

БЛОК КОММУТАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ МАШИН УПРАВЛЯЮЩЕЙ ОДНОРОДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В.К. Дмитриев, Л.С. Шум, Ю.Ф. Томилов, Ю.Н. Потапова

Описывается структура блока коммутации (БК) и принципы взаимодействия элементарных машин (ЭМ) управляющей линейной однородной вычислительной системы (ОВС) [1, 2].

§ 1. Структура блока коммутации

Функциональное взаимодействие элементарных машин ОВС по каналам связи осуществляется через блоки коммутации (БК).

Блок коммутации (рис.1) состоит из регистра настройки (РН), электронных коммутаторов информационных и управляющих линий и схемы обеспечения взаимодействия машин.

Семь триггеров РН, обозначенных через ТВ, ТР, ТУ, ТQ, ТС, Тм_ц и Тм_л, хранят значения соответствующих признаков настройки и определяют характер взаимодействия машин, а также роль и степень участия каждой из них во взаимодействии.

Коммутатор 24-разрядных (в соответствии с разрядностью машинного слова) двусторонних информационных линий (ИЛ) служит для соединения данной ЭМ с соседними левой и правой машинами.

Коммутатор шести управляющих линий (УЛ) служит собственно

$$M = M_n^* \wedge M_n^{**}$$

где

$$M_n^* = \bigwedge_i ((M_n^i \wedge \psi^i) \vee \bar{\psi}^i), \quad M_n^{**} = \bigwedge_j ((M_n^j \wedge \psi^j) \vee \bar{\psi}^j),$$

а i и j — индексы, пробегающие по всем номерам ЭМ левой и правой подсистем, соответственно.

Сигнал Ω используется для определения адреса команды, на которую передает управление команда обобщенного условного перехода.

Сигнал Q отмечает момент готовности всех ЭМ с $J=I$ к синхронной работе [2]. Значение $Q = I$:

1) переводит ЭМ в режим синхронной работы (это осуществляется установкой $C=I$ в ЭМ с $J=I$);

2) обеспечивает сохранение состояния данной ЭМ для продолжения текущей программы после окончания синхронной работы.

Для сохранения состояния сигнал $Q = I$ вызывает установку кода I в Т47 РП (регистр приоритета; см. [3]) данной ЭМ, извещая о необходимости переключения ее на другую работу. Синхронная работа начинается лишь после того, как все ЭМ с $J=I$ перейдут на уровень приоритета 47.

Сигнал M используется для сброса признака разделения в ЭМ с $P=I$, находящейся "на границе" объединяемых подсистем, и для извещения ведущей ЭМ новой подсистемы о состоявшемся объединении. С этой целью сигнал M в самой левой из ЭМ с $B=I$ новой подсистемы устанавливает I в ее триггере Т47 РП, вызывая переход на требуемую программу.

Сигнал Π используется для определения момента готовности ЭМ к очередному акту взаимодействия.

Назначение элементов схемы обеспечения взаимодействия будет поясняться по ходу описания работы БК.

§ 2. Реализация узлов блока коммутации

Регистр настройки. Триггеры РН (ТВ, ТР, ТУ, Т ϕ и ТС) выполнены по двухкаскадной схеме. Степень и вид участия данной ЭМ во взаимодействии определяется содержимым верхнего каскада регистра настройки (РНб). Нижний каскад РНа

используется в качестве буферного регистра и введен для обеспечения надежной работы БК при перенастройке системы.

Изменение содержимого РНа осуществляется в ходе перенастройки системы через клапаны сброса и занесения $\kappa 5$ (рис.1). Изменение содержимого регистров РНа и РНб каждой ЭМ системы (подсистемы) осуществляется в моменты времени, определяемые работой устройства центрального управления.

Триггеры T_{Π} и T_{Δ} регистра настройки выполнены по однокаскадной схеме.

Коммутатор управляющих линий. Все УЛ (за исключением линии приоритетов машин) являются двусторонними и выполнены по однотипной схеме. Каждая из них представляет собой распределенную по ЭМ ОВС схему совпадения на соответствующие сигналы. Принцип построения распределенной схемы совпадения рассмотрим на примере показанной на рис. 2а управляющей линии для выработки сигнала Ω . Часть схемы двусторонней УЛ- Ω , реализуемая в i -й машине, описывается системой логических функций:

$$\Omega_n^i = (\Omega_n^{i+1} \wedge \bar{P}^i \wedge \bar{\psi}^i) \vee (\Omega_n^{i+1} \wedge \omega^i \wedge \bar{P}^i \wedge \psi^i) \vee P^i,$$

$$\Omega_n^i = (\Omega_n^{i-1} \wedge \bar{P}^i \wedge \bar{\psi}^i) \vee (\Omega_n^{i-1} \wedge \omega^i \wedge \bar{P}^i \wedge \psi^i) \vee (\omega^i \wedge P^i \wedge \psi^i) \vee (P^i \wedge \bar{\psi}^i), \quad (I)$$

$$\Omega^i = (\Omega_n^{i+1} \wedge \Omega_n^{i-1} \wedge \omega^i \wedge \bar{\psi}^i).$$

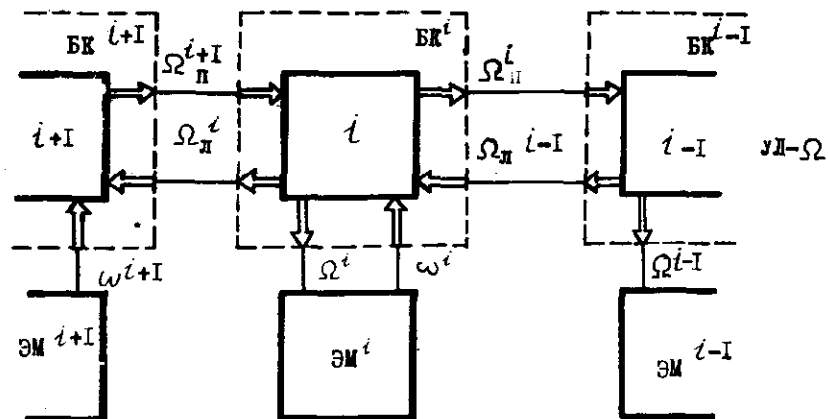
Реализация функций (I) с помощью схемы на пороговых элементах показана на рис. 2б. Здесь коду I сопоставлен низкий уровень напряжения, а коду 0 — высокий.

Коммутатор информационных линий. Соответствующий каждой i -й ЭМ коммутатор ИЛ переключает поток информации, передаваемой по ИЛ, как между соседними ЭМ, так и между ИЛ и вычислителем данной машины. Работа коммутатора для каждого из 24-х его разрядов описывается системой уравнений:

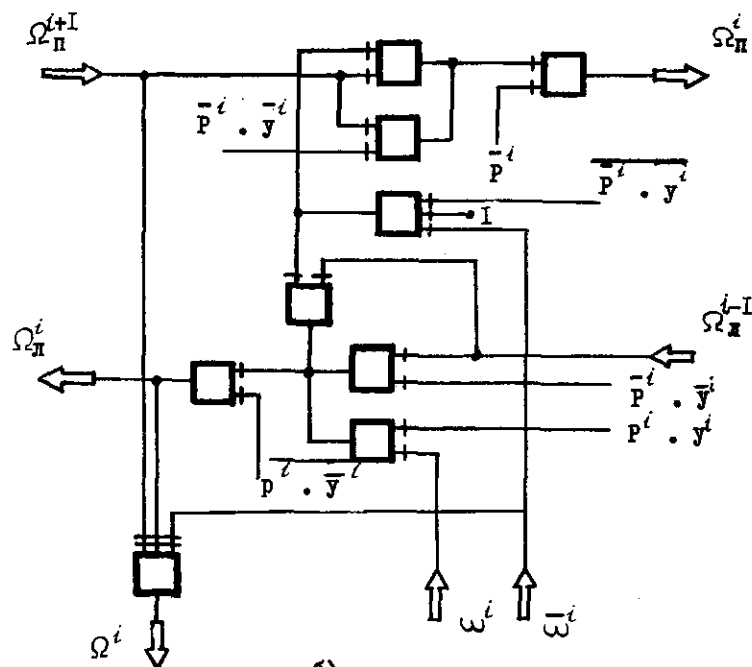
$$\Pi_n^i = (\Pi_n^{i+1} \wedge \bar{B}^i \wedge \bar{P}^i) \vee (OПМ^i \wedge B^i \wedge \psi^i \wedge \bar{P}^i \wedge A^i),$$

$$\Pi_n^i = (\Pi_n^{i-1} \wedge \bar{B}^i \wedge \bar{P}^i) \vee (OПМ^i \wedge B^i \wedge \psi^i \wedge A^i), \quad (2)$$

$$\Pi^i = (\Pi_n^{i+1} \vee \Pi_n^{i-1}) \wedge \bar{B}^i \wedge T O B M^i,$$



а)



б)

Рис. 2. Управляющая линия Ω

где $B^i = 1$, если данная машина - ведущая; $A^i = 1$, если i - я машина находится на приоритетном уровне 47; ТООМ - триггер ЭМ² (см. рис.1), единичное состояние которого указывает ведомым машинам моменты, когда код должен быть взят не из оперативной памяти (ОПм), а с информационной линии. Как видно из (2), ведущая машина системы постоянно держит выходы своей ОПм подключенными к соответствующим входам принадлежащей ей части ИЛ.

§ 3. Временная диаграмма взаимодействия ЭМ

Машины вступают во взаимодействие с целью обмена настроечной или другой информацией.

Для проведения взаимодействия ЭМ получают от ведущей ЭМ извещение о его виде. Каждая из получивших такое извещение ЭМ производит соответствующую подготовительную работу, после окончания которой выдает сигнал о готовности к взаимодействию. Взаимодействие (обмен) осуществляется лишь после того, как сигнал готовности будет выработан в каждой ЭМ - участнице взаимодействия. Передача извещений о виде взаимодействия и выработка обобщенных сигналов готовности к взаимодействию производится с помощью УЛ.

В ходе обмена ведущая и ведомые машины подсистемы работают поочередно, останавливаясь после завершения своей части текущего акта взаимодействия. Сигнал завершения акта приема информации с ИЛ во всех ведомых ЭМ есть сигнал пуска ведущей машины; сигнал завершения акта выдачи информации на ИЛ ведущей машиной есть сигнал пуска ведомых машин. На рис. 3 схематически показано взаимодействие ведущей и двух ведомых машин. Жирная линия по оси ЦУ (центральное управление) соответствует работе машины, тонкая линия - ожиданию завершения соответствующей части акта взаимодействия в других машинах. Жирная линия по оси ИЛ соответствует промежуткам времени, в течение которых ведущая машина удерживает на входах ИЛ подлежащую передаче информацию. Жирная линия по оси ОПм соответствует промежуткам времени, когда ведомые машины обращаются к ИЛ.

Точки 1,3,5 на оси времени t (рис. 3) соответствуют пуску ведомых машин; 2,4,6 - ведущей ЭМ. Как видно из рис. 3, подобная организация работы обеспечивает надежное взаимодействие ма-

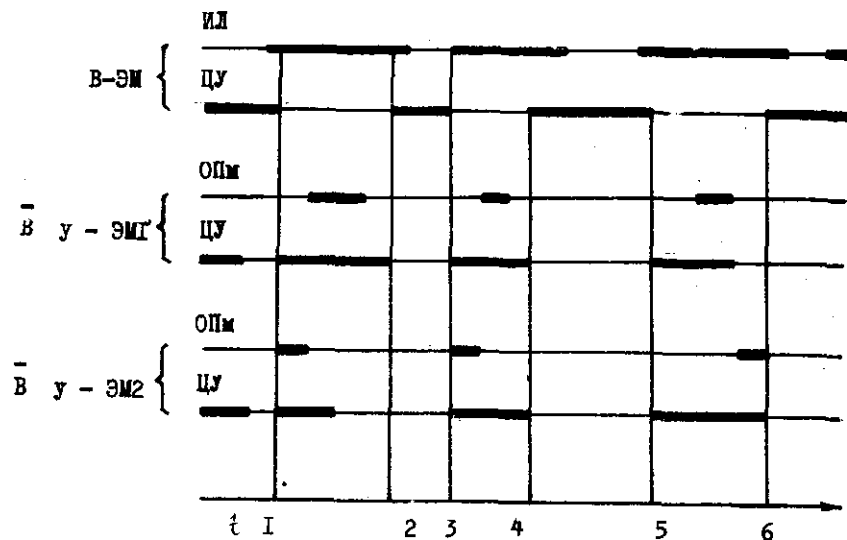


Рис. 3

нин, даже существенно различающихся по быстроте действия.

В рассматриваемой ОВС в качестве сигнала пуска (обобщенный сигнал готовности к очередному акту взаимодействия) используется сигнал обобщенного останова, вырабатываемый взаимодействующими машинами с помощью управляющей линии "Пуск". Выбор запускаемой ЭМ осуществляется с помощью счетчика (СчП, рис. 1) и сопряженных с ним клапанов пуска к1 и к2. СчП собран по типовой для потенциальной логики схеме на пять модулей [4] и имеется в составе БК каждой ЭМ ОВС. Переход СчП из состояния "0" в состояние "1" (все нечетные моменты времени на рис. 3) соответствует пуску ведомых машин; переход СчП из состояния "1" в состояние "0" (все четные моменты времени на рис. 3) соответствует пуску ведущей машины. За начальное (нулевое) состояние СчП принято такое, когда нижний триггер его находится в состоянии 1, а верхний - 0.

Различаем два вида взаимодействия: настройка системы и синхронный режим работы.

Настройка системы. Ведущая ЭМ, выполняя команду Н, извещает об этом ЭМ по УЛ-Н. По окончании данной ко-

манды ведущая ЭМ останавливается, сохраняя на УЛ-Н потенциал "Настройка", а на ИЛ - код настройки, что свидетельствует о ее готовности к взаимодействию. Сигнал готовности со стороны каждой ведомой ЭМ вырабатывается после окончания в ней текущей операции (ЭМ останавливается) лишь в том случае, если данная ЭМ не обслуживает ни один из приоритетных уровней старше 47. В противном случае сигнал разрешения взаимодействия со стороны каждой такой ЭМ будет выработан лишь после удовлетворения всех более срочных заявок, чем взаимодействие. Ведомыми при настройке являются все ЭМ подсистемы независимо от содержимого их РН.

Единственным актом взаимодействия, выполняемым в ходе настройки системы, является изменение содержимого РН машин подсистемы в соответствии с кодом настройки на ИЛ, выполняемое одинаково в ведущей и ведомых машинах. Временная диаграмма настройки показана на рис. 4а. Исходное состояние СчП в каждой ЭМ перед настройкой - нулевое. Поэтому первый сигнал с управляющей линии пусков расшифровывается как пуск устройства центрального управления ведомых машин. Осуществив прием кода с ИЛ на РН, ведомые машины останавливаются; формируется второй сигнал обобщенного останова, переводящий СчП каждой ЭМ подсистемы из состояния 1 в 0, что расшифровывается как сигнал пуска ведущей машины, которая также останавливается после приема кода с ИЛ на свой РН. Взаимодействие заканчивается. Возврат к автономной работе обеспечивается с помощью очередного (третьего) сигнала обобщенного останова машин подсистемы. СчП при этом переходит из 0 в 1, что расшифровывается как сигнал пуска ведомых машин. Пуск ведущей машины осуществляется по соответствующему каналу ведомых ЭМ с помощью триггера конца настройки (ТКН, рис. 1), устанавливаемого в ведущей машине сигналом с клапана к2 после первого пуска ведущей ЭМ.

Начальное состояние СчП устанавливается в конце любой текущей операции, если данная машина работает в автономном режиме. Установка начального состояния СчП блокируется при осуществлении всех видов взаимодействия ЭМ.

Синхронный режим работы. Схематическое взаимодействие машин в ходе синхронной работы показано на рис. 4б. Число актов взаимодействия (обмена) различно и зави-

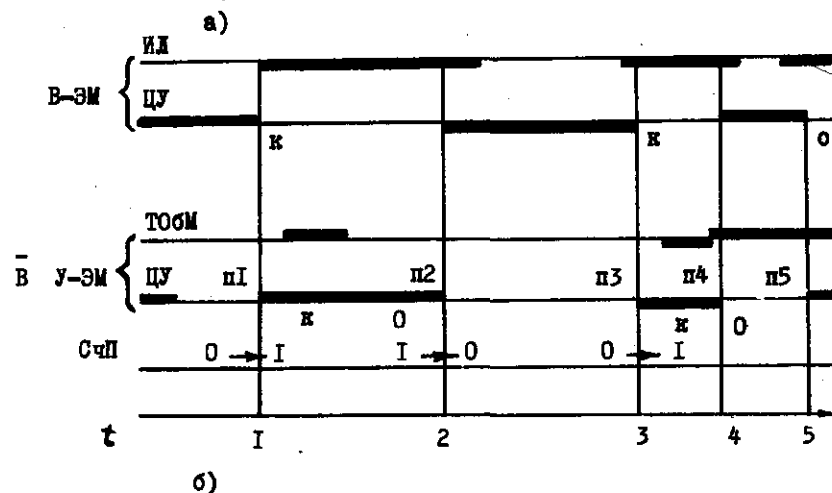
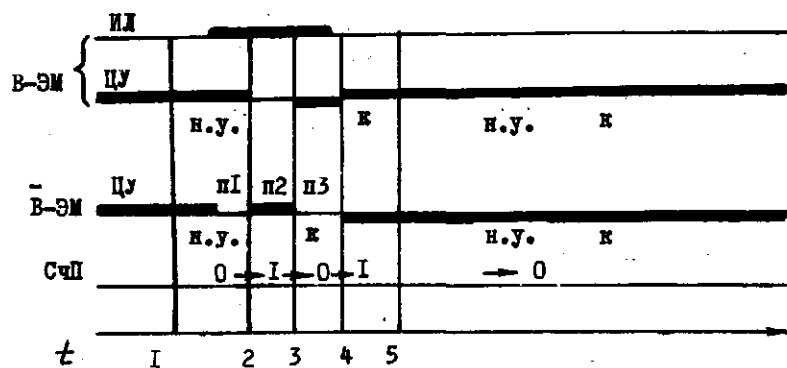


Рис. 4. а) Взаимодействие при настройке:

t_1 - момент выработки сигнала П с управляющей линии;

t_2 - момент выработки сигнала пуска ведомой ЭМ;

t_3 - момент выработки сигнала пуска ведущей ЭМ и установки "1" ее ТКН;

t_4 - момент пуска ЭМ для автономной работы;

t_5 - момент передачи кода с РНа на РНб ;

н.у. - момент начальной установки СчП ;

к - момент обращения к ОПм за кодом команды.

б) Взаимодействие при синхронной работе:

0 - момент обращения к ОПм за операндом.

сит от выполняемой программы. В ходе синхронной работы ведущая и ведомые машины работают поочередно и покомандно.

Получив сигнал П, ведущая машина выполняет свою часть очередного акта взаимодействия и останавливается после выдачи кода очередной команды из ОПм на входы информационной линии (t_5 , рис. 4б) через клапаны Кб (рис. 1).

Выполняя свою часть работы при взаимодействии, ведомые ЭМ останавливаются после завершения одного (полного) цикла работы устройства центрального управления. При этом чтение кода команды в этих ЭМ (моменты чтения кода команды отмечены на рис. 4б буквой к) осуществляется не из ОПм, обращение к которой блокируется, а с информационной линии, подключаемой в соответствующий момент времени ко входам сборки памяти (СБПм). Блокировка обращения к ОПм и подключение ИЛ ко входам СБПм осуществляется в ведомых машинах с помощью триггера обмена (ТОБм, рис. 1). Последний устанавливается в состояние 1 с некоторым опережением относительно момента обращения к памяти за командой и сбрасывается перед очередным обращением к памяти.

Выполнение одной команды "Обмен" в синхронном режиме работы позволяет переслать одно число из ОПм ведущей машины в ОПм ведомых машин. Для пересылки числа организуются дополнительные остановки взаимодействующих машин. Получив код команды "Обмен" с информационной линии, ведомые машины останавливаются для чтения операнда с ИЛ (точки 0 на рис. 4б). Запускаемая при этом ведущая машина приступает к выполнению команды "Обмен" и останавливается после выдачи кода операнда на ИЛ. Приняв код операнда, ведомые машины записывают его в свою ОПм по собственным исполнительным адресам и останавливаются после окончания текущего цикла работы устройства центрального управления. Ведущая машина, завершая начатый цикл работы, останавливается опять после выдачи кода очередной команды на ИЛ.

Рассмотренный блок коммутации при относительно простых схемных решениях обеспечивает надежное и гибкое взаимодействие ЭМ в ОВС.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Э.В. ЕВРЕИНОВ, Ю.Г. КОСАРЕВ. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. "Наука" СО, Новосибирск, 1965.
2. Л.С. ШУМ, Ю.К. ДИМИТРИЕВ, Ю.Ф. ТОМИЛОВ, Ю.Н. ПОТАПОВА. Управляющая линейная однородная вычислительная система. Данный сборник, стр.89-106.
3. Л.С. ШУМ, Ю.Н. ПОТАПОВА. Система прерывания управляющей однородной вычислительной системы. Данный сборник, стр.119.
4. А.Ф. ЗУЕВ, Л.И. ЧАКАРОВ, Ю.Ф. ТОМИЛОВ, Л.С. ШУМ. Арифметическое устройство на однотипных пороговых элементах. - Полупроводниковые элементы в вычислительной технике (сборник статей), М., 1965, стр. 67-76.

Поступила в редакцию
4.У. 1969 г.