

Министерство образования и науки Украины
Государственный Университет Телекоммуникаций
Кафедра радиотехнологий

Лабораторная работа 1

по дисциплине: “Основы телевидения ”

на тему: “Особенности построения телевизионных систем”

Доцент Пархоменко В.Л.

Киев-2014

Особенности построения телевизионных систем

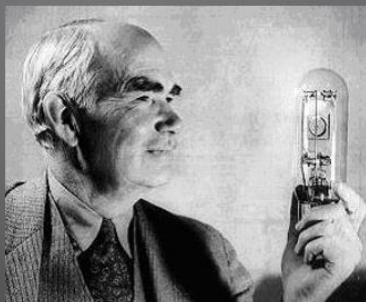


Первое изобретение Пауля Нипкова для передачи изображения

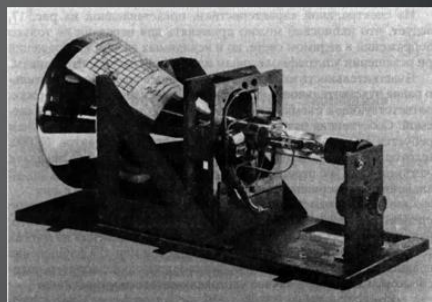
История

Важный шаг в истории принадлежит немецкому ученому Паулю Нипкову, который в 1884 г. дал начало идее о вращающихся дисках с расположенными на них по спирали круглыми отверстиями, через которые пропускали свет к фотоэлементу от участков изображения (поверхности предмета) в конкретной последовательности.

- Первая работоспособная система телевидения появилась после того как американец Ли де Форестом изобрел электронную лампу-триода, которая позволила усилить слабый сигнал.
- Владимир Зворыкин создал в 1931 году в Соединенных Штатах Америки первую передающую электронную трубку (икonosкоп), что в свою очередь положило начало электронному телевидению.



Ли де Форестом изобрел электронную лампу-триода



Иконоскоп созданный Владимиром Зворыкиным

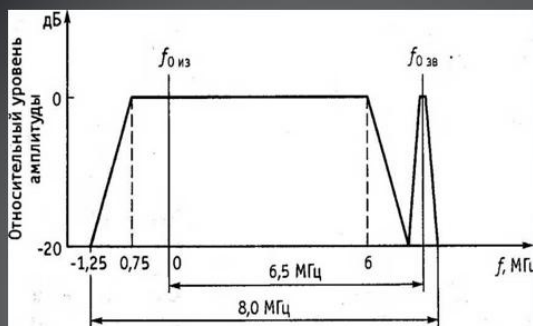
Принципы передачи сигнала вещательного телевидения по радиоканалу

Для передачи телевизионных сигналов по радиоканалам в принципе можно использовать как АМ, так и ЧМ. В случае ЧМ для обеспечения высокой помехоустойчивости передачи необходимо, чтобы индекс модуляции равным $3 \dots 5$. При этом полоса частот $\Delta f_{\text{ЧМ}}$ занимаемая частотно-модулированным сигналом, будет определяться:

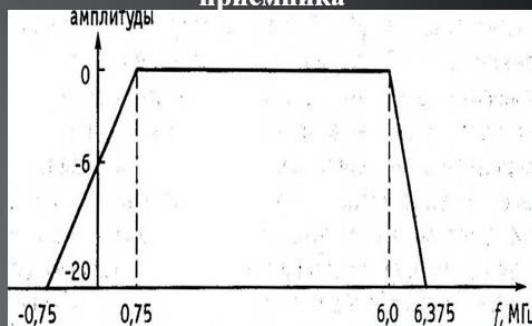
$$\Delta f_{\text{ЧМ}} \cong 2f_B + 2\Delta f_a$$

Где $\Delta f_{\text{ЧМ}} = m_{\text{ЧМ}}$, f_B - девиация частоты

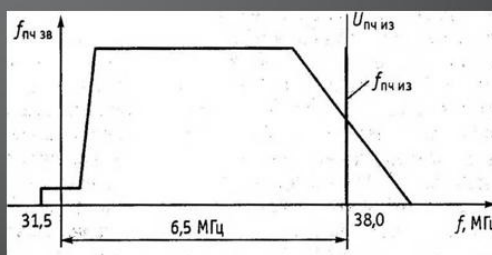
Номинальные амплитудно-частотные характеристики радиопередатчиков изображения и звукового сопровождения



Амплитудно-частотная характеристика радиотракта изображения телевизионного приемника



АЧХ усилителя промежуточной частоты изображения телевизионного приемника



Вещательные системы цветного телевидения

На сегодняшний день существуют три основных стандарта цветного телевидения, использующиеся для аналогового вещания.

SECAM — система аналогового цветного телевидения, разработка которой началась в Европе в конце 1950-х годов. В 1965—66 годах была доработана, став первым стандартом цветного телевидения. В результате дальнейшего совершенствования, проходившего в процессе эксплуатации, система приобрела окончательный вид и название SECAM—III. Регулярное вещание в этом стандарте было начато в 1967 году в Европе.



NTSC — система аналогового цветного телевидения, разработанная в США. В 1953 году было начато цветное телевизионное вещание с применением этой системы. NTSC принята в качестве стандартной системы цветного телевидения во многих странах мира.

PAL — система аналогового цветного телевидения, разработанная в 1966 году. В настоящее время система PAL является самой распространённой в мире. В конце 1990-х годов передачи по этому стандарту смотрели в 62 странах 67,8 % телезрителей всего мира.

Остаток нижней боковой полосы частот составляет 1,25 МГц. При этом номинальная полоса частот радиоканала, отводимая для передачи непосредственно телевизионного сигнала составляет 7,625 МГц (рис.1).

Причем ослабление частотных составляющих -1,25 и 6,375 МГц относительно несущей частоты изображения составляет 20 дБ. Часть спектра нижней боковой полосы частот шириной 0,75 МГц передается в неискаженном виде. Крутизна склона нижней боковой полосы частот, начинающегося от 0,75 МГц ниже несущей частоты изображения, составляет 40 дБ/МГц. При этом крутизна склона верхней боковой полосы частот, рядом с которым расположен спектр сигнала звукового сопровождения, оценивается величиной более 50 дБ/МГц.

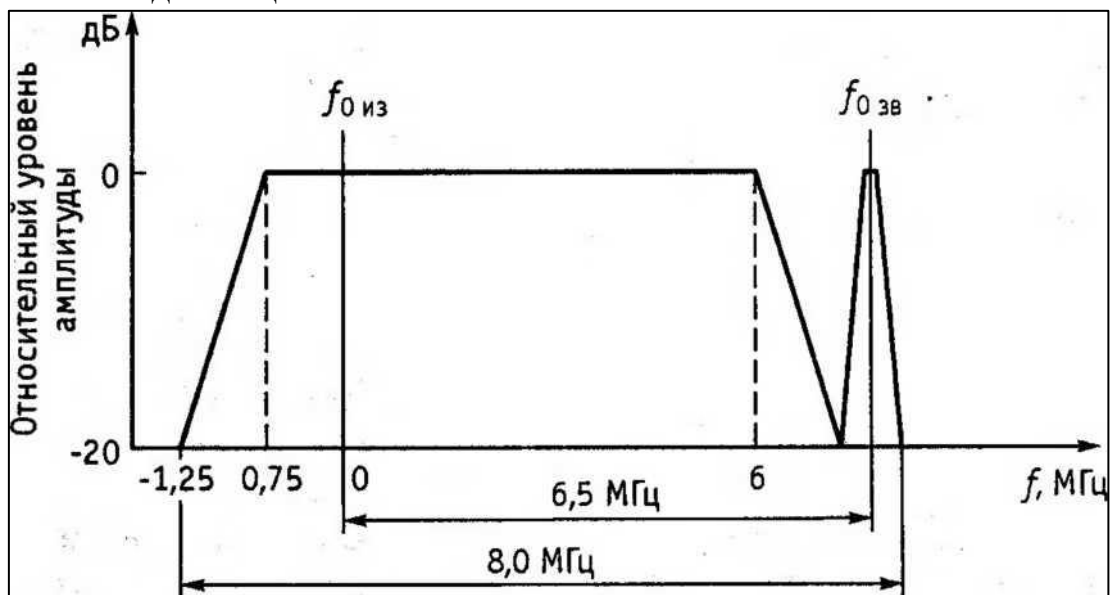


Рис. 1 Номинальные АЧХ радиопередатчиков изображения и звукового сопровождения

При таком способе передачи телевизионного сигнала по радиоканалу амплитудно- частотная характеристика (АЧХ) тракта изображения телевизионного приемника должна иметь форму, представленную на рис. 2.

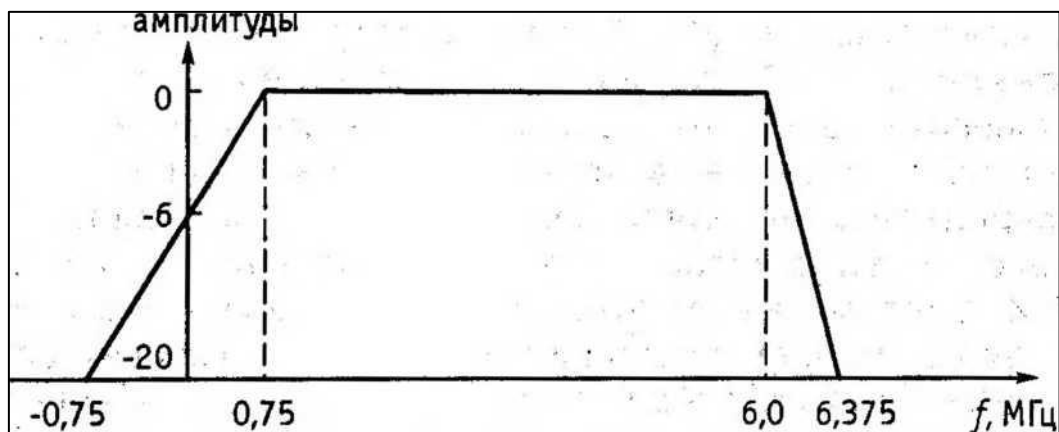


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика радиотракта изображения телевизионного приемника

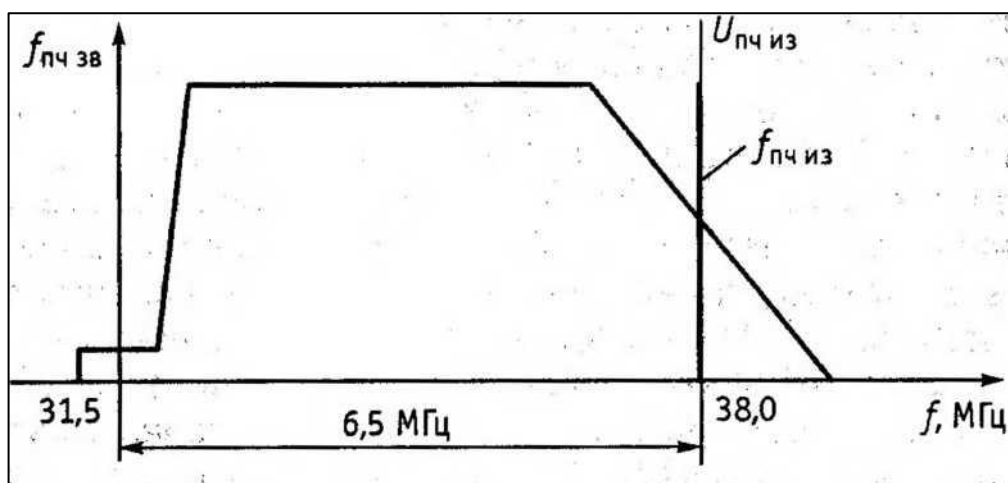
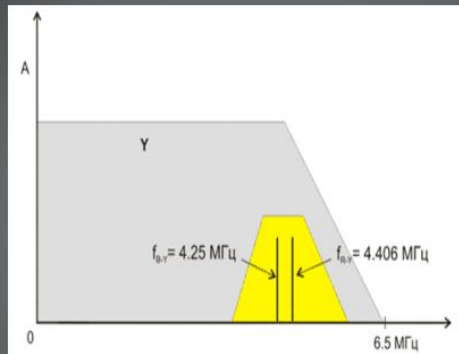


Рис. 3. АЧХ усилителя промежуточной частоты изображения телевизионного приемника

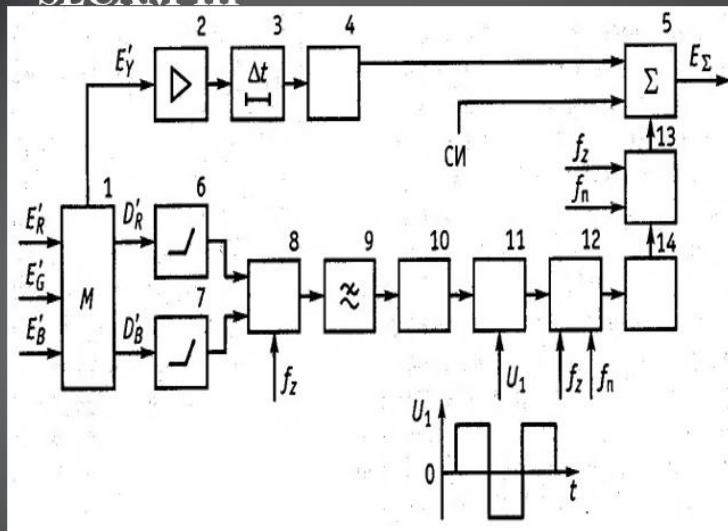
Из рис. 3 следует, что в телевизионных приемниках уровень несущей частоты изображения должен ослабляться на 6 дБ, т.е. в 2 раза, а частотная составляющая 0,75 МГц нижней боковой полосы должна быть ослаблена на 20 дБ, т.е. в 10 раз, по сравнению с уровнем опорной частоты 1,5 МГц в спектре верхней боковой полосы. При выполнении данных условий после детектирования телевизионного радиосигнала суммарное номинальное напряжение, образующееся на нагрузке детектора от одинаковых частотных составляющих нижней и верхней боковых полос, на любой частоте спектра в пределах 0...6 МГц всегда будет равно единице, если отсчет вести в относительных величинах. На практике это означает, что форма результирующей АЧХ тракта передачи телевизионного радиосигнала от модулятора радиопередатчика до нагрузки детектора телевизора будет равномерной в заданной полосе частот 6 МГц. В каждом стандартном радиоканале шириной 8 МГц кроме телевизионного сигнала передается соответствующий ему сигнал звукового сопровождения (см. рис. 1). Причем радиосигнал звукового сопровождения передается с помощью ЧМ несущей частоты звука, что обеспечивает высокую помехоустойчивость тракта звукового сопровождения. Максимальная девиация частоты составляет ± 50 кГц при номинальной ширине полосы частот, занимаемой радиосигналом звукового сопровождения, не более 0,25 МГц.

Система цветного телевидения SECAM-III



Спектр телевизионного сигнала SECAM. Серое поле соответствует сигналу яркости, а жёлтое — сигналу цветности. Вертикальные линии обозначают составляющие поднесущей, соответствующие красному (4,406 МГц) и синему (4,25 МГц) цветоразностным сигналам при отсутствии модуляции

Структурная схема кодирующего устройства SECAM-III



- 1 - кодирующая матрица;
- 2 - усилитель;
- 3 - линия задержки;
- 4 - корректор перекрестных искажений;
- 5 - суммирующее устройство;
- 6, 7 - устройства, в которых сигналы подвергаются низкочастотным предискажениям;
- 8 - электронный коммутатор;
- 9 - фильтр нижних частот (ФНЧ);
- 10 - амплитудный ограничитель;
- 11 - частотно-модулированный генератор;
- 12 - блок коммутации фазы поднесущих;
- 13 - блок подавления поднесущих;
- 14 - схема высокочастотных предискажений

Слайд: Система цветного телевидения SECAM-III

SECAM или **SÉCAM** (от фр. *Séquentiel couleur avec mémoire*, позднее *Séquentiel couleur à mémoire* — последовательный цвет с памятью; произносится [секáм]) — система аналогового цветного телевидения, разработка которой началась во Франции в конце 1950-х годов. В 1965—66 годах совместно с СССР была доработана, став первым европейским стандартом цветного телевидения. В результате дальнейшего совершенствования, проходившего в процессе эксплуатации, система приобрела окончательный вид и название SECAM—III. Регулярное вещание в этом стандарте было начато 1 октября 1967 года одновременно в Москве и Париже.

Описание

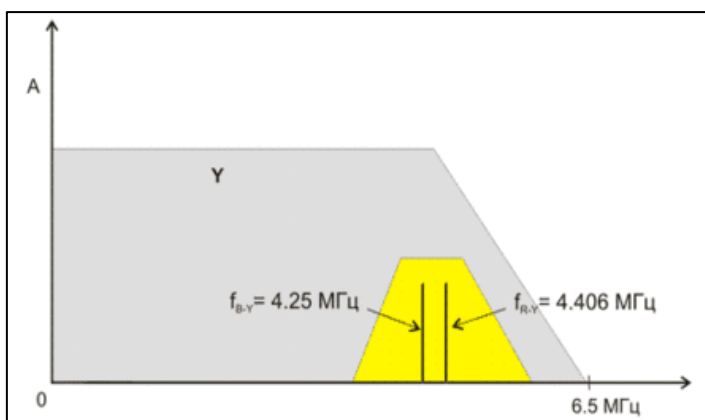


Рис. 4. Спектр телевизионного сигнала SECAM. Серое поле соответствует сигналу яркости, а жёлтое — сигналу цветности. Вертикальные линии обозначают составляющие поднесущей, соответствующие красному (4,406 МГц) и синему (4,25 МГц) цветоразностным сигналам при отсутствии модуляции

Слайд: Структурная схема кодирующего устройства SECAM-III

Формирование всех сигналов системы SECAM, передаваемых по каналу связи, осуществляется в кодирующем устройстве. Видеосигналы основных цветов E'_R, E'_G, E'_B , подвергнутые гамма-коррекции (знак «штрих» означает гамма-коррекцию сигналов), с выхода камерного канала поступают на кодирующую матрицу 1, с помощью которой формируется сигнал яркости E'_Y и два разностных сигнала D'_R и D'_B .

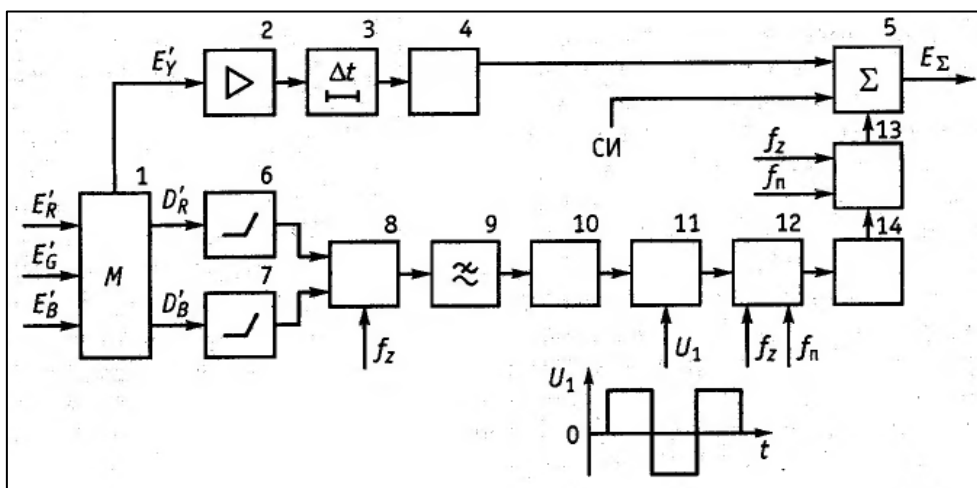
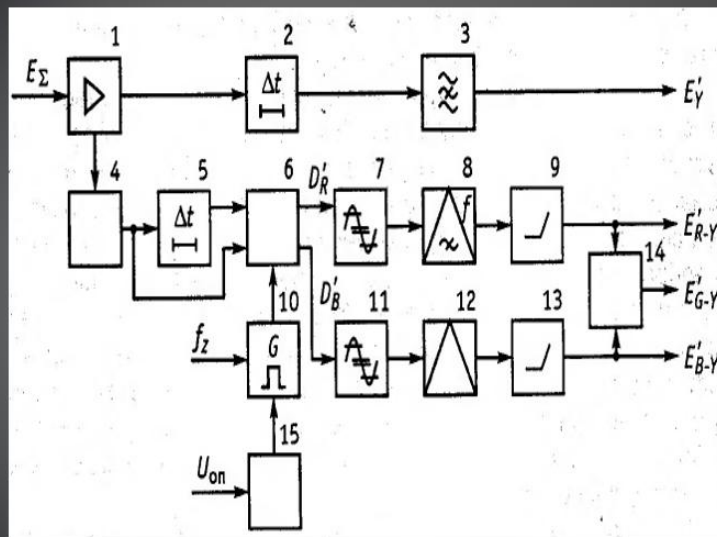


Рис. 5. Структурная схема кодирующего устройства SECAM-III

В устройствах 6,7 сигналы D'_R и D'_B подвергаются низкочастотным предискажениям. Электронный коммутатор 8 обеспечивает поочередное переключение цветоразностных сигналов от строки к строке. Ограничение спектра частот чередующихся во времени сигналов D'_R и D'_B осуществляется с помощью ФНЧ 9. Перед передачей сигналов D'_R и D'_B на вход частотно-модулированного генератора (ЧМГ) 11 они подвергаются ограничению по амплитуде в амплитудном ограничителе 10. Необходимость амплитудного ограничения объясняется появлением в сигналах цветности выбросов, возникающих на цветовых переходах в результате действия низкочастотных предискажений. В ЧМГ осуществляются генерирование и модуляция поднесущих, при чем сигналы D'_R и D'_B моделируют разные поднесущие. Поэтому на ЧМГ подается напряжение U_1 , представляющее собой симметричные импульсы полустроочной частоты, изменяющие частоту покоя частотного модулятора от строки к строке. После ЧМГ сигнал поступает на блок коммутации фазы поднесущих 12, который меняет на 180° фазу поднесущих частот в начале каждой третьей строки и каждого поля. Это делается для улучшения совместимости, так как уменьшает заметность помех от поднесущих на экранах телевизоров. Следующим элементом кодирующего устройства, через который проходят сигналы цветности, является схема высокочастотных предискажений 14, увеличивающая амплитуда частотно-модулированных составляющих, формируемых ЧМГ. В блоке подавления поднесущих 13 канал цветности отключается в интервалы времени, соответствующие передаче сигналов синхронизации для телевизионных приемников. Это необходимо для того, чтобы колебания поднесущих не наложились на импульсы синхронизации.

В канал яркости кодирующего устройства входят усилитель 2, линия задержки 3, корректор перекрестных искажений 4. В суммирующем устройстве 5 складываются сигналы цветности с яркостным сигналом и импульсами синхронизации для приемных устройств. С помощью линии задержки (ЛЗ) осуществляется совмещение по времени сигналов яркости и цветности, которые поступают на сумматор 5. Необходимость включения ЛЗ обусловлена дополнительной задержкой сигналов D'_R и D'_B в устройствах предискажений, ФНЧ и ЧМГ. Корректор перекрестных искажений предназначен для уменьшения помех в телевизоре, возникающих из-за биений между сигналами цветности и высокочастотными составляющими яркостного сигнала.

Структурная схема декодирующего устройства SECAM-III



- 1 - усилитель;
- 2 - линия задержки;
- 3 - режекторный фильтр;
- 4 - корректор высокочастотных предискажений;
- 5 - ультразвуковая линия задержки;
- 6 - электронный коммутатор;
- 7, 11 - амплитудные ограничители;
- 8, 12 - частотные детекторы;
- 9, 13 - корректоры низкочастотных предискажений;
- 10 - управляющий генератор прямоугольных импульсов;
- 14 - матрица;
- 15 - блок опознавания.

Особенность системы SECAM

- Передача во время интервала одной строки только одного цветоразностного сигнала из двух, передаваемых поочередно.
- Поскольку система SECAM используется только с европейским стандартом разложения 625/50, длительность запоминания, равная периоду одной строки, составляет 64 микросекунды.

Слайд: Структурная схема декодирующего устройства SECAM-III

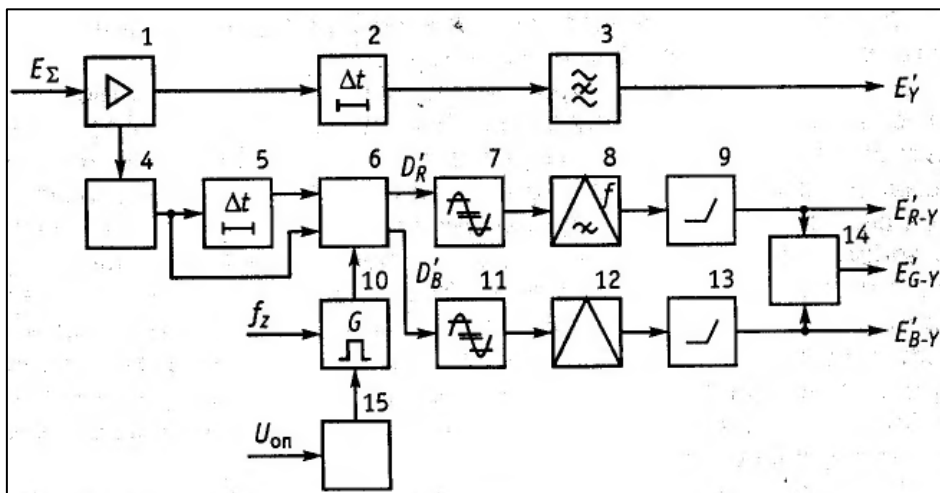


Рис. 6. Структурная схема декодирующего устройства SECAM-III

В приемном декодирующем устройстве полный сигнал E'_Y после видеодетектора усиливается в усилителе 1 и разделяется на два канала: яркостной и цветовой информации. Сигнал E'_Y проходит через ЛЗ 2, аналогичную таковой в кодирующем устройстве, и режекторный фильтр 3, подавляющий в сигнале яркости частотно-модулированный сигнал цветности.

В канале цветности сигналы D'_R и D'_B поступают на корректор высокочастотных предискажений 4, устраняющий АМ поднесущей, вызванную высокочастотной предкоррекцией в кодирующем устройстве. Таким образом, на выходе устройства 4 существует последовательность частотно-модулированных, чередующихся от строки к строке цветоразностных сигналов D'_R и D'_B .

Необходимым условием получения в приемном устройстве цветоразностного сигнала E'_{G-Y} является одновременное наличие двух цветоразностных сигналов, для чего в телевизор вводится ультразвуковая ЛЗ 5 на 64 мкс. Функцию разделения цветовых сигналов D'_B , D'_R выполняет электронный коммутатор 6, переключающий с частотой строк каналы прямого и задержанного сигналов на входе каналов демодуляции сигналов D'_R , D'_B . Здесь сигналы D'_R и D'_B поступают на амплитудные ограничители 7, 11, которые устраняют паразитную АМ, возникающую в ЛЗ и коммутаторе. Частотные детекторы 8, 12 преобразуют частотно-модулированные сигналы D'_R и D'_B в низкочастотные цветоразностные сигналы. Демодулированные цветоразностные сигналы поступают на ходы корректоров низкочастотных предискажений 9, 13, которые компенсируют изменения частотной характеристики, вводимые в кодирующем передающем устройстве. После этого сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} усиливаются и подаются на цветной кинескоп. Одновременно с помощью матрицы 14 формируется третий цветоразностный сигнал E'_{G-Y} .

Слайд: Особенность системы SECAM

Главной особенностью системы SECAM, отражённой в её названии, является передача во время интервала одной строки только одного цветоразностного сигнала из двух, передаваемых поочередно. В приёмнике сигнал, передаваемый в течение одной строки, воспроизводится в течение двух строк за счёт использования строчной памяти. В момент передачи сигнала **R-Y**, из строчной памяти в декодер поступает сигнал предыдущей строки **B-Y** и наоборот. Поскольку система SECAM используется только с европейским стандартом разложения 625/50, длительность запоминания, равная периоду одной строки, составляет 64 микросекунды.

Основным преимуществом системы SECAM является отсутствие перекрёстных искажений между цветоразностными сигналами, достигаемое за счёт их последовательной передачи. Однако, на практике это преимущество может быть реализовано не всегда из-за несовершенства коммутаторов сигнала цветности в декодирующем устройстве. Система SECAM практически нечувствительна к дифференциально-фазовым искажениям, особенно критичным для системы NTSC. За счёт применения частотной модуляции высока устойчивость к изменениям амплитуды поднесущей, возникающим вследствие неравномерности АФЧХ тракта передачи. Система NTSC, использующая квадратурную модуляцию, более чувствительна к таким искажениям, проявляющимся как изменение цветовой насыщенности. По этим же причинам SECAM менее чувствителен к колебаниям скорости магнитной ленты видеоманитфона.

К недостаткам системы стоит отнести в первую очередь, низкую помехозащищённость, проявляющуюся при соотношении сигнал/шум принимаемого сигнала менее 18 дБ. В этом случае качество цветного изображения резко падает, и становятся видны низкочастотные цветные помехи. Другим недостатком является более низкая, чем у NTSC и PAL совместимость с чёрно-белыми телевизорами. В таких приёмниках, не оснащённых фильтром поднесущей, помехи от неё сильно заметны, особенно на вертикальных границах между цветами.

Версии SECAM-III

В мире используются несколько модификаций стандарта SECAM, не отличающихся друг от друга способом передачи цветоразностных сигналов, включая так называемые предискажения. Отличаются только несущие частоты яркостного видеосигнала, звукового сопровождения и способ модуляции звука. Одним из важных отличий в настоящее время является способ опознавания цвета.

Стандарт	Полоса канала	Полоса сигнала яркости	Полярность видеосигнала	Несущая звука	Модуляция
SECAM-L	8 МГц	6 МГц	Позитивная	+6,5 МГц	АМ
SECAM-K1	8 МГц	6 МГц	Негативная	+6,5 МГц	ЧМ
SECAM B/G	7 МГц, 8 МГц	5 МГц	Негативная	+5,5 МГц	ЧМ
SECAM D/K	8 МГц	6 МГц	Негативная	+6,5 МГц	ЧМ

Модуляции, используемые в цифровом телевидении

- Квадратурная амплитудная модуляция (QAM)

$$U(t) = U [c(t)\cos\omega t + c(t)\sin\omega t]$$

U - амплитуда сигнала

ω - частота несущей

$c(t)$ – моделирующие сигналы в квадратурных каналах

- Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK)
- Ортогональное частотное разделение со многими поднесущими (OFDM)

$$U(t) = U \cos[2(f + \Delta f)t]$$

f - начало интервала, в котором производится частотное уплотнение

n - номер несущей, находящийся в диапазоне от 0 до $(N-1)$, т.е. всего несущих N

T - длительность интервала передачи одного символа.

- Многоуровневая амплитудная модуляция с частично подавленной несущей и боковой полосой частот (VSB)

Слайд: Модуляции, используемые в цифровом телевидении

- **Квадратурная амплитудная модуляция (QAM)**

При квадратурной амплитудной модуляции (КАМ, QAM - Quadrature Amplitude Modulation) изменяется как фаза, так и амплитуда сигнала, что позволяет увеличить количество кодируемых бит и при этом существенно повысить помехоустойчивость. В случае QAM промодулированный сигнал представляет собой сумму двух ортогональных несущих: косинусоидальной и синусоидальной, амплитуды которых принимают независимые дискретные значения. $U(t) = U [c(t)\cos\omega t + c(t)\sin\omega t]$, где U - амплитуда сигнала; ω - частота несущей, $c(t)$, $s(t)$ - модулирующие сигналы в квадратурных каналах.

- **Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK)**

QPSK модуляция строится на основе кодирования двух бит передаваемой информации одним символом. При этом символьная скорость в два раза ниже скорости передачи информации.

- **Ортогональное частотное разделение со многими поднесущими (OFDM)**

При использовании модуляции типа OFDM поток данных передается с помощью большого числа несущих. Подобно квадратурной модуляции, способ OFDM использует ортогональные несущие, но в отличие от квадратурной модуляции частоты этих несущих не являются одинаковыми, они расположены в некотором диапазоне частот, отведенном для передачи данных путем модуляции и кратны некоторой основной частоте, в данном случае f . На практике частоты несущих соответствуют уравнению

$$U(t) = U \cos[2(f + \Delta f_n)t],$$

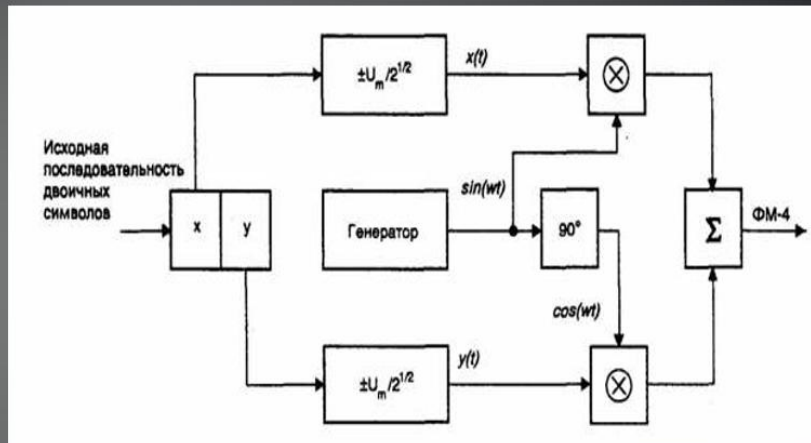
где f - начало интервала, в котором производится частотное уплотнение; n - номер несущей, находящийся в диапазоне от 0 до $(N-1)$, т.е. всего несущих N ; T - длительность интервала передачи одного символа.

Анализ данного выражения подтверждает, что несущие действительно являются ортогональными, т.е. их среднее (по времени) произведение равно нулю. Это означает возможность их разделения на приеме даже при частичном перекрытии их боковых полос.

- **Многоуровневая амплитудная модуляция с частично подавленной несущей и боковой полосой частот (VSB)**

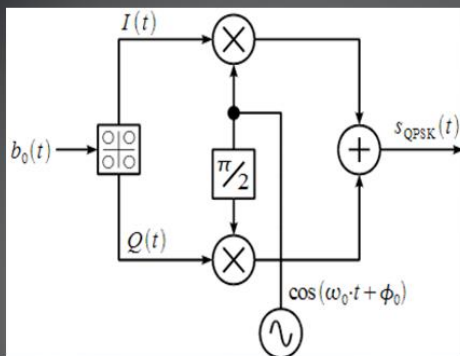
При амплитудной модуляции с частично подавленной боковой полосой VSB (Vestigial Sideband) возможно использование как двухуровневых модулирующих сигналов так и многоуровневых.

Схема квадратурного модулятора



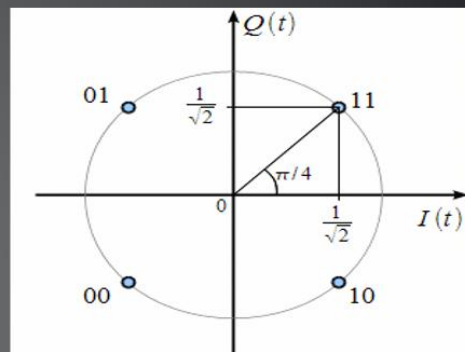
x - четные импульсы
 y - нечетные импульсы
 $x(t)$ и $y(t)$ - биполярные импульсы
 $\cos \omega t$ - квадратурный канал
 $\sin \omega t$ - синфазный канал

Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK)



$b_0(t)$ – пара бит
 $I(t)$ - синфазный сигнал
 $Q(t)$ – квадратурный сигнал

Векторная диаграмма QPSK



$I(t)$ - синфазный сигнал
 $Q(t)$ – квадратурный сигнал

Слайд : Схема квадратурного модулятора

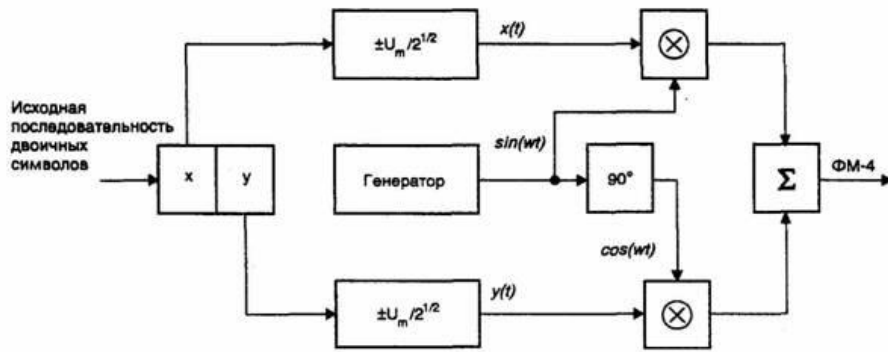


Рис. 7. Схема квадратурного модулятора

X-четные импульсы; y - нечетные импульсы; x(t) и y(t) - биполярные импульсы; $\cos \omega t$ - квадратурный канал ; $\sin \omega t$ - синфазный канал

Исходная последовательность двоичных символов длительностью T при помощи регистра сдвига разделяется на нечетные импульсы y , которые подаются в квадратурный канал ($\cos \omega t$), и четные — x , поступающие в синфазный канал ($\sin \omega t$). Обе последовательности импульсов поступают на входы соответствующих формирователей манипулирующих импульсов, на выходах которых образуются последовательности биполярных импульсов $x(t)$ и $y(t)$. Манипулирующие импульсы имеют амплитуду $\pm U_m$ и длительность $2T$. Импульсы $x(t)$ и $y(t)$ поступают на входы канальных умножителей, на выходах которых формируются двухфазные (0, Π) ФМ колебания. После суммирования они образуют сигнал ФМ-4. В соответствии с методом формирования сигнал ФМ-4 также называют квадратурным ФМ сигналом (QPSK — Quadrature PSK).

Слайд: Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK)

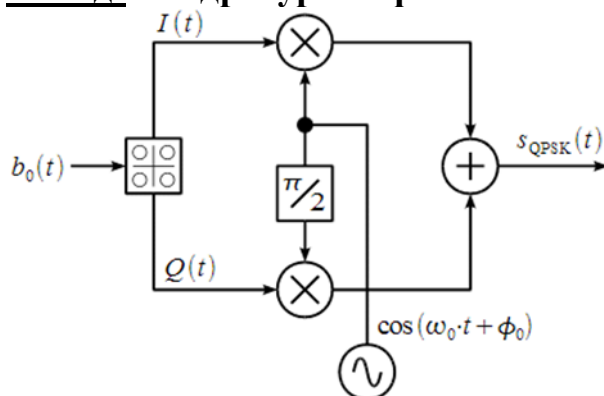


Рис. 8. Структурная схема квадратурного модулятора

$B_0(t)$ – пара бит; $I(t)$ - синфазный сигнал

$Q(t)$ – квадратурный сигнал

В данной схеме главным узлом являются аналоговые умножители, которые переносят квадратурный сигнал на высокую частоту. После суммирования результирующего сигнала в аналоговом сумматоре на выходе остается узкополосный высокочастотный процесс, промодулированный по заданному закону.

Структурная схема QPSK модулятора на основе универсального квадратурного модулятора показана на рисунке 4.

Компоненты $I(t)$ и $Q(t)$ сдвинуты на 90° . В частотной области фазовый сдвиг -90° соответствует умножению на преобразование Гилберта.

Оно преобразует четно-симметричный спектр в спектр с нечетной симметрией и наоборот. Спектры $I(t)$ и $Q(t)$ всегда имеют разную симметрию. Понижающее преобразование четной компоненты $sI(t)$ четной функцией гетеродина (косинус) позволяет найти $I(t)$, в то время как преобразование $Q(t)$ нечетной функцией (синус) позволяет найти $Q(t)$. Комбинации четных с нечетными компонент дают ноль.

Погрешность φ в квадратурном соотношении между выходами гетеродина вызывает появление перекрестных помех между каналами I и Q . Будем считать канал I опорным. Тогда четная компонента в канале Q имеет вид.

Слайд: Векторная диаграмма QPSK сигналов

Для того чтобы понять как один символ кодирует сразу два бита рассмотрим рисунок 9.

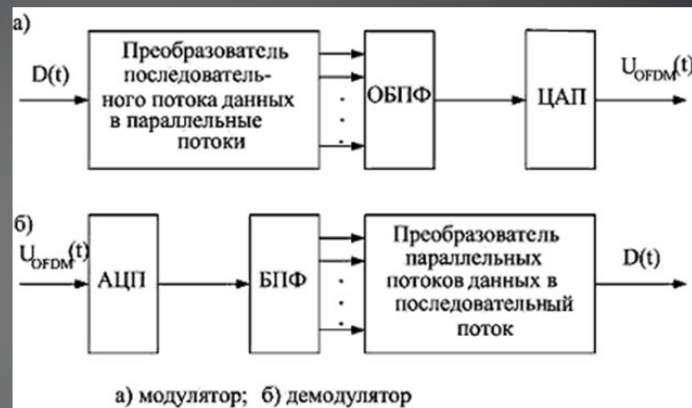


Рис. 9. Векторная диаграмма QPSK сигналов

В четырехпозиционной фазовой модуляции используются четыре значения фазы несущего колебания. В этом случае фаза $y(t)$ сигнала, принимает четыре значения: 0° , 90° , 180° и 270° . Однако чаще используются другие значения фаз: 45° , 135° , 225° и 315°

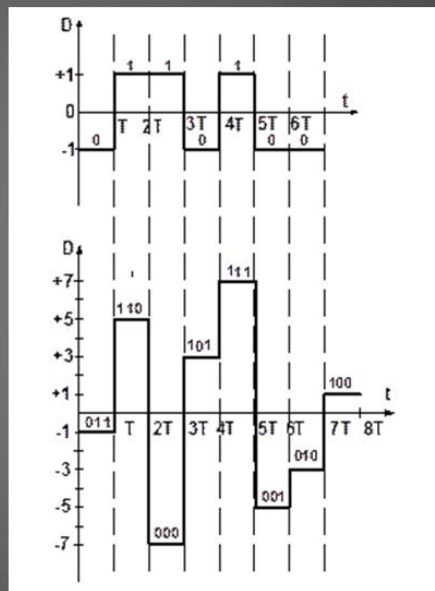
На этом же рисунке представлены значения бит, передаваемых каждым состоянием фазы несущего колебания. Каждое состояние осуществляет передачу сразу двух бит полезной информации. При этом содержимое бит выбрано таким образом, чтобы переход к соседнему состоянию фазы несущего колебания за счет ошибки приема приводил не более чем к одиночной битовой ошибке.

Функциональные схемы модуляции и демодуляции типа OFDM



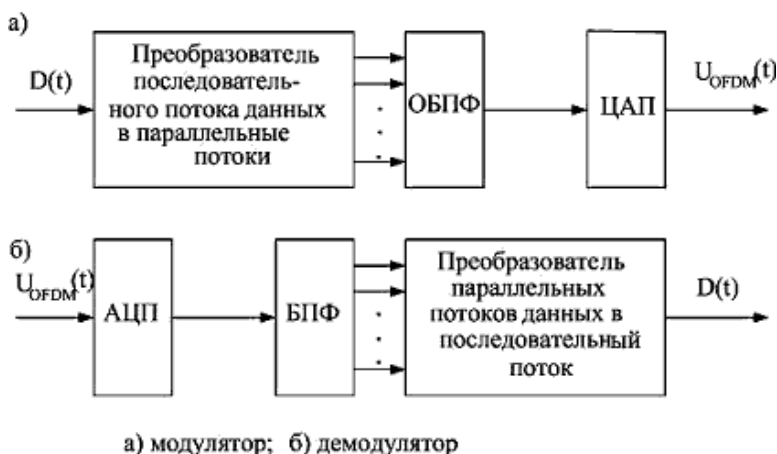
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь
 ОБПФ - обратное быстрое преобразование Фурье
 БПФ - устройство быстрого преобразования Фурье
 АЦП-аналого-цифровой преобразователь

Многоуровневая амплитудная модуляция с частично подавленной несущей и боковой полосой частот (VSB)



Слайд : Функциональные схемы модуляции и демодуляции типа OFDM с помощью обратного и прямого преобразований Фурье

Применение восьми тысяч синтезаторов несущих колебаний и восьми тысяч модуляторов сделало бы такую систему передачи очень громоздкой и практически невозможной для реализации. Но разработки алгоритмов и промышленный выпуск интегральных схем процессоров быстрого преобразования Фурье позволили решить эту проблему



а) модулятор; б) демодулятор

Рис. 10. Функциональные схемы модуляции и демодуляции типа OFDM с помощью обратного и прямого преобразования Фурье

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

ОБПФ - обратное быстрое преобразование Фурье

БПФ - устройство быстрого преобразования Фурье

АЦП-аналого-цифровой преобразователь

А)Прямое преобразование конвертирует сигнал в спектр, Б)обратное — спектр в сигнал

Ведь перемножение некоторых коэффициентов на гармонические колебания разных частот, удовлетворяющих вышеприведенным условиям, и суммирование полученных произведений представляет собой не что иное, как вычисление обратного преобразования Фурье, коэффициентами для вычисления которого являются распараллеленные потоки данных. Поскольку все вычисления производятся в цифровой форме, то на выходе появляется ЦАП. Демодуляция может быть построена на базе прямого преобразования Фурье (см. рисунок 10, б), где БПФ - устройство быстрого преобразования Фурье. Естественно, что в этом случае на входе должен стоять АЦП. В большинстве быстрых алгоритмов Фурье размер массива, подвергающегося преобразованию, кратен целой степени числа 2. Режим 2k пригоден для вещания одиночным передатчиком и для построения малых одночастотных сетей с ограниченными расстояниями между передатчиками. Режим 8k применяется в тех случаях, когда необходимо построение больших одночастотных сетей.

Передаваемый сигнал, модулированный способом OFDM, организован в кадры. Четыре кадра образуют суперкадр. Каждый кадр состоит из 68 символов, каждый символ - из 6817 несущих (режим 8k = 8192), из которых

часть используется для синхронизации и управления. Число полезных несущих равно 6048. Для режима $2k = 2048$ из 1705 несущих полезными являются 1512.

Для достижения требуемой помехоустойчивости модулирующие потоки данных могут кодироваться кодами с разными скоростями.

Слайд : Многоуровневая амплитудная модуляция с частично подавленной несущей и боковой полосой частот (VSB).

Сравним двухуровневый сигнал с восьмиуровневым

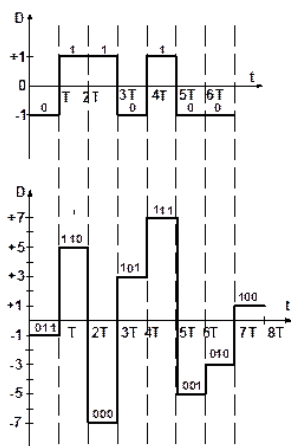


Рис.11. Двухуровневые и восьмиуровневые модулирующие сигнал

При двухуровневом модулирующем сигнале, он полностью повторяет сигнал передаваемых данных. При высоком уровне - +1, при низком - -1. Таким образом один уровень может переносить информацию только одного бита.

При восьмиуровневом, модулирующий сигнал на интервале одного символа может принимать один из восьми уровней, а значит переносить информацию сразу о трех битах. Ясно, что при одинаковой скорости передачи символов (что соответствует одинаковой полосе занимаемых частот) пропускная способность восьмиуровневой модуляции в три раза больше. Модуляция VSB может работать с разными модулирующими сигналами: 2-VSB, 4-VSB, 8-VSB, 16-VSB, ...N-VSB. Число показывает количество уровней модулирующего сигнала $N=2^n$, где n – количество бит, влияющих на выбор уровня модуляции. Итак, использование многоуровневой модуляции приводит к увеличению скорости передаваемых данных при той же полосе частот, или к уменьшению полосы частот при той же скорости данных.

Но нельзя бесконечно увеличивать количество позиций модулирующего сигнала. Ведь на приемном конце демодулятор должен сделать выбор между этими разрешенными уровнями. Сигнал будет искажен и насыщен шумами, а детектировать сигнал необходимо точно. Ясно, что чем больше позиций у модулирующего сигнала, тем труднее приемнику будет сделать правильный выбор. По этому необходимо согласовывать выбор модуляции с характеристиками канала связи.

Стандарты цифрового наземного телевизионного вещания

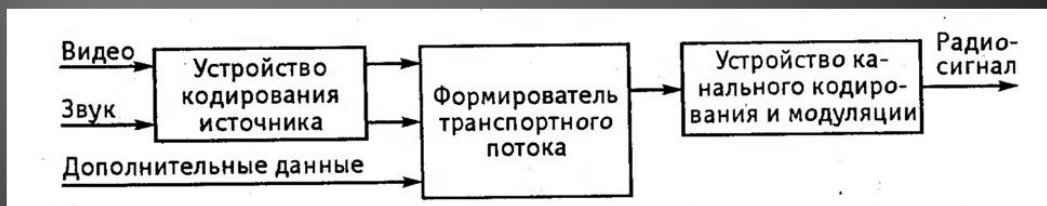
В настоящее время разработаны, исследованы и предложены для международной стандартизации и внедрения три стандарта цифрового наземного ТВ вещания (ЦНТВ):



- DVB-T (Европа) с многочастотной схемой модуляции OFDM (частотное распределение ортогональных несущих);
- ISDB-T (Япония) с многочастотной схемой модуляции BST-OFDM (частотное распределение ортогональных несущих в сегментах спектра);
- ATSC (США) с одночастотной схемой модуляции 8-VSB (однополосная АИМ) .

Концепцию построения цифровых телевизионных систем

Концепция построения систем наземного цифрового телевизионного вещания отвечает принципу модульности. В их структуре можно выделить три подсистемы, выполняющих кодирование источника, формирование транспортного потока, канальное кодирование и модуляцию.



Цифровая система наземного телевизионного вещания

Слайд: Стандарты цифрового наземного телевизионного вещания

Международная стандартизация тракта передачи в наземном цифровом ТВ вещании основывается на обобщенной структурной схеме тракта цифрового телевидения и, как в случае ТВЧ, предусматривает возможность сохранения существующих наземных каналов с номинальными полосами частоты 6, 7 и 8 МГц.

В последние годы для цифрового наземного ТВ вещания на базе MPEG-2 предлагались три системы: ATSC, разработанная в США; DVB-T, разработанная в Европе, и ISDB-T, разработанная в Японии. удалось минимизировать различия систем по функциональным средствам, а также гармонизировать их в отношении кодирования видео и звуковых сигналов и транспортного уровня. Гармонизированный набор функциональных средств позволяет создавать единый декодер. Благодаря этому удалось преобразовать три региональные системы в международные цифровые системы наземного вещания соответственно в Системы А, В и С.

Слайд: Концепция построения цифровых телевизионных систем

Концепция построения систем наземного цифрового телевизионного вещания отвечает принципу модульности. В их структуре можно выделить три подсистемы, выполняющих кодирование источника, формирование транспортного потока, каналное кодирование и модуляцию.

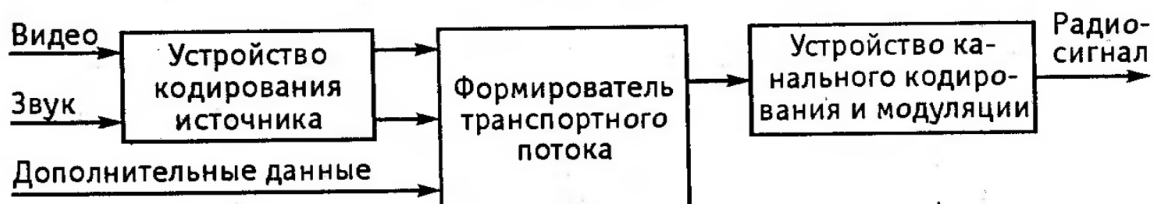


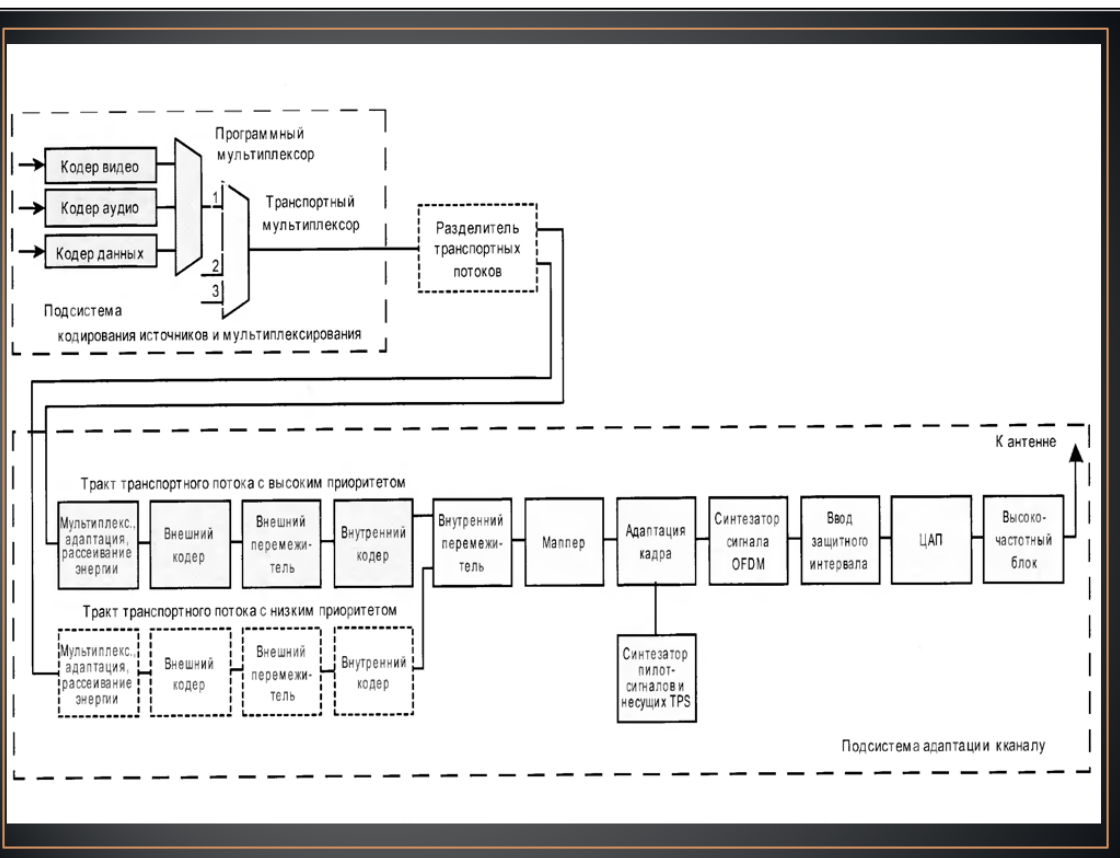
Рис. 12. Цифровая система наземного телевизионного вещания

Стандарты DVB

Среди всех систем цифрового наземного ТВ вещания система DVB-T развивается наиболее динамично. В Европе в рамках консорциума DVB Project (Digital Video Broadcasting ' Project - проект цифрового видеовещания) разработаны стандарты DVB, которые применяются в системах цифрового аудио- и видеовещания и передачи данных по спутниковым, кабельным и наземным сетям и определяют соответствующие системные



рекомендации для кабельного (DVB-C), наземного (DVB-T), спутникового (DVB-S) телевизионного вещания, а также для микроволнового многоточечного распределения (сотового телевидения).



Слайд: Стандарты DVB

Среди всех систем цифрового наземного ТВ вещания система DVB-T развивается наиболее динамично. Система DVB-T завоевывает все больше сторонников, поскольку обеспечивает наиболее высокое качество среди всех возможных применений. Успехам семейства систем DVB-T, -S, -C способствует широкая стандартизация всех subsystems и технологий, которые могут найти применение не только сегодня, но и в отдаленной перспективе с учетом прогресса других телекоммуникационных систем и изменения структуры и конъюнктуры рынка. Систему DVB-T из-за ее универсальности и многофункциональности приняли в качестве национального стандарта многие страны мира: Австралия, Бельгия, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Индия, Ирландия, Испания, Италия, Литва, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Польша, Португалия, Сингапур, Словакия, Словения, Турция, Украина, Финляндия, Франция, Хорватия, Чехия, Швейцария, Швеция .

Слайд: Структурная схема передающей части системы DVB-T.

Для обеспечения всех необходимых требований по адаптации потока данных к радиоканалу вещания в составе передающего комплекта системы DVB-T имеются устройства кодирования для канала, мультиплексирования и модуляции. На рисунке упрощенно показана также подсистема кодирования источников информации и их мультиплексирования в транспортный поток. Выход транспортного мультиплексора является точкой стыка subsystems формирования и передачи транспортных пакетов. Таким образом, входным сигналом тракта адаптации является поток транспортных пакетов фиксированной длины 188 байт, из которых один (первый) байт служит для цикловой синхронизации. Для более равномерного распределения (дисперсии) энергии радиосигнала в полосе канала входной поток подвергается рандомизации (скремблированию).

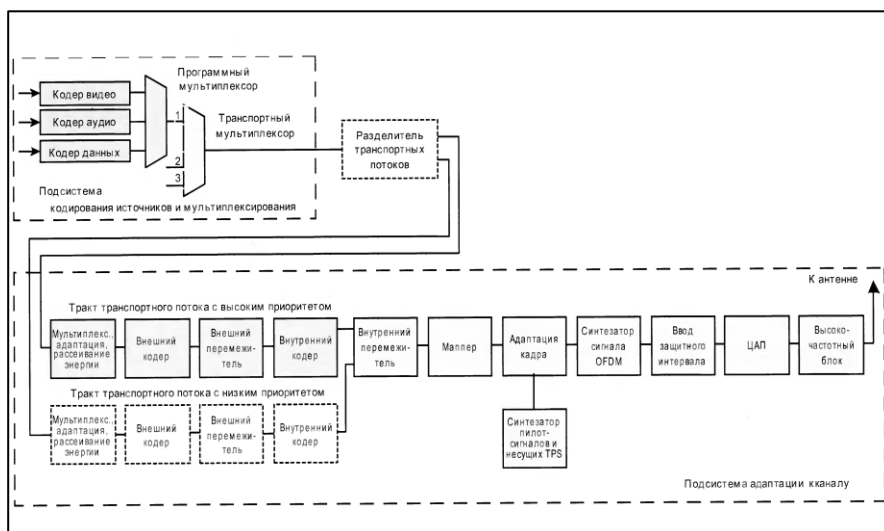
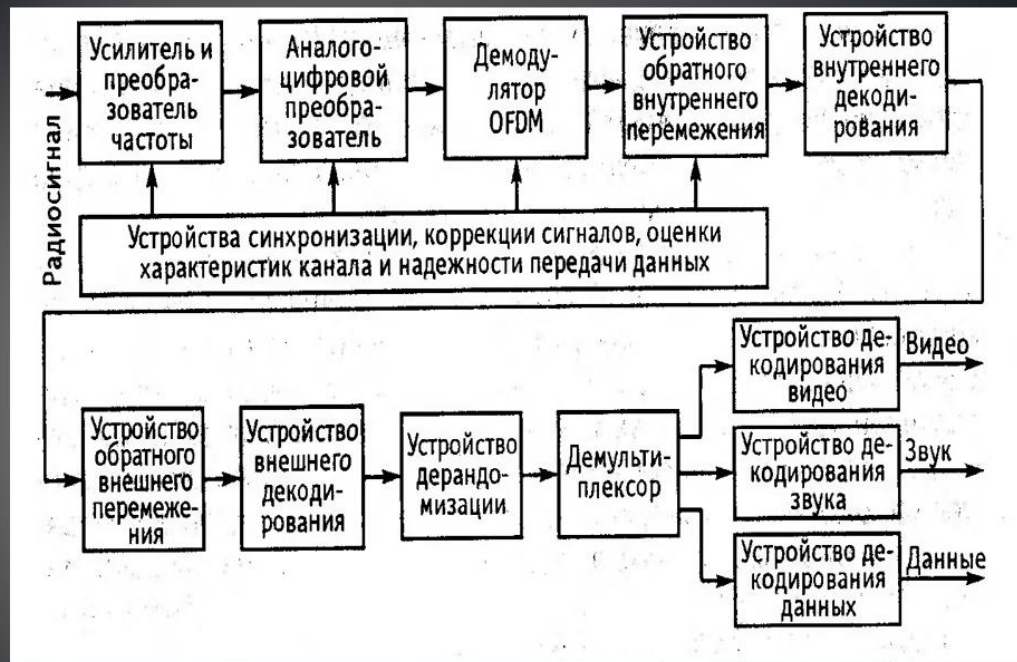


Рис. 13. Структурная схема передающей части системы DVB-T



Структурная схема приемного устройства стандарта цифрового наземного телевидения DVB-T.

Требования к стандарту DVB

- - стандарт должен поддерживать концепцию контейнера данных и возможность переносить любые типы данных;
- - должен обеспечивать высокую помехозащищенность;
- - должен быть максимально унифицирован со стандартами на спутниковую и кабельную системы передачи с целью удешевления производства многостандартных декодеров;
- - должен допускать обслуживание с существующих передающих центров и прием на уже используемые антенны;
- - должен поддерживаться прием на комнатные антенны и переносимые телевизоры;
- - должен иметь выход цифровых данных для выделения сигналов дополнительных служб, желательно наличие модема для организации канала взаимодействия.

Слайд: Структурная схема приемного устройства стандарта цифрового наземного телевидения DVB-T

В стандарте DVB-T используется сочетание двух видов кодирования - внешнего и внутреннего, рассчитанных на борьбу с ошибками различной структуры, частоты и статистических свойств и обеспечивающих при совместном применении практически безошибочную работу (такой подход типичен и для других сфер, например, для цифровой видеозаписи). Если благодаря работе внутреннего кодирования частота ошибок на выходе внутреннего декодера не превышает величины 2×10^{-4} , то система внешнего кодирования доводит частоту ошибок на входе демультимплексора MPEG-2 до значения 10^{-11} , что соответствует практически безошибочной работе (ошибка появляется примерно один раз в течение часа).

Кодирование обязательно связано с введением в поток данных некоторой избыточности и соответственно с уменьшением скорости передачи полезных данных, поэтому наращивание мощности кодирования за счет увеличения объема проверочных данных не всегда соответствует требованиям практики. Для увеличения эффективности кодирования, без снижения скорости кода, применяется перемежение данных. Кодирование позволяет обнаруживать и исправлять ошибки, а перемежение увеличивает эффективность кодирования, поскольку пакеты ошибок дробятся на мелкие фрагменты, с которыми справляется система кодирования.

Система DVB-T имеет два идентичных по структуре тракта рандомизации и помехоустойчивого кодирования. Такое построение позволяет *использовать иерархические методы независимого кодирования двух потоков данных* для организации их приоритетного приема в зонах вещания с различной площадью покрытия. Общая часть тракта подсистемы адаптации служит для преобразования потоков данных в комбинации битов, соответствующих модулированным посылкам, ввода сигналов цикловой синхронизации и управления, *формирования защитных временных интервалов*, преобразования цифровых сигналов в модулированный групповой спектр COFDM, переноса его в полосу канала вещания, усиления и излучения в эфир.

Построение подсистемы кодовой защиты в системе DVB-T выполнено по традиционному для систем ЦНТВ каскадному принципу. Для защиты от ошибок в демодулируемом сигнале COFDM служит внутренний сверточный кодек с набором различных кодовых скоростей и относящийся к нему блок внутреннего перемежения-деперемежения битов. Для исправления пакетов ошибок и дополнительного снижения вероятности ошибки в декодированном сигнале служит внешний кодек Рида-Соломона и внешний перемежитель-деперемежитель байтов транспортного потока.

Классификация отечественных современных приемников

Современные отечественные стационарные телевизоры классифицируются на 3 группы:

- Унифицированные стационарные полупроводниково-интегральные телевизоры 3-ого поколения – ЗУСЦТ;
- Унифицированные стационарные полупроводниково-интегральные телевизоры 4-ого поколения - 4УСЦТ;
- Унифицированные стационарные полупроводниково-интегральные телевизоры 5-ого поколения - 5УСЦТ

ЗУСЦТ

ЗУСЦТ – цветные стационарные телевизоры с самосведением электронных лучей (планарных) и блочно-модульную конструкцию.



«Рекорд Ц-381», 1984 год



«Электрон Ц-280», 1985 год

Слайд: Классификация отечественных современных приемников.

Современные отечественные стационарные телевизоры классифицируются на 3 группы:

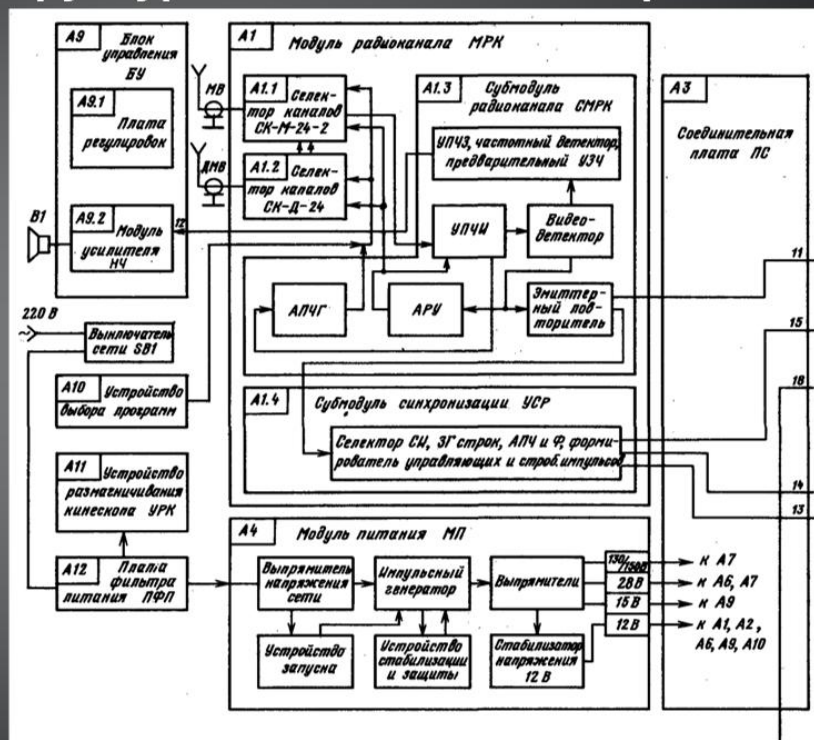
- Унифицированные стационарные полупроводниково-интегральные телевизоры 3-ого поколения – 3УСЦТ;
- Унифицированные стационарные полупроводниково-интегральные телевизоры 4-ого поколения - 4УСЦТ;
- Унифицированные стационарные полупроводниково-интегральные телевизоры 5-ого поколения - 5УСЦТ;

Слайд: ЗУСЦТ

ЗУСЦТ – цветные стационарные телевизоры с самосведением электронных лучей (планарных) и блочно-модульную конструкцию.

Состоят из унифицированной и неунифицированной частей. К **унифицированной части** относятся кассетно-модульное базовое шасси (моно-шасси), объединяющее три кассеты: обработки сигналов, развертки и импульсного питания. К **неунифицированной части** относится блок управления.

Структурная схема телевизора ЗУСЦТ



4УСЦТ

Телевизоры 4-ого поколения (модели 4УСЦТ) являлись модернизацией телевизионных приемников серии ЗУСЦТ. Они рассчитаны на прием телевизионных передач цветного и черно-белого изображения на частотах советского и западноевропейского стандарта, кодированных по системе SECAM и PAL.



«Горизонт 51ТЦ - 414Д»,



«Электрон 61ТЦ - 451Д», 1990 год

Слайд: Структурная схема телевизора ЗУСЦТ

Блок управления (БУ) А9 предназначен для оперативной регулировки громкости, яркости, насыщенности и контрастности, а так же для настройки на телевизионные программы, принимаемые в данной местности. В его состав входит плата регулировок А9.1 и модуль усилителя А9.2.

Напряжение электрической цепи поступает через выключатель SB1, подается на плату фильтра питания А12, откуда поступает на модуль питания А4 и устройство размагничивания кинескопа А11.

Модуль радиоканала А1 предназначен для селекции радиосигналов вещательного телевидения, их преобразования в сигналы промежуточной частоты, формирования полного цветкового телевизионного сигнала и сигналов звуковой частоты.

С выхода видеодетектора полный цветовой телевизионный сигнал поступает на устройство автоматической регулировки усиления (APY), в канал звукового сопровождения и через эмиттерный повторитель в субмодуль синхронизации А1.4, а через соединительную плату А3 в модуль цветности А2 и субмодуль цветности А2.1. Устройство APY охватывает своей регулировкой селекторы телевизионных каналов А1.1, А1.2 и усилитель промежуточной частоты сигналов изображения.

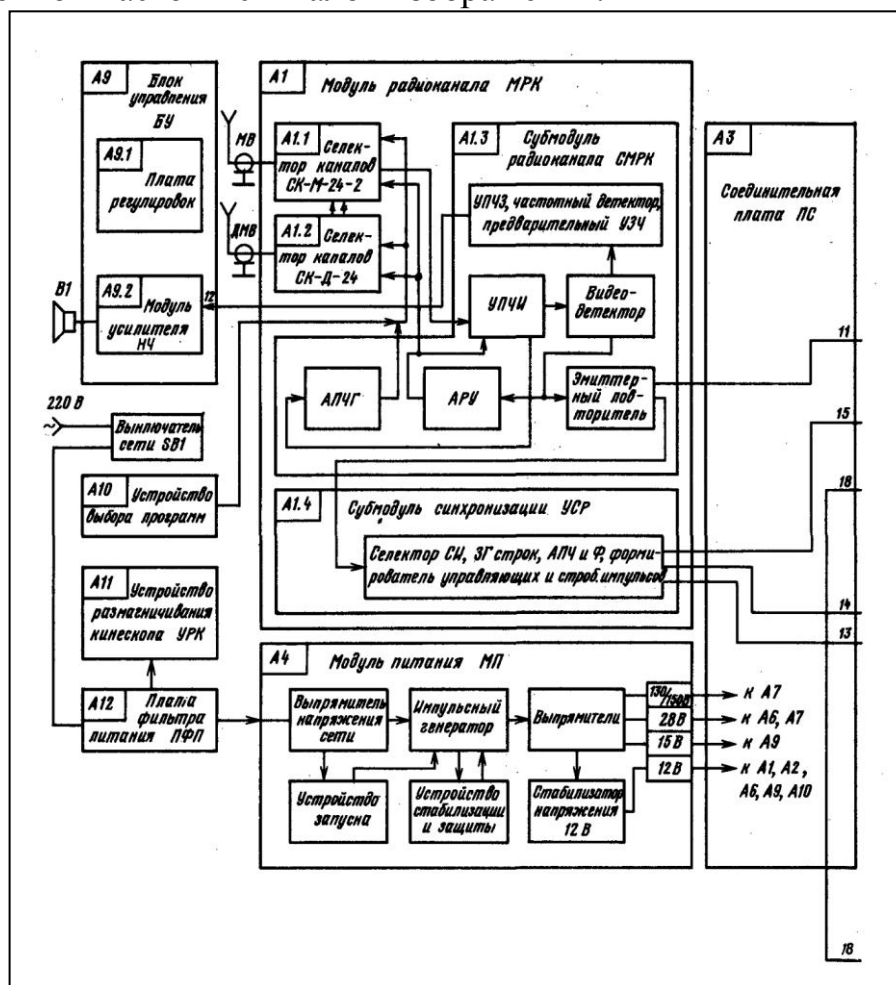


Рис. 14. Структурная схема телевизора ЗУСЦТ

В submodule синхронизации А1.4 амплитудный селектор выделяет кадровые и строчные импульсы запуска из полного цветового телевизионного сигнала. Кадровые строчные импульсы запуска через соединительную плату А3 поступают на вход задающего генератора в модуль кадровой развертки А6, а строчные – через устройство автоматическая подстройка частоты и фазы корректируют частоту и фазу управляющих импульсов, которые создает задающий генератор строчной развертки в А1.4. В submodule А1.4 формируются так же специальные стробирующие импульсы, которые необходимы для работы устройства цветовой синхронизации в submodule цветности А2.1 и фиксации уровня черного модуля цветности А2.

С выхода задающего генератора через соединительную плату А3 импульсы запуска поступают в модуль строчной развертки А7.

В модуль цветности А2 находится так же канал яркости, в котором осуществляется электронная регулировка контрастности, яркости, режекция сигналов цветности, усиление цветоразностных сигналов с регулировкой насыщенности и первая фиксация уровня черного, а также ограничения тока лучей. В модуль цветности МЦ-2 размещается формирователь импульсов гашения лучей на обратных ходах строчной и кадровой разверток. Он связан с модуляторами кинескопа. На вход формирователя поступают импульсы с выходного каскада строчной развертки и с модуля кадровой развертки А6.

Модули строчной А7 и кадровой А6 разверток предназначены для создания отклоняющих токов строчной и кадровой частоты и формирования ряда импульсных напряжений, необходимых для функционирования устройств стабилизации размеров, автоматическая подстройка частоты и фазы и устройства ограничения тока лучей (ОТЛ).

Модуль строчной развертки А7 состоит из предварительного усилителя, выходного каскада и submodule коррекции раstra А7.1, предназначенный для устранения геометрический искажений вертикальных линий и стабилизация размера по горизонтали.

В модуль кадровой развертки А6 входят задающий генератор, формирователь импульсов гашения, каскад регулировки размера, линейности и режима, предварительный усилитель, выходной каскад и генератор импульсов обратного хода.

На плате кинескопа А8 размещены разрядники, ограничительные резисторы, а также регуляторы ускоряющего и фокусирующего напряжений.

Модуль напряжений А4 включает в себя выпрямитель напряжения сети, импульсный генератор, устройство стабилизации и защиты от перегрузки и устройство запуска. Импульсные выпрямители обеспечивают напряжение 130...150, 28 и 15 В и стабилизированное напряжение 12 В. Напряжение сети поступает на модуль напряжений через плату фильтра питания А12. На плату фильтра питания расположены помехоподавляющие цепи и позисторы устройства размагничивания кинескопа. Модули связаны с источниками питания через соединительную плату ПС А3.

Слайд: 4УСЦТ

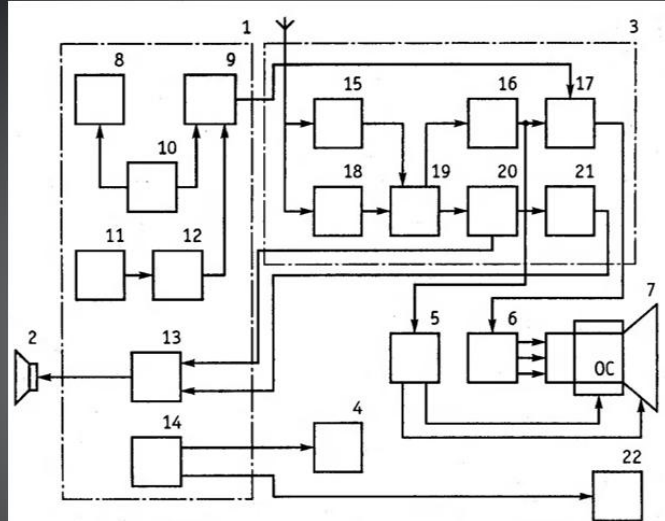
Телевизоры 4-ого поколения (модели 4УСЦТ) являлись модернизацией телевизионных приемников серии 3УСЦТ. Они рассчитаны на прием телевизионных передач цветного и черно-белого изображения на частотах советского и западноевропейского стандарта, кодированных по системе SECAM и PAL.

Модели 4УСЦТ имеют систему дистанционного управления на инфракрасных лучах, цифроаналоговые преобразователи для регулировки яркости, контрастности, насыщенности и громкости, декодирование сигналов по системам SECAM и PAL или декодирование сигналов по системе SECAM., но с возможностью установки дополнительного функционального узла для декодирования сигналов по системе PAL, возможность подключения видеомагнитофона для записи и воспроизведения телевизионных передач и видеофильмов в цветном изображении в системах SECAM и PAL, возможность установки соединителя в канале цветности для подключения компьютера.

Так же в дополнение к автоматическим регулировкам, имеющимся в телевизорах 3УСЦТ, в нем предусмотрено автоматическое отклонение от электрической сети при аварийной ситуации (искрение в цепях высокого напряжения, чрезмерный ток лучей кинескопа) и при отсутствии сигнала на входе телевизора (например, по окончании телепередач).

Конструктивно телевизоры 4УСЦТ выполнены аналогично телевизорам 3УСЦТ, а заводы-изготовители выпускали смешанные (переходные) модели из блоков для телевизоров 3УСЦТ, 4УСЦТ и 5УСЦТ с частичным применением специально разработанной элементной базы.

Структурная схема телевизора 4УСЦТ



- 1.Блок управления;
- 2.Акустическая система;
- 3.Модуль обработки сигналов;
- 4.Модуль питания;
- 5.Модуль разверток;
- 6.Плата кинескопа;
- 7.Цветной кинескоп;
- 8.Индекатор принимаемой программы;
- 9.Плата местного управления ;
- 10.Модуль предварительной настройки;
- 11.Фотоприемник инфракрасного излучения;
- 12.Модуль ДУ;
- 13.Регулятор тембров;
- 14.Плата сетевого фильтра;
- 15.Селектор каналов ДМ диапазона;

- 16.Усилитель промежуточной частоты изображения;
17. Блок цветности;
- 18.Селектор каналов метрового диапазона;
- 19.Разделительный фильтр;
20. Блок усиления промежуточной частоты сигнала звукового сопровождения и частотного детектирования
21. Усилитель звуковой частоты

5УСЦТ

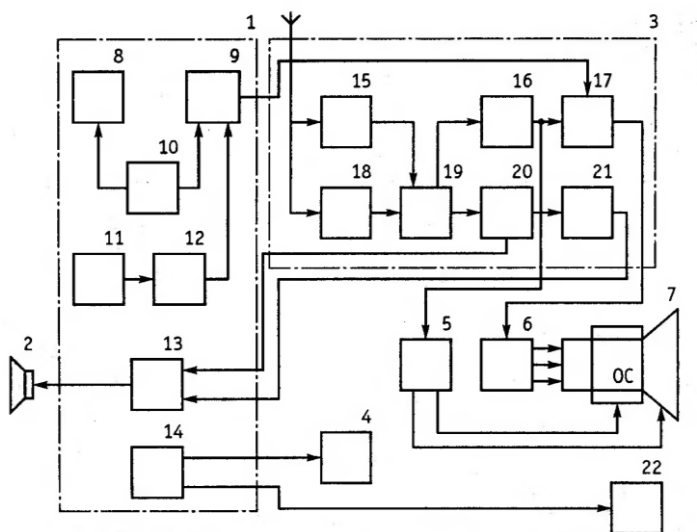
К телевизорам 5-го поколения относят аналого-цифровые телевизоры с микропроцессорным управлением, но с аналоговой обработкой сигналов изображения и звука.

Отличительный признак телевизора 5УСЦТ – управление телевизором и его настройка осуществляются с помощью микропроцессора.



«Горизонт – 51СТВ – 510»

Слайд: Структурная схема телевизора 4УСЦТ



В состав телевизора серии 4УСЦТ входят: блок управления 1, акустическая система 2, модуль обработки сигналов 3, модуль питания 4, модуль разверток 5, плата кинескопа 6, цветной кинескоп 7. Блок управления состоит, из индикатора принимаемой программы 8, платы местного управления 9, модуля предварительной настройки 10, фотоприемника инфракрасного излучения 11, модуля дистанционного управления 12, модуля дополнительных регулировок, содержащего регуляторы тембров 13, и платы сетевого фильтра (ПСФ) 14..

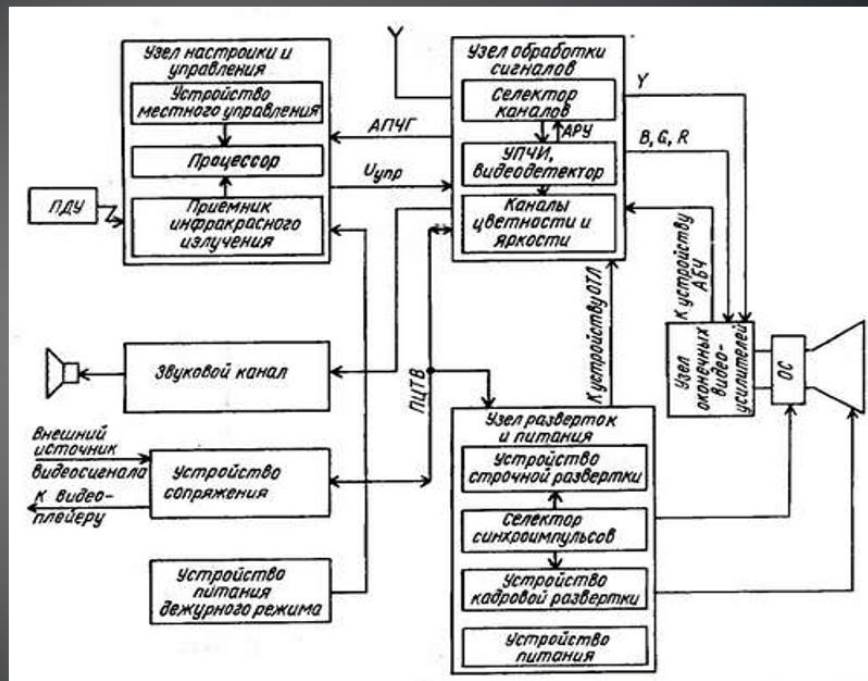
В состав модуля обработки сигналов входят: селектор каналов дециметрового диапазона 15, усилитель промежуточной частоты изображения 16, блок цветности 17, селектор каналов метрового диапазона 18, разделительный фильтр 19, блок усиления промежуточной частоты сигнала звукового сопровождения и частотного детектирования 20, усилитель низкой частоты 21.

В модуль разверток состоит из генераторов строчной и кадровой разверток.

В генератор строчной развертки входят предварительный усилитель, выходной каскад, устройство коррекции ТВ раstra, предназначенное для устранения геометрических искажений вертикальных линий и стабилизации размера по горизонтали. В генераторе строчной развертки формируются напряжения для питания анода, фокусирующего и ускоряющего электродов кинескопа, которые создаются с помощью умножителя напряжения. Кроме того, в генераторе строчной развертки формируется напряжение 220 В для питания выходных усилителей сигналов основных цветов.

В состав генератора кадровой развертки входят: задающий генератор, формирователь КГИ, устройства регулировки размера, линейности ТВ раstra, предварительный усилитель, выходной каскад и генератор импульсов обратного хода.

Структурная схема телевизора 5УСЦТ



Современные телевизоры

В современной телевизионной отрасли существует четыре основных типов телевизоров. К ним относятся:

- 1) телевизоры с электронно-лучевой трубкой;
- 2) проекционные телевизоры;
- 3) жидкокристаллические телевизоры;
- 4) плазменные панели;



Эволюция телевизоров

Слайд: 5УСЦТ

К телевизорам 5-го поколения относят аналого-цифровые телевизоры с микропроцессорным управлением, но с аналоговой обработкой сигналов изображения и звука.

Итогом технологических и схемотехнических усовершенствований явилось также расширение функциональных возможностей телевизора 5 поколения: 1) способность распознавать различные системы ЦТ (SECAM, PAL, NTSC) и принимать сигналы, закодированные по этим системам и имеющие различные телевизионные стандарты;

2) наличие дистанционного управления телевизором;

3) защищенность от неправильной эксплуатации телевизора: его отключение в аварийном режиме, в отсутствие телевизионной передачи, при слишком длительной непрерывной эксплуатации и т.п.

Анализ схем основных существующих моделей телевизоров пятого поколения телевизоров четвертого поколений позволяет сделать вывод, что существует лишь один отличительный признак: управление телевизором и его настройка осуществляются с помощью микропроцессора. При этом в основных функциональных узлах большинства моделей телевизоров пятого поколения, которые нередко называют переходными, используются модули телевизоров предыдущих поколений.

Слайд: Структурная схема 5УСЦТ

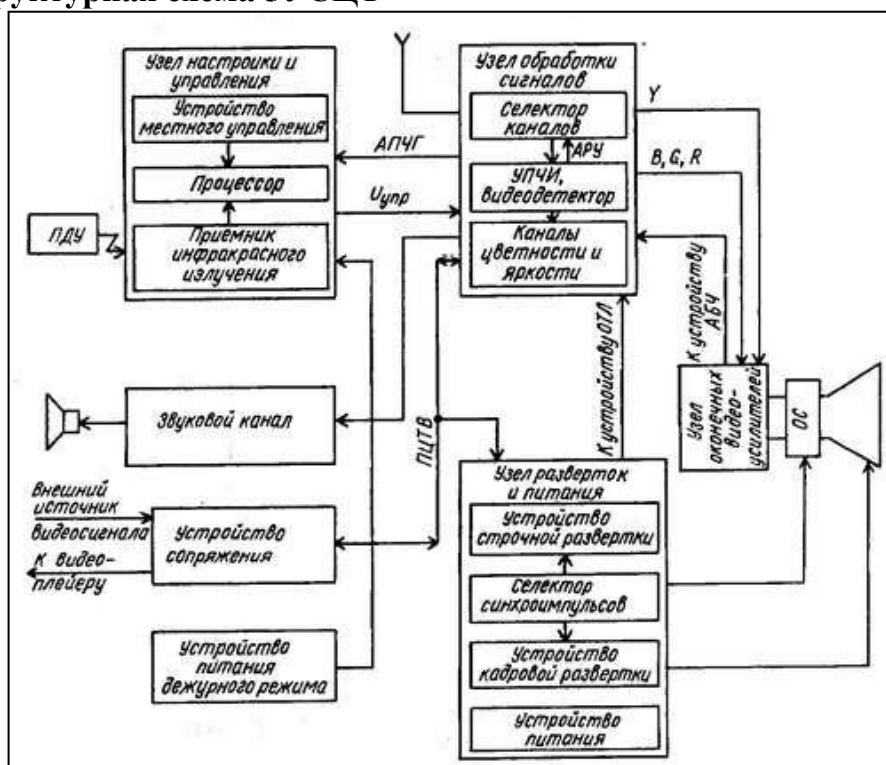


Рис. 15. Структурная схема 5УСЦТ

В предложенной структурной схеме различные устройства объединены в узлы по функциональному признаку.

Назначение отдельных узлов, входящих в структурную схему, такое же как и в телевизорах 4УСЦТ. Отличается только лишь узел настройки и управления, содержащий микропроцессор, в котором декодируются команды, принятые от ПДУ

или от платы местного управления. И с учетом информации, хранящейся в энергонезависимой памяти, обеспечивается:

- 1) формирование напряжения настройки селектора каналов с учетом частотного диапазона (I-II.III.IV-V);
- 2) блокировка АПЧГ при настройке;
- 3) переключение стандартов вещания D/K, B/G;
- 4) формирование аналоговых управляющих сигналов для электронной регулировки яркости, контрастности, насыщенности, громкости;
- 5) формирование информации, которая выводится на экран кинескопа или на световое табло;
- 6) формирование сигналов управления реле включения дежурного режима;
- 7) формирование сигналов управления режимом работы телевизора (TV-монитор);
- 8) изменение постоянной времени АПЧФ при подключении видеомагнитофона по ВЧ.

В существующих моделях телевизоров 5 поколения потенциальные возможности, обусловленные наличием микропроцессора, используются лишь частично, и следует ожидать, что в дальнейшем использование таких возможностей будет расширяться.

Слайд: Современные телевизоры

Современные телевизоры уже давно вырвались из узких понятий устройств, предназначенных лишь для демонстрации приемлемого по качеству видео и звука. Ныне речь идет о высокотехнологичных приборах, объединяющих в себе функции TV-тюнера, компьютера и мультимедийного центра.

В современной телевизионной отрасли существует четыре основных типов телевизоров.

К ним относятся:

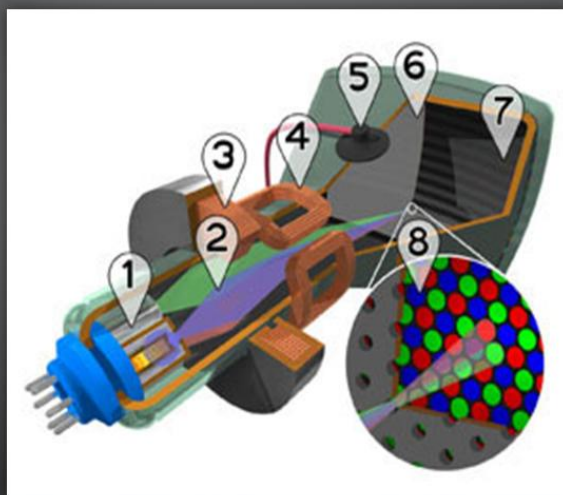
- 1) телевизоры с электронно-лучевой трубкой;
- 2) проекционные телевизоры;
- 3) жидкокристаллические телевизоры;
- 4) плазменные панели;

Телевизоры с электронно-лучевой трубкой

Устройством, формирующим в ЭЛТ-телевизорах видимое изображение, является, как следует из их названия, электронно-лучевая трубка – кинескоп.



Схема цветного кинескопа с дельтаобразным расположением электронных пушек



- 1 – электронные пушки
- 2 – электронные лучи
- 3 – устройство сведения лучей
- 4 – отклоняющие катушки
- 5 – анод
- 6 – теньевая маска
- 7 – элементы люминофора
- 8 – увеличенный фрагмент теньевой маски и решетки

Слайд: Телевизоры с электронно-лучевой трубкой

Экран ЭЛТ-телевизора является пустотелой стеклянной трубкой — кинескопом, из которого выкачан воздух, а на внутренний обращенный к нам слой стекла нанесен люминофор, который светится при "бомбардировке" его пучками электронов, вылетающими из электронно-лучевой пушки.

Устройством, формирующим в ЭЛТ-телевизорах видимое изображение, является, как следует из их названия, электронно-лучевая трубка – кинескоп.

Слайд: Схема цветного кинескопа с дельтаобразным расположением электронных пушек

Электронные лучи (2), излучаемые катодами (электронными пушками) (1) проходят через магнитное поле фокусирующей катушки и устройства сведения лучей (3). Затем магнитное поле отклоняющих катушек (4) соответствующим образом отклоняет луч по вертикали и горизонтали. На анод (5) подается высокое напряжение (до 25-27 кВ). Ускоренные электрическим полем анода, электроны проходят через теньевую маску (6), которая служит для того чтобы луч от соответствующей электронной пушки попадал только на элементы люминофора (7) соответствующего цвета.

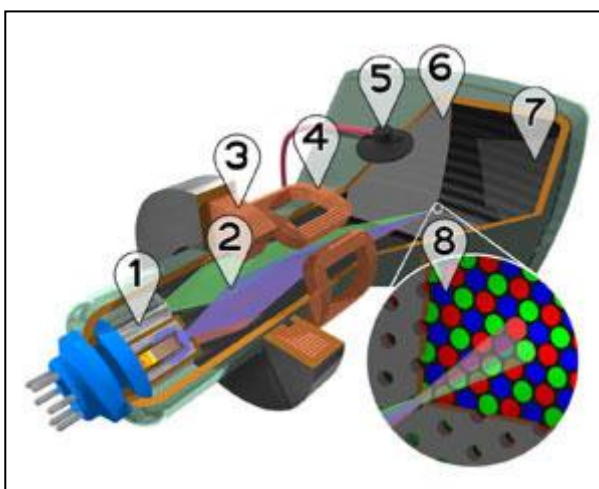


Рис. 15. Схема цветного кинескопа с дельтаобразным расположением электронных пушек.

Под воздействием электронной бомбардировки люминофор светится. Цифрой (8) на рисунке отмечен увеличенный фрагмент теньевой маски и решетки. Так как в любой отдельно взятый момент времени луч активирует только один пиксель, изображение в целом строится путем развертки: цельное изображение делится на строки, и луч по очереди «прорисовывает» их на экране. При медленном движении в одну сторону луч «рисует» изображение, затем он гасится и переходит в начало следующей строки.

Слайд: Схема цветного телевизора с планарным расположением электронных пушек

Другим вариантом является так называемое планарное размещение пушек - их оси лежат в одной плоскости. Соответственно их маски имеют другое строение, как показано на рисунке в середине и справа. Стрелками обозначен шаг пикселя.

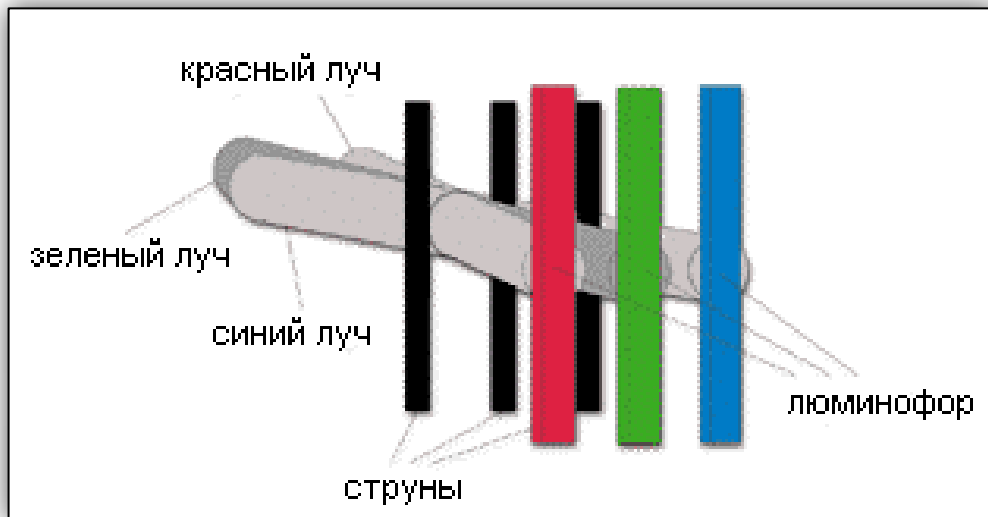


Рисунок 16. Схема телевизора с планарным расположением пушек

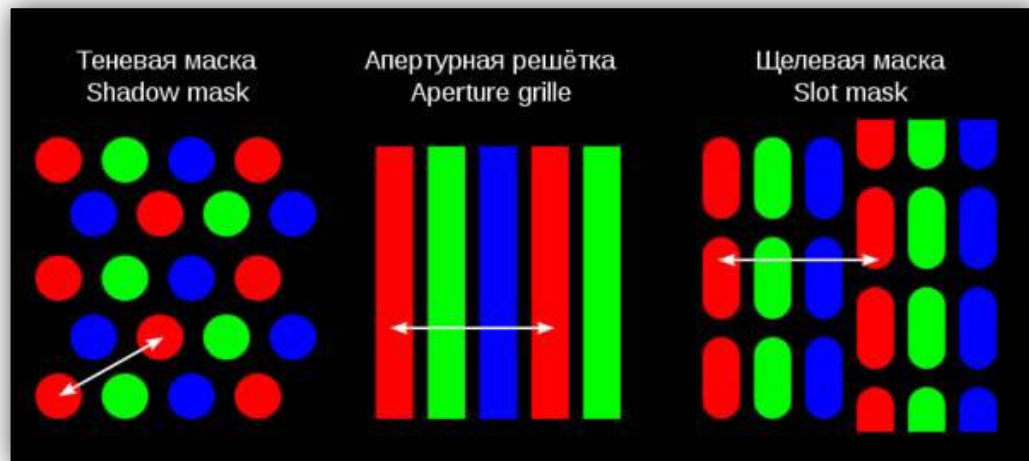


Рисунок 17. Виды масок.

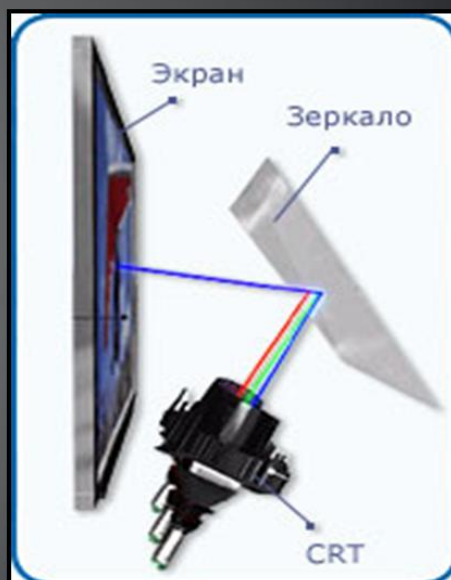
Проекционные телевизоры

Телевизор проекционный — телевизор, изображение на котором выводится на просветном (для проекционных ТВ), или отражающем (для проекторов) экране, предельный размер которого для проекционных ТВ составляет около 110 дюймов (2,5-2,82 м и менее), и до нескольких метров (и более) для проекторов.

Бывают таких разновидностей:

- на кинескопах (CRT);
- на ЖК (LCD) матрицах;
- на ЖК матрицах на кремниевой подложке (LCOS);
- с микрзеркальным устройством (DLP или, они же, DMD).

Формирование изображения в проекционных телевизорах на кинескопах

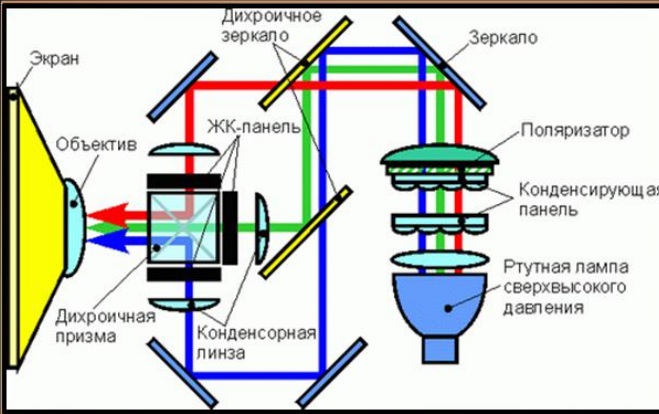


Слайд: Формирование изображения в проекционных телевизорах на кинескопах

Обычно данные телевизоры представляют собой напольные аппараты, нижняя часть которых - проекционные трубки с объективами, акустическая система и электроника, а верхняя - зеркало и просветный экран. Изображение формируется следующим образом: от трех очень ярких небольших кинескопов свет основных цветов (RGB) проходит через систему оптических линз, зеркал, призм, спрятанных в корпусе телевизора и проецируется на экран. Это приводит к значительному увеличению изображения, которое выводится на достаточно большой экран.

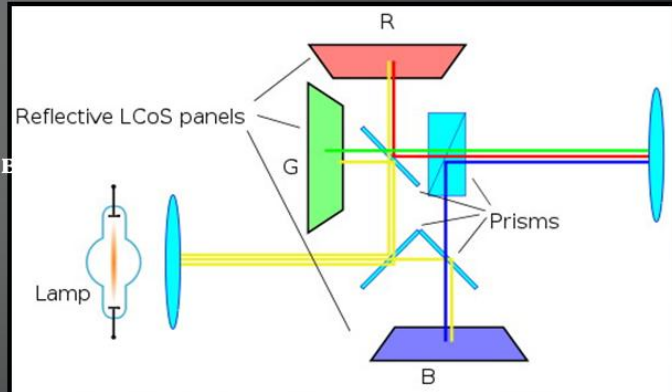


Рис. 18. Формирование изображения в проекционном кинескопном телевизоре и пример проекционного кинескопного телевизора



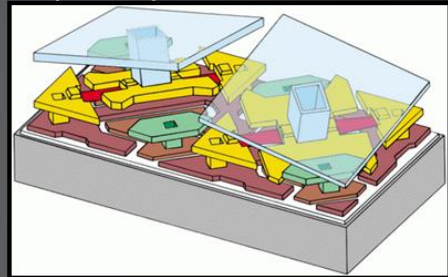
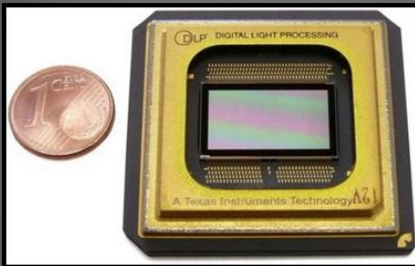
Формирование изображения в проекционных ЖК телевизорах

Формирование изображения в проекционных ЖК телевизорах на кремниевой обложке



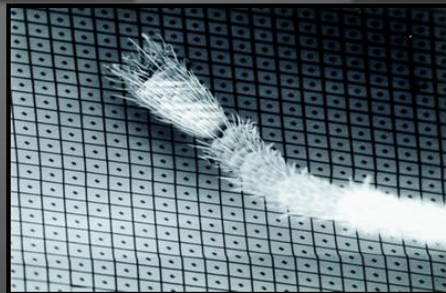
Проекционные телевизоры с микрозеркальным устройством (DLP или DMD)

В основе технологии DLP - оптический полупроводник и цифровое микрозеркальное устройство (DMD).



Микрозеркала

Лапка муравья на матрице из микрозеркал



Слайд: Формирование изображения в проекционных жидкокристаллических телевизорах и жидкокристаллических телевизорах на кремниевой подложке

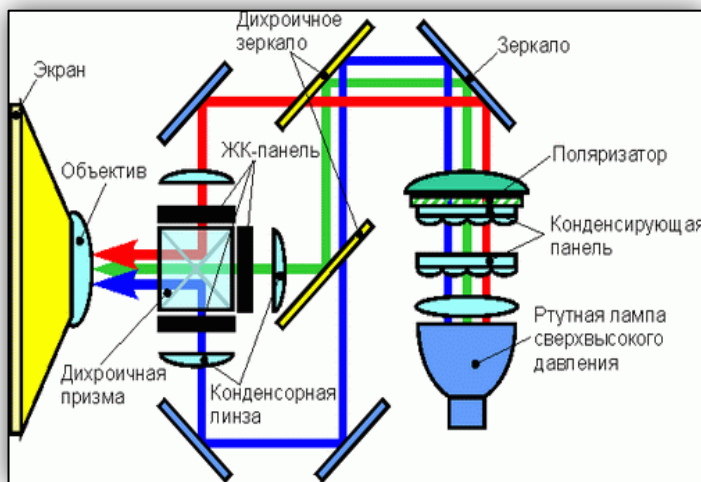


Рисунок 19. Формирование изображения в проекционных жидкокристаллических телевизорах

проходит через дихроические зеркала (взаимодействующие с потоком света благодаря интерференции света в тонкослойных покрытиях), которые разделяют его на три основных цвета. Каждый "цвет" попадает на "свою" LCD матрицу и просвечивает её. Затем оптика собирает это всё обратно (в один сплошной цветовой поток) и, через объектив, передаёт на экран (в проекторе) либо зеркало (в проекционном телевизоре).

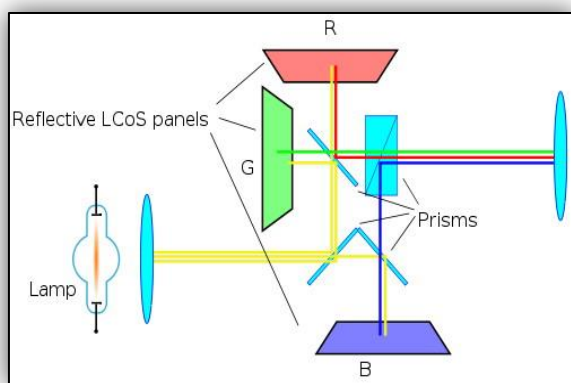


Рисунок 20. Формирование изображения в жидкокристаллических телевизорах на кремниевой подложке.

времени — попеременно на экран проецировалась красная, зеленая или синяя картинка.

На сегодняшний день используется трехчиповая технология — как и обычный LCD, LCOS использует отдельную матрицу для каждого из трех цветов. Это позволяет отображать цвета значительно аккуратнее и реалистичней.

В проекционных жидкокристаллических телевизорах вместо трёх кинескопов, используются три матрицы для основных цветов (RGB - красного, зелёного и синего) с последующим сведением трёх полученных изображений в одно, либо одна RGB (трехцветная) матрица.

Для трехматричной системы характерно разделение спектра света лампы на цветные составляющие оптическим способом. Свет поляризуется и

В жидкокристаллических телевизорах на кремниевой подложке ЖК-матрица расположена поверх единой зеркальной подложки. Свет от лампы падает на зеркальную поверхность через ЖК-матрицу. Таким образом, на экран отражается уже готовая «картинка». Для эффективного добавления цвета к черно-белому изображению используются различные способы. Изначально технология базировалась на одночиповом принципе. Свет добавлялся высокочастотным делением по

Слайд: Проекционные телевизоры с микрозеркальным устройством (DLP или DMD)

В основе технологии DLP - оптический полупроводник и цифровое микрозеркальное устройство (DMD). DMD чип представляет собой матрицу, состоящую из огромного множества микрозеркал, способных не только отражать поступающий на них световой поток, но и изменять направление его отражения.

Каждое микрозеркало – крошечная алюминиевая пластинка, размером порядка 10x10 микрон, она соответствует одному "пикселю" изображения. На рисунке можно увидеть часть конструкции, состоящую из двух микрозеркал. Каждое микрозеркало может изменять угол наклона, поворачиваясь в одну либо другую сторону (два положения).

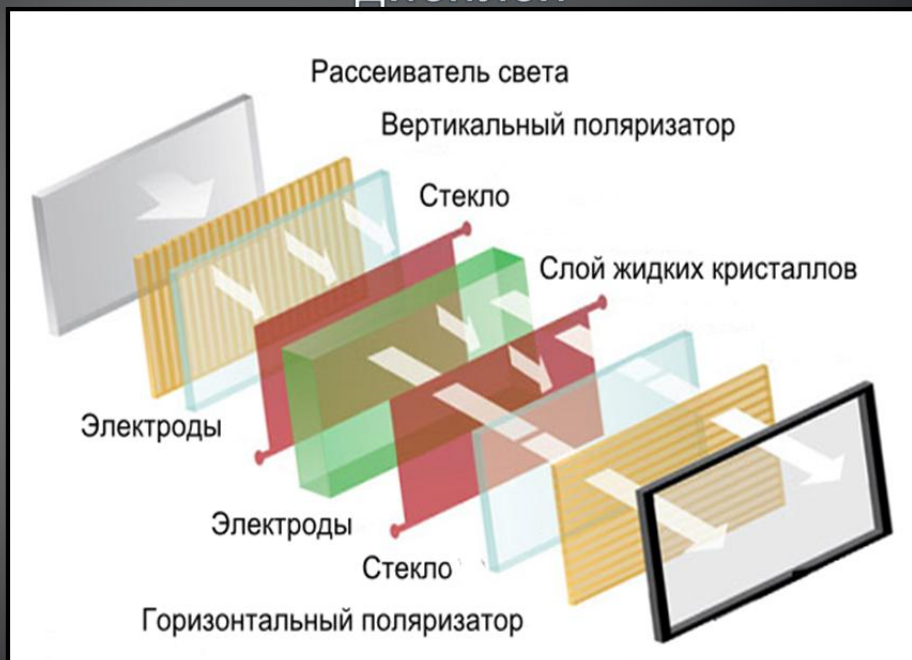
Жидкокристаллические телевизоры

Жидкокристаллический телевизор – это телевизор с ЖК дисплеем и ламповой подсветкой.

Жидкие кристаллы состоят из молекул, которые, как правило, упорядочены в своем пространственном положении, могут согласованно менять это положение под действием электрических полей, и могут менять поляризацию проходящего через них света (последнее особенно характерно для «настоящих», твердых кристаллов).



Конструкция жидкокристаллического дисплея



Слайд: Конструкция жидкокристаллического дисплея

Принцип работы ЖК монитора

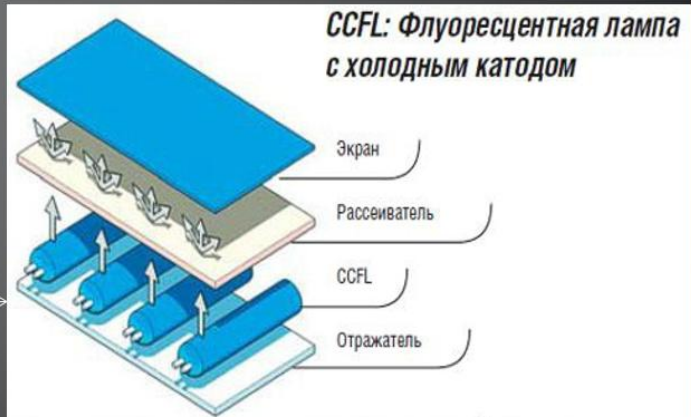
Экран LCD монитора представляет собой массив маленьких сегментов (называемых пикселями), которыми можно манипулировать для отображения информации.

Каждый пиксель управляется отдельно т. е на него отдельно подается напряжение питания. Впереди каждого пикселя стоит светофильтр (красный, синий или зеленый), а сзади расположены лампы подсветки.

При подаче различных напряжений на каждый пиксель он пропускает определенное количество света, т. е сам жидкий кристалл управляет только яркостью свечения, а различные цвета получаются уже из-за того, что обычный белый свет разлагается на составляющие светофильтрами. Так получаются красный, синие и зеленые пиксели и из-за различной яркости их свечения получают остальные цвета.



Подсветка ЖК-матрицы
и её расположение



LED – телевизоры

LED телевизоры это разновидность LCD/ЖК телевизоров, которая представляет собой жидкокристаллический телевизор, в котором для подсветки экрана используются светодиоды.

Конструктивно, LED телевизоры отличаются от LCD телевизоров только способом подсветки ЖК-дисплея. вместо ламп – светодиоды.



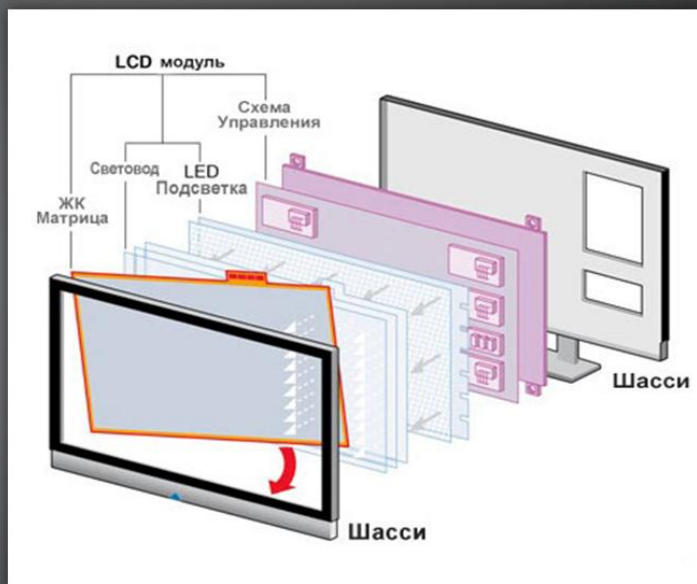
Слайд: Типы подсветок жидкокристаллического телевизора

В качестве источника света (подсветки ЖК-матрицы) используются флуоресцентные лампы с холодным катодом.

Сами лампы (белого яркого свечения) располагаются в специальных корпусных фиксаторах, позади их - отражатель, для уменьшения потерь светового потока. Для того, чтобы ЖК-матрица засветилась равномерно перед экраном находится рассеиватель, который равномерно распределяет световой поток по всей своей площади. К сожалению, в этом месте так же происходит немалая потеря "яркости" свечения ламп.

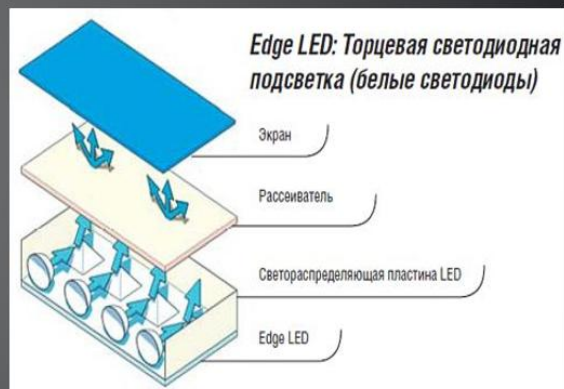
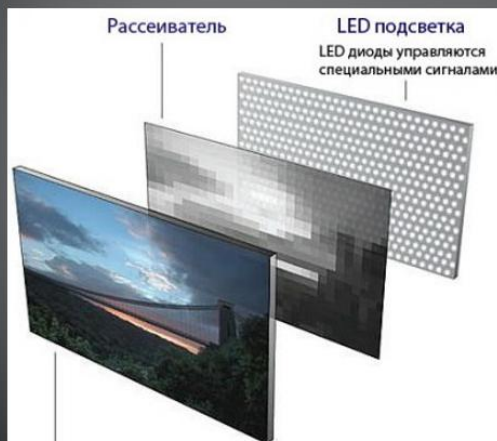
Важной особенностью жидкокристаллических телевизоров является то, что выведенное изображение «запоминается» матрицей и остается на экране вплоть до смены кадра.

Конструкция LED – телевизора



Типы подсветок LED – телевизора

- В прямом (заднем) типе подсветки цветные элементы расположены за жидкокристаллической панелью.
- Боковая (торцевая) Торцевая подсветка матрицы предусматривает размещение светодиодов подсветки по периметру внутренней рамки панели.



Слайд: Конструкция LED-телевизора

Конструктивно, LED телевизоры отличаются от LCD телевизоров только способом подсветки ЖК-дисплея. вместо ламп – светодиоды.

Слайд: Типы подсветок LED-телевизора

LED-подсветка разделяется на 2 типа: торцевая (она же EDGE-LED, когда светодиоды расположены по краям матрицы, их свет попадает на диффузор и рассеивается) и прямая (Full HD LED, LED Pro).

В прямом или заднем типе подсветки цветные элементы расположены за жидкокристаллической панелью. Светодиоды разных цветов включаются в зависимости от цвета изображения на текущий момент. Это позволяет достигать высокого уровня яркости и контрастности картинки, которое недостижимо для обычных LCD –экранов.

Торцевая подсветка матрицы предусматривает размещение светодиодов подсветки по периметру внутренней рамки панели, а равномерное распределение подсветки осуществляется с помощью специальной рассеивающей панели, расположенной за ЖК экраном – как это делается в мобильных устройствах.

Светодиодная подсветка может быть из одноцветных диодов или с использованием трехцветных (красных, зеленых, синих) светодиодов. При использовании разноцветных диодов увеличивается цветовой охват, но из-за сложной схемы управления светодиодами возможны неестественное отображение цвета. На сегодня используется только подсветка из одноцветных белых светодиодов

OLED – телевизоры

OLED телевизор — это телевизор, в матрице которого основным функциональным элементом являются органические светодиоды.



Конструкция OLED – телевизора и принцип работы

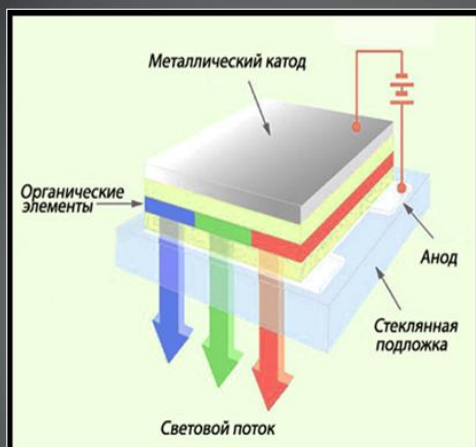
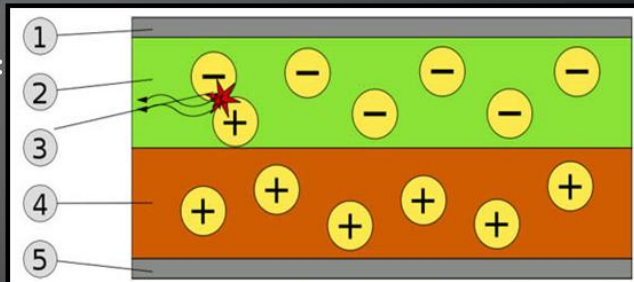


Схема 2-слойной OLED-панели:

1. Катод(-),
2. Эмиссионный слой,
3. Испускаемое излучение,
4. Проводящий слой,
5. Анод (+)

Типичный OLED состоит из слоя органических материалов между двумя электродами (анодом и катодом), расположенными на подложке.



Слайд: OLED-телевизоры

OLED телевизор — это телевизор, в матрице которого основным функциональным элементом являются органические светодиоды.

Пропускание электрических импульсов через органические соединения приводит к яркому свечению последних. Использование различных люминофоров позволяет получить свечение заданного цвета. Так с помощью комбинирования свечения красного, синего и зеленого органического светодиода можно получить на выходе большое количество качественных цветов.

Слайд: Конструкция OLED-телевизора

Типичный OLED состоит из слоя органических материалов между двумя электродами (анодом и катодом), расположенными на подложке. Проводимость органических материалов колеблется в диапазоне от изоляторов до проводников, по этой причине их рассматривают как органические полупроводники.

Наиболее простые полимерные OLED состоят из одного органического слоя. Тем не менее, для повышения эффективности могут изготавливаться и многослойные OLED

Для создания органических светодиодов (OLED) используются тонкоплёночные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров.

При подаче на анод положительного относительно катода напряжения, поток электронов протекает через прибор от катода к аноду. Таким образом, катод отдает электроны в эмиссионный слой, а анод забирает электроны из проводящего слоя, или другими словами анод отдает дырки в проводящий слой. Эмиссионный слой получает отрицательный заряд, а проводящий слой — положительный. Под действием электростатических сил электроны и дырки движутся навстречу друг к другу и при встрече рекомбинируют. Это происходит ближе к эмиссионному слою, потому что в органических полупроводниках дырки обладают большей подвижностью, чем электроны. При рекомбинации происходит понижение энергии электрона, которое сопровождается испусканием (эмиссией) электромагнитного излучения в области видимого света. Поэтому слой и называется эмиссионным.

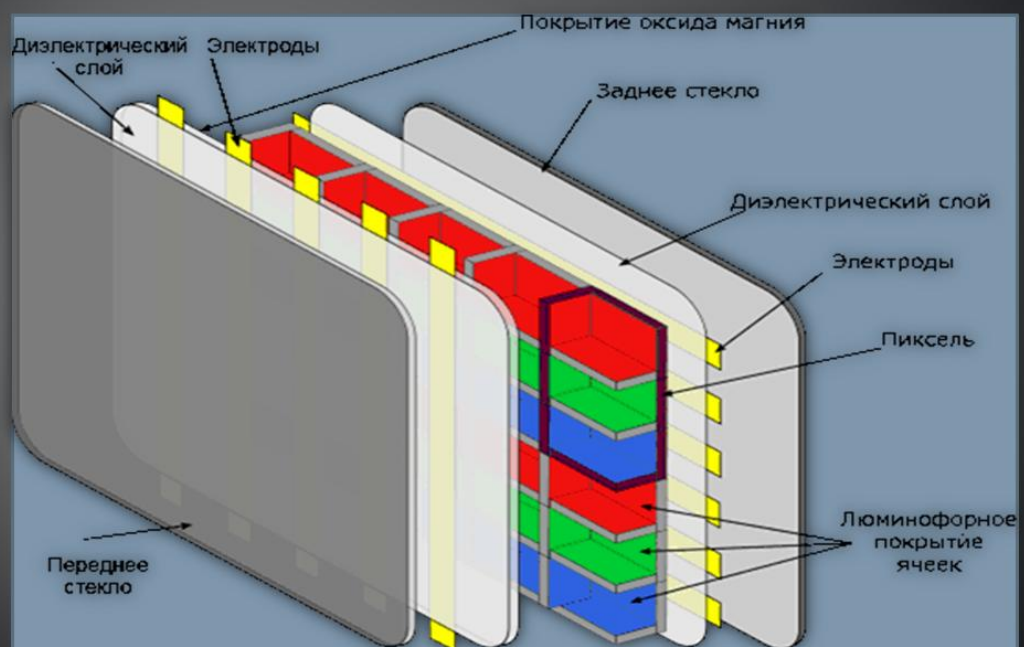
Прибор не работает при подаче на анод отрицательного относительно катода напряжения. В этом случае дырки движутся к аноду, а электроны в противоположном направлении к катоду, и рекомбинации не происходит.

Плазменные панели

Газоразрядный экран (плазменная панель) — устройство отображения информации, монитор, основанный на явлении свечения люминофора под воздействием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в ионизированном газе, иначе говоря в плазме.



Конструкция плазменной панели



Слайд: Конструкция плазменной панели

В плазменных панелях ксенон и неон содержится в сотнях маленьких микрокамер, расположенных между двумя стеклами. С обеих сторон, между стеклами и микрокамерами, располагаются два длинных электрода. Управляющие электроды расположены под микрокамерами, вдоль тылового стекла. Прозрачные сканирующие электроды, окруженные слоем диэлектрика и покрытые защитным слоем оксида магния, расположены над микрокамерами, вдоль фронтального стекла.

Smart TV. История

- 1997 год – MSN TV
- 1999 год – TiVo и Replay TV
- 2000 год – Set Top Box
- 2009 год – технология DLNA



Телевизоры Smart TV

Телевизоры Smart TV («умные телевизоры») рассчитаны не только на просмотр телепередач и фильмов, но и на использование различных интернет-ресурсов и сервисов. Принадлежность к категории Smart TV чаще всего подразумевает под собой доступ к множеству дополнительных приложений, наличие магазина для загрузки программ, встроенный веб-браузер для интернет-серфинга плюс интерфейс для проигрывания медиафайлов из локальной сети.



В 1997-м Microsoft создала технологию MSN TV (Web TV), позволяющая иметь доступ в интернет с обычного кинескопного телевизора с помощью дистанционного управления.

MSN TV представляет собой устройство, которое подключается к телевизору через кабель с стандартным аудио- и видео- входом. Он дополняется беспроводной клавиатурой и пультом дистанционного управления, которые позволяют взаимодействовать с веб-страницами и функциональностью. Есть также факультативные периферийные устройства, такие как принтеры, Card Reader и разъемы WiFi, для увеличения емкости и связи, которая обеспечивает MSN TV.

В 1999 году появились сервисы TiVo и ReplayTV, представлявших собой цифровой видеомэгнитофон с встроенным жестким диском, который записывал выбранные передачи и позволял просматривать их в удобное пользователю время. Эти сервисы существуют и в настоящее время.

Через год, в 2000-м, появляются специальные устройства, называемые Set Top Box (ресивер цифрового телевидения) различных производителей, расширяющие функционал стандартного (кабельного, спутникового) ТВ. Это устройство, принимает сигнал цифрового телевидения, декодирует его и преобразует в аналоговый сигнал для вывода через разъемы RCA или SCART либо преобразует в цифровой сигнал для вывода через разъем HDMI, и передающее его далее на телевизор.

А уже в 2009 году появилась технология DLNA (Digital Living Network Alliance) — набор стандартов, позволяющих совместимым устройствам передавать и принимать по домашней сети различный медиа-контент (изображения, музыку, видео), а также отображать его в режиме реального времени. То есть — технология для соединения домашних компьютеров, мобильных телефонов, ноутбуков и бытовой электроники в единую цифровую сеть. Устройства, которые поддерживают спецификацию DLNA, по желанию пользователя могут настраиваться и объединяться в сеть в автоматическом режиме.), которая и дала толчок появлению телевизоров со Smart TV.

6 главных функций, которые отличают «умный телевизор» от обычного:

1. Интернет.

2. Проигрывание музыки и видеофильмов.

3. Получение информации.

4. Социальные сети.

5. Игры.

6. Предусмотрено также подключение и использование

множества дополнительных устройств



Аналоги Smart TV

- **XBMC** – это бесплатный кроссплатформенный медиаплеер и программное обеспечение с открытым исходным кодом.
- **Android Mini PC** представляет собой компьютер размером с USB - флешку. Также это устройство, которое полностью заменяет компьютер в виде медиacentра.
- **iPRea TV Android 4.0**. предназначено для того, чтоб превратить любой телевизор, способный воспроизводить видео в HD качестве в полноценного представителя SmartTV.



Можно выделить 6 главных функций, которые отличают «умный телевизор» от обычного:

1. Интернет. Продуманы подключение, а также переход на YouTube, специализированные сайты и телеканалы в режиме «онлайн». А вскоре появятся телевизоры со встроенными жёсткими дисками и торрент-клиентами.
2. Проигрывание музыки и видеофильмов. Предусмотрены гнезда для подключения USB (флешек) и соответствующие инструменты для проигрывания их содержимого.
3. Получение информации. Для этого на новом пульте нужно нажать 1-2 клавиши, и телевизор расскажет про погоду, новости, передаст электронную почту и т.д.
4. Социальные сети.
5. Игры.
6. Предусмотрено также подключение и использование множества дополнительных устройств, включая очки для 3D и колонки для домашнего кинотеатра.

Слайд: Аналоги Smart TV

XBMC – это бесплатный кроссплатформенный медиаплеер и программное обеспечение с открытым исходным кодом. Графический интерфейс программы позволяет легко управлять видеофайлами, фотографиями и музыкой, находящимися на компьютере, оптическом диске, в интернете или в локальной сети. Может управляться с помощью ПДУ.

Android Mini PC представляет собой компьютер размером с USB-флешку. Также это устройство, которое полностью заменяет компьютер в виде медиацентра. Его возможности чуть ли не на порядок превосходят Smart TV. Mini PC работает на Android 4.0, в итоге телевизор превращается в огромный планшет.

К Mini PC можно подключить USB-хаб и использовать мышку, USB-клавиатуру, флешки и прочие устройства, работающие через USB. Также существуют модели, где в комплекте уже идет Air Mouse и пульты с мини-клавиатурой.

Устройство, которое получило название **iPee TV Android 4.0 Mini PC HDTV** предназначено для того, чтоб превратить любой телевизор, способный воспроизводить видео в HD качестве в полноценного представителя SmartTV. Для этого, iPee TV Android 4.0 Mini PC HDTV оборудован микропроцессором, работающим на частоте 1,2 ГГц, 2 Гб внутренней памяти с возможностью расширения при помощи карт micro SD и модулем беспроводной связи Wi-Fi. Управляет всем этим оборудованием операционная система Android 4.0 Ice Cream Sandwich, которая позволяет при таких технических характеристиках просматривать видео с разрешением 1080p.

2. Завдання лабораторної роботи.

2.1. Вивчити матеріали лекції та практичного заняття із даної теми.

2.2. Виконати дослідження запропонованих у матеріалах схемних рішень приладів та систем на рівень розкриття сформованих питань та відповідей використовуючи отримані лекційні знання і дані інших джерел в тому числі науково практичні роботи рекомендовані в списку літератури.

2.3. Розробити проектні рішення вибраних схем, систем та розрахувати значення їх основних параметрів.

2.4. За результатами виконаної роботи розробити звіт і доповісти його зміст на лабораторному занятті (до обговорення поставлених питань залучаються присутні).

2.5. При плануванні і проведенні доповіді рекомендується використання інформаційного блоку ПРЕЗЕНТАЦІЯ.

3. Оформлення результатів лабораторної роботи та оцінювання.

3.1. Після обговорення результатів роботи з теми присутні формують звіт де фіксують отримані результати.

3.2. Отримані результати записуються у лаконічній формі бажано у табличній.

3.3. Звіти перевіряються викладачем та оцінюються отримані результати.

Список літератури

1.Основна

1. Телебачення / Під ред. В.Е. Джаконії. – М.: Радіо та зв'язок , 1986.
2. Домбругов Р.М. Телебачення. – Київ : Вища школа , 1988.
3. Проектування та технічна експлуатація телевізійної апаратури / Під ред. С.В. Новаковського. – М : Радіо та зв'язок , 1989.
4. Ю.Б. Зубарьов , Г.Л. Глоріозов . Передача зображень – М. : Радіо та зв'язок , 1989.
5. А.В. Виходець , В.І. Коваленко , М.Т. Кохно – Звукове та телевізійне мовлення ; - М. : Радіо та зв'язок , 1987.
6. Цифрове телебачення / Під ред. М.І. Кривошеєва. - М. : Радіо та зв'язок , 1980.
7. Певзнер Б.М. Якість кольорових ТВ зображень : видання друге ; М. : Радіо та зв'язок , 1988.
8. Радіорелейні та супутникові системи передачі : Підручник для вузів / Під ред. А.С. Немировського . - М. : Радіо та зв'язок , 1986. – 392 с
9. Системи радіозв'язку : Підручник для вузів / Під ред Л.Я. Калашникова - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 352 с
- 10.Посібник по радіорелейному зв'язку / Під ред С.В. Бородича - М. : Радіо та зв'язок , 1981. – 416 с
- 11.Супутниковий зв'язок та мовлення. Посібник / Під ред. Л.Я. Кантора - М. : Радіо та зв'язок , 1988. – 344 с
- 12.Системи космічного зв'язку. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1989.
- 13.Сучасні системи радіозв'язку в прикладах та задачах. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1990.
- 14.Мамчев Г.В. «Основы радиосвязи и телевидения», 2007 год;
- 15.Джакония В.Е., Гоголь В.А., Друзин Я.В. «Телевидение (4-е издание), 2007
- 16.Локшин Б.А. «Телевизионное вещание. От студии к телезрителю», 2001
- 17.Кириллов В.И., Ткаченко А.П. «Телевидение и передача изображения», 1988
- 18.Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. «Основы цветного телевидения», 1982
- 19.Ельяшкевич С.А., Юкер А.М. «Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и 4УСЦТ», 1994
- 20.Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйсенгардт Г.А. «Телевидение», 1988
- 21.Ельяшкевич С.А. «Справочное пособие. Цветные телевизоры ЗУСЦТ», 1990
- 22.Зубарев Е.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. «Цифровое телевизионное вещание. Основы и методы», 2001

- 23.Корытов В.И «Телевизоры ЗУСЦТ. Ремонт и настройка», 1999
- 24.Смирнов А.В. «Основы цифрового телевиденья», 2001
- 25.Ельяшкевич С.А., Песков А.Е. «Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировки, ремонт»
- 26.Шумихин Ю.А. «Телевизионный сигнал», 1968
- 27.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 1 Принципи радіозв'язку, 2014
- 28.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 2 Радіопередавальні пристрої, 2014
- 29.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 3 Радиоприймніе устройства, 2014
- 30.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 4 Физические основы телевидения, 2014
- 31.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 5 Основные принципы функционирования телевизионных систем, 2014
- 32.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 6 Формирование телевизионного сигнала, 2014
- 33.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 7 Конструктивні особливості телевізійної апаратури, 2014
- 34.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 8 Особенности построения телевизионных систем, 2014
- 35.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 9 Сети телевизионного вещания, 2014

2.Додаткова

1. Мордуховіч Л.Г., Степанов А.П. Системи радіозв'язку. Курсове проектування. - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 192 с
2. Спілкер Дж. Цифровий супутниковий зв'язок / пер. з англ. ; Під ред. В.В. Маркова - М. : Зв'язок , 1979. – 592 с
3. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Цифрові системи радіозв'язку : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1988. – 56 с.
4. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Космічний зв'язок : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1989. – 56 с.
5. Новаковський С.В. Колір в кольоровому телебаченні - М. : Радіо та зв'язок, 1988.
6. Кривошеев М.І.Основи телевізійних вимірювань. : видання 3 – е. - М. : Радіо та зв'язок , 1989.
7. ГОСТ 7845 – 79. Система мовленнєвого телебачення. Основні параметри , методи вимірювань.

8. Прийом телебачення та радіомовлення з супутників / Д.Ю. Бем , М.Є. Ільченко , А.П. Житков, Л.Г. Гассанов. – К.: Техніка , 1992. – 176 с.
9. Довідник. Індивідуальні відео – засоби. С.А. Сєдов – Київ 1990.
10. В.Бондарьов , Г.Трьостер , В. Чернега. Цифрова обробка сигналів : методи та засоби. Навчальний посібник для вузів. Харків 2001.