow S$
	Z4	0	4W	Y3	$(S) \longrightarrow \langle y_i \rangle$ ст
0W	0X	1	43	Z0	$-60e_A \longrightarrow F$
	0Y	1	40	30	$-100 \cdot 3^{-3} \longrightarrow S \leftarrow\!\mid 2$
0Z	00	0	31	Y3	$(S) \longrightarrow \gamma \leftarrow\!\mid 1$
	01	0	4W	30	$y_i \longrightarrow S$
3W	3X	0	32	30	$x_к \longrightarrow S$
	3Y	0	3Z	Y4	$(S) \longrightarrow \langle x_к \rangle \oplus$
3Z	30	0	4W	30	$y_к \longrightarrow S$
	31	0	32	Y4	$(S) \longrightarrow \langle y_к \rangle \oplus$
32	33	1	44	ZX	$(F) + 6e_A \longrightarrow F$
	34	1	0Y	1X	УП—$\overline{1}$ ___↑ 2
4W	4X	1	X3	00	БП___↑ 3
	4Y	0	00	00	Свободная ячейка
4Z	40	Z	YZ	00	$-100 \cdot 3^{-3}$
	41	0	01	00	$1 \cdot 3^{-3}$
42	43	Z	23	00	$-60e_A$
	44	0	1X	00	$6e_A$
КС					

"_____"_____196 г. *Подпись*_____

Основная программа
(вторая зона)

Задача_____ Зона МБ $M_2 = 1Z$

Адреса ПФ=1		Команда				Комментарии
WW	WX	1	23	41		ЦР |__| |__|
	WY	1	13	2Z		|__| |__| ПС
WZ	W0	1	13	41		|__| |__| |__|
	W1	1	13	2Z		|__| |__| ПС
W2	W3	1	13	3X		|__| |__| X
	W4	1	13	41		|__| |__| |__|
XW	XX	1	13	41		|__| |__| |__|
	XY	0	Y3	41		Y |__| |__|
XZ	X0	Z	Z3	41		ПС |__| |__|
	X1	1	13	2W		|__| |__| СТ
X2	X3	1	1Z	X3		$[\Phi_1] \longrightarrow M_2 \longleftarrow$ | 5
	X4	1	1Y	XX		$[M_1] \longrightarrow \Phi_1$
YW	YX	Z	1X	XX		$[M_{3 \to 10}] \longrightarrow \Phi_{\overline{1}}$
	YY	1	3Y	30		$A_н \longrightarrow S$

Адреса ПФ=1		Команда				Комментарии
02	03	1	2Y	ZX		$(F) + 6e_A \longrightarrow F$
	04	1	Z0	1X		УП — $\overline{1}$ |__| 4
1W	1X	1	X1	30		|__| |__| СТ $\longrightarrow$ S
	1Y	0	30	Y3		(S) $\longrightarrow$ в конец переведенных чисел
1Z	10	1	Z0	X0		$[\Phi_1] \longrightarrow$ на печать (заголовок)
	11	0	Z0	X0		$[\Phi_0] \longrightarrow$ на печать (результат)
12	13	0	00	2X		Ω
	14	1	X3	00		БП__↑ 5
2W	2X	Z	2X	00		$-66e_A$
	2Y	0	1X	00		$6e_A$
2Z	20	0	03	00		$3e_A$
	21	1	40	00	}	14000
22	23	0	04	44	}	00444
	24	0	03	41		0 |__| |__|

YZ	Y0	Z	3X	Y3		(S) $\longrightarrow$ Z3X
	Y1	1	30	30		$-A_к \longrightarrow$ S
Y2	Y3	Z	3Y	Y3		(S) $\longrightarrow$ Z3Y
	Y4	1	20	Z3		$(C) + 3e_A \longrightarrow F$
ZW	ZX	Z	WX	00		БП __↑ на п/п 3 $\longrightarrow$ 10
	ZY	1	2X	Z0		$-66e_A \longrightarrow F \longleftarrow$ | из п/п
ZZ	Z0	0	31	31		$x_к(\pi_A = 1) \longrightarrow S \longleftarrow$ | 4
	Z1	1	21	20		$(S) \otimes 14000 \longrightarrow S$
Z2	Z3	1	24	33		(S) + 0 |__| |__| $\longrightarrow$ S
	Z4	0	31	Y4		$(S) \longrightarrow \langle x_к \rangle \oplus (\pi_A = 1)$
0W	0X	0	33	31		$y_к(\pi_A = 0) \longrightarrow S$
	0Y	1	23	20		$(S) \otimes 00444 \longrightarrow S$
0Z	00	1	3X	33		(S) + |__| 00 $\longrightarrow$ S
	01	0	33	Y4		$(S) \longrightarrow y_к(\overset{\oplus}{\pi_A} = 0)$

3W	3X	1	10	00		|__| 00
	3Y	Z	42	00	}	$A_н$
3Z	30	0	X4	00	}	$-A_к$
	31	0	00	00		
32	33	0	00	00		
	34	0	00	00		
4W	4X	0	00	00		
	4Y	0	00	00		
4Z	40	0	00	00		
	41	0	00	00		
42	43	0	00	00		
	44	0	00	00		
КС						

„_____" _____ 196 г. *Подпись*_____

Зона ввода программы

Задача _____ Зона МБ _____

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
WW	WX	0	00	00	$\Sigma_{пр.\ вв}$
	WY	1	43	1Y	
WZ	W0	0	00	Z3	$\Sigma_{[2W]}$
	W1	0	10	X2	
W2	W3	0	00	0X	$\Sigma_{[2X]}$
	W4	1	XY	0W	
XW	XX	0	00	0Z	$\Sigma_{[2Y]}$
	XY	Z	02	20	
XZ	X0	0	00	0W	$\Sigma_{[2Z]}$
	X1	Z	Y3	ZY	
X2	X3	0	00	0X	$\Sigma_{[20]}$
	X4	0	Y2	3W	
YW	YX	0	00	2X	$\Omega_0 \leftarrow \mid 8$
	YY	1	1W	XX	$[1W] \rightarrow \Phi_1$

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
02	03	Z	2W	XX	$[2W] \rightarrow [\Phi_{\overline{1}}]$
	04	0	21	00	БП $\mid\rightarrow 4$
1W	1X	0	41	Z0	$M \rightarrow F \leftarrow \mid 2$
	1Y	0	0Y	ZX	$(F) + 1e_A \rightarrow F$
1Z	10	0	41	0X	$(F) \rightarrow M$
	11	0	2X	1X	УП $- \overline{1} \mid\rightarrow 5$
12	13	0	YX	00	БП $\mid\rightarrow 8$
	14	0	41	Z0	$M \rightarrow F \leftarrow \mid 3$
2W	2X	1	01	X0	$[\ ] \rightarrow \Phi_1 \leftarrow \mid 5$
	2Y	1	21	X4	$[\Phi_1] \rightarrow [M + 21]$
2Z	20	Z	21	XY	$[M + 21] \rightarrow \Phi_{\overline{1}}$
	21	0	YX	Z0	$0 \rightarrow F \leftarrow \mid 4$
22	23	0	42	0X	$(F) \rightarrow \Sigma$
	24	0	ZY	ZX	$(F) - 81e_A \rightarrow F \leftarrow \mid 7$

YZ	Y0	Z	1X	XX	$[1X] \rightarrow \Phi_{\overline{1}}$
	Y1	Z	Y3	Z3	$(C) + 3e_A \rightarrow F$
Y2	Y3	Z	WY	00	БП $\mid\rightarrow$ ВХ VI
	Y4	0	2W	WX	$\mid\rightarrow$ на начало программы
ZW	ZX	0	03	00	$3e_A$
	ZY	Z	00	00	$-81e_A$
ZZ	Z0	0	41	Z0	$M \rightarrow F \leftarrow \mid 1$
	Z1	0	41	ZX	$(F) + M \rightarrow F$
Z2	Z3	0	41	ZX	$(F) + M \rightarrow F$
	Z4	0	YW	3Y	$(S) - \Sigma_j \rightarrow S$
0W	0X	0	1X	10	УП $- 0 \mid\rightarrow 2$
	0Y	0	01	2X	Ω_1
0Z	00	0	14	00	БП $\mid\rightarrow 3$
	01	0	2W	X3	$[\Phi_0] \rightarrow [2W]$

3W	3X	0	WX	31	$a_i \rightarrow S \leftarrow \mid 6$
	3Y	0	4X	Y0	Сдв. (S) на $\overrightarrow{9} \rightarrow S$
3Z	30	0	42	33	$(S) + \Sigma \rightarrow S$
	31	0	42	Y3	$(S) \rightarrow \Sigma$
32	33	0	ZX	ZX	$(F) + 3e_A \rightarrow F$
	34	0	3X	1X	УП $- \overline{1} \mid\rightarrow 6$
4W	4X	0	Z0	13	УП $- 1 \mid\rightarrow 1$
	4Y	0	0Y	Z0	$1e_A \rightarrow F$
4Z	40	0	24	00	БП $\mid\rightarrow 7$
	41	0	Z3	00	$M = -6$
42	43	0	00	00	
	44	Z	WX	Z2	
КС					

„_____“_____196 г. *Подпись* _____

Основная программа

Задача_____ Зона МБ 2W

Адреса ПФ=1		Команда				Комментарии
WW	WX	0	0Z	X0		Запись I части заголов.
	WY	0	4X	X3		на МБ
WZ	W0	0	0Z	X0		Запись II части
	W1	0	4Y	X3		Заголовок на МБ
W2	W3	0	4X	XX		$[4X] \longrightarrow \Phi_0 \longleftarrow\mid 6$
	W4	0	Z0	X0		Печать I части заг.
XW	XX	0	4Y	XX		$[4Y] \longrightarrow \Phi_0$
	XY	Z	0X	X0		Ввод констант для формир. II ч. З.
XZ	X0	Z	WW	30		$к_1 \longrightarrow S$
	X1	0	W2	Y3		$(S) \longrightarrow <к_1>$
X2	X3	Z	W0	30		$к_2 \longrightarrow <к_2>$
	X4	0	WY	Y3		
YW	YX	Z	W1	30		
	YY	0	W0	Y3		
YZ	Y0	Z	XZ	30		$b^{(1)} \longrightarrow S$
	Y1	0	Z2	Y3		$(S) \longrightarrow <b^{(1)}>$
Y2	Y3	Z	W3	30		$m^{(1)} \longrightarrow <m^{(1)}>$
	Y4	0	ZY	Y3		
ZW	ZX	Z	W4	30		
	ZY	0	Z0	Y3		
ZZ	Z0	Z	XW	30		$m^{(2)} \longrightarrow S$
	Z1	0	0Z	Y3		$(S) \longrightarrow <m^{(2)}>$
Z2	Z3	Z	X3	30		$b^{(2)} \longrightarrow <b^{(2)}>$
	Z4	0	04	Y3		
0W	0X	Z	X4	30		
	0Y	0	1X	Y3		
0Z	00	0	Z0	X0		Печать II ч. заголовка
	01	Z	1X	XX		$[1X] \longrightarrow \Phi_I$

Адреса ПФ=1		Команда				Комментарии
02	03	Z	Y3	Z3		$(C) + 3e_A \longrightarrow F$
	04	Z	WY	00		БП Вх VI ИП-2
1W	1X	0	4Z	WY		$A_{10} \longrightarrow з$
	1Y	0	4W	WW		обобщ. адр. перв. числа после перевода
1Z	10	0	01	X0		$6п = 6 \cdot 9 = 54$
	11	1	0Y	Z0		$6e_A \longrightarrow F$
12	13	0	4W	XX		$[4W] \longrightarrow \Phi_0$
	14	0	44	0X		$(F) \longrightarrow 044$ для организ. внешн. цикла
2W	2X	0	43	0X		$(F) \longrightarrow 043$ для организ. внутр. цикла
	2Y	0	44	Z0		$(044) \longrightarrow F \longleftarrow\mid 5$
2Z	20	0	WW	30		$q_{k_1} \longrightarrow S$
	21	0	YW	4Z		$q_{k_1} \cdot q^{(-)}_{m^{(i)}} \longrightarrow S$
22	23	Z	32	YX		$S_{норм} \longrightarrow U$
	24	0	W0	33		$(S) + p_{k_1} \longrightarrow S$
3W	3X	0	Y0	32		$(S) + p^{(-)}_{m^{(i)}} \longrightarrow S$
	3Y	Z	4X	Y3		$(S) \longrightarrow p_u$
3Z	30	0	33	Y3		$p_{k_1 m^{(i)}} \longrightarrow$ раб. яч.
	31	Z	32	30		$(U) \longrightarrow S$
32	33	0	3Z	Y3		$q_{k_1 m^{(i)}} \longrightarrow$ раб. яч.
	34	0	W2	30		$q_{k_2} \longrightarrow S$
4W	4X	0	ZZ	4Z		$q_{k_2} \cdot q^{(-)}_{b^{(i)}} \longrightarrow S$
	4Y	Z	4Z	YX		$(S)_{норм} \longrightarrow V$
4Z	40	0	XX	33		$(S) + p_{k_2} \longrightarrow S$
	41	0	Z3	32		$(S) + p^{(-)}_{b^{(i)}} \longrightarrow S$
42	43	Z	43	Y3		$(S) \longrightarrow p_v$
	44	0	4W	X3		$[\Phi_0] \longrightarrow [4W]$
КС						

„_____“_____196 г. *Подпись*_____

Задача_____ Зона МБ 2X

Адреса ПФ=1		Команда				Комментарии
WW	WX	Z	4Y	03		(C) $\longrightarrow \alpha$
	WY	Z	YY	00		БП $\vdash\!\!\rightarrow$ BX III ИП-2
WZ	W0	0	1Y	XY		на п/п вч
	W1	Z	00	32		(U) $\longrightarrow$ U
W2	W3	1	X1	00		БП $\vdash\!\!\rightarrow$ 1
	W4	0	30	00		1
XW	XX	0	2W	WW		$^1/_2$
	XY	Z	WW	WW		
XZ	X0	0	00	00		0
	X1	1	W4	30		$1 \longrightarrow S \longleftarrow 1$
X2	X3	Z	4Z	Y3		$1 \longrightarrow V$
	X4	1	X0	30		$0 \longrightarrow S$
YW	YX	Z	43	Y3		(S) $\longrightarrow P_v$
	YY	Z	4Y	03		(C) $\longrightarrow \alpha$

Адреса ПФ=1		Команда				Комментарии
02	03	0	3Z	30		$k_1 m^{(i)} \longrightarrow V,\ P_v$
	04	Z	4Z	Y3		
1W	1X	0	33	30		
	1Y	Z	43	Y3		
1Z	10	0	4W	X3		$[\Phi_0] \longrightarrow 4W$
	11	Z	4Y	03		(C) $\longrightarrow \alpha$
12	13	Z	YY	00		БП $\vdash\!\!\rightarrow$ BX III ИП-2
	14	0	1Y	XY		на п/п вч
2W	2X	Z	00	32		(U) $\longrightarrow$ U
	2Y	Z	YY	00		БП $\vdash\!\!\rightarrow$ BX III ИП-2
2Z	20	0	10	WY		на п/п $\sqrt{\ }$
	21	0	4W	3Z		об. адр. $\sqrt{\left[\frac{1}{2}(\ )\right]^2 - k_1 m^{(i)}}$
22	23	0	4W	30		$\frac{1}{2}(k_1 m^{(i)} - k_2 b^{(i)} + 1) \rightarrow V,\ P_v$
	24	Z	4Z	Y3		

YZ	Y0	Z	YY	00		БП $\vdash\!\!\rightarrow$ BX III ИП-2
	Y1	0	1Y	X3		на п/п сл.
Y2	Y3	0	4W	4W		об. адр, $(k_1 m^{(i)} - k_2 b^{(i)} + 1)$
	Y4	Z	32	30		(U) $\longrightarrow$ S
ZW	ZX	1	XW	40		(S) $\frac{1}{2} \longrightarrow$ S
	ZY	0	4W	YX		$\frac{1}{2}(k_1 m^{(i)} - k_2 b^{(i)} + 1) \longrightarrow$ $\longrightarrow$ (04W, 040)
ZZ	Z0	Z	4X	33		
	Z1	0	40	Y3		
Z2	Z3	0	4W	30		$\left[\frac{1}{2}(k_1 m^{(i)} + k_2 b^{(i)} + 1)\right] \longrightarrow$ $\longrightarrow$ U, P_u
	Z4	0	4W	40		
0W	0X	Z	32	YX		
	0Y	0	40	33		
0Z	00	0	40	33		
	01	Z	4X	Y3		

3W	3X	0	40	30		$\frac{1}{2}(k_1 m^{(i)} - k_2 b^{(i)} + 1) \rightarrow V,\ P_v$
	3Y	Z	43	Y3		
3Z	30	0	4W	X3		$[\Phi_0] \longrightarrow 4W$
	31	Z	4Y	03		(C) $\longrightarrow \alpha$
32	33	Z	YY	00		БП $\vdash\!\!\rightarrow$ BX III ИП-2
	34	0	1Y	WX		на п/п обр. вч.
4W	4X	0	4W	22		об. адр. $r_2^{(i)}$
	4Y	0	3Z	30		$\sqrt{\left[\frac{1}{2}(\ )\right]^2 - k_1 m^{(i)}} \longrightarrow$ $\longrightarrow$ U, P_u
4Z	40	Z	32	Y3		
	41	0	33	30		
42	43	Z	4X	Y3		
	44	0	4W	X3		$[\Phi_0] \longrightarrow 4W$
КС						

»_____«_____196 г. *Подпись*_____

Задача_____ Зона МБ 2Y

Адреса ПФ=1		Команда			Комментарии
WW	WX	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
	WY	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\longrightarrow$ ВХ III ИП-2
WZ	W0	0	1Y	X3	на п/п сл.
	W1	0	4W	2W	об. адр. $r_1^{(i)}$
W2	W3	0	22	30	$r_2^{(i)} \longrightarrow$ V, P_v
	W4	Z	4Z	Y3	
XW	XX	0	3X	30	
	XY	Z	43	Y3	
XZ	X0	0	4W	X3	$[\Phi_0] \longrightarrow$ 4W
	X1	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
X2	X3	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\longrightarrow$ ВХ III ИП-2
	X4	0	1Z	W3	на п/п делен.
YW	YX	Z	00	32	(U) $\longrightarrow$ U
	YY	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\longrightarrow$ ВХ III ИП-2

Адреса ПФ=1		Команда			Комментарии
02	03	0	1Y	XY	на п/п вч
	04	0	4W	4W	об. адр. $(d_p - e_f^{(i)})$
1W	1X	0	43	ZO	(043) $\longrightarrow$ F
	1Y	0	4W	30	$q_{(d_p - e_f^{(i)})} \longrightarrow$ S $\longleftarrow\!\vdash$ 2
1Z	10	0	2W	41	(S) $q^{(+)}_{r_k^{(i)}} \longrightarrow$ S
	11	0	2W	YY	$(S)_{норм} \longrightarrow < q^{(+)}_{r_k^{(i)}} >$
12	13	0	40	33	(S) + $P_{(d_p - e_f^{(i)})} \longrightarrow$ S
	14	0	20	34	(S) + $P^{(+)}_{r_k^{(i)}} \longrightarrow$ S
2W	2X	0	20	Y4	(S) $\longrightarrow < P^{(+)}_{r_k^{(i)}} >$
	2Y	1	43	ZX	(F) $- 6e_A \longrightarrow$ F
2Z	20	1	1Y	10	УП-0 $__\uparrow$ 2
	21	0	44	Z0	(044) $\longrightarrow$ F
22	23	0	1Z	3Z	$q^{(-)}_{e_f^{(i)}} \longrightarrow$ S
	24	0	W2	40	(S) $q_{k_2} \longrightarrow$ S

YZ	Y0	0	13	WX	на п/п ln
	Y1	0	4W	3Z	об. адр. ln $\frac{r_1^{(i)}}{r_2^{(i)}}$
Y2	Y3	0	44	Z0	(044) $\longrightarrow$ F
	Y4	0	0W	30	$d_p \longrightarrow$ U, P_u
ZW	ZX	Z	32	Y3	
	ZY	0	00	30	
ZZ	Z0	Z	4X	Y3	
	Z1	0	1Z	3Z	$e_f^{(i)(-)} \longrightarrow$ V, P_v
Z2	Z3	Z	4Z	Y3	
	Z4	0	13	3Z	
0W	0X	Z	43	Y3	
	0Y	0	4W	X3	$[\Phi_0] \longrightarrow$ 4W
0Z	00	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
	01	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\longrightarrow$ ВХ III ИП-2

3W	3X	Z	32	YX	$(S)_{норм} \longrightarrow$ U
	3Y	0	13	32	(S) + $P^{(-)}_{e_f^{(i)}} \longrightarrow$ S
3Z	30	0	XX	33	(S) + $P_{k_2} \longrightarrow$ S
	31	Z	4X	Y3	(S) $\longrightarrow P_u$
32	33	0	WW	30	$k_1 \longrightarrow V_1 P_v$
	34	Z	4Z	Y3	
4W	4X	0	W0	30	
	4Y	Z	43	Y3	
4Z	40	0	4W	X3	$[\Phi_0] \longrightarrow$ 4W
	41	1	44	00	БП $\vdash\!\!\longrightarrow$ 3
42	43	0	Z3	00	$- 6e_A$
	44	0	3Z	30	$q_{\ln \frac{r_1}{r_2}} \longrightarrow$ S $\longleftarrow\!\vdash$ 3 (св. яч.)
КС					

„_____“_____196 г. *Подпись*_____

Задача_____ Зона МБ 2Z

Адреса ПФ=1		Команда			Комментарии
WW	WX	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
	WY	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\rightarrow$ ВХ III ИП-2
WZ	W0	0	1Y	X3	на п/п сл
	W1	0	4W	4W	об. адр. $(e_f^{(i)} k_2 + k_1)$
W2	W3	0	44	Z0	(044) $\longrightarrow$ F
	W4	0	0W	30	$q_{d_p} \longrightarrow$ S
XW	XX	0	YW	4Z	(S) $q_{m^{(i)}}^{(-)} \longrightarrow$ S
	XY	Z	32	YX	$(S)_{норм} \longrightarrow$ U
XZ	X0	0	00	33	(S) + $P_{d_p} \longrightarrow$ S
	X1	0	Y0	32	(S) + $P_{m^{(i)}}^{(-)} \longrightarrow$ S
X2	X3	Z	4X	Y3	(S) $\longrightarrow P_u$
	X4	0	ZZ	3Z	$b_i^{(-)} \longrightarrow V, P_v$
YW	YX	Z	4Z	Y3	
	YY	0	Z3	3Z	

Адреса ПФ=1		Команда			Комментарии
02	03	0	1Z	3Z	$e_f^{(i)} \overset{(-)}{\longrightarrow}$ U, P_u
	04	Z	32	Y3	
1W	1X	0	13	3Z	
	1Y	Z	4X	Y3	
1Z	10	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
	11	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\rightarrow$ ВХ III ИП-2
12	13	0	1Y	XY	на п/п вч
	14	Z	00	4Z	$e_f^{(i)} - (\cdots)(\cdots) \longrightarrow$ V
2W	2X	Z	XY	00	БП $\vdash\!\!\rightarrow$ ВХ II ИП-2
	2Y	0	4W	22	об. адр. $r_2^{(i)}\left(d_p - e_f^{(i)}\right)$
2Z	20	0	1Y	X3	на п/п сл
	21	0	4W	22	об. адр $e_f^{(i)} - (\cdots)(\cdots) + r_2^{(i)}(\cdots)$
22	23	0	2W	30	$r_1^{(i)}(d_p - e_f^{(i)}) \longrightarrow$ U, P_u
	24	Z	32	Y3	

YZ	Y0	Z	43	Y3	$b_i^{(-)} \longrightarrow V, P_v$
	Y1	0	4W	X3	$[\Phi_0] \longrightarrow$ 4W
Y2	Y3	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
	Y4	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\rightarrow$ ВХ III ИП-2
ZW	ZX	0	1Y	X3	на п/п сл
	ZY	Z	00	32	(U) $\longrightarrow$ U
ZZ	Z0	0	4W	XX	$[4W] \longrightarrow \Phi_0$
	Z1	Z	32	30	$q_{\left(d_p m^{(i)} + b^{(i)}\right)} \longrightarrow$ S
Z2	Z3	0	4W	40	(S) $q_{(e_f^{(i)} k_2 + k_1)} \longrightarrow$ S
	Z4	Z	4Z	YX	$(S)_{норм} \longrightarrow$ V
0W	0X	Z	4X	33	(S) + $P_u \longrightarrow$ S
	0Y	0	40	33	(S) + P$(e_f^{(i)} k_2 + k_1) \longrightarrow$ S
0Z	00	Z	43	Y3	(S) $\longrightarrow P_v$
	01	0	44	Z0	(044) $\longrightarrow$ F

3W	3X	0	20	30	$r_1^{(i)}(d_p - e_f^{(i)}) \longrightarrow$ U, P_u
	3Y	Z	4X	Y3	
3Z	30	0	4W	X3	$[\Phi_0] \longrightarrow$ 4W
	31	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
32	33	Z	YY	00	БП $\vdash\!\!\rightarrow$ ВХ III ИП-2
	34	0	1Y	X3	на п/п сл
4W	4X	0	4W	2W	об. адр. $e_f^{(i)} - (\cdots)(\cdots) + r_1^{(i)}(\cdots)$
	4Y	0	22	30	$e_f^{(i)} - (\cdots)(\cdots) + r_2(\cdots) \longrightarrow V, P_v$
4Z	40	Z	4Z	Y3	
	41	0	3X	30	
42	43	Z	43	Y3	
	44	0	2W	30	$q_{[e_f^{(i)} - (\cdots)(\cdots) + r_1(\cdots)]} \underset{(св. яч.)}{\longrightarrow}$ S
КС					

„_____“_____196 г. *Подпись*_____

Задача_____ Зона МБ 20

Адреса ПФ=1		Команда			Комментарии
WW	WX	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
	WY	Z	YY	00	БП $\vert\!\longrightarrow$ ВХ III ИП-2
WZ	W0	0	1Z	W3	на п/п делен.
	W1	Z	00	32	(U) $\longrightarrow$ U
W2	W3	Z	YY	00	БП $\vert\!\longrightarrow$ ВХ III ИП-2
	W4	0	13	WX	на п/п ln
XW	XX	0	4W	4W	об. адр. ln $\frac{\cdot\cdot\cdot\cdot}{\cdot\cdot\cdot\cdot}$ для вызова [4W]
	XY	0	3Z	30	$\ln \frac{r_1^{(i)}}{r_2^{(i)}} \longrightarrow$ V, P_v
XZ	X0	Z	4Z	Y3	
	X1	0	33	30	
X2	X3	Z	43	Y3	
	X4	Z	4Y	03	(C) $\longrightarrow \alpha$
YW	YX	Z	YY	00	БП $\vert\!\longrightarrow$ ВХ III ИП-2
	YY	0	1Z	W3	на п/п делен.

Адреса ПФ=1		Команда			Комментарии
02	03	Z	WY	00	БП $\vert\!\longrightarrow$ ВХ VI ИП-2
	04	0	2W	2Y	$__\uparrow$ 5 обобщ. перех
1W	1X	Z	Y3	Z3	(C) $+ 3e_A \longrightarrow$ F $\longleftarrow\vert$ 4
	1Y	Z	WY	00	БП $\vert\!\longrightarrow$ ВХ VI ИП-2
1Z	10	0	42	Z4	$A_{3 \to 10}$
	11	0	34	WW	об. адр. 1-го переводимого числа
12	13	0	00	13	$6n = 6 \cdot 2 = 12$
	14	0	00	2X	останов. Задача решена
2W	2X	Z	Y3	Z3	(C) $+ 3e_A \longrightarrow$ F
	2Y	Z	WY	00	БП $\vert\!\longrightarrow$ ВХ VI ИП-2
2Z	20	0	2W	W3	об. переход $__\uparrow$ 6 (на решен. след. вар-та)
	21	0	Z3	00	$- 6e_A$
22	23	0	00	00	
	24	0	00	00	

YZ	Y0	0	4W	4W	для вызова [4W]
	Y1	0	44	Z0	(044) $\longrightarrow$ F
Y2	Y3	0	34	XX	[зона р-тов] $\longrightarrow \Phi_0$ [34]
	Y4	Z	32	30	$n^{(i)} \longrightarrow$ яч. р-тов
ZW	ZX	0	W2	Y2	
	ZY	Z	4X	30	
ZW	Z0	0	XX	Y2	
	Z1	0	34	X3	$[\Phi_i] \longrightarrow$ [34]
Z2	Z3	1	21	ZX	(F) $- 6e_A \longrightarrow$ F
	Z4	1	1X	1X	УП-$\overline{1}$ $__\uparrow$ 4
0W	0X	0	4W	XX	[4W] $\longrightarrow \Phi_0$
	0Y	0	44	0X	(F) $\longrightarrow$ 044
0Z	00	0	4W	X3	$[\Phi_0] \longrightarrow$ [4W]
	01	Z	Y3	Z3	(C) $+ 3e_A \longrightarrow$ F

3W	3X	0	00	00	
	3Y	0	00	00	
3Z	30	0	00	00	
	31	0	00	00	
32	33	0	00	00	
	34	0	00	00	
4W	4X	0	00	00	
	4Y	0	00	00	
4Z	40	0	00	00	
	41	0	00	00	
42	43	0	00	00	
	44	0	00	00	
КС					

»_____«_____196 г. *Подпись*_____

Заголовок

Задача_____ (начало) Зона МБ 4X

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
WW	WX	ЦР			
	WY			ПС	
WZ	W0				
	W1				
W2	W3				
	W4				
XW	XX				
	XY				
XZ	X0				
	X1				
X2	X3				
	X4				
YW	YX				
	YY				

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
02	03	Й	ЦР		
	04			БР	
1W	1X	К	Р	И	
	1Y	В	ЦР	0	
1Z	10	БР	Й	ЦР	
	11				
12	13			Y	
	14	БР	—	ЦР	
2W	2X	—	—	—	
	2Y	—	—	—	
2Z	20	—	—	—	
	21	—	—	—	
22	23	—	—	—	
	24	—	ПС		

YZ	Y0				
	Y1				
Y2	Y3				
	Y4			X	
ZW	ZX	ПС	Y	БР	
	ZY	Р	А	В	
ZZ	Z0	Н	Е	Н	
	Z1	И	Е	ЦР	
Z2	Z3				
	Z4	БР	Р	А	
0W	0X	В	Н	ЦР	
	0Y	0	БР	В	
0Z	00	Е	С	Н	
	01	ЦР	0	БР	

3W	3X				
	3Y				
3Z	30				
	31				
32	33				
	34				
4W	4X				
	4Y				
4Z	40				
	41				
42	43				
	44				
КС					

«_____»_____196 г. *Подпись*_____

Заголовок
(окончание)

Задача_____ Зона МБ 4Y

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
WW	WX	⊔	⊔	⊔	
	WY	⊔	⊔	⊔	k_2
WZ	W0	⊔	⊔	⊔	
	W1	·	X	+	
W2	W3	⊔	⊔	⊔	k_1
	W4	⊔	⊔	⊔	
XW	XX	ПС	Y	БР	
	XY	Р	А	В	
XZ	X0	Н	Е	Н	
	X1	И	Я	ЦР	
X2	X3	⊔	БР	Р	
	X4	А	Б	ЦР	
YW	YX	0	4	БР	
	YY	И	ЦР	Х	

Адреса ПФ=0		Команда			Комментарии
02	03	·	X	+	
	04	⊔	⊔	⊔	$b^{(2)}$
1W	1X	⊔	⊔	⊔	
	1Y	ПС	4	БР	
1Z	10	И	С	Л	
	11	ЦР	0	⊔	
12	13	БР	С	Т	
	14	ЦР	Y	БР	
2W	2X	П	Е	Н	
	2Y	Е	Й	ЦР	
2Z	20	⊔	БР	Р	
	21	Е	К	Т	
22	23	И	ЦР	Ф	
	24	БР	И	К	

YZ	Y0	⊔	БР	Л	
	Y1	И	Н	И	
Y2	Y3	Й	ЦР	⊔	
	Y4	⊔	⊔	Y	
ZW	ZX	БР	=	ЦР	
	ZY	⊔	⊔	⊔	$m^{(1)}$
ZZ	Z0	⊔	⊔	⊔	
	Z1	·	X	+	
Z2	Z3	⊔	⊔	⊔	$b^{(1)}$
	Z4	⊔	⊔	⊔	
0W	0X	⊔	⊔	Y	
	0Y	БР	=	ЦР	
0Z	00	⊔	⊔	⊔	$m^{(2)}$
	01	⊔	⊔	⊔	

3W	3X	А	ЦР	Ц	
	3Y	БР	И	И	
3Z	30	ЦР	⊔	БР	
	31	Р	А	В	
32	33	Н	ЦР	0	
	34	⊔	БР	С	
4W	4X	ЦР	0	0	
	4Y	БР	Т	В	
4Z	40	Е	Т	С	
	41	Т	В	Е	
42	43	Н	Н	ЦР	
	44	0	⊔	СТ	
КС					

7*

„_____"_____196 г. *Подпись*_____

Зона констант
(для заголовка)

Задача_____ Зона МБ_____

Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии	Адреса ПФ=Z		Команда			Комментарии
WW	WX	0	4	1	k_1	02	03				
	WY	0	0	0			04				
WZ	W0	0	5	9	k_2	1W	1X				
	W1	0	0	0			1Y				
W2	W3	0	7	5	$m^{(1)}$	1Z	10				
	W4	0	0	0			11				
XW	XX	1	3	7	$m^{(2)}$	12	13				
	XY	7	3	0			14				
XZ	X0	0	2	4	$b^{(1)}$	2W	2X				
	X1	9	0	0			2Y				
X2	X3	0	0	0	$b^{(2)}$	2Z	20				
	X4	1	8	9			21				
YW	YX			CT		22	23				
	YY						24				
YZ	Y0					3W	3X				
	Y1						3Y				
Y2	Y3					3Z	30				
	Y4						31				
ZW	ZX					32	33				
	ZY						34				
ZZ	Z0					4W	4X				
	Z1						4Y				
Z2	Z3					4Z	40				
	Z4						41				
0W	0X					42	43				
	0Y						44				
0Z	00					KC					
	01										

„_____“_____196 г. *Подпись*_____

Зона исходных данных и рабочих ячеек

Задача_____ Зона МВ 4W

Адреса ПФ=0		Команда				Комментарии
WW	WX	ПС	⊔	+		q_{k_1}
	WY	4	1	0		
WZ	W0	0	0	0		P_{k_1}
	W1	+	0	0		
W2	W3	ПС	⊔	+		q_{k_2}
	W4	5	9	0		
XW	XX	0	0	0		P_{k_2}
	XY	+	0	0		
XZ	X0	ПС	⊔	+		$q_{m(1)}$
	X1	7	5	0		
X2	X3	0	0	0		$p_{m(1)}$
	X4	+	0	0		
YW	YX	ПС	⊔	+		$q_{m(2)}$
	YY	1	3	7		

Адреса ПФ=0		Команда				Комментарии
02	03	ПС	⊔	+		$q_{e_f^{(1)}}$
	04	9	9	5		
1W	1X	0	0	0		$p_{e_f^{(1)}}$
	1Y	+	0	0		
1Z	10	ПС	⊔	+		$q_{e_f^{(2)}}$
	11	5	0	0		
12	13	0	0	0		$P_{e_f^{(2)}}$ нач. данные
	14	—	0	2		
2W	2X	⊔	⊔	СТ		
	2Y					
2Z	20					
	21					
22	23					
	24					

YZ	Y0	7	3	0		$P_m^{(2)}$
	Y1	+	0	1		
Y2	Y3	ПС	⊔	+		$q_b^{(1)}$
	Y4	2	4	9		
ZW	ZX	0	0	0		$P_b^{(1)}$
	ZY	+	0	0		
ZZ	Z0	ПС	⊔	+		$q_b^{(2)}$
	Z1	1	8	8		
Z2	Z3	6	0	0		$P_b^{(2)}$
	Z4	—	0	2		
0W	0X	ПС	⊔	+		q_{d_p}
	0Y	4	0	0		
0Z	00	0	0	0		P_{d_p}
	01	+	0	0		

3W	3X					
	3Y					
3Z	30					
	31					
32	33					
	34					
4W	4X					
	4Y					
4Z	40					
	41					
42	43					
	44					
КС						

„_____“_____196 г. *Подпись*_____

§ 17. ПЕРФОЛЕНТА

Как было сказано ранее (§ 5), ввод информации (программы и исходных данных) в ЗУ машины «Сетунь» осуществляется с помощью бумажной пятипозиционной перфоленты.

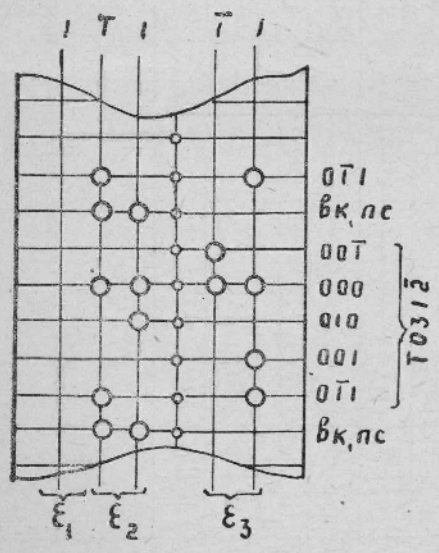


Рис. 19.

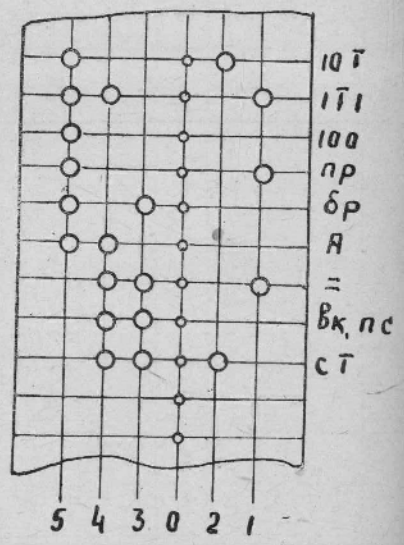


Рис. 20.

В соответствии с рис. 19 и 20 будем различать 5 дорожек — прямых линий, параллельных краям ленты, и строчки, расположенные перпендикулярно дорожкам и проходящие через отверстия дорожки 0 (синхродорожки); последние перфорируются на перфоленте автоматически при нажатии любой из клавиш телетайпа (дополнительно к основной информации).

Носителями основной информации (троичных кодов и символов) являются комбинации пробивок на пересечении строчек и дорожек 1—5; в одной строчке может быть отперфорирован либо трехразрядный троичный код $\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3$, $\varepsilon_i \in \{0, 1, \bar{1}\}$, $i = 1, 2, 3$, либо некоторый символ из определенного набора (таблица 3).

В первом случае разряду ε_1 отводится дорожка 5, разряду ε_2 — дорожки 3, 4 и разряду ε_3 — дорожки 1, 2; наличие пробивки по дорожке 1, 3 или 5 отвечает значению 1 соответствующего разряда троичного кода $\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3$ наличие пробивки по дорожке 2 или 4 — значению $\bar{1}$ соответствующего разряда кода; отсутствие пробивок по дорожкам 1 и 2, или 3 и 4, или по дорожке 5 — значению 0 соответствующего разряда кода (см. на рис. 19 комбинацию пробивок, соответствующую троичному коду $0\bar{1}1$ и на рис. 20 — кодам $10\bar{1}$ и $1\bar{1}\bar{1}$).

Исключение составляет троичный код 000, которому на перфоленте соответствует совокупность пробивок по дорожкам 1, 2, 3 и 4.

Перфорирование команд. Команда, как говорилось в § 5, на бланке записывается в виде пятиразрядного девятиричного кода (например: 10312). Чтобы отперфорировать команду на перфоленте, необходимо на телетайпе произвести нажатие соответствующих клавиш в порядке расположения цифр в перфорируемой команде; при этом каждая из девятиричных цифр автоматически преобразуется в трехразрядный троичный код и перфорируется в отдельной строчке (в примере: $\bar{1}$ преобразуется в 001, 0 — в 000, 3 — в 010, 1 — в 001, 2 — в $0\bar{1}1$). Команда от команды отделяется любым символом, не воспринимаемым при вводе в виде команд, например, символом вк, пс, которому на ленте соответствует совокупность пробивок по 3 и 4 дорожкам (см. таблицу 3).

Перфорирование десятичных цифр. Каждая десятичная цифра перфорируется при нажатии соответствующей клавиши, при этом цифра автоматически преобразуется в трехразрядный троичный код, равный ей по величине. Например, 8 преобразуется в код $10\bar{1}$ ($(8)_{10} = (10\bar{1})_3$), 7 — в $1\bar{1}\bar{1}$, 9 — в 100 (соответствующие комбинации пробивок см. на рис. 20).

Перфорирование символов (из таблицы 3). Каждому символу на перфоленте соответствует своя комбинация пробивок. Общее правило состоит в следующем: в таблице 3 каждому символу сопоставляется некоторая комбинация единиц и нулей (графа 6), единице этой комбинации на перфоленте отвечает пробивка, а нулю — отсутствие пробивки по соответствующей дорожке (см. рис. 20).

Замечание 1. Последнее правило применимо и к предыдущим случаям, однако сформулированные ранее положения весьма полезны на практике.

Замечание 2. Команды (и другие троичные коды) и десятичные числа (и символы) необходимо перфорировать в разных зонах.

§ 18. ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ

На вертикальную панель пульта управления (рис. 21) выводится содержимое регистров S, R, K (PK), F и C и триггеров φ_1, φ_2 и ω (см. § 2, замечание 1). Кроме того на вертикальной панели имеется четыре ряда неоновых лампочек (по две — в каждом ряду), осуществляющих индикацию номера зоны МБ, к которой производилось обращение в последний раз.

На наклонной панели расположены кнопки и ключи, с помощью которых осуществляется управление машиной.

При выключенном ключе «однотактный режим» машина выполняет программу в автоматическом режиме, при включенном (положение «влево») — очередная команда программы, т. е. команда, выбранная на регистр K (PK), исполняется только при нажатии кнопки «пуск».

В верхней части наклонной панели расположены 9 трехпозиционных ключей набора команды, 18 трехпозиционных ключей набора кода и двухпозиционный ключ включения набора кода. Положение ключей набора «от себя» соответствует 1, «к себе» — $\bar{1}$ и нейтральное положение — нулю. Набранная на ключах набора команды нужная команда заносится в регистр K (PK) при нажатии кнопки «команда с пульта управления» (ком. ПУ), при этом ключ «однотактный режим» должен быть включен. Для исполнения команды, занесенной в PK, нужно нажать кнопку «пуск»; после исполнения этой команды (если это не одна из команд передачи управления) на PK выбирается команда, находившаяся там ранее, так как в регистре C сохраняется ее адрес;

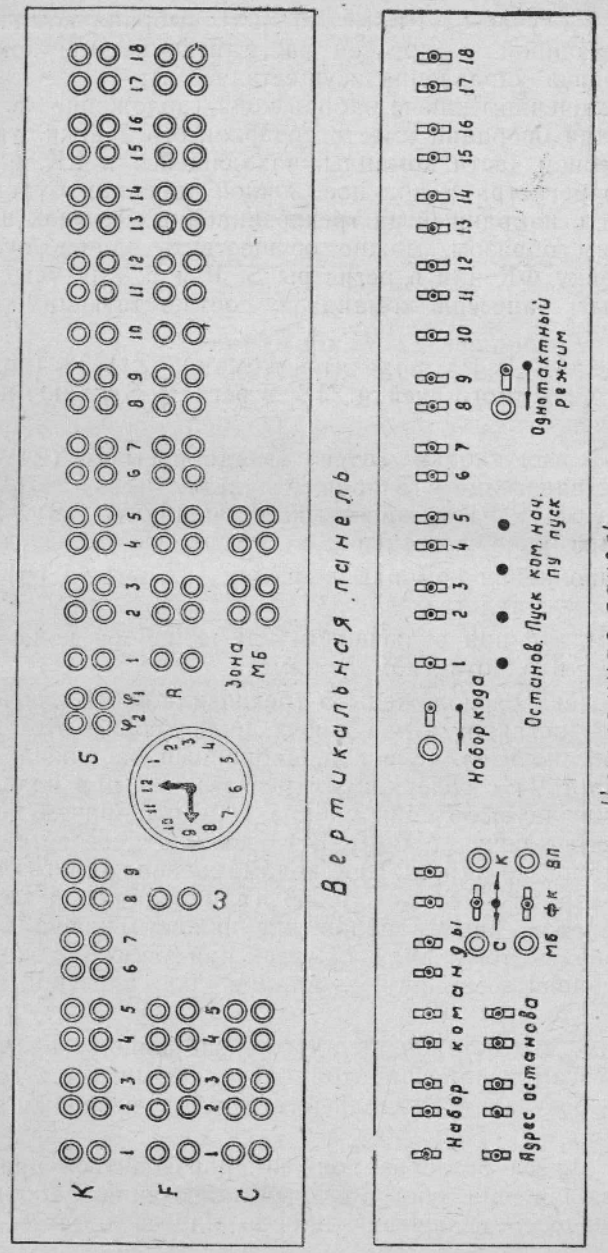


Рис. 21.

в противном случае на РК может быть выбрана команда из ячейки, указанной в адресной части исполняемой команды (если передача управления осуществляется).

При включенном ключе набора кода (положение «влево») в выполнении операции вместо содержимого ячейки, указанной в адресной части команды, находящейся в РК, или содержимого регистра S при посылочной операции будет участвовать код, набранный на трехпозиционных ключах набора кода. Таким образом, можно осуществить запись нужного кода в ячейку ФК или в регистры S, R и F, для чего в РК должна быть занесена команда с соответствующим кодом операции.

Пример 1. В РК находится команда Z1W30 (команда посылки содержимого ячейки Z1W в регистр S), ключ набора кода включен.

При нажатии кнопки «пуск» вместо посылки (Z1W) → S происходит занесение в S кода с пульта.

Пример 2. В РК находится команда 12ZY3 ((S) → 12Z), ключ набора кода включен.

При выполнении команды в ячейку 12Z вместо (S) записывается код с пульта.

Заметим, что при включенном ключе набора кода машина работает в однотактном режиме.

Внизу слева расположены 5 трехпозиционных ключей набора адреса останова и два ключа, включающие этот набор. Машина остановится, если код, набранный на ключах набора, совпадает: 1) с содержимым регистра С (при положении верхнего ключа включения набора «влево», причем положение нижнего ключа МБ-ФК-ВП должно соответствовать ФК) — останов по адресу; 2) с кодом, расположенным в пяти старших разрядах РК, т. е. в РА (при положении верхнего ключа «вправо», причем положение нижнего ключа должно соответствовать тому виду памяти, при работе с которым нужно остановить машину) — останов по адресной части команды.

Отметим, что останов по адресу, набранному на ключах набора, невозможен, если этот адрес формируется в регистре С в результате выполнения команд передачи управления.

Набор адреса останова должен производиться при нейтральном положении обоих ключей включения набора. Последовательность включения набора адреса останова: сначала нижний ключ ставится в нужное положение, затем — верхний. При выключении — наоборот.

С помощью кнопки «начальный пуск» осуществляется ввод информации с первой зоны перфоленты в $Ф_0$ (§ 5).

Кнопка «останов» позволяет прервать в любой момент выполнение программы машиной.

§ 19. ОТЛАДКА ПРОГРАММЫ

Как показывает опыт, почти всякая вновь составленная программа содержит ошибки. Ее нужно проверить на машине (отладить).

Чтобы свести к минимуму расход машинного времени при отладке, необходимо предварительно тщательно продумать план отладки.

Общие рекомендации заключаются в следующем: параллельно с основной задачей, которую требуется решить, по составленной программе на машине решается контрольная задача с иными входными данными, для которой известны промежуточные (в некоторых точках — контрольных) и окончательные результаты (задача уже просчитана каким-нибудь иным способом); в этих контрольных точках предусматриваются остановы (по адресу С или по адресной части команды) и сравниваются имеющиеся значения и значения, полученные в результате машинного счета по составленной программе; совпадение их в большой степени гарантирует отсутствие ошибок в выполненной части программы (и одновременно правильность работы машины).

Отладка — довольно сложный процесс и здесь большую роль играет опытность программиста.

Для многих машин разработаны специальные программы отладки программ, позволяющие автоматизировать эту трудоемкую заключительную часть работы над программой.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Жоголев Е. А. Система команд и интерпретирующая система для машины «Сетунь». Журнал выч. матем. и матем. физики, т. 1, № 3, 1961.

[2] Жоголев Е. А. Математическое обслуживание для машины «Сетунь». Отчет ВЦ МГУ, 1961.

[3] Дополнение к математическому обслуживанию машины «Сетунь». Отчет ВЦ МГУ, 1963

[4] Жоголев Е. А., Есакова Л. В. Интерпретирующая система ИП-3. Серия: математическое обслуживание машины «Сетунь», вып. 4, Изд-во МГУ, 1964.

[5] Фурман Г. А. Интерпретирующая система для действия с комплексными числами (ИП-4). Серия: матем. обслуживание машины «Сетунь», вып. 2. Изд-во МГУ, 1964.

[6] Жоголев Е. А. Особенности программирования и математическое обслуживание для машины «Сетунь». Серия матем. обслуж. машины «Сетунь», вып. 1. Изд-во МГУ, 1964.

[7] Ковач Е. Н., Ковалев Б. И., Науменко Е. И. Система интерпретации ИП-Н для ЦВМ «Сетунь». Отчет Сибирского научно-исследовательского института энергетики. Новосибирск, 1964.

[8] Брусенцов Н. П., Жоголев Е. А., Веригин В. В., Маслов С. П., Гишулина А. М. Малая автоматическая цифровая машина «Сетунь». Вестник Московского Университета, Серия математики, механики, № 4, 1962.

[9] Жоголев Е. А. Масштабирование. Энциклопедия современной техники, серия «Автоматизация производства и промышленная электроника», т. 2, Москва, 1963.

[10] Мак-Кракен Д. Д. Программирование для цифровых вычислительных машин. ИЛ., Москва, 1960.

[11] Методические указания по работе на универсальной цифровой машине «Урал-1». Под редакцией А. Н. Балуева. Изд-во Ленинградского государственного университета, 1961.

[12] Жоголев Е. А. Вычисление элементарных функций на машине «Сетунь». Сб. «Вычислительные методы и программирование III». Издательство Московского государственного университета, 1964.

[13] Батунер Л. М. Методы расчета кратности массообмена в ректификационных аппаратах. Труды ЛХФИ, вып. 4, процессы и аппараты химической технологии. Госхимиздат, 1958.

Зр-106941

ОЭ 1965 г.
Акт № 3071

Подп. к печ. 4/XI 1965 г. Зак. 402. Тир. 1000. Бесплатно.

Типография № 3 УПЛ, ф. 2. Ленинград, Московский пр., 26.