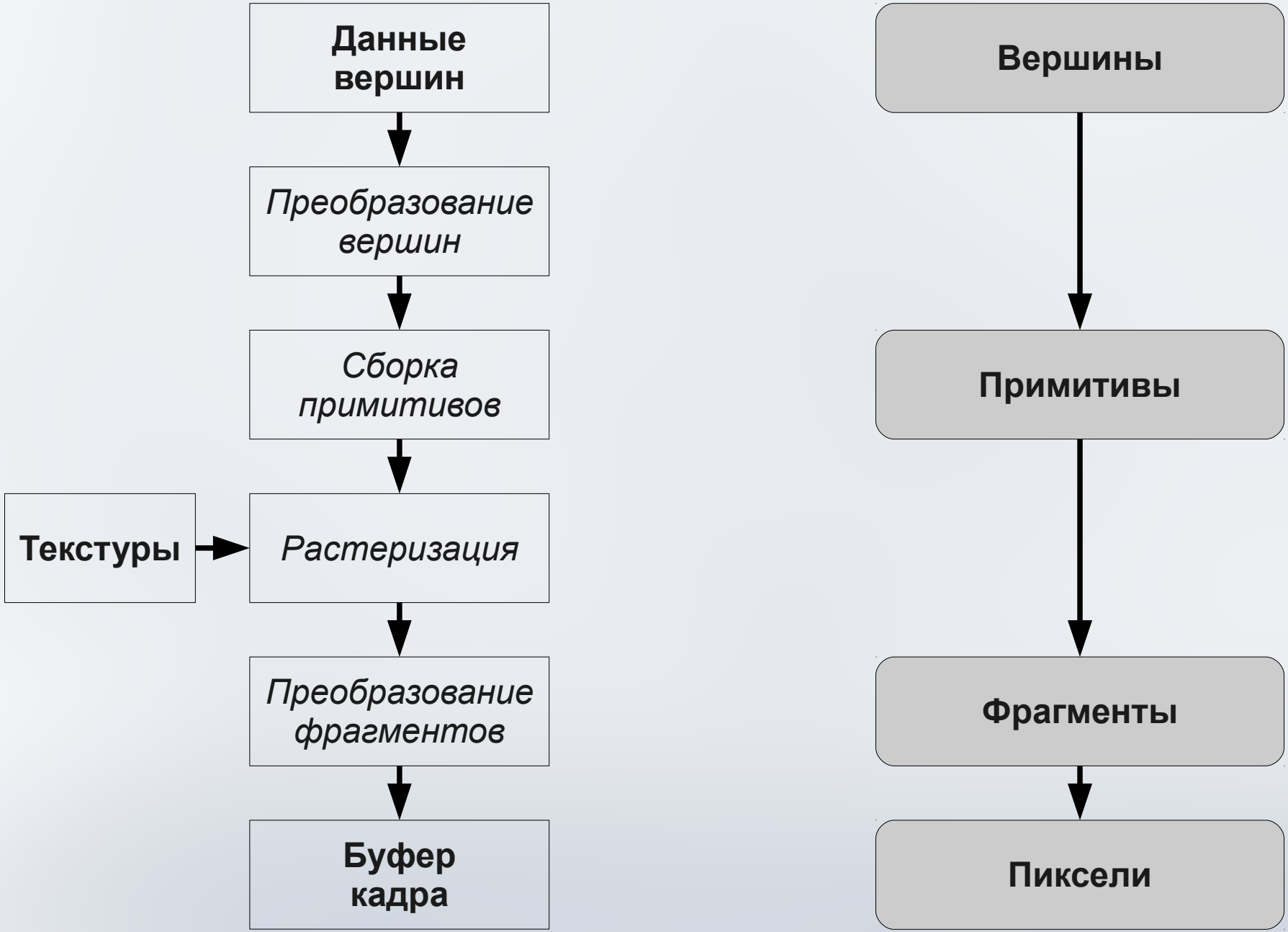
Мультимедиа
Лекция №4

Рябинин Константин Валентинович

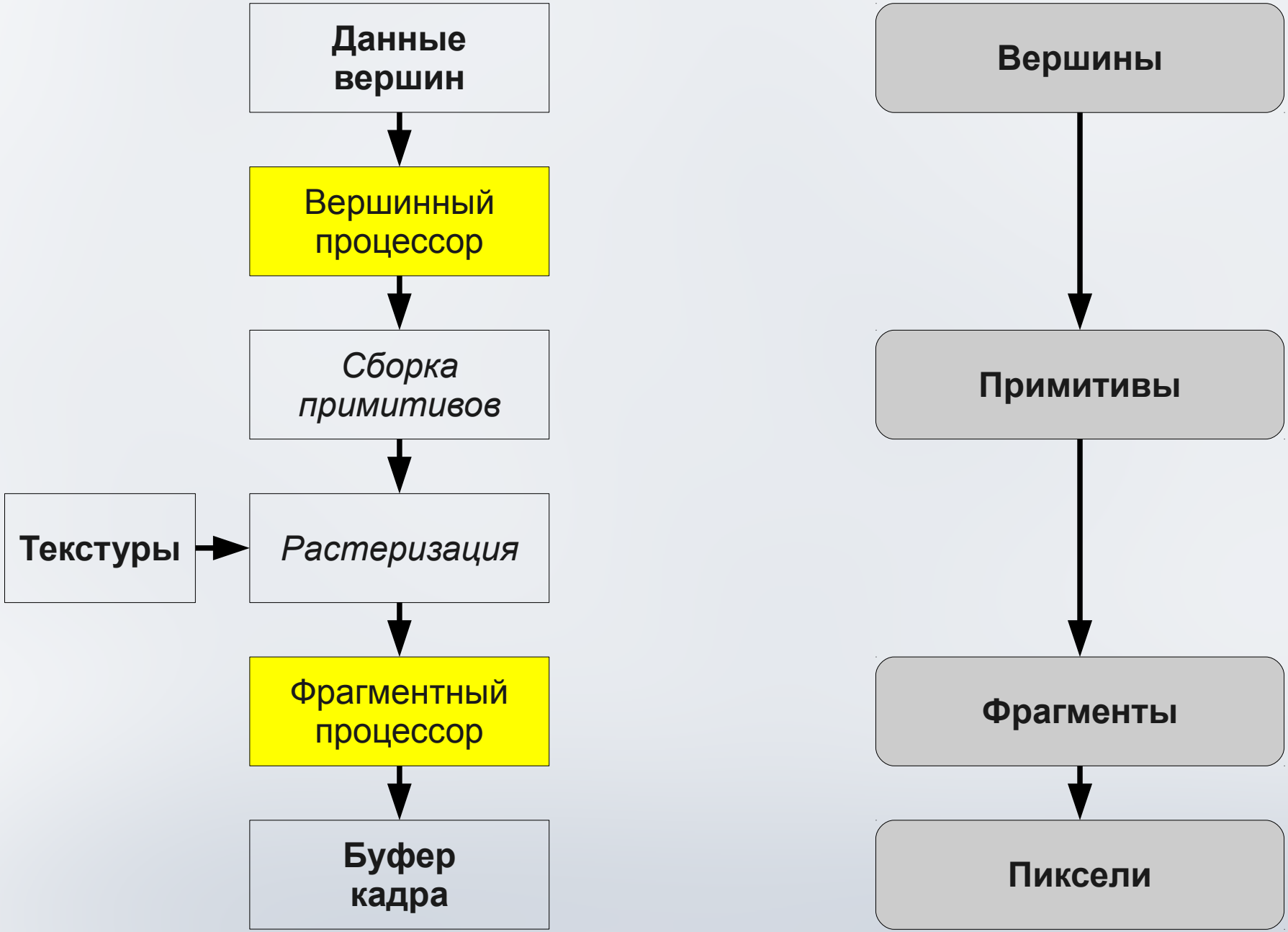
e-mail: icosaeder@ya.ru
jabber: icosaeder@jabber.ru

Пермь, 2013

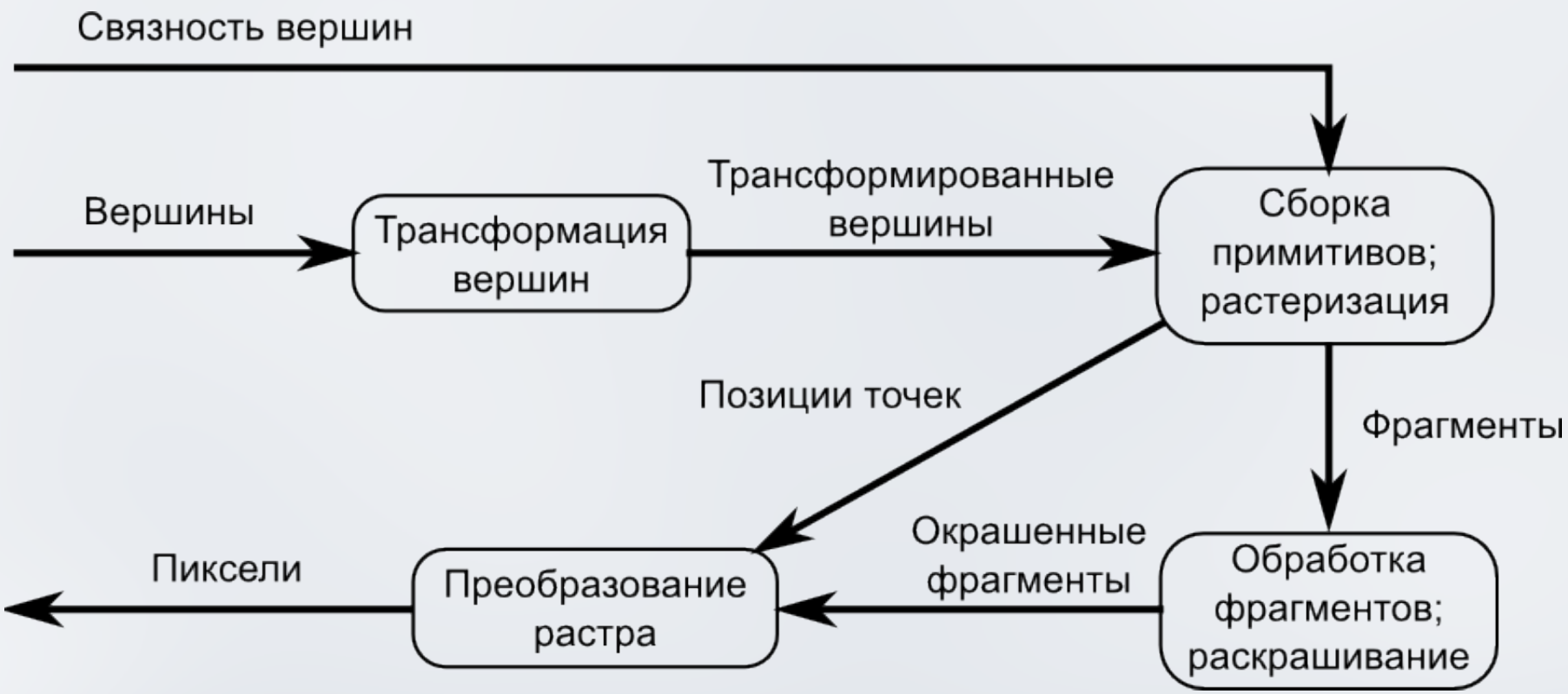
Фиксированный конвейер OpenGL



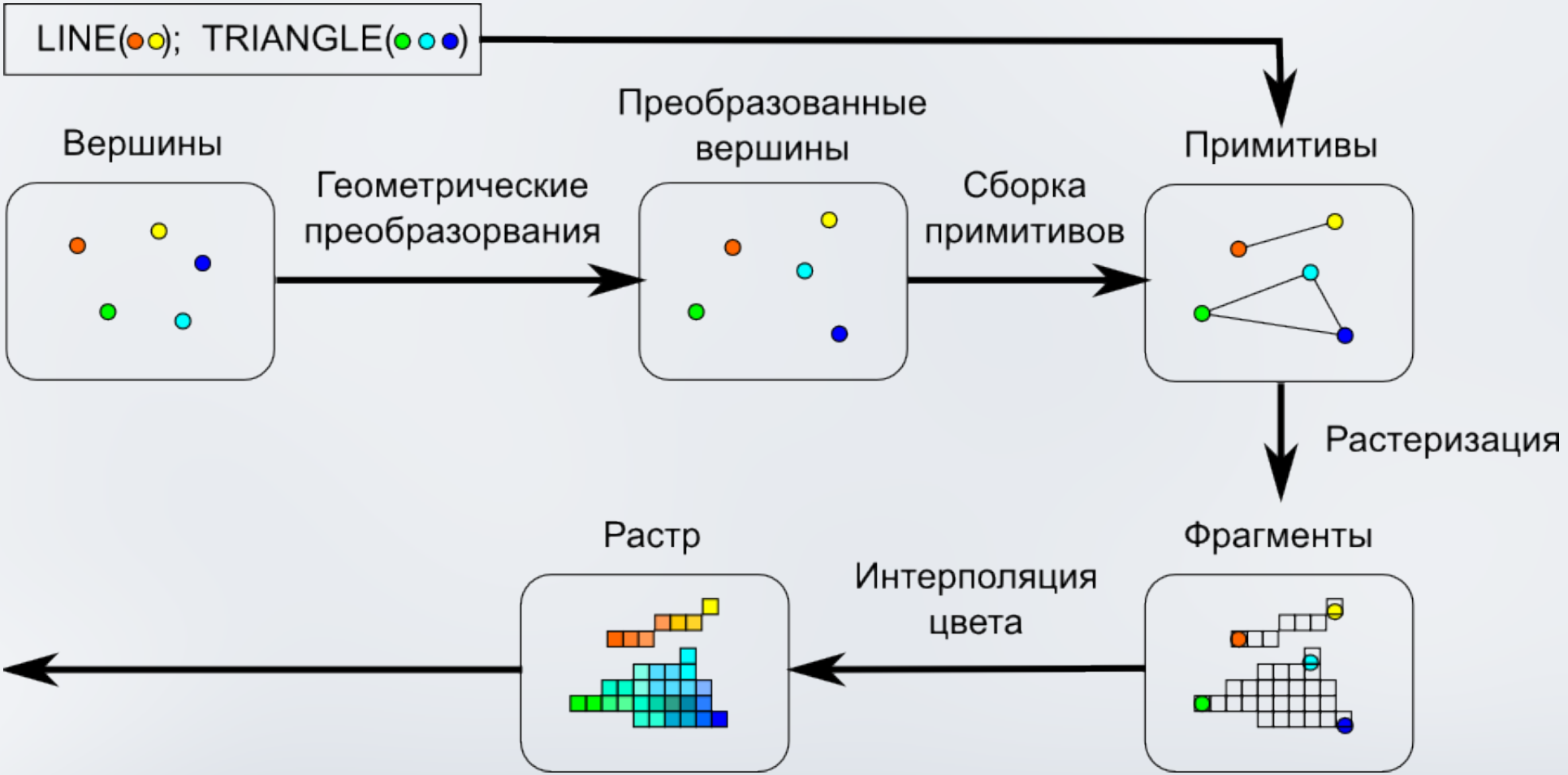
Программируемый конвейер OpenGL



Поток данных конвейера OpenGL



Поток данных конвейера OpenGL



Шейдеры

Шейдер – это микропрограмма для одной из ступеней графического конвейера, используемая для определения окончательных параметров объекта или изображения

Свойства:

- **Автономен, не является частью кода приложения**
- **На современном оборудовании выполняется на видеокарте (аппаратная поддержка)**
- **Написан на специфическом процедурном языке**
- **Предназначен для многократного вызова, но без использования многопоточности в явном виде**
- **Выполняет лишь узкоспециализированную задачу определения конкретных параметров объекта или изображения**

Назначение и достоинства

Назначение шейдеров:

- Создание визуальных эффектов
  - Превращение графического конвейера из неуправляемого в управляемый
    - → Значительное увеличение свободы управления результатом визуализации
  - Унификация механизма создания визуальных эффектов любой сложности

Достоинства шейдеров:

- Очень высокая эффективность
- Свобода создания визуальных эффектов
- Децентрализация кода
- Межпроектное переиспользование

→ В современной практике шейдеры составляют основу всех визуальных эффектов, без их применения не обходится ни одна мультимедийная система

Языки шейдеров

По сути шейдер – общее название для семейства специализированных микропрограмм

Для написания шейдеров используются специализированные языки программирования, характеризующиеся:

- **Процедурной парадигмой**
- **Тьюринг-полнотой**
- **Наличием специализированных типов данных и встроенных функций для работы с обрабатываемыми сущностями**
- **Как правило, за основу шейдерных языков берётся синтаксис C**

Языки шейдеров

Примеры языков:

- GLSL (Graphics Library Shader Language)
  - Шейдерный язык от ARB
- HLSL (High-Level Shader Language)
  - Шейдерный язык от Microsoft
- DirectX ASM
  - Шейдерный ассемблер от Microsoft
- Cg (C for Graphics)
  - Шейдерный язык от nVidia для Microsoft
- RenderMan
  - Шейдерный язык от Pixar для художников
- Gelato
  - Шейдерный язык от nVidia для художников

Виды шейдеров

- **Геометрический шейдер** – микропрограмма, обрабатывающая за раз один геометрический примитив
  - → Задача: определить положение и цвета примитива
- **Вершинный шейдер** – микропрограмма, обрабатывающая за раз одну вершину
  - → Задача: определить положение и цвет вершины
- **Пиксельный (фрагментный) шейдер** – микропрограмма, обрабатывающая за раз один «фрагмент» изображения, то есть его атомарную часть (чаще всего атомарной частью изображения выступает пиксель)
  - → Задача: определить цвет фрагмента

Жизненный цикл шейдера

- Загрузка из файла (или из строковой константы)
- Компиляция («на лету», во время выполнения основной программы)
- Встраивание в конвейер («активация»)
- Множественное выполнение (для каждой обрабатываемой данной ступенью конвейера сущности за один рендеринг шейдер выполняется ровно один раз)
- Отсоединение от конвейера («деактивация»)
- Удаление из памяти

Взаимодействие шейдеров

- Помимо данных об обрабатываемой сущности шейдеры могут получать из основной программы произвольные наборы данных
  - «глобальных» (одинаковых для всех обрабатываемых сущностей)
  - «локальных» (сцепленных с сущностью, как правило при помощи массивов, индексы в которых соответствуют номерам сущностей)
- Шейдеры более раннего этапа конвейера могут подготавливать и передавать параметры шейдерам более позднего этапа

Вершинный процессор

Вершинный процессор – это программируемый модуль, обрабатывающий вершины и связанные с ними данные

Выполняемые операции:

- **Преобразование вершин и нормалей**
- **Генерация и преобразование текстурных координат**
- **Расчёт цвета вершин (с учётом освещения и других произвольных параметров)**

→ **Программа для вершинного процессора называется вершинным шейдером**

→ **Вершинный шейдер готовит данные для фрагментного процессора**

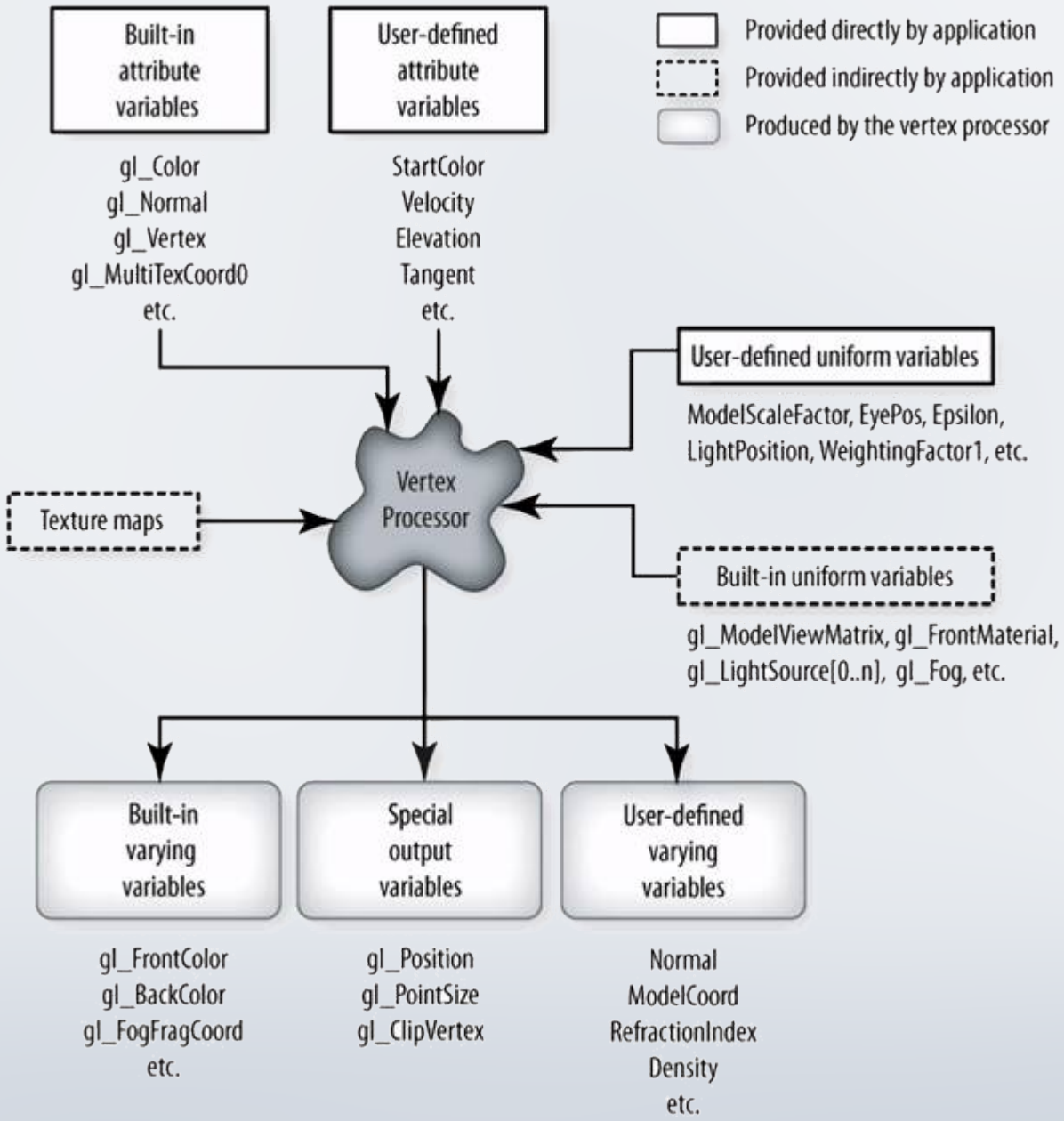
Вершинный процессор

Вершинный процессор – это программируемый модуль, обрабатывающий вершины и связанные с ними данные

Входные и выходные данные:

- **Переменные-атрибуты (*attribute*) – передаются вершинному шейдеру от приложения для описания свойств каждой вершины**
- **Однообразные переменные (*uniform*) – используются для передачи данных как вершинному, так и фрагментному процессору. Не могут меняться чаще, чем один раз за полигон**
- **Разнообразные переменные (*varying*) – служат для передачи данных от вершинного к фрагментному процессору. Данные переменные могут быть различными для разных вершин, и для каждого фрагмента будет выполняться интерполяция**

Схема данных для вершинного процессора



Фрагментный процессор

Фрагментный процессор – это программируемый модуль, обрабатывающий фрагменты (пиксели) и связанные с ними данные

Выполняемые операции:

- **Операции над интерполированными значениями, полученными от вершинного процессора**
- **Наложение текстур**
- **Расчёт цвета фрагментов (с учётом освещения и других произвольных параметров)**
- **Координаты фрагмента суть константы**

→ **Программа для фрагментного процессора называется фрагментным шейдером**

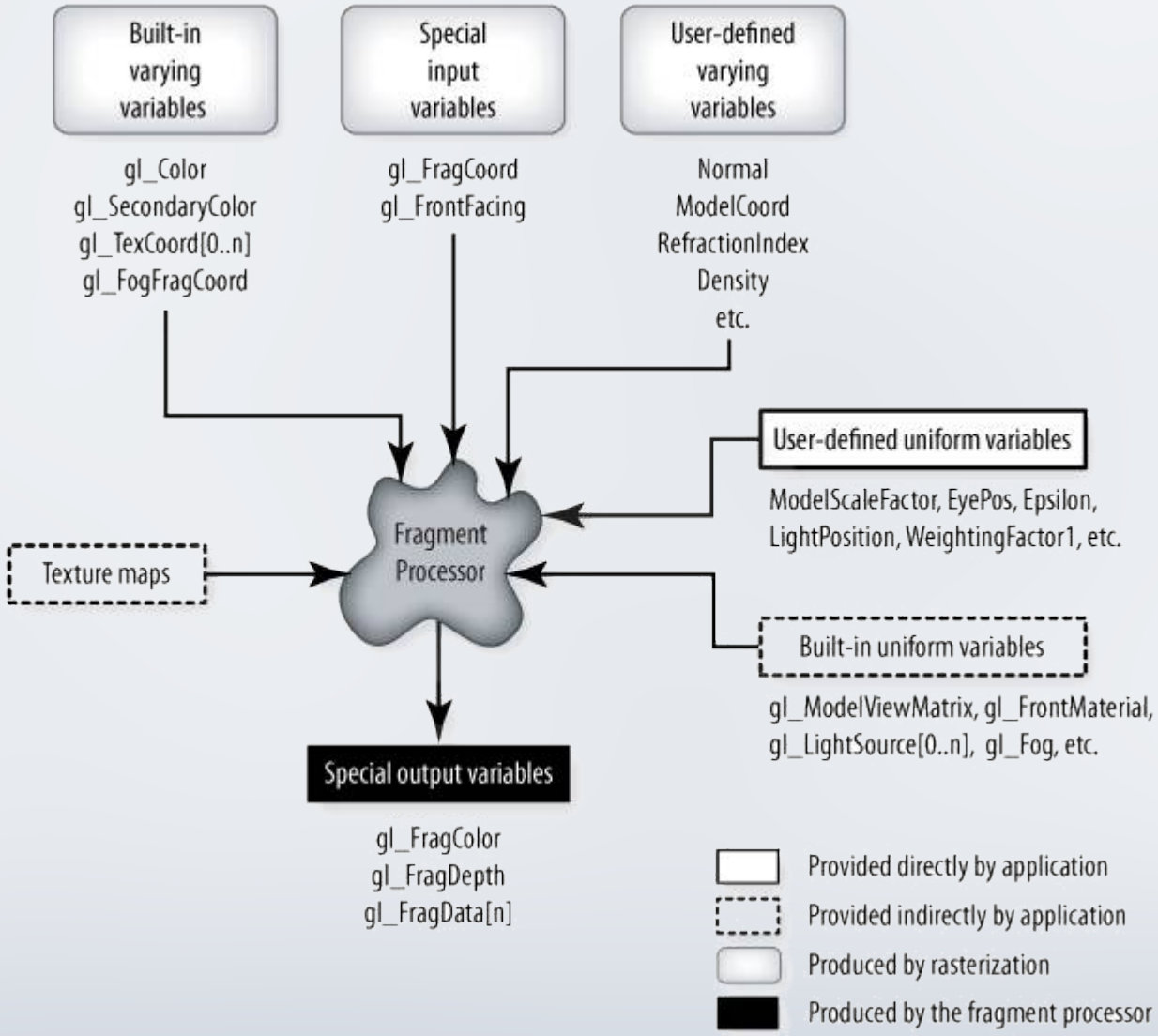
Фрагментный процессор

Фрагментный процессор – это программируемый модуль, обрабатывающий фрагменты (пиксели) и связанные с ними данные

Входные и выходные данные:

- **Разнообразные переменные (*varying*) – приходят от вершинного шейдера; как встроенные, так и определенные разработчиком**
- **Однообразные переменные (*uniform*) – для передачи произвольных относительно редко меняющихся параметров**

Схема данных для фрагментного процессора



Шейдерная программа

Шейдерная программа – это специализированная структура данных в OpenGL, предназначенная для хранения нескольких шейдеров разных типов для их одновременного использования

- По факту шейдерная программа используется для связки ровно двух шейдеров – одного вершинного и одного фрагментного, так как программируемый конвейер в каждый момент времени нуждается ровно в двух шейдерах
- Теоретически возможна сборка шейдера из нескольких частей, но на практике это почти не используется
- В каждый момент времени может быть активна только одна шейдерная программа
- Шейдерная программа – единственный способ использования шейдеров в OpenGL, поэтому шейдеры всегда существуют парами (каждому вершинному должен соответствовать его фрагментный)
- Порядок вызовов:
  `glCreateProgram` → `glAttachShader` → `glAttachShader` → `glLinkProgram` → `glUseProgram`

Язык GLSL

GLSL – это высокоуровневый процедурный язык программирования для вершинного и фрагментного процессоров OpenGL

Характеристика

- Программы на GLSL представляют собой абстракцию от аппаратного обеспечения
- Компилятор GLSL является частью библиотеки стандарта OpenGL и генерирует оптимизированный под конкретную видеокарту код
- GLSL основан на синтаксисе C и является чисто процедурным
- Начало выполнения программы – функция `void main()`
- Спецификация языка (от 03.08.2012): http://www.opengl.org/registry/doc/GLSLangSpec.4.30.6.pdf

Хранение геометрии

- Поверхности в OpenGL 3+ хранятся в виде массивов вершин (каждая вершина – набор атрибутов типа float)
- Тип связности вершин (способ объединения в примитивы) указывается уже при отрисовке, в качестве параметра функции рисования
- Массив вершин может хранится как в оперативной памяти, так и в видеопамяти. Второй способ предпочтительнее по скорости
- Для хранения вершин в видеопамяти используется специальная структура, называемая вершинным буфером (vertex buffer)
- Работа с вершинными буферами осуществляется при помощи API-функций OpenGL
- Часто кроме массива вершин используется ещё и массив индексов, что позволяет устранить дублирование вершин. Индексы так же сохраняются в отдельном буфере