

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ  
СИСТЕМА "МИНСК-222"

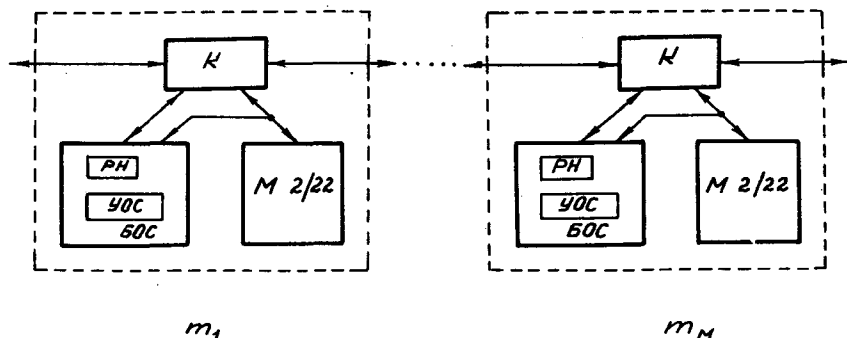
Э.В. Евреинов, Г.П. Лопато

В работе рассматривается универсальная вычислительная система "Минск-222" с переменной структурой. В этой системе в широких пределах можно менять состав устройств. При необходимости наращивание производительности системы осуществляется простым подключением дополнительных машин. В зависимости от решаемых задач изменяется структура системы программным способом.

## I. Блок-схема системы "Минск-222"

Согласно классификации [1], универсальная вычислительная система "Минск-222" представляет собой одномерную систему с двусторонними каналами связи между элементарными машинами (ЭМ) (см. рисунок). Количество ЭМ в системе может меняться в пределах от 1 до 16. Каждая ЭМ состоит из электронной вычислительной машины (ЭВМ) "Минск-2" или "Минск-22" [2] и системного устройства [3], в состав которого входят: блок операций системы (БОС) и коммутатор каналов связи (К).

БОС состоит из узла операций системы (УОС) и регистра настройки (РН). В УОС реализуются команды системы.



С помощью РН можно изменять структуру системы. Регистр настройки содержит три разряда: первый -  $TP$ , второй -  $TQ$  и третий -  $T\Omega$ .

С помощью триггеров  $TP$  можно разбить систему на изолированные подсистемы. Триггеры  $TQ$  используются для выделения машин, принимающих участие в выполнении команд системы (см. ниже). Триггеры  $T\Omega$  используются для выделения машин, участвующих в выработке обобщенного признака  $\Omega_K$  для системы ( $K = 1, 2, 3$ ).

Коммутатор каналов связи состоит из вентилях, которые в зависимости от состояния  $TP$  открывают или закрывают каналы связи, идущие к соседней справа ЭМ, благодаря этому система может быть разбита на подсистемы, все машины которых соединены едиными каналами связи.

## 2. Описание команд системы "Минск-222"

В "Минск-222" к системе команд ЭВМ "Минск-2" или "Минск-22" добавлены команды системы (таблица).

Команды настройки. В данной системе команды настройки  $H$  могут использоваться в двух модификациях, отличающихся содержанием 29-го разряда:  $H_0$  ( $\alpha_{29} = 0$ ) и  $H_1$  ( $\alpha_{29} = 1$ ).

Команда  $H_0$  изменяет содержимое РН только той ЭМ, в которой она находится.

Команда  $H_1$  может изменять содержимое РН всех ЭМ, относящихся к одной подсистеме с данной, за исключением собственной ЭМ. Машины, на которые воздействуют команды  $H_1$ , являются единицами в соответствующих разрядах команды. При этом

разряд  $\alpha_{13}$  соответствует ЭМ- $m_1$ ,  $\alpha_{14}$ - $m_2$ , ...,  $\alpha_{28}$ - $m_{16}$ . В команде  $H_0$  содержимое этих разрядов безразлично, так же как и в команде  $H_1$  содержимое разряда, соответствующего той ЭМ, в которой эта команда находится.

Информация, предназначенная для РН, находится в разрядах  $\alpha_{31}$ - $\alpha_{33}$  команды  $H$ . Эта информация может либо замещать предыдущее содержимое РН (при  $\alpha_{30} = 1$ ), либо логически складываться с ним (при  $\alpha_{30} = 0$ ).

Команды обмена. В системе "Минск-222" машины обмениваются информацией с помощью команд: передачи кодов (П) и приема кодов (Пр.). Обмен происходит только между ЭМ одной подсистемы. В каждый данный момент только одна ЭМ в подсистеме может передавать информацию, остальные ЭМ могут или принимать, или игнорировать прием кодов. В передающей ЭМ должна стоять команда П ( $\kappa, a$ ), а во всех принимающих - команда Пр ( $h, b$ ). По команде П в канал связи передаются  $\kappa$  кодов, начиная с кода, расположенного в ячейке  $a$  оперативной памяти. После передачи всех  $\kappa$  кодов выполняется очередная команда. Машина, выполняющая команду Пр, останавливается и ждет появления информации в канале связи. Затем она принимает из канала связи  $h$  кодов, которые засылаются в оперативную память, начиная с ячейки  $b$ . После приема  $h$  кодов машина переходит к выполнению очередной команды. Если  $h > \kappa$ , то данная машина будет стоять, пока не поступят остальные  $h - \kappa$  кодов от очередных команд (П). После приема первых  $h$  кодов (при  $h < \kappa$ ) машина переходит к выполнению очередной команды.

Если при обмене информацией нет уверенности, что к началу выполнения команды П (в передающей ЭМ) все ЭМ, принимающие информацию, приступили к выполнению команды приема, то необходимо предварительно синхронизировать работу машин, участвующих в обмене, с помощью команды обобщенного условного перехода.

Команда обобщенного безусловного перехода. Команда обобщенного безусловного перехода (ОБП) имеет две модификации, отличающиеся значением 7-го разряда: ОБП<sub>1</sub> ( $\alpha_7 = 1$ ) и ОБП<sub>0</sub> ( $\alpha_7 = 0$ ). Машина, выполняющая команду ОБП, засылает в канал связи содержимое второго адреса команды, которое воспринимается только теми ЭМ (из той же подсистемы), у которых во втором разряде РН содержится "1". Этот код воспринимается этими ЭМ как команда, которая в случае ОБП<sub>1</sub> выполняется немедленно (прерывая выполнение те-

кущей операции), а в случае ОБП<sub>0</sub> - после окончания текущей операции во всех принимающих машинах.

Команда обобщенного условного перехода. Команда обобщенного условного перехода (ОУП) имеет три модификации, отличающиеся содержанием разрядов  $\alpha_{13}$ ,  $\alpha_{14}$ ,  $\alpha_{15}$ . ОУП<sub>1</sub> соответствует следующее содержание указанных выше разрядов (100), ОУП<sub>2</sub> - (010), ОУП<sub>3</sub> - (001). Команда ОУП<sub>к</sub> использует признак  $\omega_j$ , вырабатываемый  $j$ -ой машиной,  $k=1, 2, 3$  ( $\omega_j=1$ , если знак последнего вычислительного результата меньше нуля;  $\omega_{2j}=1$ , если произошло переполнение;  $\omega_{3j}=1$ , если последний вычислительный результат сумматора равен нулю,  $j=1, 2, 3, \dots, 16$ ).

Команда ОУП служит для изменения хода вычислений в зависимости от результатов, полученных в ЭМ одной подсистемы. Машины, в которых ход вычислений должен измениться в зависимости от обобщенного условия  $\Omega_k$  ( $k=1, 2, 3$ ), содержат команды ОУП и "I" во втором разряде РН.

Машины, управляющие ходом вычислений, содержат "I" и в третьем разряде РН. Переход на новую подпрограмму определяется значением обобщенного признака  $\Omega_k = \omega_{kj}$ , где  $j$  - пробегает номера всех машин, управляющих ходом вычислений. Адрес команды, которой передается управление при  $\Omega_k=1$ , содержится во втором адресе команды ОУП. При  $\Omega_k=0$  выполняются очередные команды ( $k=1, 2, 3$ ).

ЭМ, выполняющая команду ОУП, останавливается и ждет, пока все ЭМ из данной подсистемы, имеющие "I" во втором разряде РН, не приступят к выполнению команды ОУП. После этого все ЭМ, имеющие "I" в третьем разряде РН, вырабатывают обобщенный признак  $\Omega_k$  ( $k=1, 2, 3$ ), который и определяет выбор новой подпрограммы. Если ни одна из указанных машин не имеет "I" в третьем разряде РН, то все ЭМ переходят к выполнению очередной команды. В этом случае роль команды ОУП сводится к синхронизации работы машин.

При конфликтных ситуациях, когда в различных машинах из одной подсистемы появляются противоречивые команды системы, приоритет имеет машина с меньшим номером (левая).

Если такое решение неприемлемо, то программист должен не допускать появления конфликтных ситуаций (одновременного использования одних и тех же каналов для различных целей или несовместимых команд).

Команды	КОП	Признаки модификации	Время мксек	Описание команды
I	2	3	4	5
H <sub>0</sub>	-01	$\alpha_{29}=0^*$	24	Заносит в РН машины информацию, расположенную в ее 31-33 разрядах. При $\alpha_{30}=1$ эта информация замещает предыдущее содержание РН, при $\alpha_{30}=0$ - логически складывается с ним.
H <sub>I</sub>	-01	$\alpha_{29}=1$	80	H <sub>0</sub> воздействует только на РН данной машины. H <sub>I</sub> - на РН всех машин из одной подсистемы (кроме данной), которыми соответствуют единичные состояния определенных разрядов команды. В H <sub>0</sub> содержание этих разрядов безразлично.
II	-56		52+48k	$\alpha 1=k$ (число передаваемых кодов). $\alpha 2=\alpha$ (начальный адрес оперативной памяти).
Пр	-57		72+48h	$\alpha 1=h$ (число принимаемых кодов). $\alpha 2=h$ (начальный адрес оперативной памяти). Машина выполняет пр. пока не примет $h$ кодов.
ОБП <sub>I</sub>	-02	$\alpha_{\gamma}=1$	100	Машина, выполняющая ОБП, передает содержание $\alpha 2$ , которое воспринимается как команда теми машинами, у которых во втором разряде РН записана "I". При ОБП <sub>I</sub> выполнение текущей операции в принимающих машинах прекращается.
ОБП <sub>0</sub>	-02	$\alpha_{\gamma}=0$	108	При ОБП <sub>0</sub> команда выполняется после выполнения текущей операции во всех принимающих машинах.

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
ОУП <sub>1</sub> (по знаку)	-65	$\alpha_{13}=1$	48	Команды ОУП <sub>к</sub> ( $k=1,2,3$ ) выполняют только те машины из одной подсистемы, в которых эта команда находится, и во втором разряде РН имеется "1". Машины, управляющие ходом вычисления, содержат, кроме этого, "1" в 3-ем разряде РН. Переход на новую подпрограмму определяется значением обобщенного признака $\Omega_k = \sum_{j=1}^3 \alpha_{kj}$ , где $j$ - пробегает все номера управляющих машин. При $\Omega_k=1$ управление передается по $\alpha_{kj}$ ОУП машины. При $\Omega_k=0$ - следующей команде. Если во всех машинах 3-ий разряд РН содержит нуль, то всегда независимо от $\Omega_k$ выполняется очередная команда.
ОУП <sub>2</sub> (по переполнению)	-65	$\alpha_{14}=1$	48	
ОУП <sub>3</sub> (по нулю) (Обобщенный условный переход по $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ соответственно.)	-65	$\alpha_{15}=1$	48	

\*)  $\alpha_{li}$  -  $i$  - й разряд кода.

### 3. Основные свойства УВС "Минск-222"

Для УВС "Минск-2" характерны следующие особенности:

1. **Однородность.** Все машины одинаковы и одинаково соединены друг с другом. Отсутствует машина-директор. Ее функции может взять на себя любая машина.

2. **Параллельное выполнение операций.** Повышение производительности в  $\ell$  раз достигается за счет одновременного выполнения операций на всех  $\ell$  машинах системы.

3. **Переменная структура.** Программным способом можно разбивать систему на подсистемы, отмечать в подсистеме машины, совместно выполняющие операции обмена, условного и безусловного переходов. Этот способ позволяет изменять структуру системы в зависимости от решаемой задачи и существенно повышать структурную надежность системы.

4. **Универсальность.** На вычислительной системе, благодаря введению полного набора команд системы: настройки, обмена, обобщенных условных и безусловных переходов, можно реализовать как обычные универсальные, так и параллельные алгоритмы.

5. **Нарацивание системы.** Оно осуществляется простым подключением новых ЭМ.

6. **Синхронизация.** Синхронизация системы осуществляется программным способом [1]. Работа всех ЭМ системы (подсистемы) синхронизируется генератором одной (любой) ЭМ системы (подсистемы) в моменты обмена информации.

7. **Приоритет.** При всех прочих равных условиях в нескольких ЭМ системы (подсистемы) предпочтение отдается крайней слева машине.

8. **Стоимость.** Стоимость системы определяется как сумма стоимостей ЭМ. По сравнению с обычной машиной "Минск-2" или "Минск-22" стоимость ЭМ увеличивается на 0,5-1%.

Благодаря переменности структуры в вычислительной системе "Минск-222" могут быть реализованы различные схемы. Приведем в качестве примера некоторые из них:

а) Система изолированных ЭМ. Каждая ЭМ решает свои определенные задачи. Техническое обслуживание ведется одной бригадой. Предусмотрена единая система математического обеспечения, общий комплект запасных деталей. Данную схему рационально использовать при большом количестве простых задач, которые можно решать на одной машине.

б) Система из нескольких арифметических устройств и одной ЭМ. Одна из ЭМ системы выбирается в качестве универсальной ЭМ, остальные используются как арифметические устройства.

в) Система из одной ЭМ и нескольких устройств памяти. Одна из ЭМ системы используется в качестве универсальной ЭМ, остальные - в качестве устройств памяти.

г) Иерархическая вычислительная система. Одна или несколько машин системы выполняют функции машины-директора, которая распределяет задачи между исполнительными машинами.

д) Однородная вычислительная система. Отсутствует машина-директор. Роль последней поочередно выполняет каждая из ЭМ системы. При решении задача разбивается на части, которые заранее распределяются между ЭМ.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Э.В. Евреинов. Универсальные вычислительные системы с частично переменной структурой. -Вычислительные системы. Новосибирск, 1965, вып. 17, стр.3-60.
2. В.В. Пржиалковский. "Минск-2/22" - базовая машина для однокорпусных универсальных вычислительных систем. (Данный сборник, стр. 21-34).
3. Г.П. Лопато, А.Н.Василевский, В.Я. Пихтин, Б.А. Сидристый, В.Г. Хорошевский. Системное устройство элементарной машины вычислительной системы "Минск-222" ( Данный сборник, стр. 35-68).

Поступила в редакцию  
22.IV.1966 г.