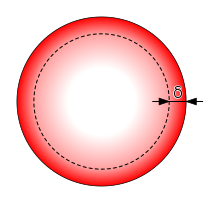
Скин-эффект

**Пове́рхностный эффе́кт**, **скин-эффект**  — эффект уменьшения [амплитуды](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B0) [электромагнитных волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) по мере их проникновения вглубь [проводящей среды](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA). В результате этого эффекта, например, [переменный ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) высокой [частоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0) при протекании по проводнику распределяется не равномерно по сечению, а преимущественно в поверхностном слое.

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skin_depth.svg?uselang=ru)

Распределение плотности тока в цилиндрическом проводнике в поперечном сечении. Для переменного тока плотность тока экспоненциально убывает от поверхности вглубь проводника. Толщина скин-слоя � определяется как глубина от поверхности, на которой плотность тока уменьшается до 1/� (около 37 %) от значения на поверхности. Эта толщина зависит от частоты тока и электрических и магнитных свойств проводника.

В цифровых импульсных устройствах, например, компьютерах, из-за скин-эффекта в медных проводниках печатных плат и разъемов искажается форма коротких импульсов, что приводит к срывам синхронизации, сбоям в регистрации импульсов. Это основное препятствие повышению тактовой частоты в материнских платах и разъемах компьютеров. На сверхвысоких частотах скин-эффект резко снижает добротность реактивных элементов - конденсаторов и катушек индуктивности. Вследствие этого на частотах выше 1 гГц скин-эффект является основным фактором, ограничивающим миниатюризацию радиоэлектронных изделий, например микросхем.

# PCI Express

**PCI Express** ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA" \o "Английский язык) *Peripheral Component Interconnect Express*), или **PCIe**, или **PCI-e**; также известная как **3GIO** (*3rd Generation I/O*) — [компьютерная шина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0) (хотя на физическом уровне [шиной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B8%D0%BD%D0%B0_(%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8)) не является, будучи соединением типа «точка-точка»), использующая [программную модель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0) шины [PCI](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI) и высокопроизводительный физический [протокол](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85), основанный на [последовательной передаче данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85).

Разработка стандарта PCI Express была начата фирмой [Intel](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel) после отказа от шины [InfiniBand](https://ru.wikipedia.org/wiki/InfiniBand). Официально первая базовая спецификация PCI Express появилась в июле [2002 года](https://ru.wikipedia.org/wiki/2002_%D0%B3%D0%BE%D0%B4)[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-ATCA-2)[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-PCIe-3). Развитием стандарта PCI Express занимается организация [PCI Special Interest Group](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_SIG).

Описание[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=PCI_Express&veaction=edit&section=1) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=PCI_Express&action=edit&section=1)]

В отличие от стандарта PCI, использовавшего для передачи данных общую шину с подключением параллельно нескольких устройств, PCI Express, в общем случае, является [пакетной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82_(%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8)) сетью с [топологией типа звезда](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B0_(%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8)).

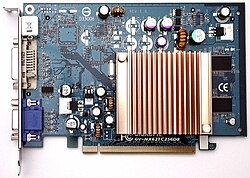
Устройства PCI Express взаимодействуют между собой через среду, образованную коммутаторами, при этом каждое устройство напрямую связано соединением типа [точка-точка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0-%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0) с коммутатором.

Кроме того, шиной PCI Express поддерживается[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-ATCA-2)[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-PCIe-3):

* [горячая замена](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D1%8F%D1%87%D0%B0%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B0) карт;
* гарантированная полоса пропускания ([QoS](https://ru.wikipedia.org/wiki/QoS));
* управление энергопотреблением;
* контроль [целостности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85) 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](https://ru.wikipedia.org/wiki/AGP) и тем более [PCI](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI) и [PCI-X](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI-X)[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-PCIe-3). Де-факто PCI Express заменила эти шины в персональных компьютерах.

**Протокол**

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gigabyte_GV-NX62TC256D8_Rev_1.0.jpg?uselang=ru)Видеокарта для PCI Express x16

Для подключения устройства PCI Express используется двунаправленное последовательное соединение типа [точка-точка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0-%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0), называемое линией ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *lane* — полоса, ряд); это резко отличается от [PCI](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI), в которой все устройства подключаются к общей 32-разрядной параллельной двунаправленной шине.

Соединение ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *link* — связь, соединение) между двумя устройствами PCI Express состоит из одной (×1) или нескольких (×2, ×4, ×8, ×16 и ×32) двунаправленных последовательных линий[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-ATCA-2)[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-PCIe-3). Каждое устройство должно поддерживать соединение, по крайней мере, с одной линией (×1).

На электрическом уровне каждое соединение использует низковольтную дифференциальную передачу сигнала ([LVDS](https://ru.wikipedia.org/wiki/LVDS)), приём и передача информации производится каждым устройством PCI Express по отдельным двум проводникам, таким образом, в простейшем случае устройство подключается к коммутатору PCI Express четырьмя проводниками.

Использование подобного подхода имеет следующие преимущества:

* карта PCI Express помещается и корректно работает в любом [слоте](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%BE%D1%82_(%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%8A%D1%91%D0%BC)) той же или большей пропускной способности (например, карта ×1 будет работать в слотах ×4 и ×16);
* слот большего физического размера может использовать не все линии (например, к слоту ×16 можно подвести проводники передачи информации, соответствующие ×1 или ×8, и всё это будет нормально функционировать; однако при этом необходимо подключить все проводники питания и заземления, необходимые для слота ×16).

В обоих случаях на шине PCI Express будет использоваться максимальное количество линий, доступных как для карты, так и для слота. Однако это не позволяет устройству работать в слоте, предназначенном для карт с меньшей пропускной способностью шины PCI Express. Например, карта ×4 физически не поместится в стандартный слот ×1, несмотря на то, что она могла бы работать в слоте ×1 с использованием только одной линии. На некоторых материнских платах можно встретить нестандартные слоты ×1 и ×4, у которых отсутствует крайняя перегородка, таким образом, в них можно устанавливать карты большей длины, чем разъём. При этом не обеспечивается питание и заземление выступающей части карты, что может привести к различным проблемам.

PCI Express пересылает всю управляющую информацию, включая [прерывания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5), через те же линии, что используются для передачи данных. Последовательный протокол никогда не может быть заблокирован, таким образом задержки шины PCI Express вполне сравнимы с таковыми для шины PCI (заметим, что шина PCI для передачи сигнала о запросе на прерывание использует отдельные физические линии *IRQ#A*, *IRQ#B*, *IRQ#C*, *IRQ#D*).

Во всех высокоскоростных последовательных протоколах (например, [гигабитный Ethernet](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_Ethernet)) информация о синхронизации должна быть встроена в передаваемый сигнал. На физическом уровне PCI Express использует метод канального кодирования [8b/10b](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=8b/10b&action=edit&redlink=1) (8 бит в десяти, избыточность — 20 %)[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-ATCA-2)[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express#cite_note-PCIe-3) для устранения постоянной составляющей в передаваемом сигнале и для встраивания информации о синхронизации в поток данных. Начиная с версии PCI Express 3.0 используется более экономное кодирование [128b/130b](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=128b/130b&action=edit&redlink=1) с избыточностью 1,5 %.

Некоторые протоколы (например, [SONET](https://ru.wikipedia.org/wiki/SONET)/[SDH](https://ru.wikipedia.org/wiki/SDH)) используют метод, который называется скремблинг ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *scrambling*) для встраивания информации о синхронизации в поток данных и для «размывания» спектра передаваемого сигнала. Спецификация PCI Express также предусматривает функцию скремблинга, но скремблинг PCI Express отличается от такового для *SONET*.

# USB (Universal Serial Bus)



Шина USB (Universal Serial Bus, универсальная последовательная шина) появилась в начале 1996 года как попытка решения проблемы множественности интерфейсов. К тому времени персональные компьютеры (ПК) были оснащены большим количеством разнообразных внешних интерфейсов, полезных и необходимых, но обладающих одним недостатком: все они требовали своего специального разъема и, чаще всего, выделенного аппаратного прерывания (IRQ, Interrupt ReQuest).

Первая спецификация (версия 1.0) USB была опубликована в начале 1996 года, а осенью 1998 года появилась спецификация 1.1, исправляющая проблемы, обнаруженные в первой редакции. Весной 2000 года была опубликована версия 2.0, в которой предусматривалось 40-кратное повышение пропускной способности шины. Так, спецификация 1.0 и 1.1 обеспечивает работу на скоростях 12 Мбит/с и 1,5 Мбит/с, а спецификация 2.0 – на скорости 480 Мбит/с. При этом предусматривается обратная совместимость USB 2.0 с USB 1.х, т.е. «старые» USB 1.х устройства будут работать с USB 2.0 контроллерами, правда, на скорости 12 Мбит/с.

**Общая архитектура USB**

Обычная архитектура USB подразумевает подключение одного или нескольких *USB-устройств*к компьютеру, которые в такой конфигурации является главным управляющим устройством и называется *хостом.*Подключение USB-устройств к хосту производится с помощью *кабелей.* Для соединения компьютера и USB-устройства используют *хаб*. Компьютер имеет встроенные хаб, называемый *корневым хабом.*

**Физическая и логическая архитектура USB**

*Физическая архитектура*USB определяется следующими правилами:

o        устройства подключаются к хосту;

o        физическое соединение устройств между собой осуществляется по топологии многоярусной звезды, вершиной которой является корневой хаб;

o        центром каждой звезды является хаб;

o        каждый кабельный сегмент соединяет между собой две точки: хост с хабом или функцией*,*хаб с функцией или другим хабом;

o        к каждому порту хаба может подключаться периферийное USB-устройство или другой хаб, при этом допускаются до 5 уровней каскадирования хабов, не считая корневого.

Детали физической архитектуры скрыты от прикладных программ в системном программном обеспечении (ПО), поэтому *логическая архитектура*выглядит как обычная звезда, центром которой является прикладное ПО, а вершинами – набор *конечных точек/*Прикладная программа ведет обмен информацией с каждой конечной точкой.

**Составляющие USB**

Шина USB состоит из следующих элементов:

* *хост-контроллер*(host controller) – это главный контроллер, который входит в состав системного блока компьютера и управляет работой всех устройств на шине USB. Для краткости мы будем писать просто хост. На шине USB допускается наличие только одного хоста. Системный блок персонального компьютера содержит один или несколько хостов, каждый из которых управляет отдельной шиной USB;
* *устройство*(device) может представлять собой хаб, функцию или их комбинацию (compound device);
* *порт*(port) – точка подключения;
* *хаб*(hub, другое название - *концентратор*) – устройство, которое обеспечивает дополнительные порты на шине USB. Другими словами, хаб преобразует один порт (*восходящий порт,*upstream port) во множество портов (*нисходящие порты,*downstream ports). Архитектура допускает соединение нескольких хабов (не более 5). Хаб распознает подключение и отключение устройств к портам и может управлять подачей питания на порты. Каждый из портов может быть разрешен или запрещен и сконфигурирован на полную или ограниченную скорость обмена. Хаб обеспечивает изоляцию сегментов с низкой скоростью от высокоскоростных. Хаб может ограничивать ток, потребляемый каждым портом;
* *корневой хаб*(root hub) – это хаб, входящий в состав хоста;
* *функция*(function) – это переферийное USB-устройство или его отдельный блок, способный передавать и принимать информацию по шине USB. Каждая функция представляет конфигурационную информацию, описывающую возможности периферийного USB-устройства и требования к ресурсам. Перед использованием функция должна быть сконфигурирована хостом – ей должна быть выделена полоса в канале и выбраны опции конфигурации;
* *логическое USB-устройство*(logical device) представляет собой набор конечных точек.