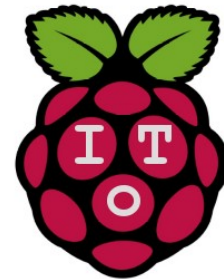


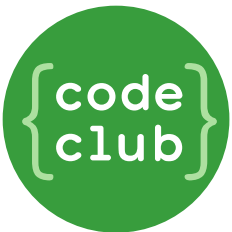
Internet of Things



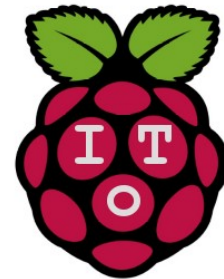
Электропитание устройств IoT

Шадринск
2018-2019

М. В. Шохирев

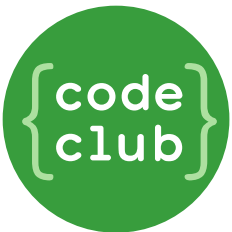


Электропитание в IoT

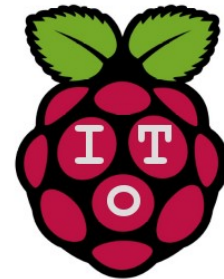


Особенности **IoT** определяют особые требования к электропитанию:

- работа основана на сетевом взаимодействии устройств;
- сети в проектах **IoT** преимущественно беспроводные;
- беспроводная связь требует дополнительных энергозатрат;
- устройства питаются от источников постоянного тока (DC);
- устройства должны работать автономно без обслуживания человеком;
- подключаемые устройства часто должны работать непрерывно при сбоях в электроснабжении;
- устройства должны автоматически возобновлять работу при появлении электропитания после сбоя или при зависании;
- многие устройства должны работать в местах, где нет сети электропитания;



Питание Raspberry Pi

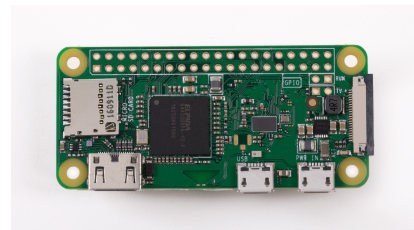
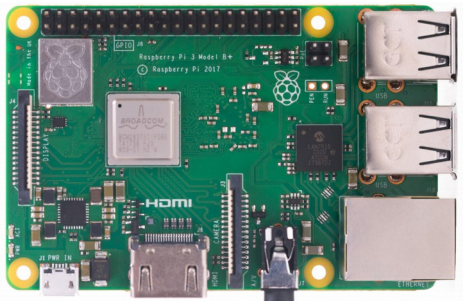


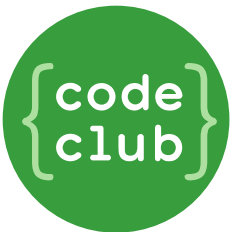
По технической спецификации **Raspberry Pi** для электропитания требует стабильного напряжения $5V (\pm 25\%)$.

Нужно использовать стабилизированный источник питания с напряжением не более $5.2V$ и достаточной силой тока.

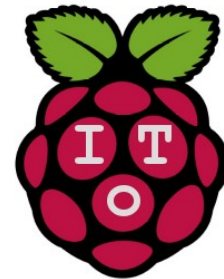
$5.5V$ считается критическим питанием по вольтажу, $6V$ — вообще недопустимо!
 $4.63V$ — недостаточное напряжением, когда выдаётся предупреждение.

При минимальном энергопотреблении **Raspberry Pi Zero** может работать от батареи Li-Po с напряжением $3.7V$.



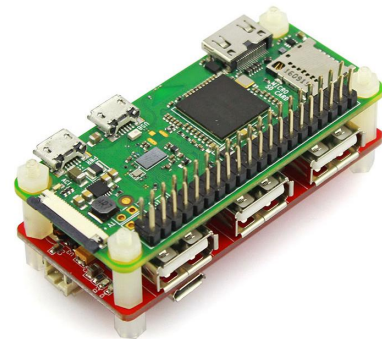
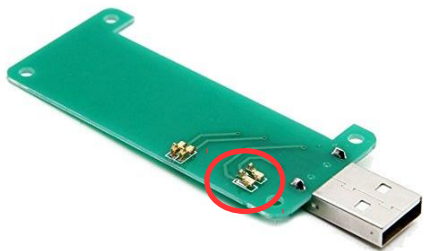
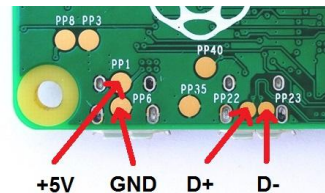


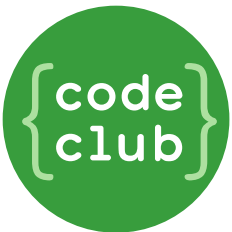
Подключение питания



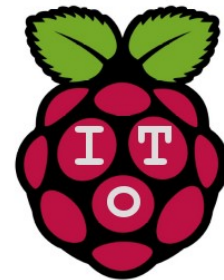
Запитать **Raspberry Pi** можно несколькими способами:

- Через разъём питания 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] — так подключаются *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).



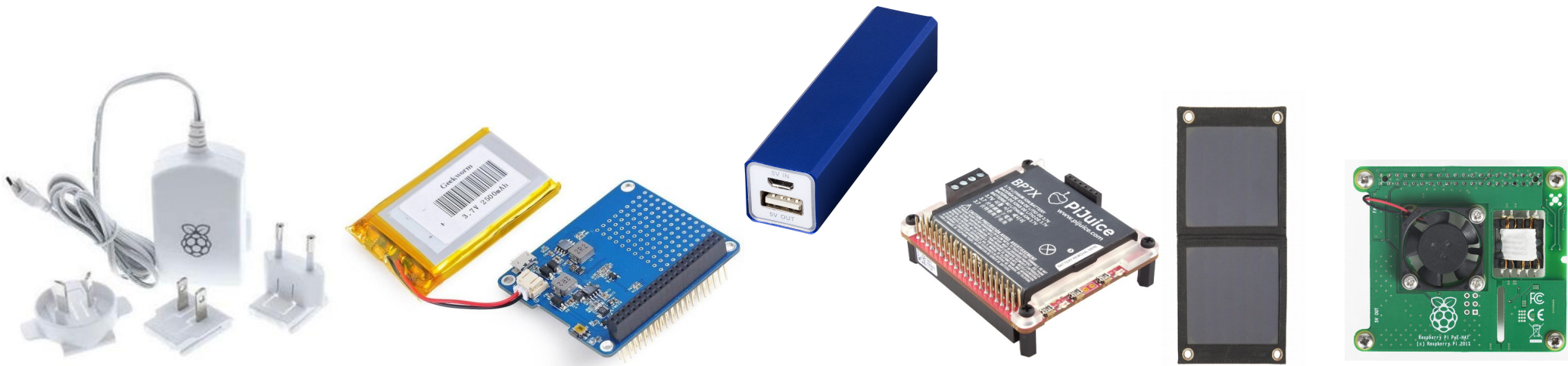


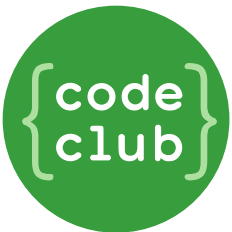
Источники питания



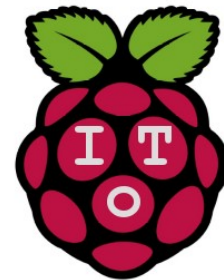
Для **Raspberry Pi** пригодны разные источники питания:

- Источник питания от сети AC (power supply unit) с выходом 5.1V / 2.5A по 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.



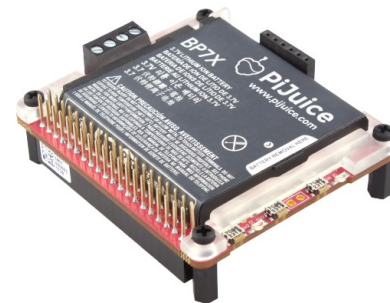
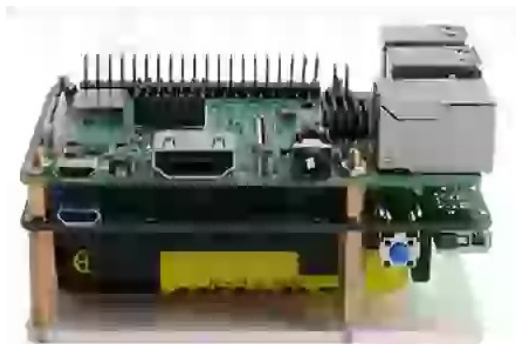


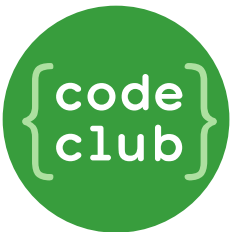
Автономное питание



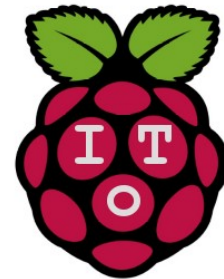
Для автономного электропитания **Raspberry Pi**, можно применять батареи и аккумуляторы с платами защиты и преобразования напряжения:

- 18650 UPS Power Supply Device (с подключением через GPIO / testing pads) с 2-мя батареями 18650 по 3.7V;
- Li-ion Battery HAT с батареей AA 1.5V или аккумулятором AA 1.2V;
- 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.





Аккумуляторы

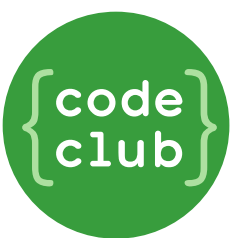


Для автономного электропитания применяются батареи, часто аккумуляторы:

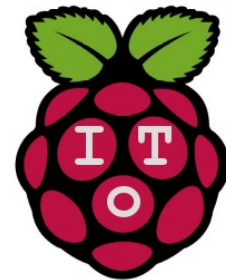
Тип	Обозначение	Типоразмер	Напряжение	Ёмкость, mAh
NiMH, NiCd	2400/HR03	AAA	1.2V	540..1300
NiMH, NiCd	14500/HR06	AA	1.2V	600..3500
LiIo	18650	168A	3.7V	2200..3600
NiMH, LiIo	1604 "Крона"	PP3	7.4..8.4V	100..700
Pb	VRLA	(для ИБП)	12V	7000
Cells («банки»):				
LiPo	1S		3.7V	70..750
LiPo	2S		7.4V	..10000
LiPo	3S		11.1V	
LiPo	4S		14.8V	

Размер батарей LiPo зависит от их ёмкости: больше ёмкость → больше размер.

Для зарядки каждого вида аккумуляторов нужно **обязательно** применять совместимое зарядное устройство!



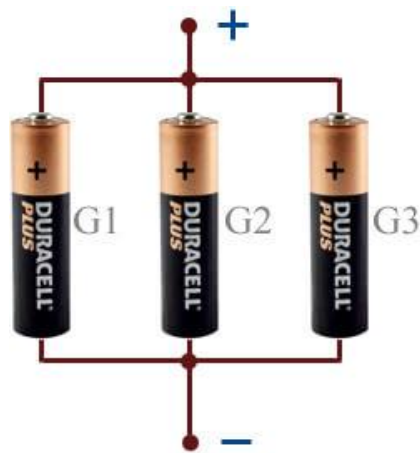
Соединение элементов питания



Параллельное соединение батарей:

- общее напряжение = напряжению одного элемента питания;
- разрядный ток = сумме токов всех элементов питания.

Для 3-х AA (1.5V, 7.5mA при сопротивлении нагрузки 200Ohm) разрядный ток составной батареи составит $3 * 7,5 = 22,5$ mA при напряжении 1.5V.



Последовательное соединение батарей:

- общее напряжение = сумме напряжений всех элементов питания;
- разрядный ток составной батареи = значение для одного элемента питания.

Для 3-х AA (1.5V, 7.5mA при сопротивлении нагрузки 200Ohm) разрядный ток составной батареи составит 7.5mA при суммарном напряжении $3 * 1.5 = 4.5V$.



Составные батареи собираются из одинаковых элементов питания.

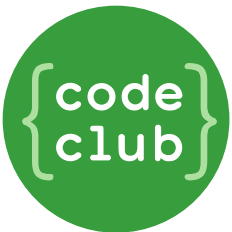
Смешанное соединение батарей:

Смешанное соединение батарей:

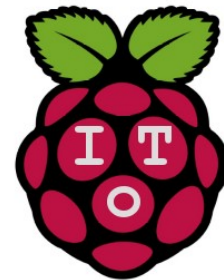
- общее напряжение = сумме напряжений элементов одного плеча (цепочки элементов питания) составной батареи;
- разрядный ток = сумме токов всех плечей (цепочек элементов питания) составной батареи.

6 AA (1.5V, 7.5mA при сопротивлении нагрузки 200Ohm) обеспечит напряжение $3 * 1.5 = 4.5V$ и разрядный ток $2 * 7.5 = 15mA$.



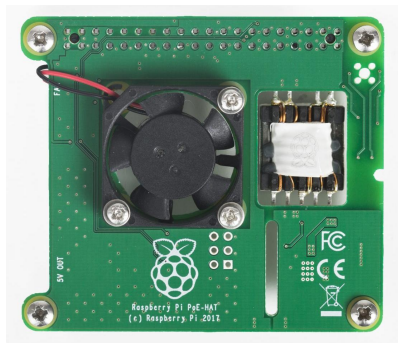


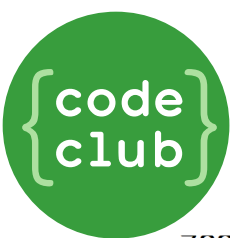
Удалённое питание



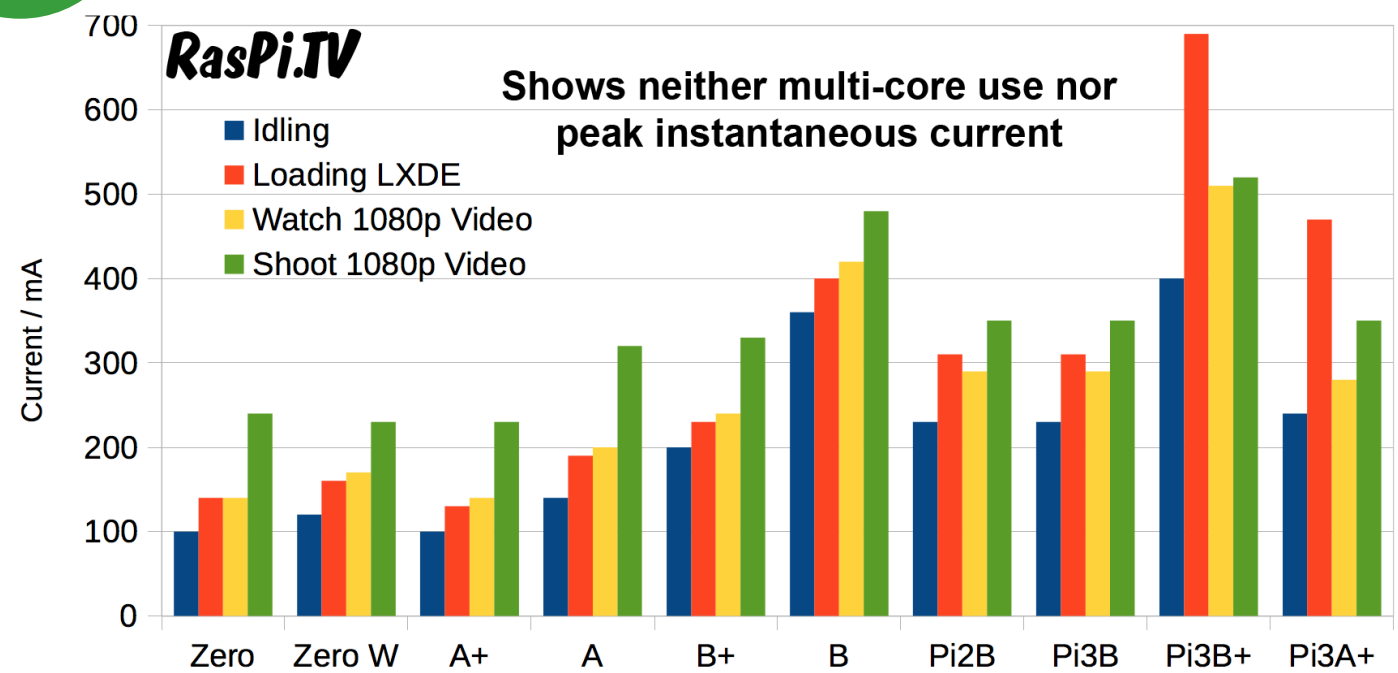
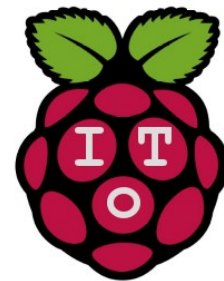
Когда **Raspberry Pi** расположена в труднодоступном месте, где нет сети электропитания, а заменять батарею неудобно, но есть проводное подключение по сети Ethernet, то можно организовать дистанционное электропитание с помощью технологии **PoE** (Power over Ethernet) по кабелю «витая пара» (UTP):

- 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.





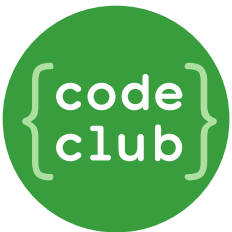
Энергопотребление RPi



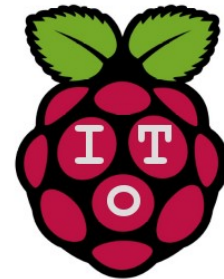
	Zero	Zero W	A+	A	B+	B	Pi2B	Pi3B	Pi3B+	Pi3A+
	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA
Idling	100	120	100	140	200	360	230	230	400	240
Loading LXDE	140	160	130	190	230	400	310	310	690	470
Watch 1080p Video	140	170	140	200	240	420	290	290	510	280
Shoot 1080p Video	240	230	230	320	330	480	350	350	520	350

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



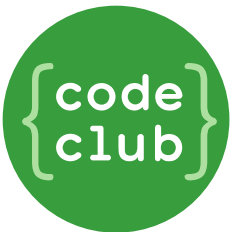
Raspberry Pi через **GPIO** может обеспечивать питание рецепторов (сенсоров) и эффекторов (актуаторов).

Физические номера контактов **GPIO** для питания:

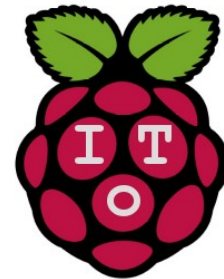
- +5 V [2, 4];
- +3.3 V [1, 17];
- -0 / GND [6, 9, 14, 20, 25, 30, 34, 39].

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.



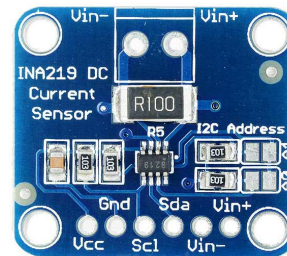
Контроль питания

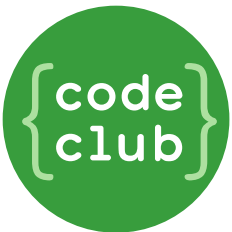


Для стабильной работы узлов IoT на основе **Raspberry Pi** желательно программно контролировать качество электропитания: входное напряжение (V), силу тока (A), потребляемую мощность (W). Такой контроль особенно важен при работе от батареи.

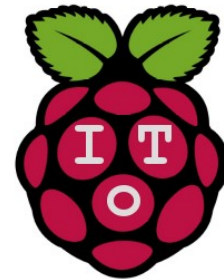
Для контроля электропитания можно применять сенсор напряжения и тока **INA219** (GY-219), подключаемый по I²C, который измеряет напряжения до 26V и токи до 3,2A.

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.





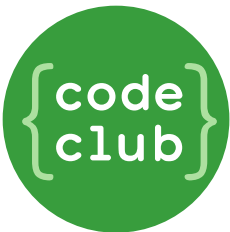
Экономия энергии



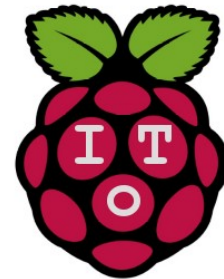
Сэкономить электроэнергию можно, снизив энергозатраты устройства:

- 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;
- ограничивать функциональность при низком уровне заряда батареи;
- временно отключать устройство и включать его по необходимости;
- переводить устройство в дежурный режим (stanby mode);
- выводить устройство из stanby mode сигналом по сети (Wake On LAN);

Не все способы возможно применить без дополнительного оборудования.



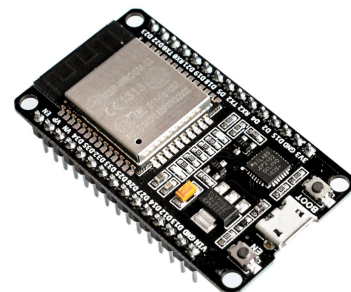
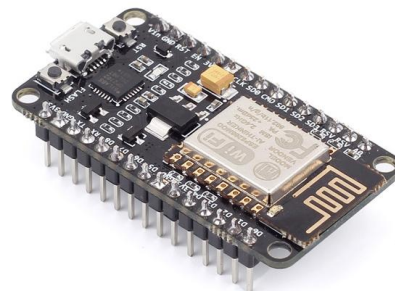
Питание MCU

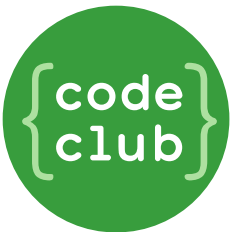


Для электропитания микроконтроллеров (MCU), которые часто применяются в проектах **IoT**, можно применить большинство упомянутых способов.

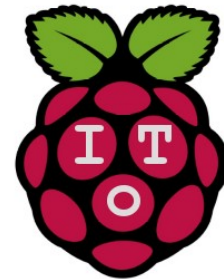
Требования к электропитанию MCU:

- 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
- Способы соединения элементов питания