

ЭВМ и периферийные
устройства
Микроконтроллеры AVR
Лекция 9



Краткая история микроконтроллеров AVR

AVR – семейство восьмибитных микроконтроллеров фирмы Atmel, первые выпущенные в 1996 г. Они представляют собой мощный инструмент, универсальную основу для создания современных экономичных встраиваемых систем многоцелевого назначения.

Идея разработки нового RISC-ядра принадлежит двум студентам Норвежского университета наук и технологий (г. Тронхейм) – Альфу Богену (Alf-Egil Bogen) и Вегарду Воллену (Vegard Wollen). В 1995 г. Боген и Воллен решили предложить американской корпорации Atmel выпускать новый 8-битный RISC-микроконтроллер и снабдить его Flash-памятью для программ на одном кристалле с вычислительным ядром.

Идея была одобрена Atmel Corporation, и в конце 1996 г. был выпущен опытный микроконтроллер AT90S1200, а во второй половине 1997 г. корпорация Atmel приступила к серийному производству нового семейства микроконтроллеров.

Краткая история микроконтроллеров AVR

Новое ядро было запатентовано и получило название AVR. Существует несколько трактовок данной аббревиатуры. Кто-то утверждает, что это Advanced Virtual RISC, другие полагают, что не обошлось здесь без инициалов разработчиков Alf Egil Bogen Vegard Wollan RISC.

Микроконтроллеры AVR имеют гарвардскую архитектуру (программа и данные находятся в разных адресных пространствах) и систему команд, близкую к идеологии RISC. Процессор AVR имеет 32 8-битных регистра общего назначения, объединенных в регистровый файл. В отличие от «идеального» RISC, регистры не абсолютно равноправны:

- три «сдвоенных» 16-битных регистра-указателя X (r26:r27), Y (r28:r29) и Z (r30:r31);
- некоторые команды работают только с регистрами r16...r31;
- результат умножения (в тех моделях, в которых есть модуль умножения) всегда помещается в r0:r1.

Система команд микроконтроллеров AVR

Система команд микроконтроллеров AVR весьма развита и насчитывает в различных моделях от 90 до 133 различных инструкций.

Большинство команд занимает только 1 ячейку памяти (16 бит).

Большинство команд выполняется за 1 такт.

Все множество команд микроконтроллеров AVR можно разбить на несколько групп:

- команды логических операций;
- команды арифметических операций и команды сдвига;
- команды операции с битами;
- команды пересылки данных;
- команды передачи управления;
- команды управления системой.

Управление периферийными устройствами осуществляется через адресное пространство данных. Для удобства существуют «сокращенные команды» IN/OUT.

Система команд микроконтроллеров AVR

Интересно, что система команд и внутреннее устройство чипов AVR разрабатывалось совместно с фирмой IAR Systems - производителем компиляторов языков программирования C/C++, что обеспечило уникальные характеристики этих микроконтроллеров. В результате для AVR стало возможным получать высокую плотность кода при использовании языков высокого уровня, практически не теряя в производительности по сравнению с программами, написанными на низкоуровневом языке Ассемблера.

Семейства и версии микроконтроллеров

Стандартные семейства:

– **tinyAVR (ATtinyxxx):**

Флеш-память до 16 Кб;

SRAM до 512 б;

EEPROM до 512 б;

Число линий ввод-вывода 4-18 (общее количество выводов 6-32);

Ограниченный набор периферийных устройств.



– **megaAVR (ATmegaxxx):**

Флеш-память до 256 Кб;

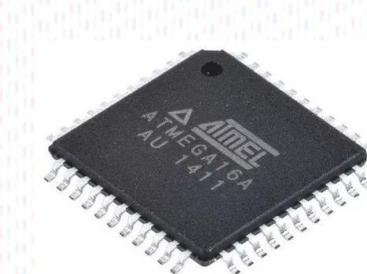
SRAM до 8 Кб;

EEPROM до 4 Кб;

Число линий ввода-вывода 23-86 (общее количество выводов 28-100);

Аппаратный умножитель;

Расширенная система команд и периферийных устройств.



Семейства и версии микроконтроллеров

– XMEGA AVR (ATxmegaххх):

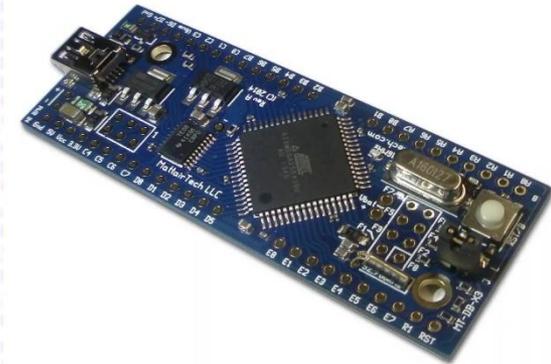
Флеш-память до 384 Кб;

SRAM до 32 Кб;

EEPROM до 4 Кб;

Четырехканальный DMA-контроллер;

Инновационная система обработки событий.



На основе стандартных семейств выпускаются микроконтроллеры, адаптированные под конкретные задачи:

- со встроенными интерфейсами USB, CAN, контроллером LCD;

- со встроенным радиоприемопередатчиком

- серии ATAxxxx, ATAMxxx;

- для управления электродвигателями – серия AT90PWMxxxx;

- для автомобильной электроники; – для осветительной техники.

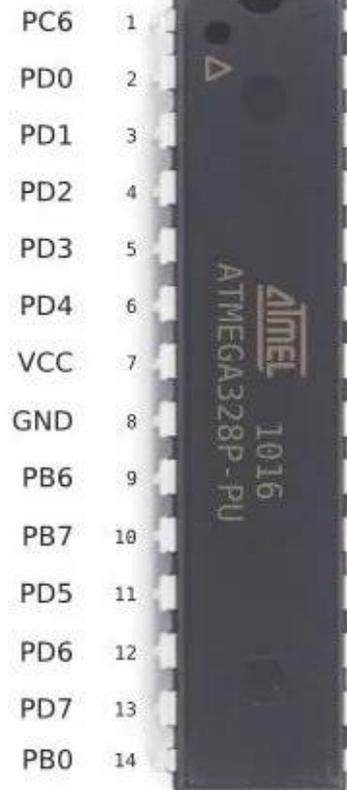
Кроме указанных выше семейств, ATMEL выпускает 32-разрядные микроконтроллеры семейства AVR32.

ATmega328P

ATmega328P pin mapping

Arduino function

- reset
- digital pin 0 **RX**
- digital pin 1 **TX**
- digital pin 2
- digital pin 3 **PWM**
- digital pin 4
- VCC
- GND
- crystal
- crystal
- digital pin 5 **PWM**
- digital pin 6 **PWM**
- digital pin 7
- digital pin 8

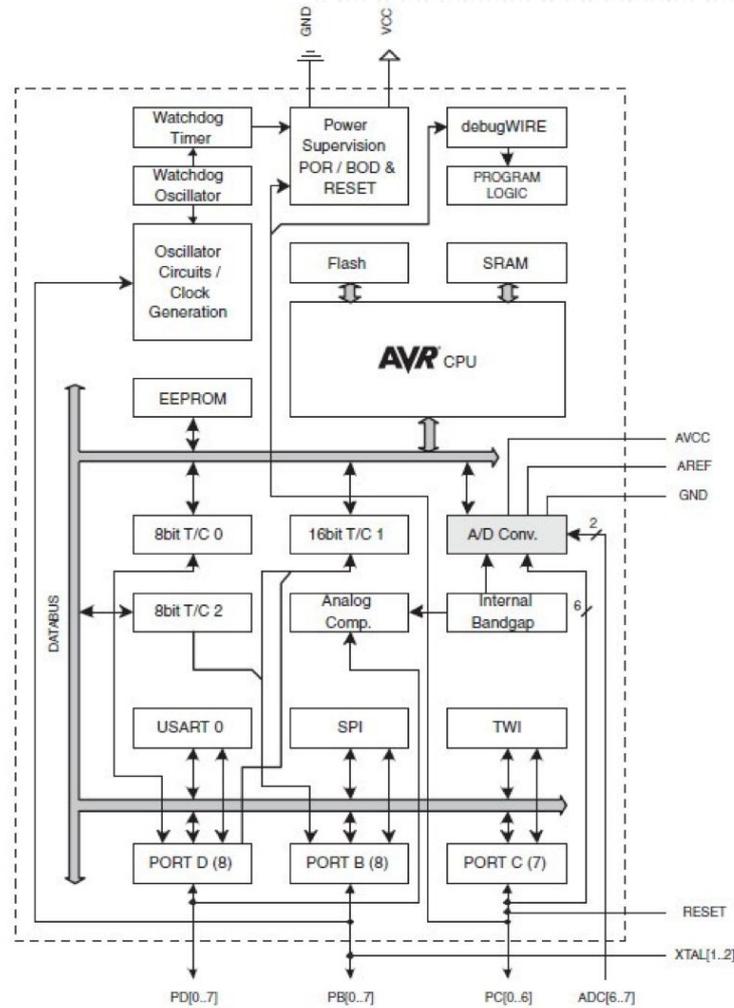


Arduino function

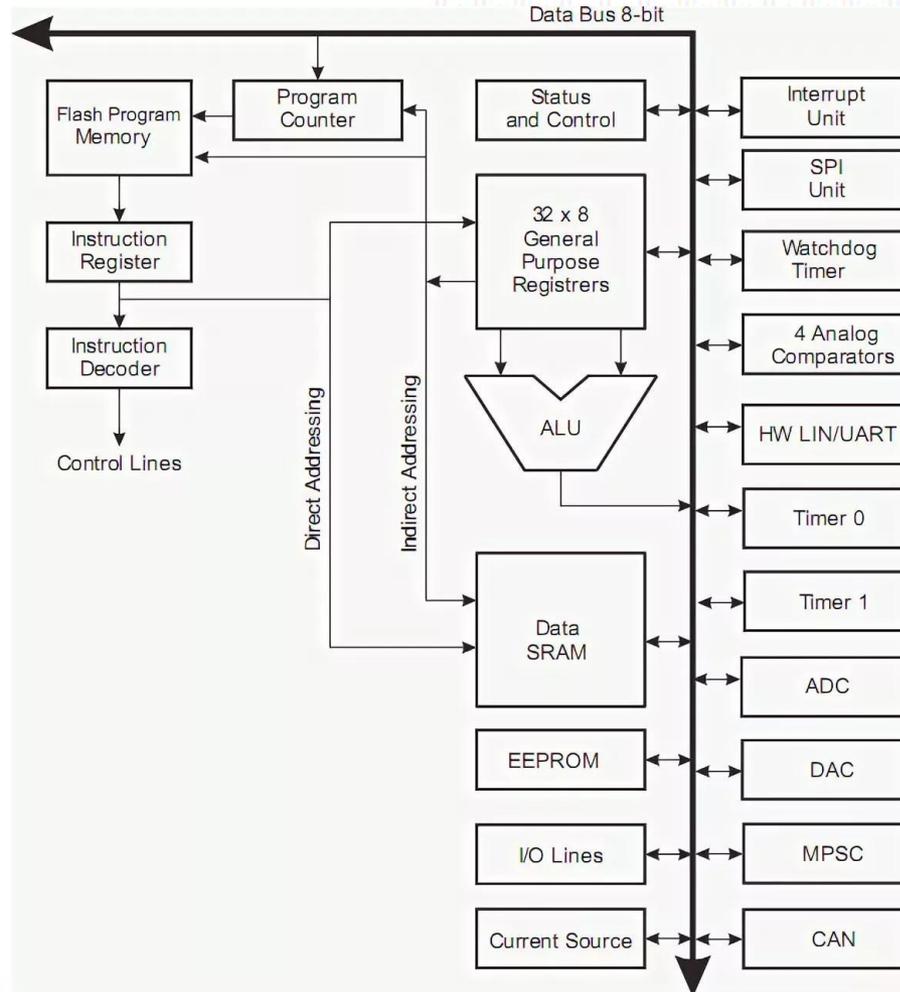
- analog input 5
- analog input 4
- analog input 3
- analog input 2
- analog input 1
- analog input 0
- GND
- analog reference
- AVCC
- digital pin 13 **SCK**
- digital pin 12 **MISO**
- digital pin 11 **PWM** **MOSI**
- digital pin 10 **PWM** **PB2**
- digital pin 9 **PWM** **PB1**

When using ISP to program the chip

ATmage328P



ATmage328P



Что такое Ардуино?

Arduino – это инструмент для проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Это платформа, предназначенная для «physical computing» с открытым программным кодом, построенная на простой печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения.

Что такое Ардуино?

Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере (напр.: Flash, Processing, MaxMSP). Платы могут быть собраны пользователем самостоятельно или куплены в сборе. Среда разработки программ с открытым исходным текстом доступна для бесплатного скачивания.

[Язык программирования Arduino](#) является реализацией Wiring, схожей платформы для «physical computing», основанной на мультимедийной среде программирования Processing.



Почему Ардуино?

Существует множество микроконтроллеров и платформ для осуществления «physical computing». Parallax Basic Stamp, Netmedia's VX-24, Phidgets, MIT's Handyboard и многие другие предлагают схожую функциональность. Все эти устройства объединяют разрозненную информацию о программировании и заключают ее в простую в использовании сборку. Arduino, в свою очередь, тоже упрощает процесс работы с микроконтроллерами, однако имеет ряд преимуществ перед другими устройствами для преподавателей, студентов и любителей:

Низкая стоимость – платы Arduino относительно дешевы по сравнению с другими платформами. Самая недорогая версия модуля Arduino может быть собрана в ручную, а некоторые даже готовые модули стоят дешевле аналогов.

Кросс-платформенность – программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux. Большинство микроконтроллеров ограничивается ОС Windows.



Почему Ардуино?

Простая и понятная среда программирования – среда Arduino подходит как для начинающих пользователей, так и для опытных. Arduino основана на среде программирования Processing, что очень удобно для преподавателей, так как студенты работающие с данной средой будут знакомы и с Arduino.

Программное обеспечение с возможностью расширения и открытым исходным текстом – ПО Arduino выпускается как инструмент, который может быть дополнен опытными пользователями. Язык может дополняться библиотеками C++. Пользователи, желающие понять технические нюансы, имеют возможность перейти на язык AVR C на котором основан C++. Соответственно, имеется возможность добавить код из среды AVR-C в программу Arduino.

Почему Ардуино?

Аппаратные средства с возможностью расширения и открытыми принципиальными схемами – микроконтроллеры ATMEGA8 и ATMEGA168 являются основой Arduino. Схемы модулей выпускаются с лицензией Creative Commons, а значит, опытные инженеры имеют возможность создания собственных версий модулей, расширяя и дополняя их. Даже обычные пользователи могут разработать опытные образцы с целью экономии средств и понимания работы.

Среда разработки Arduino

Среда разработки Arduino состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста(консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino.

Последнюю версию можно найти по этой ссылке <http://www.arduino.cc/en/Main/Software>

Полезные ссылки:

[Начало работы в Windows](#)

[Установка Arduino IDE на Ubuntu Linux](#)



Среда разработки Arduino

Программа, написанная в среде Arduino, называется скетч. Скетч пишется в текстовом редакторе, имеющем инструменты вырезки/вставки, поиска/замены текста. Во время сохранения и экспорта проекта в области сообщений появляются пояснения, также могут отображаться возникшие ошибки. Окно вывода текста(консоль) показывает сообщения Arduino, включающие полные отчеты об ошибках и другую информацию. Кнопки панели инструментов позволяют проверить и записать программу, создать, открыть и сохранить скетч, открыть мониторинг последовательной шины.

Язык программирования устройств Ардуино основан на C/C++. Он прост в освоении, и на данный момент Arduino — это, пожалуй, самый удобный способ программирования устройств на микроконтроллерах.



Аппаратная часть платформы Arduino

Существует несколько версий платформ Arduino. Последняя версия [Leonardo](#) базируется на микроконтроллере ATmega32u4. [Uno](#), как и предыдущая версия [Duemilanove](#) построены на микроконтроллере Atmel ATmega328 ([техническое описание](#)). Старые версии платформы [Diecimila](#) и первая рабочая [Duemilanoves](#) были разработаны на основе Atmel ATmega168, более ранние версии использовали ATmega8. [Arduino Mega2560](#), в свою очередь, построена на микроконтроллере ATmega2560 ([техническое описание](#)).

Примечание: На всю документацию Arduino распространяется лицензия [ShareAlike 3.0 Creative Commons Attribution](#). Обратитесь к странице [«Вы хотите собрать Arduino?»](#) (англ) за более подробной информацией по разработке собственной платформы.

Версии платформы Arduino

Due - новая плата на базе ARM микропроцессора 32bit Cortex-M3 ARM SAM3U4E.

Leonardo - последняя версия платформы Arduino на ATmega32u4 микроконтроллере . Отличается разъемом microUSB, по размерам совпадает с UNO.

Yun - новая плата, с встроенной поддержкой WiFi на базе ATmega32u4 and the Atheros AR9331

Micro - новое компактное решение на базе ATmega32u4.

Uno - самая популярная версия базовой платформы Arduino USB. Uno имеет стандартный порт USB. Arduino Uno во многом схожа с Duemilanove, но имеет новый чип ATmega8U2 для последовательного подключения по USB и новую, более удобную маркировку вход/выходов. Платформа может быть дополнена платами расширения, например, пользовательскими платами с различными функциями.

Версии платформы Arduino

Arduino Ethernet - контроллер со встроенной поддержкой работы по сети и с опциональной возможностью питания по сети с помощью модуля POE (Power over Ethernet).

Duemilanove - является предпоследней версией базовой платформы Arduino USB. Подключение Duemilanove производится стандартным кабелем USB. После подключения она готова к использованию. Платформа может быть дополнена платами расширения, например, пользовательскими платами с различными функциями.

Diecimila - предыдущая версия базовой платформы Arduino USB.

Nano - это компактная платформа, используемая как макет. Nano подключается к компьютеру при помощи кабеля USB Mini-B.

Mega ADK - версия платы Mega 2560 с поддержкой USB host интерфейса для связи с телефонами на Android и другими устройствами с USB интерфейсом.



Версии платформы Arduino

Mega2560 – новая версия платы серии Mega. Построена на базе Atmega2560 и с использованием чипа ATmega8U2 для последовательного соединения по USB порту.

Mega – предыдущая версия серии Mega на базе Atmega1280.

Arduino BT - платформа с модулем Bluetooth для беспроводной связи и программирования. Совместима с платами расширения Arduino.

LilyPad – платформа, пурпурного цвета, разработанная для переноски, может зашиваться в ткань.

Fio – платформа разработана для беспроводных применений. Fio содержит разъем для радио XBee, разъем для батареи LiPo и встроенную схему подзарядки.

Mini – самая маленькая платформа Arduino. Прекрасно работает как макетная модель, или, в проектах, где пространство является критическим параметром. Платформа подключается к компьютеру при помощи адаптера Mini USB. **Адаптер Mini USB** – плата, конвертирующая подключение USB в линии 5 В, GND, TX и RX для соединения с платформой Arduino Mini или другими микроконтроллерами.

Версии платформы Arduino

Pro – платформа, разработанная для опытных пользователей, может являться частью большего проекта. Она дешевле, чем Diecimila и может питаться от аккумуляторной батареи, но в тоже время требует дополнительной сборки и компонентов.

Pro Mini – как и платформа Pro разработана для опытных пользователей, которым требуется низкая цена, меньшие размеры и дополнительная функциональность.

Serial – базовая платформа с интерфейсом RS232 для связи и программирования. Плата легко собирается даже начинающими пользователями. (включает схемы и файлы CAD)

Serial Single Sided – платформа разработана для ручной сборки. Она обладает чуть большим размером, чем Diecimila, но совместима с платами расширения Arduino.

USB Serial Light Адаптер - адаптер, позволяющий подключать платы Arduino к компьютеру для обмена данными и заливки скетчей. Удобен для программирования таких плат, как **Arduino Mini**, Arduino Ethernet и других, не имеющих своего разъема USB.

Платы расширения Arduino

Платы расширения, устанавливаемые на платформы, являются платы, расширяющие функциональность Arduino для управления различными устройствами, получения данных и т.д.

Плата расширения [WiFi](#) используется для соединения с беспроводными сетями стандарта 802.11 b/g.

Плата расширения **Xbee Shield** обеспечивает при помощи модуля Maxstream Xbee Zigbee беспроводную связь несколькими устройствами Arduino в радиусе до 35 метров (в помещении) и до 90 метров (вне помещения).

Плата расширения [Motor Shield](#) обеспечивает управление двигателями постоянного тока и чтение датчиков положения.

Плата расширения **Ethernet Shield** обеспечивает подключение к интернету.

Arduino Uno

Проц: ATmega328p

Arduino Uno контроллер построен на **ATmega328** ([техническое описание, pdf](#)). Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.



Arduino Uno

Проц: ATmega328p

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый **Ардуино Uno** использует микроконтроллер **ATmega8U2** ([техническое описание, pdf](#)).

"Uno" переводится как один с итальянского и разработчики тем самым намекают на грядущий выход Arduino 1.0. Новая плата стала флагманом линейки плат Ардуино. Для сравнения с предыдущими версиями можно обратиться к [полному списку плат Arduino](#).

Arduino Uno

Характеристики

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	32 Кб (ATmega328) из которых 0.5 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц

Arduino Nano

Ардуино НАНО – уменьшенная версия платы УНО, полностью с ней совместимая по названию пинов. Максимально рекомендуется к покупке и использованию.

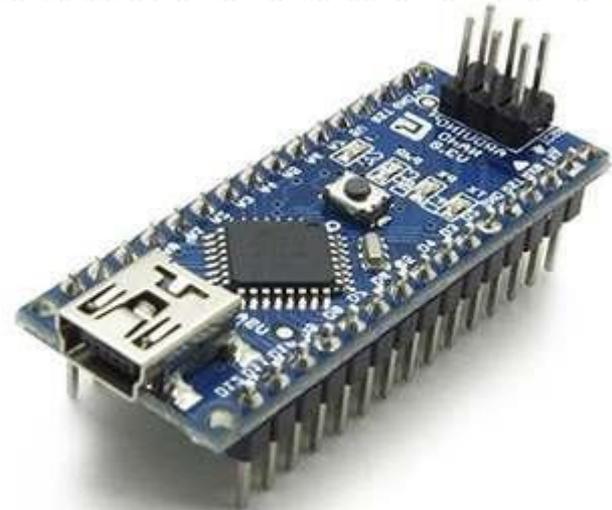
Процессор **АТmega328** (16 МГц 5V / 8 МГц 3.3V)

Количество пинов: 22

- 20 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 6 ШИМ пинов (D3, D5, D6, D9, D10, D11)
- 7 пинов с АЦП (A0-A7)
- 2 прерывания (D2, D3)

Память:

- Flash: 32 Кб
- SRAM: 2 Кб
- EEPROM: 1 Кб



Arduino Pro Mini

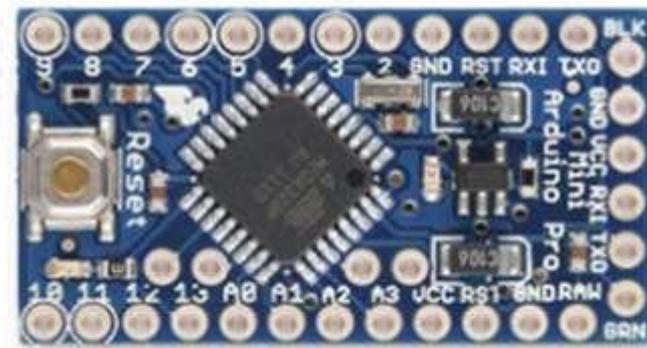
Ардуино ПРО МИНИ – ещё более уменьшенная UNO/NANO (полностью совместима по названию пинов) без программатора на борту. Плюсы: компактность, меньшее потребление за счёт отсутствия программатора. Процессор **ATmega328** (16 МГц 5V / 8 МГц 3.3V)

Количество пинов: 22

- 20 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 6 ШИМ пинов (D3, D5, D6, D9, D10, D11)
- 7 пинов с АЦП (A0-A7)
- 2 прерывания (D2, D3)

Память:

- Flash: 32 Кб
- SRAM: 2 Кб
- EEPROM: 1 Кб



Arduino Strong

Ардуино СТРОНГ – интересная плата от китайцев на 328 процессоре. По сути является НАНОй, у которой распаяно питание около каждого пина. Это не просто удобно, это **УДОБНО!** Есть версия с USB-TTL на борту и USB портом, а есть и более дешёвая без программатора.

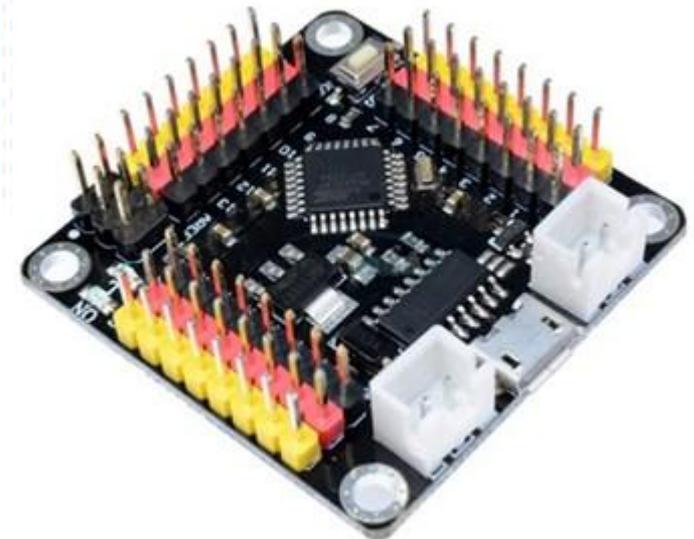
Процессор **АТмега328** (16 МГц 5V / 8 МГц 3.3V)

Количество пинов: 22

- 20 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 6 ШИМ пинов (D3, D5, D6, D9, D10, D11)
- 7 пинов с АЦП (A0-A7)
- 2 прерывания (D2, D3)

Память:

- Flash: 32 Кб
- SRAM: 2 Кб
- EEPROM: 1 Кб



Arduino Mega

Ардуино МЕГА – огромная плата с большим количеством пинов и кучей памяти для самых крупных проектов! Также имеет 4 “хардварных” последовательных порта.

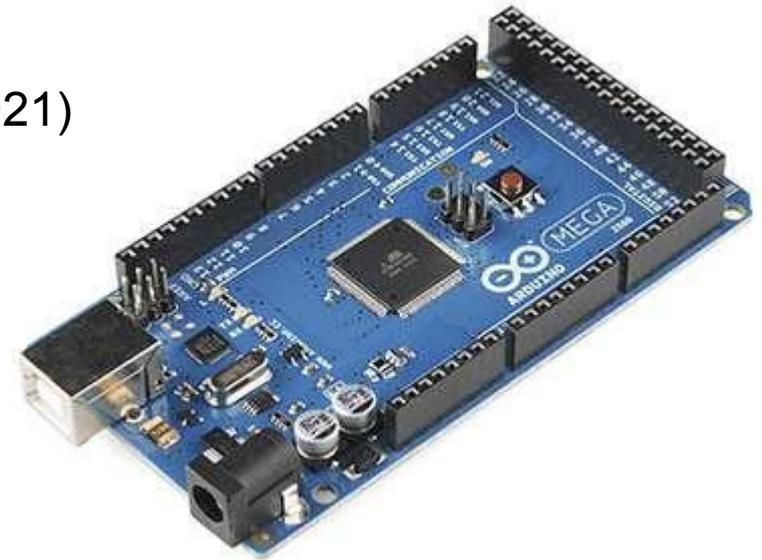
Процессор **ATmega2560**

Количество пинов 68:

- 54 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 14 ШИМ пинов (D2 – D13, D44 – D46)
- 16 пинов с АЦП (A0-A5)
- 6 прерываний (D2, D3, D18, D19, D20, D21)

Память:

- Flash: 256 Кб
- SRAM: 8 Кб
- EEPROM: 4 Кб



Arduino Mega Pro

Ардуино МЕГА ПРО – интересный “китайский” вариант оригинальной Меги на камне 2560: очень плотная по компоновке компактная плата с “пинами” вместо сокетов, можно ставить в готовый проект или распаивать проводами.

Процессор **ATmega2560**

Количество пинов 68:

- 54 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 14 ШИМ пинов (D2 – D13, D44 – D46)
- 16 пинов с АЦП (A0-A5)
- 6 прерываний (D2, D3, D18, D19, D20, D21)

Память:

- Flash: 256 Кб
- SRAM: 8 Кб
- EEPROM: 4 Кб



Arduino Leonardo

Ардуино ЛЕОНАРДО – плата на 32U4 в компоновке UNO. Отличия: на один ШИМ пин больше (D13), на 0.5 кБ SRAM памяти больше, самое главное – умеет эмулировать USB и прикидываться HID устройством (клавиатура, мышь, геймпад)

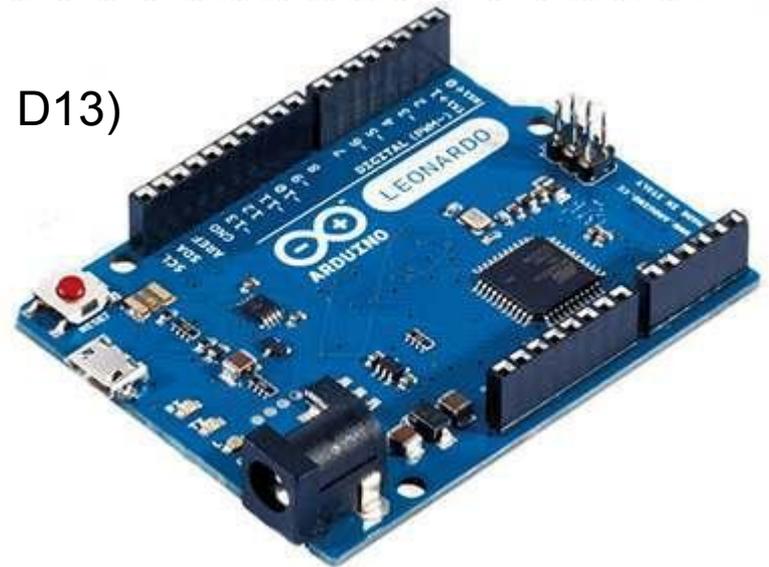
Процессор **ATmega32U4** (16 МГц)

Количество пинов: 20

- 20 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 7 ШИМ пинов (D3, D5, D6, D9, D10, D11, D13)
- 5 пинов с АЦП (A0-A5)
- 5 прерываний (D0, D1, D2, D3, D7)

Память:

- Flash: 32 Кб
- SRAM: 2.5 Кб
- EEPROM: 1 Кб



Arduino Micro

Ардуино МИКРО – уменьшенная ЛЕОНАРДО. Отличия: на один ШИМ пин больше (D13), на 0.5 кБ SRAM памяти больше, самое главное – умеет эмулировать USB и прикидываться HID устройством (клавиатура, мышь, геймпад). К покупке не рекомендуется, берите **Pro Micro**

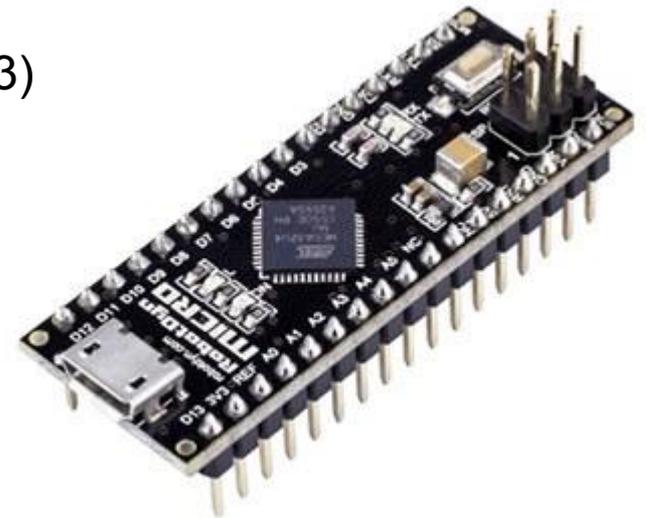
Процессор **ATmega32U4** (16 МГц)

Количество пинов: 20

- 20 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 7 ШИМ пинов (D3, D5, D6, D9, D10, D11, D13)
- 5 пинов с АЦП (A0-A5)
- 5 прерываний (D0, D1, D2, D3, D7)

Память:

- Flash: 32 Кб
- SRAM: 2.5 Кб
- EEPROM: 1 Кб



Arduino Pro Micro

Ардуино ПРО МИКРО – уменьшенная МИКРО. Умеет эмулировать USB и прикидываться HID устройством (клавиатура, мышь, геймпад).

Процессор **ATmega32U4** (16 МГц)

Количество пинов: 20

- 20 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 7 ШИМ пинов (D3, D5, D6, D9, D10, D11, D13)
- 5 пинов с АЦП (A0-A5)
- 5 прерываний (D0, D1, D2, D3, D7)

Память:

- Flash: 32 Кб
- SRAM: 2.5 Кб
- EEPROM: 1 Кб



Arduino LILYPAD

Ардуино ЛИЛИПАД – интересная круглая плата на базе ATmega328p без программатора на борту.

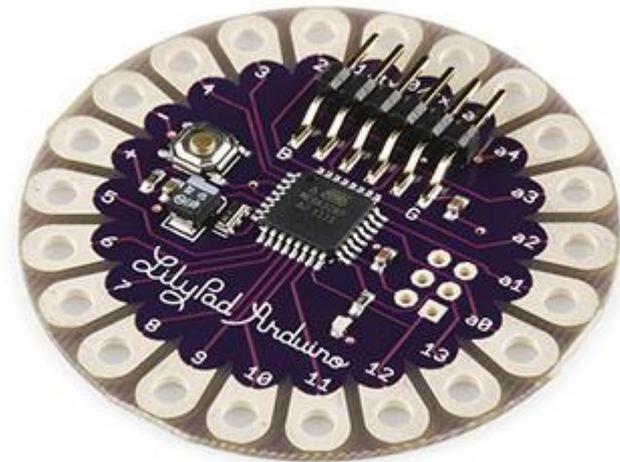
Процессор **ATmega328** (16 МГц 5V / 8 МГц 3.3V)

Количество пинов: 20

- 20 цифровых ввода-вывода (D0-A5)
- 6 ШИМ пинов (D3, D5, D6, D9, D10, D11)
- 5 пинов с АЦП (A0-A5)
- 2 прерывания (D2, D3)

Память:

- Flash: 32 Кб
- SRAM: 2 Кб
- EEPROM: 1 Кб



ATtiny85 LilyPad

DIGISPARK – плата в виде USB “свистка”. Умеет эмулировать USB и прикидываться HID устройством (клавиатура, мышь, геймпад).

Процессор **ATtiny85** (16 МГц)

Количество пинов: 6

- 6 цифровых ввода-вывода
- 3 ШИМ пина
- 4 пинов с АЦП

Память:

- Flash: 8 Кб
- SRAM: 512 Б
- EEPROM: 512 Б



**Спасибо
за внимание!**

С. А. Тогузов



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**