

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная электроника»

А. И. Никеенков, С. А. Мурашко

СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2010

УДК 621.38(075.8)
ББК 32.859я73
Н62

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 08.12.2008 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Автоматизированный электропривод»
ГГТУ им. П. О. Сухого *Л. В. Веннер*

Никеевков, А. И.
Н62 Средства отображения информации : лаборатор. практикум по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» днев. и заоч. форм обучения / А. И. Никеевков, С. А. Мурашко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 64 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-985-420-938-8.

Содержит четыре лабораторные работы, включающие теоретические сведения, требования по технике безопасности, порядок выполнения работы и контрольные вопросы.

Для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.38(075.8)
ББК 32.859я73

ISBN 978-985-420-938-8

© Никеевков А. И., Мурашко С. А., 2010
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2010

Лабораторная работа № 1 СЕЛЕКТОР КАНАЛОВ

Цель работы: изучить принцип действия селектора телевизионных каналов.

Используемое оборудование: характериограф Х1-50, вольтметр В7-40, лабораторный стенд с исследуемым селектором телевизионных каналов.

1. Теоретические сведения

Основное назначение селектора каналов в телевизионном приемнике – селекция (выбор), усиление и преобразование частоты высокочастотных ТВ-сигналов в сигналы промежуточных частот. В зависимости от полосы частот принимаемых и преобразуемых сигналов селекторы каналов подразделяются на селекторы каналов метрового диапазона волн (СК-М), селекторы каналов дециметрового диапазона волн (СК-Д) и всеволновые (СК-В).

На рис. 1 приведена структурная схема селектора телевизионных каналов.

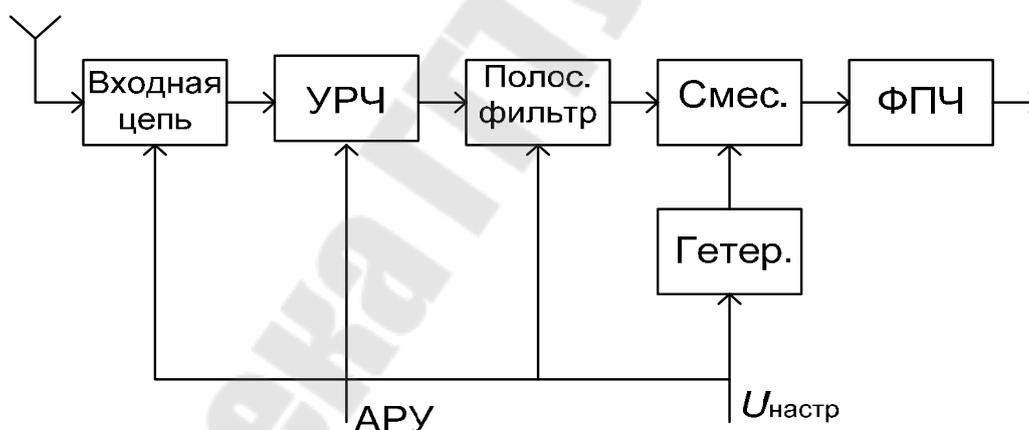


Рис. 1. Структурная схема селектора:

УРЧ – усилитель радиочастоты; Полос. фильтр – полосовой фильтр;

Смес. – смеситель; ФПЧ – фильтр промежуточной частоты;

Гетер. – гетеродин

Входная цепь

Входная цепь обеспечивает определенное входное сопротивление во всем диапазоне принимаемых частот для согласования входа селектора с волновым сопротивлением фидера антенны; минимально

возможный коэффициент отражения; трансформацию волнового сопротивления фидера к оптимальной величине входного сопротивления входного усилителя радиочастоты (что обеспечивает наилучшее отношение сигнал/шум на входе УРЧ); получение высокого коэффициента передачи входных сигналов; повышение избирательных свойств телевизора при полосе не менее 8 МГц.

В современных селекторах каналов в качестве входных цепей используются колебательные контуры, выполняющие функции повышающих высокочастотных трансформаторов. При таком построении можно обеспечить необходимое согласование входной цепи с фидером во всем принимаемом диапазоне частот с одновременным увеличением коэффициента передачи входных сигналов и повышением избирательных свойств телевизионного приемника.

Селекторы каналов имеют асимметричный 75-омный вход. Поэтому для согласованного подключения антенны к разъему телевизора необходимо использовать коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. С точки зрения АЧХ входные цепи селектора представляют собой фильтр верхних частот с полосой среза порядка 40 МГц. Это способствует увеличению помехоустойчивости при попадании на вход ТВ-приемника сигналов помех, частоты которых расположены ниже частот первого ТВ-канала (48,5–56,5 МГц). Для повышения избирательности по зеркальному каналу совместно с фильтром верхних частот (или вместо него) используются перестраиваемые входные контуры, которые осуществляют предварительную селекцию принимаемого канала. Конкретное схемотехническое исполнение входных цепей селекторов каналов зависит от типа селектора, используемых элементов, а также от диапазона принимаемых частот.

Усиление радиочастоты

Усилитель радиочастоты должен обеспечивать высокий коэффициент усиления во всем диапазоне принимаемых частот при заданной форме частотной характеристики и полосе пропускания; минимальные шумы каскада, устойчивость работы каскада по отношению к самовозбуждению; получение широкого диапазона регулировки системой автоматической регулировки усиления. В качестве нагрузки каскада УРЧ обычно служит полосовой фильтр, с помощью которого обеспечивается избирательность по отношению к мешающим сигналам зеркального и соседнего каналов.

Транзисторы, используемые в схеме УРЧ, должны иметь достаточно высокую граничную частоту, превышающую верхний частотный предел, низкий коэффициент шума; обеспечивать высокий коэффициент усиления. В УРЧ транзисторы включают по схеме с общим эмиттером и общей базой. Включение транзистора по схеме с общим эмиттером позволяет получить более высокий коэффициент усиления. Недостатком схемы с общим эмиттером является значительная внутренняя связь, для компенсации которой используются схемы нейтрализации, а также меньшая граничная частота усиления по сравнению со схемой с общей базой. Схема с общей базой не требует нейтрализации и обеспечивает более равномерное усиление по диапазону. В выпускаемых селекторах каналов используется схема включения транзистора с общей базой.

Цепь автоматической регулировки коэффициента усиления (АРУ)

Автоматическая регулировка предназначена для изменения коэффициента усиления тракта до видеодетектора с целью стабилизации выходного уровня видеосигнала, т. е. с увеличением входного сигнала уменьшается коэффициент усиления радиотракта. Цепь АРУ содержит регулируемый усилитель радиочастоты, а также детектор, фильтр и усилитель промежуточной частоты, которые входят, как правило, в тракт промежуточной частоты радиоканала. Детектор автоматической регулировки усиления – амплитудный детектор, у которого используется только постоянная составляющая выходного напряжения, пропорциональная амплитуде несущей частоты сигнала. Фильтр определяет инерционные свойства АРУ. Постоянная времени фильтра выбирается в пределах 0,1–0,5 с. Увеличение постоянной времени приводит к ухудшению действия системы при быстрых изменениях сигнала на входе, а уменьшение – к снижению глубины модуляции радиосигнала и в результате к искажениям сигнала. На УРЧ подается отфильтрованное напряжение. При увеличении входного сигнала $U_{\text{АРУ}}$ увеличивается, а коэффициент усиления уменьшается. Коэффициент усиления каскада зависит от крутизны транзистора, величины нагрузки и степени связи с последующим каскадом. Исходя из этого различаются два основных метода АРУ. При одном из методов (режимная АРУ) регулирующим элементом служит непосредственно транзистор регулируемого каскада (как в случае селектора). АРУ воздействует на режим транзистора, при этом изменяется его

крутизна. При другом методе используются дополнительные регулирующие элементы – полупроводниковые диоды. С помощью диодов изменяется либо величина нагрузки транзистора, либо степень межкаскадной связи.

Различают три типа АРУ: простую, с задержкой и усиленную. В простой АРУ напряжение с выхода фильтра подается на регулируемые каскады при любых уровнях входного сигнала, в том числе и малого, когда изменение усиления не требуется. Для АРУ с задержкой (как в селекторе), пока входной сигнал не превысит некоторый порог, система не оказывает воздействия на УРЧ. При усиленной АРУ напряжение с детектора АРУ предварительно усиливается, после чего подается на регулируемые каскады, при этом повышается эффективность АРУ.

Полосовой фильтр

Для повышения селективности в селекторах используются двухконтурные перестраиваемые фильтры с внешней емкостной связью. Селективность двухконтурного фильтра выше селективности одиночного контура. Полоса пропускания двухконтурного фильтра (Π по уровню 0,7) выше полосы пропускания одиночного контура. Перестройка фильтра осуществляется варикапами.

Смеситель

Преобразование частоты может быть выполнено на основе нелинейного преобразования колебаний входного сигнала и гетеродина, перемножения этих сигналов; управления коэффициентом передачи усилителя, на вход которого подается сигнал с помощью колебаний гетеродина; параметрического эффекта, сопровождаемого преобразованием в реактивном элементе энергий колебаний сигнала и вспомогательного генератора в энергию колебаний преобразованной частоты. Первый вид преобразователя использует нелинейную характеристику транзистора или полупроводникового диода. В результате в токе i возникает бесконечное множество колебаний вида

$$MW \pm NW_c; MW \pm NW_r,$$

где $M, N = 1, 2, 3, \dots$

Одно из этих колебаний, обычно $W, -W_c$, отфильтровывается. Второй вид преобразователя частоты использует свойства устройств, выполняющих математическую операцию перемножения двух функций:

$$Y = A - U_c(t) - U_r(t),$$

где A – коэффициент, не зависящий от U_c , U_r .

При перемножении $U_c = U_{mc} - \cos W_c t$ и $U_r = U_{mr} - \cos W_r t$ в токе возникают колебания вида $W_r - W_c$ и $W_r + W_c$, одно из которых отфильтровывается в нагрузке. Третий вид преобразователя частоты использует алгоритм типа $y = F - U_c(t)$, где F зависит от напряжения гетеродина. Четвертый вид преобразователя частоты использует параметрическое преобразование энергии в реактивных элементах.

Смесительный каскад селектора каналов служит для получения сигнала промежуточной частоты. Эта операция заключается в нелинейном преобразовании сигнала гетеродина с частотой f_r и полного телевизионного сигнала f_c (спектр одного ТВ-канала которого приведен на рис. 2), при котором на выходе смесителя образуется сигнал, содержащий всевозможные комбинации этих частот $f_{см} = n - f_r \pm m - f_c$. Выходной контур смесителя настраивается на разностную частоту $f_m - f_r - f_c$ и должен иметь полосу, достаточную для пропускания спектра сигналов изображения и звукового сопровождения, перенесенную в область промежуточных частот (рис. 3).

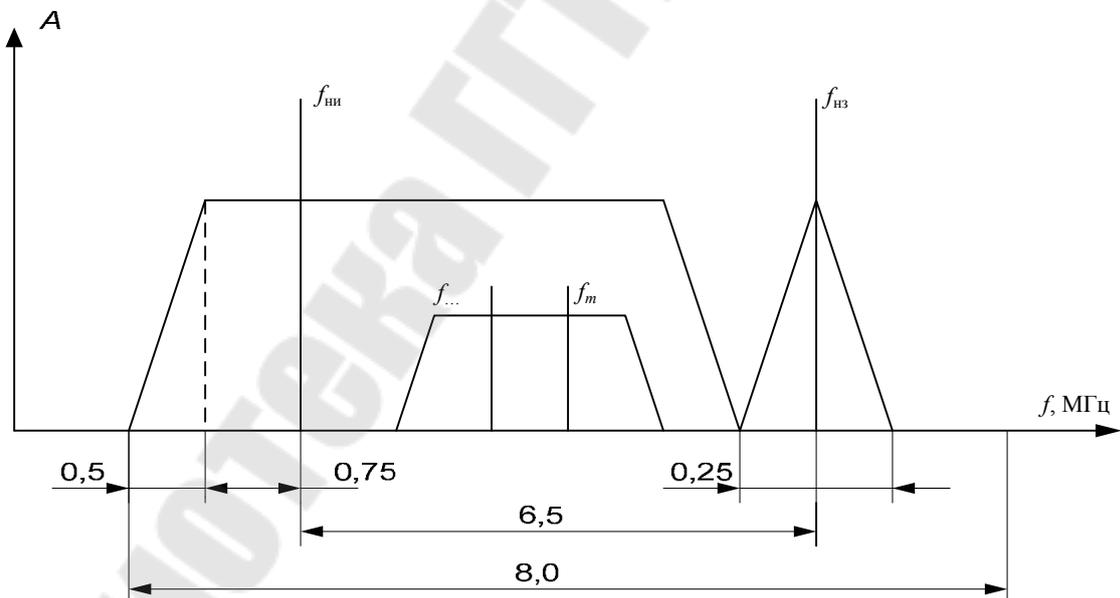


Рис. 2. Спектр ВЧ-сигнала ТВ-станции

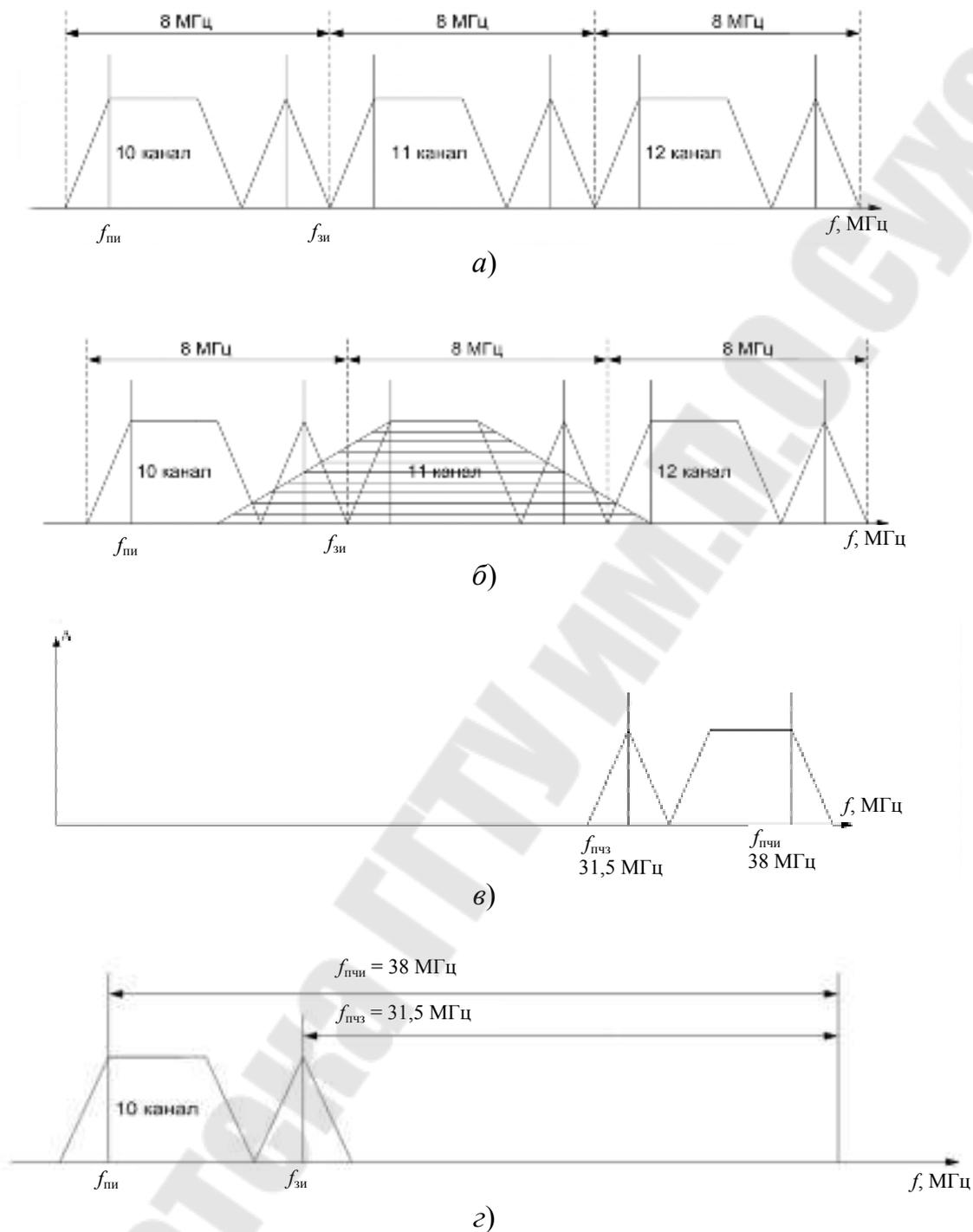


Рис. 3. Спектры сигналов изображения и звукового сопровождения:
 а – частотное расположение ТВ-каналов; б – настройка частоты на прием 11-го канала; в – детектирование сигналов принимаемого канала; г – преобразованный сигнал ПЧ тракта

Смеситель собирается по схеме с общей базой или по схеме с общим эмиттером. Обе схемы имеют примерно одинаковую крутизну преобразования. В связи с тем, что частоты на входе и выходе сме-

сителя различны и обратная связь значительно слабее, обеспечение устойчивости каскада к самовозбуждению не играет такой роли, как в УРЧ. Схема с общим эмиттером дает более высокое усиление (на 12–15 дБ) и меньше нагружает гетеродин, чем схема с общей базой, которая обладает большей стабильностью работы на низкочастотных каналах и меньшей зависимостью входного сопротивления от частоты. В селекторах дециметрового диапазона преобразователь частоты выполнен по схеме автогенерирующего смесителя.

Гетеродин

Гетеродин является одним из основных каскадов селектора каналов телевизионного приемника. Сигнал гетеродина должен иметь постоянную амплитуду и стабильную частоту. Для повышения избирательности ТВ-приемника по зеркальному каналу и уменьшения действия излучения гетеродина частота излучения его колебаний выбирается выше частот принимаемого сигнала и определяется выражением

$$f_r = f_{н.и} + f_{пр.и} = f_{н.з} + f_{пр.з},$$

где $f_{н.и}$ – несущая частота сигналов изображения; $f_{пр.и}$ – промежуточная частота изображения; $f_{н.з}$ – несущая частота сигналов звука; $f_{пр.з}$ – промежуточная частота звукового сопровождения.

Для уменьшения излучения высокочастотных колебаний и увеличения помехозащищенности от внешних полей элементы, составляющие схему гетеродина, экранируются. В транзисторных селекторах каналов может быть использована одна из трех основных схем генераторов с самовозбуждением: с емкостной, индуктивной или автотрансформаторной связью. Наиболее приемлемы гетеродины, собранные на транзисторах по схеме с общей базой и емкостной обратной связью.

Селектор каналов метрового диапазона СК-М-24-2

Селектор метрового диапазона позволяет производить прием ТВ-передатчиков на 12 каналах метрового диапазона (48,5–230,0 МГц).

Основные технические характеристики СК-М

Напряжение питания, В.....	12 ± 0,24
Потребляемый ток, мА.....	не более 25
Изменение АРУ, В.....	3–8,5
Коэффициент усиления, дБ.....	не менее 18

Неравномерность АЧХ, дБ.....	не менее 4
Избирательность, дБ:	
– по промежуточной частоте.....	не менее 40, 50
– по зеркальному каналу.....	не менее 48
Нестабильность частоты гетеродина, кГц, не более, от изменений:	
– температуры среды на 20 °С.....	±300
– питающего напряжения на 10 %.....	±150
Изменение настройки $U_{настр}$, В.....	0,6–25,2
Потребляемый ток по цепи АРУ, мА.....	0,1–1
Потребляемый ток по цепи настройки, мА.....	0,1

Вход селектора асимметричный и рассчитан на подключение антенных устройств с волновым сопротивлением 75 Ом. Для приема передач в диапазонах 1–2 (каналы 1–5, 48,5–100,0 МГц) и 3 (каналы 6–12, 174,0–230,0 МГц) в селекторе имеются два отдельных тракта. Тракты каждого диапазона независимы и содержат отдельные входные цепи, УРЧ, полосовые фильтры и гетеродины. Общими являются фильтр верхних частот, смеситель и выходной контур промежуточной частоты. Структурная схема СКМ приведена на рис. 4. Диапазоны коммутируются (в том числе и при переходе на работу от блока СК-Д) подачей напряжений на эмиттерные цепи транзисторов соответствующего тракта. При работе одного тракта цепи другого тракта отключены от входа смесителя соответствующими запертыми диодами. Цепи АРУ и цепи варикапов общие для обоих диапазонов.

Принципиальная схема селектора приведена на рис. 5. На входе селектора применен многозвенный фильтр верхних частот $L_1, C_1, L_2, C_2, L_3, C_3, L_4, C_4, L_5, L_5, L_6$ с частотой среза 40 МГц, обеспечивающий подавление промежуточной частоты. Перестраиваемая входная цепь УРЧ диапазонов 1–2, образованная элементами L_9, VD_1, C_{11} , связана индуктивно (L_7, L_9) с антенным контуром. Входная цепь УРЧ диапазона 3 ($C_8, VD_2, L_{10}, L_{11}$) связана с антенным контуром с помощью конденсатора. УРЧ собраны на транзисторах VT_1, VT_2 , включенных по схеме с общей базой. Выходы УРЧ каждого диапазона нагружены двухконтурными полосовыми фильтрами. Катушки индуктивности L_{13}, L_{14}, L_{16} полосового фильтра относятся к диапазонам 1–2, а катушки L_{12}, L_{15} – к третьему диапазону. Емкости контуров полосового фильтра состоят из выходных емкостей УРЧ, емкостей монтажа, а также емкости триммеров C_{24}, C_{27} и варикапов VD_6, VD_7 в диапазонах 1–2 и триммеров C_{19}, C_{28} и варикапов VD_5, VD_8 в диапазоне 3.

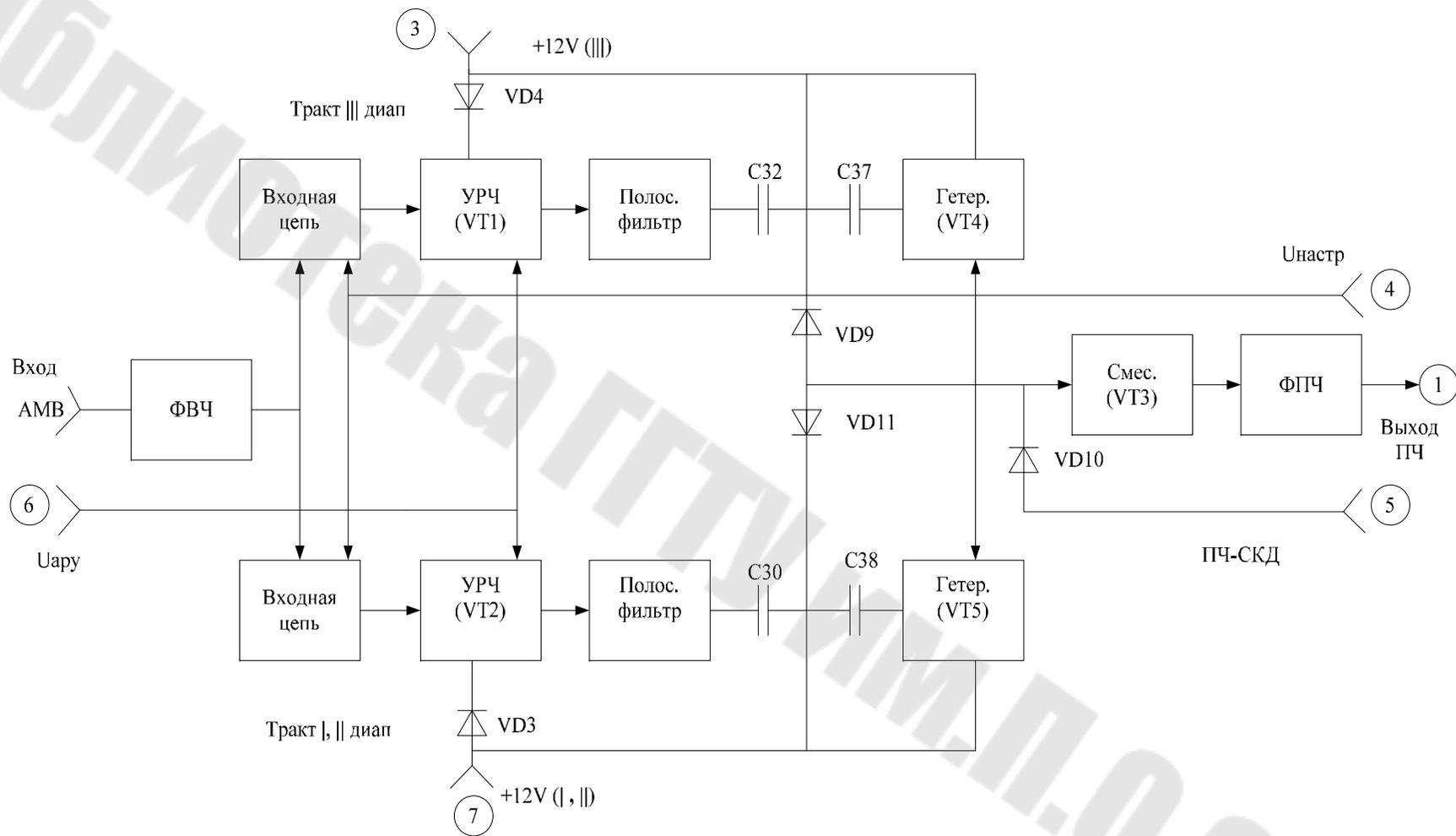


Рис. 4. Структурная схема СКМ-24-2

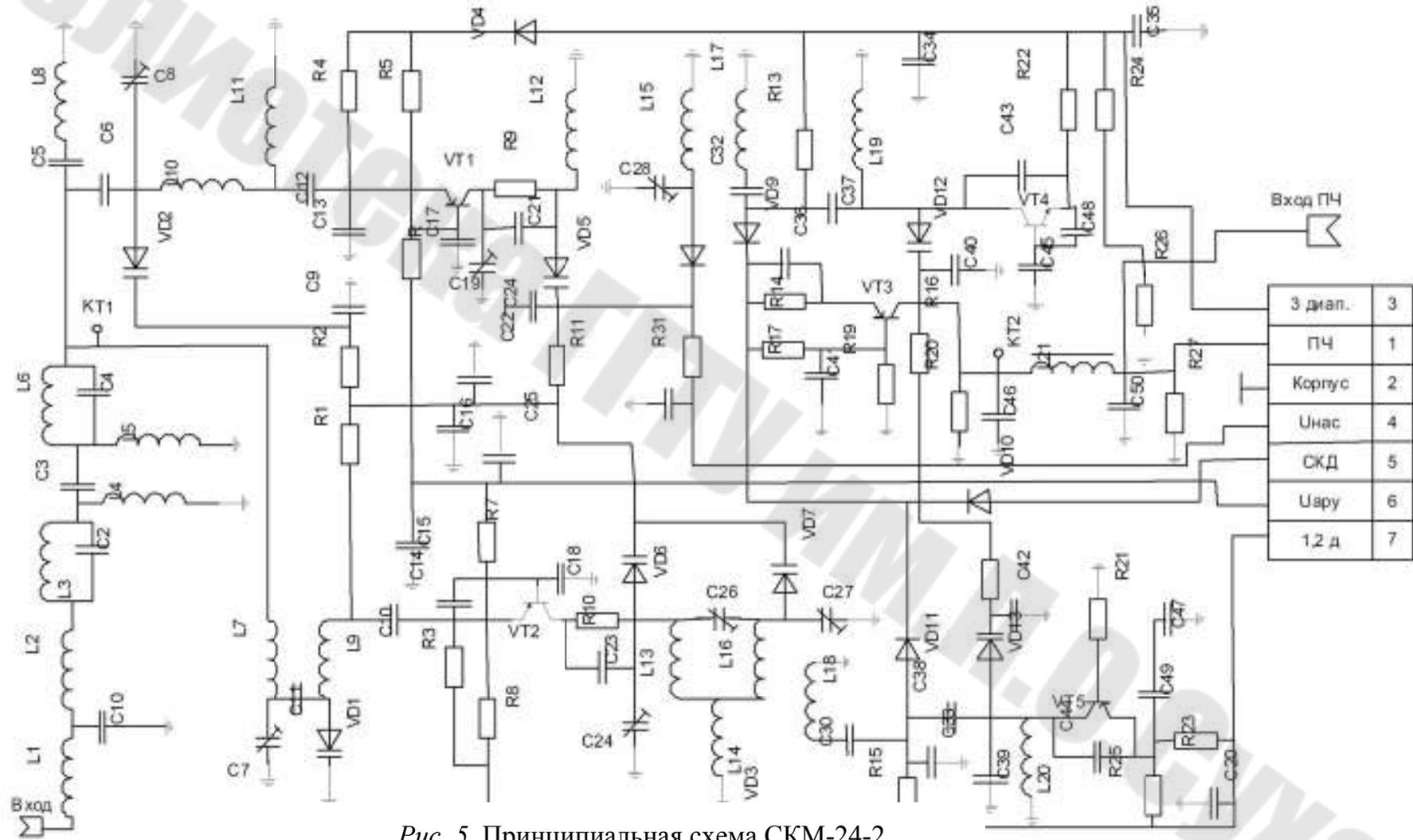


Рис. 5. Принципиальная схема СКМ-24-2

Смеситель селектора собран на транзисторе VT_3 , включенном по схеме с общей базой. Связь полосовых фильтров со входом смесителя – трансформаторная и осуществляется при помощи индуктивностей L_{18} и L_{17} . Сигнал диапазонов 1–2 с L_{18} поступает на эмиттер транзистора VT_3 через разделительные конденсаторы C_{30} , C_{36} и открытый диод VD_{11} . Выход полосового фильтра диапазона 3 отключен закрытым диодом VD_9 . Сигнал диапазона 3 с L_{17} поступает через разделительные конденсаторы C_{32} , C_{36} и открытый диод VD_9 .

Выход полосового фильтра 1-го и 2-го диапазонов в этом случае отключен закрытым диодом VD_{11} . Смеситель нагружен контуром ПЧ (C_{46} , L_{21} , C_{50}), рассчитанным на подключение нагрузки с волновым сопротивлением 75 Ом. Гетеродины 1, 2 и 3-го диапазонов, собранные на транзисторах VT_5 и VT_4 соответственно включены по схеме емкостной трехтонки. Контур гетеродина в 1–2 (3) диапазонах образован из индуктивности катушки L_{20} (L_{19}), емкости варикапа VD_{13} (VD_{12}), выходной емкости транзистора VT_5 (VT_4) и емкости монтажа. Для сопряжения частоты гетеродина в середине диапазонов подобраны номиналы конденсаторов C_{42} и C_{40} соответственно в каждом из контуров. Электронная перестройка каналов в пределах диапазона осуществляется с помощью варикапов VD_1 , VD_6 , VD_7 , VD_{13} (диапазоны 1–2) и VD_2 , VD_5 , VD_8 , VD_{12} (диапазон 3) подачей соответствующего напряжения настройки с контакта 4-го разъема. При работе в диапазоне дециметровых волн ко входу смесителя через контакт к разъема и коммутационный диод VD_{10} подключается выход СК-Д-24. При этом смеситель работает как усилитель промежуточной частоты, а питание УРЧ и гетеродина отключается. От смесителя отключаются также выходы полосовых фильтров диапазонов 1–2 и 3 диодами VD_{11} и VD_9 соответственно. Питание транзистора VT_3 в этом случае поступает через СК-Д-24.

Для поддержания постоянства уровня сигнала ПЧ при изменениях уровня входного радиосигнала введена схема автоматического регулирования усиления УРЧ обоих диапазонов. Напряжение регулирования с контакта 6 разъема через резисторы R_6 и R_7 подается на базы транзисторов VT_1 и VT_2 . Регулировка усиления – прямая (осуществляется увеличением тока коллектора при понижении напряжения регулирования); глубина регулировки – 24 дБ.

2. Требования по технике безопасности

Во избежание выхода из строя стенда при выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать правильную последовательность включения приборов: вначале подается питание на стенд, после чего включается высокая частота с выхода характериографа. По окончании работы выключение осуществляется в обратном порядке.

3. Порядок работы с Х1-50

Назначение органов управления

- dВ – выход характериографа;
- У – вход характериографа;
- Генер. – дополнительный выход (низкочастотный полный видео-сигнал);
- 1:1, 1:10, 1:100, 1:1000 – дискретный аттенюатор входного сигнала;
- ∇ 0.01V – калибратор;
- внутрен./внеш. – переключатель меток;
- +/- – переключатель инверсии отображаемого сигнала;
- У – плавное масштабирование отображаемого сигнала по оси у;
- Х – плавное масштабирование отображаемого сигнала по оси х;
- у – смещение отображаемого сигнала по оси у;
- х – смещение отображаемого сигнала по оси х;
- ∇ F $\nabla \nabla \nabla$ – грубое и плавное изменение частоты качания;
- 1,23 – изменение диапазона изменения частоты;
- 0,05...100 – дискретное изменение частоты развертки в режиме осциллографа;
- период ms – плавное изменение частоты развертки в режиме осциллографа;
- ГКЧ/ОСЦИЛ. – переключатель рода работ: генератор качающейся частоты – осциллограф;
- 10/1 – переключатель меток 10 МГц/1 МГц;
- Метки МГц – изменение яркости меток;
- СЧЕТ – включение частотомера;
- ШИР./УЗК. – дискретное изменение полосы качания (широкая/узкая);
- ПОЛОСА – плавное изменение полосы качания;
- 0...50 – плавное ослабление выходного сигнала, дБ;
- → ВНЕШ. – подключение внешних меток.

Порядок работы

При работе прибора в режиме исследования АЧХ необходимо нажать переключатель «ГКЧ/ОСЦИЛ». Выход характериографа «→dВ» соединить со входом исследуемой схемы. Выход исследуемой схемы соединить со входом характериографа посредством специального кабеля с детекторной головкой. Переключателем «1, 2, 3» выставить предполагаемый частотный диапазон. Изменяя частоту качания ручкой «F», добиться получения на экране изображения АЧХ исследуемой схемы, при этом на индикаторе при нажатой кнопке «СЧЕТ» отображается частота, соответствующая яркой метке на экране характериографа.

4. Последовательность выполнения работы

4.1. Исследование АЧХ усилителя радиочастоты и гетеродина селектора. Подключить выход характериографа ко входу селектора («ВХОД»). Детекторную головку, зашунтированную сопротивлением 75 Ом, подключить к контрольной точке КТ2. На «Выход ПЧ» селектора от радиочастотного генератора подать напряжение частотой 38,0 МГц с уровнем, удобным для наблюдения внешней метки частотой 38,0 МГц на экране характериографа. Выставить напряжения $U_{APY} = 8$ В, $U_{настр} = 20$ В. Переключателем диапазонов на стенде установить 1–2-частотный диапазон. Включить характериограф, добиться получения изображения АЧХ. Измерить ширину полосы пропускания селектора. Определить частоту несущей изображения и несущей звука телевизионного канала по частотомеру характериографа. Определить промежуточную частоту изображения и звука. Зарисовать осциллограмму.

4.2. Определить напряжение настройки при приеме 3-частотного канала («ОРТ»), 8 («БТ») и 10 («РТР»). Напряжение $U_{APY} = 8$ В.

4.3. Исследование влияния АРУ. Изменяя напряжение АРУ в пределах 1–9 В, снять зависимость выходного сигнала селектора от напряжения АРУ. Напряжение выходного сигнала определять по картинке характериографа. Установить исходное значение напряжения АРУ. Построить график по результатам опыта, т. е. $U_{вых}$ (U_{APY}).

4.4. Исследование неравномерности АЧХ в диапазоне частот. Изменяя напряжение настройки в пределах 1–26 В, снять через 2 В зависимость максимального сигнала АЧХ от частоты несущей изображения и несущей звука. Построить графики 11 ПЧ из U_n и $U_{н4}$ 3 В (U_n). Повторить для 3-го диапазона частот.

4.5. Исследование АЧХ выходного контура ПЧ. Детекторную головку, зашунтированную сопротивлением 75 Ом, подключить на «Выход ПЧ» селектора. Переключатель диапазонов включить на 1–2-частотный диапазон. Установить напряжение настройки 10 В. Снять осциллограмму. Определить полосу пропускания.

4.6. Измерение коэффициента усиления СКМ ($U_{\text{АРУ}} = 8 \text{ В}$). На вход СКМ подать напряжение с выхода генератора Г4-116. На генераторе установить режим АМ-модуляции. Установить напряжение настройки, соответствующее частоте первого телевизионного канала. На генераторе установить значение несущей частоты изображения первого частотного канала. Выход ПЧ селектора подать на вход осциллографа. Величину входного сигнала определить по положению ручки ступенчатого аттенюатора, а также ручки установки выходного напряжения плавно.

Примечание. Для установки максимального уровня выходного сигнала (500 мВ) необходимо установить ручку ступенчатого аттенюатора «6 × 20 дБ» в положение «0 дБ» (104), ручку установки выходного напряжения плавно, в пределах 2 дБ, повернуть по часовой стрелке до упора, ручкой ступенчатого аттенюатора «10 × 2 дБ» (от –6 дБ до –26 дБ) подвести точку «6» по черной шкале («50» по красной) под визир плавного аттенюатора, ручкой плавного аттенюатора установить риску визира плавного аттенюатора напротив точки «6» по черной шкале («50» по красной).

Пример отсчета. Нужно установить 100 мВ. Для этого установить аттенюатор «10 × 2 дБ» в положение «20 дБ», риски подвижного визира плавного аттенюатора должны находиться против точки «10» по красной шкале (напротив точки «20» по черной шкале), ступенчатый аттенюатор «6 × 20 дБ» должен быть в положении «0 дБ» (104).

Отсчет производить следующим образом:

- 1) в децибелах: $0 \text{ дБ} + (-20 \text{ дБ}) = -20 \text{ дБ}$ относительно вольта;
- 2) в милливольтгах: $10 \times 10 = 100 \text{ 000 мкВ} = 100 \text{ мВ}$.

Отсчет выходного напряжения в децибелах или вольтах производится по шкале плавного аттенюатора с учетом положения ступенчатого аттенюатора «6 × 20 дБ». Правильность отсчета гарантируется при работе на согласованную нагрузку 50 Ом или при использовании перехода на нагрузку 75 Ом.

4.7. Пункт 5.6 повторить для $U_{\text{АРУ}} = 7, 6, 5, 4, 3, 2$ и 1 В. Построить график зависимости $K_{\text{ус}}(U_{\text{АРУ}})$.

4.8. Определение избирательности по зеркальному каналу. Установить $U_{\text{н}}$, при котором происходит прием первого частотного канала. Подать на вход селектора напряжение 1 мВ, на выходе селекто-

ра наблюдать осциллографом напряжение, после чего подать на вход селектора частоту зеркального канала. Изменяя (увеличивая) напряжение на входе, добиться получения такого же выходного напряжения. Определить избирательность по формуле

$$A = 20 \cdot \lg \frac{U_{з.к.}}{U_{1т.к.}}$$

5. Контрольные вопросы и задания

1. Для какой цели служит смеситель?
2. Как осуществляется электронная настройка селектора?
3. Объяснить АЧХ полосового фильтра.
4. Для чего служит входная цепь?
5. Каким образом осуществляется повышение избирательности селектора?
6. Какую цель выполняет ФПЧ?
7. Какое значение имеют промежуточные частоты изображения и звука?
8. Чему равна ширина полосы частот, отводимой на один телевизионный канал?
9. Что происходит со спектром сигнала после преобразования его в смесителе?
10. Как осуществляется переключение частотных диапазонов?
11. Почему в УРЧ используется включение транзисторов по схеме с ОБ?
12. По какой схеме включаются гетеродины?
13. Какие элементы определяют частоту гетеродина?
14. Какие элементы позволяют осуществлять электронную настройку селектора?
15. Почему частота гетеродина выбирается выше частоты принимаемого сигнала?
16. Почему частота среза входной цепи имеет значение порядка 40 МГц?
17. Как осуществляется автоматическая регулировка усиления?

Литература

1. Бытовая радиоэлектронная техника / гл. ред. Б. И. Саченко ; под ред. А. П. Ткаченко. – Минск : БелЭн, 1995 – 832 с. : ил.
2. Бродский, М. А. Цветные телевизоры / М. А. Бродский. – Минск : Выш. шк., 1993. – 271 с. : ил.

Лабораторная работа № 2 **ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОКАНАЛА ТЕЛЕВИЗОРА**

Цель работы: изучить принцип действия и исследовать характеристики частотного детектора, синхронного детектора, режекторного и полосового фильтров, а также работу радиоканала.

Используемое оборудование: генератор Г4-116, генератор испытательных телевизионных сигналов «Ласпи», осциллограф С1-83, частотомер Р43-0002.

1. Теоретические сведения

В телевизионном вещании с целью сокращения ширины спектра частот, занимаемого радиоканалом, используется передача с амплитудной модуляцией и частично подавленной одной боковой полосой, в большинстве случаев нижней:

$$\begin{aligned} U(t) &= U_0 \cdot (1 + M \cos \omega t) \cdot \cos \omega_0 t = \\ &= U_0 \cos \omega_0 t + M \frac{U_0}{2} \cos(\omega - \omega_0)t + M \frac{U_0}{2} \cos(\omega + \omega_0)t, \end{aligned}$$

где ω_0 – частота несущей; ω – частота модулирующего сигнала; $M = \frac{\delta U}{U_0}$ – коэффициент модуляции (глубина модуляции); U_0 – амплитуда несущей при отсутствии модуляции.

Первый член этого выражения представляет несущую частоту и не зависит ни от коэффициента модуляции, ни от модулирующей частоты. Второй и третий члены соответствуют колебаниям боковых частот, являющихся теми частями модулированных колебаний, которые отображают форму передаваемого сигнала. Эти слагаемые могут быть представлены в векторном виде. При детектировании амплитуды боковых частот суммируются.

При частичном или полном подавлении одной боковой векторы, отражающие боковые составляющие, не будут равны, вследствие чего значение результирующего вектора будет определяться также степенью подавления боковой полосы. Поскольку боковая полоса частот подавляется по спектру частот неравномерно, значение результирующего вектора оказывается зависящим от частоты. Амплитудно-частотная характеристика на выходе демодулятора оказывается неравномерной, имея подъем на частотах, боковые составляющие которых передаются с меньшим подавлением.

Компенсация амплитудно-частотных искажений осуществляется, как правило, по радиочастоте путем придания АЧХ наклона, обеспечивающего ослабление несущей на 50 %. Такой наклон частотной характеристики называется срезом (наклоном) Найквиста, а демодулятор с такой формой характеристики – демодулятором Найквиста. Согласно ГОСТ крутизна склона должна быть 8 дБ/МГц.

Синхронное детектирование можно рассматривать как особый вид преобразования частоты, при котором частота гетеродина равна частоте сигнала:

$$U(t) = k \cdot U_c(t) \cdot \cos F,$$

где $U_c(t)$ – детектируемый сигнал; F – разность фаз входного сигнала и гетеродина.

Основные свойства синхронного детектора: детекторная характеристика линейна; напряжение на выходе зависит от разности фаз $F = F_r - F_c$; наиболее выгодными являются синхронный и синфазный режимы работы; обладает частотной избирательностью.

Преобразование частоты заключается в сдвиге спектра сигнала по всей оси частот без изменения его структуры.

Пусть имеется колебание $e(t) = E(t) \cdot \cos(\omega_0 t + F_c(t))$ с несущей частотой ω_0 .

Путем преобразования частоты можно получить колебание вида $U(t) = k \cdot E(t) \cdot \cos(\omega_{пр} t + F_c(t) + F_1)$, которое имеет тот же закон изменения амплитуды $E(t)$ и фазы $F_c(t)$, но новую несущую $\omega_{пр}$.

Как правило преобразование частоты осуществляется по супергетеродинной схеме. На рис. 6 приведена схема преобразователя частоты.

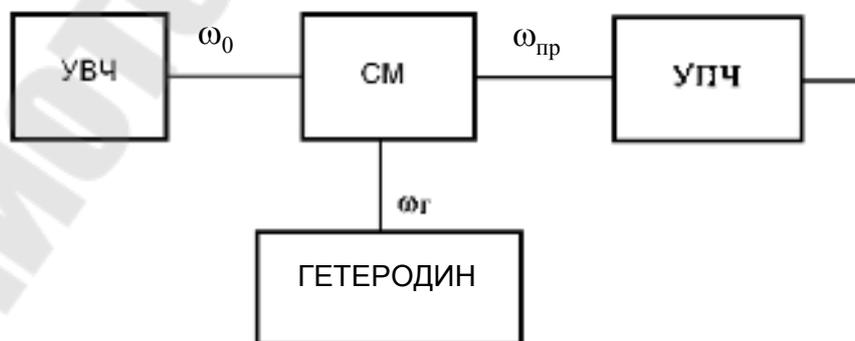


Рис 6. Преобразователь частоты

Основное усиление принимаемых сигналов производится на промежуточной частоте, поэтому усилитель УПЧ должен иметь высокую чувствительность, высокую избирательность по соседнему каналу и необходимую полосу пропускания.

Для сужения полосы частот на передающем центре значительная часть нижней боковой полосы частот изображения подавляется специальными фильтрами. В связи с этим на вход телевизора поступает часть нижней боковой (от 0 до $-1,25$ МГц) и верхняя боковая полоса (от 0 до $6,375$ МГц). Поэтому колебания с частотами выше $0,75$ МГц передаются только одной боковой полосой, а колебания до $0,75$ МГц – двумя боковыми. При детектировании такого сигнала составляющие модулирующего сигнала с частотами $0-0,75$ МГц на выходе видеодетектора будут иметь удвоенную амплитуду по сравнению с составляющими, частоты которых превышают $0,75$ МГц. При этом возникнут специфические искажения, связанные с частичным подавлением одной боковой полосы.

Чтобы этих искажений не было, форма АЧХ канала изображения должна иметь вид, показанный на рис. 7. В этом случае устраняются искажения, возникающие за счет подавления одной боковой полосы сигналов передатчика. Частотная характеристика УПЧ должна быть такой же, как и характеристика всего канала, только зеркально повернутой.



Рис. 7. Спектр радиосигнала передатчика

Это объясняется тем, что частота гетеродина выбирается выше частоты принимаемого сигнала, в результате чего происходит зеркальное перераспределение спектра, т. к. $f_{\text{пр}} \geq f_r \cdot f_c$. Качество изображения зависит и от формы правого склона, т. к. здесь происходит

дополнительное подавление нижней боковой. Форма левого склона определяется требованием подавления сигналов звукового сопровождения. Несущая изображения размещается на середине правого склона на уровне 0,5. Если она смещается вправо по склону, то происходит ослабление усиления низкочастотных составляющих сигнала изображения и повышается усиление высокочастотных составляющих и наоборот. Чтобы предотвратить детектирование сигнала звука в канале изображения, АЧХ должна иметь пологий участок в месте нахождения промежуточной частоты звука.

Структурная схема радиоканала приведена на рис. 8.

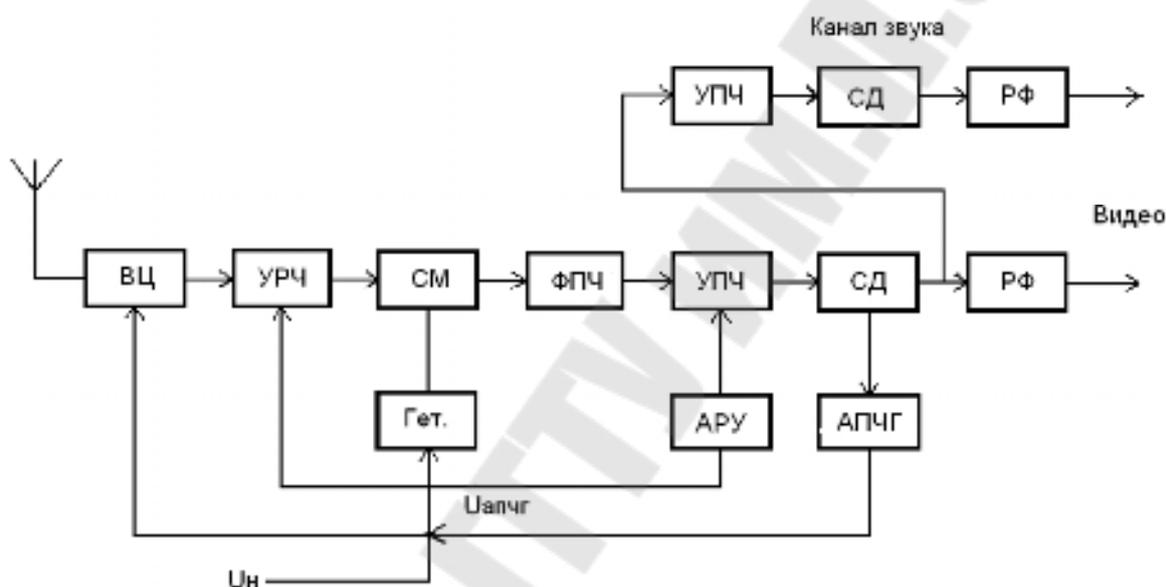


Рис. 8. Структурная схема радиоканала

Радиоканал выполнен по супергетеродинной схеме. Во входной цепи (ВЧ) выделяется полезный сигнал высокой частоты, поступающий из антенны, и одновременно осуществляется ослабление других станций и различных помех. Усилитель радиочастоты УРЧ выполняет функции усиления полезного сигнала и дальнейшей избирательности. Преобразование частоты происходит в смесителе, на который помимо входного сигнала поступает и сигнал гетеродина (Г). Разностная частота с выхода смесителя (СМ), называемая промежуточной, через фильтр промежуточной частоты ФПЧ поступает на вход усилителя промежуточной частоты УПЧ, где и подвергается основному усилению.

Для детектирования используется синхронный детектор (СД), напряжение на выходе которого равно произведению входного сигнала

$U_{\text{ПЧ}} = U \cdot \cos(\omega_{\text{ПЧ}} + \omega)t$, несущем информацию о входном сигнале на напряжение восстановленной несущей:

$$u = U_{\text{н}} \cdot \cos \omega t.$$

Тогда

$$U_{\text{ВЫХ}} = A \cdot U_{\text{н}} \cdot U \cdot \cos \omega t,$$

где A – коэффициент пропорциональности; ω – модулирующая частота.

На рис. 9 показан детектированный сигнал спектра передатчика.

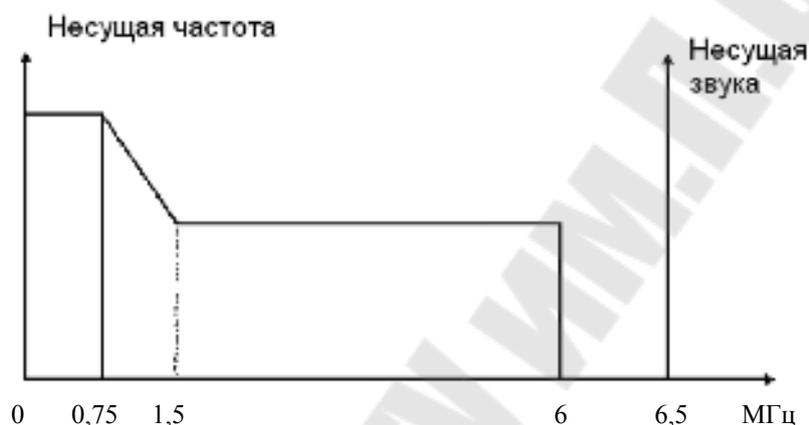


Рис. 9. Детектированный сигнал спектра передатчика

Фильтр ПЧ выполнен на основе фильтра на поверхностных акустических волнах ПАВ, представляющего собой конструкцию, содержащую пьезоэлектрическую подложку (на основе ниобата лития, тантала лития и др.), на которую с помощью фотолитографической технологии размещается штыревая электродная структура, содержащая входной и выходной преобразователи.

При подаче на входной преобразователь входного сигнала из-за пьезоэффекта в подложке благодаря упругим деформациям возникают акустические волны. Эти волны распространяются по поверхности подложки фильтра и достигают выходного преобразователя. В выходном преобразователе происходит обратное преобразование акустических волн в электрический сигнал. В зависимости от свойств среды распространения, определяемой конфигурацией штыревой электродной структуры, могут быть получены различные формы АЧХ фильтров на ПАВ. Для согласования при включении в схему перед фильтром необходимо включать резонансный контур.

Частотным детектором (ЧД) называют устройство, служащее для получения напряжения, изменяющегося в соответствии с законом

изменения частоты входного сигнала. Поскольку спектр напряжения на выходе ЧД содержит частотные составляющие, которых не было в спектре входного сигнала, ЧД нельзя реализовать с помощью линейной цепи с постоянными параметрами, т. к. на ее выходе не могут возникать новые частотные составляющие. ЧД нельзя реализовать и с помощью безынерционной нелинейной системы. Действительно, если в качестве безынерционной цепи используют диод, то при действии на его входе ЧМ-колебания импульсы тока диода содержат постоянную составляющую, уровень которой зависит только от амплитуды этого колебания, но не от его фазы и частоты.

Частотное детектирование осуществляют в устройствах, соединяющих в себе линейные и безынерционные нелинейные системы. Принцип частотного детектирования (рис. 10, 11, 12) состоит в преобразовании ЧМ-колебания в линейной системе в колебание с другим видом модуляции с последующим детектированием преобразованного колебания безынерционной нелинейной цепью.

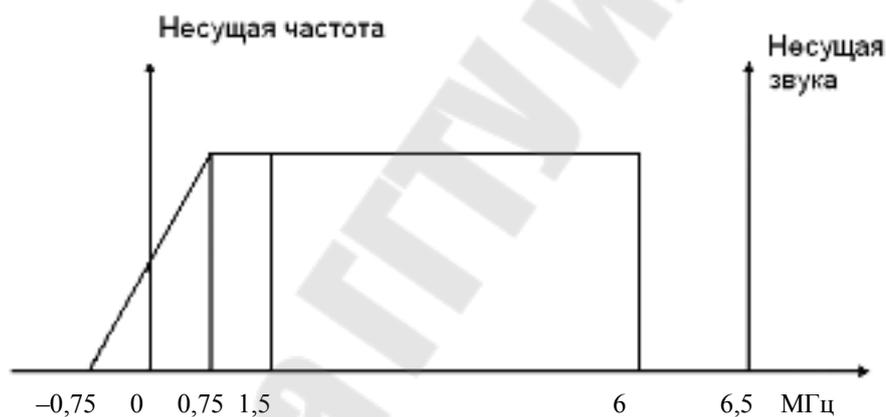


Рис. 10. АЧХ радиотракта приемника

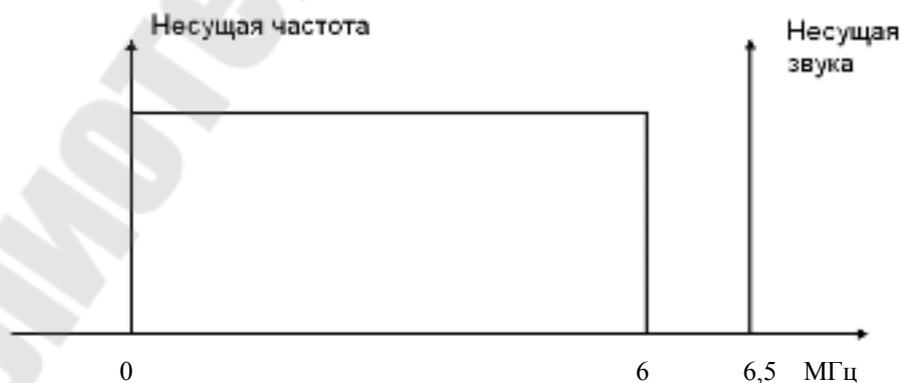


Рис. 11. Детектированный сигнал приемника

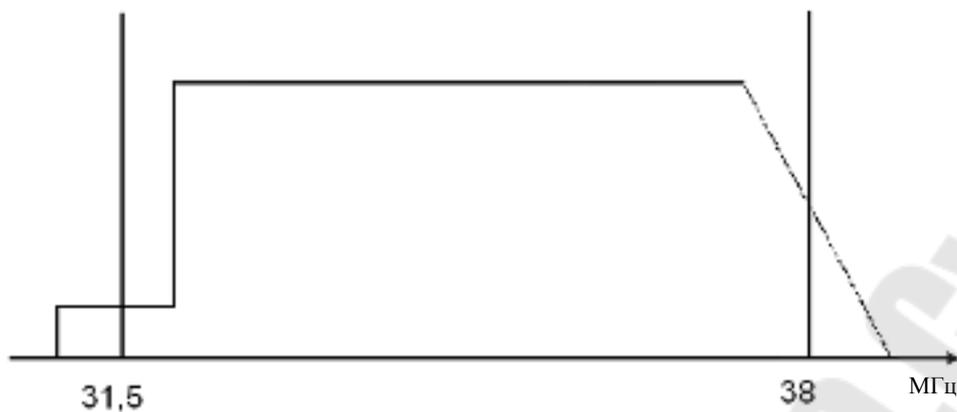


Рис. 12. АЧХ тракт ПЧ

Амплитудный ограничитель служит для устранения паразитной амплитудной модуляции ЧМ-колебания. Можно выделить *однотактные* и *двухтактные* (балансные) ЧД.

Характеристика детектирования однотактного ЧД не заходит в область отрицательных значений $U_{\text{вых}}$. Преобразовать ЧМ-колебание можно в следующие виды колебаний:

1. Амплитудно-частотно-модулированное (АЧМ) колебание, у которого амплитуда меняется в соответствии с изменением частоты колебаний. Это колебание можно осуществить в линейной цепи с реактивными параметрами, зависящими от частоты. После линейной цепи АЧМ-колебание детектируется амплитудным детектором АД.

2. Фазочастотное колебание с последующим фазовым детектированием.

3. Импульсы с переменной скважностью с последующим детектированием импульсным детектором, напряжение на выходе которого пропорционально длительности импульсов, и т. д.

Балансный детектор имеет следующие преимущества:

- 1) характеристика более линейна, поскольку четные гармоники в балансной цепи компенсируются;

- 2) характеристика детектирования проходит через нуль, поэтому напряжение $U_{\text{вых}}$ соответствует знаку отклонения угловой частоты $\omega_{\text{вх}}$ от несущего значения $\omega_{\text{сн}}$. Это дает возможность использовать балансные ЧД в цепях автоматической подстройки частоты (АПЧ).

Основой submodule радиоканала СМРК (рис. 14) являются микросхемы КР1021УР1 (К174УР5) и К174УР4, в состав которых входят схемы УПЧИ, АРУ, АПЧГ и УПЧЗ. Сигнал ПЧ с выхода селектора через контакт 20, конденсатор C_{13} и согласующий контур L_2C_8 посту-

пает в базу транзистора VT_1 . На этом транзисторе собран усилитель промежуточной частоты. Нагрузкой каскада служит широкополосный контур, образованный индуктивностью дросселя L_1 и распределенной входной емкостью фильтра на ПАВ ZQ_1 . Обратная связь по переменному напряжению нейтрализуется конденсатором C_4 . Дроссели L_1 и L_2 представляют собой катушки индуктивности, намотанные соответственно на резисторы R_6, R_{17} .

С дросселя L_1 сигнал ПЧ подается на фильтр ПАВ ZQ_1 , который обеспечивает формирование АЧХ усилителя промежуточной частоты изображения. С выхода фильтра ZQ_1 сигнал поступает на вход микросхемы DA_1 (выводы 1, 16) и далее на регулируемый УПЧИ, с выхода которого сигнал поступает на детектор, в качестве которого применен синхронный детектор, обеспечивающий детектирование малых сигналов с высокой линейностью преобразования и позволяющий применять УПЧИ с малым коэффициентом усиления. Через выводы 8, 9 микросхемы к видеодетектору подключен опорный контур L_3C_{17} , настроенный на промежуточную частоту (38 МГц). С выхода видеодетектора видеосигнал через видеоусилитель подается на схему АРУ и на выход микросхемы (вывод 12).

Далее ПЦТС поступает на параллельно включенные режекторные фильтры ZQ_2, ZQ_4 . Параллельно фильтрам включен фазосдвигающий дроссель L_5 . Пьезокерамические фильтры совместно с резисторами R_{21}, R_{24} и дросселем L_5 обеспечивают подавление в канале изображения второй ПЧ звукового изображения 5,5 или 6,5 МГц. Выход режекторных фильтров связан эмиттерным повторителем на транзисторе VT_2 . Повторитель предназначен для согласования тракта УПЧИ с последующими каскадами.

Схема АРУ вырабатывает управляющие напряжения для регулировки усиления УПЧИ и селекторов каналов. К схеме АРУ подключен фильтр (контакт 14), определяющий постоянную времени цепи АРУ. Управляющие напряжения АРУ снимаются с вывода 4 микросхемы DA_1 . Начальное напряжение АРУ 7,5–8,0 В определяется делителем R_4R_{10} . Для исключения воздействия АРУ на селектор каналов при уровне сигнала на его входе примерно 1 мВ имеется цепь задержки $R_{11}R_{12}C_{10}$, подключенная через вывод 3 к микросхеме DA_3 . Значение напряжения задержки устанавливается резистором R_{11} . Схема АРУ обеспечивает сохранение размаха ПЦТС около 2 дБ (1,25 раз) при изменении уровня радиосигнала на антенном входе селектора каналов в пределах 0,2–50 мВ.

Автоматическая подстройка частоты гетеродина. С видеодетектора сигнал ПЧ подается на схему АПЧГ. К детектору АПЧГ через выводы 7 и 10 микросхемы DA_1 подключен опорный контур L_4C_{22} , настроенный на промежуточную частоту изображения 38,0 МГц.

В детекторе АПЧГ сравнивается частота сигнала с частотой настройки опорного контура АПЧГ, и на его выходе образуется напряжение ошибки, пропорциональное разности этих частот. Значение и знак напряжения ошибки определяются по отклонению частоты гетеродина от номинального значения. Напряжение ошибки далее подается на гетеродин селектора.

С изменением частоты гетеродина схема АПЧГ приводит ее к номинальному значению с отклонением не более 100 кГц. При точной настройке гетеродина в цепь селекторов подается только постоянное напряжение, определяемое делителем $R_{10}R_3$. Это напряжение, равное примерно 6 В, принимается за напряжение условного нуля детектора АПЧГ.

Для блокировки действия схемы АПЧГ, которая требуется при переключении программ и ручной перестройки с канала на канал, контакт 15 соединителя замыкается на корпус.

Усилитель промежуточной частоты звука. ПЦТС поступает на параллельно включенные полосовые пьезокерамические фильтры ZQ_3 со средней частотой 6,5 МГц и ZQ_5 со средней частотой 5,5 МГц, выделяющие сигнал ПЧ звука. Выделенный фильтром сигнал ПЧ звукового сопровождения подается на вывод 14 микросхемы DA_2 и далее – на вход амплитудного ограничителя, с выхода которого поступает на детектор звука. Настройка детектора на частоту 6,5 МГц обеспечивается контуром L_8C_{28} , а на частоту 5,5 МГц – контуром L_7C_{29} . Параллельно контурам включен построечный резистор R_{29} , который расширяет их полосу пропускания и одновременно позволяет регулировать значение выходного напряжения звука в зависимости от чувствительности выходного усилителя УНЧ.

Выделенный детектором сигнал звуковой частоты поступает на входы регулируемого и нерегулируемого усилителей. Изменением напряжения на выводе 5 микросхемы осуществляется регулировка усиления. В submodule имеется вход сигнала звуковой частоты (вывод 3 микросхемы), пользование которым возможно только при блокировке радиоканала. Последняя производится замыканием на корпус выводов 14 микросхемы DA_1 и 13 микросхемы DA_2 .

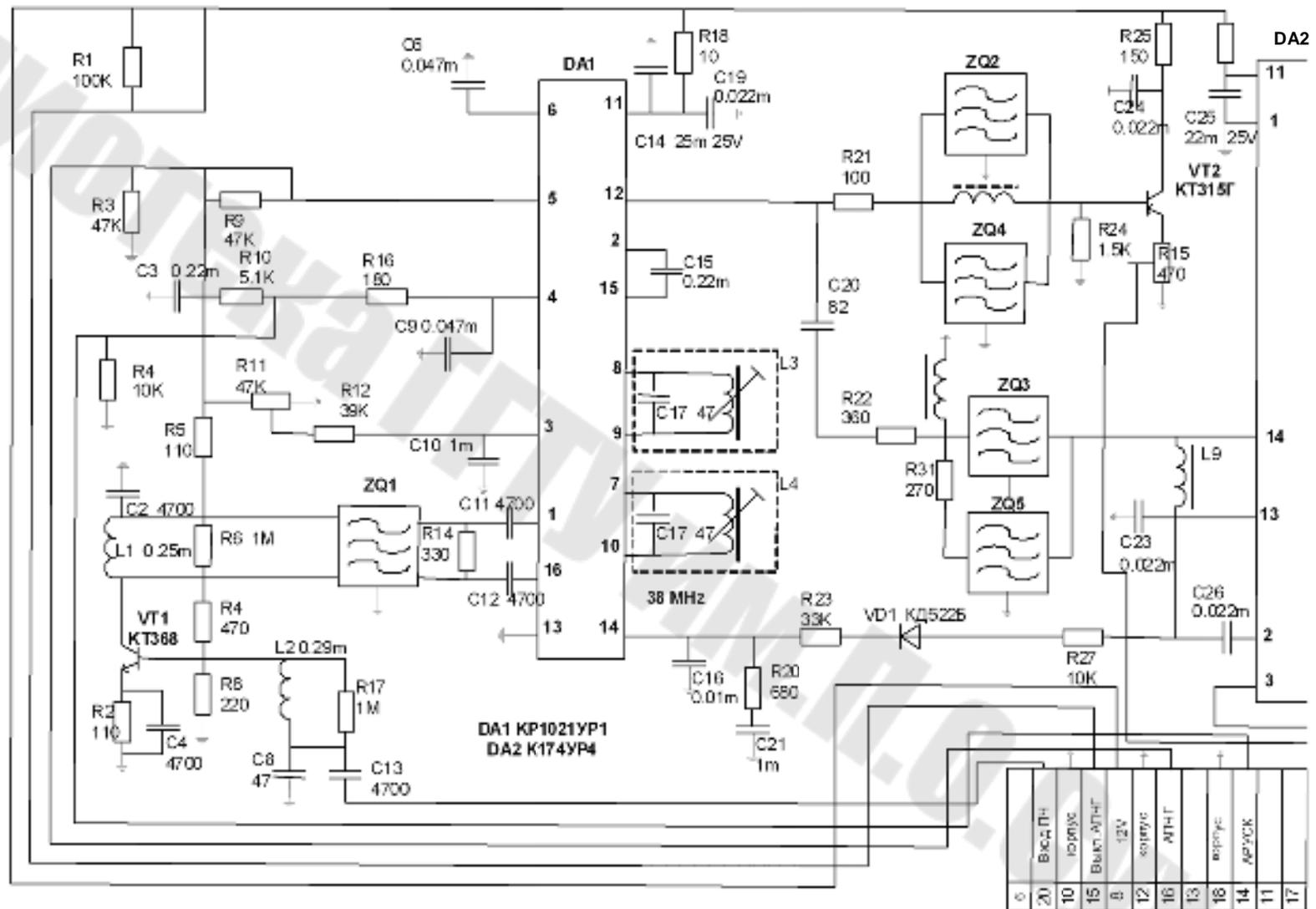


Рис. 13. Субмодуль радиоканала СРК-1-5

2. Требования по технике безопасности

Запрещается включать генератор без подключенного выходного кабеля с нагрузкой. Не допускается подключение «земляного» провода щупа осциллографа к контролируемым точкам.

3. Последовательность выполнения работы

3.1. Проверка работоспособности радиоканала. Подключить выход ВЧ «Ласпи» ко входу стенда. Включить «Ласпи» таким образом, чтобы на его выходе присутствовал сигнал ПЧ, промодулированный сигналом «градационные полосы» в режиме передачи черно-белого изображения. Снять осциллограммы в контрольных точках.

3.2. Снять характеристику АПЧГ в полосе частот 37–39 МГц с шагом 100 кГц. Для снятия характеристики использовать генератор Г4-116, выход которого соединить со входом ПЧ радиоканала. Сигнал ПЧ на выходе генератора установить равным 3 мВ. Построить характеристику $U_{\text{АПЧГ}}(f_{\text{ПЧ}})$.

3.3. Снять характеристику частотного детектора канала звука в пределах 6,2–6,7 МГц с шагом 5 кГц при подаче с генератора немодулированного сигнала. Выход генератора соединить с входом частотного детектора (напряжение снимать с выхода детектора). Построить характеристику $U(f)$.

3.4. Снять характеристику частотного детектора на частоте несущей 6,5 МГц при частотной модуляции входного сигнала. Девiation частоты изменять через 10 кГц в диапазоне 0–100 кГц. Построить характеристику $U(\Delta f)$.

3.5. Снять характеристику полосового фильтра в полосе частот 4,5–7,2 МГц с шагом 100 кГц. Построить характеристику $U(f)$.

3.6. Снять характеристику режекторного фильтра в полосе частот 4,5–7 МГц с шагом 100 кГц. Построить характеристику.

3.7. Проверить прохождение сигнала ЧМ при подаче на вход несущей 31,5 МГц. Изменяя девиацию частоты $U_{\text{генер}} = 3 \text{ мВ}$, $\Delta f = 30 \text{ кГц}$, снять характеристику канала звука $U_{\text{ЗВ}}(\Delta f)$.

3.8. Подавая на вход ПЧ сигнал АМ с глубиной модуляции 50 %, снять характеристику $U_{\text{ВЫХ.ВИДЕО}}(f)$ при изменении входной частоты 30–40 МГц через 0,5 МГц.

3.9. Снять характеристику АРУ. На вход подать сигнал с АМ-модуляцией на частоте 38 МГц. Изменяя уровень входного сигнала с помощью аттенюатора генератора, измерить напряжение АРУ. Построить характеристику $U_{\text{АРУ}}(U_{\text{ВХ}})$.

3.10. Определить реальную чувствительность тракта ПЧ. На вход подать сигнал с АМ-модуляцией на частоте 38 МГц. Изменяя на входе уровень входного сигнала, определить момент пропадания сигнала на выходе «Видео».

4. Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить принцип синхронного детектирования.
2. Объяснить назначение «звукового» уступа АЧХ фильтра ПЧ.
3. Пояснить характеристику АПЧГ.
4. Для чего служит АРУ?
5. Почему несущая изображения располагается на склоне АЧХ?
6. Каким образом происходит детектирование сигнала звука?
7. Каким образом происходит преобразование частоты в радиоканале?
8. Объяснить назначение полосового и режекторных фильтров.
9. Какие виды модуляции используются в видеосигнале?

Литература

1. Радиоприемные устройства : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Б. М. Богдановича. – Минск : Выш. шк., 1991.
2. Головин, О. В. Радиоприемные устройства / О. В. Головин. – Минск : Выш. шк., 1987.
3. Супрун, Б. К. Радиопередающие и радиоприемные устройства и измерение их параметров / Б. К. Супрун, В. И. Хиленко. – Москва : Изд-во стандартов, 1988.

Лабораторная работа № 3

МОДУЛЬ ЦВЕТНОСТИ

Цель работы: изучить принцип работы устройства, декодирующего сигналы цветности системы СЕКАМ и ПАЛ в низкочастотные сигналы основных цветов.

Используемое оборудование: осциллограф С1-83, стенд, телевизионный тестовый прибор «Ласпи-ТТ-01» (телетест).

Телетест состоит из двух функционально независимых устройств: генератора телевизионных испытательных сигналов и мультиметра. Генератор обеспечивает формирование на экране телевизора испытательного изображения со звуковым сопровождением черно-белого и цветного изображения и позволяет осуществлять следующие проверки в телевизорах:

- прохождение сигнала от антенного входа до кинескопа;
- функционирование звукового тракта;
- линейность раstra;
- статическое и динамическое сведение;
- однородность цвета свечения кинескопа;
- баланс белого;
- правильность воспроизведения цветов;
- правильность установки нулевых точек демодуляционных характеристик частотных дискриминаторов цветоразностных сигналов;
- дематрицирование;
- функционирование устройств цветовой синхронизации по стандарту СЕКАМ.

Мультиметр обеспечивает измерение напряжений постоянного переменного тока и сопротивлений.

1. Теоретические сведения

Общие сведения о системе СЕКАМ

Передающая телекамера формирует три электрических сигнала U_r , U_g , U_b , соответствующие трем основным цветам – красному, зеленому и синему.

Поскольку приемные трубки имеют нелинейные модуляционные характеристики (показатель нелинейности $Y_{кин}$ для цветных кинескопов принимают равным 2,8), сигналы основных цветов на передающей стороне подвергают нелинейной обработке – гамма-коррекции с показателем $Y_{кор}$.

Сигнал яркости формируется в кодирующей матрице путем суммирования гаммакорректированных сигналов основных цветов полного цветового ТВ-сигнала $U_{\text{ЦТВ}}$ (состоящего из сигналов яркости U_y и цветности $U_{\text{ц.ц}}$):

$$U_y = 0,3U_r + 0,59U_g + 0,11U_b.$$

Сигналы U_r , U_g и U_b содержат полную информацию о цвете, как количественную, так и качественную. Но так как сигнал U_y уже сформирован и содержит информацию о яркости, то нет необходимости передавать ее и сигналами основных цветов. Поэтому из последних имеет смысл вычесть сигнал U_y и образовать так называемые цветоразностные сигналы:

$$U_{r-y} = U_r - U_y = U_r - (0,3U_g + 0,11U_b) = 0,7U_r - 0,59U_g - 0,11U_b;$$

$$U_{b-y} = U_b - U_y = -0,3U_r - 0,59U_g + 0,89U_b.$$

Третий цветоразностный сигнал U_{g-y} можно не передавать, т. к. его можно легко получить в декодирующем устройстве приемника из принятых U_{r-y} и U_{b-y} , т. е. $U_{g-y} = U_g - U_y = -0,5U_{r-y} - 0,19U_{b-y}$ для того, чтобы из трех цветоразностных сигналов и сигналов яркости получить снова сигналы основных цветов, необходимые для модуляции трех лучей цветного кинескопа.

Из трех цветоразностных сигналов предпочтение передачи U_{r-y} и U_{b-y} отдано в основном по соображениям большей помехоустойчивости: их амплитуда превышает амплитуду сигнала U_{g-y} . Объясняется это тем, что зеленый цвет находится в центре кривой относительной чувствительности зрения, т. е. сигнал U_g наиболее близок по амплитуде к U_y и потому U_{g-y} имеет небольшое значение, кроме того U_{g-y} требует большей полосы частот для передачи.

В кодирующем устройстве сигнал яркости нельзя непосредственно сложить с цветоразностным. Во-первых, в приемнике невозможно будет разделить их между собой. Во-вторых, передавать сигналы U_{r-y} и U_{b-y} , являющиеся помехой для черно-белых телевизоров, в области нижних частот сигнала U_y нецелесообразно, т. к. это ухудшает совместимость: заметность низкочастотных помех выше, чем высокочастотных. В связи с этим сигналы U_{r-y} и U_{b-y} передаются в области ВЧ составляющих спектра сигнала яркости. Для этого используется модуляция цветовой поднесущей частоты, которую для упрощения будем называть *поднесущей частотой* $f_{\text{п}}$.

Сигнал поднесущей частоты, модулированный цветоразностными сигналами, называется *сигналом цветности* $U_{c.ц}$.

В системах ЦТВ НТСЦ, ПАЛ и СЕКАМ вопрос о передаче сигналов U_{r-y} и U_{b-y} на одной поднесущей частоте решается по-разному: в системах НТСЦ и ПАЛ они передаются одновременно, в системе СЕКАМ – последовательно через строку. При этом используются различные виды модуляции. Именно методом формирования и различаются эти системы.

Полный цветовой телевизионный сигнал образуется в кодирующем устройстве в результате суммирования сигнала цветности $U_{c.ц}$ с сигналом яркости U_y , в который предварительно введены синхронизирующие импульсы. Название системы СЕКАМ происходит от заглавных букв *Segnentiel couleurs a memoire* – «Последовательные цвета с запоминанием». Вначале для передачи цветоразностных сигналов применялась амплитудная модуляция, а затем частотная – ЧМ, как более помехоустойчивая. Поочередная черезстрочная передача U_{r-y} и U_{b-y} устраняет перекрестные искажения между ними. В системе СЕКАМ сигналы U_{r-y} и U_{b-y} передаются в следующем виде:

$$D_r = K_r \cdot U_{r-y} = -1,9U_{r-y};$$

$$D_b = K_b \cdot aU_{b-y} = -1,5U_{b-y}.$$

Декодирующее устройство системы СЕКАМ

В телевизоре ЧБ на выходе видеомонитора в полосе 0–6 МГц получается ТВ-сигнал, несущий информацию только о яркости передаваемого изображения. В цветном телевизоре на выходе видеодетектора образуется полный цветовой ТВ сигнал $U_{цТВ} = U_y + U_{c.ц} + U_{c.цс}$, который передает информацию о яркости и цветности. Однако на цветной кинескоп надо подавать либо яркостных и три цветоразностных сигнала, либо три сигнала основных цветов. Переход от полного $U_{цТВ}$ к указанным сигналам и осуществляется в декодирующем устройстве цветного телевизора.

На рис. 14 приведена упрощенная структурная схема декодирующего устройства СЕКАМ.

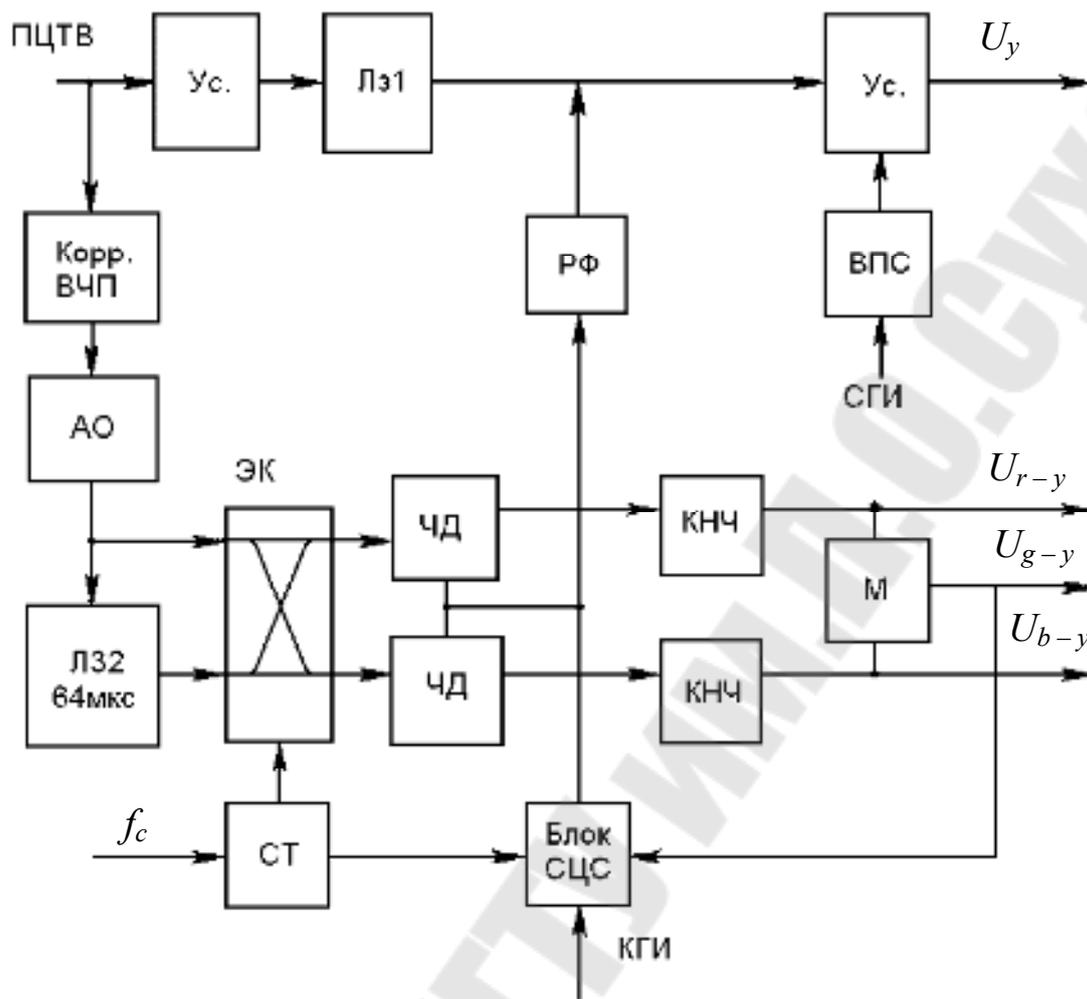


Рис. 14. Упрощенная структурная схема SEKAM

В декодирующем устройстве можно выделить три части: канал сигнала яркости, собственно канал цветности и канал цветовой синхронизации.

Яркостный канал содержит усилители, линию задержки L_{31} , схему восстановления постоянной составляющей ВПС и режекторные фильтры. Во время приема программ черно-белого ТВ они автоматически отключаются блоком цветовой синхронизации СЦС (предусмотрен и ручной выключатель). Фильтры уменьшают искажения цветность-яркость, но ухудшают четкость изображения. Время задержки $L_{31} - 0,33$ мкс.

В состав канала цветности входят: корректор ВЧ-предискажений с коэффициентом передачи $K_{ВЧ}(f)$, амплитудный ограничитель, линия задержки L_{32} на длительность строки – 64 мкс, электронный коммутатор (ЭК), частотные детекторы «красного» и «синего»

каналов, корректоры НЧ-предискажений с коэффициентом передачи $K_{НЧ}(f)$, усилители цветоразностных сигналов, в которых происходит переход от сигналов D_r и D_b к сигналам U_{b-y} и U_{b-y} . АЧХ частотных детекторов имеют противоположный наклон, что объясняется следующим. Цветоразностные сигналы такие же, как и в кодирующем устройстве. Поэтому на выходе ЧД они получаются со знаком «минус». Поскольку поднесущая $f_{0.в}$ промодулирована инвертированным сигналом ($-U_{r-y}$), а поднесущая $f_{0.в}$ – не инвертированным (U_{b-y}), для получения необходимых сигналов на выходах ЧД характеристика детектора «красного» канала должна быть прямой (увеличение частоты поднесущей соответствует увеличению напряжения на выходе детектора), а «синего» – обратной.

Канал цветовой синхронизации независимо от конкретного способа его построения должен выполнять следующие функции: управлять работой ЭК, выключать канал цветности и РФ в яркостном канале во время приема сигналов черно-белого ТВ. Первую функцию выполняет симметричный триггер (СТ), который переключается строчными импульсами, а две другие – блок СЦС. Во всех способах выделения СЦС используется различие радиоимпульсов по частоте в «красной» и «синей» строках. Тогда его можно выделять как до коммутатора с помощью фильтров, так и после. ЧД выделение импульсов СЦС производится в то время, когда они передаются (интервал КГИ). Для этого на блок СЦС подаются импульсы обратного хода кадровой развертки.

Модуль цветности МЦ-501

Структурная схема модуля приведена на рис. 15. Поступающий на него ПЦТВ после эмиттерного повторителя разделяется входными и режекторными фильтрами на сигналы цветности, проходящие в многосистемный канал цветности на микросхеме DA_1 , и сигнал яркости, приходящий на микросхему DA_2 . На последнюю поступают также сформированные в канале цветности цветоразностные сигналы $R-Y$ и $B-Y$. Известно, что они занимают полосу частот, составляющую примерно пятую часть полосы канала яркости. Соответственно получается меньше и цветное разрешение на телевизионном изображении. Для его улучшения в микросхеме $K174XA27$ предусмотрена система коррекции цветных переходов СТІ (color transient improvement). Она содержит корректор крутизны фронтов в цветоразностных сигналах

и устройство задержки сигнала яркости. При этом достигается высокое качество цветного изображения и отпадает необходимость использования линии задержки яркостного сигнала.

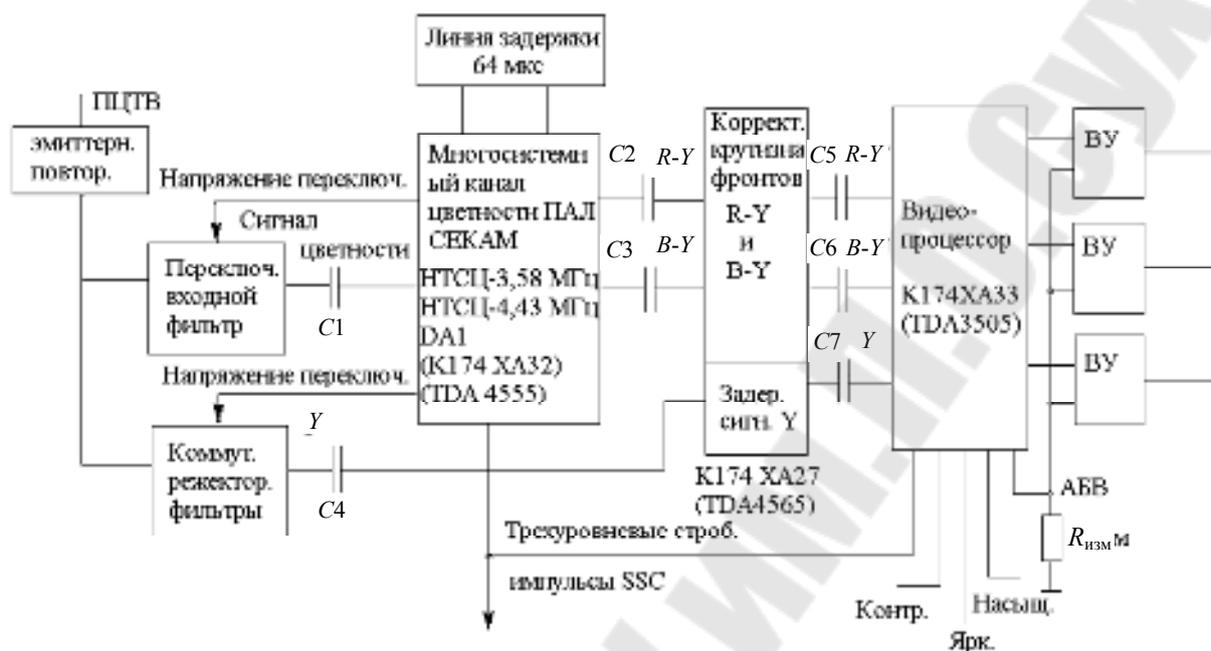


Рис. 15. Структурная схема модуля цветности

Далее сигналы $R-Y$ и $B-Y$ обрабатываются видеопроцессором DA_3 , которым служит микросхема K174XA33.

Преимущество использования микросхемы K174XA32 заключается в автоматическом опознавании систем поступающего на вход сигнала (СЕКАМ, ПАЛ, НТСЦ – 3,58 МГц, НТСЦ – 4,43 МГц) и, в зависимости от этого, автоматическом подключении соответствующих входных и режекторных фильтров. Она содержит однокристалльный многосистемный канал цветности с устройством опроса. Канал автоматически и последовательно переключается на некоторый промежуток времени для обработки сигналов цветности каждой системы, пока устройство проверки не установит, что включенный вид обработки соответствует системе принимаемого сигнала. Процесс опроса при этом заканчивается. Однако он начинается снова, как только на вход поступит сигнал другой системы. То же произойдет, если сигнал станет очень слабым или начнет совсем пропадать.

Структурная схема микросхемы K174XA32 с необходимыми внешними элементами приведена на рис. 16.

Поступающий через разделительный конденсатор C_1 на вывод 15 микросхемы сигнал цветности проходит на усилитель с цепью автоматической регулировки усиления (АРУ), а затем через еще один усилитель – на демодулятор-формирователь регулирующего напряжения. Последнее получается при синхронном детектировании всплесков цветовой синхронизации в сигналах систем ПАЛ и НТСЦ или сигналов цветности системе СЕКАМ. Причем один демодулятор с одним конденсатором C_2 , подключенным к выводу 16 микросхемы, используется для сигналов всех систем.

Для стабилизации рабочей точки каскады усиления сигнала цветности охвачены цепью отрицательной обратной связи по постоянному напряжению и вывод 14 микросхемы через конденсатор C_3 соединен с общим проводом. Благодаря наличию устройства АРУ размах входного сигнала на выводе 15 микросхемы может изменяться в пределах 20–200 мВ при номинальном значении 100 мВ.

Усиленный сигнал цветности направляется в устройство опознавания систем и на каскад гашения всплесков. Устройство опознавания состоит из трех узлов. Первый содержит фазовые демодуляторы для сравнения фаз сигналов цветовой синхронизации систем ПАЛ или НТСЦ и сигналов внутреннего образцового генератора. Второй узел представляет собой частотный дискриминатор, выделяющий импульсы полустрочной частоты при приеме сигналов СЕКАМ. Третий узел включает в себя демодулятор полустрочной частоты для сигналов ПАЛ или СЕКАМ и логическое устройство опознавания.

Сигналы цветности ПАЛ или НТСЦ, содержащие всплески, с усилителя поступают на фазовые демодуляторы ПАЛ или НТСЦ. На них приходят также образцовые сигналы: для системы ПАЛ – «красный», для НТСЦ – «синий». Оба сигнала получаются на выходах делителя частоты на два, включенного после образцового генератора. Эти же образцовые сигналы подаются и на демодулятор ПАЛ/НТСЦ для разделения цветоразностных сигналов цветности.

Частотный дискриминатор, выделяющий импульсы полустрочной частоты из частотно-модулированного сигнала СЕКАМ, состоит из внутреннего фазового дискриминатора и внешнего фазосдвигающего контура L_1C_4 , подключенного через конденсатор C_5 к выводу 22 микросхемы – так называемого контура опознавания СЕКАМ.

Сигналы с фазового демодулятора ПАЛ и НТСЦ или частотного дискриминатора СЕКАМ поступают на демодулятор полустрочной частоты устройства опознавания. Из-за меняющихся от строки

к строке фаз вспышек цветовой синхронизации в системе ПАЛ или НТСЦ и частот поднесущих в системе СЕКАМ импульсы полустроочной частоты попеременно изменяют свою полярность. После демодулятора они имеют одинаковую полярность. В устройство опознавания входят также конденсаторы C_7 и C_6 , подключенные через выводы 20 и 21 микросхемы к демодулятору, причем первый из них – накопительный для системы НТСЦ, а второй – для ПАЛ и СЕКАМ. Напряжения на этих конденсаторах воздействуют на компараторы, также входящие в устройство опознавания. На его выходе формируется сигнал управления, который подается на устройство проверки систем.

Устройство проверки систем последовательно изменяет способ декодирования предусмотренных сигналов до тех пор, пока не будет опознана система в следующей последовательности: ПАЛ, СЕКАМ, НТСЦ – 3,58, НТСЦ – 4,43. Причем переключение происходит с кадровой частотой, поэтому каждая система повторно опознается через 80 мс.

Выбор такого периода опроса с учетом постоянной времени устройства АРУ обеспечивает компромисс между скоростью включения канала цветности и отсутствием помех от искаженных сигналов. Кроме того, с целью предотвращения ложного включения какой-нибудь системы устройство проверки задерживает его на 40 мс после опознавания. Этим объясняется немгновенное появление цвета при изменении системы.

Следовательно, устройство проверки систем определяет соответствие поступившего входного сигнала включенному способу декодирования. Если в течение времени не будет установлено их соответствие, устройство переключается на обработку сигнала следующей системы. В случае приема сигнала черно-белого изображения процесс поиска происходит циклически, а канал цветности будет выключен, т. к. никакая система не будет опознана.

В зависимости от опознанной системы на соответствующем выходе устройства проверки (выводы 25–28 микросхемы) устанавливается управляющее напряжение 6 В. Оно используется для переключения входных и режекторных фильтров, а также кварцевых резонаторов образцового генератора на частоты, необходимые для приема сигнала этой системы. Оно может быть использовано для индикации выбранной системы, например, светодиодами.

Следует указать, что, подав внешнее напряжение на соответствующий вывод микросхемы, можно принудительно открыть канал цветности любой из четырех предусмотренных систем. Это происхо-

дит при управляющем напряжении, превышающем 9 В. Следовательно, выводы 25–28 микросхемы представляют собой не только выходы устройства проверки систем, но и входы устройства их принудительного включения.

Для опознавания сигналов системы СЕКАМ могут быть использованы как сигналы цветовой синхронизации, передаваемые во время обратного хода кадровой развертки (V -опознавание), так и сигналы цветowych поднесущих, передаваемые во время обратного хода строчной развертки (H -опознавание). Кроме того, можно использовать и оба сигнала одновременно ($H + V$ -опознавание). Способ опознавания выбирают подачей необходимого напряжения на вывод 23 микросхемы: при V -опознавании оно должно быть более 10 В, при H -опознавании – менее 0,5 В, при $H + V$ -опознавании – около 6 В (в этом случае вывод оставляют свободным).

Известно, что для демодуляции и опознавания сигналов ПАЛ и НТСЦ необходимы «красный» и «синий» образцовые сигналы и сигналы цветовой синхронизации. Для этого применена система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), которая состоит из образцового генератора с делителем частоты на два, фазового дискриминатора и ФНЧ. Использование двойной частоты цветовой поднесущей с последующим ее делением обеспечивает получение обоих образцовых сигналов с разностью фаз, равной 90° . В фазовом дискриминаторе системы ФАПЧ происходит сравнение фаз «красного» образцового сигнала и сигнала цветовой синхронизации. Последний вместе с сигналом цветности при приеме сигнала ПАЛ поступает на дискриминатор непосредственно, а при приеме сигналов НТСЦ – через каскад регулировки цветового тона, который подключается напряжением с устройства проверки систем.

На выходе фазового дискриминатора системы ФАПЧ в зависимости от разности фаз между сравниваемыми сигналами формируется напряжение подстройки генератора, которое проходит на него через ФНЧ, подключенный к выводу 18 микросхемы. Фазовый дискриминатор включен только во время действия совпадающего с вспышками строчного импульса, приходящего с формирователя.

Кварцевый резонатор образцового генератора соответствующей частоты подключен между выводом 19 микросхемы и общим проводом через коммутирующий транзистор VT_1 (ПАЛ) или VT_2 (НТСЦ). На базу одного из них воздействует управляющее напряжение с соответствующего выхода устройства проверки систем, которое открыва-

ет транзистор. Для предотвращения интерференции в режиме приема системы СЕКАМ кварцевые резонаторы отключены, и генератор не работает.

В каскаде регулировки цветового тона при приеме сигналов системы НТСЦ можно изменением напряжения на выводе 17 микросхемы в пределах 2–4 В изменять фазу сигнала цветовой синхронизации на входе ФАПЧ не менее чем на 30° . Необходимое напряжение подстройки цветового тона обеспечивается подстроечным резистором R_{17} . Через вывод 17 микросхемы кроме этого напряжения можно подавать внешнее напряжение управления на внутренний переключатель. Так, для точной настройки частоты образцового генератора подстроечным конденсатором, включенным последовательно с кварцевым резонатором, необходимо, чтобы при принудительном включении цвета была отключена система ФАПЧ. Это будет в том случае, если вывод 17 микросхемы соединен с общим проводом. Если на вывод 17 подать напряжение, превышающее 6 В, то при принудительном включении цвета отключается каскад регулировки цветового тона.

Цветоразностные сигналы в микросхеме формируются демодуляторами. При обработке сигналов ПАЛ в каскаде гашения происходит удаление вспышек из сигналов цветности для того, чтобы исключить их влияние во время прямого хода строчной развертки и, следовательно, избежать искажений.

Сигналы цветности системы ПАЛ разделяются на две компоненты U и V как обычно с использованием канала задержки и матрицы.

Освобожденные от вспышек сигналы цветности после усилителя прямого сигнала, компенсирующего последующее их ослабление линией задержки, поступают на нее через вывод 12 микросхемы. На выходе линии предусмотрен подстроечный резистор, которым регулируют амплитуду задержанного сигнала. Катушки L_2 и L_3 на входе и выходе линии служат для ее согласования и компенсации входной и выходной емкостей.

Задержанный сигнал через вывод 10 микросхемы проходит на матрицу, в которой для получения компонентов U и V происходит его сложение с прямым сигналом и их вычитание. Компоненты U и V , а также «красный» и «синий» образцовые сигналы приходят на синхронный демодулятор ПАЛ/НТСЦ, в котором из них формируются цветоразностные сигналы $R-Y$ и $B-Y$. Сигналы цветности системы НТСЦ демодулируются этим же детектором, но обрабатывается только прямой сигнал, поступающий на демодулятор через каскад гаше-

ния и матрицу. Для этого на последнюю воздействует напряжение с устройства проверки систем (то же, что и на каскад регулировки цветового тона).

При приеме сигналов системы СЕКАМ матрица ПАЛ превращается в коммутатор, который направляет на демодуляторы СЕКАМ через строку прямой и задержанные сигналы цветности. Каждый из них обязательно ограничивается по амплитуде, что очень важно для частотно-модулированных сигналов СЕКАМ.

Демодуляторами СЕКАМ служат квадратурные детекторы с внешними фазосдвигающими контурами, подключенными к выводам 8, 7 и 5, 4 микросхемы. Эти контуры настроены на частоты поднесущих СЕКАМ (4,406 МГц – «красный» сигнал и 4,25 МГц – «синий»). Причем они требуют очень точной настройки на них, иначе в демодулированных сигналах возникает постоянная составляющая, при которой на экране телевизора появляется нежелательный цветовой оттенок. Номиналы резисторов, шунтирующих фазосдвигающие контуры, определяют размах сформированных цветоразностных сигналов.

Затем в полученных сигналах корректируются НЧ-предискажения. В корректирующие цепи входят конденсаторы C_{20} и C_{21} , подключенные к выводам 2 и 6 микросхемы. В каскаде гашения во время обратного хода строчной развертки в цветоразностные сигналы вводятся площадки, совпадающие с уровнем белого. При выключении цвета выходные напряжения также соответствуют уровню белого.

На выводах 1 и 3 микросхемы при приеме сигналов любой из систем появляются цветоразностные сигналы $R-Y$ и $B-Y$ размахами 1,05 и 1,35 В соответственно при 75%-й насыщенности сигнала.

Для правильной работы микросхемы K174XA32 на ее вывод 24 необходимо подать так называемые трехуровневые стробирующие сигналы SSC (Super Sandcastle). Эти импульсы формируются в телевизорах из положительных импульсов обратного хода строчной и кадровой разверток специализированными микросхемами в устройствах синхронизации и разверток.

Сформированные цветоразностные сигналы $R-Y$ и $B-Y$ поступают на микросхему DA_2 , где корректируется крутизна их фронтов. Принцип действия системы коррекции CT_1 пояснен диаграммами, показанными на рис. 17, при ступенчатом телевизионном сигнале. На диаграмме (рис. 17, а) изображен сигнал яркости с фронтом длительностью 150 нс, на рис. 17, б – соответствующий ему обычный цветоразностный сигнал с фронтом 800 нс, а на рис. 17, в – задержанный сигнал яркости, в кото-

ром центр фронта совпадает с центром фронта цветоразностного сигнала. После коррекции цветоразностный сигнал с обостренным фронтом длительностью 150 нс имеет вид, как на рис. 17, з. На рис. 17, д представлен задержанный на 800 нс сигнал яркости, в котором центр фронта совпадает с центром обостренного фронта цветоразностного сигнала.

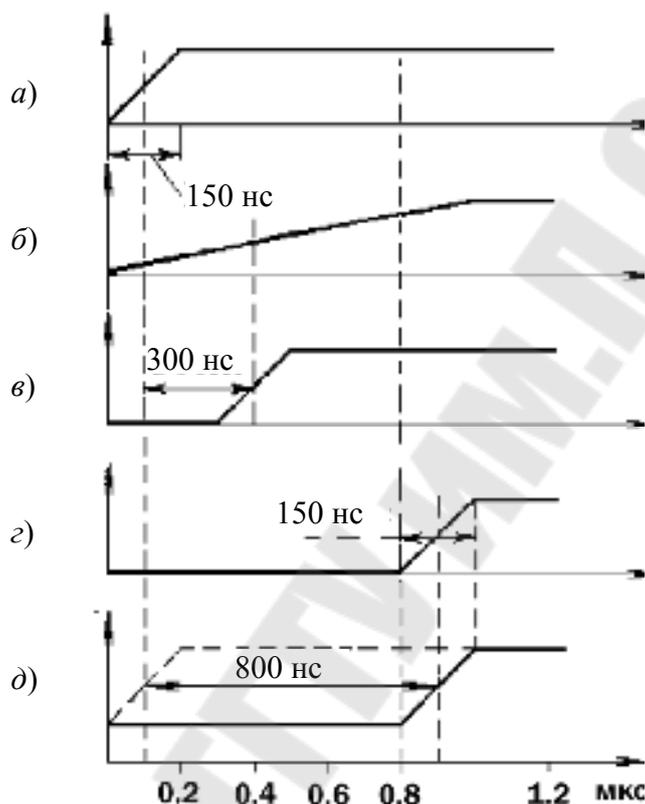


Рис. 17. Сигналы яркости

Структурная схема микросхемы К174ХА27 показана на рис. 18. Она состоит из двух независимых частей: устройства увеличения крутизны цветоразностных сигналов и устройства задержки сигнала яркости. Первое включает в себя входные и выходные усилители, детекторы фронта в канале каждого цветоразностного сигнала, а также формирователь импульсов и переключатель сигналов. Работу устройства поясним по функциональной схеме (рис. 19), на которой показаны элементы устройства в канале «красного» цветоразностного сигнала, и по осциллограммам его характерных точек (рис. 20).

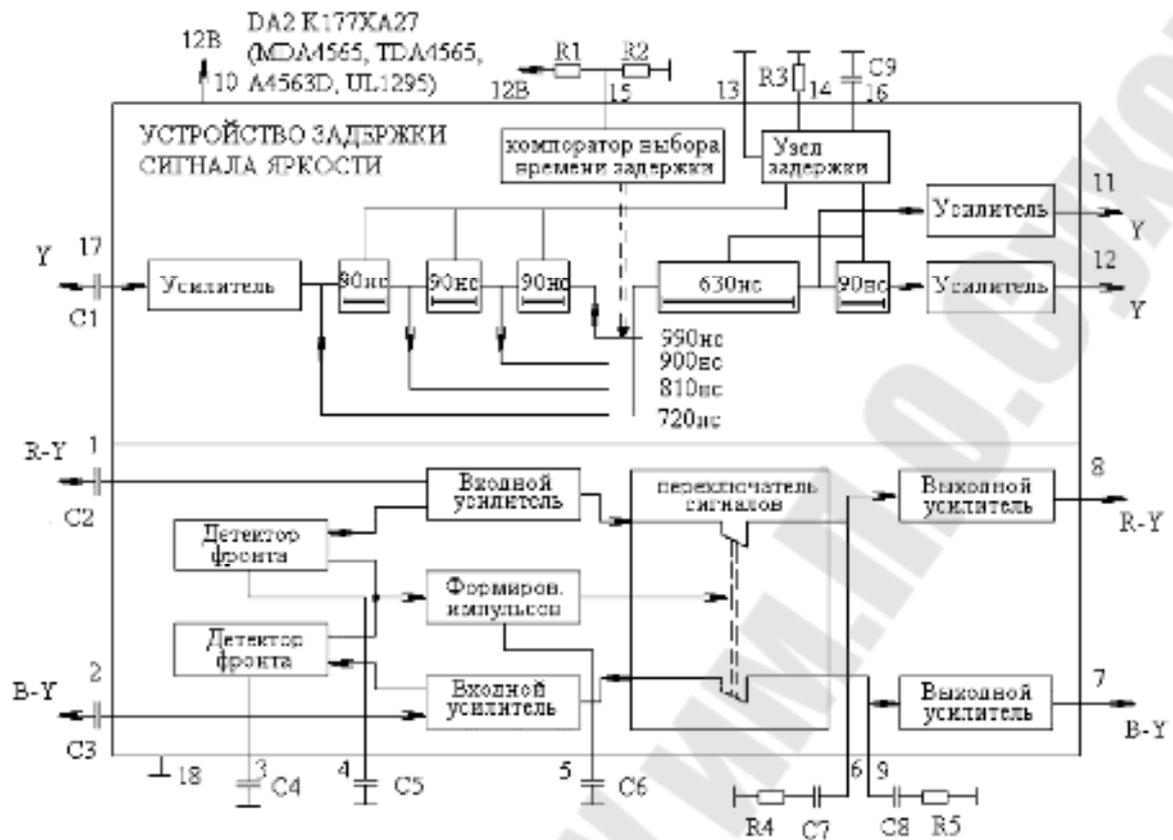


Рис. 18. Структурная схема микросхемы K174XA27

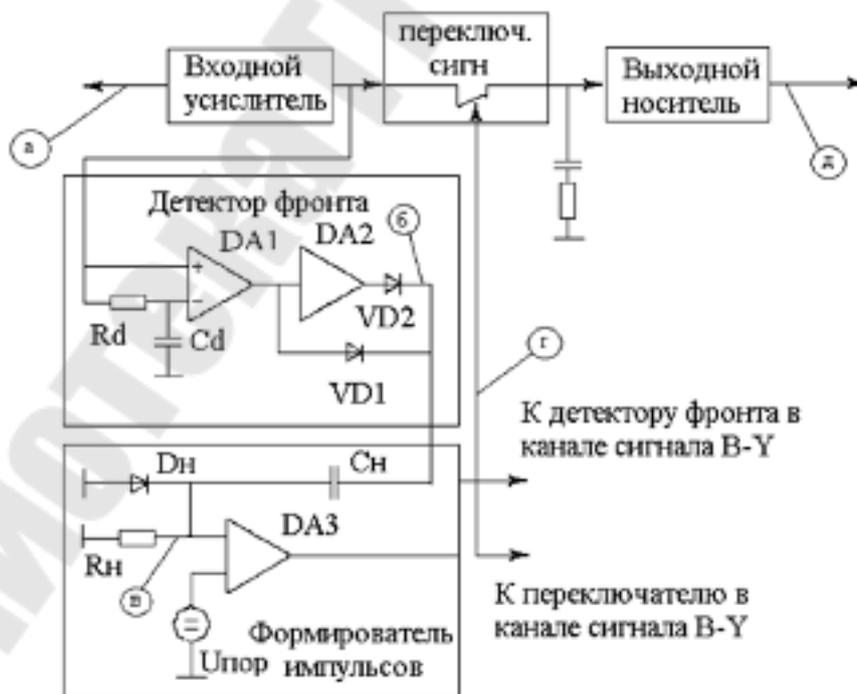


Рис. 19. Функциональная схема микросхемы K174XA27

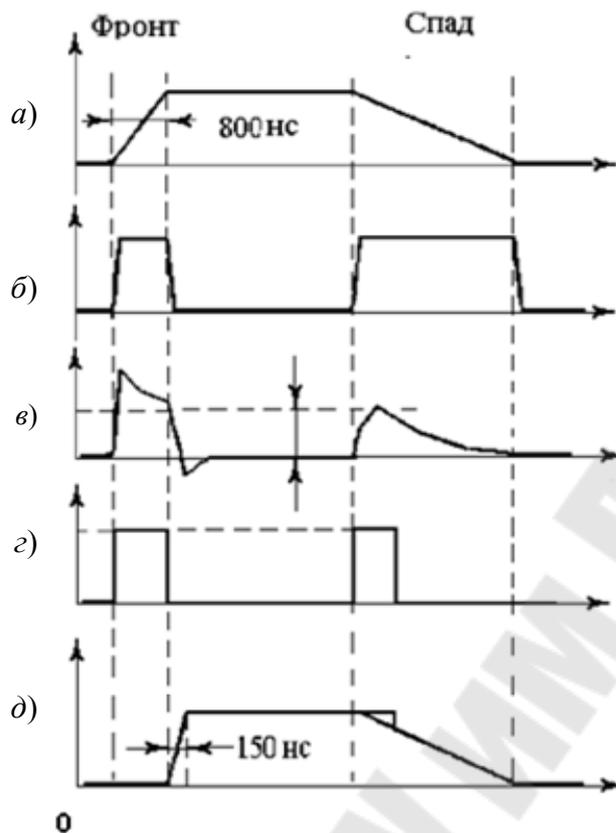


Рис. 20. Осциллограммы в характерных точках в канале «красного» цветоразностного сигнала

Сигнал (рис. 20, а) с входного усилителя попадает на детектор фронта (рис. 19), состоящий из дифференциального усилителя DA_1 , инвертора DA_2 и двухполупериодного выпрямителя на диодах VD_1 и VD_2 . На прямой вход усилителя сигнал приходит непосредственно, а на инвертирующий – через фильтр нижних частот $R_d C_d$. Такое включение образует фильтр верхних частот с постоянной времени, примерно равной 800 нс. Конденсаторы C_4 и C_5 фильтров подключены к выводам 3 и 4 микросхемы. Катоды диодов VD_1 и VD_2 (рис. 19) соединены между собой, поэтому ток всегда протекает через тот из них, на анод которого поступает сигнал положительной полярности. Следовательно, на выходе детектора фронта формируются положительные импульсы, амплитуда которых зависит от крутизны фронтов или спадов цветоразностного сигнала (рис. 19, рис. 20)

Формирователь импульсов (рис. 19) из полученных импульсов создает управляющее напряжение для переключателя сигналов.

Формирователь содержит фильтр верхних частот $R_h C_h D_h$ с нелинейным элементом D_h и компаратор DA_3 . Нелинейность фильтра обу-

словливает различные постоянные времени для фронта и спада импульсов. Для фронта она получается почти такая же, как и для фронта цветоразностного сигнала (800 нс), а для спада – значительно меньше, для того чтобы формирователь быстрее был готов обрабатывать положительные фронты импульсов. Форма импульсов на выходе фильтра в зависимости от их амплитуды и формы на его входе показана на рис. 20, в. В компараторе (рис. 19) они сравниваются с пороговым напряжением $U_{\text{пор}}$. Если они превышают его, то на выходе компаратора появляется уровень 1, если не превышают – уровень 0 (рис. 20, в, г).

Следовательно, на выходе формирователя импульсов получается импульсное напряжение, используемое для управления переключателями сигналов. При уровне 1 переключатель разомкнут, при уровне 0 – замкнут. Поэтому во время действия затянутого фронта импульса цветоразностного сигнала напряжение на выходе устройства в рассматриваемом случае отсутствует, но как только переключатель замкнется после окончания импульса управляющего напряжения в цветоразностном сигнале сформируется фронт (рис. 20, д) длительностью, не превышающей 150 нс, определяемый постоянной времени цепи R_5C_5 в каждом канале. Эти цепи, включающие накопительные конденсаторы C_7 и C_8 (рис. 18), подключены к выводам 6 и 9 микросхемы. На накопительных конденсаторах присутствует напряжение цветоразностного сигнала до момента размыкания переключателя. Его значение в этот момент и сохраняется при разомкнутом переключателе, т. к. входное сопротивление выходных усилителей довольно велико. За счет действия более короткого импульса управляющего напряжения (рис. 20, г) в начале спада цветоразностного сигнала появляется незначительная ступень (рис. 20, д), не оказывающая существенного влияния на качество изображения. Чем более пологий спад сигнала, тем меньше эта ступень.

Следует отметить, что устройство CT_1 тем эффективнее, чем круче фронты в сигналах, в то время как при очень пологих импульсах, и так не обеспечивающих разрешения цветов, устройство не влияет на работу модуля цветности.

Как было указано выше, при коррекции крутизны фронтов цветоразностные сигналы задерживаются примерно на 800 нс. Для их совмещения с сигналом яркости последний необходимо также задержать. Устройство задержки (рис. 17) включает в себя 11 последовательно соединенных гираторов, каждый из которых задерживает сигнал на 90 нс.

Через имеющийся в микросхеме внутренний компаратор выбора времени задержки можно изменять число используемых гираторов с 8 (время задержки 720 нс) до 11 (990 нс). Это будет при условии, когда сигнал яркости снимается с вывода 12 микросхемы. Если же он снимается с вывода 11, то один гиратор в задержке сигналов не участвует. Время задержки (720–990 нс) зависит от подаваемого на вывод 15 микросхемы напряжения (0–12 В). Кроме того, если вывод 13 соединить с общим проводом, время задержки увеличится еще на 45 нс, и максимальная задержка сигнала на выводе 12 будет равна 1035 нс. Коэффициент ослабления сигнала яркости в микросхеме находится в пределах 5–9 дБ.

Скорректированные цветоразностные сигналы и сигнал яркости поступают на микросхему ВА3, где происходит матрицирование и формирование сигналов основных цветов, а также регулировка яркости, контрастности, насыщенности и автоматический баланс «белого».

2. Требования по технике безопасности

При работе с приборами не рекомендуется закрывать вентиляционные отверстия приборов. Не допускается закорачивание соседних дорожек платы. Необходимо соблюдать особую осторожность при снятии осциллограмм выходных каскадов усилителей, т. к. на них подается напряжение 220 В.

3. Последовательность выполнения работы

3.1. Соединить выход генератора «Видео» с входом стенда, гнездо «СИНХР.» с входом синхронизации осциллографа.

3.2. Включить приборы. На генераторе нажать кнопку «градационные полосы». Снять осциллограммы на входах и выходах микросхем декодера цветности и корректора цветовых переходов. Определить время переключения устройства проверки систем декодера. Определить составляющие трехуровневого сигнала SSC.

3.3. На генераторе дополнительно нажать кнопку «Цвет». Снять осциллограммы на входах и выходах микросхем декодера цветности и корректора цветовых переходов. Определить размахи цветоразностных сигналов и задержки, вносимые корректором цветовых переходов. Определить правильность настройки нулей частотных детекторов.

3.4. На генераторе нажать кнопку «Красное поле», снять осциллограммы в тех же точках, повторить для режима «Синее поле» и «Зеленое поле».

3.5. На генераторе отжать кнопку «Цвет» и нажать кнопку «Градационные полосы». Снять осциллограммы в контрольных точках на входах и выходах видеопроцессора при минимальной яркости и трех положениях регулировки контрастности. Насыщенность должна находиться в минимальном положении.

3.6. Повторить п. 3.5 при средней яркости и трех положениях регулировки контрастности.

3.7. Повторить п. 3.5 при максимальной яркости и трех положениях регулировки контрастности.

3.8. Повторить п. 3.5 при минимальной контрастности и трех положениях яркости.

3.9. Повторить п. 3.5 при средней контрастности и трех положениях яркости.

3.10. Повторить п. 3.5 при максимальной контрастности и трех положениях яркости.

3.11. На генераторе нажать кнопки «Градационные полосы» и «Цвет». Установить регулировки яркости и контрастности в среднее положение. Снять осциллограммы в контрольных точках при трех положениях насыщенности.

4. Оформление отчета

Отчет должен содержать цель работы, краткую характеристику используемого оборудования, осциллограммы снятых сигналов с указанием их временных и амплитудных характеристик.

5. Контрольные вопросы и задания

1. Для чего на входе декодера включены переключаемые входные фильтры?
2. Какую функцию выполняет коммутируемый режекторный фильтр в канале яркости?
3. Из каких основных узлов и блоков состоит декодер?
4. Пояснить работу АРУ декодера.
5. Объяснить работу устройства опознавания декодера.
6. Объяснить работу декодера в режиме СЕКАМ.
7. Объяснить работу декодера в режиме ПАЛ.
8. В какой последовательности устройство проверки систем изменяет способ декодирования?
9. Какие сигналы могут быть использованы для опознавания системы СЕКАМ?

10. Как работает система ФАПЧ при приеме сигналов ПАЛ?
11. Почему в образцовом генераторе используется двойная частота поднесущей, каково ее значение?
12. Каким образом при приеме сигналов системы НТСЦ можно изменять фазу сигнала цветовой синхронизации?
13. Что является демодуляторами сигналов СЕКАМ?
14. Пояснить принцип действия системы коррекции СТІ.
15. Каким образом можно изменять задержку в канале яркости?
16. В каком случае действие системы СТІ более эффективно?
17. Объяснить действие регулятора насыщенности.
18. Объяснить действие регулятора яркости.
19. Объяснить действие регулятора контрастности.
20. Для чего служит автоматический баланс «белого»?

Литература

1. Хохлов, Б. Н. Декодирующие устройства цветных телевизоров / Б. Н. Хохлов. – Москва : Радио и связь, 1992.
2. Бродский, М. А. Цветное телевидение / М. А. Бродский. – Минск : Выш. шк., 1992.

Лабораторная работа № 4
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРОМ

Цель работы: изучить принцип работы системы управления и работу микросхем типа 84С440, 84С441, 84С443, 84С444, 84С640, 84С641, 84С643, 84С644, 84С840, 84С841, 84С843 и 84С844.

Используемое оборудование: осциллограф СЛ-83, телевизор, генератор телевизионных испытательных сигналов «Ласпи».

1. Теоретические сведения

Микросхемы типа 84С440, 84С441, 84С443, 84С444, 84С640, 84С641, 84С643, 84С644, 84С840, 84С841, 84С843 и 84С844 являются 8-разрядными микроконтроллерами, предназначенными для управления экранным индикатором (OSD) и синтезатором напряжения (VST) телевизионного приемника. Все эти ИМС входят в семейство микроконтроллеров 84СХХХ, справочные данные по которым приводятся на примере ИМС 84С640 с указанием характерных особенностей всех других членов данного семейства. Микроконтроллер 84С640 включает в себя базовый процессор семейства 84СХХХ, ПЗУ на 6 Кбайт программируемое фото-шаблонами, ОЗУ на 128 байт, интерфейс многоабонентской I²С-шины, две линии непосредственно для тестирования, 18 двунаправленных линий ввода вывода общего назначения и 11 линий ввода/вывода функционального назначения, один 14-разрядный и пять 6-разрядных ЦАП для аналогового ШИМ-управления, вход автоматической подстройки частоты для синтезатора напряжения и возможность работы с экранным индикатором на две строки по 16 символов.

Базовая конфигурация семейства микроконтроллеров 84СХХХ:

1. 8-разрядный центральный процессор (ЦП), память с произвольной выборкой (ОЗУ), постоянная память (ПЗУ) и устройства ввода/вывода данных размещены в одном 42-выводном корпусе типа shrink OIL (рис. 21).

2. Набор из 80 команд, каждая из которых выполняется за один или два цикла.

3. 29 квазидвунаправленных линий стандартного порта ввода/вывода данных.

4. Конфигурация схмотехники линий ввода/вывода задается индивидуально при помощи маски.

5. Внешнее прерывание по выводу INT.

6. Два входа T_0 , T_1 , предназначенных непосредственно для тестирования.
7. 8-разрядный программируемый таймер и счетчик событий.
8. Три одноуровневых векторных прерывания (внешнее, таймер-счетчик).
9. Сброс по включению питания и детектор понижения уровня напряжения.
10. Однополярное напряжение питания.
11. Два режима пониженного энергопотребления: дежурный и стоп-режим.
12. Диапазон рабочих температур: -20 до $+70$ °С.
13. Микросхемы изготовлены по КМОП-технологии.

Дополнительные особенности микроконтроллера типа PCA84C640

1. Емкость ПЗУ (6 Кбайт).
2. Емкость ОЗУ (128 байт).
3. Интерфейс многоабонентской I²C-шины.
4. Один 14-разрядный ЦАП с ШИМ для синтезатора напряжения.
5. Вход автоматической подстройки частоты (с трехразрядным цифроаналоговым преобразователем и компаратором).
6. Пять 6-разрядных ЦАП с ШИМ для управления аналоговыми величинами.
7. Порт на восемь линий с нагрузкой до 10 мА на каждую.
8. Экранный индикатор на две строки по 16 символов.
9. Набор символов для экранного индикатора (64 типа символов).
10. Четыре программируемых размера отображаемых символов.
11. Возможность выбора одного из семи цветов для каждого символа.
12. Полуточечное сглаживание (Half Dot Rounding) отображаемых символов.
13. Программируемая полярность активного уровня входных VSYNCN-сигналов.
14. Программируемая полярность активного уровня входных HSYNCN-сигналов.
15. В ИМС 84C441, 84C444, 84C641, 84C644, 84C841 и 84C844 используется LC-генератор для работы с экранным индикатором.
16. В ИМС 84C440, 84C443, 84C640, 84C643, 84C840 и 84C843 используется RC-генератор для работы с экранным индикатором.

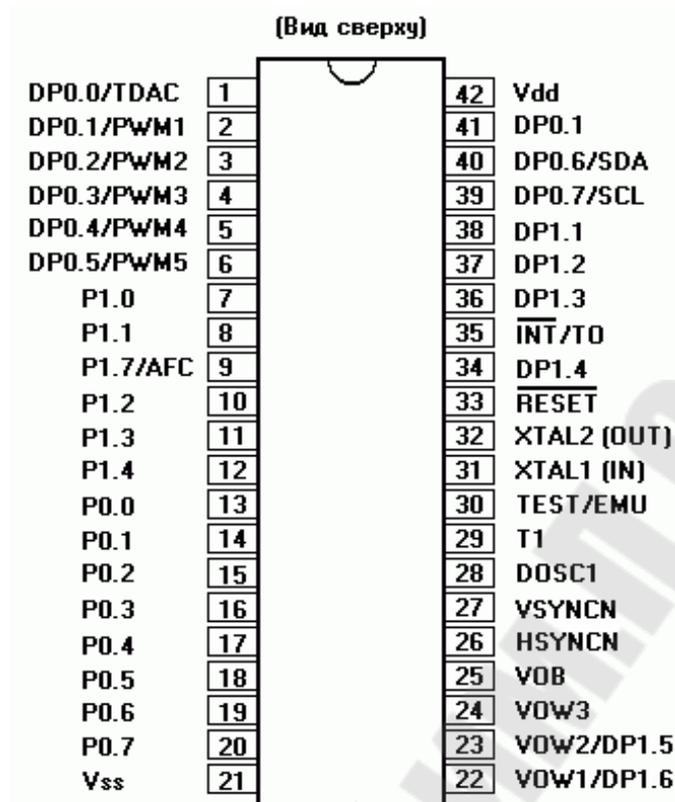


Рис. 21. Схема расположения выводов для ИМС 84С440, 84С443, 84С640, 84С643, 84С840 и 84С843

Таблица 1

Назначение выводов для ИМС 84С440, 84С443, 84С640, 84С643, 84С840 и 84С843

Символ	Вывод	Назначение
DP0.0/TDAC	1	Дополнительный порт 0 (квазидвунаправленная линия ввода/вывода) или 14-разрядный ЦАП/ШИМ
с DP0.1 до DP0.5 с DWM1 до PWM	2–6	Дополнительный порт 0 (квазидвунаправленные линии ввода/вывода) или 6-разрядный ЦАП/ШИМ
с P1.0 до P1.4	7, 8, 10–12	Порт 1 (квазидвунаправленные линии ввода/вывода)
с P0.0 до P0.7	13–20	Порт 0 (квазидвунаправленный порт ввода/вывода)
DP1.7/AFC	9	Дополнительный порт 1 (квазидвунаправленная линия ввода/вывода) или вход компаратора с трехразрядным ЦАП

Символ	Вывод	Назначение
DP0.6/SDA	40	Дополнительный порт ввода/вывода (открытый сток) или линия данных шины
DP0.7/SCL	39	Дополнительный порт ввода/вывода (открытый сток) или линия синхронизации шины
$\overline{\text{INT}}/T_0$	35	Внешнее прерывание или линия прямого тестирования
с DP1.0 до DP1.4	41, 38, 37, 36, 34	Дополнительный порт 1 (квазидвухнаправленные линии ввода/вывода)
DP1.5, DP1.6/ VOW2, VOW1	22, 23	Дополнительный порт 1 (квазидвухнаправленные линии ввода/вывода) или видеовыходы символов
$\overline{\text{RESET}}$	33	Вход инициализации (активное состояние при НИЗКОМ уровне напряжения)
XTAL2, XTAL1	32, 31	Выводы генератора или входы системной синхронизации
TEST/EMU	30	Управляющий вход тестирования и режима эмуляции (заземлен в рабочем режиме)
T1	29	Вывод прямого тестирования и вход счетчика событий
DOSC1	28	Вход RC-генератора для синхронизации работы экранного индикатора
VSYN CN	27	Вход сигнала кадровой синхронизации
HSYN CN	26	Вход сигнала строчной синхронизации
VOB	25	Выход сигнала гашения отображения символа
VOW3	24	Видеовыход символов экранного индикатора
V_{SS}	21	Земля
V_{DD}	42	Напряжение питания

Установка в исходное состояние ($\overline{\text{RESET}}$)

Вывод предназначен для установки микроконтроллера в требуемое исходное состояние (сброса) при поступлении входного сигнала (активное состояние при НИЗКОМ уровне напряжения). На рис. 22 приведена схема организации работы такого сигнала сброса.

Схема сброса при включении питания контролирует уровень напряжения. Пока уровень напряжения V_{DD} остается ниже уровня внутреннего опорного напряжения V_{REF} (номинальное значение 3,6 В), генератор остается заблокирован. Когда уровень напряжения V_{DD} начинает превышать V_{REF} , блокировка работы генератора снимается и внутренний сигнал сброса активируется на время t_d (номинальное значение – 50 мкс).

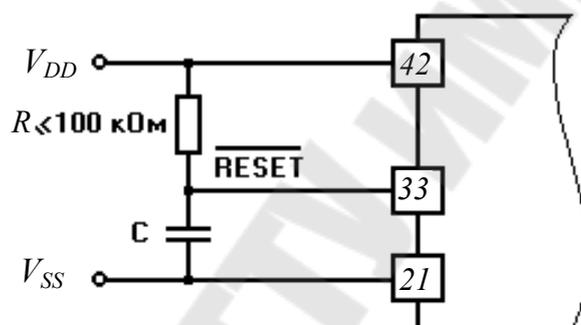


Рис. 22. Схема подключения внешних компонентов к выводу ($\overline{\text{RESET}}$)

Допускаются три режима работы ИМС при сбросе по включению питания (рис. 24, рис. 24):

1. При включении питания на вывод 33 подается сигнал сброса с внешних устройств (монитор питания).

2. Если уровень напряжения V_{DD} поднялся выше уровня минимального рабочего напряжения за время t_d , то нет необходимости во внешнем сигнале сброса и внешних компонентах (рис. 22).

3. В случае когда уровень напряжения V_{DD} за время $(t_{V_{REF}} + t_d)$ не достигнет уровня минимального рабочего напряжения V_{min} , организовать сброс можно, подключив внешние R и C (рис. 22). Временная диаграмма, поясняющая принцип работы, приведена на рис. 25. Для гарантии надежной работы схемы сброса необходимо, чтобы постоянная времени RC-цепи была $8t_{V_{DD}}$.

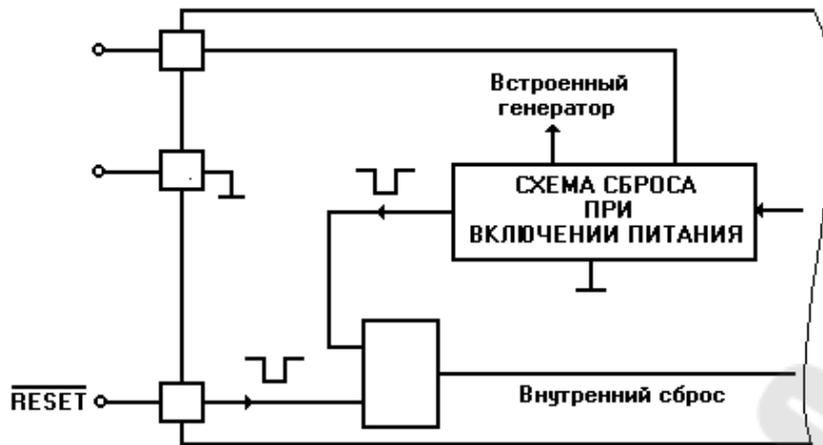


Рис. 23. Схема организации сброса



Рис. 24. Сброс при быстром нарастании уровня напряжения V_{DD}

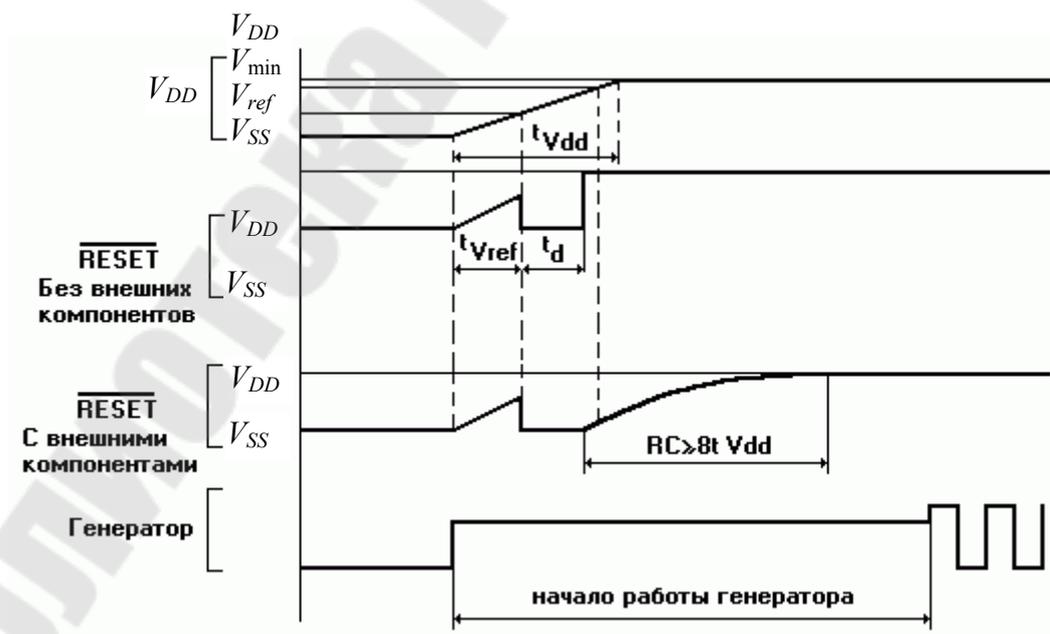


Рис. 25. Сброс при медленном нарастании уровня напряжения V_{DD}

6-разрядные ЦАП/ШИМ для управления аналоговыми величинами ($PWM1-PWM5$)

Предусмотрены пять ШИМ-выходов ($PWM1-PWM5$) для обеспечения непрерывного (аналогового) управления такими параметрами как размер знакоместа, баланс, яркость, насыщенность цвета и т. д. Блок-схема типового 6-разрядного ЦАП/ШИМ приведена на рис. 26. Каждый ШИМ-выход выдает импульсы программируемой длительности, повторяющиеся с частотой $\frac{f_{PVD}}{64}$, где $f_{PVD} = \frac{f_{XTAL}}{3}$.

Полярность всех пяти выходных ШИМ-сигналов определяется состоянием разряда управления полярностью ($P6LVL$). Логическая «1» в разряде $P6LVL$ инвертирует сигналы всех пяти ШИМ-выходов. Если состояние этого разряда – логический «0», то сигналы ШИМ-выходов не инвертируются. Нумерация ШИМ-выходов $PWM1-PWM5$ соответствует выводам линий дополнительного порта $DP0.1-DP0.5$. Установка в «1» соответствующего разряда управления выводом $PWMxE$ определяет назначение конкретных выводов как ШИМ-выходов, а установка в «0» – как выводов дополнительного порта.



Рис. 26. Блок-схема типового 6-разрядного ЦАП/ШИМ

Установка пропорциональности постоянного напряжения ШИМ-управлению достигается путем подключения интегрирующей цепи к каждому из ШИМ-выходов (рис. 27). Аналоговое значение напряжения вычисляется как

$$V_a = V_0 \cdot \frac{t_{HIGH}}{t_R}$$

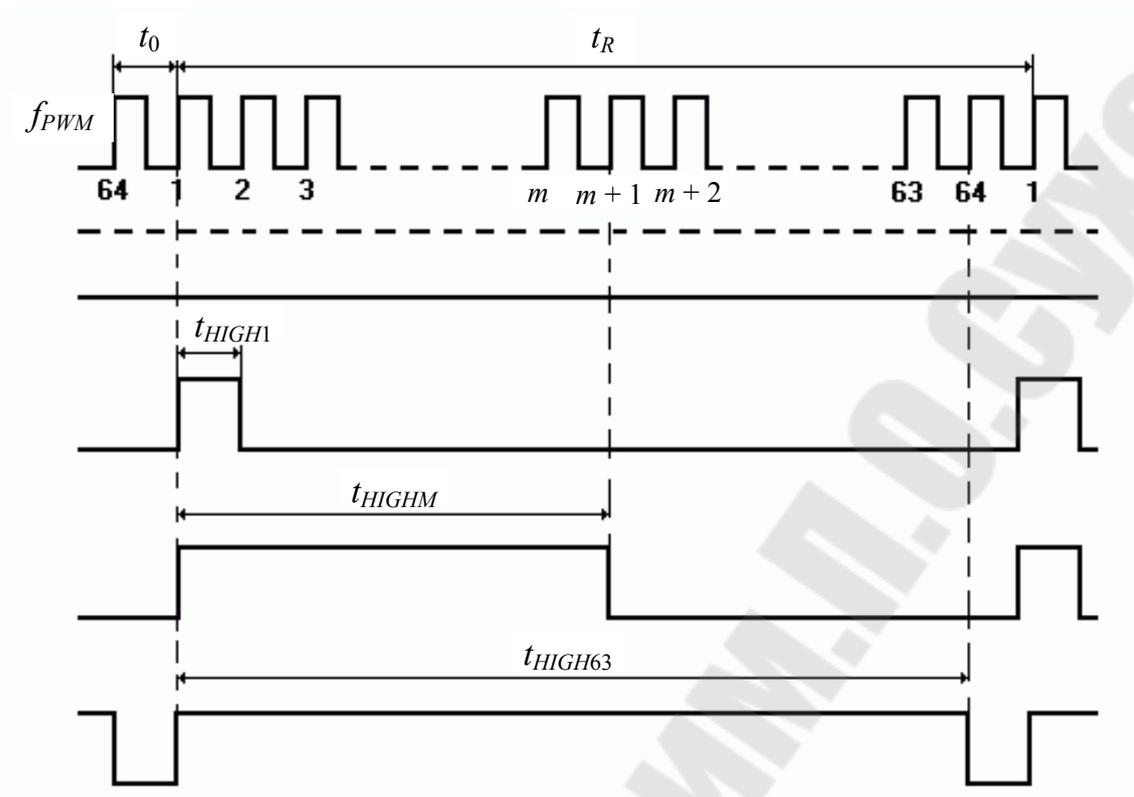


Рис. 27. Диаграмма работы ШИМ-выхода ($P6LVL = 0$)

Максимальное время для каждого ШИМ-выхода:

$$t_{HIGH} = t_0 \cdot PWMDL,$$

где $t_0 = \frac{3}{f_{XTAL}}$; $PWMDL$ – десятичное представление содержимого регистра ШИМ-данных. Время повторения для каждого ШИМ-выхода $t_R = t_0 \cdot 64$.

Таким образом, значение аналогового выходного напряжения вычисляется по формуле

$$V_A = \left[\frac{PWMDL}{64} \right] \cdot V_0.$$

14-разрядный ЦАП/ШИМ для управления синтезатором напряжения (настройка)

ИМС имеет выход одного 14-разрядного ЦАП/ШИМ с разрешающей способностью 16 384 уровня для синтезатора напряжения. ЦАП/ШИМ содержит следующие структурные компоненты (рис. 28):

1. Два 7-разрядных регистра-защелки интерфейса (*VSTH*; *VSTL*).
2. Один 14-разрядный регистр-защелка данных для ЦАП (*VSTREG*).
3. Два 7-разрядных ЦАП («Грубо» и «Точно»).
4. Сумматор.
5. 14-разрядный счетчик.
6. Схема импульсного управления. 14-разрядный счетчик непрерывно работает в последовательном режиме с частотой тактирования t_0 .

Период тактирования $t_0 = \frac{3}{f_{XTAL}}$.

Период повторения для одного полного цикла работы 14-разрядного счетчика $t_R = t_0 \cdot 16\,384$. Период повторения для одного полного цикла работы младших семи разрядов счетчика $t_{SUB} = t_0 \cdot 128$.

Следовательно, число периодов t_{SUB} в полном цикле t_R :

$$N = t_0 \cdot \frac{16\,384}{t_0} \cdot 128 = 128.$$

Для гарантии правильной работы схемы первым загружается регистр-защелка данных *VSTH*, затем – регистр-защелка данных *VSTL*. Содержимое *VSTH* используется для предварительной (грубой) настройки, а содержимое *VSTL* – для точной подстройки. В начале первого периода t_{SUB} , следом за загрузкой *VSTL*, оба регистра-защелки данных разгружаются в регистра *VSTREG*; требуется один период t_{SUB} для формирования соответствующей последовательности импульсов. Для обеспечения надежной работы и требуемой точности преобразования ЦАП целесообразно пропустить два периода t_{SUB} , прежде чем начинать новую последовательность.

Грубая настройка

Выход грубой настройки OUT1 (рис. 28) выдает сигнал сброса (НИЗКИЙ уровень напряжения в неактивном состоянии) в начале каждого периода t_{SUB} . Уровень напряжения остается НИЗКИМ до тех пор, пока не закончится временной интервал $t_0 \cdot (VSTH + 1)$, а затем происходит переключение на ВЫСОКИЙ уровень, который остается неизменным до начала следующего периода t_{SUB} (рис. 29).

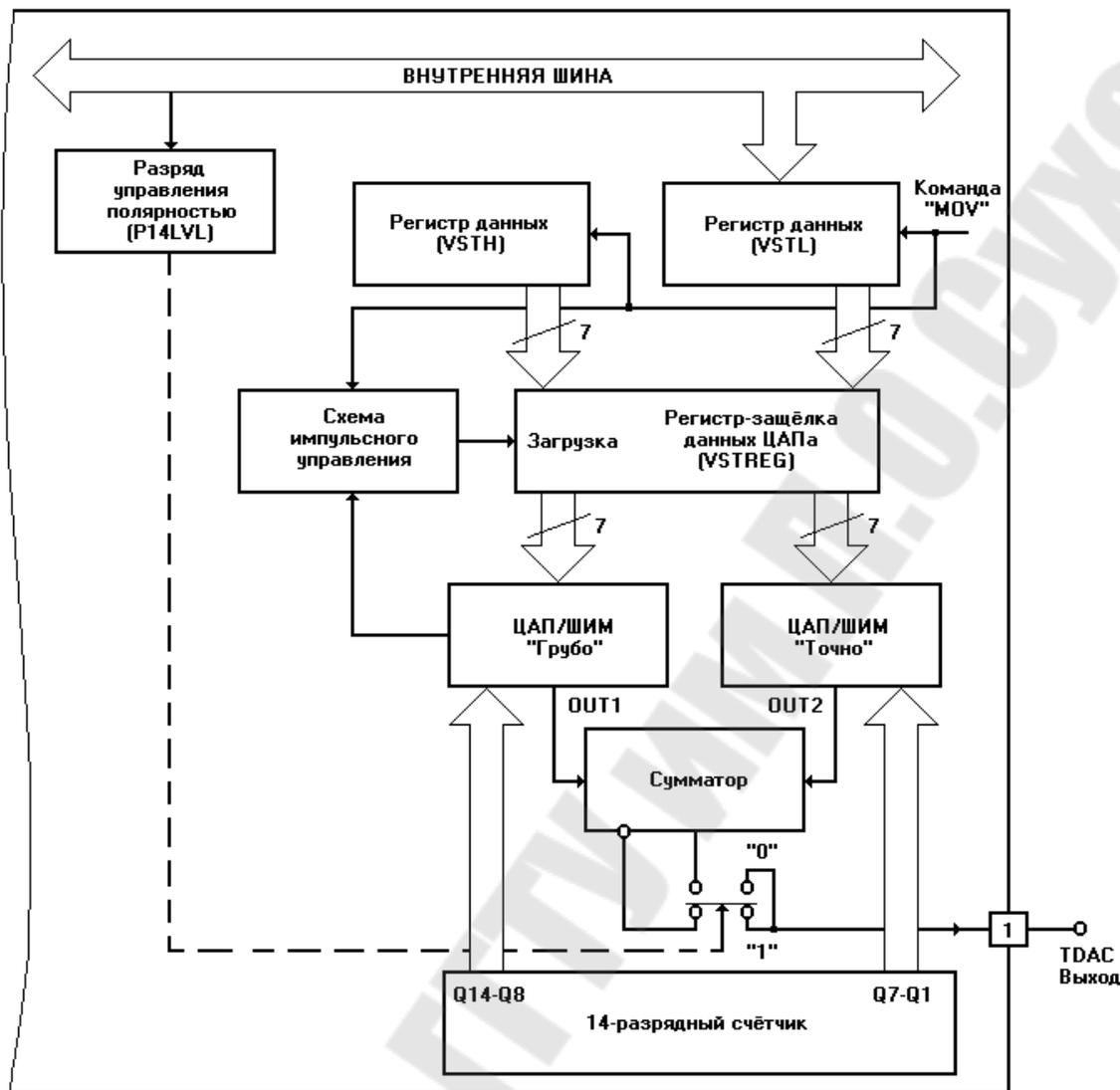


Рис. 28. Блок-схема 14-разрядного ЦАП/ШИМ

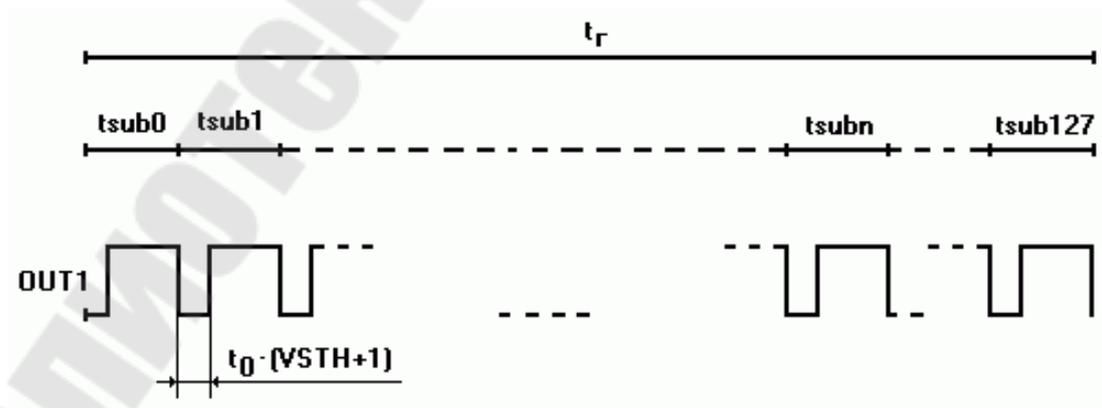


Рис. 29. Временная диаграмма выходного сигнала грубой настройки

Точная настройка

Точная настройка достигается путем формирования дополнительных импульсов в начале конкретных подпериодов. Длительность этих импульсов равна t_0 . Подпериод, в котором добавляется импульс, определяется содержимым регистра-защелки данных $VSTL$.

В табл. 2 приведены номера подпериодов, в начале которых формируется дополнительный импульс, в зависимости от положения нулевого бита $VSTL$. При нескольких нулевых битах формируется сочетание дополнительных импульсов. Например, если $VSTL = 1111010$, дополнительные импульсы будут сформированы в подпериодах 16, 48, 64, 80 и 112 (рис. 30).

Таблица 2

Распределение дополнительных импульсов

Младшие 7 разрядов ($VSTL$)	Дополнительные импульсы в подпериоды
1 1 1 1 1 1 0	64
1 1 1 1 1 0 1	32, 96
1 1 1 1 0 1 1	16, 48, 80, 112
1 1 1 0 1 1 1	8, 24, 40, 56, 72, 88, 104, 120
1 1 0 1 1 1 1	4, 12, 20, 28, 36, 44, 52, ..., 116, 124
1 0 1 1 1 1 1	2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, ..., 122, 126
0 1 1 1 1 1 1	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, ..., 125, 127

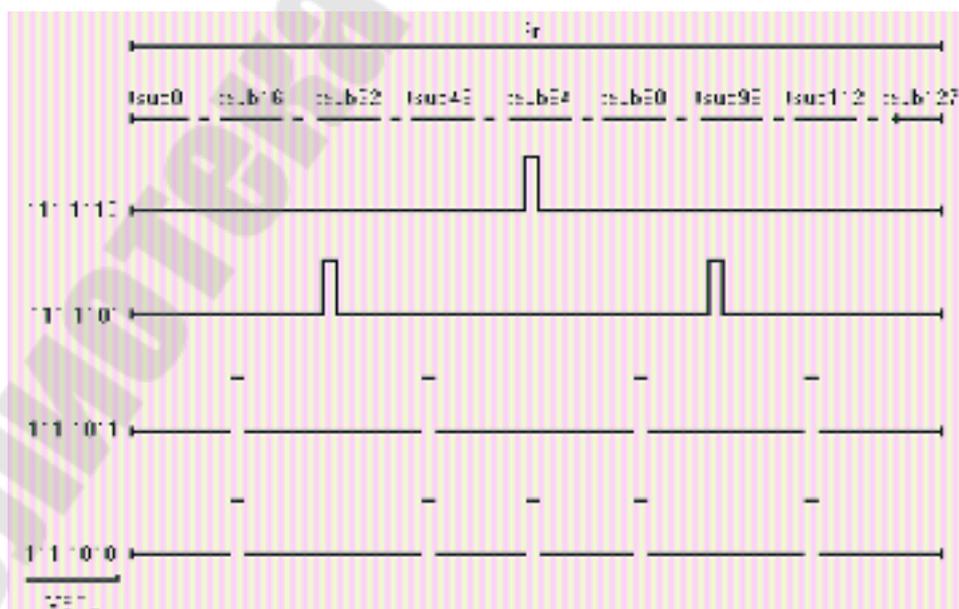


Рис. 30. Временная диаграмма выходного сигнала

Работа стенда

На рис. 31 приведена принципиальная схема стенда.

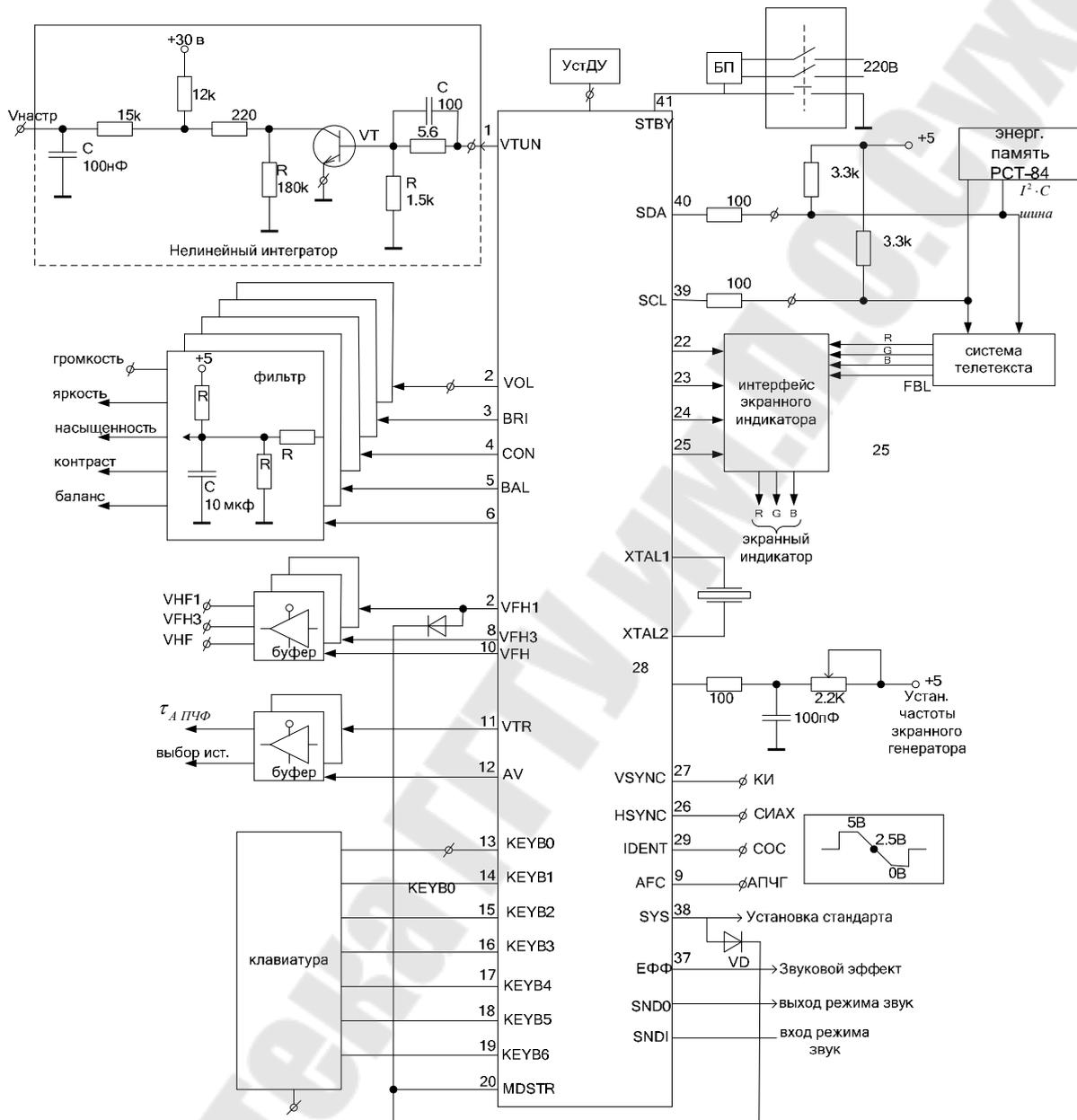


Рис. 31. Принципиальная схема стенда

Холодный старт происходит при первом включении системы, при этом система контролирует состояние вывода *STBY*, при низком уровне напряжения система включается на первый записанный сигнал. В дежурном режиме система включает на *STBY* высокий уровень.

В режиме автоматического поиска система вырабатывает медленно нарастающее напряжение настройки $V_{настр}$ и ждет сигнала опо-

знавания *IDENT* и напряжения $V_{\text{АПЧГ}}$ в пределах от 0 до +5 В (2,5 В). Если сигнал *IDENT* активен, а видеосигнал доступен, то система пробует выйти из этого состояния, при этом $V_{\text{настр}}$ будет увеличиваться до большого сигнала *IDENT*.

2. Требования по технике безопасности

При включении питания телевизора запрещается включать к контрольным точкам провода, замыкающие эти точки на корпус, либо подавать какие-либо напряжения.

3. Последовательность выполнения работы

3.1. Проверить работоспособность стенда.

Включить источники ТВ-сигналов к антенному гнезду. Осуществить поиск устройство изображения в автоматическом режиме для чего нажать кнопку «S» (поиск) на пульте управления телевизором. При получении устойчивого изображения записать состояние синтезатора в памяти, нажав кнопку «память» – «M», при этом с помощью «+» или «-» добиться появления «1» на экране. Осуществить запоминания в памяти, нажав повторно «M». Если запоминание произошло, то на экране поменяется цвет с красного на зеленый.

Повторите поиск для следующего N канала. Запомнить эту ТВ-станцию под номером 2 и т. д. (не менее четырех каналов).

3.2. Включить ТВ в режиме автоматического «поиска» нажатием кнопки «S», либо в ручном режиме нажатием кнопки «FT+» или «FT-». Изменяя $V_{\text{настр}}$ снять зависимость $V_{\text{АПЧГ}}$ (контакт 9) от $V_{\text{настр}}$. Построить графики зависимости $V_{\text{АПЧГ}}$ ($V_{\text{настр}}$) от 0 до $V_{\text{настр.max}}$.

3.3. Снять зависимость *IDENT* (контакт 29) от $V_{\text{настр}}$. Построить графики. Сравнить появление сигнала *IDENT* с зависимостью $V_{\text{АПЧГ}}$ ($V_{\text{настр}}$).

3.4. Снять осциллограммы для сигналов *VSINC* (контакт 27) и *HSINC* (контакт 26) определить частоту и период сигналов.

3.5. Снять осциллограммы на *VTUN* (контакт 1) при трех значениях $V_{\text{настр}}$ (V_{min} , $V_{\text{номин}}$, V_{max}). Определить активность и период.

3.6. Изменяя громкость на контакте 2 зарисовать осциллограммы для V_{min} и $V_{\text{номин}}$. Определить активность и период повторения импульсов.

3.7. В режиме «поиск» снять зависимость *VHF-1*, *VFH-3*, *VHF* от $V_{\text{настр}}$.

3.8. Зарисовать осциллограммы в контактах 3 (KEYВ 0) и 17 (KEYВ 4). Определить частоту и период.

4. Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить, как происходит установка в исходное состояние.
2. Чем осуществляется регулировка яркости и насыщенности?
3. Какой выход имеют шины управления?
4. Объяснить назначение интегрирующей цепи на выходе.
5. Чему равна разрядность ЦАП и АЦП?
6. Объяснить работу ЦАП (14-разрядного).
7. Объяснить режим точной настройки.
8. Объяснить режим грубой настройки.
9. Для чего служит интерфейс?
10. Что такое «холодный» старт?
11. Что такое *VHF-1*, *VFH-3*, *VHF*?
12. Для чего нужен экранный интегратор?

Литература

1. Джакония, В. Е. Телевидение : учеб. для вузов / В. Е. Джакония. – Москва : Радио и связь, 2003. – 616 с.

Содержание

Лабораторная работа № 1. Селектор каналов	3
Лабораторная работа № 2. Исследования радиоканала телевизора....	19
Лабораторная работа № 3. Модуль цветности.....	31
Лабораторная работа № 4. Система управления телевизором	50

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Никеенков Александр Иванович
Мурашко Сергей Александрович

СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Лабораторный практикум
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника»
дневной и заочной форм обучения

Электронный аналог печатного издания

Редактор *М. В. Аникеенко*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 06.05.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 3,18.

Изд. № 169.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.