

УДК 681.327

М. П. ГРИШИН, Ш. М. КУРБАНОВ, В. П. МАРКЕЛОВ,
В. Г. НАЛИВКИН, Н. Д. ПЕРЕЛЬМАН, В. В. СЕРГЕЕВ, В. Р. СИДОРЕНКО
С. С. ЦЕРЕВИТИНОВ, Л. М. ШАБУРОВА, Л. П. ЯРОСЛАВСКИЙ
(МОСКВА)

**КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ
ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА — ВЫВОДА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПОЛУТОНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
В ЭВМ «МИНСК-22»**

В последнее время появился большой интерес к созданию устройств, позволяющих вводить в ЭВМ различную информацию, зафиксированную в виде полутоновых фотографических изображений.

Создание подобных устройств [1—3] позволит восполнить пробел в области автоматизации обработки информации, записанной в виде различных многоградационных изображений, и более успешно решать задачи обработки результатов в целом ряде областей науки и техники: экспериментальной физике, биологии, геологии, медицине, геодезии, метеорологии и т. д.

Описываемый комплекс аппаратуры (блок-схема рис. 1) предназначен для автоматического ввода в ЭВМ «Минск-22» информации с фото-

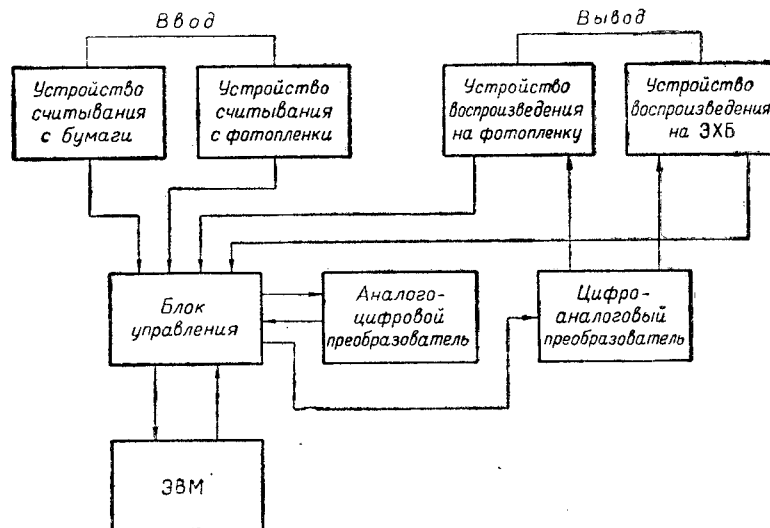


Рис. 1.

пленки и бумаги, а также для вывода результатов обработки информации из ЭВМ на фотопленку и фотобумагу. Кроме того, комплекс обеспечивает вывод изображений на электрохимическую бумагу для целей оперативного контроля.

Ввод изображения основан на дискретизации его по строке и по кадру (вследствие чего все изображение разбивается на отдельные элементы) и квантовании яркости $V(x, y)$ этих элементов. Коды яркости элементов изображения вводятся в ЭВМ. В памяти ЭВМ изображение представлено в виде цифрового поля, каждая ячейка которого соответствует определенному элементу изображения. В описываемом комплексе шаг дискретизации по строке равен $1/1200$ ее длины как при вводе изображения с бумаги, так и при вводе с фотопленки и составляет в первом случае 0,18 мм, а во втором 18 мкм. Шаг дискретизации по кадру при вводе с бумаги равен 0,2 мм или 0,265 мм, а при вводе с фотопленки 26 мкм. Независимо от того, с какого носителя вводится изображение, схема канала ввода имеет вид, изображенный на рис. 1.

Устройство считывания осуществляет сканирование изображения и преобразование яркости отдельных его элементов в аналоговый сигнал. В обоих устройствах считывания используется однострочная оптико-механическая развертка. Аналоговый сигнал с выхода устройства считывания поступает на аналого-цифровой преобразователь, который с определенной частотой преобразует его в цифровой код. Частота преобразования определяется скоростью развертки и шагом дискретизации изображения по строке. Число уровней квантования аналогового сигнала, или число разрешаемых градаций почернения, определяется фотографической шириной обрабатываемого материала и не превышает 64.

Блок управления осуществляет синхронизацию работы устройства считывания и аналого-цифрового преобразователя, а также связь канала

ввода с ЭВМ, а именно: выдачу кодов яркости на шины входного регистра ЭВМ и посылку управляющих сигналов. Скорость ввода изображения определяется скоростью сканирования устройства считывания. При вводе изображения как с бумаги, так и с фотопленки комплекс работает на двух скоростях ввода: 60 строк/мин и 120 строк/мин. Максимальная площадь изображения, которое можно записать в МОЗУ ЭВМ «Минск-22» при упаковке по 6 кодов яркости в 1 машинном слове, не превышает 48 000 элементов (приблизительно 220×220), что явно недостаточно во многих случаях. Поэтому для записи изображений нами был использован

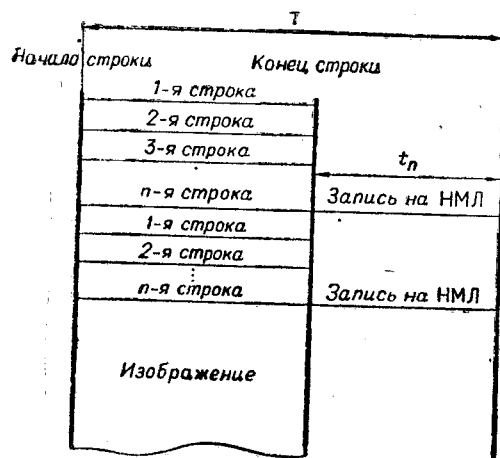


Рис. 2.

накопитель на магнитной ленте (НМЛ), что позволило резко увеличить объем вводимой информации. Для этого информация сначала заносится в буферную память, организованную в МОЗУ, а затем периодически переписывается на НМЛ. Работа ЭВМ при этом поясняется временной диаграммой, изображенной на рис. 2. Ширина вводимого изображения меньше максимальной ширины, которую позволяет устройство считыва-

ния. Для записи на НМЛ используется пауза, длительность которой равна

$$t_n = \left(1 - \frac{l_n}{l_{\max}}\right) T,$$

где l_n — ширина изображения; l_{\max} — максимальная ширина; T — период развертки.

Объем информации, который можно переписать на магнитную ленту, определяется быстродействием НМЛ. На скорости развертки 120 строк/мин при ширине изображения, равной ширине 384 элементов, ЭВМ успевает переписать на НМЛ 6 строк, или 384 машинных слова. На одну магнитную ленту при такой ширине строки записывается изображение $360 \times 384 \approx 140\,000$ элементов, что приблизительно в 3 раза превышает объем информации, который можно записать в МОЗУ. Максимальная ширина изображения, которое можно записать на скорости 120 строк/мин, равна 534 элементам, а на скорости 60 строк/мин — 800 элементам. Длина вводимого изображения зависит от того, сколько магнитных лент используется при вводе.

При выводе осуществляется операция, обратная вводу, т. е. синтез изображения из кодов яркостей отдельных его элементов, поступающих из ЭВМ. Шаг дискретизации по строке составляет также $1/1200$ ее длины и равен 0,18 мм при выводе на фотопленку и на электрохимическую бумагу. Шаг дискретизации по кадру в первом случае равен 0,2 мм, а во втором — 0,265 мм.

При выводе блок управления осуществляет синхронизацию работы устройства воспроизведения и цифро-аналогового преобразователя и связь канала вывода с ЭВМ, а именно: прием кодов яркости с выходного регистра ЭВМ и посылку управляющих сигналов. Коды яркости, принятые блоком управления, подаются на цифро-аналоговый преобразователь, преобразующий их в аналоговый сигнал, который после усиления поступает на устройство воспроизведения.

При выводе на фотопленку, фотобумагу устройство воспроизведения сканирует неэкспонированный носитель световым лучом, световой поток которого модулируется сигналом с выхода цифро-аналогового преобразователя. При выводе на электрохимическую бумагу этот сигнал модулирует электрический ток, проходящий через пишущие электроды. В обоих устройствах воспроизведения используется однострочная оптико-механическая развертка. В ЭВМ информация, которую нужно вывести, записывается на НМЛ. В процессе вывода эта информация периодически, определенными массивами считывается в МОЗУ, откуда поступает на выходной регистр ЭВМ, а затем в блок управления комплекса. При выводе на фотопленку и электрохимическую бумагу комплекс также может работать на двух скоростях: 60 строк/мин; 120 строк/мин. Ввод и вывод изображений из ЭВМ осуществляется по специальной программе.

Устройство считывания изображений с бумаги построено на базе передатчика фототелеграфной аппаратуры типа «Нева» [4]. Параметры этого устройства таковы: развертка барабанного типа; разрешающая способность 5 лин/мм; максимальный размер бланка 200×300 мм; скорость развертки 60 строк/мин, 120 строк/мин; шаг подачи 0,2 мм, 0,265 мм.

Параметры устройства считывания изображений с фотопленки: развертка плоскостная спирально-щелевая; разрешающая способность 50 лин/мм; ширина пленки 36 мм; скорость развертки 60 строк/мин, 120 строк/мин; шаг подачи 26 мкм.

Устройство воспроизведения на фотопленку, фотобумагу построено на базе приемника фототелеграфной аппаратуры типа «Нева» [4]. Параметры его такие же, как и устройства считывания. Устройство обеспечи-

вает воспроизведение до 12 градаций оптической плотности полутонового клина в интервале от 0,05 до 1,5. Запись осуществляется на фотопленку «ФТ-20» или «ФТ-30» и на фотобумагу «Унибром № 3».

Устройство воспроизведения на электрохимическую бумагу обладает следующими параметрами: развертка плоскостная однострочная; разрешающая способность 5 лин/мм; ширина бумажного носителя 200 мм; скорость развертки 60 строк/мин, 120 строк/мин; шаг подачи 0,265 мм. Устройство обеспечивает воспроизведение до четырех градаций оптической плотности.

Функциональная схема блока управления (БУ) изображена на рис. 3, где ГТИ — генератор тактовых импульсов; ДНС — датчик начала

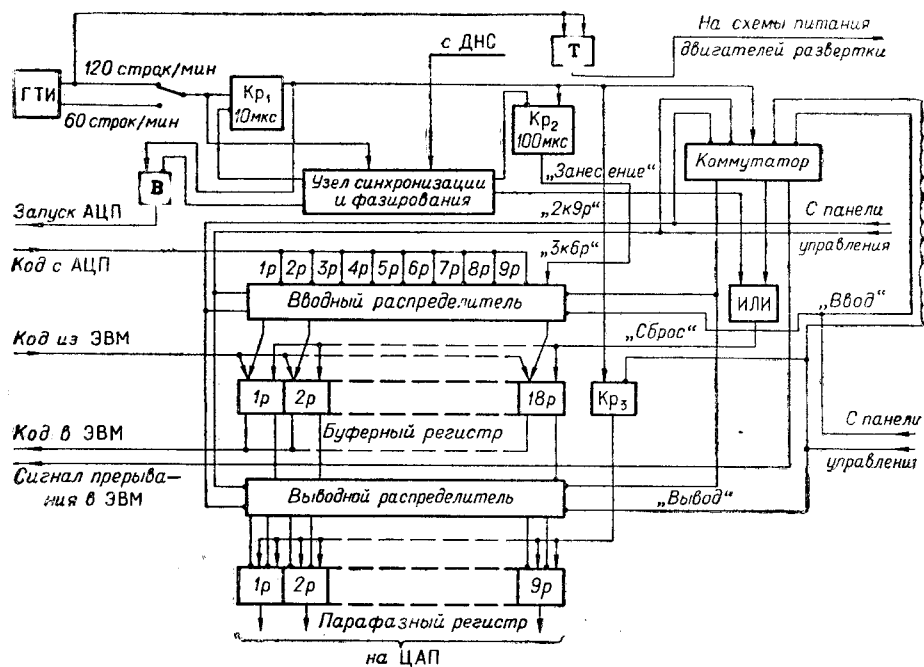


Рис. 3.

строки; Кр — кипп-реле; Т — триггер; В — вентиль. Блок управления выполняет следующие функции: 1) синхронизацию работы развертывающих и воспроизводящих устройств и ЭВМ; 2) фазирование; 3) запуск аналого-цифрового преобразователя (АЦП) на измерение; 4) съем кода с АЦП и компоновка 18-разрядного слова в буферном регистре; 5) выдачу 18-разрядного слова в ЭВМ; 6) выдачу управляющего сигнала (сигнала прерывания) в ЭВМ; 7) прием из ЭВМ в буферный регистр 18-разрядного слова; 8) распаковку этого слова и выдачу кодов на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).

Для отладки и устранения неполадок предусмотрены следующие режимы работы БУ: 1) автономный режим; БУ не посылает на ЭВМ сигналов прерывания; 2) тактовый режим; БУ работает от генератора одиночных импульсов; 3) режим имитации при вводе; 4) режим имитации при выводе.

Органы управления БУ позволяют изменять: а) скорость развертки: 120 строк/мин или 60 строк/мин; б) плотность ввода — вывода — построчное или чересстрочное занесение информации; в) длину строки, вводимой

в ЭВМ; г) разрядность кода, соответствующего первому элементу изображения: в 1-м режиме — «3кбр» — число разрядов равно шести, во 2-м — «2к9р» — девяти.

Связь БУ с ЭВМ осуществляется по доработанному телетайпному каналу. Ритм работы БУ определяется частотой тактовых импульсов, которая выбирается исходя из скорости развертки и количества элементов разбиения полной строки и на скорости 120 строк/мин равна 2400 Гц, а на скорости 60 строк/мин — 1200 Гц.

Синхронизация основана на использовании свойств синхропривода, применяемого для сканирования в считывающих и воспроизводящих устройствах. Напряжение питания двигателей развертки синхронно с тактовыми импульсами. При этом на любой скорости развертки время сканирования одной строки равно 1200 периодам тактовой частоты. Для подсчета этого числа используется 11-разрядный двоичный счетчик с коэффициентом пересчета 1200. Выходы триггеров счетчика являются входами схемы выделения длины строки. Эта схема позволяет изменять ширину вводимого изображения.

Смысл фазирования заключается в выборе начала строки. Для фазирования используется импульс датчика начала строки (ДНС), который имеется в каждом считывающем и воспроизводящем устройстве.

В качестве ДНС в устройстве считывания изображений с бумаги и в устройстве воспроизведения на фотопленку используются механические контакты, замыкаемые кулачком, а в устройствах считывания с фотопленки и воспроизведения на электрохимическую бумагу — 2 индуктивных датчика. Нестабильность срабатывания ДНС в процессе ввода — вывода изображения не влияет на работу БУ, так как импульс ДНС используется один раз на одну операцию ввода — вывода.

Применение 18-разрядного буферного регистра в БУ обусловлено недостаточным для применяемых скоростей развертки быстродействием ЭВМ «Минск-22». В режиме «3кбр» в буферном регистре накапливаются 3 кода яркости, вследствие чего частота обращения к ЭВМ снижается в 3 раза и для скорости 120 об/мин равна 800 Гц, для скорости 60 об/мин — 400 Гц. В режиме «2к9р» частота обращения к ЭВМ для скорости развертки 120 об/мин составляет 1200 Гц, а для скорости 60 об/мин — 600 Гц.

Для упаковки 18-разрядного слова в буферном регистре в блоке управления используется вводный распределитель, который в зависимости от разрядности кода яркости элемента изображения (режим «3кбр» или «2к9р») заносит в буферный регистр 6 или 9 старших разрядов с выхода АЦП.

При выводе, после приема сигнала прерывания с БУ из ЭВМ, в буферный регистр поступает 18-разрядное слово. Необходимо разбить это слово на коды яркости отдельных элементов изображения в соответствии с режимом работы («3кбр» или «2к9р») и последовательно подавать эти коды на цифро-аналоговый преобразователь. Эту функцию в блоке управления выполняет выводной распределитель.

Для управления работой вводного и выводного распределителей в БУ используется коммутатор, представляющий собой 2-разрядный счетчик. В режиме «3кбр» коэффициент пересчета счетчика равен трем, а в режиме «2к9р» — двум. Кроме того, коммутатор вырабатывает сигнал прерывания, являющийся управляющим для ЭВМ.

Помимо буферного регистра в БУ применяется парафазный регистр (ПР). Это необходимо для того, чтобы времена экспозиции всех элементов изображения при выводе были одинаковыми. При отсутствии ПР это условие не выполняется. Емкость ПР рассчитана на максимальное

число разрядов кода яркости и равно 9 разрядам. В режиме «Зкбр» три младших разряда ПР не используются.

БУ выполнен в виде стойки $1200 \times 500 \times 500$ и собран на импульсно-потенциальных элементах ЭВМ «Минск-22», что упрощает стыковку БУ и ЭВМ. Объем БУ — 80 ячеек ЭВМ «Минск-22».

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) работает по принципу поразрядного взвешивания. Параметры АЦП: 1) диапазон входного сигнала 0—50 В; 2) выход — 10-разрядный двоичный код; 3) частота измерения до 13 кГц; 4) время измерения 75 мкс; 5) погрешность квантования 0,5%; 6) входное сопротивление 20 кОм. Импульсы запуска АЦП поступают с блока управления. Частота запуска равна частоте тактовых импульсов. Код с выхода АЦП поступает на вводный распределитель БУ. Импульс занесения кода БУ следует через 100 мкс после импульса запуска АЦП.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) работает по принципу поразрядного взвешивания. Параметры ЦАП: 1) вход — 10-разрядный двоичный код; 2) диапазон выходного тока от 0 до 20 мА; 3) погрешность преобразования 0,2%; 4) выходное сопротивление 20 кОм. Код на вход ЦАП поступает с парафазного регистра БУ. Сигнал с выхода ЦАП после усиления используется для модуляции тока газосветной лампы при выводе изображений на фотопленку, фотобумагу и для модуляции тока через пишущие электроды при выводе изображений на электрохимическую бумагу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный и проходящий опытную эксплуатацию комплекс аппаратуры, обладая высокой универсальностью, позволяет решать широкий круг задач. Основные узлы комплекса построены на базе серийно выпускаемых промышленностью приборов. Эти высоконадежные узлы обеспечивают стабильность работы и относительно невысокую стоимость комплекса, а простота наладки и эксплуатации — возможность обслуживания его штатом из одного-двух человек. К достоинствам комплекса можно отнести также и возможность ввода в ЭВМ большого количества информации, что достигается использованием НМЛ машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Вайнштейн, М. П. Гришин и др. Автоматическая обработка оптической информации с применением ЭЦВМ.— Измерительная техника, 1970, № 10.
2. W. L. Gilman. Drum Scanning techniques for Digitizing and Recording Image Data.— IEEE Dutern, Conc. Record., 1966, pt. 3.
3. Л. П. Ярославский. Устройство ввода — вывода изображений для ЦВМ. М., «Энергия», 1968.
4. Мельник и Оксман. Фототелеграфные аппараты. М., «Связь», 1966.

*Поступила в редакцию
10 сентября 1970 г.*