

## ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ЦВМ «МИНСК-1»

В. А. МАЛЬЦЕВ, В. Д. ДЕЛЬ

(Представлена научным семинаром вычислительной лаборатории)

Электронная цифровая машина «Минск-1» является машиной с фиксированной запятой. Это создает существенные затруднения при программировании и зачастую вызывает необходимость программного введения плавающей запятой. Эффективным средством автоматизации программирования в режиме плавающей запятой являются интерпретирующие системы, предназначенные для реализации алгоритмов, записанных на языке псевдокоманд.

Рассматриваемая интерпретирующая система (ИС) позволяет моделировать на ЦВМ «Минск-1» действия в режиме плавающей запятой с числами, записанными в одну ячейку. При записи числа знаковый и 22 первых разряда отводятся под мантиссу, 8 последних разрядов — под величину порядка и егс знак. Результаты действий перед записью округляются; ошибка округления мантиссы не превышает  $1,2 \cdot 10^{-7}$ . Смесь двоичных разрядов, отведенных под величину порядка, позволяют записывать числа с десятичными порядками до  $\pm 38$ .

При перфорации десятичных чисел пять первых десятичных разрядов занимает мантисса, шестой и седьмой — порядок. При строгательном порядке перфорируется его модуль, увеличенный на 20. Это позволяет вводить числа с порядками до  $\pm 19$ . На печать число выдается в одну строку; порядок печатаемого числа не ограничен.

### ИНТЕРПРЕТИРОВАНИЕ ПСЕВДОКОМАНД

Включение ИС осуществляется двумя командами:

К 10 К 0217  
К+1 24 0140 0140

После этого псевдокоманда, содержащаяся в ячейке К+2, засылается в рабочую ячейку и интерпретируется.

Введем следующие сокращения:

$4A_k$  — к адресу  $A_k$  прибавлено 4000,  $k=1,2$ ;  
 $2A_k$  — к адресу  $A_k$  прибавлено 2000;  
К4 — в псевдокоде вторая цифра больше трех;  
КОП — коды операций в псевдокомандах.

По определенным признакам псевдокоманды разделяются на коды и псевдокоды, последние, в свою очередь, — на арифметические и логические. Носителями этих признаков являются 7, 8 и 19, 20 разряды ячейки, не используемые в командах машины, а также 0, 1 и 4 разряды.

Псевдокоманда до исполнения может быть автоматически переадресована. При наличии признаков  $2A_k$  в рабочей ячейке формируются исполнительные адреса

$$A_k = A_k + C,$$

где  $C$  — накопленная константа переадресации.

При наличии признака  $4A_1$  псевдокоманда выполняется как машинный код, при этом роль сумматора играет ячейка 0023.

По признаку  $K_4$  отделяются логические псевдокоды от арифметических.

### Арифметические псевдокоды

В псевдокодах арифметических действий используются машинные коды операций: 00, 01, 02, 03. Введены псевдокоды 10—13 для вычисления функций. При небольших изменениях в ИС для вычисления функций могут быть использованы также псевдокоды 20—23 и 30—33.

Для функции назначается один из указанных КОП; начало стандартной подпрограммы (СП) вычисления функции указывается в ячейке с номером  $0240 + \text{КОП}$ :

24 СП 0000.

СП должна брать аргумент из ячеек 0020, 0021 (для двухместной функции — из 0020—0023) и давать нормализованный результат в ячейках 0022, 0023. Некоторые СП библиотеки стандартных подпрограмм должны быть соответствующим образом скорректированы. Выход из СП — в ячейку 0100 или, если необходимо восстановить (0067), в ячейку 0077. При исполнении арифметических псевдокоманд ячейки 0022, 0023 играют роль псевдосумматора.

Интерпретирование арифметических псевдокодов осуществляется в следующем порядке.

1. Если  $A_1 \neq 0$ , то число из ячейки  $A_1$  передается в ячейки 0020, 0021; если  $A_1 = 0$ , то в ячейки 0020, 0021 передается содержимое псевдосумматора (0022, 0023).

2. При отсутствии признака  $4A_2$  число из  $A_2$  передается в ячейки 0022, 0023; по признаку  $4A_2$  сохраняется содержимое псевдосумматора.

3. Происходит обращение к СП соответствующего арифметического действия или вычисления функции.

4. По знаку «плюс» перед псевдокодом результат записывается в ячейку  $A_2$ .

После этого вызывается и интерпретируется следующая псевдокоманда.

### Логические псевдокоды

Автоматизация программирования логической части алгоритма более сложна. Для выполнения в ИС определенных логических действий: условной и безусловной передачи управления, организации сложных циклов, обращения с обратной связью к отдельным блокам и т. д. — составлены

логические подпрограммы, обращение к которым организуется при интерпретировании соответствующих псевдокодов.

Введены следующие логические псевдокоды:

05 000  $A_2$  — запись содержимого псевдосумматора в одну ячейку  $A_2$ .

15  $n$   $A_2$  — перевод  $2 \rightarrow 10$  и печать  $n$  чисел, начиная с  $A_2$ .

16  $n$   $A_2$  — перевод  $10 \rightarrow 2$   $n$  чисел.

24  $A_1$  0000 — безусловная передача управления.

34 и 54 — передача управления, как и в кодах машины, по содержимому псевдосумматора (ячейка 0023).

По признаку  $4A_1$  передача управления осуществляется с отключением ИС. При возврате в ячейку 0137 ИС включается и исполняется следующий псевдокод.

При операторном программировании для обращения с обратной связью к отдельным блокам могут быть использованы псевдокоманды:

24,  $A_1A_2$  — для блока из псевдокоманд; осуществляется передача управления на  $A_1$  с предварительной засылкой в ячейку  $A_2$  команды обратной связи.

44  $A_1A_2$  — для блока команд; управление передается на  $A_1$  с отключением ИС. При передаче управления в ячейку 0112 ИС включается, начиная с  $A_2$ .

Для организации сложных циклов по счетчику введены два логических псевдокода.

1. 64 0000  $H$  — команда входа в цикл, по которой шаг переадресации и количество шагов внешнего цикла запоминаются, назначается новый шаг переадресации  $H$  и очищается рабочий счетчик — ячейка 0203. В прилагаемом тексте ИС предусмотрена сквозная переадресация, при которой в счетчике 0204 накапливается суммарная константа переадресации по всем внешним циклам. Чтобы переадресация происходила лишь по одному циклу, достаточно внести следующие изменения:

0264	15	0000	0203
0275	16	0267	0206
0276	24	0277	0203
0300	24	0302	0205
0302	—23	0203	0204

2. 74  $A_1 n$  — команда выхода из цикла, по которой организуется  $n$  —  $i$  раз обращение к  $A_1$  (циклический участок программы работает  $n$  раз), затем шаг переадресации и число шагов внешнего цикла восстанавливаются. При шагах переадресации до 777 ИС допускает до 4 вложенных друг в друга циклов. При меньших шагах число циклов может быть соответственно увеличено.

При исполнении логических псевдокоманд содержимое псевдосумматора сохраняется.

### Пример организации цикла

Вычислить полином степени  $n$  для  $m$  аргументов по схеме Горнера:

$$P_n(x) = \sum_{k=1}^n a_k x^k = a_0 + x(a_1 + \dots + x(a_{n-1} + x \cdot a_n) \dots).$$

Расположим массив коэффициентов, начиная со старшего, с ячейки 1200, массив аргументов — с ячейки 1100, программу — с ячейки 0600. В качестве рабочих используем ячейки 0030, 0031.

0600 10 0600 0217  
 1 24 0140 0140 включение ИС  
 2 64 0000 0001  $H=0001$   
 3 05 7100 0030 засылка аргумента  
 4 64 0000 0001  $H=0001$   
 5 05 5200 0031 засылка  $a$   
 6—03 0030 0031  
 7 00 3201 4031  
 0610 74 0606  $n$   
 11 60 4000 0000 интервал  
 12 15 0002 0030 печать  $x$  и  $P_n(x)$   
 13 74 0603  $m$   
 14 37 4000 0000 останов

### Отладка программы

Для отладки программы, состоящей из псевдокоманд, можно эффективно использовать ИС, которая позволяет после некоторых изменений в ней выдать на печать определенную логическую или арифметическую информацию. Например, линейные участки программы можно проследить, выдавая на печать все адреса, на которые передается управление:

0113) 46 0005 0134.

Можно выдать на печать все переадресованные псевдокоманды:

0222) 40 0155 0110.

Для арифметической отладки предусмотрена возможность выдачи на печать некоторых промежуточных результатов. За отладочный признак, по аналогии с кодами машины, выбрана единица в 1-м разряде.

При отладке включается специальная логическая подпрограмма:

0135) 16 0002 0110,

которая выдает на печать содержимое псевдосумматора после исполнения арифметических псевдокодов, содержащих отладочный признак 4К (43 вместо 03, — 51 вместо 11 и т. п.). СП перевода  $2 \rightarrow 10$  сохраняет содержимое псевдосумматора.

После отключения подпрограммы:

0135) 24 0137 0000

отладочный признак работе программы не мешает. Таким образом, выдачу контрольных точек, отладочных и некоторых других результатов, как и основных, можно предусмотреть при написании программы.

Можно выдать на печать все промежуточные результаты:

0135) 16 0001 0110,

или печатать результаты, записываемые по А :

0135) 16 0003 0110

0136) 34 0255 0137.

На время отладки длительные циклы можно ограничить:

0273) 31 0015 0000, т. е.  $n=2$ .

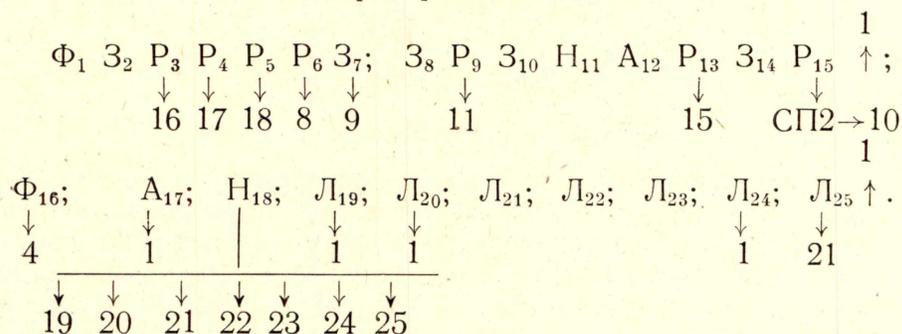
Для работы за пультом полезно иметь схему остановов внутри ИС. Например, останов по адресу 0140 или 0141 позволяет читать адрес и содержание очередной псевдокоманды, по адресу 0143 — содержание псевдокоманды после переадресации, останов по адресу 0117 позволяет следить, куда записывается результат. Аналогично можно проследить все передачи управления — останов 0115, фиксировать любой логический

(остановы 0230—0237) или арифметический псевдокод (0240—0243, 0250—0253).

При достаточном знакомстве с системой программирования и некотором опыте отладка программы осуществляется весьма эффективно.

Рассматриваемая ИС разработана и применяется в вычислительной лаборатории ТПИ. Привычный вид псевдокодов, большое число автоматизированных логических операций и широкий диапазон чисел делают ее простой и удобной в работе и позволяют достаточно эффективно применять для решения широкого круга задач.

### Операторная схема ИС



- $\Phi_1$  (0137) — переадресация  $Z_2$ .  
 $Z_2$  (0140) — засылка очередной псевдокоманды в рабочую ячейку.  
 $P_3$  (0141, 0142) — проверка на признак  $2A_K$ .  
 $P_4$  (0143, 0144) — проверка на признак  $4A_1$ .  
 $P_5$  (0145, 0146) — проверка на признак  $K_4$ .  
 $P_6$  (0147, 0150) — проверка  $A_1 \neq 0$ .  
 $Z_7$  (0151, 0153) — засылка (0022, 0023) → 0020, 0021.  
 $Z_8$  (0154—0163) — засылка ( $A_1$ ) → 0020, 0021.  
 $P_9$  (0164, 0165) — проверка на признак  $4A_2$ .  
 $Z_{10}$  (0166—0177) — засылка ( $A_2$ ) → 0022, 0023.  
 $H_{11}$  (0200—0202, 0240—0243, 0250—0253) — расшифровка арифметических псевдокодов и обращение к СП.  
 $A_{12}$  (СП) — выполнение арифметических действий и вычисление функций.  
 $P_{13}$  (0100, 0101) — проверка  $PK < 0$ .  
 $Z_{14}$  (0116—0134) — запись (0022, 0023) →  $A_2$ .  
 $P_{15}$  (0135, 0136) — проверка на отладочный признак  $4K$ .  
 $\Phi_{16}$  (0220—0223) — переадресация псевдокоманды.  
 $A_{17}$  (0110, 0111) — исполнение кодов.  
 $H_{18}$  (0244—0247, 0230—0237) — расшифровка логических ПК и обращение к логическим подпрограммам.  
 $L_{19}$  (0100, 0101, 0116—0134) — исполнение 05.  
 $L_{20}$  (0210—0215) — исполнение 15 и 16.  
 $L_{21}$  (0224—0227) — исполнение 24.  
 $L_{22}$  (0105—0111) — исполнение 34 и 54.  
 $L_{23}$  (0103—0104) — исполнение 44.  
 $L_{24}$  (0260—0266) — исполнение 64.  
 $L_{25}$  (0270—0305) — исполнение 74.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Библиотека стандартных подпрограмм для ЦВМ «Минск-1», часть 2. Минск, 1961.
2. Г. М. Генделев и др. Программирование для цифровой вычислительной машины «Минск-1». ГОСИНТИ, М., 1963.

ПРИЛОЖЕНИЕ

0001	77	7777	7777	4	24	0110	0110
2	40	0000	0000	5	16	0257	0134
3	-00	0000	0000	6	-26	0313	0110
4	20	0000	0000	7	05	0023	0000
5	00	7777	0000	0110	00	0000	0000
6	00	0000	7777	1	24	0137	0023
7	-00	0000	0001	2	-07	0141	0134
0010	06	3146	3146	3	16	0005	0134
1	00	0001	0000	4	-36	0311	0000
2	00	0000	0001	5	24	0140	0140
3	00	0001	0001	6	-26	0254	0134
4	00	0002	0000	7	16	0317	0023
5	00	0000	0002	0120	-31	0317	0011
6	00	0002	0002	1	54	0124	0124
7	14	0001	7761	2	00	0012	0022
0020	-00	0000	0027	3	-07	0007	0023
1	01	0011	0020	4	16	0320	0023
2	-31	0026	0000	5	30	0023	0011
3	54	0020	0000	6	26	0317	0155
4	47	0027	0000	7	-17	0260	0022
5	24	пуск	0000	0130	54	0000	0000
6	-00	2000	0027	1	05	0022	0000
7	00	0000	0000	2	34	0134	0133
0030	40	0000	0000	3	-76	0320	0030
1	00	0012	0030	4	00	0000	0000
2	24	0030	0000	5	24	0137	0000
3	00	0000	0000	6	54	0255	0000
4	00	0000	0000	7	00	0011	0140
5	00	0000	0000	0140	00	0000	0000
6	00	0000	0000	1	36	0306	0014
7	00	0000	0000	2	54	0220	0220
0040	-01	0003	0021	3	16	0307	0110
1	16	0023	0021	4	54	0107	0000
2	54	0046	0046	5	16	0310	0110
3	05	0023	0000	6	54	0244	0000
4	54	0067	0067	7	16	0005	0110
5	24	0050	0022	0150	54	0154	0000
6	01	0022	0020	1	05	0022	0020
7	34	0050	0055	2	05	0023	0021
0050	00	0020	0022	3	24	0164	0000
1	05	0021	0155	4	-26	0312	0155
2	05	0023	0021	5	00	0000	0000
3	05	0155	0023	6	26	0317	0021
4	-11	0003	0020	7	-21	0134	0020
5	21	0012	0020	0160	36	0320	0000
6	-37	0056	0005	1	54	0163	0000
7	54	0000	0067	2	24	0164	0000
0060	-07	0020	0021	3	-01	0320	0020
1	-17	0007	0023	4	16	0321	0110
2	20	0021	0023	5	54	0200	0000
3	05	0022	0000	6	16	0006	0110
4	20	0012	0020	7	-37	0141	0000
5	15	0023	0032	0170	-26	0312	0171
6	00	0020	0022	1	00	0000	0000
7	24	0100	0000	2	26	0317	0023
0070	00	0022	0020	3	-21	0134	0022
1	13	0021	0023	4	36	0320	0000
2	24	0065	0023	5	54	0177	0000
3	-17	0007	0023	6	24	0200	0000
4	22	0021	0023	7	-01	0320	0022
5	11	0020	0022	0200	-17	0133	0110
6	24	0064	0000	1	-26	0314	0202
7	05	0230	0067	2	00	0000	0000
0100	16	0102	0110	3	00	0000	0000
1	34	0116	0135	4	00	0000	0000
2	-00	0000	1777	5	00	0000	0000
3	-16	0057	0110	6	00	0000	0000

7	00	0000	0000	2	05	0000	0134
0210	01	0006	0110	3	00	0113	0112
1	36	0005	0000	4	-34	0230	0240
2	54	0166	0000	5	24	0113	0000
3	00	0006	0110	6	17	0000	7670
4	-11	0216	0137	7	-77	7777	7400
5	24	0137	0137	0320	-00	0000	0200
6	24	0201	0140	1	00	0000	4000
7	-02	7776	0107	2	15	0000	0020
0220	-37	0220	0012	3	05	0023	0025
1	-23	0204	0155	4	54	0331	0331
2	10	0155	0110	5	-01	0403	0020
3	24	0143	0110	6	-01	0406	0021
4	16	0006	0110	7	-46	0020	0021
5	-26	0315	0227	0330	24	0137	0000
6	10	0316	0140	1	05	0022	0155
7	00	0000	0000	2	54	0341	0333
0230	24	0100	0000	3	13	0405	0025
1	24	0213	0000	4	25	0000	0024
2	24	0224	0000	5	00	0404	0020
3	24	0105	0000	6	10	0024	0155
4	24	0103	0000	7	31	0404	0000
5	24	0105	0000	0340	24	0332	0155
6	24	0260	0000	1	13	0401	0025
7	24	0270	0000	2	25	0000	0024
0240	24	0041	0000	3	01	0404	0020
1	24	0040	0000	4	10	0024	0155
2	24	0073	0000	5	21	0410	0155
3	24	0070	0000	6	54	0341	0347
4	05	0110	0134	7	-07	0155	0025
5	-37	0245	0017	0350	36	0317	0000
6	21	0314	0247	1	-31	0317	0000
7	00	0000	0000	2	54	0355	0355
0250	24	СП	0000	3	01	0404	0020
1	24	СП	0000	4	03	0010	0025
2	24	СП	0000	5	16	0402	0025
3	24	СП	0000	6	20	0025	0025
4	-26	0155	0000	7	05	0257	0024
5	24	0322	0000	0360	03	0405	0025
6	24	0411	0000	1	26	0024	0155
7	-74	0000	0000	2	-26	0021	0021
0260	-17	0125	0207	3	-07	0404	0024
1	-26	0205	0207	4	-01	0155	0025
2	-17	0125	0206	5	30	0102	0000
3	-26	0203	0206	6	54	0360	0367
4	05	0000	0203	7	12	0405	0020
5	16	0267	0110	0370	26	0400	0155
6	24	0137	0205	1	54	0374	0373
7	00	0000	0777	2	34	0326	0325
0270	00	0012	0203	3	-01	0407	0021
1	00	0205	0204	4	13	0405	0155
2	16	0006	0110	5	31	0020	0000
3	-31	0203	0000	6	-76	0155	0000
4	54	0113	0000	7	24	0327	0020
5	-03	0203	0205	0400	-77	7777	7700
6	01	0205	0204	1	63	1463	1463
7	16	0267	0207	2	-00	0001	7777
0300	24	0301	0205	3	-00	0000	0100
1	16	0267	0206	4	-00	0000	0004
2	24	0303	0203	5	50	0000	0000
3	-07	0120	0207	6	00	0000	1200
4	-07	0120	0206	7	00	0000	0400
5	24	0137	0000	0410	00	0000	0003
6	-00	2000	2000	1	05	0001	0024
7	00	4000	0000	2	15	0000	0020
0310	-04	0000	0000	3	05	0001	0025
1	05	0000	0110	4	05	0022	0000

5	54	0427	0433	7	03	0405	0024
6	03	0010	0021	0430	01	0404	0020
7	16	0437	0023	1	10	0404	0022
0420	22	0440	0000	2	24	0415	0022
1	20	0021	0021	3	03	0401	0024
2	-07	0404	0023	4	01	0410	0020
3	-07	0262	0025	5	11	0404	0022
4	54	0416	0000	6	24	0415	0022
5	13	0024	0021	7	-00	0003	6000
6	24	0065	0023	0440	00	0002	4000