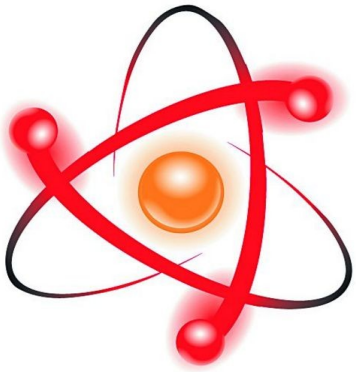
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



РТТУЛ-8

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ УСР.

Тула, 2010 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.
ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ УСР.

Цель работы: исследовать теоретические принципы построения схемы УСР, экспериментально определить параметры импульсов в контрольных точках схемы.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.
Назначение схемы УСР.

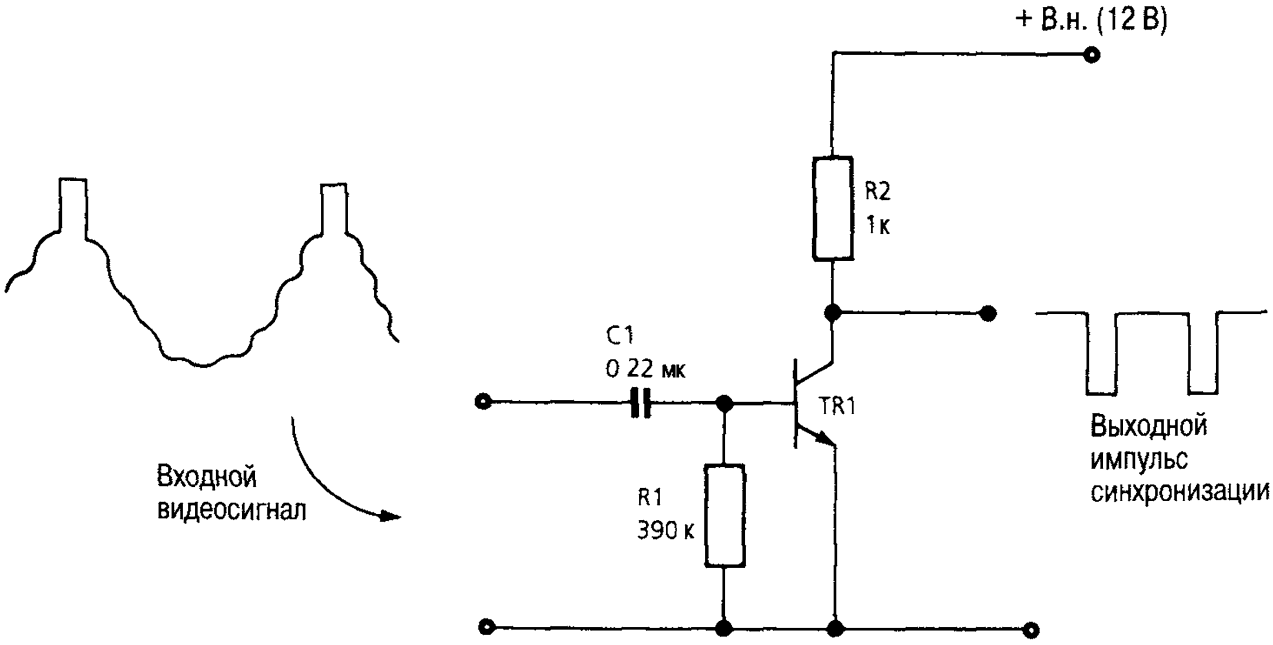


Рис. 1.1 Простая схема выделения импульсов синхронизации.

Назначение схемы выделения сигналов синхронизации заключается в том, чтобы извлечь из полного телевизионного сигнала импульсы синхронизации, разделить их на строчные и кадровые и направить в соответствующие генераторы разверток. Этот процесс не должен быть восприимчивым к изменениям амплитуды и информационному содержанию видеосигнала.

Напомним, что импульсы синхронизации располагаются выше уровня черного и занимают 30% общей амплитуды полного телевизионного сигнала. Поэтому для выделения импульсов синхронизации из видеосигнала требуется только схема ограничения.

На рис. 1.1 показана простая схема амплитудного селектора для выделения импульсов синхронизации. Конденсатор С1 обеспечивает смещение TR1 в режим класса С, т. е. вне точки отсечки. При отсутствии входного сигнала база транзистора TR1 имеет нулевой потенциал. Если на конденсатор связи С1 поступает входной сигнал, то положительная часть сигнала

обеспечивает проводимость перехода база — эмиттер. Вследствие относительно большого значения постоянной времени цепи C1R1 конденсатор удерживает заряд, создавая обратное смещение (класс С) для TR1, величина которого зависит от амплитуды входного сигнала. Это условие справедливо для положительных концов импульсов синхронизации. Видеоинформация, располагающаяся ниже этого уровня, будет, таким образом, отсечена.

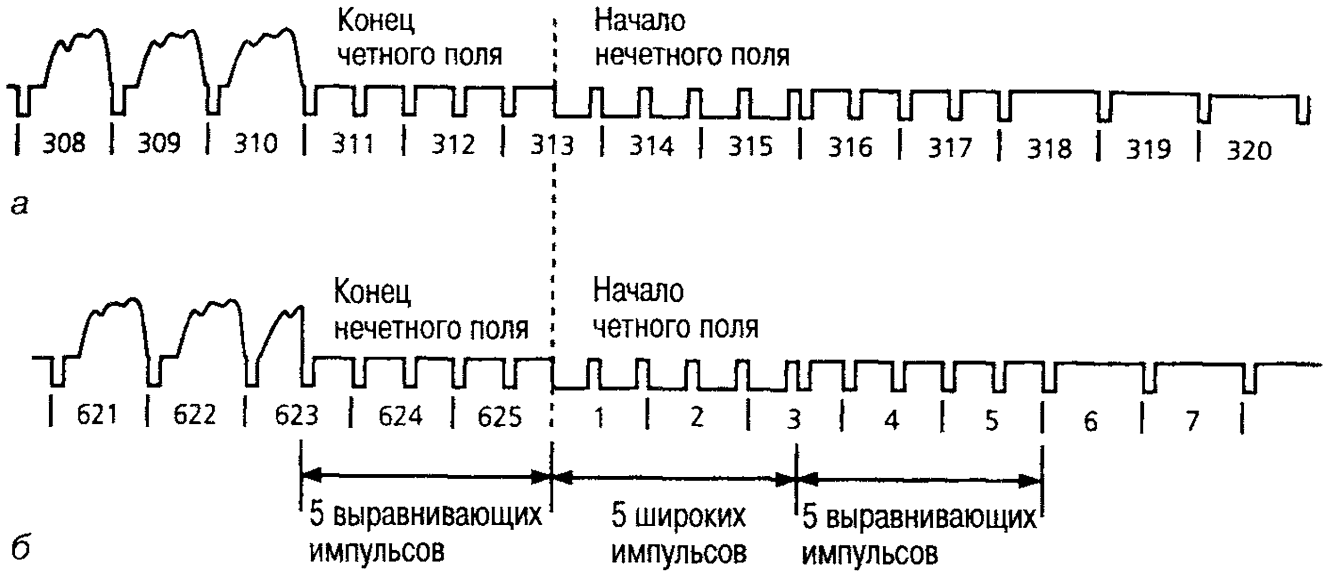


Рис. 1.2 Импульсы кадровой синхронизации. *а* — нечетный кадр; *б* — четный кадр.

После выделения импульсов синхронизации из полного сигнала приемник должен быть способен различать два типа импульсов синхронизации. Возможность различения основана на том, что импульсы кадровой синхронизации посылаются в виде сигнала с широтно-импульсной модуляцией, состоящего из пяти следующих друг за другом широких импульсов на удвоенной частоте строчных импульсов (рис. 1.2). Кадровый обратный ход занимает 25 полных строк, что дает общее время гашения обратного хода кадровой развертки 25x64 мкс = 1600 мкс. Чтобы обеспечить непрерывную строчную синхронизацию на весь период гашения обратного хода кадровой развертки, необходимо, чтобы запускающий строчный фронт появлялся там, где обычно появляется импульс строчной синхронизации. Широкие импульсы с двойной строчной частотой обеспечивают выполнение этого условия. Дополнительные фронты, появляющиеся в течение обратного хода кадровой развертки, генератор строчной развертки игнорирует. Перед пятью широкими кадровыми импульсами и после них вставляются пять выравнивающих импульсов для обеспечения нормальной чересстрочной развертки.

Разделение на интегрирующей схеме.

Наиболее общим способом разделения строчных и кадровых импульсов синхронизации является использование интегрирующей схемы (рис. 1.3). Ее постоянная времени RC должна быть больше длительности строчного импульса синхронизации, но меньше продолжительности всей строки, т. е. должна иметь значение около 50 мкс. Воздействие такой интегрирующей схемы на импульсы синхронизации показано на рис. 1.4. Конденсатор заряжается во время прохождения импульса и разряжается во время его отсутствия. Заряд, накапливаемый конденсатором С за время прохождения узкого импульса, невелик, и он полностью разряжается к моменту поступления следующего строчного импульса. При поступлении кадровых импульсов конденсатор заряжается в течение большего времени, а время его разряжения мало. Таким образом, заряд на конденсаторе накапливается по мере поступления широких последовательных импульсов, а по мере поступления выравнивающих импульсов происходит постепенное разряжение конденсатора. При этом получается нарастающий передний фронт, который затем обрезается для удаления «пульсаций» на его вершине и формирования импульса кадровой синхронизации.

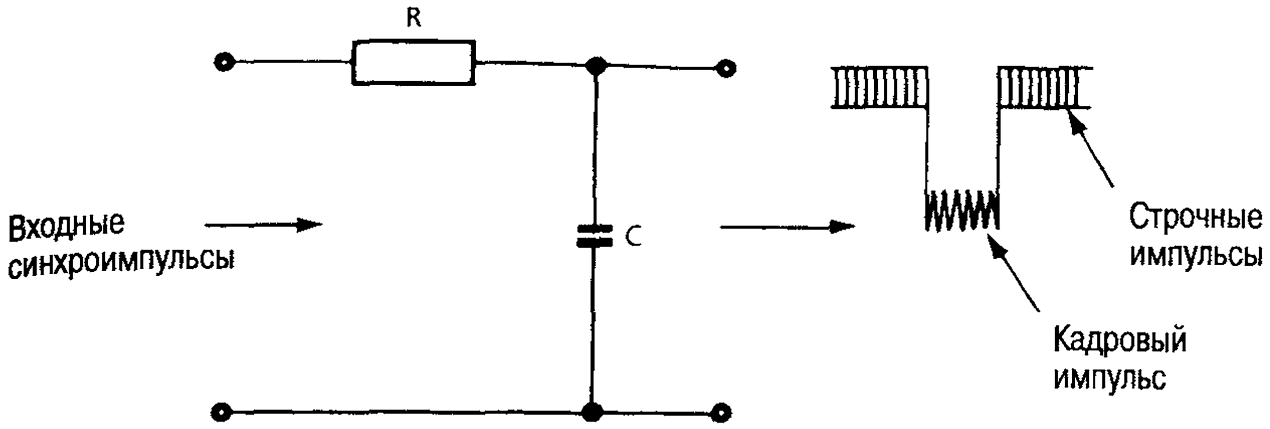


Рис. 1.3 Интегрирующая схема для разделения импульсов.

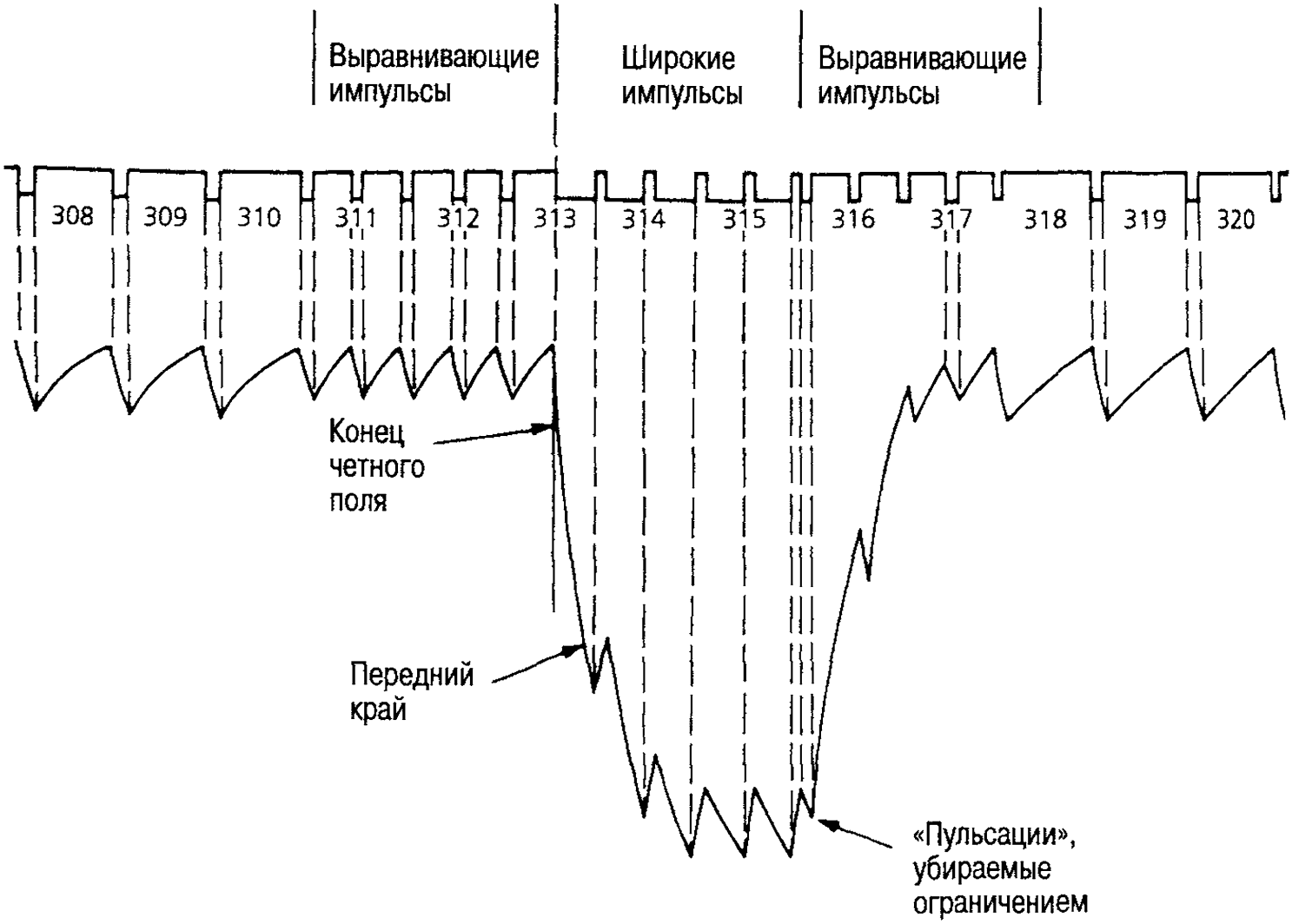


Рис. 1.4 Влияние интегрирующей схемы на импульсы синхронизации.

Выравнивающие импульсы.

Чересстрочная развертка обеспечивает сканирование двух различных полукадров — нечетного и четного. Эти два полукадра не одинаковы. Обратный ход в конце четного полукадра начинается на конце строки, в то время как обратный ход в конце нечетного полукадра начинается в середине строки. Различие в стартовой точке двух полукадров приводит к различию во временах нарастания импульсов кадровой синхронизации нечетного и четного полукадров на выходе интегрирующей цепи; в результате получается плохое чередование. Одинаковые времена нарастания можно получить, вводя до и после широких импульсов выравнивающие импульсы. Применение выравнивающих импульсов гарантирует, что форма импульса непосредственно до и сразу же после широких импульсов будет одинакова для четного и нечетного полукадров. Влияние интегрирующей цепи на нечетные и четные полукадры показано на рис. 1.5. Выравнивающие импульсы, которые проходят с удвоенной частотой строчной развертки, совпадают с концом строки для

четного полукадра и с серединой строки для нечетного полукадра, что дает одинаковые времена нарастания и идентичные циклы обратного хода.

Импульс кадровой синхронизации, формируемый интегрирующей цепью, не обладает достаточно крутым фронтом. Крутизну фронта можно повысить, используя усиление и отсечку. В то же время достоинство медленного отклика заключается в том, что при таком отклике снижается влияние паразитных или случайных кратковременных импульсов; переходные процессы могут вызывать нарушение кадровой синхронизации, проявляющееся как дрожание изображения.

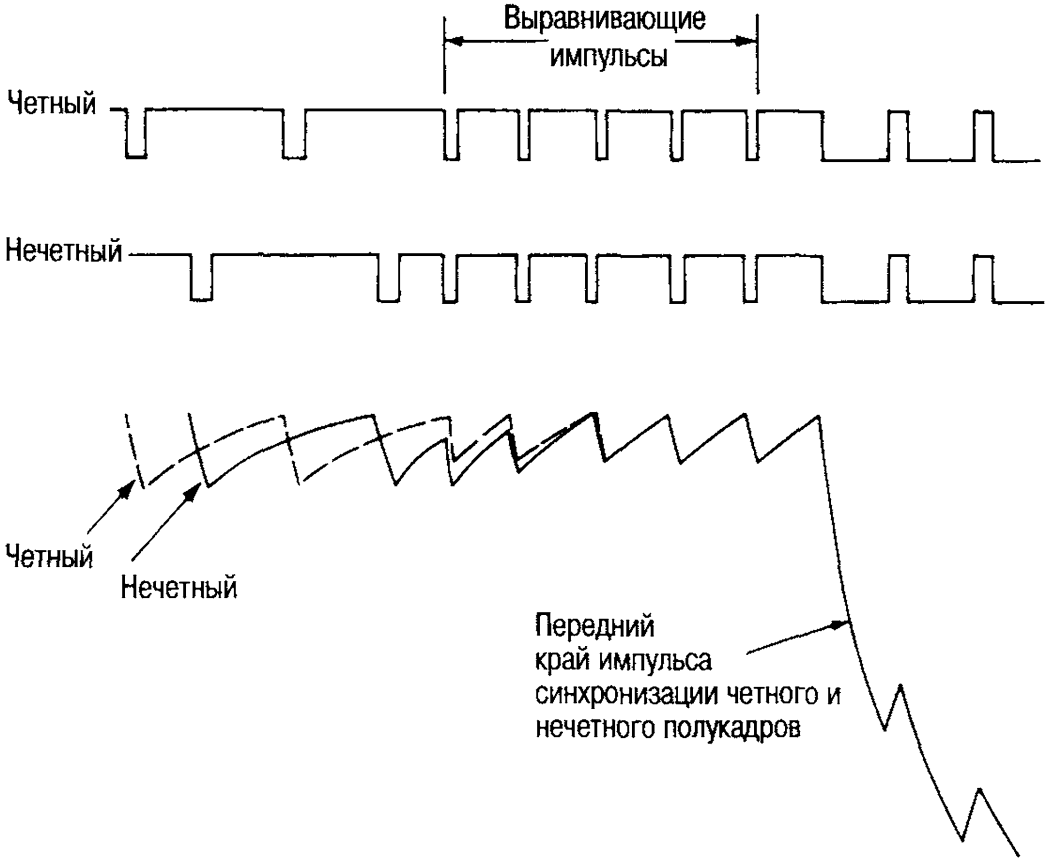


Рис. 1.5 Влияние интегрирующей цепи на четные и нечетные полукадры.

Применение дифференцирующей схемы.

Импульсы с очень крутыми фронтами можно получить, используя дифференциальную схему. Если постоянная времени имеет тот же порядок, что и период входного сигнала, то сигнал на выходе дифференциальной схемы будет по форме совпадать с входным сигналом, но иметь другой уровень постоянной составляющей. На рис. 1.6,а показан выходной сигнал для случая, когда сигнал на входе дифференциальной схемы имеет высокий коэффициент заполнения, т. е. представляет собой отрицательные узкие импульсы, похожие на импульсы строчной синхронизации. На рис.1.6,б показан выходной сигнал, когда коэффициент заполнения на входе уменьшается до величины, много меньшей единицы, т. е. когда на вход поступают положительные узкие

импульсы, похожие на широкие кадровые импульсы. В первом случае выходной импульс имеет отрицательную полярность, во втором — положительную. Следовательно, широкие кадровые импульсы можно поднять выше строчных импульсов синхронизации (рис. 1.7). Выходной сигнал ограничивается для удаления колебаний по амплитуде и получения крутых запускающих фронтов. И в этом случае выравнивающие импульсы обеспечивают идентичность кадровых импульсов для четного и нечетного полукадров.

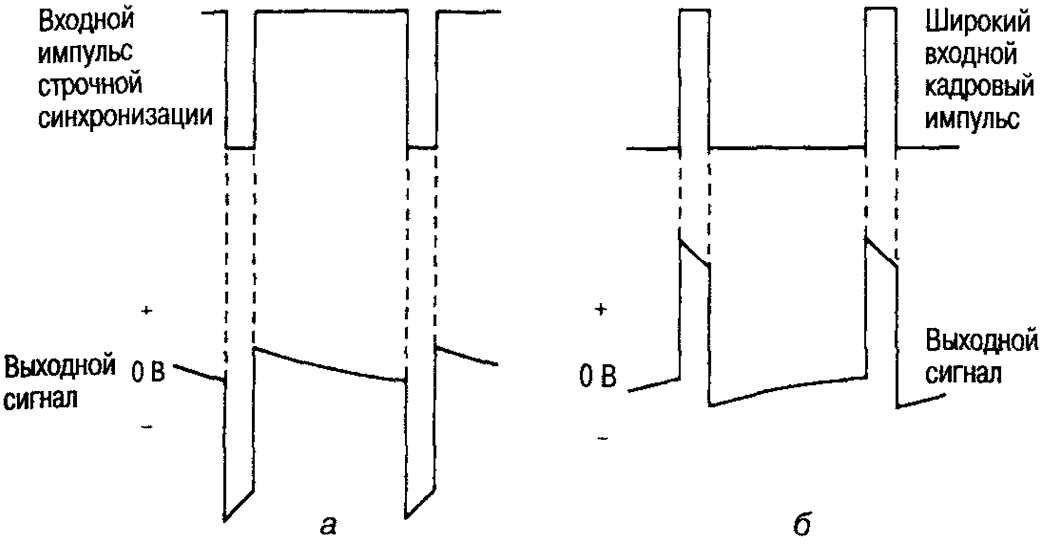


Рис. 1.6 Действие дифференцирующей схемы.

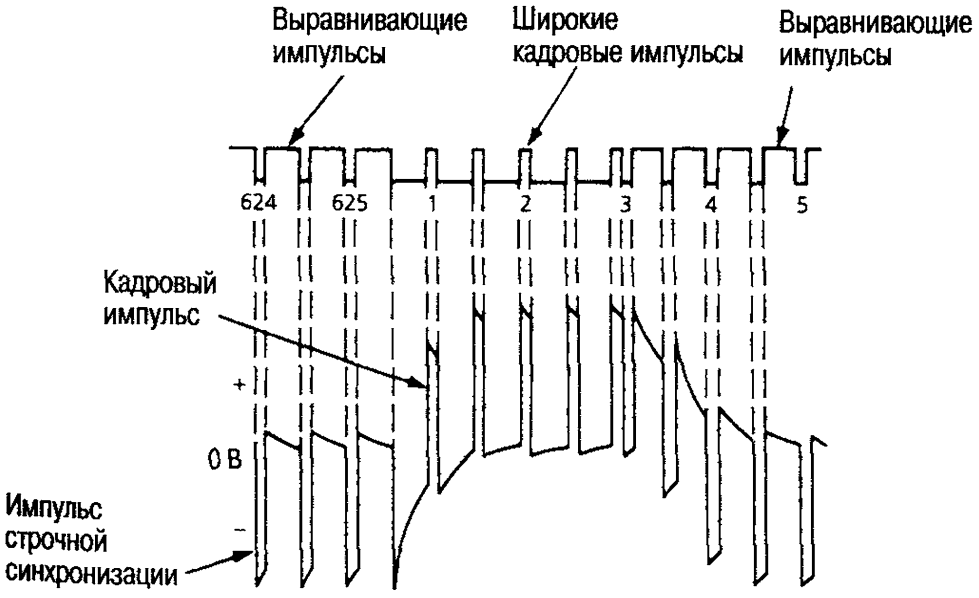


Рис. 1.7 Влияние дифференцирующей схемы на импульсы синхронизации.

Типовая схема выделения импульсов синхронизации.

На рис. 1.8 показана типовая схема выделения импульсов синхронизации; в этой схеме TR5 — транзистор схемы выделения, смещенный в класс С конденсатором связи С47. Обратное смещение —0,68 В задается резистором R35. На коллекторе TR5 вырабатываются отрицательные строчные и кадровые импульсы синхронизации. Строчные импульсы дифференцируются на конденсаторе С81 перед подачей на генератор строчной развертки. Кадровые импульсы перед подачей на генератор кадровой развертки интегрируются цепью R39/C49 и ограничиваются диодом D4. Чтобы получить крутые запускающие фронты на выходе, транзистор TR5 имеет высокую частоту среза.

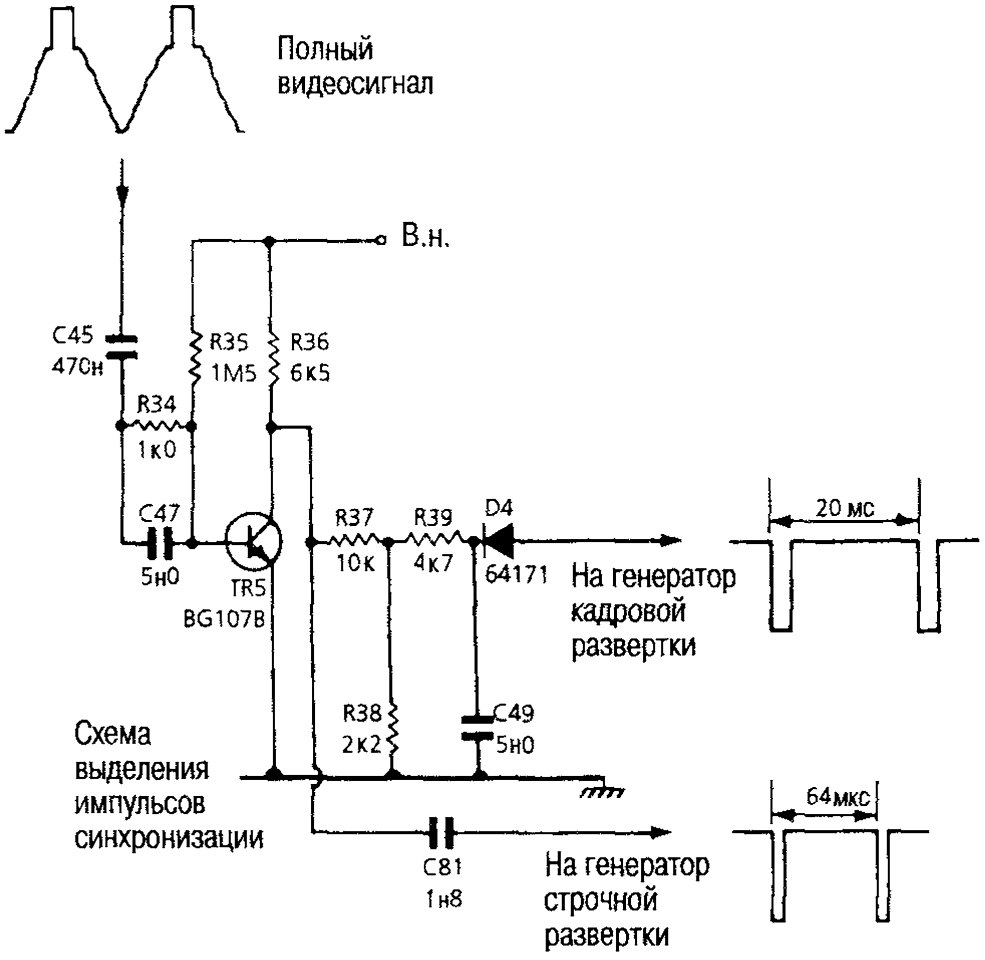


Рис. 1.8 Схема выделения импульсов синхронизации (фирма Decca).

Шумы.

Иногда на полный видеосигнал накладываются случайные импульсы, возникающие из-за шумов и других помех. Эти импульсы похожи на импульсы синхронизации и могут запускать генератор развертки в неподходящие моменты времени. Если речь идет о генераторе кадровой развертки, то интегрирующая схема, которая имеет медленную реакцию, убирает большинство таких шумов. Однако случайные импульсы, которые возникают ближе к концу кадра, вызывают кадровый или полукадровый сдвиг. Чтобы избежать этого и получить свободный от помех выходной сигнал от схемы выделения импульсов синхронизации, можно использовать пороговый шумоподавитель.

В случае генератора строчной развертки помехи приводят к так называемому разрыву строк, поскольку некоторые строки смещаются по отношению к другим. На вертикальных элементах разрыв строк проявляется в виде неровных краев. Разрыва строк можно избежать, используя схему инерционной синхронизации. Принцип действия инерционной синхронизации аналогичен принципу действия механического маховика, который благодаря своему большому моменту инерции сохраняет среднюю скорость, несмотря на случайные колебания. Схема инерционной синхронизации сохраняет среднюю частоту импульсов синхронизации путем контроля и сохранения средней частоты большого числа поступающих импульсов, поэтому случайные импульсы будут очень слабо влиять на частоту.

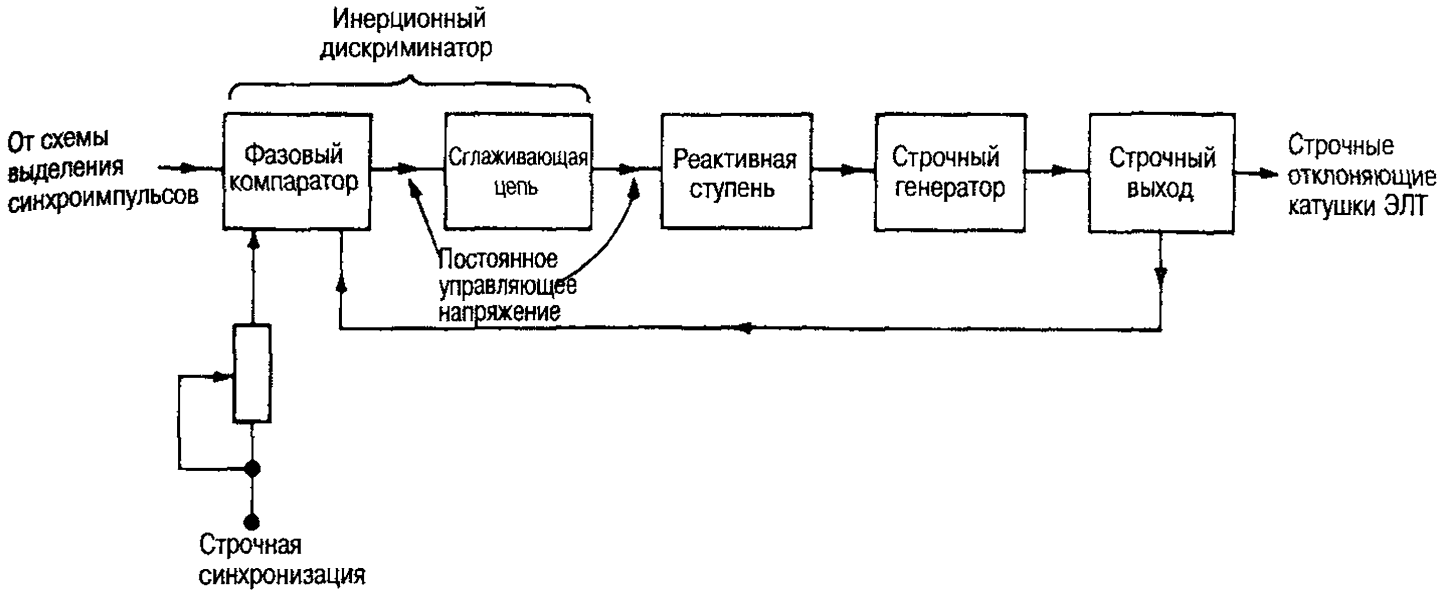


Рис. 1.9 Схема инерционной синхронизации.

Блок-схема инерционного синхронизатора показана на рис. 1.9. Она содержит инерционный дискриминатор, за которым следует реактивная ступень для управления частотой генератора строк. Собственно инерционный

дискриминатор состоит из фазового компаратора, или дискриминатора, и сглаживающей цепи. Фазовый компаратор вырабатывает управляющее напряжение, пропорциональное интервалу времени, т. е. фазе, междустрочным генератором и поступающими импульсами синхронизации. Затем напряжение сглаживается фильтром нижних частот. Для обеспечения хорошей помехоустойчивости инерционный дискриминатор должен обладать достаточно медленной реакцией, т. е. большой постоянной времени сглаживающей цепи, чтобы средняя частота выбиралась по большому числу импульсов синхронизации строк. Однако постоянная времени определяет также полосу затягивания частоты инерционного дискриминатора. Полоса затягивания частоты — это диапазон сдвига частоты генератора, в пределах которого дискриминатор стабилизирует генератор без ручной регулировки частоты строк. Малая постоянная времени повышает чувствительность и, следовательно, расширяет полосу затягивания частоты дискриминатора. Здесь следует искать компромисс, чтобы генератор обладал стабильностью в пределах полосы затягивания частоты дискриминатора.

Инерционный дискриминатор.

Упрощенная схема инерционного дискриминатора показана на рис. 1.10; на этой схеме C4/R4 — сглаживающая цепь. Импульсы строчной синхронизации с выходного строчного трансформатора интегрируются цепью R1/C1, результирующий эталонный пилообразный сигнал поступает через конденсатор C2 на фазовый компаратор D1/D2. В то же время отрицательные импульсы синхронизации от схемы выделения импульсов синхронизации поступают в компаратор через катоды диодов D1 и D2, переводя эти диоды в состояние проводимости и ограничивая эталонный пилообразный сигнал в течение длительности строчного импульса.

Если строчный генератор работает на правильной частоте, то и импульс синхронизации, и эталонный пилообразный сигнал будут совпадать, как если бы пилообразный сигнал фиксировался на 0 В (точка А на рис. 1.11). Диоды D1 и D2 открыты в равной степени, и токи I1 и I2 компенсируют друг друга; в результате выходной сигнал имеет нулевую постоянную составляющую.

Если строчный генератор работает несколько быстрее, пилообразный сигнал имеет более высокую частоту и, следовательно, более короткий период, В этом случае импульс синхронизации будет совпадать с отрицательной частью пилообразного сигнала, вызывая включение диода D2. Следовательно, на выходе появится постоянная составляющая отрицательной полярности. И наоборот, если генератор работает медленнее, то импульс синхронизации будет совпадать с положительной частью пилообразного сигнала. вызывая включение диода D1 и появление положительной постоянной составляющей на выходе.

На рис. 1.12 показана схема инерционного дискриминатора, содержащая расщепитель фаз. Импульсы строчной синхронизации со схемы выделения импульсов синхронизации VT9 поступают через дифференцирующую цепь C106/R118 на расщепитель фаз VT12. На инерционный дискриминатор

подаются два импульса синхронизации Ml и М2, находящиеся в противофа-зе, которые переводят диоды W25 и W26 в проводящее состояние. В точке соединения двух диодов происходит фиксация эталонного пилообразного сигнала, как было описано выше. Конденсатор С109 относится к сглаживающему фильтру, который питает постоянным током реактивную ступень.

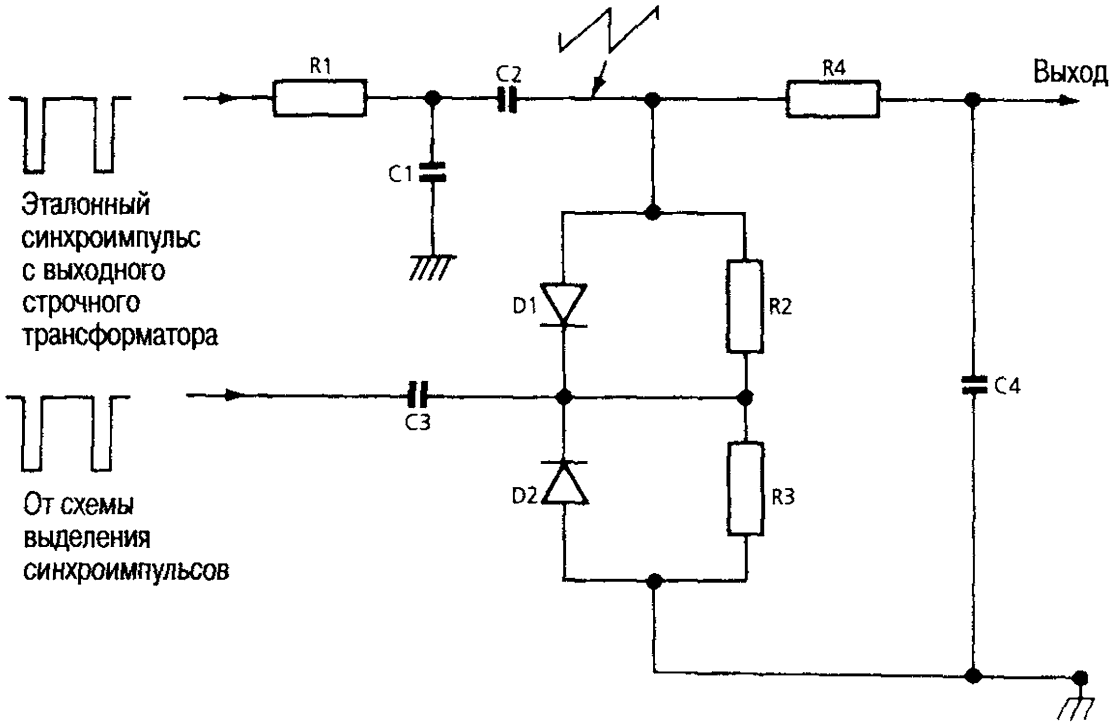


Рис. 1.10 Упрощенная схема инерционного дискриминатора.

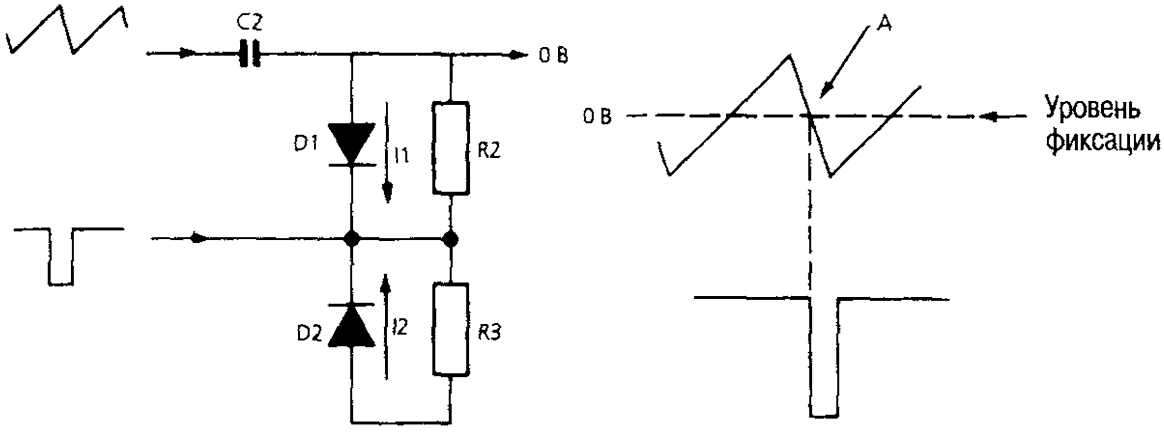


Рис. 1.11 . Инерционный дискриминатор при работе строчного генератора на правильной частоте.

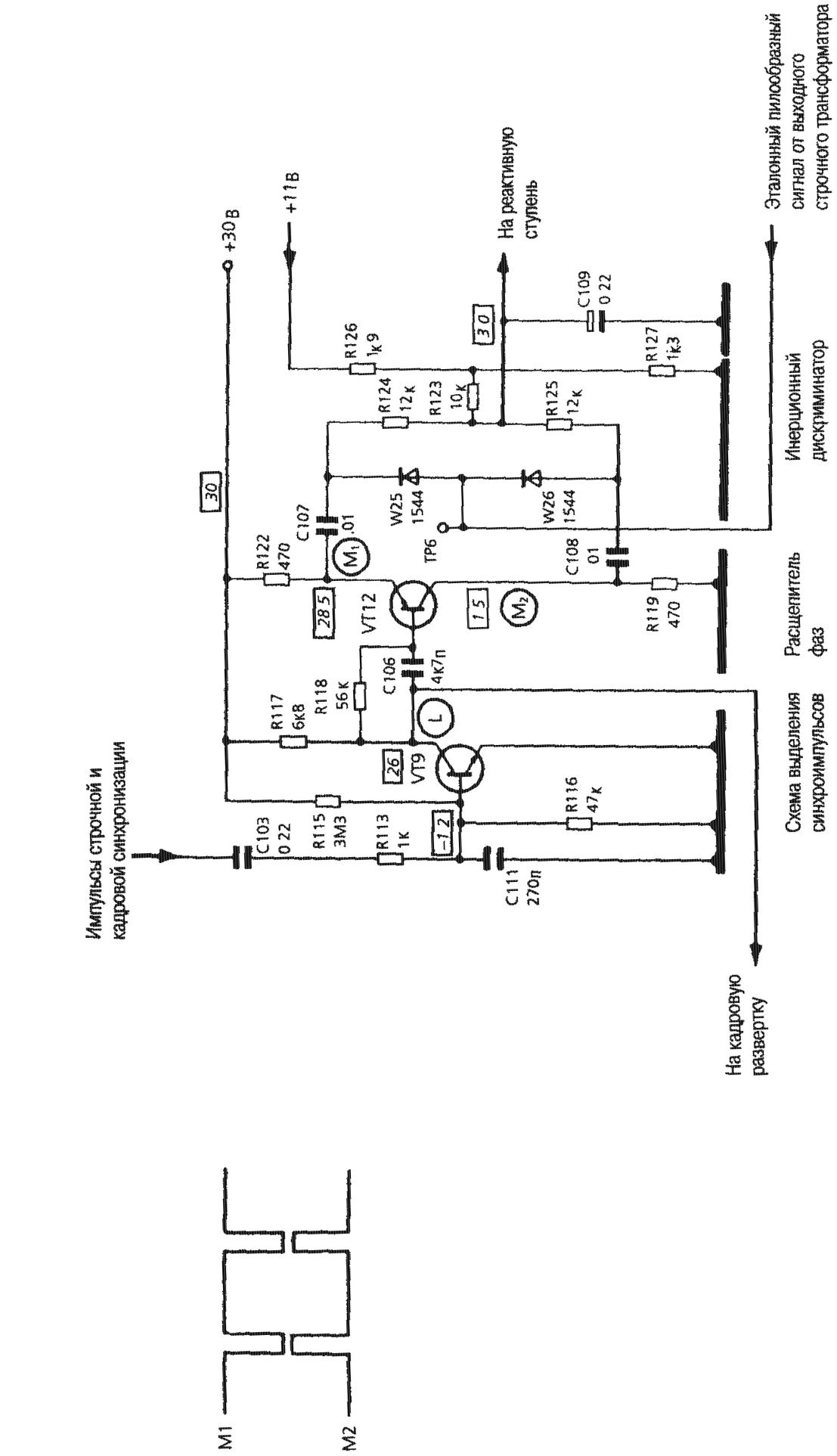


Рис. 1.12. Инерционный дискриминатор (приемник Ferguson 1600).

Реактивная ступень.

Назначение реактивной ступени заключается в том, чтобы преобразовывать изменения постоянного управляющего напряжения в изменения реактивности. Для этой цели обычно используют варактор, хотя можно применять и биполярные и полевые транзисторы. Варактор — полупроводниковый диод, по принципу действия аналогичный варикапу, используется преимущественно как нелинейный элемент в умножителях частоты, а также для усиления колебания в параметрических усилителях сверхвысокочастотного диапазона. Благодаря тому что при изменении напряжения на диоде от прямого до обратного его ёмкость меняется на несколько порядков, то он может быть использован как переменный конденсатор.

На рис. 1.13 показана схема реактивной ступени, которая содержит транзистор, включенный по схеме с общей базой. Элементы L1/C4 образуют часть резонансного контура строчного генератора. Фазосдвигающая цепь C1/R1 через конденсатор связи C2 обеспечивает сигнальную обратную связь. Если реактивное сопротивление C1 сделать много большим сопротивления R1, то доля выходного сигнала, которая возвращается на эмиттер, запаздывает почти на 90°, что соответствует емкостному сопротивлению. Величина этого реактивного сопротивления, приходящегося, по существу, на цепь L1/C1, задается рабочей точкой транзистора, которую можно регулировать с помощью постоянного напряжения, поступающего на базу.

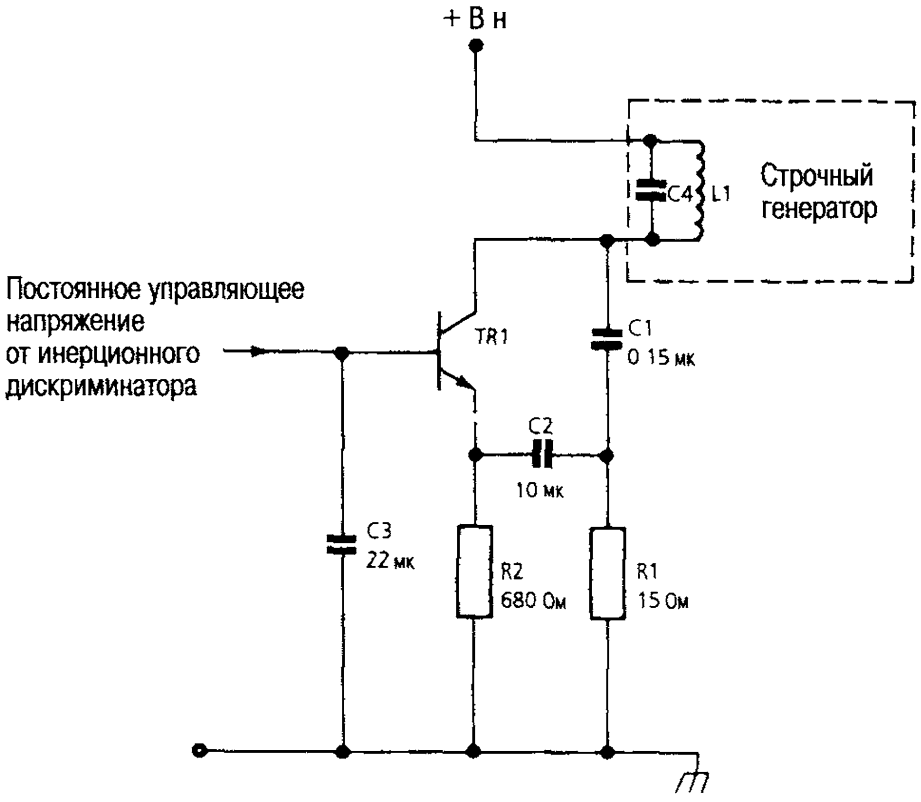


Рис. 1.13 Схема реактивной ступени.

Стабильность импульсов обратного хода строчной развертки.

Стабильность импульсов обратного хода строчной развертки играет важную роль в обеспечении устойчивости изображения. Особое значение стабильность импульсов обратного хода приобретает в цветных приемниках, поскольку импульсы строчной синхронизации используются в цветном декодере для выполнения ряда стробирующих функций.

Несмотря на то что строчный генератор синхронизируется с помощью схемы инерционной синхронизации, проблемы стабильности обратного хода строчной развертки никоим образом полностью не решаются. Это объясняется тем, что выходная ступень строчной развертки, которая использует обратный ход строчной развертки для получения высоковольтного напряжения, должна обеспечивать непрерывно меняющийся ток луча трубки. Ток луча меняется в соответствии с изменениями яркости по строке. Эти изменения, в свою очередь, меняют требования, предъявляемые к выходной ступени строчной развертки, вызывая изменения синхронизации обратного хода строчной развертки. Стабильность обратного хода строчной развертки можно существенно улучшить, используя интегральные микросхемы, содержащие более точные системы инерционной синхронизации.

Интегральные схемы для обработки импульсов синхронизации.

На рис. 1.14 показана обобщенная структурная схема системы обработки импульсов синхронизации на основе ИС, в которой ФАПЧ работает как схема инерционной синхронизации. Стабильность обратного хода строчной развертки достигается благодаря применению двух систем ФАПЧ — ФАПЧ1 и ФАПЧ2. Фазовый детектор 1 сравнивает фазу выходного сигнала прямоугольной формы, поступающего от строчного генератора, с фазой импульса строчной синхронизации от схемы выделения импульсов синхронизации и обеспечивает работу строчного генератора с правильными частотой и фазой. Фазовый детектор 2 сравнивает фазу строчного генератора с фазой импульса обратного хода строчной развертки, поступающего от выходной ступени строчной развертки. Любые фазовые искажения корректируются фазосдвигающей цепью, которая является, по существу, широтно-импульсным модулятором и изменяет ширину и, следовательно, фазу выходного прямоугольного импульса строчного генератора.

Обычно для регулирования чувствительности ФАПЧ1 в схему строчной синхронизации включают третью систему фазовой автоподстройки частоты (рис. 1.15). При включении приемника, переключении каналов или слабом сигнале, когда возникает мгновенная потеря синхронизации строчного генератора, желательно, чтобы система ФАПЧ1 имела быструю реакцию, т. е. низкую чувствительность фазового детектора и малую постоянную времени фильтра. В этом случае можно обеспечить хорошее затягивание частоты и быструю синхронизацию. Как только генератор входит в синхронизацию, для повышения точности генератора и повышения устойчивости к шумам и помехам желательна медленная реакция, т. е. высокая чувствительность и

большая постоянная времени. Чтобы осуществить такую смену режима, фазовый детектор 3 сравнивает фазу импульса обратного хода строчной развертки от выходной ступени с импульсом синхронизации от схемы выделения импульсов синхронизации. Когда фазы двух импульсов совпадают, на выходе появляется сигнал и схема управления меняет чувствительность ФАПЧ1 и постоянную времени фильтра 1.

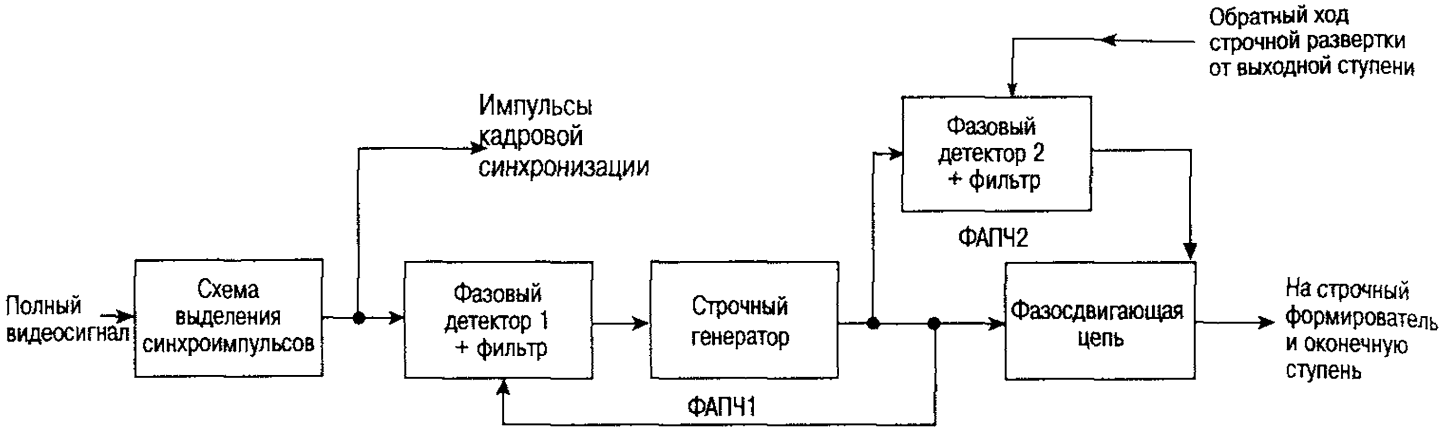


Рис. 1.14 Обобщенная схема системы обработки импульсов синхронизации на основе ИС.

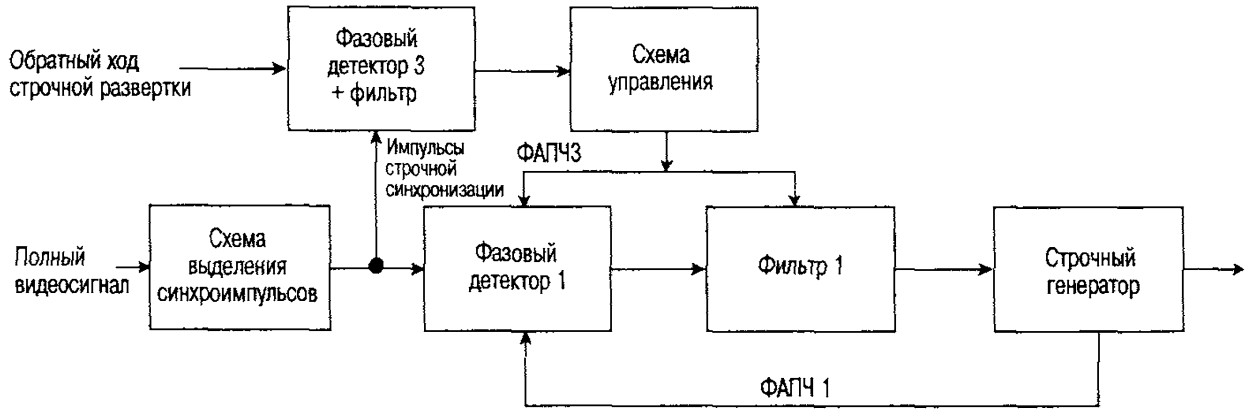


Рис. 1.15 Улучшенная структура ИС для обработки импульсов синхронизации.

Некоторые интегральные схемы используют две системы ФАПЧ вместо ФАПЧ1 — «медленный» фазовый детектор и «быстрый» фазовый детектор (рис. 1.16). Ключевая схема выбирает один из двух фазовых детекторов в соответствии с управляющим воздействием детектора совпадений. Этот детектор сравнивает выходной сигнал строчного генератора с импульсом синхронизации от схемы выделения импульсов синхронизации. При большой разности фаз, например во время переключения каналов, детектор совпадений выдает команду ключевой схеме выбрать «быстрый» фазовый детектор 1. При нормальных условиях приема детектор совпадений вводит в действие «медленный» фазовый детектор 2. Аналогично, быстрый отклик желателен для сигнала с ленты видеомагнитофона. В этом случае посредством переключения

в режиме AV на выводе 18 в действие вводится быстрый фазовый детектор 1. При полном отсутствии видеосигнала детектор совпадений включает схему бесшумной настройки, которую можно использовать для бесшумной настройки звука. Для получения более двух уровней чувствительности системы строчной синхронизации используют несколько детекторных каскадов совпадений. При этом в зависимости от интенсивности принимаемого сигнала можно выбрать оптимальную чувствительность. Импульсы кадровой синхронизации со схемы выделения интегрируются и используются для запуска генератора кадровой развертки, частота которого устанавливается резистором R1 (вывод 3). Полученный таким образом пилообразный сигнал поступает затем на вывод 1 для запуска выходной ступени кадровой развертки.

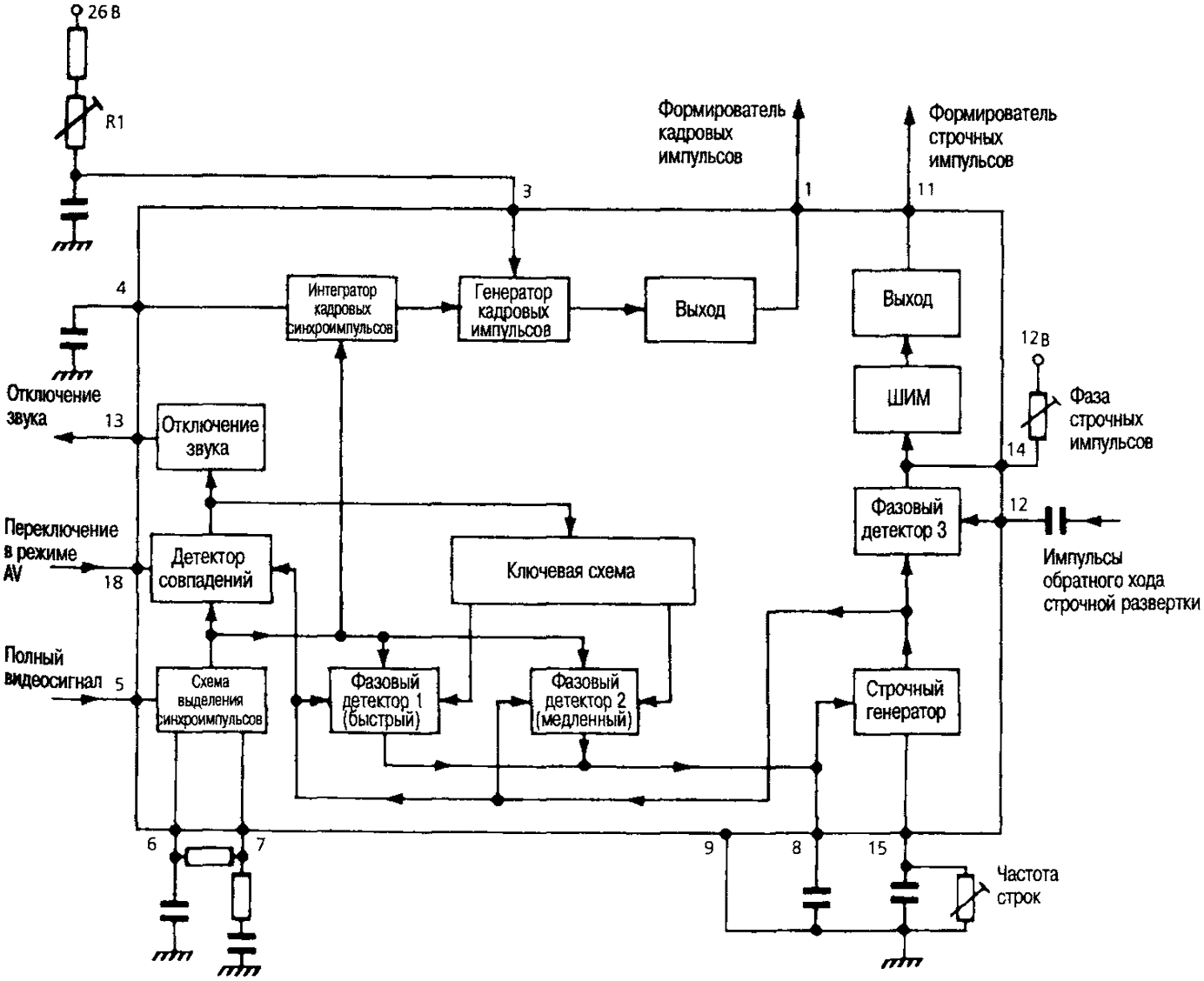


Рис. 1.16 Основные компоненты практической схемы обработки импульсов синхронизации (элемент TDA 4578).

Многоуровневый импульс.

В современных интегральных схемах строчные и кадровые импульсы представляются одним многоуровневым импульсом. Типичный трехуровневый импульс показан на рис. 1.17. Верхний уровень 7,5 В представляет сигнал стробирования вспышки поднесущей, средняя длительность которого составляет 4 мкс. Он формируется путем детектирования уровня строчного пилообразного сигнала. Промежуточный уровень 4,5 В получается из обратного хода строчной развертки и имеет длительность 12 мкс. Нижний уровень 2,5 В представляет импульс гашения кадровой развертки с длительностью, соответствующей 21 строке. Для извлечения нужного импульса в нужный момент используется детектор уровня или ограничитель сверху и снизу.

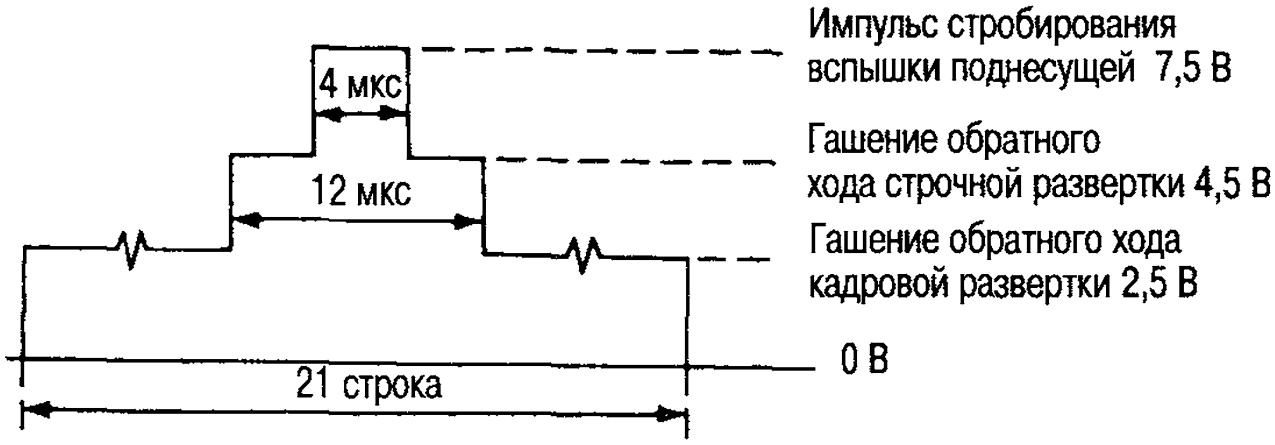


Рис. 1.17 Многоуровневый импульс.

Использование общего генератора.

Частота кадровой развертки находится в фиксированном соотношении с частотой строчной развертки, поэтому фаза отклоняющего кадрового сигнала связана с фазой отклоняющего строчного сигнала, т. е. кадровый запускающий импульс можно получить из строчного импульса. Это осуществляется внутри ИС с помощью управляемой делительной цепи. Дальнейшее улучшение можно сделать с помощью общего генератора с фазовой автоподстройкой строчной и кадровой частот.

На рис. 1.18 показана структурная схема ИС процессора синхронизации, содержащая общий генератор. Ядром ИС является ГУН с ФАПЧ, который создает колебания с частотой 500 кГц. Частота выходного сигнала делится на 32 (строчный делитель) для получения частоты строчной развертки 15 625 Гц. Синхронизация строк обеспечивается с помощью многоступенчатого управляемого фазового детектора, который сравнивает фазы строчного импульса от делителя и импульса обратного хода от выходной ступени строчной развертки с фазой синхроимпульса, управляет фазой и частотой ГУН

и запускает строчный генератор. Кадровая частота получается делением строчной частоты на 312,5 с помощью кадрового делителя, который управляется импульсами синхронизации от схемы выделения синхроимпульсов, так чтобы установить правильную фазу кадрового сигнала. Как показано на рис. 1.18. генератор многоуровневых импульсов встраивает строчные и кадровые импульсы, а также импульсы обратного хода в многоуровневый импульс.

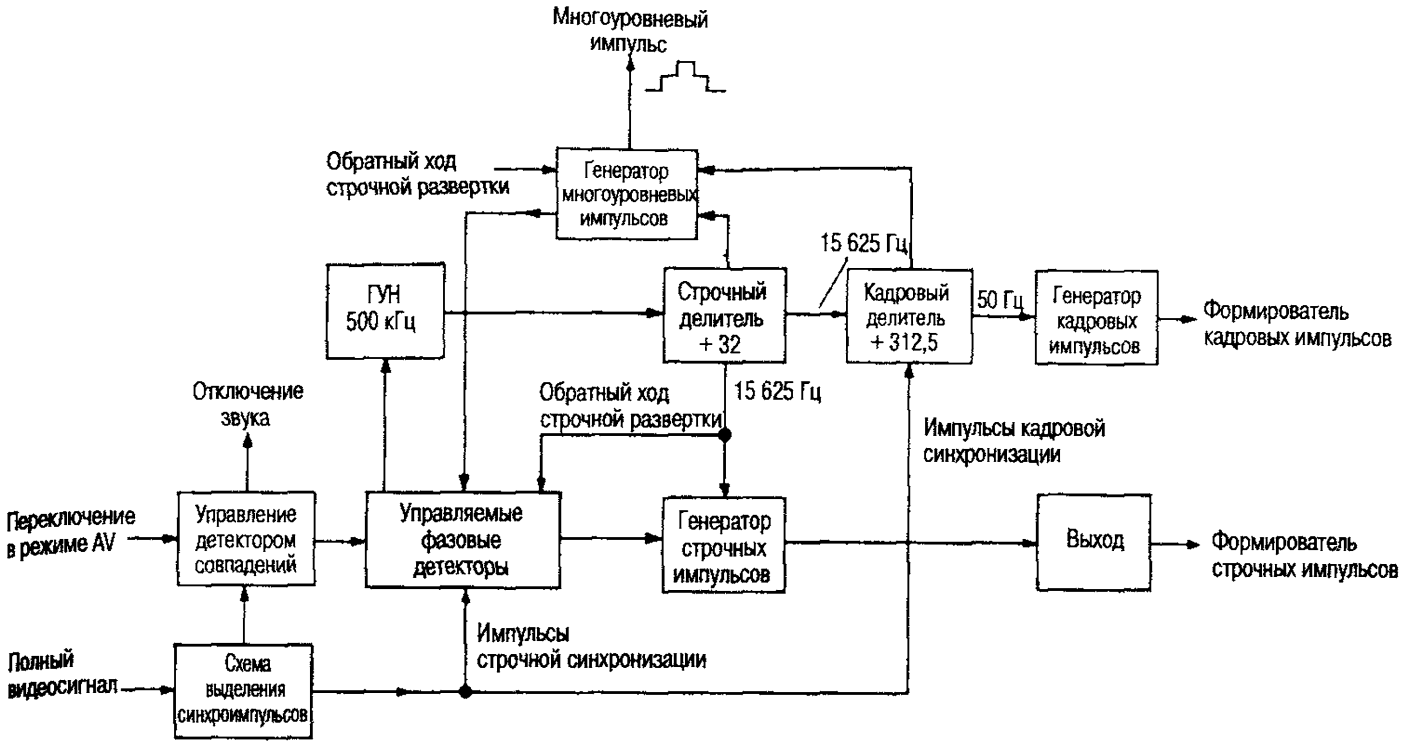


Рис. 1.18 Структура интегральной схемы процессора синхронизации с общим генератором.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Методика эксперимента.

Учебная установка представляет собой действующую модель субмодуля синхронизации УСР. Типовая принципиальная электрическая схема субмодуля синхронизации УСР для для телевизоров типа 3УСЦТ приведена на рис. 2.2. Осциллограммы в контрольных точках схемы представлены на рис. 2.1.

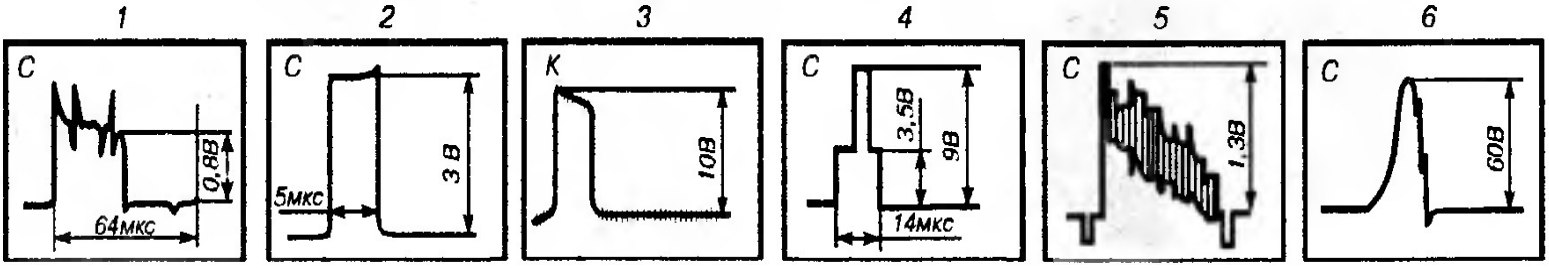


Рис. 2.1. Осциллограммы в контрольных точек схемы модуля УСР согласно схеме рис. 2.2.

Субмодуль синхронизации УСР (рис. 2.2) выполняет следующие функции:

- ♦ выделение строчных и кадровых синхроимпульсов из видеосигнала;
- ♦ формирование строчных импульсов запуска, управляемых системой АПЧ и Ф;
- ♦ формирование кадровых синхронизирующих импульсов и стробирующих импульсов для работы модуля цветности.

Видеосигнал позитивной полярности, сформированный в субмодуле радиоканала, с контакта 5 соединителя X4 через разделительный конденсатор C7, интегрирующую цепь R4C2 и помехоподавляющую цепь VD1C1 поступает на базу транзистора VT1, выполняющего роль инвертора и осуществляющего предварительную селекцию. С его коллекторной нагрузки R6, выделенные синхронизирующие импульсы (синхросмесь), через резистор R9, конденсатор C3, вывод 9 микросхемы D1 поступают на амплитудный селектор 1, с которого дополнительно ограниченные синхроимпульсы поступают на формирователи импульсов 2 и 5. Следует отметить, что в ряде моделей телевизоров синхросмесь поступает одновременно и через вывод 10 микросхемы D1 на селектор помех 4. Оба входа построены по одинаковой схеме, при этом входные токи одинаковы, и такое включение позволяет запирать амплитудный селектор 1 при поступлении на его вход импульсных помех.

В формирователе импульсов 2 происходит выделение кадровых синхронизирующих импульсов КСИ. КСИ усиливаются в усилителе 3 и поступают через вывод 8 микросхемы, резистор R18, контакт 4 соединителя X4 на модуль кадровой развертки.

Строчные синхроимпульсы, выделенные формирователем 5, поступают на фазовый детектор 11 и на коммутатор 7. Одновременно на другой вход фазового детектора 11 подаются пилообразные импульсы с задающего генератора строк 13.

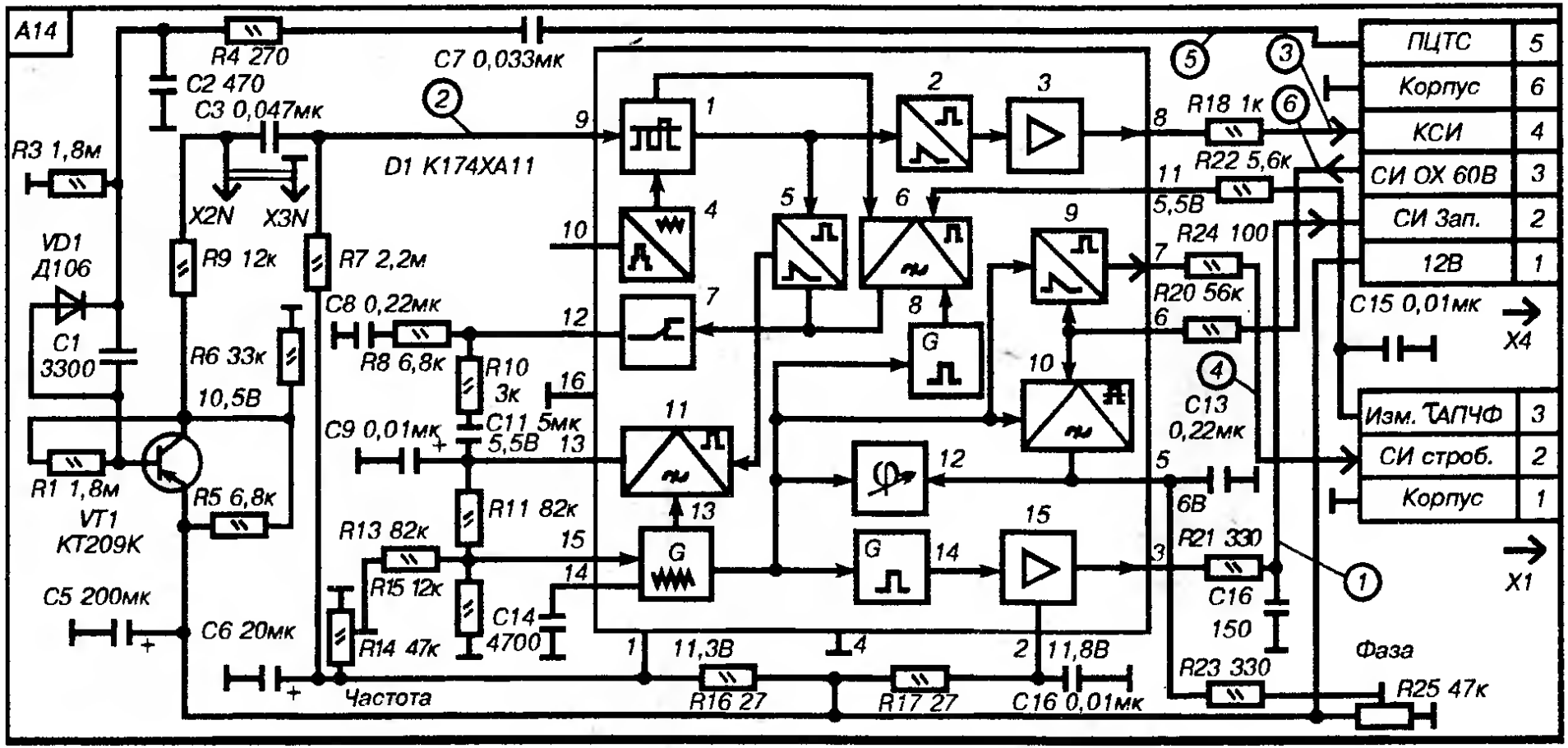


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема субмодуля синхронизации УСР телевизоров типа 3УСЦТ.

В фазовом детекторе сравнивается частота и фаза синхроимпульсов с частотой и фазой импульсов, сформированных задающим генератором 13.

Сигнал ошибки, пропорциональный разности частоты и фазы сравниваемых сигналов, с выхода фазового детектора через вывод 13 микросхемы, резистор R11, вывод 15 микросхемы поступает на задающий генератор 13, корректируя его частоту и фазу. Задающий генератор пилообразного напряжения работает по принципу заряда и разряда времязадающего конденсатора стабильным током до порогового значения. Изменяя величину этого тока с помощью переменного резистора R14, можно регулировать частоту строк. Задающий генератор синхронизируется устройством автоматической подстройки частоты и фазы АПЧиФ. Элементы С9, С11, R10, R8, С8 образуют фильтр ФНЧ устройства АПЧиФ.

Постоянная времени этого фильтра может автоматически изменяться с помощью коммутатора 7, управляемого пиковым детектором совпадений 6. С задающего генератора пилообразное напряжение поступает на генераторы импульсов 8 и 14, формирующие прямоугольные импульсы из пилообразного напряжения ЗГ. Эти импульсы поступают на пиковый детектор 6, в котором сравниваются с частотой и фазой строчных синхроимпульсов, поступающих одновременно с амплитудного селектора 1. Когда частота и фаза задающего генератора не совпадают с частотой и фазой строчных синхроимпульсов, необходима малая постоянная времени ФНЧ, обеспечивающая широкую полосу захвата. Коммутатор автоматически переключается в положение, обеспечивающее малую постоянную времени ФНЧ. Однако при малой постоянной времени ФНЧ устройства АПЧиФ значительно снижается помехоустойчивость системы. Поэтому, когда синхронизация установилась, т. е. частота и фаза строчных синхроимпульсов и ЗГ совпали, переключатель 7 обеспечивает большую постоянную времени ФНЧ устройства АПЧиФ.

При работе с видеомагнитофоном в режиме воспроизведения для быстрого вхождения в синхронизм необходимо обеспечить малую постоянную времени ФНЧ устройства АПЧиФ. Это достигается подачей напряжения низкого уровня на вывод 11 микросхемы D1 через фильтр R22, С15. Из-за инерционности процессов в мощном ключевом транзисторе выходного каскада строчной развертки обратный ход лучей начинается с опозданием по отношению к строчному синхроимпульсу, что приводит к тому, что край изображения не воспроизводится. Для устранения такого явления введена петля обратной связи, состоящая из фазового детектора 10 и фазового регулятора 12. Фазовый детектор 10 сравнивает фазу импульсов обратного хода строчной развертки, поступающих на вывод 6 микросхемы D4 с фазой пилообразного напряжения ЗГ.

В результате сравнения на выходе фазового детектора появляется сигнал, поступающий на фазовый регулятор 12, который автоматически будет поддерживать фазу импульсов генератора 14, установленную переменным резистором R25 (фаза).

Итак, сформированные строчные импульсы запуска (СИ зап.) усиливаются усилителем мощности 15 и через вывод 3 микросхемы, фильтр R21, C16 поступают в модуль строчной развертки.

Для получения специального стробирующего импульса SC служит формирователь импульсов 9, на который поступает напряжение с ЗГ и строчный импульс обратного хода (СИОХ) с модуля строчной развертки. Сформированный стробирующий импульс с вывода 7 микросхемы D1 поступает в канал яркости и устройство цветовой синхронизации модуля цветности, обеспечивая его работу.

Основным элементом субмодуля УСР является интегральная микросхема К174ХА11. Микросхема представляет собой БИС процессора синхронизации цветных телевизионных приемников и выполняет функции синхронизации генераторов строчной и кадровой разверток _ и канала цветного изображения. Характеризуется высокой помехоустойчивостью и требует минимального числа навесных элементов для подключения в схему.

Выделение строчных и кадровых синхроимпульсов из полного телевизионного сигнала, поступающего на выводы *9* и *10,* происходит в устройстве, состоящем из амплитудного селектора, селектора помех, схемы выделения выходного кадрового синхроимпульса и формирования кадрового синхроимпульса (выходной каскад).

Цепь фазовой автоподстройки содержит две петли фазового регулирования. Первая петля обеспечивает подстройку по частоте и фазе сигнала подстраиваемого генератора микросхемы. В нее входят фазовый детектор, подстраиваемый генератор, ограничитель напряжения фазового детектора, переключатель постоянной времени фильтра, пиковый детектор совпадения, переключатель крутизны фазового детектора со схемами селекции. Вторая петля фазового регулирования содержит фазовый детектор, формирователь выходного управляющего и строчного синхроимпульса и выходного каскада большой мощности.

Для качественной работы микросхем канала цветности (как в системе ПАЛ, так и СЕКАМ) в К174ХА11 предусмотрено формирование специального стробирующего импульса для выделения вспышек цветовой поднесущей, содержащихся в полном телевизионном сигнале, и импульса гашения. Стробирующий импульс цветовой поднесущей создается формирователем, управляемым от подстраиваемого генератора. Это обеспечивает фиксированное положение импульса относительно строчного синхроимпульса и вспышки цветовой поднесущей при работе первой петли фазового регулирования в режиме захвата.

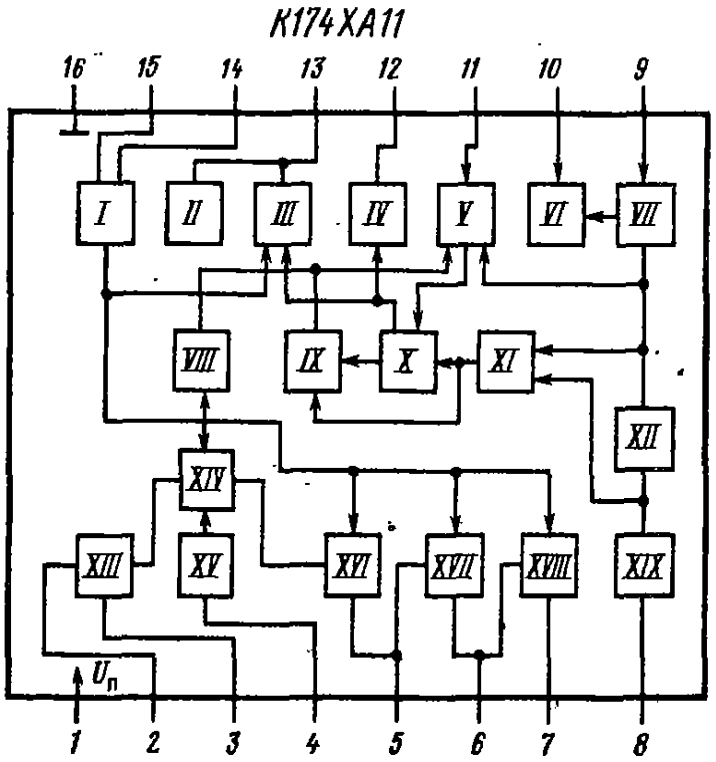
Импульс гашения формируется из импульса обратного хода строчной развертки и совмещается вместе со стробирующим импульсом на выводе 7.

Корпус типа 238:16-2. Масса не более 1,5 г.

Функциональный состав: I—подстраиваемый генератор; II—ограничитель выходного напряжения фазового детектора; III—фазовый детектор первого

кольца АПЧ; IV—переключатель постоянной времени фильтра; V—пиковый детектор совпадения; VI—селектор помех; VII— амплитудный селектор; VIII—генератор тестовых импульсов; IX— стабилизирующее устройство совпадения С-К-Т; X—переключатель крутизны фазового детектора; XI—стабилизирующее устройство совпадения С-К; XII—схема выделения кадрового синхроимпульса; XIII— выходной каскад большой мощности; XIV—генератор выходного управляющего импульса; XV—формирователь выходного строчного синхроимпульса; XVI—фазовый регулятор; XVII—фазовый детектор второго кольца АПЧ; XVIII— формирователь стробимпульса цветовой поднесущей; XIX—выходной каскад кадрового синхроимпульса.

Назначение выводов: 1—питание ($+U_П$); *2*—-питание выходного каскада большой мощности ($+U_П$); *3*—выход строчного синхроимпульса; *4*—вход переключателя длительности; 5—выход фазового детектора второго кольца АПЧ; *6*—вход фазового детектора второго кольца АПЧ; 7—выход стробирующего импульса цветовой поднесущей; *8*—выход кадрового синхроимпульса; *9*—вход полного телевизионного сигнала; *10*—вход селектора помех; *11*—вывод пикового детектора совпадения; *12*—вывод переключателя постоянной времени фильтра; *13*-— вывод фазового детектора первого кольца АПЧ; *14*—вывод подключения частотозадающего конденсатора подстраиваемого генератора; *15*—управляющий вывод подстраиваемого генератора; *16*—общий вывод (— $U_П$).



Электрические параметры

Номинальное напряжение питания ..... **12 В**

Ток потребления при $T=-10...+60°$ С:

при $U_п=12$ В ..... **25...53 мА**

при $U_п=18$ В ..... **25...63 мА**

Амплитуда напряжения входного полного телевизионного сигнала на выводе *9* при $U_п=12$ В, $T=+25°$ С, не менее ..... **1 В**

Амплитуда напряжения выходного кадрового синхроимпульса на выводе *8* при $U_п=12$ В $U_{вх(9)}=3$ В, $T=+25°$ С, не менее ..... **10 В**

Амплитуда напряжения выходного строчного синхроимпульса на выводе *3* при $U_п=12...18$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $t_{зд}=10$ мкс

при $T=+25°$ С:

$U_{(4)}=10$ В, не менее ..... **9,5 В**

$U_{(4)}=6$ В, не более ..... **0,5 В**

$U_{(4)}=3,5$ В, не менее ..... **9,5 В**

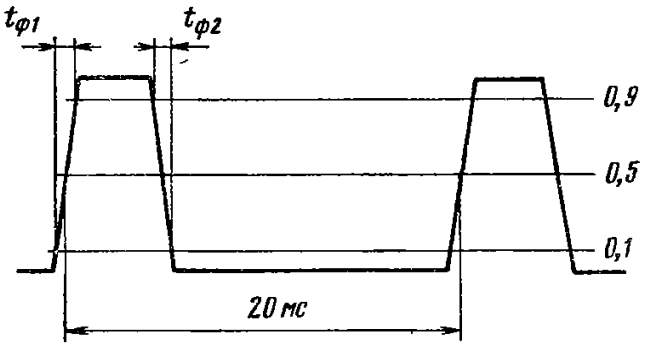
при $T=+60°$ С, $U_{(4)}=0$ В, не менее.... **9,5 В**
при $T=-10°$ С, $U_{(4)}=0$ В, не менее .... **9 В**
Амплитуда напряжения выходного стробирующего импульса выделения цветовой поднесущей на выводе *7* при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С, не менее ..... **10 В**
Амплитуда напряжения импульса гашения в составе выходного стробирующего импульса цветовой поднесущей на выводе *7* при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С ... **4...5 В**
типовое значение ..... **4,5 В**
Управляющее напряжение на выводе *11* при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(9)}=10$ В, $T=+25°$ С ..... **2,5...7 В**
Диапазон перестройки частоты внутреннего генератора при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=0$, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С:
нижняя граница, не более ..... **13 кГц**
верхняя граница, не менее ..... **18 кГц**
Полоса захвата при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С, не менее ..... **±700 Гц**
Нестабильность частоты внутреннего генератора от температуры при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $T=+25...+60°$ С, не более ..... **2 Гц/°С**
Нестабильность частоты внутреннего генератора от напряжения источника питания при $U_п=11...13$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $T=+25°$ С, не более ..... **32 Гц/В**
Время задержки между фронтом синхроимпульса и фронтом импульса обратного хода (выводы *6* и *9*) при $U_п=12$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С:
при работе с транзисторным выходным каскадом строчной развертки, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $t_{зд}=0$ и $t_{зд}=15$ мкс ..... **0,3...1,7 мкс**
при работе с тиристорным выходным каскадом строчной развертки, $U_{(4)}=10$ В, $t_{зд}=0$ и $t_{зд}=15$ мкс ..... **0,3...1,7 мкс**
Время задержки между фронтом синхроимпульса и фронтом стробирующего импульса цветовой поднесущей (выводы *9* и *7*) при $U_п=12$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В $t_{зд}=0$ и $t_{зд}=15$ мкс, $T=+25°$ С ..... **4,5...5,7 мкс**
Время задержки между фронтами кадрового синхроимпульса на входе и выходе (выводы *8* и *9*) при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=1$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С, не более ..... **20 мкс**
Длительность выходного строчного импульса на выводе *3* при $U_п=12$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С:
при работе с транзисторным выходным каскадом строчной развертки, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $t_{зд}=0$ ..... **13,1...17 мкс**
$U_{(4)}=3{,}5$ В, $t_{зд}=15$ мкс ..... **27,5...32 мкс**
при работе с тиристорным выходным каскадом строчной развертки, $U_{(4)}=10$ В, $t_{зд}=0$ и $t_{зд}=15$ мкс ..... **5,5...8,5 мкс**
Длительность выходного стробирующего импульса выделения цветовой поднесущей по уровню 7 В на выводе *7* при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $t_{з.д}=0$, $T=+25°$ С ..... **3,7...4,3 мкс**
Длительность фронта и среза кадрового синхроимпульса при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С, не более ..... **8 мкс**
Динамическое сопротивление коммутатора, (вывод *12*) при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $T=+25°$ С:
при $U_{(11)}=6$ В, не более ..... **150 кОм**
при $U_{(11)}=1{,}5$ В, $U_{(11)}=9$ В, не менее ..... **55 кОм**
Выходное сопротивление на выводе *8* при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $T=+25°$ С, не более ..... **2,4 кОм**
Выходное сопротивление на выводе *3* при $U_п=12$ В, $t_{зд}=0$, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $T=+25°$ С, не более:
при $U_{(4)}=3{,}5$ В ..... **3,6 Ом**
при $U_{(4)}=6$ В ..... **40 Ом**
Выходное сопротивление на выводе *7* при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $t_{зд}=0$, $T=+25°$ С, не более ..... **500 Ом**
Сопротивление по выводу *13* при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $t_{зд}=0$, $T=+25°$ С:
высокоомное, не менее ..... **150 кОм**
низкоомное, не более ..... **5,5 кОм**
Крутизна регулировочной характеристики перестраиваемого генератора при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $t_{зд}=0$, $T=+25°$ С ..... **20...40 Гц/мкА**
Крутизна регулирования системы АПЧиФ при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=10$ В, $t_{зд}=0$, $T=+25°$ С ..... **1,8...3,6 кГц/мкс**
Крутизна регулировочной характеристики формирователя фазы выходного строчного импульса при $U_п=12$ В, $U_{(4)}=3{,}5$ В, $U_{вх(9)}=3$ В, $U_{о.х(6)}=0$ В, $t_{зд}=0$, $T=+25°$ С ..... **20...40 мкА/мкс**

Предельные эксплуатационные данные

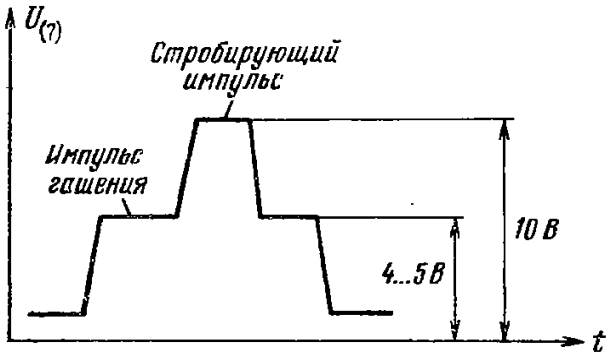
Напряжение питания:
на выводе *1* ..... **10...14 В**
на выводе *2* ..... **15...18 В**
Амплитуда напряжения полного видеосигнала на входе ..... **1...7 В**
Максимальный выходной ток по выводу *3*, не более:
при работе с транзисторным выходным каскадом строчной развертки ..... **0,4 А**
при работе с тиристорным выходным каскадом строчной развертки ..... **0,65 А**
Максимальный выходной ток через вывод *7*, не более ..... **2 мА**

Максимальная рассеиваемая мощность при температуре окружающей среды +25° С, не более ..... **850 мВт**

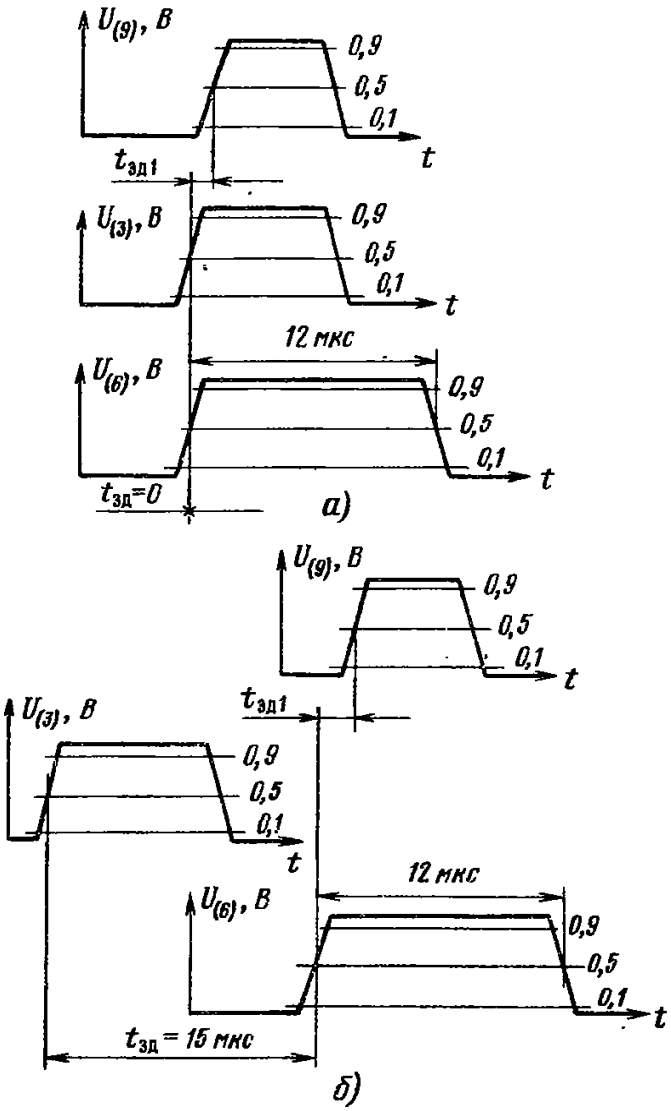
Температура окружающей среды ..... **−10... +60° С**



Форма выходного кадрового синхроимпульса

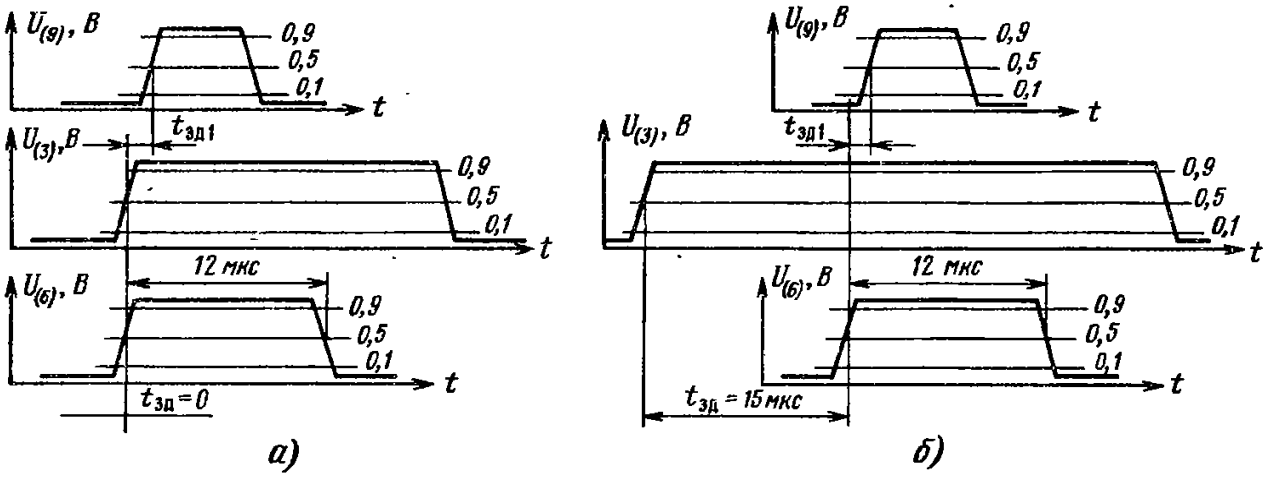


Форма выходного стробирующего импульса выделения цветовой поднесущей



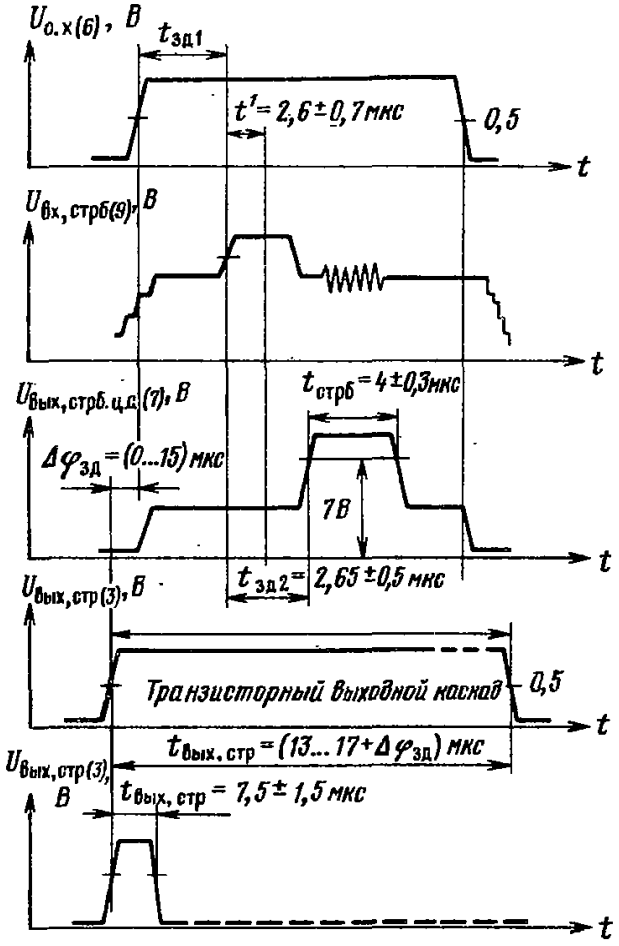
Временны́е диаграммы, характеризующие время задержки между фронтами строчного синхроимпульса и импульса обратного хода при работе с тиристорным выходным каскадом строчной развертки ($U_{(4)}$ = 10 В):

а) при $t_{зд}$=0; б) при $t_{зд}$=15 мкс

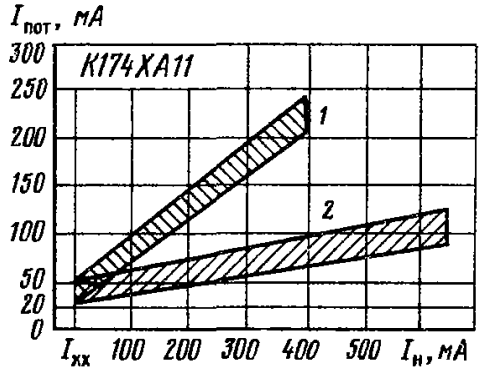


Временны́е диаграммы, характеризующие время задержки между фронтами строчного синхроимпульса и импульса обратного хода при работе с транзисторным выходным каскадом строчной развертки:

а) при $t_{зд}$=0; *б)* при $t_{зд}$=15 мкс



Фазовые соотношения между входными и выходными сигналами

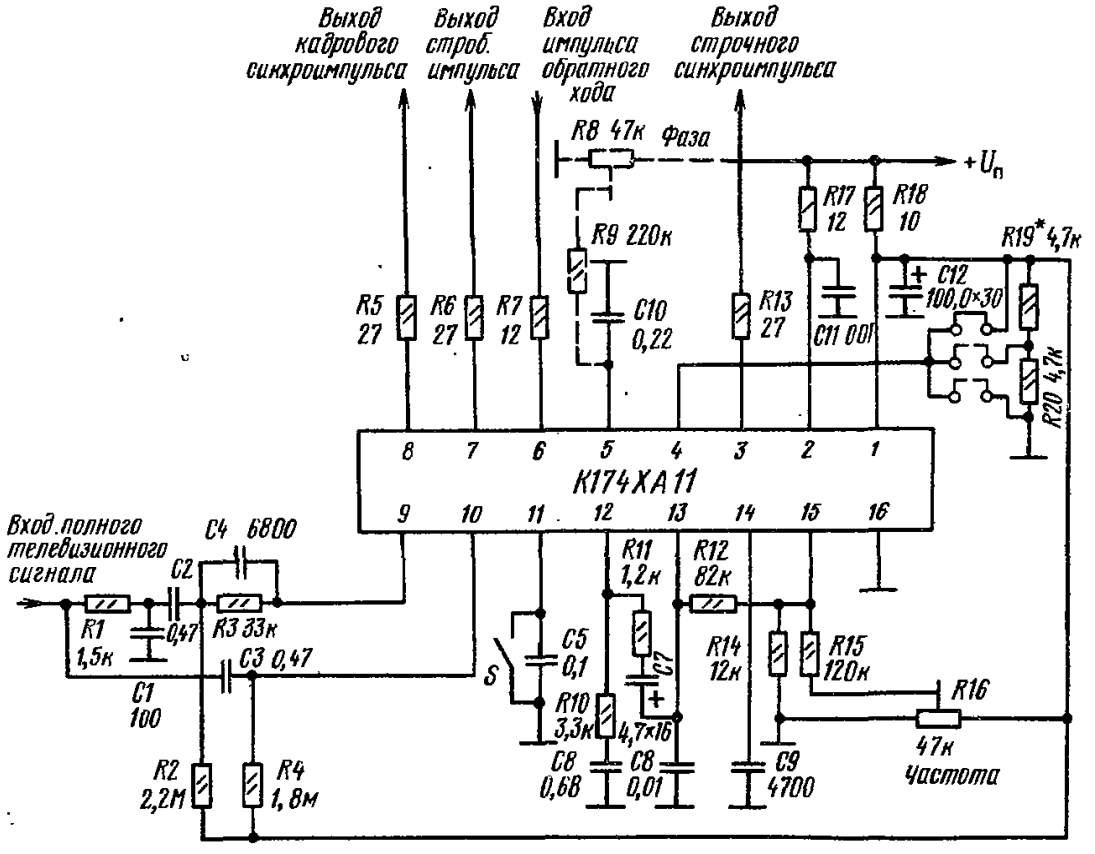


Зависимость тока потребления от тока нагрузки для транзисторной (*1*) и тиристорной (*2*) схем выходного каскада генератора строчной развертки при $U_п = 12$ В, $T = +25°$ С. Заштрихована область разброса значений параметра для 95% микросхем

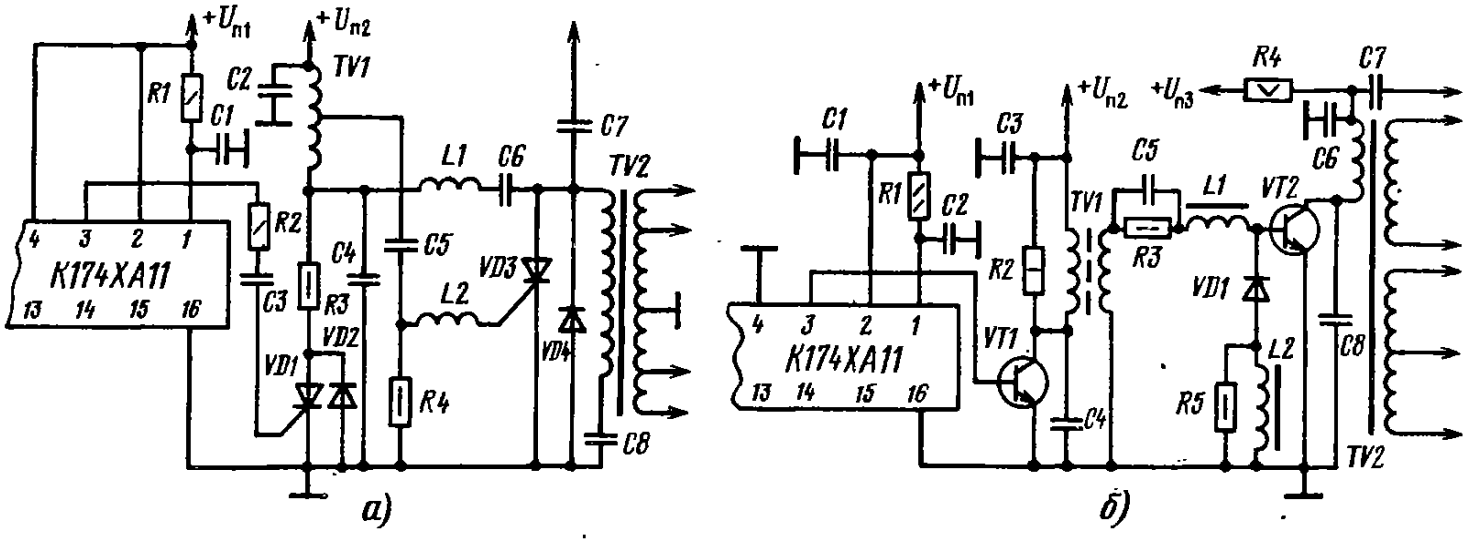
Схемы включения

Номиналы внешних навесных элементов на типовой схеме включения К174ХА11 обеспечивают наиболее оптимальный режим работы БИС. Изменение номиналов внешних навесных элементов позволяет в некоторых пределах изменять приведенные электрические параметры БИС.

Выходной каскад К174ХА11 нагружается непосредственно на активный элемент выходного каскада генератора строчной развертки (тиристор или транзистор). Режим работы БИС



Типовая схема включения микросхемы К174ХА11



Варианты включения микросхемы К174ХА11 с тиристорным (*а*) и транзисторным (*б*) выходными каскадами генератора строчной развертки

переключается при подаче на вывод *4* соответствующего управляющего напряжения. Возможно подключение вывода *4* к общей шине или к полюсу источника питания. При подаче на вывод *4* напряжения $\frac{U_П}{2}$ импульс на выходе БИС (вывод *3)* отсутствует. Это дает возможность применить электронную защиту выходного каскада строчной развертки во время включения телевизионного приемника.

Если микросхема применяется в телевизионном устройстве, работающем совместно с видеомагнитофоном, когда бывают большие скачки частоты строчных ведущих синхроимпульсов и их пропуски, автоматический режим работы коммутатора отключается с помощью внешней коммутации замыканием ключа *S*. При подключении вывода 11 к общей шине происходит переключение ФНЧ первого кольца АПЧ на малую постоянную времени.

Введение дополнительной регулировки фазы (резистор R8) позволяет осуществить ручную центровку изображения на экране кинескопа.

Приборы и оборудование.

Принципиальная электрическая блок — схема учебной установки РТТУЛ-8 приведена на рис. 3.1.

Сигнал с контрольных точек схемы модуля строчной развертки подается на электронный коммутатор MUX DD1, имеющий входы 1 … 6 и единственный выход 7. Сигнал с выхода коммутатора подается на резистивный вход Y электронного осциллографа (клемма XS1). Переключение входов 1 … 6 осуществляется кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К. Запуск схемы осуществляется длительным (~2 секунды) удержанием кнопки К, при этом, подключив к выходу XS1 учебной установки электронный осциллограф, можно наблюдать и изучать форму сигнала в данной контрольной точке схемы. Текущее состояние коммутатора (номер подключенной контрольной точки) отображается на LCD ЖКД индикаторе. Для переключения входа коммутатора (выбора другой контрольной точки) необходимо остановить схему, кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К.

Для предохранения входного каскада осциллографа от порчи все сигналы подаются через специальные делители, ограничивающие амплитуду до 5 Вольт.

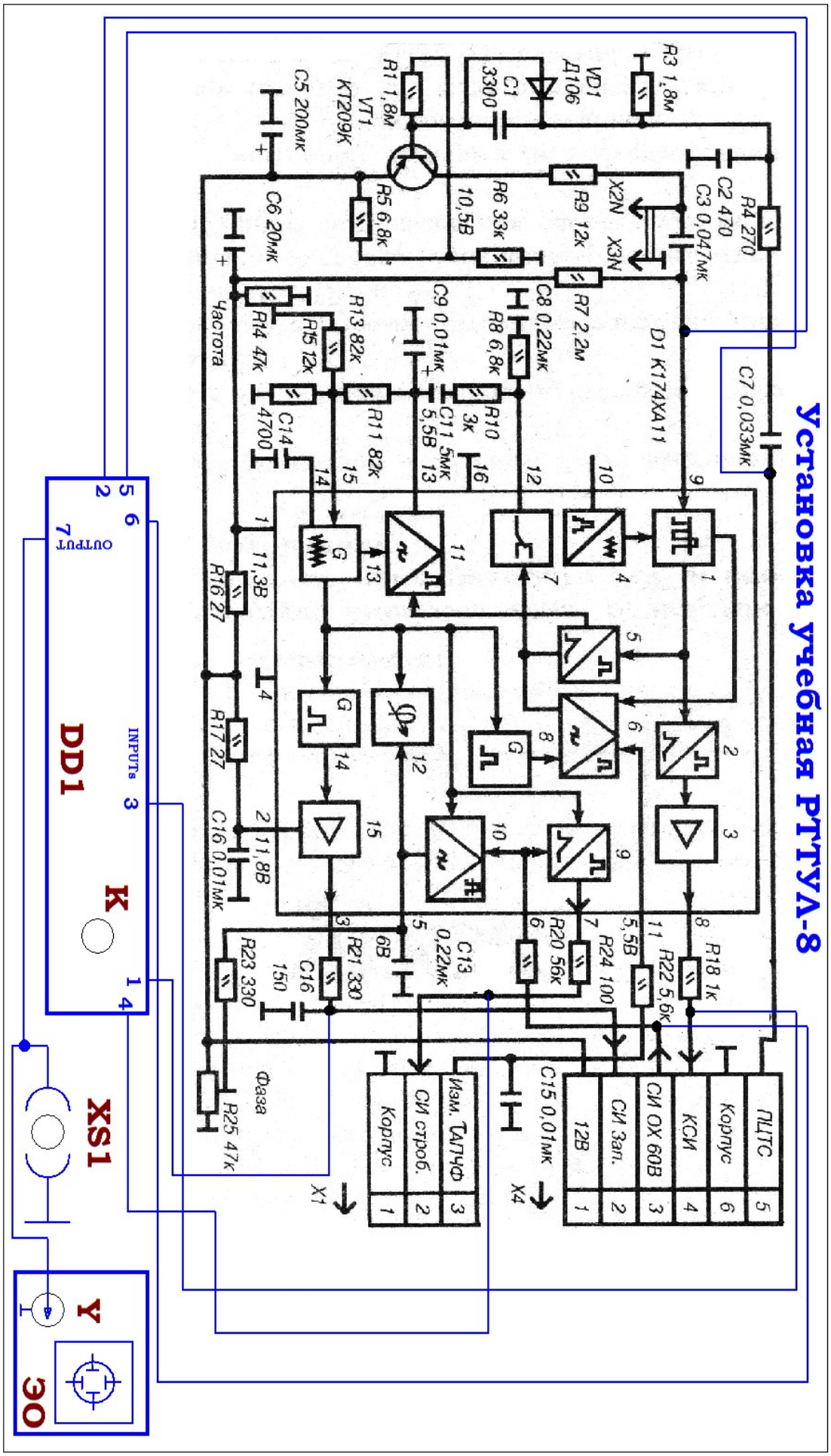


Рис. 3.1. Принципиальная электрическая схема учебной установки РТТУЛ-8.

Порядок выполнения.

1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в целостности сетевых и соединительных проводов. Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выходы контрольных точек.
2. Включить установку и электронный осциллограф в сеть ~220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить переключатель сеть на панели учебного модуля и электронного осциллографа в положение «ВКЛ», при этом должны загореться сигнальные индикатор «СЕТЬ».
3. Подключить измерительный провод типа «тюльпан — BNC» к клемме XS1 учебной установки и к входу Y электронного осциллографа.
4. С помощью электронного коммутатора, кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К, выбрать вход 1 (XP1 по показаниям LCD ЖКД индикатора).
5. Запустить схему длительным (~2 секунды) удержанием кнопки К.
6. Установить ручку «AC – GND – DC» осциллографа в положение «AC» для наблюдения только переменной составляющей. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находится в положении Y (внутренняя синхронизация). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR.

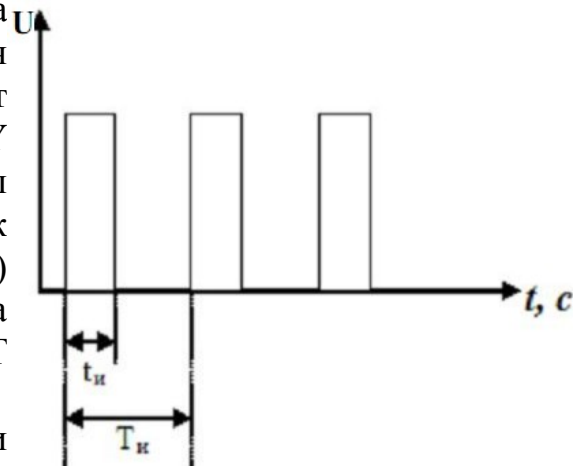


Рис. 3.2. К определению скважности импульсов.

7. Получить сигнал с контрольной точки 1 модуля субмодуля УСР, сигнал должен иметь вид, аналогичный рис. 2.1 (1). Зарисовать сигнал с экрана осциллографа по клеткам на миллиметровую бумагу.
8. Определить амплитуду (размах), период, частоту сигнала, а также длительность импульса. Учтите, что для предохранения входного каскада осциллографа от порчи все сигналы подаются через специальные делители, ограничивающие амплитуду до 5 Вольт. Рассчитайте

скважность δ импульсов по формуле $\delta = \frac{t_и}{T_и} \cdot 100\%$, где $t_и$ – длительность импульса, $T_и$ – период следования импульсов (см. рис. 3.2).

9. Сравните определенные вами экспериментально параметры сигнала с рис. 2.1 (1). Обратите внимание на период импульсов.
10. Остановить схему кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К.
11. С помощью электронного коммутатора, кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К, выбрать вход 2 (XP2 по показаниям LCD ЖКД индикатора).
12. Запустить схему длительным (~2 секунды) удержанием кнопки К.
13. Повторить действия аналогичные пп. 6 — 8.
14. Проделать аналогичные действия для других контрольных точек схемы, коммутируя поочередно соответствующий вход электронным коммутатором (контрольные точки 1 … 6) и сравнить полученные сигналы с теоретическими сигналами для субмодуля синхронизации УСР рис. 2.1, отмечая наиболее характерные точки сигналов.
15. Особое внимание обратить на сигнал в контрольной точке 5. Данный видеосигнал представляет собой испытательный телевизионный сигнал ступенчатой формы (черно — белые полосы по градациям яркости), который может быть подан непосредственно на низкочастотный видео вход AV телевизора (рис. 3.3). Однако следует помнить, что кадровые синхроимпульсы не генерируются, поэтому устойчивое изображение на экране телевизионного приемника не гарантируется. Определить с помощью электронного осциллографа количество градаций яркости, длительность каждой градации по времени и основные параметры строчного синхроимпульса.

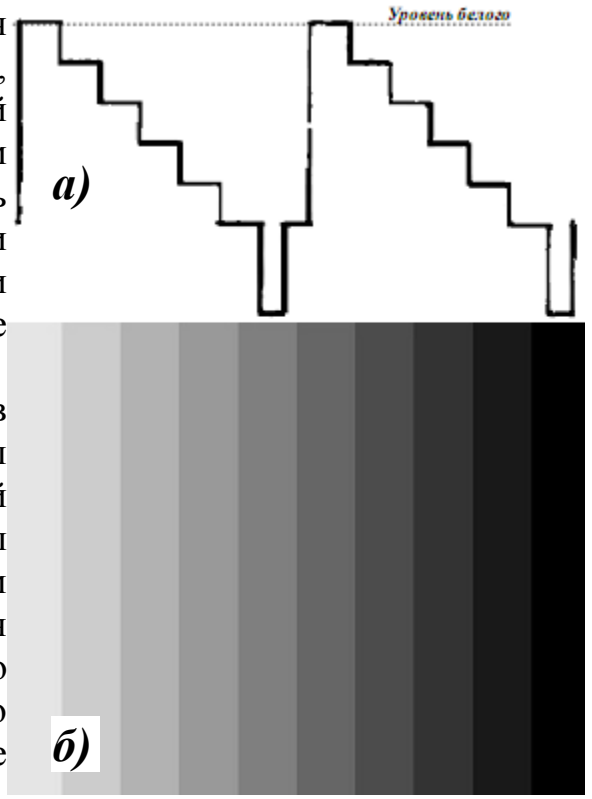


Рис. 3.3. Видеосигнал в контрольной точке 5 учебной установки РТТУЛ-8 а) и его изображение на экране телевизора б).

16. По окончании работы отключить электронный осциллограф и учебную установку от сети, поставить все сетевые переключатели в положение «ВЫКЛ».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Объясните назначение схемы выделения импульсов синхронизации в телевизионном приемнике.
2. а) Объясните, почему импульсы синхронизации строчной и кадровой разверток необходимо отделять один от другого.
   б) Покажите, как такое выделение осуществляется.
3. Укажите для британской 625-строковой ТВ-системы
   а) число строк на полукадр;
   б) число активных строк на полный кадр.
4. а) Изобразите многоуровневый импульс с указанием ширины и напряжения уровней.
   б) Объясните основное назначение многоуровневого импульса.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. *Кириллов Л. Р., Бродский М. А.* Телевидение. Учебное пособие. Минск: Высш. школа, 1977.
2. *Бриллиантов Д.* Новое в телевизионной технике. Радиоежегодник-87/ Сост.А.В.Гороховский. М.: ДОСААФ, 1987.
3. Зарубежные перспективные системы телевидения. Учебное пособие. *Ерганжиев Н. А.* и др. — Л.: ЛЭИС им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1988.
4. *Бриллиантов Д. П., Куликов Б.Н., Роксман М.А.* Переносные цветные телевизоры. Справочник (под ред. Д. П. Бриллиантова). — М.: Радио и связь, 1989.
5. *Онищенко И. П.* Приемные телевизионные антенны. — М.: ДОСААФ, 1989.
6. Условные обозначения в описаниях бытовой РЭА: Справ. пособие/ *Р. Г. Варламов, В. Р. Варламов, С. Ф. Егоров* и др.; под общ. ред. *Р. Г. Варламова*. — М.: Легпромбытиздат, 1990.
7. *Красносельский И., Метелица В.* Телетекст — шаг к информатизации. — Радио, 1990, № 6, с. 7–10.
8. *Ельяшкевич С. А.* Цветные телевизоры ЗУСЦТ. Справ. пособие. — М.: Радио и связь, 1989.
9. *Динабургский Ю., Гордеев А.* Работа телевизора с замыканием в кинескопе. — Радио, 1991, № 12. С.46.
10. *Ельяшкевич С. А., Юкер А. М.* Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и ЦУСЦТ. Справочное пособие. — М.: Радио и связь, 1992.
11. *Хохлов Б. Н.* Декодирующие устройства цветных телевизоров. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1992.
12. *Никитин В. А.* Как добиться хорошей работы телевизора. — М.: Патриот, 1993.
13. *Ельяшкевич С. А., Пескин А. Е.* Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировка, ремонт. Изд. 1-е. — М.: «Символ-Р» (Приложение к журналу «Радио») 1993.
14. Осциллограф универсальный сервисный С1-94. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
15. *Гапличук Л. С.* ГИС — помощник телемастера (генераторы испытательных сигналов для ремонта и настройки телевизоров): Справочное пособие — Минск: «СЭА»: «Радіо Аматор». — 1993.

ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»