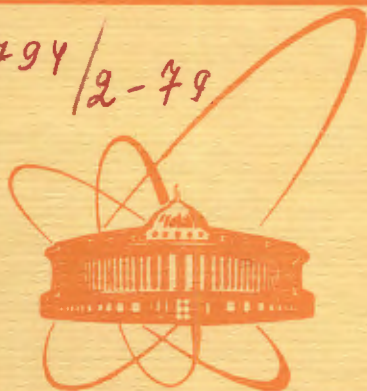


2794/2-79



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Ц848

Б-447

P11 - 12258

А.В.Беляев, В.Ф.Рубцов, С.К.Слепнев, Ю.И.Сусов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ
СКАНИРУЮЩЕГО АВТОМАТА НРД

Часть 1. Общая структура системы
и особенности программного обеспечения

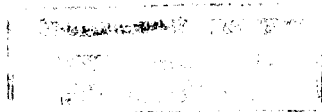
1979

P11 - 12258

А.В.Беляев, В.Ф.Рубцов, С.К.Слепнев, Ю.И.Сусов

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ
СКАНИРУЮЩЕГО АВТОМАТА ПРД**

Часть I. Общая структура системы
и особенности программного обеспечения



Беляев А.В. и др.

P11 - 12258

Программное обеспечение управляющей ЭВМ сканирующего автомата НРД. Часть I. Общая структура системы и особенности программного обеспечения

Рассмотрены особенности измерительной системы НРД, оказывающие влияние на программирование для ЭВМ ТРА-1001i, управляющей ЭВМ сканирующего автомата. Представлен язык машинных инструкций, предназначенных для взаимодействия машины с электроникой НРД. Описаны резидентные, вспомогательные и тестовые подпрограммы системы. В их числе - подпрограммы: для обработки прерываний, диспетчеризации, для связи управляющей ЭВМ с телетайпом, загрузчик, кросс-ассемблер.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Belyaev A.V. et al.

P11 - 12258

Software of the Control Computer of HPD Scanning Device, I. General Structure of the System and Software Features

Specific features of HPD measuring system are considered which are important for TPA-1001i computer programming, being the control computer of scanning device. The instruction language intended for interacting the machine with HPD electronics is given. Resident, auxiliary and test subprograms including those for interrupt handling, for monitoring, a driver for the operation with a teletype, a loader, a cross-assembler are described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Предварительные замечания

Настоящая работа рассматривает программное обеспечение управляющей малой ЭВМ ТРА 1001-^{1/}i, которая входит в состав модернизированной измерительной системы НРД^{2/} действующей в ЛВТА ОИЯИ. ЭВМ ТРА 1001-^{1/}i располагает следующими ресурсами, используемыми в программном обеспечении:

- оперативная память - 4 куба по 4096 12-разрядных слов;
- устройство расширенной арифметики^{7/};
- одноуровневая схема прерываний^{8/};
- каналы автономной и программной передачи данных^{8/}.

Формально две вычислительные машины системы - CDC-1604-A^{9/} ТРА 1001-^{1/}i (для краткости в дальнейшем называем их просто CDC и ТРА) - равноправны (см. рис. 1). Тем не менее, старшинство отдано CDC как машине более мощной. Однако для ТРА вся оставшаяся часть измерительной системы может рассматриваться как нестандартное внешнее устройство. В этих условиях на ТРА принят следующий принцип работы программ: исполнение фоновой задачи, прерываемое обслуживанием запросов, которые поступают от внешних устройств. В конечном итоге запросы - это некоторые команды CDC. Конкретная форма общения двух машин зависит от взаимной договоренности двух программистов, создающих для них программы.

Интерфейс измерительной системы, выполненный в стандарте КАМАК, располагается в двух крейтах, помещенных в стойке (рис. 2). Один из крейтов представляет для программиста непосредственный интерес; о нем в дальнейшем и будет идти речь.

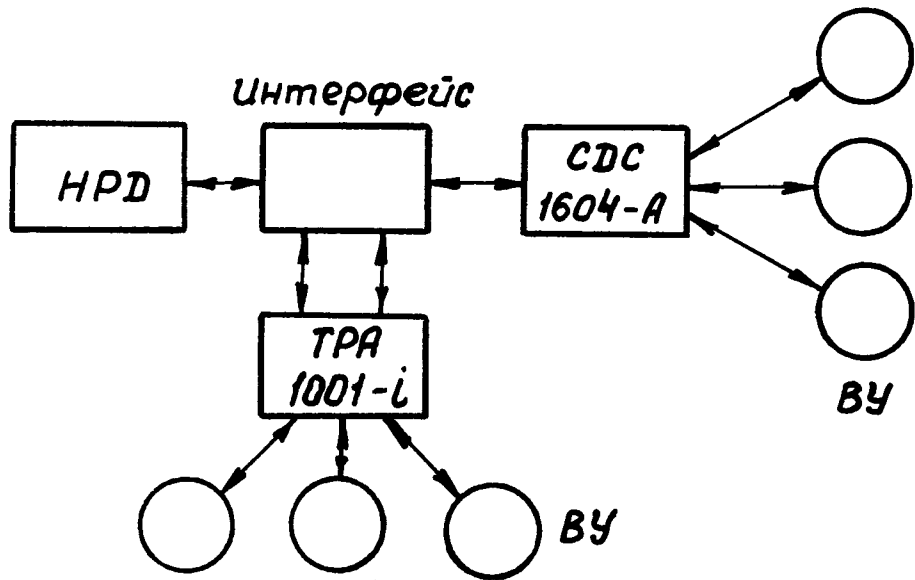


Рис. 1. Структура измерительной системы.

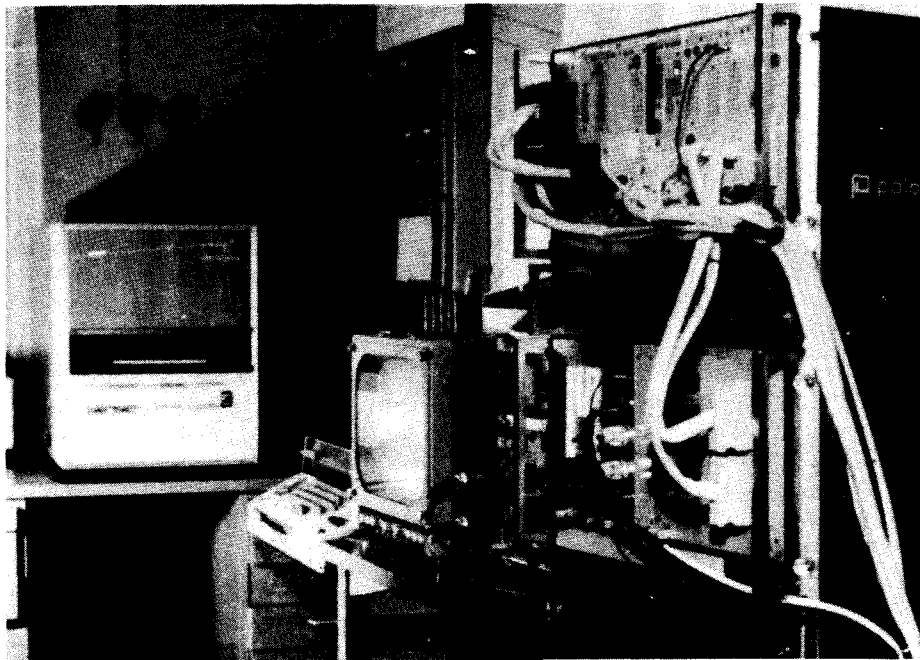


Рис. 2. ЭВМ ТРА 1001-і и интерфейс системы.

Модернизация электроники предусматривает, в общем, изменение программ, работающих на CDC. Однако возможно такое состояние крейта, при котором программы CDC практически не меняются. Работу ТРА в этом случае называем имитацией немодернизированной системы.

ТРА - машина 12-разрядная, CDC - 48-разрядная, а в крейте используются слова длиной в 24 разряда. Связи, которые устанавливаются между словами разной длины, поясняются рисунком 3. Из него видно, что

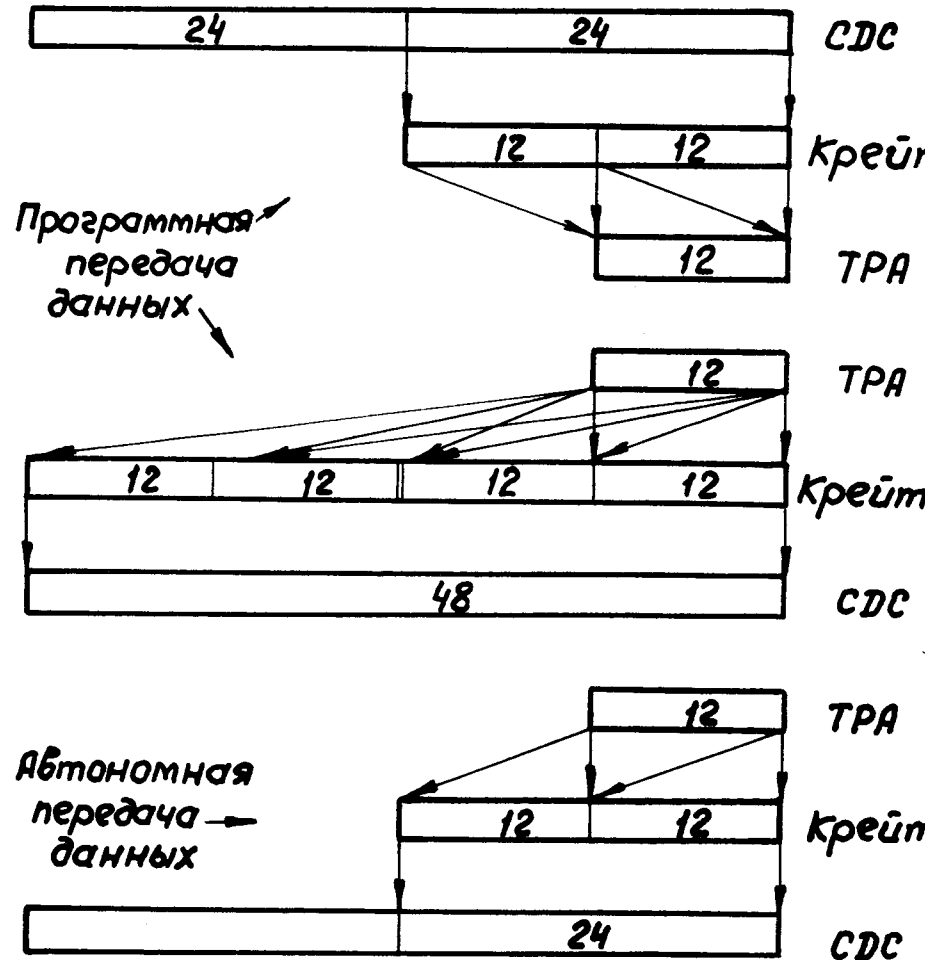


Рис. 3. Связи между словами ТРА, крейта и CDC

передача данных с ТРА на CDC возможна автономным (более быстрым) и программным способами, причем последний делится на два вида - 24- и 48-разрядный. Крейт и CDC обмениваются данными через 5-й и 6-й буферные каналы CDC. Однако в двух случаях, показанных на рис. 3, старшие 24 разряда слова CDC в обмене не участвуют. При передаче данных с ТРА на CDC они очищаются. Передача 24-разрядных слов с CDC на ТРА - это единственное обстоятельство, требующее незначительных изменений в "старых" программах CDC - программах, которые теперь взаимодействуют с ТРА.

Языком программирования на ТРА избран SLANG^{10/} - автокод в абсолютных адресах. Основаниями для такого выбора являются:

- необходимость использовать нулевую страницу памяти в нулевом кубе ТРА особым образом, что сложно на языках с относительными адресами;

- эффективное распределение памяти и максимальная скорость исполнения программ, написанных на автокоде, по сравнению с программами, написанными на языках более высокого уровня;

- возможность использовать специально созданный кросс-ассемблер^{11/}, программирование и редактирование программ с помощью которого весьма облегчаются.

1.2. О крейтовых инструкциях

Крейт, как известно, содержит блоки различной ширины, положение которых в нем характеризуется координатой, называемой станцией. Номер станции может принимать 25 различных значений, от 1 до 25. Ввиду того, что электронный стандарт КАМАК соблюден в крейте частично, программирование для него несколько отличается от обычного КАМАК-программирования.

Для крейтовых инструкций ТРА разработана система мнемонических обозначений. Любая такая инструкция начинается с буквы Н (сокращение от НРД). Каждая инструкция относится к какой-нибудь станции крейта; кроме того, все они делятся на скиповые и нескиповые. "Скиповыми" называем инструкции ветвления (или пропуска skip), инструкции типа SZA, SNL и т.п.

Общий вид крейтовых инструкций следующий:

Hnaf - нескиповые,

HSnac - скиповые,

где **n** - номер станции, **a** - условный адрес в блоке **n**-й станции (регистр или триггер), **f** - вид операции, проводимой, как правило, по адресу **a**, **s** - условие скипа. В некоторых инструкциях могут встретиться не все элементы мнемонического обозначения.

Обозначения для инструкций блока 25-й станции имеют особый вид (инструкции крейт-контроллера):

Hxxxxx - нескиповые,

HSxxxx - скиповые,

где **xxxxx** - вид операции или условие пропуска в специальном обозначении.

Укажем все возможные виды операций и их обозначения:

REQ - установить запрос;	LE - занести в младшую часть регистра;
CL - очистить	HE - занести в старшую часть регистра
D - поместить	SS - установить селективно
EN - занести в регистр	SC - очистить селективно
M - переместить	CD - дополнить и поместить
S - установить	CH - изменить
DEC - уменьшить на 1	INC - увеличить на 1.

Все крейтовые инструкции, так же как и остальные, применяемые на ТРА, приведены в приложении.

2. РЕЗИДЕНТНЫЕ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ ПРОГРАММЫ

2.1. DISPATCHER - ядро программного обеспечения

DISPATCHER представляет собою резидентный специализированный набор операционных средств, содержащий несколько подпрограмм, таблицы и константы. Назначение этих средств - распознавать причину прерываний в ТРА и передавать управление подпрограммам обслуживания, а также организовывать выполнение различных задач в приоритетном режиме (диспетчеризация). Необходи-

димось DISPATCHER'a вызвана значительным количеством источников прерывания в ТРА (некоторые из них надо обработать за очень короткое время) и отсутствием в ТРА многоуровневой системы прерываний.

DISPATCHER не является самостоятельной программой; для этого его пришлось бы дополнить конкретными подпрограммами для обработки прерываний, и задачами, которые должны работать при разрешенном прерывании, в приоритетном режиме. Поясним последнее.

Существование приоритетных задач определяется наличием единиц в разрядах специального статусного слова памяти ТРА. Единица в k -м разряде ($k=0,1,\dots,11$) этого слова означает существование задачи, обслуживаемой с приоритетом k . Старшему приоритету соответствует $k=0$, младшему - $k=11$. Нулевое состояние статусного слова запрещено; это означает, что всегда должна существовать какая-то задача для работы машины при разрешенном прерывании. Возможное количество приоритетных задач, 12, определяется соображениями разрядности машины.

Каждому разряду статусного слова соответствуют 5 слов памяти ТРА, в которых запоминаются исходные данные для запуска на счет определенной приоритетной задачи: содержимое регистров AC, SC, MQ, адрес задачи и флаги процессора (LINK, DF, IF и триггеры системы прерывания). Эти 5 слов назовем вектором состояния.

Основные части DISPATCHER'a занимают первые 4 страницы нулевого куба памяти ТРА. Кроме того, на нулевой странице каждого из кубов размещаются различные константы, широко используемые в программировании, и важные адреса входов в DISPATCHER. Опишем назначение всех его программных фрагментов.

DISPIN - начальная точка входа в DISPATCHER. Отсюда должна начинать работу любая программа, использующая DISPATCHER. Назначение этого фрагмента - инициализировать машину, очистить и запретить все прерывания и все приоритетные задачи. Используя содержимое адреса USER, по окончании своей работы DISPIN передает управление конкретной программе пользователя.

BITSET - подпрограмма, запаасающая приоритетную задачу. Обращение к BITSET следует при запрещенном

прерывании с единицей в k -м разряде регистра AC ($k=0,1,\dots,11$); эта единица обозначает приоритет запаасаемой задачи. Содержимое регистра DF при обращении указывает на куб памяти, откуда происходит обращение к BITSET, чтобы она вернула управление в этот же куб. Кроме того, для обращения требуется два параметра: адрес ADDR и куб F0 того места, где расположено начало рассматриваемой приоритетной задачи. В подпрограмме BITSET устанавливается k -й разряд статусного слова и в k -й вектор состояния заносится пятерка чисел (0, 0, 0, ADDR, F0).

DSPTCH - точка входа в DISPATCHER, где ставится на счет при разрешенном прерывании старшая из существующих приоритетных задач. В частном случае - здесь возобновляется приоритетная задача, временно отложенная для обслуживания запроса на прерывание. Если k - старший приоритет в статусном слове, то состояние процессора восстанавливается по k -му вектору состояния. Обращение к DSPTCH следует при запрещенном прерывании.

BITCLE - подпрограмма, ликвидирующая приоритетную задачу. В ней очищается k -й разряд статусного слова. Обращение к BITCLE следует при запрещенном прерывании; содержимое регистров AC и DF должно быть таким же, как и при обращении к BITSET. Параметров при обращении нет.

GEN - точка входа, где определяется причина запроса на прерывание программы и передается управление соответствующей подпрограмме, поставляемой пользователем. Здесь содержится таблица указателей для этих подпрограмм. В ней предусмотрено 22 входа, что соответствует конфигурации внешних устройств ТРА. Каждый указатель состоит из двух слов, в первом - флаги процессора, во втором - адрес подпрограммы пользователя. Конкретные значения этих слов, указывающие на соответствующие подпрограммы обработки прерываний, устанавливаются во время загрузки этих (не резидентных) подпрограмм.

Укажем время, в течение которого работают описанные программные фрагменты. Оно дается в мкс, если

считать, что цикл записи-считывания ТРА составляет 1,5 мкс.

GEN - 75,0,
DSPTCH - $73,5 + 0,4 k_1$,
BITSET - $85,5 + 0,4 k_2$,
BITCLE - 19,5 ,

где k_1 - номер старшего разряда (в статусном слове) с ненулевым содержанием, k_2 - приоритет задачи, запускаемой на счет.

2.2. Подпрограммы для связи ТРА с телетайпом

Для связи ТРА с телетайпом создан набор подпрограмм; семь из них объединены под общим названием ТТИО, одна, независимая от ТТИО, называется PRREAD. Подпрограммы секции ТТИО обеспечивают минимальный набор операций по вводу и выводу с телетайпом. PRREAD - значительно более сложная подпрограмма, предназначенная для приема и синтаксического анализа командного сообщения, которое вводится с телетайпа.

Подпрограммы ТТИО и PRREAD могут располагаться в любом месте памяти, кроме мест, занимаемых DISPATCHER'ом. Начальные адреса подпрограмм ТТИО запоминаются на нулевой странице каждого куба, что облегчает обращение к ним. Все эти подпрограммы работают при запрещенном прерывании.

Приведем краткое описание подпрограммы ТТИО.

Название	Содержание
CRLF	Возврат каретки телетайпа и перевод ее на новую строку.
BLANKS	Движение каретки вправо на указанное (в виде параметра обращения) число позиций.
PRINT	Печать целого числа, хранящегося в указанном слове ТРА; число печатается в восьмеричной форме, без знака.

DPRINT	Печать целого числа двойной длины, хранящегося в указанной паре слов ТРА; число печатается в восьмеричной форме, без знака.
TITLE	Печать последовательности символов, запомненных в указанном месте памяти ТРА.
INPUT	Ввод с клавиатуры целого числа без знака; в числе может быть не более 4 восьмеричных цифр.
DINPUT	Ввод с клавиатуры целого числа двойной длины без знака; в числе может быть не более 8 восьмеричных цифр.

Подпрограмма PRREAD принимает вводимые с телетайпа сообщения нескольких видов. Это - команды без параметров, команды с параметрами двух видов и комментарии. Ниже показана схема команд:

<name>.	- команда без параметров,
<name>= <number> . }	- команды с числовым параметром
<name>= <number> B .	(десятичным или восьмеричным),
<name> , <string> .	- команда с алфавитно-цифровым параметром,
/<comment>	- комментарий.

Результат синтаксического анализа подпрограмма PRREAD выдает на телетайп в виде одной или двух звездочек:

- * - сообщение, правильное по форме; имя команды (<name>) и значение параметра (<number> или <string>) запомнены в соответствующем месте памяти;
- ** - сообщение неправильно по форме; например, нет завершающей точки, в восьмеричном числе (отмеченном буквой B) встречаются цифры 8 или 9 и т.п.

Комментарии PRREAD игнорирует. Алфавит командного языка включает в себя большие латинские буквы, цифры и знаки: () * + - . / , =.

Правила, по которым образуются идентификаторы, предельно просты: идентификатор <name> или <string>

состоит из любого числа алфавитных символов, кроме ", " и "=". Программа принимает для рассмотрения только первые 4 символа.

2.3. Загрузка и разгрузка ТРА с помощью CDC (программы LOADER/UNLOADER и LIBRARY)

Две программы, описываемые здесь, работают совместно: LOADER/UNLOADER (или, кратко, L/U) - на ТРА, программа LIBRARY - на CDC. С помощью этих программ автоматизируется загрузка памяти ТРА. Программа LIBRARY из специальной библиотеки программ выбирает ту, которой надлежит быть исполненной на ТРА, и пересылает (с помощью загрузчика LOADER, который является частью L/U) эту программу в ТРА. Для ТРА пересылка является, как правило, сигналом к немедленному исполнению принятой программы. С другой стороны, программа-"разгрузчик" UNLOADER (которая также является частью программы L/U) передает на CDC, работающую под управлением LIBRARY, содержимое практически всей памяти ТРА. Это содержимое может помещаться в библиотеку программ (или библиотеку образов памяти).

Благодаря тому, что в обмене данными между ТРА и CDC, осуществляемом при помощи этих программ, участвует почти вся память ТРА, программа L/U достаточно проста и невелика, она занимает всего одну, предпоследнюю страницу последнего (3-го) куба памяти ТРА. (Последняя страница 3-го куба отдана стандартному перфоленточному загрузчику ТРА). В обмене участвует содержимое той части памяти, которая находится перед программой L/U. Вслед за этими данными передаются контрольная сумма и адреса связи.

Программы L/U могут вызываться некоторой внешней программой X, работающей на ТРА. Обращение к L/U программа X должна делать по команде CDC. С другой стороны, оператор ТРА может непосредственно инициировать программы L/U. Это должно делаться по договоренности с оператором CDC.

Программы L/U работают при запрещенном прерывании; автономные передачи крейга при этом не исполняются.

Программа LIBRARY на CDC управляется оператором при помощи пультавого телетайпа. В наборе команд, которые оператор может отдавать с телетайпа, имеются команды для выполнения задач:

- взаимодействие с ТРА для ее разгрузки и загрузки;
- взаимодействие с магнитофоном, на магнитной ленте которого хранится библиотека программ ТРА.

В начале библиотечной ленты располагается каталог, который содержит названия программ ТРА, включенных в библиотеку, и даты их занесения в библиотеку. Вслед за ним на ленте находятся сами программы. Емкость библиотеки - 32 программы.

В наборе команд программы LIBRARY есть специальная команда, по которой на печатающем устройстве CDC можно распечатать принятое с ТРА содержимое ее памяти. Это полезно для отладки программ ТРА.

2.4. Кросс-ассемблер SLANG

Кросс-ассемблер SLANG^{/11/} - программа, работающая на CDC, но входящая в состав программного обеспечения ТРА. Ввиду определенной самостоятельности этой программы, ее описание было опубликовано ранее, независимо от данной работы. Приведем здесь (см. приложение) таблицу постоянных идентификаторов кросс-ассемблера; это, в сущности, мнемонические и числовые коды инструкций ТРА и некоторых широко используемых в программировании констант.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малая электронная вычислительная машина 1001 ТРА-i (справочник), КФКИ, 72-7322, Budapest, 1972.
2. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, 10-4513, Дубна, 1969.
3. Бондаренко О.Н. и др. ОИЯИ, 10-9921, Дубна, 1976.
4. Бондаренко О.Н. и др. ОИЯИ, 10-10709, Дубна, 1977.
5. Рубцов В.Ф. и др. ОИЯИ, 10-11037, Дубна, 1977.
6. Бондаренко О.Н. и др. ОИЯИ, 10-11038, Дубна, 1977.
7. Fast Arithmetic Unit Ci-01. КФКИ Budapest.

8. 1001 TPA-i Computer manual II, KFKI, 73-8289, Budapest, 1973.
9. 1604-A Reference manual, CDC, 245.
10. SLANG, программный язык TPA. KFKI, 72-6296, Budapest, 1972.
11. Беляев А.В. ОИЯИ, 10-9829, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 февраля 1979 года.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица постоянных идентификаторов кросс-ассемблера

AND	0000	CDF	6201	SPA	7510	TUMT	6177
TAD	1000	CIF	620P	LAS	7604	TUCX	6152
ISZ	2000	RDF	6214			TVLX	6154
INC	2000	RIF	6224	HQL	7421	TVXX	6156
IXA	3000	RIB	6234	MQA	7501	TVRX	6153
JMS	4000	RMF	6244	SWP	7521	TVGY	6162
JMP	5000			CAM	7621	TULY	6164
		CINT	6204			TVYY	6166
SKON	6000	SINT	6254	ACS	7403	TVRY	6163
ION	6001	CUF	6264	MUY	7405	TVKI	6150
IOF	6002	SUF	6274	DVI	7407	TVSK	6151
SKQ	6003			NMI	7411	TVCK	6155
GTF	6004	NOF	7000	SHL	7413	TVRK	6157
KTF	6005	IAC	7001	ASR	7415	TVSC	6161
SIT	6006	RSW	7002	LSR	7417	TVCC	6165
CAF	6007	RAL	7004	SCA	7441	TVRC	6167
		RTL	7006	EAC	7443	TVTP	6160
RPE	6010	KAR	7010	DSC	7445		
RSF	6011	RTR	7012	DCMC	7447		
RRB	6012	CML	7020	NMU	7451		
RFC	6014	CMA	7040	SAM	7453		
PCE	6020	CLL	7100	DPICC	7455		
		CLA	7P00	DPSZ	7457		
KCF	6030	CIA	7041	DAD	7563 (SWP DAC)		
KSF	6031	STL	7120	DST	7565 (SWP DSC)		
KCC	6032	QTL	7204	DCM	7567 (SWP DCMC)		
KRS	6034	STA	7240	DPIC	7575 (SWP DPICC)		
KIE	6035			ILD	7663 (CAM DAC)		
KRB	6036	HLT	7402				
		OSR	7404	TVSF	6171		
TFL	6040	SKP	7410	TVCA	6170		
TSF	6041	SNL	7420	TVLA	6172		
TCF	6042	SZL	7430	TVLM	6173		
TPC	6044	SZA	7440	TVBR	6174		
TSK	6045	SNA	7450	TVBF	6175		
TLS	6046	SMA	7500	TVBE	6176		

H4LD	6460	H11TEN	6601	H17RHE	6661	CLINH1	6777
H4MEN	6461	H11BM	6602	H17RM	6662	CLINH2	6777
H4HD	6464	H511R	6603	H17ED	6664	CLINH3	6777
H4LEN	6465	H11MD	6604	H17CL	6666	SINH1	6767
		H11BEN	6605	H17WCD	6670	SINH2	6757
H5LD	6500	H11FCL	6606	H17HLE	6671	SINH3	6737
H5HFN	6501	H11ND	6610	H17VDC	6672	CLREQ1	7677
H5HD	6504	H11MEN	6611	H17EBN	6675	CLREQ2	7577
H5LEN	6505	H11RS	6612	H17HIC	6676	CLREQ3	7377
		H11TIC	6613			SREQ1	7676
H7SD	6520	H11YCD	6614	H19RHE	6701	SREQ2	7575
H7CFN	6521	H11MEN	6615	H19FM	6702	SREQ3	7373
H7RFQ5	6522	H11CL	6616	H19ED	6704	H23TCH	6760
H7SFN	6525			H19CL	6706	H23I1	6762
H57ODR	6526	H13SD	6620	H19XCD	6710	H23CL	6766
H7CD	6530	H13SFN	6621	H19HLE	6711	H23ACD	6770
H7HEN	6531	H13CL	6622	H19XDC	6712	H23AEN	6771
H7CCL	6532	H13TD	6624	H19EBN	6715	H523I3	6772
H7LFN	6535	H13TEN	6625	H19XIC	6716	H523I2	6776
H7RF46	6536						
		UN	0010	H21SSS	6720	H5KEN	6104
H8CLD	6440	DEUX	0004	H21MSS	6724	HINCI	6106
H8CFN	6441	TROI\$	0014	H21SFN	6725	HENCI	6110
H8CHD	6450	H14D	6420	H21SSC	6730	HSCI	6112
H8CFN	6451	H14FN	6421	H21MSC	6734	HCLBAR	6120
		H14CL	6422	HPIFEN	6735	HZFT	6122
H590	6542	H14INC	6426			HSLAM	6130
H9LD	6550	H14DEC	6432			H5XEND	6134
H9LEN	6551					H5WEND	6136
H591	6552	H15FD	6640				
H9HD	6554	H515FR	6642				
H9HEN	6555	H15FEN	6645				
H9CL	6556	H15FCL	6646				