

Введение в компьютерную графику

Быковских Дмитрий Александрович

06.09.2025

Введение в КГ

2025-09-12

Введение в компьютерную графику

Быковских Дмитрий Александрович

06.09.2025

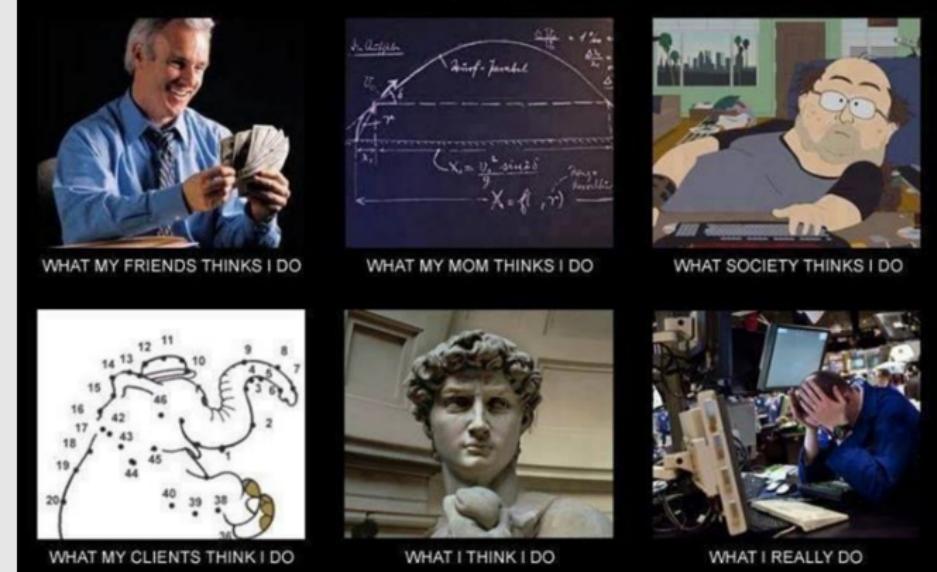


Рис. 1: Изображение для привлечения внимания

- Общая информация о компьютерной графике
- Некоторые факты из истории компьютерной графики
- Аппаратные средства, связанные с выводом изображения
- Терминология

2025-09-12

└ Содержание

Содержание

- Общая информация о компьютерной графике
- Некоторые факты из истории компьютерной графики
- Аппаратные средства, связанные с выводом изображения
- Терминология

Компьютерная графика — междисциплинарная область информатики, изучающая математические и вычислительные основы генерации, обработки, представления и визуализации изображений и геометрической информации с использованием вычислительных систем.

Спектр применений:

- Анимация (фильмы, видеоролики, реклама)
- Визуализация данных (диаграммы, графики)
- Дизайн (логотипы, баннеры, упаковки, интерфейсы)
- Симуляция и моделирование (виртуальные среды для тестирования)
- Редактирование фото и видео (улучшение качества)
- и многое другое

Введение в КГ

2025-09-12

Что такое компьютерная графика (КГ)?

Машинная графика (Computer graphics, ГОСТ 27459-87) — совокупность методов и приемов для преобразования при помощи ЭВМ данных в графическое представление или графического представления в данные.

Что такое компьютерная графика (КГ)?

Компьютерная графика — междисциплинарная область информатики, изучающая математические и вычислительные основы генерации, обработки, представления и визуализации изображений и геометрической информации с использованием вычислительных систем.

Спектр применений:

- Разработка игр (виртуальный мир, персонажи, эффекты)
- Визуализация данных (диаграммы, графики)
- Дизайн (логотипы, баннеры, упаковки, интерфейсы)
- Симуляция и моделирование (виртуальные среды для тестирования)
- Анимация (фильмы, видеоролики, реклама)
- Медицинская визуализация (модели органов, тканей)
- Архитектурное проектирование (модели зданий, интерьеров)
- Редактирование фото и видео (улучшение качества)
- и многое другое



Введение в КГ

2025-09-12

└ Основные направления

Самые популярные направления на сегодняшний день:

- рендеринг;
- анимация и симуляция;
- геометрическое моделирование;
- машинное обучение и ИИ;
- виртуальная и дополненная реальность;
- научная визуализация;
- вычислительная фотография.

Основные направления

Image Processing

Image Compression

Noise Reduction

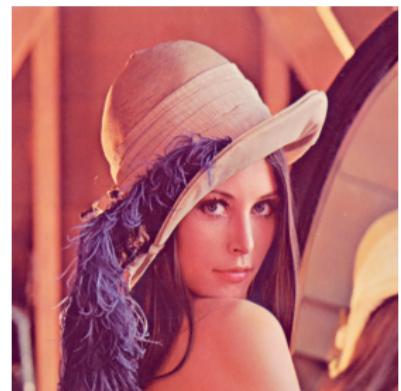


Рис. 2: Эталонное изображение (Söderberg Lenna)

Neural Networks

Computer Vision

Machine Learning

Deep Learning

Data Mining



Рис. 3: Применение нейронных сетей (семейная пара)

Rendering

Computer-Generated Imagery

RealTime Processing



Рис. 4: Классическая модель рендера (Newell teapot или чайник Юта)

Spacewar (1962 г.)

Одна из первых компьютерных игр

Жанр: Shoot'em up, космический симулятор

Авторы: Steve Russell, Martin Graetz, Wayne Wiitanen, Bob Saunders, Steve Piner

Платформа: DEC PDP-1

Время разработки: 200 чч



Рис. 5: DEC PDP-1 and Spacewar

2025-09-12

Введение в КГ

└ История развития. Интересные факты

└ Spacewar (1962 г.)

Жанр: Shoot'em up, космический симулятор
Авторы: Steve Russell, Martin Graetz, Wayne Wiitanen, Bob Saunders, Steve Piner
Платформа: DEC PDP-1
Время разработки: 200 чч



Рис. 5: DEC PDP-1 and Spacewar

ЭЛТ (Электронно-лучевая трубка)

Работает с помощью электронного пучка, испускаемого анодом и фосфорного экрана, выполняющего роль катода. Имеет крупные размеры, высокое энергопотребление и вес, но обеспечивает хорошее качество изображения и высокую частоту обновления.

Кошечка (1968 г.)

Одна из первых компьютерных анимаций

Авторы: Н.Н. Константинов, В. Минахин, В. Понамаренко, А. Скуридин, В. Журкин

Платформа: БЭСМ-4

и алфавитно-цифровой принтер

Реализация: движения кошки описаны дифференциальными уравнениями

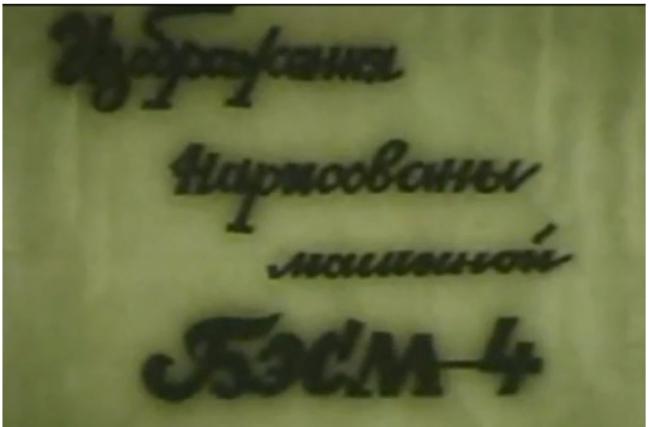


Рис. 6: Кошечка

2025-09-12

Авторы: Н.Н. Константинов, В. Минахин, В. Понамаренко, А. Скуридин, В. Журкин
Платформа: БЭСМ-4 и алфавитно-цифровой принтер
Реализация: движения кошки описаны дифференциальными уравнениями



Рис. 6: Кошечка

Чайник Юта (1975 г.)

Newell teapot

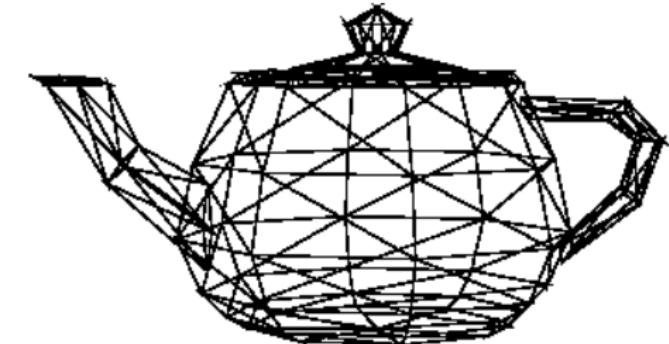


Рис. 7: Состоит из 32 кубических поверхностей Безье

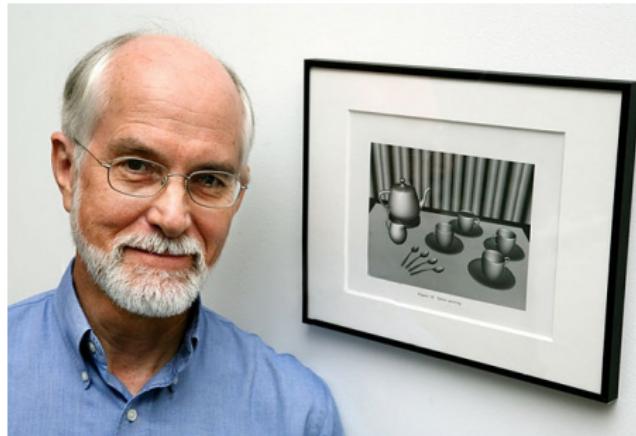


Рис. 8: Мартин Ньювелл и чайник Юта

- └ История развития. Интересные факты
 - └ Чайник Юта (1975 г.)

2025-09-12

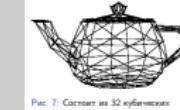


Рис. 7: Состоит из 32 кубических поверхностей Безье



Рис. 8: Мартин Ньювелл и чайник Юта

<https://www.opengl.org/resources/libraries/glut/spec3/node89.html>
Скомпилировать программу из CG/Projects/src/utah_teapot.c

Silicon Graphics Inc. (SGI, 1982 г.)

Описание: Разработка графических станций (Indigo, Indy и др.) и ПО (SGI IRIX и др.) для визуализации
Основатель: Джим Кларк

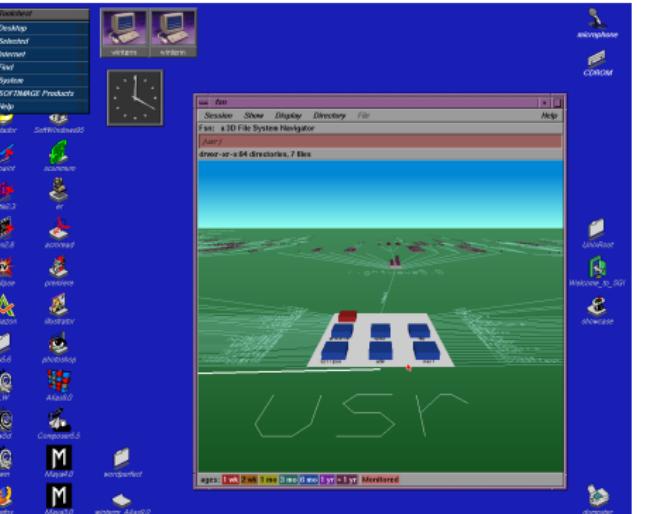


Рис. 9: IRIX OS

Введение в КГ

└ История развития. Интересные факты

└ Silicon Graphics Inc. (SGI, 1982 г.)

2025-09-12

Описание: Работа графических станций (Indigo, Indy и др.) и ПО (SGI IRIX и др.) для визуализации
 Основатель: Джим Кларк



Рис. 9: IRIX OS

История компании Silicon Graphics

<https://habr.com/ru/companies/vdsina/articles/562912/>

В 1984 году SGI выпустила системы IRIS первого поколения (модели 1000 и 1200).

Вскоре получила статус легенды среди 3D-художников и графических дизайнеров, использовавших уникальную мощь её рабочих станций.
 Наследие можно увидеть в Nintendo 64 (вышла в 1996 г.).

Принимала участие в разработке голливудских фильмов, включая Jurassic Park, «Парк юрского периода» (1993 г.), Jumanji, «Джуманджи» (1995 г.), The Matrix, «Матрица» (1999 г.), Star Wars. Episode I, «Звёздные войны. Эпизод I» (1999 г.), Lord of the Rings, «Властелин колец» (2000 г.), и другие.

В 1992 году SGI решили перепроектировать API и начали продавать недорогие лицензии на него своим конкурентам. После SGI организовала OpenGL Architecture Review Board для руководства дальнейшими разработками.

В феврале 1996 года SGI решила войти на рынок суперкомпьютеров, приобретя за 740 миллионов долларов Cray Research.

В 2003 году компания освободила помещения своей штаб-квартиры в Маунти-Вью и сдала здание в аренду Google.

В апреле 2009 года снова SGI подала заявку согласно Главе 11 и была продана Rackable Systems за 25 миллионов.

Первая 3D видеокарта (1996 г.)



Рис. 10: Destruction Derby (1995 г.)



Рис. 11: Diamond Monster 3DFX Voodoo1

└ История развития. Интересные факты

└ Первая 3D видеокарта (1996 г.)

2025-09-12



Рис. 10: Destruction Derby (1995 г.)



Рис. 11: Diamond Monster 3DFX Voodoo1

Характеристики видеокарты 3DFX Voodoo1

1996 г.

Разработчик: Diamond

Шины I/O: PCI/VGA

Память: 4 MB EDO DRAM

Тех процесс: 500 nm

Частота min/max: 45/50 MHz

API: DX5 (DirectX 5)

Цена: 300\$

Эффекты: texture modulation,
Z-buffering, Bi-linear texture filtering,
anti-aliasing etc.

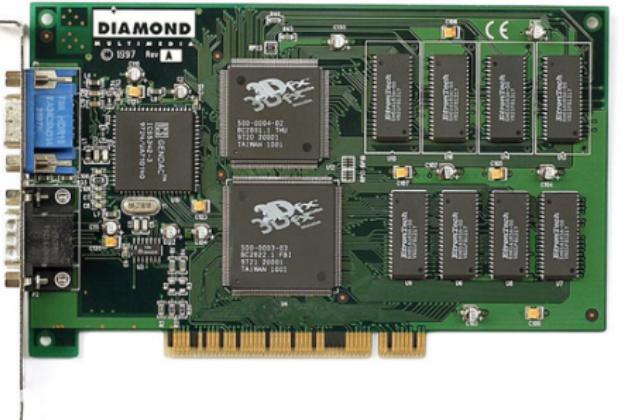


Рис. 12: Diamond Monster 3DFX Voodoo1

└ Характеристики видеокарты 3DFX Voodoo1

2025-09-12

Характеристики видеокарты 3DFX Voodoo1
1996 г.

Разработчик: Diamond
Шины I/O: PCI/VGA
Память: 4 MB EDO DRAM
Тех процесс: 500 nm
Частота min/max: 45/50 MHz
API: DX5 (DirectX 5)
Цена: 300\$
Эффекты: texture modulation,
Z-buffering, Bi-linear texture filtering,
anti-aliasing etc.



Рис. 12: Diamond Monster 3DFX Voodoo1

1. Texture Modulation (текстурная модуляция)

- это техника в компьютерной графике, которая позволяет комбинировать две или более текстуры в одной точке на поверхности объекта. Это достигается путем умножения цветов пикселей из различных текстур и последующим объединением результатов. Это может использоваться для создания сложных визуальных эффектов, таких как освещение, тени и детализация.

2. Z-buffering (Буфер глубины)

- это метод решения проблемы видимости в трехмерной графике. Он использует буфер глубины (или Z-буфер), который хранит информацию о расстоянии от камеры до каждого пикселя на экране. Во время рендеринга сцены каждый новый пиксель сравнивается с содержимым Z-буфера. Если новый пиксель ближе к камере, его глубина записывается в Z-буфер, и цвет пикселя рендерится на экране. Это обеспечивает правильное наложение объектов в сцене и решает проблему перекрытия.

3. Bi-linear Texture Filtering (Билинейная фильтрация текстуры)

- это метод интерполяции цветов пикселей на текстуре для сглаживания артефактов, таких как лестничные эффекты или пиксельные артефакты, которые могут возникнуть при растягивании или сжатии текстур. Для каждого пикселя на экране берутся ближайшие четыре пикселя на текстуре, и цвета интерполируются на основе расстояния до центра пикселя на экране. Это обеспечивает более плавное и реалистичное отображение текстур на объектах.

4. Anti-aliasing (Сглаживание краев)

- это техника, которая используется для смягчения ступенчатых краев (лестничных эффектов) на объектах или линиях в компьютерной графике. Она достигается путем усреднения цветов пикселей, находящихся на границе объекта, с окружающими пикселями. Это создает плавный переход цветов, уменьшает эффект "мерцания" на границах объектов при их движении или вращении.

Характеристики видеокарты

Графический процессор (видеочип)

Число транзисторов, млрд.

Техпроцесс, нм

Тактовая частота, ГГц

Количество шейдерных ядер (ALU, Arithmetic Logic Unit)

Тензорные ядра (Tensor Cores)

RT-ядра (Ray-Tracing Cores)

Скорость заполнения (Fill Rate)

- Пиксельная – число блоков растровых операций (Raster Operations Pipeline or Render Output Unit, ROPs)
- Текстурная – количество блоков наложения текстур (Texture Mapping Unit, TMUs)

2025-09-12

Число транзисторов, млрд.

Техпроцесс, нм

Тактовая частота, ГГц

Количество шейдерных ядер (ALU, Arithmetic Logic Unit)

Тензорные ядра (Tensor Cores)

RT-ядра (Ray-Tracing Cores)

Скорость заполнения (Fill Rate)

▪ Пиксельная – число блоков растровых операций (Raster Operations Pipeline or Render Output Unit, ROPs)

▪ Текстурная – количество блоков наложения текстур (Texture Mapping Unit, TMUs)

Описание самой мощной игровой видеокарты на 2025 г. NVIDIA GeForce RTX 5090

<https://www.techpowerup.com/gpu-specs/geforce-rtx-5090.c4216>

С различными характеристиками можно ознакомиться:

https://www.thg.ru/graphic/graphic_card_faq_ii/index.html

Скорость заполнения (Fill Rate)

С какой скоростью графический процессор может выдавать пиксели (например, triangle fill rate у старых видеокарт). Выделяют два типа скорости заполнения: пиксельную (pixel fill rate, $PFR = ROP \cdot Hz$) и текстурную (texture fill rate).

Текстурную скорость заполнения ATI и nVidia считают по-разному. nVidia считает, что скорость получается умножением числа пиксельных конвейеров на тактовую частоту. А ATI умножает число текстурных блоков на тактовую частоту. В принципе, оба способа корректны, поскольку nVidia использует по одному текстурному блоку на блок пиксельных шейдеров, т.е. по одному на пиксельный конвейер.

Блоки наложения текстур (Texture Mapping Unit, TMU)

Текстуры следует выбрать и отфильтровать. Эта работа выполняется блоками наложения текстур, которые работают совместно с блоками пиксельных и вершинных шейдеров. Работа TMU заключается в применении текстурных операций над пикселями.

Блоки растровых операций (Raster Operations Pipeline, ROP)

Процессоры растровых операций отвечают за запись пиксельных данных в память. Скорость, с которой выполняется эта операция, является скоростью заполнения (fill rate).

Производительность (и число) ROP уже редко используется для оценки скорости видеокарты, т.к. перестала быть узким местом.

Характеристики видеокарты

Графическая память и прочие атрибуты

Графическая память

Разрядность шины, бит

Тип микросхем (GDDR5X SDRAM)

Тактовая частота, ГГц

Объем, Тбайт

Другие атрибуты

Размеры

Тип охлаждения

Шина I/O (PCIe)

Мощность, Вт (Энерговыделение)

Производительность шейдерных
ALU (FP32/FP64/FP16)

- Бенчмарки (benchmark)
- Тесты на играх

2025-09-12

Графическая память	Другие атрибуты
Разрядность шины, бит	Размеры
Тип микросхем (GDDR5X SDRAM)	Тип охлаждения
Тактовая частота, ГГц	Шина I/O (PCIe)
Объем, Тбайт	Мощность, Вт (Энерговыделение)
	Производительность шейдерных ALU (FP32/FP64/FP16)
	• Бенчмарки (benchmark)
	• Тесты на играх

Характеристики видеокарты

Memory Hierarchy and Floating Point (FP)

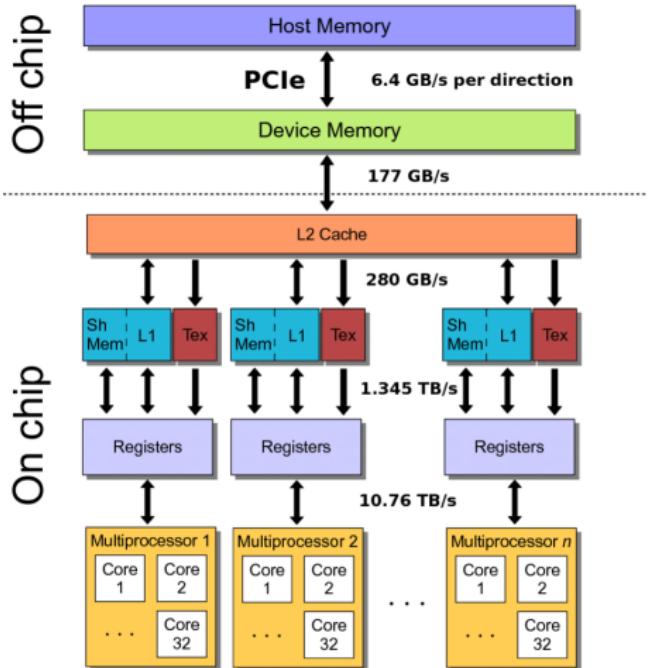


Рис. 13: Nvidia Fermi Architecture Memory

2025-09-12

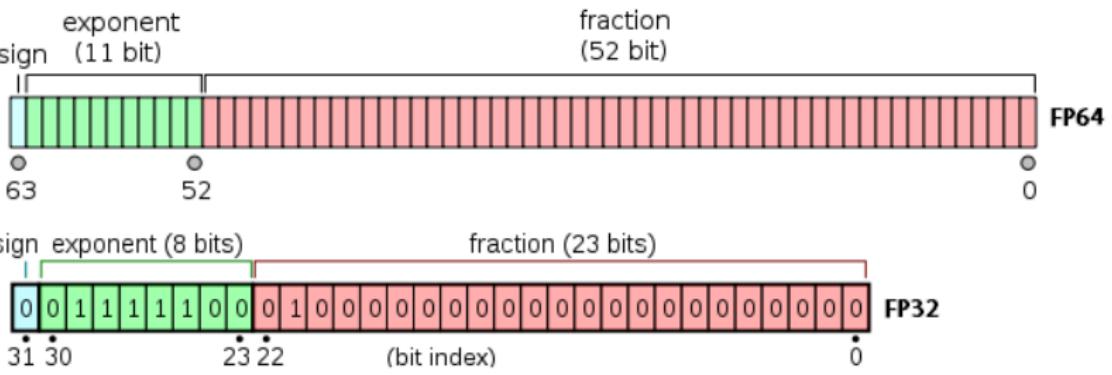
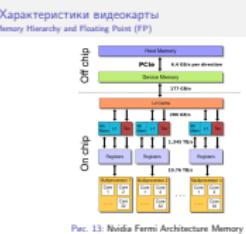


Рис. 14: Структура чисел с плавающей точкой

Характеристики видеокарты

Бенчмарки (benchmark)

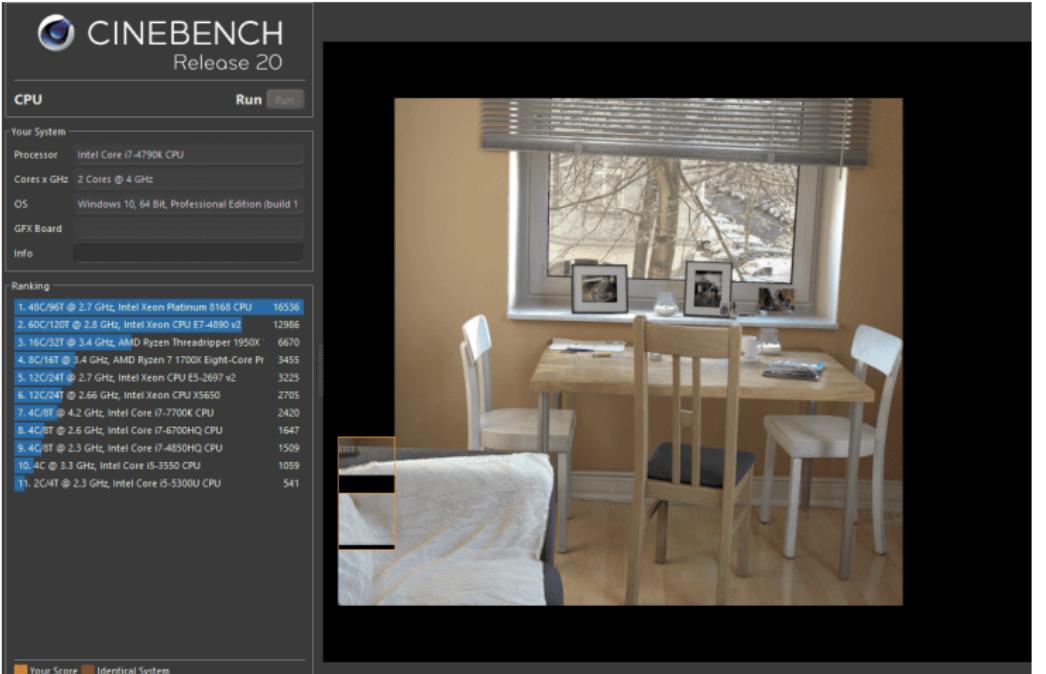


Рис. 15: Cinebench R23

2025-09-12

<https://youtu.be/-bab7HjoZqk?si=HF1GxvNNv3mtCaRG>
Популярные

- Cinebench R23
- Furmark
- 3DMark
- Heaven

и др.



Рис. 15: Cinebench R23

Терминология

Спецификация (стандарт) — документированные наборы правил, рекомендаций и параметров, определяющие способы взаимодействия, описание, единое понимание и совместимость между аппаратной и программной частями.

Драйвер (видеодрайвер) — программный интерфейс между операционной системой и графическим аппаратным обеспечением компьютера или устройства.

Графическая библиотека — набор программных инструментов, функций и ресурсов, предназначенных для упрощения создания графических элементов в компьютерных приложениях.

Графический фреймворк — комплексная структура, предоставляющая базовую архитектуру и инструменты для разработки графических приложений.

Графический движок — программное обеспечение, которое предоставляет инфраструктуру и инструменты для разработки интерактивных графических приложений, игр и визуальных симуляций.

Графические редакторы — программное обеспечение, предназначенное для создания, редактирования и манипулирования графическими изображениями, включая различные эффекты, анимацию и многое другое.

Графический профилировщик — программное обеспечение, используемое для анализа и оптимизации производительности графических приложений или систем.

GPU benchmark (бенчмарк графического процессора) — методика тестирования и оценки производительности графического процессора, которая позволяет измерить его способность обрабатывать графику и выполнение вычислительных задач.

2025-09-12

Терминология

Терминология
Спецификация (стандарт) — документированные наборы правил, рекомендаций и параметров, определяющие способы взаимодействия, описание, единое понимание и совместимость между аппаратной и программной частями.
Драйвер (видеодрайвер) — программный интерфейс между операционной системой и графическим аппаратным обеспечением компьютера или устройства.
Графическая библиотека — набор программных инструментов, функций и ресурсов, предназначенных для упрощения создания графических элементов в компьютерных приложениях.
Графический фреймворк — комплексная структура, предоставляющая базовую архитектуру и инструменты для разработки графических приложений.
Графический движок — программное обеспечение, которое предоставляет инфраструктуру и инструменты для разработки интерактивных графических приложений, игр и визуальных симуляций.
Графические редакторы — программное обеспечение, предназначенные для создания, редактирования и манипулирования графическими изображениями, включая различные эффекты, анимацию и многое другое.
Графический профилировщик — программное обеспечение, используемое для анализа и оптимизации производительности графических приложений или систем.
GPU бенчмарк (бенчмарк графического процессора) — методика тестирования и оценки производительности графического процессора, которая позволяет измерить его способность обрабатывать графику и выполнять вычислительные задачи.