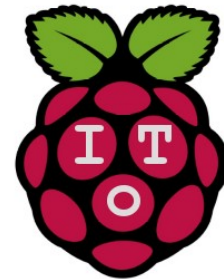


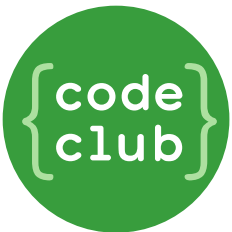
# Internet of Things



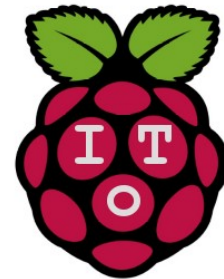
## Электропитание

Шадринск  
2018-2019

*М. В. Шохирев*

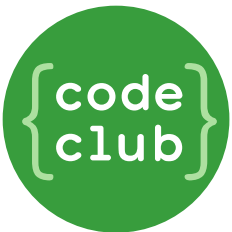


# Электропитание в IoT

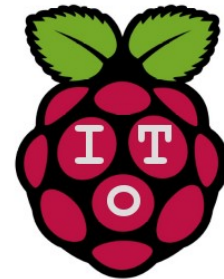


Особенности **IoT** диктуют особые требования к электропитанию:

- он основан на сетевом взаимодействии устройств;
- сети в проектах **IoT** преимущественно беспроводные;
- беспроводная связь требует дополнительных энергозатрат;
- подключаемые устройства часто должны работать непрерывно при сбоях в электроснабжении;
- многие устройства должны работать в местах, где нет сети электропитания.



# Питание Raspberry Pi

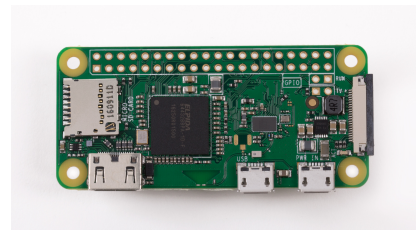
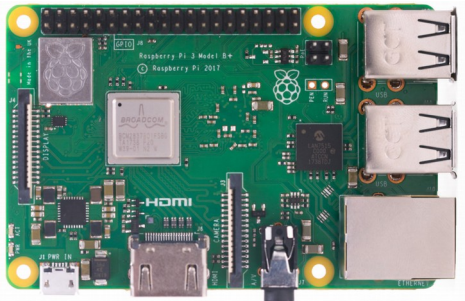


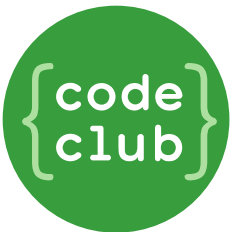
По технической спецификации **Raspberry Pi** для электропитания требует стабильного напряжения 5V ( $\pm 25\%$ ).

Нужен стабилизированный источник питания с напряжением не более 5.2V и достаточной силой тока.

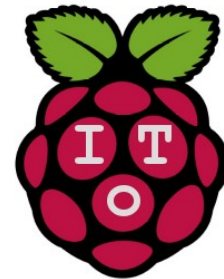
5.5V считается критическим питанием по вольтажу, 6V — вообще недопустимо!  
4.63V — недостаточное напряжением, когда выдаётся предупреждение.

**Raspberry Pi Zero** может работать от напряжения 3.7V, но при минимальном энергопотреблении.



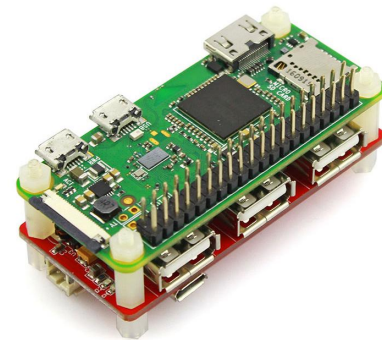
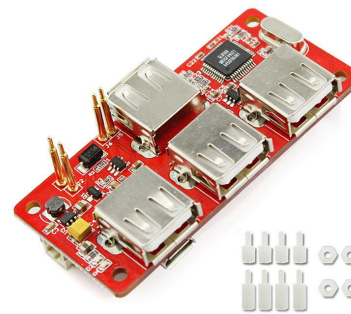
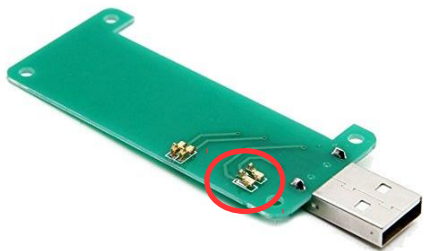
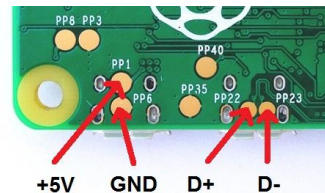


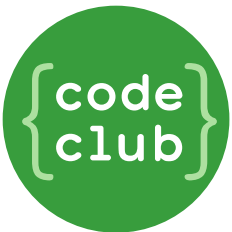
# Подключение питания



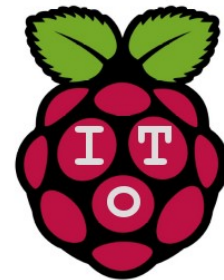
Запитать **Raspberry Pi** можно несколькими способами:

- Через разъём microUSB.
- Через разъём microUSB-OTG (только **Raspberry Pi Zero**).
- Через физические контакты GPIO: +5V (2,4) и GND (6,9,14,20,25,30,34,39) — HAT.
- Через точки подключения "testing pads"/"test points" —  
на **Raspberry Pi Zero**: +5V (PP1) и GND (PP5,6);  
на **Raspberry Pi 3**: +5V (PP1,2) и GND (PP3,4,5,6).



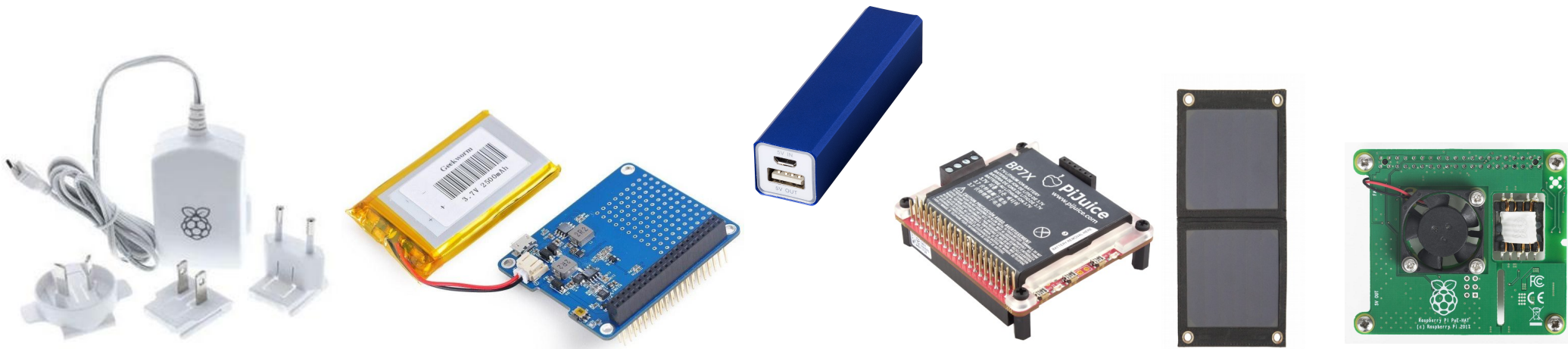


# Источники питания

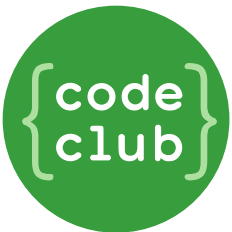


Для **Raspberry Pi** пригодны разные источники питания:

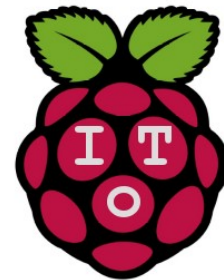
- Источник питания (power supply unit) на 5.1V / 2.5A с разъёмом microUSB.
- Power Bank (обычно с батареями 18650) и выходом USB на 5V.
- PowerHAT с Li-Po батареей, PiJuice HAT с Li-Po батареей и солнечными панелями.
- PoE HAT (Power over Ethernet).
- Батарея постоянного тока на 12V..9V с понижающим преобразователем до 5V.
- Батарея постоянного тока на 1.5V..3.7V с повышающим преобразователем до 5V.





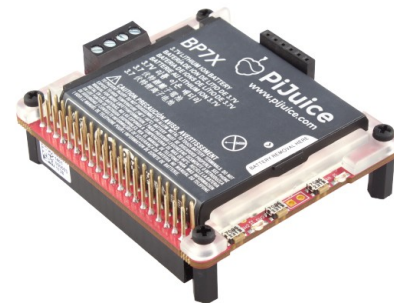
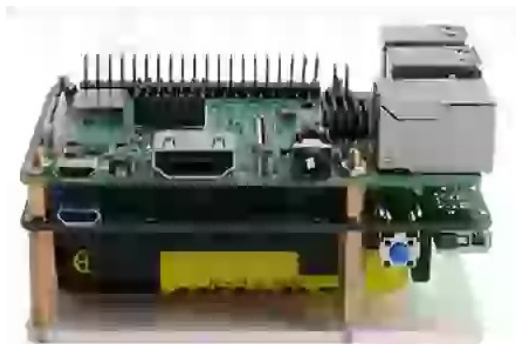


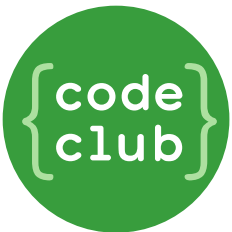
# Автономное питание



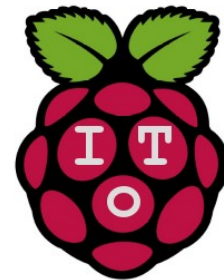
Для автономного электропитания **Raspberry Pi**, можно применять батареи, аккумуляторы с платами защиты и преобразования напряжения:

- 18650 UPS Power Supply Device (с подключением через GPIO / testing pads) с 2-мя батареями 3.7V;
- Li-ion Battery HAT с батареей AA 1.5V;
- PowerHAT с Li-Po с батареей 3.7V;
- PiJuice HAT с Li-Po батареей 3.7V и солнечными панелями;
- Power Bank с выходом на 5V и подключением по кабелю USB-microUSB.



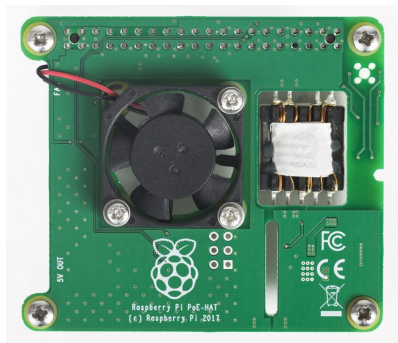


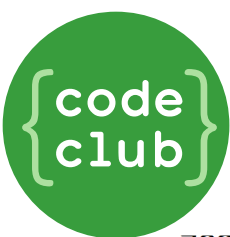
# Удалённое питание



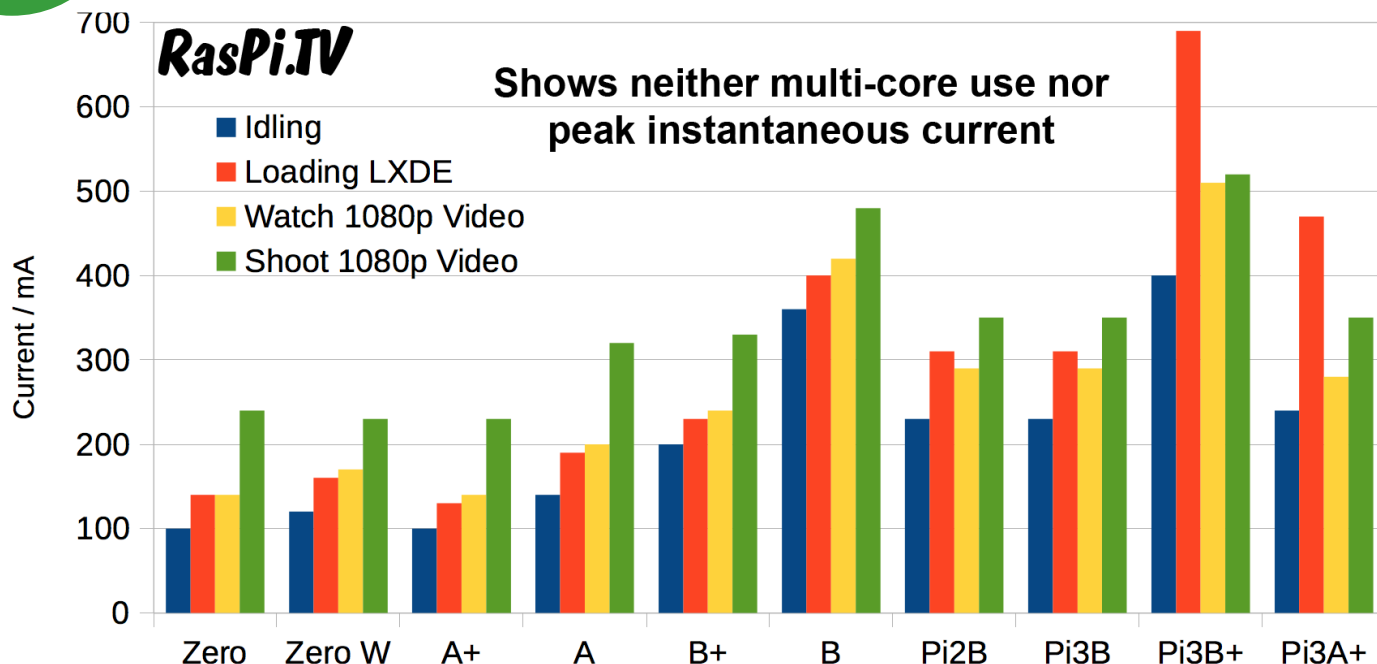
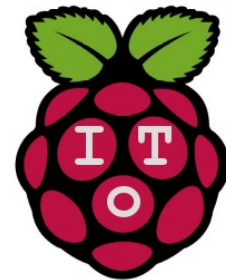
Когда **Raspberry Pi** расположена в труднодоступном месте, где нет сети электропитания, а заменять батарею неудобно, но есть проводное подключение по сети Ethernet, то можно организовать электропитание с помощью технологии **PoE** (Power over Ethernet):

- Official Raspberry Pi PoE HAT для Raspberry Pi 3 Model B+;
- Pi PoE Switch HAT для Raspberry Pi до Model B+;
- PoE Passive Splitter Power Cables: разветвители для передачи по кабелю UTP электропитания и данных.





# Энергопотребление RPi

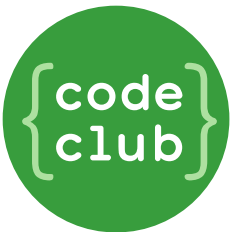


	Zero	Zero W	A+	A	B+	B	Pi2B	Pi3B	Pi3B+	Pi3A+
	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA
Idling	100	120	100	140	200	360	230	230	400	240
Loading LXDE	140	160	130	190	230	400	310	310	690	470
Watch 1080p Video	140	170	140	200	240	420	290	290	510	280
Shoot 1080p Video	240	230	230	320	330	480	350	350	520	350

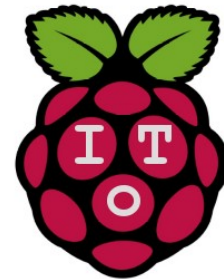
Минимальное (без нагрузки), среднее, пиковое потребление нужно знать:

- для подбора правильного источника питания;
- для вычисления времени работы **Raspberry Pi** от батареи;
- для оценки возможности питания устройств от **Raspberry Pi**.





# Питание от GPIO



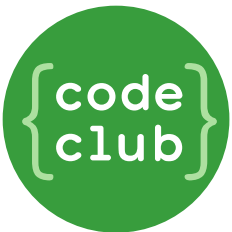
**GPIO** может обеспечивать питание рецепторов (сенсоров) и эффекторов (актуаторов).

Физические номера контактов **GPIO**:

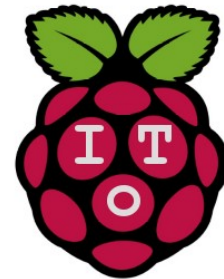
- +5 V (2, 4);
- +3.3 V (1, 17);
- -0 / GND (6, 9, 14, 20, 25, 30, 34, 39).

Ограничения для питания от **GPIO**:

- Уровни логических сигналов на контактах GPIO = 3.3 V  $\pm$  5%, а не 5V.
- Суммарный ток 2-х выводов 3.3 V должен быть  $\leq$  50 mA и  $\leq$  3 mA с каждого контакта.
- Суммарный ток 2-х выводов 5 V должен быть  $\leq$  300 mA и  $\leq$  16 mA с каждого контакта.



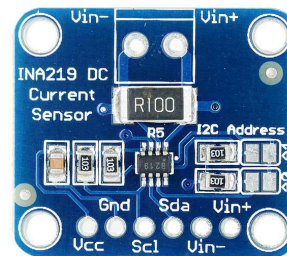
# Контроль питания

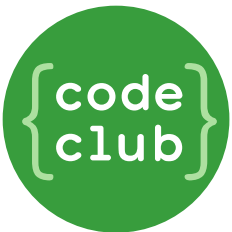


Для стабильной работы узлов IoT на основе **Raspberry Pi** желательно программно контролировать качество электропитания: входное напряжение (V), силу тока (A), потребляемую мощность (W). Такой контроль особенно важен при работе от батареи.

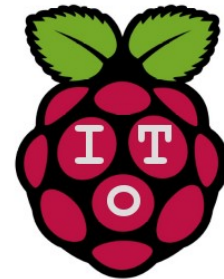
Для контроля электропитания можно применять сенсор напряжения и тока INA219 (GY-219), подключаемый по I<sup>2</sup>C, который измеряет напряжения до 26 V и токи до 3,2 A.

Сигнал с шунта и с входного напряжения попеременно через переключатель подается на усилитель, затем на АЦП, после значения напряжения складываются в регистр напряжения, значения тока — в регистр тока. Произведение двух значений — в регистр мощности. Далее по интерфейсу IIC все это отдается в ответ на запрос.



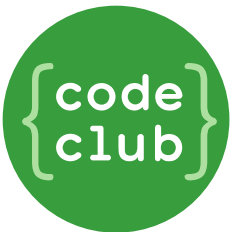


# Экономия энергии

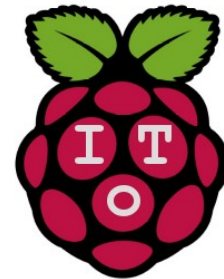


Сэкономить электроэнергию можно, снизив энергозатраты устройства:

- оптимизировать работу выполняющихся программ;
- приостанавливать необязательные процессы;
- минимизировать количество устройств, запитанных от **Raspberry Pi**, (запитывать их от других источников питания);
- переводить устройство в режим энергосбережения;
- временно отключать устройство и включать его по необходимости;
- переводить устройство в дежурный режим (standby mode);
- выводить устройство из standby mode сигналом по сети (Wake On LAN);
- ограничивать функциональность при низком уровне заряда батареи;



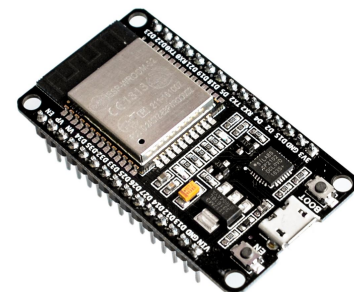
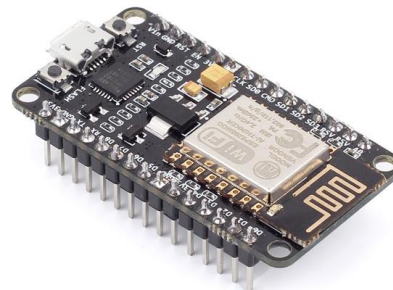
# Питание MCU

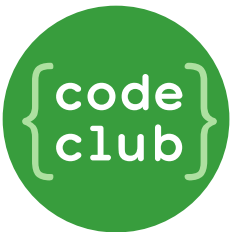


Для электропитания микроконтроллеров (MCU), которые часто применяются в проектах **IoT**, можно применить большинство упомянутых способов.

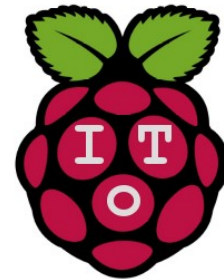
Требования к электропитанию MCU:

- Arduino: 5V .. 12V;
  - Arduino Nano V3: 5V DC @ microUSB;
- ESP8266: 2.2V .. 3.6V;
  - модуль ESP-12E «NodeMCU»: 5V DC @ microUSB;
- ESP32: 2.3V .. 3.6V;
  - модуль ESP-32 WROOM-03 Development Board: 5V DC @ microUSB;





# Источники



## Ссылки на Интернет-ресурсы:

- 10 Ways to Power your Raspberry Pi
- How do I power my Raspberry Pi?
- How Much Power does Raspberry Pi 3A+ plus Use?
- 2 полезных платы электропитания Raspberry Pi Zero
- Understanding the standard connectors and test points