

## Раздел 3. Лекция 2.

Графическая под-система ПЭВМ, дисплейные устройства (мониторы) и проекторы, интерфейсы подключения дисплейных устройств. Часть 1

# Основные вопросы лекции

1. Конструкция и принцип действия графической карты.
2. Принципы аппаратной обработки 3D-графики.
3. Встроенная графика. Графическое ядро, встроенное в процессор.
4. Шины подключения AGP, PCI Express.

# 1. Графическая подсистема ПК

Графическая подсистема изначально входила в архитектуру ПК в виде отдельной платы расширения.

Впоследствии графическую подсистему удалось **интегрировать в состав микросхем системной логики**. Встроенная графическая карта обычно подключается к контроллеру памяти по внутреннему интерфейсу, но может быть реализована та или иная шина «на кристалле».

В связи с развитием технологий 3D-графики, понадобилось перенести это устройство на отдельную высокоскоростную шину, которая смогла бы обеспечить требуемую ширину канала между графическим процессором и системной памятью.

Для задач, требовательных к быстродействию в 3D и видео, предлагаются **отдельные карты расширения**. Более того, выпускаются «двойные» карты, реализованы возможности объединения карт в единый конвейер и поочередного использования двух карт. Внешние видеокарты.

Изначально к ПК можно было подключать одно устройство отображения. Возможность нарастить количество дисплеев была нестандартной, но допустимой. Сегодня графическая подсистема поддерживает до четырех независимых дисплеев на один адаптер.

# 1. Место графической подсистемы в архитектуре ПК



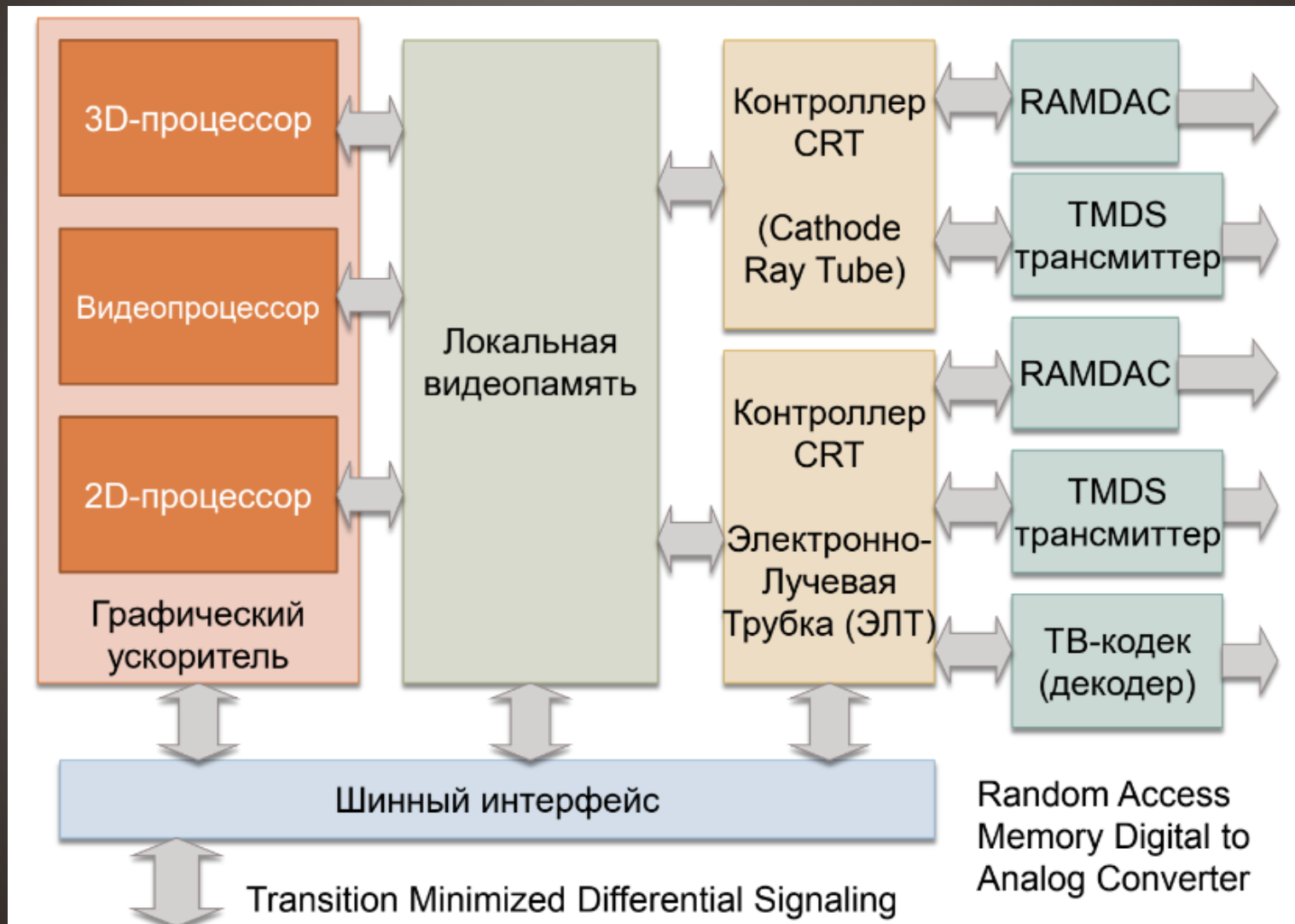
# 1. Текстовый режим

На заре появления ПК подсистема вывода изображения не была полностью графической. Растровое изображение в видеопамати строилось с помощью знакогенератора и Video BIOS. Таблицы кодировок хранились в локальной памяти или в ПЗУ видеоадаптера. Вывод текста выполнялся с помощью вызовов Video BIOS, которые обращались к таблицам знакогенератора и регистрам курсора.

Сегодня такой механизм вывода текста используется на этапе POST (Power-On Self-Test — самотестирование после включения) и некоторых ОС при выводе консоли. Обращение к Video BIOS производится только на этапе инициализации и при конфигурировании.

Вывод текста в графическом режиме, как правило, выполняется средствами 2D-процессора.

# 1. Архитектура графической карты





# 1. Графический процессор

**Графическое процессорное устройство** (Graphics processing unit) — занимается расчетами выводимого изображения, освобождая от этой обязанности центральный процессор, производит расчеты для обработки команд трехмерной графики. Является основой графической платы, именно от него зависят быстродействие и возможности всего устройства.

Сегодня различают три независимых компонента графического процессора:

- **3D-процессор** — наиболее сложная часть видеокарты, отвечает за 3D-рендеринг изображений. Сегодня он представляет собой связку блоков фиксированной обработки и универсальных ALU.
- **2D-процессор** — наиболее простая и практически не развивающаяся часть, постепенно ее функции берет на себя 3D-процессор.
- **Видеопроцессор** — обработка видеоданных различного формата, формирование оверлея. Для декомпрессии видеоданных и дополнительной фильтрации может использовать ALU (собственные или 3D-процессора).

# 1. Видеопамять

**Видеопамять** выполняет роль кадрового буфера, в котором хранится изображение, генерируемое и постоянно изменяемое графическим процессором и выводимое на экран монитора (или нескольких мониторов).

В видеопамяти хранятся также промежуточные невидимые на экране элементы изображения и другие данные.

*Видеопамять бывает нескольких типов, различающихся по скорости доступа и рабочей частоте.*

Современные видеокарты комплектуются памятью типа **DDR**, **GDDR2** (двойная скорость передачи графических данных, Graphics Double Data Rate), **GDDR3**, **GDDR4** и **GDDR5** (5 ГГц, при использовании 256-битного интерфейса, GDDR5 позволяет передавать данные со скоростью 120 ГБ/с).

Помимо видеопамяти, современные графические процессоры обычно используют в своей работе часть общей системной памяти компьютера, прямой доступ к которой организуется драйвером видеоадаптера через шину AGP или PCIe. В случае использования архитектуры Uniform Memory Access в качестве видеопамяти используется часть системной памяти компьютера.



# 1. Графический контроллер

В его функции входит обработка команд от хоста и формирование буфера кадра в растровом формате в видеопамяти, дает команды RAMDAC на формирование сигналов развертки для монитора и осуществляет обработку запросов центрального процессора.

Кроме этого, обычно присутствуют:

- контроллер внешней шины данных (например, PCI или AGP);
- контроллер внутренней шины данных;
- контроллер видеопамяти.

Ширина внутренней шины и шины видеопамяти обычно больше, чем внешней (64, 128 или 256 разрядов против 16 или 32), во многие видеоконтроллеры встраивается ещё и RAMDAC. Современные графические адаптеры (ATI, nVidia) обычно имеют не менее двух видеоконтроллеров, работающих независимо друг от друга и управляющих одновременно одним или несколькими дисплеями каждый.

## 2. 3D-процессор

Представляет собой сложное устройство, сочетающее специализированные блоки (фильтрации, выборки, преобразования координат и т.п.) и универсальные вычислительные блоки (ALU), управляемые сложным диспетчером.

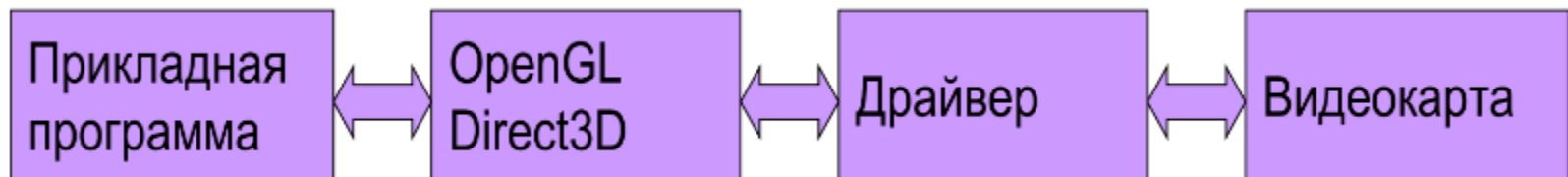
Количество ALU может превышать несколько тысяч. Однако единого подхода к архитектуре пока нет, ALU могут быть как векторными суперскалярными, так и обычными скалярными. Взаимосвязь и количественные соотношения между ALU, диспетчером, блоками фильтрации, преобразования координат, Z-буферизации, отставки, записи в память также могут быть различными.

Специальные блоки 3D-процессора можно поделить на блоки:

- геометрической обработки (трансформация, освещение/затенение, преобразование координат, настройка треугольников);
- текстурирования;
- фильтрации;
- пост-обработки (отсечение, Z-буферизации, преобразования цветов, отставки).

## 2. 3D-ускорители

- «Ускоряются» этапы T&L и растеризации
- Взаимодействие с программой при помощи специальных API



## 2. Создание графического объекта

1. Моделирование — создание трехмерной математической модели сцены и объектов в ней. Выполняет CPU.
2. Рендеринг (визуализация) — построение проекции в соответствии с выбранной физической моделью. Выполняет GPU.
3. Вывод полученного изображения на устройство вывода — дисплей или принтер.

Рендеринг состоит в преобразовании 3D объекта в 2D кадр, при этом часть информации теряется, прежде всего, о глубине объекта.

Чтобы сделать объект реалистичным, объекты проходят несколько стадий обработки. Самые важные стадии это:

- создание формы (shape);
- обтягивание текстурами;
- освещение;
- создание перспективы;
- глубины резкости (depth of field);
- сглаживания (anti-aliasing).

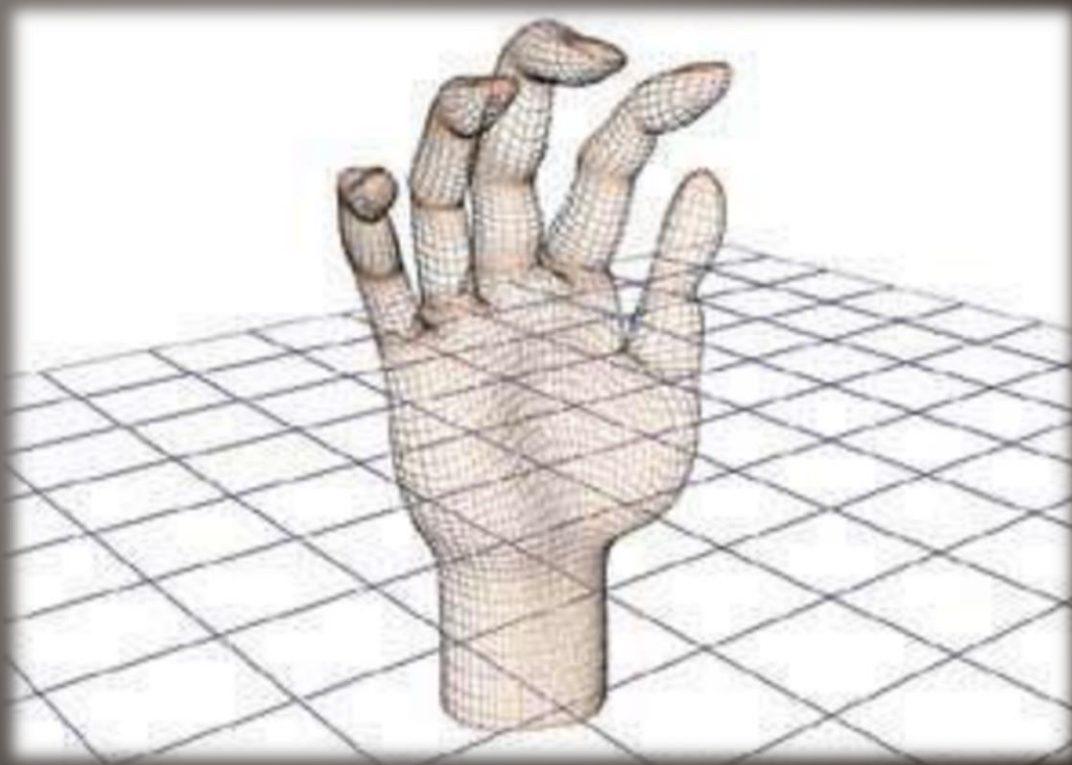
Выполняются эти шаги в CPU и GPU.

## 2. Создание формы

Для того чтобы составить достоверную картинку с кривыми линиями как в окружающем мире, приходится компоновать форму из множества мелких формочек (полигонов). Вместе они будут образовывать структуру, называемую каркасом.

Каркас  
составленный  
862 полигонов

руки,  
из



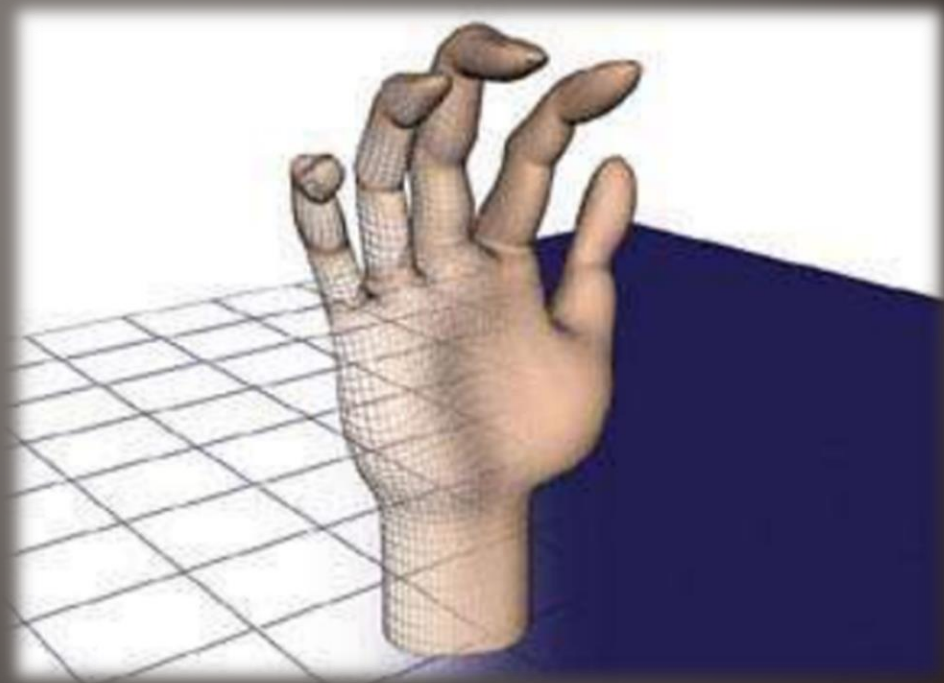


## 2. Создание поверхности каркаса

- Цвет: какого поверхность цвета? Однородно ли она окрашена?
- Текстура: ровная ли поверхность, есть вмятины, бугры, рихтовка?
- Отражающая способность: отражает ли свет? Четкость отражения ?

Придание «реальности» объекту состоит в подборе комбинации этих трех составляющих в различных частях изображения.

Добавление  
поверхности к каркасу  
улучшает изображение



## 2. Освещение

Освещение играет ключевую роль в двух эффектах, придающих ощущение веса и цельности объектам:

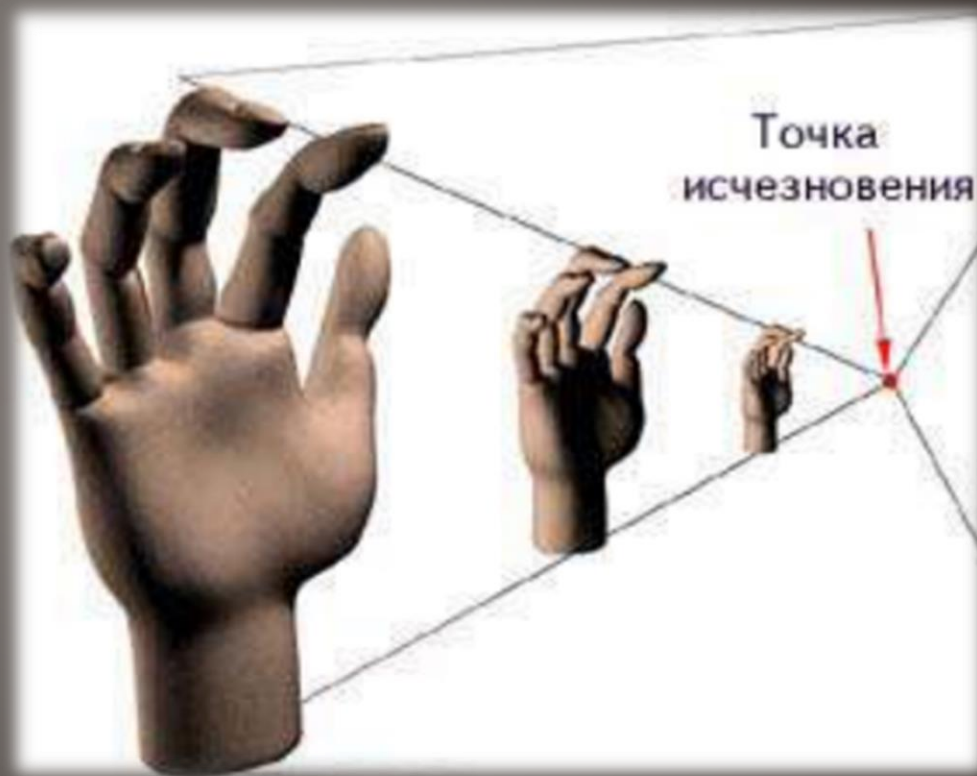
- затенения (shading) - изменение интенсивности освещения объекта от одной его стороны к другой;
- тени (shadow).



## 2. Перспектива

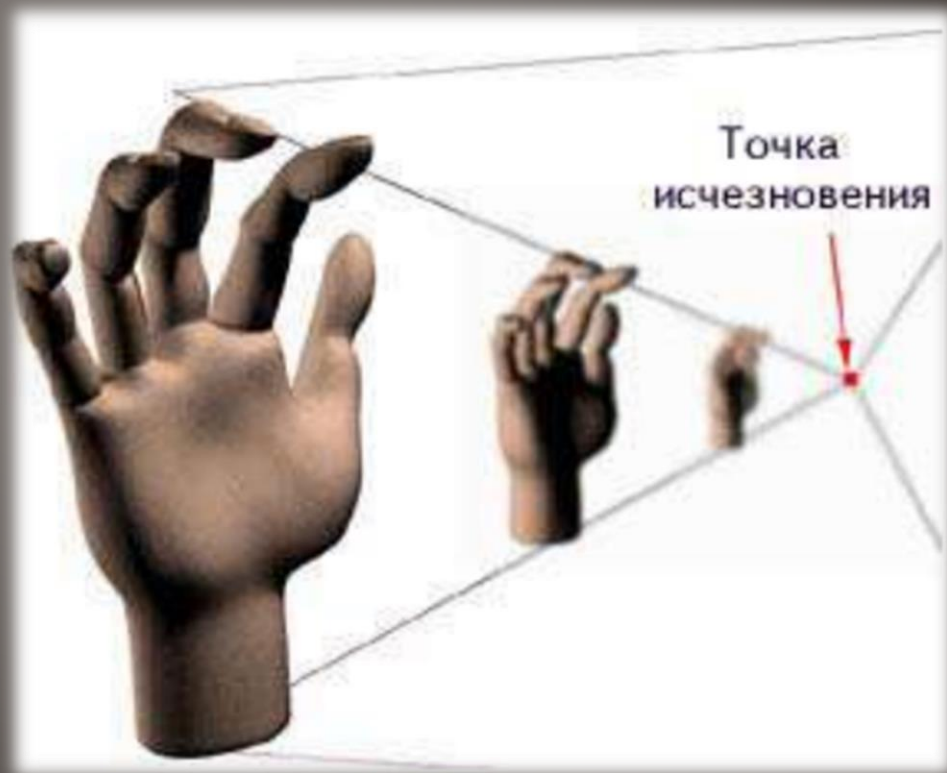
Если все объекты на экране будут сходиться в одну точку, то это и будет называться **перспективой**.

Для таких сцен необходимо учитывать информацию, какие объекты закрывают другие и насколько сильно. Наиболее часто для этого используется Z-буфер.



## 2. Глубина резкости

По мере удаления объекта от наблюдателя будет потеря резкости. Это тоже надо реализовать.



## 2. Типы шейдеров

- **Вершинный шейдер** оперирует расположением узлов пространственной сетки, которая формирует каркас 3D-модели. Как мы знаем, точка в 3D-графике задается, как правило, набором из 4-х значений  $(x, y, z, w)$ . Компонент  $w$  является масштабом.

Путем программирования вершинных шейдеров можно изменять расположение объекта в пространстве и рассчитывать эффекты его освещения.

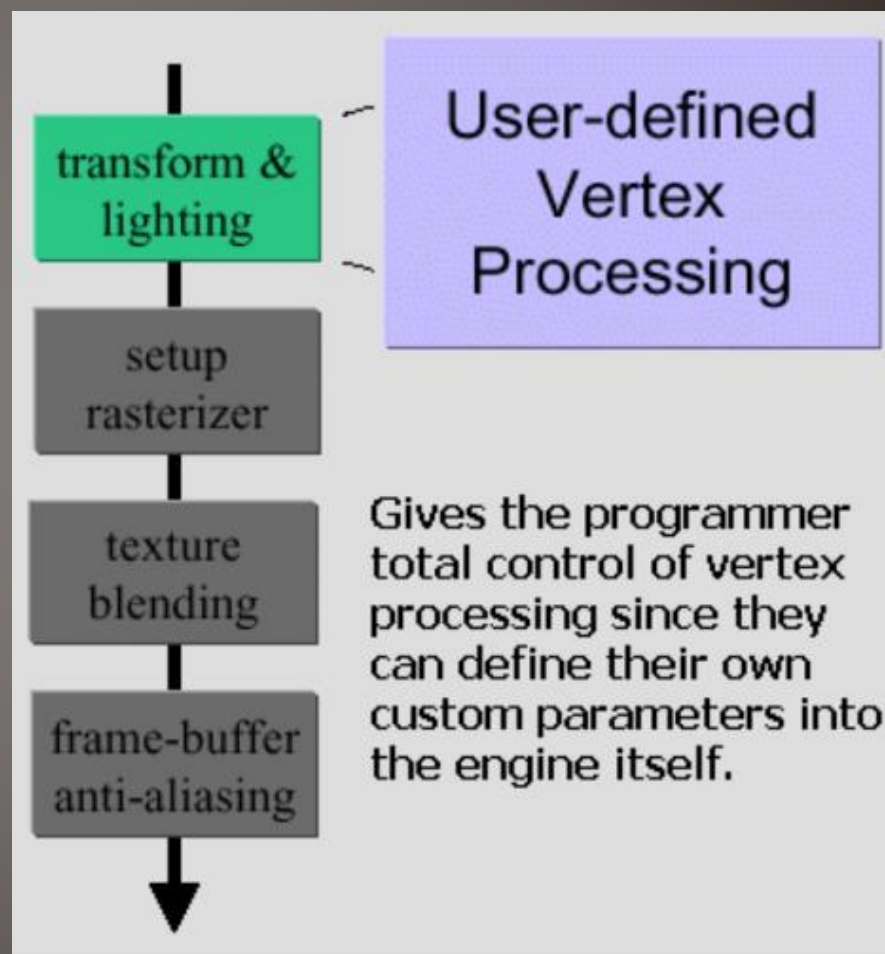
- **Пиксельные шейдеры** позволяют изменить текстуру виртуальной кожи объекта, придавая ей соответствующую фактуру и цвет.
- **Геометрические шейдеры** активируются при быстром приближении объекта к зрителю. добавляя изображению необходимые подробности для реализма.



## 2. Вершинный шейдер

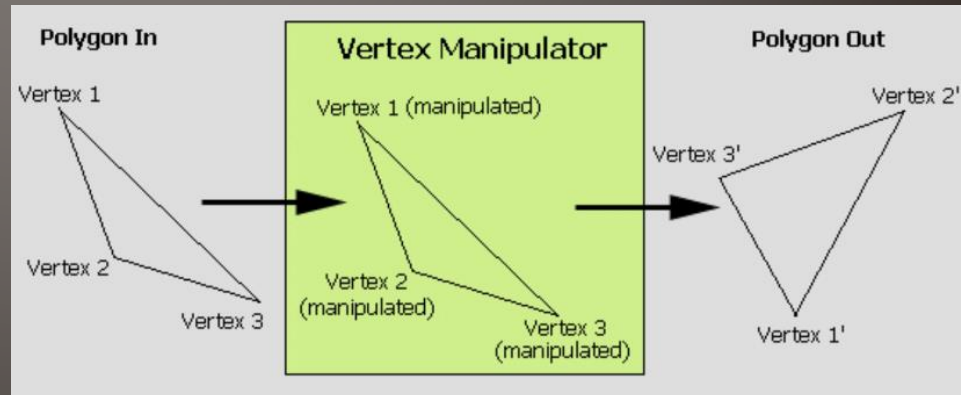
Путем программирования вершинных шейдеров можно:

- изменять расположение объекта в пространстве и рассчитывать эффекты его освещения;
- динамически вставить кусок кода на ассемблере прямо в конвейер;
- изменить различные настройки и затем продолжить процесс.



## 2. Преимущества вершинных шейдеров

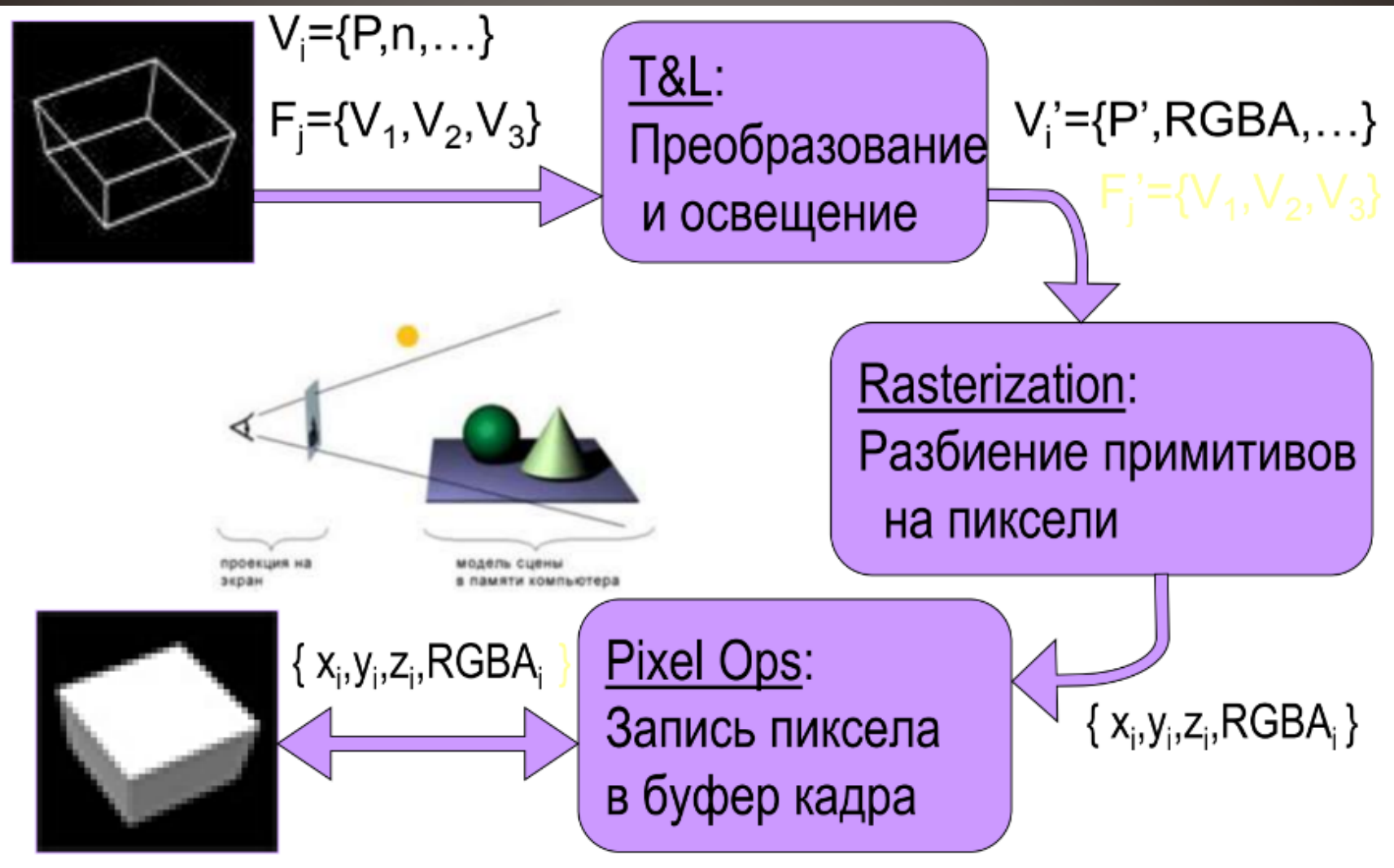
- Полное управление аппаратным T&L;
- Сложные вершинные операции аппаратно ускоряются;
- Попиксельное наложение карт среды может опираться на вершинные данные (pre-vertex set up);
- Морфинг объектов (character morphing) и теневая проекция (shadow volume projection);
- Настраиваемое вершинное освещение (vertex lighting);
- Настраиваемое обтягивание скелета (skinning) и смешение текстур (blending);
- Настраиваемая генерация координат текстур;
- Настраиваемые матричные операции с текстурами (texture matrix operations);
- Настраиваемое освещение в стиле мультфильма (cartoon-style lightning);
- Программируемое вычисление вершин (vertex computations);
- Освобождаются ресурсы центрального процессора.



## 2. Этапы графического конвейера

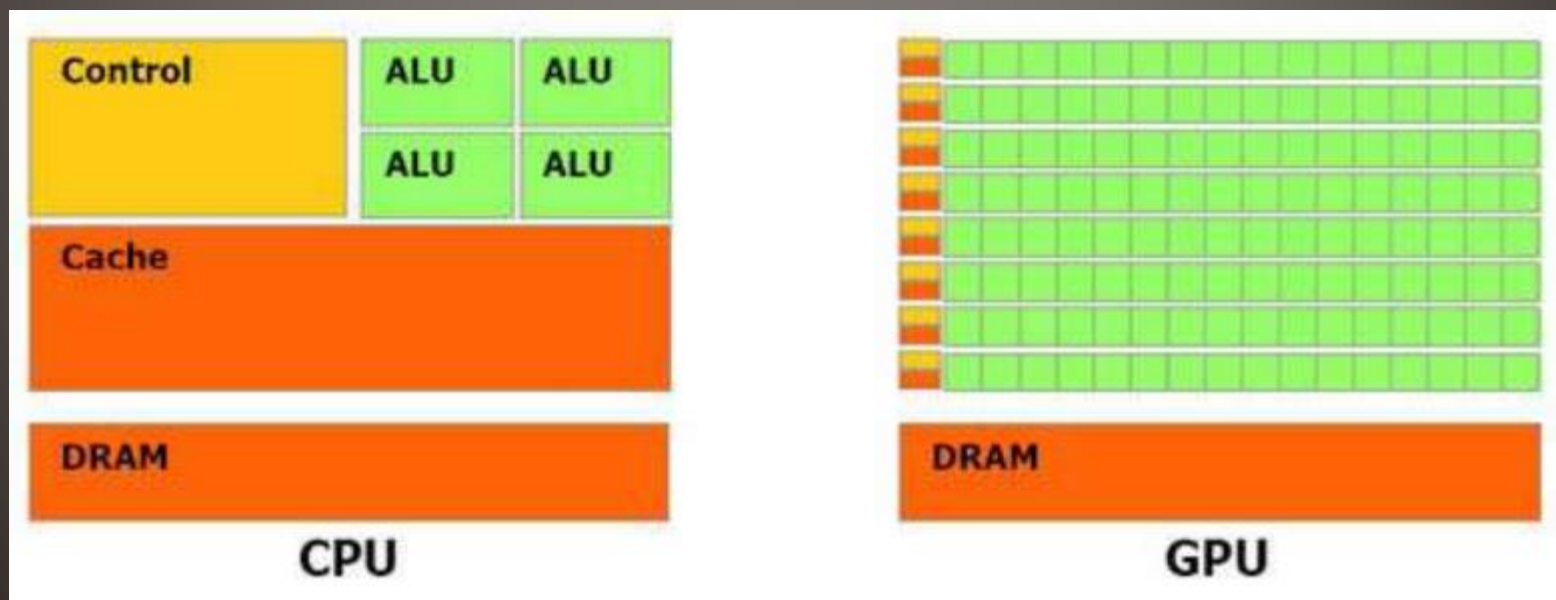
- **Этап 1.** Видеопроцессор получает от CPU информацию об объектах, которые необходимо обработать, и сцене.
- **Этап 2.** Вершинный процессор ядра (ядер может быть много) строит конкретный объект в пространстве сцены с фиксированными координатами, называемый вершиной (vertice). Режим MIMD.
- **Этап 3.** Сборка - вершины собираются в примитивы – треугольники (полигоны), линии или точки.
- **Этап 4.** Пиксельный процессор определяет конечные пиксели, которые будут выведены в кадровый буфер, и проводит над ними различные операции (см. стадии рендинга).
- **Этап 5.** Из Z-буфера вычитываются данные о расположении конкретных пикселей, чтобы отбросить те, которые будут скрыты другими объектами и не видны пользователю. Фрагменты снова собираются в полигоны, состоящие из отдельных пикселей, и весь массив уже отработанной картинки передается в кадровый буфер для последующего вывода на экран. Эта текстура обрабатывается в пиксельных процессорах (режим SIMD).

## 2. Графический конвейер



## 2. Поточковый процессор

Основной вычислительный элемент графического процессора – потоковый процессор (Streaming Processor – SP). Количество SP на кристалле графического процессора может составлять сотни и тысячи.



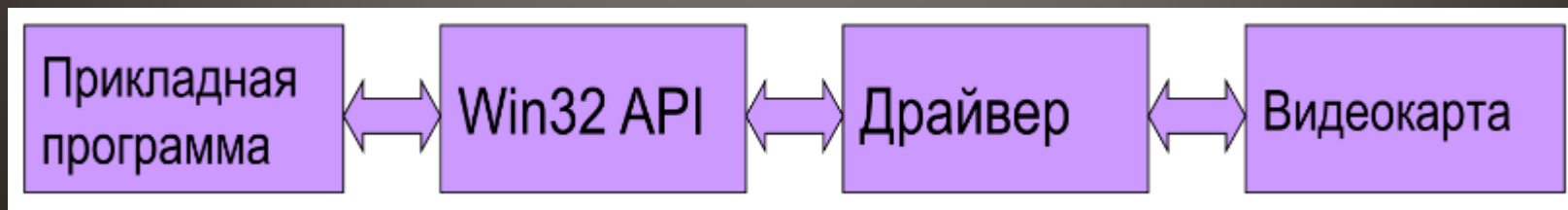


## 2. 2D-процессор

Используется для аппаратного ускорения GUI.

Основные функции:

- прорисовка примитивов – линий, кривых, полигонов;
- растеризация – вывод шрифтов, заливка, растяжение/сжатие, масштабирование;
- поддержка окон и спрайтов;
- поддержка курсора мыши.



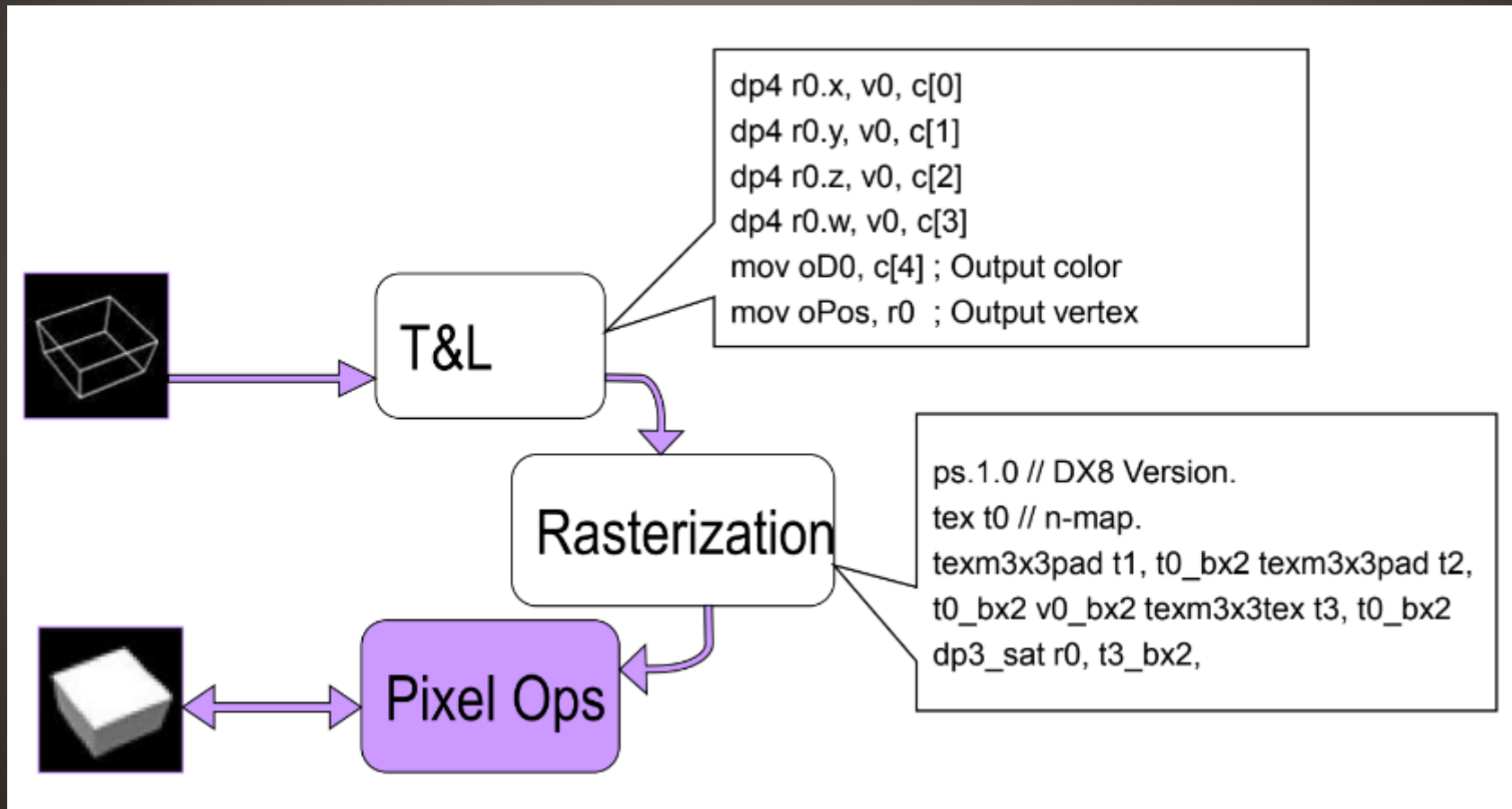
## 2. Видеопроцессор

Основные функции:

- преобразование цветового пространства;
- коррекция гаммы, цветности, резкости и прочее;
- де-интерлейсинг (***deinterlacing***) - преобразование видеосигнала из чересстрочного режима в прогрессивный. Нужен для устранения эффекта гребенки, вызванного тем, при чересстрочной развертке выводятся два последовательных полукадра, а при прогрессивной один, склеенный из двух разных частей (события во втором полукадре происходят чуть позже, чем в первом). Эффект хорошо заметен на движущихся в горизонтальном направлении объектах.
- компенсация движения;
- удаление «блочности» (выражается в разбиении кадров сжатого видео на квадраты) и другие функции улучшения качества;
- масштабирование;
- специфические функции для декодирования сжатого видео.

Построенная картинка отображается с помощью механизма оверлеев.

## 2. Современные ускорители: шейдеры



## 2. Локальная видеопамять

Как правило, предпочтение отдается динамической памяти с наивысшей пропускной способностью. Задержки доступа в данном случае менее важны. Увеличение «ширины канала» достигается в том числе и за счет увеличения физической ширины шины памяти, несмотря на существенное усложнение дизайна печатной платы.

Как правило, видеопамять, полностью или частично, отображена на область системных адресов. При этом диапазон адресов видеопамяти обычно не кэшируется, о чем делается пометка в MTRR.

Технология DiME и производные отводят ряд адресов под апертуру GART. Обращение к этим адресам приводит к обращению к страницам системной памяти. С исчезновением AGP механизм GART стал ненужным. Однако к идее пришлось вернуться, и сегодня большинство видеокарт способно использовать память в разделяемом режиме, с возможностью обращаться к заданным адресам системной памяти для чтения текстур.

В случае AGP графический акселератор практически напрямую обменивается информацией с системной памятью. Благодаря высокой скорости передачи между графическим акселератором и основной памятью AGP сделала возможным использование оперативной памяти в дополнение к локальной видеопамяти в таких случаях, как, например, работа с текстурой (т.е. для объемного раскрашивания рисунка). Корпорация Intel назвала такую технологию DIME (Direct Memory Execute). Следует отличать DIME от предложенной ранее технологии UMA (Unified Memory Architecture), при которой основная память уже использовалась как дополнение к видеопамяти. Эти две технологии имеют два существенных отличия.

## 2. Контроллер CRT

Задача контроллера CRT: генерация сигналов доступа к видеопамяти и сигналов синхронизации интерфейса подключения дисплея.

Возможно, и другие функции также отводятся этому контроллеру, в частности, функции графического контроллера (запись/чтение пикселей, модификация цвета, коррекцию гаммы и т.п.).

За разрешение и глубину цвета отвечает именно CRTС.

К CRTС подключаются преобразователи интерфейса, часто – по два:

- RAMDAC для аналогового VGA;
- TDMS-трансивер для DVI-I (HDMI, DisplayPort);
- кодер ТВ-сигнала для телевизионного выхода.



### 3. Встроенный графический процессор (IGP, Integrated Graphics Processor)

**Встроенный графический процессор** (*IGP, Integrated Graphics Processor*) - встроенный (интегрированный) в материнскую плату компьютера и/или в CPU.

Встроенная видеокарта (интегрированная или «onboard») является частью чипсета, как правило, располагается внутри микросхемы его «северного моста».

# 3. Виды IGP

Существуют 3 основных вида:

- **с разделяемой памятью** (часть северного моста). В качестве видеопамати используют ОЗУ. Преимущества данного решения — низкая цена и малое энергопотребление. Недостатки — невысокая производительность в 3D-графике и отрицательное влияние на пропускную способность памяти (Intel, ATI, SiS и NVidia).
- **дискретная графика** (Dedicated graphics). На системной плате или (реже) на отдельном модуле распаяны видеочип и один или несколько модулей видеопамати. Обеспечивает наивысшую производительность в 3D-графике. Недостатки: более высокая цена (для высокопроизводительных процессоров — очень высокая) и большее энергопотребление (AMD, ATI и Nvidia).
- **гибридная дискретная графика** (Hybrid graphics) — комбинация вышеназванных способов, ставшая возможной с появлением шины PCIe. Наличествует небольшой объем физически распаянной на плате видеопамати, который может виртуально расширяться за счет использования основной ОП. Компромиссное решение, с разной степенью успеха пытающееся нивелировать недостатки двух вышеназванных видов, но не устраняет их полностью.

### 3. APU AMD Fusion

Аббревиатура APU расшифровывается как Accelerated Processing Unit (ускоренное процессорное устройство).

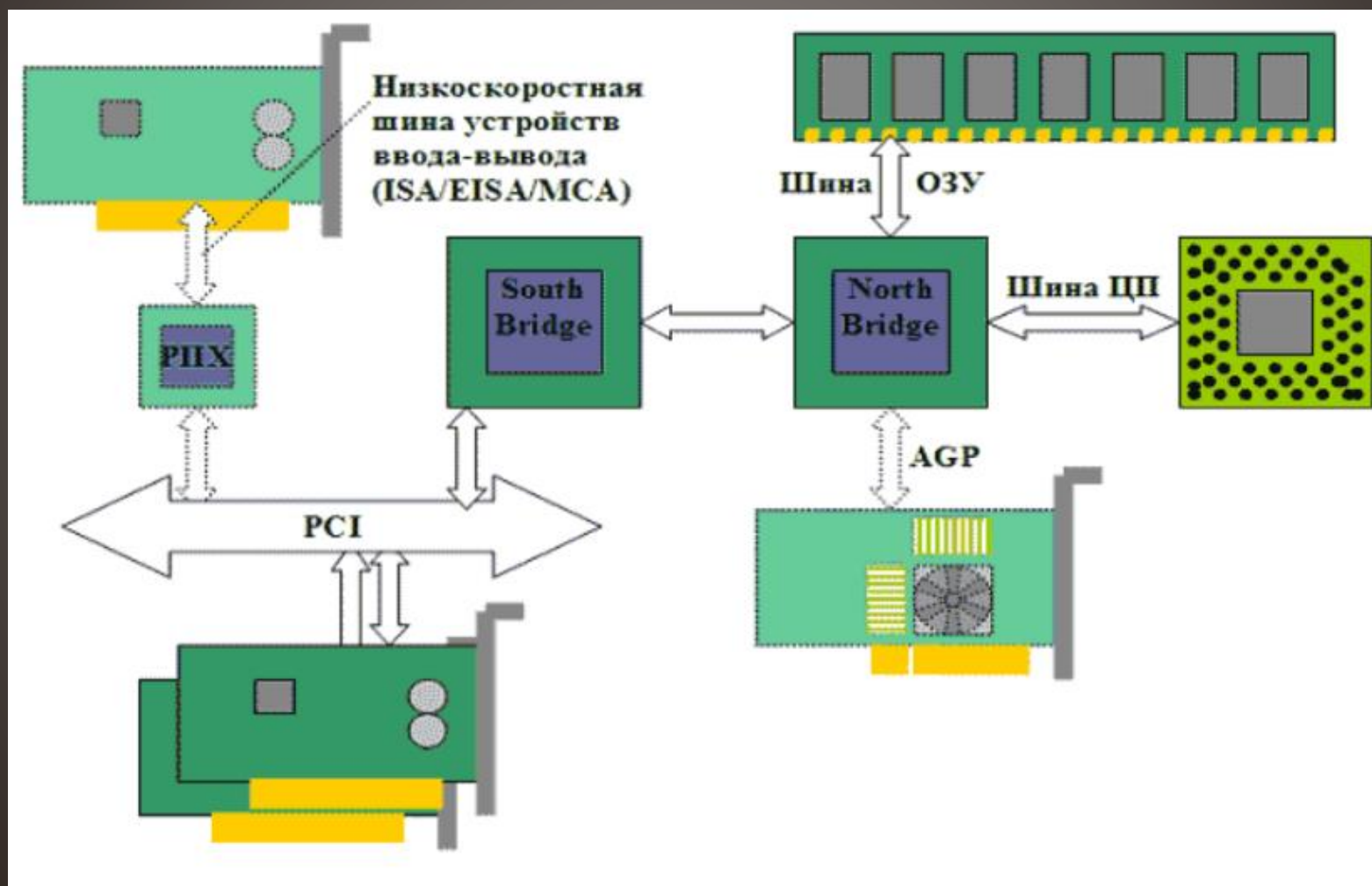
Если обратиться к подробным разъяснениям, то оказывается, что с аппаратной точки зрения это – гибридное устройство, объединяющее на одном полупроводниковом кристалле традиционные вычислительные ядра общего назначения с графическим ядром. Иными словами, тот же CPU с интегрированной графикой. Однако разница все таки есть, и кроется она на программном уровне. Графическое ядро, входящее в APU, должно иметь универсальную архитектуру в виде массива потоковых процессоров, способных работать не только над синтезом трехмерного изображения, но и над решением вычислительных задач.

### 3. Внешний графический процессор (eGPU)

**Внешний графический процессор** — это графический процессор, расположенный за пределами корпуса компьютера. eGPU иногда используются совместно с портативными компьютерами. Ноутбуки могут иметь большой объем RAM и достаточно мощный CPU, но часто им не хватает мощного GPU, вместо которого используется менее мощный, но более энергоэффективный встроенный графический чип. Встроенные графические чипы обычно недостаточно мощны для воспроизведения новейших игр или для других графически интенсивных задач, таких как редактирование видео.

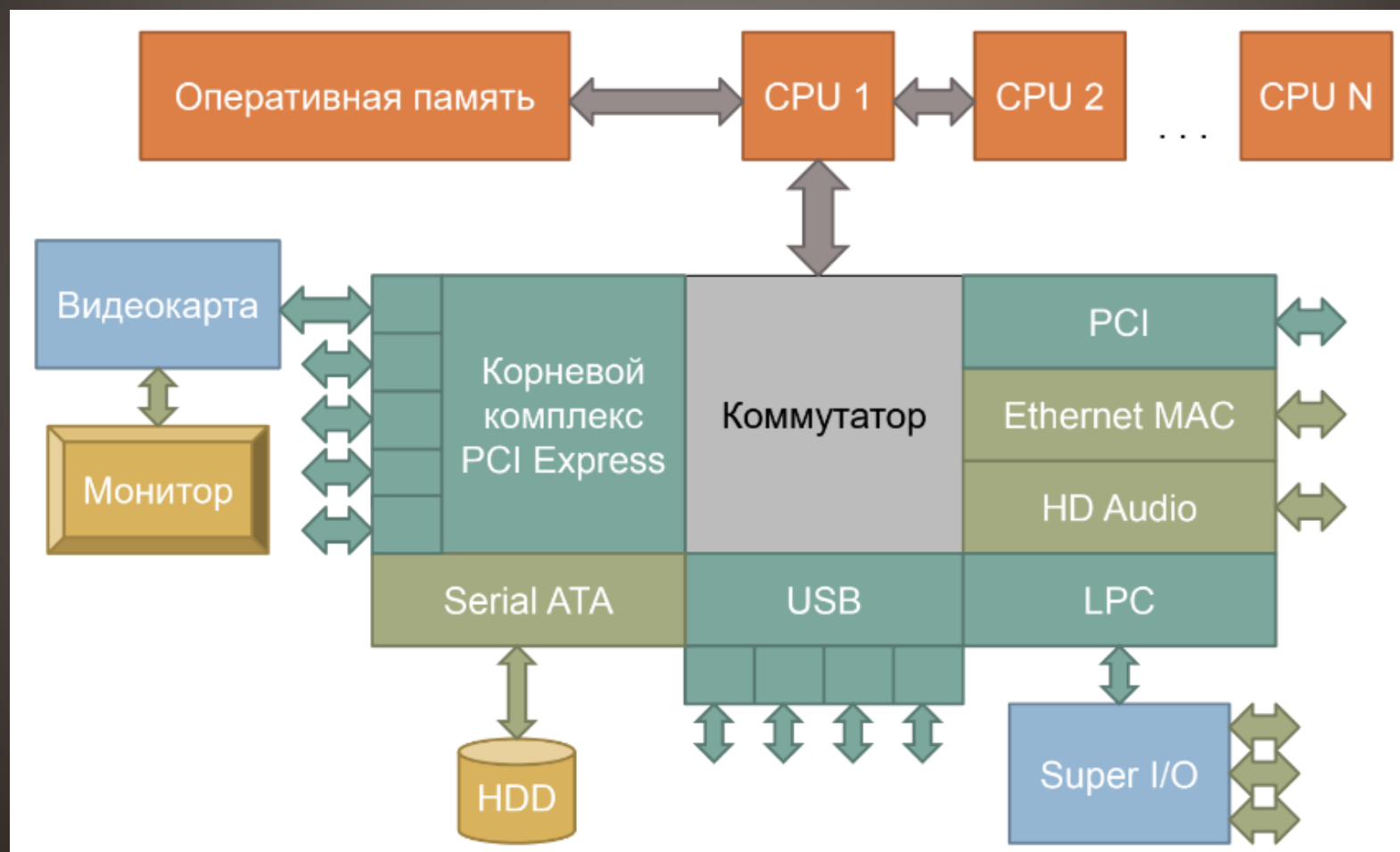
Поэтому желательно иметь возможность подключать графический процессор к некоторой внешней шине ноутбука. PCI Express — единственная шина, обычно используемая для этой цели. Порт может представлять собой, к примеру, порт ExpressCard или mPCIe (PCIe × 1, до 5 или 2,5 Гбит / с соответственно) или порт Thunderbolt 1, 2 или 3 (PCIe × 4, до 10, 20 или 40 Гбит / с соответственно). Эти порты доступны только для некоторых ноутбуков.

## 4. Система на основе PCI





## 4. Архитектура современного ПК



## 4. Шина AGP

**AGP** (Accelerated Graphic Port, ускоренный порт для графической карты) — это специализированный интерфейс для подключения видеокарты. Идея, лежащая в основе AGP, заключается в том, чтобы предоставить графической карте с 2D/3D-ускорителем высокоскоростной доступ к системной памяти по выделенному каналу.

### Шина AGP:

- 32-битная параллельная синхронная шина
- частота 66 МГц, рассчитанная на топологию «точка-точка».

Большинство сигналов позаимствовано у PCI, поддерживается протокол этой шины наряду с собственным. Физически и электрически не совместима с PCI, однако интегрируется в единую системную шину посредством контроллера.

Первая версия спецификации была разработана Intel в 1996 г., последняя, AGP 3.0 (AGP 8x), появилась в 2002 году.

Заменена шиной PCI Express, но продолжает поддерживаться.

## 4. Отличия AGP от PCI

- Конвейеризация обращений к памяти: запросы (фазы адреса) могут выдаваться до получения всех данных предыдущих запросов.
- Демультимплексирование шины адреса и данных, наличие выделенной шины подачи запросов (Sideband addressing). (По SBA – адрес нового запроса, по AD - - данные пред. запроса).

Данная функция опциональна для устройств AGP 1.0/2.0 и обязательна для AGP 3.0.

- Умножение частоты передачи данных относительно базовой частоты синхронизации, до 8 раз (AGP 3.0) – предусмотрена возможность передавать данные с помощью специальных сигналов, используемых как стробы, вместо сигнала тактовой частоты 66 МГц )
- Наличие собственного протокола транзакции и набора команд.
- Дополнительные сигнальные линии.
- Поддержка в общем случае только одного устройства, отсутствие механизма адресации нескольких устройств.
- Иное механическое и электрическое исполнение.

## 4. Топология AGP

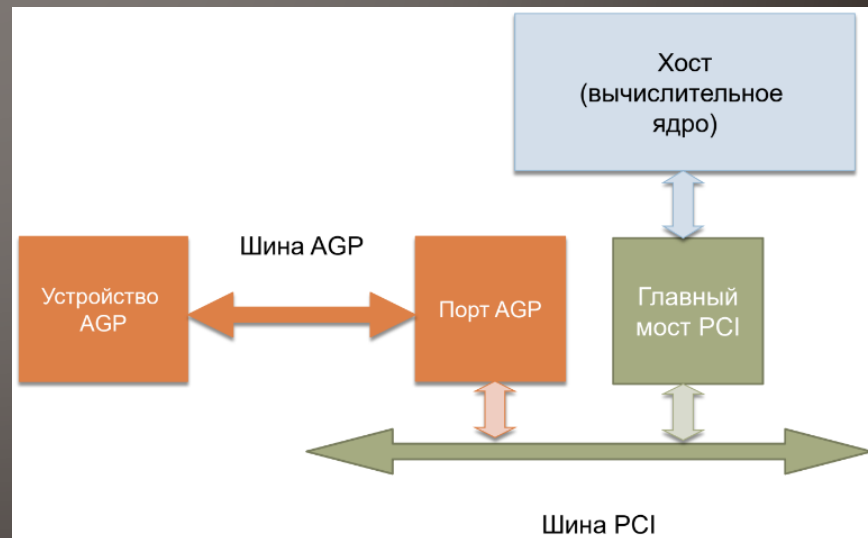
Интерфейс AGP предполагает наличие в системе только одного порта AGP (встроенной логики поддержки шины AGP). Для рабочих станций возможна реализация нескольких портов AGP. **Порт AGP логически является мостом между первичной шиной PCI и вторичной (шиной AGP).** Физически он может быть реализован по-разному.

Шина AGP по своим электрическим характеристикам допускает подключение только одного устройства AGP, реализуя топологию «точка-точка».

Дополнительные устройства можно подключать посредством специальных мостов (Fan-out bridges-трансиверный умножитель, многопортовый трансивер), которые устанавливаются на системной плате при необходимости.

Устройство AGP допускает работу только в качестве инициатора транзакций AGP (AGP Master) и PCI (PCI Master).

Для работы в качестве целевого устройства необходимо использовать протокол PCI.



## 4. Протокол AGP

Шина AGP в каждый момент времени может находиться в одном из 4 состояний:

- IDLE – покой.
- DATA – передача данных конвейеризированных транзакций.
- AGP – постановка в очередь команды AGP.
- PCI – выполнение транзакции в режиме PCI.

Устройство AGP полностью поддерживает протокол PCI, имеет соответствующие линии и сигналы, может выступать в качестве как инициатора, так и целевого устройства. При этом транзакции PCI могут прерывать транзакции DATA, они выполняются в обычном порядке, по фазам.



## 4. Протокол AGP

Для транзакций, инициированных AGP-портом, предусмотрено расширение протокола PCI – режим Fast Writes (**быстрая запись AGP**), который предусматривает выполнение операции записи (от хоста к 3D-ускорителю) с тактированием на повышенной частоте (до 8х).

В обычных условиях любые данные для устройства AGP должны быть записаны в основную память, чтобы устройство смогло их считать. Функция Fast Write позволяет устройству AGP работать аналогично устройству PCI. Благодаря этому устройство получает прямой доступ к данным, что существенно улучшает производительность AGP при чтении. Данные записываются напрямую на устройство AGP, а не в системную память. (Эта функция экономит время и улучшает производительность AGP при чтении. Производительность AGP при записи не изменяется, так как опция Fast Write пользуется обычным протоколом AGP для записи в память).

AGP Fast Write - этот параметр разрешает быструю запись, при которой процессор отправляет данные непосредственно в память видеоадаптера, минуя системную память.

**Собственные транзакции AGP имеют иной протокол и предусматривают конвейерную обработку запросов на чтение (состояние AGP).**

## 4. Протокол AGP

**Состояние AGP** – это постановка в очередь запроса на обмен данными. Транзакцию AGP может инициировать только AGP-устройство **для выполнения доступа к системной памяти**. Работа с другими устройствами PCI (Peer-to-peer, P2P) опциональна и не рекомендуется.

Транзакция DATA выполняется учетверенными словами (qword, 8 байт), ее длина явно указывается и не должна превышать 64 байта. Тактирование – от источника (Source Synchronous), на повышенной частоте относительно общего CLK. Сигналы IRDY/TRDY используются для введения холостых тактов.

Существуют два метода подачи команд (постановка запросов в очередь):

- подача адреса и команды по общей шине AD (не поддерживается в AGP 3.0) с помощью сигнала PIPE#.
- подача адреса и команды по внеполосной (независимой от шины AD) 8-битной шине SBA (Side Band Addressing).

## 4. Запросы AGP, метод 1

Сигнал PIPE# используется для обозначения фазы постановки запроса в очередь.

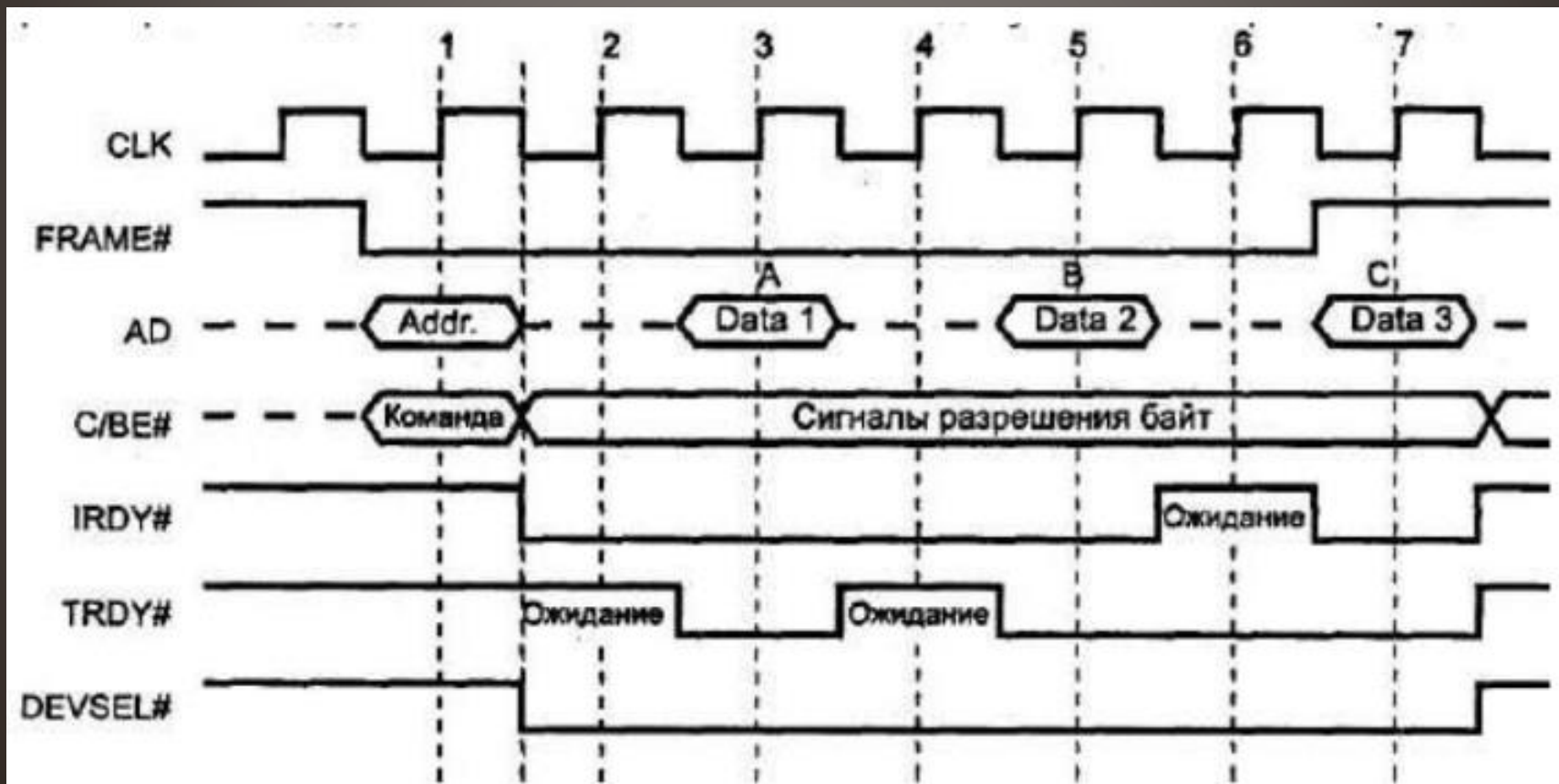
Код команды подается по линиям C/BE#, адрес – по линиям AD [31:3]. По линиям AD[2:0] подается длина транзакции (+ 1), измеренная в qword.

Команды:

- 0000: Read
- 0001: High-Priority Read (упразднено в AGP 3.0)
- 0100: Write
- 0101: HP Write (упразднено в AGP 3.0)
- 1000: Long Read, длину транзакции нужно умножить на 4 (упразднено в AGP 3.0)
- 1001: HP Long Read (упразднено в AGP 3.0)
- 1101: Dual Address Cycle
- 1010: Flush

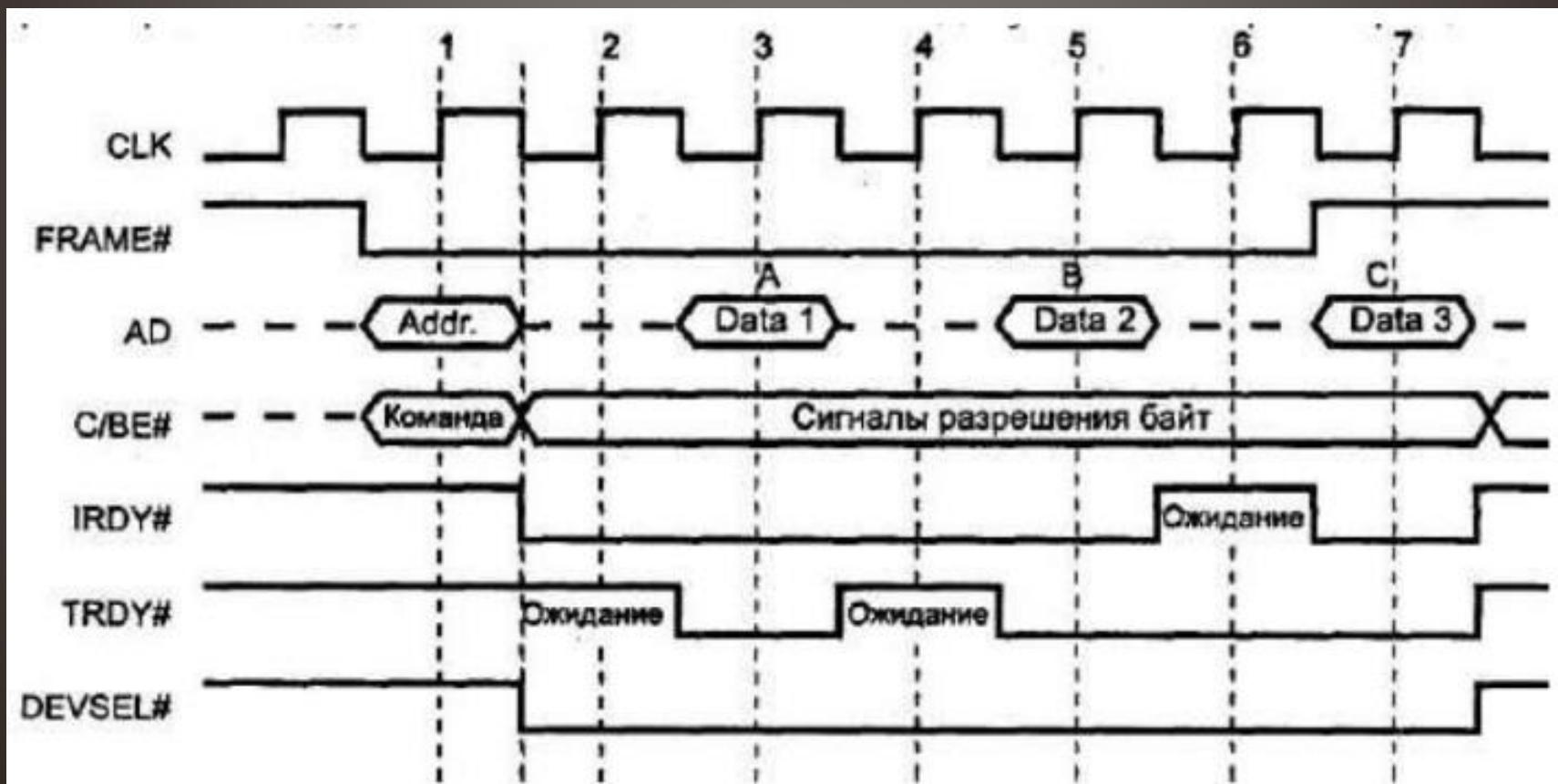


## 4. Транзакции в режиме PCI





## 4. Транзакции в режиме PCI



## 4. Состояние DATA, обмен данными

Если запросы AGP выставляет только устройство (3D-ускоритель), то обмен данными, то есть управление шиной AD в режиме AGP, начинает только порт AGP.

После выдачи сигнала GNT# в ответ на REQ# порт AGP может подать код операции сигналом ST[2:0]:

- 000: передаются данные обычного запроса чтения системной памяти
- 001: то же, но для высокоприоритетного (HP) запроса (упразднено в AGP 3.0)
- 010: устройство должно начать выдачу данных обычного запроса на запись в системную память
- 011: то же, но для HP запроса
- 111: устройство может подать запрос методом 1 или начать транзакцию PCI
- 110: цикл калибровки приемопередатчиков (AGP 3.0)

## 4. Доступ к памяти DMA

**DMA** (Direct Memory Access) — доступ к памяти, в этом режиме основной памятью считается встроенная видеопамять на карте, текстуры копируются туда перед использованием из системной памяти компьютера. (По тому же принципу работают звуковые карты, некоторые контроллеры и т. п.)

Попросту говоря, PCI bus mastering подходит для передачи небольших порций данных (от сотен байт до нескольких килобайт).

Во время программирования PCI bus master'а система/драйвер записывает физический адрес данных, предназначенных для передачи.

- Для маленьких объемов данных система с легкостью может сделать так, чтобы логически смежные адреса переносились бы в физически смежные.
- Для больших структур данных это становится трудным и неэффективным, таких как многомегабайтные текстуры и огромные списки показа, так как система загружает эти структуры в свое логическое адресное пространство, которое случайно распределено по физическим адресам.

## 4. Доступ к памяти DME

**DME** (Direct in Memory Execute) в этом режиме основная и видеопамять находятся как бы в общем адресном пространстве.

Общее пространство эмулируется с помощью таблицы отображения адресов (Graphic Address Remapping Table, GART) блоками по 4 Кб.

Таким образом копировать данные из основной памяти в видеопамять уже не требуется, этот процесс называют AGP-текстурированием.

## 4. Доступ к памяти DME

Главная задача AGP в том, чтобы карта могла **«видеть» часть системной памяти как свою собственную память**, которую можно использовать для хранения текстур и списков показа. Чтобы использовать возможности AGP более эффективно, система должна предоставлять механизм, который позволял бы переносить «логические» адреса, используемые графическим AGP-чипом, в действительные физические адреса способом, подобным используемому процессорами x86.

В процессоре Intel 8086 поддерживается простейшая модель сегментированной памяти. Использование сегментации позволяет, во-первых, сделать машинные программы инвариантными к месту их конкретной привязки (загрузки) в физической памяти, и, во-вторых, расширить объем физического адресного пространства до 1Мбайта (2<sup>20</sup> байт) по сравнению с возможностями 16-битной адресации, которая обеспечивает адресное пространство всего 2<sup>16</sup> байта = 64 Кбайта.



## 4. Электрический интерфейс и конструктив

Устройства AGP могут располагаться на материнской плате, входить в состав системной логики (виртуальный порт AGP) либо подключаться к материнской плате через щелевой разъем.

Разъем имеет два ряда по 66 контактов, контакты располагаются в «два этажа».

Питание компонентов графической карты AGP выполняется по линиям Vcc (3.3 В), подается также 5.0 В, но используется редко.

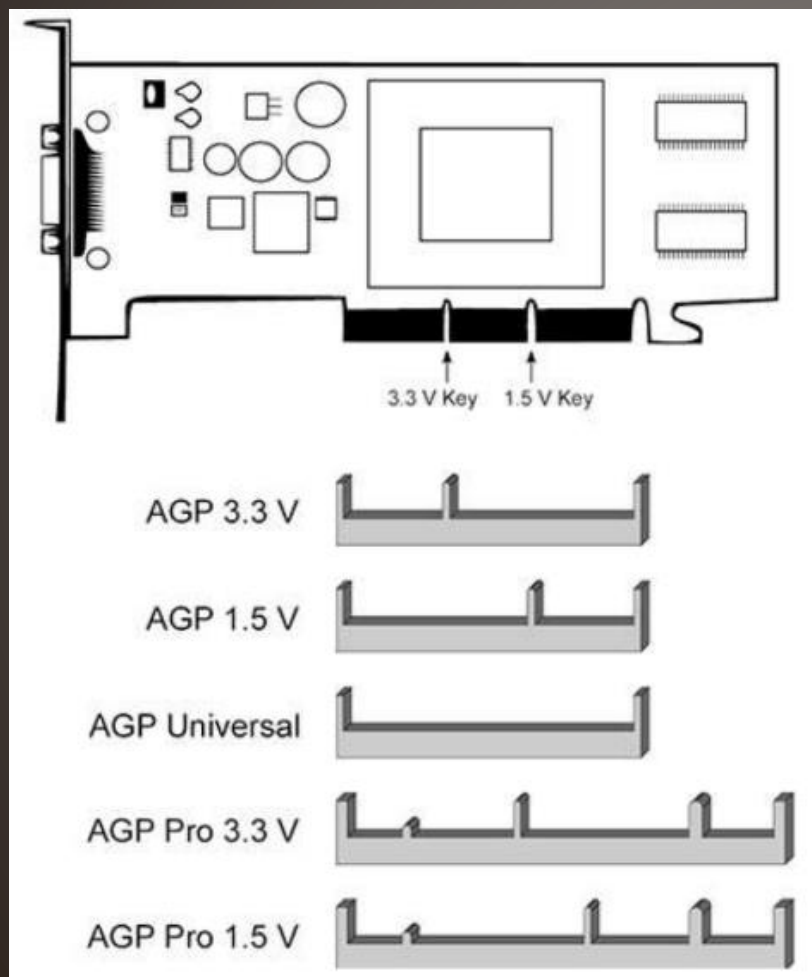
Интерфейсные схемы (Vddq) и уровни сигналов:

- 3.3 В: AGP 1.0, AGP 2.0 1x/2x
- 1.5 В: AGP 2.0 2x/4x, AGP 3.0 2x/4x
- 0.8 В: AGP 3.0 8x

Для защиты от неправильного подключения имеются ключи:

- Контакты 22-25: поддержка только 3.3 В
- Контакты 42-45: поддержка только 1.5 В
- Отсутствие ключей в слоте, обе прорези на карте: универсально.

## 4. Разъемы AGP



С обеих сторон к слоту добавлены контакты для подачи питания 3.3 В и 12 В, контакт детектирования карты AGP Pro (PRSNT1#) и контакт определения мощности — PRSNT2# (заземлен — потребление более 50 Вт).

AGP Pro рассчитан на установку в рабочие станции.

Всего карта AGP может потреблять до 110 Вт, используя линии AGP, AGP Pro и два соседних слота PCI.

## 4. Стандарты AGP

Стандарт AGP	Скорость передачи данных, Мб/с	Напряжение разъема питания, В	Частота, МГц
1×	266	3,3	66
2×	533	3,3	133
4×	1066	1,5 или 0,8	266
8×	2132	0,8	533

На текущий момент шина AGP не используется, ее функционал выполняет шина PCI Express.