

Б. Л. КОНЦЕВОЙ
(Минск)

ПРОГРАММИРОВАНИЕ АППАРАТУРЫ КАМАК НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ

Введение. При создании систем автоматизации эксперимента (САЭ) наиболее часто используются ЭВМ семейств СМ, «Электроника» и аппаратура КАМАК. Для программирования аппаратуры КАМАК существует следующий ряд возможностей: 1) непосредственное программирование на ассемблере Макро-11; 2) применение библиотек подпрограмм по рекомендациям комитета ESONE [1—3]; 3) применение языков со встроенными средствами программирования КАМАК; 4) применение специально разработанных системных программ — драйверов модулей КАМАК; 5) работа только со средствами базового языка программирования высокого уровня [4, 5].

Достоинства и недостатки первых четырех способов программирования аппаратуры КАМАК проанализированы в [1, 5, 6].

Программирование аппаратуры КАМАК средствами базового языка высокого уровня основывается на возможности некоторых языков (Паскаль, Модула-2 и др.) обращаться к указанным абсолютным адресам. В [5] предложен метод описания структуры оборудования КАМАК (СОС). Суть метода состоит в том, что состав регистров аппаратуры КАМАК и способ доступа к ним описываются в виде структуры данных (СД), которая отображается на адресное пространство, выделенное оборудованию, после чего идентификаторы регистров могут использоваться в выражениях базового языка.

Цель данной работы — разработка наиболее простой по сравнению с упомянутыми выше и достаточно эффективной методики программирования аппаратуры КАМАК на языке Паскаль для пользователей, не являющихся профессионалами в области САЭ.

Все описанные ниже СД и примеры программирования выполнены и апробированы на ЭВМ типа СМ-4 и «Электроника 60» с контроллерами крейта КАМАК типа 106 и К-16.

Структуры данных. Предлагаемая методика основана на описании всей совокупности возможных регистров КАМАК как массива целых чисел, занимающего старшие адреса адресного пространства ЭВМ (страницу ввода-вывода). В случае многокрейтных САЭ такая СД принимает вид

```
const BASEADRES = 760000 B;
type  MODULE = array [0..15] of integer;
      CRATE = array [0..31] of MODULE;
      CAMAC = array [0..6] of CRATE;
var   REGISTER origin BASEADRES : CAMAC;
```

(1)

Для однокрейтных САЭ СД (1) можно упростить:

```
const BASEADRES = 766000 B;
type  MODULE = array [0..15] of integer;
      CRATE = array [0..23] of MODULE;
var   REGISTER origin BASEADRES : CRATE;.
```

(2)

В приведенных СД массив MODULE описывает возможные субадреса модулей КАМАК, массив CRATE — номер станции модуля в крейте, а массив CAMAC — номер крейта. Символ В в Паскале означает восьмеричное число. В СД (1) для обеспечения соответствия адресов элементов массива REGISTER реальным адресам регистров КАМАК массив CRATE имеет размерность 32, хотя стандартный крейт рассчитан только на 25 станций. В СД (2) константа BASEADRES может меняться в зависи-

Время выполнения операций КАМАК, мкс, не более

| Операция | СД(1) | СД(2) | [1, 2] | [5] | Макро-11 |
|-----------------------------------|-------|-------|--------|-----|----------|
| Обращение к регистрам контроллера | 60 | 20 | — | 25 | 5 |
| Обращение к модулю | 110 | 70 | — | 25 | 10 |
| Выполнение однократной операции | 220 | 100 | 220 | 80 | 20 |

мости от реального адреса крейта КАМАК. Обмен информацией с каким-либо регистром КАМАК осуществляется через элемент массива REGISTER $[C, N, A]$ при СД (1) или REGISTER $[N, A]$ при СД (2), где $C = 0 \div 6$ — номер крейта; $N = 0 \div 23$ — номер станции, занимаемой модулем в этом крейте; $A = 0 \div 15$ — субадрес в модуле. Так, обращение к основным регистрам контроллера — статусному регистру и регистру запросов — производится через элементы массива REGISTER $[C, 0, 0]$ и REGISTER $[C, 0, 1]$ соответственно.

Программирование. Далее все примеры приводятся только для СД (1), так как для СД (2) они полностью аналогичны, но без указания при обращении к массиву REGISTER индекса C .

Как известно, любая операция КАМАК в общем случае выполняется в три этапа: 1) занесение в статусный регистр контроллера кода КАМАК-функции F ; 2) обращение к модулю; 3) чтение ответов X и Q .

Занесение кода КАМАК-функции сводится к выполнению оператора REGISTER $[C, 0, 0] := F$. Обращение к модулю зависит от типа выполняемой функции. Чтение выполняется оператором VALUE := REGISTER $[C, N, A]$, а запись — REGISTER $[C, N, A] := VALUE$, где VALUE — переменная типа integer. Все операции КАМАК, не использующие шины чтения или записи, могут выполняться при любом обращении к элементу массива REGISTER в арифметических или логических выражениях языка Паскаль. При необходимости проверка ответа Q обеспечивается, например, выполнением оператора while REGISTER $[C, 0, 0] >= do$ или repeat until REGISTER $[C, 0, 0] < 0$. Необходимые в некоторых случаях чтение или запись отдельных разрядов регистров контроллера (проверка X , демаскировка запросов, выполнение безадресных операций и др.) могут осуществляться с помощью логических операций or, and, not. Например, деблокировка системы обслуживания прерываний производится установкой шестого разряда статусного регистра: REGISTER $[C, 0, 0] := REGISTER [C, 0, 0] or 100 B$;

Для обработки прерываний от модулей КАМАК необходима разработка специальных процедур обслуживания прерываний [3, 5, 7]. В описываемом случае используется библиотека процедур [7].

Временные характеристики. Времена обращения к регистрам КАМАК при использовании описанной методики на ЭВМ «Электроника 60» приведены в таблице. Там же для сравнения помещены аналогичные характеристики для пакетов [1, 2] (подпрограмма CSSA), оценки для метода ОСО по реализации [5] и теоретического предела при программировании на Макро-11. Различие времен для СД (1) и (2) объясняется большим временем доступа к элементу трехмерного массива по сравнению с элементом двумерного массива.

Обсуждение и выводы. Описанный способ программирования аппаратуры КАМАК является по сравнению с предложенными в [5] более простым для понимания и применения, так как не использует переменных ссылочного типа и не требует никаких дополнительных процедур. Необходимо отметить также, что описание оборудования КАМАК с помощью (1), (2) не занимает в ОЗУ ЭВМ места, так как СД полностью располагаются в области страницы ввода-вывода ЭВМ. При использовании данного способа отпадает необходимость разработки каких-либо специальных подпрограмм обслуживания КАМАК, так как любой алгоритм обмена данны-

ми с оборудованием КАМАК [8] может реализовываться средствами языка Паскаль наиболее эффективным образом в каждом конкретном случае. Необходимость дополнительного программирования, разработки библиотек процедур возникает только при создании программного обеспечения сложных САЭ для удобства и технологичности программирования или при реализации дополнительных возможностей использования широко распространенных модулей КАМАК. Так, были разработаны следующие библиотеки процедур: 1) библиотека общего назначения для обмена данными и управляющей информацией с аппаратурой КАМАК; 2) библиотека обслуживания модулей управления шаговым двигателем (МУШД), обеспечивающая следующие возможности пользовательского программного обеспечения: гибкий и удобный алгоритм управления модулями; независимость от количества и адресов МУШД, входящих в САЭ; параллельное (одновременное) выполнение операций всеми МУШД; задание величин перемещения в пользовательских единицах и др.; 3) библиотека обслуживания модулей оперативных запоминающих устройств КАМАК, реализующая возможность организации в этих модулях динамических массивов для хранения данных.

Другие достоинства и недостатки программирования аппаратуры КАМАК средствами базового языка подробно проанализированы в [5].

Описанная методика ориентирована на непрофессиональных программистов и может эффективно применяться для быстрого программирования в системах автоматизации лабораторных экспериментов, позволяя при этом разрабатывать простые и гибкие программы обслуживания аппаратуры КАМАК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вьюнин О. В., Храпкин П. Л. Пакет стандартных программ для работы с аппаратурой КАМАК // Автометрия.— 1982.— № 4.
2. Выставкин А. Н., Олейников А. Я., Панкрац Е. В. Реализация унифицированных средств программирования КАМАК-систем на ЭВМ серии СМ-4 («Электроника 60»).— М., 1985.— (Препр./АН СССР, ИРЭ, 4 (422)).
3. Журавлев В. И., Сапожников С. В., Нишкевич С. Л. Процедуры работы с аппаратурой КАМАК на языке Паскаль // Проблемно-ориентированные измерительно-вычислительные комплексы.— Новосибирск: Наука, 1986.
4. Будников К. И., Иванченко А. Я., Песляк П. М. Программное обеспечение автоматизированной системы цифрового частотного анализа // Автометрия.— 1984.— № 5.
5. Балуха Г., Саламатин И. М. Анализ и развитие способов программирования оборудования КАМАК // Программирование.— 1987.— № 4.
6. Храпкин П. Л. Обзор средств программирования аппаратуры КАМАК // Автометрия.— 1987.— № 5.
7. Добриневский С. Ф. Процедуры обработки прерываний в Паскале ОС ДВК // Микропроцессорные средства и системы.— 1989.— № 5.
8. Вукотиков В. М., Выставкин А. П., Иванов В. В. и др. Информационно-алгоритмические характеристики современных стандартных интерфейсов для программно-модульных многопроцессорных систем // ПТЭ.— 1987.— № 5.

Поступило в редакцию 9 ноября 1989 г.

УДК 681.322.067

В. Г. ГАШНИКОВ
(Куйбышев)

РЕЛЯЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В самом общем виде эксперимент можно описать тройкой элементов, порождающих информационные процессы $\langle O, C, S \rangle$, где O — объект исследования; C — средства исследования; S — исследователь.

© 1990 Гашников В. Г.