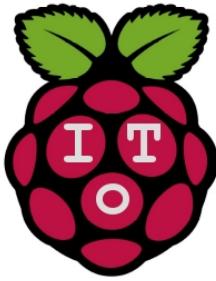


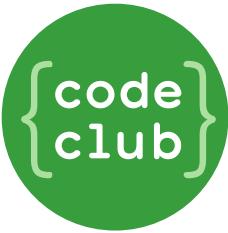
# Internet of Things



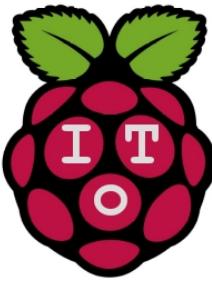
Микрокомпьютер  
**Raspberry Pi**  
для проектов **IoT**

Шадринск  
2018-2019

*M. B. Шохирев*



# Мозги для «умных вещей»



Компьютер



ESP8266



Raspberry Pi Zero WH

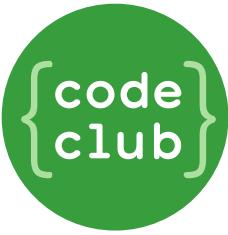


Arduino Nano

Микроконтроллер (MCU)



Микрокомпьютер (SBC)



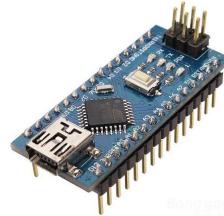
# SBC или MCU?



Микрокомпьютер (SBC)

- Многозадачный
- «Анализатор и думатель»
- Хватает ЦП и ОЗУ для «интеллекта»
- Универсальный
- Дороже
- Идеален как «управляющий»

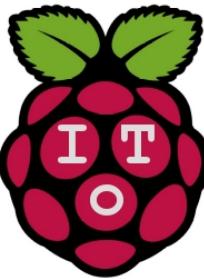
*Не ограничивает наши задумки.*



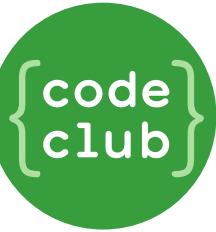
Микроконтроллер (MCU)

- Работает 1 программа
- Отлично делает конкретную работу
- ЦП и ОЗУ используются «на полную»
- Специализированный
- Дешевле
- Идеален как «исполнитель»

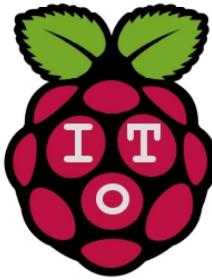
*Не подходит для сложных задач.*



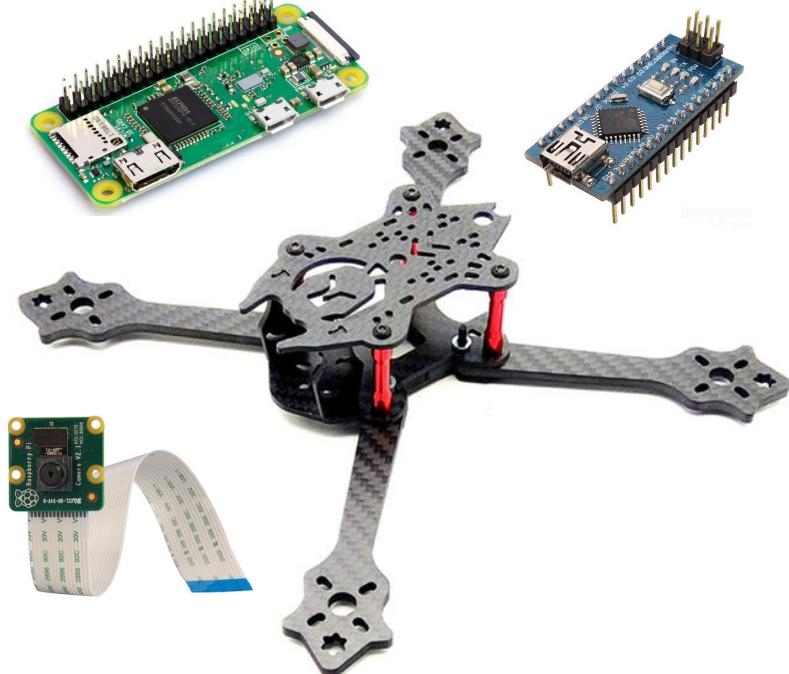
**SBC и MCU: работают совместно!**



# SBC + MCU !

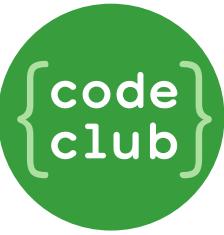


Микрокомпьютер (SBC), наподобие Raspberry Pi Zero Wireless, может использоваться для организации связи по Wi-Fi и для управления видеокамерой.

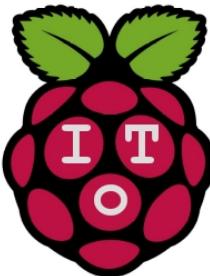


На микроконтроллере (MCU) можно сделать полётный контроллер, наподобие MultiWii на основе Arduino.

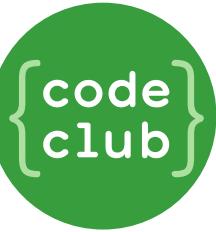
(Квадро)коптер — пример совместного применения преимуществ SBC и MCU.



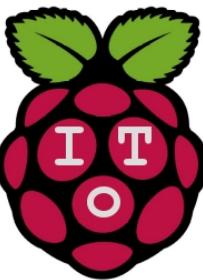
# Raspberry Pi



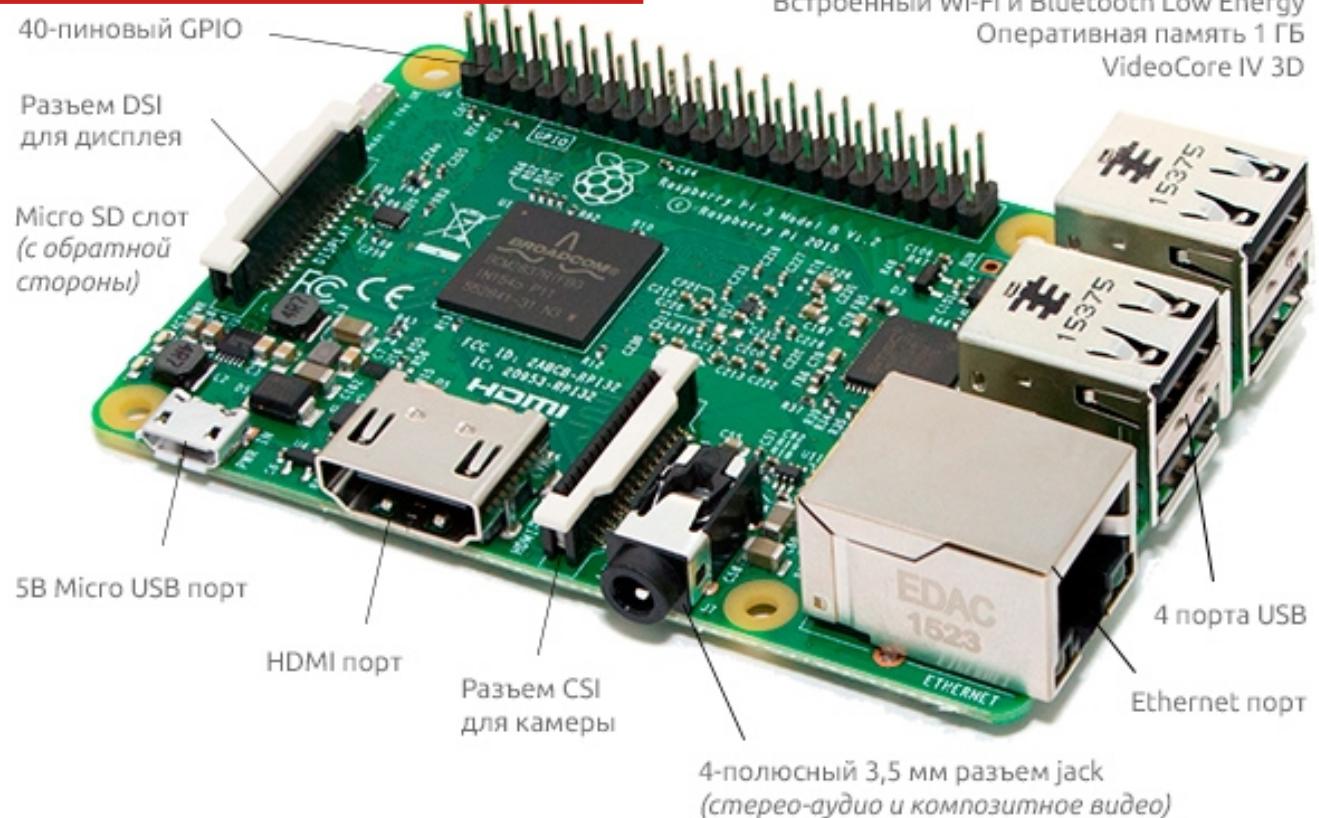
- Создан для обучения: недорогой, надёжный, универсальный компактный одноплатный компьютер.
- Платформа для разработки: общепризнанная во всём мире и массовая: за 6 лет (2012-2018 годы) было продано >19\_000\_000 Raspberry Pi всех моделей.
- Самодостаточный – для обучения, разработки, управления: ПК + ПО + GPIO.
- Много учебных материалов отличного качества от Raspberry Pi Foundation (ведётся перевод: English→ русский) и на других сайтах. Много книг.
- Масса успешных проектов: любительских и профессиональных на Raspberry Pi в самых разных сферах применения.
- Огромное количество примеров в Интернете для самостоятельного изучения и копирования.
- Много бесплатных программ: средства разработки, библиотеки программ, готовые продукты специально для Raspberry Pi.
- Поддержка известных компаний: Google, Oracle, NEC, Western Digital, Citrix, Sony, IBM, Microsoft, Samsung, AT&T, MathWorks, Wolfram, ...
- Есть большое доброжелательное сообщество пользователей по всему миру.

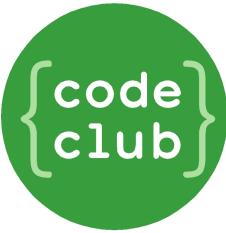


# Модель 2016 года

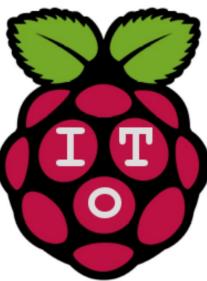


## Raspberry Pi 3 Model B

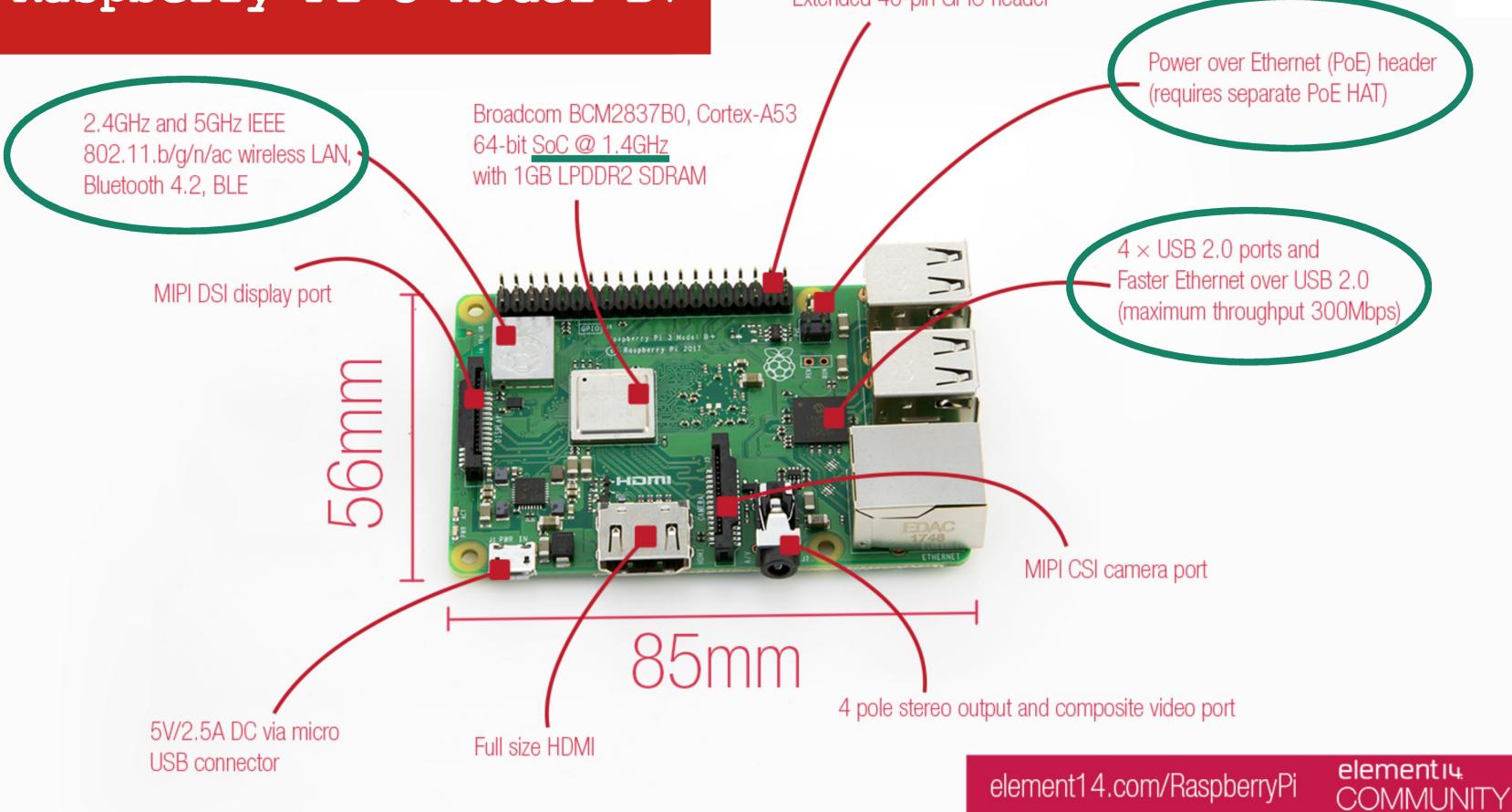


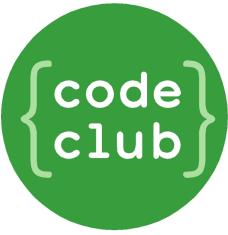


# Модель 2018 года

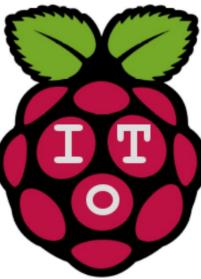


## Raspberry Pi 3 Model B+

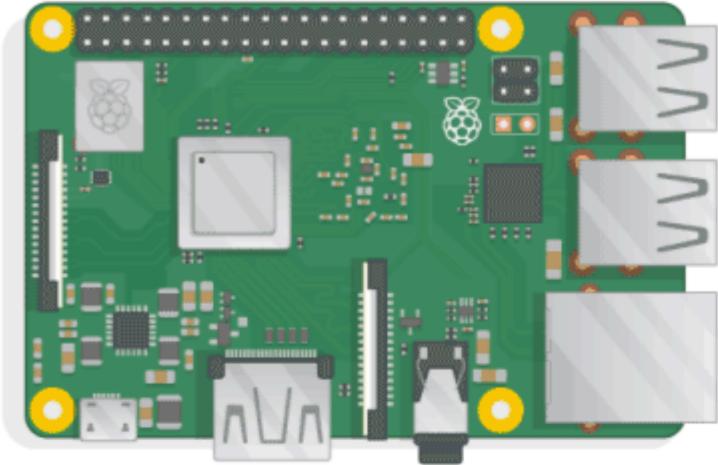




# Что ещё понадобится?

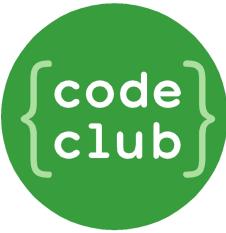


- Кarta памяти microSD с OC Raspbian

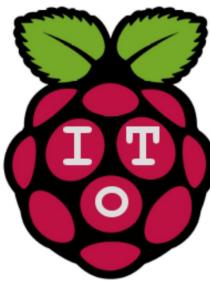


- Монитор с HDMI
- Аудио-колонки
- Блок питания с micro USB

- Клавиатура
- Мышь
- Сеть (RJ-45)



# Raspberry Pi Zero W (2017)



Цена: \$5.

Слот для microSD

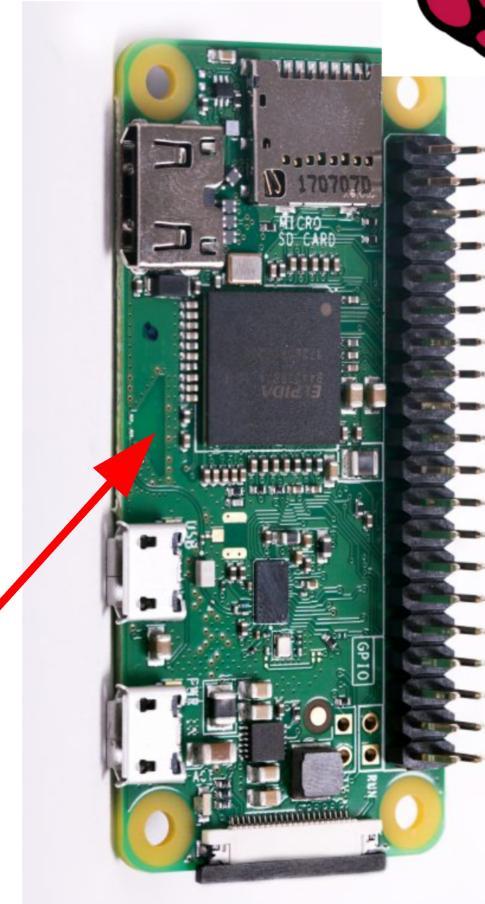
Mini HDMI для вывода 1080р видео и аудио

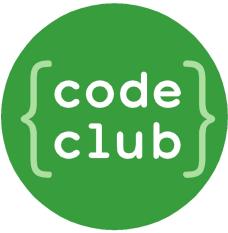


## Raspberry Pi Zero Wireless

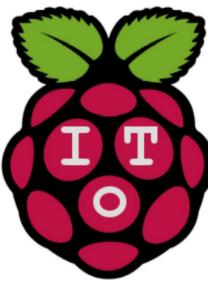
Добавлен модуль беспроводной связи по Wi-Fi 802.11n и Bluetooth Classic 4.1 & LE.

Цена: \$10.

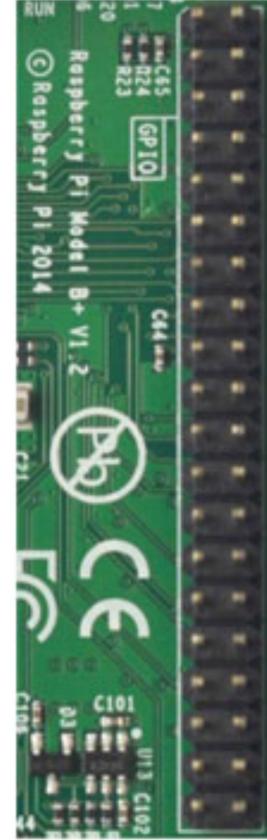




# GPIO = General Purpose Input/Output



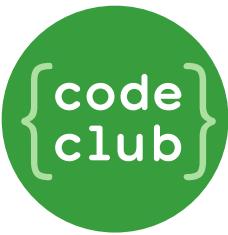
1. +3.3 V DC Power
3. GPIO 2 (SDA)
5. GPIO 3 (SCL)
7. GPIO 4 (GPCLK0)
9. Ground
11. GPIO 17
13. GPIO 27 (PCM_D)
15. GPIO 22
17. +3.3 V DC Power
19. GPIO 10 (MOSI)
21. GPIO 9 (MISO)
23. GPIO 11 (CLK)
25. Ground
27. ID_SD
29. GPIO 5
31. GPIO 6
33. GPIO 13
35. GPIO19 (MISO)
37. GPIO 26
39. Ground



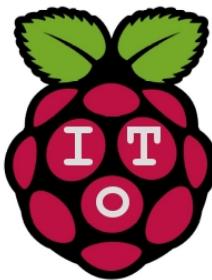
2. +5 V DC Power
4. +5 V DC Power
6. Ground
8. GPIO 14 (TXD)
10. GPIO 15 (RXD)
12. GPIO 18 (PCM_C)
14. Ground
16. GPIO 23
18. GPIO 24
20. Ground
22. GPIO 25
24. GPIO 8 (CE0)
26. GPIO 7 (CE1)
28. ID_SC
30. Ground
32. GPIO 12
34. Ground
36. GPIO 16
38. GPIO 20 (MOSI)
40. GPIO 21 (SCLK)



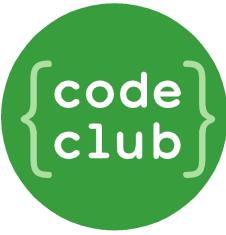
+5V  
+3.3V  
Ground  
I<sup>2</sup>C  
1-wire  
SPI



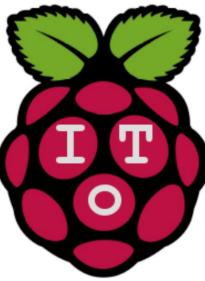
# 3B+ или Zero W?



Модель	3 Model B	3 Model B+	3 Model A+	Zero W	Zero
Дата выпуска	2016.02	2018.03	2018.11	2017.02	2015.11
Разрядность	64 bit	64 bit	64 bit	32 bit	32 bit
Процессор	ARM Cortex-A54	ARM Cortex-A54	ARM Cortex-A54	ARM1176JZF-S	ARM1176JZF-S
MHz	1.2	1.4	1.4	1.0	1.0
Ядра	4	4	4	1	1
Память	1 GB	1 GB	512 MB	512 MB	512 MB
Порты USB 2.0	4	4	1	1 micro-USB OTG	1 micro-USB OTG
Проводная сеть	100 MB	300 MB	---	---	---
Wi-Fi	802.11n	802.11ac	802.11ac	802.11n	---
WLAN	150 MB	300 MB	300 MB	150 MB	---
Bluetooth	4.1 LE	4.2 LE	4.2 LE	4.1	---
HDMI	Full	Full	Full	Mini	Mini
Потребление (IDLE), W	1,377	2,295	1,126	0,663	0,510
Потребление (LOAD), W	3,672	5,661	4,108	1,071	0,714
Вес, г	45	45	23	9	9
Размер	85×56×17	85×56×17	67×56×11.5	65×30×5	65×30×5
Цена	\$35	\$35	\$25	\$10	\$5



# Производители Raspberry Pi

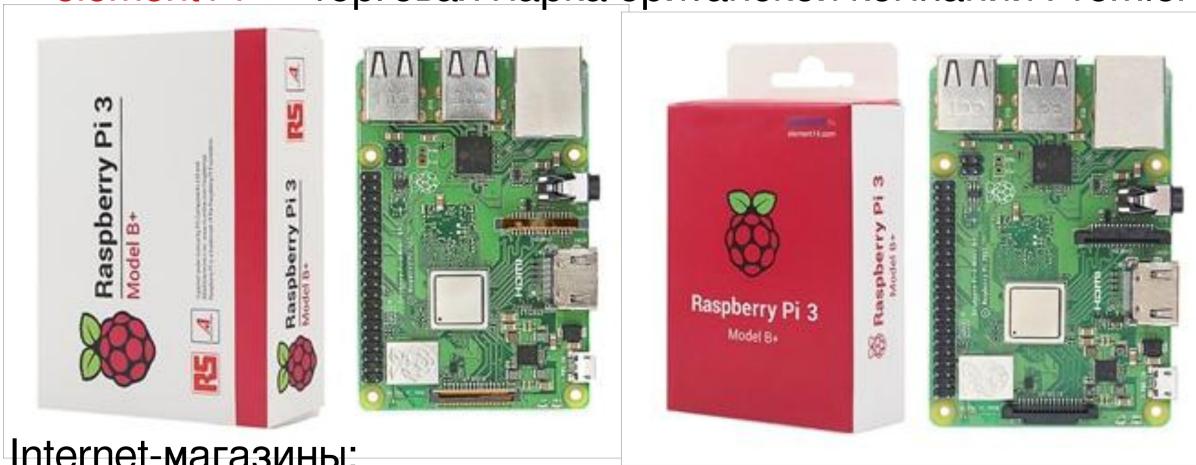


Всё производство контролируется организацией Raspberry Pi Foundation.

В Великобритании **Raspberry Pi** производятся на заводе Sony в Уэльсе: по 15000 штук ежедневно.

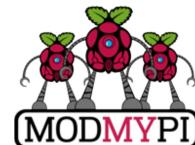
2 официальных торговых посредника (resellers) по продаже **Raspberry Pi**:

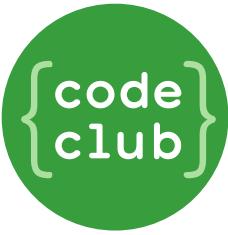
- **RS Components** — британский производитель электроники.
- **element14** — торговая марка британской компании Premier Farnell Ltd.



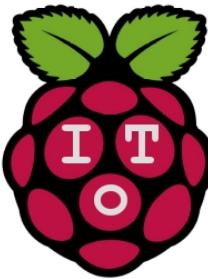
Internet-магазины:

- AliExpress (<https://junroc.ru.aliexpress.com/>) RPi3B+ (\$38=2580 руб. @ 2018.11)
- ModMyPi (<https://www.modmypi.com/>) RPiZW (7.58+5.00=£12.58=1060 руб. @ 2018.11)

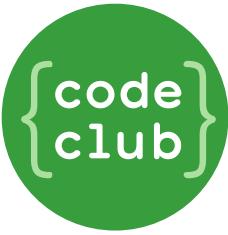




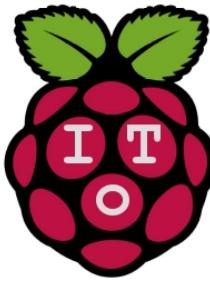
# Ограничения Raspberry Pi



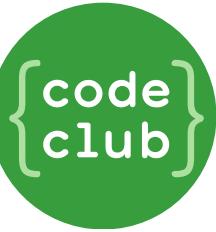
- Нет часов реального времени ← внешний модуль RTC
- Не может обрабатывать аналоговые сигналы ← внешний модуль АЦП (ADC)
- Нет кнопок «Power Off», «Reset» ← внешние кнопки через GPIO
- Нет аудио-входа ← внешний USB-микрофон / подключение через GPIO
- Видео-выходы (HDMI, composite A/V, DSI) не работают одновременно
- Скорость проводной сети ограничена производительностью контроллера USB
- ОС не предполагает работы в режиме real-time
- Нет полного доступа к API для DSP (digital signal processor)
- Описание аппаратной части открыто частично, кроме SoC
- Требуется стабильное напряжение =  $5\text{ V} \pm 25\%$
- При высоких нагрузках может потреблять  $\leq 2.5\text{ A}$
- Уровни логических сигналов на контактах GPIO =  $3.3\text{ V} \pm 5\%$ , а не  $5\text{ V}$
- Суммарный ток 2-х выводов  $3.3\text{ V}$  должен быть  $\leq 50\text{ mA}$  и  $\leq 3\text{ mA}$  с каждого пина
- Суммарный ток 2-х выводов  $5\text{ V}$  должен быть  $\leq 300\text{ mA}$  и  $\leq 16\text{ mA}$  с каждого пина



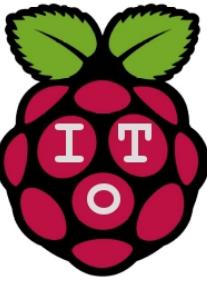
# Достоинства Raspberry Pi 3 B+



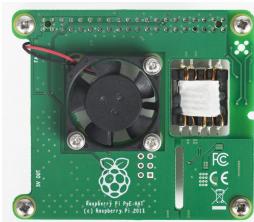
- Есть встроенный датчик температуры (для контроля перегрева SoC и CPU)
- Есть аппаратный генератор случайных чисел (RNG)
- Есть аппаратный сторожевой таймер (watch-dog) для контроля зависаний
- Довольно мощный центральный процессор (CPU): 4 cores @ 1.4 GHz
- Весьма много оперативной памяти (RAM): 1 GB
- Встроенная быстрая беспроводная связь Wi-Fi (5GHz, 802.11c), Bluetooth (4.2, BLE)
- Быстрая проводная сеть: Gigabit Ethernet over USB 2.0, 300 Mbps
- Есть специальный интерфейс CSI для видео-камеры
- Есть отдельный интерфейс DSI для LCD-дисплея
- На GPIO поддерживаются PWM, UART / serial / console / RS-232, SPI, I<sup>2</sup>C / TWI, I<sup>2</sup>S
- GPIO pins могут работать в режиме прерывания
- Может питаться по PoE (Power over Ethernet) через дополнительную плату
- Может загружаться с USB-диска, а не с карты памяти
- Может загружаться по сети Ethernet без карты памяти
- GPU: декодирование H.264, MPEG-4 (1080p30) и кодирование H.264 (1080p30)



# Официальные устройства



Набор для начинающих «**Starter Kit**»



Плата PoE питания по UTP



Жёсткий диск **WD PiDrive**  
(314 GB) Foundation Edition



Монитор 7" 800x480px  
Touchscreen

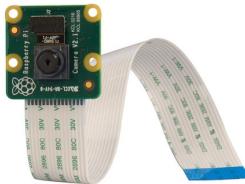
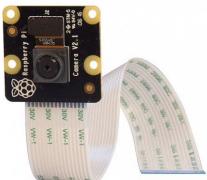
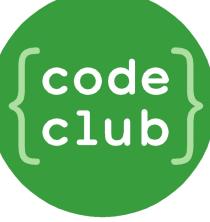


Фото-видеокамера  
**Pi Camera Module v2**



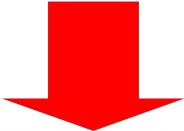
Видеокамера **Pi NoIR v2**  
(ночного видения)



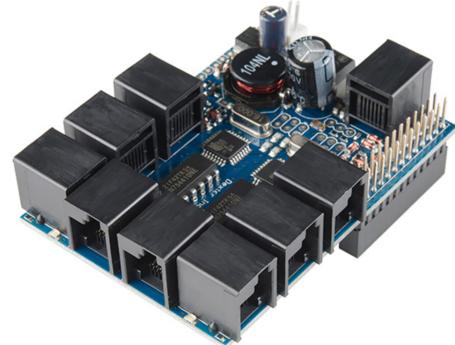
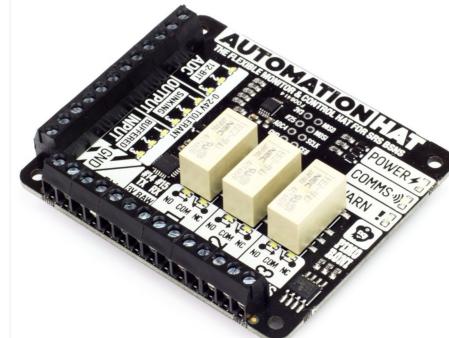
# НАТ = Hardware On Top



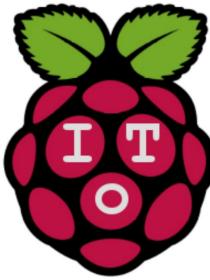
- Sense HAT → AstroPi
- Automation HAT
- Piano HAT
- Traffic HAT
- Weather Station HAT {+Oracle}
- RoboHAT
- GertBot (for robotics) [Gert van Loo]
- GertDuino [Gert van Loo]
- Arduberry (Dexter Industries)
- BrickPi (→ LEGO Mindstorms)
- PiStorms (→ LEGO Mindstorms)
- IOT pHAT (for Pi Zero)
- Enviro pHAT (≈ SenseHAT for Pi Zero)
- MotoZero
- ESP8266 pHAT
- ...

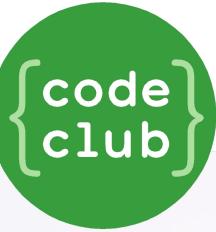


Платы расширения на GPIO

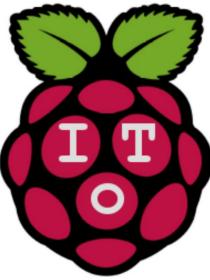


Фактический стандарт для одноплатных компьютеров



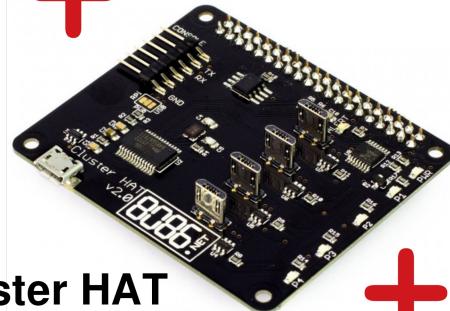


# Cluster HAT



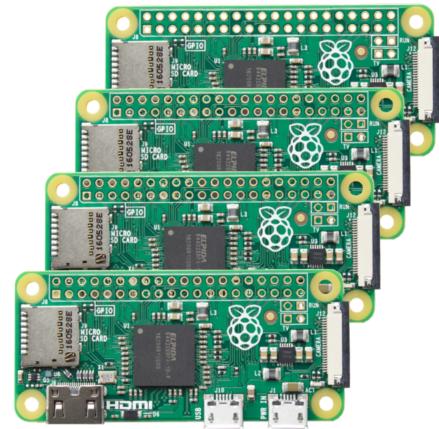
Raspberry Pi 3  
B / B+

+

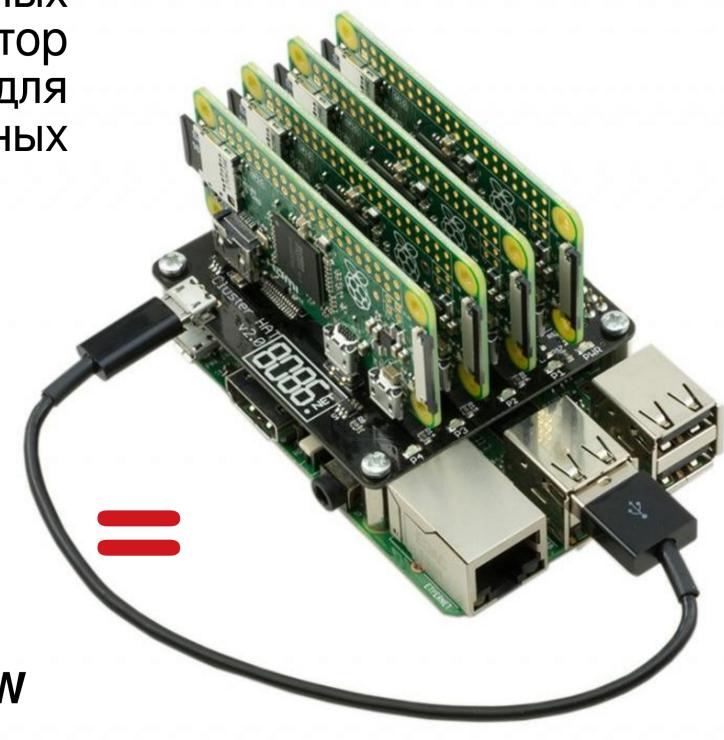


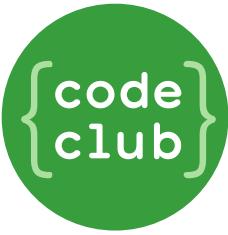
Cluster HAT

+

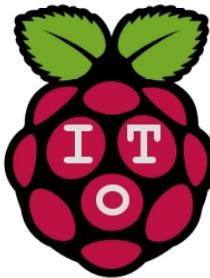


4 x Raspberry Pi Zero / Zero W

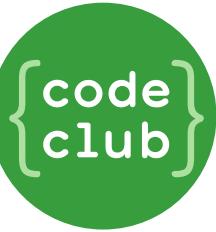




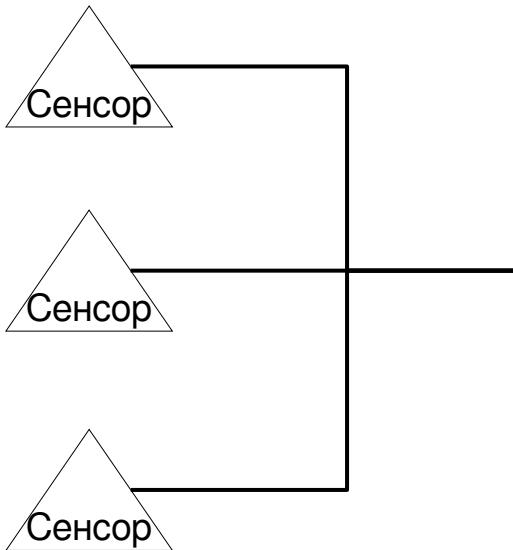
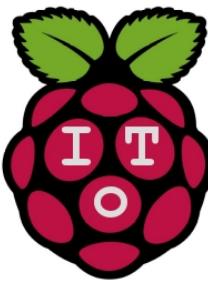
# Raspberry Pi: преимущества для IoT



- Полноценный: универсальный компьютер
- Самодостаточный: ОС + средства разработки + GPIO
- Пригоден для сбора данных и управления: GPIO ← сенсоры / актуаторы
- Компактный: размером с кредитную карту (**Pi 3 Model B+**) и меньше (**Pi Zero W**)
- Недорогой: стабильные цены – \$35 (**Pi 3 Model B+**) и \$10 (**Pi Zero W**)
- Надёжный: ПО не сделает из RasPi «кирпич» ← перезапись microSD-карты
- Энергоэффективный: может работать от power bank
- Имеет встроенные средства связи: Bluetooth, Wi-Fi , проводной Ethernet
- Поддерживает разные ОС: RISC OS, GNU/Linux, \*BSD, Windows 10 IoT
- Разработка на языках: Python, Ruby, Java, Kotlin, C, C++, Perl, Pascal, bash, ...
- На **Raspberry Pi** можно вести разработку программ для **Arduino** ← IDE
- Может применяться как управляющие и управляемые узлы в сети IoT
- Есть возможность подключать память для накопления данных ← USB-диски

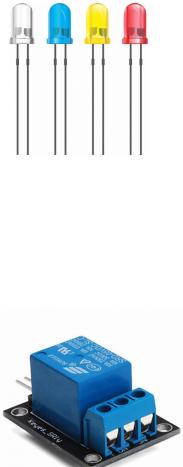
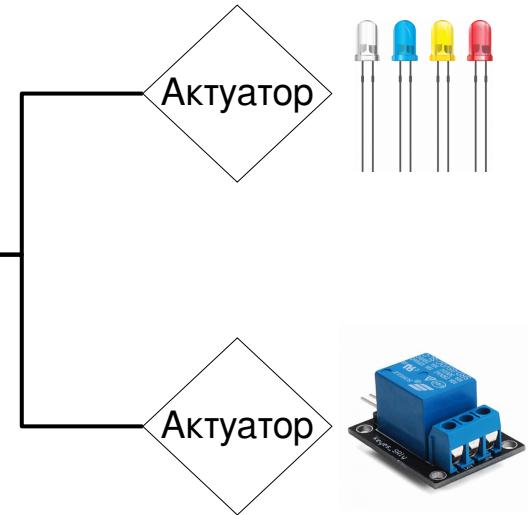


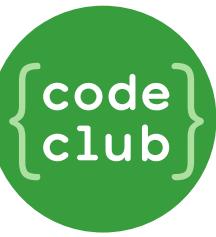
# Варианты применения: всё в одном



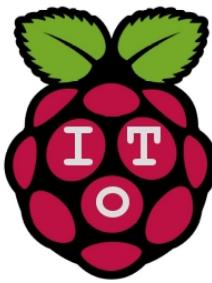
RPi 3 B+

Обучение,  
эксперименты  
разработка программ,  
тестирование,  
работа (эксплуатация)





# Варианты применения: клиент–сервер



Разработка программ,  
тестирование

Сервер: сбор измерений, управление

Wi-Fi



Pi Zero W

Клиент: измерение, действия

Wi-Fi



Pi Zero W

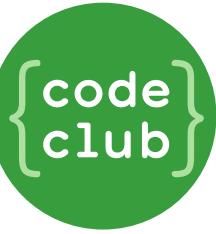
Сенсор

Актуатор

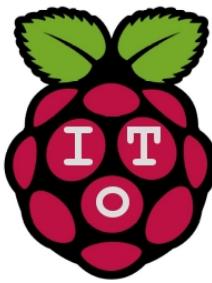
Сенсор

Актуатор

Сенсор



# Варианты применения: сервер + клиенты



Pi 3 B+  
Разработка программ,  
тестирование

Сервер: сбор измерений, управление

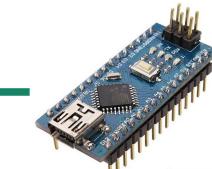
Wi-Fi



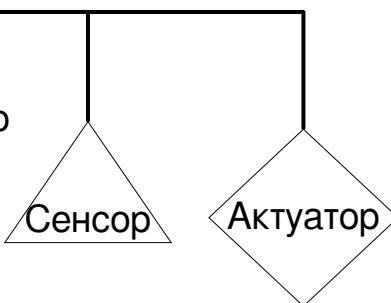
Pi Zero W

Клиент: измерение, действия

USB



Arduino Nano



Сенсор

Актуатор

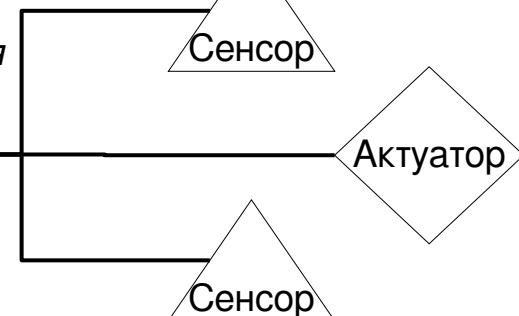
Сенсор

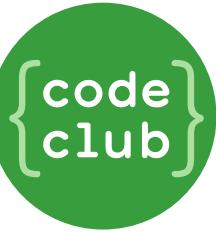
Клиент: измерение, действия

Wi-Fi

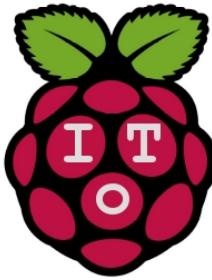


ESP8266

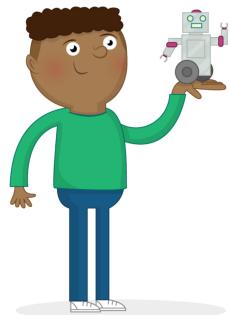


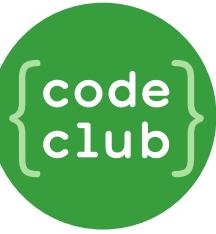


# Варианты применения: что ещё?

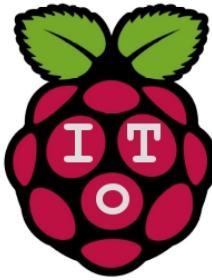


*Какие ещё варианты  
вы можете предложить?*





# Варианты применения: а вот что!



- Носимый компьютер + носимые датчики.
- Мобильный маршрутизатор + точка доступа Wi-Fi.
- ...