

# Лекция 15. Устройства вывода графической информации

Классификация и принцип действия дисплейных  
устройств (мониторов). Технология ЭЛТ.

# Компьютерные дисплеи

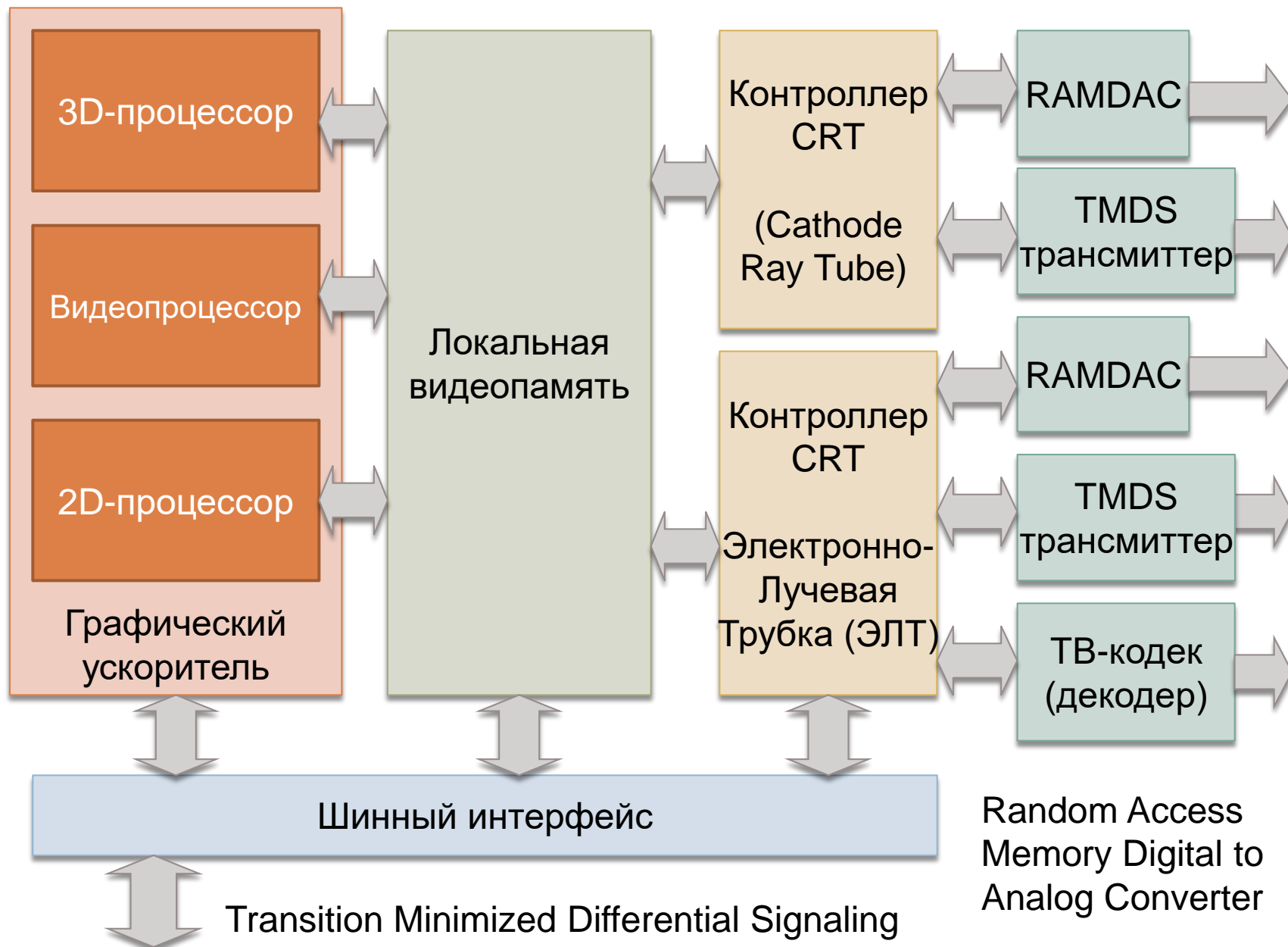
Компьютерный дисплей является основным устройством вывода информации, с помощью которого осуществляется интерфейс «человек-машина» (HID – Human Interface Device).

Первоначально дисплей был рассчитан на вывод текстовой информации, пригодной к просмотру и последующей печати с помощью принтера. Развитие техники привело к появлению графических и видео-адаптеров, способных выводить на дисплей графику и видео соответственно.

На сегодня типичный персональный компьютер поддерживает подключение не менее двух дисплеев.

- Дисплейный процессор читает содержимое видеопамати и в соответствии с ним управляет работой дисплея, на котором оно превращается в изображение.

# Архитектура графической карты



# Дисплеи на основе ЭЛТ

Исторически первым, но ныне не используемым на практике типом дисплея был монитор на основе ЭЛТ (CRT Display).

Принцип работы: испускаемый пушками пучок электронов модулируется по интенсивности, фокусируется, разгоняется и направляется с помощью отклоняющей системы в заданную точку поверхности стеклянной колбы. Внутренняя поверхность колбы покрыта люминофором – материалом, способным излучать свет (кратковременно) при попадании электронов.

Для предотвращения засветки соседних пикселей предусмотрена маска (black mask) – лист прочного материала с отверстиями, соответствующими конкретным субпикселям.

Луч электронов пробегает горизонтальную строку и по сигналу горизонтальной развертки возвращается назад, но на строку ниже. По сигналу вертикальной развертки луч возвращается в верхний левый угол.

# Внешний и внутренний фотоэффект

Работа фоточувствительных поверхностей основывается на использовании **внешнего и внутреннего фотоэффекта**.

- При внешнем фотоэффекте освобожденные электроны покидают облученное вещество, вылетая в пространство, – фотоэлектронная эмиссия,
- при внутреннем – остаются внутри твердого тела, изменяя его проводимость, – *фотопроводимость*.

# ЗАКОНЫ ФОТОЭФФЕКТА

1) Закон Столетова (основной закон фотоэффекта) – фототок фотоэлемента  $I_{\phi}$  пропорционален интенсивности светового потока вызывающего этот ток.

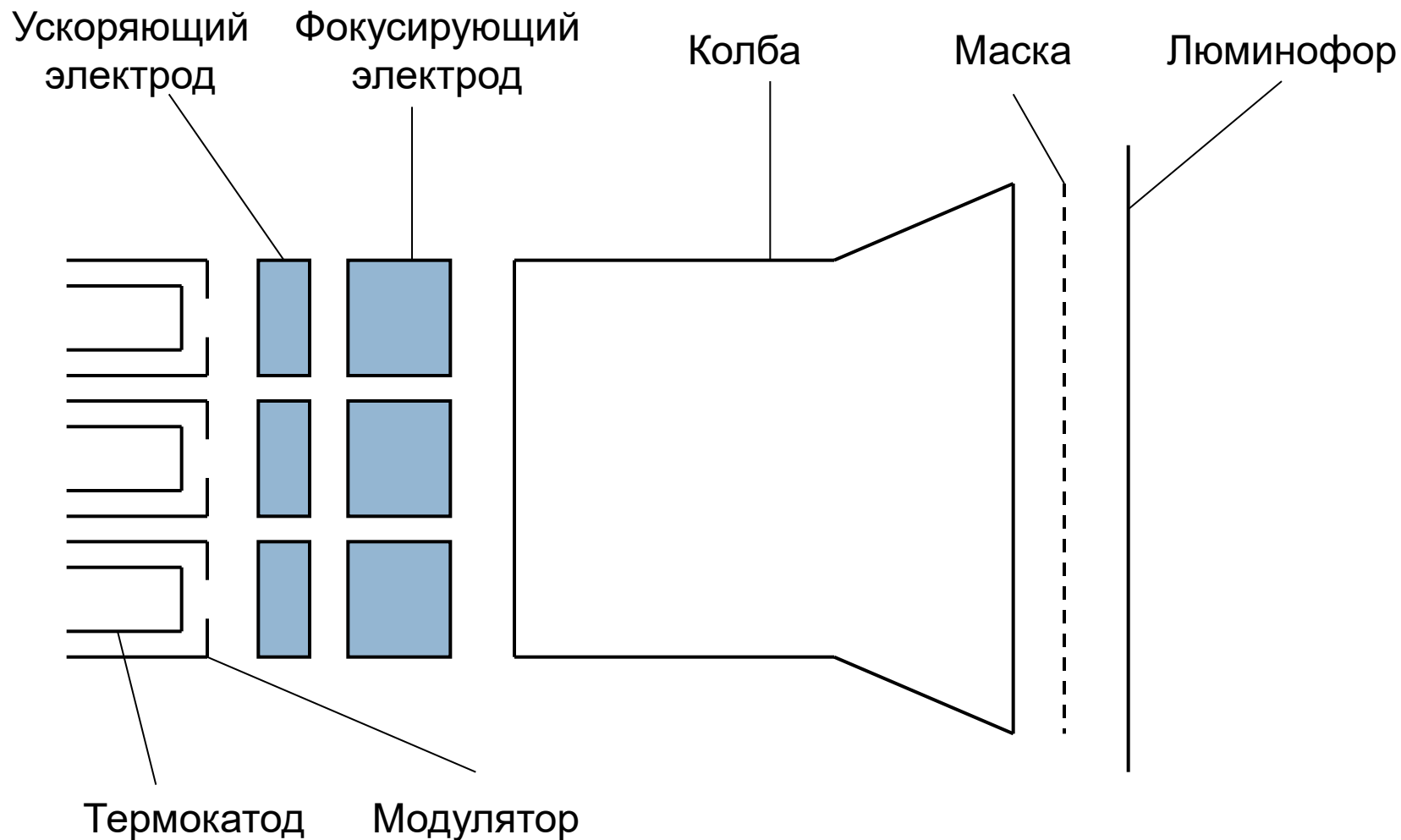
$$I_{\phi} = S_{\phi},$$

где  $\Phi$  – световой поток, лм;  $S$  – чувствительность фотокатода, мкА/лм.

2) Безинерционность фотоэлектронной эмиссии – фототок следует за изменениями светового потока практически без запаздывания до частоты 100 МГц.

3) Закон Эйнштейна – максимальная энергия фотоэлектрона пропорциональна частоте падающего излучения и не зависит от его интенсивности. Она определяется энергией кванта света.

# Устройство электронно-лучевой трубки



# Трехкомпонентная модель цвета RGB

Наиболее популярной цветовой моделью на сегодняшний день является RGB (Red – красный, Green – зеленый, Blue – синий). В ней все три цвета равноправны и независимы. Если три параметра RGB имеют нулевые значения, они описывают черный цвет, если максимальные значения – белый. Эта модель хороша для цветовоспроизведения на устройствах с черным базовым фоном, например на мониторе, который излучает цвет. RGB – это аддитивная цветовая модель. Отображение реального цвета на мониторе зависит от производителя монитора и настроек.

В цифровой обработке изображений принято считать, что изображение представляется матрицей целых чисел размером  $N \times M$ , где значение каждого элемента отвечает определенному уровню квантования его энергетической характеристики, или яркости. Это так называемая пиксельная система координат.

В данном случае понятие пиксел (англ. pixel – сокращенно от picture cell – элемент изображения) имеет значение наименьшего *логического* элемента двумерного цифрового изображения.





Растровые изображения можно разделить на четыре типа:

- бинарные,
- полутоновые,
- палитровые,
- полноцветные.

Их основная характеристика – глубина цвета. Этот термин означает количество бит, используемых для описания цвета одного пиксела, и в литературе он обозначается как bpp (от англ. bits per pixel). Выбор типа изображения зависит от решаемой задачи.

Элементы бинарного (двухуровневого) изображения описываются одним битом, который принимает значения 0 (черный) и 1 (белый). Эти значения получаются в результате обработки (бинаризации) полутоновых или цветных изображений.

Полутоновое изображение состоит из пикселов, которые могут принимать значения от 0 до  $N$ , где  $N=2^k$ . Это один из наиболее распространенных типов изображений. В большинстве случаев используется значение  $k=8$  бит (т. е. один байт) на пиксел.

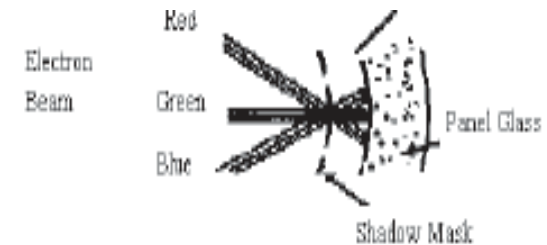
Полноцветное изображение содержит информацию о яркостях цветов (обычно R, G, B), т. е. его можно рассматривать как три полутоновых изображения.

# Расположение электронных пушек

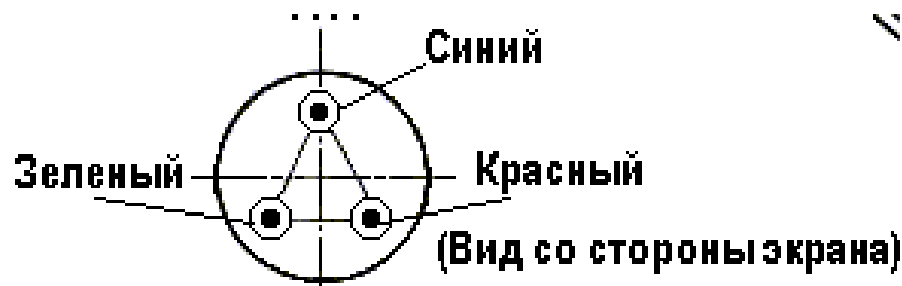
Как получается цветное изображение на экране - пиксель  
Черно-белые мониторы. На черно-белом экране пиксель, на который падает электронный луч, светится белым цветом. Неосвещенный пиксель — черная точка. При изменении интенсивности электронного потока получаются промежуточные серые тона (оттенки).

Каждый пиксель на цветном экране — это совокупность трех точек разного цвета: красного, зеленого и синего. Эти точки расположены так близко друг к другу, что нам они кажутся слившимися в одну точку. Из сочетания красного, зеленого и синего цветов складывается вся красочная палитра на экране.

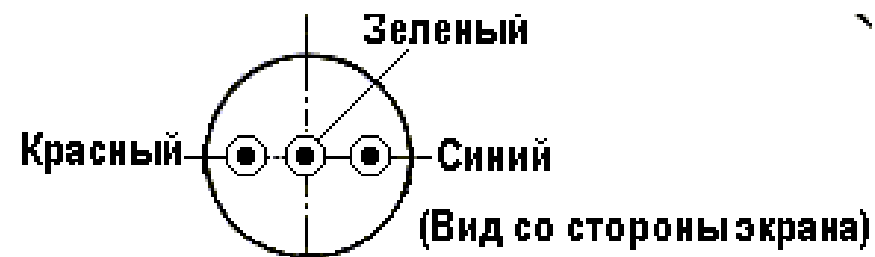
Электронная пушка цветного монитора испускает три луча.



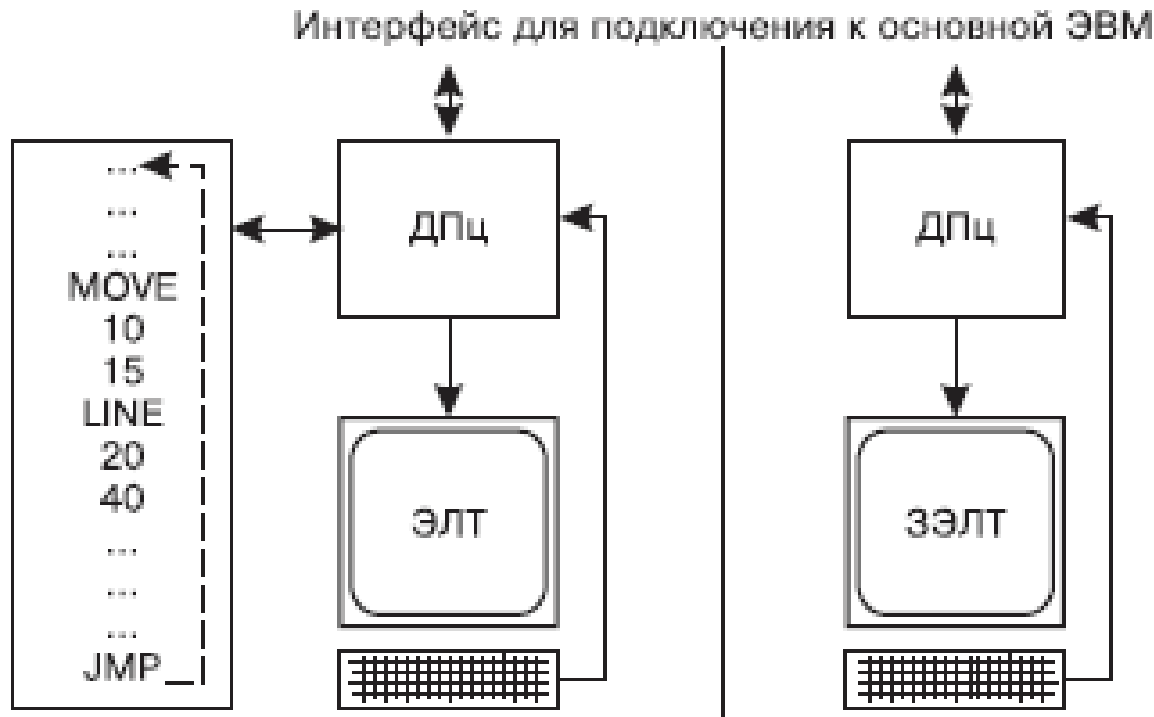
## ЦВЕТНОЙ ДЕЛЬТА КИНЕСКОП



## КОМПЛАНАРНЫЙ КИНЕСКОП



# Устройство дисплея



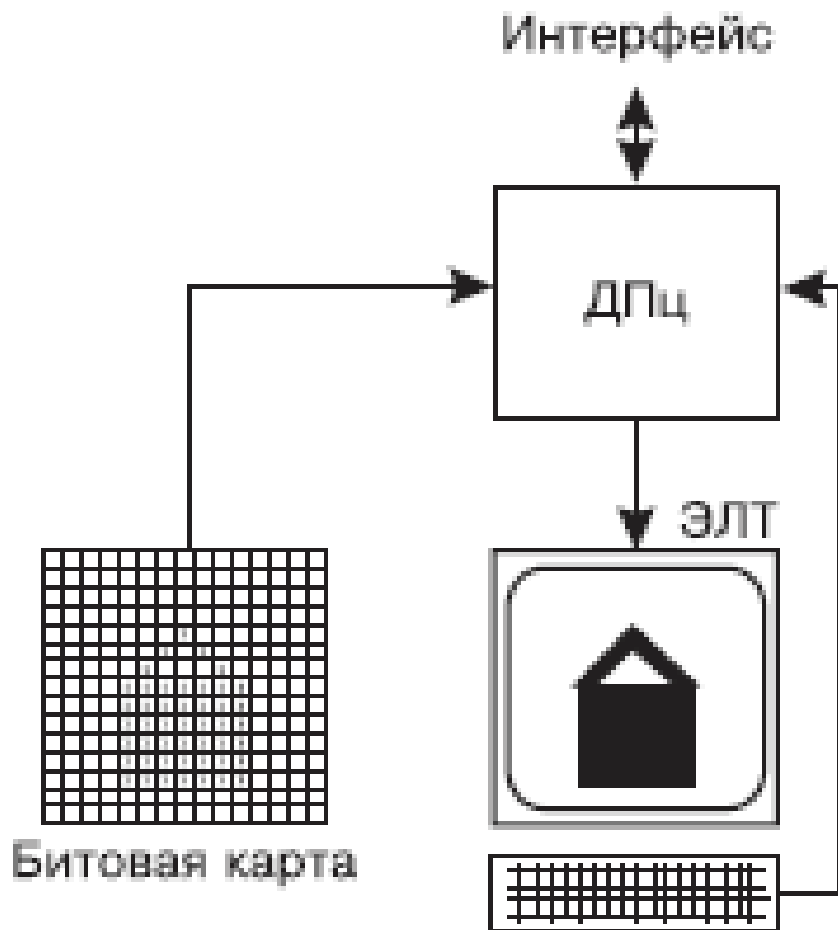
Векторный

Запоминающий


*Векторный.* ДПц включает команды вывода точек, отрезков, символов. Луч вычерчивает линии на люминофорном покрытии ЭЛТ. Изображение нужно обновлять – *регенерация*.

*Запоминающий.* ЗЭЛТ позволил отказаться от буфера и регенерации. Изображение запоминается путем его однократной записи на запоминающую сетку с люминофором медленно движущимся электронным лучом

# Устройство растрового дисплея



*Растровый.* В растровых дисплеях примитивы хранятся в памяти для регенерации в виде совокупности образующих их точек, называемых *пикселями*. Значения пикселей хранятся в битовой карте, которая и является в данном случае дисплейной программой.



1) *Векторный*. Дисплейная программа включает команды вывода точек, отрезков, символов. Эти команды интерпретируются дисплейным процессором, (ДПр), который преобразует цифровые значения в аналоговые напряжения, управляющие электронным лучом. Луч вычерчивает линии на люминофорном покрытии ЭЛТ. Полученное таким образом изображение не может храниться долго, так как светоотдача люминофора падает до нуля за несколько микросекунд. Поэтому изображение нужно обновлять - *регенерация*. Частота регенерации должна быть не меньше 25 раз в секунду, чтобы глаз человека не наблюдал мерцание. В связи с этим буфер, в котором хранится дисплейная программа, называют буфером регенерации.

2) *ЗЭЛТ* позволил отказаться от буфера и регенерации. Изображение запоминается путем его однократной записи на запоминающую сетку с люминофором медленно движущимся электронным лучом. Запоминающие трубки применяются в тех случаях, когда нужно вывести большое количество отрезков и литер и когда нет необходимости в динамических операциях с изображением.

3) *Растровый*. В растровых дисплеях примитивы хранятся в памяти для регенерации в виде совокупности образующих их точек, называемых *пикселями*. Значения пикселей хранятся в битовой карте, которая и является в данном случае дисплейной программой.

# Получение изображения на векторном дисплее

Луч, управляемый дисплейным процессором, создает изображение, двигаясь от точки к точке по отрезкам прямых, которые называются *векторами*.

**Генератор векторов** должен управлять тремя параметрами:

отклонением по оси  $X$ ;

отклонением по оси  $Y$ ;

интенсивностью.

**Генератор символов**

Существуют четыре способа генерации символов:

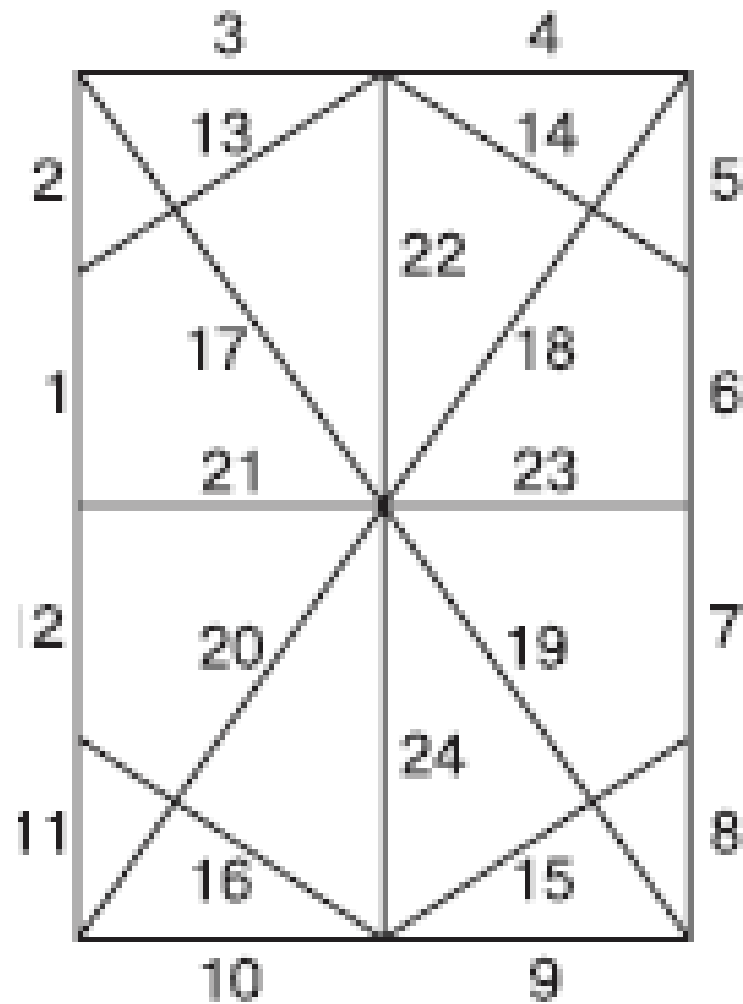
метод маски;

метод Лиссажу;

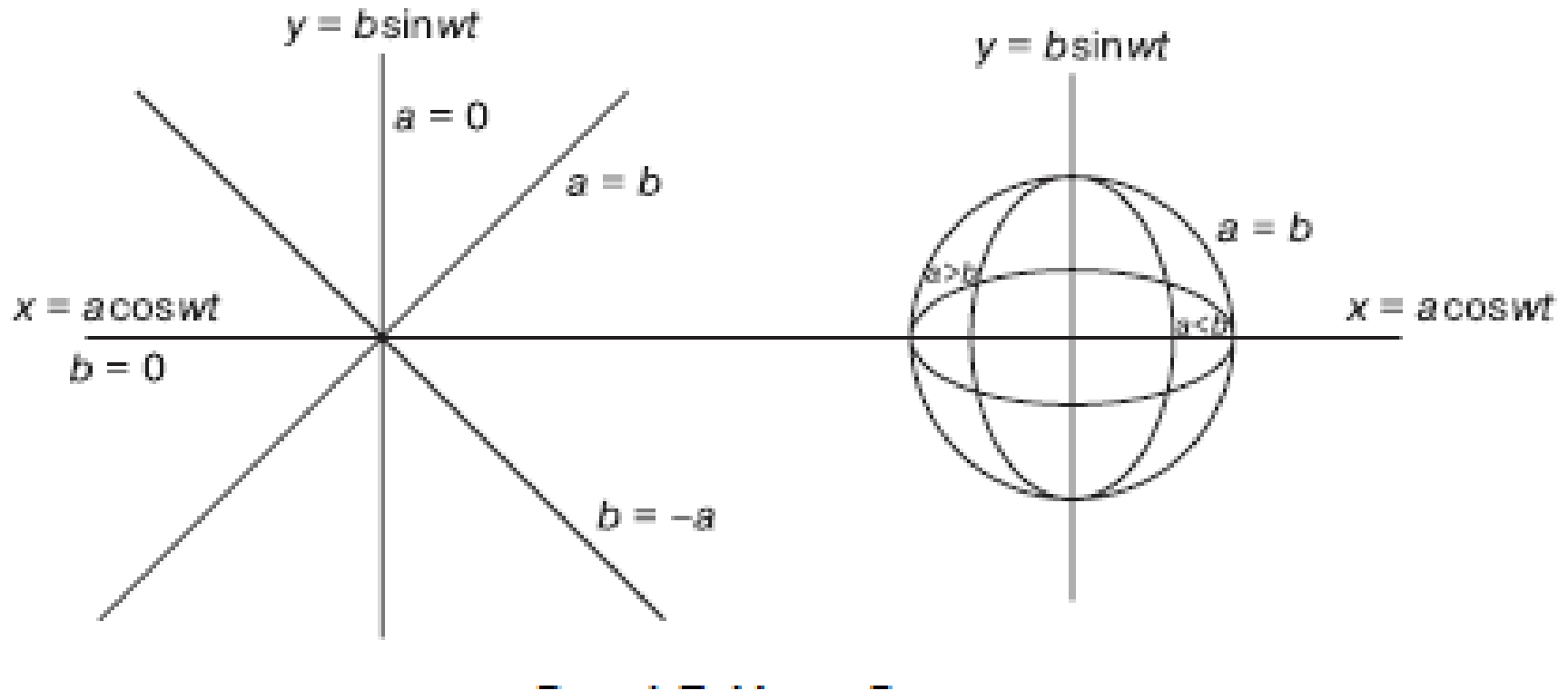
штриховой метод;

метод точечной матрицы.

# Метод маски



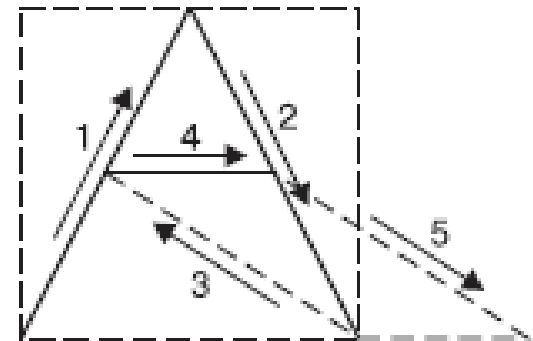
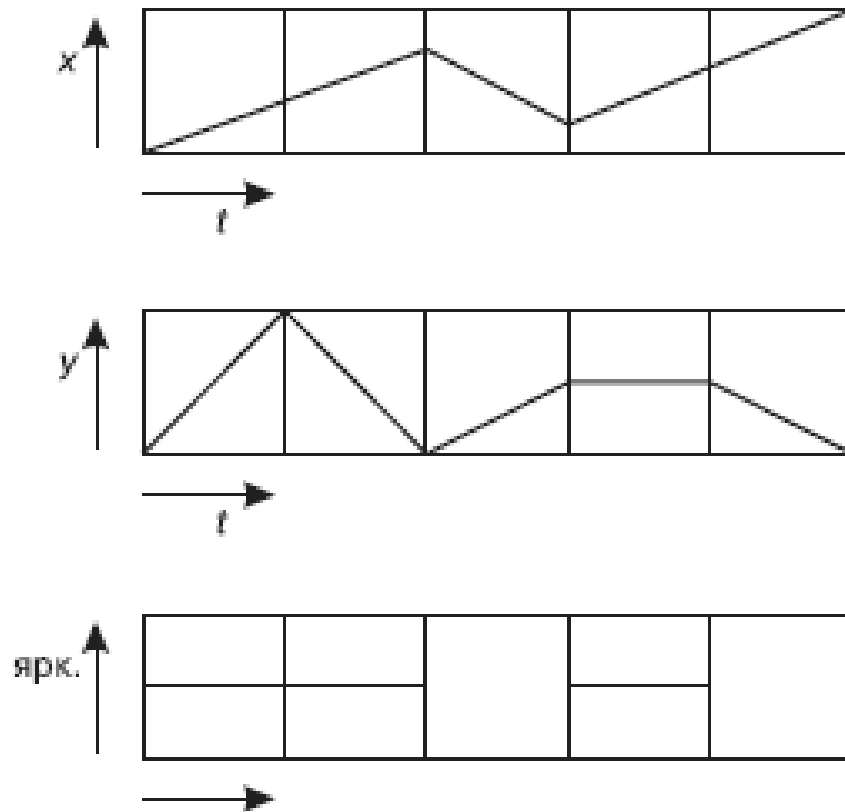
# Метод Лиссажу



Для формирования символов используются фигуры Лиссажу. Этот способ получения символов является аналоговым. Различные возможности генерирования примитивов (отрезков и дуг), из которых формируются символы



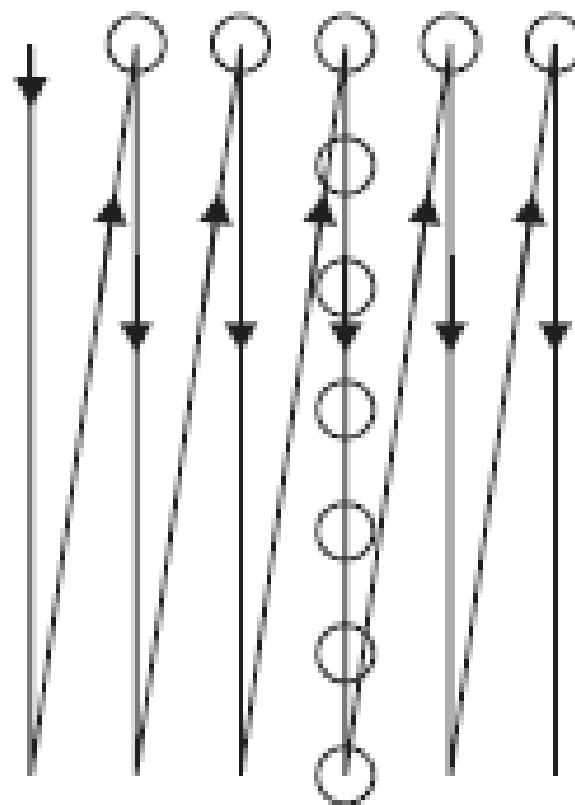
# Штриховой метод



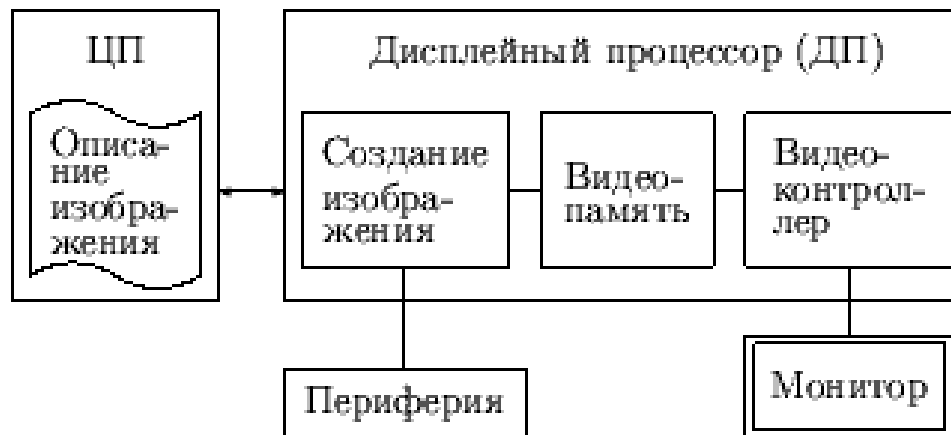
Штриховой генератор символа представляет собой аналоговое устройство, которое выдает волны различной формы отдельно для отклонения луча ЭЛТ по направлениям  $X$  и  $Y$ , а также сигнал яркости в виде «вкл./выкл.»

# Метод точечной матрицы

1	1	1	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0



# Компоненты растрового дисплея



# Теневая маска, апертурная решетка

Теневая маска для кинескопов с дельтаобразным расположением электронных пушек. Часто, особенно в переводной литературе, упоминается как теневая решётка.

Invar shadow mask (i.e. conventional, dot trio, flat square)

Теневая маска для кинескопов с планарным расположением электронных пушек. Известна также, как щелевая решётка.

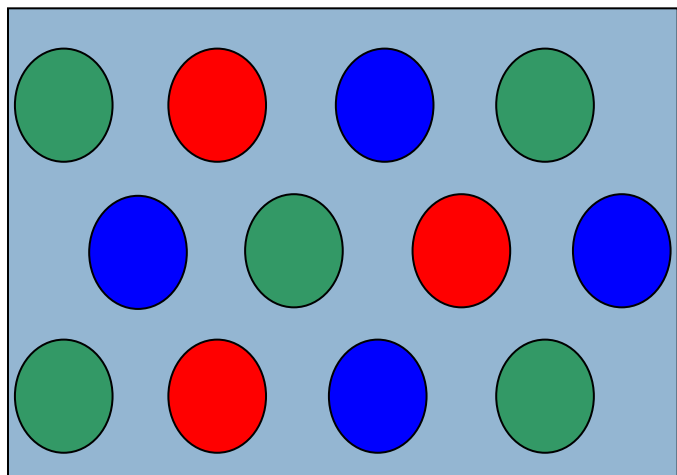
flat shadow mask (i.e. DynaFlat, ClearFlatTM)

апертурная решетка (Sony Trinitron, Mitsubishi Diamondtron). Эта маска, в отличие от остальных видов, состоит из большого количества проволок, натянутых вертикально. Принципиальное отличие маски такого типа заключается в том, что она не ограничивает пучок электронов, а фокусирует его. Прозрачность апертурной решетки составляет примерно 85 % против 20 % у теневой маски. Кинескопы с такой маской применяются и в мониторах, и в телевизорах.

flat aperture grille (i.e. FD Trinitron, Diamondtron NF®, SuperBrightTM Diamondtron®).

# Цветоделительные маски ЭЛТ: теневая (Shadow)

Для теневой решётки шаг маски — расстояние между двумя ближайшими отверстиями маски (соответственно, расстояние между двумя ближайшими элементами люминофора одного цвета).



**Наиболее распространена.** Представляет собой металлическую пластину из специального материала с системой отверстий, соответствующих точкам люминофора, нанесенным на внутреннюю поверхность кинескопа.

**Теневая маска ограничивает световой луч как по горизонтали, так и по вертикали. Именно по этому она называется теневой.**

**Проходя через одно из отверстий точечной теневой маски, луч вызывает свечение трех точек люминофора соответствующие цветам RGB, расположенных вплотную друг с другом.**

# Цветоделительные маски ЭЛТ: апертурная решетка

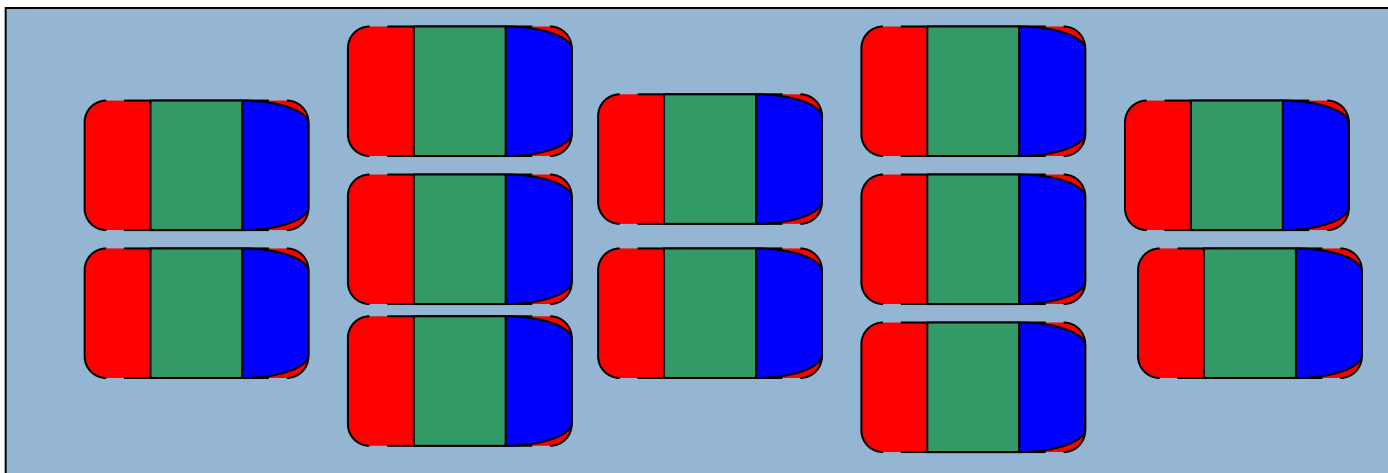
обеспечивает повышенную четкость изображения благодаря технологии, в соответствии с которой для горизонтальной изоляции пикселов используются тонкие вертикальные проволоочки.

Наиболее существенное различие между точечной теневой маской и апертурной решеткой состоит в заметном увеличении яркости изображения при использовании последней. Это происходит потому, что на красный, зеленый или голубой люминофор через вертикальные полосы апертурной решетки попадает луч большей интенсивности, так как решетка ограничивает лучи только по горизонтали.

Однако, использование апертурной решетки приводит к получению пикселов большего размера в результате чего уменьшается общее разрешение экрана, но яркость в целом увеличивается, а при использовании решетки с теневой маской пикселы получаются меньшего размера, разрешение больше, но при этом снижается яркость.

# Цветоделительные маски: щелевая (Slot)

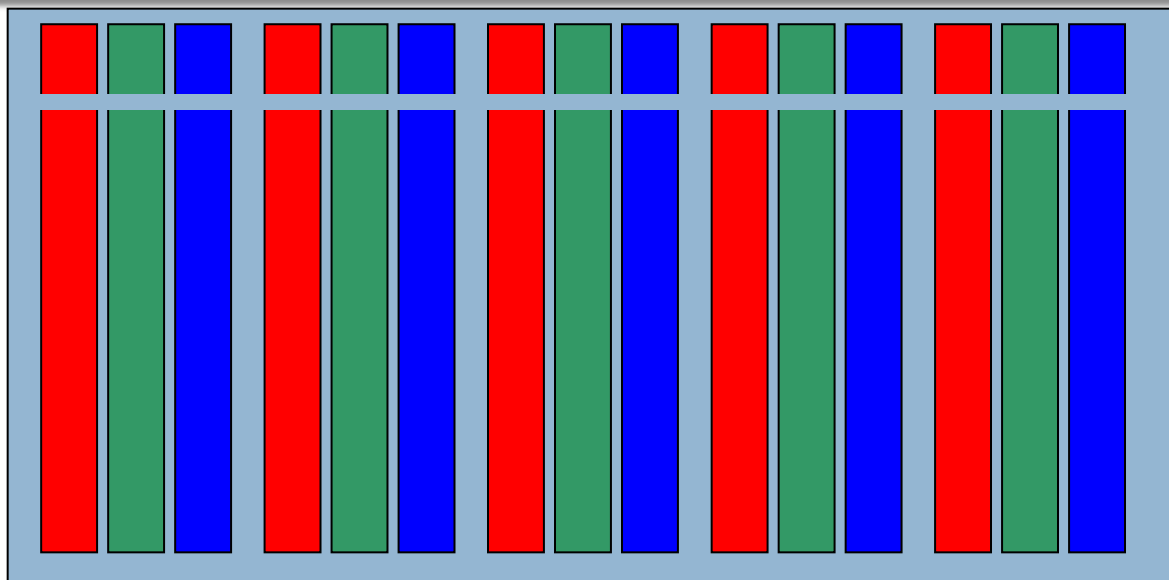
Для апертурной и щелевой решётки шаг маски определяется как расстояние по горизонтали между щелями маски (соответственно, горизонтальное расстояние между вертикальными полосами люминофора одного цвета).



NEC (где ячейки эллиптические), в мониторах Panasonic с трубкой PureFlat (ранее называвшейся PanaFlat).

Щелевая маска (slot mask) широко применяется компанией NEC под именем «CromaClear». Это решение на практике представляет собой комбинацию теневой маски и апертурной решетки. В данном случае люминофорные элементы расположены в вертикальных эллиптических ячейках, а маска сделана из вертикальных линий. Фактически вертикальные полосы разделены на эллиптические ячейки, которые содержат группы из трех люминофорных элементов трех основных цветов.

# Цветоделительные маски: апертура



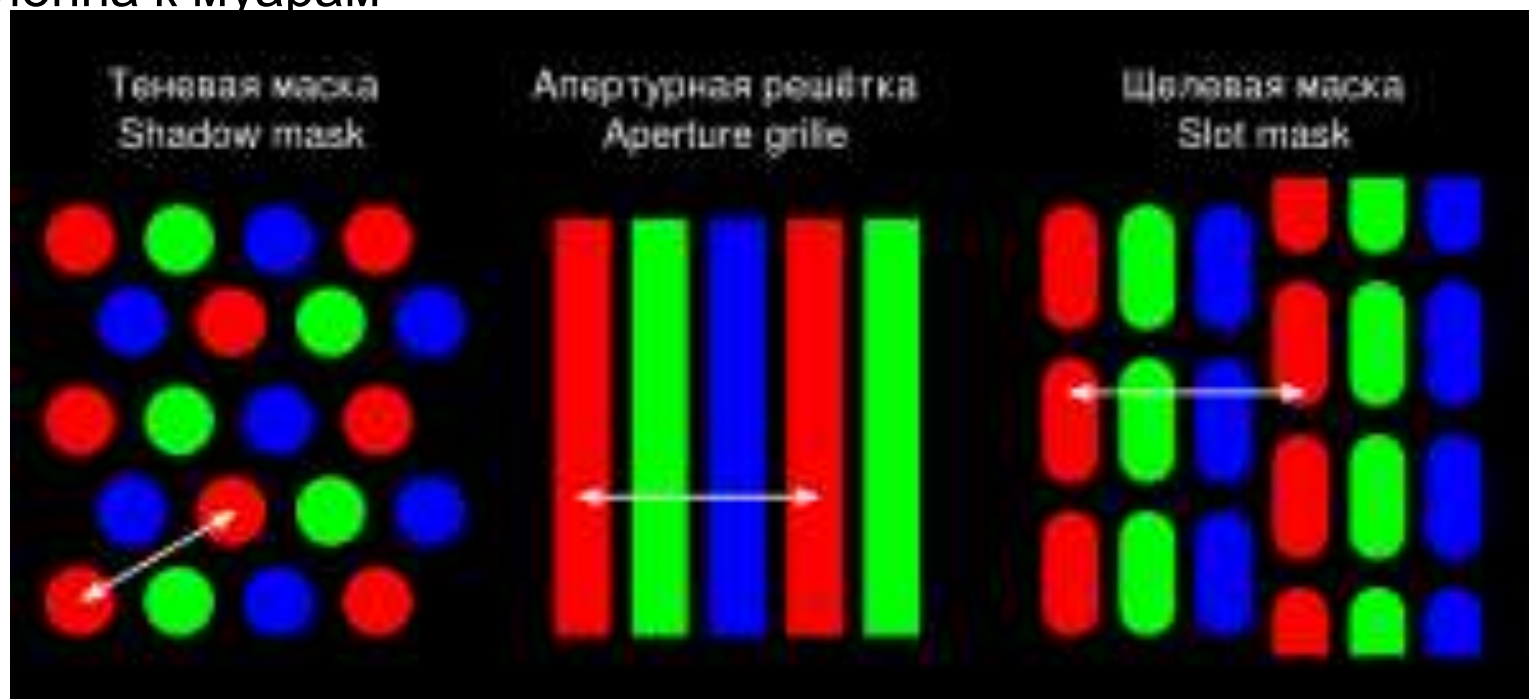
Оба типа масок — тневая маска и апертурная решетка — имеют свои преимущества и своих сторонников. Для офисных приложений, текстовых редакторов и электронных таблиц больше подходят кинескопы с тневой маской, обеспечивающие очень высокую четкость и достаточный контраст изображения. Для работы с пакетами растровой и векторной графики традиционно рекомендуются трубки с апертурной решеткой, которым свойственны превосходная яркость и контрастность изображения. Кроме того, рабочая поверхность этих кинескопов представляет собой сегмент цилиндра с большим радиусом кривизны по горизонтали (в отличие от ЭЛТ с тневой маской, имеющих сферическую поверхность экрана), что существенно (до 50%) снижает интенсивность бликов на экране.



# Типы решеток, способы замера шага на них

В современных мониторных ЭЛТ шаг маски находится на уровне 0,25 мм. Телевизионные кинескопы, просмотр изображения на которых осуществляется с большого расстояния, используют шаги порядка 0,8 мм.

Среди этих масок нет явного лидера: теневая обеспечивает высокое качество линий, апертурная даёт более насыщенные цвета и высокий КПД. Щелевая сочетает достоинства теневой и апертурной, но склонна к муарам



# Характеристики монитора

1. Размер экрана монитора (по диагонали) -14,15,17,19,20,21 дюйм. **ЭЛТ,ЖК,ПЛ.**
2. Частота регенерации – раз в секунду монитор полностью сменяет изображение (min 75 Гц, норма 85, комфорт 100 и более).
3. Класс защиты монитора – его соответствие сан. гиги. норма.

# Объём видеопамяти

Информационный объём рассчитывается

$$I_{\text{п}} = I * X * Y$$

$I_{\text{п}}$  - Информационный объём в битах

$X$  – количество тчк. по горизонтали

$Y$  - количество тчк. по вертикали.

$I$  — глубина цвета в битах на точку.

Качество зависит от размера экрана и размера пикселя (0,28 мм,  
2,24 мм, 0,2 мм ..)

# Графический режим

- Графический режим вывода изображения на экран монитора определяется величиной разрешающей способности и глубиной цвета.
- Для формирования изображения информация о каждой его точке (код цвета точки) должна храниться в видеопамяти компьютера.
- Рассчитаем необходимый объем видеопамяти для графического режима с разрешением 800 x 600 точек и глубиной цвета 24 бита на точку.

**Всего точек на экране:  $800 * 600 = 480\ 000$**

**Необходимый объем видеопамяти :**

**$24\text{ бит} * 480\ 000 = 11\ 520\ 000\text{ бит} = 1\ 440\ 000\text{ байт} =$   
 $= 1406,25\text{ Кбайт} = 1,37\text{ Мбайт}$**

# Палитры цветов в системах цветопередачи

1. RGB-палитра цветов формируется путём сложения красного, зелёного и синего цветов.(на восприятии излучаемого цвета)

Уровень интенсивности цвета задаётся от min до max (десятичными кодами). В мониторах ПК, телевизорах

2. CMYK –(основные голубой, пурпурный, жёлтый) путём наложения Г,П,Ж и Чёрной красок.(на восприятии отражаемого цвета) В полиграфии, струйных принтерах

3. HSV – путём установки значений оттенка цвета, насыщенности и яркости.

(Hue – тон, Saturation – насыщенность, Value – значение) удобна для создания изображений художниками. В ней координа-

- тами цвета являются: Hue – цветовой тон, обычно варьируется в пределах  $0-360^\circ$ , где  $0^\circ$  – красный,  $120^\circ$  – зеленый,  $240^\circ$  – синий (тон цвета задается в градусах);
- Saturation – насыщенность, изменяется в пределах 0
- Value – яркость, задается в пределах 0–100 или 0–1.