Лекция 11

**ESP32** — серия недорогих [микропроцессоров](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) с малым энергопотреблением китайской компании [Espressif Systems](https://www.espressif.com/). Представляют собой [систему на кристалле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B5) с интегрированным [контроллерами](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) радиосвязи [Wi-Fi](https://ru.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi), [Bluetooth](https://ru.wikipedia.org/wiki/Bluetooth) и [Thread](https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4). В устаревших сериях ESP32 и ESP32-S использовались процессорные ядра с [архитектурой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B4) компании [Tensilica](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Tensilica&action=edit&redlink=1), а в последних сериях ESP32-C, ESP32-H, ESP32-P — применяются ядра с открытой архитектурой [RISC-V](https://ru.wikipedia.org/wiki/RISC-V).

В микросхему интегрирован радиочастотный тракт: симметрирующий [трансформатор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80), встроенные антенные коммутаторы, радиочастотные компоненты, [малошумящий усилитель](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D1%88%D1%83%D0%BC%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B9_%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1)[[англ.]](https://en.wikipedia.org/wiki/Low-noise_amplifier), усилитель мощности, фильтры и модули управления питанием.

ESP32 создан и разработан компанией, расположенной в [Шанхае](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%BD%D1%85%D0%B0%D0%B9), а производится компанией [TSMC](https://ru.wikipedia.org/wiki/TSMC) по техпроцессу 40 нм и 28 нм. Серия является преемником микросхем [ESP8266](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP8266).

**Содержание**

* [1Особенности](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8)
	+ [1.1Встроенное хранилище](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%92%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5)
	+ [1.2Сравнение ESP32 и ESP8266 (ESP-12)](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%A1%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_ESP32_%D0%B8_ESP8266_(ESP-12))
* [2Корпус планарный (QFN)](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BF%D1%83%D1%81_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_(QFN))
	+ [2.1Версии](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%92%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D0%B8)
	+ [2.2Внешняя FLASH и SRAM](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%92%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D1%8F%D1%8F_FLASH_%D0%B8_SRAM)
	+ [2.3Кварцевые генераторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B)
	+ [2.4RTC и управление низким потреблением](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#RTC_%D0%B8_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B8%D0%BC_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC)
	+ [2.5Режимы питания/Power modes](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%A0%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D0%BC%D1%8B_%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F/Power_modes)
	+ [2.6Сон/Sleep Patterns](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%A1%D0%BE%D0%BD/Sleep_Patterns)
	+ [2.7Модули](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D0%B8)
* [3Печатные платы](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9F%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%8B)
	+ [3.1Модульные SMT-платы](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_SMT-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%8B)
	+ [3.2Платы для разработки и другие платы](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%8B_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8_%D0%B8_%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%8B)
* [4Программирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%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)
* [5Использование](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%98%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5)
	+ [5.1Использование в коммерческих устройствах](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%98%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%85)
	+ [5.2Промышленные устройства](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0)
* [6См. также](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%A1%D0%BC._%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B6%D0%B5)
* [7Примечания](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)
* [8Ссылки](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8)

**Особенности**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=1) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=1)]

Функциональная блок-схема ESP32.

Серии ESP32 и ESP32-S включают в себя:[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#cite_note-EspressifESP32Datasheet-1)

* Микроконтроллер и управление
	+ Tensilica Xtensa LX6 двухъядерный (или одноядерный) 32-разрядный процессор, с тактовой частотой 160 или 240 МГц и производительностью до 600 DMIPS ([Dhrystone MIPS](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dhrystone#%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8B))
	+ Сопроцессор с ультранизким энергопотреблением
* Память: 520 КБ памяти [SRAM](https://ru.wikipedia.org/wiki/SRAM_%28%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C%29)
* Беспроводная связь:
	+ [Wi-Fi](https://ru.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi): [802.11](https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11) b / g / N
	+ [Bluetooth](https://ru.wikipedia.org/wiki/Bluetooth): v4.2 BR/EDR and BLE
* Периферийные интерфейсы:
	+ 12-разрядный [АЦП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A6%D0%9F) до 18 каналов
	+ 2 × 8 бит [ЦАПа](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)
	+ 10 × портов для подключения [емкостных датчиков](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%81%D0%BC%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA) (измеряющие ёмкость [GPIO](https://ru.wikipedia.org/wiki/GPIO))
	+ Датчик температуры[[*источник не указан 2098 дней*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F%3A%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)] отсутствует. Информация о нем удалена из спецификации V2.2[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#cite_note-2)
	+ 4 × [SPI](https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface) мастер-интерфейса ([ведущие устройства](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B4%D1%83%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))
	+ 2 × [I²S](https://ru.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2S) мастер-интерфейса
	+ 2 × [I²C](https://ru.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C) мастер-интерфейса
	+ 3 × [UART](https://ru.wikipedia.org/wiki/UART) интерфейса
	+ [SD](https://ru.wikipedia.org/wiki/Secure_Digital)/SDIO/CE-ATA/[MMC](https://ru.wikipedia.org/wiki/MultiMedia_Card)/ [eMMC](https://ru.wikipedia.org/wiki/MultiMediaCard#eMMC) хост-контроллер
	+ SDIO/SPI слейв-контроллеры ([ведомые устройства](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE))
	+ [Ethernet](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ethernet) MAC interface с выделенным [DMA](https://ru.wikipedia.org/wiki/DMA) и [IEEE 1588 Precision Time Protocol support](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B8)
	+ [CAN bus](https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network) 2.0
	+ [ИК](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) [дистанционное управление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) (передатчик/приемник, до 8 каналов)
	+ Возможность подключения двигателей и светодиодов через [ШИМ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%B8%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F)-выход
	+ [Датчик Холла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA_%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B0)
	+ Аналоговый [предусилитель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) низкого энергопотребления
* Безопасность:
	+ Поддерживаются все функции безопасности [стандарта IEEE 802.11](https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11), в том числе WFA, [WPA](https://ru.wikipedia.org/wiki/WPA)/[WPA2](https://ru.wikipedia.org/wiki/WPA2) и WAPI
	+ Безопасная загрузка
	+ Шифрование флэш-диска
	+ 1024-битный ключ, до 768 бит для клиентов
	+ Криптографическое аппаратное ускорение: [AES](https://ru.wikipedia.org/wiki/Advanced_Encryption_Standard), [SHA-2](https://ru.wikipedia.org/wiki/SHA-2), [RSA](https://ru.wikipedia.org/wiki/RSA), [криптографии на основе эллиптических кривых](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F) (ЕСС), [аппаратный генератор случайных чисел](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D1%81%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB) при включенном WiFi или Bluetooth, иначе используется [генератор псевдослучайных чисел](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D1%81%D0%B5%D0%B2%D0%B4%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB)
* Управление питанием:
	+ [Линейный регулятор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F#%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) с низким уровнем падения напряжения
	+ Индивидуальное питание для [RTC](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%8B_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B8)
	+ потребление 5—2,5 мкА в режиме «глубокий сон»
	+ Пробуждение по прерыванию от GPIO, таймера, измерению АЦП, прерыванию емкостного сенсорного датчика
	+ Рабочее напряжение от 2,2—3,6 В
	+ Рабочая температура от −40 °C до +125 °C
	+ Максимальная скорость передачи данных 150 Мбит/с при 11n HT40, 72 Мбит/с при 11n HT20, 54 Мбит/с @ 11g, и 11 Мбит/с при 11b
	+ Максимальная мощность передачи 19,5 дБм @ 11b, 16,5 дБм @ 11 г, 15,5 дБм @ 11n
	+ Минимальная чувствительность приемника: 98 дБм
	+ Устойчивая пропускная способность UDP 135 Мбит/с

**Встроенное хранилище**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=2) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=2)]

ESP32 включает в себя следующую встроенную память:[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32#cite_note-3)

|  |  |
| --- | --- |
| **Объем** | **памяти** |
| SRAM | 520KB |
| Кибит Флэш-память | 448KB |
| NVRAM | 16KB |

|  |
| --- |
| **Wi-fi** |
| 802.11 n (2.4 GHz), up to 150 Mbps |
| 802.11 e: QoS for wireless multimedia technology |
| WMM-PS, UAPSD |
| A-MPDU and A-MSDU aggregation |
| Block ACK |
| Fragmentation and defragmentation |
| Automatic Beacon monitoring/scanning |
| 802.11 i security features: pre-authentication and TSN |
| Wi-Fi Protected Access (WPA)/WPA2/WPA2-Enterprise/Wi-Fi Protected Setup (WPS) |
| Infrastructure BSS Station mode/SoftAP mode |
| Wi-Fi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P Group Owner mode and P2P Power Management |
| UMA compliant and certified |
| Antenna diversity and selection |
| Compliant with Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification |

|  |
| --- |
| **Bluetooth** |
| Class-1, class-2 and class-3 transmitter without external power amplifier |
| Enhanced power control |
| +10 dBm transmitting power |
| NZIF receiver with −98 dBm sensitivity |
| Adaptive Frequency Hopping (AFH) |
| Standard HCI based on SDIO/SPI/UART |
| High speed UART HCI, up to 4 Mbps |
| BT 4.2 controller and host stack |
| Service Discover Protocol (SDP) |
| General Access Profile (GAP) |
| Security Manage Protocol (SMP) |
| Bluetooth Low Energy (BLE) |
| ATT/GATT |
| HID |
| All GATT-based profile supported |
| SPP-Like GATT-based profile |
| BLE Beacon |
| A2DP/AVRCP/SPP, HSP/HFP, RFCOMM |
| CVSD and SBC for audio codec |
| Bluetooth Piconet and Scatternet |

**Сравнение ESP32 и ESP8266 (ESP-12)**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=3) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=3)]

|  |  |
| --- | --- |
| **ESP32** | **ESP8266 (**[**ESP-12**](https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP-12)**)** |
| Ethernet MAC Interface | Не поддерживается |
| GPIOs для 10 сенсорных датчиков | Не поддерживается |
| Temperatur-Sensor (on-chip) | Не поддерживается |
| Функционал пульта дистанционного управления | Не поддерживается |
| Hall-Sensor | Не поддерживается |
| Digital-to-Analog Converter (DAC) | Не поддерживается |
| [CAN](https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network) 2.0 (1991) | Не поддерживается |
| Аналогово-Цифровой Преобразователь (АЦП): 16 Каналов с 12-БитSAR-ADC с малошумящим усилителем (Low-Noise Amplifier, LNA) | 10-bit АЦП, без LNA |
| 2 I2C-Интерфейс | 1 I2C-Интерфейс |
| 16 каналов для ШИМ (до 78 кГц при 10-битной точности) | 8 каналов для ШИМ (до 1кГц) |
| GPIOs (General-Purpose Input/Output, интерфейс ввода/вывода общего назначения): 36 | GPIOs: 17 |
| 4 SPI-Интерфейса с Quad-SPI и максимальной частотой 80 MHz | 3 SPI-Интерфейса с Quad-SPI и максимальной частотой 80 MHz |

**Корпус планарный (QFN)**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=4) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=4)]

ESP32 выпускается в планарном корпусе ([QFN](https://ru.wikipedia.org/wiki/QFN)) с 48 контактами по периметру и одним большим теплоотводом по центру, выполняющим одновременно функцию сигнальной земли.

**Версии**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=5) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=5)]

[SoC](https://ru.wikipedia.org/wiki/SoC) ESP32 выпускается в планарном корпусе QFN размерами 6×6 мм либо 5×5 мм.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Модель** | **Количество ядер** | **Встроенная флеш-память, МБ** | **Размер микросхемы** | **Описание** |
| ESP31B | 2 | 0 | 6×6 мм | Предрелизный SoC для бета-тестов; снят с производства |
| ESP32-D0WDQ6 | 2 | 0 | 6×6 мм | Первая версия чипа ESP32 |
| ESP32‑D0WD | 2 | 0 | 5×5 мм | Чип с уменьшенным корпусом, аналог ESP32-D0WDQ6 |
| ESP32‑D2WD | 2 | 2 | 5×5 мм | Вариант с 2 МБ (16 Мбит) встроенной флеш-памяти |
| ESP32‑S0WD | 1 | 0 | 5×5 мм | Вариант с одним ядром |

ESP32-D0WDQ6 содержит два малой мощности Xtensa® 32-бит LX6 микропроцессоров. Внутренняя память включает:

* 448 КБ ПЗУ для загрузки и основных функций.
* 520 Кб (8 КБ RTC быстрая память в комплекте) on-chip SRAM для данных и инструкций.
* 8 КБ SRAM в RTC, который называется медленной памятью RTC и может быть доступен сопроцессором во время режима глубокого сна.
* 1 кбит eFuse, из которых 256 бит используются для системы (MAC-адрес и конфигурация чипа) и остальные 768 бит зарезервированы для клиентских приложений, включая шифрование флэш-памяти и идентификатор чипа.

**Внешняя FLASH и SRAM**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=6) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=6)]

ESP32 поддерживает до четырех банков 16-Мб внешней flash QSPI и SRAM с аппаратным шифрованием на основе AES с защитой пользовательский программ и данных.

ESP32 может получить доступ к внешней flash QSPI и SRAM через скоростные каналы.

* До 16 Мб внешней флэш-памяти сопоставлены с кодовым пространством ЦП, поддерживающим 8, 16 и 32-бит доступа. Поддерживается выполнение кода.
* До 8 Мб внешней flash/SRAM карты памяти на ЦП пространства данных, поддержка 8, 16 и 32-бит доступа. Чтение данных поддерживается на флэш-памяти и SRAM. Запись данных поддерживается на SRAM.
* ESP32-WROVER интегрирует 4-16 Мб внешней SPI flash. 4-мб SPI flash может быть карта памяти на процессор пространство, поддерживающие 8, 16 и 32 бит доступа. Поддерживается выполнение кода.
* В дополнение к 4-16 МБ SPI flash, ESP32-WROVER также интегрирует 4-8 Мб PSRAM для большего пространства памяти.

**Кварцевые генераторы**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=7) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=7)]

* Микропрограмма ESP32 Wi-Fi/BT может поддерживать только кварцевый генератор 40 МГц.

**RTC и управление низким потреблением**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=8) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=8)]

С использованием современных технологий управления питанием ESP32 может переключаться между различными режимами питания (См. таблицу ниже).

**Режимы питания/Power modes**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=9) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=9)]

* Active mode / Активный режим: чип радио включен. Чип может получать, передавать или слушать.
* Modem-sleep mode / Режим сна модема: ЦП работает и часы настраиваются. Базовая полоса Wi-Fi/Bluetooth И радио отключено.
* Light-sleep mode / Режим сна: ЦП приостановлен. Память RTC и периферийные устройства RTC, а также ULPСопроцессор работает. Все события пробуждения (MAC, хост, таймер RTC или внешние прерывания) будут пробуждать до chip.
* Deep-sleep mode / Режим глубокого сна: Только память RTC и периферийные устройства RTC включены. Wi-Fi и Bluetooth данные соединения хранятся в памяти RTC. Сопроцессор ULP может работать.
* Hibernation mode / Режим гибернации: внутренний 8 МГц осциллятор и co-процессор ULP отключены. RTC восстановления памяти выключена. Только один таймер RTC на медленных часах и некоторые GPIOs RTC активны. Таймер RTC или GPIOs RTC могут разбудить чип в режиме спячки.

**Сон/Sleep Patterns**

[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&veaction=edit&section=10) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP32&action=edit&section=10)]

* Association sleep pattern / Шаблон Association sleep: режим питания переключается между активным режимом, модемом и LightsleepРежим во время этого сна CPU, Wi-Fi, Bluetooth и радио просыпаются на заранее определенном Интервалы для сохранения соединения Wi-Fi/BT живыми.
* ULP sensor-monitored pattern / ULP датчик-контролируемый шаблоном: Главный процессор находится в режиме глубокого сна. Комбинированный процессор ULPИзмерение датчиков и Пробуждение основной системы на основе данных, собранных с датчиков.