

УДК 681.3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

© Е.И. Глинкин

Glinkin E.I. Information processes. The author shows information processes invariant to information software for measuring and calculation systems and architecture of microprocessors, memory and input / output interfaces that are systematised into an information matrix of optimal designing of computer analysers.

В измерительно-вычислительных системах при проектировании ИВС решающую роль играют информационные процессы, которые определяют архитектуру МИП, микропроцессора и интерфейсов, а также способ аналитического контроля, реализуемый ПИП. Информационные процессы, согласованные с информационным обеспечением ИВС, позволяют минимизировать структурные связи, синхронизировать архитектуру МИП и способы контроля ПИП, минимизировать затраты энергии и упростить этапы моделирования. Согласованные технические решения (процессы, способы, структуры, алгоритмы и т. д.) значительно сокращают и упрощают оптимизацию задачи по заданным критериям за счет выбора оптимальных координат, в которых математическая модель МИП наиболее простая и требует минимум вычислительных операций при оптимизации по критериям.

1. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛА

На архитектуру МИП большое влияние оказывают способы преобразования сигнала. Наиболее перспективными при создании (или выборе) микропроцессора и интерфейсов ввода-вывода являются время-, число- и кодоимпульсные преобразования. Преобразования в коде различают параллельного и последовательного действия, а времяимпульсные дифференцируют на широтно-, частотно- и фазоимпульсные преобразования. Промежуточным между время- и кодоимпульсным является числоимпульсное преобразование. Ему присущи признаки последовательного действия при формировании кода как времяимпульсным преобразованием, и признаки дискретизации сигнала по входу/выходу, характерные при преобразовании кода.

По ритмичности обмена информации целесообразно классифицировать преобразования на синхронные, асинхронные и иницируемые. Синхронные преобразования предполагают сканирование внешними тактовыми импульсами, ограничивающими оперативность преобразований из-за выбора периода квантования T , равного максимальному времени регистрации. Асинхронные и иницируемые преобразования используют резонансные и релаксационные колебания, удобные для программного управления. Высокая оперативность и широкий диапазон выгодно отличают программно управляемые способы от синхронных преобразований.

Асинхронные и иницируемые способы интегрируют широтно-, частотно-, фазо-, числоимпульсные преобразования во время, а кодоимпульсные дифференцируют на параллельного и последовательного действия. По этой причине программно управляемые способы преобразования сигнала рационально разделить на кодо-, число- и времяимпульсные, поставив в соответствие коду - параллельное преобразование, числу - последовательное, а времени - преобразования последовательного действия.

1.1. ВРЕМЯИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Необходимым условием преобразования аналогового сигнала во время является [1 - 4, 6 - 8] сравнение двух сигналов: исследуемого (измеряемого) и эталонного (с нормированными параметрами). Достаточное условие предполагает: различие сравниваемых сигналов во временном соотношении хотя бы на порядок [6]. Достаточное условие расширяет номенклатуру сопоставляемых сигналов. Это функции вида: константа - интеграл, дифференциал - константа, константа - алгебраическая функция ($\ln$, $\exp$, $\lg$, степень, корень), константа - тригонометрическая функция ($\sin$, $\cos$, $\tan$, $\cot$, ...). Применение микропроцессорной техники существенно расширяет класс функциональных сигналов для преобразования за счет программной линеаризации и аппроксимации с заданной степенью точности. Преобразование относительно времени стало возможным для функций: алгебраическая-тригонометрическая, интегральная-дифференциальная, тригонометрическая-интегральная и т. д. Таким образом, для преобразования аналогового сигнала в импульсный необходимо сравнение измеряемого и образцового сигналов аналоговой формы и достаточное различие их во временном соотношении хотя бы на один порядок.

Достаточное условие отражает погрешность преобразования сигнала во время. Чем выше различие функций сравниваемых сигналов по отношению во времени, тем выше точность преобразования. Для преобразования импульсов в код достаточное условие формулируется как различие сравниваемых импульсов по частоте (широте, числу, фазе, периоду, скважности) на два и более порядка. В этом случае достаточное условие аналогично погрешности измерения в пространственных (длина, угол, широта) и функциональных (температура, давление, вес) координатах.

Для асинхронного преобразования программно управляемый тактовый импульс формируют при равенстве измеряемого и образцового сигналов. В момент равенства генерируют фронт тактового импульса, а спад инициируют в момент окончания установившихся процессов при обнулении сравниваемых сигналов тактовым импульсом. Способ асинхронного аналого-импульсного преобразования реализован в оригинальных АИП при создании функциональных автоматических ИВВ для контроля состава и свойств теплоизоляторов, электроуглей и электролитов. Способы и устройства признаны изобретениями и защищены патентами России №№ 648995, Б. И. 7, 1979; 651362, Б. И. 9, 1979; 666550, Б. И. 21, 1979; 744626, Б. И. 24, 1980; 834712, Б. И. 20, 1981; 985798, Б. И. 48, 1982; 1016798, Б. И. 17, 1983; 1092398, Б. И. 18, 1984; 1236355, Б. И. 21, 1986; 1758586, Б. И. 32, 1992 [6 - 7].

К недостаткам асинхронных аналого-импульсных преобразований относится узкий частотный диапазон, ограниченный параметрами внешних дискретных элементов частотно задающей цепи. Граничная частота линейного преобразования не превышает 40 кГц при начальной частоте 10 кГц, что соответствует RC-цепочке с параметрами 1 Кл и 1,0 мкФ. Так как сопротивление резистора не может быть выше 1,0 из-за ограничения тока компаратора, то емкость конденсатора не может быть выбрана ниже 1000 пФ. Вызванное этим техническое противоречие между диапазоном и точностью преобразования сигнала не разрешимо в базисе дискретных элементов, т. к. повышение граничной частоты невозможно без уменьшения емкости конденсатора.

Релаксационные способы позволяют решить физическое противоречие, обусловленное дискретной частотно задающей цепочкой. Частотно задающая цепочка заменяется делителем из последовательного включения активного сопротивления и операционного усилителя. Сущность релаксационных аналого-импульсных способов основана на сравнении исследуемого сигнала с линейно нарастающим образцовым сигналом, формируемым из фронта включения потенциала. Срез эталонного импульса организуют с момента сравнения двух сигналов за счет выключения потенциала. Из среза инициируют линейно убывающий образцовый сигнал, который сравнивают с опорным потенциалом. При равенстве образцового и опорного потенциалов формируют фронт включения потенциала. Время τ преобразования сигнала прямо пропорционально отношению измеряемого и образцового аналоговых сигналов, а $\tau_{\max}$ равен периоду T переключения потенциала, когда измеряемый сигнал равен образцовому. Время τ преобразования является суммой интервалов фронта и среза инициируемого импульса, длительность которого не превышает удвоенного времени задержки переключающего элемента. Время переключения интегральной схемы - нормируемая разработчиком граничная частота переключения, поэтому минимальная частота релаксации не ниже половины граничной частоты. Релаксационные способы времяимпульсного преобразования функционируют в линейном диапазоне 1 - 100 мГц, точность преобразования повышается не менее чем на два порядка. Способы релаксационного аналого-импульсного преобразования использованы в ИВС серии ТЕМП. Оригинальные способы и интерфейсы преобразования сигнала защищены патентами России №№ 1179379, Б. И. 34, 1985; 1236355, Б. И. 21, 1986;

1658053, Б. И. 50, 1991; 1758586, Б. И. 32, 1992; 2027172, Б. И. №2, 1995.

1.2. ЧИСЛОИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Числоимпульсные преобразования [3, 4, 6, 7] служат для представления последовательности импульсов в код и обратно по заданной функциональной зависимости. Необходимым условием преобразования импульсов в код является сравнение исследуемого и эталонного сигналов, при выполнении достаточного условия, определяющего погрешность измерения. При этом сравниваемые сигналы должны различаться по частоте не менее чем на два порядка.

Заданными точностью и быстродействием обладают релаксационные числоимпульсные преобразователи синхронного обмена, реализуемые на базе последовательностных и комбинационных устройств [9, 10].

Релаксационные последовательностные (РП) преобразования реализуются, как правило, на комбинаторных схемах с использованием регистров и счетчиков [6, 9]. Преобразователи на счетчиках имеют более высокую емкость из-за функционирования в двоичном коде. Сущность числоимпульсного преобразования на счетчиках заключается в организации синхронизирующего импульса следящей обратной связи из периодов потенциалов на прямых и инверсных выходах триггеров счетчика. Импульс синхронизации формируется в момент равенства потенциалов, возникающий во время переключений триггеров на прямых и инверсных выходах.

Недостатком способа является зависимость частоты синхронизации от параметров триггера знакоместа младшего разряда. Следующим недостатком служит ограниченная гибкость программного управления, определяемая жестким алгоритмом двоичного кода.

РП преобразования на регистрах предполагают гибкое программное управление из-за возможности операций с множеством кодов. Параллельное включение триггеров по тактовому входу исключает зависимость частоты синхронизации от конкретного знакоместа. Импульсы формируются с равномерной частотой синхронизации за счет переключения ассоциации элементов. Однако из-за использования последовательностных элементов частота синхронизации на порядок ниже граничной частоты базисных интегральных схем.

Данное противоречие исключено в релаксационных способах числоимпульсного преобразования, реализуемых на комбинационных логических элементах [6]. Автогенерация возникает за счет циркуляции инвертируемого и смещаемого во времени потенциала в кольце последовательно включенных логических элементов. Управление частотой осуществляется программно посредством задания нормируемого числа логических элементов, участвующих в формировании длительности задержки.

Максимальное быстродействие, совместимое с микропроцессором, достигается в программируемых логических матрицах [9]. ПЛМ позволяют осуществить программное и аппаратное, технологическое и конструктивное совмещение с микропроцессором. Частота генерации при этом определяется только граничной частотой переключения базисных элементов. Программное управление, инициируемое частотой релаксации, изменяется в широком диапазоне от единиц герц до сотен мегагерц.

Релаксационные способы и оригинальные устройства числоимпульсного преобразования реализованы в интерфейсных схемах ввода-вывода ИВС серии ТЕРМИС и ТЕМП, признаны изобретениями в России №№ 911707, Б. И. 9, 1982; 951304, Б. И. 30, 1982; 999939, 1982; 1045369, Б. И. 36, 1983; 1163468, Б. И. 23, 1985; 1298713, Б. И. 11, 1987; 1385787, Б. И. 17, 1988; 1092398, Б. И. 18, 1984; 1758586, Б. И. 32, 1992.

1.3. КОДОИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Кодоимпульсные преобразования [2 - 9] предполагают параллельный обмен информации в коде для согласования интерфейсов и микропроцессора, для сопряжения микропроцессорных измерительных средств между собой и измерительно-вычислительными системами. ИВС с кодоимпульсным преобразованием достигают наивысшего быстродействия, однако и числоимпульсные ИВС используют параллельные преобразования при интеграции в систему сенсорного типа. Это обусловлено высокой надежностью кодоимпульсных преобразований и программной совместимостью кодов.

Сущностью релаксационного способа [6 - 9] кодоимпульсного преобразования является создание последовательности кодов тактовыми импульсами; организация дополнительной последовательности кодов за счет смещения на время релаксации исходной последовательности. Исходную и дополнительную последовательности кодов сравнивают между собой. В момент их сравнения формируют фронт, а при несовпадении кодов - спад тактового импульса.

Кодоимпульсные преобразования по оперативности различаются между собой незначительно в отличие от число- и времяимпульсных способов. На базе последовательностных элементов преобразователи на счетчиках и регистрах имеют одинаковое быстродействие, но в два раза ниже, чем преобразователи на комбинационных элементах. Несколько выше оперативность при реализации кодоимпульсных способов на ПЛМ, но эффективность схем существенно не улучшается из-за повышения энергопотребления.

Кодоимпульсное преобразование оказывается универсальным при согласовании между собой время-, число- и кодоимпульсных воздействий. Эти способы и интерфейсы признаны изобретениями и защищены патентами России №№ 1083358, Б. И. 12, 1984; 1105893, Б. И. 28, 1984; 1119010, Б. И. 38, 1984; 1162044, Б. И. 22, 1985; 1341635, Б. И. 36, 1987. Они реализованы при создании программно управляемых делителей и генераторов частоты, линий задержки и декодеров, запоминающих устройств и функциональных преобразователей [6, 7]. Кодоимпульсные преобразования интегрируют микросхемотехнику ИВС. При этом сокращаются дополнительные аппаратные и программные затраты, упрощается математическое обеспечение и метрологические средства.

Интеграция микросхемотехники обусловлена созданием двух каналов измерения при сравнении кодов и их синтез в один управляющий контур. Кроме основной функции кодоимпульсного преобразования при этом выполняются функции управления, анализа, контроля и регулирования. Для обнаружения сбоев и отказов, диагностики и прогнозирования используется контроль кодов [патент № 1312497, Б. И. 19, 1987] для сканирования частоты в микропроцессорном кондуктометре [патент № 1092398, Б. И. 18, 1984], для изме-

рения и нормировки в ИВС определения ТФХ [патент № 1236355, Б. И. 21, 1986], для контроля и регулирования в сенсорных F-метрах-кондуктометрах [№ 1408334, Б. И. 25, 1987; № 1485111, Б. И. 21, 1988]. Релаксационный кодоимпульсный способ реализован для программного управления и контроля в микротренажере ПЛМ [п.р. № 4896019/24 от 1994], при записи и программировании в микроконтроллере ИП [патент № 2078381, Б. И. № 14, 1997], для управления и анализа в микротренажере мнемосхем [п. р. № 4888377/24 от 1994]. Запись, обмен и отображение информации при релаксационном кодоимпульсном преобразовании реализованы в микрокалькуляторном видеоклассе ТЕМП-090 и ТЕМП-091 [патенты России № 2015545, Б. И. 12, 1994 и № 2078381, Б. И. № 12, 1997].

Таким образом, основой преобразования информации служат время-, число-, кодоимпульсные способы преобразования сигнала, причем для преобразования с заданной точностью и быстродействием наиболее перспективны релаксационные способы.

2. СПОСОБЫ РЕГИСТРАЦИИ

Способы регистрации информации [4 - 7] интегрируют преобразование информационных сигналов при вводе, копировании и выводе сообщений в ИВС. Регистраторами информации в микросхемотехнике служат интерфейсы ввода-вывода (ИВВ) и памяти (ИП). Интерфейсы - это программно управляемые преобразователи сигнала для регистрации информации во время-, число- и кодоимпульсной форме. Интерфейсы регистрации определяют гибкость и разветвленность ИВС, ее универсальность и многофункциональность. Разделение интерфейса на входное, промежуточное и выходное оправдано лишь с методической точки зрения. Это обусловлено одновременными преобразованиями информации из одной формы в другую, хранением промежуточных преобразований и отображением регистрируемого сообщения. Микросхемотехника интерфейсов интегрирована по архитектуре и физическим процессам, а дифференцирована для пользователя аппаратным оформлением.

Регистрация определяется способами хранения, преобразования и обмена информации. По способу хранения регистрация возможна в пространственных, временных и функциональных координатах. Способ хранения определяет способ преобразования при регистрации. Как правило, координатам пространство, время, функция соответствуют при регистрации преобразования кодо-, число-, времяимпульсного типа. Это определяется формой представления сигнала. Код формируется и трансформируется по шине (системе проводников) в координатах пространства. Числоимпульсные сигналы генерируются, передаются и хранятся в координатах времени с циркуляцией по замкнутому проводнику или вырожденной магистрали. Времяимпульсные преобразования в широтно-, частотно-, фазо-, числоимпульсной форме осуществляются в функциональных координатах аналог-цифра или цифра-аналог по магистрали.

Способы обмена при регистрации определяют ритм тактирования интерфейсов во взаимосвязи со способами хранения и преобразования информации. Кодоимпульсные преобразования управляются по программе и предполагают иницируемый (программный режим ожидания) обмен информации. Числоимпульсные спо-

собы с жесткой адресацией во времени, изменяющейся по линейному закону циклично, сканируются синхронным обменом. Асинхронный обмен определяется приоритетом информации, присущим времяимпульсным преобразованиям.

Таким образом, способы регистрации информации практически однозначно определяются ее способами хранения, преобразования и обмена.

С позиций оптимального проектирования микросхемотехники ИВС, заданные точность и быстродействие достигаются при минимально возможных преобразованиях сигнала. А это достигается при выборе однозначных между собой, инвариантных преобразований информации. Поэтому логично обратное утверждение: для оптимального проектирования ИВС выбранный способ регистрации однозначно определяет способы хранения, преобразования и обмена информации. Данное утверждение является необходимым условием оптимального проектирования микросхемотехники. А достаточным условием служит заданная точность, доставляющая экстремум выбранному метрологическому критерию.

Рассмотрим инвариантные способы регистрации для проектирования по точности и быстродействию оптимальных интерфейсов ИВС.

Интерфейсы ввода-вывода по способу передачи информации целесообразно разделить инвариантно координатам пространство – время – функция на диалоговые, сервисные и автоматические. Диалоговые способы ввода-вывода (соответственно и диалоговые ИВВ) служат для связи микропроцессора с субъектом и предназначены для представления информации в удобной для оператора форме. Диалоговые ИВВ отражают изменение качества информации, что соответствует кодоимпульсному хранению по программе в пространственных координатах. Диалоговые интерфейсы, систематизированные в книге автора [6], предполагают шинную архитектуру с программным управлением с использованием статической памяти при произвольной адресации.

Автоматические способы передачи (соответственно, и автоматические ИВВ) предназначены для связи микропроцессора с объектом. Автоматические ИВВ осуществляют линейное преобразование непрерывного сигнала в дискретный и обратно за счет коррекции и нормировки информационных параметров. Эти способы учитывают критерий, то есть качество меры с количественной оценкой, что предполагает времяимпульсное преобразование асинхронного обмена в функциональных координатах. Аналогоимпульсные преобразования в код рассмотрены в работе [8] и целесообразны при магистральной архитектуре с микропрограммным управлением, когда используется алгоритмическая память с ассоциативной адресацией.

Способы сервисной передачи служат для согласования интерфейсов и микропроцессора в координатах управления. Сервисные ИВВ включают программируемые таймеры для синхронизации во времени, программируемые порты для дешифрации в координатах пространства и программируемые мультиплексоры для декодирования информации. Сервисные интерфейсы аккумулируют количество информации в числоимпульсной форме с синхронным обменом и хранением во времени. Сервисные способы реализуются кольцевой архитектурой с программным управлением в динамической памяти с последовательной адресацией.

Следует отметить инвариантность способов измерения: параллельного, последовательного действия и последовательного приближения – соответствующим способом передачи: диалогового, сервисного и автоматического типа. В диалоговом режиме информация об изменениях вводится субъектом через контактуру параллельного действия. С объекта через АЦП и ЦАП при функциональных измерениях используется последовательное приближение – промежуточное между параллельным и последовательным действием. Сервисные способы передачи реализуют измерения последовательного действия, как самые простые и экономичные для числоимпульсных преобразований.

Из анализа инвариантности способов преобразования информации следует, что для организации экспресс измерений неразрушающего контроля качества состава и свойств веществ наиболее эффективна кольцевая структура микропроцессора с программным управлением, сервисные ИВВ последовательного действия, динамические интерфейсы памяти с последовательной адресацией. Целесообразность определяется инвариантностью способов синхронного обмена числоимпульсных преобразований с хранением во временных координатах способу сервисной передачи информации.

Данным требованиям соответствует числоимпульсный микропроцессор с кольцевой архитектурой и программным управлением – серийно выпускаемый промышленностью [6, 7] программируемый микрокалькулятор (рис. 1), содержащий диалоговые ИВВ параллельного действия $\{X, Y\} = \{70, 80\}$ и динамический интерфейс памяти $\{X, Y\} = \{78, 98\}$ с последовательной адресацией. В процессе оптимального проектирования ИВС по заданным критериям точности и быстродействия необходимо разработать сервисные способы регистрации для программируемого микрокалькулятора с соответствующими интерфейсами.

2.1. ВВОД ИНФОРМАЦИИ В МИКРОКАЛЬКУЛЯТОР

Существуют три способа ввода информации в микрокалькулятор, определяющие программное и математическое обеспечение, аппаратные и метрологические средства ИВС. Выбор способа определяют экономические и материальные ресурсы, интеллектуальные и технологические затраты. Это способы ввода посредством а) имитации контактуры, б) стандартного интерфейса, в) прямого доступа к памяти.

Наиболее простым и доступным является первый способ, моделирующий ввод информации в микрокалькулятор оператором в диалоговом режиме при замыкании клавиш K (рис. 1) интерфейса ввода $\{X, Y\} = \{70\}$. Имитация контактуры интерфейса ввода выполняется в синхронном или асинхронном режимах через декодер. Декодер реализуют на последовательном включении десяти числоимпульсных мультиплексоров 3/1 и дешифратора позиционного десятичного кода в двоично-десятичный код. Данный способ реализован в базовой модели ИВС ТФХ-НК-82 и мелкими сериями ЭФХ-НК-83, ССЭ-НК-84 при определении тепло- и электрофизических характеристик изоляторов и электроконтактов, а так же состава и свойств электролитов. Способ имитации контактуры, сервисные интерфейсы признаны изобретениями России и защищены авторскими свидетельствами №№ 1034488, 1983; 233809, 1986; 1092398, Б. И. 18, 1984; 1236355, Б. И. 21, 1986.

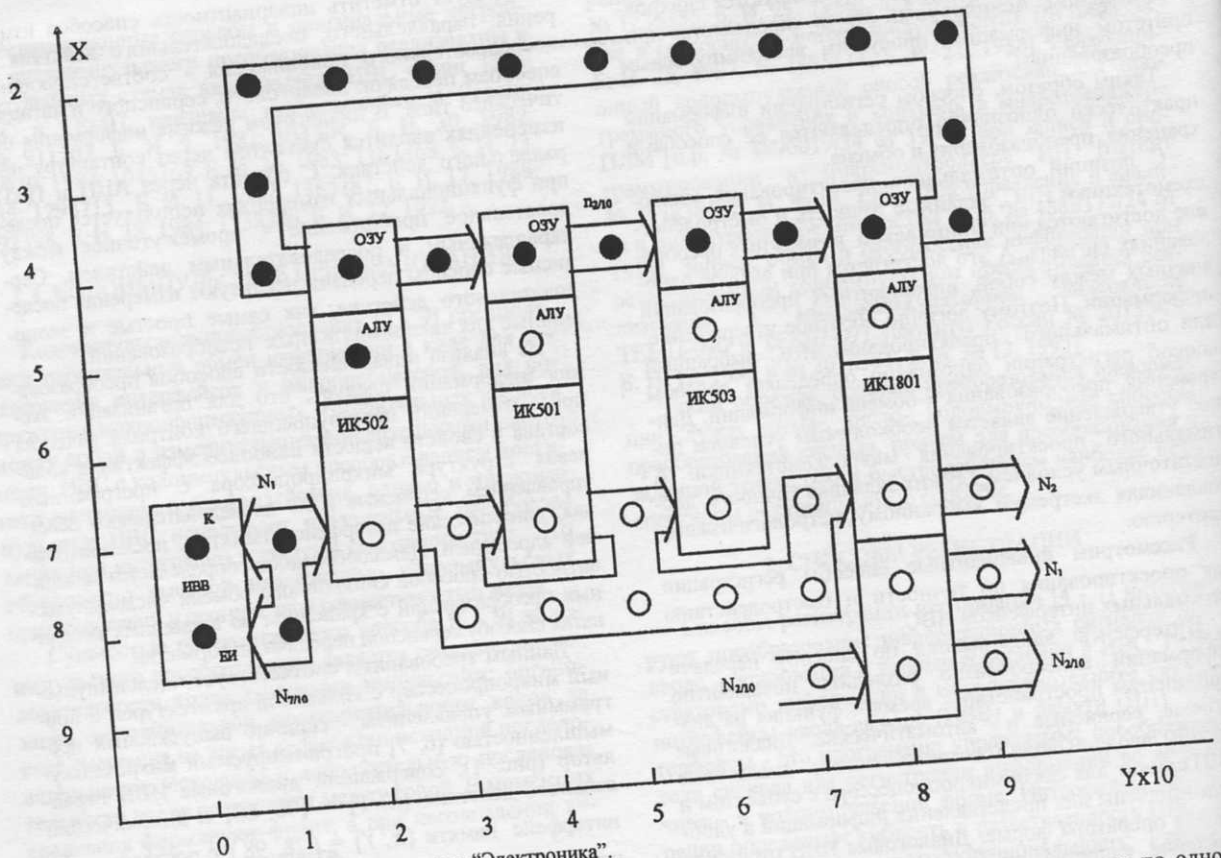


Рис. 1. Мнемосхема микрокалькулятора серии "Электроника".

Этот способ нашел широкое распространение в нашей стране, т. к. не требует специализированных БИС и технологичен для любого класса калькуляторов. Скорость обмена информацией определяется в основном вводом через контактуру и ограничена диапазоном 110 шагов в секунду, что соответствует относительно низкой информативности 110 бит/с. При использовании стандартного интерфейса на микросхеме K145ИК1801 (рис. 1), $\{X, Y\} = \{78\}$, информативность достигает 120 бит/с, но информация ограничена вводом-выводом данных операционных регистров по три знака мантиссы. Применение БИС K745ИК1801 повышает информативность до 200 бит/с и позволяет использовать как регистровую, так и программную память. Оригинальные технические решения со способом ввода на стандартном интерфейсе защищены патентами России №1298713, Б. И. 11, 1987 (ИВС АИСТ); 1385787, Б. И. 17, 1988 (ИВС ТЕРМИС-М); 2027172, Б. И. № 2, 1995 (ИВС ТЕМП-89). Стандартные микросхемы используют способ прямого доступа к памяти по одному биту за один машинный цикл числоимпульсного микропроцессора, что ограничивает скорость обмена информацией. Медленный (до 5 с) и избирательный обмен информацией ограничивает гибкость и универсальность ИВС, снижает оперативность и точность определения характеристик.

Физическое противоречие обусловлено принципом работы числоимпульсного микропроцессорного калькулятора. Для организации произвольной адресации в кольцевой динамической архитектуре (рис. 1), функционирующей по способу последовательной адресации со сканированием по линейному закону (рис. 2), числоимпульсную информацию, размещенную в двоично-

десятичном коде по тетрадам, перемещают по одному биту из тетрады (рис. 3) за один машинный цикл. На выполнение одной команды, организованной одним байтом из двух тетрад, тратится при этом 8 машинных циклов, а замещение полной информации достигает 15 с. Как видно, при управлении процессом контроля период регулирования не может быть ниже времени замещения. Для решения физического противоречия предложены оригинальные синхронный и асинхронный способы ввода информации за время не более двух машинных циклов микрокалькулятора.

Синхронный способ ввода [патент России № 2015545, Б. И. 12, 1994] включает формирование последовательности адресных импульсов соответственно временным интервалам периода полного перемещения исходной информационной последовательности импульсов (рис. 2). Замещают исходную на заданную последовательность в числоимпульсной форме по тетраде согласно последовательности адресных импульсов. С целью повышения оперативности, перемещение информационной последовательности импульсов осуществляют синхронно импульсам Ф4 тетрады фазовых частот (рис. 3, Ф4, Q1). Импульсами одной из фазовых частот организуют последовательность адресных импульсов (рис. 3, N5, N4), которой программно управляют в течение управляющего импульса. Длительность импульса управления выбирают равной времени заданного периода T_d полного перемещения (рис. 2) информационной последовательности импульсов.

Использование синхронного способа ввода в микрокалькулятор по принципу прямого доступа к оперативной памяти за один машинный цикл позволяет в отличие от известных решений повысить на 4 порядка

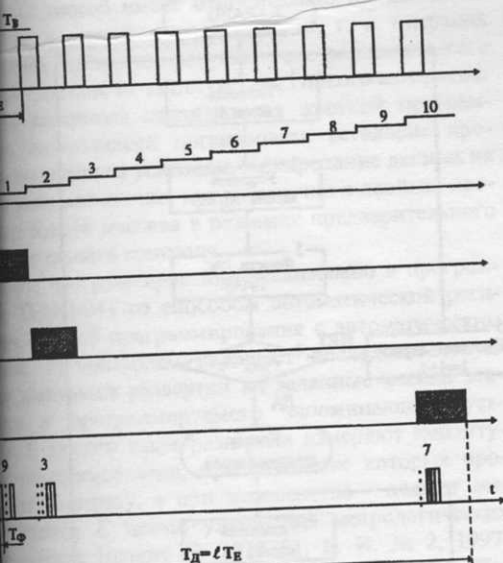


Рис. 2. Временные диаграммы регистрации информации микрокалькулятора.

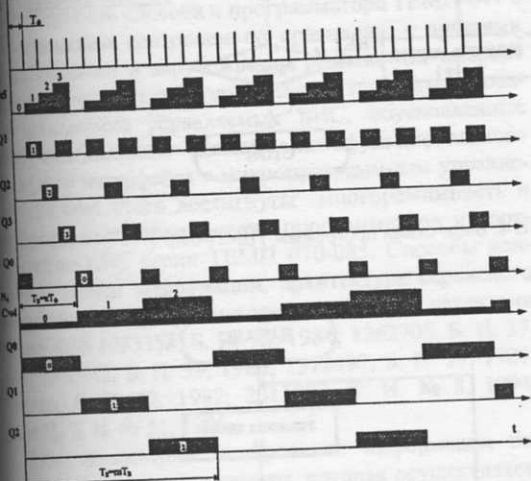


Рис. 3. Временные диаграммы синхронизации и адресации микрокалькулятора.

информативность и оперативность замещения информации, на половину сократить объем программной памяти внешнего интерфейса. Данный способ реализован в ИВС серии ТЕМП для определения состава и свойств изоляционных материалов (ТЕМП 070-075), электролитов (ТЕМП 076-078), а также в сети для сбора информации ТЕМП 090, 091 и в микротренажерах ТЕМП 001, 011. Оригинальные технические решения на базе синхронного способа, сервисные интерфейсы ввода-вывода и структурные схемы ИВС признаны изобретениями России №№ 1408334, Б. И. 25, 1987; 1485111, Б. И. 21, 1988; 1758586, Б. И. 32, 1992; 2027172, Б. И. № 2, 1995; 2078381, Б. И. № 12, 1997.

Снизить аппаратные затраты позволяет асинхронный способ ввода [п. р. по заявке № 94028414/09 от 1997], замещение информации в котором осуществляется за время не более двух ($1 \leq s \leq 2$) машинных

циклов импульсом $s \cdot T_D$ управления (рис. 2). Его формируют в каждом цикле ввода-вывода из служебной тетрады поля временных координат. Информацию регистрируют из области регистровой, стековой и программной памяти в течение адресуемых позиций тактовыми импульсами T_Φ , T_B , T_E (рис. 3) с интервалом адресации T_Φ во времени битов тетрад динамической памяти. Асинхронный способ позволяет время замещения не регламентировать машинным циклом T_D перемещения информации в числоимпульсном микропроцессоре. При этом копирование информации хотя и не превышает 40-10 с, что в 2 раза выше синхронного способа, но асинхронный ввод осуществляет более гибкую коммутацию операционной магистрали микропроцессора с сервисным интерфейсом. Это позволяет организовать ИВС с децентрализованными автоматическими интерфейсами, расширить периферийные программно управляемые ПИП с приоритетным обменом информацией.

Асинхронный способ ввода реализован в сетях ИВС серии ТЕМП для сбора информации на центральный пульт ТЕМП-021, в видеоклассе ТЕМП-091, в кондуктометре на базе КЛ-4. Оригинальные технические решения с асинхронным способом защищены патентами России №№ 1236355, Б. И. 21, 1986; 2078381, Б. И. № 12, 1997; 2064671, Б. И. № 21, 1996.

Способы ввода-вывода информации неразрывно связаны с копированием оперативных данных в интерфейсах ввода-вывода ИВС, хранением и считыванием программ в интерфейсах памяти.

2.2. ХРАНЕНИЕ И КОПИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Хранение информации возможно в координатах пространства, времени и функции. Хранение - одно из важнейших свойств информации - фиксация сообщения на физическом носителе. При хранении информация пассивна к измерительно-вычислительному процессу. В пространственных координатах информация хранится в коде в интерфейсах памяти на статических ПЗУ с иницилируемым (программным) обменом и произвольной адресацией. Хранение информации во временных координатах синхронизуется в числоимпульсном преобразовании на динамических ОЗУ с последовательной адресацией. При асинхронном обмене время импульсных преобразований хранится информации в функциональных координатах в интерфейсах памяти алгоритмического типа на РПЗУ с ассоциативной адресацией. Информация хранится на физическом носителе - оригинале в соответствующих координатах управления.

Активизация информации с оригинала хранения называется копированием. Копирование служит для преобразования информации из одних координат управления в другие с целью согласования архитектуры интерфейсов ИВС. Копирование информации позволяет изменить статический на динамический или алгоритмический носитель из произвольной адресации в последовательную или ассоциативную. В процессе копирования могут мультиплексироваться, дешифрироваться или декодироваться способы хранения, преобразования или обмена информации.

Хранение и копирование информации осуществляется неразрывно с другими процессами программного управления в микропроцессоре, интерфейсах памяти и ввода-вывода. С методической точки зрения для простоты изложения информационные процессы памяти соотно-

сем к интерфейсам памяти ИВС и микропроцессорным оснасткам памяти (контроллерам памяти) - программаторам. Анализ интерфейсов памяти приведен в § 19 [6], а программаторов в § 3.2 [7], в этих же работах проанализированы способы хранения информации, поэтому ниже рассмотрим способы копирования.

В микросхемотехнике носителями информации служат запоминающие устройства на полупроводниковых БИС - программируемые логические матрицы (ПЛИМ). ПЛИМ являются технической базой для организации интерфейсов памяти, микропроцессоров и интерфейсов ввода-вывода. Копирование включает запись и считывание информации по адресам соответственно в рабочую ПЛИМ (копию) из эталонной ПЛИМ (оригинала). Копирование с заданной точностью определяется погрешностью дискреты изменения сигнала оригинала. В процессе копирования осуществляется модификация адресуемых ячеек памяти копии (прожиг за счет электрического пробоя, переключки под воздействием теплового расплава и т. д.). Различают обратимую и необратимую модификации, соответствующие программированию репрограммируемых (РПЗУ) и постоянно программируемых (ПЗУ) запоминающих устройств ПЛИМ с ячейками из транзисторов или диодов. Программирование ПЗУ и РПЗУ осуществляют в дополнительном режиме ИВС с помощью программаторов.

По способу контроля различают программирование последовательное, параллельное и смешанное, что соответствует сервисной, диалоговой и автоматической передаче.

Наиболее простым является программирование с последовательным контролем, которое включает копирование информации по оригиналу и контроль массива данных копии в исходном состоянии и после модификации. Из-за копирования информации по оригиналу инструментальная погрешность устраняется, но быстродействие относительно низкое из-за последовательности во времени предварительного контроля и проверки по оригиналу. Программаторы, реализующие этот способ, узко специализированы и имеют относительно низкую оперативность. Однако простота и экономичность эффективно реализуются интерфейсом памяти с жесткой структурой и программой. Способ программирования с последовательным контролем использован в программаторе ТЕМП для создания программного обеспечения ИВС неразрушающего контроля ТФХ-НК-82, ЭФХ-НК-83 и ССЭ-НК-84.

Способ программирования с параллельным контролем (рис. 4) включает на каждом шаге установку текущего адреса A_i и соответствующих данных копии $N_i(A_i)$ по оригиналу $N_{oi}(A_i)$. Параллельно с копированием данных из оригинала сопоставляют содержимое оригинала N_{oi} и копии N_i . При совпадении данных $N_i = N_{oi}$ осуществляется изменение адреса ($i := i + 1$), если текущий адрес A_i меньше $A_{\max}$ заданного, в противном случае заканчивают программирование. Если при контроле данных они не совпадают, то производят дополнительный прожиг, а число попыток регистрируется. В процессе неудачных попыток (рис. 4), когда их число превышает установленное значение, индицируется "брак". Способы контроля и записи информации, оригинальные схемы реализованы в программаторе ТЕМП-040 и защищены авторскими свидетельствами на изобретения №№ 1226586, Б. И. 15, 1986; 1231484, Б. И. 18, 1986; 1312497, Б. И. 19, 1987; 1408334, Б. И. 25, 1987; 1385787, Б. И. 17, 1988.

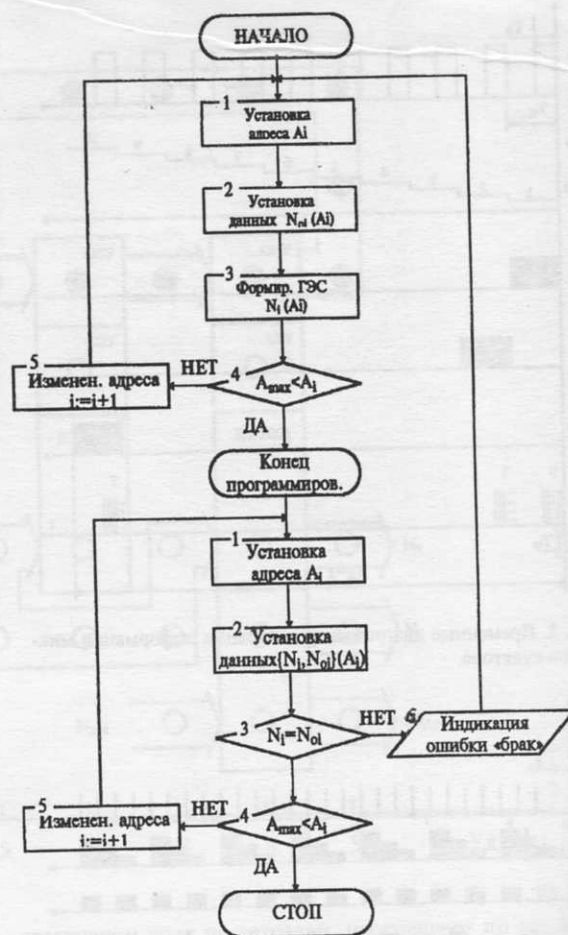


Рис. 4. Блок-схема программы ТЕМП-040.

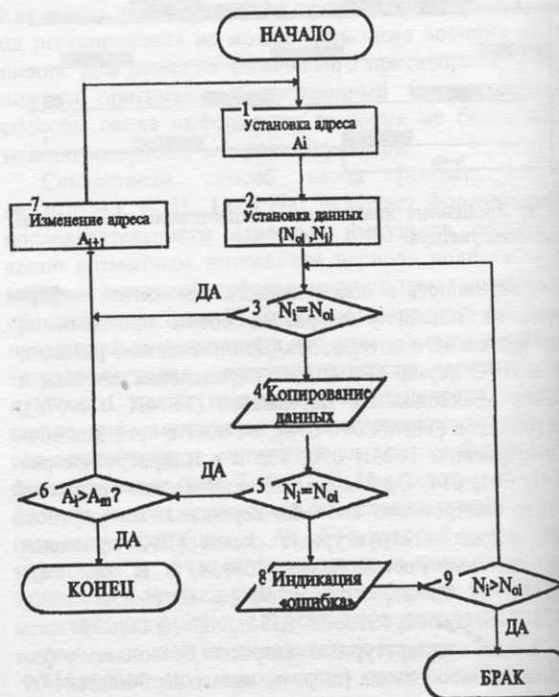


Рис. 5. Блок-схема программы ТЕМП-041.

Данный способ имеет относительно низкое быстродействие и ограниченную гибкость, т. к. операция копирования (прожига) предусмотрена на каждом шаге программирования из-за отсутствия гибкого алгоритма. Гибкость алгоритма сдерживается жесткой программой, не позволяющей организовать ветвление программы по внешним условиям. Копирование данных на каждом шаге избыточно, как избыточна и двойная проверка исходного массива в режимах предварительного и заключительного контроля.

Гибкое программирование реализовано в программаторе ТЕМП-041 со способом автоматической регистрации. Способ программирования с автоматическим (см. рис. 5) контролем включает последовательную подачу импульсов развертки на заданные ячейки эталонного и программируемого запоминающих устройств. В каждом такте развертки измеряют амплитуды входных импульсов, при равенстве которых продолжают развертку, а при неравенстве - подают импульс записи. С целью улучшения метрологических характеристик [патент № 2078381, Б. И. № 2, 1997] автоматизируют контроль неравенства амплитуд. Подают импульс записи и повторно контролируют, если амплитуда на выходе программируемой ячейки меньше амплитуды эталонной ячейки. В противном случае, прекращают подачу импульсов развертки и формируют импульс "брак".

Особенности способа и программатора ТЕМП-041 с автоматическим контролем по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными решениями: высокая эффективность и производительность при тиражировании программно управляемых БИС, обусловленные также оригинальной схемой многофункционального сервисного интерфейса с микропрограммным управлением. За счет этого достигнуты многорежимность и универсальность архитектуры программатора и соответственно ИВС серии ТЕМП 070-085. Способы контроля и записи информации, архитектура сервисного интерфейса и программатора защищены патентами России №№ 1083358, Б. И. 12, 1984; 1262706, Б. И. 37, 1986; 1265943, Б. И. 39, 1986; 1312497, Б. И. 19, 1987; 1758586, Б. И. 32, 1992; 2011983, Б. И. № 8, 1994; 2064671, Б. И. № 21, 1996.

Ниже рассмотрим копирование информации без модификации носителя памяти, которая осуществляется в динамическом режиме на основе ОЗУ при выводе информации из микрокалькулятора.

2.3. ВЫВОД ИНФОРМАЦИИ ИЗ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРА

Вывод информации из микрокалькулятора необходим для программного управления интерфейсами ввода-вывода и памяти, организующими управление и регулирование, коррекцию и калибровку ИВС по программе. При этом осуществляется программное управление информационными процессами: хранением, преобразованием и обменом, адресацией и копированием, управлением и передачей, измерением и регистрацией.

Существует три способа вывода информации из микрокалькулятора: а) имитации индикатора, б) стандартного интерфейса, в) прямого доступа к памяти.

Способ имитации индикатора БИ (рис. 1) является наиболее простым и доступным. Информация выводится циклически (рис. 2) импульсами сканирования позиций знакоместа индикатора (см. рис. 3) в семисег-

ментно-десятичном коде с последующим преобразованием в двоичный, двоично-десятичный или позиционно-десятичный код. Для вывода информации с индикатора используется кодер из последовательного соединения дешифратора семисегментного кода в заданный и мультиплексора адреса позиций знакоместа, управляемого счетчиком адреса. Этот способ признан изобретением и реализован в ИВС серии "НК" в 1982-84 гг. Как и способ имитации контактуры, он широко использован в нашей стране при создании микропроцессорных средств на базе микрокалькуляторов. Скорость вывода информации с индикатора не превышает 0,1 с из-за использования импульсов сканирования интерфейса ввода-вывода калькулятора.

Способ стандартного интерфейса для пользователя аналогичен вышеописанному, т. к. информация выводится из регистра "X" числоимпульсного микропроцессора, обслуживающего индикатор микрокалькулятора. На информационном выходе сервисного интерфейса 145ИК1801 (рис. 1) циклично импульсами сканирования контактуры и индикатора выводится по тетраде (рис. 3) в двоично-десятичном коде информация с адресуемого знакоместа регистра "X". Способ стандартного интерфейса реализован в ИВС серии ТЕРМИС и АИСТ, оригинальные решения которых также признаны изобретениями. К недостаткам вышеописанных способов относятся низкие гибкость, оперативность и информативность. Это определяется жестким алгоритмом и структурой стандартных интерфейсов, выводящих информацию мантиссы числа индикатора.

Гибкость способа вывода повышается при использовании для программного управления цифрами мантиссы позиции знака порядка. Операционная память регистра "X" содержит кроме позиций мантиссы числа знак порядка, а также служебный код. Служебный код целесообразно использовать для синхронизации циклов вывода и организации адресной последовательности сканирования знакомест индикатора. Знак порядка используют для программного управления позициями мантиссы числа в соответствии с единичным позиционным кодом. Например, при программном управлении ЦАП в двоично-десятичном коде по 100 позициям {00,99}, мантиссу числа дифференцируют на четыре пары управляющих адресов. Знак порядка сопоставляют четырем позициям адреса управления. Соответственно, по значениям знака порядка {01} - выводится первая пара, {02} - вторая, {03} - третья, {04} - четвертая, а {00} - ни одна из пар мантиссы не выводится. Номер и вес управляющего адреса вводится с клавиатуры калькулятора в диалоговом режиме, автоматически с интерфейсов ввода-вывода и памяти или формируют программно. Адреса управления регистрируются на цифровом индикаторе и копируются в числоимпульсной форме в кольцо операционной памяти во временных координатах регистра "X". Данный способ реализован в ИВС ТЕРМИС-М100 и ТЕРМИС-89, а также в микротренажерах ТЕМП-001-006. Способ вывода и архитектуры интерфейсов, микротренажеров и ИВС защищены патентами России №№ 1265943, Б. И. 39, 1986; 1385787, Б. И. 17, 1988; 1312497, Б. И. 19, 1987; 2015545, Б. И. 12, 1994; 2078381, Б. И. № 12, 1997.

Повышение гибкости способа вывода из микрокалькулятора и ИВС достигается при программном управлении двумя позициями знака порядка с дешиф-

рацией двоично-десятичного кода в двоичный код по 16 сочетаниям адресов управления. В отличие от известных решений, введение программного управления выводом информации с помощью задания сочетания адресов за время не более двух машинных циклов значительно повышает информативность и гибкость программного управления. Данный способ вывода информации применен в тренажерах, контроллерах и ИВС серии ТЕМП, защищен патентом России п. р. по заявке № 94028414/09 от 17.09.97.

Максимальная оперативность, информативность и гибкость достигаются в способе вывода с прямым доступом к памяти. За один машинный цикл информация в числоимпульсной форме выводится из операционной программной и стековой области временных координат кольцевой динамической памяти числоимпульсного микропроцессора. Оперативность вывода не превышает $20 \cdot 10^{-3}$ с, при этом параллельно совмещены информационные процессы ввода-вывода, записывания, копирования и передачи, преобразования и обмена. Прямой доступ к памяти позволяет до минимума сократить аппаратные и программные, математические и метрологические средства микропроцессорных средств различного иерархического уровня. В ИВС достигается определение состава и свойств веществ в реальном масштабе времени, при этом снижается динамическая погрешность измерения и контроля, управления и регулирования. При создании сети ИВС появляется возможность децентрализации периферийных интерфейсов и приборов, первичных преобразователей и систем. Контроллеры и тренажеры с прямым доступом к памяти отличаются наглядностью и "прозрачностью" архитектуры. В целом повышаются метрологические и технологические характеристики, снижаются материальные и интеллектуальные, энергетические и экономические затраты при разработке, эксплуатации и ремонте микропроцессорных измерительных средств.

Данный способ защищен патентами России №№ 2027172, Б. И. № 12, 1995; 2011983, Б. И. № 8, 1994; 2015545, Б. И. № 12, 1994; 2078381, Б. И. № 12, 1997 и реализован в микротренажерах и контроллерах, системах и сетях серии ТЕМП.

Из вышеизложенного следует:

- при проектировании архитектуры МИП для экспресс-контроля выбраны инвариантные способы преобразования сигнала и регистрации информации, адекватные числоимпульсным микропроцессорам, используемым в микрокалькуляторах;
- предложены новые время-, число-, кодоимпульсные преобразования сигнала синхронного, асинхронного и релаксационного обмена для систем и интерфейсов, реализованных на последовательностных, комбинационных СИС и ПЛИМ;
- определены необходимые и достаточные условия преобразования сигналов по точности и быстродействию, показывающие улучшение характеристик от синхронного к асинхронному и релаксационному обмену;
- выявлены инвариантные способы регистрации информации для оперативного ввода-вывода и копирования сообщений в микрокалькуляторную систему и оснастку МИП;
- разработаны новые способы ввода информации в микрокалькуляторные средства посредством имитации контактуры, стандартного интерфейса и прямого доступа

к операционной памяти числоимпульсного микропроцессора при синхронном и асинхронном обмене;

- созданы новые способы копирования информации посредством последовательного, параллельного и смешанного контроля записи сообщений, повышающие достоверность и оперативность программирования, гибкость и универсальность МИП;

- предложены новые способы вывода информации из микрокалькуляторных средств за счет имитации дисплея, стандартного интерфейса и прямого доступа к информационной магистрали числоимпульсного микропроцессора для реализации в ИВС замкнутого контура регулирования.

3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Информационные процессы, интегрируясь, определяют информационное обеспечение ИВС как комплекс математического и программного обеспечения, аппаратных и метрологических средств. Информационные процессы явно выражены в информационной концепции развития микропроцессорных средств от ПП до ИВС, так и в последовательности выполняемых функций, создаваемых ИВС. Рассмотрение функций с позиций интеграции и последовательности действий позволяет более полно охарактеризовать информационные процессы и их физическую сущность.

В соответствии с информационной концепцией развития микропроцессорных средств осуществляется интеграция функций: обмен энергией ПП - преобразование сигнала ИС - управление структурой СИС - хранение программы БИС - вычисление операций (обработка) ПК - измерение сигнала МИС - накопление информации МПС. Последовательность информационных процессов в контуре регулирования ИВС осуществляется циклически: измерение отклика ПИП - передача, обмен, преобразование ИВВ - хранение, копирование и адресация ИП - обработка и управление микропроцессором - преобразование, обмен и передача ИВВ - импульсное воздействие (использование) исполнительным органом ПИП. Очевидно, что в микропроцессорных системах адресация осуществляется на всех этапах, а хранение и копирование доминирует при вводе и выводе информации, т. е. при измерении и передаче, обмене и преобразовании. Из-за интеграции интерфейсных функций методически целесообразно для проектирования ИВС разделить функции памяти и ввода-вывода.

Согласно информационной концепции преобразование сигнала, как первая функция интеграции, прерогатива аппаратных средств ИВС, причем функция обмена неотделима от преобразования сигнала. Хранение информации необходимо для программирования структуры, т. е. создания и функционирования архитектуры. Учитывая приоритет функции обмена, преобразования и хранения, их целесообразно сопоставлять всей архитектуре ИВС: как интерфейсам ввода-вывода и памяти, так и микропроцессору. Микропроцессору, как программно управляемому регулятору, следует соотносить функции обработки и управления. Это соответствует и информационной концепции, и функции микропроцессора при выполнении операций ИВС. Интерфейсу памяти логично предписать функции копирования и адресации, а интерфейсам ввода-вывода функции измерения и передачи. Для дифференциации авто-

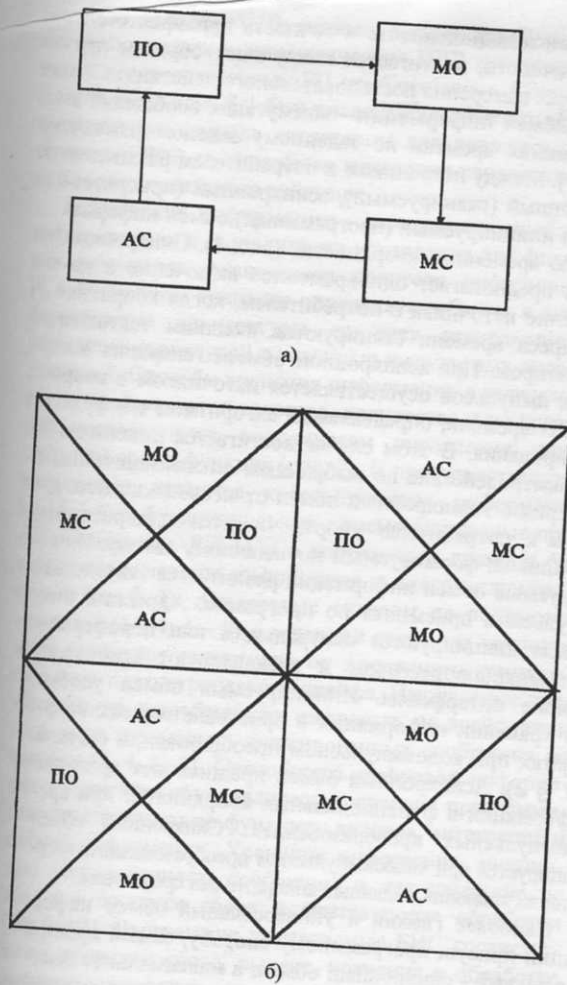


Рис. 6. Мнемосхемы ИВС: а) интегральная, б) дифференциальная.

СПОСОБ	МЕРА	КАЧЕСТВО	КОЛИЧЕСТВО	КРИТЕРИЙ
ОБМЕН (РИТМ)		ИНИЦИИРУЕМЫЙ (ПРОГРАММНЫЙ)	СИНХРОННЫЙ (СКАНИРУЕМЫЙ)	АСИНХРОННЫЙ (ПРИОРИТЕТНЫЙ)
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ		КОДО-ИМПУЛЬСНОЕ	ЧИСЛО-ИМПУЛЬСНОЕ	ВРЕМЯ-ИМПУЛЬСНОЕ
ХРАНЕНИЕ		ПРОСТРАНСТВО	ВРЕМЯ	ФУНКЦИЯ
КОПИРОВАНИЕ		СТАТИЧЕСКОЕ (ПЗУ)	ДИНАМИЧЕСКОЕ (ОЗУ)	АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ (РПЗУ)
АДРЕСАЦИЯ		ПРОИЗВОЛЬНАЯ	ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ	АССОЦИАТИВНАЯ
ОБРАБОТКА		ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМАЯ	ПРОГРАММИРУЕМАЯ	МИКРОПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМАЯ
УПРАВЛЕНИЕ		ШИНА	КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА	МАГИСТРАЛЬ
ИЗМЕРЕНИЕ		ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ	ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ	ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ
ПЕРЕДАЧА		ДИАЛОГОВАЯ	СЕРВИСНАЯ	АВТОМАТИЧЕСКАЯ

Рис. 7. Операционная матрица проектирования, адекватная циклограмме информационных процессов.

математических и диалоговых ИВВ им целесообразно сопоставить соответственно процессы измерения и передачи информации.

Данные рассуждения позволяют представить информационное обеспечение ИВС в виде интегральной (рис. 6а) и дифференциальной (рис. 6б) мнемосхем в виде замкнутых контуров регулирования из последовательного включения метрологических МС и аппаратных АС средств, программного ПО и математического МО обеспечений. При этом ПО - соответствует интерфейсу памяти, МО - микропроцессору, МС - автоматическим и диалоговым ИВВ, а АС - измерительному зонду ПИП. Циклограмма последовательности информационных процессов в соответствии с архитектурой ИВС на уровне БИС приведена на рис. 7. Циклограмма и мнемосхема дополняют друг друга и не противоречат информационной концепции и последовательности операций ИВС.

Циклограмма начинается общими для всех блоков ИВС информационными процессами: обмен, преобразование, хранение. Продолжают циклограмму процессы копирования и адресации, характерные аппаратным и программным средствам интерфейсов памяти, отражающих программное обеспечение. Затем следуют процессы обработки и управления структурой ИВС, соответствующие программному обеспечению и аппаратным средствам микропроцессора, реализующего алгоритмы математического обеспечения. Метрологические средства сопоставлены ИВВ, включающим информационные процессы измерения и передачи, определяющие программу и структуру ИВВ.

С рассматриваемых позиций интегро-дифференцированного подхода информационные процессы можно определить следующим образом.

1. Измерение - нахождение значения физической величины опытным путем с помощью технических средств [1 - 4]. В ИВС измеряемой величиной является отклик импульсной формы, инициируемый управляемым активным воздействием. Измеряемой величиной, как правило, является электрический сигнал, а информативными параметрами служат амплитуда, время или код. Измерение - это сравнение исследуемого сигнала с образцовым, управляемым по закону. Измерение с заданной точностью определяется погрешностью дискретности изменения образцового сигнала. Амплитудой электрического сигнала, как правило, при измерении отклика в ИВС являются напряжение и ток, проводимость и сопротивление ПИП, связанные функционально с электрохимическими [3], теплофизическими [6, 7], электрохимическими [6] характеристиками. Информационными параметрами времени измеряемого отклика служат широта, частота и фаза. Код может быть представлен в виде числовой последовательности импульсов или упорядоченной комбинацией потенциалов. В зависимости от используемого сигнала и пространственно-временных координат различают [1 - 4, 8] три основных способа измерения: параллельного и последовательного действия, последовательного приближения. При параллельном действии за один такт времени сравниваются в координатах пространства комбинации исследуемого и эталонного сигналов. Способы измерения пространства сопоставляют последовательно во времени исследуемому сигналу i -тые комбинации эталонов в соответствии с выбранным законом взвешивания, например, сканированием по линейно возрастающему

закону. В координатах функционального континуума осуществляются способы измерения последовательного приближения, при этом последовательно во времени за один цикл измерения сравниваются с исследуемым сигналом комбинации эталонов до равновесия, определяемого погрешностью.

В зависимости от используемых координат способы измерения отличаются оперативностью и информативностью, технологическими и экономическими затратами. Наиболее оперативным и информативным является измерение параллельного действия, лучшую помехозащищенность и точность за счет ухудшения других характеристик достигают способы измерения последовательного действия, высокой технологичностью и экономичностью обладают измерения с последовательным приближением.

Процессы измерения отражают алгоритм функционирования ИВВ и определяют их программу действий, а структура ИВВ определяется процессом передачи (см. рис. 7).

2. Передача информации - процесс перемещения сообщений от источника к потребителю в координатах управления [4]. В ИВС интерфейсами передается измерительная, вычислительная и измерительно-вычислительная информация от измерительного зонда к микропроцессору и интерфейсами памяти от микропроцессора через ИВВ исполнительному органу измерительного зонда. Передача информации определяется процессами хранения, преобразования и обмена. Процесс хранения инициирует координаты адресации передачи: пространство - время - функция. Преобразование диктует форму, а обмен - ритмику сигналов сообщения.

Способы передачи в зависимости от структуры ИВВ можно разделить на диалоговые, автоматические и сервисные [6, 7]. Диалоговая передача связывает субъект с микропроцессором за счет клавиатуры и дисплея. При этом характерны кодоимпульсные преобразования с инициируемым оператором обменом и хранением информации в координатах пространства. Автоматическая передача предполагает связь микропроцессора с объектом, что целесообразно при времяимпульсных преобразованиях с асинхронным обменом между источником и потребителем в функциональных координатах хранения информации. Служебные связи между микропроцессором и интерфейсами, в структуре интерфейсов и микропроцессора, достигаются способами сервисной передачи. Сервисная передача предпочтительна при числоимпульсном преобразовании с синхронным обменом во временных координатах хранения.

Процессы передачи неразрывно связаны со способами измерения, как структура и программа интегрируют архитектуру ИВВ. Диалоговая передача образов требует высокой оперативности при большом объеме информации, этому соответствуют измерения параллельного действия. При автоматической передаче информации доминируют времяимпульсные преобразования функции в смешанных координатах пространство-время. Для создания замкнутого контура регулирования, включающего программно управляемый контроль, необходимы процессы измерения с использованием законов регулирования. На основе законов регулирования созданы способы измерения с последовательным приближением, которые наиболее удобны при автоматической передаче информации. Сервисная передача между интерфейсами, предполагающая высо-

кую помехозащищенность и точность при простоте и экономичности, достигается наилучшим образом при процессах измерения последовательного действия.

3. Обмен информации - коммутация сообщений в координатах времени по заданному закону режиму [4, 6, 7]. Между источником и потребителем различают синхронный (сканируемый), асинхронный (приоритетный) и инициируемый (программный) обмен информацией во временных координатах (рис. 7). Синхронный обмен предполагает одновременное включение и выключение источника с потребителем, когда координаты адреса времени сканируются внешним тактовым генератором. При асинхронном обмене генерация тактовых импульсов осуществляется источником в координатах времени, определяемых алгоритмом его функционирования. В этом случае достигается максимальное быстроедействие по выбранному оптимизационным критериям. Асинхронный обмен от нескольких источников к потребителю упорядочивается приоритетом источников, формируемым по заданному закону. Иницируемый обмен информации реализуется тактовыми импульсами приемника по программе. Адресные импульсы инициируются центральным или периферийным микропроцессором и активизируют соответствующие интерфейсы. Иницируемый обмен удобен при хранении информации в пространственных координатах при кодоимпульсном преобразовании сигнала (см. § 2). Асинхронный обмен предполагает хранение информации в функциональных координатах при времяимпульсных преобразованиях. Синхронный обмен сканируется при числоимпульсном преобразовании в координатах хранения, заданных аппаратными средствами.

Наиболее гибкий и универсальный обмен информации присущ программному способу, самый простой и дешевый - синхронный обмен, а максимальное быстроедействие и информативность достигаются в асинхронных способах.

4. Преобразование информации - процесс изменения параметров физического носителя из одной формы в другую [4, 6] в координатах пространство-время-функция. Для ИВС наиболее характерны кодо-, число- и времяимпульсные преобразования (см. § 1) соответственно координатам хранения информации: пространство-время-функция (рис. 7). Это обусловлено обработкой сигнала микропроцессором в цифровой форме, измерением и управлением информацией в аналоговой форме. Цифровые преобразования параллельного [9] и последовательного [6] действия называют кодо- и числоимпульсными, они соответствуют изменениям меры в качестве и количестве при хранении информации в координатах пространства и времени. Код формируется и транслируется по шине (упорядоченной системе проводников) при программном обмене информацией. Числоимпульсные (см. § 2) сигналы генерируются, передаются и хранятся в координатах времени с циркуляцией по замкнутому проводнику или вырожденной магистрали.

Времяимпульсные (§ 1.1) преобразования являются функциональными преобразованиями последовательного действия аналогового сигнала в код и обратно. Основными времяимпульсными преобразованиями (см. § 1) являются широтно-, частотно- и фазовые изменения сигнала. При асинхронном обмене они интегрируются во времяимпульсное преобразование. Времяимпульсные преобразования осуществляются в функциональных координатах аналог-цифра или цифра-

аналог по магистрали. Временимпульсные преобразования используются в автоматических ИВВ при измерениях с последовательным [8] приближением. Соответственно кодо- (см. § 1.3) и числоимпульсные (см. § 2) представления сигнала характерны для диалоговых и сервисных ИВВ со способами измерения параллельного и последовательного действия.

5. Хранение информации - перемещение сообщений во времени в координатах управления для фиксации параметров физического носителя информации [4, 6, 7]. Процесс хранения определяет гибкость и дифференциацию архитектуры за счет программного управления структурой с помощью импульсных преобразований. Способы хранения информации в зависимости с мерой оценки в качестве, количестве и по критерию соответствуют координатам управления: пространство-время-функция (рис. 7). В пространственных координатах хранится кодоимпульсная информация (см. § 1.3), в функциональных - временимпульсные преобразования (см. § 1.1), а в координатах времени без адреса перемещается информация в числоимпульсной форме (см. § 2). Аналоговые сигналы не поддаются хранению [1 - 4, 6 - 8] с заданной степенью точности из-за изменения амплитуды от временного, температурного и параметрического дрейфа. Импульсные преобразования, в особенности цифровые, не дрейфуют и позволяют перемещать фиксированные сообщения во времени [3, 4, 6, 7]. Способность цифровой информации к хранению обуславливает появление программирования структуры по функциям анализа, интеграции и синтеза информации. Хранение информации инициирует упорядоченность сообщений и, как следствие, ее анализ в процессе сбора и синтез после обработки (см. § 2.2). Программно управляемые БИС соответственно функциям сбора, выдачи, хранения и обработке дифференцировались на интерфейсы ввода-вывода [6, 8], хранения [7] и микропроцессоры [6]. Архитектура ИВВ была рассмотрена выше, ниже проанализируем архитектуры микропроцессоров и интерфейсов памяти.

Процесс хранения предполагает копирование и адресацию информации с помощью интерфейсов памяти.

6. Копирование информации - размножение, тиражирование фиксированных параметров сообщений соответственно оригиналу [4, 7]. Копирование определяет структуру интерфейсов памяти (рис. 7) согласно координатам хранения информации и длительности фиксации. Хранение в пространственных координатах (см. § 1.3) кодоимпульсной информации предполагает независимость от времени [6] (длительное хранение, долговременная фиксация) и реализуется статическими способами с помощью постоянных запоминающих устройств (ПЗУ). Оперативное хранение удобно во временных координатах в числоимпульсной форме посредством динамических способов копирования (см. § 2) на основе оперативно запоминающих устройств (ОЗУ). В функциональных координатах целесообразно хранить преобразования (см. § 1.1) во временимпульсной форме способами алгоритмического копирования с использованием репрограммируемых запоминающих устройств (РПЗУ). Как видно из циклограммы, способы статического, динамического и алгоритмического копирования соответствуют координатам хранения, длительности фиксации и схемотехнике интерфейсов памяти. Если копирование определяет структуру ИП, то правила упорядочивания координат хранения, т. е. программу, диктует процесс адресации.

7. Адресация информации - организация координат управления сообщениями по определенным правилам [4, 6, 7], т. е. задание информационной меры. Адресация упорядочивает все информационные процессы и реализуется, как правило, микропроцессором по программе, созданной оператором в интерфейсах памяти. По мере оценки информации: в качестве, количестве, по критерию различают три способа адресации: с произвольной, последовательной и ассоциативной выборкой (рис. 7). Произвольная адресация [4, 6] организуется в пространственных координатах хранения кодоимпульсной информации при статическом копировании на матрицах ПЗУ. Термин "произвольная адресация" обусловлен произволом распределения позиций кода адреса в начале программирования и произвольной выборкой комбинаций подстановок по заданному алгоритму в процессе программирования. Способы последовательной адресации (см. § 2) формируются во временных координатах хранения информации в числоимпульсной [6, 7] форме с динамическим копированием на матрицах ОЗУ. К основным способам последовательной координации сообщений относятся адресная, безадресная и стековая выборка. При последовательной адресации код адреса изменяется по линейному алгоритму в течение времени по закону убывания или возрастания. По способам произвольной и последовательной адресации извлекаются данные по адресу. Ассоциативные способы [6] по адресуемой ассоциации данных осуществляют выборку соответствующих адресов. Способы ассоциативной адресации оперируют функциональными координатами хранения информации с временимпульсным преобразованием (см. § 1.1) и алгоритмическим копированием на матрицах РПЗУ. Как видно, процессы адресации и копирования определяют архитектуру интерфейсов памяти, логично предположить, что архитектуру микропроцессоров формируют процессы управления и обработки.

8. Обработка информации - анализ измеряемых параметров и контроль состава и свойств веществ [6, 7] с заданной точностью и быстродействием. Анализ измеряемых параметров включает алгоритмы статистического расчета, коррекции и нормировки [4]. Статистические расчеты определяют математическое ожидание, дисперсию, аппроксимацию [3, 4, 7] и т. д. Коррекция [7] позволяет учитывать температурный, временной и параметрический дрейф. Нормировка [3] служит для приведения измеренных значений к нормированному диапазону и градуированию в соответствующих единицах измерения. Контроль состава и свойств веществ состоит из алгоритмов расчета исследуемых параметров, коррекции, калибровки, регулирования. Исследуемые параметры рассчитывают по измеримым значениям, связанным функционально между собой математической моделью. Калибровка позволяет скорректировать контролируемые параметры в заданном программой диапазоне с точностью эталонных материалов. Регулирование осуществляется по пропорциональному, интегральному или дифференциальному закону и функциональной зависимости управляющего воздействия от измеримых параметров.

Процесс обработки отражает гибкость и универсальность ИВВ и микропроцессора в частности. Обработка информации в ИВВ соответствует математическому обеспечению и метрологическим расчетам МС. Для микропроцессора обработка характеризует его программируемость. Способы обработки делятся в

зависимости от уровня программирования на программно управляемые, программируемые и микро программно управляемые [6]. На программном уровне микропроцессоры также классифицируются на программируемые, с программным- и микропрограммным управлением. Жесткой структуре с гибкой программой соответствуют программируемые способы обработки и микропроцессоры с хранением во временных координатах числоимпульсной (см. § 2) информации с синхронным обменом при последовательной адресации и динамическом копировании в кольце оперативной памяти. К программируемым микропроцессорам относятся числоимпульсные комплекты и реализованные на их базе - микрокалькуляторы, электронные часы и игрушки [6, 7].

По гибкой структуре с жесткой программой (см. § 1.3) создают микропроцессоры с программно управляемой обработкой информации. В них кодоимпульсная информация хранится в координатах пространства с иницируемым обменом, произвольной адресацией и статическим копированием на ПЗУ. Микропроцессоры с микро программно управляемой обработкой (см. § 1.1) в функциональных координатах хранения преобразуют времяимпульсный сигнал по асинхронному обмену. Они реализуют ассоциативную адресацию и алгоритмическое копирование на РПЗУ. Структуру ИВС и микропроцессоров определяет функция управления (см. рис. 7).

9. Управление - целенаправленная последовательность подстановок на организацию структуры по критериям точности и быстроты действия.

Целенаправленная последовательность подстановок называется программой [3, 4, 6, 7]. Программно управляемый цифровой преобразователь сигнала для выполнения функций подстановок и сравнения называется микропроцессором [6]. Подстановка - это единичный акт программы, а их последовательность организует программу [6, 7]. Функция сравнения - единичный акт оценки кода подстановки с эталонным значением по заданному критерию. Функция сравнения служит для формирования ветвления программы посредством условных и безусловных переходов. Программирование микропроцессора осуществляется за счет коммутации избыточных связей программируемой логической матрицы для организации заданной структуры, выполняющей функцию по директивам программы.

Уровень программирования зависит от уровня дифференциации управляемой функции и структуры. Например, для функций [4, 6] известна следующая иерархия: логическая функция (И, ИЛИ, НЕ) - базисная логическая функция (И-НЕ, ИЛИ-НЕ) - арифметическая функция (например, сравнение, сложение, умножение). Иерархия структуры создается по аналогии на уровне диодной, транзисторной, триггерной [7] схемы. Чем ниже дифференциация структуры, выполняется более простая функция, углубляется уровень программирования и соответственно гибкость микропроцессора. При микропрограммном управлении используются базисные функции на транзисторных программируемых матрицах. Блок управления таких микропроцессоров создают на микропрограммном уровне [7]. На программном уровне и одной подложке реализуется микропроцессор с программным [6] управлением. Более высоко интегрированы числоимпульсные [7] микропроцессоры (см. § 2), оперирующие арифметическими

функциями [6] с программированием связей на уровне БИС.

Способы управления относительно структуры и информационных процессов делятся на три типа [6, 7] соответственно координатам хранения: пространство-время-функция, - известны микропроцессоры с управлением по шине (параллельная структура), кольцевой (последовательная) структуре и магистрали (смешанная структура). Шинная структура [2 - 6] реализует обработку кодоимпульсного сигнала с программным управлением; кольцевая [7] - осуществляет программируемую обработку числоимпульсных преобразований; по магистрали [6] с обработкой на микропрограммном управлении преобразуется времяимпульсная информация.

Соответственно способам управления и микропроцессорам классифицируются структуры ИВС: шинная, кольцевая и магистральная [4, 6]. При шинной организации шины специализируются функционально-координатам управления функция-пространство-время, соответственно: информационная (данных), адресная и синхронизации (управления). Шинная структура [2 - 6] характеризуется самой высокой оперативностью и информативностью, надежностью, стоимостью, а также сложностью. В магистральной структуре [6] по двуправленной шине, объединяющей микропроцессор с интерфейсами, информация мультиплексируется последовательно во времени, функционально координатам управления. Информационные, адресные и синхронизирующие сигналы по магистрали управляют интерфейсами через микропроцессор. Характеристики магистральной структуры уступают шинной [6], но превосходят кольцевую организацию. Кольцевая структура [6, 7] является вырожденной магистральной, т. к. числоимпульсная информация циркулирует по замкнутому однопроводному контуру во временных координатах управления. Адрес во временных координатах задается аппаратно [7] по числу разрядов операционных регистров, включенных последовательно интерфейсов и микропроцессора. Регистры БИС организуют операционный контур с программируемой обработкой информации за один машинный цикл. Из-за числоимпульсного преобразования во временных координатах машинного цикла кольцевая структура самая простая и дешевая, однако другие показатели значительно уступают магистральной и тем более шинной структуре. В отличие от других, кольцевая структура на заводе-изготовителе укомплектовывается вычислительными и сервисными программами, причем программы прозрачно [7] отражают структуры микропроцессоров и просты для пользования. Стандартные программы просты в обращении и удобны для создания программного обеспечения ИВС. Низкая стоимость и простота, малое потребление энергии и прозрачность машинного языка наиболее рациональны для оперативного контроля в полевых условиях. На базе числоимпульсных БИС с кольцевой структурой серийно выпускаются бытовые, инженерные и программируемые микрокалькуляторы серии "Электроника". К программируемым калькуляторам относятся БЗ-21, 34, 49, МК-46, 51, 61, 72 [6, 7]. С магистральным управлением [6] организованы микроЭВМ серии "Электроника МК-85, 85М". По шинной структуре выпускаются микроЭВМ [2 - 6] на базе кодоимпульсных микропроцессоров с программно управляемой обработкой серии К580, Z80, K1810.

4. ИНВАРИАНТНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Архитектуры микропроцессора, интерфейсов памяти и ввода-вывода однозначно определяют друг друга (см. рис. 7) из-за взаимосвязанности информационных процессов координатам $\{R, T, \Phi\}$: пространство-время-функция, (см. § 1-3) соответствующим мере оценки информации: качество – количество – критерий.

Информационные процессы с метрологической точки зрения можно трактовать следующим образом. Гибкость архитектуры интерфейсов памяти, ввода-вывода и микропроцессоров определяют соответственно процессы адресации (см. § 3.7), измерения (см. § 3.1) и обработки (см. § 3.8), характеризующие программное обеспечение. Данным процессам соотносятся способы организации структуры: копирование (см. § 3.6), передача (см. § 3.2) и управление (см. § 3.9). Общие для ИВС процессы: хранение (см. § 3.5), преобразование (см. § 3.4) и обмен (см. § 3.3), также можно сопоставить архитектуре: интерфейсов памяти, ввода-вывода и микропроцессора (рис. 6).

С позиций метрологии адресация определяет правила копирования и хранения информации в интерфейсах памяти. Это значит, что адресация – это упорядочивание инвариантных координат по определенным правилам для копирования и хранения информации, т. е. задание меры. Процесс измерения интерфейсами ввода-вывода инициирует технологию передачи и преобразования информации в микропроцессор. Поэтому измерение – это сравнение исследуемой величины с мерой адреса для передачи и преобразования информации, т. е. извлечение исследуемой величины. При обработке в микропроцессоре по критерию принимается решение для управления и обмена информацией. Другими словами: обработка – программное управление и обмен информацией, т. е. ветвление программы по условию. Данный подход показывает неделимость информационных процессов и обеспечения. Информационные процессы интегрированы между собой и лишь с методической точки зрения дифференцированы архитектурам функциональных БИС, метрологическим средствам и математическому обеспечению ИВС. Аналогично информационное обеспечение является интегралом неделимых компонентов: математического и программного обеспечения, метрологических и аппаратных средств. Как и процессы (рис. 7), информационное обеспечение дифференцировано между блоками ИВС и с методической точки зрения интегрировано функционально архитектурам (см. рис. 6).

Это позволяет упорядочить сложный процесс проектирования ИВС, предложить интегро-дифференциальный метод, основанный на информационной концепции в виде синтеза информационного обеспечения измерительно-вычислительных систем для контроля состава и свойств веществ с заданной степенью точности и быстродействием.

Таким образом, анализ информационных процессов показывает:

- Информационные процессы определения состава и свойств веществ организуют в ИВС контур регулирования (рис. 6) функциональной циклограммой.

- Функциональная циклограмма (рис. 7) является замкнутой последовательностью информационных процессов: обмен, - преобразование - хранение - копи-

рование - адресация - обработка - управление - измерение - передача.

- Информационные процессы интегрируют компоненты: математическое и программное обеспечение, метрологические и аппаратные средства в информационное обеспечение ИВС и дифференцируют его по координатам хранения: пространство, время, функция.

- Совокупность информационных процессов адекватна полноте информационного обеспечения.

- Информационное обеспечение интегрирует информационные процессы в функциональную циклограмму и дифференцирует их по мере оценки информации: качество, количество, критерий.

- Меры оценки информационного обеспечения: качество, количество, критерий инварианты координатам хранения информационных процессов: пространство, время, функция.

- Информационное обеспечение ИВС адекватно циклограмме информационных процессов и инвариантно координатам хранения.

- Способы информационных процессов, дифференцированные по однозначным координатам хранения - инвариантны.

- Оптимальное информационное обеспечение ИВС однозначно циклограмме информационных процессов из интеграла инвариантных способов - это необходимое условие проектирования ИВС для определения состава и свойств веществ.

- Заданная степень точности определяется достаточным условием - оптимизация параметров информационного обеспечения параметрам контроля по заданным критериям.

Следовательно, циклограмма (рис. 7) является матрицей информационного обеспечения ИВС адекватного информационным процессам контура регулирования (рис. 6) и может служить операционной матрицей проектирования оптимальной архитектуры МИП, организованной из соответствующих интерфейсов и микропроцессора.

Архитектура ИВС с хранением информации в координатах времени приведена на уровне обобщенной схемы (рис. 6а), функциональных схем, дифференцированной по функциям (рис. 6) и с кольцевой структурой (рис. 1).

ВЫВОДЫ

1. На основании математического, программного и структурного моделирования при проектировании ИВС экспресс- для контроля предложены оперативные способы преобразования и регистрации информации.

2. Разработаны новые способы время-, число-, кодо-импульсного преобразования сигналов с повышенным быстродействием, показывающие улучшение характеристик от синхронного к асинхронному и релаксационному обмену.

3. Созданы новые способы ввода, копирования и вывода информации для ИВС и микропроцессорных оснасток, реализуемых на базе числоимпульсных программируемых микрокалькуляторов с кольцевой структурой.

4. Из анализа информационных процессов в базисных структурах и в контуре регулирования ИВС показана инвариантность способов реализации информации и архитектуры системы, прибора, интерфейсов.

5. Систематизированы в операционную матрицу проектирования информационные процессы и обеспечение с инвариантными способами и архитектурой, что позволяет архитектуре прототипа сопоставить симметричную схему замещения и модель в инвариантных координатах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гитис Э.И., Пискулов Е.А. Аналого-цифровые преобразователи. М.: Энергия, 1981. 360 с.
2. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергоатомиздат, 1980. 304 с.
3. Электрические измерения / Под ред. А.В. Фремке и Е.Д. Душина. Л.: Энергия, 1980. 392 с.
4. Чернявский Е.А., Недосекин Д.Д., Алексеев В.В. Измерительно-вычислительные средства автоматизации производственных процессов. Л.: Энергоатомиздат, 1989. 272 с.

5. Яблонский Ф.И., Троцкий Ю.В. Средства отображения информации. М.: Высш. шк., 1985. 200 с.
6. Герасимов Б.И., Гликин Е.И. Микропроцессорные аналитические приборы. М.: Машиностроение, 1989. 248 с.
7. Герасимов Б.И., Гликин Е.И. Микропроцессоры в приборостроении. М.: Машиностроение, 1997. 246 с.
8. Гликин Е.И. Схемотехника БИС: автоматические интерфейсы ввода-вывода. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1997. 72 с.
9. Гликин Е.И. Схемотехника СИС: проектирование дешифратора и мультиплексора, счетчика и регистра. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1997. 49 с.
10. Схемотехника ИС: комбинационные и последовательностные логические преобразователи / Е.И. Гликин, С.В. Кирьянов, С.В. Петров. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1997. 28 с.

Поступила в редакцию 1 сентября 1998 г.