

Ц 8405
Г-15

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

24 / IV - 78



1878 / 2 - 78

10 - 11229

В.В.Галактионов

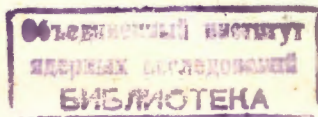
МУЛЬТИПРОГРАММНАЯ РАБОТА НА ЭВМ ЕС-1010
В РЕЖИМЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

1978

10 - 11229

В.В.Галактионов

МУЛЬТИПРОГРАММНАЯ РАБОТА НА ЭВМ ЕС-1010
В РЕЖИМЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ



Галактионов В.В.

10 - 11229

Мультипрограммная работа на ЭВМ ЕС-1010 в режиме пользователя

Описывается разработанный и реализованный автором аппарат планирующих программ для организации мультипрограммирования на ЭВМ ЕС-1010 в режиме пользователя. Система мультипрограммирования в первую очередь создавалась для управления работой концентратора терминалов, разрабатываемого на базе ЭВМ ЕС-1010, и связи его с ЭВМ БЭСМ-6.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Galaktionov V.V.

10 - 11229

Multiprogramming for the ES-1010 Computer in User Mode

A system of scheduling programs for organization of multiprogramming for the ES-1010 computer in user mode is described. The system was created to control operating the terminal concentrator which is developed on the base of ES-1010 machine, and to connect the concentrator with the BESM-6 computer.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Концепция мультипрограммирования

Существует несколько типов многопрограммной работы вычислительных машин /1/. Основная идея классического мультипрограммирования состоит в стремлении максимально использовать наиболее дорогостоящие элементы машины, в частности, центральный процессор. Этот режим характерен тем, что правила перехода от программы к программе устанавливаются из соображений достижения максимальной производительности машины путем широкого использования различного рода совмещений - состояния ЭВМ, когда во время исполнения одной машинной инструкции (типа инструкции обмена с внешним устройством) в стадии исполнения может находиться еще одна машинная инструкция. Надо заметить, что при таком режиме наилучшего использования аппаратуры оптимальная скорость обслуживания каждого отдельного пользователя непосредственно не предусматривается. Возможна ситуация, когда одна из программ, редко обращаясь к внешним устройствам, может надолго монополизировать машину, заблокировав тем самым исполнение задач остальных пользователей.

Существует, однако, еще один тип многопрограммной работы машины - параллельная обработка задач, в которой переход от программы к программе происходит через достаточно короткие промежутки (кванты) времени, создавая у пользователей впечатление одновременного исполнения нескольких программ. Основной идеей здесь является не стремление к оптимизации использования оборудования, а некоторое улучшение обслуживания очереди пользователей за счет уменьшения времени ожидания промежуточных результатов и др.

На практике в большинстве случаев параллельная обработка сочетается с классическим мультипрограммированием, т.е. используются два типа переключения работы машины с одной программы на другую:

а) на время ожидания завершения операции ввода-вывода (мультипрограммирование),

б) по исчерпанию выделенного программе кванта времени (параллельная обработка).

Мультипрограммирование на ЭВМ ЕС-1010

Основой имеющейся на ЭВМ ЕС-1010 многопрограммной работы является многоуровневая приоритетная система прерываний (32 уровня) /2/. Суть этой системы заключается в том, что каждая из загружаемых в ЭВМ программ приписывается к одному из уровней прерывания, причем высший приоритет принадлежит программе с большим номером уровня. Программа пользователя приписывается к нулевому уровню и обладает наименьшим приоритетом. Все остальные программы, как правило, являются программами обслуживания внешних устройств, приписываются к более приоритетным уровням и запускаются в работу по сигналу запроса от внешнего устройства. Возможны и другие пути активизации программ различных уровней. Оканчивается работа такой программы командой деактивизации прерывания данного уровня, после чего приоритетная система запускает из очереди в работу (при наличии запроса) программу, принадлежащую уровню прерывания с наибольшим приоритетом. Уровень пользователя (нулевой) не связан с внешними устройствами и для него не требуется команды деактивизации.

Таким образом, способ организации многопрограммного режима работы на данной ЭВМ есть работа приоритетной системы активизации прерывающих программ, достигающей значительной глубины прерывания (32 уровня). Описанная многопрограммная работа ЭВМ (классическое мультипрограммирование), используя систему совмещения выполнения различных операций, наилучшим образом загружает центральный процессор машины со стороны одной задачи пользователя. Такой режим работы не предусматривает прямой возможности совместной обработки нескольких программ или же параллельной обработки функционально не связанных блоков (подзадач) одной программы пользователя. Обеспечение такой возможности, как правило, всегда возлагается на операционную систему вычислительной машины. Необходимость создания мультипрограммного режима работы такого типа на ЭВМ ЕС-1010 возникла в связи с разработкой математического обеспечения многопультового концентратора, создаваемого на основе этой ЭВМ.

Главным требованием к создаваемой мультипрограммной системе (с точки зрения применения ее для концентратора) является предоставление возможности организации параллельной (совмещенной) работы подчиненных одной задаче и логически не связанных между собой отдельных программных единиц. Иными словами, необходимо было разработать мультипрограммную систему главным образом для организации, в соответствии с принятой терминологией, режима подзадач, т.е. режима, не поддерживаемого появившимися в последнее время мониторами РСМ и тсм для мультипрограммирования из поставляемого математического обеспечения и, к тому же, не существовавшими к моменту завершения данной разработки (1975 год).

Организация мультипрограммного режима на ЭВМ ЕС-1010

Для ЭВМ ЕС-1010 автором был разработан и реализован вариант мультипрограммной системы обработки нескольких задач. В принятой для этой ЭВМ терминологии – это работа программ, приписанных к нулевому уровню прерывания. К трудностям организации такого режима для задач нулевого уровня относятся отсутствие возможности оперативной реакции программ этого уровня на окончания обменов с внешними устройствами и отсутствие в основном комплекте ЭВМ датчика времени (таймера). Отсутствие первой возможности создает определенные трудности для организации совмещенной обработки задач в мультипрограммном режиме, а отсутствие таймера затрудняет "разделение" времени работы процессора, как одного из основных ресурсов ЭВМ, между такими задачами.

Основой разработанной системы мультипрограммирования является планировщик – программа-диспетчер, реализующая алгоритм поочередного запуска в решение задач согласно заложенным (или задаваемым) в нем приоритетным принципам. Планировщик допускает мультипрограммную обработку до 32 задач, разделенных на две приоритетные группы – высшего (high) и низшего (low) приоритета. Головная программа планировщика секция G:SCHD запускает задачи в решение, анализируя состояние двух шкал выбора задач:

- I6-разрядная шкала выбора задач с приоритетом H (high)
- SCJOBH .
- I6-разрядная шкала выбора задач с приоритетом L (low)
- SCJOB L .



Каждой задаче присваивается число, равное номеру разряда (0+15) в шкале выбора задач. Кроме того, необходимо знать принадлежность данной задачи к определенной приоритетной группе (шкале SCJOBH или SCJOBV).

"I" в разряде шкалы означает готовность к запуску задачи, соответствующей номеру этого разряда. Выбор задачи по приоритету для запуска в данном случае означает то, что просмотр шкал всегда начинается со шкалы выбора задач с приоритетом H (SCJOBH). Задачи, относящиеся к одной шкале, имеют равные приоритеты, т.е. просмотр шкалы каждый раз продолжается с текущей позиции. Запуск задач с низшим приоритетом (шкала SCJOBV) осуществляется при отсутствии запросов со стороны задач высшего приоритета (шкала SCJOBH - пуста) либо из расчета: один запуск задачи с приоритетом L на три запуска задач с приоритетом H.

Для запуска в счет выбранной задачи необходимо занести в машинные регистры характеристики (context) этой задачи - содержимое регистров X, E, A, G, L, P и индикаторов.

G - глобальный базисный регистр. В данной реализации мультипрограммной работы запоминание и восстановление его не требуется.

X, E, A - рабочие регистры программы. Содержимое регистра A (сумматора) не восстанавливается.

L - локальный базисный регистр,

P - счетчик команд.

Индикаторы программы не восстанавливаются.

Указанные характеристики (регистры X, E, L, P) запоминаются в информационном поле (ИПЗ) для каждой задачи. При активизации задачи их содержимое заносится в регистры машины, что является достаточным для запуска выбранной задачи. При этом планировщик засылает "0" в соответствующий данной задаче разряд шкалы выбора задач.

Программные прерывания

Для выполнения алгоритма переключения программ в предлагаемом мультипрограммном режиме вводится понятие программного прерывания. Суть программного прерывания заключается в прекращении выполнения текущей задачи, постановке ее в очередь и обращении к планировщику для выбора другой задачи.

Для выполнения программного прерывания достаточно обратиться в нужном месте текущей программы к секции планирования G:INTR с указанием своего номера в приоритетной шкале выбора задач:

```

LDANSELF - вызов на сумматор A номера задачи
CLS G:INTR - обращение к секции.
:

```

Секция G:INTR записывает в ИПЗ текущие значения характеристик прерванной программы, предоставляет "I" в соответствующей данной задаче шкале выбора задач (SCJOBH или SCJOBV) и обращается к планировщику для выполнения дальнейших действий. При повторном запуске (возобновлении) данной задачи выполнение программы начинается с адреса машинной инструкции, следующей за инструкцией обращения к секции программного прерывания, с сохранением характеристик данной программы (кроме содержимого сумматора A).

Для обеспечения эффективной работы предлагаемого мультипрограммного режима рекомендуется использовать программные прерывания в следующих случаях:

1) после обращения для обмена к внешнему устройству ввода-вывода,

2) по исчерпанию "кванта работы", неявным образом содержащего задание времени работы отдельных фрагментов программы (принцип: поработал - дай другим поработать).

Окончание задачи

Вместо обычного для окончания задачи пользователя обращения к секции монитора M:EXIT, вызывающего прекращение выполнения задач нулевого уровня прерываний, рекомендуется использовать обращение к секции планировщика G:EXIT :

```

CLS G:EXIT
:

```

Секция G:EXIT вызывает полное прекращение выполнения работы данной задачи и обращается к планировщику для запуска в счет очередной задачи.

Обслуживание ресурсов

Ресурсами ЭВМ в данном случае будем называть следующие внешние устройства ввода-вывода с символическими названиями:

- LP - печатающее устройство,
- CR - устройство ввода перфокарт,
- TU - операторский телетайп,
- PT - устройство перфоленточного ввода-вывода,
- PR - устройство ввода перфоленты,
- PP - ленточный перфоратор.

Указанные устройства входят в основной комплект ЭВМ лишь в одном экземпляре. В процессе работы мультипрограммной системы возникает проблема разделения указанных ресурсов между несколькими задачами, каждой из которых надо предоставить возможность работать с нужным ей устройством ввода-вывода.

В системе имеются две программные секции планировщика G:RQST и G:RLSE соответственно для запроса и освобождения нужного ресурса. С помощью секции G:RQST задача закрепляет за собой нужное ей устройство на необходимое время. Параметрами обращения к секции являются символическое имя устройства (задается в регистре E) и собственный номер задачи (в регистре A). Если устройство в данный момент не занято другой задачей, то по возвращении из секции G:RQST на регистре A будет установлен нулевой код. Содержимое регистров E и X сохраняется.

- LDE DEVICE - симв. имя устройства
- LDA NSELF - номер данной задачи
- CLS G:RQST - обращение к секции
- BAZ READY - если устройство свободно.

Если же затребованный ресурс оказался занятым другой задачей, то обратившаяся задача может уходить на программные прерывания и время от времени вновь запрашивать этот ресурс.

По окончании работы с выделенным системным ресурсом задача должна с помощью секции G:RLSE освобождать этот ресурс. Параметры обращения к этой секции такие же, что и для секции

G:RQST. При этом система планировщика игнорирует попытки какой-либо задачи "освободить" не принадлежащий ей ресурс.

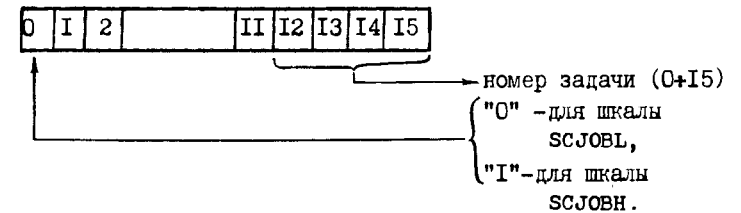
Начальная активизация задач

С использованием описанных выше принципов обеспечения мультипрограммного режима возможны два подхода к этой проблеме в зависимости от требований организации прохождения задач на этой ЭВМ:

- а) мультипрограммная работа независимых блоков (подзадач) одной программы пользователя,
- б) мультипрограммная работа нескольких независимых задач.

1. В первом случае планировщик запускает одну задачу - головную секцию программы, присваивает ей номер в выбранной приоритетной шкале. В своей программе пользователь должен сам предусмотреть разбиение своей задачи на отдельные логические не связанные блоки (подзадачи) и присвоить каждому их них свой номер и принадлежность к шкале выбора задач.

Номер задачи с указанием шкалы выбора задач задается в 16-разрядном слове:



Для головной секции программы задается номер, равный 0000₁₆. Для всех подзадач пользователь должен установить номера (I+I5) для шкалы SCJOB1 и (0+I5) для шкалы SCJOBH. Активизация и установка номера для головной секции программы производится планировщиком так же, как и для нескольких задач (см.2). Требования к структуре этой секции те же, что и для головных секций независимых задач. Обращение к подчиненным секциям производится по инструкции CLS (Call section).

Чтобы дать возможность головной секции обратиться для активизации к другим блокам, которые будут обрабатываться мультипрограммно, необходимо в начале каждой подчиненной секции (подзадачи) предусмотреть обращение к секции планировщика G:OPEN (для постановки в очередь данной подчиненной задачи) и команду возврата RTS:

```

:
LDA NSELF - номер задачи
CLS G:OPEN - обращение к секции
RTS      - возврат

```

Секция G:OPEN предоставляет "I" в шкале выбора задач и заполняет ИБЗ. После активизации этой задачи согласно приоритету программа начнет выполняться с инструкции, следующей за инструкцией RTS.

2). В случае организации мультипрограммной работы нескольких задач начальную активизацию и установку номеров с распределением по приоритетам производит планировщик. В этом случае, каждый раз при генерации (см. ниже) мультипрограммной системы (не путать с генерацией операционной системы) составляется новая программная секция планировщика G:SET с перечислением символических названий головных секций мультипрограммных задач.

Формат и структура такой секции приведены в приложении I. Секция должна быть оформлена в виде модуля.

Дополнительным требованием к структуре задач пользователей является необходимость включения в начальные части головных секций программ обращений к секции планировщика G:ACT, осуществляющей запоминание характеристик программы, и постановку данной задачи в очередь, а также присвоение ей номера в выбранной приоритетной шкале.

```

:
LEA NSELF - адрес ячейки с номером задачи
CLS G:ACT - обращение к секции активизации
RTS
:

```

По переданному ей адресу (NSELF) секция G:ACT записывает присвоенный планировщиком номер данной задачи, предоставляет "I" в шкале выбора задач и по команде RTS происходит возврат к планировщику. Наличие трех приведенных выше машинных инструкций - строго обязательно.

Алгоритм присвоения номеров и выбора шкал таков, что первые (задаваемые пользователем в секции G:SET) 16 задач приписываются к шкале выбора задач с приоритетом L (SCJOBV), а следующие 16 задач - к шкале с приоритетом H (SCJOBH). Рекомендуется организовать мультипрограммную систему так, чтобы высший приоритет H получали задачи общего пользования (например, обслуживания внеш-

них устройств), либо чтобы это были независимые блоки основных задач, имеющих более низкий приоритет L.

Генерация мультипрограммной системы

Генерация мультипрограммной системы заключается в формировании в рабочей зоне минидиска GI-GO одного модуля в формате RMI (relocatable memory image), состоящего из программ планировщика и рабочих программ пользователей, загрузке его в память ЭВМ и запуске головной секции планировщика G:SCHD.

Для этого необходимо выполнить следующие действия:

1. С использованием библиотечной системы BIB/2/ все оттранслированные модули программ пользователей переписываются (после работы ассемблера) из рабочей зоны минидиска GI в библиотеку UL (user library). К этому времени программы планировщика должны также находиться в одной из библиотек минидиска (UL или SL) в формате RB (relocatable binary).

Эта операция производится для каждой программы (модуля) по команде INCLUDE в системе BIB:

```
%S/BIB/INC,GI,UL, { (« имя » ) }
```

< имя > - символическое название (из 6 символов) переписываемого модуля. Задается пользователем при этой операции. Если имя не указывается, то в качестве названия модуля берется имя первой секции программы.

Таким же образом записывается в библиотеку UL и модуль G:SET.

2. Переписывается модуль (в RB формате) планировщика из зоны SL (или UL) в зону GI-GO:

```
%S/BIB/COPY, { SL } .GO, (G:SCHD) .
```

3. Формируются из всех программ (включая программы планировщика) модуль в RMI формате (настройка модуля загрузки). Делается это обращением к редактору связи:

```
%S/LINKD/SM,GI,GO,UL .
```

4. Сформированный модуль загружается в память машины:
% LOAD или % L.

5. Запускается система, начиная с головной секции планировщика:

% RUN или % R .

Заключение

В данной работе рассмотрен реализованный автором один из возможных способов организации мультипрограммной работы на ЭВМ ЕС-1010. Прделанная работа является частью работ по системе математического обеспечения многопультного концентратора, создаваемого на основе этой ЭВМ. Создание мультипрограммного режима для ЭВМ ЕС-1010 способствовало решению проблемы распараллеливания процессов задачи одновременного обслуживания нескольких (до 16) выносных терминальных пультов (дисплеев VT-340). Предлагаемый вариант мультипрограммного режима не является универсальным, в нем, например, даже не рассматривается вопрос защиты памяти, один из главных и трудных вопросов в организации мультипрограммных режимов. Создание описанного режима работы ЭВМ прежде всего имело своей главной целью организацию мультипрограммной работы в эксплуатационном режиме хорошо отлаженных программ целевого назначения, в частности, для концентратора. Тем не менее, планирующие программы и система программного прерывания, не затрагивая сущности решаемых с их помощью задач и не будучи связанными с внешней аппаратурой, могут в готовом виде применяться для организации мультипрограммной работы производных задач.

Литература

1. Ж.Бертэн, М.Риту, Ж.Ружие, Работа ЭВМ с разделением времени. Изд-во "Наука", Москва, 1972.
2. ЕС-1010. Основы программирования. Будапешт, изд-во "Видестон", 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 января 1978 года.

Образец написания секции G:SET для задания планировщику символических названий мультипрограммно работающих программных секций.

```
G:S   LDS
      RES 2
      FIN
G:SET LPS      G:S
      CLS SECT1
      CLS SECT2
      CLS SECT3
      :
      CLS SECTN
      RTS
      FIN
      END
```

SECT1,SECT2,... - символические названия головных секций
или имена модулей.

Приложение 2.

Пример построения головной секции одной из мультипрограммно работающих задач.

SECT1	LDS		- локальный сегмент данных.
	RES	2	
NSELF	RES	1	- резервн. ячейки для номера задачи.
CB	DATA	0	
	:		
	FIN		
	:		
SECT1	LPS	SECT1	- начало программы.
	LEA	NSELF	
	CLS	G:ACT	- обращение к секции планировщика для формирования номера задачи.
	RTS		
	:		
	:		
первичный запуск →	LEA	CB	
	CSV	M:IO	- обращение для обмена к внешнему устройству.
	:		
CHECK	LDA	CB	
	BAN	#+2	- проверка окончания обмена
	BRU	ENDSWP	
	LDA	NSELF	
	CLS	G:INTR	- программное прерывание на время обмена.
запуск →	BRU	CHECK	
ENDSWP			
	:		
	:		
	LDA	NSELF	
	CLS	G:INTR	- программное прерывание по истечении "кванта работы".
→	:		
	:		
	FIN		