

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов Е. П., Пузанков Д. В. Микропроцессоры и микропроцессорные системы.— М.: Радио и связь, 1981.
2. Малые ЭВМ и их применение/Под ред. Б. М. Наумова.— М.: Статистика, 1980.
3. Вигдорчик Г. В., Семик В. П. Организация программного обеспечения систем с разделением функций на СМ ЭВМ.— Приборы и системы управления, 1981, № 4.

Поступила в редакцию 13 января 1982 г.

УДК 681.3.06

О. В. ВЬЮШИН, П. Л. ХРАПКИН
(Новосибирск)

ПАКЕТ СТАНДАРТНЫХ ПОДПРОГРАММ ДЛЯ РАБОТЫ С АППАРАТУРОЙ КАМАК

1. Введение. Общее описание пакета подпрограмм. Опыт работы научных центров показывает, что большая часть прикладных программ пишется на языке ФОРТРАН. Как правило, составление программы управления экспериментом и обработки данных на этом языке для экспериментаторов проще и быстрее, чем на Ассемблере. Однако синтаксис ФОРТРАНа не имеет стандартных средств для работы с аппаратурой КАМАК. Для того чтобы обеспечить возможность использования КАМАК широким кругом экспериментаторов, необходимо создание пакета прикладных подпрограмм, написанных на Ассемблере. Вызываемые подпрограммы пакета, как обычно, включаются в программу пользователя на стадии сборки. За основу при написании пакета был принят стандарт ESONE/SR/01 «SUBROUTINES FOR CAMAC» [1].

Пакет подпрограмм предназначен для работы на микро-ЭВМ «Электроника-60» или СМ-3 с многопрограммной операционной системой реального времени RSX-11. Использовались контроллеры КАМАК типа СС-11, М400, СМ-3, К-16, Э-60. При незначительной модификации пакета возможно его применение с другими типами контроллеров, на других ЭВМ серии СМ, «Электроника» или PDP-11, с другими операционными системами (подробнее см. п. 7).

Подпрограммы пакета не ориентированы на обслуживание каких-либо конкретных модулей аппаратуры. Они позволяют работать с любыми устройствами в стандарте КАМАК, поскольку реализуют собственно требования этого стандарта: выполнение команд КАМАК, генерацию сигналов общего управления (Z, C, I), предусмотренные стандартом режимы обмена данными.

Наименования подпрограмм пакета соответствуют следующему соглашению. Название каждой подпрограммы состоит не более чем из 6 букв, причем первая буква — С; вторая буква в названии определяет назначение подпрограммы: С — подпрограммы, выполняющие функции контроля какого-либо параметра; D — декларация, т. е. кодирование, упаковка компонент какой-либо величины, например позиции модуля КАМАК, его субадреса и др., в так называемый КАМАК-адрес или спецификация запроса на внимание; F — передача 24-разрядных данных из/в КАМАК; S — передача 16-разрядных слов; B — передача 8-разрядных данных (байтов); G — подпрограмма, декодирующая информацию, закодированную подпрограммой типа D; T — подпрограмма, осуществляющая проверку, тестирование каких-либо сигналов. Остальные буквы в названии соответствуют смыслу действий, выполняемых подпрограммой.

В соответствии с правилами ФОРТРАНа RSX-11 и RT-11 некоторые параметры (ниже в описаниях подпрограмм они заключены в квадратные скобки []) могут быть опущены. При этом используется значение параметра «по умолчанию».

2. **Декларация КАМАК-адресов.** Для того чтобы применять модуль аппаратуры КАМАК, необходимо декларировать его КАМАК-адрес, т. е. номера ветви (BRANCH) и крейта, позицию модуля в крейте, субадрес в модуле. Вся эта информация кодируется в соответствующие битовые позиции слова IEXT. Такой подход позволяет легко организовывать таблицы, содержащие КАМАК-адреса. При запуске прикладные программы считывают эти таблицы из файла во внешней памяти.

CALL CDREG (IEXT, [IB], IC, [N], [IA])

Подпрограмма CDREG компонует IC, N, IA в переменную IEXT, образующую адрес устройства КАМАК. Все переменные целые типа INTEGER*2. Для генерации сигналов общего управления (Z, C, I) достаточно указать только два аргумента IEXT и IC, в то время как аргументы N и IA могут быть любыми или отсутствовать: CALL CDREG (IEXT, IC).

Анализировать компоненты КАМАК-адреса можно при помощи подпрограммы CGREG:

CALL CGREG (IEXT, [IB], [IC], [N], [IA])

Заметим, что применяемые вместе с пакетом крейт-контроллеры не позволяют организовать ветви крейтов. Упомянутый в стандарте параметр IB — номер ветви — используется пакетом для идентификации отключенных, неиспользуемых модулей аппаратуры. «По умолчанию» CDREG полагает номер ветви равным 7, формируя отрицательное значение IEXT; однако если в прикладной программе изменить знак IEXT, например, посредством IEXT = -IEXT, то все исполнительные подпрограммы пакета будут возвращать управление в вызывающую программу, не обращаясь к КАМАК, что соответствует отключенному модулю.

3. **Одиночные КАМАК-функции.** Подпрограммы, реализующие одиночные КАМАК-функции (SINGLE ACTION), позволяют передать в модуль или прочитать из него единственное слово данных или выполнить команду КАМАК, не требующую передачи данных (например, F8):

CALL CFSA (JF, IEXT, [RNT], [IQ])

CALL CSSA (JF, IEXT, [INT], [IQ])

CALL CBSA (JF, IEXT, [BYTE], [IQ])

Подпрограммы выполняют команду КАМАК JF по КАМАК-адресу IEXT, передавая 24(CFSA — RNT)-, 16(CSSA — INT)- или 8(CBSA — BYTE)-разрядные данные. Если JF — функция чтения или записи, то происходит передача слова данных между модулем КАМАК, адрес которого определен в IEXT, и буфером RNT, INT или BYTE в оперативной памяти ЭВМ. Во всех других случаях, не связанных с передачей данных (например, для JF = 8), третий параметр можно опускать.

При передаче 24-разрядных данных информация размещается в младшем байте первого слова и во втором слове RNT. Так, если RNT-массив INTEGER CAMDAT (2), то биты с 17-го по 24-й помещаются в CAMDAT (1), а биты с 1-го по 16-й — в CAMDAT (2), причем бит 1 — младший.

Если параметр IQ не указан, то при отсутствии Q или X после выполнения подпрограммы на терминал выводится диагностическое сообщение, свидетельствующее об аппаратной неисправности или ошибке в программе. Если этот параметр дан, то после выполнения подпрограмм он имеет значение:

$$IQ = 1 - Q = 1, X = 1$$

$$IQ = 2 - Q = 0, X = 1$$

$$IQ = 3 - Q = 0, X = 0$$

В ряде случаев, например в программах-тестах контроллера крейта, требуется более подробная информация о состоянии статусного регистра контроллера CSR после выполнения КАМАК-цикла. В режиме CDCHL ('2000) (см. п. 7) в IQ сохраняется значение CSR.

Время выполнения CSSA в «Электронике-60» с учетом передачи управления из ФОРТРАНа 200 мкс*.

4. **Управление крейтом в целом.** Чтобы убедиться в возможности работы с крейтом КАМАК, применяется подпрограмма CTCC:

CALL CTCC (IEXT, L)

Здесь IEXT — КАМАК-адрес; L — логическая или целая переменная; L = 0 означает недоступность крейта (например, неисправен контроллер или отключено питание крейта).

Описанные ниже подпрограммы обеспечивают генерацию сигналов общего управления: СБРОС (C), ПУСК (Z), ЗАПРЕТ (I):

CALL CCCZ (IEXT) ! ZERO — пуск крейта

CALL CCCC (IEXT) ! CLEAR — сброс крейта

Подпрограммы CCCZ и CCCC генерируют соответственно сигналы Z (ZERO, ПУСК) и C (CLEAR, СБРОС):

CALL CCCI (IEXT, L) ! установка/сброс I

CALL CTCI (IEXT, L) ! проверка наличия I

Подпрограмма CCCI в зависимости от значения логической переменной L сбрасывает (L = .FALSE.) или устанавливает (L = .TRUE.) сигнал ЗАПРЕТ, разрешая или запрещая тем самым все обмены на магистрали крейта. Подпрограмма CTCI проверяет состояние бита I в статусном регистре контроллера, определяя, разрешены или запрещены обмены на магистрали крейта.

5. **Использование запросов L.** Использование запросов позволяет синхронизировать выполнение прикладной программы с событиями в аппаратуре. Существует три метода использования L: приостановка программы до появления L, прерывание исполнения программы при появлении L и асинхронное по отношению к основному алгоритму выполнение подпрограммы обслуживания запроса, проверка наличия запроса L и затем немедленное продолжение программы. Кроме того, существует возможность синхронизации блочных передач с запросами (см. п. 6).

Каждый запрос L, как и КАМАК-адрес посредством CDREG, необходимо декларировать заранее (до начала работы с ним) подпрограммами CDLAM или CDLM:

CALL CDLAM (LAM, , IC, N, [M], LT, [IVECT], [MASK])

CALL CDLM (LAM, IEXT, [M], LT, [IVECT], [MASK])

Подпрограммы CDLAM и CDLM формируют массив вспомогательной информации LT длиной 10 байтов (12 байтов, если предполагается подпрограмма CCLNK, см. об этом ниже). Однако в отличие от CDLAM подпрограмма CDLM применяет заранее сформированный подпрограммой CDREG КАМАК-адрес IEXT. Кроме КАМАК-адреса, массив LT содержит адрес вектора прерывания IVECT и маску запросов регистра маски (DMR) контроллера (MASK), а также метод использования запроса L—M. Байты 11 и 12 массива LT используются подпрограммой CCLNK.

* Измерения быстродействия подпрограмм пакета проводились на ЭВМ «Электроника-60» со средним временем исполнения команды типа регистр-регистр около 10 мкс. Для СМ-3 быстродействие в 2-3 раза выше.

В случае необходимости здесь содержится адрес подпрограммы обслуживания запроса L. Если параметры IVECT и MASK опущены, в LT заносятся значения «по умолчанию», определяемые при генерации библиотеки КАМАК. Переменная LAM, формируемая подпрограммами, содержит адрес массива LT и в дальнейшем служит идентификатором запроса L.

CALL CTLM (LAM, L)

Подпрограмма CTLM проверяет наличие запроса LAM и в соответствии с результатом проверки устанавливает значение логической переменной L.

CALL CWTL (LAM)

Подпрограмма CWTL приостанавливает выполнение программы до появления запроса LAM, предварительно декларированного подпрограммой CDLAM или CDLM. После появления запроса выполнение приостановленной программы продолжается. Возможны два режима работы CWTL, отличающиеся временем реакции на запрос: циклическая проверка состояния L и передача управления операционной системе на время ожидания запроса. В последнем случае многопрограммная операционная система может запустить другую задачу, имеющую более низкий приоритет. При появлении запроса прерывание от крейт-контроллера перехватывается системой, и она, приостановив исполнение менее приоритетной задачи, запускает задачу, ожидающую L. Реакция на прерывание в «Электронике-60» с операционной системой RSX-11S составляет 1 мс. Циклическая проверка L сокращает время реакции на запрос до 200 мкс, однако низкоприоритетные задачи при этом неактивны.

CALL CCLNK (LAM, ISR, IR)

Подпрограмма CCLNK (CONNECT LAM) связывает подпрограмму обработки ISR с конкретным запросом L. Подпрограмма ISR исполняется в режиме прерывания: при возникновении сигнала L происходит передача управления этой подпрограмме. При этом основная программа прерывается, исполняется указанная подпрограмма ISR, после чего выполнение основной программы продолжается с того же места, где произошло прерывание. Фактическое значение параметра ISR должно быть описано в операторе EXTERNAL подпрограммы, содержащей обращение к CCLNK. Поскольку одна и та же подпрограмма ISR может обрабатывать несколько запросов, она может (но не обязательно) иметь входной параметр LAM — идентификатор запроса.

Для «распаковки» (анализа) идентификатора запроса LAM предназначена подпрограмма CGLAM. Параметр LAM для нее является входным, а все остальные параметры — выходными и необязательными:

CALL CGLAM (LAM, [IB], [IC], [N], [M], [IVECT], [MASK])

Подпрограмма выполняет действие, обратное действию подпрограммы CDLAM, и возвращает все параметры имеющими тот же самый смысл и ту же форму, что у CDLAM.

6. Блочные передачи. В отличие от одиночных КАМАК-функций, генерирующих один КАМАК-цикл, сопровождаемый передачей не более одного 24-разрядного слова данных, блочные передачи позволяют передавать из ЭВМ в аппаратуру или наоборот целый массив информации. Это значительно сокращает время обмена, предоставляет дополнительные удобства в программировании. Последовательность действий может выполняться по одному или нескольким КАМАК-адресам с фиксированным или меняющимся кодом КАМАК-функции.

Все подпрограммы этого раздела имеют специальный «контрольный блок» (ICB) в качестве обязательного параметра. ICB является целым массивом, состоящим из следующих четырех элементов:

1-й элемент — счетчик повторов — содержит число подлежащих выполнению операций с КАМАК-аппаратурой или число слов данных для передачи;

2-й элемент является возвращаемым параметром подпрограммы, он указывает количество команд, в действительности выполненных подпрограммой;

3-й элемент, если он равен нулю, то действия выполняются немедленно; иначе он интерпретируется как идентификатор запроса, и выполнение команд КАМАК начинается только после появления L;

4-й элемент используется некоторыми подпрограммами для указания на режим работы с сигналом Q.

CALL CFGA (JFA, IEXA, RNTC, [IQA], ICB)

CALL CSGA (JFA, IEXA, INTC, [IQA], ICB)

CALL CBGA (JFA, IEXA, BYTC, [IQA], ICB)

Подпрограмма CFGA (GENERAL ACTION) выполняет последовательность команд КАМАК в соответствии с набором КАМАК-адресов IEXA и команд JFA и возвращает последовательность ответов Q в массиве IQA. Поскольку массив КАМАК-функций JFA может содержать произвольные команды КАМАК, то возможны как чтение, так и запись данных. Соответствие элементов JFA, IEXA, RNTC и IQA при этом сохраняется. Время на один КАМАК-цикл в «Электронике-60» при отсутствии проверки (параметр IQA опущен) 120 мкс.

CALL CFMAD (JF, IEXA, RNTC, ICB, [NA])

CALL CSMAD (JF, IEXA, INTC, ICB, [NA])

CALL CBMAD (JF, IEXA, BYTC, ICB, [NA])

Подпрограмма CFMAD осуществляет передачу массива данных по команде КАМАК JF в режиме сканирования по субадресам по следующему алгоритму. Команда JF вначале исполняется по адресу, указанному в 1-м элементе массива IEXA. Затем, если $Q = 1$, субадрес и указатель на элемент массива данных RNTC увеличиваются на 1 и КАМАК-команда выполняется по этому новому субадресу. Субадрес меняется от 0 до NA или, если NA не задан, от 0 до 15. Если ответ $Q = 0$ и общее количество выполненных действий не превышает числа, указанного в ICB (1), то сканирование субадресов данного модуля прекращается и происходит переход к следующему КАМАК-адресу в массиве IEXA. Такой процесс продолжается до тех пор, пока общее количество выполненных действий не превысит числа, указанного в 1-м элементе «контрольного блока» ICB(1). Если ICB(4) = 0, то ответ Q не проверяется. Для достаточно больших массивов данных без проверки Q время на КАМАК-цикл 25 мкс (время исполнения двух команд).

CALL CFUBC (JF, IEXT, RNTC, ICB)

CALL CSUBC (JF, IEXT, INTC, ICB)

CALL CBUBC (JF, IEXT, BYTC, ICB)

Подпрограммы CFUBC, CSUBC и CBUBC вызывают исполнение команд КАМАК JF по адресу IEXT в режиме СТОП по $Q = 0$.

Подпрограммы CFUBL, CSUBL и CBUBL работают в режиме синхронизации с запросом L: выполнение команды и передача очередного слова данных происходят только после появления запроса L.

Подпрограммы CFUBR, CSUBR выполняют команду КАМАК JF по адресу IEXT в режиме повторения по $Q = 0$. Для предотвращения возникновения бесконечного цикла в случае $Q = 0$ предусмотрен счетчик цикла, его максимальное значение 32 000, что соответствует времени ожидания $Q = 1$ для «Электронике-60» около 6 с.

Параметры подпрограмм CFUBL и CFUBR определяются аналогично CFUBC.

7. Настройка пакета. Зачастую даже в одной организации используются разные контроллеры крейтов КАМАК, различные операционные

системы и типы ЭВМ. Поэтому необходима настройка пакета на конкретное оборудование. Кроме того, подпрограммы пакета могут работать в различных режимах, обеспечивая наиболее удобное и эффективное применение ЭВМ.

Статическая настройка — настройка подпрограммы пакета в момент создания библиотеки — достигается за счет условного ассемблирования. Этой цели служит специальный программный сегмент PRECAMAC, где содержатся макроопределения и необходимые при ассемблировании глобальные символы. При переходе к другим типам ЭВМ, крейт-контроллеров, операционных систем модифицируется лишь этот сегмент и несколько системно зависимых подпрограмм. Так, например, макроопределение

```
.IFDF $CM3
.MACRO MTPS, PRI
MOV PRI, @# 177776
ENDM
.MACRO SOB, R, L
DEC R
BNE L
.ENDM
.ENDC
```

позволяет использовать пакет не на микро-ЭВМ «Электроника-60», а на СМ-3.

Динамическая настройка — дополнительная настройка подпрограмм пакета, выполняемая во время исполнения прикладных программ. Такая настройка проводится с помощью упомянутого в стандарте [1] понятия КАНАЛ. Состояние пакета характеризует переменная ICHNL, определяемая подпрограммой CDCHL:

```
CALL CDCHL (ICHNL)
```

Отдельные биты ICHNL соответствуют типу крейт-контроллера (бит "400), режиму работы подпрограммы CWTL (бит "1000) и т. д.

```
CALL CGCHL (ICHNL)
```

Подпрограмма CGCHL возвращает параметр ICHNL, декларированный CDCHL.

8. Особенности реализации. Характерной особенностью современных средств автоматизации является то, что пользуется ими все более широкий круг потребителей, а это означает, что необходимо удобное, простое в применении программное обеспечение. Создание специализированных языков программирования и расширения синтаксиса существующих языков (например, расширения BASIC—BASCAL, CATY, прецессоры CASIC, CAMILA, система САНПО, язык промежуточного уровня IML [2, 3]), безусловно, полезны, но зачастую применимы лишь для ограниченного круга задач. Другой подход предложен в совместной разработке комитетов NIM и ESONE — стандарте «SUBROUTINES FOR CAMAC» [1]. Он предполагает использование набора подпрограмм, вызываемых в нашем случае из ФОРТРАНа. Стандарт [1] является преемником языка IML, в котором также разделены «декларации» и собственно «действия» с аппаратурой КАМАК. Такое разграничение существенно улучшает временные характеристики работы с КАМАК (для сравнения см., например, [4]), предусматривает возможность передачи массивов данных.

При реализации стандарта были сделаны следующие изменения и расширения, отвечающие потребностям систем автоматизации ИЯФ СО АН СССР: добавлена подпрограмма для синхронизации с запросом CWTL (стандартом предусмотрены только асинхронная обработка запросов и проверка наличия L); в ряде подпрограмм возможен режим, когда не анализируются ответы X и Q, что позволяет существенно увеличить скорость передачи данных; в случае отсутствия ответов X или Q (как правило, это связано с аппаратной или программной ошибкой) на терми-

нал выводится диагностическое сообщение. Возможна декларация запроса L по предварительно сформированному подпрограммой CDREG КАМАК-адресу и настройка пакета, как описано в п. 7.

Для многопрограммных операционных систем старших моделей ЭВМ типично создание так называемых драйверов — модулей операционной системы, монополизирующих взаимодействие с определенным подмножеством оборудования и управляемых программными запросами. Для микро-ЭВМ с ограниченной оперативной памятью такой подход неприемлем, так как драйвер, обладающий полным набором возможностей, занимает слишком много места в ОЗУ, а подготовка и настройка специализированного драйвера с ограниченными возможностями для каждой конкретной конфигурации установки слишком трудоемки и требуют высокой квалификации. Кроме того, каждое обращение к драйверу связано с обработкой запроса операционной системой и занимает 4—5 мс.

Альтернативой драйверу является следующий избранный нами метод: с аппаратурой взаимодействуют непосредственно подпрограммы прикладных программ. В тех случаях, когда вмешательство операционной системы или передача управления другим программам нежелательны, работа программа увеличивает приоритет на время, допускаемое операционной системой (100—500 мкс), запрещая тем самым прерывания ее работы. В частности, одиночная КАМАК-команда выполняется в три этапа: вначале запись кода команды в регистр управления крейт-контроллера (CSR), затем организация КАМАК-цикла в соответствии с кодом команды, записанным в CSR, и, наконец, считывание CSR в ЭВМ для анализа ответов X и Q. Все три этапа должны составлять непрерываемую последовательность, иначе выполнение операции окажется неправильным в результате вмешательства других программ. При блочных передачах несколько таких циклов выполняются последовательно, занимая процессор на допускаемое системой время. Увеличение этого времени привело бы к ухудшению времени реакции на события в аппаратуре, а уменьшение — к падению эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. SUBROUTINES FOR CAMAC.— ESONE/SR/01, Sep. 1978.
2. Казакова Н. А., Панкрац Е. В. Реализация языка промежуточного уровня IML на ЭВМ типа СМ-3.— Автометрия, 1980, № 3.
3. The Definition of IML, a Language for Use in CAMAC System.— ESONE/IML/01, ESONE SECRETARIAT, Oct. 1974.
4. Sendall D. M. Minicomputer Software for High-Energy Physics Experiments.— Proc. of the 1978 CERN School of Computing, June 1978.

Поступила в редакцию 11 декабря 1981 г.

УДК 681.3.06

**М. А. КУРИЛОВ, В. В. МАНАКО, А. И. НИКИТИН,
И. В. ЧИЧКАНЬ**

(Киев)

СТАНДАРТНЫЙ ГРАФИЧЕСКИЙ ПАКЕТ ГРАС. СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

С появлением ВЦКП и сетей ЭВМ на первый план в области создания и развития графического программного обеспечения выдвинулась проблема стандартизации. Она подразумевает разработку стандартного графического пакета, стандартных форм представления и способов пе-