

# Arduino Due

**Arduino Due** — плата микроконтроллера на базе процессора **Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3** ([описание](#)). Это первая плата Arduino на основе 32-битного микроконтроллера с ARM ядром. На ней имеется 54 цифровых вход/выхода (из них 12 можно задействовать под выходы ШИМ), 12 аналоговых входов, 4 UARTa (аппаратных последовательных порта), а генератор тактовой частоты 84 МГц, связь по USB с поддержкой OTG, 2 ЦАП (цифро-аналоговых преобразователя), 2 TWI, разъем питания, разъем SPI, разъем JTAG, кнопка сброса и кнопка стирания.

**Внимание! В отличие от других плат Arduino, Arduino Due работает от 3,3 В. Максимальное напряжение, которое выдерживают вход/выходы составляет 3,3 В. Подав более высокое напряжение, например, 5 В, на выводы Arduino Due, можно повредить плату.**

Плата содержит все, что необходимо для поддержки микроконтроллера. Чтобы начать работу с ней, достаточно просто подключить её к компьютеру кабелем микро-USB, либо подать питание с AC/DC преобразователя или батарейки. Due совместим со всеми платами расширения Arduino, работающими от 3,3 В, и с цоколевкой Arduino 1.0.

Расположение выводов Due повторяет цоколевку Arduino 1.0:

- TWI: Выводы SDA и SCL расположены рядом с выводом AREF.
- Вывод IOREF, который позволяет с помощью правильной конфигурации адаптировать присоединенную плату расширения к напряжению, выдаваемому Arduino. Благодаря этому платы расширения могут быть совместимы и с 3,3-вольтовыми платами типа Due и с платами на базе AVR, работающими от 5 В.
- Неподключенные выводы, зарезервированные для использования в будущем.

## Преимущества ядра ARM

На Due установлено 32-битное ARM ядро, превосходящее по производительности обычные 8-битные микроконтроллеры. Наиболее значимые отличия:

32-битное ядро, позволяющее выполнять операции с данными шириной 4 байта за 1 такт (более подробную информацию смотри на странице [int type](#)).

- частота процессора (CPU) 84 МГц.
- 96 КБ ОЗУ.
- 512 КБ флеш-памяти для хранения программ.
- контроллер DMA, который разгружает центральный процессор от выполнения интенсивных операций с памятью.

## Схема, исходные данные и расположение выводов

Файлы EAGLE: [arduino-Due-reference-design.zip](#)

Схема: [arduino-Due-schematic.pdf](#)

Расположение выводов: [SAM3X Pin Mapping page](#)

## Характеристики

Микроконтроллер	AT91SAM3X8E
Рабочее напряжение	3,3 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	54 (на 12 из которых реализуется выход <a href="#">ШИМ</a> )
Аналоговые входы	12
Аналоговые выходы	2 (ЦАП)
Общий выходной постоянный ток на всех входах/выходах	50 мА
Постоянный ток через вывод 3,3 В	800 мА
Постоянный ток через вывод 5 В	800 мА
Флеш-память	512 КБ доступно всего для пользовательских приложений
ОЗУ	96 КБ (два банка: 64 КБ и 32 КБ)
Тактовая частота	84 МГц

## Питание

Питание **Arduino Due** может осуществляться через USB соединитель или с помощью внешнего источника питания. Выбор источника питания выполняется автоматически.

Внешним (не USB) источником питания может быть либо AC/DC преобразователь («wall wart» - адаптер в одном корпусе с вилкой), либо батарея. Адаптер подключается к разъему питания платы 2,1 мм штепсельной вилкой с центральным положительным контактом. Выводы батареи подключаются к контактам Gnd и Vin разъема POWER. Плата может функционировать при внешнем питании от 6 до 20 В. Но если напряжение питания опускается ниже 7 В, на выводе 5 В может оказаться меньше пяти вольт, и плата будет работать нестабильно. Если же подается напряжение более 12 В, может перегреться стабилизатор напряжения, что приведет к повреждению платы. Рекомендуемый диапазон напряжений – от 7 до 12 В.

Ниже перечислены выводы питания:

- **VIN.** Это входное напряжение для платы Arduino, когда она питается от внешнего источника питания (в противоположность 5 вольтам, поступающим через USB соединение или от иного регулируемого источника питания). Напряжение питания может подаваться на этот вывод, или сниматься с этого вывода в случае питания через разъем питания.
- **5V.** Данный вывод служит выходом регулируемого напряжения 5 В со встроенного стабилизатора на плате. Сама плата может питаться через разъем питания постоянного тока (7-12 В), либо через USB соединитель (5 В), либо через вывод VIN на плате (7-12В). Питающее напряжение через выводы 5 В и 3,3 В подается в обход стабилизатора и может повредить вашу плату. Мы не советуем так делать.
- **3.3V.** Питание 3,3 В, вырабатываемое встроенным стабилизатором. Максимальный выходной ток 800 мА. Стабилизатор также обеспечивает питание микроконтроллера SAM3X.
- **GND.** Земляные выводы.
- **IOREF.** Данный вывод платы Arduino обеспечивает опорное напряжение, при котором работает микроконтроллер. Верно сконфигурированная плата расширения может считать напряжение на выводе IOREF и выбрать соответствующий источник питания, или разрешить использование выходных преобразователей напряжения для работы с 5 В или 3,3 В.

## Память

Флеш-память SAM3X составляет 512 КБ (2 блока по 256 КБ) для хранения программ. Загрузчик (бутлодер) записывается Atmel при производстве и хранится в специально отведенном для него ПЗУ. Доступный объем ОЗУ составляет 96 КБ в двух смежных банках – 64 КБ и 32 КБ. Вся доступная память (флеш-память, ОЗУ и ПЗУ) может адресоваться напрямую как плоское адресное пространство.

Существует возможность стереть флеш-память SAM3X с помощью встроенной кнопки стирания. При этом из микропроцессора удалится текущая загруженная программа. Для стирания нажмите и несколько секунд удерживайте кнопку стирания при включенном питании платы.

## Входы и Выходы

- **Цифровые входы/выходы: выводы с 0 по 53**

Каждый из 54 цифровых выводов Due может использоваться в качестве входа или выхода, с помощью функций `pinMode()`, `digitalWrite()` и `digitalRead()`. Выводы работают от 3,3 В. Каждый вывод может выдавать (как источник) ток 3 мА или 15 мА, в зависимости от вывода, или получать (как приемник) ток 6 мА или 9 мА, в зависимости от вывода. На них также имеются внутренние нагрузочные резисторы (по умолчанию они отключены) номиналом 100 кОм. Кроме этого, некоторым выводам назначены специализированные функции:

- **Последовательная линия: 0 (RX) и 1 (TX)**
- **Последовательная линия 1: 19 (RX) и 18 (TX)**
- **Последовательная линия 2: 17 (RX) и 16 (TX)**
- **Последовательная линия 3: 15 (RX) и 14 (TX)**

Эти выводы используются для приема (RX) и передачи (TX) последовательных данных TTL (с уровнем 3,3 В). Выводы 0 и 1 соединены с соответствующими выводами последовательного контроллера ATmega16U2 USB-to-TTL.

- **ШИМ: выводы с 2 по 13**

На них реализуется 8-битный выход ШИМ с помощью функции `analogWrite()`. Разрешение ШИМ можно менять, используя функцию `analogWriteResolution()`.

- **SPI: разъем SPI** (разъем ICSP на других платах Arduino)

Данные выводы служат для связи по SPI с использованием библиотеки `SPI`. Сигналы SPI выведены на центральный 6-контактный разъем, который физически совместим с Uno, Leonardo и Mega2560. Разъем SPI можно использовать только для связи с другими устройствами SPI, но не для программирования SAM3X по технологии внутрисхемного последовательного программирования (ICSP). SPI на Due также имеет расширенные функции, доступные при использовании [Расширенных методов SPI для Due](#).

- **CAN: CANRX и CANTX**

На этих выводах поддерживается протокол связи CAN, но пока его не поддерживают программные интерфейсы (API) Arduino.

- **"L" LED: 13**

Встроенный светодиод, подключенный к цифровому выводу 13. При высоком уровне сигнала на данном выводе, светодиод включается, при низком – выключается. Возможно также убавить яркость светодиода, поскольку вывод 13 одновременно является выходом ШИМ.

- **TWI 1: 20 (SDA) и 21 (SCL)**

- **TWI 2: SDA1 и SCL1**

На данных выводах с использованием библиотеки `Wire` поддерживается связь по TWI.

- **Аналоговые входы: выводы с A0 по A11**

Плата Arduino Due имеет 12 аналоговых входов, каждый из которых может обеспечить разрешение 12 бит (т.е. 4096 различных значений). По умолчанию установлено разрешение 10 бит для совместимости с другими платами Arduino. Разрешение АЦП можно менять при помощи функции `analogReadResolution()`. Аналоговые входы Due производят измерения от уровня земли до максимального значения 3,3 В. Приложение к этим выводам напряжения свыше 3,3 В вызовет повреждение кристалла SAM3X. Функция `analogReference()` на Due игнорируется.

Вывод AREF подключен к аналоговому выводу опорного напряжения SAM3X через резисторный мост. Для активации вывода AREF необходимо отпаять с печатной платы резистор BR1.

- **DAC1 и DAC2**

На выводах ЦАП **DAC1** и **DAC2** предоставляются **достоверные аналоговые выходы с 12-битным**

**разрешением**(4096 уровней) при помощи функции `analogWrite()`. Данные выводы можно использовать для создания аудиовыхода, используя при этом библиотеку [Audio](#).

Другие выводы:

- **AREF**  
Опорное напряжение для аналоговых входов. Используется с функцией `analogReference()`.
- **Reset**  
По низкому уровню на этой линии происходит сброс микроконтроллера. Типичное применение вывода Reset – добавление кнопки сброса на плату расширения, которая перекрывает эту кнопку на микроконтроллере.

## СВЯЗЬ

В **Arduino Due** есть ряд средств для взаимодействия с компьютером, платами Arduino и другими микроконтроллерами, а также различными устройствами, такими как телефоны, планшеты, фотокамеры и т.п. **SAM3X** имеет один аппаратный UART и три аппаратных USARTa для последовательной связи TTL-уровня (3,3 В).

Порт программирования соединен с **ATmega16U2**, предоставляющей виртуальный COM порт для программ на подключенном компьютере. (Для определения этого устройства компьютеру с ОС Windows потребуется файл `.inf`, на машинах же с OSX и Linux плата автоматически будет распознана как COM порт). Чип 16U2 также соединен с аппаратным UARTом SAM3X. Последовательная шина на выводах RX0 и TX0 предоставляет преобразование Serial-to-USB для программирования платы через микроконтроллер ATmega16U2. В программное обеспечение Arduino входит монитор последовательной шины, который дает плате возможность отправлять и принимать простые текстовые сообщения. Светодиоды RX и TX на плате будут мигать, когда идет передача данных через кристалл ATmega16U2 и через USB подключение к компьютеру (но не во время последовательного обмена по выводам 0 и 1).

Собственный USB порт (Native USB port) подключен к SAM3X. Это позволяет осуществлять последовательную связь (CDC) посредством USB. Таким образом обеспечивается подключение к монитору последовательной шины, или другим приложениям на вашем компьютере. Также это дает Due возможность эмулировать для присоединенного компьютера USB мышь или клавиатуру. Для использования этих возможностей смотрите справочные страницы [Библиотека мыши и клавиатуры](#).

Собственный USB порт может также работать как USB хост для подключенных периферийных устройств: мыши, клавиатуры и смартфонов. Чтобы использовать эти свойства, обратитесь к справочным страницам [USB хост](#).

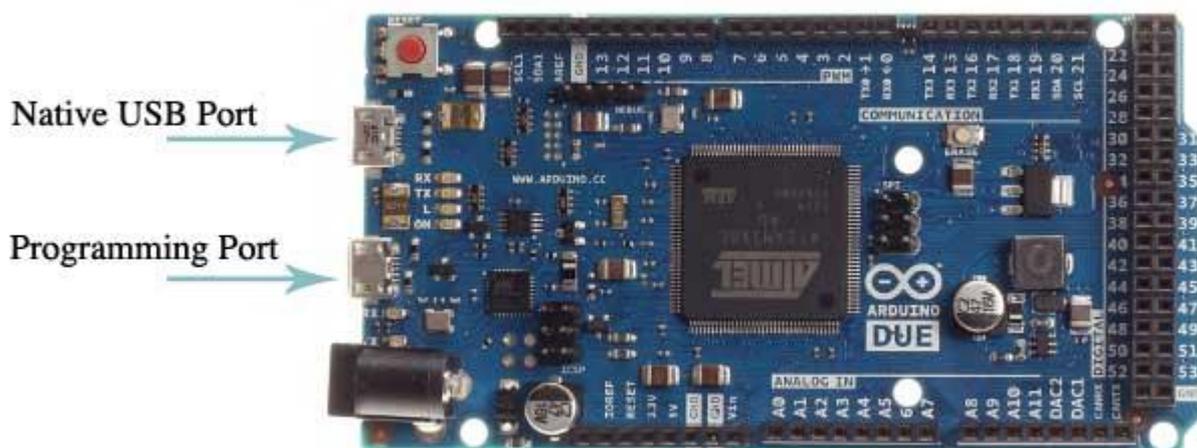
Контроллер SAM3X поддерживает, кроме того, связь по интерфейсам TWI и SPI. Программное обеспечение Arduino включает в себя библиотеку `Wire` для облегчения работы с шиной TWI; смотрите более детальное описание в [документации](#). Для связи через SPI воспользуйтесь библиотекой `SPI`.

## Программирование

**Arduino Due** можно запрограммировать с помощью программных средств Arduino ([скачать](#)). Более детальная информация содержится в [справочнике](#).

Загрузка программ для **SAM3X** отличается от таковой для микроконтроллеров AVR, находящихся на других платах Arduino, поскольку необходимо стереть флеш-память перед тем как перепрограммировать

её. Загрузка в кристалл управляется из ПЗУ контроллера SAM3X и запускается, только когда флеш-память кристалла пуста.



Плату можно программировать через оба USB порта, хотя рекомендуется использовать порт программирования, в связи с тем, что он поддерживает стирание кристалла:

- **Порт программирования:** Для использования этого порта выберите в Arduino IDE в качестве вашей платы "Arduino Due (Programming Port)". Подключите порт программирования платы Due (ближайший к разъему питания постоянного тока) к вашему компьютеру. Порт программирования использует микросхему 16U2 в качестве преобразователя USB-to-serial, соединенный с первым UARTом контроллера SAM3X (RX0 и TX0). Два вывода 16U2 подключены к выводам Reset и Erase SAM3X. Открытие и закрытие порта программирования, подключенного на скорости передачи 1200 бит в секунду, запускает процедуру «аппаратного стирания» чипа SAM3X, активирование выводов Erase и Reset на SAM3X перед установлением связи с UART. Это рекомендуемый порт для программирования Due. Аппаратное стирание более надежно, чем «программное стирание», которое происходит на собственном USB порте, и будет работать даже в случае повреждения главного микропроцессора.
- **Собственный порт:** Чтобы использовать этот порт, выберите в Arduino IDE тип вашей платы "Arduino Due (Native USB Port)". Собственный USB порт подсоединен напрямую к SAM3X. Подключите собственный USB порт Arduino Due (ближний к кнопке Reset) к вашему компьютеру. Открытие и закрытие собственного порта при скорости передачи 1200 бит в секунду запускает процедуру «программного стирания»: флеш-память стирается и плата перезапускается с помощью загрузчика. Если главный микроконтроллер по какой-либо причине поврежден, то, вероятно, программное стирание не будет работать, так как эта процедура на SAM3X происходит полностью программно. Открытие и закрытие собственного порта на других скоростях передачи не вызовет сброса SAM3X.

В отличие от других плат Arduino, использующих для загрузки avrdude, Due полагается на bossac.

Исходный код программы для ATmega16U2 доступен в [архиве Arduino](#). К разъему ISP можно подключать внешний программатор (перезаписывая загрузчик DFU). Более подробную информацию можно найти в [инструкциях для помощи пользователям](#).

## Токсовая защита разъема USB

На **Arduino Due** имеется самовосстанавливающийся предохранитель, назначение которого – защитить USB порты вашего компьютера от короткого замыкания и перегрузки по току. Несмотря на то, что в большинстве компьютеров есть встроенная защита по току, этот предохранитель дает дополнительную защиту. При токе через USB порт более 500 мА связь автоматически обрывается предохранителем до прекращения перегрузки или короткого замыкания.

## Физические характеристики и совместимость с платами расширения

Максимальная длина печатной платы **Arduino Due** равна 4 дюйма, а ширина – 2,1 дюйма, без учета USB соединителей и разъема питания, которые выступают за приведенные габаритные размеры. Три отверстия под винты позволяют закрепить плату на поверхности или в корпусе. Обратите внимание, что расстояние между цифровыми выводами 7 и 8 составляет 160 мил (0.16", 4,064 мм), некратно промежуткам в 100 мил (2,54 мм) между остальными выводами.

**Arduino Due** сделан совместимым с большинством плат расширения, разработанных для Uno, Diecimila или Duemilanove. Цифровые выводы с 0 по 13 (и соседние выводы AREF и GND), аналоговые входы с 0 по 5, разъем питания, разъем "ICSP" (SPI) расположены одинаково на всех платах. Более того, основной UART (последовательный порт) находится на тех же выводах (0 и 1).

*Пожалуйста, обратите внимание, что шина I<sup>2</sup>C расположена в Arduino Due на других выводах (20 и 21), не так как в Duemilanove / Diecimila (аналоговые входы 4 и 5).*