

Данная статья предназначена для тех, кто хотел бы своими руками собрать для своей домашней лаборатории такой необходимый в ней прибор как осциллограф. Выпускаемые промышленностью приборы часто сложны для повторения и дороги. В журнале "Радио" N1, N2 за 1983 год была опубликована статья "Универсальный сервисный осциллограф С1-94". В статье описывался выпускаемый промышленностью относительно несложный для повторения радиолюбителями осциллограф с достаточно высокими техническими характеристиками. Хотя на страницах журнала было опубликовано немало различных конструкций осциллографов для радиолюбителей, в этой статье предлагалась вниманию действительно стоящая для повторения конструкция. Положительных откликов на эту статью было много, что заставило меня, как и многих радиолюбителей, приступить к постройке описанной конструкции. По собственному опыту могу заверить что это действительно неплохая разработка.

В осциллографе С1-94 была применена трубка 8ЛО7И которую приобрести я не смог, но подвернулась другая - 8ЛО29И. Первая, в отличии от второй, двуханодная и имеет большее усиление по этой причине. Пришлось самостоятельно приспособливать схему к той ЭЛТ что была в наличии - 8ЛО29И. Эта трубка имела в свое время широкое распространение и приобрести ее не было проблем.

В общем, тем кто хочет собрать для себя осциллограф, но не имеет подходящей трубки, этот материал поможет преодолеть эту проблему. Справочные данные некоторых трубок приведены в конце статьи. Они помогут подобрать необходимые режимы работы трубки, такие как яркость, фокусировка, усиление, схему ее подключения. Подробное описание принципов изготовления печатных плат, отдельных узлов, их компоновки и материалов для их изготовления помогут вторично использовать подходящие компоненты с ненужного оборудования.

Универсальный сервисный осциллограф радиолюбителя предназначен для исследования импульсных сигналов в амплитудном диапазоне от 10 мВ до 300 В, временном от - от 0.1 мкс до 0.5 с, а также синусоидальных сигналов амплитудой от 5 мВ до 150 В частотой до 10 МГц при проверке, налаживании и ремонте заводской и бытовой радиоаппаратуры. Он может найти применение в ремонтных мастерских, на предприятиях, в быту, в различных учебных заведениях и у радиолюбителей.

Технические характеристики осциллографа

Рабочая часть экрана 40*60 мм (8 * 10 делений).
Толщина линии луча в центре экрана - не более 0.8 мм.

Параметры канала вертикального отклонения(КВО)луча:

- коэффициент отклонения - калиброванный, от 5 мВ на деление до 5 В на деление;
- погрешность калиброванных значений коэффициента отклонения - не более 5 %, с делителем 1:10 - не более 10 %;
- время нарастания переходной характеристики (ПХ) не превышает 35 нс (полоса пропускания 0...10 МГц);
- выброс на вершине ПХ - не более 10%;
- время установления ПХ - не более 120 нс;
- неравномерность и перекося вершины ПХ из-за раскомпенсации входных делителей - не более 3 %;
- спад вершины ПХ при закрытом входе усилителя на длительности 4 мс - не более 10 %;
- смещение луча из-за дрейфа усилителя в течении одного часа после пятиминутного прогрева не превышает 0.5 деления;
- кратковременное смещение луча за 1 мин не превышает 0.2 деления;
- смещение луча в различных положениях переключателя "V/Дел" не превышает 0.5 деления.

Вход прибора может быть открытым и закрытым:

- входное сопротивление открытого входа - 1 МОм, входная емкость 40 пФ (с делителем 1:1 соответственно 1 МОм, 150 пФ; с делителем 1:10 - 10 МОм, 25 пФ);
- максимальная амплитуда входного сигнала при минимальном коэффициенте отклонения при открытом входе - не более 30 В (с делителем 1:10 - не более 300 В);
- допустимое суммарное значение входного постоянного и переменного напряжений при закрытом входе не должно превышать 250 В; - задержка сигнала при внутренней синхронизации относительно начала развертки - не менее 20 нс.

Блок развертки осциллографа может работать как в ждущем, так и в автоколебательном режиме, диапазон калиброванных значений коэффициента развертки от 0.1 мкс на деление до 50 мс на деление и разбит на 18 фиксированных поддиапазонов, кратных числам ряда 1, 2, 5.

Погрешность коэффициента развертки не превышает 5 % на всех диапазонах, кроме 0.1 мкс на деление, для которого она не превышает 8 %.

Перемещение луча по горизонтали обеспечивает установку начала и конца развертки в центре экрана.

Параметры канала горизонтального отклонения (КГО) луча:

- коэффициент отклонения на частоте 1 кГц не превышает 0.5 В на деление;
- неравномерность амплитудно - частотной характеристики усилителя в диапазоне от 20 Гц до 2 МГц - не более 3 дБ.

Осциллограф имеет внутреннюю и внешнюю синхронизацию развертки.

Внутренняя синхронизация возможна:

- синусоидальным напряжением размахом от 2 до 8 делений в диапазоне частот от 20 Гц до 10 МГц;
- синусоидальным напряжением размахом от 0.8 до 8 делений в диапазоне частот от 50 Гц до 2 МГц;
- импульсными сигналами любой полярности длительностью от 0.3 мкс при высоте изображения от 0.8 до 8 делений.

Внешняя синхронизация может быть реализована:

- синусоидальным сигналом амплитудой 0.5 В в диапазоне частот от 20 Гц до 10 МГц;
- синусоидальным сигналом амплитудой от 0.25 до 1.5 В в диапазоне частот от 50 Гц до 2 МГц;
- импульсными сигналами любой полярности длительностью от 0.3 мкс с амплитудой от 0.5 до 3 В

Нестабильность синхронизации - не более 20 нс.

Амплитуда выходного отрицательного пилообразного напряжения развертки для синхронизации внешних устройств - не менее 4 В.

Осциллограф питается от сети переменного тока напряжением 220 В и обеспечивает указанные значения технических характеристик после пятиминутного прогрева. Мощность, потребляемая от сети при номинальном напряжении, не превышает 35 Вт. Прибор способен работать непрерывно в течении 8 часов при сохранении своих технических характеристик.

Габаритные размеры осциллографа - 300 * 190 * 100 мм.

Масса - не более 3.5 кг.

Структурная схема осциллографа приведена на рис. 1. К В О служит для усиления сигнала с минимальными амплитудными и частотными искажениями в частотном диапазоне 0...10 МГц до уровня, необходимого для получения заданного коэффициента отклонения. К В О состоит из аттенюатора, предварительного усилителя, линии задержки и окончного усилителя.

К Г О состоит из усилителя синхронизации, триггера синхронизации, устройства запуска, генератора, устройства блокировки и усилителя развертки.

Калибратор предназначен для формирования сигнала калиброванного по амплитуде и длительности.

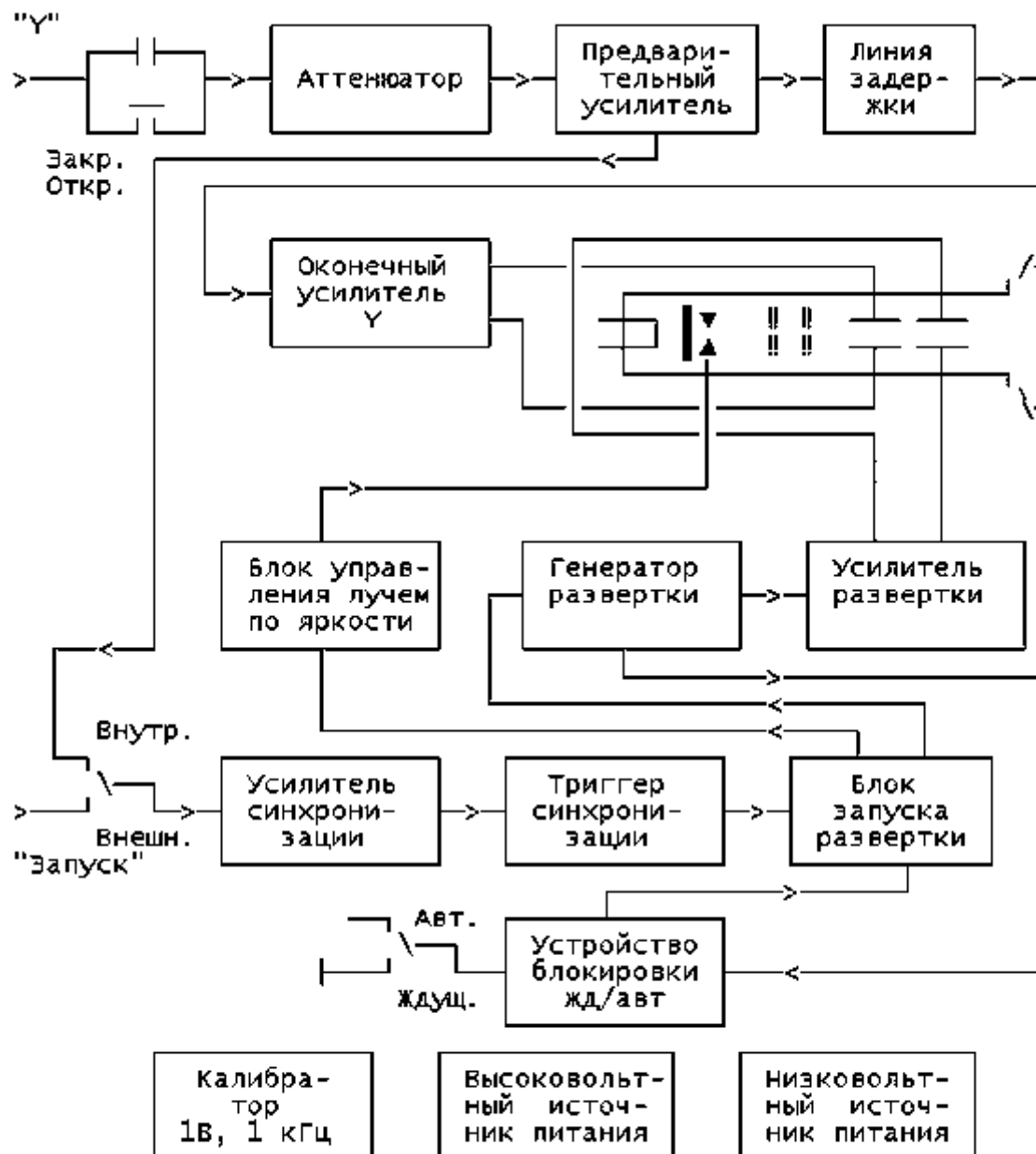


Рис. 1 Структурная схема осциллографа

Исследуемый электрический сигнал подают на вход канала вертикального отклонения прибора. Через аттенюатор сигнал проходит на вход предварительного усилителя, который совместно с окончным усилителем усиливает исследуемый сигнал до уровня, достаточного для наблюдения сигнала на экране электроннолучевой трубке (ЭЛТ).

Вид входа (открытый или закрытый) выбирают переключателем. С выхода предварительного усилителя К В О исследуемый сигнал поступает на вход усилителя синхронизации К Г О. Усилитель синхронизации совместно с триггером синхронизации

формирует сигнал, поступающий на блок запуска генератора развертки. Генератор развертки формирует линейно падающее пилообразное напряжение, которое усиливается усилителем развертки и поступает на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ.

Блок запуска совместно с генератором развертки формируют пилообразное напряжение развертки, обеспечивают автоколебательный или ждущий режим развертки ("Авт./Ждущ.") и переключение диапазонов коэффициента развертки.

Блок управления лучом по яркости, входящий в электроннолучевой индикатор, формирует положительные импульсы, поступающие на модулятор ЭЛТ во время рабочего хода развертки. Высоковольтный источник обеспечивает ЭЛТ всеми необходимыми напряжениями.

Примечание: описание осциллографа взято из журнала "Радио" N1 и N2 за 1983г., и переработано под данный вариант схемы.

Принципиальная схема осциллографа приведена на рисунках А1...А6. Исследуемый сигнал через входной разъем поступает на переключатель "Откр./Закр." и далее на частотно-компенсируемый аттенюатор, выполненный конструктивно на отдельной плате А1 и переключателе "В/Дел.". Он обеспечивает три коэффициента деления - 1:1, 1:10, 1:100. Элементы аттенюатора выбраны так, что при любом положении переключателя В1 входное сопротивление осциллографа остается постоянным. При использовании внешнего делителя 1:10 суммарный коэффициент деления увеличивается в десять раз.

С выхода аттенюатора исследуемый сигнал поступает на входной каскад К В О. Для обеспечения большого входного сопротивления и малой входной емкости он выполнен на полевом транзисторе VT10 по схеме истокового повторителя. Стабилитрон VD1, резистор R12, конденсатор C7 защищают повторитель от перегрузок входным сигналом.

Двухкаскадный предварительный усилитель выполнен на транзисторах VT1 - VT4. Глубокая отрицательная обратная связь, охватывающая предварительный усилитель, гарантирует широкую полосу пропускания и ее постоянство при изменении коэффициента передачи каскада на транзисторах VT1, VT2. Изменение коэффициента усиления в два или пять раз происходит при изменении глубины обратной связи включением между эмиттерами этих транзисторов резисторов R6, R19 и резистором на переключателе "В/Дел.".

Балансируют усилитель резистором RP1, изменяя напряжение на базе транзистора VT2.

Смещение луча по вертикали (резистор на разъеме X3) происходит изменением напряжения на коллекторах транзисторов VT1 и VT2.

Для исключения паразитных связей по цепям питания предварительный усилитель питается через фильтры R30, C5, C9, C14 и R22, C6, C8, C15.

Для удобства наблюдения фронта исследуемого сигнала в К В О включена линия задержки ЛЗ1 (в данной конструкции отсутствует). Она является нагрузкой усилительного каскада на транзисторах VT6, VT7. Выход линии задержки подключен к базовым цепям транзисторов оконечного каскада К В О, собранной на транзисторах VT8, VT9 (А2) и VT7, VT8 (А3) по каскадной схеме. Для увеличения полосы пропускания оконечного усилителя применены эмиттерные повторители на транзисторах VT3, VT4 (А3).

В осциллографе применена трубка 8ЛО29И из-за отсутствия трубки по исходной схеме 8ЛО7И, что привело к необходимости увеличения питания выходных каскадов К В О и К Г О до соответственно +150В и +240В (вместо +80В и +150В).

Коррекция коэффициента усиления по высокой частоте К В О поделена между каскадами усилителя. Так, корректирующие цепи R7, C1, и конденсатором совместно с резистором на переключателе "В/Дел." обеспечивают коррекцию коэффициента усиления в зависимости

от его положения, в каскаде с линией задержки амплитудночастотная характеристика корректируется элементами R24, C2, а в каскаде оконечного усилителя - C13, R33, C3, C4.

Для коррекции калиброванных значений коэффициента отклонения в процессе эксплуатации и замены ЭЛТ в каскад с линией задержки введен резистор RP2 ("Корр. усил."), ось которого выведена под шлиц на плате A2.

С эмиттерных повторителей на транзисторах VT3, VT4 (A3) сигнал поступает на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ.

С выхода предварительного усилителя К В О исследуемый сигнал поступает на вход усилителя синхронизации К Г О (A4).

Канал синхронизации состоит из входного эмиттерного повторителя (транзистор VT1), дифференциального каскада усиления (транзисторы VT2, VT3) и триггера синхронизации (VT7, VT8). Синхронизирующий сигнал с эмиттера транзистора VT3 (A2) через переключатель выбора сигнала синхронизации ("Внутр./Внеш.") поступает на вход канала синхронизации.

В базовую цепь транзистора VT1 включен диод VD1, предохраняющий вход усилителя синхронизации от перегрузок. С эмиттера транзистора VT1 синхронизирующий сигнал поступает на дифференциальный каскад (транзисторы VT2 и VT3), усиливающего его до уровня, достаточного для срабатывания триггера синхронизации. Переключателем "+/-" (разъем X3) выбирают требуемую полярность синхронизирующего сигнала. С коллектора транзистора VT2 или VT3 через переключатель "+/-" и эмиттерный повторитель на транзисторе VT4 синхронизирующий сигнал поступает на триггер, выполненный на транзисторах VT7, VT8.

На коллекторе транзистора VT8 формируется сигнал, постоянный по амплитуде и форме, который через развязывающий эмиттерный повторитель на транзисторе VT9 и дифференцирующую цепочку C9, R18 управляет работой блока запуска развертки.

Уровень синхронизации регулируют путем изменения напряжения на базе транзистора VT1 резистором "Уровень" (разъем X2). Для повышения устойчивости синхронизации усилитель совместно с триггером синхронизации питается от стабилизатора на м/с DA1 типа KP140EH5.

Продифференцированный сигнал с эмиттера транзистора VT9 поступает на блок запуска, который совместно с генератором развертки и устройством блокировки обеспечивает формирование линейно падающего пилообразного напряжения.

Блок запуска представляет собой несимметричный триггер с эмиттерной связью на транзисторах VT17, VT19. Для повышения быстродействия в триггер введен эмиттерный повторитель на транзисторе VT18. В исходном состоянии транзистор VT17 открыт, а транзистор VT19 закрыт. Напряжение, до которого заряжены конденсаторы C27, C28, C29, определяется напряжением на коллекторе транзистора VT19 и равно примерно 8В. Диод VD3 при этом открыт. С появлением на базе транзистора VT17, отрицательного импульса триггер меняет свое состояние, и отрицательный перепад напряжения на коллекторе транзистора VT19 закрывает диод VD3. Блок запуска при этом отключается от генератора развертки и начинается формирование прямого хода развертки. Как только напряжение развертки станет равным 7В, блок запуска через устройство блокировки (транзисторы VT10 и VT11) возвращается в исходное состояние (транзистор VT17 открыт, VT19 закрыт), и начинается процесс восстановления, в течении которого времязадающие конденсаторы C27, C28, C29 заряжаются до исходного напряжения. Во время восстановления устройство блокировки поддерживает блок запуска в исходном состоянии. Переключатель "Автом./ Ждущ." при этом находится в положении "Ждущ."

Автоколебательный режим развертки устанавливается переключателем "Автом./Ждущ." (положение "Автом."). При этом изменяется режим работы транзисторов устройства блокировки и блок запуска переходит в автоматический режим.

Генератор развертки (транзисторы VT21, VT22) работает по принципу разрядки времязадающего конденсатора C28 через токостабилизирующий транзистор VT21. Амплитуда линейно падающего напряжения, формируемого генератором развертки, около 5В (было около 7В). Во время восстановления блока запуска конденсатор C28 заряжается через транзистор VT21 и диод VD3. Во время рабочего хода диод VD3 закрывается, отключая цепь конденсатора C28 от блока запуска развертки, и он разряжается через транзистор VT21, включенный по схеме с общей базой.

Скорость разрядки времязадающего конденсатора C28 определяется током коллектора транзистора VT21 и изменяется при изменении сопротивления времязадающих резисторов (находящихся на переключателе "Время/Дел."). Коэффициент развертки в пределах одного диапазона изменяют коммутацией точных резисторов на переключателе "Время/Дел." и в 1000 раз коммутацией времязадающих конденсаторов C2 и конденсатора емкостью 2 мкФ, находящегося на передней панели осциллографа параллельно конденсатору C28 (переключатель "Мксек/Мсек", разъемы X5 и X6). Коэффициенты развертки с заданной точностью устанавливают подбором конденсаторов C27, C29 в диапазоне "Мксек", а в диапазоне "Мсек" - подстроечным резистором RP2, изменяя режим работы эмиттерного повторителя (транзистор VT12), определяющего ток через времязадающие резисторы.

Устройство блокировки (транзисторы VT10, VT11) обеспечивает задержку запуска развертки на время, необходимое для восстановления генератора развертки в ждущем режиме, и автоматический запуск развертки в автоколебательном режиме. Оно представляет собой эмиттерный детектор на транзисторе VT10, резисторе R35 и конденсаторе C11 и эмиттерный повторитель на транзисторе VT11. На вход устройства блокировки поступает часть пилообразного напряжения с усилителя развертки (с делителя в цепи истока транзистора VT22).

Во время рабочего хода развертки конденсатор C11 заряжается синхронно с напряжением развертки. Во время восстановления генератора развертки транзистор VT10 закрывается, но устройство блокировки остается в исходном состоянии благодаря большой постоянной времени цепи R35, C11. В ждущем режиме развертки эмиттерный повторитель на транзисторе VT11 закрывается (переключатель режима развертки в положении "Ждущ"). В положении "Авт" эмиттерный повторитель переходит в линейный режим работы, а генератор развертки - в автоколебательный. В пределах поддиапазона постоянная времени устройства блокировки изменяется ступенчато переключателем "Время/Дел" и в 1000 раз переключателем "Мксек/Мсек".

Для повышения линейности пилообразного напряжения и исключения влияния входного тока усилителя на времязадающие цепи применен полевой транзистор VT22.

Пилообразное напряжение развертки (RAMP) с разъема X11 (A4) поступает на вход усилителя горизонтального отклонения X3 (A3).

Усилитель развертки двухкаскадный, дифференциальный, выполнен по каскодной схеме на транзисторах VT9, VT10, VT5, VT6 (A3). Для повышения симметричности выходного напряжения в эмиттерные цепи транзисторов VT9, VT10 включен генератор тока на транзисторе VT12.

Для коррекции коэффициента передачи усилителя по высокой частоте включены конденсаторы C1, C2 (A3). Для увеличения полосы пропускания оконечного усилителя применены эмиттерные повторители на транзисторах VT1, VT2 (A3). С эмиттерных повторителей на транзисторах VT1, VT2 (A3) сигнал поступает на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ.

Смещение луча по горизонтали (резистор на разъеме X5) происходит изменением напряжения на базе транзистора VT11 (A3).

В осциллографе предусмотрена возможность подачи внешнего сигнала на усилитель развертки (разъем X2 блока A3) и снятия пилообразного напряжения (разъем X11 блока A4) для синхронизации с осциллографом внешних устройств.

Цепи накала ЭЛТ питаются от отдельной обмотки силового трансформатора (блок A1). Напряжение питания первого анода ЭЛТ (фокусировка) снимается с резистора "Фокус" блока A1, второго анода (астигматизм) с резистора RP2 блока A3. Регулирование яркости луча ЭЛТ производится резистором "Яркость" блока A1.

Устройство управления лучем по яркости представляет собой симметричный триггер на транзисторах VT15, VT16, питаемый от отдельного источника (20В), относительно источника питания катода. Запускают триггер положительные импульсы, снимаемые через цепь R27, C40 с эмиттера транзистора VT18 блока запуска развертки.

В исходном состоянии транзистор VT15 открыт, VT16 - закрыт. Положительный перепад импульса с блока запуска развертки переводит триггер в другое устойчивое состояние, отрицательный - возвращает в исходное состояние. В результате на коллекторе транзистора VT16 формируется положительный импульс амплитудой около 17 вольт, по длительности равный длительности прямого хода развертки. Этот импульс поступает на модулятор ЭЛТ для подсветки прямого хода развертки.

В осциллографе предусмотрен калибратор развертки частотой 1 кГц и амплитудой 1 В, собранный на транзисторах VT5 и VT6. С выхода генератора калибратора сигнал поступает на формирователь прямоугольных импульсов, собранный на транзисторе VT26, в эмиттерной цепи которого включен резистор RP5, с которого на выходное гнездо калибратора поступают импульсы частотой 1 кГц и амплитудой 1В. Грубо частоту калибратора устанавливают подбором конденсатора C39, точно - резистором RP4.

Источник питания обеспечивает все блоки осциллографа необходимыми напряжениями: 240 В при токе нагрузки 15 мА; 150 В при токе 35 мА (было +200 В при 20 мА и 100 В при 50 мА); +12 В при 150 мА; -12 В при 150 мА. Все напряжения питания стабилизированы для сохранения стабильности параметров осциллографа при изменении напряжения питающей сети.

Для питания ЭЛТ применен преобразователь, собранный по двухтактной схеме на транзисторах VT24, VT25. Стабилизация высокого напряжения осуществляется цепью обратной связи на транзисторах VT13, VT14 и VT23.

Преобразователь выдает напряжение 1250 В. Частота преобразования 20 кГц. Напряжение на преобразователе около 26 вольт. Ток потребляемый преобразователем не превышает 130 мА.

Схемы и печатные платы блоков

Блок	Назначение	Схема	Плата
A1	Коммутационный блок	Принципиальная схема	
A2	Входной усилитель Y	Принципиальная схема	Печатная плата
A3	Выходные усилители Y и X	Принципиальная схема	Печатная плата

A4	Блок развертки и питания ЭЛТ	Принципиальная схема	Печатная плата
A5	Блок питания, выпрямитель и стабилизаторы +150V, +240V	Принципиальная схема	Печатная плата: детали проводники
A6	Печатная плата выводов трансформатора питания	Печатная плата	
A7	Активный щуп осциллографа	Принципиальная схема	
A8	Двухканальный коммутатор	Принципиальная схема	

КОНСТРУКЦИЯ. ДЕТАЛИ. НАЛАЖИВАНИЕ.

Прибор выполнен в настольном варианте и имеет вертикальное построение. Экран ЭЛТ и основные органы управления осциллографом расположены на передней панели. На задней панели, рядом с цоколем ЭЛТ, установлена плата А3 оконечных усилителей К В О и К Г О. Такое расположение выбрано необходимостью максимального приближения выходных каскадов К В О и К Г О к пластинам ЭЛТ для получения минимальной выходной емкости усилителей, а следовательно, и широкой полосы пропускания. На задней панели расположен трансформатор питания, плата разводки его выводов А6 и плата стабилизаторов питания +240 В и +150 В - А5. Плата К В О, выпрямителей +18 В и -18 В, стабилизаторов +12 В и -12 В расположена с левой стороны осциллографа. Там же у передней панели расположена плата входных делителей 1:1, 1:10 и 1:100. С правой стороны расположена плата А4, на которой размещены К Г О, стабилизатор и высоковольтный источник питания ЭЛТ.

В условиях массового производства невозможно отвести достаточно времени на индивидуальную отладку каждого прибора. Это обстоятельство стараются учитывать еще на стадии разработки осциллографа за счет некоторого усложнения его схемы. Поэтому при правильно выполненных печатных платах, монтаже и исправных деталях осциллограф практически не требует наладки.

При первом включении необходимо проверить наличие всех напряжений питания. Потом после прогрева необходимо установить линию развертки в центр экрана на горизонтальную ось. Теперь нужно сбалансировать усилитель вертикального отклонения. Для этого при изменении положения переключателя "В./Дел." подстройкой резистора RP1, блока А2 необходимо добиться неизменности положения горизонтальной линии развертки в центре экрана. Эту операцию нужно повторить несколько раз. Ее можно считать законченной, если линия развертки не перемещается при переключении переключателя "В./Дел."

Теперь переключатель "В./Дел." устанавливают в положение 0.2 вольта на деление, переключатель "Время/Дел." в положение 0.1 миллисекунды на деление, внутреннюю синхронизацию и ждущий режим работы развертки. На экране ЭЛТ появится изображение импульсов прямоугольной формы. Изображение синхронизируют переменным резистором "Уровень". Подстроечным резистором RP2 в блоке А2 добиваются размаха импульсов, равного пяти делениям по вертикали. Коэффициент развертки корректируют подстроечным

резистором RP2 в блоке А4, добиваясь, чтобы один период калибровочных импульсов занимал на экране ЭЛТ 10 делений по горизонтали. После выполнения этих всех операций осциллограф можно считать готовым к работе.

Если при первом включении линия развертки на экране отсутствует, то нужно еще раз проверить монтаж осциллографа и напряжения на электродах полупроводниковых приборов. Они должны соответствовать приведенным в таблице 1. При замере напряжений в усилителях нужно помнить, что усилители должны быть сбалансированы (см. выше), переключатель режима развертки в положение "Ждуц.", а луч - находится в центре экрана.

Перед замером напряжений в блоке А4 нужно прежде всего резистором "Уровень" установить нулевое напряжение на базе транзистора VT1, переключатели "Внутр./Внеш.", "Авт./Ждуц." соответственно в положение "Внутр." и "Ждуц".

Проверять напряжения на электродах транзисторов VT15 и VT16 нужно относительно контакта 1 разъема X10 в автоматическом режиме развертки.

В таблице 2 приведены напряжения на электродах ЭЛТ. Все они измерены относительно общего провода осциллографа, за исключением напряжений на выводах 1 и 14, они измерены относительно катода.

В некоторых случаях возможно придется откорректировать частотную характеристику К В О. Во входном аттенюаторе этого добиваются подстройкой соответствующих конденсаторов при разных положениях переключателя "В./Дел.". Корректирующие цепи R7, C1 обеспечивают коррекцию коэффициента усиления в зависимости от положения переключателя "В./Дел." В каскаде с линией задержки корректирующими цепями служат элементы R24, C2, а в каскаде оконечного усилителя - R33, C13, C4, C3.

В некоторых случаях не удастся сбалансировать усилитель К В О подстроечным резистором RP1, тогда, установив движок этого резистора в среднее положение, баланса необходимо добиться подбором резистора R11 (A3).

При использовании других типов ЭЛТ, если у радиолюбителя не окажется трубки 8Л007И, допускается корректировка коэффициента отклонения в небольших пределах подбором резисторов R25, R27 в цепях эмиттеров транзисторов VT6, VT7.

Устойчивого запуска генератора развертки на низких частотах добиваются подбором резистора R34, на высоких - конденсатором C9. Конденсаторами C27, C29 корректируют коэффициент развертки в диапазоне "Мксек". Коэффициент передачи усилителя развертки по высокой частоте можно скорректировать подбором конденсаторов C1, C2 (A3).

Трансформатор преобразователя собран на Ш-образном ферритовом сердечнике размерами 32*28*12. Сначала наматывается третья (по схеме) обмотка, затем вторая и затем, верхней, первая. При намотке высоковольтной обмотки тщательно ее изолировать. Зазор в сердечнике выполнен двумя слоями склеивающей ленты ЛТ-19 (без зазора частота преобразования не превышает 12-15 кГц, что приводит к неприятному "свисту"). Весь преобразователь обязательно помещается в металлический экран из магнитомягкого материала для исключения наводок на узлы конструкции как электрических, так и магнитных полей, поскольку работает на достаточно высоких частотах и при большой мощности. Размещать подальше от всех входных цепей! Смотри для примера расположение элементов в данной конструкции. Из-за неудачного расположения мне, например, заново (!!!) пришлось разработать и изготовить плату А4.

При изготовлении использован трансформатор от импульсного источника питания персоналки мощностью 200 ватт только из-за удобства для его намотки при изготовлении и возможности применения с использованием печатного монтажа. Поскольку при производстве таких трансформаторов их пропитывают лаком, разборка представляет собой непростую задачу, так как сердечник запросто легко можно расколоть из-за его хрупкости. Для разборки сначала необходимо размягчить лак, которым пропитана его конструкция.

Для этого, в домашних условиях, помещаем его в кипящую на небольшом огне воду и "варим" 1.5-2.5 часа (чем больше - тем легче разбирать, только не забывать доливать воду!). После такой процедуры, как правило, аккуратно, не торопясь, можно разобрать большинство залаченных трансформаторов. Кстати этот способ можно с успехом использовать, например при необходимости ремонта импульсных трансформаторов в любых конструкциях: теле- визорах, мониторах, видео и т.д. Намоточные данные и порядок намотки выясняются при его разборке (ремонтерам на заметку).

После сборки обязательно сердечник склеить клеем или стянуть той же склеивающей лентой. Затем, после сборки и просушки, одеть на трансформатор полоску из медной ленты, снятую ранее при разборке, и обязательно запаять ее. Получается коротко- замкнутый виток вокруг трансформатора. Такая конструкция резко снижает уровень электромагнитных излучений от преобразователя питания цепей ЭЛТ. Полоску медной ленты, при ее отсутствии, нужно обязательно изготовить, например сняв с фольгированного стеклотекстолита.

Трансформатор Т1 (А4) в фильтре питания преобразователя применен без переделки от любого импульсного источника питания персоналки. Подойдет без переделки от монитора, принтера и т.д.

Сетевой трансформатор питания собран на обычном Ш-образном сердечнике, рассчитанным на мощность 40-50 ватт. Намоточные данные приведены на схеме А1. При его изготовлении особенно тщательно изолировать обмотку накала трубки, т.к. она находится под высоким напряжением -1250 вольт! При сборке тщательно стянуть сердечник для уменьшения излучения от него. Расположен с учетом минимума магнитных наводок позади цоколя трубки.

Для исключения наводок на ЭЛТ, ее необходимо обязательно поместить в металлический экран изготовленный из магнитомягкого материала. Можно, если такового не окажется под рукой например, разобрать П-образный витой сердечник (я использовал от старого лампового телевизора) ненужного мощного силового трансформатора и расслоить его на отдельные П-пластины. Далее из них делаем кольца диаметром чуть меньше горловины трубки и нанизываем на цилиндрическую часть колбы трубки без зазора в два-три слоя. Экран получается простым и очень эффективным. Без экрана запросто возможно столкнуться с проблемой "размывания четкости" изображения, особенно если плохо стянут сердечник трансформатора или рядом посторонние сильные магнитные поля.

Плата выходных усилителей отклонения А3 располагается как можно ближе к цоколю ЭЛТ. Выводы отклоняющих пластин ЭЛТ припаиваются непосредственно к плате максимально короткими проводниками для уменьшения выходной емкости усилителей, от величины которой напрямую зависит полоса пропускания всего осциллографа. Сигналы на выходные усилители подаются отрезками телевизионного коаксиального кабеля максимально короткой длины по 10-15 см.

Особое внимание при изготовлении конструкции обратить на принципы изготовления печатных плат, их коммутации и монтажа для подобного типа устройств. На платах земляные проводники должны выполняться максимально возможным сечением и обязательно в виде контура по периметру всей платы. Проводники питания должны иметь ширину не менее 3-5 мм. В тонких местах усиливать припоем. Неиспользуемые участки фольги обязательно объединять с землей.

Фильтрующие индуктивности в цепях питания узлов осциллографа использованы с неисправной техники и представляют из себя кусочек ферритовой трубки диаметром 3 мм., длиной 5-7 мм. и впрессованным туда проводом. Можно взять любые малогабаритные ферритовые кольца и намотать 5-6 витков изолированного провода диаметром примерно 0.5 мм.

Фильтрующие конденсаторы в цепях питания узлов осциллографа, особенно высокочастотные, максимально приближать к элементам для которых они предназначены.

С каждым сигнальным проводом, при коммутации плат между собой, обязательно должна идти в паре своя земля! Нельзя полагаться на общую землю, например корпус конструкции или проложенный по периметру толстый провод. Этот номер только для тестера подходит. Несоблюдение указанных приемов при повторении конструкции приведет к заметному ухудшению ее параметров. Это общее правило при конструировании любой высококачественной аппаратуры.

При монтаже переключателей "V/Дел" и "Время/Дел" их нужно разделить экраном, а резисторы, относящиеся к ним, распаять прямо на них. В конструкции применены переключатели галетного типа на 11 положений. Остальные переключатели могут быть любого типа

Разъемы, установленные на платах для коммутации конструкции, можно использовать любые подходящие малогабаритные, например с неисправной техники. Можно обойтись в крайнем случае и без них, но прибавятся неудобства в настройке, ремонте и т.д.

Для изготовления координатной сетки, ввиду ее отсутствия на экране ЭЛТ 8ЛО29И, я использовал неоднократно следующий способ. Берем оргстекло толщиной 1-2мм. Затем специально затачиваем тонко резак из ножовочного полотна и с его помощью наносим на заготовку из оргстекла координатную сетку с шагом 5 мм. Делаем две-три заготовки, т.к. сразу удачно может и не получиться. Затем втираем в канавки на оргстекле черную пасту от шариковой ручки, полируем до нужной чистоты поверхности и наиболее удачную располагаем перед экраном ЭЛТ.

Намоточные данные Т2 (А4)

№ обм.	Число витков	Диаметр провода	Сопрот. Ом
1	30+30	0.38	0.5
2	21	0.20	1.0
3	925	0.08	195

Таблица напряжений транзисторов осциллографа

Таблица 1.

Обозначение по схеме	Напряжение В		
	на коллекторе (стоке)	на эмиттере (на истоке)	на базе (на затворе)
Блок А2			

VT1	-3.8...5	1.3...1.8	0.6...1.2
VT2	-3.8...5	1.3...1.8	0.6...1.2
VT3	-11.3...11.5	-1.3...1.9	-1.8...2.5
VT4	-1.8...2.5	-4.5...5.5	-3.8...5
VT5	-1.8...2.5	-4.5...5.5	-3.8...5
VT6	0.2...1.2	-2.6...3.4	-1.8...2.5
VT7	0.2...1.2	-2.6...3.4	-1.8...2.5
VT8	6.5...7.8	0...0.7	0.2...1.2
VT9	6.5...7.8	0...0.7	0.2...1.2
VT10	8...8.3	0.6...1	0
Блок А3			
VT5	100...180	11.0...11.8	11.8...12.3
VT6	100...180	11.0...11.8	11.8...12.3
VT7	60...80	8.3...9	8.8...9.5
VT8	60...80	8.3...9	8.8...9.5
VT9	10.6...11.5	6.4...7.6	6.8...8.3
VT10	10.6...11.5	6.1...7.4	6.8...8.1
VT11	12	6.9...8.1	7.5...8.8
VT12	-4.8...7.0	-8.5...8.9	-8.0...8.2
Блок А4			
VT1	4.5...5.5	-0.5...0.8	0
VT2	4.5...5.5	-0.7...0.9	-0.6...0.8
VT3	0.5...1.5	-0.6...0.8	0
VT4	4.5...5.5	3.7...4.8	4.5...5.6
VT7	3.0...4.2	3.0...4.2	3.8...4.8

VT8	4.5...5.5	3.0...4.1	2.0...2.6
VT9	-12	5.1...6.1	4.5...5.5
VT10	-12	0.5...1.1	-0.2...0.4
VT11	-12	-0.1...0.1	0.5...1.1
VT12	-12	-9.6...11.3	-10.5...11.0
VT15	-18...23	-8.2...10.2	-8.5...10.5
VT16	-14.5...17	-8.0...10.2	-8.0...10.5
VT17	0.4...1.0	-0.2...0.2	0.6...0.8
VT18	12	-0.3...0.3	0.4...1.0
VT19	8.0...8.5	-0.2...0.2	-0.2...0.2
VT20	11.8...12.1	7.5...7.8	8.0...8.5
VT21	6.8...7.3	-0.6...0.8	0
VT22	12	7.3...8.3	6.8...7.3

Дополнительное оборудование осциллографа

А теперь о несложных устройствах, делающих осциллограф еще более универсальным прибором (по материалам статьи "Снова о С1-94 и о приставках к нему", Радио N5 за 1984 год, стр.41-44). Те, кто уже собрал или приобрел осциллограф, могут изготовить их в виде приставок, ну а те кто еще не закончил сборку, могут вмонтировать их в его корпус.

Активный щуп осциллографа

Входная емкость осциллографа по отношению к испытываемому устройству может оказаться слишком большой, особенно если учесть емкость соединительного экранированного кабеля (входная емкость осциллографа С1-94 с делителем 1:1 равна 150 пф). Поэтому полное входное сопротивление, особенно на высоких частотах, часто оказывается слишком низким. Кроме того, эта емкость может нарушить нормальную работу проверяемого устройства и даже привести к возникновению автоколебаний. Оснастив осциллограф активным щупом можно избавиться от этого недостатка и с успехом налаживать устройства, в которые внесение большой емкости кабеля недопустимо: гетеродины, высокочастотные LC-фильтры и т.д.

Принципиальная схема активного щупа приведена на [рис А7](#). Входной каскад выполнен на полевом транзисторе VT1 с изолированным затвором. Диоды VD1 и VD2 защищают вход щупа от перегрузок входным напряжением. Питание щуп получает от входа "Y" осциллографа.

Благодаря применению полевого транзистора и диодов КД512 удалось получить относительно большое входное сопротивление и малую входную емкость. Со стока транзистора VT1 сигнал поступает на выходной каскад, собранный на транзисторе VT2. В

этом каскаде применена ООС по напряжению через резистор R4 и конденсатор C4, благодаря чему щуп обладает малым выходным сопротивлением, широкой полосой пропускания и хорошо работает на кабель длиной до 1.5 метра. Собранный по приведенной схеме щуп обладает следующими характеристиками:

Коэффициент передачи	1
Входное сопротивление	250 кОм
Входная емкость	5-10 пф
Максимальное входное напряжение	2.5-3 В
Полоса пропускания по уровню 3 дБ	0.01-10 МГц

Транзисторы можно применить: КП301, КП304, КТ315, КТ316, КТ342. Диоды любые кремниевые маломощные с минимальной емкостью и обратным током.

Конструкция: плата 80*15 в подходящий металлический чехол, Вход - стальная игла, непосредственно припаянная к плате.

Налаживание: подбором R1 устанавливают указанный на схеме режим работы транзистора VT2. Коэффициент передачи устанавливают подбором R4, а верхнюю границу полосы пропускания - C4. Нижняя граница определяется емкостью C1. Если на частотах, соответствующих верхней границе полосы пропускания имеется подъем АЧХ, то устранить его можно включением резистора сопротивлением 30-60 Ом последовательно с конденсатором C4.

Двухканальный коммутатор

Существует целый класс измерений, основанных на сравнении образцового сигнала и этого же сигнала, прошедшего через испытуемое устройство (измерение времени задержки, фазовых соотношений и т.д.). Для таких измерений обычно используют двухлучевые осциллографы. Однако и однолучевой может справиться с этой задачей, если дополнить его входным двухканальным коммутатором, представленным на [схеме А8](#).

Состоит коммутатор из двух электронных ключей - VT1 и VT2, и устройства управления - VT3, VT4, DD1, DD2. Исследуемые сигналы с переменных резисторов RP1 и RP2 поступают на электронные ключи. Если на затвор полевого транзистора подать напряжение логической "1" (> 4V), сопротивление его канала будет большим (> 1 МОм) и входной сигнал на выход практически не пройдет. Управляющие напряжения подаются с прямого и инверсного выходов триггера DD2.1, поэтому на вход осциллографа входные сигналы будут поступать поочередно.

Питание коммутатор получает от входа "Y" осциллографа, а Управление осуществляется подачей сигнала пилы "RAMP" с разъема X11/1 блока А4.

Возможны два режима работы коммутатора: "Поочередно" и "Одновременно". Рассмотрим их подробнее.

В режиме "Поочередно" частота коммутации определяется длительностью развертки осциллографа. пилообразное напряжение с контакта X11/1 из блока А4 (RAMP) поступает на формирователь импульсов - VT2, VT4 и DD2.3, который формирует положительные импульсы равные обратному ходу развертки. Поступая через переключатель SB1 на вход триггера DD1, они, управляя работой коммутатора, позволяют за один период развертки пропустить на вход осциллографа один сигнал, за другой - второй сигнал. Коммутация

осуществляется во время обратного хода и создается полная иллюзия работы "с двухлучевым осциллографом". Этот режим наиболее удобен т.к. частота коммутации синхронизируется частотой развертки, которая, в свою очередь, синхронизирована исследуемым сигналом. В этом режиме коммутатор позволяет наблюдать на экране сигналы частотой до 200-300 кГц.

В режиме "Одновременно" на вход триггера поступают импульсы с генератора, собранного на элементах DD2.1 и DD2.2. Частота коммутации при этом вдвое меньше частоты следования импульсов генератора и равна 40-50 кГц. Исследуемые сигналы наблюдаются на экране одновременно, и электронный луч в моменты переключения генератора не гасится. Такой режим не очень удобен, поэтому им целесообразно пользоваться для исследования сигналов частотой в несколько десятков герц.

Уровни исследуемых напряжений регулируются резисторами RP1 и RP2, а взаимное расположение их осциллограмм резистором RP3.

Транзисторы КТ315 подойдут с любыми буквами, полевые VT1 и VT2 - КП103И - КП103Л с напряжением отсечки тока стока не более 2-2.5 В. Микросхемы можно применить серий К155, К555 или их аналоги. Стабилизатор на микросхеме DA1 типа 7805 питает транзистор VT3 и микросхемы DD1 и DD2.

Налаживание сводится в основном к подбору конденсатора С4 до получения устойчивой работы формирователя импульсов и триггера при различных длительностях развертки. Частоту коммутации в режиме "Одновременно" можно изменить подбором элементов L1 и С3.

Приложения

Таблица 1. Таблица напряжений транзисторов осциллографа С1-94 (исходная)

Обозначение по схеме	Напряжение В		
	на коллекторе (стоке)	на эмиттере (на истоке)	на базе (на затворе)
T1	8...8.3	0.6...1	0
T2	-3.8...5	1.3...1.8	0.6...1.2
T3	-3.8...5	1.3...1.8	0.6...1.2
T4	-1.8...2.5	-4.5...5.5	-3.8...5
T5	-1.8...2.5	-4.5...5.5	-3.8...5

T6	-11.3...11.5	-1.3...1.9	-1.8...2.5
T7	0.2...1.2	-2.6...3.4	-1.8...2.5
T8	0.2...1.2	-2.6...3.4	-1.8...2.5
T9	6.5...7.8	0...0.7	0.2...1.2
T10	6.5...7.8	0...0.7	0.2...1.2
-----	-----	-----	-----
T1	60...80	8.3...9	8.8...9.5
T2	60...80	8.3...9	8.8...9.5
T3	100...180	11.0...11.8	11.8...12.3
T4	100...180	11.0...11.8	11.8...12.3
-----	-----	-----	-----
T1	-10.6...10.1	12	13.5...14.5
T2	-10.6...10.1	12	13.5...14.5
T3	-10.5...11.5	-10.1...11.1	-11.0...10.4
T4	-18...23	-8.2...10.2	-8.5...10.5
T6	-14.5...17	-8.0...10.2	-8.0...10.5
T7	6...6.5	0	0...0.2
T8	4.5...5.5	-0.5...0.8	0
T9	4.5...5.5	-0.7...0.9	-0.6...0.8
T10	-11.4...11.8	0	-0.6...0.8
T12	0.5...1.5	-0.6...0.8	0
T13	4.5...5.5	3.7...4.8	4.5...5.6
T14	-12.7...13	-0.3...2.0	-1.0...1.5
T15	3.0...4.2	3.0...4.2	3.8...4.8
T16	-15...25	12	12.0...12.3

T17	-15...25	-12.0...12.3	-12.6...13.0
T18	4.5...5.5	3.0...4.1	2.0...2.6
T19	7.5...8.5	4.5...5.5	5.2...6.1
T20	-12	5.1...6.1	4.5...5.5
T22	0.4...1.0	-0.2...0.2	0.6...0.8
T23	12	-0.3...0.3	0.4...1.0
T24	-12	-9.6...11.3	-10.5...11.0
T25	8.0...8.5	-0.2...0.2	-0.2...0.2
T26	-12	-0.1...0.1	0.5...1.1
T27	-12	0.5...1.1	-0.2...0.4
T28	11.8...12.1	7.5...7.8	8.0...8.5
T29	6.8...7.3	-0.6...0.8	0
T30	12	7.3...8.3	6.8...7.3
T32	12	6.9...8.1	7.5...8.8
T33	10.6...11.5	6.4...7.6	6.8...8.3
T34	10.6...11.5	6.1...7.4	6.8...8.1
T35	-4.8...7.0	-8.5...8.9	-8.0...8.2

Таблица 2 Таблица напряжений выводов трубки 8ЛО07И (исходная)

Вывод 8ЛО07И	Напряжение В
1,14	5.7-6.9
2	-1900-2100

3	-1940-2140
5	-1550-1950
7,8	60-80
9,12	0-100
10,11	100-180

Намоточные данные трансформаторов высоковольтных преобразователей

Первый осциллограф

Однотактный преобразователь КТ801

Кольцо d28мм M2000HM

I - 0.23 - 4 - база

II - 0.38 - 22 - коллектор

III - 0.08 - 1000 - высоковольтная

Выпрямитель однопериодный КЦ106Г

При $V_{вх}=24V$ $I_{п}=0.13A$ $V_{вых}= 1.1kV$ $F=18KHz$

Заключен в металлический экран для устранения помех

Второй осциллограф

Однотактный преобразователь КТ817

Строчный трансформатор от "Юность-404"

I - 0.38 - 8 - база

II - 0.38 - 40 - коллектор

III - 0.08 - 50 - схема подсветки

IV - 0.08 - 2400 - высоковольтная

Выпрямитель однопериодный КЦ106Г

При $V_{вх}=24V$ $I_{п}=0.13A$ $V_{вых}= 1.2kV$ $F=5KHz$

Заключен в металлический экран для устранения помех

Осциллограф С1-94

Двухтактный преобразователь КТ817

Ш-образный сердечник М3000НМС Ш7*7 Размер 30*30*7

I - 0.38 - 2*5 - база

II - 0.38 - 2*40 - коллектор

III - 0.08 - 50 - схема подсветки

IV - 0.08 - 1600 - высоковольтная

Выпрямитель с умножением КЦ106Г 2 шт.

При $V_{вх}=24V$ $I_{п}=0.15A$ $V_{вых}= 2.1kV$ $F=20KHz$

Заключен в металлический экран для устранения помех

Осциллограф ОМЛ2-76

Двухтактный преобразователь КТ807Б

Броневой сердечник М2000НМ1-16 2Б22 Размер 32*16

Размер точно не знаю

I - 0.10 - 2*22 - коллектор

II - 0.10 - 500 - высоковольтная

Выпрямитель с умножением КЦ106Д 2 шт.

При $V_{вх}=24V$ $I_{п}= ?$ $V_{вых}= 1.1kV$ $F=20KHz$

Заключен в металлический экран для устранения помех

Справочные данные

Осциллографические трубки

Параметр	6Л01И	ЛО-247	8ЛО7И	8ЛО29И
U перв.анода ном.,В	45-135	110-160	150-350	280-516
U перв.анода мак.,В	0-300	100-200	0-600	1100
U втор.анода ном.,В	1200	800	2000	1800**
U втор.анода мак.,В	600-1500	500-1000	1500-2200	1500-2200
U запираения ном.,-В	30-90	15-27	-	22-67

U записания мак.,-В	0-125	0-50	0-150	0-125
U модул. не более,В	25	23	30	40
U накала ном., В	6.3	4.0	6.3	6.3
U накала мак., В	5.7-6.9	3.8-4.2	5.7-6.9	5.7-6.9
I накала, А	0.5-0.6	0.5-0.9	0.27-0.33	-
U подогр.-катод, -В	0-135	0-125	0-125	0-125
Яркость экр. кд/м^	5	5.6*	16	16
Ширина линии мм	0.3	1.0	0.5	0.55
Чувствит. по X мм/В	0.11-0.15	0.2	0.25-0.35	0.14-0.21
Чувствит. по Y мм/В	0.15-0.20	0.25	0.5-0.6	0.19-0.29
Долговечность, час.	1000	500	-	1000

цвет свечения всех - зеленый

послесвечение всех - среднее

* - в НТ.

** - в журнале "Радио 9/81" указано 500В (?)

Расположение выводов

БЛО1И		ЛО-247	
Номера выводов	Наименование электродов	Номера выводов	Наименование электродов
1	Подогреватель	1	Катод
2	Катод	2	Модулятор
3	Модулятор	3	Подогреватель

4	Анод первый	4	Подогреватель
5	Не подключен	5	Анод первый
6	Модулятор посадоч.	6	Пластина Y1
7	Пластина Y1	7	Пластина X1
8	Пластина Y2	8	Анод второй
9	Анод второй	9	Пластина X2
10	Пластина X1	10	Пластина Y2
11	Пластина X2	11	Не подключать
12	Модулятор посадоч.	12	-
13	Не подключен	13	-
14	Подогреватель	14	-

Расположение выводов

8ЛО7И		8ЛО29И	
Номера выводов	Наименование электродов	Номера выводов	Наименование электродов
1	Подогреватель	1	Подогреватель
2	Катод	2	Катод
3	Модулятор	3	Модулятор
4	Не подключен	4	Не подключен
5	Анод первый	5	Анод первый
6	Не подключен	6	Не подключен
7	Пластина Y1	7	Пластина Y1
8	Пластина Y2	8	Пластина Y2
9	Анод второй	9	Анод второй

10	Пластина X1	10	Пластина X1
11	Пластина X2	11	Пластина X2
12	Не подключен	12	Экран
13	Не подключен	13	Не подключен
14	Подогреватель	14	Подогреватель