

Обзор архитектуры ARM

LINUX KERNEL UNIVERCITY COURSE

MAXIM LIPCHANSKYI

Agenda

- ▶ ARM Architecture overview
- ▶ STM32F407VG
- ▶ STM32F4DISCOVERY
- ▶ Embedded Starter Kit
- ▶ STM32F103C8T6 Development Board
- ▶ Raspberry Pi

ARM Architecture overview

- ▶ ARM - Advanced RISC Machine (Acorn RISC Machine) - семейство лицензируемых 32-битных и 64-битных микропроцессорных ядер разработки компании ARM Limited
- ▶ RISC - Reduced Instruction Set Computer
 - ▶ Фиксированная длина машинных инструкций и простой формат команды
 - ▶ Специализированные команды для операций с памятью — чтения или записи
 - ▶ Большое количество регистров общего назначения
 - ▶ Отсутствие поддержки операций вида “изменить” над укороченными типами данных
 - ▶ Отсутствие микропрограмм внутри самого процессора

▶ CISC - Complex Instruction Set Computer

- ▶ нефиксированное значение длины команды
- ▶ арифметические действия кодируются в одной команде
- ▶ небольшое число регистров, каждый из которых выполняет строго определённую функцию

CISC



RISC



ARM Architecture overview

Популярность ARM:

- ▶ 2007 – 98% мобильных телефонов были оснащены процессором ARM
- ▶ 2009 – до 90 % всех встроенных 32-разрядных процессоров – процессоры ARM
- ▶ 2017 – произведено более 100 миллиардов ARM микропроцессоров

ARM Architecture overview

Семейства процессоров ARM:

- ▶ ARM7
- ▶ ARM9, ARM11
- ▶ Cortex A
- ▶ Cortex M
 - ▶ Cortex-M0, Cortex-M0+
 - ▶ Cortex-M3
 - ▶ Cortex-M4, Cortex-M7
 - ▶ Cortex-M23, Cortex-M33

Processor	Selection of Public Licensees
Cortex-A57	AMD , Broadcom , Calxeda , HiSilicon , STMicroelectronics , Samsung
Cortex-A53	AMD , Broadcom , Samsung ,
Cortex-A15	Texas Instruments , ST-Ericsson , nVIDIA , Samsung Electronics
Cortex-A9	Broadcom Corporation , Freescale , NEC Electronics , nVIDIA , STMicroelectronics , Texas Instruments , Toshiba , Mindspeed Technologies , ZiiLABS , Open-Silicon , eSilicon
Cortex-A8	Broadcom Corporation , Freescale , Panasonic , Samsung Electronics , STMicroelectronics , Texas Instruments , PMC-Sierra , ZiiLABS
Cortex-A7	Broadcom , Freescale , Fujitsu , HiSilicon , LGE , Samsung , STEricsson , Texas Instruments
Cortex-A5	Cambridge Silicon Radio , Open-Silicon , eSilicon
Cortex-R4	Broadcom Corporation , Texas Instruments , Toshiba , Infineon , Open-Silicon , eSilicon
Cortex-M4	NXP , STMicroelectronics , Texas Instruments , Freescale , Open-Silicon , eSilicon
Cortex-M3	Accent Srl , Actel Corporation , Broadcom Corporation , Cypress Semiconductor , Ember , Energy Micro , Fujitsu , NXP , Fuzhou Rockchip Electronics CO. Ltd. , STMicroelectronics , Texas Instruments , Toshiba , Zilog , Open-Silicon , eSilicon
Cortex-M0	Austriamicrosystems , Chungbuk Technopark , NXP , Triad Semiconductor , Melfas , Open-Silicon , eSilicon
Cortex-M0+	Freescale , NXP

ARM Architecture overview

Общие характеристики:

- ▶ Низкое энергопотребление
- ▶ Поддержка аппаратной виртуализации
- ▶ Архитектура загрузки/хранения
- ▶ Фиксированная длина команд (32 бита) для упрощения декодирования за счет снижения плотности кода
- ▶ Выполнение команды за 1 цикл
- ▶ Профили А, R, М

ARM Architecture overview

Профили архитектуры ARM:

A (application) — для устройств, требующих высокой производительности (смартфоны, планшеты);

R (real time) — для приложений, работающих в реальном времени;

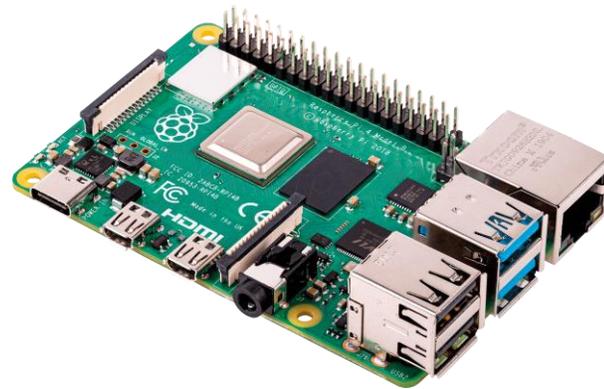
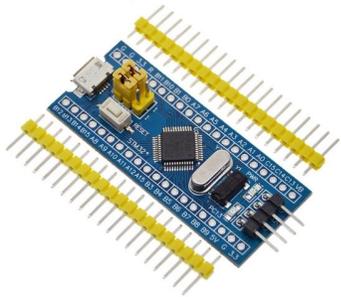
M (microcontroller) — для микроконтроллеров и недорогих встраиваемых устройств

OS for ARM Architecture

- ▶ A2
- ▶ Android
- ▶ ChibiOS/RT
- ▶ Deos
- ▶ DRYOS
- ▶ eCos
- ▶ embOS
- ▶ FreeRTOS
- ▶ Integrity
- ▶ Linux
- ▶ Micro-Controller Operating Systems
- ▶ MQX
- ▶ Nucleus PLUS
- ▶ NuttX
- ▶ OSE
- ▶ OS-9
- ▶ Pharos
- ▶ Plan 9
- ▶ PikeOS
- ▶ QNX
- ▶ RIOT
- ▶ RTEMS
- ▶ RTXQ1D
- ▶ SCIOPTA
- ▶ ThreadX
- ▶ TizenRT
- ▶ T-Kernel
- ▶ VxWorks
- ▶ Windows Embedded Compact
- ▶ Windows 10 IoT Core
- ▶ Zephyr

ARM Architecture overview

Популярные устройства на базе ARM процессоров



STM32

- ▶ STM32 — семейство 32-битных микроконтроллеров производства компании STMicroelectronics.
- ▶ Чипы STM32 группируются в серии, в рамках каждой из которых используется одно и то же 32-битное ядро ARM, например, Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ или Cortex-M0.
- ▶ Каждый микроконтроллер состоит из ядра процессора, статической RAM-памяти, FLASH-памяти, отладочного и различных периферийных интерфейсов

STM32

Преимущества:

- ▶ Низкая стоимость
- ▶ Удобство использования
- ▶ Большой выбор сред разработки (Keil, IAR, STM32CubeIDE, Coocox IDE, Arduino IDE, etc)
- ▶ Чипы взаимозаменяемы
- ▶ Высокая производительность
- ▶ Удобная отладка микроконтроллера

STM32

- ▶ Универсальное решение
- ▶ Большое количество периферии
- ▶ Малое энергопотребление и высокая производительность
- ▶ Хорошее соотношение “цена/качество”
- ▶ Широкая область применения: от мультимедийных решений до применения в медицинских системах
- ▶ Платформа для профессиональных решений
- ▶ Более высокий порог вхождения, по сравнению с Arduino

STM32F407VG

- ▶ ARM® Cortex®-M4 32-Bit MCU, 168MHz
- ▶ Program Memory Type : FLASH, 1MB (1M x 8), RAM: 192K x 8
- ▶ Number of I/O : 82
- ▶ Oscillator Type : Internal
- ▶ Data Converters : A/D 16x12b, D/A 2x12b
- ▶ Peripherals : Brown-out Detect/Reset, DMA, I²S, LCD, POR, PWM, WDT
- ▶ Connectivity : CANbus, DCMI, EBI/EMI, Ethernet, I²C, IrDA, LINbus, SPI, UART/USART, USB OTG;
- ▶ Voltage - Supply (Vcc/Vdd) : 1.8V ~ 3.6V
- ▶ Operating Temperature : -40°C ~ 105°C (TA)
- ▶ Package 100-LQFP (14x14)

STM32F407

System	ART Accelerator™	Up to 1-Mbyte Flash memory
Power supply 1.2 V regulator POR/PDR/PVD	Arm® Cortex®-M4 CPU 168 MHz	Up to 192-Kbyte SRAM
Xtal oscillators 32 kHz + 4 ~26 MHz		FSMC/ SRAM/NOR/NAND/CF/ LCD parallel interface
Internal RC oscillators 32 kHz + 16 MHz		80-byte + 4-Kbyte backup SRAM
PLL		Connectivity
Clock control		Camera interface
RTC/AWU		3x SPI, 2x I ² S, 3x I ² C
SysTick timer		Ethernet MAC 10/100 with IEEE 1588
2x watchdogs (independent and window)		2x CAN 2.0B
51/82/114/140 I/Os		1x USB 2.0 OTG FS/HS
Cyclic redundancy check (CRC)		1x USB 2.0 OTG FS
Control	Memory Protection Unit (MPU)	SDIO
10x 16-bit timer	Multi-AHB bus matrix	6x USART LIN, smartcard, IrDA, modem control
2x 16-bit motor control PWM synchronized AC timer	16-channel DMA with Batch Acquisition Mode (BAM)	Analog
2x 32-bit timer	True random number generator (RNG)	2-channel 2x 12-bit DAC
		3x 12-bit ADC
		24 channels/2.4 MSPS
		Temperature sensor

[Datasheet on STMicroelectronics website](#)

STM32F4DISCOVERY

Отладочная плата:

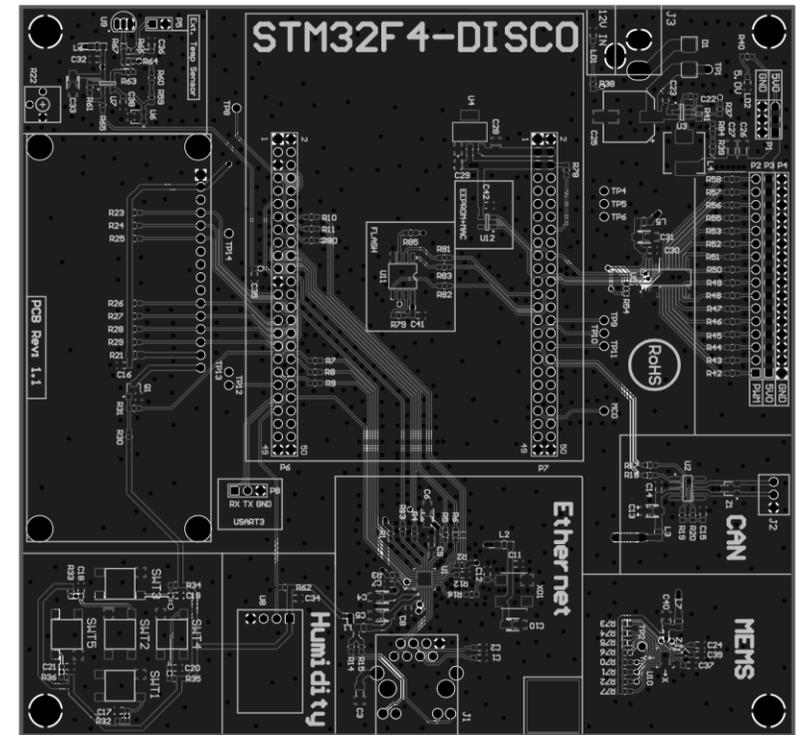
- ▶ микроконтроллер STM32F407VGT6 с частотой 168Mhz на 32-битном ядре ARM Cortex-M4F,
- ▶ встроенный ST-LINK/V2,
- ▶ датчик движения,
- ▶ 3-х осевой акселерометр с цифровым выходом,
- ▶ датчик звука,
- ▶ всенаправленный цифровой микрофон,
- ▶ четыре светодиода,
- ▶ две кнопки.



https://www.st.com/resource/en/data_brief/stm32f4discovery.pdf

Embedded Starter Kit

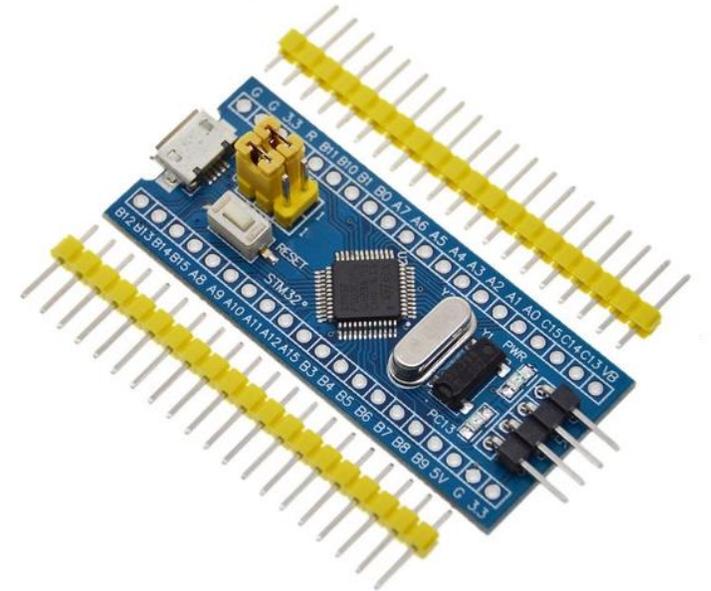
- ▶ MEMS: 3-axis gyroscope, accelerometer, compass
- ▶ Analog high-accuracy thermometer
- ▶ Humidity sensor
- ▶ Ethernet port, 100 Mbit/s, unique MAC address
- ▶ CAN bus connection port
- ▶ Data storage (Dataflash, EEPROM)
- ▶ Two-line symbol display (2 lines, 16 symbols)
- ▶ 5 user buttons
- ▶ 16 PWM outputs for LEDs and servomotors



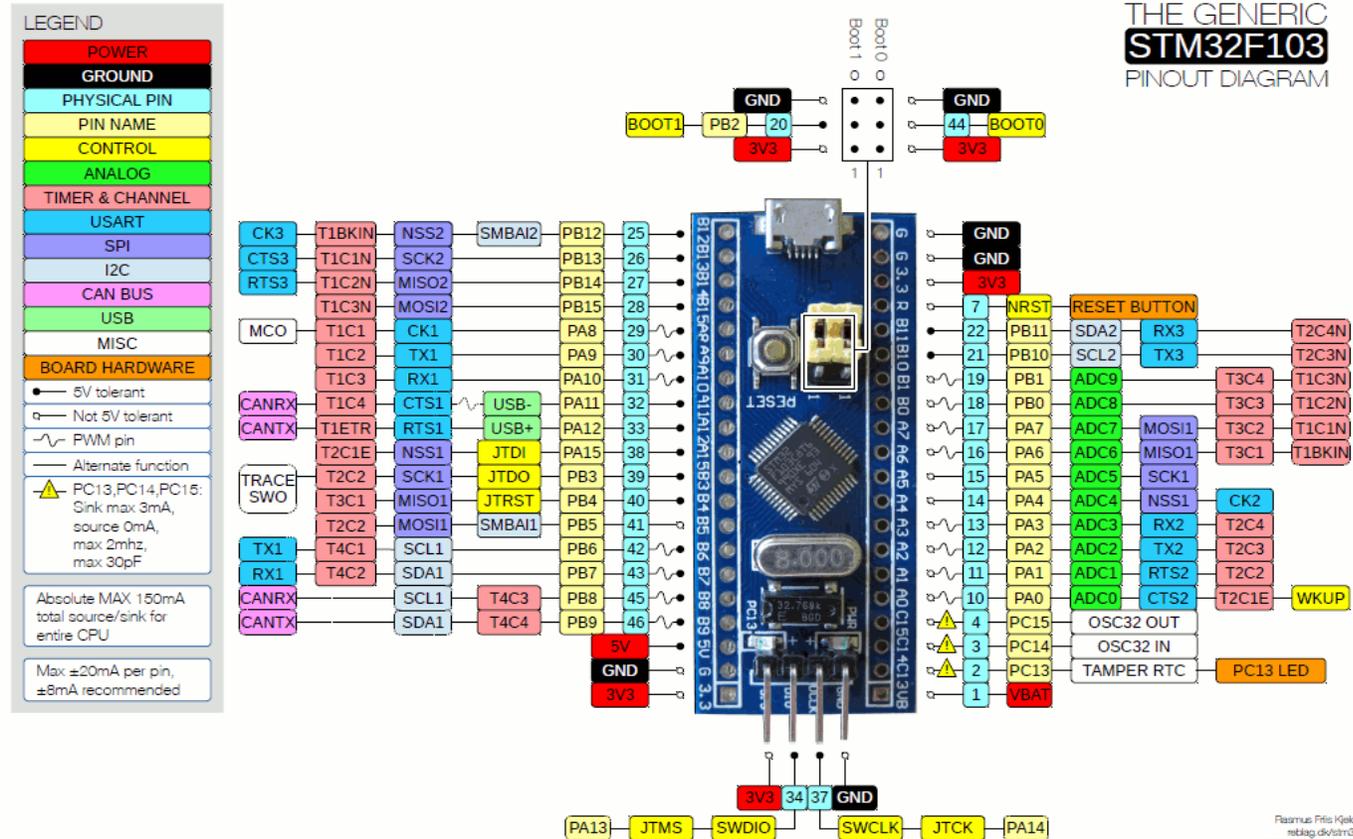
STM32F103C8T6 Development Board

Отладочная плата:

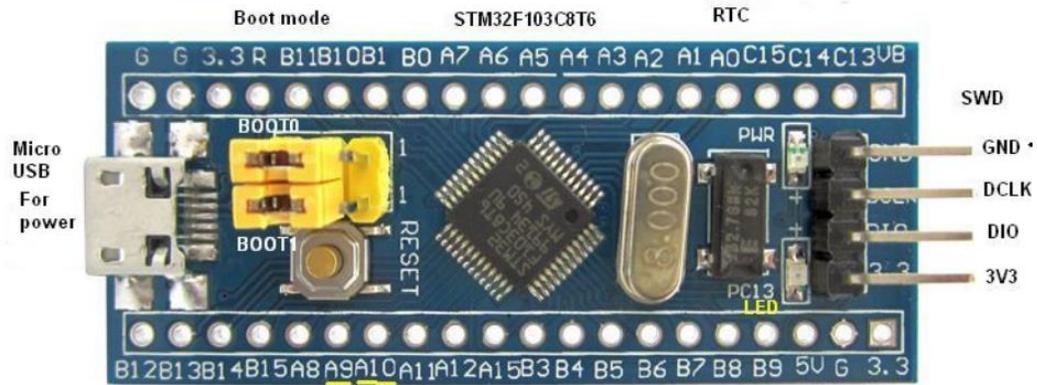
- ▶ микроконтроллер STM32F103C8T6 с частотой до 72MHz на 32-битном ядре ARM Cortex-M3
- ▶ встроенный ST-LINK/V2,
- ▶ датчик движения,
- ▶ 3-х осевой акселерометр с цифровым выходом,
- ▶ датчик звука,
- ▶ всенаправленный цифровой микрофон,
- ▶ четыре светодиода,
- ▶ две кнопки.



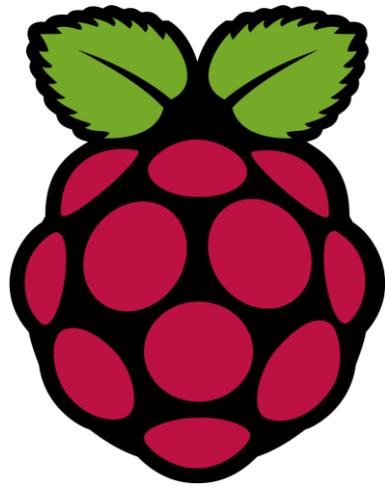
STM32F103C8T6 Development Board



STM32F103C8T6 Development Board + ST-Link v2



Raspberry Pi



Raspberry Pi - одноплатный компьютер размером с банковскую карту на основе ARM микропроцессоров семейств ARM11 и Cortex, изначально разработанный как бюджетная система для обучения информатике, но позже получивший более широкое применение и известность.

Разрабатывается английской компанией Raspberry Pi Foundation с 2011 года.

За первых пять лет было продано более 12,5 миллионов устройств Raspberry Pi.

На сегодняшний день продано более 30 миллионов устройств Raspberry Pi.

Raspberry Pi

Версия	Микроархитектура	Частота	Ядер	ОЗУ
B	ARM1176JZ-F	700 МГц	1	512 МБ
A	ARM1176JZ-F	700 МГц	1	256 МБ
B+	ARM1176JZ-F	700 МГц	1	512 МБ
A+	ARM1176JZ-F	700 МГц	1	256 МБ
2B	ARM Cortex-A7	900 МГц	4	1 ГБ
Zero	ARM1176JZ-F	1 ГГц	1	512 МБ
3B	Cortex-A53 (ARM v8)	1,2 ГГц	4	1 ГБ
Zero W	ARM1176JZ-F	1 ГГц	1	512 МБ
3B+	Cortex-A53 (ARM v8)	1,4 ГГц	4	1 ГБ
3A+	Cortex-A53 (ARM v8)	1,4 ГГц	4	512 МБ
4B	Cortex-A72 (ARM v8)	1,5 ГГц	4	1, 2, 4 ГБ

Дополнительно:

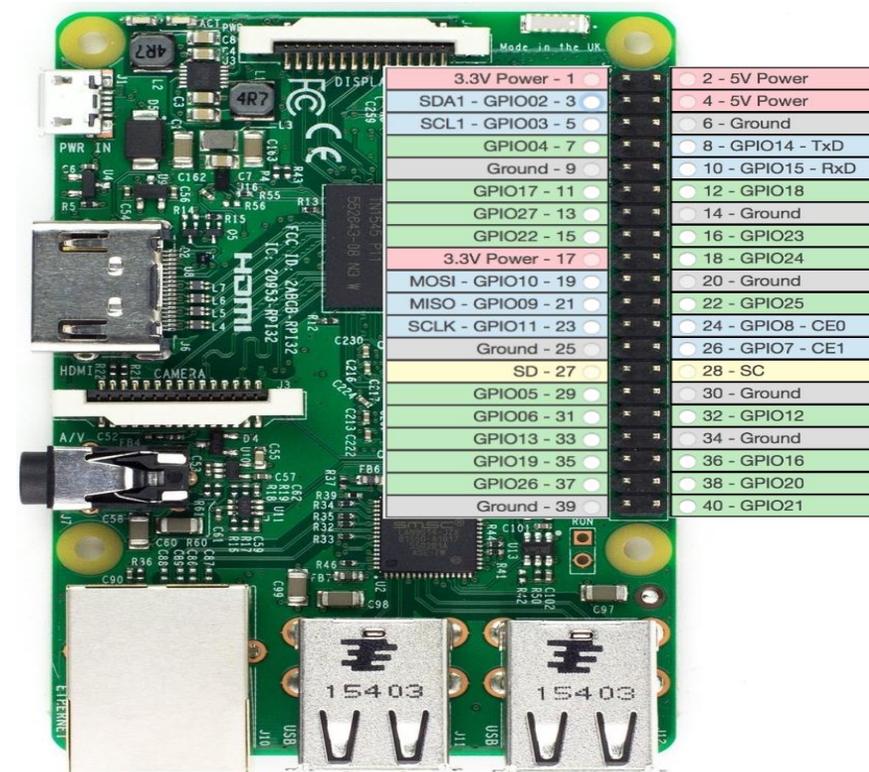
- ▶ Порт USB 2.0
- ▶ Порт USB 3.0
- ▶ Порт Ethernet
- ▶ Wi-Fi и Bluetooth
- ▶ Видеоразъем – RCA
- ▶ Видеоразъем – HDMI
- ▶ Аудиоразъем 3,5 мм
- ▶ Карта памяти microSD, SD, MMC
- ▶ Загрузка с USB-носителя или по сети

Raspberry Pi

Одной из самых интересных особенностей Raspberry Pi с точки зрения embedded является наличие портов GPIO (general purpose input/output).

Благодаря этому Raspberry Pi можно использовать для управления различными периферийными устройствами.

В модели «B» платы присутствует 26-пиновый, а в модели «B+», «2B», «3B», «3B+», «4B» - 40пиновый разъем GPIO.



Raspberry Pi

Разнообразие ОС:

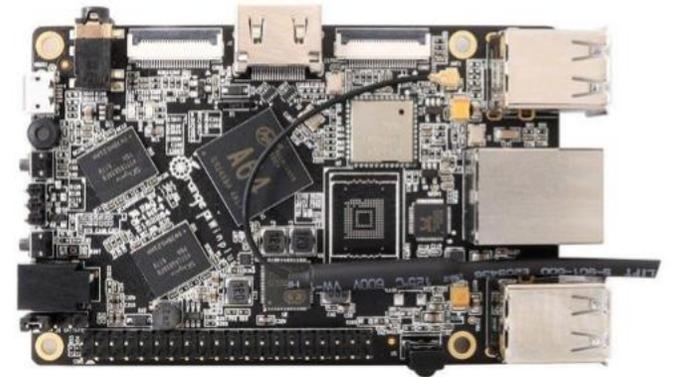
- ▶ Сборки Raspbian и Armbian
- ▶ FreeBSD
- ▶ Kali Linux
- ▶ Ubuntu
- ▶ Android
- ▶ Windows 10 IoT



Raspberry Pi

Подобные решения:

- ▶ Orange Pi
- ▶ Banana Pi
- ▶ Cubieboard3 (CubieTruck) (распаян SATA, VGA в ранних версиях)
- ▶ Khadas VIM / VIM2 (поддержка 5ГГц беспроводных сетей)
- ▶ ODROID-XU4 (восьмиядерный Samsung Exynos)
- ▶ Asus Tinker Board (гигабитный Ethernet)



Raspberry Pi

Преимущества:

- ▶ Большое сообщество разработчиков
- ▶ Относительно низкая стоимость
- ▶ Достаточно высокое энергопотребление, низкие возможности автономности
- ▶ Хорошо подходит для области IoT
- ▶ Многофункциональность в мультимедийных задачах
- ▶ Подходит для старта в embedded
- ▶ Универсальность, практически нет ограничений по области применения