

**ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА
И СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С ЭВМ**

УДК 681.327.5'21

**Н. С. КУРКИНА, Ю. А. МОИСЕЕВ, З. И. НЕСТЕРОВА,
С. В. ПОЛОЗОВ, Ю. К. ПОСТОЕНКО, Л. Ф. ТОМАШЕВСКАЯ**

(Новосибирск)

**ПРИМЕНЕНИЕ САМАС
В УСТРОЙСТВАХ ВВОДА
ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ**

На современном этапе развития науки большое внимание уделяется задаче автоматизации эксперимента, решение которой тесно связано с вопросом о создании систем сбора и обработки научной информации.

Устройства ввода графической информации в ЭВМ можно рассматривать как составную часть таких систем. В направлении создания и эксплуатации устройств ввода в нашей стране сделаны только первые шаги [1, 2], и сейчас проводится большая работа по их совершенствованию. Предлагается рассмотреть вопрос о применении САМАС при разработке таких устройств.

Основные принципы САМАС (наличие унифицированной линии связи и унифицированных программно управляемых модулей) позволяют организовать четкую систему связи с ЭВМ, не зависящую от типа устройства, и упростить процесс проектирования.

Структурная схема устройства ввода графической информации в ЭВМ, занимающего в системе типа САМАС отдельный крейт, приведена на рис. 1. Особенностью схемы является двухмагистральная линия связи (горизонталь и вертикаль), соединяющая программно управляемые модули (привод, генератор электронной развертки, АЦП, два модуля регистров и счетчики) с органами управления: блоком автономного управления, блоком ручного управления, блоком связи горизонтали с вертикалью и блоком управления вертикалью. Наличие различных органов управления определяет следующие режимы работы устройства ввода:

а) автономные режимы, когда передача управляющих команд и данных к программно управляемым модулям выполняется от блока автономного управления в соответствии с заложенными в нем алгоритмами; обращение к ЭВМ в этих режимах нужно только для передачи в нее накопленной в выходных регистрах информации;

б) режим управления от ЭВМ по некоторому алгоритму, заложенному в ее программе, через блок управления вертикалью и блок связи горизонтали с вертикалью;

в) режим управления от блока ручного управления при настройке системы.

Принцип работы устройства в целом состоит в следующем. Носитель информации закрепляется на барабане механизма (см. рис. 1). Развертка исследуемого изображения может быть осуществлена несколькими способами.

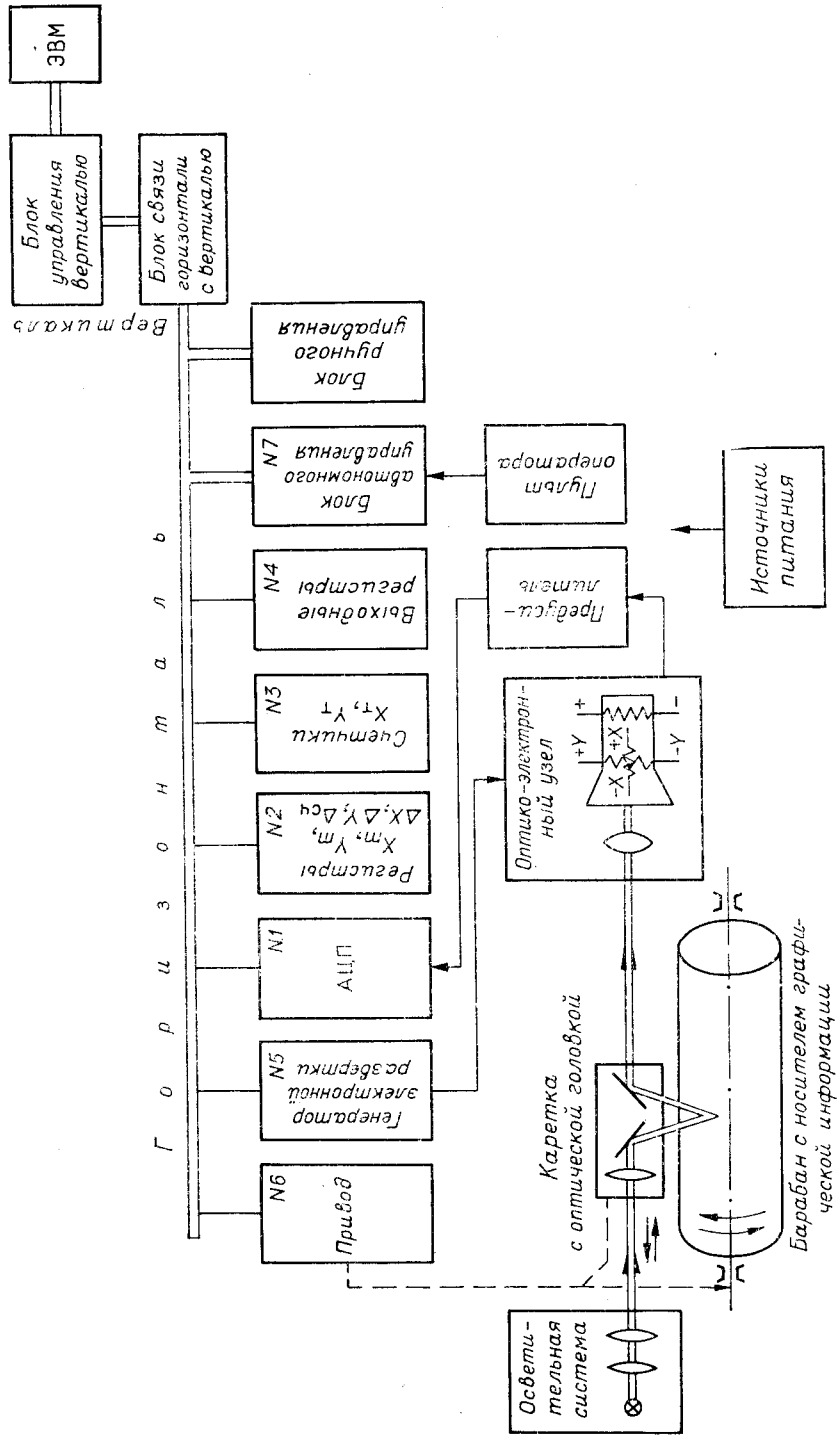


Рис. 1. Структурная схема устройства ввода графической информации в ЭВМ.

Возможна, например, двухкоординатная электромеханическая развертка, которая выполняется при вращении барабана и перемещении оптической головки вдоль образующей этого барабана. Оба вида движения осуществляются с помощью привода. Способ управления модулями и режим функционирования горизонтали и вертикали подробно описан в [3—5] и здесь будет рассмотрен кратко. Управление приводом по САМАС (в случае, например, шаговых двигателей) выполняется следующим образом. От управляющего органа через линию связи по адресу модуля N_6 и субадресу A_1 (двигатель по координате X) или A_2 (двигатель по координате Y) посылается команда «Добавление +1», или «Добавление — 1» (нестандартная) в зависимости от того, в какую сторону нужно выполнить перемещение. Очередная команда подается только при наличии запроса (L_1 — от координаты X , L_2 — от координаты Y), который появляется после обработки двигателем предыдущего шага.

Кроме электромеханической возможна также электронная развертка. Для этого изображение с помощью оптической системы передается на вход оптико-электронного узла (выполненного, например, на диссекторе). Управление электронной разверткой может выполняться двумя способами:

1) по заложенному в генераторе электронной развертки алгоритму. Управление этим модулем по САМАС состоит в следующем. Перед началом работы выполняется занесение начальных условий электронной развертки (размер раstra и шаг раstra). Для этого по адресу модуля N_5 и субадресу регистра начальных условий A_1 посылается команда занесения $F_{зан}$. Заносимая информация передается по шинам WR . Теперь на модуль достаточно подать команду разрешения F_p (по адресу N_5 и субадресу триггера запуска A_2) и заложенный в нем алгоритм начнет функционировать самостоятельно. После обработки раstra модуль возвращается в исходное состояние. Чтобы остановить процесс развертки в тот момент, когда растр еще не обработан полностью, по адресу N_5 и субадресу A_2 следует подать команду запрета $F_{зап}$.

2) по произвольному алгоритму в режиме управления от ЭВМ. Для этого от ЭВМ через блок управления вертикалью и блок связи горизонтали с вертикалью по адресу N_5 и субадресам A_3 (координата X электронной развертки) или A_4 (координата Y электронной развертки) подается команда $F_{зан}$. Она сопровождается передачей по шинам WR информации о координатах точки на экране диссектора, которую нужно проанализировать.

Оба вида развертки (электромеханическая и электронная) могут использоваться совместно. Применение того или иного вида развертки зависит от величины изображения, от требуемых точности, быстродействия и разрешающей способности, от возможностей используемых оптики, оптико-электронного узла и привода.

Аналоговый электрический сигнал, полученный с выхода оптико-электронного узла и несущий информацию о яркости изображения, после предварительного усиления в предусилителе (см. рис 1) поступает в модуль аналого-цифрового преобразования (АЦП), на выходе которого получается двоичный код яркости.

Если получение информации о яркости является конечной целью обработки изображения (например, при считывании полутонов), то полученные в АЦП данные передаются по линии связи в выходные регистры. Для этого по адресу модуля АЦП N_1 и субадресу A_2 (субадрес выходного регистра АЦП) подается команда чтения $F_{ч}$, по которой код яркости по шинам WR записывается в транзитный регистр блока автономного управления. В следующем цикле этот код переписывается по шинам WR в модуль выходных регистров. Для этого по адресу N_4 и субадресу A_1 (субадрес регистра, в котором хранится код яркости) по-

дается команда $F_{зан}$. Использование транзитного регистра связано с тем, что передача информации непосредственно из модуля в модуль не может быть выполнена, так как за одну операцию не могут быть переданы две команды. После заполнения выходных регистров информация о яркости передается в ЭВМ для дальнейшего анализа.

Если же сведения о текущей яркости являются промежуточными (например, при отслеживании линий), то полученный в АЦП код яркости поступает по индивидуальным шинам в блок автономного управления, в котором на основе его анализа формируются сигналы управления развертками.

Текущие координаты считываемого изображения X_t, Y_t фиксируются в модуле счетчиков. Для этого команды «Добавление +1» или «Добавление -1», посылаемые на привод, одновременно поступают на счетчики по адресу $N3$ и субадресам $A1$ (счетчик координаты X) или $A2$ (счетчик координаты Y).

В модуле выходных регистров накапливаются значения яркостей (рассмотренным выше способом) и координат исследуемых точек изображения. Передача текущих значений координат X_t и Y_t из модуля счетчиков в модуль выходных регистров выполняется также через транзитный регистр блока автономного управления. После заполнения выходных регистров этот модуль выставляет запрос $L_{вых.р}$, по которому в блоке автономного управления формируется сигнал прерывания ($L_{п}$) в ЭВМ. Передача информации из выходных регистров в ЭВМ выполняется по команде $F_{ч}$, которая посылается из ЭВМ по адресу $N4$ и субадресам $A1$ (регистр яркости), $A2$ (регистр координаты X), $A3$ (регистр координаты Y) или $A4$ (служебная информация).

Кроме модуля выходных регистров, имеется еще один модуль регистров, в котором содержатся начальные условия электромеханической развертки: максимальные значения координат считываемого изображения (X_m и Y_m), шаг развертки (ΔX или ΔY) и шаг считывания ($\Delta_{сч}$). Эти начальные условия устанавливаются в автономных режимах на пульте оператора перед началом работы и записываются в модуль регистров по команде $F_{зан}$, посылаемой по адресу $N2$ и субадресам $A1$ (X_m), $A2$ (Y_m), $A3$ (ΔX или ΔY) и $A4$ ($\Delta_{сч}$). При управлении от ЭВМ начальные условия задаются программой и аналогичным образом заносятся в модуль.

Рассмотрим некоторые автономные режимы работы устройства.

1. Развертывающий автоматический режим применительно к считыванию полутоновых изображений. В этом режиме выполняется принудительная электромеханическая развертка всего поля носителя (рис. 2),

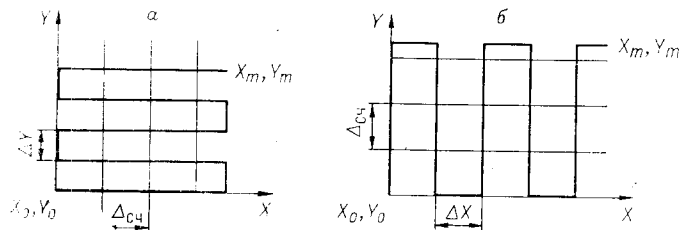


Рис. 2. Перемещение оптической головки относительно изображения в режиме электромеханической развертки:
а — сканирование по координате X ; б — сканирование по координате Y .

а в моменты, когда отработан шаг считывания $\Delta_{сч}$, фиксируются координаты соответствующей точки изображения и включается локальная электронная развертка. Значения координат центра электронной развертки и яркости точек изображения служат выходной информацией.

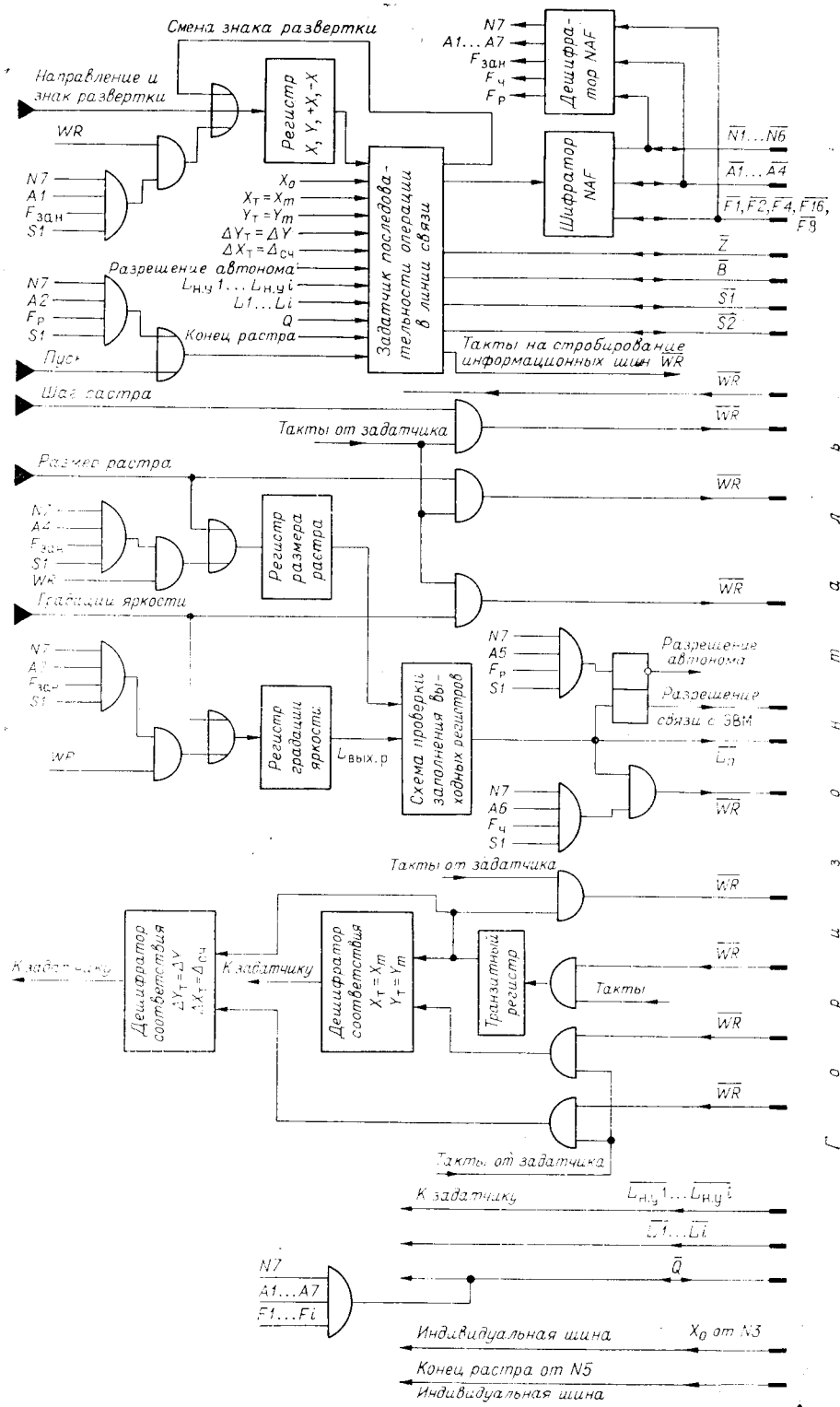


Рис. 3. Функциональная схема блока автономного управления в режиме электромеханической развертки по координате X.

Останов выполняется после того, как просмотрен весь формат изображения ($X_T = X_m, Y_T = Y_m$). Часть функциональной схемы блока автономного управления, работающая в этом режиме, показана на рис. 3, а укрупненный алгоритм работы приведен на рис. 4. Данные, устанавливаемые оператором с пульта, отмечены на рис. 3 затемненными треугольниками.

После нажатия кнопки «Пуск» начинает работать задатчик последовательности операций в линии связи в соответствии с алгоритмом. Условия, определяющие ход алгоритма и отмеченные на рис. 4 штрихами, являются входными для задатчика операций. На вход его поступают также запросы модулей $L1 \dots Li$, запросы начальных условий $L_{н.у}1 \dots L_{н.у}i$ и ответы модулей Q , не показанные на укрупненном алгоритме рис. 4. С выхода задатчика сигналы поступают на шины $Z, B, S1, S2$ и N, A, F (через шифратор). Задатчик вырабатывает и внутренние такты для стробирования информационных шин WR .

Это выполняется:

а) при занесении начальных условий (шаг раstra, размер раstra, градации яркости) в модули: генератор электронной развертки ($N5 A1F_{зан}$) и АЦП ($N1A1F_{зан}$);

б) при чтении текущих координат X_T и Y_T из модуля счетчиков ($N3A1F_{ч}$, $N3A2F_{ч}$) или кода яркости из модуля АЦП ($N1A2F_{ч}$) в транзитный регистр;

в) при чтении начальных условий $X_m, Y_m, \Delta Y, \Delta_{сч}$ из модуля регистров ($N2(A1 \dots A4)F_{ч}$) в дешифраторы соответствия $\Delta Y_T = \Delta Y, \Delta X_T = \Delta_{сч}, X_T = X_m, Y_T = Y_m$;

г) при передаче значений текущих координат X_T, Y_T и кода яркости из транзитного регистра в модуль выходных регистров ($N4(A1 \dots A3)F_{зан}$).

В блоке автономного управления имеется схема проверки заполнения выходных регистров. Этой схемой вырабатывается сигнал прерывания в ЭВМ (F_n) на основе анализа заполнения выходных регистров и начальных условий электронной развертки (размера раstra и числа градаций по яркости).

Передача выходной информации в ЭВМ выполняется по командам $F_{ч}$, которые посылаются из машины по адресу модуля выходных регистров $N4(N4(A1 \dots A4)F_{ч})$. После считывания от ЭВМ посылается команда разрешение автономного ($N7A5F_p$), по которой задатчик последовательности операций возобновляет свою работу.

2. Следящий автоматический режим. В этом режиме выполняется электромеханическая принудительная развертка по одной координате и автоматическое слежение за линией графика по другой координате. Управляющим параметром при слежении является текущий уровень яркости. После выполнения каждого шага принудительной развертки включается локальная электронная развертка по четырем точкам. На рис. 5 показано взаимное расположение просматриваемых при локальной развертке точек вблизи линии графика. Яркость каждой просматриваемой точки анализируется, и с помощью несложной логической схемы определяется направление доводки. Для увеличения быстродействия шаг доводки накладывается на очередной шаг развертки. Часть функциональной схемы блока автономного управления, работающая в этом режиме, показана на рис. 6, а укрупненный алгоритм работы приведен на рис. 7.

В отличие от ранее рассмотренного режима ход алгоритма определяется теперь несколькими иными условиями. Добавляются условия наличия и отсутствия линии, равенства или неравенства яркости анализируемых точек. Новые условия задаются схемой проверки линии и схемой сравнения кодов (см. рис. 6).

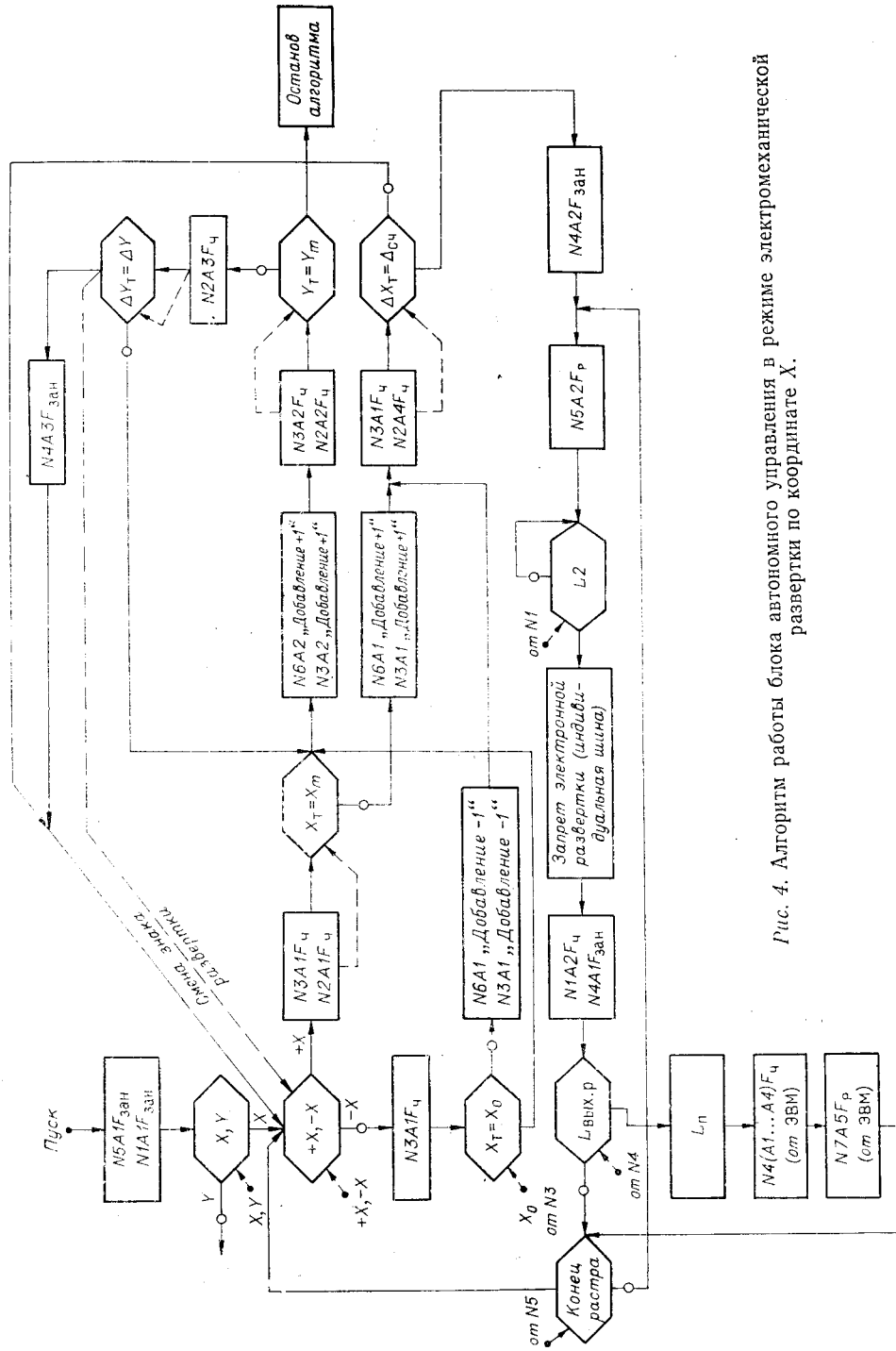


Рис. 4. Алгоритм работы блока автономного управления в режиме электромеханической разветки по координате X.

В рассматриваемом режиме предусмотрена возможность поиска потерянной линии графика (при сбое или при обрыве линии) путем включения локальной электронной развертки на максимально возможном участке носителя. Для этого во входные регистры генератора электронной развертки заносятся ($N5A1F_{зан}$) новые начальные условия, задаваемые шифратором размера и типа раstra (см. рис. 6), а затем посылается команда разрешения ($N5A2F_p$). Яркость просматриваемых точек анализируется, а после обнаружения линии проверяется направление на нее путем чтения этой информации из генератора электронной развертки ($N5A5F_u$) на шины $WR1$ и $WR2$. Состояние этих шин является входным условием задатчика операций. Если линия не обнаружена, выполняется останов алгоритма.

3. Режим управления от ЭВМ. В этом режиме исследователю предоставляется возможность по любому заранее продуманному алгоритму управлять как двухкоординатной электромеханической, так и электронной разверткой. В последнем случае можно реализовать любой тип развертки, в том числе и перемещение луча диссектора

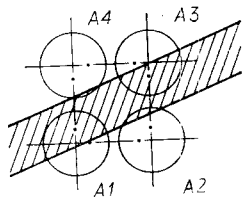


Рис. 5. Взаимное расположение просматриваемых при локальной развертке точек вблизи линии графика.

в произвольную точку экрана. В этом режиме появляется возможность промоделировать оптимальные способы обработки изображений. В случае считывания графической информации, например, можно промоделировать различные варианты следящих разверток как по одной координате (для однозначных функций), так и по двум координатам (для неоднозначных функций) при постоянной скорости прослеживания. Управляющим параметром в обоих случаях будет текущий уровень яркости. Можно промоделировать также оптимальное по быстродействию управление считыванием графической информации, включив скорость в число управляемых параметров. Для случая пересекающихся графиков и некачественных записей (разрывы линий и т. д.) можно промоделировать различные варианты так называемой условной программы развертки (с экстраполированием), когда координаты очередного элемента определяются яркостью предшествующего элемента и всем ходом оставшейся позади части процесса развертки.

Проведение такой работы позволит, во-первых, отработать оптимальные программы считывания изображений для систем сбора и обработки информации и, во-вторых, предложить по возможности оптимальные рабочие алгоритмы, пригодные для инженерной реализации в автономных устройствах.

В режиме управления от ЭВМ можно, в частности, включать по программе рассмотренные выше автономные алгоритмы. Для этого в модули $N1$ ($A1$), $N2$ ($A1, A2, A3, A4$), $N5$ ($A1$) и $N7$, ($A2$ или $A3$) подается команда F_p . По этой команде начинают работать задатчики последовательности операций в магистрали в соответствии с нужными алгоритмами.

При отладке системы удобно пользоваться блоком ручного управления. На передней панели этого блока имеются переключатели адресов (N), субадресов (A) и команд (F) и тумблеры WR , а состояние шин $WR, Q, Z, S1, S2, I$ определяется по индикаторным лампам. Это позволяет проверять правильность работы отдельных модулей и выполнения единичных операций в магистрали.

Блок связи горизонтали с вертикалью — одинаковый для всех крейтов, а блок управления вертикалью — общий для всей системы типа САМАС. Принцип работы этих блоков рассмотрен подробно в литературе [3—5].

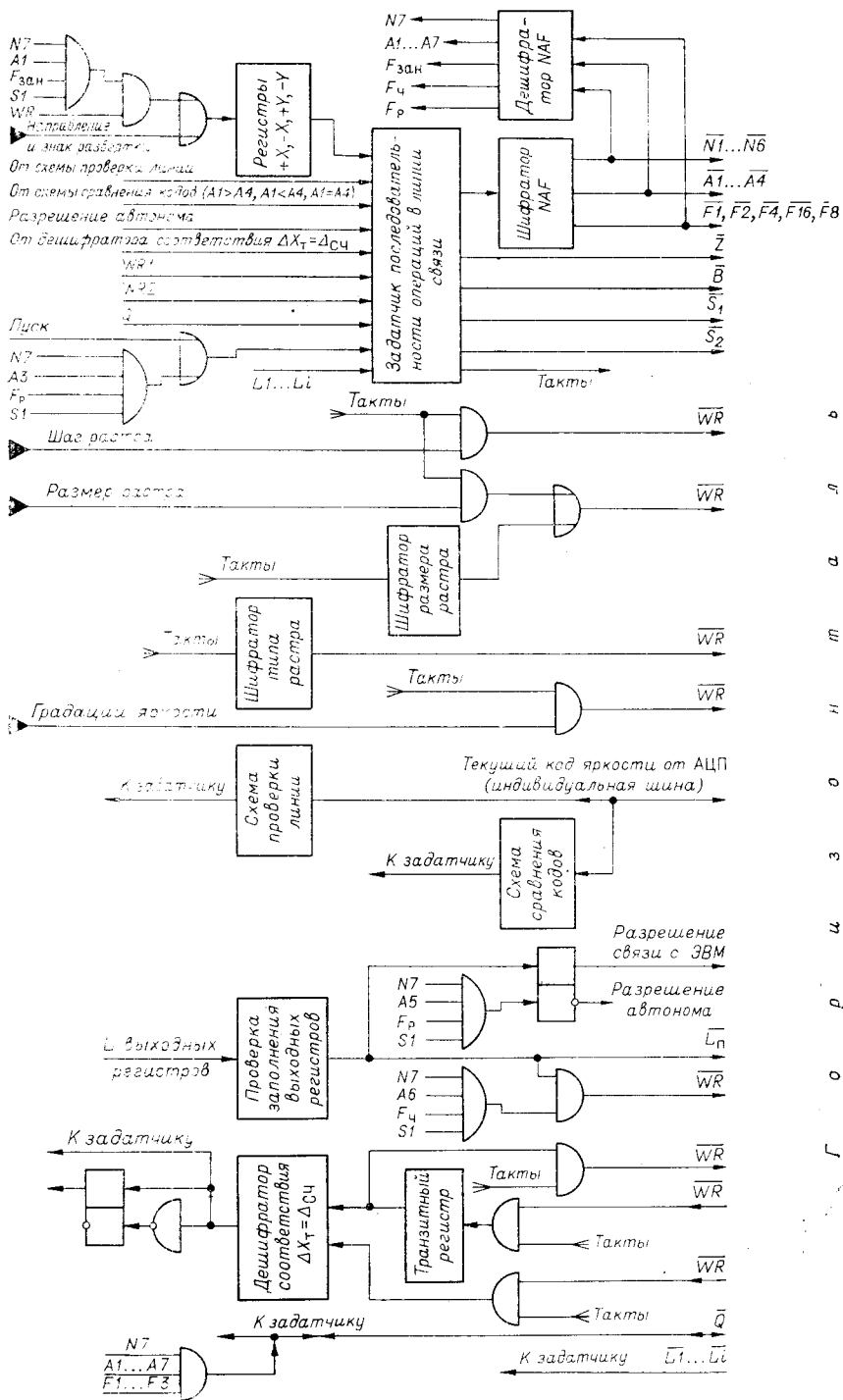


Рис. 6. Функциональная схема блока автономного управления в режиме слежения по одной координате.

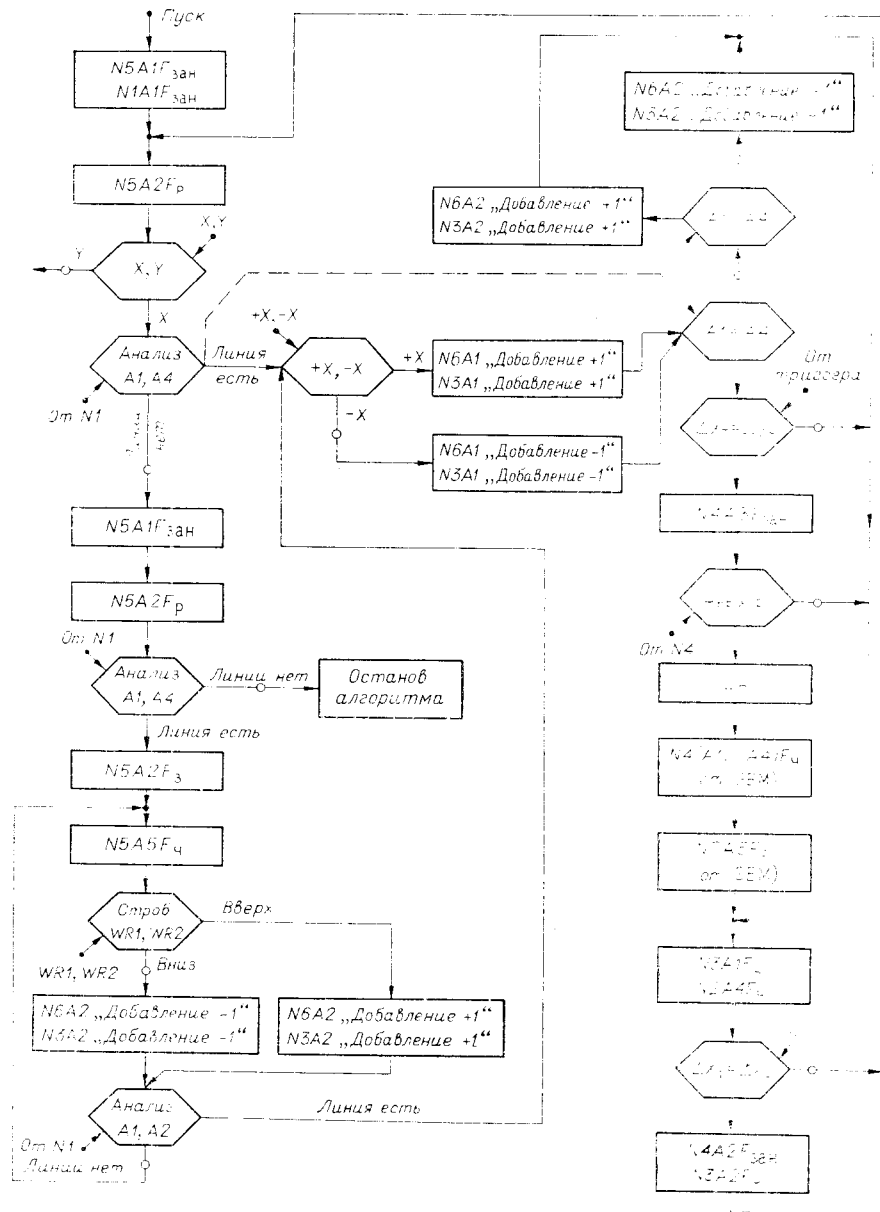


Рис. 7. Алгоритм работы блока автономного управления в режиме сканирования по одной координате.

В заключение отметим, что перед авторами стояла задача рассмотреть в общем вопрос о применении САМАС в устройствах ввода графической информации в ЭВМ, и статья не претендует на подробное описание конкретного устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Петренко. Автоматический ввод графиков в электронные вычислительные машины. М., «Энергия», 1968.
2. Методы и устройства преобразования графической информации.— Сб. статей. Киев, «Наукова думка», 1968.

3. EUR 4100e CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. Esone Committee, 1969.
4. EUR 4600e. CAMAC. Organisation of Multi-crate Systems. Esone Committee, 1972.
5. О. З. Гусев, Ю. Н. Золотухин, З. А. Лившиц, Ю. К. Постоенко и др. Измерительная магистральная модульная система, связанная с ЭВМ HP-2116B.— Автометрия, 1973, № 2.

Поступила в редакцию 31 октября 1972 г.

УДК 62-50

**В. М. АЛЕКСАНДРОВ, Н. Н. КАРЛСОН,
А. А. НЕСТЕРОВ, Н. П. ФИЛИПОВА**
(Новосибирск)

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДОМ В СИСТЕМЕ ГРАФИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Повышение быстродействия периферийных устройств позволяет существенно повысить быстродействие всего вычислительного комплекса. Одним из путей повышения быстродействия графопостроителей является применение оптимального по быстродействию управления перемещением пишущего устройства. В отличие от традиционных постановок задач при синтезе оптимального управления речь будет идти о переводе управляемого объекта из одной точки в другую по заданной траектории.

Будем полагать, что кривая L , которую должен нарисовать графопостроитель, задана в неявной форме уравнением

$$g(x, y) = 0. \quad (1)$$

Такая форма задания изображаемой кривой является достаточно общей. От функции $g(x, y)$ потребуем существования ее частных производных до второго порядка включительно.

Полагаем далее, что пишущее устройство графопостроителя приводится в движение двигателями ограниченной мощности, осуществляющими независимое перемещение пишущего устройства по координатам x и y . Движение пера в этом случае можно достаточно точно описать следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= v_x; \\ \frac{dv_x}{dt} &= f_1(v_x) + k_1 u_1; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dt} = v_y;$$

$$\frac{dv_y}{dt} = f_2(v_y) + k_2 u_2.$$

Здесь v_x и v_y — скорости перемещения пера по координатам x и y соответственно; u_1 и u_2 — управляющие параметры для приводов по координатам x и y . Считаем, что u_1 и u_2 подчинены неравенствам:

$$|u_1| \leq 1; |u_2| \leq 1. \quad (3)$$

Тогда k_1 и k_2 — соответствующие масштабные коэффициенты. Функции