

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



11192

Экз чит зала

Ю - 11192

*1.12*

П.Нойберт, Х.Г.Ортлепп, В.Д.Фромм, И.Н.Чурин

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА КАМАК ДЛЯ ОБМЕНА  
МАССИВАМИ ИНФОРМАЦИИ И ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРЕРЫВАНИЙ ПРИ РАБОТЕ  
С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АППАРАТУРОЙ

1978

10 - 11192

П.Нойберг, Х.Г.Ортлепп, В.Д.Фромм, И.Н.Чурин

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА КАМАК ДЛЯ ОБМЕНА  
МАССИВАМИ ИНФОРМАЦИИ И ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРЕРЫВАНИЙ ПРИ РАБОТЕ  
С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АППАРАТУРОЙ

*Направлено на I Всесоюзный симпозиум по модульным  
информационно-вычислительным системам, Москва,  
1977.*



Нойберт П. и др.

10 - 11192

Применение языка КАМАК для обмена массивами информации и организации прерываний при работе с экспериментальной аппаратурой

Описано применение языка КАМАК для обмена массивами информации между экспериментальной аппаратурой и ЭВМ HP2116С, работающей под управлением операционной системы DOSIII. Приводится также описание применения языка КАМАК для организации прерываний.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

© 1978 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

В ЛЯП ОИЯИ продолжается создание экспериментальных установок, управляемых от ЭВМ с помощью аппаратуры в стандарте КАМАК<sup>/1-5/</sup>. Для облегчения программирования их работы разработан компилятор языка КАМАК<sup>/6,7/</sup>, работающий под управлением операционной системы DOSIII на ЭВМ серии 2100 фирмы Хьюлетт-Паккард.

Опыт эксплуатации этого языка подтвердил его положительные качества. Используя язык КАМАК, можно писать лаконичные, наглядные программы, наиболее полно использовать язык ФОРТРАН и системные ресурсы ЭВМ. Однако быстродействие программ на языке КАМАК невелико. Измеренное время выполнения одного оператора, задающего команду КАМАК, в среднем равно 3 мс и делится приблизительно поровну между временем работы операционной системы и драйвера<sup>/8/</sup>, обеспечивающего связь с контроллером каркаса КАМАК. Такое время, типичное для ЭВМ с подобными операционными системами<sup>/9,10/</sup>, слишком велико для большинства случаев накопления данных. Поэтому стандарт КАМАК предусматривает более быстрые аппаратурные средства для обмена массивами данных<sup>/11,12/</sup>, при этом время передачи одного слова сокращается до предела, сравнимого с длительностью одного цикла магистрали.

Рассмотрим программирование обмена массивами данных на языке КАМАК. Языки ФОРТРАН II или ФОРТРАН IV используются в качестве основного языка. Предварительно компилятор преобразует части программы, написанные на языке КАМАК, между ключевыми словами BEGINCAMAC и ENDCAMAC в последователь-

ность вызовов подпрограмм с добавлением массивов для хранения адресов блоков КАМАК. В качестве примера в табл. 1 и 2 приведена программа SHOW. Ссылки к отдельным строкам этого примера в дальнейшем заключаются в скобки. Название частей аппаратуры и способы обращения к ним задаются в декларативной секции CNAME /строки 14-21/. Полное описание места нахождения регистра требует задания номера позиции для подключения интерфейсных карт К, номера каркаса С, станции N и подадреса А. Массивы для обмена информацией с аппаратурой КАМАК декларируются в секции CDCL /строки 23-25/. Обмен данными задается командами READ и WRITE /строки 42-47/ с указанием источника и приемника информации /массив в памяти ЭВМ, регистр в каркасе КАМАК/. Разные режимы передачи информации обозначаются дополнительными определителями P, Q, R в секции CNAME /строка 16/. Отсутствие определителя означает, что обмен массивами не используется. При наличии определителя P выполняется команда параллельного обращения. Предварительно в регистр номера станции контроллера записывается информация, задающая номера выбираемых станций. Определитель Q означает адресное сканирование имеющихся в каркасе регистров. С контроллером КК 004<sup>13</sup>/ измеренное время на чтение регистра по одному подадресу равно 4 мкс, время перехода на новую станцию - 1 мкс. Перед выполнением команды адресного сканирования в регистр номера станции предварительно записывается информация, задающая номер конечной станции. При определителе R выполняется передача массивов данных по одному подадресу в режиме ULS, при этом сигнал L используется для синхронизации передачи каждого слова, а Q - для сигнализации о конце массива. Перед выполнением команды данного типа необходимо программно заблокировать все источники L, кроме выбранного.

Рассмотрим варианты передачи массива информации на примере время-цифрового преобразователя КА 201<sup>14</sup>/ в стандарте КАМАК. В первом случае после прихода сигнала L /строка 68/ выполняется чтение данных из

преобразователя /строка 70/, сброс сигнала L. Далее следует переход к операторам языка ФОРТРАН: по значению NADR вычисляется номер канала временного спектра, к содержимому канала прибавляется единица. После этого цикл повторяется. Быстродействие такого способа определяется тремя командами КАМАК и позволяет передавать не более 100 слов в секунду.

Более быстрый обмен массивами данных возможен с устройствами, работающими в режиме ULS, например с блоком буферной памяти<sup>15</sup>. В программе SHOW указано, что буферная память занимает станцию 10 /строка 15/ и имеет соединение с время-цифровым преобразователем /строка 19/ через разъем на передней панели. Часть программы, в которой описана работа с блоком памяти, начинается со строки /83/. После переключения на прием данных извне /строки 86,89/ и подготовки ВЦП и блока памяти к накоплению данных /строки 91-93/ начинается цикл анализа сигнала L /строки 94-95/. По заполнении буфера 64 словами блок памяти дает сигнал L. Данные, считанные в режиме ULS, образуют буферный массив IBU. После окончания передачи массива автоматически начинается новый набор информации. В это время массив данных обрабатывается, т.е. проверяется длина массива /строка 99/, выполняется маскирование /строка 101/ и сортировка в каналы спектра /строка 102/. Если количество переданных данных меньше заданного на регистре числа /строка 104/, программа возвращается на проверку сигнала L. В использованных ранее примерах показан способ, в котором состояние сигнала L циклически проверяется и дальнейшее выполнение программы приостанавливается до момента появления L /строки 68,94/. Если существует несколько источников L и моменты их появления произвольны, то лучше использовать прерывания ЭВМ. Для этого в декларативной секции CDMD присваиваются имена источникам сигнала L, при этом указывается как номер станции, на которой установлен блок, так и разряд регистра состояния сигналов GL, т.е. задаются два возможных определения источника L:

Таблица 1

```

0001 CMCA
0002 PROGRAM SHOW
0003 DIMENSION IBU(65),VN(1024),IRE(2),ICO(2)
0004 C DEMONSTRATION OF CAMAC HARD&SOFTWARE 760517
0005 DATA VN/1024*0/
0006 WRITE(1,100)
0007 100 FORMAT("START WITH CAMAC-DEMONSTRATION")
0008 CAMACSEMENT
0009 CEQU
0010 B EQU BE3INCAMAC
0011 E EQU EYDCAMAC
0012 CH = 20
0013 CNAME
0014 KRATE = K(CH) C(0)
0015 NBUF(1:2)=KRATE N(10) A(0:1)
0016 NBUF9 = NBUF(1) 9
0017 NGEN=KRATE N(6) A(0) 32
0018 NUNI(1:2) = KRATE N(9:9) A(0) 32
0019 NTDC= KRATE N(12) A(0)
0020 NTDS = NTDC 32
0021 NREJ= KRATE N(4) A(0)
0022 CDCL
0023 COMLEN IBU(1:65),IRE(1:2),ICO(1:2)
0024 COMLEN IRT,ICT,IRG,ICG,LAMT,NADR
0025 COMLEN LIM
0026 CACT
0027 CLEARSYS KRATE
0028 CLEARINHIBIT KRATE
0029 DISABEINT KRATE
0030 E
0031 C BRUNDEINSTELLUNG
0032 10 WRITE(1,101)
0033 101 FORMAT("GIVE REGISTER-CONTENT FOR GENERATOR (0:7):-")
0034 READ(1,*) IR3
0035 T=10.**IR3
0036 WRITE(1,102) T
0037 102 FORMAT("GENERATOR WILL BE SET TO"E6.2" HZ")
0038 CALL UNIV(IRE(1))
0039 IRE(2)=IRE(1)
0040 CALL TDC(IRT)
0041 B
0042 WRITE IRE(1:2) NUNI(1:2)
0043 READ NUNI(1:2) ICO(1:2)
0044 WRITE IRT NTDS
0045 READ NTDS ICT
0046 11 WRITE IRE NGEN
0047 READ NGEN ICG
0048 E
0049 WRITE(1,103) 2HGE,2HN ,IRG,ICG
0050 IF(ICG.NE.IR3) GOTO 11
0051 WRITE(1,103) 2HTD,2HC ,IRT,ICT
0052 WRITE(1,103) 2H'N,2H'I,IRE(1),ICO(1),2H'N,2H'I,IRE(2),ICO(2)
0053 103 FORMAT("MOD'UL "2A2" SET "06" READ "06")
0054 C QUESTION
0055 20 WRITE(1,104)
0056 104 FORMAT("YOU PREFER SINGLE-CYCLE-OPERATIONS OR BLOCK-TRANSFER")
0057 READ(1,*) MODE
0058 IF(MODE=1) 99,30,40

```

Таблица 2

```

0059 C SINGLE CYCLE OPERATION
0060 30 M=0
0061 T1=TIME(K)
0062 IRT=IAND(IRT,5777B)
0063 B
0064 READ NREG LIM
0065 WRITE IRT NTDS
0066 ENABLE NTDC
0067 31 CLEARLAM NTDC
0068 32 IF LAM NTDC GOTO 33
0069 GOTO 32
0070 33 READ NTDC NADR
0071 CLEARLAM NTDC
0072 E
0073 NADR=IAND(NADR,1777B)+1
0074 M=M+1
0075 NN(NADR)=NN(NADR)+1
0076 IF(M-LIM) 32,34
0077 34 T2 = TIME(K)
0078 T = T2 - T1
0079 CALL DISTE(NN,1024,1,1024)
0080 WRITE(1,106)M,T
0081 106 FORMAT("TIME FOR "15" TRANSFERS "F6.2" SEC")
0082 GOTO 20
0083 C REPEAT-MODE
0084 40 M=0
0085 T1=TIME(K)
0086 IRT=IOR(IRT,2000B)
0087 B
0088 READ NREG LIM
0089 WRITE IRT NTDS
0090 ENABLE NBUF
0091 CLEAR NBUF(1:2)
0092 ENABLE NTDC
0093 49 ENABLE NBUF
0094 41 IF LAM NBUF GOTO 42
0095 GOTO 41
0096 42 READCLR NBUF9 IBU(1:65)
0097 E
0098 CAMACSEMENTEND
0099 LEN=IBU(1)+1
0100 DO 43 I=2,LEN
0101 NADR=IAND(IBU(I),1777B)+1
0102 NN(NADR)=NN(NADR)+1
0103 M=M+IBU(I)
0104 IF(M-LIM) 49,44
0105 44 T2 = TIME(K)
0106 T = T2 - T1
0107 CALL DISTE(NN,1024,1,1024)
0108 WRITE(1,106) M,T
0109 GOTO 20
0110 C ENDE
0111 99 WRITE(1,111)
0112 CALL EXEC(2,102B,VN,1024,100,0)
0113 111 FORMAT("THANK YOU FOR YOUR INTEREST")
0114 END
0115 ENDS
0116 ****

```

```

CNAME
KRATE = K(20) C(0)
NBUF1 = KRATE N(20) A(0) R
NBUF2 = KRATE N(18) A(0) R
CDMD
LAM1 = NBUF1 GL1
LAM2 = NBUF2 GL2
CDCL
COMLEN IBU1(1:65),IBU2(1:65)

```

В исполнительной секции CACT каждому источнику прерывания нужно поставить в соответствие определенную часть программы для обслуживания:

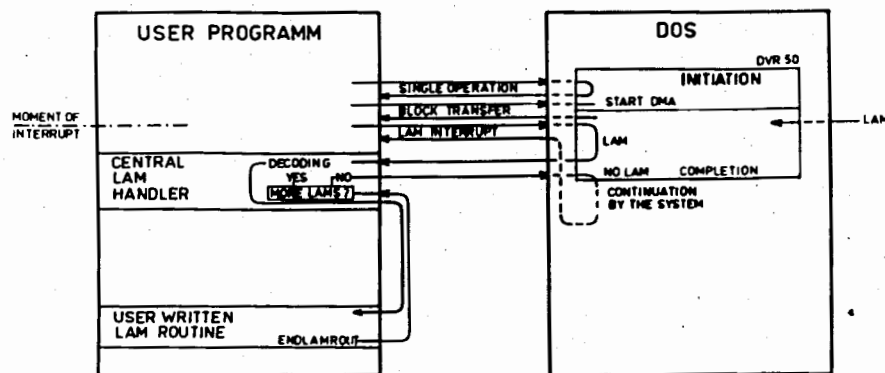
```

CACT
LINK(LAM1,10)
LINK(LAM2,20)
ENABLEINT KRATE

```

Программа обработки прерывания содержит команды KAMAK и должна кончатся оператором ENDLAMROUT. Если программа обслуживания была активирована сигналом L, то после ее выполнения по оператору ENDLAMROUT происходит возврат в программу, исполнение которой было прервано. Если программа обслуживания L была активирована программно, то оператор ENDLAMROUT пропускается.

Обработка прерывания схематично показана на рисунке.



В момент прерывания операционная система спасает рабочие регистры и активирует драйвер DVR50, обеспечивающий связь с контроллером КК 004. В этом случае драйвер вызывает центральную подпрограмму обработки прерываний, которая сканирует список зарегистрированных разрешенных прерываний (ALARM LINK LIST). Элемент списка, составленный компилятором языка КАМАК, содержит условный бит прерывания, признак блокировки, который может быть снят оператором LINK, и адрес соответствующей части программы, обслуживающей прерывание. При найденном соответствии управление передается этой программе. При выходе через ENDLAMROUT в центральную подпрограмму вновь просматривается тот же список для идентификации еще не обслуженных прерываний и организуется их обработка. Если нет больше требований, то с помощью программно генерированного прерывания активируется драйвер, который поручает операционной системе продолжение программы, начиная с точки прерывания.

В данной системе в полном объеме реализовано прерывание при выполнении арифметических операций. Однако для некоторых случаев ввода/вывода информации через периферийные приборы, в частности при работе программы форматтера, прерывания могут приводить к состоянию, из которого возвращение невозможно. В таких случаях нужно запретить прерывание и окружить данную часть программы операторами IGNORE /LAM, метка/ и LINK /LAM, метка/. Если сигнал L появился во время этой части программы, то обслуживание его задерживается до оператора LINK. С помощью обоих операторов можно также перераспределить обслуживание прерывания во время исполнения программы. Минимальное время реакции на сигнал L с прерыванием до начала обработки подпрограммы прерывания составляет 1,5 мс.

Авторы выражают благодарность А.Н.Синаеву за постоянный интерес к работе, С.В.Медведю - за создание хороших условий работы в ИЦ ЛЯП, Ю.К.Акимову, Ф.Габриэлю и К.Андерту - за полезные дискуссии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлёв Н.И. и др. ОИЯИ, 10-7332, Дубна, 1973.
2. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8114, Дубна, 1974.
3. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
4. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-9479, Дубна, 1976.
5. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-10576, Дубна, 1977.
6. Нойберт П. ОИЯИ, 11-10279, Дубна, 1977.
7. Нойберт П. ОИЯИ, 11-10449, Дубна, 1977.
8. Нойберт П. ОИЯИ, 11-10280, Дубна, 1977.
9. Lengauer Ch., Silverman A., Nucl. Instr. and Meth., 1977, 140, p.577.
10. Беспалова Т.В. и др. ОИЯИ, 10-9970, Дубна, 1976.
11. CAMAC - A Modular Instrumentation System for Data Handling. EUR 4100, 1972.
12. Blocktransfers in CAMAC - Systems. Supplement to the Basic CAMAC-Specification. ESONE-NIM Committees, 1976.
13. Сидоров В.Т. и др. ПТЭ, 1976, №3.
14. Габриэль Ф., Мерзляков С.И., Экштейн П. В кн.: Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике, Варна, 1977. ОИЯИ, Дубна, 1978.
15. Martin R. CAMAC Buffer Memory, USA BISON HN-11, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 декабря 1977 года.