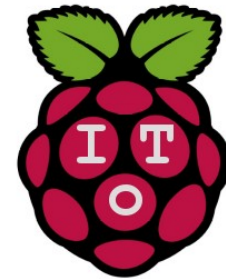




# Internet of Things



Общение с внешним миром  
через **GPIO**

Шадринск  
2018-2019

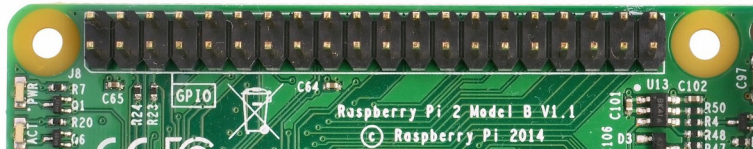
*М. В. Шохирев*



# GPIO =

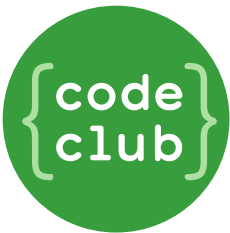


## ВВОД-ВЫВОД общего назначения

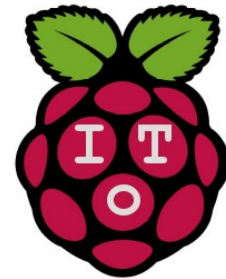


**GPIO** — это то, чем отличаются одноплатные компьютеры (SBC), подобные **Raspberry Pi**, от обычных компьютеров: к контактам **GPIO** можно **подключать проводами внешние устройства**: *датчики*, чтобы считывать с них данные, и *аппараты*, чтобы управлять ими.

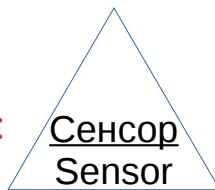
На программном взаимодействии (physical computing) с внешним миром с помощью **GPIO** основано применение **Raspberry Pi** в проектах **IoT**.



# Рецепторы и эффекторы



Рецепторы / сенсоры



**«Органы чувств» – приборы, с которых можно получать данные об окружающем мире.**

Датчики или детекторы, чтобы считывать с них данные:

кнопка, джойстик, потенциометр, реостат, вольтметр, часы, таймер, термометр, барометр, гигрометр, флюгер, анемометр, спидометр, тахометр, магнетометр, акселерометр, гироскоп, газоанализатор, компас, спутниковый навигатор, микрофон, RFID-считыватель, фото/видео-камера, ...

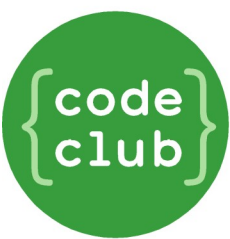
Актуатор  
Actuator

Эффекторы / актуаторы

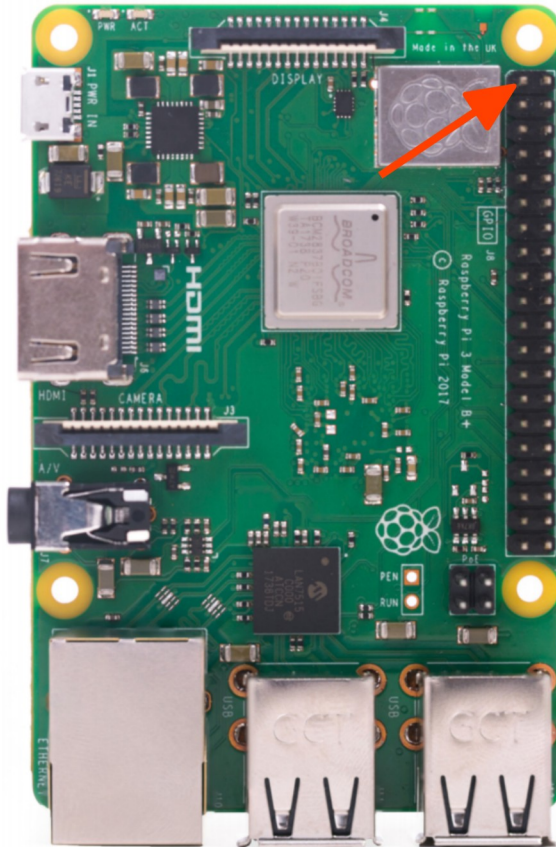
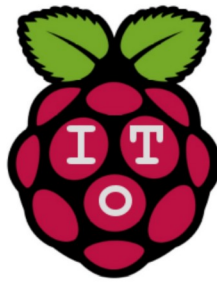
**«Органы действий» – внешние устройства, выполняющие полезные действия.**

Самые разные устройства, которыми можно программно управлять - включать и выключать питание, посылать команды (сигналы) и данные по разным физическим и логическим протоколам:

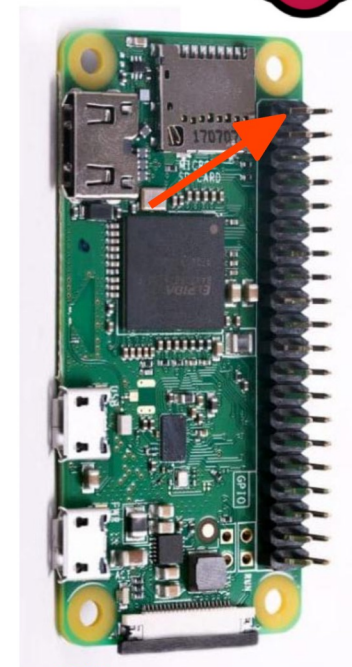
реле, переключатели, соленоиды, контроллеры, двигатели (DC, servo, stepper), светодиод(ные матриц)ы, лазерные излучатели, дисплеи, динамики, ...



# GPIO = General Purpose Input/Output

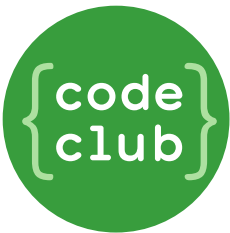


1. +3.3 V DC Power	2. +5 V DC Power
3. GPIO 2 (SDA)	4. +5 V DC Power
5. GPIO 3 (SCL)	6. Ground
7. GPIO 4 (GPICLK0)	8. GPIO 14 (TXD)
9. Ground	10. GPIO 15 (RXD)
11. GPIO 17	12. GPIO 18 (PCM_C)
13. GPIO 27 (PCM_D)	14. Ground
15. GPIO 22	16. GPIO 23
17. +3.3 V DC Power	18. GPIO 24
19. GPIO 10 (MOSI)	20. Ground
21. GPIO 9 (MISO)	22. GPIO 25
23. GPIO 11 (CLK)	24. GPIO 8 (CE0)
25. Ground	26. GPIO 7 (CE1)
27. ID_SD	28. ID_SC
29. GPIO 5	30. Ground
31. GPIO 6	32. GPIO 12
33. GPIO 13	34. Ground
35. GPIO19 (MISO)	36. GPIO 16
37. GPIO 26	38. GPIO 20 (MOSI)
39. Ground	40. GPIO 21 (SCLK)

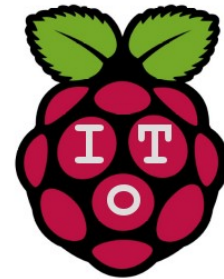


+5V  
+3.3V  
Ground  
I<sup>2</sup>C  
1-wire  
SPI

→  
Pin № 1

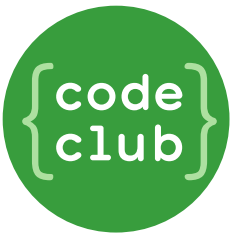


# GPIO: характеристики

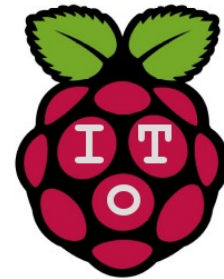


**GPIO** ~ ввод-вывод общего назначения:

- 40 контактов (pins)
- 2 вида контактов:
  - питание DC (+3.3V, +5V, -0 / GND)
  - сигнальные (логические)
- **Логические контакты могут быть в 2-х состояниях:**
  - **IN** (режим чтения) — можно *считывать* их состояния
  - **OUT** (режим записи) — можно *устанавливать* их состояния
- **Значения на логических контактах:**
  - **HIGH** = 3.3V  $\sim$  1 = да = True = истина = включено
  - **LOW** = 0V  $\sim$  0 = нет = False = ложь = выключено
- Уровни логических сигналов на контактах GPIO = 3.3 V  $\pm$  5%, а не 5 V
- Суммарный ток 2-х выводов 3.3 V должен быть  $\leq$  50 mA и  $\leq$  3 mA с каждого пина
- Суммарный ток 2-х выводов 5 V должен быть  $\leq$  300 mA и  $\leq$  16 mA с каждого пина
- Протоколы / интерфейсы / шины:
  - UART / serial / RS-232
  - SPI
  - I<sup>2</sup>C / TWI
  - I<sup>2</sup>S
- Поддержка подключения плат расширения **HAТ** (= Hardware Attached on Top)
- Поддержка Remote GPIO (pigpio daemon)



# GPIO: СОСТОЯНИЯ

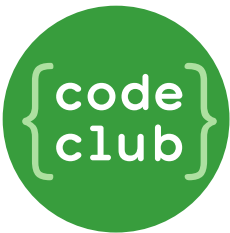


Взаимодействие с физическими объектами происходит через логические контакты (pins) **GPIO**:

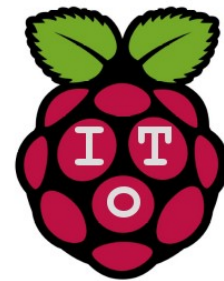
- **Логические контакты могут быть в 2-х состояниях:**
  - **IN** (режим чтения) — можно *считывать* их состояния
  - **OUT** (режим записи) — можно *устанавливать* их состояния
- **Значения на логических контактах:**
  - **HIGH** = 3.3V  $\sim$  1 = да = True = истина = включено
  - **LOW** = 0V  $\sim$  0 = нет = False = ложь = выключено

Уровни логических сигналов на контактах GPIO = 3.3 V  $\pm$  5%, а не 5 V, поэтому для устройств 5-вольтовой логикой нужен конвертер уровней сигналов.





# GPIO: нумерация



Нумерация  
платы  
(board)  
Broadcom  
(BCM)

Нумерация  
библиотеки  
wiringPi  
{wPi}

Физическое  
расположение  
на Raspberry Pi  
[phy]

Raspberry Pi GPIO Header

BCM	WiringPi	Name	Physical	Name	WiringPi	BCM	
		3.3v	1	2	5v		
2	8	SDA.1	3	4	5V		
3	9	SCL.1	5	6	0v		
4	7	1-Wire	7	8	TxD	15	14
		0v	9	10	RxD	16	15
17	0	GPIO. 0	11	12	GPIO. 1	1	18
27	2	GPIO. 2	13	14	0v		
22	3	GPIO. 3	15	16	GPIO. 4	4	23
		3.3v	17	18	GPIO. 5	5	24
10	12	MOSI	19	20	0v		
9	13	MISO	21	22	GPIO. 6	6	25
11	14	SCLK	23	24	CE0	10	8
		0v	25	26	CE1	11	7
0	30	SDA.0	27	28	SCL.0	31	1
5	21	GPIO.21	29	30	0v		
6	22	GPIO.22	31	32	GPIO.26	26	12
13	23	GPIO.23	33	34	0v		
19	24	GPIO.24	35	36	GPIO.27	27	16
26	25	GPIO.25	37	38	GPIO.28	28	20
		0v	39	40	GPIO.29	29	21
BCM	WiringPi	Name	Physical	Name	WiringPi	BCM	

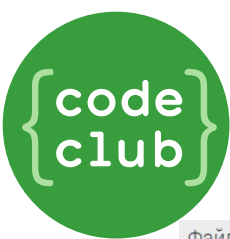
В разных примерах один и тот же контакт может нумероваться по-разному, например, так:

(10) BCM  
{12} wiringPi  
[19] Physical

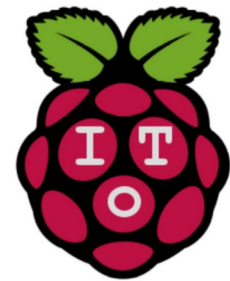
Pin № 1 находится на том конце GPIO, который ближе к карте памяти, в левом верхнем углу.





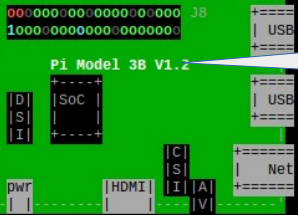


# pinout



Файл Правка Вкладки Справка

```
pi@Pi06:~/lib/ruby-iot/lib $ pinout
```



Revision : a22082  
SoC : BCM2837  
RAM : 1024Mb  
Storage : MicroSD  
USB ports : 4 (excluding power)  
Ethernet ports : 1  
Wi-fi : True  
Bluetooth : True  
Camera ports (CSI) : 1  
Display ports (DSI) : 1

J8:

3V3	(1)	(2)	5V
GPI02	(3)	(4)	5V
GPI03	(5)	(6)	GND
GPI04	(7)	(8)	GPI014
GND	(9)	(10)	GPI015
GPI017	(11)	(12)	GPI018
GPI027	(13)	(14)	GND
GPI022	(15)	(16)	GPI023
3V3	(17)	(18)	GPI024
GPI010	(19)	(20)	GND
GPI09	(21)	(22)	GPI025
GPI011	(23)	(24)	GPI08
GND	(25)	(26)	GPI07
GPI00	(27)	(28)	GPI01
GPI05	(29)	(30)	GND
GPI06	(31)	(32)	GPI012
GPI013	(33)	(34)	GND
GPI019	(35)	(36)	GPI016
GPI026	(37)	(38)	GPI020
GND	(39)	(40)	GPI021

For further information, please refer to <https://pinout.xyz/>

```
pi@Pi06:~/lib/ruby-iot/lib $
```

Схема  
системной платы  
Raspberry Pi

Информация  
о «железе»  
Raspberry Pi

Схема контактов  
на «ребёнке»  
GPIO

```
-----  
| 00000000000000000000 J8 |  
| 10000000000000000000 |c |  
---+---+ PiZero |s |  
sd| SoC| V1.3 |i |  
---+ hdmi +---+ usb pwr |  
-----
```

Revision : 900093  
SoC : BCM2835  
RAM : 512Mb  
Storage : MicroSD  
USB ports : 1 (excluding power)  
Ethernet ports : 0  
Wi-fi : False  
Bluetooth : False  
Camera ports (CSI) : 1  
Display ports (DSI) : 0

J8:

3V3	(1)	(2)	5V
GPI02	(3)	(4)	5V
GPI03	(5)	(6)	GND
GPI04	(7)	(8)	GPI014
GND	(9)	(10)	GPI015
GPI017	(11)	(12)	GPI018
GPI027	(13)	(14)	GND
GPI022	(15)	(16)	GPI023
3V3	(17)	(18)	GPI024
GPI010	(19)	(20)	GND
GPI09	(21)	(22)	GPI025
GPI011	(23)	(24)	GPI08
GND	(25)	(26)	GPI07
GPI00	(27)	(28)	GPI01
GPI05	(29)	(30)	GND
GPI06	(31)	(32)	GPI012
GPI013	(33)	(34)	GND
GPI019	(35)	(36)	GPI016
GPI026	(37)	(38)	GPI020
GND	(39)	(40)	GPI021

For further information, please refer to <https://pinout.xyz/>

Raspberry Pi  
Zero



# GPIO: правила



Подключайте к контактам GPIO только **при выключенном** Raspberry Pi!

- Сначала составьте электрическую схему подключения.
- Проверьте, какое напряжение и сила тока будет использоваться.
- Предусмотрите резисторы для снижения силы тока от Raspberry Pi.
- Запитывайте энергоёмкие компоненты от отдельного источника питания.

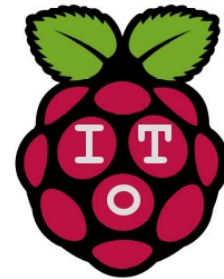
Помните, что **перегруз по току** испортит Raspberry Pi!

- *Трижды* сверьте сделанное подключение с электрической схемой.
- Проверьте, чтобы не заизолированные части проводов не соприкасались.
- Только после этого включайте Raspberry Pi.

Помните, что **короткое замыкание** испортит Raspberry Pi!



# Breadboard – макетная плата



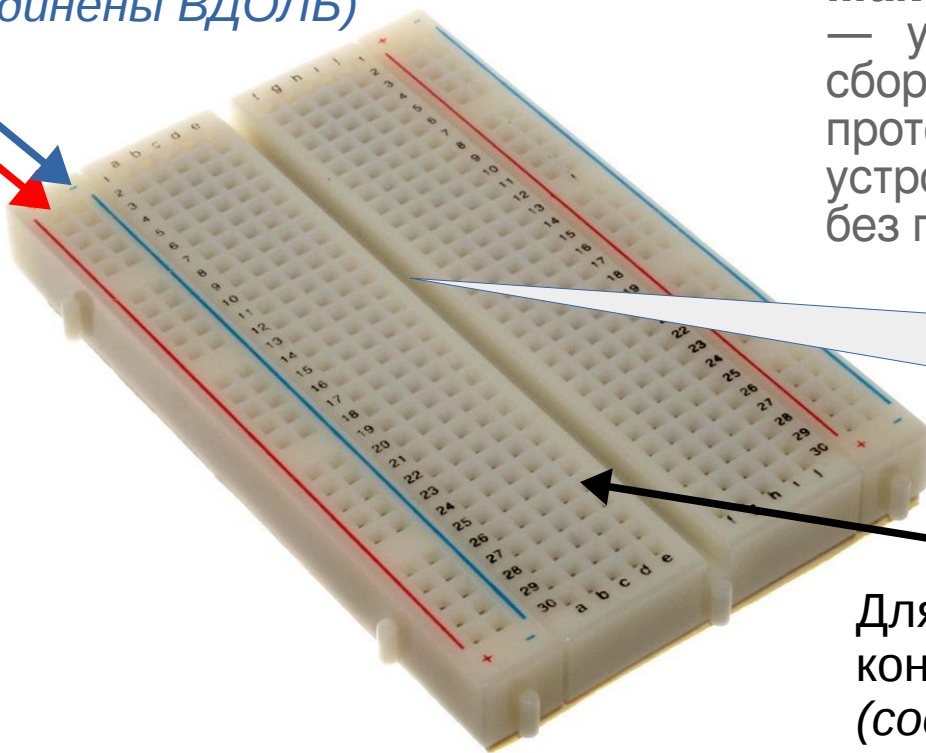
Для подключения «земли» / GND / – / 0V  
(соединены *ВДОЛЬ*)

Для подключения  
питания 5V / VCC / +  
(соединены *ВДОЛЬ*)

**Мaketная плата** (breadboard)  
— универсальная плата для  
сборки и моделирования  
прототипов электронных  
устройств, часто для монтажа  
без пайки.

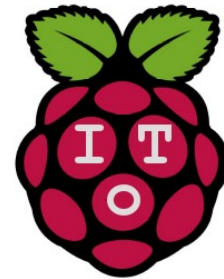
Разделитель  
на 2  
изолированных  
части

Для подключения других  
контактов  
(соединены *ПОПЕРЕЁК*)

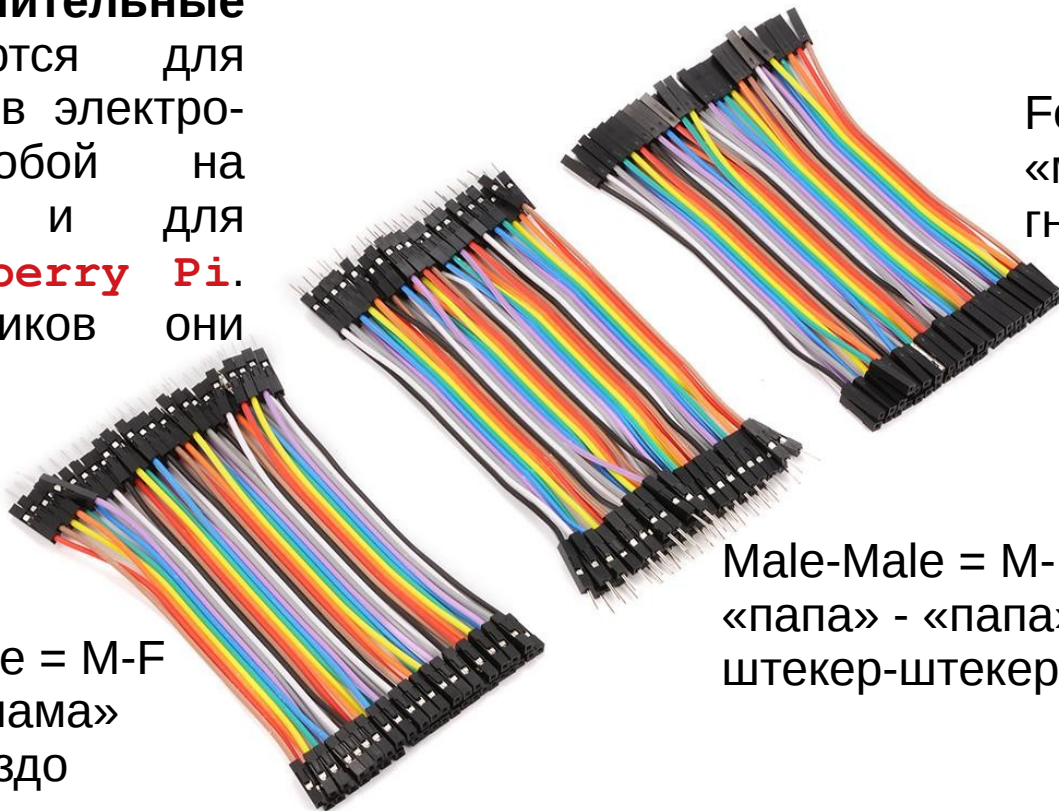




# Соединительные провода (Dupont cables)



Монтажные соединительные провода применяются для соединения элементов электросхемы между собой на монтажной плате и для подключения к **Raspberry Pi**. По типу наконечников они делятся на 3 вида:



Male-Female = M-F  
«папа» - «мама»  
штекер-гнездо

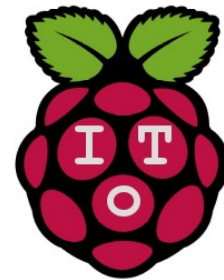
Female-Female = F-F  
«мама» - «мама»  
гнездо-гнездо

Male-Male = M-M  
«папа» - «папа»  
штекер-штекер

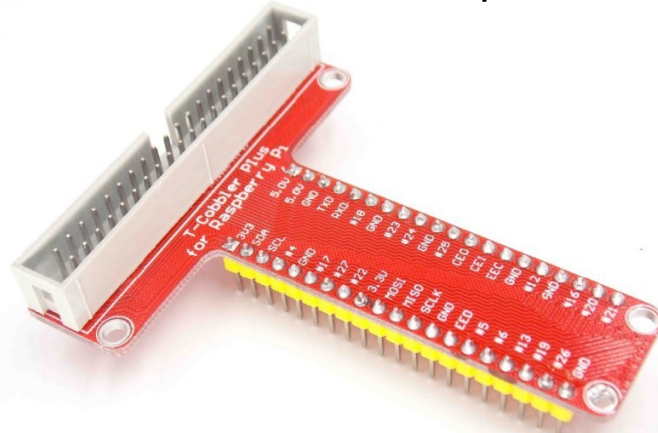
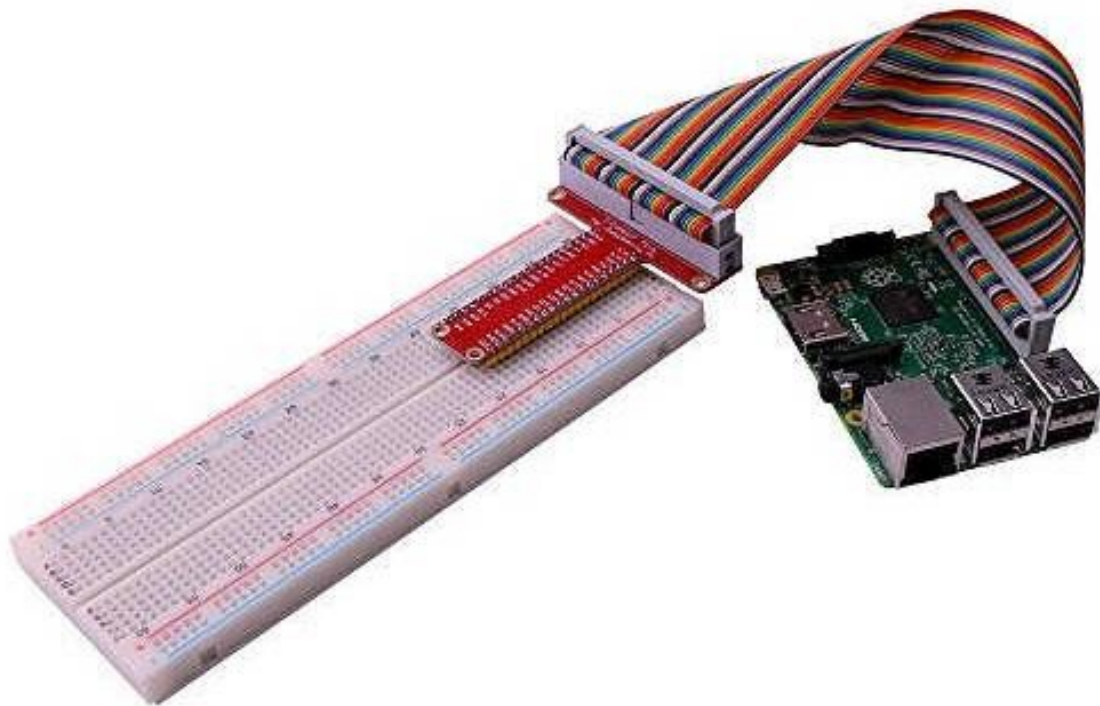


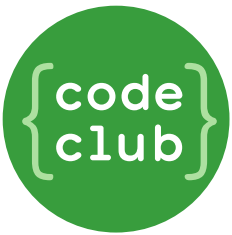


# Т-колодка + шлейф



Чтобы удобно сделать все нужные соединения на монтажной плате (*breadboard*) и сразу подключить их к **Raspberry Pi**, применяется Т-колодка (*T-cobbler*) и 40-контактный шлейф.





# Задача: управление светодиодом



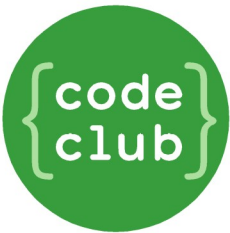
Традиционно первым в физическом программировании обычно делается проект по включению и выключению светодиода.

**Светодиод** (LED = Light Emitting Diode) — это простой типичный *эффектор* (*актуатор*), т. е. устройство выполняющее какое-то полезное действие. На примере управления светодиодом можно усвоить принципы управления другими эффекторами.

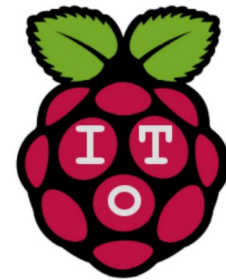
Светодиод имеет определённую полярность: короткая ножка подключается к «земле» (-), а к длинной (изогнутой) ножке подключается (+) источник постоянного тока (DC), которым будет один из управляемых контактов Raspberry Pi.

Если в программе подать на контакт напряжение (перевести в состояние HIGH), светодиод включится. Если программно снять напряжение с контакта (перевести в состояние LOW), то светодиод выключится.





# Формулы расчёта



Обозначения:

**R** = сопротивление (ом, Ohm)

**U** = напряжение (вольт, V)

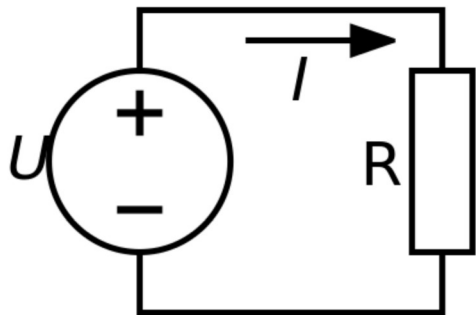
**I** = сила тока (ампер, A)

**P** = мощность (ватт, W)

**Q** = количество электричества (ампер-час, AH)

**W** = потенциальная энергия (ватт-час, WH)

**T** = время (час, H)



$$I = U / R$$

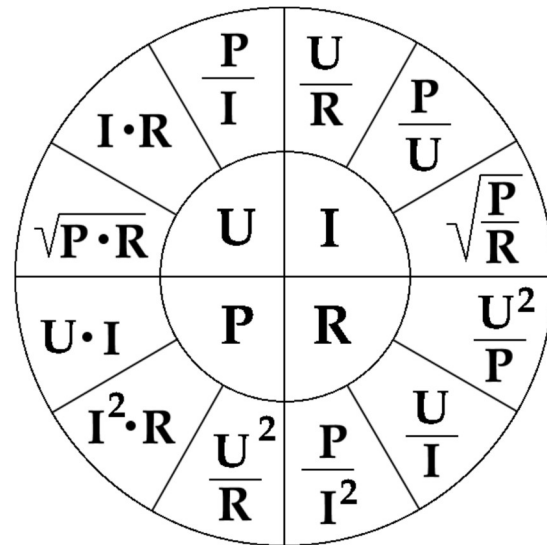
$$R = U / I$$

$$U = I * R$$

$$P = I * U$$

$$Q = I * T$$

$$W = P * T$$

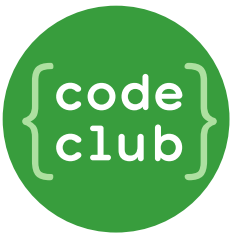


**U** – Напряжение

**I** – Сила тока

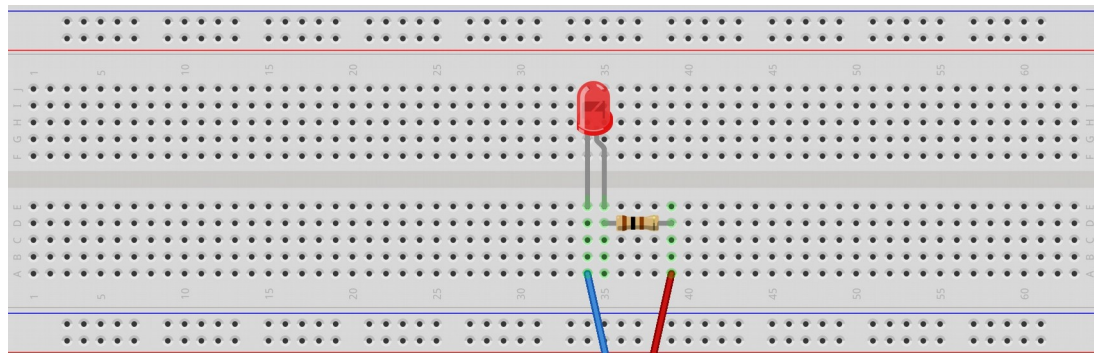
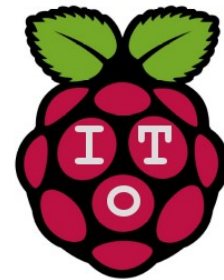
**P** – Мощность

**R** – Сопротивление

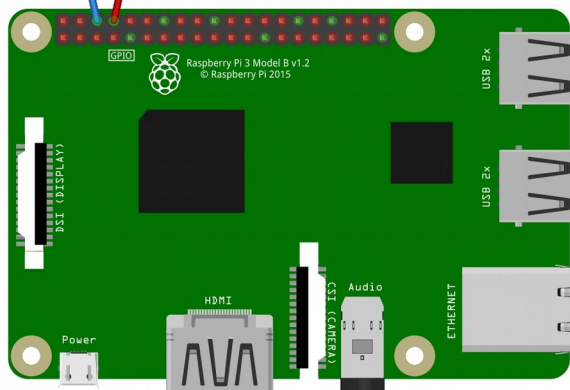


# Светодиод (LED) :

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ



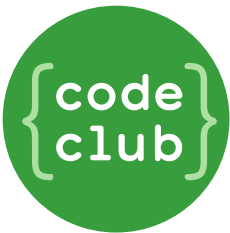
Подключать светодиод (красный, 633nm) с потреблением тока  $\sim 20\text{mA}$  через резистор (сопротивление) на 330 Ом нужно, чтобы уменьшить силу тока, проходящего через LED, для соблюдения ограничений Raspberry Pi на максимальный ток с каждого контакта GPIO.



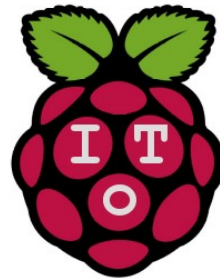
fritzing

Короткую ножку светодиода (LED) подключить (обычно синим или чёрным проводом) к контакту [6] «земля» (GND) на GPIO у Raspberry Pi.

Длинную ножку светодиода подключить (любым цветным проводом) к резистору на 330 Ом, который подключить к соседнему физическому контакту [8] на GPIO у Raspberry Pi, имеющему логический номер BCM (25).



# LED: управление из скрипта на **bash**

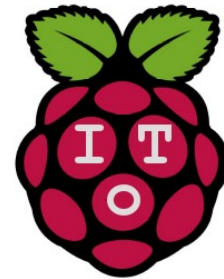


```
#!/bin/bash
PIN=14                                     # логический № контакта BCM 14
for n in 1 2 3 4 5                       # присваивая переменной n числа от 1 до 5
do                                         # выполнить цикл (5 раз)
    echo $n                               # вывести на экран значение переменной n
    echo $PIN > /sys/class/gpio/export      # задействовать pin14
    echo out > /sys/class/gpio/gpio14/direction # для записи (out)
    echo 1 > /sys/class/gpio/gpio14/value    # установить его в 1
    sleep 1                                # ждать 1 секунду (LED включен)
    echo 0 > /sys/class/gpio/gpio14/value    # установить его в 0
    echo $PIN > /sys/class/gpio/unexport    # освободить pin14
    sleep 1                                # ждать 1 секунду (LED выключен)
done                                       # повторить цикл

# Запуск в терминальном окне: sudo ./led.sh
```



# Для чего применить светодиоды?



*Поделитесь своим мнением,  
для каких целей можно с пользой  
применить светодиоды?*