

ОСЦИЛЛОГРАФ С1-94

Захарычев Е.В., инженер-конструктор

Многим специалистам, а особенно радиолюбителям, хорошо известен осциллограф С1-94 (рис. 1). Прибор, при своих достаточно неплохих технических характеристиках, имеет весьма небольшие габариты и вес, а также относительно невысокую стоимость. Благодаря этому модель сразу завоевала популярность среди специалистов, занимающихся мобильным ремонтом различной электронной техники, не требующим очень широкой полосы частот входных сигналов и наличия двух каналов для одновременных измерений. В настоящее время в эксплуатации находится достаточно большое количество таких осциллографов.

В связи с этим данная статья предназначена для специалистов, у которых возникла необходимость ремонта и настройки осциллографа С1-94. Осциллограф имеет обычную для приборов подобного класса структурную схему (рис. 2). Она содержит канал вертикального отклонения (КВО), канал горизонтального отклонения (КГО), калибратор, электронно-лучевой индикатор с высоковольтным источником питания и низковольтный источник питания.

КВО состоит из переключаемого входного делителя, предварительного усилителя, линии задержки и оконечного усилителя. Он предназначен для усиления сигнала в частотном диапазоне 0...10 МГц до уровня, необходимого для получения заданного коэффициента отклонения по вертикали (10 мВ/дел ... 5 В/дел с шагом 1-2-5), с минимальными амплитудно-частотными и фазо-частотными искажениями.

КГО включает в себя усилитель синхронизации, триггер синхронизации, схему запуска, генератор развертки, усилитель развертки. Он предназначен для обеспечения линейного отклонения луча с заданным коэффициентом развертки от 0,1 мкс/дел до 50 мс/дел с шагом 1-2-5.

Калибратор вырабатывает сигнал для калибровки прибора по амплитуде и времени.

Узел электронно-лучевого индикатора состоит из электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), схемы питания ЭЛТ и схемы подсвета.

Низковольтный источник предназначен для питания всех функциональных устройств напряжениями +24 В и ±12 В.

Рассмотрим работу осциллографа на уровне принципиальной схемы (рис. 3).

Исследуемый сигнал через входной разъем Ш1 и кнопочный переключатель В1-1 («Открытый/Закрытый вход») поступает на входной переключаемый делитель на элементах R3...R6, R11, C2, C4...C8. Схема входного делителя обеспечивает

независимо от положения переключателя чувствительности по вертикали В1 («V/ДЕЛ.»). Конденсаторы делителя обеспечивают частотную компенсацию делителя во всей полосе частот.

С выхода делителя исследуемый сигнал поступает на вход предварительного усилителя КВО (блок У1). На полевом транзисторе Т1-У1 собран истоковый повторитель для переменного входного сигнала. По постоянному току этот кас-

кад каскада в два и пять раз. Изменение коэффициента усиления осуществляется изменением сопротивления между эмиттерами транзисторов VT2-У1, VT3-У1 путем коммутации резисторов R3-У1, R16-У1 и R1 параллельно резистору R16-У1. Балансировка усилителя осуществляется изменением потенциала базы транзистора Т3-У1 резистором R9-У1, который выведен под шлиц. Смещение луча по вертикали производится резистором R2 («↓») путем изменения базовых потенциалов транзисторов Т4-У1, Т5-У1 в противофазе. Корректирующая цепочка R2-У1, C2-У1, C1 осуществляет частотную коррекцию коэффициента усиления в зависимости от положения переключателя В1.1.

Для исключения паразитных связей по цепям питания предварительный усилитель запитывается через фильтр R42-У1, C10-У1, R25-У1, C3-У1 от источника -12 В и через фильтр R30-У1, C7-У1, R27-У1, C4-У1 от источника +12 В.

Для задержки сигнала относительно начала развертки введена линия задержки ЛЗ1, являющаяся нагрузкой усилительного каскада на транзисторах Т7-У1, Т8-У1. Выход линии задержки включен в базовые цепи транзисторов оконечного каскада, собранного на транзисторах Т9-У1, Т10-У1, Т1-У2, Т2-У2. Такое включение линии задержки обеспечивает согласование ее с каскадами предварительного и оконечного усилителей. Частотная коррекция коэффициента усиления выполняется цепочкой R35-У1, C9-У1, а в каскаде оконечного усилителя — цепочкой C11-У1, R46-У1, C12-У1. Коррекция калиброванных значений коэффициента отклонения при эксплуатации и смене ЭЛТ осуществляется резистором R39-У1, выведенным под шлиц. Оконечный усилитель собран на транзи-



Рис. 1. Осциллограф С1-94
(а — вид спереди, б — вид сзади)

кад обеспечивает симметрию рабочего режима для последующих каскадов усилителя. Делитель на резисторах R1-У1, R5-У1 обеспечивает входное сопротивление усилителя равное 1 МОм. Диод Д1-У1 и стабилитрон Д2-У1 обеспечивают защиту входа от перегрузок.

Двухкаскадный предварительный усилитель выполнен на транзисторах Т2-У1...Т5-У1 с общей отрицательной обратной связью (ООС) через R19-У1, R20-У1, R2-У1, R3-У1, C2-У1, R1, C1, которая позволяет получить усилитель с необходимой полосой пропускания, которая практически не изменяется при ступенчатом изменении коэффициента уси-

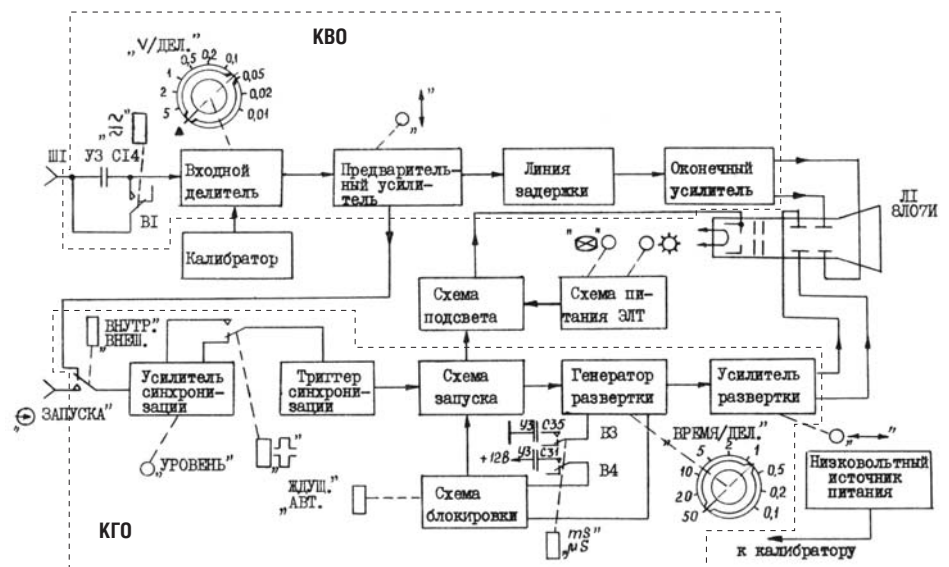


Рис. 2. Структурная схема осциллографа С1-94

Канал синхронизации (блок УЗ) предназначен для запуска генератора развертки синхронно со входным сигналом для получения неподвижного изображения

В базовую цепь транзистора Т8-У3 включен диод Д6-У3, предохраняющий схему синхронизации от перегрузок. С эмиттерного повторителя синхронизирующий сигнал поступает на дифференциальный каскад усиления. В дифференциальном каскаде осуществляется переключение (В1-3) полярности синхронизирующего сигнала и усиление его

Для повышения устойчивости синхронизации усилитель синхронизации совместно с триггером синхронизации питается от отдельного стабилизатора напряжения 5 В на транзисторе Т19-У3. Про дифференцированный сигнал



поступает на схему запуска, которая совместно с генератором развертки и схемой блокировки обеспечивает формирование линейно изменяющегося пилообразного напряжения в ждущем и автоколебательном режимах.

Схема запуска представляет собой несимметричный триггер с эмиттерной связью на транзисторах Т22-У3, Т23-У3, Т25-У3 с эмиттерным повторителем на входе на транзисторе Т23-У3. Начальное состояние схемы запуска: транзистор Т22-У3 открыт, транзистор Т25-У3 открыт. Потенциал, до которого заряжен конденсатор С32-У3, определяется потенциалом коллектора транзистора Т25-У3 и равен примерно 8 В. Дiod Д12-У3 открыт. С приходом отрицательного импульса на базу Т22-У3 схема запуска инвертируется, и отрицательный перепад на коллекторе Т25-У3 запирает диод Д12-У3. Схема запуска отключается от генератора развертки. Начинается формирование прямого хода развертки. Генератор развертки находится в ждущем режиме (переключатель В1-4 в положении «ЖДУЩ»). При достижении амплитуды пилообразного напряжения порядка 7 В схема запуска через схему блокировки, транзисторы Т26-У3, Т27-У3 возвращается в исходное состояние. Начинается процесс восстановления, в течение которого времязадающий конденсатор С32-У3 заряжается до исходного потенциала. Во время восстановления схема блокировки поддерживает схему запуска в исходном состоянии, не позволяя импульсам синхронизации перевести ее в другое состояние, то есть обеспечивает задержку запуска развертки на время, необходимое для восстановления генератора развертки в ждущем режиме и автоматический запуск развертки в автоколебательном режиме. В автоколебательном режиме работа генератора развертки происходит в положении «АВТ» переключателя В1-4, а запуск и срыв работы схемы запуска — от схемы блокировки изменением ее режима.

В качестве генератора развертки выбрана схема разряда времязадающего конденсатора через стабилизатор тока. Амплитуда линейно изменяющегося пилообразного напряжения, формируемого генератором развертки, равна примерно 7 В. Времязадающий конденсатор С32-У3 во время восстановления быстро заряжается через транзистор Т28-У3 и диод Д12-У3. Во время рабочего хода диод Д12-У3 запирается управляющим напряжением схемы запуска, отключая цепь времязадающего конденсатора от схемы запуска. Разряд конденсатора происходит через транзистор Т29-У3, включенный по схеме стабилизатора тока. Скорость разряда времязадающего конденсатора (а, следовательно, и значение коэффициента развертки) определяется величиной тока транзистора Т29-У3 и изменяется при переключении времязадающих сопротивлений R12...R19, R22...R24 в цепи эмиттера с

помощью переключателей В2-1 и В2-2 («ВРЕМЯ/ДЕЛ.»). Диапазон скоростей развертки имеет 18 фиксированных значений. Изменение коэффициента развертки в 1000 раз обеспечивается переключением времязадающих конденсаторов С32-У3, С35-У3 переключателем В1-5 («mS/mS»).

Настройка коэффициентов развертки с заданной точностью производится конденсатором С33-У3 в диапазоне «mS», а в диапазоне «mS» — подстроечным резистором R58-У3, путем изменения режима эмиттерного повторителя (транзистор Т24-У3), питающего времязадающие резисторы.

Схема блокировки представляет собой эмиттерный детектор на транзисторе Т27-У3, включенном по схеме с об-

щим эмиттером, и на элементах R68-У3, С34-У3. На вход схемы блокировки поступает пилообразное напряжение с делителя R71-У3, R72-У3 в истоке транзистора Т30-У3. Во время рабочего хода развертки емкость детектора С34-У3 заряжается синхронно с напряжением развертки. Во время восстановления генератора развертки транзистор Т27-У3 запирается, а постоянная времени эмиттерной цепи детектора R68-У3, С34-У3 поддерживает схему управления в исходном состоянии. Ждущий режим развертки обеспечивается запирающим эмиттерного повторителя на Т26-У3 переключателем В1-4 («ЖДУЩ./АВТ.»). В автоколебательном режиме эмиттерный повторитель находится в линейном режиме работы. Постоянная времени

РЕЖИМЫ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

Таблица 1

Обозначение	Напряжение, В		
	Коллектор, сток	Эмиттер, исток	База, затвор
Усилитель У1			
T1	8,0-8,3	0,6-1	0
T2	-(3,8-5,0)	1,3-1,8	0,6-1,2
T3	-(3,8-5,0)	1,3-1,8	0,6-1,2
T4	-(1,8-2,5)	-(4,5-5,5)	-(3,8-5,0)
T5	-(1,8-2,5)	-(4,5-5,5)	-(3,8-5,0)
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
Усилитель У2			
T1	60-80	8,3-9,0	8,8-9,5
T2	60-80	8,3-9,0	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
Развертка У3			
T1	-(11-9)	12	13,5-14,5
T2	-(11-9)	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)	-(8-10,2)	-(8-10,5)
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)	от -0,3 до 2,0	от -1 до 1,5
T15	3,0-4,2	3,0-4,2	3,6-4,8
T16	-(25-15,0)	-12	-(12,0-12,3)
T17	-(25-15)	-(12,0-12,3)	-(12,6-13)
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	от -0,2 до 0,2	0,5-0,8
T23	12	от -0,3 до 0,3	0,4-1
T24	-12	-(9,6-11,3)	-(10,5-11,9)
T25	8,0-8,5	от -0,2 до 0,2	от -0,2 до 0,2
T26	-12	от -0,2 до 0,2	0,3-1,1
T27	-12	0,3-1,1	от -0,2 до 0,4
T28	11,8-12	7,5-7,8	8,0-8,5
T29	6,8-7,3	-(0,5-0,8)	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	6,1-7,6	6,8-8,3
T34	10,6-11,5	6,1-7,4	6,8-8,1
T35	-(4,8-7)	-(8,5-8,9)	-(8,0-8,2)

схемы блокировки изменяется ступенчато переключателем В2-1 и грубо В1-5.

С генератора развертки пилообразное напряжение через истоковый повторитель на транзисторе Т30-У3 поступает на усилитель развертки. В повторителе применен полевой транзистор для повышения линейности пилообразного напряжения и исключения влияния входного тока усилителя развертки. Усилитель развертки усиливает пилообразное напряжение до величины, обеспечивающей заданный коэффициент развертки. Усилитель выполнен двухкаскадным, дифференциальным, по каскодной схеме на транзисторах Т33-У3, Т34-У3, Т3-У2, Т4-У2 с генератором тока на транзисторе Т35-У3 в эмиттерной цепи. Частотная коррекция коэффициента усиления осуществляется конденсатором С36-У3. Для

ра через схему удвоения Д1-У31, Д5-У31, С7-У31, С8-У31. Напряжение питания модулятора ЭЛТ снимается с другой вторичной обмотки трансформатора также через схему умножения Д2-У31, Д3-У31, Д4-У31, С3-У31, С4-У31, С5-У31. Для уменьшения влияния преобразователя на источники питания применен эмиттерный повторитель Т3-У31.

Питание накала ЭЛТ производится от отдельной обмотки трансформатора Тр1. Напряжение питания первого анода ЭЛТ снимается с резистора R10-У31 («ФОКУСИРОВКА»). Регулирование яркости луча ЭЛТ производится резистором R18-У31 («ЯРКОСТЬ»). Оба резистора выведены на переднюю панель осциллографа. Напряжение питания второго анода ЭЛТ снимается с резистора R19-У2 (выведен под шлиц).

Напряжения источников 100 В и 200 В не стабилизированы и снимаются со вторичной обмотки силового трансформатора Тр1 через схему удвоения ДС2-У3, С26-У3, С27-У3. Напряжения источников +12 В и -12 В стабилизированы и получаются из стабилизированного источника 24 В. Стабилизатор на 24 В выполнен на транзисторах Т14-У3, Т16-У3, Т17-У3. Напряжение на вход стабилизатора снимается со вторичной обмотки трансформатора Тр1 через диодный мост ДС1-У3. Подстройка стабилизированного напряжения 24 В производится резистором R37-У3, выведенным под шлиц. Для получения источников +12 В и -12 В в схему включен эмиттерный повторитель Т10-У3, база которого питается от резистора R24-У3, которым осуществляется подстройка источника +12 В.

РЕЖИМЫ ЭЛТ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

Таблица 2

Номер вывода	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Величина напряжения, В	5,7-6,9	-(1900-2100)	-(1940-2140)	—	-(1550-1950)	—	80-60	80-60	0-10	100-180	100-180	0-10	0-100	5,7-6,9

Примечания: 1. Проверка режимов, приведенных в табл. 2 (кроме контактов 1 и 14), производится относительно корпуса прибора.

2. Проверка режимов на контактах 1 и 14 ЭЛТ производится относительно потенциала катода (-2000 В).

3. Режимы работы могут отличаться от указанных в табл. 1 и 2 на ±20%.

повышения точности временных измерений в КВО прибора предусмотрена растяжка развертки, которая обеспечивается изменением коэффициента усиления усилителя развертки путем параллельного соединения резисторов R75-У3, R80-У3 при замыкании контактов 1 и 2 («Растяжка») разъема ШЗ.

Усиленное напряжение развертки снимается с коллекторов транзисторов Т3-У2, Т4-У2 и подается на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ.

Изменение уровня синхронизации производится изменением потенциала базы транзистора Т8-У3 резистором R8 («УРОВЕНЬ»), выведенным на переднюю панель прибора.

Смещение луча по горизонтали осуществляется изменением напряжения базы транзистора Т32-У3 резистором R20 («←→»), выведенным также на переднюю панель прибора.

В осциллографе имеется возможность подачи внешнего сигнала синхронизации через гнездо 3 («Выход Х») разъема ШЗ на эмиттерный повторитель Т32-У3. Кроме того, предусмотрен выход пилообразного напряжения порядка 4 В с эмиттера транзистора Т33-У3 на гнездо 1 («Выход Y») разъема ШЗ.

Высоковольтный преобразователь (блок У31) предназначен для питания ЭЛТ всеми необходимыми напряжениями. Он собран на транзисторах Т1-У31, Т2-У31, трансформаторе Тр1 и питается от стабилизированных источников +12В и -12В, что позволяет иметь стабильные напряжения питания ЭЛТ при изменении напряжения питающей сети. Напряжение питания катода ЭЛТ -2000 В снимается со вторичной обмотки трансформато-

ра. Схема подсвета в осциллографе представляет собой симметричный триггер, питаемый от отдельного источника 30 В относительно источника питания катода -2000 В, и выполнена на транзисторах Т4-У31, Т6-У31. Запуск триггера осуществляется положительным импульсом, снимаемым с эмиттера транзистора Т23-У3 схемы запуска. Исходное состояние триггера подсвета Т4-У31 открыт, Т6-У31 закрыт. Положительный перепад импульса со схемы запуска переводит триггер подсвета в другое состояние, отрицательный — возвращает в исходное состояние. В результате на коллекторе Т6-У31 формируется положительный импульс с амплитудой 17 В, по длительности равный длительности прямого хода развертки. Этот положительный импульс подается на модулятор ЭЛТ для подсвета прямого хода развертки.

Осциллограф имеет простейший калибратор амплитуды и времени, который выполнен на транзисторе Т7-У3 и представляет собой схему усилителя в режиме ограничения. На вход схемы поступает синусоидальный сигнал с частотой питающей сети. С коллектора транзистора Т7-У3 снимаются прямоугольные импульсы с такой же частотой и амплитудой 11,4...11,8 В, которые подаются на входной делитель КВО в положении 3 («▼») переключателя В1. При этом чувствительность осциллографа устанавливается 2 В/дел, а калибровочные импульсы должны занимать пять делений вертикальной шкалы осциллографа. Калибровка коэффициента развертки производится в положении 2 переключателя В2 и положении «mS» переключателя В1-5.

При проведении ремонта и последующей настройке осциллографа прежде всего необходимо проверить режимы активных элементов по постоянному току на соответствие их значениям, приведенным в табл. 1. В случае, если проверяемый параметр не укладывается в допустимые границы, нужно проверить исправность соответствующего активного элемента, а при его исправности — и элементы «обвязки» в данном каскаде. При замене активного элемента на аналогичный может потребоваться подстройка режима работы каскада (при наличии соответствующего подстроечного элемента), но в большинстве случаев этого делать не приходится, т.к. каскады охвачены отрицательной обратной связью, и поэтому разброс параметров активных элементов не сказывается на нормальной работе прибора.

В случае появления неисправностей, связанных с работой электронно-лучевой трубки (плохая фокусировка, недостаточная яркость луча и т.п.), необходимо проверить соответствие напряжений на выводах ЭЛТ значениям, приведенным в табл. 2. Если измеренные величины не соответствуют табличным, нужно проверить исправность узлов, ответственных за выработку этих напряжений (источник высокого напряжения, выходные каналы КВО и КГО и т.д.). Если же подводящие к ЭЛТ напряжения укладываются в пределы допустимого, значит проблема в самой трубке, и ее нужно заменить.

The detailed description of circuitry and principle of operation of oscilloscope C1-94, as well as the calibration data are represented in this article.