

УСТРОЙСТВО ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЦВМ

А.И.Бурмистров, В.Я. Подымов.
(Москва).

В ряде задач из различных областей науки и техники, которые решаются на цифровых вычислительных машинах (ЦВМ), используется в качестве исходных данных всевозможная графическая информация, в частности: нелинейные функциональные зависимости; линии и контуры, определяющие разбиение рабочего поля на произвольные зоны; силовые и эквипотенциальные линии плоского-параллельного поля; специальные индексы, значки, надписи и др.

В настоящее время для ввода в ЦВМ перечисленных данных применяются устройства ввода графической информации с электро-механической следящей системой или электронно-лучевой трубкой. Такие устройства громоздки и неудобны в эксплуатации и не позволяют решать многие задачи ввода.

Ниже описано устройство ввода графической информации в ЦВМ, в котором применяется координатная матрица с емкостным электростатическим считыванием кодовой информации о координатах.

Координатная матрица является основным звеном устройства и представляет собой двухкоординатную плоскую сетку, составленную из изолированных друг от друга проводящих шин (см. рис. 1). К каждой шине подключен источник, вырабатывающий двоично-кодированную последовательность импульсов напряжения, в которой логической единице соответствует положительный импульс,

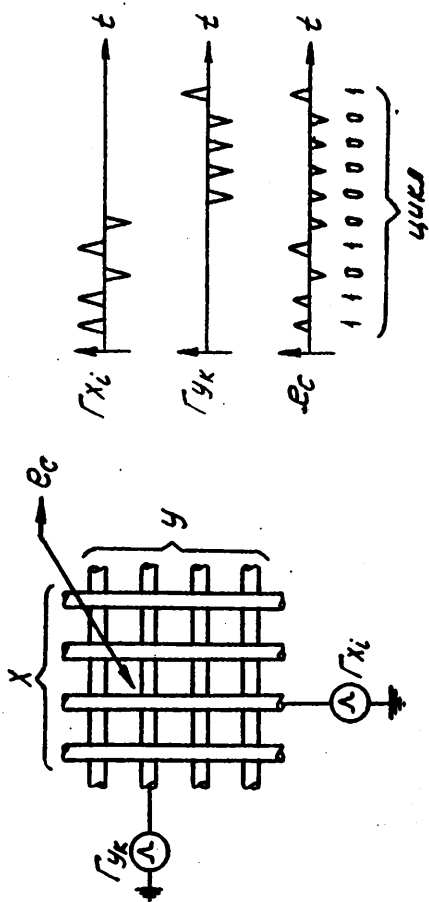


Рис. I.

а логическому нулю – отрицательный импульс. Кодовая последовательность импульсов напряжения на каждой шине однозначно определяет координату этой шины в матрице. Если на некотором расстоянии от сетки поместить чувствительный наконечник – щуп электростатического считывающего устройства, то на его входе за счет емкостной связи будет наводиться импульсная ЭДС. Код этой ЭДС соответствует коду наиболее близко расположенной шины.

При перемещении щупа считывающего устройства вдоль поверхности сетки коды считываемого напряжения изменяются в соответствии с изменением положения щупа в координатах сетки.

Блок-схема устройства ввода представлена на рис. 2. Все устройство разделяется на следующие основные узлы:

- задающий блок, генерирующий разрядные импульсы кодов координат;
- шифраторы ΠX и ΠY соответственно по координатам X и Y формирующие из разрядных импульсов коды координат;
- координатная матрица, формирующая на своей рабочей поверхности электрическое кодовое поле;
- электростатическое считывающее устройство в виде специального карандаша с усилителем считывания кодов координат;
- блок обработки информации;
- блок управления.

Рассмотрим основные принципы построения перечисленных узлов устройства.

Задающий блок представляет собой пересчетную схему, которая вырабатывает разрядные импульсы для шифраторов и вспомогательные импульсы для блока управления. Разрядные импульсы кодов координат формируются во времени со сдвигом на такт и выдаются последовательно по времени разряд за разрядом, начиная со старшего. Координаты X и Y во времени также разнесены.

Шифраторы формируют импульсные коды координат для питания шин координатной матрицы. В устройстве используется последовательный циклический код, у которого соседние значения отличаются только одним разрядом, т.е. при переходе на соседнюю шину происходит изменение полярности только одного разрядного импульса считываемого кода координаты. Использование такого кода позволяет исключить возможность считывания ложных кодов координат в местах перехода с одной шины на другую. В зависимости от технологических возможностей шифраторы могут быть выполнены на

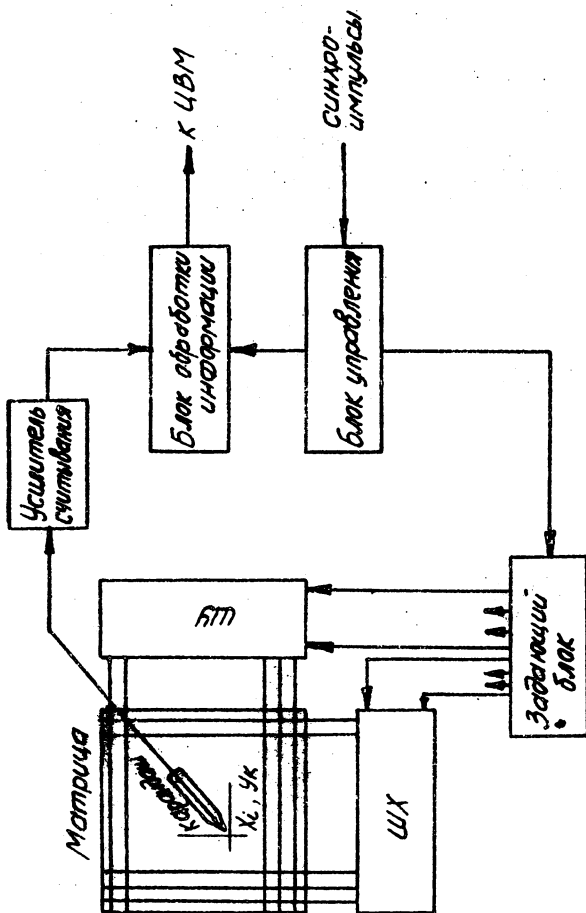


Рис. 2.

трансформаторах с ферромагнитными сердечниками или с использованием емкостных схем. От шифраторов требуется обеспечение максимальных значений амплитуд кодовых напряжений.

Конструкция матрицы является основной и наиболее трудной проблемой в создании данного устройства. Координатная матрица, с помощью которой формируется электрическое кодовое поле координат, должна обладать, во-первых, высокой точностью расположения координатных шин; во-вторых, достаточно большим значением возбуждаемого электрического поля, облегчающим считывание кодовой информации. Считывание с координатной матрицы производится с одной стороны, поэтому ее необходимо спроектировать так, чтобы на ее поверхности считывания (рабочей поверхности) возбуждалось одинаковое электрическое поле от шин обеих координат. Этого можно достигнуть, если применить сетку от взаимно-переплетенных изолированных шин. Однако подобная девятиразрядная матрица имеет 1024 шины по обеим координатам. Вследствие этого возникают большие трудности соединения такой плетеной матрицы с шифраторами, а также изготовление самой сетки с требуемой точностью на металло-ткацких станках.

Другим решением проблемы может быть использование двухслойной системы, каждый слой которой образует координату. За счет экранирующего действия верхнего слоя шин считываемый сигнал различается от нижнего и верхнего слоя. Степень различия зависит от шага матрицы (расстояние между шинами). Так, например, при отношении шага к диаметру шины 3; 5 и 10 ослабление сигнала от нижнего слоя по отношению к верхнему составляет соответственно величины порядка 10; 4 и 2. Таким образом, задаваясь размерами и разрядностью матрицы, можно оценить и степень различия сигналов по координатам. Для правильной работы считывающего устройства необходимо выравнивать сигналы. Этого можно достигнуть соответствующим подбором амплитуд питающих матрицу кодовых напряжений, т.е. либо выбором параметров шифраторов, либо различием амплитуд разрядных импульсов, питающих шифраторы координат x и y .

Двухслойный вариант матрицы может быть выполнен различными способами.

Можно изготовить, например, шифраторы на трансформаторах с ферритовыми сердечниками. Выходные проводники шифраторов используются в качестве шин, которые укладываются в специальную пластину из изоляционного материала с пазами. Первая координата образуется параллельно уложенными выходными проводниками

первого шифратора, вторая координата - проводниками второго шифратора. Таким образом, получается единая конструкция матрицы с шифраторами без промежуточных соединений.

При другом способе двухслойная матрица вместе с шифраторами емкостного типа изготавливается методом фотохимического травления на изоляционной пленке с двухсторонним фольгированием за один технологический цикл. Конденсаторы шифраторов образуются из того же материала (фольга-обкладки, пленка-диэлектрик).

Этот способ создания двухслойного варианта матрицы больше соответствует современным техническим требованиям и является, на наш взгляд, наиболее прогрессивным. Однако его осуществление возможно только при наличии высокоразвитой технологии производства.

Считывающее устройство представляет собой чувствительный карандаш с шариковым пишущим наконечником для регистрации на бумаге вводимой графической информации. В карандаше расположен резервуар с запасом пишущей пасты. В качестве считывающего шупа используется шариковый наконечник.

Чувствительный шуп карандаша тщательно экранируется для уменьшения внешних наводок и для выравнивания амплитуд разрядных импульсов считываемых кодов. Различие в амплитудах разрядных импульсов кодов объясняется тем, что при возрастании номера разряда кода число соседних шин матрицы, несущих одноименный заряд, возрастает как 2^n (2, 4, 8, 16 и т.д.). В связи с этим возрастает амплитуда разрядных импульсов считываемого кода. Форма и размеры шупа определяют характеристики считывания. Наиболее эффективным является шуп с шариковым наконечником, диаметр которого примерно равен двум шагам матрицы. Экран шупа имеет диаметр входного отверстия порядка 2,5 шага матрицы и экранирует наконечник настолько, что остается незащищенной пишущая часть по длине порядка одного шага.

Величина емкости связи между шупом карандаша и шинами матрицы оставляет сотые доли пикофарды для нижнего слоя, поэтому считываемый сигнал имеет величину порядка десятых долей милливольт. Для нормальной работы блока обработки информации необходима амплитуда полезного сигнала порядка 2-3 вольт. Отсюда вытекают следующие требования к усилителю считывания: коэффициент усиления порядка 10.000, полоса пропускания порядка 7 мГц (при длительности разрядных импульсов, равной 0,3 мксек).

Связь усилителя считывания с матрицей - чисто емкостная, поэтому возникает дополнительное требование по входному импедансу усилителя. Это объясняется тем, что при считывании образуется делитель, составленный из емкости связи и входного импеданса усилителя. Для увеличения коэффициента передачи такого делителя необходимо увеличивать активную и емкостную составляющие входного импеданса. Как известно, входной импеданс определяется типом схемы, а также режимом питания полупроводниковых триодов усилителя. Это, в свою очередь, определяет и уровень собственных шумов. Таким образом, требуется найти схему и режим питания, обеспечивающие максимальное усиление с учетом емкости связи при минимальном уровне шумов. Требуемый усилитель с отношением сигнал-шум порядка 7-10 удастся получить с некоторым ограничением полосы пропускания снизу. Это ограничение исключает наиболее интенсивные шумы триода, лежащие на частотах порядка до 300 кГц. Такое ограничение полосы приводит к дифференцированию усиливаемых импульсов. При использовании разрядных импульсов колоколообразной формы с выхода усилителя считывания выдаются парные импульсы одинаковой амплитуды, первый импульс соответствует переднему, а второй импульс - заднему фронту разрядного импульса. Значение данного разряда кода определяется полнотой первого импульса пары, выделение которого осуществляется временным стробированием тактовых импульсами от задающего блока. Конструктивно усилитель разделен на две части: предусилитель, который располагается в карандаше и работает на согласованный кабель связи, и оконечный усилитель с выходом на блок обработки информации.

Блок обработки информации выполняет следующие функции: выделение кодов координат из считываемого сигнала, устранение мешающего действия шумов при переходе от одной кодовой комбинации к другой, выработка сигналов изменения кода координат, определение приращений кодов координат, сжатие избыточной информации.

Выделение кодов координат из считываемого сигнала осуществляется пороговым стробированием с последующей логической обработкой. Принцип порогового стробирования поясняется на рис. 3. Для примера взята группа из восьми шин, отличающихся тремя младшими разрядами в циклическом коде. На расстоянии Δ от плоскости шин расположен шуп карандаша, на котором наводится суммарная ЭДС считывания. Здесь же приведены значения трех

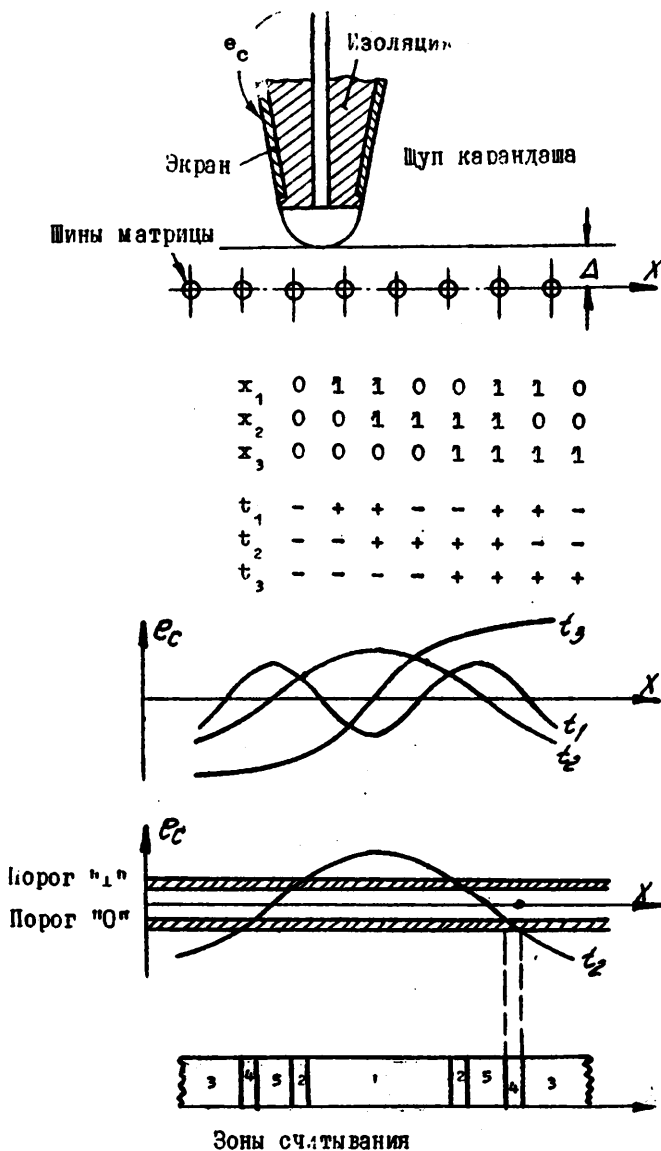


Рис. 3.

младших разрядов кода и соответствующие им значения импульсных напряжений на шинах. На этом рис. X_1 , X_2 , X_3 - разряды кода координаты X , а t_1 , t_2 и t_3 - моменты времени, в которые возбуждаются соответствующие разряды кодов. При перемещении шупа вдоль координаты X амплитуда ЭДС e_c меняется от максимального отрицательного до максимального положительного значения (или наоборот), проходя все промежуточные значения в том числе и ноль. Наличие шумов в считываемом сигнале обуславливает использование порогового устройства с порогом отсечки выше порога шумов.

При однопороговом стробировании пороговое устройство будет надежно срабатывать при значительном превышении сигнала над порогом, вырабатывая сигнал единицы; при сигнале значительно меньшем порога, пороговое устройство не будет срабатывать, что равносильно нулю информации. Когда приходит сигнал, близкий к значению порога, пороговое устройство будет срабатывать случайным образом под действием шумов усилителя. Это равносильно выдаче с порогового устройства случайным образом чередующихся нулей и единиц, что приводит к неоднозначности выдаваемого кода.

Выработка однозначного кода координат обеспечивается двухпороговым стробированием.

Координата X для выбранного на рис. 3 разряда разбивается на ряд чередующихся зон:

- устойчивого срабатывания единицы,
- неустойчивости единицы,
- отсутствия информации,
- неустойчивости нуля,
- устойчивого срабатывания нуля.

На рисунке шумы усилителя учитываются в неустойчивости порогов отсечки пороговых устройств выделения нуля и единицы. Выделение кодов координат производится как при однопороговом стробировании.

Логическая обработка заключается в следующем. Считываемый циклический код преобразуется в двоичный и записывается в выходной регистр. В следующем цикле считываемый код сравнивается с циклическим кодом предыдущего цикла, полученным обратным преобразованием из двоичного кода в выходном регистре. Если циклические коды равны, в выходном регистре сохраняется прежний двоичный код, в противном случае в выходной регистр записывается новый двоичный код. Заметим, что сравнение про-

изводится только при наличии всех разрядных импульсов в считываемом циклическом коде. Анализ полноты кода производится специальной схемой, которая при полном коде разрешает сравнение, при коде с пропуском одного любого разряда запрещает сравнение, а при коде с пропуском большего числа разрядов выдает команду "конец траектории". Эта же схема вырабатывает и команду "начало траектории". Пропуск двух или большего числа разрядов в коде возможен при удалении шупа от поверхности матрицы на расстояние, больше критического, которое заранее устанавливается. Зная программу сравнения кодов, нетрудно понять как осуществляется выдача однозначных кодов с выходных регистров без обновления в каждом цикле считывания при последовательном прохождении шупом всех ранее описанных зон.

В результате такой обработки с выхода устройства выдается следующая информация:

- 1) импульс "начало траектории",
- 2) двоичные коды текущих значений координат вводимой линии,
- 3) импульс смены кода,
- 4) импульс "конец траектории".

Информация такого вида пригодна для ввода в ЦВМ, но она обладает значительной избыточностью: с выхода регистра выдаются полноразрядные коды координат всех дискретных точек, которые чаще всего образуют непрерывную линию. Такая избыточность приводит к нерациональному использованию запоминающего устройства ЦВМ.

Работа блока обработки информации организована так, что помимо полноразрядных кодов координат дискретных точек с выхода устройства выдаются приращения координат в виде двухразрядных кодов по координатам X и Y .

Дальнейшее уменьшение избыточности проводится с помощью кусочно-линейной аппроксимации с заданной точностью и с выдачей координат характерных точек.

На основе описанных принципов изготовлен макет устройства ввода графической информации в ЦВМ, выполненный на полупроводниковых приборах.

Макет имеет следующие характеристики:

- 1) конструктивное выполнение в виде пульта;
- 2) объем порядка $0,15 \text{ м}^3$;
- 3) размер рабочего поля матрицы $150 \times 150 \text{ мм}^2$;

- 4) одновременно с вводом осуществляется регистрация на бумаге вводимой информации, допустимая толщина бумаги - 0,15 мм;
- 5) выход аналоговый и цифровой, аналоговый выход обеспечивает возможность подключения индикатора для визуального контроля на экране вводимой информации;
- 6) точность ввода - 0,2% от размеров рабочего поля (0,3 мм).

Работа с устройством производится так. На рабочую поверхность координатной матрицы кладется лист бумаги и карандашом на бумаге вычерчивается вводимая в ЦВМ линия. Одновременно с этим с выходных регистров устройства ввода выдаются в ЦВМ двоичные коды текущих значений координат этой линии.

Л и т е р а т у р а

1. H.R.Davis, T.O.Ellis. Instruments and control systems, 1965, vol.33, N 12, p.101-103.