

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 681.3.06

С. В. БРЕДИХИН, П. М. ПЕСЛЯК
 (Новосибирск)

**ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
 ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАГИСТРАЛЬНОЙ
 МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ СБОРА ДАННЫХ**

Цель этой статьи — описать на конкретном примере один из возможных вариантов программного обеспечения, входящего в состав измерительной системы сбора экспериментальных данных.

Общая картина аппаратурной части системы такова: в основу ее организации положен магистрально-модульный принцип; конструктивно магистраль и модули выполнены по идеологии стандарта [1] (соблюдены его электрическая и логическая части); модули размещены в крейтах, каждый из которых имеет блок управления — контроллер; контроллеры соединяются между собой последовательно и образуют ветвь магистрали данных; ветвь магистрали данных подключается к ЭВМ через блок управления магистралью.

Настоящее программное обеспечение предназначено для управления аппаратурой, подробное описание которой изложено в [2]. При его разработке нам приходилось постоянно иметь в виду возможность изменения состава экспериментального оборудования, которое может состоять как в изменении состава модулей внутри крейта, так и в изменении числа крейтов. В связи с этим мы стремились так организовать его структуру, чтобы новая конфигурация системы влекла за собой изменение лишь одной из подпрограмм и не приводила к существенным переделкам всей системы программного обеспечения.

Аппаратура и канал связи. Вся аппаратура измерительной системы размещена в двух крейтах (рис. 1). В крейте согласования размещен блок согласования электрических и логических стандартов САМАС с электрическими и логическими стандартами ЭВМ ИР-2116В. Блок согласования связан с ЭВМ посредством двух 16-разрядных дуплексных программируемых каналов. Поскольку система прерываний этой ЭВМ по-

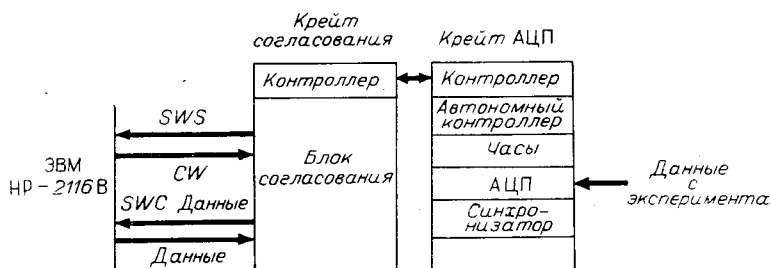


Рис. 1.

строена по принципу приоритета, номера каналов выбраны последовательно. Старший по приоритету канал используется для управления, младший для передачи данных. Конкретный вариант подключения блока согласования к ЭВМ допускает возможность обмена следующими 16-разрядными словами:

блок согласования → ЭВМ: 1) слово запросов ветви магистрали данных; 2) слово запроса крейта; 3) данные;

ЭВМ → блок согласования: 1) управляющее слово; 2) данные.

В крейте АЦП помещены часы, 8-разрядный 8-канальный аналого-цифровой преобразователь, синхронизатор, задающий режим опроса каналов, и автономный контроллер, управляющий циклом измерений внутри крейта.

Запросы и порядок их обработки. Все запросы, вырабатываемые в данной измерительной системе, закодированы в двух 16-разрядных словах: в слове запросов ветви магистральной данных *SWS* и слове запросов крейта *SWC*. Кодировка запросов в этих словах позиционная; старшему запросу соответствует старший бит в слове запросов.

Слово запросов *SWS* содержит запросы блока согласования, «срочные» запросы крейта АЦП, а также запрос на чтение слова запросов *SWC*. Слово запросов *SWC* содержит «несрочные» запросы крейта АЦП.

Каждое слово запросов содержит хотя бы один запрос. Поиск запросов и их обработка выполняются программно. При наличии хотя бы одного запроса блок согласования по каналу управления вырабатывает сигнал прерывания, при этом начинает работу программа обработки прерывания *SWOP*. Эта программа спасает содержимое регистров ЭВМ, принимает слово запросов *SWS* и включает в работу тот сегмент программы обработки запросов, который соответствует высшему по приоритету запросу среди имеющихся. Если таким запросом оказался запрос на чтение слова запросов *SWC*, то ЭВМ по каналу данных принимает *SWC* и выполняется программа обработки высшего по приоритету «несрочного» запроса крейта АЦП.

Управляющие слова и данные. Результатом обработки любого запроса из *SWS*-или *SWC*-слова является выдача из ЭВМ по управляющему каналу одного управляющего слова (*CW*) или их серии.

Каждое управляющее слово содержит информацию о номере крейта *C*, номере станции *N*, субадресе *A* и функции *F*. Формат *CW*:

3 разряда (с 13-го по 15-й) — *C*;
 4 разряда (с 9-го по 12-й) — *N*;
 4 разряда (с 5-го по 8-й) — *A*;
 5 разрядов (с 0-го по 4-й) — *F*.

Начальные данные, которые ЭВМ выставляет измерительной системе, и результаты измерений, которые передаются системой в ЭВМ, имеют вид чисел с фиксированной запятой; формат представления таких чисел приведен в [3].

Программное обеспечение. Опишем структуру системы подпрограмм, которые управляют работой измерительной аппаратуры. Программное обеспечение можно условно разбить на две основные части.

Первая часть — это программа обработки запросов; она целиком зависит от конкретного набора модулей в крейте АЦП и изменяется каждый раз, как только меняется их состав. Эта часть имеет сегментную структуру. Сегменты составлены из функциональных команд (*FC*), каждая из которых имеет свой код и список параметров. Последовательность функциональных команд в каждом сегменте определяет реакцию ЭВМ на конкретный запрос измерительной системы. Число сегментов равно числу запросов в системе. Начальные адреса каждого сегмента помещены в специальные таблицы. В нашем случае таких таблиц две. Первая содержит начальные адреса сегментов, реагирующих на запросы *SWS*. Вторая таблица содержит начальные адреса сегментов, реагирующих на запросы *SWC*.

Организованы следующие функциональные команды: выдача управляющего слова в канал управления, прием одного слова по каналу данных, выдача одного слова в канал данных, прием слова запросов крейта, передача управления подпрограмме, печать сообщений и выполнение блока машинных инструкций, включенных в сегмент. Функциональные команды в сегменте могут встречаться в любом порядке. В начале каждого сегмента указывается количество функциональных команд в данном сегменте.

Примеры обращения к подпрограммам, которые выполняют функциональные команды, выглядят так:

1. Выдача *CW*, означающего сброс запроса, возникшего по второму субадресу первого модуля нулевого крейта:

```

.
.
.
OCT 1   код FC
OCT 1112  CW
.
.
.

```

2. Прием одного слова по каналу данных:

```

.
.
.
OCT 2   код FC
.
.
.

```

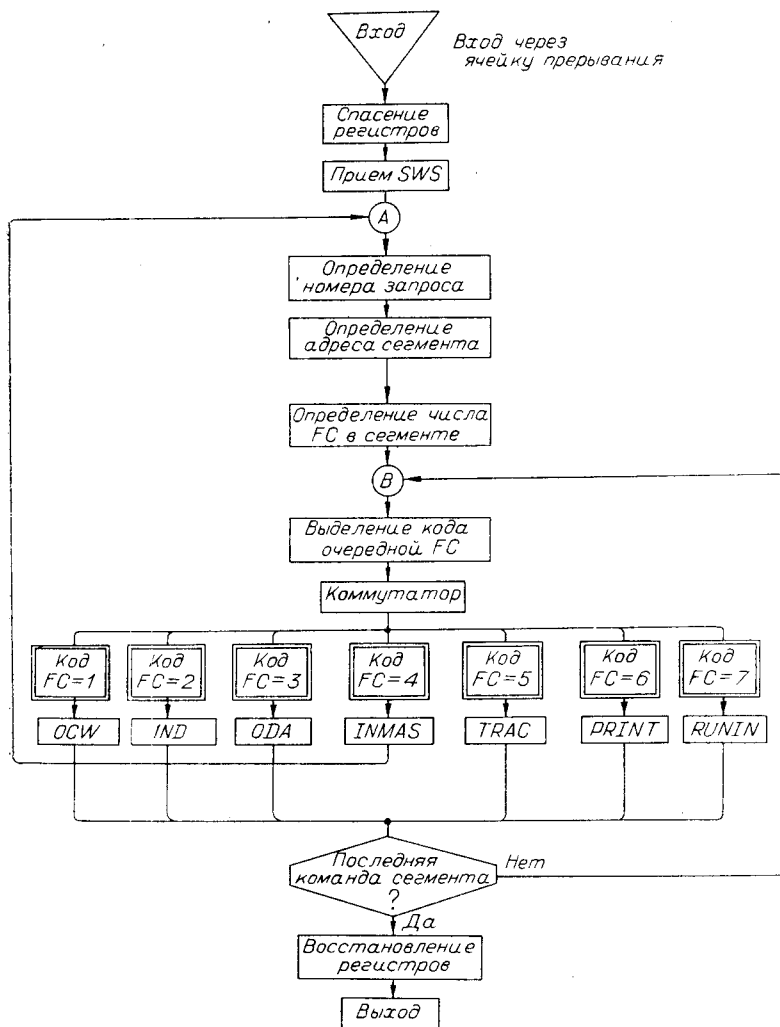


Рис. 2.

3. Выдача одного слова «DATA» по каналу данных:

ОСТ 3 код FC
DEF DATA адрес слова «DATA»

4. Прием SWC:

ОСТ 4 код FC
DEF ADRTA начальный адрес второй таблицы адресов сегментов

5. Передача управления подпрограмме SUB:

ОСТ 5 код FC

ISB SUB переход к подпрограмме *SUB*
*DEF *+N+1* адрес конца списка параметров для подпрограммы *SUB*
DEF PAR 1 адрес первого параметра подпрограммы *SUB*

DEF PARN адрес *N*-го параметра подпрограммы *SUB*
JMP INSEL выход на продолжение программы *PROP*

6. Печать сообщения — *END OF TIME*:

OCT 6 код *FC*
DEF BUFF адрес буфера сообщения
DEC — 6 его длина

BUFF ASC 12, END OF TIME

7. Выполнение машинных инструкций:

OCT 7 код *FC*
DEF EXIT+1 конец блока машинных инструкций
 блок машинных инструкций

EXIT JMP INSEL выход на продолжение программы *PROP*

Основными программами во второй части являются: программа обработки прерываний (*SWOP*) и программа, выполняющая функциональные команды (*PROP*). Структура и порядок работы этих программ не зависят от состава модулей в конкретном крейте. Блок-схема этих программ приведена на рис. 2. Работа программы *SWOP* описана выше. Программа *PROP* последовательно выполняет функциональные команды, имеющиеся в сегменте. В программу *PROP* входят следующие подпрограммы: *OCW* — выгружает в канал управления *CW*; *IND* — принимает одно слово по каналу данных; *ODA* — выгружает в канал данных одно слово; *INMAS* — принимает слово запросов крейта по каналу данных и заменяет начальный адрес первой таблицы сегментов на начальный адрес второй таблицы; *TRAC* — осуществляет переход к выполнению подпрограммы, команды обращения к которой и список ее параметров указаны как параметры данной *FC*; *PRINT* — печатает на телетайпе буфер *ASCII* символов, *RUNIN* — выполняет серию машинных команд.

Кроме перечисленных в *PROP* входит программа «Коммутатор»; эта программа по коду *FC* включает в работу подпрограмму, выполняющую соответствующую функциональную команду.

Все программы, входящие в состав программного обеспечения, написаны на языке *ASSEMBLER*. К этой системе программ можно обращаться на языках *FORTRAN*, *ALGOL*, *ASSEMBLER* [2] с помощью оператора

CALL CAMAC (IDATA, L, FLG, IPAR),

где *IDATA* — массив данных; *L* — длина массива; *FLG* — параметр, указывающий на окончание эксперимента; *IPAR* — массив начальных условий.

Заключение. Дальнейшим развитием этой работы, на наш взгляд, может быть создание программы, которая могла бы в режиме диалога генерировать рабочую программу обработки запросов под конкретный состав оборудования какого-либо эксперимента. Результат работы этой программы — двоичная лента, которая, будучи загруженной вместе с программами *SWOP*, *PROP*, возьмет на себя управление ходом эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. EUR 4100e. CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. Esone Committee, 1969.
2. A Pocket Guide to Hewlett — Packard Computers. California, 1969.
3. О. З. Гусев, Ю. Н. Золотухин, З. А. Лившиц, Ю. К. Постоевко, В. И. Рабинович, В. С. Якушев. Измерительная магистральная модульная система, связанная с ЭВМ HP-2116B. — Автометрия, 1973, № 2.

Поступило в редакцию 25 сентября 1972 г.