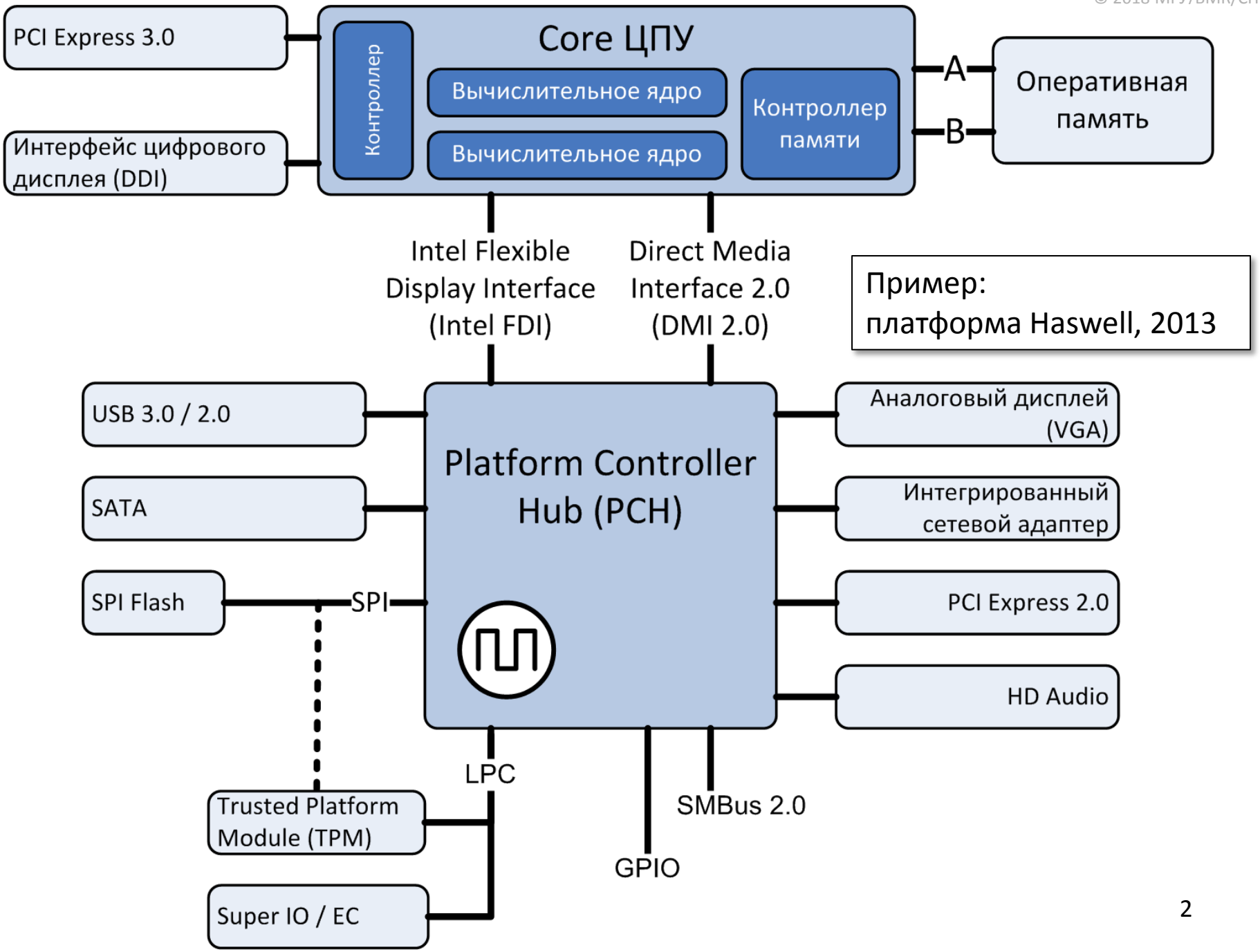
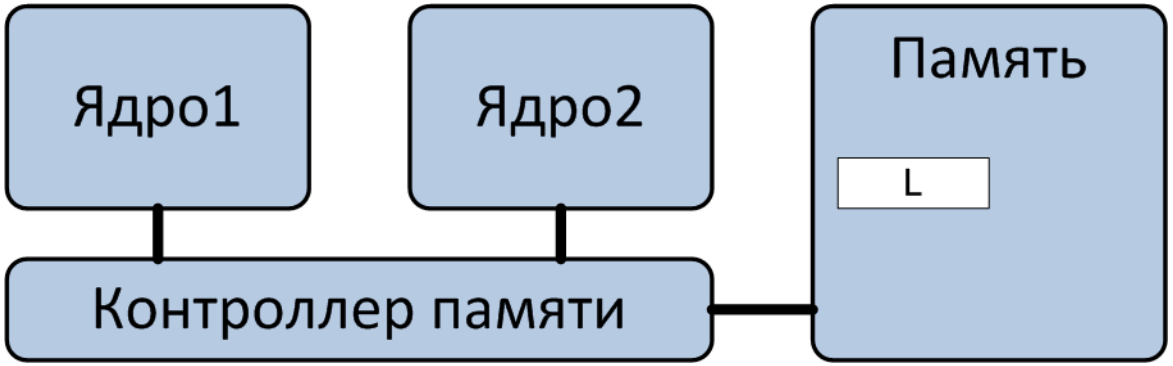
Лекция 0x15

21 апреля



Синхронизация обращений к памяти

- Захват блокировки
- Работа с общими (разделяемыми) переменными
- Освобождение блокировки

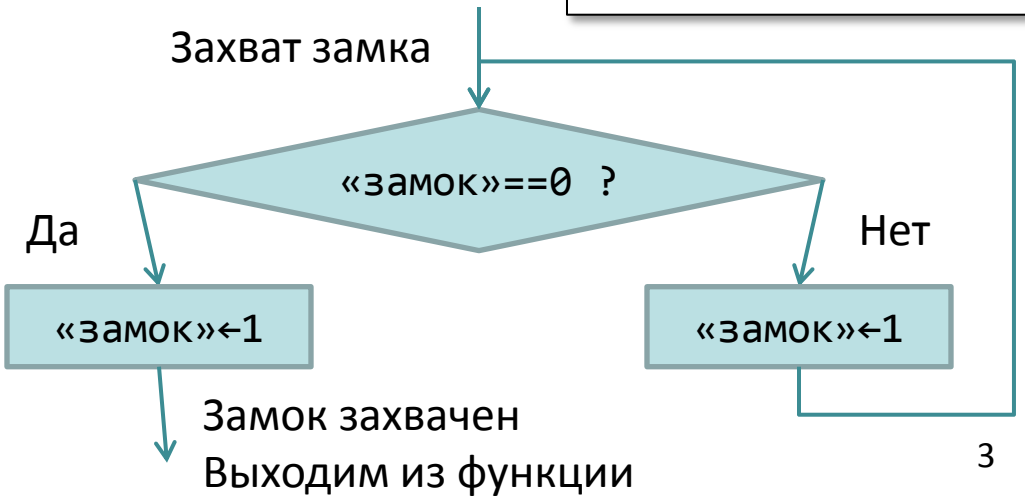


Замок – статическая переменная L (младший разряд)
- 0 – доступ открыт
- 1 – доступ закрыт

Начальное состояние замка – 0

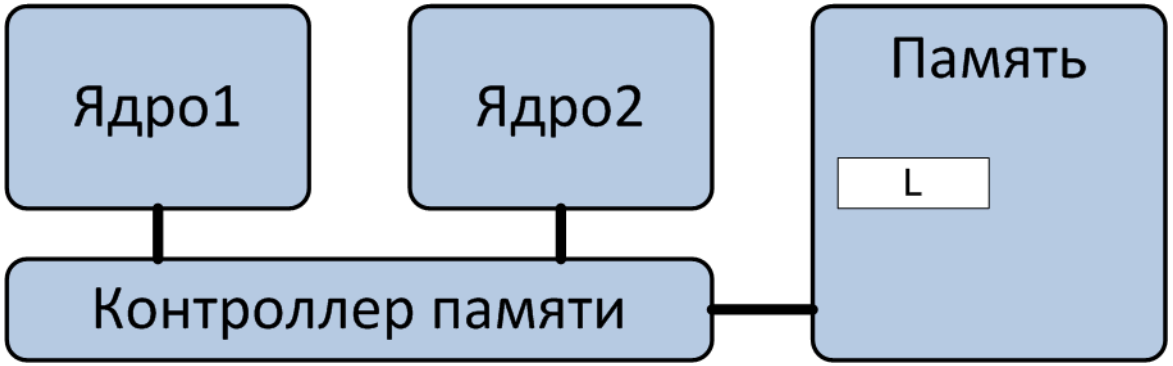
```
acquireLock:
 .retry:
   bts byte [L], 0
   jc .retry
   ret

releaseLock:
   btr byte [L], 0
   ret
```



Синхронизация обращений к памяти

- Захват блокировки
- Работа с общими (разделяемыми) переменными
- Освобождение блокировки



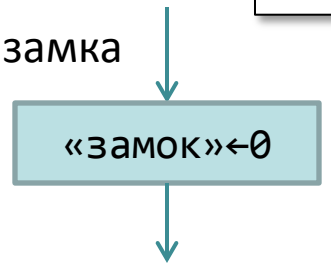
Замок – статическая переменная L (младший разряд)
- 0 – доступ открыт
- 1 – доступ закрыт

Начальное состояние замка – 0

```
acquireLock:
 .retry:
   bts byte [L], 0
   jc .retry
   ret

releaseLock:
   btr byte [L], 0
   ret
```

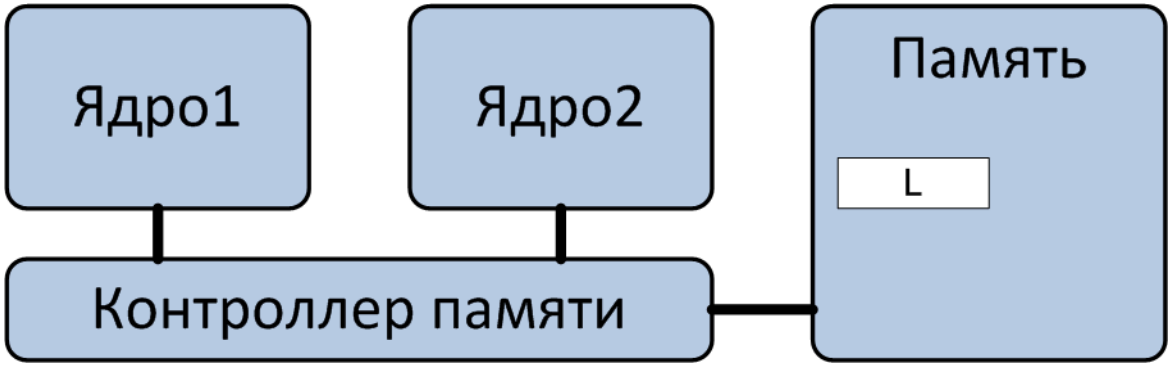
Освобождение замка



Замок освобожден
Выходим из функции

Синхронизация обращений к памяти

- Захват блокировки
- Работа с общими (разделяемыми) переменными
- Освобождение блокировки



Оба ядра попытались захватить замок «***почти***» одновременно

```
acquireLock:
 .retry:
   bts byte [L], 0
   jc .retry
   ret

releaseLock:
   btr byte [L], 0
   ret
```

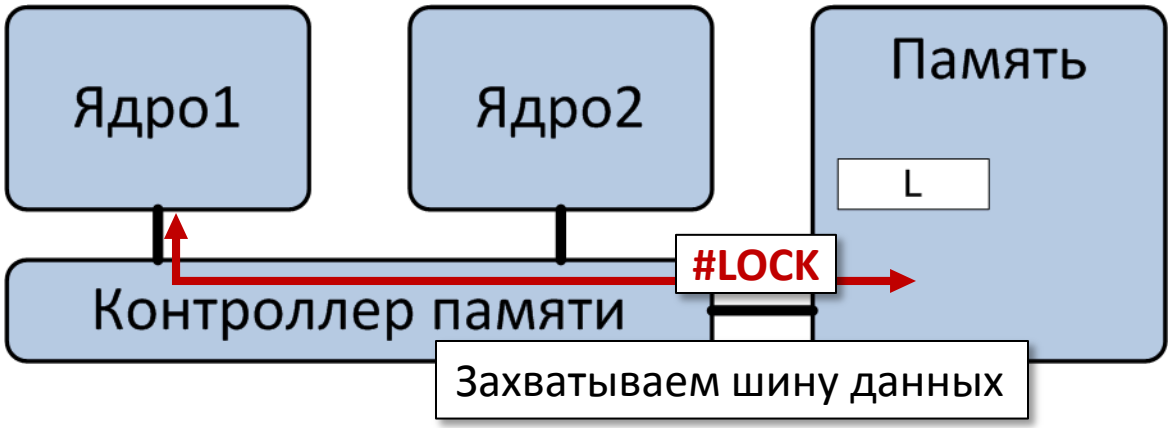
Может возникнуть ***Состояние Гонки***

Ядро1		Ядро2	
ЦПУ ← память	BTS		
CF ← ЦПУ:L|0		ЦПУ ← память	BTS
память:L ← 1		CF ← ЦПУ:L|0	
		память:L ← 1	

Время

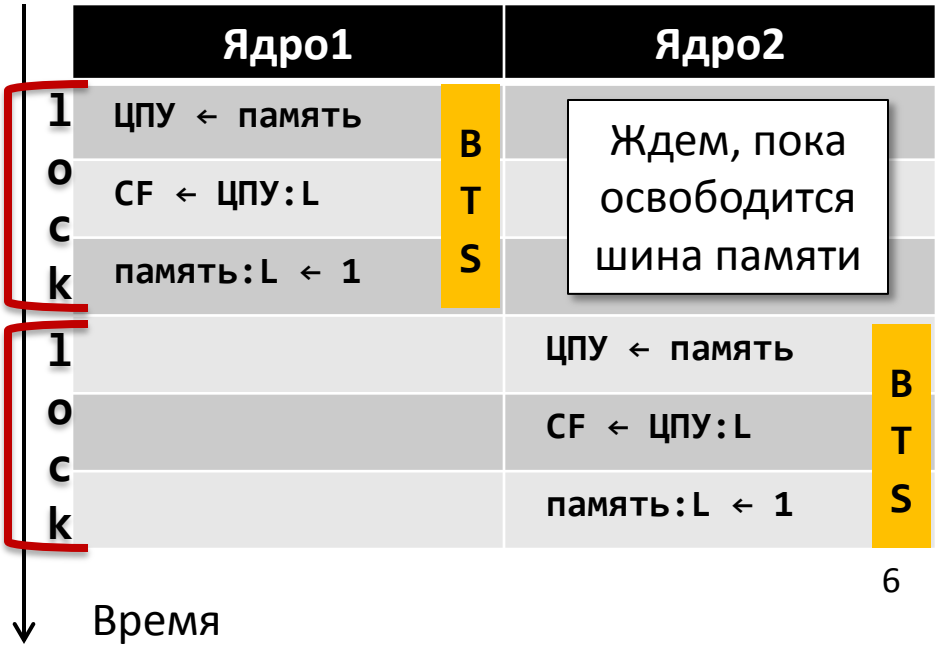
Синхронизация обращений к памяти

- Захват блокировки
- Работа с общими (разделяемыми) переменными
- Освобождение блокировки




```
acquireLock:
 .retry:
   lock bts byte [L], 0
   jc .retry
   ret

releaseLock:
   lock btr byte [L], 0
   ret
```



Синхронизация обращений к памяти

- Явно указываемый префикс `lock`
  - Применим только к некоторым командам ADD, AND, BTC, BTR, BTS, CMPXCHG, …
    - Первый операнд команды – память
- Все время выполнения команды процессор удерживает шину памяти, посылая на нее сигнал #LOCK
- Постоянный захват шины негативно сказывается на производительности

```
acquireLock:
   lock bts byte [L], 0
   jc .retry
   ret
 .retry:
   pause
   lock bts byte [L], 0
   jc .retry
   ret
```

В современных процессорах команда `pause` используется как подсказка, что выполнение находится в цикле активного ожидания (busy wait)

ОС Linux использует для реализации активного ожидания не `bts/btr`, а гораздо более быструю команду `cmpxchg`
http://heather.cs.ucdavis.edu/~matloff/50/PLN/lock.pdf (на английском)

Примеры шин (1/3)

- Фронтальная шина
  - HyperTransport (HT), апрель 2001, AMD. Открытый стандарт - HyperTransport Technology
    - 2 – 32 разряда, двунаправленная
    - 200 – 2600 MHz, DDR
  - QuickPath Interconnect (QPI), ноябрь 2008, Intel
    - 20 линий, двунаправленная, 4 такта = 64 бита
    - 2.4, 2.93, 3.2 GHz, DDR
  - Соединение точка-точка.
    - Гарантированные физические каналы: один отправитель – один приемник.
    - Не требуется арбитраж.

Примеры шин (2/3)

- Общая шина ввода/вывода для подключения периферийных устройств Peripheral component interconnect (PCI), 1992, Intel, открытый стандарт.
  - PCI 1.0 / 2.0
    - Топология - общая шина, децентрализованный арбитраж
    - 32 линии, общие для адресов и данных
      - Передача данных транзакциями, возможна приостановка
    - Частота 33 MHz
  - Расширения
    - PCI 64, PCI 66, PCI 64/66, PCI-X (266 и 533 МГц)
  - PCI Express (PCI-E), июль 2002, Intel
    - Топология – звезда.

Примеры шин (3/3)

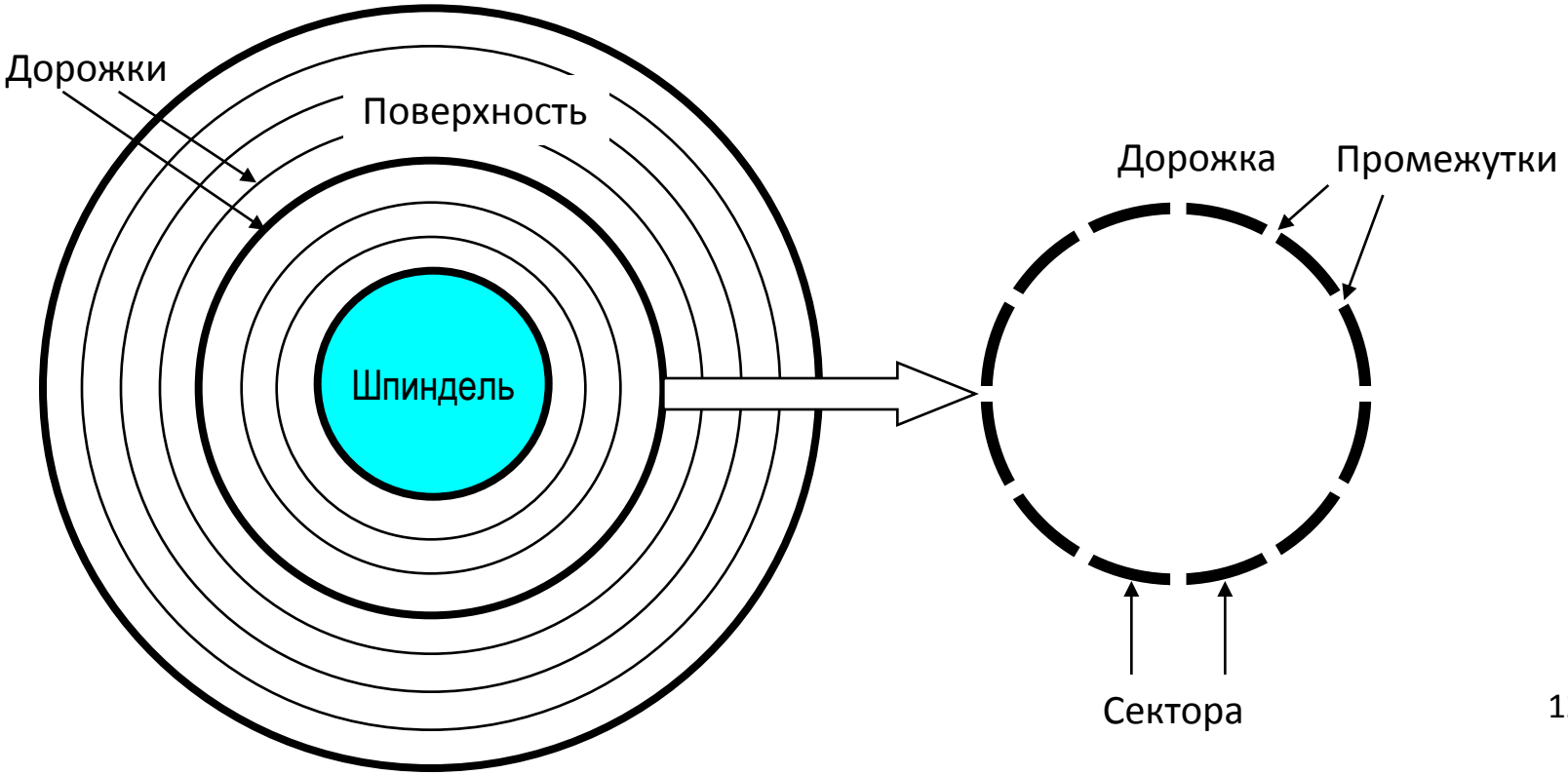
- AGP, 1996
  - Непосредственный доступ к оперативной памяти со стороны видеоадаптера, GART (graphics address remapping table)
- USB, 1996
  - Топология – звезда, до 127 устройств, разветвители, оконечные точки (15/15 + 1/1 управляющие).
  - 4 типа передач: управляющие, поточные, прерывания, изохронные
  - Open Host Controller Interface
    - Сам контроллер является PCI-устройством
- Serial ATA, 2000
  - 7 линий, 2 – прием, 2 – передача.
  - 1.5, 3, 6 GBit/s
  - Возможность горячей замены

Внутреннее устройство HDD

+ различная электроника, включая процессор и память

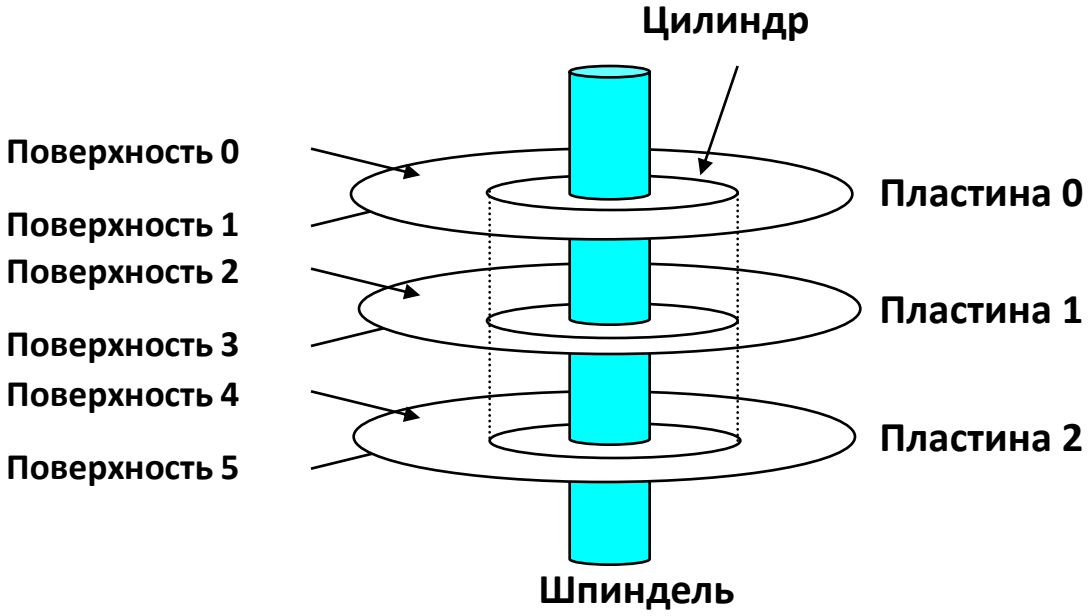
Геометрия диска

- Диск состоит из пластин, каждая обладает двумя поверхностями.
- Каждая поверхность состоит из концентрических кругов, называемых дорожки.
- Каждая дорожка состоит из секторов, разделенных промежутками.



Геометрия диска (несколько пластин)

- Равноудаленные от шпинделя дорожки образуют цилиндр.



Емкость диска

- Емкость: максимальное количество сохраняемых бит.
  - Производители выражают емкость в «необычных» гигабайтах, 1 ГБ = 10^9 байтам.
  - Различают десятичные (СИ) и двоичные приставки (МЭК)
  - Разница: КБ и КиБ =2.4%, МБ и МиБ ≈4.9%, ТБ и ТиБ ≈9.95%
- Емкость определяется следующими технологическими факторами:
  - Плотность записи / линейная плотность (биты/дюймы – BPI): сколько битов может быть размещено на одном дюйме дорожки.
  - Трековая плотность (треки/дюйм – TPI): сколько треков может быть размещено на одном дюйме радиуса.
  - Поверхностная плотность (биты/дюймы^2): произведение линейной плотности на трековую плотность.
- Современные диски группируют дорожки в несколько зон записи
  - Каждая дорожка в зоне состоит из одного и того же количества секторов, определяемого длиной самой короткой дорожки.
  - У каждой зоны различное количество дорожек/секторов

Вычисление емкости диска

Емкость = (#байт/сектор) x (среднее # сектор/дорожка) x (# дорожка/поверхность) x (# поверхность/пластина) x (# пластина/диск)

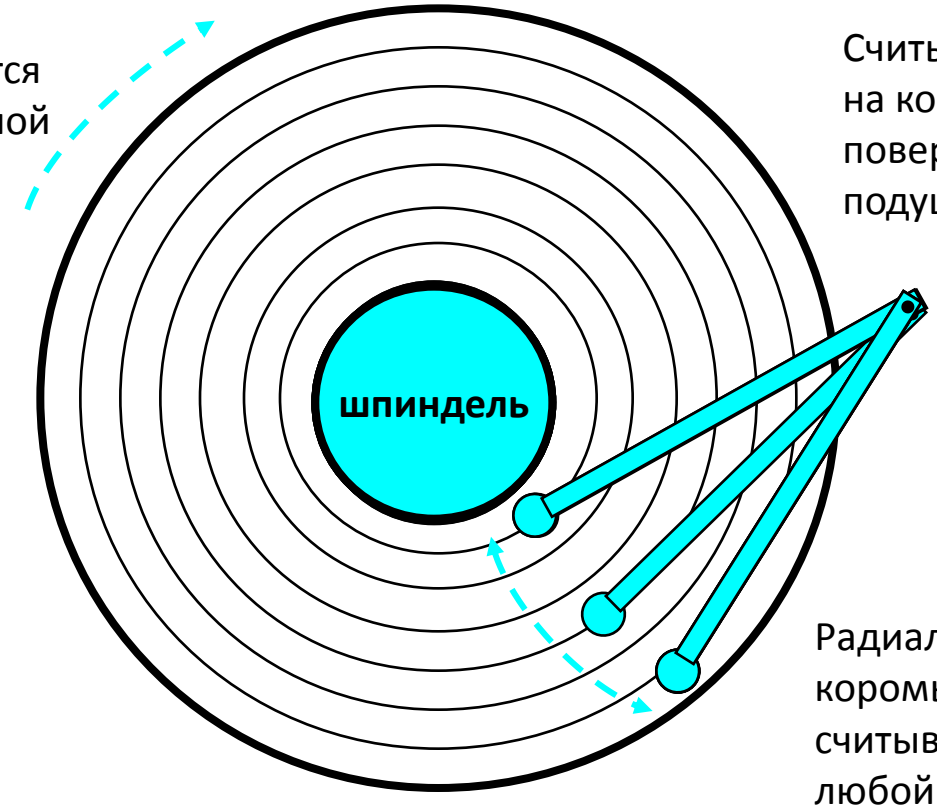
Пример:

- 512 байт/сектор
- 300 сектор/дорожка (в среднем)
- 20,000 дорожка/поверхность
- 2 поверхность/пластина
- 5 пластина/диск

Емкость = 512 x 300 x 20000 x 2 x 5 = 30,720,000,000 = 30.72ГБ

Работа с диском (одна пластина)

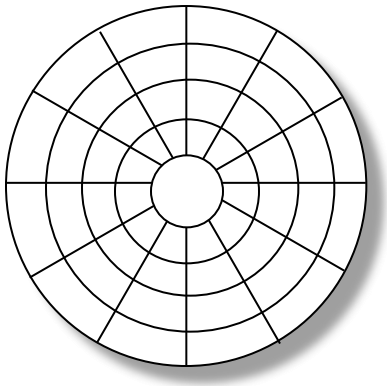
Поверхность диска вращается с фиксированной скоростью.



Считывающая головка закреплена на конце коромысла и парит над поверхностью на тонкой воздушной подушке.

Радиально перемещаясь, коромысло может выставить считывающую головку над любой дорожкой.

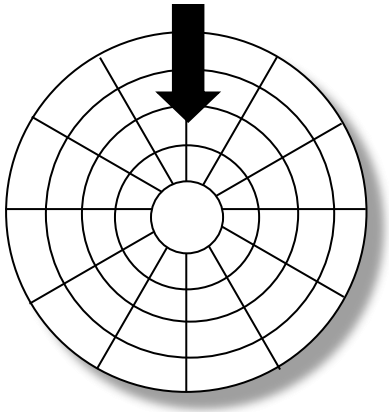
Структура диска – вид сверху на одну пластину



Поверхность разбита на дорожки

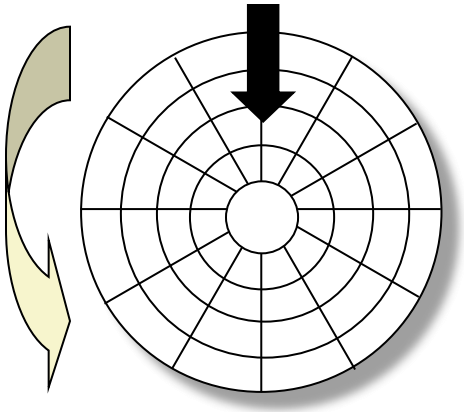
Дорожки разделены на сектора

Доступ к диску



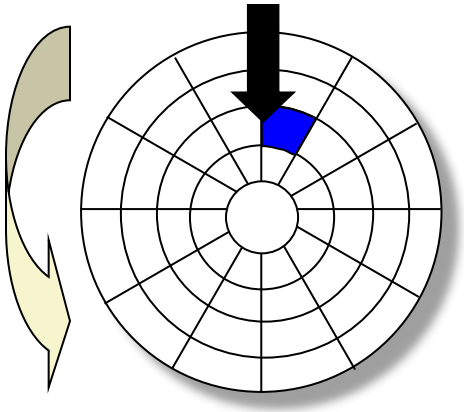
Считывающая головка в указанной позиции над диском

Доступ к диску



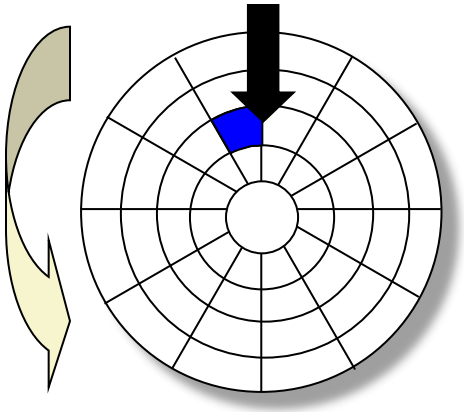
Направление вращения – против часовой стрелки

Доступ к диску – Чтение



Перед чтением синего сектора

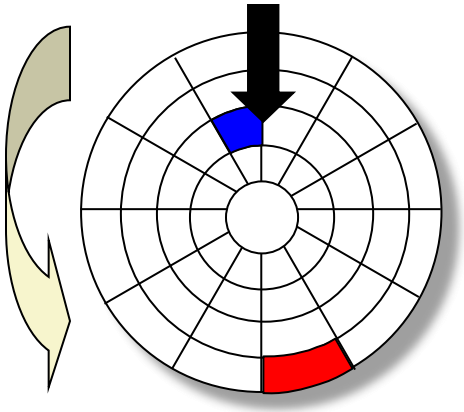
Доступ к диску – Чтение



Синий сектор считан

После чтения синего сектора

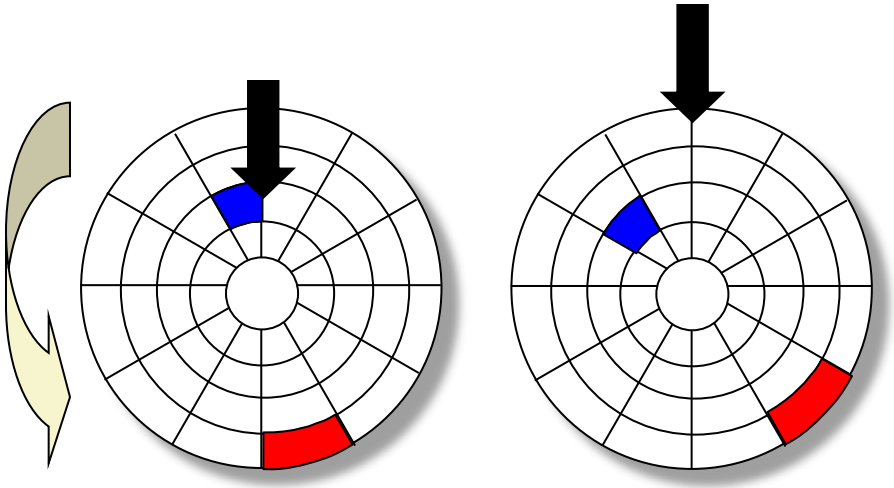
Доступ к диску – Чтение



Синий сектор считан

Поступил запрос на чтение красного сектора

Доступ к диску – Поиск

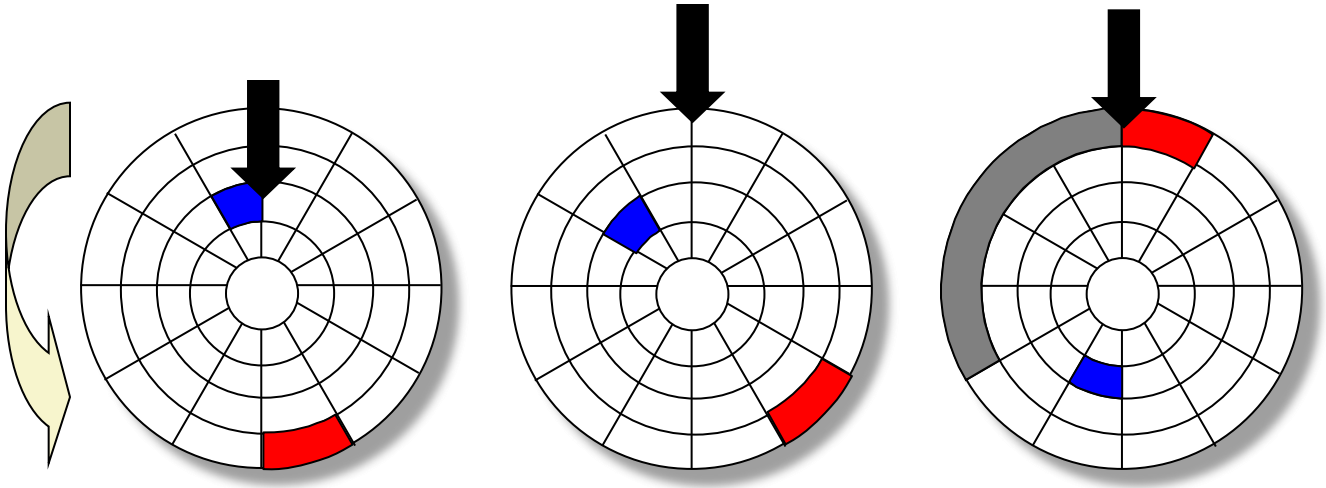


Синий сектор считан

Поиск Красного сектора

Ищем дорожку на которой расположен красный сектор

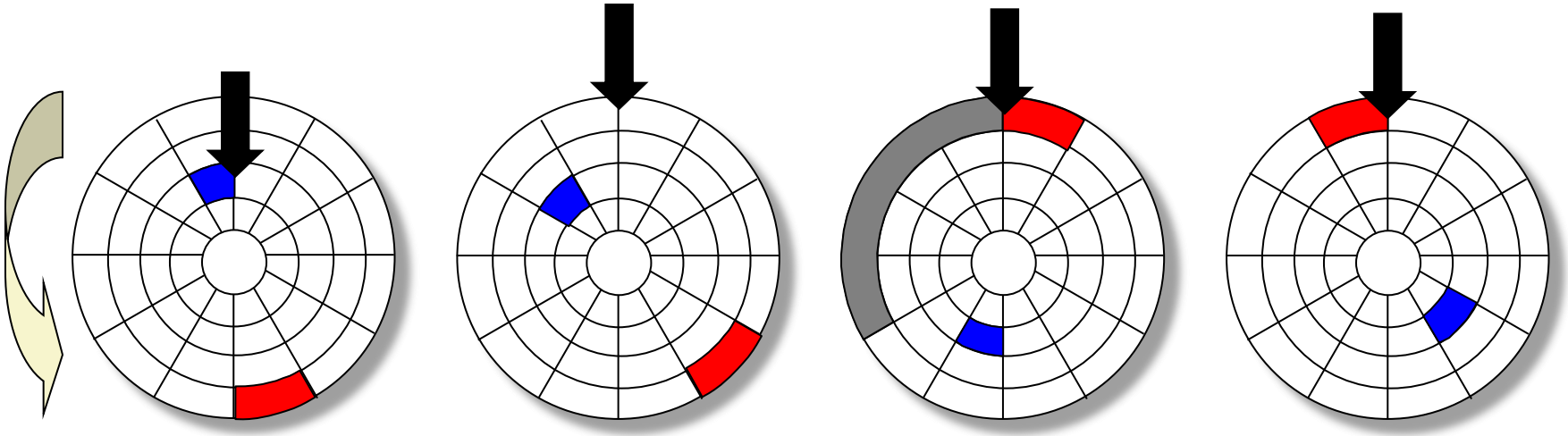
Доступ к диску – временная задержка из-за вращения



Синий сектор считан | **Поиск Красного сектора** | **Латентность вращения**

Вынужденное ожидание того момента, когда красный сектор достигнет считывающей головки

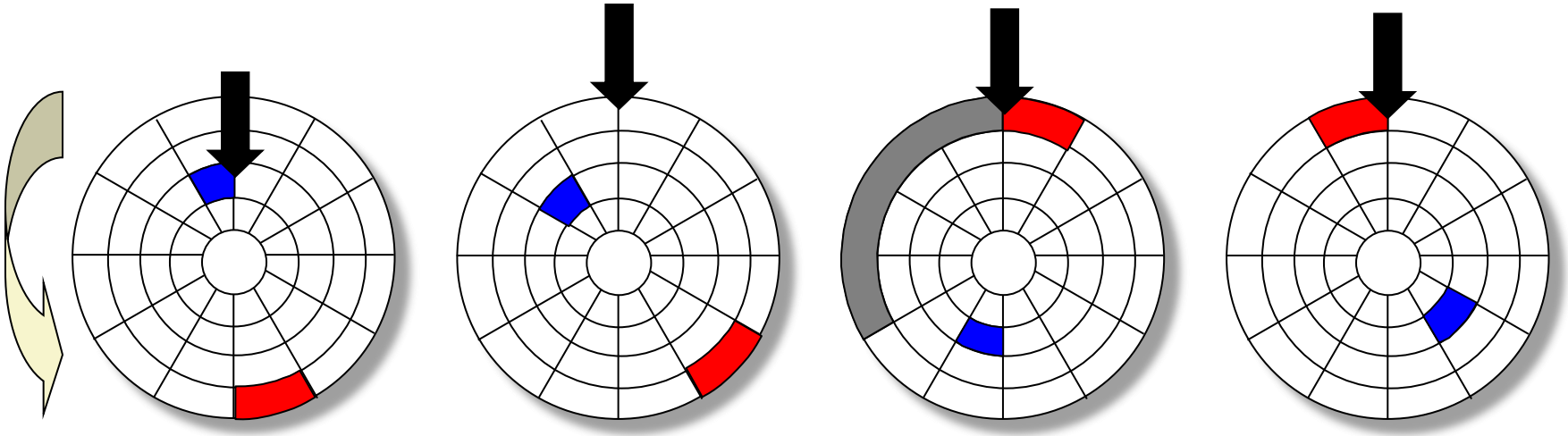
Доступ к диску – Чтение



Синий сектор считан | **Поиск Красного сектора** | **Латентность вращения** | **Красный сектор считан**

Чтение красного сектора завершено

Доступ к диску – распределение времени



Синий сектор считан

Передача данных

Поиск Красного сектора

Поиск

Латентность вращения

Латентность вращения

Красный сектор считан

Передача данных

Время доступа к диску

- $T_{доступа} = T_{ср.\ поиск} + T_{ср.\ вращения} + T_{ср.\ передача}$
- Время поиска ($T_{ср.\ поиск}$)
  - Время, требуемое для перемещения считывающей головки в цилиндр, содержащий требуемый сектор.
  - Как правило $T_{ср.\ поиск}$ занимает 3—9 мс.
- Латентность вращения ($T_{ср.\ вращения}$)
  - Время ожидания момента, когда первый бит запрашиваемого сектора достигнет считывающей головки.
  - $T_{ср.\ вращения}$ = 1/2 x 1/RPM x 60 с / 1 мин
  - Типичная скорость вращения – 7200 RPM. $T_{ср.\ вращения} \approx$ 4 мс.
- Время передачи ($T_{ср.\ передача}$)
  - Время чтения содержимого сектора.
  - $T_{ср.\ передача}$ = 1/RPM x 1/(ср. # секторов на дорожке) x 60 с./1 мин.

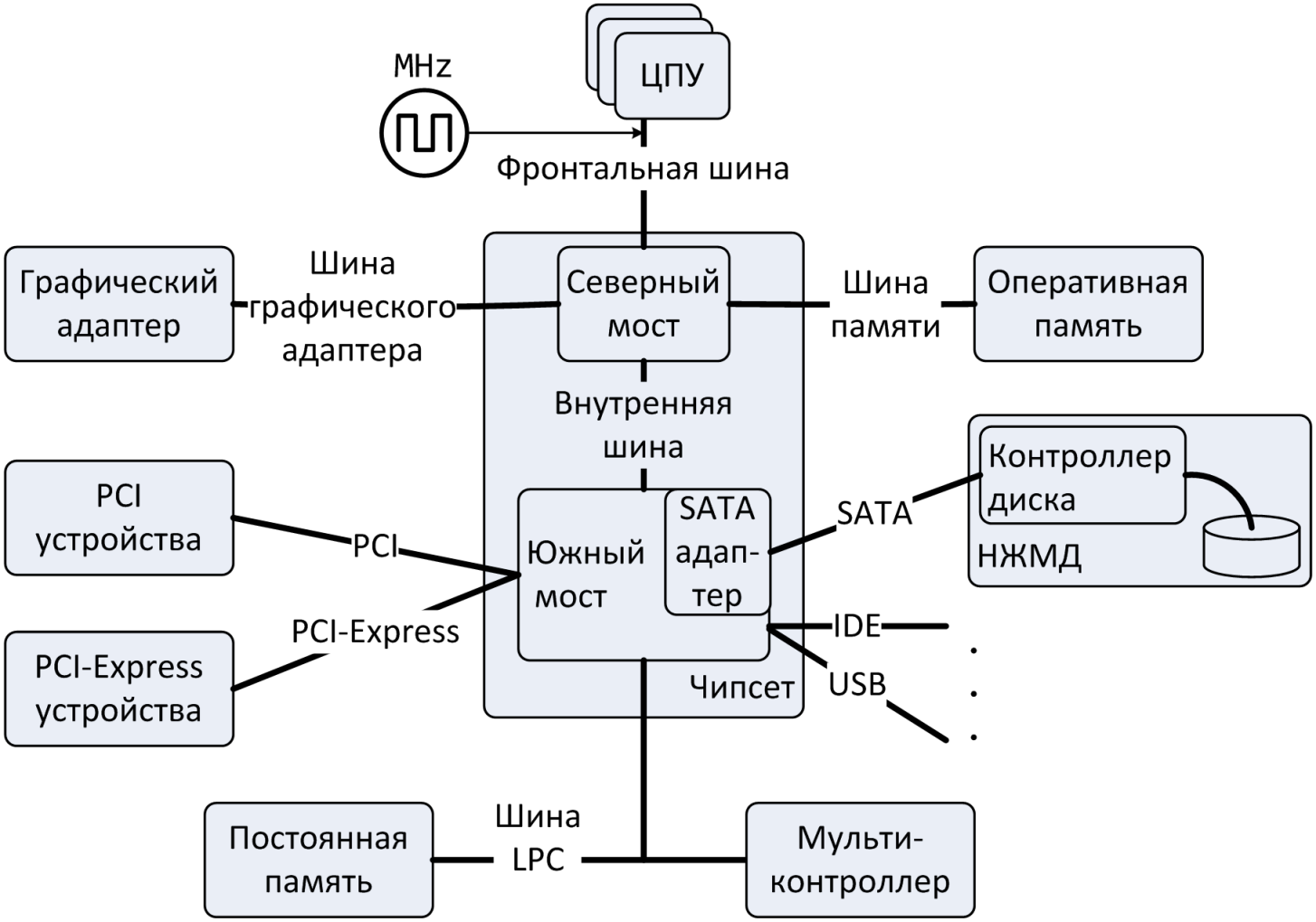
Пример оценки времени доступа

- Исходные характеристики:
  - Скорость вращения = 7,200 RPM
  - Среднее время поиска = 9 мс.
  - Среднее # секторов на дорожке = 400.
- Оцениваем слагаемые и общую сумму:
  - $T_{ср.\ вращения}$ = 1/2 x (60 с/7200 RPM) x 1000 мс = 4 мс.
  - $T_{ср.\ передача}$ = 60/7200 RPM x 1/400 с/дорожка x 1000 мс = 0.02 мс
  - $T_{доступа}$ = 9 мс + 4 мс + 0.02 мс
- Выводы:
  - Время передачи существенно меньше остальных слагаемых.
  - Считать первый бит из сектора – «дорогая» операция, считывание остальных битов – «дешево».
  - Время доступа SRAM ≈ 4 нс для двойного слова, DRAM ≈ 60 нс
    - Диск медленнее SRAM в 40,000 раз, и …
    - … в 2,500 раз, чем DRAM.

Логические блоки

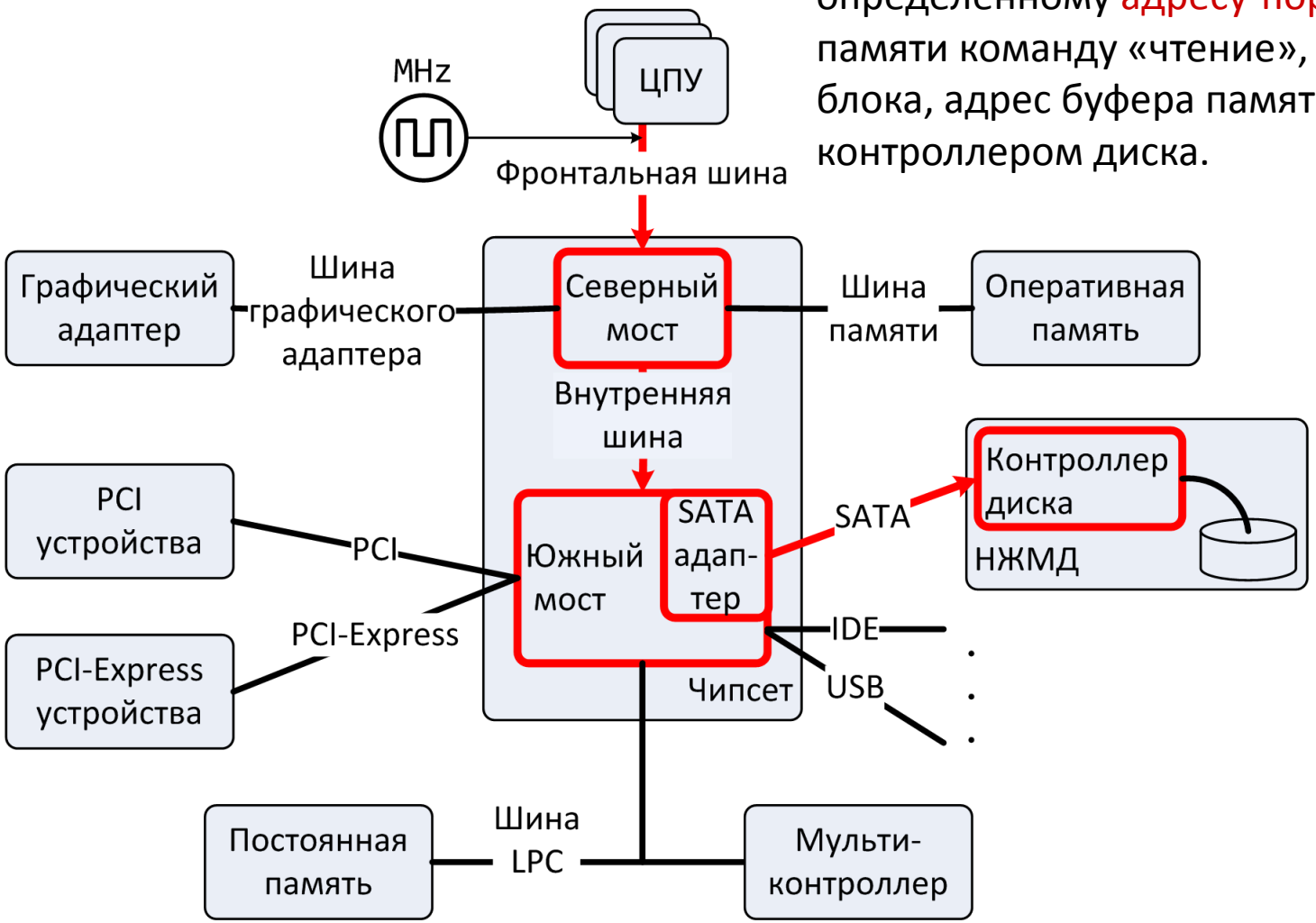
- Первоначальный способ задания сектора: <C, H, S>
  - В разных зонах – разное число секторов на дорожке
  - Для обращения к диску необходимо знать его геометрию
- Более простой метод обращения к данным:
  - Сектора рассматриваются как последовательность логических блоков (0, 1, 2, ...)
- Соответствие между логическими блоками и (физическими) секторами
  - Отображение поддерживается аппаратурой + «прошивкой» – контроллером диска.
  - Номер логического блока → (поверхность, дорожка, сектор).
- Защита от выхода из строя отдельных цилиндров. Каждая зона записи содержит запасные цилиндры.
  - Размер диска после форматирования становится ощутимо меньше.

SATA: шина ввода/вывода



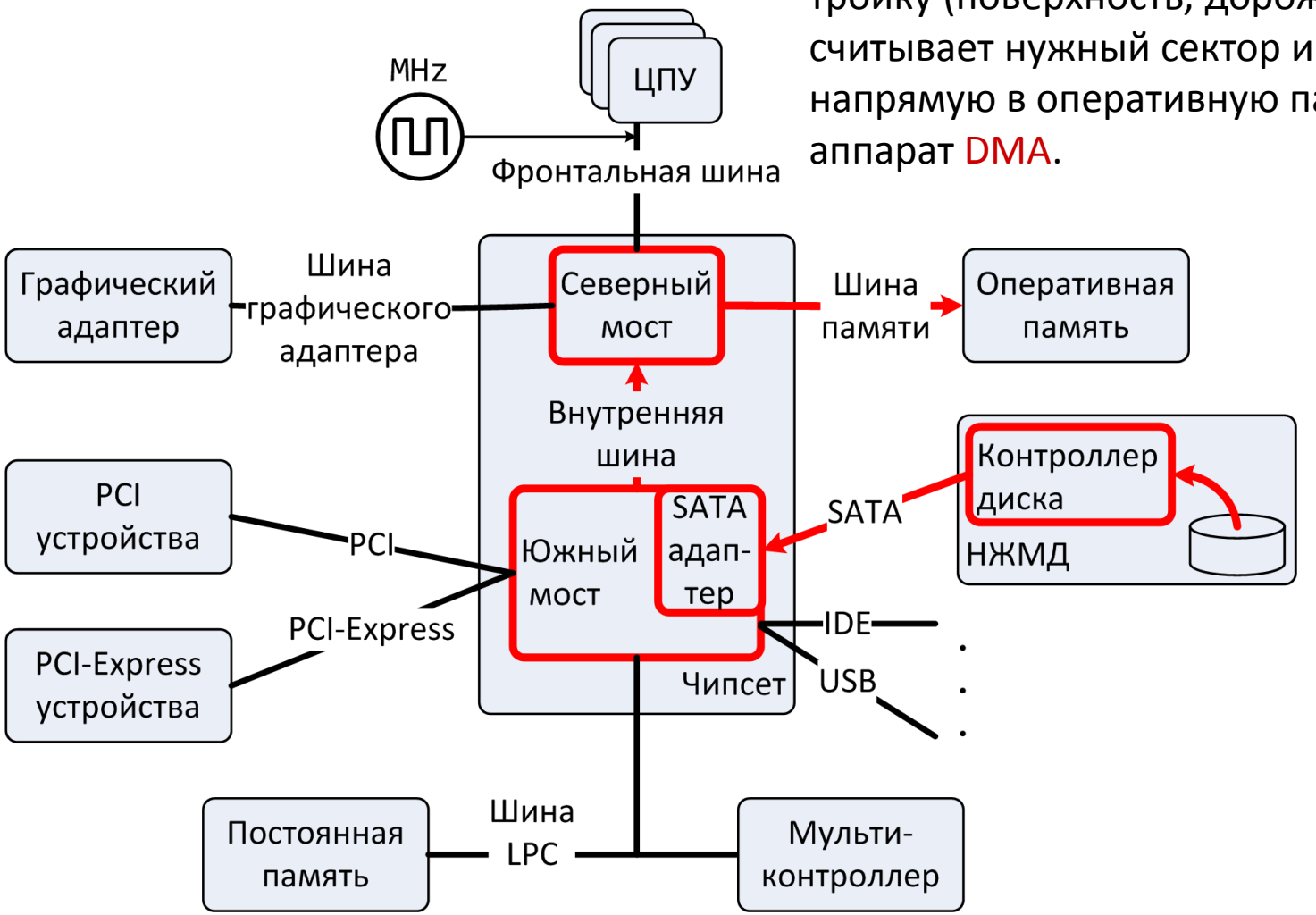
Чтение сектора (1)

ЦПУ запускает чтение диска, записав по определенному адресу-порту оперативной памяти команду «чтение», номер логического блока, адрес буфера памяти. Порт связан с контроллером диска.



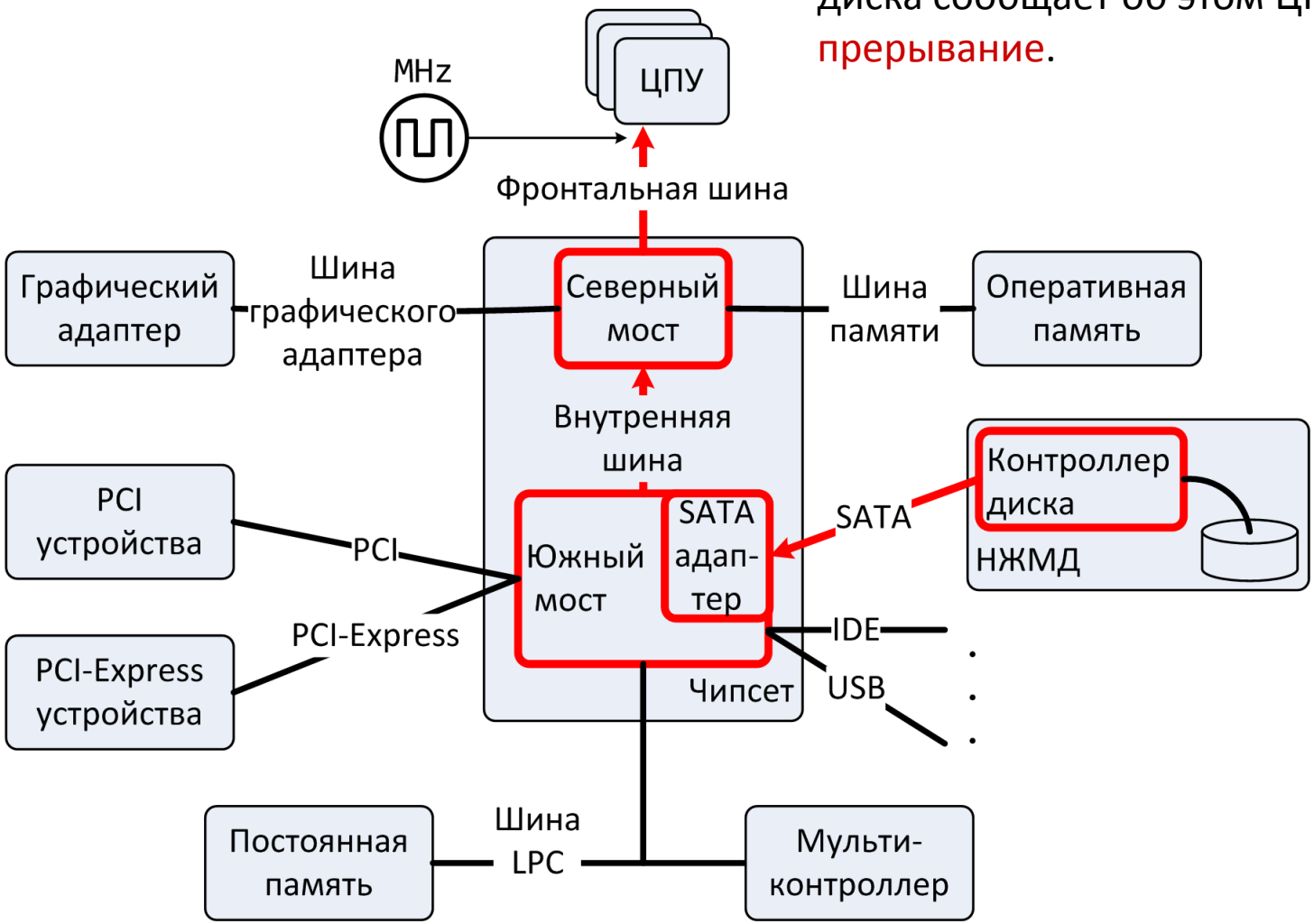
Чтение сектора (2)

Контроллер диска преобразует номер блока в тройку (поверхность, дорожка, сектор), считывает нужный сектор и передает его напрямую в оперативную память, используя аппарат DMA.



Чтение сектора (3)

Когда DMA-трансферт закончен, контроллер диска сообщает об этом ЦПУ, вызывая прерывание.



Port IO vs. Memory Mapped IO

- Port IO: помимо пространства памяти вводится дополнительное пространство портов ввода/вывода
  - Работа с периферией: команды `in` и `out`
    - Все данные проходят через ЦПУ
  - Удобно при небольшом размере памяти

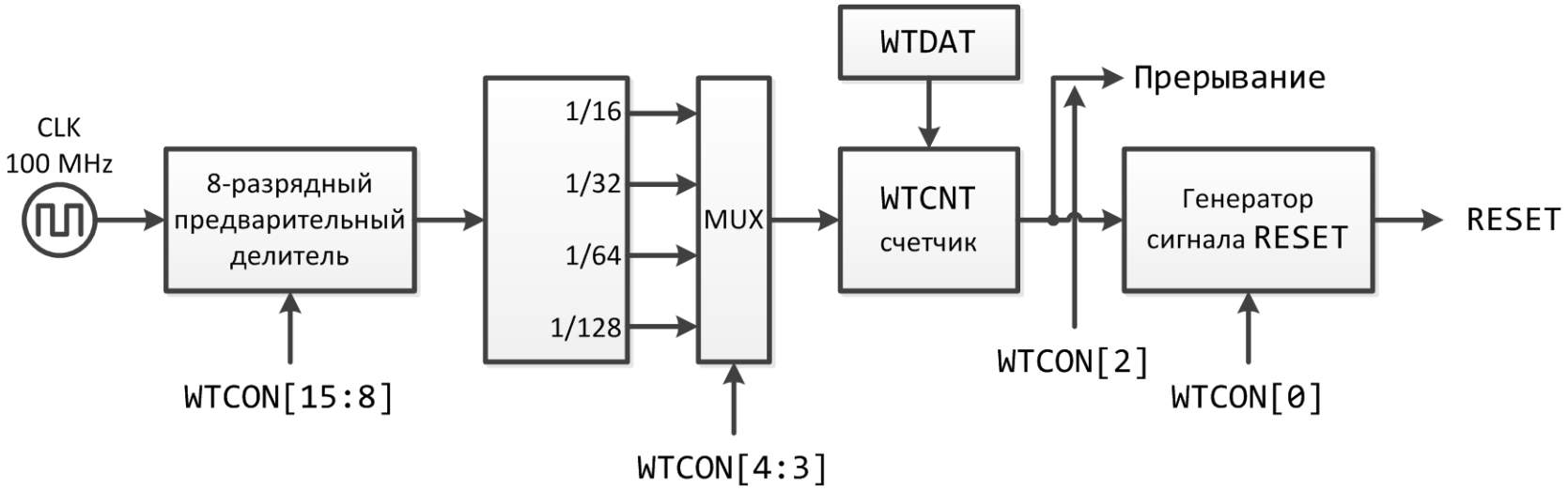
```
• IN EAX, DX ; AX, AL
    • EAX ← I/O[DX]
• OUT DX, EAX ; AX, AL
    • I/O[DX] ← EAX
```

- Memory Mapped IO: все управляющие регистры устройств отображаются на определенные адреса оперативной памяти
  - Требуется программировать контроллер памяти/северный мост
  - Перекрытая память не используется
  - Существенно более высокая производительность

```
int device_driver_transmit_data(device *dev,
                                phys_addr_t *buffer,
                                size_t buf_len)
   {
           offset_t offset = device->offset;
           uint32_t status;
           time_t time = 0;
           outl(offset + BUFFER_REGISTER, buffer);
           outl(offset + BUFLEN_REGISTER, buf_len);
           outl(offset + COMMAND_REGISTER, COMMAND_TRANSMIT);
           do {
                   wait(WAIT_INTERVAL);
                   time += WAIT_INTERVAL;
                   inl(&status, STATUS_REGISTER);
                   if ((status & ERROR_MASK) || (time >= TIMEOUT))
                           goto error;
           } while (!(status & COMPLETE_MASK));
           return 0;
           error:
           return -1;
   }
```

```
void outl(int* m_reg, int val) {
   *m_reg = val;
}
```

Пример простейшего периферийного устройства: WatchDog @ SoC Exynos4210



Базовый адрес `0x10060000`

Регистр	Смещение	Описание
WTCON	0x0	Управляющий регистр
WTDAT	0x4	Начальное значение счетчика
WTCNT	0x8	Счетчик таймера

Запуск устройства
```
WTCON[0] = 1
WTCON[5] = 1
```