

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ «МИНСК-1» ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ОТЛАДКИ ЗАДАЧ

Н. С. ГОЛОСОВ, О. К. ГОРДЕЕВ

(Представлена научным семинаром вычислительной лаборатории ТПИ)

Опыт программирования задач на ЭВМ показал, что отладка программ зачастую составляет один из трудоемких этапов в решении задач.

Часто в процессе работы программы необходимо получить информацию о логической и счетной части отлаживаемой программы. В этом неоценимую помощь оказывают ряд отладочных программ, автоматизирующие техническую часть труда программиста.

Комплексная отладочная программа (КОП)

Программа предназначена для отлаживания программ, работающих с числами, представленными в форме с плавающей запятой, и использующих интерпретирующую систему УИС [1].

Отладочная программа позволяет выполнять по заданной инструкции любой кусок отлаживаемой программы, предварительно осуществив некоторые вспомогательные операции.

Информация к отладочной программе состоит из стандартных строк:

- 1) строки задания участка;
- 2) строки засылок;
- 3) строки задания шага и счетчика;
- 4) строки выдачи;
- 5) строка конца.

а) Строка задания участка

Информационная строка имеет вид:

КОП	I	II
	адрес	адрес,
\pm 07	A_n	A_k

где A_n и A_k — адреса начала и конца участка отлаживаемой программы. При знаке «—» в КОПе такой строки в процессе отладки будет выдана информация о логике программы, которая выдается в виде линейных участков (лучей), и количестве таких участков, если они повторены подряд несколько раз (в цикле) (см. пример 1). При знаке «+» в КОПе информационной строки задания участка логика не выдается.

б) Строки засылок

Информация о засылках состоит из двух строк:

	I	II
КОП	адрес	адрес
± 10	A_n	A_k
+ 00	a_n	0000,

которые задают вид засылки и место в отлаживаемой программе, куда необходимо заслать коды или числа. Знак «+» в КОПе первой строки указывает на то, что необходимо предварительно сделать перевод из 10-2 систему счисления, знак «—»,—что такого перевода делать не нужно.

A_n и A_k — начало и конец ячеек, в которые необходимо заслать коды или числа. a_n — адрес начала массива, в котором находятся числа или коды (см. пример 2).

в) Строка шага и счетчика

Информационная строка имеет вид

	I	II
КОП	адрес	адрес
+ 00	2000	+ III C,

где III — шаг, по которому будет происходить переадресация в участке программы, заданной строкой задания участка. C — счетчик [1]. Если шаг и счетчик менять не нужно, то строка имеет вид

+ 00 0000 0000.

г) Строка выдачи

По строке вида

	I	II
КОП	адрес	адрес
± 12	A_n	A_k

осуществляется выдача кодов или числа на печать. Знак «+» указывает на десятичную выдачу, «—» — на восьмеричную выдачу. A_n и A_k — начальный и конечный адреса ячеек, которые необходимо выдать на печать. При десятичной выдаче в ячейках A_n — A_k сохраняется их двоичное содержание.

д) Строка конца

Строка конца должна иметь вид

	I	II
КОП	адрес	адрес
+77	7777	7777.

По этой строке отладочная программа заканчивает свою работу.

Информационные строки 1—4 типа образуют блок. Таких блоков может быть задано последовательно сколько угодно. Строка 5 типа должна быть задана одна в конце всех блоков (см. пример 2). Вся информация, стоящая в блоке до строки задания шага и счетчика, реализуется до работы участка программы (строка 1 типа). Строки четвертого типа, если они следуют за строками третьего типа, выдадут информацию уже после работы участка программы, заданного в этом блоке.

Программа предусматривает включенную восьмеричную печать, а включение и выключение десятичной печати блокируется остановом.

Комплексная отладочная программа занимает 205 ячеек. Перед обращением к ней необходимо поставить в 1000 ячейку по второму адресу номер ячейки, с которой начинается информация. Для начала отладки нужно передать управление в 1000 ячейку КОПа. При авосте или зацикливании в отлаживаемой программе возможно выдать информацию, предусмотренную к участку. Для этого следует передать управление в ячейку 1126.

Программа автоматической переработки адресов

В процессе программирования и отладки возникает необходимость сдвига, перестановки или выбрасывания отдельных массивов команд или чисел из отлаживаемой программы. Проведение таких процессов вручную является трудоемким механическим трудом, не гарантированным от ошибок, так как должна быть переработана заново вся отлаживаемая программа.

Программа автоматической переработки адресов (ПАПА) автоматически, по инструкции, перестраивает в памяти программные и числовые массивы. В соответствии с этим перемещением ПАПА перерабатывает в программе адреса, принадлежащие перемещаемым массивам, компонует новую программу в зоне МЗУ, вызывает ее и выдает на печать.

Информация к ПАПА составляется в закодированном виде (см. приложение 1) из строчек трех типов: информация A , B , C и разделителей.

Информация A состоит из строчек, задающих участки программы, где встречаются адреса сдвигаемых массивов. Эти строки записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} A + 0) &- A_n^1 \quad A_k^1 \quad A_3 \\ A + 1) &- A_n^2 \quad A_k^2 \quad A_3 \\ &\quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ &\quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ A + k) &- A_n^{k+1} \dots A_k^{k+1} \dots A_3 \\ A + k + 1) &- 00 \quad 0000 \quad 0000, \end{aligned}$$

где A_n , A_k — начальный и конечный адреса k -го программного массива в МОЗУ, не содержащего констант; $A_3 = 0007$ — признак; в $A + k + 1$ — ячейки разделитель (ноль).

Информация B следует за информацией A сразу за разделителем и состоит из строк компоновки программы в МЗУ (строки с «+») и считывания из МЗУ (строки с «—») в исполняемой последовательности:

$$\begin{aligned} B + 0) &A_n^1 \dots A_k^1 \dots A_m \\ B + 1) &A_n^2 \quad A_k^2 \quad A_m^2 \\ &\quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ &\quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ B + k) &- A_n^{k+1} \dots A_k^{k+1} \dots A_m^{k+1} \dots \\ B + k + 1) &- 00 \quad 0000 \quad 0000 \\ B + k + 2) &47 \quad 0000 \quad 0000, \end{aligned}$$

где A_n , A_k — начальные и конечные адреса МОЗУ, из которых записывается информация в МЗУ, если строка „+“, или из которых

считываются, если строка “—”; A_m — адрес МЗУ, с которого начинается обмен. Информация заканчивается разделителем и командой, по которой ПАПА заканчивает работу, если команда „останов“, или передает управление по первому адресу, если команда 24 A, 0000 (существенно, что у этой команды второй адрес равен нулю).

Информация С задает смещение массивов, расположенных ранее с адресов A_n по адрес A_k с новым началом A_{nn} :

$$\begin{aligned} C + 0) & A_n^1 \quad A_k^1 \quad A_{nn}^1 \\ C + 1) & A_n^2 \quad A_k^2 \quad A_{nn}^2 \\ & \dots \dots \dots \\ C + k) & A_{k+1} \dots A_{k+1}^{k+1} \dots A_{nn}^{k+1} \dots \\ C + n + 1) & 24 \quad A_0 + 2 \quad 0000. \end{aligned}$$

В конце С-информации ставится команда, у которой A_0 — адрес начала ПАПА.

Количество строк каждого типа произвольно, или они вообще могут отсутствовать, однако, в каждом типе информации должны присутствовать разделители и служебные команды.

Начало работы ПАПА с ячейки 0100. Перед началом работы в ячейки 0020, 0021 должны быть поставлены по первому адресу адреса начала А- и С-информации соответственно.

При правильной работе машины ПАПА выполняет все действия без остановов. Программа ведет контроль при обмене с МЗУ. В случае несовпадения контрольных сумм происходит останов, в регистр А выдается начало и конец обмена, в В — контрольная сумма. При пуске машины повторяется считывание этого массива.

Программа ПАПА — самосуммирующаяся. Для правильной записи ее в нужную зону необходимо проделать следующие действия:

1. Изменить константы записи-считывания в конце программы
2. Поставить останов по адресу 0156, пустить с 0141.
3. После останова пустить с 0247.
4. Считать из ячеек 137, 140 (правильная запись — останов 37 0000 0020).

Приложение 1

Пример 1. Программа начинается с ячейки 0500 и кончается ячейкой 0570. В процессе работы участки 0500-0520 повторяются пять раз, 0521-54С—один раз, 0541-0570—3 раза.

На печать будут выданы следующие лучи:

	I	II
КОП	адрес	адрес
00	0500	0520
00	0000	0004
00	0500	0540
00	0541	0570
00	0000	0003.

Пример 2. Пусть необходимо отладить по частям программу, занимающую ячейки с 0400 по 0500. Отладку необходимо произвести следующим образом:

1. До работы программы необходимо заслать в ячейку 0411 код: 0411) 24 0420 0000; заслать с переводом в двоичную систему в ячейки 0470-0500 числа из ячеек 0600-0610.

Программа должна проработать с 0400 по 450 и выдать лучи в этом участке. После выполнения работы необходимо вывести на печать участок программы 0400-0460, а также выдать рабочие ячейки 0700-0710 с переводом в десятичную систему исчисления.

Комплексная отладочная программа
(КОП)

Продолжение таблицы

Адрес	КОП	A ₁	A ₂	Адрес	КОП	A ₁	A ₂
1000	00	0000	0000	3	05	1200	1031
1	-31	0001	0014	4	11	0011	1177
2	54	1004	1004	5	24	1060	1064
3	47	1000	1000	6	05	1201	1031
4	-17	1014	1000	7	05	1177	1064
5	-66	1163	1006	1060	10	1060	0010
6	00	0000	0000	1	24	0112	0112
7	26	0005	1006	2	05	0347	1045
1010	16	0006	1116	3	05	0314	1006
1	-26	0000	1031	4	00	0000	0000
2	00	0012	1000	5	05	1031	0314
3	16	0007	1116	6	05	1031	0347
4	31	0272	0014	7	-01	1203	0131
5	54	1033	1114	1070	00	0000	0000
6	05	1006	1113	1	00	0000	0000
7	-17	1014	1031	2	-01	1203	0131
1020	-26	1164	1021	3	05	1045	0347
1	00	0000	0000	4	05	1006	0314
2	05	1031	1131	5	00	0000	0000
3	-26	1170	1131	6	00	0000	0000
4	-06	1171	1031	7	24	1000	0000
5	-16	0000	1116	1100	-16	0000	1116
6	34	1031	1027	1	34	1102	1110
7	05	1167	1120	2	05	1202	1031
1030	00	0011	1031	3	05	1204	1076
1	00	0000	0000	4	47	0005	0005
2	24	1000	0000	5	-16	1176	1006
3	06	0000	1076	6	-36	0222	0000
4	-07	1035	1031	7	24	1057	1070
5	31	1006	0014	1110	-17	1001	1006
6	-37	1001	0000	1	-36	1166	0000
7	-26	1174	1071	2	24	1053	1070
1040	16	0273	1116	3	00	0000	0000
1	54	1100	0000	4	10	1114	0010
2	-17	1014	1000	5	24	0112	0112
3	-26	1175	1045	6	00	0000	0000
4	00	0012	1000	7	-16	1113	0300
5	00	0000	0000	1120	24	0112	0112
6	-17	1001	1006	1	05	1165	0113
7	-36	1045	0000	2	05	0000	1070
1050	-26	1176	1070	3	05	0001	1064
1	-16	0000	1116	4	-17	1001	1113
2	34	1056	1053	5	24	0112	1071

Продолжение таблицы

Адрес	КОП	A ₁	A ₂
6	-46	0000	1064
7	-46	0000	1070
1130	-46	1113	1076
1	00	0000	0000
2	05	1144	0113
3	05	1114	1120
4	24	1000	0000
5	16	0005	0112
6	-27	1001	1076
7	31	0012	0000
1140	-31	1071	0000
1	54	1146	1146
2	05	1076	1071
3	-16	0000	0116
4	36	0225	0000
5	34	0114	0114
6	-06	1071	1113
7	-31	1064	0000
1150	54	1153	1153
1	10	0012	1070
2	24	1161	1070
3	-46	0000	1046
4	11	1070	0000
5	34	1160	1156
6	-46	0000	1070
7	26	0000	1070
1160	05	1113	1064
1	-17	1014	1076
2	24	1142	1113
3	05	0000	1116
4	05	0000	1021
5	24	1135	0000
6	-40	0000	2000
7	24	1121	0112
1170	05	1021	0000
1	05	1172	0000
2	24	1131	0000
3	24	1126	0000
4	06	3070	0000
5	05	0000	1045
6	-05	2000	2000
7	05	2002	1075

Продолжение таблицы

Адрес	КОП	A ₁	A ₂
1200	24	0116	0000
1	24	0323	0000
2	24	0324	0000
3	00	0000	0064
4	47	0006	0006
Программа ПАПА			
0100	10	0020	0241
1	24	0103	0103
2	00	0255	0103
3	00	0000	0000
4	34	0111	0111
5	10	0021	0241
6	24	0110	0110
7	00	0255	0110
0110	00	0000	0000
1	36	0260	0000
2	-27	0231	0245
3	16	0257	0120
4	-27	0153	0246
5	16	0261	0120
6	-26	0000	0244
7	54	0200	0172
0120	00	0000	0000
1	11	0117	0000
2	20	0256	0117
3	34	0102	0102
4	05	0123	0161
5	05	0264	0137
6	05	0251	0140
7	34	0134	0000
0130	05	0000	0161
1	-01	0263	0244
2	05	0265	0137
3	05	0253	0140
4	00	0244	0137
5	10	0245	0246
6	20	0140	0140
7	04	0040	0100
0140	04	0100	0267
1	05	0243	0147
2	-17	0152	0246
3	-26	0147	0147

Продолжение таблицы

Адрес	КОП	A ₁	A ₂
4	05	0000	0120
5	34	0147	0147
6	01	0254	0147
7	00	0000	0000
0150	24	0151	0120
1	56	0261	0147
2	-31	0245	0014
3	-54	0146	0010
4	16	0252	0147
5	54	0102	0102
6	-11	0120	0267
7	54	0164	0164
0160	-06	0263	0157
1	37	0266	0020
2	60	052	0147
3	34	0142	0142
4	-01	0263	0157
5	34	0170	0166
6	47	0140	0120
7	-01	0233	0157
0170	05	0120	0267
1	34	0132	0132
2	-17	0152	0246
3	-26	0242	0250
4	-16	0241	0246
5	-26	0000	0247
6	-16	0242	0245
7	24	0105	0266
0200	-17	0214	0244
1	21	0246	0247
2	05	0247	0205
3	05	0250	0233
4	05	0000	0161
5	00	0000	0000
6	23	0262	0137
7	56	0261	0120
0210	24	0211	0140
1	11	0137	0246
2	54	0217	0213
3	-17	0152	0137
4	31	0245	0014
5	54	0217	0216
6	00	0147	0161

Продолжение таблицы

Адрес	КОП	A ₁	A ₂
7	-17	0214	0140
0220	31	0246	0000
1	54	0222	0226
2	11	0245	0140
3	54	0226	0224
4	-17	0152	0147
5	20	0161	0161
6	-16	0000	0120
7	34	0230	0232
0230	20	0161	0120
1	-34	0233	0012
2	21	0161	0120
3	00	0000	0000
4	11	0266	0233
5	34	0107	0236
6	00	0255	0205
7	10	0254	0233
0240	24	0204	0233
1	05	0000	0120
2	05	0120	0000
3	-10	0120	0000
4	00	0000	0100
5	00	0000	0267
6	00	0100	0000
7	-11	0120	0263
0250	24	0125	0266
1	04	0000	0000
2	-40	0000	0000
3	44	0000	0000
4	00	0000	0001
5	00	0001	0000
6	00	0054	0042
7	77	7400	0000
0260	00	0377	6000
1	-00	0000	1777
2	00	1777	0000
3	-00	0000	0000
4	04	0040	0000
5	44	0040	0000
6	-44	7130	5373
7	00	0000	0000

2. Выполнить участок программы 0450-0467, не делая предварительно никаких засылок, а только изменив шаг и задав счетчик: $M = 4$, $C = 0024$. После выполнения участка вывести на печать рабочие ячейки 0720-0722. Закончить отладку.

Информация о такой отладке должна иметь вид:

	I	II
КОП	адрес	адрес
— 07	0400	0450
— 10	0411	0411
+ 00	0611	0000
+ 10	0470	0500
+ 00	0600	0000
00	0000	0000
— 12	0400	0460
12	0700	0710
07	0451	0467
00	2004	0024
12	0720	0722
77	7777	7777

Приложение 1

Разрядная сетка машины «Минск-1» позволяет записать три адреса в одну ячейку. Эта запись и образует строку информации для ПАП.

В каждом адресе занимают только 10_{10} -двоичных разрядов. Сдвигая первый адрес на два двоичных разряда вправо, мы освобождаем 10_{10} -двоичных разрядов для A_n . Нужно записать информацию сначала в трехадресной системе и затем произвести кодировку.

ЛИТЕРАТУРА

Н. С. Голосов, О. К. Гордеев. Универсальная интерпретирующая система (УИС). В наст. сборнике.