

Министерство образования и науки Российской Федерации

Санкт-Петербургский Государственный политехнический университет

Кафедра Информационных и управляющих систем

Молодяков С.А. Сараджишвили С.Э.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЭВМ и АСОИУ

учебное пособие

Санкт-Петербург 2011.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Периферийные устройства. Цифровой измерительный канал	3.
2. SOUND BLASTER. Ошибки дискретизации..	
Динамическая погрешность.	11.
3. Преобразователи формы представления информации.	23.
4. Преобразователи "НАПРЯЖЕНИЕ - КОД"	30.
5. Преобразователи кода в напряжение	40.
6. Системы регистрации изображения растрового типа. Video Blaster.	
Фотоприемники на приборах с зарядовой связью (ФПЗС).	48.
7. Системы регистрации изображения векторного типа.	
Методы кодирования	64.
8. Средства вывода и регистрации информации. Печатающие устройства	74.
9. Магнитные диски.	83.
10. Видеосистема IBM PC	93.
11. Интерфейсы периферийных устройств.	124.
12. Периферийные процессоры обработки сигналов.	140.
Литература	155.

1. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА. ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ.

1.1. Стандарты.

Стандартизация должна касаться ЭВМ, самих периферийных устройств и средств связи между ними. Каналы обмена информацией обеспечиваются стандартными интерфейсами. В России как и в других странах созданы ряд стандартов. Примерами ГОСТов могут быть: 23056 - 78 Язык программирования Фортран. 28140 - 89 Системы обработки информации. (СТ СЭВ 6182 - 88) Язык программирования Паскаль. Отдельные стандарты объединены в системы. В России имеется 27 систем ГОСТов.

ГСП (Государственная система приборов и средств автоматизации). Эта унифицированная и организационная система совместимости приборов и устройств для построения различных систем обработки информации. Основная идея ГСП : введение унификации, закрепленной законодательно в системе ГОСТов, на основные параметры ТС: входные и выходные сигналы и коды, конфигураций ТС, требования метрологические (классы точности), классы надежности и классы условий эксплуатации.

1.2. Структура цифрового измерительного канала, основного канала ввода информации в ЭВМ

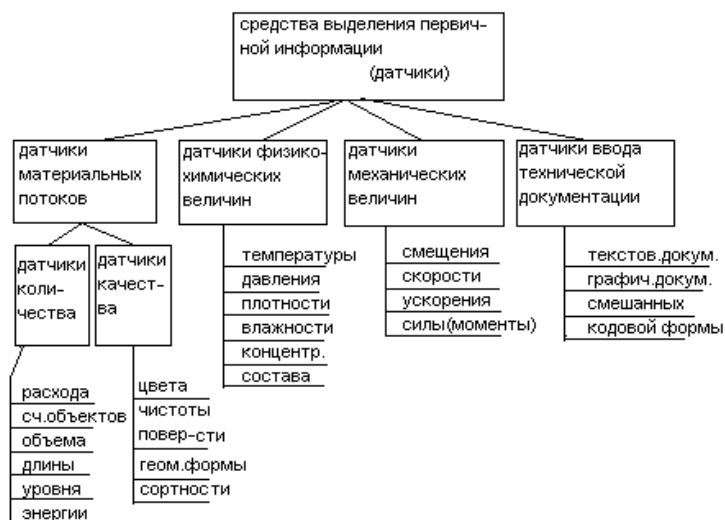
В системы сбора первичной информации входят датчики и цифровые измерительные каналы. Первичная информация с помощью датчиков преобразуется в унифицированные сигналы ГСП, затем в цифровую форму и вводится в ЭВМ.

Количество необходимых датчиков для измерения всевозможных величин составляет около 3 тыс. и кол-во их постоянно увеличивается . ГСП устанавливает на все вводимые датчики аналоговых величин определенную унификацию. Все сигналы на

выходе датчиков должны быть в форме : $U=$, $I=$, $U\sim$, $f\sim$, $T\sim$, DT

Далее они преобразуются в код и вводятся в ЭВМ.

Классификация датчиков (по назначению)



С точки зрения ввода первичной информации датчики классификации не имеют.

Имеется классификация по :

2) форме представления сигналов

- аналоговая форма (непрерывная)
- дискретная форма

3) по уровню автоматизации ввода информации

- с автоматическим съемом
- с п/автоматическим съемом
- с ручным съемом

Рассмотрим более детально схему построения цифрового измерительного канала ввода аналоговых величин.



Этот канал осуществляет преобразование измеряемой величины в цифровую форму представления. К нему предъявляется требование ввода минимальность количества информации при сохранении уровня точности по отношению к X .

$X(t)$ - аналоговая величина ; $y(x)$ - цифровой код

АЦП - аналого-цифровой преобразователь , являющийся конечным элементом ЦИК.

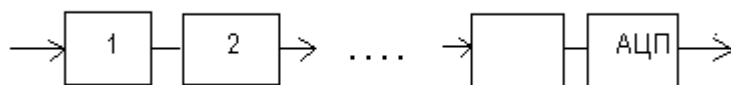
НП - нормирующий преобразователь (может усиливать сигнал, может преобразовывать в цифровой сигнал).

МУ - масштабирующее устройство (величина X должна соответствовать входному сигналу АЦП).

Ф - фильтры для подавления как внешних помех, так и помех, возникающих в ЦИК.

1.3. Погрешности преобразования. их типы и особенности.

Для анализа погрешности канал можно представить в виде набора аналоговых элементов и АЦП. Аналоговые звенья определяют инструментальную погрешность преобразования, а АЦП определяет методическую составляющую погрешности. У АЦП вход аналоговый , а выход цифровой.



Такой ЦИК характеризуется:

1. Диапазон изменения входной величины

$$X_{\min} \dots X_{\max}$$

2. Максимальной скоростью изменения входной величины: $I X I_{\max}$

3. ΔX - дискретность по уровню - цена 1 младшего разряда

4. $N_i = (X_{\max} - X_{\min}) / \Delta X + 1$ - количество уровней квантования

+ 1 - добавка за счет нулевого уровня

5. $n \Rightarrow \log_2 N_i$ - количество двоичных разрядов АЦП

6. $\Delta_{\Sigma \text{доп}}$ - допустимая полная погрешность

7. Частота дискретизации

Виды и формы представления погрешностей

Погрешность измерения - отклонение результатов измерения от истинного значения измеряемой величины.

Формы представления:

- Абсолютная $\Delta = X - X_u$

- Приведенная $\gamma = \frac{\Delta}{X_{\max} - X_{\min}}$

- Относительная $\delta = \frac{\Delta}{X}$

Аддитивная погрешность - погрешность средства измерения во всем диапазоне, ограниченная постоянным пределом.

Мультипликативная погрешность - погрешность, возрастающая пропорционально росту входной величины.

Полная статическая погрешность имеет следующие составляющие:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_c + \Delta^0 + \Delta_m + \Delta_{\text{промах}} + \dots$$

Систематическая погрешность Δ_c - не изменяющаяся со временем погрешность, которая может быть предсказана и благодаря этому почти полностью устранена введением соответствующих поправок. Выделяют два вида систематической погрешности: постоянные и изменяющиеся. Опасность постоянных в том, что их трудно обнаружить. Единственный способ их обнаружения состоит в поверке (аттестации) приборов. Изменяющиеся погрешности (в процессе измерения неизменны) свя-

заны с такими процессами как изменение температуры, напряжения питания и др. Можно выделить следующие составляющие систематической погрешности: погрешность усиления, квантования, нуля. Первая может вести себя как мультипликативная погрешность, а две оставшиеся как аддитивная погрешность.

$$\Delta_c = \Delta_y + \Delta_k + \Delta_n + \dots$$

Дрейф непредсказуемые погрешности медленно изменяющиеся во времени. Они могут быть скорректированы введением поправок лишь в данный момент времени, а далее вновь непредсказуемо возрастают.

Случайная погрешность Δ^o - непредсказуемая (недостаточно изученная) ни по знаку ни по размеру погрешность. Она определяется совокупностью причин, трудно подлежащих анализу. Присутствие случайных погрешностей легко обнаружить при повторных измерениях в виде разброса получаемых результатов. Для обработки применяют статистические методы.

При наличии бесконечного множества факторов, имеющих разные законы распределения и воздействующих на измеряемую величину, считают, что измеряемая величина распределена нормально. Нормальный закон распределения (Гаусса) предполагает:

1. Погрешности принимают бесконечно разные значения.
2. Погрешности одинаковые, но разного знака встречаются одинаково часто (симметричность).
3. С ростом погрешности частота ее появления уменьшается.

Оценкой разброса результатов измерений вокруг среднего значения является среднеквадратическое отклонение σ или дисперсия. Поскольку бесконечное количество измерений невозможно, то

встает вопрос насколько измеренное значение отличается от истинного. В этом случае используют правило 3σ :

$$|X_i - M(X)| \leq 3\sigma \text{ с } p=99.7\%$$

С вероятностью 99.7% измеренные значения попадают в интервал

$$\pm 3\sigma$$

Методическая погрешность Δ_m - погрешность, определяемая методом измерения.

Всякому измерению должно предшествовать изучение измеряемой величины и ее систематической составляющей погрешности измерений с целью решения вопроса многократных измерений.

Если размах результатов предварительных наблюдений $|X_{max} - X_{min}| \leq 0.8\sigma_c$ то доминирующая систематическая погрешность и измерение однократно.

Если $|X_{max} - X_{min}| > 8\sigma_c$ то суммарная погрешность определяется случайной составляющей и измерение должно быть многократным.

Если $|X_{max} - X_{min}| \approx 3\sigma_c$ то суммарная погрешность определяется суммой систематической и случайной составляющих и измерения многократны.

1.4. Выбор разрядности АЦП. Ошибки квантования.

Стоит задача выбора дискретности ΔX . Разрядная сетка определяет стоимость системы и время обработки. При построении ЦИК и сис-

тем существует принцип экономии разрядной сетки, который требует использовать минимально необходимое количество разрядов АЦП.

Требуется найти Δ_Σ - действующую в канале преобразования погрешность

$\Delta_\Sigma \leq \Delta_{\Sigma \text{ доп}}$ Желательно, чтобы все разряды несли полезную информацию. Для этого

должно выполняться: $\Delta_\Sigma \leq \Delta_{\Sigma \text{ доп}} \leq \Delta \times$ В результате $\Delta_\Sigma \leq \Delta \times$ - это и есть принцип экономии разрядной сетки. Это говорит о том, что младший разряд несет полезную информацию и его отбросить нельзя.

Что можно сказать о величине Δ_Σ . Δ_Σ - случайная величина, имеющая определенный закон распределения. За действующее (эффективное) значение Δ_Σ принимают с точки зрения потери информации: $\Delta_\Sigma = k_\Sigma \sigma_\Sigma$

k_Σ - энтропийный коэффициент погрешности. Он зависит от вида распределения случайной величины Δ_Σ . Для нормального закона распределения $k_\Sigma = 2.03$ и имеет максимальное значение для всех других законов. Он показывает меру потери информации.

$$\Delta_\Sigma = k_\Sigma \sigma_\Sigma = k_\Sigma \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_m^2} \leq \Delta x$$

Рассмотрим квантовую характеристику. Закон распределения методической погрешности Δ_m считаем равномерным, т.е. вероятность попадания измеряемой величины в разные участки кванта одинакова. Среднеквадратическое отклонение для равномерного закона распределения: $\sigma_m = \frac{\Delta x}{2\sqrt{3}}$.

Инструментальная погрешность: $\Delta_u = F_p(x) - F_u(x)$ Определим какая должна быть инструментальная погрешность для того, чтобы младший разряд у АЦП был значимый.

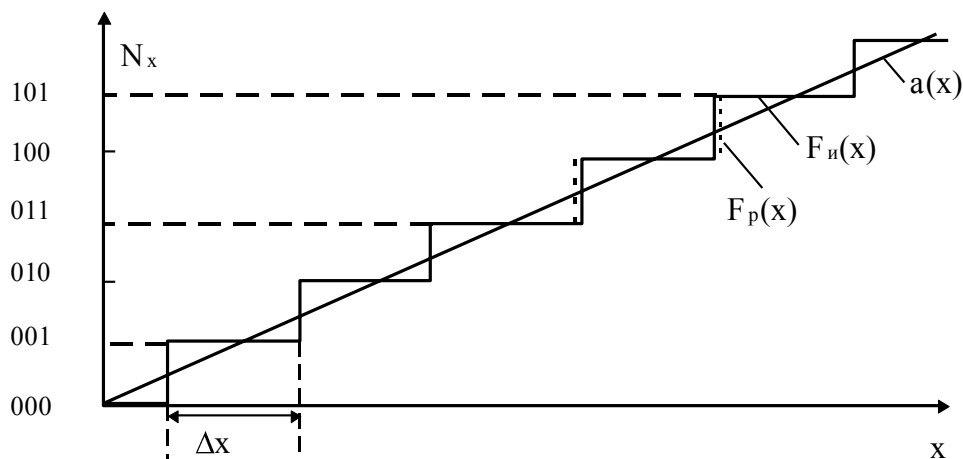


Рис. Квантующая характеристика АЦП.

$a(x)$ - идеальный анализатор; $F_{и}(x)$ - идеальное квантование (идеальный цифр. преобразователь); $F_{р}(x)$ - реальный цифровой преобразователь.

Исходя из соотношений: $\Delta x = K_{\Sigma} \sigma_{pmax}$ и $\sigma_u = \sqrt{\sigma_p^2 - \sigma_m^2}$, можно по-

казать, что при $k_{\Sigma} = 2$

$$\sigma_u \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{6}}$$

Если данное условие не соблюдается, то требуются дополнительные меры для обеспечения необходимой точности преобразования.

2. SOUND BLASTER. ОШИБКИ ДИСКРЕТИЗАЦИИ. ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ.

2.1. Организация Sound blaster (SB).

2.1.1. Методы синтеза звука.

Звуковая карта или SB становится неотъемлемой частью современного мультимедийного компьютера. SB предназначен как для обработки и генерации звуковых сигналов, в ряде случаев может быть использован в качестве Data Acquisition Board. Качество работы SB очень сильно зависит от параметров самого SB и используемого программного обеспечения.

Выпускается большое количество типов SB, некоторые несовместимы между собой, но основные элементы имеются у каждого SB. Фирма Creative является лидером по разработке и выпуску Sound и Video-blaster -ов.

FM - синтез.

Цифровой FM - синтез (Frequency Modulation) или частотный синтез проводится с помощью набора специальных генераторов. Генераторы, называемые также операторами, используют фазовую и амплитудную модуляцию. Фаза - частота тона. Амплитуда (ограничивающая) - громкость. Для воспроизведения голоса одного инструмента достаточно двух операторов, один задает основной тон, а второй - обертоны.

Современные FM - синтезаторы, построенные например на основе набор микросхем OPL-3 фирмы Yamaha позволяют воспроизвести 20 стереофонических голосов, а для синтеза каждого голоса используется до 4-х генераторов, связанных между собой.

WT- синтез

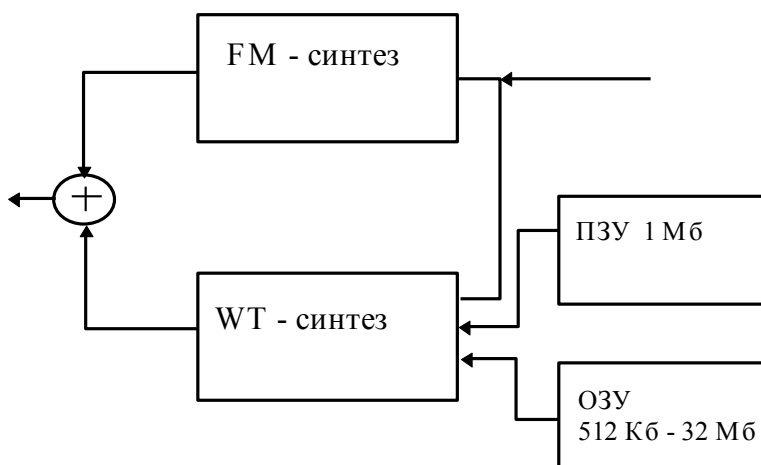
Синтез звука на основе таблицы волн или WT- синтез (Wave Table) позволяет более точно воспроизводить реальное звучание, чем FM - синтез. Синтез звука основан на использовании образцов звучания инструментов и специальной обработки выборок сигналов. Выборки сигналов (таблицы

волн) находятся или в ROM , или загружаются в RAM бластера. Обработка выборок проводится специальным процессором WT-процессором, в качестве которого используют цифровой сигнальный процессор.

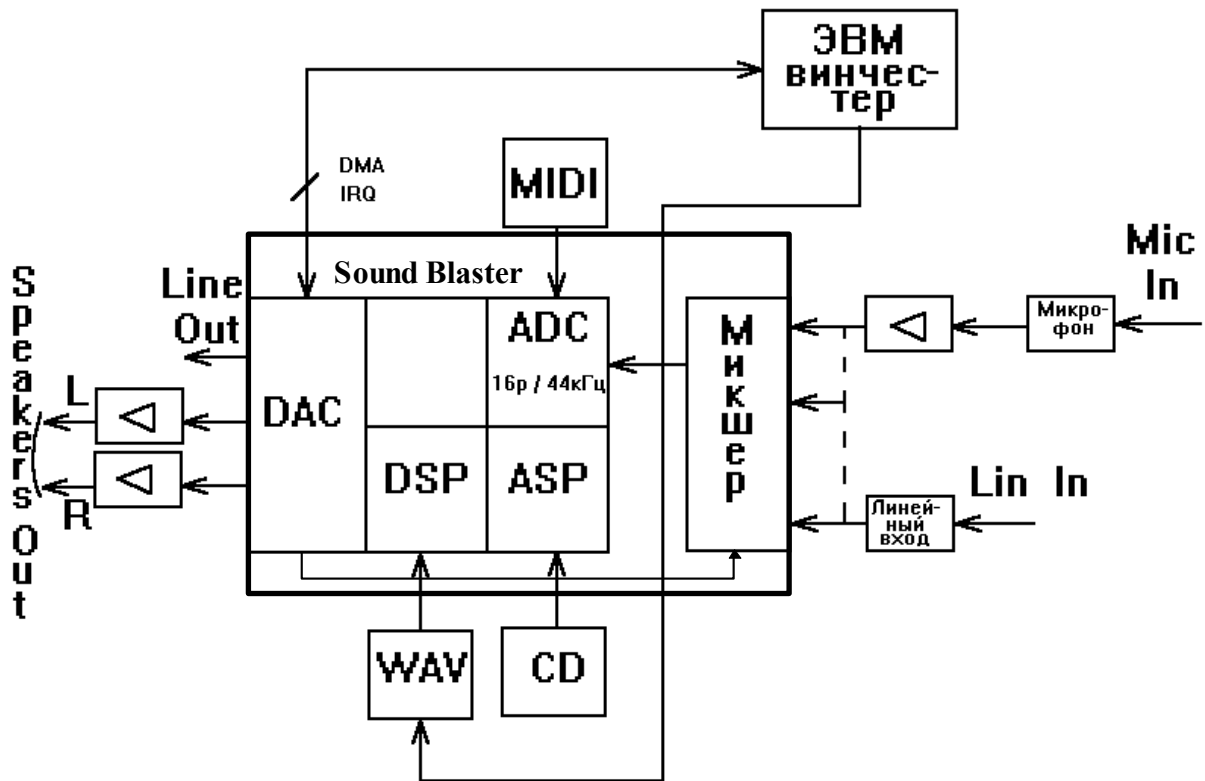
MIDI(Musical Instrument Digital Interface)

MIDI - стандарт передачи звуковых команд.

Это протокол передачи команд по стандартному интерфейсу. MIDI-сообщение содержит не запись музыки, как таковой, а ссылки на ноты. Данный протокол поддерживают многие электронные инструменты. Часто понятие WT- синтез заменяют термином MIDI синтез.



2.1.2. Структурная схема SB.



Основными элементами SB являются:

1. Микшер - смеситель аналоговых сигналов. Он объединяет сигналы с линейного и микрофонного входов, звукового входа накопителя CD-ROM, синтезаторов сигналов. Позволяет регулировать усиление по каждому из каналов.

2. Цифровой и/или аналоговый процессоры. Обеспечивают сжатие/восстановление сигналов различными методами: А-методом, Мю-методом, MPEG; а также другие эффекты, связанные с обработкой сигналов. Сжатие звуковых сигналов существенно уменьшает объем звуковых файлов. Пример: Без сжатия - 10с звука(16разр., стерео) занимает 1.8МВ. Сжатие по стандарту True Speech уменьшает объем до 13кБ

3. АЦП Преобразователь позволяет получить цифровой код аналогового сигнала для ввода его в ЭВМ или цифровой сигнальный процессор.

4. ЦАП Устанавливается на выходе синтезатора и обеспечивает восстановление аналоговых сигналов.

Разрядность АЦП (ЦАП) определяет динамический диапазон работы бластера (Какое наименьшее изменение аналогового сигнала, которое может привести к изменению цифрового кода).

8p - 48дБ качество аналогового кассетного магнитофона

12p - 72дБ аналоговый катушечный магнитофон

16p - 96дБ проигрыватель компакт-дисков

Частота 44.1кГц при воспроизведении стереосигналов соответствует стандарту звуковых компакт-дисков.

Далее рассмотрим особенности процесса дискретизации и восстановления сигналов, которые обуславливают разрядность и частоту дискретизации SB.

2.2. ОШИБКИ ДИСКРЕТИЗАЦИИ. ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ.

Поскольку $y(t)$ невозможно вводить в ЭВМ непрерывно, то требуется определить период дискретности Dt , которая по дискретным отсчетам позволит восстановить исходную функцию $x(t)$ без потери информации.

Dt -период дискретизации; $f_d=1/Dt$ частота дискретизации.

Существует два возможных подхода:

1. $Dt - \text{const}$ равномерное квантование

2. $Dt - \text{var}$ неравномерное квантование

Хотя $Dt - \text{var}$ с точки зрения объёма хранимой информации чаще из-за простоты реализации используется $Dt - \text{const}$.

Динамическая составляющая погрешности - доля погрешности, которая обусловлена неравенством нулю производных измеряемого сигнала. Динамическая погрешность связана как с процессом измерения дискретизации сигнала(погрешность дискретизации D_d), так и с процессом восстановления

(погрешность восстановления $D_{\text{восст}}$). Эти погрешности дополняют статическую составляющую полной погрешности измерения ($D_{\text{ст}}$)

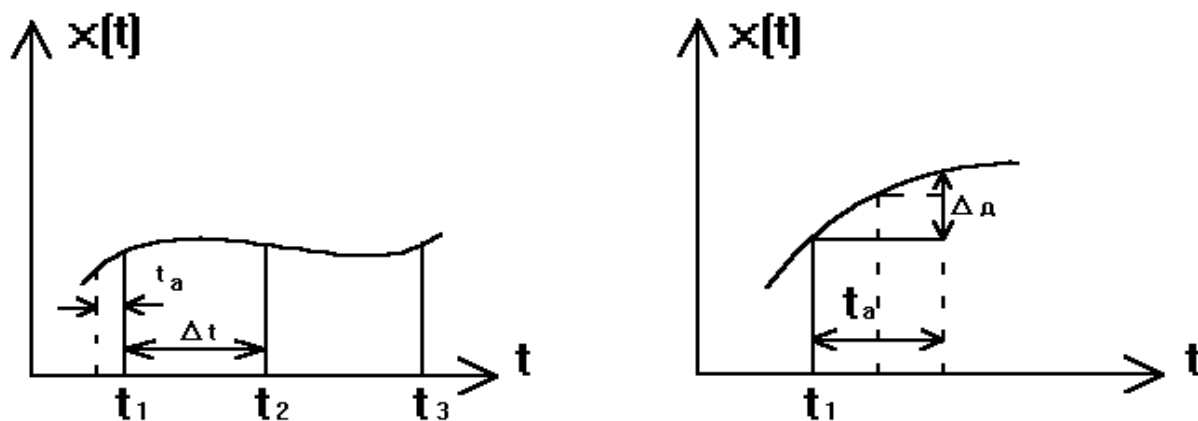
$$D = D_{\text{ст}} + D_{\text{д}} + D_{\text{восст}}$$

При дискретизации и восстановлении сигнала выделяют следующие причины возникновения погрешностей:

1. Нестабильность временных интервалов между отсчетами.
2. Неточность взятия отсчетов.
3. Невыполнение теоремы отсчетов.
4. Использование приближенного метода восстановления.

Нестабильность временных интервалов между отсчетами возникает из-за нестабильности устройств, синхронизирующих работу АЦП и нестабильности временных срабатывания ключей АЦП.

Неточность взятия отсчетов обязана своим появлением как процессу дискретизации, так и процессу квантования и связана с конечным временем преобразования.



Динамическая погрешность неточности взятия отсчёта и погрешность из-за неопределённости в моменте отсчёта эквивалентны друг другу, т.е. одна из них может быть представлена через другую. Можно считать, что отсчёт делается абсолютно точно и имеет место погрешность в определении момента взятия отсчёта, или наоборот - момент отсчёта t , определён совершенно

точно. а вся погрешность обусловлена неточностью взятия отсчёта из-за ненулевой скорости изменение входного сигнала. Практически имеют место оба явления, разделить их трудно, и динамическую погрешность характеризуют одним параметром - апертурным временем.

Апертурное время - полное время, в течение которого имеет место неопределённость момента, к которому можно отнести значение отсчёта.

Апертурное время и максимальная частота дискретизации являются основными динамическими характеристиками АЦП.

Если измеренное значение относится к началу апертурного интервала времени, то максимальное значение апертурной погрешности принимается равным:

$$D_d = x_M t_a$$

Если $x = x_M \sin 2\pi f t$; f_M - максимальная частота сигнала; $x_M = x_{\max} - x_{\min}$ - диапазон изменения сигнала, то

$$D_d = 2\pi f_M x_M t_a$$

Если отсчёт относить к середине интервала, то

$$D_d = x_M t_a / 2$$

Это предельные оценки D_d . Реально максимальные скорости процесса встречаются редко, а в среднем погрешность дискретизации гораздо меньше.

Для равномерного закона распределение (D_d) в работе [] показано:

$$s_d = 2.09 t_a x_M f_M$$

Для нормального закона:

$$s_d = 0.42 t_a x_M f_M = D_d$$

Пример: $t_a = 1 \text{ нс} = 10^{-9}$; $x_M = 10 \text{ В}$; $f_{\text{верх}} = 10^3 \text{ Гц}$; $s_d = 10^{-5} \text{ В}$

При $t_a = 10^{-6}$ $s_d = 10^{-2}B$ и в этом случае нужно заботиться о снижении s_d путем например использования схем выборки - хранения.

2.3. Ошибки восстановления.

2.3.1. Теорема Котельникова.

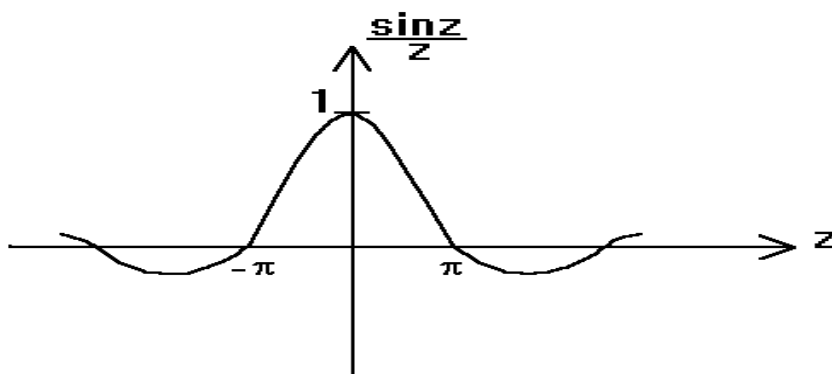
Величину периода дискретизации Dt , позволяющую восстановить $x(t)$ без потери информации, определяет теорема Котельникова.

Теорема Котельникова. Заданную функцию времени $x(t)$, ограниченную по полосе частот от 0 до f_c можно полностью определить заданием её значений в

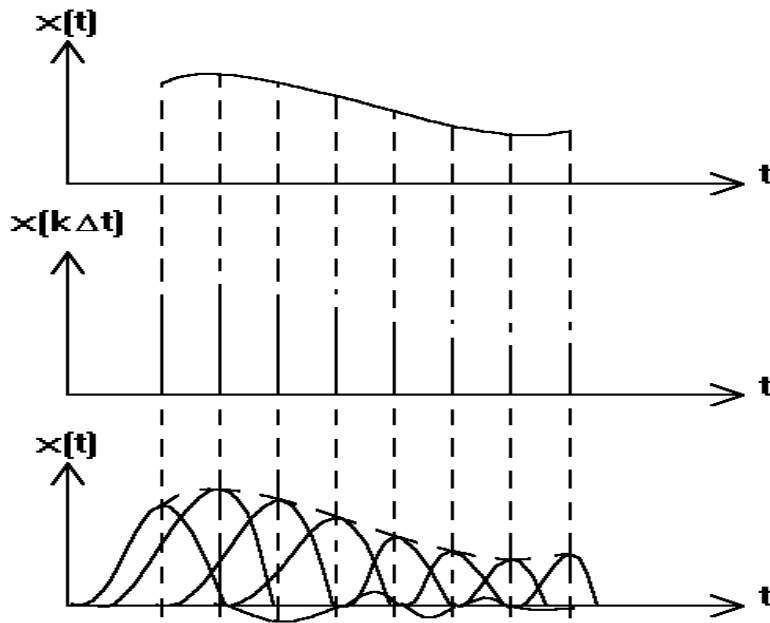
дискретной последовательности точек, отстоящих друг от друга на $Dt = 1/2f_c$. Значения функции, промежуточные между отсчетами могут быть восстановлены с помощью ряда:

$$x(t) = \sum_{k=-\Gamma}^{+\Gamma} x(kDt) \frac{\sin \omega_c(t-kDt)}{\omega_c(t-kDt)} ; \quad k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \pm \Gamma; \quad \omega_c = 2\pi f_c = 2\pi / Dt_c$$

Функция отсчётов $\sin z / z$ имеет следующую форму :



Графическая схема восстановления функции представлена ниже. Восстановленная функция будет соответствовать исходной с любой наперёд заданной точностью.



Рассмотрим преобразование Фурье:

$$+T$$

$$X(j\omega) = \int_{-T}^{+T} x(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$-T$$

Определим амплитудно-частотную и фазочастотную характеристику. Рассмотрим амплитудно-частотную характеристику:



Неограниченные во времени функции имеют спектр ограниченный частотой среза ω_c . Реальные функции ограничены по времени и следовательно $\omega_c \propto T$.

Условиям теоремы Котельникова полностью удовлетворить нельзя, поскольку надо знать $x(kDt)$ при $-T < k < +T$, т.е. надо знать предисторию.

Следовательно, восстановить можно лишь приближенно. Надо ввести искусственно ограничение на спектр ω_c , а следовательно появится погрешность:

$$\check{y} = \frac{E_0}{E_c} = \frac{\int_{\omega_c}^{\infty} A^2(\omega) d\omega}{\int_0^{\omega_c} A^2(\omega) d\omega} \approx \frac{\int_{\omega_c}^{\infty} A^2(\omega) d\omega}{\int_0^{\omega_c} A^2(\omega) d\omega}$$

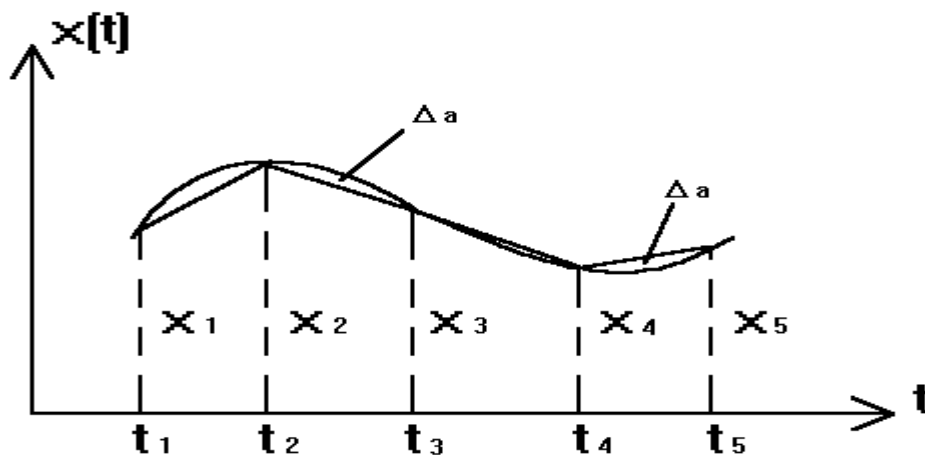
E_0 -энергия отброшенной части спектра

E_c -энергия сигнала

Чем меньше \check{y} , тем больше ω_c (т.е. ω_c сдвигается вправо). Таким образом, частота в теории Котельникова может быть выбрана из условия получения требуемой точности в процессе восстановления.

Существуют и другие методы восстановления.

2.3.2. Метод восстановления с использованием линейной интерполяции.



Замечание: Аппроксимация - отыскание кривой, проходящей вблизи множества точек. Интерполяция - отыскание кривой, - через множество точек.

D_a - ошибка аппроксимации

$D_B = D_B$ - погрешность восстановления

$$D_B = |x(t)|_{\max} \frac{Dt^2}{8} \quad \text{..} \quad \text{по Ньютону}$$

Определим как часто надо брать отсчеты чтобы получить $d = 1\%$.

Пусть w_B - наивысшая частота процесса.

Зададим $x(t) = x_M \sin w_B t$

$$|x(t)|_{\max} = x_M w_B^2$$

$$D_B = x_M w_B^2 \frac{Dt^2}{8} \quad \text{Ю} \quad Dt^2 = \frac{D_a}{x_M w_B^2} = d \frac{8}{w_B^2}$$

d - относительная погрешность восстановления

$$w_B = 2\pi f_B$$

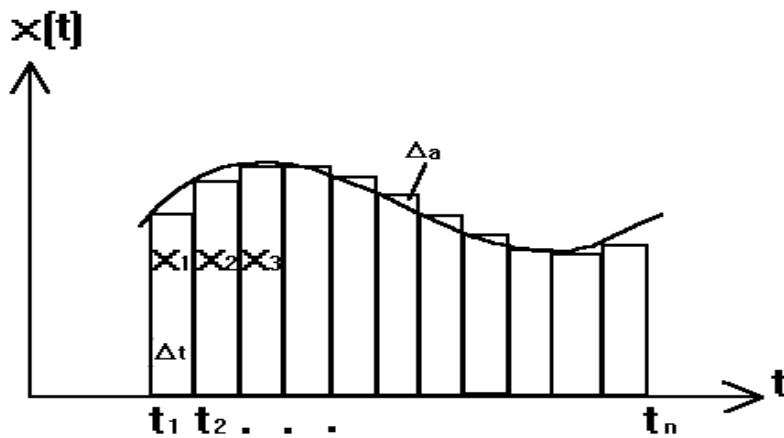
$$f_K \approx \frac{1}{Dt} = \frac{1}{\frac{8 D_a}{d w_B^2}} = \frac{d w_B^2}{8 D_a}$$

$$f_K \approx 22.2 \frac{d}{\%} f_B$$

При $d\% = 1\%$ $f_K \approx 22.2 f_B$

В этом методе существует задержка $t \approx Dt$ поскольку надо иметь минимум две точки для восстановления промежуточной. Если в системе такая задержка невозможна, то надо воспользоваться другим методом.

2.3.3. Метод прямоугольников.



Погрешность восстановления:

$$dx$$

$$D_B = D_a = \left| \frac{dx}{dt} \right|_{\max} \Delta t$$

Пусть у нас процесс синусоидальный: $x = x_M \sin \omega_B t$. Необходимо обеспечить для x наиболее точное восстановление

$$dx$$

$$\left| \frac{dx}{dt} \right|_{\max} = x_M \omega_B$$

$$dt$$

ω_B - высшая частота процесса

$$D_B = x_M 2\pi f_B \Delta t$$

$$D_t = \frac{D_B \cdot 1}{x_M \cdot 2^p \cdot f_B}$$

$$f_K \cdot i \cdot \frac{1}{D_t} = 2^p \cdot \frac{f_B}{d} = 628 \cdot \frac{f_B}{d\%}$$

Для восстановления с точностью 1% необходимо 628 отсчетов на периоде.

Здесь отсутствует запаздывание, но f_K - квантовая \gg чем при той же погрешности при линейной системе восстановления.

Существуют и другие методы восстановления: "квадратичное", кубическое и т. д.

3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

3.1. Классификация.

Информация может быть представлена в аналоговой форме и дискретной.

Аналоговая форма: Электрические: $U=$, $I=$, $U\sim$, $f\sim$, $T\sim$, Δt

 Пневматические: p

 Механические: φ , l

Дискретная форма - коды

Исходя из этого существуют преобразователи:

ААП (аналого-аналоговые преобразователи), унифицированные сигналы в унифицированные.

АЦП (аналого-цифровые преобразователи), преобразуют сигнал в код

ЦАП обратное преобразование (коды→цифрованные сигналы)

ЦЦП (цифро-цифровые преобразователи), преобразователь код→код, например, шифраторы и дешифраторы.

Аналого-цифровые преобразователи

Классификация:

1. По виду входного аналогового сигнала

а) напряжение - код ($U=$ → код, $U\sim$ → код)

б) ток - код ($I=$ → код)

в) временные характеристики - код (Δt → код; $f\sim(T\sim)$ → код)

г) давление - код (P → код)

д) механических переменных → код (φ → код, l → код)

2. По методам преобразования

а) прямого преобразования

б) уравновешенного преобразования

Цифрово-аналоговые преобразователи.

Классификация:

1. По виду выходной величины аналогично АЦП на входе только код → аналоговый сигнал.

2. По методам преобразования:

а) с использованием метода суммирования эталонных значений аналоговой величины одинакового веса равного весу младшего разряда (дискретности преобразования);

б) суммирование эталонных значений аналоговой величины различного веса в соответствии с весами разрядов.

Второй метод обеспечивает более высокое быстродействие, но и более сложные схемные решения.

3.2. АЦП. Основные характеристики.

- статические

- временные (динамические)

Статические:

1. Диапазон входной величины

$$x_{\min} \div x_{\max}$$

2. Дискретность преобразования

$$\Delta x$$

3. Количество уровней квантования

$$N = \left[\frac{x_{\max} - x_{\min}}{\Delta x} \right] + 1$$

4. Количество двоичных разрядов

$$n \geq \log_2 N$$

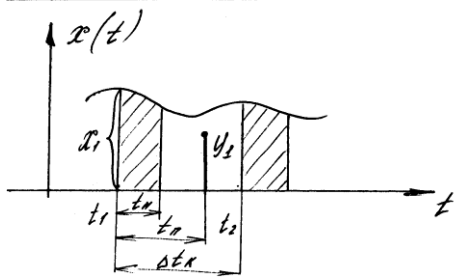
5. Квантующая характеристика

$$N_i \text{ (код } N_i) = F(x)$$

Временные:

t_a - **апертурное время** - интервал неопределенности между моментом, к которому относится значение отсчета, и моментом, к которому относится истинное значение величины x .

$t_{и}$ - **время измерения** время обмена энергией между источником сигнала и АЦП. Обычно $t_{и} > t_a$



t_n - **время преобразования**, т. е. t от подачи импульса, “съем” до t формирования импульса (кода) на выходе. t_n , как правило, зависит от x и не равна const. В частном случае $t_n = \text{const}$.

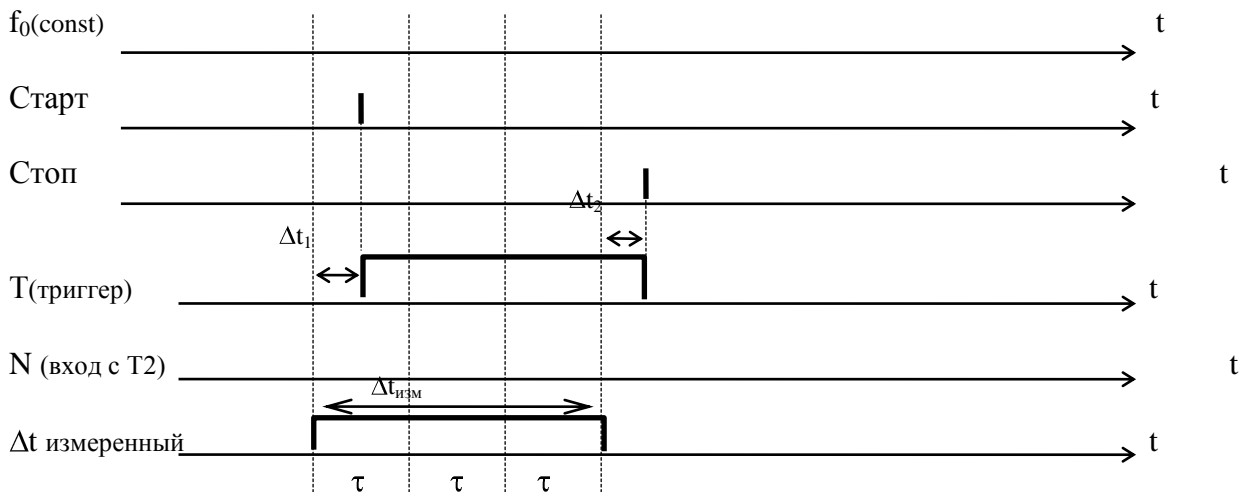
$t_n - t_{и}$ - используется для различного рода преобразования информации, т. е. на обработку снятой информации.

Δt_k - **время квантования** (период дискретизации) Между временными характеристиками должно существовать соответствие: $t_{n \max} < \Delta t_k$

Пропускная способность АЦП определяется следующим выражением:

$$\Phi = \frac{I}{t_n} = \frac{n}{t_n}, \text{ где } n - \text{ количество разрядов.}$$

3.3. Преобразователь интервалов времени в код.



Используется как самостоятельные устройства, в качестве датчиков времени, для учета времени работы оборудования, для управления процессами во времени. Используется как элементы преобразователей других величин в код.

Основная идея: измеряемый интервал времени заполняется импульсами заданной частоты, количество импульсов подсчитывается счетчиком. Интервал времени Δt задается стартовым и стоповым импульсами. В основу выбора дискретности должна быть положена точность временных характеристик.

Дискретность τ выбирается из условий $\tau \leq \Delta t_{\min}$ и $\tau \geq \Delta t_{\max}$.

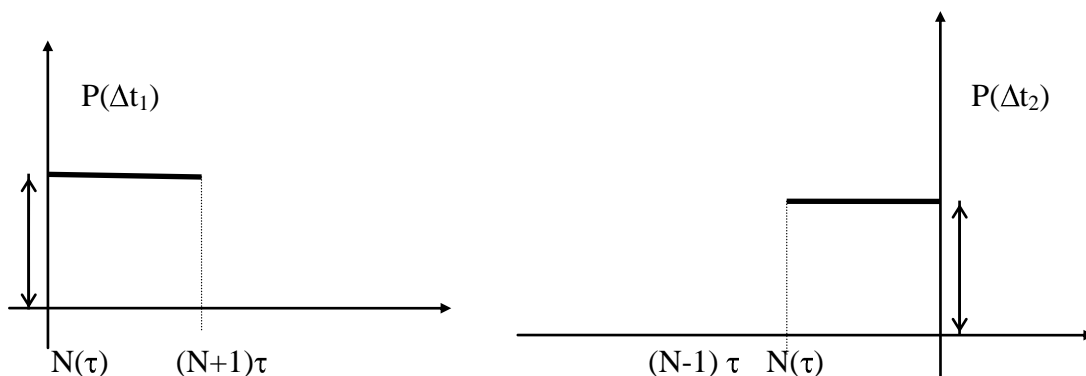
Рассмотрим временную диаграмму работы преобразователя.

$$\Delta t = \Delta t_{\text{изм.}} - \Delta t_1 + \Delta t_2 = N\tau - \Delta t_1 + \Delta t_2$$

Какова результирующая погрешность?

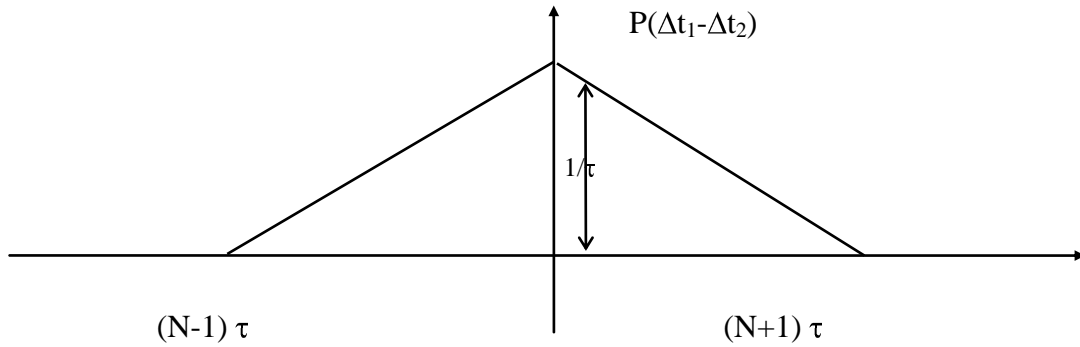
$\Delta t_1, \Delta t_2$ - разных знаков.

Закон распределения величины ошибок Δt_1 и Δt_2 равномерный в интервале τ , поскольку появление стартового и стопового импульсов равновероятно в любом месте интервала.



Δt_1 и Δt_2 - величины независимые

Нас интересует суммарный закон распределения.



Закон распределения Симпсона

$$\sigma_{\Delta t_1 - \Delta t_2} = \frac{\tau}{\sqrt{\sigma}}$$

Возможно ли повысить точность?

Если синхронизировать импульсы f_0 со стартовыми, то $\Delta t_1 = 0$. Тогда $\sigma_m = \tau / 2\sqrt{3}$.

Можно понизить и Δt_2 (однако свести к 0 невозможно).

Способы:

1. Увеличить Δt путем его кратного повторения $\Delta t_1 = m\Delta t$. Для этого необходимо аналоговое запоминающее устройство.

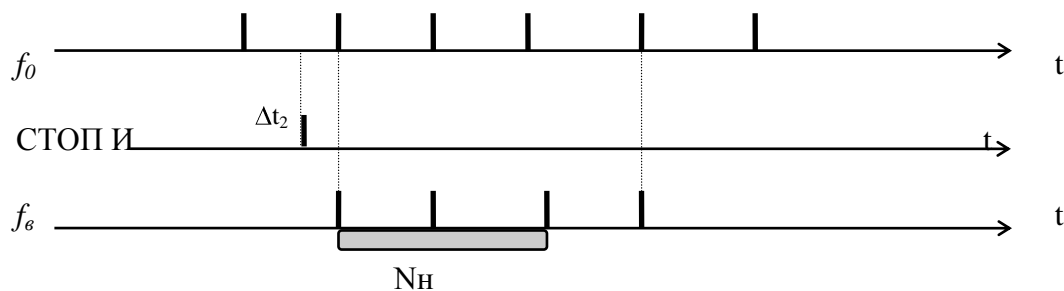
Этот метод равносильен увеличению f_0 .

2. Использование электронного нониуса.

Вводится f_e вспомогательная: $f_e = f_0 \frac{2^k}{2^k - 1}$, $k = 2 \dots 7$

$f_e > f_0$ незначительно.

Рассмотрим временную диаграмму работы нониуса.



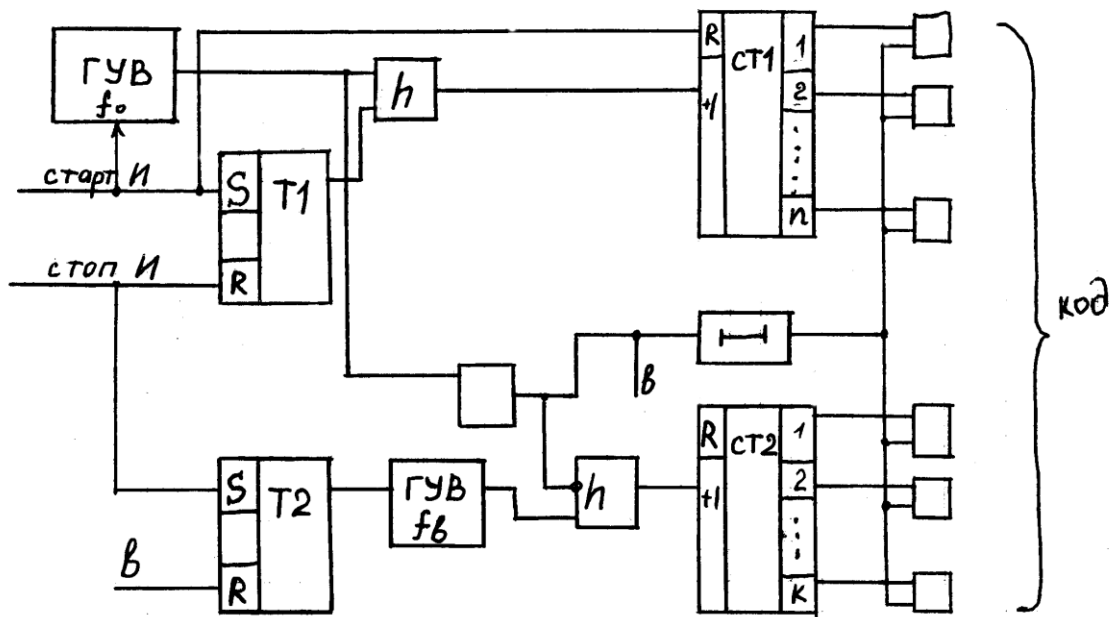
Используется генератор ударного возбуждения, который запускается СТОП И и f_e прекращает вырабатываться при совпадении f_0 и f_e .

Последний импульс не считается.

$$\Delta t_2' = \tau - \tau_B = \tau - \tau(2^k - 1)/2^k = \tau/2^k \rightarrow \sigma_H = \sigma/2^k$$

Рассмотрим схему и работу преобразователя интервалов времени в

КОД.



СТ1 - счетчик грубого отсчета

СТ2- счетчик точного отсчета

З - определяет момент совпадения f_0 и f_e $f_e = f_0 \cdot 2^k / (2^k - 1)$ $k=2...7$

Таким образом, введение нониуса снижает дискретность, но повышает требования к длительности импульсов f_0 и f_e - δt .

$$\delta t |_{f_0 \text{ и } f_e} \leq \Delta \tau$$

Иначе может возникнуть ситуация совпадения нескольких импульсов.

Погрешность зависит от стабильности частоты f_0 и f_e .

Однако поскольку f_0 определяет значения старших разрядов, то и требования ее стабильности выше. Требования к точности определения Δt ограничивают величину Δt_{\max} .

Определим Δt_{\max} при условии нестабильности частоты.

$f_o' = f_o(1 \pm \alpha)$, где α - коэффициент нестабильности

$$\alpha = 10^{-5} - 10^{-10}$$

$\alpha = 10^{-5}$ обычно у нестабилизированных генераторов.

Потребуем, чтобы

$$|N_{\max} \tau' - N_{\max} \tau| \leq a \tau \quad \text{обычно } a = 0.1 \div 1$$

$$\Delta t'_{\max} \quad \Delta t_{\max}$$

$$|\tau'/\tau - 1| \tau \leq a \tau / N_{\max}; \quad \tau'/\tau = 1/\alpha$$

$$|1/(1 \pm \alpha) - 1| \tau \leq a \tau / N_{\max}; \quad \pm \alpha / (1 \pm \alpha) \approx \pm \alpha, \quad \text{т.к. } 1 \pm \alpha \approx 1$$

$$\alpha \tau \leq a \tau / N_{\max}$$

$$\tau N_{\max} = \Delta t \leq a \tau / 2$$

Пример $a=1$, $\alpha=10^{-6}$, $f_o=1\text{МГц}$, $\tau=10^{-6}\text{сек}$ $\Rightarrow \Delta t_{\max} \leq 1\text{сек}$

4. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ "НАПРЯЖЕНИЕ - КОД"

4.1. Анализ пропускной способности для разных типов преобразователей.

Постоянный ток обеспечивает более высокую точность и пропускную способность, поэтому наиболее распространены $U = \text{®}$ код, однако встречаются преобразователи $U \sim \text{®}$ код, которых $t_n \text{ и } T_{\text{пер. } U \sim}$, кроме того $U \sim$ содержит значительный уровень соседних гармоник и высокочастотных помех. Поэтому будем рассматривать преобразователи U в код. По принципу формирования цифрового эквивалента во времени существуют следующие типы преобразователей:

1. Последовательные преобразователи с единичным приращением цифрового эквивалента.
2. Последовательные преобразователи с двоично-взвешенным приращением цифрового эквивалента.
3. Параллельные.
4. Последовательно-параллельные.

Рассмотрим пропускную способность преобразователей.

I
 $\Phi = \frac{I}{t_n}$ - количество информации за время преобразования (пропускная способность)

Поскольку будем рассматривать все схемы, построенные в двоичной системе счисления:

$I = n$
 $\Phi = \frac{n}{t_n} = \frac{n}{t_n}$, где n - число двоичных разрядов выходного кода.

Φ будем рассматривать в единицах тактовой частоты $f_0 [1/\text{сек}]: [\text{дв.ед.}/\text{сек}]$
т.е. $\Phi \sim c f_0$, где c - надо определить.

4.1.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ЕДИНИЧНЫМ ПРИРАЩЕНИЕМ

$$\Phi = \frac{1}{2^n} \frac{1}{f_0}$$

$$t_n = N_i \frac{1}{f_0} \quad \text{- время подсчета числа } N_i$$

$$t_{n\max} = (N_i)_{\max} \frac{1}{f_0} = 2^n \frac{1}{f_0}$$

$$\Phi_{\min} = \frac{1}{2^n} \frac{1}{f_0} = \frac{1}{2^n} \frac{1}{f_0} \left[\frac{\text{дв.ед}}{\text{сек}} \right]$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = f_0(2^{-n} - n2^{-n-1}\ln 2) = 0$$

$$n_{\text{extr}} = \frac{1}{\ln 2} = 1.5$$

4.1.2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С 2-НО ВЗВЕШЕННЫМ ПРИРАЩЕНИЕМ

t_n - определяется количеством разрядов, т.к. за время t одного такта формируется один разряд и не зависит от $U_{\text{вх}}$.

$$\Phi = \frac{1}{2^n} \frac{1}{f_0} = \frac{1}{2^n} \frac{1}{f_0} \left[\frac{\text{дв.ед.}}{\text{сек.}} \right]$$

На каждую операцию 1 такт, всего n операций.

4.1.3. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Все разряды формируются в течении одного такта t_0 . Однако при этом задействуется большой объем аппаратуры и следовательно такой преобразователь дорог.

$$\Phi = \frac{n}{1/f_0} = n f_0 \left[\frac{\text{дв.ед.}}{\text{сек.}} \right]$$

Время преобразования определяется одним тактом. Самая высокая пропускная способность.

4.1.4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО - ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ СХЕМА

Время преобразования определяется количеством последовательных каскадов в схеме - m . При этом происходит снижение пропускной способности по сравнению с параллельным преобразователем, однако наблюдается экономия аппаратных затрат. При разработке аппаратных средств всегда приходится решать задачу оптимального выбора стоимости, точности и пропускной способности.

$$\Phi = \frac{n}{m1/f_0} = \frac{n}{m} f_0 \left[\frac{\text{дв.ед.}}{\text{сек.}} \right]$$

Последовательные преобразователи с единичным приращением цифрового эквивалента.

Для данного типа АЦП характерно большое время преобразования от нескольких десятков миллисекунд до нескольких секунд. Для сокращения времени измерения применяют схемы выборки-хранения. Ниже представлена простейшая схема. Основными ее элементами являются: ключ, конденсатор и выходной каскад.

Известны два типа АЦП: с промежуточным преобразованием и уравнивающего типа (интегральные АЦП). Рассмотрим эти преобразователи.

АЦП с промежуточным преобразованием

Преобразование осуществляется поэтапно. С начала выполняется преобразование напряжения в интервал времени, а затем интервал времени в код.

II ЭТАП нами был рассмотрен ранее, как преобразователь интервала времени в код.

I ЭТАП. Основан на использовании в схеме генератора пилообразного напряжения. Структурная схема первого этапа преобразования приведена ниже.

C1, C2 - сравнивающие устройства

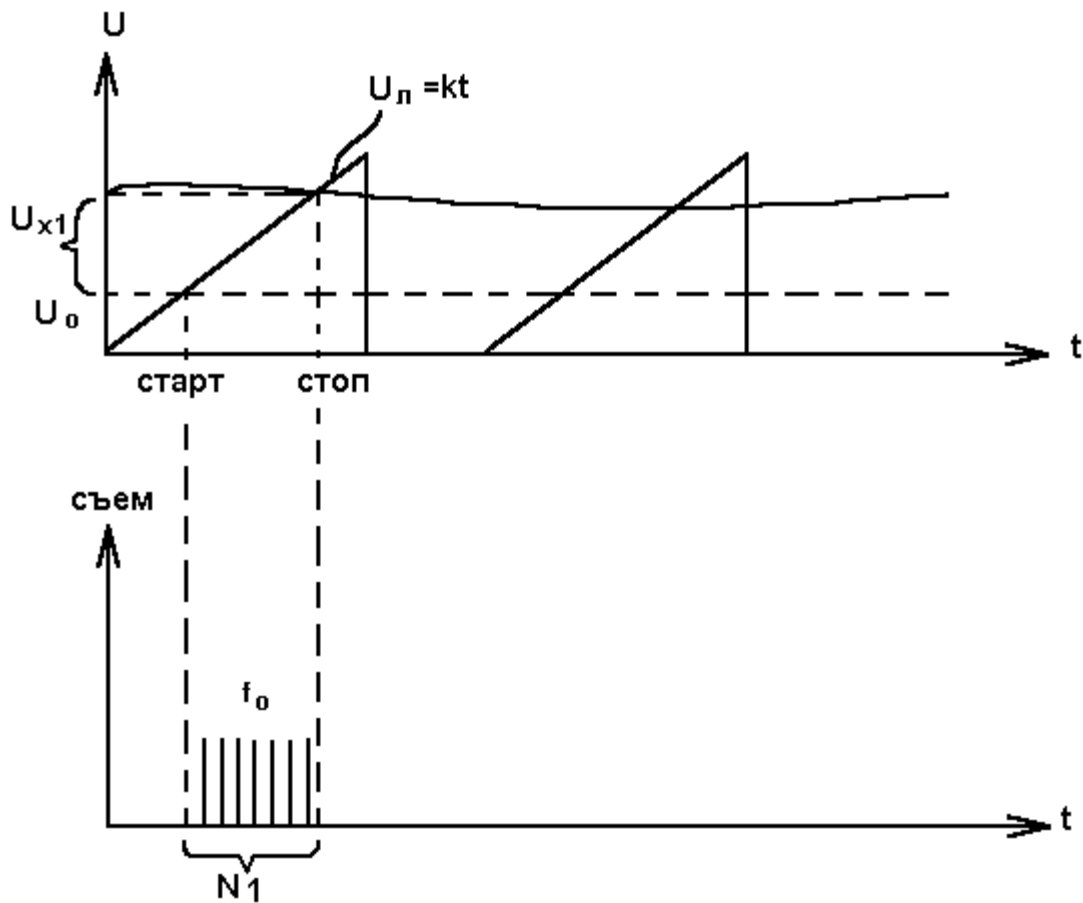
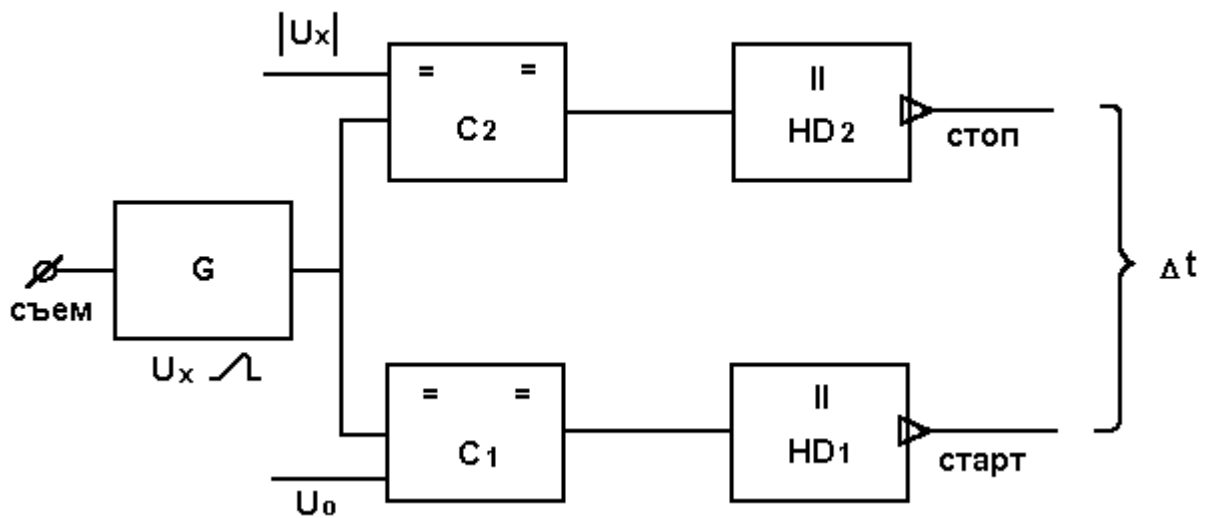
HD1, HD2 - нуль детектора

Происходит сравнение U_x, U_0 с линейно-нарастающим пилообразным напряжением.

$U_{\text{ЭКВ.1}} = N_1 DU$, где DU - дискретность $DU = kDt$

$U_{\text{ЭКВ.2}} = N_2 DU$

Если изменяется k или f_0 , то $U_{\text{Э}}$ относительно $U_{\text{Д}}$ будет сдвинуто.



АЦП уравнивающего типа

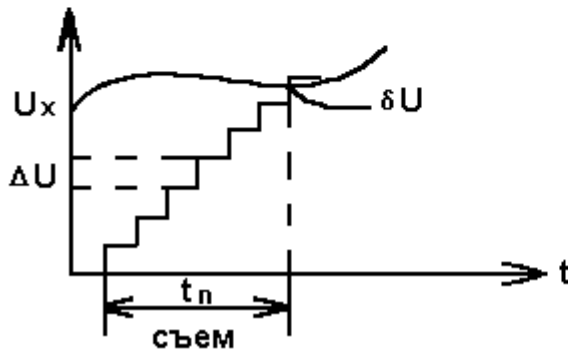
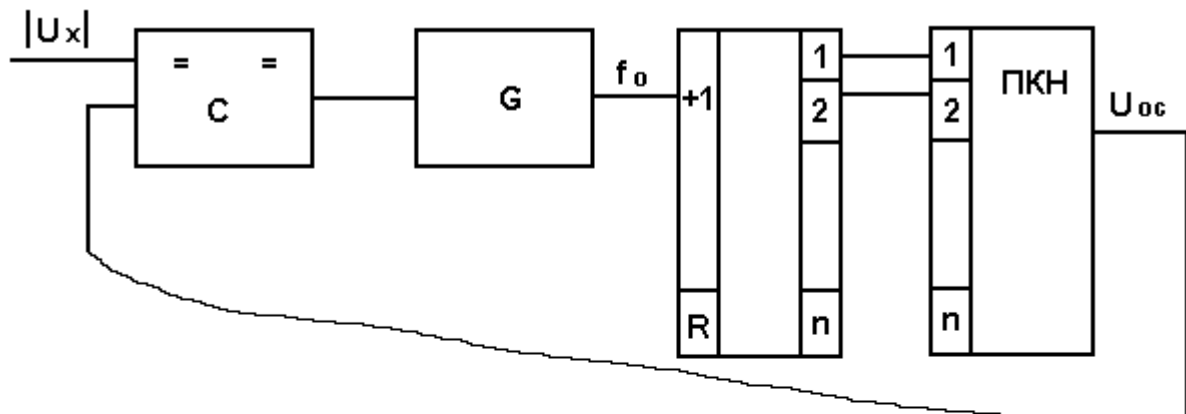
Второй вариант схемы последовательного преобразователя использует в качестве пилообразного напряжения, напряжение формируемого счетчиком и ПКН.

$$d = |U_x| - U_{oc}$$

$d = |U_x| - U_{oc}$ Сравнение происходит до тех пор пока $d = |U_x| - U_{oc} \geq \Delta U$, $NDU = U_{\partial}$.

Поиск кода осуществляется простым перебором $t_n = n f_0$.

Точность преобразования от k и f_0 не зависит. Точность определяется точностью обратного преобразователя ПЧН.



Последовательные преобразователи с двоично-взвешенным приращением цифрового эквивалента.

Схема этого преобразователя подобна предыдущей, только вместо счетчика стоит логическое устройство формирующее код начиная со старшего разряда, происходит сравнение U_x с U_{oc} и вырабатывается d с учетом закона рассогласования. Т.е. ситуация подобна операции взвешивания. Поэтому та-

кой преобразователь можно назвать преобразователем поразрядного взвешивания.

F - формирователь, выделяющий $|U_X|$ из U_X

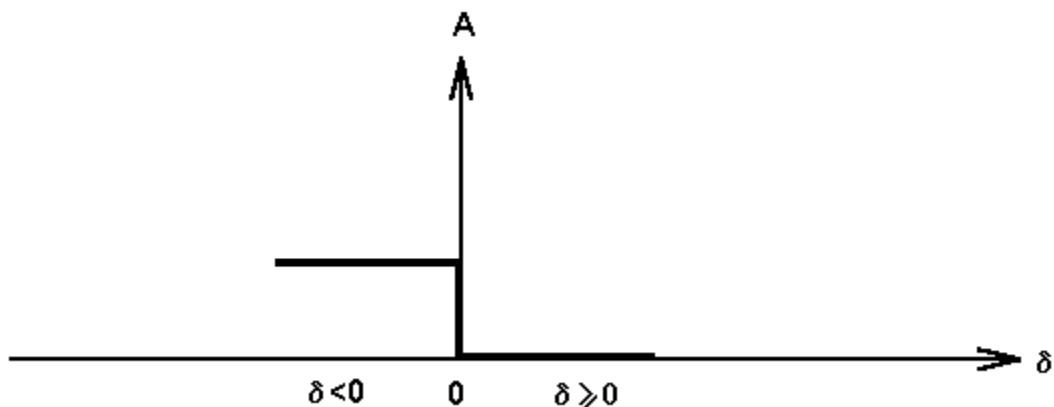
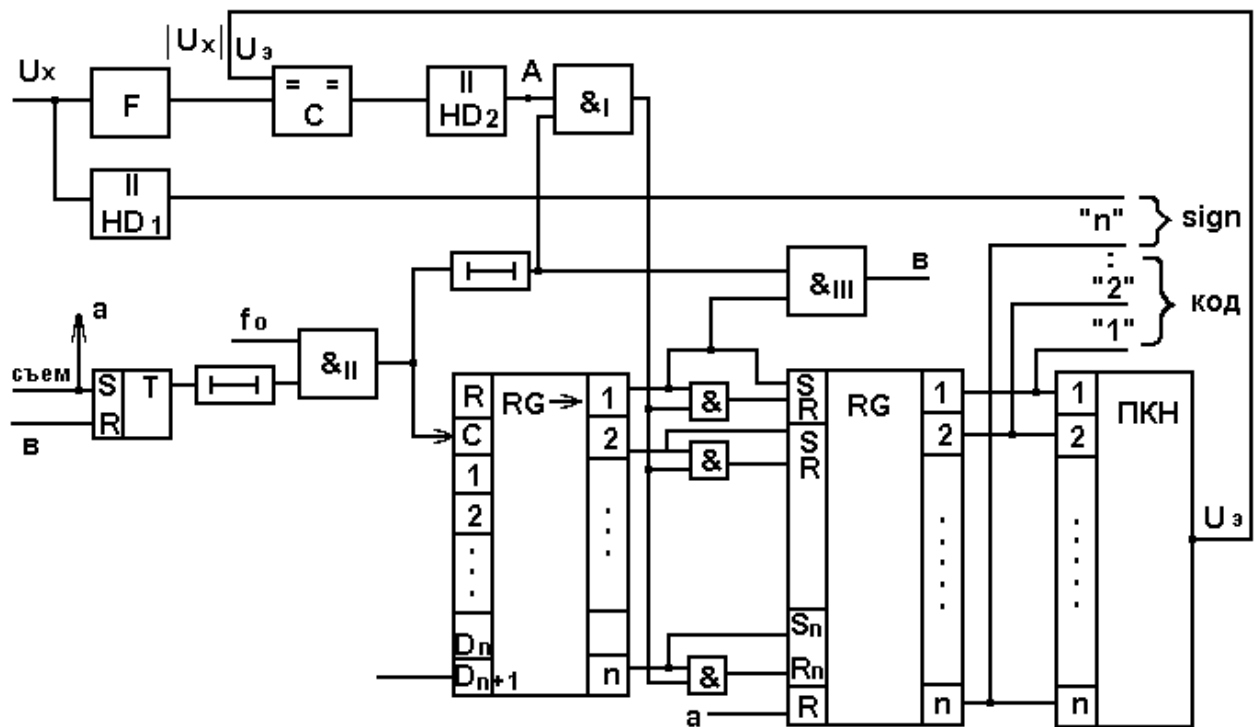
HD - определяет знак U_X : $\text{sign } U_X$

C - компаратор, сравнивающий $|U_X|$ и $U_{\text{э}}$

В точке А определяется либо 0, либо 1 в зависимости от знака $d = |U_X| - U_{\text{э}}$.

На вход поступает U_X из которого F формирует $|U_X|$, а HD1 $\text{sign}U_X$, если $U_X \geq 0$, то $\text{sign}U_X = 0$. $|U_X|$ поступает на компаратор C.

После прихода импульса "съем" триггер Т устанавливается в "1" и открывает &II. Частота f_0 в виде импульсов проходит через &II. Поступающий импульс f_0 вызывает сдвиг единичного разряда из D_{n+1} в D_n , который по S_n устанавливает RG в n разряде в "1". Полученный код поступает на ПКН с которого снимается $U_{\text{ос}}$, поступающее на компаратор C (уравновешивание начинается со старшего разряда), на нем вырабатывается сигнал рассогласования $d = |U_X| - U_{\text{ос}}$, если $d < 0$, то он равен 1 после HD2 и через открытую ячейку &I приходит импульс сбрасывающий "1" из соответствующего разряда, в противном случае $d \geq 0$, "1" в этом разряде не срабатывается, потому что &I остается закрытой и импульс f_0 с элемента задержки не проходит через нее. Следующий импульс f_0 , вызывает сдвиг "1" из D_n в D_{n-1} и так далее повторяются циклы до D_1 , по которому через &III после обработки младшего разряда вырабатывается сигнал устанавливающий триггер Т в "0" и прекращающий прохождение импульсов f_0 через ячейку &II.

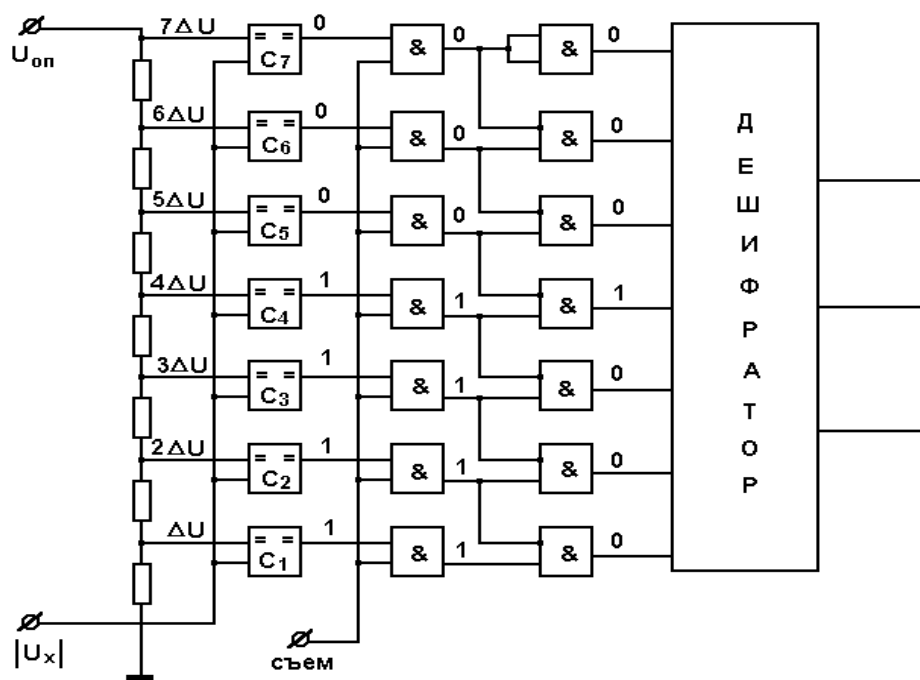


Параллельные АЦП.

Преобразователи параллельного действия отличаются тем, что в них код во всех разрядах формируется одновременно. Поэтому время преобразования занимает 1 такт. Такие схемы обеспечивают максимальной быстроты действия при всех прочих равных условиях. Основа положенная в работу преобразователя такого типа - сравнение входного напряжения с набором эталонных напряжений на компараторах с дальнейшей дешифровкой позиционного кода в двоичный.

Нужно сделать столько уровней сравнений и столько компараторов, сколько $2^n - 1$, где n - число двоичных разрядов.

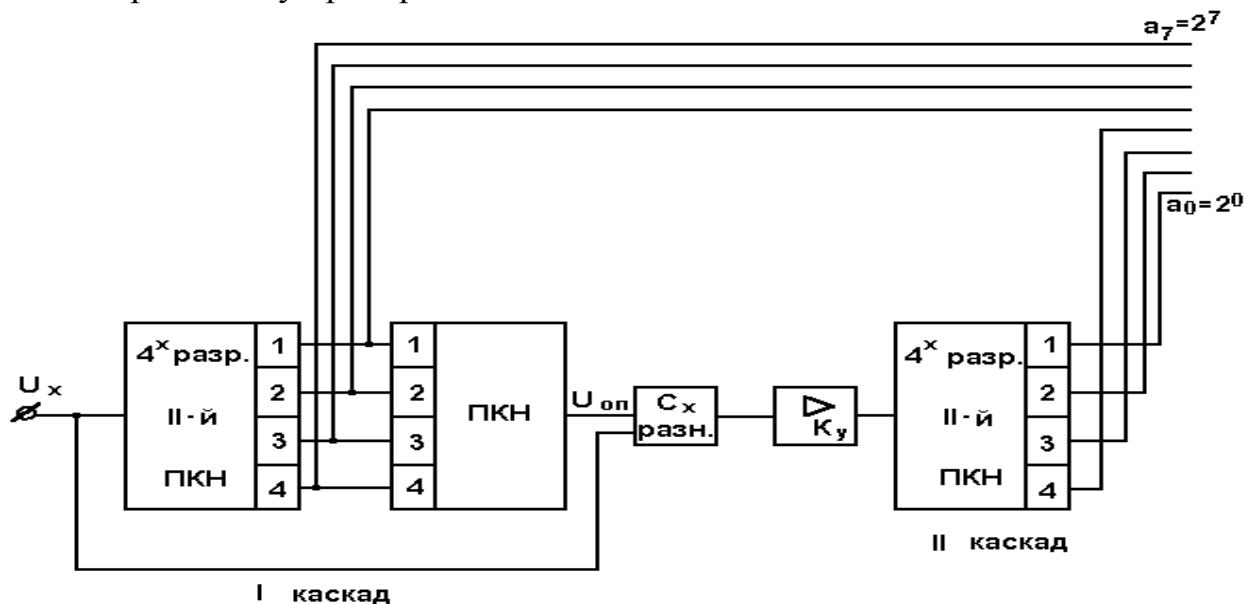
Количество каналов, для $n=10$ количество уровней и компараторов $2^n - 1 = 1023$. Следовательно схема требует большего объема оборудования и точности изготовления всех ее элементов. Такие схемы обычно реализуются в виде интегральной микросхемы БИС.



$$t_n = 1/f_0 = t$$

Последовательно-параллельные АЦП.

Рассмотрим схему преобразователя:



$$U_{оп} = (a_4 2^4 + a_5 2^5 + a_6 2^6 + a_7 2^7) DU$$

Формируется разность:

$$D = |U_x| - U_{оп} = (a_0 2^0 + a_1 2^1 + a_2 2^2 + a_3 2^3) DU$$

Диапазон изменения в I и II каскаде отличается на $2^4 = 16$.

Если коэффициент усиления $K_y = 16$, то оба ПКН работают одинаково.

2

Время преобразования $t_n = 2t = \dots$

f_0

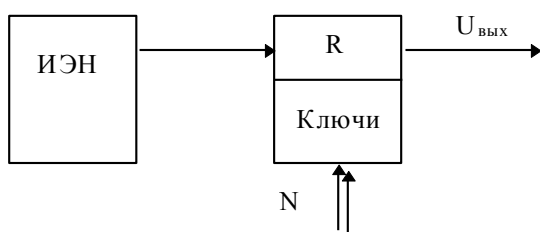
5. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОДА В НАПРЯЖЕНИЕ

5.1. Классификация.

Классификация по схемной организации.

1. Схема ЦАП с последовательным включением эталонных сопротивлений
2. Преобразователь “код-напряжение” на сетке $R - 2R$.

Структурная схема.



Преобразователи кода в напряжение включают в свой состав:

1. Источник эталонного напряжения.
2. Набор эталонных сопротивлений.
3. Набор ключей, управляемых входным кодом.

Требования к управляющим ключам:

Минимальное время срабатывания ключей.

Сопротивление ключей

$$R_{з\text{ ам}} = 0$$

$$R_{раз} = \infty$$

Реально ключи, построенные например на базе полевых транзисторов, имеют следующие параметры: время переключения 0.1-10мкс; ток утечки 0.2 (AnDev)-50 нА; сопротивление замкнутого ключа 10-100 Ом.

Преобразователи характеризуются параметрами по точности, времени преобразования и существуют специальные особые параметры:

1. Коэффициент использования напряжения эталонного источника:

$$\mu = \frac{(U_N)_{н\text{ аиб}}}{U_0} \leq 1$$

U_0 - напряжение эталонного источника.

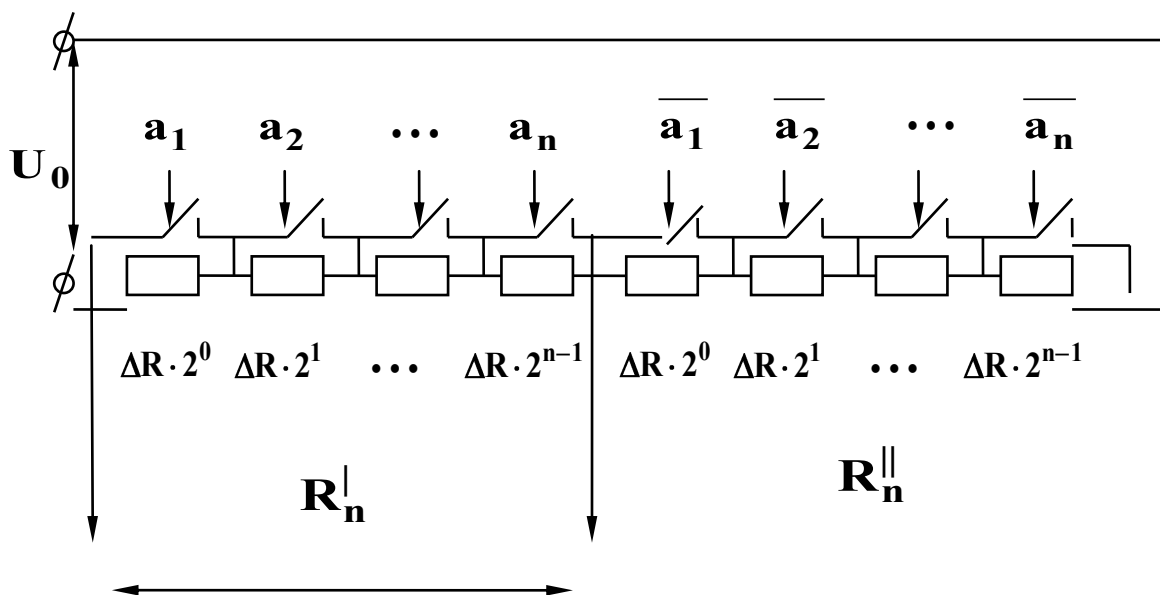
2. Входное сопротивление - сопротивление, на которое нагружен эталонный источник. Желательно иметь это сопротивление как можно большей величины, не зависящей от входного кода.

3. Величина выходного сопротивления - это сопротивление преобразователя, измеряемое на выходных клеммах преобразователя. Желательно иметь это сопротивление минимальным и не зависящим от входного кода, чтобы нагрузка потребителя оказывала малое влияние на точность.

Желательно иметь эталонные сопротивления равных или близких номиналов.

5.2. Схема ЦАП с последовательным включением эталонных сопротивлений

Желательно $I_0 = \text{const}$, для этого $U_0 = \text{const}$ и все эталонные сопротивления = const . Для этого 2 комплекта сопротивлений R_N^I, R_N^{II} .



Для каждого и ($U_{\text{ВЫХ}}$) тов сопротивлений включаются сопротивления с разным весом, слева сопротивления младшего разряда, справа сопротивления старшего разряда.

Каждое из сопротивлений шунтируется ключом. Ключ управляется входным кодом. На первый комплект подается прямой код, а на второй - инверсный.

$a_i=0$, ключ замкнут

$a_i=1$, ключ разомкнут

Выходное напряжение U_N снимается с первого комплекта.

$$\begin{aligned} R_{\text{вх}} &= R_N^{\downarrow} + R_N^{\uparrow} = \sum \Delta R a_i 2^{i-1} + \sum \Delta R \bar{a}_i 2^{i-1} = \Delta R (2^n - 1) = \\ &= \text{const} \Rightarrow I_0 = \text{const} \end{aligned}$$

Найдем выходное напряжение:

$$U_N = \frac{U_0}{R_N^{\downarrow} + R_N^{\uparrow}} R_N^{\downarrow} = \frac{U_0}{\Delta R (2^n - 1)} \sum \Delta R a_i 2^{i-1} = \frac{U_0}{2^n - 1} \sum a_i 2^{i-1}$$

$$\Delta U = \frac{U_0}{2^n - 1} - \text{дискретность по напряжению.}$$

Определим характеристики ПКН:

1. Коэффициент использования эталонного источника:

$$\mu = \frac{(U_N)_{\text{н.анб}}}{U_0} = \frac{1}{U_0} \frac{U_0 (2^n - 1)}{(2^n - 1)} = 1$$

2. Входное сопротивление:

$$R_{\text{вх}} = \Delta R (2^n - 1) = \text{const}$$

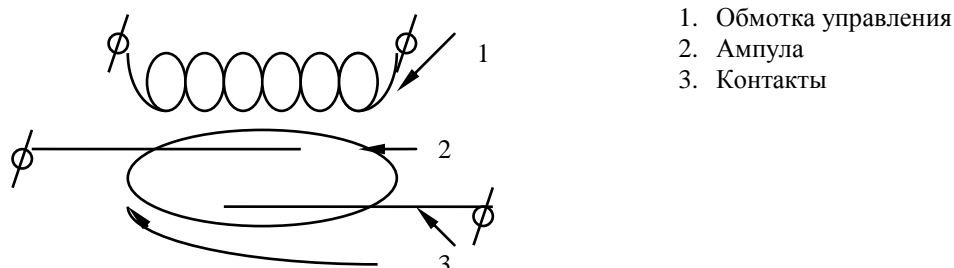
3. Выходное сопротивление

$$R_{\text{вых}} = R_N^{\downarrow} = 0 \ll \Delta R (2^n - 1)$$

Рассмотрим влияние неидеальности ключей на точность. Если ключ имеет остаточное напряжение \square_{\square} , то в результате они будут суммироваться и дадут некоторую погрешность \square_{\square} :

$$\delta_{\varepsilon} = \sum_i \varepsilon_i$$

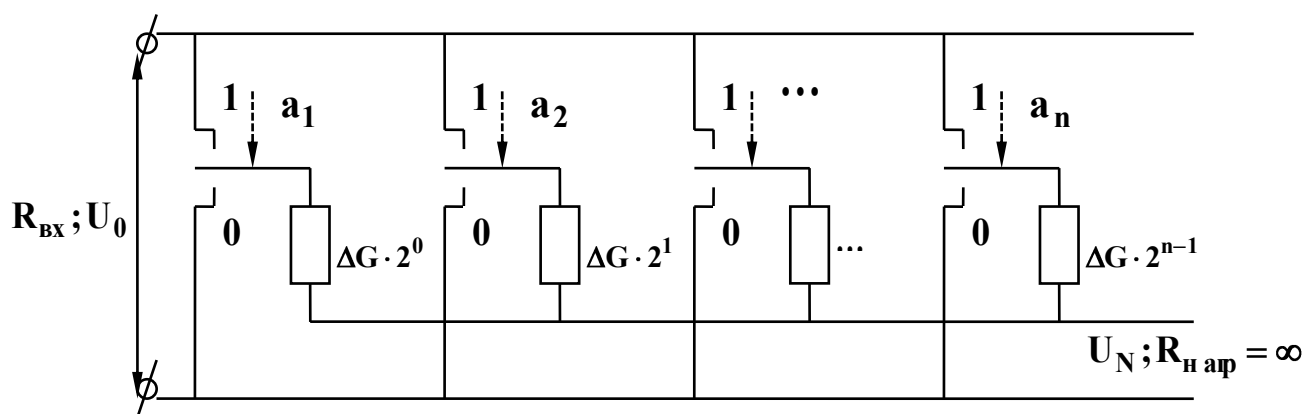
В рассмотренной схеме все ключи не имеют одной общей точки, поэтому применение электронных (транзисторных) ключей затруднено. Подобная схема использует не электронные ключи, а герконы (герметизированные контакты).



При подаче U на обмотку управления контакты замыкаются. Время срабатывания геркона $\tau \approx 10^{-4}$.

Недостаток схемы - использование сопротивлений различных номиналов.

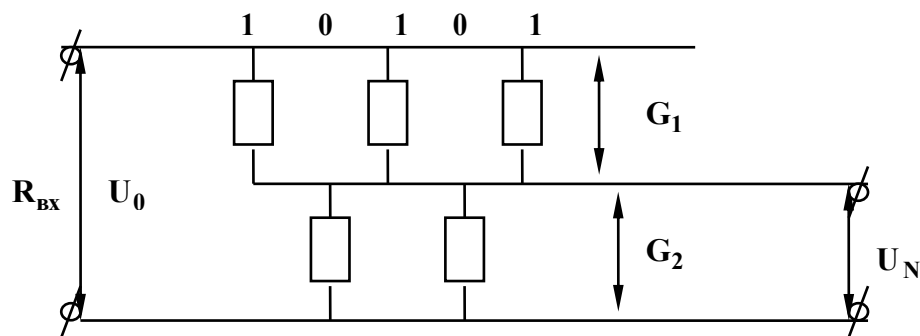
5.3. Схема ЦАП с параллельным включением эталонных сопротивлений.



Здесь используются наборы эталонных сопротивлений в виде проводимостей.

$\Delta G \cdot 2^0$ - сопротивление соответствует младшему разряду (самая малая проводимость). Ключи на два положения 0 или 1, по управляемому входу передается код ключей a_1, a_2, \dots, a_n .

Будем считать, что внутреннее сопротивление $R_{вн} = 0$, а сопротивление $R_{нап} = \infty$. Построим эквивалентную схему. При подаче кода эталонные сопротивления будут подключаться либо к верхней, либо к нижней шине, в зависимости от кода.



$$U_N = \frac{U_0}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}} \cdot \frac{1}{G_2} = \frac{U_0}{G_1 + G_2} \cdot G_1 = \frac{U_0 \sum_{i=1}^n \Delta G a_i 2^{i-1}}{\sum_{i=1}^n \Delta G a_i 2^{i-1} + \sum_{i=1}^n \Delta G \bar{a}_i 2^{i-1}} =$$

$$= \frac{U_0}{\underbrace{2^{n-1}}_{\Delta U}} \underbrace{\sum_{i=1}^n a_i 2^{i-1}}_{N_i}$$

Рассмотрим характеристики преобразователя:

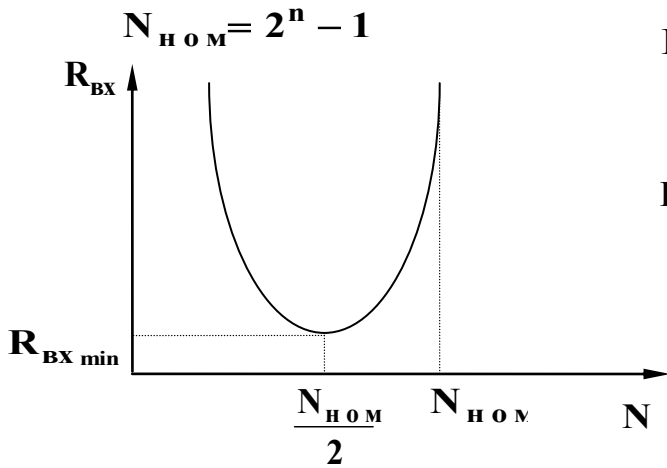
$$\mu = \frac{(U_N)_{н\ анб}}{U_0} = \frac{1}{U_0} \frac{U_0}{2^n - 1} (2^n - 1) = 1$$

Выходное сопротивление:

$$R_{вых} = \frac{1}{G_1 + G_2} = \frac{1}{\Delta G (2^n - 1)} = \text{const}$$

Входное сопротивление:

$$R_{BX} = \begin{cases} a_1 = a_2 = \dots = a_n = 0, R_{BX} = \infty \\ a_1 = a_2 = \dots = a_n = 1, R_{BX} = \infty \end{cases}$$



$$R_{BX \min} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} = \frac{2}{G_{1(2)}}$$

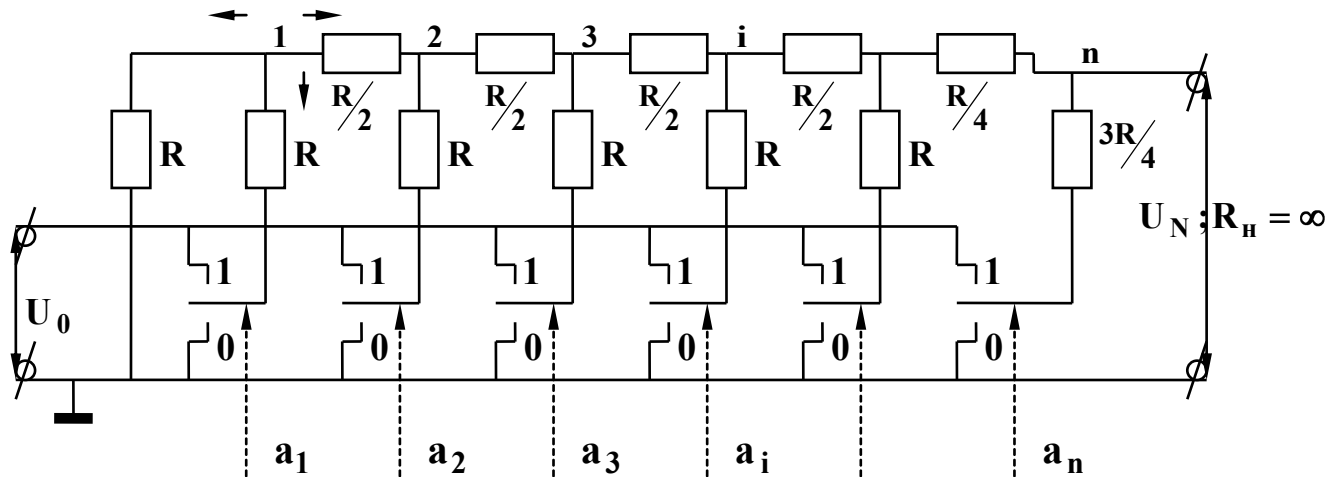
$$R_{BX \min} = \frac{1 \cdot 2}{\frac{\Delta G(2^n - 1)}{2}} \approx \frac{4}{\Delta G(2^n - 1)}$$

приблизительно равно, т.к. $\frac{N_{HOM}}{2}$ не делится нацело, т.к. $N_{HOM} = 2^n - 1$ - нечетное.

В схеме величины эталонных сопротивлений различны.

5.4. Преобразователь “код-напряжение” на сетке $R - 2R$.

Рассмотрим схему ПКН на сетке $R - 2R$.



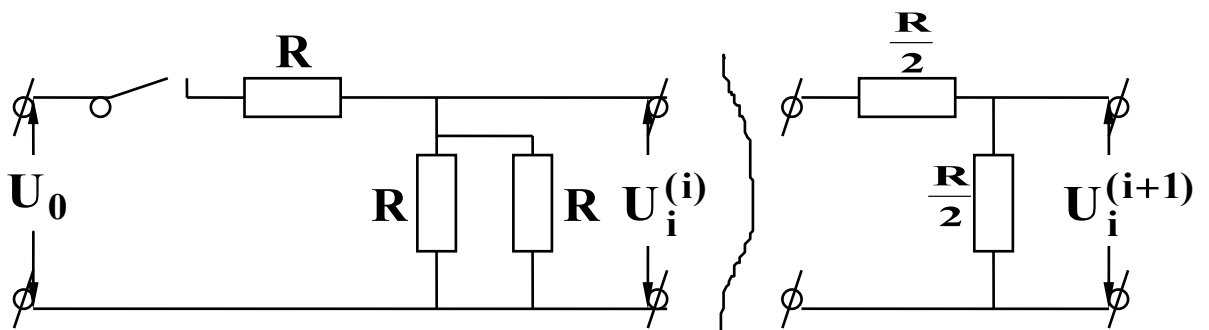
Используя сопротивления двух номиналов, за исключением последнего каскада, и двухпозиционные ключи (0 или 1).

Слева младший разряд, справа - старший.

Чем ближе ключ к выходу, тем выше его вес. Найдем зависимость напряжения на выходе от входного кода. Определим, как зависит $U_{\text{вых}}$ от включения каждого из ключей.

Изображенная здесь сетка обладает тем свойством, что если в i -м разряде “1”, а в остальных “0”, то сопротивление во всех трех направлениях из i -й точки равно R .

Получим эквивалентную схему при включении i -го ключа:



Напряжение $U_i^{(i)}$ при этом:

$$U_i^{(i)} = \frac{U_0}{R + \frac{R}{2}} \cdot \frac{R}{2} = \frac{U_0}{3}, \text{ где } U_i^{(i)} - \text{ номер узла}$$

$U_i^{(i)} - \text{ номер ключа}$

Напряжение $U_i^{(i+1)}$:

$$U_i^{(i+1)} = \frac{U_i^{(i)}}{2} = \frac{U_0}{3 \cdot 2} \qquad U_i^{(i+k)} = \frac{U_0}{3 \cdot 2^k}$$

$$U_i^{(n-1)} = \frac{U_0}{3 \cdot 2^{n-i-1}}; \text{ т.к. } i+k = n-1, \text{ а } k = n-1-i.$$

$$U_i^{(n)} = U_i^{(n-1)} \frac{\frac{3}{4}R}{\frac{1}{4}R + \frac{3}{4}R} = \frac{3}{4} U_i^{(n-1)} = \frac{U_0 \cdot 3}{3 \cdot 2^{n-i+1}} = \frac{U_0}{2^{n-i+1}}$$

При включении всех ключей:

$$U_n = \sum_{i=1}^n U_i^{(n)} = \sum_{i=1}^n a_i \frac{U_0}{2^{n-i+1}} = \frac{U_0}{\Delta U} \sum_{i=1}^n a_i 2^{i-1}$$

$\Delta U = 2^{-n}$ N_i

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПКН НА СЕТКЕ R-2R.

1. Коэффициент использования эталонного источника:

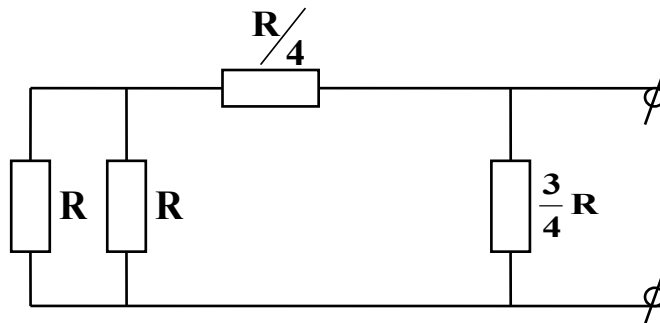
$$\mu = \frac{(U_N)_{\text{н анб}}}{U_0} = \frac{1}{U_0} \frac{U_0}{2^n} (2^n - 1) = \frac{(2^n - 1)}{2^n} \approx 1$$

2. Входное сопротивление:

$$R_{\text{вх}} = \begin{cases} \infty, & \{ a_1 = a_2 = \dots = a_n = 0 \\ ?, \text{ var} = f(N_i) & \{ a_1 = a_2 = \dots = a_n = 1 \end{cases}$$

3. Выходное сопротивление

$$R_{\text{вых}} = \frac{3}{8} R \quad R_{\text{вых}} = \frac{3}{8} R \rightarrow \frac{(n+1)R}{2}$$

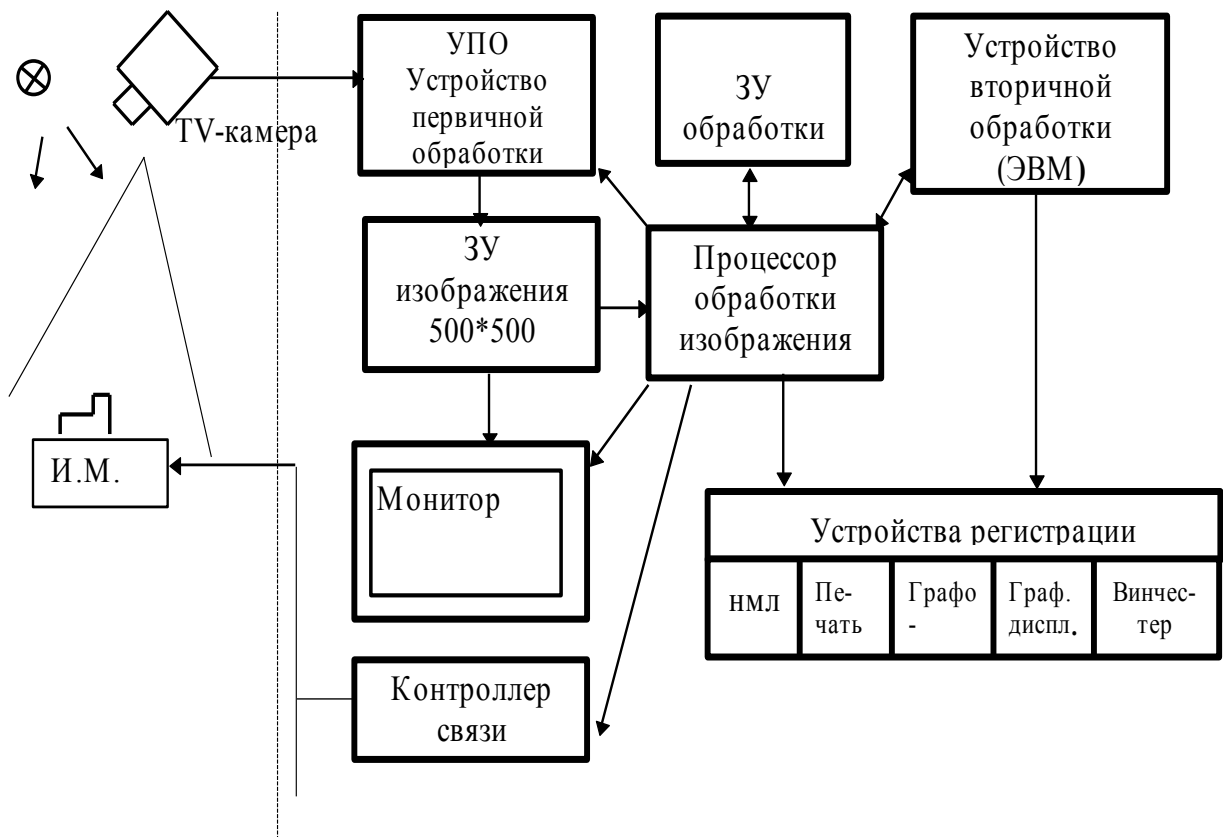


Величина $R_{\text{вых}}$ постоянна и не зависит от входа. Можно использовать разные ключи.

6. СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ РАСТРОВОГО ТИПА. Video Blaster.

6.1. Система технического зрения (СТЗ)

Типовая структура СТЗ



ИМ - исполнительный механизм

В СТЗ можно выделить два канала: канал регистрации изображения и канал обработки изображения

Канал регистрации изображения включает TV-камеру, устройство первичной обработки, ЗУ и монитор.

Изображение объекта через камеру и устройство первичной обработки записывается в ЗУ и одновременно отображается на TV-мониторе.

УПО обеспечивает следующие ситуации: фрагментирование, фильтрацию, поиск максимумов (экстремумов), калибровку вычитание темпового сигнала.

Канал обработки включает процессор обработки, буферные ЗУ, контроллер связи с исполнительным механизмом, средства вторичной обработки (ЭВМ) и средства регистрации. Процессор обычно осуществляет элементарное распознавание с целью выделения ключевых признаков, а также принимает решение на управление ИМ и передачу изображения на УВО и регистрацию. Второе ЗУ используется для вспомогательных целей, например, оно хранит изображение, которое надо распознать во входном сигнале.

Канал регистрации определяет точностные параметры СТЗ, а канал обработки определяет функциональные и временные параметры.

Точностные параметры:

1. Размерность изображения 256*256 (500*500, 288*360)
2. Количество уровней яркости $8p - 256$
3. Величина шума
 - временной 9 %
 - пространственный 5 %
4. Диапазон воспринимаемых освещенностей > 20 мк
5. Спектральный диапазон 0.4 - 1.1 мкм

Временные параметры:

1. Время анализа ситуаций 1м
2. Время передачи изображения $10^5 * 10^{-5} = 1с$
3. Время реакции (управления ИМ) 100 мс по тах
4. Набор операций по обработке

Точностные параметры в первую очередь определяются типом используемой камеры. Чем больше элементов разложения изображения

(пикселей) и чем меньше шумов, тем выше качество/точность регистрируемого изображения.

Наиболее перспективны в настоящее время камеры, выполненные на ФПЗС. В камерах могут использоваться как линейные, так и матричные фотоприемники в режимах зачастую отличных от телевизионного. Замечательным свойством ФПЗС является то, что часть операций по первичной обработке можно выполнять на кристалле ПЗС.

6.2. Video Blaster

Video Blaster - является модулем системы обработки изображения, включает устройство предварительной обработки изображения и обычно видеопамять. Находит применение в мультимедийных приложениях. Возможности VB и следовательно качество канала регистрации изображения определяются прежде всего следующими параметрами: объемом ОЗУ, количеством разрядов для каждого цвета, используемым интерфейсом с ЭВМ (ПДП, шина PCI/ ISA), сжатием изображения (MPEG) и программными средствами.

Основные функции VB:

1. Frame Grabbing - оцифровка и сохранение отдельного кадра в видео-буфере. Изображение на входе (см. рисунок) может поступить из разных источников и иметь разные форматы. Во-первых возможны кодировки цвета YUV / RGB. Во-вторых TV сигнал может поступить в системах PAL (Phase Alternation Line), NTSC (National Television System Committee), SECAM, HDTV (High Definition Television). PAL , SECAM - европейские системы цветного телевидения с чересстрочной разверткой 50Гц, 625 строк. NTSC - американская система 60 Гц, 525 строк. HDTV - телевидение высокой четкости.

Frame Grabber - специализированный модуль для выполнения данной функции, который обычно используется в измерительных системах и может иметь несколько видеобуферов каждый размером на кадр.

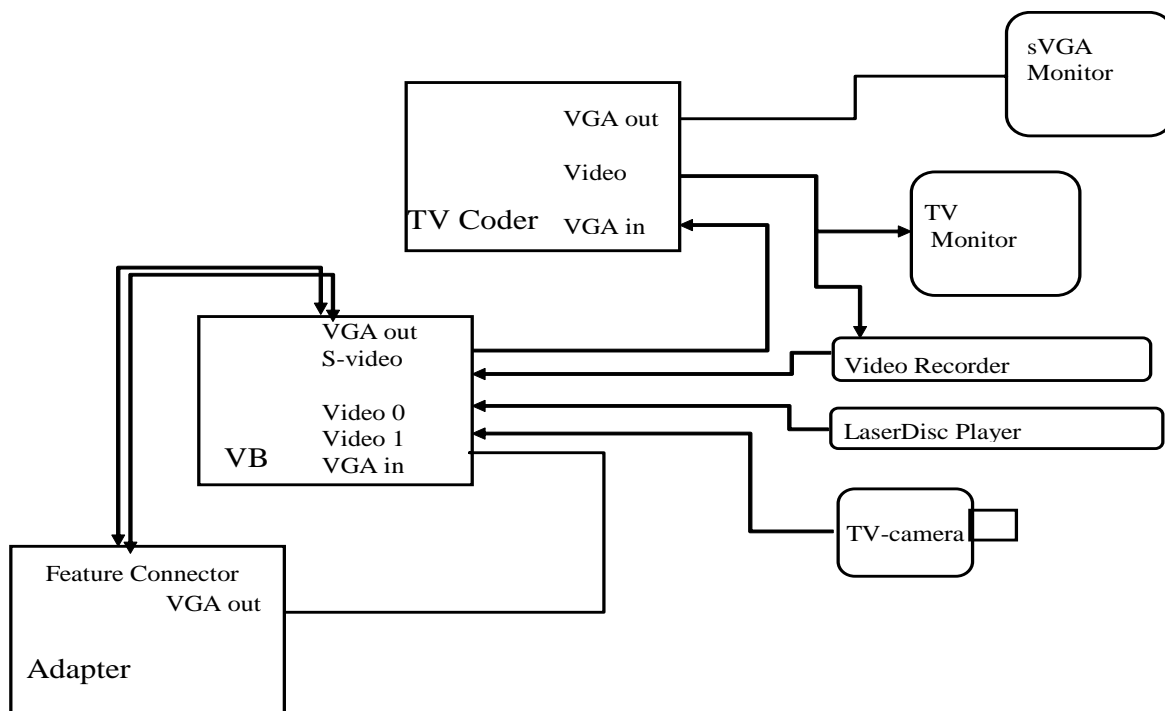


Рис. Схема ключения Video Blaster -а в системе мультимедиа

2. Movie Grabbing - оцифровка и сохранение “живого видео”. Эта функция связана с возможностью записывать изображение в реальном масштабе времени на диск (например в формате AVI- файла), а затем его воспроизводить. Важным элементом при этом является сжатие (компрессия) изображения. Параметрами, характеризующими эту функцию, являются: разрешение записываемых кадров, количество сохраняемых кадров в сек . количество цветов, совместимость с форматами AVI, Quick Time ..., продолжительность записи, объем выходного файла (коэффициент сжатия).

3. Live Video in Window - отображение живого изображения в окне без участия центрального процессора. Адаптер монитора переключается в режим “slave” (ведомый) и в качестве синхросигналов используются сигналы

входного изображения. VB должен быть типа Overlay и иметь Feature Connector.

4. TV -тюнер. Данная функция обеспечивает выбор ТВ программ и их просмотр. Входным сигналом является сигнал с антенны.

5. MPEG Decoding - воспроизведение изображений сжатых по алгоритму MPEG.

MPEG - разработан международным комитетом Motion Pictures Expert и принят в окончательной редакции ISO только в 1993г. Хотя MPEG-стандарт определяет правила кодирования и декодирования цифровых потоков как изображений, так и связанного с ними звука, в этом материале мы остановимся только на изображении. Стандарт JPEG отличается от MPEG тем, что проводит независимое сжатие каждого кадра изображения.

Общее описание

Несмотря на большую гибкость стандарта, позволяющую для различных приложений менять в широких пределах значения большинства его параметров (такие как разрешение изображений, aspectное отношение, частота кадров), его разработчики первоначально были ориентированы на использование в качестве основного носителя кодированной информации компакт-дисков (CD ROM) со скоростью передачи данных 150 Кб/с. В результате базовый алгоритм MPEG: ограничивает скорость передачи диапазоном 150-225 Кб/с, разрешение изображений (кадров) как 352x288 (PAL) или 320x200 (NTSC), частоту их смены 25 (PAL) или 30 (NTSC). Далее для простоты мы ограничимся рассмотрением PAL-системы.

Компрессия использует следующие основные идеи:

- устранение временной избыточности видео, учитывающее тот факт, что в пределах коротких интервалов времени большинство фрагментов сцены оказываются неподвижными или незначительно смещаются по полю;

- устранение пространственной избыточности изображений подавлением мелких деталей сцены, несущественных для ее визуального восприятия человеком;

- использование более низкого цветового разрешения при YUV-представлении изображений (Y - яркость, U и V - цветоразностные сигналы) - установлено, что глаз менее чувствителен к пространственным изменениям оттенков цвета по сравнению с изменениями яркости;

повышение информационной плотности результирующего цифрового потока путем выбора оптимального математического кода для его описания (например, использование более коротких кодовых слов для наиболее часто повторяемых значений).

Изображения в MPEG-последовательности подразделяются на следующие типы:

- I (Intra), играющие роль опорных при восстановлении остальных изображений по их разностям;

P (predicted), содержащие разность текущего изображения с предыдущим I или P с учетом смещений отдельных фрагментов;

- B (bidirectionally predicted), содержащие разность текущего изображения с предыдущим и последующим изображениями типов I или P с учетом смещений отдельных фрагментов;

Изображения объединяются в группы (GOP Group Of Pictures), представляющие собой минимальный повторяемый набор последовательных изображений, которые могут декодированы независимо от других изображений в последовательности. Типичной является группа вида (I0 B1 B2 P3 B4 B5 P6 B7 B8 P9 B10 B11) (I12 B13 B14 P15 B16 B17 P18...), в которой I-тип повторяется каждые полсекунды. Обратим внимание, что в изображении P3 основная часть фрагментов сцены предсказывается на основании соответствующих смещенных фрагментов изображения I0. Собственно кодированию

подвергаются только разности этих пар фрагментов. Аналогично Р6 "строится" на базе Р3, Р9 - на базе Р6 и т.д. В то же время большинство фрагментов В4 и В2 предсказываются как полусумма смещенных фрагментов из I0 и Р3, В4 и В5 - из Р3 и Р6, В7 и В8 - из Р6 и Р9 и т.д. В то же время В-изображения не используются для предсказания никаких других изображений. В силу зависимости изображений в процессе их кодирования меняется порядок следования. Для вышеприведенной последовательности он будет следующим: I0 Р3 В4 В2 Р6 В* В5 Р9 В7 В8 Ш VID ВЦ Р15 В13 В1* Р18 В16 В17. . .

Ясно, что точность кодирования должна быть максимальной для I, ниже - для Р, минимальной - для В. Установлено, что для типичных сцен хорошие результаты достигаются при отведении числа бит для I в 3 раза больше, чем для Р, и для Р в 2-5 раз больше, чем для В. Эти отношения уменьшаются для динамичных сцен и увеличиваются для статичных.

Отдельные изображения состоят из макроблоков. Макроблок - это основная структурная единица фрагментации изображения.

Он соответствует участку изображения размером 16x16 пикселей. Именно для них определяются вектора смещения относительно I- или Р-изображений. Общее число макро-блоков в изображении - 396. Для повышения устойчивости процесса восстановления изображений к возможным ошибкам передачи данных последовательные макроблоки объединяют в независимые друг от друга разделы (sl-Ices), максимальным числом до 396. В предельном случае "чистой" передачи на изображение приходится всего один раздел из 396 макроблоков. В свою очередь каждый макроблок состоит из шести блоков, четыре из которых несут информацию о яркости Y, а по одному определяют цветовые U- и V-компоненты. Каждый блок представляет собой матрицу 8x8 элементов. Блоки являются базовыми структурными единицами, над которыми осуществляются основные операции кодирования,

в том числе выполняется дискретное косинусное преобразование (DCT discrete cosine transform) и квантование полученных коэффициентов.

Упрощенно процесса MPEG-кодирования сводится к следующему.

На этапе предварительной обработки входной видеосигнал оцифровывается и форматируется согласно заданному размеру 352x288 и цветовой выборке 2:1 (на каждые 2 Y-отсчета по горизонтали и вертикали приходится по одному U- и V-отсчету). После этого кодер делает выбор структуры группы (она может меняться в процессе кодирования в зависимости от содержания видео и разрешенного объема передаваемой информации), задает типы всех изображений и по необходимости меняет их последовательность. Далее для I-изображений он осуществляет DCT каждого макроблока. Для P- и B-изображений он сначала оценивает вектора смещения - по одному на макроблок для P (для предсказания вперед) и по 2 для B (вперед и назад). Затем, сравнивая число бит, необходимое для кодирования макроблока как в случае предсказания его значений на основе соответствующих макро-блоков из предыдущего (для P) и последующего (для B) изображений, так и без одного предсказания, кодер по каждому макроблоку принимает отдельное решение и осуществляет DCT - либо собственных значений макро-блока, либо его разностных (относительно предсказанных) значений. После этого полученные коэффициенты DCT подвергаются квантованию с переменным шагом более высоким частотам задается больший шаг. В результате большинство высокочастотных коэффициентов принимают нулевые значения, что позволяет математически эффективно их кодировать. Изменяя масштаб квантования, кодер реализует компромисс между качеством кодированных изображений (тем хуже, чем больше масштаб) и объемом передаваемой информации (тем меньше, чем больше масштаб). Это особенно важно для систем с фиксированной пропускной способностью. Поскольку в видео информации

онная насыщенность изображений меняется со временем, то кодер должен постоянно отслеживать реальный объем передаваемых данных и оперативно менять масштаб квантования (и, конечно, значения других параметров). Безусловно, этот процесс не может быть абсолютно точным, поэтому кодер (как и декодер) обладает буфером памяти, в который предварительно записывается переменный поток данных, и из которого этот поток передается с заданной скоростью. Чем больше размер этого буфера, тем большие изменения объема данных на изображение относительно среднего уровня допускаются. В стандарте буфер установлен как 327 680 бит (40 Кб), что при скорости 200 Кб/с соответствует 0,2 с. Таким образом, кодер должен следить за реальным состоянием буфера, не допуская его переполнения (часть данных будет потеряна) или недополнения (качество передаваемых изображений будет неоправданно низким). В результирующем потоке кодер должен передавать как собственно математически закодированные значения коэффициентов DCT так и выбранные значения всех параметров кодировки (вид матрицы квантования и ее масштаб, тип предсказания макроблока и значения векторов смещения, структуру группы и т.д.). Декодеру остается сравнительно простая работа - принять в буфер и расшифровать (шифр задан стандартом) полученную информацию, осуществить обратные преобразования и отобразить полученное видео на мониторе.

Вышеизложенное объясняет, почему при наличии множества недорогих MPEG-проигрывателей MPEG-кодеры до сих пор остаются дорогими и элитарными устройствами. Теперь рассмотрим более подробно некоторые важные вопросы MPEG-кодирования.

6.3. Сканеры

Сканеры - устройства для ввода в компьютер двухмерных черно-белых или цветных, бипарных или многоградиционных изображений.

Сканеры появились в 1983-1985 г. Сейчас их много 150 видов. Цветные появились в 1989 г. Стоимость от 200 до 16000 \$ плюс стоимость программного обеспечения. Продажа сканеров возрастала ежегодно на 200 %. Наиболее широко сканеры используются в настольных издательских системах для обработки изображений и текстов.

Общая структура. Сканер освещает оригинал (лист), и его светочувствительный датчик производит замеры интенсивности отраженного света. В процессе сканирования выполняется преобразование величины интенсивности в двоичный код, который поступает в ЭВМ или на печать.

Структура цветного планшетного сканера.

Характеристики аппаратуры:

- 1) Оптическое разрешение (разрешение с интерполяцией) - 400*500(3200*3200)
- 2) Способ сканирования - однопроходный или трехпроходный
- 3) Разрядность глубины, цвет - 300 разр в 24 разр.
- 4) Разрядность глубин, полутона - 8 разрядов (бывает - 10)
- 5) Размер документа 8,5*11,67 дюйм
- 6) Число элементов в ФПЗС 3400 (2550 - 5100) до 10000 элементов.

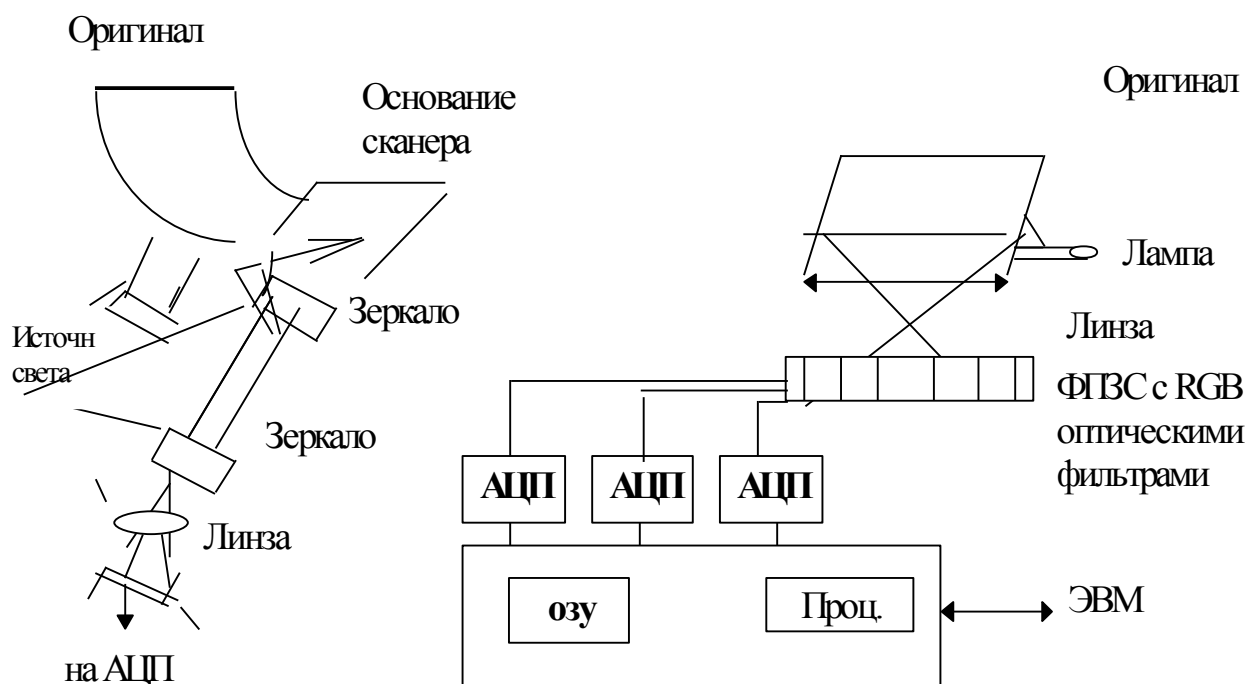


Рис. Структурная схема оптико-механической и электронной частей сканера

Типы сканеров или режимов сканирования:

1. “Штриховой рисунок”
2. “Полутонное изображение”
3. “Серая шкала” или “шкала яркости”.

“Штриховой рисунок” - это однобитовое (бипарное) изображение, т.е. в изображении только черные и белые участки. Каждый отсчет сканера занимает один бит и для хранения информации требуется минимальный объем памяти.

“Полутонное изображение”.

Если рассмотреть иллюстрацию в газете, то можно увидеть, что она не содержит плавных полутонных переходов, а представляет собой множество точек. Расстояние между точками одинаково, меняются лишь их размеры. Более крупные точки создают впечатление черного, а точки с меньшими размерами делают изображение более светлым. Такими точками иллюстрируется полутонное изображение.

Большинство сканеров работают по принципу “полутонового сканирования”. Сканеры вводят в ЭВМ бипарное изображение. Такая фильтрация может проводиться и в самом сканере.

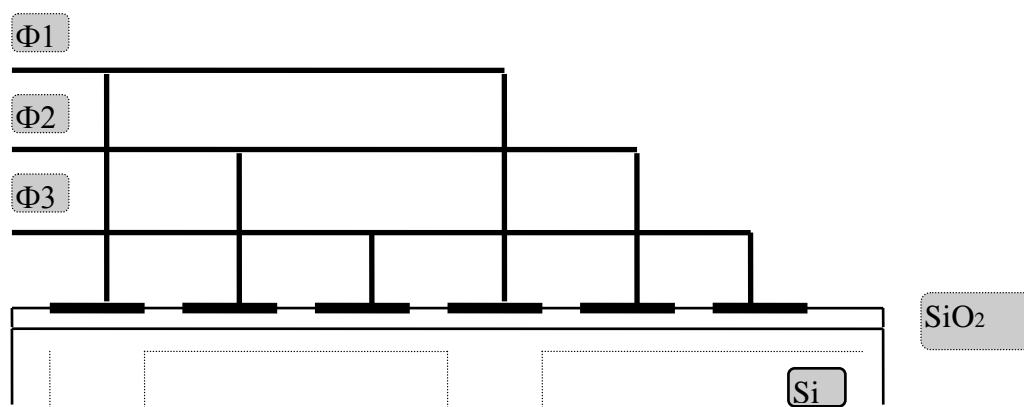
“Серая шкала”. Отличается от предыдущего метода двумя моментами:

- Каждый отсчет многобитный. В хороших сканерах это байт, т.е. 256 оттенков
- Полутоновое изображение получается не в ходе вывода, а уже в процессе ввода изображения.

6.4. Фотоприемники на приборах с зарядовой связью (ФПЗС).

Основой любой TV-камеры являются фотоприемник и генераторы, определяющие режим формирования видеосигнала в том или ином стандарте. Цветная камера имеет более сложную структуру, так как содержит три ПЗС фотоприемника и следовательно три тракта формирования видеосигнала.

Основой ПЗС являются регулярно расположенные структуры металл-окисел - полупроводник (МОП):



Если к металлическому электроду приложить положительное напряжение в случае подложки р-типа, то у поверхности раздела будет обеднённая основными носителями область. Не основные же носители (в нашем случае $\dot{\epsilon}$) будут притягиваться к электроду. Говорят возникает потенциальная яма для не основных носителей. На рис. Яма под электродом соответствующим первой фазе.

Накопление.

Заряды в потенциальную яму могут попасть тремя способами:

1. Термогенерация - паразитическая генерация сигналов в подложке. С течением времени устанавливается равновесие зарядов и яма полностью заполняется $\dot{\epsilon}$. ПЗС - принципиально динамический прибор. В зависимости от типа прибора и температуры подложки, яма может заполниться за 1с или даже за несколько десятков часов.

2. Электрический ввод зарядовых пакетов. Для этого используется р-п переход.

3. Фотогенерация. Фотоны при попадании на ПЗС рожают пары $\dot{\epsilon}$ - дырка и не основные носители будут накапливаться в потенциальной яме. Накопленный заряд будет пропорционален количеству падающих фотонов, и следовательно освещенный. Около 1% фотонов рожают пару $\dot{\epsilon}$ - дырка.

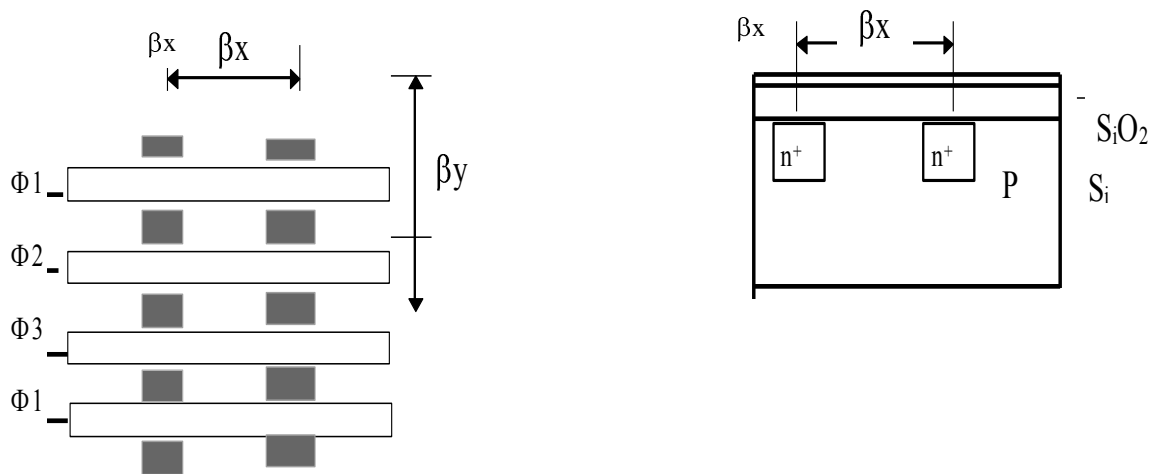
В потенциальную яму помещается $10^5 - 10^7$ дырок или $\dot{\epsilon}$.

Заряд в потенциальной яме не растекается по двум причинам:

1. По одной координате расположены разные электроды и на них подано напряжение отсечки.

2. По другой координате сформированы области стоп-каналов.

Топология ПЗС - ячейки выглядит следующим образом:



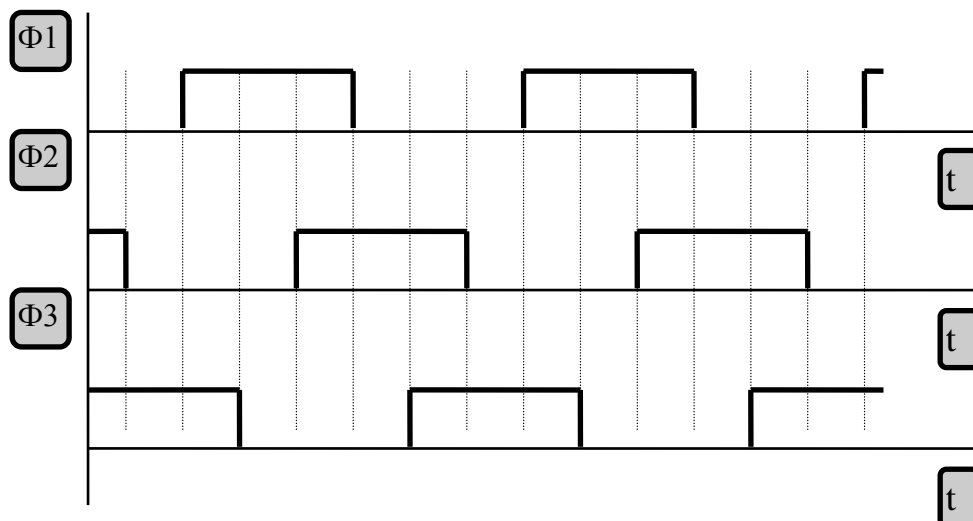
Заряд, который может удерживаться в яме, определяется зарядовой емкостью ячейки Q_{\max}

$$Q_{\max} = C_0 S |\Delta U_{\text{нов}}|,$$

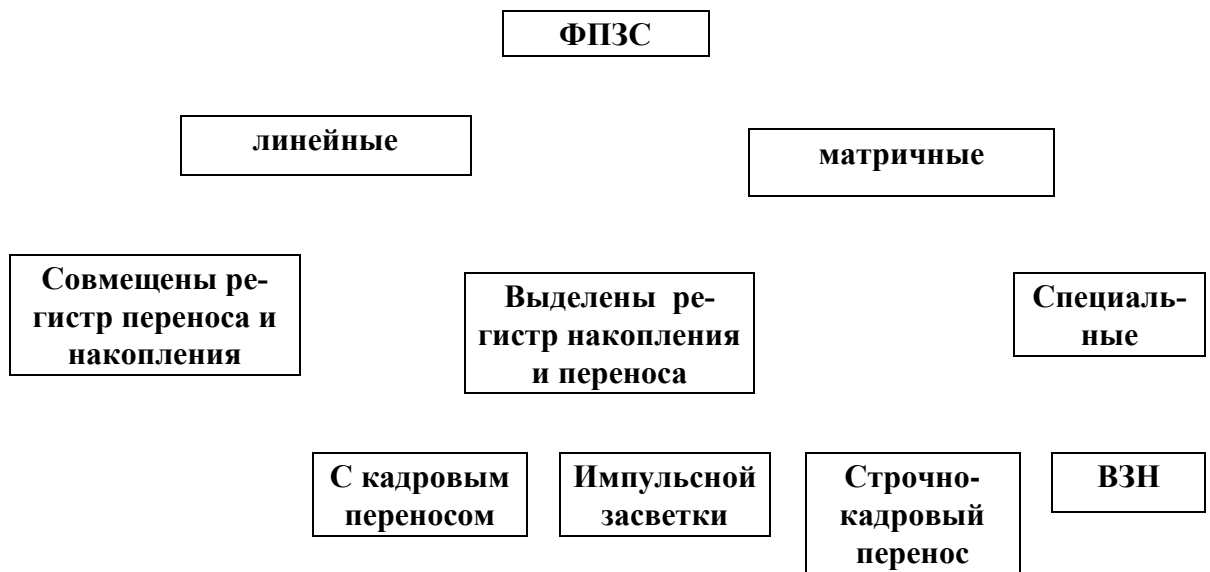
где C_0 - удельная ёмкость; S - площадь затвора; $\Delta U_{\text{нов}}$ - поверхность потенциала.

Перенос. Накопленные в ПЗС - ячейках заряды необходимо считать, для чего перенести к выходному устройству. Способ последовательного переноса зарядов по ПЗС-ячейкам отличает эти фотоприёмники от других.

Перенос осуществляется путём подачи на разные электроды фазных импульсов, перекрывающихся во времени.



Разновидности ФПЗС



Рассмотрим организацию двух ФПЗС одного линейного и одного матричного.

1200 цл2



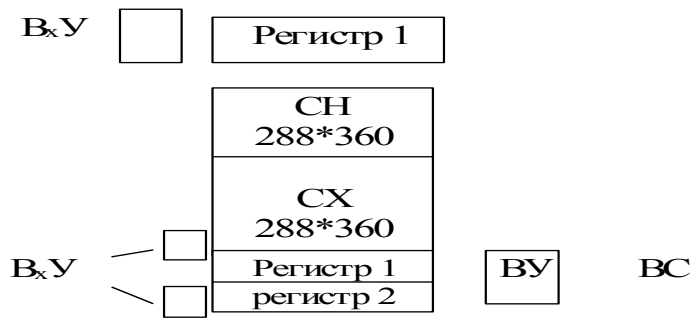
К12003М7 - применяется в ТВ-камерах типа ТК-1 и других

ФПЗС включает следующие элементы:

СН, СХ, три регистра, В_х Устройства и ВУ. СХ кроме 10-20 строк изолирована от света.

ФПЗС в ТВ-режиме работает следующим образом. В течение 20 мс изображение накапливается в СН. Затем оно переносится в СХ, а от туда последовательно переносится в регистр 2 и считывается через ВУ.

Прибор позволяет проводить ряд операций по обработке сигналов на самом кристалле ФПЗС.



7.СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЕКТОРНОГО ТИПА. МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЯ.

7.1.Классификация документов – носителей графической информации.

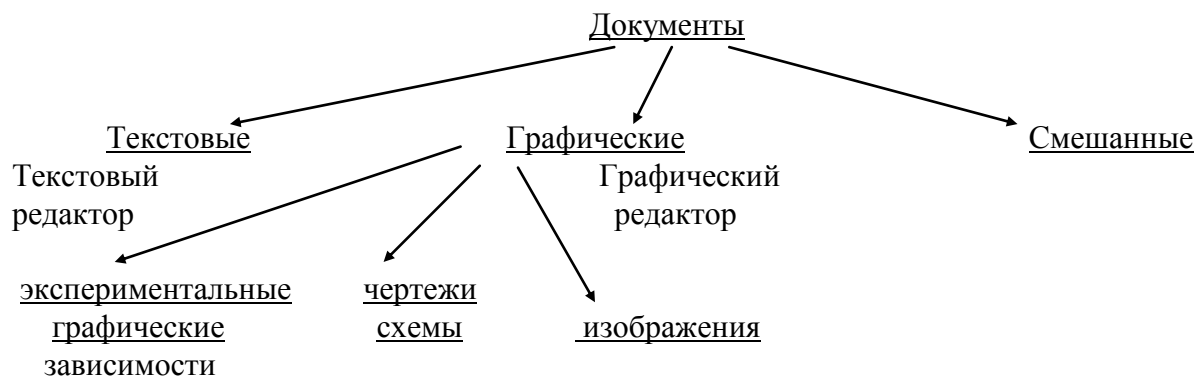


График - зависимость одной величины от другой, представляющая собой тонкую линию достаточно сложной формы.

Чертежи, схемы - система тонких перекрещивающихся линий на общем фоне. В отличие от графиков это многозначные кривые.

Чертежи, схемы и изображения характеризуются коэффициентом заполнения, который определяет информационную насыщенность.

$$K_3 = \frac{\sum_i}{\sum_o}$$

где: \sum_1 - количество точек несущих полезную информацию, \sum_o - общее количество точек, определяемое разрешающей способностью сенсорного устройства.

$$K_{з\ черт\ эж} = 1 \div 20 \%$$

$$K_{з\ изоб.} = 20 \div 100 \%$$

7.2.Параметры, определяющие качество и эффективность устройств ввода графической информации:

1. Размер рабочего поля $L_x \times L_y$. Он должен отвечать ЕСКД; самый распространенный формат

$$24: L_x \times L_y = 816 \times 584 \text{ мм}^2$$
$$11: L_x \times L_y = 185 \times 297 \text{ мм}^2$$

Количество дискретных точек $N_x \times N_y$: $N = N_x \times N_y = 10^5 \div 10^8$ элементов.

1. Дискретность по координатам $\Delta x = \frac{L_x}{N_x}$ $\Delta y = \frac{L_y}{N_y}$. Обычно для простоты обработки информации принимают $\Delta x = \Delta y$.

2. Точность координатной привязки: δ_x, δ_y . $x \pm \delta_x$; $y \pm \delta_y$

а) визуальное отображение чертежа и его восприятие $0.2 \div 1.0 \text{ мм}^2$

б) считывание техническими средствами $0.001 \div 0.2 \text{ мм}^2$

3. Количество цветов для представления графической информации.

Цветное требует в три раза больше информации, чем черно-белое, т.к. необходимо кодировать три основных цвета.

4. Изображения могут быть представлены в зависимости от количества

уровней плотности в форме бинарной и многоградационной

Бинарная форма: 2 уровня плотности - черное и белое.

Многоградационная форма: предполагает наличие промежуточных уровней плотности.

Черно-белое телевизионное изображение: max - 32 уровня, достаточно - 16 уровней

Чертеж - бинарное, многоконтурное изображение.

5. Скорость ввода информации - время (t), в течение которого может быть введен

один кадр информации или один документ.

1 кадр - $t = 10 \text{ мсек} \div \text{несколько часов}$

7.3. Носители графической информации

- а) бумажный
- б) фотографические материалы
- в) специальные двухслойные материалы, на которые чертеж наносится гравировкой.

Эти материалы можно сравнивать по **разрешающим способностям**:

0.1 ÷ 0.2 линий / мм или 10 ÷ 5 линий / мм

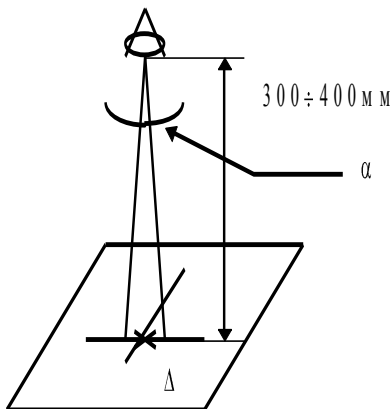
фотоносители 50 ÷ 10⁴ л./ мм

гравировка 50 ÷ 10⁴ л./ мм

Рассмотрим чертежи: Технический - $K_3 = 3 \div 5\%$; Топологический - $K_3 = \leq 20\%$ (50%).

Рассмотрим, какой минимальный элемент может быть рассмотрен, если используются визуальные средства ввода графической информации.

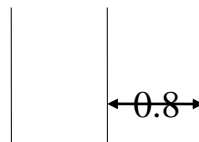
Разрешающая способность глаза 1'' ÷ 3'' угловые.



$$\Delta_{\min} = 300 \div 400 * (1/1200) = 0.25 \div 0.3 \text{ мм.}$$

Δ_{\min} = минимальная дискретность

Пространственный период между линиями определяется в 0.8 мм по ГОСТ.



Таким образом, $T_{\min} = 0.25 + 0.8 = 1.05 \div 1.10 \text{ мм}$

$f_{\max} = 1/T_{\min} = 0.95 \div 0.9 \text{ 1/мм}$

Форматы чертежей:

$$\begin{cases} 11185 \times 297^{\text{****}2} \\ 24816 \times 584^{\text{****}2} \end{cases}$$

Количество отсчетов:

$$617 \times 999 \approx 5.5 \cdot 10^5$$

$$2720 \times 1950 \approx 5 \cdot 10^6$$

7.4. СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

Бывает три вида систем кодирования:

- 1) поэлементная система
- 2) кодирование по приращению
- 3) блочное кодирование (кодирование по методу Рвачева)

7.4.1. КАЖДЫЙ ЭЛЕМЕНТ КОДИРУЕТСЯ ПО X И ПО Y

Возникает вопрос: “Какое необходимо для этого количество информации?”

$$H_0 = \log_2 N_x + \log_2 N_y + \log_2 N_j + \log_2 N_{\text{толщ. + пунктирность}}$$

где N_j - количество уровней по яркости

Подсчитаем количество информации для 24 формата:

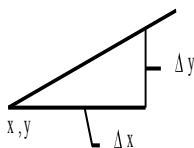
$H_0 = 12 + 11 + 1 = 24$ дв.ед./точку (+ 2÷4 на толщину линий и пунктирность)

Такой объем информации получается потому, что все элементы рассматриваются как независимые точки.

7.4.2. СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ПО ПРИРАЩЕНИЮ

дают достаточно солидное сокращение необходимого объема информации.

Первую точку кодируют также как и в первом случае, а все последующие по приращению к ней.



$$\Delta x = \begin{cases} +1 \\ -1 \\ 0 \end{cases} \Delta y = \begin{cases} +1 \\ -1 \\ 0 \end{cases}$$

Определим типовой отрезок. Для этого проводился анализ чертежа и исследовалась его структура.

Технический чертеж на 99% состоит из отрезков: прямых 84% и дуг окружностей 15% (остальное точки и дуги более высокого порядка).

Прямые: 35% горизонтальные
 33% вертикальные
 16% наклонные

Существует средний устойчивый размер элементов чертежей. Распределение по длинам имеет м.о.

$$l_{-p.} \cong 22^{""}$$

$$n_{-p.} = \frac{l_{-p.}}{\Delta x} = \frac{22}{0.3} \cong 73$$

Рассчитаем, какое количество информации требуется для кодирования чертежа, исходя из 73 точечных линий.

$$H_1 = (\log_2 N_x + \log_2 N_y + \log_2 N_\alpha) \cdot (1/n_{cp}) + (\log_2 N_{\Delta x} + \log_2 N_{\Delta y} + \log_2 N_\alpha + \log_2 N_\tau) \cdot ((n_{cp} - 1)/n_{cp}) =$$

$$= (24 \div 28) / 73 + 2 \log_2 3 \cdot ((n_{cp} - 1)/n_{cp}) + (3 \div 5) \cdot ((n_{cp} - 1)/n_{cp}) = 9 =$$

$$+ \quad - \quad 0$$

$$+$$

= - - т.е. возможно всего 9 состояний для Δx и Δy

$$0$$

$$= 0.4 + 3.1 + 3 \div 5 = 6.5 \div 8.5 \text{ дв.ед./точку}$$

$(n_{cp} - 1)/n_{cp}$ - т.к. приращением кодируется $(n_{cp} - 1)$ точка. Вся информация относительно первой точки.

$$H_0 + \Delta H \cdot (n_{cp} - 1),$$

а относительно любой точки надо разделить на n_{cp} :

$$H_1 = \frac{H_0 + \Delta H \cdot (n_{cp} - 1)}{n_{cp}} = \frac{H_0}{n_{cp}} + \frac{(n_{cp} - 1)}{n_{cp}} \cdot \Delta H$$

7.4.3. СИСТЕМА БЛОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ

рассматривает элементы не как набор точек, а как единый целый блок.

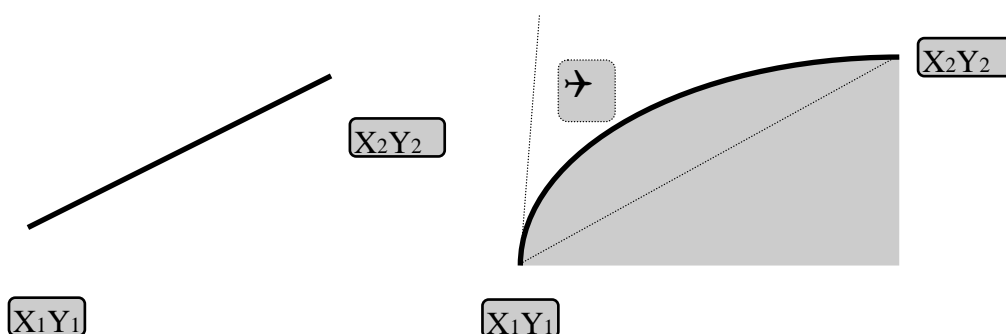
Существуют линии типа отрезков прямых, отрезков дуги окружности и отрезки кривых более высокого порядка.

Как было сказано выше 99% составляют отрезки: прямых 84% и 15% отрезки дуг.

Наиболее удачной и перспективной системой блочного кодирования является система кодирования по методу Рвачева.

МЕТОД РВАЧЕВА В.Л.

Рассмотрим последовательность точек.



Угол Θ между прямой, соединяющей точки, и касательной. Имеем для кодирования: отрезок, разрыв, дугу. Кодировка одинакова:

Отрезок: $\Theta=0^\circ$

Дуга: $0^\circ < \Theta \leq 180^\circ$ Окружность при $\Theta=180^\circ$

Разрыв: $\Theta > 180^\circ$.

Таким образом кодирование осуществляется с помощью 2 координат и угла относительно хорды.

$$12 \quad 11 \quad 12 \quad 2 \div 4$$

$$H_1 = (\log_2 N_x + \log_2 N_y + \log_2 N_\Theta + \log_2 N_T) \cdot (1/nsp) = (37 \div 39) / 73 \approx 0.5$$

дв.ед./точку

Это позволяет сократить объем информации примерно в 50 раз по сравнению с первым методом. Однако возможно дальнейшее сокращение, если учесть более глобальные связи чертежа.

7.5. УСТРОЙСТВА ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ВЕКТОРНОГО ТИПА

Все чертежи делятся по количеству линий на 4 категории сложности:

Простые - до 120 линий (элементов)

Средней сложности 120 ÷ 800

Сложные - 800 ÷ 1500

Очень сложные - > 1500.

Средства кодирования и ввода делятся на:

- 1) Ручные
- 2) Полуавтоматические
- 3) Автоматические

7.5.1. СРЕДСТВА РУЧНОГО КОДИРОВАНИЯ

Пусть у нас имеется сложный чертеж, имеющий до 1500 элементов. Нужно его закодировать. Оператор должен измерить для каждой узловой точки 3 величины: x, y, Θ по 4 десятичных разряда каждая. Таким образом надо ввести 12 символов.

Пусть на измерение тратится 2 сек. на каждый из них.

Тогда $t_{\text{изм.}} = 2 \cdot 3 = 6$ сек.

Пусть на ввод каждого знака - 1 сек.

$$t_{\text{ввода}} = t_{\text{вв}} = 12 \cdot 1 = 12 \text{ сек.}$$

Суммарное время на элемент чертежа: $t_{ч.э.} = 18$ сек.

Тогда полное время кодирования и ввода:

$T = t_{ч.э.} \cdot Kэ = 18 \cdot 1500 = 27000$ сек. = 7.5 час, где $Kэ$ - количество элементов в чертеже.

Но оператор допускает ошибки. В среднем 3 ошибки на 1000 знаков. Нужно ввести $12 \times 1500 = 18000$ символов. Следовательно, в среднем может быть допущено 54 ошибки. Значительное время займет их устранение.

7.5.2. СРЕДСТВА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ

В таких устройствах кодируются последовательно узловые точки. Оператор указывает только номер точки. Время ввода 1 символа - 1 сек. Коды вводятся автоматически после совмещения визира с узловой точкой.

$1500 \cdot 1$ сек. = 1500 сек. = 2.5 минуты

Дополнительная информация может быть введена с помощью дополнительной клавиатуры. Например, указывается код символа и его координаты.

При таком вводе оператор может лишь пропустить точку, но надежность ввода символов возрастает на 2-3 порядка.

Все полуавтоматы можно рассматривать как 2^x координатные преобразователи положения визира в коды координат X, Y .

Среди них можно выделить два типа:

1. Полуавтоматы с промежуточным преобразованием
2. Полуавтоматы с непосредственным преобразованием.

ПОЛУАВТОМАТЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

$\{X, Y\} \rightarrow \{Ax, Ay\} \rightarrow \{\text{код}X, \text{код}Y\}$

В качестве промежуточной, аналоговой, величины используется U и t .

Рассмотрим устройство с промежуточным преобразованием в интервал времени.

Для таких устройств существует ограничение точности, связанное с промежуточным преобразованием и влиянием внешних воздействий.

Точность ограничивается 0.2%.

РАССМОТРИМ ПОЛУАВТОМАТ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ СЪЕМОМ КООРДИНАТ

Для этого берется пластина с однородными акустическими свойствами.

Она используется в качестве координатного поля. На нее накладывается чертеж.

С торцевых поверхностей пластинки монтируется пьезопреобразователи, которые преобразуют электрический импульс в механические колебания ультразвуковой частоты.

На конце указателя находится приемный пьезоэлемент.

При каждом измерении определяется интервал $\Delta t_x = \frac{x}{v_x}$ и $\Delta t_y = \frac{y}{v_y}$

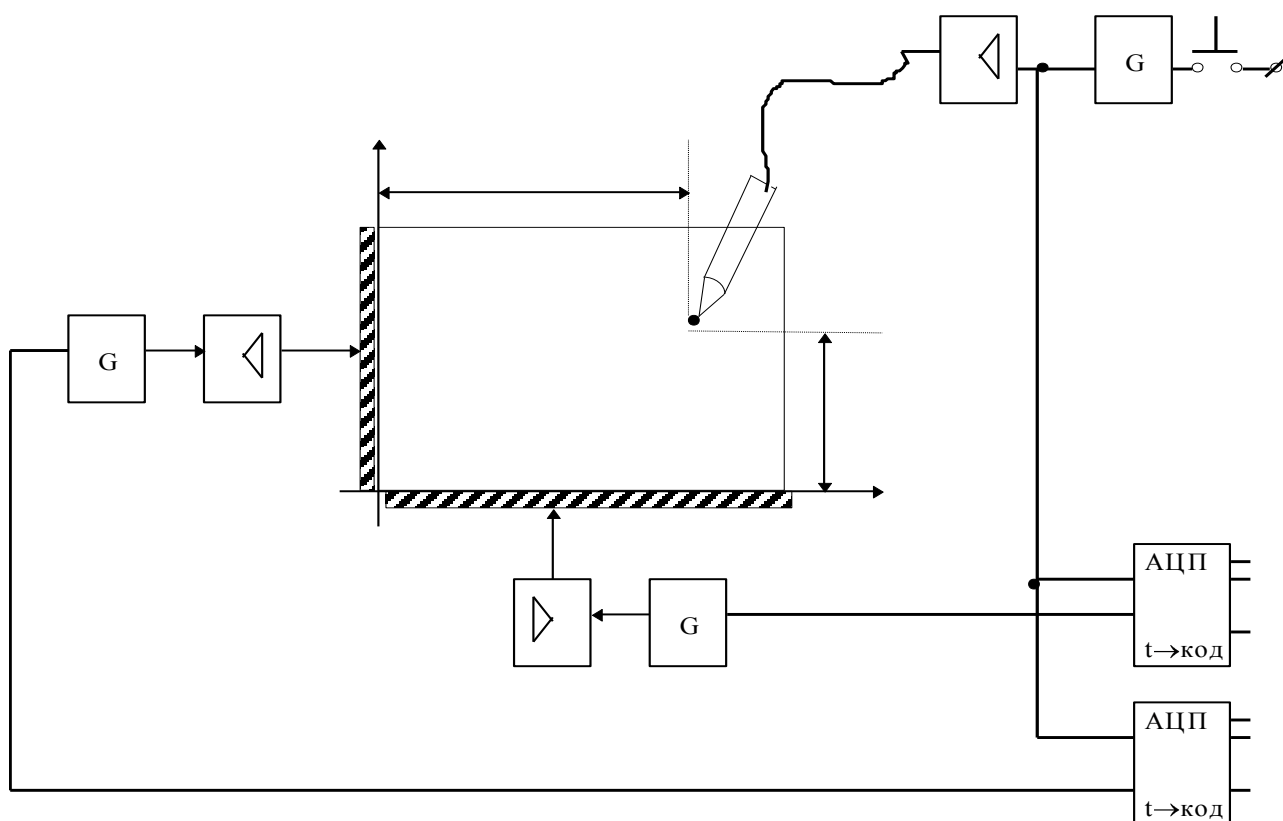
В случае однородности пластины: $v_x = v_y = \text{const} \approx 10^5$ см/сек - скорость ультразвука в твердых телах.

Если $x_{\max} = y_{\max} = 100$ см, то

$$\Delta t_{x \max} = \Delta t_{y \max} = 100 \text{ см} / 10^5 \text{ см/сек} = 1000 \text{ мксек} = 1 \text{ млсек.}$$

Если в преобразователе счетчик работает с частотой 10 МГц, то за это время будет накоплено 10000 импульсов.

Существенный недостаток связан с изменением свойств акустической среды в зависимости от t° и других параметров окружающей среды, а также с неоднородностью материала.



ПОЛУАВТОМАТЫ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

В этих устройствах используется двухмерная кодовая маска. Могут применяться съемы: фотоэлектрический, емкостной, индуктивный. Фотоэлектрический метод реализовать достаточно сложно, поскольку чертеж существенно влияет на прохождение оптического сигнала. Используются на практике индуктивный и емкостной съем. На сегодня наилучшими и чаще всего встречающимися являются системы с индуктивным съемом.

8. СРЕДСТВА ВЫВОДА И РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ. ПЕЧАТАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА.

8.1. Средства вывода информации

Всю выводимую из ЭВМ информацию делят на (по назначению):

- 1) информация для управления автоматическими устройствами;
- 2) информация для использования оператором;
- 3) для целей регистрации информации об управляемом объекте.

Рассмотрим существующую классификацию устройств вывода информации (по выполняемым функциям и конструкции):

Классификация



1. Обычно используется для индикации правильности происходящих процессов по характеру звукового сигнала

2. Устройства синтеза речи. Существуют в основном в виде макетов или отдельных образцов

3. Сигнальные лампочки, светодиоды
 4. Средства, позволяющие отображать отдельные символы или группы символов (индикаторы калькуляторов, табло временные в метро и т.д)
 - 5,6. Алфавитно-цифровые и графические дисплеи
 - 7,8. Печатающие устройства
 9. Графопостроители и другие средства отображения графической документации
 10. Устройства вывода на перфоленты и перфокарты, магнитные ленты и диски и т.д.
 - 11,12. Преобразователи представления информации, а также шифраторы и дешифраторы
- 1-9. Средства вывода для оператора
 - 10-12. Средства вывода для машин (автоматов)

8.2. Характеристики и классификация печатающих устройств

Определим параметры, определяющие качественные показатели печатающих устройств.

1. Количество символов в строке (узкая, широкая печать). Узкая печать - 40-60 символов в строке; широкая печать - 128-180.

2. Плотность печати - количество символов на единицу площади (ограничена возможностями человеческого зрения и требованиями стандартов); символ $2*3 \text{ мм}^2$

3. Скорость печати.

Обычно два типа быстродействия:

1. Количество символов в секунду (обычно последовательная печать)

2. Количество строк в секунду (параллельная печать)

Параллельной печатью считается такая печать у которой все символы в строке формируются одновременно.

4. Количество цветов печати

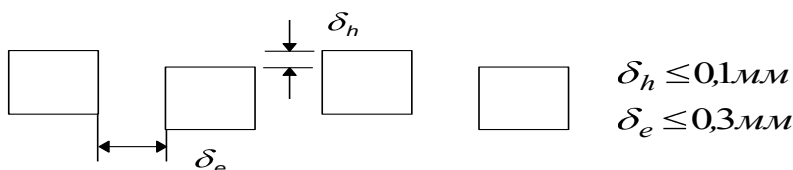
5. Качество печати:

5.1. Контрастность - $D = \lg(\Phi_c - \Phi_{cp}) / \Phi_c$

Φ_c - отражаемый световой поток отдельного символа; Φ_c - световой поток фона.

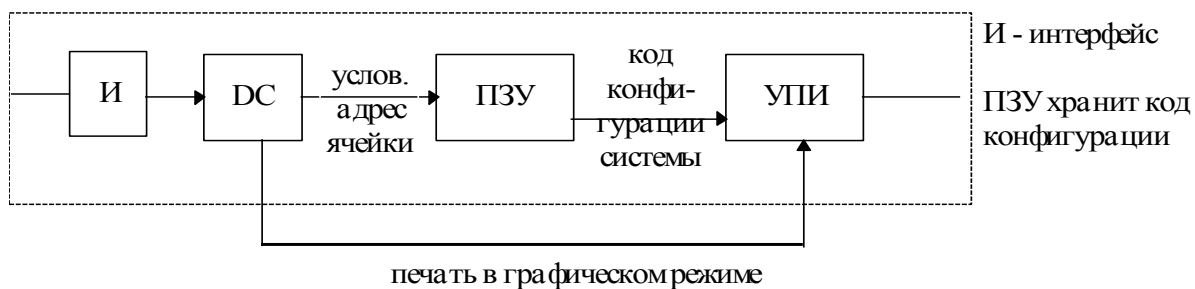
5.2. Разрешающая способность лин/мм или точек/мм

К качеству печати предъявляются определенные требования:



Обобщенная схема печатающего устройства: Всякое печатающее устройство состоит из трех узлов:

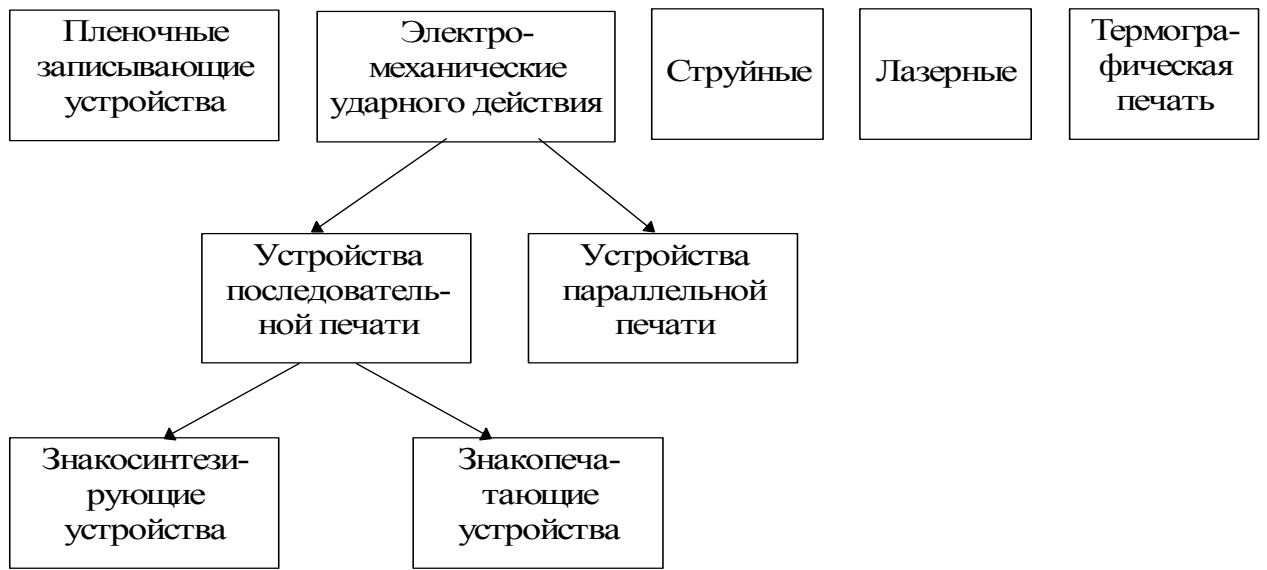
- дешифратора;
- постоянного запоминающего устройства;
- узла переноса изображения



И - интерфейс (последов/ параллельный), DC - дешифратор адреса, УПИ - узел переноса изображения.

В большинстве современных принтеров, обеспечивающих большой набор пользовательских функций (поддержка нескольких протоколов обмена, декомпрессия текстов и изображений, множество шрифтов и др.) в качестве основного элемента (вместо И и DC) для функций синхронизации, обработки и управления берут микроспроцессор.

Классификация печатающих устройств



8.3. Матричная печать

Синтезирование изображения происходит при перемещении печатающей головки, которая может иметь различное количество иглоочек в линейке (9 или 24). Например, матричное печатающее устройство LQ-100 - имеет печатающую головку, состоящую из 24 элементов см. рисунок. Для формирования строки линейка перемещается слева направо и формирует точки символа от символа к символу в зависимости от поступающего кода. Схема формирования изображения символа из описания его отдельных сечений следующая:

Технология работы с матричным принтером включает следующие элементы.

1. Данные на печать поступают двух видов:

- Команда - переключ. режимов;
- Информация

2. Два режима печати:

- Текстовый;

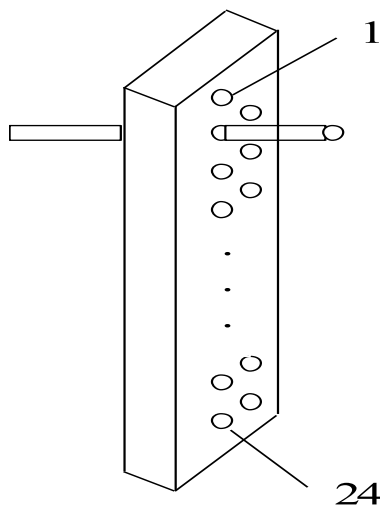
Графический. Переход в графический режим происходит по команде, в которой задано количество выводимых граф. байтов (смотри ниже). Выход происходит автоматически.

Широкое распространение находят 24 игольчатые принтеры. Стык параллельный.

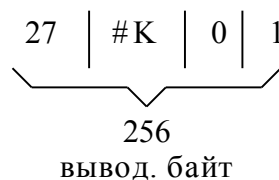
Цветные принтеры имеют цветную палитру (ленту): бирюзовый (Cyan), яркокрасный (Magenta), желтый (Yellow), черный (Black) - CMYK. За 4-е прохода формируется изображение.

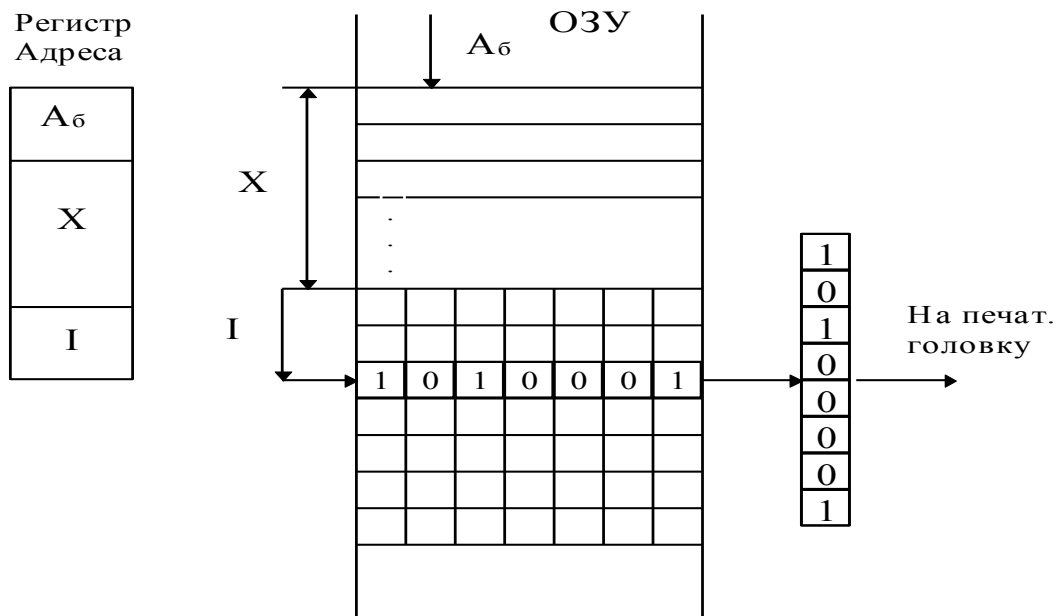
На TV-мониторе: R-красный, G-зеленый, B-синий.

Примеры: Epson LX-800; Epson LQ-100; NEC Prinwriter P5200 цветной, 350*350 т/дюйм, 24 иголки, 140 знак/с, совместим с Epson.



24
Схема печатающей 24-х игольчатой головки





A_6 - базовый адрес алфавита
 X - N символа в алфавите
 I - N столбца

8.4. Струйная печать

Точки изображения на бумаге формируются с помощью массива сопел для выброса мельчайших капелек краски. Например принтер Hewlett-Packard PaintJet имеет 30 сопел для черного цвета и по 10 для бирюзового, яркокрасного и желтого цветов. Чтобы иметь больше, чем 7 цветов, струйные принтеры используют прием, известный как подмешивание: печать смежных точек разными цветами, которые глаз воспринимает как блок одного цвета. Например, тот же принтер PaintJet может воспроизводить 330 оттенков. Как безударные устройства, струйные принтеры удобны для печати на бумаге и пленках.

Недостаток: из-за пыли с бумаги и засыхания краски часто засоряются сопла и краска проливается на бумагу. Поэтому используют специальную глянцевую бумагу. Общая схема построения



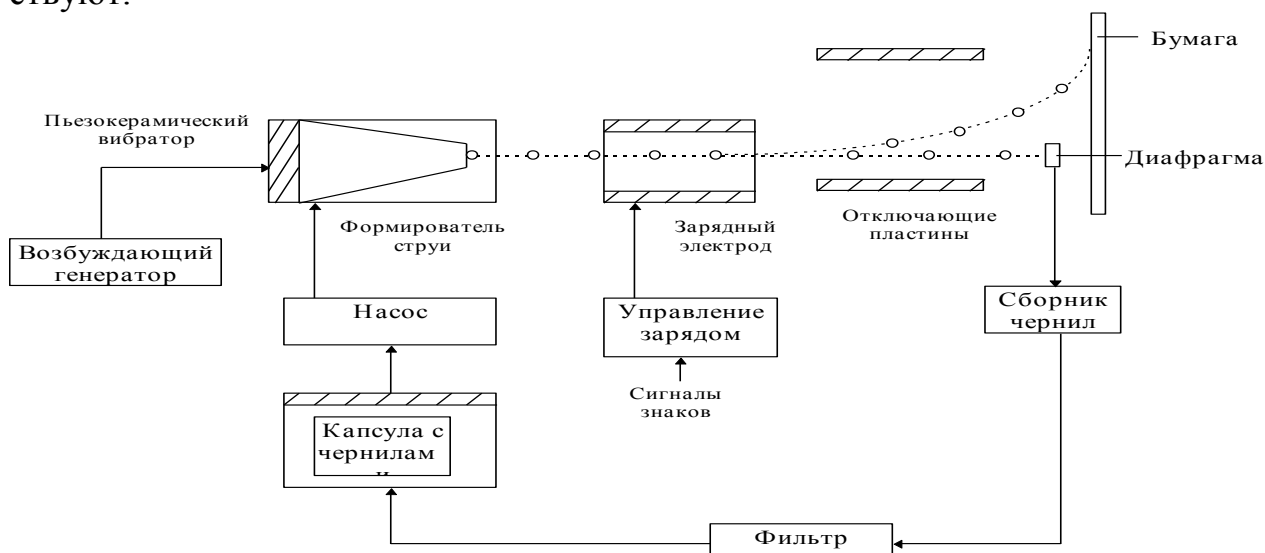
Типы формирователей струи:

1) С нагреванием чернил. Температура поднимается до 500° . Используют терморезистор, долговечность которого влияет на надежность работы принтера.

- а) непрерывного действия;
- б) дискретного действия

2) С действием пьезоэффекта. См. пример принтера, приведенный ниже.

Рассмотрим схему принтера, имеющего элементы (отклоняющие пластины) формирования изображения символа. Часто данные элементы отсутствуют.



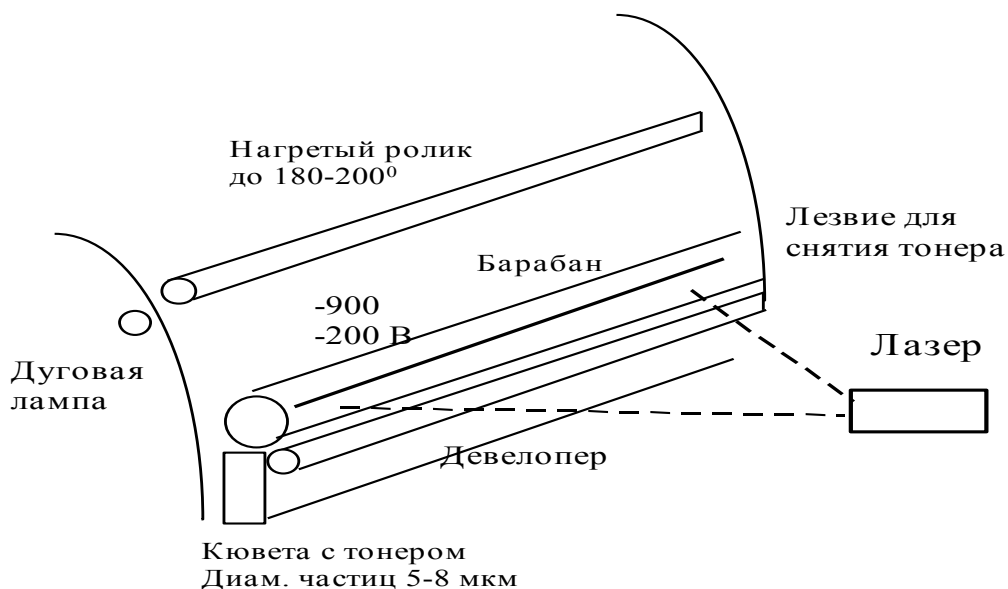
Скорость струи, нагнетаемой насосом, - 20 м/с

Под действием пьезо-вибратора струя разделяется на микроскопические капли, которые заряжаются при прохождении через электрод. Величина заряда пропорциональна сигналу печатаемого знака. При прохождении заряженных капель через пластины они отклоняются пропорционально величине заряда. Из отдельных капель формируется видимый знак. “Фон” капель собирается диафрагмой.

Быстродействие: 300 зн/с; Плотность: 4-5 т./мм; Частота отклонения: выше 10 кГц; Диаметр точек 0,07-0,1 мм при разрешении 8-12 т/мм.

8.5. Лазерная печать

На вращающемся барабане нанесен специальный фотопроводящий слой. Под действием лазерного луча в этом слое формируются заряженные области. Заряженные области притягивают порошок для электростатической печати. Барабан переносит порошок на бумагу. Нагретые ролики вплавляют его в страницу. Для цветной печати страницу изображения необходимо 4 раза пропустить через принтер. Достоинства: бесшумность, надежность, скорость, высокое разрешение до 2000 т/дюйм.

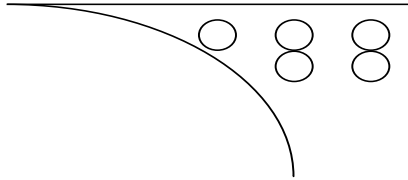


HP LaserJet 4 MP Windows, RISC - процессор 20 МГц 6 Мб памяти, два слота SIMM, сжатие данных по алгоритмам JPEG, LZW. Можно подключить к сети; 600 т/дюйм; 4 стр. в минуту.

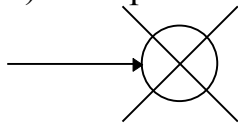
Методы повышения вертикального разрешения при использовании стандартного привода фирмы Canon, обеспечивающим разрешение 300*300 dpi. (Поворот барабана 1/300 дюйм).

1. Метод RET - Resolution Enhancement Technology - изменение диаметра печатаемых точек.. Повышается разрешение в 1,5 раза. Диаметр точек модулируется:

1) на углах



2) на пересечениях



2. Метод TRE - Turbo Resolution Enhanced По вертикали - каждая точка это столбик, управляя столбиком можно повысить разрешение до 1200 т/дюйм

9. МАГНИТНЫЕ ДИСКИ.

9.1. Технология записи.

Принцип цифровой магнитной записи аналогичен технологии аналоговой записи на магнитный носитель (магнитная запись идеально двоичная). Хотя сначала появилась аналоговая магнитная запись, а затем цифровая.

Магнитная запись производится на поверхности магниточувствительного материала, обычно это двуокись железа, которая придает магнитным носителям их характерный ржаво-коричневый цвет. Магнитное покрытие довольно тонкое, чем оно тоньше, тем лучше его записывающие качества. Оно наносится на какую-либо основу, обычно на гибкий пластик, из которого делаются дискеты или ленты, или на алюминиевые пластины круглой формы для производства винчестеров.

Три вида покрытий магнитным слоем алюминиевого диска:

1. Оксидная паста. Диск вращается с высокой скоростью. Паста капается на центр и равномерно растекается. Толщина 70 мкм. Цвет коричневый или янтарный.

2. Анодированный носитель. Алюминиевые диски покрываются сплавом кобальта электрогальваническим способом. Толщина магнитного носителя 7 мкм. Анодированная пленка отличается высокой твердостью.

3. Напыление. Вакуумное осаждение магнитного покрытия. Толщина покрытия 5 мкм. Дополнительно напыляют защитный слой 2 мкм.

Тонкопленочные покрытия (2,3) имеют цвет зеркальный или хромированный. Они обеспечивают большую плотность записи, дают возможность приблизить считывающую головку к поверхности на расстояние до 10 мкм, повысить отношение сигнал/шум при операциях записи/чтения.

Магнитная поверхность рассматривается как массив расположенных на ней точек, каждая рассматривается как отдельный бит, которому будет придан магнитный эквивалент 0 или 1. Так как расположение точек не опре-

делено заранее, то схема записи предполагает использование меток, которые помогают

записывающему устройству найти позиции записи. Необходимость этих синхронизирующих меток является одной из причин, по которым диски должны быть "форматированы" перед использованием.

9.2. Организация быстрого доступа.

Быстрый доступ к любой точке поверхности диска осуществляется на основе двух моментов.

Первый - это вращение диска. За малый момент времени диск может повернуться к нужному месту своей окружности. Скорость вращения диска 300 об/мин (винчестер - более 3600 об/мин). Это означает, что нужной точки на окружности можно достичь максимум за 1/5 сек. Второй - это движение магнитной записывающей головки с внешней стороны диска к центру. Для дискеты головка передвигается за 1/6 сек., а для жесткого диска за 1/25 сек и быстрее.

9.3. Разметка диска

Поверхность диска разделена на дорожки - окружности, начиная с внешней стороны диска, где записана первая дорожка.

Число дорожек зависит от типа диска и способа форматирования. Обычные дискеты с удвоенной плотностью (DD) содержат 40 дорожек. Дискеты с учетверенной плотностью (HD) содержат 80 дорожек . Жесткие диски имеют от 300 дорожек. Дорожки обозначены номерами, начиная с нулевой на внешней стороне диска.

Дорожки занимают небольшую площадь на поверхности диска. Расстояние между первой и последней дорожками для любых дискет составляет 2 см (3/4 дюйма) при 5,2 дюймовых дискетах.

Дорожки разделены на секторы. Количество секторов определяется типом диска и его форматом. У DD-8 или 9 секторов, у HD-15 секторов, у жестких дисков 17... 26 ... секторов.

Все сектора на одном диске имеют фиксированный размер. IBM PC могут работать с разными размерами секторов -от 128 до 1024 байт. Стандартом являются 512 байт. Операции по вводу-выводу на диск или с диска ведутся только с полными секторами, а для винчестеров - кластерами. Сектора обозначаются номерами начиная с единицы. Нулевой сектор отводится для целей идентификации, а не хранения информации.

Имеется еще одно измерение диска- это число его сторон. Информация может быть записана на обеих сторонах дискеты или только на одной ее стороне. Если дискета имеет две стороны, то винчестер может включать несколько дисков и иметь больше, чем две стороны. Стороны пронумерованы, начиная с нулевой для первой стороны.

Сочетание всех измерений дает объем памяти диска. Перемножив число сторон (S) на число дорожек (D) на одной стороне, на число секторов (T) на дорожке и количество байт в секторе (B) получим емкость диска (W)

$$W=S*D*T*B$$

9.4. Элементы дисководов.

Основные компоненты дисководов: головки чтения/записи, привод головок, шпиндельный двигатель, монтажная плата.

Типы головок.

1. Композитные ферритовые головки. Каждая головка составная: головка записи находится между двумя стирающими головками. При записи пара стирающих головок урезает по ширине дорожку и между дорожками остаются размагниченные зоны. Сама головка - сердечник, заключенный в электромагнитную катушку.

2. Тонкопленочные головки. Это специальный полупроводниковый кристалл.

Типы приводов управления головками.

1. Привод от шагового двигателя.
2. Соленоидный привод. Имеют большинство винчестеров. Привод имеет обратную связь и включает индексную головку, поверхность с серводанными, контроллер управления и электромагнитный механизм (пружина и электромагнит) для перемещения головок. Парковка автоматическая (при выключении питания пружина отводит головки в зону парковки). Сервоповерхность (DSS - Dedicated Servo Surface) может занимать одну из поверхностей дисководов, но чаще располагается между дорожками.

9.5. Физическое и логическое форматирование.

Физическое форматирование состоит в создании секторов на диске с обозначением адреса каждого сектора, в установлении области сектора предназначенного для данных и заполнении ее фиктивными данными.

Логическое форматирование заключается в приспособлении диска к стандартам операционной системы.

Информация 5-летней давности: Линейное расположение секторов привело к ограничению объема диска с которым может работать DOS. Имея разрядность слова в 16 бит DOS может обращаться к 64 К секторов. Если объем сектора считать 512 байт, то появляется 32 мегабайтный предел, который может использовать DOS. Преодолеть эту сложность можно путем организации разделов на диске, что позволяет делать DOS на винчестере. Создание разделов емкостью меньше 32 Мб, аналогично страничной организации памяти.

9.6. Структура диска.

Диск делится на две части: системная область и область данных. Объем системной области: 2% на 160 Кб дискете и 0.1% на 100 Мб жестком диске.

Системная область включает: Область для программного запуска (1 сектор), Таблицу размещения файлов (FAT), Корневой каталог

БЛОК НАЧАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ имеется на каждом диске. Он содержит программу для начальной загрузки DOS, объем программы такой, что она помещается в один 512 байтовый сектор.

ТАБЛИЦА РАЗМЕЩЕНИЯ ФАЙЛОВ (FAT) наиболее важная часть диска, которую нужно защищать очень тщательно. Содержит список кластеров. Если в элементе таблицы признак "0", то кластер свободен. Если не "0", то кластер занят и это число определяет номер следующего кластера в файле или признак конца файла (FFF). Кластер содержит 1, 2 или более сегментов. Обычно кластер содержит 2 сегмента.

Первый используемый кластер имеет номер 2. Самый первый байт FAT содержит код для определения формата диска.

КОРНЕВОЙ Каталог-основной встроенный каталог. Для каждого файла в каталоге записываются: 8-значное имя файла, 3-значное расширение, размер файла (4 байта), дата и время создания (4 байта), номер начального кластера, атрибут файла (1 байт).

Атрибуты: подкаталоги имеют атрибут каталога, системные файлы-системный и скрытый атрибуты, отступ только для чтения, архивный атрибут. Корневой каталог имеет свой размер. Для 20 Мб винчестера корневой каталог имеет 32 сектора для 512 файлов.

В поле файлового имени есть два специальных кода, которые используются в первом байте имени файла. Если этот байт "0", то элемент каталога

не использовался. Если байт "E5", то этот элемент стерт. Он нам не виден, но на диске существует.

9.7. Интерфейсы винчестеров.

1. ST-506/412 - Seagate Technologies 1980г. Неприменим с 386. ST412 - проектировался для малых винчестеров (5Мб), поэтому не бывает винчестеров больше 140 Мб.

2. ESDI - Extended Storage Device Interface (Улучшенный интерфейс.)
ESDI - высокоскоростной интерфейс - кодер/декодер встроен в накопитель

- 34 сектора на дорожку

- поддерживает чередование 1:1

3. SCSI - Small Computer System Interface (Интерфейс малых компьютерных систем.) SCSI - это не дисковый интерфейс, а интерфейс с системного уровня

Можно подключить до 8 контроллеров, связать в сеть, один из них главный - он в гнезде IBM и работает как канал передачи SCSI-шины и системы.

SCSI не работает прямо с винчестером, винчестеру нужен контроллер (ST412 или ESDI), который подключен к SCSI интерфейсу. SCSI+ST412 - встроены в винчестер и не важно какой интерфейс винчестера

Особенности:

1. Свойство отсоединения/присоединения (Disconnect/ Reconnect) - после посылки управляющей команды устройству, оно может отсоединиться от шины и присоединиться обратно. Например, после команды данные считываются когда головка будет установлена на нужный цилиндр. За время отсоединения контроллер может дать команды другим устройствам.

2. Оптимизация очереди команд (Tagged Command Queving) - для SCSI-2 В зависимости от положения головки происходит оптимизация оче-

реди и запросы выполняются в порядке минимизации механических перемещений головок.

3. Имеются различные модификации в том числе с последовательным каналом.

4. IDE - Integrated Drive Electronics (Интерфейс распределенной электроники)

Позволяет подключать до 2х устройств (до 4-х IDE-2)

9.8. Схемы кодировки.

MFM - Modified Frequency Modulation (Модифицированная частотная модуляция.)

RLL - Run Length Limited (Ограничения периода работы.)

MFM - Схема кодировки для преобразования цифровой информации в магнитные импульсы.

- перемагничивание на диске равномерно отстает друг от друга по времени, так что начало одного бита может быть отделено от другого.

- код имеет фиксированную длину
- легко определять ошибки отдельных битов и корректировать.
- гибкие диски 5,25 и 3,5 дюйма используют.
- число секторов на дорожке 17.

RLL - обычно следуют цифры: RLL 2,7 где 2-минимальное количество нулевых байт между двумя ненулевыми, а 7-максимальное их количество.

- менее регулярны интервалы между перемагничиванием, код не имеет фиксированной длины.

- вероятность сбоев выше(25-26 секторов на дорожке)
- выше чем MFM плотность и скорость передачи на 50%

9.9. Структурная схема винчестера

Рассмотрим организация винчестера и особенности его работы на примере винчестера с IDE интерфейсом. Основные элементы винчестера:

Сепаратор - выделяет из считанного сигнала синхроимпульсы и данные.

Микроконтроллер - по специальным меткам (Адресным маркерам), находящихся в формате магнитной записи, распознает поле идентификации и поле данных. В поле идентификации находятся номера головки, цилиндра, сектора. Сравнивает номера с заданными и проводит операцию считывания/записи.

Микропроцессор управления - распознает команды компьютера и управляет работой винчестера.

Винчестер имеет запас по емкости. В избыточную емкость записывают сбойные сектора, рабочие программы, паспорт.

Буфер чаще всего имеет объем на полную дорожку (256 - 1024 Кбайт). Это поддерживает режим чередования секторов (Interleav фактор) 1:1.

Для повышения надежности считывания рекомендуется:

- 1) Использовать винчестеры с соленоидным приводом головок.
- 2) Встроенный контроллер.
- 3) Накопители с тонкопленочным носителем(анодированным, напыленным)
- 4) Кабели короткие, разъемы золоченные.
- 5) Формат низкого уровня сделайте при рабочей температуре и в рабочем положении.
- 6) Прокладывайте кабель вдали от источника шума(вентиляторов адаптера) системного блока.

Параметры:

1. Время успокоения вибрации головки при подходе ее к цилиндру - 2 мс.
- 2.Время поиска от дорожки к дорожке - время перемещения между соседними дорожками - 1-2 мс.
3. Производительность позиционера или среднее время доступа - 10 мс.
4. Скорость передачи данных. Определяется общей конструкцией и видом

интерфейсов. Пример: Seagate ST1195 / SCSI / V=2 ГБ / скорость вращения 7200 об/мин / скорость передачи 6 Мб/с / время доступа 5 мс.



9.10. Параметры дисководов. Программный КЭШ

Кэширование диска - хранение в ОЗУ часто используемых секторов. КЭШем управляет резидентная программа - администратор КЭШа. Традиционные проблемы когерентности данных КЭШ и винчестера решаются как на этапе чтения, так и на этапе записи. Сквозное чтение - повторно данные берутся из КЭШ. Упреждающее чтение - данные читаются асинхронно. Сквозная запись - при записи данные записываются и в КЭШ и на винчестер. Опосредованная запись - асинхронная запись на диск. Программа SMART создает КЭШ в расширенной памяти.

9.11. CD-ROM. Магнитооптические накопители

CD-ROM - Compact Disc Read Only Memory. CD-ROM отличается от магнитного накопителя как способом записи данных, так и форматом дисковода. Запись данных проводится путем выжигания лазерным лучом участков

логической единицы, в результате чего образуются на поверхности маленькие углубления - питы (Pits). Чтение проводится оптическим же методом, что в целом обеспечивает высокую долговечность дисков. Формат включает следующие поля: иницирующая дорожка, системная область, таблица содержания тома (Volume Table of Contents - VTOC) и данные.

Стандартная частота чтения аудиодорожки 44,1 кГц. Для движущихся картинок этой скорости недостаточно, имеются приводы с удвоенной, учетверенной скоростью вращения двигателя. Скорость вращения переключается.

Магнитооптические накопители:

1. Floptical - Floppy - диск и Optical - диск. При оптическом чтении запись осуществляется магнитными средствами.

2. МО-привод. Magneto-Optical носитель подобен CD-ROM, но между слоем носителя и рефлектора нанесено дополнительное напыление, которое реагирует как на оптическое, так и на магнитное воздействие. В качестве головки записи служит лазер, который нагревает отдельные участки поверхности (соответствуют биту в CD) до 150° . После охлаждения элементы намагничиваются. Второй лазер служит для чтения информации. Перезапись можно делать многократно.

10.Видеосистема IBM PC

10.1. Организация видеосистемы

Видеосистема IBM PC включает в себя адаптер и монитор + элементы памяти. Особенность заключается в том, что видеопамять является частью ОЗУ ЭВМ, благодаря чему достигается предельное быстродействие операций ввода/вывода.

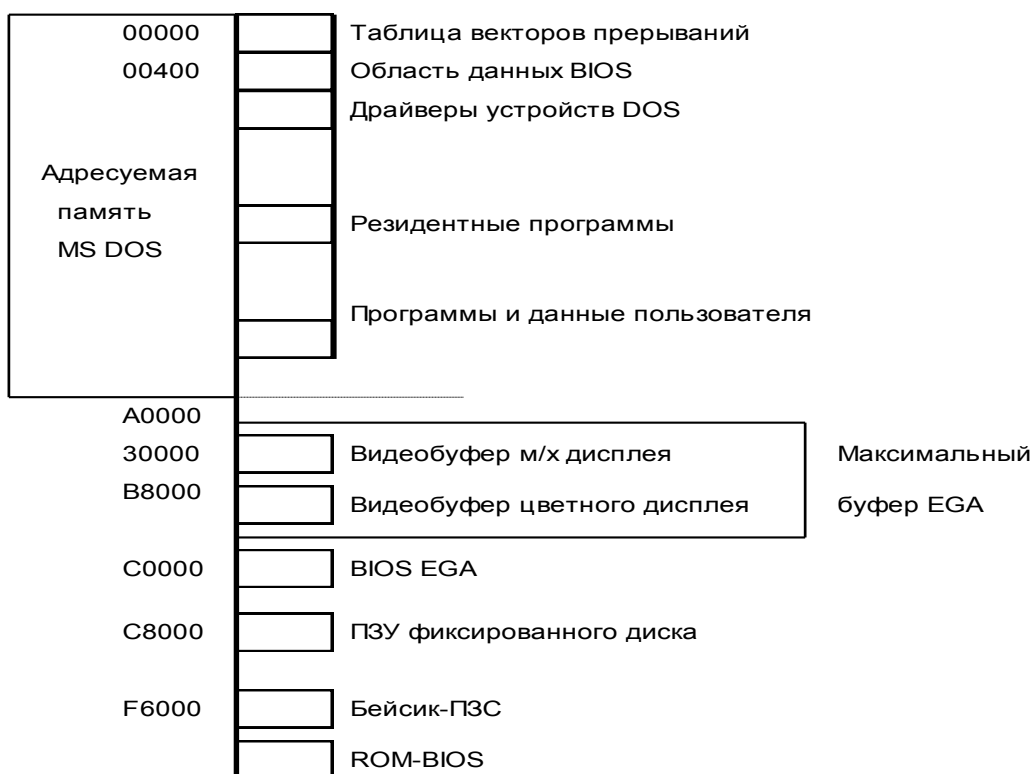
Видеобуфер 50 раз в сек. отображается на экран дисплея. Он имеет как бы два выхода и один вход: вход/выход со стороны ЭВМ и выход на дисплей. Физически видеобуфер находится на плате дисплейного адаптера. Объем видеобуфера меняется от 4К (монохромный тактовый дисплей) до 256 К (VGA 16 цветов) и более.

Известны несколько типов адаптеров: MGA, CGA, EGA, VGA и др.

EGA - Enhanced Graphics Adapter - усовершенствованный графический адаптер

VGA - Video Graphics Array - графическая видеоматрица

В ЭВМ можно установить больше, чем один дисплейный адаптер. Адаптер представляет собой плату, которая установлена в слот PC. Определенному типу адаптера соответствует свой монитор: так, EGA: - 6 логических (цифровых) выходов;VGA: - 3 аналоговых выхода.



Типы адаптеров	Количество	Разрешение	Цвета
MGA монохромный	1	640x200	
CGA цветной	7	640x200	2(4)
EGA улучшенный	12	640x350	64
VGA графическая видеоматрица	16	640x480	16
Super VGA	18	1024x768	256

Каждый адаптер позволяет получить несколько видов видеорежимов. Режимы можно задать:

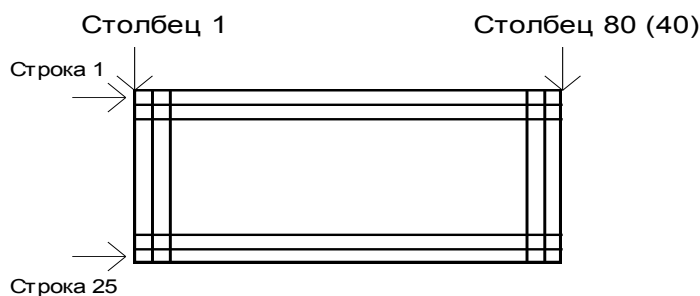
- 1) программированием регистров -30 портов;
- 2) BIOS - через программн. прерывание 10;
 $AH:=0$;
 $Intr (\$10,reg)$
- 3) на языках высокого уровня.

Предельный режим EGA 640x350, 16 цветов пикселей. Номер режима записан в ячейке 449A. Байт в ячейке 44A дает число символов в строке. Про-

читать эти ячейки можно с использованием программ DEBUG, PC TOOLS. Предусмотрено 2 вида работы дисплея: текстовый и графический. Для текстового режима необходимо 4К памяти, а для графического 256К и более. Если экран отображает не всю память, то возможно разбить ОЗУ на дисплейные страницы. Обычно дисплейных страниц в текстовом режиме бывает 8, а в графическом 1-4 в зависимости от типа режима и наличия видеопамяти. Имеется возможность переключать дисплейные страницы. ЭВМ имеет доступ ко всем страницам, но отображается лишь одна

10.2. Текстовые режимы

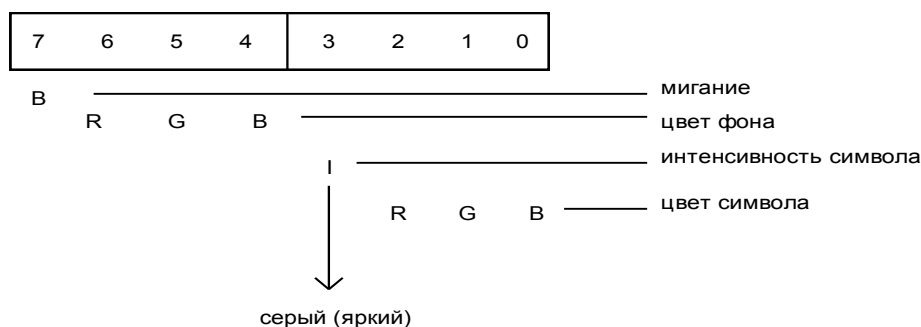
В основе текстовых режимов лежит деление дисплейного экрана на индивидуальные знаковые позиции, расположенные по строкам и столбцам.



Число строк 25, число столбцов 80, или 40 в зависимости от режима. 40-столбцовые режимы были созданы для того, чтобы сделать более простым использование телевизора в качестве дисплея. Разрешение телевизора недостаточно для вывода 80 знаков в строке. На экран могут отображаться строки или непрерывная нить знаков, длиной 2000. Т.е., если программа выводит символ в определенную позицию, то он там и появится. Если программа просто выводит данные, то они заполняют текущую строку и появляются в следующей. Символ, который появляется в каждой позиции, определяется кодом данных. Видом же знака управляет атрибут. Атрибут определяет как должен быть отображен символ. Т.о. каждой позиции экрана соответствует 2 байта: байт кода символа и байт атрибута. Позиции с четными

номера (с нуля) содержат код ASCII, с нечетными - атрибут. Существует 2 набора атрибутивных кодов: для монохромного режима и для цветного. Размер одной дисплейной страницы текста $4K=25 \times 80 \times 2$.

Атрибуты CGA и EGA для цветного режима



Имеется возможность иметь 16 цветов и для фонового режима. В этом случае 7-ой бит является указателем интенсивности. Для изменения назначения 7 бита необходимо послать число 0 в порт 3C0H. Мигание включается переключением 3-го бита в "1".

Порядок операций:

- 1 Прочитать порт 3DAH, чтобы получить доступ к адресному регистру 3C0H.
- 2 Послать в 3C0H 10H, чтобы указать соответствующий регистр
- 3 Послать данные по тому же адресу

В адаптере EGA для вывода цветной гаммы используется кодовая таблица. Этот прием позволяет расширить число выводимых цветов (для EGA до 64) и получить определенную гибкость при программировании.

Кодовая таблица представляет собой память на 16 регистров палитры на входе дисплея. Каждый регистр содержит число от 0 до 63, которое представляет реальный цвет, выводимый при подаче атрибута символа. Например, если в каком-то месте программы указано, что символ должен выводиться с кодовым номером 0 (атрибуты цвета 0), то цвет выводимого символа

ла определяется кодом цвета, хранящимся в регистре палитры 0. Начальное значение этого регистра 0000, поэтому будет выводиться черный цвет. Но если содержимое этого регистра изменить на 0001, то будет выводиться символ синим цветом.



Палитра, т.е. содержимое регистров, выбирается для VGA из комбинации 6 цветов: RGB RGB. Биты RGB дают темные цвета, а остальные цвета - повышенной яркостью. Если адаптер работает не в улучшенном режиме, то биты 4 и 5 игнорируются, а бит 3 рассматривается битом яркости. Аналогичная кодовая таблица используется и для выбора фонового цвета. Как задать палитру? Регистры палитры расположены в порте с номером 3C0H, а их номера меняются от 00 до 0FH.

Порядок записи:

- 1 Читаем порт 3DAH
- 2 Посылаем номер регистра палитры в 3C0H
- 3 Посылаем данные

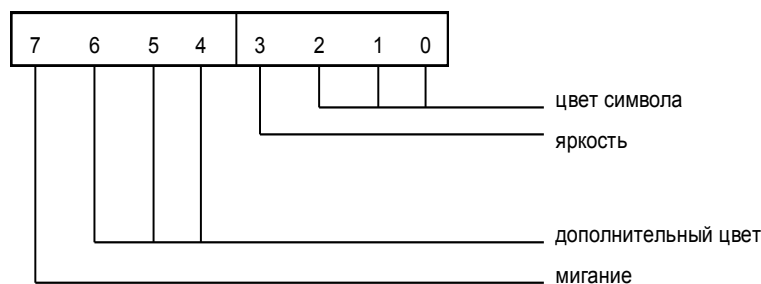
Монохромные символы

Назначение байта атрибута: биты 0-2 -основной цвет

4-6 -фоновый цвет

7 -мигание

3 -яркость



Возможны 10 комбинаций:

1	нормальный	7
2	интенсивный	F
3	нормальный подчеркнутый	1
4	интенсивный подчеркнутый	9
5	негативный	70
6	нормальный мигающий	87
7	интенсивный мигающий	8F
8	нормальный миг. подчеркнутый	81
9	яркий мигающий подчеркнутый	89
10	яркий негативный	F0

Нет негативного подчеркнутого

Возможности текстового режима

Установка цвета границы

Графические экраны технически не имеют области границы, однако, операция вывода точек (символов) не имеет доступа к краям экрана. Граница символьного экрана может иметь цвет, отличный от фонового цвета центральной части экрана. Может быть использован любой из 16 цветов. Для EGA цвет границы устанавливается регистром сканирования. Этот регистр номер 11H порта с адресом 3C0H. Для улучшенного режима 6 младших битов определяют цвет границы.

Очистка экрана

Очистка экрана состоит в записи пробела в каждую из позиций экрана (код .ASCII -32). Если были использованы ненормальные атрибуты, то должны быть также изменены и байты атрибутов.

Переключение между видеоадаптерами

Имеется возможность выбирать, какой из мониторов должен быть активным. Для этого меняются значения битов 4 и 5 в ячейке памяти 410.

- 11 - монохромный адаптер
- 10 - графический адаптер, 80 символов в строке
- 01 - графический адаптер, 40 символов в строке
- 00 - EGA

Операционная система не может управлять одновременно 2 мониторами, однако, программы могут осуществлять вывод на оба дисплея, используя прямое отображение буфера неактивного монитора.

Управление курсором

Курсор служит двум целям:

- 1 Указывает место, куда операторы программы производят вывод.
- 2 Обеспечивает видимую точку отсчета для оператора.

В первом случае курсор может быть невидимым. Курсор генерируется микросхемой контроллера дисплея 6845. Эта микросхема имеет регистры, устанавливающие размер и положение курсора. Микросхема обеспечивает только мерцающий курсор, частота мерцания не может быть изменена. В графических режимах курсор не выводится, хотя символы и позиционируются.

Каждая дисплейная страница имеет свой курсор. Позиции курсора каждой дисплейной страницы хранятся в наборе восьми 2-ух байтных переменных в области данных BIOS, начиная с адреса 450H. В каждой переменной младший байт содержит номер столбца, отсчитывая от нуля, а старший - номер

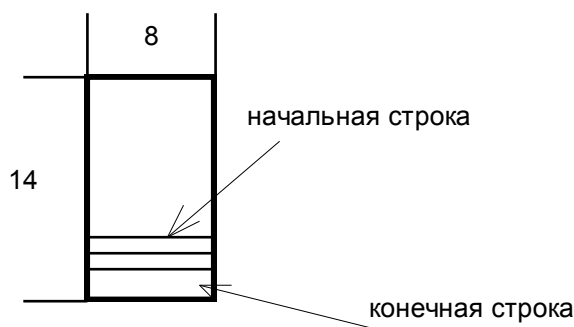
строки. Когда число страниц меньше восьми, то используются переменные, расположенные в младших адресах памяти.

Включение и выключение курсора

Бит 6 регистра 10 микросхемы 6845 включает курсор, когда он в "1" и выключает, когда он в "0". Этот же регистр содержит значения "начальной строки" курсора, которое вместе со значением "конечной строки" курсора определяет его толщину. При включении курсора нужно просто в регистр поместить значение 32. При включении курсора состояние регистра нужно восстановить, обычно там записано 11.

Изменение формы курсора

Курсор может представлять одну тонкую линию или несколько линий, максимально может занимать всю позицию символа. Верхняя линия называется начальной строкой курсора, нижняя - конечной строкой.



Для монохромного дисплея и для EGA под каждый символ отводится 14 строк (от 0 до 13 начиная сверху). Промежутки между символами обеспечиваются двумя верхними и тремя нижними строками. Большинство символов располагаются в строках 2-10, хотя хвостики могут достигать линий 12-13, подчеркивание занимает одну 12 строку.

Курсор может быть сформирован любой комбинацией строк (отрезков). Обычно для монохромного дисплея курсор занимает все отведенное под символ место: начальная строка - 0; конечная строка - 13. Если значения $N_{нач}$ и $N_{кон}$ совпадают, то курсор - одна линия. Если $N_{нач}$ больше $N_{кон}$, то кур-

сор состоит из двух частей: $N_{нач}=12$ и $N_{кон} =1$ - курсор имеет форму двух параллельных линий.

В ячейке 460 (0040:0060) два байта содержат начальное и конечное значения номеров строк курсора. Первый байт - $N_{кон}$, второй - $N_{нач}$.

Вывод символов на экран

Две возможности:

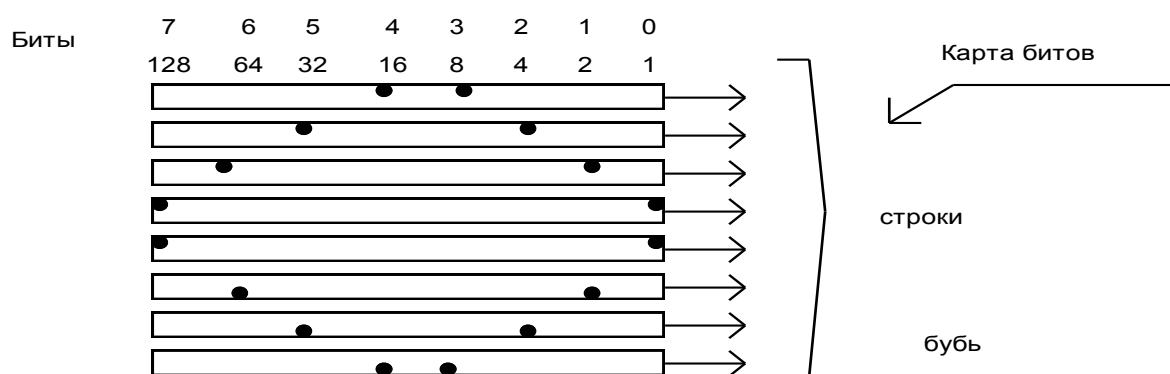
- 1 командами операционной системы
- 2 отображением в память

При отображении в память байты атрибутов перемешаны с символьными байтами и указатель должен увеличиваться после каждого переноса в память. Курсор в качестве указателя не используется.

Создание специальных символов

EGA поддерживает вывод 1024 символов из которых одновременно доступны 512. BIOS содержит данные для разрисовки 128 набора ASCII.

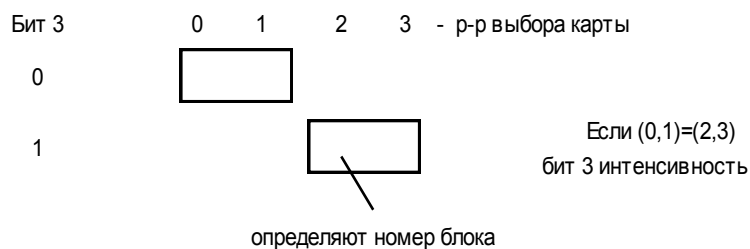
Рассмотрим режимы 8x8 точек на :



Данные для каждого символа содержатся в 8 байтах. Каждый байт содержит установку для точек одного ряда. Бит равен 1, точка высвечивается 128 символов требуют 1024 байта

Специальный вектор прерывания указывает адрес первого байта первого символа расширенного набора. Номер вектора прерывания 1FH и расположен по адресу 0000: 007C.

Для EGA картина сложнее. При инициализации режима из ПЗУ EGA копируется набор (8x8 или 8x14) в карту битов видеобuffers. Стандартный набор символов находится в блоке 0. Могут быть еще 3 блока. Бит 3 атрибута и регистр выбора карты (4 бита) определяют какой из 4-х блоков видеобuffers используется.



10.3. Графические режимы

1. CGA, EGA. Для 4-х цветного режима - на каждую точку требуется 2 бита, для 16-ти цветного - 4 бита. Первый байт видеобuffers описывает 4 или 2 точки соответственно.

2. EGA. Память имеет 4 битовые плоскости. Каждый бит в памяти соответствует биту на экране. 4-е битовые плоскости расположены по одним и тем же номерам в видеобuffers. Каждой точке на экране соответствует 4 бита из каждой плоскости, что дает 16 цветов. В обоих случаях графика может перемешиваться с символьной информацией. Для EGA помним, что цвета формируются с помощью кодовой таблицы и регистров палитры.

3. Графический режим VGA (200x320 пикселей)

№ режима - 13H. Число цветов 256. Организация памяти - побайтная. Начальный адрес видеопамати - A0000.

В памяти располагаются байты, каждому байту соответствует свой пиксел на экране. Первому пикселу соответствует первый байт в видеопамяти. Размер графической дисплейной страницы равен $1 \times 200 \times 3200 = 64\text{К}$. Число страниц - ?

Адаптер позволяет изменять адрес начального пиксела в видеопамяти (размер начального адреса). Это позволяет организовать прокрутку графического изображения вверх, вниз, влево, вправо. Режим имеет свою цветовую таблицу

4. Графические режимы sVGA

Рисование точки на экране EGA

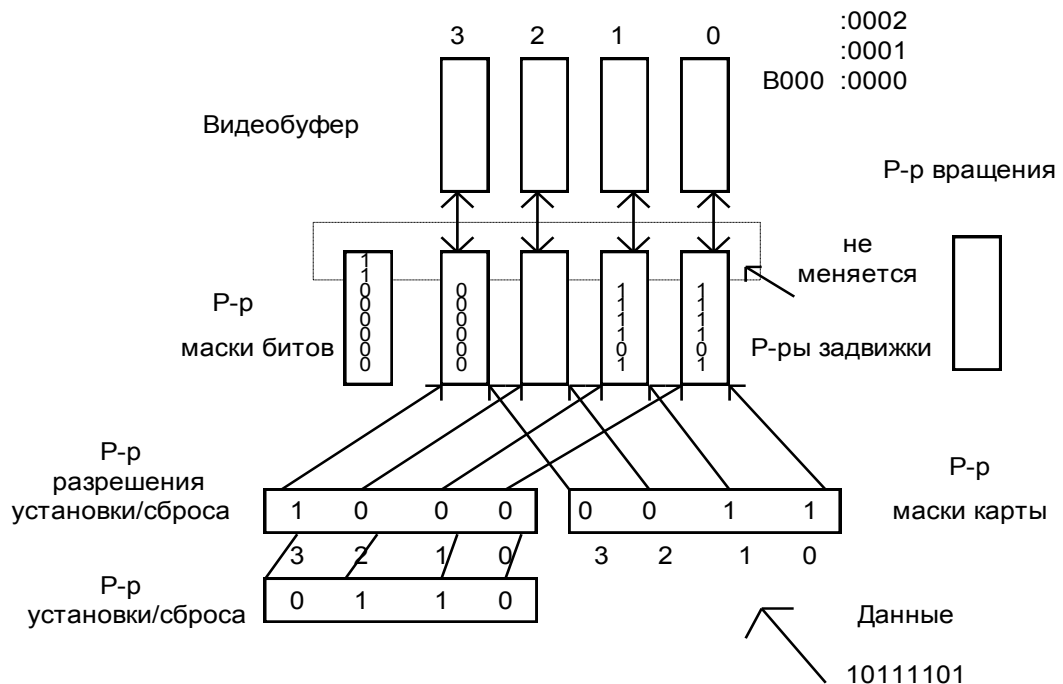
Имеется 3 режима записи в EGA. Задаются режимы:

1 5 в порт 3CFH

2 N режима в биты 0,1

При этом бит 2 = 0, биты 4-7 = 0, бит 3 - установочный режим чтения.

Рассмотрим режим записи 0.



Регистр маски битов

Запись:

1 8 --> порт ЗСЕН

2 код -->

1 в регистре запрещает изменение соответствующих битов в регистрах задвижки всех битовых плоскостей.

Регистр маски карты

Запись в регистр:

1 2 --> в порт ЗС5Н

2 код -->

Биты 0-3 соответствуют битовым плоскостям 0-3. Если бит 0 - то плоскости не изменяются. Если посылаем байт 00001000В и все разрядные плоскости разрешены, то 5 слева точка на экране- белым цветом (т.е. тем цветом, который указан в 15 регистре палитры). Заметим, что при выводе байта выводятся все восемь точек.

Регистр задвижки

Запись/ чтение в битовые плоскости проходит через регистры задвижки. Возможны логические операции с регистром задвижки, для их задания используется регистр вращения.

1 3 --> ЗСВН

2 код --> ЗСФН

Регистр вращения

Назначение битов в регистре вращения:

2-0 число вращений

4-3 00 данные не модифицируются

01 лог. И с регистром задвижки

10 лог. ИЛИ

11 искл. ИЛИ

7-5 не используются

Регистр установки / сброса

1 0--> 3СЕН

2 --> 3СФН

Регистр разрешения установки/сброса

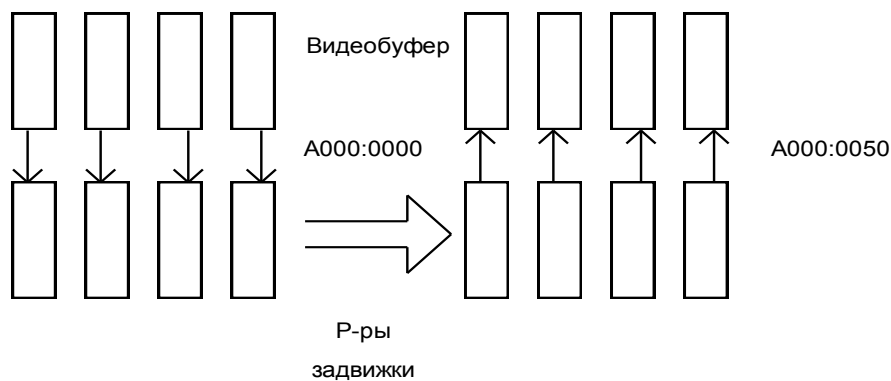
1 1--> 3СЕН

2 --> 3СФН

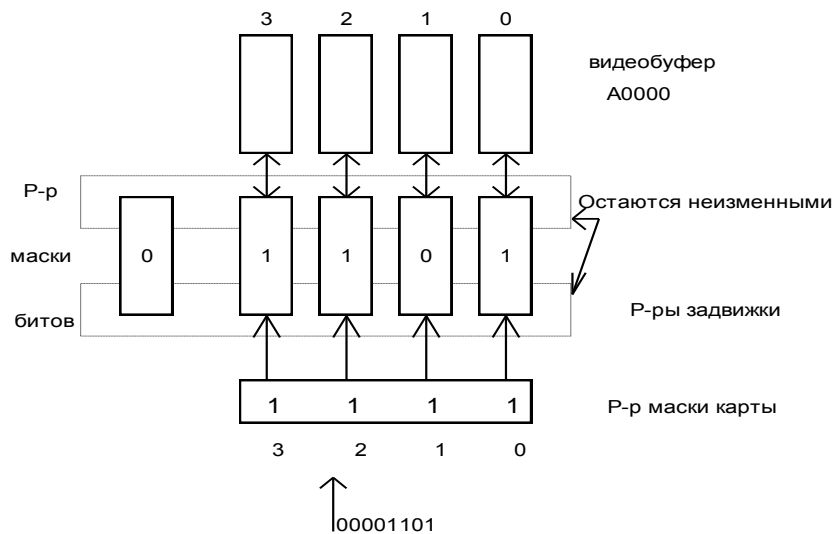
Эти регистры устанавливают или обнуляют регистры защелки и в обход регистра маски карты, но по содержимому регистра маски битов.

Режим записи 1

Текущее содержимое регистра задвижки записывается по указанному адресу. Размер задвижки заполняется при чтении. Полезен при перезаписях и переносе изображений.



Режим записи 2



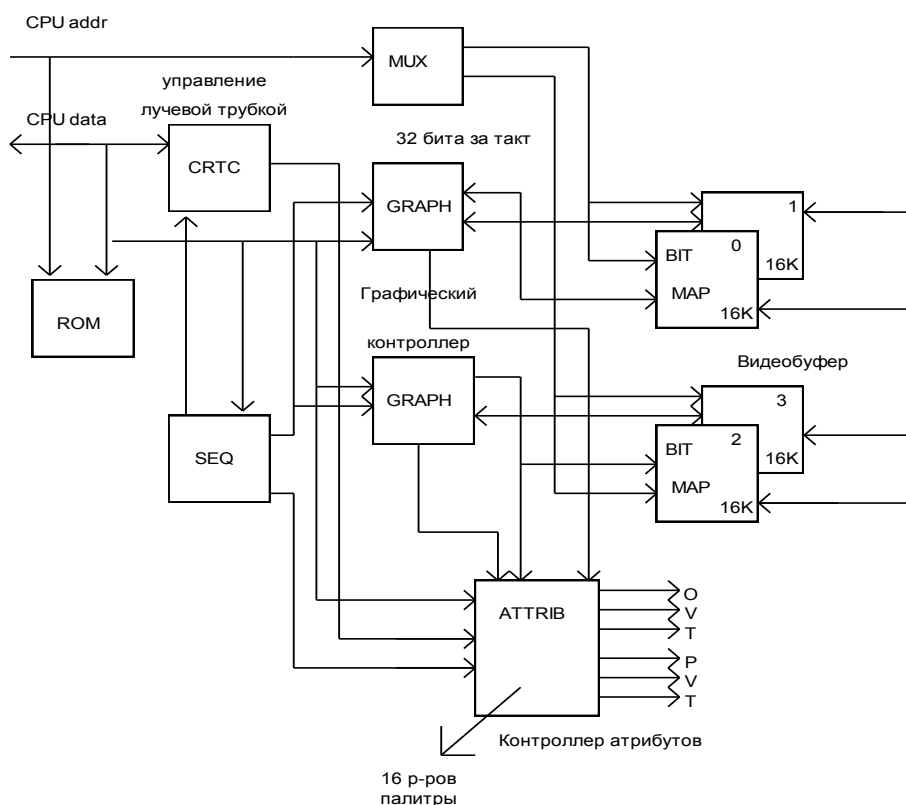
Младшие 4 бита входного байта распространяются на весь байт в зависимости от маски.

Режимы чтения.

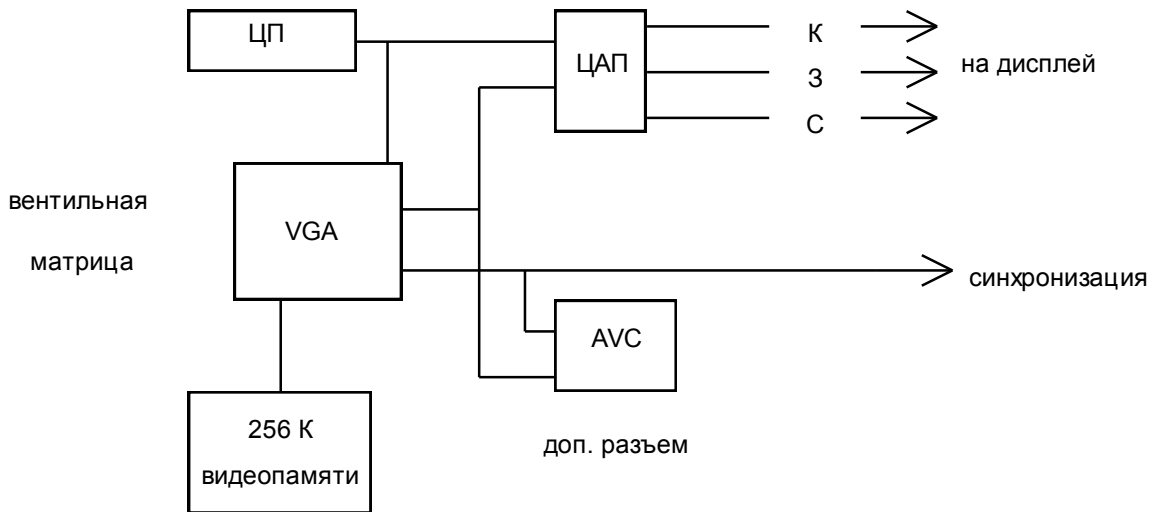
Режим 0- возвращает байт содержащийся во всех битовых плоскостях. № битовой плоскости нужно определить в регистре маски карты.

Режим 1 - возвращает байт, в котором биты установлены в 1, когда соответствующая точка имеет заданный цвет. Имеется регистр сравнения цветов, в него заносится искомый цвет. Имеется регистр безразличия цвета с рабочими 4-мя битами. Если его бит=0, то соответствующий бит плоскости будет игнорироваться.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА EGA



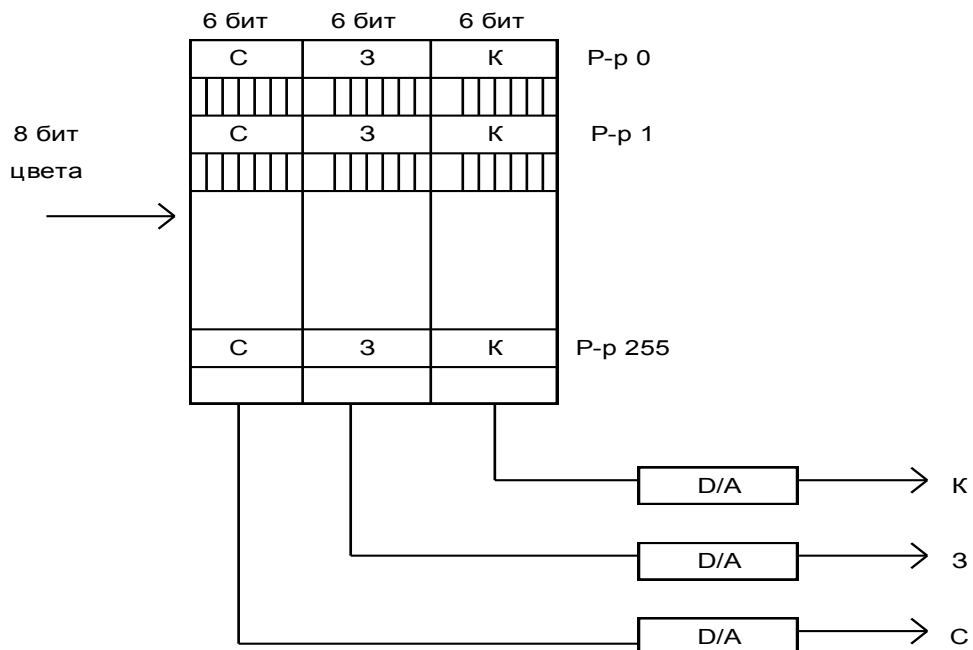
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА VGA



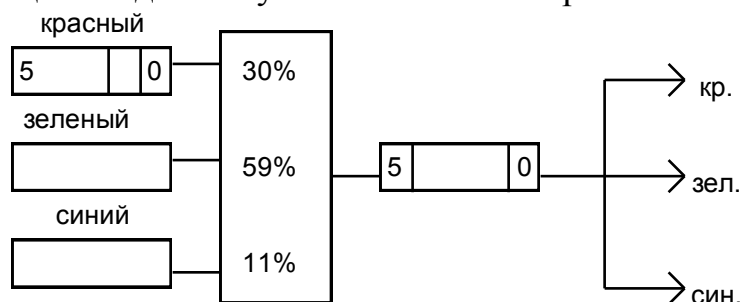
Особенности:

- 1 VGA может быть расположен на системной плате ЭВМ
- 2 Разрешение 640x480 пикселей дает круг на экране
- 3 Режимы работы не зависят от типа дисплея
- 4 Возможен полутоновый вывод 64 уровня
- 5 256 цветов при разрешении 320x200

СХЕМА ЦАП (ЦВЕТОВОЙ ТАБЛИЦЫ)



- суммирование цветов для получения оттенков серого



10.4. Элементы адаптера sVGA

Рассмотрим более подробно отдельные элементы адаптера.

1. CRTC (Cathode Ray Tube Controller) Контроллер электронно-лучевой трубки

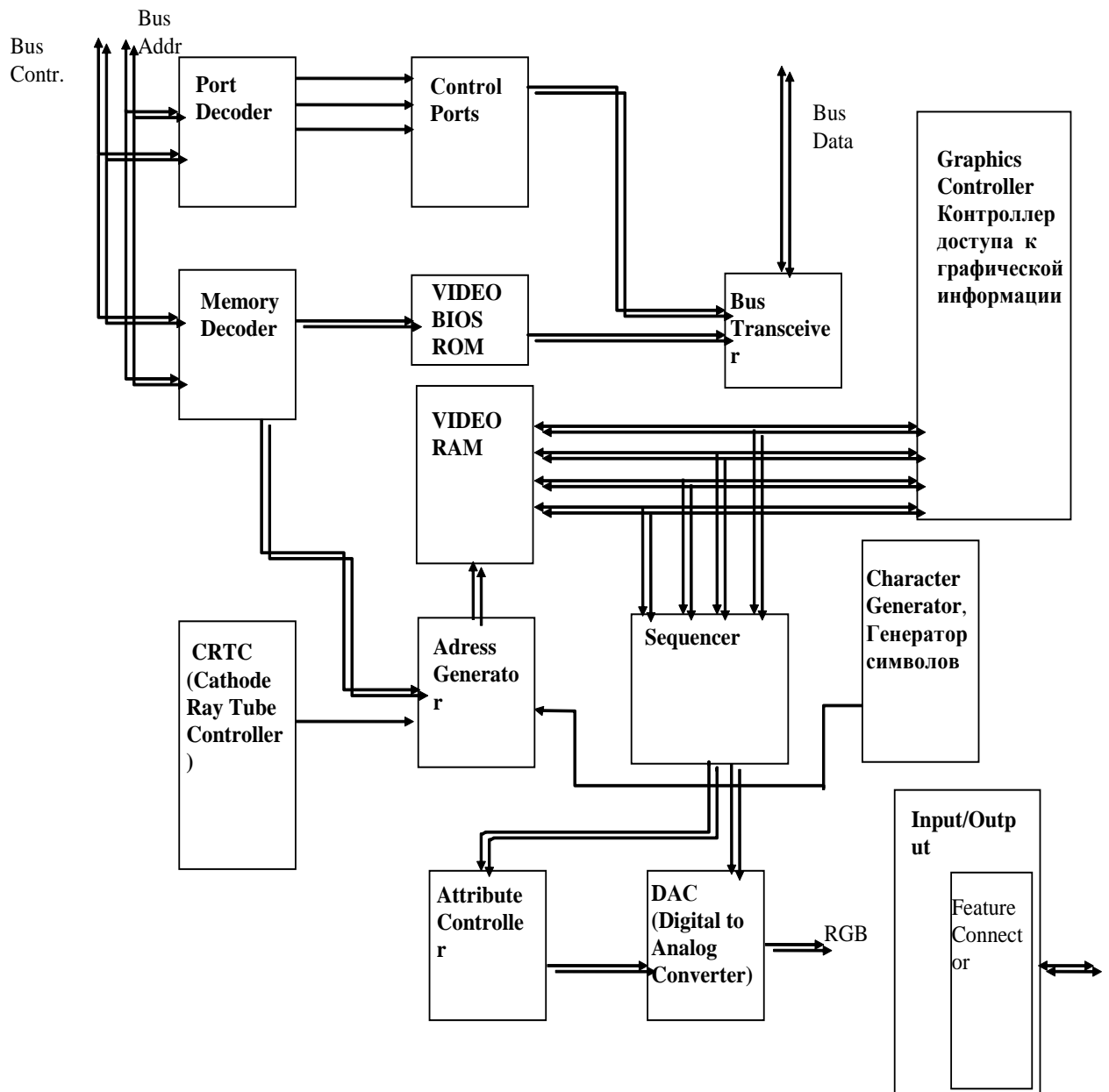
Этот контроллер управляет разрешением экрана монитора, конфигурацией и расположением видеобуфера относительно этого экрана, местоположением и размерами курсора, а так же некоторыми параметрами знакоместа в текстовых режимах. Для всех перечисленных функций в CRTC выделены блоки регистров, в которых хранятся значения соответствующих параметров управления этими функциями.

CRTC можно подразделить на следующие функциональные блоки :

Timing Unit - Блок разверток. Этот блок отвечает за горизонтальное и вертикальное разрешение активной части экра на монитора, ее размеры и центровку, а также за размеры неактивных полей вок руг нее.

Screen Buffer Unit - Блок экранного буфера. Этот блок отвечает за горизонтальную ширину, конфигурацию и распо ложение видеобуфера относительно активной части экрана монитора.

Cursor Unit - Блок управления курсором. Этот блок работает только в текстовых режимах. Он отвечает за высоту курсора и за его местоположение в видеобуфере.



2. Control Unit - Блок управления. Этот блок отвечает за высоту текстового знакоместа, за положение знака подчеркивания в монохромных текстовых режимах, а так же содержит регистр управления некоторыми способами адресации видеопамяти в некоторых видеорежимах

Кроме того, СКТС осуществляет генерацию всех основных синхросигналов, и синхронизирует между собой все остальные блоки карты. Таким образом, его можно представить как один очень большой и сложный управляемый

генератор, содержащий в себе же и регистры для хранения параметров генерируемых сигналов.

Регистры, в которых хранятся значения, определяющие частоты разверток для экрана монитора, защищены от записи одним из битов специального регистра. Это сделано для предотвращения случайного изменения данных регистров, и защиты монитора от выхода из строя.

CRTC управляется отдельными портами ввода/вывода для цветных и монохромных видеорежимов. Это сделано для совместимости с программным обеспечением, написанным ранее для монохромных графических карт. Помимо этого, подобный подход позволяет установить в компьютере две графические карты, - вместе с картой VGA/SVGA еще и монохромную, и, соответственно, подключить два монитора. Это бывает очень удобно в некоторых специфических программах.

3. VIDEO RAM (Video Random Access Memory) Видеопамять произвольного доступа

Этот блок содержит в себе микросхемы памяти, в которых хранится вся графическая информация. Именно отсюда считываются значения пикселей другими блоками и именно сюда они должны попасть, чтобы быть отображенными на экране.

В настоящее время, в качестве видеопамяти, применяется несколько типов микросхем. Самыми распространенными являются микросхемы динамической памяти DRAM.

Максимальный размер видеопамяти может быть увеличен или уменьшен путем постановки или изъятия соответствующих микросхем памяти с платы графической карты. Часть установленной видеопамяти средствами самой графической карты можно отдать в непосредственное пользование CPU, изъяв ее из использования в качестве видеопамяти, или вернуть эту память обратно. Ограничения минимального размера видеопамяти определя-

ются параметрами используемых видеорежимов, в виде размера одной видеостраницы для данного режима, и конструктивными особенностями данной графической карты. Ограничения максимального размера видеопамати определяются только конструктивными особенностями графической карты. Размер видеопамати влияет на количество видеостраниц в каждом из видеорежимов.

4. VIDEO BIOS ROM Постоянная видеопамать базовой системы ввода/вывода

Этот блок содержит в себе единственную микросхему постоянной памати, в которой хранятся программы **BIOS** этой конкретной модели графической карты. Эти программы служат для начальной загрузки, тестирования карты и сглаживания несовместимости графических карт разных фирм изготовителей. Они обеспечивают минимальный уровень совместимости для прикладных программ. Однако, для конечного использования графической карты прикладными программами одного **BIOS** оказывается недостаточно из-за скудности представляемых им возможностей.

Размер видео **BIOS** не может быть изменен никакими способами и обычно равен 16-и или 32м килобайтам в зависимости от конструкции графической карты.

Организация видео **BIOS** не зависит от видеорежима. Видео **BIOS** всегда проецируется в адресном пространстве CPU на область, начинающуюся адресом C:000:0000h.

5. Port Decoder Декодер адресов портов ввода*вывода

Этот блок занимается декодированием адресов портов ввода/вывода графической карты. Он воспринимает сигналы адресной и управляющей частей системной шины компьютера и, в зависимости от них, вырабатывает адрес порта и некоторые внутренние сигналы для управления тем устройством, которому этот адрес принадлежит.

Декодированный адрес может не принадлежать ни одному из портов графической карты. В этом случае, не происходит никакой реакции с ее стороны. Если же адрес принадлежит какому-либо из портов, то происходит захват системной шины, и пока графическая карта не закончит все необходимые действия внутри себя, все остальные устройства компьютера, в том числе и CPU не имеют доступа к системной шине.

Этот блок разделяет системную шину с блоком **Memory Decoder**. Разделение происходит с помощью сигналов управления системной шиной, поступающих от CPU.

В один и тот же момент может быть задействован только один адрес порта ввода/вывода графической карты.

6. Memory Decoder Декодер адресов памяти

Этот блок занимается декодированием адресов памяти графической карты. Он воспринимает сигналы адресной и управляющей частей системной шины компьютера и, в зависимости от них, вырабатывает адрес памяти и некоторые внутренние сигналы для управления тем устройством, которому этот адрес принадлежит.

Этот адрес может принадлежать видеопамяти или видео **BIOS**, а так же не принадлежать ни одному из них. Если декодируемый адрес не принадлежит какому-либо устройству графической карты, это не вызывает никакой реакции с ее стороны. Если же принадлежит, то происходит захват системной шины, и пока графическая карта не закончит все необходимые действия внутри себя, все остальные устройства компьютера, в том числе и CPU не имеют доступа к системной шине.

Этот блок разделяет системную шину с блоком **Port Decoder**. Разделение происходит с помощью Сигналов управления системной шиной, поступающих от CPU.

В один и тот же момент может быть задействован только один адрес памяти графической карты. Размер слова, находящегося по этому адресу, определяется следующими параметрами

- спецификой конкретного устройства внутри графической карты, которому принадлежит этот адрес:

- конфигурацией переключателей на плате графической карты;

- конфигурацией некоторых портов, зависящей от установленного в данный момент видеорежима.

Этот размер может быть равен 8, 16, 32 или 64 бита, а в особых случаях даже 15 бит.

7. Control Ports - Порты управления

Этот блок содержит наборы регистровых файлов (в дальнейшем - портов) Каждый из этих файлов закреплен за каким-то определенным адресом адресного пространства портов и принадлежит какому-то из блоков (устройств) графической карты. На самом деле эти регистровые файлы не объединены в один блок, а как бы размыты по всей графической карте. Все действия с картой производятся через регистры этих портов.

Все регистры портов графической карты 8-битные. Если требуется меньшее количество битов, то старшие биты 8 битного регистра резервируются. Если же требуется большее количество битов, то регистр разбивается на два, три и т.д., или создается специальный дополнительный регистр, разные биты которого являются дополнительными к разным 8-битным регистрам.

Существует несколько схем адресации внутри портов графической карты. Каждый порт по этой схеме имеет два регистра с последовательно идущими адресами. Первый из них является индексным регистром в регистровом файле этого порта. В нем лежит номер (Index) регистра внутри данного файла. Второй является регистром данных, через который считываются или записываются данные в выбранный регистр файла.

При данной схеме адресации можно производить запись в регистр, находящийся внутри регистрового файла, за одну операцию записи из CPU в данный порт ввода/вывода. Но это возможно только в том случае, если графическая карта имеет 16-битный интерфейс с системной шиной, и в данный момент 16-битный режим ввода/вывода разрешен с помощью переключателей на плате, а также программно.

Например для того, чтобы произвести операцию записи в порт 03CEh необходимо исполнить следующие команды на языке ассемблера:

```
MOV DX,03CEh
```

Положить начальный адрес порта в рег. DX

```
OUT DX,1202h
```

Записать непосредственное значение 1202h

порт из регистра DX.

Инструкция OUT запишет в порт 03CEh младший байт слова 02h и, таким образом, выберет нужный регистр, а затем запишет старший байт слова 12h в порт со следующим по порядку адресом 03CFh записав, таким образом, данные.

К сожалению, для операции чтения данных из регистра, подобного проделать невозможно, так как индекс регистра нужно записать, а данные из него прочитать.

8. Bus Transceiver -Приемопередатчик с системной шиной компьютера

Этот блок занимается приемом и передачей данных на системную шину компьютера. Он заведует всем обменом данными между блоками графической карты и "внешним миром". Таким образом, все порты графической карты, видео BIOS и графический контроллер могут быть видны напрямую для CPU или других устройств компьютера.

Видеопамять напрямую с этим блоком не связана и, следовательно, недоступна для прямого чтения или записи из CPU. Любые операции с содержимым видеопамяти производятся только с помощью блока **Graphics**

Controller

9. Address Generator- Генератор адресов видеопамяти

Это устройство занимается трансляцией адресов памяти, поступающих от различных блоков графической карты, в физические адреса видеопамяти.

Address Generator можно подразделить на три функциональные блока

Plane Unit Блок слоев видеопамяти.

Этот блок заведует адресацией и отображением разных слоев видеопамяти.

Он работает в 4- , 16-цветных графических режимах, а так же во всех текстовых видеорежимах. В текстовых видеорежимах в слое 0 находятся символы, в слое 1 находятся атрибуты символов, в слое 2 находятся описания символов для знакогенератора, а слой 3 не используется.

AddressUnit Блок адресов видеопамяти.

Этот блок принимает от **Memory Decoder** адрес, выставленный CPU на системной шине компьютера, как смещение байта в видеопамяти и преобразует его в соответствии с текущим видеорежимом. Для текстовых режимов, чтобы разделить символы и атрибуты, выделяется младший бит, который передается **Plane Unit** для выбора между плоскостями 0 и 1.

Bank Unit Блок банков видеопамяти .

Этот блок заведует переключением и отображением банков видеопамяти. В нем имеется специальный регистр - регистр переключения банков видеопамяти, в котором хранится номер текущего банка видеопамяти. Обычно можно как читать, так и писать в этот регистр. Однако, на некоторых графических картах этот регистр разделен на специальные регистры чтения и записи, имеющие разные индексы или даже разные адреса портов. Порт, через который виден данный регистр не стандартизирован. Как правило, фирмы-

изготовители графических карт делают его одним из регистров **Sequencer**, **Graphics Controller**

Все банки видеопамяти имеют одинаковый размер. Как правило он равен 64К но на некоторых графических картах этот размер можно изменять от 32К до 128К. Это делается с помощью специальных перемычек на плате или же какого-либо из регистров. Этот регистр - регистр размера банков видеопамяти, как правило, находится в том же порту, что и регистр переключения банков видеопамяти. Так же он может быть частью регистра, имеющего какую-либо другую функцию.

Графическая карта принимает с системной шины компьютера не все биты адреса, выставляемые CPU, а только младшие, которые необходимы для адресации внутри одного банка видеопамяти. В зависимости от размера банка видеопамяти, принимается 15, 16 или 17 младших бит. Таким образом, номер банка видеопамяти играет роль сегмента, а биты адреса, взятые с системной шины, - смещения внутри видеопамяти. Кроме того, на размер банка видеопамяти и на количество бит, принимаемых с системной шиной, влияет наличие или отсутствие разбиения видеопамяти на слои

Физический адрес видеопамяти складывается из следующих компонентов:

1. номера слоя (в том случае, если текущий видеорежим включает разбиение видеопамяти на слои),
2. смещения, взятого с системной шиной,
3. номера банка видеопамяти.

-Слой участвует в построении адреса только в 4 и 16-цветных графических, а так же во всех текстовых видеорежимах. Количество бит, отводимое под номер слоя (1 или 2), зависит от количества слоев (2 или 4).

-Битность смещения зависит от установленного размера банка видеопамяти.

- На номер банка остаются все старшие биты адреса. Их количество зависит от размера доступной видеопамяти.

10. Sequencer -Формирователь последовательностей

Этот блок управляет потоком данных из видеопамати и **Graphics Controller** в **Attribute Controller**

(если он участвует, см. ниже) и **DAC** кроме того он участвует во включении одного из механизмов **Character Generator**, а так же распределяет последовательности сигналов управления, осуществляющие чтение/запись видеопамати, синхронизацию **Graphics Controller** и **Attribute Controller**

Sequencer содержит несколько регистров влияющих на работу других блоков графической карты. С его помощью можно запретить изменение некоторых или всех слоев видеопамати, выбрать одну из восьми таблиц описания символов для знакогенератора и др.

Кроме набора из пяти основных регистров в этом блоке обычно присутствует множество регистров специального значения. Это разнообразные регистры тестирования, расширения стандартных регистров, а так же просто дублирующие регистры других блоков. Это связано с узловым местоположением **Sequencer** в архитектуре графического контроллера. Все эти регистры недокументированны и для карт разных фирм-изготовителей. В большей степени наличие таких регистров характерно для sVGA и в меньшей для VGA графических карт.

Из Рис. 1 видно, что этот блок связан почти со всеми основными блоками. Он является как бы главными воротами, через которые проходит почти вся внутренняя информация графической карты.

11. Character Generator, Генератор символов текстового режима

Этот блок работает только в текстовых видеорежимах. Он осуществляет преобразование кодов символов в графическое представление этих символов. Это преобразование происходит по специальной таблице описания символов. Коды символов располагаются в слое 0. Таблица описания символов **Character Definition Map / Table**, находится в слое 2 и существует

только в текстовых видеорежимах. Подобных таблиц в sVGA/VGA картах может быть от одной до восьми. Все эти таблицы должны быть загружены в слой 2 после постановки видеорежима.

В один и тот же момент в sVGA/VGA картах может быть использовано до двух таблиц описания символов по 256 символов каждая. Количество таблиц и то, какие именно из восьми существующих в видео памяти таблиц будут использоваться в данный момент, управляется специальным регистром

Sequencer

Ширина символов всегда равна 8ми битам (8ми пикселям), т.е. одному байту. А высота символов (количество байт, приходящееся на описание одного символа) регулируется специальным регистром CRTC

Max Scan Line (Index 09h)

Смещение описания конкретного символа от начала текущей таблицы описаний можно вычислить следующим образом:

Character Offset=(CRTC[9]+1)* **Character Code**

12. Graphics Controller Контроллер доступа к графической информации

Этот блок заведует обновлением содержимого видеопамяти. Как уже отмечалось, к видеопамяти нет прямого доступа с системной шины через **Bus Transceiver** Любой обмен данными между системной шиной и видеопамятью производится только через **Graphics Controller**

Помимо набора регистров в **Graphics Controller** можно выделить два блока - **Logical Functions Unit** Блок логических функций. Этот блок осуществляет преобразование данных, находящихся по текущему адресу видеопамяти в соответствии с содержимым следующих регистров:

установленной в регистре логической функции (Index 03),

установленным в регистре текущим режимом записи/чтения и др. (05)

Кроме того этот блок может принимать и передавать данные из видеопамати в CPU и наоборот. Способ приема и передачи этой информации различен для разных режимов записи/чтения из видеопамати, устанавливаемых в регистре (05)

- **Latches** -Блок регистров-защелок. Этот блок содержит четыре регистра временного хранения. В них попадает информация из видеопамати при выполнении операции и чтения из CPU } по любому адресу, при надлежащем видеопамати. При любой операции и записи CPU по адресу, при надлежащем видеопамати, текущее содержимое регистров-защелок записывается в видеопамать. Способ записи зависит от режимов чтения/записи в видеопамать, устанавливаемых в регистре \Mode (5) Этот блок работает только в графических режимах.

13. Attribute Controller Контроллер цветовых атрибутов

Этот блок работает только в тех графических видеорежимах, в которых имеется разбиение видеопамати на слои, а так же во всех текстовых видеорежимах. Он занимается трансляцией номера цвета из 4-или 16-цветной палитры в номер регистра DAC, в котором лежат истинные значения RGB составляющих конечного цвета пикселя. Кроме того **Attribute Controller** управляет цветом бордера, цветами фона и текста в текстовых видеорежимах и горизонтальным смещением первого отображаемого пикселя в последовательности из 8 пикселей, описываемой каждым байтом в послойных видеорежимах.

Во всех остальных высокоцветных видеорежимах, где на один пиксель приходится один и более байт, данный блок не участвует. Номер цвета пикселя, находящийся в видеопамати, в этих видеорежимах направляется блоком **Sequencer** прямо в DAC где разбирается на RGB составляющие.

Attribute Controller выполнен, как функционально монолитное устройство, и поэтому его трудно разделить на какие-либо блоки, но можно сказать, что он содержит следующее:

Color Selector - Блок выбора регистра палитры. Этот блок производит выбор регистра палитры по номеру цвета, поступающему в **Attribute Controller** из блока **Sequencer**. Перед поступлением в **Color Selector** этот номер цвета предварительно маскируется значением регистра **Color Plane Enable - Index 12h**

Palette Registers - Блок регистров палитры. Этот блок представляет собой регистровый файл, в котором хранятся 6-битные значения палитры. Эти значения поступают в **Color Translator** для последующего дополнения. Два старших бита в каждом из регистров могут иметь какие-либо значения, записанные вместе с 6-ю младшими, но в трансляции цвета они просто не участвуют.

Color Translator Блок трансляции цвета. Этот блок производит дополнение 6-битного значения, взятого из регистра палитры, до необходимого DAC 8-битного, в соответствии с содержимым регистров **Mode Control Index 10h, Color Select Index 14h**.

Несколько регистров, в которых хранятся значения цвета бордера, горизонтального смещения отображаемых пикселей, и информация, необходимая для осуществления трансляции цвета.

Трансляция номера цвета происходит в несколько этапов:

1. Первоначальный номер цвета маскируется значением из регистра **Color Plane Enable - Index 12h**.
2. Получившееся значение выбирает один из 16-и регистров палитры.
3. Из регистра палитры берется 6-битное значение.
4. 6-битное значение дополняется до 8-битного в соответствии с одной из двух схем трансляции .

5. Полученное 8-битное значение направляется в DAC.

Такая сложная схема продиктована необходимостью сохранения совместимости с программным обеспечением, написанным для графических карт EGA, и в высокоцветных режимах не поддерживается.

14. DAC (Digital to Analog Converter) Аналого-цифровой преобразователь

Этот блок стоит последним на пути прохождения информации от видеопамати до монитора. Он выполняет свои функции во всех видеорежимах без исключения, так как именно этот блок содержит в себе аналоговую часть, генерирующую сигналы, поступающие на монитор.

DAC разделяется на цифровую и аналоговую части, а так же на следующие блоки:

PEL Selector - Блок выбора PEL-регистра DAC. Этот блок производит выбор PEL-регистра по 8-битному номеру, поступающему в DAC из **ATTRIBUTE CONTROLLER** или **SEQUENCER**, для выбора RGB составляющих цвета пикселя. Либо активизирует PEL-регистр для записи или чтения его содержимого из специальных портов, принадлежащих DAC.

PEL Registers - Блок PEL-регистров DAC. Этот блок представляет собой регистровый файл, содержащий 256 18-битных регистров. Каждый регистр разбит на три 6-битные части. В каждой из частей находится значение интенсивности составляющей R,G или B.

Arlatog Unit - Блок аналоговой части. В этот блок поступают 6-битные значения RGB компонент из выбранного PEL-регистра. А так же необходимые для получения разверток монитора синхросигналы из CRTCS. На выходе этого блока получается полный набор синхро- и RGB-сигналов, необходимых для функционирования аналогового монитора.

Несколько блоков со специальными портами, необходимых для записи и чтения значений PEL-регистров, и управления общим состоянием DAC.

В 4-, 16-, 256-цветных видеорежимах, а так же в текстовых и монохромных видеорежимах, DAC преобразует поток из 8-битных номеров цветов пикселей (номеров регистров ВАС) в аналоговые сигналы, поступающие на монитор. Во всех перечисленных режимах, исключая 256-цветный, эти данные поступают в него из ATTRIBUTE CONTROLLER. В 256-цветных режимах данные поступают в DAC напрямую из SEOUENCER

В высокоцветных видеорежимах поток данных поступает в этот блок так же напрямую из SEOUENCER. Но в этом случае он представляет собой не номера регистров DAC, а сразу RGB-составляющие истинных цветов. Для разных высокоцветных видеорежимов количество бит, приходящихся на один пиксель различно, но схема преобразования в аналоговые сигналы одинакова. В этих видеорежимах RGB данные, поступающие в DAC, подаются сразу на аналоговую часть.

Программа вывода полутонового (серого) клина.

```
reg: registers;
reg.AX:=$0013
intr ($10, reg)          - режим
for i:=1 to 255 do begin - заполнение регистров палитры
reg.ax:=$1010
reg.bx:=i;               - N регистра
reg.ch:=i;               - зел
reg.cl:=i;               - син
reg.dh:=1;               - кр
intr ($10,reg);
end;
color:=256
for col:=319 downto 0 do
```

```
begin
color:=color-1;
reg.ax:=$0c00+color;
if color=0 then color:=256;
reg.bx:=0;           - страница 0
reg.bx:=10;         - строка
reg.cx:=column;     - столбец
intr ($10,reg);
end;
end.
```

11.ИНТЕРФЕЙСЫ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ.

11.1. Общие сведения об интерфейсах.

Интерфейс - совокупность унифицированных аппаратурных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации взаимодействия различных функциональных элементов в системе при условиях, предписанных стандартом и направленных на обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости.

Проектирование интерфейсов осуществляется на основе четырех взаимосвязанных принципов:

- а) групповое проектирование - заключается в создании ряда функционально и конструктивно подобных устройств (модулей) определенного назначения, соответствующих разнообразным условиям их использования;
- б) агрегатирование проектирования - состоит в рациональном разделении системы или устройства на совокупность более простых функционально и конструктивно законченных блоков (модулей);
- в) унификация проектирования - заключается в минимизации номенклатуры составных узлов, блоков устройства, модулей, связей между ними при условии рациональной компоновки и эффективного функционирования устройства или системы;
- г) взаимозаменяемость - основывается на способности модуля выполнять в устройстве различные установочные функции без дополнительной конструкторской доработки (является следствием процесса унификации).

Основным назначением интерфейса является унификация внутрисистемных и межсистемных связей и устройств сопряжения с целью эффективной реализации прогрессивных методов проектирования функциональных элементов вычислительных систем.

Основные функции интерфейса - обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости между функциональными элементами системы.

Информационная совместимость - это согласованность взаимодействий функциональных элементов системы в соответствии с совокупностью логических условий, которые определяют структуру и состав унифицированного набора шин; процедур по реализации взаимодействия и последовательность их выполнения; способ кодирования и форматы данных, команд, адресной информации и информации состояния; временные соотношения между управляющими сигналами, ограничения на их форму и взаимодействие (перечисленные выше условия для большинства интерфейсов стандартизируются и лишь в отдельных случаях носят рекомендательный характер.

Электрическая совместимость - это согласованность статических и динамических параметров электрических сигналов в системе шин с учетом ограничений на пространственное размещение устройств интерфейса и техническую реализацию приемопередающих элементов.

Конструктивная совместимость - это согласованность конструктивных элементов интерфейса, предназначенных для обеспечения механического контакта электрических соединений и механической замены схемных элементов, блоков и устройств.

Принципы организации интерфейсов.

Составными физическими элементами связей интерфейса являются электрические цепи, называемые линиями интерфейса. Часть линий, сгруппированных по функциональному назначению, называется шиной, а вся совокупность линий - магистралью.

Условно можно выделить две магистрали: информационного канала и управления информационным каналом. По информационной магистрали передаются коды данных, адресов, команд и состояний устройств. Магистраль

управления делится на ряд шин: управления обменом, передачи управления, прерывания, специальных управляющих сигналов.

Функциональная организация определяет ряд основных функций интерфейса, которые необходимо реализовать для обеспечения информационной совместимости. К ним относятся: селекция информационного канала, синхронизация обмена информацией, координация взаимодействия, буферное хранение информации, преобразование формы представления информации. Первые три функции возлагаются на канал управления, остальные на информационный канал.

11.2. Виды интерфейсов

Стык - место соединения устройств передачи данных (ГОСТ 23633-79). Используется вместо понятия “интерфейс” для описания функций и средств сопряжения элементов.

Стандарты и рекомендации по стыку (например С2) определяют характеристики:

общие (скорость, последовательности передачи)

функциональные и процедурные (категории цепей; правила их взаимодействия)

электрические (параметры генераторов, приемников, нагрузок)

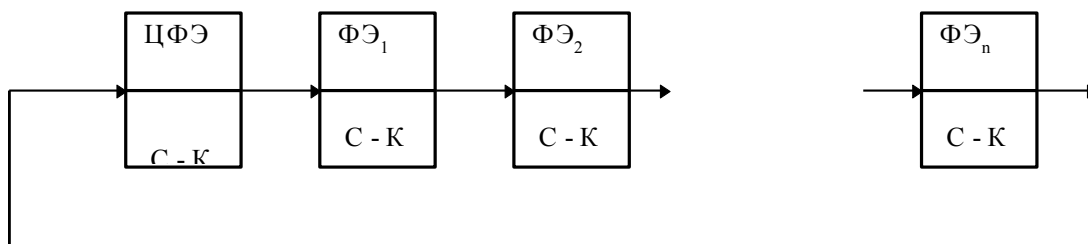
механические (габариты, распределение контактов).

Протокол - строго заданная процедура или совокупность правил, определяющих способ выполнения заданных функций.

При построении автоматизированных систем элементы объединяются в определенные структуры с целью выполнения заданных алгоритмов.

Каскадное соединение. Информация передается только в одном направлении от предыдущего функционального элемента (ФЭ) к последующему. Если сообщение не адресовано данному ФЭ, она транслируется без

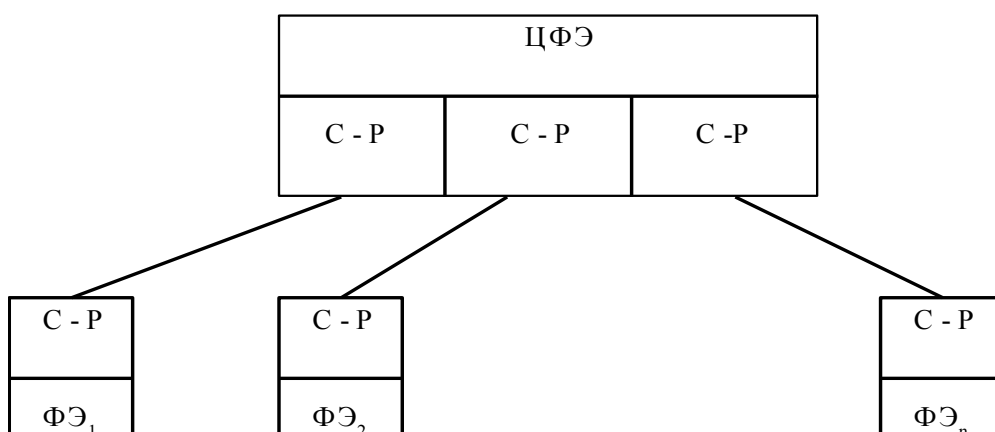
изменений. Такая структура характеризуется малой скоростью обмена, но имеет минимальное число шин.



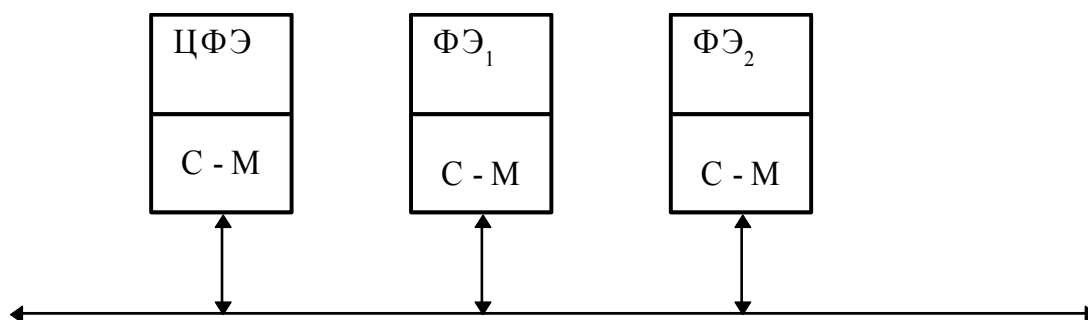
ЦФЭ - центральный функциональный элемент

С - К - стык каскадный (стандартный интерфейс)

Радиальное соединение. ЦФЭ связывается с каждым ФЭ. Такая система обладает наибольшей надежностью и производительностью, но ограничена по числу ФЭ, в ней невозможен непосредственный обмен между ФЭ.



Магистральное соединение. Связь между элементами только через магистраль.



По способу передачи интерфейсы (стыки) разделяются на параллельные, последовательные и параллельно-последовательные. Этот признак характеризует размерность того элемента, который передается одновременно. Последовательный способ - бит, последовательно - параллельный - байт, чисто параллельный - одно машинное слово.

По принципу организации обмена информации во времени выделяются интерфейсы:

с синхронной передачей (по меткам времени)

с асинхронной передачей.

11.3. Интерфейс радиальный параллельный (ИРПР)

ИРПР (международный аналог BS442) предназначен для сопряжения ЭВМ с радиально подключенными устройствами, находящимися до 5м и до 15м в случае бифиляров от ЭВМ. Он рассчитан на организацию параллельного асинхронного обмена между источником и одним приемником одно- или двухбайтовыми словами.

Линии связи можно разбить на группы: сигнальные, управления и заземления.

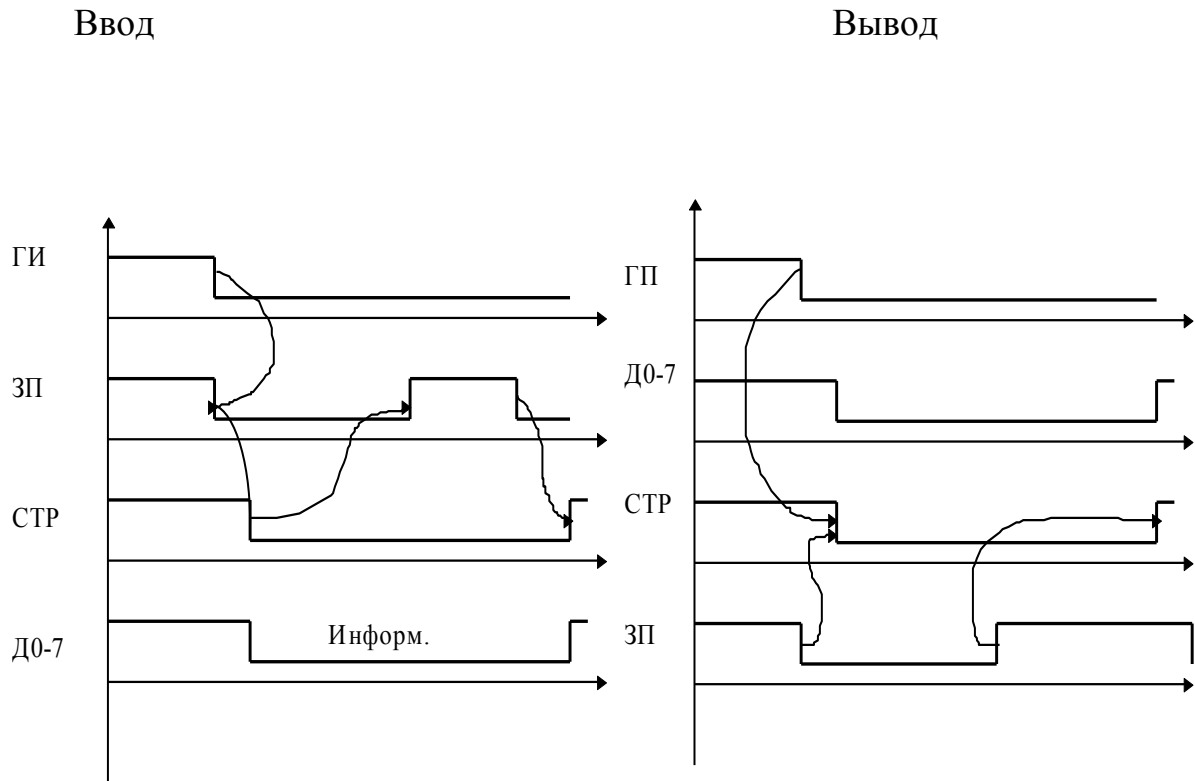
	┌ Данные	Д0...Д7, Д8...Д15
	Контрольные разряды	КР1, КР2
Сигнальные	Состояние приемника	СП1...СП8
	└ Состояние источника	СИ1...СИ8
	┌ Готовность источника	ГИ
	Готовность приемника	ГП
Управления	Строб источника	СТР
	└ Запрос приемника	ЗП
	┌ Экран	Э

Заземления | Нуль

ОВ

Возможно два вида обмена: асинхронный и по прерыванию.

Диаграмма обмена:



Для построения контроллера ИРПР могут быть использованы БИС, например, КР580ВВ55.

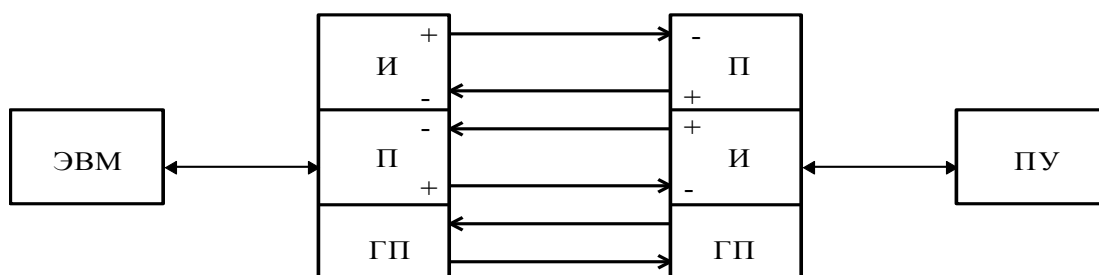
Для программиста ИРПР представляют собой устройство имеющее два адресуемых регистра: регистр состояния (РС) и регистр данных (РД). Алгоритм асинхронного обмена заключается в циклическом опросе бита готовности РС и, если устройство готово, в записи или чтении байта (16р слова) информации.

11.4. Интерфейс радиальный последовательный (ИРПС)

Максимальная удаленность передатчика и приемника 1500м. Скорость передачи: в асинхронном режиме до 9600 бит/с, в синхронном до 56 Кбит/с.

Перечень сигнальных линий:

Передаваемые данные	ПД+	от И к П
	ПД-	от П к И
Принимаемые данные	ПрД+	от П к И
	ПрД-	от И к П
Готовность приемника (необязательна)	ГП+	от П к И
	ГП-	от И к П



Физически для организации обмена между ЭВМ и периферийным устройством необходимы два контроллера ИРПС. Один связан с ЭВМ, а другой с ПУ. Линии дуплексной связи образуют два независимых контура. Эти контуры представляют собой, так называемые “токовые петли”. Передача информации в них идет токовыми посылками 20 или 40 мА. В целях улучшения помехоустойчивости контура подключаются через оптрона (гальванически развязаны).

Формат передаваемых в посылке данных приведен на рисунке. Данные начинают передаваться с младшего значащего разряда и завершаются передачей старшего разряда. Нижний уровень соответствует отсутствию тока в токовой петле, верхний - наличию тока. Логический ноль информационных битов - наличие тока, логическая “1” - отсутствие тока. 0 бит - стартовый. Количество бит в информационной посылке от 5 до 8. 8-ой или 9-й бит обычно бит четности.

№	Назначение контакта	
1	Детектор принимаемого сигнала	Вход
2	Принимаемые данные	Вход
3	Передаваемые данные	Выход
4	Готовность входных данных	Выход
5	Сигнальное заземление	-
6	Готовность данных	Вход
7	Запрос для передачи	Выход
8	Сброс для передачи	Вход
9	Индикатор вызова	Вход

±15В

11.5. Приборный интерфейс (МЭК).

Для упрощения проектирования систем как совокупности функциональных блоков (ФБ) различного назначения, необходимо обеспечить их взаимную информационную связь или совместимость. Это достигается использованием стандартного интерфейса. Проект разработки стандартного интерфейса для программируемых приборов был принят под руководством МЭК (Международная электротехническая комиссия). В качестве основы был принят интерфейс фирмы Hewlett Packard для измерительных систем.

Создание системы в этом случае сводится к соединению отдельных приборов специальными кабелями. При этом следует помнить, что структуры данных и программное обеспечение отдельных приборов могут быть несовместимы.

Все блоки соединяются между собой кабелями, имеющими 24 провода. 16 из них являются сигнальными линиями, а 8 оставшихся проводов - нулевые-сигнальные, образующие витые пары, повышая помехоустойчивость импульсных линий.

Интерфейс обеспечивает работу системы с одним уровнем централизации при использовании ФБ четырех видов: прибор-источник (ПИ), прибор-

приемник (ПП), прибор-источник приемник (ПИП), прибор-контроллер (ПК).

В таблице представлена система шин приборного интерфейса.

Линии данных служат для передачи чисел, адресов или адресованных команд. Вторичные адреса используются в системах с расширенной адресацией ФБ, т. е. с двухбайтовой адресацией.

Линия “готовность к приему” (ГП) отражает готовность ФБ к приему нового байта (высокий уровень потенциала).

Линия “сопровождение данных” (СД) выдается прибором-источником при условии, что в линии ГП высокий уровень, т. е. все приемники приняли предыдущую информацию. Сигнал СД свидетельствует о том, что данные установлены и могут быть фиксированы в приемниках.

Линия “данные приняты” (ДП) - ответ ФБ о том, что данные восприняты. Высокий уровень сигнала в линии ДП появляется только после того, как все активизированные приемники зафиксируют информацию.

Группа шин	Название шины	Сокращенное обозначение.		Интерфейсные функции.
		Русское	Международное	
1. Информационные	Линии данных.	ЛД0 - ЛД7	DI01-DI07	К, И, ПР.
2. Сопровождения и синхронизации.	Готов к приему.	ГП	NFRD	СП
	Сопровождение данных.	СД	DAV	СИ
3. Управления прерыванием работы контроллера	Данные приняты.	ДП	NDAC	СП
	Управление	УП	ATN	К
3. Управления прерыванием работы контроллера	Запрос на обслуживание	ЗО	SRQ	И, ИР.
	Конец передачи или идентификация	КП (ИДТ)	EOI	К, И, ИР.
4. Управление состоянием системы.	Очистить интерфейс	ОИ	IFC	К.
	Дистанционное управление.	ДУ	REN	К.
5. Вспомогательные	Бифилярные обратные провода сигналов ГП, СД, ДП, УП, ЗО, ОИ. Экран. Общий провод питания (логическая земля).	Л17-Л22		
		Л23 Л24		

Линии данных служат для передачи чисел, адресов или адресованных команд. Вторичные адреса используются в системах с расширенной адресацией ФБ, т. е. с двухбайтовой адресацией.

Линия “готовность к приему” (ГП) отражает готовность ФБ к приему нового байта (высокий уровень потенциала).

Линия “сопровождение данных” (СД) выдается прибором-источником при условии, что в линии ГП высокий уровень, т. е. все приемники приняли предыдущую информацию. Сигнал СД свидетельствует о том, что данные установлены и могут быть фиксированы в приемниках.

Линия “данные приняты” (ДП) - ответ ФБ о том, что данные восприняты. Высокий уровень сигнала в линии ДП появляется только после того, как все активизированные приемники зафиксируют информацию.

Линия “управление” (УП) определяет передачу от контроллера числовой либо командной (адреса, команды, состояния) информации. Числовой информации соответствует высокий уровень потенциала в линии УП, а командной - низкий уровень.

Линия “запрос на обслуживание” (ЗО) прерывает работу контроллера и инициирует обслуживание ФБ, выставившего запрос. Все ФБ подключены к шине ЗО параллельно. Низкий уровень на этой шине указывает, что одно или несколько устройств запросили программу обслуживания. Контроллер последовательным опросом выясняет, кто конкретно требует обслуживания и переходит на соответствующую программу. Приоритет ФБ определяется программой контроллера.

Линия “конец передачи или идентификация” (КП) - (ИДТ) имеет двойное назначение. Во-первых, сигнал КП (низкий уровень) устанавливается прибором-источником при передаче последнего байта, сигнализируя, что данных больше нет, во-вторых, сигнал идентификации (низкий уровень) выдается контроллером в случае параллельного опроса требований от функ-

циональных блоков. При идентификации каждый из ФБ, запросивших обслуживание, выставляет единицу на закрепленной за ним линии данных ЛД0-ЛД7. Таким образом, контроллер может сразу опросить восемь ФБ и узнать, какие из них требуют обслуживания.

Линия “очистить интерфейс” (ОИ) - начальная установка, т. е. приведение в исходное состояние схемы интерфейса и элементов сопряжения всех приборов.

Линия “дистанционное управление” (ДУ) определяет состояние системы. Низкий уровень сигнала на шине ДУ разрешает дистанционное управление от контроллера. Высокий уровень в линии ДУ означает, что приборы управляются сигналами, посылаемыми с панели управления (местное управление).

Организация обмена сообщениями.

Все приборы снабжены интерфейсными картами (ИК), через которые они подсоединяются к шинам параллельно. При этом одновременно могут взаимодействовать только один из ПИ и ПП. Передача информации от ПИ к ПП (одному или нескольким) происходит побайтно, координируется сигналами на шинах сопровождения и синхронизации, осуществляется в режиме запрос-ответ-подтверждение и имеет место только после того, как выбраны ПИ, ПП и между ними установлена связь.

Каждый прибор, предназначенный для использования в системе, содержит три класса функций: функции устройства, функции (логику) кодирования дистанционной информации, функцию интерфейса.

К функциям устройства относятся функции, определяющие область применения и назначения устройства (например, диапазоны измерений). Однако эти функции стандартом не регламентируются.

Функции интерфейса обеспечивают выполнение определенных операций при работе прибора в системе и регламентируются стандартом.

В интерфейсе устанавливаются ограничения на коды и форматы данных, передаваемых по магистрали.

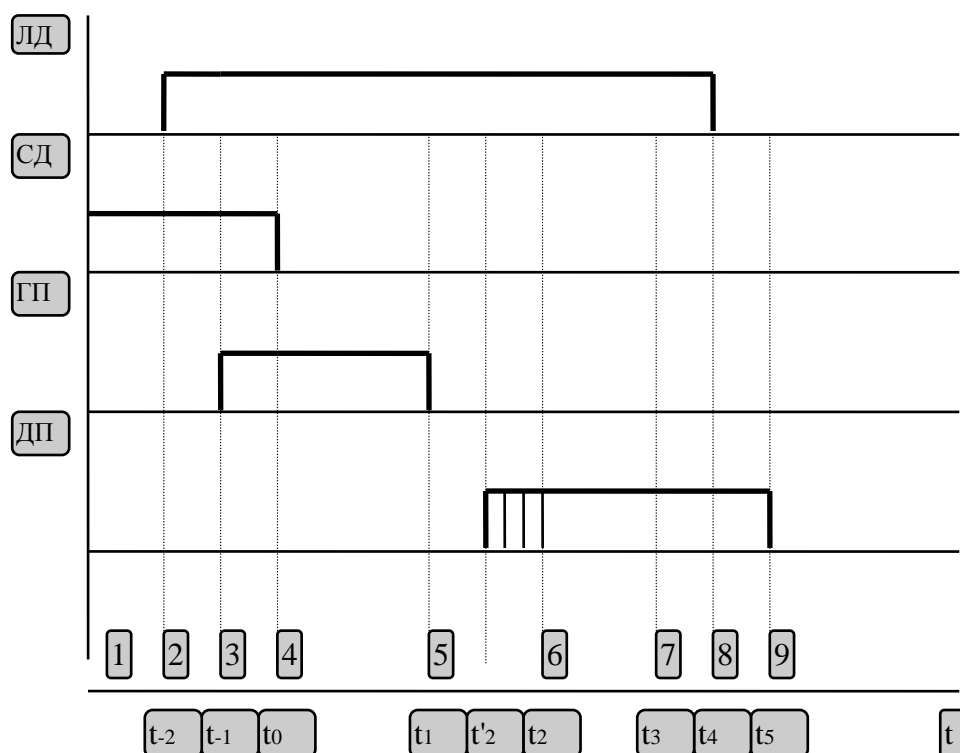
В рассматриваемом интерфейсе предусмотрено 10 функций, которые в зависимости от прибора и его назначения реализуются аппаратно или программно. Наиболее часто используются функции: СИ, СП, И, П.

Вид функции.	Символическое обозначение.	
	Русское	Международное
1. Синхронизация передачи источника.	СИ	SH
2. Синхронизация приема.	СП	АН
3. Источник или источник с расширением.	И или ИР	Т ТЕ
4. Приемник или приемник с расширением.	П или ПР	Л LE
5. Запрос на обслуживание.	З	SR
6. Дистанционное или местное управление.	ДМ	RL
7. Параллельный опрос.	ОП	PP
8. Очистить устройство (сброс прибора).	СП	DC
9. Запуск устройства.	ЗП	DT
10. Контроллер.	К	С

Передача информации по магистрали МЭК организуется контроллером. В начале каждого цикла обмена информацией выставляется сигнал на линии УП (АТN), инициируя функцию синхронизации приема СП (АН). Функция воздействует на дешифратор команд, подготавливая его к приему адреса. Затем в соответствии с программой работы системы передается адрес ПП (или последовательно адреса нескольких приемников) и адрес ПИ информации. После адресации ПИ снимается сигнал с линии УП и происходит побайтная передача информации. Цикл передачи любого байта состоит из трех фаз.

- Прибор-источник выдает новый байт информации и устанавливает соответствующие сигналы на линиях ЛД0 - ЛД7 информационной шины.
- Прибор-приемник воспринимает данный байт и разрешает снять сигналы с шины данных.
- Устройство подготавливается к приему следующего байта данных.

Рассмотрим процедуру передачи данных по 9 основным этапам.



1. В исходном состоянии источником на линии СД установлен высокий уровень сигнала (т. е. данные на шинах ЛД не достоверны), а на линиях ГП и ДП низкий (ни один из приемников не готов к приему информации и не принял ее).

2. В момент времени $t-2$ ПИ проверяет состояние ПП (его готовность к приему байта данных). Если исходное состояние верно (уровень на ДП и ГП низкий), то он выставляет на ЛД байт данных. Если же исходное состояние

неверно (высокий уровень на ДП и ГП), то ПИ сигнализирует о наличии ошибки и прекращает процесс обмена.

3. В момент времени $t-1$ приемники меняют уровень на ГП с низкого на высокий, указывая тем самым на готовность принять данные.

4. Под действием сигнала высокого уровня на линии ГП прибор-источник понижает (в момент t_0) уровень сигнала на линии СД. Это означает, что все данные выставлены и верны, т. е. пригодны к приему.

5. После перехода СД на низкий уровень ПП переводит (в момент t_1) линию ГП в низкое состояние (не готов к приему) и принимает данные. Готовность к приему данных сменяется на их прием.

6. В момент времени t_2 ПП, обладающий наибольшим быстродействием, изменяет уровень на линии ДП с низкого на высокий, показывая тем самым, что данные приняты. Однако линия ДП остается на низком уровне до момента времени t_2 , когда ПП с наименьшим быстродействием тоже примет данные. Переход линии ДП в высокое состояние указывает на то, что все приемники приняли информацию.

7. Источник, приняв информацию о том, что в линии ДП высокий уровень сигнала, устанавливает высокий уровень линии СД (момент времени t_3). Это означает, что данные на ЛД не считаются более действительными, о чем и сообщается ПП.

8. ПК проверяет, есть ли информация и, если да, то подготавливается к выдаче следующего байта данных, а если нет, то цикл обмена завершается (t_4).

9. ПП под воздействием сигнала высокого уровня на линии СД понижает (момент времени t_5) уровень на линии ДП, подготавливаясь к следующему циклу обмена информацией.

К первой фазе передачи информации относятся этапы 1 - 4, ко второй фазе 5 и 6, а к третьей - этапы 7 - 9.

Одним из современных аналогов интерфейса МЭК625.1 является интерфейс General Purpose Interface Bus (GPIB, КОП).

12 Периферийные процессоры обработки сигналов

12.1. Распределенная обработка сигналов. Виды процессоров

Основным подходом при создании новых высокопроизводительных систем сбора и обработки сигналов является применение распределенных методов обработки информации. За счет оптимального распределения функций обработки между периферийными узлами, периферийными процессорами и ЭВМ (один или несколько обычно универсальных процессоров) система позволяет существенно увеличить быстродействие процесса обработки в реальном времени, при этом периферийные процессоры и узлы обеспечивают высокое быстродействие интегральных и других преобразований, а ЭВМ – надежную и долговременную память, интерактивность процесса обработки данных.

Структурная схема системы обработки сигналов приведена на рис.1. Как видно из рисунка, сигнал поступает с датчиков, затем обрабатывается в аналоговом процессоре, преобразовывается в цифровой вид, обрабатывается в периферийном цифровом процессоре и вводится в ЭВМ. На рисунке отмечены обратные связи, благодаря которым обеспечивается синхронизация работы отдельных узлов. На схеме на выходе датчиков не выделен аналоговый коммутатор, т.к. аналоговый процессор может иметь несколько входов и обрабатывать сигналы параллельно.

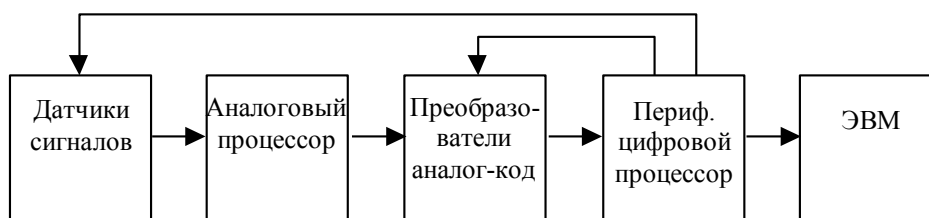


Рис. 1. Структурная схема системы обработки сигналов

Среди аналоговых процессоров особое место занимают оптические и оптоэлектронные процессоры, т.к. находят широкое применение в ряде задач. Особенность таких процессоров заключается в их узкой специализации на выполнение определенного набора операций, но с высоким быстродействием. Преобразователем вида представления информации в этом случае является не только АЦП, но и фотоприемник. В большинстве случаев используются твердотельные фотоприемники на приборах с зарядовой связью (ФПЗС), которые позволяют не только преобразовывать сигнал из оптического в электрический, но и частично обрабатывать его. ФПЗС можно рассматривать как дискретный аналоговый процессор.

Среди периферийных цифровых процессоров выделяются два типа процессоров: цифровые сигнальные процессоры (ЦСП) и мультимедийные процессоры. Первые являются разновидностью встроенных контроллеров, а вторые – специализированных процессоров.

12.2. Цифровые периферийные процессоры

12.2.1. Сигнальные процессоры

Отличительной особенностью задач цифровой обработки сигналов является поточный характер обработки больших объемов данных в реальном режиме времени, требующий от технических средств высокой производительности и обеспечения возможности интенсивного обмена с внешними устройствами. Соответствие данным требованиям достигается в настоящее время благодаря специфической архитектуре ЦСП.

ЦСП отличаются от универсальных процессоров следующими архитектурными элементами:

- несколько вычислительных устройств обеспечивают быстрое выполнение операций типа свертка, фильтрации и др.; набор вычислительных устройств кроме обычного АЛУ включает: умножитель, сдвигатель и др;

- две (в ЦСП фирмы Analog Devices) и более внутренних шин обеспечивают параллельное выполнение команд и следовательно и высокое быстродействие, но и прямой доступ в память (ПДП);
- встроенный контроллер прерываний обрабатывает запросы за фиксированное время (в ADSP за 3 такта) и использует не только дальний вызов обработчика прерываний, но и ближний;
- встроенный контроллер прямой доступ в память (ПДП) в ряде ЦСП позволяет независимо от исполнительных устройств и параллельно с вычислениями осуществлять ПДП;
- внутренний таймер позволяет поддерживать синхронный канал без использования внешних элементов, его можно применить для временной привязки диаграммы управляющих сигналов;
- один или несколько последовательных интерфейсов для связи с внешними устройствами (ПК, АЦП и др.);
- большая внутренняя память как ПЗУ, так и ОЗУ (до 512 Кб); память разделена на память команд и данных.

Обобщенная схема процессора приведена на рис.2.

В числе наиболее распространенных сигнальных процессоров можно назвать изделия следующих компаний Motorola (56002,96002), Intel (i960), Texas Instruments (TMS320Cxx), Analog Devices (21xx, 210xx).

Основные особенности ЦСП при программировании и выполнении команд:

- 1). Набор регистров специализирован, каждый узел ЦСП имеет свои регистры, для исполнительных устройств это входные и выходные регистры. Сложение двух операндов в этом случае запишется $AR=AX0+AY0$, где AR – регистр результата, а AX0 и AY0 – входные регистры АЛУ.
- 2) В форматах команд предусмотрено длинное командное слово VLIW (мно-

гофункциональные инструкции), которое обеспечивает параллельное выполнение ряда простых команд, например сложение и параллельная загрузка двух операндов.

- 3). Конвейер команд используется на уровне отдельных микроинструкций.
- 4). Умножение двух чисел выполнять за один командный такт, т.к. в большинстве ЦСП существует аппаратный умножитель.
- 5). Реализация одноканального умножения и команд, использующих в качестве операндов содержимое ячеек памяти, обуславливает низкие тактовые частоты работы ЦСП. Специализация не позволяет подымать производительность за счет быстрого выполнения коротких команд типа $R,R \rightarrow R$, как это делается в универсальных процессорах. Этих команд просто нет в программах обработки сигналов.

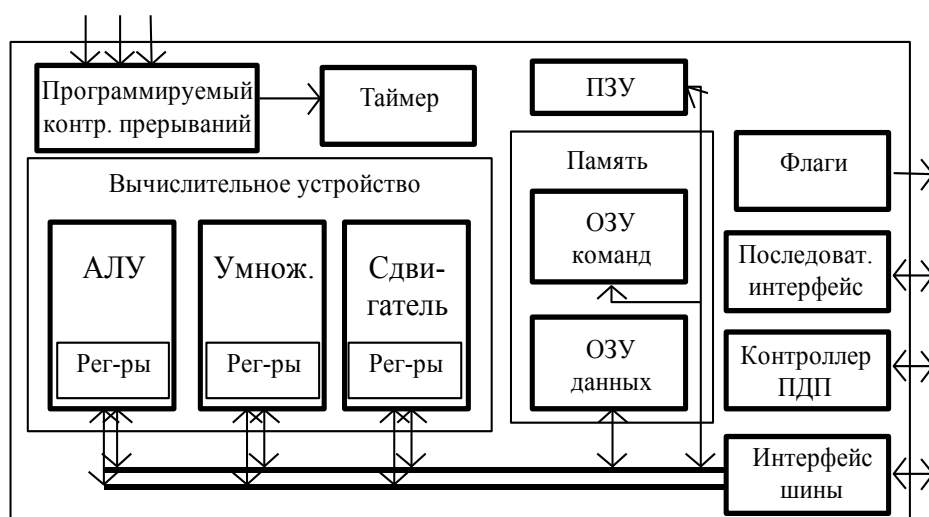


Рис.2. Обобщенная схема цифрового сигнального процессора

Ниже описаны некоторые характеристики ЦСП типа ADSP-2181. Процессор ADSP-2181 является однокрипной микроЭВМ, оптимизированной для цифровой обработки сигналов (DSP) и других высокоскоростных число-

вых прикладных программ обработки. ADSP-2181 объединяет основную архитектуру семейства ADSP-2100 (три вычислительных модуля, генераторы адресов данных и устройство управления программой) с двумя последовательными портами, 16-разрядным внутренним портом прямого доступа в память, портом прямого доступа в байтовую память, программируемым таймером, флажками ввода/вывода, обширными возможностями обработки прерываний, памятью программ и данных на кристалле. ADSP-2181 содержит 80 Кбайт памяти на кристалле, конфигурированной как 16К 24-разрядных слов ОЗУ программ и 16К 16-разрядных слов ОЗУ данных.

Процессор ADSP-2181 обладает следующими характеристиками:

Разрядность 16 бит;

Длительность командного цикла 30 нс при использовании осциллятора 16.67 МГц;

Объем ОЗУ программ - 16 К 16-разрядных слов;

Объем ОЗУ данных - 16 К 24-разрядных слов;

Выполнение команд за один командный цикл;

Переключатель контекста за один командный цикл;

Многофункциональные команды;

Интерфейс ввода/вывода содержит 2048 портов для взаимодействия с параллельными периферийными устройствами;

Программируемый строб памяти и отдельное пространство ввода/вывода;

Программируемый генератор тактов ожидания;

Режим Power-Down с низким рассеянием мощности, выход из режима Power-down за 100 циклов;

Малое рассеяние мощности в режиме Idle ;

На рис.3 приведена программная модель процессора, на которой перечислен набор регистров, как вычислительных узлов, так и периферий-

ных элементов. Как видно, данный процессор является процессором со специализированными регистрами, использование которых определено форматом команд. Периферийные устройства адресуются через внутренние порты, имеют на уровне Ассемблера мнемонические обозначения. Обобщенная структура целочисленного ЦСП типа ADSP-21XX приведена на рис. 4.



Рис.3. Программная модель процессора ADSP-2181

12.2.2. Медийные процессоры

С ростом популярности мультимедийных технологий, увеличением числа приложений и компаний, их разрабатывающих, все большее внимание со стороны производителей микропроцессоров уделяется поддержке алгоритмов сигнальной обработки на уровне команд микропроцессоров. Появляются

операции (команды) с новыми типами данных, характерными для обработки видео- и звуковой информации.

На сегодняшний день можно выделить два класса микропроцессоров, обеспечивающих поддержку мультимедиа на аппаратном уровне; это мультимедийные микропроцессоры и универсальные процессоры с мультимедийным расширением набора команд. Такая классификация отражает в первую очередь ориентацию процессоров на различные области применения. Там, где мультимедийные операции доминируют над традиционными числовыми операциями, эффективно использование мультимедийных микропроцессоров. В тех областях использования, где доля числовой обработки велика, перспективно применение универсальных процессоров с мультимедийным расширением системы команд.

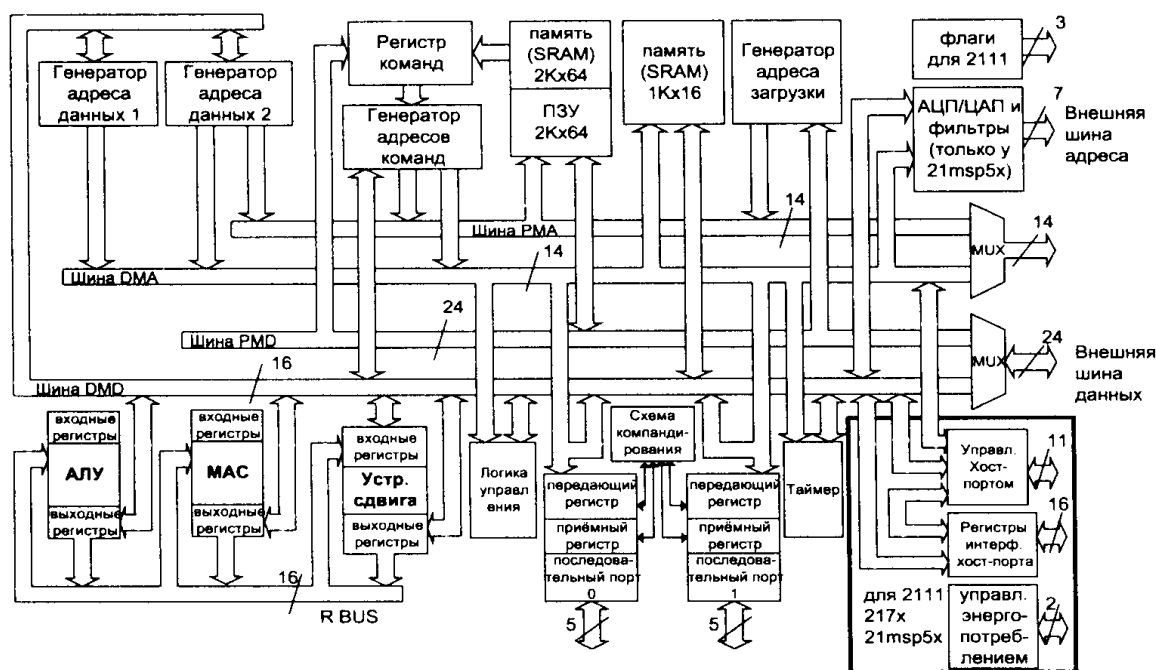


Рис. 4. Обобщенная структура сигнального процессора ADSP 21XX

К первому классу относятся микропроцессоры общего назначения, адаптированные к требованиям мультимедиа. На сегодняшний день к дан-

ному классу можно отнести микропроцессоры UltraSPARC, компании Sun Microsystems, процессоры с мультимедийным расширением системы команд (MMX) компаний Intel - Pentium MMX, Pentium II, Cyrix - 6x86MX (M2), AMD - Кб.

Второй класс представляет собой некоторый гибрид архитектурных решений, характерных для традиционных DSP - процессоров и универсальных микропроцессоров. Микропроцессоры данного класса - медиапроцессоры, предназначены для обработки аудиосигналов, графики, видеоизображений, а также для решения ряда коммуникационных задач в мультимедиа-ПК, в игровых приставках, бытовой технике, PDA. Наибольшее внимание привлекают сегодня микропроцессоры: Mediaprocessor компании MicroUnity; Trimedia компании Philips; Mpract Media Engine компании Chromatic Research; NVI компании Nvidia; MediaGx компании Cyrix. Большинство этих процессоров представляют собой симметричную мультипроцессорную систему с простыми процессорами, обрабатывающими целочисленные операнды. Так процессор MicroUnity позволяет одновременно выполнять до 5 различных задач, используя 5 комплектов 64-разрядных регистров по 64 регистра в каждом. Для каждой задачи выделяется "виртуальный процессор" с тактовой частотой 200 МГц (при тактовой частоте микропроцессора 1 ГГц).

Микропроцессор TriMedia компании Philips

Мультимедийный микропроцессор компании Philips - TriMedia - предполагается использовать как в качестве сопроцессора цифровой обработки сигналов (DSP), разгружающего основной процессор мультимедийной системы, так и во встроенном режиме в качестве универсального процессора разнообразных мультимедийных устройств.

Структура микропроцессора TriMedia отображена на рис.5. Ее компонентами являются высокоскоростная шина со скоростью передачи данных 400

Мбит/с, связывающая основные узлы микропроцессора: процессорное ядро, видеовход, видеовыход, аудиовход, VLD-декодер MPEG, сопроцессор обработки изображений и коммуникационный блок.

Микропроцессорное ядро TriMedia построено на принципах VLIW-архитектуры и способно обрабатывать 5 RISC-команд за один такт. Глубокая конвейеризация микроопераций в процессоре обеспечивается благодаря наличию 27 функциональных модулей (включая АЛУ целочисленного умножения, несколько АЛУ для операций с плавающей точкой и несколько модулей DSP). В микропроцессоре используется отдельная кэш-память общей емкостью 48 Кбайт (32 Кбайта для команд и 16 для данных).

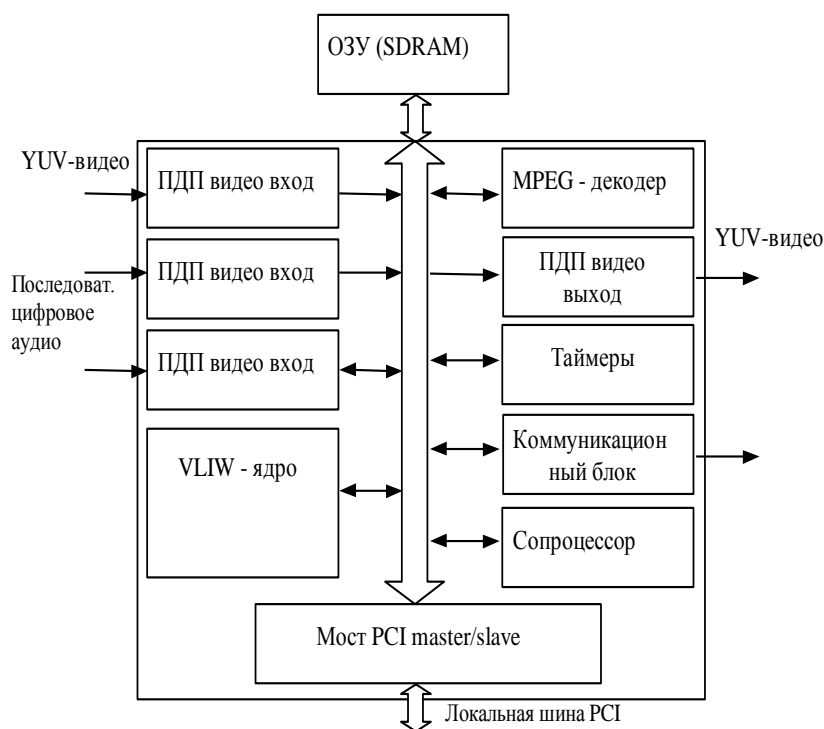


Рис.5. Структура микропроцессора Tri Media

Другие модули микропроцессора, взаимодействуя с VLIW-ядром, выполняют обработку, специфичную для конкретного типа данных. Использование DMA-режима позволяет осуществлять подготовку данных к обработке

сразу несколькими модулями процессора. Эффективная для мультимедийных приложений система команд процессора позволяет осуществлять одновременное MPEG-декодирование аудио- и видеоданных при использовании всего лишь 22 процентов вычислительных ресурсов процессора и 12 процентов ресурсов памяти.

12.3. Оптоэлектронные процессоры

ОЭ процессоры еще более специализированы на выполнение отдельных операций, чем мультимедийные процессоры. ОЭ процессоры состоят из оптического процессора и ПЗС фотоприемника. ФПЗС выполняет роль буферной памяти, а также роль стыковочного узла между оптической и цифровой частями. При некоторых специальных режимах работы ФПЗС, в частности при режиме сканирования, можно осуществлять дополнительную аналоговую обработку сигнала в самом ФПЗС, что позволяет реализовать дополнительный набор операций по обработке сигналов. Цифровой процессор в системах с ОЭ процессорами выполняет две основные функции заканчивает обработку потока данных и управляет режимом работы ОЭ процессора.

Ядром ОЭ процессора является оптический узел или процессор, благодаря ему обеспечивается быстрое выполнение операций интегрирования, пространственной фильтрации и ряда интегральных преобразований (корреляция, свертка и т.д.) и особенно преобразования Фурье.

Известен ряд структур ОЭ процессоров, ниже рассмотрены две: акустооптический (АО) спектроанализатор и гибридная микросхема. АО процессоры получили наиболее широкое распространение благодаря легкости реализации перечисленных выше операций. Гибридная микросхема представляет собой перспективное направление использования оптических методов в вычислительных системах.

12.3.1. Акустооптический спектроанализатор

АО спектроанализатор обеспечивает Фурье анализ входного сигнала. Его схема представлена на рис.6.

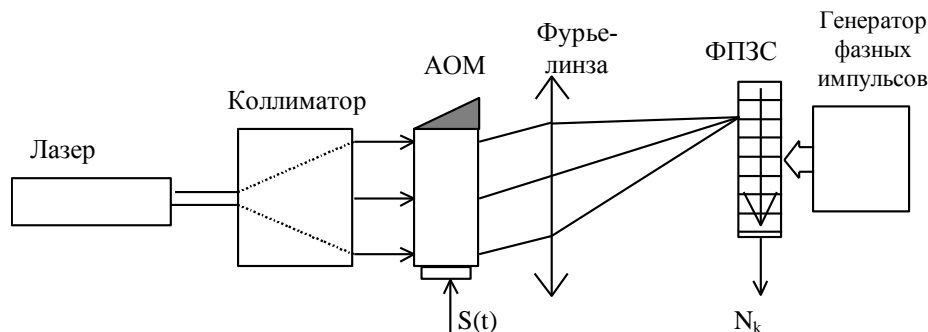


Рис.6. Структурная схема акустооптического спектроанализатора

Она включает лазер, коллиматор, акустооптический модулятор (АОМ), Фурье-линзу, ФПЗС и генератор фазных импульсов управления ФПЗС. Коллиматор обеспечивает равномерную засветку пространственного модулятора света. АОМ отклоняет луч лазера в зависимости от частоты входного сигнала. Фурье-линза фокусирует оптический сигнал на фотоприемник. Заряд, пропорциональный интенсивности света, накапливается на ФПЗС, а затем последовательно выводится. Проанализируем работу процессора.

Обрабатываемый сигнал $s(t)$ подается на АОМ. Из-за дифракции света на акустической волне – пространственной копии сигнала $s(t)$ в фокальной плоскости линзы L формируется пространственное распределение интенсивности света $I(x,t)$, пропорциональное спектру мощности $|S(f)|^2$ сигнала $s(t)$.

$$I(x,t) = I(f,t) = \left| \int_{-\infty}^{+\infty} H(x) S(-t') \exp(i2\pi f t') dt' \right|^2$$

Здесь x – координата вдоль апертуры АОМ; $H(t)$ – весовая функция. Это распределение $I(x,t)$ регистрируется многоэлементным ПЗС-фотоприемником.

$$Q_k = \int_{-\infty}^{+\infty} R(x - x_k) I(x, t) dx$$

где $R(x)$ – апертурная характеристика одного элемента ФПЗС

$$R(x) = \text{rect} \left[\frac{x - a_f}{2} \right] = \begin{cases} 1, & |x| \leq a_x \\ 0, & |x| > a_x \end{cases}$$

В результате накопления в элементах ФПЗС в течение времени T выходной сигнал запишется как

$$N_k = \int_0^T Q_k dt$$

Таким образом, на выходе процессора формируется спектр входного сигнала.

Ключевым элементом процессора является АОМ, который обеспечивает широкополосный спектральный анализ (до ГГц) с разрешением около 1000 элементов.

12.3.2. Гибридная оптоэлектронная микросхема (ОЭМ)

Гибридная оптоэлектронная микросхема, описанная ниже, является одним из возможных вариантов построения процессора в рамках ОЭМ. Микросхема предназначена для конвейерной многоканальной корреляционной обработки сигналов.

Структурная схема процессора представлена на рис.7.

Она содержит линейку светоизлучающих диодов (СИД), двумерный амплитудный транспарант (маску) М, волоконные шайбы ВШ и матричный ФПЗС. СИД в линейке имеют специальную вытянутую геометрию и соответствуют размерам столбца матрицы ФПЗС. Схемы СИД и ФПЗС расположены вплотную друг к другу своими оптическими окнами, с размещенными между ними амплитудным транспарантом. Волоконные шайбы обеспечивают жесткость конструкции ОЭМ.

Маска представляет из себя совокупность М параллельно расположенных каналов (столбцов), каждый из которых имеет собственное пространственное изменение коэффициента пропускания вдоль канала в соответствии с заданным ядром преобразования R_m . Маска находится в механическом контакте с ВШ, выполненной в виде

тонкой плоскопараллельной пластины. Оптические волокна имеют диаметр и шаг расположения в несколько раз меньше размеров элементов ФПЗС. ФПЗС работает в режиме непрерывного сканирования, режиме ВЗН, при котором в каждом из столбцов матрицы интегрирующие сигнал элементы непрерывно смещаются вдоль соответствующего столбца маски.

Можно показать, что сигнал на выходе m -го столбца ФПЗС в момент времени t определяется следующим выражением:

$$Q_m(t) = \int_{-T/2}^{+T/2} I(t - T/2 + \tau) F_m(\tau) d\tau = C + \int_{-T/2}^{+T/2} U(t - T/2 + \tau) R_m(\tau) d\tau$$

где $m=1,2,3,\dots$, M - номер канала маски или столбца ФПЗС, $I(t)=A+U(t)$ - интенсивность источника света; $F_m(x)=B+R_m(x)$ - пространственное изменение коэффициента пропускания m -го канала маски; $R_m(x)$ - ядро преобразования; $F_m(\tau) = F_m(x/v)$, v - скорость движения элементов по столбцам ФПЗС, определяемая частотой управляющих фазных напряжений f ; $T=L/v$ - время прохождения интегрирующим элементом всего столбца

ФПЗС; L - длина столбца ФПЗС (длина канала маски); A , B и C - некоторые постоянные величины, обусловленные работой с биполярными сигналами и ядрами.

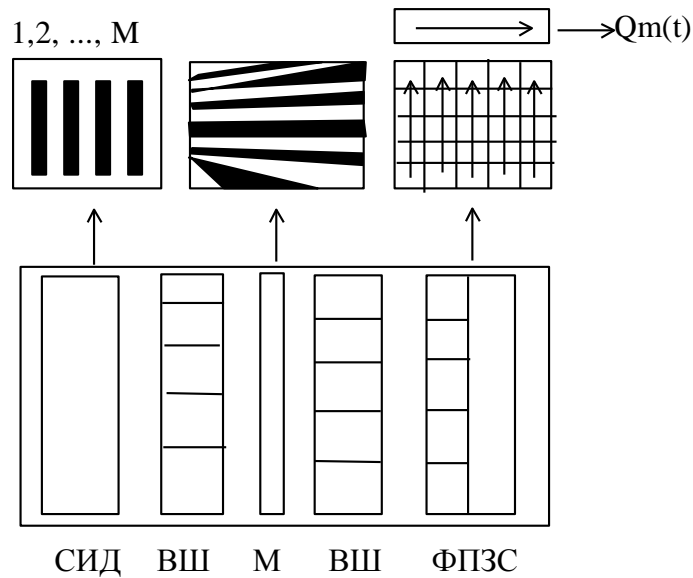


Рис. 7. Структура оптоэлектронной микросхемы

Таким образом, выходной сигнал ФПЗС есть сумма некоторой постоянной составляющей и искомого интегрального преобразования входного сигнала. Записывая на маске различные ядра R_m , в процессоре можно осуществлять различные интегральные преобразования входного сигнала.

Особенностью ОЭМ является конвейерный режим работы процессора и высокая производительность. Процессор обрабатывает накладывающиеся выборки входного сигнала длительностью T , следующие с малым смещением $\Delta t = T/N$, N - число элементов в столбце ФПЗС. По каждой выборке производится интегральное преобразование в соответствии с приведенной формулой параллельно по всем каналам процессора. Производительность ОЭМ может быть оценена величиной $P = N \cdot f$ операций “умножение + сложение”/с, где f - максимальная частота фазных напряжений выходного регистра ФПЗС.

При $N=300$ и $f=10$ МГц (среднеформатная матрица ФПЗС) $P=3 \cdot 10^9$ операций/с, причем операции умножения и сложения выполняются над аналоговыми отсчетами, соответствующими 7-8 двоичным разрядам.

Дискретный характер ФПЗС и импульсный режим управления им делают процессор дискретно-аналоговым устройством. Его работу можно описать в дискретной форме выражением

$$Q_{m,k} = C + \sum_{n=1}^N U_{n+k} R_{m,n}$$

где U_{n+k} - n -й отсчет входного сигнала в выборке длиной N с началом времени на k -ом отсчете, $k=t/\Delta t$; $R_{m,n} = R_m(\tau/\Delta t)$ можно рассматривать как импульсный отклик процессора, задаваемый используемым транспарантом.

Литература:

1. Новицкий П.В., Зограф И.А. "Оценка погрешностей результатов измерений", Энергоатомиздат 1991г. - 304 с.
2. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютера, под руководством У.Томпкинса, Дж. Уэбстера - М. Мир 1992 - 592 с.
3. Системы технического зрения. Под ред. А.Н. Писаревского А.Ф. Чернявского - Л.: Машиностроение 1988. -424 с.
4. Пресс Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. М.: Радио и связь, 1991.- 254с.
5. Баженов С.Н., Тутыгин В.С. Технические средства АСУ: Учебное пособие - Л.: ЛПИ, 1989г.
6. Интерфейсы систем обработки данных: Справочник /Под редакцией А.А. Мячева - М.: Радио и связь, 1989г.;
7. Фролов А.В. Фролов Г.В. Аппаратное обеспечение IBM PC41 - М.: Диалог- МИФИ, 1992г.
8. Мячев А.А. Интерфейсы средств вычислительной техники. - М.: Радио и связь, 1993г.
9. Айден К, Фибельман Х, Крамер М. Аппаратные средства РС. - "ВНУ - СПб", 1996г.
10. Корнеев В.В., Киселев А.В. Современные микропроцессоры. –М.: НОЛИДЖ, 1998.- 240с.
11. Марков С. Цифровые сигнальные процессоры. Книга 1. М.: фирма МИКРОАРТ, 1996.- 144с.
12. Гусев О.Б., Кулаков С.В., Разживин Б.П., Тигин Д.В. Оптическая обработка сигналов в реальном времени.- М.: Радио и связь, 1989 .- 136с.
- Егоров Ю.В., Наумов К.П., Ушаков В.Н. Акустооптические процессоры.- М.: Радио и связь, 1991.- 160 с.

13. Терпин Т.М. Спектральный анализ сигналов оптическими методами //ТИИЭР.- 1981.- Т.69.
14. А.Я.Хетагуров. Проектирование АСОИУ.М. Высшая школа 2006 г.
- 15.Совершенствование и ремонт персональных компьютеров под ред. В. Андреева М "Терра", 1991г., 670 стр.
16. Графические адаптеры EGA и VGA. Руководство по программированию НТК "Программпродукт" М 1992 г. 272 с)