

## 7. ВНЕШНИЕ УСТРОЙСТВА ЭВМ

### 7.1. Системы визуального отображения информации (видеосистемы)

Видеосистемы предназначены для оперативного отображения информации, доведения ее до сведения оператора ЭВМ. Обычно они состоят из двух частей: монитора и адаптера. *Монитор* служит для визуализации изображения, *адаптер* — для связи монитора с микропроцессорным комплектом.

Классификацию мониторов можно провести по следующим признакам:---

- по используемым физическим эффектам;
- по принципу формирования изображения на экране;
- по способу управления;
- по длительности хранения информации на экране;
- по цветности изображения;
- по эргономическим характеристикам.

*По принципу формирования изображения* мониторы делятся на плазменные, электролюминесцентные, жидкокристаллические и электронно-лучевые.

*Плазменные, электролюминесцентные и жидкокристаллические* мониторы относятся к дисплеям с плоским экраном. Для них характерно: экран имеет малые физические размеры, не мерцает, полностью отсутствует рентгеновское излучение. Мониторы этого вида допускают локальное стирание и замену информации, имеют малый вес и незначительное потребление энергии, большую механическую прочность и длительный срок службы.

*Плазменные и электролюминесцентные мониторы* являются активными, излучающими свет. Для работы с ними не нужен посторонний источник света.

*Жидкокристаллические* — пассивные мониторы. Они работают только при наличии постороннего источника света и способны работать либо в отраженном, либо в проходящем свете. Жидкокристаллические мониторы используют способность жидких кристаллов изменять свою оптическую плотность или отражающую способность под воздействием электрических сигналов.

В плазменной панели элемент изображения образуется в результате газового разряда, который сопровождается излучением света. Конструктивно панель состоит из трех стеклянных пластин, на две из которых нанесены тонкие прозрачные проводники (до 2—4 проводников на 1 мм). На одной пластине проводники расположены горизонтально, на другой — вертикально. Между ними находится третья стеклянная пластина, в которой в местах пересечения проводников имеются сквозные отверстия. Эти отверстия при сборке панели заполняются инертным газом. Вертикально и горизонтально расположенные проводники образуют координатную сетку; на пересечении проводников находятся элементы изображения — пикселы (picture element). При разрешающей способности 512x512 пиксел такая панель имеет размеры не более 200x200 мм и толщину 6—8 мм. В настоящее время созданы цветные плазменные панели с разрешающей способностью экрана 1024x1024 пиксел.

Электролюминесцентные мониторы работают на принципе люминесценции вещества при воздействии на него электрического поля. Люминесцентное вещество распыляется на внутренней поверхности одной из пластин с координатной сеткой. Напряжение на координатные шины подается такое, чтобы на пересечении

координатных шин создавалось электрическое поле, достаточное для возбуждения люминофора.

Наибольшее распространение получили *мониторы на электронно-лучевых трубках*. Электронная лучевая трубка (ЭЛТ) представляет собой электровакуумный прибор в виде стеклянной колбы, дно которой является экраном. В колбе, из которой удален воздух, расположены электроды: электронная пушка (катод с электронагревательным элементом), анод, вертикально и горизонтально отклоняющие пластины и сетка. Снаружи на ЭЛТ установлена фокусирующая система. Внутренняя поверхность экрана покрыта люминофором, который светится при попадании на него потока электронов. Катод, поверхность которого покрыта веществом, легко отдающим электроны при нагревании, является источником электронов. Возле него образуется «электронное облако», которое под действием электрического поля анода движется в сторону экрана. По мере приближения к аноду электронный поток увеличивает скорость. Фокусирующая система сжимает поток электронов в тонкий пучок, который с помощью отклоняющих пластин направляется в нужную точку экрана. Сетка служит для регулирования плотности электронного потока. Она расположена гораздо ближе к катоду, чем анод. В зоне ее действия поток электронов имеет небольшую скорость, поэтому она оказывает на поток электронов влияние, сопоставимое с влиянием анода. Сетка может создать электрическое поле, которое тормозит электроны, уменьшает их скорость и плотность потока, движущегося в сторону экрана, и даже может полностью «запереть» трубку, не пропустив поток электронов в сторону экрана.

На отклоняющие пластины ЭЛТ подается пилообразное напряжение, которое отклоняет электронный луч и заставляет его пробегать по всей поверхности экрана, строка за строкой. На поверхности экрана появляется развертка, с помощью которой выводится требуемое изображение: в местах экрана, которые должны оставаться темными, трубка запирается, и электронный луч не доходит до поверхности экрана.

*В зависимости от формы напряжения, подаваемого на отклоняющие пластины, и способа его получения* различаются растровая, матричная и векторная развертки.

*Растровая развертка* представляет собой набор сплошных горизонтальных линий, заполняющих весь экран. Она формируется с помощью аналоговых приборов — генераторов пилообразного напряжения, отдельно для строк и отдельно для кадров. Этот вид развертки применяется в телевидении.

*Матричная развертка* по внешнему виду похожа на растровую, но формируется она с помощью цифровых схем (счетчиков), связанных с отклоняющей системой через цифроаналоговые преобразователи. В этом случае электронный луч на экране перемещается не непрерывно, а скачками — от одного пиксела к другому. Поэтому он не рисует линию, а высвечивает матрицу точек — пиксел. При такой развертке легко перевести луч в любую заданную точку экрана — надо только в счетчики строк и кадров поместить координаты этой точки.

*Векторная развертка* используется для рисования сложных фигур с помощью сплошных линий разной формы. Управление вертикальным и горизонтальным отклонением луча в этом случае осуществляется с помощью функциональных генераторов, каждый из которых настроен на прорисовку определенного графического примитива. Состав графических примитивов, из

которых строится изображение, определяется наличием функциональных генераторов.

Максимальное количество строк на экране и количество точек в строке образуют разрешающую способность монитора:

- низкую: 320x200 (320 пиксел в строке, 200 строк на экране);
- стандартную: 640x200, 640x350 или 640x480;
- высокую: 750x348 или 800x600;
- особо четкую: 1024x768 или 1024x1024 и выше.

Разрешающая способность оказывает значительное влияние на качество изображения на экране, но качество изображения зависит и от других характеристик: физических размеров элементов изображения (пиксел, или точек), размеров экрана, частоты развертки, цветовых характеристик и др.

Размер элементов изображения зависит от величины зерен люминофора, напыляемого на экран, которая измеряется в миллиметрах и образует ряд: 0,42; 0,39; 0,31; 0,28; 0,26 и т. д. Фактически приведенные цифры характеризуют не диаметр точек люминофора, а расстояние между центрами этих точек.

Размер экрана, имеющего прямоугольную форму, обычно измеряется по диагонали в дюймах (12, 14, 15, 17, 21, ...). Для экрана с диагональю 14" длина горизонтальной части экрана составляет около 10", а вертикальной — около 9". При длине строки 10" (т.е. 257,5 мм) и размере зерна 0,42 мм в строке может разместиться 613 пиксел. Поэтому на мониторе с размером экрана 14" и размером зерна 0,42 мм невозможно получить разрешающую способность более 613 пиксел в строке при 535 пикселных строках на экране; монитор может обеспечить лишь стандартную разрешающую способность (не более 640x480). При размере зерна 0,28 мм на 14-дюймовом мониторе максимально можно получить разрешающую способность 800x600 (зато на 15-дюймовом мониторе размер зерна 0,28 позволяет обеспечить разрешающую способность 1024x768).

Необходимо отметить, что большее по размерам зерно имеет большую инерционность — электронный луч дольше «разжигает» такое зерно, но оно и светится дольше. Поэтому в мониторах с большим размером зерна частота регенерации не должна быть высокой (25 — 30 кадров в секунду достаточно, чтобы изображение «не мерцало» из-за угасания зерен люминофора). При уменьшении размеров зерна уменьшается и его инерционность. Поэтому регенерацию экрана в мониторах с зерном 0,26 и меньше приходится проводить чаще (75—100 раз в секунду). Для того чтобы вывести 100 раз в секунду кадр, содержащий 1000 пиксел в строке и 1000 строк, необходимо обеспечить частоту строчной развертки  $100 \times 1000 \times 1000 = 10^8$  Гц = 100 МГц; частота кадровой развертки при этом составит  $100 \times 1000 = 10^5$  Гц = 0,1 МГц.

**По длительности хранения информации на экране** мониторы делятся на регенерируемые и запоминающие.

**В регенерируемых мониторах** изображение после однократной прорисовки держится на экране недолго, доли секунды, постепенно угасая. Угасание изображения иногда заметно на глаз (например, нижние строки могут быть ярче верхних). Для поддержания постоянной яркости изображение приходится повторно прорисовывать (регенерировать) 20 — 25 раз в секунду, а чтобы яркость в различных частях экрана не очень отличалась и для снижения полосы пропускания

применяют чересстрочную развертку: при каждой прорисовке сначала рисуются нечетные строки, а затем — четные.

Регенерируемые мониторы незаменимы при визуализации быстро протекающих динамических процессов.

**В запоминающих мониторах** после однократной прорисовки изображение держится на экране в течение нескольких часов. Для его стирания приходится подавать на экран специальное стирающее напряжение.

Запоминающие мониторы эффективны там, где выведенное изображение нуждается в длительной обработке, например подвергается редактированию или должно быть воспринято (изучено) оператором.

**По способу управления яркостью луча** мониторы делятся на цифровые и аналоговые. В **цифровых мониторах** для управления яркостью на сетку подаются дискретные сигналы, которые в зависимости от настройки могут полностью запирают трубку (0) или полностью отпирать ее (1); снижать яркость до 1/2 (0) или обеспечивать полную яркость (1) и т.д.

В **аналоговых мониторах** на сетку подается непрерывный (аналоговый) сигнал, который может плавно изменять яркость от полного запирания до полного отпираания.

**По цветности изображения** мониторы делятся на монохромные и цветные.

Цветность монитора на ЭЛТ зависит от люминофорного покрытия экрана. В **монохромном мониторе** на экране расплывается один люминофор, который и определяет цвет экрана: белый, зеленый и др. В **цветном мониторе** на экран последовательно напыляются три различных люминофора, каждый из которых светится под воздействием электронного пучка своим цветом. В цветных мониторах в качестве основных цветов применяются красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue), в связи с чем они получили название RGB-мониторы. Люминофоры наносятся в виде точек, образующих цветные триады на месте каждого пиксела. В цветных ЭЛТ используются три электронные пушки, каждая из которых может подсвечивать точку только одного цвета. Изменяя интенсивность каждого электронного пучка, можно регулировать яркость точек в цветных триадах. Но точки, из которых состоит пиксел, глазом по отдельности не воспринимаются, так как имеют очень малые размеры и расположены близко друг от друга. Глаз воспринимает их слитно, как одну цветную точку, цвет которой зависит от яркости ее компонентов.

В аналоговых мониторах для управления цветом может использоваться одна общая сетка, одновременно воздействующая на все три луча, — такой монитор называется **композиционным**. В нем одновременно с изменением яркости изображения изменяется и цвет. Это один из самых ранних мониторов, и в настоящее время для получения цветного изображения он не применяется. Самые большие возможности цветообразования у аналоговых RGB-мониторов с отдельным управлением яркостью трех лучей. В этих мониторах применяется три сетки, каждая из которых находится в непосредственной близости от «своей» электронной пушки и управляет интенсивностью только ее луча. Такие мониторы способны воспроизводить на экране миллионы различных цветов.

В цифровых мониторах управление цветом осуществляется отдельно по каждому лучу. При использовании трех сеток (на каждую из которых может

подаваться один из двух сигналов — 0 или 1) на экране могут быть воспроизведены  $2^3 = 8$  цветов (это **цифровой RGB-монитор**).

Если, кроме трех таких сеток, в мониторе установлена общая сетка, управляющая интенсивностью всех трех лучей сразу (сетка интенсивности — Intensity), то такой монитор называется **IRGB-монитором** и способен воспроизвести на экране  $2^4 = 16$  различных цветов.

В третьей разновидности цветных цифровых мониторов для управления цветом каждого луча установлено по две сетки. Поскольку сетки находятся на разном расстоянии от электронной пушки, их влияние на электронный луч различно — одна из сеток может ограничить интенсивность луча на  $1/3$ , другая — на  $2/3$ , а вместе они способны полностью отпереть или запереть электронный луч. Такой цифровой монитор называется **RGBrgb-монитором**, он способен воспроизвести на экране  $2^6 = 64$  различных цвета.

**По эргономическим характеристикам** мониторы делятся на: обычные; с пониженным рентгеновским излучением (LR — Low Radiation) — соответствующие стандарту на ограничение электромагнитных излучений; с антистатическим экраном (AS); работающие в энергосберегающем режиме — снижающие потребление энергии в режиме ожидания (Green).

Связь ЭВМ с монитором осуществляется с помощью **адаптера** — устройства, которое должно обеспечивать совместимость различных мониторов с микропроцессорным комплектом ЭВМ.

Существуют пять стандартных видеоадаптеров, в полной мере обеспечивающих совместимость различных по конструкции мониторов с ЭВМ:

- MDA — монохромный дисплейный адаптер;
- CGA — цветной графический адаптер;
- MGA — монохромный графический адаптер;
- EGA — улучшенный графический адаптер;
- VGA — видеографическая матрица.

Кроме них существуют и другие адаптеры, например «Геркулес», PGA, SVGA и др. Но они не поддерживают некоторые общепринятые режимы работы мониторов и вследствие неполной совместимости не позволяют реализовать любое программное обеспечение IBM PC.

**Адаптер MDA**, разработанный фирмой IBM, является одним из самых ранних адаптеров. Он может воспроизводить лишь алфавитно-цифровую информацию и небольшое количество служебных символов. В нем отсутствуют графические возможности. Адаптер MDA обеспечивает разрешающую способность экрана  $80 \times 25$  символов, размер точечной матрицы символа  $9 \times 14$  пиксел.

**Адаптер CGA**, производимый той же фирмой, обеспечивает воспроизведение информации только со средним разрешением и ограниченным количеством цветов (этот адаптер был предназначен для работы с цифровыми RGB-мониторами). Обеспечивает разрешающую способность  $80 \times 25$  символов на экране, имеет точечную символьную матрицу  $8 \times 8$  пиксел. Из-за небольшого объема видеопамати (всего 16 Кбайт) в графическом режиме адаптер обеспечивал при низкой разрешающей способности ( $320 \times 200$  пиксел) воспроизведение 4 цветов (способность монитора — 8 цветов), а при нормальной разрешающей способности мог работать только в монохромном режиме. Поскольку монитор позволял

воспроизвести большее количество цветов, все цвета были разделены на две палитры: палитра 0 — зеленый, красный и коричневый (+ черный); палитра 1 — голубой, фиолетовый и белый. Переключение палитр производится с помощью прерывания BIOS.

*Адаптер EGA* начал выпускаться с 1984 г. и был оснащен видеопамью емкостью 64, 128 или 256 Кбайт. Адаптер разрабатывался для монитора RGBrgb, способного воспроизводить 64 цвета, но малый объем видеопамью позволял работать с 4 палитрами по 16 цветов.

*Видеографический матричный адаптер VGA*, разработанный в 1988 г., позволял реализовать 640x480 точек в графическом режиме при 64—256 (в зависимости от объема видеопамью) одновременно плоскости определяет разрешающую способность экрана. Количество битовых плоскостей (в каждой из которых выделено по одному биту для соответствующего пиксела) определяет, сколько бит отводится для хранения атрибутивного признака пиксела. Если видеопамью имеет одну битовую плоскость, то такой дисплей может работать только в монохромном режиме (пиксел может быть либо ярким, либо темным). При наличии двух битовых плоскостей в видеопамью может храниться  $2^2=4$  значения, определяющие, как должен выглядеть пиксел на экране (при цветном мониторе — четыре цвета, один из которых с кодом 00 — черный (т.е. фактически с помощью двух битовых плоскостей можно управлять RGB-монитором). При восьми битовых плоскостях атрибут пиксела обеспечивает кодирование  $2^8=256$  цветов — такой адаптер эффективно применять только для аналоговых RGB-мониторов, в которых между видеопамью и управляющими цветом электродами ЭЛТ ставится цифроаналоговый преобразователь (Digital to Analog Converter, DAC). В DAC из видеопамью подается код цвета. Из DAC в ЭЛТ выдается аналоговый сигнал (код цвета преобразуется в величину напряжения на управляющем электроде).

Иногда между видеопамью и DAC ставятся регистры палитры (RAM DAC). Атрибутивный признак каждого пиксела в этом случае обозначает номер регистра палитры, в котором хранится код цвета данного пиксела. При выборке соответствующего регистра палитры находящийся в нем код цвета передается в DAC и управляет свечением пиксела. Объем RAM DAC равен количеству имеющихся в наличии регистров палитры (в адаптере EGA — 16, в адаптере VGA для цифрового монитора — 64). RAM DAC загружается кодами цветов выбранной палитры с помощью специальной видеофункции BIOS перед началом работы, поэтому объем RAM DAC определяет, сколько цветов могут одновременно находиться на экране (монитор может обеспечить и большее количество цветов, но количество регистров палитры ограничивает количество цветов выбранной палитрой).

Начиная с адаптеров SVGA (Super VGA), на которые нет единого стандарта, предпринимаются попытки снять ограничения, накладываемые выбором палитры; для этого код цвета из видеопамью передается на DAC в момент «разжигания» пиксела. В режиме High Color на DAC передается 15-битовый код цвета (по 5 бит на каждый луч), а в режиме True Color — 24-битовый код цвета (по 8 бит на каждый луч). Видеопамью для этого должна иметь соответственно 15 или 24 битовых плоскости.

Скорость обмена видеопамяти с DAC определяется продолжительностью разжигания (регенерации) одного пиксела и характеризуется частотой, которая при достаточно большой разрешающей способности превышает 200 МГц. Поэтому указанные режимы используются для профессиональной обработки цветных изображений и нуждаются в очень дорогой, быстродействующей аппаратуре.

Физически видеопамять может иметь линейную структуру. Разбиение ее на видеоплоскости в этом случае может осуществляться программным путем — с помощью драйвера дисплея. Поэтому есть возможность одну и ту же видеопамять использовать для различной разрешающей способности экрана (изменяя длину битовой плоскости) и для различного количества воспроизводимых на экране цветов (изменяя количество битовых плоскостей). Поэтому при фиксированном объеме памяти можно увеличить разрешающую способность (но при этом сократится количество воспроизводимых цветов) или увеличить количество воспроизводимых цветов (снизив соответственно разрешающую способность экрана). Если же видеоплоскости реализованы аппаратно, переключение режимов (мод экрана) может в ограниченных пределах эмулироваться драйвером дисплея.

Для воспроизведения динамических (движущихся, анимационных) изображений видеопамять приходится делить на страницы, которые поочередно выводятся на экран при каждой регенерации (пока одна страница выводится на экран, вторая заполняется очередным кадром).

Во всех адаптерах часть видеопамяти отводится под знакогенератор, в котором записаны коды формы выводимых на экран символов. В некоторых случаях в видеопамяти приходится хранить несколько знакогенераторов, например с национальными шрифтами.

Кроме видеопамяти в состав адаптера входят блок сопряжения с монитором, различные ускорители (графический, Windows-ускоритель, SD-ускоритель и др.), которые предназначены для выполнения вычислительных операций без обращения к МП ЭВМ, и блок управления.

## 7.2. Клавиатура

*Клавиатура* — это одно из основных устройств ввода информации в ЭВМ, позволяющее вводить различные виды информации. Вид вводимой информации определяется программой, интерпретирующей нажатые или отпущенные клавиши. С помощью клавиатуры можно вводить любые символы — от букв и цифр до иероглифов и знаков музыкальной нотации. Клавиатура позволяет управлять курсором на экране дисплея — устанавливать его в нужную точку экрана, перемещать по экрану, «прокручивать» экран в режиме скроллинга, отправлять содержимое экрана на принтер, производить выбор при наличии альтернативных вариантов и т.д.

В последнее время наблюдаются тенденции отказа от клавиатуры в пользу альтернативных устройств: мыши, речевого ввода, сканеров. Но полностью эти устройства клавиатуру не заменяют. Стандартная клавиатура IBM PC имеет несколько групп клавиш:

- 1) алфавитно-цифровые и знаковые клавиши (с латинскими и русскими буквами, цифрами, знаками пунктуации, математическими знаками);
- 2) специальные клавиши: <Esc>, <Tab>, <Enter>, <BackSpace>;

3) функциональные клавиши: <F1> ... <F10...>;

4) служебные клавиши для управления перемещением курсора (стрелки — <Up>, <Down>, <Left>, <Right>, клавиши — <Home>, <End>, <PgUp>, <PgDn> и клавиша, обозначенная значком «[ ]» — в центре дополнительной цифровой клавиатуры);

5) служебные клавиши для управления редактированием: <Ins>,

6) служебные клавиши для смены регистров и модификации кодов других клавиш: <Alt>, <Ctrl>, <Shift>;

7) служебные клавиши для фиксации регистров: <CapsLock>, <ScrollLock>, <NumLock>;

8) вспомогательные клавиши: <PrtSc>, <Break>, <Grey +>, <Grey ->.

Если клавиша первой, четвертой, а иногда и пятой группы оказывается нажатой дольше, чем 0,5 с, начинает генерироваться последовательность ее основных кодов с частотой 10 раз/с (в IBM PC XT), что имитирует серию очень быстрых нажатий этой клавиши.

Общее число клавиш в основной модификации клавиатуры — 83, в расширенной клавиатуре — до 104. Количество различных сигналов от клавиатуры значительно превышает это число, так как:

- при нажатии и освобождении клавиши в ЭВМ передаются разные кодовые комбинации: при нажатии — порядковый номер нажатой клавиши на клавиатуре (ее скан-код), а при освобождении — скан-код, увеличенный на 80h;

- заглавные и строчные буквы первой группы клавиш (алфавитно-цифровых и знаковых) набираются на разных регистрах. Оперативное переключение регистров производится клавишей <Shift>. Если при нажатой (и удерживаемой в нажатом состоянии) клавише <Shift> «кликнуть» (от английского слова *click*) любую алфавитную клавишу, то в ЭВМ будет отправлен код заглавной буквы, соответствующий нажатой клавише;

- после однократного нажатия клавиши <CapsLock> (зажигается лампочка на клавиатуре рядом с клавишей) изменяется порядок работы клавиши <Shift>: без нажатия на нее будут набираться заглавные буквы, а при нажатии (совместном) — строчные. После повторного нажатия на <CapsLock> порядок работы клавиши <Shift> восстанавливается, а лампочка гаснет. Такой режим (переключательный) работы клавиши называется *триггерным режимом* или flip-flop;

- аналогично клавише <Shift> действуют клавиши <Alt> и <Ctrl> — при одновременном нажатии с ними любой другой клавиши в ЭВМ передается не скан-код, а расширенный код (2 байта). Иногда таким же образом используется клавиша <Esc>;

- клавиша <NumLock> является триггерным переключателем дополнительной цифровой клавиатуры: при негорящей лампочке она работает как клавиатура для управления курсором; при зажженной — как цифровая;

- для переключения регистров (или даже групп регистров) иногда используются другие комбинации клавиш: например, программы-русификаторы клавиатуры переключают РУС-ЛАТ с помощью правой клавиши <Shift> или при одновременном нажатии двух клавиш <Shift> (правой и левой) и т.д. Эти комбинации клавиш обладают триггерным эффектом.

Сигналы, поступающие от клавиатуры, проходят трехуровневую обработку: на физическом, логическом и функциональном уровнях.

**Физический уровень** имеет дело с сигналами, поступающими в вычислительную машину при нажатии и отпускании клавиш.

**На логическом уровне**, реализуемом BIOS через прерывание 9, скан-код транслируется в специальный 2-байтовый код. Младший байт для клавиш группы 1 содержит ASCII-код, соответствующий изображенному на клавише знаку. Этот байт называют **главным**. Старший байт (**вспомогательный**) содержит исходный скан-код нажатой клавиши. **На функциональном уровне** отдельным клавишам программным путем приписываются определенные функции. Такое «программирование» клавиш осуществляется с помощью драйвера — программы, обслуживающей клавиатуру в операционной системе.

На IBM PC AT используется клавиатура с большим количеством клавиш. На этих машинах есть возможность управлять некоторыми функциями клавиатуры, например изменять время ожидания автоповтора, частоту автоповтора, зажигать и гасить светодиоды на панели управления клавиатуры. Клавиатура Microsoft Natural Keyboard имеет две дополнительные клавиши для вызова главного меню Windows 95/NT, контекстных меню и часто используемых функций. Форма клавиатуры способствует снятию напряжения в руках во время работы.

Устройство клавиатуры не является простым: в клавиатуре используется свой микропроцессор, работающий по прошитой в ПЗУ программе. Контроллер клавиатуры постоянно опрашивает клавиши, определяет, какие из них нажаты, проводит контроль на «дребезг» и выдает код нажатой или отпущенной клавиши в системный блок ЭВМ.

Выпускаемые разными производителями клавиатуры различаются также по расстоянию между клавишами, числу специальных клавиш, способу переключения на цифровой регистр для быстрого ввода числовых данных, углу наклона, форме и текстуре поверхности клавиш, усилию нажима и величине хода клавиш, расположению часто используемых клавиш и др.

### 7.3. Принтер

**Принтер** — это внешнее устройство ЭВМ, предназначенное для вывода информации на твердый носитель в символьном или графическом виде. Классификация принтеров может быть проведена по следующим критериям: способу вывода, принципу формирования изображения, способу регистрации и принципу управления процессом печати.

**По способу вывода изображения** принтеры делятся на две группы: символьные и графические. **Символьные** принтеры могут выводить информацию в виде отдельных символов по мере их поступления в печатающее устройство (**ПУ**). При этом за один цикл печати формируется один знак (посимвольные ПУ). В построчных ПУ вывод на печать осуществляется только после заполнения буферного ЗУ, которое по емкости равно одной строке. Постраничные ПУ за один цикл печати формируют и распечатывают целую страницу.

**Графические** печатающие устройства выводят информацию не целыми символами, а отдельными точками или линиями. Количество точек на единицу длины определяет разрешающую способность принтера, которая имеет разную

величину в зависимости от направления: по горизонтали и по вертикали. В принтерах этого типа каждая точка имеет свои координаты, которые являются адресом этой точки.

**По принципу формирования выводимого изображения** ПУ делятся на три вида: литерные, матричные и координатные (векторные).

**Литерные устройства** выводят информацию в виде символов, каждый из которых является графическим примитивом данного устройства. Литеры сформированы при изготовлении принтера и нанесены на специальные рычаги или литерные колеса — шрифтоносители и при эксплуатации принтера без замены шрифтоносителя не изменяются.

**Матричные** ПУ выводят информацию в виде символов, сформированных из отдельных точек, объединенных в символьную матрицу. Печатающая головка матричного принтера имеет вертикальный ряд иголок, каждая из которых может сделать оттиск самого маленького элемента изображения — **пиксела (точки)**. Печать символа происходит при перемещении головки по горизонтали. Если подлежащий печати символ имеет размеры, большие, чем может обеспечить печатающая головка, такой символ печатается за несколько проходов, после каждого из которых осуществляется перемещение по вертикали (относительно печатающей головки) носителя изображения (например, бумаги).

Одной из наиболее существенных характеристик матричного принтера является количество иголок, с помощью которых формируется изображение. В печатающей головке принтера может находиться 9, 18 или 24 иглолки, которые располагаются вертикально в 1—2 ряда. От количества иголок, их расположения и размера зависят качество и скорость печати. Качество печати регулируется переключением режима: Draft (черновая печать за один проход), LQ (чистовая печать), NLQ (получистовая печать), а также определяет скорость печати (количество знаков в секунду) и разрешающую способность (количество точек, печатаемых на одном дюйме). Обычно матричные принтеры имеют диаметр иглолки около 0,2 мм, скорость печати — от 180 до 400 символов в секунду (в режиме Draft), разрешение — 360x360 точек на дюйм.

**Координатные** ПУ — плоттеры, графопостроители — выводят информацию, как текстовую, так и графическую, либо в виде отдельно адресуемых точек, либо сформированную из различных линий (так называемое «штриховое» изображение). При решении экономических задач координатные ПУ используются редко.

**По способу регистрации** изображения ПУ делятся на ударные и безударные.

**ПУ ударного действия** формируют изображение на бумаге, сжимая с помощью удара на короткий промежуток времени рельефное изображение символа или его части, красящую ленту и бумагу. Иногда краска наносится на поверхность литеры, в этом случае красящая лента отсутствует.

Существуют принтеры, использующие ударочувствительную бумагу, цвет которой изменяется за счет механического воздействия на нее без дополнительного нанесения краски.

**ПУ безударного действия** характеризуются тем, что изображение на бумагу наносится через промежуточный носитель, чувствительный к электрическому воздействию, электростатическому и магнитному полям и др. Обычно промежуточный носитель исполняется в виде барабана. Изображение на него

наносится лазерным лучом, с помощью магнитных головок и др. Затем изображение на промежуточном носителе проявляется — на поверхность барабана наносится смесь сухого красителя с порошком, «прилипающим» к зафиксированному на барабане изображению (например, если изображение наносилось на барабан магнитным полем, в качестве порошка используются мелкие металлические опилки). После этого к барабану «прикатывается» чистый лист бумаги, на который переносится краситель с барабана. Лист с накатанным на него красителем подвергается термообработке — нагревается до расплавления красителя, который в жидком виде проникает в поры бумаги и хорошо закрепляется на ней. После расплавления красителя отдельные точки сливаются в единое целое, поэтому качество изображения получается высоким. Разрешающая способность таких принтеров очень высока. Например, лазерные принтеры Lazerjet III и Lazerjet IV обеспечивают 300—600 точек на дюйм. Матричные принтеры такую разрешающую способность обеспечить не могут. Скорость печати у лазерных принтеров измеряется количеством страниц в минуту и составляет: 4—12 стр./мин. — при монохромной печати и 2—6 стр./мин. — при цветной печати. К ПУ безударного действия также относятся **термические принтеры**, использующие термочувствительную бумагу, которая изменяет свой цвет под действием тепловых лучей, и **струйные принтеры**, у которых жидкий краситель (чернила) находится в печатающей головке. Головка имеет отверстия, через которые краситель не может вылиться из-за сил поверхностного натяжения. Внутри головки находится терморезистор, который при подаче на него импульса тока разогревает краситель, увеличивая его испарение. Пары красителя проникают через отверстие в головке и попадают на бумагу в виде капли. Благодаря тому что головка может работать с несколькими красителями, выпускаются и цветные струйные принтеры. Длительностью нагрева терморезистора можно регулировать количество выбрасываемых чернил, а следовательно, размеры и яркость точки. Разрешающая способность струйных принтеров составляет от 360 до 720 точек на дюйм. Скорость печати — 4—10 стр./мин. Печатающая головка струйного принтера содержит от 48 до 416 отверстий (сопел).

Несмотря на большое разнообразие типов принтеров, различия принципов управления печатью касаются в основном способов знакогенерации. Матричный принтер, а также большинство принтеров безударного действия формируют изображение из отдельных точек, образующих символьную матрицу.

Обычно кодовые комбинации, характеризующие форму символа на матрице, образуют матричный шрифт (фонт), который заносится в постоянное запоминающее устройство знакогенератора.

Каждый шрифт (фонт) представляет собой комплект букв, цифр и специальных символов, оформленных в соответствии с едиными требованиями.

Альтернативой матричной является **векторная знакогенерация**. Векторные шрифты строятся на базе математического описания формы символа. Для векторной знакогенерации характерна легкость изменения формы, размеров, наклона шрифта, поэтому они и называются **свободно масштабируемыми шрифтами**. Генерация шрифтов и управление процессом вывода изображения производится для векторных шрифтов на специальном языке (PCL, Postscript). При использовании векторных шрифтов математическое описание формы каждого символа с учетом его размеров и

стиля преобразуется перед печатью в матричную форму в соответствии с конкретными размерами матрицы принтера. Поэтому форма шрифта, выводимого на различные устройства, остается примерно постоянной, не зависящей от расстояний между точками и размеров символов. Для такого преобразования в состав печатающих устройств включаются вычислительные устройства-ускорители, в качестве которых нашли применение матричные процессоры и транспьютеры. Это серьезно сказывается на архитектуре системы управления принтером.

#### **7.4. Сканер**

*Сканер* — это внешнее устройство ПЭВМ, позволяющее вводить двухмерное (т.е. плоское) изображение.

Конструкция сканеров в значительной степени определяется типом вводимого изображения: штриховое или полутоновое, монохромное или цветное.

Принцип работы сканера заключается в том, что поверхность изображения освещается перемещающимся лучом света, а светочувствительный прибор (фотоэлемент, фотодиод или фотоэлектронный умножитель) воспринимает отраженный свет, интенсивность которого зависит от яркости освещенного участка изображения, и преобразовывает его в электрический сигнал. Полученный электрический сигнал преобразовывается из аналоговой в цифровую форму и в виде цифровой характеристики яркости точки поступает в ЭВМ.

Такой сканер считывает изображение в графическом виде; полученное изображение может быть сохранено в памяти ЭВМ, обработано графическим редактором или выведено на дисплей либо на принтер. Если был введен текст, то при отображении на дисплее или на принтере его можно прочитать. Использовать же текстовые редакторы для работы (редактирования, форматирования) с таким документом не представляется возможным.

Перед обработкой просканированного изображения текстовым редактором необходимо графическое изображение текста преобразовать в код ASCII или ANSI. Такое преобразование осуществляется программными или аппаратными средствами распознавания образов.

Луч света, с помощью которого сканируется изображение, должен последовательно, элемент за элементом осветить все изображение. В зависимости от того, каким образом осуществляется последовательное освещение элементов изображения, различаются *оптические читающие устройства* со считыванием изображений линейкой и матрицей фотоэлементов, со спиральной барабанной разверткой, со считыванием методом «бегущего луча», слежением за контуром.

*Считывание линейкой фотоэлементов* заключается в том, что изображение освещается полоской света, а отраженный свет падает на фотоэлементы, смонтированные в виде линейки. Каждый фотоэлемент фиксирует попавшую на него часть светового потока. Электрический сигнал считывается последовательно со всех элементов линейки. После считывания полоска света (вместе со считывающей головкой) перемещается на следующую часть документа (или полоска света неподвижна, а перемещается документ относительно считывающей головки).

*Считывание матрицей фотоэлементов* производится аналогично, но фотоэлементы смонтированы в виде матрицы (например, размером со считываемый документ). В этом случае документ освещается целиком, а не отдельными

полосками. Перемещения документа относительно считывающей головки не требуется.

Если фотоэлементы выполняются в виде микросхемы, то разрешающая способность такого считывателя может быть достаточно высокой. Если же они выполнены в виде отдельных конструктивных элементов и собираются в линейку или матрицу при сборке устройства, то из-за больших физических размеров компонентов считыватель обладает невысокой разрешающей способностью. Повысить разрешающую способность линейки или матрицы можно, проектируя на нее считываемое изображение с увеличением.

**Оптические считыватели со спиральной барабанной разверткой** состоят из барабана с закрепленным на нем носителем считываемого изображения, зеркала, источника света, фотоэлемента и механического привода для вращения барабана и перемещения зеркала (рис. 7.1).

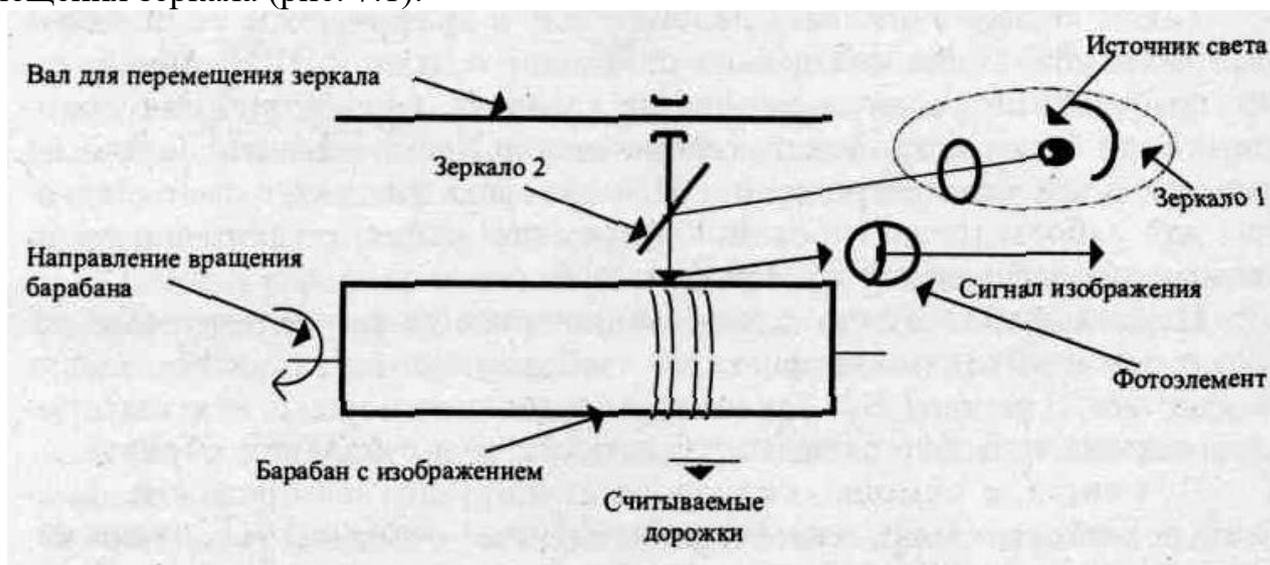


Рис. 7.1. Схема оптического считывателя со спиральной барабанной разверткой

Зеркало служит для отклонения на  $90^\circ$  тонкого луча света. Отражаясь от зеркала, луч падает на образующую барабана и освещает точку на его поверхности (а к поверхности барабана прикреплен носитель считываемого изображения).

Вращение барабана и перемещение зеркала вдоль его образующей происходят одновременно, благодаря чему луч по спирали «разворачивает» изображение, находящееся на поверхности барабана.

Отраженный от барабана свет воспринимается фотоэлементом.

**Оптические считыватели методом «бегущего луча»** построены по принципу растровой развертки. В качестве луча света может использоваться либо свет от экрана электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), либо лазерный луч, отклоняемый системой зеркал.

Схема считывания изображений методом «бегущего луча» с использованием ЭЛТ приведена на рис. 7.2.

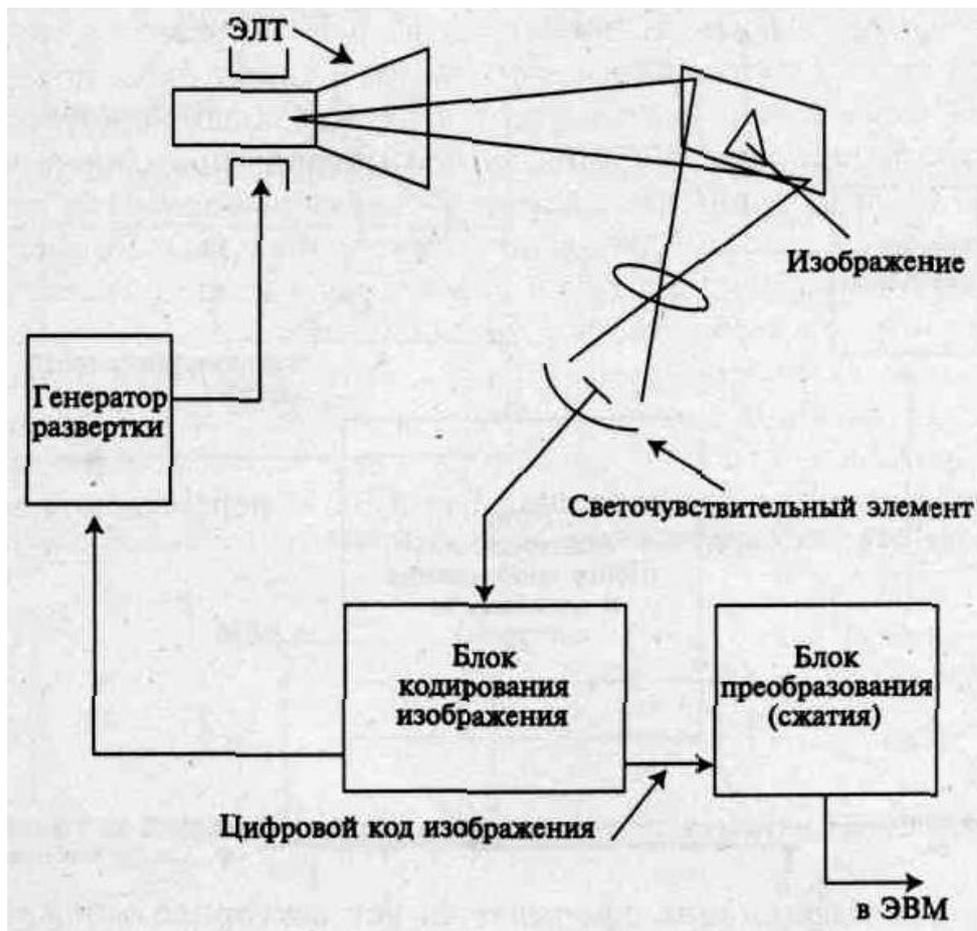


Рис. 7.2. Схема оптического считывателя методом «бегущего луча»

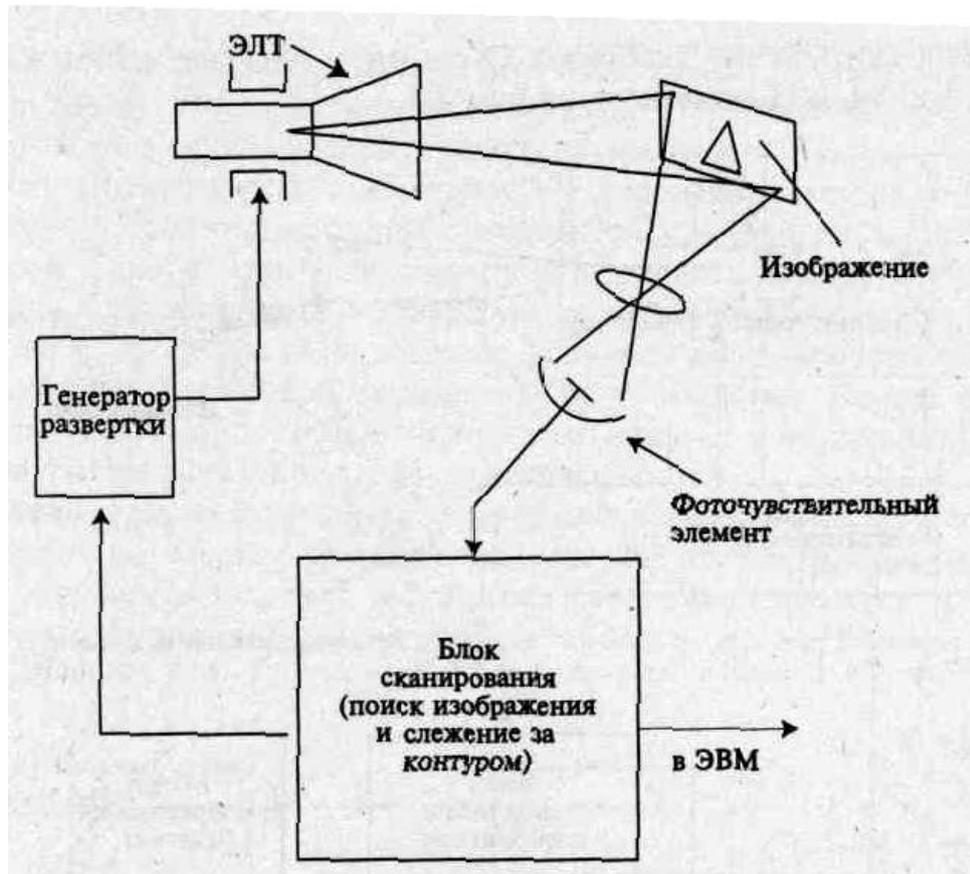
В состав считывателя входят: генератор развертки, ЭЛТ, экран со считываемым изображением, объектив, фотоэлемент и блок кодирования изображения с АЦП.

**Генератор развертки** вырабатывает напряжение, перемещающее электронный луч на экране ЭЛТ. Нанесенный на экран люминофор является перемещающимся источником света (для этого ЭЛТ должна иметь люминофор с очень коротким послесвечением): электронный луч рисует на экране матрицу точек, которая проецируется на экран со считываемым изображением. Каждый пиксел экрана работает как импульсный источник света: при вспыхивании он освещает соответствующую точку изображения, отраженный свет от которой фиксируется фотоэлементом и преобразовывается в цифровой код изображения.

**Считывание «слежением за контуром»** производится аналогично (рис. 7.3), но генератор развертки рисует на экране матрицу или растр только до того момента, пока на изображении не встретилась линия. После этого блок сканирования переключает генератор развертки в режим слежения за контуром и запоминает направление перемещения луча — эта информация оформляется как векторное описание считанного изображения.

Все рассмотренные системы считывания изображения позволяют получить графическое (но не символьное) представление информации.

Но аппаратурные средства могут преобразовывать считанное изображение в символьный вид. Для этого используются устройства считывания с распознаванием: сравнение с эталонами, метод зондов и нейронные системы типа «перцептрон».

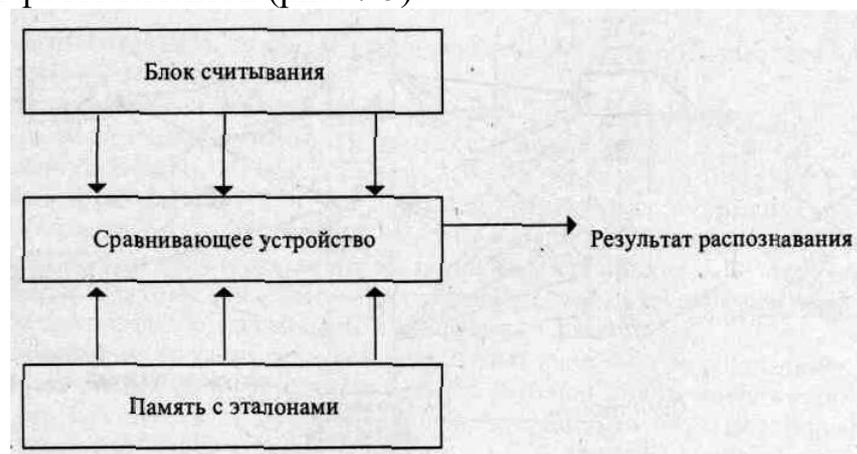


**Рис. 7.3.** Схема оптического считывателя методом «слежения за контуром»

Принцип действия *считывателя с распознаванием методом эталонов* виден из структурной схемы (рис. 7.4).

Блок считывания (в качестве которого может использоваться любой рассмотренный ранее считыватель) передает цифровое описание считанного изображения (или его фрагмента) в сравнивающее устройство, на другой вход которого поступают описания известных объектов из памяти с эталонами. При совпадении эталона со считанным изображением вырабатывается сигнал распознавания и на выход считывателя выдается код распознанного элемента (если распознается текст, то код ASCII).

*Метод зондов* заключается в особом построении линеек (или матриц) фотоэлементов. Например, зонд может состоять из горизонтальных, вертикальных и наклонных линеек фотоэлементов (рис. 7.5).



**Рис. 7.4.** Схема считывателя с распознаванием методом эталонов

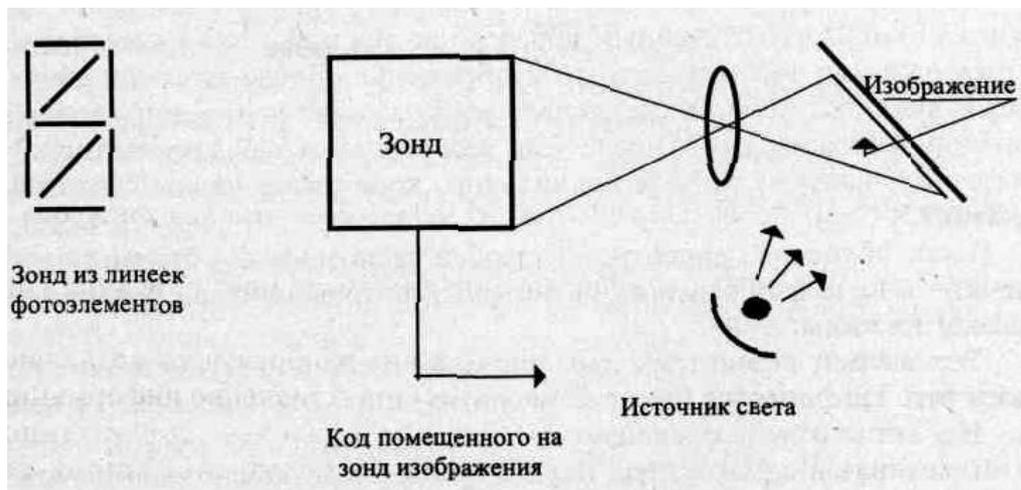


Рис. 7.5. Принцип считывания методом зондов

На такой зонд проецируется распознаваемый символ. По комбинации затененных линеек опознается символ, и на выход распознающей системы поступает код распознанного символа.

**Распознающее устройство типа «перцептрон»** имеет матрицу фотоэлементов ( $A_i$ ), суммирующие блоки ( $S_j$ ) и решающие элементы ( $K_i$ ) (рис. 7.6).

Матрица фотоэлементов  $A_i$  связана со всеми суммирующими элементами  $S_j$ , которые, в свою очередь, связаны с решающими элементами  $K_i$ . Вначале (пока перцептрон не обучен) веса связей элементов  $A_i$  с  $S_j$  одинаковы.

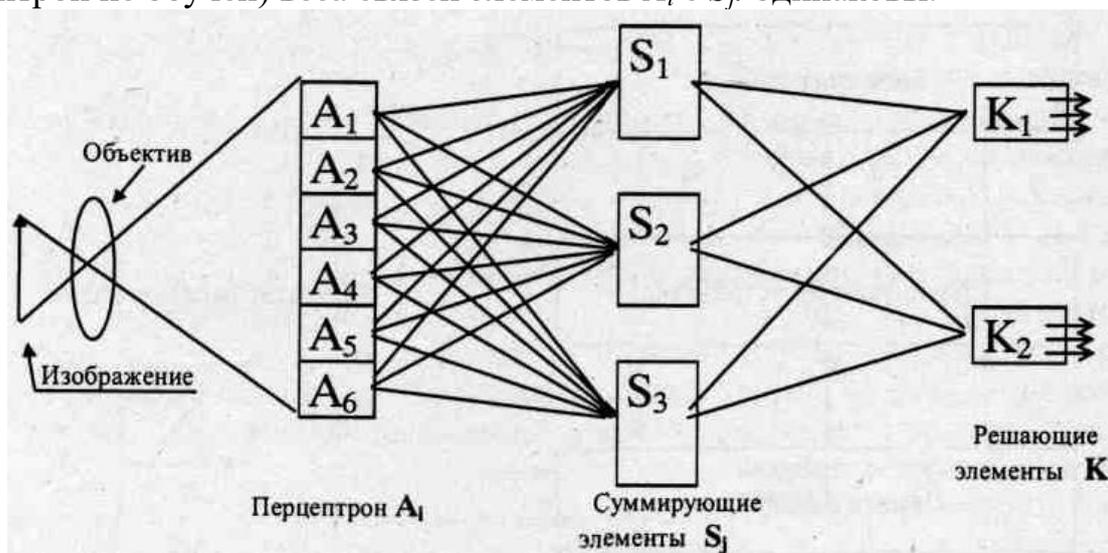


Рис. 7.6. Распознающее устройство типа «перцептрон»

В процессе обучения на фотоэлементы проецируется какое-либо изображение (взятое из обучающей выборки). Веса связей  $A_i$  с  $S_j$  изменяются (например, случайным образом) до тех пор, пока на выходе не образуется код распознаваемого изображения. После этого из обучающей выборки берется следующее изображение и проецируется на матрицу фотоэлементов, после чего веса связей  $A_i$  с  $S_j$  корректируются до получения на выходе правильного кода распознаваемого изображения.

После обучения перцептрон способен распознавать образы, поступившие в виде изображения на матрицу фотоэлементов, выдавая на выходе их коды.

Перцептрон относится к параллельным (нейронным) системам, так как в нем используется принцип распознавания, реализованный в нейронных сетях живых организмов.

Суммирующие элементы перцептрона представляют собой аналоговые сумматоры, выдающие на выходе сумму сигналов, поступивших на входы с учетом веса каждой связи элементов  $A$  с  $S$ . (того самого веса, который изменялся в процессе обучения).

Решающие элементы могут быть построены по принципу выделения наибольшего или наименьшего из поступивших на них сигналов, но могут быть построены и на основе более сложных алгоритмов.

Введение в схему перцептрона обратных связей (с выхода на вход) позволяет реализовать в них самообучение.

Учитывая, что современные сканеры могут иметь разрешающую способность, превышающую 1000 пиксел на дюйм, удастся программным путем повысить чувствительность сканера в определении яркостных характеристик считанных изображений. Эта процедура называется **фильтрованием** и приводит к получению **смазанных** изображений, так как при увеличении количества уровней серого снижается контрастность. Конструктивно сканеры выпускаются в двух вариантах: портативные и настольные.

**Портативные сканеры** представляют собой устройство, внешне похожее на мышь, которое перемещается по вводимому в ЭВМ изображению. Обычно сканеры имеют небольшие размеры (ширина 2,5 дюйма = 6,4 см). Поэтому большие изображения (например, лист текста формата А4) приходится считывать за несколько проходов. Но в поставляемом вместе со сканером программном обеспечении предусмотрена функция «склейки» изображений, которая позволяет соединить считанные за разные проходы части в единое целое. Разрешающая способность таких сканеров редко превышает 400 пиксел на дюйм, каждый пиксел сопровождается четырехбитовым кодом уровня серого, что соответствует 16 оттенкам шкалы яркости. Считанное таким сканером изображение можно распечатать без преобразования на цветном принтере. Для печати же на черно-белом принтере его нужно преобразовать из полутонового в штриховое, шкала яркости которого имеет только два уровня — белое и черное.

**Настольные сканеры** выпускаются трех типов:

- **sheet-fed** — строчный сканер, в котором носитель изображения пропускается через неподвижную считывающую головку (считывать можно только листовую материал, книги и журналы — нельзя);
- **flat-bed** — страничный сканер, в котором считываемое изображение неподвижно;
- **over-head** — сканер-планшет проекторного типа, в котором считываемое изображение помещается на экране (изображением вверх), считывающий блок расположен вверху устройства. Сравнительный анализ сканеров различных фирм, проводимый журналом *PC Magazine*, неоднократно отмечал высокое качество сканеров фирмы Hewlett-Packard, представителями которых являются черно-белый сканер Scan Jet II P и цветной Scan Jet II CX и сканеры фирмы Mustek. Они обеспечивают оптическое разрешение 300—400 точек на дюйм, способны воспринять 256 оттенков серого.

Большой популярностью пользуется сканер фирмы Mustek Scanexpress 1200CP. Это цветной сканер, подключаемый к ПЭВМ через параллельный порт. Он обеспечивает кодирование цвета 24 или 30 битами. При 24-битовом кодировании

сканер способен различать 16,7 млн цветов, при 30-битовом — 1,07 млрд цветов. Его разрешающая способность составляет от 600 до 1200 точек на дюйм, а за счет программного обеспечения может быть повышена до 19 200 точек на дюйм. При считывании черно-белых изображений обеспечивает 1024 оттенка серого.

Однако фирменное программное обеспечение этих сканеров осуществляет распознавание только латинских символов. Удовлетворительная степень распознавания символов достигается лишь для текстов, отпечатанных на пишущей машинке или шрифтом Courier на лазерном либо струйном принтере.