

К. т. н. В. В. ДАНИЛОВ

Украина, г. Донецк, НИИ комплексной автоматизации
E-mail: krf@dongu.donetsk.ua

Дата поступления в редакцию
15.02 2001 г.

Оппоненты д. ф.-м. н. Н. М. КОВТУН,
к. ф.-м. н. В. П. САВЧУК

ФОТОСЧИТЫВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ РАДИОСИГНАЛОВ В АКУСТООПТИЧЕСКОМ АНАЛИЗАТОРЕ СПЕКТРА

Приведены структурные схемы и описание взаимодействия узлов электронной части акустооптического анализатора спектра.

В акустооптическом анализаторе спектра радиосигналов [1] процессы фотосчитывания спектральных распределений осуществляются посредством блоков индикации и сопряжения с ЭВМ. Они обеспечивают: управление фотоэлектронным преобразователем на основе фотолинейки (внешний вид которой показан на рис. 1); выборочное запоминание и инди-

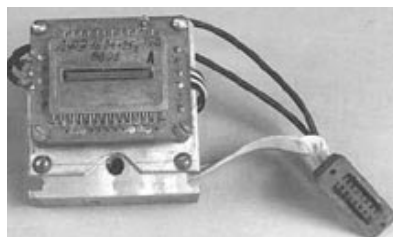


Рис. 1. Общий вид фотолинейки ЛФ1024-25/1А

кацию мгновенного спектрального распределения радиосигналов на экране встроенного видеоконтрольного устройства (ВКУ) в режимах полной шкалы и «лупы»; формирование сигналов и отображение буквенно-цифровой и графической информации на экране ВКУ; сопряжение с ЭВМ и обеспечение передачи на обработку набора текущих реализаций мгновенного спектра, индикацию положения «лупы» в режиме «отображения полной шкалы»; фиксацию частоты и амплитуды составляющих записанного мгновенного спектра.

Основные структурные элементы блоков показаны на рис. 2. Они размещены на платах источника питания (ИП), аналоговой обработки (ПАО), синхронизатора (СИН) и знакогенератора (ЗГ). В схему входят ОЗУ-8, ОЗУ-64 и относящаяся к блоку индикации плата разверток (БР) и видеоусилителя (ВУ). На плате синхронизатора и знакогенератора размещены генератор растровых элементов (ГРЭ) и микшер (М). Кроме того, в кросс-плату ПЭВМ вставляется плата интерфейса, осуществляющего обмен с ЭВМ.

Системным хронизатором является синхронизатор телевизионного типа с генератором растровых элементов в качестве источника тактовой частоты.

Особенностью синхронизатора является то, что тактовая частота строчных синхросигналов равна 28 кГц вместо стандартных ~15 кГц. Это связано с тем, что для отображения 1024 линий спектра необходимо не менее 512 строк в активном поле раstra — даже при условии двухъярусного отображения спектра. Кроме того, выделение для каждой спектральной линии отдельной строки развертки существенно снижает апертурные искажения электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) и приводит к заметному улучшению качества изображения. С этой же целью, а также для того, чтобы спектр отображался в привычном виде, в блоке индикации на 90° повернута отклоняющая система и линии развертки направлены снизу вверх.

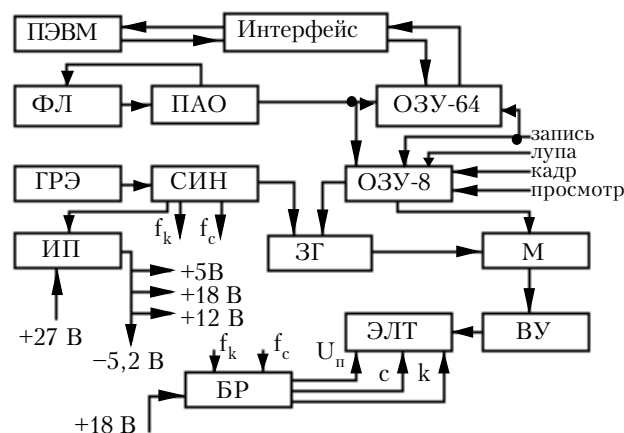


Рис. 2. Структурная схема блоков сопряжения с ЭВМ и индикации

Синхронизатор формирует большой набор синхроимпульсов, необходимых для работы всех структурных элементов, в т. ч. и импульсы синхронизации источника питания. При включении акустооптического анализатора спектра (АОАС) синхронизатор не работает, т. к. на него не поступает питание. В этом случае источник питания, не получая синхроимпульсов, работает в автоколебательном режиме. При нарастании питающего напряжения до номинального значения +5 В источник переходит в синхронный режим, а на выходах синхронизатора появляется полный набор синхросигналов. На выходе фотолинейки (ФЛ) появляется аналоговый сигнал, который преобразуется в АЦП платы ПАО

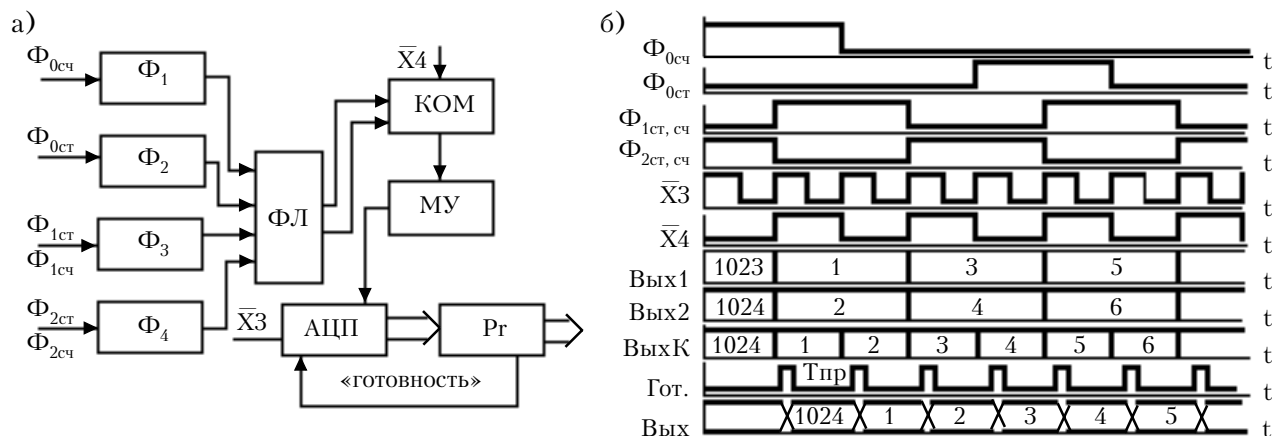


Рис. 3. Структурная схема (а) и временные диаграммы работы (б) платы аналоговой обработки

и поступает в виде семиразрядного кода на входы данных ОЗУ-64 и ОЗУ-8. Оперативное запоминающее устройство ОЗУ-64 предназначено для фиксации пачки из 64 кадров спектральных распределений с целью дальнейшего ввода в ЭВМ. Запоминание пачки начинается с приходом сигнала «запись» (кнопка расположена на передней панели АОАС) и заканчивается с приходом 64-го кадра. После этого записанная информация через интерфейс вводится в ЭВМ. Команда на ввод производится с клавиатуры ЭВМ. На время ввода информации в ЭВМ запись в ОЗУ-64 запрещена, что исключает возможные искажения результатов за счет наложения разных пачек.

По сигналу «запись» также происходит запись в ОЗУ-8 только одного кадра, и перед этим счетчик кадров сдвигается на единицу, обеспечивая тем самым сохранение ранее записанного кадра и запись нового на свободное место. Все остальное время ОЗУ-8 находится в режиме чтения, считывая текущий кадр. Режим «лупы» также обеспечивается цепями ОЗУ-8. В этом режиме ОЗУ-8 обеспечивает считывание не всего кадра (1024 отсчета), а только 64 линий спектра, однако местоположение считывания этих 64 линий в кадре может выбираться кнопками «просмотр», расположенных на лицевой панели АОАС. В результате на один из входов микшера М (рис. 2) поступает либо сигнал полного спектра, либо 64 отсчета спектра — в зависимости от выбранного режима отображения.

На второй вход микшера М поступает сигнал цифро-знаковой информации от знакогенератора ЗГ. Знакогенератор предназначен для формирования знаковых сообщений двух видов — статических и динамических. (К статическим относятся буквенные надписи обозначения границ частотного диапазона, к динамическим — сообщения, отображающие номера кадра и значения частоты визира электронной лупы.)

Сигналы с выхода микшера через видеоусилитель ВУ поступают на ЭЛТ, которая и обеспечивает отображение содержимого кадра.

Структура платы аналоговой обработки и временные диаграммы ее работы показаны на рис. 3. Данный элемент осуществляет формирование необходимых сигналов управления фотодиодной

кой ФЛ, масштабирование ее выходных сигналов и преобразование их в параллельный 7-разрядный двоичный код. Управляющие сигналы ФЛ в уровнях ТТЛ поступают из платы синхронизатора СИН (рис. 2) на формирующие каскады Ф1 — Ф4, которые обеспечивают требуемую для работы ФЛ амплитуду импульсов $\Phi_{0\text{ст}}$, $\Phi_{0\text{сч}}$, $\Phi_{1\text{ст,сч}}$, $\Phi_{2\text{ст,сч}}$ (9–12 В). Информация с двух выходов ФЛ (от четных и нечетных ячеек) поступает на вход коммутатора КОМ, который преобразует ее в последовательность импульсов.

Требуемый размах входного сигнала АЦП (0–2,5 В) обеспечивает масштабный усилитель МУ, в котором предусмотрена регулировка амплитуды и уровня сигнала. В качестве АЦП используется микросхема 1108ПВ1 — десятиразрядный, последовательного приближения АЦП с частотой преобразования до 1 МГц. Тактовая частота в данной схеме включения АЦП определяется внешней емкостью, время преобразования ($T_{\text{пр}}$) составляет 750–800 нс. Запуск АЦП осуществляется отрицательным перепадом сигнала $\bar{X}3$, поступающего из синхронизатора СИН (рис. 2). По завершении цикла преобразования входной информации в двоичный код микросхема выдает сигнал «готовность», положительным фронтом которого информация записывается в выходной регистр. Коммутатор выполнен на микросхеме 564КП1, масштабируемый усилитель — на микросхеме 574УД1. В качестве выходного регистра Рг использована микросхема 153ЗИР23.

Плата синхронизатора и знакогенератора содержит следующие структурные элементы (см. рис. 4): задающий генератор, многоразрядный параллельный счетчик, строчное ПЗУ, кадровое ПЗУ, формирователь сигнала для фотодиодной, формирователь горизонтальных и вертикальных меток, формирователь сигналов для ВКУ, ПЗУ управления знакогенератором, буфер номера кадра, преобразователь значения кода в значение частоты, знакогенератор, микшер.

Задающий генератор реализован на основе линии задержки и обеспечивает формирование расстровых элементов заданной длительности.

Девятиразрядный параллельный счетчик функционально состоит из счетчиков X и Y. Де-

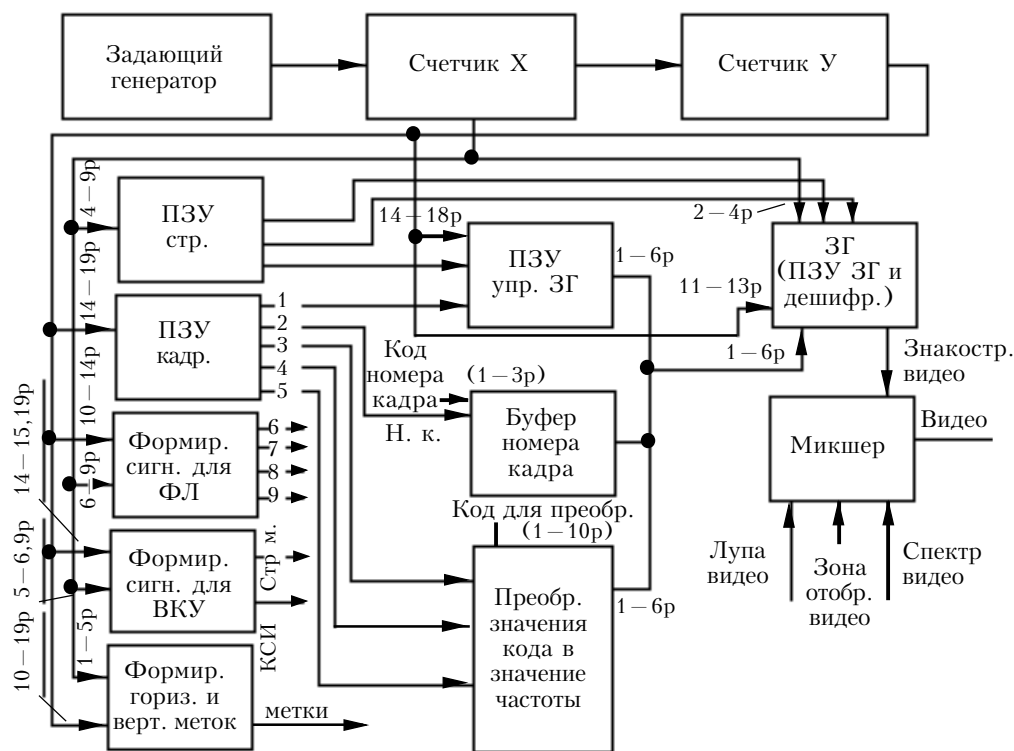


Рис. 4. Структурная схема синхронизатора и знакогенератора

вятиразрядный счетчик X генерирует разрядную сетку по строке. Число растровых элементов в активной части строки – 512. Десятиразрядный счетчик Y генерирует разрядную сетку по кадру. Число строк в активной части кадра – 512. Схема счетчика реализована на микросхемах 153ЗИЕ10.

Строчное ПЗУ формирует на каждой строке импульсы зоны отображения 1, зоны отображения 2, подсвета 1, подсвета 2, выбора поля индикации. Импульс зоны отображения 1 обеспечивает подсвет зоны, в которой осуществляется отображение на экране ВКУ сигналов спектральных распределений и лупы в режиме «обзор». Импульс отображения 2 обеспечивает подсвет зоны, в которой осуществляется отображение сигнала спектра на экране ВКУ в режиме «лупа». Импульс подсвета 1 обеспечивает подсвет зоны, в которой осуществляется отображение знакостроки в режиме «лупа». Импульс выбора поля индикации является управляющим и обеспечивает работу ПЗУ управления знакогенератора.

Кадровое ПЗУ формирует в каждом кадре импульсы «статическая информация», «частота», «номер кадра», «целые/сотые», «десятки/единицы». Первые три импульса определяют местоположение статической, динамической информации и значение номера кадра внутри знакостроки. Импульсы «целые/сотые» и «десятки/единицы» являются управляющими, обеспечивающими работу преобразователя значения кода в значение частоты. Строчное и кадровое ПЗУ собраны на микросхемах 556РТ5.

Формирователь сигналов для ФЛ вырабатывает набор сигналов, необходимых для функционирования фотополоски. Формирователь горизонтальных и вертикальных меток формирует специальные мет-

ки, отображаемые на экране ВКУ в режиме «лупа». Формирователь сигналов для ВКУ вырабатывает импульс строчного меандра и кадровый синхросигнал, предназначенные для синхронизации работы видеоконтрольного устройства.

ПЗУ управления знакогенератором предназначено для формирования шестиразрядных кодов буквенных и знаковых символов, которые определяют содержание статической информации внутри знакостроки. ПЗУ реализовано на микросхеме 573РФ2.

Буфер номера кадра обеспечивает прохождение шести-

разрядного кода номера кадра на вход знакогенератора только тогда, когда выбрано соответствующее знакоместо внутри знакостроки. Буфер собран на микросхеме 155ЛП11. Преобразователь значения кода в значение частоты предназначен для преобразования десятиразрядного двоичного кода, соответствующего 1024 значениям отсчетов спектральных линий, в 1024 значения частоты внутри знакостроки. Преобразователь собран на микросхемах 573РФ2, 1533КП14 и 155ЛН6. Шестиразрядные выходные коды преобразователя определяют содержание динамической информации внутри знакостроки. Знакогенератор формирует на каждом из 32 мест знакостроки цифровое или буквенное изображение символа, либо «пробел» в режимах «обзор» и «лупа».

Микшер формирует видеосигнал для ВКУ, содержащий информацию зоны отображения, лупы, знакостроки, спектральных распределений. Суммирование осуществляется с использованием матрицы сопротивлений, номиналы которых выбраны пропорционально весовым множителям, в соответствии со значениями которых происходит суммирование.

Плата ОЗУ-8 предназначена для запоминания произвольно выбранных реализаций спектральных распределений фотополоски и формирования сигнала, позволяющего представить данные реализации на экране ВКУ в удобном для оператора виде. Структурная схема ее представлена на рис. 5 и включает формирователь сигналов управления, шинный формирователь (ШФ) входного сигнала, ОЗУ, формирователь адресных сигналов ОЗУ, формирователь метки, формирователь выходного сигнала.

Устройство работает в двух режимах:

– режим обзора, когда на экране представлена радиоэлектронная обстановка во всем диапазоне

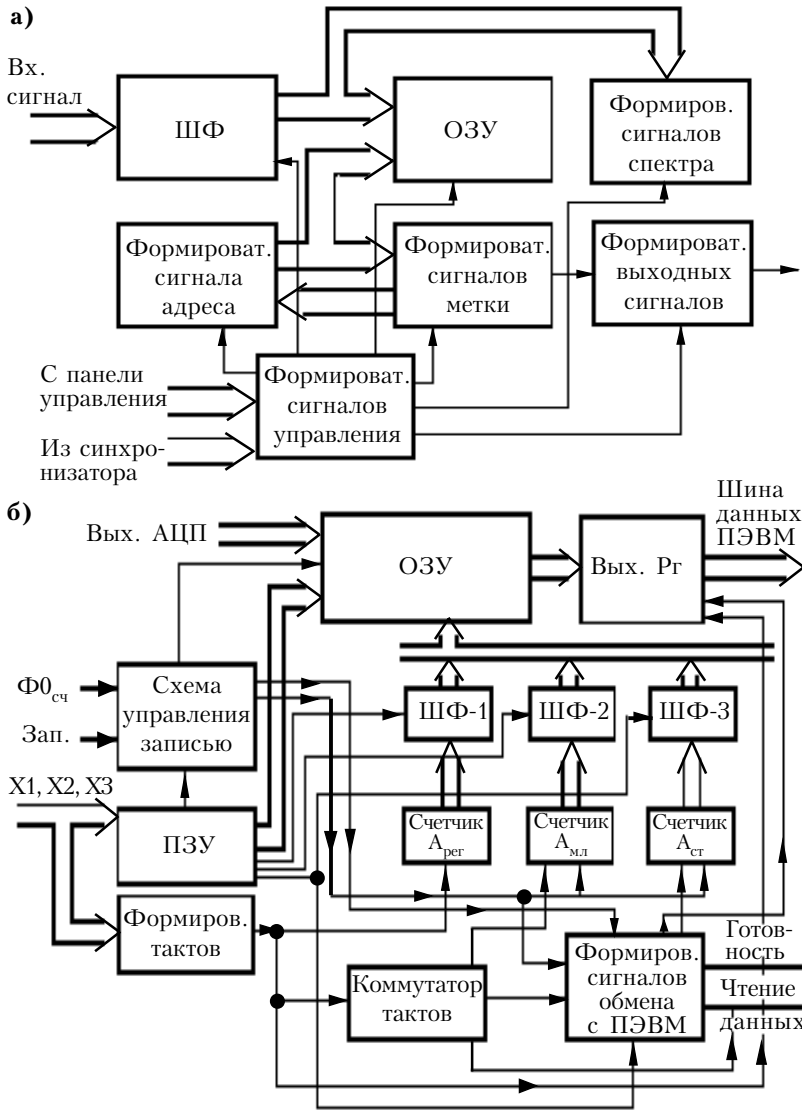


Рис. 5. Структурные схемы ОЗУ-8 (а) и ОЗУ-64 (б)

анализа (отсчетов ФЛ). В этом режиме возможна запись новых реализаций в следующую по порядку зону ОЗУ (таких зон — 8); наблюдению при этом доступна любая из зон, в то же время специальным сигналом подсвета «метка» выделяется та часть сигнала, которую можно затем укрупнить в режиме «лупа»;

— режим «лупа» — на весь экран ЭЛТ растягивается участок 64 отсчетов сигнала ФЛ для более детального анализа положение участков можно плавно изменять в пределах всего диапазона.

Работа устройства происходит следующим образом. Сигнал от ФЛ поступает на входной шинный формирователь. Запись сигнала в ОЗУ может происходить во время отсутствия сигнала зоны отображения по кадру. В этом случае с помощью управляющих сигналов сигнал от ФЛ подключается к входу ОЗУ. В остальных случаях ОЗУ находится в режиме считывания. Формирователь сигнала адреса обеспечивает формирование адресных сигналов для ОЗУ и для формирования сигнала метки. При этом в пределах интервала записи и в пределах зоны отображения частота смены адреса различна. В пределах ин-

тервала записи смена адресов происходит с частотой опросов ячеек ФЛ, а в пределах зоны отображения — с частотой строк (режим обзора), либо с частотой, в 8 раз меньшей частоты строк (режим «лупа»).

Формирователь сигнала метки вырабатывает импульс (длительностью 64 интервала) опроса адресов ОЗУ, что позволяет создать сигнал подсвета для выделения участка укрупнения.

С помощью формирователя сигнала спектра осуществляется преобразование кода отсчетов сигнала ФЛ в теневой график, который затем выводится на экран ВКУ.

В формирователе выходных сигналов происходит окончательное оформление выходного сигнала, где к сигналу спектральных распределений добавляется сигнал зоны отображения, сигнал метки, а также (в режиме «лупа») амплитудные метки и метки середины участка укрупнения. Формирователь сигналов управления, в зависимости от сигналов с панели управления АОАС, обеспечивает создание соответствующих тактовых и управляющих последовательностей для каждого узла устройства.

Плата ОЗУ-64 предназначена для запоминания 64 реализаций спектральных распределений с последующим вводом заполненной информации в ЭВМ. Момент начала записи определяется сигналом с кнопки на лицевой панели АОАС, ввод в ЭВМ осуществляется по команде с нее.

Структурно ОЗУ-64 содержит матрицу ОЗУ объемом 7×64 К, выходной регистр Рег, узел управления записью в ОЗУ, ПЗУ символов управления, счетчик адресов регенерации ($A_{рег}$), строк ($A_{мл}$), столбцов ($A_{ст}$), шинные формирователи ШФ-1, ШФ-2, ШФ-3, формирователи тактовых сигналов, коммутатор тактов, формирователь сигналов обмена с ЭВМ. Плата ОЗУ-64 работает в двух режимах: запись информации в ОЗУ, ввод информации в ЭВМ. Запись информации осуществляется в темпе ее поступления из платы аналоговой обработки, т. е. определяется частотой опроса фотоприемников ФЛ. Время, необходимое для записи 64 реализаций радиосигнала, составляет около 80 мс.

Работа ОЗУ-64 проходит по следующему алгоритму. Импульс записи (от кнопки на панели управления АОАС) поступает на схему управления записью (рис. 6) и вводит триггер (Тг) установки, который своими выходными сигналами производит установку в исходное положение адреса счетчиков и триггеров в формирователе сигналов обмена с ЭВМ. Сброс триггера установки осуществляется ближайшим по времени импульсом $\Phi_{0\text{сч}}$, полученный перепад является тактовым сигналом для триггера раз-

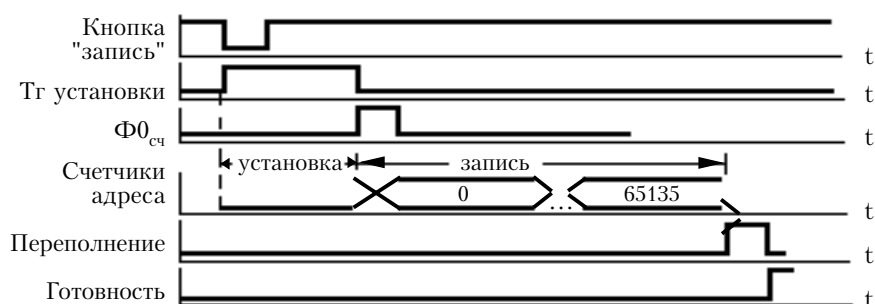


Рис. 6. Временные диаграммы записи сигналов в ОЗУ-64

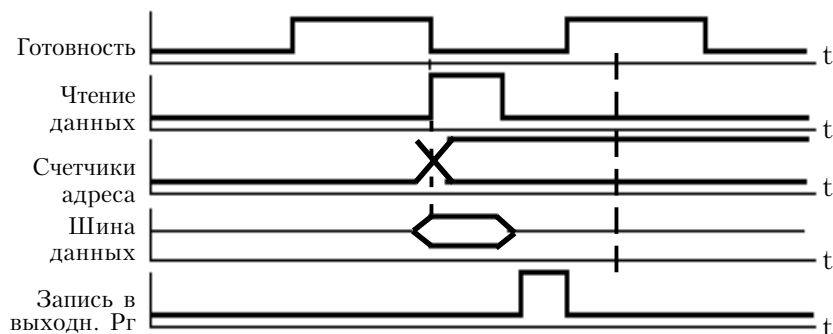


Рис. 7. Временные диаграммы обмена с ЭВМ

решения. Выход триггера разрешения соединен со схемой И, на второй вход которой поступают импульсы записи WE. Таким образом, начинается запись в ОЗУ, которая заканчивается при переполнении адресных счетчиков выдачей сигнала сброса на триггер разрешения из схемы формирователя сигналов обмена с ЭВМ.

Адресные коды столбцов и строк выдаются на ОЗУ через шинные формирователи последовательно во времени. Кроме того, в цикле обращения к ОЗУ выделен интервал для регенерации по адресам строк. Счетчик $A_{рег}$ аналогичен счетчику $A_{мл}$.

Все сигналы управления шинными формирователями и управления памятью (RAS, CAS, WE) поступают из ПЗУ, на вход которого подаются последовательности импульсов X1, X2, X3. Из этих же последовательностей на формирователе тактов получают счетные импульсы, которые через коммутатор поступают на вход адресных счетчиков.

По окончании записи 64 реализаций на формирователь сигналов обмена с ЭВМ выдается импульс переполнения, по которому выставляется сигнал «готовность». Одновременно блокируется запись в ОЗУ и обнуляются адресные счетчики, а также переключается коммутатор тактов (устройство готово к передаче данных в машину). ЭВМ анализирует наличие сигнала «готовность» и по команде с клавиатуры осуществляет прием одного байта информации. При этом в формирователь сигналов обмена с ЭВМ выдается импульс «чтение данных» (рис. 7), с помощью которого сбрасывается триггер готовности, устанавливается следующий адрес и разрешается считывание из выходного регистра, который подключен к шине данных ЭВМ. По окончании импульса «чтение данных» производится запись в выход-

ной регистр очередного байта информации из ОЗУ, после чего вновь выдается сигнал «готовность», и цикл обмена повторяется, пока не будут приняты все 64 реализации спектральных распределений.

Остальные элементы АОАС (плата разверток и видеоусилителя, узлы строчной и кадровой разверток, гашения обратного хода, источники вторичного питания) особенностей технических решений не имеют.

Таким образом, с учетом изложенного в [1, 2] и в настоящей работе, предложена, экспериментально исследована и создана система аналоговой обработки радиосигналов, не имеющая ранее в Украине прототипов, — акустооптический анализатор спектра радиосигналов.

Основная причина, сдерживающая создание АОАС (по мнению автора), — отсутствие доступных

пониманию широкой массы радиоинженеров Украины соответствующих физических основ акустооптики, излагаемых, как правило, на основе представлений тензорного и векторного анализа и физики твердого тела [3], а также отсутствие нормативно-технических документов, регламентирующих процесс разработки и постановки их на производство, достаточно апробированных методик проектирования элементов системы.

Основными компонентами, определяющими производительность системы в целом, являются устройства ввода и вывода информации из АОАС [2], для применения в качестве которых считаются перспективными акустооптический модулятор и фоторегистрирующее устройство на основе фотодиодов. Метод инженерного проектирования акустооптического модулятора с элементами моделирования на ЭВМ предложены автором в работах [4, 5].

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Данилов В. В. Акустооптический анализатор спектра // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2000, № 5–6. — С. 25–28.
2. Данилов В. В. Классификационный анализ акустооптических устройств управления лазерным пучком // Там же. — 2000. — № 2–3. — С. 52–57.
3. Балакший В. И., Парыгин В. Н., Чирков Л. Е. Физические основы акустооптики. — М.: Радио и связь, 1985.
4. Данилов В. В. Инженерный расчет акустооптического модулятора // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2000. — № 2–3. — С. 16–21.
5. Данилов В. В., Иванов С. В. Искажение формы акустических импульсов в акустооптическом устройстве // Мат-лы 10-й Междунар. Крымской микроволновой конф. "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии". — Севастополь, 2000. — С. 454–455.