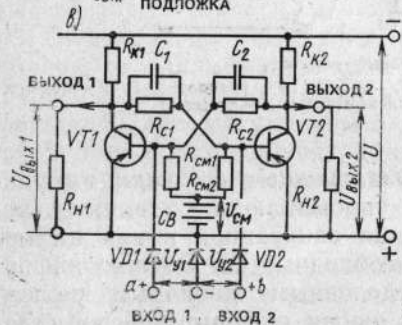
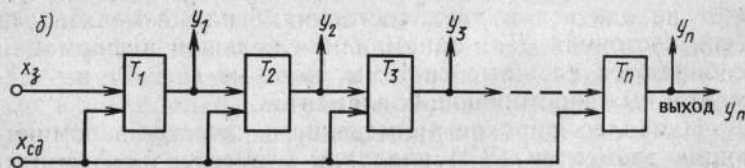
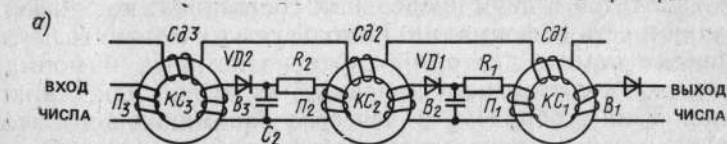


46. Кратковременные запоминающие элементы
 а — ферритовое кольцо и его магнитная характеристика; б — элемент с магнитной пленкой; в — симметричный триггер



47. Счетчики импульсов
 а — счетчик импульсов на ферритовых кольцах; б — блок-схема счетчика на триггерах



стрелки (до индукции насыщения $-B$). В считывающей шине индуцируется сигнал I_n , который и является выходной информацией. Если бы информация не была записана, то при подаче импульса тока опроса I_o изменение магнитной индукции было бы чрезвычайно мало

ΔB . В результате этого в считывающей шине импульс тока I_n равнялся бы нулю.

Вместо ферритовых колец широко применяют магнитные пленки, в результате чего значительно упрощается технология изготовления ячейки памяти, так как при этом используется печатный монтаж ячеек на проводниках в виде магнитного слоя, напыляемого на записывающую и считывающую шины (рис. 46, б). Такое устройство пленочного элемента обладает всеми качествами ферритового кольца: запись информации производится по шине записи $W_{зап}$, считывание — обмоткой W_T , вывод информации — на шину $W_{вых}$. Существенный недостаток магнитных запоминающих элементов — их относительная инерционность. Поэтому более широкое применение находят полупроводниковые запоминающие элементы, отличающиеся высоким быстродействием. Их основу составляют триггеры.

Триггером называется переключающее устройство, которое сколь угодно сохраняет одно из двух своих состояний устойчивого равновесия и скачкообразно переключается из одного состояния в другое по сигналу извне. Триггеры выполняются на электронных лампах, газоразрядных или полупроводниковых приборах.

На рис. 46, в показан симметричный триггер. В его схеме имеются два одинаковых полупроводниковых триода $VT1$ и $VT2$, включенных по схеме с общим эмиттером. Оба триода соединены перекрестно цепями положительной обратной связи: коллектор триода $VT1$ связан через резистор связи $R_{с1}$ и емкость C_1 с базой триода $VT2$, а коллектор триода $VT2$ через резистор связи $R_{с2}$ и емкость C_2 с базой триода $VT1$. На базы обоих триодов через резистор $R_{см}$ подается положительный потенциал $U_{см}$ от источника смещения GB . Напряжение смещения $U_{см}$ при отсутствии управляющего сигнала обеспечивает надежное запертие одного из триодов.

Питающее напряжение подается на коллекторы и эмиттеры обоих триодов, при этом в коллекторные цепи триодов $VT1$ и $VT2$ включены резисторы $R_{к1}$ и $R_{к2}$.

Триггер имеет два входа a и b (базы триодов) и два выхода 1 и 2 (коллекторы триодов). Он может занимать два устойчивых состояния, при которых выходное напряжение подается на одно из двух подключенных к его выходам нагрузочных резисторов $R_{н1}$ или $R_{н2}$.

При открытии и закрытии каждого триода напряже-

ние на его коллекторе скачкообразно меняется. Эти изменения используются в качестве выходных импульсов, подаваемых на нагрузочные сопротивления. При включении триггера в работу и подаче на него питающего напряжения U он самостоятельно принимает одно из устойчивых состояний и находится в нем до тех пор, пока на один из его выходов a или b не будет подан управляющий сигнал.

Регистр сдвига (счетчик импульсов) на ферритовых кольцах (рис. 47, а) работает следующим образом. В начальном состоянии все ферритовые кольца намагничены, например, против часовой стрелки, что соответствует отсутствию информации, т. е. 0. При подаче импульса записи на обмотку P_3 кольцевой сердечник (феррит) KC_3 перемагничивается по часовой стрелке, при этом диод $D2$ закрыт и возникающая при этом ЭДС в обмотке B_3 не создает тока. При подаче импульса спроса в сдвигающую обмотку $Cd3$ сердечник перемагничивается против часовой стрелки, в обмотке возникает ЭДС, диод $VD2$ открывается и ток заряжает конденсатор C_2 . Разряд конденсатора на обмотку P_2 второго кольцевого сердечника намагничивает его по часовой стрелке. При подаче следующего сдвигающего импульса произойдет перемагничивание другого кольцевого сердечника и т. д. Таким образом записанная информация «бежит» по регистру сдвига по мере подачи импульсов в сдвигающую обмотку.

Недостатком таких счетчиков является их значительная инерционность.

Счетчик импульсов с триггерными запоминающими элементами (см. рис. 46, в) можно собрать по схеме, показанной на рис. 47, б, которая представляет цепочку триггеров $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$. Запись сигнала X_3 подается на вход первого триггера T_1 , при этом на его входе возникает положительный потенциал, который не воздействует на T_2 . Таким образом, в счетчике зафиксировано двоичное число 100—0. После этого поступает сдвигающий импульс $x_{сд}$, который перебрасывает T_1 в исходное состояние и, вследствие возникающего при этом отрицательного потенциала, перебрасывает T_2 в состояние положительного потенциала на его выходе. Произошел сдвиг числа 010—0. Следующий сдвигающий импульс переместит сигнал далее, в другой триггер (ячейку), и т. д. После n сдвигающих импульсов на выходе счет-

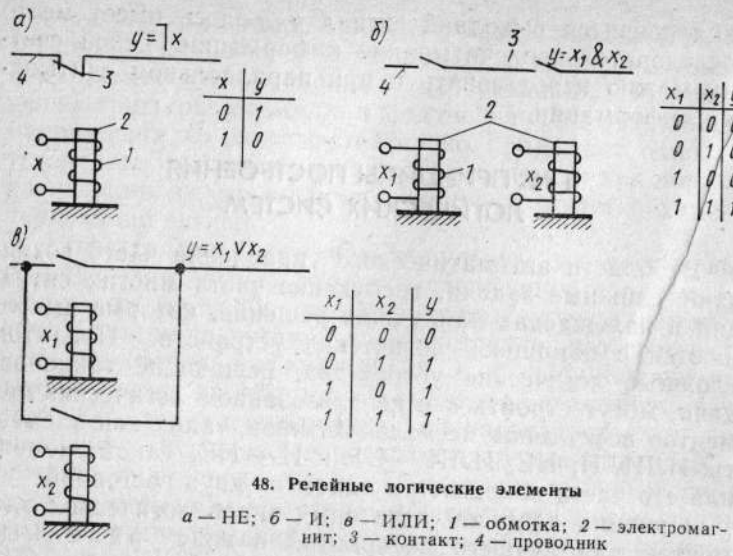
чика появится выходной сигнал y_n . Здесь имеет место последовательное считывание информации. Такой счетчик можно использовать и при параллельном считывании информации.

§ 18. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В области автоматического управления часто возникают сложные задачи, требующие учета многих ситуаций и нахождения наилучших решений, которые выполняются с помощью логических устройств. При этом сложные логические устройства, решающие такие задачи, могут строиться с использованием логических элементов всего лишь нескольких типов, таких как элементы ИЛИ, И, НЕ, ИЛИ—НЕ и И—НЕ. Такой элемент или его части находятся в одном из двух состояний.

Принцип действия некоторых типов логических элементов для лучшего восприятия в виде релейных эквивалентов условно показан на рис. 48. Элемент, выполняющий логическую операцию отрицания, — это элемент НЕ (рис. 48, а). При пропускании электрического тока через обмотку 1 электромагнита 2 к нему притягивается контакт 3 и ток в проводнике 4 прерывается. Здесь x — наличие или отсутствие тока в обмотке 1, а y — в проводнике 4. Если ток протекает, то x и y равняются единице, а если нет, то нулю. Эта зависимость показана в таблице под рис. 48, а. Она условно записывается в виде $y = \bar{x}$. Величина y является функцией от x . Это значит, что сигнал y на выходе элемента имеется только при отсутствии сигнала на входе x , и наоборот. Такие переменные величины называются булевыми переменными; функции такого рода тоже называются булевыми функциями. Название дано в честь создателя булевой алгебры — английского математика Дж. Буля, отца известной писательницы Э. Л. Войнич, автора романа «Овод».

Двумя другими элементами, изображенными на рис. 48, реализуются функции от двух других булевых переменных. Элемент, показанный на рис. 48, б, отличается от ранее рассмотренного тем, что здесь имеются два электромагнита 2 и два замыкающих контакта 3, размыкающих проводник 4, когда ток не пропускается через обмотки 1 одного и другого электромагнита. Если

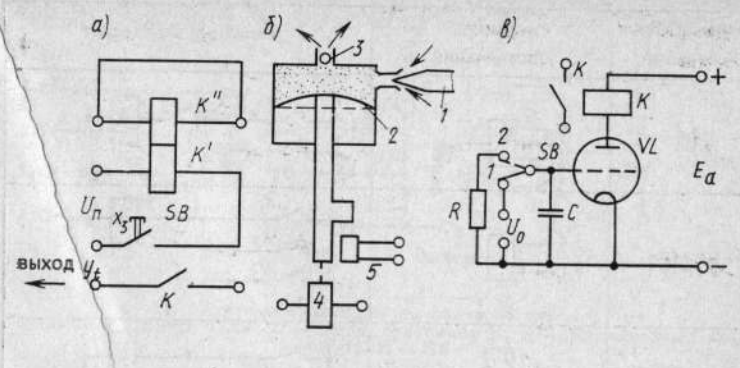


ток протекает по обмоткам 1 и в проводнике 4, то это обозначается соответственно как $x_1=1, x_2=1, y=1$, а если тока нет, как $x_1=0, x_2=0, y=0$. Функциональная зависимость между y и x_1 и x_2 определяется так, как указано в таблице, расположенной справа от схемы. Данная функция, для которой принято обозначение $y = x_1 \& x_2$ (логическое умножение), имеет специальное название: *конъюнкция*. Так как $y=1$ только в том случае, если $x_1=1$ и $x_2=1$, то элементы этого типа называются *элементами И*.

На рис. 48, в показан элемент, при работе которого $y=1$, если $x_1=1$ или $x_2=1$ либо обе эти переменные равны 1. Он называется *элементом ИЛИ*. Выполняемая им логическая функция (логическое сложение), обозначаемая $y = x_1 \vee x_2$, тоже имеет особое название: *дизъюнкция*.

В качестве логических элементов в системах автоматики применяются также различные реле времени.

В качестве простейшего реле времени можно использовать двухобмоточное *электрохимическое реле* (рис. 49, а). При подаче сигнала записи информации x_3 контакт реле K срабатывает с некоторым запаздыванием, так как в короткозамкнутой обмотке K'' находится противоземлюющая сила, которая «сдерживает» на-



49. Реле времени

а — двухобмоточное; б — пневматическое; 1 — дроссель; 2 — мембрана; 3 — обратный клапан; 4 — электромагнит; 5 — микровыключатель; в — электронное

растание тока в катушке K' . Время задержки составляет 1,5—2 с. При отключении катушки реле от источника питания U_n наблюдается обратная картина, и контакт реле с некоторым запаздыванием (5—8 с) обесточивает *цепь управления Y(t)*.

Работа *пневматического реле времени* сводится к следующему. При записи информации подается импульс тока в электромагнит, который срабатывает и штангой прогибает мембрану (рис. 49, б). Воздух из камеры выбрасывается через обратный клапан. По окончании действия электромагнита мембрана стремится занять устойчивое положение. В камере создается разрежение и воздух засасывается через дросселируемое отверстие. Скорость движения мембраны в исходное положение зависит от количества воздуха, поступающего через это дросселируемое отверстие. Как только мембрана со штангой займет нижнее положение, срабатывает микровыключатель (закрывает цепь), и на выходе (через определенное время с начала подачи сигнала записи) появляется сигнал информации. Регулировка времени срабатывания таких реле составляет 0,5—180 с.

Электронное реле времени (рис. 49, в) состоит из электронной лампы VL , конденсатора C , резистора R , электрохимического реле K и ключа SB . Работа реле сводится к следующему: при замыкании контактов ключа (положение 1) лампа заперта отрицательным потенциалом опорного напряжения U_0 . Этим же потенциалом

НАИМЕНОВАНИЕ ФУНКЦИИ	УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ	РЕЛЕЙНЫЙ ЭКВИВАЛЕНТ
И		
ИЛИ		
НЕ		
ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ		

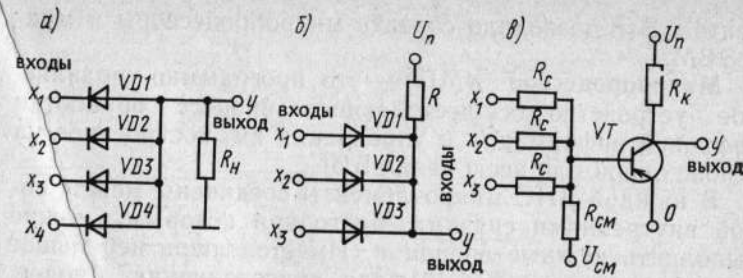
50. Основные логические элементы

заряжен и конденсатор C . Для записи информации контакт ключа перебрасывается в положение 2. При этом конденсатор начинает разряжаться на резистор R . Потенциал сетки лампы повышается до 0, и лампа отпирается. В ее анодной цепи начинает протекать ток, и реле срабатывает. Время с начала подачи сигнала записи (переброс ключа) до срабатывания реле определяется емкостью конденсатора C , резистором R , а также опорным напряжением U_0 .

Перечисленные логические элементы и их условные обозначения показаны на рис. 50. Они могут быть созданы с помощью контактных электромагнитных реле (см. рис. 48 и 49) или на полупроводниках.

Бесконтактные полупроводниковые логические элементы показаны на рис. 51. При подаче сигнала на любой из входов x_1, x_2, x_3, x_4 схемы ИЛИ на выходе появляется сигнал y . Для получения сигнала на выходе элемента И (его диоды включены противоположным образом) необходимо подать «запирающий» сигнал на все входы схемы.

Транзисторный элемент ИЛИ — НЕ (рис. 51, в) представляет собой инвертор с тремя входами, выпол-



51. Логические элементы на полупроводниках: а — диодный элемент ИЛИ; б — диодный элемент И; в — транзисторный элемент ИЛИ — НЕ

ненными на сопротивлениях. При сигнале 0 на всех входах транзистор закрыт, а на выходе имеется отрицательный потенциал (сигнал 1). При подаче хотя бы на один из входов сигнала 1 транзистор открывается и сигнал на выходе становится равным 0. Коллекторный резистор используют при работе с другими элементами.

Пневматические логические элементы можно выполнить с помощью струйной техники. Они имеют преимущества перед электронной и поэтому применяются в объектах, имеющих высокую тепловую напряженность либо агрессивную или токопроводящую среду.

§ 19. МИКРОПРОЦЕССОРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИКИ

При изготовлении элементов и устройств логического действия способом интегральных схем в миниатюрной пластинке (кристалле) размещается множество транзисторов, диодов и резисторов. С их помощью выполняют различные логические функции. Эти же составные компоненты интегральных схем используют и для запоминания сигналов.

Микроэлектронные интегральные схемы являются базой для современных электронно-вычислительных машин (ЭВМ), которые благодаря им стали более дешевыми, надежными и малогабаритными. В основном это достигнуто за счет освоения технологии создания больших микроэлектронных интегральных схем (БИС). Каждая БИС представляет собой кристалл размером всего в несколько квадратных миллиметров, в котором сосредоточены десятки тысяч полупроводниковых эле-

ментов. Это позволило создать микропроцессоры и микроЭВМ.

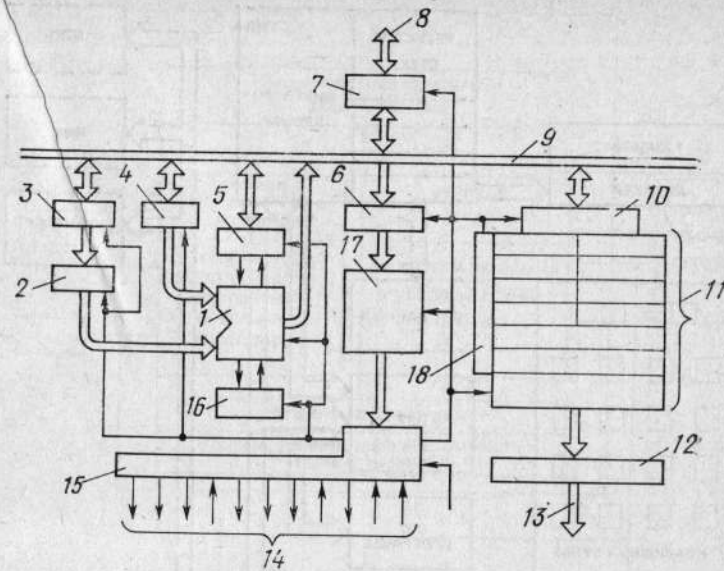
Микропроцессор (МП) — это программно-управляемое устройство, осуществляющее процесс обработки цифровой информации и управления им, построенное на основе одной или нескольких БИС.

В каждой БИС микроэлементы соединены между собой внутренними связями, благодаря которым можно выполнить нужные операции. Имеется лишь небольшое число контактов (20—40) для присоединения отводов, служащих для ввода и вывода информации и внешнего управления работой БИС. Вместе с контактами БИС монтируют в корпусе, и в таком виде МП пригоден для использования в вычислительной системе или системе автоматического управления. В некоторых из выполненных образцов объем корпуса МП менее 2 см³.

С созданием микропроцессорной техники появилась возможность массового применения ЭВМ, в частности, в области автоматического управления. Большие, средние по производительности да и малые ЭВМ, которые и в дальнейшем будут необходимы для обработки более значительных массивов информации, по техническим причинам и в силу экономических соображений ранее не могли использоваться для управления такими объектами, как относительно несложные промышленные установки, СДМ, автотракторная и другая техника.

Большое значение имеет и то, что МП и микроЭВМ требуют очень мало электроэнергии и значительно надежнее обычных ЭВМ, так как у БИС отпадает необходимость в соединительных проводах, кроме небольшого числа внешних выводов кристалла.

Устройство управления МП (на примере микропроцессора серии МП 580) показано на рис. 52. Здесь имеются следующие функциональные узлы (блоки). Арифметические и логические операции выполняются арифметически-логическим устройством 1. В его работе участвуют регистры 2—5, каждый из которых содержит несколько ячеек памяти. Блок 16 используется при выполнении действий с двоично-кодированными десятичными числами. В основном наборе регистров 11 имеются общие и оперативные регистры, счетчик команд, адресный регистр и указатель стека (магазина регистров), хранящий в памяти адрес ячейки стека. Здесь же имеются устройства 10 и 18, используемые при управлении

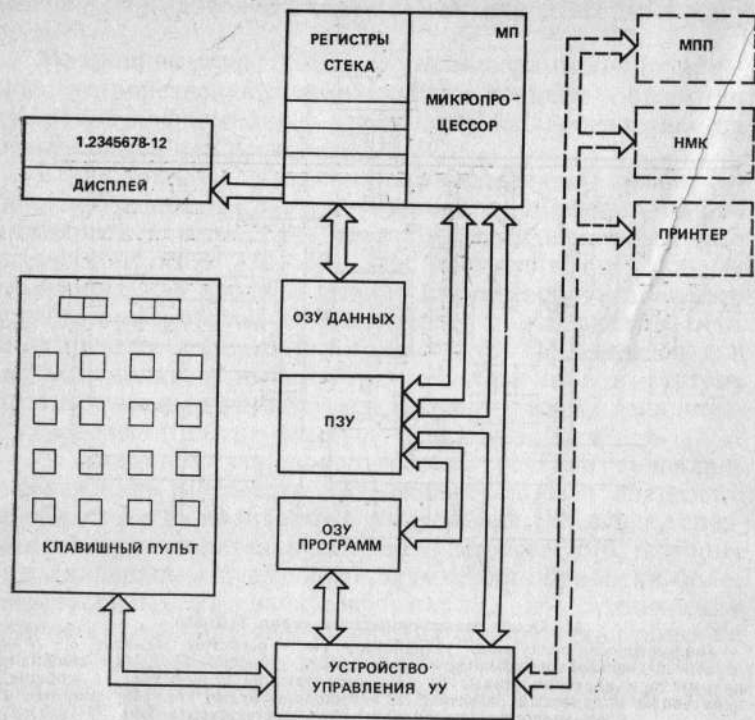


52. Схема микропроцессора серии МП 580

1 — арифметически-логическое устройство; 2—5 — регистры памяти; 6, 17 — регистр и дешифратор команд; 7 — буферный регистр; 8, 9, 13 — внешняя, внутренняя и адресная шины; 10, 18 — управляющие устройства; 11 — общие, оперативные и адресный регистры; 12 — выходной буфер; 14, 15 — каналы и блок внешнего управления; 16 — блок кодирования

работой набора регистров и обменом данными между ним и внутренней шиной 9 микропроцессора (шина — многоканальная линия передачи сигналов). Набор регистров соединен через выходной буфер 12 с адресной шиной 13. В МП имеются также регистр команд 6 и дешифратор команд 17. Через буферный регистр 7 осуществляется обмен информацией с внешней шиной 8. Блок управления 15 имеет ряд каналов 14, по которым передаются сигналы внешнего управления. Стрелками показаны направления передачи сигналов.

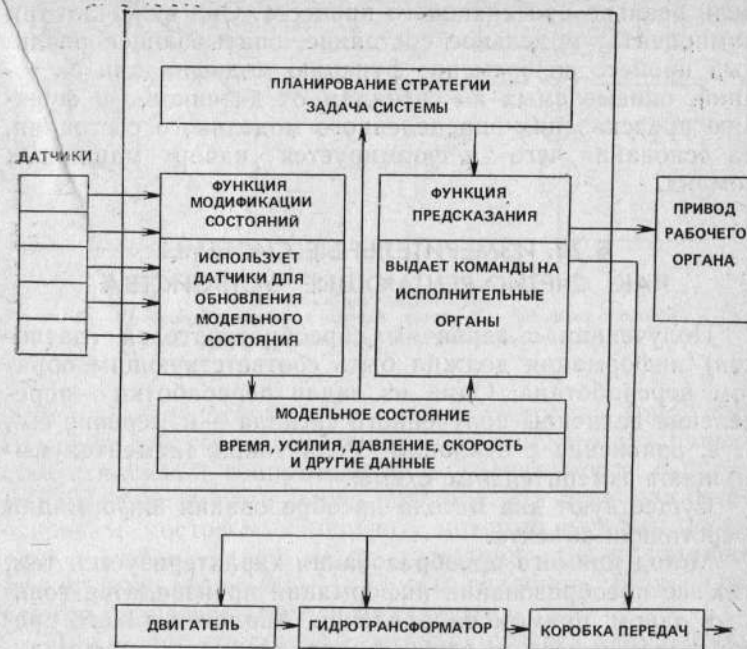
МикроЭВМ, или микрокалькулятор (рис. 53) работает следующим образом. Микропроцессор непосредственно сопряжен с операционными регистрами X и Y, которые являются запоминающими устройствами для хранения двух чисел (операндов). Результат вычислений, поступающих в регистр X, одновременно индицируется в десятичной форме с помощью индикатора (дисплея).



53. МикроЭВМ (микрокалькулятор)

В современных микрокалькуляторах с операционными регистрами X и Y объединены еще несколько регистров (Z , T и т. д.), образуя стек. Перемещение чисел стека вверх ($X \rightarrow Y$, $Y \rightarrow Z$, $Z \rightarrow T$ и т. д.) или вниз ($X \leftarrow Y$, $Y \leftarrow Z$, $Z \leftarrow T$ и т. д.) напоминает перемещение патронов в магазине пистолета.

К МП подключаются также постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) и оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) данных и программ. ОЗУ данных — это от одного до нескольких сотен регистров памяти, подобных регистрам X и Y . Пользователь может обратиться к любому из них, задав его номер (адрес). ОЗУ программ хранит команды, задаваемые программой, которую вводит пользователь. В ПЗУ хранятся команды (микропрограммы) для выполнения основных операций. У непрограммируемых микрокалькуляторов ОЗУ про-



54. Основные компоненты микропроцессорной программы управления строительными и дорожными машинами

грамм отсутствует. Иногда ОЗУ данных и программ объединяются, т. е. часть ОЗУ используется для хранения данных, остальная часть — для хранения программ.

Управление всеми блоками от клавишного пульта или автоматически по программе осуществляется устройством управления. Через него к МП могут подключаться некоторые дополнительные устройства: модуль с программами пользователя (МПП), накопитель информации на магнитной карте (НМК), печатающее устройство — принтер и др.

Рассмотренная микроЭВМ построена на нескольких кристаллах БИС и является основой, например, для микрокалькуляторов Электроника БЗ-19М и Электроника БЗ-34 с обратной бесконечной логикой вычисления.

В настоящее время идет подготовка к массовому использованию МП на СДМ, для управления их ДВС, трансмиссией и приводом рабочего органа. Центральное звено такой микропроцессорной системы (рис. 54) — мо-

дель реально протекающего процесса. Она включает три компонента: модельное состояние, описывающее реальный процесс во времени; функцию модификации состояний, описываемых по сигналам от датчиков, и функцию предсказания определенного модельного состояния, на основании чего и формируется набор машинных команд.

§ 20. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КАК СЧЕТНО-РЕШАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Полученная с первичных преобразователей (датчиков) информация должна быть соответствующим образом переработана. Одна из задач переработки — определение величины полученного сигнала — измерение его, т. е. сравнение с эталоном. Роль таких элементов выполняют измерительные схемы.

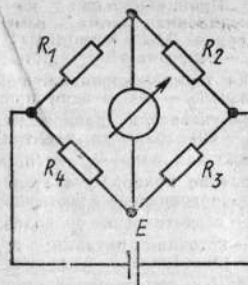
Существуют два метода преобразования информации о состоянии объекта.

Метод прямого преобразования характеризуется тем, что все преобразования информации производятся только в одном, прямом направлении. Аналогом такого преобразования может служить управление по разомкнутому циклу (см. рис. 1), где управляющим устройством является датчик, например, температуры (термопара), а объектом управления — милливольтметр (см. рис. 33, верхняя или средняя схемы).

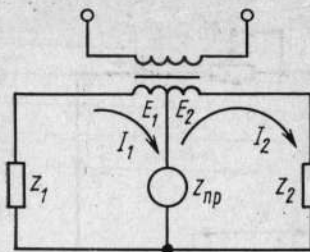
Метод прямого преобразования отличается сравнительно низкой точностью, однако имеет и ряд преимуществ: простота конструкции (значит, высокая надежность), меньшая масса и стоимость, высокое быстродействие.

Метод уравнивания предусматривает использование двух цепей преобразователей: прямого и обратного преобразования. Аналогом, реализующим метод уравнивания, может быть управление по замкнутому циклу (см. рис. 2). Здесь благодаря обратной связи на вход объекта управления (измерительного прибора) поступает только небольшая часть входной преобразуемой величины со знаками «+» или «-», характеризующей степень неравновесия. Метод уравнивания применяется в ряде приборов (систем) с мостовыми равновесными и компенсационными измерительными схемами.

Мостовая схема постоянного тока



55. Мост постоянного тока
 R_1-R_4 — сопротивления в плечах моста; E — источник питания



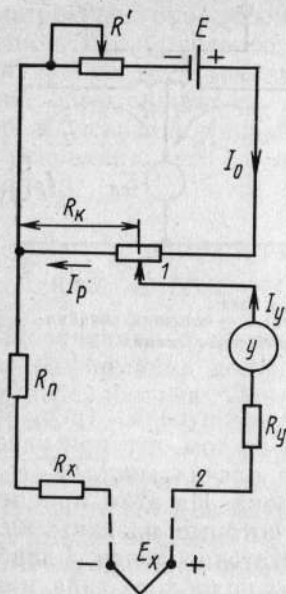
56. Дифференциальная измерительная схема

имеет в своей основе схему моста Уитсона (рис. 55). Принцип действия моста основан на том, что при равенстве отношений сопротивлений в плечах моста $R_1/R_4 = R_2/R_3$ в диагонали моста нет тока. На этом принципе основаны мостовые измерения, которые названы *нулевым методом*. Такой метод достаточно точен (ошибка может быть менее 0,5%). Мосты подобного типа называются равновесными или балансными.

При *непосредственном методе* отсчета измеряемая величина определяется по показанию прибора, включенного в измерительную цепь. Однако в этом случае ток в цепи зависит от напряжения источника питания. Это вызывает необходимость в обеспечении постоянства напряжения либо использовании в качестве измерительного прибора логометр (устройство магнитоэлектрической системы, малочувствительное к изменению напряжения питания).

Мостовая схема переменного тока аналогична мосту постоянного тока, но отличается от него тем, что плечи состоят из сопротивлений, имеющих как активные составляющие, так и реактивные.

Дифференциальная измерительная схема состоит из двух смежных контуров (рис. 56), в каждом из которых действует своя ЭДС (E_1 , E_2). Измерительный прибор с сопротивлением $Z_{пр}$ включен в ветвь, общую для обоих контуров. Такая схема удобна при использовании индуктивных датчиков. В этом случае Z_1 и Z_2 являются их сопротивлениями. Дифференциальная схема проще мостовой и в ряде случаев имеет более высокую чувствительность.



57. Принципиальная компенсационная схема измерения ЭДС термопары
 R_x — сопротивление источника термоэлектродвижущей силы; I_y — ток в цепи прибора-указателя равновесия; E_x — определяемая электродвижущая сила; R_y — сопротивление прибора-указателя; R_k — сопротивление реохорда; R_n — сопротивление проводов; E — источник питания; R' , R_k — сопротивления цепи питания; I_0 — ток источника питания; I_p — ток расбаланса

Измерительный прибор, включенный в общую ветвь, показывает разность контурных токов. Эта разность появляется в результате изменения одной (обеих) ЭДС или одного (обоих) сопротивлений (например, у датчиков-тензорезисторов).

Компенсационные схемы применяются для измерения сигналов, полученных с преобразователей в виде изменения напряжения. В основе работы компенсационных схем лежит метод сравнения. Характерная черта этих схем — высокая точность измерения.

Применяемые в автоматических системах компенсационные устройства выполняются с автоматическим уравновешиванием. Эти устройства называются *автоматическими потенциометрами (компенсаторами) постоянного и переменного тока*.

На рис. 57 изображена принципиальная электрическая компенсационная схема, на вход которой для измерения подается электродвижущая сила E_x , создаваемая, например, термопарой.

Измеряемая ЭДС E_x прикладывается к зажимам резистора R_y прибора-указателя и к последовательно соединенным резисторам $(R_k + R_n)$. Чтобы скомпенсиро-

вать падение напряжения на этих участках из условий $I_y = 0$, необходимо передвинуть реохорд потенциометра R_k таким образом, чтобы разность потенциалов между точками 1 и 2 была равна нулю. Это возможно при условии, что на части сопротивления потенциометра R_k падение напряжения $U_k = I_0 R_k$ скомпенсировало измеряемую ЭДС E_x .

Доказано, что линейное перемещение реохорда потенциометра пропорционально измеряемой ЭДС, что и формирует управляющее воздействие.

Компенсационные измерительные схемы постоянного тока питаются от сухих гальванических элементов, требующих периодического контроля и регулирования величины тока I_0 с помощью реостата R' .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Направления использования счетчиков импульсов.
2. Основные логические операции и способы их реализации.
3. Что такое триггер?
4. Что представляет собой микропроцессор?
5. Основные виды измерительных схем.
6. Назовите измерительную схему, в которой измеряемая величина преобразуется в изменение активного или реактивного сопротивления.

ГЛАВА V ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

§ 21. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Исполнительным органом или механизмом называется устройство, преобразующее командные сигналы в регулирующие воздействия (перемещение, вращение). Исполнительные органы систем регулирования являются последним звеном цепи автоматического регулирования. Они воздействуют на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Эти устройства, состоящие из блоков, включающих исполнительный механизм и регулирующий орган, могут снабжаться дополнительными вспомогательными блоками.