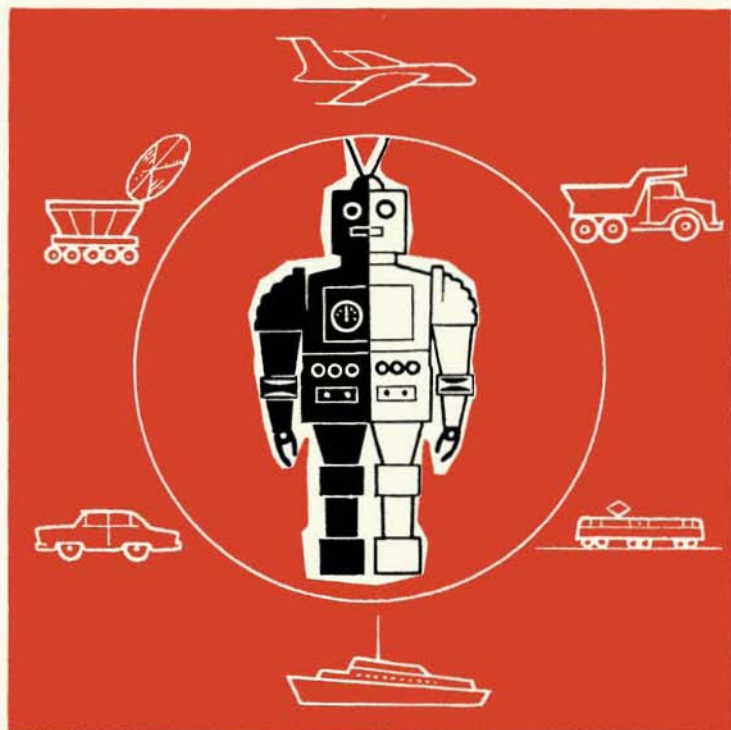




Б. М. ИГОШЕВ, Д. М. КОМСКИЙ

КИБЕРНЕТИКА В САМОДЕЛКАХ



МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 973

Б. М. ИГОШЕВ, Д. М. КОМСКИЙ

КИБЕРНЕТИКА В САМОДЕЛКАХ



Scan AAW



МОСКВА
«ЭНЕРГИЯ»
1978

ББК 32.816
И26
УДК 681.5

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Берг А. И., Белкин Б. Г., Борисов В. Г., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Гороховский А. В., Демьянов И. А., Ельяшкевич С. А., Жеребцов И. П., Корольков В. Г., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Чистяков Н. И., Шамшур В. И.

Игошев Б. М., Комский Д. М.
И26 Кибернетика в самоделках. — М.: Энергия, 1978. — 128 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 973).

60 к.

В книге в доступной широкому кругу читателей форме излагаются основы технической кибернетики. Приводятся схемы и описания простых кибернетических устройств, приборов и моделей, рекомендуемых для самостоятельного изготовления.

Книга предназначена для широкого круга читателей, а также может быть полезна для руководителей технических кружков школ.

И $\frac{30404-287}{051(01)-78}$ 125-78

ББК 32.816
6Ф0.3

© Издательство «Энергия», 1978 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Как-то издавно повелось считать, что в книге, претендующей на разряд научно-популярной, должно быть как можно меньше математических выкладок и формул. Даже если эта книга посвящена ... математике. Конечно, к «царице наук» относятся с должным почтением все — от едва начинающего осваивать правила счета дошкольника до преклонных лет пенсионера. Однако — что греха таить! — иной читатель спешит захлопнуть и отложить в сторону любую научно-популярную книгу, едва увидит на ее страницах какие-либо математические символы и формулы.

Быть может поэтому некоторые авторы научно-популярных книг о радиоэлектронике, автоматике, кибернетике пытаются уже с самого заглавия внушить читателям, что у них «кибернетика — без математики» или «... без формул, но с картинками». Вероятно, читателю не раз приходилось видеть (и читать!) книги с подобными названиями.

Разумеется, это не более чем «тактический прием». Автор (если он, конечно, намерен действительно ввести читателя в курс дела, а не ограничиться восторженными рассказами по поводу «этой невероятной, чудесной науки») не сможет сдержат обещание и обойтись без математики. В этом деле, как сказал известный американский ученый и популяризатор науки Дж. Пирс: «Меньше математики — это можно, а вот совсем исключить математику нельзя». Именно язык математики помогает глубоко раскрыть основные идеи и законы кибернетики — науки об управлении. О сознательном же и эффективном применении этих законов на практике без использования математических методов не может быть и речи. Как тут не вспомнить слова К. Маркса: «Наука только тогда достигает совершенства, когда ей удается пользоваться математикой».

Вот почему авторы сочли необходимым специально подчеркнуть, что они не собираются избегать математики, особенно там, где лаконичный и четкий язык формул может внести большую ясность, чем пространные рассуждения и разъяснения.

Впрочем, это не должно быть причиной особого беспокойства для читателя. При чтении книги от него не потребуются специальной математической подготовки, вполне достаточно будет знаний, полученных в старших классах общеобразовательной средней школы. Математический аппарат будет нужен всего лишь как «инструмент» для работы. Но работа предстоит немалая, и для ее выполнения понадобится не только математический «инструмент». Ведь авторы собираются не ограничиваться рассказом о кибернетике и некоторых ее идеях (об этом уже написано немало хороших книг), но познакомить читателя также с элементарными приемами конструирования и постройки простых кибернетических устройств-автоматов. А здесь уж никак не обойтись не только без математических формул, но и

без чертежей и схем, эскизов и рисунков, технических описаний создаваемых моделей, приборов и машин

Кроме того, читателю неизбежно придется вооружиться паяльником и другими электромонтажными инструментами, ибо мы предполагаем, что по крайней мере некоторые из описанных в книге кибернетических устройств он пожелает изготовить собственноручно!

Не следует думать, что рассказанное в книге охватывает всю кибернетику. Авторы ставили перед собой гораздо более скромную задачу, сосредоточив внимание главным образом лишь на началах построения дискретных автоматов (которые тем не менее составляют основу многих современных кибернетических систем). Поэтому на страницах книги раскрыты только некоторые важные понятия и идеи кибернетики и показаны далеко не все сферы ее приложения. Возможно, работа с книгой пробудит у читателя интерес к более глубокому изучению этой науки. В таком случае помощь в этом ему окажут в дальнейшем другие книги.

Кибернетические устройства и приборы, описания которых читатель найдет на страницах книги, разнообразны по характеру, назначению и степени сложности, но вполне доступны для изготовления в любительских условиях. Все они были сконструированы и построены энтузиастами технического творчества в технических кружках под руководством и при непосредственном участии авторов. Многие из этих устройств демонстрировались на областных, республиканских и всесоюзных выставках.

Авторы надеются, что читатели — энтузиасты технического творчества, конструируя и изготавливая предлагаемые простые кибернетические устройства, получат полезные знания в области автоматики и электроники, а также приобретут практические умения и навыки, которые, несомненно, пригодятся в будущем.

Эта книга адресована, однако, не только энтузиастам технического творчества. Авторы рассчитывают на благосклонное внимание к ней самого широкого круга читателей, интересующихся достижениями автоматики и кибернетики. Книга может быть полезна также руководителям технических кружков школ и внешкольных детских учреждений.

Беседа первая, в которой читатель знакомится с очень важными понятиями кибернетики

БРАЗДЫ УПРАВЛЕНИЯ

Попробуйте, вооружившись карандашом, но не пользуясь линейкой, нарисовать на большом листе бумаги длинную прямую линию. А затем проведите рядом с ней еще одну, но теперь — с помощью линейки. Сравнивая обе линии, вы ясно увидите, что первая линия получилась не совсем прямой. Как бы вы ни старались, рука еле заметно отклоняется то в одну, то в другую сторону, и карандаш, не имея надежной опоры, оставляет на бумаге слегка извилистый след.

Откуда эти колебания, как их объяснить?

Движениями руки руководит «управляющий центр» человеческого организма — головной мозг. От него по нервам один за другим к руке бегут сигналы-команды о том, какие группы мышц надо включать в работу в каждый момент времени, чтобы придать руке и карандашу в ней необходимое положение. А от мышц руки и от органов зрения по другим нервам таким же потоком идут к мозгу сообщения о результатах исполнения сигналов-команд.

Но, сравнивая достигнутое с желаемым, «управляющий центр» немного запаздывает с выдачей очередных сигналов-директив, а исполнительный орган — рука, получая эти сигналы, тоже не успевает мгновенно реагировать на них. Этим и объясняются небольшие колебания руки с карандашом при выполнении нашего несложного задания.

Сказанное — всего лишь простой пример управления в очень сложной системе, которую представляет собой человеческий организм. Здесь ни на секунду не прекращается обмен сигналами между отдельными органами, с одной стороны, и центральной нервной системой — с другой. Благодаря этому обмену осуществляется координация движений, устанавливается кровяное давление, поддерживается температура тела и т. д., короче говоря, человек живет, мыслит, ориентируется в пространстве, выполняет разнообразную работу.

Человеческий организм — не просто сложная система, это система *самоуправляемая*. Схематически ее можно изобразить так, как показано на рис. 1. Обратите внимание на две основные части такой системы: управляемый объект и управляющий орган. Они всегда соединены между собой каналами связи двух видов: от управляющего органа к управляемому объекту сигналы-команды поступают по каналу *прямой связи*; в обратном направлении сигналы-извещения идут по каналу *обратной связи*. Именно в непрерывном и достаточно интенсивном обмене информацией по этим каналам связи между основными частями системы — залог успеха в управлении.

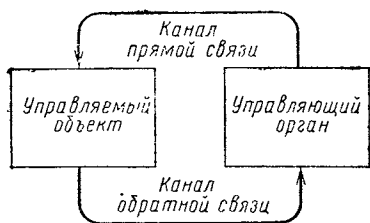


Рис. 1. Функциональная схема кибернетической системы.

например, движение ярко-желтых головок подсолнечника вслед за солнцем.

Обратимся теперь к технике. Здесь автоматические устройства управления заменяют внимание, память человека и как бы подражают деятельности нашей нервной системы. Классический пример технической самоуправляемой системы — паровая машина с центробежным регулятором скорости, предложенная Дж. Уаттом почти 200 лет тому назад. Регулятор содержит массивные шары, соединенные с помощью рычагов с валом машины. При увеличении скорости вращения вала центробежная сила разводит шары, и они тянут за собой рычаги, опускающие задвижку на трубе, по которой подводится пар. В машину начинает поступать меньше пара, и скорость вращения вала снижается.

Здесь паровая машина — управляемый объект, а центробежный регулятор — управляющий (регулирующий) орган. Через рычаги и задвижку — это прямая связь — регулятор посылает управляемому объекту сигналы управления; через ось регулятора, соединенную с валом машины, осуществляется обратная связь — регулятор получает сигналы о результате управляющего воздействия.

Такая схема самоуправляемой системы характерна и для многих других технических устройств и машин-автоматов

Вот, например, авторулевой на океанском лайнере. Едва объект управления — судно — отклонится от заданного курса, гирокомпас, который следит за правильностью курса, передает команду соответствующим механизмам, и они воздействуют на руль, выдерживая заданный курс.

Родной брат авторулевого — автопилот, сохраняющий курс летящего самолета. Этот автомат получает информацию о положении воздушного корабля от гироскопа, установленного на самолете. На основе получаемой информации автопилот управляет рулями крылатого лайнера, не позволяя ему сбиться с пути.

В этих примерах также нетрудно найти все элементы изображенной на рис. 1 схемы самоуправляемой системы.

Итак, технические устройства и машины, животные и растения, человеческий организм... Но наш список самоуправляемых систем еще не исчерпан. В него нужно внести также человеческое общество, большие и малые коллективы людей. Ведь любой завод или школа, научно-исследовательский институт или воинская часть, маленькое село или большой город и даже вся наша огромная страна — все это тоже очень сложные самоуправляемые системы. И в каждой из

В организмах животных управление происходит по такой же схеме. И тут нет ничего удивительного: ведь по своей природе животные достаточно близки человеку.

Можно указать все характерные черты этой схемы и для любого вида растений. Правда, здесь немного труднее разобраться в каналах связи. Но если присмотреться внимательно, их непременно можно найти. Ведь только проявлением этих связей можно объяснить,

них — все та же схема управления: управляемый объект, управляющий орган и соединяющие их каналы прямой и обратной связи образуют своего рода замкнутый круг — «кольцо связи».

Большое сходство процессов управления в различных по своей природе и структуре сложных системах не осталось без внимания ученых. Было установлено, что все процессы управления, где бы они ни протекали и как бы разнообразны ни были, подчиняются одним и тем же общим и объективным законам. Изучение этих общих законов и составляет предмет специальной науки об управлении — **кибернетики**.

Термин «кибернетика» происходит от древнегреческого слова κυβερνήτης (кибернетес) — рулевой, кормчий, управляющий. Кстати, таково же происхождение слов «губернатор» и «гувернер». Когда-то, более 2000 лет тому назад древнегреческий философ Платон называл «кибернетикой» искусство управления кораблем, а в прошлом столетии французский физик Андре Ампер использовал это слово для обозначения не существовавшей еще в те годы науки об управлении государством. После Ампера долгое время термином «кибернетика» ученые не пользовались, это слово было забыто.

Снова ввел его в употребление около 30 лет назад американский математик Норберт Винер, который одним из первых сформулировал основные идеи новой науки. Книга этого ученого «Кибернетика или управление и связь в животном и машине», опубликованная в 1948 г., уже в самом названии содержала определение новой отрасли знаний.

Однако давать определение новому — занятие совсем не простое. Талантливому инженеру Древнего Рима Витрувию, например, принадлежит такое определение: «Машина есть деревянное приспособление, которое оказывает большую помощь при поднятии тяжестей». Конечно, в те далекие времена, когда жил Витрувий (I в. до н. э.) это определение было исчерпывающим и, вероятно, всех удовлетворяло. Теперь оно способно лишь вызвать улыбку у читателя.

Кто знает, возможно, когда-нибудь подобную улыбку будет вызывать и определение кибернетики, данное в книге Н. Винера. Ведь этот ученый в 1948 г. не представлял себе еще до конца всех возможностей молодой науки. Сегодня это определение не кажется нам устаревшим. Но оно явно неполно, ибо в нем даже не упоминается о таком важном понятии, как и н ф о р м а ц и я. А ведь именно взаимный обмен информацией между управляющим органом и управляемым объектом — наиболее характерная черта всех систем, в которых происходят процессы управления.

Известный советский ученый академик А. Н. Колмогоров, уточняя сущность и принципиальные особенности кибернетики, определил ее как науку, которая «...занимается изучением систем любой природы, способных воспринимать, хранить, перерабатывать информацию и использовать ее для управления и регулирования». Эта же особенность данной отрасли знаний подчеркивается в определении, принадлежащем другому крупному советскому ученому академику В. М. Глушкову: «Кибернетика — наука об общих законах преобразования информации в сложных управляющих системах».

Информация, стало быть, является основным понятием кибернетики.

Что же она означает?

САМОЕ ГЛАВНОЕ ПОНЯТИЕ КИБЕРНЕТИКИ

Информация (от латинского *informatio* — разъяснение, изложение, осведомление) — это все, что является отражением каких-либо фактов или событий: определенные сведения, совокупность некоторых данных, знаний и пр.

Понятие это очень широкое. Информацию переносят телеграф и телефон, радио и телевидение. Она записана на грампластинках и магнитофонных лентах, на фотоснимках и литографских оттисках. Она передается от человека к человеку с помощью устной речи, ее пересылают по почте в виде писем, издают в виде книг и газет, хранят в библиотеках. Информация содержится в математических формулах и таблицах, в показаниях измерительных приборов.

Зрение, слух, осязание приносят нам информацию о внешних событиях. Наши внутренние органы, обмениваясь информацией, координируют совместную работу. Посредством обоняния и вкуса мы получаем информацию о качестве пищи.

Но не только для человека и человечества столь решающее значение имеет информация. Она является обязательным условием существования животных и их сообществ. Тревожные или призывные крики птиц, угрожающее рычание зверя, танцы пчел, извещающие о местонахождении медоносных растений, — все это типичные примеры передачи информации.

С незапамятных времен разрабатывал и совершенствовал человек способы и средства хранения и передачи информации. В древности о важнейших событиях оставляли записи летописцы. Для передачи сообщений использовались дым костров и бой барабанов, в дальний путь снаряжались специальные гонцы.

В прошлом столетии появились телеграф и телефон, значительно ускорившие обмен информацией между людьми на огромных расстояниях. А XX в. поставил на службу связи радио и телевидение — люди сумели покорить пространство и время. И мы теперь в считанные минуты узнаем о событиях, происходящих не только в самых отдаленных точках земного шара, но и в беспредельных просторах космоса.

Сигнализация дымом костров и барабанным боем ставила когда-то перед древней «службой информации» те же проблемы, которые приходится решать теперь (разумеется, на несравненно более высоком техническом уровне): выбор способа сигнализации, определение дальности действия и пропускной способности системы связи, разработку мер, исключающих возможность искажения передаваемых сообщений.

Интересный пример снижения искажений при передаче сообщений приводит польский кибернетик Г. Грневский. Перед первой мировой войной в германской армии у артиллеристов возникло большое затруднение: телефонисты на слух не различали цифры «двай» (два) и «драй» (три). Это вело к ошибкам при стрельбе. Инженеры и изобретатели предлагали различные проекты: усовершенствовать телефонные трубки, заменить всю систему телефонной связи на более совершенную и т. п. Но один генерал, выходец из Саксонии, нашел гораздо более простой способ решения задачи. Он обратил внимание на то, что в Саксонии произносят не «двай», а «цвай». В устав был внесен параграф, обязывающий телефонистов тоже говорить «цвай», и ошибки в стрельбе прекратились.

Мы уже отмечали, что эффективность управления, а нередко и само существование кибернетической системы (т. е. системы, в которой происходят процессы управления) зависят от того, насколько своевременно получает она достаточно полную и достоверную информацию и насколько интенсивно циркулирует эта информация в кольце связи. Поэтому очень важно знать закономерности передачи информации по каналам связи. Разнообразные формы представления и способы хранения и передачи информации как применительно к конкретным кибернетическим системам, так и в отвлеченном (абстрактном) виде изучает теория информации — один из основных разделов кибернетики.

Информация может быть представлена в двух формах — *непрерывной и дискретной*. В первом случае сигналы, несущие сообщение, состоят из плавно, непрерывно меняющихся величин. Например, при передаче по радио или телефону человеческой речи звуки представляются в виде непрерывно изменяющихся значений напряжения или тока. При записи же этой речи на бумаге или передаче с помощью азбуки Морзе характер представления информации будет иным. Сигналы в этом случае состоят из отдельных (дискретных) порций: букв алфавита или точек и тире. Это уже дискретная форма представления информации.

При передаче и преобразовании информации приходится нередко переходить от непрерывной формы представления информации к дискретной. Ученые установили, что информация, заданная в непрерывной форме, может быть с любой наперед заданной степенью точности представлена в дискретной форме. На современном уровне развития кибернетики дискретная форма представления информации приобрела особо важное значение.

Для изучения закономерностей хранения, преобразования и передачи информации требуется прежде всего установить способ ее измерения. Это — один из вопросов, которыми занимается теория информации.

Введение количественной меры информации является непростой задачей. Ведь одно и то же сообщение представляет далеко не одинаковую ценность для разных людей и может вызывать у них различную реакцию. Так, известие о надвигающемся шторме будет, несомненно, иметь очень большое значение для капитана корабля, находящегося в районе ожидаемого шторма. Это же известие, полученное жителем какой-либо сибирской деревни, не вызовет у него заметных эмоций.

Очень часто телеграмма, состоящая всего из нескольких слов, несет для конкретного адресата больше сведений, чем иное длинное послание, написанное на многих страницах. Из двух разных книг одинакового объема мы можем извлечь различную по смыслу и важности информацию.

Приведенные примеры показывают, что в обыденной жизни определяющую роль играют смысл передаваемых сообщений и их полезность для того или иного получателя. При передаче же по какому-либо каналу связи на первый план выступает требование своевременности и достоверности передаваемой информации вне зависимости от важности ее для адресата.

Как же оценить количество информации, содержащееся в том или ином конкретном сообщении?

Для этого нужно абстрагироваться от смысла сообщения, его значимости и эмоциональной окраски подобно тому, как мы отрешаемся

от конкретности, приступая к вычислениям при решении арифметических задач (например, складывая три яблока и два яблока, мы приходим к сложению чисел вообще: $3+2$).

Если ожидается поступление какого-либо сообщения, то до его прихода существует некоторая неизвестность, неопределенность относительно того, что будет содержать это сообщение. Приход сообщения уничтожает эту неопределенность. Естественно допустить, что чем больше неопределенность, ликвидируемая поступившим сообщением, тем большее количество информации это сообщение содержит.

Пусть, например, путем жеребьевки определяется, кто из двух шахматистов — Петров или Смирнов — будет играть белыми. До поступления сообщения о результате жеребьевки существует неопределенность: можно ожидать любой из двух результатов. После получения сообщения (например: «Белыми будет играть Смирнов») эта неопределенность исчезает.

Приведем теперь другой пример. Предположим, что проводится шахматный турнир, в котором принимают участие 16 шахматистов. Кто из его участников займет первое место? Очевидно, здесь неопределенность, имеющая место до получения сообщения о результатах турнира, значительно больше, чем в первом случае: ведь можно ожидать с равной вероятностью победы любого из 16 претендентов.

Значит, чем больше интересующее нас событие может иметь разных исходов, тем богаче будет сообщение о его результате, тем больше информации оно содержит.

Случай, когда при отправлении сообщения делается выбор из двух равновероятных возможностей, является простейшим. Поэтому неопределенность, ликвидируемая приходом такого сообщения, принимается за единицу количества информации — 1 бит (от английского *binary digit* — двоичный разряд). Другими словами, 1 бит — это количество информации, которое мы получаем в ответе на такой вопрос, на который с равной вероятностью можно ожидать ответы «да» или «нет».

Такое определение единицы позволяет вычислять количество информации, содержащееся в любом более сложном сообщении. Для этого сложную операцию выбора одной из многих возможностей или, как говорят в кибернетике, выбора одного из многих возможных состояний источника информации сводят к последовательности простых операций выбора между двумя равновероятными состояниями. Так, выбор одного из четырех равновероятных состояний можно выполнить с помощью двух элементарных операций выбора; выбор одного из восьми равновероятных состояний — с помощью трех таких операций и т. д. В общем случае, если число равновероятных состояний источника информации равно m , то нужно выполнить s элементарных операций выбора, причем $m = 2^s$. Отсюда следует, что $s = \log_2 m$.

В первом из приведенных примеров выбор делается из двух равновероятных состояний: $m = 2$. Следовательно, сообщение «Белыми будет играть Смирнов» содержит 1 бит информации: $s = \log_2 2 = 1$ бит.

Во втором примере выбор делается из 16 состояний ($m = 16$), причем мы предполагаем, что все состояния равновероятны (т. е. все 16 шахматистов — участников турнира играют примерно одинаково хорошо). Значит, сообщение о том, что первое место в турнире занял тот или иной определенный его участник (например, шахматист Максимов), содержит: $s = \log_2 16 = 4$ бит.

Теперь заметим, что неопределенность, существующая до прихода сообщения, зависит не только от числа состояний источника информа-

ции, но также и от того, насколько вероятна реализация того или иного состояния. Например, если мы ожидаем сообщение о результате шахматной встречи двух игроков, один из которых — опытный мастер, а другой — начинающий любитель, то неопределенность здесь гораздо меньше, чем в случае встречи двух одинаково сильных шахматистов: сообщение о том, что опытный мастер выиграл у начинающего любителя, не принесет практически ничего нового (этого и следовало ожидать!). Наибольшая неопределенность имеет место при равных вероятностях реализации любого состояния источника сообщений.

По предложению американского кибернетика Клода Шеннона в качестве меры неопределенности источника сообщений, осуществляющего выбор из m состояний, каждое из которых реализуется с вероятностью p_i ($i=1, 2, \dots, m$), используется функция

$$H = - \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i,$$

которая называется энтропией источника.

Если подсчитать значение функции H_0 до прихода сообщения и значение этой же функции H_1 после получения сообщения, то разность $H_0 - H_1$ будет численно равна количеству информации, содержащемуся в этом сообщении.

Поясним сказанное конкретным примером. Представим себе, что учащиеся решили поздравить одного из своих товарищей-однокурсников Сашу с днем рождения и поэтому хотят заблаговременно узнать этот день. Но им известно только, что Саша, как и все они, родился в невысоком году. Какова исходная энтропия H_0 , т. е. мера неосведомленности учащихся о дне рождения их товарища?

В невысоком году 365 дней. Вероятность рождения человека в любой из дней года практически одинакова и равна $p_i = 1/365$; поэтому в правой части формулы Шеннона должна быть записана сумма 365 одинаковых слагаемых, каждое из которых равно:

$$- \frac{1}{365} \log_2 \frac{1}{365}.$$

Следовательно,

$$H_0 = - 365 \cdot \frac{1}{365} \log_2 \frac{1}{365} = \log_2 365 = 8,51 \text{ бит},$$

Пусть далее ребята узнали, что Саша родился в январе. Какова теперь, после получения этого сообщения, энтропия H_1 ?

Так как в январе 31 день, и Саша мог родиться в любой из этих дней с равной вероятностью, то

$$H_1 = - 31 \cdot \frac{1}{31} \log_2 \frac{1}{31} = \log_2 31 = 4,96 \text{ бит},$$

Как видим, получение сообщения о том, что Саша родился в январе, уменьшило неопределенность ситуации. Количество информации, содержавшееся в этом сообщении, равно $H_0 - H_1 = 8,51 - 4,96 = 3,55$ бит.

Оставшаяся неопределенность в 4,96 бит будет ликвидирована, если учащиеся узнают точно, в какой из дней января родился их товарищ.

Интересно отметить, что если бы оказалось, что Саша родился не в январе, а в феврале, то сообщение об этом содержало бы больше информации. Действительно, так как в феврале невисокосного года всего 28 дней, оставшаяся после получения сообщения неопределенность в этом случае меньше:

$$H_1 = -28 \cdot \frac{1}{28} \log_2 \frac{1}{28} = \log_2 28 = 4,81 \text{ бит.}$$

Поэтому здесь $H_0 - H_1 = 8,51 - 4,81 = 3,70$ бит

Установление меры количества информации не дает еще всесторонней характеристики этого основного понятия кибернетики, ибо, как уже отмечалось, даже сообщения, в которых содержится одинаковое количество бит информации, могут представлять для конкретного адресата различную ценность.

Например, если мы поставили перед собой цель изучить немецкий язык, то учебник биологии вряд ли окажется полезным, хотя в нем и содержится немало количество информации. Равный ему по объему учебник немецкого языка будет для нас, конечно же, значительно более ценным.

Очевидно, чтобы более полно характеризовать информацию, необходимо научиться измерять ее полезность, ценность.

Советский ученый академик А. А. Харкевич предложил в качестве меры ценности информации, содержащейся в каком-либо сообщении, использовать изменение вероятности достижения цели после получения этого сообщения. Чем больше становится эта вероятность после того, как сообщение принято, тем ценнее содержащаяся в нем информация. Так, в последнем нашем примере усвоение информации, содержащейся в учебнике немецкого языка, значительно повышает вероятность достижения цели — овладение немецким языком. Изучение же информации, заключенной в книге по биологии, оставит эту вероятность практически неизменной.

В общем виде уравнение ценности информации записывается так:

$$v = \log_2 \frac{p_2}{p_1},$$

где v — ценность информации, выраженной в битах; p_1 и p_2 — вероятности достижения цели до и после получения сообщения.

Приведенный пример показывает, что полученная информация может быть совершенно бесполезной для адресата ($p_2 = p_1$), и тогда ее ценность v , подсчитанная по указанной формуле, равна нулю:

$$v = \log_2 \frac{p_1}{p_1} = \log_2 1 = 0.$$

Более того, бывает, что полученное сообщение даже ухудшает дело, уменьшая вероятность достижения цели: $p_2 < p_1$. Например, если оставший в походе турист, пытаясь догнать свою группу, станет расспрашивать случайно встреченных прохожих о ее маршруте, то они могут дать ему неточные сведения или даже направить совсем в другую сторону. В результате вероятность достижения туристом цели (догнать свою группу) уменьшится.

В подобных случаях адресат имеет дело не с информацией, а с дезинформацией. Ценность последней выражается отрицательным числом.

Главная трудность применения приведенного уравнения ценности информации состоит в том, что в очень многих случаях практически невозможно точно определить значения p_1 и p_2 .

Шведский исследователь К. Самуэльсон обратил внимание на то, что в понятие ценности информации должно входить время, необходимое для получения тех или иных данных. Для учета фактора времени он предложил следующую формулу: $v = s/t$, где s — количество информации; t — время. Цена информации тем выше, чем меньше времени требуется для ее получения.

Свою мысль К. Самуэльсон пояснил таким примером. Врач, осматривающий человека, пострадавшего во время автомобильной катастрофы, нуждается в срочной информации о состоянии пациента. Врач же, принимающий хронического больного в клинику, может спокойно ждать результатов многочисленных анализов.

Вообще влияние фактора времени на ценность поступающей информации особенно велико при возникновении в управляемых системах каких-либо неполадок, аварий и т. п. Информация о каком-либо стихийном бедствии, полученная слишком поздно, не обладает никакой ценностью, поскольку изменить уже ничего нельзя. И наоборот, информация о прогнозе стихийного бедствия или аварии либо извещении об их свершении, полученные своевременно, обладают большой ценностью, так как позволяют принять действенные меры. Поэтому в системах оперативного управления для повышения ценности передаваемой информации стремятся сократить длительность передачи сообщений, увеличить пропускную способность каналов связи.

ИНФОРМАЦИЯ И КОДИРОВАНИЕ

Для хранения информации и передачи ее по тому или иному каналу связи необходим набор каких-либо символов или знаков (общенных букв), называемый обычно абстрактным алфавитом. С помощью такого набора любую информацию представляют в виде последовательно расположенных букв-символов. Правило, по которому это делается, называют кодом (от латинского *codex* — свод законов), а сам процесс представления — кодированием.

Количество символов в абстрактном алфавите может быть различным. Например, алфавит десятичной позиционной системы счисления содержит десять символов-цифр 0, 1, 2, ..., 9. Алфавит английского языка имеет 26 букв, а русского — 33 буквы.

Наиболее простым, очевидно, является алфавит, состоящий всего из двух символов. Примерами «двоичных» алфавитов могут служить точка и тире в телеграфном коде азбуки Морзе, цифры 0 и 1 в двоичной позиционной системе счисления (подробно об этой системе мы расскажем далее). В символах такого алфавита можно закодировать и передать любую информацию.

Покажем, как закодировать двумя цифрами 0 и 1 текст какого-либо сообщения, составленного на русском языке. Русский телеграфный алфавит содержит 31 букву (не различаются «е» и «с», «ъ» и «ь»); учитывая еще пропуск между словами (пробел), получаем 32 символа, т. е. 2^5 . Значит, каждый из этих символов можно обозначить пятизначным двоичным числом.

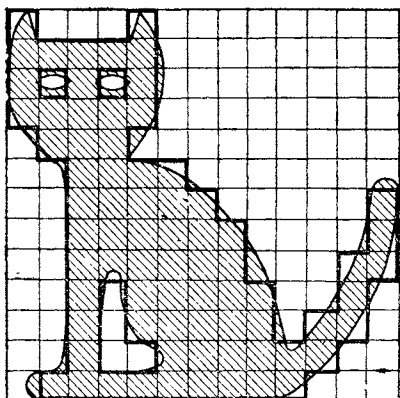
Вот один из возможных вариантов такого кода:

А — 00000	И — 01000	Р — 10000	Ш — 11000
Б — 00001	Й — 01001	С — 10001	Щ — 11001
В — 00010	К — 01010	Т — 10010	Ъ, Ъ — 11010
Г — 00011	Л — 01011	У — 10011	Ы — 11011
Д — 00100	М — 01100	Ф — 10100	Э — 11100
Е, Ё — 00101	Н — 01101	Х — 10101	Ю — 11101
Ж — 00110	О — 01110	Ц — 10110	Я — 11110
З — 00111	П — 01111	Ч — 10111	Пробел — 11111

Например, сообщение «Тетя выздоровела» будет выглядеть так:

```
10010 00101 10010 11110 11111 00010 11011 00111
00100 01110 10000 01110 00010 00101 01011 00000
```

С помощью цифр 0 и 1 можно закодировать также информацию, содержащуюся в каком-либо рисунке. Для этого рисунок разбивают на маленькие квадраты. Если в квадрате преобладает черный цвет, его обозначают единицей, в противном случае — нулем. Затем, проходя все квадраты по строкам слева направо, а строки — сверху вниз, записывают последовательность единиц и нулей. Например, на рис. 2 приведено изображение кошки, которое можно закодировать так:



```
1000100000000
1111100000000
1010100000000
1111100000000
0111000000000
0011110000000
0011111000001
0011111100001
0011111100011
0010111110010
0010111110110
0010011111100
0111111111000
```

Рис. 2 Пример кодируемого изображения.

Разумеется, здесь рисунок был закодирован с малой точностью: ведь его разбили всего на 169 квадратов. Но мы могли бы описать этот рисунок с помощью единиц и нулей более точно, если бы разбили его на большее число элементов.

Обратный процесс воссоздания по данному коду первоначального текста или рисунка называется декодированием. При передаче информации приходится также проводить нередко перекодирование — переходить от одного алфавита к другому.

При использовании какого-либо абстрактного алфавита для записи и передачи сообщений отдельные символы применяются, вообще говоря, неодинаково часто. Например, в русском тексте часто встречаются буквы О, А, И, но гораздо меньше вероятность появления букв Ш, Ф, Э. Если проводится перекодирование сообщения, то число символов в нем и распределение их вероятностей могут измениться. Изменяется и энтропия, приходящаяся в среднем на один символ.

Нередко возникает задача: найти наиболее экономичный код, т. е. код, для которого значение энтропии, которое приходится на один символ, было бы наибольшим. Использование такого кода позволяет передавать сообщение наименьшим числом символов.

При заданном числе символов в алфавите энтропия на символ будет наибольшей лишь при условии применения кода с равными вероятностями всех символов. В противном случае энтропия, приходящаяся в среднем на один символ, меньше максимальной: $H_{\text{ср}} < H_{\text{ср макс}}$.

Отношение энтропии $H_{\text{ср}}$ в этом случае к наибольшему ее значению $H_{\text{ср макс}}$ называется экономичностью кода: $\mathcal{E} = H_{\text{ср}}/H_{\text{ср макс}}$. Для наиболее экономичного кода, очевидно, $\mathcal{E} = 1$.

Величина $I = 1 - \mathcal{E}$ называется избыточностью кода. Она служит мерой того, какая часть символов в сообщении является лишней (т. е. не несет информации). Чем больше избыточность кода, тем меньше его экономичность. Для наиболее экономичного кода, очевидно, избыточность $I = 0$.

Примером наиболее экономичного кода может служить цифровой код для записи чисел в позиционных системах счисления (например, в десятичной системе). Здесь любое число точно определяется только при задании всех его цифр-символов, в случае утраты какой-либо из цифр восстановить ее (а следовательно, и все число) невозможно.

Русский алфавит (как и алфавиты других языков) — пример неэкономичного кода, обладающего значительной избыточностью. Действительно, смысл многих слов можно точно определить даже при утере части букв-символов, из которых эти слова составлены, а утраченные буквы во многих случаях легко восстанавливаются. Согласно данным академика А. Н. Колмогорова избыточность русского языка равна $\frac{1}{5}$, или 80%.

Однако избыточность русского языка не является недостатком, ибо она обеспечивает помехоустойчивость при передаче сообщений. Так, именно избыточность русского (и вообще человеческого) языка помогает нам прочесть письмо или другой документ, если они написаны неразборчиво, восстановить правильный текст телеграммы, если в ней некоторые буквы оказались измененными при передаче, правильно понять собеседника, даже если он говорит слишком быстро или не очень разборчиво.

При передаче особенно важных сообщений приходится сознательно идти на увеличение избыточности с целью повышения помехоустойчивости и надежности передачи (вспомним, например, дублирование, передачу текста «по буквам» и т. п.). В других случаях мы, наоборот, боремся с избыточностью языка, используем аббревиатуры, сокращения.

Характеристики информации, с которыми мы сейчас познакомились, используются при изучении и решении вопросов о точности, надежности, скорости передачи сообщений по каналам связи, а также

некоторых других технических проблем. Но этим изучение информации не исчерпывается. Можно, как мы видели, сосредоточить внимание на том, какую ценность представляет та или иная информация для адресата и насколько эффективно она воздействует на его поведение, — этим занимается *прагматическая* теория информации (от греческого *pragma* — «действие», «практика»). Можно также исследовать качественные особенности информационных сообщений и оценивать их смысловое содержание — это предмет изучения *семантической* теории информации (от греческого *semanticas* — «обозначающий»).

Всестороннее изучение свойств информации позволяет добиться успеха в решении сложных задач, связанных с управлением в кибернетических системах.



Мы кратко рассказали о некоторых элементах теории информации — важнейшего раздела современной кибернетики. При этом неоднократно подчеркивалось, что циркуляция информации внутри любой кибернетической системы имеет для этой системы чрезвычайно большое значение. Неудивительно поэтому, что во всех самоуправляемых системах ответственная роль отводится устройствам для преобразования информации. В кибернетике такие преобразователи информации называются дискретными автоматами или просто автоматами.

Теория автоматов — другой очень важный раздел кибернетики. Объектом исследования этой теории являются различные типы автоматов, их структура, свойства, проектирование, а также способы преобразования информации с помощью автоматов.

Теория автоматов тесно связана с **теорией алгоритмов** — еще одной важной составной частью современной кибернетики. Алгоритм — это конечная система правил, по которым совершается преобразование дискретной информации. С понятием алгоритма учащиеся знакомятся в школьном курсе математики. Примером алгоритма может быть правило нахождения наибольшего общего делителя двух чисел (алгоритм Эвклида). Из курса школьной алгебры хорошо известны, например, алгоритмы решения квадратных уравнений, приведения подобных членов в буквенных выражениях и т. п. Однако алгоритмы широко распространены и за пределами математики. Теоретически чуть ли не любой вид деятельности человека может быть сведен к выполнению того или иного алгоритма.

Знакомство с теорией алгоритмов выходит за рамки наших бесед. Но с элементами теории автоматов читателю предстоит познакомиться достаточно подробно — это необходимо для того, чтобы овладеть приемами конструирования простых кибернетических устройств.

Научиться создавать такие устройства не так уж трудно, с этим могут справиться и школьники-старшеклассники. Но, разумеется, сначала понадобится узнать еще кое-что из арифметики, кое-что из логики, познакомиться кое с чем из техники. Об этом и пойдет речь в следующей нашей беседе.

Беседа вторая, в которой приводятся некоторые полезные сведения из арифметики, логики и техники

ЯЗЫК ЕДИНИЦ И НУЛЕЙ

Не задумывались ли вы над тем, как мы обычно считаем?

В повседневной жизни мы привыкли вести счет, пользуясь позиционной десятичной системой счисления. В этой системе все числа записываются с помощью десяти цифр: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. При этом единица каждого старшего разряда числа больше единицы младшего разряда (т. е. находящегося справа от него) в 10 раз. Многоразрядные числа составляются как суммы различных степеней числа 10. Например, число 2305 представляется следующим образом: $2305 = 2 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$.

Появление и широкое распространение десятичной системы счисления, несомненно, связано со счетом по пальцам на руках. Однако применение при счете системы с основанием 10 не является обязательным. В принципе можно использовать позиционные системы счисления, в которых основаниями служат другие числа, например 12 (двенадцатеричная система), 8 (восьмеричная система), 3 (трюичная система), 2 (двоичная система) и др.

В двоичной системе счисления единица каждого старшего разряда любого числа больше единицы соседнего с ним младшего разряда не в 10 раз (как в десятичной системе), а только в 2 раза; для записи чисел можно использовать всего две цифры: 1 и 0. Многоразрядные числа составляются как суммы различных степеней двойки. Например, десятичное число 13 в двоичной системе счисления записывается так: 1101. Это означает: $1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1101$. А десятичная дробь 0,5 может быть записана в виде двоичной дроби так: 0,1.

В приведенной таблице показано, как записываются в двоичной системе счисления числа от 0 до 25 (рядом дана запись этих же чисел в десятичной системе счисления).

Числа десятичной системы	Числа двоичной системы	Числа десятичной системы	Числа двоичной системы
0	0	13	1101
1	1	14	1110
2	10	15	1111
3	11	16	10000
4	100	17	10001
5	101	18	10010
6	110	19	10011
7	111	20	10100
8	1000	21	10101
9	1001	22	10110
10	1010	23	10111
11	1011	24	11000
12	1100	25	11001

Познакомимся с основными правилами двоичной арифметики.

Арифметические действия над числами в двоичной системе счисления выполняются по обычным для позиционных систем правилам.

Сложение многоразрядных чисел производится по разрядам, начиная с младшего. Для этого используется таблица сложения одноразрядных чисел:

$$\begin{array}{ll} 0+0=0 & 1+0=1 \\ 0+1=1 & 1+1=10 \end{array}$$

Вот пример сложения «столбиком» двух двоичных чисел:

$$\begin{array}{r} + 111010 \\ + 10111 \\ \hline 1010001 \end{array}$$

Вычитание в двоичной системе счисления также можно выполнять обычным для позиционных систем способом. При этом применяется следующая таблица вычитания одноразрядных чисел:

$$\begin{array}{ll} 0-0=0 & 1-1=0 \\ 1-0=1 & 10-1=1 \end{array}$$

Последнее равенство в этой таблице определяет правило «занимания» единицы старшего разряда в случае, когда разряд уменьшаемого меньше разряда вычитаемого. Например:

$$\begin{array}{r} - 1100111 \\ - 110101 \\ \hline 110010 \end{array}$$

Умножение чисел в двоичной системе счисления гораздо проще, чем в десятичной. Двоичная таблица умножения содержит всего четыре строки:

$$\begin{array}{ll} 0 \times 0 = 0 & 1 \times 0 = 0 \\ 0 \times 1 = 0 & 1 \times 1 = 1 \end{array}$$

Вот пример умножения двух многоразрядных двоичных чисел:

$$\begin{array}{r} \times 11011 \\ 1101 \\ \hline 11011 \\ 00000 \\ 11011 \\ 11011 \\ \hline 101011111 \end{array}$$

Этот пример показывает, что при двоичном умножении достаточно лишь записать значения множимого одно под другим со сдвигом на один разряд (в случае равенства нулю очередного разряда множителя — со сдвигом на два разряда, в случае равенства нулю двух соседних разрядов множителя — со сдвигом на три разряда и т. д.), а затем произвести сложение записанных таким образом чисел.

Продemonстрируем теперь *деление* в двоичной системе счисления:

$$\begin{array}{r} \underline{\underline{110011}} \quad | \quad \underline{\underline{11}} \\ \underline{\underline{11}} \quad \quad \quad | \quad \underline{\underline{10001}} \\ \hline \quad \quad \quad \underline{\underline{00011}} \\ \underline{\underline{11}} \\ \hline \quad \quad \quad \underline{\underline{0}} \end{array}$$

Арифметические действия с двоичными дробями выполняются аналогичным образом.

Покажем теперь, как переходить от десятичной записи чисел к двоичной их записи и обратно от двоичных чисел к десятичным.

Общий прием перевода целых чисел из десятичной системы счисления в двоичную сводится к следующему. Нужно разделить данное число на 2; полученный от деления остаток будет младшим разрядом числа в двоичной системе. Затем частное от деления нужно снова разделить на 2; остаток является следующим разрядом числа в двоичной системе. Такое последовательное деление необходимо продолжать до получения частного, которое окажется меньше 2. Это частное будет старшим разрядом числа в двоичной системе счисления.

Воспользуемся этим приемом для перевода из десятичной системы счисления в двоичную систему, например, числа 41_{10} (здесь число 10, поставленное справа внизу у числа 41, показывает, что последнее записано в десятичной системе счисления):

$$\begin{array}{r} \underline{\underline{41}} \quad | \quad \underline{\underline{2}} \\ \underline{\underline{40}} \quad | \quad \underline{\underline{20}} \quad | \quad \underline{\underline{2}} \\ \underline{\underline{1}} \quad \quad | \quad \underline{\underline{10}} \quad | \quad \underline{\underline{2}} \\ \underline{\underline{20}} \quad \quad | \quad \underline{\underline{10}} \quad | \quad \underline{\underline{5}} \\ \underline{\underline{0}} \quad \quad \quad | \quad \underline{\underline{0}} \quad \quad | \quad \underline{\underline{2}} \\ \quad \quad \quad \quad | \quad \underline{\underline{4}} \quad \quad | \quad \underline{\underline{2}} \\ \quad \quad \quad \quad | \quad \underline{\underline{1}} \quad \quad | \quad \underline{\underline{2}} \\ \quad \quad \quad \quad | \quad \underline{\underline{0}} \quad \quad | \quad \underline{\underline{1}} \rightarrow 101\,001 \end{array}$$

Итак, $41_{10} = 101001_2$.

Для перевода правильной дроби из десятичной системы счисления в двоичную необходимо умножить эту дробь на 2; при этом получим целую и дробную части: целая часть произведения (это может быть и нуль) будет первой после запятой цифрой искомой двоичной дроби; дробную часть первого произведения нужно снова умножить на 2; целая часть этого (второго) произведения — вторая цифра искомой дроби; процесс удвоения необходимо последовательно продолжать до тех пор, пока дробная часть произведения не окажется равной нулю, или пока не обнаружится период, или не будет достигнута требуемая точность. Переведем, например, из десятичной системы счисления в двоичную систему число $0,125_{10}$:

$$\begin{array}{r} 0, \quad | \quad 125 \times 2 \\ 0 \quad | \quad 250 \times 2 \\ 0 \quad | \quad 500 \times 2 \\ 1 \quad | \quad 000 \end{array}$$

Итак, $0,125_{10} = 0,001_2$.

Еще один пример: переведем из десятичной системы счисления в двоичную систему дробь 0,6:

0,	6	×	2
1	2	×	2
0	4	×	2
0	8	×	2
1	6	×	2
1	2	×	2
0	4	×	2
0	8	×	2
1	6		

.

Итак, $0,6_{10} = 0,10011001\dots_2 = 0, (1001)_2$. Как видим, из конечной десятичной дроби 0,6 получена двоичная периодическая дробь.

Если нужно перевести из десятичной системы счисления в двоичную систему неправильную дробь, то указанные приемы комбинируются: переводят отдельно целую и дробную части по соответствующим правилам. Таким образом, $41,125_{10} = 101001,001_2$.

Для обратного перевода числа из двоичной системы счисления в десятичную следует представить это число в виде суммы различных степеней двойки. Например:
 $101001,001_2 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} = 32 + 8 + 1 + 0,125 = 41,125_{10}$.

А теперь предлагаем читателю поупражняться в переводе чисел из десятичной системы счисления в двоичную систему и обратно, а также в выполнении различных арифметических действий над двоичными числами.

ЗНАКОМСТВО С АЛГЕБРОЙ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

Высказыванием будем считать всякое утверждение, о котором можно определенно сказать, истинно оно или ложно. Например:

«Волга впадает в Каспийское море» (истинное высказывание).

«Пять меньше трех» (ложное высказывание).

«Петя выполнил домашнее задание» (это высказывание может быть истинным или ложным).

Высказывания обозначают буквами латинского алфавита. Так, высказывание «Трава зеленая» можно обозначить буквой А, высказывание «Лев — большая птица» — буквой В и т. д. В алгебре высказываний отвлекаются от конкретного содержания (смысла) высказывания, интересуются лишь вопросом, является ли оно истинным или ложным. Каждому верному высказыванию будем присваивать значение истинности «1» (истинно), каждому неверному — значение истинности «0» (ложно). Например: А=1, В=0.

Над высказываниями можно производить некоторые логические операции. В результате получаем новые высказывания, истинность которых определяется истинностью исходных утверждений и характером логических операций.

Соединение двух (или более) высказываний союзом И называется конъюнкцией или логическим умножением. Эта операция обозначается символом \wedge или знаком умножения (\cdot). Высказывание $A \cdot B$ считается истинным только в том случае, если истинны оба входящих в него высказывания A и B . Истинность конъюнкции определяется следующей таблицей:

A	B	$A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(Соединение двух (или нескольких) высказываний союзом ИЛИ называется дизъюнкцией или логическим сложением. Эта операция обозначается символом \vee или знаком сложения ($+$). Высказывание $A + B$ истинно только тогда, когда истинно хотя бы одно из входящих в него высказываний A и B .

Таблица истинности для дизъюнкции выглядит так:

A	B	$A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Присоединение частицы НЕ к сказуемому данного высказывания A (или слов «неверно, что» ко всему высказыванию) называется инверсией или отрицанием A . Эта операция обозначается \bar{A} (читается «не A »). Если высказывание A истинно, то его отрицание ложно, и наоборот. Инверсии соответствует следующая таблица истинности:

A	\bar{A}
0	1
1	0

Другие, более сложные операции над высказываниями можно выразить через конъюнкцию, дизъюнкцию и инверсию. В виде примера рассмотрим логическую операцию, которая называется эквиваленцией (равнозначностью).

Эквиваленцией высказываний A и B (обозначается $A \sim B$) называется высказывание, которому соответствует таблица истинности:

A	B	$A \sim B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Операцию эквиваленции $A \sim B$ можно выразить так: $A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$. Убедиться в этом нетрудно с помощью следующей таблицы:

A	B	\bar{A}	\bar{B}	$A \cdot B$	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1

Сопоставляя правую колонку этой таблицы с правой колонкой таблицы истинности для эквиваленции, видим, что они совпадают.

Если таблицы истинности совпадают, то соответствующие высказывания называются равносильными. Это обозначается знаком равенства. Итак, $A \sim B = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$.

Сложное высказывание будем называть тождественно-истинным, если значение истинности его равно 1 при любых значениях истинности входящих в него высказываний. Примеры тождественно-истинных высказываний:

$$A + \bar{A} = 1; \quad \overline{A \cdot \bar{A}} = 1.$$

Сложное высказывание будем называть тождественно-ложным, если значение истинности его равно 0 при любых значениях истинности входящих в него высказываний. Примеры тождественно-ложных высказываний:

$$A \cdot \bar{A} = 0; \quad \overline{A + \bar{A}} = 0.$$

В формулах алгебры высказываний тождественно-истинные и тождественно-ложные высказывания можно заменять соответственно единицей или нулем. Например: $B + A \cdot \bar{A} = B + 0$, $C + (B + \bar{B}) = C + 1$.

В алгебре высказываний устанавливаются и доказываются некоторые свойства логических операций. Здесь приводятся основные из этих свойств. Используя их, можно осуществлять тождественные преобразования формул, описывающих сложные высказывания, упрощая такие формулы. Это необходимо при синтезе и конструировании кибернетических устройств.

Некоторые свойства логических операций:

$$A \cdot B = B \cdot A; (A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C); A \cdot A = A; A \cdot 1 = A; A \cdot 0 = 0;$$

$$A \cdot \bar{A} = 0;$$

$$A + B = B + A; A + (B + C) = (A + B) + C; A + A = A;$$

$$A + 1 = 1; A + 0 = A; \bar{\bar{A}} = A; A + \bar{A} = 1;$$

$$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C); A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C;$$

$$\text{Формулы де Моргана: } \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}; \overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}.$$

$$\text{Формулы «склеивания»: } A \cdot B + A \cdot \bar{B} = A; (A + B) \cdot (A + \bar{B}) = A;$$

$$\text{Формулы «поглощения»: } A + A \cdot B = A; A \cdot (A + B) = A;$$

АНАТОМИЯ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ САМОДЕЛОК

Почти все кибернетические машины и приборы, как промышленного изготовления, так и самодельные, представляют собой электронные устройства. Расскажем о некоторых наиболее характерных деталях и узлах, используемых в таких устройствах.

Управление кибернетической машиной (включение и выключение ее, ввод информации и пр.) осуществляется обычно с помощью различных кнопок, выключателей и переключателей, которые располагаются на пульте управления (лицевой панели). В простых самодельных кибернетических устройствах применяют самые разнообразные типы таких деталей. Наиболее удобно использовать для этой цели малогабаритные тумблеры типа ТП-1 или многоконтактные телефонные коммутаторные ключи типа КТРО. Они компактные, легко устанавливаются на пультах управления самодельных машин-автоматов. Кнопки чаще всего применяют самодельные. Наиболее широко распространенная конструкция самодельной кнопки представляет собой две упругие металлические пластинки, которые замыкаются или размыкаются при нажатии на пластмассовую «головку», связанную с одной из пластинок. Применяются и кнопочные выключатели промышленного изготовления, а также используются разнообразные штепсельные разъемы и штекеры.

В качестве простых индикаторных устройств в машинах-автоматах используются малогабаритные лампы. В большинстве случаев это лампы накаливания, подобные лампе для карманного фонаря, но могут использоваться также неоновые лампы тлеющего разряда. Для питания неоновых ламп нужно более высокое напряжение, но зато они потребляют совсем небольшой ток — всего около 1 мА.

Неоновые лампы включаются в цепь последовательно с балластными резисторами, ограничивающими величину тока. Индикаторные лампы устанавливают в патронах и прикрывают цветными прозрачными колпачками.

Лампы накаливания используют также для подсвета различных световых таблиц, сигнализирующих о состоянии кибернетических машин и о ходе процессов, которыми они управляют. Количество ламп в машине может быть различным — от единиц до нескольких сотен. Их обычно присоединяют к соответствующему источнику питания параллельно; в цепь каждой лампы вводят контакты детали, управляющей ее включением (кнопки, выключатели и пр.).

Для визуальной индикации и отображения информации в кибернетических устройствах применяют также разнообразны цифровые и буквенные индикаторные лампы тлеющего разряда (серии ИН). Катоды таких ламп имеют вид индицируемых знаков (цифр и букв), они располагаются один под другим и имеют отдельные выводы к штырькам цоколя. Анод выполняется в виде сетчатого диска, он также присоединяется к одному из штырьков. Стеклообразный баллон лампы заполнен неоном с добавлением небольшого количества аргона. При подаче напряжения между анодом и одним из катодов возникает тлеющий разряд, и оранжево-красное свечение покрывает этот катод, давая четкое изображение соответствующего знака. Металлические контуры остальных катодов перекрывают друг друга, но они настолько тонки, что не затевают изображение светящегося катода. Таким образом, знаковая индикаторная газоразрядная лампа — это как бы несколько обычных неоновых лампочек, объединенных в одном стеклянном баллоне.

В последние годы для отображения информации все шире применяют также светодиоды, индикаторы с жидкими кристаллами и другие электронные устройства.

Сигнализация в кибернетических машинах бывает не только световой, но и звуковой. Обычно для звуковой сигнализации применяют электрические звонки и зуммеры, а в некоторых случаях — телефоны и динамические громкоговорители.

В логических узлах простых кибернетических машин часто используют нейтральные электромагнитные реле. У такого реле (рис. 3) якорь 1 притягивается к сердечнику электромагнита 2 под действием

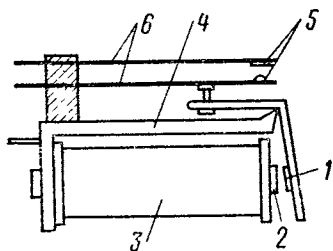


Рис. 3 Нейтральное электромагнитное реле.

1 — якорь, 2 — сердечник; 3 — обмотка, 4 — ярмо, 5 — контакты; 6 — контактные пружины.

магнитного поля, создаваемого обмоткой 3, по которой протекает ток. Поворачиваясь на призме ярма 4, якорь замыкает контакты 5. При отключении тока в обмотке якорь отходит от сердечника под действием контактных пружин 6. В электромагнитных реле устанавливают контактные пружины с замыкающими, размыкающими и переключающими контактами. Выпускаемые промышленностью реле снабжаются контактными группами в различных комбинациях. Однако конструкция реле такова, что контактные группы его можно переставлять, добавлять (до 16—18 контактных пружин) в соот-

ветствии с количеством и назначением переключаемых цепей.

В логических узлах больших и громоздких электронных вычислительных машин первого поколения (40-е и 50-е годы) наряду с электромагнитными реле использовались электронные лампы — диоды и триоды. В ЭВМ второго поколения (первая половина 60-х годов) электронные лампы уступили место полупроводниковым приборам — диодам, транзисторам, а также ферромагнитным элементам: сердечникам (кольцам), биаксам и пр. В ЭВМ третьего поколения (начиная со второй половины 60-х годов) элементной базой логических узлов стала микроэлектроника, основой которой являются микромодули, тонкопленочные, интегральные и гибридные элементы и схемы.

Микромодуль — это совокупность дискретных миниатюрных деталей (диодов, транзисторов, резисторов, конденсаторов и пр.), размещенных на изолирующих пластинках с высокой плотностью монтажа.

Тонкопленочный элемент изготавливается путем нанесения на изолирующую пластинку тонких проводящих и диэлектрических пленок; слои пленки располагают один над другим строго определенным образом с большой точностью, заменяя участки электроцепи.

Интегральные элементы — это законченные электронные приборы, содержащие многие компоненты (диоды, транзисторы, резисторы), нераздельно (интегрально) выполненные на полупроводниковом кристалле.

Гибридные элементы — это элементы, которые созданы с использованием интегральных и тонкопленочных методов.

Интегральные схемы характеризуются плотностью монтажа, достигающей нескольких тысяч элементов на 1 см^2 . При небольших габаритах, массе и потребляемой мощности они обладают высокой надежностью и небольшой стоимостью, что позволяет считать их самыми перспективными элементами сложнейших кибернетических машин настоящего и будущего.

Но в сравнительно простых кибернетических устройствах, особенно самодельных, и в наши дни находят применение электромагнитные реле и полупроводниковые приборы — диоды, обладающие односторонней проводимостью, и транзисторы, сопротивление которых может изменяться в соответствии с приложенным напряжением или током.

Кибернетические устройства должны обладать способностью воспринимать сигналы из внешней среды. «Глаза» и «уши» автоматов — это обычно разнообразные фотоэлементы и микрофоны.

Для восприятия световых сигналов в простых автоматах удобно применять фоторезистор — полупроводниковый прибор, электрическое сопротивление которого резко уменьшается при его освещении. Такой фоторезистор (например, типа ФС-К) присоединяют последовательно с обмоткой электромагнитного реле к источнику тока (рис. 4). В темноте сопротивление фоторезистора велико, поэтому через обмотку реле протекает очень малый ток, и оно не возбуждено. Если же осветить фоторезистор, то его сопротивление уменьшается, возрастает ток и реле срабатывает, переключая контакты в исполнительной цепи.

Для восприятия звуковых сигналов нередко используют акустическое реле, состоящее из микрофона, соединенного с усилителем и электромагнитным реле. Звук воздействует на микрофон, и возник-

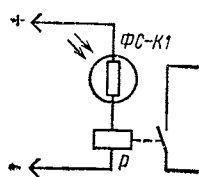


Рис. 4. Схема фотореле.

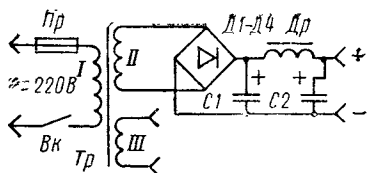


Рис. 5. Схема блока питания.

кающий при этом ток после усиления возбуждает электромагнитное реле, переключающее свои контакты в исполнительной цепи.

Кибернетические машины обычно получают питание от электросети переменного тока. Однако для работы отдельных узлов машины нередко нужны различные напряжения, отличающиеся от напряжения сети. Поэтому узел питания кибернетической машины содержит небольшой трансформатор. В тех случаях, когда необходим постоянный ток, в блоке питания применяется выпрямитель с полупроводниковыми диодами. Принципиальная схема типичного блока питания для простого кибернетического устройства показана на рис. 5. Первичная обмотка *I* трансформатора *Тр* подключается к сети переменного тока с обмотки *II* пониженное напряжение поступает на мостик выпрямителя, собранный на диодах *Д1—Д4*. Выпрямленное напряжение используется для питания обмоток электромагнитных реле и других элементов кибернетического устройства. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения служит фильтр, состоящий из дросселя *Др* (катушки со стальным сердечником) и двух конденсаторов *С1* и *С2* (здесь удобно применять электролитические конденсаторы, например, типа КЭ-1 или КЭ-2). Обмотка *III* трансформатора дает переменное напряжение для питания сигнальных ламп. Выключатель *Вк* служит для включения блока питания, а плавкий предохранитель *Пр* защищает устройство от полного разрушения (сгорания) при возможных неисправностях.

В автономных кибернетических машинах, не связанных с сетью переменного тока, в качестве источников питания обычно применяют батареи аккумуляторов и сухих элементов.

Все основные детали и узлы кибернетического устройства размещают на металлическом шасси и панелях, которые в свою очередь устанавливают в металлическом или пластмассовом футляре (корпусе), передняя стенка которого играет роль лицевой панели (пульта управления).

* * *

В этой беседе мы лишь кратко коснулись некоторых вопросов двончной арифметики и математической логики. А из технической базы кибернетики в поле нашего зрения попали только наиболее распространенные и важные детали и узлы электротехнических устройств. Тем не менее терпеливый и внимательный читатель может уже считать себя подготовленным к анализу работы и конструированию первых простейших кибернетических устройств-автоматов. Это мы и посвятим нашу следующую беседу.

Беседа третья, которая помогает читателю сделать первые шаги в конструировании простых дискретных автоматов

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ — «КИРПИЧИКИ» АВТОМАТОВ

Для определения истинности высказываний можно использовать специальные технические устройства, называемые *логическими элементами*. Такие устройства собирают из электротехнических деталей и узлов с двумя устойчивыми состояниями, о которых мы рассказали в предыдущей беседе. Логические элементы, получая значения истинности отдельных простых высказываний (в виде электрических сигналов: «1» — наличие сигнала, «0» — отсутствие сигнала), выдают значения истинности конъюнкции, дизъюнкции и инверсии.

Будем обозначать логический элемент на схемах прямоугольником; отрезками прямых линий изобразим входы и выходы, по которым вводятся и выводятся сигналы об истинности высказываний. Рядом с каждым входом и выходом поставим символическое обозначение высказываний (рис. 6).

Логический элемент И реализует конъюнкцию. Он имеет два или более входов и один выход. На выходе сигнал появляется только тогда, когда сигналы поданы на все входы.

Логический элемент ИЛИ реализует дизъюнкцию. Он также имеет два или более входов и один выход. На выходе сигнал появляется тогда, когда сигнал подан хотя бы на один из входов.

Логический элемент НЕ реализует инверсию. Он имеет один вход и один выход. Если на вход подается сигнал, то на выходе сигнал отсутствует; если же на входе нет сигнала, то на выходе сигнал есть.

Наиболее наглядно и просто можно реализовать логические элементы, применив электрические цепи с кнопочными выключателями и лампами. Будем считать, что кнопка находится в состоянии 0, если она не нажата, и в состоянии 1, если она нажата. Пусть далее горящая лампа означает 1, а негорящая — 0.

Логический элемент И реализуется двумя кнопочными выключателями с замыкающимися контактами и лампой, которые присоединены последовательно к источнику тока (рис. 7, а). Один из кнопочных выключателей соответствует высказыванию А, другой — высказыванию В, а лампа изображает высказывание А·В. Лампа горит только в том случае, если нажаты обе кнопки (в соответствии с таблицей истинности для конъюнкции).

Логический элемент ИЛИ можно реализовать, соединив параллельно кнопки А и В, с помощью которых подается напряжение от источника тока к лампе А+В (рис. 7, б). В соответствии с таблицей истинности для дизъюнкции лампа будет гореть, если нажата хотя бы одна из кнопок.

Логический элемент НЕ реализуется с помощью кнопочного выключателя, имеющего размыкающий контакт, и лампы, которые соединены последовательно с источником тока (рис. 7, в). Если кнопка не нажата ($A=0$), то лампа горит ($\bar{A}=1$); если кнопка нажата ($A=1$), то лампа не горит ($\bar{A}=0$).

Для реализации логических элементов можно использовать нейтральные электромагнитные реле. Схемы таких элементов приведены на рис. 8. Входами элементов здесь служат выключатели, с по-

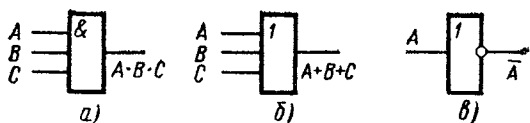


Рис. 6. Условные обозначения логических элементов.
 а — элемент И; б — элемент ИЛИ, в — элемент НЕ.

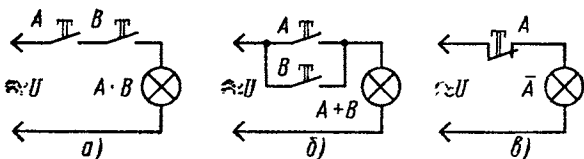


Рис. 7. Логические элементы с кнопками и лампочками накаливания.
 а — элемент И; б — элемент ИЛИ; в — элемент НЕ.

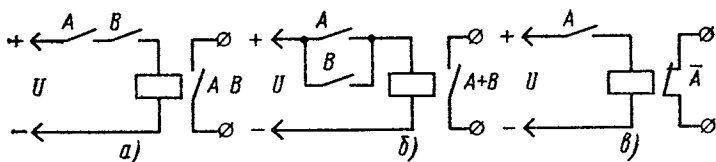


Рис. 8. Логические элементы с нейтральными электромагнитными реле.
 а — элемент И; б — элемент ИЛИ; в — элемент НЕ.

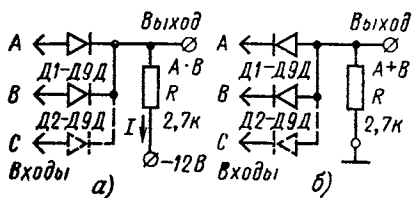


Рис. 9. Логические элементы с полупроводниковыми диодами.
 а — элемент И; б — элемент ИЛИ.

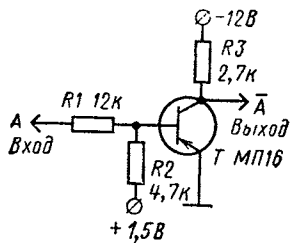


Рис. 10. Логический элемент НЕ с транзистором.

мостью которых подается напряжение на обмотки реле; выходами являются исполнительные контакты реле. У элемента И реле возбуждается, замыкая исполнительные контакты А·В только тогда, когда включены оба выключателя А и В. У элемента ИЛИ реле возбуждается, замыкая исполнительные контакты А+В, если включен хотя бы один из выключателей А или В. У элемента НЕ исполнительные контакты \bar{A} замкнуты, если выключен выключатель А; при его включении реле возбуждается, и исполнительные контакты размыкаются.

На рис 9, а показана схема логического элемента И с полупроводниковыми диодами. За нулевой уровень (состояние 0) принято нулевое напряжение, а за единичный уровень (состояние 1) — отрицательное напряжение — 12 В. Если на входы А и В поданы напряжения — 12 В, то все точки схемы имеют один и тот же потенциал. Следовательно, потенциал выхода также будет равен — 12 В. Если же хотя бы один из входов находится под нулевым потенциалом, то через соответствующий диод и резистор R протекает ток. Падением напряжения на диоде, проводящем ток, можно пренебречь, поэтому напряжение на выходе в этом случае равно нулю.

Схема логического элемента ИЛИ с полупроводниковыми диодами показана на рис. 9, б. От схемы элемента И она отличается направлением включения диодов и потенциалом, подводимым к резистору R . Если напряжение на всех входах также равно нулю, то нулевой потенциал имеют все точки схемы, ток через резистор R не протекает, напряжение на выходе — 0 В. Если же хотя бы на один из входов подано напряжение — 12 В, то через резистор R будет протекать ток, вызывая падение напряжения на нем. Потенциал выхода станет равным — 12 В.

Число входов в схемах рассмотренных элементов И и ИЛИ может быть и больше двух. Например, на рис. 9 пунктиром показан третий вход С.

На рис. 10 показана схема логического элемента НЕ с транзистором. Здесь сопротивления резисторов R_1 и R_2 подобраны так, что при нулевом потенциале на входе потенциал базы транзистора положителен, поэтому транзистор закрыт, и ток через резистор R_3 не протекает. Вследствие этого потенциал на выходе равен — 12 В. Если же на вход подается потенциал — 12 В, то транзистор открывается, через резистор R_3 протекает ток, вызывая падение напряжения; потенциал выхода становится равным нулю.

Логические элементы И, ИЛИ и НЕ можно собрать также на основе других электротехнических деталей и приборов. Благодаря прогрессу микроэлектроники созданы логические элементы в виде микромодулей, тонких пленок, интегральных и гибридных схем. Такие логические элементы обладают высокой надежностью, большой плотностью монтажа и наименьшей стоимостью. Но по принципу выполнения логических операций они не отличаются от простых логических элементов, с которыми мы здесь познакомимся.

КОНСТРУИРУЕМ ПРОСТЫЕ ОДНОТАКТНЫЕ АВТОМАТЫ

Теперь познакомимся с простейшими приемами конструирования кибернетических устройств — преобразователей информации. Простейшие из таких устройств мы уже знаем: это логические элементы И, ИЛИ и НЕ, способные автоматически определять истинность вы-

сказываний, полученных в результате выполнения над теми или иными простыми высказываниями операций конъюнкции, дизъюнкции и инверсии. Перед нами задача: научиться конструировать логические устройства для автоматического вычисления истинности более сложных высказываний. Такие устройства (их называют одноктактными автоматами) составляют из отдельных логических элементов И, ИЛИ и НЕ подобно тому, как из отдельных кирпичиков строится здание. Основные методы синтеза одноктактных автоматов мы разберем на простом примере.

Предположим, что нужно создать автоматическое устройство для оповещения зрителей об оценке выступлений тяжелоатлетов на соревновании Судейская коллегия состоит из трех судей А, В и С, один из которых — А — является председателем (старшим судьей). Если по мнению судьи вес спортсменом взят, то судья нажимает кнопку на расположенном перед ним пульте. Коллективное решение «Вес взят» должно появляться на световом табло в случае единогласного решения всех трех судей или только двух из них, но при условии, что в числе этих двух — председатель.

Как по данному описанию построить такое устройство?

Сначала попробуем представить наш будущий автомат в виде «черного ящика» (так кибернетики называют устройство, внутренняя структура которого пока не известна) и определим количество его входов и выходов. На рис. 11, а изображен такой «черный ящик» для данного примера. Он имеет три входа А, В и С (по ним поступают сигналы 0 или 1 от судей) и один выход Х (с него подается на световое табло сигнал коллективной оценки: «Вес взят» — 1 или «Вес не засчитан» — 0).

Составим таблицу с указанием всех возможных состояний выхода Х, соответствующих всем возможным комбинациям состояний входов А, В и С. Для составления такой таблицы воспользуемся условиями, заданными в описании автомата. Согласно этим условиям сигнал 1 на выходе Х должен появляться только в случаях, когда нажаты кнопки: А, В и С; А и В; А и С. Во всех остальных случаях на выходе Х появляется сигнал 0.

Очевидно таблица состояний (таблица истинности коллективного решения «Вес взят») для нашего автомата будет иметь вид:

А	В	С	Х
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

С помощью этой таблицы нужно составить структурную формулу автомата. Для этого существует следующее правило:

1) из таблицы состояний выбираем те строки, для которых значение состояния на выходе X равно 1;

2) для каждой из выбранных строк записываем конъюнкцию входных величин, значения которых равны 1, и отрицаний (инверсий) входных величин, значения которых равны 0;

3) составляем логическую сумму (дизъюнкцию) записанных конъюнкций для всех выбранных строк таблицы;

4) используя свойства логических операций и законы алгебры высказываний, упрощаем (минимизируем) полученную структурную формулу.

Значения состояний на выходе X равны 1 только в последних трех строках таблицы. Поэтому, выполняя пп. 2 и 3 указанного правила, составим структурную формулу синтезируемого автомата:

$$X = A \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C.$$

Согласно п. 4 правила эту формулу нужно упростить. На основании распределительного свойства конъюнкции $X = A \cdot (B \cdot C + \bar{B} \cdot C + B \cdot \bar{C})$. Применяя преобразование «склеивания» к выражению $B \cdot C + \bar{B} \cdot C = C$, получаем: $B \cdot C + \bar{B} \cdot C = C$, следовательно, $X = A \cdot (C + B)$.

Далее, так как $B \cdot C + B = C + B$, окончательно получаем:

$$X = A \cdot (C + B),$$

Это и есть структурная формула создаваемого автомата. Соответствующая ей функциональная схема показана на рис. 11, б.

На основании структурной формулы и функциональной схемы автомата конструктор, исходя из имеющихся в его распоряжении технических средств (выключателей, реле, диодов, транзисторов и пр.), составляет принципиальную электрическую схему автомата. На рис. 11, в представлен вариант принципиальной схемы синтезированного кибернетического арбитра на выключателях (тумблерах) $Bк1$ (А), $Bк2$ (В), $Bк3$ (С) и лампе L (X). Другой вариант принципиальной схемы автомата показан на рис. 11, г. Здесь использованы кнопочные выключатели $K1$ (А), $K2$ (В), $K3$ (С), электромагнитное

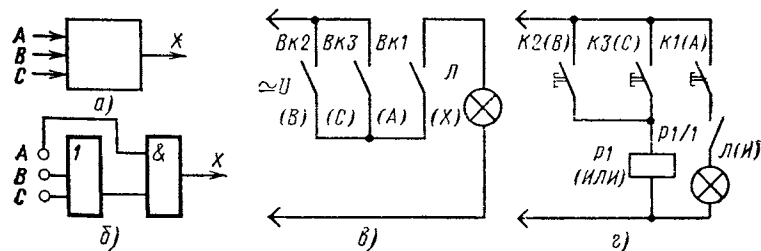


Рис 11. Кибернетический арбитр

а — «черный ящик»; *б* — функциональная схема; *в* — схема с выключателями и лампочкой; *г* — схема с кнопками и электромагнитным реле.

реле *PI* (ИЛИ) и лампа *Л* (И). По любой из этих принципиальных схем можно составить соответствующую монтажную схему, после чего можно приступать к изготовлению кибернетического устройства.

Обобщая рассмотренный пример, сформулируем алгоритм синтеза одноконтурных автоматов:

- 1) дать словесное описание работы автомата;
- 2) представить автомат в виде «черного ящика», указав входы и выходы;
- 3) составить таблицу состояний автомата;
- 4) записать структурные формулы для каждого выхода автомата;
- 5) упростить (минимизировать) полученные формулы;
- 6) построить функциональную схему автомата;
- 7) исходя из имеющихся технических средств, составить принципиальную (электрическую) схему автомата;
- 8) составить монтажную схему и приступить к постройке автомата.

Попробуем, например, следуя этому алгоритму, решить такую конструкторскую задачу.

В двухэтажном доме лестничная клетка освещается одной лампой *X*. На первом этаже лестничной клетки расположен выключатель *A*, на втором этаже — выключатель *B*. Лампа *X* должна выключаться и включаться изменением состояния (переключением) любого из выключателей независимо от состояния другого выключателя. Как по этому описанию построить требуемое устройство?

Представляем устройство в виде «черного ящика» (рис. 12, *a*). Оно должно иметь два входа (выключатели *A* и *B*) и один выход (лампа *X*). Составляем таблицу состояний:

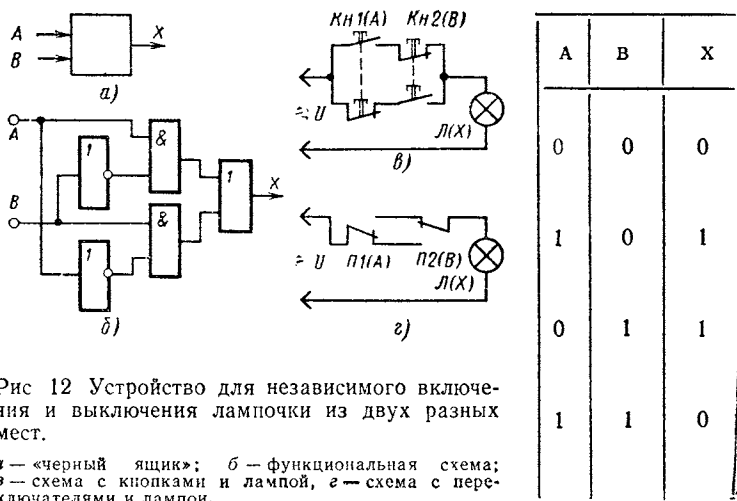


Рис 12 Устройство для независимого включения и выключения лампочки из двух разных мест.

a — «черный ящик»; *б* — функциональная схема; *в* — схема с кнопками и лампой, *г* — схема с переключателями и лампой.

Только во второй и третьей строках таблицах $X=1$. Записываем структурную формулу:

$$X = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B.$$

Эта формула не нуждается в упрощении. Ей соответствует функциональная схема, приведенная на рис. 12, б. Если для замыкания цепи лампы использовать кнопочные выключатели, то принципиальная электрическая схема синтезируемого автомата может выглядеть так, как показано на рис. 12, в. Но удобнее вместо каждой пары кнопок применить один переключатель (тумблер). Тогда схема электропроводки, обеспечивающей решение этой задачи, будет выглядеть так, как показано на рис. 12, г.

В заключение предлагаем сконструировать схему электрической цепи, с помощью которой можно было бы решать аналогичную задачу включения и выключения одной лампочки любым из трех выключателей, расположенных в разных местах. У такого кибернетического устройства должно быть три входа (выключатели А, В и С) и один выход (лампа Х). «Черный ящик» имеет такой же вид, как и у кибернетического арбитра, рассмотренного ранее (рис. 11, а). А вот как выглядит соответствующая таблица состояний:

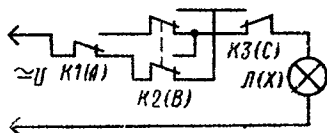
А	В	С	Х
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	1	1
1	1	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	1	1

На основании этой таблицы может быть составлена следующая структурная формула:

$$X = A \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C.$$

Принципиальная электрическая схема кибернетического устройства, построенного на основе этой структурной формулы, после ряда упрощений принимает вид, показанный на рис. 13.

Рис. 13. Схема устройства для независимого включения и выключения лампы из трех разных мест,



МОДЕЛИ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Мы познакомились с приемами синтеза простых одноконтурных автоматов. Воспользуемся теперь этими приемами, чтобы сконструировать несколько простых действующих моделей цифровых вычислительных устройств.

Простейшее цифровое вычислительное устройство для нахождения суммы двух одноразрядных чисел — одноразрядный двоичный сумматор с двумя входами. Такое устройство осуществляет сложение в разряде единиц, но у него нет третьего входа для переноса единицы из младшего разряда. Сумматор с двумя входами часто называют полусумматором, так как одноразрядный сумматор с тремя входами можно составить из двух таких полусумматоров (в чем мы в дальнейшем убедимся).

Полусумматор должен выполнять арифметические действия:

$$\begin{array}{ll} 0+0=00 & 1+0=01 \\ 0+1=01 & 1+1=10 \end{array}$$

Представляя полусумматор в виде «черного ящика» (рис. 14,а), отметим, что он должен иметь два входа (А — первое слагаемое, В — второе слагаемое) и два выхода (Х — сумма в данном разряде, У — перенос в старший разряд). Таблица состояний полусумматора имеет следующий вид:

A	B	X	Y
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

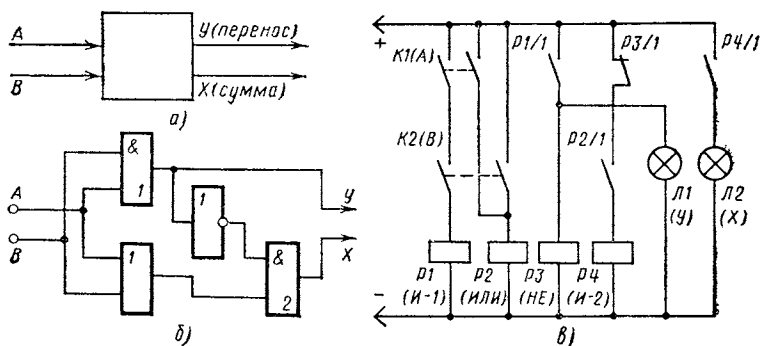


Рис. 14. Двоичный полусумматор.

а — «черный ящик»; б — функциональная схема; в — схема с электромагнитными реле.

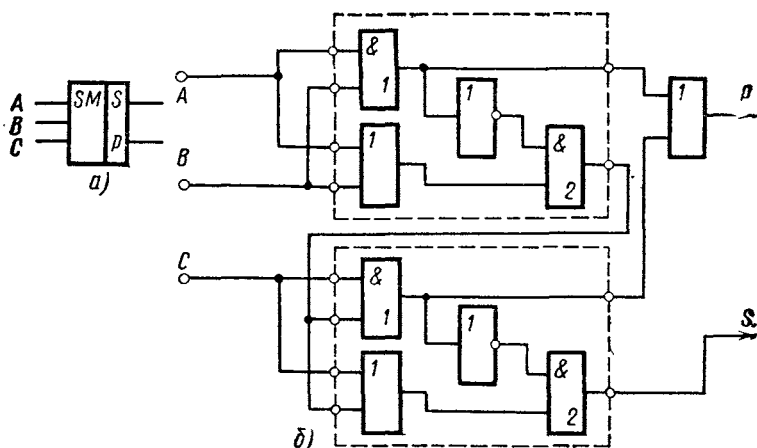


Рис. 15. Одноразрядный двоичный сумматор.

a — условное обозначение; *б* — функциональная схема.

Составляем структурные формулы для каждого выхода полусумматора: $X = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$, $Y = A \cdot B$. Первую из этих формул целесообразно преобразовать. Для этого произведем логическое сложение (дизъюнкцию) ее правой части с тождественно-ложным высказыванием $\bar{A} \cdot A + B \cdot \bar{B}$ (такая операция, очевидно, не повлияет на результат — истинность X). Получим: $X = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot A + \bar{B} \cdot B$.

Воспользовавшись взаимными свойствами конъюнкции и дизъюнкции, преобразуем правую часть равенства: $X = (\bar{A} + B) \cdot (A + \bar{B})$. Учитывая далее, что согласно формуле де Моргана $\bar{A} + B = \overline{A \cdot \bar{B}}$, запишем окончательно: $X = \overline{A \cdot \bar{B}} \cdot (A + \bar{B})$.

Итак, структурные формулы для полусумматора приобретают следующий вид:

$$X = \overline{A \cdot \bar{B}} \cdot (A + B); \quad Y = A \cdot B.$$

По этим формулам строится функциональная схема двоичного полусумматора (рис. 14, б). Вариант принципиальной электрической схемы на электромагнитных реле для такого полусумматора приведен на рис. 14, в

Основным счетным узлом арифметического устройства электронных цифровых вычислительных машин является многоразрядный двоичный сумматор, выполняющий сложение двоичных чисел. Этот сумматор составляется из некоторого числа одноразрядных двоичных сумматоров с тремя входами. Рассмотрим подробнее такой одноразрядный двоичный сумматор, имеющий три входа (рис. 15). Два его входа A и B служат для подачи чисел 0 или 1 первого и второго слагаемых, а на третий вход C поступает 0 или 1 из сумматора младшего разряда. Одноразрядный двоичный сумматор имеет два

выхода. На выходе S — сумма в данном разряде, а на выходе P — перенос в старший разряд.

Таблица состояний одноразрядного двоичного сумматора с тремя входами имеет следующий вид:

№ операции	Первое слагаемое n -го разряда A	Второе слагаемое n -го разряда B	Поступило из младшего $(n-1)$ -го разряда C	Сумма в данном n -м разряде S	Перенос в старший $(n+1)$ -й разряд P
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	1	0
3	0	1	0	1	0
4	1	1	0	0	1
5	0	0	1	1	0
6	1	0	1	0	1
7	0	1	1	0	1
8	1	1	1	1	1

На рис. 15, б изображена функциональная схема одноразрядного двоичного сумматора с тремя входами. Она составлена из двух одинаковых полусумматоров и одного элемента ИЛИ. Проанализировав эту схему, нетрудно убедиться, что она реализует все восемь операций, указанных в таблице.

Последовательно соединяя несколько одноразрядных сумматоров, можно составлять многоразрядные двоичные сумматоры. Четырехразрядный двоичный сумматор, составленный таким образом, показан на рис. 16. Опишем действующую модель такого сумматора, в которой в качестве логических элементов использованы нейтральные электромагнитные реле. Разумеется, такая модель не может конкурировать в компактности, надежности и быстродействии с сумматорами современных ЭВМ, собранных на основе интегральных схем; зато она проста, наглядна, не требует дорогих и дефицитных деталей. Она вполне доступна для изготовления в любительских условиях.

Модель имеет устройства ввода первого и второго слагаемых, суммирующий блок, пульт управления с кнопочными выключателями и сигнальными лампочками и блок питания. Слагаемые вводятся поразрядно нажатием кнопок на пульте управления (рис. 17), фиксируются сигнальными лампами. С помощью таких же ламп, включаемых релейными цепями модели, выдается результат сложения (сумма). Для того чтобы разобратся в принципе действия модели, рассмотрим вначале работу одного из разрядов суммирующего блока. Каждый такой разряд представляет собой двоичный сумматор с тремя входами. Исходное состояние n -го сумматора изображено на рис. 18. Оно соответствует операции № 1 ($0+0=0$); реле S_n и P_n отключены, лампа L_n , указывающая сумму в этом разряде, не горит.

Единица первого слагаемого вводится переключением контактов $A_n/1$. При этом срабатывает реле суммы S_n , и включается сигнальная лампочка L_n , что соответствует операции № 2 ($1+0=1$).

Единица второго слагаемого вводится переключением контактов $B_n/1$, $B_n/2$ и $B_n/3$. Если при этом единица первого слагаемого не вводится (контакты $A_n/1$ не переключены), то реле суммы S_n также возбуждается, включая сигнальную лампочку L_n , что соответствует операции № 3 ($0+1=1$). Если же введены единицы в первом и во втором слагаемых (т. е. переключены контакты $A_n/1$, $B_n/1$, $B_n/2$ и $B_n/3$), то цепь питания реле S_n оказывается разомкнутой, это реле не возбуждается, и лампочка L_n не горит. Но в этом случае через диод D_n замыкается цепь реле P_n , и это реле возбуждается, передавая единицу в следующий (старший) разряд, — осуществляется операция № 4 ($1+1=10$).

Контакты $P(n-1)/1$ и $P(n-1)/2$ являются исполнительными контактами реле $P(n-1)$ предыдущего (младшего) разряда. При операции $1+1=10$ в этом младшем разряде реле $P(n-1)$ срабатывает, его контакты $P(n-1)/1$ и $P(n-1)/2$ в рассматриваемом разряде включают реле S_n , передавая, таким образом, единицу в этот раз-

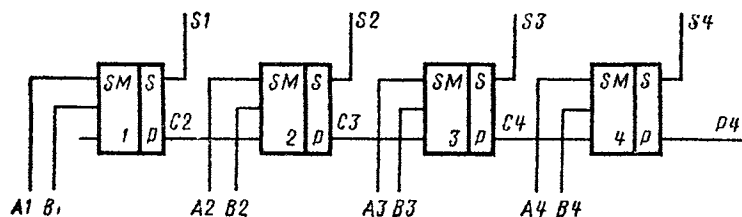


Рис. 16. Схема четырехразрядного двоичного сумматора.

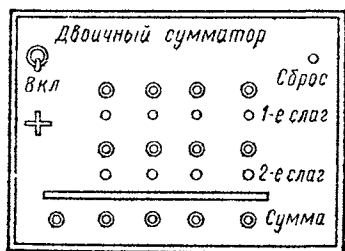


Рис. 17. Лицевая панель модели сумматора.

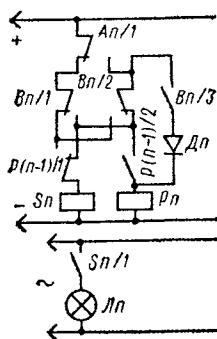


Рис. 18. Схема одного разряда суммирующего блока.

ряд (так осуществляются операции № 5, 6, 7 и 8). Вентиль Dn является развязывающим элементом: он препятствует образованию ложной цепи включения реле Sn при операции № 7.

Полная принципиальная схема модели приведена на рис. 19. Суммирующий блок состоит из четырех отдельных одноразрядных двоичных сумматоров, идентичных описанному (за исключением сумматора первого разряда: этот сумматор не выполняет функцию приема единицы из младшего разряда, поэтому он упрощен). Блоки введения слагаемых собраны на электромагнитных реле $A1—A4$ (первое слагаемое) и $B1—B4$ (второе слагаемое). Обмотки этих реле включаются кнопочными выключателями, расположенными на пульте управления под соответствующими сигнальными лампами. Исполнительные контакты этих реле осуществляют включение сигнальных ламп и все необходимые переключения в цепях сумматоров при выполнении вычислительных операций; кроме того, реле $A1—A4$ и $B1—B4$ снабжены блок-контактами для запоминания моделью введенных в нее чисел-слагаемых.

Лампы-разряды суммы $L1—L5$ расположены также на пульте управления под лампами-разрядами слагаемых. Лампы $L1—L4$

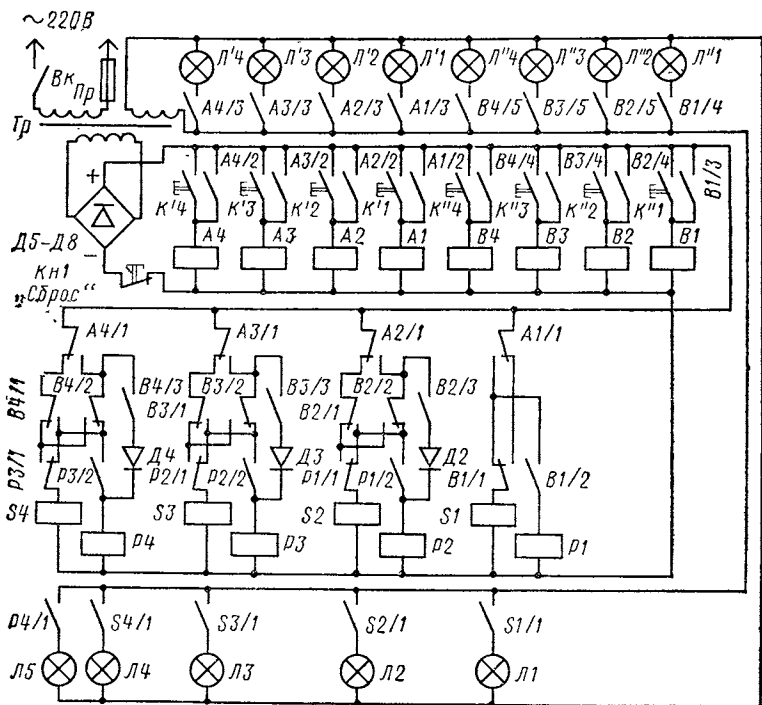


Рис. 19. Принципиальная схема модели четырехразрядного двоичного сумматора.

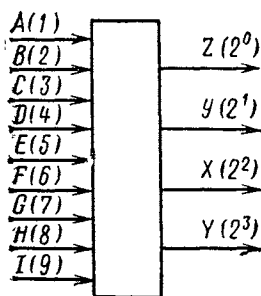


Рис. 20. Схема модели десятично-двоичного дешифратора в виде «черного ящика».

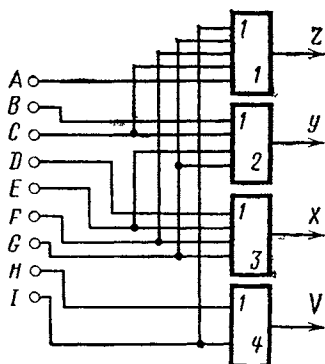


Рис. 21. Функциональная схема модели десятично-двоичного дешифратора.

включаются контактами реле $S1-S4$ сумматоров; лампа наивысшего, пятого разряда суммы $L5$ включается контактами $P4/1$. Для возврата модели в исходное состояние после выполнения сложения служит кнопка «Сброс» ($Kн1$), расположенная в правом верхнем углу на пульте управления. Блок питания модели состоит из трансформатора, первичная обмотка которого включается в сеть, и выпрямителя.

Авторами был построен макет модели сумматора. В модели применены реле типа РС-13, имеющие по шесть контактных переключющих групп Вентили в цепях сумматоров — диоды типа Д226. Сигнальные лампы — на 3,5 В. Кнопочные выключатели — самодельные. Трансформатор блока питания собран из пластины Ш-32, толщиной на пакета 20 мм. Сетевая обмотка содержит 2000 витков провода ПЭ-0,18; обмотка питания сигнальных ламп — 36 витков провода ПЭ-0,3; обмотка выпрямителя для питания реле имеет 300 витков провода ПЭ-0,3. Выпрямление тока осуществляется диодами Д5—Д8 типа Д226.

Другим логическим устройством, которое нередко используется в вычислительной технике, является дешифратор. Дешифраторы разных типов применяют также для расшифровки закодированных сигналов, поступающих в приемные аппараты установок связи, телемеханики и пр. В частности, например, дешифраторы используют там, где возникает необходимость в автоматическом переводе чисел из одной системы счисления в другую.

Воспользуемся уже знакомой нам методикой синтеза одноктактных автоматов и сконструируем десятично-двоичный дешифратор — автомат для преобразования десятичных чисел в двоичные числа. Ограничимся для простоты только одноразрядными десятичными числами. В этом случае кибернетическое устройство, получая на входах цифры от 1 до 9, будет выдавать на выходах двоичные числа, соответствующие каждой входной цифре

Десятично-двоичный дешифратор должен иметь девять входов и четыре выхода (рис. 20).

Таблицу состояний для него составить нетрудно. Вот она:

A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)	G (7)	H (8)	I (9)	V (2 ⁰)	X (2 ¹)	Y (2 ¹)	Z (2 ⁰)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

Не представляет большого труда и составление структурных формул десятично-двоичного дешифратора. После выполнения упрощающих преобразований эти формулы принимают вид:

$$V = H \cdot \bar{I} + \bar{H} \cdot I;$$

$$X = D \cdot \bar{E} \cdot \bar{F} \cdot \bar{G} + \bar{D} \cdot E \cdot \bar{F} \cdot \bar{G} + \bar{D} \cdot \bar{E} \cdot F \cdot \bar{G} + \bar{D} \cdot \bar{E} \cdot \bar{F} \cdot G;$$

$$Y = B \cdot \bar{C} \cdot \bar{F} \cdot \bar{G} + \bar{B} \cdot C \cdot \bar{F} \cdot \bar{G} + \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot F \cdot \bar{G} + \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot F \cdot G;$$

$$Z = A \cdot \bar{C} \cdot \bar{E} \cdot \bar{G} \cdot \bar{I} + \bar{A} \cdot C \cdot \bar{E} \cdot \bar{G} \cdot \bar{I} + \bar{A} \cdot \bar{C} \cdot E \cdot \bar{G} \cdot \bar{I} + \bar{A} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E} \cdot G \cdot \bar{I} + \bar{A} \cdot C \cdot \bar{E} \cdot \bar{G} \cdot I.$$

Несмотря на кажущуюся сложность этих формул, соответствующая им функциональная схема автомата получается несложной (рис. 21). В электрических цепях можно применить кнопочные выключатели и полупроводниковые диоды или же воспользоваться многополюсными телефонными ключами типа КТРО; индикаторами на выходах дешифратора могут служить лампы накаливания или лампы тлеющего разряда. Два варианта принципиальных схем модели десятично-двоичного дешифратора приведены на рис. 22 и 23. Возможный их внешний вид показан на рис. 24. Но модель с полупроводниковыми диодами лучше изготовить в виде развернутой принципиальной схемы на вертикальной панели — стенде. Такую конструкцию очень удобно использовать в качестве наглядного пособия.

Для обратного перевода чисел из двоичной системы счисления в десятичную необходим двоично-десятичный дешифратор. Изображение такого автомата в виде «черного ящика» мы получим, если воспользуемся «черным ящиком» для десятично-двоичного дешифратора (рис. 20), но входы и выходы у него поменяем местами. В качестве таблицы состояний для двоично-десятичного дешифратора можно также взять таблицу десятично-двоичного дешифратора, но при этом иметь в виду, что здесь символы V, X, Y и Z будут обозначать входы автомата, а символы A, B, ..., H, I — его выходы.

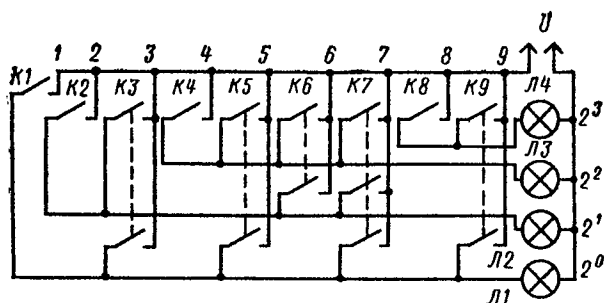


Рис. 22. Вариант принципиальной схемы десятично-двоичного дешифратора с ключами типа КТРО.

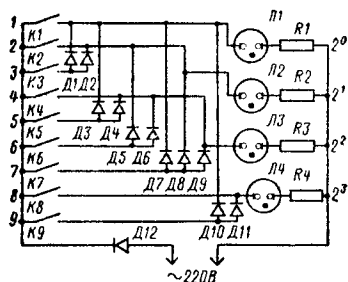


Рис. 23. Вариант принципиальной схемы десятично-двоичного дешифратора с полупроводниковыми диодами.

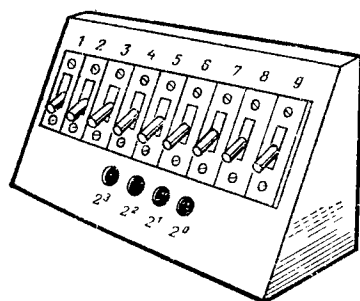


Рис. 24. Внешний вид модели десятично-двоичного дешифратора.

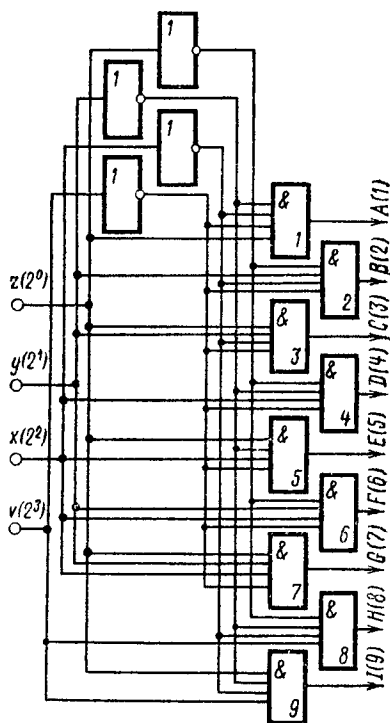


Рис. 25. Функциональная схема модели двоично-десятичного дешифратора.

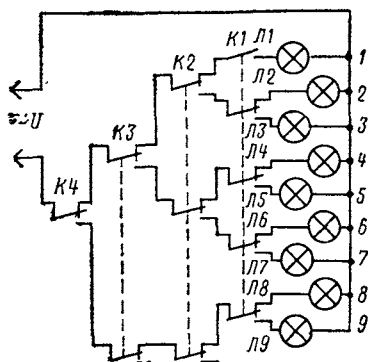


Рис. 26. Вариант принципиальной схемы двоично-десятичного дешифратора с ключами типа КТРО.

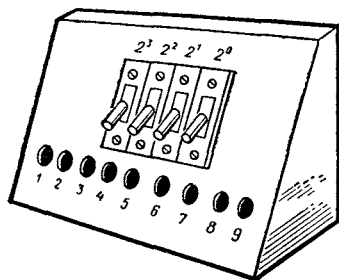


Рис. 28. Внешний вид модели двоично-десятичного дешифратора.

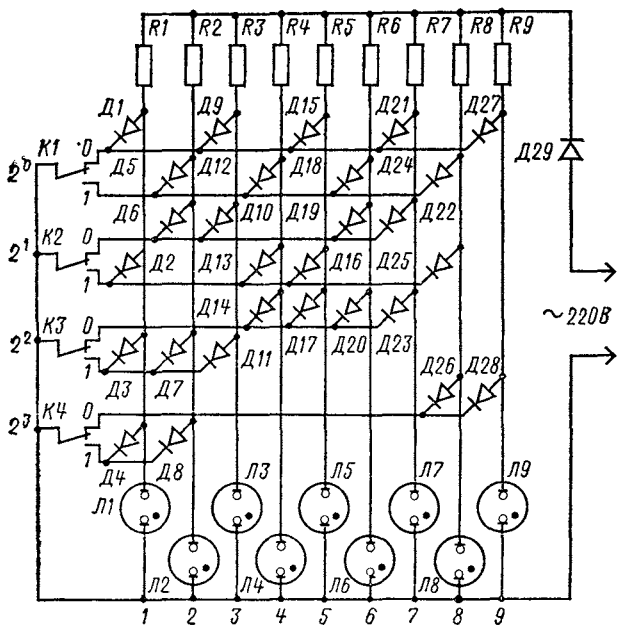


Рис. 27. Вариант принципиальной схемы двоично-десятичного дешифратора с полупроводниковыми диодами.

Нетрудно получить для девяти выходов автомата следующие структурные формулы:

$$A = \bar{V} \cdot \bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot Z; \quad D = \bar{V} \cdot X \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z}; \quad G = \bar{V} \cdot X \cdot Y \cdot Z;$$

$$B = \bar{V} \cdot \bar{X} \cdot Y \cdot \bar{Z}; \quad E = \bar{V} \cdot X \cdot \bar{Y} \cdot Z; \quad H = V \cdot \bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot \bar{Z};$$

$$C = \bar{V} \cdot \bar{X} \cdot Y \cdot Z; \quad F = \bar{V} \cdot X \cdot Y \cdot \bar{Z}; \quad I = V \cdot \bar{X} \cdot \bar{Y} \cdot Z.$$

По этим формулам составляется функциональная схема двоично-десятичного дешифратора (рис. 25). Два варианта принципиальных электрических схем (с телефонными ключами типа КТРО и с полупроводниковыми диодами и тумблерами) приведены на рис. 26 и 27, а возможный внешний вид моделей — на рис. 28.

* * *

*

Однотактные автоматы, о которых мы рассказали в этой беседе, имеют один существенный недостаток: у них нет памяти, и они не запоминают поступающую информацию. Поэтому такие автоматы не могут извлекать уроков из своей деятельности, они не способны обучаться.

Это обстоятельство ограничивает возможности однотактных автоматов. В самом деле, для их нормальной работы все сигналы должны поступать на входы одновременно. Только при этом условии на выходах будут появляться нужные результирующие сигналы. Между тем на практике часто встречаются такие случаи, когда сигналы поступают на входы автоматов неодновременно. Например, на первый вход сигнал приходит раньше, чем на второй. Ясно, что однотактный автомат не может справиться с преобразованием таких сигналов. Необходимо предусмотреть в структуре автомата дополнительные элементы и узлы, которые могли бы запоминать сигнал, поступивший на первый вход, до появления сигнала на втором входе.

О таких автоматах, обладающих памятью, мы поговорим в следующей беседе.

Б е с е д а ч е т в е р т а я, в которой читатель осваивает простейшие методы конструирования автоматов, обладающих памятью

ТРИГГЕР — ЯЧЕЙКА ПАМЯТИ АВТОМАТА

Триггер (от английского *trigger* — защелка, спуск) определяется как логическое устройство с обратными связями, которое может находиться в одном из двух устойчивых состояний, обеспечиваемых этими связями. Структурные формулы для триггера имеют следующий вид: $X = \bar{A} + \bar{Y}$, $Y = B + X$. Функциональная схема триггера показана на рис. 29. Как видим, триггер может быть составлен из уже знакомых нам логических элементов ИЛИ и НЕ. Рассмотрим его действие.

Допустим, что на вход А подан сигнал 1 (на входе В сигнала нет, т. е. $B=0$). Триггер должен запомнить этот сигнал. Единица, поданная на вход элемента ИЛИ-1, вызывает появление на его выходе сигнала 1, который затем поступает на вход элемента НЕ-1.

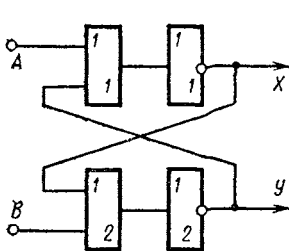


Рис. 29. Функциональная схема триггера.

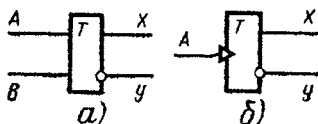


Рис. 30. Условные обозначения триггера.

а — триггер с раздельными входами, б — триггер со счетным входом.

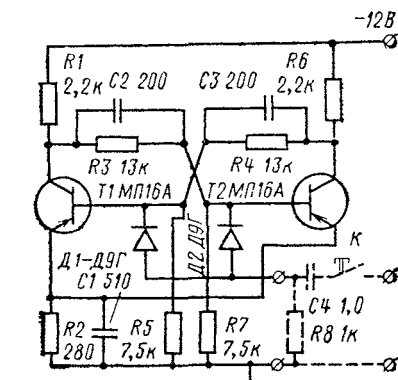
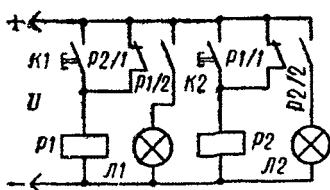


Рис. 32. Схема триггера со счетным входом на транзисторах.

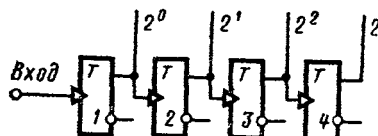


Рис. 33. Схема двоячного счетчика импульсов.

←
Рис. 31. Схема триггера с раздельными входами на электромагнитных реле.

На выходе элемента НЕ-1 возникает сигнал 0, который демонстрируется на выходе триггера X и одновременно по линии обратной связи поступает на вход элемента ИЛИ-2. Так как на оба входа ИЛИ-2 поданы сигналы 0, то и на выходе его будет 0. На выходе же инвертора НЕ-2 появится сигнал 1, который будет демонстрироваться на выходе триггера Y, и в то же время по линии обратной связи этот сигнал 1 поступит на второй, внутренний вход элемента ИЛИ-1. После этого сигнал 1 с внешнего входа A элемента ИЛИ-1 можно снять; его действие заменяется действием такого же сигнала, поступающего от инвертора НЕ-2.

Если снова подать сигнал 1 на вход A, то это устойчивое состояние триггера не изменится; на выходах его сохраняются значения: $X=0$, $Y=1$.

Пусть теперь на вход B подан сигнал 1 (при $A=0$). Элемент ИЛИ-2 выдает сигнал 1, поступающий на вход инвертора НЕ-2, и на выходе последнего появляется сигнал 0. Этот сигнал демон-

рируется на выходе триггера Y . По линии обратной связи сигнал 0 подается на внутренний вход элемента ИЛИ-1, и так как на обоих входах элемента устанавливается сигнал 0 , то на его выходе также появляется сигнал 0 , воздействующий на вход инвертора НЕ-1. На выходе этого инвертора возникает сигнал 1 , который демонстрируется на выходе триггера X , и по каналу обратной связи поступает на вход ИЛИ-2.

Итак, в результате подачи сигнала 1 на вход B триггер «переворачивается», переходя в другое устойчивое состояние с сигналами на выходах: $X=1$, $Y=0$.

Теперь сигнал 1 со входа B можно также снять. Повторная подача сигнала 1 на вход B не изменит состояние триггера. Для очередного «переворачивания» нужно снова кратковременно подать сигнал 1 на вход A .

Устройство, которое мы описали, условно показано на рис. 30, *a* и называется *триггером с отдельными входами*. Если входы A и B объединить, как изображено на рис. 30, *б*, то получим *триггер со счетным входом*. В таком триггере каждый сигнал 1 , поданный на счетный вход, изменяет состояние устройства.

Триггеры можно собирать на основе электромагнитных реле, электронных ламп (триодов), транзисторов и других деталей. Простейший триггер с отдельными входами на электромагнитных реле схематически показан на рис. 31. При подаче напряжения питания одно из двух реле, например $P1$, успевает возбудиться раньше другого. Контакты сработавшего реле $P1/1$, размыкаясь, отключают от источника напряжения обмотку реле $P2$, и оно остается невозбужденным. Такое состояние триггера является устойчивым. Чтобы перевести триггер в другое устойчивое состояние, нужно нажать кнопочный выключатель $K2$. Реле $P2$ при этом возбуждается, и его контакты $P2/1$, размыкаясь, отключают обмотку реле $P1$; контакты реле $P1/1$, возвращаясь в исходное состояние, шунтируют кнопочный выключатель $K2$, после чего кнопку можно отпустить. Для возврата триггера в первое устойчивое состояние нужно кратковременно нажать кнопку $K1$.

Лампы $L1$ и $L2$ включаются контактами $P1/2$ и $P2/2$ и сигнализируют о состоянии триггера.

Схема простого и надежно действующего триггера со счетным входом на транзисторах приведена на рис. 32. Запускается этот прибор положительными импульсами напряжения 2—3 В. Импульсы подаются через цепочку $R8$, $C4$ (на схеме цепочка показана пунктиром). Для наблюдения «переворачивания» триггера в коллекторную цепь одного из транзисторов можно включить миллиамперметр на 25 мА или подключить параллельно одному из транзисторов вольтметр.

Несколько триггеров можно объединить в группу — регистр. Такие группы являются простейшими запоминающими устройствами, способными хранить дискретную информацию, зашифрованную в виде двоичных чисел.

Одна из наиболее характерных схем на основе триггеров — двоичный счетчик импульсов. Он представляет собой каскадное соединение нескольких триггеров со счетными входами (рис. 33).

Разберемся в действии такого счетчика импульсов.

Вначале все триггеры счетчика находятся в состояниях, при которых у каждого из них $X=0$, $Y=1$. Обозначим такое состояние триггера 0 . Если на вход триггера $T1$ подать единичный импульс, то

этот триггер перейдет в состояние, при котором $X=1$, $Y=0$. Условимся обозначать такое состояние триггера 1. При подаче на вход $T1$ второго единичного импульса триггер вернется в состояние 0, но с его выхода на счетный вход $T2$ поступит импульс, который вызовет переход этого триггера в состояние 1. Аналогично будут действовать триггеры $T2$ на $T3$ и $T3$ на $T4$ при дальнейшем поступлении импульсов на вход счетчика. При этом в счетчике фиксируется общее число импульсов, поступивших на его вход (в двоичной системе счисления). Триггер $T1$ изображает разряд единиц (2^0), $T2$ — разряд двоек (2^1), $T3$ — разряд четверок (2^2) и т. д. После того как будет зафиксировано максимальное число импульсов, все триггеры счетчика перейдут в состояние 1.

Максимальное число, которое может «запомнить» счетчик, содержащий n триггеров (разрядов), равно $E=2^n-1$. Это число называется емкостью счетчика.

КОНСТРУИРУЕМ МНОГОТАКТНЫЕ АВТОМАТЫ

Рассмотрим в качестве примера простой автомат с памятью — автоматический контролер метро (рис. 34).

Проход турникета пересекается двумя световыми лучами от специальных осветителей $O1$ и $O2$. Если монета не была опущена в монетоприемник, то при пересечении человеком первого луча включается звуковой сигнал (звонок), и механический заградитель преграждает проход. При опускании монеты загорается световое табло «Идите», а горевшее до этого табло «Опустите монету» гаснет; звуковой сигнал и механический заградитель при этом не включаются. После пересечения второго светового луча автомат возвращается в исходное «контролирующее» состояние, причем снова загорается табло «Опустите монету».

Наша задача — сконструировать такое кибернетическое устройство.

В отличие от однотоктных автоматов этот автоматический контролер должен обладать памятью: получив монету, он помнит об этом до тех пор, пока человек не пройдет через турникет.

Работа автомата протекает в несколько тактов: он последовательно переходит от одного состояния к другому (отсюда другое название таких кибернетических устройств — *многотактные автоматы*). Условия работы подобных автоматов удобно анализировать, пользуясь так называемыми графами.

Каждое состояние автомата на графе обозначается кружком с определенным символом: a_0 — исходное состояние автомата, a_1 — следующее его состояние и т. д. Переходы из одного состояния в другое изображаются стрелками, над которыми указывается, под влиянием какого сигнала происходит переход в новое состояние и какой сигнал при этом появляется на выходе. Например, на рис. 35 показано, что автомат из состояния a_0 в состояние a_1 переходит под влиянием сигнала A ; при этом на выходе появляется сигнал X . Под воздействием сигнала B автомат, находясь в состоянии a_1 , сохраняет это состояние, и на выходе появляется сигнал Y .

Составим граф для нашего кибернетического контролера. Прежде всего отметим возможные состояния автомата: a_0 — исходное «ждущее» (включено табло «Опустите монету»); a_1 — запрещение прохода (включено табло «Опустите монету», звенит звонок, опущен

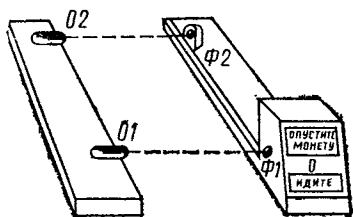


Рис. 34. Модель автоматического контролера метро.

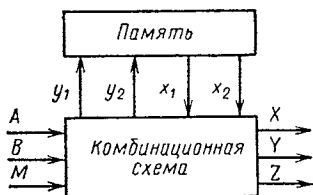


Рис. 37. Блок-схема модели автоматического контролера метро.

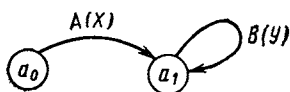


Рис. 35. Пример граф-схемы.

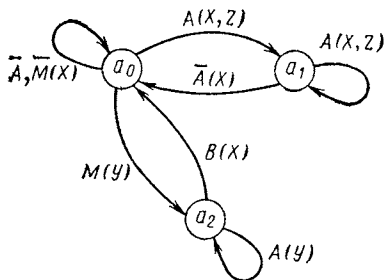


Рис. 36. Граф кибернетического контролера.

заградитель); a_2 — разрешение прохода (включено табло «Идите»).

Введем обозначения: М — монета опущена в монетоприемник; А — человек вошел в турникет (пересек первый световой луч); В — человек прошел турникет (пересек второй световой луч); Х — включено табло «Опустите монету»; Y — включено табло «Идите»; Z — звенит звонок, опущен заградитель.

Граф кибернетического контролера изображен на рис. 36. По нему удобно проследить работу автомата. Пока на входе нет сигналов ($\bar{A}=0, M=0$), он находится в исходном состоянии a_0 . В состоянии a_1 он переходит под воздействием сигнала $A=1$, а в состояние a_2 — под воздействием сигнала $M=1$. В исходное состояние a_0 автомат может вернуться из состояния a_1 — под воздействием сигнала $\bar{A}=1$ (человек вышел обратно из турникета) или из состояния a_2 — под воздействием сигнала $B=1$. Если сигнал $A=1$ поступит в состояниях a_1 или a_2 , то автомат не изменит того состояния, в котором он находится.

Автомат можно представить в виде системы, содержащей следующие узлы.

1. Память — группа триггеров. Автомату необходимо помнить, в каком состоянии он находится. Так как состояний всего три, то достаточно взять два триггера и закодировать эти состояния двоичными двухразрядными числами: состояние a_0 — 00; состояние a_1 — 01; состояние a_2 — 10. С помощью группы из двух триггеров автомат может запоминать и демонстрировать эти двоичные числа.

2 Комбинационная схема — логический блок, в котором обрабатываются сигналы с учетом состояния автомата.

3. Входные устройства: монетоприемник, фотоэлементы, воспринимающие сигналы А и В.

4. Выходные устройства: световые табло Х и Y, механический заградитель и звонок Z.

Блок-схема автомата представлена на рис. 37. Сигналы, поступающие на входы А, В и М, не только формируют сигналы на выходах Х, Y и Z, но и воздействуют на блок памяти по каналам y_1 и y_2 . Из блока памяти в комбинационную схему сигналы о состоянии автомата идут по линиям x_1 и x_2 . Выходные сигналы формируются под воздействием входных сигналов А, В и М и поступающих из памяти сигналов x_1 и x_2 .

Теперь в соответствии с граф-схемой составим таблицу работы автомата.

Состояние	Входные сигналы					Выходные сигналы					Изменение состояния
	x_1	x_2	М	А	В	y_1	y_2	Х	Y	Z	
a_0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Остаться в состоянии a_0 Перейти из a_0 в a_1 Перейти из a_0 в a_2
	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	
	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
a_1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	Остаться в состоянии a_1 Вернуться из a_1 в a_0
	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	
a_2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	Остаться в состоянии a_2 Перейти из a_2 в a_0
	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	

Структурные формулы составляются для многотактных автоматов по тем же правилам, что и для одноктактных. Для нашего кибернетического контролера они выглядят так.

$$X = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{M} \cdot \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{M} \cdot A \cdot \bar{B} + \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{M} \cdot A \cdot \bar{B} + \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{M} \times \\ \times \bar{A} \cdot \bar{B} + x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{M} \cdot \bar{A} \cdot B = (\bar{x}_1 \cdot \bar{B} + x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{A} \cdot B) \cdot \bar{M};$$

$$Y = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot M \cdot \bar{A} \cdot \bar{B} + x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{M} \cdot A \cdot \bar{B} = (\bar{x}_1 \cdot M \cdot \bar{A} + x_1 \cdot \bar{M} \cdot A) \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{B};$$

$$Z = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{M} \cdot A \cdot \bar{B} + \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{M} \cdot A \cdot \bar{B} = \bar{x}_1 \cdot \bar{M} \cdot A \cdot \bar{B};$$

$$y_1 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot M \cdot \bar{A} \cdot \bar{B} + x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{M} \cdot \bar{A} \cdot B = (\bar{x}_1 \cdot M \cdot \bar{B} + x_1 \cdot \bar{M} \cdot B) \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{A};$$

$$y_2 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{M} \cdot A \cdot \bar{B} + \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{M} \cdot \bar{A} \cdot B = (\bar{x}_2 \cdot A + x_2 \cdot \bar{A}) \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{M} \cdot B.$$

На основании этих структурных формул составляем функциональную схему (рис. 38). Она получается немного сложнее, чем некоторые схемы одноконтурных автоматов. Но при построении принципиальной электрической схемы возможны значительные упрощения. Так, можно упростить схему автоматического контролера, применив в качестве двоичных элементов электромагнитные реле с переключающими контактами.

На рис. 39 приведена принципиальная схема такого автомата. Объясним его работу подробнее. При включении выключателя V_k и осветителей (на рис. 39 последние не показаны) реле P_2 и P_3 возбуждаются, так как освещенные фоторезисторы Φ_1 и Φ_2 имеют малые сопротивления. Контакты $P_3/1$ замыкаются, а контакты $P_2/1$ размыкают цепь звонка Z_v и электромагнита $\mathcal{E}M$. В этом состоянии автомат готов к работе. При опускании монеты кратковременно замыкаются контакты M монетоприемника, и возбуждается реле P_1 , вызывая следующие изменения в цепях: контакты $P_1/1$ отключают лампу L_1 («Опустите монету») и подключают лампу L_2 («Идите»); контакты $P_1/2$ отключают цепь звонка и заградителя; контакты $P_1/3$, замыкаясь, блокируют контакты монетоприемника.

Такое состояние цепей сохраняется до тех пор, пока не будет пересечен второй световой луч (при пересечении первого светового луча реле P_2 отпускает свои контакты $P_2/1$, но цепь звонка и заградителя остается разомкнутой, так как разомкнуты контакты $P_1/2$). При пересечении второго луча затемняется фоторезистор Φ_2 , ток через реле P_3 уменьшается, реле отпускает свои контакты $P_3/1$, которые, размыкаясь, возвращают автомат в исходное состояние.

Если монета не была опущена, то реле P_1 не включается. При пересечении первого луча затемняется фоторезистор Φ_1 , реле P_2 отпускает свои контакты $P_2/1$, включая звонок и электромагнит заградителя (контакты $P_1/2$ замкнуты!).

Описанную модель кибернетического контролера нетрудно построить в любительских условиях. В качестве реле P_1 используется реле типа МКУ-48 для переменного тока, реле P_2 и P_3 — типа РКН. Фоторезисторы Φ_1 и Φ_2 — типа ФС-К1 или ФС-Д1. Сопротивление резистора R^* (несколько сотен ом) подбирается опытным путем — по четкости срабатывания реле P_2 и P_3 при затемнении фоторезисторов. Конденсатор C — 5 мкФ, 450 В, диод D — типа Д226Б. Контакты монетоприемника и другие детали — самодельные.

Заметим, что мы здесь несколько упростили работу автоматического контролера метро. Настоящий контролер-автомат, кроме указанных действий, проверяет качество опущенных монет и выполняет некоторые другие операции.

Обобщая рассмотренный пример, перечислим последовательные этапы конструирования многотактного автомата: 1) определение числа состояний, в которых может находиться автомат, его входов и выходов; 2) составление графа; 3) расчет объема памяти и кодирование состояний автомата; 4) составление таблицы работы автомата; 5) запись структурных формул для каждого выхода и формул для управления каждым триггером; упрощение этих формул, 6) вычерчивание функциональной схемы; 7) составление принципиальной (электрической) схемы; 8) составление монтажной схемы.

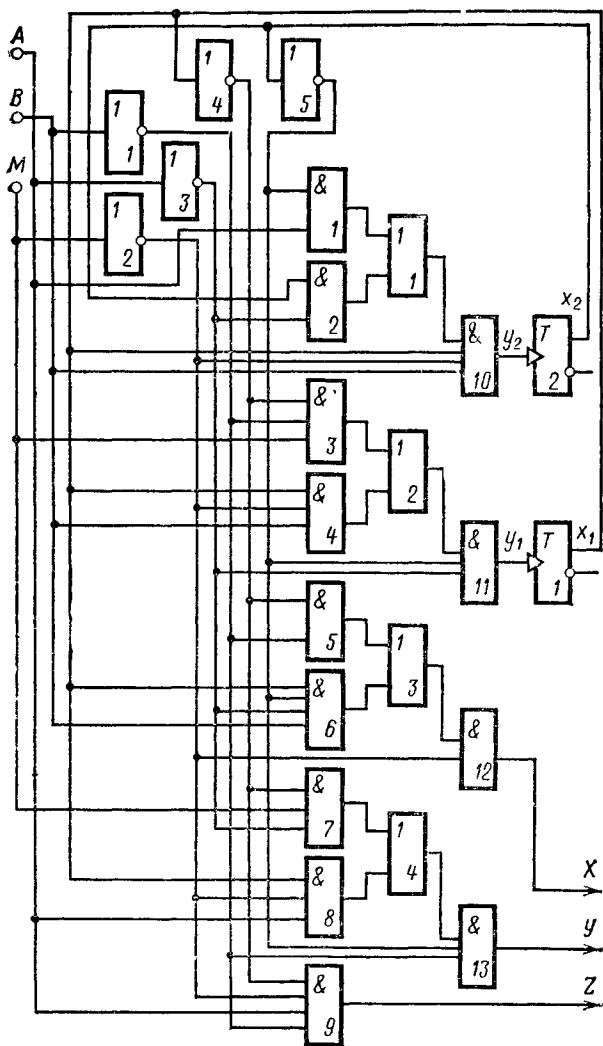


Рис. 38. Функциональная схема автоматического контролера метро.

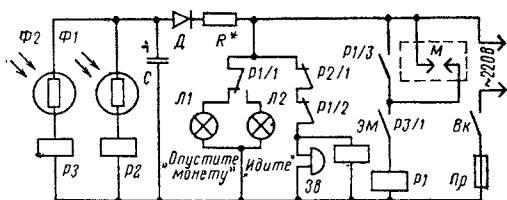


Рис. 39. Принципиальная схема модели автоматического контролера метро.

Только после этого можно приступить к постройке автомата. Разумеется, построенный автомат необходимо испытать в работе.

В качестве упражнения предлагаем читателю сконструировать еще один автомат с памятью — замок с секретом. Этот замок должен открываться, если сначала нажать кнопочный выключатель А, а затем — дважды кнопочный выключатель В. При всех иных последовательностях нажатия (всего выключателей три — А, В и С) должен включаться сигнал тревоги.

Применяя рассмотренные методы конструирования автоматов с памятью, нетрудно справиться с этой задачей.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА

Многотактные автоматы способны выполнять самые сложные виды «умственной» работы. Они могут накапливать опыт, обучаться. Покажем это на примере кибернетического устройства, моделирующего выработку условного рефлекса.

Известно, что условный рефлекс — это выработанная в результате тренировки реакция животного на какой-либо ранее безразличный для него (нейтральный) раздражитель. Еще И. П. Павлов показал, что если перед кормлением животного подавать звуковой сигнал (звонок), то через какое-то время животное начнет реагировать на этот сигнал так же, как и на появление пищи, т. е. уже при звуковом сигнале у животного будет выделяться слюна. Значит, условный рефлекс — это результат обучения.

Если условный рефлекс, выработанный у животного, не подкреплять время от времени совместным действием безусловного и условного раздражителей, то он постепенно затухает (забывается) и в конце концов исчезает совсем.

У автомата с памятью, как и у животного, можно выработать условный рефлекс. Попробуем сконструировать такой автомат. Представим его сначала в виде «черного ящика» (рис. 40, а). Автомат должен иметь два входа А и В (сигналы от безусловного раздражителя поступают на вход А, а от нейтрального — на вход В) и один выход Х (для сигнала реакции на раздражитель). Поступление сигнала на вход А должно обязательно вызывать сигнал реакции на выходе Х. Подача же сигнала на вход В не должна сначала вызывать сигнал на выходе Х. Но если несколько раз сигналы на входах А и В появляются одновременно, то в результате такой «тренировки» автомат научится выдавать сигнал реакции на выходе Х при

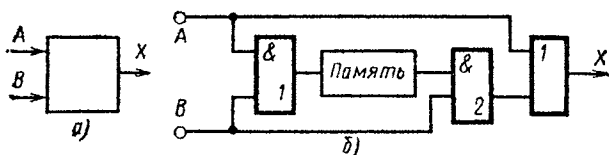


Рис. 40. Устройство, моделирующее выработку условного рефлекса.

а — «черный ящик»; б — функциональная схема.

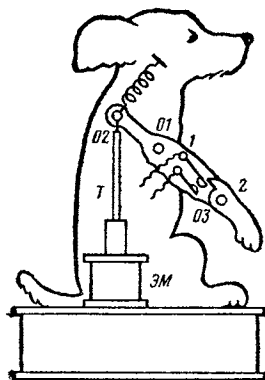


Рис 41. Кибернетическая модель — собачка.

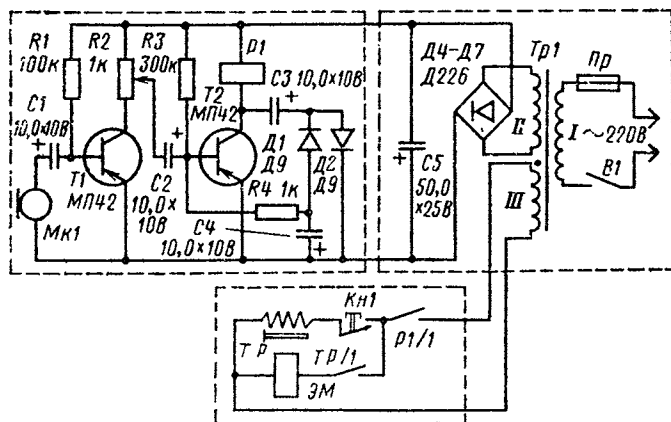


Рис. 42. Принципиальная схема собачки.

поступлении сигнала только на вход В. Выработанный таким образом условный рефлекс может угаснуть через некоторый промежуток времени или после нескольких воздействий на вход В, не подкрепленных воздействием на вход А.

Функциональная схема описанного автомата показана на рис. 40. б. Рассматривая эту схему, нетрудно убедиться, что она реализу-

ет условный рефлекс: сигнал, поступивший на вход А, всегда вызывает появление сигнала на выходе Х; сигнал же, поступивший только на вход В, вызывает реакцию (сигнал на выходе Х) лишь при поддержке памяти.

В качестве устройства памяти используются не только группы триггеров, но и другие технические элементы. Например, таким устройством может служить биметаллическая пластинка со спиралью, которая нагревается протекающим по ней электрическим током. Мы здесь опишем кибернетическую модель-игрушку, в которой применяется такое запоминающее устройство.

Игрушка представляет собой забавную фигурку собачки, сидящей на задних лапках; ее передние лапки опущены (рис. 41). Можно взять собачку за переднюю лапку и поднять ее. Это — воздействие безусловного раздражителя. Если затем отпустить лапку, она опустится. На собачку можно воздействовать также с помощью звукового сигнала — свистка. Этот раздражитель является нейтральным — при свистке собачка лапку не поднимает. Но если несколько раз подать свистка сопровождать подниманием лапки, то будет выработан условный рефлекс: в дальнейшем при свистке собачка сама поднимает лапку. Со временем выработанный рефлекс, если его не подкреплять, угасает.

Принципиальная схема модели представлена на рис. 42. Основные ее узлы: акустическое реле, блок выработки условного рефлекса и блок питания. Звуковой сигнал преобразуется микрофоном *Мк1* в электрический и поступает на двухкаскадный усилитель на транзисторах *T1* и *T2*. С коллектора транзистора *T2* напряжение сигнала подается через конденсатор *C3* на выпрямитель, собранный на диодах *D1* и *D2* по схеме удвоения напряжения. Выпрямленное напряжение с конденсатора *C4* через резистор *R4* вновь поступает на транзистор *T2* и вводит его в режим насыщения. Транзистор *T2* открывается, и реле *P1* возбуждается.

Подвижная лапка собачки состоит из двух частей: плеча *1* и кисти *2*. Плечо имеет в средней части отверстие *01* для оси, с помощью которой лапка собачки присоединяется к туловищу. Отверстие *02* предназначено для шарнирного соединения лапки с тягой *T* электромагнита *ЭМ*. Кроме того, на плече укрепляются контактные пружины *Кн1*. Кисть шарнирно сочленена с плечом в точке *03*. Она имеет кулачок (выступ), обеспечивающий замыкание контактов *Кн1* в том случае, если лапку поднимают, взявшись за кисть; когда лапка поднимается под воздействием электромагнита *ЭМ* и тяги *T*, контакты *Кн1* остаются разомкнутыми.

Если поднимать лапку собачки, взявшись за кисть, контакты *Кн1* замыкаются, но напряжение на обмотку теплового реле *ТР* не поступает, так как разомкнуты контакты *P1/1*. При подаче свистка контакты *P1/1* замыкаются, но это не вызывает возникновения тока в цепи, если разомкнуты контакты *Кн1*; контакты *ТР/1* также остаются разомкнутыми. Таким образом, до обучения собачка не реагирует на звуковые сигналы. При подаче свистка одновременно с подниманием лапки на некоторое время замыкаются контакты *P1/1* и *Кн1*, и через обмотку теплового реле *ТР* протекает ток, вызывая нагревание биметаллической пластинки. После нескольких таких совпадений биметаллическая пластинка вследствие нагрева изогнется настолько, что начнет оказывать давление на контакты теплового реле *ТР/1*, замыкая их. Теперь достаточно звукового сигнала, чтобы замкнувшиеся контакты *P1/1* подали напряжение на обмотку элект-

ромагнита ЭМ; железный сердечник, втягиваясь в катушку, воздействует на тягу и через нее — на лапку, которая поднимается «сама».

Выработанный таким образом условный рефлекс сохраняется до тех пор, пока биметаллическая пластинка не охладится настолько, что контакты *ТР/1* разомкнутся. После этого условный рефлекс пропадает: собачка перестает реагировать на свисток. Однако, если время от времени подкреплять выработанный условный рефлекс, поднимая лапку при подаче свистка, то рефлекс сохраняется.

При изготовлении модели применяют трансисторы МП42, диоды Д226Б, микрофонный капсюль ДЭМШ-1, реле РЭС10 (паспорт РС4.524.308); в качестве электромагнита используется магнитная система реле с втяжным якорем типа ЭП-1. Биметаллическую пластинку можно взять от любого теплового реле или установить все реле в готовом виде.

Тепловое реле нетрудно изготовить. Для этого следует взять биметаллическую пластинку размерами 10×70 мм, а контакты применить от старого электромагнитного реле. Обмотку нагревателя изготовить из куска спирали от электроплитки. Длина спирали подбирается так, чтобы нагревание биметаллической пластинки происходило достаточно быстро и на обучение собачки требовалось всего несколько опытов. Выработка условного рефлекса должна наступать после пяти — семи подниманий лапки, а забывание выработанного рефлекса — через 1,5—2 мин.

Чувствительность модели к звуковым сигналам регулируется потенциометром *R2* при налаживании. Трансформатор блока питания наматывается на сердечнике Ш19, толщина лагета 25 мм. Обмотка *I* содержит 2700 витков провода ПЭЛ-0,15; обмотка *II* — 120 витков провода ПЭЛ-0,3; обмотка *III* — 50 витков ПЭЛ-1,0.

Весь монтаж выполняется на небольшой панели, которая устанавливается в ящике. На передней стенке ящика за декоративной решеткой укрепляется микрофон. Ящик служит также подставкой для фигурки собачки. Электромагнит вместе с механизмом подъема лапки монтируется внутри «тела» собачки и закрывается тканью или мехом таким образом, чтобы детали конструкции не были заметны.

✱ ✱

*

Итак, читатель получил представление о простейших приемах синтеза одноктактных и многоттактных автоматов — устройств для переработки информации. Он может теперь попробовать свои силы в роли конструктора таких кибернетических устройств. Для того чтобы помочь читателю сделать первые шаги, мы расскажем в следующих беседах о различных самоделках такого рода и опишем подробно некоторые из них. Попутно читатель узнает о некоторых приложениях кибернетики.

Мы станем рассказывать об электронных вычислительных машинах: во-первых, о них написано уже достаточно много, а во-вторых, эти современные кибернетические машины настолько сложны, что даже наиболее простые из них никак нельзя отнести к возможному самоделкам, их не изготовить в любительских условиях. Ограничимся теми моделями сумматоров и дешифраторов, с которыми читатель уже познакомился, и опишем далее конструкции информационно-справочных, обучающих, играющих и некоторых других самодельных автоматов.

Беседа пятая, в которой читатель получает представление об устройстве некоторых информационно-справочных автоматов, а также приходит к выводу, что вооружиться паяльником ему необходимо надолго и всерьез

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ГИМАЛАИ

Около миллиона лет существует на Земле человек, и все это время он познает окружающий его мир, накапливает опыт, приобретает знания. На заре развития человеческого общества знания и опыт передавались устно: от отца к сыну, от матери к дочери, от поколения к поколению. В дальнейшем этот способ передачи информации, накопленной человечеством, оказался недостаточным. В связи с нуждами хозяйства, торговли, военного дела потребовалось фиксировать различные сведения, хранить их и передавать. Появилась необходимость во «внешней» памяти, дополняющей память мозга и лишенной ее недостатков — искажений, неточности и недолговечности.

И тогда возникла письменность. Люди научились фиксировать свои мысли при помощи письменных знаков. Эти знаки стали наносить на стены пещер, на глиняные пластинки, позже — на свитки папируса и, наконец, на бумагу. В руках человечества оказалась могучая сила, помогавшая передавать из поколения в поколение неугасимый факел знания.

Литературные источники, в которых фиксировалась производственная и духовная культура народов, стали накапливаться в специальных хранилищах — библиотеках. Так, например, еще в крупнейшей библиотеке древности — Александрийской — к 47 г. до н. э. насчитывалось около 700 тыс. свитков папируса.

Однако долгие столетия книги были практически недоступны для большинства людей; книг было очень мало: ведь книги писались вручную, переписка занимала очень много времени. В 1441 г. Иоганн Гутенберг изобрел книгопечатание, появились невиданные до того приспособления для размножения книг. Количество и тиражи книг стали быстро расти, расширялся и круг людей, получавших возможность приобщиться к источнику знания — книге. Тысячи, затем сотни тысяч людей стали вносить свой вклад в общее дело познания мира, сказочно быстро пошло накопление богатств разума. Особенно интенсивно протекает этот процесс с начала XX в. К настоящему времени количество книг возросло настолько, что человек за всю свою жизнь в состоянии прочесть лишь ничтожную долю издающейся в мире литературы.

Человечество накопило около 100 млн. названий печатных работ, в том числе более 30 млн. книг и около 12 млн. патентов. В Советском Союзе только на русском языке ежегодно издается около 8000 произведений научной литературы, в среднем по 12 печатных листов каждое, 1500 названий учебной литературы по 20 печатных листов и более 1200 научно-технических журналов. А ведь то, что издается в нашей стране, — только пятая часть всей мировой книжной продукции.

Сотни тысяч библиотек Советского Союза располагают в настоящее время примерно 2 млрд. книг. Через каждые 15—16 лет

фонды библиотек удваиваются. Можно ожидать, что к концу нашего столетия фонд литературы в библиотеках увеличится в 5—8 раз. Одним из крупнейших книгохранилищ в мире является Государственная библиотека имени В. И. Ленина в Москве. Ежегодное поступление литературы в этой библиотеке «перевалило» за 1 млн. томов.

Как ориентироваться в этом огромном потоке информации? Каким образом, например, специалисту в какой-либо области техники найти интересующие его сведения? Безвозвратно ушли в прошлое времена, когда ученый самостоятельно просматривал всю печатную продукцию в интересовавшей его области науки и был уверен, что в своей работе он не открывает «америк». Огромные потоки информации обрушиваются теперь на читателя, и он уже не может ориентироваться, полагаясь только на свои силы. Так, например, если бы специалист в области радиоэлектроники читал необходимую для него литературу по 40 ч в неделю, то за год он не прочел бы и десятой доли опубликованных за это время статей.

Серьезной помехой техническому прогрессу становится дублирование научно-исследовательских работ.

Наступило время, когда человек не в силах справиться с «информационными Гималаями» накопленных научных материалов. Назрела необходимость создания «умного» автомата-помощника, который умел бы быстро и ловко «рыться» в библиотеках и архивах, в патентных бюро и картотеках. Определенные успехи в деле создания информационных автоматов уже достигнуты.

Впрочем, почему мы говорим только об ученых и инженерах? Ведь различные сведения, информация, справки бывают нужны в наши дни не только ученому или инженеру, но и каждому человеку на работе, в учебе, во время досуга. На помощь человеку может прийти кибернетическая машина с ее огромной памятью и способностью быстро отыскивать и выдавать необходимую информацию.

ЧТО? ГДЕ? КОГДА?

(Универсальное автоматическое справочное табло-информатор)

В каком из кинотеатров города демонстрируется сегодня тот или иной фильм?

По каким предметам должны сдавать вступительные экзамены абитуриенты, поступающие на тот или иной факультет данного вуза?

В какой из городских аптек можно сегодня купить необходимое больному лекарство?

С кем из своих противников встречается в очередном туре за шахматной доской тот или иной участник турнира?

На любой из этих вопросов и на многие другие способно дать исчерпывающий ответ-справку несложное автоматическое устройство, в «память» которого введена заранее соответствующая информация. Устройство это представляет собой настенное табло (рис. 43), в левой части которого находится ряд кнопок, а в правой — ряд ламп. У кнопок расположены рамки, в которые вставлены карточки с названиями «объектов», а у ламп — такие же рамки с карточками, содержащими «признаки» объектов, о которых дается справочная информация. Стоит лишь нажать кнопку рядом с названием инте-

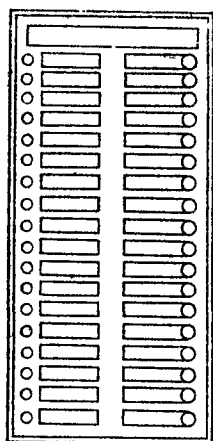


Рис. 43 Внешний вид
табло-информатора.

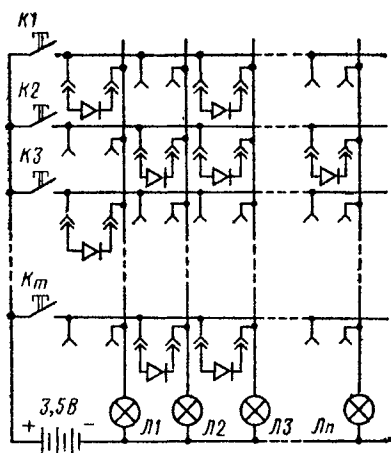


Рис. 44. Принципиальная схема
информатора.

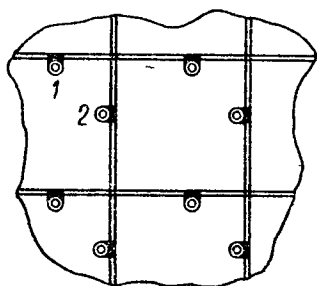


Рис. 45. Расположение контакт-
ных гнезд.

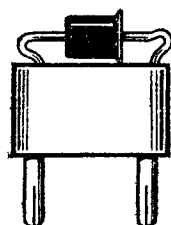


Рис. 46. Конструкция
вилки с диодом.

ресующего нас «объекта» — и загораются лампы, подсвечивающие присущие этому объекту «признаки».

В зависимости от характера даваемых таким автоматом справок его можно установить у кассы кинотеатра, у входа в помещение приемной комиссии института, в аптеке и в любом другом месте, где у посетителей часто возникает потребность в быстром получении однотипных справок.

Представим себя, например, в роли абитуриента, собирающегося поступать на физический факультет пединститута. Мы — в приемной комиссии вуза. Подходим к настенному справочному табло, на котором рядом с кнопками в рамках указаны названия факультетов, а рядом с лампами — названия учебных предметов, по которым проводятся вступительные экзамены. Нажатие кнопки у рамки со словом «Физический» — и справа загоревшиеся лампы

подсвечивают экзамены: «физика (устно)», «математика (письм.)», «математика (уст.)», «сочинение (письм.)».

Другой пример. Автоматическое табло-информатор используется для выдачи справок о том, в каком из кинотеатров демонстрируется тот или иной фильм. Здесь «объектами» являются названия кинофильмов, а их «признаки» — названия и адреса соответствующих кинотеатров.

Принципиальная схема информатора приведена на рис. 44. Из этой схемы видно, что устройство представляет собой обычный дешифратор. «Мозговым центром» его является блок «памяти». Этот блок представляет собой панель, содержащую ряд вертикальных и ряд горизонтальных проводников, изолированных друг от друга. Каждый из горизонтальных проводников через кнопку присоединен к положительному полюсу источника тока; каждый из вертикальных проводников через лампу присоединен к отрицательному полюсу того же источника. В местах пересечения проводников или вблизи этих мест установлены контактные гнезда. Эти гнезда расположены таким образом (рис. 45), чтобы в каждую пару гнезд (например, в гнезда 1 и 2 на рис. 45) можно было вставить стандартную штепсельную вилку с вмонтированным в нее диодом (соединяя вертикальный и горизонтальный проводники). Такие двухполюсные вилки с диодами используются для ввода информации в «память» нашего кибернетического справочника-информатора. Выводы диода припаивают к штырькам вилки, как показано на рис. 46 (можно использовать диоды типа Д226Б).

Для того чтобы ввести в «память» сведения, необходимые для выдачи справок по определенному циклу вопросов, нужно вставить карточки с надписями в рамки «объектов» и «признаков» и затем соединить с помощью штепсельных вилок кнопки «объектов» с соответствующими им лампами «признаков» (при этом следует обращать внимание на полярность включения вилок, в которых установлены диоды!).

Размеры панели «памяти» и количество горизонтальных и вертикальных проводников, кнопок и ламп определяются объемом информации, которую необходимо ввести в автомат. Для решения многих задач достаточно иметь 20—25 кнопок и столько же ламп.

Горизонтальные и вертикальные проводники укрепляют на гетинаксовой плате. Здесь же устанавливают гнезда. Соединение панели с кнопками и лампами осуществляют с помощью многожильного кабеля. Кнопки могут быть любой конструкции, в том числе и самодельные. Лампы накаливания — типа ЛН 3,5 В, 0,28 А. Если программа работы информатора рассчитана на одновременное включение не более 2—3 ламп, то в качестве источника питания можно использовать батарейку от карманного фонаря типа 3336Л. Если же введенная в «память» программа работы такова, что при нажатии какой-либо кнопки должны включаться одновременно несколько (четыре—пять и более) ламп, то в этом случае целесообразно в качестве источника питания применить небольшой выпрямитель, обеспечивающий на выходе напряжение 3,5 В.

Схема такого выпрямителя, рассчитанного на включение в городскую электросеть, приведена на рис. 47. Трансформатор T_r набран из пластин Ш-20, толщина пакета 20 мм; первичная обмотка содержит 1400 витков провода ПЭЛ-0,31, вторичная обмотка — 50 витков провода ПЭЛ-0,8. Диоды — типа Д226Б.

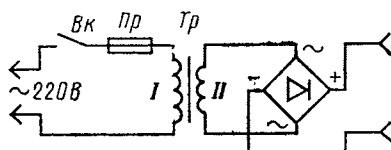


Рис. 47. Принципиальная схема выпрямителя.

Если предполагается использовать описанный информатор для работы только с одной, постоянно введенной в него программой от- ветов-вопросов, то конструкция его может быть упрощена. В этом случае не нужны штепсельные вилки и гнезда: все диоды припаивают в нужных местах непосредственно к вертикальным и горизонтальным проводникам панели «памяти».

Может быть изменена и правая часть табло-информатора в соответствии с характером выдаваемых справок. Так, например, для выдачи информации типа «Как проехать до станции...» правая часть табло может быть оформлена в виде схемы маршрутов, а лампы нужно установить так, чтобы они подсвечивали отдельные участки этих маршрутов. Кнопки в левой части табло остаются, а рядом с ними располагаются таблички с названиями станций (подобного рода табло-информаторы установлены на некоторых станциях Московского метрополитена).

ВАШ ХАРАКТЕР — НА ЭЛЕКТРОТАБЛО

В последние годы очень широкое распространение получили так называемые «психологические тесты». Они представляют собой чаще всего ряд вопросов или заданий, на которые должен ответить опрашиваемый. Вопросы или задания составляются таким образом, что за каждый утвердительный или отрицательный ответ опрашиваемый получает определенное количество очков (чаще всего по одному очку). В зависимости от числа набранных очков судят о некоторых сторонах характера опрашиваемого. Соответствующие мнения о характере составлены заранее для различных сумм набранных очков.

Предлагаемый Вашему вниманию тест содержит серию вопросов, на каждый из которых необходимо ответить «да» или «нет».

1. Можете ли вы взять в руки мышь, ящерицу, ужа?
2. Знаете ли вы и сможете ли различить более десяти пород собак?
3. Приходилось ли вам когда-нибудь подбирать и кормить бездомную кошку, собаку или раненую птицу?
4. Умеете ли вы чистить аквариум?
5. Понравился ли вам телефильм «Лесси»?
6. Вы сами кормите ваших животных?
7. Бойтесь ли вы пауков?
8. Нравится ли вам бой быков?
9. Умеете ли вы доить корову?
10. Если, гуляя в лесу, услышите шум, уйдете вы, не узнав, что происходит?
11. Считаете ли вы профессию ветеринара хорошей?
12. Любите ли вы стрелять в птиц и белок?
13. Считаете ли вы, что кошку кормить не надо, так как она сама себя прокормит?

14. Знаете ли вы адрес местной ветеринарной поликлиники?

15. Вызывает ли у вас отвращение запах, стоящий в хлеву?

За каждый положительный ответ на вопросы под номерами 1—6, 9, 11, 14 и каждый отрицательный ответ на вопросы 7, 8, 10, 12, 13, 15 участник получает одно очко. Если получилось 11—15 очков, то отвечающий любит животных, и они тоже его любят. Результат 6—10 очков означает, что отвечающий любит животных, но лишь при некоторых обстоятельствах; при условии, что они не нарушают его покоя и распорядка жизни. Если же сумма меньше 6 очков, то он не любит животных, они ему неприятны или вызывают страх.

Разумеется, результаты теста не претендуют на исчерпывающую полноту характеристики отношения испытуемого к животному миру.

Обработку информации, получаемой после ответа на вопросы теста, — подсчет количества очков и выдачу на этом основании мнений об отношении опрашиваемого к животному миру выполняет

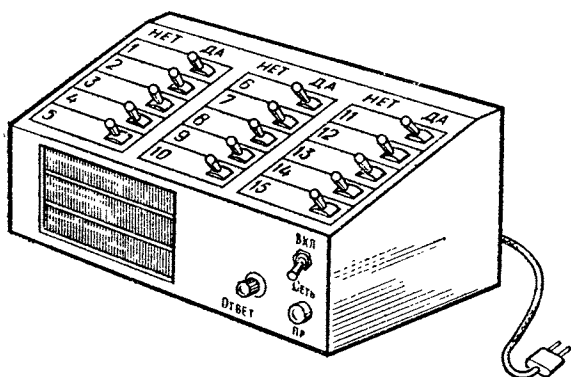


Рис. 48. Внешний вид информационно-логической машины.

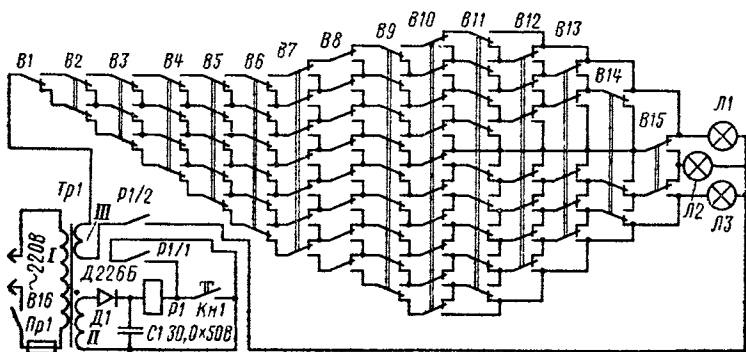


Рис. 49. Принципиальная схема машины.

простая вычислительная информационно-логическая машина. Для ввода исходных данных (ответов «да» или «нет») в ней используются двухпозиционные переключатели, а выдача суждений об отношении испытуемого к животным осуществляется путем подсвета лампами надписей на специальных табло.

Внешний вид информационно-логической машины представлен на рис. 48. На наклонной части лицевой панели расположены 15 переключателей. Рядом с каждым из них прикреплена табличка с вопросом. Отвечая на вопросы, опрашиваемый должен установить в правое (да) или в левое (нет) положение каждый переключатель.

На вертикальной части лицевой панели расположены сетевой выключатель, кнопка «Ответ», а также три световых табло.

Принципиальная схема устройства (рис. 49) состоит из следующих основных частей:

а) логическая суммирующая цепь из переключателей $B1-B15$ для ввода ответов на вопросы (на схеме все переключатели установлены в положение, соответствующие ответам «нет»);

б) лампы $L1-L3$, подсвечивающие табло;

в) органы управления — выключатель сети $B16$, кнопка $Kн1$ («Ответ»), реле $P1$, включающие лампы подсвета табло;

г) блок питания — трансформатор $Tr1$ и выпрямитель для питания реле ($D1$ и $C1$).

Тексты надписей на табло следующие:

1. «Вы любите животных. Они тоже любят вас. Их признательность и верность доставляют вам в жизни много радости».

2. «Вы говорите, что любите животных. Возможно, это и так в некоторых обстоятельствах, но при условии, что они не нарушают вашего покоя и распорядка вашей жизни».

3. «Нет, вы не любите животных. Они вам неприятны или вызывают у вас страх — и в том и в другом случае они вам несимпатичны».

Надписи на табло необходимо сделать так, чтобы их можно было прочесть лишь при включенных лампах подсвета.

Контакты переключателей $B1-B15$ образуют логическую цепочку, через которую напряжение подводится к лампам $L1-L3$. Если отвечающий перевел в положение «да» или «нет» столько переключателей, что набрал не менее 11 очков, к источнику питания подключается лампа $L1$. При нажатии кнопочного выключателя $Kн1$ срабатывает реле $P1$, контактами $P1/1$ становится на самоблокировку, и его контакты $P1/2$ замыкаются. Лампа $L1$ загорается, подсвечивая табло с надписью 1.

Если опрашиваемый набрал от 6 до 10 очков, загорится лампа $L2$, подсвечивающая табло с надписью 2. При сумме набранных очков менее 6 загорается лампа $L3$, подсвечивающая табло с надписью 3. Например, пусть опрашиваемый ответил «да» на вопросы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 14 и «нет» на вопросы 7, 8, 10, 12, 13, 15. В этом случае переключатели $B1-B15$ переведены в верхнее (по схеме) положение. При нажатии кнопки $Kн1$ напряжение поступит на лампу $L1$.

Для возврата схемы в исходное состояние нужно выключить сетевой выключатель и вернуть в первоначальное положение все переключатели.

В машине применены лампы накаливания ЛН 3,5 В, 0,28 А. Переключатели $B1-B15$ — телефонные ключи типа КТРО (нужны ключи с различными количествами переключающих групп — от 1

до 10). Реле *PI* — типа РЭС9 (паспорт РС4.524.201), кнопочный выключатель *Кн1* типа К1. Трансформатор *Тр1* набран из пластин Ш20, пакет толщиной 20 мм. Обмотка *I* содержит 1400 витков провода ПЭЛ-0,31; обмотка *II* — 450 витков провода ПЭЛ-0,15; обмотка *III* — 45 витков провода ПЭЛ-0,8. Диод *Д1* — типа Д226Б; конденсатор *С1* — электролитический, 30 мкФ, 50 В. Выключатель *В16* — однополюсный тумблер.

Лицевую панель устройства можно выполнить таким образом, чтобы таблички с вопросами и надписи-ответы на световых табло были сменными. Это позволит менять программу теста. Приведем в качестве примера еще один тест.

Динамичны ли Вы?

1. Скучаете ли вы, когда вам больше нечего делать?
2. Часто ли вы переставляете мебель в своей комнате?
3. Хотели бы вы совершить путешествие в джунгли?
4. Легко ли вы встаете по утрам?
5. Если вам предстоит много работы и вы опасаетесь «завала», то начинаете ли вы с самого трудного или неприятного дела?
6. Увлекаетесь ли вы хотя бы тремя из перечисленных занятий: ездой на велосипеде, катанием на коньках, стенографированием, плаванием, ходьбой на лыжах?
7. Нужно ли вам более получаса, чтобы собраться утром (одеться и умыться)?
8. Воздерживаетесь ли вы от какого-нибудь дела, если не уверены в успехе?
9. Любите ли вы экспериментировать?
10. Любите ли вы проводить свой отпуск тихо и спокойно, в каком-нибудь уже известном вам «углу», не предпринимая новых путешествий?
11. Считаете ли вы, что побеждает тот, кто «делает ход первым»?
12. Откладываете ли вы свои важные решения до утра, по принципу «утро вечера мудренее»?
13. Быстро ли вы говорите?
14. Кажутся ли вам фильмы или книги скучными, если действие в них развивается слишком медленно?
15. Нравится ли вам спокойные развлечения: прогулка, чтение, филателия, рыбная ловля?

Тексты надписей на световых табло:

1 (сумма очков больше 11). «Вы слишком динамичны. В своем стремлении «объять необъятное» вы забываете о спокойном отдыхе».

2 (сумма очков между 6 и 11). «Вы динамичны в меру. Вы умеете предоставить себе минуты спасительного отдыха».

3 (сумма очков меньше 6). «Вам лучше было бы «подзавестись». Умейте поторопиться, и вы вернее придете к цели».

Читатели могут сами с успехом составлять психологические тесты для описанной машины, используя материалы постоянного раздела «Психологический практикум» журналов «Наука и жизнь» и «Смена» Нужно лишь помнить, что вопросы теста должны располагаться таким образом, чтобы положительные ответы на 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 14 и отрицательные ответы на 7, 8, 10, 12, 13, 15 вопросы утвердительно характеризовали избранную черту характера человека.

Описанная информационно-логическая машина может быть использована и в качестве обучающего устройства. Она способна быстро и достаточно объективно оценивать в трехбалльной системе (отлично, удовлетворительно, неудовлетворительно) ответы опраши-

ваемого на 15 вопросов любого содержания (в частности, и по предметам школьного цикла). Количество ответов, разумеется правильных, от 1 до 6 будет оценено неудовлетворительной, от 6 до 12 — удовлетворительной, от 12 до 15 — отличной оценкой. На световых табло возникнут соответствующие надписи.

Мы еще вернемся к обучающей функции информационно-логических машин в следующей беседе, где расскажем и о других типах информационно-логических машин, выступающих на педагогическом поприще. А сейчас познакомимся еще с одной, более сложной машиной, которая способна давать более подробные сведения о чертах вашего характера.

Опрашиваемому предлагаются три серии вопросов, на каждый из которых он должен ответить «да» или «нет». Вот эти вопросы.

А. 1. Употребляете ли вы грубые слова, разговаривая с людьми, которых это шокирует?

2. Любите ли вы похвастаться накануне экзамена, что все отлично знаете?

3. Бывает ли у вас желание во что бы то ни стало поразить друзей оригинальностью?

4. Доставляет ли вам удовольствие высмеивать мнение других?

5. Имеете ли вы обыкновение читать нотации, делать замечания и т. п.?

Б. 1. Предпочитаете ли вы профессии артиста, телевизионного диктора профессиям инженера, лаборанта, библиографа?

2. Чувствуете ли вы себя непринужденно в обществе мало знакомых людей?

3. Предпочитаете ли вы заняться вечером спортом вместо того, чтобы посидеть спокойно дома за книгой?

4. Способны ли вы хранить секреты?

5. Любите ли вы праздничную атмосферу?

В. 1. Строго ли вы соблюдаете в письмах правила пунктуации?

2. Готовитесь ли вы заранее к воскресным развлечениям?

3. Можете ли вы точно отчитаться в своих покупках и расходах?

4. Любите ли вы наводить порядок?

5. Свойственна ли вам мнительность?

Обработка информации, полученной после ответа опрашиваемого на все вопросы проводится так. Если опрашиваемый на большинство вопросов какой-нибудь серии ответил «да», ставьте индекс этой серии А, Б или В. Если на большинство вопросов он ответил «нет», то ставьте вместо индекса серии 0. Таким образом, для каждого участника опроса вы получите сочетание из трех букв, например А0Б или 0В0. В зависимости от получившихся буквосочетаний можно высказать следующие предположения о характере того, кто отвечал на вопросы:

000. Вас привлекает все новое, у вас пылкое воображение, односторонне вы видите в тягость. Но мало кто доподлинно знает ваш характер. Вас считают человеком спокойным, тихим и довольным своей судьбой, тогда как в действительности вы стремитесь к жизни, наполненной яркими событиями.

А00. Вы склонны высказывать и яростно защищать весьма парадоксальные мнения. Поэтому у вас немало противников, даже друзья вас не всегда понимают. Но вас это мало волнует. Очень жаль!

АБО. Оказывается, вы большой оригинал и любите удивлять друзей. Если кто-нибудь даст совет, вы сделаете все наоборот только ради того, чтобы посмотреть, что из этого получится. Вас это забавляет, а других раздражает. Только самые близкие ваши друзья знают, что вы вовсе не столь самоуверенны, как это кажется.

АБВ. Вы энергичны, всюду чувствуете себя на своем месте, всегда владеете собой. Вы общительны. Но похоже, что вы любите общество друзей только при условии, что вы играете в нем главную роль. Окружающие признают ваш авторитет, так как в ваших суждениях всегда есть большая доза здравого смысла. Но тем не менее ваше стремление вечно поучать утомляет окружающих.

ОБВ. Вы сдержанны, но не робки, веселы, но в меру, общительны, вежливы со всеми. Вы привыкли, что вас часто хвалят. Вы хотели бы, чтобы вас любили без всяких усилий с вашей стороны. Без общества людей вам не по себе. Вам приятно делать людям добро. Но вас можно упрекнуть в некоторой склонности к витанию в облаках.

ООВ. Скорее всего, вы человек застенчивый. Это видно, когда вам приходится иметь дело с незнакомыми людьми. Самим собой вы бываете только в кругу семьи или ближайших друзей. В присутствии посторонних вы чувствуете себя скованно, но стараетесь это скрыть. Вы добросовестны, трудолюбивы, у вас есть много хороших замыслов, но из-за своей скромности вы нередко остаетесь в тени.

АОВ. Характер у вас довольно трудный. Вы крайне неуступчивы, у вас недостаточно развито чувство юмора, вы не переносите шуток. Вы часто критикуете чужие действия и заставляете других поступать на свой лад. А если вам не подчиняются, вы начинаете злиться. Поэтому у вас мало друзей.

ОБО. Вы очень общительны, любите встречаться с людьми, собирать их вокруг себя. Как только вы остаетесь один, все пропало! Вам трудно даже запереться в комнате, чтобы написать какую-либо важную бумагу. В вас очень силен дух противоречия: вам постоянно хочется сделать что-нибудь не так, как другие делают. Иногда вы поддаетесь порыву, но большей частью сдерживаетесь.

Внешний вид информационно-логической машины, осуществляющей «научную обработку» информации описанного теста, аналогичен внешнему виду ранее описанной информационной машины. Правда, вместо трех на лицевой панели должно быть расположено восемь световых табло. Принципиальная схема машины приведена на рис. 50. В схеме можно выделить следующие основные узлы:

а) переключатели $B1—B15$ для ввода ответов на вопросы (нижние положения переключателей соответствуют ответам «нет», верхние положения — ответам «да»);

б) лампы $L2—L9$, каждая лампа подсвечивает одно из восьми табло с текстами;

в) электромагнитные реле $P1—P4$, управляющие включением ламп подсвета табло;

г) блок питания, состоящий из трансформатора $Tr1$, выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах $D1—D4$, и конденсатора $C1$, сглаживающего пульсации выпрямленного напряжения;

д) органы управления и сигнализации: выключатель сети $B16$, лампа-индикатор включения сети $L1$ и кнопка $Kн1$ «Ответ».

Напряжение к обмоткам реле $P2$, $P3$ и $P4$ подводится через контакты переключателей $B1—B5$, $B6—B10$, $B11—B15$ соответственно. Контакты переключателей соединены таким образом, чтобы

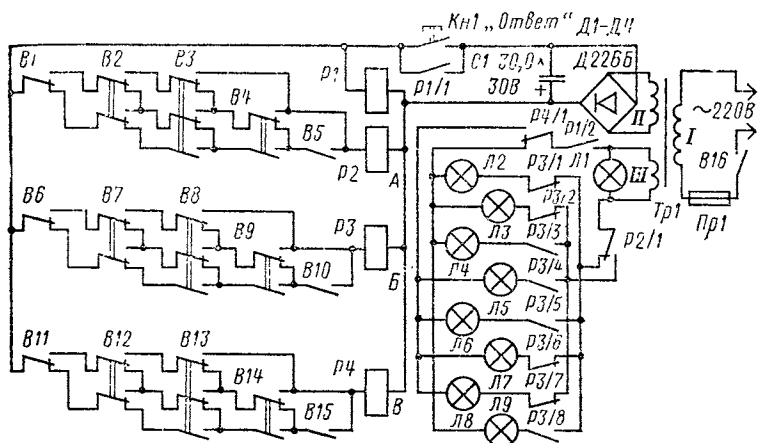


Рис. 50. Принципиальная схема более сложной информационно-логической машины

каждое реле срабатывало лишь в тех случаях, когда в верхнее положение переводятся не менее трех из пяти переключателей, т. е. если опрашиваемый ответил «да» на большинство вопросов данной серии (при ответах «нет» на три и более вопросов этой серии реле не срабатывает, так как цепь питания его обмотки остается разомкнутой). Если обозначить сработавшие реле индексами А, Б и В соответственно, а каждое из несработавших реле — индексом 0, то различные комбинации сработавших и отключенных реле P_2 , P_3 и P_4 дадут восемь вариантов рассмотренных буквосочетаний: 000, А00, АБ0, АВВ, 00В, 00В, А0В и 0В0. Каждому из этих вариантов соответствует включение (через контакты реле P_2 , P_3 и P_4) одной из ламп $L_2—L_9$, подсвечивающих надписи на столе.

Рассмотрим взаимодействие узлов нашей информационно-логической машины на конкретном примере. Пусть опрашиваемый ответил положительно на 1, 3, 4, 9 и 10-й вопросы, т. е. переключатели V_1 , V_3 , V_4 , V_9 , V_{10} были переведены в верхние положения, а остальные переключатели остались в нижних положениях. При нажатии кнопки Kn_1 («Ответ») напряжение поступает только на обмотку реле P_2 , и это реле срабатывает, а реле P_3 и P_4 остаются отключенными (получаем буквосочетание А00). Одновременно срабатывает реле P_1 , его контакты блокируют Kn_1 и подают напряжение на лампу L_3 , подсвечивающую таблицу с текстом А00.

Для возврата схемы машины в исходное состояние нужно лишь кратковременно отключить выключатель сети V_{16} . После этого при включении выключателя загорится лампа-индикатор L_1 , и машина снова готова к действию.

Лампы $L_1—L_9$ — типа ЛН 3, 5 В, 0,28 А. Переключатели $V_1—V_{15}$ — типа КТРО. Реле P_1 — типа РСМ-1 (паспорт Ю 171 81.01), P_2 и P_4 — типа РЭС6 (паспорт РФ0 452 143). В качестве реле P_3 можно применить соединенные параллельно реле типа РС13 (паспорт РС4 523 017) и реле типа РЭС9 (паспорт РС4 524 201). Кнопочный

выключатель *Кн1* — типа *К1*. Силовой трансформатор *Тр1* аналогичен применяемому в ранее описанной информационно-логической машине. Диоды *Д1—Д4* — типа *Д226Б*.

ВЕЧНЫЙ КАЛЕНДАРЬ

«Говорит Москва! Доброе утро, товарищи. Сегодня вторник, восьмое октября. Начинаем наши передачи.»

Мы привыкли к этим словам диктора московского радио. Многие десятки миллионов советских людей в разных концах нашей необъятной Родины, вслушиваясь в эти слова, сверяют по ним свои часы, отрывают очередной листок календаря.

Часы и календарь... Эти замечательные изобретения, с помощью которых человечество успешно решает важнейшие задачи измерения и счета времени, представляют собою по сути дела типичные информационные кибернетические устройства. На протяжении многих веков и тысячелетий поколения ученых разрабатывали и совершенствовали способы регистрации и учета времени.

Но если для счета небольших промежутков времени — часов, минут и секунд — человек давно научился пользоваться весьма совершенными и надежными машинами-автоматами (ведь часы — одно из древнейших автоматических устройств), то счет более продолжительных отрезков времени — дней, недель, месяцев, лет — до сих пор ведется довольно примитивным способом, буквально «вручную». Достаточно вспомнить, например, как мы отрывает листок настенного календаря или зачеркиваем в настольном табеле-календаре очередную клеточку, отмечая конец дня. Намного ли ушла вперед в этой области техника с тех пор, как Робинзон Крузо считал дни своего пребывания на необитаемом острове, делая зарубки на деревянном столбе?

Правда, существуют механические устройства, показывающие не только часы и минуты, но и дни недели, и месяцы, и даже фазы Луны. Но такие устройства скорее забавные, хитроумные игрушки, чем серьезные и необходимые приборы: они сложны, громоздки, неудобны и недостаточно надежны. И если нам бывает нужно заблаговременно узнать, какой день недели приходится на то или иное число месяца, то мы предпочитаем в этом случае пользоваться простым табелем-календарем.

Ну, а если необходимо выяснить, какой день недели придется на то или иное число в будущем году или, скажем, через десять лет? Или, например, понадобится определить, какой день недели был 23 января позапрошлого года или 20 лет тому назад?

Чтобы ответить на подобный вопрос, не имея перед собой табеля-календаря за соответствующий год, приходится выполнять довольно громоздкие и утомительные вычисления. Вот где могла бы пригодиться автоматическая информационно-логическая машина: набрали на пульте число, месяц и год, нажали кнопку — и на световом табло появляется день недели, соответствующий этой дате.

Можно ли своими руками построить такой «вечный» календарь? Оказывается, можно, и далее мы убедимся, что это не так уж трудно.

Если бы недели «укладывались» в году без остатка, то каждый простой и високосный год состоял из 52 недель, т. е. 364 дней, и каждое число календаря из года в год приходилось бы на один и тот же день недели. Но, как известно, простые годы содержат по

одному «лишнему» дню, а високосные — даже по два таких дня. Поэтому целого числа недель в году не получается, дни недели «кочуют» по числам календаря. Допустим, что какой-либо простой год начинается с воскресенья, тогда следующий год начнется с понедельника. Если воскресенье начинается високосный год, то в следующем году 1 января придется на вторник. Так, 1 января 1973 г. было понедельником; 1974 г. начался со вторника; 1975 — со среды; високосный 1976 начался с четверга, а 1 января 1977 г. сдвинулось сразу на два дня — на субботу.

Учитывая, что в неделе 7 дней, а день 29 февраля добавляется раз в 4 года, легко подсчитать, что полный цикл чередования дней недели, начинающих новый год, составляет 28 лет (т. е. 7×4). Очевидно, таков же полный цикл смены дней недели и для других чисел календаря. Этот 28-летний цикл хорошо иллюстрирует табл. 1.

Таблица 1

Годы 1901—2000			Месяцы												
			январь	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сен.	окт.	ноябрь	дек.	
	25	53	81	4	0	0	3	5	1	3	6	2	4	0	2
	26	54	82	5	1	1	4	6	2	4	0	3	5	1	3
	27	55	83	6	2	2	5	0	3	5	1	4	6	2	4
	28	56	84	0	3	4	0	2	5	0	3	6	1	2	6
01	29	57	85	2	5	5	1	3	6	1	4	0	2	5	0
02	30	58	86	3	6	6	2	4	0	2	5	1	3	6	1
03	31	59	87	4	0	0	3	5	1	3	6	2	4	0	2
04	32	60	88	5	1	2	1	0	3	5	1	4	6	2	4
05	33	61	89	0	3	3	6	1	4	6	2	5	0	3	5
06	34	62	90	1	4	4	0	2	5	0	3	6	1	4	6
07	35	63	91	2	5	5	1	3	6	1	4	0	2	5	0
08	36	64	92	3	6	0	3	5	1	3	6	2	4	0	2
09	37	65	93	5	1	1	4	6	2	4	0	3	5	1	3
10	38	66	94	6	2	2	5	0	3	5	1	4	6	2	4
11	39	67	95	0	3	3	6	1	4	6	2	5	0	3	5
12	40	68	96	1	4	5	1	3	6	1	4	0	2	5	0
13	41	69	97	3	6	6	2	4	0	2	5	1	3	6	1
14	42	70	98	4	0	0	3	5	1	3	6	2	4	0	2
15	43	71	99	5	1	1	4	6	2	4	0	3	5	1	3
16	44	72	00	6	2	3	6	1	4	6	2	5	0	3	5
17	45	73		1	4	4	0	2	5	0	3	6	1	4	6
18	46	74		2	5	5	1	3	6	1	4	0	2	5	0
19	47	75		3	6	6	2	4	0	2	5	1	3	6	1
20	48	76		4	0	1	4	6	2	4	0	3	5	1	3
21	49	77		6	2	2	5	0	3	5	1	4	6	2	4
22	50	78		0	3	3	6	1	4	6	1	5	0	3	5
23	51	79		1	4	4	0	2	5	0	3	6	1	4	6
24	52	80		2	5	6	2	4	0	2	5	1	3	6	1

В левой части таблицы в четырех столбцах записаны последовательно годы XX столетия 1901—2000. Запись сделана так, чтобы в каждом столбце оказались годы, относящиеся к одному 28-летнему циклу. В правой части таблицы, вверху даны названия месяцев, а ниже цифрами от 0 до 6 указано, какой день недели приходится на первое число каждого месяца (воскресенье обозначено нулем). Например, на пересечении строки, соответствующей 1968 г. (а также 1912, 1940 и 1996 гг.), и столбца, соответствующего январю, находится цифра 1. Значит, 1 января 1968 г. был понедельник. Аналогично на пересечении строки 1968 г. и столбца августа находим цифру 4, означающую, что 1 августа 1968 г. пришлось на четверг.

Таблица 1 позволяет определить, каким днем недели начинался или начнется любой месяц любого года в XX столетии. По этим данным нетрудно найти день недели, приходящийся на любое другое число того же месяца. Таблица 2 облегчает выполнение этой задачи. Поясним, на примере, как пользоваться этой таблицей. Допустим, нужно узнать, какой день недели приходится на 7 апреля 1976 г. С помощью табл. 1 устанавливаем, что 1 апреля этого года — четверг, т. е. 4-й день недели. Цифру 4 прибавляем к интересующему нас числу месяца: $7+4=11$. Теперь в табл. 2 находим число 11, оно стоит против среды. Значит, 7 апреля 1976 г. приходилось на среду.

Мы убедились, что, используя табл. 1 и 2, можно определять дни недели для любой даты текущего столетия. При пользовании таким «вечным» табелем-календарем необходимо находить в его стро-

Таблица 2

Дни						
Воскресенье	1	8	15	22	29	36
Понедельник	2	9	16	23	30	37
Вторник	3	10	17	24	31	
Среда	4	11	18	25	32	
Четверг	5	12	19	26	33	
Пятница	6	13	20	27	34	
Суббота	7	14	21	28	35	

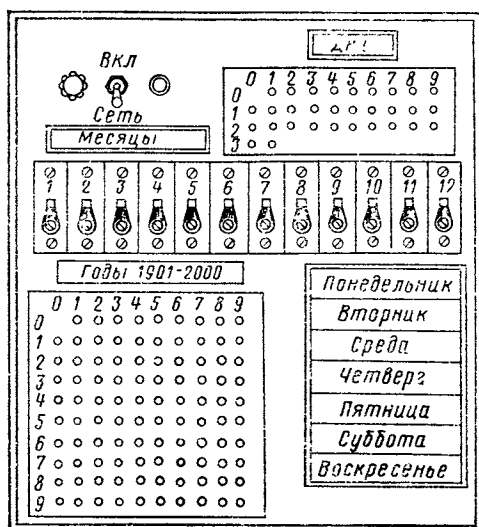


Рис. 51. Лицевая панель информационной машины «Вечный календарь».

ках и столбцах разные числа, сопоставлять их и складывать, т. е. последовательно выполнять определенные арифметические и логические действия.

На первый взгляд логическая схема информационного автомата, возможно, покажется сложной и громоздкой. Однако, внимательно рассматривая табл. 1, вы заметите, что каждый 28-летний цикл чередования дней недели в числах календаря состоит из нескольких неполных циклов. Например, такое же распределение дней недели по числам календаря, как в 1925 г., имели 1931 и 1942 г., находящиеся в одном 28-летнем цикле. То же можно сказать и о 1926, 1937 и 1943 гг., о 1927, 1938 и 1949 гг. и т. д. Кроме того, у каждого високосного года в январе и феврале повторяется распределение дней недели, имевшее место 6 лет назад, а в остальных месяцах (с марта по декабрь) это распределение такое же, как и 5 лет назад. Благодаря этому удастся сократить число вариантов распределения с 28 до 14, причем 7 из них соответствуют високосным годам, остальные — простым. Существенно упрощается логическая схема информационной машины, она становится вполне допустимой для изготовления в любительских условиях.

Информационно-логическая машина «Вечный календарь» представляет собой небольшой ящик, лицевая панель которого изображена на рис. 51. На лицевой панели расположены сетевой выключатель, сигнальная лампа-индикатор включения машины Л8 и предохранитель Пр1; штепсельные коммутаторы и ключи для ввода даты «Дни», «Месяцы» и «Годы»; световое табло с названиями дней недели.

При включении сетевого тумблера загорается лампа-индикатор Л8, сигнализирующая о готовности машины к работе. После этого можно ввести в машину число, месяц и год интересующей нас даты. Число (день месяца) вводится с помощью штекера штепсельного коммутатора «Дни». Этот коммутатор имеет 31 гнездо (по количеству дней в месяце). Гнезда коммутатора расположены горизонтальными рядами по 10 в ряду в соответствии с декадами месяца. Слева у каждого ряда гнезд и сверху над рядами проставлены цифры, указывающие, какому числу месяца соответствует каждое гнездо. Например, для ввода числа 23 нужно вставить штекер в гнездо, расположенное на пересечении горизонтального ряда, обозначенного цифрой 2, и вертикального столбца, над которым стоит цифра 3.

Месяц вводится включением одного из 12 ключей «Месяцы», пронумерованных в соответствии с порядковыми номерами месяцев календарного года. Например, для ввода месяца августа включается 8-й ключ — В8 (август — восьмой месяц).

Год вводится с помощью штекера штепсельного коммутатора «Годы», имеющего 100 гнезд по числу лет в столетии — 10 рядов и 10 столбцов. Цифры слева у горизонтальных рядов указывают десятилетия XX в., а цифры сверху над вертикальными столбцами обозначают годы. Например, для ввода 1976 г. штекер вставляется в 76-е гнездо, расположенное в 7 ряду 6-го столбца. Сразу же после введения числа, месяца и года на лицевой панели включается табло, подсвечивающее название дня недели. Так, если введена дата 7 апреля 1976 г., то на лицевой панели вспыхнет табло «Среда».

Для возвращения машины в исходное состояние нужно извлечь штекер из гнезд штепсельных коммутаторов «Дни» и «Годы», вернуть в исходное положение включенный ранее ключ «Месяцы» и выключить сетевой тумблер.

Принципиальная электрическая схема машины приведена на рис. 52. На этой схеме у штепсельного коммутатора ШК «Годы» показано лишь 14 гнезд, которые обозначены буквами от А до О. В действительности же, как было уже сказано, этих гнезд 100, но контакты многих из них соединены параллельно. Распайка контактов гнезд штепсельного коммутатора ШК «Годы» показана на табл. 3. Согласно этой таблице, например, параллельно гнездам, обозначенным на схеме буквой А, припаиваются контакты гнезд следующих годов: 1903, 1914, 1925, 1931, 1942, 1953, 1959, 1970, 1981, 1987, 1998

У штепсельного коммутатора ШК «Дни» на схеме также показаны только 10 гнезд вместо 31. К контактам, обозначенным буквами от У до Щ, параллельно присоединяются контакты гнезд в соответствии с табл. 4.

Контакты 12 телефонных ключей «Месяцы» (В1 — В12) и контакты электромагнитных реле Р1 — Р9 на схеме пронумерованы в соответствии с номерами этих ключей и реле. Некоторые из контактов разных ключей должны быть соединены параллельно. В таких случаях на схеме рядом с изображением контактов указаны не одно, а два или три числа. Например, числа В2/1, В3/1 и В11/1 на схеме у контактов ключа, подключающих гнездо А штепсельного коммутатора ШК «Годы» к обмотке реле Р1, указывают, что здесь должны быть параллельно соединены контакты ключей В2/1, В3/1 и В11/1.

Взаимодействие узлов машины при ее работе удобно проследить по схеме на конкретных примерах. Пусть, например, в машину вводится дата: 14 марта 1975 г. Для ввода числа 14 штекер вставляет-

Таблица 3

А	—	03	14	25	31	42	53	59	70	81	87	98
Б	—	09	15	26	37	43	54	65	71	82	93	99
В	—	10	21	27	38	49	55	66	77	83	94	—
Г	01	07	18	29	35	46	57	63	74	85	91	—
Д	02	13	19	30	41	47	58	69	75	86	97	—
Е	05	11	22	33	39	50	61	67	78	89	95	—
Ж	06	17	23	34	45	51	62	73	79	90	—	—
З	—	—	—	28	—	—	56	—	—	84	—	—
И	04	—	—	32	—	—	60	—	—	88	—	—
К	08	—	—	36	—	—	64	—	—	92	—	—
Л	12	—	—	40	—	—	68	—	—	96	—	—
М	16	—	—	44	—	—	72	—	—	00	—	—
Н	20	—	—	48	—	—	76	—	—	—	—	—
О	24	—	—	52	—	—	80	—	—	—	—	—

ся в гнездо *Щ* штепсельного коммутатора ШК «Дни». Для ввода месяца марта включается многополюсный ключ *ВЗ* (март — третий месяц), второй штекер вставляется в гнездо *Д* штепсельного коммутатора ШК «Годы». При этом образуется замкнутая цепь: «плюс» выпрямителя, резистор *RI*, замкнутые контакты гнезда *Д*, замкнутые контакты ключа *ВЗ/5*, обмотка реле *Р7*, «минус» выпрямителя. Реле

ШК „Годы“

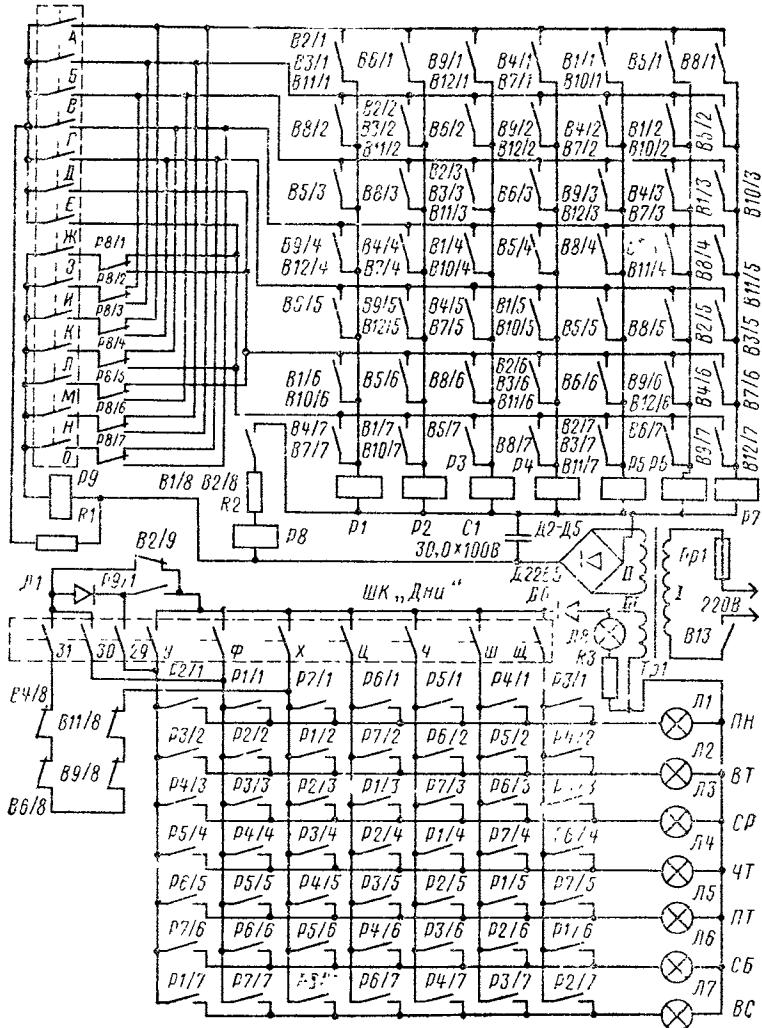


Рис. 52 Принципиальная схема информационной машины «Ветный календарь».

Таблица 4

У	1	8	15	22
Ф	2	9	16	23
Х	3	10	17	24
Ц	4	11	18	25
Ч	5	12	19	26
Ш	6	13	20	27
Щ	7	14	21	28

P7 сработает, и при этом образуется замкнутая цепь: верхний вывод обмотки *III* трансформатора, диод *Д6*, замкнутые контакты гнезда *Щ*, замкнутые контакты реле *P7/5*, лампа *Л5*, нижний вывод обмотки *III* трансформатора. Лампа *Л5* загорается, подсвечивая табло с надписью «Пятница».

Рассмотрим еще один пример. Пусть в машину вводится дата: 29 февраля 1976 г. При этом оказываются замкнутыми контакты гнезда 29 штепсельного коммутатора ШК «Дни», контакты ключа *B2* (одна пара контактов этого ключа *B2/9*, связанная с гнездами 30 и 31, при этом размыкается) и контакты гнезда *H* штепсельного коммутатора ШК «Годы». Контакты *B2/8* включают обмотку реле *P8*, это реле срабатывает, его контакты *P8/1—P8/7* переключаются. В это же время образуется замкнутая цепь: «плюс» выпрямителя, обмотка реле *P9*, замкнутые контакты гнезда *H*, замкнутые контакты реле *P8/6*, замкнутые контакты ключа *B2/1*, обмотка реле *P1*, «минус» выпрямителя. Срабатывают реле *P9* и *P1*. Контакты реле *P9/1* присоединяют диод *Д6* к контактам гнезда 29 штепсельного коммутатора ШК «Дни». Контакты реле *P1/7* замыкают цепь: верхний вывод обмотки *III* трансформатора, диод *Д6*, замкнутые контакты *P9/1*, замкнутые контакты гнезда 29, замкнутые контакты реле *P1/7*, лампа *Л7*, нижний вывод обмотки *III*. Лампа *Л7* загорается, подсвечивая табло с надписью «Воскресенье».

Аналогично взаимодействуют узлы машины при вводе других дат. В схеме предусмотрен ряд элементов, предотвращающих включение световых табло при ошибочном вводе в машину таких дат, которых не было и не может быть в календаре (например, 30 февраля, 31 апреля, 29 февраля в невисокосные годы и т. п.). Рассмотрим,

как это происходит Контакты ключей *B4/8*, *B6/8*, *B9/8*, *B11/8* отключают гнездо *31* штепсельного коммутатора ШК «Дни» при введении месяцев апреля, июня, сентября или ноября (имеющих по 30 дней). Контакты ключа *B2/9* отключают гнезда *29*, *30* и *31* штепсельного коммутатора ШК «Дни» при введении месяца февраля. Если же вводится день февраля високосного года, то гнездо *29*, как мы видели выше, оказывается включенным через замкнувшиеся контакты реле *P9/1*. Диод *D1* предотвращает в этом случае попадание напряжения на контакты гнезд *30* и *31*.

Сердечник силового трансформатора набран из пластин Ш20, пакет толщиной 20 мм. Обмотка *I* содержит 2640 витков, *II* — 460 витков, *III* — 75 витков провода ПЭЛ-0,31. Мостиковый выпрямитель из диодов *D2—D5* обеспечивает постоянное напряжение 48 В для питания реле *P1—P9* (каждое из этих реле рассчитано на напряжение 24 В, но в схеме возможно последовательное включение двух реле, поэтому источник питания должен обеспечить 48 В; если же включается только одно из реле *P1—P7*, то последовательно с ним оказывается включенным балластный резистор *R1*, на который падают остальные 24 В; такую же роль балластного сопротивления для реле *P8* выполняет резистор *R2*). Конденсатор *C1* — электролитический, 30,0 мкФ, 100 В.

Второй выпрямитель — однополупериодный, на диоде *D6*. Он создает напряжение 3,5 В для питания ламп *L1—L7*. Лампа-индикатор включения *L8* подключена к обмотке *III* трансформатора до выпрямителя, она питается переменным током. Эта лампа тоже рассчитана на 3,5 В, поэтому последовательно с ней включен гасящий резистор *R3* (при использовании лампы от карманного фонаря 3,5 В, 0,28 А сопротивление резистора — 15 Ом).

Диоды *D1—D6* — типа Д226Б. Ключи *B1—B12* — типа КТРО. Реле *P9* — типа РСМ-1 (паспорт Ю.171.81:01); в качестве реле *P1—P8* используются включенные параллельно реле типа РС13 (паспорт РС4 523 017) и типа РЭС15 (паспорт РС4.591.001).

Штепсельные коммутаторы ШК «Дни» и ШК «Годы» — самодельные. Их конструкция может быть произвольной, необходимо только, чтобы при введении штекера в гнездо надежно замыкались соответствующие контакты. Выключатель *B13* — однополюсный тумблер.

Ключи *B1—B12*, штепсельные коммутаторы и полупрозрачные пластинки из оргстекла, прикрывающие световые табло, крепятся к лицевой панели. Надписи «Дни», «Месяцы», «Годы» можно выгравировать на панели или написать на плотной бумаге, прикрепив пластинками из оргстекла.

Б е с е д а ш е с т а я, в которой рассказывается о том, как кибернетические машины могут помочь ученику и учителю

КИБЕРНЕТИКА ПОМОГАЕТ УЧИТЬСЯ

«Мы пытаемся, — говорит «главный кибернетик» нашей страны академик А. И. Берг, — во второй половине XX века обучать миллионы детей, подростков и взрослых теми же методами, которые давали малоудовлетворительные результаты, когда обучалось в сто раз меньше людей».

Нельзя не согласиться с этими словами ученого. В промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, в научных исследованиях, даже в быту — всюду привычными стали слова «механизация» и «автоматизация». всюду быстро внедряются новейшие достижения науки и техники. И только в учебном процессе все еще бывает разное представление о меле и тряпке как главных технических средствах учителя. Правда, в последнее время в учебных заведениях стали использовать звукозапись, кино и телевидение... Но всего этого пока еще недостаточно. В целом характер труда учителя за последние столетия почти не изменился.

А ведь возможности наши теперь иные! Следует подумать о более широком использовании достижений науки и техники в обучении.

Достижения кибернетики, педагогики, психологии и физиологии позволяют в наше время значительно облегчить труд учителя и повысить эффективность учебного процесса, применяя новый метод обучения — программированное обучение с широким использованием кибернетических обучающих машин.

Сущность программированного обучения заключается в следующем. Изучаемый материал разбивается на элементарные порции («дозы») в строгой последовательности. Каждую новую порцию материала учащиеся получают только после того, как хорошо усвоят первую. Для проверки усвоения материала ученику предлагается ответить на контрольные вопросы. Правильность своих ответов учащийся проверяет, сравнивая их с образцовыми ответами. В случае правильных ответов ученик получает новую порцию учебного материала. Если ответы были неверными, учащемуся даются дополнительные разъяснения и предлагаются дополнительные вопросы. Таким образом, в процессе изучения материала ученик движется постепенно, шаг за шагом, с одной ступеньки на другую, от незнания к знанию. При этом в зависимости от предварительной подготовки и способностей учащиеся продвигаются вперед, от одной порции материала к другой, с большей или меньшей скоростью, но всегда достигают конечного этапа — успешного завершения обучения.

При таком обучении педагог получает значительно большую информацию о ходе усвоения материала каждым из учащихся, чем при обычных методах обучения. Это достигается широким применением специальных программированных учебников и учебных пособий, а также использованием кибернетических обучающих машин.

Создано немало кибернетических устройств, которые в той или иной мере выполняют некоторые функции учителя. Машины-информаторы передают информацию в одностороннем порядке — от машины к учащемуся, т. е. существует лишь прямая связь с учащимися, обратная связь учащихся с машиной отсутствует. Примерами таких машин, широко применяемых в настоящее время в учебном процессе, являются эпидиаскопы, кинопроекторная аппаратура, телевизионные установки, магнитофоны, электрофоны и др.

Машины-контролеры осуществляют в отличие от машин-информаторов лишь обратную связь с учащимися. Для проверки и оценки усвоения учащимися материала в запоминающее устройство машины-контролера вводится программа опроса. Учащийся формулирует самостоятельно ответ или выбирает один из нескольких предложенных ответов и вводит его в машину. Машина сравнивает ответы учащегося с правильными и затем на основании этого сравнения производит оценку ответов.

В машинах-тренажерах учебный материал в виде упражнений, примеров и новых сведений, а также задачи и вопросы по этому материалу вводятся в машину заранее, во время подготовки ее к работе. После включения машина выдает учащемуся информацию и контрольные вопросы. Ознакомившись с информацией, учащийся отвечает на вопросы, вводя свои ответы в машину. Машина оценивает знания учащегося и либо выдает дополнительную или разъясняющую информацию, либо переходит к новой дозе учебного материала.

Наряду с информаторами, контролерами и тренажерами, предназначенными для автоматизации отдельных этапов учебного процесса, существуют и универсальные многорежимные обучающие машины, совмещающие функции машин всех указанных трех групп.

Не очень сложные, но достаточно эффективно помогающие ученику и учителю кибернетические обучающие устройства вполне возможно изготовить в любительских условиях.

КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЕР ЗНАНИИ

Контролер представляет собой прибор настольного типа, предназначенный для автоматизации опроса учащихся на уроке. По своему принципу действия такое устройство относится к обучающим машинам с выборочным методом ввода ответов: ученику предлагается серия вопросов и на каждый из них несколько ответов, из которых он должен выбрать правильные и наиболее полные; получив ответы, прибор автоматически оценивает их по пятибалльной системе и указывает, какие из них верны. Прибор может быть использован при проверке текущей успеваемости учащихся, их готовности к выполнению лабораторных работ, степени усвоения учебного материала и т. п.

На лицевой панели прибора (рис. 53) расположены шесть переключателей, каждый из которых может быть установлен поворотом ручки в любое из пяти рабочих положений (обозначенных цифрами 1—5). На лицевой панели расположены также шесть сигнальных ламп, контактное поле штепсельного коммутатора, прибор-индикатор, кнопка «Оценка», контрольный замок, сетевой тумблер и лампа-индикатор включения прибора.

Опрашиваемому ученику выдается карточка-билет с шестью вопросами, на каждый из которых даны пять ответов: один правильный и четыре неверных. Одновременно в прибор вводится информация о том, какие из ответов на вопросы данного билета являются правильными. Ввод этой информации осуществляется с помощью специальной перфокарты, накладываемой на штепсельный коммутатор. Для каждого билета заранее заготавливается соответствующая перфокарта. Отверстия в перфокарте располагаются так, что при наложении карты на штепсельный коммутатор они оказываются над гнездами, с которых подается напряжение на неподвижные контакты переключателей В1—В6 (по принципиальной схеме на рис. 54), номера которых соответствуют правильным ответам. Контактное поле штепсельного коммутатора представляет собой шесть рядов контактов, по пять в каждом ряду. Гнезда соединены с контактами переключателей В1—В6 не в таком строгом порядке, как это показано на принципиальной схеме, а перепутаны. Порядок расположения гнезд известен лишь руководителю занятий, у которого имеется специальная табличка, где гнезда пронумерованы в соответствии с тем

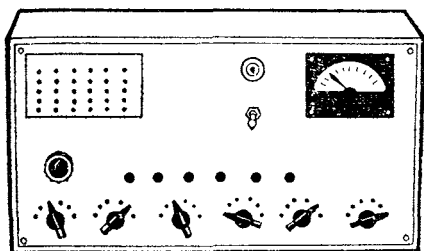
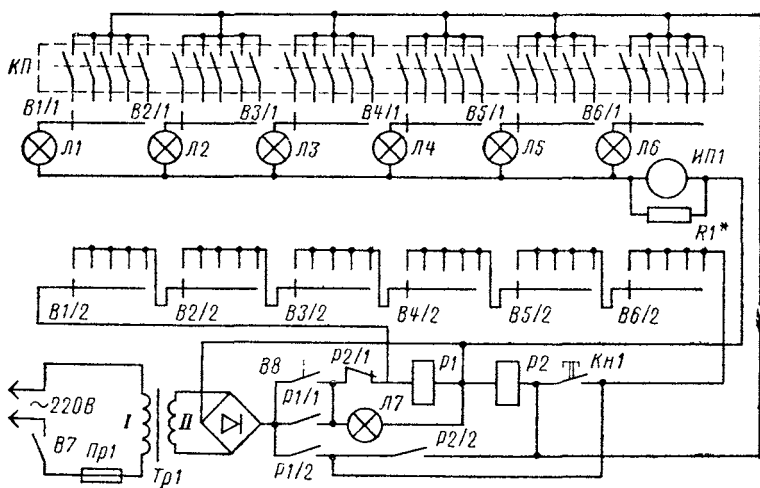


Рис. 53. Лицевая панель контролера.

Рис. 54. Принципиальная схема контролера.



контактами переключателей, к которым они присоединены. Этой табличкой учитель пользуется при изготовлении перфокарт.

Итак, одновременно с вручением опрашиваемому билета соответствующая этому билету перфокарта накладывается на поле штепсельного коммутатора и во все отверстия на перфокарте (их шесть — по числу вопросов) вставляются штекеры. Затем прибор включается. Опрашиваемый должен ознакомиться с вопросами, содержащимися в билете, для каждого из них найти правильный ответ и, заметив его номер (вопросы пронумерованы римскими цифрами от I до VI, а ответы на каждый из вопросов — арабскими цифрами от 1 до 5), установить этот номер с помощью соответствующего переключателя $B1—B6$. Ответив таким образом на все вопросы, опрашиваемый нажимает кнопку $Kn1$ «Оценка». Загоревшиеся лампы укажут, на какие из вопросов опрашиваемый ответил правильно, а стрелочный индикатор зафиксирует оценку в пятибалльной системе.

Рассмотрим, как работает прибор. Для подготовки прибора к включению необходимо включить выключатель $B7$, замкнуть и затем разомкнуть при помощи ключа контрольный замок $B8$. При этом срабатывает реле $P1$ и своими контактами $P1/1$ блокирует кон-

такты ключа *B8*, зажигая одновременно лампу-индикатор включения прибора *Л7*. Контакты *P1/2* подают напряжение к контактам кнопки «Оценка». Установкой штекеров на контактном поле штепсельного коммутатора задается код правильных ответов. В случае правильных ответов на вопросы билета, т. е. при установке переключателей в такие положения, когда их неподвижные контакты соединены с контактами гнезд *КП*, замкнутых штекерами, образуются цепи от кнопочного выключателя *Кн1* до соответствующих ламп *Л1—Л6*.

При нажатии кнопки «Оценка» срабатывает реле *P2*, и напряжение поступает только на лампы, соответствующие вопросам, на которые даны правильные ответы. Одновременно отклоняется стрелка индикатора оценки (угол отклонения стрелки пропорционален числу загоревшихся ламп). Нормально замкнутые контакты *P2/1* размыкаются, питание на реле *P1* подается через последовательно включенные контакты переключателей *B1/2—B6/2*. Если опрашиваемый повернет любой из переключателей после получения оценки, то цепь питания реле *P1* будет разорвана, его контакты *P1/1* и *P1/2* разомкнутся, и прибор оказывается отключенным от источника питания. Вторично получить оценку невозможно до тех пор, пока педагог не включит контакты ключа *B8*. Это обеспечивает автоматический контроль правильности эксплуатации прибора опрашиваемым в случае отсутствия руководителя занятий. В этом случае опрашиваемый мог бы при неудовлетворительной оценке без ведома учителя выключить прибор с помощью выключателя *B7* или попытаться подобрать правильный ответ, переключая выключатели *B1—B6*.

Миллиамперметр *ИП1* показывает общий ток горящих ламп. Ток пропорционален числу горящих ламп и, в частности, при правильных ответах на все вопросы максимален. Шкала миллиамперметра разделена на пять частей в соответствии с оценками пятибалльной системы: «очень плохо», «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Деления шкалы рассчитаны таким образом, что оценку «отлично» прибор дает только при правильных ответах на все шесть вопросов билета; при пяти правильных ответах стрелка прибора останавливается на делении «хорошо»; при четырех правильных ответах автомат выдает оценку «удовлетворительно»; три правильных ответа оцениваются как «неудовлетворительно»; в случае, если число правильных ответов меньше трех (2, 1 или 0), опрашиваемый получает оценку «очень плохо». При определении верхней границы оценки «очень плохо», что соответствует фактически полному незнанию материала, принято во внимание то обстоятельство, что вероятность правильного ответа на каждый из вопросов равна $\frac{1}{5}$, и, следовательно, устанавливая каждый из переключателей наугад в одно из пяти рабочих положений, можно всегда в среднем из шести ответов получить около двух ($\frac{2}{5}$) правильных.

В контролере применены коммутаторные лампы напряжением на 24 В. Переключатели *B1—B6* — типа 5П2Н Реле *P1* и *P2* — типа РЭС9 (паспорт РС4.524 200). Измерительный прибор *ИП1* — типа М-24 или любого другого типа, рассчитанный на измерение токов до 50 мА. Диоды *D1—D4* типа Д226Б Сопротивление резистора *R1* подбирается при градуировке измерительного прибора Силовой трансформатор набран из пластин Ш20, пакет толщиной 20 мм. Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭЛ-0,15, отмотка *II* — 260

витков провода ПЭЛ-0,5. Кнопочный выключатель *Кн1* типа *К1*. Выключатель *В7* — однополюсный тумблер. В качестве ключа *В8* использован замок зажигания от автомобиля.

ОБУЧАЕТ «СВЕРДЛОВСК-1»

Несколько лет тому назад научными сотрудниками Свердловского педагогического института в содружестве с работниками Свердловского медицинского института была сконструирована и построена обучающая машина «Свердловск-1» — электронное кибернетическое устройство для программированного обучения студентов-медиков рентгенодиагностике. Основное назначение этого электронного «репетитора» — выработка у студента строгой логической системы мышления, без которой невозможно распознавание и лечение болезни. Ведь диагноз — это результат логически связанных, последовательно вытекающих одно из другого умозаключений.

Один из создателей машины — доктор медицинских наук Л. Б. Наумов — разработал обучающую программу — алгоритм обучения диагностике 60 наиболее распространенных заболеваний легких и сердца. В соответствии с этим алгоритмом весь процесс постановки диагноза от первого взгляда студента на рентгеновский снимок до установления развернутого, исчерпывающего диагноза разбит на последовательные логические этапы. На каждом таком этапе необходимо, рассматривая рентгеноснимок, проанализировать определенные рентгенологические признаки, их комбинации и на основании этого анализа сделать соответствующие умозаключения. Если все эти умозаключения безошибочны, то врач в конце концов приходит к единственно правильному диагнозу.

Как же учит «Свердловск-1»?

Преподаватель вводит в память машины с помощью специальной перфокарты информацию о симптомах и диагнозе заболевания, а соответствующий этому заболеванию рентгеновский снимок устанавливается перед студентом на негатоскопе (светящемся экране). Будущий врач получает также специальную карточку-программу с вопросами, соответствующими логическим этапам изучения рентгенологических признаков заболевания (обучающий алгоритм). Затем преподаватель включает машину и оставляет студента с ней «наедине». Непрерывно сопоставляя теньевую картину на рентгеновском снимке с программой, учащийся на каждом этапе выбирает ответ, который представляется ему верным, и вводит этот ответ в машину. При правильном ответе загорается белая лампа-сигнал «Правильно, продолжайте». После этого можно переходить к анализу следующего этапа решения диагностической задачи. При неправильном ответе загорается красная лампа-сигнал «Ошибка».

Не приведет ли обучение с такой машиной к попыткам студентов угадывать правильные ответы? Не будет ли машина подавлять мыслительный процесс студента? Чтобы проверить эффективность машины, в Свердловском медицинском институте провели следующий эксперимент. Студентам были даны четыре задания: описать рентгеноснимок и поставить диагноз без использования машины, опираясь лишь на свои знания; затем выбрать верные, по их мнению, ответы из разработанной для машины программы; проверить эти ответы с помощью машины и, наконец, составить новое описание снимка и снова поставить диагноз.

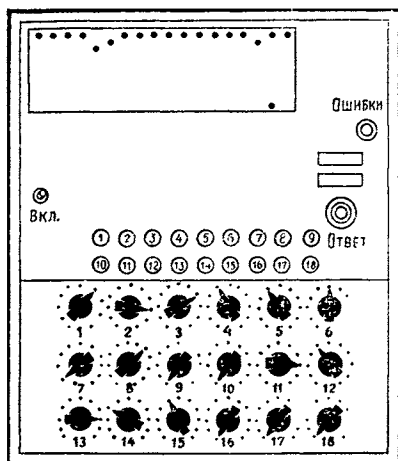


Рис. 55. Общий вид обучающей машины.

Сотни студентов поработали с машиной. И вот весьма красноречивые результаты. Первоначальные описания снимков довольно поверхностны, студенты могли увидеть и выделить только несколько признаков заболевания. Пользуясь программой, они глубже проникают в тайну снимка, выделяют все необходимые для постановки диагноза симптомы. И это не удивительно: программа вносит логический порядок, обогащает представление студента новыми признаками болезни. Но все же она не гарантирует его от ошибки. На каком-то этапе студент может неправильно истолковать симптом, придя к неверному умозаключению. Одна ошибка влечет за собой другую, третью, и в результате — неверный диагноз. Машина же, контролируя умозаключения студента, не пропустит ни одной ошибки, она обращает внимание студента на неправильные умозаключения и настойчиво требует нахождения правильных ответов.

И вот, наконец, получены повторные описания снимков, сделанные под «репетиторством» машины. Они значительно отличаются от робких начальных студенческих поисков, логичны, всесторонни, а главное — вполне квалифицированы.

Машины типа «Свердловск-1» нашли применение, и очень широкое, для обучения будущих врачей рентгенодиагностике. Но эти машины могут быть с успехом использованы для обучения многим другим дисциплинам: математике, физике, электротехнике, словом, любому предмету, для которого разработан обучающий алгоритм и составлена программа обучения.

Общий вид обучающей машины показан на рис 55. На лицевой панели ее расположены выключатель сетевого питания; сигнальная лампа-индикатор включения машины и подсветка счетчика ошибок; штепсельный коммутатор, с помощью которого задается программа

решения задачи (в описываемой конструкции — диагностической задачи); 18 переключателей для последовательного ввода ответов; переключатели пронумерованы большими цифрами от 1 до 18, каждый из них поворотом ручки может быть установлен в любое из 11 положений, обозначенных малыми цифрами от 1 до 11; кнопка «Ответ»; 18 ламп-индикаторов правильных ответов; нумерация ламп соответствует нумерации переключателей от 1 до 18; красное световое табло — сигнал ошибочного ответа, зеленое световое табло — сигнал окончания опроса (в описанной конструкции — сигнал, подтверждающий правильно поставленный диагноз), кнопка установки счетчика ошибок на нуль

Для работы с машиной обучаемый получает рентгеновский снимок больного, перфокарту этого снимка и соответствующую ему карту-программу. Снимок устанавливается на негатоскоп, а перфокарта накладывается на штепсельный коммутатор. В отверстия перфокарты вставляются штекеры, замыкающие контакты правильных ответов на вопросы программы. Затем обучаемый тумблером «Сеть» включает машину и приступает к работе, как было описано.

На каждый из 18 вопросов программы может быть предусмотрено до 11 ответов, один из которых правильный и полный, а остальные — неправильные или неполные. Учащийся выбирает для каждого вопроса ответ, который представляется ему верным, устанавливает переключатель с номером этого вопроса в положение, соответствующее номеру правильного (по его мнению) ответа, и нажимает кнопку «Ответ».

Если ответ был выбран правильно, то загорается лампа-индикатор, имеющая номер того вопроса, на который дан ответ. Если выбран неправильный ответ, загорается красный сигнал и срабатывает счетчик ошибок, делая один отсчет. При отпускании кнопки «Ответ» красное табло гаснет, и обучаемый должен ввести с помощью того же переключателя другой вариант ответа. До тех пор, пока не будет найден правильный ответ, перейти к следующему вопросу (этапу) невозможно.

Принципиальная схема обучающей машины приведена на рис. 56. Рассмотрим работу машины. При включении тумблера *B19* «Сеть» начинает работать выпрямитель блока питания и загорается лампа *L23* — индикатор включения машины и подсветка шкалы счетчика ошибок.

Программа правильных ответов к поставленной задаче вводится перед включением машины установкой штекеров в гнезда контактного поля штепсельного коммутатора *KП* в соответствии с отверстиями перфокарты, накладываемой на этот коммутатор. Чтобы правильно ответить на вопросы, обучаемый должен установить каждый из переключателей выбора ответов *B1—B18* в положение (одно из положений), запрограммированное как правильное.

При правильном ответе на первый вопрос программы после нажатия кнопки «Ответ» *Кн1* замыкаются ее контакты *Кн1/1* и срабатывает реле *P1* через цепь: плюс источника питания, контакты *Кн1/1*, нормально замкнутые контакты *P20/1*, переключатель *B1*, контакты *KП*, лампа *L1*, обмотка реле *P1*, минус источника питания. Срабатывает реле *P1* и становится на самоблокировку своими контактами *P1/2*; одновременно размыкаются контакты *P1/1* и замыкаются контакты *P1/3* этого реле. При отпускании кнопки *Кн1* замыкаются ее контакты *Кн1/2*, и через контакты *P1/3* и диод *D19* включается реле *P20*. Контакты *P20/3* это реле самоблокируется, а контакты *P20/1*

При неправильных ответах на каждый вопрос после нажатия кнопки *Кн1* образуется замкнутая цепь: плюс источника питания, контакты *Кн1/1*, контакты *P20/1*, контакты *P1/1*, диод *Д1*, резистор *R1*, обмотка реле *P19*, минус источника питания.

После срабатывания реле *P19* его контакты *P19/1* включают лампы *Л21* и *Л22* светового табло ошибки и шаговый мотор *ШМ1* счетчика ошибок.

Для четкой работы шагового мотора требуются импульсы определенной длительности, поэтому в схеме применено устройство задержки, состоящее из реле *P37*, резистора *R3* и конденсатора *C2*. Поскольку питание на реле *P37* подается через цепь задержки *R3*, *C2*, контакт *P37/1* разрывает цепь питания шагового мотора *ШМ1* не сразу после замыкания контактов *P19/1*, а через время, определяемое временем задержки цепи *R3C2*. Таким образом, длительность импульса, подаваемого на *ШМ1*, зависит только от величин *R3* и *C2* и не зависит от длительности нажатия кнопки *Кн1* (при условии, что длительность будет больше времени задержки реле *P37*).

При правильном ответе реле *P19* сработать не успевает, так как оно также имеет цепь задержки срабатывания во времени (*R1C1*), немного большую, чем время размыкания контактов *Кн1/1* при срабатывании реле *P1*. Время задержки срабатывания реле *P19* определяется величинами *R1* и *C1*.

Диоды *Д1—Д18*, а также *Д19—Д34* являются развязывающими элементами: они предотвращают ложное и преждевременное срабатывание тех из реле *P1—P18* и *P20—P36*, которые еще не участвуют в работе. Кнопка *Кн* предназначена для установки шкалы ошибок шагового мотора на нуль перед началом работы. Контакты *ШМ1/1* создают импульсный режим работы шагового мотора, цепь *R4—C3* сглаживает пульсацию питающего напряжения, подаваемого на обмотку.

В машине предусмотрена сигнализация окончания работы: зеленое световое табло «Диагноз поставлен» при окончании опроса на любом этапе. Для этого в каждом вертикальном ряду *КП* имеется двенадцатое контактное гнездо. При установке в него контактного штекера с соответствующего переключателя *В1—В18* подается напряжение питания на лампы *Л19* и *Л20* зеленого светового табло.

Лампы индикации и подсветки табло — типа МН18 напряжением 26 В. Переключатели *В1—В18* типа 11П1Н. Кнопочный выключатель *Кн1* — коммутационный (паспорт НАЗ.604 010), *Кн* — типа К1. Реле *P1—P18* и *P20—P36* — типа РЭС22 (паспорт РФ4 500 130), *P19* и *P37* — типа РЭС6 (паспорт РФО.452.101). Диоды *Д1—Д38* типа Д226Б. Конденсаторы *C1—C3* электролитические, 100 мкФ, 50 В. Резисторы: *R1—680 Ом*, *R2—340 Ом*, *R3—160 Ом*, *R4—100 Ом*. Силовой трансформатор *Тр1* набран из пластин Ш24, пакет 45 мм, обмотка *I* содержит 880 витков провода ПЭЛ-0,4, а обмотка *II* имеет 240 витков провода ПЭЛ-1,2. Шаговый мотор взят от шагового искателя типа Ш17, с него сняты все контактные группы, а на оси установлен диск с цифрами от 0 до 35.

При подаче на мотор одного импульса диск поворачивается на $\frac{1}{36}$ оборота, таким образом, максимальное число ошибок, которое может отсчитать счетчик, — 35.

Как показал опыт работы с этой машиной, даже слабо подготовленные студенты не совершают большего числа ошибок, поэтому указанных пределов счета вполне достаточно.

**Б е с е д а с е д ь м а я, в которой речь идет
о кибернетических машинах, способных выполнять
некоторые функции живых существ и даже человека**

ПО ОБРАЗУ И ПОДОБИЮ СВОЕМУ..

«С дозволения главной полиции показываема здесь будет между Казанской церковью и Съезжей в Марковом доме прекрасная, невиданная здесь никогда механическо-музыкальная машина, представляющая изрядно одетую женщину, сидящую на возвышенном пьедестале, играющую на поставленном перед нею искусно сделанном флигеле (клавесине) десять отборнейших, по новому вкусу сочиненных пьес, т. е. три менуэта, четыре арии, два полонеза и один марш. Она с превеликой скоростью выводит наитруднейшие рулады и при начатии каждой пьесы кланяется всем гостям головою. Искусившиеся в механике и вообще любители художества немало будут иметь увеселения, смотря на непринужденные движения рук, натуральный взор ее глаз и искусные повороты ее головы; все сие зрителей по справедливости в удивление привести может. Оную машину ежедневно видеть можно с утра 9 до 10 вечера. Каждая особа платит по 50 к., а знатные господа сколь угодно». («Санкт-Петербургские ведомости», № 59, 1777 г.)

Много лет назад искусные мастера создавали хитроумные игрушки вроде той, о которой рассказывалось в объявлении.

Мысль о создании искусственных моделей, воспроизводящих некоторые функции живых существ, волновала умы человечества на протяжении многих веков, находя отражение в мифах и легендах, в художественных произведениях писателей и поэтов разных стран и народов.

Одна из легенд утверждает, что в XII в. немецкий философ и алхимик Альберт, которому церковь присвоила звание «Великий», изобрел «железного человека». Железный человек служил швейцаром — открывал и закрывал двери. На постройку этого автомата Альберт потратил 30 лет. Рассказывают, что будто автомат вначале умел произносить несколько слов, но с каждым годом становился все болтливее. Ученик Альберта, Фома Аквинский, выведенный из терпения этой болтовней, схватил однажды железный молот и разбил «железного человека» на куски.

Дошли сведения о том, что значительно раньше, в I в до н э Героном Александрийским был построен «театр автоматов», который давал представление по легенде о Навплие, заимствованной из «малой Илиады».

Представление состояло из пяти картин. В первой картине даилицы чинят суда перед спуском в воду, пиллят, рубят, сверлят и со стуком вбивают гвозди. Во второй — ахейцы тянут суда в воду. В третьей картине зритель видел небо и спокойное море, по которому плывут под парусами корабли, возле них ныряют дельфины. Затем море становится бурным, и корабли сбиваются в кучу. В четвертой картине на сцене стоит Навплий, рядом с ним богиня Афина, затем в руке Навплия загорается факел. Последняя картина начиналась с кораблекрушения. Аякс плавает в волнах, затем слышится гром, Аякса поражает молния, и он исчезает; затем исчезает и Афина.

Все эти чрезвычайно сложные действия разыгрывали механические фигуры.

Многие годы, вплоть до начала XIX г., строились различные автоматы, подражающие сложным движениям человека или животных. Автоматы играли на органе, флейте, танцевали, кланялись публике, считали на счетах, гадали на картах.

Новые времена принесли новые идеи. Появились «электрические люди» — роботы. Они располагали значительно большими возможностями, чем их механические предшественники. Они «научились» видеть свет, слышать звук, ощущать тепло, замечать препятствия и т. п. Из забавных игрушек они превратились в незаменимых помощников, способных выполнять некоторые человеческие функции значительно быстрее, лучше, чем сами люди. Некоторые кибернетические устройства получили способность выполнять не только «жесткую», заранее заданную программу, но и действия, определяющиеся обстановкой, окружающей средой. Первые простейшие модели такого типа — стремящаяся к свету «моль» и бегущего от света «клопа» — разработал еще Н. Винер. Широкую известность приобрели самодвижущиеся «черепашки», построенные английским биофизиком Г. Уолтером, «белка» Э. Беркли, «мышь в лабиринте» К. Шеннона и др.

Такие кибернетические «животные» имели большое значение, так как на них ученые проверяли возможность создания подобных целесообразно действующих систем, пригодных для практического применения в промышленности, на транспорте и пр.

В этой беседе читатели познакомятся с тремя моделями, иллюстрирующими, как кибернетические устройства могут выполнять некоторые функции живых существ и человека.

ПОЧТОВЫЙ АВТОМАТ

Почта на Руси, да и во всем мире от древних времен до наших дней проделала трудный путь. У новгородцев, например, были грамотными не только мужчины, но и некоторые женщины. Написать (вернее, нацарапать на бересте) записку с просьбой прислать забытую рубашку было вполне обыкновенным делом — таких писем было найдено много, причем не только в Новгороде, но и в некоторых других городах.

В 1845 г. в России ввели в употребление штемпельные конверты или, как тогда говорили, «куверты», с помощью которых отправитель смог оплачивать пересылку корреспонденции. Штемпельный конверт имел на белой лицевой стороне голубой или синий (в Москве — красный) штемпель; почтовые марки появились позднее. Конверты продавали всюду за 6 коп. серебром.

В 1848 г. почтовые ящики были вынесены в России на улицы. Правда, конструкция их была еще несовершенной, они были сколочены из досок и обшиты снаружи тонким листовым железом. Без особого труда можно было перочинным ножом открыть дверцу. Население не очень доверяло свою переписку таким ящикам.

Даже в Англии, довольно развитой капиталистической стране, обычная нумерация домов появилась лишь во второй половине XVII столетия. Вот как выглядел адрес на одном из писем той поры: «Почтовое учреждение в Эдинбурге, господину Вилларду Лау, ювелиру, в собственные руки, недалеко от Парламента, вниз по ярмарочной лестнице против Акнза». Почтальону приходилось быть живым адресным столом, чтобы доставить письма по назначению.

Что же говорить об отсталой царской России, где только в 3% населенных пунктов были почтовые учреждения, доставляющие письма на дом. Да и то это были крупные города. Почта в деревне считалась лишней, как лишней считалась грамотность. Когда царю Александру III доложили, что по статистическим данным в деревнях насчитывается менее 3% грамотных, он ответил: «Так и следует!»

Много лет прошло с тех пор. Сейчас только в СССР ежегодно отправляется около 9 млрд. писем. Работники почтамтов должны определить, по какому направлению нужно отправить то или иное письмо, рассортировать письма по адресам (а написаны адреса разными, не всегда разборчивыми почерками). Нетрудно представить, какого большого числа квалифицированных сортировщиков требует столь огромный объем корреспонденции.

С целью облегчения и ускорения обработки письменной корреспонденции в СССР была введена система цифровой шестизначной индексации. В соответствии с цифровой системой адресов вся территория Советского Союза условно разбита на отдельные участки. Каждый такой участок (область) обозначается первыми тремя цифрами шестизначного индекса. Четвертая цифра индекса обозначает одну из десяти зон области; пятая — один из десяти секторов зоны; шестая — одно из десяти адресных предприятий связи, относящихся к данному сектору. В тех случаях, когда для индексации предприятий связи в области тысячи индексов недостаточно, административная область может быть разделена на несколько частей, каждой части присваивается самостоятельный индекс в пределах первых трех цифр.

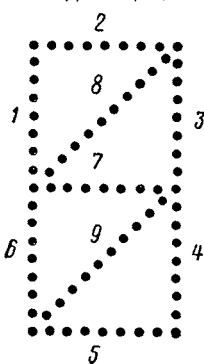


Рис. 57. Сетка кодирования цифр для автоматической сортировки почты.

Для написания цифр применяют специальную сетку, состоящую из девяти элементов (рис. 58). Образцы цифр, составленных из отдельных элементов, представлены на рис. 58.

Согласитесь, что значительно проще и быстрее при сортировке писем прочитать шестизначное число, написанное стандартными

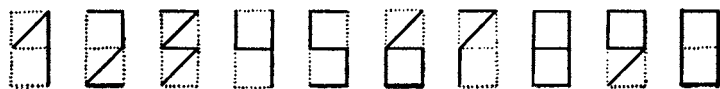


Рис. 58. Изображение цифр.

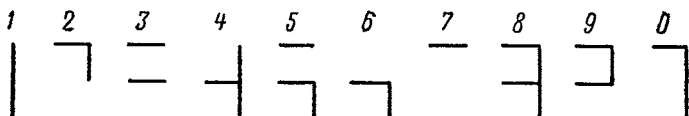


Рис. 59. Существенные элементы цифр для автоматического опознавания.

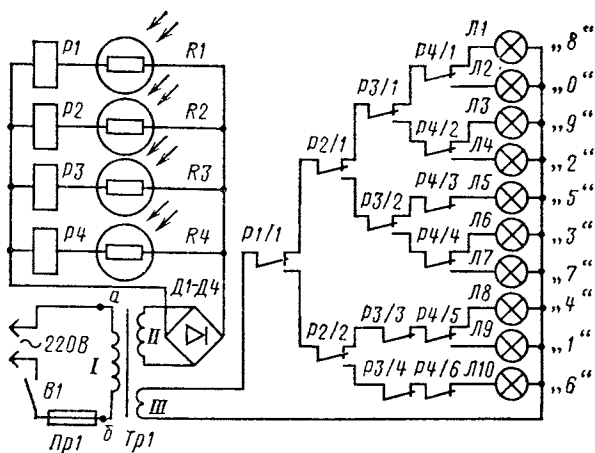


Рис. 60. Принципиальная схема модели почтового автомата.

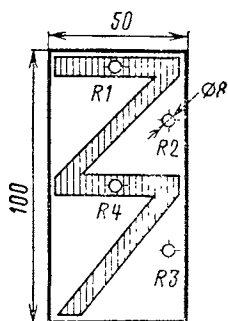


Рис. 61. Считывающая ячейка.

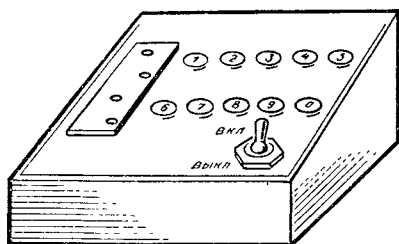


Рис. 62. Внешний вид модели.

цифрами, нежели сам адрес. Теперь адрес, закодированный шестизначным числом, может прочесть и автомат — машина-сортировщик писем.

Для автоматического распознавания цифр, вообще говоря, нет необходимости в том, чтобы начертания цифр имели привычный для нас вид. Главное, чтобы две любые цифры различались хотя бы одним элементом. Оказывается, что минимальное число элементов, с помощью которых можно составить 10 различных цифр, равно 4. Допустим, если мы выберем из девяти элементов (рис. 57) элементы под номерами 2, 3, 4, 7, то цифры примут вид, показаний на рис. 59. Значит, опознавать 10 различных цифр можно с помощью всего четырех чувствительных элементов — фоторезисторов.

Принципиальная схема модели почтового автомата приведена на рис. 60. Чувствительные элементы фоторезисторы $R1—R4$ установлены в считывающей ячейке (рис 61). На участке 2 (см нумерацию на рис. 57) расположен фоторезистор $R1$, на участке 3 — $R2$, на участке 4 — $R3$, на участке 7 — $R4$. Последовательно с каждым фоторезистором включена обмотка соответствующего электромагнитного реле $P1—P4$. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшается. Ток, протекающий через фоторезистор, увеличивается, в результате чего реле срабатывает.

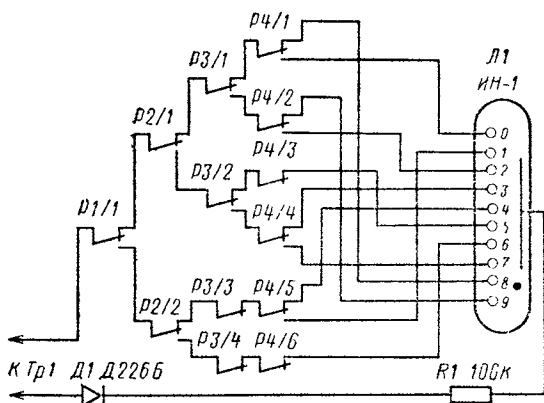


Рис 63 Принципиальная схема индикаторного блока в модели почтового автомата.

Контакты реле $P1—P4$ включены по схеме пирамидального дешифратора. Наложим, например, на ячейку цифру 3 индекса (цифры вырезают из жести или плотного картона в соответствии с рис 58). Тогда фоторезисторы $R2$ и $R3$ будут освещены, а $R1$ и $R4$ — закрыты. Реле $P2$ и $P3$ срабатывают, создавая такую комбинацию переключающихся контактов, при которой загорается лампа $Л6$, подсвечивающая цифру 3. Аналогичным образом автомат опознает и другие цифры.

Внешний вид модели показан на рис. 62. На лицевой панели корпуса расположена ячейка с фоторезисторами и индикаторное устройство—цифры 1, 2, 3, ..., 9, 0, подсвечиваемые лампами $Л1—Л10$.

В качестве индикаторного устройства в данной модели можно использовать индикаторную цифровую газоразрядную лампу типа ИН-1 (рис. 63). Анод лампы через резистор $R1$ (100 кОм) и диод $D1$ (Д226Б) подключается к точке a обмотки I трансформатора (рис 60); катоды лампы через контактную пирамиду подключаются к точке b . На лицевой панели вместо десяти ламп накаливания крепится лампа типа ИН-1.

Описанная модель опознает цифры одного разряда почтового индекса. Увеличив число рассмотренных узлов схемы до шести, мы сможем добиться одновременного опознавания цифр всех шести разрядов почтового индекса.

В устройстве применены следующие детали: реле *P1* и *P2* — типа РЭС9 (паспорт РС4 524 201), реле *P3*—РЭС22 (паспорт РФ4.500.131), реле *P4*—РС13 (паспорт РС4 523.017). Фоторезисторы *R1*—*R4* — типа ФСК1 или ФСД Лампы *L1*—*L10* — типа ЛН, 3, 5 В, 0,28 А. Трансформатор *Tr1* набран из пластин Ш20, пакет толщиной 20 мм. Обмотка *I* содержит 1400 витков провода ПЭЛ-0,31; обмотка *II* — 450 витков ПЭЛ-0,15, обмотка *III*—45 витков ПЭЛ-0,8. Диоды *D1*—*D4* — типа Д226Б.

ЧТО ЕСТЬ ЧТО?

В наши дни уже созданы такие кибернетические устройства, которые способны не только следовать жестко заложенной в них программе опознавания (как в почтовом автомате), но и сами обучаются распознаванию образов. Устройства эти получили название персептронов (от латинского *perzeptio* — понимание, распознавание). Их применение позволяет автоматизировать анализ и запись справочных материалов, обработку банковских документов и т. п. Вот пример такого обучения.

ЭВМ снабжается «органом зрения» — фотоэлементами, соединенными с памятью машины. Как первокласснику, ей показывают букву А и как бы говорят, нажимая кнопку: «Запомни! Буква, которую ты видишь, — буква А». И изображение показанной буквы фиксируется в памяти машины. Затем ей снова показывают ту же букву, написанную другим почерком, и спрашивают: «Что это за буква? А или не А? Если машина отвечает, что не А, то ее заставляют запомнить: эта буква — тоже буква А.

Машина запоминает и эту информацию. Чем дольше продолжается обучение, тем точнее становится представление машины о букве А и способах ее написания. Аналогично ЭВМ обучают распознаванию других букв, цифр или каких-либо иных символов.

Как всякий ученик, машина учится на ошибках. Ее умение различать образы зависит от ее собственной сообразительности и не в меньшей мере — от педагогических способностей ее учителя. Мы здесь опишем простую модель, демонстрирующую принцип действия автомата, обучаемого распознаванию образов. Наша модель может быть обучена распознаванию цифр 1, 2 и 3 и после обучения различает и опознает эти цифры.

Внешний вид модели представлен на рис. 64. На лицевой панели расположены выключатель сети 1, рамка воспринимающего устройства 2, в которую вставляются карточки с подлежащими опознаванию цифрами 1, 2, 3 (на рис. 64 в рамку вставлена карточка с цифрой 2); кнопки 3, обозначенные цифрами 1, 2 и 3, для ввода информации о предъявляемых карточках при обучении; цифровая индикаторная лампа 4, с помощью которой автомат указывает после обучения опознанные цифры.

К корпусу модели с помощью кронштейна прикреплена осветительная лампа 5 с рефлектором, предназначенная для освещения карточки с подлежащей опознаванию цифрой.

Вид карточек с цифрами показан на рис. 65. Цифры 1, 2 и 3 вырезают из плотной черной бумаги и наклеивают на кусочки полиэтиленовой прозрачной пленки размером 22×37 мм, правые верхние углы у изготовленных таким образом карточек срезают, чтобы исклю-

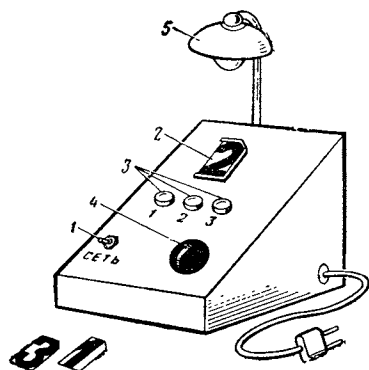


Рис. 64. Внешний вид персептрона.

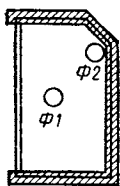
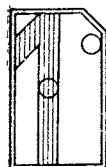


Рис. 66. Рамка воспринимающего устройства.



Рис. 65. Эскизы предъявляемых цифр.

читать возможность их неправильной установки в рамке воспринимающего устройства.

Рамка воспринимающего устройства изображена на рис. 66. Это устройство содержит два фоторезистора $\Phi 1$ и $\Phi 2$, расположенных таким образом, что при наложении карточки с цифрой 1 перекрывается доступ света к фоторезистору $\Phi 1$, при наложении карточки с цифрой 2 затемняется фоторезистор $\Phi 2$, а при наложении карточки с цифрой 3 перекрывается световый поток к обоим фоторезисторам $\Phi 1$ и $\Phi 2$.

При включении выключателя сети лампа 5 освещает рамку воспринимающего устройства. Если вставить в эту рамку одну из карточек с цифрами, то автомат не будет реагировать на это подсвечиванием какой-либо цифры индикаторной лампы 4, так как он еще не обучен и не знает, какая цифра ему предъявляется. Чтобы обучить автомат, нужно поочередно вставлять в рамку воспринимающего устройства карточки с цифрами 1, 2 и 3 и каждый раз, вставив карточку, нажатием соответствующей кнопки указывать автомату, какая цифра ему предъявляется. Автомат при этом будет запоминать введенную информацию и в дальнейшем при предъявлении одной из карточек будет опознавать ее, подсвечивая с помощью цифровой индикаторной лампы соответствующую цифру.

Наш автомат «доверчив», он запоминает цифры так, как его обучили. Если, например, при обучении автомата предъявляется цифра 1, а затем нажата кнопка с цифрой 2, то автомат будет обучен неправильно: в дальнейшем при предъявлении карточки с цифрой 1 он всегда будет опознавать ее как цифру 2 (включая подсветку этой цифры индикаторной лампой).

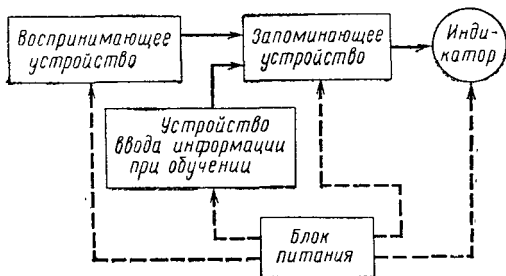


Рис. 67. Функциональная схема модели.

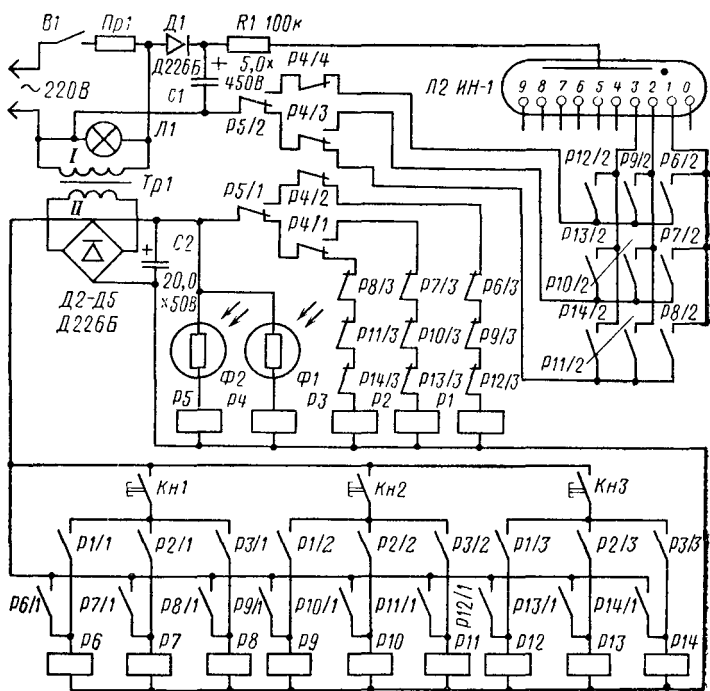


Рис. 68. Принципиальная схема модели.

Для анализа работы модели обратимся к ее функциональной (рис 67) и к принципиальной (рис. 68) схемам.

Основные функциональные узлы модели: воспринимающее устройство, содержащее фоторезисторы $\Phi 1$ и $\Phi 2$ и электромагнитные реле $P1—P5$; устройство ввода информации при обучении — кнопочные выключатели $Kn1, Kn2, Kn3$; запоминающее устройство (память), состоящее из реле $P6—P14$, индикаторное устройство — лампа $L2$; блок питания (трансформатор $Tr1$ и выпрямитель на диодах $D1$ и $D2—D5$).

При включении выключателя $B1$ начинает работать блок питания; лампа $L1$ освещает рамку воспринимающего устройства. Если в рамке нет карточки с какой-либо цифрой, то фоторезисторы $\Phi 1$ и $\Phi 2$ оказываются освещенными, их сопротивление резко уменьшается, ток возрастает, вызывая срабатывание реле $P4$ и $P5$; при этом контакты указанных реле переходят в верхние (по схеме) положения, так что напряжение на обмотки реле $P1—P3$ и на катоды лампы $L2$ не подается: автомат готов к обучению

Предположим, что в рамку воспринимающего устройства вставляется карточка с цифрой 1. При этом прекращается доступ света к фоторезистору $\Phi 1$, его сопротивление увеличивается, ток через обмотку реле $P4$ уменьшается, и реле отпускает свои контакты. Через замкнувшиеся контакты $P4/2$ напряжение поступает на обмотку реле $P1$, это реле срабатывает, и его контакты в схеме памяти $P1/1, P1/2, P1/3$ замыкаются. Если теперь нажать кнопочный выключатель $Kn1$ (сообщая автомату, что предъявляемая ему цифра есть 1), то срабатывает реле $P6$; его контакты $P6/1$ обеспечивают блокировку реле $P6$, контакты $P6/2$ подают напряжение на катод 1 индикаторной лампы $L2$, и эта лампа «высвечивает» эту цифру; контакты $P6/3$, размыкаясь, отключают обмотку реле $P1$, и его контакты возвращаются в исходное состояние. Если теперь убрать карточку с цифрой 1 из рамки воспринимающего устройства, то реле $P4$ снова срабатывает, его контакты $P4/4$ отключают катод лампы $L2$, и цифра 1 индикатора гаснет; но реле $P6$ остается включенным — автомат «запомнил» предъявленную ему цифру. Если теперь показать ему эту цифру снова, то реле $P4$ снова опустит свои контакты, и через контакты $P4/4$ будет включена цифра 1 на индикаторной лампе. На предъявление карточек с цифрами 2 и 3 автомат пока не реагирует, так как он их еще не знает.

Распознаванию цифр 2 и 3 автомат обучается аналогично. Для этого нужно, предъявляя ему карточки с цифрами 2 и 3, нажимать соответственно кнопочные выключатели $Kn2$ и $Kn3$; в запоминающем устройстве срабатывают и блокируются реле $P10$ или $P14$, индикаторная лампа подсвечивает цифру 2 или 3 соответственно.

После обучения автомат неограниченно долго помнит цифры, которым его обучили; он забывает введенную информацию, если выключить выключатель $B1$: при этом отключаются обмотки реле памяти. Нетрудно убедиться, что автомат может быть обучен неправильно, если указание о том, какая цифра ему предъявлена (нажатие одной из кнопок), не соответствует карточке, в действительности вставленной в рамку воспринимающего устройства.

Предположим, что при обучении в рамку воспринимающего устройства вставлена карточка с цифрой 1, но при этом нажимается кнопка $Kn2$ (т. е. автомату сообщается, что данная цифра есть 2). В этом случае срабатывает не реле $P6$, а реле $P9$; контакты $P9/1$ осуществляют блокировку сработавшего реле, контакты $P9/2$ подают

напряжение на катод 2 (загорается цифра 2 индикаторной лампы), контакты *P9/3* отключают обмотку реле *P1*. Таким образом, автомат обучается неверно: в дальнейшем при предъявлении ему карточки с цифрой 1 он будет неизменно подсвечивать на индикаторной лампе цифру 2 (как его обучили!).

В модели используются реле *P1—P14* типа РЭС22 (паспорт РФ4 500.131). Фоторезисторы *F1* и *F2* — типа ФСК1. Лампы: *L1* — обычная лампа накаливания 220 В, 25 Вт, *L2* — цифровая индикаторная лампа типа ИН-1. Выключатель *B1* — однополюсный тумблер. Кнопочные выключатели *Kn1—Kn3* типа К1. Трансформатор *Tr1* собирается из пластин Ш20, толщина пакета 40 мм. Первичная обмотка содержит 1400 витков провода ПЭЛ-0,31; обмотка *II* — 450 витков ПЭЛ-0,15. Диоды *D1—D5* — типа Д226Б. Конденсаторы электролитические: *C1* — 5 мкФ, 450 В; *C2* — 20 мкФ, 50 В.

Правильно смонтированная модель не нуждается в наладке.

Мы описали модель, способную запоминать и различать только три цифры, так как воспринимающее устройство ее содержит всегда два фоторезистора. Добавление еще одного, третьего фоторезистора позволило бы воспринимающему устройству модели различать уже до семи цифр; но для запоминания этой информации количество электромагнитных реле в запоминающем устройстве понадобится довести до 49 ($7 \times 7 = 49$). Кроме того, придется увеличить до 10 и число реле в воспринимающем устройстве.

Беседа восьмая, в которой читатель убеждается, что игры — это не только развлечение, а также узнает, как построить играющие автоматы

НЕ ТОЛЬКО РАЗВЛЕЧЕНИЕ

«Человеческая изобретательность ни в чем не проявляется так, как в играх», — писал когда-то Готфрид Вильгельм Лейбниц. Сегодня эти слова знаменитого немецкого математика можно повторить с еще большим основанием. В наши дни изобретательность людей в играх привела к созданию солидной математической теории игр и породила играющие кибернетические автоматы.

Когда лет 20 тому назад на страницах газет и журналов стали появляться сообщения о создании электронных машин, способных играть в домино, шашки и шахматы, читатели по-разному воспринимали и оценивали эти известия. Одни удивленно всплескивали руками и говорили: «Подумать только! До чего дошла техника». Другие, не в меру серьезные люди, пожимали плечами: «Неужели ученым больше делать нечего?» — «Что вы, — возражали им третьи, не столь серьезные. — Пусть забавляются, надо же и ученым отдохнуть после напряженной работы».

Невдомек было и тем, и другим, и третьим, что разработка и конструирование играющих машин-автоматов — это и есть работа, напряженная, серьезная и очень важная. Игровые задачи давно привлекают математиков. Многие крупнейшие ученые прошлых веков занимались изучением игр, а теперь целые научные коллективы решают проблемы теории игр, для исследований в этой области создаются специальные лаборатории.

Чем же объясняется такой большой интерес к играм?

Игр существует множество. Несмотря на несходство различных игр, есть один, главный признак, одинаково присущий всем без исключения играм. Признак этот — наличие конфликта, столкновения интересов.

Дело в том, что под игрой можно понимать вообще всякий вид соревнований с определенной системой правил, условий и ограничений, в соответствии с которыми действуют участники игры, добываясь выигрыша. А под такое определение подходят не только спортивные игры и игры-развлечения, но и многое другое. Фактически это определение позволяет рассматривать игру как модель любого конфликта. Противостоят ли деятельности человека в конфликте интересы других людей или стихийные силы природы, с точки зрения теории игр это не меняет существа дела.

Своего рода играми являются, например, взаимодействие ставлера с пещью, экономиста с планом, диспетчера с огромным автохозяйством.

Во всех этих примерах человек стремится к максимальному выигрышу, а объекты (или силы природы), с которыми имеет дело человек, «сопротивляются», затрудняют его действия многообразным ответных «ходов», самой своей сложностью и сложным поведением.

При внимательном рассмотрении можно найти все основные признаки конфликтных ситуаций и игр там, где ученый исследует новое, не изученное еще явление природы, где капитан ведет корабль по бурному морю в штормовую погоду, где любитель-рыболов терпеливо следит за поплавком своей удочки, и в тысячах других, самых разнообразных случаях жизни.

Исследования, связанные с теорией игр и играющих автоматов, с созданием играющих машин-автоматов и программ для них, ведутся во многих научных учреждениях у нас в стране и за рубежом. Разработка игровых систем автоматического управления и регулирования раскрывает широкие возможности для решения таких важнейших задач, как распределение капиталовложений в промышленности, транспорте и сельском хозяйстве, рациональное использование природных ресурсов и многие другие.

Создание (особенно в последние годы) значительного числа автоматических устройств и программ для ЭВМ, способных играть в различные игры — шахматы, шашки, домино и др., вовсе не означает, что создатели играющих автоматов стремятся освободить от игр людей. Разумеется, в эти игры человек всегда будет играть сам. Но машина, умеющая хорошо играть, например, в шахматы, успешно может быть использована в таких сложных «играх», где выигрышем будет сталь, зерно, автомобили, электроэнергия, здоровье и безопасность людей. Клод Шеннон, обсуждая 20 лет тому назад возможность игры машин в шахматы, привел целый список задач, автоматизация решения которых в той или иной мере аналогична автоматизации шахматной игры. Среди них упоминались перевод с одного языка на другой, конструирование релейно-контактных схем, управление распределением телефонных вызовов, военно-стратегические задачи, оркестровка мелодий и др.

Создание и совершенствование играющих автоматов раскрывают широкие возможности и перспективы применения игровых методов для решения самых разнообразных задач народного хозяйства нашей страны.

ОДИНОКИЙ ФЕРЗЬ

1951 год. Париж. Первый международный конгресс кибернетики. В одном из залов царит несколько необычное для такого солидного форума оживление: создатель кибернетики Норберт Винер играет в шахматы с автоматом и... проигрывает! Причем проигрывает машине, которую испанский ученый, президент Академии наук в Мадриде Леонардо Торрес-и-Квеведо сконструировал и построил еще в начале нашего века.

Машина представляла собой автоматически действовавший механизм, разыгрывавший окончание шахматной партии королем и ладьей белых против черного короля, которым играл человек — противник автомата. В таком ладейном эндшпиле результат игры заранее предрешен в пользу белых, и существует сравнительно простой алгоритм, ведущий к выигрышу при любом начальном расположении фигур и любых возможных ходах черного короля.

Изобретатель сконструировал довольно сложное (по тем временам) электромеханическое устройство. Каждое поле шахматной доски было составлено из трех металлических пластинок, изолированных друг от друга резиновыми прокладками. Пластинки эти, служившие электрическими контактами, соединялись с источником тока и системой переключателей и электромагнитов, расположенных под шахматной доской. Черный король, игравший против автомата, имел металлическое основание. При установке этой фигуры на то или иное поле шахматной доски замыкалась соответствующая электрическая цепь и в машину поступал сигнал, приводивший в движение электромагниты. Белые фигуры были сделаны из дерева, но в основание каждой из них вставлялся железный шарик. Поэтому электромагниты, передвигаясь под шахматной доской при каждом очередном ходе автомата, увлекали за собой одну из белых фигур — короля или ладью, перемещая их в соответствии с выигрышным алгоритмом. Если человек, игравший с машиной, нарушал правила игры, появлялась световая надпись «Первая ошибка», и автомат переставал играть до тех пор, пока его противник не исправлял ошибку. При втором нарушении машина высвечивала на табло надпись «Вторая ошибка», а в третий раз автомат «сердился» и прекращал игру совсем.

Играющий автомат Л. Торреса-и-Квеведо впервые экспонировался на Всемирной выставке в Париже еще перед первой мировой войной, но впоследствии был почти забыт. И только много лет спустя на конгрессе он снова оказался в центре внимания парижан. Сын изобретателя Гонзалес Торрес-и-Квеведо продемонстрировал «электрического игрока в шахматы», сконструированного отцом. В автомат были введены некоторые усовершенствования, соответствующие духу времени: когда король черных оказывался под «шахом», громкоговоритель, установленный в машине, восклицал: «Шах королю!» А в конце игры, одерживая победу над партнером, он триумфально возвещал: «Мат!».

Три фигуры, которыми играл остроумный испанский автомат, для могучего семейства сегодняшних кибернетических «шахматистов» — давно пройденный этап. С 5 по 10 августа 1974 г. был даже проведен чемпионат мира среди шахматных компьютеров. Двенадцать ЭВМ из восьми стран мира вступили в борьбу за титул сильнейшего электронного шахматиста планеты. Электронно-шахматные цвета нашей Родины защищала программа «Каисса», созданная

группой сотрудников Института проблем управления под руководством кандидата физ.-мат. наук В. Арлазарова. «Каисса» оказалась на высоте. В труднейшей борьбе она завоевала звание первого чемпиона мира среди шахматных компьютеров, победив австрийскую программу «Франц», американские программы «Тич II», «Хаос», «Острич» и набрав 4 очка из четырех возможных.

Правда, ЭВМ пока еще не играют как люди-гроссмейстеры, однако сами гроссмейстеры к шахматным компьютерам относятся вполне серьезно. Например, гроссмейстеры Борис Спасский и Пауль Керес встречались за шахматной доской с западногерманским компьютером (программу для него составил Фишер, правда, не Роберт, а Курт Фишер — математик из Дортмунда). Экс-чемпион мира Б. Спасский выиграл партию в 18 ходов, Керес сыграл с машиной вничью.

Многие игры, разыгрываемые на шахматной доске, в теории игр относятся к так называемым *комбинаторным* играм. В играх этого типа правила игры в принципе дают возможность каждому игроку проанализировать все разнообразные варианты своего поведения и, сравнив эти варианты, избрать тот из них, который ведет к наилучшему для этого игрока результату. Неопределенность исхода в таких играх связана обычно с тем, что количество вариантов комбинаций в игре слишком велико, так что игрок практически не может «перебрать» и проанализировать все эти варианты (во многих комбинаторных играх, например в тех же шахматах, для простого перебора вариантов не хватило бы всей человеческой жизни).

В теории игр доказываемся, что в комбинаторных играх для одного из игроков всегда существует выигрышная стратегия, т. е. можно указать такой способ поведения, который всегда приведет этого игрока к выигрышу независимо от поведения другого.

Рассмотрим комбинаторную игру на шахматной доске под названием «Одинокий ферзь».

Сущность игры заключается в следующем: двое противников попеременно делают ходы на шахматной доске ферзем, который в начале игры устанавливается на одном из полей доски. Каждый из игроков за один ход может передвинуть ферзя либо на несколько клеток вниз по вертикали, либо на несколько клеток влево по горизонтали, либо на несколько клеток влево вниз по диагонали. Выигрывает тот, кто первым поставит ферзя на поле $a1$. Для анализа игры договоримся о следующем: начальные положения ферзя, исходя из которых выигрывает тот, кто начинает игру, назовем выигрышными, соответствующие поля шахматной доски отметим знаком «плюс». Поля, исходя из которых начинающий проигрывает, назовем «проигрышными» и обозначим знаком «минус». Очевидно, что поле $a1$ является проигрышным: начинающему некуда ходить. Поставим на нем минус (рис. 69). Все поля, с которых согласно правилам игры ферзь может попасть на $a1$, будут выигрышными: обозначим знаком «плюс» клетки $a2—a8$, $b1—h1$, диагональ $b2—h8$. С полями $b3$ и $c2$ все ходы ведут на поля, отмеченные знаком «плюс», значит, эти поля $b3$ и $c2$, проигрышные. Обозначим их знаком «минус». Со следующего поля, например $b4$, начинающий может попасть на минус. Это означает, что противник обречен, и поле $b4$ удаляется знака «плюс».

Продолжая рассуждать таким образом, завершим расстановку плюсов и минусов на всех полях шахматной доски. Отсюда можно вывести выигрышную стратегию игры: если ферзь стоит в исходном положении на проигрышном поле, вы непременно добьетесь победы,

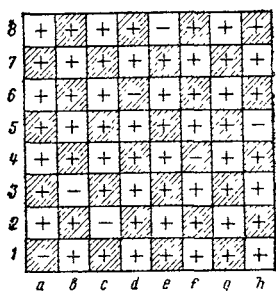


Рис. 69. Разметка шахматной доски для игры «Одинокий ферзь».

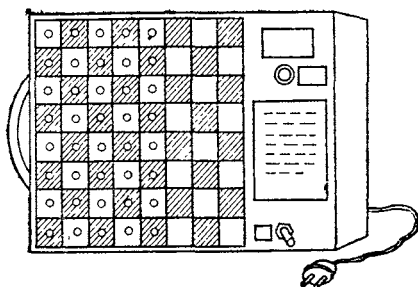


Рис. 71. Внешний вид играющего автомата «Одинокий ферзь».

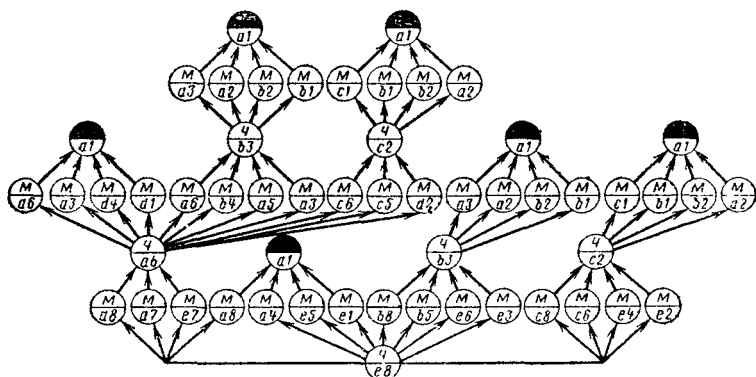


Рис. 70. Дерево игры.

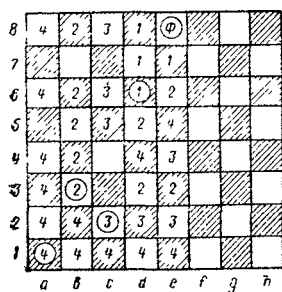


Рис. 72. Поля шахматной доски.

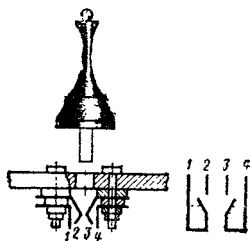


Рис. 73. Конструкция контактного гнезда.

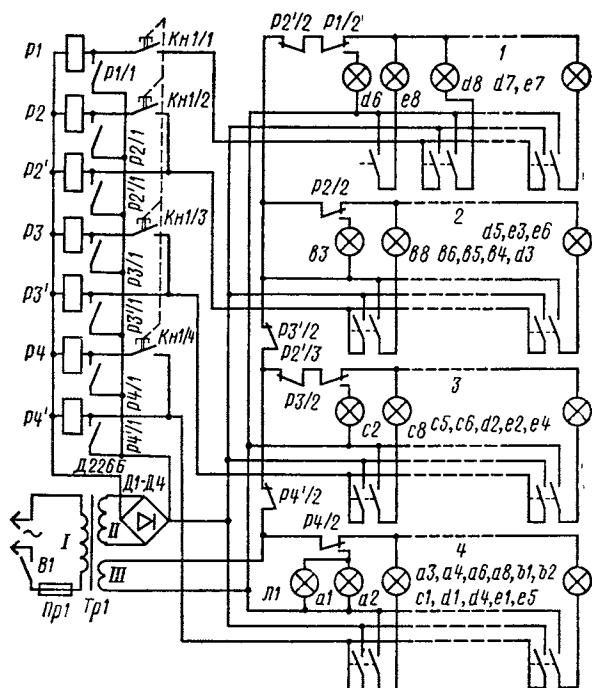


Рис. 74. Принципиальная схема играющего автомата.

предоставив право первого хода противнику и сделав ответный ход ферзем на поле, обозначенное минусом.

Пример такой выигрышной стратегии для машины-автомата, играющей с партнером-человеком, представлен на рис. 70 графически, в виде так называемого «дерева игры». Рассматривается случай, когда начальное положение ферзя — поле *e8*. Напомним, что оно проигрышное для того, кто делает первый ход, а в нашем варианте первый ход делает человек.

Кружками на схеме показаны возможные ситуации в игре: в каждом из них под чертой записан номер поля, а над чертой буквами М (машина) или Ч (человек) указано, кто из партнеров делает ход в этой ситуации. Стрелки обозначают ходы партнеров. Закрашенные наполовину кружки, на которых отмечено поле *a1*, соответствуют заключительным позициям при выигрыше машины. Таким образом, каждая отдельная партия на дереве игры графически представляется последовательной цепью кружков и стрелок, соединяющих кружок начальной ситуации с кружком конечной ситуации.

На лицевой панели играющего автомата (рис. 71) расположена шахматная доска с отверстиями в клетках поля, куда устанавливается штекер-ферзь. Здесь же находятся табличка с правилами игры, кнопка «Ход автомата», сетевой тумблер и табло «Вы проиг-

рали». К сожалению, для противников автомата табло «Вы выиграли» не потребуется.

На рис. 72 одинаковыми цифрами отмечены те поля, с которых машина ходит на клетку с той же цифрой, обведенной кружком. Естественно, что кружки находятся там, где мы ставили знак «минус».

Рассматривая на «дереве игры» и рис. 72 поля шахматной доски, участвующие во всех возможных ситуациях игры, видим, что на клетки $h1-h8$, $f1-f8$, $g1-g8$, $a5$, $a7$, $b7$, $c3$, $c4$, $c7$ человек, играющий по правилам, попасть не может, и, таким образом, эти поля являются неигровыми. Заметим также, что на $a1$, $c2$, $b3$, $d6$ сможет ходить только машина. Поэтому под всеми перечисленными полями контакты не нужны. Под всеми другими клетками располагаются контактные группы. Делая ход ферзем на какое-либо поле, противник автомата вводит штекер-ферзь в отверстие, контакты 1—2 и 3—4 замыкаются (рис. 73). (Штекер, замыкающий контакты, делается из непроводящего материала.)

Принципиальная схема играющего автомата приведена на рис. 74. Для подготовки машины к работе необходимо включить питание и установить штекер-ферзь в исходное положение на поле $e8$. При этом замыкаются контакты гнезда $e8$ и вспыхивает лампа, установленная на поле $e8$. На схеме (рис. 74) контактное гнездо поля и лампа, подсвечивающая это поле, обозначены одним индексом.

Разберем работу играющего автомата на конкретном примере. Допустим, человек сделал первый ход на поле $d7$. При этом лампа $e8$ погаснет (штекер-ферзь вынут, и контакты разомкнулись), а лампа $d7$ загорится. Теперь играющий должен нажать кнопку «Ход автомата» ($Kн1$) — замыкается цепь реле $P1$, оно срабатывает и самоблокируется контактами $P1/1$, а контактами $P1/2$ отключает лампу поля $d7$, где находится ферзь, и включает лампу поля $d6$. Таким образом, осуществляется ход машины с поля $d7$ на поле $d6$. Предположим, что человек сделал свой очередной ход с поля $d6$ на поле $b4$. При этом лампа $b4$ загорается, одновременно замыкается цепь реле $P2$, которое ставится на самоблокировку и контактами $P2/2$ отключает лампу поля $d6$. Снова нажимаем кнопочный выключатель $Kн1$ — реле $P2$ отключает лампочку $b4$ и включает лампочку $b3$. Следующий ход человека, допустим, на поле $b2$ сопровождается включением лампы $b2$, срабатыванием реле $P4$ и отключением лампы $b3$. Нажатие кнопочного выключателя $Kн1$ приводит к срабатыванию реле $P4$, которое отключает лампу $b2$ и включает $a1$, а параллельно с ней и лампу $L1$, подсвечивающую табло «Вы проиграли».

Для того чтобы подготовить автомат к новой партии игры, нужно отключить питание, установить штекер-ферзь в начальное положение и снова включить сетевой выключатель.

Аналогично автомат работает при всех вариантах игры. Реле $P2'$, $P3'$, $P4'$ при ходе человека отключают лампы того поля, на которое перед этим сделала ход машина, а реле $P1-P4$ отключают лампу под штекером-ферзем и включают подсвет одного из проигранных полей $d6$, $b3$, $a1$, $c2$.

Играющий автомат не позволит партнеру ошибаться или «мошенничать». Он или «отказывается» играть, или продолжает игру до победного конца. Как же это происходит? Во-первых, автомат никак не будет реагировать на ход человека на неигровые поля и поля $d6$, $c2$, $b3$, $a1$, потому что в них не установлены контактные гнезда, т. е. «откажется» играть. Может быть и другой вариант. До-

пустим, машина сделала свой ход на поле *c2*, и ее противник, видя свое неминуемое поражение, решает «переходить», например, на поле *d5*. Но реле *P3'* и *P3*, сработавшие после хода автомата на поле *c2*, отключают своими контактами все лампы подсвета, кроме тех, что обозначены цифрой 4, — автомат не продолжит игру. Однако если человек после хода машины на поле *c2* пойдет на поле *a4*, игра будет продолжена автоматом, поскольку этот ход (хотя он и сделан не по правилам) приводит его к немедленному проигрышу.

Ну, а когда игра окончена и загорелось табло «Вы проиграли», любой последующий ход бесполезен: реле *P4'* и *P4* уже отключили все лампы, кроме *a1* и *Л1*.

В автомате применены лампы накаливания типа ЛН н 3,5 В, 0,28 А. Выключатель *В1* — однополюсный тумблер. В качестве кнопочного выключателя *Кн1* использована группа из четырех нормально разомкнутых контактов, взятая от реле или телефонного ключа. Реле *P1—P4*, *P2'—P4'* — типа РЭС9 (паспорт РС4.524 200). Сердечник трансформатора *Тр1* набран из пластин Ш18, пакет 20 мм. Обмотка *I* содержит 2640 витков, *II* — 228 витков, *III* — 75 витков провода ПЭЛ-0,31. Диоды *D1—D4* типа Д226В.

Блок реле, выпрямитель и силовой трансформатор монтируются на горизонтальном металлическом шасси внутри корпуса играющего автомата. Там же расположена панель из текстолита толщиной 5 мм, на которой укреплены контактные гнезда и лампы. На этой же панели крепится решетка из пластин гетинакса, чтобы каждая лампа могла подсвечивать только одно поле. Сверху устанавливается лицевая панель из оргстекла, раскрашенная под шахматную доску. Темную краску лучше не использовать, ее трудно подсвечивать, корпус машины может быть выполнен из пластика или многослойной фанеры. Никакой наладки автомат не требует и работает сразу же после включения в сеть.

АВТОМАТ УЧИТСЯ ИГРАТЬ

Гроссмейстерами не рождаются. Как ни талантлив будущий чемпион, начинать ему всегда приходится с «нуля», а путь к пьедесталу почета долг и тернист. Знакомство с правилами игры, первые робкие, нерешительные шаги новичка — радость побед и — увы! — горечь поражений. Потом изучение партий, сыгранных лучшими мастерами прошлого и современности, знакомство с теорией. . . и игры, игры, игры, — в матчах, турнирах всех рангов. Опыт и мастерство приходят постепенно. Нередко лишь через многие годы начинающий любитель превращается в чемпиона.

Но если таков путь к мастерству человека, то почему бы не направить по этому же пути и играющую машину, запрограммировав у нее способность совершенствоваться по мере накопления опыта. Эту мысль высказывал еще Норберт Винер. «Предположим, — писал он, — что после нескольких партий машина делает перерыв и использует свои возможности для другой цели. В то время, когда она не играет со своим противником, она изучает все предыдущие партии, записанные в ее памяти, . . . анализирует наиболее выигрышные стратегии. Таким образом она изучает не только свои собственные ошибки, но и удачи своего противника. Теперь она заменяет свои предыдущие ходы новыми и продолжает игру, как новая, улучшенная машина. Такая машина больше не будет проявлять прежнего упорства, и ком-

бинации, которые раньше против нее удавались, потеряют свою ценность. Более того, со временем машина может изучить манеру игры своего противника»*.

Одной из первых самообучающихся машин была ИБМ-704. Американский кибернетик Артур Л. Сэмюэль составил для этой машины программу игры в шашки таким образом, что машина могла запоминать сыгранные партии и, играя, просматривать предыдущие партии и изменять свою стратегию, учитывая накопленный опыт. Вначале при игре с машиной Сэмюэлю удавалось легко у нее выигрывать. Однако машина стала быстро совершенствоваться и вскоре уже играла настолько хорошо, что могла побеждать своего конструктора в каждой партии. В 1962 г. эта машина победила одного из лучших шашкистов США, чемпиона штата Коннектикут Роберта Нили. Вот что писал об этом матче побежденный чемпион: «Любопытно, что машина могла победить, только сделав несколько великолепных ходов; у меня же было несколько благоприятных возможностей для того, чтобы окончить игру вничью. Но машина провела отличное окончание, не сделав ни одной ошибки. В эндшпиле у меня не было подобного соперника с 1954 г., когда я проиграл последний раз».

Для опытов с самообучающимися играющими автоматами современная ЭВМ совсем необязательна. Можно воспользоваться более простыми устройствами. В частности, оригинальную и интересную идею создания простых самообучающихся играющих машин из... спичечных коробок предложил в 1961 г. другой американский ученый Дональд Мичи. Его самообучающаяся машина для игры в «крестики — нолики» состоит из 300 спичечных коробок. Мы предлагаем построить более простую спичечную «машину», обучающуюся довольно широко известной игре Баше.

В этой игре оба противника берут по очереди камешки из кучи, содержащей вначале (в нашем случае) восемь камешков. При каждом ходе игрок может взять один, два или три камешка (но не более!). Выигрывает тот, кто возьмет последний камень.

Чтобы построить машину, способную обучаться игре Баше, нужно всего семь пустых спичечных коробков и 18 разноцветных бусинок — достаточно иметь бусинки трех цветов. На каждом коробке изображается одна из схем, показанных на рис. 75. Эти схемы соответствуют позициям, которые могут возникнуть во время игры перед очередным ходом машины, причем начинать игру всегда должен человек. В верхней части схемы кружком обведено число, показывающее, сколько камешков остается в куче. Стрелками на схеме обозначены варианты ходов машины в данной позиции. Рядом со стрелками записано число камешков, которые берет «своим» ходом машина, а острие стрелки указывает, сколько камешков останется после этого. В нижней части каждой схемы римскими цифрами от I до IV указывается, перед каким по счету ответным ходом машины возможно возникновение данной позиции. Так, например, первые две схемы изображают ситуацию, которая может возникнуть только после первого хода человека; третья схема соответствует позиции, которая возможна как после первого, так и после второго хода, и т. д.

В коробки нужно положить бусинки — на каждую стрелку определенный цвет. После этого наша «машина» готова к работе.

* Н. Винер. Об обучающихся и самовоспроизводящихся машинах: Сб. «Возможное и невозможное в кибернетике». Под ред. А. Берга и Э. Кольмана. — М.: Изд-во АН СССР, 1963.

Процесс обучения происходит следующим образом. Сделав первый ход, выберите тот из коробков с цифрами I или I—II, на котором изображена возникшая позиция. Встряхните коробок и, закрыв глаза, вытащите наугад из него одну бусинку. Затем посмотрите, какого цвета эта бусинка, и сделайте за машину ответный ход, взяв указанное соответствующей стрелкой число камешков из кучи. Теперь снова ваш ход. Сделав его, повторяют ту же самую процедуру с одним из коробков, обозначенных цифрами I—II, II—III, II—III—IV. Так следует продолжать, пока партия не закончится. Если выиграет машина, положите все вынутые бусинки на место и играйте снова. Если же машина проиграет, то «накажите» ее, забрав из коробочка ту бусинку, которая представляла последний ход машины. Все остальные бусинки положите на место и продолжайте курс обучения — играйте снова. Если во время очередной партии какой-то коробок окажется пустым, то это значит, что дальнейшие ходы машины ведут к ее проигрышу и она сдается. В этом случае надо ее «наказать», забрав бусинку из предыдущего коробочка. В процессе игры ваш противник быстро накапливает опыт и обучается. Система наказаний построена так, чтобы свести к минимуму время, необходимое для обучения; но последнее зависит от мастерства партнера машины: чем лучше он играет, тем быстрее «вырастит» достойного «противника».

Расчет показывает, что для того, чтобы усвоить алгоритм победы, спичечной ЭВМ нужно потерпеть поражение не более чем в 12 партиях игры. При этом из всех коробочков вынимаются бусинки, соответствующие ходам, приводящим машину к поражению. Так что во всяком турнире, состоящем более чем из 24 партий, общий счет будет в пользу машины. Слабого игрока машина может победить и при меньшем количестве партий, но гарантировать ее идеальное обучение мы при этом не можем.

Общий принцип обучения машины комбинаторным играм можно сформулировать так. Чтобы машина усвоила выигрывающий алгоритм, она должна, играя с противником, научиться отличать плохие

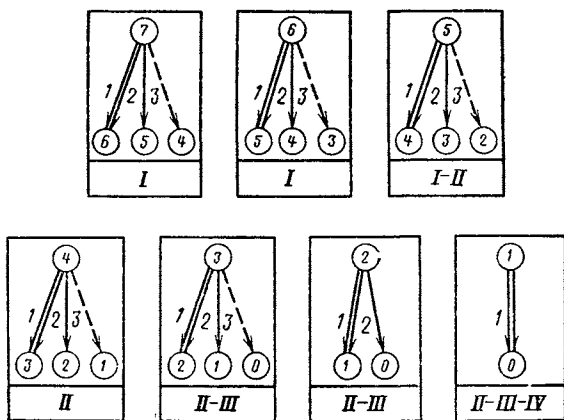


Рис. 75. Схема игровых позиций.

ходы, ведущие к ее поражению, от хороших, ведущих к выигрышу; потом, в последующих партиях ей следует выбирать только хорошие ходы, избегая плохих. Перед началом обучения машине достаточно «знать» лишь правила игры. Впрочем, и это условие не является необходимым: если засчитывать машине поражение всякий раз, когда она нарушает правила игры, то она будет относить все незаконные ходы к плохим и в дальнейшем станет их избегать.

Используя принципы обучения «спичечного» робота, можно построить несложный играющий автомат, внешний вид которого показан на рис. 76. На его лицевой панели расположены в ряд восемь горящих ламп, снабженных выключателями, кнопки «Ход автомата», «Поощрение», «Наказание», «Сброс», световые табло «Вы выиграли» и «Вы проиграли», сетевой выключатель.

Каждый из игроков (один из игроков автомат) по очереди выключает произвольное число ламп, но не менее одной и не более трех за один ход. Лампы должны выключаться последовательно, одна за другой, начиная слева. Не разрешается оставлять очередные лампы включенными, «перескакивать» через них. Выигравшим считается тот, кто своим очередным ходом выключит последнюю лампу. После каждого своего хода человек должен нажимать на кнопку «Ход автомата». Начинает игру всегда человек. В случае выигрыша автомата (загорелось табло «Вы проиграли») человек должен нажать на кнопку «Поощрение», в случае проигрыша автомата (загорелось табло «Вы выиграли») — на кнопку «Наказание». После того как будет нажата кнопка «Сброс» и выключатели возвращены в исходное положение, автомат готов к следующей партии игры.

Принципиальная схема самообучающегося автомата приведена на рис. 77. Основные узлы модели: блок программы игры 1, блок памяти 2, блок индикации 3, блок питания 4.

Электромагнитные реле в блоке программы игры образуют некое подобие знакомых нам спичечных коробков. Реле P_1 и P_2 образуют «коробку», игравшую в позиции 7; реле P_4 и P_5 — в позиции 6; реле P_3 — в позиции 5; P_6 — P_8 — в позиции 4; P_9 — P_{11} — в позиции 3; P_{13} , P_{14} — в позиции 2; P_{12} — в позиции 1. Срабатывание реле P_1 , P_3 , P_4 , P_6 , P_9 , P_{12} , P_{13} означает, что автомат взял один предмет (выключается одна лампа); P_5 , P_7 , P_{10} , P_{14} — два предмета (две лампы); P_2 , P_8 , P_{11} — три предмета (три лампы).

Хотя в спичечном автомате количество предметов, которые берет очередным ходом автомат (стратегия игры), выявляется случайным образом (мы с закрытыми глазами выбираем бусинку), в данном автомате введен последовательный перебор стратегий. Это значит, что в любой позиции автомат берет вначале один предмет, если эта стратегия оказалась проигрышной, она отбрасывается, и в следующей партии игры в этой же позиции автомат берет уже два предмета и

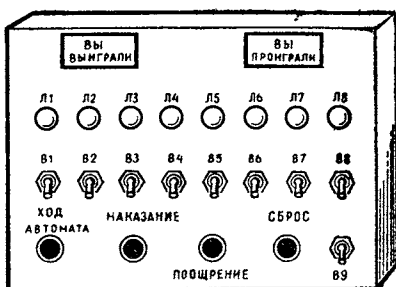


Рис. 76. Внешний вид обучающегося играющего автомата.

и т. п. Например, в позиции 2 (осталось два предмета и ход автомата) автомат возьмет один предмет, проиграет, будет наказан и в последующих партиях игры будет брать в этой позиции два предмета, осуществляя тем самым выигрышную стратегию. Здесь, как и в спичечном автомате, отключение неверных стратегий начинается с последнего хода, приведшего к проигрышу автомата. Проиграв, машина наказывается нажатием кнопки «Наказание» ($Kн2$), и последний ход, приведший к проигрышу, отбрасывается, заменяясь другим ходом

Проведя несложный анализ игры Баше для восьми предметов, мы видим, что выигрышной стратегией является стратегия дополнения своим очередным ходом числа взятых предметов до четырех. Например, человек взял первым ходом один предмет; машина должна взять три предмета, дополняя число взятых предметов до четырех; человек вторым ходом берет, например, два предмета, машина — оставшиеся два предмета и выигрывает. Из анализа видно, что в позиции 4 машина не имеет оптимальных стратегий игры, поскольку при любом ее ходе человек, играя правильно, выиграет. После того как автомат «переберет» все стратегии игры в данной позиции, он поймет, что эта позиция является для него проигрышной, и он должен играть так, чтобы человек не мог привести игру к позиции 4. Для этого автомат сам начинает приводить к позиции 4, чтобы поставить человека в проигрышное состояние; в позиции 7 автомат начинает брать три предмета, в позиции 6 — два предмета.

Отключение реле, осуществляющих проигрышные стратегии автомата, производится блоком памяти. Реле блока памяти «запоминают» проигрышные стратегии и своими контактами отключают их, включая одновременно следующую по порядку стратегию игры, выполняя тем самым последовательный перебор стратегий

Рассмотрим теперь на конкретных примерах, как реализуется сказанное в принципиальной схеме автомата.

Допустим, человек первым ходом взял один предмет — выключил выключатель $B1$, лампа $L1$ гаснет. После нажатия на кнопку «Ход автомата» ($Kн1$) срабатывает реле $P1$, становится на самоблокировку, контакты $P1/3$ отключают лампу $L2$ (автомат берет один предмет). Человек вторым ходом снова берет один предмет, отключает выключатель $B3$, лампа $L3$ гаснет. Нажатие на кнопку $Kн1$ вызывает срабатывание реле $P3$, оно самоблокируется, и контакты $P3/2$ отключают лампу $L4$ (автомат берет один предмет). Допустим, что человек берет два предмета, выключает выключатели $B5$ и $B6$, лампы $L5$ и $L6$ гаснут. После нажатия на кнопку $Kн1$ срабатывает реле $P13$, самоблокируется, и контакты $P13/3$ отключают лампу $L7$ (автомат берет один предмет). Как видите, автомат во всех позициях берет своим ходом по одному предмету. Человек берет последний предмет (выключает выключатель $B8$, лампа $L8$ гаснет), и загорается лампа $L9$, подсвечивающая табло «Вы выиграли».

Поскольку автомат проиграл, он наказывается нажатием кнопки $Kн2$. При этом замыкается цепь питания реле $P13'$ (контакты $P13/2$ подводят питание к реле $P13'$, так как в данной партии игры реле $P13$ сработало), оно срабатывает, самоблокируется и контактами $P13'/2$ отключает реле $P13$, а вместе с ним проигрышную стратегию и подключает реле $P14$. Это означает, что в следующий раз в позиции 2 автомат возьмет не один, а два предмета и выиграет.

После окончания партии нужно нажать на кнопку «Сброс» ($Kн4$), при этом разомкнется цепь питания всех реле блока програм-

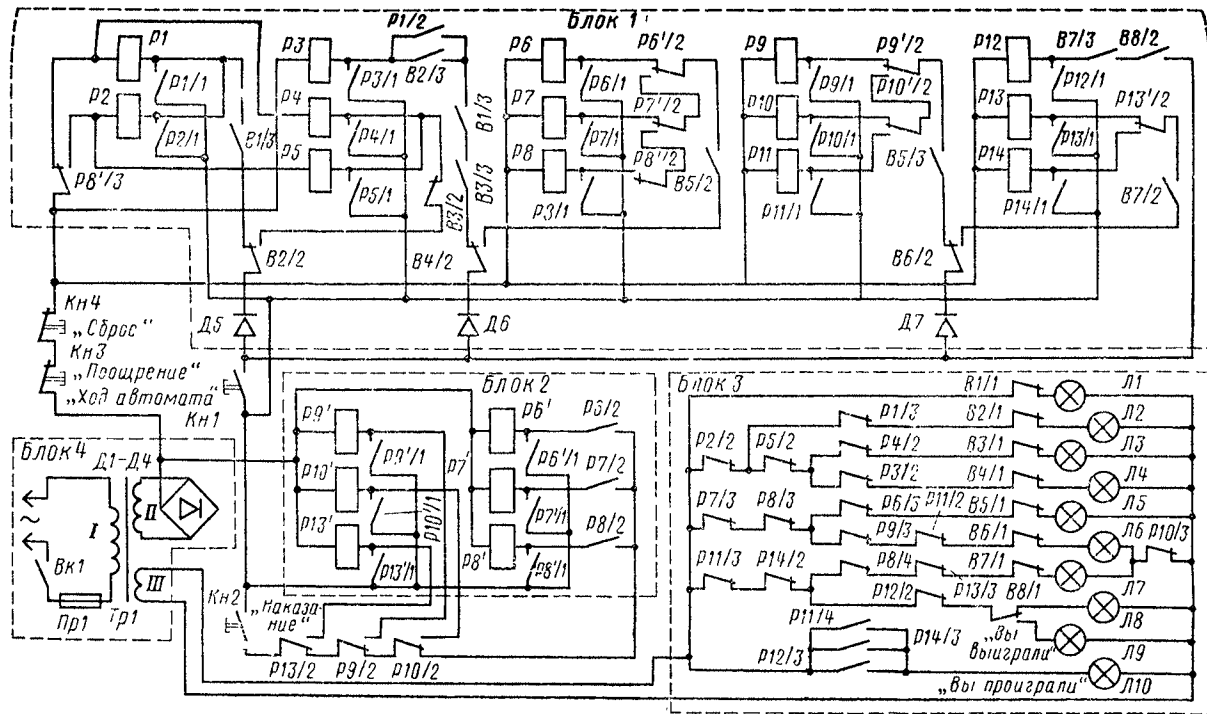


Рис. 77. Принципиальная схема обучающегося играющего автомата.

мы игры, и сработавшие реле этого блока в данной партии вернутся в исходное положение.

Аналогичным образом происходит отключение проигрышных стратегий в позиции 3 (реле блока памяти $P9'$ и $P10'$ отключают реле $P9$ и $P10$) и в позиции 4 (реле $P6'$, $P7'$, $P8'$ отключают реле $P6$, $P7$, $P8$). Когда автомат в позиции 4 «перепробует» все три стратегии игры (брать один, два, три предмета), он контактами $P8'/3$ отключает предыдущие стратегии (брать один предмет в позиции 7 и брать один предмет в позиции 6) и включает стратегии — брать три предмета в позиции 7 и брать два предмета в позиции 6, следуя которым, он сам будет приводить человека к проигрышной позиции 4. На схеме это выглядит так: отключаются реле $P1$ и $P4$, а подключаются реле $P2$ и $P5$.

Таким образом, проиграв шесть партий (отключаются реле $P1$, $P4$, $P6—P10$, $P13$), автомат «обучается» играть безошибочно. Лампа $L10$ подсвечивает табло «Вы проиграли», она включается контактами $P11/4$, $P12/3$, $P14/4$.

В модели применены лампы накаливания типа ЛН 3,5 В, 0,28 А. Реле $P1$, $P6—P14$ — типа РЭС22 (паспорт РФ4.500.131), $P2—P5$ — типа РЭС9 (паспорт РС4.524.200). Выключатели $B1—B8$ типа ТП2-1. Выключатель $B9$ — однополюсный тумблер. Диоды $D1—D7$ типа Д226Б. Силовой трансформатор набран из пластин Ш32, пакет 30 мм. Обмотка I состоит из 1220 витков провода ПЭЛ-0,5, обмотка II — из 150 витков провода ПЭЛ-0,5, обмотка III — 20 витков провода ПЭЛ-0,5. (Диодный мост должен быть соединен с $Kн1$ и $Kн2$).

Если все электромонтажные соединения выполнены верно, играющий автомат начинает работать сразу же после включения в сеть.

ОДНО ИЗ ТРЕХ

В Атлантике наши рыбаки столкнулись с такой проблемой. В одном месте всегда ловилась пикша, но в малом количестве. В другом — редко попадался окунь, зато большими косяками. Какое принять решение? Осторожный капитан предпочтет «синицу в руках» — пойдет ловить пикшу; любитель риска погонится за «журавлем в небе» — забросит трал на окуня. Лишь случай решит, кто из них прав. Однако если посмотреть на эту проблему с точки зрения теории игр, то ловля рыбы — это обычная игра. Здесь налицо две «играющие» стороны: с одной — рыбаки, с другой — рыба (точнее — природа).

Математики скрупулезно исследовали данные о лове пикши и окуня за довольно продолжительный период. Удачи и неудачи рыбаков день за днем, неделя за неделей превращались в беспристрастные цифры. Затем с помощью методов теории игр были произведены необходимые расчеты. Оказалось: самая надежная стратегия действий рыбаков выражается соотношением 3 : 1. Это значит: надо кидать жребий с четырьмя равновероятными исходами и в случае выпадения одного, заранее обусловленного, следует ловить окуня. В трех других — пикшу. Именно так и поступили на траулере «Гранат». Результат оказался весьма внушительным — за 2 недели выловили 60 т «лишней» рыбы*.

В игре рыбаков с природой и во многих других играх неопределенность исхода вызвана тем, что каждый из игроков, принимая

* Л. Католин. Кибернетические путешествия. — М., «Знание», 1967.

решение о выборе образа действий во время игры, не знает, какой стратегии будет придерживаться его противник. При этом неведение игрока о поведении и намерениях его противника носит принципиальный характер (оно, например, может быть обусловлено правилами игры). Игры, в которых неопределенность исхода возникает по указанной причине, называют *стратегическими*.

В *комбинаторных* играх в принципе каждый игрок может проанализировать все разнообразные варианты игры и выбрать тот, который ведет к наилучшему результату, причем начальные условия игры дают возможность одному из игроков выиграть, как бы ни играл второй игрок. В стратегических же играх каждый отдельный ход игрока не может быть назван плохим или хорошим — для этого нужно увидеть, какой ход сделает его противник. В этом основное отличие стратегических игр от комбинаторных.

Примером стратегической игры может быть игра в «две монетки»; два участника одновременно кладут на стол по монете; если окажется, что монеты выложены одинаковыми сторонами вверх, то выигрывает первый игрок, в противном случае — второй. Здесь нельзя сказать, что стратегия выкладывать монету вверх гербом или решкой хороша: для этого нужно знать, какой стороной положит монету противник.

Самым простым и вместе с тем хорошо изученным классом стратегических игр являются парные игры с нулевой суммой. В таких играх участвуют двое, интересы которых прямо противоположны, и выигрыш одного из них равен проигрышу другого. Поэтому при анализе этих игр можно рассматривать только одного игрока, считая, что он стремится к достижению максимума выигрыша, в то время как его противник старается свести выигрыш к минимуму.

Рассмотрим для примера стратегическую игру, очень распространенную в Америке. Два игрока — А и Б — одновременно и независимо друг от друга показывают (выбрасывают) 1, 2 или 3 пальца. Если сумма из чисел оказывается четной, то это число очков насчитывается игроку А, а если она нечетная, то соответствующее число очков насчитывается игроку Б. Игрок А может выбрать один из трех вариантов хода, или, говоря иначе, у него есть три стратегии: А1 — назвать число 1, А2 — назвать число 2, А3 — назвать число 3. Аналогичные стратегии и у игрока Б: Б1 — назвать число 1, Б2 — число 2, Б3 — назвать число 3.

Возможные результаты игры для различных стратегий, выбранных игроками А и Б, а также соответствующие выигрыши игрока А удобно представить в виде табл. 5, называемой «матрицей игры». В ней на пересечении каждой пары стратегий игроков А и Б записан выигрыш в очках, который получает игрок А. Если выигрыш отрица-

Т а б л и ц а 5

Стратегия	Б1	Б2	Б3
А1	2	-3	4
А2	-3	4	-5
А3	4	-5	6

тельный, то игрок Б получает очки, а игрок А их теряет. Например, если игрок А воспользуется стратегией А3 (назовет число 3), а игрок Б выберет стратегию Б2 (назовет число 2), то в результате сумма названных чисел окажется нечетной и равной 5. В таблице число «—5» на пересечении третьей строки и второго столбца указывает, что в этом случае выигрыш игрока А составит —5 очков, т. е. он проиграет игроку Б 5 очков.

Игрокам известны все возможные исходы игры. Какую же стратегию наиболее рационально избрать каждому из них?

Нетрудно сообразить, что на любую из стратегий, выбранных игроком А, противник Б может ответить наилучшим для него образом. Для игрока А, например, соблазнительно воспользоваться стратегией А3, сулящей выигрыш 6 очков или по крайней мере 4 очка в случае применения игроком Б стратегии Б3 или Б1. Но если при этом игрок Б1 выберет стратегию Б2, то для игрока А дело обернется проигрышем в 5 очков. Аналогично, выбирая стратегию А1 или А2, игрок А не может быть уверен в выигрыше. Разумеется, в таком же затруднительном положении находится и игрок Б, который не знает, как сыграет А.

В осторожной игре каждый из ее участников стремится не столько к выигрышу, сколько к тому, чтобы уберечься от проигрыша. Практический опыт учит нас: наиболее ощутимый проигрыш приносит недооценка сил и умения противника. Поэтому каждый из игроков исходит из предположения, что его противник выберет наилучшую для себя стратегию. В соответствии с этим он выбирает свою стратегию так, чтобы наилучшая стратегия противника дала ему наименьший выигрыш. Следовательно, для игрока А наиболее «безопасной» стратегией будет такая, у которой минимальный выигрыш является наибольшим по сравнению с минимальными выигрышами всех других его стратегий.

Для стратегии А1 наименьший выигрыш —3; для стратегии А2 он равен —5, для стратегии А3 — также —5. Максимальным из всех этих минимальных значений является число —3, которому соответствует стратегия А1. Такую стратегию называют *максиминной* (от слов «максимум» и «минимум»), а соответствующий ей выигрыш — в данном случае число —3 — нижней ценой игры. Очевидно, что нижняя цена игры — это тот гарантированный наименьший выигрыш, который может себе обеспечить игрок А, если он будет придерживаться наиболее осторожной максиминной стратегии А1 (максиминная стратегия гарантирует ему проигрыш не более трех очков).

По совершенно аналогичным соображениям игрок Б в расчете на умелое поведение игрока А должен отдать предпочтение той своей стратегии, у которой максимальный выигрыш противника будет наименьшим из максимальных выигрышей всех его стратегий. Для стратегии Б1 наибольшее значение выигрыша равно 4, для стратегии Б2 оно также равно 4, а для стратегии Б3 оно равно 6. Минимальный из этих максимумов равен 4 — это верхняя цена игры, ей соответствуют две *минимаксные* стратегии Б1 и Б2. Применяя любую из этих стратегий, игрок Б гарантирован, что проиграет не более 4 очков.

В подобных играх большое значение имеет фактор «разведки» — получение каждым игроком информации, на основании которой он смог бы «прогнозировать» стратегии, выбираемые противником. Чтобы затруднить противнику получение такой информации, нужно, очевидно, от партии к партии менять свои стратегии случайным образом, или, как говорят в теории игр, использовать смешанную стратегию.

В теории игр строго доказывается, что для этой игры при многократном ее повторении наиболее целесообразной смешанной стратегией каждого из игроков (оптимальной стратегией) является стратегия, при которой число 2 называется вдвое чаще, чем каждое из чисел 1 и 3, или вероятности выбора чисел 1, 2 и 3 соответственно относятся, как $1/4 : 1/2 : 1/4$.

Если каждый из игроков будет пользоваться такой смешанной стратегией, то игра при большом числе партий должна закончиться «безобидно»: средний выигрыш каждого будет равен нулю. Отклонение же от такой оптимальной стратегии грозит проигрышем.

Принципиальная схема играющего автомата для игры в «Одно из трех» приведена на рис. 78. Автомат, придерживаясь оптимальной смешанной стратегии, играет за игрока А. Кнопочными выключателями $Kн1$ — $Kн3$ человек вводит в автомат задуманное им число (1, 2 или 3). Индикаторные лампы $Л1$ и $Л2$ фиксируют ходы человека и автомата, лампы $Л3$ и $Л4$ показывают сумму выигранных ими очков в данной партии. Электромагнитные счетчики $Сч1$ и $Сч2$ суммируют выигрыш автомата и человека.

Случайный выбор чисел 1, 2 и 3 с вероятностями соответственно $1/4 : 1/2 : 1/4$ обеспечивают поляризованные реле $P11$ и $P12$. Если поляризованное реле подключить к источнику переменного тока, то якорь реле с равной вероятностью может остановиться при отключении тока как в правом, так и в левом положении. Если соединить контакты реле $P4$ и $P5$ (реле $P4$ и $P5$ включаются контактами поляризованных реле $P11$ и $P12$) так, как это показано на принципиальной схеме, то контакты $P4/6$ и $P5/4$ обеспечат включение катодов лампы $Л2$ (чисел 1, 2 и 3) соответственно указанным ранее вероятностям.

Предположим, что человек, играющий с автоматом, выбрал число 2 — нажал кнопку $Kн2$. При этом замыкается цепь питания обмотки реле $P2$, которое срабатывает, самоблокируется контактами $P2/1$, контакты $P2/7$ включают цифру 2 лампы $Л1$ «Ход человека», контакты $P2/5$ замыкают цепь питания поляризованного реле $P12$, и его якорь начинает вибрировать с частотой сети. Одновременно контакты $P2/2$ замыкают цепь питания реле $P6$. Но это реле срабатывает не сразу, а через определенное время, зависящее от емкости шунтирующего конденсатора $С4$. Его замкнувшиеся контакты $P6/1$ подают переменное напряжение на реле $P11$, и его якорь тоже начинает вибрировать. Такое неодновременное включение реле $P11$ и $P12$ обеспечивает практически независимость установки якоря каждого реле в левом или правом положении после отключения питания.

После срабатывания реле $P2$ его нормально замкнутые контакты $P2/3$ размыкаются и заряженный конденсатор $С1$ начинает разряжаться по двум параллельным цепям: резисторы $R1$ — $R3$, эмиттерный переход транзистора $T1$, резистор $R4$. По мере разряда конденсатора токи в базовой и коллекторной цепи уменьшаются, и через некоторое время реле $P8$ отпускает, его контакты $P8/3$ отключают источник переменного напряжения от поляризованных реле, а контакты $P8/1$ подключают постоянное напряжение к обмоткам реле $P4$ и $P5$. Предположим, что контакты $P11/1$ оказались замкнутыми, а контакты $P12/1$ — разомкнутыми — срабатывает, следовательно, реле $P4$. Контакты $P8/2$ замыкают цепь питания реле $P7$, которое через некоторое время, определяемое емкостью конденсатора $С5$, срабатывает, его контакты $P7/2$ замыкаются, загорается

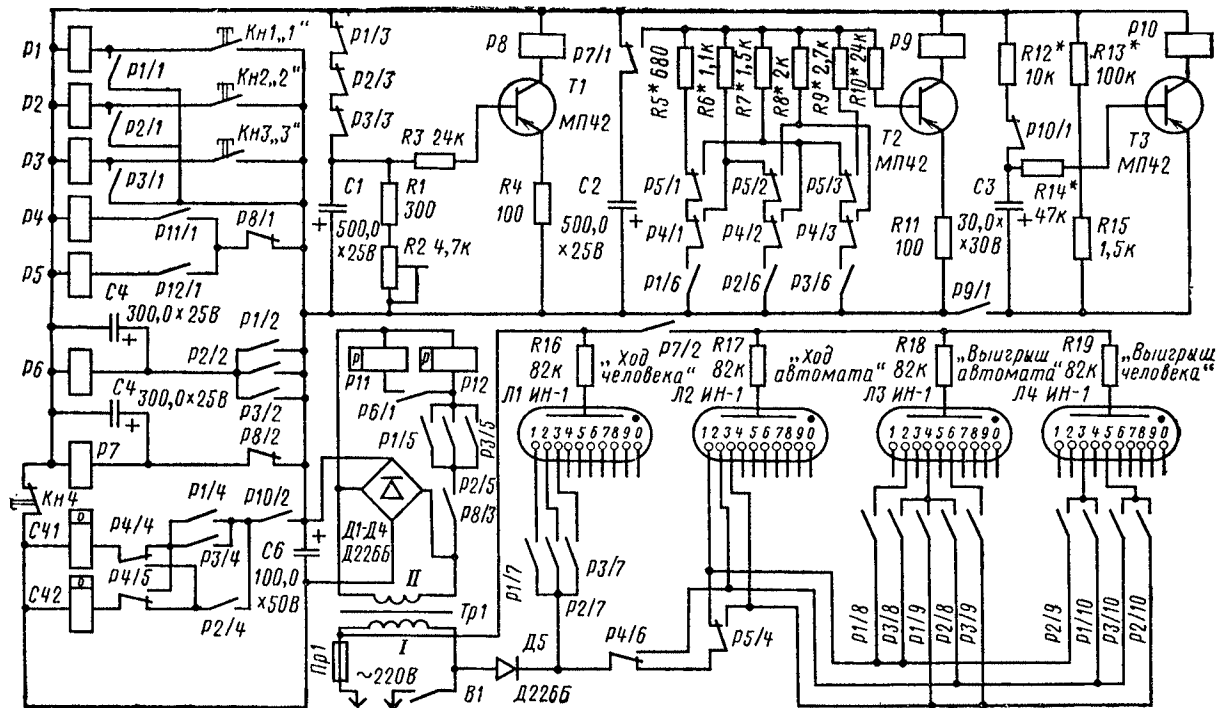


Рис. 78. Принципиальная схема играющего автомата «Одно из трех».

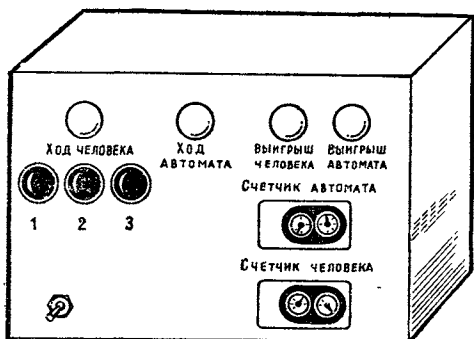


Рис. 79. Внешний вид играющего автомата.

цифра 2 лампы Л2 «Ход автомата» (контакты Р4/6 переключены) и цифра 4 лампы Л3 «Выигрыш автомата» (контакты Р4/6 переключены, Р2/8 замкнуты). Переключаются и контакты Р7/1. При этом конденсатор С2 начинает разряжаться через резистор Р7, контакты Р4/2, Р2/6 и параллельную цепь — резистор Р10, эмиттерный переход транзистора Т2, резистор Р11. Срабатывает реле Р9. Его контакты Р9/1 замыкаются, и после заряда конденсатора С3 открывается транзистор Т3, в результате чего срабатывает реле Р10, а его контакты Р10/2, замыкаясь, подключают счетчики С41 и С42 к источнику постоянного напряжения. Для нашего примера напряжение будет подано на счетчик С41 «Счетчик автомата» (контакты Р4/4 переключены, Р2/4 замкнуты), и он отсчитает одно очко. После срабатывания реле Р10 его контакты Р10/1 размыкаются и конденсатор С3 начинает разряжаться. Через некоторое время напряжение на конденсаторе С3 и коллекторный ток транзистора настолько уменьшатся, что реле Р10 отпустит, контакты Р10/1 снова замкнутся, и весь цикл будет повторен.

В нашем примере игры реле Р10 сработает и отпустит 4 раза — счетчик С41 зафиксирует 4 очка. Автомат, следовательно, в этой партии выиграл 4 очка. Нажав кнопку Кн4 «Сброс», чтобы привести автомат в исходное положение, можно начинать новую партию игры. Аналогично автомат работает и в других вариантах игры.

Возможная конструкция такого автомата показана на рис. 79. Индикаторные лампы Л1 — Л4 типа ИН-1 (можно типа ИН-2, ИН-8) смонтированы внутри корпуса с таким расчетом, чтобы светящиеся цифры были видны через «окна» в лицевой панели.

Счетчики С41 и С42 укреплены с внутренней стороны лицевой панели на кронштейнах (тумблеры счетчиков в автомате не используются, поэтому их следует удалить). Для установки нуля с тыльной стороны счетчиков имеются головки, их надо удлинить стержнями, которые выводятся на заднюю стенку корпуса автомата.

Роль каждого из реле Р1 — Р3 выполняют два параллельно соединенных реле типа РС13 (паспорт РС4.523.017); реле Р6 и Р9 — РЭС10 (паспорт РС4.524.305), реле Р4 и Р5 — РС13 (паспорт РС4.523.017), Р7 — РЭС9 (паспорт РС4.524.200), Р8 — РЭС22 (паспорт РФ4.500.131), Р11 и Р12 — поляризованные реле РП-4.

Электромагнитные счетчики C_1 и C_2 — типа СБ-1М/100. Сердечник силового трансформатора набран из пластин ШЗ2, толщина пакета 20 мм. Обмотка I содержит 1220 витков провода ПЭЛ-0,47, обмотка II — 150 витков провода ПЭВ-1. Транзисторы T_1 — T_3 — любые низкочастотные маломощные с коэффициентом передачи h_{21} не менее 50. Электролитические конденсаторы C_1 — C_6 на рабочее напряжение не менее 25 В.

Надаживание автомата следует начинать с установки времени цикла «срабатывание — отключение» реле P_{10} . Подбирая резисторы R_{12} , R_{13} и R_{14} , добиваются, чтобы время цикла равнялось приблизительно 1 с. Затем резисторами R_5 — R_9 подбирают время выдержки срабатывания реле P_9 . Сопротивление резистора R_5 должно быть таким, чтобы реле P_9 оставалось включенным в течение двух циклов срабатывания реле P_{10} , резистора R_6 — три цикла срабатывания реле P_{10} , R_7 — четыре цикла, R_8 — пять циклов, R_9 — шесть циклов, или соответственно около 2, 3, 4, 5 и 6 с. Время отпускания реле P_8 после размыкания одного из контактов $P_{1/2}$, $P_{2/2}$, $P_{3/2}$ должно быть больше, чем время задержки срабатывания реле P_6 , иначе реле P_{11} не подключится к источнику переменного напряжения и не будет участвовать в процессе выбора стратегии игры автомата. Это время устанавливают подстроечным резистором R_2 .

ПОЕДИНОК В ЛАБИРИНТЕ

Чрезвычайно интересным и перспективным представляется использование машин в таких играх, где каждый из игроков старается обмануть и перехитрить другую, имитируя с этой целью рассуждения своего противника. Подобные игры, в которых «дозволенными» считаются любые обманные движения и действия участников, являются довольно точными моделями многих реальных жизненных конфликтов. Имея в виду эту особенность многих стратегических игр, их иногда называют *рефлексивными* играми (термин «рефлексивный» подчеркивает, что игроки отражают в мышлении рассуждения друг друга). К обычным приемам игроков в рефлексивных играх можно отнести распространение ложных слухов, маскировку и другие способы дезинформации противника, интриги, клевету, шантаж и различные формы провокации.

Главным инструментом достижения превосходства в рефлексивной игре является ложь, обман партнера в той или иной форме; побеждает здесь тот из игроков, кто обладает более высоким рангом рефлексии, т. е. лучше может проимитировать ход рассуждений противника при выборе образа действий. Этот более хитрый и коварный игрок фактически управляет во время игры поведением своего доверчивого и простодушного партнера, хотя последний и не догадывается об этом. Простым и ярким примером такого рефлексивного управления может служить поведение героя известной сказки Джозеля Харриса Братца Кролика в его конфликте с Братцем Лисом.

«... — На этот раз я тебя поймал. — сказал Братец Лис. — Будешь теперь сидеть, пока я не наберу хворосту и не зажгу его, потому что я, конечно, жарю тебя сегодня, Братец Кролик.

— Делай со мной, что хочешь, — робко ответил Братец Кролик, — только, пожалуйста, не вздумай бросить меня в терновый куст.

— Пожалуй, слишком много возни с костром, — говорит Лис. — Я лучше повешу тебя, Братец Кролик.

— Вешай меня, как хочешь высоко, Братец Лис, — говорит Кролик, — только не бросай меня в этот терновый куст.

— Веревки у меня нет, — говорит Лис, — так что, пожалуй, я утоплю тебя.

— Топи меня так глубоко, как захочешь, Братец Лис. Только бы ты не вздумал бросить меня в этот терновый куст.

Но Братец Лис хотел расправиться с Кроликом покрепче.

— Ну, — говорит, — раз ты боишься, как раз и брошу тебя в терновый куст...

Как размахнется, как бросит Кролика в середину тернового куста, даже треск пошел. Вскочил Кролик и пропал, как сверчок в золе. Понял тут Братец Лис, что опять остался в дураках.

С таким же успехом, как описанный литературный герой, применяли рефлексивное управление и вполне реальные люди, такие, как, например, древний полководец Гедеон.

Армия кочевников-мадианитян расположилась лагерем в долине. Силы кочевников были довольно значительны, и мадианитяне готовились нанести сокрушительный удар по своим врагам, воинам полководца Гедеона. Гедеону было над чем подумать. Бесчисленным ордам мадианитян противостояли всего лишь 300 его, пусть закаленных в боях и прекрасно выученных, воинов. Поразмыслив, Гедеон решил прибегнуть к хитрости. По «штатному расписанию» того времени на каждую сотню воинов полагались трубач и факельщик, который зажигал светильник ночью. Гедеон снабдил каждого из трехсот своих воинов светильником и трубой и, разделив их на три группы, приказал с наступлением темноты подкрасться с трех сторон к лагерю мадианитян. Исход операции во многом зависел от ее внезапности, поэтому Гедеон велел спрятать зажженные светильники в большие глиняные кувшины.

Едва солнце скрылось за горизонтом, как воины Гедеона быстро и бесшумно двинулись в долину. Кочевники, уповая на свою мощь, не соблюдали мер предосторожности. Караульная служба была поставлена плохо, в лагере царил неопишутый беспорядок. Между шатрами толкались воины, женщины и дети, а верблюдам, ослам и награбленному скоту не было числа.

Поздно ночью, когда лагерь наконец затих, Гедеон подал условный знак. Все воины одновременно разбили свои кувшины и, размахивая светильниками, затрубили в трубы. Невероятный шум разбудил мадианитян. Увидев массу факелов, кочевники решили, что их окружает огромная неприятельская армия, и в панике бросились бежать. Так Гедеон, обманув своих врагов, одержал блестящую победу над превосходящими силами противника.

А теперь попробуем восстановить ход рассуждений хитроумного полководца. Прежде всего Гедеон был уверен, что его противники знают «норму» трубачей и факельщиков. «Если им показать какое-то количество факелов, — рассуждал Гедеон, — мадианитяне сами произведут подсчет нападающих (умножат число факелов на сто) и, естественно, попытаются уклониться от боя с превосходящими силами противника». Так оно и вышло. Гедеон, разгадав, как будет мыслить враг в данной ситуации, смог управлять его действиями.

Управление решением противника, в конечном счете навязывание ему определенной стратегии поведения, осуществлялось не прямо, не грубым принуждением, а путем передачи противнику оснований

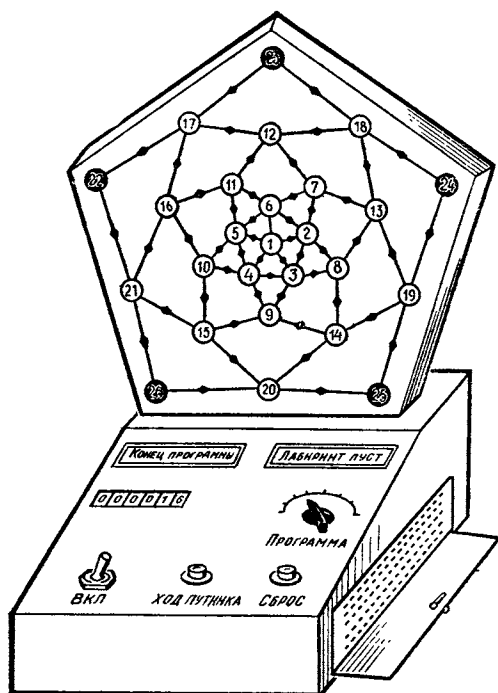


Рис. 80. Внешний вид модели автомата для рефлексивного управления.

(сведений), из которых тот логически может вывести свое, но predetermined другой стороной решение.

Такая передача оснований для принятия решения одним из противников другому и называется рефлексивным управлением.

Московский математик В. А. Лефевр выдвинул идею возможности рефлексивного взаимодействия человека с играющей машиной. Эта рефлексивная система улучшала свое поведение в результате осознанного противодействия противника. Вот один из примеров таких систем. Пусть мы имеем лабиринт, составленный из пятиугольников (см. табло на рис. 80). Узлы лабиринта пронумерованы числами от 1 до 26. В центре лабиринта, в узле 1, находится «путник». Он старается «выйти» из лабиринта наружу в один из узлов 22—26. У путника в отличие от легендарного Тезея нет спасительной нити Ариадны, указывающей ему путь. К тому же в каждом узле лабиринта путника ожидает противник (назовем его по аналогии Минотавром), который указывает, куда ему идти. Указания могут быть верными или неверными. Путник в свою очередь может либо следовать этим указаниям, либо, наоборот, идти в противоположном направлении. Каким образом путник может воспользоваться противо-

действием соперника, чтобы, вопреки ему, выбраться из лабиринта?

Путник (П) может сделать это, имитируя рассуждения Минотавра (М), и построить рефлексивное управление его поведением таким образом, чтобы получить от него необходимую информацию. Для этого несколько первых ходов П полностью «слушает» М и формирует у него убеждение, что он «послушен». Затем это сформировавшееся убеждение М начинает использовать. Рассмотрим один из вариантов, по которому могут развиваться события.

1. М указывает на узел 6, П переходит в узел 6.

2. М — 5, П — 5.

3. М — 4, П — 4.

4. М — 3, П — 3.

5. М — 2, П — 9.

Здесь путник не выполнил указания соперника и перешел в противоположный узел. Однако М еще считает, что П «послушен», и пытается вернуть его в центр лабиринта:

6. М—3, П—15; путник снова не подчиняется указанию Минотавра.

7. Двух «непослушаний» подряд вполне достаточно, чтобы переучить М, который теперь убежден, что П непослушен. М указывает на узел 20, полагая, что П выберет противоположный узел 10. Однако П тоже исходит из того, что он переучил М, и выполняет указание — переходит в узел 20.

8. Запутавшийся М продолжает упорствовать, считая, что П все еще непослушен, и указывает на узел 26. Однако П слушается и выходит из лабиринта.

Таким образом, здесь всего восемь ходов потребовалось путнику для того, чтобы выбраться из лабиринта. Если бы путник, пытаясь выйти из лабиринта, в каждом узле определял направление своего движения случайным образом, то при таком «блуждании» ему потребовалось бы (как можно показать, воспользовавшись теорией марковских цепей) в среднем 25 ходов. Налицо оптимизация действий противника, который сумел путем рефлексивного управления «выудить» у Минотавра нужную ему информацию и ускорить свой выход из лабиринта.

В автоматизированном устройстве, внешний вид которого показан на рис. 80, роль путника выполняет логическое устройство, в качестве Минотавра выступает человек. Во все узлы лабиринта помещены электрические лампы. Горящая лампа указывает на место путника в лабиринте. Лампы узлов 22—26 выкрашены в красный цвет, остальные в голубой.

На наклонной панели устройства находятся кнопки «Ход путника», «Сброс», переключатель программ, табло «Конец программы», «Лабиринт пуст», счетчик числа ходов путника. С правой стороны основания, на котором укреплен пятиугольник, находится плата программ, прикрывающаяся крышкой.

В середине каждого отрезка, соединяющего два соседних узла, имеются ромбовидные отверстия, предназначенные для установки штекера-стрелки — трехгранного стержня, на котором укреплен стрелка (рис. 81). Направление одной из граней стержня совпадает с направлением стрелки. Если вставить штекер в одно из отверстий, то треугольный стержень войдет в ту половину ромба, куда показывает стрелка. Например, если стрелка указывает от узла 12 на узел 18, то стержень войдет в правую половину ромбического отверстия (рис. 82).

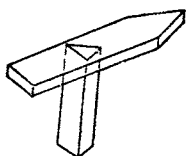


Рис. 81. Штекер.

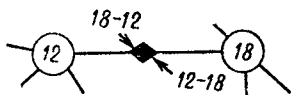


Рис. 82. Ромбовидное гнездо для штекера.

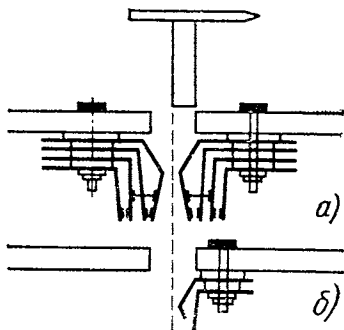


Рис. 83. Устройство контактно-го гнезда.

Под лицевой панелью у отверстий укреплено по три группы контактов. Две группы, расположенные в вершинах ромба, направлены к узлам, состоят из двух пар нормально разомкнутых контактов (рис. 83, а). Третья группа, укрепленная у одной из тупоугольных вершин ромба, содержит одну пару нормально разомкнутых контактов (рис. 83, б). При установке штекера в отверстие всегда будут замыкаться контакты, расположенные около тупоугольной вершины ромба, и контакты, расположенные в той остроугольной вершине ромба, куда направлена стрелка. Так, на рис. 83 при полном введении штекера в отверстие замкнутся контакты, расположенные справа, и контакты около тупоугольной вершины (рис. 83, б).

Контакты, устанавливаемые около тупоугольной вершины всех ромбических отверстий, соединяются параллельно и на принципиальной схеме устройства (рис. 84) обозначены как один выключатель В203. Контакты, расположенные около остроугольных вершин ромба, объединены в группы. В табл. 6 в правой колонке указаны контакты, которые необходимо соединить между собой параллельно; в левой колонке — условные обозначения этих контактов на принципиальной схеме. Обозначения контактов в правой колонке таблицы даны в соответствии с номерами узлов, между которыми они находятся. Контакты, укрепленные, например, в той вершине ромба, которая направлена от узла 18 к узлу 12, обозначаются 18—12 (т. е. эти контакты замкнутся, когда штекер-стрелка будет указывать направление от узла 18 к узлу 12). Соответственно контакты, укрепленные в противоположной вершине ромба, обозначаются 12—18 (рис. 82). Аналогичным образом обозначаются контакты, расположенные около других отверстий. Контактные группы 22—21, 22—17, 23—17, 23—18, 24—18, 24—19, 25—19, 25—20, 26—20, 26—21 устанавливаются не нужно. Каждая контактная группа, например 7—12, встречается в правой колонке табл. 6 дважды, поскольку эта контактная группа состоит из двух пар нормально разомкнутых контактов. В нашем примере (контакты 7—12) одна пара контактов относится к В2, другая — к В38.

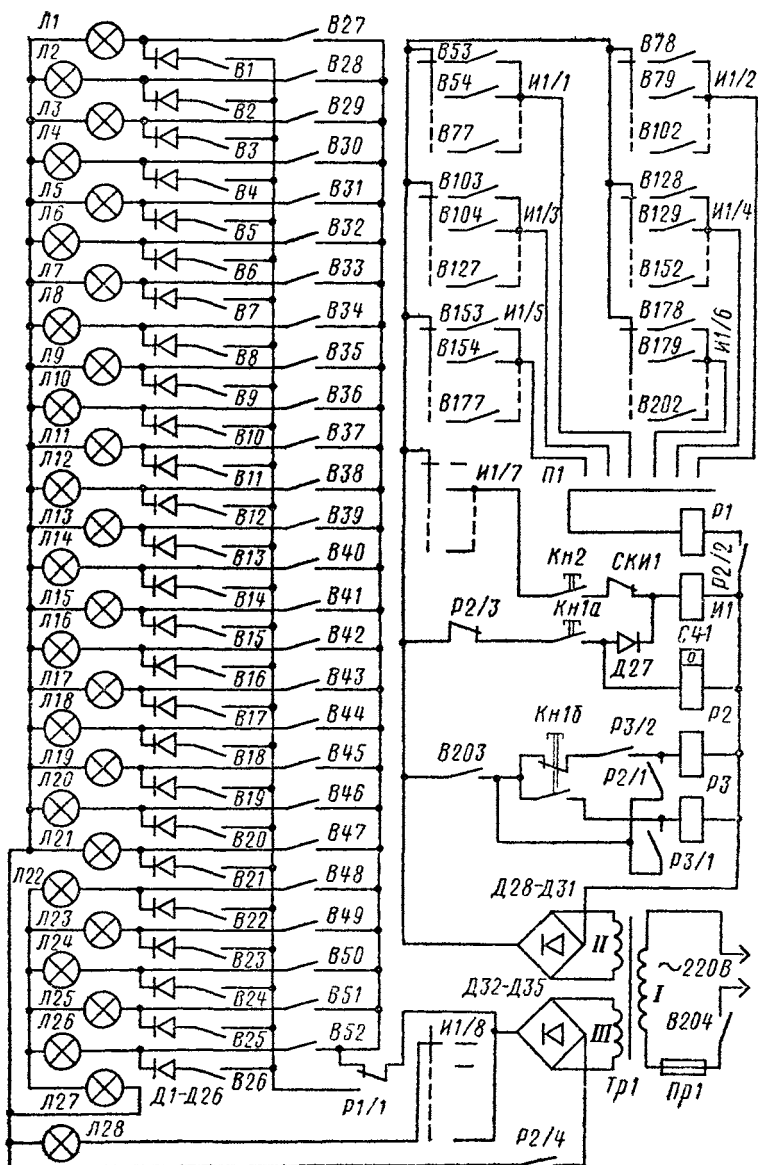


Рис. 84. Принципиальная схема автомата.

Обозначение контактов на принципиальной схеме

<i>B1</i>	2-7, 2-8, 3-9, 4-9, 3-8, 4-10, 5-10, 5-11, 6-7 6-11	<i>B27</i>	2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1
<i>B2</i>	7-12, 8-14	<i>B28</i>	1-2, 3-2, 6-2, 7-2, 8-2
<i>B3</i>	1-5, 1-6, 8-13, 9-15	<i>B29</i>	1-3, 2-3, 4-3, 8-3, 9-3
<i>B4</i>	9-14, 10-16	<i>B30</i>	1-4, 3-4, 5-4, 9-4, 10-4
<i>B5</i>	1-2, 1-3, 1-4, 11-12, 10-15	<i>B31</i>	1-5, 4-5, 6-5, 10-5, 11-5
<i>B6</i>	7-13, 11-16	<i>B32</i>	1-6, 2-6, 5-6, 7-6, 11-6
<i>B7</i>	2-3, 6-1, 6-5, 12-17, 13-19	<i>B33</i>	2-7, 6-7, 12-7, 13-7
<i>B8</i>	2-1, 2-6, 3-4, 13-18, 14-20	<i>B34</i>	2-8, 3-8, 13-8, 14-8
<i>B9</i>	3-1, 3-2, 4-5, 14-19, 15-21	<i>B35</i>	3-9, 4-9, 14-9, 15-9
<i>B10</i>	4-1, 4-3, 5-6, 16-17, 15-20	<i>B36</i>	4-10, 5-10, 15-10, 16-10
<i>B11</i>	5-1, 5-4, 6-2, 12-18, 16-21	<i>B37</i>	5-11, 6-11, 12-11, 16-11
<i>B12</i>	7-2, 11-5, 17-22, 18-24	<i>B38</i>	7-12, 11-12, 17-12, 18-12
<i>B13</i>	8-3, 7-6, 18-23, 19-25	<i>B39</i>	7-13, 8-13, 18-13, 19-13
<i>B14</i>	8-2, 9-4, 19-24, 20-26	<i>B40</i>	8-14, 9-14, 19-14, 20-14
<i>B15</i>	9-3, 10-5, 20-25, 21-22	<i>B41</i>	9-15, 10-15, 20-15, 21-15
<i>B16</i>	10-4, 11-6, 17-23, 21-26	<i>B42</i>	10-16, 11-16, 17-16, 21-16
<i>B17</i>	12-7, 16-10	<i>B43</i>	12-17, 16-17
<i>B18</i>	12-11, 13-8	<i>B44</i>	12-18, 13-18
<i>B19</i>	13-7, 14-9	<i>B45</i>	13-19, 14-19
<i>B20</i>	14-8, 15-10	<i>B46</i>	14-20, 15-20
<i>B21</i>	15-9, 16-11	<i>B47</i>	15-21, 16-21
<i>B22</i>	17-12, 21-15	<i>B48</i>	17-22, 21-22
<i>B23</i>	18-13, 17-16	<i>B49</i>	17-23, 18-23
<i>B24</i>	18-12, 19-14	<i>B50</i>	18-24, 19-24
<i>B25</i>	19-13, 20-15	<i>B51</i>	19-25, 20-25
<i>B26</i>	20-14, 21-16	<i>B52</i>	20-26, 21-26

Для программирования действий автомата, т. е. определения того, будет ли автомат (путник), делая свой ход, верить или не верить человеку, служат выключатели *B53—B202*. Включение выключателя означает, что автомат не верит, выключение — верит. Конструктивно выключатели *B53—B202* выполнены в виде нормально открытых контактов, которые замыкаются при введении специальных круглых штекеров в отверстия на плате программ. На плате находится шесть рядов отверстий (за ними укреплены контакты для установки этих штекеров), по 25 отверстий в ряду. Выключатели с *B53* по *B77* соединены с контактными ламелями *И1/1* шагового искателя; с *B78* по *B102* — с ламелями *И1/2*; с *B103* по *B127* — с *И1/3*; с *B138* по *B152* — с *И1/4*; с *B153* по *B177* — с *И1/5*; с *B178* по *B202* — с *И1/6*. Одна программа рассчитана на 25 ходов — такое число ходов в среднем необходимо путнику для выхода из лабирин-

та при случайном блуждании. Если автомат не сумеет вывести путника из лабиринта за это или меньшее число ходов, значит, автомату не удалось произвести рефлексивное управление действиями человека, и автомат проиграл. Если человек желает продолжить состязание, он должен включить другую программу, установив переключатель *П1* в следующее положение.

Перед началом работы автомата на плате программ делают набор программ, устанавливая штекеры в отверстия. Например, если представить программу последовательностью знаков «+» и «-», где плюс будет означать «послушание» автомата, а минус «непослушание»: + + + - - + - - + + - + + - - + + - - + + + -, то штекеры нужно вставить в 4, 5, 7, 8, 11, 15, 16, 19, 20, 21, 25 отверстия ряда. После этого крышка платы программ закрывается, чтобы исключить «подсматривание» со стороны человека (понятно, что программу набирает один человек, а работает с автоматом — другой).

Рассмотрим работу устройства на отдельных примерах. Допустим, человек направляет путника из узла 1 в узел 2 — вставляет штекер в отверстие стрелкой к узлу 2. При этом замыкаются контакты 1—2 и контакты, установленные около третьей вершины ромба; по принципиальной схеме замыкаются выключатели *B5*, *B28*, *B203*. После нажатия на кнопочный выключатель «Ход автомата» (*Кн1*) срабатывает реле *P3* и контактами *P3/1* становится на самоблокировку. Одновременно через контакты *Кн1а* напряжение подается на токовую обмотку шагового искателя, и щетки искателя делают один шаг. После отпущения *Кн1* замыкается цепь питания реле *P2* (контакты *P3/2* и *Кн16* замкнуты). Оно срабатывает и самоблокируется контактами *P2/1*. Контакты *P2/2* замыкаются и подают напряжение на реле *P1*. Допустим, что автомат работает по программе 1 (переключатель *П1* — в крайнем левом по схеме положении), и выключатель *B154* не замкнут — т. е. штекер во второе отверстие верхнего ряда платы программ не вставлен. Тогда после срабатывания реле *P2* замкнутся контакты *P2/4* и лампа *Л2* загорится (выключатель *B28* замкнут) — путник поверил человеку и пошел в узел 2.

Если бы *B154* был замкнут, то после замыкания контактов *P2/2* сработало бы реле *P1* и его контакты *P1/1* переключились. Тогда загорается лампа *Л5* (*B5* в нашем примере замкнут) — путник не верит человеку и идет в противоположный узел 5.

При нажатии кнопочного выключателя *Кн1* контакты *Кн1а* замыкают цепь питания счетчика *Сч1*, который отсчитывает ход, сделанный автоматом (путником). Счетчик *Сч1* подсчитывает число ходов, которые сделал путник, прежде чем вышел из лабиринта. Чтобы сделать следующий ход, человек должен вынуть штекер-стрелку (при этом контакты *B203* размыкаются и реле *P1*, *P2*, *P3* отключаются) и вставить штекер в одно из отверстий соответственно тому, куда он направляет путника.

По окончании программы загорается лампа *Л28*, подсвечивающая табло «Конец программы»: подвижная щетка восьмого ряда контактных ламелей *И1/8*, дойдя до конца ряда, замыкает цепь питания лампы *Л28*. Это означает, что автомат проиграл, и если человек желает продолжить состязание, ему необходимо поворотом переключателя включить новую программу. Если же путник выбрался из лабиринта, то загорается одна из ламп *Л22—Л26* и лампа *Л27*, подсвечивающая табло «Лабиринт пуст». Для того чтобы привести

автомат в исходное состояние, достаточно нажать кнопочный выключатель «Сброс» ($Kн2$). При этом через контактные ламели $И1/7$, замкнутые контакты $Kн2$ и самоперрывающиеся контакты $СКИ1$ напряжение будет подаваться на обмотку шагового искателя, и его подвижные щетки вернуться в исходное положение.

Следует отметить, что по существу соревнование идет не между автоматом и человеком, а между двумя людьми: тем, который составил программу, и тем, который с этой программой сражается.

Составление эффективно рефлексирующих программ дело довольно сложное; приводим в качестве примера шесть программ: $+5-6+2-4+4-1+1-2$; $+4-3+2-1+1-3+4-3+4$; $-2+1-1+3-4+2-1+3-3+3-2$; $+3-2+1-2+2-1+3-2+2-3+3-1$; $+4-2+2-3+1-2+3-2+1-2+1-1$; $-3+4-2+3-1+2-3+3-2+1-1$. Знак «+» перед числом означает выполнение указания, «-» — невыполнение; абсолютная величина числа — количество послушаний или непослушаний, выполненных подряд.

В автомате применены лампы накаливания типа ЛН 3,5 В, 0,28 А. Шаговый искатель — типа И25/8 (паспорт РС3.250.041 Сп). реле $P1$ — типа РЭС10 (паспорт РС4.524.302), $P2$ — РЭС22 (паспорт РФ4.500.131), $P3$ — РЭС9 (паспорт РС4.524.200). Счетчик $Сч1$ — типа СЭИ1 или СБ-1М/100. Шунтирующие диоды $D1-D27$ и диоды выпрямителей $D28-D35$ — типа Д226Б. Обмотка I трансформатора $Tr1$ состоит из 1220 витков провода ПЭЛ-0,51; обмотка II — из 150 витков провода ПЭЛ-0,51; обмотка III — из 20 витков провода ПЭЛ-0,51. Сердечник трансформатора набран из пластин Ш32, пакет толщиной 20 мм. Кнопочный выключатель $Kн1$ — самодельный, используются группы контактов от реле или телефонного ключа, выключатель $Kн2$ — типа К1.

Читатели, построив автомат, могут сами подобрать эффективно рефлексирующие программы. Для этого нужно будет провести небольшой эксперимент — опробовать предложенную вами программу на двух-трех десятках людей. Отметив, в течение какого количества ходов продержали они путника в лабиринте при использовании той или иной программы, можно сделать вывод о степени ее эффективности.

З а к л ю ч е н и е, в котором авторы расстаются с читателем, но выражают надежду, что он не расстанется с кибернетикой

Наша небольшая экскурсия в мир кибернетических самоделок подошла к концу. Читатель познакомился с некоторыми понятиями и идеями науки об управлении, получил представление о том, как конструируются кибернетические машины и аппараты, узнал об устройстве и действии разнообразных кибернетических самодельных приборов. Более того, авторы надеются даже, что, следуя их настойчивым рекомендациям, читатель вооружился паяльником (и терпением!) и рискнул испытать свои силы, сконструировав и построив какое-либо заинтересовавшее его кибернетическое устройство — из числа описанных в книге или иное, прообраз которого ему подсказала окружающая действительность.

Разумеется, дело это увлекательное, но не совсем простое. И авторы рады поздравить читателя, если уже эта первая попытка увенчалась успехом. А если на его пути встретились трудности и даже неудачи, то наш совет — не огорчаться и ни в коем случае не бросать начатого дела, суметь обязательно довести его до конца. И не успокаиваться на достигнутом, улучшать и совершенствовать свои самодельные модели и приборы, глубже овладевать теорией, повышать уровень своих знаний, смелее изобретать и конструировать!

Расставаясь с читателем, авторы приглашают его дальше в страну увлекательных и полезных кибернетических самоделок, а из этой страны — в большой мир настоящих умных машин — чудесных помощников человека.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РЕЛЕ

Электромагнитные реле предназначены для коммутирования электрических цепей в аппаратуре автоматики, сигнализации и связи. Реле разделяются на типы по напряжению и току срабатывания, количеству контактов, мощности коммутируемого тока, износостойчивости, размерам корпуса и массе. Основные данные реле, которые используются и могут быть использованы в конструкциях, описанных в книге, сведены в таблицу. В таблице принято следующее обозначение групп контактов: з — группа на замыкание, р — группа на размыкание, п — группа на переключение.

Тип реле	Контакты	Паспорт	Ток срабаты- вания, мА	Ток отпуска* ния, мА	Рабочий ток, мА	Рабочее напряжение, В
РЭС22	4п	РФ4 500 130	10,5	2,5	17,3—21	43,2—52,8
		РФ4.500.131	20	4	33—40	21,6—26,4
		РФ4.500.163	21	3	38,5—47	27—33
РС13	6п	РС4.523.017	65	12	—	18
		РС4.523.030	106,5	—	—	17
		РС4.525 003	180	—	—	15
РСМ1	2з	Ю 171 81 01	26	—	—	—
		Ю.171.81.20	25	5	—	—
		Ю 171.81.43	45	8	—	—
РЭС15	1п	РС4.591.001	8,5	2	11—13	24—29
		РС4.591.002	30	7	39—46	6—7,5
		РС4.591.004	14,5	3,5	19—22	13,5—16
РЭС6	1п	РФ0.452 141	20	4	25—27	31—34
		РФ0 452.142	25	5	31—33	26—28
		РФ0.452.143	28	6	35—37	19—20
РЭС6	2п	РФ0.452.101	26	5	33—35	40—44
		РФ0.452.102	32	6	40—42	34—36
		РФ0.452.103	35	8	44—46	24—26
РЭС9	2п	РС4.524.200	30	5	—	—
		РС4.524.201	30	5	—	—
		РС4.524.202	80	13	—	—
РЭС10	1п	РС4.524.302	22	3	—	—
		РС4.524.303	50	7	—	—
РЭС10	1з	РС4.524.305	10	1,3	—	—
		РС4.524.308	35	5	—	—

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Плоскостные германиевые диоды Д7Д, Д7Е, Д7Ж и плоскостные кремниевые диоды Д204, Д205, Д208, Д209, Д226Б, Д226В предназначены для выпрямления переменного тока промышленной частоты. Точечные германиевые диоды Д9Г, Д9Д, Д9Г применяются в цепях высокой частоты.

Тип диода	Обратное напряжение, не более, В	Средний выпрямленный ток, не более, мА	Диапазон рабочих температур, °С
Д7Д	300	300	-55 ÷ +70
Д7Е	350	300	-55 ÷ +70
Д7Ж	400	300	-55 ÷ +70
Д204	300	400	-55 ÷ +80
Д205	400	400	-55 ÷ +80
Д208	300	100	-55 ÷ +100
Д209	400	100	-55 ÷ +100
Д226Б	400	300	-60 ÷ +80
Д226В	300	300	-60 ÷ +80
Д9Г	30	30	-55 ÷ +60
Д9Д	30	30	-55 ÷ +60
Д9И	30	30	-55 ÷ +60

ТРАНЗИСТОРЫ

Германиевые сплавные транзисторы МП39, МП39Б, МП40, МП40А, МП41, МП41А предназначены для работы в цепях усиления низкой частоты. Германиевые сплавные транзисторы МП42, МП42А, МП42Б предназначены для работы в переключающих и импульсных схемах. Все эти транзисторы выпускаются в металлическом герметичном корпусе и имеют гибкие выводы.

Тип транзистора	Максимальные режимы			$\eta_{21Э}$
	$U_{КЭ}$, В	I_K , мА	P_K , мВт	
МП39	15	20	150	12—30
МП39Б	15	20	150	20—60
МП40	15	20	150	20—40
МП40А	20	20	150	20—40
МП41	15	20	150	30—60
МП41А	15	20	150	50—100
МП42	15	20	200	20—35
МП42А	15	20	200	30—50
МП42Б	15	20	200	45—100

ШАГОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ (ИСКАТЕЛИ)

Шаговые распределители (искатели) применяются для автоматического подключения электроаппаратуры к нескольким различным линиям. Искатели бывают прямого и обратного действия. В искателях прямого действия переключение подвижных контактов (щеток) с одной неподвижной контактной пластины на другую происходит при прохождении тока по электромагниту; у искателей обратного действия щетки делают шаг только при отпуске электромагнита под действием специальной возвратной пружины. Положение одного из лучей щетки на нулевом контакте (ламели) является исходным; при подаче на обмотку электромагнита n импульсов щетки сделают n шагов и будут на n -м контакте (ламели). Щетки шаговых искателей могут вращаться со скоростью 30—50 шагов в секунду.

Тип	Номинальное напряжение, В	Сопротивление обмотки, Ом	Число щеток ротора	Число выходов-ламелей	Примечание
ШИ-11	24; 48; 60	25; 50; 60	4	11	Прямого действия
ШИ-17	48; 60	50; 60	4	17	То же
ШИ-25/4	24; 48	25; 60	4	25	Обратного действия
ШИ-25/8	24; 48	11; 40; 60; 200	8	25	То же

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркли Э. Символическая логика и разумные машины. — М.: Изд-во иностр. лит., 1961.
2. Бонгард М. М. Проблема узнавания. — М.: Наука, 1967.
3. Глушков В. М. Что такое кибернетика? — М.: Педагогика, 1975.
4. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. Математические машины. — М.: Просвещение, 1975.
5. Касаткин В. Н., Верлань А. Ф., Переход И. А. Элементы кибернетики — школьнику. — Киев.: Радянська школа, 1974.
6. Катус Г. П., Мамиконов Ю. Д. и др. Информационные роботы и манипуляторы. — М.: Энергия, 1968.
7. Курбаков К. И. Информационно-логические системы. — М.: Знание, 1967.
8. Лефевр В. А., Смолян Г. Л. Алгебра конфликта. — М.: Знание, 1968.
9. Методическое пособие для школьного конструкторского кружка. Под ред. Д. М. Комского. Вып. 3—6. — Свердловск: изд. Свердловского пединститута, 1967—1975.
10. Поспелов Д. А. Игры и автоматы. — М.: Энергия, 1966.
11. Программированное обучение и кибернетические обучающие машины: Сб. статей. Под ред. А. И. Шестакова. — М.: Сов. радио, 1963.
12. Простая кибернетика: Сб. статей. Составитель Д. М. Комский. — М.: Молодая гвардия, 1965.
13. Человеческие способности машин: Сб. статей. Под ред. И. А. Полетаева. — М.: Сов. радио, 1971.
14. Энциклопедия кибернетики: Под ред. В. М. Глушкова. Тт. I—II. — Киев: УСЭ, 1975.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Беседа первая, в которой читатель знакомится с очень важными понятиями кибернетики	5
Бразды управления	5
Самое главное понятие кибернетики	8
Информация и кодирование	13
Беседа вторая, в которой приводятся некоторые полезные сведения из арифметики, логики и техники	17
Язык единиц и нулей	17
Знакомство с алгеброй высказываний	20
Анатомия кибернетических самоделок	23
Беседа третья, которая помогает читателю сделать первые шаги в конструировании простых дискретных автоматов	27
Логические элементы — «кирпичики» автоматов	27
Конструируем простые одноктактные автоматы	29
Модели цифровых вычислительных устройств	34
Беседа четвертая, в которой читатель осваивает простейшие методы конструирования автоматов, обладающих памятью	43
Триггер — ячейка памяти автомата	43
Конструируем многотактные автоматы	46
Моделирование условного рефлекса	51
Беседа пятая, в которой читатель получает представление об устройстве некоторых информационно-справочных автоматов, а также приходит к выводу, что вооружиться паяльником ему необходимо надолго и всерьез	55
Информационные Гималаи	55
Что? Где? Когда? (Универсальное автоматическое справочное табло-информатор).	56
Ваш характер — на электротабло	59
Вечный календарь	66
Беседа шестая, в которой рассказывается о том, как кибернетические машины могут помочь ученику и учителю	74
Кибернетика помогает учиться	74
Кибернетический контролер знаний	76
Обучает «Свердловск-1»	79

	Стр.
Беседа седьмая, в которой речь идет о кибернетических машинах, способных выполнять некоторые функции живых существ и даже человека	84
По образу и подобию своему...	84
Почтовый автомат	85
Что есть что?	89
Беседа восьмая, в которой читатель убеждается, что игры — это не только развлечение, а также узнает, как построить играющие автоматы	93
Не только развлечение	93
Одинокий ферзь	95
Автомат учится играть	100
Одно из трех	106
Поединок в лабиринте	112
Заключение, в котором авторы расстаются с читателем, но выражают надежду, что он не расстанется с кибернетикой	120
Приложение 1. Электромагнитное реле	122
Приложение 2. Полупроводниковые диоды	123
Приложение 3. Транзисторы	123
Приложение 4. Шаговые распределители (искатели)	124
Список литературы	125

БОРИС МИХАЙЛОВИЧ ИГОШЕВ
ДАВИД МАТВЕЕВИЧ КОМСКИЙ
КИБЕРНЕТИКА В САМОДЕЛКАХ

Редактор Р. Е. Кузин
Редактор издательства Т. В. Жукова
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор Т. А. Маслова
Корректор М. Г. Гулина

ИБ № 1022

Сдано в набор 26.12.77 Подписано к печати 23.06.78
Т-12816 Формат 84×108^{1/32} Бумага типографская № 2
Гарн. шрифта литературная Печать высокая Усл. печ. л.
6,72 Уч.-изд. л. 8,43 Тираж 100 000 экз. Зак. № 425
Цена 60 коп.

Издательство «Энергия»,
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, гор. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

60 к.