Лекция 8

**AVR** — это семейство восьмибитных [микроконтроллеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80), разрабатываемое с 1996 года компанией [Atmel](https://ru.wikipedia.org/wiki/Atmel), которая в 2016 году была поглощена [Microchip](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microchip). Семейство AVR было одним из первых, которое использовало встроенную [флэш-память](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%B5%D1%88-%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C) для хранения программ, в отличие от [ROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE), [EPROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/EPROM) или [EEPROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/EEPROM), используемых другими микроконтроллерами в то время.

Микроконтроллеры этого семейства нашли широкое применение во [встраиваемых системах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0). Они часто встречаются в проектах энтузиастов благодаря их популяризации платформой [Arduino](https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino).

**Содержание**

* [1История](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F)
* [2Описание архитектуры](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%9E%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B)
* [3Система команд](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B4)
* [4Семейства микроконтроллеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2)
  + [4.1Версии контроллеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%92%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D0%B8_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2)
* [5Устройства ввода-вывода](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%A3%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D0%B2%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B0-%D0%B2%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B0)
* [6Средства разработки](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8)
  + [6.1Аппаратные средства разработки](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%90%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8)
  + [6.2Программные средства разработки](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8)
    - [6.2.1Свободные](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5)
    - [6.2.2Проприетарные](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5)
* [7См. также](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%A1%D0%BC._%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B6%D0%B5)
* [8Примечания](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)
* [9Ссылки](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8)

**История**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=1) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=1)]

Идея разработки нового [RISC](https://ru.wikipedia.org/wiki/RISC)-ядра принадлежит двум студентам [Норвежского университета естественных и технических наук](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%B5%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82_%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B8_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA) из города [Тронхейм](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%85%D0%B5%D0%B9%D0%BC) — Альфу Богену (*Alf-Egil Bogen*) и Вегарду Воллену (*Vegard Wollen*). В 1995 году Боген и Воллен решили предложить американской корпорации [Atmel](https://ru.wikipedia.org/wiki/Atmel), которая была известна своими чипами с [Flash-памятью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%B5%D1%88-%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C), выпускать новый 8-битный RISC-микроконтроллер и снабдить его Flash-памятью для программ на одном кристалле с вычислительным ядром.

Идея была одобрена компанией и было принято решение незамедлительно инвестировать в данную разработку. В конце 1996 года был выпущен опытный микроконтроллер AT90S1200, а во второй половине 1997 г. корпорация Atmel приступила к серийному производству нового семейства микроконтроллеров, к их рекламной и технической поддержке. К 2003 году компания продала 500 миллионов микроконтроллеров AVR[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#cite_note-2). В 2005 году, на базе микроконтроллеров семейства AVR была построена платформа [Arduino](https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino).

Новое ядро было запатентовано и получило название AVR. Существуют различные мнения насчёт того, что означает это название[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#cite_note-pcmag-1). Одним из вариантом является "**A**dvanced **V**irtual **R**ISC", а другим - "**A**lf and **V**egard **R**ISC".

**Описание архитектуры**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=2) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=2)]

Микроконтроллеры AVR имеют [гарвардскую архитектуру](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) (программа и данные находятся в разных адресных пространствах) и систему команд, близкую к идеологии [RISC](https://ru.wikipedia.org/wiki/RISC). Процессор AVR имеет 32 8-битных [регистра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B0) общего назначения, объединённых в регистровый файл. В отличие от «идеального» RISC, регистры не абсолютно ортогональны:

* Некоторые команды работают только с регистрами r16…r31. К ним относятся команды, работающие с непосредственным операндом: ANDI/CBR, ORI/SBR, CPI, LDI, LDS (16-бит), STS (16-бит), SUBI, SBCI, а также SER и MULS;
* Команды, увеличивающие и уменьшающие 16-битное значение (в тех моделях, где они доступны) с непосредственным операндом (ADIW, SBIW), работают только с одной из пар r25:r24, r27:r26 (X), r29:r28 (Y) или r31:r30 (Z);
* Команда копирования пары регистров (в тех моделях, где доступна) работает только с соседними регистрами, начинающимися с нечётного (r1:r0, r3:r2, …, r31:r30);
* Результат умножения (в тех моделях, в которых есть модуль умножения) всегда помещается в r1:r0. Также только эта пара используется в качестве операндов для команды самопрограммирования (где доступна);
* Некоторые варианты команд умножения принимают в качестве аргументов только регистры из диапазона r16…r23 (FMUL, FMULS, FMULSU, MULSU).

**Система команд**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=3) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=3)]

Система команд микроконтроллеров AVR весьма развита и насчитывает в различных моделях от 90 до 135[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#cite_note-3) различных команд.

Большинство команд занимает только 1 ячейку памяти (16 бит) и выполняются за 1 такт.

Всё 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 «сокращённые команды» IN/OUT.

**Семейства микроконтроллеров**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=4) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=4)]

Стандартные семейства:

* tinyAVR (**ATtiny**xxx):
  + [Флеш-память](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%B5%D1%88-%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C) до 16 КБ; [SRAM](https://ru.wikipedia.org/wiki/SRAM_(%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C)) до 512 Б; [EEPROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/EEPROM) до 512 Б;
  + Число линий [ввода-вывода](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B2%D0%BE%D0%B4-%D0%B2%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%B4) 4-18 (общее количество выводов 6-32);
  + Ограниченный набор [периферийных устройств](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE).
* megaAVR (**ATmega**xxx):
  + Флеш-память до 256 КБ; SRAM до 16 КБ; EEPROM до 4 КБ;
  + Число линий ввода-вывода 23-86 (общее количество выводов 28-100);
  + Аппаратный умножитель;
  + Расширенная система команд и периферийных устройств.
* XMEGA AVR (**ATxmega**xxx):
  + Флеш-память до 384 КБ; SRAM до 32 КБ; EEPROM до 4 КБ;
  + Четырёхканальный [DMA](https://ru.wikipedia.org/wiki/DMA)-контроллер;
  + Инновационная система обработки событий.

Как правило, цифры после префикса обозначают объём встроенной [flash-памяти](https://ru.wikipedia.org/wiki/Flash-%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C) (в КБ) и модификацию контроллера. А именно — максимальная степень двойки, следующая за префиксом, обозначает объём памяти, а оставшиеся цифры определяют модификацию (напр., ATmega128 — объём памяти 128 КБ; ATmega168 — объём памяти 16 КБ, модификация 8; ATtiny44 и ATtiny45 — память 4 КБ, модификации 4 и 5 соответственно).[[*источник не указан 4517 дней*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8)]

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

* со встроенными интерфейсами [USB](https://ru.wikipedia.org/wiki/USB), [CAN](https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network), контроллером [LCD](https://ru.wikipedia.org/wiki/LCD);
* со встроенным радиоприёмопередатчиком — серии **ATAxxxx**, **ATAMxxx**;
* для управления электродвигателями — серия **AT90PWMxxxx**;
* для [автомобильной электроники](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0);
* для [осветительной техники](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D1%80).

Кроме указанных выше семейств, ATMEL выпускает 32-разрядные микроконтроллеры семейства [AVR32](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR32), которое включает в себя подсемейства AT32UC3 (тактовая частота до 66 МГц) и AT32AP7000 (тактовая частота до 150 МГц).

**Версии контроллеров**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=5) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=5)]

AT (mega/tiny)xxx — базовая версия. Существуют и другие версии:

* ATxxx**L** — версии контроллеров, работающих на пониженном (Low) напряжении питания (2,7 В).
* ATxxx**V** — версии контроллеров, работающих на низком напряжении питания (1,8 В).
* ATxxx**P** — версии с малым потреблением тока (до 100 [нА](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80) в режиме Power-down), применена технология *picoPower* (анонсированы в июле 2007), повыводно и функционально совместимы с предыдущими версиями.
* ATxxx**A** — уменьшен ток потребления, перекрывается весь диапазон тактовых частот и напряжений питания двух предыдущих версий (также, в некоторых моделях, добавлены новые возможности и новые регистры, но сохранена полная совместимость с предыдущими версиями). Микроконтроллеры «А» и «не-А» обычно имеют одинаковую сигнатуру, что вызывает некоторые трудности, так как Fuse-bit’ы отличаются.

Номер модели дополняется индексом, указывающим вариант исполнения. Цифры (8, 10, 16, 20) перед индексом означают максимальную [частоту](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0), на которой микроконтроллер может стабильно работать при нормальном для него напряжении питания).

Первая буква индекса означает вариант корпуса:

* АТxxx-**P** — корпус [DIP](https://ru.wikipedia.org/wiki/DIP)
* АТxxx-**A** — корпус [TQFP](https://ru.wikipedia.org/wiki/TQFP)
* АТxxx-**J** — корпус [PLCC](https://ru.wikipedia.org/wiki/PLCC)
* АТxxx-**M** — корпус MLF
* АТxxx-**MA** — корпус UDFN/USON
* АТxxx-**C** — корпус [CBGA](https://ru.wikipedia.org/wiki/BGA)
* АТxxx-**CK** — корпус [LGA](https://ru.wikipedia.org/wiki/LGA)
* АТxxx-**S** — корпус EIAJ [SOIC](https://ru.wikipedia.org/wiki/SOIC)
* АТxxx-**SS** — узкий корпус JEDEC [SOIC](https://ru.wikipedia.org/wiki/SOIC)
* АТxxx-**T** — корпус [TSOP](https://ru.wikipedia.org/wiki/TSOP)
* АТxxx-**TS** — корпус [SOT-23](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B6#%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B_%D0%B8_%D1%82%D0%B8%D0%BF%D1%8B_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BE%D0%B2) (ATtiny4/5/9/10)
* АТxxx-**X** — корпус [TSSOP](https://ru.wikipedia.org/wiki/TSOP)

Следующая буква означает температурный диапазон и особенности изготовления:

* АТxxx-x**C** — коммерческий температурный диапазон (0 °C — 70 °C)
* АТxxx-x**A** — температурный диапазон −20 °C — +85 °C, с использованием [бессвинцового припоя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%B8)
* АТxxx-x**I** — индустриальный температурный диапазон (-40 °C — +85 °C)
* АТxxx-x**U** — индустриальный температурный диапазон (-40 °C — +85 °C), с использованием [бессвинцового припоя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%B8)
* АТxxx-x**H** — индустриальный температурный диапазон (-40 °C — +85 °C), с использованием NiPdAu
* АТxxx-x**N** — расширенный температурный диапазон (-40 °C — +105 °C), с использованием [бессвинцового припоя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%B8)
* АТxxx-x**F** — расширенный температурный диапазон (-40 °C — +125 °C)
* АТxxx-x**Z** — автомобильный температурный диапазон (-40 °C — +125 °C)
* АТxxx-x**D** — расширенный автомобильный температурный диапазон (-40 °C — +150 °C)

последняя буква **R** означает упаковку в ленты (Tape & Reel) для автоматизированных систем сборки.

**Устройства ввода-вывода**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=6) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=6)]

Микроконтроллеры данного семейства имеют развитую периферию[[4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#cite_note-4):

* До 86 многофункциональных двунаправленных [GPIO](https://ru.wikipedia.org/wiki/GPIO) линий ввода-вывода, объединённых в 8-битные [порты ввода-вывода](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D1%82_%D0%B2%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B0-%D0%B2%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B0). В зависимости от программно-задаваемой конфигурации регистров могут независимо друг от друга работать в режиме «сильного» драйвера, выдающего или принимающего (на «землю») ток до 40 м[А](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80), что достаточно для подключения светодиодных индикаторов. Любой из выводов портов может быть сконфигурирован на «ввод» либо в свободном состоянии, либо с использованием встроенного подтягивающего (на плюс) резистора.
* До 3 внешних источников прерываний (по фронту, срезу или уровню) и до 32 — по изменению уровня на входе.
* В качестве источника тактовых импульсов может быть выбран:
  + керамический или [кварцевый резонатор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) (не у всех моделей);
  + внешний тактовый сигнал;
  + калиброванный внутренний RC-генератор (частота 1, 2, 4, 8 МГц, а также, для некоторых моделей ATtiny — 4,8, 6,4, 9,6 МГц и 128 кГц).
* Внутренняя [флеш-память](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%B5%D1%88-%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C) команд до 256 KБ (не менее 10 000 циклов перезаписи).
* Отладка программ осуществляется с помощью интерфейсов [JTAG](https://ru.wikipedia.org/wiki/JTAG) или [debugWIRE](https://ru.wikipedia.org/wiki/DebugWIRE):
  + сигналы [JTAG](https://ru.wikipedia.org/wiki/JTAG) (TMS, TDI, TDO и TCK) мультиплексированы на порт ввода-вывода. Режим работы — JTAG или порт — задаётся соответствующим битом в регистре fuses. МК AVR поставляются с включённым интерфейсом JTAG.
* Внутренняя память данных [EEPROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/EEPROM) до 4 КБ (ATmega/ATxmega)/512 байт (ATtiny) (до 100 000 циклов перезаписи).
* Внутренняя память [SRAM](https://ru.wikipedia.org/wiki/SRAM_(%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C)) до 32 KБ (ATxmega)/16 Кб (ATmega)/1 Кб (ATtiny) c временем доступа 2 такта.
* Внешняя память объёмом до 64 КБ (ATmega8515, ATmega162, ATmega640, ATmega641, ATmega1280, ATmega1281, ATmega2560, ATmega256).
* Таймеры c разрядностью 8, 16 бит.
* [ШИМ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%98%D0%9C)-модулятор (PWM) 8-, 9-, 10-, 16-битный.
* Аналоговые компараторы.
* [АЦП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A6%D0%9F) (ADC) с дифференциальными входами, разрядность 8 (ATtiny)/10 (ATtiny/ATmega)/12 (ATxmega) бит:
  + программируемый коэффициент усиления перед [АЦП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A6%D0%9F) 1, 10 и 200 (в дифференциальном режиме);
  + в качестве опорного напряжения могут выступать: напряжение питания, внешнее напряжение или внутреннее некалиброванное опорное напряжение около 2,56 [В](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82) (для моделей, имеющих минимальное напряжение питания от 2,7 [В](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82) и выше) либо 1,1 [В](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82) (с минимальным напряжением питания 1,8 [В](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82)).
* Различные последовательные интерфейсы, включая:
  + двухпроводной интерфейс TWI, совместимый с [I²C](https://ru.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C);
  + универсальный синхронно/асинхронный приёмопередатчик [UART](https://ru.wikipedia.org/wiki/UART)/[USART](https://ru.wikipedia.org/wiki/USART);
  + синхронный последовательный порт [Serial Peripheral Interface](https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface) (SPI).
* [USB](https://ru.wikipedia.org/wiki/USB) серия AT90USBxxxx.
* [CAN](https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network) серия AT90CANxxx.
* [LCD](https://ru.wikipedia.org/wiki/LCD) серии ATmega169 и ATmega329.
* Датчики температуры ATtiny25, ATtiny45, ATtiny85.
* Почти все (за исключением некоторых ранних моделей ATtiny, у которых перепрограммирование идёт по особому интерфейсу) поддерживают [внутрисхемное программирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5) (ISP) через последовательный интерфейс [SPI](https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface). Многие микроконтроллеры поддерживают альтернативное последовательное или параллельное программирование с использованием высокого напряжения, для случаев, если fuse-регистры были настроены так, что обычное программирование стало недоступно.
* Поддержка самопрограммирования, при котором основная программа может изменить часть своего кода.
* Поддержка загрузки основной программы с помощью защищённой от перезаписи подпрограммы (bootloader). Код основной программы обычно принимается через один из портов микроконтроллера с использованием одного из стандартных протоколов.
* Ряд режимов пониженного энергопотребления.

**Средства разработки**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=7) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=7)]

**Аппаратные средства разработки**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=8) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=8)]

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmel_STK_500_DSC00557_wp.jpg?uselang=ru)Плата разработчика Atmel STK500[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AvrDragon.png?uselang=ru)AVR Dragon с интерфейсом [внутрисхемного программирования](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5), а также добавленной [ZIF-панелькой](https://ru.wikipedia.org/wiki/ZIF) под [ИМС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0)[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AVRISP_mkII.jpg?uselang=ru)AVRISP mkII-ISP-Programmer от Atmel

Официальные средства разработки для AVR от Atmel:

* STK600 starter kit
* STK500 starter kit
* STK200 starter kit
* AVRISP and AVRISP mkII
* AVR Dragon
* USBasp — USB
* JTAGICE mkI
* JTAGICE mkII
* JTAGICE3
* ATMEL-ICE
* AVR ONE!
* Butterfly demonstration board
* AT90USBKey
* Raven wireless kit

Также существует много сторонних средств, особенно любительских.

**Программные средства разработки**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=9) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=9)]

[**Свободные**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=10) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=10)]

* Algorithm Builder — алгоритмическая среда разработки программного обеспечения для микроконтроллеров с архитектурой AVR (последнее обновление в 2010 г).
* AVR-Eclipse — [плагин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D0%BD) для среды разработки [Eclipse](https://ru.wikipedia.org/wiki/Eclipse_(%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8)), позволяющий разрабатывать программы на C/C++ и ассемблере, программировать и отлаживать контроллеры, используя внешний набор инструментов (Atmel AVR Toolchain, WinAVR)
* avra — консольный макро-ассемблер для Linux/MacOS.
* [Avrdude](https://ru.wikipedia.org/wiki/Avrdude) — средство для прошивки микроконтроллеров.
* AVRDUDE\_PROG 3.1 — визуальный редактор.
* [Code::Blocks](https://ru.wikipedia.org/wiki/Code::Blocks) — кроссплатформенная среда разработки.
* DDD — графический интерфейс к avr-gdb.
* eXtreme Burner — AVR — графический интерфейс для USBasp-based USB AVR программаторов.
* Khazama AVR Programmer — графический интерфейс в Windows для USBasp и avrdude.
* [PonyProg](https://ru.wikipedia.org/wiki/PonyProg) — универсальный программатор через LPT-порт, COM-порт (поддерживается и USB-эмулятор COM-порта).
* [V-USB](https://ru.wikipedia.org/wiki/V-USB) — программная реализация протокола USB для микроконтроллеров AVR.
* [WinAVR](https://ru.wikipedia.org/wiki/WinAVR) — программный пакет под [Windows](https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows), включающий в себя компилятор, ассемблер, компоновщик и другие инструменты.
* Zadig 2.3

[**Проприетарные**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&veaction=edit&section=11) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AVR&action=edit&section=11)]

* [Microchip Studio](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microchip_Studio) — бесплатная IDE от самой Microchip.
* IAR AVR — коммерческая среда разработки для микроконтроллеров AVR.
* [Bascom-avr](https://ru.wikipedia.org/wiki/Bascom-avr) — среда разработки, основанная на [Basic](https://ru.wikipedia.org/wiki/Basic)-подобном языке программирования.
* [CodeVisionAVR](https://ru.wikipedia.org/wiki/CodeVisionAVR) — компилятор [C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8_(%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)) и программатор — CVAVR, генератор начального кода.
* [Proteus](https://ru.wikipedia.org/wiki/Proteus_(%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0)) — симулятор электрических цепей, компонентов, включая различные МК и другое периферийное оборудование.

Также архитектура AVR позволяет применять [операционные системы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B) при разработке приложений, например: [FreeRTOS](https://ru.wikipedia.org/wiki/FreeRTOS), uOS, [ChibiOS/RT](https://ru.wikipedia.org/wiki/ChibiOS/RT), scmRTOS, [TinyOS](https://ru.wikipedia.org/wiki/TinyOS), Femto OS и [Linux](https://ru.wikipedia.org/wiki/Linux) на [AVR32](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR32).[[5]](https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR#cite_note-5)