

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Связь ЭВМ с внешней средой: ввод и вывод информации

Ввод и вывод цифровой и аналоговой информации:

Цифро-аналоговое преобразование (ЦАП). Погрешности ЦАП.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Погрешности АЦП.

Понятие о цифровом методе хранения и передачи аналоговой информации.

Ввод оптического изображения в ЭВМ, приборы с зарядовой связью (ПЗС). ПЗС-камера (CCD).

Принципы отображения информации на твердом носителе - принтеры и плоттеры:

Алфавитно-цифровые и графические принтеры.

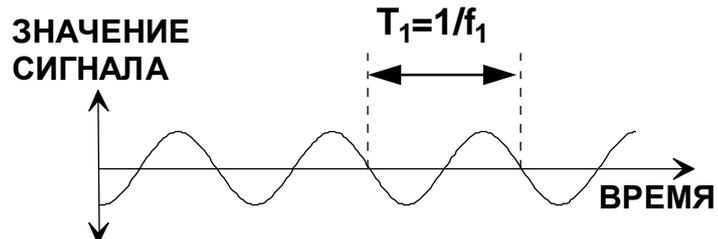
Матричные, струйные, лазерные и светодиодные принтеры.

Цветная печать.

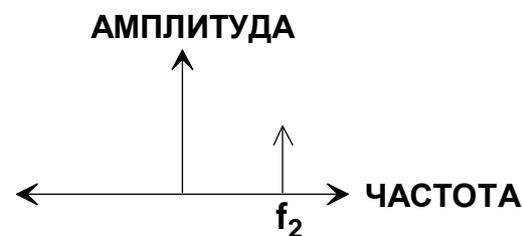
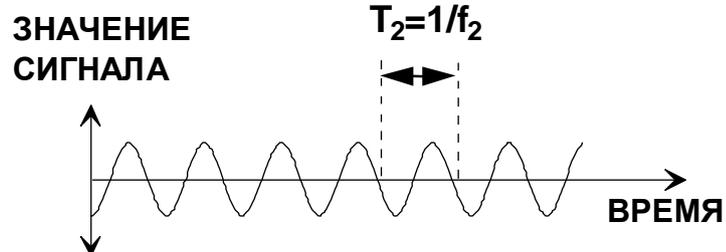
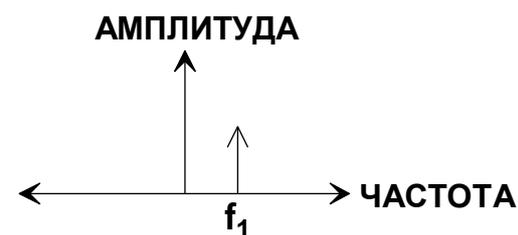
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

СИГНАЛЫ ВО ВРЕМЕННОЙ И ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТЯХ

ВРЕМЕННАЯ ОБЛАСТЬ



ЧАСТОТНАЯ ОБЛАСТЬ



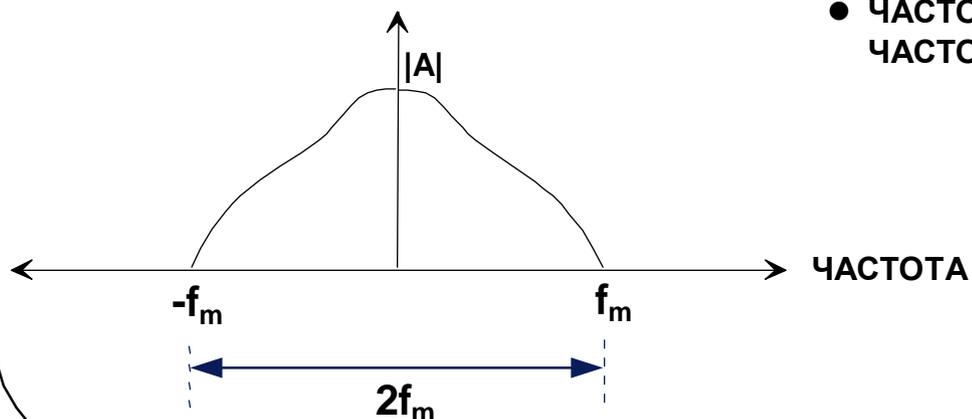
T = период f = частота

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

РЕАЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ



- РЕАЛЬНО СУЩЕСТВУЮЩИЕ СИГНАЛЫ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ КОМБИНАЦИЮ МНОГИХ ЧАСТОТ
- ОНИ ИМЕЮТ ШИРИНУ ПОЛОСЫ $2f_m$
- ЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР = ЧАСТОТНОМУ СОСТАВУ

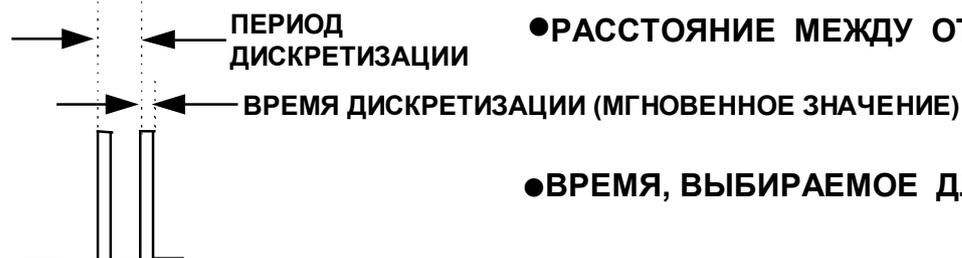


Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ДИСКРЕТИЗАЦИЯ



- БЕРЕМ СОВОКУПНОСТЬ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ НЕПРЕРЫВНО ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ДАННЫХ
- ПЕРИОД ДИСКРЕТИЗАЦИИ ФИКСИРУЕТСЯ
- ЭТО ДЕЛАЕТ ИНФОРМАЦИЮ ПОНЯТНОЙ
- ЦЕНА АКЦИИ УПАЛА ДО МИНИМУМА НА 4 НЕДЕЛЕ
- ЦЕНА АКЦИИ ПОДНЯЛАСЬ ДО СВОЕГО ПИКА НА 9 НЕДЕЛЕ

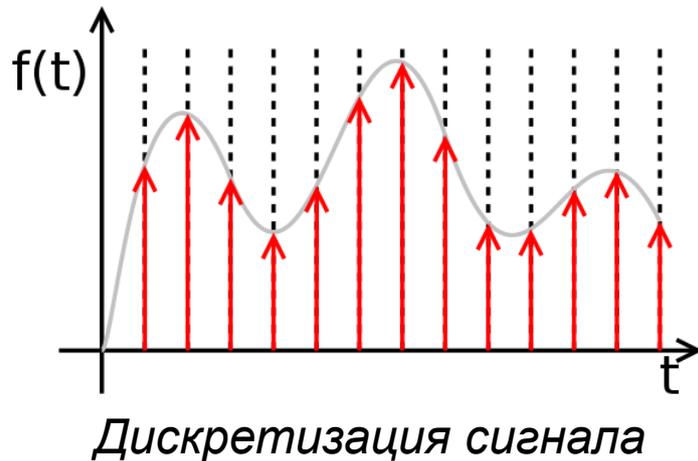


● РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ОТСЧЕТАМИ

● ВРЕМЯ, ВЫБИРАЕМОЕ ДЛЯ ФИКСАЦИИ ОТСЧЕТА

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Дискретизация



Дискретизация во времени - преобразование непрерывного аналогового сигнала $x(t)$ в дискретный сигнал $x(t_k)$, где $t_k = t - k\Delta t$.

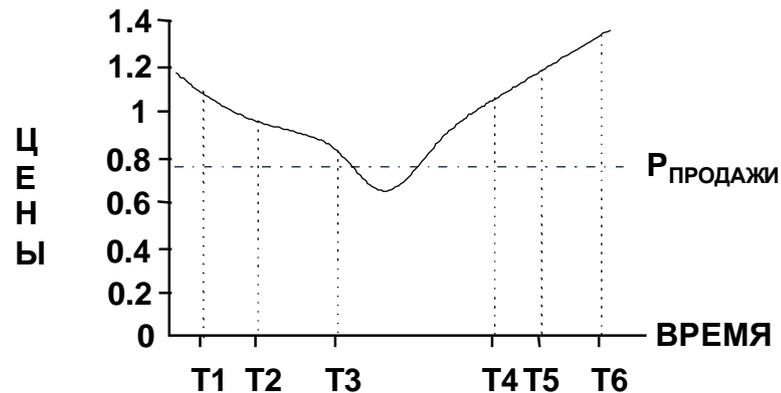
При дискретизации, непрерывный аналоговый сигнал заменяется последовательностью отсчётов, величина которых равна значению сигнала в данный момент времени. Возможность точного воспроизведения такого представления зависит от интервала времени между отсчётами Δt

Частота дискретизации (семплирования) - частота выборки отсчетов F_D непрерывного аналогового сигнала $x(t)$ при его дискретизации АЦП (аналогово-цифровым преобразователем)

Этот же термин используется при обратном цифро-аналоговом преобразовании (ЦАП) - при восстановлении исходного сигнала

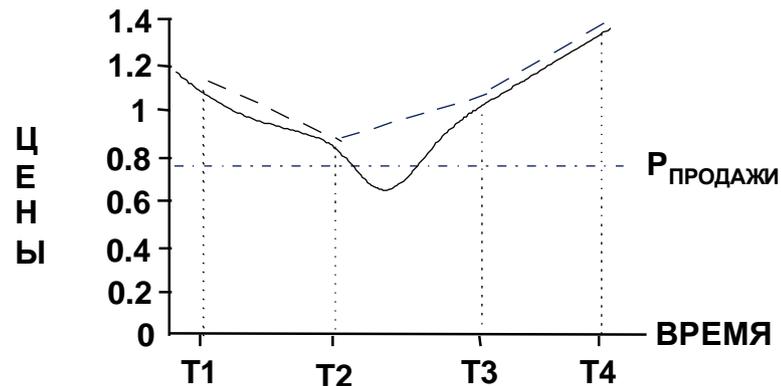
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ПРОПУСК ИНФОРМАЦИИ



- НЕПЕРЕОДИЧЕСКИЕ МГНОВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

- МОЖНО ПРОПУСТИТЬ ИНФОРМАЦИЮ
- ПАДЕНИЕ ЦЕНЫ МЕЖДУ T3 И T4 ПРОХОДИТ НЕЗАМЕЧЕННЫМ
- ИНФОРМАЦИЯ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ЛЕГКО ИНТЕРПРЕТИРОВАНА



- ПЕРИОДИЧЕСКИЕ МГНОВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

- ЛЕГКО ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ
- МОЖНО ПРОПУСТИТЬ ИНФОРМАЦИЮ

- КЛЮЧОМ ЯВЛЯЕТСЯ ЧАСТОТА ДИСКРЕТИЗАЦИИ

— Фактическое изменение
- - - Предполагаемая кривая

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Частоты дискретизации

Частоты дискретизации при передаче звука:

8 000 Гц - телефонная связь (речь)

11 025 Гц

22 050 Гц - радио

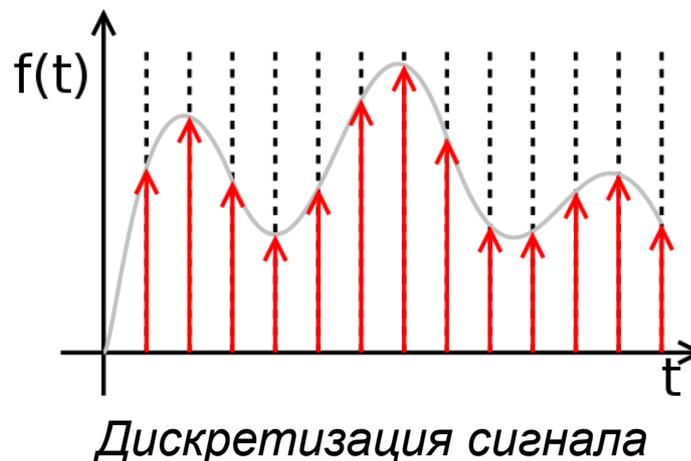
44 100 Гц - Audio CD

48 000 Гц - DVD, DAT

96 000 Гц - DVD-Audio (MLP 5.1)

192 000 Гц - DVD-Audio (MLP 2.0)

2 822 400 Гц - SACD (Super Audio CD 5.1, max на 2008 г.)



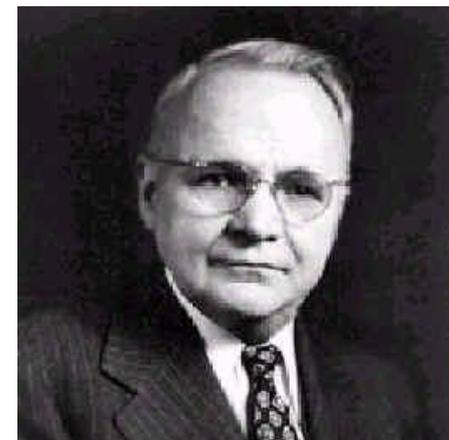
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Дискретизация: теорема Котельникова

Теорема Котельникова (Найквиста-Шеннона):
если сигнал $x(t)$ имеет ограниченный спектр, то он может
быть восстановлен однозначно и без потерь по отсчетам
($t_k = t - k\Delta t$), взятым с частотой F_D , большей удвоенной
максимальной частоты спектра F_M

$$F_D > 2 F_M$$

т.е. отсчетам, взятым с периодом чаще полупериода F_M



Гарри Найквист



В.А. Котельников

$$x(t) = \sum x(k\Delta t) \frac{\sin(\pi F_D(t - k\Delta t))}{\pi F_D(t - k\Delta t)}.$$

1928 - Гарри Найквист, работа «Certain topics in telegraph transmission theory»

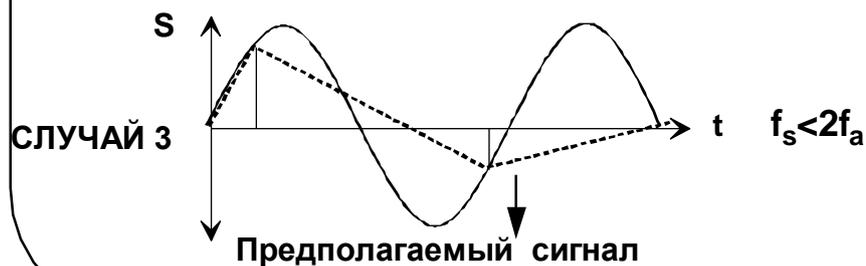
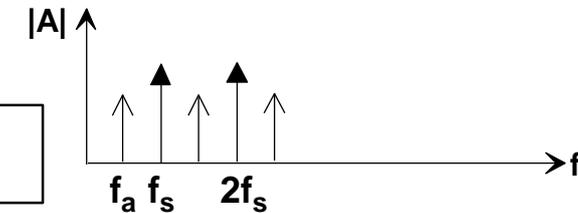
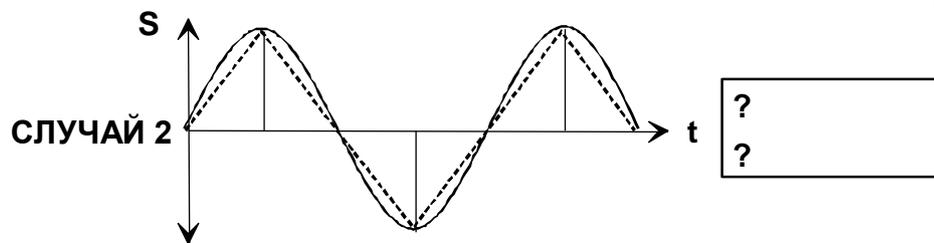
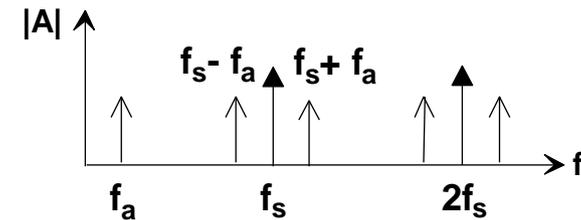
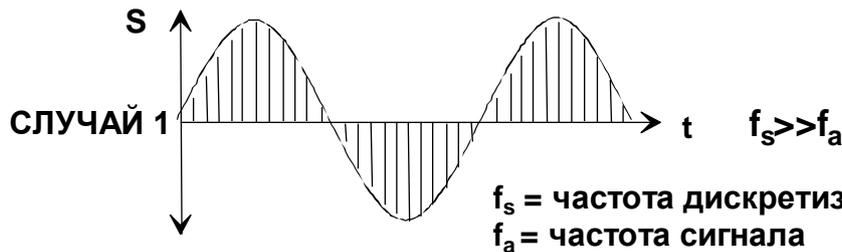
1933 - В.А. Котельников, работа «О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи»

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ПРАВИЛЬНАЯ РАССТАНОВКА ОТСЧЕТОВ

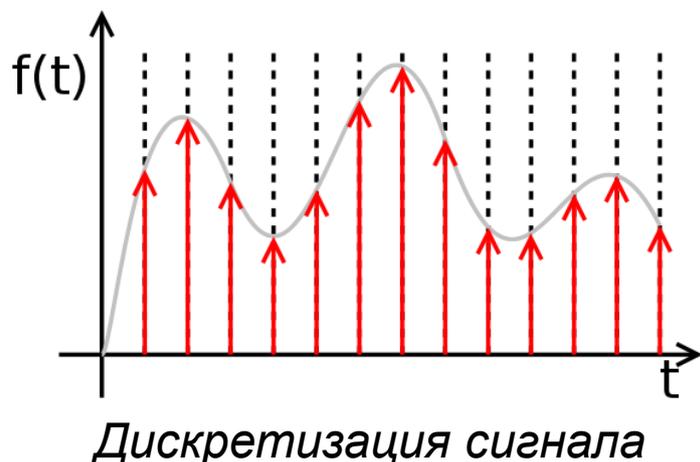
ВРЕМЕННАЯ ОБЛАСТЬ

ЧАСТОТНАЯ ОБЛАСТЬ



Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Дискретизация: частота Найквиста



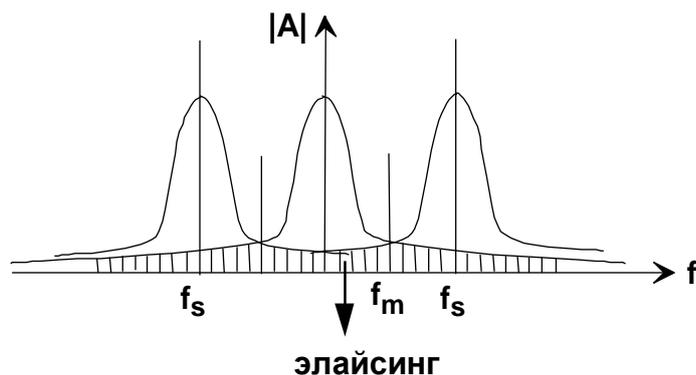
Частота Найквиста F_N - частота, равная половине частоты дискретизации F_D

При дискретизации непрерывного сигнала $x(t)$ полезную информацию несет только низкочастотная (частоты ниже частоты Найквиста) область спектра сигнала. Спектр выше частоты Найквиста является зеркальным отображением низкочастотной области спектра

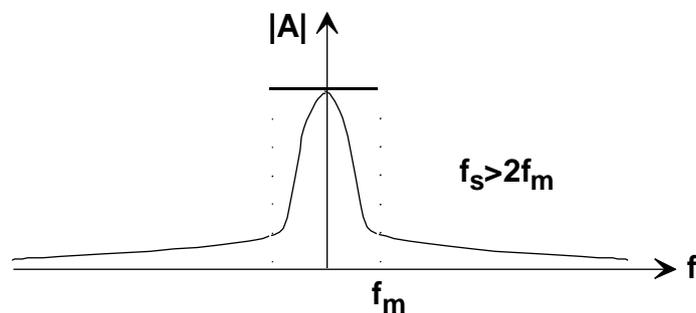
При оцифровке аналогового сигнала его спектр необходимо ограничить частотой F_N , что позволяет избежать зеркального отражения спектральных компонент с частотами выше F_N . Реализовать фильтр с резким спадом на высоких частотах достаточно сложно, поэтому F_M делают немного ниже F_N , что обеспечивает надежное подавление всех «неправильных» спектральных компонент

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ОГРАНИЧЕНИЕ СПЕКТРА



- РЕАЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ СОДЕРЖАТ МНОГО ЧАСТОТ
- СОСТАВЛЯЮЩИЕ С ЧАСТОТОЙ, БОЛЬШЕ, ЧЕМ $1/2 f_s$ ПРИВОДЯТ К ПОЯВЛЕНИЮ ЭЛАЙСИНГА ($f > f_m$)



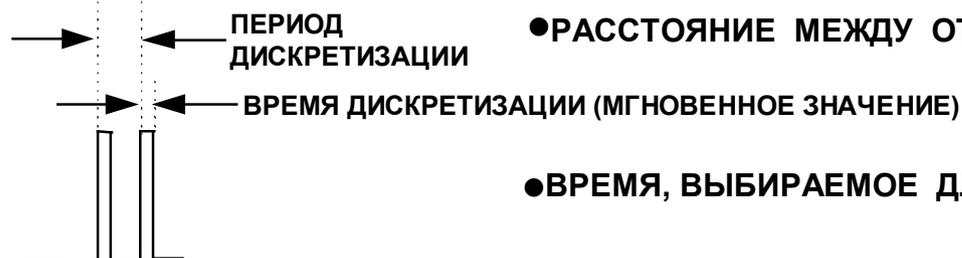
- ИЗБАВИМСЯ (С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРА) ОТ ЧАСТОТ ВЫШЕ f_m
- ЗАТЕМ УСТАНОВИМ ЧАСТОТУ ДИСКРЕТИЗАЦИИ, БОЛЬШУЮ, ЧЕМ $2f_m$

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ДИСКРЕТИЗАЦИЯ



- БЕРЕМ СОВОКУПНОСТЬ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ НЕПРЕРЫВНО ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ДАННЫХ
- ПЕРИОД ДИСКРЕТИЗАЦИИ ФИКСИРУЕТСЯ
- ЭТО ДЕЛАЕТ ИНФОРМАЦИЮ ПОНЯТНОЙ
- ЦЕНА АКЦИИ УПАЛА ДО МИНИМУМА НА 4 НЕДЕЛЕ
- ЦЕНА АКЦИИ ПОДНЯЛАСЬ ДО СВОЕГО ПИКА НА 9 НЕДЕЛЕ



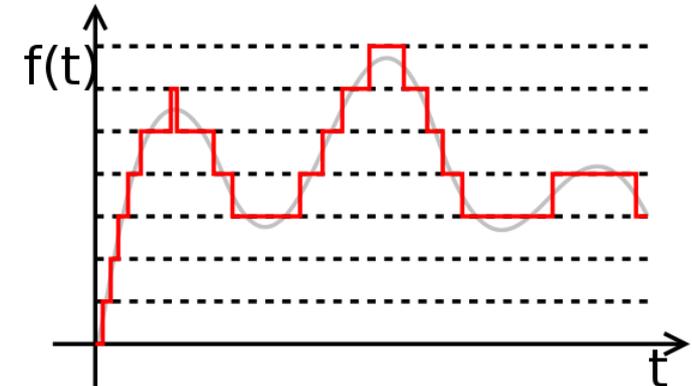
● РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ОТСЧЕТАМИ

● ВРЕМЯ, ВЫБИРАЕМОЕ ДЛЯ ФИКСАЦИИ ОТСЧЕТА

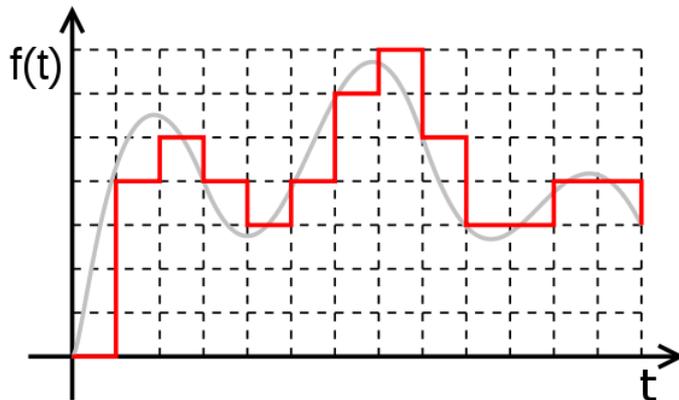
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Квантование

Квантование - разбиение диапазона значений непрерывной или дискретной величины на конечное число интервалов. Квантование используется при обработке сигналов, в том числе при сжатии звука и изображений. Простейшим видом квантования является деление целочисленного значения на натуральное число - коэффициент квантования



Квантованный сигнал



Цифровой сигнал

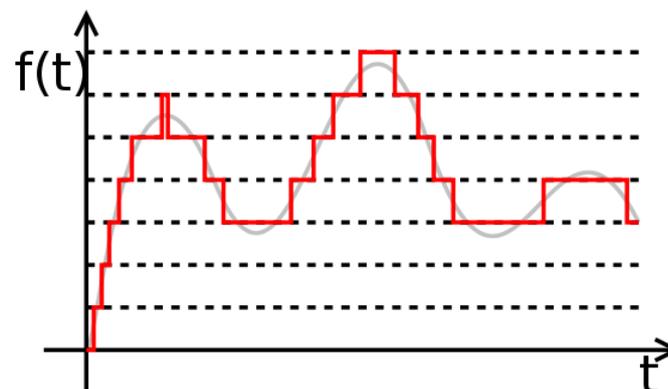
Однородное (или линейное) квантование - разбиение диапазона значений на отрезки равной длины. Его можно представить как деление исходного значения на постоянную величину (шаг квантования) и взятие целой части от частного

$$y_q = \left[\frac{y - y_0}{h} \right]$$

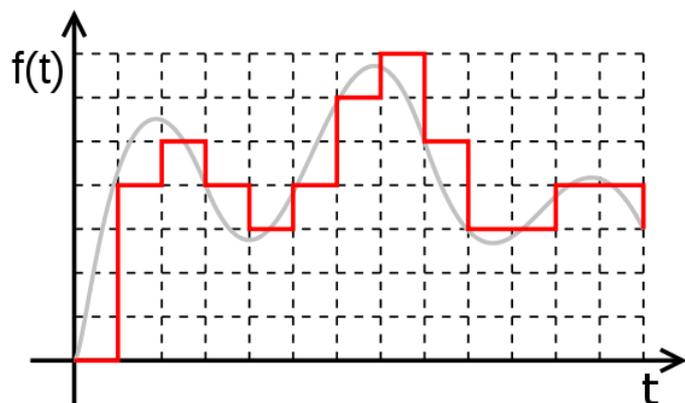
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Квантование

Уровень квантования называют глубиной дискретизации и измеряют в битах. Чем больше глубина дискретизации, тем точнее цифровой сигнал соответствует аналоговому. В случае однородного квантования глубину дискретизации называют также динамическим диапазоном и измеряют в децибелах (1 бит \approx 6 дБ)



Квантованный сигнал



Цифровой сигнал

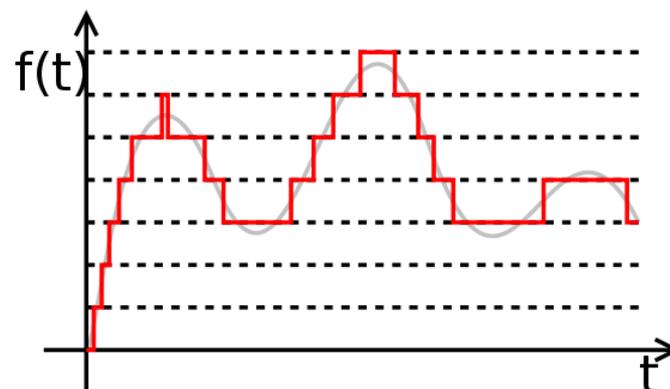
Для квантования в двоичном коде диапазон изменения сигнала от U_{\min} до U_{\max} делится на 2^n интервалов. Величина получившегося интервала (шага квантования)

$$\Delta = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n}.$$

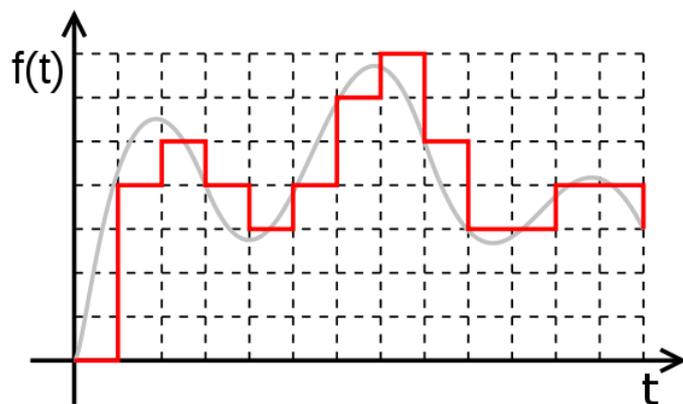
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Квантование

Каждому интервалу присваивается n - разрядный двоичный код - номер интервала. Каждому отсчёту присваивается код того интервала, в который попадает значение этого отсчёта. Аналоговый сигнал представляется последовательностью двоичных чисел, соответствующих его величине в определённые моменты времени, то есть цифровым сигналом



Квантованный сигнал



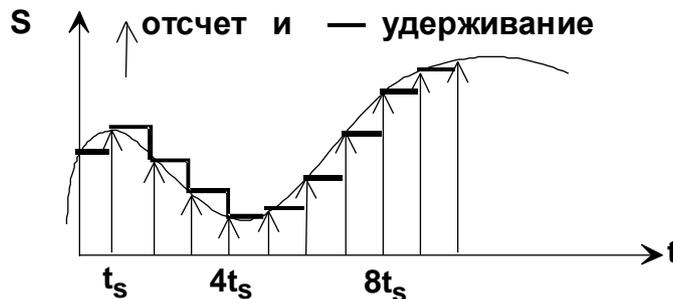
Цифровой сигнал

При этом каждое двоичное число представляется последовательностью импульсов высокого (1) и низкого (0) уровня

Шум квантования - ошибки, возникающие при оцифровке аналогового сигнала. В зависимости от типа преобразования ошибки могут возникать из-за округления (до определенного разряда) сигнала или отбрасывания младших разрядов

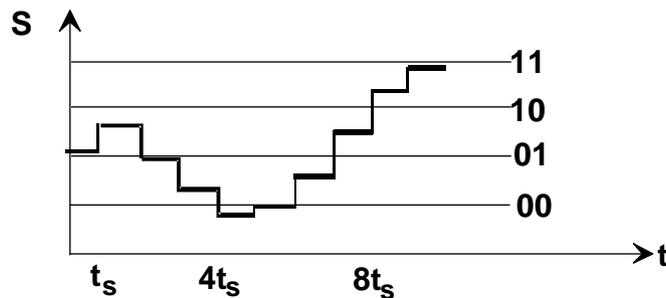
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА



- ЦЕЛЬ – ПОЛУЧИТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В ВИДЕ «1» И «0»

- СИГНАЛ ДИСКРЕТИЗИРУЮТ С ПЕРИОДОМ t_s



- УДЕРЖИВАЮТ ДИСКРЕТИЗИРУЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДО СЛЕДУЮЩЕГО ОТСЧЕТА

- РАСПРЕДЕЛЯЮТ НОВЫЙ СИГНАЛ ПО УРОВНЯМ = КВАНТУЮТ



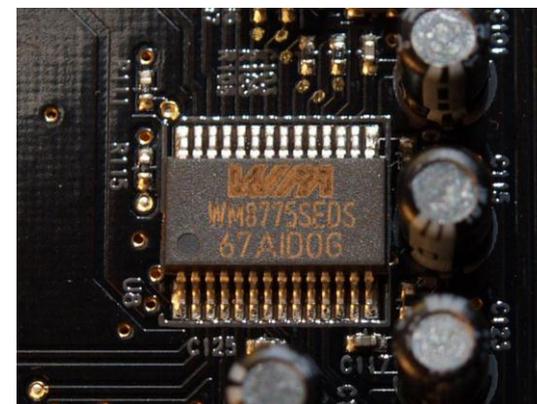
- БОЛЬШЕ УРОВНЕЙ – ВЫШЕ ТОЧНОСТЬ

СИГНАЛ = 10 10 01 01 00 00 0

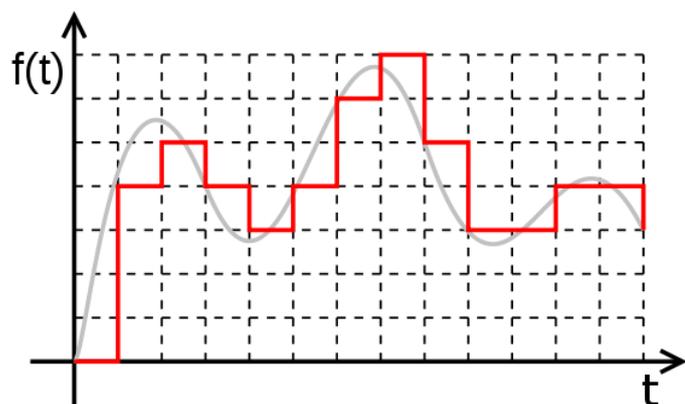
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

АЦП

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП, Analog-to-digital converter, ADC) - устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в цифровой сигнал (дискретный код). Обратное преобразование осуществляется при помощи ЦАП (цифро-аналогового преобразователя, DAC)



Четырехканальный АЦП



Цифровой сигнал

Как правило, АЦП – электронное устройство, преобразующее напряжение в двоичный цифровой код. Простейшим одноразрядным двоичным АЦП является компаратор

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

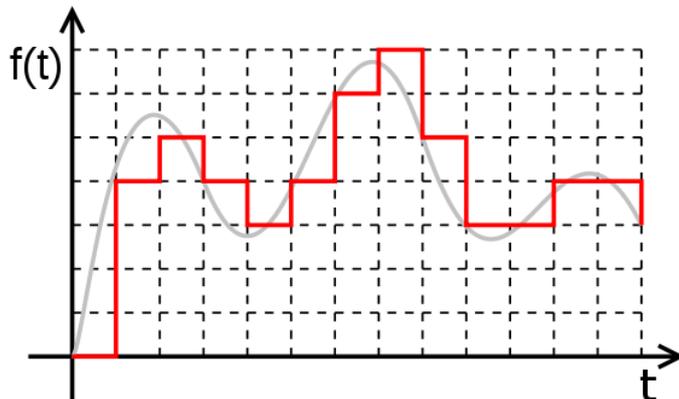
АЦП

Разрядность АЦП характеризует количество дискретных значений, которые преобразователь может выдать на выходе.

В двоичных АЦП разрядность измеряется в битах. Например, двоичный АЦП, способный выдать 256 дискретных значений (0...255), имеет разрядность 8 бит, поскольку $2^8 = 256$



Четырехканальный АЦП



Цифровой сигнал

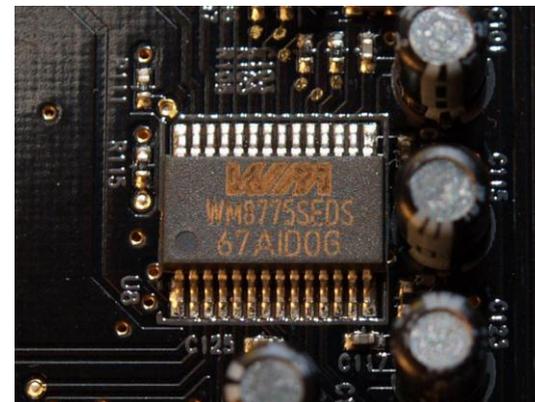
Разрешение по напряжению равно разности напряжений, соответствующих максимальному и минимальному выходному коду, деленной на количество выходных дискретных значений.

На практике разрешение ограничено шумами на входе. При большом уровне шумов различить соседние уровни становится невозможно. При этом реальное разрешение описывают эффективной разрядностью, меньшей разрядности АЦП

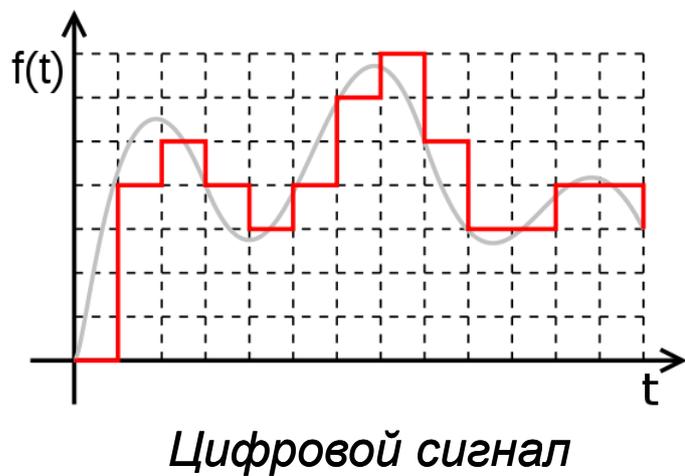
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Линейные и нелинейные АЦП

Большинство АЦП - линейные, что означает, что диапазон входных значений по линейному закону связан с цифровым выходным значением, т.е. выходное значение k достигается при диапазоне входных значений от $m(k + b)$ до $m(k + 1 + b)$, где m и b — некоторые константы



Четырехканальный АЦП



Распределение амплитуды сигнала не всегда равномерно. В этом случае используют нелинейные АЦП. Перед квантованием сигнал пропускают через преобразователь с передаточной функцией, повторяющей функцию распределения сигнала. За счет этого важные области изменения амплитуды квантуются с лучшим разрешением. В ЦАП сигнал обрабатывается функцией, обратной функции распределения исходного сигнала

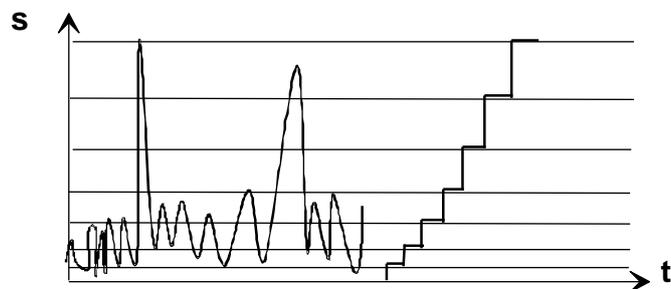
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ОШИБКА КВАНТОВАНИЯ



- КВАНТОВАНИЕ ПОРОЖДАЕТ ОШИБКИ

- УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА УРОВНЕЙ КВАНТОВАНИЯ НЕ ВСЕГДА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ



- НЕРАВНОМЕРНОЕ КВАНТОВАНИЕ

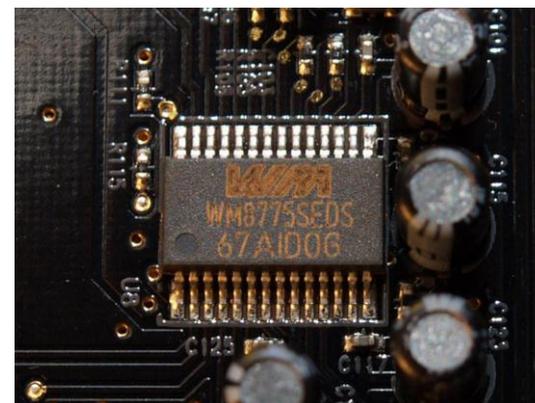
- БОЛЬШЕ УРОВНЕЙ ТАМ, ГДЕ ЕСТЬ ОСЦИЛЛЯЦИИ С МАЛОЙ АМПЛИТУДОЙ
- МЕНЬШЕ УРОВНЕЙ ТАМ, ГДЕ НЕТ РЕЗКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СИГНАЛА

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

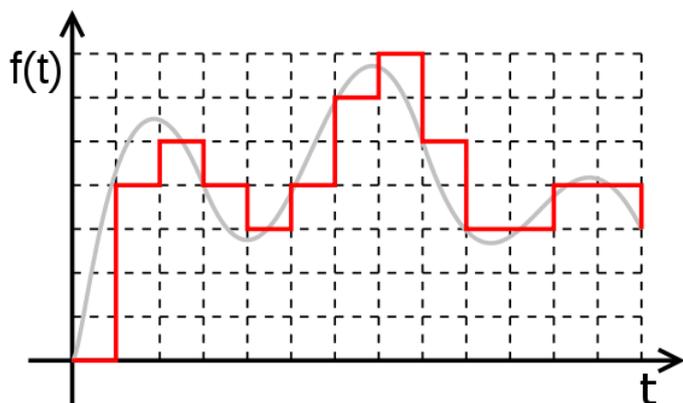
Типы АЦП

АЦП прямого преобразования (параллельные) содержит по одному компаратору на каждый дискретный уровень входного сигнала.

Очень быстрые, но обычно имеют разрешение не более 8 бит (256 компараторов). Дорогие, имеют высокую входную емкость, используются для цифровки видео и других высокочастотных сигналов



Четырехканальный АЦП



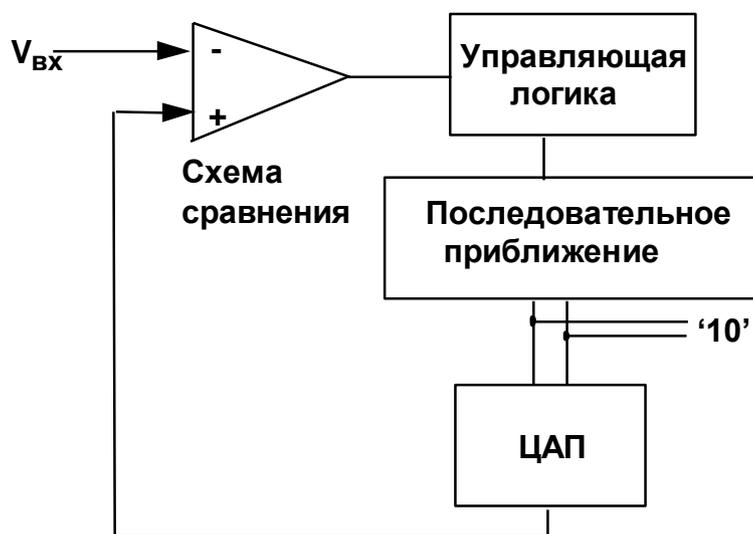
Цифровой сигнал

- Последовательные АЦП содержат один компаратор, вспомогательный ЦАП и регистр последовательного приближения. Преобразует сигнал за N шагов, где N - разрядность. На каждом шаге методом двоичного поиска определяется один бит искомого цифрового значения, начиная со старшего значащего разряда и заканчивая младшим.
- Обладают хорошим разрешением, но нуждаются в устройствах выборки хранения погрешность велика

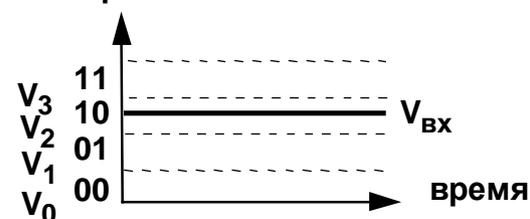
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (АЦП)

АЦП С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ПРИБЛИЖЕНИЕМ



Напряжение



- УСТАНОВКА ВЫХОДА ЦАП В $V_2 = '01'$
- ЦАП ГЕНЕРИРУЕТ АНАЛОГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ V_2 , $V_{вх} > V_2$
- УСТАНОВКА СТАРШЕГО БИТА В '1'
- ЦАП ГЕНЕРИРУЕТ ТЕПЕРЬ V_3
- УСТАНОВКА МЛАДШЕГО БИТА В '0', т.к. $V_3 > V_{вх}$
- ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА В ТЕЧЕНИЕ ДВУХ ЦИКЛОВ
- n БИТ = n ЦИКЛОВ

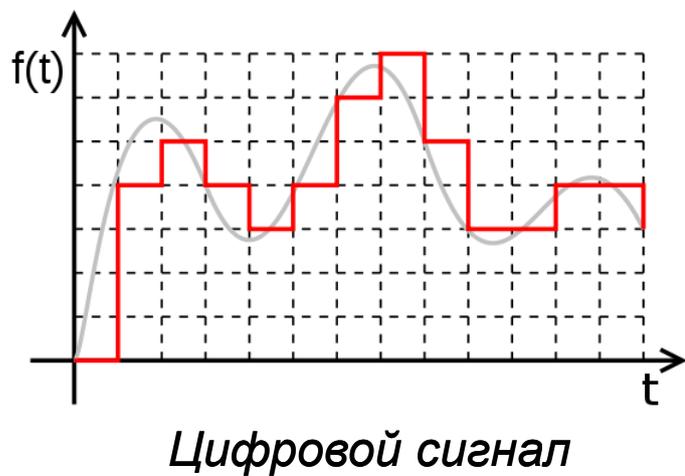
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Типы АЦП

Последовательно-параллельные АЦП, сохраняя высокое быстродействие параллельных АЦП, позволяют уменьшить число компараторов, нужных для преобразования аналогового сигнала в цифровой с заданной разрядностью. Содержат в своем составе дополнительный АЦП, повышающий точность преобразования путем оцифровки ошибки квантования основного АЦП



Четырехканальный АЦП



- Интегрирующие АЦП содержат генератор пилообразного напряжения, компаратор и счётчик времени. Пилообразный сигнал линейно нарастает до некоторого уровня, а затем быстро спадает до нуля. В момент начала нарастания запускается счётчик времени. Когда пилообразный сигнал достигает уровня входного сигнала, компаратор срабатывает и останавливает счётчик. Значение считывается со счётчика и подаётся на выход АЦП

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ АЦП

ЦЕПОЧКА ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА



ДВУНАКЛОННОЕ АЦП

- МЕДЛЕННЫЕ
- ДОРОГИЕ

СИГНАЛЬНЫЕ АЦП

- ТРЕБУЮТ ТОЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ

СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП

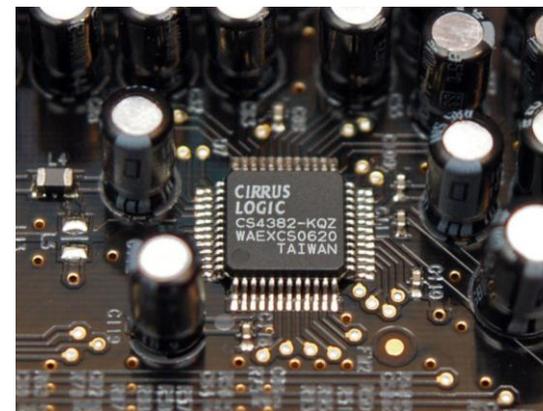
- ИСПОЛЬЗОВАНА ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
- НАДЕЖНЫЕ
- СТАБИЛЬНЫЕ

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

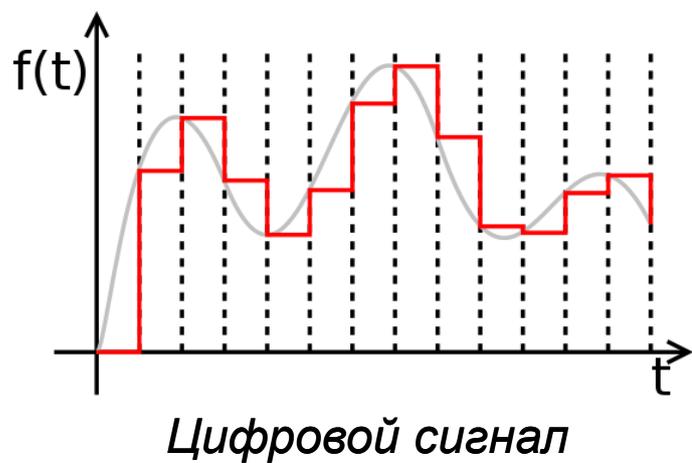
ЦАП

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) - устройство для преобразования цифрового (обычно двоичного) кода в аналоговый (ток, напряжение или заряд).

ЦАП является интерфейсом между дискретным цифровым миром и реальным аналоговым



Восьмиканальный ЦАП



Цифровой сигнал

• Основные характеристики ЦАП:

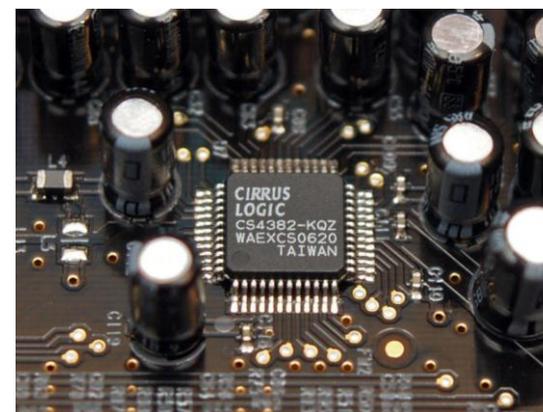
- Разрядность - количество разных уровней выходного сигнала, которые ЦАП может воспроизвести (в битах)
- Максимальная частота дискретизации - максимальная частота, на которой ЦАП может работать
- Динамический диапазон - соотношение наибольшего и наименьшего сигналов (выражается в дБ)

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

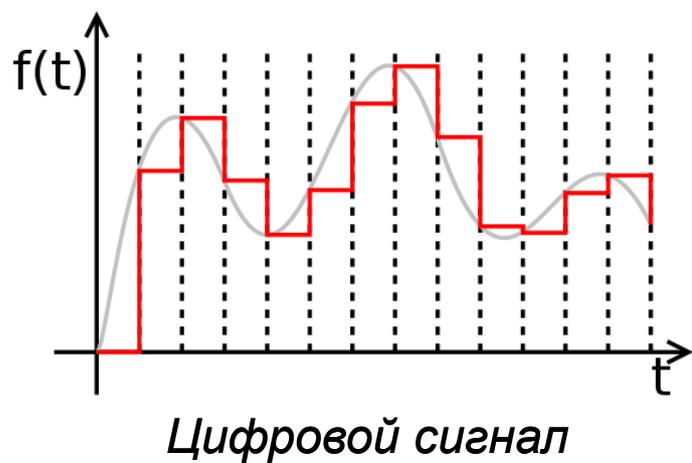
Типы ЦАП

Взвешивающий ЦАП - каждому биту соответствует резистор или источник тока, подключенный на общую точку суммирования. Сила тока пропорциональна весу бита, которому он соответствует.

Один из самых быстрых, но ему свойственна низкая точность из-за необходимости использования прецизионных элементов. Обычно имеют разрядность не более восьми бит



Восьмиканальный ЦАП



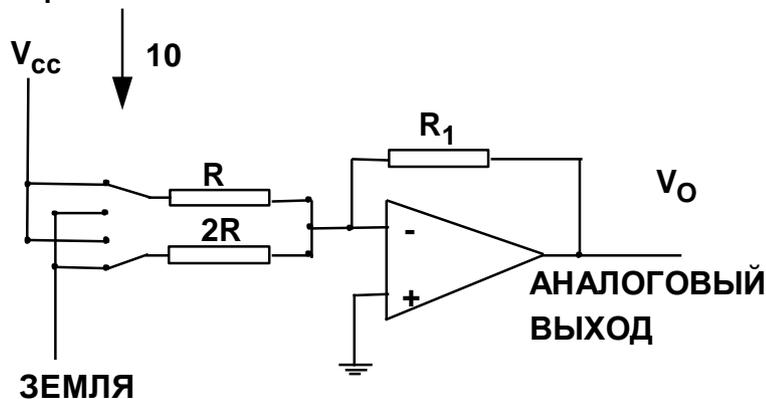
- Широтно-импульсный ЦАП - стабильный источник тока или напряжения периодически включается на время, пропорциональное преобразуемому цифровому коду. Далее полученная импульсная последовательность фильтруется аналоговым фильтром низких частот

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ОТ ЦИФРОВОГО К АНАЛОГОВОМУ

ЦАП С УМНОЖЕНИЕМ
НАПЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА

ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ



- ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОДА “10” ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОДКЛЮЧАЕТ R К ИСТОЧНИКУ (V_{CC}), $2R$ ЗАЗЕМЛЯЕТ
АНАЛОГОВЫЙ ВЫХОД $= (R_1/R) * V_{CC}$
- УСИЛЕНИЕ $= R_1/\text{ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ}$

$$V_0 = - \left[\underbrace{V_{\text{ВХ}} * (R_1/R)}_{\text{MSB}} + \underbrace{V_{\text{ВХ}} * (R_1/2R)}_{\text{LSB}} \right]$$

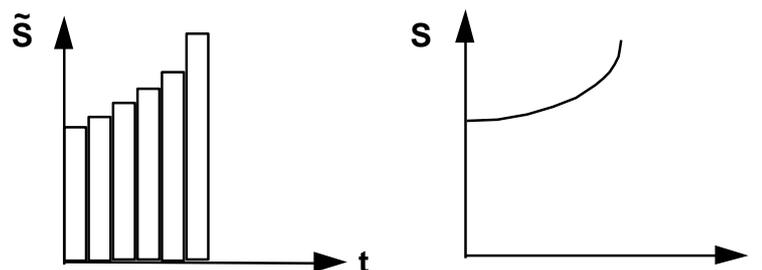
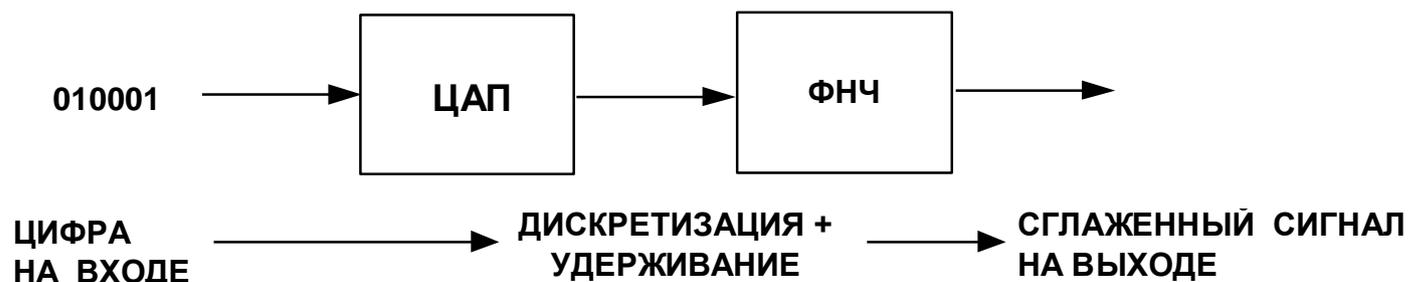
MSB = СТАРШИЙ ЗНАЧАЩИЙ БИТ
LSB = МЛАДШИЙ ЗНАЧАЩИЙ БИТ

- ВОЗМОЖНЫЕ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ
ДЛЯ $R_1 = R$

ВХОДЫ	ВЫХОДЫ
11	$1.5 V_{CC}$
10	V_{CC}
01	$0.5 V_{CC}$
00	0

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

СГЛАЖИВАНИЕ НА ВЫХОДЕ



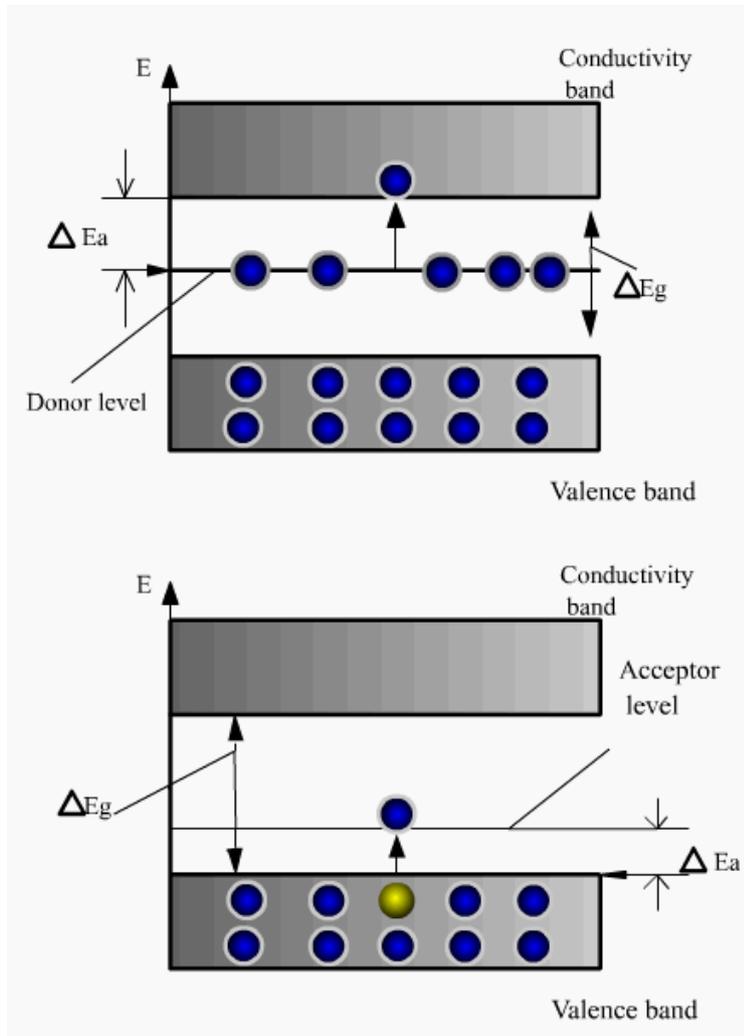
- ПРЕОБРАЗУЕТ ЦИФРЫ НА ВХОДЕ В АНАЛОГОВЫЙ СИГНАЛ
- УДЕРЖИВАЕТ ДО СЛЕДУЮЩЕГО ОТСЧЕТА
- ВЫХОДНОЙ СИГНАЛ СГЛАЖИВАЕТСЯ

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Внутренний фотоэффект

Внутренний фотоэффект - перераспределение под действием излучения электронов по состояниям в полупроводниках и диэлектриках.

Внутренний фотоэффект был обнаружен У. Смитом в 1873 г., проявляется в изменении концентрации носителей зарядов и приводит к возникновению фотопроводимости



Зонная структура

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

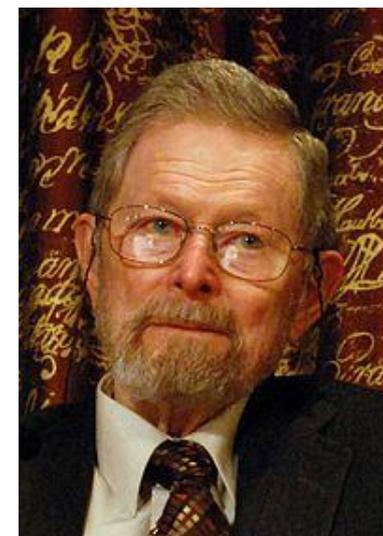
Прибор с зарядовой связью

ПЗС - прибор с зарядовой связью - прибор со считыванием накопленного электрического заряда методом последовательного сдвига этого заряда от одной ячейки к другой



Уиллард Бойл

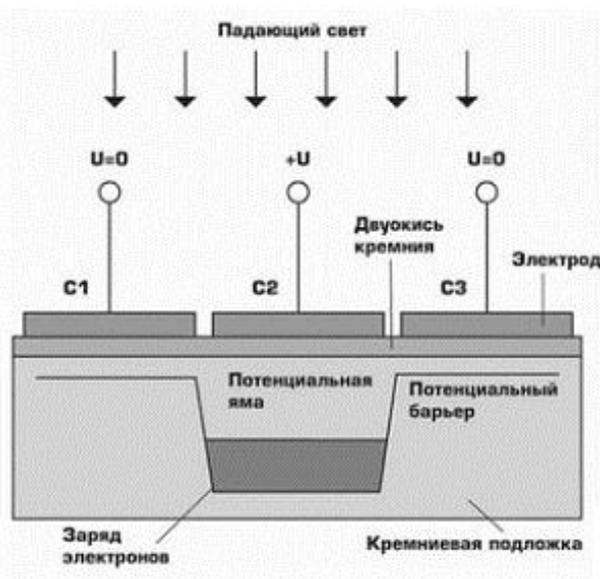
- 1969 – У. Бойл и Дж. Смит (AT&T Bell Labs) – изобретение ПЗС
- 1970 - AT&T Bell Labs - фиксация изображений с помощью ПЗС - линеек
- 1975 - внедрение телевизионных ПЗС матриц
- 2009 - У. Бойл и Дж. Смит - Нобелевская премия по физике



Джордж Элвуд Смит

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Прибор с зарядовой связью

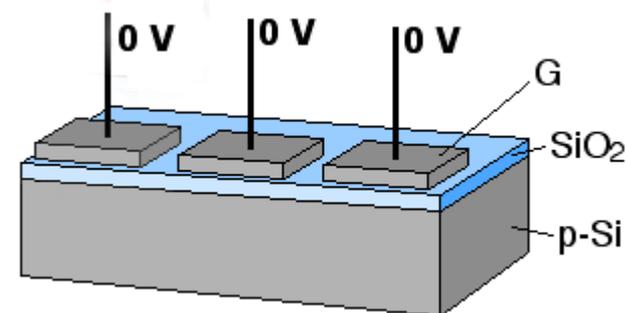


Три МДП конденсатора

Работа ПЗС основана на возникновении (фотоэффект), хранении и направленной передаче зарядовых пакетов в потенциальных ямах, образующихся в приповерхностном слое полупроводника при приложении к электродам внешних электрических напряжений

ПЗС - это матрица очень близко расположенных МДП -конденсаторов.

На поверхности полупроводника, накрытой тонким (~ 0.1 мкм) слоем диэлектрика, находится система прозрачных электродов. Причем расстояния между соседними элементами в этой системе столь малы, что оказываются существенны эффекты взаимного влияния соседей



Трехфазный регистр и перенос заряда в ПЗС

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

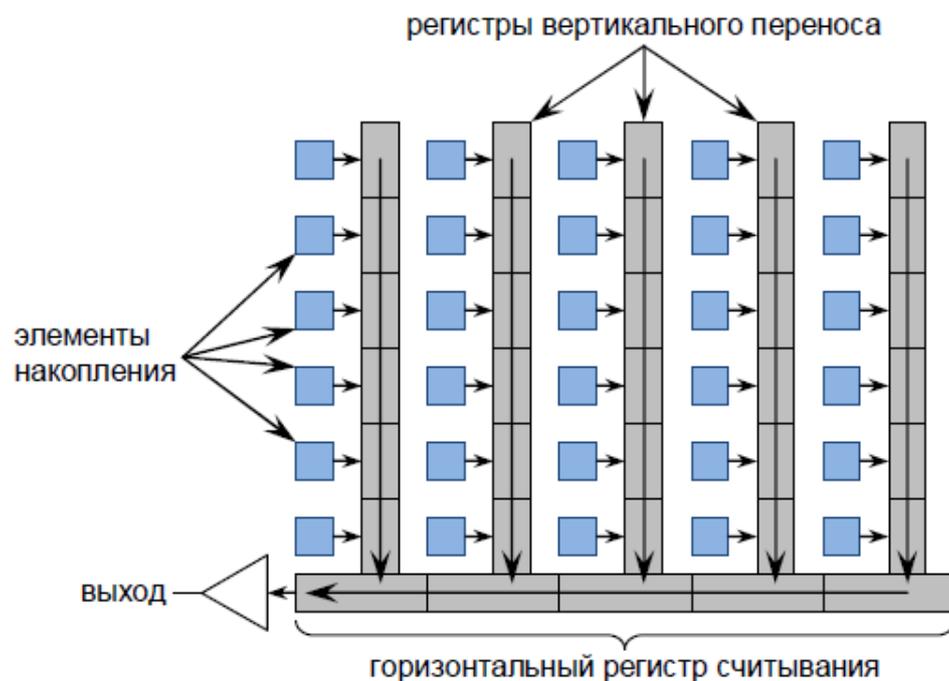
ПЗС матрицы

Большинство ПЗС матриц ориентировано на работу в телевизионном стандарте, что отражает их внутренняя структура.

Обычно ПЗС матрицы состоят из двух разных областей (секций): накопления и хранения-переноса заряда.

Последний организуется по строчно-кадровому принципу.

Значительно реже секция хранения отсутствует. В этом случае перенос (строчный) заряда осуществляется прямо по элементам секции накопления. Во время такого переноса процесс накопления останавливается за счет использования оптического затвора

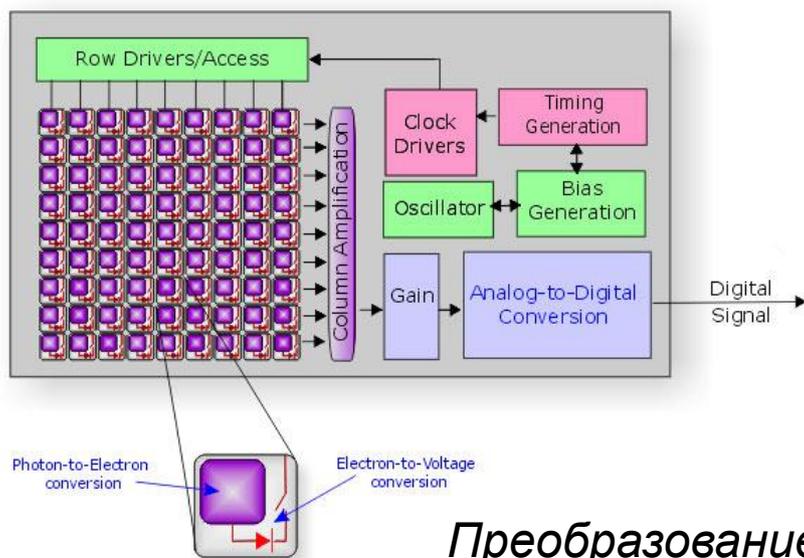


Строки ПЗС матрицы и перенос

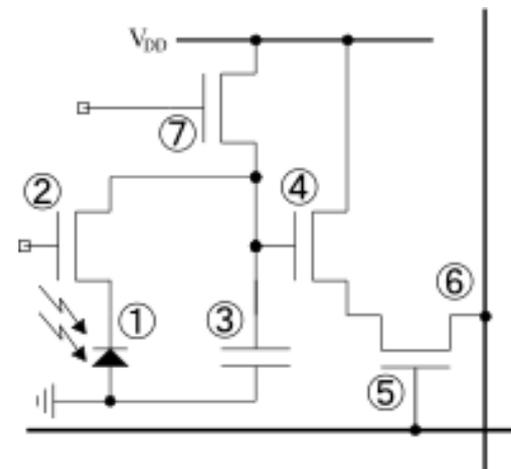
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

ССD (ПЗС) и CMOS (КМОП) матрицы

КМОП матрица - светочувствительная матрица, выполненная с использованием КМОП технологии. В этих матрицах используются полевые транзисторы с изолированным затвором с каналами разной проводимости



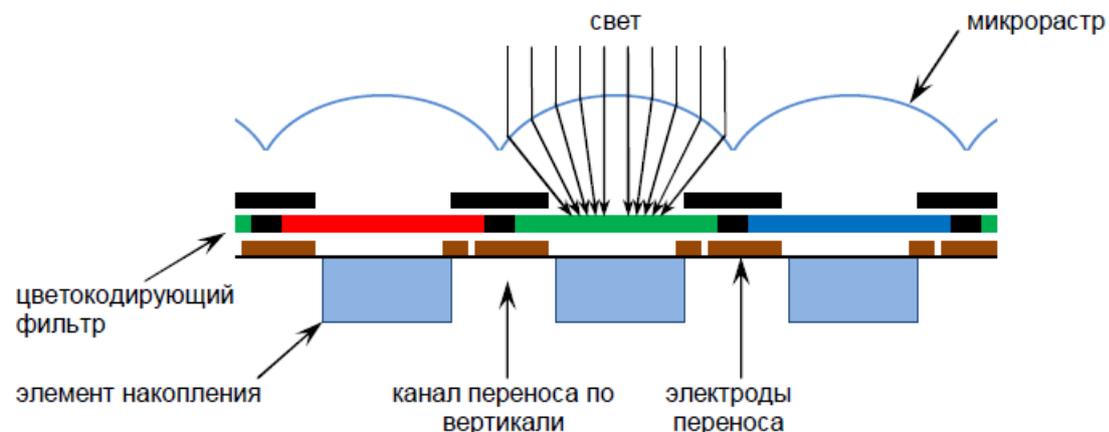
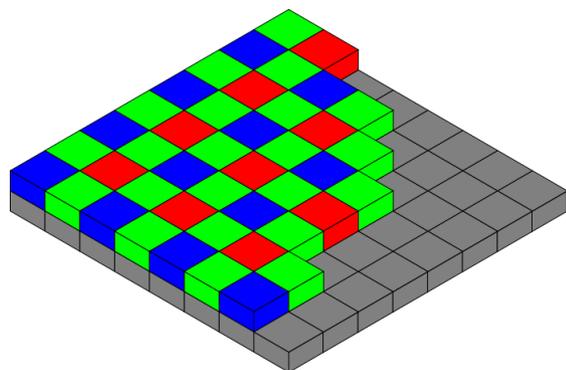
Преобразование сигнала в CMOS (КМОП) матрице



*Ячейка КМОП матрицы:
1 - фотодиод; 2 - затвор;
3 - конденсатор; 4 - усилитель;
5 - шина выбора строки;
6 - шина передачи сигнала;
7 - сигнал сброса*

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

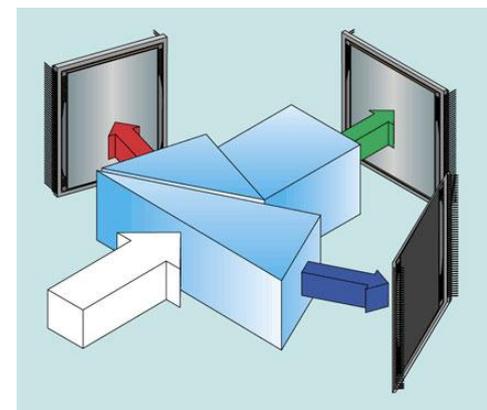
Цветное изображение



Фильтр Байера и микролинзовый растр

Фильтр (шаблон) Байера – 2D массив цветных фильтров, которыми накрыты светочувствительные матрицы в цифровых камерах и сканерах. Состоит из красных (25%), синих (25%) и зелёных (50%) элементов.

Назван в честь своего создателя - доктора Вусе Вауер из фирмы Kodak.

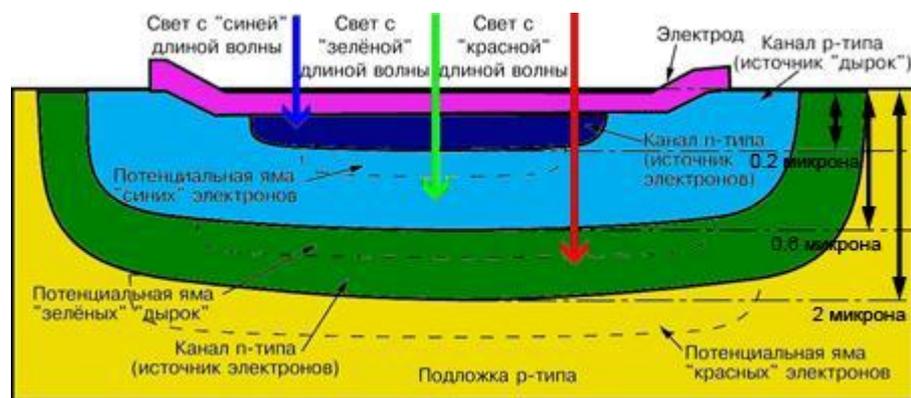


Трехматричная камера

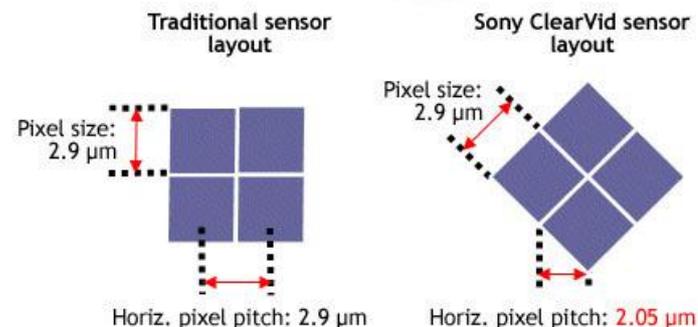
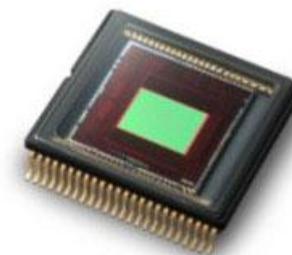
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Пространственное разрешение

Коэффициент поглощения зависит от длины волны. Поэтому разные фотоны проникают на разную глубину. «Синие» фотоны обладают наименьшей проникающей способностью, а «красные» - наибольшей. В матрице Foveon светочувствительные элементы каждого пикселя состоят из трёх слоев, расположенных друг над другом



Матрица Foveon



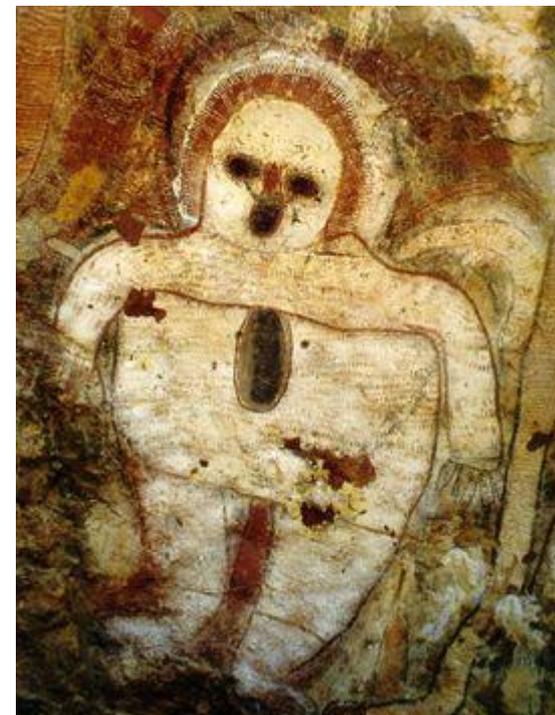
Поворот ячеек и разрешение

Ячейки матрицы ClearVid повернуты на 45° , поэтому расстояние между их центрами сокращаются в ~ 1.4 раза

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Отображение информации на твердом носителе

Пещерная (наскальная) живопись - изображения в пещерах, выполненные людьми эпохи палиолита. Большинство объектов найдено в Европе, т.к. именно там древние люди были вынуждены жить в пещерах и гротах, спасаясь от холодов.



Палеолит (древнекаменный век) - первый период каменного века: начало - использование каменных орудий (~ 2,5 млн. лет назад); конец - появление земледелия (~10 тыс. лет до н.э.)

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Письменность

Письменность - знаковая система, назначением которой является формализация, фиксация и передача тех или иных данных (речевой информации и других смысловых элементов независимо от их языковой формы) на расстоянии и придания этим данным вневременного характера. Письменность - одна из форм существования человеческого языка

Предметное письмо:

вампум (скифы, ирокезы...)

Пиктографическое письмо:

понятие ↔ изображение

Иероглифическое письмо:

нет связи с произношением

Слоговое письмо:

клинопись древних персов

Алфавитное письмо:

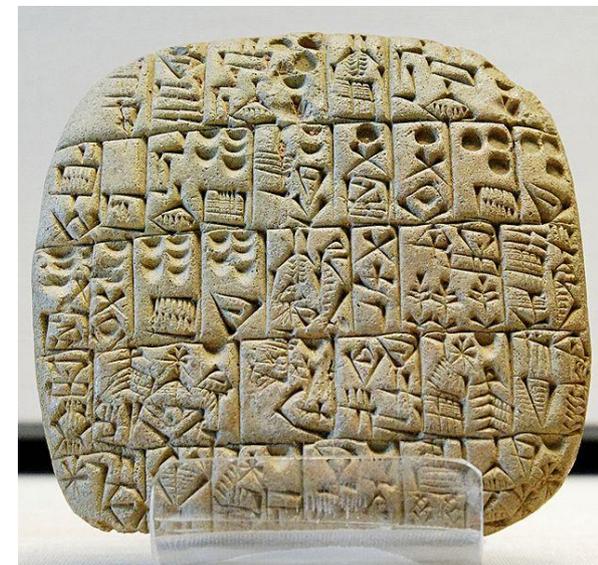
древние греки, латынь ...



Вампум



Древнеегипетские иероглифы



Клинопись (~ 2600 г. до н.э.)

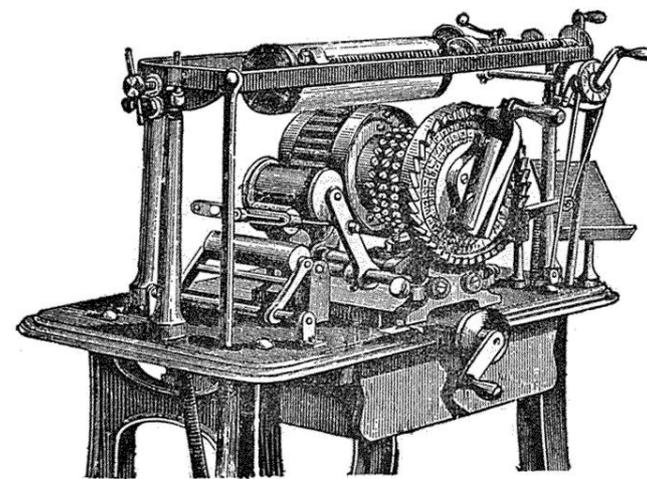
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Пишущая машинка

Пишущая машинка - механический, электромеханический или электронно-механический прибор, оснащённый набором клавиш, нажатие которых приводит к печати соответствующих символов на носителе (обычно бумаге). Считается одним из величайших изобретений XVIII-XIX в



Серийный «Ремингтон»



7. Машина Алисова.

*Скоропечатник
Алисова*

- 1714- Генри Милл патентует первую машину и способ последовательной печати символов на бумаге
- 1808 - П. Турри создает собственную печатную машину
- 1870 - М.И. Алисов изобрел наборно-пишущую машину
- 1868 - Кристофер Шоулз патентует «Ремингтон» №1

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Пишущая машинка

Принцип работы первых пишущих машинок - нанесение символов на бумагу при помощи специальных рычагов, заканчивающихся площадками с литерами. При нажатии клавиши рычаг ударяет по пропитанной краской ленте, оставляя отпечаток литеры на бумаге. Перед печатью следующего символа лист и рабочий участок красящей ленты автоматически сдвигаются



*Электрическая
пишущая машинка
(1961 г.)*



«Ундервуд» (1896 г.)

В электрической пишущей машинке удар проводится с помощью электропривода. Нажимать на клавиши можно почти без усилия, а ряд одинаковых символов можно печатать, просто удерживая клавишу нажатой

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Сферическая печатная головка и «ромашка»

1961 - IBM, пишущие машинки, в которых вместо рычагов используются печатные головки. Первое устройство - пишущая машинка IBM Selectric со сферической печатной головкой



*Сферическая печатная головка
IBM Selectric*



Ромашка

1970 - Diablo Systems, машинка с печатным элементом «ромашка». Литеры располагаются на концах тонких «спиц», отходящих от плоского вращающегося диска. Когда по литере ударяет молоточек, она - через красящую ленту - печатает символ. Принтер с «ромашкой» печатает в 2 раза быстрее, чем IBM Selectric, и вытеснил пишущие машинки со сферической печатной головкой

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Консул

Алфавитно-цифровой принтер Consul-256 представлял собой обычную электрическую пишущую машинку, управление которой обеспечивалось с помощью специальной интерфейсной платы



Алфавитно-цифровой принтер
Consul-256



Печатающая головка «ромашка»

Аналогичным образом подключались к ЭВМ электрические пишущие машинки и других типов, например, с печатающей головкой типа «ромашка»

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Графический принтер

С помощью алфавитно-цифровых принтеров можно выводить только символную и текстовую информацию

Алфавитно-цифровой портрет Джоконды



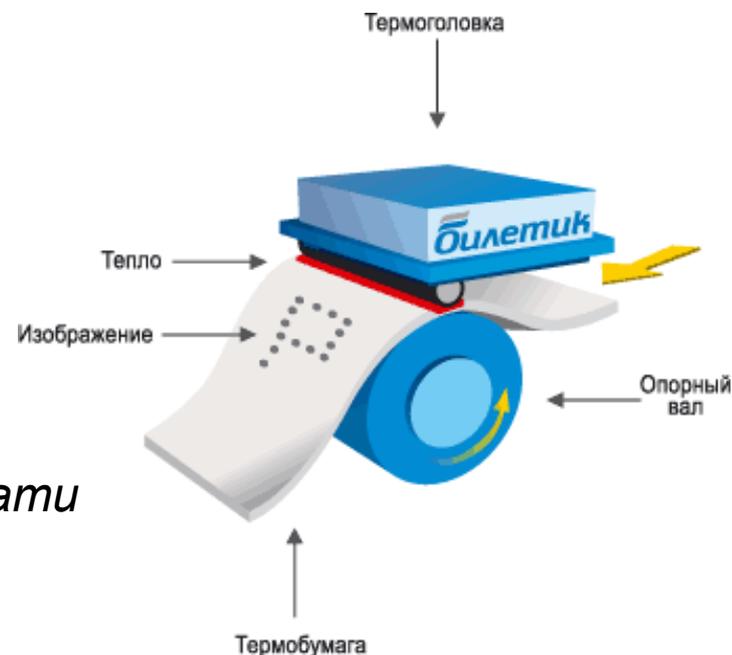
Графический матричный принтер

В графических принтерах любое изображение формируется из множества мелких (0,1 ... 0,3 мм) точек, нанесенных на бумагу в необходимом порядке. В настоящее время применяются практически исключительно графические печатные устройства. По способу нанесения красящих точек их разделяют на три основных вида: матричные, струйные, лазерные

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Термопечать

При термопечати изображение формируется за счет химической реакции, протекающей в чувствительном слое термобумаги при тепловом действии со стороны точечных нагревательных элементов печатающей головки. Эти элементы располагаются в одну линию с шагом, который определяет разрешение



Принцип термопечати



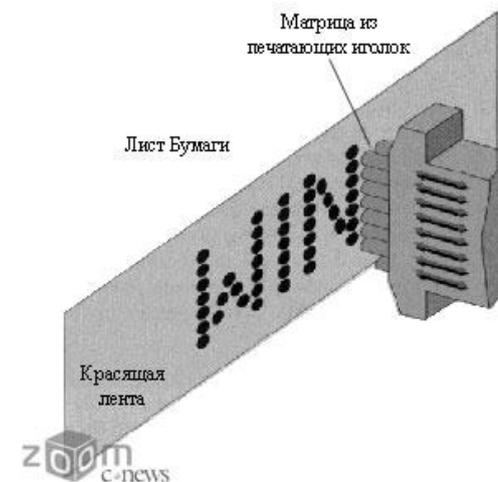
Принтер SATO M84Pro 203 DPI

Электроника принтера включает/выключает нагревательные элементы, которые действуя на термобумагу, движущуюся с постоянной скоростью формируют нужное графическое изображение. Перемещение термобумаги относительно нагревательных элементов и ее контакт с ними обеспечивает опорный (прижимной) вал

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Матричный принтер

Печатающая головка - несколько электромагнитов с тонкими металлическими иглами, размещенными перпендикулярно бумаге. Головка движется вдоль строки, а иглы в нужный момент ударяют по бумаге через красящую ленту. Из полученных таким образом точек на бумаге формируются любые изображения. В дешевых принтерах используется головка с 9 иглами и качество печати посредственное.



Матричная печать

Качественная печать обеспечивается принтерами с 24 (или даже 48) иглами (разрешение 360 точек на дюйм). Скорость печати - от 10 до 60 секунд на страницу.

Основные достоинства:

- нетребовательность к качеству бумаги,
- возможность использовать копировальную бумагу

Основной недостаток:

- очень высокий уровень шума



*Перемещение
печатной головки*

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Лазерный и светодиодный принтер

- 1938 - Честер Карлсон предлагает и впервые использует метод электрографии для получения фотокопии
- 1942 - он же получает патент на технологию электрографии

В основе лазерной и светодиодной печати лежит принцип электрографии:

1. Источник освещает заряженную поверхность фоточувствительного вала
2. На освещенных местах поверхности меняется заряд и к ним притягивается тонер
3. С поверхности фотовала тонер переносится электростатическими силами на бумагу
4. Здесь перенесенный тонер закрепляется под действием высокой температуры и давления

В первых устройствах источником света являлось излучение лампы, отраженное от оригинала. Именно так делались и делаются до сих пор аналоговые копии

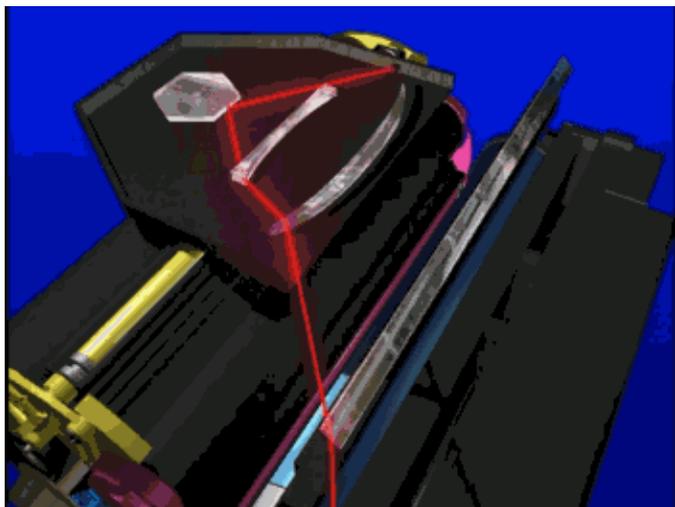
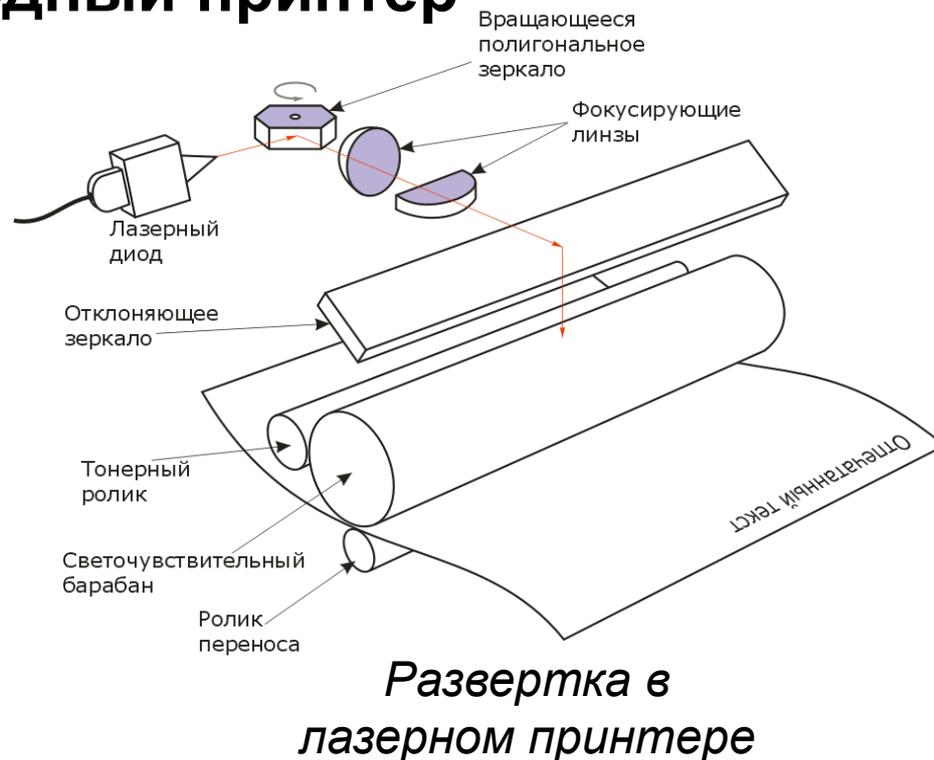


Честер Карлсон

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Лазерный и светодиодный принтер

В лазерном принтере источником света является лазерный диод. Пучок излучения, отраженный от быстро вращающегося зеркала (призмы), строку за строкой пробегает по поверхности фотовала, последовательно (по мере вращения) прорисовывая электростатическое изображение



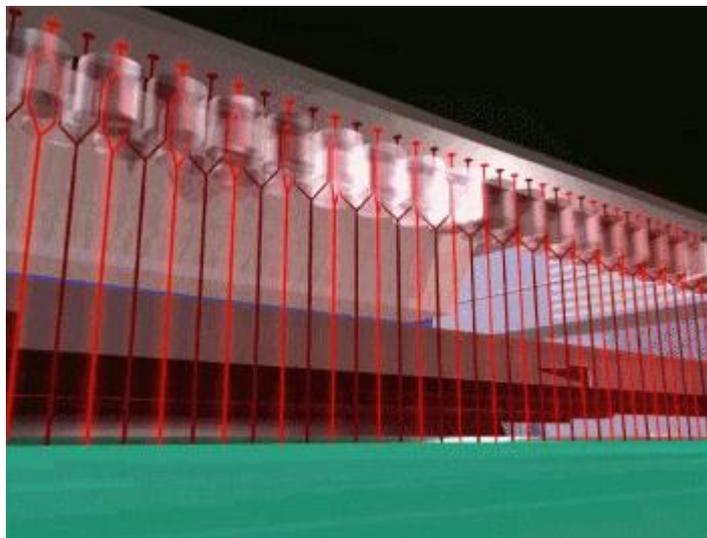
Развертка в лазерном принтере

Сформированное изображение проявляется тонером. Затем фотовал соприкасается с бумагой и за счёт электростатики (ролик переноса) тонер переносится на бумагу. Здесь он расплавляется, создавая тем самым готовый отпечаток.

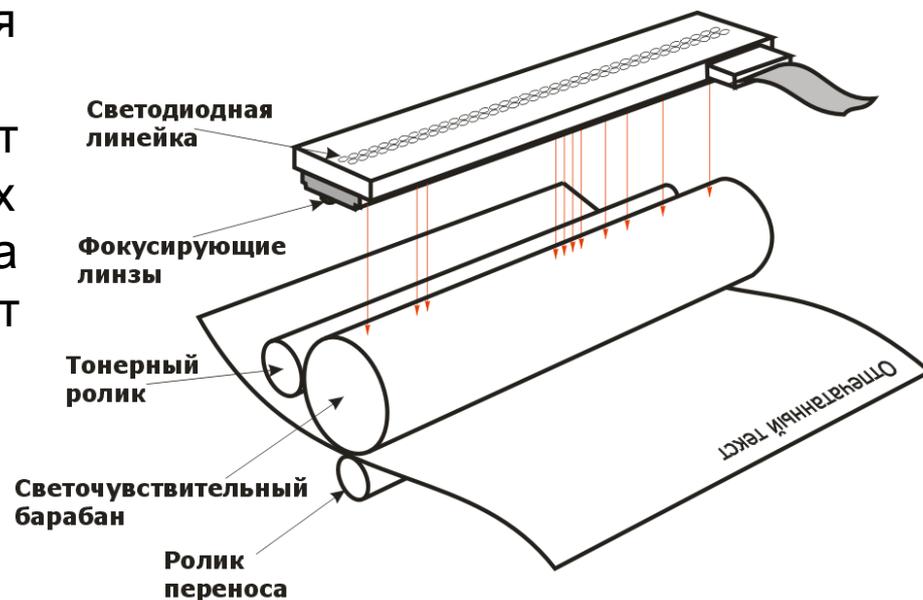
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Лазерный и светодиодный принтер

Альтернативным источником света является светодиодная линейка. Линейка состоит из множества (в зависимости от разрешения от 2,5 до 10 тысяч) светодиодов, размещенных в один ряд вдоль длины фотовала. Засветка строки в светодиодном принтере происходит одновременно



Развертка в светодиодном принтере



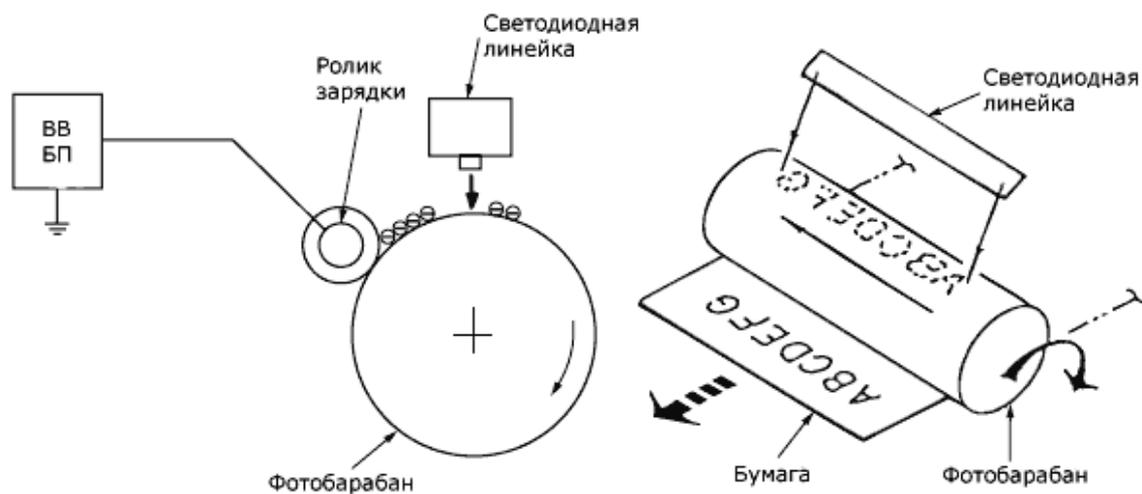
Развертка в светодиодном принтере

Ряды точек (строки) при вращении фотовала также формируют на нем электростатическое изображение, которое проявляется тонером, переносится на бумагу и закрепляется - точно так же, как при лазерной печати

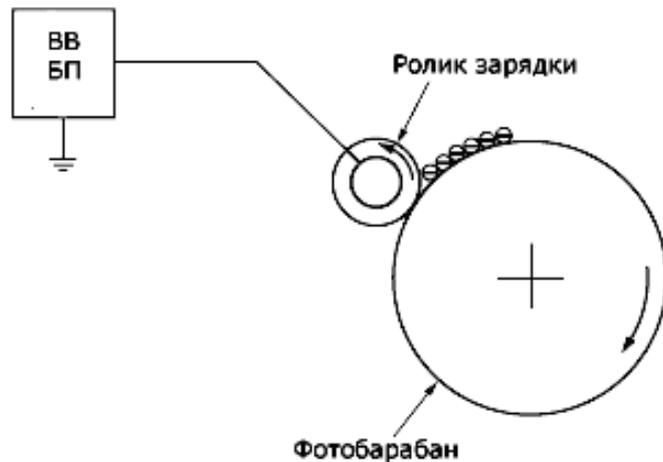
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Лазерный и светодиодный принтер

1. Все начинается с подачи бумаги
2. Одновременно начинается зарядка фотобарабана с помощью ролика зарядки



Засветка фотобарабана



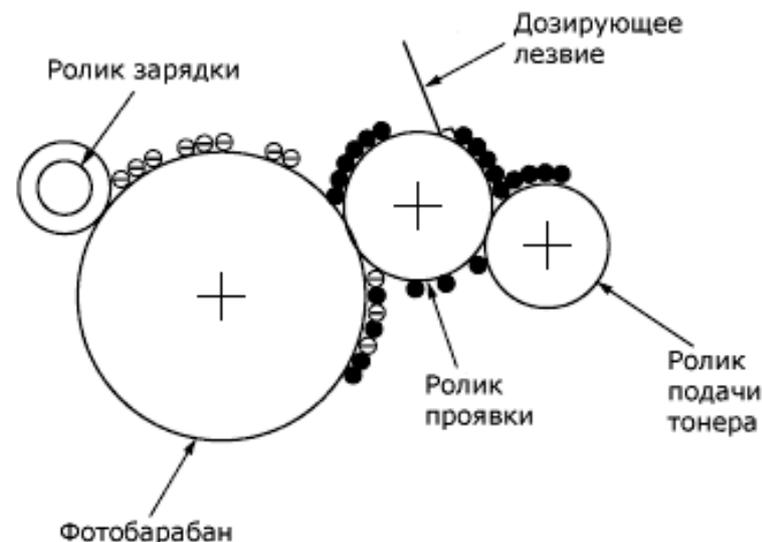
Зарядка фотобарабана

3. Засветка - на освещавшихся участках за счет фотопроводимости отрицательный заряд удаляется и на поверхности появляется электростатическое изображение

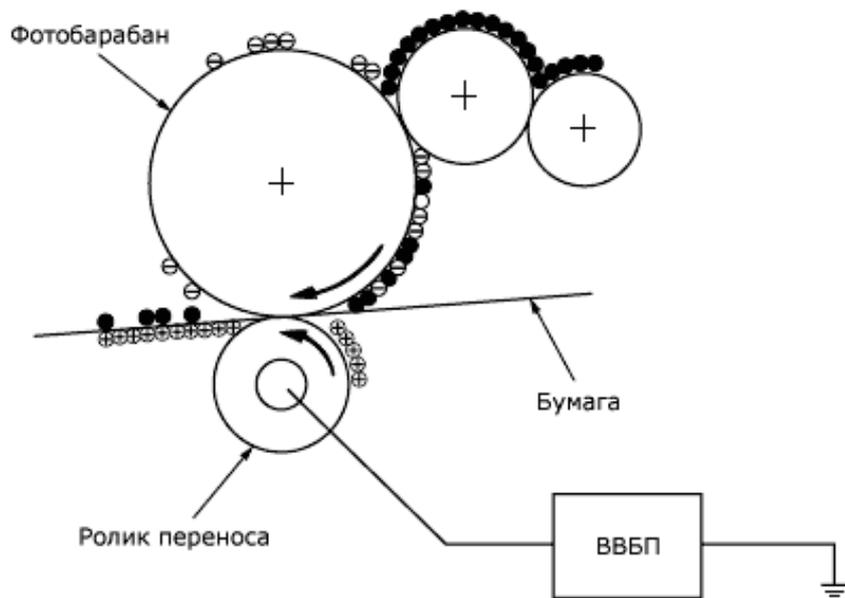
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Лазерный и светодиодный принтер

4. Проявка - ролик подачи заряжает тонер и подает его на ролик проявки. Тонер входит в контакт с фотовалом и переходит на него в тех местах, где заряд был снят засветкой. Тем самым электростатическое изображение проявляется



Проявка изображения



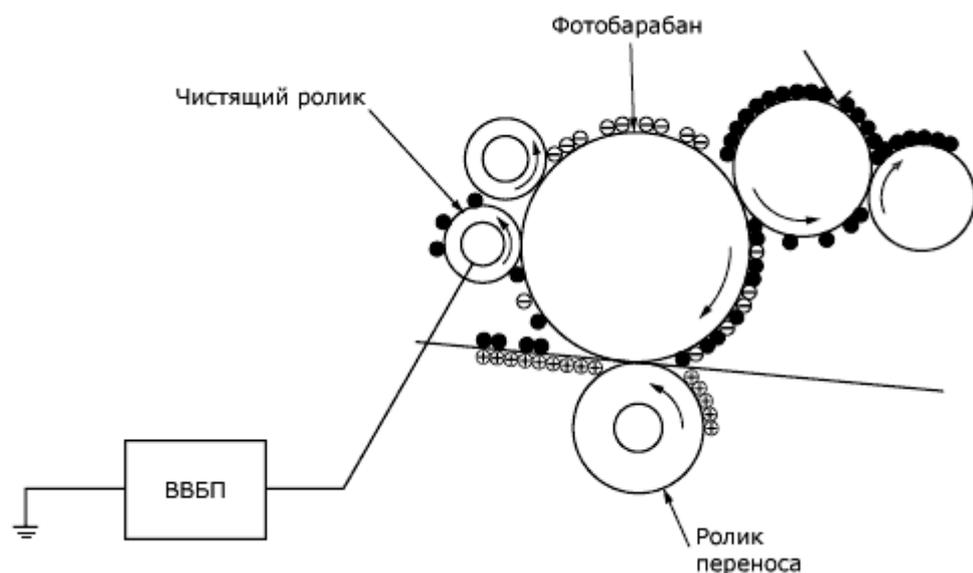
Перенос изображения

5. Перенос - ролик переноса сообщает положительный заряд бумаге, с которой он контактирует. Частицы тонера переносятся на бумагу и удерживаются на поверхности за счет сил электростатики

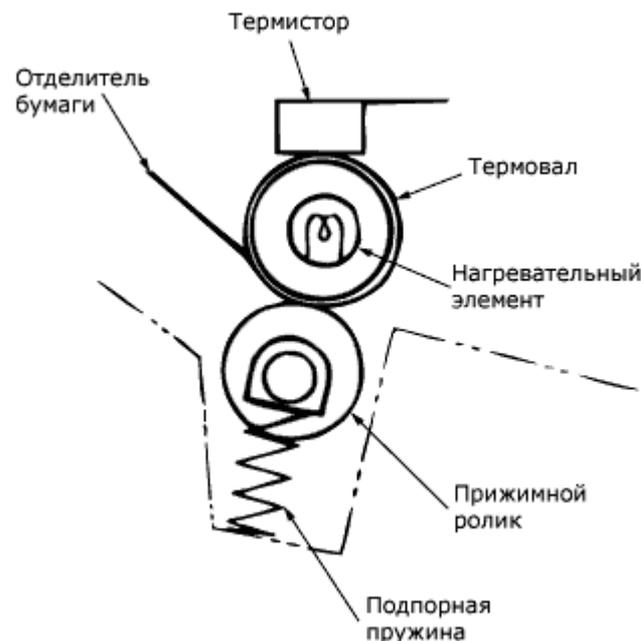
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Лазерный и светодиодный принтер

6. Закрепление - при нагреве бумаги перенесенный на нее тонер расплавляется и в жидком виде вдавливается в текстуру бумаги. После печки, расплавленный тонер быстро застывает, создавая изображение, устойчивое к внешним воздействиям



Очистка



Закрепление изображения

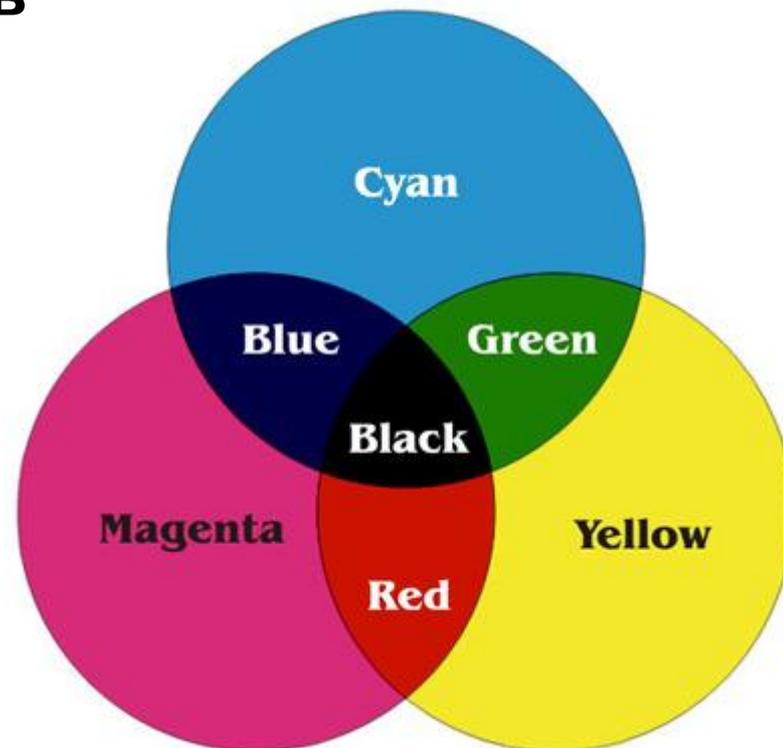
7. Очистка - при переносе часть тонера остается на поверхности фотовала. Для его очистки обычно предусматривается специальный чистящий цикл

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Цветная печать

Четырехцветная схема СМΥК (Cyan, Magenta, Yellow, Key color) - схема формирования цвета, используемая в полиграфии для стандартной триадной печати на белом фоне.

Первые три цвета являются парными комбинациями цветов схемы RGB (Red, Green, Blue) и их часто называют голубым (правильнее сине-зеленый), пурпурным и желтым, а в качестве четвертого используется черный - дополнительный цвет к аналогичной тройной комбинации



Соотношение цветовых схем СМΥК и RGB

Четырехцветную печать СМΥК часто называют печатью триадными красками. Цвет в СМΥК зависит не только от спектральных характеристик красителей и от способа их нанесения, но и их количества, характеристик бумаги и других факторов.

Фактически, цифры СМΥК не определяют цвет однозначно

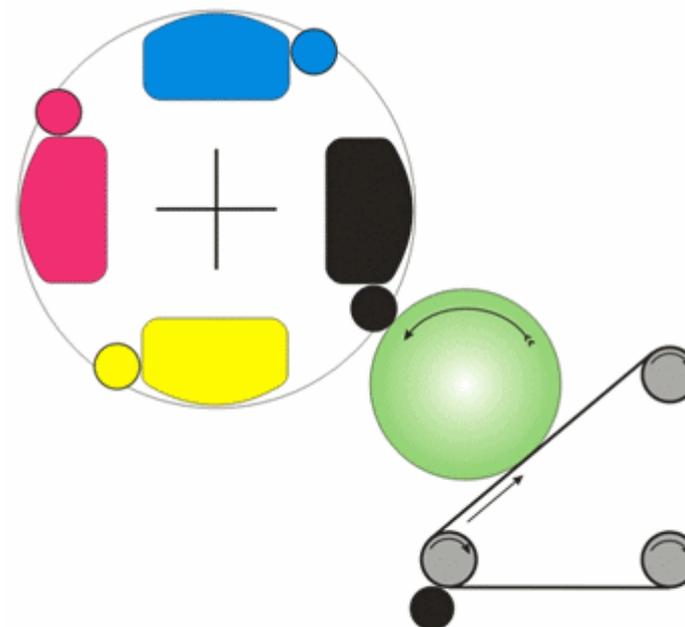
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Цветная лазерная и светодиодная печать

Для создания цветного изображения принтер должен сформировать на бумаге 4 наложенных друг на друга изображения, окрашенных в голубой, пурпурный, жёлтый и чёрный цвета. Это основные цвета, участвующие в создании цветного изображения на белом фоне

Существуют 2 способа создания полноцветного изображения: многопроходная и однопроходная технологии печати

Многопроходная печать подразумевает наличие промежуточного носителя (ремня переноса изображения), на который на каждом из проходов попадает изображение своего цвета. После формирования всех четырёх изображений готовая картинка переносится с ремня переноса на бумагу



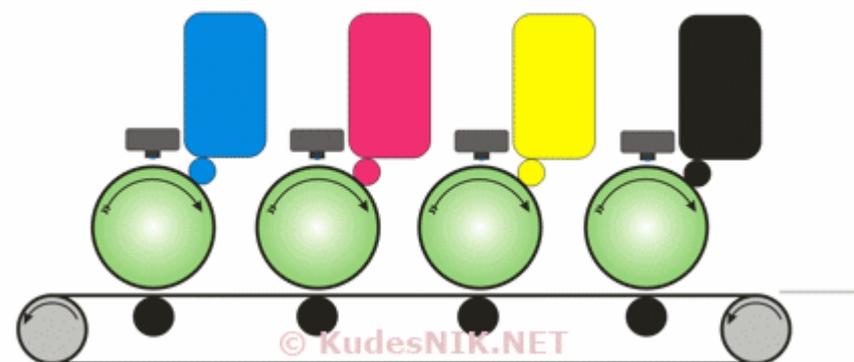
© KudesNIK.NET

Многопроходная печать

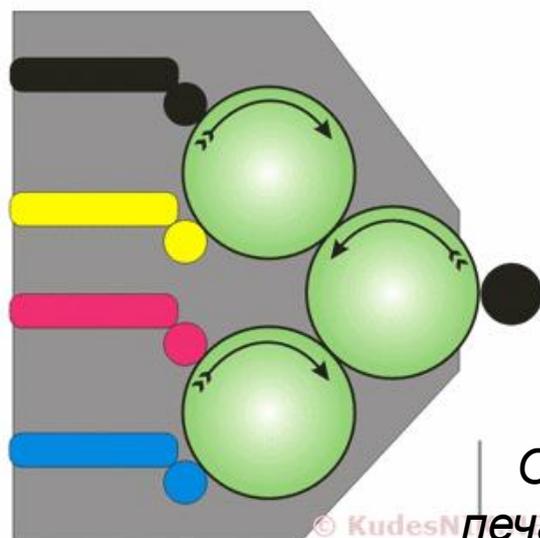
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Цветная лазерная и светодиодная печать

Однопроходная печать обычно подразумевает существование в принтере четырех отдельных механизмов, расположенных в ряд (тандемный тип) и создающих полноцветное изображение непосредственно на бумаге за один проход



Однопроходная тандемная печать



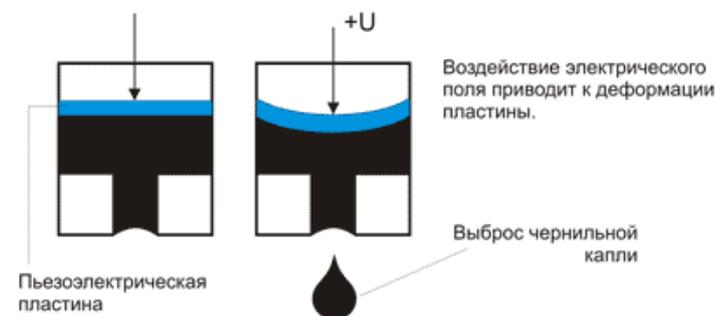
Однопроходная печать с переносом

Однопроходная печать с переносом реализована в принтерах Konica-Minolta и Херох. На двух валах формируются два двухцветных изображения, которые при переносе на третий вал складываются, формируя полноценное цветное изображение

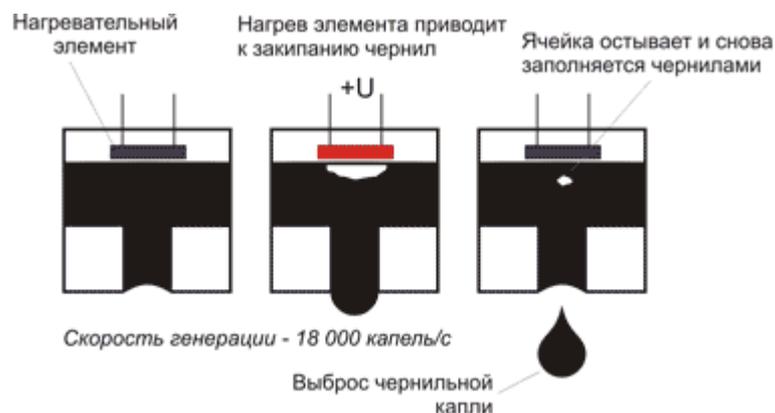
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Струйный принтер

В струйных принтерах изображение формируется каплями (объем до 10^{-12} л) чернил, выбрасываемых на бумагу через микроскопические сопла. Этот способ печати обеспечивает очень высокое качество печати и легко обеспечивает реализацию цветной (4 – 6 цветной) печати



Пьезопривод



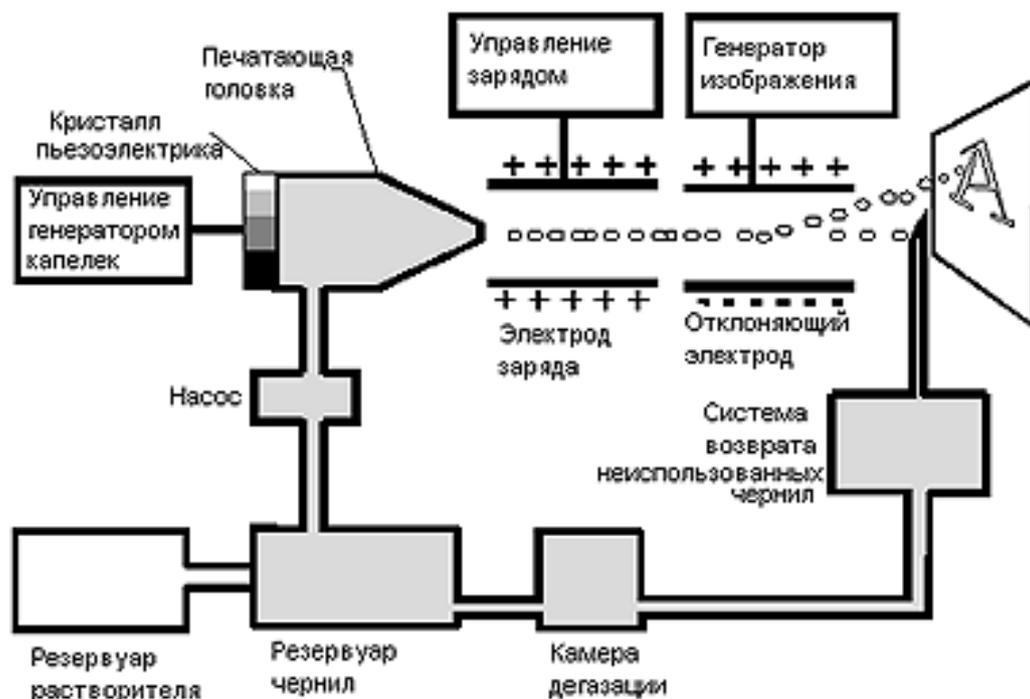
Термопривод

Капля выбрасывается за счет термического либо пьезопривода, поэтому струйные принтеры почти бесшумны. Скорость печати примерно та же - от 10 до 60 сек на страницу. Однако струйная печать существенно дороже, т.к. принтер нуждается в тщательном уходе, критичным является качество бумаги и чернил. Заменяется обычно картридж, состоящий из головки с соплами и приводами вместе с 4 - 6 чернильницами

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Непрерывная печать

Схема устройства непрерывной струйной печати



Принтер непрерывной печати

В первых струйных принтерах использовался непрерывный процесс печати, в котором головка непрерывно выстреливает капельки чернил в сторону бумаги. С помощью специального электрода вылетающие капельки приобретают заряд. Пролетая через отклоняющую систему, они под действием электрического поля меняют свою траекторию. Управляя напряженностью отклоняющего поля, можно управлять направлением полета капель. При этом они либо попадают на бумагу в нужном месте, либо летят в специальный ловитель, откуда поступают в резервуар для повторного использования

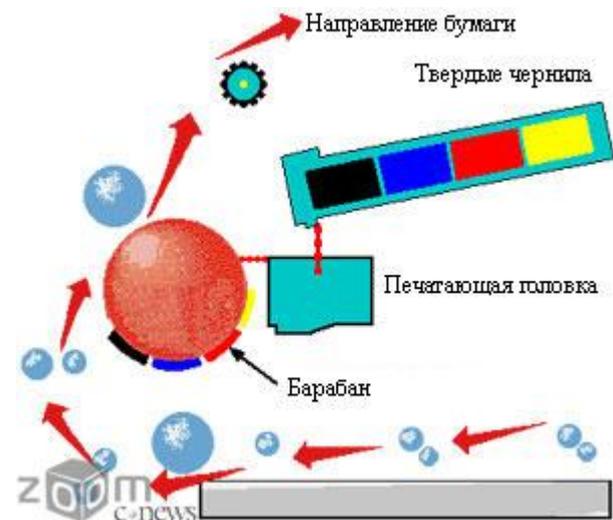
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Твердочернильная печать

Особенность печати состоит в том, что чернила расплавляются непосредственно перед нанесением на бумагу. Их основной компонент – воск, который очень быстро плавится, а попадая на бумагу сразу застывает. В целом же технология повторяет струйную: микроскопические разноцветные точки наносятся на бумагу и формируют на ней узор



Твердые чернила



Твердочернильная печать

Главное преимущество твердотельной печати - безупречное качество. Распечатки выглядят не просто хорошими, а профессиональными – воск блестит на свету, добавляя лоску

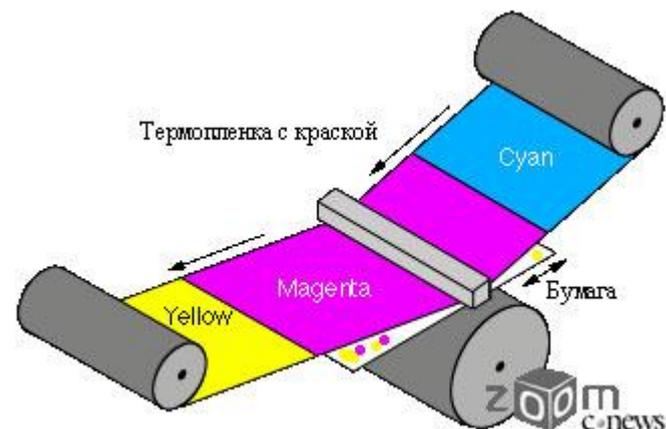
Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Сублимационная печать

Домашний вариант реализации твердочернильной технологии - это сублимационный принтер



Сублимационный принтер



Сублимационная печать

В сублимационных принтерах используются специальные пленочные четырехслойные картриджи. В таком картридже находится пленка, на которую нанесены три основных цвета и защитный слой. Принтер последовательно разогревает каждый цветной слой пленки и, испаряясь, чернила этого слоя попадают на фотобумагу. Чтобы слои затем не стирались, поверх чернил наносится прочный защитный слой

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

Название	Плюсы	Минусы	Применения
<i>Лазерная</i>	<i>Скорость, качество, низкая стоимость</i>	<i>Принтеры дорогие</i>	<i>Офисная печать</i>
<i>Светодиодная</i>	<i>Скорость, качество, низкая стоимость</i>	<i>Качество и скорость чуть хуже</i>	<i>Офисная и домашняя печать</i>
<i>Струйная</i>	<i>Высокое качество, цена принтера</i>	<i>Низкая скорость, цена материалов</i>	<i>Домашняя и профессиональная печать</i>
<i>Матричная</i>	<i>Стоимость, обслуживание</i>	<i>Цена принтера, уровень шума</i>	<i>Специальные применения</i>
<i>Твердочернильная</i>	<i>Высокое качество, стоимость печати</i>	<i>Цена принтера</i>	<i>Офисная и профессиональная печать</i>
<i>Сублимационная</i>	<i>Высокое качество, удобство</i>	<i>Не для печати текста</i>	<i>Офисная и домашняя печать</i>

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Связь ЭВМ с внешней средой: вывод визуальной информации

Принципы отображения визуальной информации. Алфавитно-цифровые и графические (аналоговые) мониторы.

Электронно-лучевая трубка.

Физические процессы в ЭЛТ: термоэлектронная эмиссия, электростатическое ускорение и фокусировка, люминесценция

Формирование изображения: строчная и кадровая развертки. Отображение информации о цвете

Плоские мониторы:

жидкокристаллические (ЖК) дисплеи (LCD)

плазменные (газоразрядные) мониторы (PDP)

дисплеи с автоэлектронной эмиссией (FED) и углеродные наноструктуры

дисплеи на органических светодиодах (OLED)

электронная бумага.

Стереоскопическое отображение информации и 3D дисплеи (голография)