

7. Ефимов В. М. Ошибки измерения интервалов времени при использовании операции усреднения.— «Автометрия», 1971, № 4, с. 21—25.
8. Глинченко А. С., Чмых М. К. Некоторые результаты исследования погрешности многократного несинхронизированного квантования от соотношения частот сигнала и квантования.— «Автометрия», 1976, № 2, с. 111—113.
9. Глинченко А. С., Чмых М. К., Кузнецкий С. С. Влияние параметров квантующих импульсов, импульсов фазовых интервалов и схемы совпадений на погрешность цифровых фазометров.— В кн.: Тонкие магнитные пленки, радиотехника, вычислительная техника. Т. 1. Красноярск, изд. ИФ СО АН СССР, 1972, с. 163—169.
10. Глинченко А. С., Чмых М. К., Кузнецкий С. С. Влияние конечной длительности квантующих импульсов на погрешность измерения цифровых фазометров с время-импульсным преобразованием.— В кн.: Тонкие магнитные пленки, радиотехника, вычислительная техника. Т. 1. Красноярск, изд. ИФ СО АН СССР, 1972, с. 170—176.
11. Чмых М. К. Погрешность квантования в цифровых фазометрах с модуляцией частоты счетных импульсов.— «Изв. высш. учеб. заведений. Радиоэлектроника», 1973, № 2, с. 47—51.
12. Чмых М. К., Панько С. П. О случайной погрешности при цифровых измерениях интервалов времени.— «Изв. высш. учеб. заведений. Приборостроение», 1972, № 8, с. 15—19.
13. Панько С. П., Чмых М. К. Погрешность многократного квантования коррелированно флуктуирующих интервалов времени.— В кн.: Тонкие магнитные пленки, радиотехника, вычислительная техника. Т. 1. Красноярск, изд. ИФ СО АН СССР, 1971, с. 8—12.
14. Чмых М. К., Глинченко А. С. Ошибки цифрового измерения длительности с флуктуирующими фронтами при оптимальном квантовании.— «Метрология», 1975, № 11, с. 57—65.
15. Билинский И. Я., Микельсон А. К., Немировский Р. Ф. Применение случайных потоков с ограниченным последствием для квантования интервалов времени.— АВТ, 1974, № 6, с. 79—85.
16. Немировский Р. Ф. Коррелированное квантование повторяющихся интервалов времени случайными потоками с ограниченным последствием.— АВТ, 1975, № 2, с. 48—54.
17. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. М., Физматгиз, 1961.

Поступила в редакцию 4 июля 1977 г.

УДК 681.3.06 : 681.322

А. Е. ПОДЗИН

(Кишинев)

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТУРНЫМИ СРЕДСТВАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ

Традиционные методы решения задач управления процессами контроля электронной аппаратуры в автоматизированных системах на базе ЭВМ в настоящее время не всегда удовлетворяют требованиям производства. Если организацию аппаратуры таких систем по магистрально-модульному принципу можно считать установившейся, то программные средства (языки программирования и их реализации) еще находятся на стадии разработки и исследования. Трудности, связанные с созданием программного обеспечения, объясняются в первую очередь тем, что программно-управляемые блоки (модули) (ПБ) аппаратуры систем контроля выбираются в зависимости от характеристик объекта контроля (ОК), видов его испытаний и, как правило, требуют специализированных управляющих воздействий по обмену информацией с ЭВМ. Поэтому задача управления программно-управляемыми блоками систем и различными контрольно-измерительными приборами, включенными в состав систем, решается в основном на уровне языка Ассемблер используемых ЭВМ или на уровне Макроассемблеров, ориентированных на описание процессов управления в системах с заданной

организацией магистрали управления. Примерами таких систем программирования могут служить системы, рассмотренные в работах [1, 2].

Более современными являются системы программирования, включающие специализированные или расширенные проблемно-ориентированные (ФОКАЛ, БЕЙСИК) языки высокого уровня и диалоговые трансляторы интерпретирующего типа [1, 3—5]. Однако данные системы программирования по-прежнему характеризуются относительно жесткой привязкой их к конкретным конфигурациям структуры аппаратных ПБ или к конкретной организации магистрали управления. Это объясняется тем, что программные модули управления конкретными аппаратными блоками по-прежнему описываются на уровне языка Ассемблер и вызываются управляющей программой для исполнения, когда в этом появляется необходимость. Изменение состава аппаратных блоков обязывает соответственно изменить и состав программных модулей.

Представляется целесообразным рассмотреть еще один из возможных подходов создания программных средств управления для систем с произвольным составом аппаратных блоков и гибкого его изменения в зависимости от конкретных задач системы. Основной идеей подхода является то, что несмотря на кажущуюся индивидуальность видов управления каждым ПБ возможна их систематизация независимо от конкретной реализации блока или магистрали управления системы и на ее основе разработка универсального программного обеспечения. Это обстоятельство позволяет создать фиксированный набор программных модулей, реализующих заданные виды управления по обмену информацией между ЭВМ и ПБ, ее предварительную обработку и жестко включить эти модули в интерпретирующую программу. Установление однозначного соответствия между конкретным ПБ, подключенным к системе, и интерпретатором может быть осуществлено при генерации системы, которая заключается в сообщении интерпретирующей программе вида управления, необходимых исходных данных для формирования кода управления и информации о режиме обмена, или, другими словами, основных паспортных данных ПБ. К этому следует добавить, что языковые средства программирования процессов управления аппаратурой систем и обработки информации должны быть простыми и оперировать терминами, наиболее привычными инженерам.

Виды управления ПБ. Любой входящий в аппаратуру системы ПБ предназначен или для генерирования (формирования) некоторого воздействия на вход ОК, или для измерения параметра сигнала на его выходе. В общем случае программно-управляемый функционально-завершенный блок представляет собой сложное устройство, характеризующееся рядом параметров*, которыми необходимо управлять или вводить информацию об их значениях в ЭВМ. Так, например, программно-управляемый источник питания может характеризоваться такими параметрами, как значение выходного напряжения, уровень срабатывания защиты по току нагрузки, программное управление его выключением-включением и т. д. Для обеспечения гибкого управления такими ПБ необходимо предусматривать независимое управление каждым параметром в отдельности как при вводе, так и при выводе информации. Такое разделение всех операций обмена только на операции ввода и операции вывода не противоречит истинному положению дел и позволяет более четко определить виды передаваемой на ПБ управляющей информации и вводимой с них информации в ЭВМ.

Анализ различных ПБ показывает, что информацию, передаваемую из ЭВМ для их управления, можно разделить на 4 группы и в соот-

* Под параметром ПБ понимается любая физическая величина в выбранных единицах измерения, определяющая его техническое состояние.

ветствии с этим выделить 4 различных вида управления программируемыми параметрами.

Командное управление. Этот вид управления предполагает только передачу на заданный ПБ некоторого одиночного сигнала, который определяет начало или окончание какого-либо действия. Примерами такого вида управления могут быть: сигнал, инициирующий начало измерения для измерительного прибора; начало испытания; включение или отключение источника питания и т. д. В этом случае не требуется генерирования каких-либо кодов управления и передачи их на ПБ.

Управление фиксированными наборами кодов. Этот вид управления удобно использовать, когда коды управления значениями программируемого параметра представляют собой произвольный фиксированный набор, функционально не связанный явным образом со значениями параметра. В этом случае на ПБ должен передаваться из ЭВМ один из кодов набора, которому однозначно соответствует требуемое значение программируемого параметра. В качестве примера такого управления можно привести программно-управляемый генератор фиксированного набора частот 1 Гц, 200 кГц, 1 МГц, которым присваиваются соответственно коды управления 2351₈, 0141₈ и 3127₈.

Позиционное управление. Данный вид управления предполагает формирование и передачу на ПБ кода управления, каждый разряд которого определяется путем вычисления булевых функций над разрядами некоторых кодов, принятых в качестве операндов. Если предыдущий вид управления оперирует кодами, разрядность которых соответствует разрядности слова обмена информацией ЭВМ с внешними устройствами (ВУ), то в данном случае число разрядов в коде управления равно n и зависит только от реализации ПБ. При n больше числа разрядов в слове полный n -разрядный код управления передается на ПБ несколькими словами. Исходя из специфики обмена информацией между ЭВМ и ВУ, полный n -разрядный код управления передается и тогда, когда значения кода управления определяются лишь для некоторых разрядов из n , а значения остальных разрядов сохраняют первоначальные значения.

Такое управление ПБ является одним из наиболее распространенных и широко используется при управлении процессами контроля цифровой электронной аппаратуры [6]. Этим же видом управления удобно пользоваться и во многих других случаях, когда требуется формирование кодов управления произвольной разрядности, а каждый разряд отвечает за управление определенными действиями ПБ. Так, если условиться, что значение «1» в некотором разряде означает включение соответствующего источника питания, а «0» — его выключение и таких источников n , то с помощью позиционного управления можно обеспечить их гибкое, параллельное управление.

Управление линейно-изменяемыми параметрами. Данный вид управления предусматривает формирование и передачу на ПБ кода, который связан со значением программируемого параметра линейной или кусочно-линейной зависимостью. В этом случае для формирования кода управления необходимы следующие данные о программируемом параметре: его минимальное и максимальное значения, значение шага дискретности, максимальное число шагов дискретности на одном поддиапазоне, а также значение коэффициента изменения величины шага дискретности при переходе с одного поддиапазона на другой. Эти данные о программируемом параметре ПБ должны быть сообщены интерпретирующей системе ЭВМ при генерации системы, а пользователю необходимо указать только требуемое значение параметра. К этому следует добавить, что линейная зависимость между кодом управления и значением программируемого параметра наиболее просто реализуема аппаратно для большинства электрических параметров, имеющих

размерности (напряжение, сила тока, сопротивление, время и т. п.) [7, 8].

Рассматриваемый вид управления наиболее широко используется при управлении параметрами ПБ, реализующих функции «код — аналог». При этом предполагается, что код управления параметром должен передаваться на соответствующий ПБ одним словом ЭВМ. В том случае, когда на ПБ требуется передать одним словом ЭВМ коды управления несколькими параметрами, следует воспользоваться позиционным управлением, которое обеспечивает формирование слова управления путем комбинации разрядов исходных кодов управления.

Описанные выше виды управления относятся только к формированию и передаче на ПБ соответствующих кодов управления значениями параметров, и они, естественно, не могут использоваться для ввода информации в ЭВМ и ее преобразования в формат, удобный для последующей обработки. В отличие от видов передаваемой информации на ПБ вводимую в ЭВМ информацию можно разделить на две группы. К первой группе относится информация, которая представлена позиционным кодом и характеризуется в основном числом разрядов вводимого слова. При этом в зависимости от типа используемой ЭВМ вся необходимая информация может быть введена несколькими словами. Введенная информация запоминается в памяти ЭВМ и обработка ее может осуществляться с помощью тех же логических операций, что и при формировании кодов позиционного управления.

Ко второй группе относится информация, которая вводится в ЭВМ одним словом и представляет собой выходной код преобразователя «аналог — код». Предварительная обработка такой информации заключается в преобразовании введенного кода в численное значение измеренного параметра. Такая обработка вводимой информации представляет собой преобразование, обратное тому, которое выполняется при формировании кода управления линейно-изменяющимися параметрами.

При рассмотрении видов обмена информацией между ЭВМ и ПБ основное внимание было уделено формированию кодов управления и преобразования информации. Наряду с этим при управлении ПБ важное значение имеют режимы обмена информацией, которые определяются для каждого программируемого параметра в зависимости от реализации ПБ. Поэтому соответствующие программные модули, обеспечивающие формирование и передачу кодов управления на ПБ, должны учитывать и режимы обмена. Наиболее распространенными режимами обмена являются безусловный, условный и по прерыванию, которые относятся как к вводу информации в ЭВМ, так и к ее выводу. Настройка программных модулей на соответствующий режим обмена должна осуществляться при генерации системы с учетом конкретного режима обмена каждого программируемого параметра. Безусловный режим обмена предусматривает передачу (ввод) информации независимо от готовности ПБ к обмену и применяется, как правило, к быстродействующим ПБ. Обмен информацией по условию позволяет синхронизировать моменты передачи (ввода) информации с готовностью ПБ к обмену, и в этом случае возможны два варианта, при одном из которых условие готовности требуется проверять до обмена, а в другом — после обмена. Режим прерывания позволяет организовать эффективный обмен информацией между ЭВМ и ПБ в моменты времени, определяемые запросами ПБ.

Исходя из изложенного, для организации управления обменом информацией между ЭВМ и ПБ в системах автоматизированного контроля достаточно в программное обеспечение ввести всего шесть программных модулей, которые ориентированы на соответствующий вид управления или ввода. В табл. 1 систематизированы виды управления и указано, какая информация должна быть сообщена соответствующему мо-

Т а б л и ц а

Вид управления	Данные для формирования кода управления	Информация для передачи кода управления на ПБ
Командное управление	—	а) Режим передачи б) Адрес ПБ
Управление фиксированными наборами кодов	а) Таблица имен служебных слов б) Таблица фиксированных кодов управления	»
Позиционное управление	Число разрядов кода управления	а) Режим передачи б) Список адресов ПБ
Управление линейно-изменяющимися параметрами	а) Минимальное значение параметра б) Максимальное значение параметра в) Значение шага дискретности г) Коэффициент изменения величины шага дискретности д) Число шагов дискретности на поддиапазоне	а) Режим передачи б) Адрес ПБ

дулю при генерации системы в зависимости от характеристик программируемого параметра.

Соответствующие данные для программных модулей ввода и предварительной обработки информации представлены в табл. 2.

Исходными данными для обращения к соответствующему программному модулю управления или для ввода информации является имя параметра, которое присваивается при генерации системы.

Программные средства описания обмена информацией между ЭВМ и ПБ. Набор предложенных видов управления ПБ и ввода информации положен в основу реализации системного программного обеспечения (язык программирования ТЕСТ и диалоговый транслятор интерпретирующего типа) для автоматизированных систем контроля электронной аппаратуры. Разработанный язык является языком директив с операторным предшествованием. Для описания процессов формирования кодов управления и передачи их на ПБ введен оператор ЗАДАТЬ, а для ввода информации — оператор ВВЕСТИ. Основные формы записи операторов в зависимости от видов управления или ввода представлены ниже.

Т а б л и ц а 2

Вид вводимой информации	Данные для предварительного преобразования введенной информации	Данные для ввода информации в ЭВМ
Позиционный код	Число разрядов позиционного кода	а) Режим ввода б) Список адресов ПБ
Двоичный или двоично-десятичный код	а) Минимальное значение параметра б) Максимальное значение параметра в) Значение шага дискретности г) Число шагов дискретности на поддиапазоне д) Коэффициент изменения величины шага дискретности	а) Режим ввода б) Адрес ПБ

Общая форма записи командного управления следующая:

ЗАДАТЬ {имя параметра ПБ}.

Например, для запуска цифрового вольтметра в качестве имени параметра ПБ можно выбрать имя ЗВ, которое определено пользователем при генерации системы. В этом случае операция запуска вольтметра в программе будет записана так: ЗАДАТЬ ЗВ.

Общая форма записи управления фиксированными наборами кодов следующая:

ЗАДАТЬ {имя параметра ПБ} = {служебное слово}.

Служебное слово в данной записи соответствует одному из фиксированных кодов управления программируемым параметром и вводится при генерации системы так же, как и соответствующий ему код управления. Такая запись выбрана только для удобства пользователя. Так, для примера, рассмотренного при описании управления фиксированными наборами кодов, задание частоты можно записать следующим образом:

ЗАДАТЬ Ч=Ч2,

где Ч — имя параметра частоты, а Ч2 — служебное слово, соответствующее коду 0141₈.

Общую форму записи позиционного управления можно представить так:

ЗАДАТЬ {имя параметра ПБ} = {знак логической операции}
{область определения}.

Указанная в записи логическая операция выполняется над разрядами позиционного кода, номера которых перечислены в области определения. В языке можно использовать широкий набор логических операций, включающий такие операции, как конъюнкция, дизъюнкция, инверсия и другие. Например, запись в программе ЗАДАТЬ ТВ = —[1/3—5] означает, что следует произвести инвертирование значений 1-го, 3-го и 5-го разрядов кода управления и передать его на ПБ для управления некоторым параметром ТВ.

Управление линейно-изменяемыми параметрами на языке ТЕСТ записывается следующим образом:

ЗАДАТЬ {имя параметра ПБ} = {численное значение параметра}
{единица измерения}.

Например, запись ЗАДАТЬ И1 = —51.3 МВ означает, что следует сформировать требуемый код управления в соответствии с паспортными данными параметра И1 и передать его на ПБ.

Для ввода информации с ПБ в ЭВМ независимо от вида вводимой информации в языке используется следующая запись:

ВВЕСТИ {имя вводимого параметра}.

При этом предварительная обработка информации и ее упаковка в памяти ЭВМ осуществляются в соответствии с паспортными данными ПБ.

Заключение. Предложенный подход к организации управления ПБ систем автоматизированного контроля электронной аппаратуры реализован в программном обеспечении, которое используется в системах с различным набором ПБ. Диалоговый транслятор с проблемно-ориентированного языка ТЕСТ реализован на ЭВМ «Электроника-100И», занимает 3,5 К памяти ЭВМ и рассчитан на работу с любым объемом

ОЗУ (4÷32 К). В настоящее время начаты работы по реализации трансляторов интерпретирующего типа с этого языка для ЭВМ М-400, М-6000 и СМ ЭВМ.

Язык ТЕСТ включает 18 операторов, которые позволяют эффективно отлаживать программы контроля, описывать процессы управления произвольным составом аппаратурных блоков систем и программировать задачи обработки информации в системах контроля и диагностики любой электронной аппаратуры (цифровой, аналоговой и аналого-цифровой). Кроме того, он может найти применение также в различных АСУ ТП и в системах автоматизации научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бредихин С. В., Песляк П. М. Средства программирования для САМАС.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 39—50.
2. Песляк П. М., Талныкин Э. А. Язык системного программирования для мини-ЭВМ.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 50—61.
3. Талныкин Э. А. Модульное программирование в задачах сбора и обработки экспериментальных данных.— «Автометрия», 1976, № 1, с. 65—72.
4. Бредихин С. В., Песляк П. М. Методы программирования систем САМАС с помощью вычислительных машин класса PDP-8.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. (Материалы Всесоюзной конференции.) Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1977, с. 88—90.
5. Головач В. И., Котельников Ю. Н. Каут — специализированный язык для группового управления процессами.— «Упр. сист. и маш.», 1976, № 2, с. 66—73.
6. Буровцев В. А., Ибрагимов К. Ш., Подзин А. Е. Управляемая малой ЭВМ система аппаратно-функционального контроля цифровых схем.— «Упр. сист. и маш.», 1976, № 3, с. 44—48.
7. Белов В. М., Буровцев В. А., Ибрагимов К. Ш., Подзин А. Е. Специализированный входной язык системы контроля БИС ЗУ.— «Автометрия», 1975, № 1, с. 80—86.
8. Ибрагимов К. Ш., Кириленко Б. З., Клиторин И. Ф., Подзин А. Е. Математическое обеспечение АСУ ТП контроля электронной аппаратуры.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. (Материалы Всесоюзной конференции.) Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1977, с. 196—200.

Поступила в редакцию 15 декабря 1977 г.

УДК 621.375.132.087.9

В. Е. БУТТ, Б. Н. ПАНКОВ

(Новосибирск)

ОПЕРАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА С МНОГОКАНАЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

В системах сбора и обработки измерительной информации широко используются операционные устройства (ОУ), у которых выходная величина (напряжение, ток) связана со входной линейной функцией, определяемой параметрами элементов цепи обратной связи (ОС). В повышении точности и расширении частотного диапазона ОУ имеются известные ограничения, связанные с обеспечением устойчивости. В определенной мере преодолеть эти ограничения позволяют методы структурной коррекции, предполагающие введение дополнительных каналов передачи сигнала и обеспечивающие при этом улучшение как статических, так и динамических характеристик ОУ [1, 2].

Цель настоящей работы — показать возможности применения некоторых методов структурной коррекции при построении ОУ, отличающихся стабилизируемым параметром (напряжение или ток), спосо-