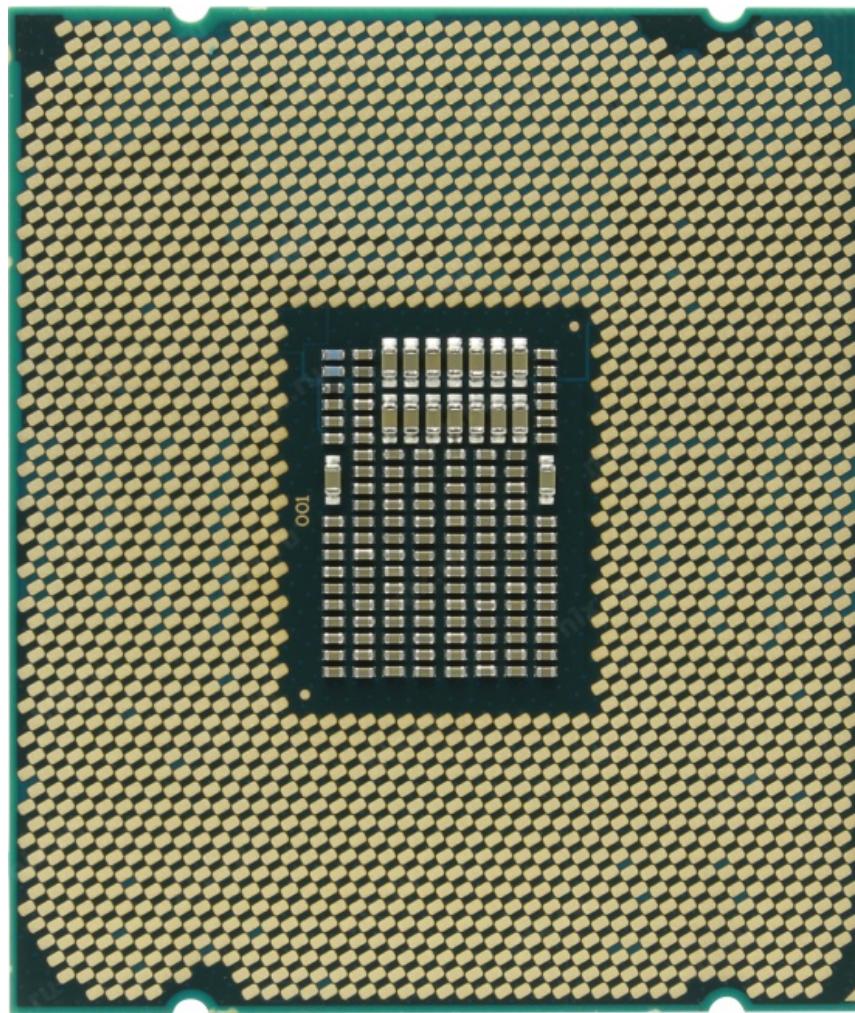


Ввод-вывод. Шины данных Ядро операционной системы

АКОС 2019-2029
Лекция №7

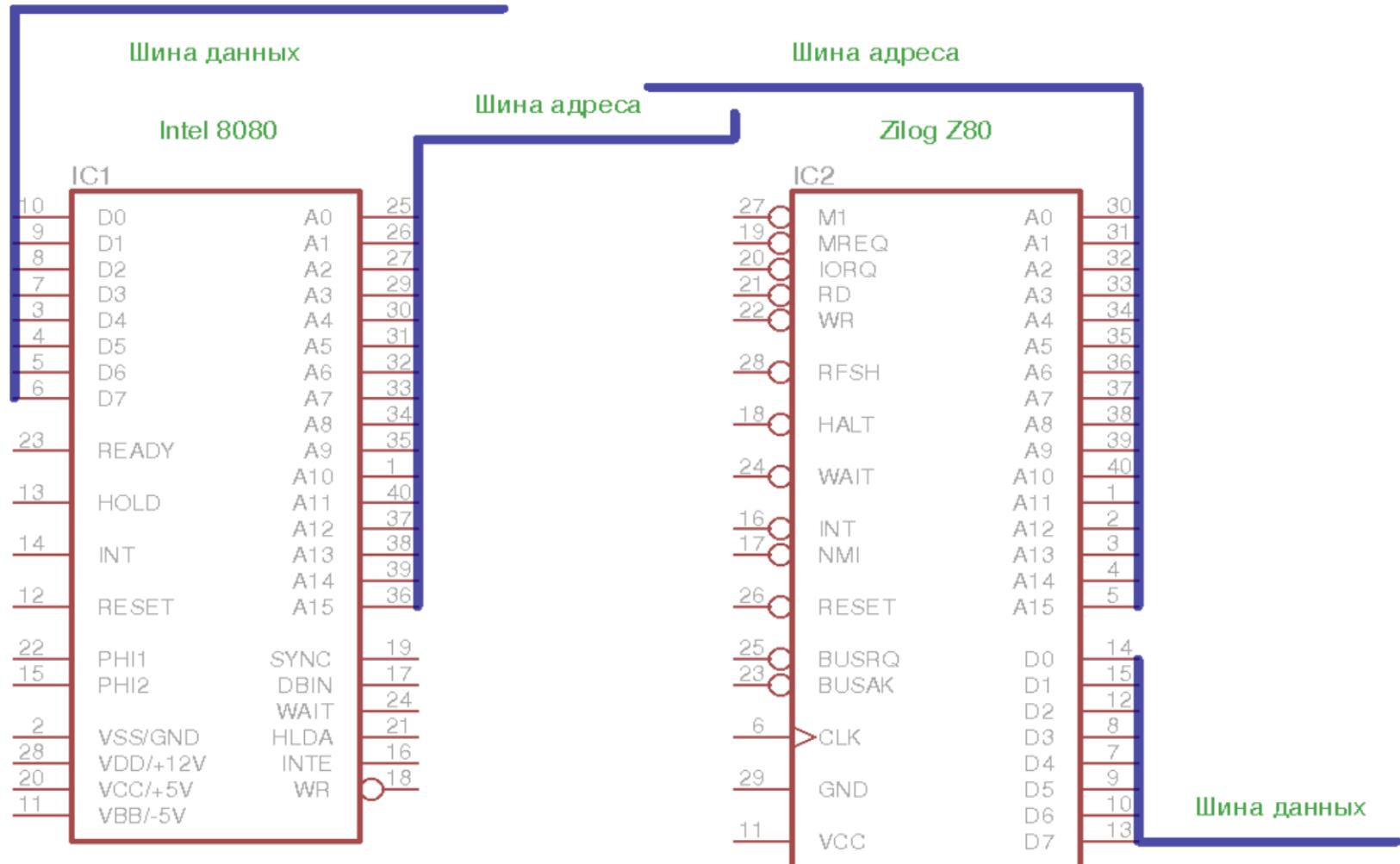
Core i9, вид снизу



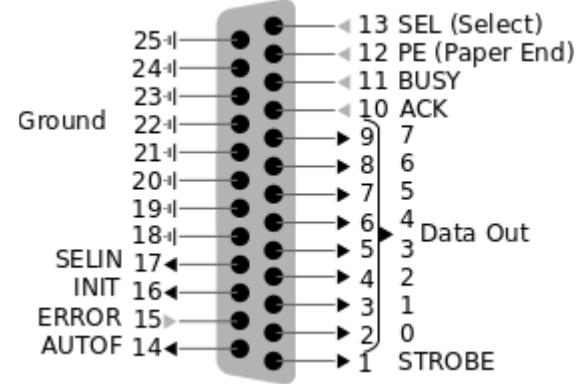
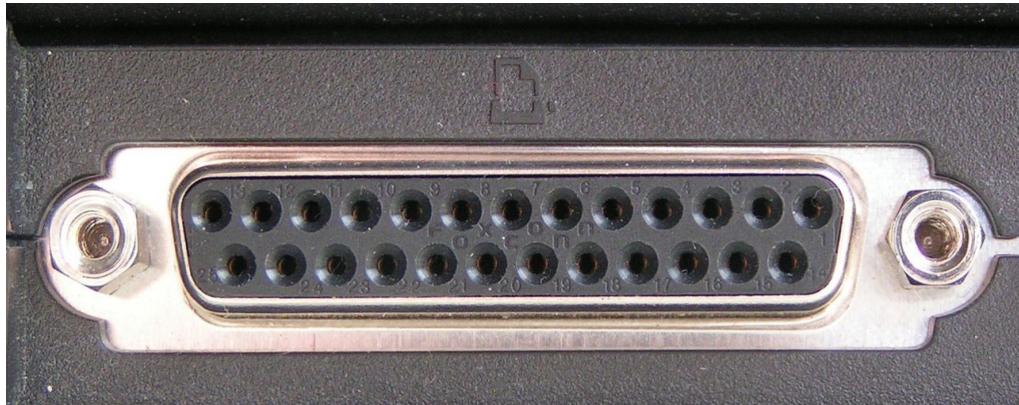
Виды шин

- Последовательные:
 - I2C / SPI
 - UART
 - USB
 - SATA
 - Ethernet
 - PCI Express
- Параллельные:
 - Шина адреса/данных процессора
 - GPIO / LPT / IDE
 - ISA / PCI / AGP

Параллельные шины



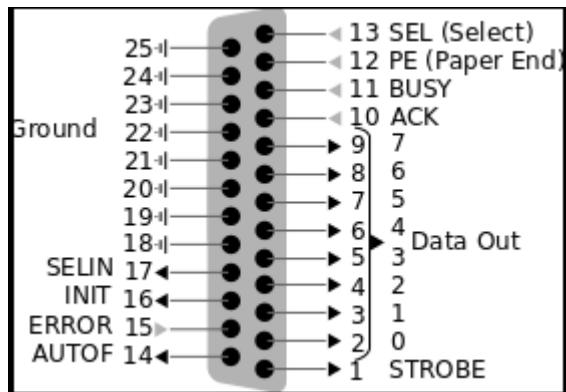
Параллельный LPT порт



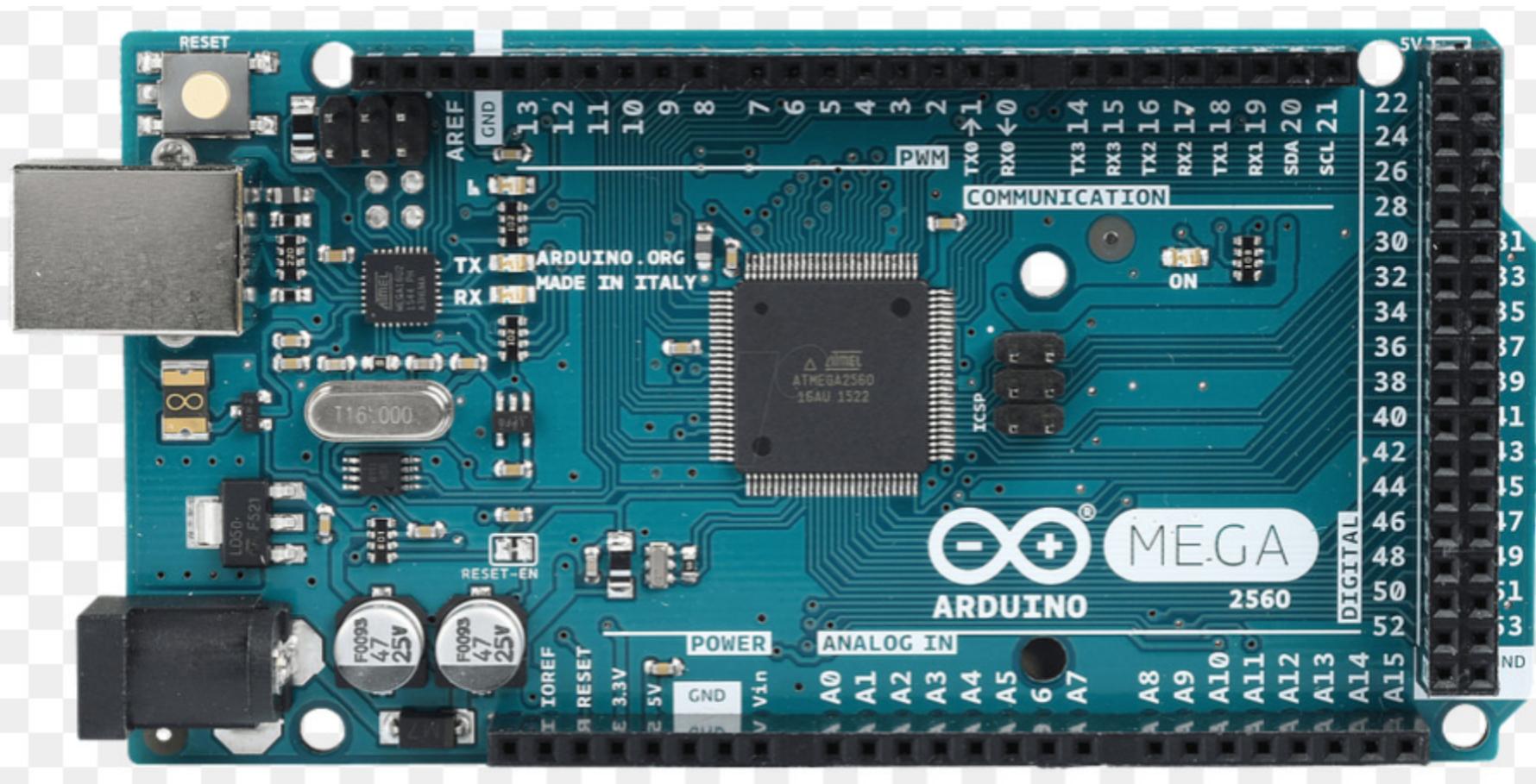
Параллельные шины

- Каждый контакт - один бит
- Количество контактов обычно кратно 8
- Данные передаются размерами, кратными 1 байту
- Отделные контакты можно использовать независимо - с побитовой маской

Однокнопочный интерфейс

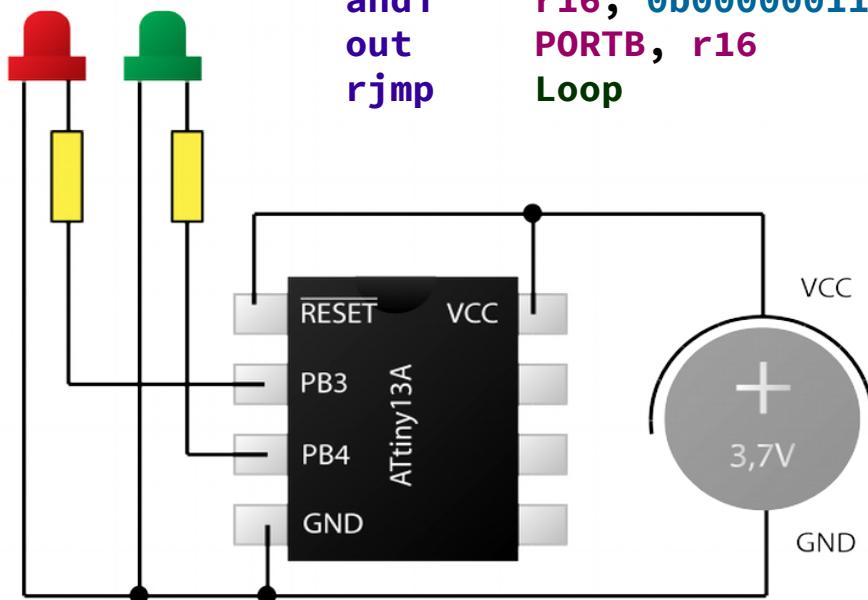


General Purpose In/Out (GPIO)

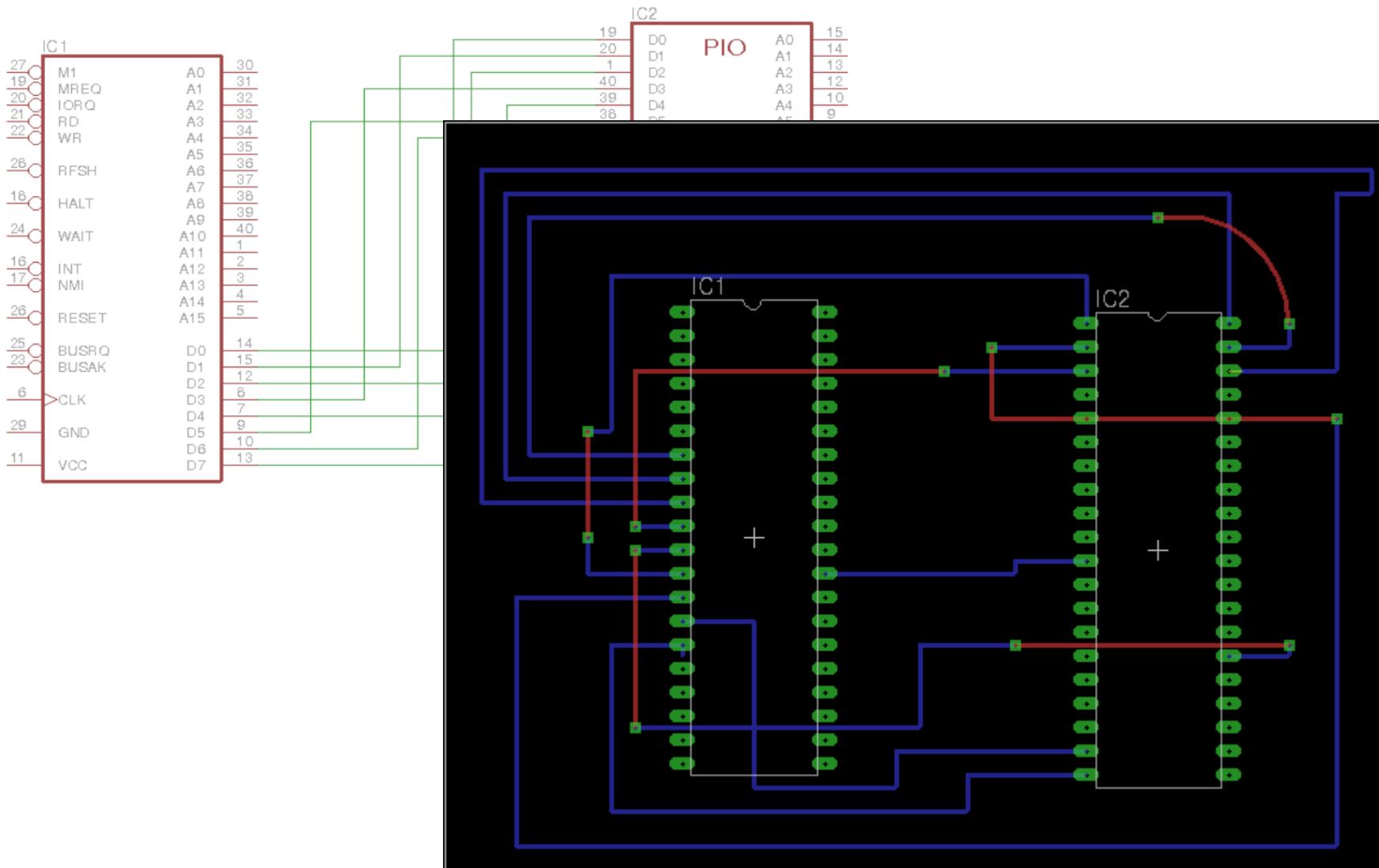


Использование GPIO

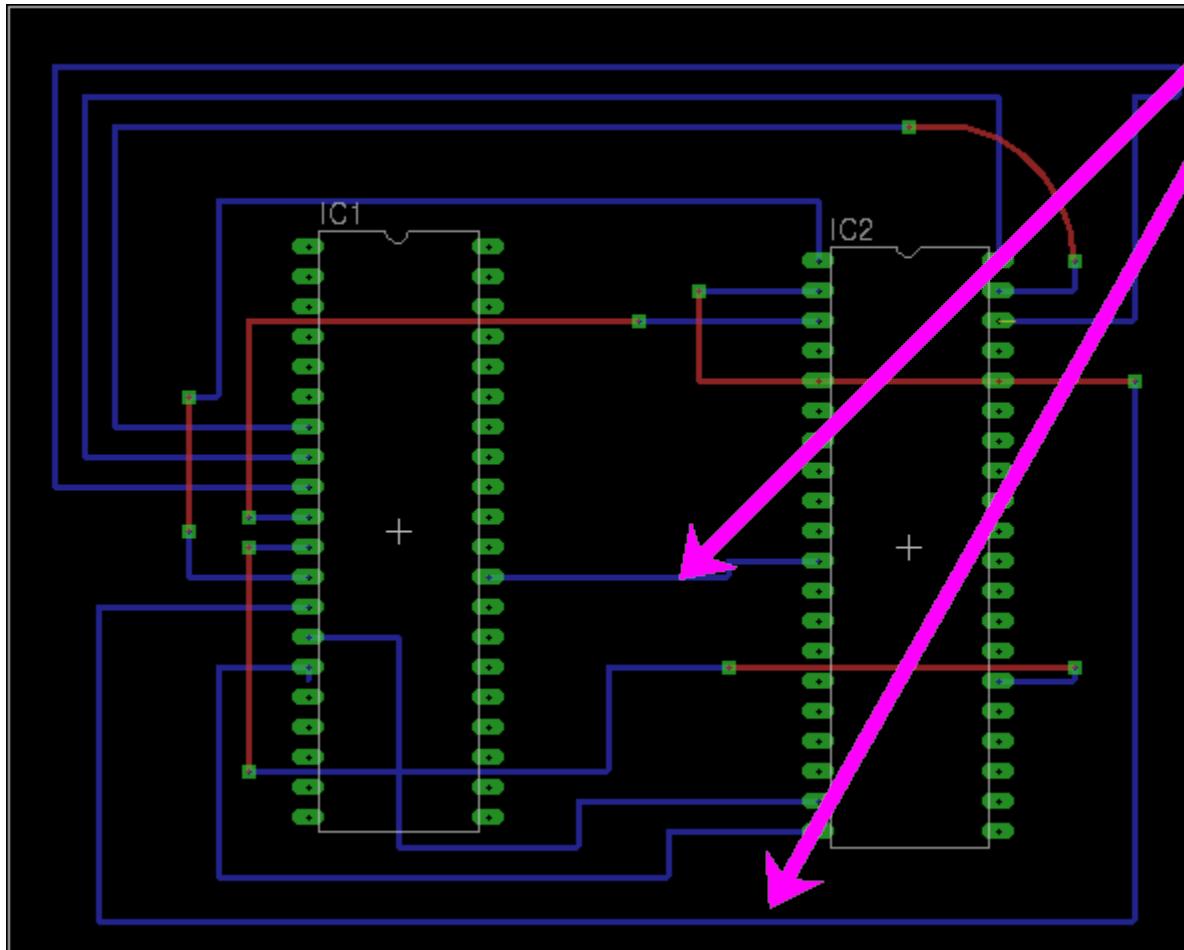
```
.include "tn45def.inc"
.cseg
ldi    r16, 0b00000011
out   DDRB, r16          ; set pins PB0, PB1 to out
ldi    r16, 0b00000001
out   PORTB, r16         ; set pin PB0 to '1'
Loop:  in    r16, PORTB      ; read value from PBx
com   r16
andi  r16, 0b00000011     ; invert bits
out   PORTB, r16         ; apply mask for PB0 and PB1
rjmp Loop                 ; write value back to PBx
                           ; continue
```



Параллельная шина на плате



Параллельная шина на плате



D0: Длина 3 см

D7: Длина 25 см

Скорость
распространения
сигнала ~60% от
скорости света
**(грубая верхняя оценка,
без учета волнового
сопротивления):**

$$V = 1.8 \times 10^{10} \text{ м/с}$$

$$S_0 = 0.03 \text{ м}$$

$$S_7 = 0.25 \text{ м}$$

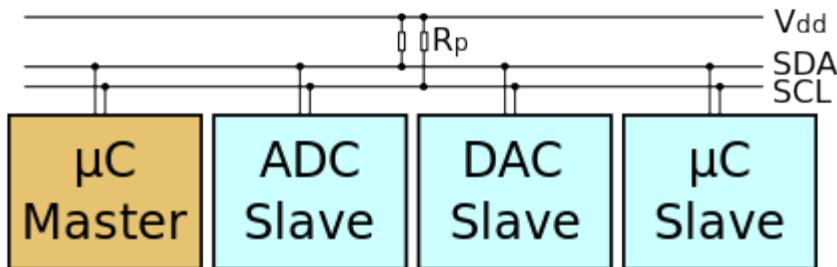
$$\text{Freq}_0 = 6000 \text{ МГц}$$

$$\text{Freq}_7 = 720 \text{ МГц}$$

Последовательные шины

- Данные передаются последовательно
- Обычно разделяют направление (TX/RX)
- Могут работать на высоких частотах
- Требуется аппаратная буфферизация для того, чтобы иметь доступ к данным
- На больших расстояниях используется физическая дифференциальная пара

I2C и SPI

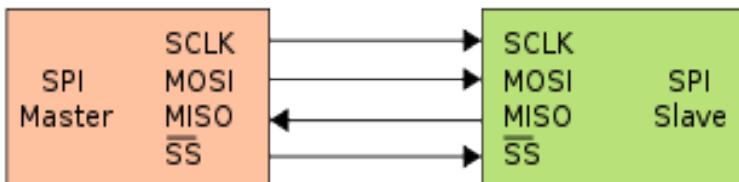


I2C:

- два провода + GND
- широковещательная передача информации

SPI:

- независимый двусторонний канал передачи данных
- отдельный сигнал Slave Select



UART



- Двунаправленная передача данных
- Простая реализация буфера
- Стандарт определяет только логический, но не физический уровень
- Примеры реализации: Arduino/Raspberry Pi (0...5V), RS-232 (-15...15V), RS-432 (-12...12V, дифпара)

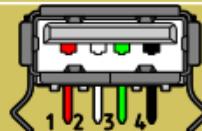
USB

Гнездо
Receptacle

Штекер
Plug



AF



AM

BF



BM

Назначение контактов

Pin assignment



mini-AF



mini-AM

mini-BF



mini-BM

micro-AF



micro-AM

micro-BF



micro-BM

Назначение контактов

Pin assignment



USB 2.x

- +5V - питание
- GND - питание
- D+ - положительный сигнал дифпары
- D- - инвертированный сигнал дифпары
- ID - выбор Master/Slave:
 - Если ID соединен с GND - Master, если не соединен - Slave

PCI / AGP

- Параллельная 32 или 64 битная шина
- Мультиплексированная передача А/Д
- Частоты до 66.6МГц
- Максимальная скорость 533Мбайт/с
- Данные передаются в виде "сообщений"
- **Все устройства используют одну шину**
- Отдельное устройство - арбитр шины
- Могут иметь прямой доступ к памяти
- Шина AGP - отличается от PCI выделенным доступом к процессору/памяти

PCI Express

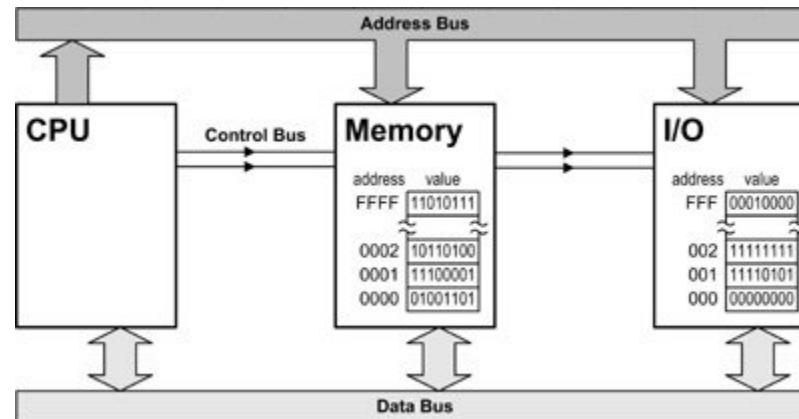
- Последовательная передача данных, используется дифференциальная пара
- Одновременно может использовать много пар ($x1$, $x2$, $x4$, $x8$, $x12$, $x16$, $x32$)
- Скорость - 250М/с на каждую пару
- Вместо общей шины используется коммутатор устройств, подключенный к процессору

Способы взаимодействия с устройствами

- Через зарезервированные адреса в адресном пространстве:
 - VGA Shadow на x86
 - ARM-процессоры
- Через порты ввода/вывода - ортогонально адресному пространству:
 - x86
 - AVR
- Без участия процессора - Direct Memory Access для устройств

Порты ввода-вывода на x86

- Номер порта - 16-битное слово
- За каждым устройством закрепляется фиксированный номер порта на этапе P'n'R или выставлением перемычек
- Команды **in**, **out** (и их варианты с разными суффиксами) взаимодействуют с портами
- **Ввод-вывод через порты - затратная операция**
- Обычно не используются в PCI-Express



Физическая память в Real Mode

0xE0000	ROM BIOS (128Кб)
0xA0000	VGA Shadow (256Кб)
	RAM (640Кб)
0x0000	

- После включения процессор находится в 16-битном реальном режиме
- Доступен только 1Мб адресного пространства
- Память делится на сегменты по 64К

Ядро

- Обычная программа ELF или M\$ PE, хранится где-то на диске, возможно в подкаталоге ФС
- Запускается до того, как процессор **понизил привилегии**:
 - доступ ко всей памяти
 - доступ к портам ввода-вывода

Задачи ядра ОС x86

- Переинициализировать шины PCI/USB
мы не доверяем BIOS'у после перехода в защищенный режим
- Найти и загрузить все драйверы устройств в соответствии с PCI ID.
- Инициализировать новый вектор прерываний
- Понизить уровень привилегий процессора и запустить процесс `init`



Взаимодействие с ядром

- Пользовательские программы не имеют доступа к портам I/O и физической памяти
- Память каждой программы уникальна. Таблицу отображения виртуальной памяти на физическую настраивает ядро для каждого процесса
- Выйти за пределы ограничений процесс может только обратившись к ядру:

int 0x80



Ядра операционных систем

- **Монолитное ядро**

Одна большая программа, которая работает на привилегированном режиме.

Примеры: старые ОС

- **Микроядро**

В привилегированном режиме работает только «координатор», [почти] все подсистемы - эквивалентны обычным процессам.

Примеры: MINIX3, QNX

- **Гибридное ядро**

Модульная программа, работает на привилегированном уровне.

Примеры: Windows, Linux, Mac

Модульность ядра

- Программа-ядро должна запускаться на заведомо неизвестном оборудовании
- Помимо поддержки оборудования, ядро реализует функциональность, не связанную с конкретным железом
- Используются **модули ядра** или **драйверы** в терминологии Windows

Управление модулями ядра

- lsmod - список загруженных модулей
- modprobe - проверка, нужно ли загружать модуль
- insmod - загрузить модуль
- rmmod - выгрузить

/etc/modprobe.d - конфигурация, что загружать, а что нет

Где искать модули на ранней стадии

- Каждый модуль - это ELF файл
- Файлы хранятся на диске, можно загружать по мере необходимости

Проблемы:

- Должна быть доступна дисковая подсистема
- Должна быть доступна файловая система

Где искать модули на ранней стадии

- Скомпилировать в большое ядро все необходимые компоненты
 - используется, если заведомо фиксирована конфигурация оборудования
- Минимальный образ ФС, загружаемый в память - Initial RAM Drive (initrd)

initrd

- Файл /boot/initrd
- Формат - либо образ ФС ext2, либо архив CPIO
- Содержит минимально необходимый набор дополнительных модулей
- Обычно генерируется пакетным менеджером

