

ОСЦИЛЛОГРАФ-РЕГИСТРАТОР С1-131

Кудреватых Е.Ф., инженер

Мы продолжаем серию публикаций с описанием относительно несложных и недорогих аналоговых осциллографов с тем, чтобы помочь специалистам, использующим в своей практике подобные приборы, лучше разобраться в их работе и получить от них максимальную отдачу, а при необходимости — произвести ремонт. В этом номере нашего журнала рассматривается осциллограф С1-131 — прибор более функционально насыщенный, чем описанные ранее С1-94 и С1-112 (см. КИПиС, №1-3, 2001). Прибор ориентирован, преимущественно, на применение при ремонте и обслуживании бытовой и промышленной радиоэлектронной аппаратуры, устройств автоматики и вычислительной техники с нерегулярными электрическими сигналами. В отличие от предыдущих, он имеет встроенную цифровую память, что позволяет запоминать и подробно исследовать непериодические одиночные сигналы и способствует значительному расширению сферы применения этого прибора.

Основной отличительной особенностью осциллографа С1-131 является более широкая полоса рабочих частот исследуемых сигналов, а также наличие встроенного регистратора, что довольно необычно для аналогового осциллографа. Регистратор обеспечивает работу прибора в режиме оцифровки выбранных сигналов и их записи в память с последующим отображением на экране. Это позволяет обнаруживать как кратковременные, так и длительные изменения сигнала при наблюдении и исследовании относительно медленно протекающих процессов. При этом появляется возможность наблюдать сигналы не только с момента появления сигнала запуска синхронизации, но также и некоторую их предысторию, предшествовавшую моменту запуска в течение примерно половины рабочей части развертки (т.н. режим предзаписи). Этот режим бывает полезен:

- при необходимости регистрации однократного или нерегулярного сигнала с частотой до 100 кГц или импульсов произвольной формы длительностью не менее 3 мкс;
- при регистрации медленно меняющегося процесса, который затруднительно наблюдать обычным аналоговым осциллографом в реальном времени;
- при наблюдении периодических сигналов с большой скважностью, т.к. яркость осциллограммы при этом слишком мала при работе в режиме обычного осциллографа;
- при необходимости запоминания на достаточно длительное время формы сигнала, например, при сравнении сигналов или при продолжительном изучении осциллограммы и т.п.

Еще одним отличием описываемого прибора от аналогичных является несколько необычный для осциллографов дизайн с применением ползунковых переключателей чувствительности по вертикали и горизонтальной развертки на герконовых реле, что значительно повышает надежность этих достаточно интенсивно используемых элементов управления при эксплуатации.

Двухканальный однолучевой осциллограф С1-131 имеет полосу пропускания 0...20 МГц и предназначен для исследования формы сигналов и измерения их параметров в диапазоне чувствительности по вертикали от 2 мВ/дел. до 10 В/дел. с шагом 1, 2, 5 и с диапазоном коэффициентов развертки по горизонтали от 0,02 мкс/дел. до 10 с/дел., также с шагом 1, 2, 5. Режим регистратора обеспечивается оцифровкой входных сигналов с частотой дискретизации от 1 МГц и менее в зависимости от выбранного значения коэффициента развертки, начиная с 100 мкс/дел. и более. При одновременной записи сигналов с обоих каналов максимальная частота дискретизации снижается до 0,5 МГц при этом в два раза уменьшается и количество выборок на каждый канал. Оцифрованные сигналы записываются в память прибора, а затем выводятся на экран. При коэффициенте развертки от 0,02 с/дел. и более работа прибора возможна только в режиме регистратора. При значениях коэффициента развертки 0,05 мкс/дел. и менее в этом режиме возможна запись только периодических сигналов по стробоскопическому методу аналого-цифрового преобразования.

При работе прибора в качестве обычного осциллографа возможны следующие режимы отображения сигналов:

- наблюдение сигнала только канала Y1;
- наблюдение сигнала только канала Y2;
- наблюдение сигналов каналов Y1 и Y2 с поочередной коммутацией сигналов;
- наблюдение сигналов каналов Y1 и Y2 с прерывистой коммутацией сигналов;
- наблюдение алгебраической суммы сигналов каналов Y1 и Y2;
- работа каналов Y1 и Y2 в режиме X-Y (в качестве источника сигнала по оси X может быть выбран любой канал);
- инверсия сигнала Y1 в любом из режимов.

При работе в режиме регистратора становятся доступны дополнительные виды отображения:

- наблюдение сигналов реального времени;
- наблюдение сигналов, записанных в память;
- одновременное наблюдение сигналов реального времени и сигналов из памяти;
- наблюдение сигналов в режиме ленточного самописца на развертках от 0,1 с/дел. до 10 с/дел.;
- наблюдение сигналов из памяти с предзаписью до момента запуска синхронизации.

В приборе применена электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) типа 11ЛО9И с зеленым цветом свечения и рабочей частью экрана 80×60 мм.

Структурная схема прибора приведена на рис. 2. В нее входят следующие основные блоки.

Тракт вертикального отклонения (ТВО), предназначенный для нормирования сигналов в заданном частотном диапазоне до уровня, необходимого для получения заданного коэффициента отклонения луча по вертикали с минимальными амплитудными и частотными искажениями. В этом тракте также производится усиление и коммутация исследуемых сигналов для работы схемы синхронизации и регистратора, а также усиление аналоговых сигналов с выхода регистратора при выводе их на экран прибора. Исследуемые сигналы поступают на входы двух идентичных предварительных усилителей (по одному на каждый канал), состоящих из входных



Рис. 1. Внешний вид осциллографа С1-131

цепей, цепей защиты, преобразователей импеданса, низкоомных делителей, каскадов смещения луча по вертикали и непосредственно усилителей. Цепи защиты на диодных ограничителях предотвращают выход тракта из строя при появлении на входах преобразователей импеданса напряжения, превышающего 12 В. Далее, с помощью коммутатора сигналов управления, входные сигналы переключаются коммутатором каналов

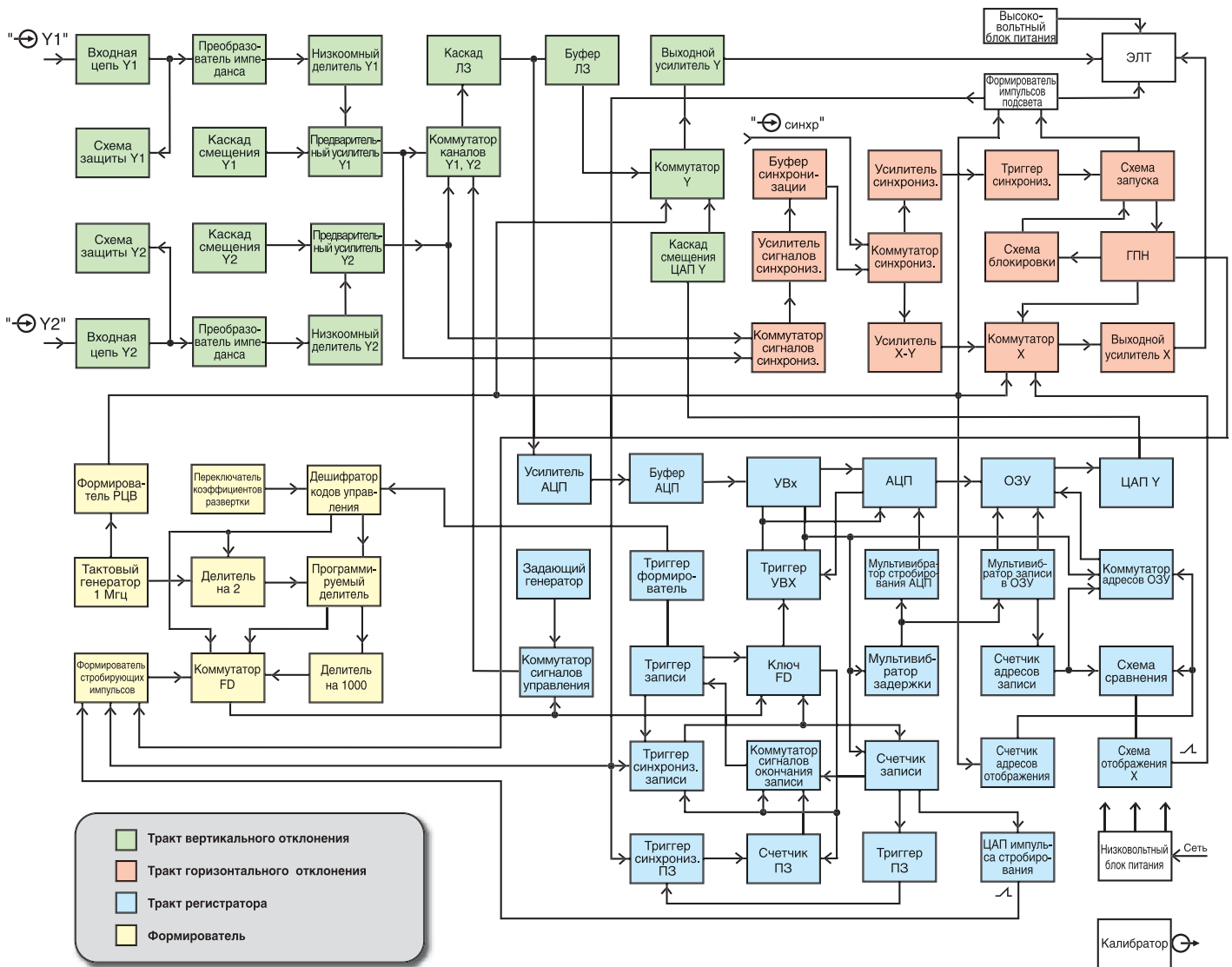


Рис. 2. Структурная схема С1-131

Y1 и Y2 в соответствии с режимом работы, выбранным пользователем. Затем исследуемый сигнал проходит через линию задержки с временем задержки 130...150 нс, которая служит для удобства наблюдения фронта сигнала в обычном режиме и компенсации задержки начала цифровой развертки при работе в режиме регистратора. С линии задержки сигнал после буферизации в буфере ЛЗ проходит через коммутатор Y на выходной усилитель Y и после усиления примерно в 20 раз поступает на соответствующие отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки ЭЛТ. Коммутатор Y сигналов на входе выходного усилителя обеспечивает вывод на экран как аналогового сигнала реального времени, так и сигнала, сформированного в регистраторе на выходе ЦАП Y. Для перемещения последнего по вертикали предназначен каскад смещения ЦАП Y. Одновременно с выхода линии задержки сигнал ответвляется на вход регистратора. Обработка сигнала в этом узле будет описана ниже при рассмотрении работы регистратора.

Тракт горизонтального отклонения

(ТГО) предназначен для обеспечения линейного отклонения луча с заданным коэффициентом развертки и для синхронизации сигнала в соответствии с выбранным пользователем режимом внутренней или внешней синхронизации. Также в этом тракте производится усиление сигнала развертки при работе прибора в режиме X-Y. По своей структуре ТГО не имеет каких-либо особенностей при работе в обычном осциллографическом режиме. Он состоит из коммутатора сигналов синхронизации для выбора сигнала одного из каналов вертикального отклонения при внутренней синхронизации, усилителя сигналов синхронизации и буфера синхронизации, коммутатора синхронизации для выбора внешнего или внутреннего источника сигнала для запуска синхронизации, усилителя синхронизации для дополнительного усиления выбранного сигнала с переключателем полярности синхросигнала, триггера синхронизации для обеспечения автоматического перехода в ждущий режим запуска развертки при появлении сигнала запуска развертки и в режим автозапуска при пропадании этого сигнала, схемы за-

пуска, схемы блокировки запуска для запрета запуска развертки на время обратного хода луча, генератора развертки ГПН, усилителя X-Y для повышения чувствительности по оси X при работе в режиме X-Y, коммутатора X для выбора источника пилообразного напряжения (аналоговая развертка, развертка с выхода регистратора или сигнал с выхода усилителя X-Y) и выходного усилителя, сигнал с которого также поступает на соответствующие отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки ЭЛТ. Возможен выбор подачи синхросигнала через интегрирующие цепочки в режиме ТВ для возможности обеспечения синхронизации по строчным или кадровым телевизионным импульсам. В режиме регистратора управление этим трактом производится сигналами, сформированными в регистраторе.

Для обеспечения синхронизации развертки в режиме реального времени доступны следующие режимы коммутации сигналов:

- поочередный, при котором сигналы каждого из каналов выводятся поочередно по началу своей развертки;

• прерывистый, в котором сигналы выводятся поочередно, но с частотой повторения вывода примерно 50 кГц при каждом запуске развертки.

В режиме регистратора возможен еще и режим одновременной записи двух сигналов с частотой повторения сигнала запуска аналого-цифрового преобразования.

Электронно-лучевой индикатор предназначен для визуального отображения сигналов. Схема его обвязки не имеет каких-либо особенностей.

Высоковольтный источник питания предназначен для формирования необходимых высоковольтных напряжений на электродах ЭЛТ. Сюда же относится формирователь с усилителем импульсов подсвета для обеспечения амплитуды, достаточной для модуляции яркости луча ЭЛТ, а также коммутатор этих импульсов, обеспечивающие необходимую яркость осциллограммы и вырабатывающие необходимые сигналы для синхронизации узлов прибора при выводе на экран сигналов реального времени и сигналов с выхода регистратора. Коммутатор управляется сигналом с выхода формирователя РЦВ, сигналами гашения во время обратного хода луча, импульсами гашения во время записи в память и сигналом подсвета аналоговой развертки. Такая схема управления позволяет обеспечить раздельную регулировку яркости сигналов реального времени и сигнала с выхода регистратора.

Низковольтный источник питания преобразует сетевое напряжение в необходимые постоянные стабилизированные напряжения для питания всех функциональных узлов прибора.

Калибратор предназначен для контроля работоспособности прибора и частотной компенсации выносного делителя. Он вырабатывает сигнал, калиброванный по амплитуде (6 В) и по времени (прямоугольные импульсы, следующие с частотой сети).

Тракт регистратора предназначен для цифровой регистрации входных сигналов и вывода их на экран.

В связи с тем, что все узлы структурной схемы в режиме аналогового осциллографа имеют обычное построение для приборов такого класса, нет особой необходимости описывать их общие принципы работы. Особенною описываемого осциллографа является наличие регистратора, поэтому структура этого узла рассматривается более подробно.

Принцип работы прибора в режиме регистратора

В самом общем виде принцип действия прибора в режиме регистратора основан на преобразовании входного сигнала в пропорциональный ему цифровой код с последующим запоминанием этого кода в оперативном запоминающем устройстве ОЗУ, содержимое которого может быть выведено на экран ЭЛТ в виде

осциллограммы. При этом в качестве сигнала развертки выступают последовательные адреса ОЗУ.

Сигнал с выхода линии задержки через усилитель АЦП и буфер АЦП поступает на вход устройства выборки-хранения УВХ, где запоминается в аналоговом виде на время оцифровки, далее оцифровывается с помощью восьмиразрядного аналого-цифрового преобразователя АЦП последовательного приближения, запоминается в оперативном запоминающем устройстве ОЗУ, а затем при считывании в соответствующие моменты времени преобразуется в аналоговую форму с помощью цифро-аналогового преобразователя ЦАП Y для наблюдения на экране прибора. Усилитель АЦП

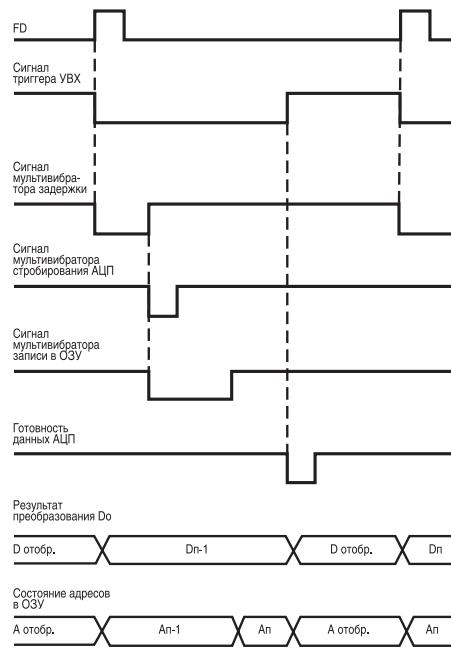


Рис. 3

преобразует парафазный сигнал с выхода линии задержки в однофазный по схеме дифференциального усилителя с несимметричным выходом. Буфер АЦП согласует вход АЦП с выходом усилителя АЦП и выполнен на составном эмиттерном повторителе. Все остальные узлы регистратора предназначены для обеспечения правильного функционирования прибора в этом режиме.

При отсутствии управляющего сигнала FD с выхода ключа FD триггер УВХ удерживает устройство выборки-хранения УВХ в режиме выборки. В этом случае аналоговый сигнал проходит с выхода буфера АЦП на вход АЦП без изменений. С приходом сигнала FD через ключ FD триггер УВХ переключает УВХ в режим хранения на время преобразования АЦП. По сигналу триггера УВХ также срабатывает мультивибратор задержки, задерживающий запуск преобразователя на время переходных процессов в УВХ для устранения неоднозначности сигнала на входе АЦП. По выходному сигналу мультивибратора задержки срабатывает мультивибратор

стробирования АЦП, выходной сигнал которого поступает на управляющий вход АЦП и запускает процесс аналого-цифрового преобразования. После окончания преобразования на выходе АЦП вырабатывается импульс готовности данных, который сбрасывает триггер УВХ, сигналом этого триггера устройство выборки-хранения снова переводится в режим выборки. Цифровые данные с выхода АЦП поступают на шину данных запоминающего устройства ОЗУ. Импульсом мультивибратора задержки также запускается мультивибратор записи в ОЗУ, сигнал с выхода которого записывает данные в ОЗУ. Этот же сигнал поступает на счетчик адресов записи для установки соответствующего адреса записи результата следующего преобразования в ОЗУ. Диаграмма работы преобразователя приведена на рис. 3.

Переключение триггера УВХ в режим хранения одновременно переводит ОЗУ в режим чтения для отображения информации по адресам, поступающим со счетчика адресов отображения, который меняет адрес с частотой следования сигнала РЦВ. Коммутация адресной шины ОЗУ обеспечивается коммутатором адресов ОЗУ, который управляется также и сигналом триггера УВХ. С помощью схемы сравнения адрес отображения сравнивается с адресом последней записанной точки. При работе в режиме ленточного самописца процесс преобразования происходит непрерывно, поэтому адрес начальной точки, с которой начинается период отображения сигнала из ОЗУ, должен смещаться автоматически. При равенстве адресов разряжается времязадающая емкость и начинается новый период формирования пилообразного напряжения для отображения в схеме отображения X со скоростью нарастания 1000 выборок на 10 больших делений экрана по горизонтали.

Управление процессом аналого-цифрового преобразования и его синхронизация с наблюдаемым сигналом обеспечивается следующими узлами: триггером-формирователем, триггером записи, триггером синхронизации записи, триггером ПЗ (предзаписи), триггером синхронизации ПЗ, счетчиком ПЗ и коммутатором сигналов окончания записи. При нажатии кнопки «ПУСК» триггер-формирователь по схеме мультивибратора вырабатывает импульс, запускающий триггер записи, который, в свою очередь, разрешает запись сигнала и затем сбрасывается сигналом окончания записи с выхода коммутатора сигналов окончания записи. Так как триггер записи выполнен по схеме счетного триггера, то даже в случае повторного прихода сигнала с триггера-формирователя до прихода сигнала окончания записи он сбрасывается в исходное состояние. Установка триггера записи подготавливает запуск триггера синхронизации, а его запуск происходит по импульсу подсвета с коммутатора импульсов подсвета. Триг-

гер УВХ может переключить УВХ в режим хранения только в том случае, если будет открыт ключ FD, который, в свою очередь, открывается только при срабатывании триггера записи или триггера синхронизации. В режимах предзаписи и ленточного самописца триггер синхронизации принудительно устанавливается в состояние, при котором процесс преобразования начинается непосредственно после нажатия кнопки ПУСК, независимо от наличия других сигналов.

Коммутатор сигнала окончания записи сбрасывает триггер записи в состояние окончания записи после прохождения 1024 импульсов FD запуска преобразования. В режиме предзаписи сигнал сброса триггера записи поступает со счетчика ПЗ (предзаписи) после прохождения 512 импульсов FD. В режиме ленточного самописца сигнала окончания записи вообще нет, а запись останавливается только при повторном нажатии кнопки «ПУСК». Коммутатор сигналов окончания записи управляется кнопками включения режимов ленточного самописца и предзаписи.

Режим предзаписи обеспечивается триггером ПЗ, триггером синхронизации ПЗ и счетчиком ПЗ. Триггер ПЗ устанавливается после 512 циклов преобразования сигналом с выхода счетчика записи и подготавливает триггер синхронизации ПЗ, который устанавливается только по импульсу подсвета аналоговой развертки. Триггер син-

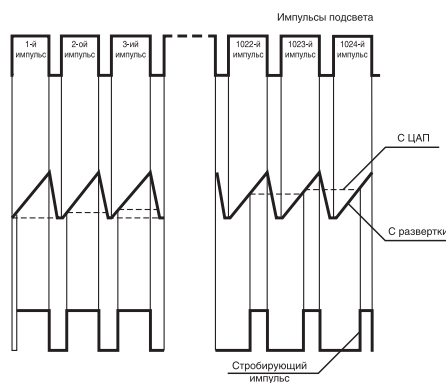


Рис. 4

хронизации ПЗ разрешает счет числа преобразований счетчиком ПЗ, выдающим сигнал окончания записи после прохождения еще 512 циклов преобразования. Таким образом, на экран выводятся 1024 точки с моментом синхронизации в середине экрана.

ЦАП импульса стробирования вырабатывает пилообразное напряжение для формирователя стробирующих импульсов, а данные на его цифровые входы поступают со счетчика записи. Последний устанавливается в исходное состояние сигналом с выхода триггера синхронизации записи, затем считает импульсы FD и вырабатывает сигнал окончания записи в режиме записи, а также в режиме разрешения синхронизации предзаписи.

Считанные из ОЗУ данные поступают на шину данных ЦАП Y, с выхода которого аналоговый сигнал через каскад смещения ЦАП Y поступает на коммутатор Y тракта вертикального отклонения.

За один цикл записи формируется 1024 выборки мгновенных значений сигнала с максимальной частотой дискретизации 1 МГц. При отображении записанного сигнала на экране в рабочей части экрана по горизонтали размещаются начальные 1000 выборок, а 24 выборки — за пределами шкалы, т. е. в одном большом делении шкалы экрана по горизонтали укладывается 100 выборок.

Для записи сигналов при коэффициентах развертки от 0,02 мкс/дел. до 0,05 мс/дел. оцифровка аналогового сигнала производится стробоскопическим методом, при котором за каждый период аналоговой развертки происходит только одно аналого-цифровое преобразование. При этом момент начала преоб-

зования последовательно смещается на одну точку относительно начала аналоговой развертки. Таким образом, полная запись сигнала происходит последовательно за 1024 периода аналоговой развертки.

Работа схемы начинается по нажатию кнопки «ПУСК» при отжатых переключателях «ПРЕД» и «З». При этом процесс оцифровки и записи сигнала в цифровую память прибора начинается по первому импульсу запуска аналоговой развертки и заканчивается по 1024 импульсу запуска аналого-цифрового преобразователя. Частота преобразования задается частотой сигнала с выхода коммутатора FD (частота дискретизации), которая, в свою очередь зависит от положения переключателя развертки, т.к. коэффициент деления программируемого делителя между коммутатором и тактовым генератором определяется кодом с выхода дешифратора кодов управления, связанного с переключателем. При переключении развертки частота дискретизации для любого из коэффициентов развертки вырабатывается формирователем и изменяется в соответствии с условием сохранения соотношения 100 точек/деление. Этот же дешифратор подключает делитель на два в цепь сигнала тактового генератора с частотой 1 МГц при развертках, кратных 2, и отключает его при развертках, кратных 1 и 5. При развертках от 0,02 мкс/дел. до 0,05 мс/дел. сигнал FD формируется из сигнала формирователя стробирующих импульсов, при развертках от 0,1 мс/дел. до 0,05 с/дел. — из сигнала с выхода программируемого делителя, а при развертках от 0,1 с/дел. до 10 с/дел. сигнал последнего дополнительно делится делителем на 1000.

Формирователь стробирующих импульсов предназначен для синхронизации сигналов запуска преобразования (FD) с сигналом генератора пилообразного напряжения (ГПН) для режима реального времени в тракте горизонтального отклонения. Синхроимпульс вырабатывается при совпадении амплитуд сигналов с выхода ГПН и выхода ЦАП импульса стробирования в регистраторе. Синхроимпульс заканчивается с приходом на вход формирователя импульса подсвета из схемы подсвета луча. Диаграмма, поясняющая работу формирователя приведена на рис. 4.

Формирователь РЦВ вырабатывает сигнал коммутации сигналов реального времени и выходных сигналов регистратора для их поочередного отображения на экране, а также управляет сигналами гашения луча в моменты переключения коммутаторов. Период повторения сигнала РЦВ равен 20 мкс, поэтому в течение 10 мкс на экране отображается сигнал реального времени, а в течение следующих 10 мкс — оцифрованный сигнал.

(Продолжение следует)

ОСЦИЛЛОГРАФ-РЕГИСТРАТОР С1-131

Кудреватых Е.Ф., инженер

(Продолжение, начало см. № 4-2001).

Принципиальная схема прибора

Так как конструкция данного прибора достаточно сложна, а объем статьи ограничен, при рассмотрении принципиальной схемы мы не будем останавливаться на очевидных и стандартных технических решениях, а опишем лишь общее прохождение сигналов и, по возможности, расскажем более подробно о нетривиальных и интересных, на наш взгляд, особенностях этого осциллографа.

Как видно из структурной схемы прибора (рис. 2), его входная часть (вплоть до «Коммутатора каналов Y1, Y2») состоит из двух совершенно идентичных предварительных усилителей, поэтому описание схемы мы приводим только для канала Y1, т.к. канал Y2 работает аналогично.

Входной сигнал поступает через разъем X1 на «Входную цепь Y1» (см. блок-схему), состоящую из переключателя S1 блока A5, герконов SQ1...SQ3, высокоомного частотно-компенсированного делителя напряжения на элементах R1...R3, C1...C4 блока A6 и защиты. С помощью переключателя S1 выбирается вид связи источника сигнала и усилителя по постоянному или переменному току. Во втором случае через конденсатор C1 блока A5 на вход делителя проходит только переменная составляющая сигнала. Высокоомный делитель обеспечивает передачу сигнала на вход преобразователя импеданса (на блок-схеме «Преобразователь импеданса») без ослабления при коэффициенте отклонения от 2 мВ/дел. до 0,1 В/дел. и с ослаблением в 100 раз при коэффициентах отклонения от 0,2 В/дел. до 10 В/дел. В первом случае переключатель «V/ДЕЛ» устанавливается в положение «mV», при этом геркон SQ2 замыкается, а герконы SQ1 и SQ3 размыкаются. Во втором случае переключатель «V/ДЕЛ» устанавливается в положение «V», геркон SQ2 замыкается, а герконы SQ1 и SQ3 замыкаются. Подстроечный конденсатор C1 блока A6 предназначен для регулировки частотной коррекции входной цепи в режиме без ослабления, а C3 — в режиме с ослаблением.

Защита, выполненная по схеме быстроедействующего диодного ограничителя на элементах R4, C6, VT1, VT2, предотвращает выход из строя преобразователя импеданса при подаче на его вход напряжения, превышающего ± 12 В.

Преобразователь импеданса на микросборках D1, D2 и элементах R13, R14, R16, R18 блока A6, обеспечивает согласование выходного сопротивле-

ния высокоомного делителя с входным сопротивлением низкоомного делителя на резисторах R2, R3, R6...R9 блока A5 (на блок-схеме «Низкоомный делитель Y1»). Термокомпенсация выходного напряжения этого каскада обеспечивается транзисторной сборкой D2 в диодном включении и резистором R16. Балансировка преобразователя осуществляется резистором R1 блока A7 и резисторами R4, R11...R14 блока A5. Они обеспечивают отсутствие тока в цепи делителя без подачи исследуемого сигнала и постоянное выходное сопротивление низкоомного делителя.

Низкоомный делитель обеспечивает ослабление сигнала, поступающего с выхода преобразователя импеданса в 1; 2,5; 5; 10; 25 и 50 раз. Выбор необходимого ослабления производится установкой переключателя «V/ДЕЛ» в необходимое положение. При этом срабатывают соответствующие герконы SQ4, SQ6...SQ10 блока A5.

С выхода низкоомного делителя сигнал поступает на один из входов (база транзистора микросборки D1.1) первого каскада дифференциального предварительного усилителя A5 (на блок-схеме «Предварительный усилитель Y1»), а на второй вход (база транзистора микросборки D1.2) поступает напряжение смещения с делителя R1, R4, определяющего положение луча на экране по вертикали. Напряжение на этот делитель поступает с переменного резистора R7 «I», установленного на лицевой панели прибора и позволяющего оперативно регулировать положение луча на экране по вертикали (на блок-схеме «Каскад смещения Y1»). Коэффициент усиления каскада определяется номиналами резисторов R18 и R28, задающими глубину отрицательной обратной связи по току. Конденсатор C9 выравнивает амплитудно-частотную характеристику каскада на высоких частотах. Коэффициент усиления каскада плавно регулируется резистором R16 между коллекторами транзисторов микросборки D1 при калибровке коэффициента отклонения канала во время наладки прибора после изготовления или ремонта.

Далее парафазный сигнал через контакты переключателя S2 «Y», определяющего режим отсутствия или наличия инверсии сигнала канала Y1, и резисторы R38, R39 поступает на каскадный дифференциальный усилитель-коммутатор, обеспечивающий как усиление сигналов каналов, так и их коммутацию на общую нагрузку этого каскада на резисторах R66...R69 (на блок-схеме «Коммутатор каналов Y1, Y2»).

Коммутация отображаемых на экране сигналов осуществляется с помощью ключей на транзисторах VT14, VT16...VT19, VT21...VT23, которые управляются выходными сигналами триггера D3.1. Потенциал баз транзисторов VT16, VT17, VT21, VT22 задается делителем R61, R62, подключенным к источнику минус 12 В, а потенциал баз транзисторов VT14, VT19, VT18, VT23 — делителем R53, R54, R59, R63, подключенным к выходам триггера D3/5, D3/6 и источнику напряжения минус 12 В. Для отображения сигнала только канала Y1 с помощью переключателя S3 («Y1») на входе S триггера D3/4 принудительно устанавливается уровень лог. 0. При этом на выходе D3/6 триггера устанавливается уровень лог. 0, а на выходе D3/5 — лог. 1, потенциал на базах транзисторов VT14, VT19 становится более отрицательным, чем потенциал баз транзисторов VT16, VT17, VT21, VT22, ключи на транзисторах VT16, VT21, шунтирующие сигнал запираются, открываются ключи VT14, VT19 и на выход коммутатора проходит только сигнал канала Y1. При этом сигнал канала Y2 не проходит через открытые ключи VT18, VT23 и, кроме того, коллекторы транзисторов VT11 и VT13 канала Y2 через открытые ключи VT17 и VT22 замыкаются между собой. Для отображения сигнала только канала Y2 включается переключатель S4 («Y2»), при этом на входе R триггера D3/1 принудительно устанавливается уровень лог. 0, на выходе D3/6 триггера устанавливается уровень лог. 0, а на выходе D3/5 — лог. 1 и все ключи переключаются в противоположное положение относительно описанного выше. При установке на входах S и R триггера D3.1 уровней лог. 1 (переключатели S3 и S4 выключены) включается режимы поочередной или прерывистой коммутации, при которых сигналы обоих каналов переключаются импульсами, поступающими на вход S триггера D3/3 с выхода элемента D5/6 через ключ D4 от генератора прерывистой коммутации. Последний выполнен на элементах D5, R116, C32 и работает в случае, если на входе D5/2 устанавливается уровень лог. 1 (переключатель « \rightarrow » в нажатом положении, включен режим «прерывисто»). Если на входе D5/2 установлен лог. 0, генератор прерывистой коммутации выключен и на выход D5/6 проходят импульсы подсвета аналоговой развертки — включен режим «поочередно». Сигналы управления ключами D4 поступают с выходов триггера D3/5 и D3/6.

При включении режима отображения на экране суммы сигналов каналов

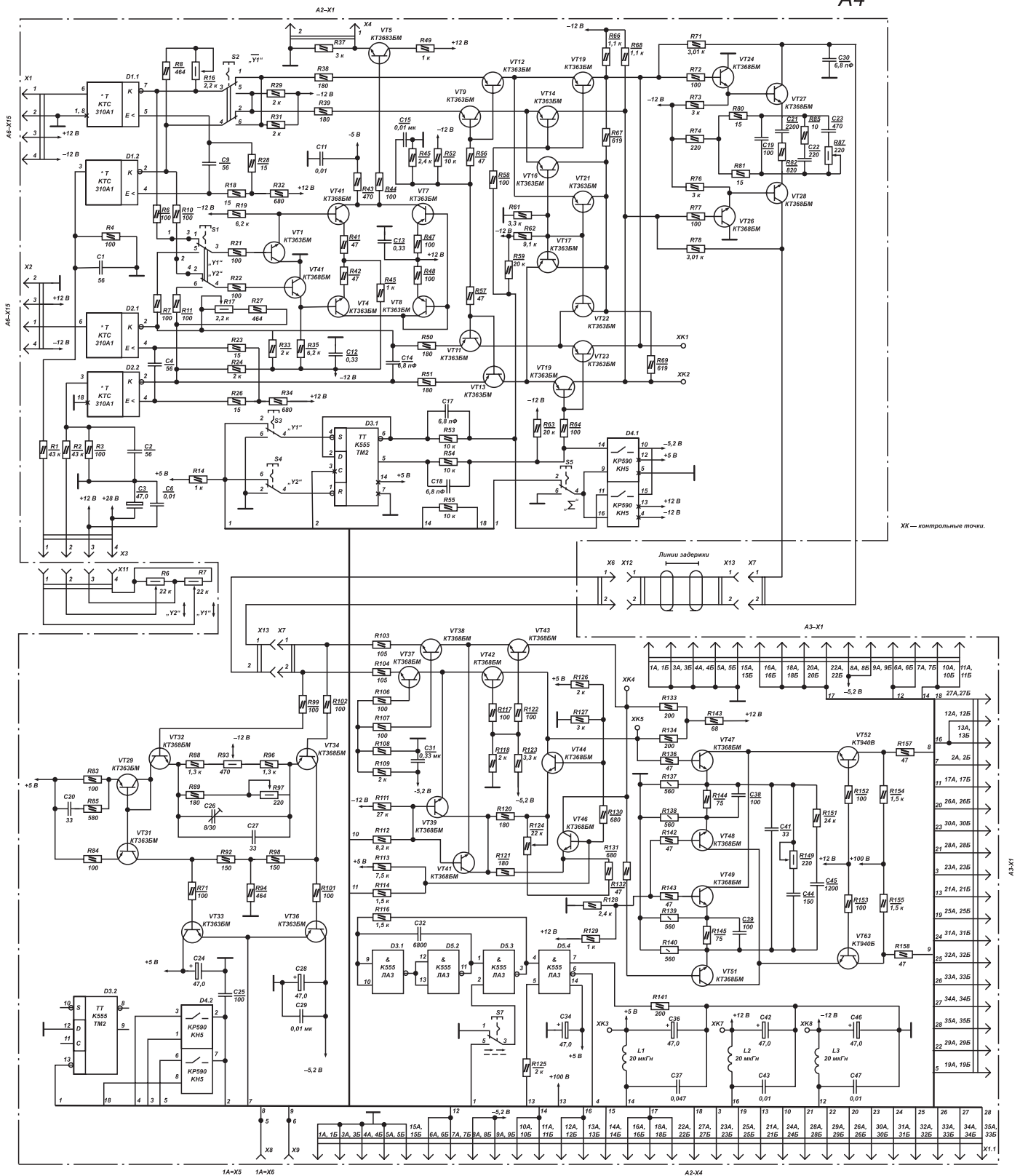


Рис. 5

Y1 и Y2 с помощью переключателя S5 («S») на базы транзисторов VT14, VT19, VT18, VT23 через ключ D4/10/11 подается напряжение минус 5,2 В, эти транзисторы открываются, транзисторы VT16, VT21, VT17, VT22 закрываются и сигналы обоих каналов проходят на выход коммутатора.

Усиленный и скоммутированный

парафазный сигнал поступает на каскад линии задержки (на блок-схеме «Каскад ЛЗ»), состоящий из дифференциального усилителя по схеме ОК-ОЭ на элементах VT24, VT26...VT28, R71... R74, R76... R78, R80... R83, R86, R87, C19, C21...C23, предназначенного для согласования выходного сопротивления коммутатора и входного со-

противления линии задержки, а также компенсации потерь усиления в линии задержки, и самой линии задержки, обеспечивающей задержку сигнала на 120-150 нс, необходимую для наблюдения фронта импульса при внутренней синхронизации развертки прибора. Согласование ЛЗ с последующим каскадом на элементах VT37, VT38,

VT42, VT43, R106...R109, R117, R118, R122, R123 (на блок-схеме «Буфер ЛЗ»), обеспечивается резисторами R103, R104.

Далее сигнал через «Коммутатор Y» поступает на выходной усилитель тракта вертикального отклонения, выполненный по каскодной схеме на элементах VT47...VT49, VT51...VT53, R128...R158. Коэффициент усиления каскада определяется резисторами R144 и R145 в эмиттерной цепи, задающими глубину отрицательной обратной связи по току, а также номиналами резисторов нагрузки R154, R155. Элементы R149, R151, C38, C39, C41, C44, C45 предназначены для частотной коррекции каскада. Резистором R149 производится коррекция выброса и времени нарастания переходной характеристики при настройке прибора. С выхода усилителя дифференциальный сигнал через резисторы R157 и R158 подается непосредственно на вертикальные отклоняющие пластины ЭЛТ.

Одновременно дифференциальный сигнал с коллекторов транзисторов микросборки D1 через резисторы R6, R10, переключатель выбора источника сигнала синхронизации S1 «Y1/Y2» блока A4 и эмиттерные повторители на транзисторах VT1, VT2 (на блок-схеме «Коммутатор сигналов синхронизации»), подается на вход усилителя синхронизации (на блок-схеме «Усилитель сигналов синхронизации»), выполненный на транзисторах VT3, VT4, VT7, VT8 по схеме дифференциального усилителя с несимметричным выходом. В режиме «X-Y» (нажата кнопка «X-Y») усилитель синхронизации выполняет роль усилителя сигнала «X» и обеспечивает коэффициент отклонения по горизонтали 0,1 В/дел. Усиленный сигнал через резистор R44, эмиттерный повторитель на транзисторе VT5 (на блок-схеме «Буфер синхронизации») подается на коммутатор синхронизации (на блок-схеме «Коммутатор синхронизации») тракта горизонтального отклонения ТГО в режиме внутренней синхронизации прибора (переключатель S2 в положении «ВНУТР.»).

В приборе с помощью переключателя S2 блока A2.1 «EXT/INT» могут быть выбраны следующие режимы синхронизации:

- режим внутренней синхронизации;
- режим синхронизации по телевизионным строчным или кадровым синхроимпульсам;
- режим внешней синхронизации.

Во всех режимах запуск синхронизации может работать как в ждущем, так и в автоколебательном режимах. При этом ждущий режим включается автоматически при наличии синхронизирующего сигнала с уровнем, превышающим уровень, установленный регулятором уровня синхронизации. Сигнал синхронизации при внутрен-

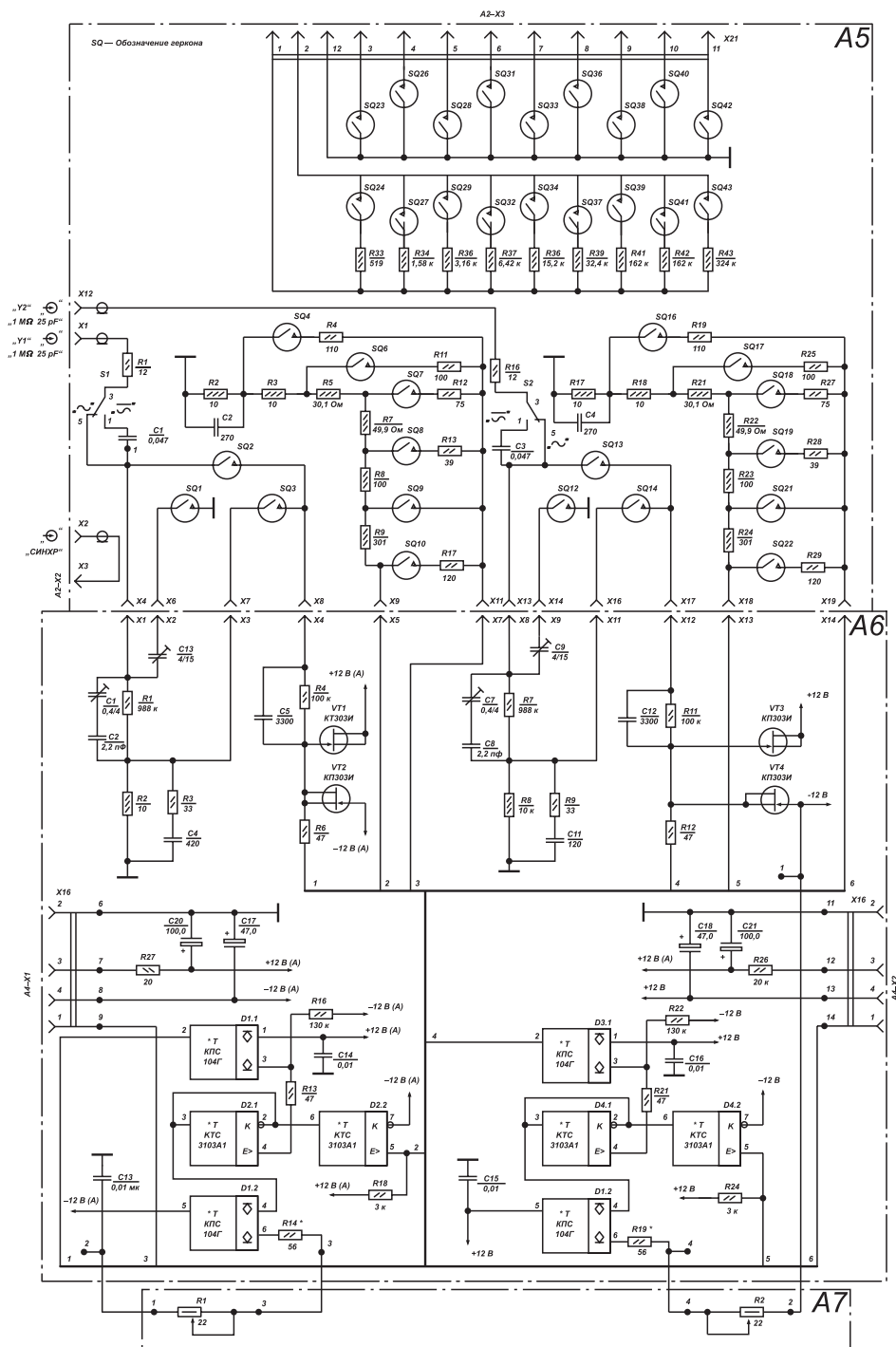


Рис. 6

ней синхронизации (источником синхронизации является сигнал канала Y1 или Y2) выбирается переключателем S1 «Y1/Y2» блока A4 (на блок-схеме «Коммутатор сигналов синхронизации»), затем поступает на усилитель синхронизации (на блок-схеме «Усилитель синхронизации»). Этот усилитель выполнен по схеме дифференциального усилителя на транзисторах VT6, VT7 блока A2.1. Сигнал на вход усилителя (база транзистора VT6) поступает через эмиттерный повторитель VT3. На другой вход (база транзистора VT7) через эмиттерный повторитель VT8 (на блок-схеме «Буфер синхронизации») подается напряжение с резис-

тора R1 («LEVEL») блока A5, предназначенного для регулировки уровня синхронизации. В приборе также предусмотрена передача синхросигнала либо через конденсатор большой емкости C6 либо через дополнительные интегрирующие цепочки R3, C3 или R3, C3, C4 при включении переключателя S1 «TV». Интегрирующие цепочки позволяют осуществлять синхронизацию сигнала либо по строчным синхроимпульсам полного телевизионного сигнала (переключатель S4 блока A2.1 в положении «mS») либо по кадровым синхроимпульсам (переключатель S4 блока A2.1 в положении «mS»).
(Продолжение следует)

ОСЦИЛЛОГРАФ-РЕГИСТРАТОР С1-131

Кудреватых Е.Ф., инженер

(Продолжение, начало см. №№ 4, 6-2001).

Сигнал синхронизации с одного из выходов дифференциального усилителя (VT6, VT7 блока A2.1) через переключатель выбора полярности синхронизации S5 блока A2.1 (« \pm »), эмиттерный повторитель VT1 и триггер Шмидта на микросхеме D1.1 поступает на тактовый вход триггера синхронизации на микросхеме D2 (на блок-схеме «Триггер синхронизации»). Выходной сигнал этого триггера поступает на тактовый вход D2/11 триггера запуска (на блок-схеме «Схема запуска»), который совместно со схемой блокировки (на блок-схеме «Схема блокировки») управляет генератором пилообразного напряжения (на блок-схеме «ГПН»). При этом в исходном состоянии на прямом выходе триггера синхронизации установлен уровень лог. 1, который через резистор R46 открывает ключ на транзисторе VT17, разряжающий времязадающий конденсатор C19 или C18 (в зависимости от положения переключателя S4 «mS/ μ S» блока A2.1). При поступлении импульса синхронизации на вход «С» триггера запуска на его прямом выходе устанавливается уровень лог. 0. Ключ на транзисторе VT17 закрывается, начинается

заряд времязадающего конденсатора C18 или C19 от стабилизатора тока на транзисторе VT16 и формирование прямого хода пилообразного напряжения, которое через повторитель на транзисторах VT19 и VT21 поступает на вход коммутатора (на блок-схеме «Коммутатор X») на микросхеме D14 блока A2.3.

Одновременно пилообразное напряжение с делителя на резисторах R53 и R54 блока A2.1 подается на вход схемы блокировки, запрещающей формирование следующей развертки от вновь поступивших синхроимпульсов до окончания текущей развертки. Схема блокировки представляет собой ждущий мультивибратор на транзисторе VT18 и микросхеме D1.2. При достижении уровня пилообразного напряжения, определяемого делителем R53 и R54 блока A2.1, открывается транзистор VT18 и мультивибратор запускается. Импульс с выхода микросхемы D1/8 через инвертор на элементе D3/6 поступает на вход «S» (D2/4) триггера запуска и удерживает его в единичном исходном состоянии. При этом ключ на транзисторе VT17 открывается, а времязадающий конденсатор C18 или C19 разряжается до исходного уровня. Та-

ким образом формируется обратный ход пилообразного напряжения развертки. На время блокировки триггер запуска нечувствителен к импульсам синхронизации, так как на его входе «S» установлен лог. 0 от схемы блокировки. Описанный режим запуска генератора развертки соответствует ждущему режиму запуска, когда на входе триггера D2/1 постоянно установлен уровень лог. 0 с выхода D1/3.

Переключение генератора развертки в ждущий режим происходит автоматически с приходом синхроимпульса при срабатывании вспомогательного триггера синхронизации (выход D2/8). На информационном входе «D» этого триггера (вывод D2/12) в исходном состоянии установлен уровень лог. 0, поэтому при поступлении импульса синхронизации на тактовый вход «С» этого триггера (вывод D2/11) на его инверсном выходе D2/8 устанавливается уровень лог. 1, который инвертируется элементом D3/4 и поступает на вход элемента D1/2. При этом генератор развертки переключается в ждущий режим.

При отсутствии синхроимпульсов прибор также автоматически переходит в автоколебательный режим при нали-

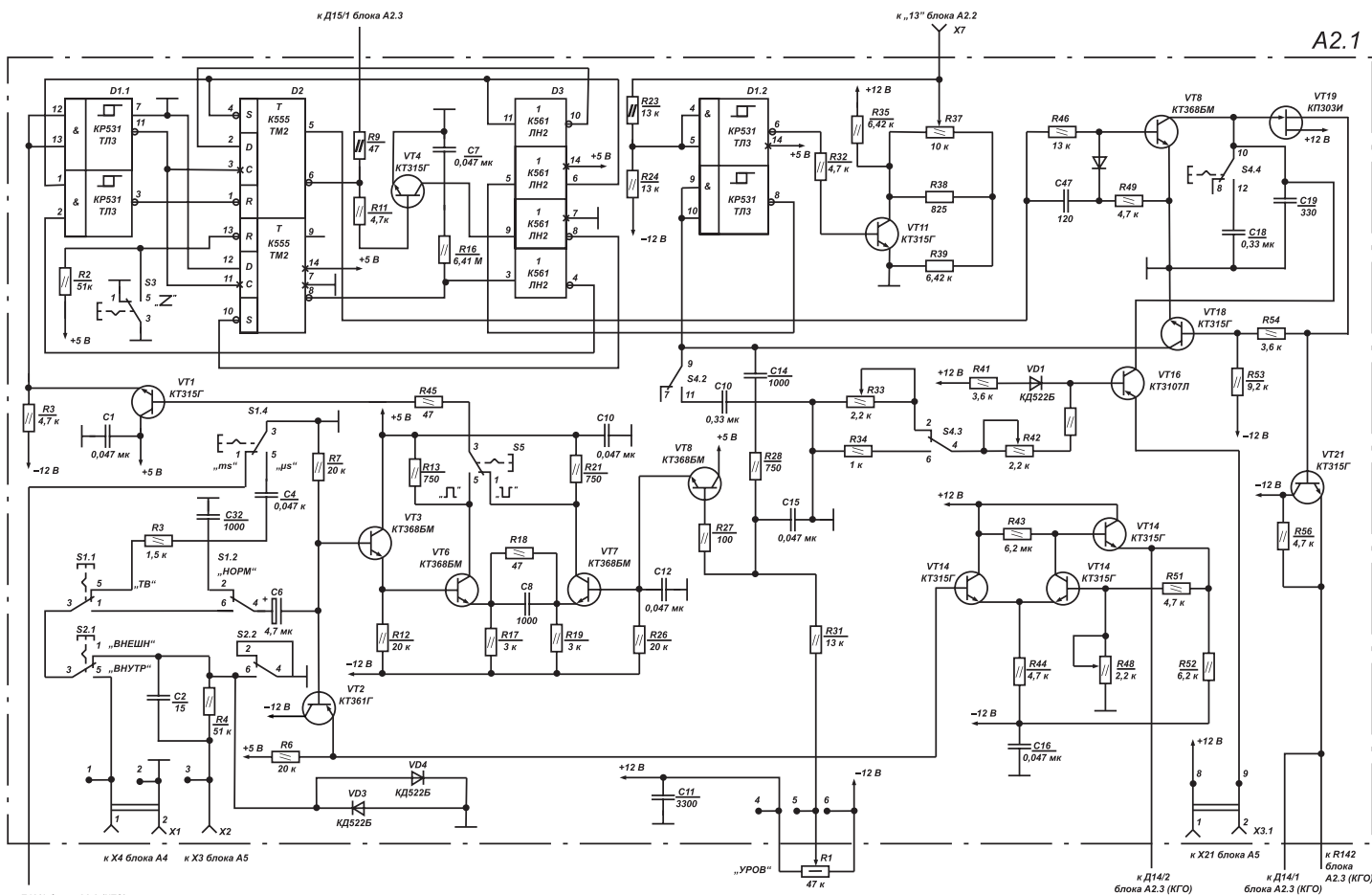


Рис. 7

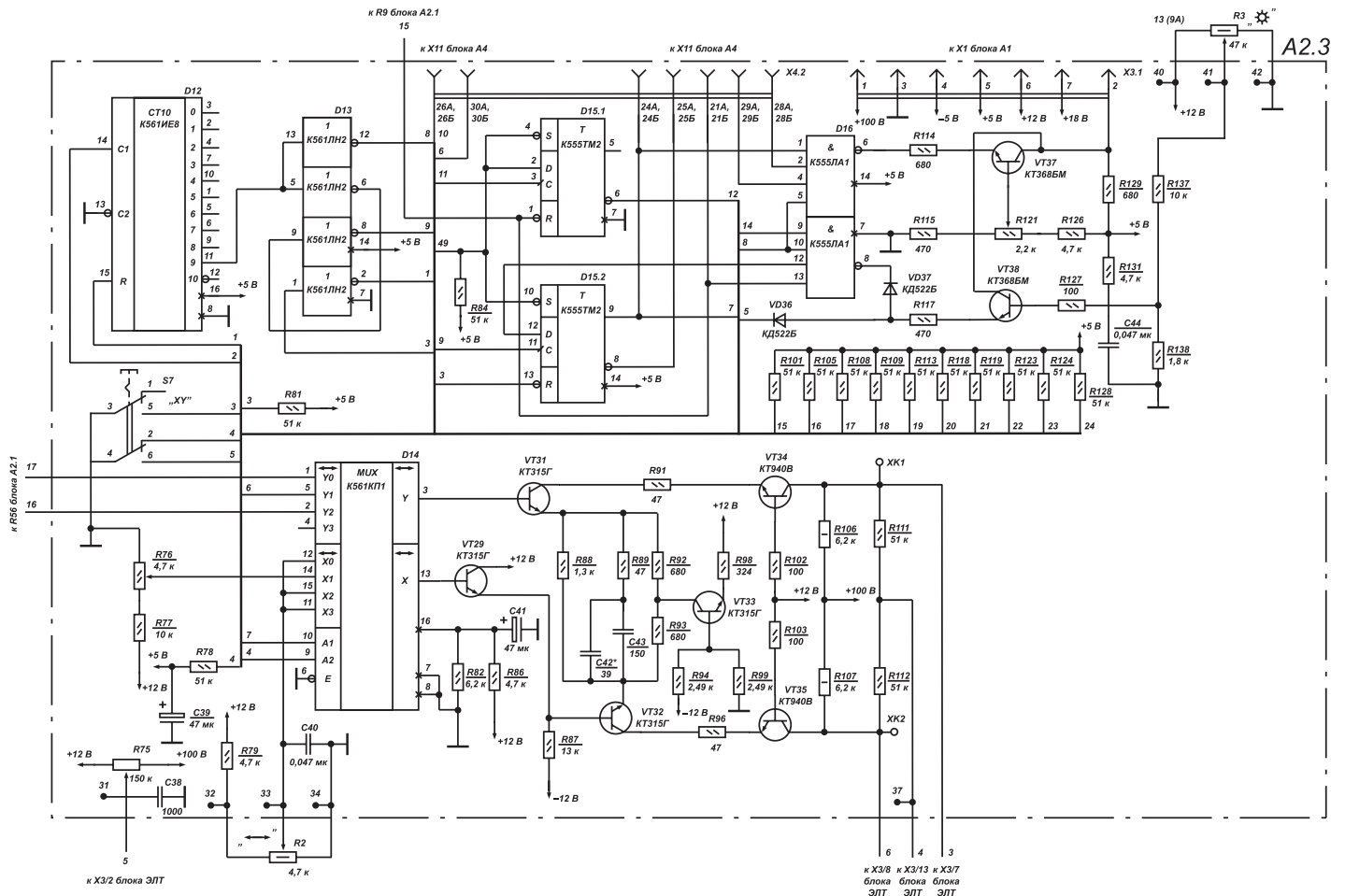


Рис. 8

ции на входе элемента D1/2 уровня лог. 1 с выхода инвертора D3/4. В этом режиме запуск генератора пилообразного напряжения осуществляется сразу по окончании импульса блокировки, не дожидаясь прихода импульса синхронизации. Для переключения генератора развертки в автоколебательный режим в схему введена интегрирующая цепь на элементах R16, C7, ключевой транзистор VT4 и инвертор на элементе D3/8. При работе генератора развертки на базу транзистора VT4 поступают импульсы положительной полярности с инверсного выхода триггера запуска. Временязадающий конденсатор C7 разряжается и на входе D3/9 устанавливается уровень лог. 0, а на входе «S» триггера D2/10 уровень лог. 1. При прекращении запуска развертки конденсатор C7 заряжается через резистор R16 и на входе «S» триггера устанавливается уровень лог. 0. Триггер переключается, устанавливая лог. 1 на входе D1/2. Генератор развертки продолжает работать в автоколебательном режиме. Постоянная времени цепи R16, C7 обеспечивает режим автосинхронизации при частоте запуска развертки 10 Гц и более. Для исследования сигналов с частотой повторения менее 10 Гц в приборе предусмотрен принудительный ждущий режим запуска развертки. Этот режим включается переключателем S3 (« \rightarrow »), подающим на вход D2/13 у-

вень лог. 0 и, как следствие, уровень лог.0 на вход D1/2.

В приборе имеется 18 фиксированных значений коэффициентов развертки от 0,02 мкс/дел. до 10 мкс/дел. Изменение коэффициентов развертки с шагом 1-2-5 производится коммутацией резисторов, включенных в цепь заряда времязадающей емкости с помощью герконов SQ24, SQ27, SQ29, SQ32, SQ34, SQ37, SQ39, SQ41 и SQ43 блока A5, срабатывающих при установке переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ» в соответствующее положение. Кроме того, в приборе предусмотрено изменение скорости развертки в 1000 раз коммутацией времязадающих конденсаторов C18 и C19 переключателем S4 «mS/ μ S» блока A2.1.

С помощью коммутатора на микросхеме D14 блока A2.3 (на блок-схеме «Коммутатор X») обеспечивается подача соответствующих сигналов на вход выходного усилителя горизонтального отклонения (на блок-схеме «Выходной усилитель X») в зависимости от выбранного режима. В режиме отображения сигналов реального времени, когда источником сигнала горизонтального отклонения является пилообразное напряжение аналоговой развертки, на управляющих входах коммутатора D14/9 и D14/10 устанавливается уровень лог. 0. В режиме «X-Y» на входе D14/9 устанавливается уровень лог. 1, а на входе D14/10 — уровень лог. 0.

Выходной усилитель горизонтального отклонения выполнен на транзисторах VT29, VT31...VT35 по схеме дифференциального каскадного усилителя с несимметричным входом и симметричным выходом. Он усиливает поступающий с выхода коммутатора X сигнал до уровня, обеспечивающего заданный коэффициент развертки или величину отклонения в режиме «X-Y». Усиленный сигнал снимается с коллекторов транзисторов VT34, VT35 и подается непосредственно на горизонтальные отклоняющие пластины ЭЛТ. Смещение сигнала по горизонтали осуществляется подачей напряжения смещения от резистора R2 (« \leftrightarrow ») через коммутатор X на базу транзистора VT29.

Элементы R89, C42, C43 обеспечивают коррекцию частотной характеристики усилителя X. Подбором номинала конденсатора C42 устанавливается линейность отклонения при коэффициентах развертки 0,02 и 0,05 мкс/деление.

Усилитель X-Y, выполненный на транзисторах VT12...VT14 блока A2.1, предназначен для усиления сигнала, поступающего с коммутатора синхронизации, до амплитуды, обеспечивающей требуемый коэффициент отклонения по оси X. Коэффициент усиления усилителя X-Y при настройке прибора после изготовления или проведения ремонта регулируется резистором R48.

(Продолжение следует)

ОСЦИЛЛОГРАФ-РЕГИСТРАТОР С1-131

Кудреватых Е.Ф., инженер

(Продолжение, начало см. № 4, 6-2001, 1-2002).

Цифровой регистратор сигнала является наиболее интересным узлом прибора, благодаря которому С1-131 обладает свойствами не только аналогового, но и цифрового осциллографа и этим выделяется в ряду приборов подобного класса. Регистратор обеспечивает оцифровку мгновенного значения входного сигнала с частотой дискретизации до 1 МГц, сохранение его в оперативной памяти и проведение цифро-аналогового преобразования при выводе на экран для использования в дальнейшей работе, например, при проведении визуального анализа, сравнении с другими сигналами и т. п. Прибор позволяет оцифровывать сигналы обоих каналов, но при этом максимальная частота оцифровки уменьшается вдвое.

Работа регистратора состоит из циклов, отличающихся в зависимости от выбранного режима работы. За один цикл записи производится 1024 выборки мгновенных значений сигнала, но при отображении записанного сигнала в рабочей области экрана по горизонтали составляется только начальные 1000 выборок, а остальные 24 остаются за пределами шкалы. Следовательно, разрешающая способность прибора по горизонтали составляет 100 выборок на одно деление горизонтальной шкалы. Таким образом, при указанной максимальной частоте дискретизации

и разрешающей способности по горизонтали диапазон коэффициентов развертки, в котором возможна запись однократных сигналов, составляет от 0,1 мс/дел до 10 сек/дел. Следует иметь в виду, что при изменении коэффициентов развертки меняется частота дискретизации для сохранения величины разрешающей способности по горизонтали постоянной — 100 выборок на деление.

При работе в диапазоне коэффициентов разверток от 0,02 мкс/дел до 50 мкс/дел оцифровка входного сигнала производится один раз за каждый период аналоговой развертки, но за весь цикл записи производится 1024 таких оцифровок, при этом момент выборки в каждом следующем периоде аналоговой развертки сдвигается относительно момента выборки предыдущего периода на один и тот же временной интервал. Таким образом, полная запись сигнала происходит за 1024 последовательных циклов аналоговой развертки. Это так называемый стробоскопический режим работы регистратора, используемый только при исследовании повторяющихся сигналов.

Работа прибора с использованием цифрового регистратора возможна в следующих режимах.

В режиме однократной записи после нажатия кнопки «ПУСК» при отжатых кнопках «ПРЕД» и «↔» по сигналу синхронизации в память записываются и затем выводятся на экран 1024 выбор-

ки входного сигнала; на этом процесс останавливается до следующего нажатия кнопки «ПУСК».

В режиме предзаписи после нажатия кнопки «ПУСК» при нажатой кнопке «ПРЕД» и отжатой кнопке «↔» запускается процесс непрерывной записи в память 1024 выборок входного сигнала и постоянного обновления памяти до поступления сигнала синхронизации. С приходом сигнала синхронизации аналоговой развертки записывается еще 512 выборок входного сигнала и на этом процесс записи завершается. На экран выводятся 1024 выборки. При этом выборка сигнала, соответствующая моменту синхронизации всегда расположена в середине экрана, т. е. на момент остановки процесса регистрации она расположена в середине цифровой памяти, а вывод из памяти производится всегда с начального адреса памяти. Это позволяет наблюдать на экране не только момент синхронизации исследуемого сигнала, но и 512 выборок до этого момента.

В режиме самописца после нажатия кнопки «ПУСК» при нажатых кнопках «ПРЕД» и «↔» в память записываются, а затем выводятся на экран первые 1024 выборки сигнала. Далее процесс повторяется с непрерывным обновлением памяти и выводом ее содержимого на экран, но с задержкой на 1024 выборки. Таким образом, на экран выводится изображение входного сигнала, перемещающегося справа

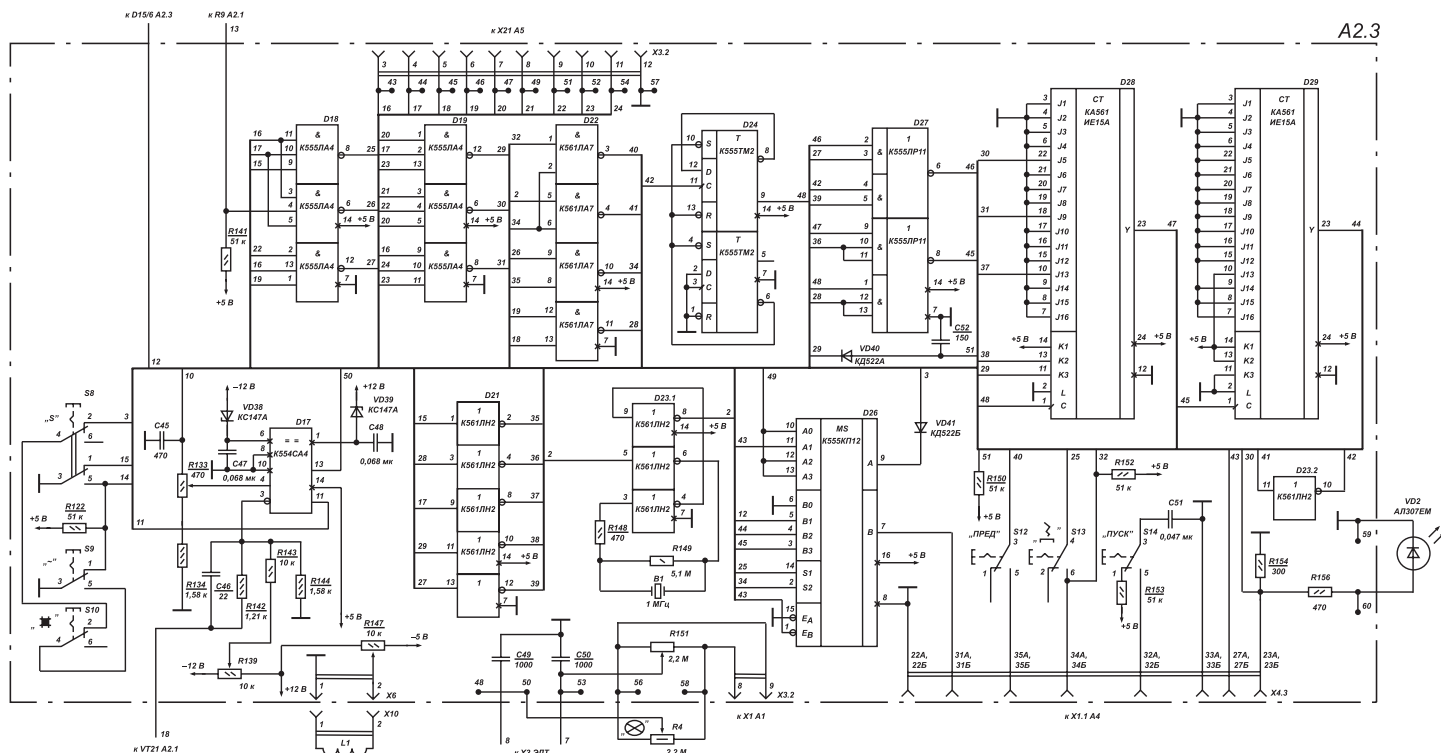


Рис. 9

налево со скоростью, определяемой установленным коэффициентом развертки. Этот процесс прекращается после повторного нажатия кнопки «ПУСК». Данный режим доступен при коэффициентах развертки в диапазоне от 0,01 с/дел до 10 с/дел.

Функционально регистратор состоит из двух базовых узлов: преобразователя, непосредственно осуществляющего оцифровку аналогового сигнала и вывод этого сигнала на экран прибора, и формирователя, вырабатывающего основные сигналы управления этими процессами. Этими сигналами являются импульсы с частотой дискретизации аналогового сигнала («FD») и импуль-

сы коммутации отображаемых сигналов реального времени и сигналов, записанных в память прибора («РЦВ»).

Парафазный аналоговый сигнал с выхода линии задержки (для компенсации задержки начала стробирования сигнала при записи в стробоскопическом режиме) через усилитель (на блок-схеме «Усилитель АЦП»), эмиттерный повторитель (на блок-схеме «Буфер АЦП») на транзисторах VT33, VT36, контакты 2А, 2Б разъема X12.2 блока А4 и контакты 2А, 2Б разъема X1.2 блока А3.1 поступает на схему выборки-хранения (на блок-схеме «УВх»), а далее — на вход основного узла регистратора — восьмиразрядного аналого-

цифрового преобразователя (на блок-схеме «АЦП»), выполненного на микросхеме D12 (типа К1108ПВ1А) блока А3.1 и включенного по типовой схеме. Усилитель АЦП, выполненный на элементах VT29, VT31, VT32, VT34 по схеме дифференциального усилителя с несимметричным выходом, преобразует парафазный сигнал в однофазный, необходимый для работы преобразователя. С помощью резистора R93 осуществляется балансировка усилителя, а резистора R97 — регулировка коэффициента усиления.

Схема выборки-хранения работает в режимах хранения и слежения. Она выполнена на диодах VD1, VD3, VD4, VD6...VD9, конденсаторе C5 и управляется электронным переключателем тока на транзисторах VT3, VT4, VT6, VT7, VT9, VT11, VT13, VT14, который, в свою очередь, управляется выходными сигналами триггера D8/5 и D8/6 блока А3.1 (на блок-схеме «Триггер УВХ») через диоды VD2 и VD12. Повторитель на ОУ D11 (типа КР544УД2Б) и транзисторах VT8 и VT10 предназначен для согласования уровней сигнала на выходе УВх и на входе преобразователя.

В режиме слежения диоды VD4, VD6...VD8 открыты и аналоговый сигнал проходит на вход АЦП. Поступившие сигнала «FD» с выхода коммутатора на микросхеме D26/7 (на блок-схеме «Коммутатор FD») через контакты 31А, 31Б разъема X4.3 блока А2.3, контакты 31А, 31Б разъема X1.1 блока А4, контакты 31А, 31Б разъема X1 блока А3.1, элемент D9/6 на тактовый вход триггера управления УВх D8/3 вызывает установку последнего в единичное состояние и перевод схемы выборки-хранения в режим хранения выборки сигнала на конденсаторе C5 на время аналого-цифрового преобразования.

Преобразование начинается с приходом на вход D12/22 начала преобразования АЦП отрицательного импульса с выхода формирователя строб-импульсов (на блок-схеме «Мультивибратор стробирования АЦП»), выполненного на микросхеме на триггере D6.1 по схеме мультивибратора, длительность выходного импульса которого определяется элементами C4, R11. Для исключения влияния переходных процессов при переключении режима схемы выборки-хранения стробирование происходит с задержкой, вырабатываемой на триггере D6.2 (на блок-схеме «Мультивибратор задержки») с времязадающей цепочкой C3, R8. Частота преобразования (примерно 1,3 МГц) задается конденсатором C15 внутреннего тактового генератора АЦП.

После оцифровки каждой выборки преобразователь по выходу D12/11 выдает сигнал готовности преобразования, который сбрасывает триггер управления схемой выборки-хранения D8/5, и последняя снова переходит в

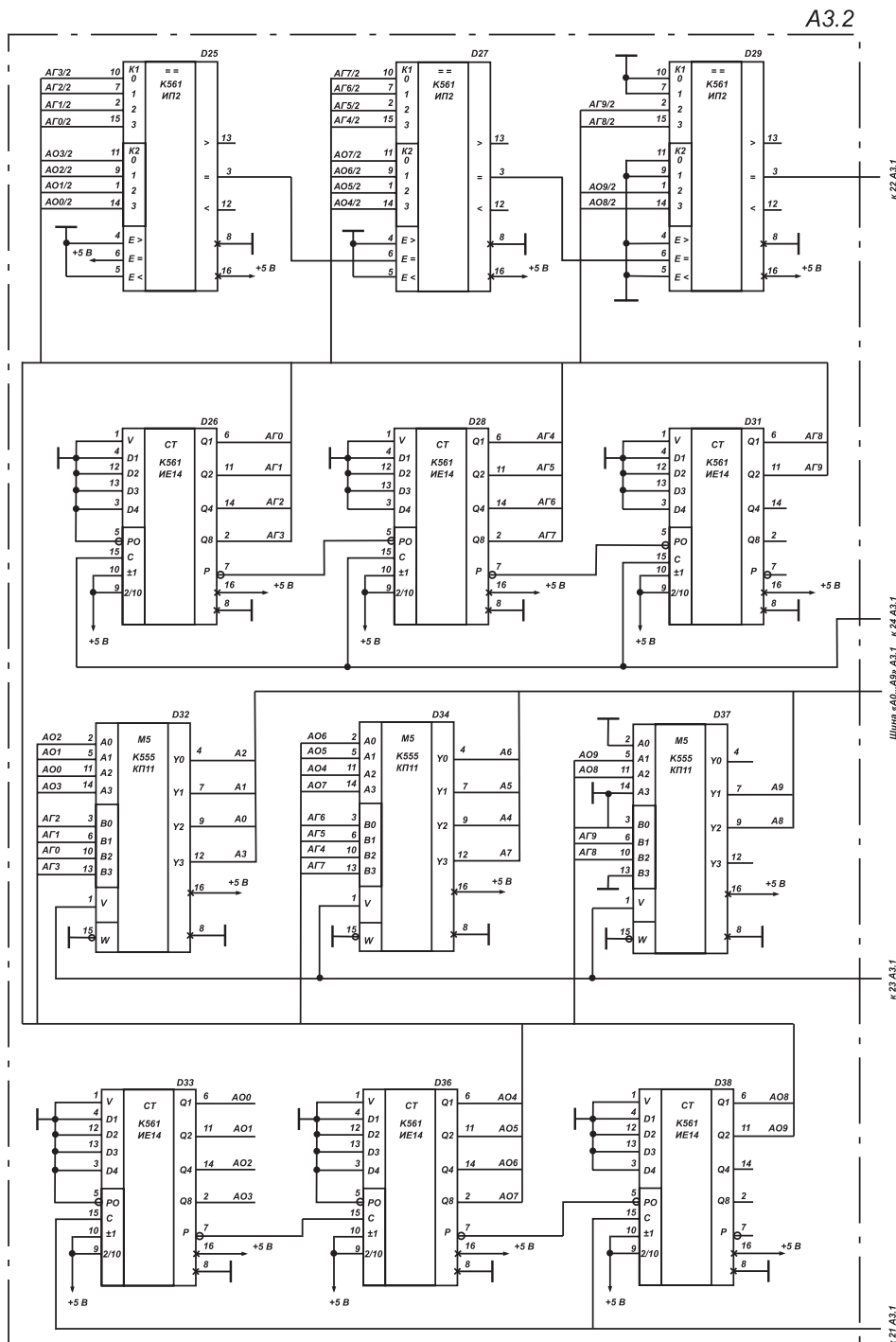


Рис. 10

режим слежения. Одновременно сигнал с выхода D8/6 разрешает считывание данных из преобразователя по его входу D12/24 в ОЗУ. После этого выходной код АЦП, соответствующий величине аналогового сигнала в данной выборке, записывается в оперативную память (на блок-схеме «ОЗУ») на микросхеме D16 (типа KP537PY10) блока А3.1, объем которой составляет 2048×8 бит, причем в данном приборе используется только половина всего объема данной микросхемы, т. к. один разряд адресной шины заземлен. Режим записи в память устанавливается отрицательным импульсом записи (его длительность определяется постоянной времени цепи R11, C4) с выхода формирователя записи (на блок-схеме «Мультивибратор записи в ОЗУ») на микросхеме D8/9 на входе WR микросхемы D16/21. Одновременно этот же сигнал поступает на тактовые входы счетчиков адресов записи в память (на блок-схеме «Счетчик адресов записи») на микросхемах D26, D28, D31 блока А3.2, определяющих адреса записи данных в память. При этом код каждой следующей выборки записывается по следующему адресу. Для постоянного доступа к микросхеме памяти вывод выбора кристалла «CS» подключен к общему проводу. Формирователь импульса записи запускается по окончании импульса задержки, вырабатываемым формирователем задержки (на блок-схеме «Мультивибратор задержки») на микросхеме D6/9. Временная диаграмма, поясняющая работу преобразователя аналогового сигнала в цифровой код приведена на рис. 3.

В исходном состоянии схемы конденсатор C51 через резистор R153 блока А2.3 заряжен до напряжения +5 В. Работа регистратора в любом из режимов начинается в момент нажатия кнопки S14 («ПУСК») блока А2.3. При этом уровень лог. 1 через контакты 32А, 32Б разъема X4.3 блока А2.3, контакты 32А, 32Б разъема X12.2 блока А4 и контакты 32А, 32Б разъема X1 блока А3.1 поступает на тактовый вход микросхемы D1/11 формирователя одиночного импульса запуска (на блок-схеме «Триггер-формирователь») на микросхеме D1 с постоянной времени формирования, определяемой номиналами резистора R5 и конденсатора C1. Это позволяет исключить влияние времени нажатия указанной кнопки на работу прибора, а конденсатор C51 блока А2.3 и резистор R4 блока А3.1 устраняют влияние «дребезга» контактов этой кнопки на функционирование схемы. По положительному фронту импульса с выхода формирователя D1/12 производится подготовка всех узлов регистратора к оцифровке входного аналогового сигнала и записи полученных данных в память. При этом сбрасывается триггер D2/13 (на блок-

схеме «Триггер синхронизации записи»), запрещая прохождение управляющего сигнала с микросхемы D26 блока А2.3 через элемент D9/6 (на блок-схеме «Ключ FD»), который управляет триггером UBx D8. При этом также запрещается коммутация сигналов канала вертикального отклонения триггером D3.1 блока А4 через контакты 19А, 19Б разъема X1.2 блока А3.1, контакты 19А, 19Б разъема X1.1 блока А4 и коммутатор D4/7 блока А4. Кроме того, при подготовке схемы сбрасываются оба триггера D7, управляющие коэффициентом пересчета счетчика выборки.

«Триггер записи» (по блок-схеме) на микросхеме D2/1 сигналом с выхода формирователя устанавливается по входу D2/3 в единичное состояние, разрешающее запись данных в память. При этом также подготавливаются условия для установок в единичное состояние триггера D2/13 по входу D2/9. Установка осуществляется фронтом импульса подсвета по тактирующему входу D2/11 с выхода «Формирователя импульсов подсвета» (по блок-схеме) по цепи: контакты 21А, 21Б разъема X1 блока А3.1, контакты 21А, 21Б разъема X12.2 блока А4, контакты 21А, 21Б разъема X1.1 блока А4, контакты 21А, 21Б разъема X4.2 блока А2.3, резистор R9 блока А2.1. При этом открывается ключ на микросхеме D9/6 (на блок-схеме «Ключ FD»), который переключает триггер UBx D8/5 в режим оцифровки и записи данных в память. В режимах предзаписи и самописца «Триггер синхронизации записи» (по блок-схеме) сигналом с выхода D9/8 устанавливается по входу D2/8 в единичное состояние, при этом преобразование начинается непосредственно после нажатия кнопки «ПУСК». Триггер выполнен по схеме делителя на два, что позволяет исключить дополнительную процедуру записи до завершения предыдущей в случае прихода следующего импульса формирователя до сигнала сброса. В нормальном режиме сброс триггера записи производится выходным сигналом управляемого счетчика предзаписи через «Коммутатор сигналов окончания записи» (по блок-схеме), выполненный на микросхеме D4/3 блока А3.1. Этот сигнал поступает на вход сброса D2/4 после прихода 1024 импульсов «FD» на вход коммутатора D4/13. В режиме предзаписи сброс производится после прохождения 512 импульсов «FD», т. к. в этом режиме коэффициент пересчета уменьшается до 512 изменением сигнала по входу D3/11 с выхода триггера синхронизации предзаписи D7/13 (на блок-схеме «Триггер синхронизации ПЗ»). В режиме самописца сигнал сброса отсутствует и процесс записи ведется непрерывно до следующего нажатия кнопки «ПУСК», по которому сбрасывается триггер D2/1. Выходной

сигнал коммутатора D4/3 определяется сигналами на входах управления D4/9 и D4/10, уровни которых зависят от положения кнопок режимов «ПРЕД» и «З». В режиме предзаписи в работе схемы участвует триггер предзаписи (на блок-схеме «Триггер ПЗ») на микросхеме D7/1, на тактовый вход которого приходит импульс с выхода счетчика D21 блока А3.1 после прохождения 512 импульсов «FD». Выходной единичный сигнал этого триггера подготавливает установку триггера синхронизации предзаписи по входу D7/9. Далее, по приходу импульса подсвета на тактовый вход D7/11, триггер синхронизации устанавливается в единичное состояние, тем самым разрешается счет 512 импульсов «Счетчиком ПЗ» (по блок-схеме), выполненном на микросхеме D3. Таким образом, при выводе информации на экране будут отображаться 1024 точки, а момент синхронизации будет наблюдаться в середине экрана.

Счетчик записи выполнен на микросхемах D14, D17 D21 типа K561ИЕ14 и предназначен для выработки сигнала окончания записи в режиме записи и сигнала разрешения синхронизации предзаписи. Совместно с ЦАП импульса стробирования счетчик формирует стробирующие импульсы.

Ввиду того, что адреса записи данных в память и адреса считывания данных из нее для отображения на экране различаются и определяются различными счетчиками, то в схему введен адресный коммутатор (на блок-схеме «Коммутатор адресов ОЗУ») на микросхемах D32, D34, D37 типа K555КП11, предназначенный для выбора источника адреса для адресной шины памяти в зависимости от режима работы прибора: оцифровка сигнала и запись в память или вывод записанного сигнала на экран. Коммутация производится сигналом с выхода триггера управления UBx. Когда триггер сброшен и на его выходе D8/4 установлен уровень лог. 0, данные из памяти считываются по адресам, определяемым счетчиком адресов отображения на микросхемах D33, D36, D38 и записанный сигнал выводится на экран. При этом уровнем лог. 1 на входе D12/24 преобразователя запрещается одновременное считывание данных из АЦП. В процессе записи в память оцифрованных данных адресация определяется содержимым счетчика адресов записи.

В режиме отображения счетчик адресов отображения работает с частотой сигнала «РЦВ», вырабатываемым блоком формирователя. В этом режиме 1024 выборки отображаются за 20 мс.

При выводе записанного сигнала на экран данные из памяти (микросхема D16) поступают на входы десятиразрядного цифро-аналогового преобразователя (на блок-схеме «ЦАП Y»), выполненного на микросхеме D18 типа KP572ПА1А. Реально используются

только восемь разрядов. Ввиду того, что данная микросхема ЦАП является преобразователем код-ток, а в приборе необходим преобразователь код-напряжение, для получения напряжения из выходного тока ЦАП применен аналоговый преобразователь ток-напряжение на операционном усилителе D22 типа КР140УД708. Полученный аналоговый сигнал через контакты 17А, 17Б разъема X1.2 блока А3.1, контакты 17А, 17Б разъема X12.2 и элементы R114, VT46 блока А4 поступает на вход «Каскада смещения ЦАП Y», а затем через «Коммутатор Y» — на выходной каскад усилителя вертикального отклонения для отображения записанного сигнала на экране прибора.

Схема сравнения адресов (на блок-схеме «Схема сравнения») предназна-

чена для сравнения текущего адреса отображаемой точки и адреса последней записанной точки. Так как в режиме самописца запись производится непрерывно, а адрес текущей выводимой точки должен отставать от адреса последней записанной выборки на 1024 точки, то должна производиться автоматическая коррекция адреса отображения на эту величину. Схема сравнения выполнена на микросхемах D25, D27, D29 типа К561ИП2. При совпадении кодов с выхода счетчика адресов отображения и с выхода счетчика адресов записи на информационный вход триггера D1/5, исключающего ложные срабатывания, поступает уровень лог. 1, и по первому импульсу, пришедшему на его тактовый вход D1/3 (с выхода триггера D15/8 блока А2.3 через кон-

такты 25А, 23Б разъема X4.2 блока А2.3 и т. д.), этот триггер устанавливается в единичное состояние и открывает ключ на транзисторе VT16. Последний через ключ на микросхеме D4/2 блока А4 разряжает времязадающий конденсатор С25 схемы отображения (на блок-схеме «Схема отображения X») блока А4, и с этого момента принудительно начинается новый цикл формирования пилообразного напряжения в режиме отображения данных из памяти. Одновременно сигнал триггера D1/2 через контакты 28А, 28Б разъема X1.2 блока А3.1, контакты 28А, 28Б разъема X1.1 блока А4 и контакты 28А, 28Б разъема X4.2 блока А2.3 разрешает прохождение сигналов через элемент D16 блока А2.3, обеспечивая подсветку

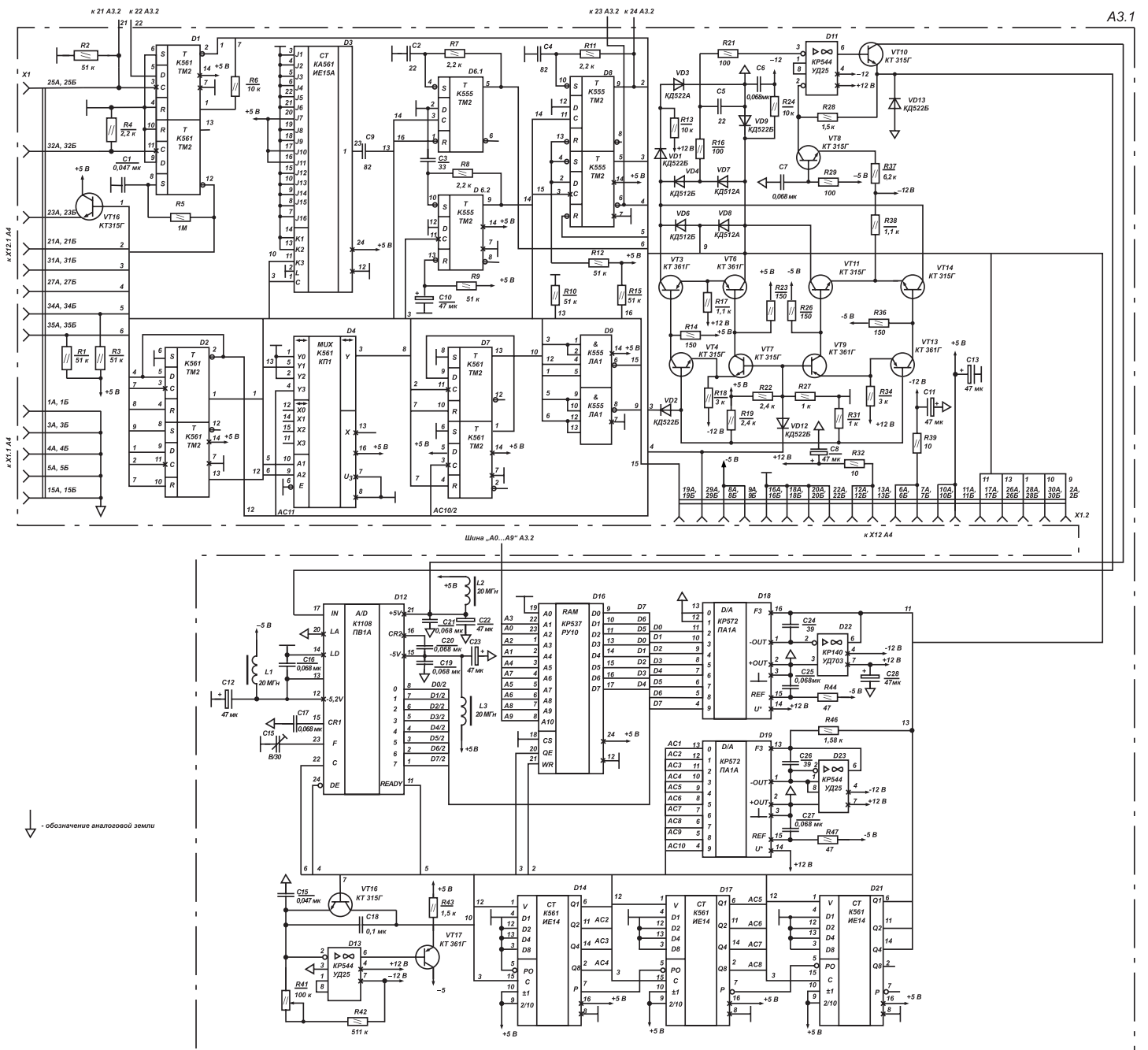


Рис. 11

луча в соответствующей точке экрана. При этом положение точки на экране по вертикали определяется содержимым ячейки памяти, а ее положение по горизонтали — адресом этой ячейки.

«Схема отображения X» (по блок-схеме) формирует напряжение пилообразной формы для режима отображения данных из памяти. Она выполнена на микросхеме D13, транзисторах VT16, VT17. Скорость нарастания определяется элементами R41, R42 и C18, при этом переменным резистором R41 устанавливается такая амплитуда пила, при которой на каждое деление горизонтальной шкалы приходится 10 выборок.

Для отклонения сигнала по горизонтали в режиме отображения записанного сигнала применен аналогичный ЦАП (на блок-схеме «ЦАП импульса стробирования»), на 10-разрядную шину данных которого поступают соответствующие адреса считывания из памяти с выхода счетчика (на блок-схеме «Счетчик адресов отображения»), выполненного на микросхемах D14, D17 и D21 типа K561ИЕ14. Как и в канале вертикального отклонения, в этом узле применен преобразователь ток-напряжение на операционном усилителе D23 типа KP5440УД2Б. Далее аналоговый сигнал через контакты 26А, 26Б разъема X1.2 блока А3.1, контакты 26А, 26Б разъема X12.2, контакты 26А, 26Б разъема X1.1 блока А4, контакты 26А, 26Б разъема X4.2 блока А2.3 поступает на вход компаратора (на блок-схеме «Формирователь стробирующих импульсов»)

Запись сигнала в однократном режиме разрешается при нажатии кнопки «ПУСК» при отжатых кнопках «ПРЕД» и «З». Первый импульс подсвета запускает процесс записи в память, заканчивающийся по приходу 1024-го импульса стробирования преобразователя.

В режиме предзаписи после нажатия кнопки «ПУСК» при нажатой кнопке «ПРЕД» и отжатой кнопке «З» начинается непрерывная запись в память 1024 выборок сигнала. После поступления импульса подсвета через резистор R9 блока А2.1 записывается еще 512 выборок и процесс останавливается. Этот режим требует положительного фронта сигнала синхронизации с выхода триггера синхронизации D2/5 блока А2.1 (рис. 7). Этот сигнал через контакт 15 блока А2.1, контакт 15 блока А2.3, контакты 21А, 21Б разъема X4.2 блока А2.3, контакты 21А, 21Б разъема X1.1 блока А4, контакты 21А, 21Б разъема X12.2 блока А4, контакты 21А, 21Б разъема X1 блока А3.1 поступает на тактовый вход триггера D2/11 и устанавливает на его выходе уровень, соответствующий выходному сигналу триггера D2/1, который срабатывает при нажатии кнопки S14 («ПУСК»).

Для включения режима предзаписи необходимо нажать кнопку S12 «ПРЕД» блока А2.3. При этом сигнал с выхода

элемента D22/3 блока А2.3 поступает через контакты указанной кнопки и элемент D9/8 блока А3.1 на вход установки триггера D2/8. Выходной сигнал с этого триггера подготавливает прохождение через логический элемент D9/6 импульса, устанавливающего в единичное состояние триггер управления схемой выборки-хранения D8/5.

При включении режима самописца, т. е. нажатии кнопки «З», триггер D2/1 принудительно устанавливается в нулевое состояние, что позволяет осуществлять непрерывную оцифровку аналогового сигнала. В остальных режимах этот триггер переключается после оцифровки 1024 выборок.

Формирователь предназначен для формирования импульсов дискретизации «FD» и сигнала «РЦВ» для коммутации аналоговых сигналов реального времени и сигналов из памяти. Он содержит тактовый генератор, делитель частоты на два, программируемый делитель, делитель частоты на 1000, формирователь стробирующих импульсов, дешифратор кодов управления, переключатель коэффициентов развертки, коммутатор сигнала «FD» и формирователь сигнала «РЦВ».

При работе прибора в диапазоне коэффициентов развертки от 0,1 мс/дел до 10 с/дел частота выходного сигнала дискретизации «FD» определяется общим коэффициентом деления частоты тактового генератора, который зависит от установленного коэффициента развертки. Тактовый генератор выполнен на микросхеме D23 и кварцевом резонаторе В1 с частотой 1 МГц. Выходной сигнал тактового генератора делится на два делителем на микросхеме D24. Микросхема D27/6 является коммутатором сигналов с частотой 1 МГц при развертках, кратных 1 и 5, и с частотой 0,5 МГц при развертках, кратных 2. С выхода делителя сигнал поступает на программируемый делитель частоты (на блок-схеме «Программируемый делитель») на микросхеме D28 типа K561ИЕ15, коэффициент деления которого определяется кодом на его управляющих входах, поступающим от «Дешифратора кодов управления» (на блок-схеме), в зависимости от установленного коэффициента развертки. Дешифратор выполнен на микросхемах D18, D19, D22 и преобразует положение переключателя коэффициентов развертки в соответствующие коды, а также выдает управляющие сигналы в различных режимах работы прибора.

В режиме самописца на выходе микросхемы D18/8 устанавливается уровень лог. 0 при коэффициентах развертки от 0,1 с/дел до 10 с/дел. В режиме предзаписи на выходе микросхемы D22/3 устанавливается уровень лог. 0 при коэффициентах развертки от 0,1 мс/дел до 10 с/дел при выключенном режиме самописца.

Делитель на 1000 выполнен на микросхеме D29 типа K561ИЕ15 с фиксированным кодом на управляющих входах. Формирователь стробирующих импульсов на микросхемах D15, D17 формирует импульсы стробирования, синхронные с аналоговой разверткой. На один из входов компаратора D17/3 подается пилообразный импульс аналоговой развертки, а на другой его вход D17/4 — напряжение сравнения из схемы регистратора с выхода «ЦАП импульсов стробирования». В момент равенства этих сигналов компаратор вырабатывает положительный импульс на выходе D17/11, запускающий триггер D15/6. Последний формирует передний фронт импульса стробирования, срез которого определяется моментом прихода импульса подсвета на вход сброса триггера D15/1. Резистор R139 предназначен для установки начального уровня пила для регулировки задержки в режиме стробирования, R133 — для регулировки приращения амплитуды при каждой следующей выборке для обеспечения размещения всех 1024 выборок на рабочем участке аналогового пилообразного напряжения. Этим обеспечивается калибровка коэффициентов развертки в стробоскопическом режиме. Временная диаграмма работы формирователя приведена на рис. 4.

Коммутатор сигнала «FD» коммутирует различные источники этого сигнала на остальную часть схемы в зависимости от выбранного режима работы прибора. Он выполнен на микросхеме D26 и управляется кодом с выхода дешифратора кодов управления. При коэффициентах развертки от 0,02 мкс/дел до 0,05 мс/дел источником этого сигнала является формирователь стробирующих импульсов. При коэффициентах развертки от 0,1 мс/дел до 0,05 с/дел — выходной сигнал программируемого делителя на микросхеме D28, а от 0,1 с/дел до 10 с/дел — выходной сигнал делителя на 1000.

Формирователь сигнала «РЦВ» выполнен на микросхемах D12, D13, D15 и обеспечивает выдачу сигнала коммутации отображаемых сигналов реального времени или записанных в памяти. Частота выходного сигнала тактового генератора делится на десять микросхемой D12/11. Далее сигнал через инвертор на микросхеме D13/12 поступает на вход коммутатора сигналов подсвета D16. Выходные сигналы коммутатора через транзисторы VT37, VT38 гасят луч в моменты коммутации для исключения помех на экране прибора. Одновременно сигнал с выхода делителя D12/011 через элементы D13/6, D13/8 поступает на тактовый вход триггера D15/9, непосредственно формирующий сигнал «РЦВ» с частотой 50 кГц.

(Продолжение следует)