Лекция13

**PIC** — серия [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), имеющих [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) и производимых американской компанией [Microchip Technology Inc.](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microchip_Technology) Название PIC является сокращением от [англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *peripheral interface controller*, что означает «контроллер [интерфейса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%B5%D0%B9%D1%81) [периферии](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)». Название объясняется тем, что изначально микроконтроллеры серии PIC предназначались для расширения возможностей [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) 16-битовых микропроцессоров [CP1600](https://ru.wikipedia.org/wiki/General_Instrument_CP1600)[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#cite_note-1).

Под маркой PIC фирмой Microchip выпускаются 8-, 16- и 32-битовые [микроконтроллеры](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) и [цифровые сигнальные контроллеры (DSC)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80), отличительной особенностью которых является хорошая преемственность различных семейств: программная совместимость (общие средства разработки: бесплатная [IDE](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%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) [MPLAB](https://ru.wikipedia.org/wiki/MPLAB), общие [библиотеки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0_(%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)), общие стеки наиболее популярных [протоколов передачи данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85)), совместимость по выводам, по периферии, по [напряжениям](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) питания. Номенклатура насчитывает более 500 различных контроллеров со всевозможными вариациями периферии, отличающимися объёмами памяти, количеством выводов, производительностью, диапазонами напряжений питания, рабочими температурами и др.

Широкая номенклатура, дающая возможность использования в конкретном изделии оптимального с точки зрения цены микроконтроллера (в том числе наличие в линейке однократно программируемых микроконтроллеров), низкое энергопотребление, большая гибкость и универсальность семейства являются причиной выбора PIC-контроллеров производителями электроники в качестве базового семейства для своих изделий[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#cite_note-2).

**Содержание**

* [18-битовые микроконтроллеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#8-%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%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%D1%8B)
  + [1.18-битовые микроконтроллеры PIC10/12/16/18](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#8-%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%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%D1%8B_PIC10/12/16/18)
    - [1.1.1Архитектура базового (BASELINE) семейства](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%B1%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_(BASELINE)_%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0)
    - [1.1.2Архитектура среднего (MID-RANGE) семейства](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_(MID-RANGE)_%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0)
    - [1.1.3Расширенная архитектура среднего (MID-RANGE) семейства](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%88%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%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_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_(MID-RANGE)_%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0)
  + [1.28-битовые микроконтроллеры PIC18](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#8-%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%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%D1%8B_PIC18)
* [216-битовые контроллеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#16-%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%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)
  + [2.116-битовые микроконтроллеры PIC24F и PIC24H](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#16-%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%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%D1%8B_PIC24F_%D0%B8_PIC24H)
  + [2.2Контроллеры цифровой обработки сигналов dsPIC30F и dsPIC33F](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%D1%8B_%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8_%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2_dsPIC30F_%D0%B8_dsPIC33F)
* [332-битовые микроконтроллеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#32-%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%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%D1%8B)
* [4Средства программирования и отладки](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%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_%D0%B8_%D0%BE%D1%82%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BA%D0%B8)
* [5См. также](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%A1%D0%BC._%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B6%D0%B5)
* [6Примечания](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)
* [7Ссылки](https://ru.wikipedia.org/wiki/PIC#%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8)

**8-битовые микроконтроллеры**

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

8-битовые микроконтроллеры делятся на два больших семейства: PIC10/12/16 и PIC18.

**8-битовые микроконтроллеры PIC10/12/16/18**

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

Ядра 8-битовых микроконтроллеров PIC10/12/16 могут быть построены одной из двух архитектур: BASELINE и MID-RANGE.

**Архитектура базового (BASELINE) семейства**

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

Архитектуру BASELINE имеют ядра контроллеров семейства PIC10 и часть контроллеров семейств PIC12 и PIC16. Отличительные черты:

* ширина слова памяти программ: 12 бит;
* количество поддерживаемых [машинных инструкций](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F): 35;
* количество выводов (контактов): от 6 до 28;
* дешевизна (по сравнению с другими решениями фирмы Microchip);
* поддержка широкого диапазона [напряжений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) питания;
* возможность работы при низких напряжениях (применимо, например, в устройствах с [батарейным питанием](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%8F_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)));
* низкое потребление [тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA);
* малые габаритные размеры корпуса;
* наличие встроенной flash-памяти для программ.

**Архитектура среднего (MID-RANGE) семейства**

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

Архитектуру MID-RANGE имеют ядра микроконтроллеров серий PIC12 и PIC16. Отличительные черты:

* ширина слова памяти программ: 14 бит;
* количество поддерживаемых машинных инструкций: 35;
* количество выводов: от 6 до 64;
* работа в диапазоне напряжений питания от 2,0 до 5,5 В;
* малый ток потребления;
* поддержка системных [прерываний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5);
* аппаратная поддержка стека;
* наличие встроенной flash-памяти для программ;
* наличие энергонезависимой памяти типа [EEPROM](https://ru.wikipedia.org/wiki/EEPROM) для данных;
* поддержка периферии ([USB](https://ru.wikipedia.org/wiki/USB), [SPI](https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface), [I²C](https://ru.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C), [USART](https://ru.wikipedia.org/wiki/USART), [LCD](https://ru.wikipedia.org/wiki/LCD), [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 т. п.);
* производительность: 5 [MIPS](https://ru.wikipedia.org/wiki/MIPS_(%D0%B1%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5)).

**Расширенная архитектура среднего (MID-RANGE) семейства**

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

Расширенную архитектуру MID-RANGE имеют ядра новых микроконтроллеров семейств PIC12 и PIC16. Отличительные черты:

* ширина слова памяти программ: 14 бит;
* количество поддерживаемых машинных инструкций: 35 основных и 14 дополнительных (оптимизированных под компилятор языка [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)), позволяющих снизить размер кода на 40 %);
* увеличенный объём памяти программ и данных;
* более глубокий и улучшенный аппаратный стек;
* дополнительные источники сброса;
* поддержка периферийных устройств с модулем mTouch™ (используется для создания сенсорных пользовательских интерфейсов);
* уменьшенное время входа в [прерывание](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5);
* производительность увеличена до 8 MIPS.

**8-битовые микроконтроллеры PIC18**

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

Отличительные черты микроконтроллеров семейства PIC18F:

* ширина слова памяти программ: 16 бит;
* возможность подключения следующей периферии: 10-битовых и 12-битовых [АЦП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), [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), ШИМ, захват/сравнение, [драйверов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%B2%D0%B5%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)), [ЖКИ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9), периферии с интерфейсами [USB](https://ru.wikipedia.org/wiki/USB), [CAN](https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network), [I²C](https://ru.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C), [SPI](https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface), [USART](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), [Ethernet](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ethernet), [TCP/IP](https://ru.wikipedia.org/wiki/TCP/IP), [ZigBee](https://ru.wikipedia.org/wiki/ZigBee) и др.;
* производительность: до 16 [MIPS](https://ru.wikipedia.org/wiki/MIPS_(%D0%B1%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5));
* объём памяти программ: до 128 кБ;
* количество выводов: от 18 до 100;
* поддержка технологии NanoWatt;
* наличие программируемого генератора;
* поддерживаемые напряжения питания: 3,3 и 5 В;
* совместимость (программная, по выводам, по периферийным модулям) с другими контроллерами этого семейства и с 16-битовыми контроллерами других семейств.

**16-битовые контроллеры**

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

Компания Microchip производит два семейства 16-разрядных микроконтроллеров (MCU) и два семейства 16-разрядных цифровых сигнальных контроллеров (DSC), которые дают разработчикам совместимые платформы с обширным выбором типов корпусов, периферийных модулей и быстродействия. Основные черты всех 16-разрядных семейств:

* ширина слова памяти программ: 24 бит;
* совместимость по выводам;
* единая система команд;
* общие компиляторы Си и средства разработки;
* количество выводов: от 18 до 100;
* объём flash-памяти: от 6 до 536 Кб.

**16-битовые микроконтроллеры PIC24F и PIC24H**

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

Основные особенности:

* выполнение команды за 2 такта генератора;
* гарантированное время отклика на прерывание — 5 командных тактов;
* доступ к памяти (в том числе инструкции чтения-модификации-записи) за 1 командный такт;
* аппаратный умножитель (за 1 такт);
* аппаратный делитель 32/16 и 16/16 чисел (17 командных тактов);
* диапазон питающих напряжений 1.8…3,6 В, один источник питания;
* внутрисхемное и самопрограммирование;
* встроенный генератор с PLL;
* расширенная периферия (до 3 SPI, до 3 I2C, до 4 UART (с поддержкой IrDA, LIN), CAN (и расширенный ECAN), USB OTG);
* модуль измерения времени заряда (CTMU), основное применение — управление ёмкостными сенсорами;
* ток портов ввода-вывода общего назначения — 18 мА;
* порты толерантны к устройствам с питанием 5 В;
* поддержка до девяти 16-битовых таймеров общего назначения;
* поддержка до восьми модулей захвата;
* поддержка нескольких энергосберегающих режимов;
* поддержка до двух АЦП (32 канала) с конфигурируемой разрядностью;
* поддержка до восьми 16-битовых модулей сравнения / генерации ШИМ;
* программное переназначение выводов (PPS);
* прямой доступ к памяти DMA (у PIC24H);
* расширенный набор инструкций;
* 16 ортогональных регистров общего назначения;
* векторная приоритетная система прерываний;
* и другие особенности (методы адресации, аппаратные циклы).

16-битовые микроконтроллеры представлены в двух модификациях — PIC24F и PIC24H, отличающихся технологией изготовления flash-памяти программ. Это определяет диапазон питающих напряжений — для PIC24F — 2,0…3,6 В, для PIC24H — 3,0…3,6 В.

Контроллеры первого семейства (PIC24F) производятся по более дешёвой технологии (0,25 мкм) и работают с максимальной производительностью ядра (16 MIPS, 32 МГц). Контроллеры второго семейства (PIC24H) производятся с использованием более сложного техпроцесса, что позволяет добиться большей скорости работы (40 MIPS, 80 МГц). Контроллеры обоих семейств поддерживают внутрисхемное программирование (ICSP) и самопрограммирование (RTSP).

**Контроллеры цифровой обработки сигналов dsPIC30F и dsPIC33F**

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

Компания Microchip предлагает два семейства 16-разрядных микроконтроллеров с flash-памятью и с поддержкой команд цифровой обработки сигналов — dsPIC30F и dsPIC33F. Быстродействие (30 MIPS для dsPIC30F, 40 MIPS для dsPIC33FJ, 70 MIPS для dsPIC33EP) и эффективная система команд позволяют использовать контроллеры в системах реального времени. Особенности:

* расширенная система команд, включающая специфические команды поддержки [цифровой обработки сигналов (DSP)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2);
* 24-разрядные инструкции выполняются за 4 периода тактовой частоты у dsPIC30F и за 2 — у dsPIC33FJ(EP), за исключением команд деления, команд переходов, команд пересылки данных из регистра в регистр и табличных команд;
* разрядность программного счётчика (24 бита) позволяет адресовать до 4 М слов программной памяти (4 М\*24 бит);
* аппаратная поддержка циклов типа DO и REPEAT, выполнение которых не требует дополнительных издержек программной памяти и времени на анализ условий окончания. В то же время эти циклы могут быть прерваны событиями прерывания в любой момент;
* 16 рабочих регистров. В регистрах можно хранить данные, адрес или смещение адреса;
* два класса команд: микроконтроллерные инструкции (MCU) и команды цифровой обработки сигналов (DSP). Оба этих класса равноправно встроены в архитектуру контроллера и обрабатываются одним ядром;
* различные типы адресации;
* система команд оптимизирована для получения максимальной эффективности при программировании на языке высокого уровня Си.

Если о PIC24F можно говорить, как об усечённом доработанном варианте dsPIC30F (без ядра ЦОС, с трёхвольтовым питанием и переработанным конвейером), то PIC24H — это усечённый вариант dsPIC33F. Хотя в данном сравнении нарушены причинно-следственные связи, технически оно верно. Ядро dsPIC33F полностью аналогично ядру dsPIC30F, за исключением того, что в dsPIC33F команда выполняется за два такта генератора. Семейства полностью совместимы по набору инструкций, программной модели и способам адресации, что позволяет использовать библиотеки и исходные коды программ, написанные для dsPIC30F. Особо следует отметить переработанную по сравнению с dsPIC30F систему тактирования. dsPIC33F, как и семейство PIC24H, имеют PLL с дробным коэффициентом умножения (настраиваемым программно), что позволяет получить сетку частот от 12,5 МГц до 80 МГц с шагом 0,25 МГц при использовании 4 МГц [кварцевого резонатора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80). Кроме того, контроллеры dsPIC33F и PIC24H имеют два внутренних высокостабильных RC-генератора с частотами 7,3728 МГц и 32,768 кГц. Отдельный делитель тактовой частоты ядра (модуль DOZE) присутствует во всех новых контроллерах 16-битовых семейств. Он позволяет уменьшить тактовую частоту, подаваемую на ядро, независимо от тактовой частоты периферийных модулей, что необходимо для уменьшения потребления в энергоограниченных приложениях. Большой выбор периферии.

Периферия общего назначения:

* календарь и часы реального времени RTCC;
* аппаратный подсчёт CRC;
* расширенная периферия (SPI, I2C, UART (с поддержкой IrDA, LIN), CAN (ECAN));
* 10- и 12-битовые [АЦП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C);
* [компараторы](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);
* 10- и 16-битовые [ЦАП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C);
* [прямой доступ к памяти (DMA)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF_%D0%BA_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D0%B8);
* ведущий параллельный порт (PMP);
* программное переназначение выводов (PPS);
* многоуровневая система защиты кода (code guard).

Периферия, предназначенная для управления двигателями и преобразователями энергии:

* специализированный ШИМ для управления приводом (motor control PWM);
* интерфейс квадратурного энкодера.

Периферия для импульсных источников питания (SMPS):

* специализированный ШИМ с высоким разрешением (SMPS PWM);
* специализированные АЦП (SMPS ADC).

Периферия для работы со звуком:

* 12-битовый АЦП;
* 16-битовый ЦАП;
* специализированный ШИМ (output compare PWM);
* интерфейс кодирования данных DCI (I2S, [AC97](https://ru.wikipedia.org/wiki/AC97)).

Периферия, предназначенная для управления графическими дисплеями:

* ведущий параллельный порт PMP (QVGA);
* модуль измерения времени заряда CTMU (сенсорные дисплеи touch-screen).

**32-битовые микроконтроллеры**

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

Отличительные черты семейства 32-разрядных микроконтроллеров PIC32:

* разрядность: 32 бита;
* ядро: [MIPS32 M4K](https://ru.wikipedia.org/wiki/MIPS_(%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0));
* частота тактирования ядра: до 120 МГц (для серии MX) и до 200 МГц (для серии MZ)[[*источник не указан 3105 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)];
* выполнение большинства команд за 1 такт генератора;
* производительность: 1.53 [Dhrystone](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dhrystone) MIPS/МГц;
* порты ввода-вывода относятся к основному частотному диапазону, таким образом, к примеру, можно дёргать портами с тактовой частотой;
* дополнительный частотный диапазон организуется для периферии из основного посредством программно настраиваемого делителя, таким образом, частота тактирования периферии может быть снижена для снижения энергопотребления;
* количество выводов: 28, 44, 64 и 100;
* объём SRAM: до 128 кБ;
* объём flash-памяти: 512 кБ с кэшем предвыборки;
* совместимость по выводам и отладочным средствам с 16-битовыми контроллерами фирмы Microchip;
* аппаратный умножитель-делитель с независимым от основного ядра конвейером, оптимизированным по скорости выполнения;
* набор расширенных 16-битовых инструкций MIPS16e™, позволяющий уменьшить размер кода некоторых программ на 40 %;
* независимый от основного ядра контроллер USB.

Семейство 32-разрядных микроконтроллеров PIC32 выделяется значительно увеличенной производительностью и объёмом памяти на кристалле по сравнению с 16-разрядными микроконтроллерами и контроллерами цифровой обработки сигналов PIC24/dsPIC. Контроллеры PIC32 также оснащены большим количеством периферийных модулей, включая различные коммуникационные интерфейсы — те же, что у PIC24, и 16-битовый параллельный порт, который может использоваться, например, для обслуживания внешних микросхем памяти и жидкокристаллических TFT-индикаторов.

Семейство PIC32 построено на ядре MIPS32®, отличающегося низким потреблением энергии, быстрой реакцией на прерывания, функциональностью средств разработки и лидирующим в своём классе быстродействием 1.53 Dhrystone MIPS/МГц. Такое быстродействие достигнуто благодаря эффективному набору инструкций, 5-ступенчатому конвейеру, аппаратному умножителю с накоплением и несколькими (до 8) наборами 32-разрядных регистров ядра.

**Средства программирования и отладки**

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

Для программирования микроконтроллеров семейства PIC применяется фирменные [программаторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)-отладчики IC PROG, ICD-2, ICD-3, REAL ICE, Pickit, PicKit2, Pickit3, Pickit4. Эти программаторы позволяют не только программировать, но и отлаживать код. Возможности: пошаговое выполнение, установка точек останова, просмотр содержимого оперативной и программной памяти, просмотр содержимого стека.

Помимо выпускаемых Microchip, распространено большое число программаторов и отладчиков, выпускаемых сторонними российскими и зарубежными разработчиками