

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА (УИС)

Н. С. ГОЛОСОВ, О. К. ГОРДЕЕВ

(Представлена научным семинаром вычислительной лаборатории ТПИ)

Несмотря на сравнительно небольшую оперативную память (1777 ячеек), ЭВМ «Минск-1» благодаря устойчивой работе может решать довольно сложные инженерные задачи. По мере усложнения решаемых задач программист вынужден отказаться от программирования методом фиксированной запятой и перейти на программирование методом плавающей запятой. Однако это приводит к сильному увеличению объема оперативной памяти, занятого программой по отношению к количеству выполняемых операций, так как увеличивается количество служебных действий: посылок, обращений и др. Это обстоятельство приводит к необходимости расширения кодов машины до псевдокодов, т. е. действий, которые машина не может правильно выполнить без специальной программы, интерпретирующей псевдокоды в кодах машины. Это позволяет при некотором увеличении машинного времени значительно сократить объем программы в памяти и расширить класс задач, решаемых на ЭВМ «Минск-1».

В печати было опубликовано несколько интерпретирующих систем [1, 2, 3], однако, несмотря на несомненный интерес, они обладают, на наш взгляд, рядом существенных недостатков. Во-первых, набор ПК явно ограничен и не решает полностью вопрос автоматизации программирования методом плавающей запятой. Во-вторых, например, ИС, предложенную в [1], включив в интерпретацию, нельзя программно отключить в том месте, где интерпретация совершенно бессмысленна (например, в некоторых СП), что приводит к неоправданной потере машинного времени. И, наконец, в-третьих: организация интерпретации ПК занимает больше команд, чем это нужно. Кроме того, наличие в подпрограмме сложения двух операций умножения приводит к увеличению времени ее работы примерно на одну треть, а в делении в два раза. При создании новой интерпретирующей системы были учтены и, по возможности, устранены эти недостатки.

Арифметические псевдокоманды, организация работы стандартных подпрограмм

Универсальная интерпретирующая система интерпретирует только набор псевдокодов, поэтому все коды машины, находящиеся среди ПК, исполняются так, как они исполняются в машине, и, кроме того, результат действия находится в ячейке 0023. Признаком ПК является

индекс 2000, стоящий в любом адресе, если на этот псевдокод нет дополнительных оговорок.

Числа, с которыми работает УИС, представлены в двух следующих друг за другом ячейках A и $A + 1$, порядок и мантисса. УИС интерпретирует следующие арифметические действия:

$$\begin{aligned} \pm 10 & 2000 + A_1 \quad A_2 \quad A_2 + A_1, \\ \pm 11 & 2000 + A_1 \quad A_2 \quad A_2 - A_1, \\ \pm 12 & 2000 + A_1 \quad A_2 \quad A_2 : A_1, \\ \pm 13 & 2000 + A_1 \quad A_2 \quad A_2 \times A_1. \end{aligned}$$

По этим псевдокомандам происходит следующее. Содержимое A_1 , $A_1 + 1$ посылается в 0020, 0021; A_2 , $A_2 + 1$ посылается в 0022, 0023, производится предписанное действие, результат действия получается в рабочих ячейках 0022, 0023, кроме того, результат посылается в ячейку A_2 и $A_2 + 1$. Так как результат действия получается всегда в ячейках 0022, 0023, назовем их псевдосумматором (ПС). Арифметические операции можно производить в виде модификаций действий с ПС. По индексу 4000 в A_1 действие произойдет не с содержимым A_2 , а с содержимым ПС, и результат посылается в ячейку A_2 . По индексу 4000 в A_2 результат действия остается на ПС. Возможны также индексы одновременно в обоих адресах.

Стандартные подпрограммы (СП) без интерпретации работают с автоматическим отключением и включением УИС. Это достигается составлением таблицы характеристик (ТХ) и выходом после окончания работы СП на определенную ячейку (0102) УИС. ТХ составляется следующим образом: ячейкам, начиная с 0325, присвоены номера ПК 16, 17 и т. д. до 77. Если в ячейку, например, 327, поставить команду безусловной передачи управления на начало СП, то тем самым мы вводим арифметический ПК $20 \ 2000 + A_1 A_2$. По этому ПК, встреченному в основной программе, произведутся все действия с адресами, предписанные для адресов арифметических ПК, а арифметическое действие заменится действием указанного СП. Составление строк ТХ может легко осуществлять несколько измененная РП-1 [1].

Псевдокоды 14, 15 означают перевод чисел соответственно из десятичной системы счисления в двоичную и из двоичной в десятичную с печатью по СП [3]. В УИС отведено место, на котором в начале работы размещается СП $10 = 2$. При работе программы в случае отсутствия в наличии нужной (14 или 15) СП она считывается из МЗУ с указанной зоны (см. приложение 1). Обращение к СП или операторам, составленным в принятых ПК, может осуществляться также с помощью логического ПК $\pm 03 \ 2000 + A_1 A_2$ (см. ниже).

Логические псевдокоманды и организация циклических программ с переадресацией

Логические псевдокоманды исполняют ряд стандартных действий, которые часто встречаются в программах и введены для удобства программирования, сокращения объема памяти под основную программу и ускорения ее работы. Интерпретируются семь логических псевдокоманд и ПК пересылки числа.

$\pm 01 \ 2000 + A_1 A_2$ — отключение УИС с подготовкой включения. По этому ПК УИС заканчивает работу, настраивается на включение с ячейки A_2 и передает управление в ячейку A_1 . Если после работы кодов последует передача управления в ячейку 0112 (начало работы УИС), УИС начнет выполнять команду из ячейки A_2 .

$\pm 02\ 2000 + A_1A_2$. Условный переход по содержимому псевдосумматора. Если знак числа $ПС$ положительный, переход к выполнению команды в ячейке A_1 ; отрицательный — в A_2 , число равно нулю — выполнять следующую за этой командой.

$\pm 04\ 2000 + A_1A_2$: аналогичный условный переход, но только по знаку $ПС$. Исполнение $УИС$ этих двух $ПК$ отличается от исполнения кодов $54\ A_1A_2$, $34\ A_1A_2$ по знаку тем, что исполнение $ПК$ не ведет к отключению $УИС$, хотя оба типа переходов по $ПС$.

$\pm 03\ 2000 + A_1A_2$ — безусловный переход к выполнению команды в A_1 с засылкой $ПК$ возврата в ячейку A_2 . $УИС$ перед началом исполнения команды в ячейке A_1 засылает в ячейку A_2 псевдокод $\pm 03\ A_1 + 1$, 2000 , где A — адрес выполняемой команды. Эта команда используется при обращении к операторам, составленным в $ПК$ из разных мест программы.

Следующие три логические псевдокоманды служат для организации циклических программ. В $УИС$ отведены две рабочие ячейки, одна из которых хранит шаг цикла (назовем ее $Ш$), другая — счетчик цикла (назовем ее $С$).

$\pm 00\ 2000 + A_1A_2$ — $ПК$ занесения шага цикла, равного A_1 , и счетчика цикла, равного A_2 .

$\pm 05\ 2000 + A_1A_2$ — $ПК$ свертывания предыдущего шага и счетчика цикла в $ПК\ \pm 00\ 2000 + Ш, С$, посылка его в ячейку A_2 , занесение нового шага, равного A_1 , и счетчика, равного нулю.

$\pm 06\ 2000 + A_1A_2$ — $ПК$ условного перехода по счетчику циклов осуществляет добавление шага к счетчику и переход к выполнению команды в ячейке A_1 , если $C \leq A_2$, или к следующей за данной, если $C > A_2$.

С помощью этих псевдокодов легко организовать любые сложные циклические программы. Очевидно, для того, чтобы участок программы проработал n -раз, необходимо у $ПК\ 06$ сделать $A_2 = (n-1) Ш$ (схема организации простого цикла и цикла в цикле приведена в приложении 2).

Из схемы организации циклических программ видно, что каждый участок циклической программы выполняется с определенным значением $Ш$ и $С$. Это обстоятельство позволяет ввести автоматическую переадресацию $ПК$, т. е. формирование исполнительных адресов в зависимости от содержимого $С$. Признак минус у $ПК$ интерпретируется как $ПК$ с переадресацией, индекс 2000 у такого $ПК$ указывает на адрес, подлежащий переадресации. Переадресация производится по правилу: к адресу с индексом перед исполнением в рабочей ячейке $УИС$ прибавляется содержимое $С$. Таким образом, в первом цикле, когда $C = 0$, все $ПК$ с переадресацией выполняются с теми адресами, которые записаны в программе. Во втором цикле содержимое $C = Ш$, поэтому все переадресуемые адреса сдвигаются на шаг цикла и т. д.

Таким приемом можно переадресовать оба адреса всех $ПК$ за исключением вторых адресов $ПК$, организующих цикл, где индекс 2000 никогда не ставится.

$\pm 07\ 2000 + A_1A_2$ — $ПК$ посылки содержимого A_1 в ячейку A_2 .

Подключение к $УИС$ осуществляется при помощи двух команд:

$A \quad 10 \quad A \quad 0010,$

$A + 1 \quad 24 \quad 0112 \quad 0112.$

Описанная $УИС$, на наш взгляд, позволяет значительно упростить и ускорить процесс программирования большинства задач.

Приложение 1

При отсутствии нужной *СП* (14 или 15) *УИС* считывает в *МОЗУ* соответствующую шапку в ячейки с 20-37, которая, в свою очередь, вызывает *СП*, суммирует ее и, при совпадении сумм, продолжает работу.

Приложение 2

.....
 $A + 0 + 05\ 2002\ \quad 0000$

$A + 1 - 15\ 7500\ \quad 4000$

$A + 2 + 06\ 2 + A + 1\ \quad 0010$

Простой цикл с переадресацией работает пять раз с оператором перевода из 2-10. После выхода из цикла $C=0012\ \text{III}=0002$.

05 2004 A_3
 A_0

05 2002 A_2
 A_1

06 $2 + A_1$ 0014

A_2 00 0000 0000

06 $2 + A_0$ 0010

A_3 00 0000 0000

Схема организации циклов в цикле отличается тем, что каждый внутренний цикл запоминает *C* и *III* внешнего цикла в ячейке, стоящей после его команды условного перехода по *C*. Выходя из внутреннего цикла, *УИС* восстанавливает содержимое *C* и *III* внешнего цикла, выполнив команду, заготовленную *ПК* «05».

Шапка 2-10

Адрес	$\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}$ КОП	A_1	A_2
0020	44	0031	0001
1	44	0230	0271
2	05	0000	0206
3	05	0037	0024
4	—00	0230	0206
5	01	0011	0024
6	—31	0036	0000
7	54	0024	0024
0030	—11	0035	0206
1	54	0020	0020
2	05	0324	0323
3	05	0316	0324
4	24	0134	0000
5	24	7220	4000
6	—00	0272	0206
7	—00	0230	0206
	73	7546	4435 $\kappa\Sigma$

Подпрограмма 2-10

0230	05	0000	0022
1	05	0020	0024
2	54	0243	0233
3	31	0262	0000
4	54	0251	0237
5	51	0266	0021
6	54	0251	0237
7	03	0264	0021
0240	01	0263	0024
1	00	0263	0022
2	34	0246	0246
3	03	0266	0021
4	00	0262	0024
5	01	0263	0022
6	15	0021	0020
7	00	0024	0020
0250	34	0231	0231
1	—07	0020	0021
2	15	0265	0023
3	03	0264	0021
4	26	0024	0020
5	—26	0023	0023
6	01	0020	0021
7	—07	0263	0024

Продолжение

Адрес	$\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}$ КОП	A_1	A_2
0260	51	0263	0021
1	34	0253	0267
2	—00	0000	0003
3	—00	0000	0004
4	50	0000	0000
5	—74	0000	0000
6	63	1463	1463
7	—46	0000	0022
0270	—46	0000	0023
1	34	0102	0102

Шапка 10-2

0020	44	0021	0001
1	44	0230	0271
2	05	0000	0206
3	05	0037	0024
4	—00	0230	0206
5	01	0011	0024
6	—31	0036	0000
7	54	0024	0024
0030	—11	0035	0206
1	54	0020	0020
2	05	0323	0324
3	05	0316	0323
4	24	0134	0000
5	06	6114	3443
6	—00	0272	0206
7	—00	0230	0206
	55	6431	4100 $\kappa\Sigma$

Подпрограмма 10-2

0230	15	0257	0022
1	05	0260	0264
2	16	0021	0264
3	32	0023	0000
4	20	0022	0022
5	03	0257	0023
6	—07	0261	0264
7	54	0001	0232
0240	15	0022	0022
1	05	0020	0000
2	54	0244	0250
3	34	0102	0102

Продолжение

Адрес	$\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}$ КОП	A_1	A_2
4	03	0257	0023
5	00	0261	0020
6	11	0261	0022
7	24	0254	0264
0250	03	0263	0023
1	01	0261	0020
2	10	0262	0022
3	—26	0000	0264
4	15	0023	0022
5	00	0264	0022
6	34	0241	0241
7	50	0000	0000
0260	—74	0000	0000
1	—00	0000	0004
2	—00	0000	0003
3	63	1463	1463
4	00	0000	0000
5	00	0000	0000
6	00	0000	0000
7	00	0000	0000
0270	00	0000	0000
1	34	0102	0102

Программа УИС и константы

0001	77	7777	7777
2	40	0000	0000
3	—00	0000	0000
4	20	0000	0000
5	00	7777	0000
6	00	0000	7777
7	77	0000	0000
0010	—02	7775	7672
1	00	0001	0000
2	00	0000	0001
3	00	0001	0001
4	00	0002	0000
5	00	0000	0002
6	00	0002	0002
7	14	0001	7761
0040	—01	0003	0021
1	16	0021	0023
2	54	0046	0046
3	51	0023	0000

4	54	0045	0067	6	00	0000	0000
5	24	0050	0022	7	24	0111	0023
6	01	0022	0020	0120	71	0226	0000
7	34	0050	0054	1	54	0124	0125
0050	00	0020	0022	2	11	0302	0116
1	05	0021	0107	3	24	0127	0116
2	05	0023	0021	4	01	0302	0116
3	05	0107	0023	5	-17	0145	0302
4	51	0070	0020	6	21	0116	0116
5	34	0067	0056	7	16	0007	0116
6	-16	0003	0020	0130	21	0272	0110
7	21	0012	0020	1	54	0134	0150
0060	-07	0020	0021	2	-51	0273	0116
1	-17	0146	0023	3	24	0106	0107
2	30	0021	0000	4	16	0005	0116
3	25	0000	0020	5	-26	0274	0137
4	24	0065	0023	6	20	0013	0140
5	10	0012	0022	7	00	0000	0000
6	20	0020	0022	0140	00	0000	0000
7	34	0102	0102	1	16	0223	0116
0070	00	0000	0036	2	54	0150	0000
1	11	0020	0022	3	-01	0223	0116
2	20	0012	0020	4	36	0006	0003
3	-17	0146	0023	5	-37	0167	0014
4	32	0021	0000	6	-36	0301	0001
5	34	0100	0100	7	24	0136	0137
6	00	0022	0020	0150	-17	0145	0110
7	13	0021	0023	1	20	0277	0152
0100	25	0000	0022	2	00	0000	0000
1	00	0020	0022	3	16	0006	0116
2	16	0222	0116	4	-37	0167	0000
3	54	0111	0000	5	-26	0300	0112
4	16	0006	0116	6	-51	0227	0116
5	-26	0224	0107	7	24	0116	0116
6	20	0013	0110	0160	-17	0144	0110
7	00	0000	0000	1	-26	0221	0110
0110	00	0000	0000	2	-16	0023	0000
1	00	0011	0112	3	24	0110	0000
2	05	0000	0116	4	16	0006	0116
3	36	0225	0000	5	-26	0304	0170
4	54	0127	0120	6	16	0005	0112
5	-16	0023	0000	7	30	0305	0014
0170	00	0000	0000	2	54	0244	0250
1	-07	0167	0116	3	34	0102	0102
2	16	0005	0116	4	03	0257	0023
3	-36	0300	0000	5	00	0261	0020
				6	11	0261	0022

4	24	0112	0112	7	24	0254	0264
5	10	0303	0302	0250	03	0263	0023
6	—21	0226	0302	1	01	0261	0020
7	16	0006	0116	2	10	0262	0022
0200	—37	0167	0000	3	—26	0000	0264
1	31	0302	0000	4	15	0023	0022
2	34	0172	0111	5	00	0264	0022
3	16	0006	0116	6	34	0241	0241
4	—26	0276	0206	7	50	0000	0000
5	—17	0145	0302	0260	—74	0000	0000
6	00	0000	0000	1	—00	0000	0004
7	16	0000	0302	2	—00	0000	0003
0210	24	0213	0302	3	63	1463	1463
1	16	0006	0116	4	00	0000	0000
2	—27	0167	0302	5	00	0000	0000
3	16	0005	0116	6	00	0000	0000
4	24	0111	0303	7	00	0000	0000
5	—01	0275	0216	0270	00	0000	0000
6	44	0020	0001	1	34	0102	0102
7	44	0020	0037	2	07	0000	0000
0220	24	0020	0000	3	02	0000	0000
1	04	0172	0171	4	05	0000	0 20
2	00	0000	4000	5	00	0010	0000
3	00	4000	0000	6	—26	0303	0000
4	05	0022	0000	7	24	0316	0000
5	—00	2000	2000	0300	05	0000	0116
6	00	2000	0000	1	05	0000	0022
7	35	0000	0000	2	00	0000	0000
0230	15	0257	0022	3	00	0000	0000
1	05	0260	0264	4	24	0172	0000
2	16	0021	0264	5	03	0001	2000
3	32	0023	0000	6	54	0134	0150
4	20	0022	0022	7	24	0211	0000
5	03	0257	0023	0310	24	0153	0000
6	—07	0261	0264	1	24	0160	0000
7	54	0001	0232	2	24	0164	0000
0240	15	0022	0022	3	24	0160	0000
1	05	0020	0000	4	24	0203	0000
				5	24	0175	0000
				6	24	0230	0000
				7	24	0041	0000
				0320	24	0040	0000
				1	24	0071	0000
				2	24	0076	0000
				3	24	0230	0000
				4	24	0215	0000

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Лозинский, А. Г. Макушкин, В. Я. Розенберг, В. Р. Эрглис. Справочник программиста. Т. 2, Л., 1964.
2. И. Илзиня. Программирование для двухадресных ЦВМ, Рига, 1962.
3. Библиотека стандартных программ для ЭВМ «Минск-1». ЭНИМС, М., 1963.