

С.-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ВОПРОСЫ КИБЕРНЕТИКИ**

Издается с 1961 г.

Выпуск 27

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Межвузовский сборник

**Под редакцией канд. физ.-мат. наук М.К.Чиркова,
канд. техн. наук С.П.Маслова**



**Санкт-Петербург
Издательство С.-Петербургского университета
1995**

УДК 519.7:681.3

Сборник (вып. 26 вышел в 1991 г.) содержит работы, посвященные ряду взаимосвязанных аспектов теории и практики дискретных систем — математическим методам их анализа, синтеза и оптимизации, проблемам организации их алгоритмической, программной и функциональной структуры, практическим способам оптимальной реализации.

Сборник рассчитан на специалистов по математической кибернетике и информатике, теории и математическому обеспечению вычислительных машин.

Редактор О. Б. Мелешко

Редакционная коллегия: В. П. Брусенцов (МГУ), С. П. Маслов (МГУ), М. К. Чирков (СПбГУ), А. М. Шауман (СПбГУ)

Рецензенты: доктор физ.-мат. наук, Ю. Н. Веревкин (СПбГУ), канд. физ.-мат. наук Н. Ф. Фоминых (МГП "Терком")

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
С.-Петербургского университета*

Вычислительная техника и вопросы кибернетики

Выпуск 27

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Межвузовский сборник

ИБ №3963

Лицензия ЛР №040050 от 05.08.91 г.

Подписано в печать 21.02.95. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13.02. Усл. кр.-отт. 13.19. Уч.-изд. л. 10.25. Тираж 224 экз. Заказ 042.

Издательство СПбГУ. 199034, С.-Петербург, Университетская наб., 7/9.

Участок оперативной полиграфии типографии Издательства СПбГУ.
199061, С.-Петербург, Средний пр., 41.

Т $\frac{1402040000 - 020}{076(02) - 95}$ 40-95

ISBN 5-288-01085-4

© Издательство
С.-Петербургского
университета, 1995

стродействием, что позволит варьировать при необходимости скорость обработки информации при сохранении тактовой частоты.

Указатель литературы

1. **Ильин И.А., Подколзин А.З.** Функциональные узлы для цифровых управляющих и вычислительных структур с потактной обработкой информации // Однородные вычислительные системы и среды. В 2 ч. Киев, 1975. 184 с.
2. **А.с. 754478.** Регистр сдвига / Подколзин А.З., Венедиктова Г.А., Подколзина Н.А. Б.И. 07.08.1980. N 29.
3. **А.с. 1233133.** Последовательный двоичный сумматор / Подколзин А.З., Подколзина Н.А. Б.И. 23.05.1986. N 19.
4. **А.с. 611205.** Преобразователь прямого последовательного кода в дополнительный / Подколзин А.З. Б.И. 15.06.1978. N 22.

Маслов С.П., Сидоров С.А.

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ МИНИТЕРМИНАЛОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ "НАСТАВНИК"

Автоматизированная система обучения (АСО) "Наставник" [1] появилась в первой половине 70-х годов, была реализована в нескольких вариантах и успешно используется поныне. За это время она не претерпела существенных изменений в отношении концепции, сфер применения, методики подготовки учебных материалов, интерфейса с обучаемыми и т.д. В то же время в отношении аппаратуры и подходов к аппаратной реализации многочисленные варианты системы значительно отличаются друг от друга [2-13]. Главной причиной этого является прогресс в развитии элементной базы, который имел место на протяжении последних десятилетий. Первый образец АСО "Наставник" был

© С.П.Маслов, С.А.Сидоров, 1995

построен в 1972 г. на дискретных транзисторах и магнитных логических элементах [2-4], а один из последних - на однокристальном микрокомпьютере [14].

Несмотря на столь долгий и позитивный опыт использования, вопрос о массовом применении системы стал актуальным относительно недавно после появления дешевых и надежных микрокомпьютеров, выпускаемых в значительном количестве. Поскольку требуемые для "Наставника" компьютерные ресурсы невелики, система может быть реализована практически на любом, даже самом простом из существующих, персональном или бытовом компьютере.

В связи с этим достаточно очевидные и бесспорные требования, которые предъявлялись ко всем прошлым реализациям системы, такие как простота, высокая надежность и низкая стоимость, в последнее время дополнились требованием переносимости (машинной независимости).

Требование переносимости распространяется как на программное оснащение системы, так и на ее аппаратуру. Программная переносимость обеспечивается путем применения диалоговой системы структурированного программирования (ДССП). Этот аспект проблемы переносимости подробно рассмотрен в [15] и его обсуждение выходит за рамки данной статьи.

Рассмотрим вопрос аппаратной переносимости более подробно. Аппаратура АСО "Наставник" состоит из главной машины (ГМ), минитерминалов (МТ) и оборудования, служащего для соединения МТ и ГМ. Практически во всех реализациях системы в отношении аппаратуры использовался подход, в соответствии с которым устройство терминалов отличается крайней простотой, достигаемой вследствие того, что многие их функции выполняются в специальном устройстве - контроллере минитерминалов (КМ), общим для всех терминалов оборудованием, работающим в режиме разделения времени, и, если эти функции не критичны к скорости, программным путем. Хотя КМ представляет собой достаточно сложное устройство, благодаря его использованию в целом достигаются простота, надежность и дешевизна системы, о которых говорилось ранее. КМ подключается к ГМ в каче-

стве контроллера периферийного устройства и, таким образом, играет роль оборудования, соединяющего ГМ и МТ. К сожалению, микрокомпьютеры разных типов различаются по способу подсоединения к ним дополнительного контроллера, в качестве которого в данном случае выступает КМ, вследствие чего для каждого типа компьютера оказывается необходимым иметь собственную модель КМ. Именно это обстоятельство является основной причиной трудностей, возникающих при переносе системы.

Кардинальное решение проблемы аппаратной переносимости может основываться на использовании для подключения к ГМ остальных аппаратных компонент системы стандартного интерфейса для периферийного оборудования. Этот интерфейс должен обеспечивать двухсторонний обмен данными и быть достаточно "популярным", т.е. иметься у микрокомпьютера в штатной конфигурации либо наличествовать как легко устанавливаемое добавление. Практически без альтернатив на эту роль может претендовать связной интерфейс, обеспечивающий последовательный побитный обмен байтами в асинхронном режиме со скоростью до 9600 бод. Интерфейс существует в двух вариантах, различающихся электрическими характеристиками используемых сигналов : токовая петля и C2 (RS-232C). Он имеется практически на всех отечественных и зарубежных микрокомпьютерах и для данного применения удовлетворяет требованиям в отношении скорости, поскольку интенсивность обменов с ГМ, обслуживающей запросы от МТ, невелика.

Использование связного интерфейса для подключения аппаратуры системы "Наставник" можно осуществить на основе двух подходов: разработки нового минитерминала с таким интерфейсом и создании нового контроллера минитерминалов, который по отношению к минитерминалам имеющегося типа выполнял бы функции обычного КМ, а с ГМ соединялся бы посредством упомянутого интерфейса. Реализация, основывающаяся на использовании первого подхода, описана в [14]. Предметом данной работы является описание реализации на базе второго подхода.

Контроллер минитерминалов, соединяющийся с ГМ по связ-

ному интерфейсу, сложнее контроллера обычного типа. Это объясняется не только необходимостью иметь дополнительные аппаратные компоненты для реализации интерфейса, но и исчезновением возможности выполнять некритичные к скорости функции по управлению минитерминалами программным путем, используя для этой цели ресурсы ГМ.

Однако при реализации контроллера на современной элементной базе - микропроцессорах и БИС - усложнение оказывается небольшим. Вместе с тем появляется возможность практически без дополнительных аппаратных затрат придать устройству такое ценное качество, как способность самотестирования и проверки работоспособности подключенного к нему оборудования.

Микропроцессорные контроллеры минитерминалов (МКМ) предназначены для реализации АСО "Наставник" на микрокомпьютерах, имеющих стандартный связной интерфейс типа токовой петли или С2, и существуют в двух вариантах: МКМ-2 и МКМ-8. Контроллер МКМ-2 рассчитан на работу с минитерминалами, имеющими индикатор на два знакоместа, МКМ-8 управляет терминалами с индикатором на восемь знакомест. Контроллер представляет собой специализированную цифровую машину на базе микропроцессорного комплекта серии К580 и обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) высвечивание на индикаторах МТ принятых от ГМ символов;
- 2) формирование запросов от МТ к ГМ;
- 3) тестирование собственной аппаратуры и минитерминалов;
- 4) диагностирование типовых неисправностей.

Аппаратура контроллеров Контроллеры состоят из двух частей: стандартной, одинаковой в обоих вариантах устройства, и нестандартной, различающейся у МКМ-2 и МКМ-8.

Стандартная часть контроллеров. Блок-схема стандартной части приведена на рис.1, на котором показаны основные связи между узлами и отсутствуют технологические соединения. Стандартная часть контроллера содержит типичный для микропро-

цессорного устройства набор компонентов: собственно микропроцессор (МП) (K580BM80A), системный контроллер (СК) (K580BK28), тактовый генератор (ГФ) (K580ГВ24), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) (K573РФ5), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) (2xK541PY2), универсальный асинхронный приемопередатчик (УАПП) (K580BB51A), дешифратор старших разрядов адреса (ДС) (K555ИД4), счетчик-делитель (СЧ) (K155ИЕ6 и K155ИЕ4). Частота тактового генератора стабилизирована кварцем и имеет значение 18,432 МГц. Тактовая частота микропроцессора составляет 2,048 МГц. Полученная делением исходной частоты на 30 частота 616,4 КГц используется в качестве опорной для УАПП. Программируемый делитель в составе УАПП делит эту частоту на 64 и задает скорость обмена равной 9600 бод.

Значения старших разрядов адреса A13 - A15 дешифрируются в ДС и определяют объект адресации: ПЗУ (000), ОЗУ (001), УАПП (100) и НСТ (010) - регистры в нестандартной части контроллера. Оставшиеся четыре значения зарезервированы для возможных расширений.

Узел ТП/С2 содержит схемы, осуществляющие взаимное преобразование электрических характеристик входных и выходных сигналов УАПП и сигналов связного интерфейса. Требуемый вариант интерфейса - токовая петля или С2 - устанавливается перемычками.

Стандартная и нестандартная части контроллера соединяются друг с другом через шину данных DB0-DB7. К нестандартной части также поступают разряды A0, A1 адреса, сигнал НСТ, о котором говорилось ранее, сигналы "MEMRD" и "MEMWR", управляющие чтением и записью в регистры нестандартной части, и сигнал сброса "RES".

Нестандартная часть контроллера МКМ-2. Подробное описание устройства и функционирования минитерминалов с индикатором на два знакоместа, для управления которыми предназначен МКМ-2, содержится в работе [11]. Здесь будут приведены лишь краткие сведения об этом, необходимые для того, чтобы понять конструкцию устройства и работу контроллера.

Каждый терминал содержит 16-битный сдвигающий регистр (РТ), в котором могут находиться коды высвечиваемых на индикаторе терминала символов либо код клавиши, нажатой на его клавиатуре. Изображение символа на индикаторе формируется из сегментов. Каждому сегменту или каждой клавише поставлен в соответствие определенный разряд РТ. Регистр можно загрузить, побитно подавая ему на соответствующие входы коды символов и сдвигающие импульсы. В начале загрузки в РТ принимается код нажатой клавиши (нулевой код, если ни одна из клавиш не нажата). Этот код затем последовательно побитно выдается на выход регистра.

Блок-схема нестандартной части МКМ-2 изображена на рис.2. Справа от пунктирной вертикальной линии, которая делит рисунок на две части, условно изображены минитерминалы и показана их связь с контроллером, слева изображена собственно нестандартная часть, соединенная со стандартной частью линиями, расположение и назначение которых совпадают с приведенными на рис.1.

Нестандартная часть МКМ-2 содержит два доступных по записи регистра кода символа РКС-1 и РКС-2, в которые записываются коды символов, предназначенных для высвечивания соответственно в левой и правой позициях индикатора определенного терминала. Регистры могут принимать данные параллельно и выдавать их последовательно. Они соединяются друг с другом, образуя регистр сдвига емкостью 166. Номер терминала, которому должны быть выданы коды символов, записывается в пятиразрядный регистр номера терминала (РНТ). Выходы РНТ соединены со входами дешифратора номера терминала ДНТ. Этот дешифратор имеет 32 выхода, которые по линиям АКТ подключены к управляющим входам регистров 32 терминалов. При каждой записи в РНТ активизируется устройство управления УУ, одна из функций которого состоит в том, чтобы сформировать синхросерию СИН-1 из 17 импульсов, подаваемую к ДНТ, и серию СИН-2 из 16 импульсов для производства сдвигов в РКС-1 и РКС-2. В результате по соответствующей линии АКТ на сдвигающий вход регистра терминала,

номер которого находится в РНТ, выдается серия СИН-1, а по линии ЗПК на информационный вход этого регистра поступают коды символов. Таким образом осуществляется загрузка РТ избранного терминала. Продолжительность загрузки около 70 мкс. Первый импульс серии СИН-1 производит прием в РТ кода нажатой клавиши. В дальнейшем по мере заполнения РТ битами кодов символов код нажатой клавиши по линии ЧТК с выхода РТ побитно поступает к контроллеру на управляющий вход 4-битного регистра-защелки СВК. В УУ имеется четырехразрядный счетчик СЧ, выходы которого подключены к входам СВК. Счетчик участвует в формировании синхросерий, и изменение его состояний происходит синхронно со сдвигами в РТ. Таким образом, значение кода в СВК в момент появления на выходе РТ единицы в коде нажатой клавиши однозначно соответствует этой клавише. Это значение, называемое сверткой кода клавиатуры, фиксируется в СВК и становится доступным программе при чтении регистра кода клавиатуры РКК, в состав которого входит СВК. Буфер БФ преобразует двунаправленную шину данных в две однонаправленные ДО, по которой осуществляется запись данных в РНТ, РКС-1 и РКС-2, и ДИ, по которой происходит чтение из РКК. Дешифратор ДШ в зависимости от значений разрядов адреса А0 и А1 и при наличии сигнала НСТ, означающего обращение к регистрам нестандартной части контроллера, формирует необходимые сигналы для записи кодов в регистры и для установки требуемого направления передачи через БФ. Незанятые кодом номера терминала разряды РНТ задействованы для управления тремя точечными светодиодами Л1, Л2, Л3, используемыми для индикации результатов выполнения тестовых программ. Для запуска тестов служат три кнопки К1, К2, К3. Состояния кнопок (нажата/отпущена) доступны программе через свободные разряды РКК. Оставшийся разряд этого регистра содержит указатель завершения обмена между РКС-1, РКС-2 и РТ. Этот указатель используется для выяснения возможности новой загрузки кодов в регистры.

Нестандартная часть контроллера МКМ-8. Устройство и работа минитерминалов с индикатором на восемь знакомест де-

тельно описаны в [11]. Здесь эти сведения приводятся в той мере, которая необходима для понимания устройства контроллера.

Минитерминал с индикатором на восемь знакомест имеет в своем составе 16-битный регистр сдвига (РТ), старшие восемь разрядов которого содержат код символа, высвечиваемого в данный момент в одной из восьми позиций индикатора терминала, а восемь младших разрядов - код номера этой позиции. Отдельные разряды кода символа соответствуют сегментам, из которых строится изображение этого символа. Код номера позиции унитарный. Наличие единицы в определенном разряде кода означает высвечивание в позиции, соответствующей этому разряду, символа, код которого находится в старших разрядах РТ. Таким образом одновременно высвечивается символ в единственной позиции, а наблюдаемое наличие символов во всех позициях достигается достаточно быстрым их перебором. Человеческий глаз благодаря своей инерционности не замечает "мигания", и свечение индикаторов кажется ему непрерывным. Для достижения этого эффекта необходимо, чтобы период "мигания" не превышал 25 мс. Связь РТ с клавиатурой осуществляется так же, как в терминале с индикатором на два знакоместа. Кроме РТ в состав терминала входит триггер активизации (ТА.) Триггеры ТА всех терминалов (число которых может достигать 32) соединены друг с другом таким образом, что образуют сдвигающий регистр. В начало этого регистра помещается единица, которая впоследствии периодически перемещается по нему от ТА одного к ТА следующего за ним терминала. В результате происходит периодическая активизация терминалов. Активизация терминала означает, что он может воспринимать поступающую на управляющий вход РТ серию сдвигающих импульсов, а на информационный - код номера позиции и код символа. В самом начале активного состояния терминала происходит прием в РТ кода нажатой клавиши, который затем побитно поступает на его выход.

Блок-схема нестандартной части контроллера МКМ-8 изображена на рис.3. В правой части условно показаны минитерми-

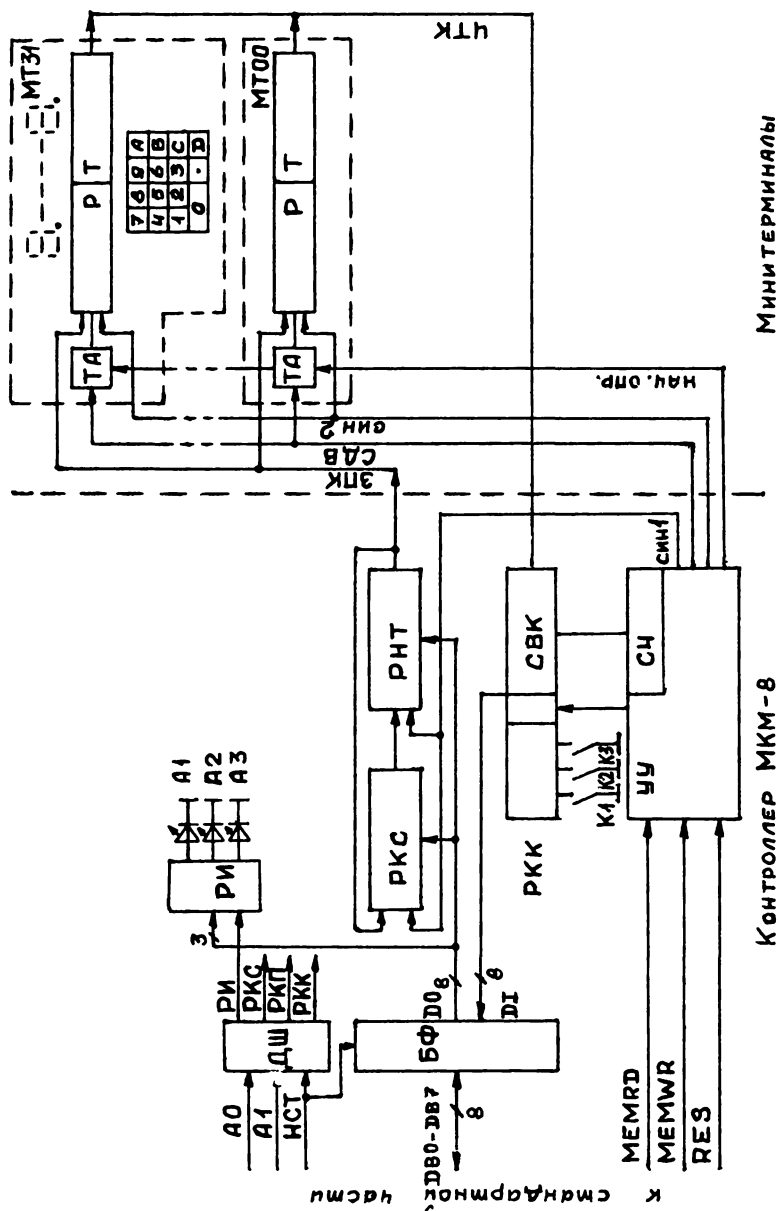


Рис.3.

налы и их связь друг с другом и контроллером. В левой части рисунка изображена собственно нестандартная часть МКМ-8 и линии, соединяющие стандартную и нестандартную части (см. рис.1).

Нестандартная часть содержит доступные по записи регистр номера позиции (РНП) и регистр кода символа (РКС). Эти регистры могут производить параллельный прием и последовательную выдачу. Они соединены друг с другом и образуют 16-битный сдвигающий регистр. Выход регистра соединен с линией ЗПК, идущей к терминалам, и с его входом, образуя кольцо. Каждый раз при записи в РКС устройство управления (УУ) формирует две синхросерии СИН и СИН-1, состоящие из 16 синхроимпульсов. Серия СИН по одноименной линии поступает к терминалам, а серия СИН-1 производит сдвиги в РНП и РКС. В результате загруженные ранее в РНП и РКС коды копируются в РТ активизированного на этом этапе терминала. Кроме того, УУ выдает одиночный импульс по линии СДВ, который производит сдвиг на один разряд в регистре, образованном ТА, в результате чего активизируется очередной терминал. Если записи в РКС предшествовала запись в РНП, описанные ранее выдачи дополняются поступлением импульса по линии НАЧ.ОПР. Этим импульсом осуществляется запись единицы в триггер активизации первого (т.е. ближайшего к контроллеру) терминала. Такое действие необходимо производить после активизации последнего терминала, чтобы повторно запустить этот процесс. Требуемый порядок обслуживания терминалов состоит в поочередной загрузке их РТ сначала кодами символов, высвечиваемых в нулевой позиции, затем - в первой и т.д. до седьмой позиции. При записи в РНП нулевого кода индикации не происходит, однако сдвиги в РТ, а также прием и выдача кода нажатой клавиши осуществляются обычным порядком. Передача этого кода контроллеру осуществляется по линии ЧТК, а его обработка в последнем полностью аналогична описанной в разделе, посвященном МКМ-2. Назначение и устройство остальных компонент МКМ-8 -БФ, ДШ и РКК - также совпадают у контроллеров обоих типов. Единственное различие заключается в том, что доступный по

записи 3-битный регистр (РИ), управляющий светодиодами Л1, Л2, Л3, не входит в состав другого регистра (регистр, подобный РНТ, в МКМ-8 отсутствует), а существует самостоятельно.

Описанные нестандартные части обоих контроллеров реализованы на микросхемах серий 155, 555 и 559. Их устройство не отличается сложностью поскольку является воплощением принципа: делать аппаратно только то, что нельзя выполнить программно. Таким образом, роль программы в осуществлении всех функций контроллера значительна. В следующем разделе содержится описание программной компоненты контроллеров обоих типов.

Программное оснащение контроллеров. Программа контроллера может функционировать в трех режимах: основном, тестирующем и отладочном, выполняя при этом следующие функции:

основной режим:

- поддержка индикации на минитерминалах, опрос их клавиатур и формирование запросов к главной машине,
- связь с главной машиной, т.е. прием от нее информации для индикации на минитерминалах и передача ей запросов на обработку;

тестирующий режим:

- проверка работоспособности аппаратуры контроллера, минитерминалов, терминальной сети и линии связи между контроллером и главной машиной;

отладочный режим:

- обеспечение главной машине доступа ко внутренним ресурсам контроллера, в частности к регистрам нестандартной части.

Далее описана работа программы во всех режимах. Если не оговорено иное, то программа функционирует одинаково в МКМ-2 и МКМ-8.

Основной режим. Основной режим строится на взаимодействии двух программ: обслуживания класса и связи с ГМ. Для передачи запросов из класса в ГМ между программой обслуживания класса и связной программой организован "почтовый ящик".

Обслуживание класса состоит в поддержке индикации на терминалах и опросе клавиатур. Коды символов для индикации периодически в требуемом порядке передаются терминалам путем засылки соответствующих значений в РКС-1, РКС-2 и РНТ (МКМ-2) или в РКС и РНП (МКМ-8), а коды нажатых клавиш считываются из РКК.

На терминалах с индикатором на восемь знакомест возможна "мигающая" индикация. Указанные ГМ позиции индикатора минитерминала включаются и выключаются с частотой около 1 Гц, чтобы обратить внимание учащегося на изменение содержимого в отдельных позициях индикатора.

Описанная схема работы - общая для обоих вариантов контроллеров. Различия в реализации для МКМ-2 и МКМ-8 являются следствием различий в устройстве и функционировании МТ.

Для минитерминала с индикатором на два знакоместа управление индикацией требуется постольку, поскольку при активизации терминала для опроса клавиатуры коды индицируемых символов в РТ уничтожаются. Поэтому терминалам периодически передаются текущие значения кодов символов путем засылки их в регистры РКС-1 и РКС-2, а номера терминала в РНТ. В ответ в РКК появляется код нажатой клавиши, который считывается оттуда и анализируется программой. Это делается достаточно редко (10-12 раз в секунду для каждого терминала), т.е. опрос клавиатуры и выдача индикации очередному терминалу происходят с периодичностью около 3 мс. С той же периодичностью опрашивается связной порт, чтобы обнаружить поступление байта от ГМ.

Для минитерминала с индикатором на восемь знакомест задача управления индикацией состоит в загрузке всех терминалов через РКС и РНП кодами символов и кодами номера позиции с такой периодичностью, чтобы изображение на индикаторе минитерминала казалось непрерывным. Это накладывает жесткие временные ограничения на работу программы. Так, время выдачи кода символа для индикации очередному терминалу и подготовки к следующей выдаче не должно превышать 100 мкс.

Хотя при каждой активизации терминала код нажатой на нем клавиши поступает в контроллер и доступен в РКК, опрашивать клавиатуры следует существенно реже. Требуемая периодичность опроса клавиатур (около 10 Гц) обеспечивается следующим образом: выдавая текущие значения кодов символов в определенной позиции последовательно 32 терминалам, прием и анализ кода нажатой клавиши производят лишь для одного терминала, в следующей позиции - для другого и т.д. Так как просто проверка кода с клавиатуры делается быстро, а нажатие клавиши - событие достаточно редкое, то нарушение регулярности выдачи кодов символов для индикации, связанное с существенно более продолжительной обработкой кода клавиши, оказывается малозаметным.

Как уже говорилось, обслуживание класса носит циклический характер с последовательным обходом всех терминалов. При переходе к очередному терминалу с целью опроса его клавиатуры выясняется, в каком состоянии он находится, и в зависимости от определенных условий осуществляется переход в следующее состояние.

Терминал может находиться в одном из пяти состояний:

- 0 - индикация включена, клавиша не нажата;
- 1 - индикация включена, зафиксировано нажатие клавиши;
- 2 - индикация выключена, сформирован запрос к ГМ;
- 3 - индикация выключена, запрос передан в ГМ на обработку;
- 4 - индикация включена, получен ответ из ГМ, клавиша еще не отпущена.

Последовательное пребывание во всех состояниях обеспечивает полный цикл обслуживания терминала: формирование запроса, передача его в ГМ и прием от нее ответа.

Большую часть времени терминал находится в состоянии 0. Первое обнаружение нажатия клавиши переводит его в состояние 1.

Состояние 1 введено для отсева помех, которые возникают из-за "дребезга" контактов клавиатуры и могут восприняться как отдельные нажатия клавиш. Повторное обнаружение нажатия

клавиши переводит терминал в состояние 2.

В состояниях 2 и 3 индикация отключается. Это позволяет уведомить учащегося о том, что нажатие на клавишу воспринято. В состояние 3 терминал переводится, когда его запрос помещен в "почтовый ящик".

Получение ответа из ГМ всегда переводит терминал в состояние 4, в котором считается, что клавиша еще не отпущена. Это сделано затем, чтобы не был сформирован повторный запрос по одному и тому же нажатию.

После того, как клавиша будет отпущена, терминал переходит в состояние 0.

Программа организации связи активизируется при поступлении от ГМ байта с одной из следующих команд:

1) проверка связи: в ответ из контроллера в ГМ передается байт-подтверждение приема;

2) требование контроллеру передать очередной запрос из класса. Если он есть, то в ответ в ГМ передаются два байта, один из которых содержит номер терминала, другой - код нажатой на нем клавиши. Если запроса нет, то передается отказ;

3) предложение контроллеру принять коды для индикации: в ответ в ГМ передается подтверждение приема команды, затем контроллер принимает: для МКМ-2 байт с номером терминала и два байта с кодами символов для индикации; для МКМ-8 байт с номером терминала и 8 байтов с кодами символов;

4) задание мигающих позиций (только для МКМ-8). В ответ в ГМ передается подтверждение приема команды, затем контроллер принимает номер терминала и шкалу мигания - восьми-разрядный позиционный код, где единицами отмечены позиции индикатора, которые должны мигать;

5) переход в отладочный режим: в ответ подтверждается прием команды и управление передается отладочному монитору.

Режим тестирования аппаратуры. В этом режиме работают встроенные тесты, позволяющие проверить работоспособность контроллера без использования дополнительной аппаратуры. Тестов всего шесть. Три из них обязательные, они выполняются всякий раз по включению питания или нажатию кнопки

"СБРОС", остальные - дополнительные, могут запускаться по желанию проверяющего.

Судить о состоянии устройства и прохождении тестов можно по сигналам на трех светодиодах Л1 - Л3 на панелях контроллера и на индикаторах минитерминалов. Запуск дополнительных тестов осуществляется кнопками К1 - К3.

Обязательные тесты запускаются по включению питания или по нажатию кнопки "СБРОС" и выполняются в следующем порядке.

ТЕСТ 1. Проверка ПЗУ, состоящая в подсчете контрольной суммы той части ПЗУ, где расположена программа контроллера.

ТЕСТ 2. Проверка той части ОЗУ, которая используется программой контроллера.

ТЕСТ 3. Инициализация и проверка последовательного интерфейса. Тест проверяет успешное выполнение процедуры по подготовке к работе связного интерфейса.

В случае успешного завершения обязательных тестов контроллер переходит в основной режим. Об этом свидетельствует горение Л1, Л2 и Л3 и следующая выдача на индикаторы минитерминалов: во всех позициях их индикаторов высвечивается средний горизонтальный сегмент.

Дополнительные тесты. Их также три. Для запуска дополнительного теста необходимо при нажатой кнопке К1 - К3 включить питание или нажать и отпустить кнопку "СБРОС", затем отпустить кнопку. По отпуске кнопки начинает работать соответствующий этой кнопке дополнительный тест.

ТЕСТ 1 (кнопка К1). Проверка индикаторов минитерминалов. Тест проверяет исправность всех сегментов на индикаторах минитерминалов. На индикаторы во все позиции попеременно выдаются символы, формируемые несовпадающими четверками сегментов.

ТЕСТ 2 (кнопка К2). Проверка клавиатур, индикаторов и терминальной сети. На индикаторы выводятся символы, соответствующие нажимаемым клавишам. Этот тест выглядит по-разному на МКМ-2 и МКМ-8. Работа теста состоит в том, что нажатие на любом минитерминале любой клавиши вызывает пе-

редачу ее кода в контроллер, обработку и выдачу на индикатор этого терминала нового значения: на минитерминале с индикатором на два знакоместа содержимое левой позиции сдвигается в правую, а в левой позиции выдается символ, соответствующий нажатой клавише; на минитерминале с индикатором на восемь знакомест введенный символ появляется в очередной позиции слева.

ТЕСТ 3 (кнопка К3). Проверка линии связи. Этот тест работает со вставленной в разъем линии связи с главной машиной заглушкой, с помощью которой передатчик связного интерфейса соединяется с его приемником. Работа теста состоит в том, что в линию периодически посылаются различные коды, которые принимаются и сравниваются с посланными.

При штатном прохождении теста на панели контроллера светодиод, соответствующий работающему тесту, мигает, а остальные два светятся. При обнаружении ошибки эти два светодиода гаснут.

Отладочный режим. Отладочный режим обеспечивает возможность доступа из ГМ к таким объектам контроллера, как ячейки ОЗУ и ПЗУ и регистры. Кроме того, можно отлаживать небольшие программы, помещая их в ОЗУ контроллера. Для отладки программ имеются команды чтения и записи в ОЗУ контроллера строк байтов, передачи управления по адресу, установки и снятия точек останова, просмотра и изменения регистров микропроцессора после выхода отлаживаемой программы на точку останова, а также определения объема незанятой части ОЗУ контроллера.

Реализация программы контроллера. Наиболее сложной в реализации программы контроллера оказалось соблюдение временных ограничений для МКМ-8, как сверху, так и снизу, на те ветви программы, которые реализуют поддержку индикации, опрос клавиатур и работу с линией связи. При отсутствии аппаратного таймера это было достигнуто путем тщательного отбора действий, выполняемых в ветвях программы и подгонки времени выполнения ветвей.

Все программы для контроллера написаны на языке ассем-

блер, подготовлены и частично отлажены в кросс-системе [16]. Объем программы для каждого варианта контроллера около 1 Кб.

Заложенные в программу возможности по отладке были использованы при разработке этой программы и при наладке контроллера, что дало возможность отказаться от использования системы разработки. В качестве инструментальной машины применялся ДВК-2. Все инструментальное и целевое программное оснащение реализовано в диалоговой системе структурированного программирования (ДССП) [15].

Программное оснащение главной машины. Программная компонента, поддерживающая работу контроллера в ГМ - драйвер контроллера - реализована в ДССП и состоит из следующих частей:

- интерфейс с контроллером, предоставляющий обучающей программе в ГМ функции опроса класса и выдачи индикации;
- тест класса, внешне совпадающий со встроенным дополнительным тестом 2, но осуществляющий обработку запросов и формирование символов для индикации не в МКМ, а в ГМ;
- отладчик, поддерживающий работу контроллера в отладочном режиме;

Функции, предоставляемые драйвером обучающей программе:

INIT - инициализировать контроллер и драйвер;

CLON, CLOFF - включить и выключить класс;

SEND - послать индикацию указанному терминалу;

GET - получить информацию о нажатой клавише;

AT - включить тест аппаратуры класса;

TMIN - выдать число минут, прошедшее с начала работы с классом. Эта функция реализуется с использованием таймера ГМ.

Только для МКМ-8:

MESEND - закончить выдачу индикации терминалу;

BLINK - послать шкалу мигания указанному терминалу.

Этот программный интерфейс стандартен для всех подсистем МСО "Наставник" и не зависит от аппаратуры. Таким образом обеспечивается независимость системы по отношению к различ-

ным вариантам терминального оборудования.

Описанные аппаратные и программные решения были построены и всесторонне проверены при работе на реальный минитерминальный класс. По поводу конструктивного воплощения аппаратуры переносимой системы можно высказать следующие соображения.

Проблема создания машинно-независимого варианта АСО "Наставник", т.е. такого комплекта аппаратных и программных средств, используя который можно достаточно просто реализовать систему на базе практически любого микрокомпьютера, не исчерпывается созданием переносимой программы для ГМ и контроллера со стандартным интерфейсом. Минитерминалы обоих упоминаемых здесь типов для своего функционирования нуждаются в источнике питания. Мощность такого источника достаточно велика (около 100Вт), а требования к качеству выходного напряжения строги. Таким образом, рассчитывать на источник питания микрокомпьютера, используемого в качестве ГМ, не приходится. Наличие отдельного источника требуемой мощности с необходимым качеством выходного напряжения является обязательным для машинно-независимой системы. Конструктивно такой источник должен быть выполнен в виде автономного устройства, в состав которого уместно включить электронные компоненты контроллера, стандартные разъемы для связного интерфейса с ГМ, соединители для подключения минитерминального класса.

На панели управления совмещенного устройства должны находиться тумблер и индикатор включения, а также кнопки и индикаторы системы автономного тестирования.

Указатель литературы

1. Брусенцов Н.П., Маслов С.П., Рамиль Альварес Х. Микрокомпьютерная система обучения "Наставник". М., 1990. 224 с.
2. Маслов С.П. Простой терминал для автоматизированной системы обучения // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып.12. Л., 1975. С.23-30.
3. Брусенцов Н.П. Маслов С.П. Коммутатор "Сетунь 72" // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып.13. М., 1977. С.24-32.

4. Маслов С.П., Кирсанов В.С. Реализация сопряжения коммутатора с терминалами учащихся в АСО "Наставник" // Управление учебой с помощью компьютеров. М., 1978. С.73-80.
5. Брусенцов Н.П., Маслов С.П. Коммутатор "Сетунь 78" // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып.17. М., 1981. С.100-106.
6. Брусенцов Н.П., Маслов С.П., Рамиль Альварес Х. Архитектура автоматизированной системы обучения "Наставник 80" // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып.19. М.,1982. С.100-106.
7. Маслов С.П., Рамиль Альварес Х., Сидоров С.А. Микропроцессорная реализация автоматизированной системы обучения "Наставник 80" // Анализ и синтез дискретных устройств. Л., 1984. С.148-161.
8. Маслов С.П., Розин В.П., Кирсанов В.С. Терминальная часть мини-компьютерной автоматизированной системы обучения // Архитектура и программное оснащение цифровых систем. М., 1984. С.104-114.
9. Маслов С.П., Розин В.П. Терминальный мультиплексор микрокомпьютерной автоматизированной системы обучения // Проблемы обработки информации. Л., 1985. С.43-54.
10. Маслов С.П. Реализация АСО "Наставник" на серийных мини- и микрокомпьютерах // 3-й семинар "Проблемы информатики и ее применения в управлении, обучении и научных исследованиях". София, 1986. С.170-173.
11. Маслов С.П., Розин В.П., Кирсанов В.С., Теплицкий А.А. Аппаратура микрокомпьютерных систем обучения // Микрокомпьютерные системы обучения. М., 1986. С.42-102.
12. Маслов С.П. Аппаратура многотерминальной микрокомпьютерной системы // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М., 1986. С.121-132.
13. Розин В.П. Терминальный контроллер для микрокомпьютеров унифицированной архитектуры // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М., 1986. С.132-140.
14. Маслов С.П., Сидоров С.А. Локальная сеть минитерминалов, управляемая персональным компьютером // Программное оснащение персональных компьютеров. М., 1990. С.99-114.
15. Сидоров С.А. Исследование переносимости ДССП // Диалоговые микрокомпьютерные системы. М., 1986. С.30-37.
16. Сидоров С.А. Реализация кросс-системы для микропроцессора К580 в ДССП // Проблемы обработки информации. Л., 1985.

СОДЕРЖАНИЕ

Чирков М.К., Кабаве Муафак Абстрактный анализ обобщенных конечных автоматов	3
Чирков М.К., Наср Ясер О стохастических и нестохастических минимальных формах стохастических автоматов	37
Сушков Ю.А., Фатташ И. Об одном классе многофункциональных систем	67
Мазкур А., Сушков Ю.А. Передаточные функции линейных систем с переменной структурой	87
Выговский С.С. Анализ конечных автоматов на ПЭВМ	96
Ермаков С.М., Довгаль В.В. Предельная теорема для генератора Таусворта псевдослучайных чисел	102
Елхимова Ю.В. Устойчивость нестационарных импульсных систем управления	115
Байков В.Д., Смагин А.А. Таблично-алгоритмическая интерполяция функций с высокой точностью в макрокомпьютере	122
Шауман А.М. Композитные системы счисления с двоичным алфавитом	131
Березная И.Я., Колбасов Г.Г., Сидоренко И.Ф. Роль априорных знаний при автоматической идентификации папиллярных узоров	138
Соловьев И.П. Программирование образцами в языках Проф и Рефал Плюс	149
Тельнов С.В. Рекомендации МККТТ по человеко-машинному взаимодействию	171
Тельнов С.В., Терехов А.Н. Объектно-ориентированный подход в человеко-машинных системах	179
Подколзин А.З. О варьировании скорости обработки информации в цифровых функциональных устройствах	186
Маслов С.П., Сидоров С.А. Микропроцессорные контроллеры минитерминалов автоматизированной системы обучения "Наставник"	197

CONTENTS

Tchirkov M.K., Kabave M. Abstract analysis of generalized finite automata	3
Tchirkov M.K., Nasr Y. On stochastic and nonstochastic minimal forms of stochastic automata.	37
Sushkov Yu.A., Fattash I. On a class of multifunctional systems.	67
Mazkur A., Sushkov Yu.A. Transition functions of linear systems with variable structure	87
Vygovsky S.S. Analysis of finite automata at PC.	96
Ermakov S.M., Dovgal V.V. A limit theorem for Tauswort's pseudorandom numbers generator.	102
Elhimova Yu.V. Stability in nonstationary impulse control systems.	115
Baykov V.D., Smagin A.A. Table-algorithms interpolation of function with high accuracy.	122
Schaumann A.M. Composite number systems with binary alphabet.	131
Bereznaya I.Ya., Kolbasov G.G., Sidorenko I.F. Significance of prior knowledge in automatic identification of pappilar lines.	138
Soloviev I.P. Patterns programming in Prof and Refal Plus languages.	149
Telnov S.V. MCCTT recommendations on man-computer interface.	171
Telnov S.V., Terehov A.N. An object-oriented approach to man-computer systems.	179
Podkolsin A.Z. On varying the speed of information processing in digital functional devices.	186
Maslov S.P., Sidorov S.A. Micro-processors controllers of miniterminals in the automatic teaching system "Nastavnik".	197

УДК 519.71

Чирков М.К., Кабаве М. Абстрактный анализ обобщенных конечных автоматов // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.03-36 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Рассматриваются методы решения задачи абстрактного анализа для обобщенных конечных автоматов и обобщенных регулярных языков над произвольным полукольцом R , основанные на обобщении некоторых известных методов абстрактного анализа детерминированных конечных автоматов, и дается оценка их эффективности. Библиогр. 12 назв.

УДК 519.71

Чирков М.К., Наср Я. О стохастических и нестохастических минимальных формах стохастических автоматов // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.37-67 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Рассматриваются проблемы, связанные с использованием общих матричных методов минимизации обобщенных конечных автоматов над произвольным полем применительно к стохастическим автоматам и построением их стохастических и нестохастических минимальных форм. Предлагаются усовершенствования методов минимизации и доказывается существование находящихся в минимальной форме стохастических автоматов со сколь угодно большим числом состояний, сводимых к нестохастическим минимальным формам, имеющим только три состояния. Библиогр. 16 назв.

УДК 519.1

Сущков Ю., Фатташ И. Об одном классе многофункциональных систем // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.67-86 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Исследуются многофункциональные системы с переменной структурой, в качестве элементов которых используются бинарные (двухполюсные элементы). Оцениваются функциональные возможности систем и исследуются пути их синтеза. Библиогр. 13 назв. Ил. 8.

УДК 519.71

Мазкур А., Сущков Ю.А. Передаточные функции линейных систем с переменной структурой // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.87-96 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

В работе излагаются подходы к синтезу линейных систем с дискретной настройкой на фиксированную передаточную функцию. Для решения возникающей при этом задачи оптимизации разработан метод случайного поиска с равномерным выбором плотности распределения значений переменных. Библиогр. 5 назв.

УДК 519.6

Выговский С.С. Анализ конечных автоматов на ПЭВМ // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.96-102 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Рассматривается программная реализация для ПЭВМ алгоритма анализа конечных автоматов. Даются как теоретические, так и практические аспекты анализа конечных автоматов с использованием вычислительной техники, Библиогр. 3 назв.

УДК 519.71

Ермаков С.М., Довгаль В.В. Предельная теорема для генератора Таусворта псевдослучайных чисел // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.102-115 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Рассматриваются предельные свойства двух распространенных датчиков псевдослучайных чисел: генератора Таусворта и мультипликативного генератора. Уточняются полученные ранее результаты относительно первого датчика и доказывается предельная теорема для распределения чисел, порожденных датчиком Таусворта.

Полученные результаты при достаточно больших значениях параметров могут служить обоснованием использования указанных генераторов в процедурах метода Монте-Карло. Библиогр.9 назв.

УДК 62-501.92

Елхимова Ю.В. Устойчивость нестационарных импульсных систем управления // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.115-122 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

На основе "частотного условия" В.А.Якубовича для нестационарного случая, метода функций Ляпунова и матричных неравенств получены достаточные условия абсолютной устойчивости нестационарных периодических импульсных систем управления. Результат сформулирован в виде теоремы, при доказательстве которой использован функционал Ляпунова - Красовского. Библиогр. 4 назв.

УДК 681.325.5:518.5

Байков В.Д., Смагин А.А. Таблично-алгоритмическая интерполяция функций с высокой точностью в макрокомпьютере // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.122-131 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Проводится анализ таблично-интерполяционного метода воспроизведения элементарных функций на примере вычисления прямых и обратных тригонометрических функций, а также логарифмической и показательной функций с большой длиной разрядной сетки. Выводится формула оптимизации соотношения "табличная память – аппаратные затраты", когда в качестве аппаратуры используется набор элементарных процессоров. Представлены результаты машинного моделирования для анализируемого класса элементарных функций при разрядности до 64 бит и установлены оптимальные значения порядка интерполяции. Библиогр. 6 назв. Табл.2.

УДК 681.142

Шауман А.М. Композитные системы счисления с двоичным алфавитом // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.131-138 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN 5-288-01085-4.

Исследуются особенности алгоритмов арифметических действий над числами, представляемыми в системах счисления, использующих двоичный алфавит. Специфическая зависимость между весами разрядов в представлении числа n -разрядным словом позволяет при использовании композитных систем счисления обнаруживать некоторые типы ошибок, возникающих при передаче и обработке чисел. Библиогр. 3 назв.

УДК 62+519.5-506

Березная И.Я., Колбасов Г.Г., Сидоренко И.Ф. Роль априорных знаний при автоматической идентификации папиллярных узоров // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.138-149 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN 5-288-01085-4.

Приведены априорные оценки частоты различных комбинаций узоров, позволяющие сократить поиск кандидатов при идентификации папиллярных узоров. Библиогр. 3 назв. Табл. 5.

УДК 681.3.06

Соловьев И.П. Программирование образцами в языках ПРОФ и РЕФАЛ ПЛЮС // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.149-170 (Вычислительная техника и вопросы киберне-

тики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Описан разработанный автором новый язык логического программирования ПРОФ, ориентированный на обработку информационных знаний с помощью хорошо развитого аппарата поиска по образцу. Дана характеристика его основных особенностей в сравнении с другим новым языком такого класса - РЕФАЛ ПЛЮС (Р.Ф.Гурия, С.А.Романенко). Библиогр. 5 назв.

УДК 681.3

Тельнов С.В. Рекомендации МККТТ по человеко-машинному взаимодействию // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.171-179 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

В работе приведены основные положения языка "человек-машина", рекомендованного Международным комитетом по телефонии и телеграфии (МККТТ) к применению в электросвязи. Рассмотрена модель взаимодействия человека с технической системой в процессе решения задач управления и контроля Библиогр.3 назв. Табл.1. Ил.1.

УДК 681.3

Тельнов С.В., Терехов А.Н. Объектно-ориентированный подход в человеко-машинных системах // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.179-186 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

В статье затронуты вопросы использования концепции объектно-ориентированного программирования применительно к задачам человеко-машинного взаимодействия в сложных технических системах. Подробно рассмотрена проблема визуализации объектов взаимодействия, предложена двухуровневая модель видеоинтерфейса, обеспечивающая гибкость и универсальность языка человеко-машинного взаимодействия. Библиогр. 2 назв. Ил.3.

УДК 681.326.33

Подколзин А.З. О варьировании обработки информации в цифровых функциональных устройствах // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.186-197 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN5-288-01085-4.

Получены аналитические зависимости для пропускной способности цифровых функциональных устройств (ЦФУ), работающих двухтактным и потактным способами обработки информации. Рассмотрены примеры построения ЦФУ с перестраиваемым (переменным) быстродействием: регистра сдвига, одноразрядного сумматора, преобразователя прямого кода в дополнитель-

ный, арифметико-логического устройства. Библиогр. 4 назв. Ил.4.

УДК 618.3

М а с л о в С.П., С и д о р о в С.А. Микропроцессорные контроллеры мини терминалов автоматизированной системы обучения "Наставник" // Теория и приложения дискретных систем / Под ред. М.К.Чиркова, С.П.Маслова. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета. 1995. С.197-217 (Вычислительная техника и вопросы кибернетики; Вып. 27). ISBN 5-288-01085-4.

Обсуждается аппаратный аспект проблемы создания многопользовательской автоматизированной системы обучения, реализация которой осуществима практически на любом микрокомпьютере. Описывается аппаратура двух вариантов такой системы. Библиогр. 16 назв. Ил.3.

27

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ВОПРОСЫ КИБЕРНЕТИКИ

ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА