Лекция 9

**Intel 8051** — это [однокристальный микроконтроллер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%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) [гарвардской архитектуры](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), который был впервые произведен [Intel](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel) в 1980 году для использования 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%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B). В течение 1980-х и начале 1990-х годов был чрезвычайно популярен, однако позже устарел и был вытеснен более современными устройствами, также с 8051-совместимыми ядрами, производившимися более чем 20 независимыми производителями, такими, как [Atmel](https://ru.wikipedia.org/wiki/Atmel), [Maxim](https://ru.wikipedia.org/wiki/Maxim_IC)/[Dallas](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dallas_Semiconductor), [NXP](https://ru.wikipedia.org/wiki/NXP_Semiconductors), [Winbond](https://ru.wikipedia.org/wiki/Winbond), [Silicon Labs](https://ru.wikipedia.org/wiki/Silicon_Labs), [Texas Instruments](https://ru.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments), [Cypress Semiconductor](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Cypress_Semiconductor&action=edit&redlink=1) и [Nuvoton](https://ru.wikipedia.org/wiki/Nuvoton).

Официальное название 8051-семейства микроконтроллеров Intel — **MCS 51**. Существует также советский клон данной микросхемы — [КР1816ВЕ51](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%A01816%D0%92%D0%9551) и российские аналоги разработки [НИИЭТ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%98%D0%98%D0%AD%D0%A2) — 1830ВЕ, 1882ВЕ, 1882ВМ, К1830ВЕ.

Первые из 8051-семейства Intel производились с использованием [n-МОП](https://ru.wikipedia.org/wiki/N-%D0%9C%D0%9E%D0%9F) технологии, но следующие версии, содержащие символ «C» в названии, такие, как 80C51, использовали [КМОП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9C%D0%9E%D0%9F)-технологию и потребляли меньшую мощность, чем n-МОП предшественники, что облегчало их применение для устройств с батарейным питанием.

**Содержание**

* [1Особенности](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8)
	+ [1.1Родственные контроллеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%D1%8B)
* [2Программирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#%D0%9F%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)
* [3Применение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)
* [4Литература](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0)
* [5Ссылки](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8)
* [6Примечания](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)

**Особенности**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel_8051&veaction=edit&section=1) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel_8051&action=edit&section=1)]

Архитектура Intel 8051

* Состоит из процессорного ядра, [ОЗУ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%97%D0%A3), [ПЗУ](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), [последовательного порта](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82), [параллельного порта](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82), логики управления [прерываниями](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F), [таймера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%B9%D0%BC%D0%B5%D1%80_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) и т. д.
* [Шина данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85) — 8-битная шина данных. Возможность обработки 8 бит данных за одну операцию. Обуславливает название 8-битный [микропроцессор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80)
* [Шина адреса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B0%D0%B4%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%B0) — 16-битная адресная шина. Возможность доступа к 216 адресам памяти, то есть 64 кБ адресное пространство в ОЗУ и ПЗУ
* Встроенное ОЗУ — 128 байт ([Памяти данных](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85&action=edit&redlink=1))
* Встроенное ПЗУ — 4 КБ ([Памяти программ](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC&action=edit&redlink=1))
* Четыре порта [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): один двунаправленный и три квазидвунаправленных
* Последовательный интерфейс UART ([Универсальный асинхронный приёмопередатчик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%91%D0%BC%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA))
* Два 16-битных таймера
* Два уровня приоритета прерываний
* Порядка 60 тысяч транзисторов на кристалле площадью 5,85 мм²[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#cite_note-2)
* [Энергосберегающий режим](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D0%BC&action=edit&redlink=1)

Общей особенностью в современных 8051-совместимых микроконтроллерах стало встраивание улучшенных и дополнительных схем, таких, как: автоматический сброс по падению питающего напряжения; встроенные [тактовые генераторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85_%D0%B8%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BE%D0%B2); внутрисхемное программирование памяти программ; автозагрузчики долговременной памяти данных на основе [EEPROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/EEPROM); [I²C](https://ru.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C) ; [SPI](https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface) (стандарт 3-проводной последовательной шины); [USB](https://ru.wikipedia.org/wiki/USB) хост-интерфейс; [ШИМ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%98%D0%9C)-генераторы; аналоговых [компараторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80); [АЦП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A6%D0%9F) и [ЦАП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%90%D0%9F) преобразователей; часов реального времени; дополнительных таймеров и счётчиков; внутрисхемных отладчиков, дополнительных источников прерываний; расширенных энергосберегающих режимов.

8051-совместимые микроконтроллеры обычно имеют один или два [УАПП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%90%D0%9F%D0%9F) ([UART](https://ru.wikipedia.org/wiki/UART)), два или три таймера, 128 или 256 байт встроенной ОЗУ (16 байт которой имеют побитовую адресацию), от 512 байт до 128 Кбайт встроенной памяти программ, и иногда встречается использование [EEPROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/EEPROM), адресуемой через «регистры специального назначения» (SFR = special function register). [УАПП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%90%D0%9F%D0%9F)/[UART](https://ru.wikipedia.org/wiki/UART) может быть настроен для использования в режиме 9-бит данных, что делает возможным адресную приёмопередачу в многоточечном подключении на основе [RS-485](https://ru.wikipedia.org/wiki/EIA-485) аппаратного протокола.

Один [машинный цикл](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB) оригинального 8051-ядра занимает 12 временных тактов, а большинство инструкций выполняется за один или два машинных цикла. При частоте тактового генератора, равной 12 МГц, 8051-ядро может выполнять 1 [миллион операций в секунду](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%84%D0%BB%D0%BE%D0%BF), выполняемых за один цикл, или 500 тысяч операций в секунду, выполняемых за два цикла. Улучшенное 8051-совместимое ядро, которое в настоящее время распространено, выполняет машинный цикл за шесть, четыре, два или даже за один временной такт, и позволяет использовать тактовые генераторы с частотой до 100 МГц, что позволило увеличить количество выполняемых операций в секунду.

Ещё более быстрые 8051-ядра, с 1 тактом на машинный цикл, организуются с использованием [ПЛИС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%9B%D0%98%D0%A1), таких, как [FPGA](https://ru.wikipedia.org/wiki/FPGA) (скорость в диапазоне 130—150 МГц) или [ASIC](https://ru.wikipedia.org/wiki/ASIC) (скорость в диапазоне нескольких сотен МГц), при помощи специальной прошивки[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051#cite_note-3). Все 8051-совместимые устройства, производимые [Silicon Labs](https://ru.wikipedia.org/wiki/Silicon_Labs), некоторые из производимых [Dallas](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dallas_Semiconductor), [Atmel](https://ru.wikipedia.org/wiki/Atmel), [Nuvoton](https://ru.wikipedia.org/wiki/Nuvoton), [STCmicro](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=STCmicro_Technology&action=edit&redlink=1) имеют ядро с 1 тактом на машинный цикл.

Чрезвычайно полезной особенностью 8051-ядра является обработка [булевых](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%83%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B8%D0%BF) данных, что позволило ввести бинарную логику, оперирующую напрямую с битами внутренней ОЗУ (области из 128 прямоадресуемых битов) и регистров. Данная особенность была востребована в приложениях [промышленной автоматики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0). Еще одна ценная особенность состояла в 4 независимых наборах [регистров](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), которые значительно уменьшали задержки при обработке прерываний в сравнении с классическим использованием [стека](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BA), применявшимся ранее.

**Родственные контроллеры**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel_8051&veaction=edit&section=2) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel_8051&action=edit&section=2)]

Предшественником контроллера 8051 был [**Intel 8048**](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8048), который был применён в [клавиатуре оригинального IBM PC](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_IBM_PC#%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_IBM_PC_%D0%B8_PC/XT) — он конвертировал сигналы о нажатиях клавиш в поток данных, передававшийся по последовательной линии в системный блок компьютера. Контроллер 8048, а также контроллеры, спроектированные на его базе, всё ещё применяются в клавиатурах.

Контроллер **8031** является урезанной версией Intel 8051: у него отсутствует встроенная память для хранения программы.

Контроллер **8052** является расширенной версией оригинального Intel 8051: он оснащён 256 байтами внутреннего ОЗУ (вместо 128 байт 8051), 8 КБ ПЗУ (вместо 4 КБ), также ему добавлен третий 16-разрядный таймер.

Контроллер **8058** отличается от 8052 увеличенным до 32 КБ ПЗУ.

Контроллер **8032** аналогичен 8052, но не имеет встроенной памяти для хранения программы. Контроллеры 8052 и 8032 считаются устаревшими, так как почти все современные варианты 8051 оснащены теми расширениями, которыми обладает 8052.

**Программирование**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel_8051&veaction=edit&section=3) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel_8051&action=edit&section=3)]

Для 8051 доступно несколько [компиляторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80) для языка программирования [Си](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8_%28%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%29), в частности, Keil, большинство из которых поддерживают расширения языка для более эффективного использования особенностей 8051. Например, программист может указать, в каком из шести типов памяти 8051 необходимо хранить переменную; компилятору можно указать, каким образом использовать переключаемые регистровые блоки и инструкции для манипулирования отдельными разрядами регистров.

Для программирования 8051 используются и другие языки высокого уровня: [Форт](https://ru.wikipedia.org/wiki/Forth), [Бейсик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B9%D1%81%D0%B8%D0%BA), [Паскаль](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C_%28%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%29), [PL/M](https://ru.wikipedia.org/wiki/PL/M) и [Modula-2](https://ru.wikipedia.org/wiki/Modula-2), однако они не получили такого широкого распространения, как [Си](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8_%28%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%29) и [ассемблер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B7%D1%8B%D0%BA_%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B0).