

# I/O устройства

# Шины

- Шина — это комплекс различных схем, которые позволяют перемещать данные между компонентами компьютера
- System bus, data bus, address bus, internal bus

# I/O ports

- x86 т.н. "I/O bus"
- На ней есть 65536 8-битных портов I/O-портов
- Каждая пара портов может выглядеть как единый 16-битный порт, но такие порты должны начинаться с чётного номера
- Исторически x86 использовал I/O порты для общения с устройствами, сейчас эта модель устаревает
- Примеры: PIC, PS/2.

# MMIO

- Memory-mapped I/O
- Специальные адреса физической памяти (шины данных) выделены для управления регистрами устройств
- Примеры: большинство современных устройств, APIC.

# DMA: bus mastering

- DMA = Direct Memory Access
- Bus mastering — это фича шины, которая позволяет пересылать данные напрямую из/в память без участия CPU
- Одно из устройств может завладеть шиной данных (become a bus master) и инициировать запись в RAM
- First-party DMA
- В теории возможно читать/писать не только в RAM, но сейчас так не делается

## Third-party DMA

- Единый DMA контроллер на всю шину, который контролирует все трансферы
- Не требует наличия DMA-компонентов в своих устройствах
- Каждый трансфер требует инициации из CPU (однако копирования не требует)

# ISA

- Industry Standard Architecture
- 16-битная шина IBM-совместимых компьютеров
- Не поддерживает Plug'n'Play (PnP)
- Intel 8237 DMA controller (third-party DMA)

# PCI

- Peripheral Component Interconnect
- Придумана Intel в начале 90-ых
- 64-битная шина
- Более быстрая (8 MHz vs 33 MHz)
- Поддерживает PnP
- PCI bus mastering
- Пришла как дополнение к ISA, поэтому долгое время компьютеры поддерживали и ISA, и PCI



# IDE/ATA

- IDE (Integrated Drive Electronics) или ATA (AT Attachment) — старинный интерфейс доступа к дискам
- Разработан в 80-ых годах
- Под ATA обычно имеется в виду сам интерфейс, под IDE обычно — наличие также контроллера диска
- PATA = Parallel ATA ([ссылки на спецификации](#))
- ATA использует I/O порты для управления устройством
- Однако передача данных может осуществляться как через I/O порты, так и через DMA

# IDE/ATA

- Каждый подключённый контроллер позволяет подключать к нему четыре диска: primary/secondary bus + master/slave
- Для каждой "шины", используется отдельный набор I/O-портов
- Для выбора master/slave используется специальный бит в одном из этих портов (Drive Register)
- CHS (Cylinder-Head-Sector) addressing — сильно устаревшая схема адресации дисков
- LBA (Logical Block Address) addressing — линейная схема адресации секторов диска

# ATA PIO

- В регистры устройства загружается нужный адрес сектора, количество секторов на чтение и отправляется команда на начало трансфера
- После окончания считывания присылается IRQ (или можно подождать специальный флаг в busy-loop)
- Затем процессор копирует 256 16-битных значений из data port
- Процесс повторяется, пока не прочитано нужное количество секторов
- За одно чтение можно прочитать 65536 секторов (32 мегабайта)
- 28-bit PIO vs 48-bit PIO

# Интерфейс PCI

- Концептуально управляющие регистры PCI устройства подключаются к PCI-пространству
- Они доступны для управления через два I/O порта: `CONFIG_ADDRESS` ( `0xcf8` ) и `CONFIG_DATA` ( `0xcfc` )
- `CONFIG_ADDRESS` кодирует адрес регистра который состоит из bus number, device number, function number и register offset
- Из `CONFIG_DATA` можно прочитать регистр или записать в него

# ATA & DMA via PCI Bus mastering

- Трансферы DMA всегда происходят по *физическим адресам* памяти
- Трансферы не могут превышать 64 Кб
- Адреса памяти, в/из которых происходят трансферы, должны быть выровнены по границе 64 Кб и должны располагаться в первых 4 Гб физической памяти
- Для каждого трансфера создаётся специальная PRDT (Physical Region Descriptor Table), состоящая из PRD — описания региона физической памяти (базовый адрес и размер)
- Из PCI регистра BAR4 берётся адрес т.н. Bus Master Register
- BMR состоит из регистра статуса, регистра команд и нескольких I/O портов для записи адреса (физического) PRDT
- После инициализации DMA, выполняются аналогичные действия как при PIO

# AHCI & SATA

- AHCI = Advance Host Controller Interface
- SATA = Serial ATA
- AHCI — адаптер (host bus adapter) SATA-to-PCI, разработан в Intel
- SATA — протокол общения с дисками, который пришёл на замену PATA
- SATA быстрее быстрее, требует меньше пинов => более энергоэффективен