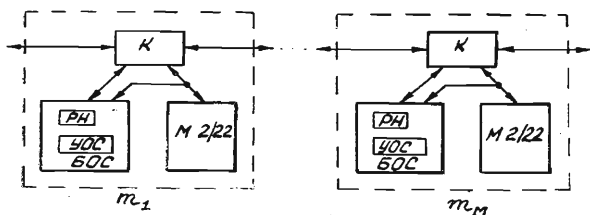


ОСОБЕННОСТИ УПОТРЕБЛЕНИЯ КОМАНД
СИСТЕМЫ "МИНСК-222"

Ю.Г. Косарев, В.Я. Пыхтин, Е.Н. Жуков,
Л.В. Головяшкина, Ю.И. Колосова

Универсальная вычислительная система "Минск-222" [1] представляет собой, согласно классификации, данной в [2], одномерную систему с двусторонними каналами связи между элементарными машинами (ЭМ) (см. рис.). В системе может быть до 16 ЭМ. Каждая ЭМ состоит из машины "Минск-22", коммутатора, блока операций системы (БОС).



Коммутатор образован из вентилях, которые в зависимости от сигналов, поступающих из БОС, открывают или закрывают канал связи, идущий к следующему по номеру ЭМ.

БОС состоит из узла операций системы (УОС), трехразрядного регистра настройки (РН).

Разряды РН принято обозначать буквами: первый разряд - R , второй - Q и третий - Ω .

Таблица I.

Название операции		t вып. (мксек)
Настройка (Н)	$\chi_{30} = I$	
	$\chi_{31}, Q_i := Q_i \vee \alpha_{32},$ $i := \Omega_i \vee \alpha_{33}$	24
	$\chi_{31}, Q_j := Q_j \vee \alpha_{32},$ $i := \Omega_j \vee \alpha_{33}$	80
	0 0	
	30 31 32 33	
Передача (П)	МОЗУ	$48\tau + 52$
Приём (Пр)	МОЗУ	$48\tau + 76$
Обобщенный безусловный переход (ОБП)	1 управления ей за командой ОБП $(\alpha_2^{(1)})$	96 100
Обобщенный	Передача управ- ления дальше	

Условимся говорить, что данная ЭМ отмечена по R , Q или Ω , если значение соответствующего разряда её РН равно 1. Разряд R управляет разбиением исходной системы на изолированные подсистемы. А именно, для того чтобы группа ЭМ с номерами $(n+1) + (n+m)$ стала подсистемой, нужно в группе ЭМ с номерами $n + (n+m)$ отметить по R только ЭМ с номером n , если ЭМ с номером $n+1$ не первая в системе; ЭМ с номером $n+m$, если ЭМ с номером $n+m$ не последняя в системе.

Значения разрядов Q и Ω характеризуют степень участия данной ЭМ в выполнении команд системы.

§ I. Команды системы "Минск-222"

Все команды машин "Минск-2" и "Минск-22" являются одновременно и командами системы "Минск-222". Ниже дается описание остальных команд этой системы. Их всего пять (табл. I).

I. Команда настройки (Н): - 01 00 α_7, α_2 . Команда Н может употребляться в двух модификациях: H_0 и H_I , отличающихся значением 29-го разряда (α_{29}).

Команда H_0 ($\alpha_{29} = 0$) изменяет содержимое РН той же ЭМ, в которой она находится.

Команда H_I ($\alpha_{29} = 1$) изменяет содержимое РН тех из оставшихся ЭМ, которые

- 1) находятся в той же подсистеме, что и ЭМ, содержащая H_I ,
 - 2) отмечены единицей в соответствующих разрядах команды H_I .
- Соответствие между разрядами команды H_I и номерами ЭМ следующее: $\alpha_{13} \rightarrow 1, \alpha_{14} \rightarrow 2, \dots, \alpha_{28} \rightarrow 16$. В команде H_0 значения этих разрядов безразличны. В команде H_I безразлично значение того разряда, который соответствует ЭМ, содержащей H_I .

Информация, предназначенная для РН, указывается в разрядах $\alpha_{31}, \alpha_{32}, \alpha_{33}$ команды Н. При выполнении команды Н эта информация засылается в РН либо непосредственно (при $\alpha_{30} = 0$), либо после поразрядного логического сложения с его содержимым (при $\alpha_{30} = 1$). Значения разрядов $\alpha_{34}, \alpha_{35}, \alpha_{36}$ безразличны. Выполнение команды Н не приводит в какой-либо ЭМ к изменению содержимого сумматора (СМ), признака отрицательного результата (ω_1), признака переполнения (ω_2), признака нуля (ω_3).

Заметим, что одной командой H_I можно изменить содержимое РН у нескольких ЭМ одновременно.

2. Команда передачи (П): - 56 00 α . ЭМ,

Таблица I.

Название операции	К О П	Пояснения													t вып. (мксек)			
Настройка (Н)	- 01	α_{20}	Модификация		Условие выполнения				$\alpha_{30} = 0$				$\alpha_{30} = 1$				24	
		0	H_0		Всегда				$R_i := \alpha_{31}, Q_i := \alpha_{32}, \Omega_i := \alpha_{33}$				$R_i := R_i \vee \alpha_{31}, Q_i := Q_i \vee \alpha_{32}, \Omega_i := \Omega_i \vee \alpha_{33}$					80
		1	H_1		$\alpha_{12+j} = 1 (j \neq l)$				$R_j := \alpha_{31}, Q_j := \alpha_{32}, \Omega_j := \alpha_{33}$				$R_j := R_j \vee \alpha_{31}, Q_j := Q_j \vee \alpha_{32}, \Omega_j := \Omega_j \vee \alpha_{33}$					
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Передача (П)	- 56	α_1 - число передаваемых кодов,				α_2 - начальный адрес				МОЗУ				$48n + 52$				
Приём (Пр)	- 57	α_1 - число принимаемых кодов,				α_2 - начальный адрес				МОЗУ				$48n + 76$				
Обобщенный безусловный переход (ОБП)	- 02	α_7	Модификация		Отличие	Номер ЭМ	Условие выполнения				Передача управления				96			
		0	ОБП ₀		Ожидает	i	Всегда				Следующей за командой ОБП							
		1	ОБП ₁		Не ожидает	$j (j \neq i)$	$Q_j = 1$				Команде ($\alpha_2^{(1)}$)				100			
Обобщенный		Степень участия			α_{13}	α_{14}	α_{15}	Модификация		Отличие	Передача управления по α_2			Передача управления дальше				

передающую управление команде П, назовем передающей. Передающая ЭМ посылает в канал связи k кодов, хранящихся в её МОЗУ в ячейках $\alpha \div \alpha + k - 1$.

Команда П сохраняет в передающей ЭМ признаки ω_2 и ω_3 .

3. Команда приема (Пр): - 57 00 $h\bar{v}$. ЭМ, передающую управление команде Пр, назовем принимающей. Принимающая ЭМ получает из канала связи h кодов в том порядке, в каком они в него поступают от ЭМ, входящих в одну подсистему с принимающей, и запоминает их в своем МОЗУ в ячейках $\bar{v} \div \bar{v} + h - 1$.

Команда Пр сохраняет в принимающей ЭМ признаки ω_2 и ω_3 . Заметим, что принимающая ЭМ не переходит к выполнению следующей команды до тех пор, пока не получит из канала связи h кодов.

4. Команда обобщенного перехода (ОБП): - 02 00 0000 α_2 .

ЭМ, передающую управление команде ОБП, будем называть управляющей. Те из остальных ЭМ, которые находятся в одной подсистеме с управляющей и отмечены по Q, будем называть исполняющими. Команда ОБП может употребляться в двух модификациях ОБП₀ и ОБП₁, отличающихся значением α_z . Команда ОБП₀ ($\alpha_z = 0$) не будет выполняться до тех пор, пока во всех исполняющих ЭМ не закончатся текущие^{х)} команды. Команда ОБП₁ ($\alpha_z = 1$) выполняется, не дожидаясь окончания текущих команд в исполняющих ЭМ.

По команде ОБП 1) управляющая ЭМ посылает в канал связи команду, хранящуюся в её МОЗУ в ячейке α_2 (назовем её командой α_2); 2) исполняющие ЭМ, получив из канала связи эту команду, передают ей управление. Первый адрес команды ОБП безразличен. Команда ОБП сохраняет в управляющей ЭМ признаки ω_2 и ω_3 , в исполняющих ЭМ - содержимое СМ и признаки $\omega_1, \omega_2, \omega_3$.

Заметим, что после выполнения команды ОБП одновременно начинают выполняться в управляющей ЭМ следующая по номеру команда, в исполняющих ЭМ команда α_2 , причем каждая исполняющая ЭМ присваивает команде α_2 перед её выполнением номер последней из своих команд, получивших управление раньше команды ОБП^{хх)}.

х) Команды, не закончившиеся к моменту передачи управления команде ОБП.

хх) Т.е. блокируется изменение счетчика адресов команд (СЧАК).

5. Команда обобщенного условного перехода (ОУП): $-65 00 \alpha_1 \alpha_2$. По команде ОУП содержащая её ЭМ может передать управление либо дальше, либо по α_2 в зависимости от состояния её РН и обобщенного признака Ω .

В выработке обобщенного признака Ω участвуют только те ЭМ подсистемы, которые отмечены и по Q , и по Ω (управляющие ЭМ). В управляющей ЭМ команда ОУП должна употребляться в одной из трех модификаций: ОУП $_j$ ($j = 1, 2, 3$). Команда ОУП $_j$ ($\alpha_{12+i} = \delta_{ij}$, $i = 1, 2, 3$, где $\delta_{ij} = 1$ при $i=j$, $\delta_{ij} = 0$ при $i \neq j$) использует признак ω_j содержащей её ЭМ. Значение Ω находится по формуле $\Omega = \prod_k \omega_{jk}$, где k пробегает все номера управляющих ЭМ, j_k - модификация команды ОУП, получившей управление в ЭМ с номером k .

Обобщенный признак Ω вырабатывается после того, как все ЭМ подсистемы, отмеченные по Q , передают управление командам ОУП x).

После выработки Ω все ЭМ, отмеченные по Q , одновременно передают управление. При этом ЭМ с номером i , содержащая команду ОУП, передает управление

1) дальше, если либо $Q_i = 1$, $\Omega_i = 0^{xx}$, либо $Q_i = 1$, $\Omega_i = 1$, но при этом $\Omega = 0$;

2) по α_2 , если $Q_i = \Omega_i = 1$ и при этом $\Omega = 1$.

Если к моменту передачи управления команде ОУП содержащая её ЭМ не будет отмечена по Ω , то значение разрядов $\alpha_7 \div \alpha_{36}$ этой команды безразлично.

Команду ОУП в ЭМ с номером i , которой всегда в момент передачи ей управления будут соответствовать значения $Q_i = 1$, $\Omega_i = 0$, удобно трактовать как четвертую модификацию команды ОУП и обозначать её ОУП $_0$. Рекомендуется в этом случае в разрядах α_{13} , α_{14} , α_{15} команды ОУП ставить нули.

Значение разрядов $\alpha_{16} \div \alpha_{24}$ команды ОУП безразличны. Команда ОУП сохраняет признаки ω_2 и ω_3 в содержащей её ЭМ.

Общие замечание. При употреблении команды системы можно обычным образом использовать индексные ячейки.

x) Если в подсистеме нет ЭМ, отмеченных по Ω (но есть отмеченные по Q), то обобщенный признак $\Omega = 0$.

xx) Если в момент передачи управления команде -65 в ЭМ с номером i $Q_i = 0$, то эта команда интерпретируется как пустая команда $+ 00$.

§ 2. Взаимодействие команд системы

Команды системы, возникая в различных ЭМ из одной подсистемы, могут вступать между собой как в желаемое, так и нежелательное взаимодействия. Рассмотрим типичные случаи их взаимодействия.

1. Взаимно дополняющие команды, появление которых в разных ЭМ обеспечивает выполнение желаемого действия.

В "Минске-222" к этому типу взаимодействия можно отнести три случая:

а) Обмен информацией между ЭМ. В "Минске-222" для обмена группой кодов между ЭМ должны быть выполнены следующие условия:

В данный момент в подсистеме может быть только одна передающая ЭМ.

Передача управления команде Пр во всех принимающих ЭМ должна произойти не позже, чем — команде П в передающей ЭМ.

Во время выполнения команды Пр ни одна ЭМ из одной подсистемы с принимающей не должна передавать управление другим командам системы: Н, ОБП и ОУП.

б) Изменение хода вычислений в зависимости от результатов, полученных в разных ЭМ из одной подсистемы.

В этом случае управляющие ЭМ должны быть отмечены по Q и Ω (с помощью команды Н) до того, как в любой из них будет передано управление команде ОУП.

в) Синхронизация. В "Минске-222" для организации правильного взаимодействия команд системы и устранения конфликтных ситуаций имеется возможность синхронизировать работу всех или некоторых ЭМ из одной подсистемы путем одновременной передачи управления некоторым командам. Такие ЭМ и команды будем называть синхронизируемыми. Синхронизируемая ЭМ должна быть отмечена по Q и содержать команду ОУП непосредственно перед синхронизируемой командой.

Для выполнения синхронизации нужно, чтобы отметка по Q была выполнена до того, как будет передано управление какой-либо из команд ОУП.

2. Команды, одновременное появление которых в разных ЭМ из одной подсистемы не мешает их выполнению.

а) К этому типу относится выполнение команды H_0 , которая может одновременно выполняться в разных ЭМ.

б) Если в какой-либо ЭМ передано управление команде H_1 ,

ОБП или П, а в другой ЭМ из той же подсистемы еще не окончилось выполнение команды H_I , ОБП или П, то первая ЭМ начнет выполнение команды после окончания указанных команд, которым было передано управление раньше.

При одновременном возникновении в нескольких ЭМ одной подсистемы команд H_I , ОБП и П первой выполняется команда в ЭМ с меньшим номером.

Указанный порядок в "Минске-222" обеспечивается специальной схемой приоритета [3].

В этом случае, если возможное изменение порядка выполнения команд не влияет на решение задачи, происходит только задержка в выполнении некоторых программ.

3. Конфликтные ситуации.

а) Возникновение команд H_I , ОБП, когда выполняется команда Пр в любой из ЭМ подсистемы, но еще не произошла передача управления команде П. В этом случае принимающие ЭМ извлекают и зашлют в свои МОЗУ управляющие служебные слова, посылаемые командами H_I и ОБП, и получают на столько же меньше слов, посланных по команде П.

б) Одновременное возникновение в ЭМ с номером i команды H_0 , а в ЭМ с номером j команды H_I , воздействующей на ЭМ с номером i . В этом случае трудно предугадать, каким станет содержимое РН ЭМ с номером i .

в) Возникновение в какой-либо ЭМ, отмеченной по Q , команды ОБП₀ в то время, когда другая ЭМ из той же подсистемы передала управление, но еще не окончила выполнение команды ОУП. В этом случае машины могут неопределенно долго не передавать управления очередным командам. К аналогичным ситуациям может приводить также взаимодействие команд Пр и ОУП, ОБП₀ и Пр.

Для обеспечения желаемой последовательности выполнения команд системы следует употреблять надлежащим образом команды ОУП.

§ 3. Примеры использования команд системы

ПРИМЕР I. Пусть система состоит из двух ЭМ. В ячейке 0001 первой ЭМ находится единица. В ячейке 0002 второй ЭМ находится двойка. Требуется сначала в ячейки 0100-0107 первой ЭМ записать в каждую по единице, а в ячейки 0200-0207 второй ЭМ записать в каждую по двойке; затем полученный массив единиц передать из первой ЭМ во вторую так, чтобы во второй ЭМ он оказался в ячейках 0170-0177.

Первая ЭМ

I000: - 01 00 0000 0020	$H_0, R_1 = 0, Q_1 = I, S_1 = 0$
I001: - 10 00 1007 0002	+00 07 0000 0000
I002: - 10 02 0001 0100	I.
I003: - 20 02 1002 1010	ПУ-1002, 0002: + 00 06 0000 0001
I004: - 65 00 0000 0000	ОУП, синхронизация со второй
I005: - 56 00 0010 0100	II массива единиц
I006: - 00 00 0000 0000	Останов
I007: + 00 07 0000 0000	Для I001
I010: + 00 00 0000 0001	Для I003

Вторая ЭМ

2000: - 01 00 0000 0020	$H_0, R_2 = 0, Q_2 = I, S_2 = 0$
2001: - 10 00 2007 0001	+00 07 0000 0000
2002: - 10 01 0002 0200	2.
2003: - 20 01 2002 2010	ПУ-2002, 0001: +0006 0000 0001
2004: - 65 00 0000 0000	ОУП, синхронизация с первой
2005: - 57 00 0010 0170	Пр массива единиц
2006: - 00 00 0000 0000	Останов
2007: + 00 07 0000 0000	Для 2001
2010: + 00 00 0000 0001	Для 2003

Благодаря командам I004 и 2004, команды I005 и 2005 получают управление одновременно. Скорость работы различных ЭМ лишь приблизительно одна и та же. Поэтому, хотя команды I000 и 2000 начинают выполняться одновременно, относительно команд I004 и 2004 этого утверждать нельзя, несмотря на идентичность предыдущих команд. А мы не можем допустить, чтобы команда II получила управление раньше команды Пр.

ПРИМЕР 2. Пусть система состоит из двух ЭМ. В ячейке 0001 первой ЭМ находится единица. В ячейке 0002 второй ЭМ находится двойка. Требуется, во-первых, в ячейки 0100-0107 первой ЭМ заслать в каждую по единице, а в ячейки 0200-0217 второй ЭМ заслать в каждую по двойке; во-вторых, полученный массив единиц передать из первой ЭМ во вторую так, чтобы во второй ЭМ он оказался в ячейках 0170-0177; в-третьих, массив единиц, находящийся в первой ЭМ, превратить в массив двоек.

Первая ЭМ

I000:	- 01 00 0000 0000	$H_0, R_1 = 0, Q_1 = 0, \Omega_1 = 0$
I001:	- 10 00 1012 0002	+00 07 0000 0000
I002:	- 10 02 0001 0100	1.
I003:	- 20 02 1002 1013	ПУ-1002, 0002; +00 06 0000 0001
I004:	- 02 00 0000 1014	БП ₀ , вторая ЭМ: -57 00 0010 0170
I005:	- 56 00 0010 0100	П массива единиц
I006:	- 10 00 1012 0002	+ 00_07 0000 0000
I007:	- 72 02 0001 0100	2.
I010:	- 20 02 1007 1013	ПУ-1007, 0002: +00 06 0000 0001
I011:	- 00 00 0000 0000	Останов
I012:	+ 00 07 0000 0000	Для I001, I006
I013:	+ 00 00 0000 0001	Для I003, I010
I014:	- 57 00 0010 0170	Для I004

Вторая ЭМ

2000:	- 01 00 0000 0020	$H_0, R_2 = 0, Q_2 = 1, \Omega_2 = 0$
2001:	- 10 00 2005 0001	+00 17 0000 0000
2002:	- 10 01 0002 0200	2.
2003:	- 20 01 2002 2006	ПУ-2002, 0001: +00 16 0000 0001
2004:	- 00 00 0000 0000	Останов
2005:	- 00 17 0000 0000	Для 2001
2006:	+ 00 00 0000 0001	Для 2003

Здесь можно было бы организовать передачу информации из первой ЭМ во вторую так же, как в примере I. Однако это привело бы к простоям первой ЭМ.

ПРИМЕР 3. Пусть система состоит из двух ЭМ. В ячейке 0001 первой ЭМ находится единица. В ячейке 0002 второй ЭМ находится двойка. Требуется, во-первых, в ячейки 0100-0137 первой ЭМ заслать в каждую по единице, а в ячейки 0200-0217 второй ЭМ заслать в каждую по двойке; во-вторых, 1/4 часть полученного массива единиц передать из первой ЭМ во вторую так, чтобы во второй ЭМ она оказалась в ячейках 0170-0177. После передачи требуется все единицы, стоящие в ячейках 0170-0177 второй ЭМ, превратить в четверки.

Первая ЭМ

I000: - 01 00 0000 0020	H ₀ , R ₁ : = 0, Q ₁ : = I, Q ₂ : = 0
I001: - 10 00 1005 0002	+ 00 37 0000 0000
I002: - 10 02 0001 0100	I.
I003: - 20 02 1002 1006	ПУ-1002,0002:+00 36 0000 0001
I004: - 00 00 0000 0000	Останов
I005: + 00 37 0000 0000	Для 1001
I006: + 00 00 0000 0000	Для 1003

Вторая ЭМ

2000: - 10 00 2011 0001	+ 00 17 0000 0000
2001: - 10 01 0002 0200	2.
2002: - 20 01 2001 2012	ПУ-2001,0001:+00 16 0000 0001
2003: - 02 00 0000 2013	ОБП ₀ , первая ЭМ:-56 0010 0100
2004: - 57 00 0010 0170	Пр 1/4 части массива единиц
2005: - 10 00 2014 0001	+ 00 07 0000 0000
2006: - 72 01 0002 0170	4.
2007: - 20 01 2006 2012	ПУ-2006,0001:+00 06 0000 0001
2010: - 00 00 0000 0000	Останов
2011: + 00 17 0000 0000	Для 2000
2012: + 00 00 0000 0001	Для 2002, 2007
2013: - 56 00 0010 0100	Для 2003
2014: + 00 07 0000 0000	Для 2005

Если бы мы организовали здесь передачу информации из первой ЭМ во вторую так же, как в примере 1, то можно было бы обойтись без команд ОУП. Однако такая организация передачи привела бы к простому второй ЭМ. Способ передачи, использованный в примере 2, здесь вообще невозможен.

ПРИМЕР 4. Пусть система состоит из пяти ЭМ. В ячейке 0002 второй ЭМ находится двойка. В ячейке 0002 третьей ЭМ находится тройка. В ячейке 0002 пятой ЭМ находится четверка. Требуется заслать в ячейки 0200-0207 второй ЭМ в каждую по двойке, третьей ЭМ - в каждую по тройке, в пятой ЭМ - по четверке.

Вторая ЭМ

2000: - 01 00 4400 0200	H ₁ ; R ₁ , R ₄ : = 0, Q ₁ , Q ₄ : = 0, Q ₂ , Q ₄ : = 0
2001: - 01 00 0000 0020	H ₀ , R ₂ : = 0, Q ₂ : = I, Q ₃ : = 0

2002: - 65 00 0000 0000	ОУП ₀ , синхронизация с третьей и пятой
2003: - 56 00 0006 2006	П второй части программы
2004: - 65 00 0000 0000	ОУП ₀ , синхронизация с третьей и пятой
2005: - 02 00 0000 2014	ОБП ₀ , третья и пятая ЭМ: - 30 00 2006 0000
2006: - 10 00 2012 0001	+ 00 07 0000 0000
2007: - 10 01 0000 0200	2.
2010: - 20 01 2007 2013	ПУ-2007,0001:+00 06 0000 0001
2011: - 00 00 0000 0000	Останов
2012: + 00 07 0000 0000	Для 2006
2013: + 00 00 0000 0001	Для 2010
2014: - 30 00 2006 0000	Для 2005

Третья ЭМ

3000: - 01 00 0000 0020	$H_0, R_3 := 0, Q_3 := 1, Q_5 := 0$
3001: - 10 00 0000 0000	Пустая
3002: - 65 00 0000 0000	ОУП ₀ , синхронизация со второй и пятой
3003: - 57 00 0006 2006	Пр второй части программы
3004: - 65 00 0000 0000	ОУП ₀ , синхронизация со второй и пятой
3005: + 00 00 0000 0000	Пустая

Пятая ЭМ

4000: - 01 00 0000 0060	$H_0, R_5 := 1, Q_5 := 1, Q_3 := 0$
4001: - 10 00 0000 0000	Пустая
4002: - 65 00 0000 0000	ОУП ₀ , синхронизация со второй и третьей
4003: - 57 00 0006 2006	Пр второй части программы
4004: - 65 00 0000 0000	ОУП ₀ , синхронизация со второй и третьей
4005: + 00 00 0000 0000	Пустая

Программа, приведенная в настоящем примере, показывает, прежде всего, как выделяются ЭМ, на которых предстоит решать ту или иную задачу. В программе это построение осуществляется командами 2000, 2001, 3000, 4000. При этом предполагается

ся, что в первой и четвертой ЭМ до окончания приведенных программ не возникают команды системы.

Для того, чтобы командам ОУП₀ не было передано управление ранее, чем будут отмечены по Q вторая, третья или пятая ЭМ, введены пустые операции 300I и 400I.

§ 4. Автоматическая перестройка системы

Разбиение системы "Минск-222" на изолированные подсистемы осуществляется весьма просто с помощью команд H_I и H₀. Более сложен обратный процесс - объединение подсистемы в единую систему. Рассмотрим некоторые случаи.

ПРИМЕР 5. Пусть система разбита на подсистемы, каждая из которых решает в данный момент какую-то задачу. Требуется немедленно, не дожидаясь конца решения поставленных на счет задач, объединить все подсистемы в единую систему с целью последующего решения на ней особо срочной задачи.

Подпрограмма перехода к решению особо сложной задачи должна постоянно храниться в МОЗУ всех ЭМ, причем в первой из них начинаться командами:

α :- 0I 00 0000 0020	H ₀ , R ₁ = 0, Q ₁ = I, $\Omega_1 = 0$
$\alpha+1$:- 10 00 β 000I	+00 I6 0000 0000
$\alpha+2$:- 0I 00 3777 7620	H _I , R _j = 0, Q _j = I, $\Omega_j = 0, j = 2, 3, \dots, 16$
$\alpha+3$:- 20 0I $\alpha+2$ 0000	ПУ- $\alpha+2$, 000I:+ 00 I5 0000 0000
.....

β :+ 00 I6 0000 0000 Для $\alpha+1$.

Здесь α - адрес начала подпрограммы перехода,

β - адрес начала массива её констант.

Пусть система разбита на подсистемы, каждая из которых решает в данный момент какую-то задачу, не требующую большой срочности. Требуется как можно быстрее закруглить^{х)} счет на всех ЭМ, после чего объединить все подсистемы в единую систему с целью последующего решения на ней более срочной задачи.

Предлагаемый здесь способ автоматической перестройки системы предъявляет к программе каждой несрочной задачи следующие требования:

1) работа программы должна быть разделена на ряд непро-

х) Закруглить счет - значит прервать его в таком месте, с которого можно его продолжить после перерыва, не повторяя того, что было сделано до перерыва.

должительных по времени счета этапов, после каждого из которых счет закруглить;

2) программа составлена так, что если возникнет необходимость закруглить счет, все ЭМ данной подсистемы по окончании очередного этапа одновременно передают управление в ячейку с одним и тем же номером.

ПРИМЕР 6. Пусть система из ℓ ЭМ разбита на подсистемы, каждая из которых решает какую-то задачу. Требуется после окончания счета в каждой из ЭМ объединить их в одну общую подсистему. От программы, выполняемой каждой ЭМ, потребуем, чтобы после окончания счета все ЭМ из одной подсистемы одновременно передавали управление в ячейку с одним и тем же номером. Для простоты номер этой ячейки будем обозначать одной и той же буквой C независимо от подсистемы.

Первая ЭМ всей системы

C :	- 01 00 0000 0000	$H_0, R_1 = 0, Q_1 = 0, \Omega_1 = 0$
$C+1$:	- 30 00 $C+1$ 0000	БПУ - $C+1$, заикливание
$C+2$:	- 30 00 $C+5$ 0000	Для $C+4$ последней ЭМ

Промежуточная ЭМ с номером j ($j = 2, 3, \dots, \ell-1$)

C :	- 01 00 0000 0000	$H_0; R_j = 0, \Omega_j = 0, Q_j = 0$
$C+1$:	- 30 00 $C+1$ 0000	БПУ - $C+1$, заикливание

Последняя ЭМ всей системы

C :	- 01 00 0000 0020	$H_0; R_\ell = 0, Q_\ell = 1, \Omega_\ell = 0$
$C+1$:	- 01 00 4000 0220	$H_1; R_1 = 0, Q_1 = 1, \Omega_1 = 0$
$C+2$:	- 02 00 0000 $C+4$	ОБП ₀ , если $R_1 = 0$, то первая ЭМ: - 02 40 0000 $C+2$
$C+3$:	- 30 00 $C+3$ 0000	БПУ - $C+3$, заикливание
$C+4$:	- 02 40 0000 $C+2$	Для $C+2$ последней ЭМ
$C+5$:	- 01 00 3777 7620	$H_1; R_j = 0, Q_j = 1, \Omega_j = 0,$ $j = 2, 3, \dots, \ell-1$
$C+6$:	- 02 40 0000 $C+7$	ОБП ₁ ; ЭМ с номерами $j = 1, 2, \dots, \ell-1$: - 30 00 α 0000
$C+7$:	- 30 00 α 0000	БПУ - α . Для $C+6$ последней ЭМ.

Здесь ℓ - количество ЭМ во всей системе,

α - адрес начала подпрограммы перехода к решению новой задачи.

Предполагается, что подпрограмма перехода постоянно хранится в МОЗУ всех ЭМ системы.

ПРИМЕР 7. Пусть система состоит только из ЭМ "Минск-22" и не разбита на подсистемы. Предположим, что на этой системе решается несрочная задача. Требуется как можно быстрее закруглить счет на всех ЭМ, решить срочную задачу, после чего продолжить прежний счет.

Требования, предъявляемые к программе несрочной задачи:

1) эта программа должна занимать и использовать только те ячейки МОЗУ всех ЭМ, которые остаются свободными при решении срочной задачи;

2) команды системы^{х)} должны присутствовать только в той её подпрограмме, которая находится в первой ЭМ, причем

3) в указанной подпрограмме должно быть введено достаточное число условных передач по ключу, осуществляемых

а) в тот момент, когда в системе нет ни одной ЭМ, отмеченной по Q ,

б) в одну и ту же ячейку C ,

в) с одновременным запоминанием номера ячейки, в которую следует передать управление для продолжения счета.

Первая ЭМ

C : - 10 00 d 0023	- 31 00 α ν , 0023 - ячейка прерывания по псевдокоду. Для $C+6$
$C+1$: - 06 00 0010 0000	Разрешение прерывания по псевдокоду. Для $C+7$
$C+2$: - 01 00 7777 7720	H_1, R_j : прежнее, $Q_j = 1$, Ω_j : прежнее, $j = 2, 3, \dots$,
$C+3$: - 02 00 0000 $C+11$	ОБП ₀ , ЭМ с номерами $j = 2, 3, \dots, \ell$: + 06 00 0000 $\nu - 1$
$C+4$: - 02 00 0000 $C+12$	ОБП ₀ , ЭМ с номерами $j = 2, 3, \dots, \ell$: - 57 00 0001 d ,
$C+5$: - 56 00 0001 d	П обращения к подпрограмме перехода
$C+6$: - 02 00 0000 C	ОБП ₀ , ЭМ с номерами $j = 2, 3, \dots, \ell$: - 10 00 α 0023
$C+7$: - 02 00 0000 $C+1$	ОБП ₀ , ЭМ с номерами $j = 2, 3, \dots, \ell$: - 06 00 0010 0000

^{х)} Речь идет о командах системы, описание которых дано в § 2.

C+8: - 02 00 0000 C+9	ОБП ₀ , ЭМ с номерами $j = 2, 3, \dots, \ell:$
	- 27 00 0000 0000
C+9: - 27 00 0000 0000	БПУ - 0023, псевдокод
C+10:+ 00 00 0000 0000	Ячейка обратной связи
C+11:+ 06 00 0000 β -I	Для C+3
C+12:- 57 00 0001 α	Для C+4

α : - 31 00 α β Для С, С+5.

Здесь ℓ - количество ЭМ в системе,

α - адрес начала подпрограммы перехода к решению срочной задачи,

β - адрес ячейки обратной связи.

Предполагается, что подпрограмма перехода постоянно хранится в МОЗУ всех ЭМ системы. Способ автоматической перестройки системы, рассмотренный в настоящем пункте налагает требования на конец программы срочной задачи, который во всех ЭМ должен иметь вид:

β -3: - 06 00 4010 0000	Запрещение прерывания по псевдокоду
β -2: - 36 00 β -I	БПУ - β , СМ: (β -I). Снятие блокировки прерывания
β -I: + 00 00 0000 0000	Для хранения содержимого СМ
β : - 00 00 0000 0000	Для хранения содержимого СЧАК.

Авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую признательность Ю.С. Чернышеву за проделанную им большую работу по редактированию данной статьи.

Л и т е р а т у р а

1. Э.В. Евреинов, Г.П. Лопато. Универсальная вычислительная система "Минск-222". Вычислительные системы, Новосибирск, Изд-во "Наука", Сибирское отделение, 1966, вып. 23, стр. 13-20.
2. Э.В. Евреинов, Ю.Г. Косарев. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, Изд-во "Наука", 1966.
3. Г.П. Лопато, А.Н. Василевский, В.Я. Пыхтин, Б.А. Сидристый, В.Г. Хорошевский. Системное устройство элементарной машины вычислительной системы "Минск-222". Вычислительные системы, Новосибирск, Изд-во "Наука", Сибирское отделение, 1966, вып. 23, стр. 35-68.

Поступила в редакцию