

Белорусско-Российский университет

Кафедра «Программное обеспечение
информационных технологий»

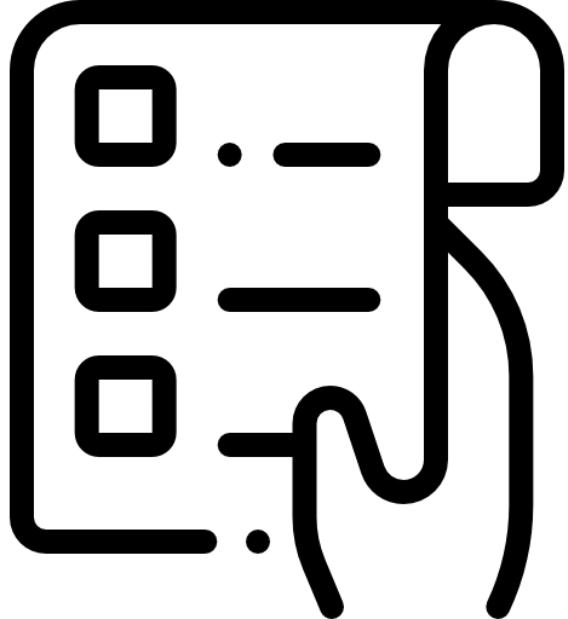
ЭВМ, периферийные устройства и контроллеры

Тема: Материнская плата, её
интерфейсы и шины

Кутузов Виктор Владимирович

Республика Беларусь, Могилев, 2025





Содержание лекции

Содержание лекции

Тема: Материнская плата, её интерфейсы и шины

1. [Рекомендуемые материалы по теме](#)
2. [Материнская плата](#)
3. [Северные материнские платы](#)
4. [Материнская плата. BIOS](#)
5. [Чипсеты и компоновка материнской платы](#)
6. [Сокет на материнской плате](#)
7. [Подсистема питания](#)
8. [Элементы охлаждения на материнской плате](#)
9. [Шины, интерфейсы, разъемы материнской платы](#)
10. [Шина PCI](#)

Содержание лекции

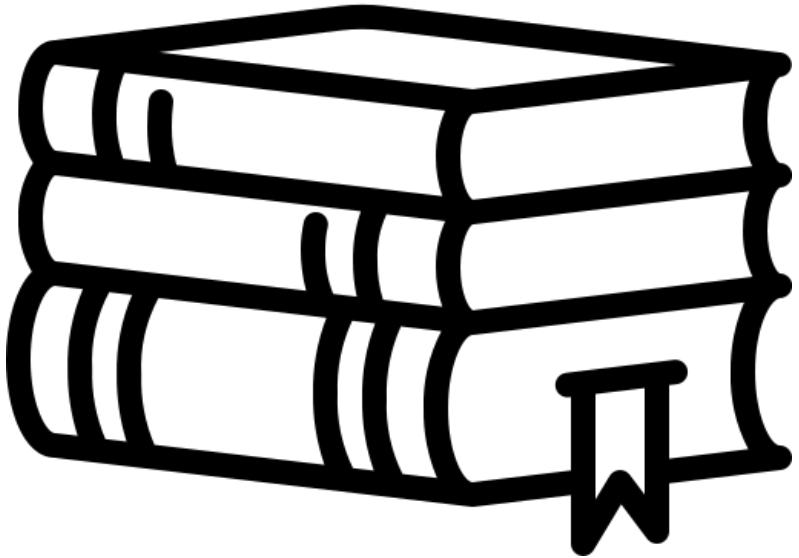
Тема: Материнская плата, её интерфейсы и шины

11. Шина AGP
12. Слоты оперативной памяти
13. Контроллеры на материнской плате (Звук, Сеть и т.д.)
14. Корпусные разъемы
15. IDE. Параллельный интерфейс подключения накопителей
16. SATA. Последовательный интерфейс обмена данными с HDD/SDD
17. SAS
18. Разъем M.2
19. USB

Дополнительные материалы по теме на YouTube

Тема: Материнская плата, её интерфейсы и шины

1. [Дополнительные материалы по теме на YouTube](#)
2. [Материнские платы](#)
3. [Интерфейсы, шины](#)
4. [Производство материнских плат](#)



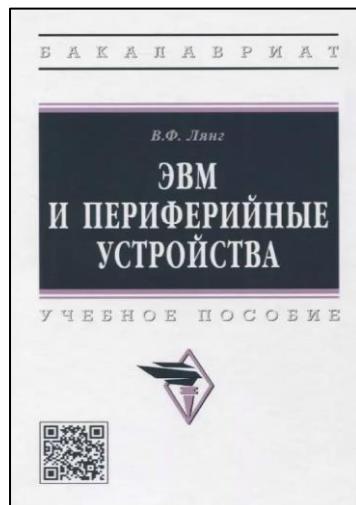
Рекомендуемые
материалы
по теме



Рекомендуемая литература по теме



Периферийные устройства ЭВМ. Внешние запоминающие устройства : учебное пособие для вузов / В. М. Прудников, В. В. Кутузов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 182 с.
<https://urait.ru/bcode/556103>



ЭВМ и периферийные устройства : учебное пособие / В. Ф. Лянг. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 580 с. <https://zhantium.com/catalog/product/1912429>

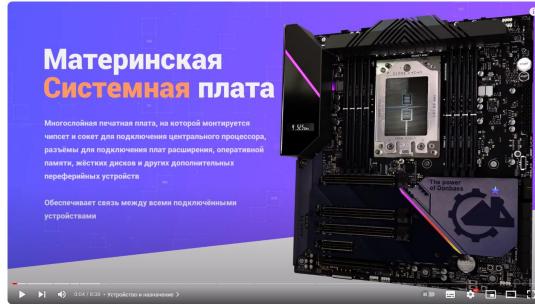
Рекомендуемая литература по теме



Петров С. В. **Шины PCI, PCI Express. Архитектура, дизайн, принципы функционирования.** — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 416 с.: ил. ISBN 5-94157-383-9
https://books.4nmv.ru/books/shiny_pci_pci_express_arkhitekturna_dizain_printsipy_funktsionirovaniya_3642908.pdf

Гук М. Ю. **Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия.** — СПб.: Питер, 2002. — 528 с. — ISBN 5-94723-180-8. <https://djvu.online/file/dWZH2qKsGdXAG>

Видео



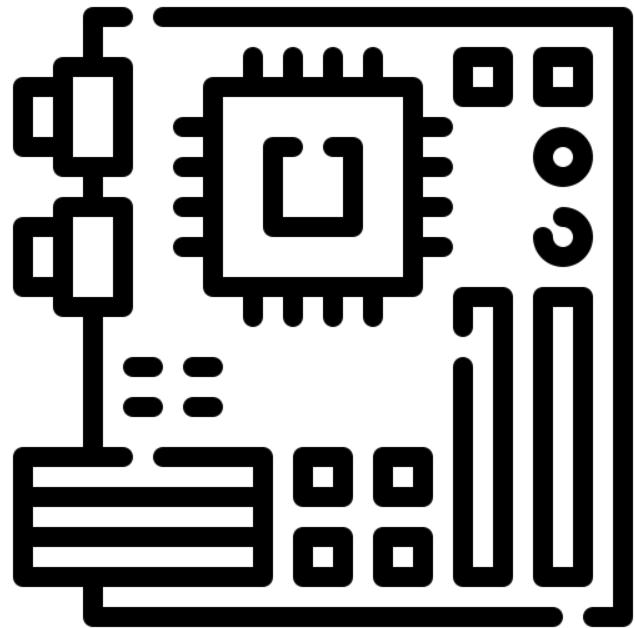
- Материнская плата: устройство и принцип работы. Что такое VRM, сокет, чипсет, BIOS. Разъёмы и схемы (2022) [8:38]
<https://www.youtube.com/watch?v=dMovCaohVaY>



- How does Computer Hardware Work? (2023) [17:12]
<https://www.youtube.com/watch?v=d86ws7mQYIg>



- Как выбрать материнскую плату. Сокет, чипсет, VRM, разъемы. Самый полный гайд. (2020) [1:01:14]
<https://www.youtube.com/watch?v=DVR3amE9BJc>



Материнская плата



Материнская плата

- **Материнская плата** – печатная плата, на которой осуществляется монтаж микросхем, компонентов компьютерной системы, разъёмов и других.
- Название происходит от английского **motherboard**, иногда используется сокращение MB или слово **mainboard** – главная плата, в русских источниках используется также название системная (материнская) плата или на сленге «материнка».
- На материнской плате располагаются микросхемы чипсета, разъёмы для подключения центрального процессора, оперативной памяти, дисковых устройств, графической платы, звуковой платы и дополнительных внешних устройств.

Материнская плата – форм фактор

- **Форм-фактор** – стандарт (спецификация), определяющий размеры материнской платы, расположение крепёжных отверстий, разъёма центрального процессора (сокета), слотов оперативной памяти, интерфейсов шин, портов ввода/вывода, разъёмов для подключения питания.



E-ATX



Standard ATX



micro-ATX



mini-ITX



mini-STX

Некоторые форм-факторы материнских плат

Форм-фактор	Размеры, мм	Примечание
ATX	305×244	для корпусов типов MiniTower, FullTower
MicroATX	244×244	меньше слотов, чем у ATX
MiniATX	284×208	для системных блоков типа Tower и Desktop
Mini-ITX	$171,45 \times 171,45$	новый форм-фактор Intel и VIA (2007 г.)
Nano-ITX	120×120	анонсирован VIA Technologies
Pico-ITX	100×72	анонсирован VIA Technologies (2007 г.)
BTX	325×267	до 7 слотов и 10 отверстий для монтажа платы
MicroBTX	264×267	до 4 слотов и 7 отверстий для монтажа платы
PicoBTX	203×267	1 слот и 4 отверстия для монтажа платы



Standard-ATX



Micro-ATX



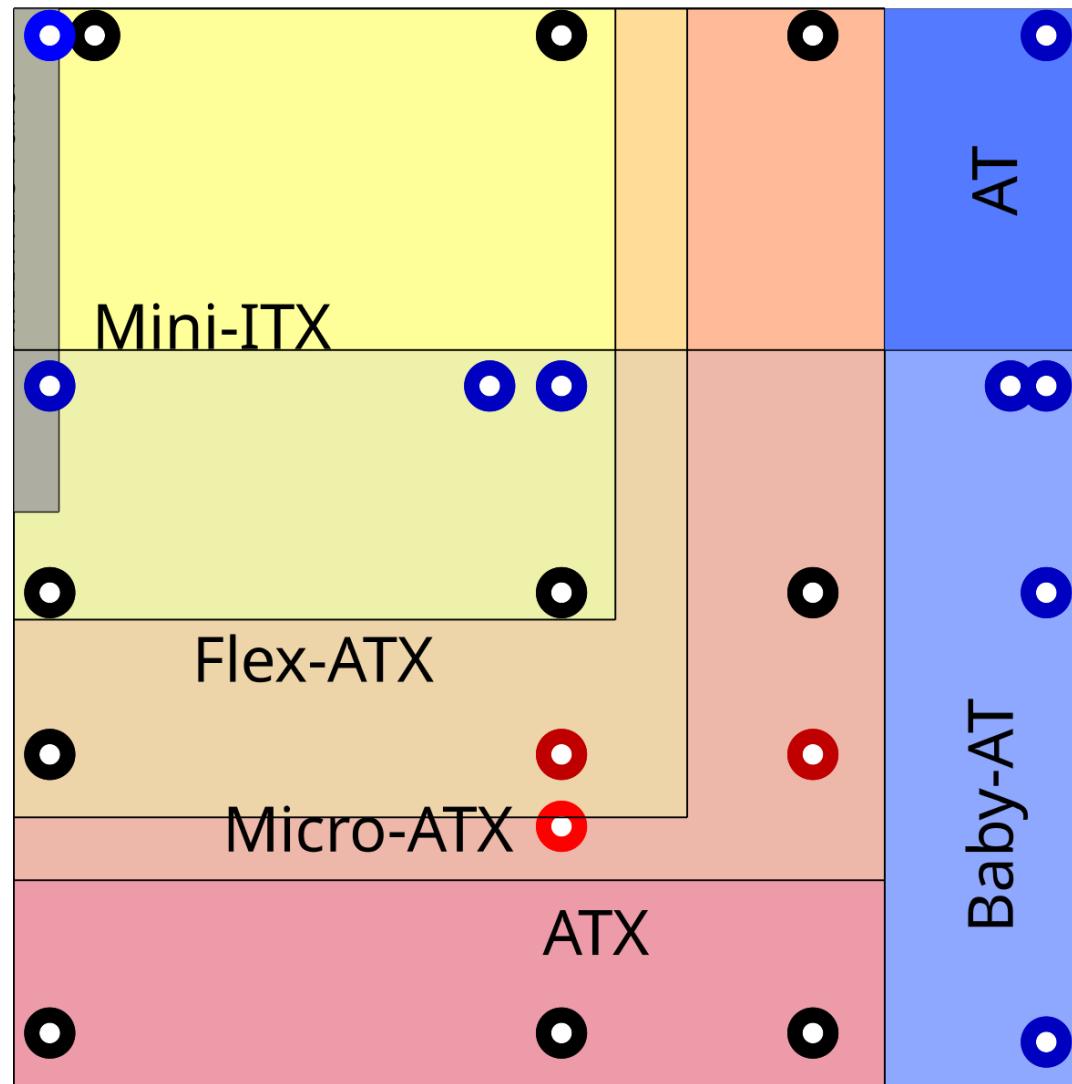
Mini-ITX



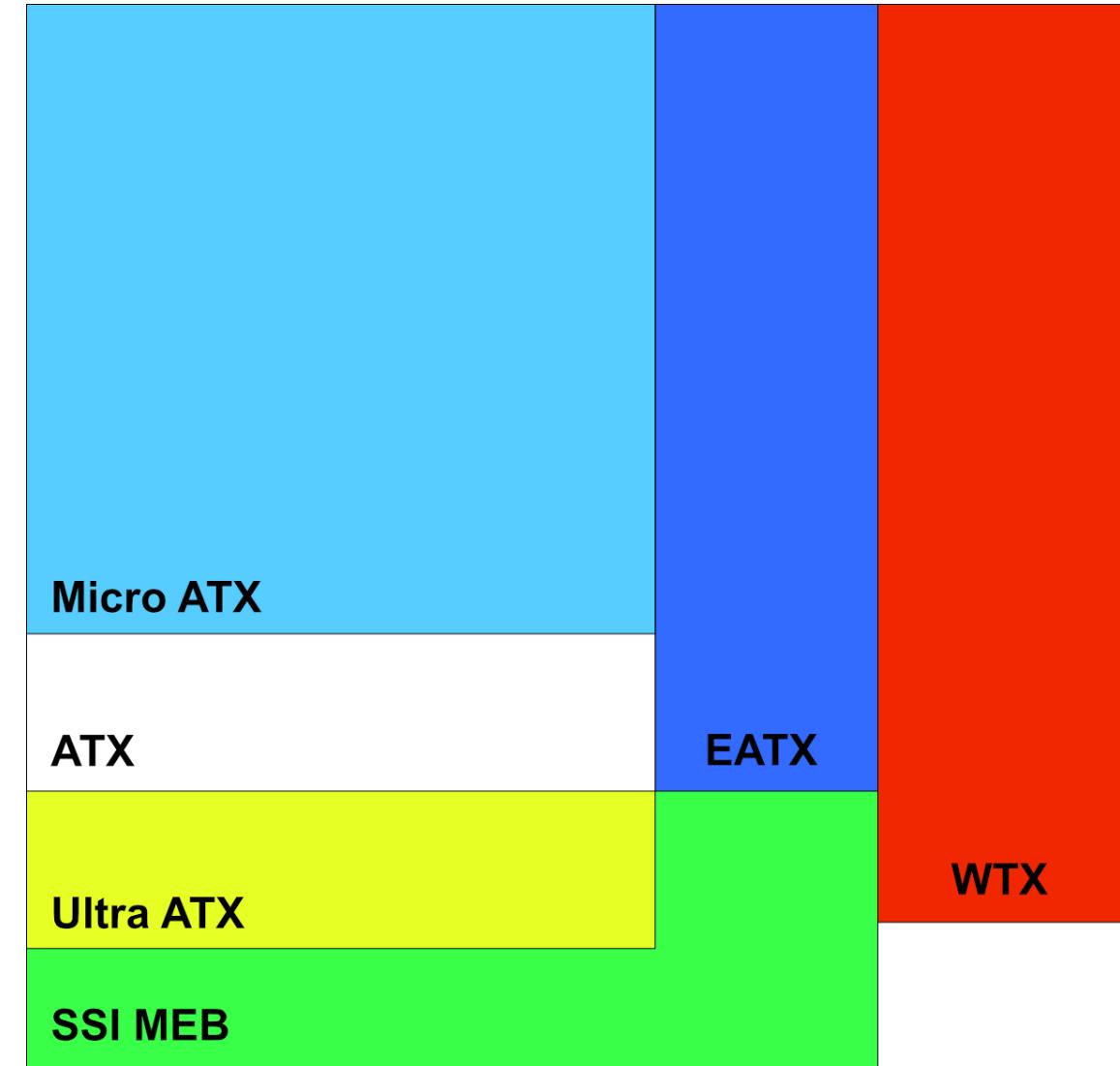
Pico-ITX
Nano-ITX

100 мм

Форм-фактор

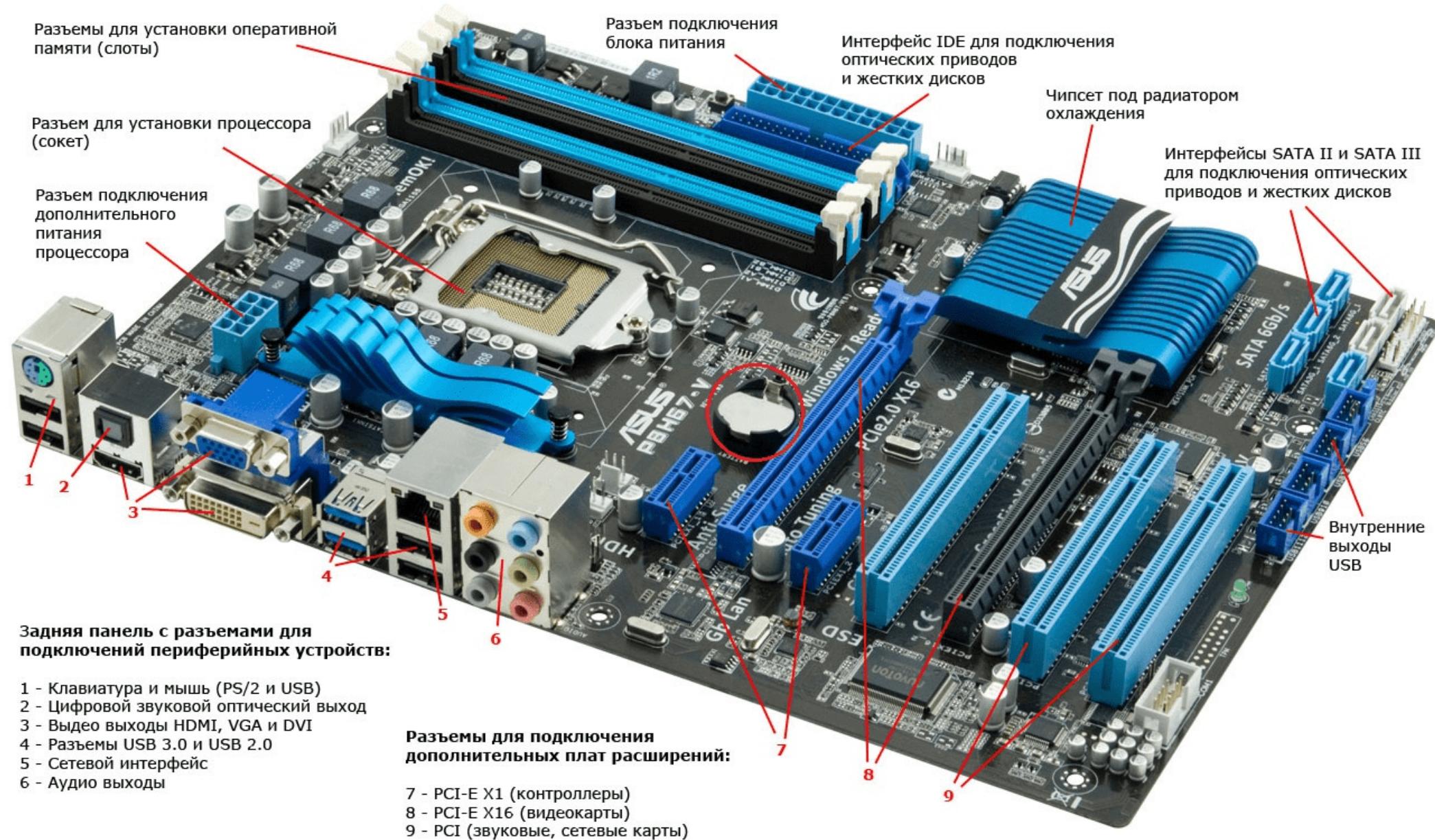


ATX, Mini-ITX, and AT motherboard compatible dimensions and bore positions

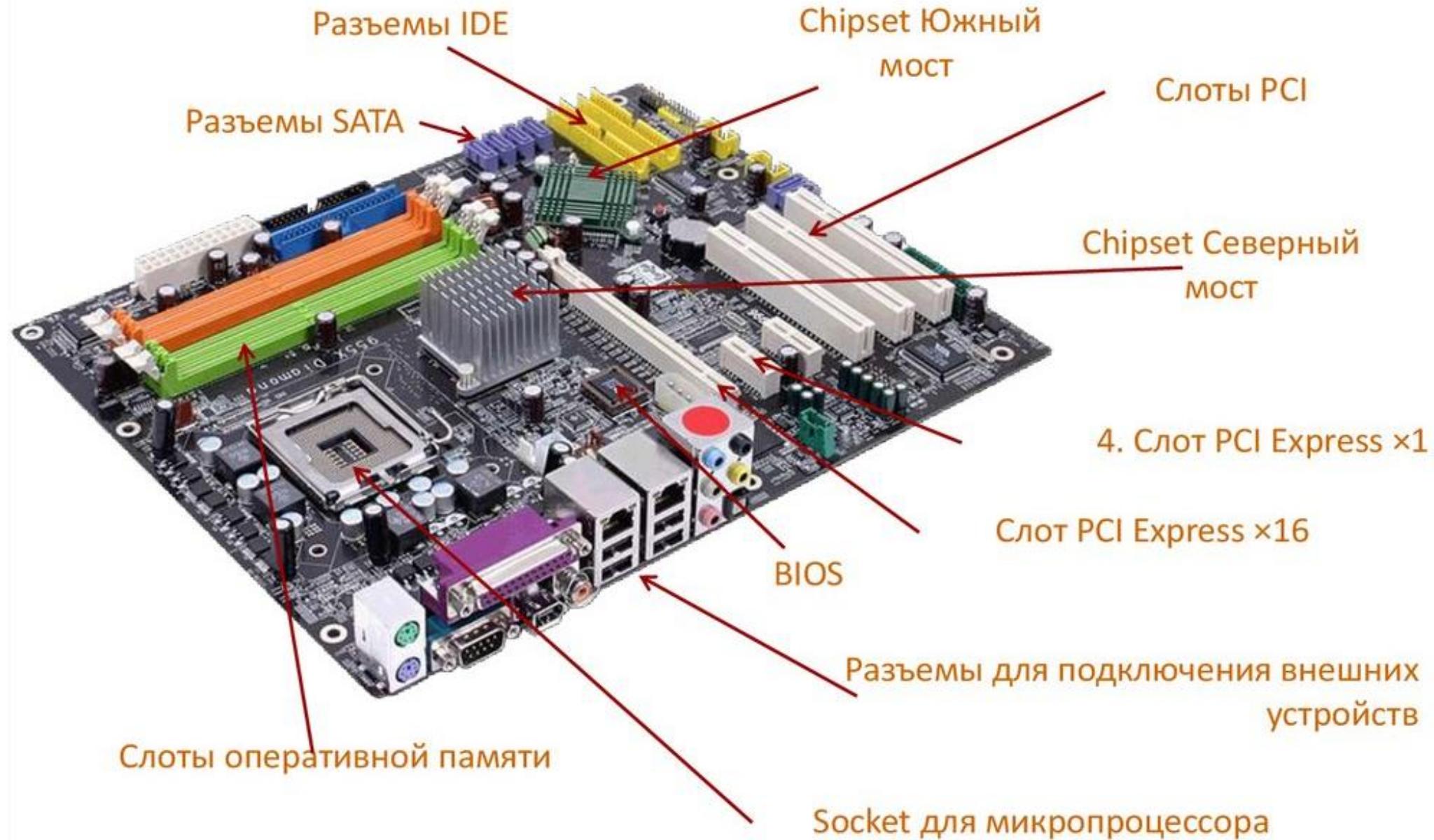


ATX motherboard size comparison; rear is on left. microATX (244 × 244 mm), Standard ATX (305 × 244 mm), Ultra ATX (366 × 244 mm), Extended ATX (EATX) (305 × 330 mm), WTX (356 × 425 mm), SSI MEB (411 × 330 mm)

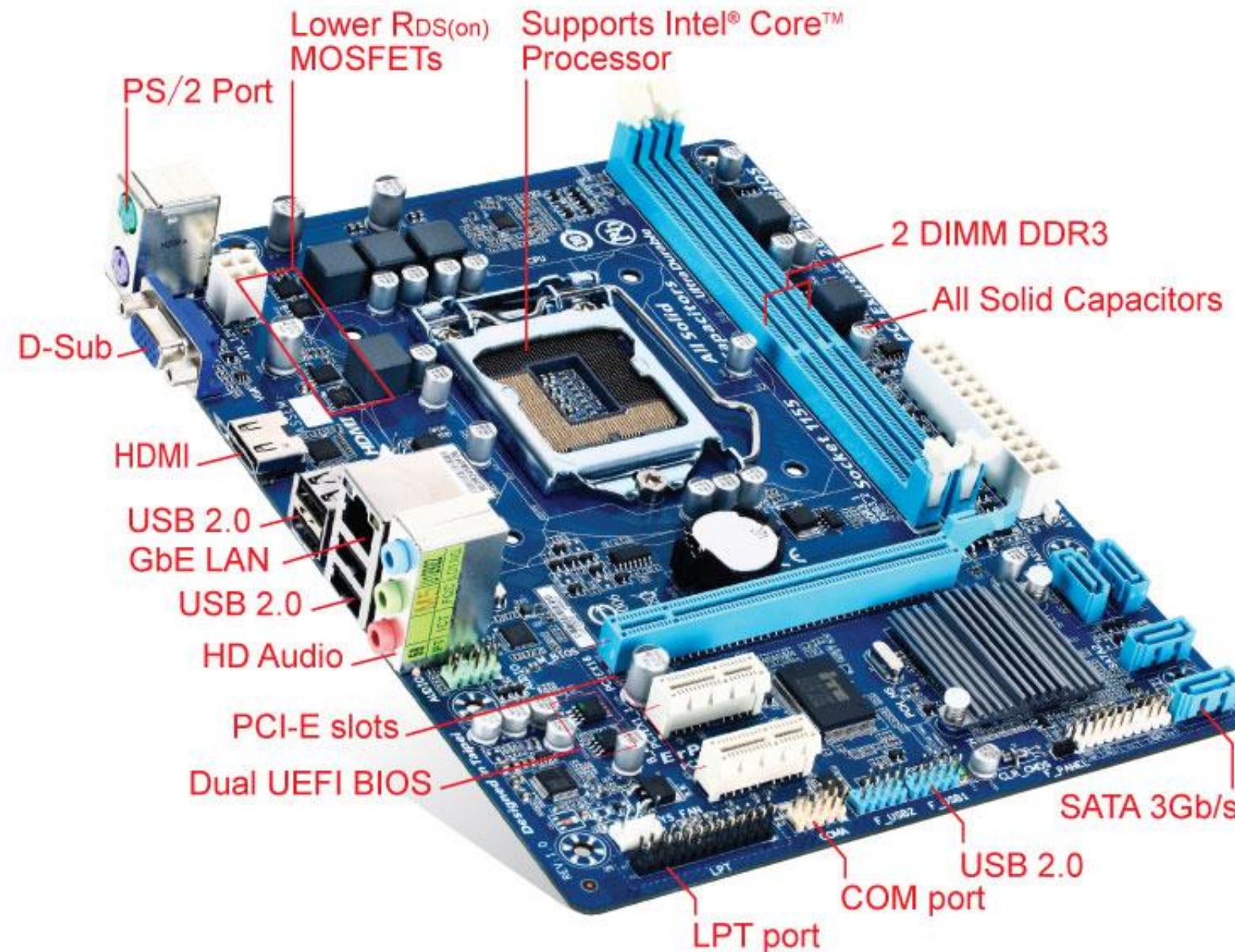
Расположение элементов на материнской плате



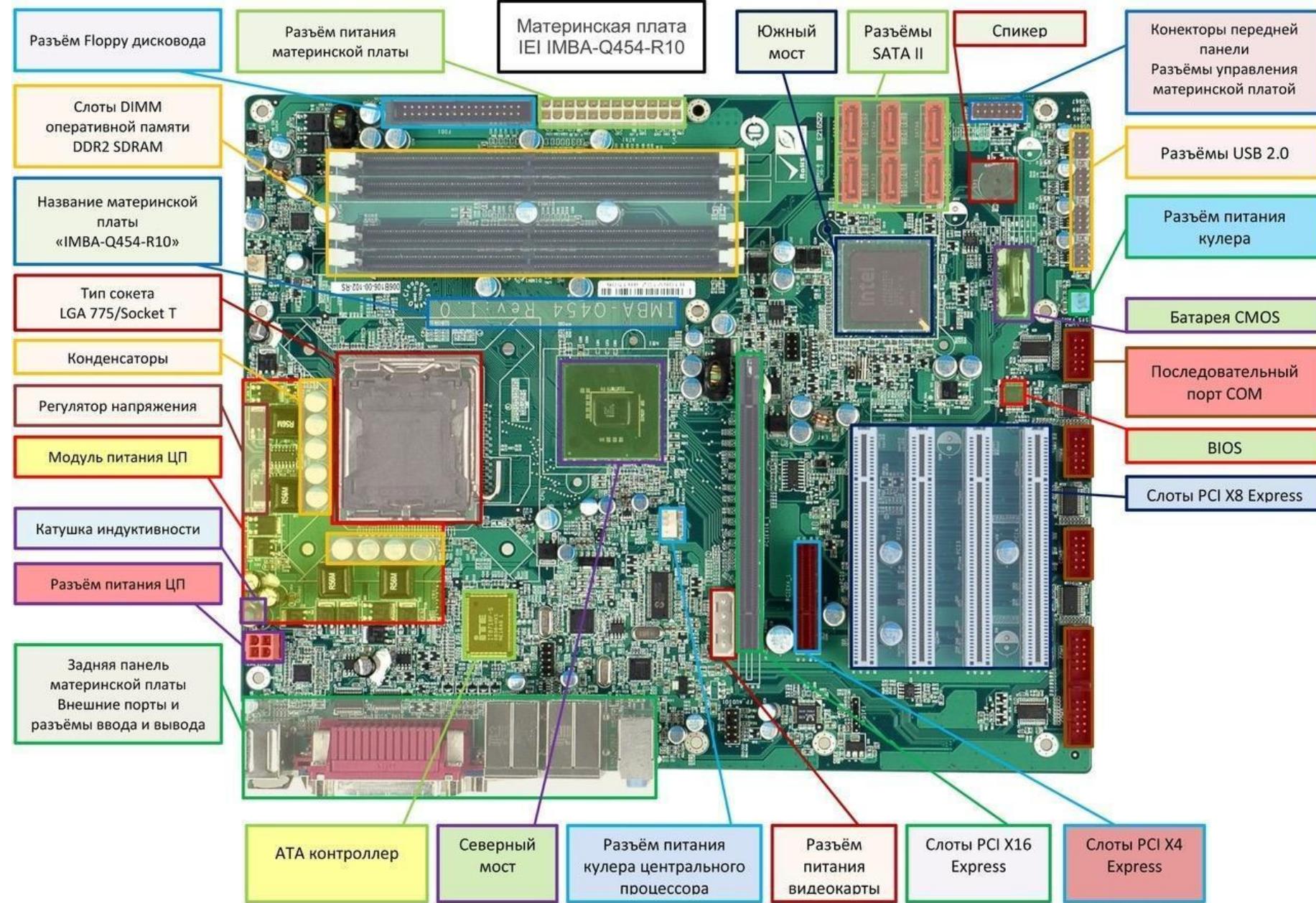
Расположение элементов на материнской плате



Расположение элементов на материнской плате

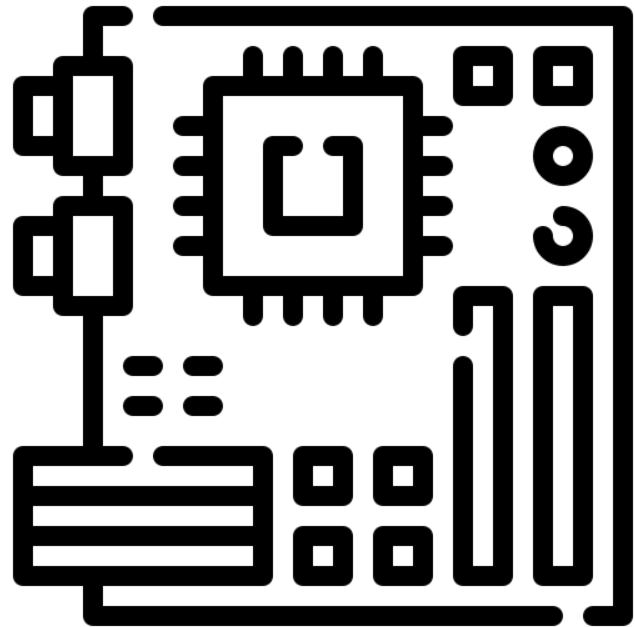


Расположение элементов на материнской плате



Материнская плата

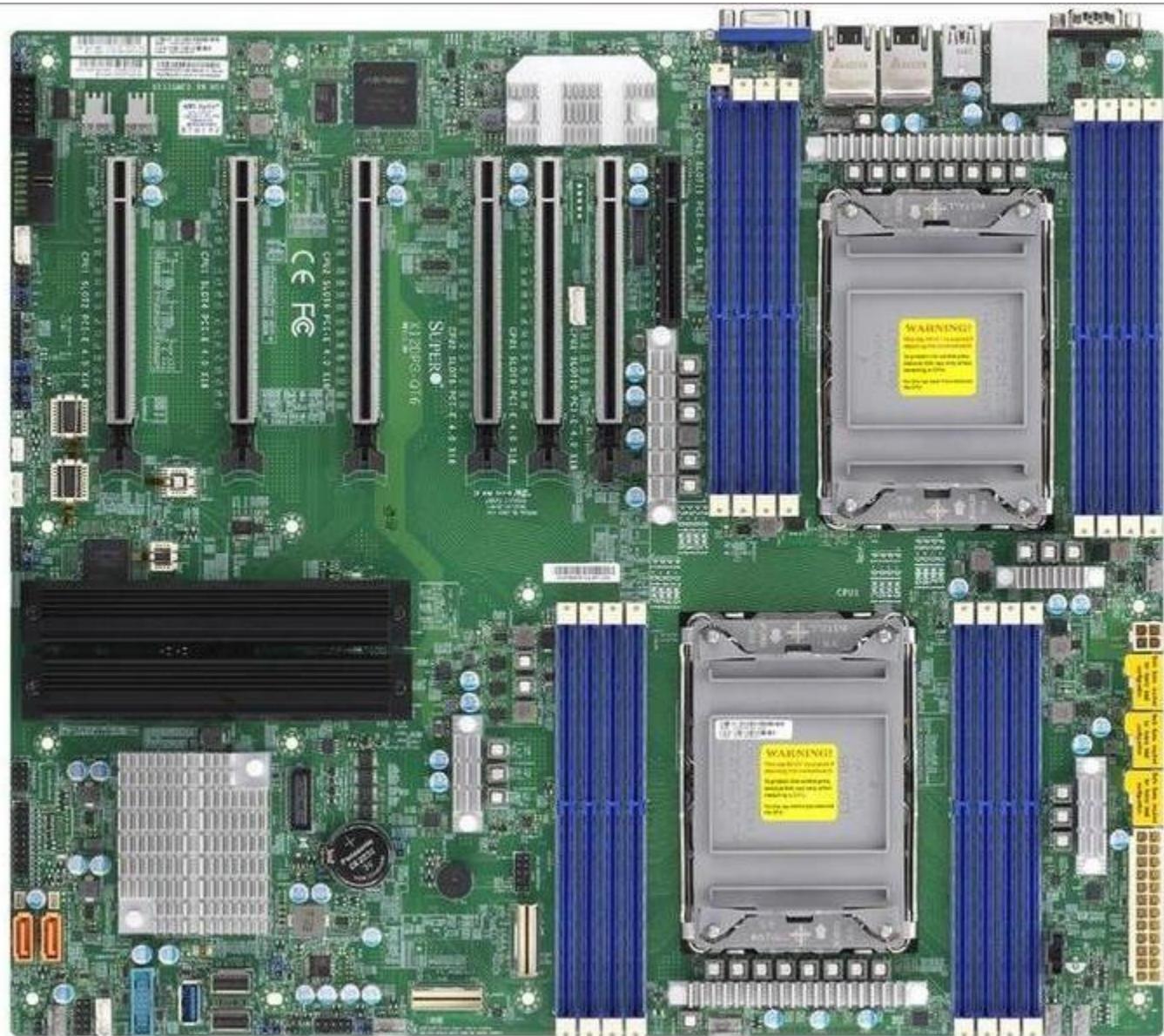
- В качестве основных (несъёмных) частей материнская плата имеет:
 - **разъём процессора** (ЦПУ),
 - **разъёмы оперативной памяти** (ОЗУ),
 - **микросхемы чипсета** (северный мост, южный мост),
 - Загрузочное ПЗУ (в современных компьютерах это фактически флеш-память, ранее были технологии EEPROM, EPROM (с удалением данных ультрафиолетовым излучением) и PROM (однократно программируемое ПЗУ)), содержащее **BIOS** или UEFI, также память CMOS и её разъём под "таблеточный" литиевый элемент питания, часы реального времени,
 - **контроллеры шин** (в настоящее время — практически всегда в составе чипсета или даже непосредственно процессора) **и их слоты расширения**,
 - **контроллеры и интерфейсы периферийных устройств.** Так, часто отдельными устройствами, не входящими в чипсет, являются звуковые и сетевые контроллеры, некоторые платы и вовсе имеют встроенный Bluetooth-модуль
 - в некоторых случаях (но далеко не всегда), как например в ноутбуках - твердотельный накопитель, который распаивается непосредственно на материнской плате, и представляет собой комплект микросхем, а не съемное устройство.
- Материнская плата с сопряженными устройствами монтируется внутри корпуса с блоком питания и системой охлаждения, формируя в совокупности системный блок компьютера.



Северные материнские платы



Серверная материнская плата



Материнская плата Supermicro X12DPG-QT6

★ 0.0 Артикул: X12DPG-QT6

Supermicro X12DPG-QT6 поддерживает два масштабируемых процессора Intel Xeon 3-го поколения (в разъеме Socket P+ LGA 4189) с числом ядер до 38 и расчетной тепловой мощностью (TDP) до 270 Вт. Модель X12DPG-QT6, построенная на базе чипсета Intel C621A, поддерживает до 4 ТБ памяти 3DS...

Торговая марка	Supermicro
Применение	для сервера
Сокет процессора	LGA-4189
Макс. кол-во процессоров	2
Количество разъемов памяти	16
Чипсет	Intel C621A
Количество разъемов M.2	2 x PCI-E 2.0 x1
Количество разъемов SATA	10

SUPERMICRO

Серверная материнская плата

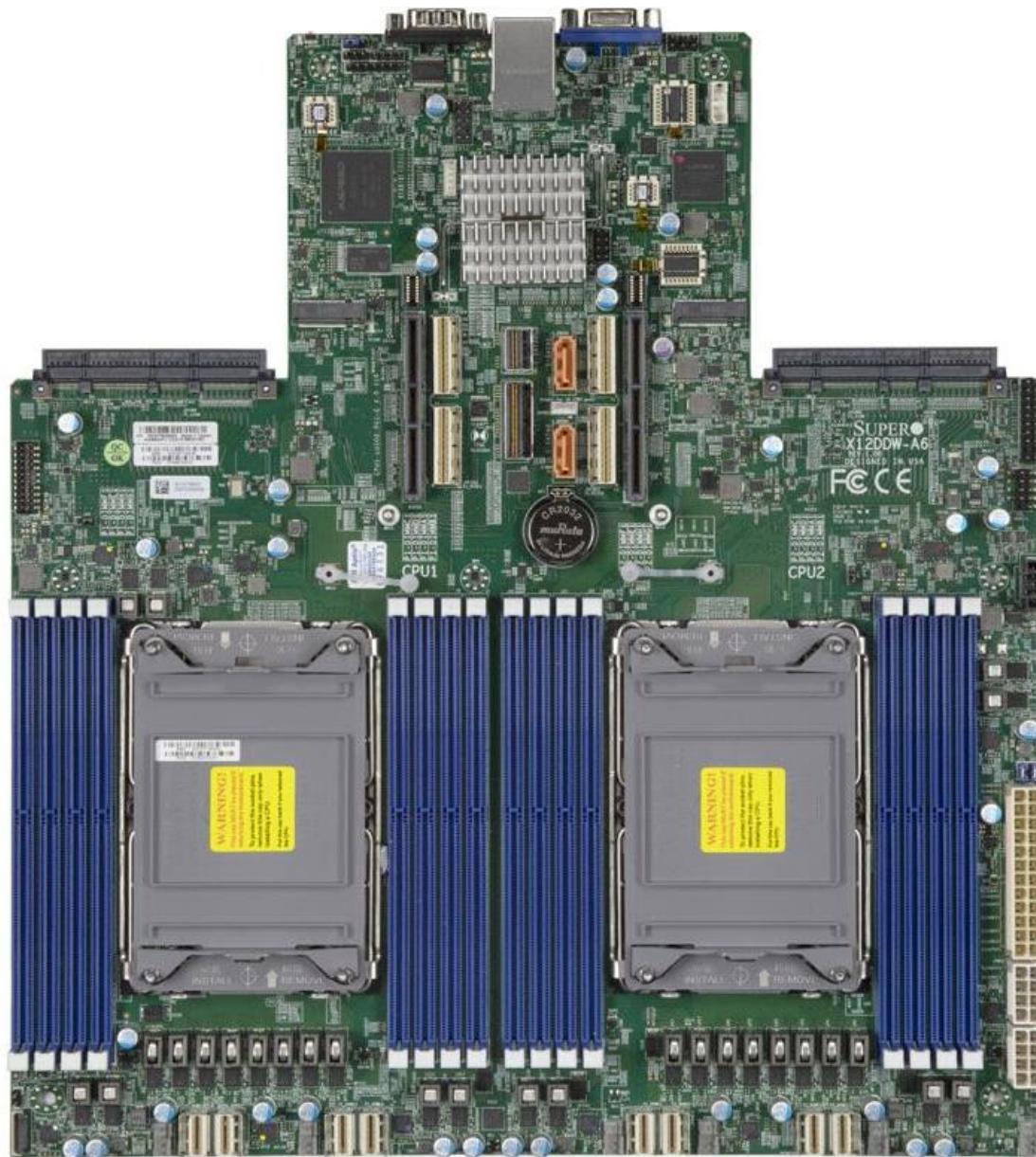


Материнской платы SuperMicro MBD-X11DPH-I-B

Материнская плата E-ATX Набор микросхем Intel C621 Dual Socket P (LGA 3647) Масштабируемые процессоры Intel Xeon Gen.2. QPI до 10,4 ГТ/с — Поддержка до 4 ТБ 3DS ECC RDIMM и DDR4-2933 МГц в 16 слотах DIMM — На плате: контроллер Intel C621 для 10 портов SATA3 (6 Гбит/с); RAID 0,1,5,10, Dual LAN с 1GBase-T с Marvell 88E1512, 7 портов USB 3.0, 1 порт VGA, 1 COM-порт, разъем TPM.

1. Масштабируемые процессоры Intel® Xeon® 2-го поколения и масштабируемые процессоры Intel® Xeon®, поддержка Dual Socket LGA-3647 (Socket P), поддержка расчетной мощности ЦП До 205 Вт TDP, 3 UPI до 10,4 ГТ/с
2. Intel® C621
3. До 4 ТБ 3DS ECC RDIMM, DDR4-2933 МГц; До 4 ТБ 3DS ECC LRDIMM, DDR4-2933 МГц или 2 ТБ DCPMM, DDR4-2666 МГц, в **16 слотах DIMM**; До 2 ТБ энергонезависимой памяти Intel® Optane™ DC в режиме памяти (только Cascade Lake);
4. 3 PCIe 3.0 x16, 4 PCIe 3.0 x8 Интерфейс M.2: 2 PCIe 3.0 x4 M.2 Форм-фактор: 2242/2260/2280/22110 Ключ M.2: M-Key (поддержка RAID 0,1)
- 5 . Контроллер Intel® C621 на 10 портов SATA3 (6 Гбит/с); RAID 0,1,5,10
6. Двойная локальная сеть с 1GbE с Intel® X722 + Marvell 88E1512
7. 1 порт VGA

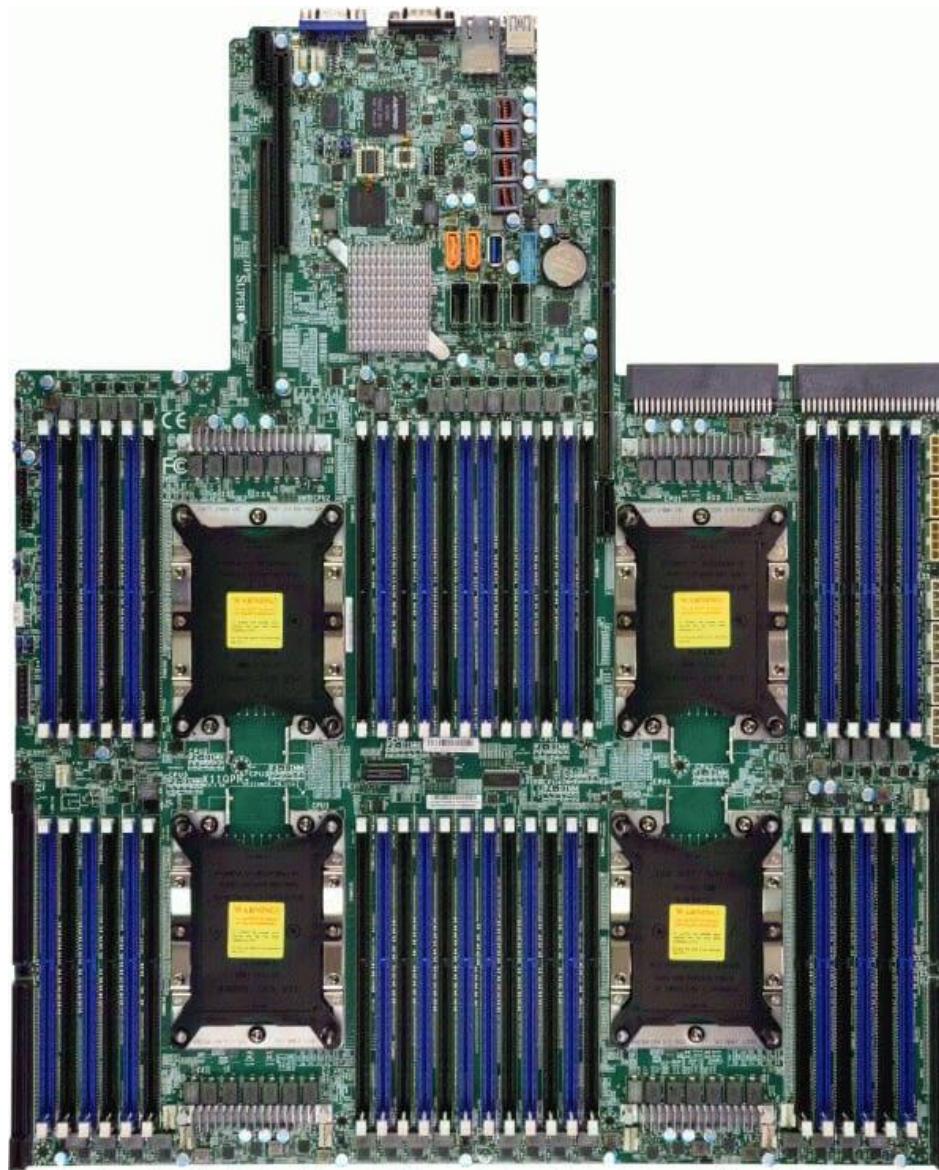
Серверная материнская плата



Материнская плата SuperMicro MBD-X12DDW-A6-O

3rd Gen Intel® Xeon® Scalable processors **Dual Socket LGA-4189** (Socket P+) supported, CPU TDP supports Up to 270W TDP, UPI up to 11.2 GT/s Intel® C621A Up to 4TB RDIMM, DDR4-3200MHz; Up to 4TB LRDIMM, DDR4-3200MHz Up to 4TB Intel® Optane™ Persistent Memory 200 Series, DDR4-3200MHz (OC), in **16 DIMM slots** 1 PCI-E 4.0 x16 Left Riser Slot, 1 PCI-E 4.0 x16 Right Riser Slot, 2 PCI-E 4.0 x16 Center Right Hand Slot, 8 PCI-E 4.0 NVMe Internal Port(s) M.2 Interface: 2 PCI-E 2.0 x1 M.2 Form Factor: 2260/2280 M.2 Key: M-Key 2 PCI-E 4.0 x16, AIOM slots Superset of OCP 3.0 Expansion 1 VGA D-Sub Connector port Intel® C621A controller for 10 SATA3 (6 Gbps) ports; RAID 0,1,5,10 AIOM for LAN

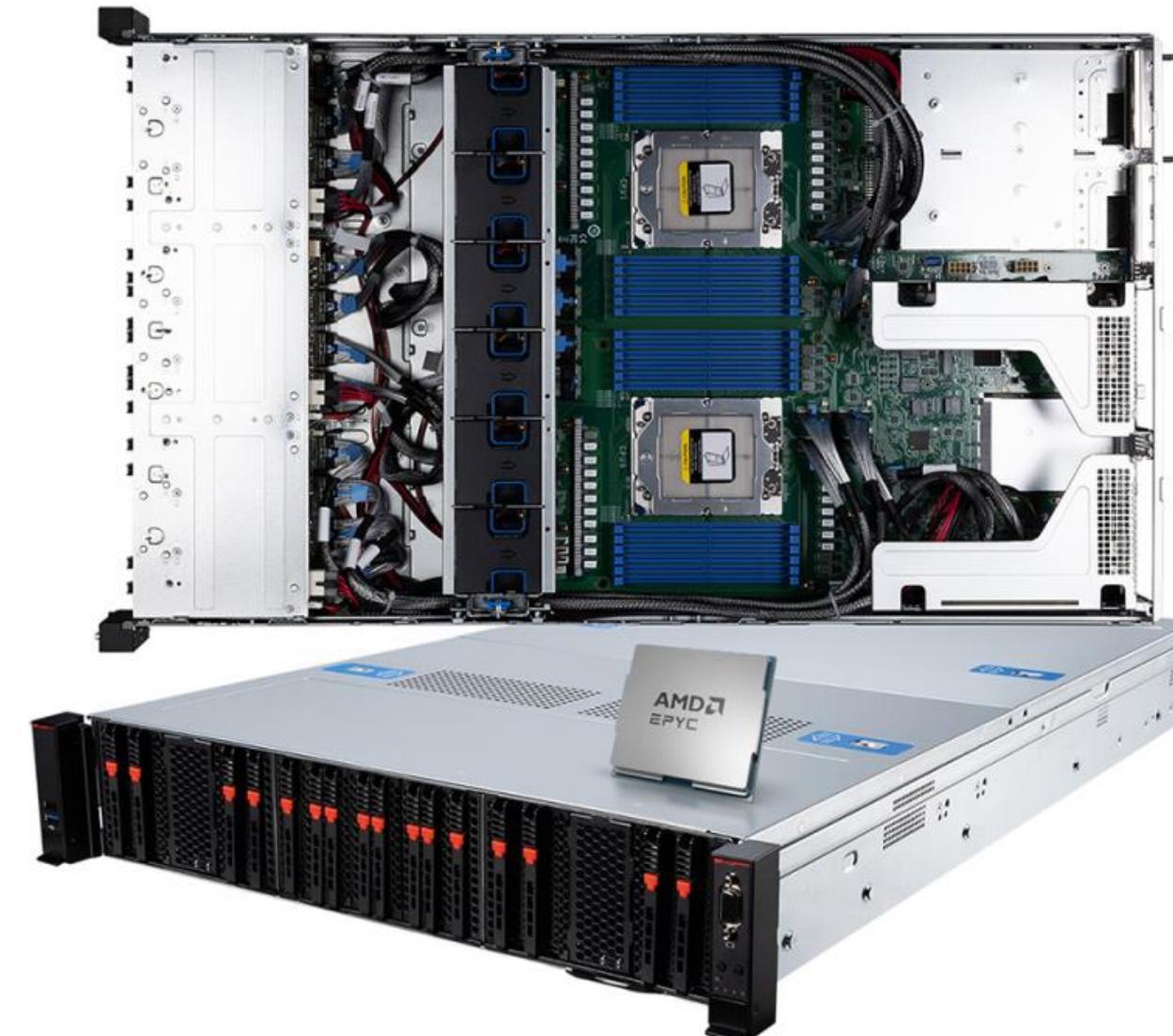
Серверная материнская плата



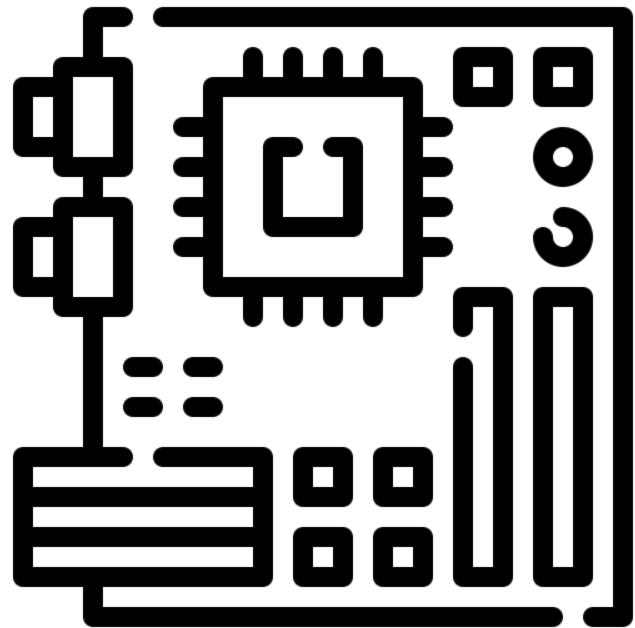
Материнская плата Supermicro X11QPH+ (For SuperServer Only)

- Форм фактор - Proprietary
- Сокет материнской платы - LGA3647
- Чипсет - Intel® C621
- **Кол-во процессоров - 4**
- **Кол-во DIMM - 48**
- Наличие IPMI - IPMI 2.0, KVM с выделенным LAN
- Встроенная сетевая карта - Networking options provided via Ultra Riser
- Встроенный RAID контроллер - Intel® C621 RAID 0,1,5,10
- Слоты M2(NGFF) - Нет
- Максимальный объем оперативной памяти: 12TB 3DS Intel® Optane™ Persistent Memory 200 Series, DDR4-2666MHz
- Кол-во портов PCI-E X16: Нет
- Версия PCI-E: Gen 3

Материнская плата установленная в сервере



Сервер MSI S2301 CXL

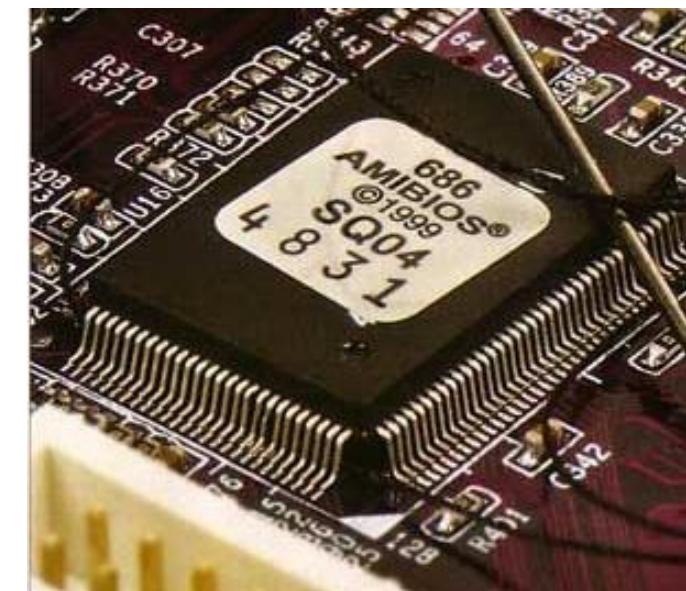
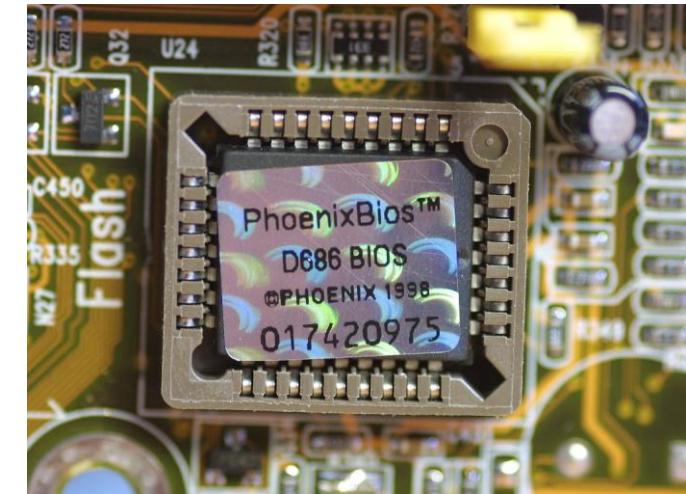


Материнская плата. BIOS



BIOS

- Термин BIOS используется для описания базовой системы ввода - вывода. **BIOS представляет собой интерфейс между аппаратным обеспечением и операционной системой.** Кроме системных, существуют еще BIOS адAPTERЫ, которые загружаются при запуске системы.
- Код **BIOS хранится** в микросхеме энергонезависимой постоянной ROM BIOS или флэш-памяти Flash BIOS.



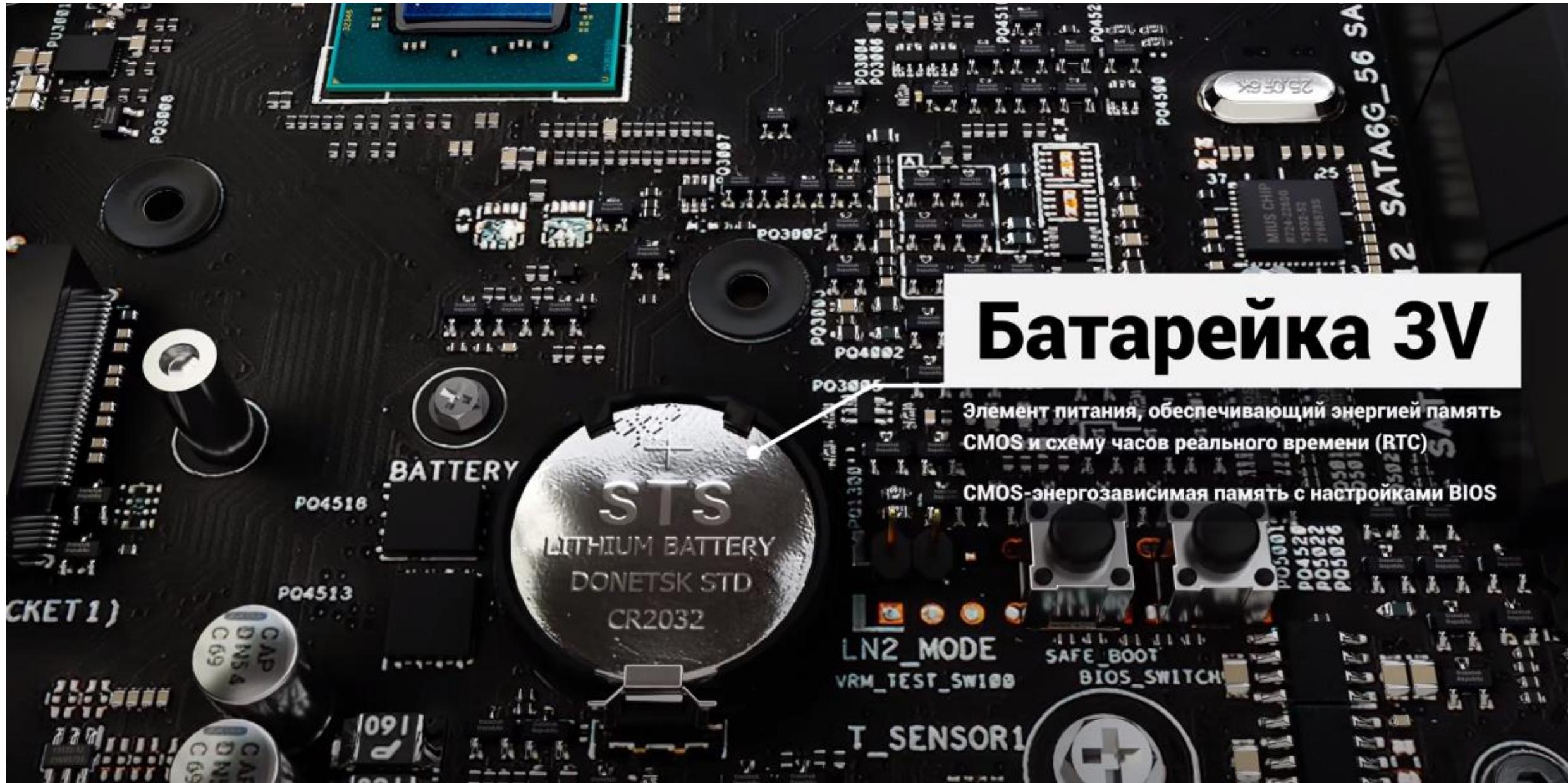
Дублирующая микросхема

Резервная копия BIOS (по умолчанию на ней записана фабричная версия микропрограммы)

Микросхема содержащая BIOS

BIOS (Basic Input/Output System) – набор программных модулей, обеспечивающие работу и взаимодействие базовых устройств и компонентов системы





Основные функции BIOS

1. **POST** — самотестирование при включении питания процессора, памяти, набора микросхем системной логики, видеоадаптера, контроллеров диска, дисковода, клавиатуры и других жизненно важных компонентов системы.
2. **Программа установки параметров BIOS** (Setup BIOS) — конфигурирование параметров системы. Эта программа запускается при нажатии определенной клавиши (или комбинации клавиш) во время выполнения процедуры POST.
3. **BIOS** — набор драйверов, предназначенных для взаимодействия операционной системы и аппаратного обеспечения при загрузке системы. При запуске DOS или Windows в режиме защиты от сбоев используются драйверы устройств только из BIOS.
4. **Загрузчик операционной системы** — подпрограмма, выполняющая поиск действующего основного загрузочного сектора на дисковых устройствах и передача ему дальнейшей процедуры загрузки ПК.

BIOS

CMOS Setup Utility – Copyright (C) 1984–2012 Award Software

- ▶ MB Intelligent Tweaker(M.I.T.)
- ▶ Standard CMOS Features
- ▶ Advanced BIOS Features
- ▶ Integrated Peripherals
- ▶ Power Management Setup
- ▶ PnP/PCI Configurations
- ▶ PC Health Status

- Load Fail-Safe Defaults
- Load Optimized Defaults
- Set Supervisor Password
- Set User Password
- Save & Exit Setup
- Exit Without Saving

Esc : Quit ↑↓↔ : Select Item F11 : Save CMOS to BIOS
F8 : Q-Flash F10 : Save & Exit Setup F12 : Load CMOS from BIOS

Change CPU's Clock & Voltage



ASUS UEFI BIOS Utility - EZ Mode

22:39:01 | 287-WS BIOS Version : 0904

Wednesday [08/28/2013] Total Memory : 8192 MB (DDR3 1333MHz)

English

CPU Information
Temp. +107.6°F/+42.0°C
Voltage 1.024V

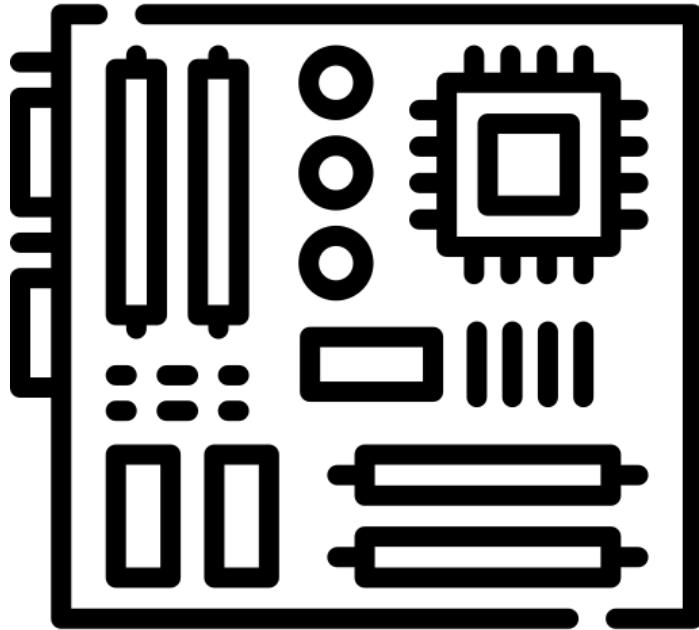
Dram Information
DIMM_A1:CRUCIAL 4096MB 1333Mhz
DIMM_A2:N/A
DIMM_B1:CRUCIAL 4096MB 1333Mhz
DIMM_B2:N/A

Fan
CPU_FAN N/A Standard
CPU_OPT_FAN 2257RPM
CHA_FAN1 N/A Standard

System Performance
 Power Saving
 Normal (selected)
 ASUS Optimal
Performance Quiet Energy Saving

Boot Priority
Use the mouse to drag or keyboard to navigate to decide the boot priority.
 > UEFI

Shortcut (F3) Advanced Mode (F7) Boot Menu (F8) Default (F5)



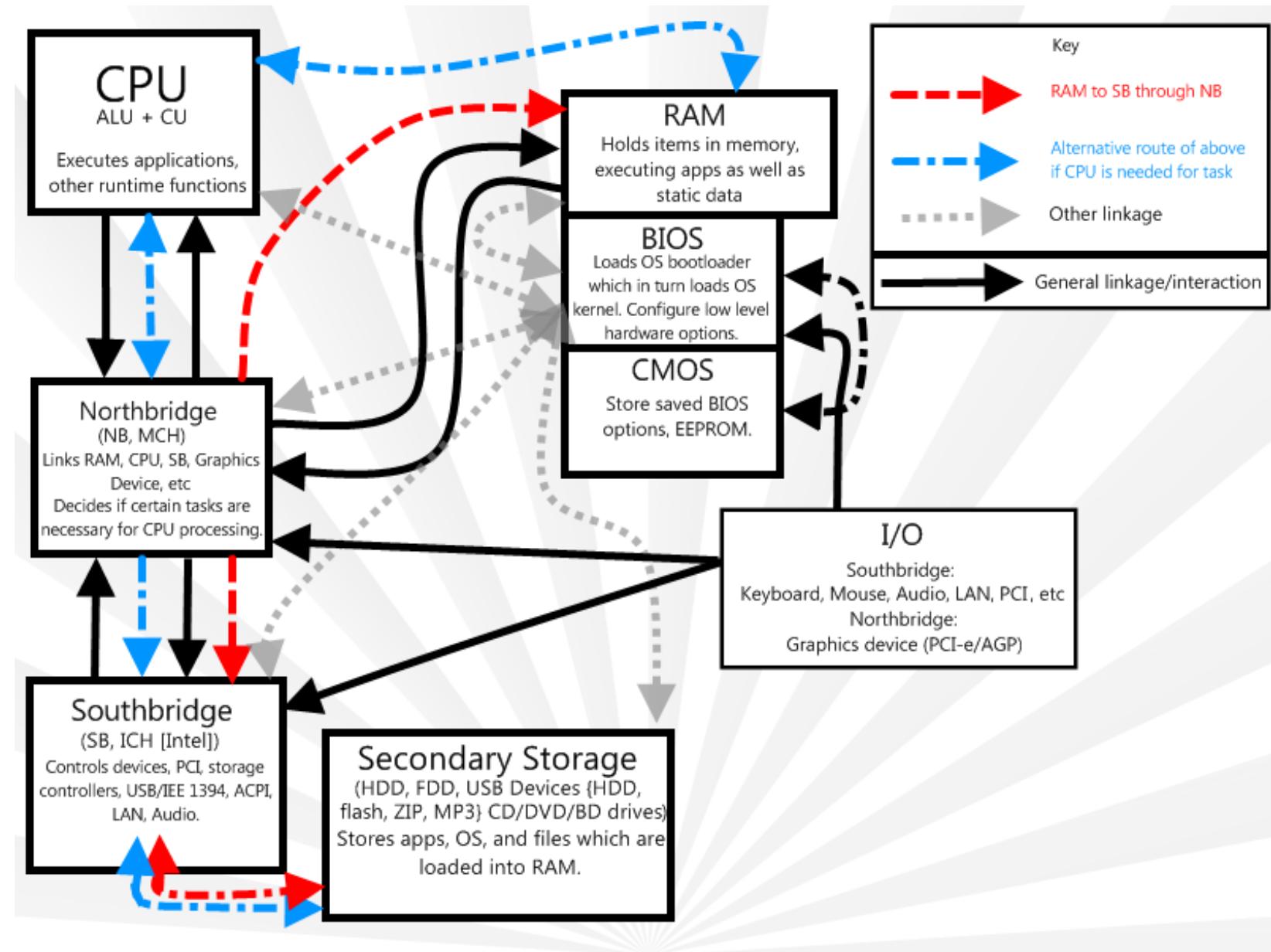
Чипсеты и компоновка материнской платы



Чипсет

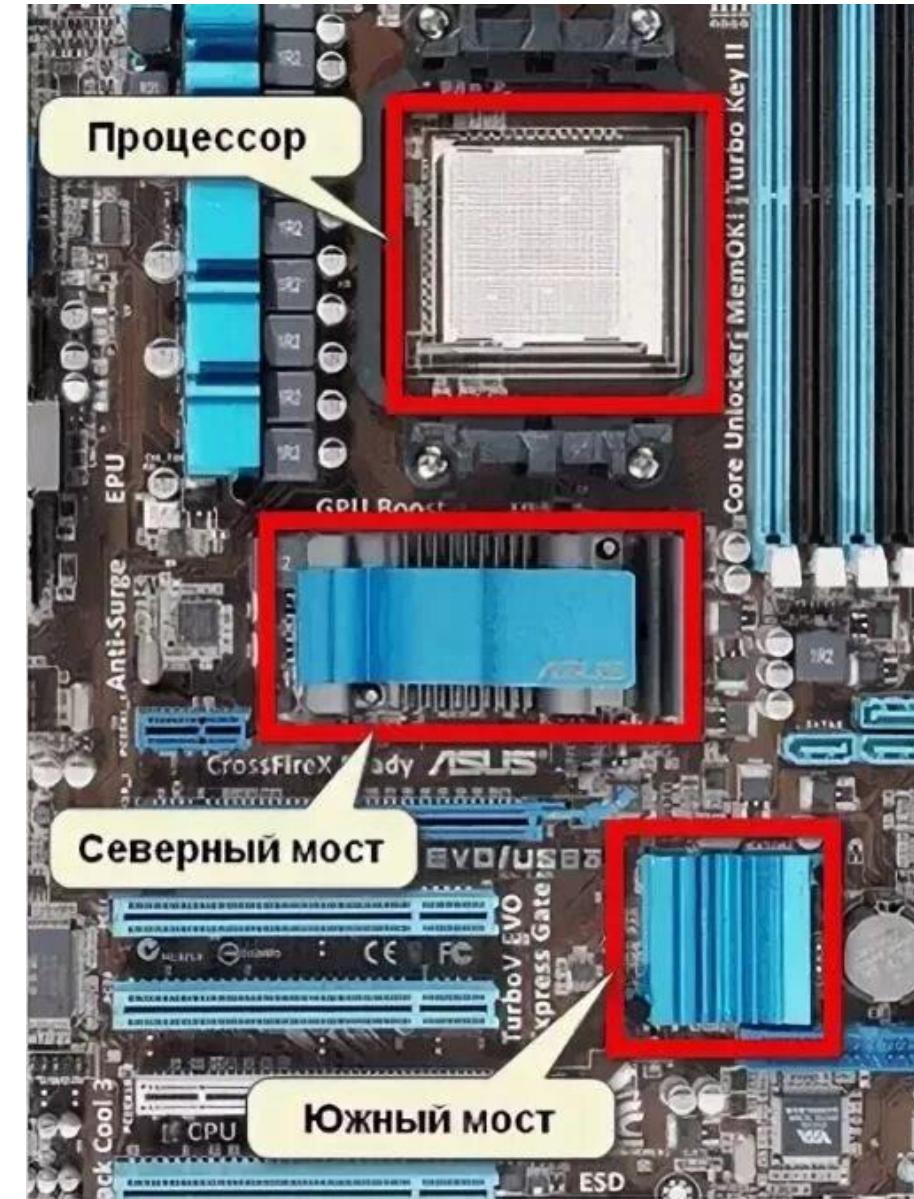
- **Чипсет** (англ. *chipset*) — набор микросхем, спроектированных для совместной работы с целью выполнения набора заданных функций.
- Так, в компьютерах чипсет, размещаемый на материнской плате, выполняет функцию связующего компонента (моста), обеспечивающего взаимодействие центрального процессора (ЦП) с различными типами памяти, устройствами ввода-вывода, контроллерами и адаптерами ПУ, как непосредственно через себя (и имея некоторые из них в своём составе), так и через **другие контроллеры и адAPTERы, с помощью многоуровневой системы шин**. Так как ЦП, как правило, не может взаимодействовать с ними напрямую. Чипсет определяет функциональность системной платы. Он включает в себя интерфейс шины процессора и определяет в конечном счете тип и быстродействие используемого процессора. Определяет во многом тип, объём, быстродействие и вид поддерживаемой памяти, рабочие частоты различных шин, их разрядность и тип, поддержку плат расширения, их количество и тип, и т. д. Таким образом, этот набор микросхем относится к числу наиболее важных компонентов системы, во многом определяя её быстродействие, расширяемость, стабильность работы при различных настройках и условиях, модернизируемость, сферу применения и т. д. Являясь по сути основой платформы/системной платы, чипсеты встречаются и в других устройствах, например, в сотовых телефонах и сетевых медиаплеерах.

ФУНКЦИИ ЧИПСЕТА



Чипсет

- Чипсет материнских плат современных компьютеров состоит из двух основных микросхем (иногда объединяемых в один чип, т. н. системный контроллер-концентратор (англ. System Controller Hub, SCH)):
 - контроллер-концентратор памяти (англ. Memory Controller Hub, MCH) или северный мост (англ. northbridge) — обеспечивает взаимодействие ЦП с памятью. Соединяется с ЦП высокоскоростной шиной (FSB, HyperTransport или QPI). В современных ЦП (например, Opteron, Itanium, Nehalem, UltraSPARC T1) контроллер памяти может быть интегрирован непосредственно в ЦП. В МСН некоторых чипсетов может интегрироваться графический процессор;
 - контроллер-концентратор ввода-вывода (англ. I/O Controller Hub, ICH) или южный мост (англ. southbridge) — обеспечивает взаимодействие между ЦП и жестким диском, картами PCI, низкоскоростными интерфейсами PCI Express, интерфейсами IDE, SATA, USB и пр.
- Иногда в состав чипсета включают микросхему Super I/O, которая подключается к южному мосту по шине Low Pin Count и отвечает за низкоскоростные порты: RS232, LPT, PS/2-клавиатуры и мыши.



Чипсеты для x86-процессоров

- В создании чипсетов, обеспечивающих поддержку новых процессоров, в первую очередь заинтересованы фирмы-производители процессоров.
- Поэтому ведущими производителями процессоров (Intel и AMD) выпускаются пробные наборы (так называемые англ. reference-чипсеты) специально для производителей материнских плат.
- После обкатки на таких чипсетах выпускаются новые серии материнских плат, и по мере продвижения на рынок лицензии (а учитывая глобализацию мировых производителей, кросс-лицензии) выдаются разным фирмам-производителям и, иногда, субподрядчикам производителей материнских плат.
- **Основные производители чипсетов для архитектуры x86:**
 - Intel https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_Intel
 - NVidia
 - ATI/AMD: (после покупки в 2006 году компании ATi корпорацией AMD, вошла в её состав как графическое подразделение AMD Graphics Products Group)
https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_AMD
 - VIA
 - SiS

Отдельные чипсеты для AMD

- **AM5** – самый свежий чипсет, вышел в 2022 году
- **sWRX8** – Поддерживает процессоры AMD Ryzen Threadripper Pro 3-го (3900WX) и 4-го (5900WX) поколений.
- **TRX4** – Поддерживает процессоры AMD Ryzen Threadripper третьего поколения.
- **TR4** – Поддерживает процессоры AMD Ryzen Threadripper первого и второго поколений.
- **AM4**
- **AM3+**
- **APU** (FM 1, FM 2, FM 2+)

https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_AMD

Список чипсетов AMD - AM5

Модель	Дата выхода	Чипсеты	Подключения чипсета		PCIe ^[6]			USB			RAID	SATA	Разгон процессора	Разгон Памяти	TDP (W)	Поддержка поколений CPU
			CPU	Interchipset	PCIe линий	CrossFire	SLI	2.0	3.2 Gen 2	Дополнительный						
A620	2023	Promontory 21 ×1	неиспользованные	неизвестно	нет	×6	×4	неизвестно			4	нет	да	да	~4.5	Zen 4
B650	10 октября 2022			PCIe 4.0 ×8 PCIe 3.0 ×4	да			×13.2 Gen 2×2 или ×23.2 Gen	0, 1, 10	да					~7	
B650E	27 сентября 2022	Promontory 21 ×2	PCIe 4.0 ×4 PCIe 4.0 ×4	PCIe 4.0 ×12 PCIe 3.0 ×8	нет	×12	×8	×23.2 Gen 2×2 или ×13.2 Gen 2×2 + ×23.2 Gen 2 или ×43.2 Gen 2		8 ^[7]	да	да	да	~14 ^[8]	да	
X670																
X670E																

AMD использует один набор микросхем Promontory 21 для всех конфигураций. Один чип Promontory 21 обеспечивает четыре порта SATA III и двенадцать линий PCIe 4.0. Четыре линии зарезервированы для каналов набора микросхем к процессору, а еще четыре используются для подключения к другому чипу Promontory 21 в топологии с последовательным подключением для наборов микросхем X670.

Отдельные чипсеты для intel

- **Для серверов и рабочих станций**
 - **400** и **C620A** серии для процессоров Comet Lake и Cooper Lake
 - **C240** серия для процессоров Coffee Lake
 - **C230, C420** и **C620** серии для процессоров Skylake, Kaby Lake и Cascade Lake
 - **C220** и **C610** серии для процессоров Haswell и Broadwell
 - **C200** и **C600** серии для процессоров Sandy Bridge и Ivy Bridge
 - **3400, 5500** и **7500** серии для процессоров Nehalem и Westmere
 - **3000, 5000** и **7300** серии для процессоров Core 2
- У всех серверных чипсетов отсутствует встроенное видеоядро по причине ненадобности. Для вывода изображения на монитор иногда пользуются дискретными видеокартами или непосредственно встроенными на материнской плате (процессоре).
- Подробную информацию про каждую серию чипсетов можно посмотреть тут: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_Intel

Отдельные чипсеты для intel

- Для настольных компьютеров
 - **3 и 4** серии для процессоров Core 2
 - **5** серия для процессоров Nehalem и Westmere
 - **6 и 7** серии для процессоров Sandy Bridge и Ivy Bridge
 - **8 и 9** серии для процессоров Haswell и Broadwell
 - **100 и 200** серии для процессоров Skylake, Kaby Lake и Cascade Lake
 - **300** серия для процессоров Coffee Lake (Refresh)
 - **400** серия для процессоров Comet Lake
- Подробную информацию про каждую серию чипсетов можно посмотреть тут: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_Intel

Отдельные чипсеты для intel

300 серия для процессоров **Coffee Lake (Refresh)** и **Cannon Lake** [[править](#) | [править код](#)]

Чипсет	Дата выхода	Шина		USB			Поддержка накопителей		Поддержка встроенных технологий	TDP
		Системная	Периферия	2.0	3.0	3.1	Интерфейсы	RAID		
Coffee Lake-H/U ¹ / Cannon Lake-U ¹										
HM370 ↗	2018/4	DMI 3.0 (8 ГБ/с)	16 PCI Express x1 3.0	14	8	4	4 SATA 3.0 (6 Гбит/с)	Да	Intel® Wireless-AC, Intel® GbE, Intel® HDA	3 Вт
QM370 ↗			20 PCI Express x1 3.0		10	6				
CM246 ↗			24 PCI Express x1 3.0				8 SATA 3.0 (6 Гбит/с)			

- ¹ Представляют собой систему на чипе ([SoC](#)), состоящую из процессора и чипсета, интегрированных на одной подложке.

400 серия для процессоров **Comet Lake** [[править](#) | [править код](#)]

Чипсет	Дата выхода	Шина		USB			Поддержка накопителей		Поддержка встроенных технологий	TDP
		Системная	Периферия	2.0	3.0	3.1	Интерфейсы	RAID		
Comet Lake-H/U ¹										
HM470 ↗	2020/4	DMI 3.0 (8 ГБ/с)	16 PCI Express x1 3.0	14	8	4	4 SATA 3.0 (6 Гбит/с)	Да	Intel® Wireless-AX, Intel® GbE, Intel® HDA	3 Вт
QM480 ↗			20 PCI Express x1 3.0		10	6				
WM490 ↗			24 PCI Express x1 3.0				8 SATA 3.0 (6 Гбит/с)			

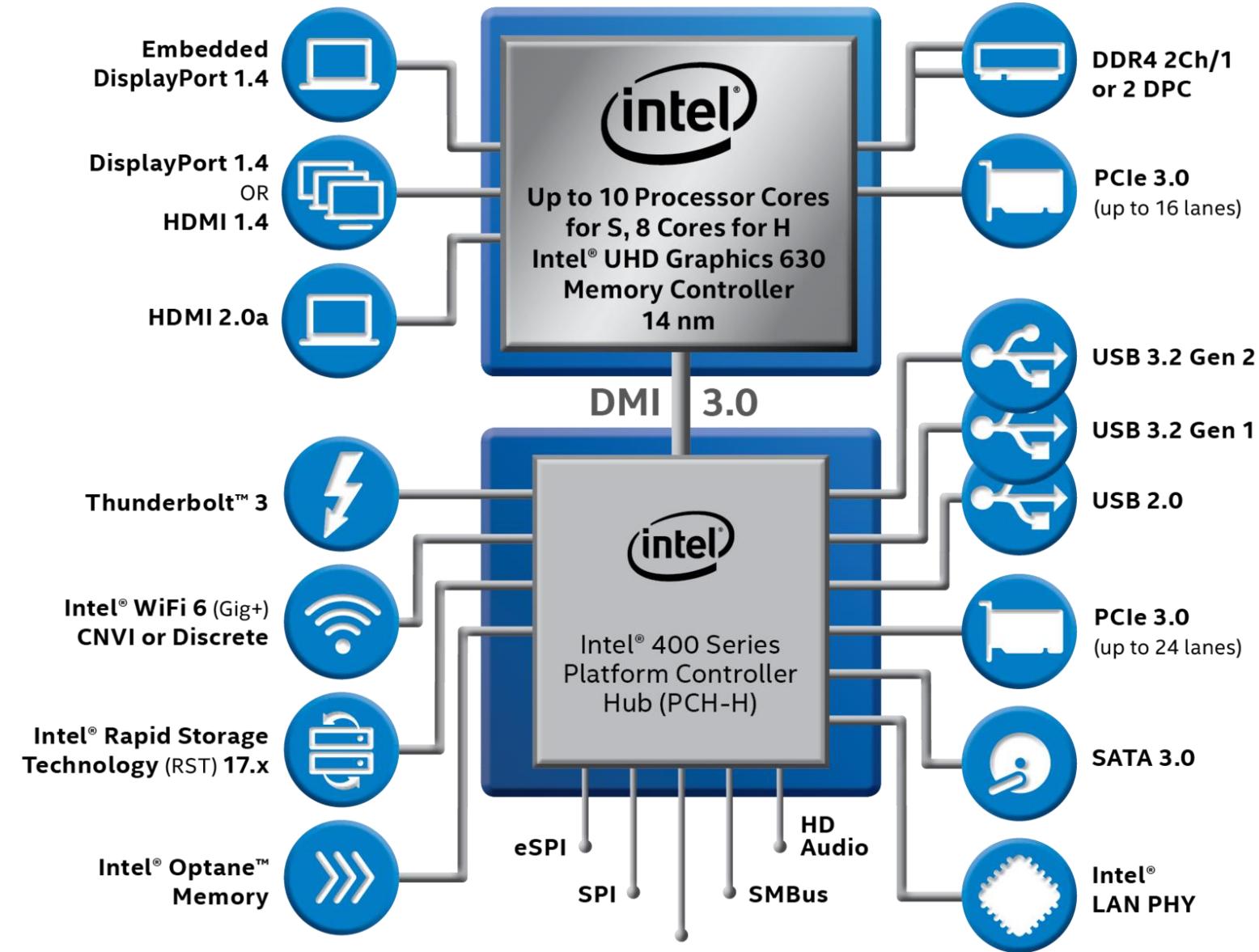
- ¹ Представляют собой систему на чипе ([SoC](#)), состоящую из процессора и чипсета, интегрированных на одной подложке.

https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_intel

400-е семейство чипсетов intel

Чипсет	H410	B460	H470	Q470	W480	Z490
Версия PCI-Express	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Частота системной шины, ГТ/с	8	8	8	8	8	8
Возможные конфигурации процессорных линий PCI Express	1x16	1x16	1x16	x16/x0 или x8/x8 или x8/x4/x4	x16/x0 или x8/x8 или x8/x4/x4	x16/x0 или x8/x8 или x8/x4/x4
Макс. кол-во линий PCI Express	6	16	20	24	24	24
Конфигурации PCI Express	x1, x2, x4	x1, x2, x4	x1, x2, x4	x1, x2, x4	x1, x2, x4	x1, x2, x4
Кол-во каналов памяти	2	2	2	2	2	2
Макс. количество DIMM	2	4	4	4	4	4
Поддержка Intel Optane	-	+	+	+	+	+
Макс. кол-во SATA 3.0	4	6	6	6	6	6
Конфигурация RAID, (SATA)	-	0,1,5,10	0,1,5,10	0,1,5,10	0,1,5,10	0,1,5,10
Поддержка Wi-Fi и Bluetooth	-	-	Intel® Wi-Fi 6 AX201	Intel® Wi-Fi 6 AX201	Intel® Wi-Fi 6 AX201	Intel® Wi-Fi 6 AX201
Макс. количество USB	10	12	14	14	14	14
Макс. количество USB 3.1 Gen 2	0	0	4	6	6	6
Макс. количество USB 3.1 Gen 1	4	8	8	10	10	10
Макс. количество USB 2.0	10	12	14	14	14	14
Поддержка разгона	-	-	-	-	+ (только RAM)	+
Кол-во поддерживаемых дисплеев	2	3	3	3	3	3
TDP, Вт	6	6	6	6	6	6

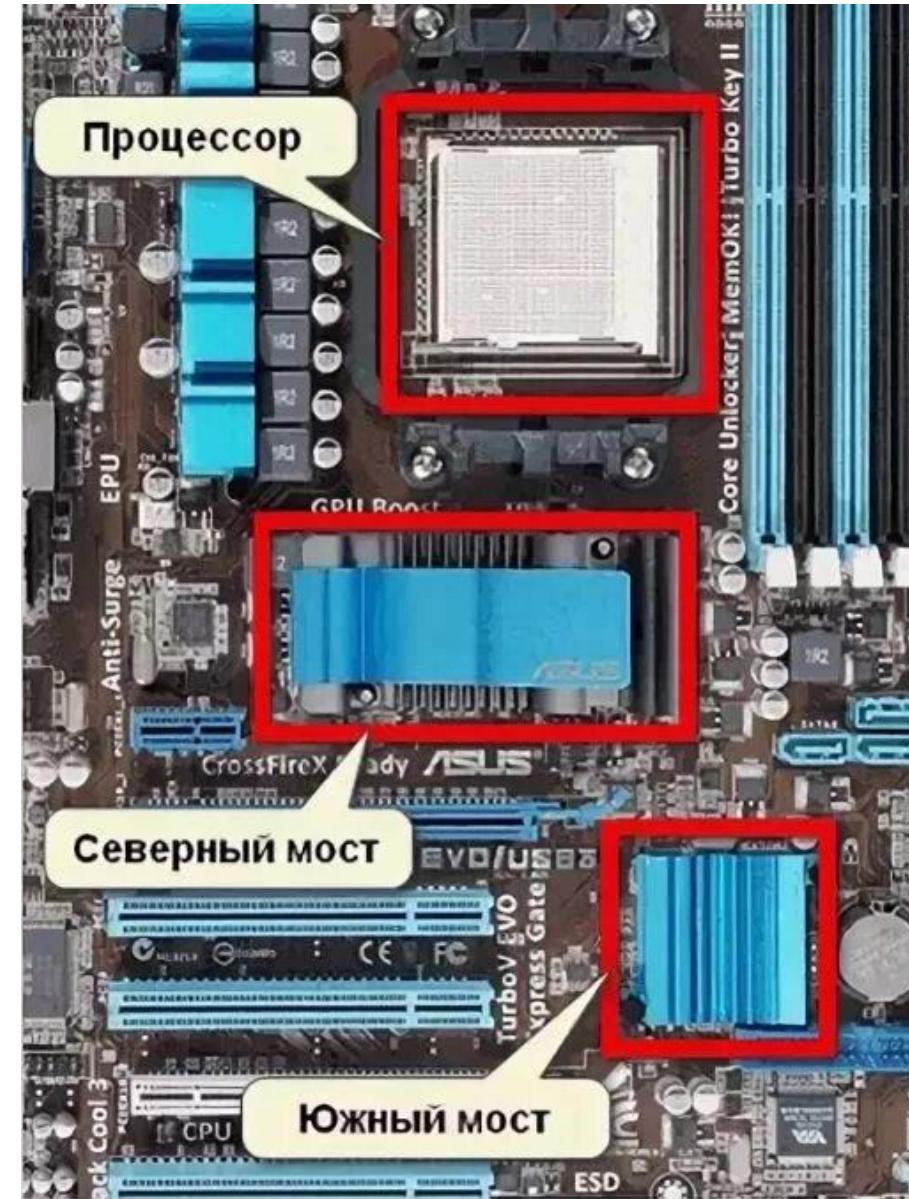
400-е семейство чипсетов intel



Intel 10th gen vPro H-series chipset diagram

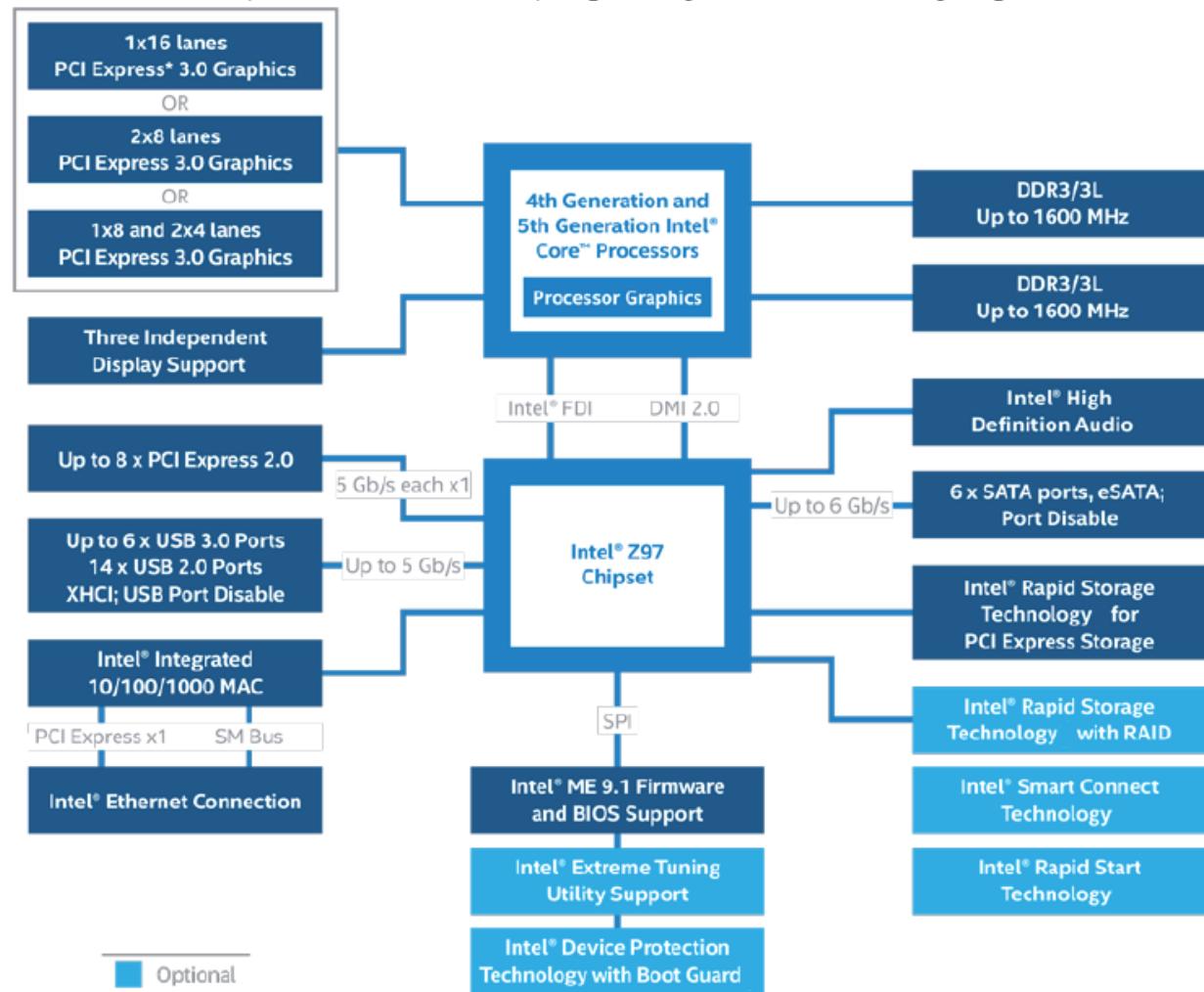
Чипсет. Трёхчиповая компоновка

- Раньше компьютер имел до двух сотен микросхем на материнской плате. **Современные компьютеры содержат две основные большие микросхемы чипсета либо одну микросхему:**
- Трёхчиповая компоновка (третий чип – процессор):**
 - северный мост** (North Bridge) – один из двух вариантов:
 - контроллер-концентратор памяти** (MCH - Memory Controller Hub), который обеспечивает работу процессора с памятью и с видеоподсистемой или
 - контроллер ввода-вывода** (IOH - I/O Controller Hub) – для процессоров с интегрированным контроллером памяти;
 - южный мост** (South Bridge) – **контроллер-концентратор ввода-вывода** (ICH), обеспечивающий работу с внешними устройствами.
- Чипсет** (chipset) – набор микросхем материнской платы для обеспечения работы процессора с памятью и внешними устройствами.



Чипсет. Двухчиповая компоновка

- **Двухчиповая компоновка** для некоторых процессоров Core i7 и Core i5 – кроме процессора, используется только одна большая микросхема чипсета (PCH – Platform Controller Hub), обеспечивающая работу с внешними устройствами.

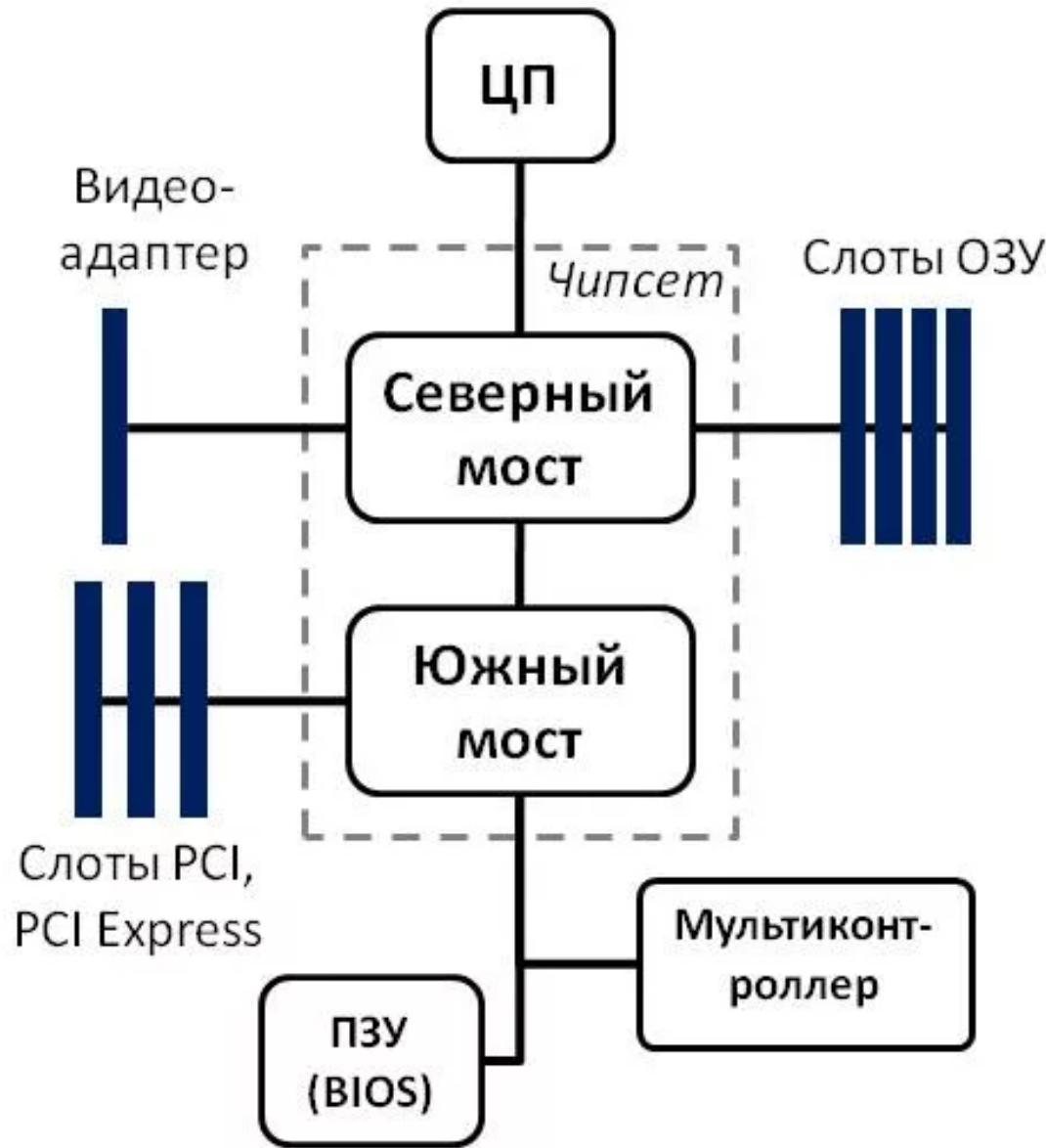


Принципиальная схема чипсета Intel Z97

Северный и южный мост материнской платы

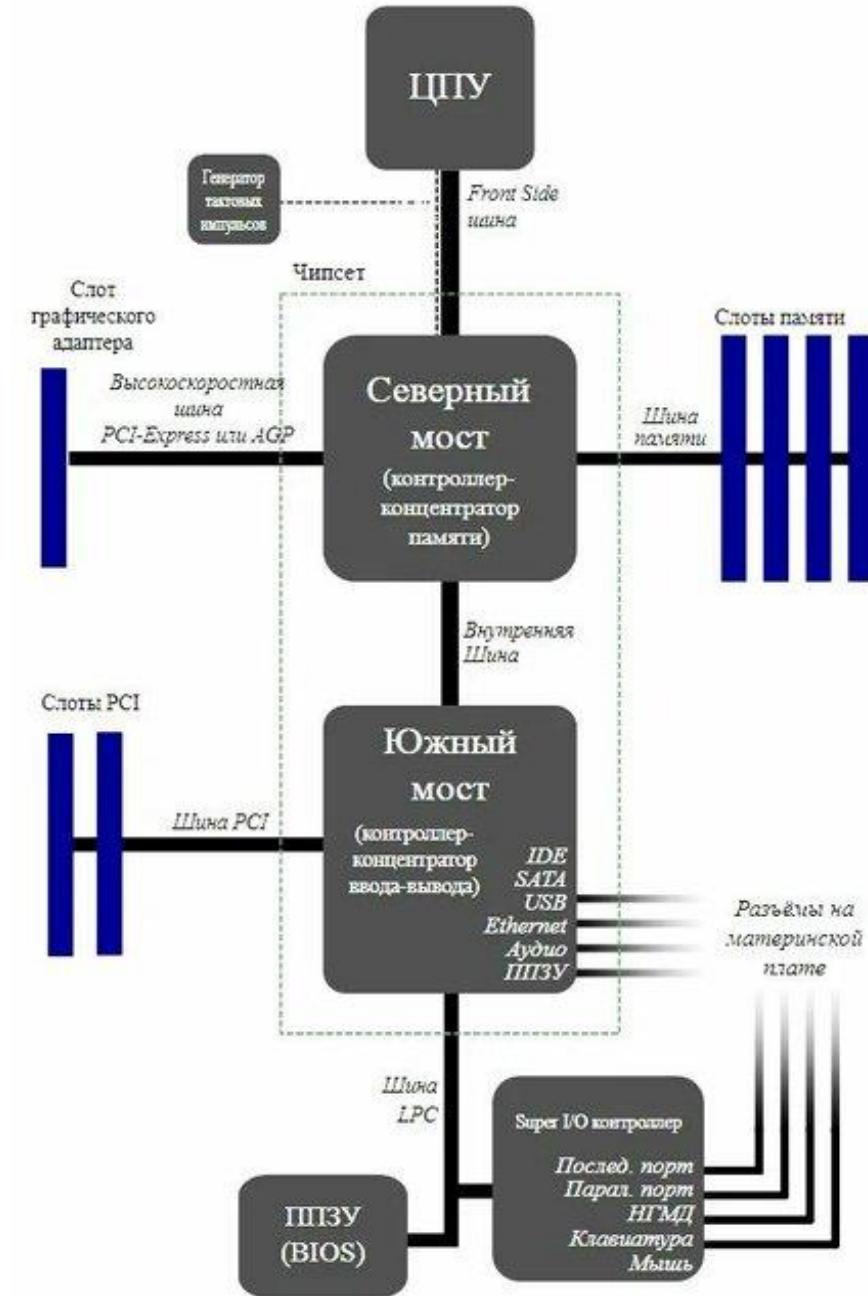
Северный мост – контроллер, соединяющий центральный процессор (ЦП), оперативную память (ОЗУ) и встроенный видеоадаптер

Южный мост – контроллер-концентратор ввода-вывода, соединяет более медленные устройства через порты PCI, PCI Express, SATA, DMA, PS/2

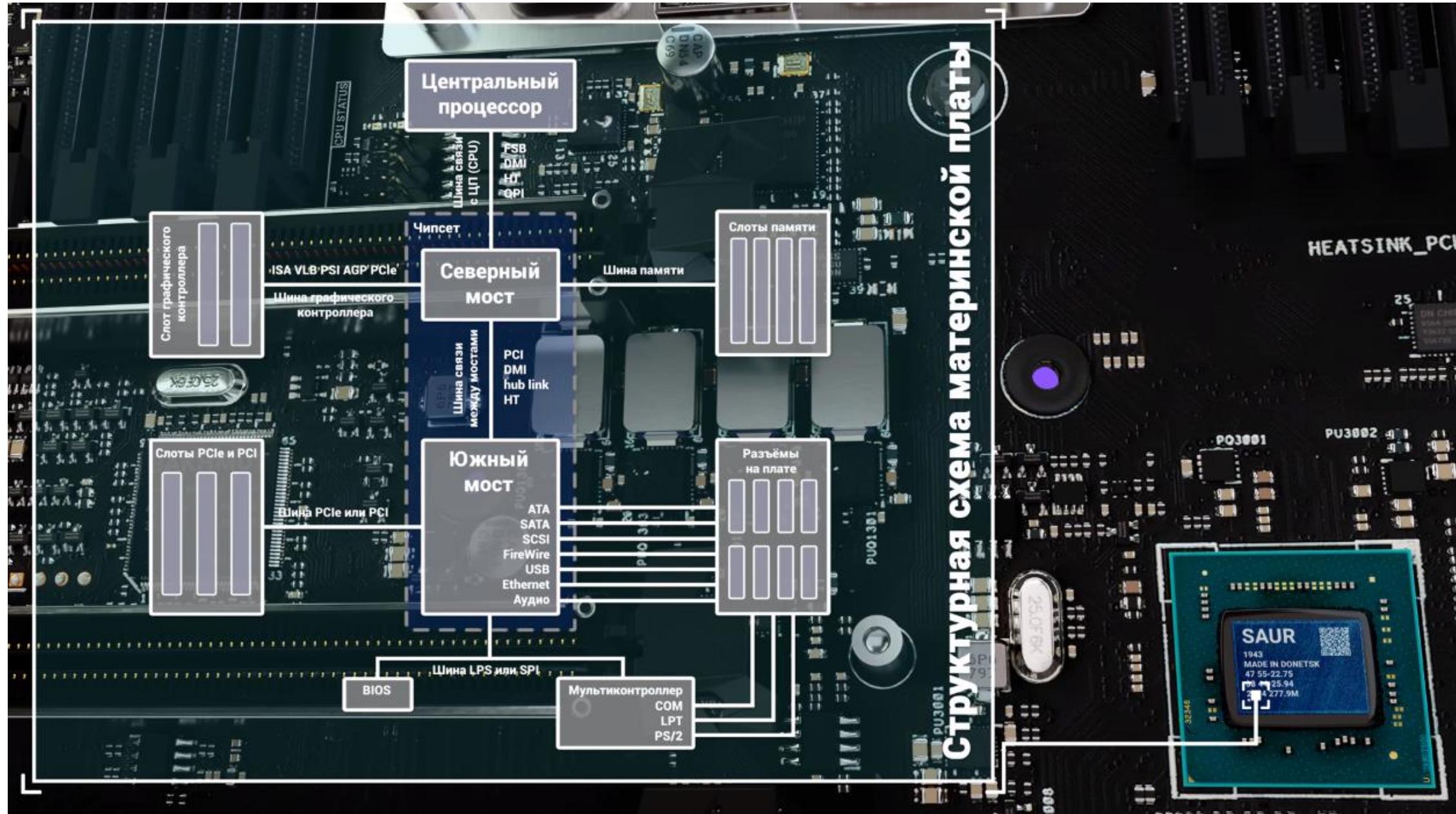


Северный мост

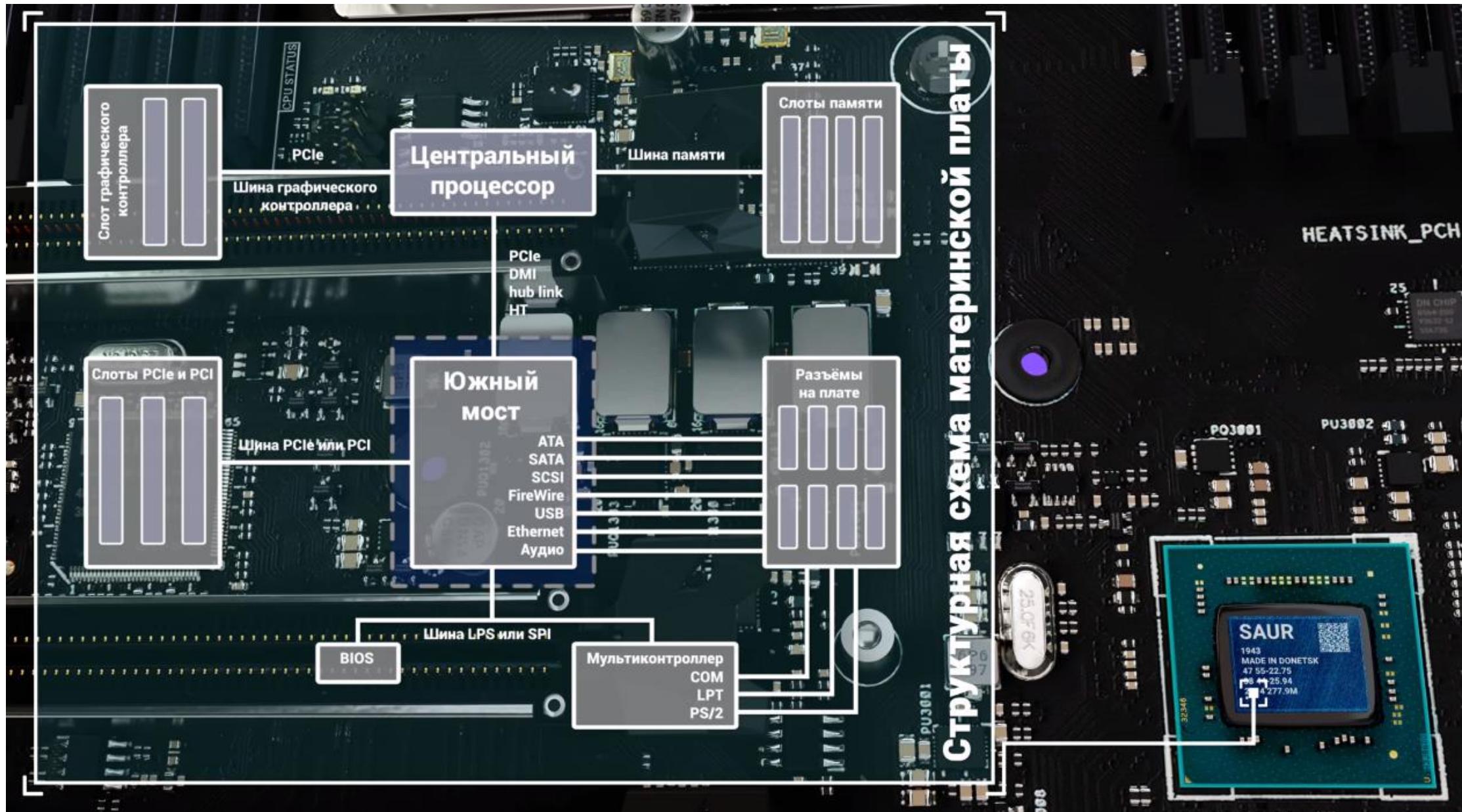
- **Системная шина или Front Side Bus (FSB)** – это шина, обеспечивающая соединение между процессором и системным контроллером (“**northbridge**” – англ. “**северный мост**”).
- **Северный мост** – это чип, который координирует работу трех наиболее производительных подсистем ПК: процессора, оперативной памяти и дискретной видеокарты.
- Таким образом, **частота системной шины** – это частота, с которой передаются данные между процессором и чипсетом. Соответственно, чем выше данный показатель, тем лучше, но все же этот показатель должен быть пропорционален производительности процессора и других подсистем ПК. Иначе говоря, частота системной шины должна как бы “поспевать” за процессором и оперативной памятью.



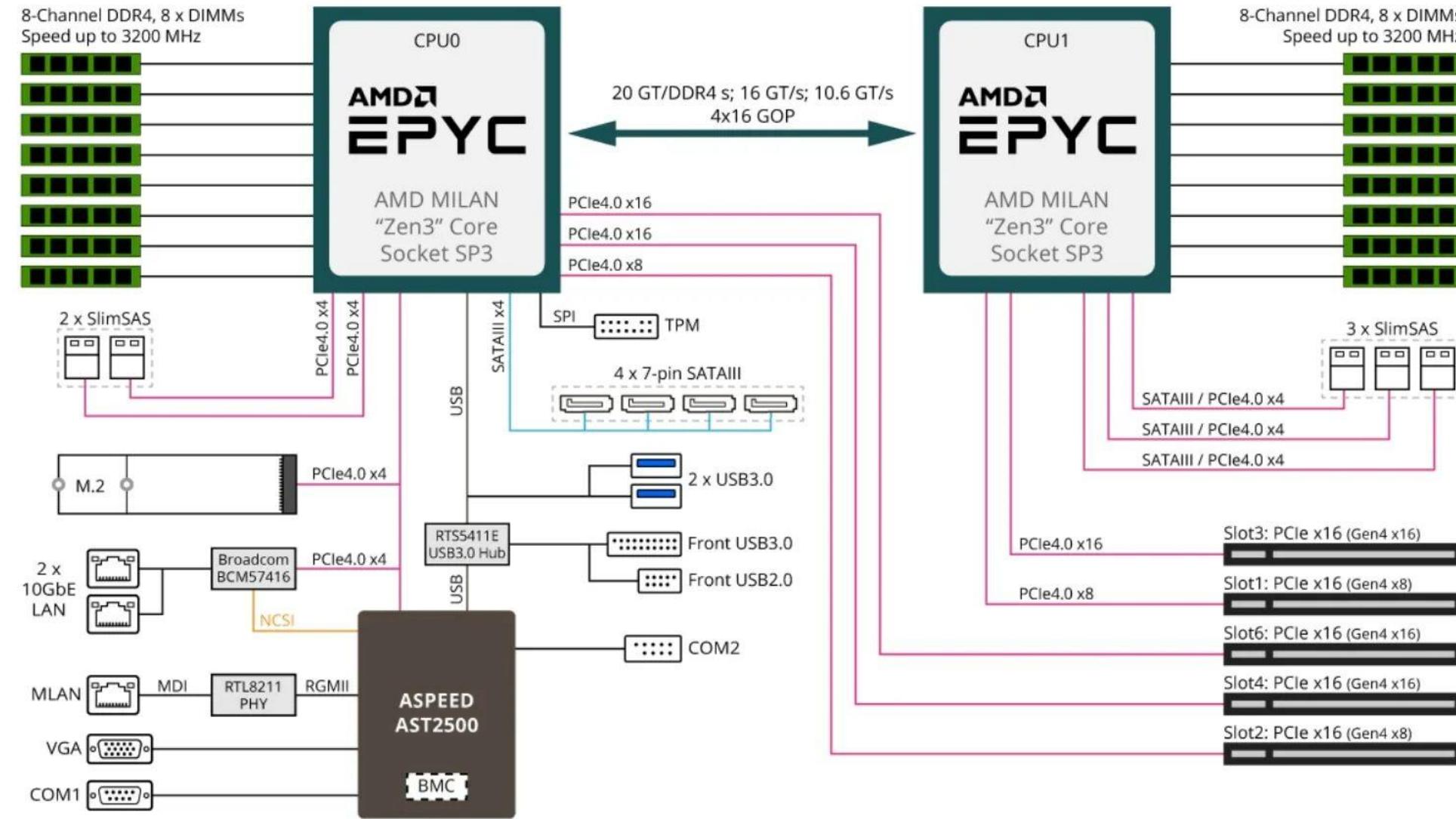
Классическая схема



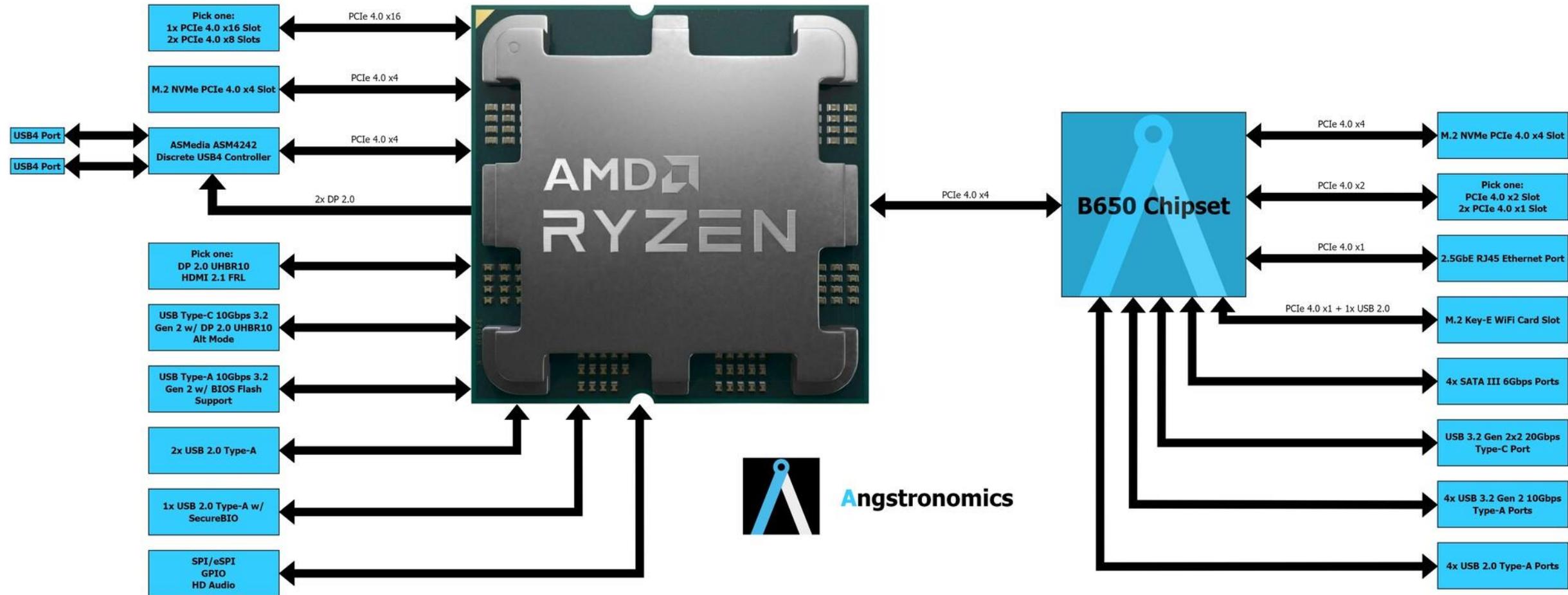
Современная схема



MZ72-HB0 Motherboard Block Diagram

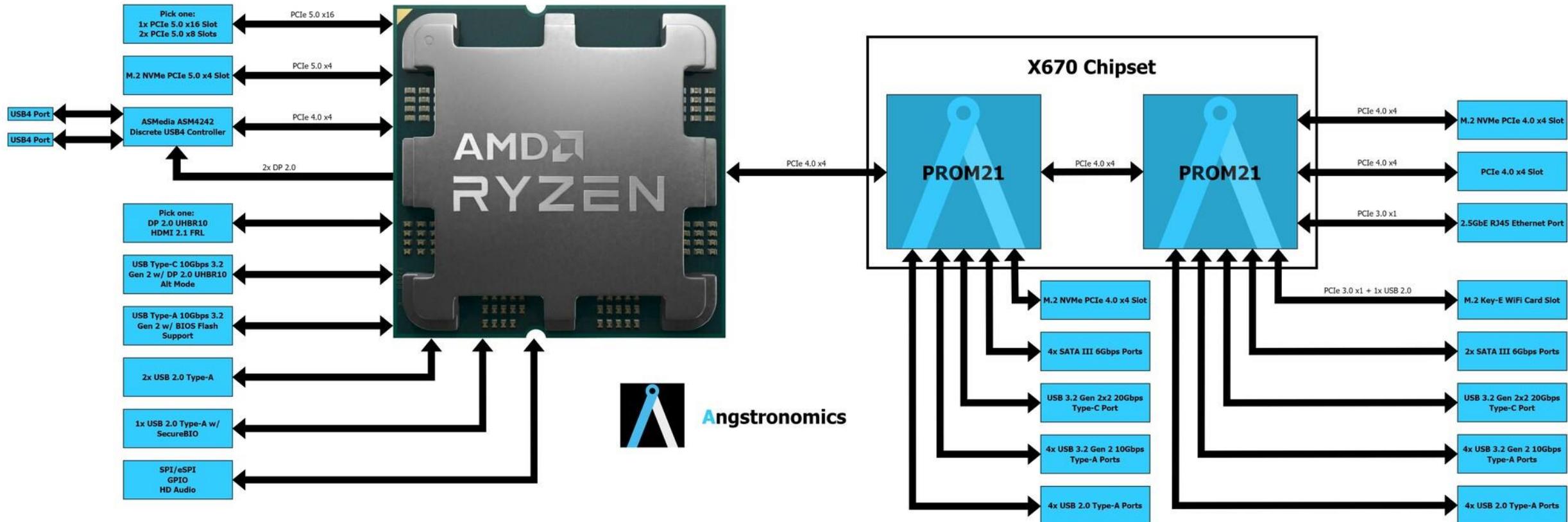


AM5 - B650 chipset



AMD Zen 4 Ryzen 7000 **AM5 B650 chipset** block diagram

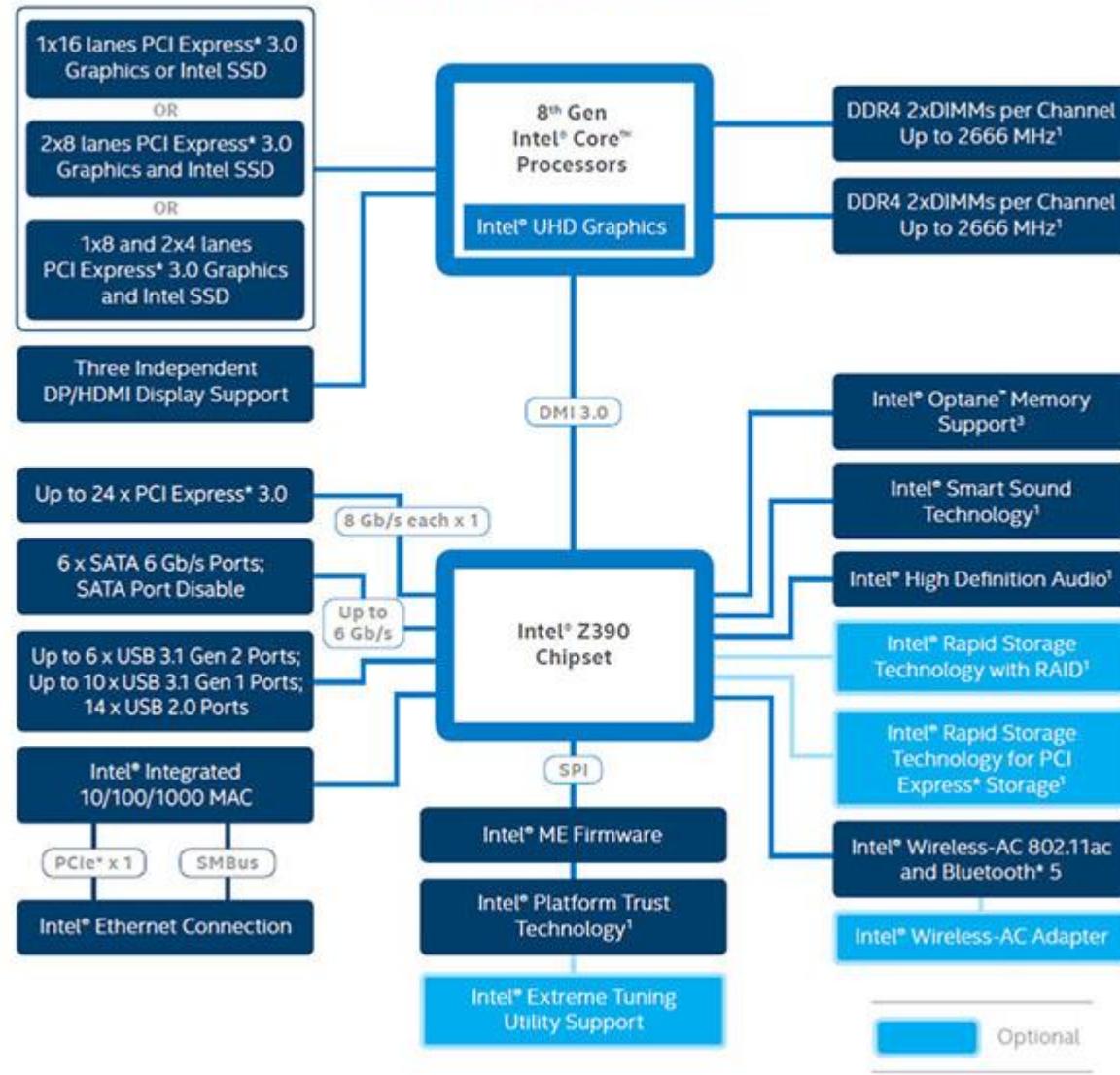
AM5 - X670 chipset



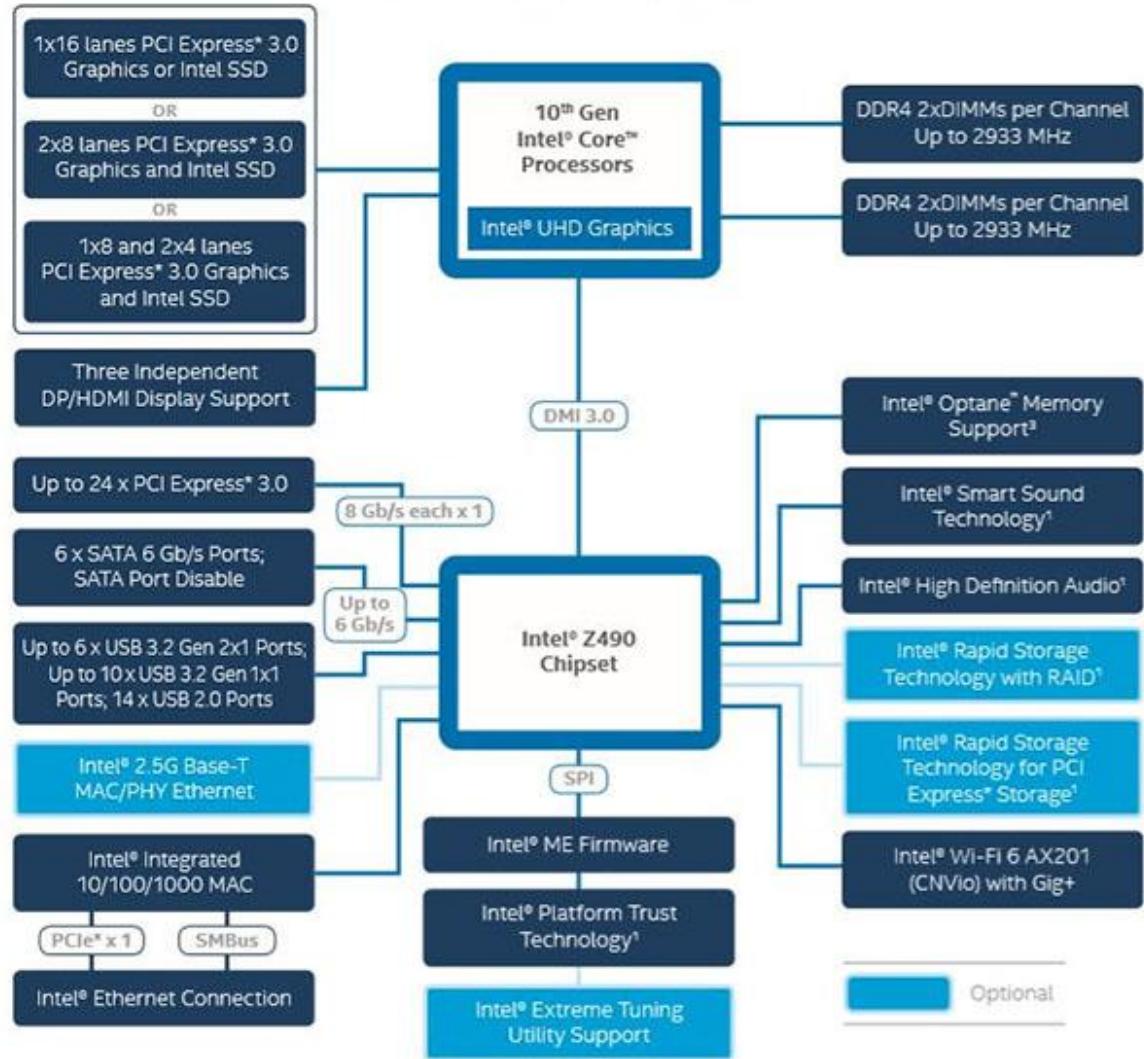
AMD Zen 4 Ryzen 7000 **AM5 X670 chipset** block diagram

Intel Z390 и Z490 chipset

INTEL® Z390 CHIPSET BLOCK DIAGRAM

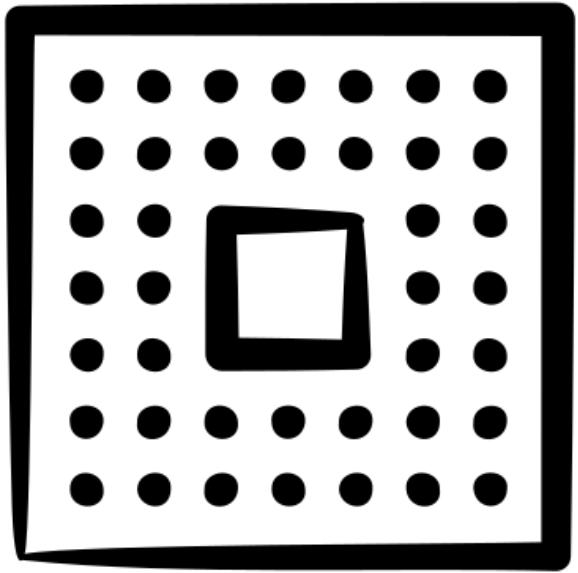


INTEL® Z490 CHIPSET BLOCK DIAGRAM



Чипсеты intel

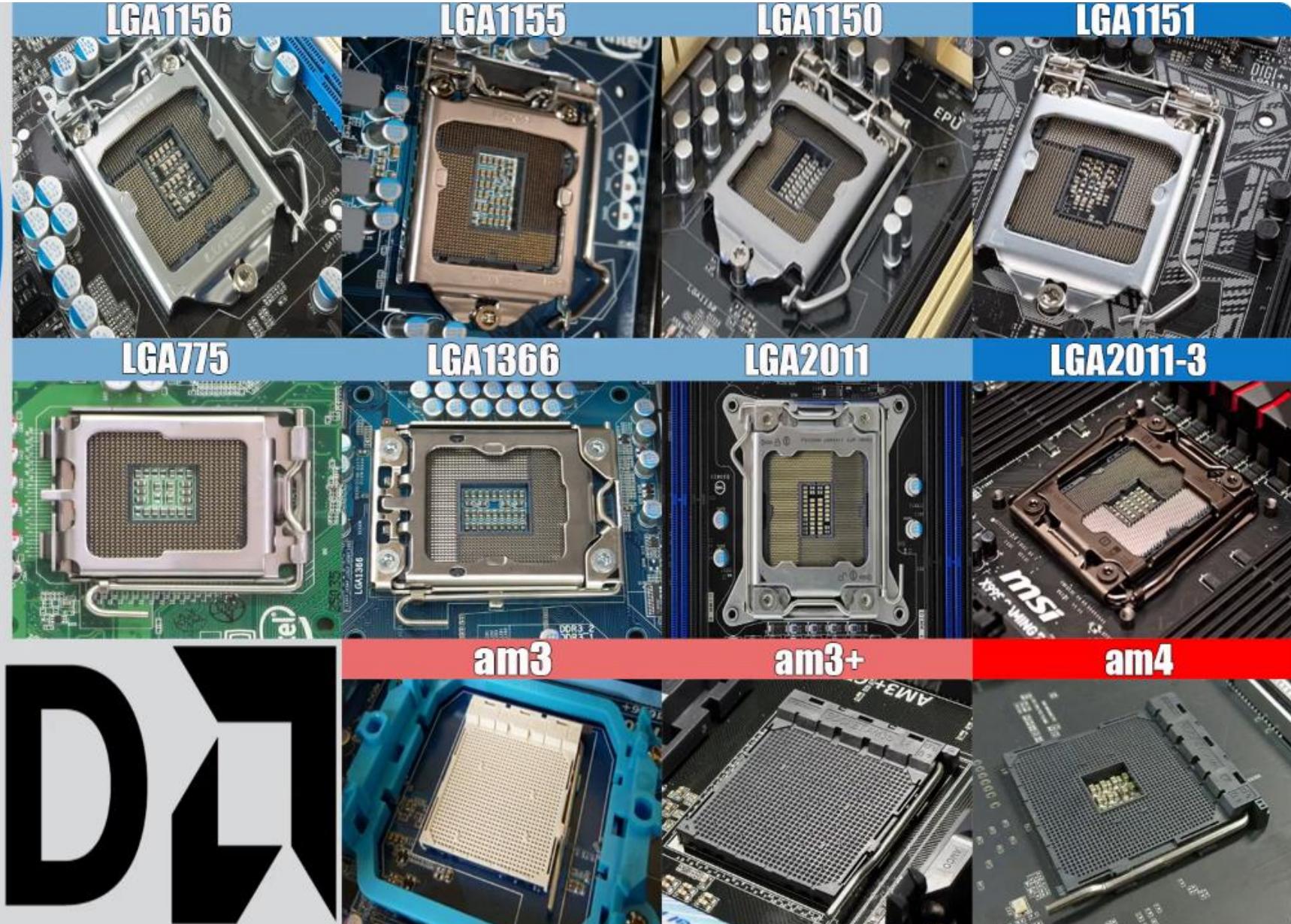
	Z490	Z390	Z370	H470	H370	B460	B360
Socket	LGA1200	LGA1155	LGA1155	LGA1200	LGA1155	LGA1200	LGA1155
PCIe 3.0 (CPU)	1x16x or 2x8 1x8 + 2x4	1x16x or 2x8 1x8 + 2x4	1x16x or 2x8 1x8 + 2x4	1x16x	1x16x	1x16x	1x16x
PCIe 3.0 (chipset)	24x1	24x1	24x1	20x1	20x1	16x1	12x1
USB (USB 3.2 Gen1)	14 (10)	14 (10)	14 (10)	14 (8)	14 (8)	12 (8)	12 (6)
USB (USB 3.2 Gen2)	6	6	No	4	6	No	4
SATA	6	6	6	6	6	6	6
Intel RST	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel RST (PCIe 3.0)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel RST PCIe (max 4 SSD M.2)	?	3	3	?	2	?	1
Intel Memory Optane	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel Gigabit LAN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel 2.5G LAN	Yes	No	No	Yes	No	Yes	No
Wi-Fi (CNVi)	Wi-Fi 6 (ax)	Wi-Fi 5 (ac)	Wi-Fi 5 (ac)	Wi-Fi 6 (ax)	Wi-Fi 5 (ac)	Wi-Fi 6 (ax)	Wi-Fi 5 (ac)
Overclock	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No
Memory	DDR4-2933	DDR4-2933	DDR4-2666	DDR4-2933	DDR4-2666	DDR4-2666	DDR4-2666



Сокет на
материнской
плате



Сокеты на материнских платах



Сокеты intel

V · T · E

CPU sockets and slots by Intel

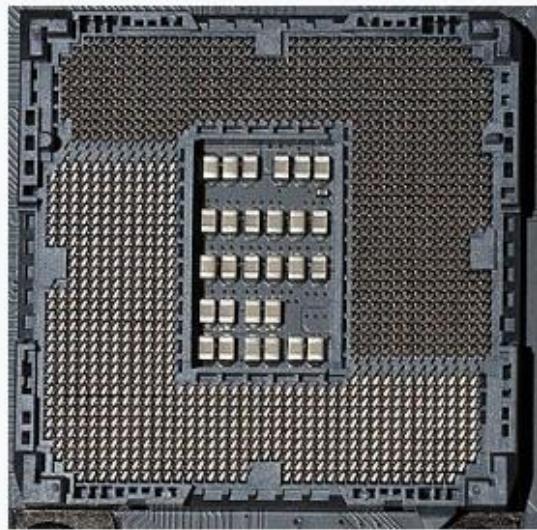
[hide]

Desktop sockets	Slot	Slot 1 (1996–1999)
	PGA	370 (1998–2001) · 423 (W 2000–2001) · 478 (N 2001–2004)
	LGA	775 (T 2004–2009) · 1366 (B 2008–2010) · 1156 (H1 2009–2010) · 2011 (R 2011–2013) · 1155 (H2 2011–2012) · 1150 (H3 2013–2014) · 2011-3 (R3 2014–2016) · 1151 (H4 2015–2019) · 2066 (R4 2017–2019) · 1200 (H5 2020–2021) · 1700 (V 2021–2023) · 1851 (V1 2024)
Mobile sockets	MMC-1 · MMC-2 · Socket 615 · Socket 495 · Socket 479 (2001) · Socket M (2006) · Socket P (2007) · Socket G1 (2009) · Socket G2 (2011) · Socket G3 (2013)	
Server sockets	Socket 8 (1995)	
	Xeon processors	Slot Slot 2 (1998–2000)
		PGA 603 (2001–2004) · 604 (2002–2007)
		LGA 771 (J 2006) · 1366 (B 2008) · 1156 (H1 2009) · 1567 (LS 2010) · 1155 (H2 2011) · 2011 (R 2011) · 1356 (B2 2012) · 1150 (H3 2013) · 2011-1 (R2 2014) · 2011-3 (R3 2014) · 1151 (H4 2015) · 3647 (P 2016) · 2066 (R4 2017–2019) · 1200 (2020) · 4189 (P5 2020) · 4677 (E 2023) · 7529 (2024)
Pre-Pentium II PGA Sockets	Itanium processors	418 (2001) · 611 (2002) · 1248 (2010)
	Socket 1 · Socket 2 · Socket 3 · Socket 6 · Socket 4 (1993) · Socket 5 (1994–1995) · Socket 7 (1995–1997) · Super Socket 7 (1996–1999; <i>non-Intel modification of the original Intel Socket 7</i>)	

Сокет Intel LGA1200 (2020)

- LGA 1200 (Socket H5) — процессорный разъем для процессоров Intel семейств Comet Lake и Rocket Lake.** Системы на основе LGA 1200 были выпущены во 2 квартале 2020 года.
- LGA 1200 разработан в качестве замены разъёма LGA 1151 (Socket H4). Разъём выполнен по технологии LGA (англ. Land Grid Array) имеет 1200 подпружиненных контактов для соприкосновения с контактными площадками процессора. Он использует модифицированную конструкцию LGA 1151, с 49 дополнительными выводами, улучшая подачу питания и предлагая поддержку будущих функций ввода-вывода, например, PCI Express 4.0[5]. Ключ сокета был перемещён в левую часть (ранее он был справа), что делает процессоры Comet Lake механически несовместимыми с предыдущими чипами. Размеры (37,5 x 37,5 мм), монтажные отверстия для системы охлаждения (75 x 75 мм) и порядок монтажа остались прежними.
- LGA 1200 в 2021 году был заменён на LGA 1700 — разъём для процессоров компании Intel семейства Alder Lake.

LGA 1200

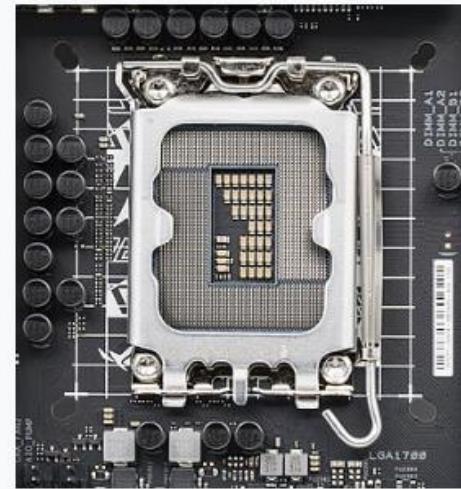


Release date	May 27, 2020
Designed by	Intel
Manufactured by	Foxconn
Type	LGA-ZIF
Chip form factors	Flip-chip
Contacts	1200
FSB protocol	PCI Express
Processors	Comet Lake Rocket Lake
Predecessor	LGA 1151
Successor	LGA 1700
Memory support	DDR4

This article is part of the [CPU socket series](#)

Сокет Intel LGA1700 (2021)

- **LGA 1700 (Socket V) — сокет Intel для настольных процессоров Alder Lake-S (12-е поколение Intel), Raptor Lake-S (13-е поколение Intel), Raptor Lake-S Refresh (14-е поколение Intel)** разработан в качестве замены LGA 1200. Разъём имеет 1700 подпружиненных контактов для соприкосновения с контактными площадками процессора.
- Сокет LGA 1700 впервые поддерживает процессоры с технологией гетерогенных вычислений «Intel Hybrid Technology», объединяющие на одном кристалле производительные (P-Cores) и энергоэффективные (E-Cores) ядра.
- **Процессоры Alder Lake-S и Raptor Lake-S для данного сокета имеют размер 37,5×45 мм**, а расстояние между монтажными отверстиями для систем охлаждения процессора увеличилось с 75 до 78 мм, что означает несовместимость с креплениями систем охлаждения для LGA 1150/1151/1155/1156/1200. Также немного уменьшилось расстояние между теплораспределительной крышкой процессора и опорной пластиной системы охлаждения. Крупные производители систем охлаждения решают проблему несовместимости выпуском дополнительных наборов креплений с последующим бесплатным распространением

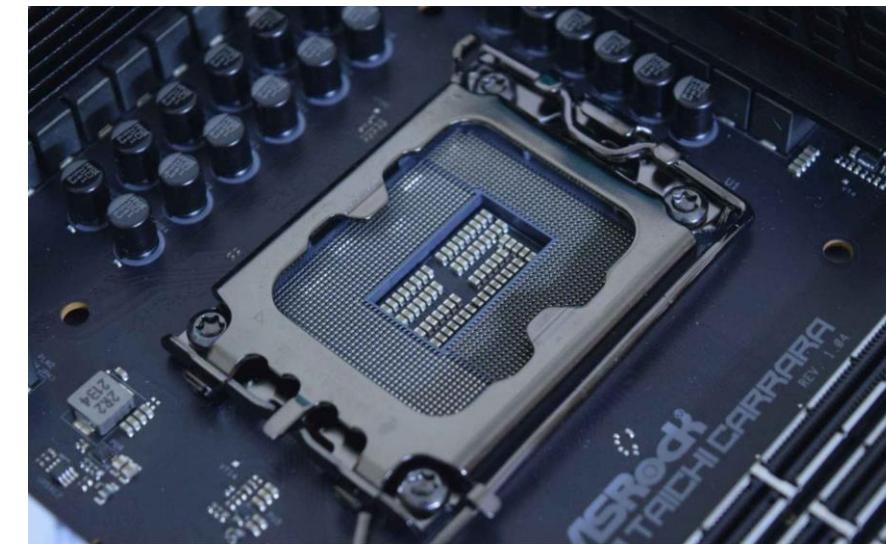


Release date	November 4, 2021
Designed by	Intel
Manufactured by	Lotes
Type	LGA-ZIF
Chip form factors	Flip-chip
Contacts	1700
FSB protocol	PCI Express 5.0 Direct Media Interface
Processor dimensions	37.5 mm × 45 mm 1,687.5mm ²
Processors	Alder Lake Raptor Lake
Predecessor	LGA 1200
Successor	LGA 1851
Memory support	DDR4 DDR5 ^[1]

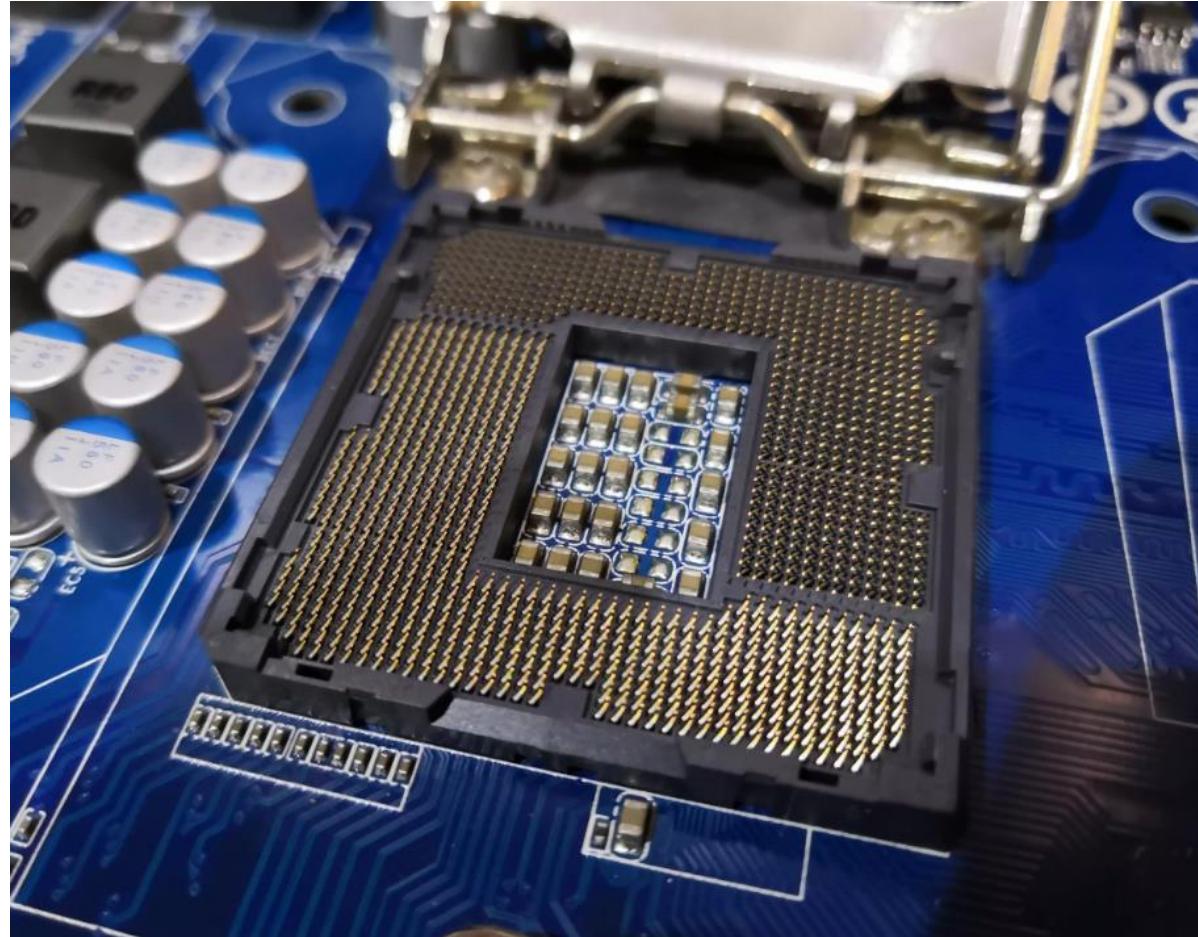
This article is part of the [CPU socket](#) series

Сокет intel LGA1851 (2024)

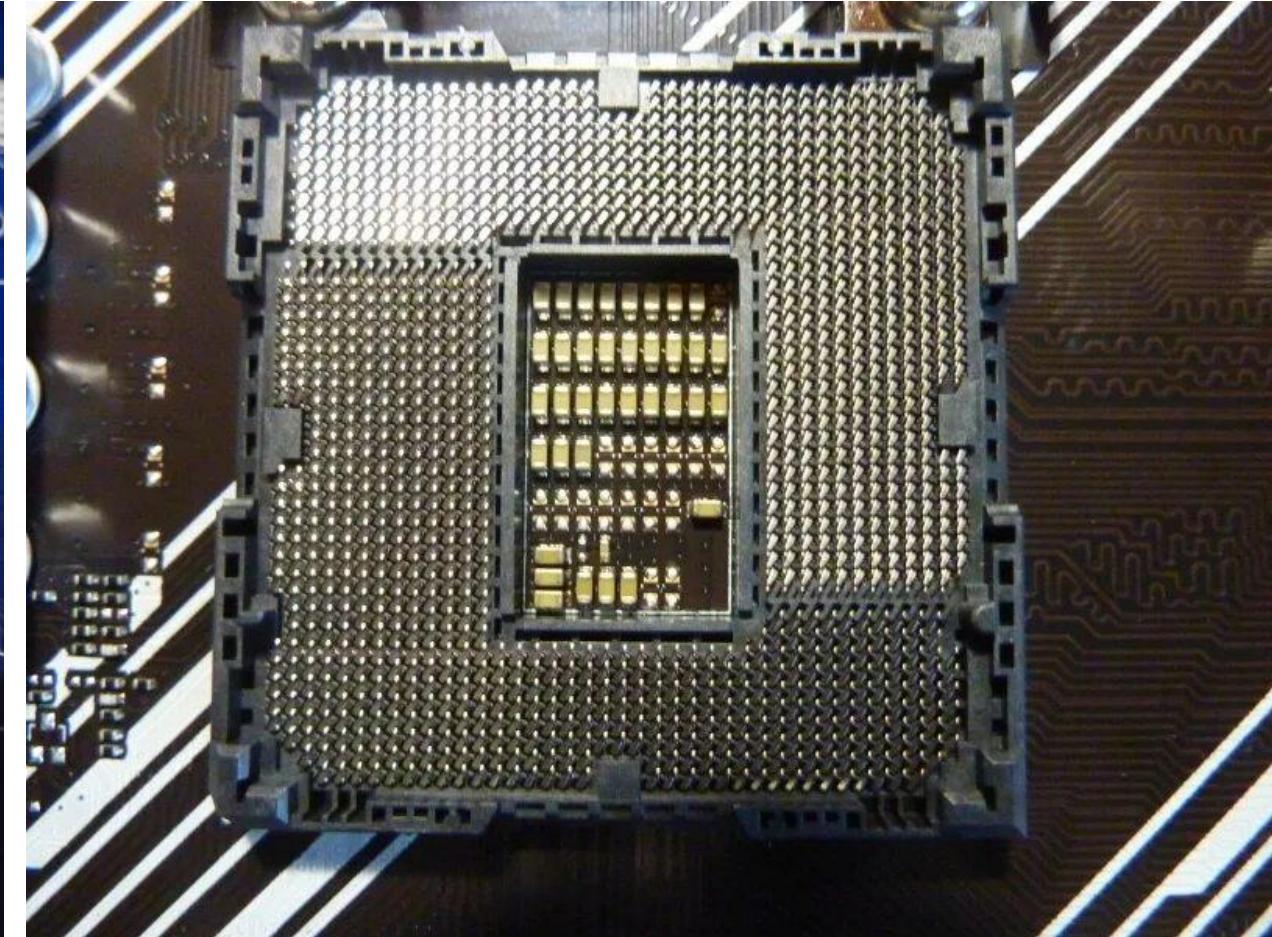
- **LGA 1851** (кодовое имя Socket V1) — **сокет для настольных процессоров Arrow Lake-S (15-ое поколение) и Panther Lake-S (16-ое поколение), предположительный год выхода сокета — 2024 год.**
- Размеры сокета и процессоров под него будут теми же как и на LGA 1700. Так что старые кулеры и СЖО будут подходить под этот сокет.
- Количество контактов тоже прибавилось, с 1700 (на LGA 1700) до 1851 контакта. Возможно, это обусловлено тем, что процессоры будут немного мощнее по сравнению с Alder Lake/Raptor Lake.
- По словам Intel Meteor Lake «отменяется» в пользу Raptor Lake Refresh и Meteor Lake станет мобильной архитектурой, и это значит что **выход LGA 1851 отложен на 4 квартал 2024 года**, когда, как говорят, появится Arrow Lake.
- Также в 2023 Intel сказала, что Lunar Lake также будут мобильным поколением, как и Meteor Lake, а в десктопном сегменте будет Panther Lake.



Сокеты intel LGA1155 и LGA1200

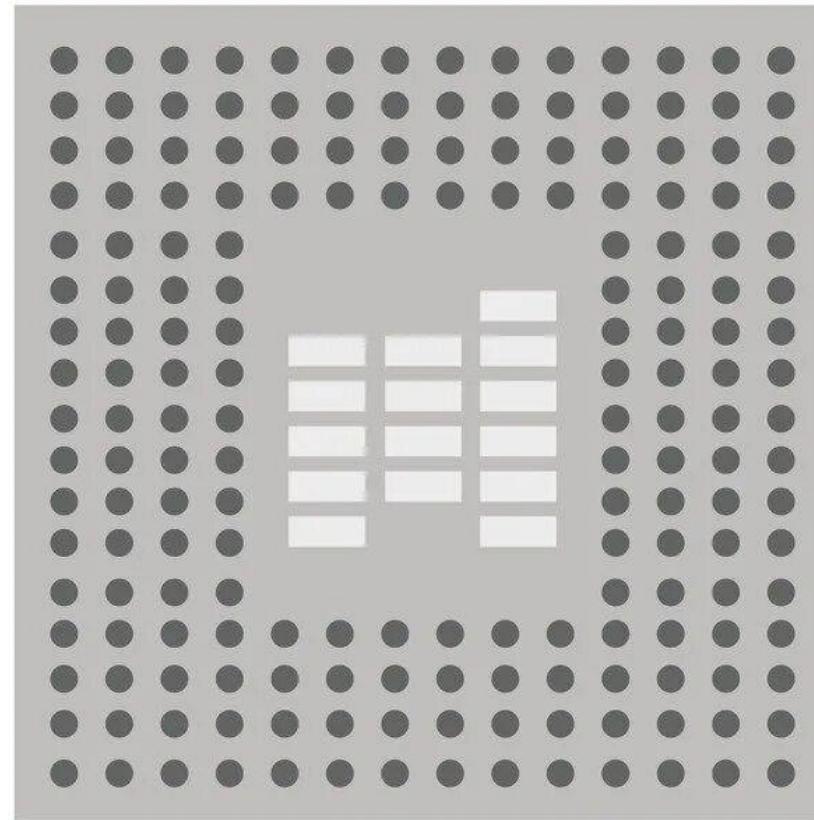


LGA1155

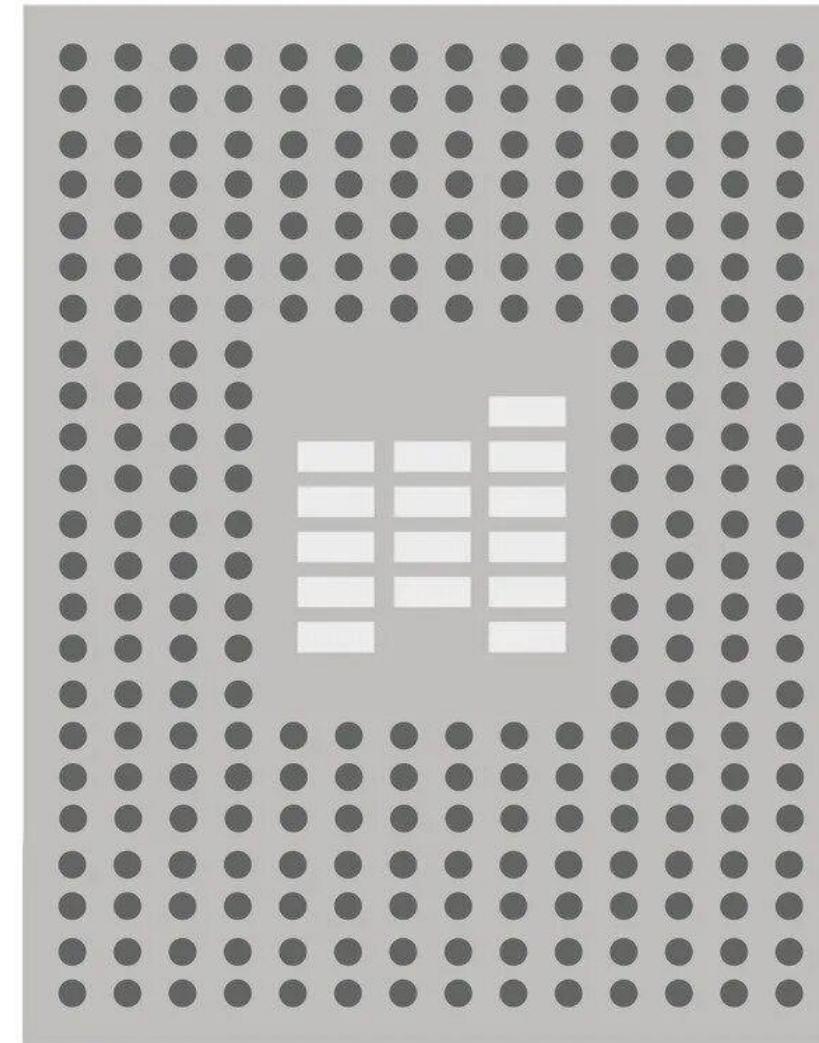


LGA1200

Сокеты intel LGA1200 и LGA1700



LGA-1200



LGA-1700

Сокеты AMD

V · T · E

AMD sockets and chipsets

[hide]

AMD sockets

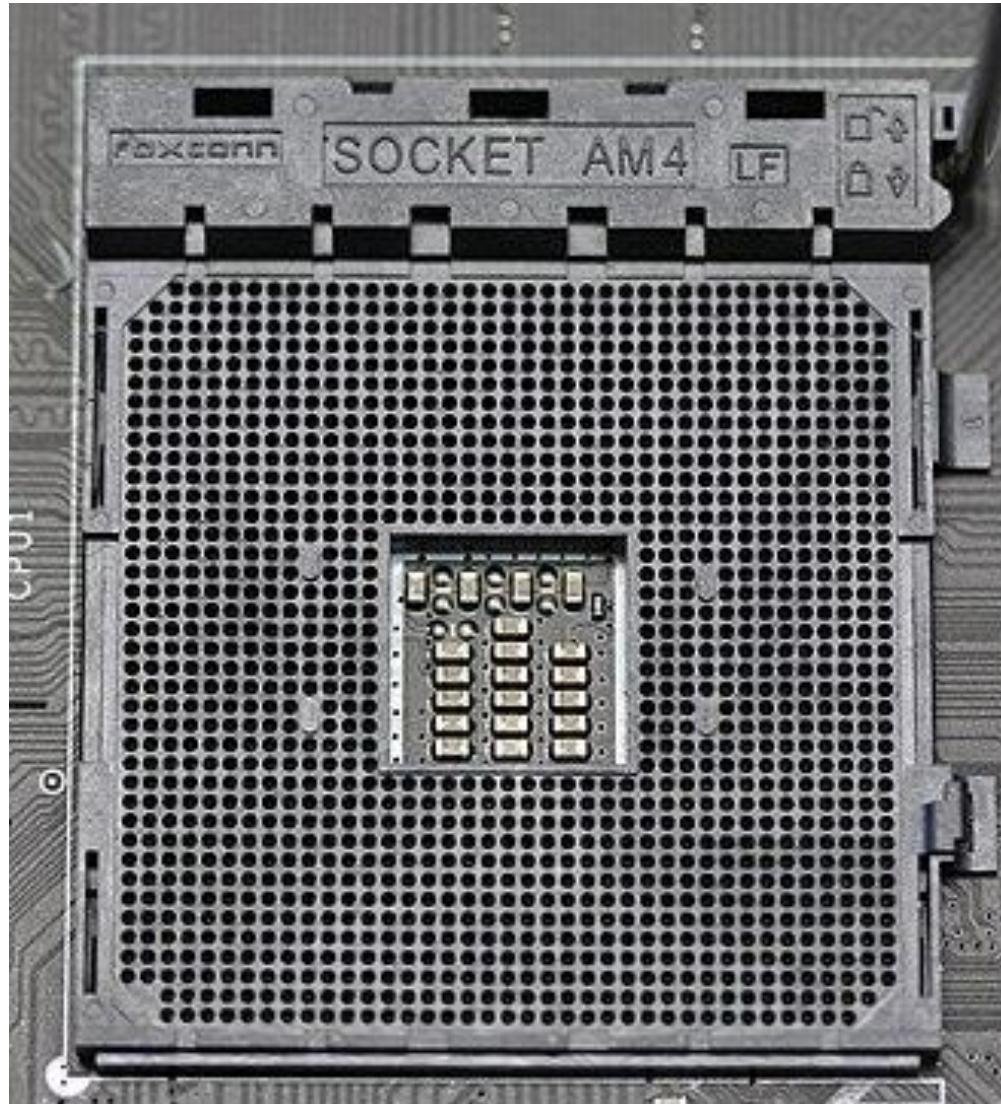
Desktop sockets	Super Socket 7 · Slot A (1999) · 754 (2003) · 939 (2004) · 940 (2003) · AM2 (2006) · AM2+ (2007) · AM3 (2009) · AM3+ · FM1 (2011) · FM2 (2012) · FM2+ · AM1 (2014) · AM4 (2016) · TR4 (2017) · sTRX4 (2019) · sWRX8 (2020) · AM5 (2022) · sTR5 (2023)
Mobile sockets	563 · 754 · S1 (2006) · FT1 (2011) · FP2 (2012) · FS1 · FT3 · FP3 (2014) · FP4 (2015) · FT4 (2016) · FP5 (2019) · FT5 · FP6 (2020) · FP7 (2022) · FP8 · FL1 (2023)
Server sockets	940 · F (2006) · F+ · G3 (not released) · G34 · C32 (2010) · SP3 (2017) · SP4 (2018) · SP5 (2022) · SP6 (2023)
Combined sockets	Socket A (2000)

ATI / AMD chipsets

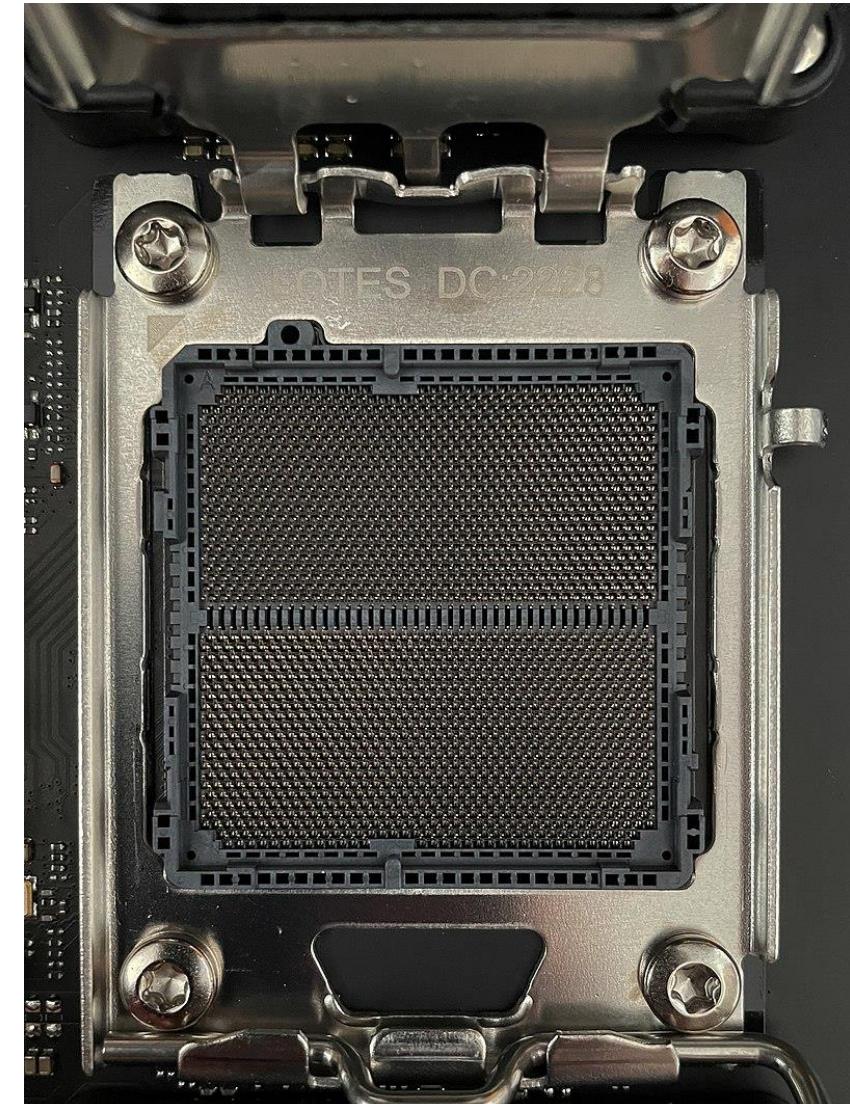
ATI chipsets	IGP 300 series/RX380 · Radeon Xpress 200 · CrossFire Xpress 3200 · Radeon Xpress 1250
AMD chipsets	480X/570X/580X · 690 Series · 7-Series · 8-Series · 9-Series · Fusion Controller Hubs · AM4 chipsets · TR4 chipsets · sTRX4 chipsets · sWRX8 chipsets · AM5 chipsets · sTR5 chipsets

Combined means that the given socket is supported by all platforms, including desktop, mobile, and server.

Сокеты AMD AM4 и AM5



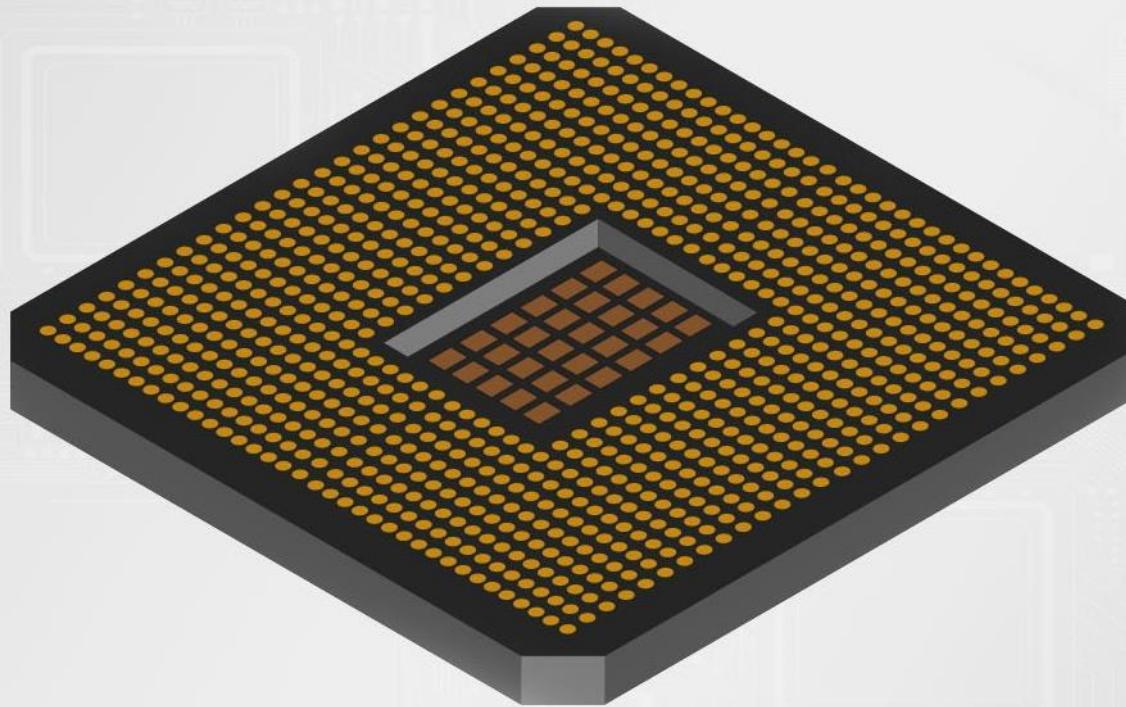
Socket AM4



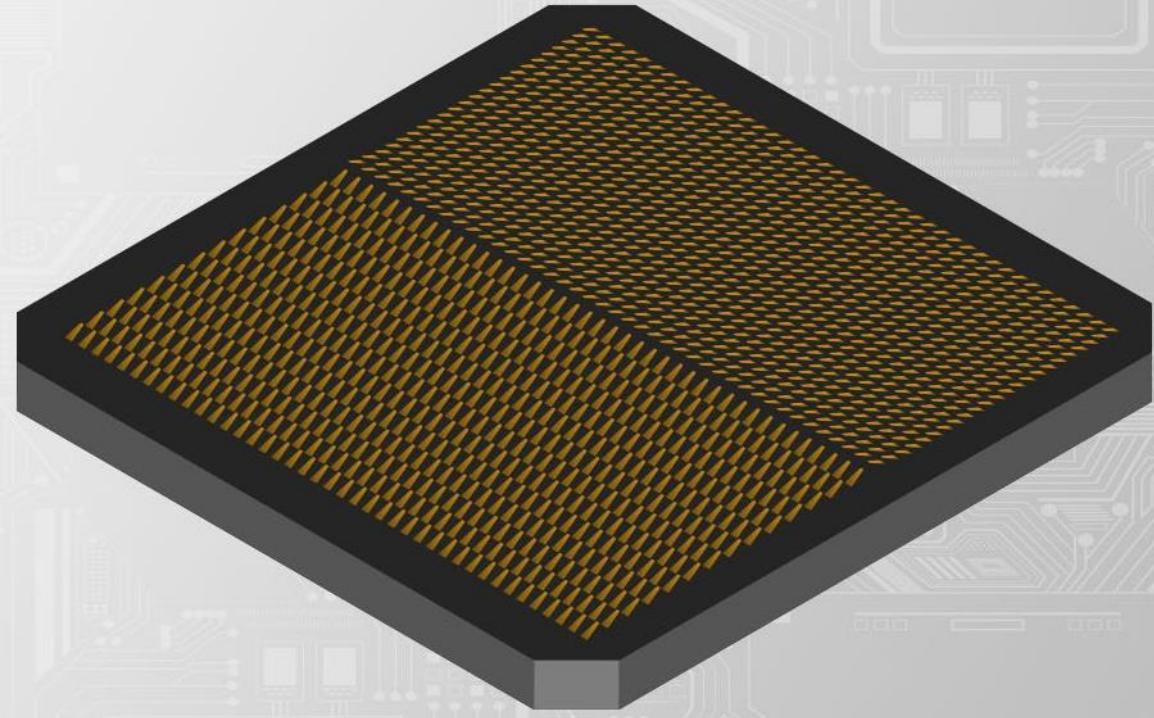
Socket AM5

Сокеты AMD AM4 и AM5

Socket AM4



Socket AM5



PGA (Pin Grid Array)

Pins on CPU

LGA (Land Grid Array)

Pins on Motherboard

Сокет AM4 (2016)

- AM4 (PGA или µOPGA 1331) — разъём процессора (сокет) для микропроцессоров от компании AMD с микроархитектурой Zen** (бренд Ryzen) и последующих; представлен в 2017 году. Разъём относится к типу PGA (pin grid array) и имеет 1331 контакт.
- Он стал первым сокетом от AMD для материнских плат с поддержкой стандарта памяти DDR4 и единым разъёмом как для высокопроизводительных процессоров без интегрированного видеоядра (по аналогии с Socket AM3+), так и для недорогих процессоров и APU (ранее использовали различные сокеты серий AM / FM). Продукты AMD планируется реализовывать на AM4, вместо ранее предполагавшегося сокета FM3.
- Крепление на сокет AM4 систем процессорного охлаждения, таких как радиаторы и теплообменники СЖО, стало частично несовместимым с предыдущими креплениями сокетов AM2, AM2+, AM3, AM3+, FM2 — стандартное крепление на защёлку-«качели» через пластиковые проставки совместимость не потеряло, но изменившееся расположение отверстий не позволит использовать системы охлаждения от предыдущих сокетов с креплением непосредственно к материнской плате. Также, существуют единичные модели материнских плат с совмещёнными отверстиями AM3/AM4.
- Основные характеристики**
 - Поддерживает шину PCI-E 3.0. Суммарно, в зависимости от чипсета, доступно до 24 линий. Чипсет обеспечивает линии со скоростью PCIe 2.0 (X570, B550 и процессоры AMD Ryzen на базе Zen 2 имеют поддержку PCI Express 4.0 x16.)
 - Поддерживается до 4 модулей памяти DDR4 SDRAM, со скоростями до 3200 МГц, организованные в два канала памяти.
 - Чипсеты для платформы поддерживают USB 3.0 и USB 3.1 gen 2 (5 и 10 Гбит/с), NVMe, SATA Express.



Release date	September 2016
Designed by	AMD
Manufactured by	Lotes
Type	µOPGA-ZIF
Chip form factors	Flip-chip
Contacts	1331
FSB protocol	Infinity Fabric, PCI Express
Voltage range	1.3V
Processor dimensions	40mm × 40mm 1,600mm ²
Processors	Ryzen: Summit Ridge Pinnacle Ridge Raven Ridge Matisse Picasso Renoir Vermeer Cezanne Athlon: Raven Ridge Picasso A-Series, Athlon X4: Bristol Ridge
Predecessor	AM3+, FM2+, AM1
Successor	AM5
Memory support	DDR4

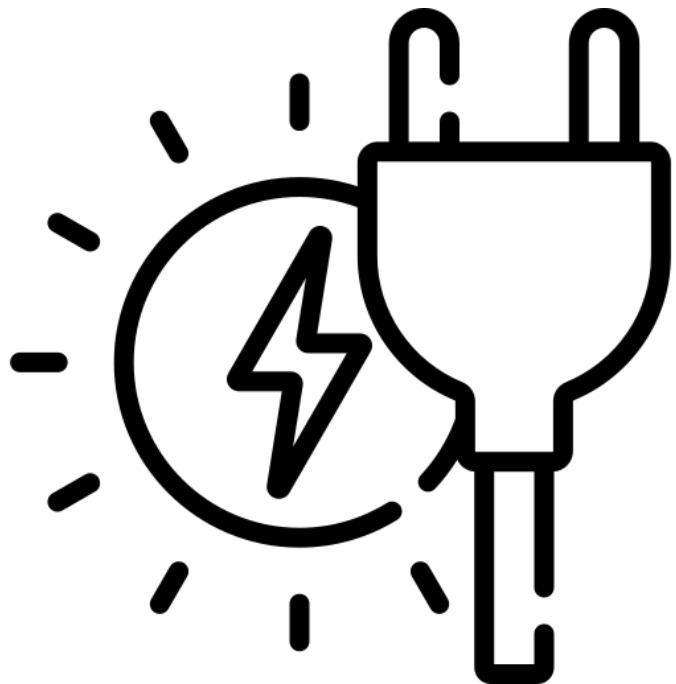
Сокет AM5 (2022)

- AM5 (LGA 1718) — процессорный разъем компании AMD выпускавшийся на замену AM4 и предназначенный для процессоров Ryzen 7000. Выход - 27 сентября 2022 года.**
- Монтажные отверстия для систем охлаждения на сокетах AM4 и AM5 полностью идентичны, что означает полную совместимость систем охлаждения для этих сокетов. Однако изменение толщины процессора делает невозможным использование некоторых систем охлаждения, ряд фирм выпустила дополнительные крепления для своих систем охлаждения специально для новых процессоров.
- Крепление систем охлаждения на сокет AM5, так же, как и на сокет AM4 частично несовместимо с предыдущими креплениями сокетов AM2, AM2+, AM3, AM3+, FM2 — стандартное крепление на защёлку-«качели» через пластиковые проставки совместимость не потеряло, но изменившееся расположение отверстий не позволит использовать системы охлаждения от предыдущих сокетов с креплением непосредственно к материнской плате.
- Основные отличия от AM4**
 - исполнение в корпусе LGA, у разъема появился бэкплейт (металлическая пластина с обратной стороны материнской платы для защиты от деформации)
 - поддержка интерфейса PCIe 5-го поколения
 - поддержка оперативной памяти 5-го поколения (DDR5 SDRAM)
 - технология AMD RAMP (Ryzen Accelerated Memory Profile) аналогичная XMP 3.0 (использует для автоматического разгона оперативной памяти DDR5 сверх заявленных JEDEC спецификаций) переименована в AMD EXPO (EXtended Profiles for Overclocking)
 - Двухchipсетные материнские платы старшего сегмента (X670 набор логики) и отсутствие поддержки DDR4 памяти у материнских плат с B650 и X670 наборами логики

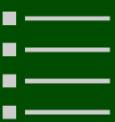


Release date	September 27, 2022
Designed by	AMD
Manufactured by	Lotes
Type	LGA-ZIF
Chip form factors	Flip-chip
Contacts	1718
FSB protocol	PCI Express, Infinity Fabric
Voltage range	0.8V (cores) 1.05V (in-package I/O die)
Processor dimensions	40mm × 40mm 1,600mm ²
Processors	Ryzen: Ryzen 7000 Series (Raphael) Ryzen 8000(G) Series (Phoenix) Ryzen 9000 Series (Granite Ridge)
Epus:	Epus 4004 Series
Predecessor	AM4
Memory support	DDR5

This article is part of the [CPU socket](#) series



Подсистема питания

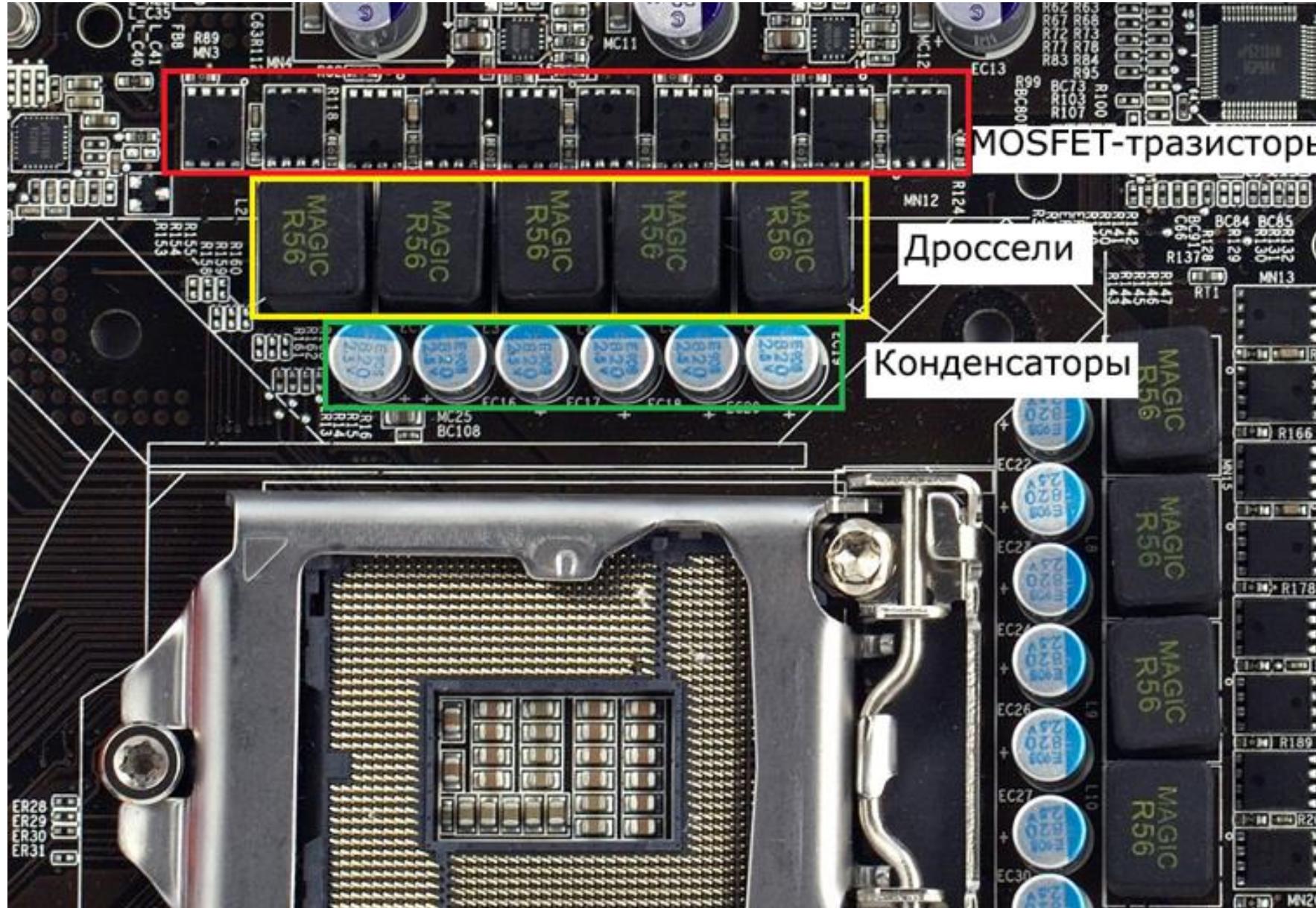


Подсистема питания

- **Voltage Regulator Module, или VRM, используется для преобразования напряжения.**
- Блок питания подает напряжение 12,5 и 3,3 В, слишком большое для оперативной памяти, графики и процессора.
- VRM преобразует его, понижая до нужного показателя.
- VRM включает полевые транзисторы, дроссели, драйверы и конденсаторы. Одна такая сборка не способна обеспечить мощность для работы центрального процессора, требуется несколько комплектов, называемых фазами питания.
- Нагрузка между ними распределяется равномерно, за счет особого контроллера.
- От количества используемых комплектов и тока каждого из них зависит мощность подсистемы питания процессора.



Подсистема питания - VRM

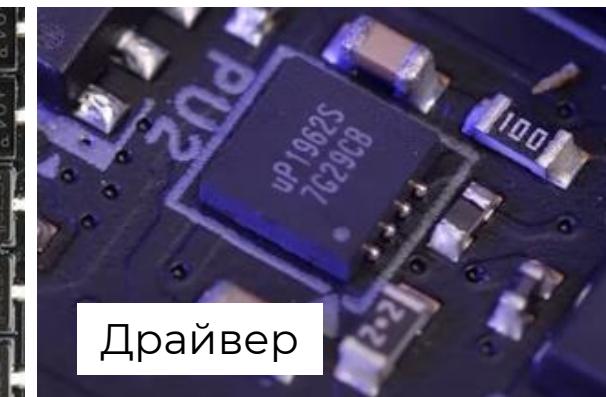
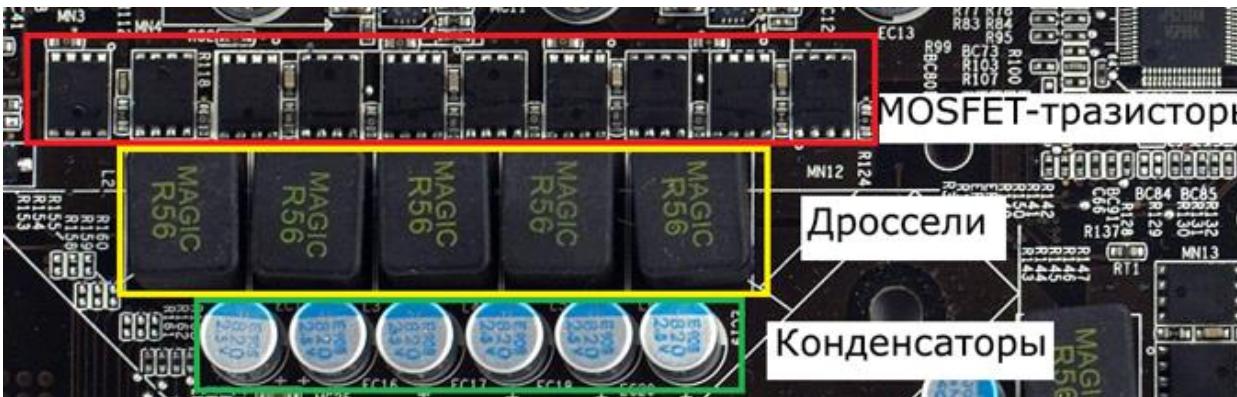


VRM состоит из пяти основных составляющих:

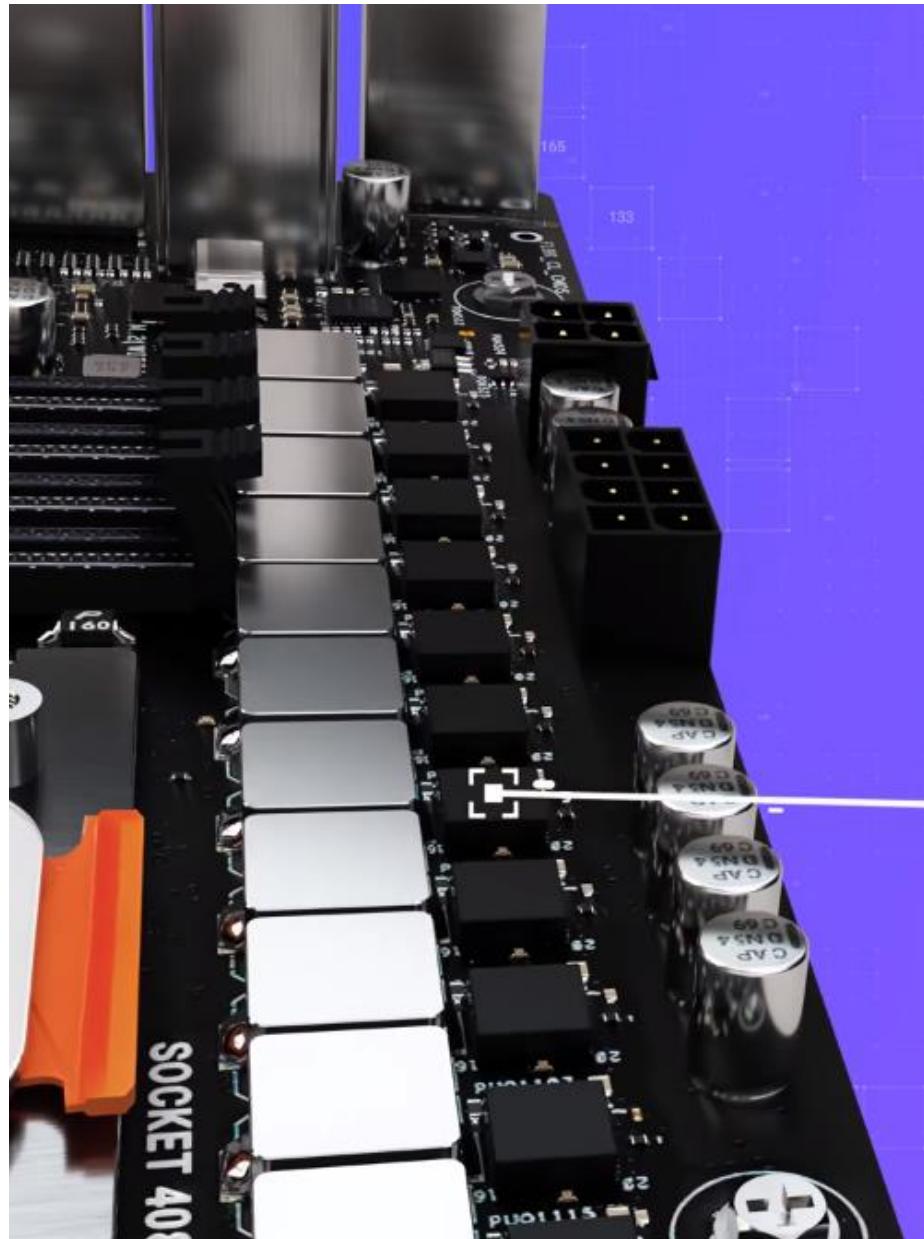
- MOSFET-транзисторы,
- дроссели,
- конденсаторы,
- драйверы
- и контроллер.

Подсистема питания - VRM

- **Транзисторы.** «**MOSFET**» является аббревиатурой, которая расшифровывается как «Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor». Так что MOSFET — это полевой МОП-транзистор с изолированным затвором.
- **Дроссели** — это катушки индуктивности, которые стабилизируют напряжение. Вместе с конденсаторами они образуют LC-фильтр, позволяющий избавиться от скачков напряжения и уменьшить пульсации. В современных материнских платах дроссели выглядят как темные кубики, находящиеся около МОП-транзисторов.
- **Конденсаторы.** В современных платах твердотельные полимерные конденсаторы уже давно вытеснили электролитические. Это связано с тем, что полимерные конденсаторы имеют намного больший срок эксплуатации. Конденсаторы помогают стабилизировать напряжение и уменьшать пульсации.
- **Контроллер** — чип, рассчитывающий, с каким сдвигом по времени будет работать та или иная фаза. Является «мозгом» всей VRM.
- **Драйвер** — это чип, исполняющий команды контроллера по открытию или закрытию полевого транзистора.



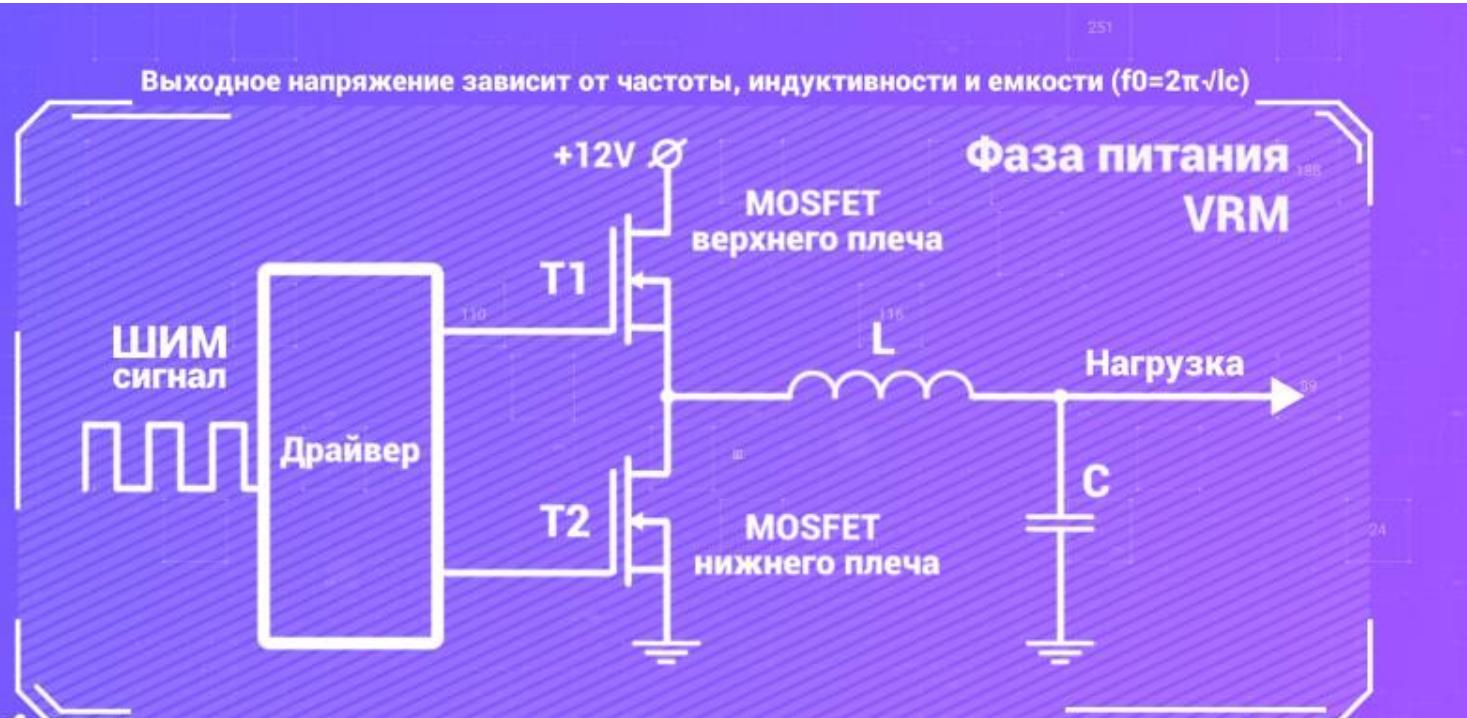
VRM в современных материнских платах



VRM состоит из конденсаторов, катушек индуктивности, MOSFET-транзисторов, драйверов и ШИМ-контроллера

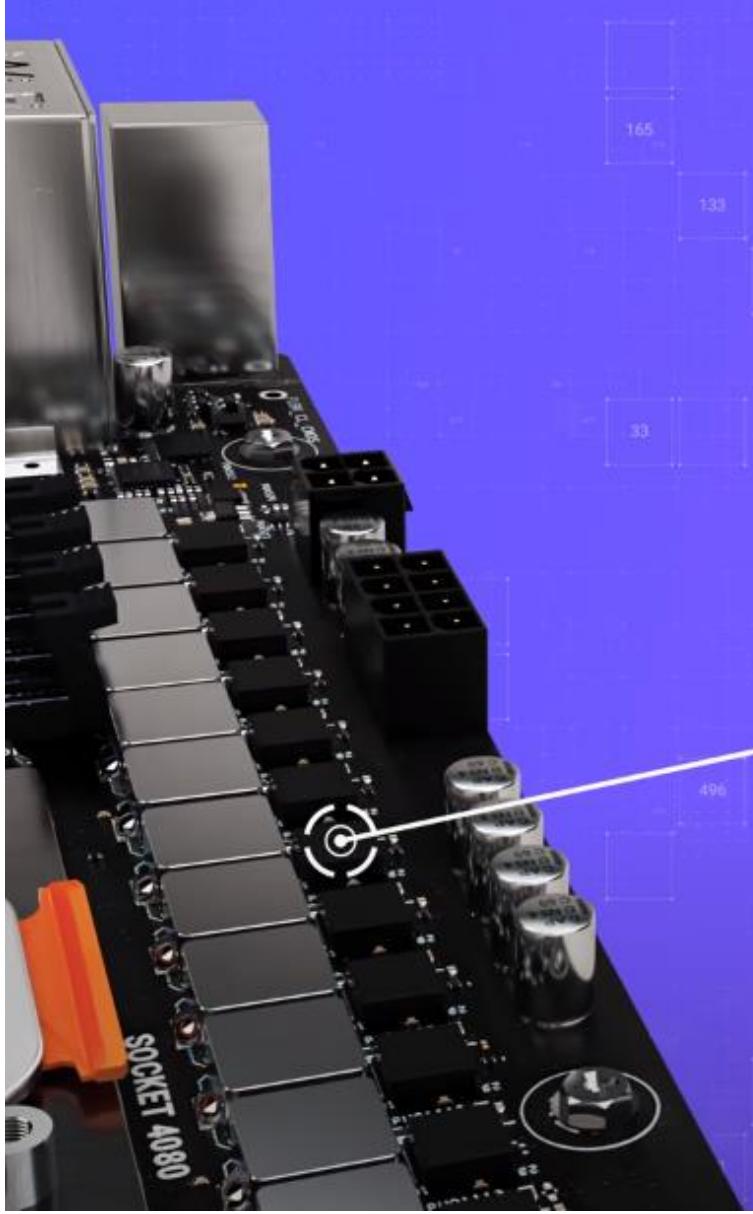


Подсистема питания



- Один из транзисторов своим стоком подключен к шине питания 12 В, второй - истоком к земле. Сигнал от ШИМ-контроллера поступает на затворы, открывая и закрывая их в соответствии с частотой подаваемых сигналов
- Когда силовой ключ открыт (транзистор T1 открыт, транзистор T2 закрыт), энергия от входного источника передается в нагрузку через индуктивность L, в котором при этом накапливается энергия.
- Когда силовой ключ закрывается (транзистор T1 закрыт, транзистор T2 открыт), ток в нагрузку поступает от индуктивного элемента
- Для того чтобы цепь замкнулась и ток пошел на сглаживающий конденсатор и в нагрузку, открывается транзистор T2, обеспечивая замкнутую цепь и протекание тока по пути индуктивность - емкость и нагрузка — транзистор T2 — индуктивность

Подсистема питания



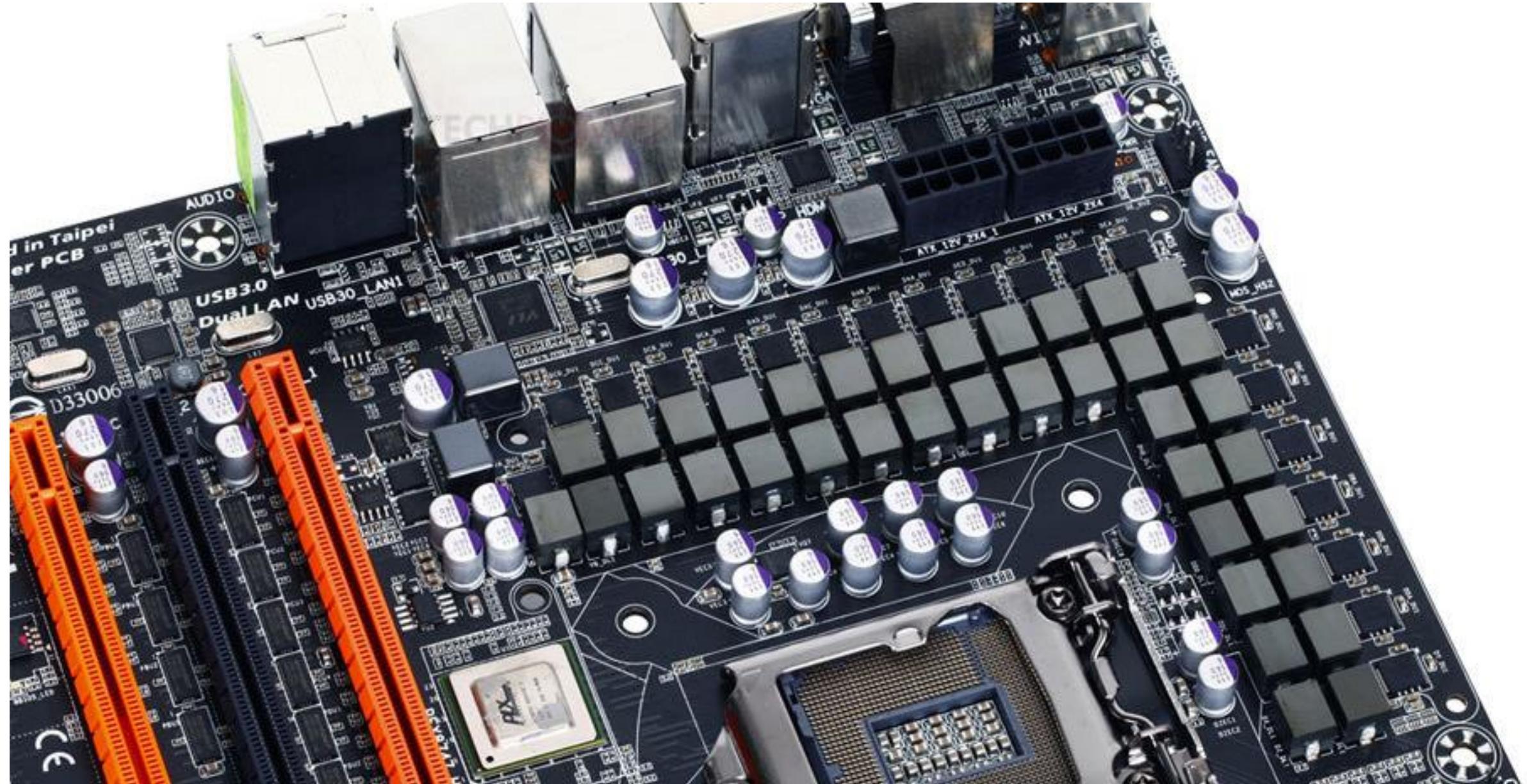
- Благодаря сложению импульсов, формируемых каждой фазой, улучшается форма выходного напряжения (меньше пульсаций).
- Пульсации выходного напряжения снижаются пропорционально увеличению количества фаз и уменьшением времени их рабочего цикла.

Проснись

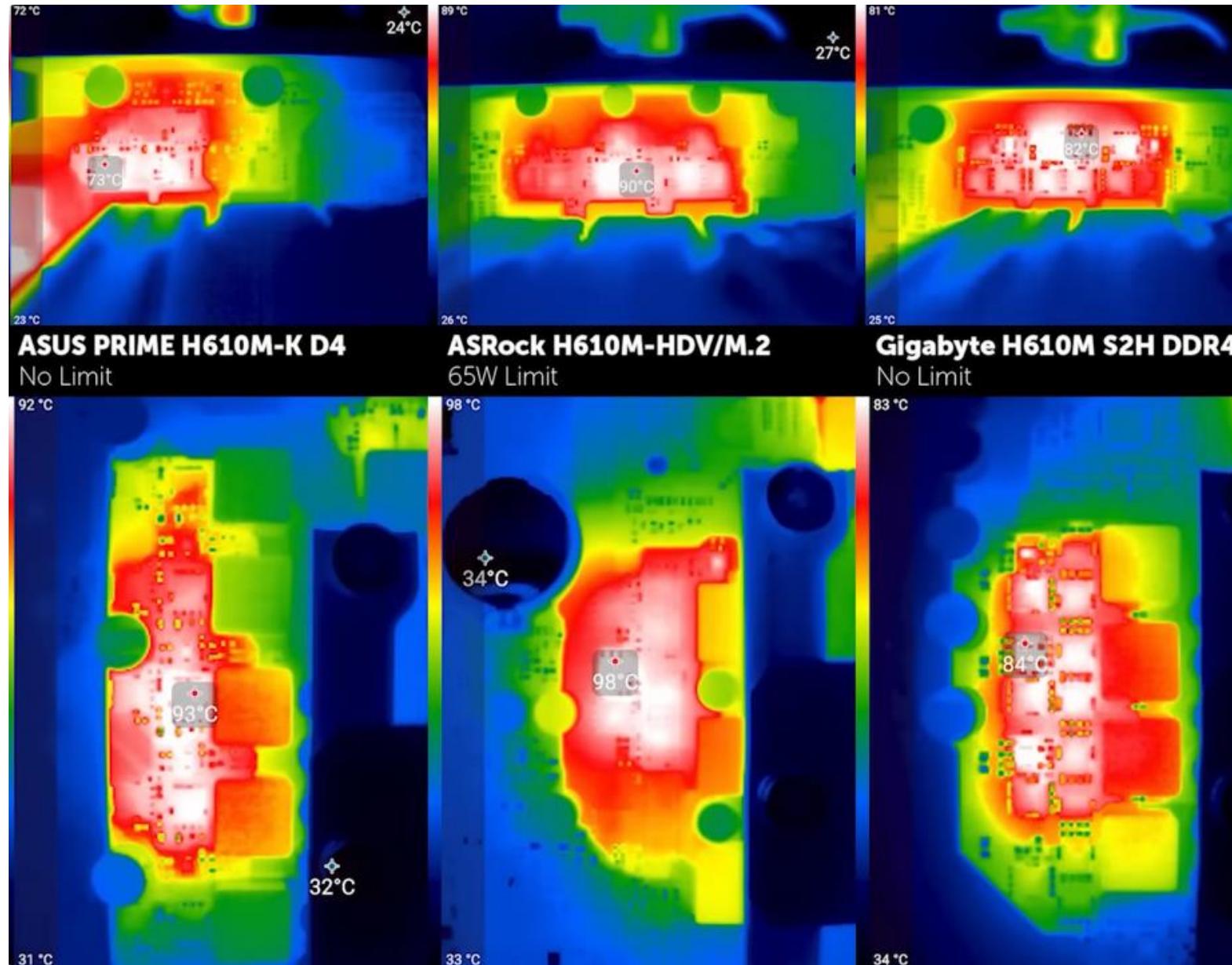
Подсистема питания



Подсистема питания

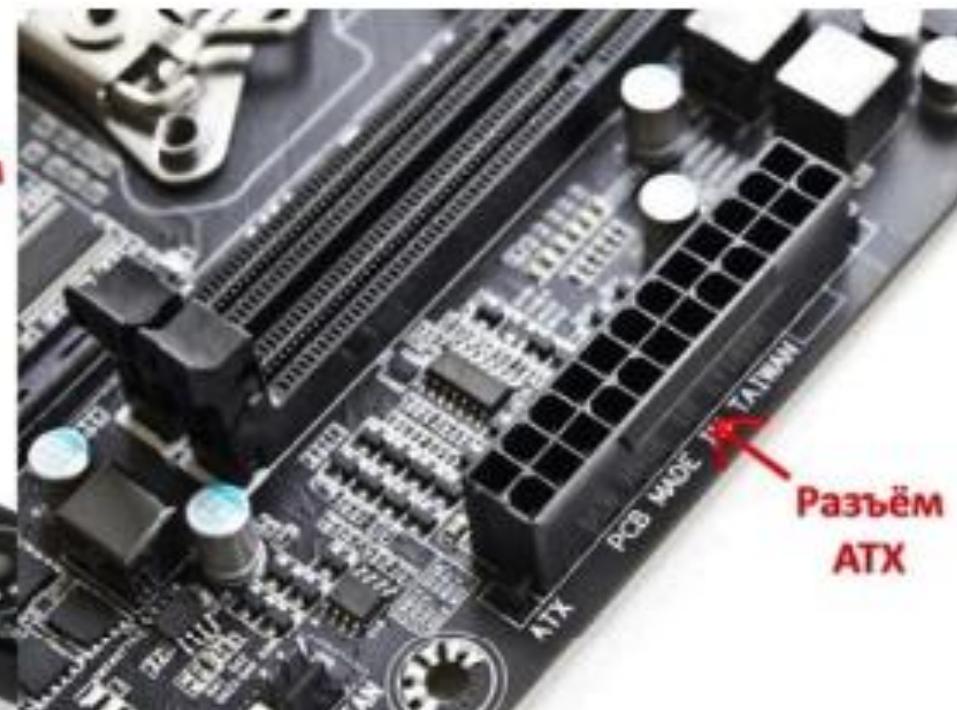


Нагрев зоны VRM

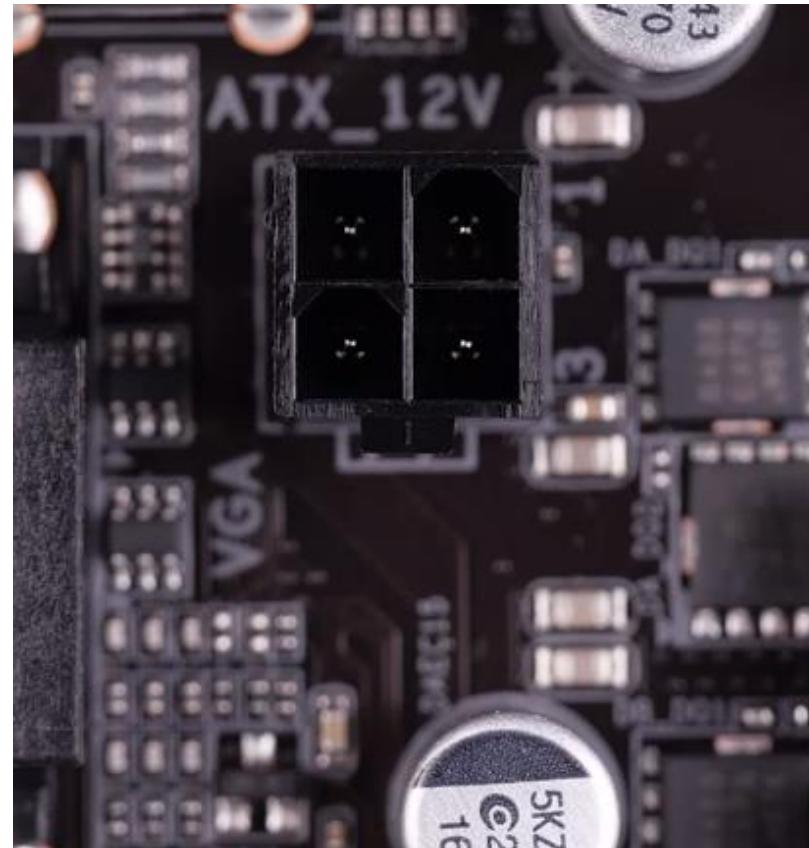


Подсистема питания

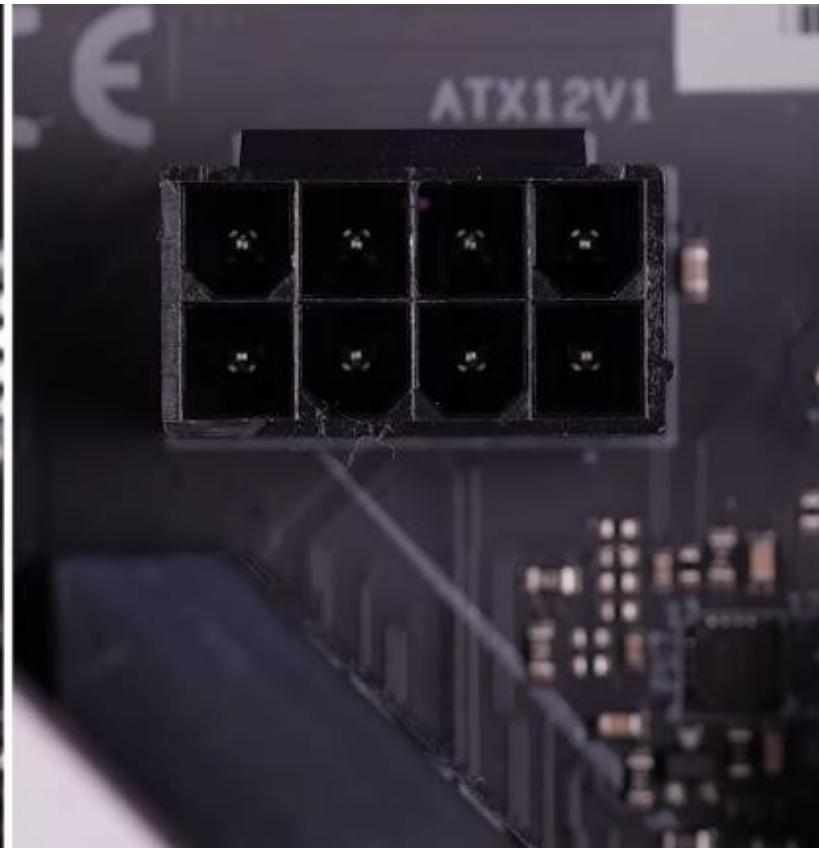
- Кроме процессорных фаз VRM имеет фазы питания для оперативной памяти и встроенной графики. Их число обычно составляет 1-2 для каждого компонента.
- VRM питается от специального разъема ATX 12V. Чаще всего он восьмиконтактный, на бюджетных платах может использоваться четырехконтактный. Есть и комбинированные варианты. Количество разъемов зависит от назначения и класса материнской платы. Так, на платах для разгона может использоваться до трех восьмиконтактных разъемов.
- Кроме ATX 12V к материнской плате подключается разъем ATX из 24 контактов для питания других элементов материнской платы.



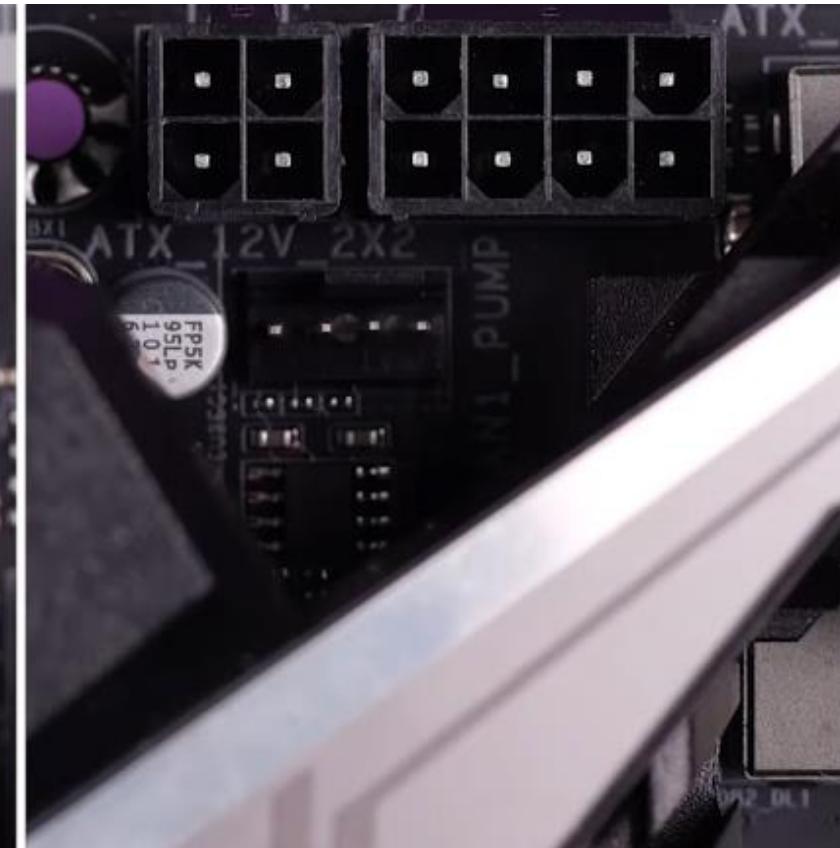
Разъемы питания



4-pin

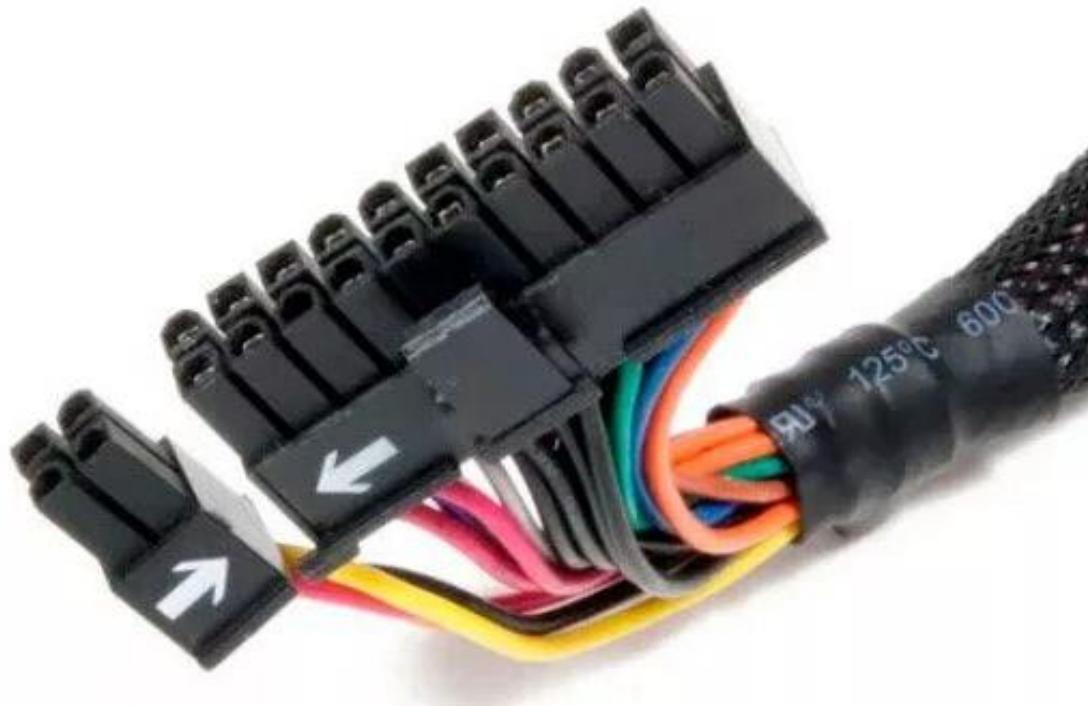


8-pin



12-pin

Разъёмы питания



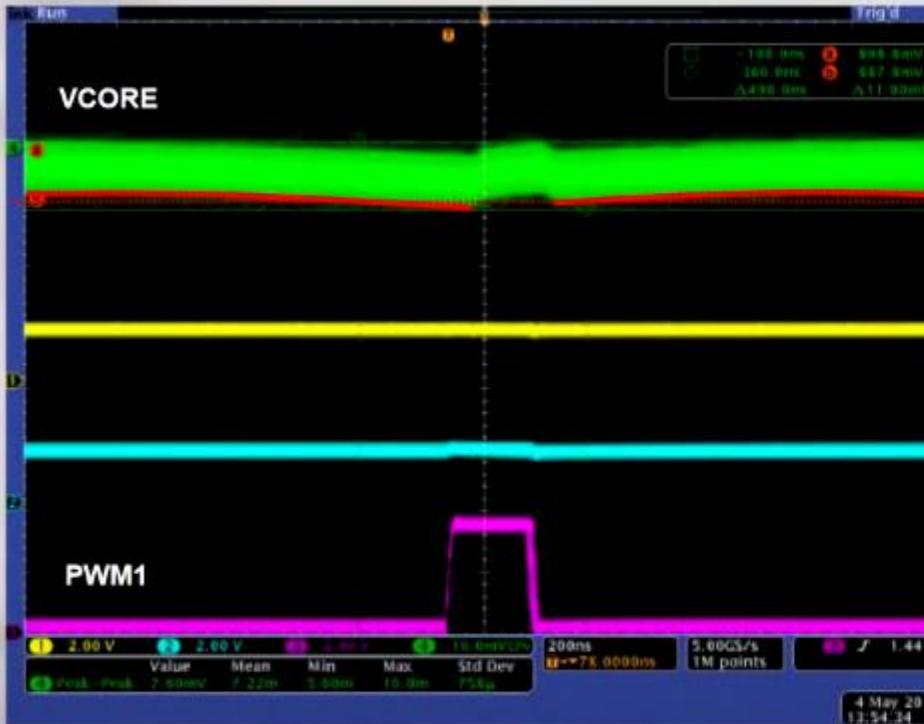
20-контактный разъём

(+3.3V)	1	11 (+3.3V)
(+3.3V)	2	12 (-12V)
(Ground)	3	13 (Ground)
(+5V)	4	14 (PS-ON)
(Ground)	5	15 (Ground)
(+5V)	6	16 (Ground)
(Ground)	7	17 (Ground)
(PG)	8	18 (-5V)
(+5VSB)	9	19 (+5V)
(+12V)	10	20 (+5V)

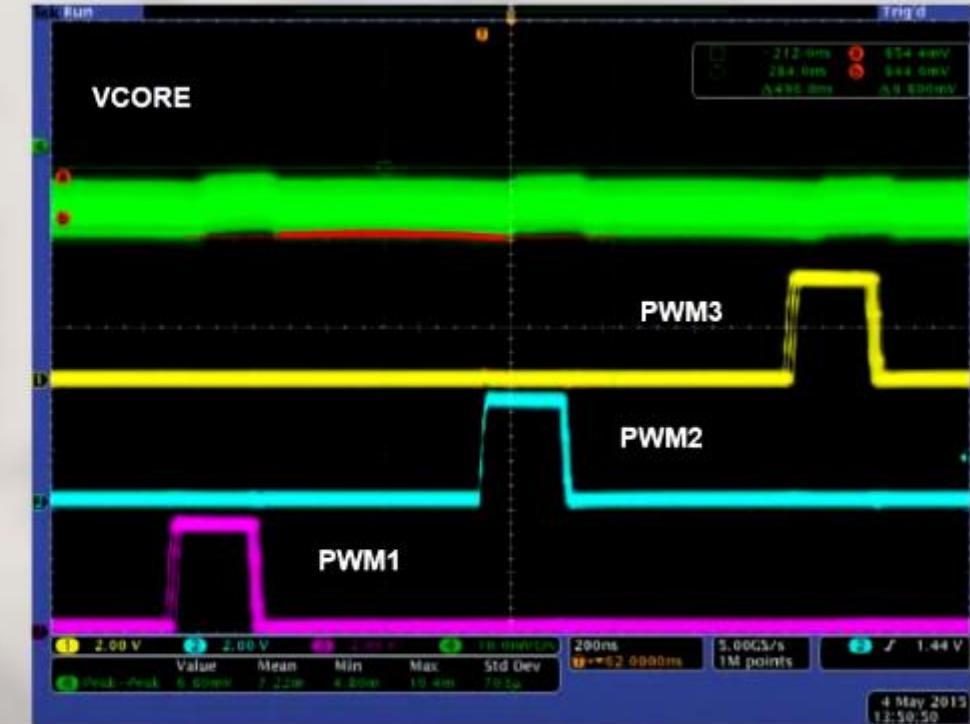
24-контактный разъём

(+3.3V)	1	13 (+3.3V)
(+3.3V)	2	14 (-12V)
(Ground)	3	15 (Ground)
(+5V)	4	16 (PS-ON)
(Ground)	5	17 (Ground)
(+5V)	6	18 (Ground)
(Ground)	7	19 (Ground)
(PG)	8	20 (-5V)
(+5VSB)	9	21 (+5V)
(+12V)	10	22 (+5V)
(+12V)	11	23 (+5V)
(+3.3V)	12	24 (Ground)

Подсистема питания



1 ФАЗА



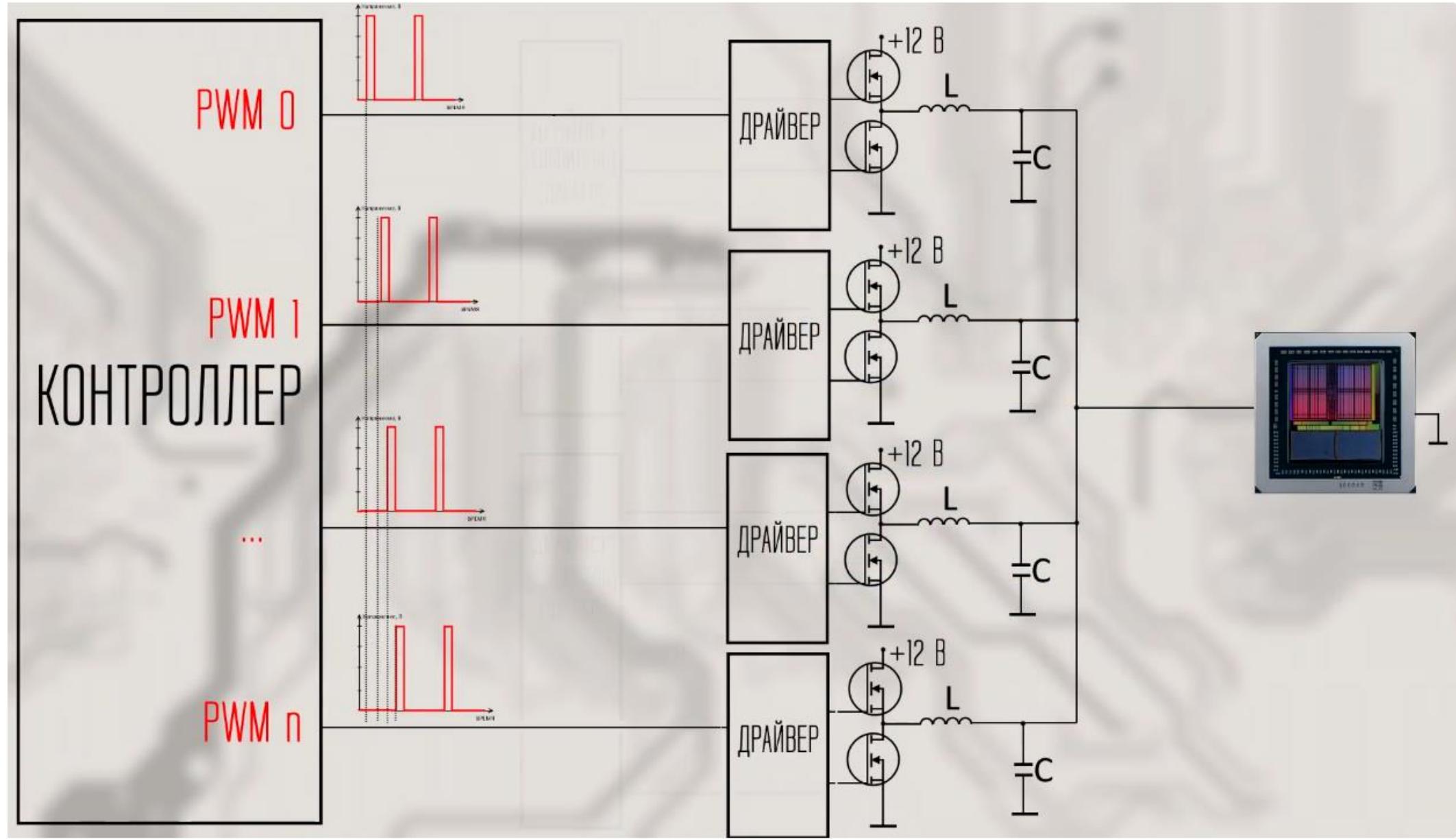
3 ФАЗЫ

Фазы питания

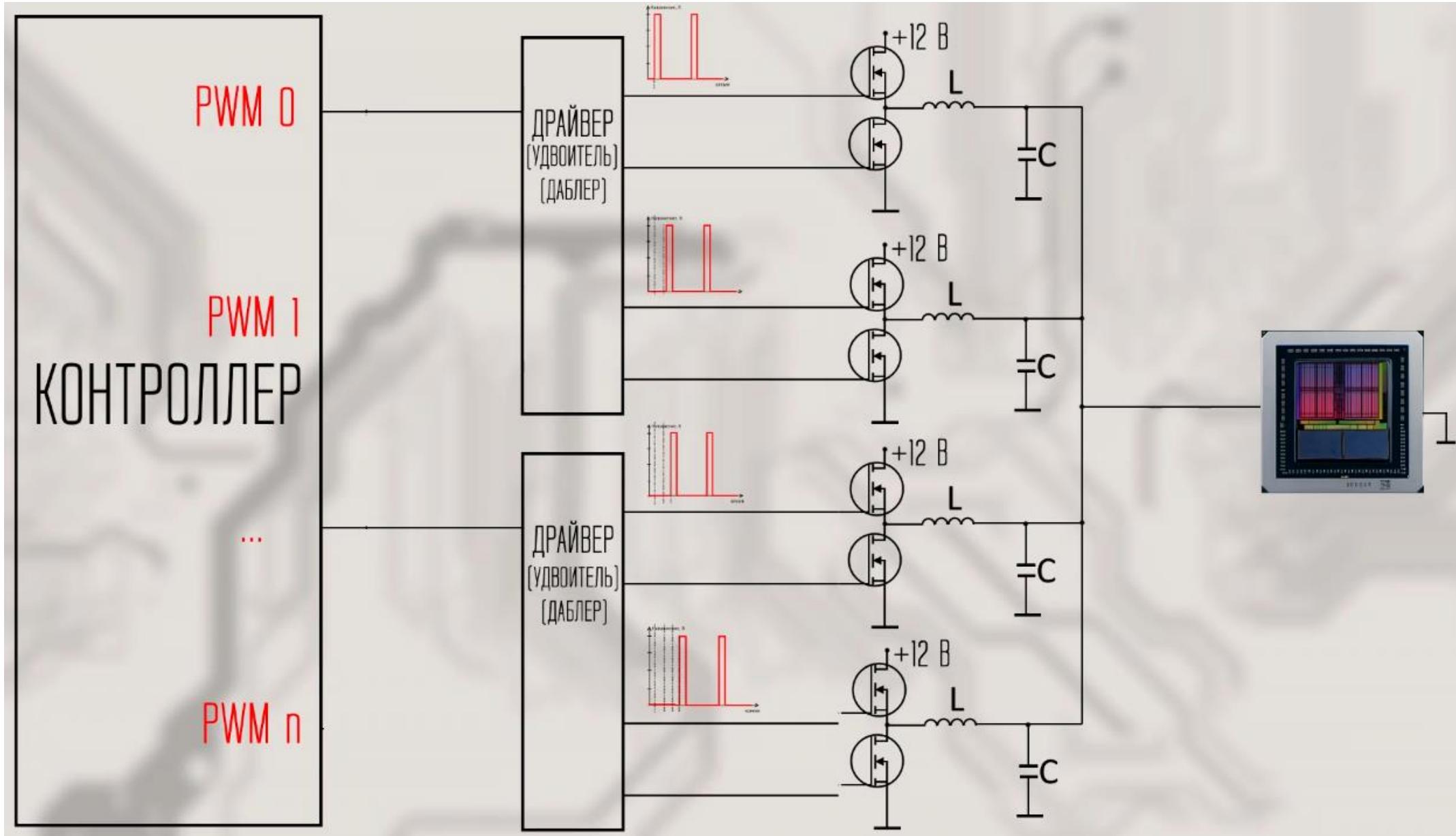
Подсистема питания



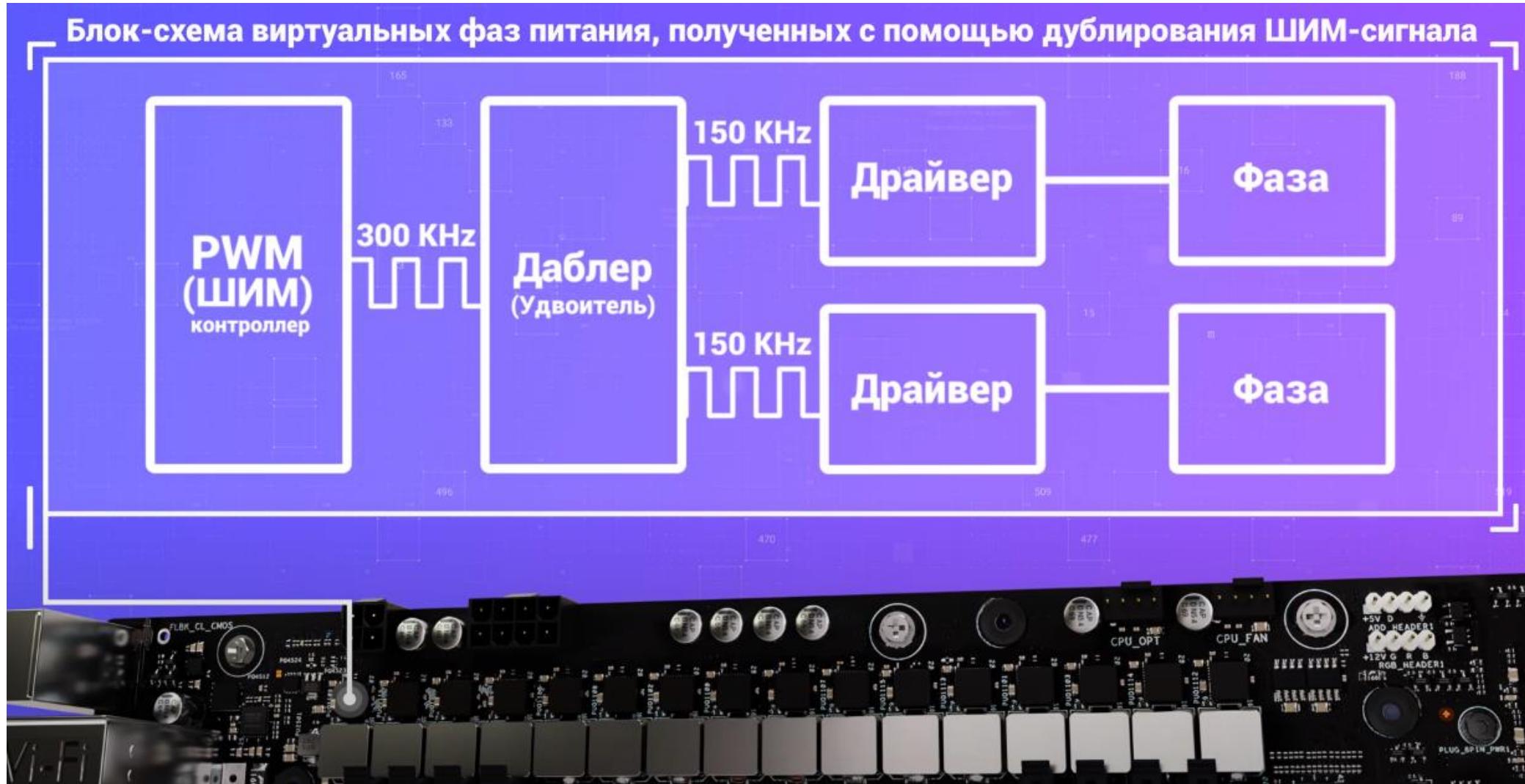
Подсистема питания



Подсистема питания



Подсистема питания



ШИМ-контроллер имеет ограниченное количество каналов управления и может управлять таким же количеством фаз питания VRM. Чтобы обойти это, применяют умножители фаз, которые увеличиваются в 2-4 раза. Обычно применяется удвоение, поэтому такие элементы называют **даблерами** или **удвоителями**.

Драйвер управляет процессами открытия-закрытия транзисторов с частотой, задаваемой ШИМ-контроллером.

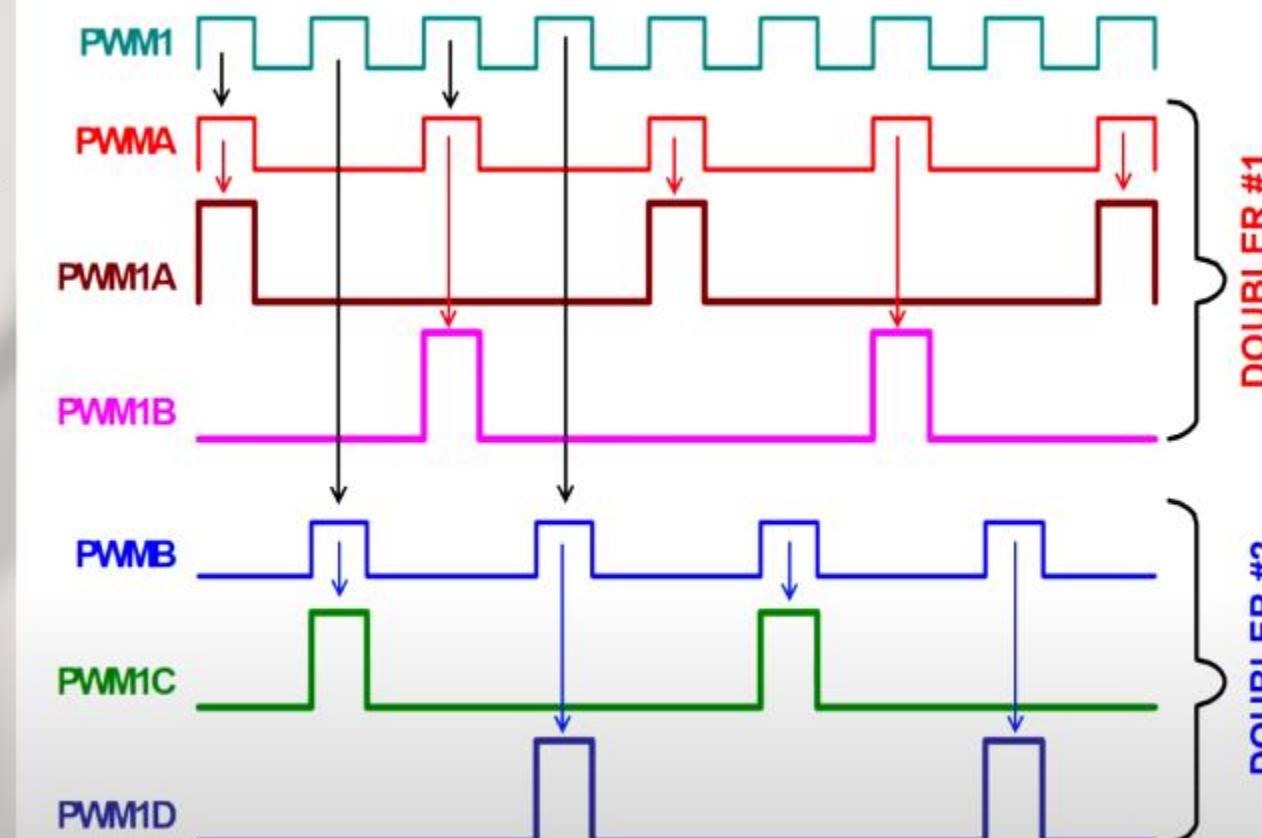
Удвоитель делит частоту сигнала на два и распределяет полученные управляющие импульсы по виртуальным фазам.

Использование удвоителей снижает требования к максимальному току через транзисторы силовых ключей.

Подсистема питания

ВЫХОД С ПЕРВОГО КАСКАДА

ВЫХОД С ПЕРВОГО КАСКАДА



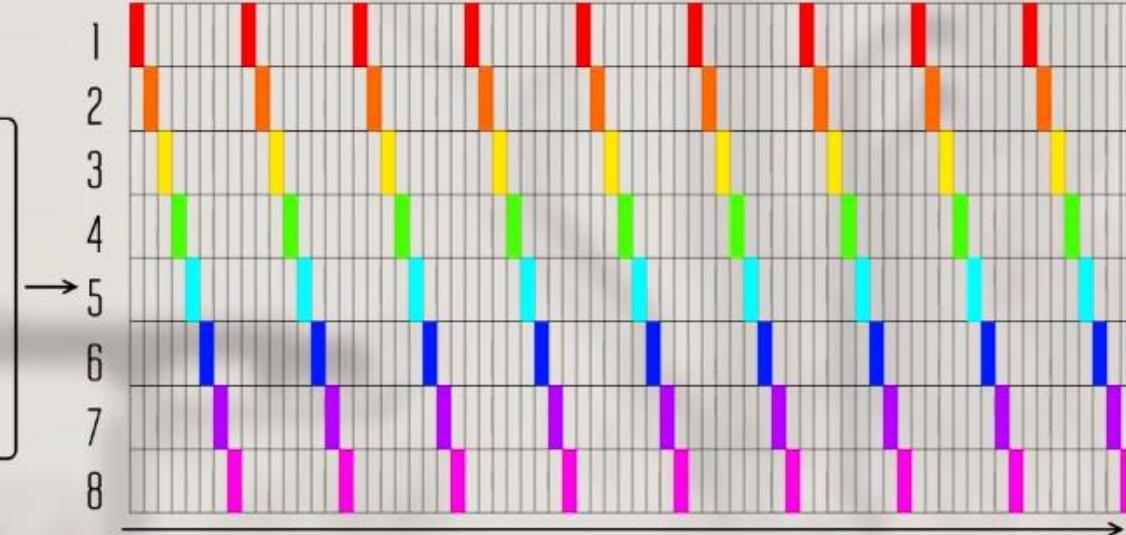
ВЫХОД С КОНТРОЛЛЕРА

ВЫХОД СО ВТОРОГО
КАСКАДА

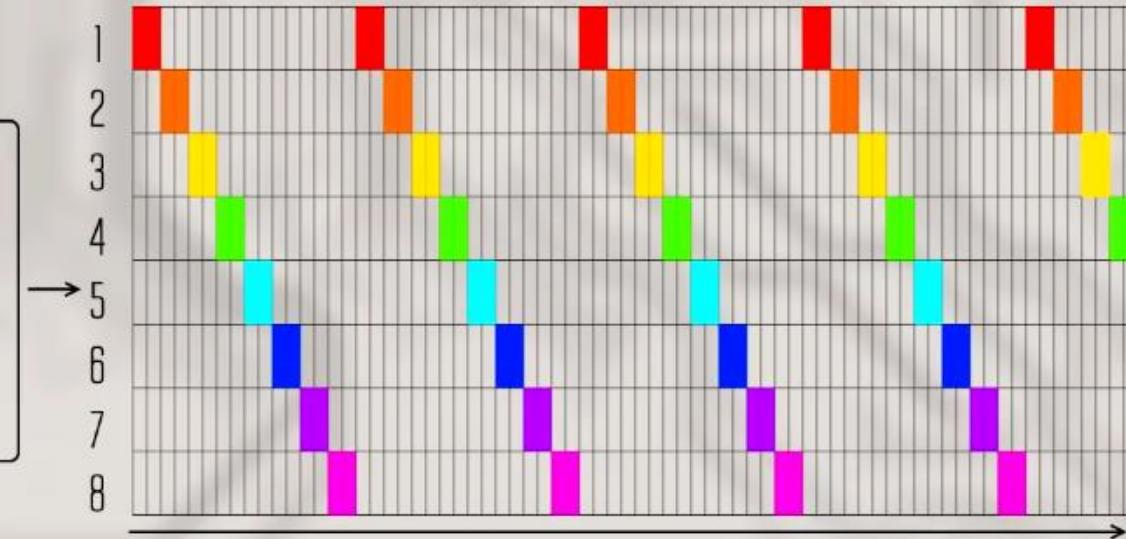
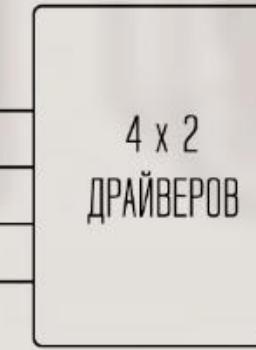
ВЫХОД СО ВТОРОГО
КАСКАДА

Подсистема питания

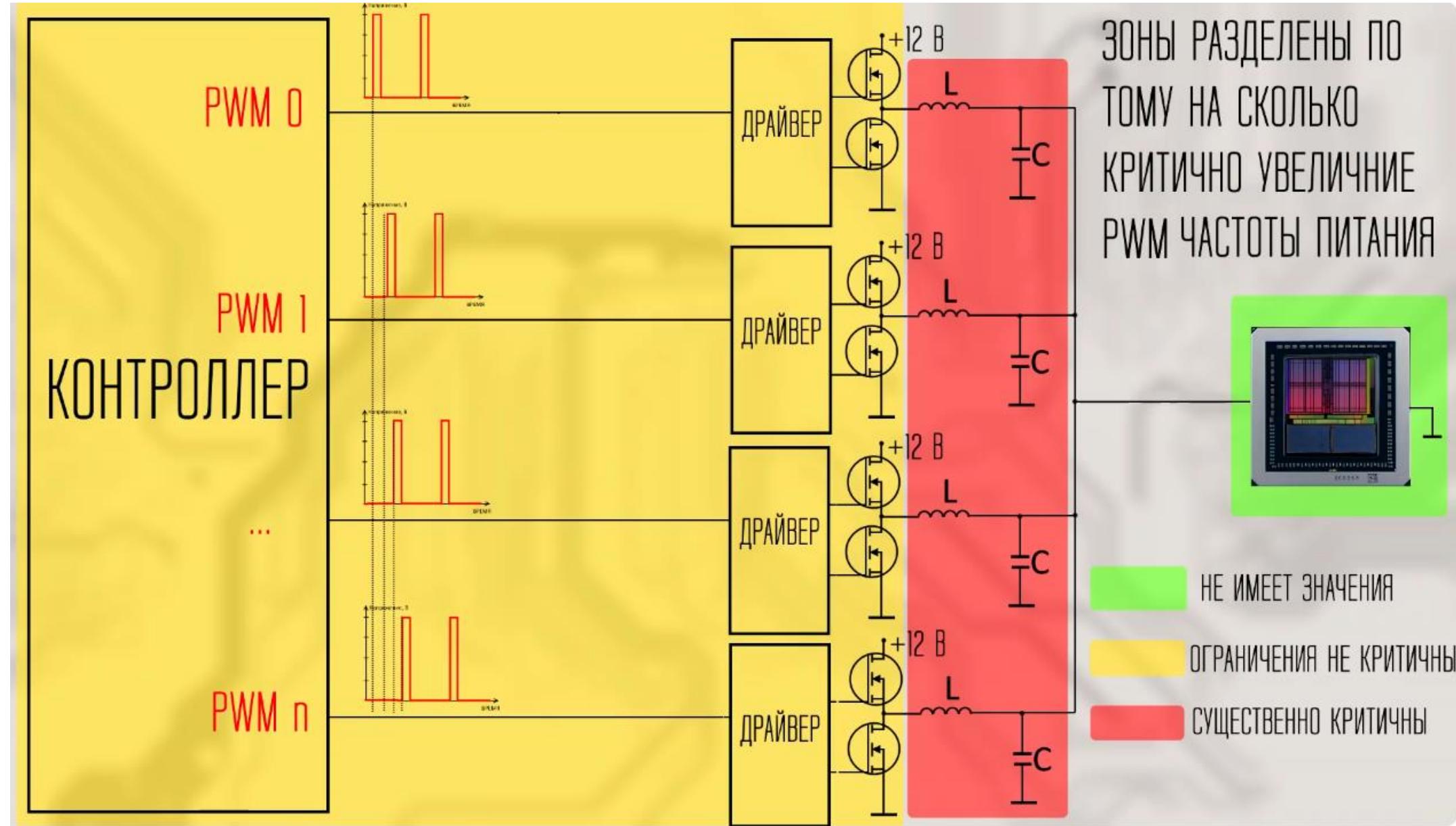
БЕЗ УДВОИТЕЛЕЙ

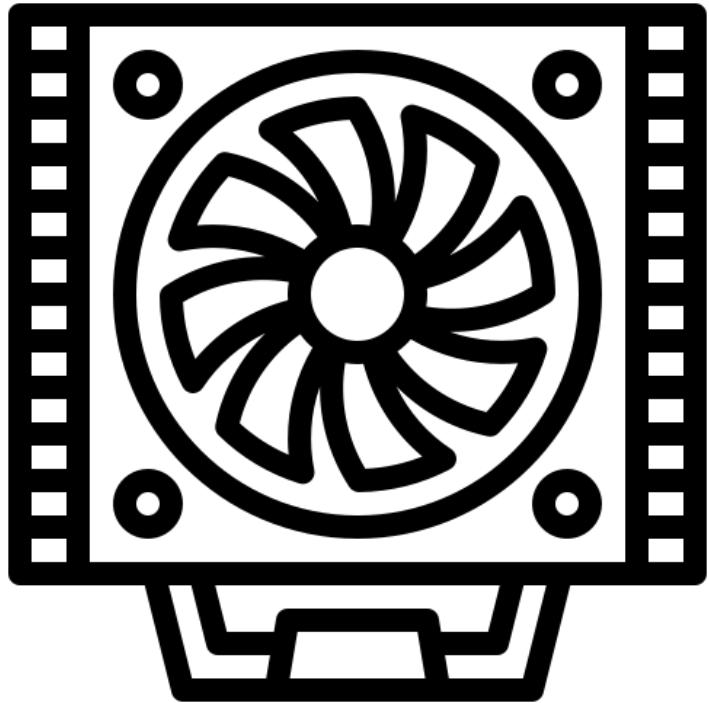


С УДВОИТЕЛЯМИ

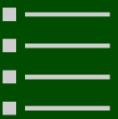


Подсистема питания





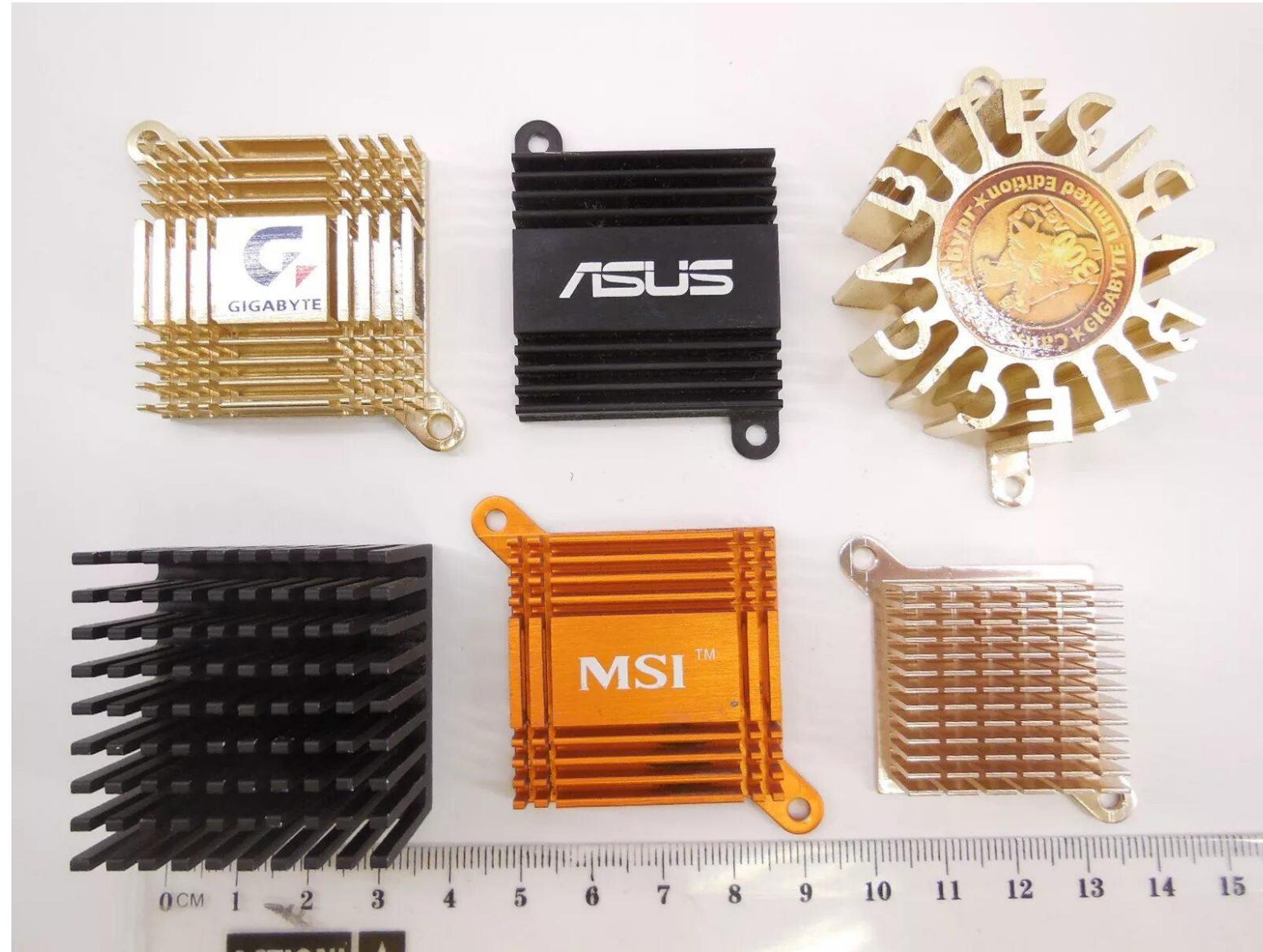
Элементы охлаждения на материнской плате



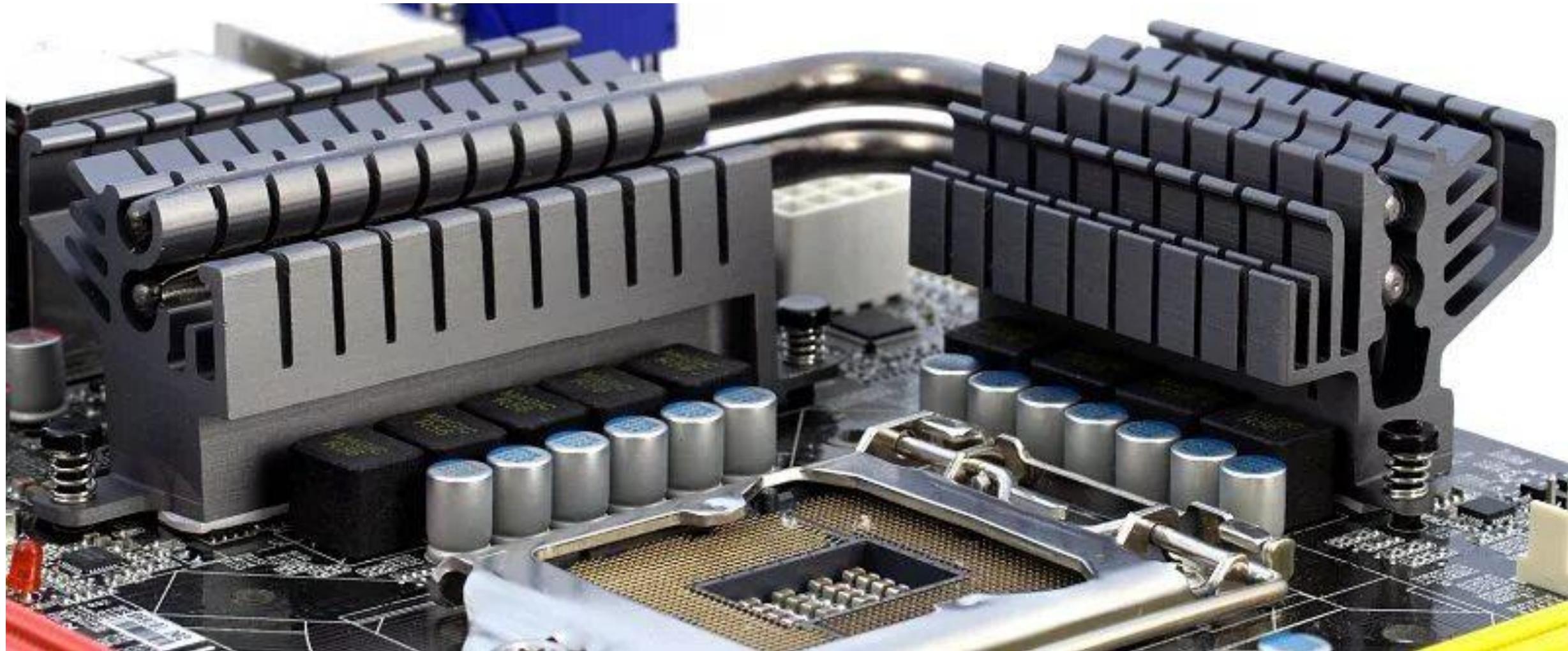
Радиаторы на материнской плате



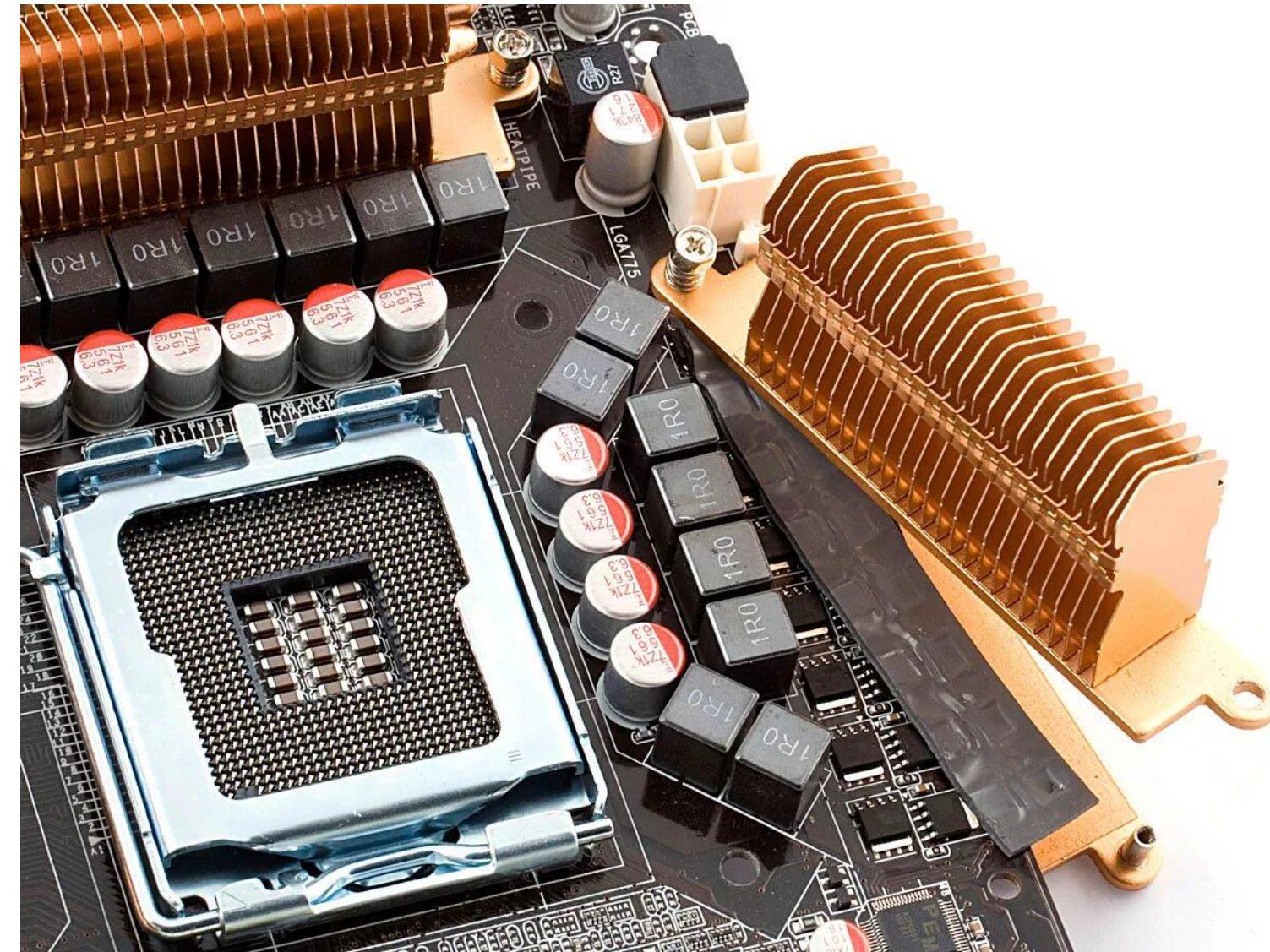
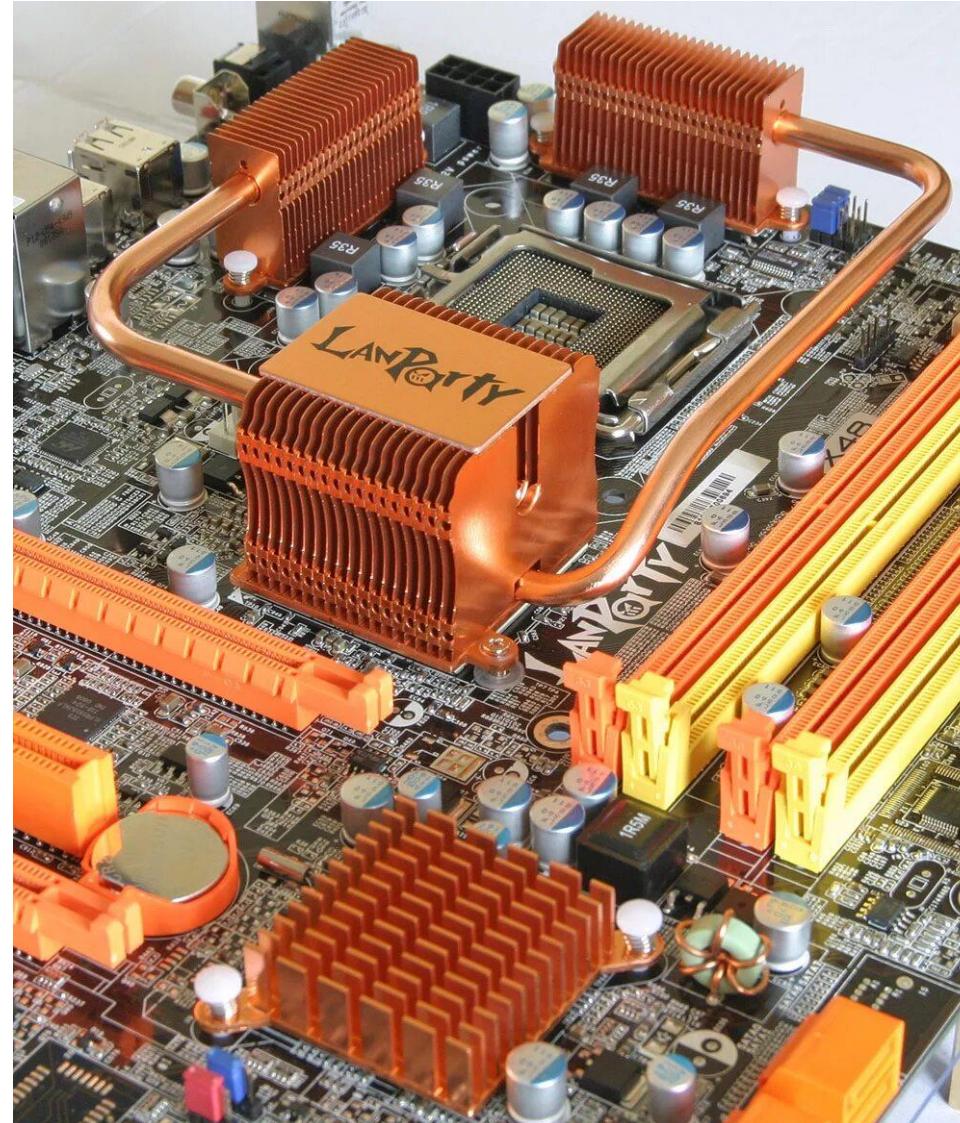
Радиаторы охлаждения



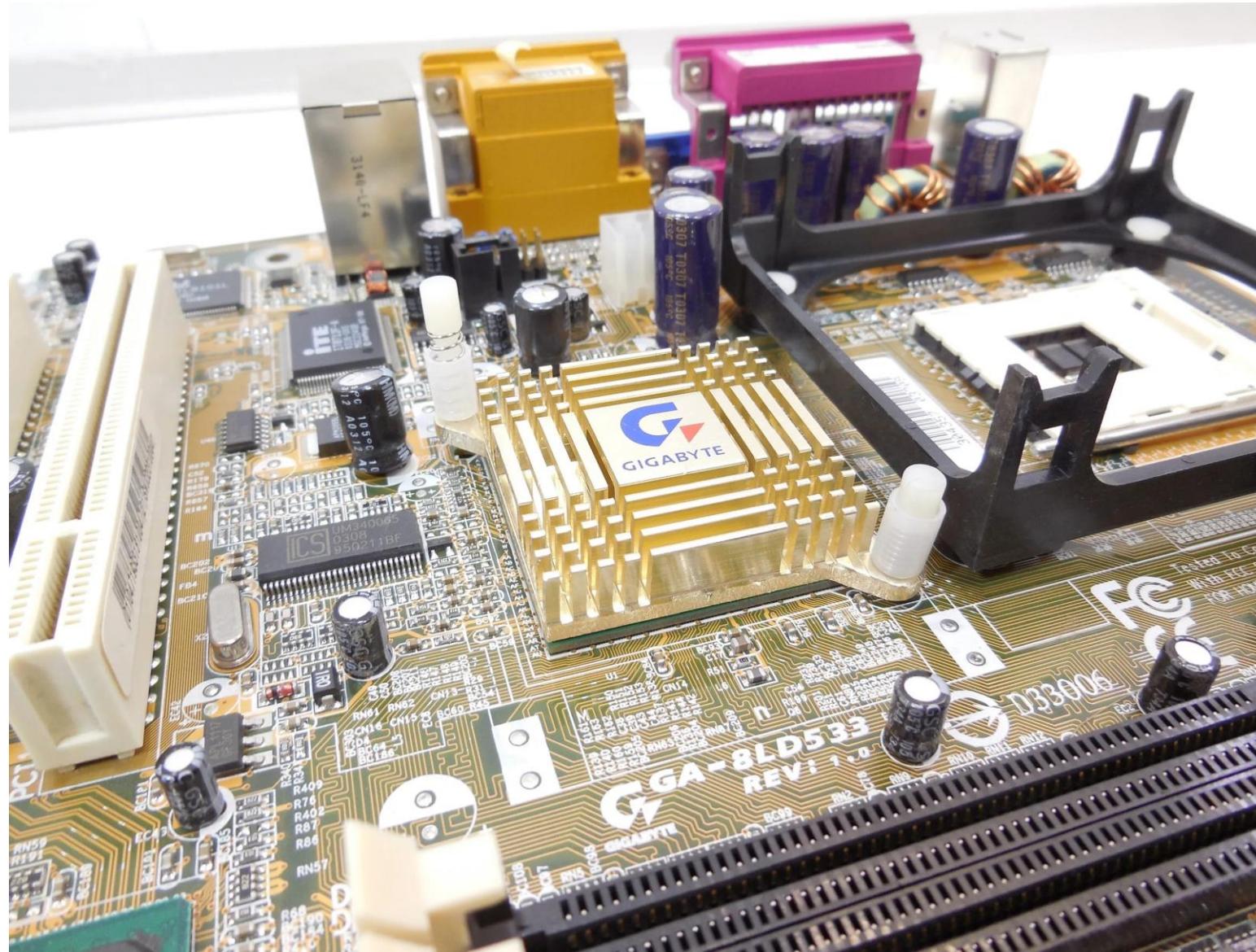
Радиаторы на подсистеме питания VRM



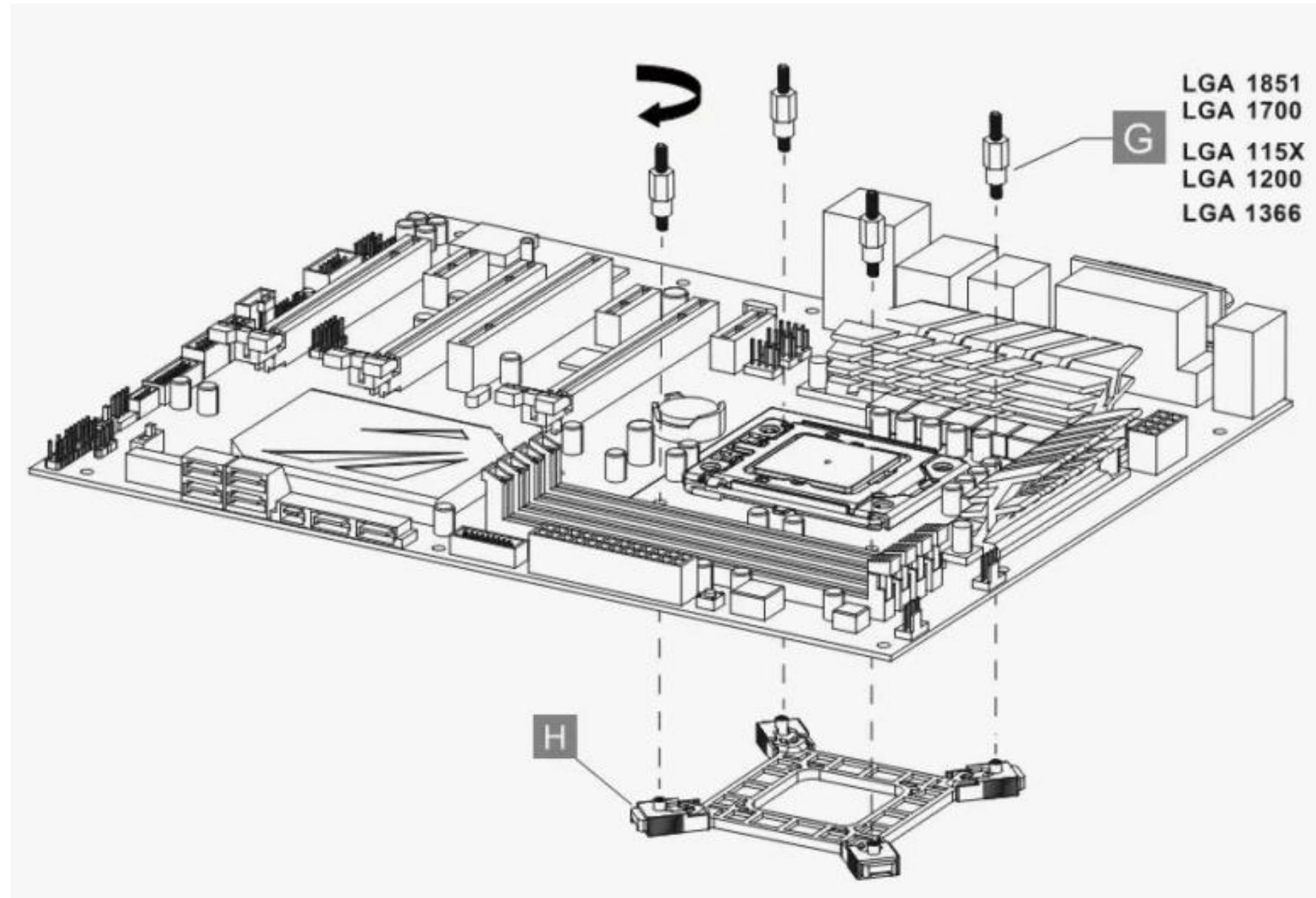
Радиаторы охлаждения



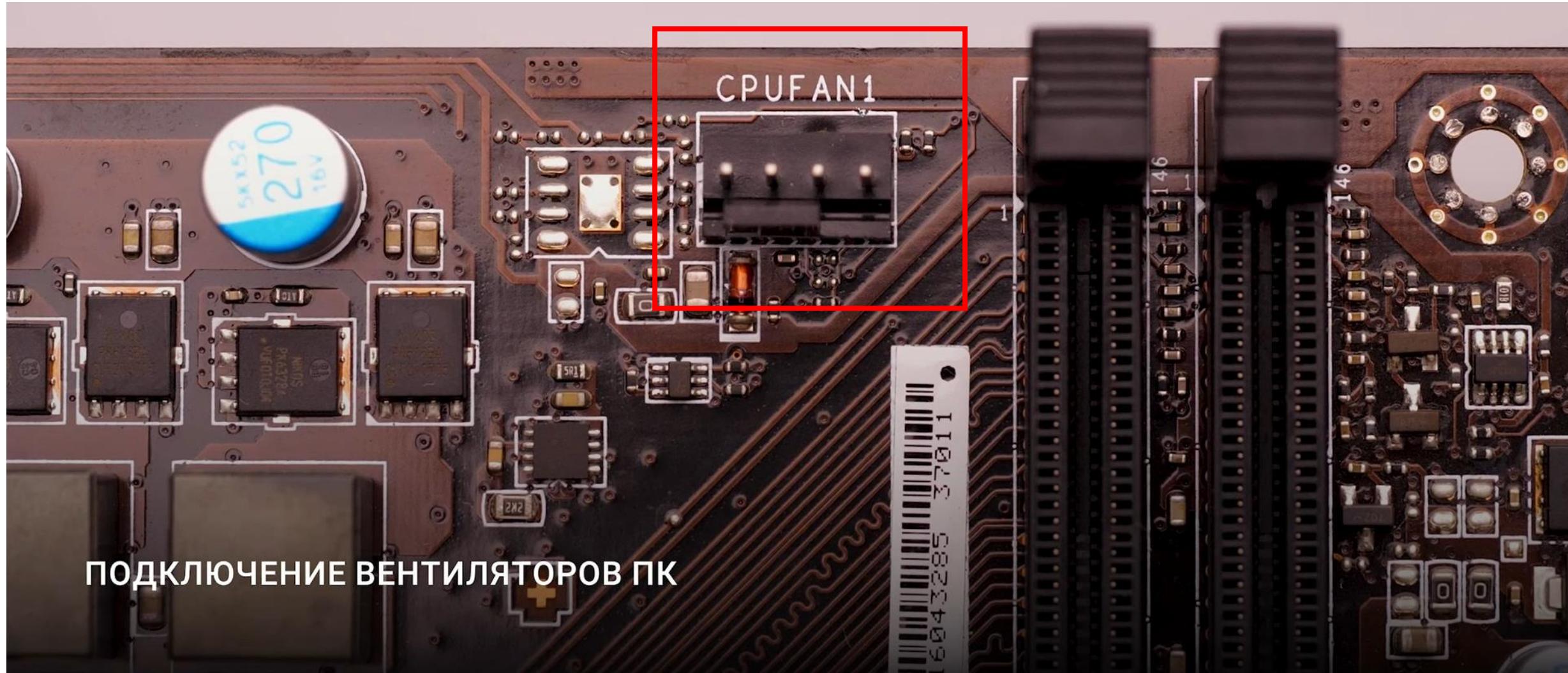
Радиаторы охлаждения



Дополнительное крепление для кулера процессора

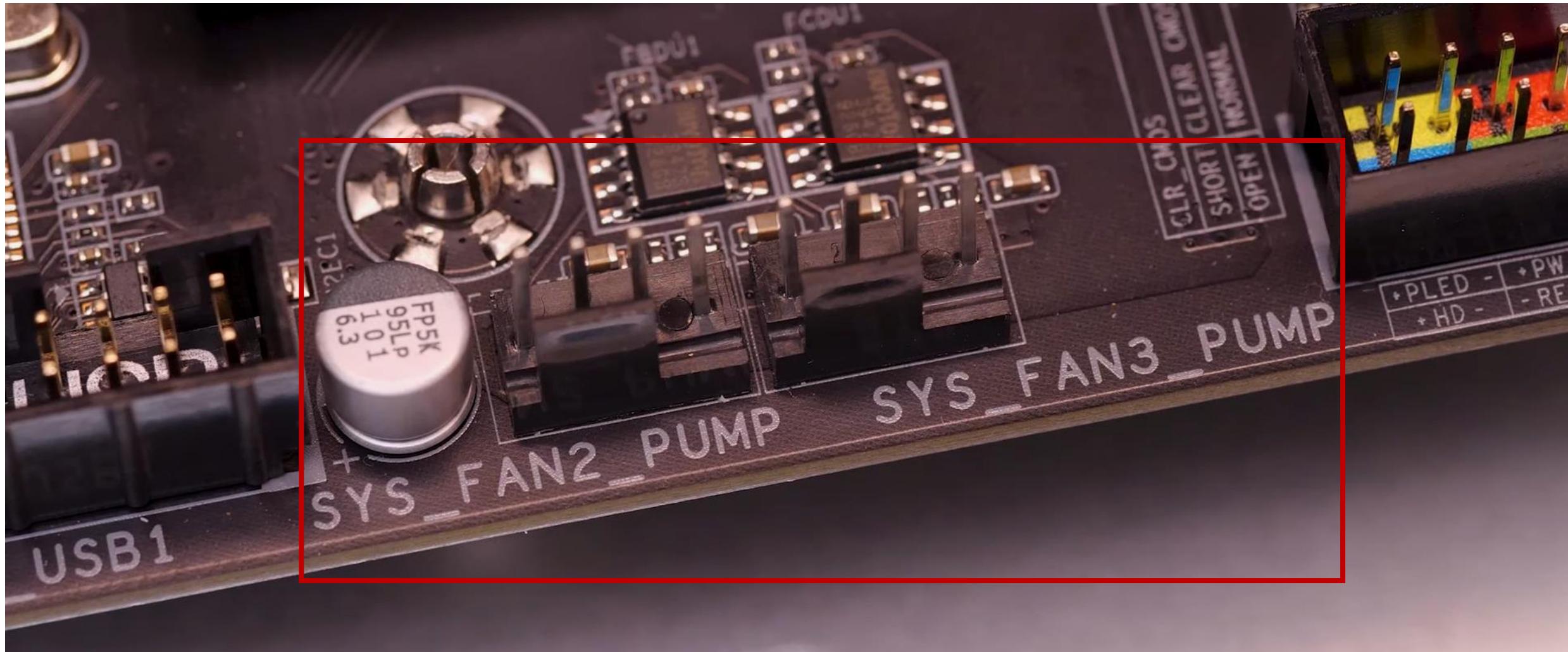


Подключение кулера процессора



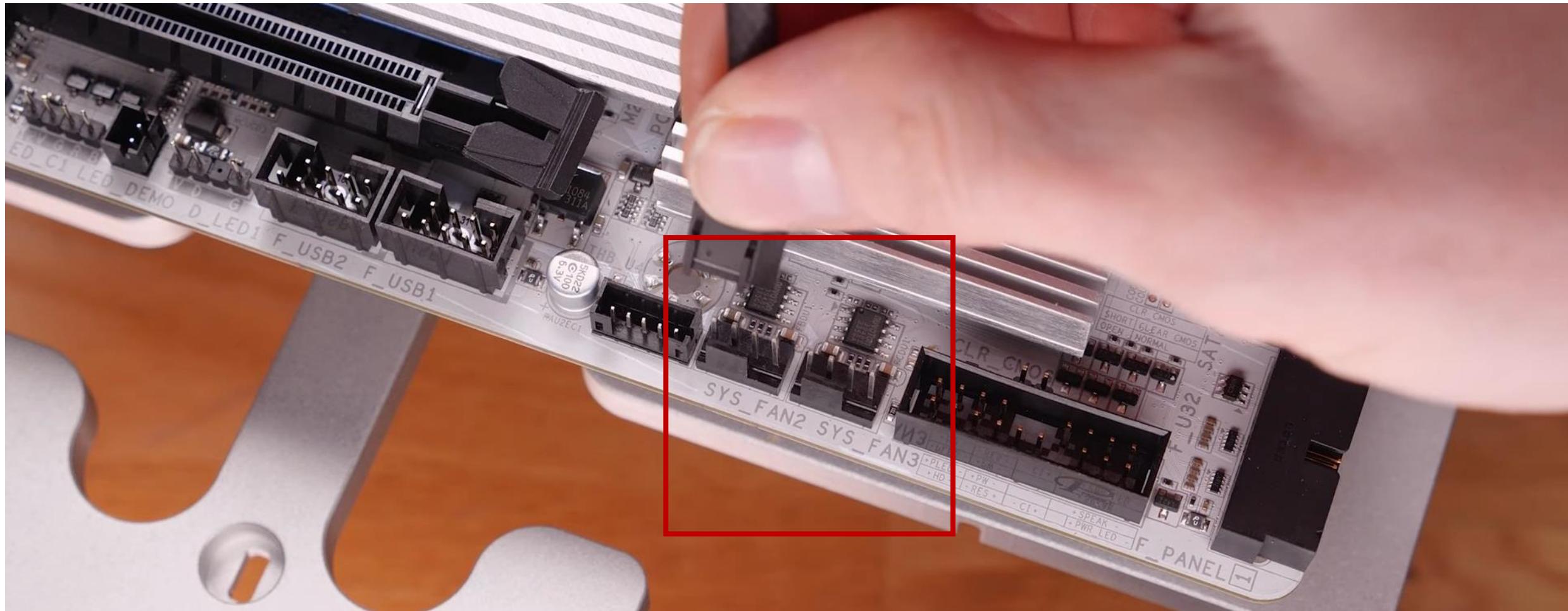
Кулер подключается в разъем CPU_FAN. В некоторых случаях таких разъемов может быть несколько — к примеру, для мощного охлаждения с двумя вентиляторами.

Подключение систем жидкостного охлаждения



В современных платах встречаются отдельные контакты для систем жидкостного-охлаждения (СЖО). Их производители помечают как PUMP (водяная помпа).

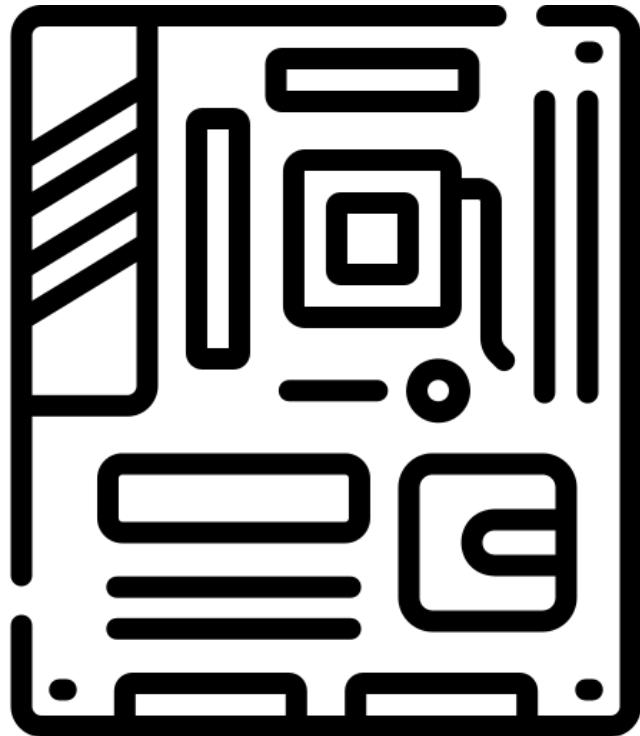
Подключение кулеров корпуса



Вентиляторы корпуса можно подключить в SYS_FAN. Чем выше уровень платы, тем больше таких разъемов. В бюджетных материнках обычно всего один такой коннектор. Некоторые модели могут автоматически регулировать скорость вентиляторов. Так компьютер не будет перегреваться, а без нагрузки — не будет шуметь.

Система водяного охлаждения



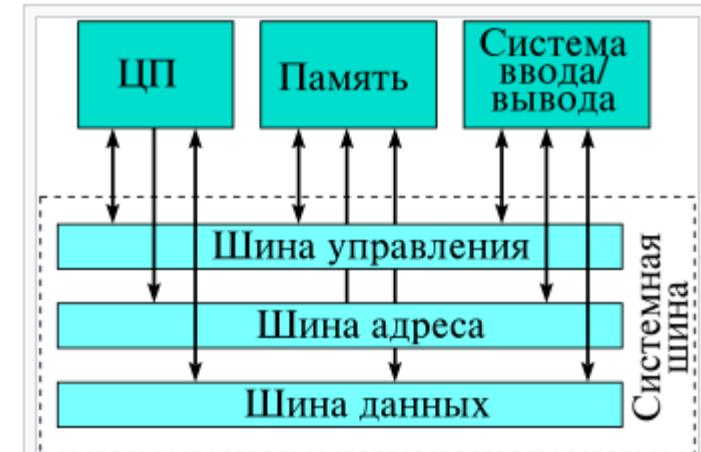


Шины,
интерфейсы,
разъемы
материнской
платы



Шины материнской платы

- **Шина (bus)** представляет собой общий канал связи, используемый в компьютере и позволяющий соединить два и более системных компонента. Существует определенная иерархия шин ПК, которая выражается в том, что каждая более медленная шина соединена с более быстрой шиной. Современные компьютерные системы включают в себя три, четыре или более шин. Каждое системное устройство соединено с какой-либо шиной.
- **Шина** — это общий канал связи, выполненный из набора проводников, по которым внутри компьютера передаются данные в виде электрических сигналов. Она используется для организации взаимодействия двух и более компонентов системы.



Системная шина в архитектуре фон Неймана.

- ЦП — центральный процессор.
- Память — оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).
- Система ввода/вывода — другие устройства ввода-вывода.
- Шина управления.
- Шина адреса.
- Шина данных.
- Системная шина.

Шины

- **Компьютерная шина** - подсистема, которая передает данные между функциональными блоками компьютера. Обычно шина управляется драйвером.
- **В отличие от связи точка - точка, к шине можно подключить несколько устройств по одному набору проводников.** Каждая шина определяет свой набор коннекторов для физического подключения устройств, карт и кабелей.
- **Современные компьютерные шины используют как параллельные, так и последовательные соединения** и могут иметь параллельные (multidrop) и цепные (daisy chain) топологии. В случае USB и некоторых других шин могут также использоваться хабы.

Типы шин

- **Типы шин:**
 - **шина процессора;**
 - **шина памяти;**
 - **шина данных;**
 - **шина адреса;**
 - **шина ввода/вывода:**
 - управления;
 - локальная.
- **Внутренние шины** (по отношению к процессору) служит для передачи данных в АЛУ и из АЛУ
- **Внешние шины** (по отношению к процессору) связывают процессор с памятью или устройствами ввода-вывода.
- **Общая шина, или системный интерфейс** — совокупность шин управления, адресации и данных.

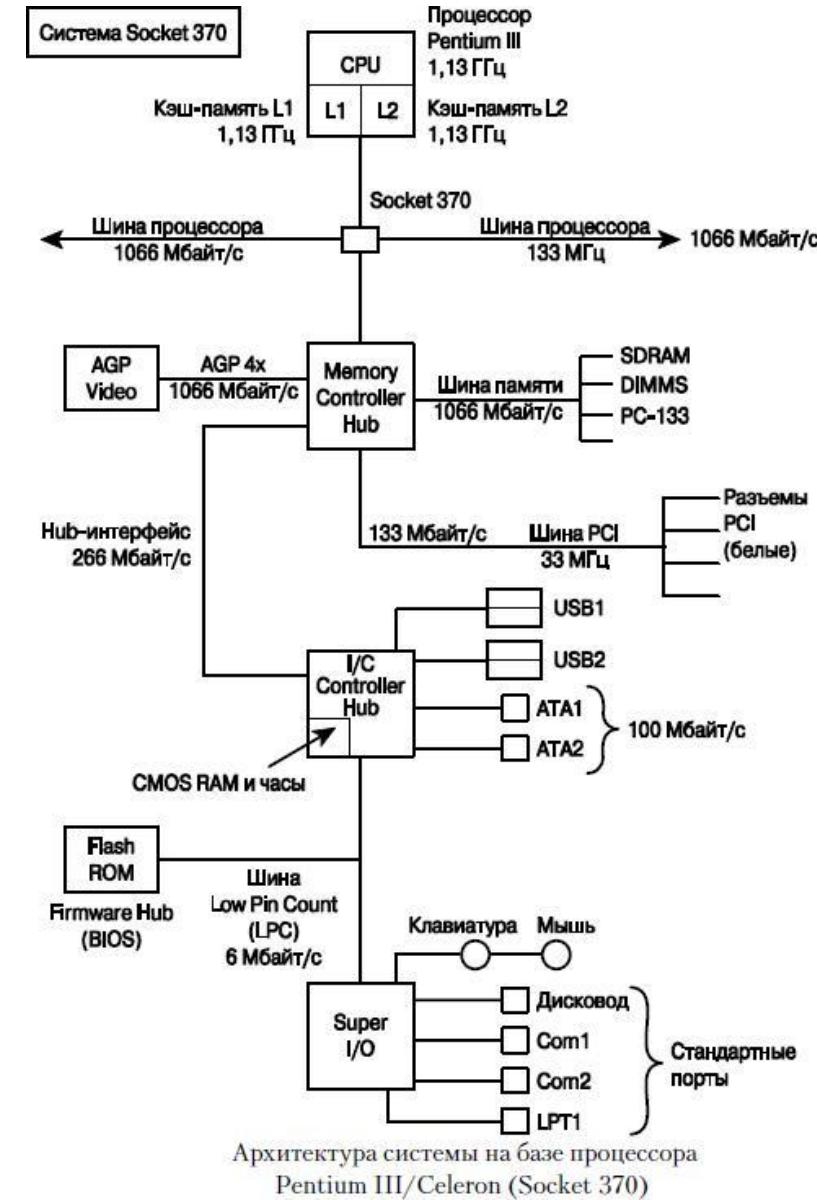
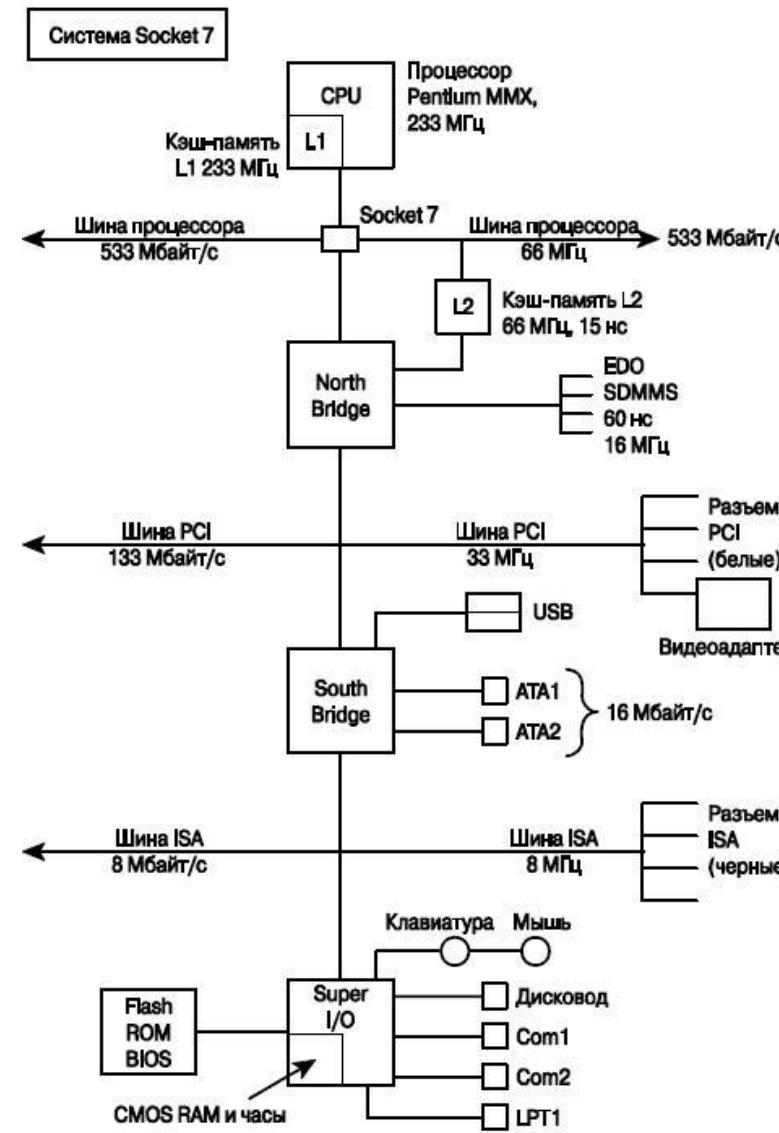
Шины

- **Шины бывают параллельными** (данные переносятся потактово словами: каждый бит — отдельным проводником) и **последовательными** (биты данных переносятся поочерёдно по каналу, например, паре проводников).
- **Большинство компьютеров имеет как внутренние, так и внешние шины.**
- **Внутренняя шина** подключает все внутренние компоненты компьютера к материнской плате (и, следовательно, к процессору и памяти). Такой тип шин также называют локальной шиной, поскольку она служит для подключения локальных устройств.
- **Внешняя шина** подключает внешнюю периферию к материнской плате.
- Сетевые соединения, такие, как Ethernet, обычно не рассматриваются как шины, хотя разница больше концептуальная, чем практическая.

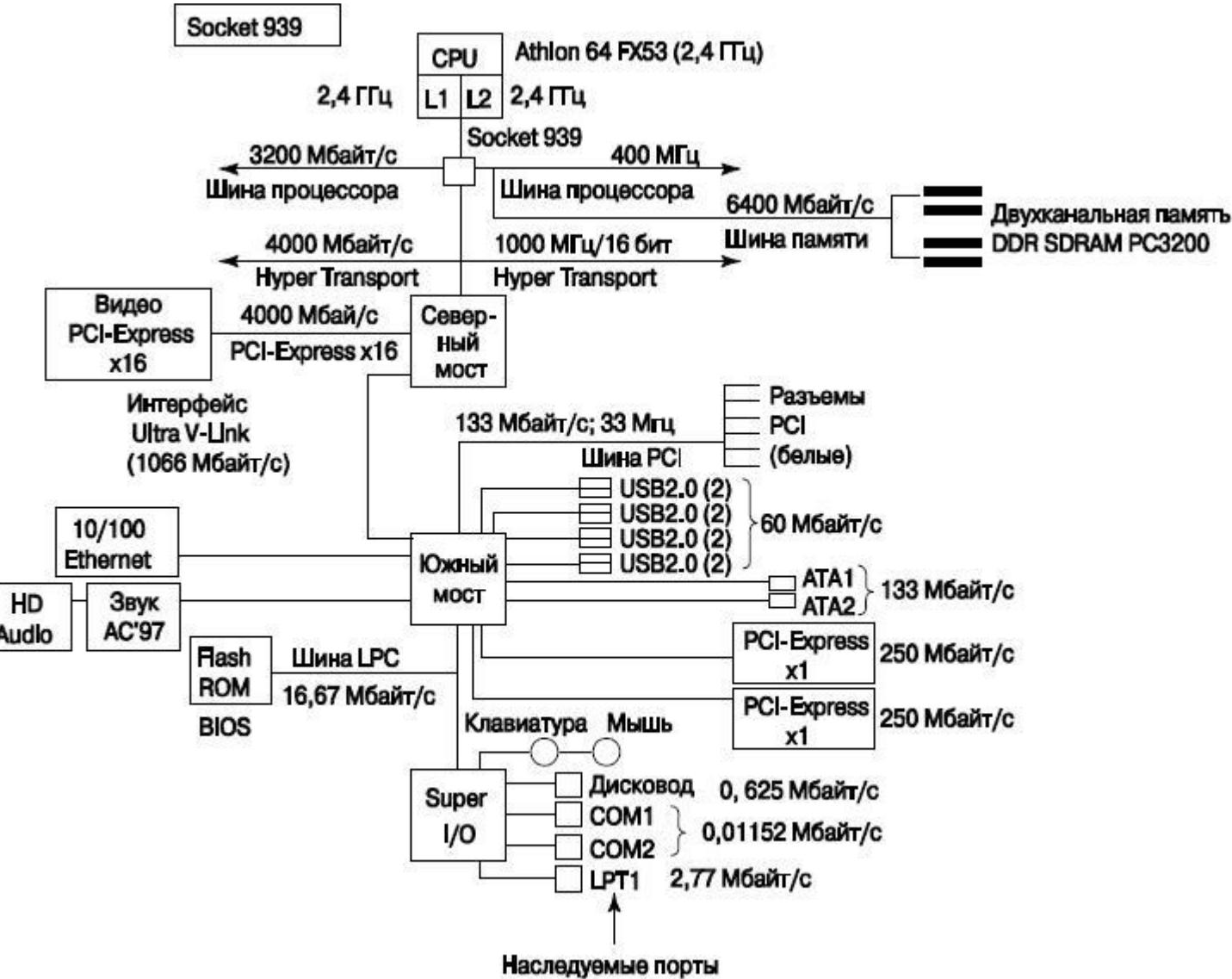
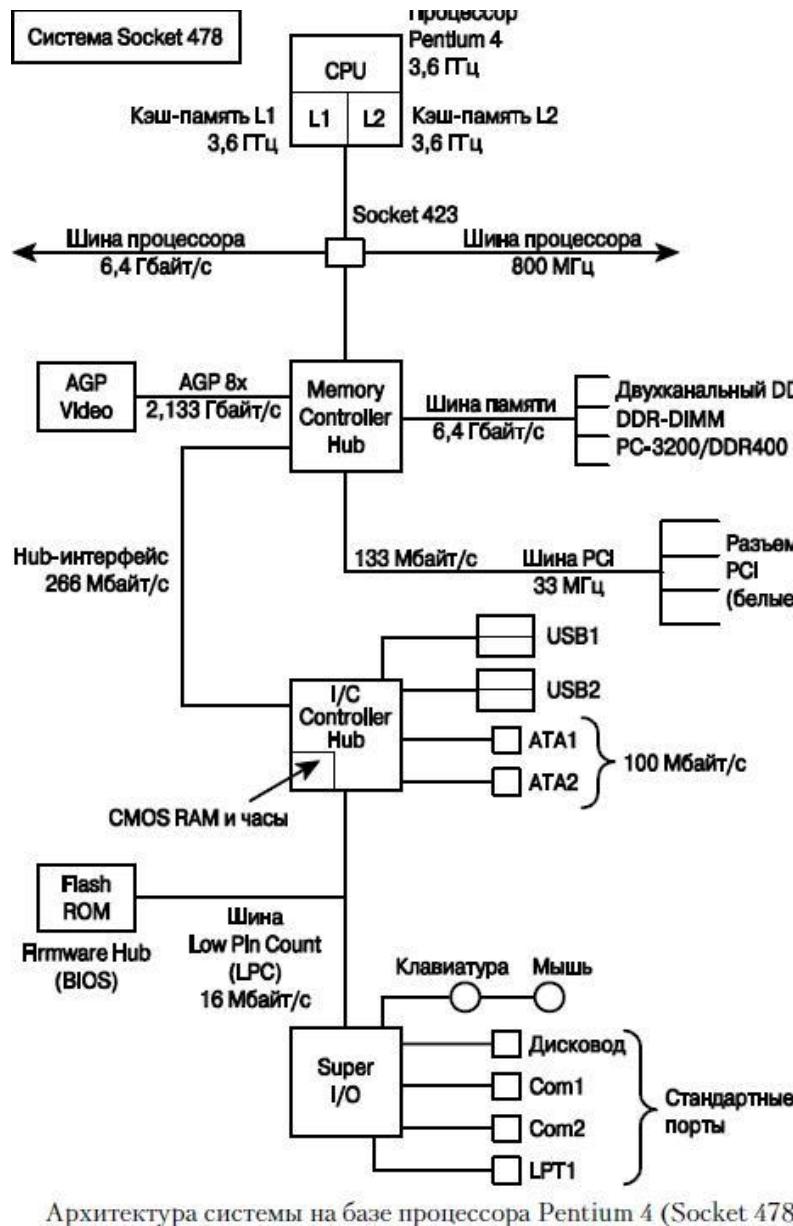
Три поколения шин

- Существует три поколения шин.
- **Первое поколение.** Ранние компьютерные шины были группой проводников, подключающей компьютерную память и периферию к процессору. **Почти всегда для памяти и периферии использовались разные шины, с разными способами доступа, задержками, протоколами.**
- Одним из первых усовершенствований стало использование прерываний. До их внедрения компьютеры выполняли операции ввода-вывода в цикле ожидания готовности периферийного устройства. Это было бесполезной тратой времени для программ, которые могли делать другие задачи. Также, если программа пыталась выполнить другие задачи, она могла проверить состояние устройства слишком поздно и потерять данные. Поэтому инженеры дали **возможность периферии прерывать процессор. Прерывания имели приоритет**, так как процессор может выполнять код только для одного прерывания в один момент времени, а также некоторые устройства требовали меньших задержек, чем другие.
- Некоторое время спустя компьютеры стали распределять память между процессорами. На них доступ к шине также получил приоритеты.
- **Классический и простой способ обеспечить приоритеты прерываний или доступа к шине заключался в цепном подключении устройств.**

Примеры старых шин процессоров



Примеры старых шин процессоров



Блок-схема компьютерной системы на базе процессора Athlon 64 FX-53 (Socket 939)

Второе поколение шин

- **Компьютерные шины «второго поколения»,** например, NuBus, решали некоторые из вышеперечисленных проблем. Они обычно разделяли компьютер на две «части» - **процессор и память** - в одной, и различные устройства - в другой. Между частями устанавливался **специальный контроллер шин (bus controller)**. Такая архитектура позволяла увеличивать скорость процессора без влияния на шину, разгрузить процессор от задач управления шиной. **При помощи контроллера устройства на шине могли взаимодействовать друг с другом без вмешательства центрального процессора.** Новые шины имели лучшую производительность, но также требовали более сложных карт расширения. Проблемы скорости часто решались увеличением разрядности шины данных, с 8-битных шин первого поколения до 16- или 32-битных шин во втором поколении. Также появилась программная настройка устройств для упрощения подключения новых устройств, ныне стандартизованная как Plug-n-play.
- Однако новые шины так же, как и предыдущее поколение, требовали одинаковых скоростей от устройств на однойшине. Процессор и память теперь были изолированы на собственной шине, и их скорость росла быстрее, чем скорость периферийной шины. В результате **шины были слишком медленны** для новых систем, и машины страдали от нехватки данных. Один из примеров данной проблемы: видеокарты быстро совершенствовались, и им не хватало пропускной способности даже новых шин Peripheral Component Interconnect (**PCI**). Компьютеры стали включать в себя Accelerated Graphics Port (**AGP**) только для работы с видеоадаптерами. В 2004 году AGP снова стало недостаточно быстрым для мощных видеокарт, и AGP стал замещаться новой шиной PCI Express.
- Увеличивающееся число внешних устройств стало применять собственные шины. Когда были изобретены приводы дисков, они присоединялись к машине при помощи карты, подключаемой к шине. Из-за этого компьютеры имели много слотов расширения. Но в 1980-х и 1990-х были изобретены новые шины **SCSI** и **IDE**, решившие эту проблему, оставив большую часть разъёмов расширения в новых системах пустыми. В наше время типичная машина поддерживает около пяти различных шин.
- **Шины стали разделять на внутренние (local bus) и внешние (external bus).** Первые разработаны для подключения внутренних устройств, таких, как видеоадаптеры и звуковые платы, а вторые предназначались для подключения внешних устройств, например, сканеров. IDE является внешней шиной по своему назначению, но почти всегда используется внутри компьютера.

Третье поколение шин

- Шины «третьего поколения» (например, PCI-Express) обычно позволяют использовать как большие скорости, необходимые для памяти, видеокарт и межпроцессорного взаимодействия, так и небольшие при работе с медленными устройствами, например, приводами дисков. Также они стремятся к большей гибкости в терминах физических подключений, позволяя использовать себя и как внутренние, и как внешние шины, например, для объединения компьютеров. Это приводит к сложным проблемам при удовлетворении различных требований, так что большая часть работ по данным шинам связана с программным обеспечением, а не с самой аппаратурой. В общем, **шины третьего поколения больше похожи на компьютерные сети, чем на изначальные идеи шин**, с большими накладными расходами, чем у ранних систем. Также **они позволяют использовать шину нескольким устройствам одновременно**.
- Современные интегральные схемы часто разрабатываются из заранее созданных частей.

Параллельные и последовательные шины

- **Параллельные шины**
 - Extended ISA или EISA
 - Industry Standard Architecture или ISA
 - Low Pin Count или LPC
 - MicroChannel или MCA
 - MBus
 - NuBus или IEEE 1196
 - OPTi local bus, использовалась для ранних материнских плат для Intel 80486
 - Peripheral Component Interconnect или PCI, также PCI-X
 - SBus или IEEE 1496
 - VESA Local Bus или VLB или VL-bus
 - VMEbus, VERSAmodule Eurocard bus
 - Unibus
 - Q-Bus и прочие
- **Последовательные шины**
 - 1-Wire
 - HyperTransport
 - I²C
 - **PCI Express** или PCIe
 - Serial Peripheral Interface Bus или шина SPI
 - **USB**, Universal Serial Bus, чаще используется как внешняя
 - FireWire, i.Link, IEEE 1394, чаще используется как внешняя
 - и другие

Внешние шины

- **Advanced Technology Attachment или ATA** (также известна, как PATA, IDE, EIDE, ATAPI) — шина для подключения дисковой и ленточной периферии.
- **SATA, Serial ATA** — современный вариант ATA
- **USB, Universal Serial Bus**, используется для множества внешних устройств
- **HIPPI High Performance Parallel Interface**
- **IEEE-488, GPIB** (General-Purpose Instrumentation Bus), HPIB, (Hewlett-Packard Instrumentation Bus)
- **PC card**, ранее известная как PCMCIA, часто используется в ноутбуках и других портативных компьютерах, но теряет своё значение с появлением USB и встраиванием сетевых карт и модемов
- **SCSI, Small Computer System Interface**, шина для подключения дисковых и ленточных накопителей
- **Serial Attached SCSI, SAS** — современный вариант SCSI

Внутренние шины

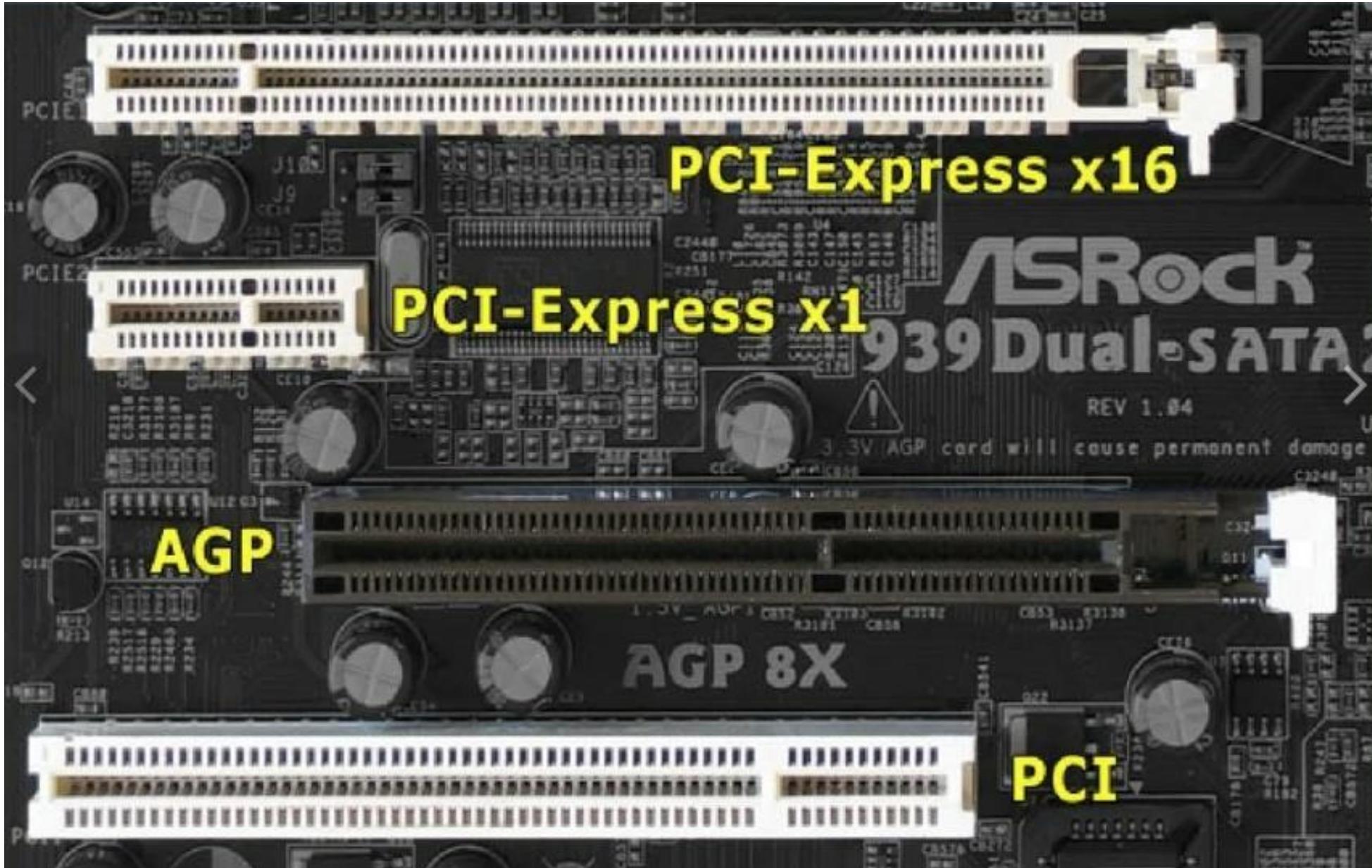
- **Шина AGP** (от англ. **Accelerated Graphics Port**, ускоренный графический порт) . Эта 32-разрядная шина работает на частоте 66 (AGP 1x), 133 (AGP 2x), 266 (AGP 4x) или 533 МГц (AGP 8x) и предназначена для подключения видеоадаптера. Она подключается к северному мосту или Memory Controller Hub (MCH) набора микросхем системной логики.
- **Шина PCI** (англ. **Peripheral component interconnect** «взаимосвязь периферийных компонентов»). Эта 32-разрядная шина работает на частоте 33 МГц; используется начиная с систем на базе процессоров 486. В настоящее время есть реализация этой шины с частотой 66 МГц. Находится под управлением контроллера PCI — части северного моста или компонента MCH набора микросхем. К шине PCI подключается южный мост набора микросхем, который содержит реализации интерфейса IDE и USB.
- **PCI Express** (**Peripheral Component Interconnect Express**), или **PCIe**, или PCI-е (также известная как 3GIO for 3rd Generation I/O; не путать с PCI-X и PXI) — компьютерная шина (хотя на физическом уровне шиной не является, будучи соединением типа «точка-точка»), использующая программную модель шины PCI и высокопроизводительный физический протокол, основанный на последовательной передаче данных.

Компьютерные шины и интерфейсы

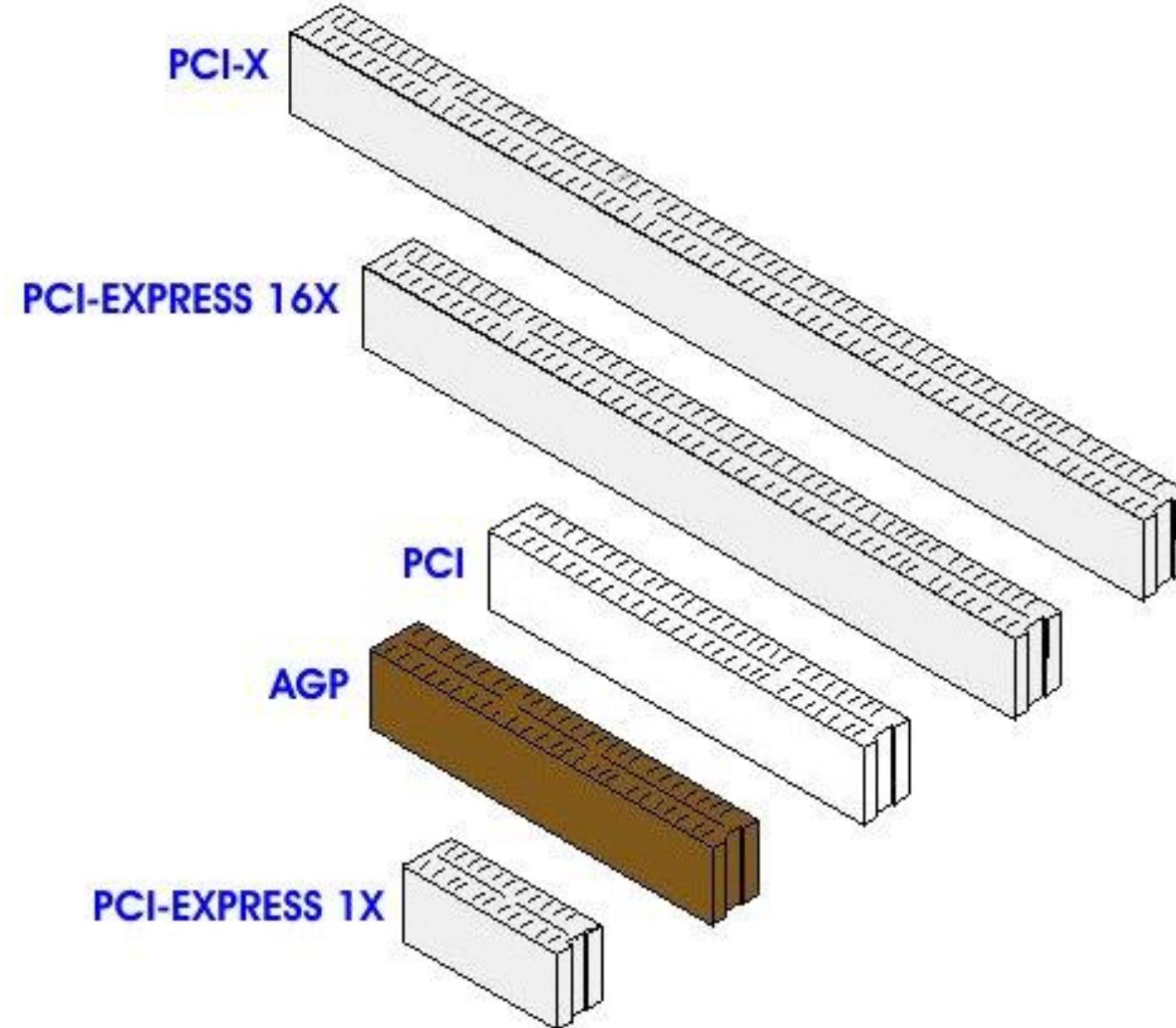
Компьютерные шины и интерфейсы		[скрыть]
Основные понятия	Шина адреса · Шина данных · Шина управления · Пропускные способности	
Процессоры	BSB · FSB · DMI · HyperTransport · QPI	
Внутренние	S-100 · AGP · EISA · ISA · LPC · MBus · MCA · NVLink · NuBus · PCI · PCIe · PCI-X · Q-Bus · SBus · SMBus · VLB · XT-Bus · Zorro II · Zorro III	
Ноутбуки	ExpressCard · MXM · PC Card	
Накопители	ST-506 · ESDI · ATA · eSATA · Fibre Channel · HIPPI · NVMe · SAS · SATA · SCSI · SATA Express	
Периферия	1-Wire · ADB · I ² C · IEEE 1284 (LPT) · IEEE 1394 (FireWire) · PS/2 · UART (RS-232, RS-485) · SPI · USB · Игровой порт	
Управление оборудованием	IEEE-488 · VXI · FASTBUS · КАМАК · Последовательный КАМАК · SpaceWire	
Универсальные	Multibus · Futurebus · InfiniBand · Omni-Path · QuickRing · SCI · RapidIO · VMEbus · Thunderbolt (Light Peak) · IEEE 1355 · Ангара	
Видеointерфейсы	VGA · DVI · DisplayPort · HDMI · Thunderbolt · USB4	
Встраиваемые системы	Multidrop bus · Wishbone · AMBA	

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Шина_\(компьютер\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шина_(компьютер))

Шины материнской платы



Шины материнской платы

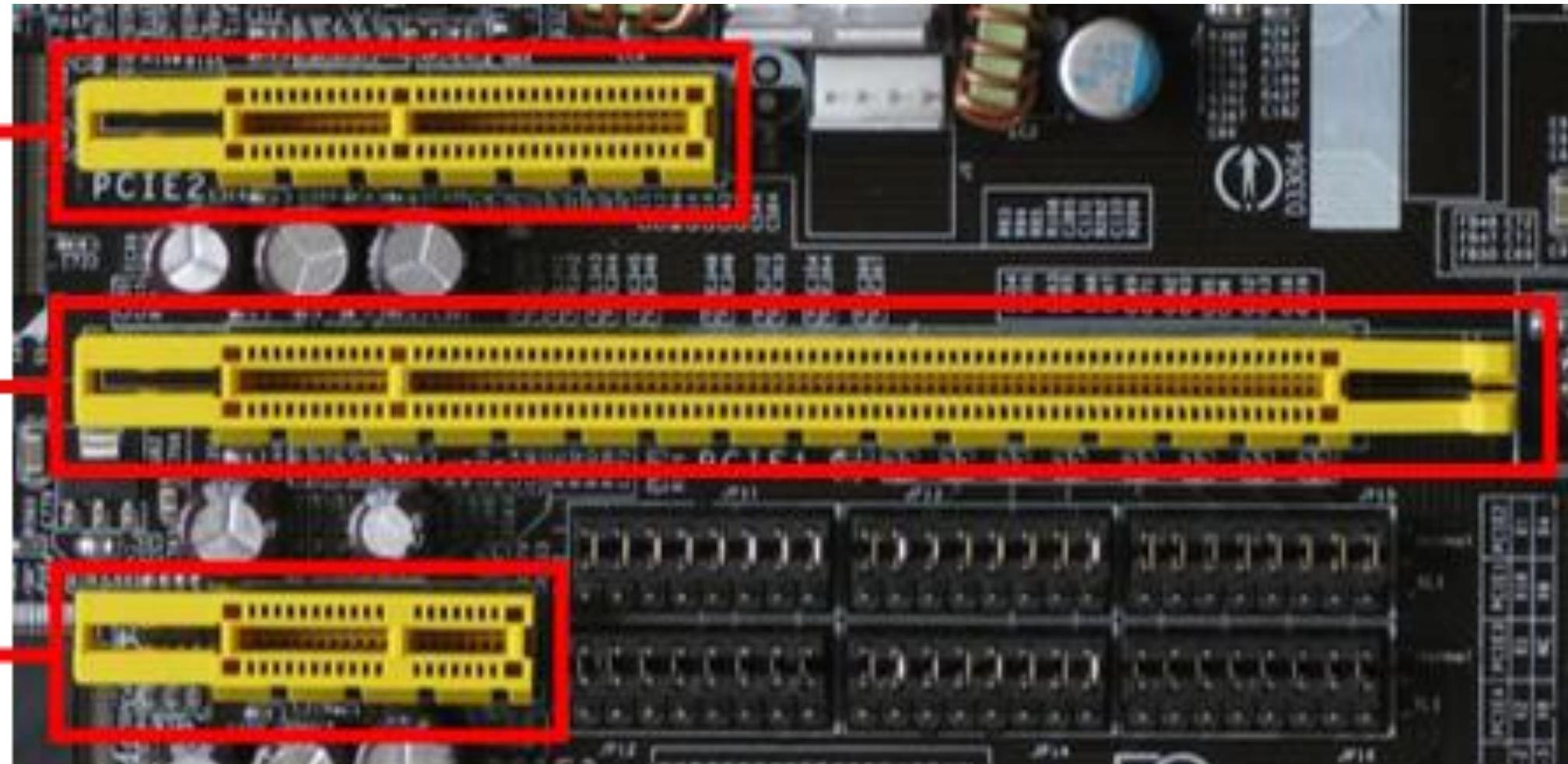


PCIe x1, PCIe x4, PCIe x16

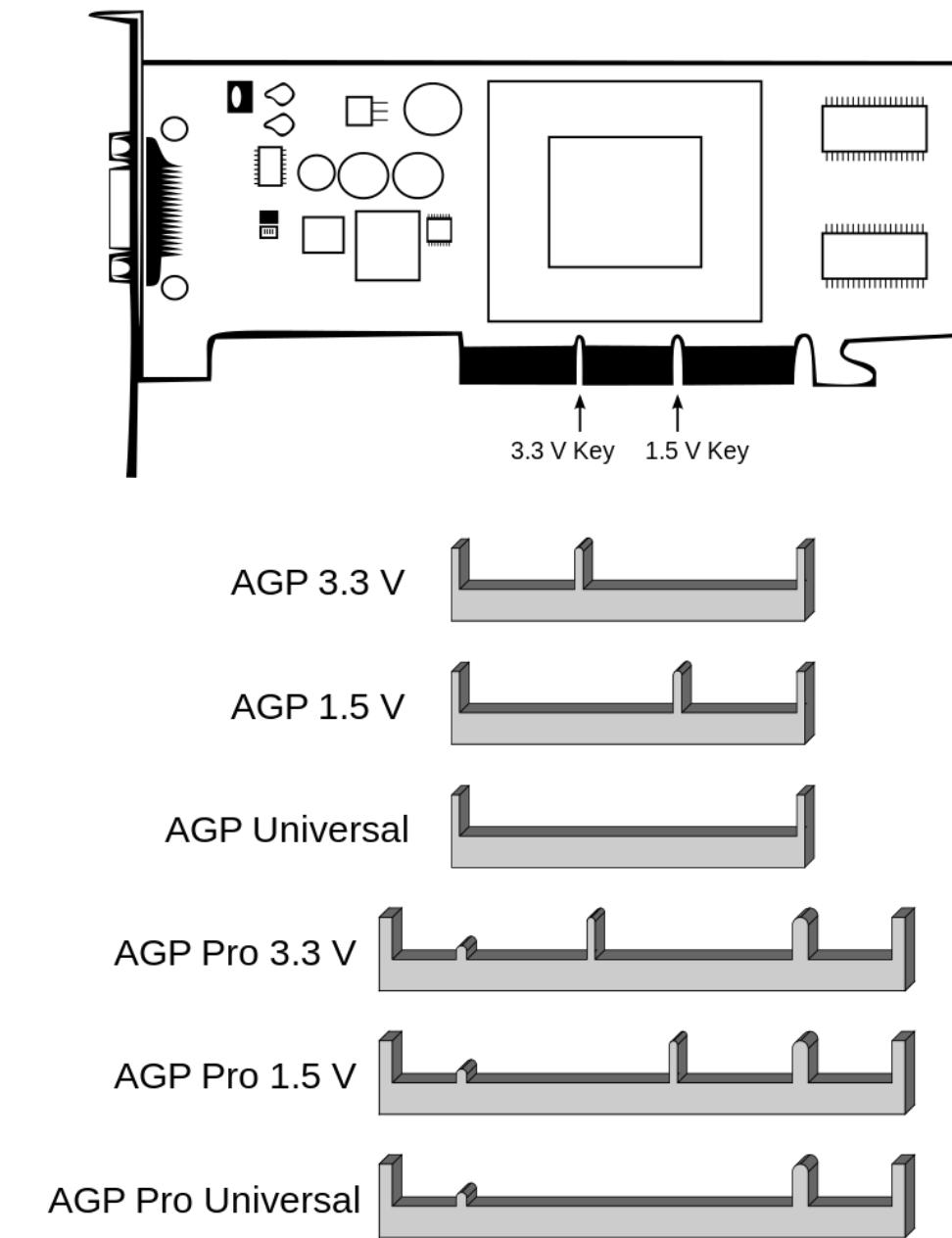
PCIe x4

PCIe x16

PCIe x1



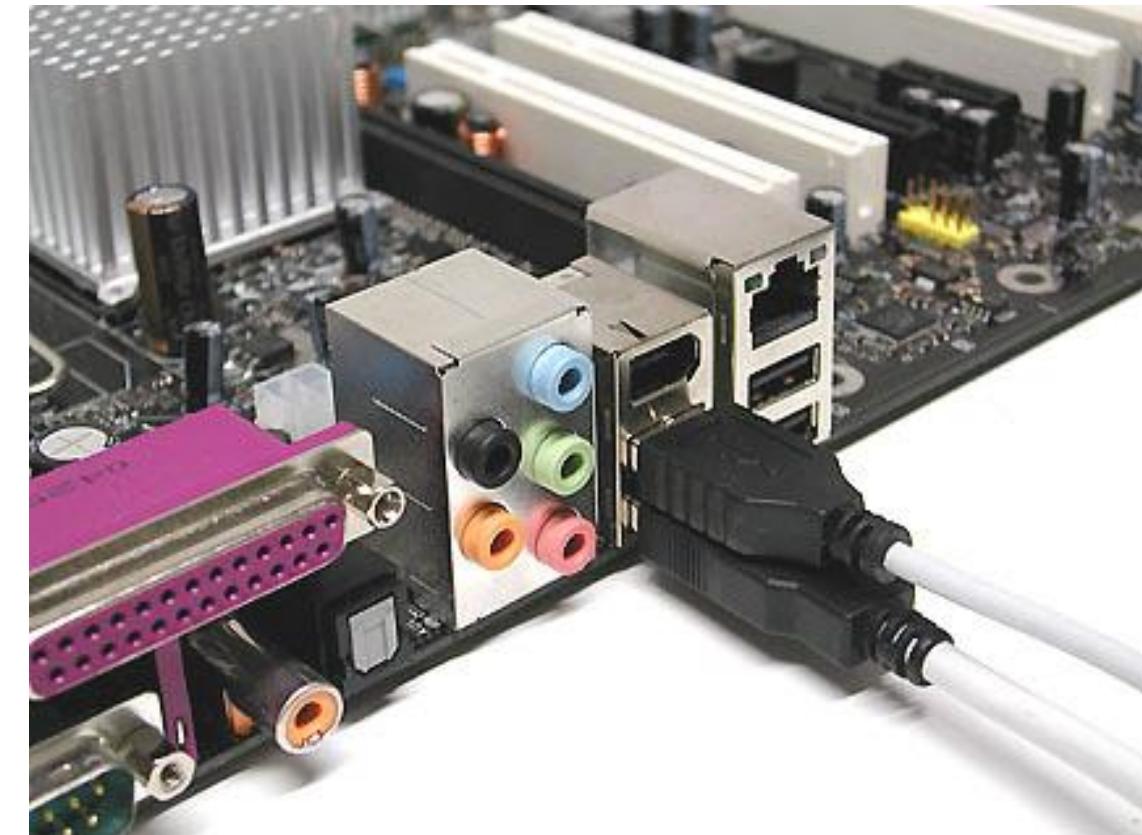
Шина AGP



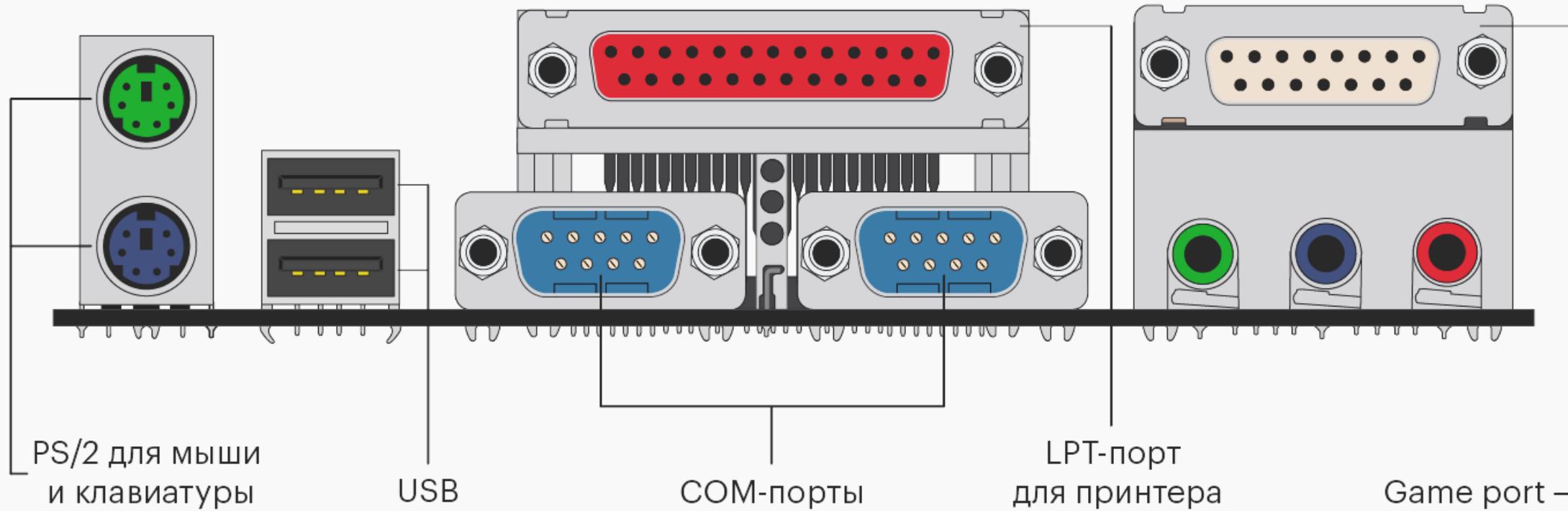
Внешние интерфейсы (разъем, порт)

- К внешним можно отнести все интерфейсы предназначенные для подключения периферийных устройств:

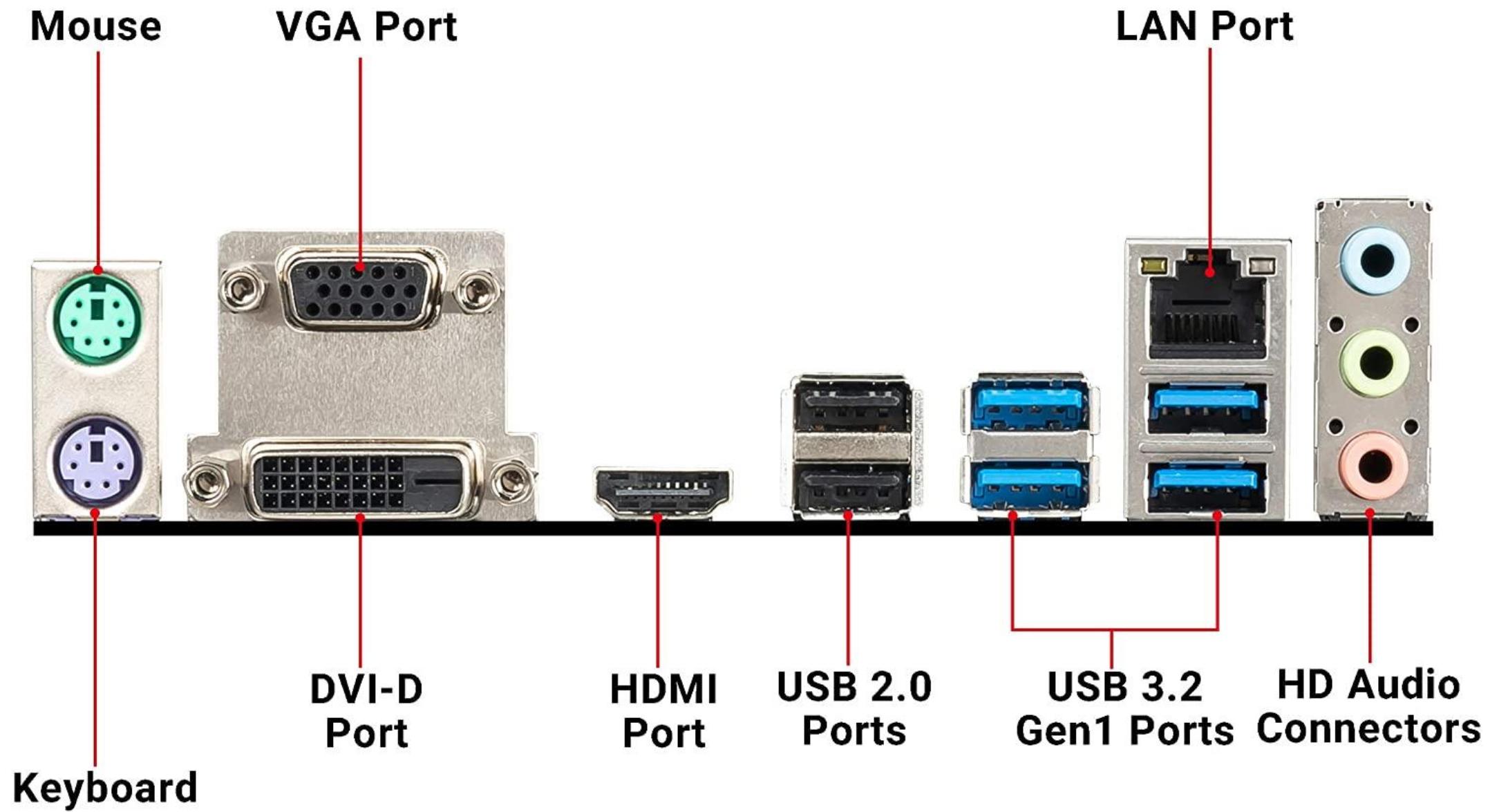
- LPT (IEEE-1284)
- USB
- FireWire
- Порт PS/2
- Порт COM
- Беспроводные последовательные интерфейсы (IrDA, Bluetooth)
- SCSI
- S-Video
- и многие другие



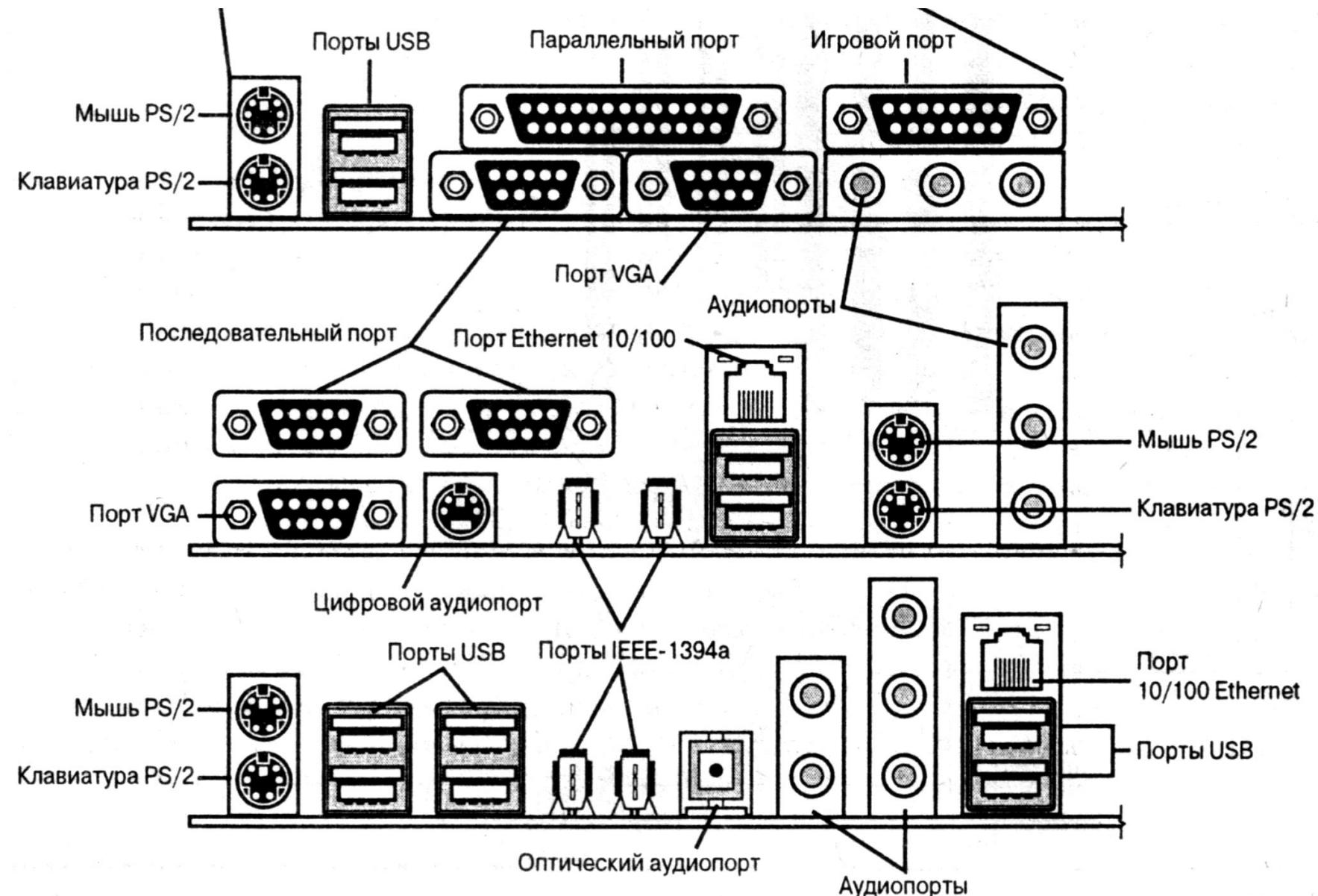
Разъёмы разных типов на старых материнских платах



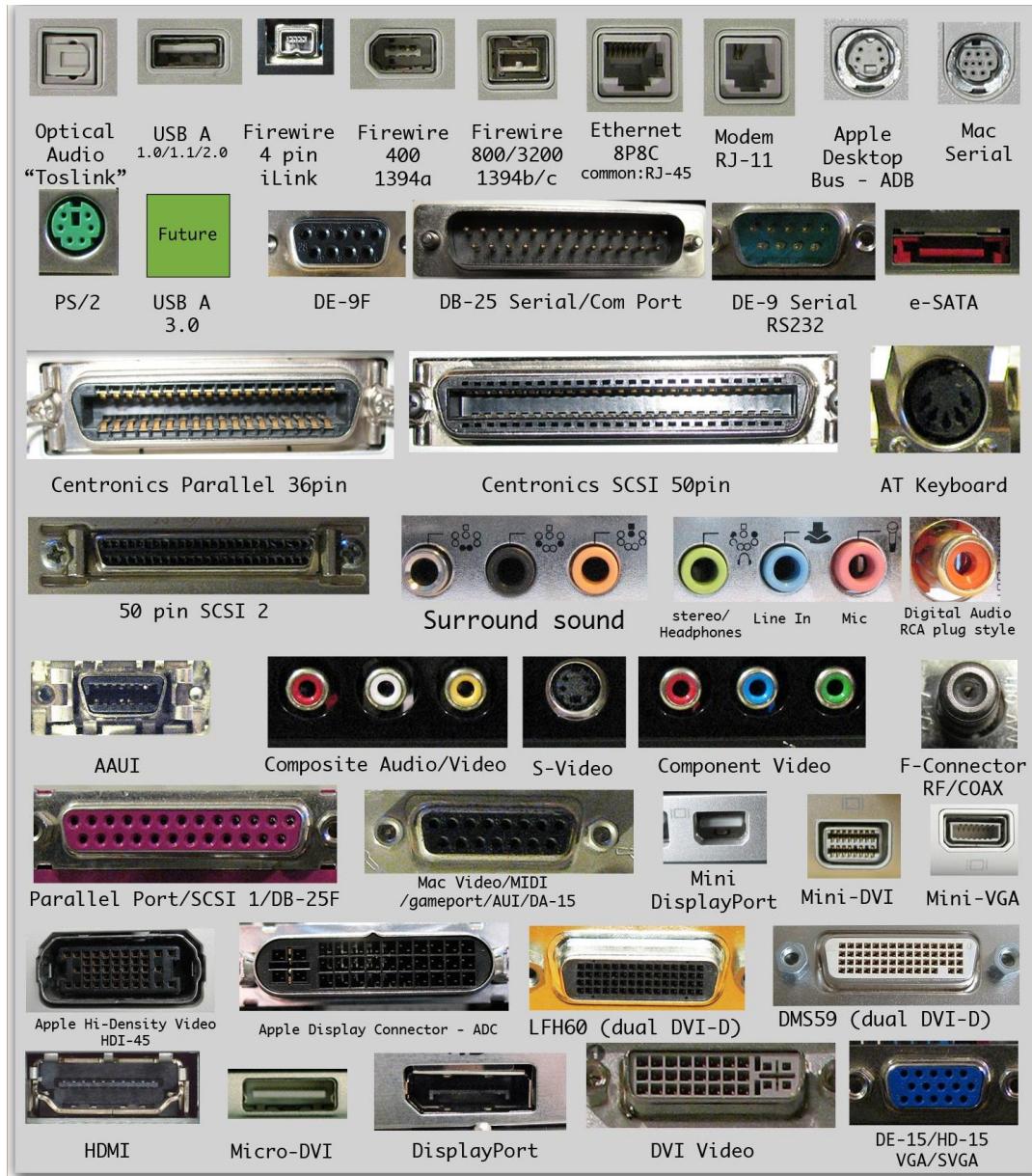
Материнская плата – разъемы/порты



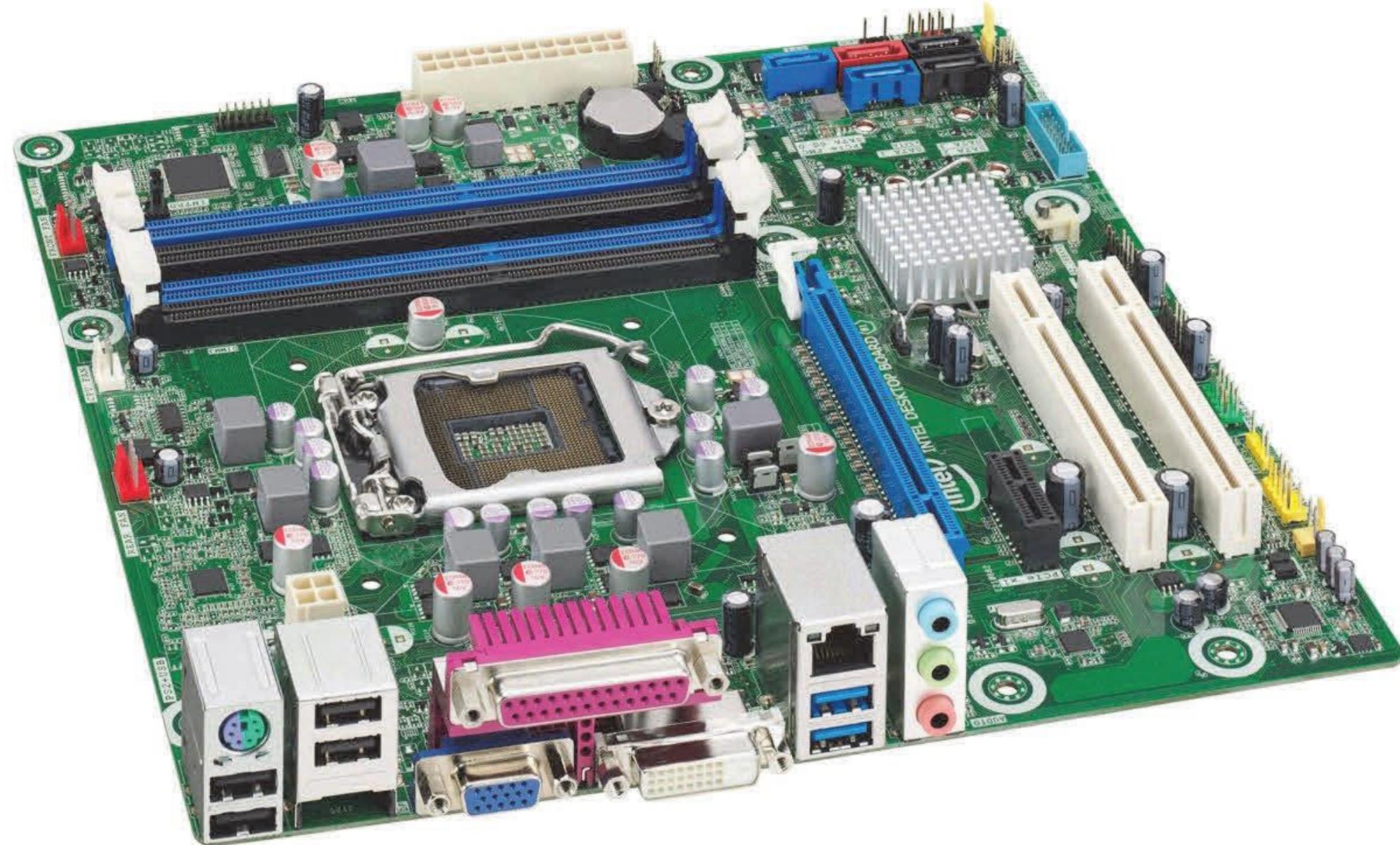
Материнская плата – разъемы/порты



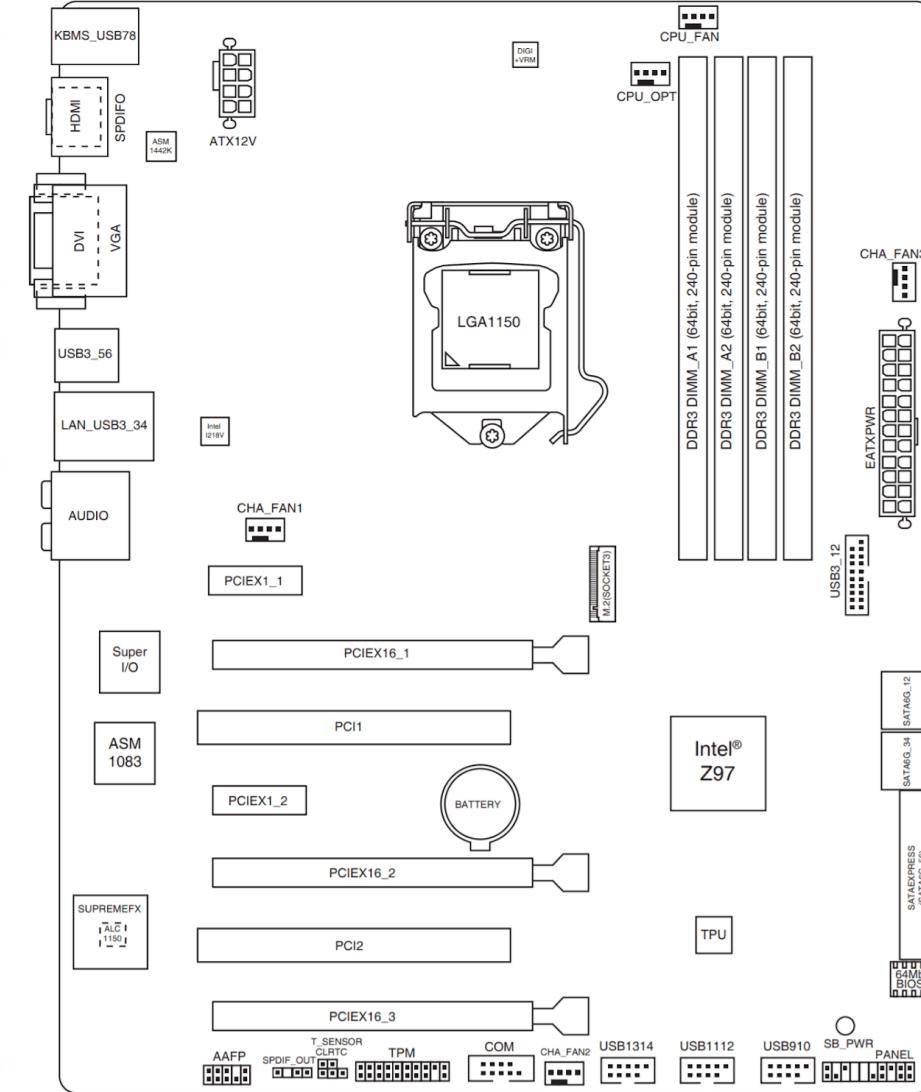
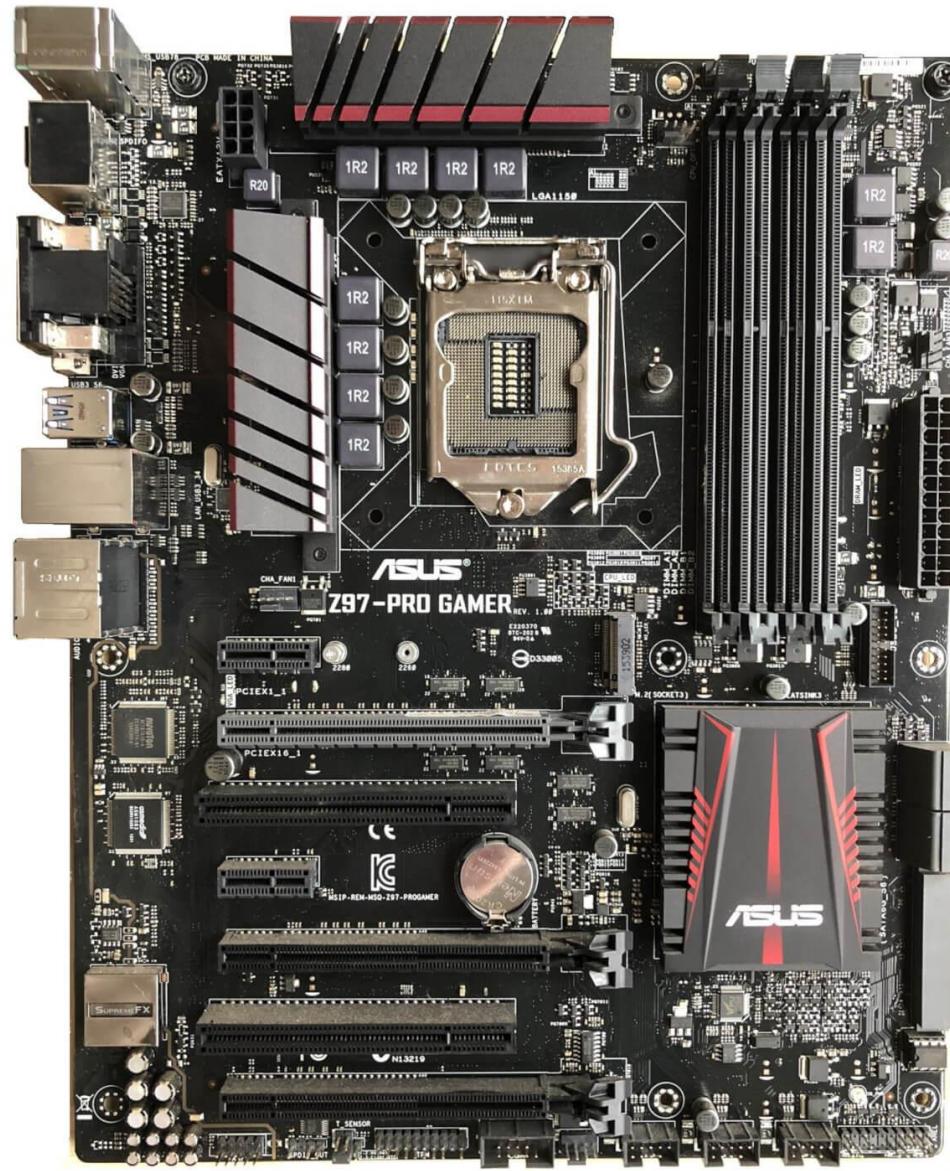
Ports



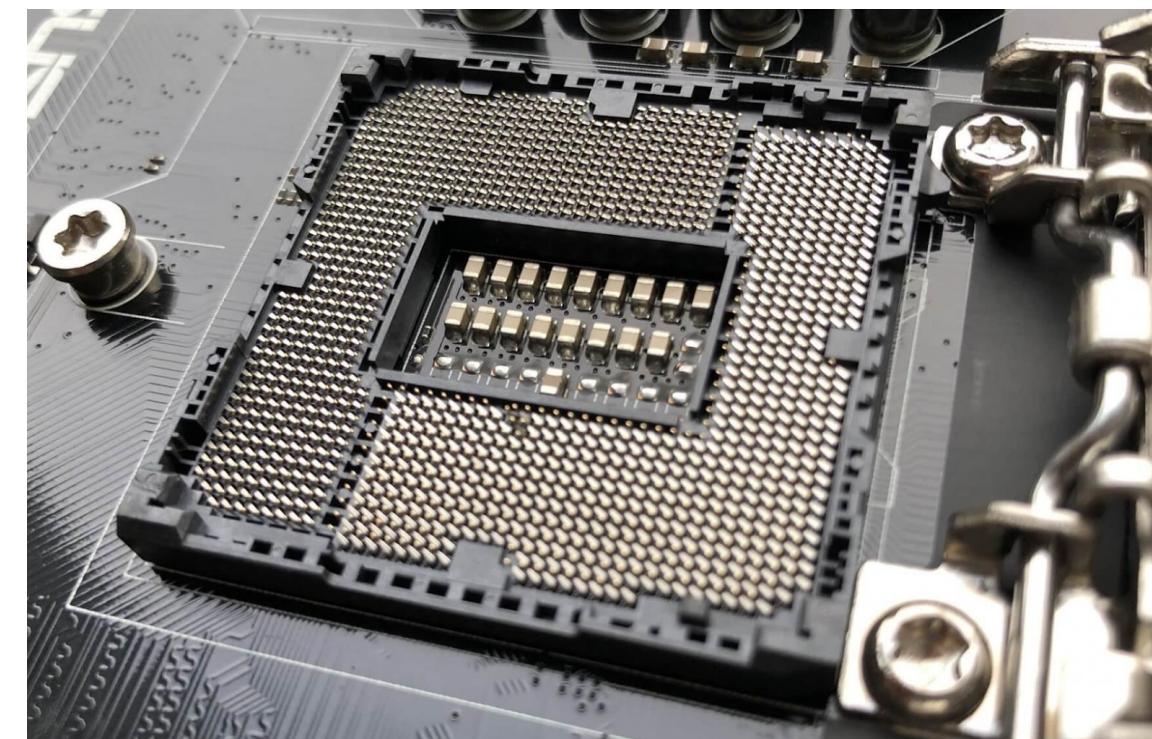
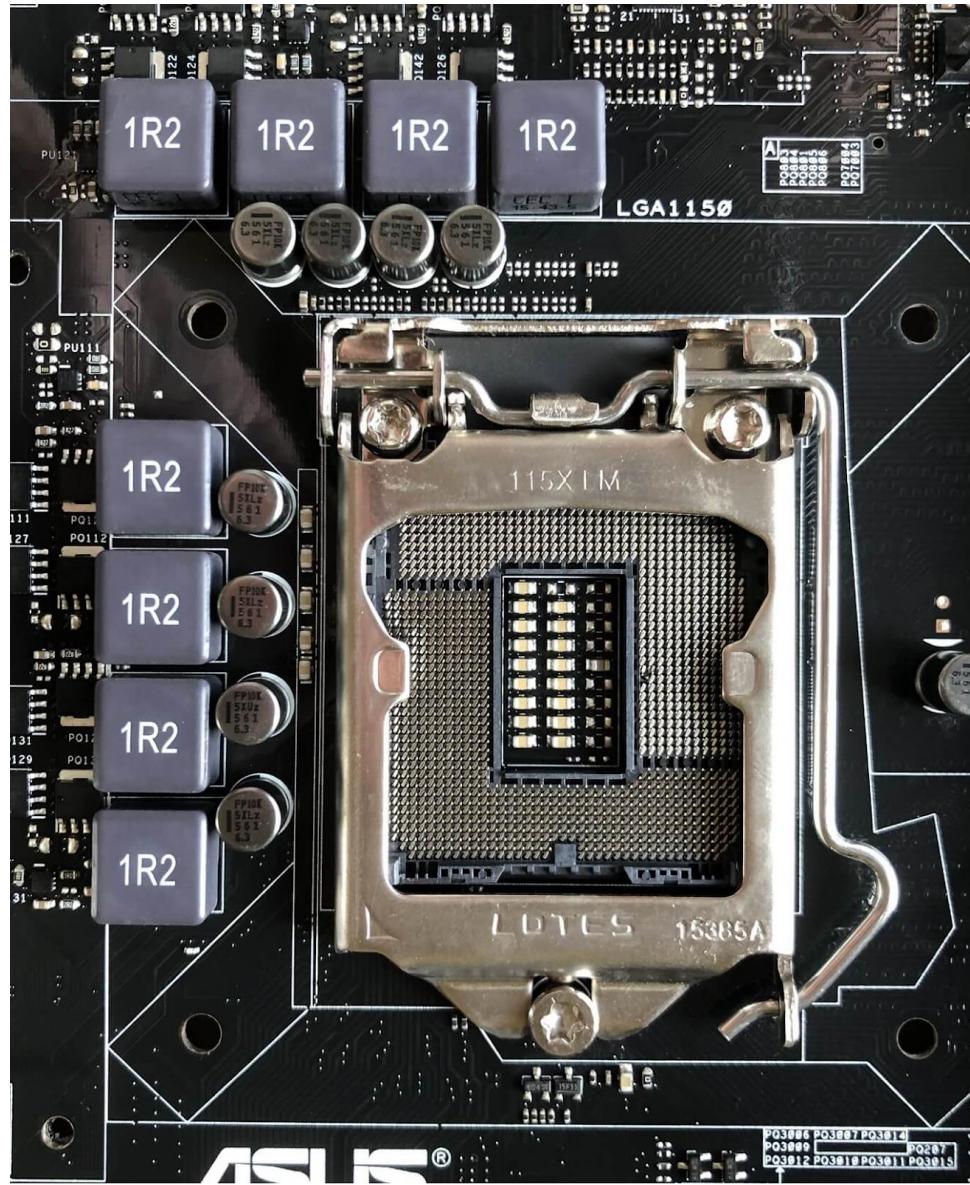
Материнская плата Intel DQ77CP



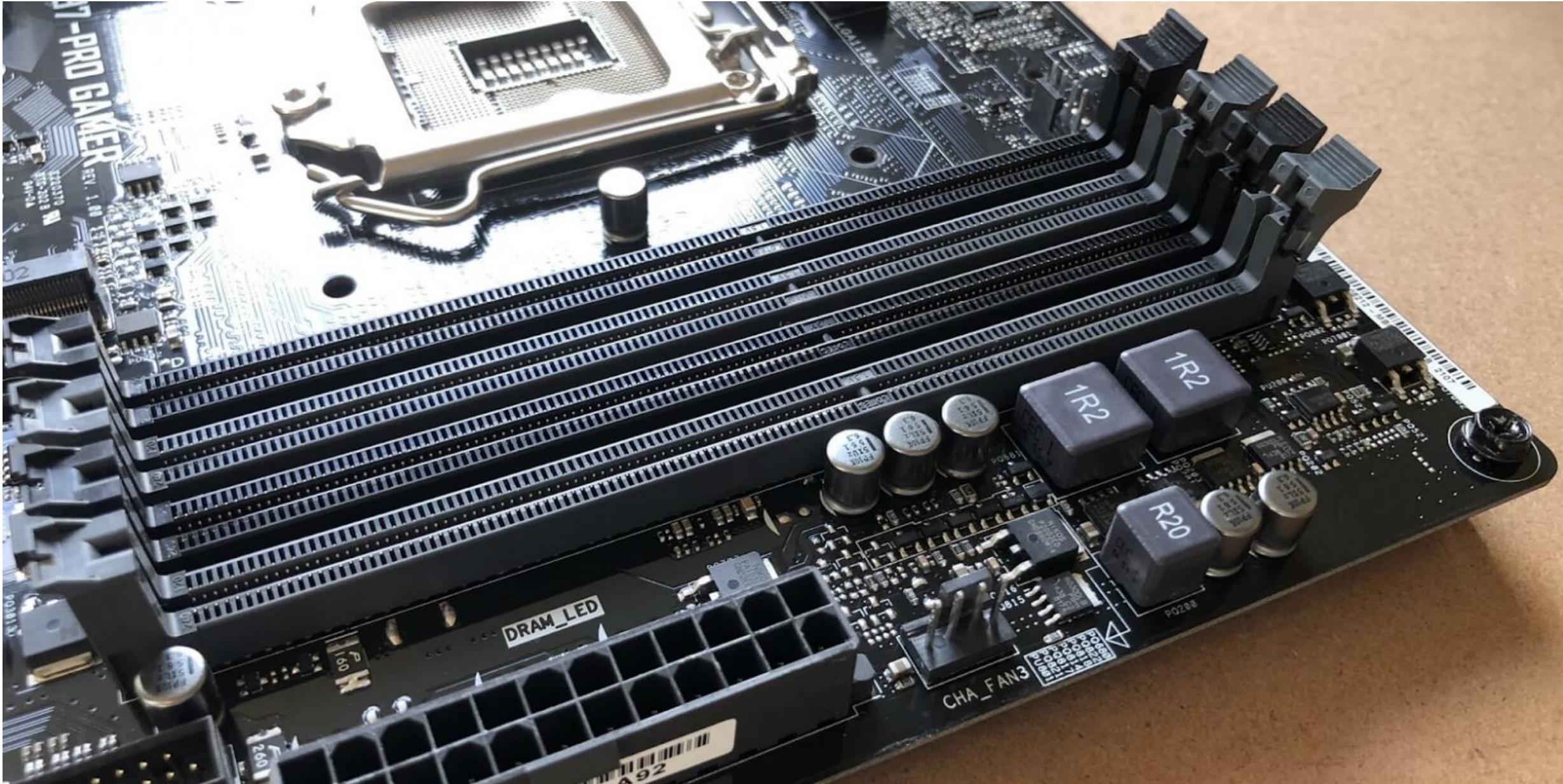
Материнская плата ASUS Z97-Pro Gamer



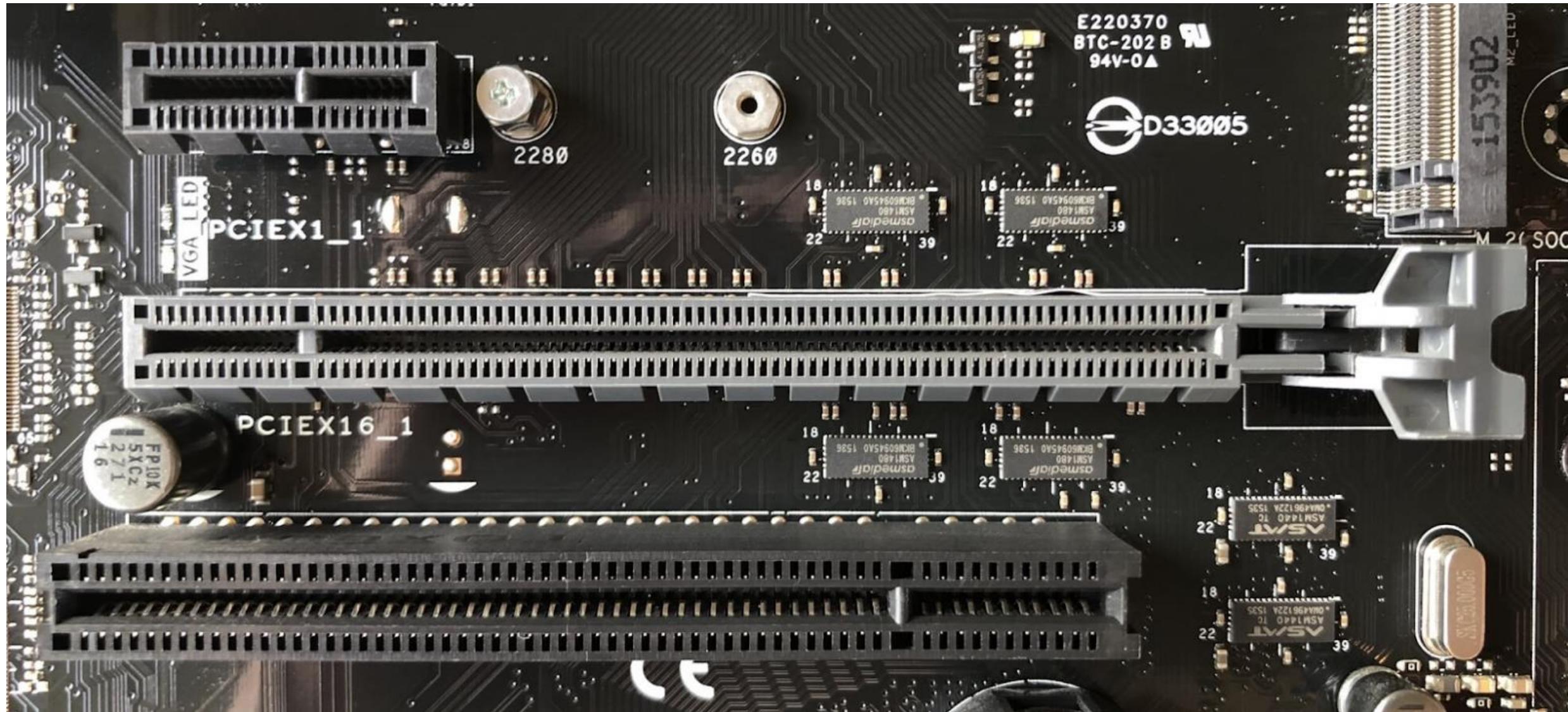
Материнская плата ASUS Z97-Pro Gamer



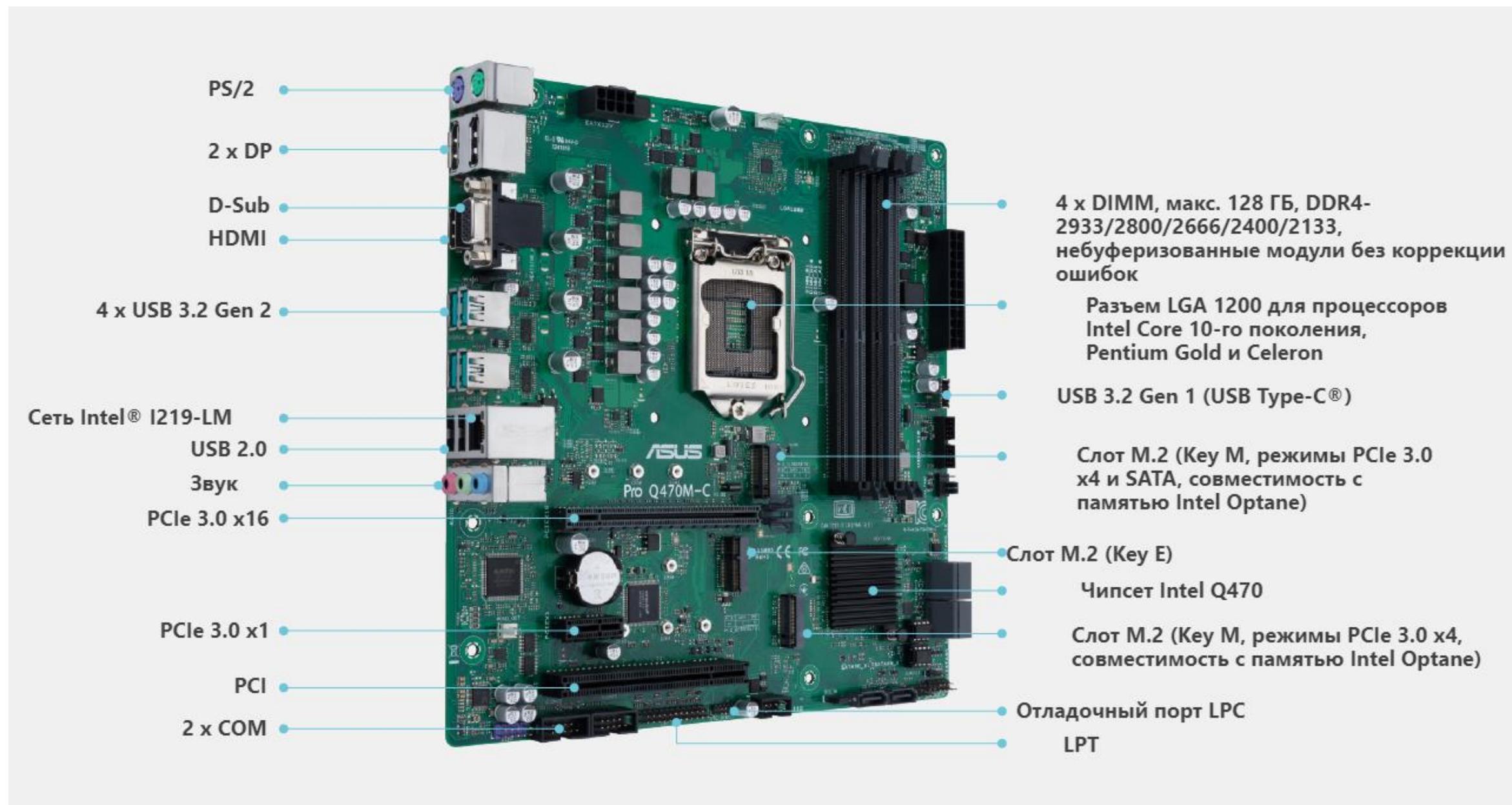
Материнская плата ASUS Z97-Pro Gamer

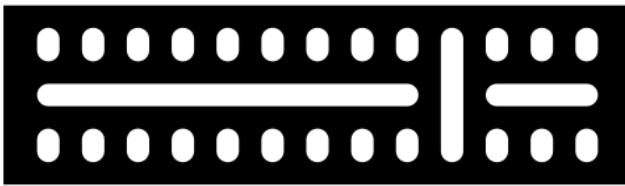


Материнская плата ASUS Z97-Pro Gamer

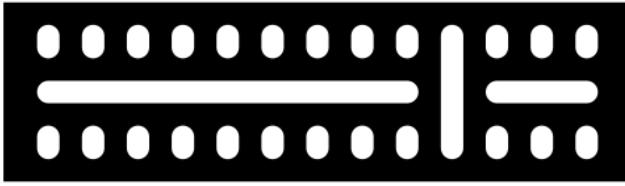


Материнская плата ASUS Pro Q470M-C/CSM





• • •

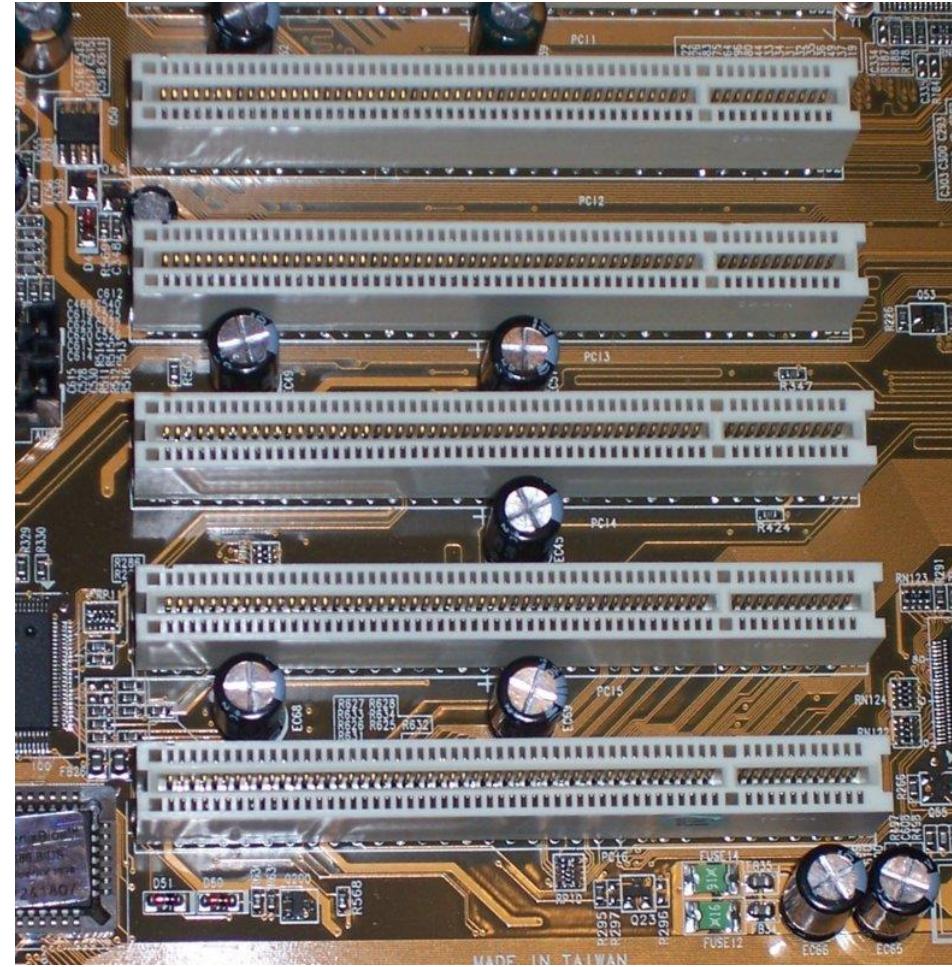


Шина PCI



Шина PCI

- **PCI** (англ. **Peripheral component interconnect** «взаимосвязь периферийных компонентов») — шина ввода-вывода для подключения периферийных устройств к материнской плате компьютера.
- **Стандарт на шину PCI определяет:**
 - **физические параметры** (например, разъёмы и разводку сигнальных линий);
 - **электрические параметры** (например, напряжения);
 - **логическую модель** (например, типы циклов шины, адресацию на шине).
- Интерфейс широко применялся в бытовых компьютерах в период 1995—2005 годов. Затем он был вытеснен более новым стандартом PCI Express, частично совместимым с PCI по программной модели, и различными вариантами шины USB для других применений.



PCI-slots

Шина PCI. Архитектура

- Первоначально 32 проводника адрес/данные на частоте 33 МГц. Позже появились версии с 64 проводниками (используется дополнительная колодка разъема) и частотой 66 МГц.
- Шина децентрализована, нет главного устройства, любое устройство может стать инициатором транзакции. Для выбора инициатора используется арбитраж с отдельно стоящей логикой арбитра. Арбитраж «скрытый», не отбирает времени — выбор нового инициатора происходит во время транзакции, исполняемой предыдущим инициатором.
- Транзакция состоит из 1 или 2 циклов адреса (2 цикла адреса используются для передачи 64-битных адресов, поддерживаются не всеми устройствами, дают поддержку DMA на памяти более 4 Гб) и одного или многих циклов данных. Транзакция со многими циклами данных называется «пакетной» (burst), понимается как чтение/запись подряд идущих адресов и даёт более высокую скорость — один цикл адреса на несколько, а не на каждый цикл данных, и отсутствие простоев (на «успокоение» проводников) между транзакциями.
- Специальные типы транзакций используются для обращений к конфигурационному пространству устройства.
- «Пакетная» транзакция может быть временно приостановлена обоими устройствами из-за отсутствия данных в буфере или его переполнения.

Шина PCI. Архитектура

- Поддерживаются «расщеплённые» транзакции, когда целевое устройство отвечает состоянием «в процессе» и инициатор должен освободить шину для других устройств, захватить её снова через арбитраж и повторить транзакцию. Это делается, пока целевое устройство не ответит «сделано». Используется для сопряжения шин с разными скоростями (сама PCI и Front Side Bus процессора) и для предотвращения тупиковых ситуаций в сценарии со многими межшинными мостами.
- Богатая поддержка межшинных мостов. Богатая поддержка режимов кэширования, таких как:
 - posted write** — данные записи немедленно принимаются мостом, и мост сразу отвечает «сделано», уже после этого пытаясь провести операцию записи на ведомойшине;
 - write combining** — несколько запросов на posted write, идущих подряд по адресам, соединяются в мосте в одну «взрывную» транзакцию на ведомойшине;
 - prefetching** — используется при транзакциях чтения, означает выборку сразу большого диапазона адресов одной «взрывной» транзакцией в кеш моста, дальнейшие обращения исполняются самим мостом без операций на ведомойшине.
- Прерывания поддерживаются либо как Message Signaled Interrupts (новое), либо классическим способом с использованием проводников INTA-D#. Проводники прерываний работают независимо от всей остальной шины, возможно разделение одного проводника многими устройствами.

Шина PCI. Версии

- **PCI 1.0** - Первая спецификация, утвержденная в июне 1992 года.
- **PCI 2.0** - Первая версия базового стандарта, получившая широкое распространение, использовались как карты, так и слоты с сигнальным напряжением только 5 В. Пиковая пропускная способность — 133 Мбайт/с. Материнские платы основанные на чипсетах с поддержкой PCI 2.0 поддерживают работу с периферийными картами PCI версий 2.0 и 2.1 (карты версии PCI 2.2, появившиеся в 1998 году, уже не поддерживаются). Первый чипсет, поддерживающий эту спецификацию, — Intel 430LX (Mercury), появившийся в 1993 году и предназначенный для материнских плат с разъемом Socket 4 для установки первых процессоров Pentium с тактовой частотой 60 МГц и 66 МГц. Арбитраж централизованный.
- **PCI 2.1 — 3.0** - Отличались от версии 2.0 возможностью одновременной работы нескольких шинных задатчиков (англ. bus-master, т. н. конкурентный режим), а также появлением универсальных карт расширения, способных работать как в слотах, использующих напряжение 5 В, так и в слотах, использующих 3,3 В (с частотой 33 и 66 МГц соответственно). Пиковая пропускная способность для 33 МГц — 133 Мбайт/с, а для 66 МГц — 266 Мбайт/с. Арбитраж децентрализованный.
 - **Версия 2.1** — работа с картами, рассчитанными на напряжение 3,3 В, и наличие соответствующих линий питания являлись опциональными.
 - **Версия 2.2** — сделанные в соответствии с этими стандартами карты расширения имеют универсальный ключ разъёма по питанию и способны работать во многих более поздних разновидностях слотов шины PCI, а также, в некоторых случаях, и в слотах версии 2.1.
 - **Версия 2.3** несовместима с картами PCI, рассчитанными на использование 5 В, несмотря на продолжающееся использование 32-битных слотов с 5-вольтовым ключом. Карты расширения имеют универсальный разъём, но не способны работать в 5-вольтовых слотах ранних версий (до 2.1 включительно).
 - **Версия 3.0** завершает переход на карты PCI 3,3 В, карты с напряжением 5 В больше не поддерживаются.

Шина PCI. Версии

- **PCI 64** - Расширение базового стандарта PCI, появившееся в версии 2.1, удваивающее число линий данных и пропускную способность. **Слот PCI 64 является удлинённой версией обычного PCI-слота.** Формально совместимость 32-битных карт с 64-битным слотами (при условии наличия общего поддерживающего сигнального напряжения) полная, а совместимость 64-битной карты с 32-битным слотами является ограниченной (в любом случае произойдёт потеря производительности). Работает на тактовой частоте 33 МГц. Пиковая пропускная способность — 266 Мбайт/с. Арбитраж децентрализованный. Версия 1 использует слот PCI 64-бита и напряжение 5 В. Версия 2 использует слот PCI 64-бита и напряжение 3,3 В.
- **PCI 66** - **Версия PCI 66 является развитием PCI 64, работающим на тактовой частоте 66 МГц**, использует напряжение 3,3 В в слоте; карты имеют универсальный форм-фактор либо на 3,3 В. Пиковая пропускная способность — 533 Мбайт/с. Арбитраж децентрализованный.
- **PCI 64/66** - **Комбинация PCI 64 и PCI 66 позволяет вчетверо увеличить скорость передачи данных по сравнению с базовым стандартом PCI;** использует 64-битные совместимые только с универсальными 3,3-вольтовыми слотами или 3,3-вольтовые 32-битные карты расширения. Карты стандарта PCI64/66 имеют либо универсальный (но имеющий ограниченную совместимость с 32-битными слотами), либо 3,3-вольтовый форм-фактор (последний вариант принципиально не совместим с 32-битными 33-мегагерцовыми слотами популярных стандартов). Пиковая пропускная способность — 533 Мбайт/с. Арбитраж децентрализованный.
- **PCI-X** - **Развитие версии PCI 64.** Для всех вариантов шины существуют следующие ограничения по количеству подключаемых к каждойшине устройств: 66 МГц — 4, 100 МГц — 2, 133 МГц — 1 (или 2, если одно или оба устройства не находятся на платах расширения, а уже интегрированы на одну плату вместе с контроллером), 266, 533 МГц и выше — 1.

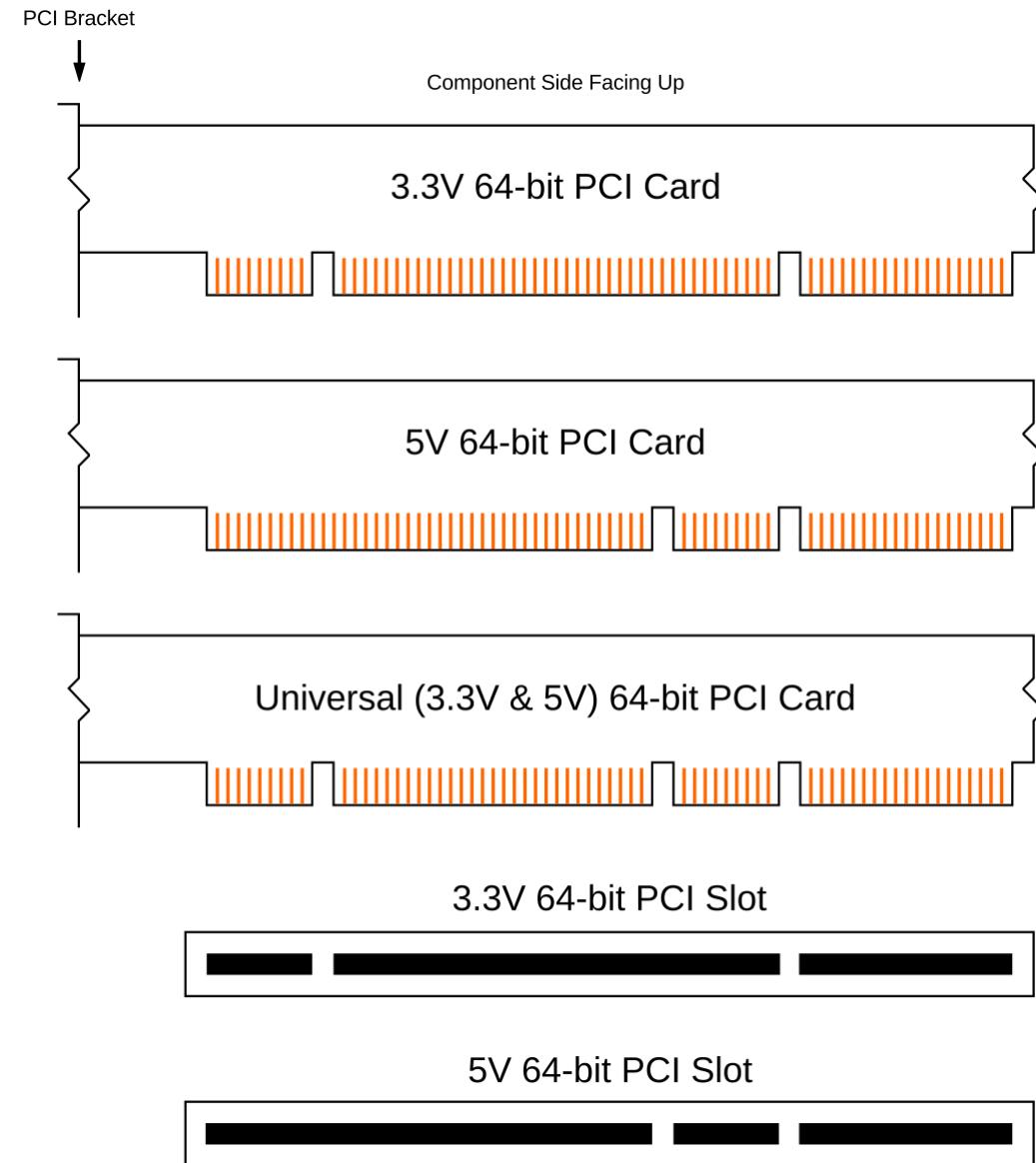
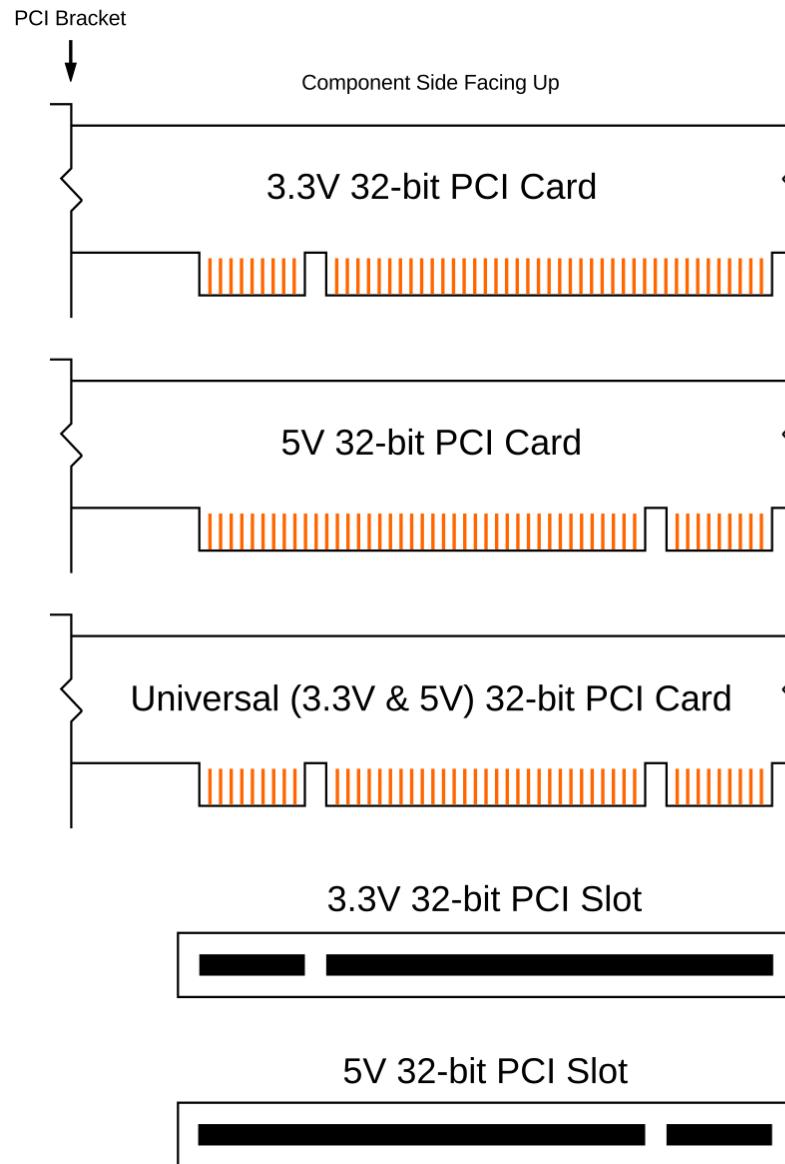
Шина PCI. Версии

- **Mini PCI** - Форм-фактор PCI 2.2, предназначенный для использования, в основном, в ноутбуках.
- **CardBus** - PCMCIA — форм-фактор для 32-битных карт, 33 МГц PCI.
- **CompactPCI** - Используются модули размера Eurocard, включаемые в PCI-backplane.
- **PC/104-Plus** - Индустриальная шина, использующая набор сигналов PCI, но с другим разъёмом.
- **StackPC** - Индустриальная шина, использующая набор сигналов PCI-E.
- **PMC** - PCI Mezzanine Card[англ.] — мезонинная шина, соответствующая стандарту IEEE P1386.1.
- **ATCA** - Шина следующего поколения для телекоммуникационной индустрии на основе интерфейса PCI Express
- **PCI Express** (ранее известный как 3GIO и Arapaho) — последовательный интерфейс, использующий программную модель PCI, однако обладающий более производительным физическим уровнем (используется LVDS и новые разъёмы)[8].
- **Universal PCI** — вариация интерфейса PCI, слот которого имеет два ключа — выступа внутри разъема. В основном, применяется в промышленном оборудовании.

Шина PCI. Спецификация

- **частота шины** — 33,33 или 66,66 МГц, передача синхронная;
- **разрядность шины** — 32 или 64 бита, шина мультиплексированная (адрес и данные передаются по одним и тем же линиям);
- **пиковая пропускная способность** для 32-разрядного варианта, работающего на частоте 33,33 МГц — 133 Мбайт/с;
- **адресное пространство памяти** — 32 бита (4 байта);
- **адресное пространство портов ввода-вывода** — 32 бита (4 байта);
- **конфигурационное адресное пространство** (для одной функции) — 256 байт;
- **напряжение** — 3,3 или 5 В.

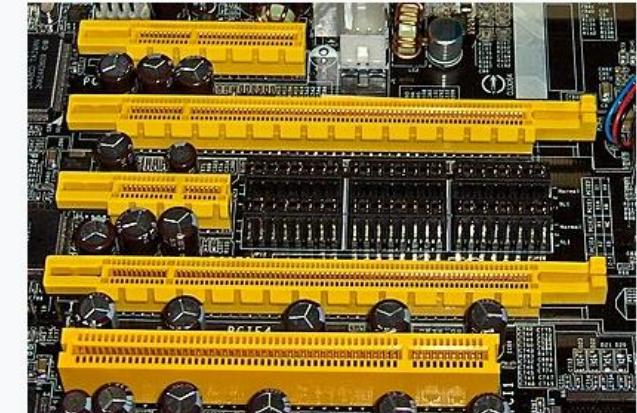
Типы PCI-слотов



PCI Express

- **PCI Express** (англ. **Peripheral Component Interconnect Express**), или PCIe, или PCI-e; также известная как 3GIO (3rd Generation I/O) — компьютерная шина (хотя на физическом уровне шиной не является, будучи соединением типа «точка-точка»), использующая программную модель шины PCI и высокопроизводительный физический протокол, основанный на последовательной передаче данных.
- Разработка стандарта PCI Express была начата фирмой Intel после отказа от шины InfiniBand. Официально первая базовая спецификация PCI Express появилась в июле 2002 года. Развитием стандарта PCI Express занимается организация PCI Special Interest Group. Первые продукты (материнские платы и видеокарты) с поддержкой стандарта PCI Express были представлены в середине 2004 года.

PCI Express



Слоты (сверху вниз): PCIe x4, PCIe x16, PCIe x1, PCIe x16, стандартный слот PCI

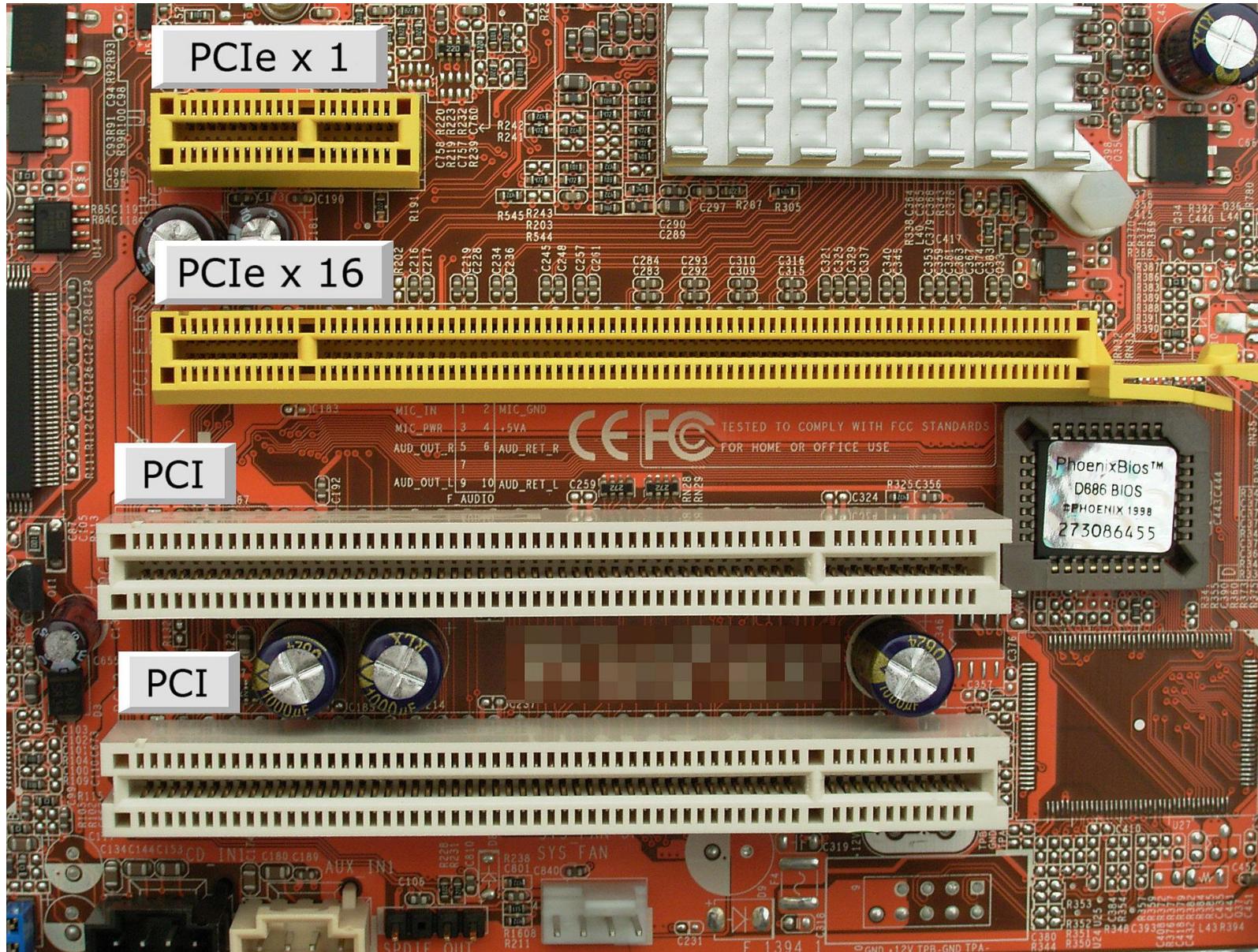
Тип	шина
История	
Разработчик	Intel, PCI SIG, Dell, HP, IBM
Разработано	2003
Вытеснил	AGP, PCI-X, PCI
Спецификации	
Горячая замена	нет
Внешнее	да
Параметры данных	
Пропускная способность	от 500 Мб/с до 512 Гб/с ^[1]
Протокол	последовательный

Медиафайлы на Викискладе

PCI Express. Описание

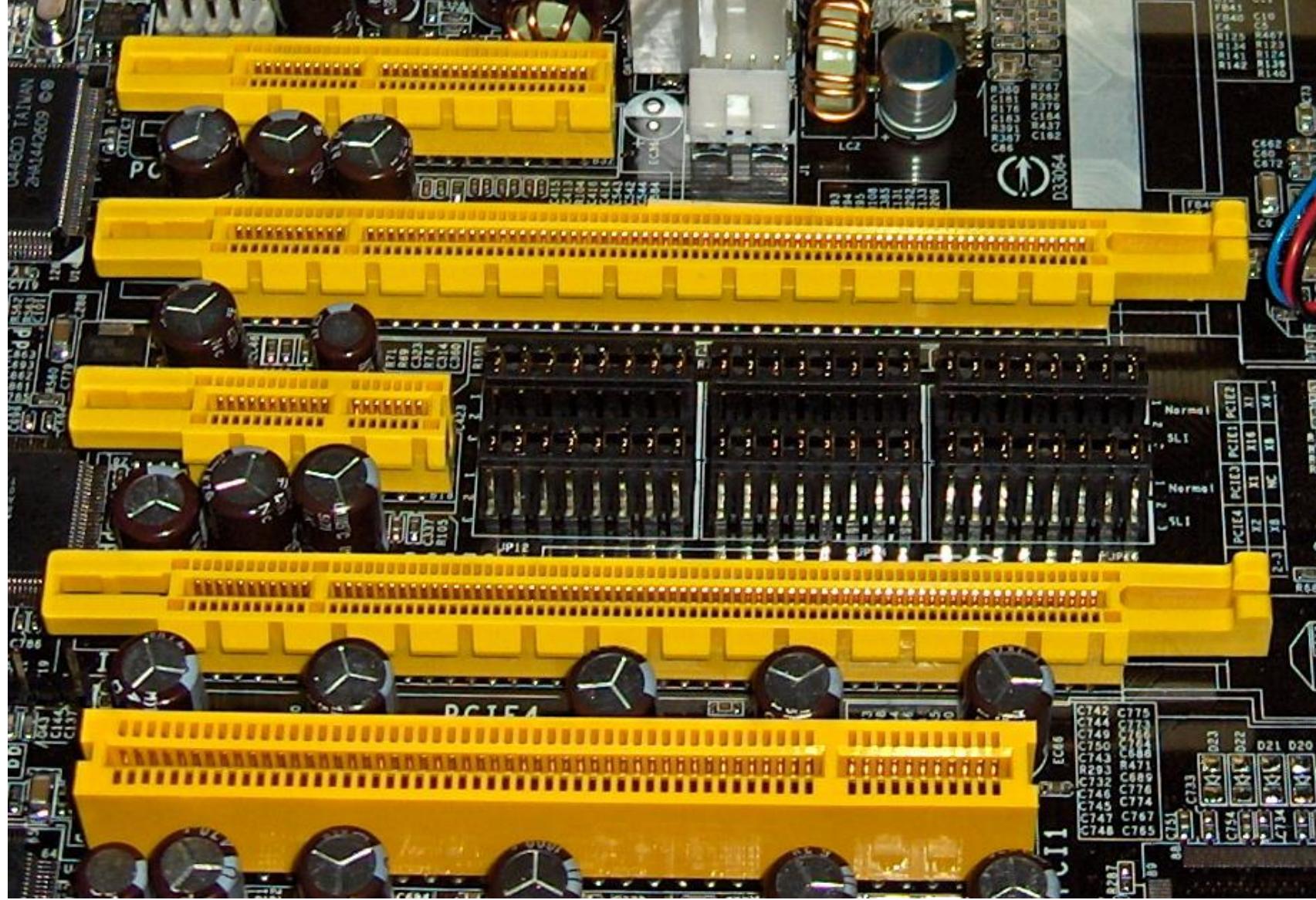
- В отличие от стандарта PCI, использовавшего для передачи данных общую шину с подключением параллельно нескольких устройств, PCI Express, в общем случае, является пакетной сетью с топологией типа звезды.
- Устройства PCI Express взаимодействуют между собой через среду, образованную коммутаторами, при этом каждое устройство напрямую связано соединением типа точка-точка с коммутатором.
- Кроме того, шиной PCI Express поддерживается:
 - горячая замена карт;
 - гарантированная полоса пропускания (QoS);
 - управление энергопотреблением;
 - контроль целостности передаваемых данных.
- Шина PCI Express нацелена на использование только в качестве локальной шины. Так как программная модель PCI Express во многом унаследована от PCI, то существующие системы и контроллеры могут быть доработаны для использования шины PCI Express заменой только физического уровня, без доработки программного обеспечения.
- Высокая пиковая производительность шины PCI Express позволяет использовать её вместо шин AGP и тем более PCI и PCI-X. Де-факто PCI Express заменила эти шины в персональных компьютерах.

PCI слоты



Слоты PCI-Express (сверху, желтые) и **PCI** (снизу, белые) на материнской плате, для сравнения. Данные шины различаются шагом контактов, размером и расположением ключа — выступа внутри разъема, предотвращающего от установки несовместимых устройств

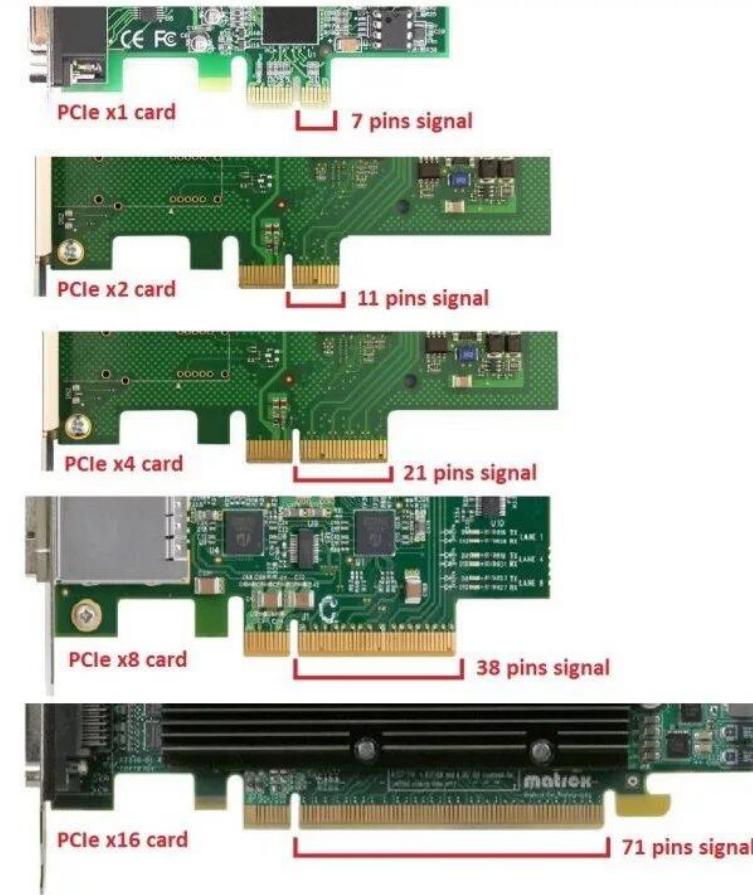
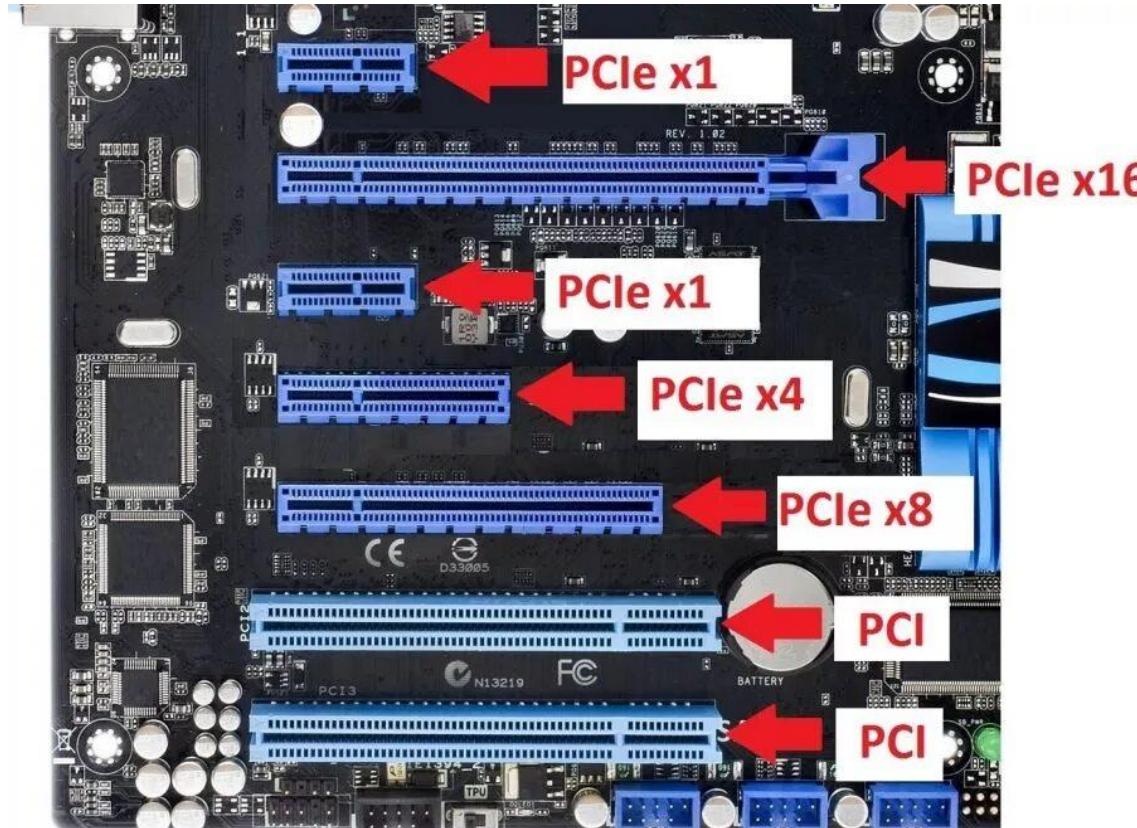
PCI слоты



Слоты (сверху вниз):

- PCIe x4,
- PCIe x16,
- PCIe x1,
- PCIe x16,
- стандартный слот PCI

PCI слоты



PCIe x1 card can be inserted and will work correctly in a x1, x4, x8, x16 slot.
PCIe x2 card can be inserted and will work correctly in a x4, x8, x16 slot.
PCIe x4 card can be inserted and will work correctly in a x4, x8, x16 slot.
PCIe x8 card can be inserted and will work correctly in a x8, x16 slot.
PCIe x16 card can be inserted and will work correctly only in a x16 slot.

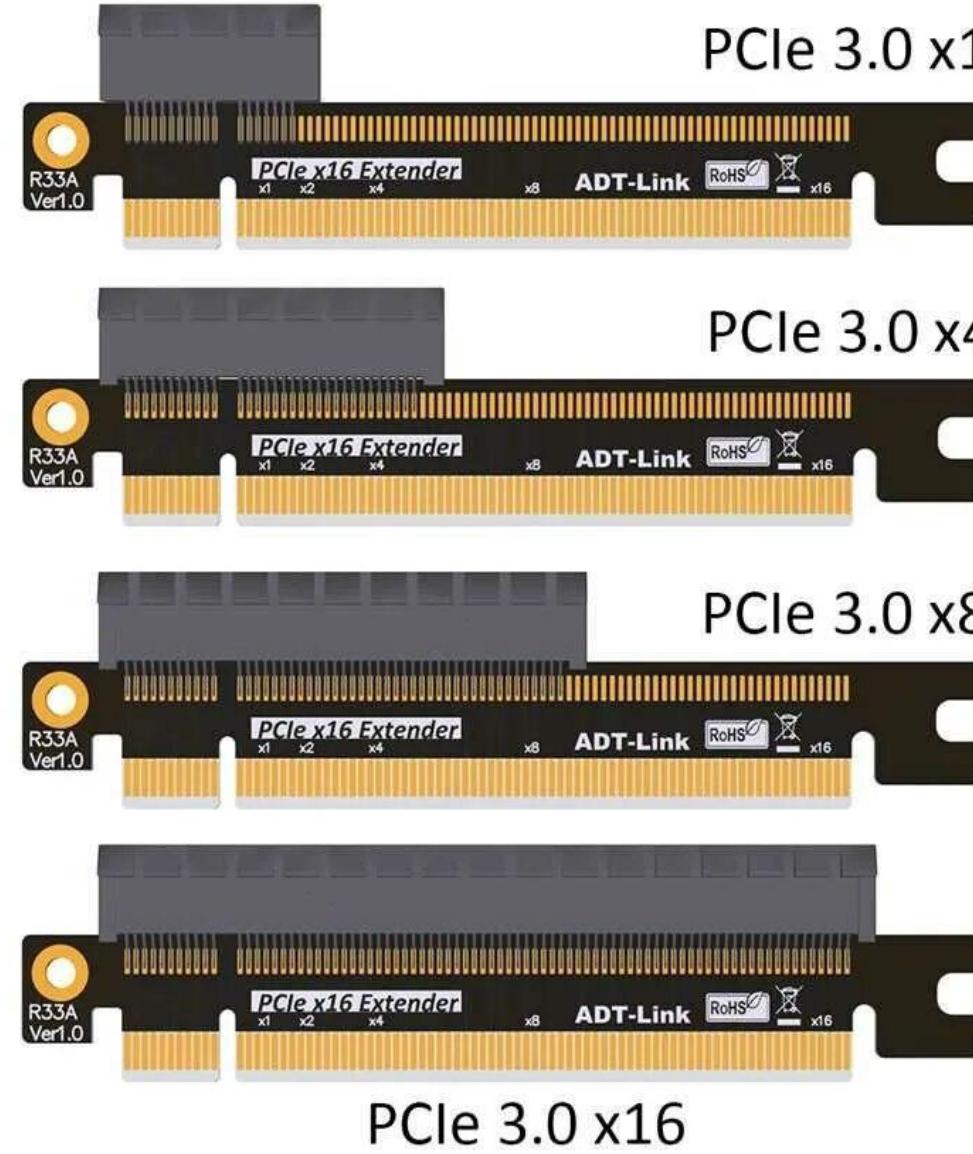
Пропускная способность PCIe

- **PCIe является полнодуплексным протоколом**, то есть потоки приёма и передачи имеют независимые каналы и одинаковые максимальные скорости. Скорость компьютерных шин принято выражать в гигатранзакциях в секунду. За 1 транзакцию передаётся одно кодовое слово. Для расчёта пропускной способности 1 линии шины необходимо учесть кодировку 8b/10b (англ. 8b/10b encoding) (для PCI-E 3.0 и выше — 128b/130b (англ. 128b/130b encoding)).
- **Например, пропускная способность линии PCIe 1.0 составляет:**
$$2,5 \text{ ГТ/с} \cdot 8/10 \text{ бит/Т} = 2 \text{ Гбит/с} = 0,25 \text{ ГБайт/с}$$
- **А, пропускная способность одной линии PCIe 3.0-3.1:**
$$8 \text{ ГТ/с} \cdot 128/130 \text{ бит/Т} = 7,88 \text{ Гбит/с} = 0,98 \text{ ГБайт/с (15.75 для 16 линий)}$$
- Несмотря на то, что стандарт допускает 32 линии на порт, такие решения физически достаточно громоздки для прямой реализации и выпускаются только в проприетарных разъёмах.

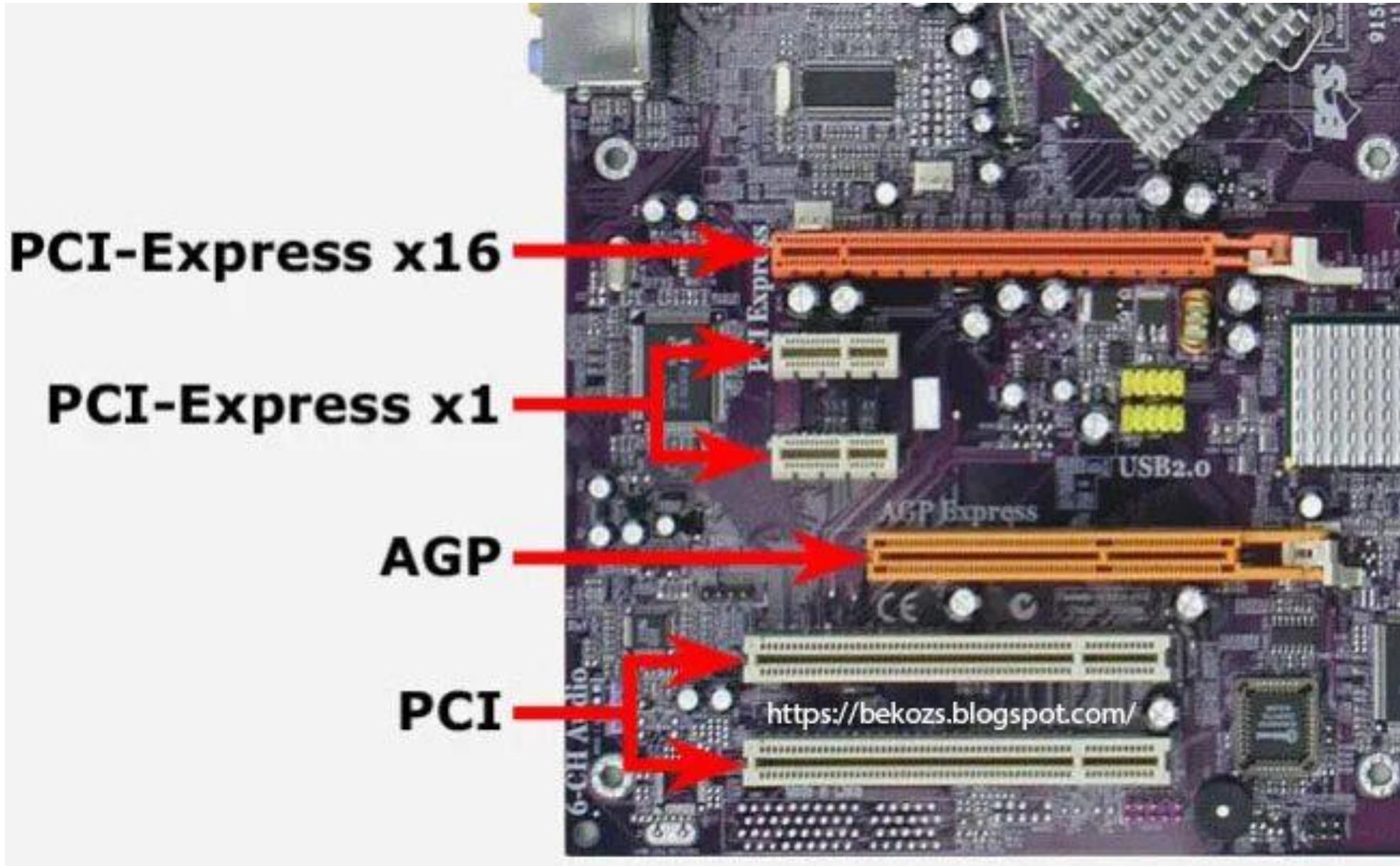
Пропускная способность PCI Express в дуплексе, Гбайт/с

Год выпуска	Версия PCI Express	Кодирование	Скорость передачи одной линии	Пропускная способность на X линий полудуплекс				
				×1	×2	×4	×8	×16
2002	1.0-1.1	8b/10b	2,5 ГТ/с	0.250 GB/s	0.500 GB/s	1.000 GB/s	2.000 GB/s	4.000 GB/s
2007	2.0-2.1	8b/10b	5 ГТ/с	500 МБайт/с = 0,5 ГБайт/с	1 Гбайт/с	2 Гбайт/с	4 Гбайт/с	8 Гбайт/с
2010	3.0-3.1	128b/130b	8 ГТ/с	1 Гбайт/с	2 Гбайт/с	4 Гбайт/с	8 Гбайт/с	16 Гбайт/с
2017	4.0	128b/130b	16 ГТ/с	2 Гбайт/с	4 Гбайт/с	8 Гбайт/с	16 Гбайт/с	32 Гбайт/с (256 Gbit/s)
2019	5.0	128b/130b	32 ГТ/с	4 Гбайт/с	8 Гбайт/с	16 Гбайт/с	32 Гбайт/с	64 Гбайт/с (512 Gbit/s)
2022	6.0	242B/256B, PAM-4, FEC, FLIT	64 ГТ/с	8 Гбайт/с	16 Гбайт/с	32 Гбайт/с	64 Гбайт/с	128 Гбайт/с (1024 Gbit/s)
2025	7.0	242B/256B, PAM-4, FEC, FLIT	128 ГТ/с	16 Гбайт/с	32 Гбайт/с	64 Гбайт/с	128 Гбайт/с	256 Гбайт/с (2048 Gbit/s)

PCIe (PCI Express)



PCIe (PCI Express)



PCIe (PCI Express)

- **Так что же использует такие разъемы?**

Наиболее распространенные варианты:

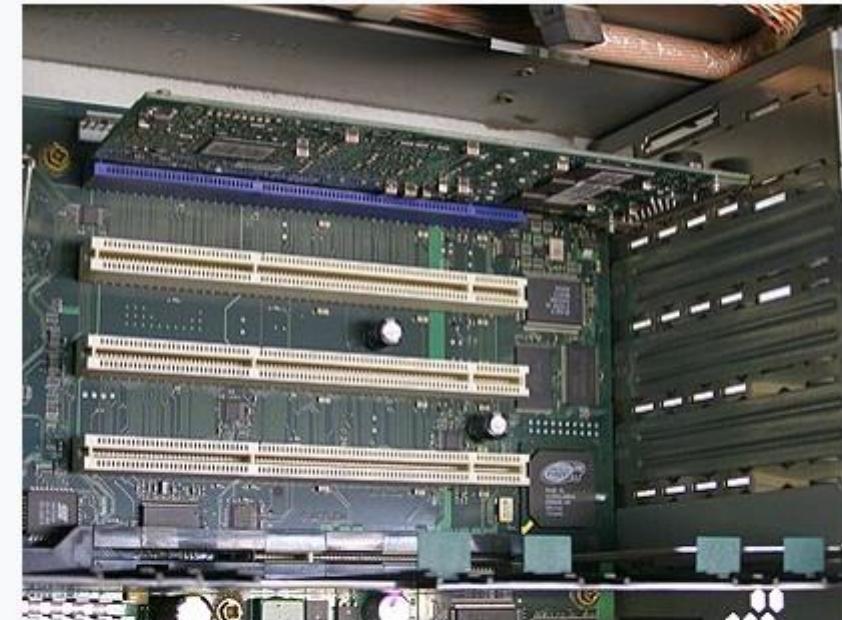
- **16 линий** — видеокарта;
- **4 линии** — твердотельные накопители (SSD);
- **1 линия** — звуковые карты и сетевые адаптеры.



PCI-X

- **PCI-X** (сокр. от **Peripheral Component Interconnect eXtended**, с англ. **расширенное соединение периферийных компонентов**) — это стандарт компьютерной шины и платы расширения, который улучшает 32-битную локальную шину PCI для более высокой пропускной способности, необходимой в основном для серверов и рабочих станций.
- Он использует модифицированный протокол для поддержки более высоких тактовых частот (до 133 МГц), но в остальном похож на электрическую реализацию.
- PCI-X 2.0 увеличил скорость шины до 533 МГц со снижением уровня электрического сигнала.

PCI-X



Разъёмы PCI-X на материнской плате сервера FSC Primergy TX200 S2.

История

Разработчик

IBM, HP и Compaq

Разработано

1998

Вытеснено

PCI-Express

Параметры данных

Пропускная способность

266-4266Мб/с

Протокол

Параллельный

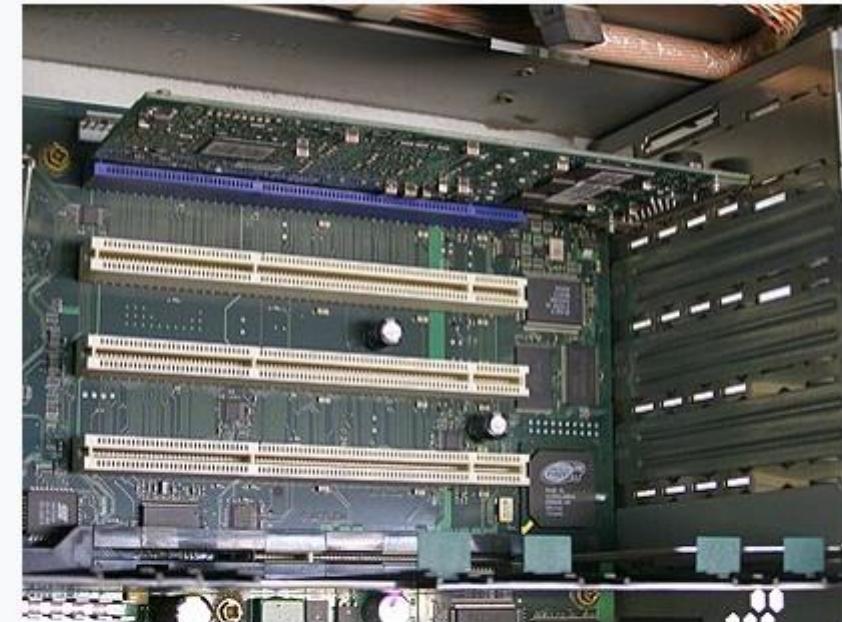


Медиафайлы на Викискладе

PCI-X

- Слот физически представляет собой слот PCI на 3,3 В с точно таким же размером, расположением и назначением контактов. Электрические спецификации совместимы, но они имеют более строгие требования. Однако, в то время как большинство обычных слотов PCI представляют собой 32-разрядную версию длиной 85 мм, большинство устройств PCI-X используют 64-разрядный слот длиной 130 мм, и 64-разрядные разъёмы PCI и поддержка PCI-X стали рассматриваться как синонимы.
- PCI-X фактически полностью определён как для 32-, так и для 64-битных разъёмов PCI, а PCI-X 2.0 добавил 16-битный вариант для встраиваемых приложений.
- В современных разработках он был заменён похожим по звучанию PCI Express** (официально сокращённо PCIe) с совершенно другим физическим разъёмом и совершенно другой электрической схемой, имеющей одну или несколько узких, но быстрых линий последовательного соединения вместо количества медленных параллельных подключений.

PCI-X



Разъёмы PCI-X на материнской плате сервера FSC Primergy TX200 S2.

История

Разработчик

IBM, HP и Compaq

Разработано

1998

Вытеснено

PCI-Express

Параметры данных

Пропускная способность

266-4266Мб/с

Протокол

Параллельный



Медиафайлы на Викискладе

PCI-X. Версии

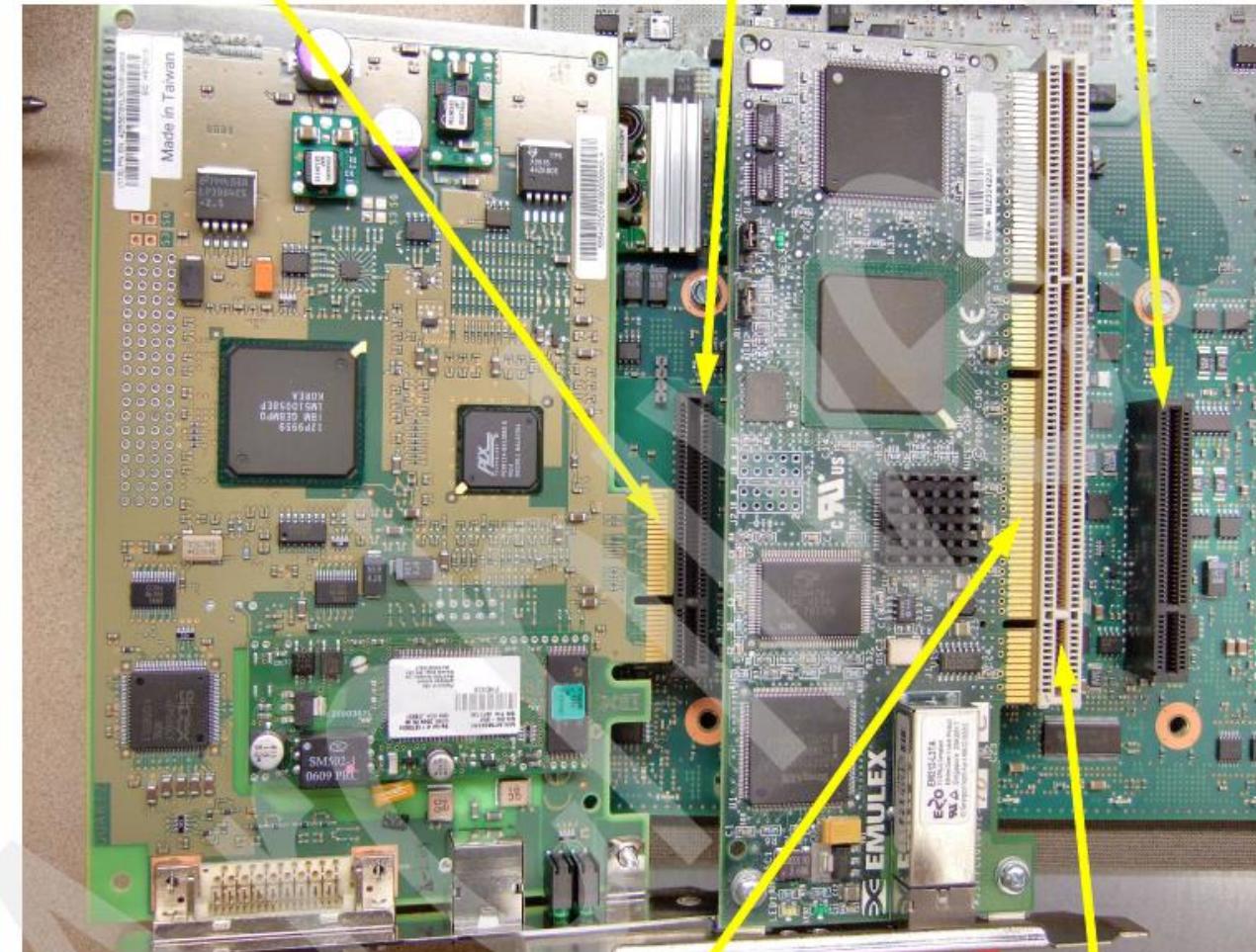
- Практически все карты или **слоты PCI-X имеют 64-битную реализацию и различаются следующим образом:**
- **Карты**
 - 66 МГц(Добавлено в версии 1.0)
 - 100 МГц(работает в слотах 133 МГц, понижая частоту шины до 100 МГц)
 - 133 МГц(Добавлено в версии 1.0)
 - 266 МГц(Добавлено в версии 2.0)
 - 533 МГц(Добавлено в версии 2.0)
- **Слоты**
 - 66 МГц(скорость как у 64-битного PCI 66 МГц, можно найти на старых серверах)
 - 133 МГц (наиболее распространённый)
 - 266 МГц (встречается редко на x86, основная шина на IBM pSeries той эпохи)
 - 533 МГц (встречается редко)

PCI-X. Сравнение с PCI-Express

- **PCI-X часто путают по имени с похожим по звучанию PCI Express**, обычно сокращённо PCI-E или PCIe, хотя сами карты совершенно несовместимы и выглядят по-разному. Хотя обе они являются высокоскоростными компьютерными шинами для внутренних периферийных устройств, они во многом различаются. Во-первых, **PCI-X — это 64-битный параллельный интерфейс, обратно совместимый с 32-битными устройствами PCI**. PCIe — это последовательное соединение «точка-точка» с другим физическим интерфейсом, разработанным для замены как PCI, так и PCI-X.
- **Шины PCI-X и стандартные шины PCI могут работать на мосту PCIe**, аналогично тому, как шины ISA работают на стандартных шинах PCI на некоторых компьютерах. PCIe также соответствует PCI-X и даже PCI-X 2.0 по максимальной пропускной способности. PCIe 1.0 x1 предлагает 250 МБ/с в каждом направлении (линия), и в настоящее время поддерживается до 16 линий (x16) в каждом направлении в полнодуплексном режиме, что обеспечивает максимальную пропускную способность 4 ГБ/с в каждом направлении. PCI-X 2.0 предлагает (в максимальном 64-разрядном варианте 533 МГц) максимальную пропускную способность 4266 МБ/с (~4,3 ГБ/с), хотя и только в полнодуплексном режиме.
- **PCI-X имеет технологические и экономические недостатки по сравнению с PCI Express**. 64-битный параллельный интерфейс требует сложной маршрутизации трассировок, поскольку, как и во всех параллельных интерфейсах, сигналы от шины должны поступать одновременно или в течение очень короткого окна, а шум от соседних слотов может вызывать помехи. Последовательный интерфейс PCIe сталкивается с меньшим количеством таких проблем и, следовательно, не требует таких сложных и дорогих конструкций. Шины PCI-X, как и стандартный PCI, являются полнодуплексными двунаправленными, тогда как шины PCIe являются полнодуплексными двунаправленными. **Шины PCI-X работают так же быстро, как и самое медленное устройство, тогда как устройства PCIe могут независимо согласовывать скорость шины**. Кроме того, слоты PCI-X длиннее, чем от PCIe 1x до PCIe 16x, что делает невозможным изготовление коротких карт для PCI-X. Слоты PCI-X занимают довольно много места на материнских платах, что может быть проблемой для ATX и меньших форм-факторов.

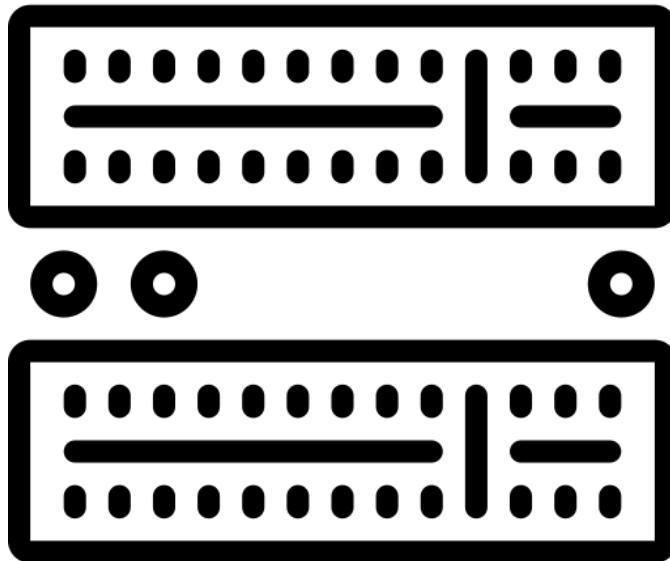
PCIe x4 Card Connector

PCIe x8 Slots



PCI-X 64 bit Card Connector

PCI-X DDR 64 bit Slot



Шина AGP



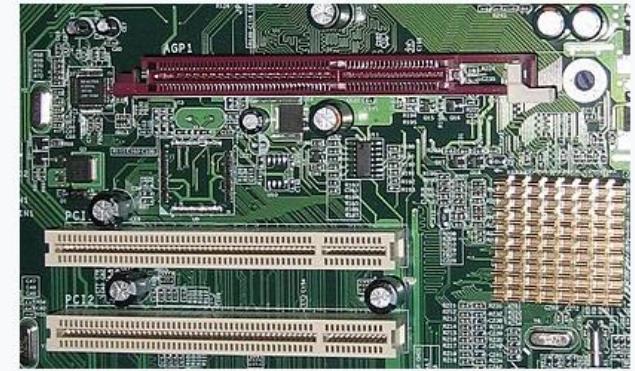
AGP

- **AGP** (от англ. **Accelerated Graphics Port, порт графического ускорителя**) — специализированная 32-разрядная системная шина для видеокарты, разработанная в 1996 году компанией Intel. Появилась одновременно с чипсетами для процессора Intel Pentium MMX; у сторонних производителей появилась в чипсете Apollo MVP3 и MVP5 с Super Socket 7. Основной задачей разработчиков было увеличение производительности и уменьшение стоимости видеокарты за счёт уменьшения количества встроенной видеопамяти.
- По замыслу Intel, большие объёмы видеопамяти для AGP-карт были бы не нужны, поскольку технология предусматривала высокоскоростной доступ к общей памяти.
- **Её отличия от предшественницы, шины PCI:**
 - работа на тактовой частоте 66 МГц;
 - увеличенная пропускная способность;
 - режим работы с памятью DMA и DME;
 - разделение запросов на операцию и передачу данных;
 - возможность использования видеокарт с большим энергопотреблением, нежели PCI.

Accelerated Graphics Port (AGP)



ACCELERATED
GRAPHICS PORT



Слот AGP (бордовый) и два слота PCI (белые)

Тип	Шина
История	
Разработчик	Intel
Разработано	1996
Вытеснил	PCI (в качестве разъёма для видеоадаптера)
Вытеснено	PCI Express (2004)

Спецификации	
Горячая замена	нет
Полоса пропускания	66 МГц (AGP 1.0)

Параметры данных	
Битовая ширина	32 бита
Макс. устройств	1 на слот



Медиафайлы на Викикладе

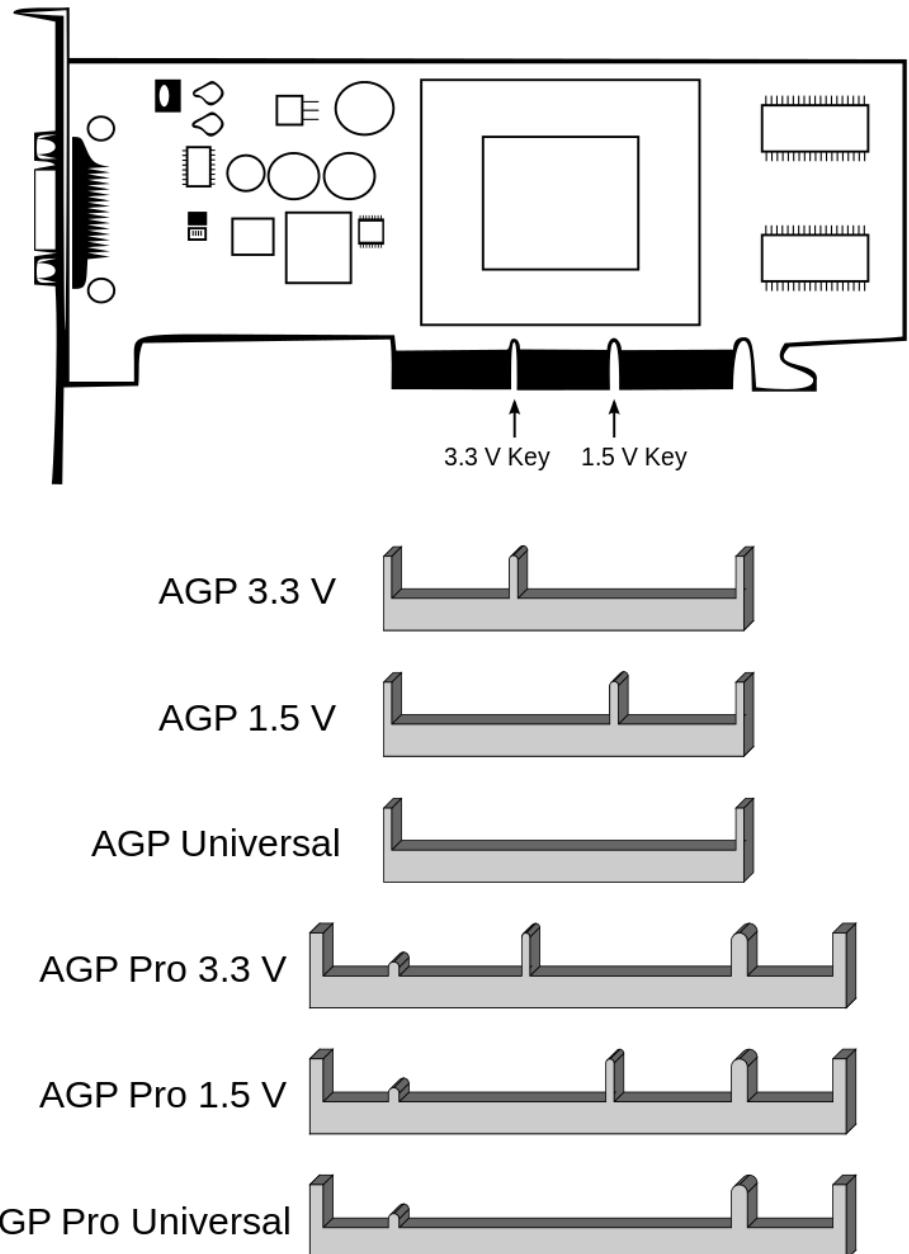
Шина AGP

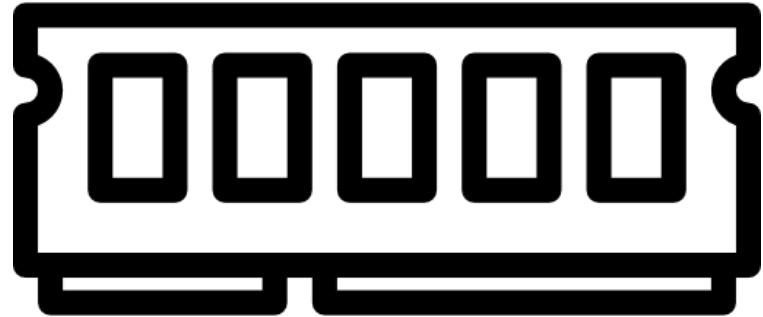
С середины 2000-х материнские платы со слотами AGP практически не выпускаются.

Стандарт AGP был повсеместно вытеснен на рынке более быстрым и универсальным PCI Express.

Массовая замена разъема AGP на PCI-express в новых продуктах началась с середины 2004 года, и уже в 2006 году процесс перехода был, в целом, завершен.

Последними материнскими платами с AGP стали платы на чипсетах Intel поколения 8xx, Socket 775 и nForce 3 от nVidia, Socket 939 и AM2.





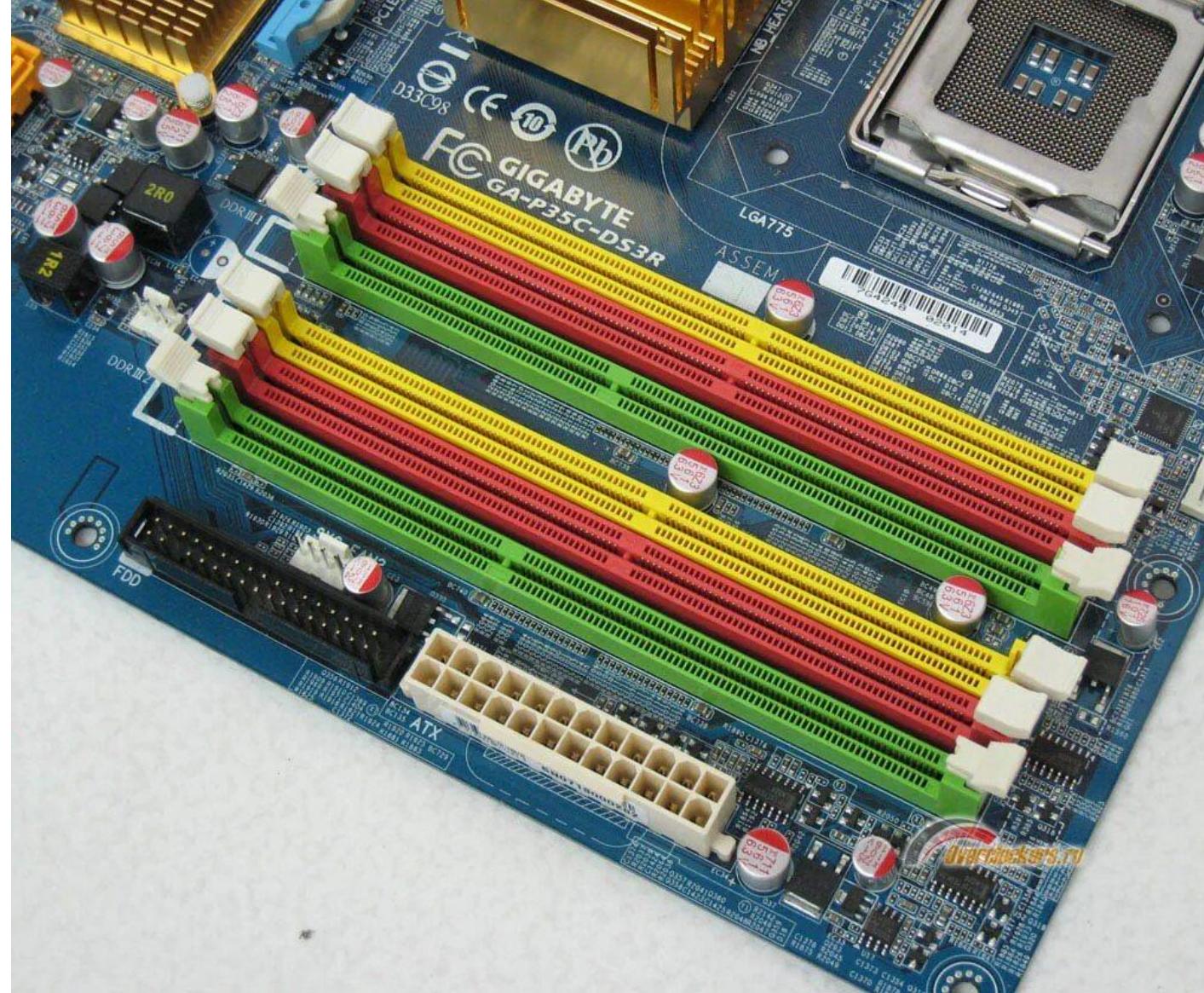
Слоты
оперативной
памяти



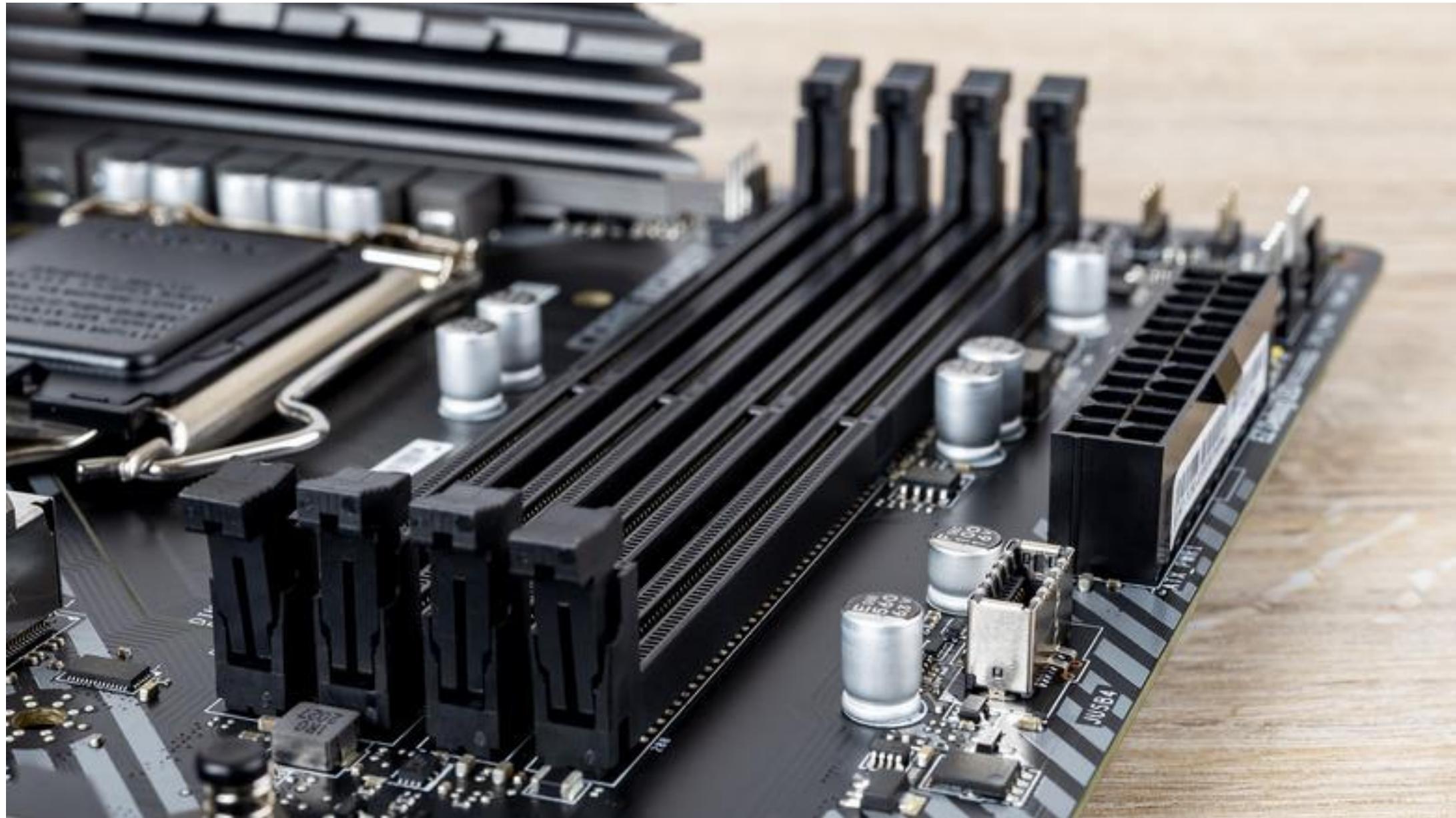
Слоты оперативной памяти

- Для планок оперативной памяти (ОЗУ) на материнской плате есть специальные слоты. В современных системах контроллер памяти находится внутри процессора. Поэтому токопроводящие дорожки на материнской плате соединяют слоты ОЗУ для обмена данными напрямую с сокетом ЦП.
- Актуальные процессоры для домашних ПК имеют двухканальные контроллеры памяти, поэтому у плат с двумя слотами для планок ОЗУ каждый канал памяти разведен на один слот. А у плат с четырьмя слотами каждый канал подключен к паре из них.
- Питание оперативная память получает с VRM. Для этого в модуле регулировки напряжения есть одна или несколько отдельных фаз, которые обслуживают слоты оперативной памяти.

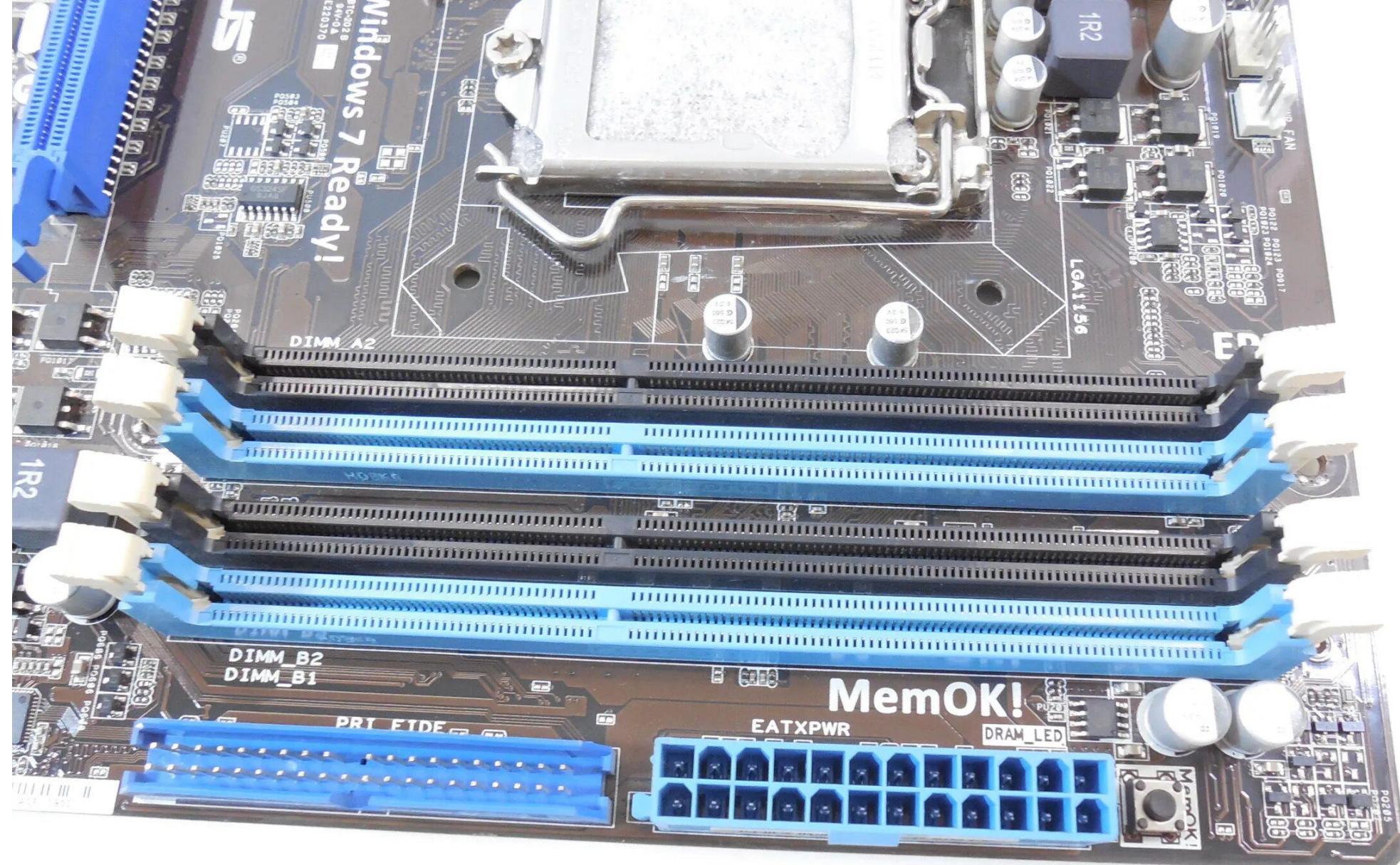
Слоты для оперативной памяти



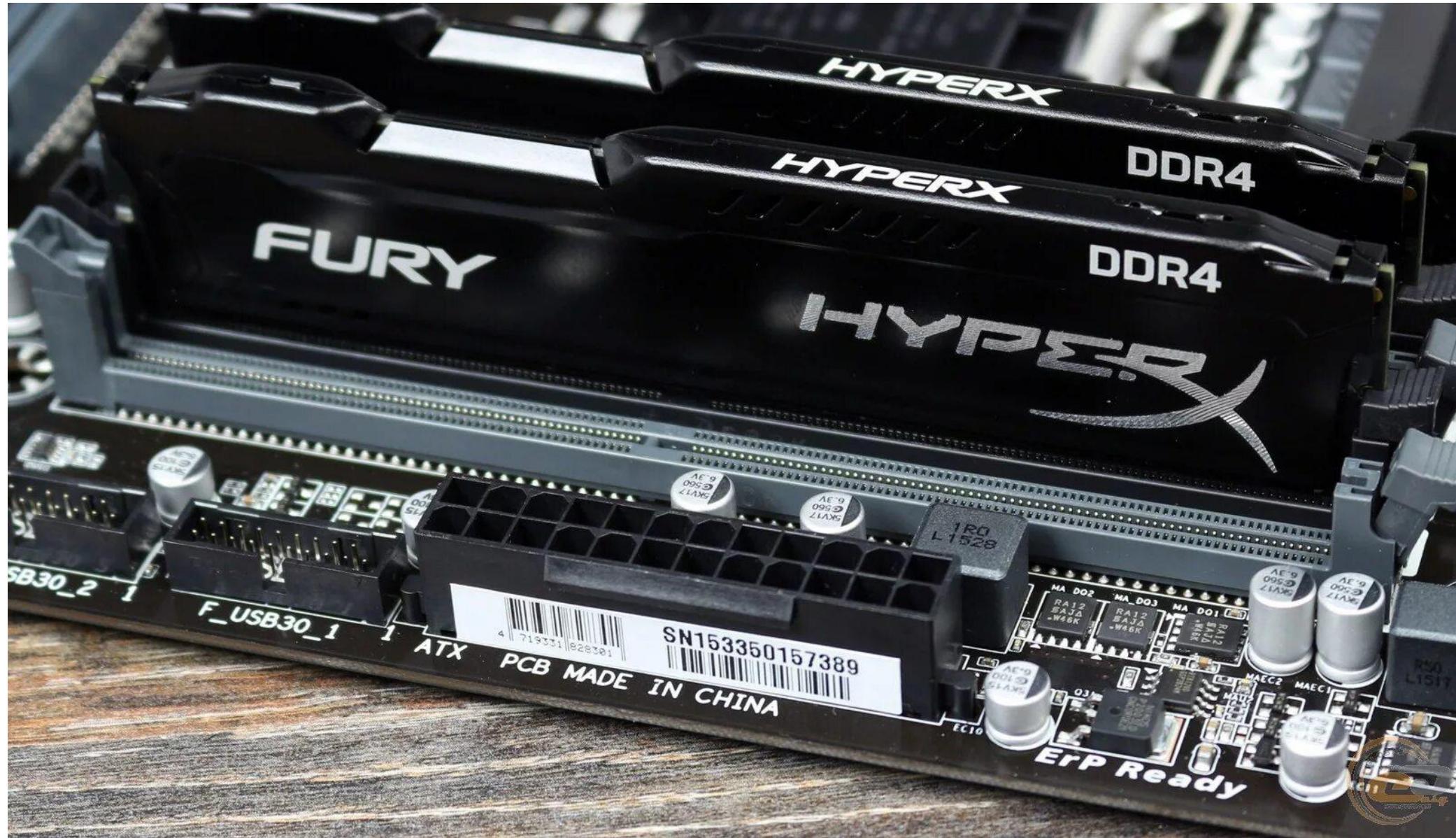
Слоты для оперативной памяти



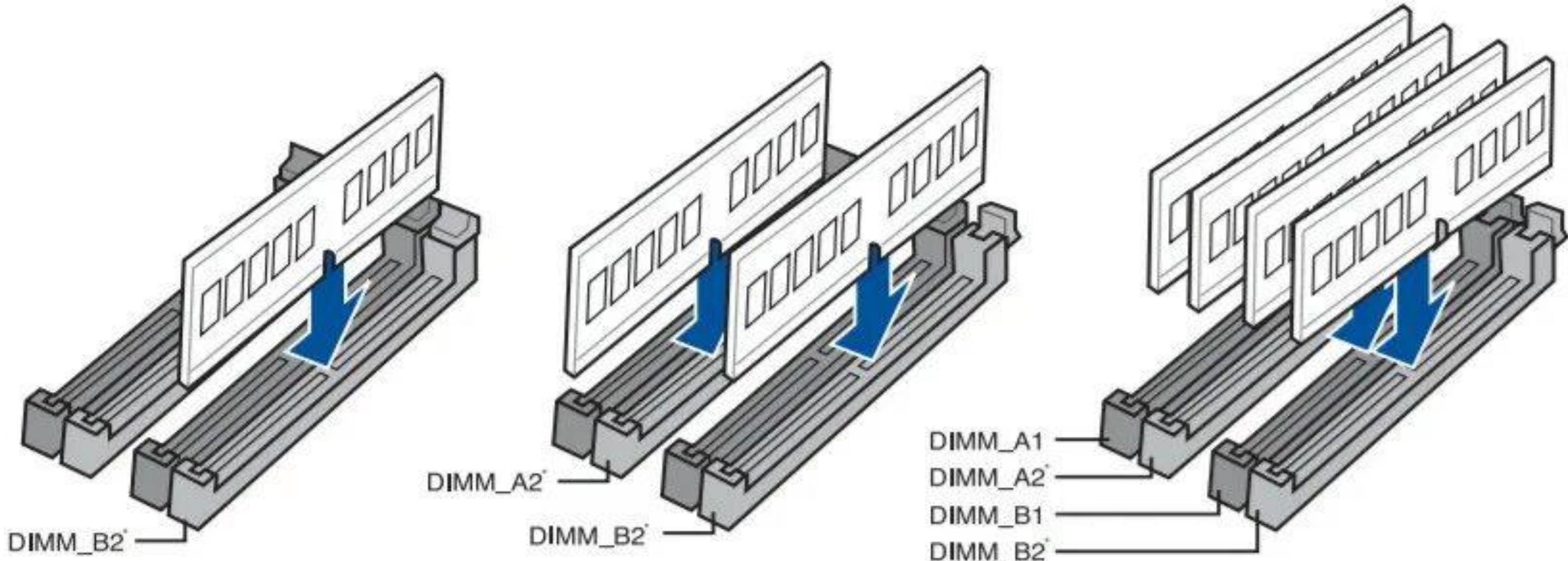
Слоты для оперативной памяти



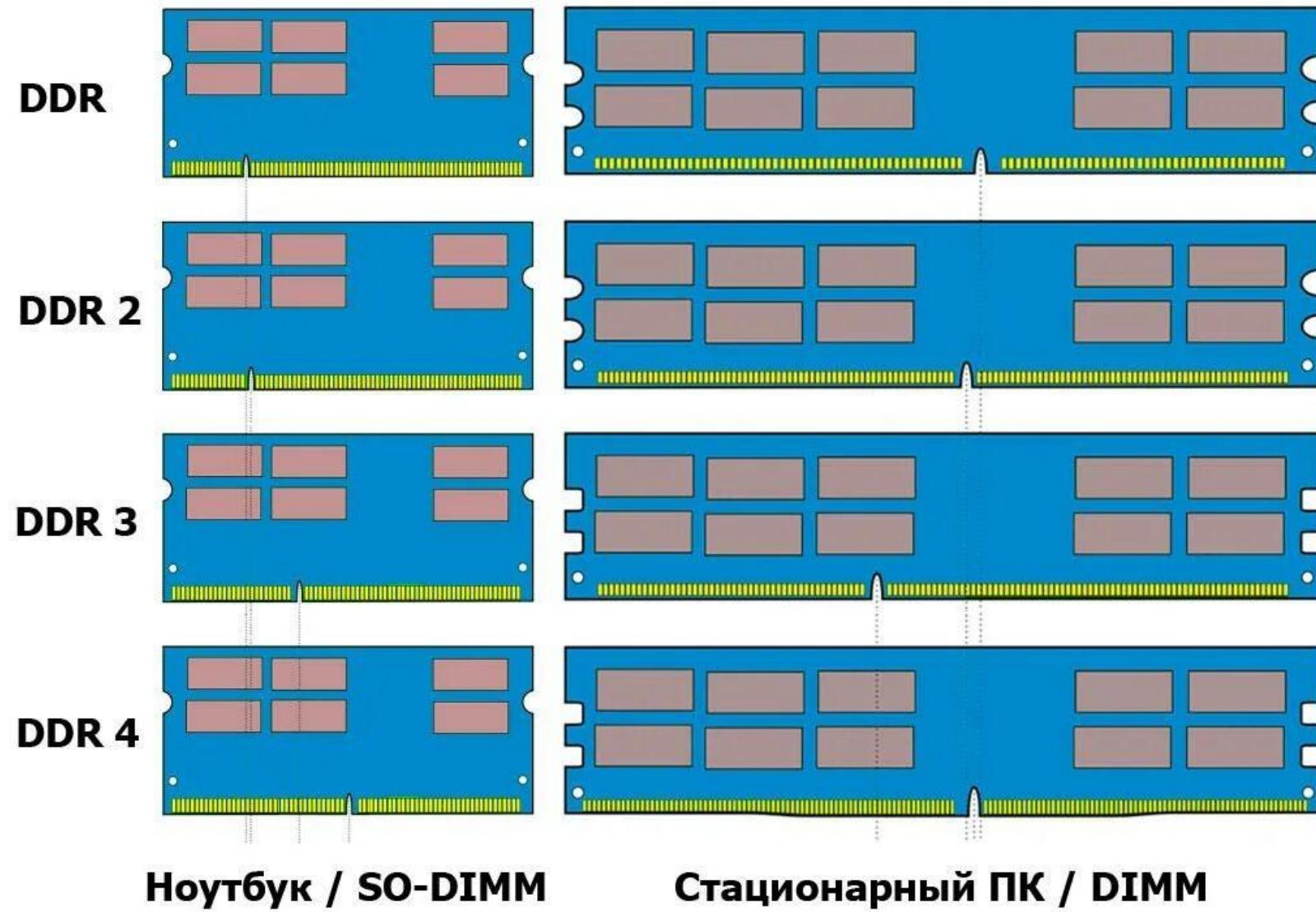
Слоты для оперативной памяти



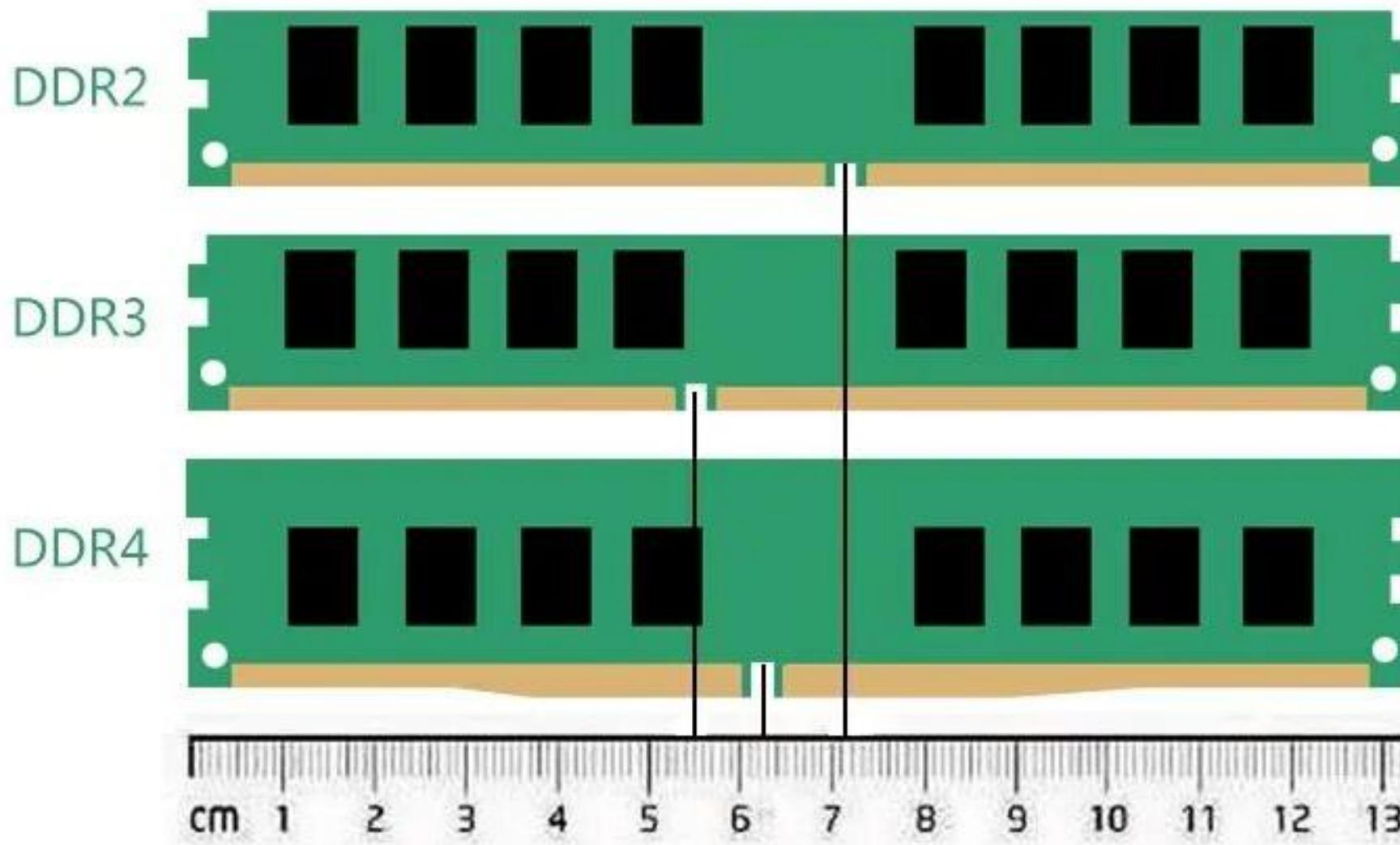
Слоты для оперативной памяти

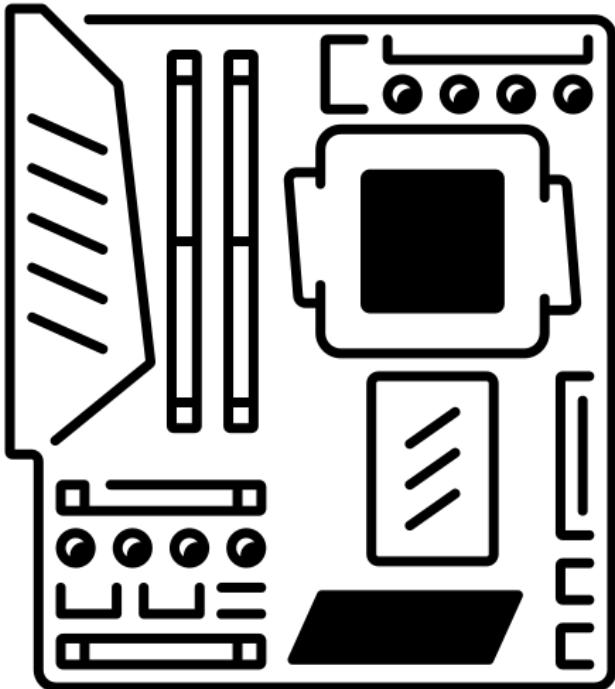


Оперативная память

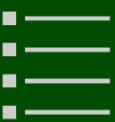


Оперативная память



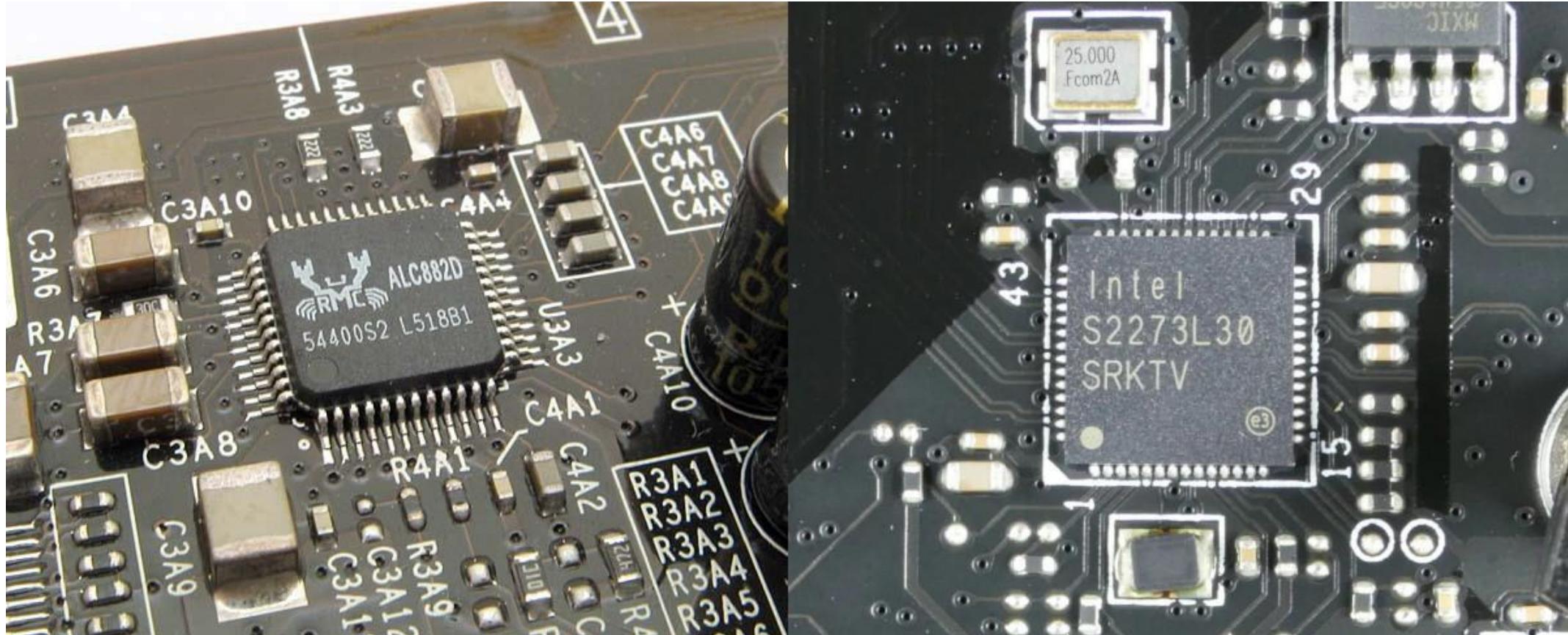


Контроллеры на
материнской плате
(Звук, Сеть и т.д.)



Контроллеры – Аудио и Сеть

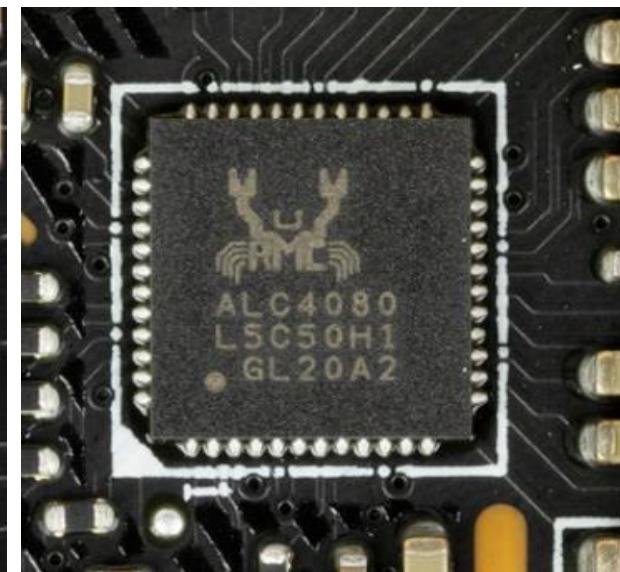
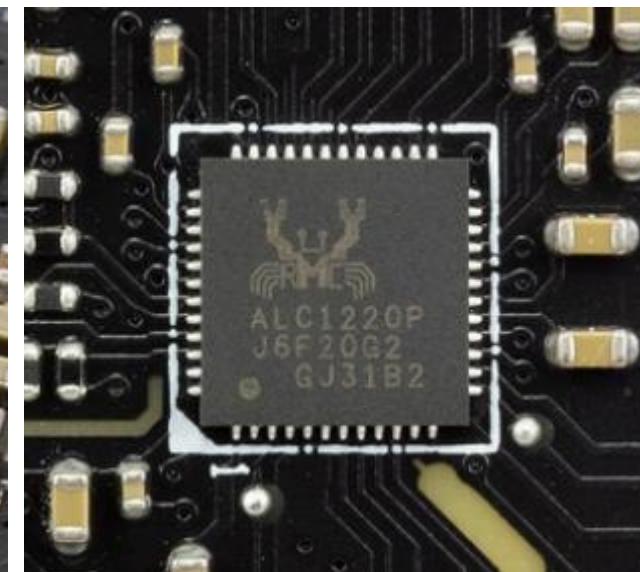
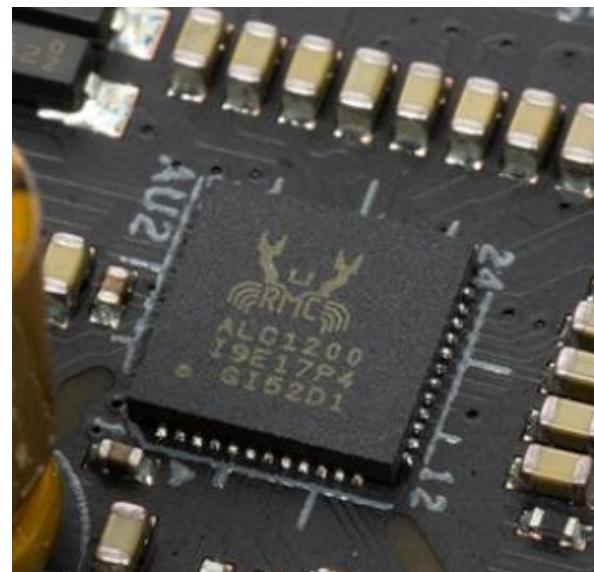
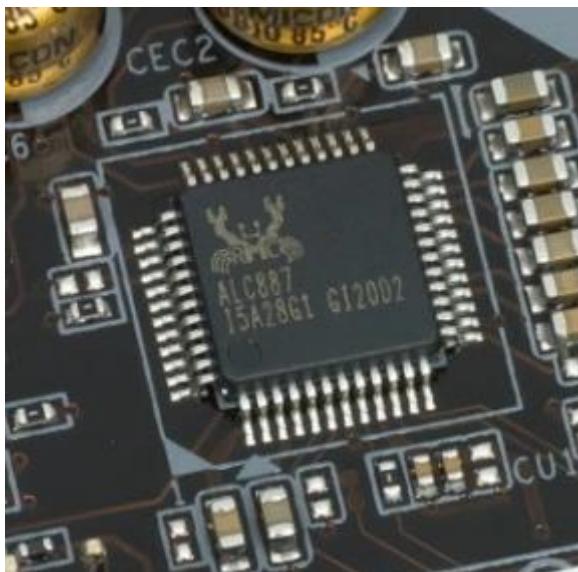
- Обязательные контроллеры на любой плате — кодек аудио и сетевой чип.** Эти микросхемы отвечают за работу звука и проводной сети.



Слева — аудиокодек, справа — контроллер проводной сети.

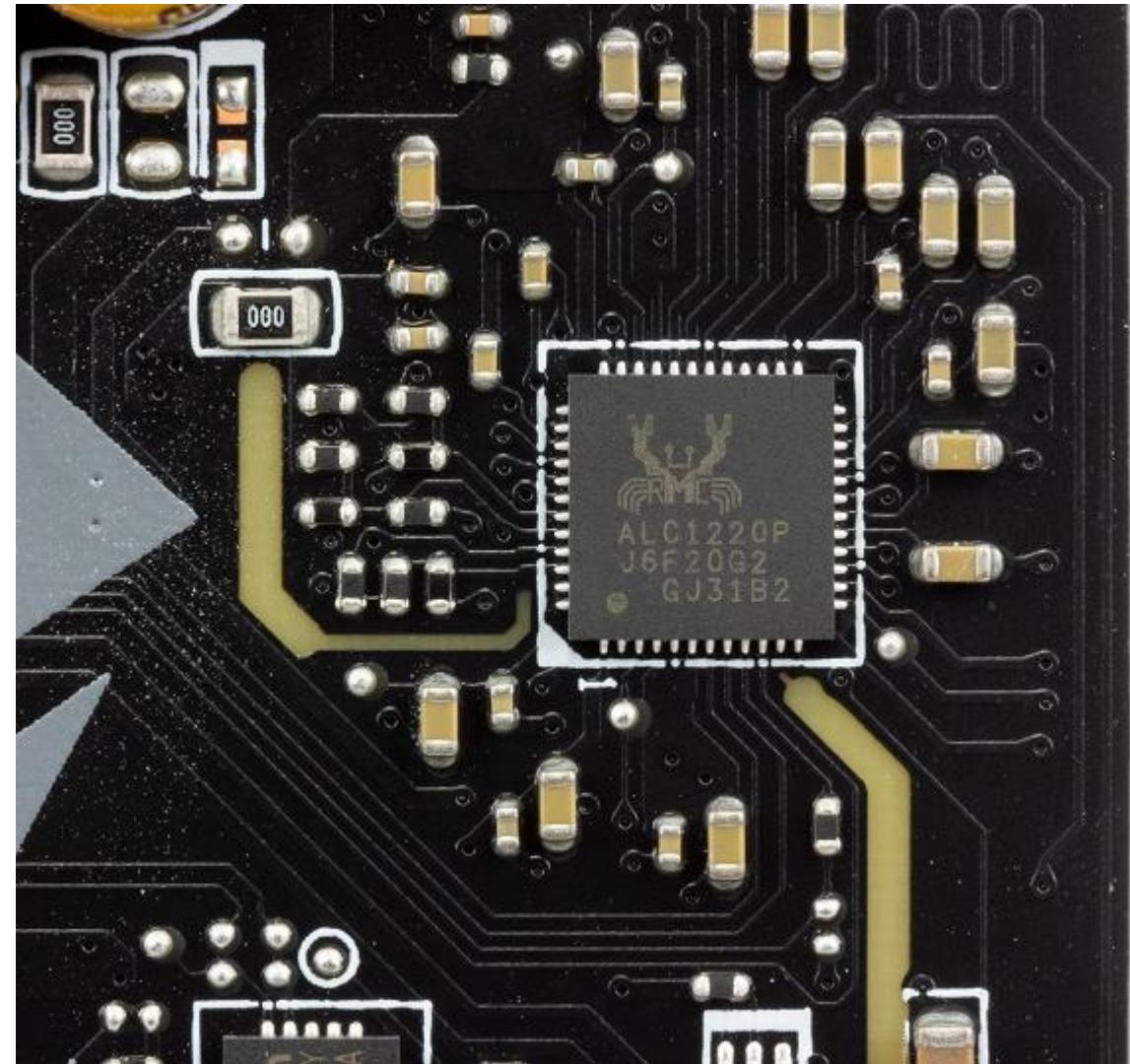
Контроллеры – Аудио

- В современных материнских платах чаще всего встречаются следующие чипы аудиокодеков:
 - Realtek ALC887/892/897
 - Realtek ALC1200
 - Realtek ALC1220
 - Realtek ALC4050/4080/4082



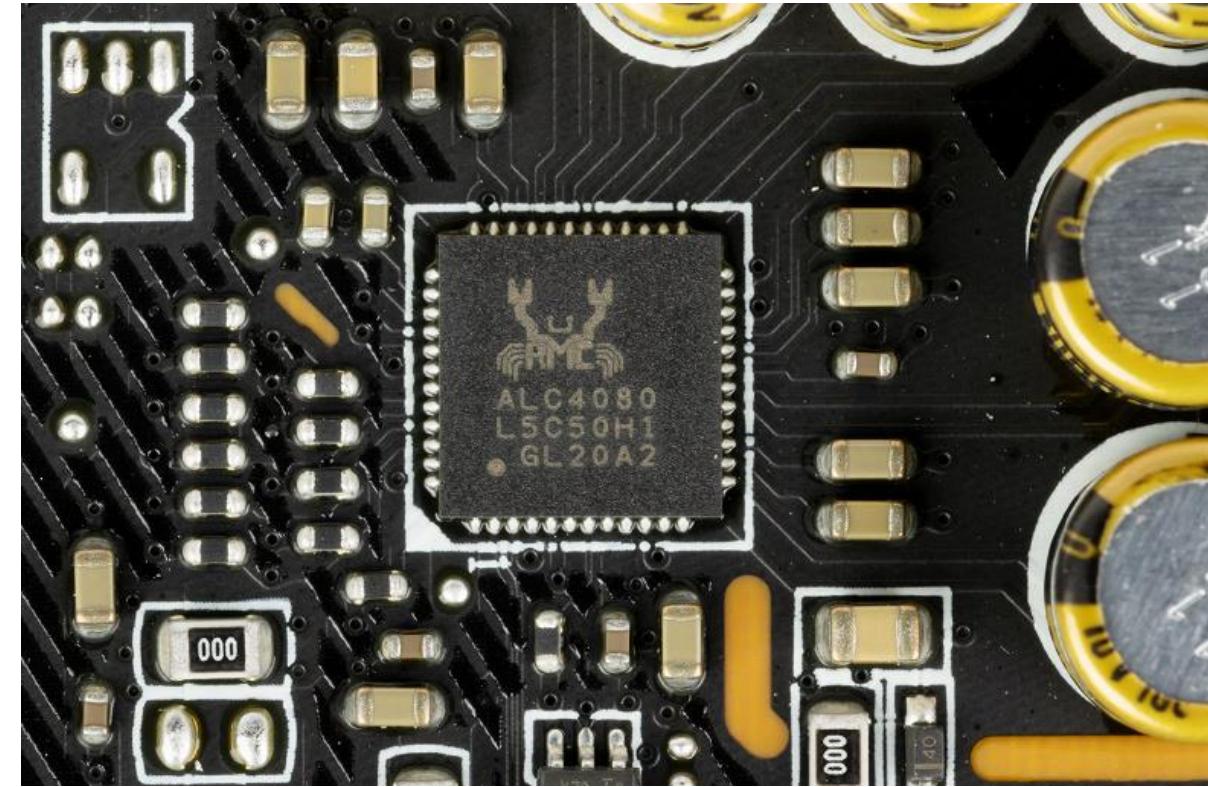
Realtek ALC1220

- ALC1220 — более современное решение, которое впервые появилось на топовых материнских платах в 2017 году.
- Этот кодек обладает неплохими техническими характеристиками. Его соотношение сигнал/шум доходит до 120 дБ, а разрядность звука на выходе достигает 32 бит. Более простые кодеки имеют два аналого-цифровых преобразователя (АЦП). А вот у ALC1220 их количество увеличили до трех. Плюсом идут декодер и кодировщик Direct-Stream Digital (DSD). В результате цифровой сигнал может преобразовываться в другую форму «цифры» без участия АЦП.
- Модель получила важное усовершенствование, касающееся вывода звука на переднюю панель. ALC1220 может самостоятельно «раскачать» наушники с сопротивлением до 600 Ом. Более старым кодекам для этого нужен был дополнительный чип-усилитель.
- Данный кодек, несмотря на приличный возраст, обеспечивает хороший звук. Поэтому он до сих пор встречается на среднебюджетных и дорогих материнских платах.



Realtek ALC4050/4080/4082

- **Самая современная линейка кодеков от Realtek образца 2021 года.** Вобрала в себя все плюсы ALC1220: высокое соотношение сигнала к шуму, поддержку 32-битного звука, декодер DSD, работу с высокоомными наушниками. Тем не менее, серия ALC4000 — не прямое продолжение популярного ALC1220. Это новые разработки, каждая из которых поддерживает сверхвысокую частоту дискретизации 384 кГц.
- **Данная линейка кодеков подключается к чипсету не по внутренним шинам, а по интерфейсу USB 2.0.** Поэтому ALC4000 можно применять во внешних цифро-аналоговых преобразователях (ЦАП) без дополнительных чипов. Такие ЦАП использовать не только в ПК и ноутбуках, но и для подключения проводных наушников к смартфонам и планшетам.
- Польза нового интерфейса именно для материнской платы сомнительна. Использование USB вносит дополнительную задержку в обработку звука — для игр это минус. В остальных случаях разница малозначительна.



Кодек: Realtek ALC4050

Максимальное разрешение: 32 бита/384 кГц

Частотный диапазон: 20 Гц – 40 кГц

Выход на наушники: 3.5 мм

SNR:-100 дБ

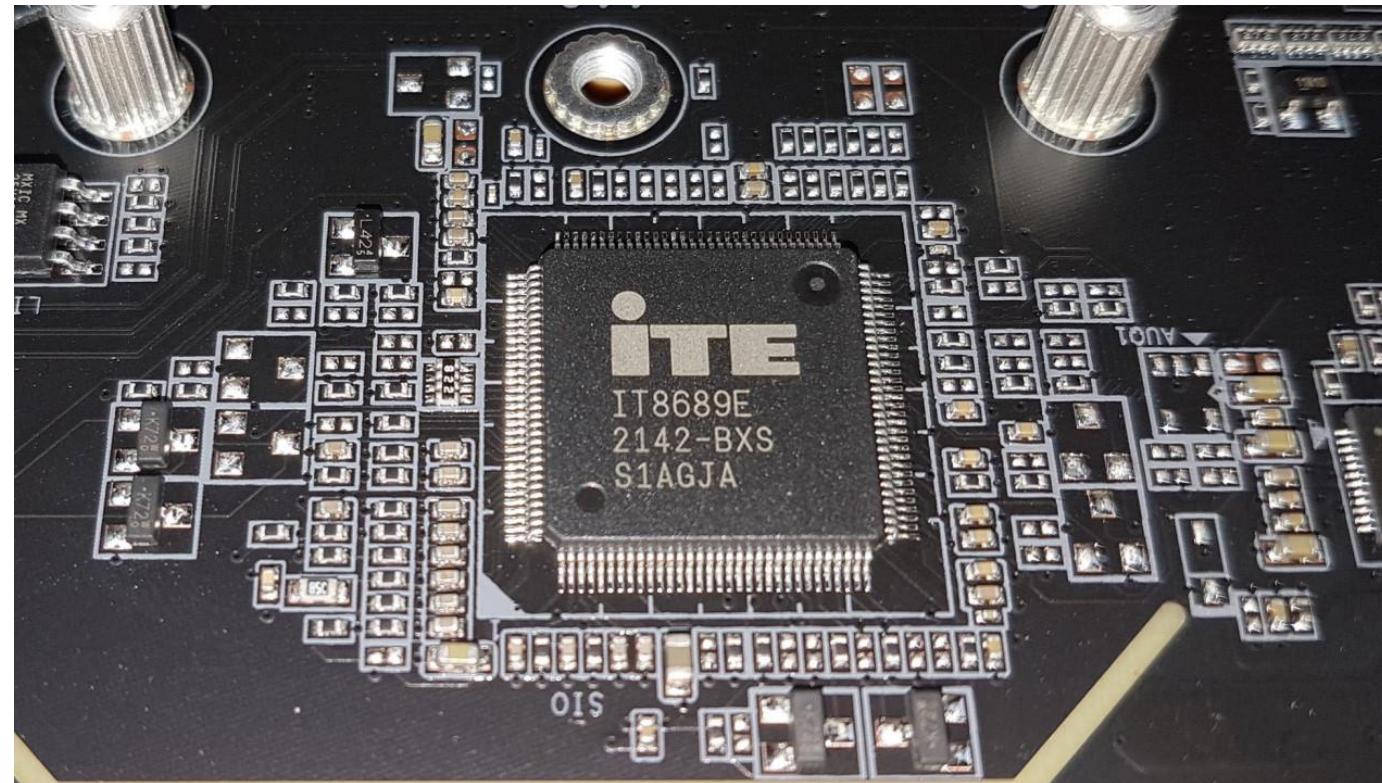
Контроллеры

- Реже встречаются **контроллеры беспроводной сети**, распаянные на плате. В основном, чип беспроводной связи располагается на съемном модуле формата M.2.



Контроллеры

- Помимо этих чипов, на плате присутствуют контроллеры низкоскоростных устройств и окружающей среды. **Первый** устанавливают для того, чтобы реализовать разъемы и слоты для устаревшей периферии — например, PS/2 для клавиатуры и мыши, или разъем расширения PCI. **Второй** — для мониторинга температур и управления вентиляторами системы охлаждения. Чаще всего функциональность обоих контроллеров объединяют в одном **чипе-мультиконтроллере**.

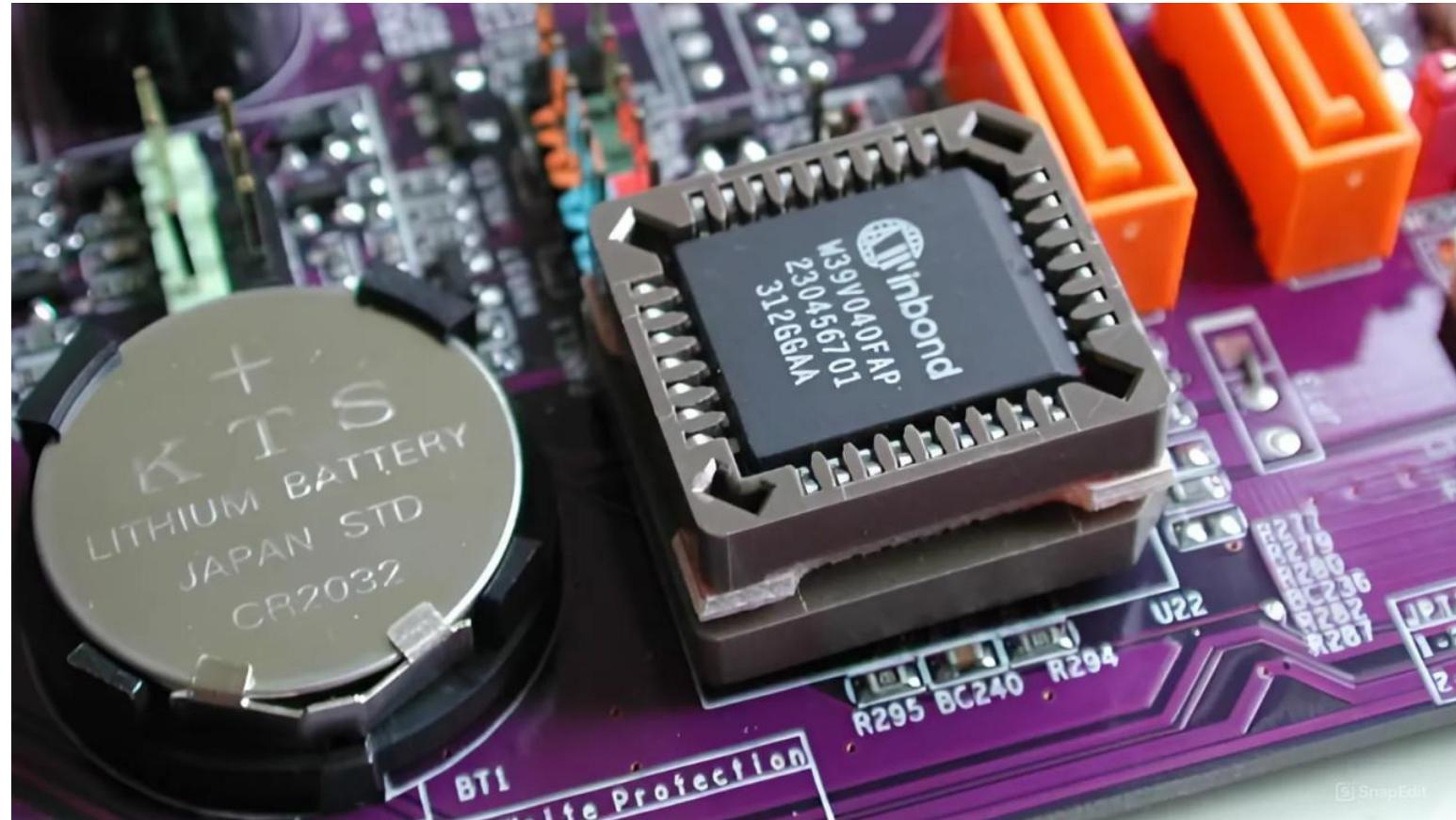


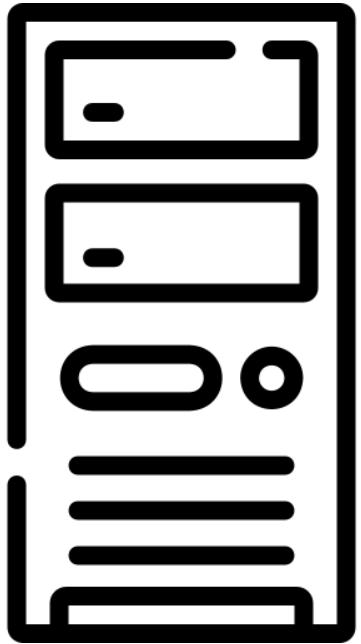
Контроллеры

- Опционально на плате могут встречаться чипы, расширяющие уже имеющуюся функциональность процессора и чипсета.
- Например, контроллеры высокоскоростных портов USB или Thunderbolt, либо контроллер дополнительных портов SATA для накопителей.
- Также можно встретить свитчи PCI-E — микросхемы, которые могут «размножать» или делить линии PCI-E от чипсета для реализации большого количества различных слотов расширения.
- Все вышеописанные контроллеры подключены к чипсету на материнской плате. Именно он координирует контроллеры и отправляет им данные, необходимые для работы.

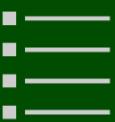
Контроллеры

- Отдельно стоит упомянуть и еще одну **микросхему — BIOS**. Это флэш-память, которая хранит прошивку платы. Для хранения настроек самого BIOS используется небольшой объем энергозависимой памяти, которую подпитывает батарея СМОС.



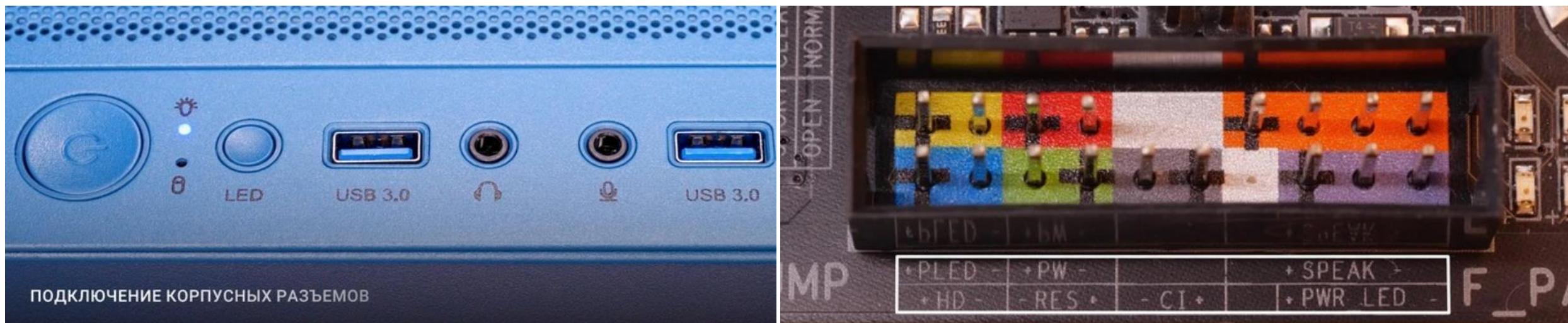


Корпусные разъемы

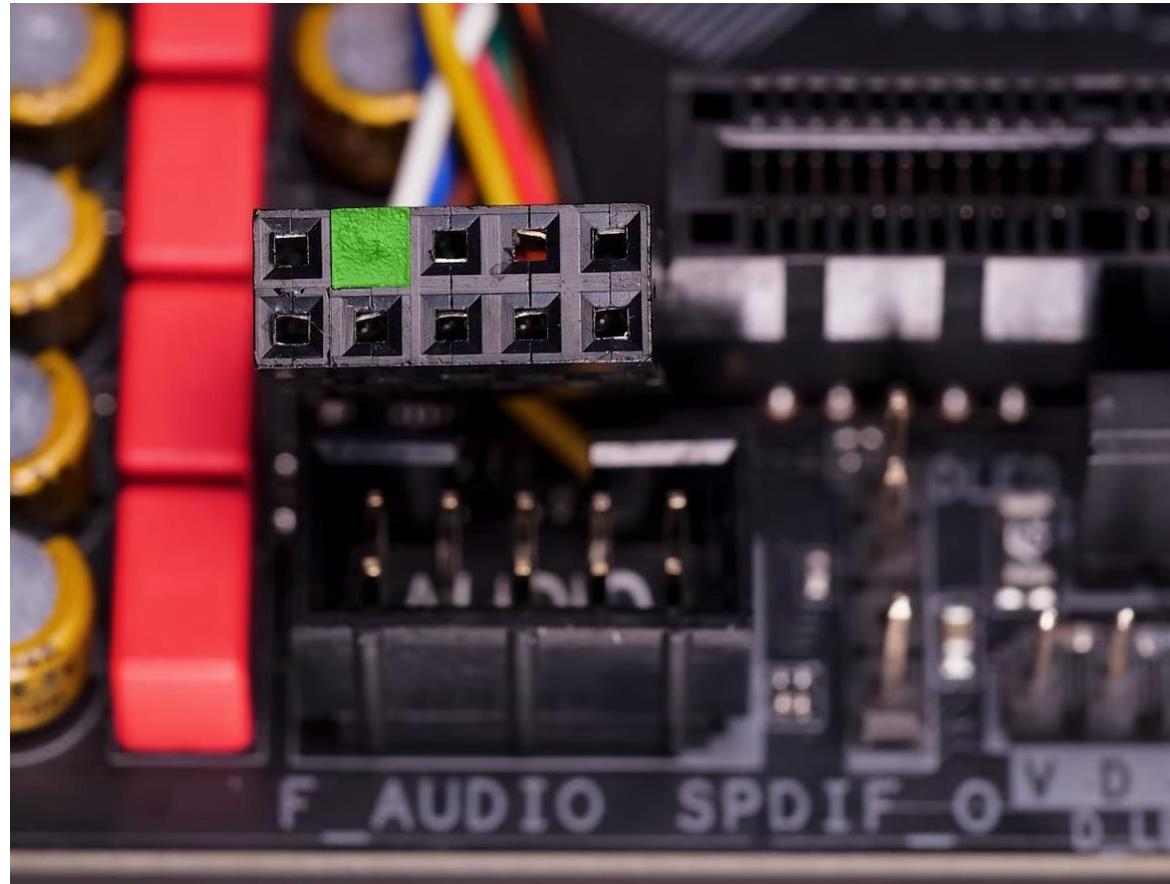


Корпусные разъемы - Кнопки и индикаторы

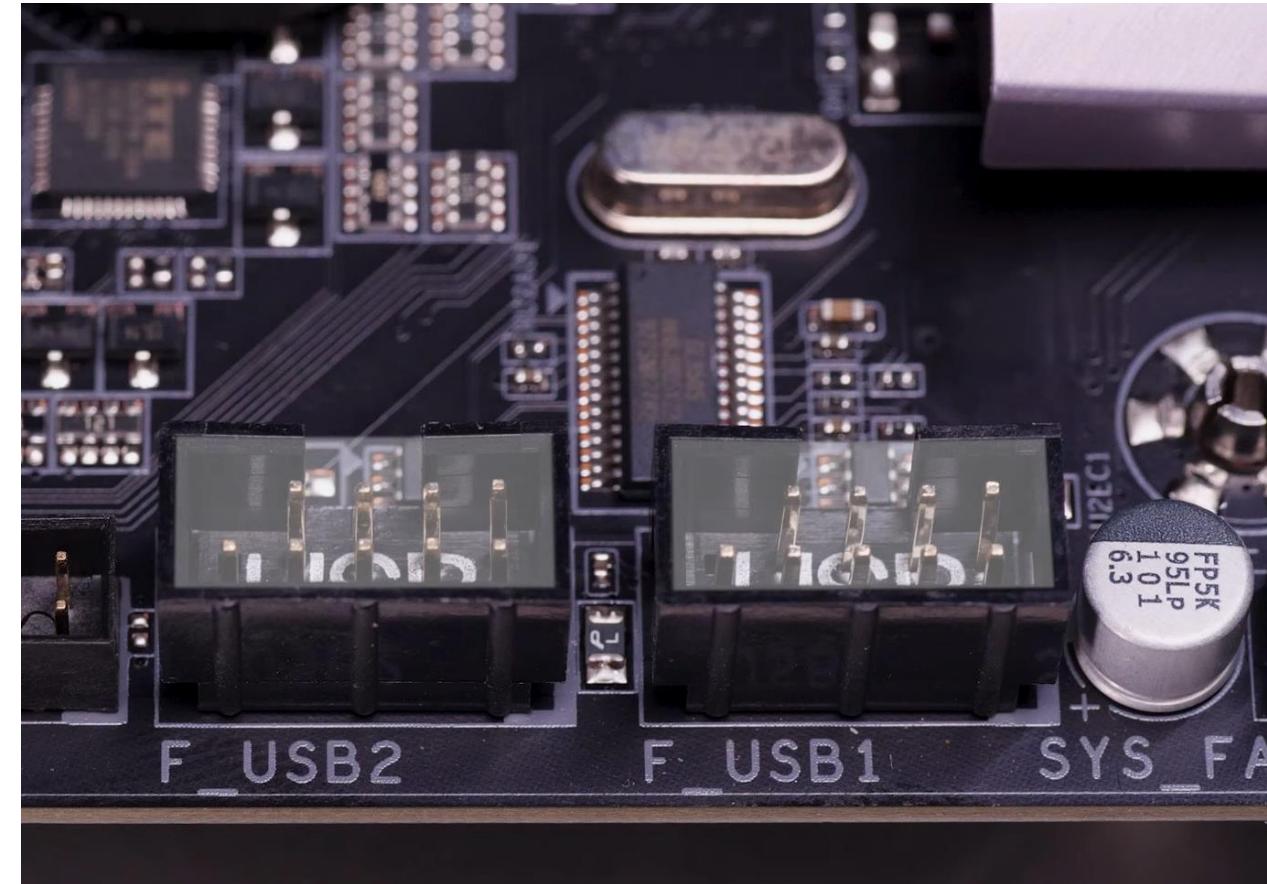
- **На корпусе компьютера расположены** кнопки включения и перезагрузки, диоды индикации, разъемы для подключения наушников и микрофона, а также несколько видов USB.
- **Кнопки и индикаторы** подключаются в разъем **F_PANEL**. Порядок контактов одинаковый для любого изготовителя плат. Но лучше все равно свериться с маркировкой.



Корпусные разъемы – Audio, USB

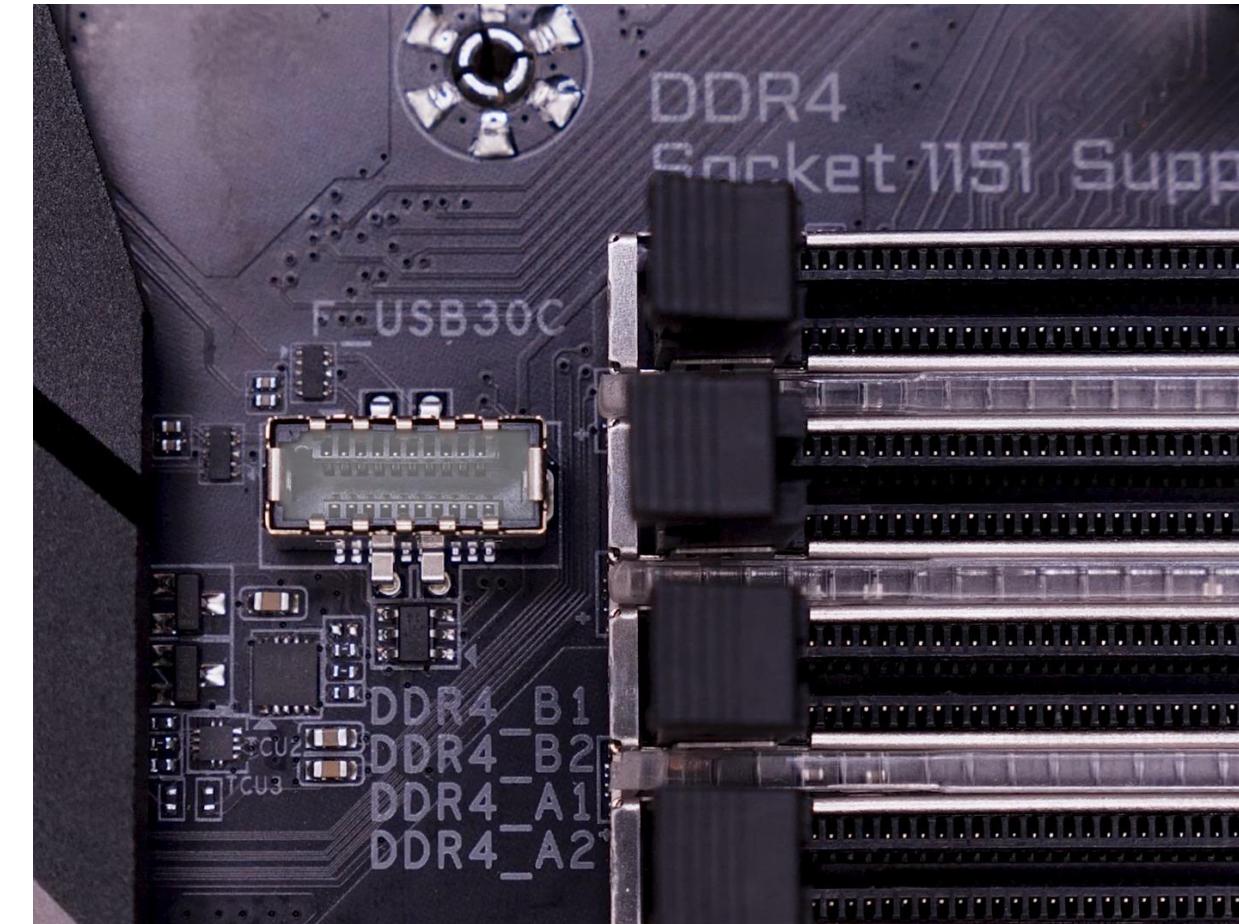


Порт наушников и микрофона называется **F_AUDIO**. Он также имеет ключ, который не позволит вставить штекер не той стороной.



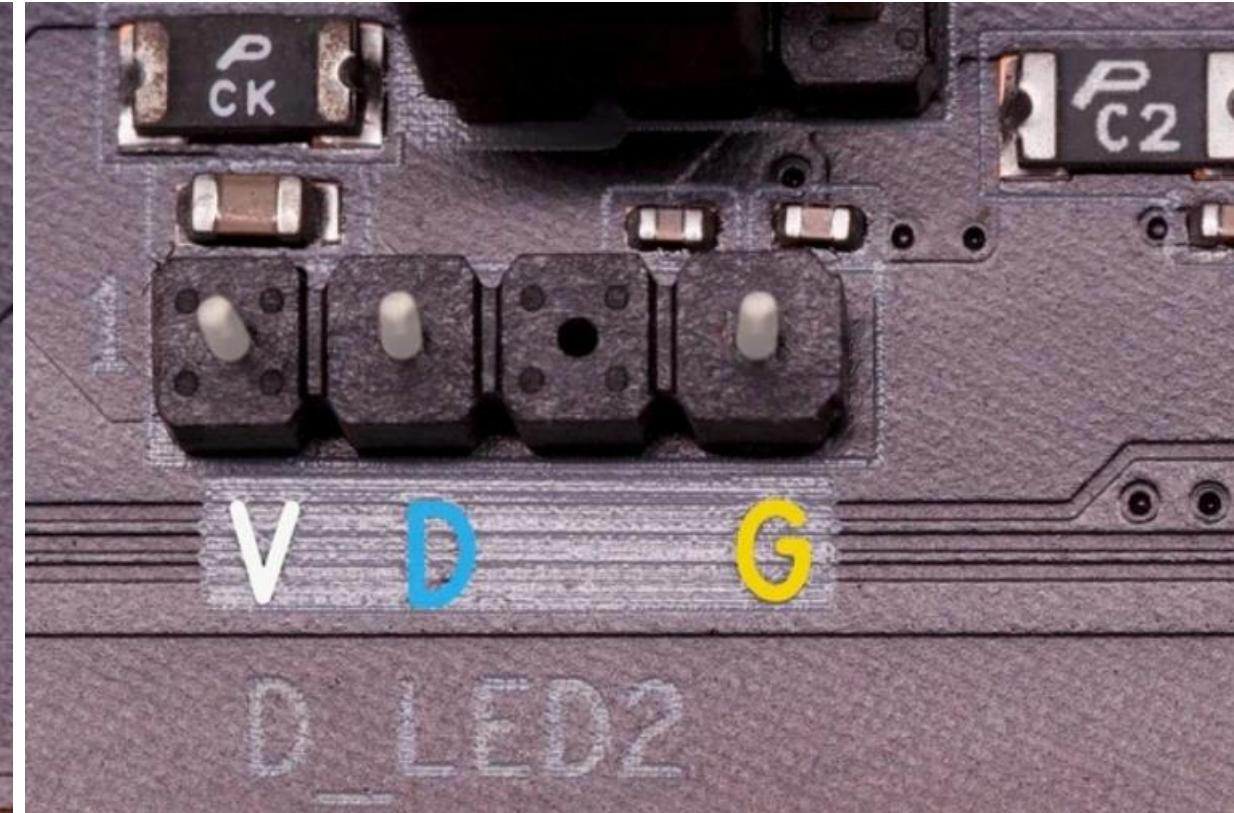
USB 2.0 соединяют с разъемом **F_USB** на плате. Вткнуть неправильно также не выйдет.

Корпусные разъемы – USB 3.0



Для USB 3.0 ищем особый широкий разъем. А корпусный Type-C подключается только в самые современные материнские платы.

Подсветка корпуса



Пользователи нередко ставят в корпус дополнительную подсветку.

Подключается она либо на место системных вентиляторов, либо в специальные разъемы.

RGB-коннектор имеет питание 12 В и четыре контакта: красный, зеленый и синий сигналы. Можно настроить как цвет, так и яркость подсветки.

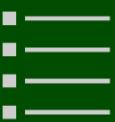
ARGB — это адресная подсветка. В ее разъеме всего три контакта: 5 В, земля и шина передачи данных. Это подключение позволяет управлять каждым диодом отдельно, создавая более плавные и интересные переходы.

Но такие разъемы **есть только в современных игровых материнках**. В офисных бюджетных платах подсветки нет.



IDE

параллельный интерфейс
подключения накопителей



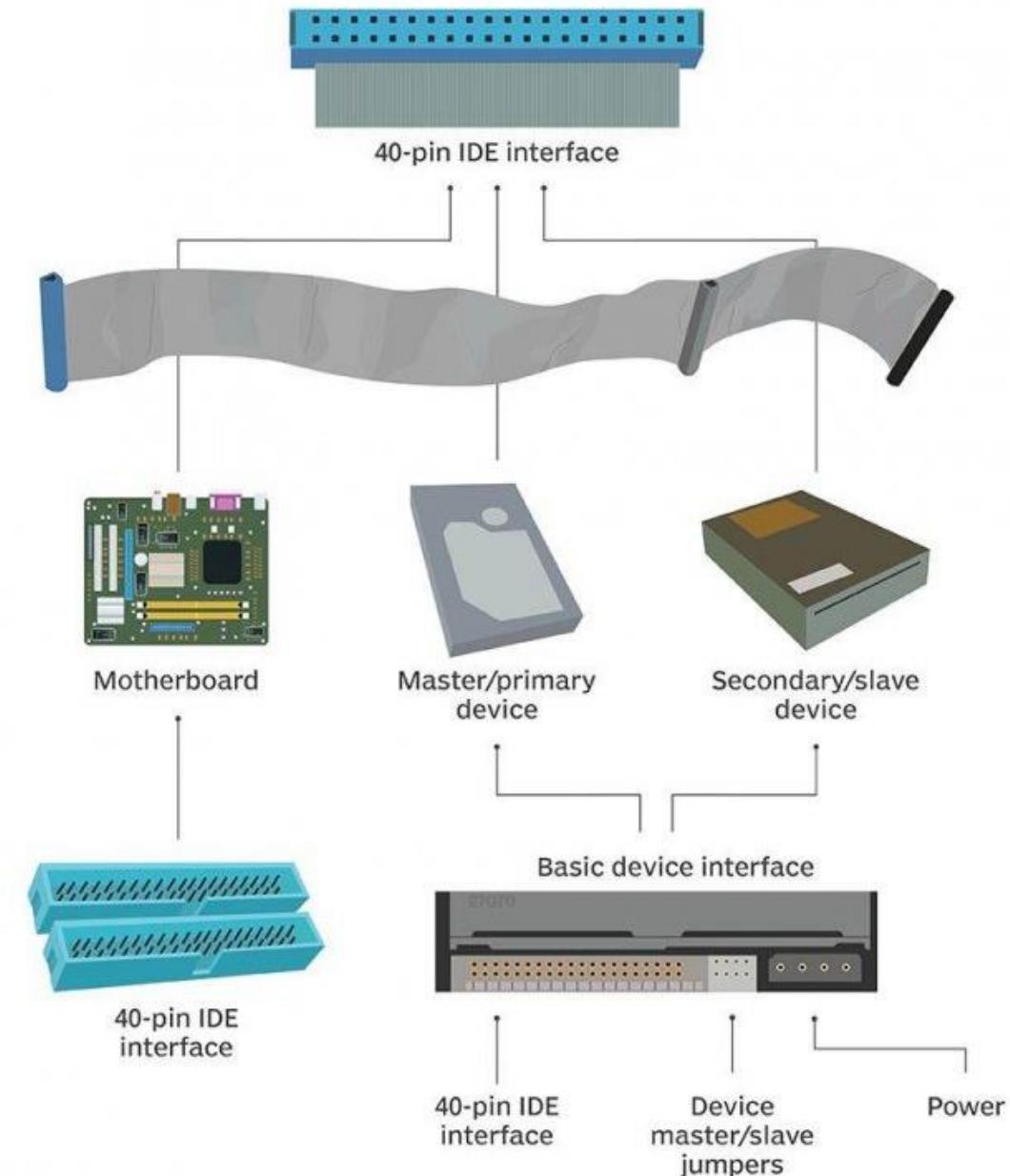
ATA (IDE)

- ATA (англ. Advanced Technology Attachment) или IDE (англ. Integrated Drive Electronics) — **параллельный интерфейс подключения накопителей** (гибких дисков, жёстких дисков и оптических дисководов) к компьютеру.
- В 1990-е годы был стандартом на платформе IBM PC;
- **в настоящее время вытеснен своим последователем — SATA** — и с его появлением получил название PATA (Parallel ATA).

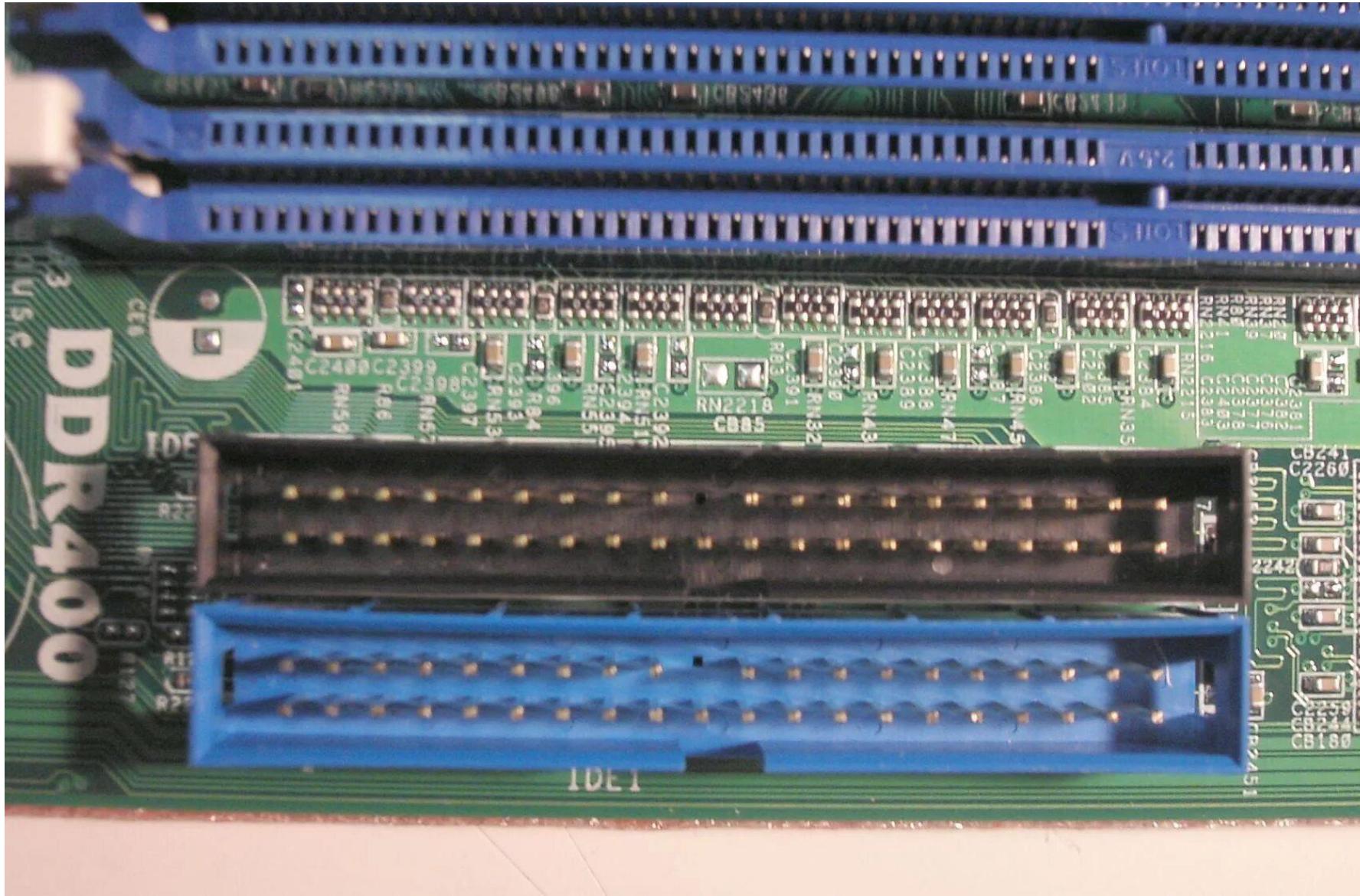
Стандарты ATA (IDE)

Стандарт	Другие названия	Режимы передачи (МБ/с)
ATA-1	ATA, IDE	PIO 0,1,2 (3.3, 5.2, 8.3) Single-word DMA 0,1,2 (2.1, 4.2, 8.3) Multi-word DMA 0 (4.2)
ATA-2	EIDE, Fast ATA, Fast IDE, Ultra ATA	PIO 3,4: (11.1, 16.6) Multi-word DMA 1,2 (13.3, 16.6)
ATA-3	EIDE	
ATA/ATAPI-4	ATAPI-4, ATA-4, Ultra ATA/33	Ultra DMA 0,1,2 (16.7, 25.0, 33.3) aka Ultra-DMA/33
ATA/ATAPI-5	ATA-5, Ultra ATA/66	Ultra DMA 3,4 (44.4, 66.7) aka Ultra DMA 66
ATA/ATAPI-6	ATA-6, Ultra ATA/100	UDMA 5 (100) aka Ultra DMA 100
ATA/ATAPI-7	ATA-7, Ultra ATA/133	UDMA 6 (133) aka Ultra DMA 133 SATA/150

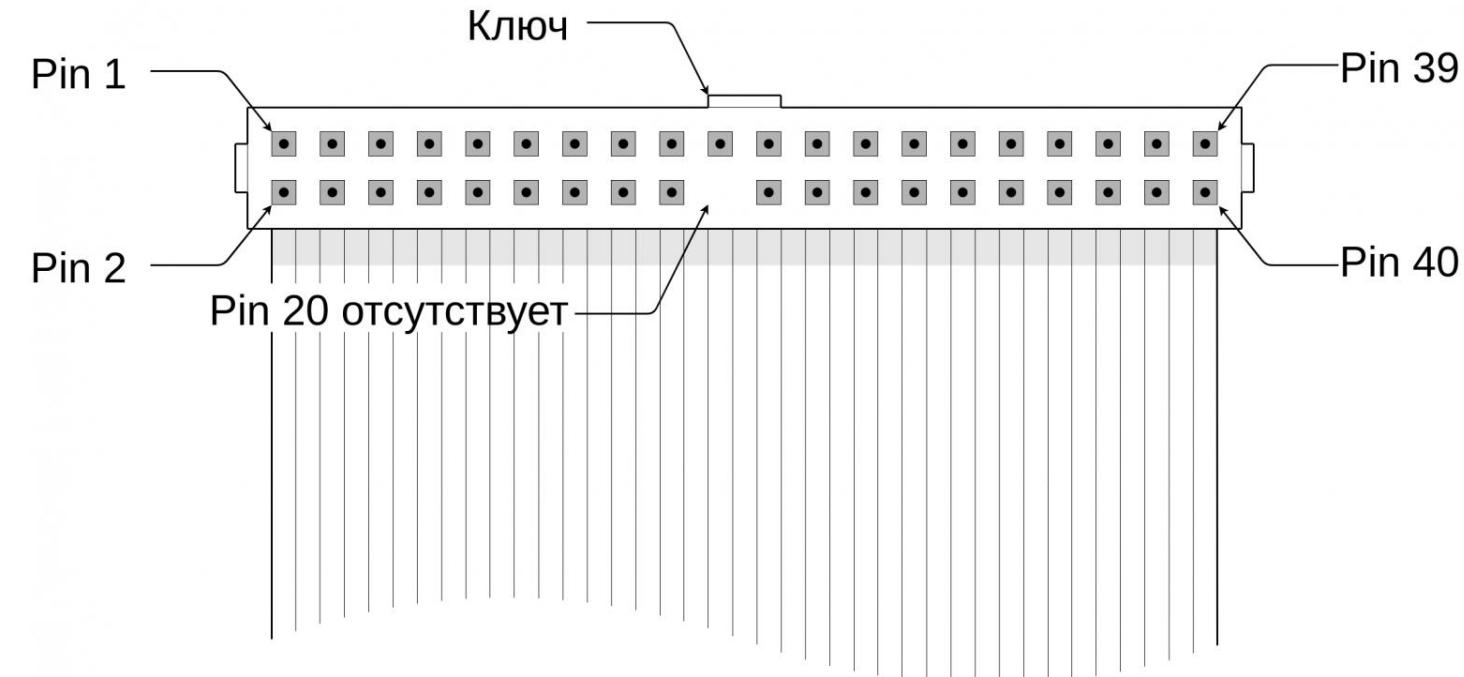
IDE интерфейс



IDE разъем



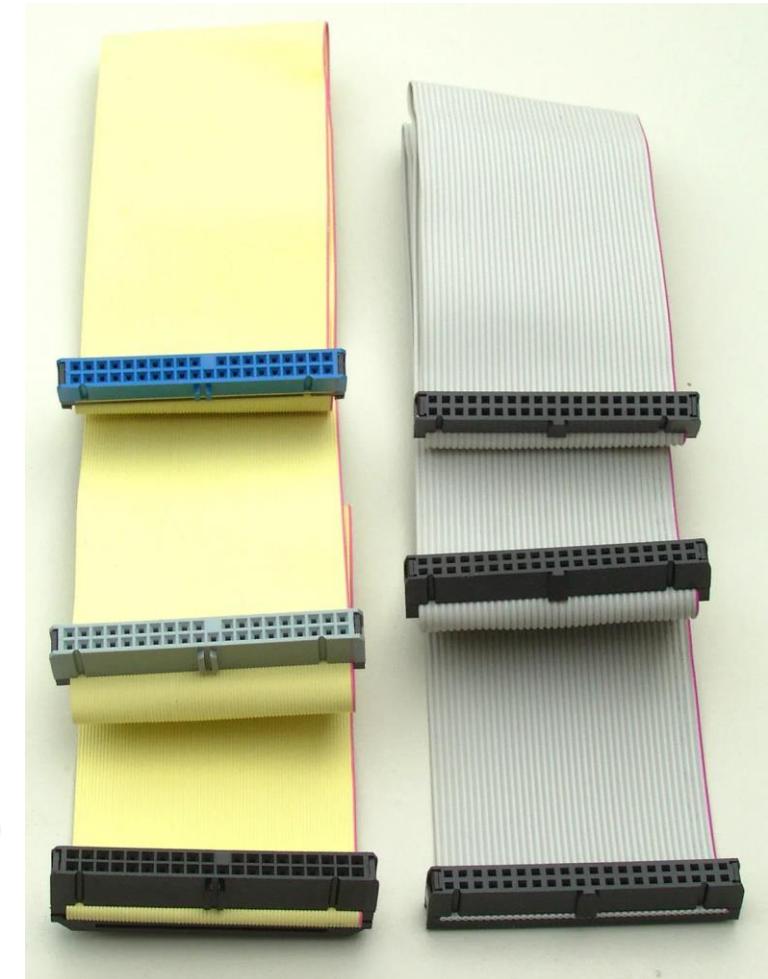
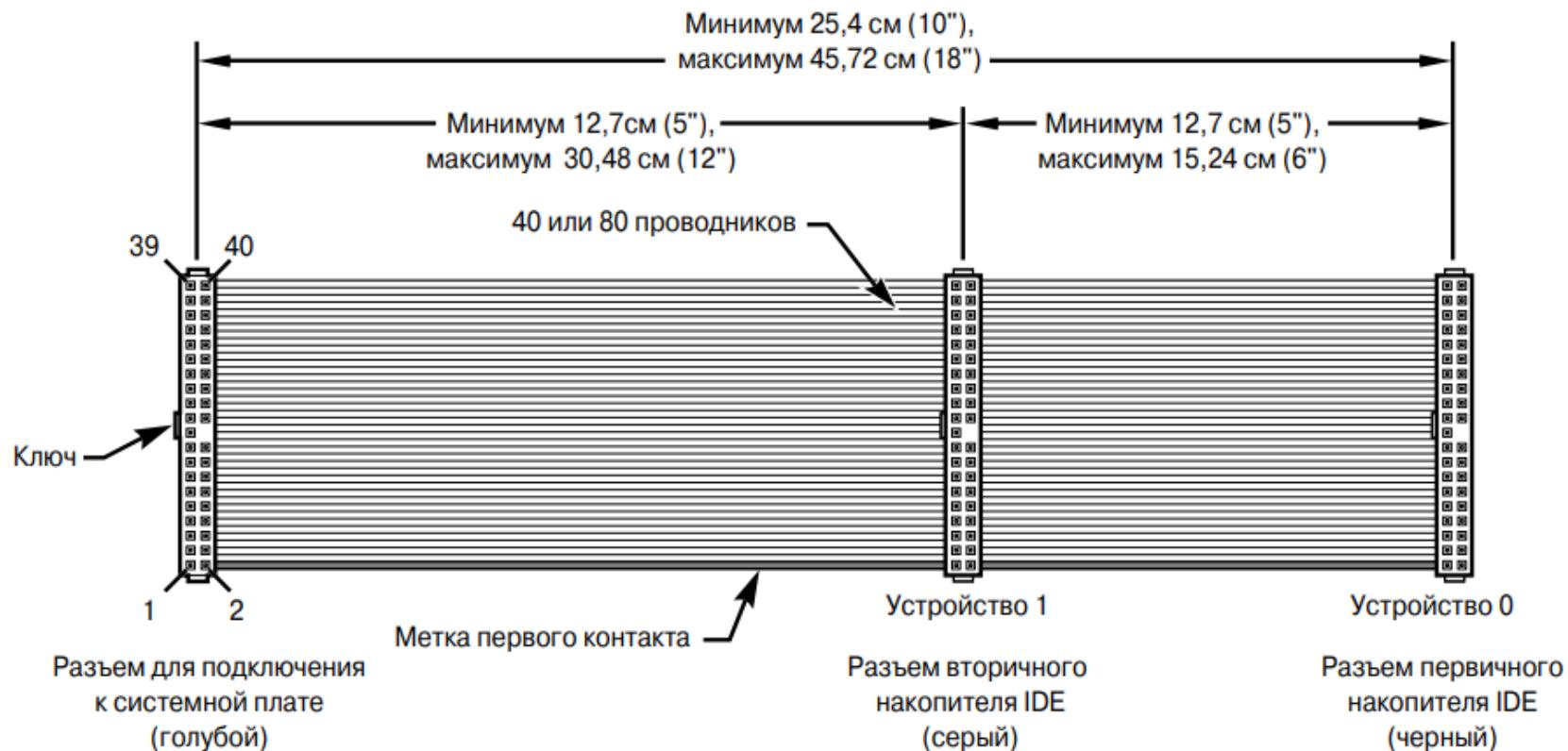
ATA / PATA



1	Reset	11	Data 3	21	DMA Request	31	Interrupt Request
2	Ground	12	Data 12	22	Ground	32	IO ChipSelect 16
3	Data 7	13	Data 2	23	Write Strobe	33	Address 1
4	Data 8	14	Data 13	24	Ground	34	Passed Diagnostics
5	Data 6	15	Data 1	25	Read Strobe	35	Address 0
6	Data 9	16	Data 14	26	Ground	36	Address 2
7	Data 5	17	Data 0	27	I/O Ready	37	1F0-1F7
8	Data 10	18	Data 15	28	Cable Select	38	3F6-3F7
9	Data 4	19	Ground	29	DMA Ack	39	LED Driver
10	Data 11	20	Key	30	Ground	40	Ground

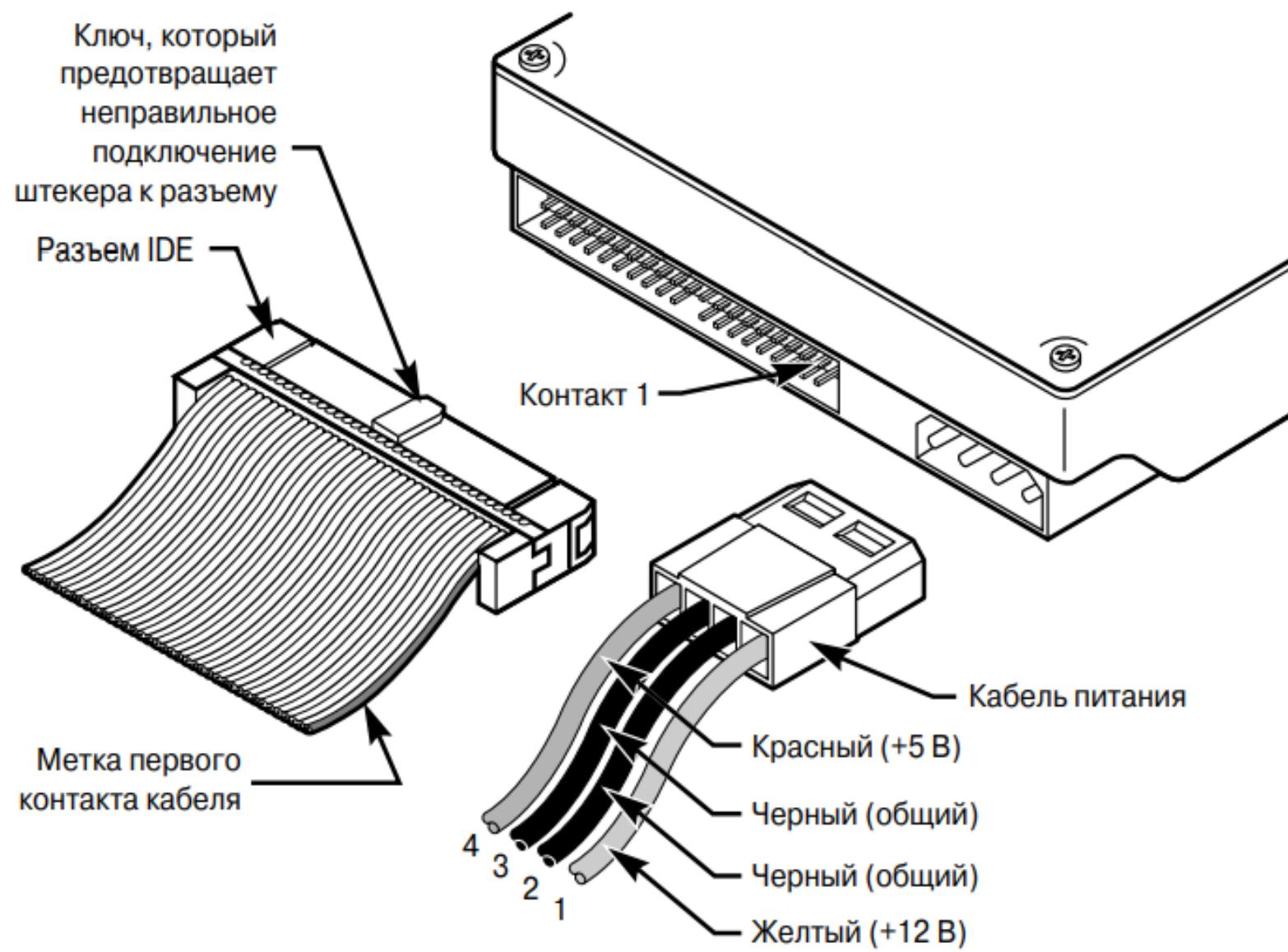
© Selectel

Кабель ATA (IDE)



Кабель ATA (IDE) с 40 контактами и 40 или 80 жилами
(в 80-жильной версии дополнительные жилы используются для заземления)

Подключение жесткого диска ATA (IDE)



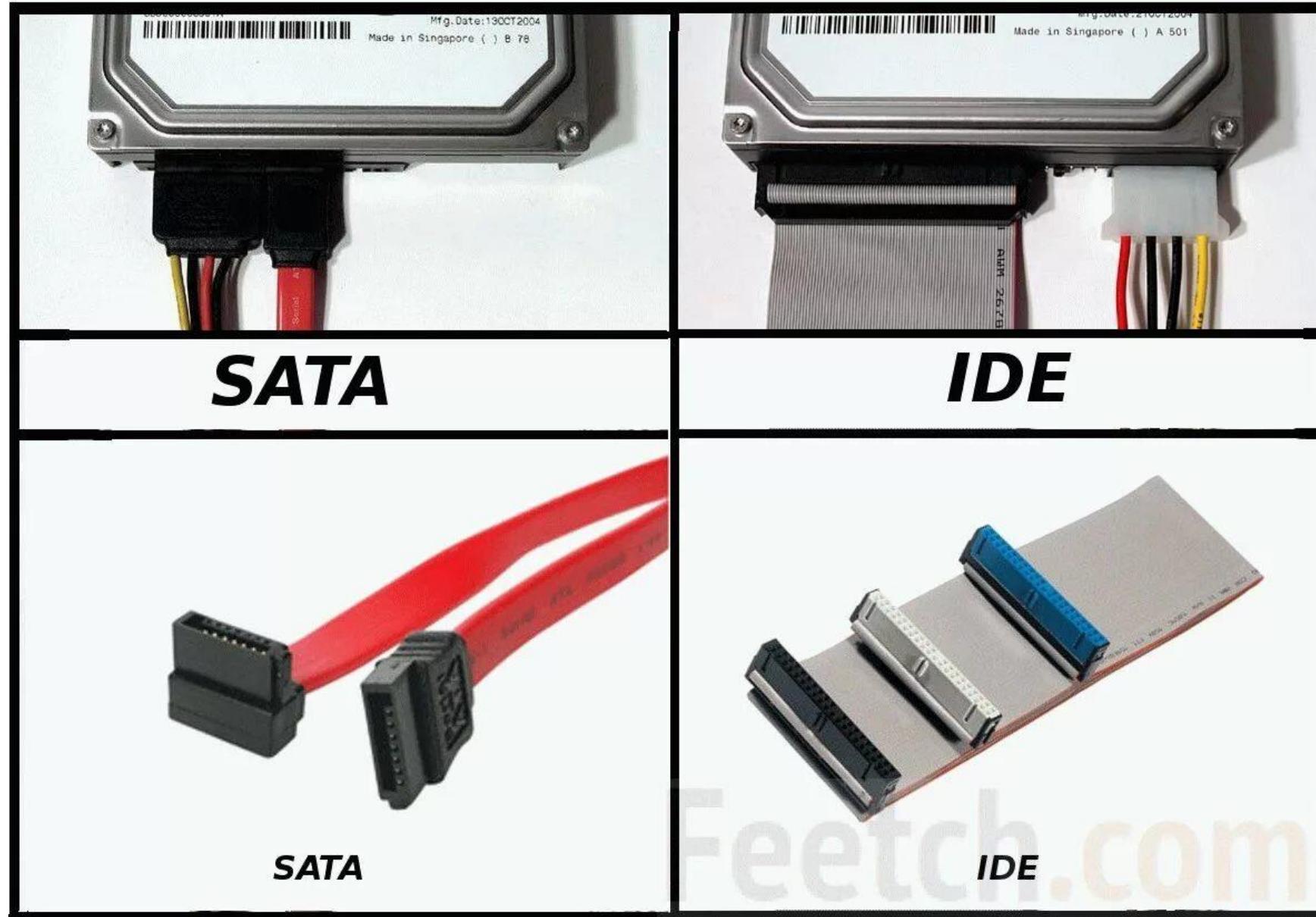
HDD IDE / SATA

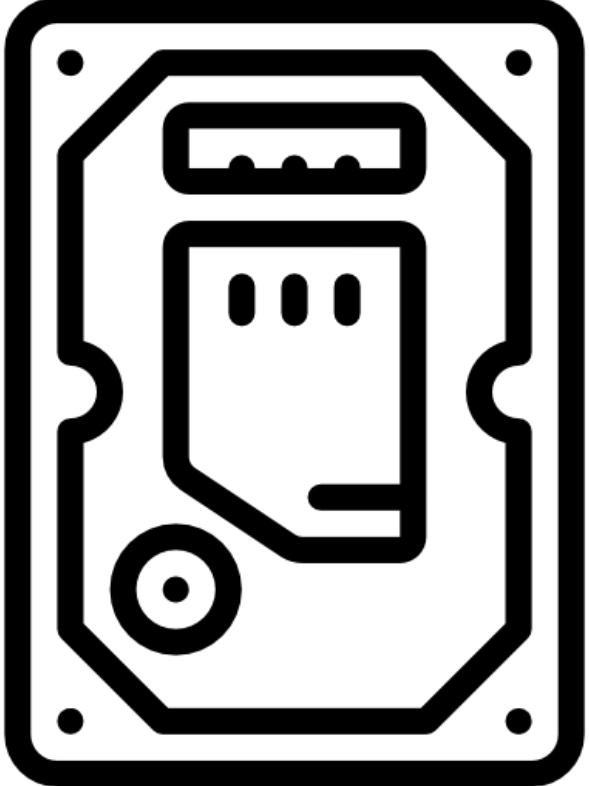
IDE hard drive



SATA hard drive

HDD IDE / SATA





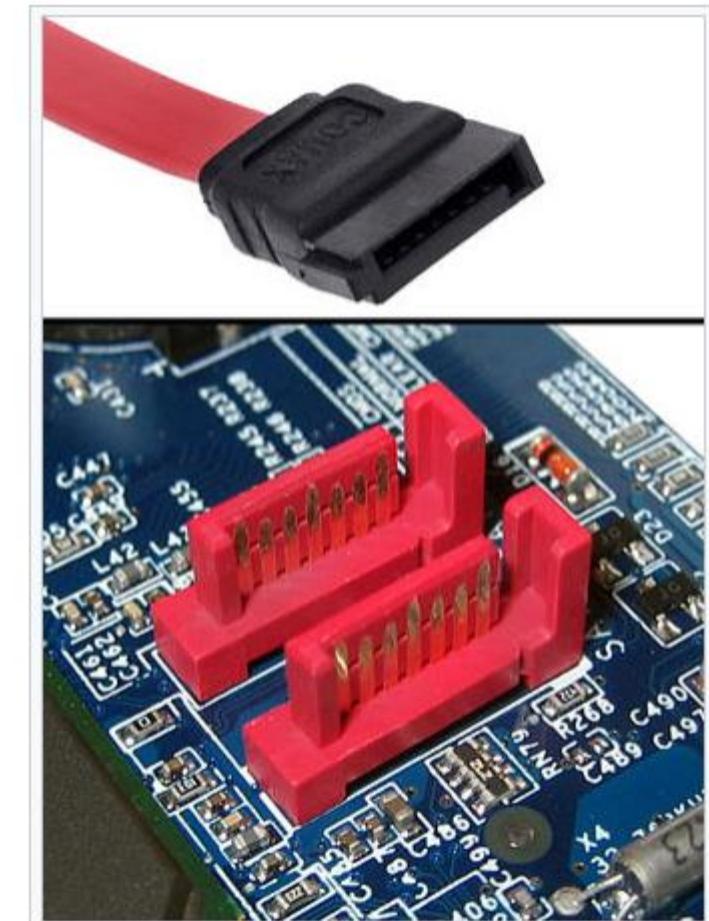
SATA

последовательный интерфейс
обмена данными с HDD/SDD



SATA

- **SATA (англ. Serial ATA) — последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации.**
- SATA является развитием параллельного интерфейса ATA (IDE), который после появления SATA был переименован в PATA (Parallel ATA).
- Первые материнские платы и жёсткие диски с поддержкой этого стандарта были выпущены во второй половине 2002 года.
- SATA использует 7-контактный разъём вместо 40-контактного разъёма у PATA. SATA-кабель имеет меньшую площадь, за счёт чего уменьшается сопротивление воздуху, обдувающему комплектующие компьютера, упрощается разводка проводов внутри системного блока.
- SATA-кабель за счёт своей формы более устойчив к многократному подключению. Питающий шнур SATA также разработан с учётом многократных подключений. Разъём питания SATA подаёт 3 напряжения питания: +12 В, +5 В и +3,3 В; однако современные устройства могут работать без напряжения +3,3 В, что даёт возможность использовать пассивный переходник со стандартного разъёма питания IDE на SATA. Ряд SATA-устройств поставляется с двумя разъёмами питания: SATA и Molex.



Коннектор SATA и разъёмы на материнской плате

SATA

- **SATA пережил три поколения**, последний из которых используется и сегодня. Первый, то есть SATA 1, обеспечивает пропускную способность на уровне МБ/сек, SATA 2 позволяет достигать 300 МБ/сек, а **SATA 3 – 600 МБ/сек**.
- **Интерфейс SATA был создан намного раньше, чем SSD-накопители, поэтому даже последняя версия не в состоянии использовать всех возможностей.** В первую очередь, это связано с ограничением 600 МБ/сек, то есть максимальной пропускной способностью интерфейса SATA 3. Это большая проблема, потому что производительность SSD может быть гораздо больше.
- Проблему большого размера носителей пытались исправить, вводя стандарт mSATA, который является разъемом непосредственно на материнской плате компьютера. Решение позволило устанавливать SSD в нетбуках и ультрабуках, экономя место и сокращая их вес.
- К сожалению, стандарт mSATA основывался на интерфейсе SATA 3, а значит также ограничен пропускной способностью в 600 МБ/сек.
- Более перспективным стал стандарт M.2.



Диск 2,5" SSD SATA 3

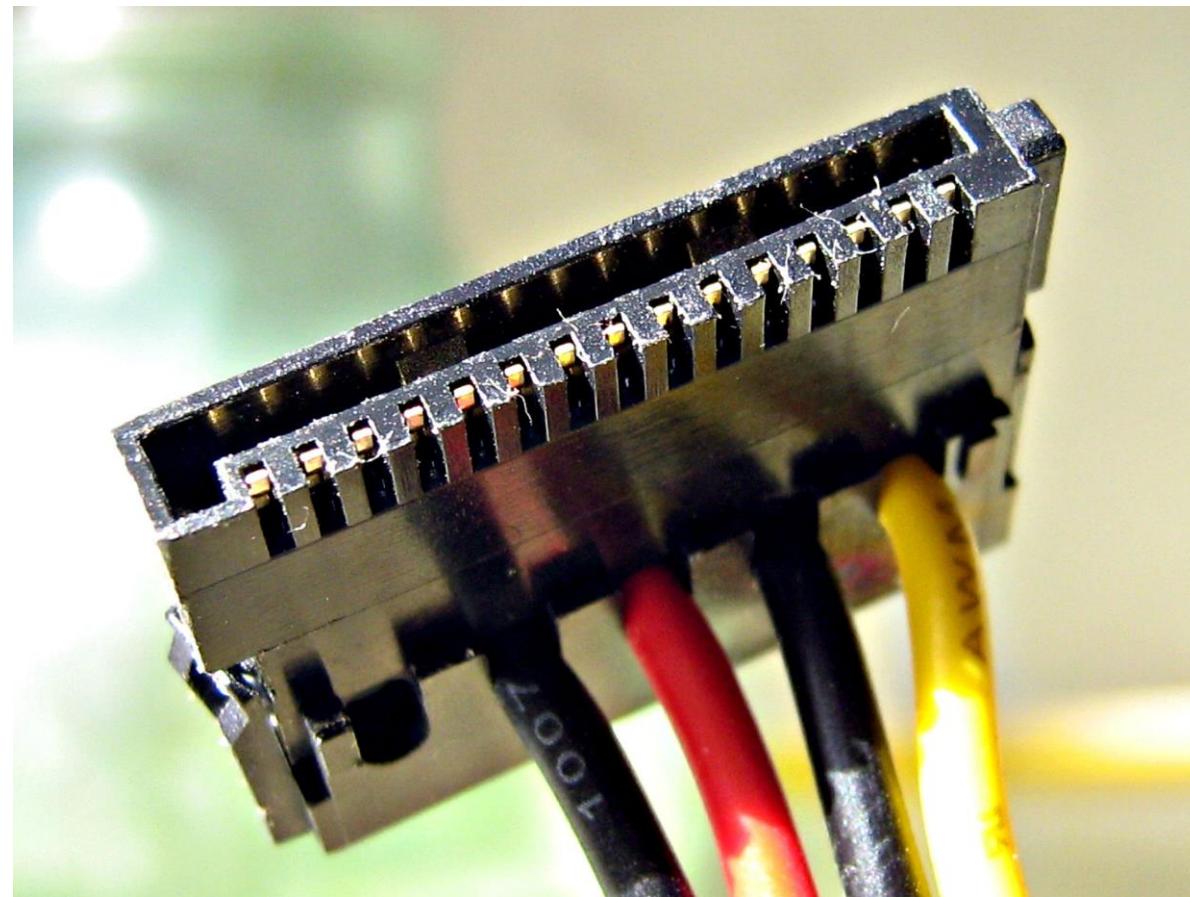
600 МБ/сек

Диск M.2 SSD PCIE 3.0x4

3938 МБ/сек



SATA кабель питания



15-контактный кабель питания Serial ATA

Контакт #	Порядок подключения	Назначение
	—	Замок
1	3	
2	3	+3,3 В
3	2	
4	1	
5	2	GND
6	2	
7	2	
8	3	+5 В
9	3	
10	2	GND
11	3	Activity indication and/or staggered spin-up
12	1	GND
13	2	
14	3	+12 В
15	3	

SATA кабель передачи данных

Контакт #	Назначение
1	GND
2	A+ (Передача данных)
3	A- (Передача данных)
4	GND
5	B- (Прием данных)
6	B+ (Прием данных)
7	GND
—	Замок

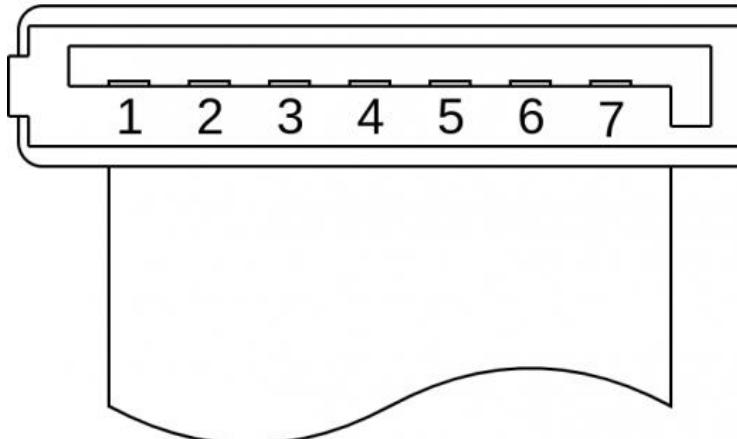


7-контактный кабель передачи данных Serial ATA.



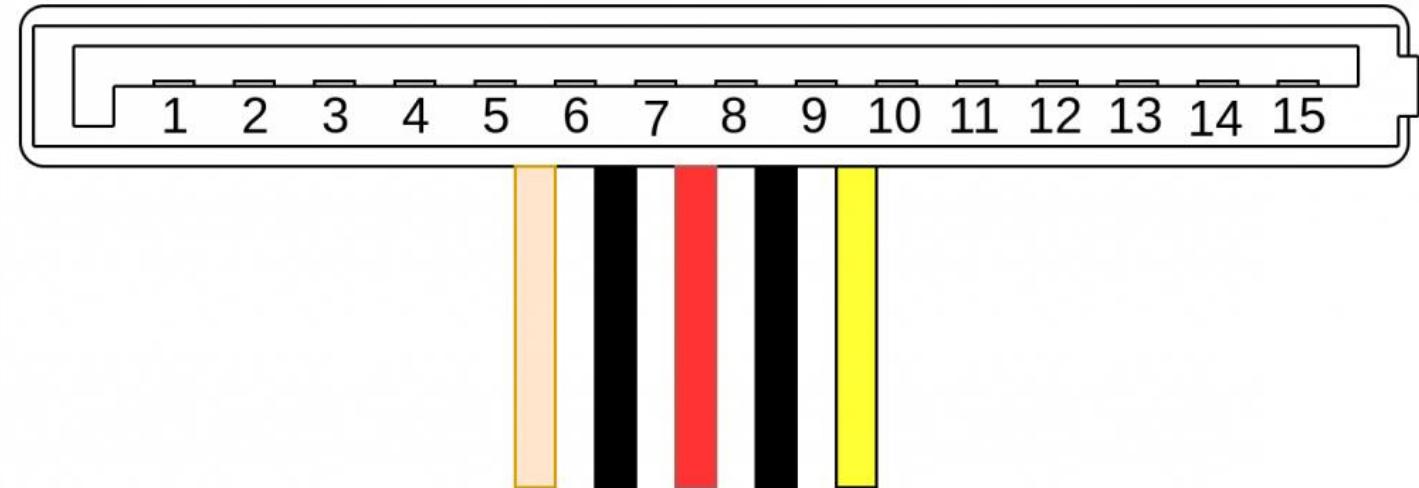
SATA

Данные



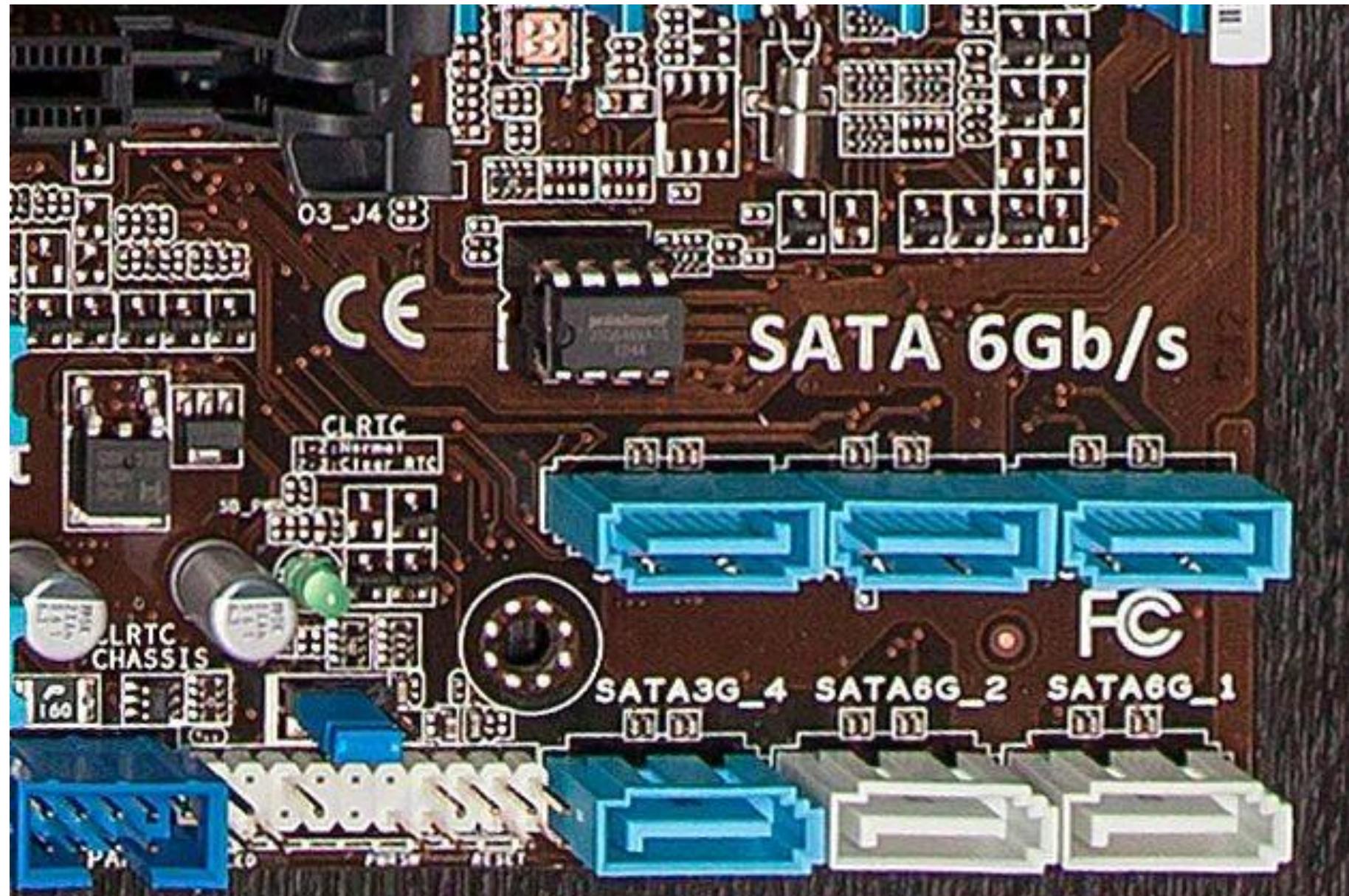
1 Ground
2 Tx+
3 Tx-
4 Ground
5 Rx-
6 Rx+
7 Ground

Питание

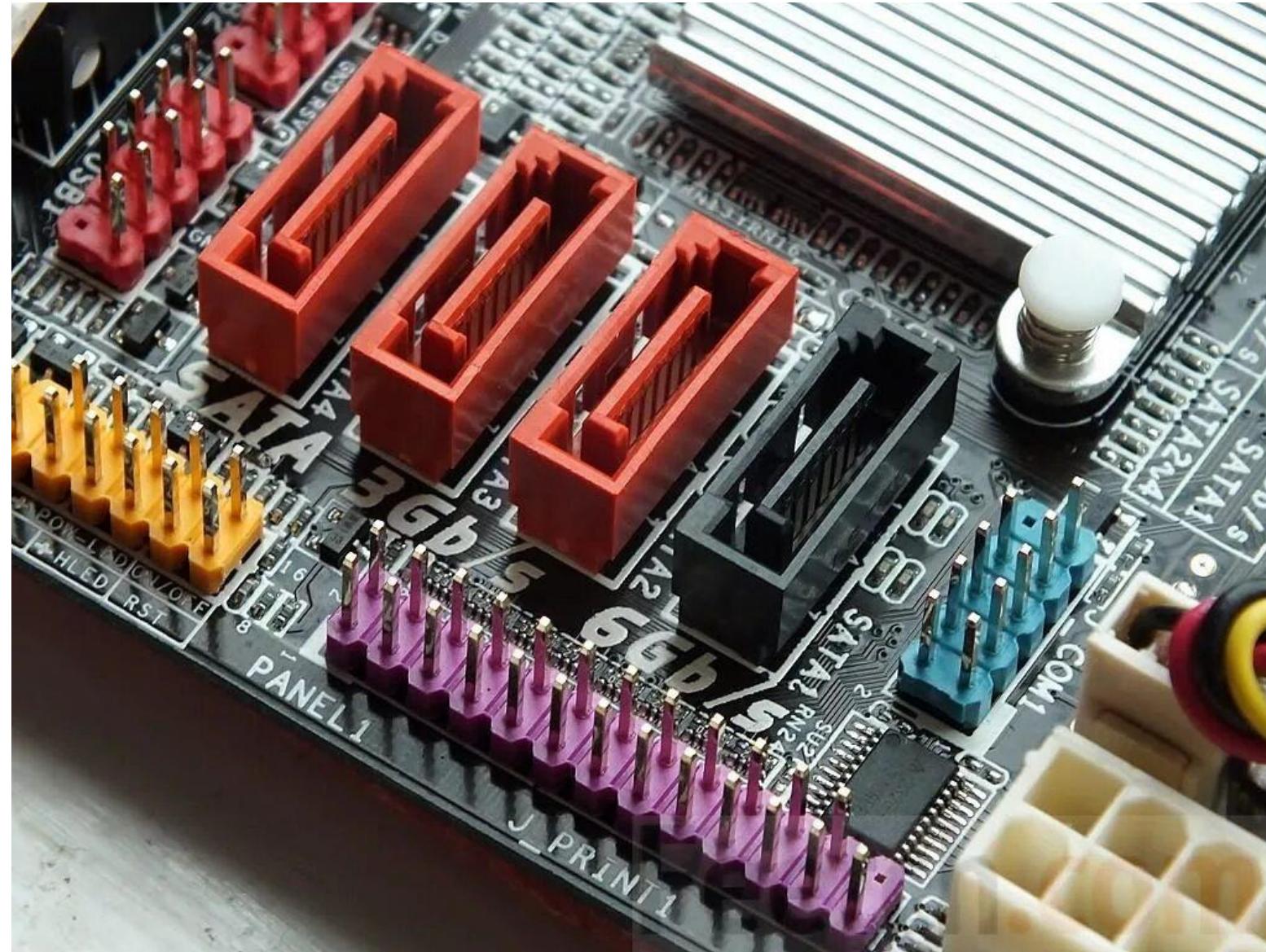


1 3.3V 9 5V
2 3.3V 10 Ground
3 3.3V 11 Reserved
4 Ground 12 Ground
5 Ground 13 12V
6 Ground 14 12V
7 5V 15 12V
8 5V

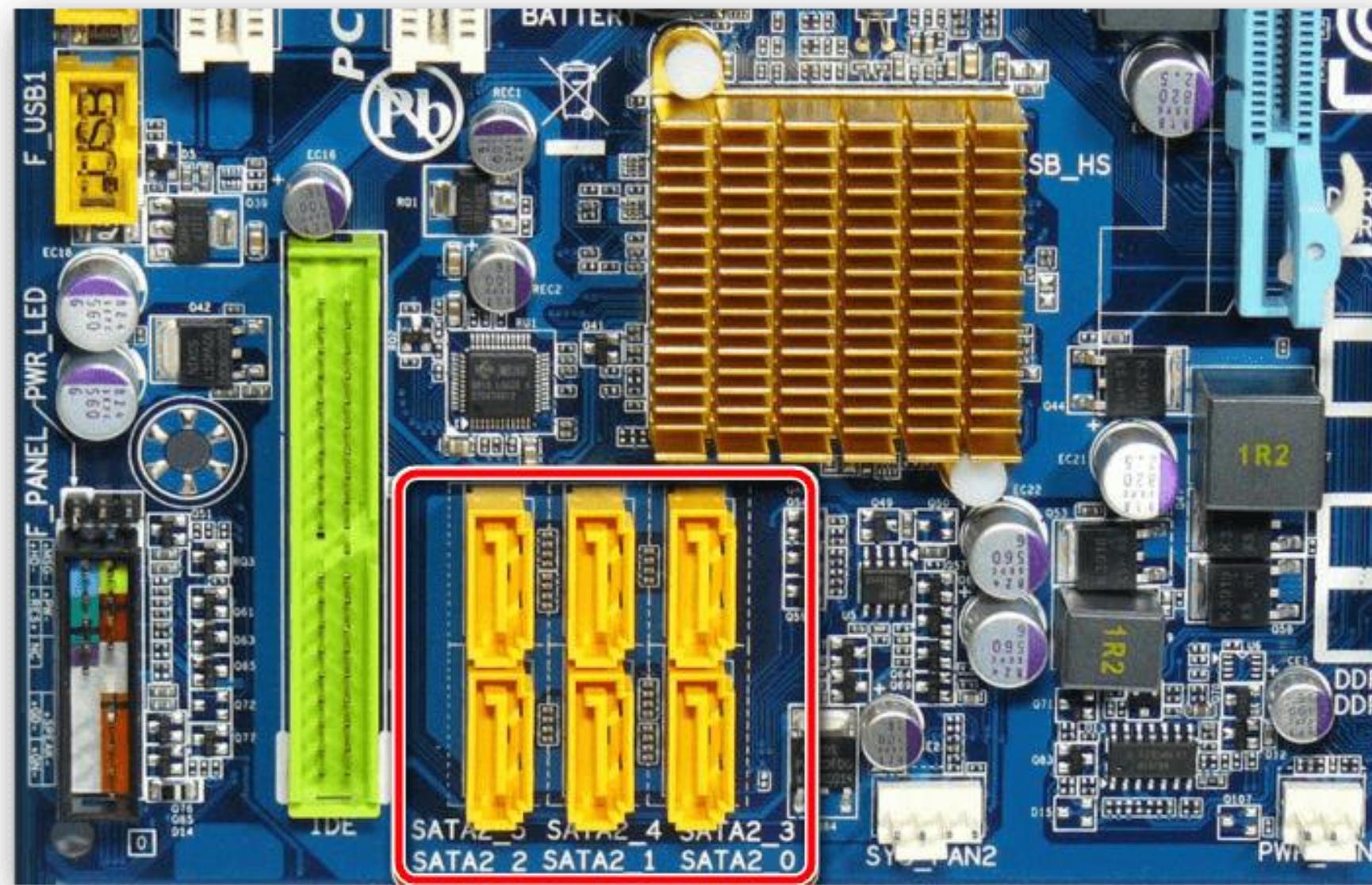
SATA



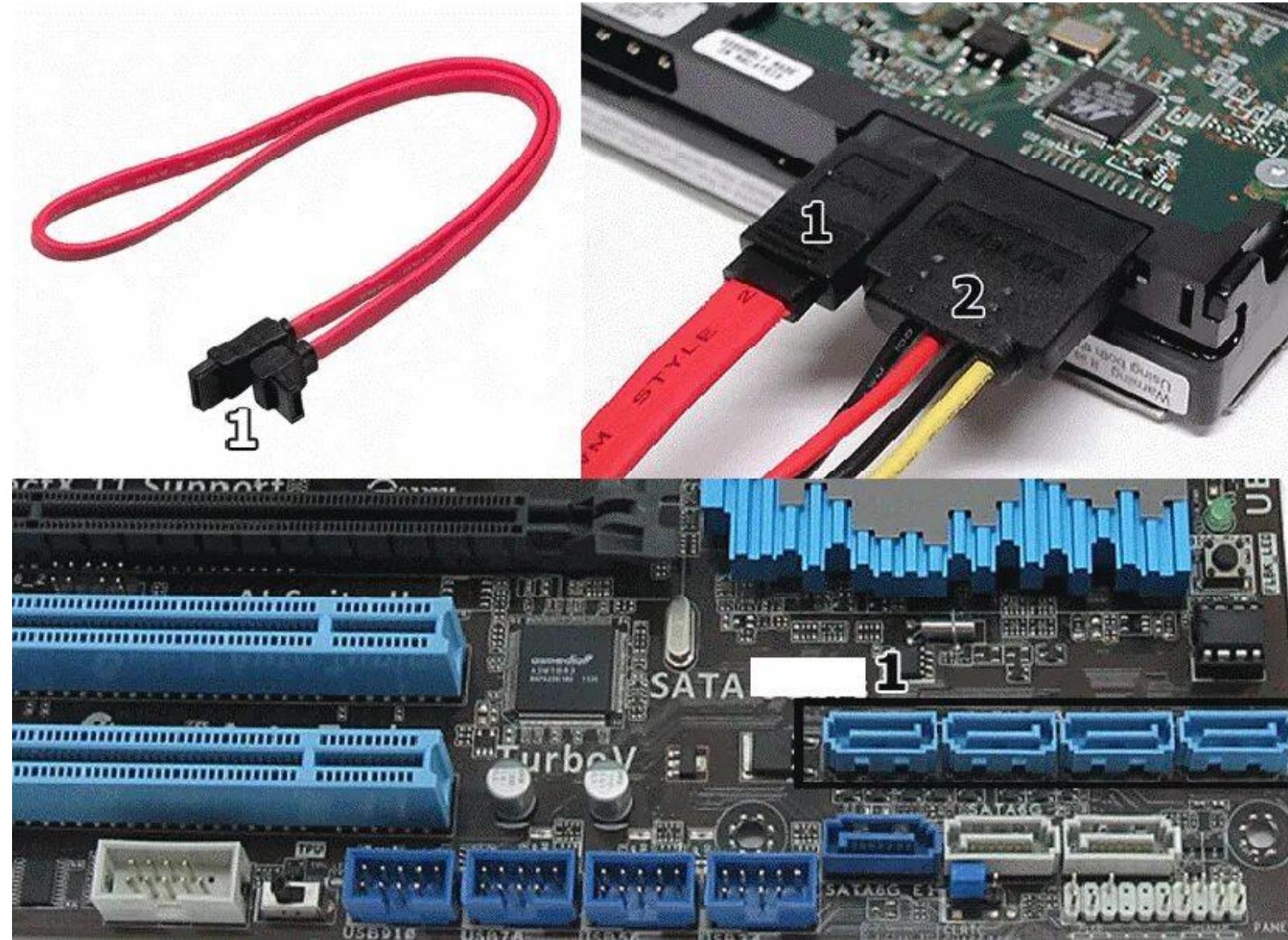
SATA



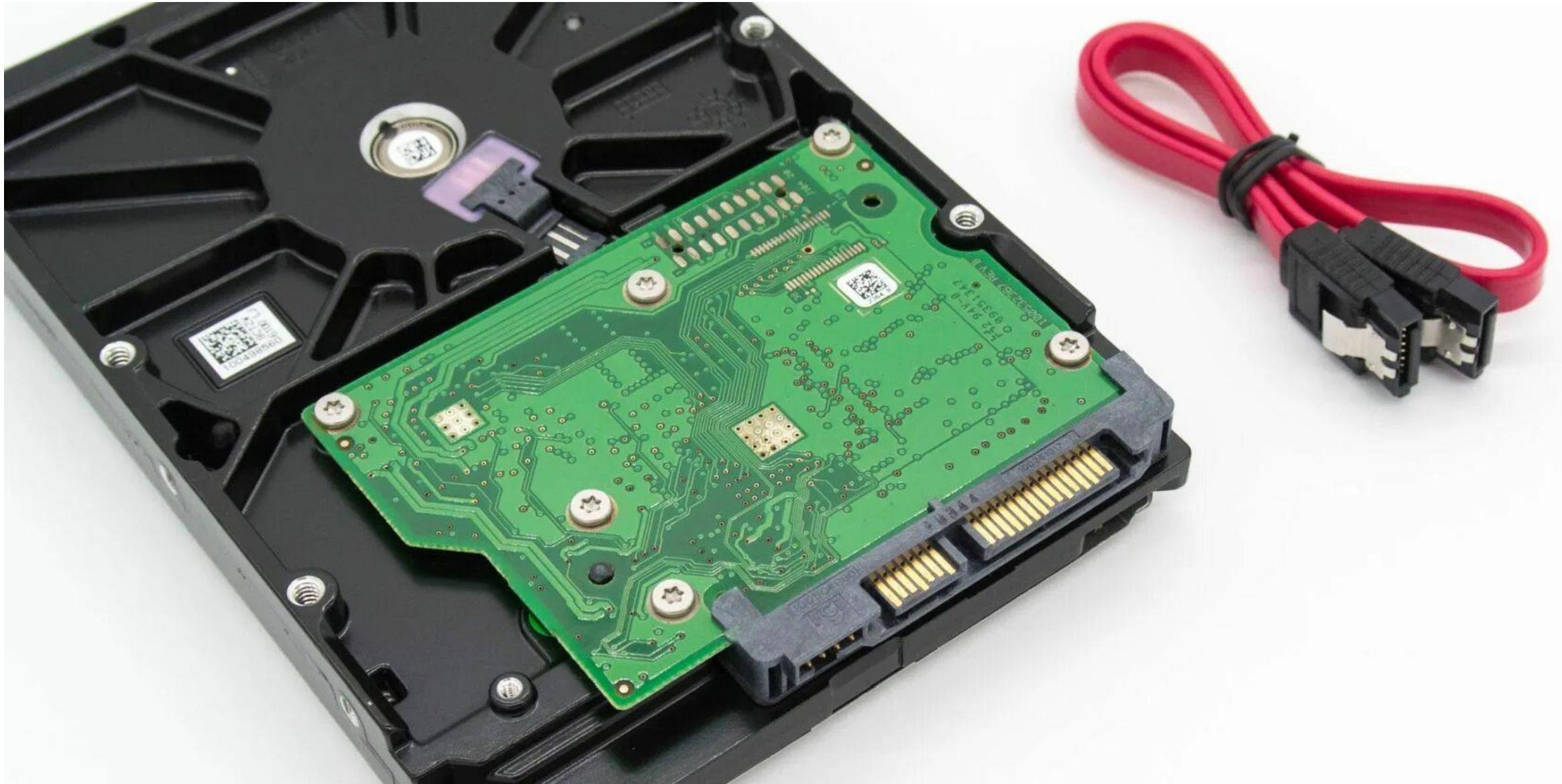
SATA

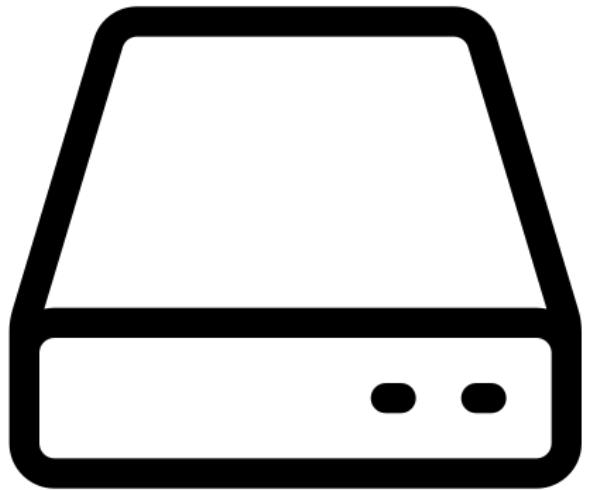


SATA



HDD SATA

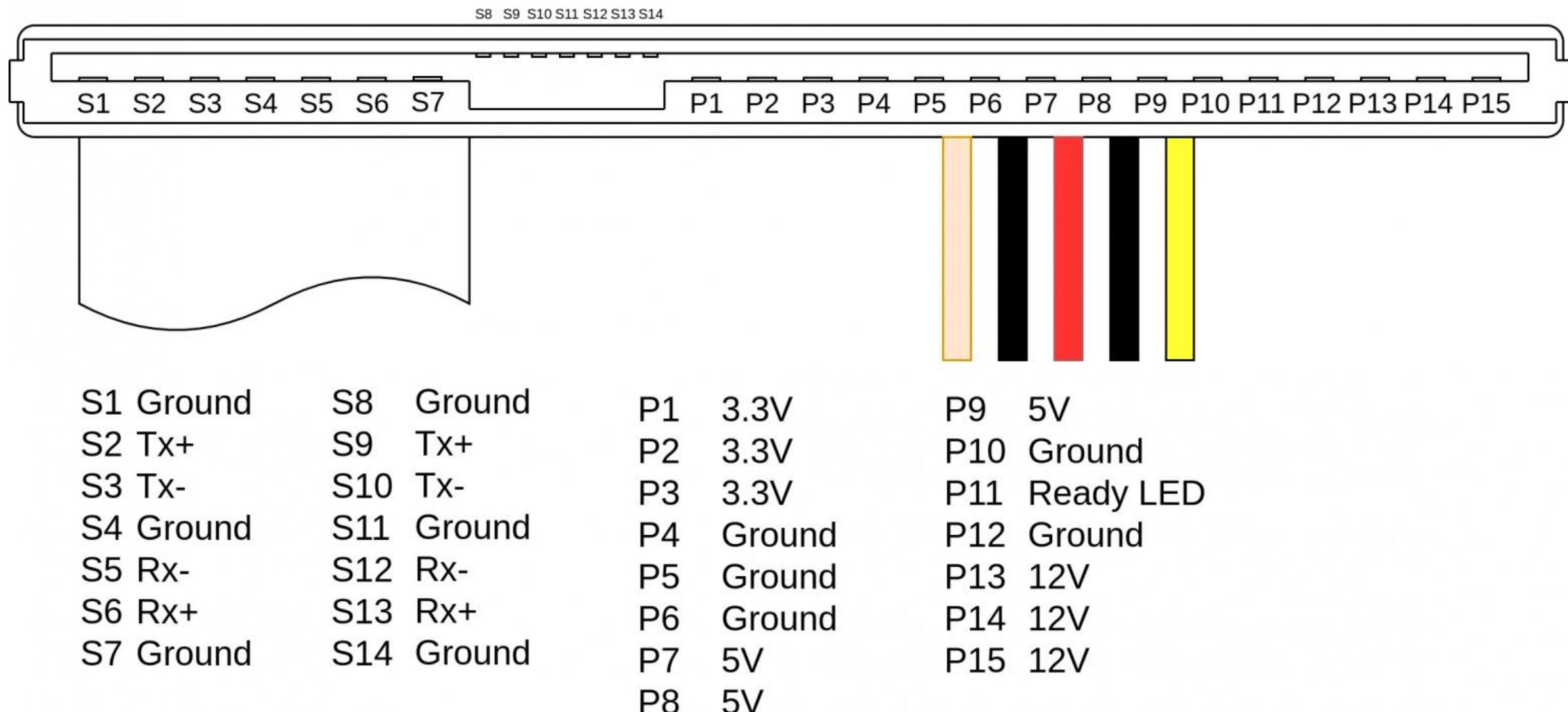




SAS



- «Конкурирующий» с ATA стандарт SCSI тоже не стоял на месте и всего через год после появления Serial ATA, в 2004, переродился в последовательный интерфейс. Имя новому интерфейсу — **Serial Attached SCSI (SAS)**.
- Несмотря на то, что SAS унаследовал набор команд SCSI, изменения были значительные:
 - последовательный интерфейс;
 - 29-ти жильный кабель с питанием;
 - подключение «точка-точка»
- Терминология SCSI также была унаследована. Контроллер по-прежнему называется инициатором, а подключаемые устройства — целевыми. Все целевые устройства и инициатор образуют SAS-домен. В SAS пропускная способность подключения не зависит от количества устройств в домене, так как каждое устройство использует свой выделенный канал.



Линии S8-S14 опциональны

© Selectel

SAS

- Максимальное количество одновременно подключенных устройств в SAS-домене по спецификации превышает 16 тысяч, а вместо SCSI ID для адресации используется идентификатор World-Wide Name (WWN).
- **WWN** — уникальный идентификатор длиной 16 байт, аналог MAC-адреса для SAS-устройств.



- Несмотря на схожесть разъемов SAS и SATA, эти стандарты не являются полностью совместимыми. Тем не менее, SATA-диск может быть подключен в SAS-коннектор, но не наоборот. Совместимость между SATA-дисками и SAS-доменом обеспечивается при помощи протокола SATA Tunneling Protocol (STP).
- Первая версия стандарта SAS-1 имеет пропускную способность 3 Гбит/с, а самая современная, **SAS-4**, улучшила этот показатель в 7 раз: **22,5 Гбит/с**.

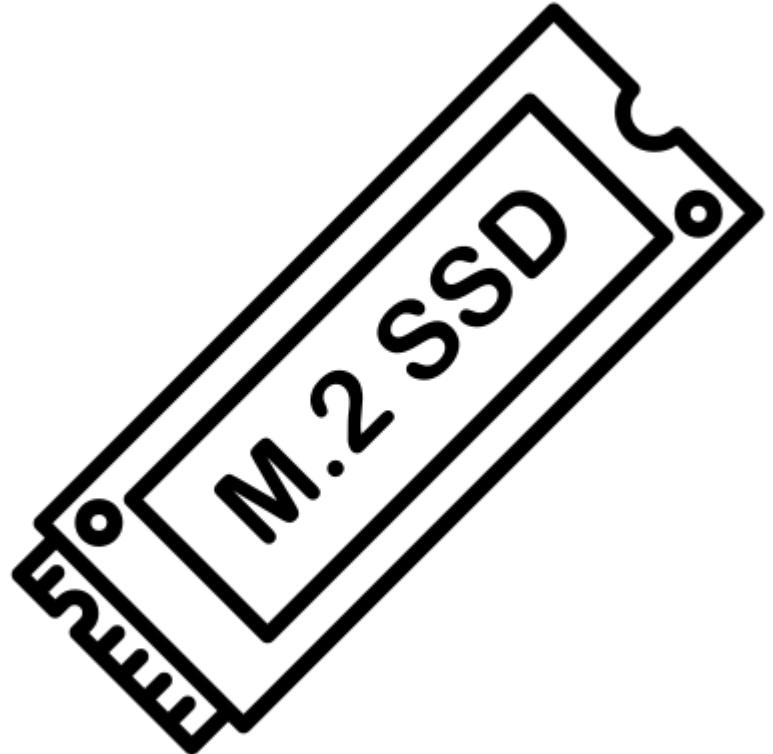
HDD SAS



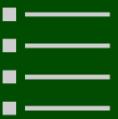
Серверный жесткий диск Dell 4Tb 7.2K 6Gb/s SAS 3.5" (400-AFBG)

HDD SAS





Разъем M.2

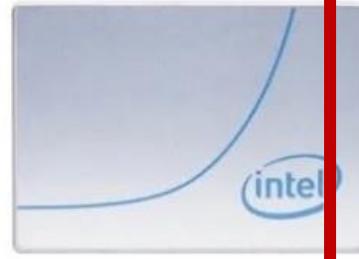
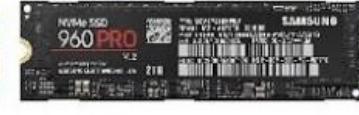


M.2

- **M.2, он же NGFF (Next Generation Form Factor – форм-фактор следующего поколения), – новый интерфейс SSD-накопителей, пришедший на смену mSATA. NGFF в 2013 году официально переименован в M.2.**
- В отличие от mSATA **M.2 содержит в себе компоненты интерфейсов SATA и PCI-E** и поэтому в редких случаях может использоваться для подключения плат расширения данного формата.
- **M.2 – предоставляет поддержку шин PCI Express 3.0 и SATA 3.0 – т.е. M.2 это название разъема, а не интерфейса,** в основном используется для SSD с высокопроизводительным драйвером NVMe, созданным для работы с быстрыми флеш-накопителями.
- **M.2 – это небольшой разъем, расположенный на материнской плате или плате расширения, которая устанавливается в слот PCI-Express.** **Использовать M.2 можно не только для SSD, но и для установки Wi-fi, Bluetooth модулей, и проч.** Сфера применения может быть весьма большой, что делает M.2 очень полезным.
- Развитием он обязан, прежде всего, компании Intel, которая впервые использовала его в материнских платах с чипсетами H97 и Z97 для последнего поколения процессоров intel Core (Haswell Refresh).

- **M.2** для связи с материнской платой использует интерфейс PCIe (в настоящее время разрабатывается версия PCIe 3.0), который позволяет обойти ограничения интерфейса SATA 3. В зависимости от количества поддерживаемых линий PCI Express, пропускная способность дисков M.2 для PCIe 3.0 x1 может достигать 1 Гбит/с, а для PCIe 3.0 x16 до 15 Гбит/с.
- Разъем M.2 может поддерживать протокол PCI Express, PCIe и SATA. А в качестве технологий передачи данных использовать SATA и NVMe.

Форм-фактор SSD HDD

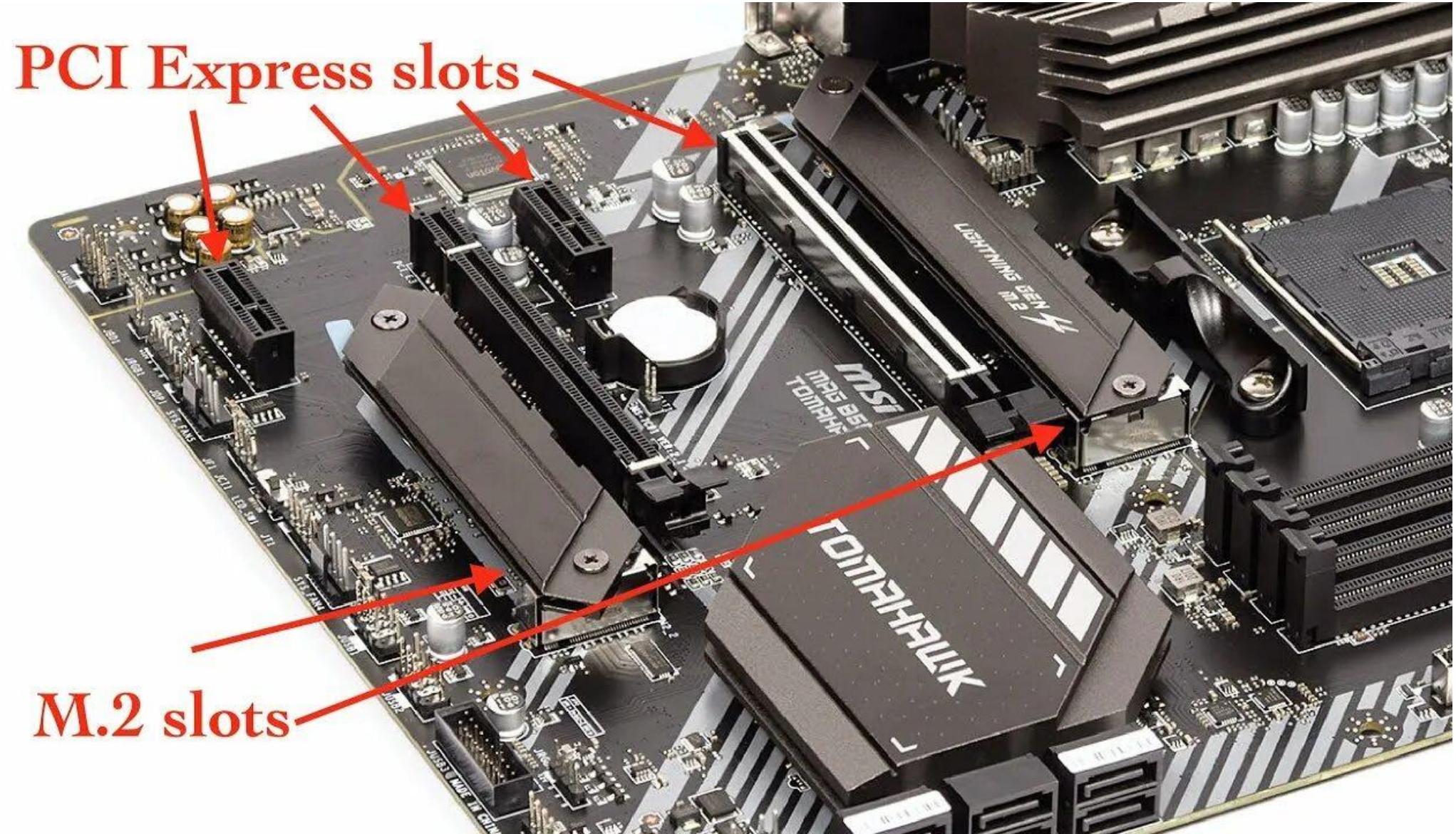
	SATA 2.5"	U.2	M.2 SATA	M.2 NVMe	NVMe PCIe
Types of SSD					
Physical Connector	SATA	U.2	M.2		PCIe
Connection Protocol	SATA	PCIe	SATA	PCIe	
Technology	SATA	NVMe	SATA	NVMe	
Form Factor	2.5"		M.2		PCIe AIC (Add-In-Card, like GPUs)

SSD работают на основе чипов NAND-памяти, но отличаются логическим интерфейсом обмена данными, размером, физическим коннектором и скоростью чтения и записи.

Интерфейс NVMe

- **NVMe** (Non-Volatile Memory Host Controller Interface Specification) — это не устройство и не интерфейс его подключения. Это протокол, а точнее — спецификация протокола обмена данными.
- **NVMe (NVM Express)** — это спецификация протокола доступа и работы с твердотельным накопителем (SSD), которые подключены по шине PCI Express.
- **Стандарт NVMe**, который расшифровывается в NVM Express, — это протокол для передачи данных между SSD и материнской платой через порт PCI Express. То есть говорить, что NVMe сам по себе является видом интерфейса, неправильно — это именно способ передачи данных, а не физический разъем формата m2.
- **NVMe** — логический интерфейс, намного более быстрый чем SATA (фактически замена SATA) и специально разработанный для доступа к твердотельным накопителям через разъемы M.2 (для бытовых ПК) и U.2 (в основном для серверов)

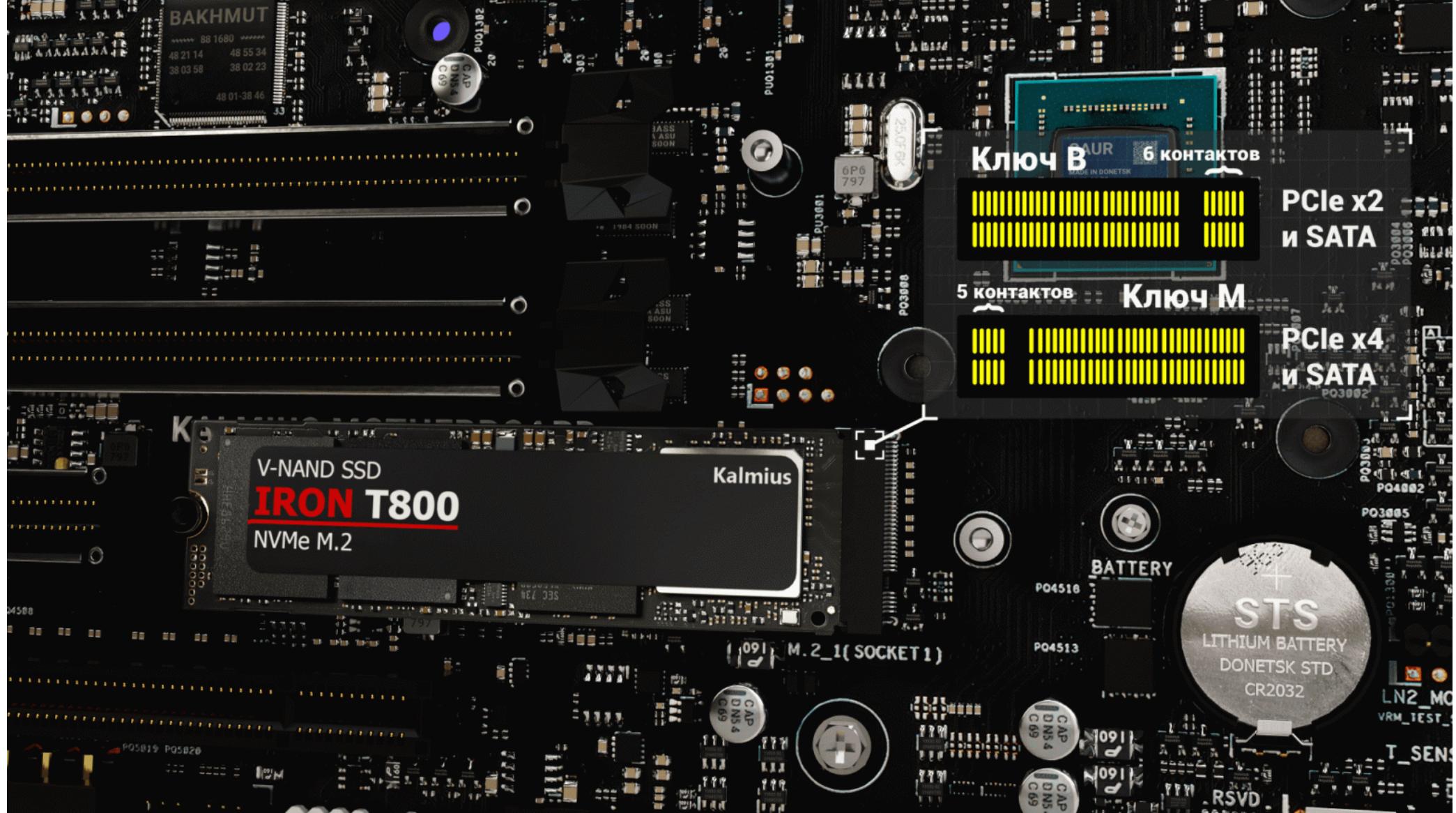
M.2 слоты



M.2 слот



Установленный SSD в M.2 слот



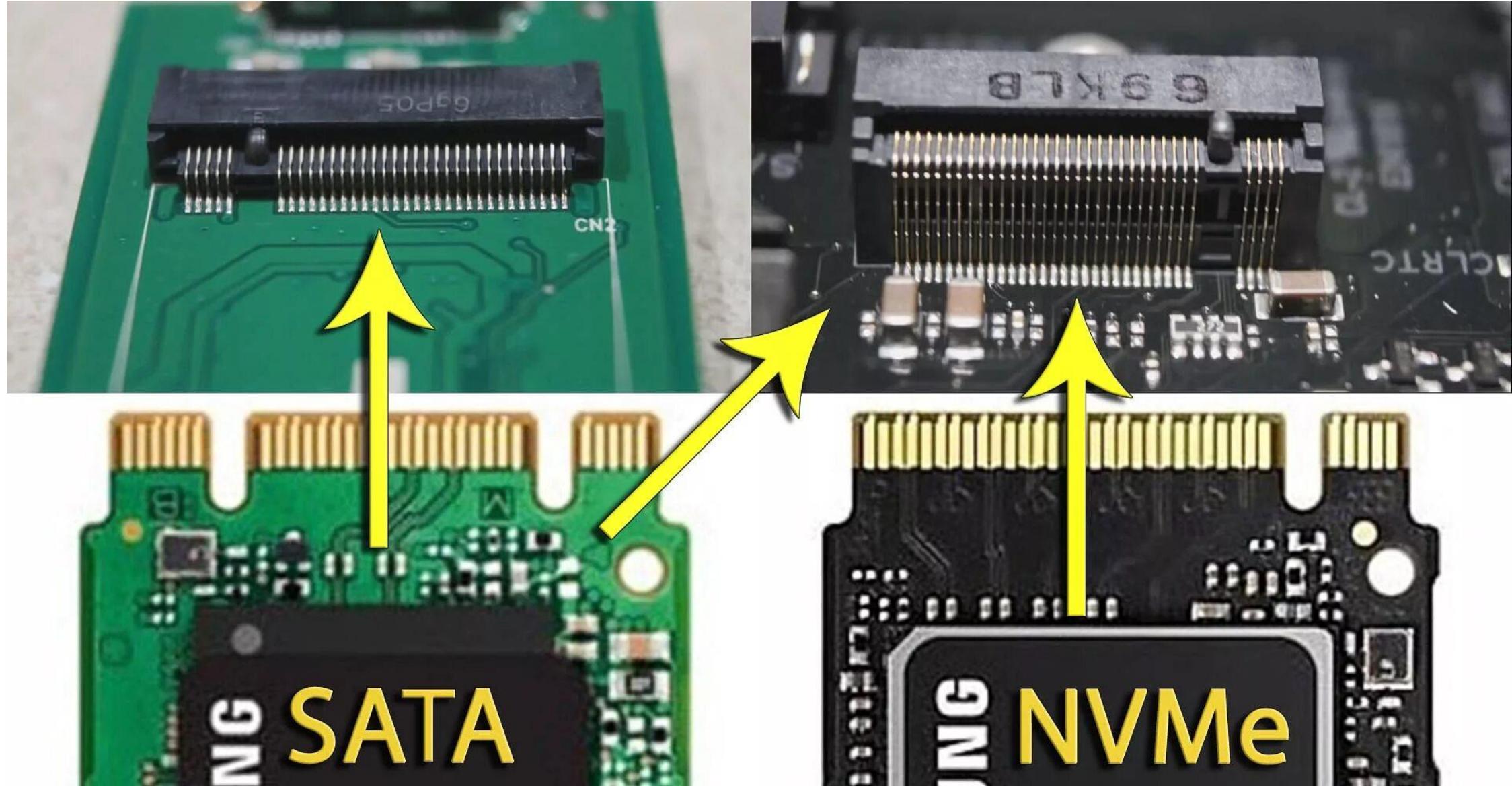
Установленный SSD в M.2 слот



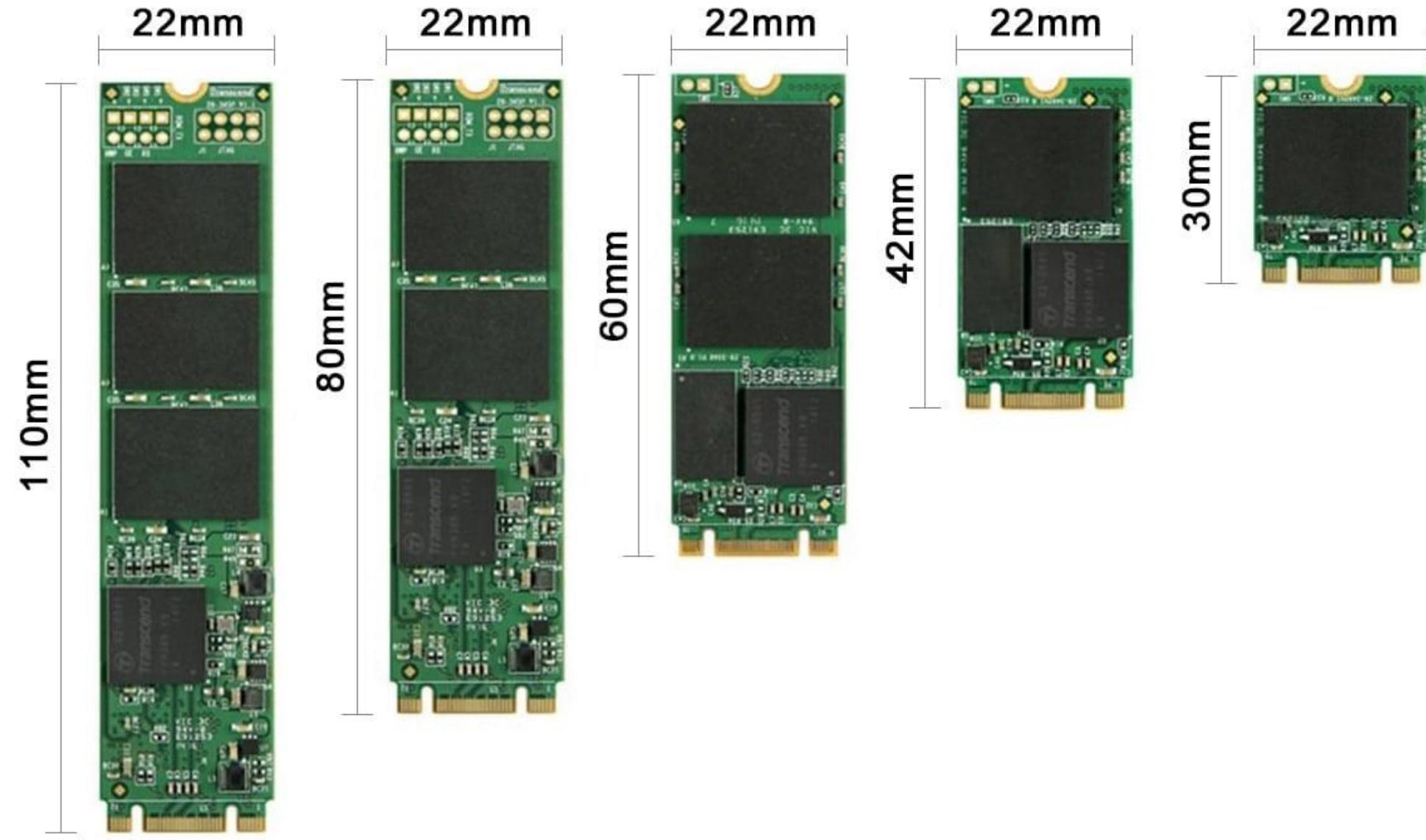
Установленный SSD в SSD M.2 (NVMe)



M.2 SATA / NVMe



Форм-фактор SSD M.2 (SATA)



Форм-фактор SSD M.2 (NVMe и SATA)

Ключи M.2 SSD



Ключ B
ширина 6 контактов

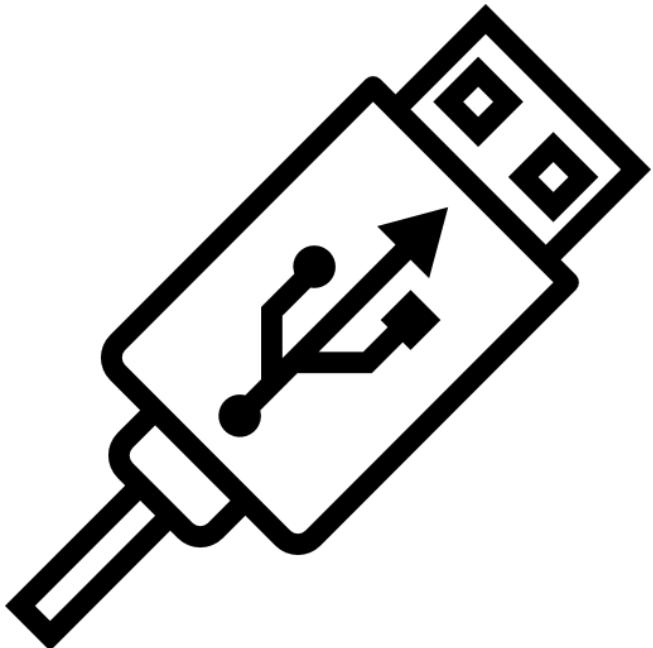
Ключ M
ширина 5 контактов

SATA M.2 SSD (ключи B+M)



Ключ M
ширина 5 контактов

NVMe M.2 SSD (ключ M)



USB



USB



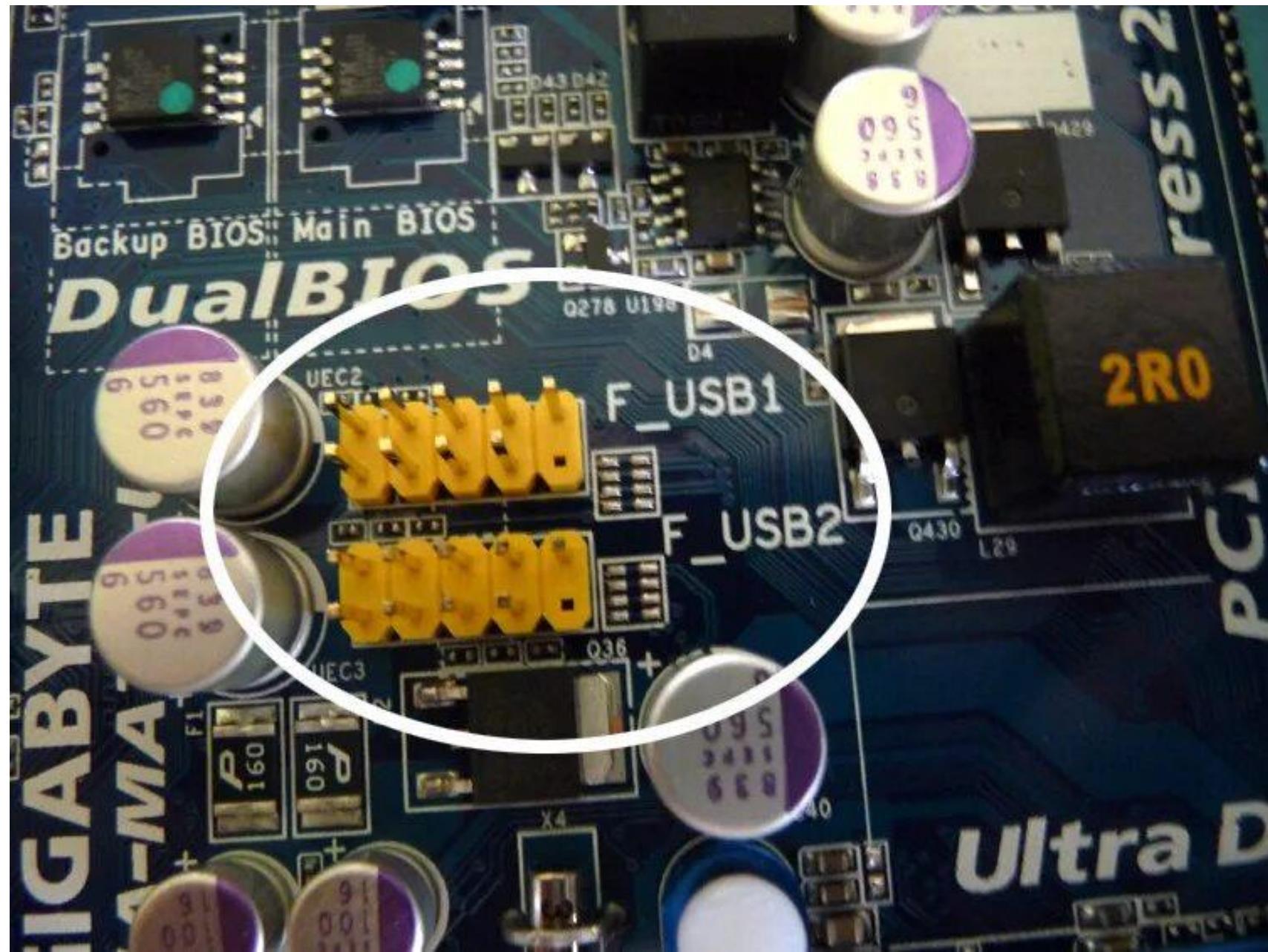


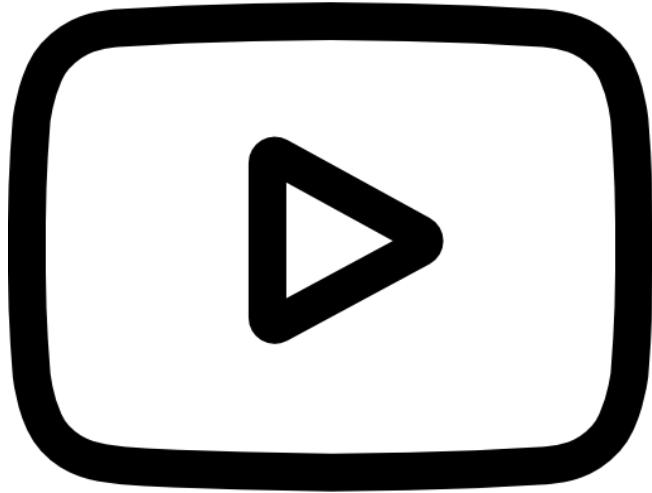
Материнская плата ASUS PROART B550-CREATOR



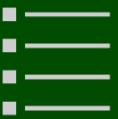
Материнская плата MSI MPG Z790 EDGE WIFI

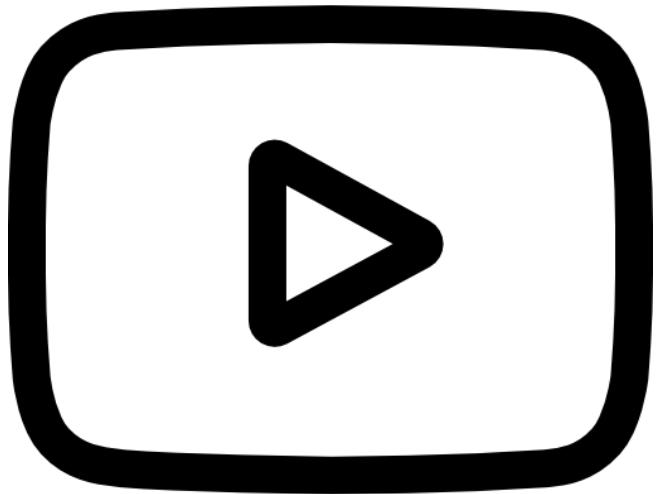
USB



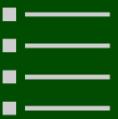


**Дополнительные
материалы по теме
на YouTube**



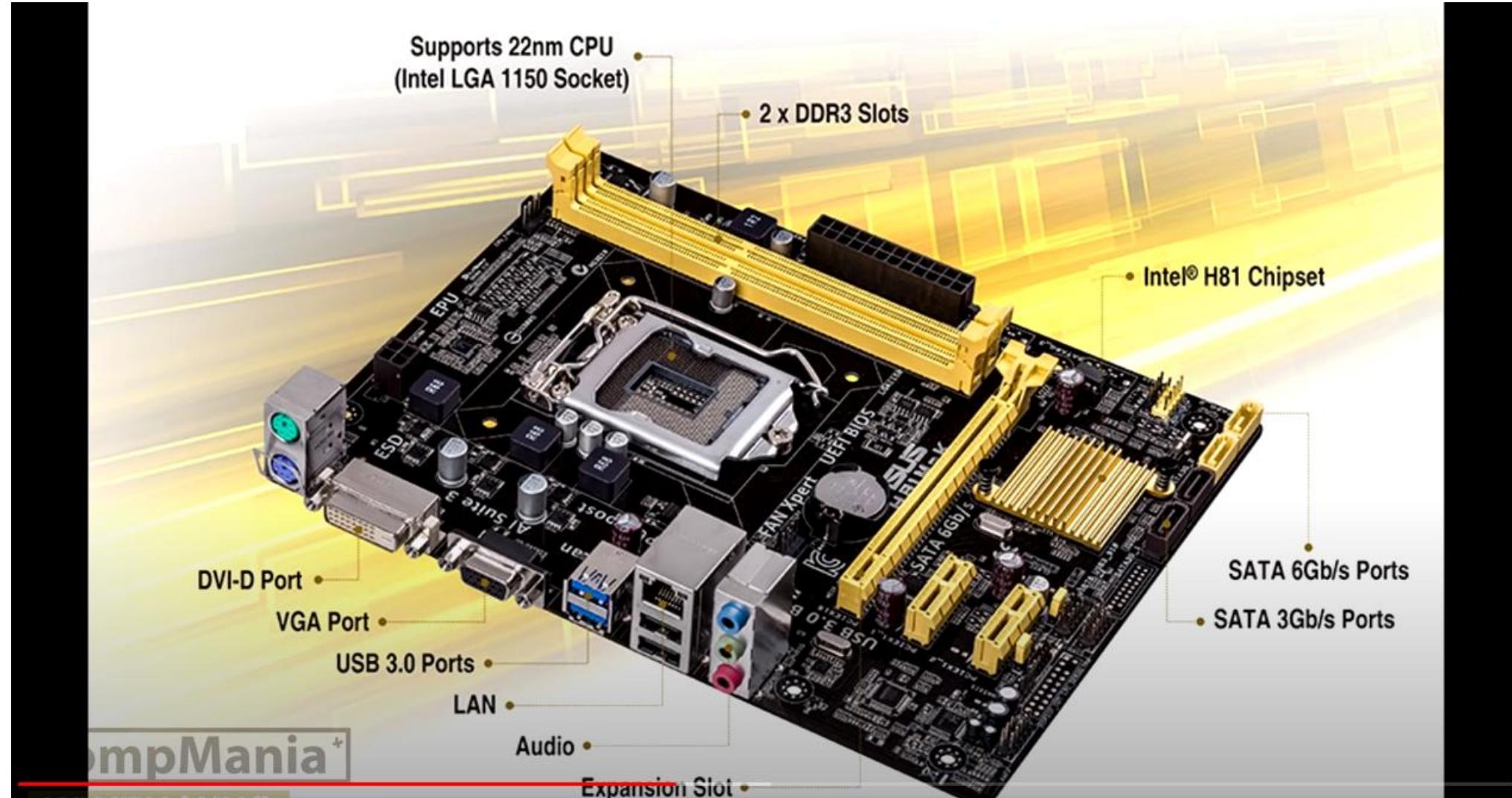


Материнские платы





Как выбрать материнскую плату. Сокет, чипсет, VRM, разъемы. Самый полный гайд. (2020) <https://www.youtube.com/watch?v=DVR3amE9BJc>



МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА – Гид для новичков (2015)

<https://www.youtube.com/watch?v=0tISeVm--g0>



Зачем нужна батарейка на материнской плате. Что такое микросхема
БИОС (2019) <https://www.youtube.com/watch?v=bGKEBQ8gLck>

Материнская Системная плата

Многослойная печатная плата, на которой монтируется чипсет и сокет для подключения центрального процессора, разъёмы для подключения плат расширения, оперативной памяти, жёстких дисков и других дополнительных периферийных устройств

Обеспечивает связь между всеми подключёнными устройствами

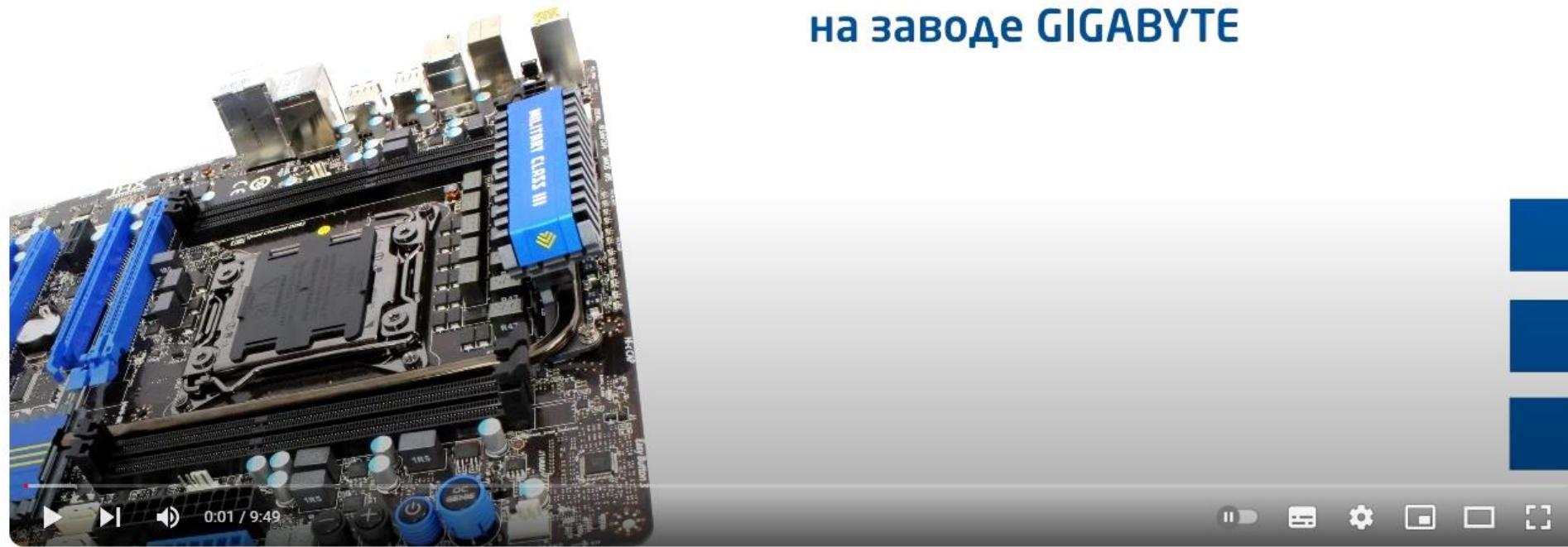


0:04 / 8:38 • Устройство и назначение >

Материнская плата: устройство и принцип работы. Что такое VRM, сокет, чипсет, BIOS. Разъёмы и схемы (2022)

<https://www.youtube.com/watch?v=dMovCaohVaY>

Как делают материнские платы? на заводе GIGABYTE



Производство материнских плат (2014)
<https://www.youtube.com/watch?v=3IOBO5-o81M>



Создание CPU по этапам на заводе Mikron и почему без 7нм остались Global Foundries (2019) <https://www.youtube.com/watch?v=PVczz3uU3j4>

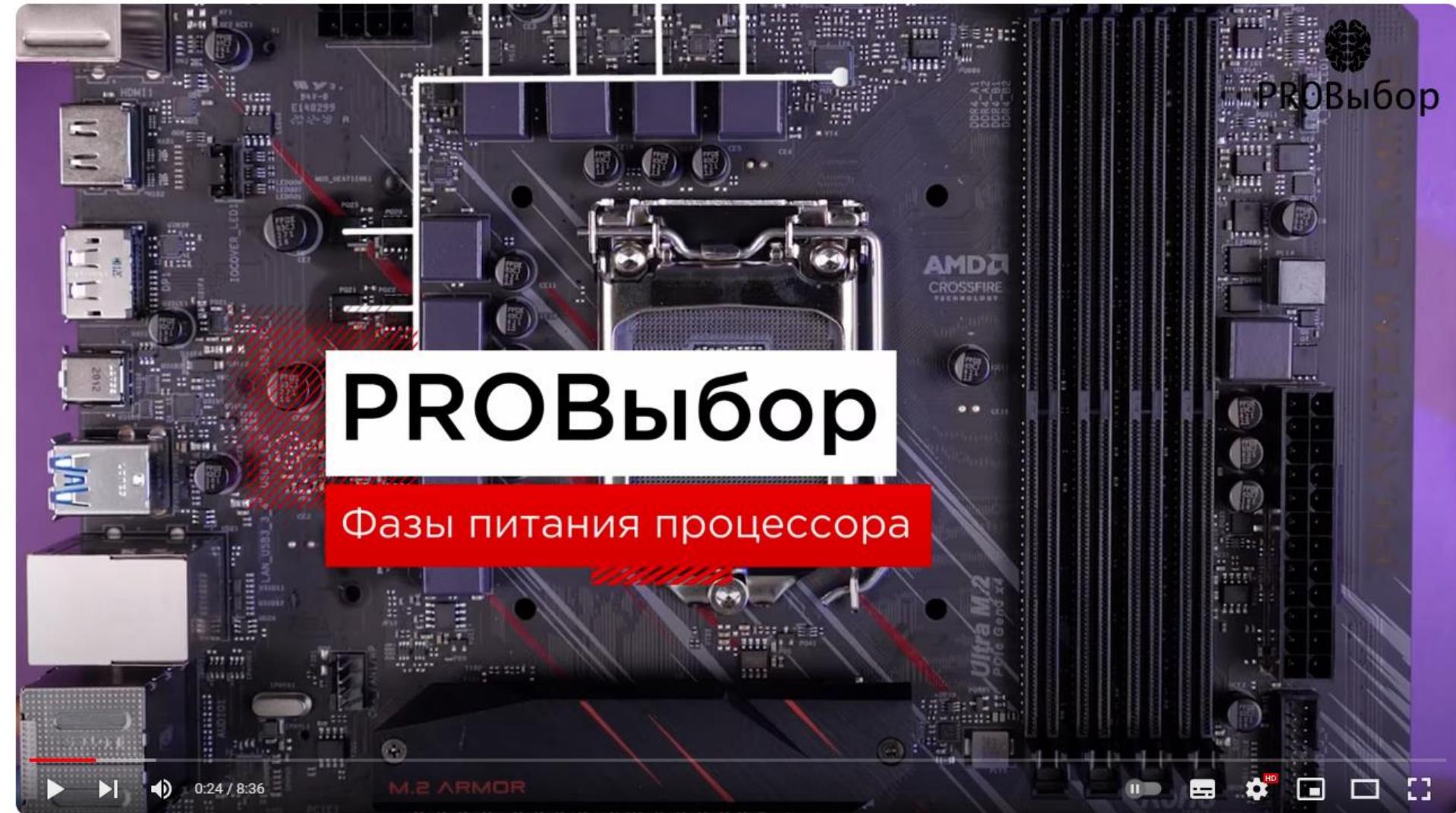


Материнская плата: от чего зависит мощность и количество разъемов.
Что такое чипсет, VRM и сокет. (2023)

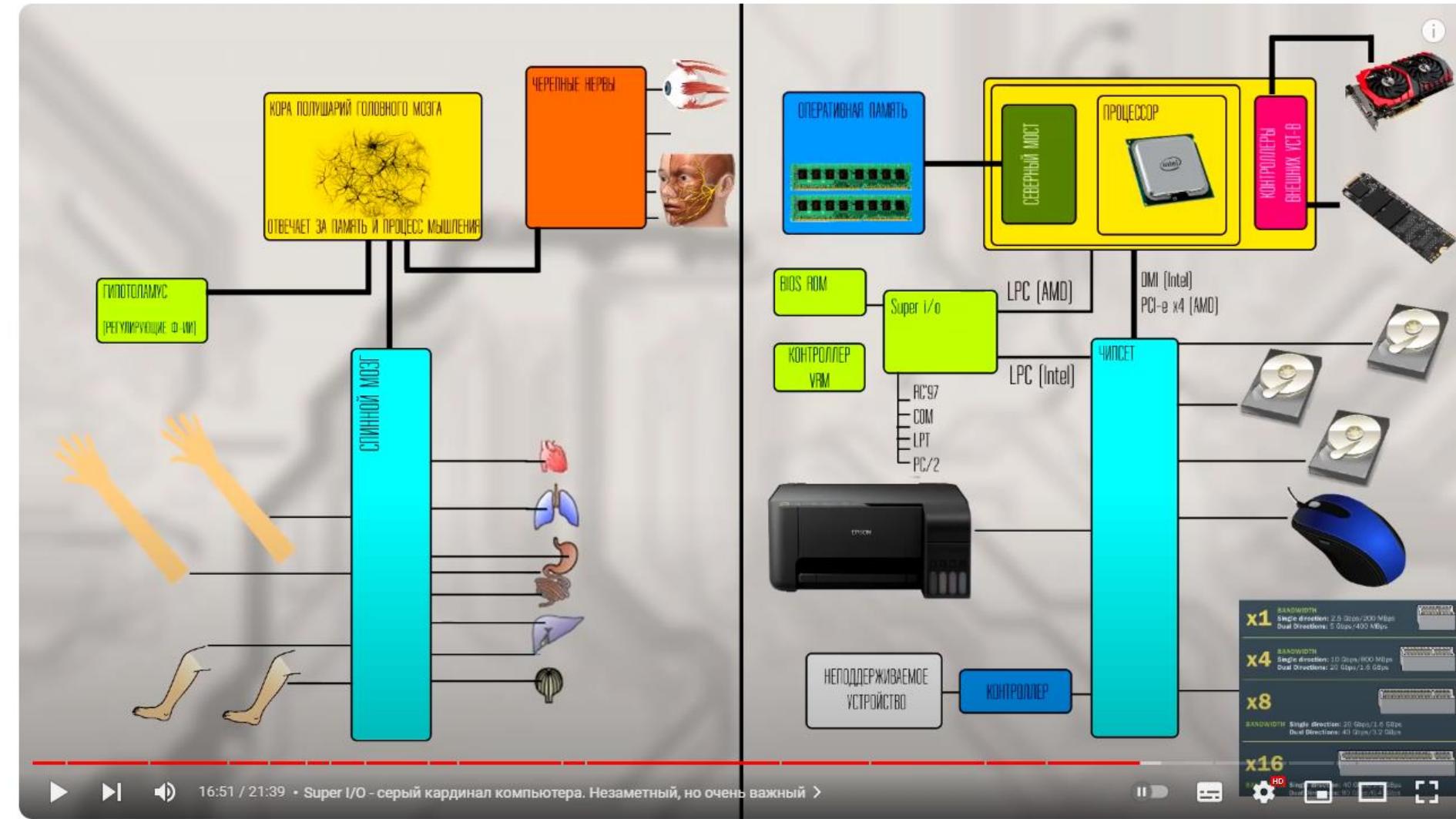
<https://www.youtube.com/watch?v=8CPUlfYg1A>



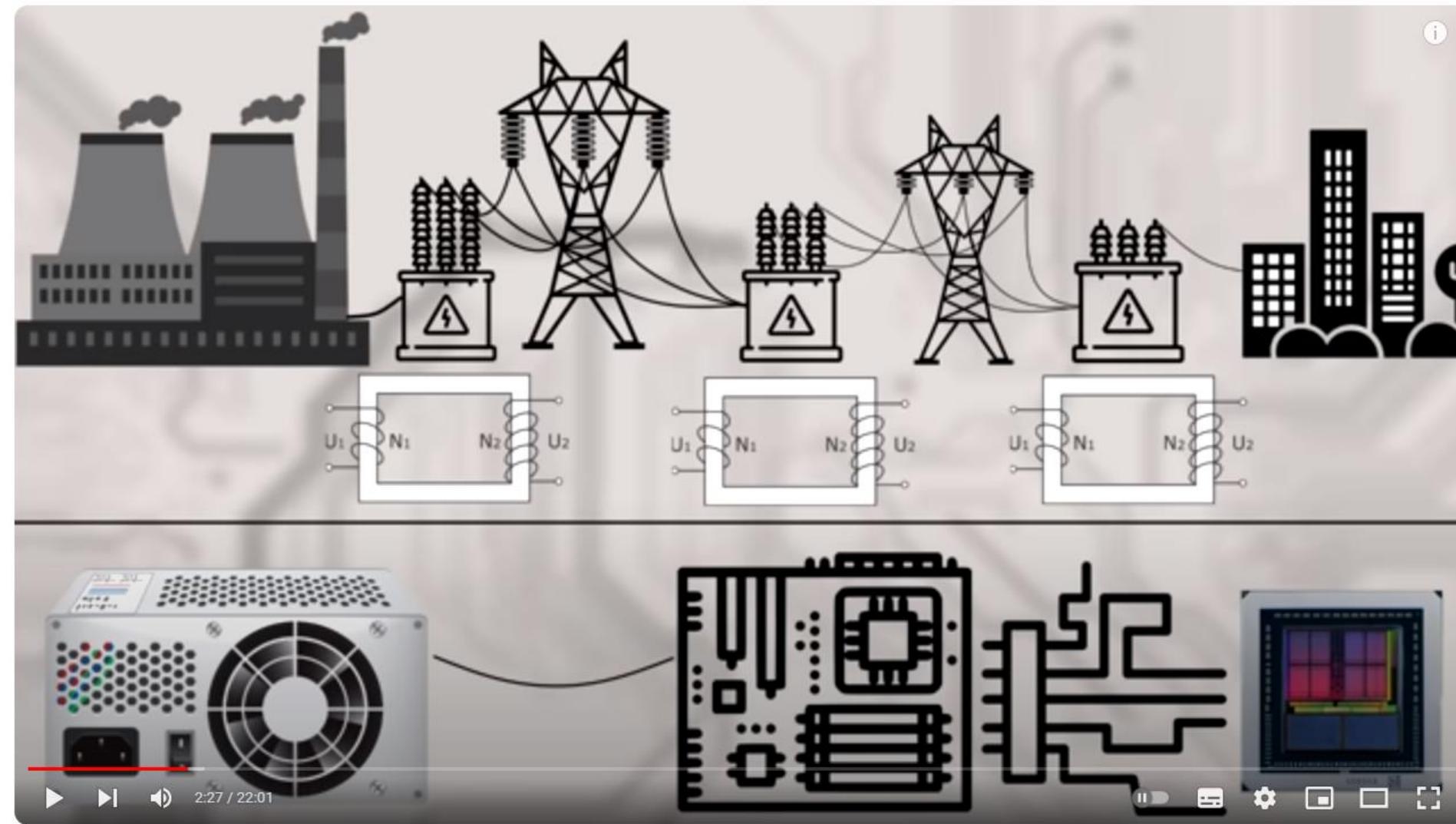
Цепи питания VRM: Сколько реально надо? Нагрев+радиаторы (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=gV9vlgi3Liw>



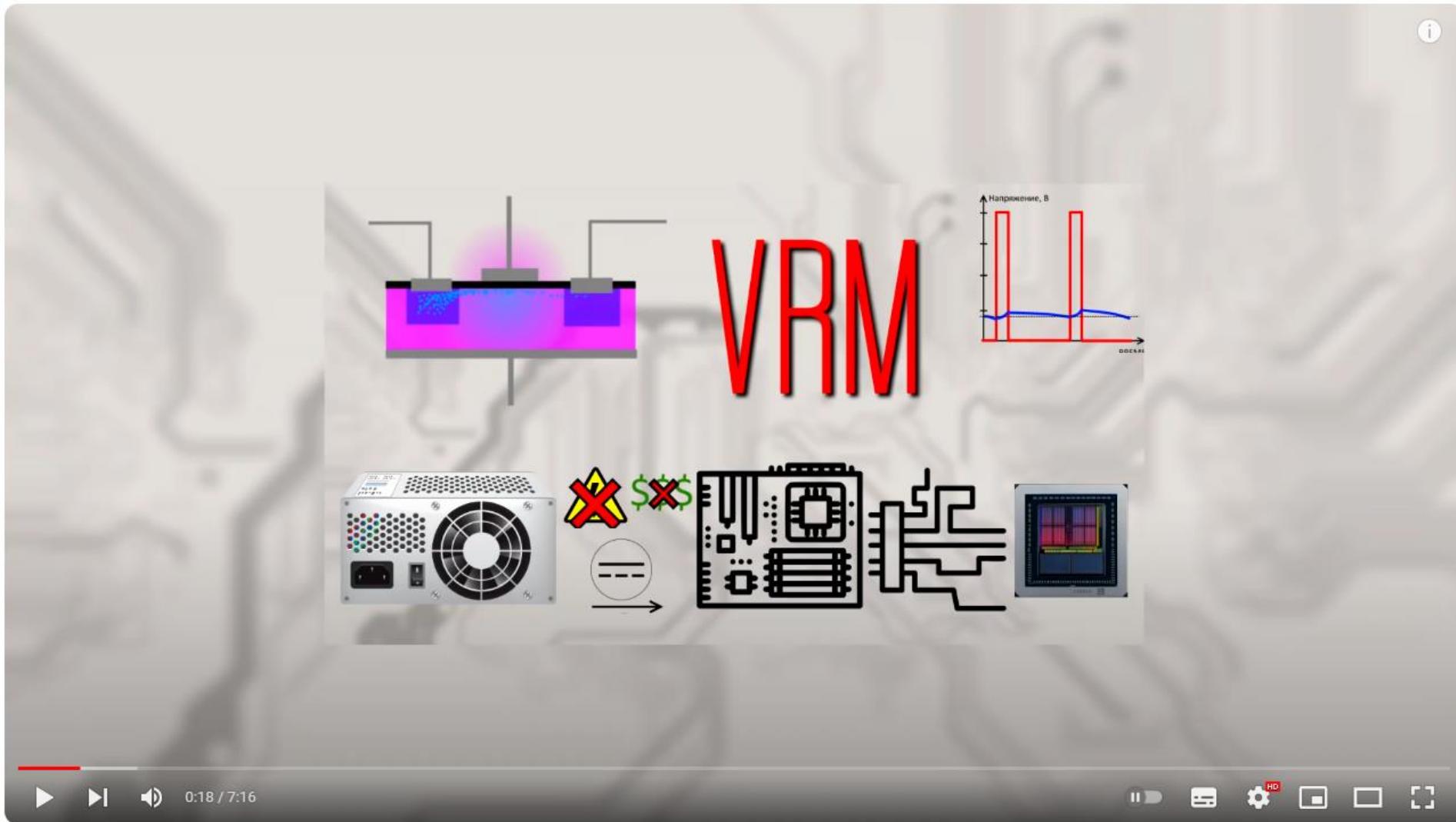
Честные и искусственные фазы питания процессора (2022)
https://www.youtube.com/watch?v=U_1aHsmq7II



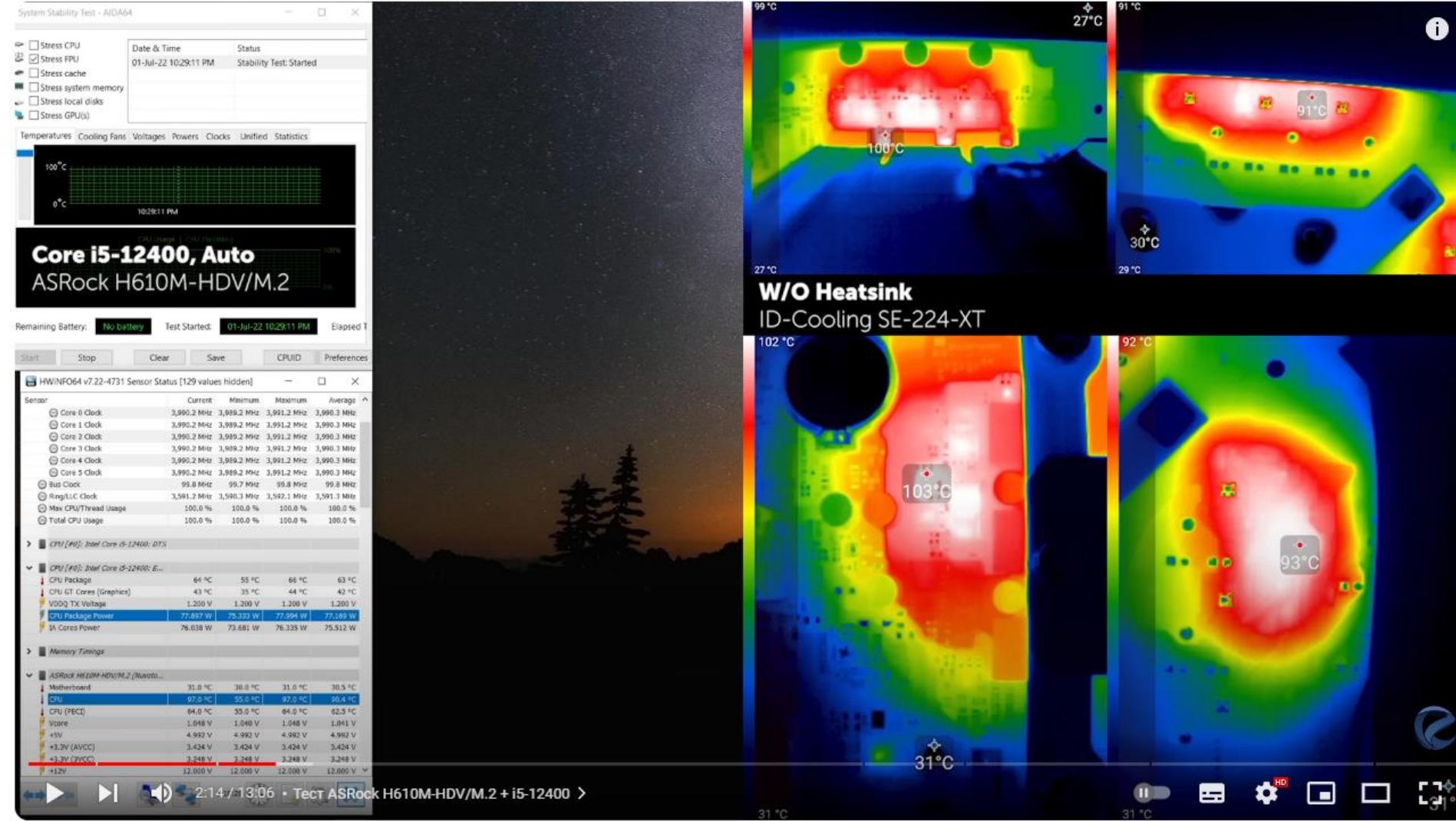
Материнская плата - нервная система компьютера. Из чего она состоит? (2022) <https://www.youtube.com/watch?v=sABaxhk6hXo>



VRM. Что такое, зачем? Фазы и цепи питания. (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=EaWCnEf8mAE>



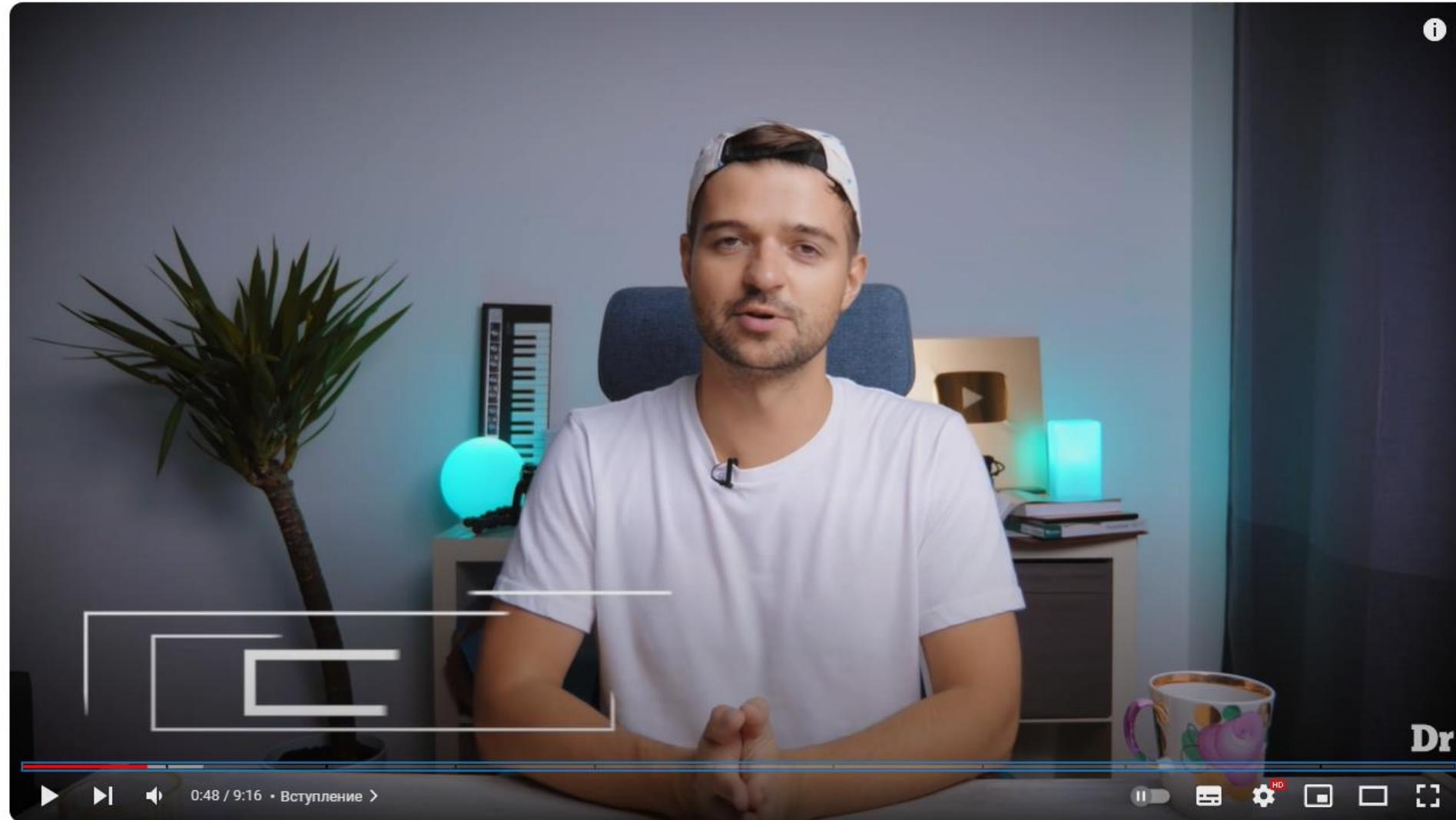
Уточнение к видео про VRM (про работу даблеров) (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=R2fauhD8sgY>



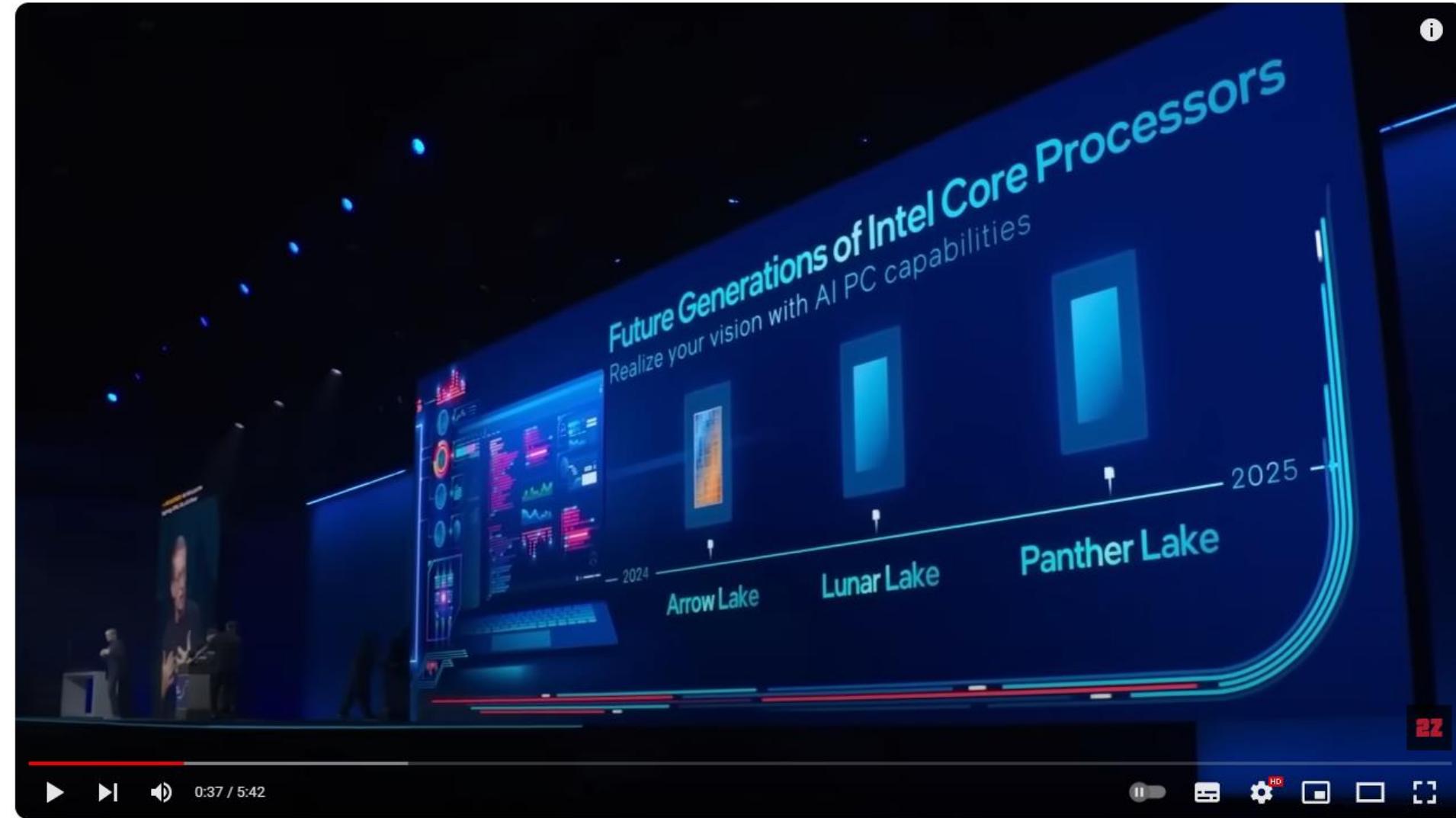
Как и чем охладить VRM на материнской плате? (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=qhj39PnObkg>



Конец истории LGA 1700 | Камбэк Intel или победа AMD? (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=0gHD5Ts0ViY>



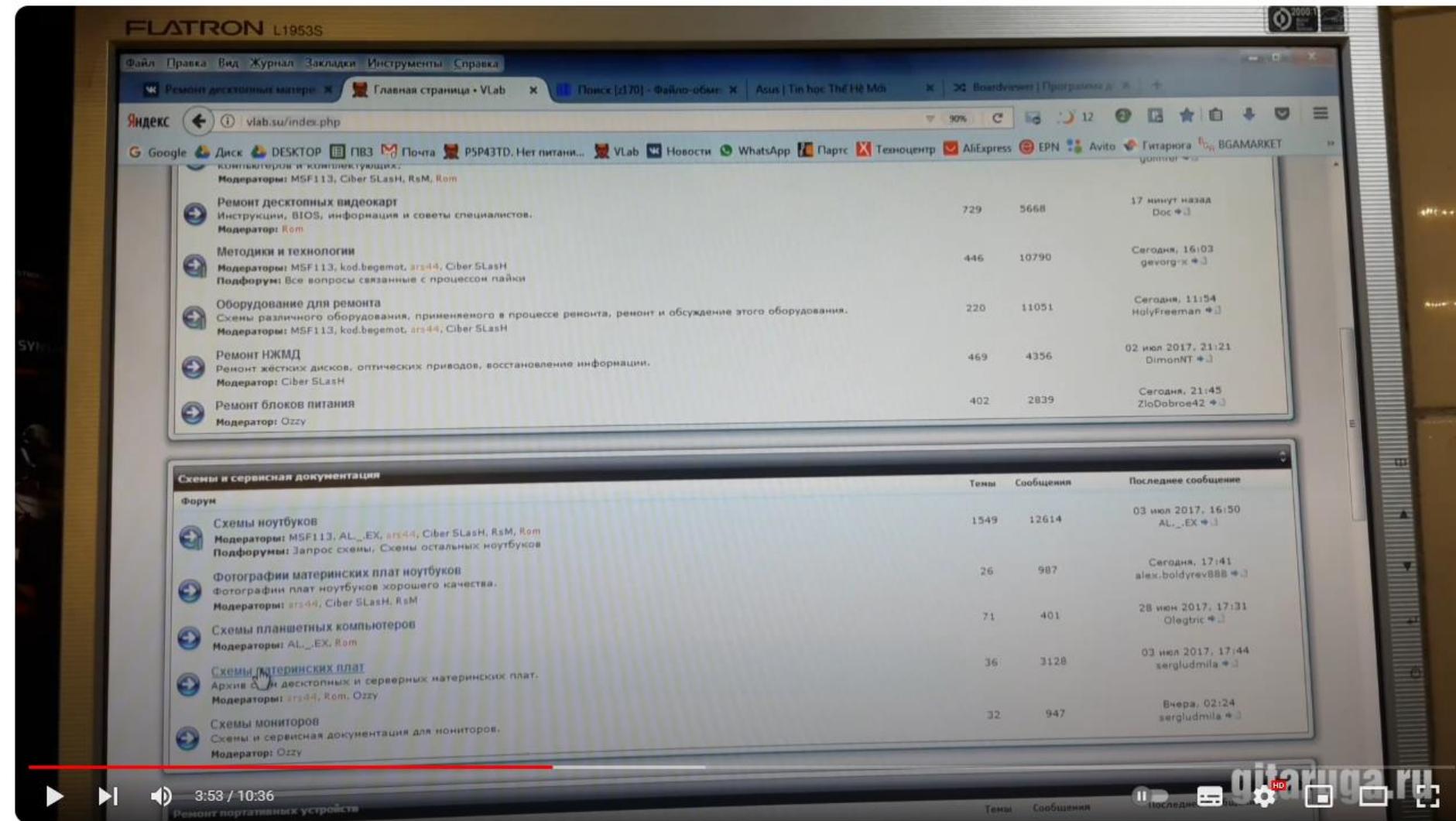
Что такое чипсет? | Разбор Intel (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=F3RXxV5zkyo>



LGA 1851 - новый сокет Intel | ARROW LAKE (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=FthlrVV6hHA>



Полная диагностика и ремонт Asus Rampage IV Extreme (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=gERhz4Syjzl>

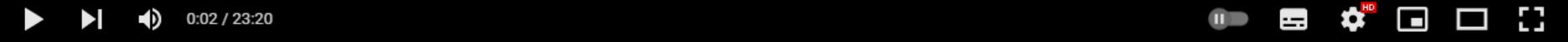


Схемы материнских плат. Где искать. Чем смотреть. (2017)
https://www.youtube.com/watch?v=b97jSHxpU_8

POWER ON SEQUENCE

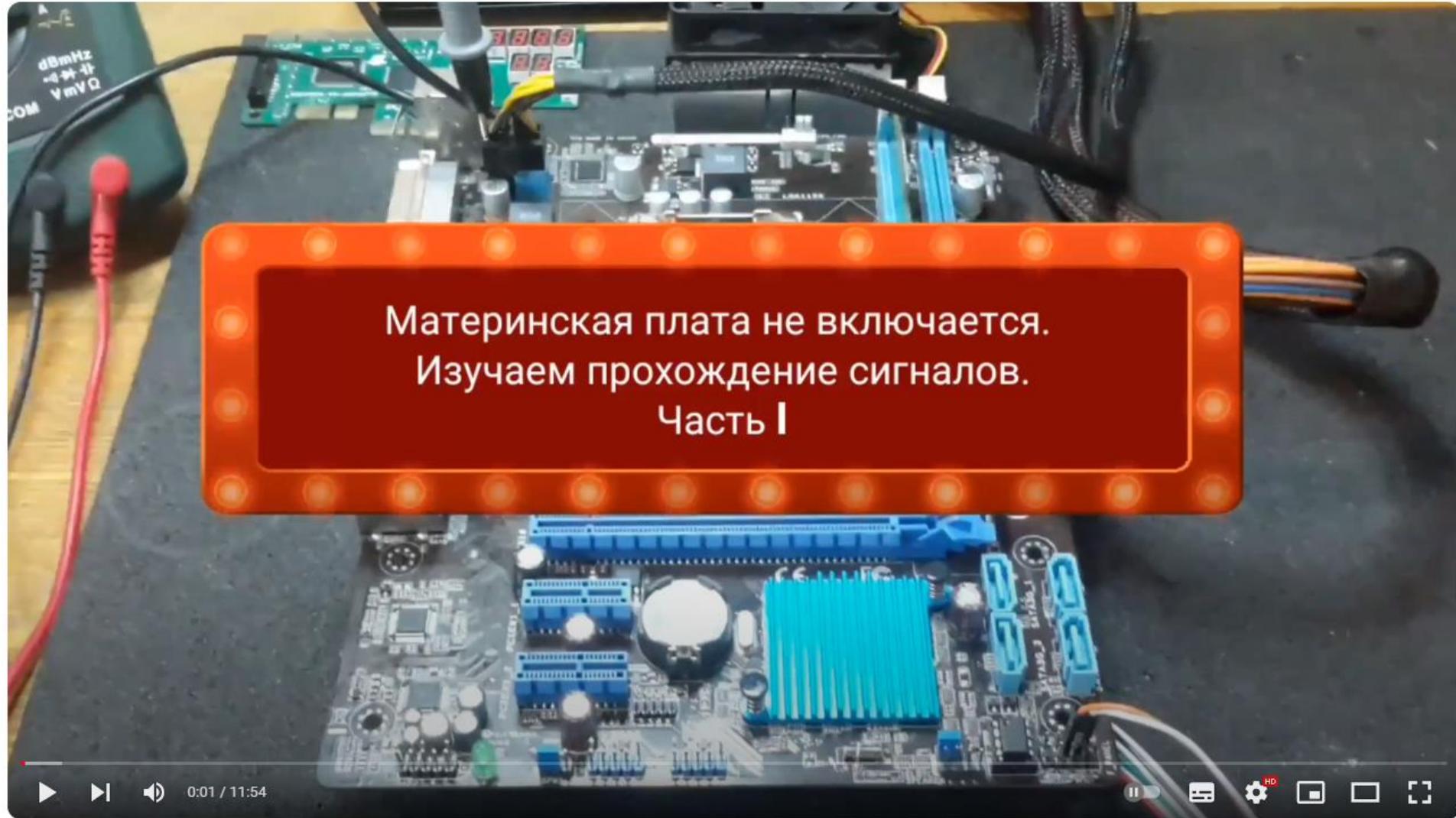
процесс запуска

материнской платы

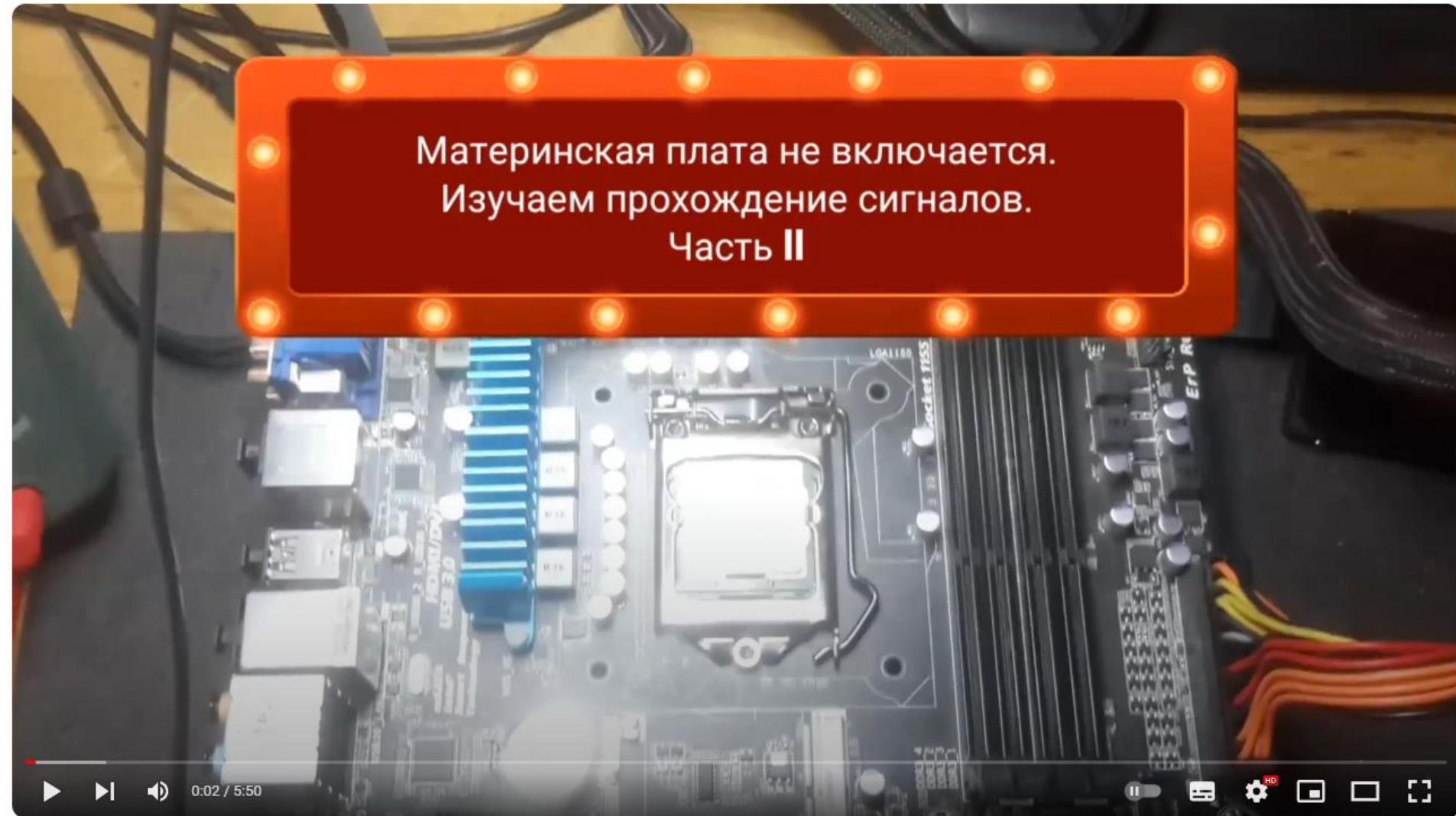


Процесс запуска материнской платы. Power on Sequence (2019)

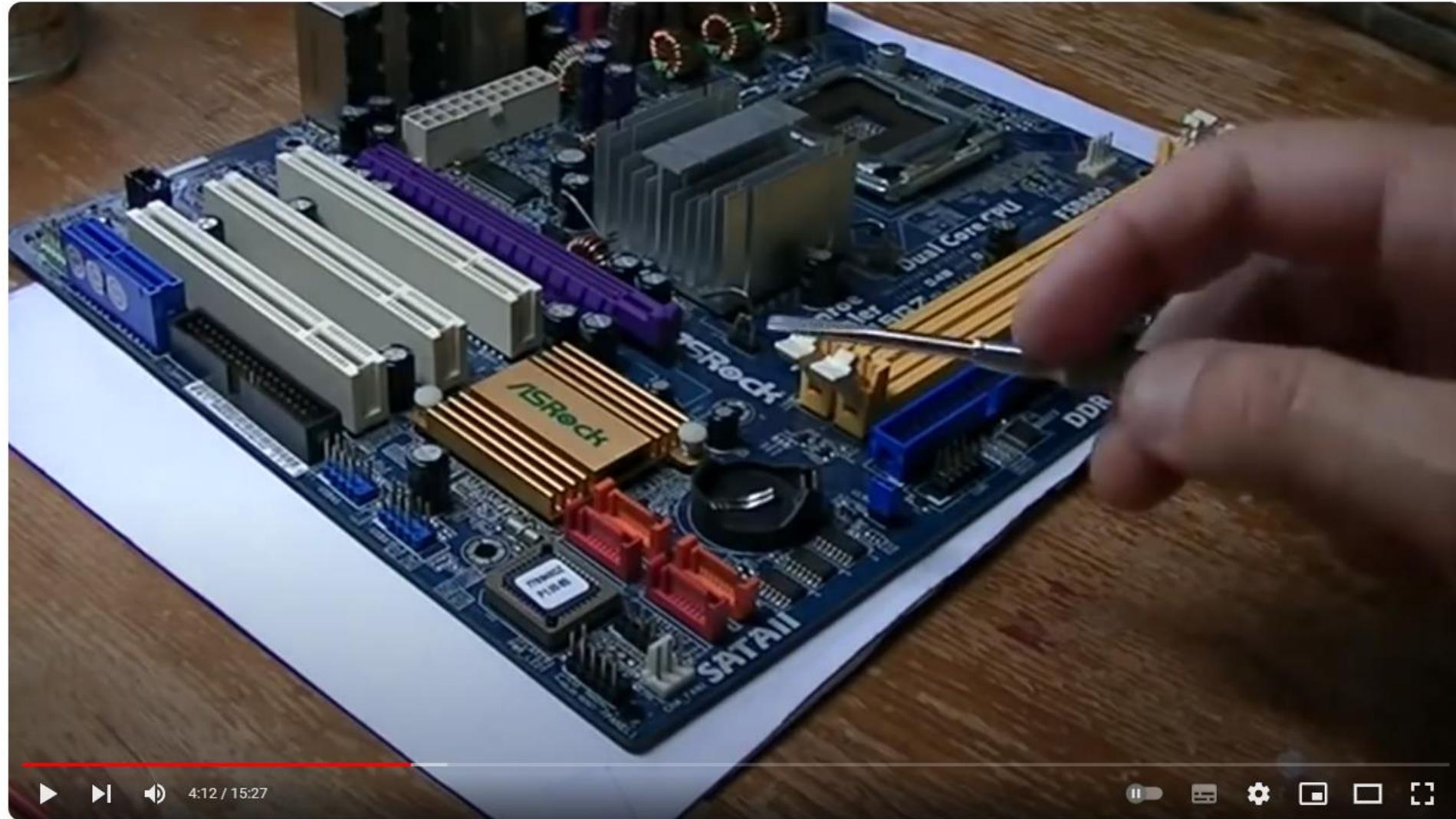
<https://www.youtube.com/watch?v=IAH7eSjR1d4>



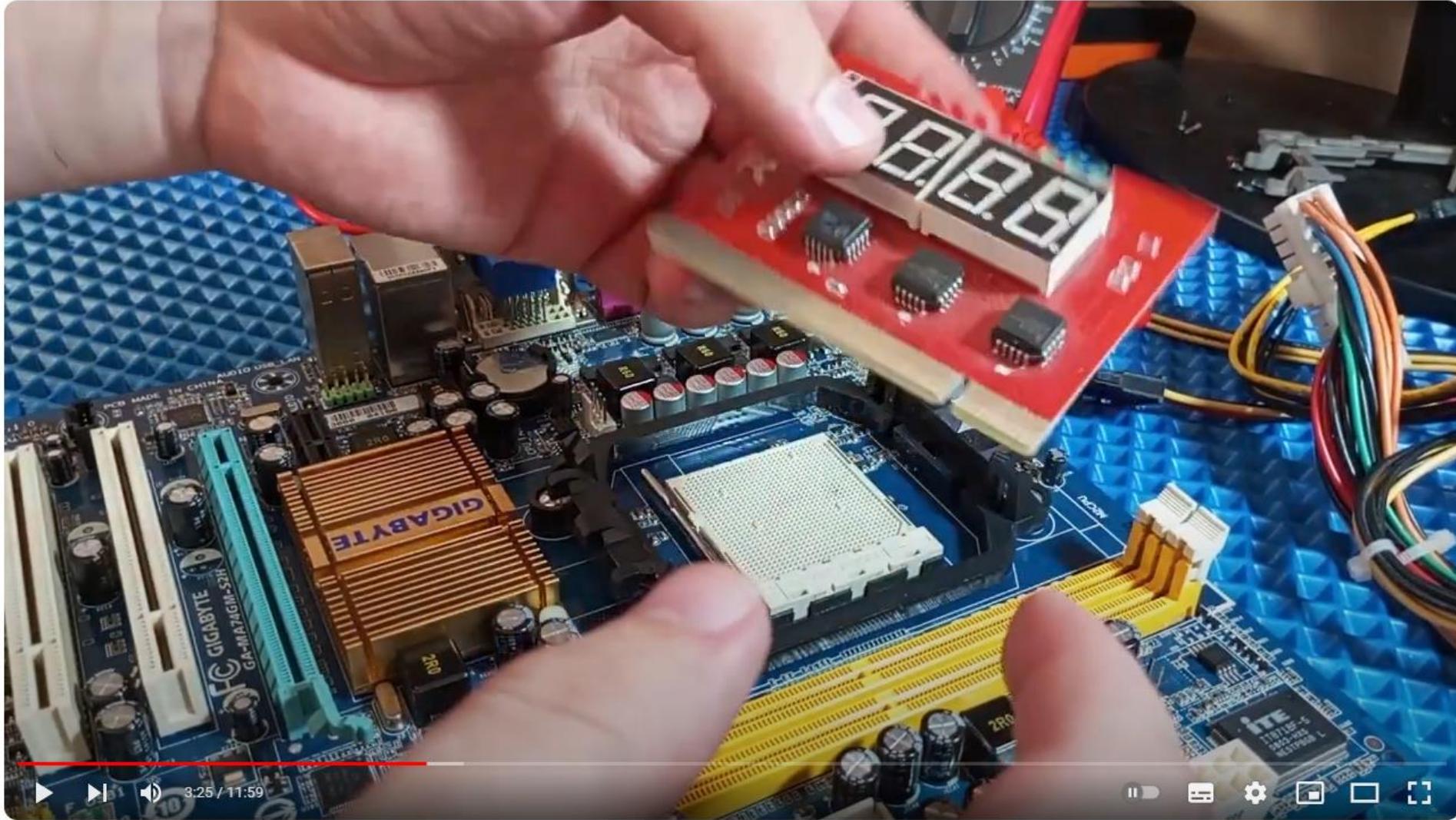
Материнская плата не включается. Выясняем почему. Часть I (2017)
<https://www.youtube.com/watch?v=tFs8kSmzld4>



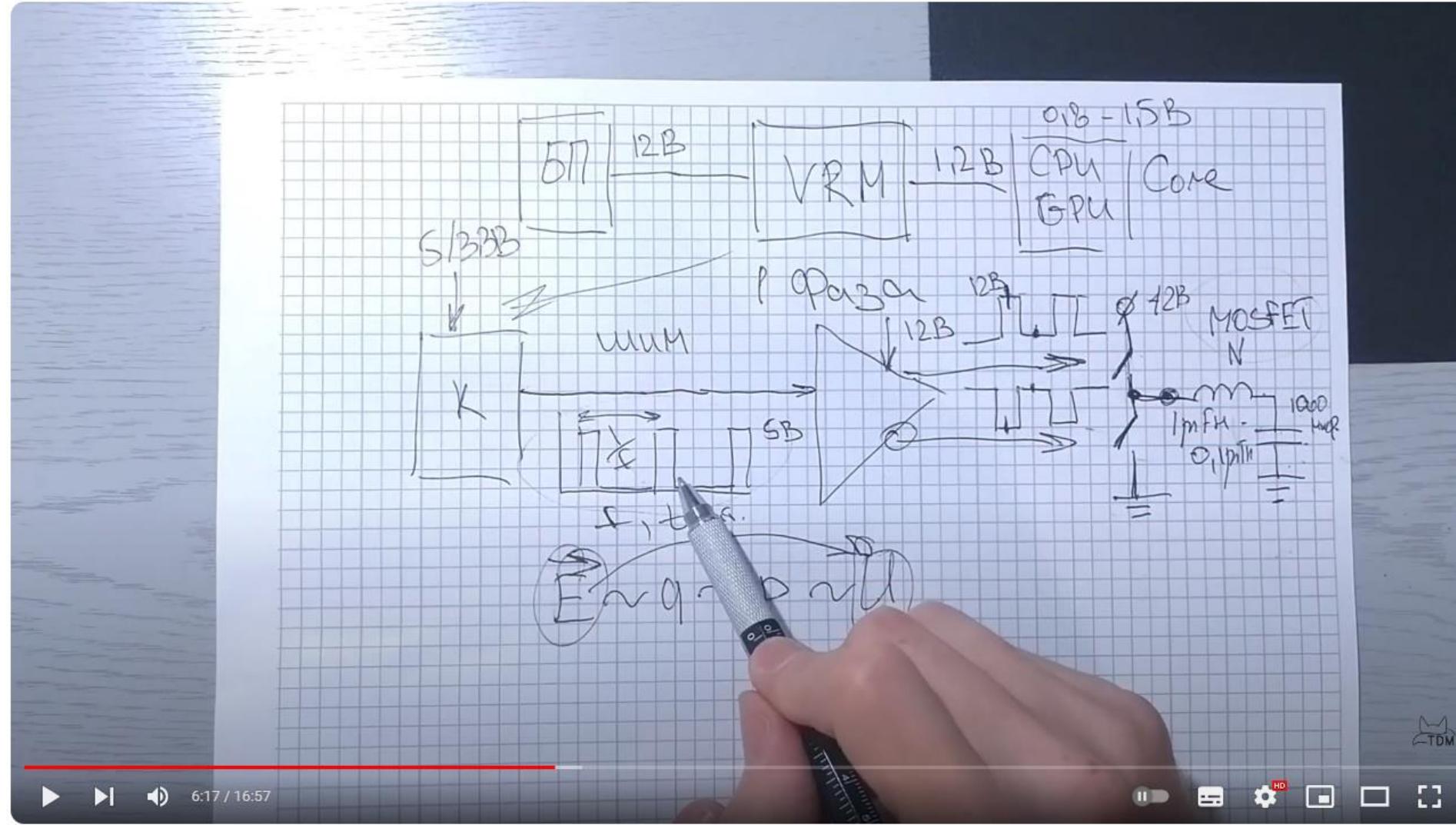
Материнская плата не включается. Выясняем почему. Часть II (2017)
<https://www.youtube.com/watch?v=YpUc18eRVeU>



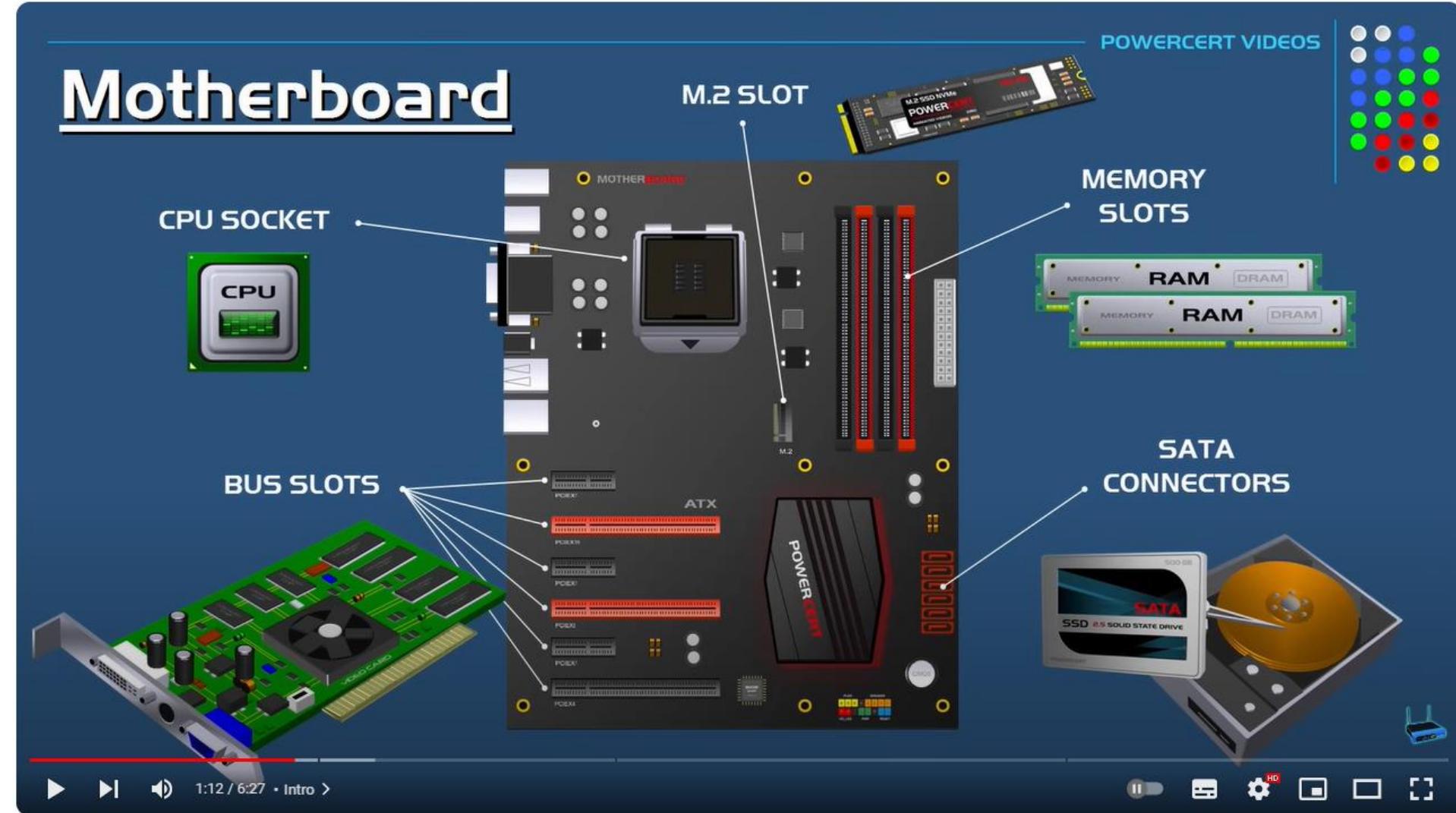
Частые неисправности компьютерной материнской платы. (2017)
https://www.youtube.com/watch?v=_JVbXZ2U3QI



Как научиться ремонтировать материнские платы (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=rEggxOryX-o>



ФАЗЫ питания GPU/CPU как это работает принцип (2018)
<https://www.youtube.com/watch?v=GgCD64v6Zv4>

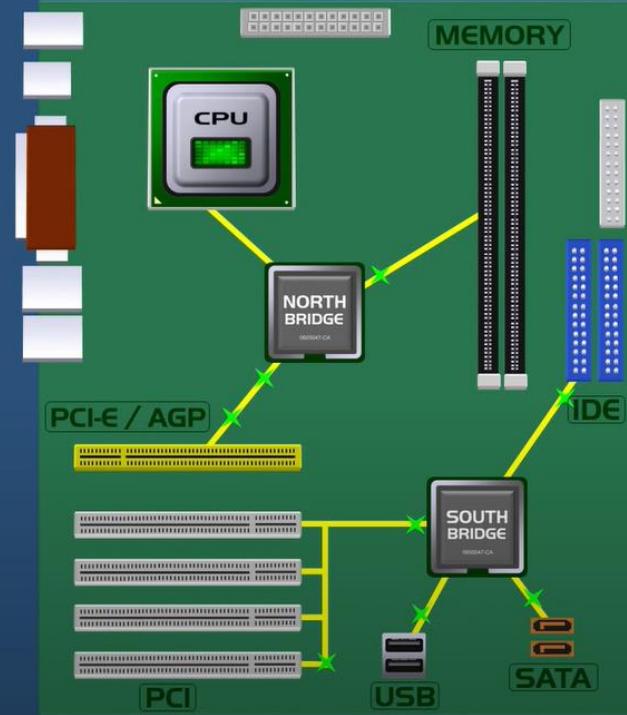


Материнские платы (2020)

<https://www.youtube.com/watch?v=b2pd3Y6aBag>



Chipset



▶ ▶ 🔍 2:38 / 5:03



PowerCert



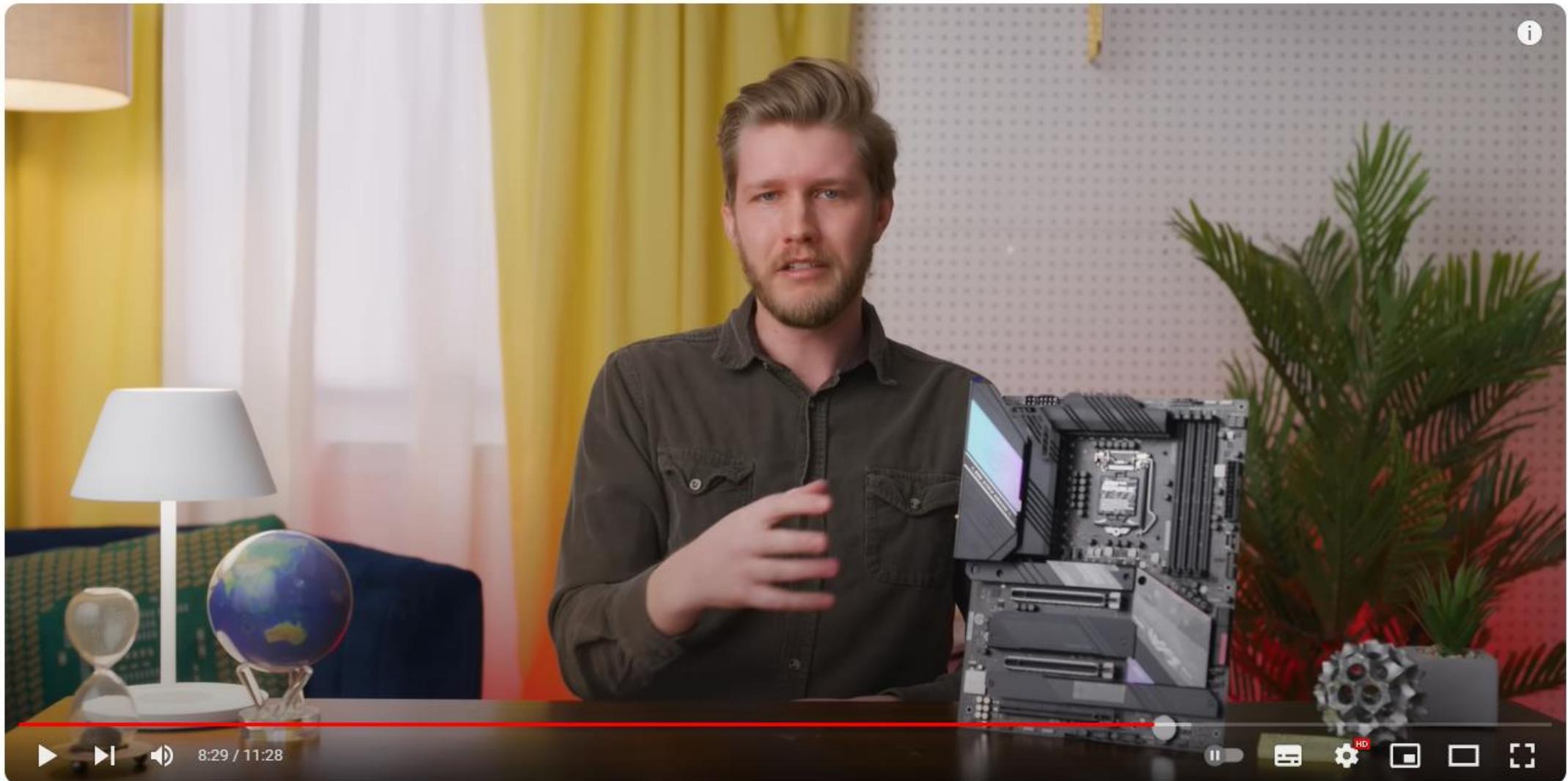
What is a Chipset? (2016)

Что такое набор микросхем? (2016)

<https://www.youtube.com/watch?v=eJn-qPHtfzI>



How does Computer Hardware Work? (2023)
Как работает компьютерное оборудование? (2023)
<https://www.youtube.com/watch?v=d86ws7mQYIg>

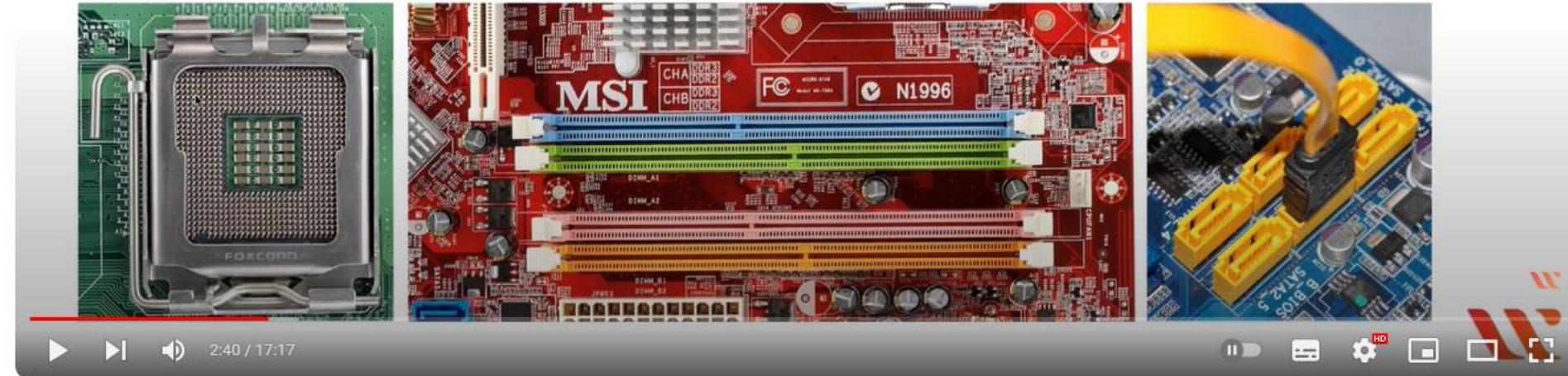


How Motherboards Work - Turbo Nerd Edition (2021)
Как работают материнские платы - Turbo Nerd Edition (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=zxGqGCtPxn4>

Motherboards

Standard Components

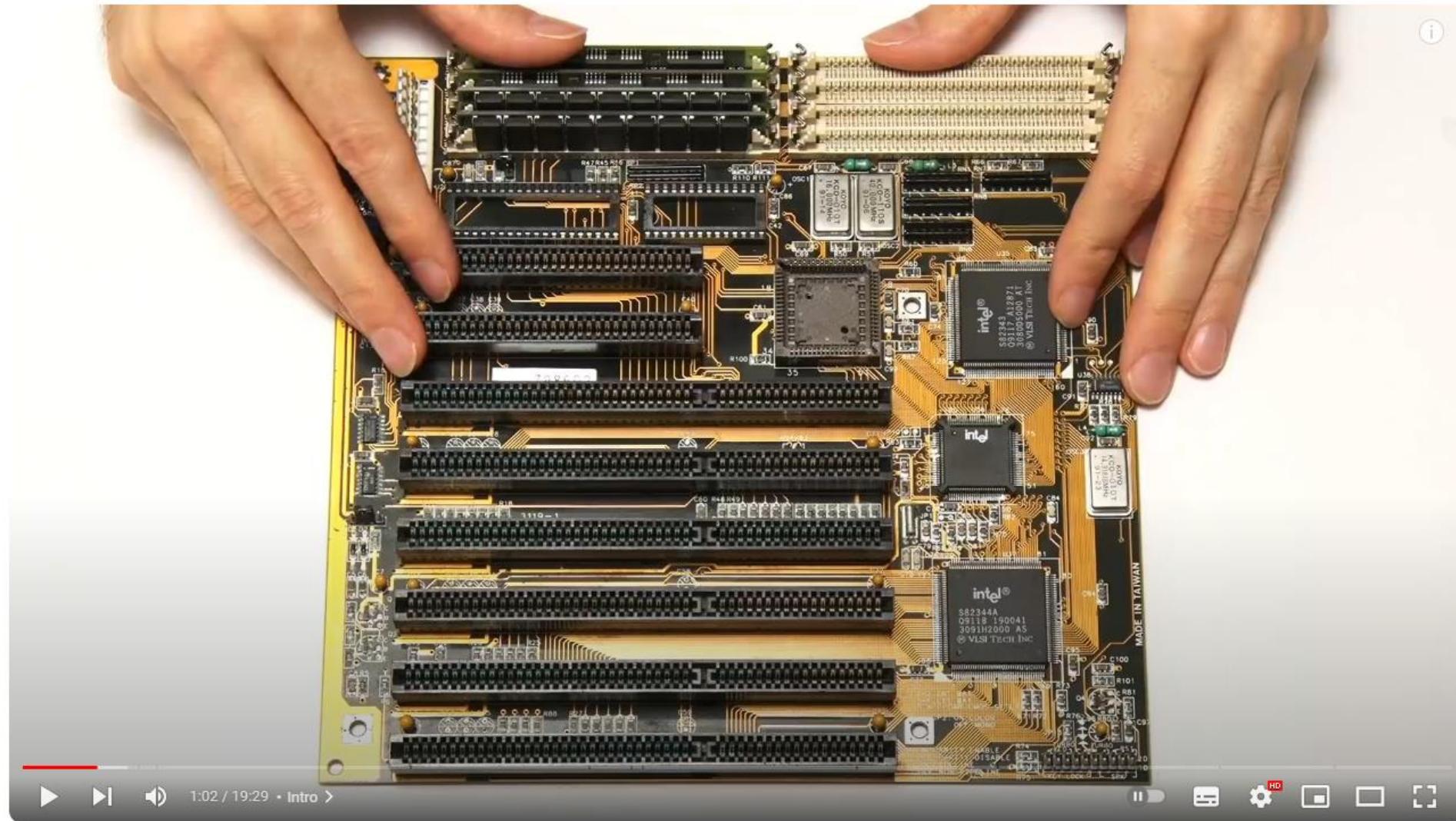
- CPU socket
- Multiple slots for RAM
- Support for Mass storage devices



Learn the Basics of Motherboard | CompTIA A+ | Whizlabs (2023)
Изучите основы работы с материнской платой | CompTIA A+ | Whizlabs (2023)
<https://www.youtube.com/watch?v=j-K6ndmpLWo>

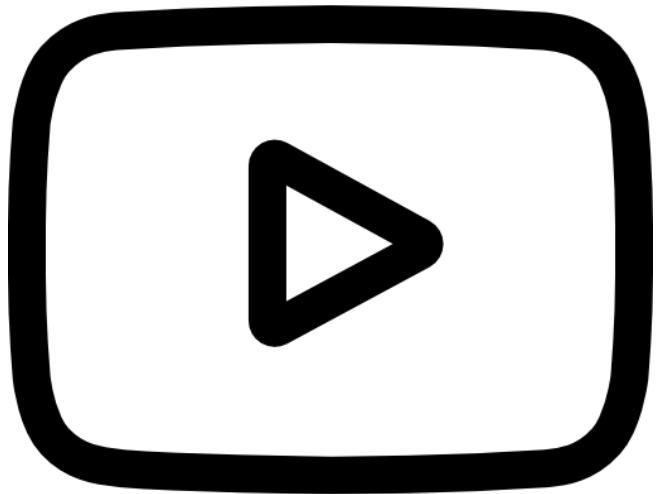


Motherboards Explained | Sockets, Ports, Chipset and More! (2021)
Описание материнских плат | Разъемов, портов, набора микросхем и многое другое! (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=BBAvz6jZEik>



PC Motherboard Evolution (2019) Эволюция материнской платы ПК (2019)

<https://www.youtube.com/watch?v=sewt2pqc3us>



Интерфейсы, шины





МИФЫ о компьютерных интерфейсах (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=arYOBX3n0zc>



Всё про VGA, HDMI, DVI и Display Port (2014)
https://www.youtube.com/watch?v=mSX_30XyCBo



MOTHERBOARDS

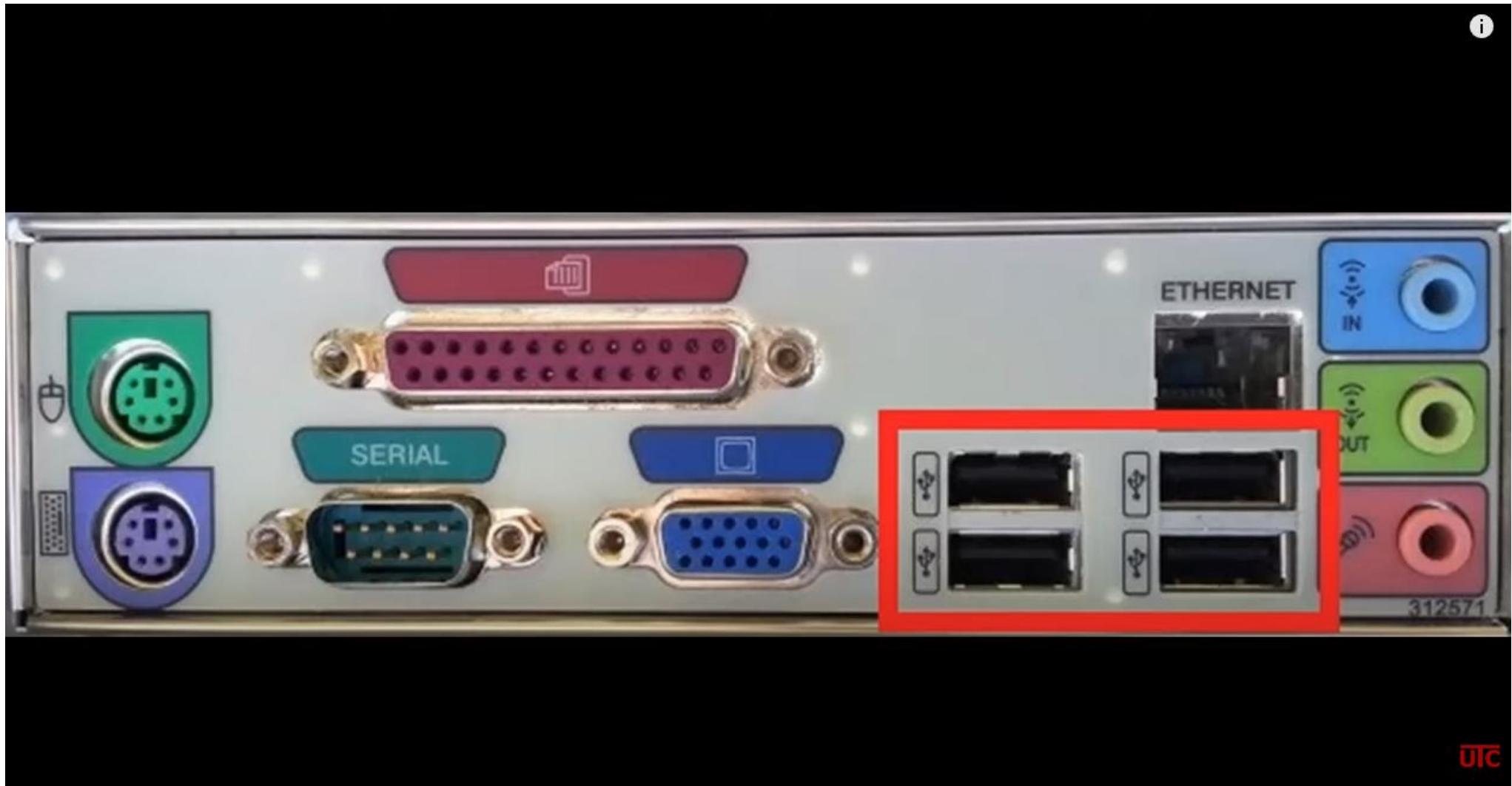
CHIPSETS & BUSES



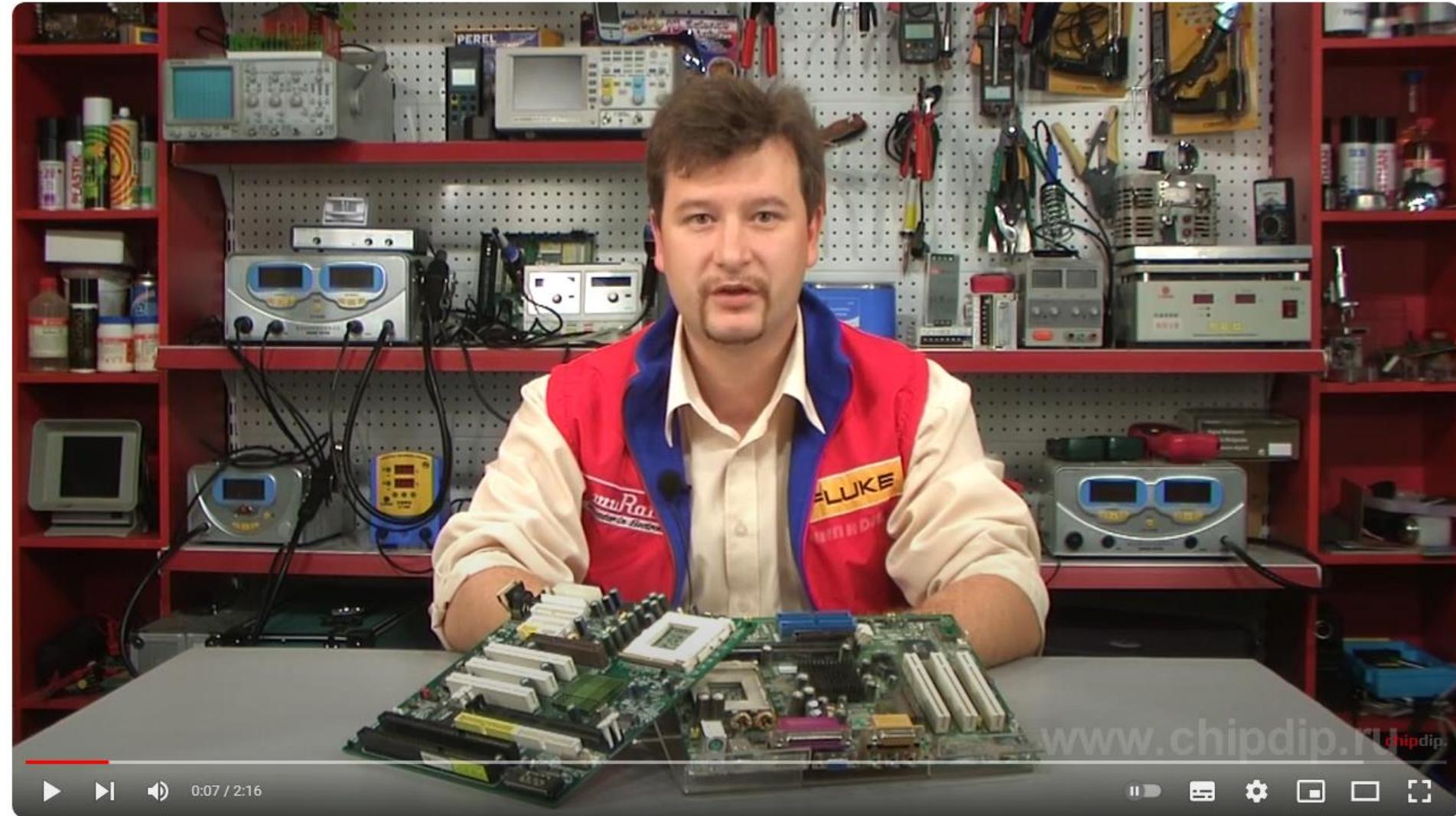
CompTIA A+ Lesson | Motherboards | Chipsets and Buses (2022)
Урок CompTIA A+ | Материнские платы | Чипсеты и шины (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=3VwywijP4C4>



D-sub (VGA), DVI, HDMI, DisplayPort, MHL, USB Type-C.
Разъемы, интерфейсы, кабели, подключение (2017)
<https://www.youtube.com/watch?v=uNFZibrmPOk>



Все разъёмы компьютера, подробный разбор. Часть 1 (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=TI688iOMotE>

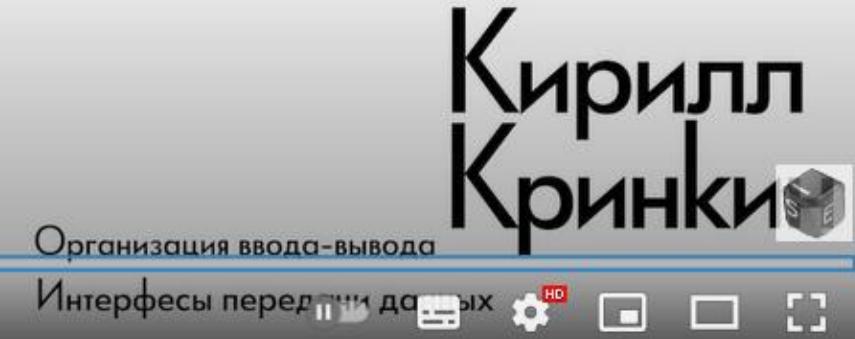


Системная шина процессора (2011)

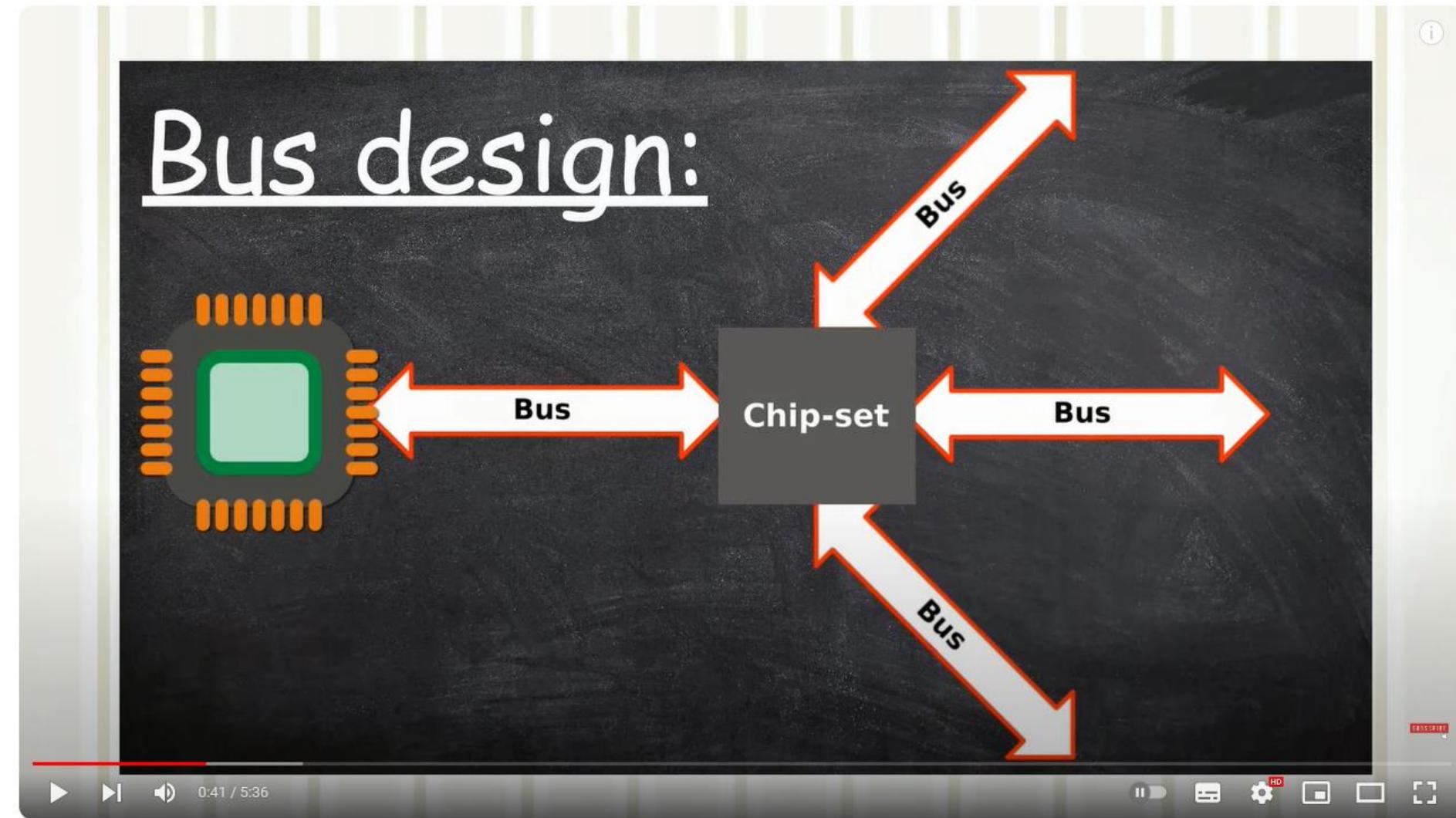
<https://www.youtube.com/watch?v=5YV2hMRydwE>



Ввод-вывод
(Н&Н 8)

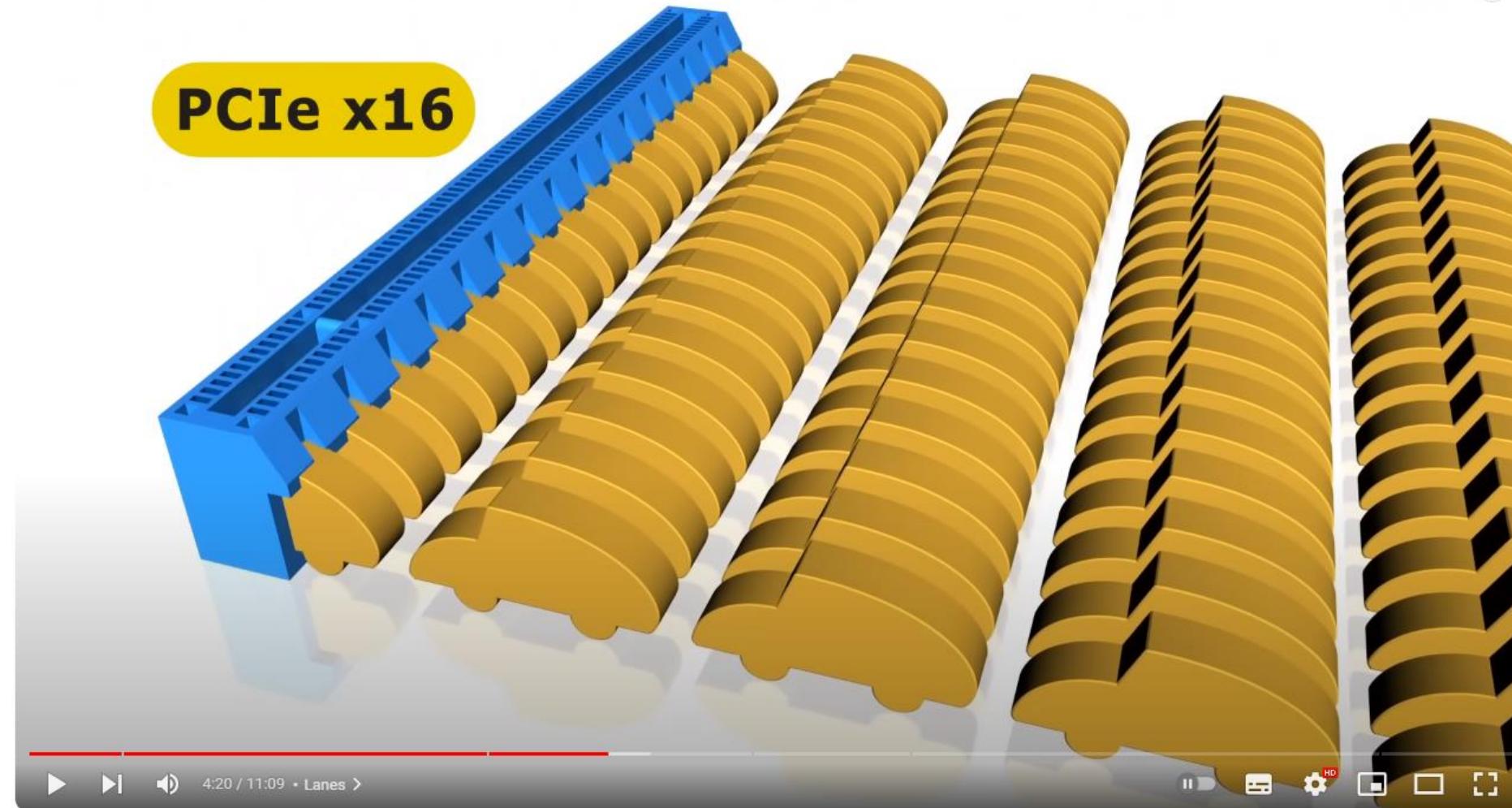


Архитектура ЭВМ Лекция 11: Организация ввода вывода. Интерфейсы передачи данных. (2022) <https://www.youtube.com/watch?v=icuwUnu5ZIU>



The Bus | How the computer works? (2017)
Шина | Как работает компьютер? (2017)

<https://www.youtube.com/watch?v=VvEikwvyN8k>



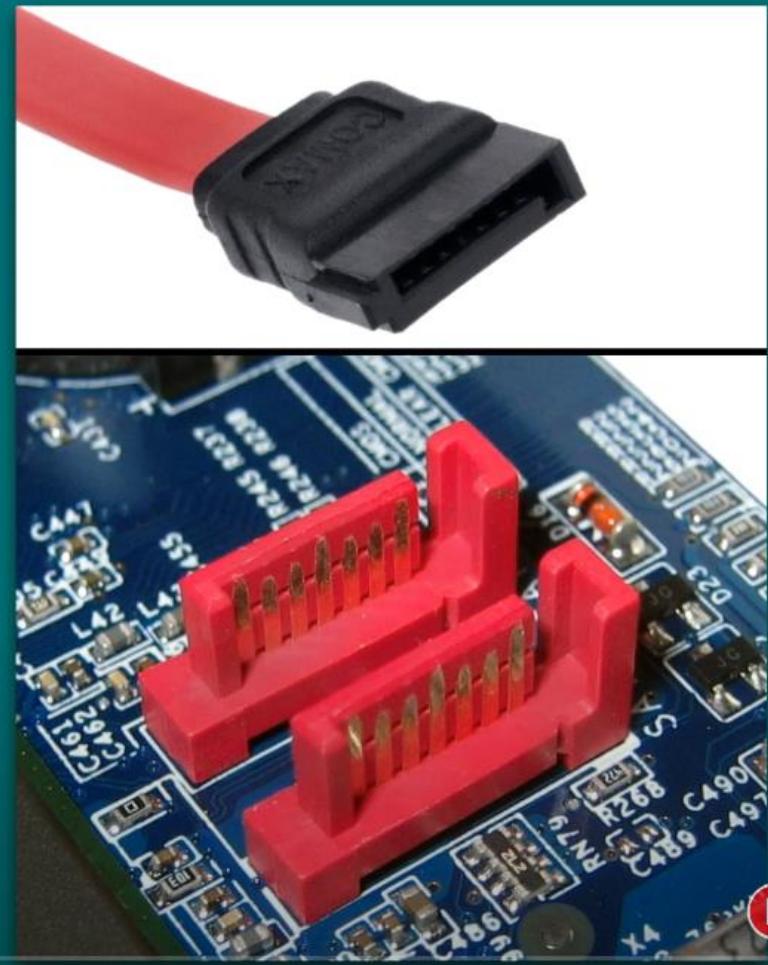
Explaining PCIe Slots (2019)
Объяснение слотов PCIe (2019)

<https://www.youtube.com/watch?v=PrXwe21biJo>



Всё об интерфейсе SATA (2021)
https://www.youtube.com/watch?v=EW_EJf66GPo

Версия	Пропускная способность
SATA 1	до 1,5 Гбит/с
SATA 2	до 3 Гбит/с
SATA 3	до 6 Гбит/с



0:48 / 4:26 • Интерфейс SATA >

Часть 8. ЧТО ВАЖНО ЗНАТЬ О SATA (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=gNxf4FVgd8k>

Internal and External Buses



Internal bus: Connects core components



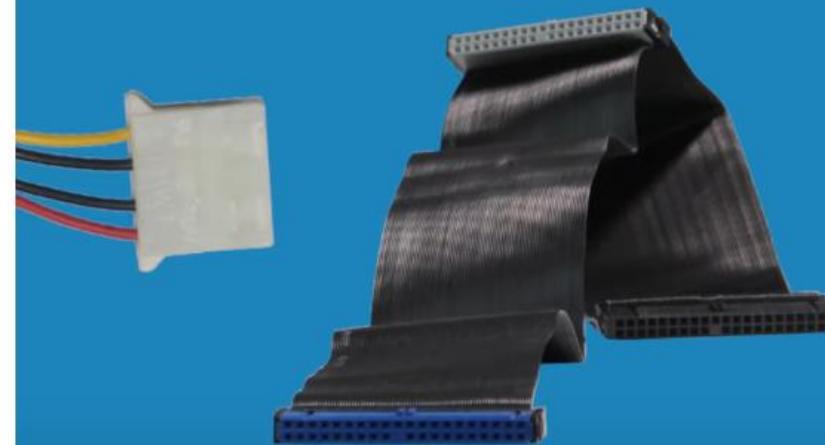
External bus: Connects to components outside computer

PCI
EXPRESS

Internal/External bus: Connects to both

PATA/SATA

Parallel AT Attachment



40 pins ribbon cable/Supports two devices

18 inches/457mm

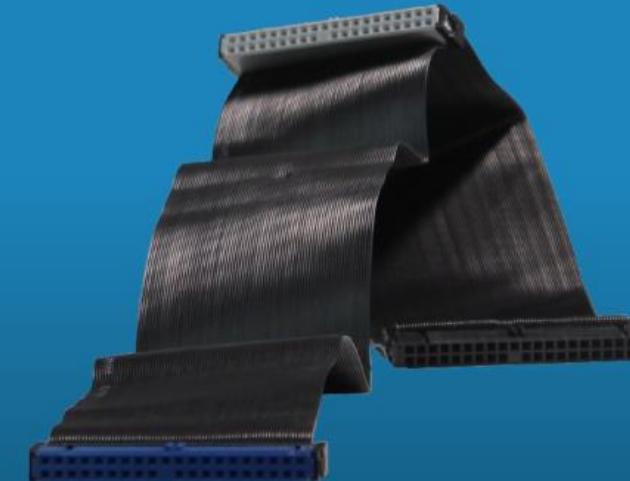
Bulky/blocks air flow

Serial AT Attachment



Parallel ATA (PATA)

- ATA “AT Bus Attachment”
- First version developed by Western Digital
 - Called Integrated Device Electronics (IDE)



40 pin ribbon cable

Transfers 16 bits of data at once

Supports two drives

Cables/MB refer to it as IDE

Parallel

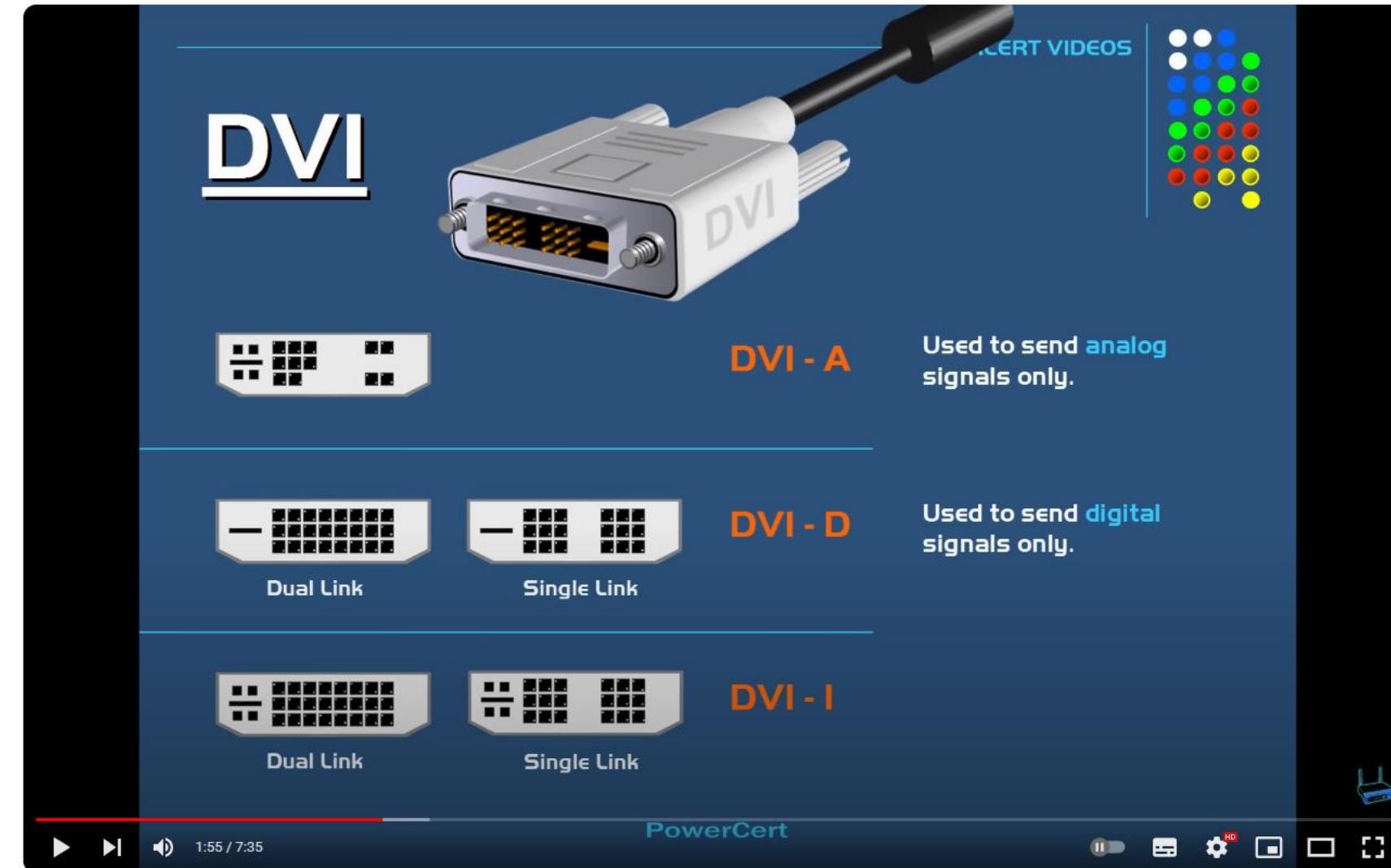
- SCSI faster than other methods (Even parallel ones)



Input/Output (I/O) Ports

- Most external ports found in IO panel
- Additional ports can be added





HDMI, DisplayPort, DVI, VGA, Thunderbolt - Video Port Comparison (2018)
HDMI, DisplayPort, DVI, VGA, Thunderbolt - Сравнение видеопортов (2018)
<https://www.youtube.com/watch?v=iFO3EiQbNJ8>

YouTube 5:00

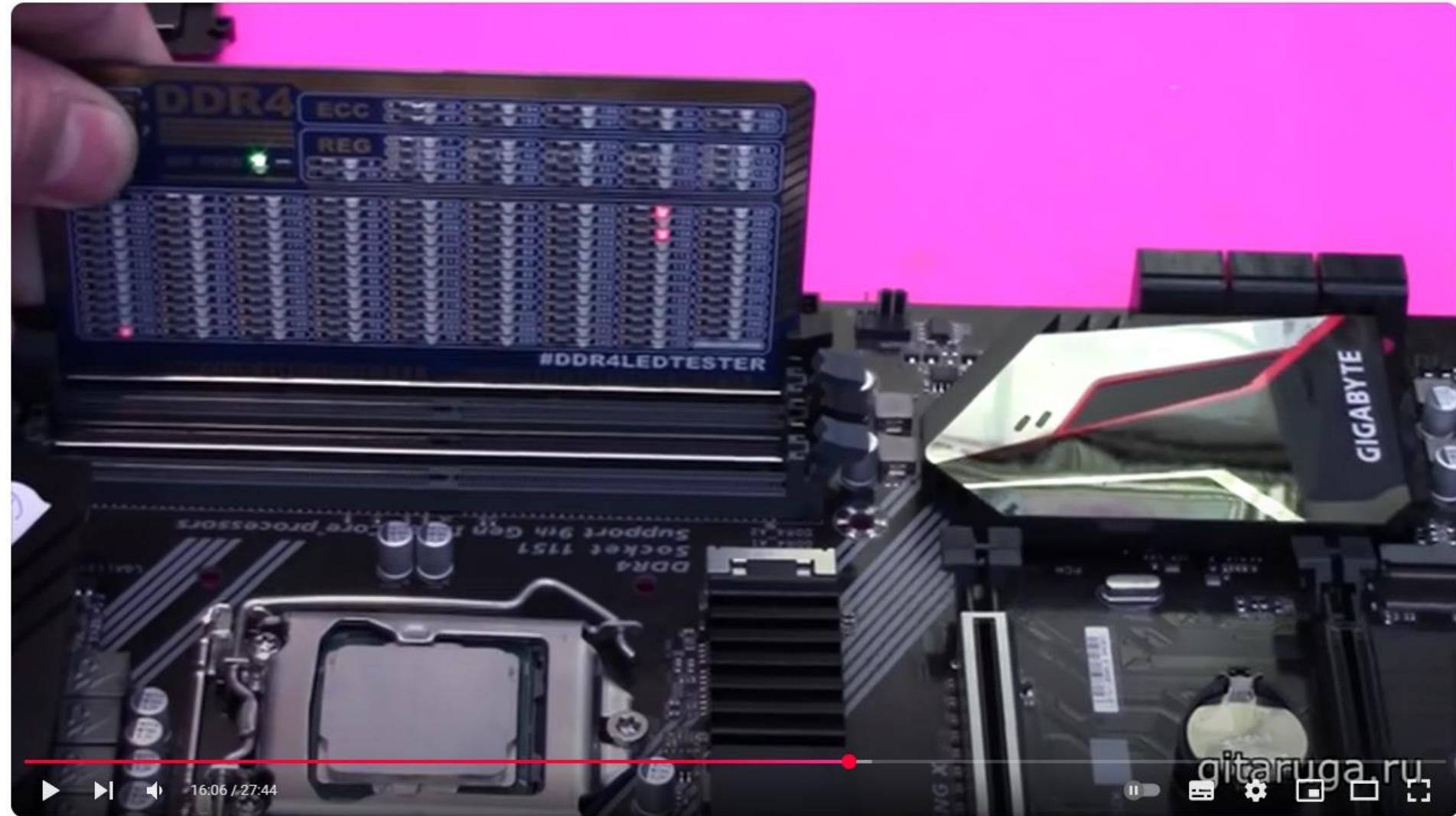


The Sneaky Thing About PCI Express - CPU vs. Chipset (2021)
Хитрость PCI Express в сравнении с процессором и чипсетом (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=8zBkmrYpEx8>

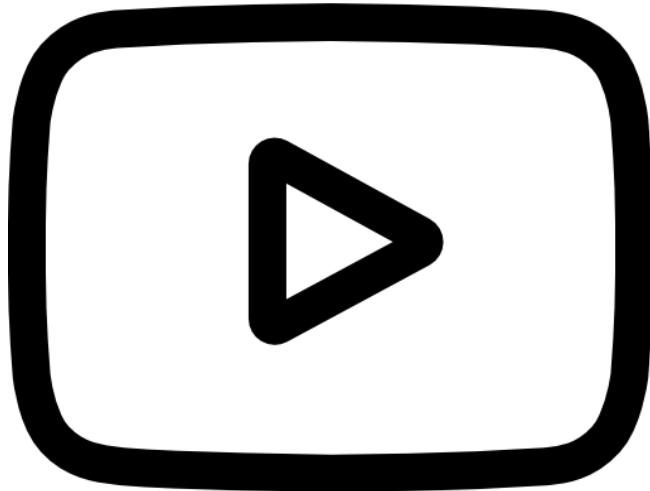
Connection types



USB ports, cables and colours explained (2021)
Разъясняются порты USB, кабели и цвета (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=BpIRBImLnc4>



Новые тестеры для ремонта материнских плат. Обзор (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=l9vC7q56zfU>

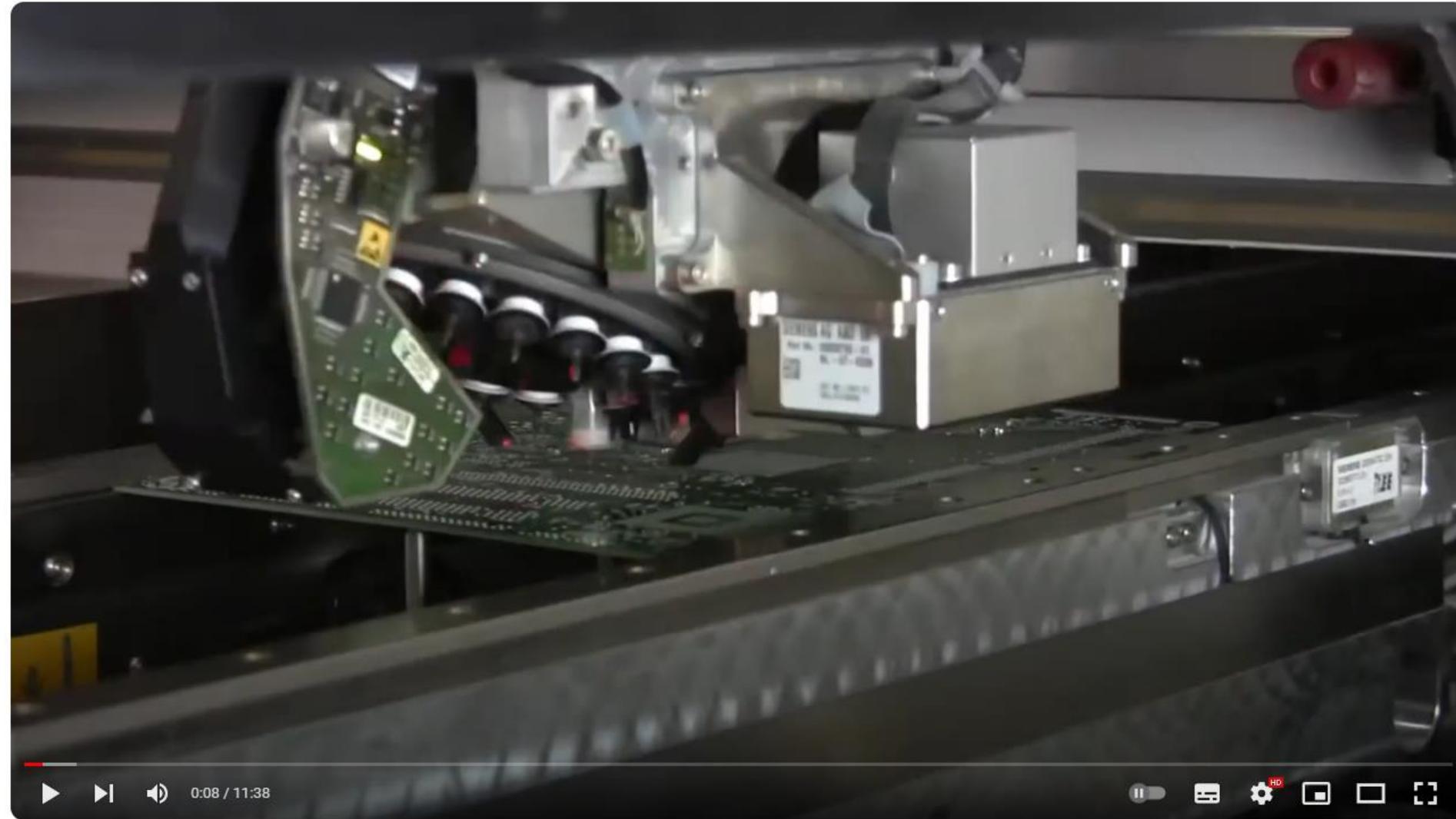


Производство материнских плат





How Motherboards Are Made (2019) Taiwan Automated Factory Tour, ft. Gigabyte (2019)
Как производятся материнские платы (2019)
Экскурсия по автоматизированному заводу в Тайване, футы Gigabyte (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=cnAFTMaS5RQ>



Awesome Computer Motherboard Manufacturing Process (2019)
Потрясающий процесс производства материнской платы для компьютера (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=NXiqFoKQ04I>

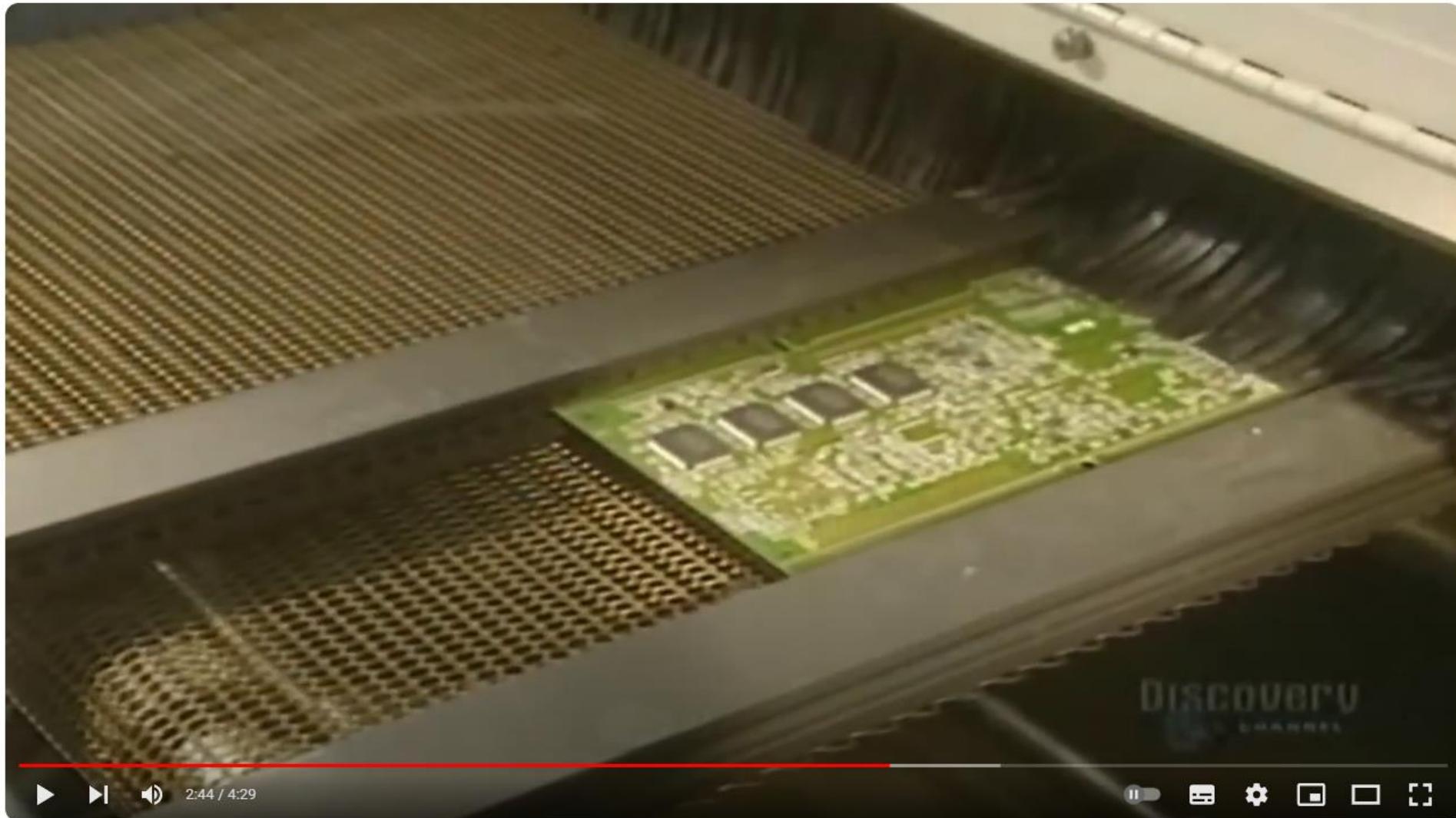


NB PCBA 生産車間
NB-PCBA Production Workshop

MSI Factory Tour (2023)

Экскурсия по заводу MSI (2023)

<https://www.youtube.com/watch?v=WNveBo1E8HA>



How Its Made: Computer Circuit Boards (2014)
Как это делается: Компьютерные печатные платы (2014)
<https://www.youtube.com/watch?v=cZOe4VDHn8Y>



KitGuru visits MSI Motherboard production facilities

MSI Shenzhen Factory Tour - how Z890 motherboards are made! (2024)
Экскурсия по заводу MSI в Шэньчжэне - как производятся материнские платы Z890! (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=jkHwf95sDIA>



HOW INTEL Z890 MOTHERBOARDS ARE BORN! : MSI China factory TOUR (2024)
КАК РОЖДАЮТСЯ МАТЕРИНСКИЕ ПЛАТЫ INTEL Z890! : ЭКСКУРСИЯ по фабрике MSI В Китае (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=ocHratqQlio>



ЭВМ, периферийные устройства и контроллеры
Тема: Материнская плата, её интерфейсы и
шины

**Благодарю
за внимание**

КУТУЗОВ Виктор Владимирович

Белорусско-Российский университет, Кафедра «Программное обеспечение информационных технологий»
Республика Беларусь, Могилев, 2025

Список использованных источников

1. Рабочая программа дисциплины «ЭВМ, периферийные устройства и контроллеры» для студентов направлений подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и 09.03.04 «Программная инженерия» / Кутузов В. В. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2025
2. Фотографии и картинки взяты с сайтов Яндекс.Картинки, Гугл.Картинки, иконки с flaticon.com
3. Периферийные устройства ЭВМ. Внешние запоминающие устройства : учебное пособие для вузов / В. М. Прудников, В. В. Кутузов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 182 с. <https://urait.ru/bcode/556103>
4. ЭВМ и периферийные устройства : учебное пособие / В. Ф. Лянг. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 580 с. <https://znanium.com/catalog/product/1912429>
5. Петров С. В. Шины PCI, PCI Express. Архитектура, дизайн, принципы функционирования. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 416 с.: ил. ISBN 5-94157-383-9
https://books.4nmv.ru/books/shiny_pci_pci_express_arkhitektura_dizain_printsy_funktsionirovaniya_3642908.pdf
6. Гук М. Ю. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. — СПб.: Питер, 2002. — 528 с. — ISBN 5-94723-180-8. <https://djvu.online/file/dWZH2qKsGdXAG>
7. Закляков В. Ф. Информатика: учеб. для вузов – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 750 с.
8. ATX
<https://en.m.wikipedia.org/wiki/ATX>
9. Материнская плата
https://ru.wikipedia.org/wiki/Материнская_плата

Список использованных источников

10. Чипсет <https://ru.wikipedia.org/wiki/Чипсет>
11. Список чипсетов Intel https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_Intel
12. Список чипсетов AMD https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_чипсетов_AMD
13. LGA 1700
https://en.wikipedia.org/wiki/LGA_1700
https://ru.wikipedia.org/wiki/LGA_1700
14. LGA 1200
https://en.wikipedia.org/wiki/LGA_1200
https://ru.wikipedia.org/wiki/LGA_1200
15. LGA 1851 https://ru.wikipedia.org/wiki/LGA_1851
16. Socket AM4
https://en.wikipedia.org/wiki/Socket_AM4
https://ru.wikipedia.org/wiki/Socket_AM4
17. Socket AM5
https://en.wikipedia.org/wiki/Socket_AM5
https://ru.wikipedia.org/wiki/Socket_AM5
18. Центральный процессор компьютера — краткий ликбез по выбору
<https://hapers.ru/centralnyj-processor-kompjutera-kratkij-likbez-po-vyboru/>
19. Is AMD's AM5 Socket Backwards Compatible? [Quick & Easy]
<https://www.cgdirector.com/is-amds-am5-socket-backwards-compatible/>

Список использованных источников

20. Enthusiast AMD Ryzen 7000 goes full PCIe Gen 5 with two daisy-chained X670 ASMedia PROM21 chipsets, A620 to launch later alongside Rembrandt desktop APUs
<https://www.notebookcheck.net/Enthusiast-AMD-Ryzen-7000-goes-full-PCIe-Gen-5-with-two-daisy-chained-X670-ASMedia-PROM21-chipsets-A620-to-launch-later-alongside-Rembrandt-desktop-APUs.621537.0.html>
21. Z490 motherboard roundup: 50+ models
<https://www.notebookcheck.net/Z490-motherboard-roundup-50-models.464131.0.html>
22. Что такое VRM материнской платы
<https://club.dns-shop.ru/blog/t-102-materinskie-platyi/38267-chto-takoe-vrm-materinskoi-platyi/>
23. Из чего состоит материнская плата
<https://pc-arena.ru/info/advice/iz-chego-sostoit-materinskaya-plata.html>
24. Шина (компьютер) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Шина_\(компьютер\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шина_(компьютер))
25. Системные платы Категория: Типы, назначение и функционирование шин
<https://perscom.ru/system-plates/46-funkcianirovaniye-shin/188-shina-cpu>
26. PCI Express https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express
27. Картавенко М.В. Презентационные материалы к семестровому курсу лекций Основы информатики
<https://www.twirpx.com/file/230118/>
28. Микросхемы корневого хаба (хоста) <https://stydopedia.ru/4x88f6.html>
29. Разъемы в компьютере: Все разъемы компьютера, CPU, HDD, порты, память, блок питания
<https://m-gen.ru/raznoe-2/razemy-v-kompyutere-vse-razemy-kompyutera-cpu-hdd-porty-pamyat-blok-pitaniya-gorod-masterov.html>

Список использованных источников

30. PCI <https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI>
31. PCI Express https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express
32. PCI-X <https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI-X>
33. PCI, PCI-X, PCI-X DDR, and PCIe Placement Rules for IBM System i Models
<https://redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp4011.pdf>
34. Внутри материнской платы: анализ технологий, лежащих в основе компонентов ПК
<https://habr.com/ru/companies/pixonic/articles/558602/>
35. AGP <https://ru.wikipedia.org/wiki/AGP>
36. Материнская плата — как она устроена и как работает
<https://club.dns-shop.ru/blog/t-102-materinskie-platyi/123071-materinskaya-plata-kak-on-a-ustroena-i-kak-rabotaet/>
37. Аудиокодеки в материнских платах LGA1700 и AM5
<https://club.dns-shop.ru/blog/t-102-materinskie-platyi/123219-audiokodeki-v-materinskih-platah-lga1700-i-am5/>
38. Разъемы на материнской плате: что и куда подключать
<https://club.dns-shop.ru/blog/t-102-materinskie-platyi/118114-razemyi-na-materinskoi-plate-chto-i-kuda-podkluchat/>
39. Глава7. Интерфейс ATA/IDE
<https://www.williamspublishing.com/PDF/978-5-8459-1668-6/part.pdf>

Список использованных источников

40. SATA <https://ru.wikipedia.org/wiki/SATA>
41. Важные характеристики сверхбыстрого интерфейса M.2
https://webznam.ru/blog/znat_razeme_m2/2017-04-07-404
42. Введение в SSD. Часть 2. Интерфейсная
<https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/478684/>
43. SSD M2 - что это
<https://andiriney.ru/ssd-m2-chto-eto/>
44. Интерфейс NVMe и разъемы M.2 и U.2
<https://comphome.ru/diski/interfejs-nvme-i-razemy-m-2-i-u-2.html>
45. Что такое NVMe (M.2) SSD и в чем его отличие от обычных SSD дисков
[https://pc.ru/articles/chto-takoe-nvme-m-2\(ssd\)-i-v-chem-ego-otlichie-ot-obychnyx-ssd-diskov](https://pc.ru/articles/chto-takoe-nvme-m-2(ssd)-i-v-chem-ego-otlichie-ot-obychnyx-ssd-diskov)
46. Устройство материнской платы. Что такое VRM, сокет, чипсет, BIOS, немного про контроллеры и разъемы <https://habr.com/ru/sandbox/177044/>

Список использованных источников (YouTube)

1. Как выбрать материнскую плату. Сокет, чипсет, VRM, разъемы. Самый полный гайд.
<https://www.youtube.com/watch?v=DVR3amE9BJc>
2. МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА – Гид для новичков
<https://www.youtube.com/watch?v=0tISeVm--g0>
3. Зачем нужна батарейка на материнской плате. Что такое микросхема БИОС
<https://www.youtube.com/watch?v=bGKEBQ8gLck>
4. Материнская плата: устройство и принцип работы. Что такое VRM, сокет, чипсет, BIOS. Разъёмы и схемы (2022) <https://www.youtube.com/watch?v=dMovCaohVaY>
5. Производство материнских плат (2014)
<https://www.youtube.com/watch?v=3IOBO5-o8IM>
6. Создание CPU по этапам на заводе Mikron и почему без 7нм остались Global Foundries (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=PVczz3uU3j4>
7. Материнская плата: от чего зависит мощность и количество разъемов. Что такое чипсет, VRM и сокет. (2023)
<https://www.youtube.com/watch?v=8CPUilfYgIA>
8. Цепи питания VRM: Сколько реально надо? Нагрев+радиаторы (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=gV9vlgi3Liw>
9. Честные и искусственные фазы питания процессора (2022)
https://www.youtube.com/watch?v=U_1aHsmq7II

Список использованных источников (YouTube)

10. Материнская плата - первая система компьютера. Из чего она состоит? (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=sABaxhk6hXo>
11. VRM. Что такое, зачем? Фазы и цепи питания. (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=EaWCnEf8mAE>
12. Уточнение к видео про VRM (про работу даблеров) (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=R2fauhD8sgY>
13. Как и чем охладить VRM на материнской плате? (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=qhj39PnObkg>
14. Конец истории LGA 1700 | Камбэк Intel или победа AMD? (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=0gHD5Ts0ViY>
15. LGA 1851 - новый сокет Intel | ARROW LAKE (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=FthlrVV6hHA>
16. Полная диагностика и ремонт Asus Rampage IV Extreme (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=gERhz4Syjzl>
17. Схемы материнских плат. Где искать. Чем смотреть. (2017)
https://www.youtube.com/watch?v=b97jSHxpU_8
18. Процесс запуска материнской платы. Power on Sequence (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=lAH7eSjRld4>
19. Материнская плата не включается. Выясняем почему. Часть I (2017)
<https://www.youtube.com/watch?v=tFs8kSmzld4>

Список использованных источников (YouTube)

20. Материнская плата не включается. Выясняем почему. Часть II (2017)
<https://www.youtube.com/watch?v=YpUc18eRVeU>
21. Частые неисправности компьютерной материнской платы. (2017)
https://www.youtube.com/watch?v=_JVbXZ2U3QI
22. Как научиться ремонтировать материнские платы (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=rEggxOryX-o>
23. ФАЗЫ питания GPU/CPU как это работает принцип (2018)
<https://www.youtube.com/watch?v=GgCD64v6Zv4>
24. Материнские платы (2020)
<https://www.youtube.com/watch?v=b2pd3Y6aBag>
25. What is a Chipset? (2016)
<https://www.youtube.com/watch?v=eJn-qPHtfzl>
26. How does Computer Hardware Work? (2023)
<https://www.youtube.com/watch?v=d86ws7mQYIg>
27. How Motherboards Work - Turbo Nerd Edition (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=zxGqGCtPxn4>
28. Learn the Basics of Motherboard | CompTIA A+ | Whizlabs (2023)
<https://www.youtube.com/watch?v=j-K6ndmpLWo>
29. Motherboards Explained | Sockets, Ports, Chipset and More! (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=BBAvz6jZEik>

Список использованных источников (YouTube)

30. How Motherboards Are Made (2019) Taiwan Automated Factory Tour, ft. Gigabyte (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=cnAFTMaS5RO>
31. Awesome Computer Motherboard Manufacturing Process (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=NXiqFoKQ04I>
32. MSI Factory Tour (2023)
<https://www.youtube.com/watch?v=WNveBo1E8HA>
33. How Its Made: Computer Circuit Boards (2014)
<https://www.youtube.com/watch?v=cZOe4VDHn8Y>
34. PC Motherboard Evolution (2019)
<https://www.youtube.com/watch?v=sewt2pqc3us>
35. МИФЫ о компьютерных интерфейсах
<https://www.youtube.com/watch?v=arYOBX3n0zc>
36. Всё про VGA, HDMI, DVI и Display Port
https://www.youtube.com/watch?v=mSX_30XyCBo
37. CompTIA A+ Lesson | Motherboards | Chipsets and Buses (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=3VwywijP4C4>
38. D-sub (VGA), DVI, HDMI, DisplayPort, MHL, USB Type-C. Разъемы, интерфейсы, кабели, подключение
<https://www.youtube.com/watch?v=uNFZibrmPOk>
39. Интерфейсы жестких дисков (hdd ide ata pata sata fata scsi sas atapi))
<https://www.youtube.com/watch?v=6retFqDIV8M>

Список использованных источников (YouTube)

40. Введение в цифровую электронику. Часть 3. Цифровые интерфейсы

https://www.youtube.com/watch?v=qM_Af5NIuYk

41. Все разъёмы компьютера, подробный разбор. Часть 1

<https://www.youtube.com/watch?v=TI688iOMotE>

42. Системная шина процессора (2011)

<https://www.youtube.com/watch?v=5YV2hMRydwE>

43. The Bus | How the computer works? (2017)

<https://www.youtube.com/watch?v=VvEikwvyN8k>

44. Explaining PCIe Slots (2019)

<https://www.youtube.com/watch?v=PrXwe21biJo>

45. Всё об интерфейсе SATA (2021)

https://www.youtube.com/watch?v=EW_EJf66GPo

46. Часть 8. ЧТО ВАЖНО ЗНАТЬ О SATA (2021)

<https://www.youtube.com/watch?v=gNxf4FVgd8k>

47. Computer Buses (2020)

<https://www.youtube.com/watch?v=aBCaCrC3z0k>

48. SATA and eSATA (2021)

<https://www.youtube.com/watch?v=wLK8NYw6DVU>

49. Parallel ATA (PATA/IDE/EIDE) (2021)

https://www.youtube.com/watch?v=CF_copQaORQ

Список использованных источников (YouTube)

50. SCSI (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=bhG4JZo07m8>
51. Interfaces, Connections and Ports (2021)
https://www.youtube.com/watch?v=T_K6UzQ64-U
52. HDMI, DisplayPort, DVI, VGA, Thunderbolt - Video Port Comparison (2018)
<https://www.youtube.com/watch?v=iFO3EiQbNJ8>
53. The Sneaky Thing About PCI Express - CPU vs. Chipset (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=8zBkmrYpEx8>
54. USB ports, cables and colours explained (2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=BpIRBImlnc4>
55. Архитектура ЭВМ Лекция 11: Организация ввода вывода. Интерфейсы передачи данных. (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=icuwUnu5ZIU>
56. MSI Shenzhen Factory Tour - how Z890 motherboards are made! (2024)
Экскурсия по заводу MSI в Шэньчжэне - как производятся материнские платы Z890! (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=jkHwf95sDIA>
57. HOW INTEL Z890 MOTHERBOARDS ARE BORN! : MSI China factory TOUR (2024)
КАК РОЖДАЮТСЯ МАТЕРИНСКИЕ ПЛАТЫ INTEL Z890! : ЭКСКУРСИЯ по фабрике MSI В Китае (2024)
<https://www.youtube.com/watch?v=ocHratqQ1io>