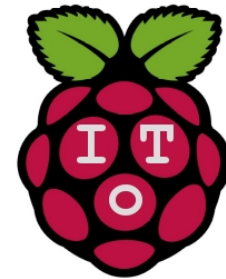




Internet of Things



Измерения и принятие решений

Шадринск
2018-2019

М. В. Шохирев

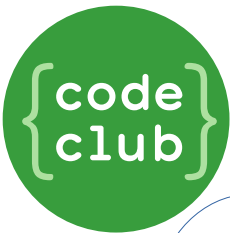
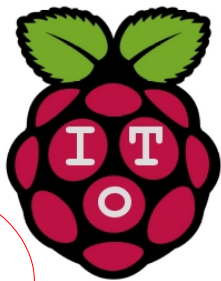
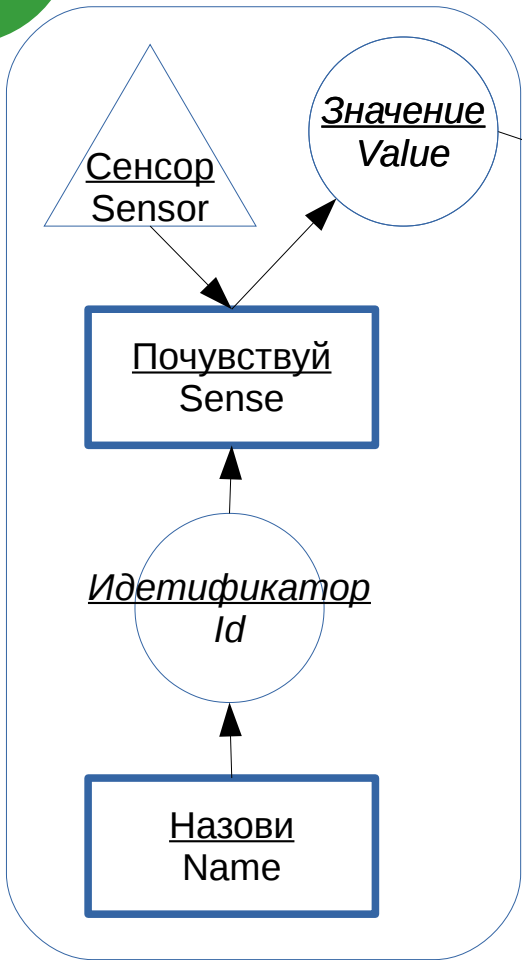


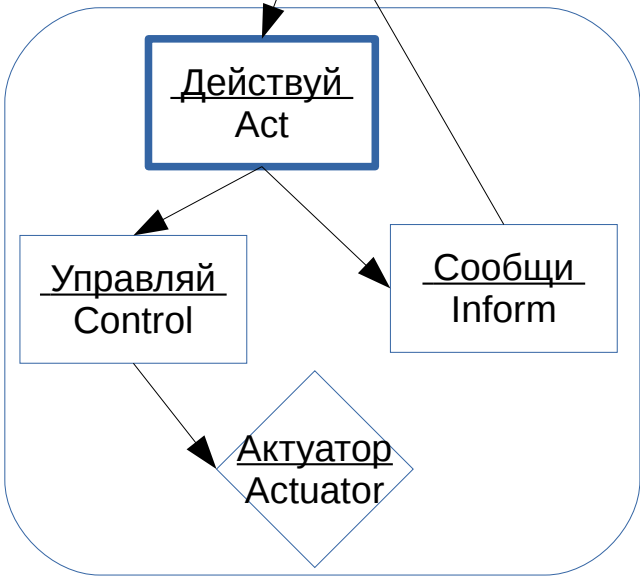
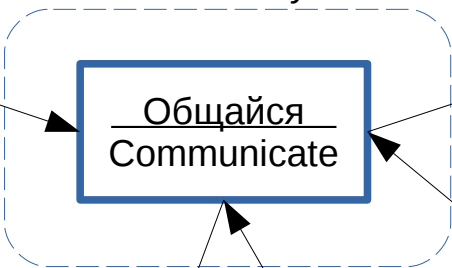
Схема IoT



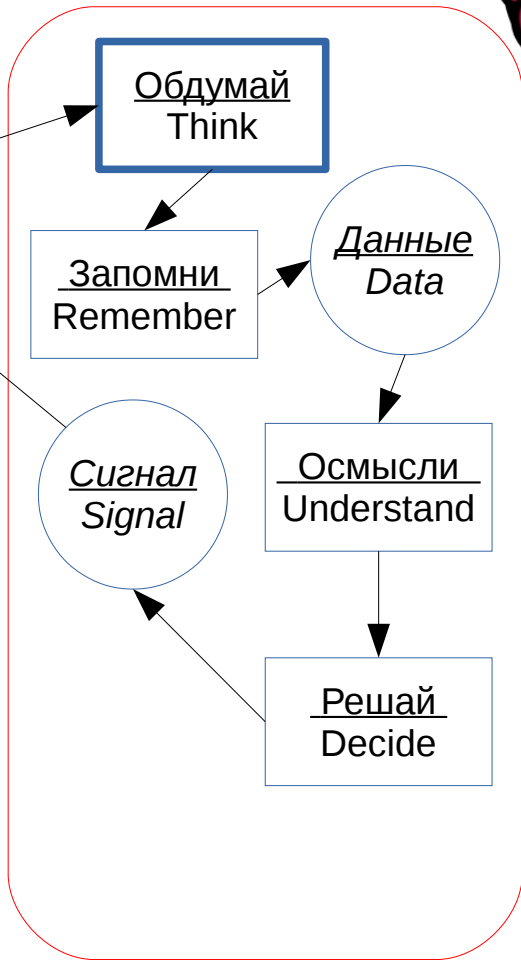
Клиент
Client



Шлюз
Gateway

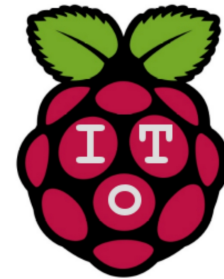


Сервер
Server





Сигналы и данные



Сигнал — (отсутствие изменения или) изменение физической величины во времени, несущее информацию о ней.

Сведения о физических явлениях

- Вкусы, запахи
- Звуковые колебания
- Освещённость, цвета
- Температура, давление, влажность
- Сила, скорость, ускорение
- Направление, расстояние
- Время
- Электричество: R , V , I
- ...

Сигналы → измерения → величины

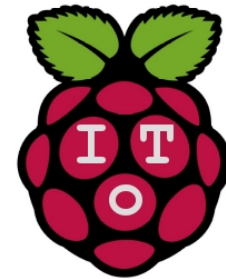
Сигналы с измерительных приборов преобразуются в *показания*, которые можно регистрировать и обрабатывать.

Величины показаний могут выражаться в определённых *единицах измерения*.

Данные — зарегистрированная в понятной форме информация о показаниях, событиях, фактах.

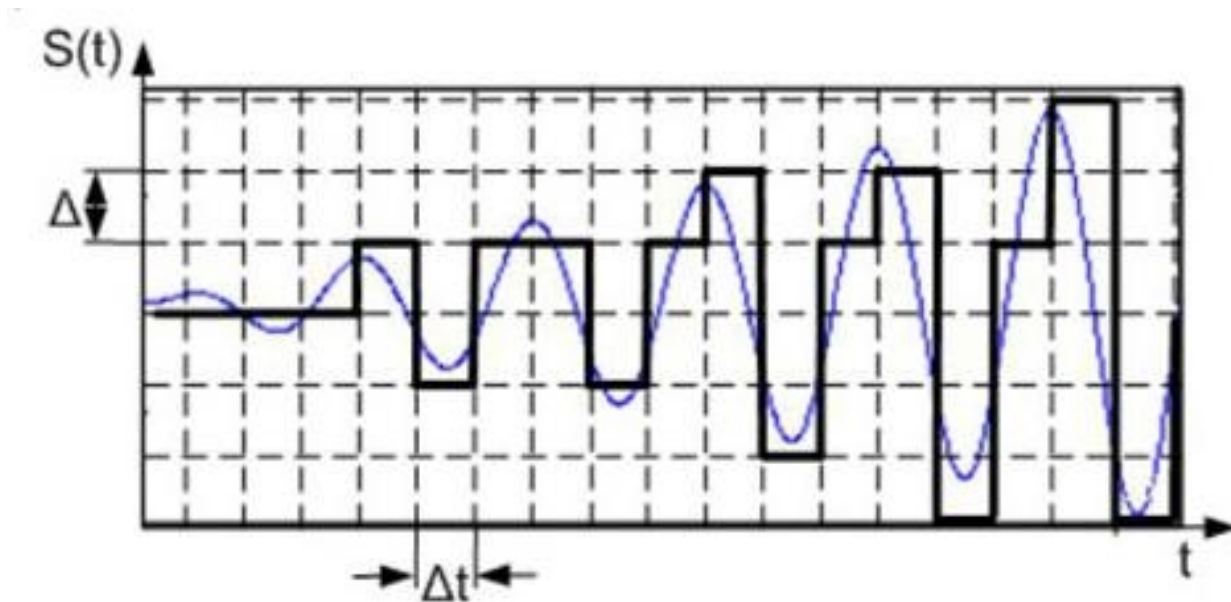


Аналоговый | цифровой



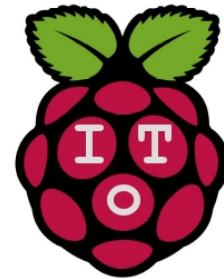
Большинство сигналов — **аналоговые сигналы**, которые непрерывно изменяются во времени и могут принимать любые значения на некотором интервале.

Цифровые сигналы представляются последовательностями отдельных цифровых значений, которые могут быть получены при «оцифровке» аналоговых сигналов.

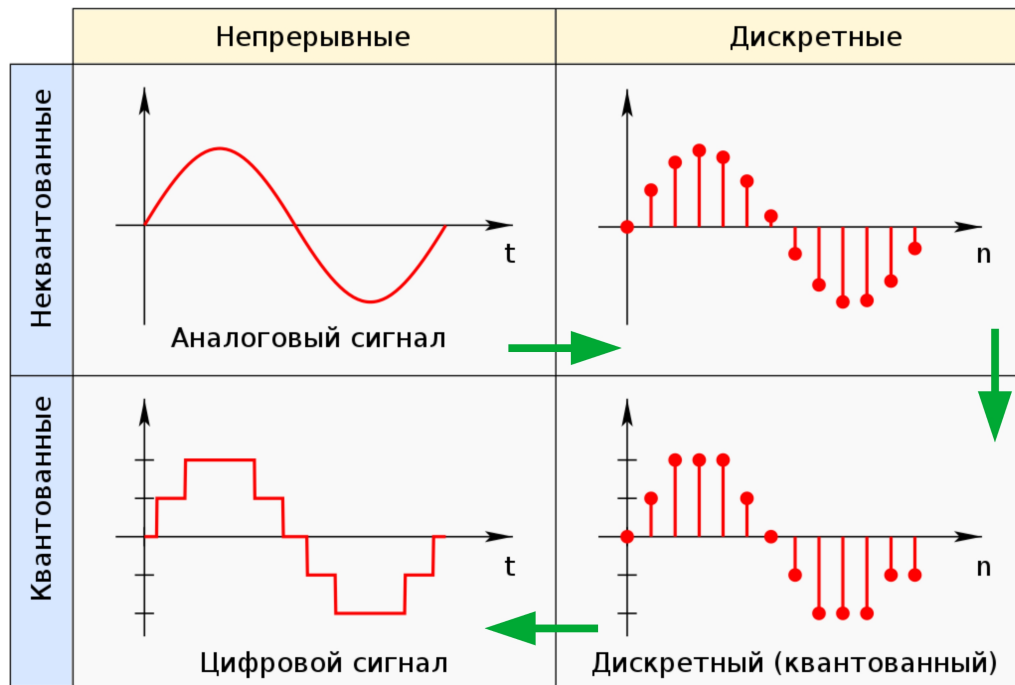




Непрерывный | дискретный

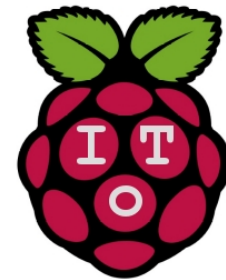


Термины *аналоговый* и *цифровой* соотносятся терминами *непрерывный* (непрерывно изменяющийся во времени) и *дискретный* (прерывистый — измеренный в определенные периоды времени).

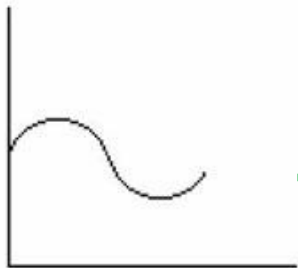




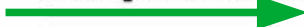
Аналоговый → цифровой



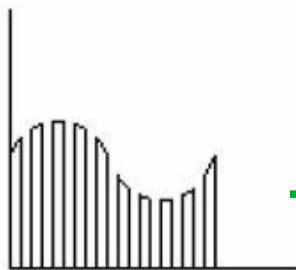
Аналоговый



Дискретизация



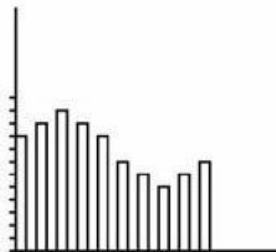
Дискретный



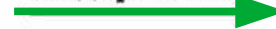
Квантование



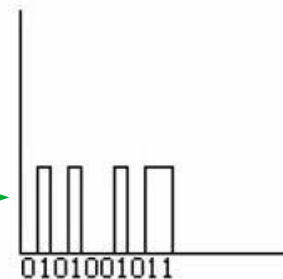
Квантованный



Кодирование



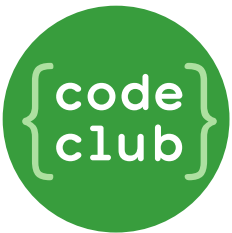
Цифровой



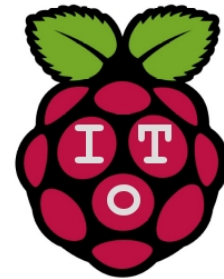
1. Чтобы представить непрерывно изменяющийся аналоговый сигнал как последовательность чисел, его следует сначала превратить в дискретный сигнал (последовательность значений в дискретные моменты времени).

2. Затем его нужно подвергнуть квантованию, в ходе которого дискретные значения сигнала на каждом промежутке (кванте) времени соотносятся с приближённым целым числом (уровнем квантования в числах заданной разрядности).

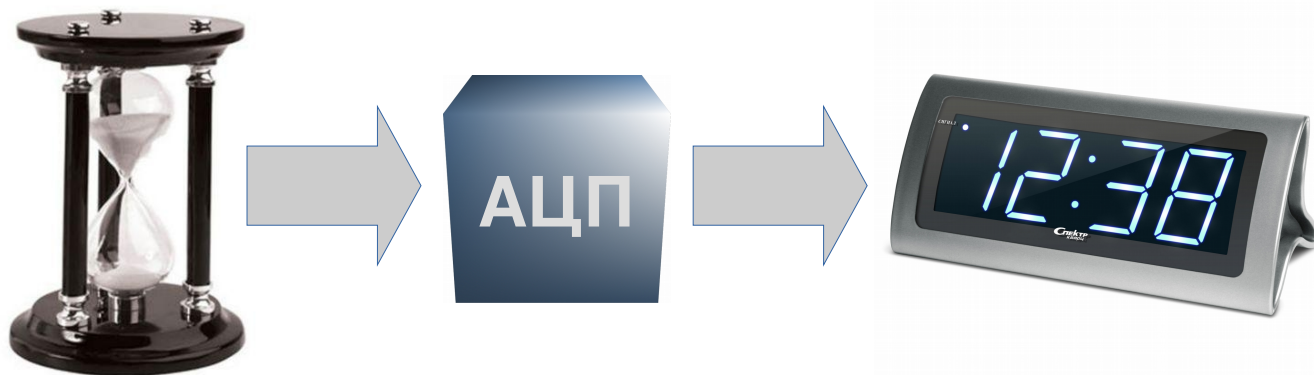
3. Если записать эти целые числа в двоичной системе счисления (закодировать), то получится последовательность нулей и единиц (код), которая и будет цифровым сигналом, представляющим исходный аналоговый сигнал.

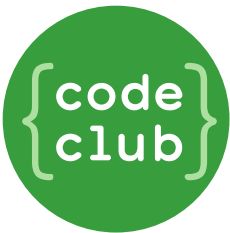


ADC, DSP

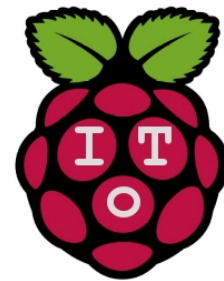


Преобразование производится с помощью специализированных устройств: *аналого-цифровых преобразователей* (АЦП или ADC = analog to digital converter) значений или *цифровых процессоров обработки сигналов* (ЦПОС или DSP = digital signal processor).





Аналог → биты → число

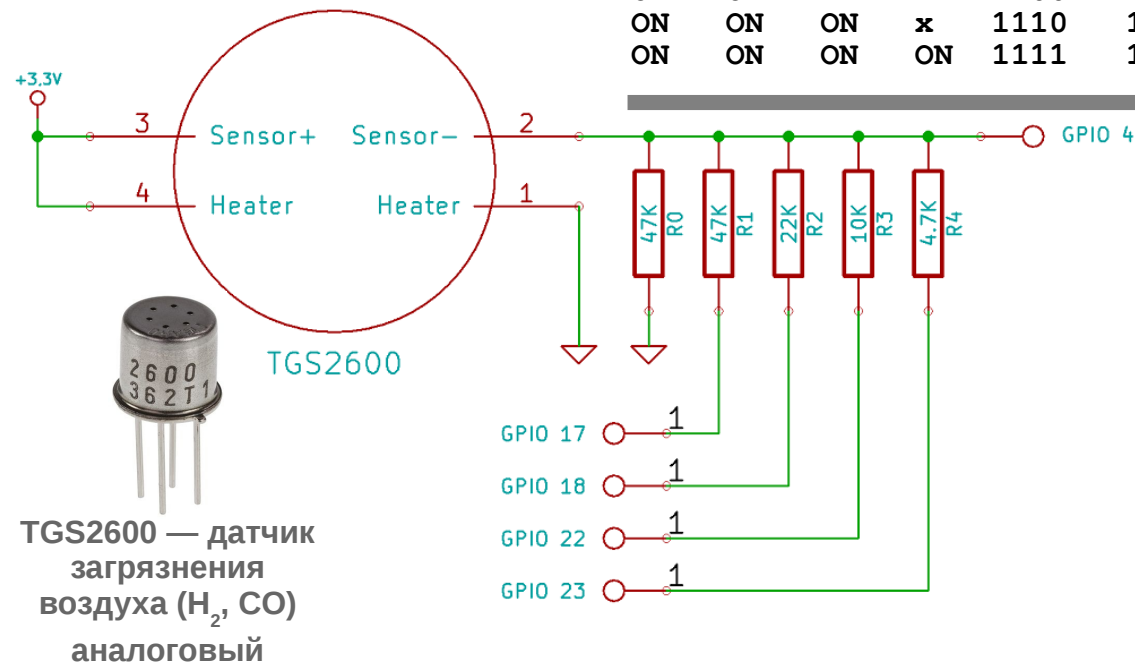


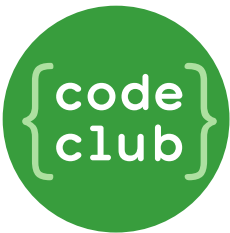
Преобразование аналоговых значений в цифровые без АЦП с помощью резисторной матрицы (resistor ladder).

R1	R2	R3	R4	Binary	Decimal
x	x	x	x	0000	0
ON	x	x	x	1000	8
ON	ON	x	x	1100	12
ON	ON	ON	x	1110	14
ON	ON	ON	ON	1111	15

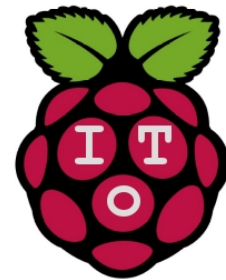
Можно программно считывать значения с контактов GPIO, соответствующих отдельным битам двоичного числа, и с помощью побитовых операций превращать набор битов в целое число, представляющее текущее показание датчика.

Такая резисторная матрица выполняет роль 4-битного АЦП.

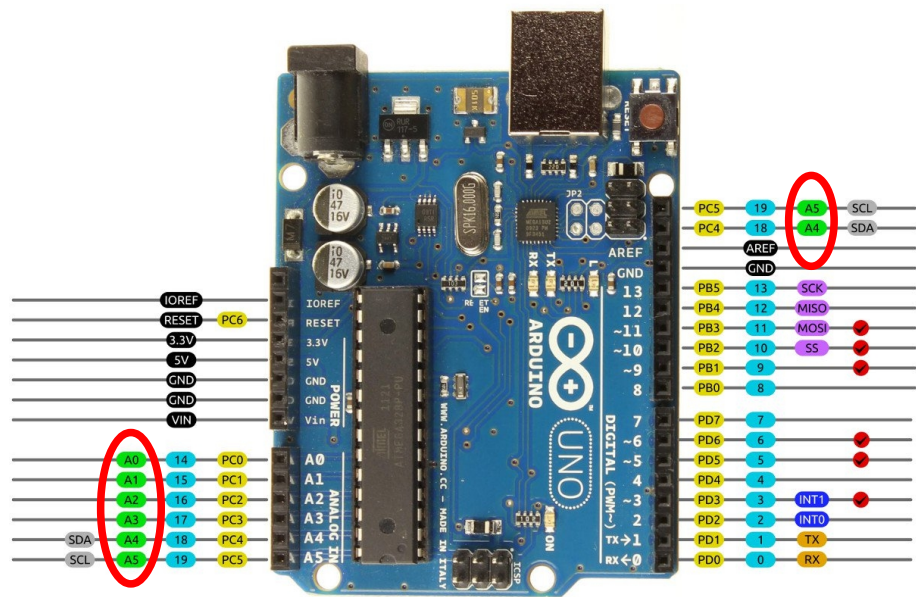




Входы GPIO: ~~аналоговые~~ и цифровые



Arduino Uno R3 Pinout



AVR DIGITAL ANALOG POWER SERIAL SPI I2C PWM INTERRUPT

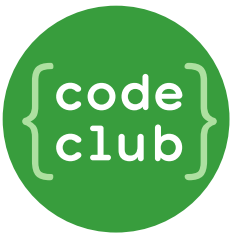
Аналоговые входы у микроконтроллеров и одноплатных компьютеров — это входы, оснащённые АЦП, которые оцифровывают аналоговые значения с заданной разрядностью: например, в Arduino они 10-битные.

Разрядность АЦП:

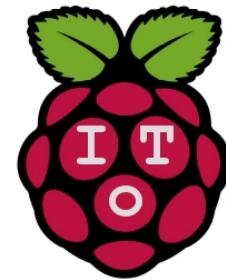
8 бит = 256 значений: 0..FF
10 бит = 1024 значения: 0..3FF
12 бит = 4096 значений: 0..FFF
16 бит = 65536 значений: 0..FFFF
20 бит = 1048576 значений: 0..FFFFFF
24 бита = 16777216 значений: 0..FFFFFFFF
32 бита = 4294967296 значений: 0..FFFFFFFF



2014 by Bouni
Photo by Arduino.cc



Аналоговые датчики

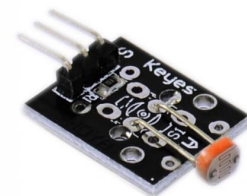


Аналоговые датчики (analogue sensors) выдают аналоговые значения, которые до использования нужно преобразовывать с помощью



**TGS2600 — датчик
загрязнения
воздуха (H_2 , CO)
аналоговый**

Преобразует уровень газообразных загрязнений воздуха (окись углерода CO , водород H_2) в величину постоянного напряжения, пропорциональную концентрации обнаруживаемых примесей в воздухе.

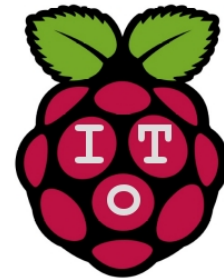


**KY-018 — датчик
уровня освещённости
аналоговый**

Фоторезистор меняет сопротивление в зависимости от интенсивности света: при отсутствии света сопротивление фоторезистора большое и доходит до 1 МОм, а при его освещении падает до нескольких Ом. С увеличением освещённости на выходе модуля напряжение будет падать: при ярком свете напряжение выхода будет около половины напряжения питания, а в темноте напряжение выхода будет близко к напряжению контакта +5 В.



Цифровые датчики

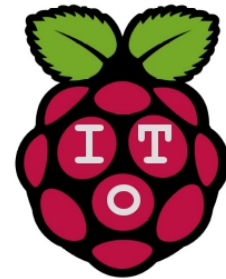


Цифровые датчики (digital sensors) выдают данные сразу в цифровом виде. Цифровые датчики можно разделить на 3 типа:

<p>«двоичные»/ «логические»: 0/1, нет/да, не достигнут/ достигнут предел, выключено/включено</p> <p><u>Пример</u>: дверь открыта — 1, закрыта — 0;</p>	<p>«относительные»/ «абстрактные»: 0..предельное значение точности (8 бит: 0..255)</p> <p><u>Пример</u>: угол поворота 128 единиц;</p>	<p>«абсолютные»/ «конкретные»: значения в известных единицах измерения.</p> <p><u>Пример</u>: температура 25.5°C;</p>
--	--	---



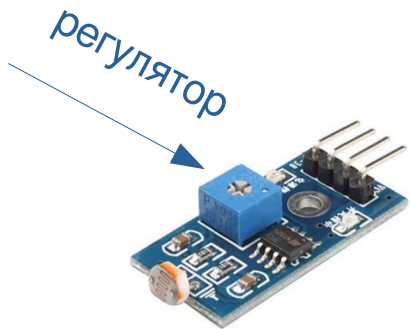
Двоичные датчики



Двоичные датчики выдают только 2 цифровых логических значения: 0/1, нет/да, не достигнут/достигнут предел, выключено/включено.

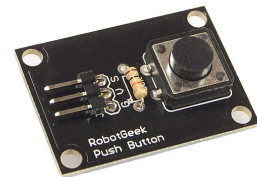
Примеры:

ниже заранее
отрегулированного уровня
освещённости — 0, выше
него — 0; дверь открыта —
1, закрыта — 0; кнопка
нажата — 1, отжата — 0;

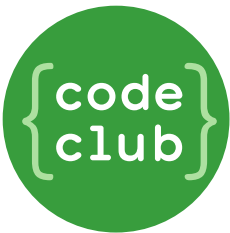


КУ-018 — датчик
уровня освещённости
цифровой двоичный

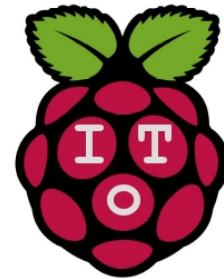
На модуле имеется регулятор (*переменный резистор*), с помощью которого можно установить пороговое значение уровня освещённости, по достижению которого на выходе будет выдаваться 1.



КУ-004 — кнопка
контактная
нефиксирующаяся



Относительные датчики

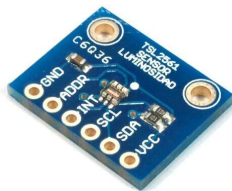


Относительные датчики выдают абстрактные данные в цифровом виде: 0..предельное значение точности (8 бит: 0..255, 10 бит: 0..1023, 12 бит: 0..4095, 16 бит: 0..65535, 24 бита: 16777215).

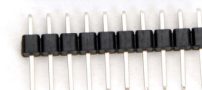
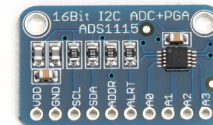
Такие же значения выдают АЦП, к которым подключены аналоговые датчики.

Примеры:

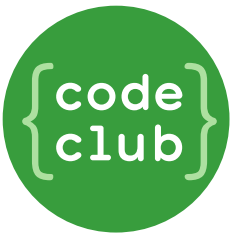
угол поворота 68 единиц;
влажность 16 единиц;
напряжение 240 единиц;
уровень освещённости
128 единиц;



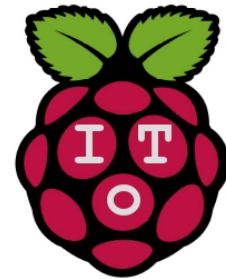
TSL2561 — датчик
уровня освещённости
цифровой
(преобразование
значений в lux
производится программно
по известной
эмпирической формуле)



ADS1115 — АЦП
4-канальный
16-битный
с интерфейсом I²C



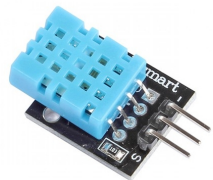
Абсолютные датчики



Абсолютные датчики выдают данные в цифровом виде значения в конкретных единицах измерения (градусы, проценты, бары, люксы, метры, вольты, амперы, омы, секунды, ...).

Примеры:

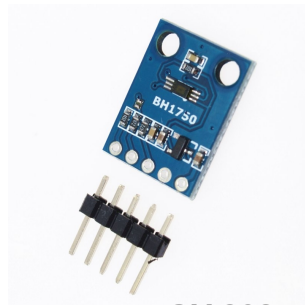
температура воды $+16.4^{\circ}\text{C}$;
относительная влажность
воздуха 32%; атмосферное
давление 764 mm Hg;
скорость ветра 4.5 м/сек;
геомагнитное поле 2 балла;
напряжение на батарее
4.8V; курс 45° (от N); угол
поворота $+90^{\circ}$; дифферент
(на корму) -12° ;
освещённость 300 lx;



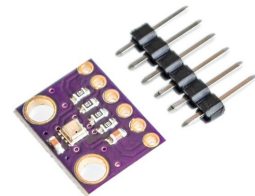
DHT11 — датчик
температуры и
влажности
(целые значения)



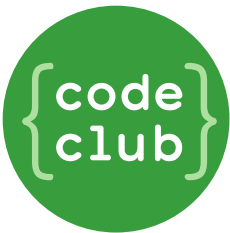
DHT22 — датчик
температуры и
влажности
(дробные значения)



Модуль GY-302:
цифровой датчик
освещённости
BH1750
с интерфейсом I²C



BME280 —
цифровой датчик
температуры, влажности
и атмосферного давления
с интерфейсом I²C



Шкалы и единицы измерения

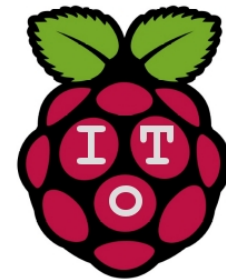
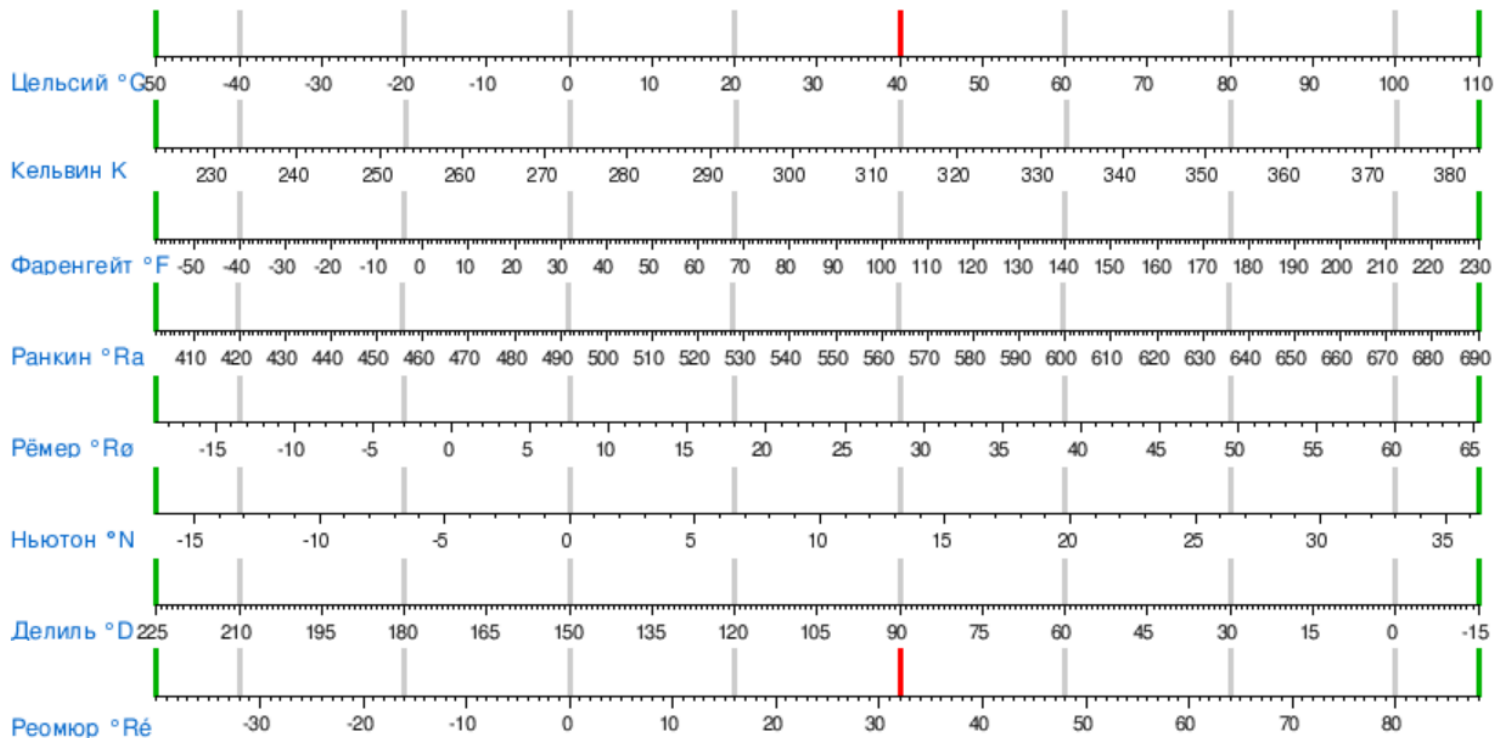
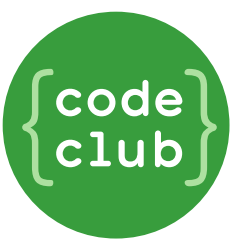


Диаграмма перевода температур [\[править\]](#) [\[править код\]](#)



40 °C = 313,15 K = 104 °F = 563,67 °Ra = 28,5 °Rø = 13,2 °N = 90 °D = 32 °R



Шкала и выводы

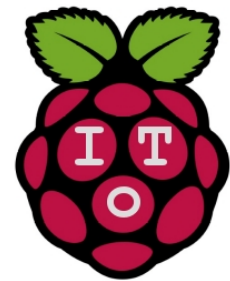
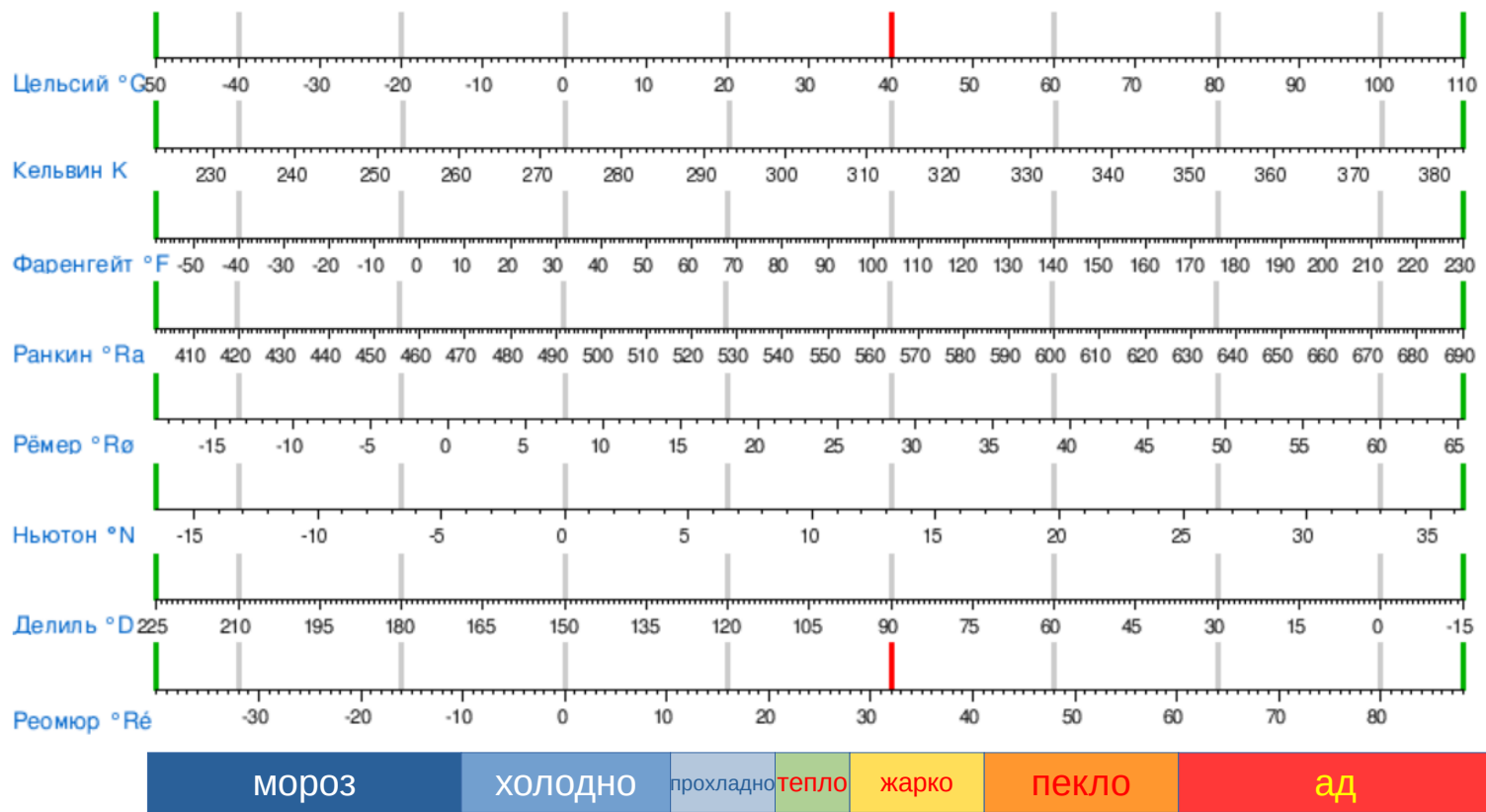
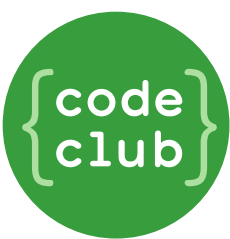
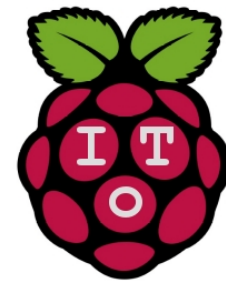


Диаграмма перевода температур [\[править \]](#) [\[править код \]](#)





Практическая шкала

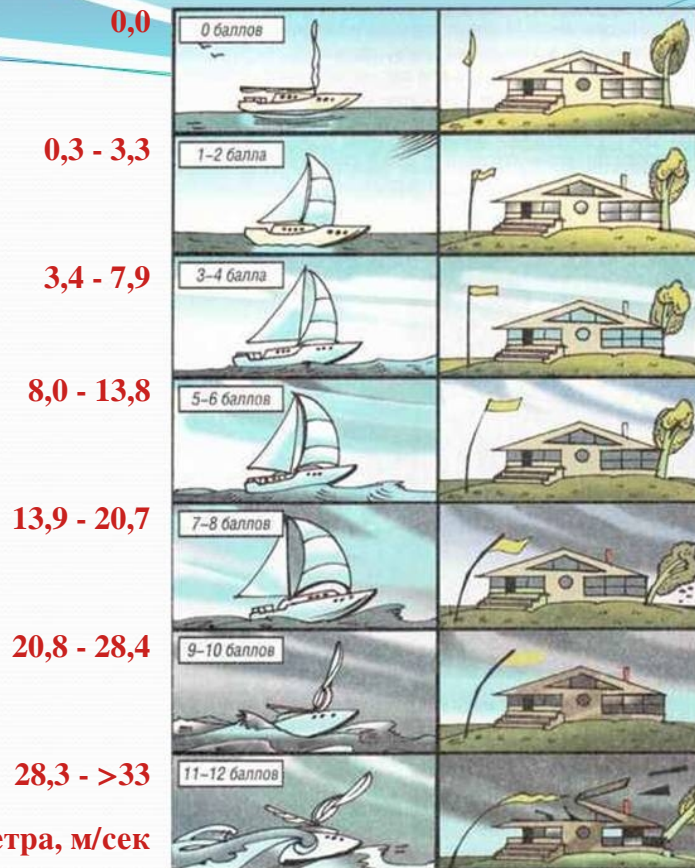


Ветровая шкала Бофорта

Фрэнсис Бофорт (1774-1857), английский военный гидрограф и картограф, контр-адмирал, в 1806 г. предложил оценивать силу ветра по его воздействию на наземные предметы и по волнению моря; для этого он разработал условную 12-балльную шкалу.

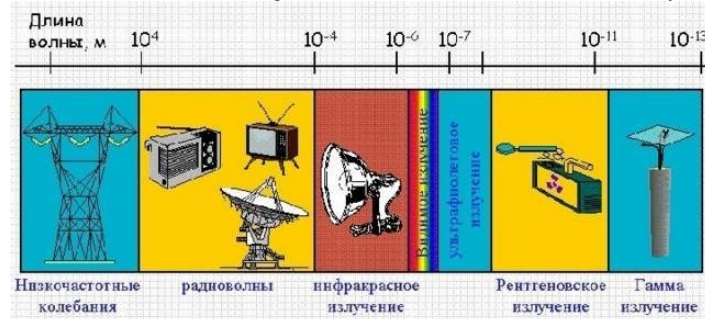


Скорость ветра, м/сек



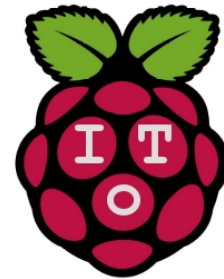
Иногда вместо точных значений в известных единицах измерения удобнее пользоваться упрощённой *практической шкалой*, диапазоны которой соотносятся с определёнными соображениями (ситуациями, выводами, решениями, действиями):

- ветровая шкала Бофорта;
- шкала магнитуд Рихтера;
- шкала электромагнитных волн;





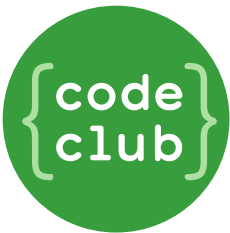
Виды шкал



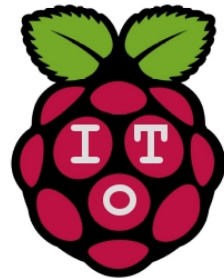
Практические шкалы, когда допустимые значения делятся на несколько *диапазонов* (scaling), часто используются как условия для оценки ситуации и принятия решений по выдаче управляющих сигналов.






- «**Единичная шкала**» — регистрация факта, что событие произошло.
- **Двоичная шкала** с пороговым значением: до достижения его — одно состояние, после достижения — другое.
- **Шкала-«светофор»** (для величин, изменяющихся в одну сторону) с тремя диапазонами: **зелёный** (нормальное состояние), **жёлтый** (допустимое отклонение от нормы), **красный** (опасное отклонение от нормы = исключительная).
- «**Двухсторонний светофор**» (для величин, изменяющихся в обе стороны) с пятью диапазонами: **красный** — **жёлтый** — **зелёный** — **жёлтый** — **красный**.
- **Циклическая шкала** — наступление очередного диапазона или периода времени: сезоны (весна — лето — осень — зима), месяцы, дни недели, время суток (утро — день — вечер — ночь), часы в сутках, минуты часа.

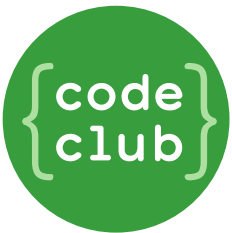
Какую ещё шкалу вы можете предложить?



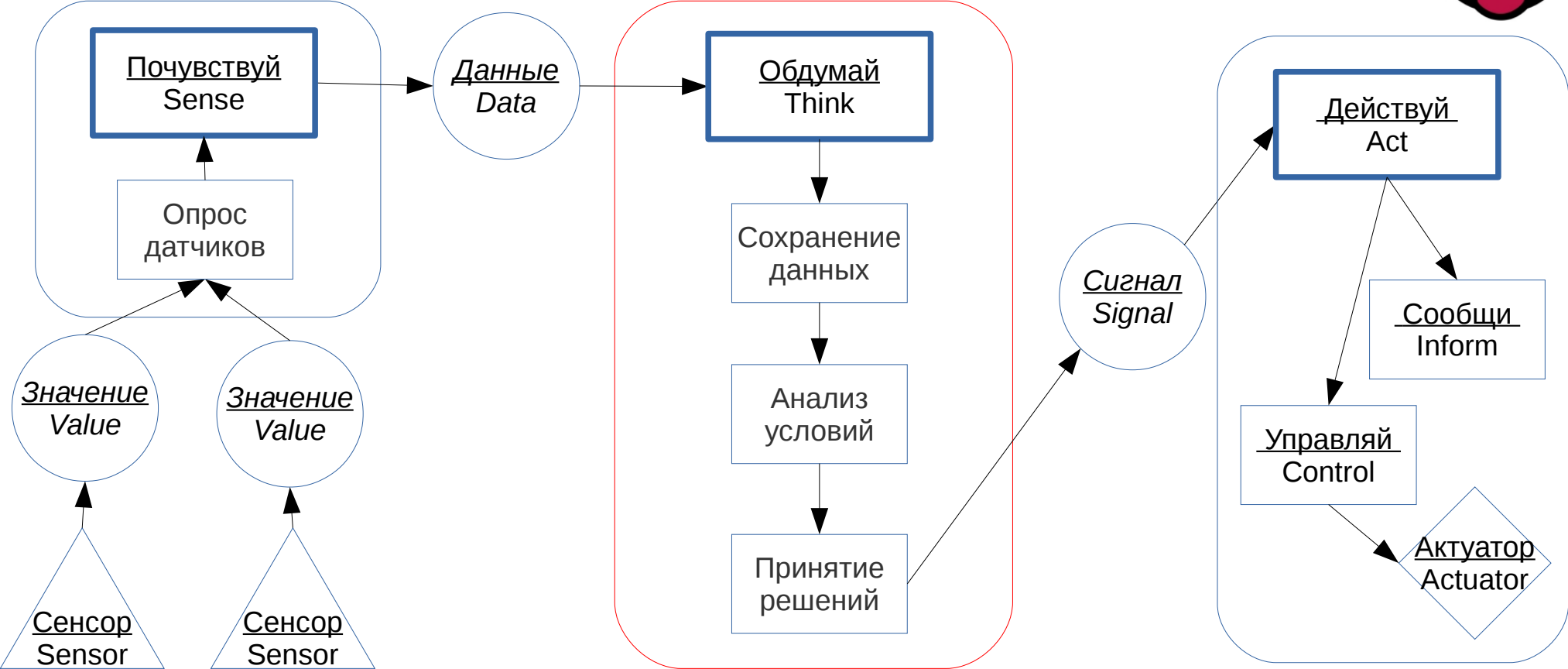
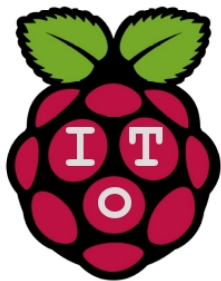
Шкалы и значения



«Единичная шкала» 	определение наступления события	устройство подключилось к сети; пришло сообщение по э-почте; получен сигнал SIGINT прерывания (Ctrl-C) с терминала; ОС загрузилась;
Двоичная шкала 	(не)достижение порогового значения	батарея разрядилась до критически низкого уровня; температура процессора достигла уровня перегрева; скорость ветра не позволит летать;
Шкала-светофор 	3 диапазона: норма, допустимое и опасное отклонение от нормы	дискового пространства много — диск заполнен значительно — места почти не осталось; банкомат полон — пора пополнить банкноты — денег нет;
Двухсторонний светофор 	5 диапазонов: норма, ± допустимое и опасное отклонение от неё	вода опустилась ниже допустимого уровня — поднялась до нижней нормы — превысила верхнюю норму — дошла до верхнего предела;
Циклическая шкала 	нахождение в очередном диапазоне, наступление / окончание следующего периода времени	ночью производится резервное копирование данных; в конце года чистятся протоколы; датчик давления опрашивается каждый час; условия проверяются каждую минуту;

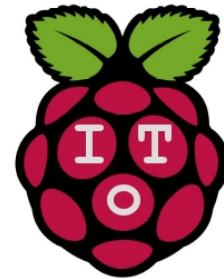


Принятие решений





Условия и решения



Принятие управляющих решений основано на проверке условий :

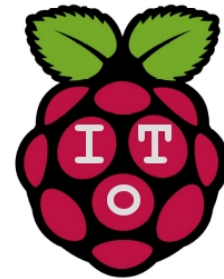
- Наступление (регистрация) события.
- Достижение порогового значения.
- Вхождение отслеживаемой величины в диапазон шкалы или выход из него.
- Нахождение в очередном диапазона на циклической шкале, наступление или окончание следующего временного периода.
- ...

При принятии решения учитываются комбинации нескольких условий:

- отрицание условия: логическое NOT (инверсия условия)
- объединение условий — логические операции:
 - AND (И, логическое умножение, одновременное выполнение условий)
 - OR (ИЛИ, логическое сложение, выполнение хотя бы одного из условий)
 - XOR (ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, выполнение только одного из условий, но не обоих)



Флаги и условия



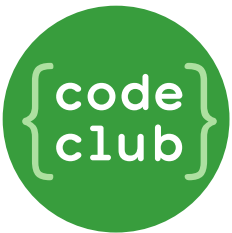
Для подготовки к оценке состояния (ситуации) удобно при проверке многочисленных условий устанавливать определённые логические переменные (*флаги*) которые будут хранить результаты предыдущих проверок условий и их комбинаций.

```
wind_ok = anemometer.wind_velocity < TOO_WINDY_TO_FLY
warm_outdoor = temperature_sensor.value < TEMPERTURE_TOO_HIGH
cold_outdoor = temperature_sensor.value > TEMPERTURE_TOO_LOW
weather_good = wind_ok and warm_outdoor and not cold_outdoor
board_temperature_normal = aircraft.temperature < CRITICAL_T
battery_normal = battery.procent > BATTERY_LEVEL_TOO_LOW
aircraft_ready = board_temperature_normal and battery_normal
gps_ok = gps_sensor.number_of_sattelites >= MIN_SATELLITES_LOCKED

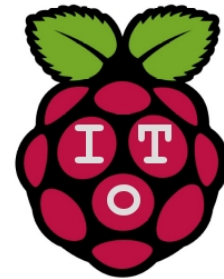
ready_to_fly = weather_good and aircraft_ready and gps_ok
```

Тогда итоговый анализ условий для принятия решения становится значительно проще:

```
if ready_to_fly then aircraft.takeoff
```



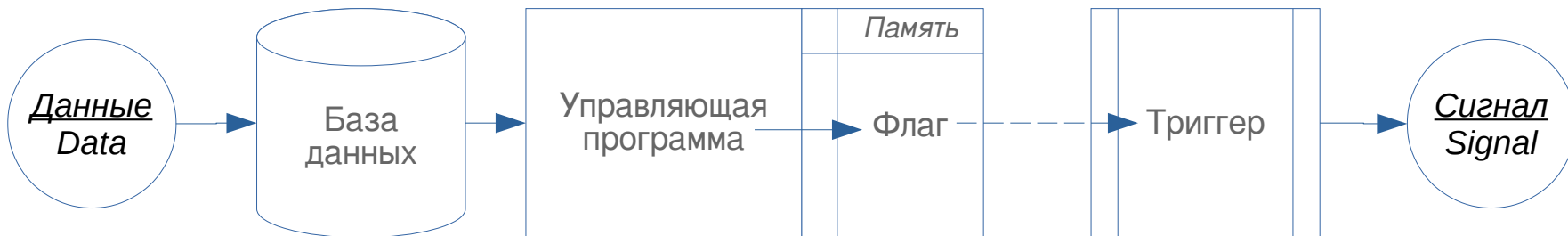
Флаги и триггеры



Часто реакцию на события (отправку управляющих сигналов) выполняют *триггеры* – программы, которые автоматически срабатывают при установке определённого флага в состояние `true`.

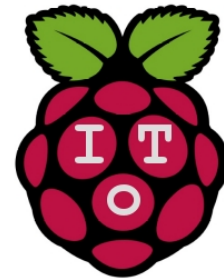
Такие программы часто работают *асинхронно* с основной программой в виде параллельных процессов.

При применении триггеров логика основной программы упрощается: в ней достаточно только установить нужный флаг.





История наблюдений



Многие управляющие решения принимаются с учётом *изменения данных во времени*. Для этого все полученные показания вместе с моментом измерения нужно хранить в *журнале наблюдений*.

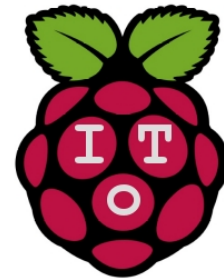
Исходя из *истории наблюдений* за определённый период времени можно получить важные вычисляемые данные:

- время, прошедшее с последнего момента измерений;
- минимальное, максимальное, среднее значение;
- среднеквадратическое отклонение и другие статистические величины;
- тенденция изменения значений: уменьшение, сохранение, увеличение;
- скорость изменения значений;
- ускорение изменений: скорость изменений уменьшается или увеличивается;
- суммарные показания (накопленные значения);
- интегрированные показатели;

Эти данные позволяют судить о том, как изменяется ситуация, и даже делать предположения о том, какой она будет в ближайшем будущем (прогнозировать развитие ситуации).



Решения на основе истории



Примеры:

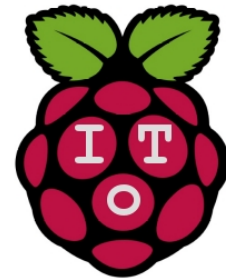
«Отопительный период должен начинаться или заканчиваться со дня, следующего за днём окончания 5-дневного периода, в течение которого соответственно среднесуточная температура наружного воздуха ниже 8°C или среднесуточная температура наружного воздуха выше 8°C .»

«Если, судя по скорости заполнения дискового пространства, оно закончится через 1 сутки, то отправить администратору предупреждающее сообщение по электронной почте.»

Какие ещё примеры вы можете привести?



Интегрированные показатели



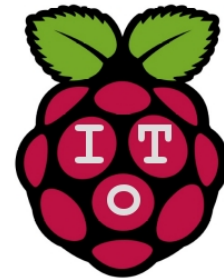
Метеорологи одной из самых известных метеорологических компаний, AccuWeather, основываясь на биологических особенностях человека, построили модель RealFeel®, которая определяет температуру, которую ощущает обычный физически развитый человек стандартного телосложения, одетый по погоде.

Модель RealFeel использует не только показания текущей температуры, скорости ветра и относительной влажности воздуха, но и множество других внешних факторов, таких как время года, растительность, географическое положение и многое другое.

ПЯТНИЦА	11	12	13	14	15	16	17	18
Темп. (°В)	12°	13°	12°	12°	12°	13°	13°	12°
RealFeel®	7°	8°	10°	9°	9°	10°	10°	8°
Ветер (км/ч)	26 ЮЮЗ	24 ЮЗ	22 ЗЮЗ	20 З	20 ЗСЗ	22 ЗСЗ	24 ЗСЗ	24 СЗ



Определение понятий

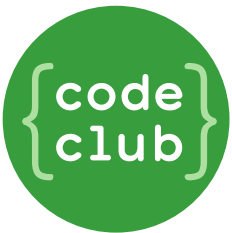


Для анализа данных и принятия решений может потребоваться программно определить понятия, изложенные в требованиях:

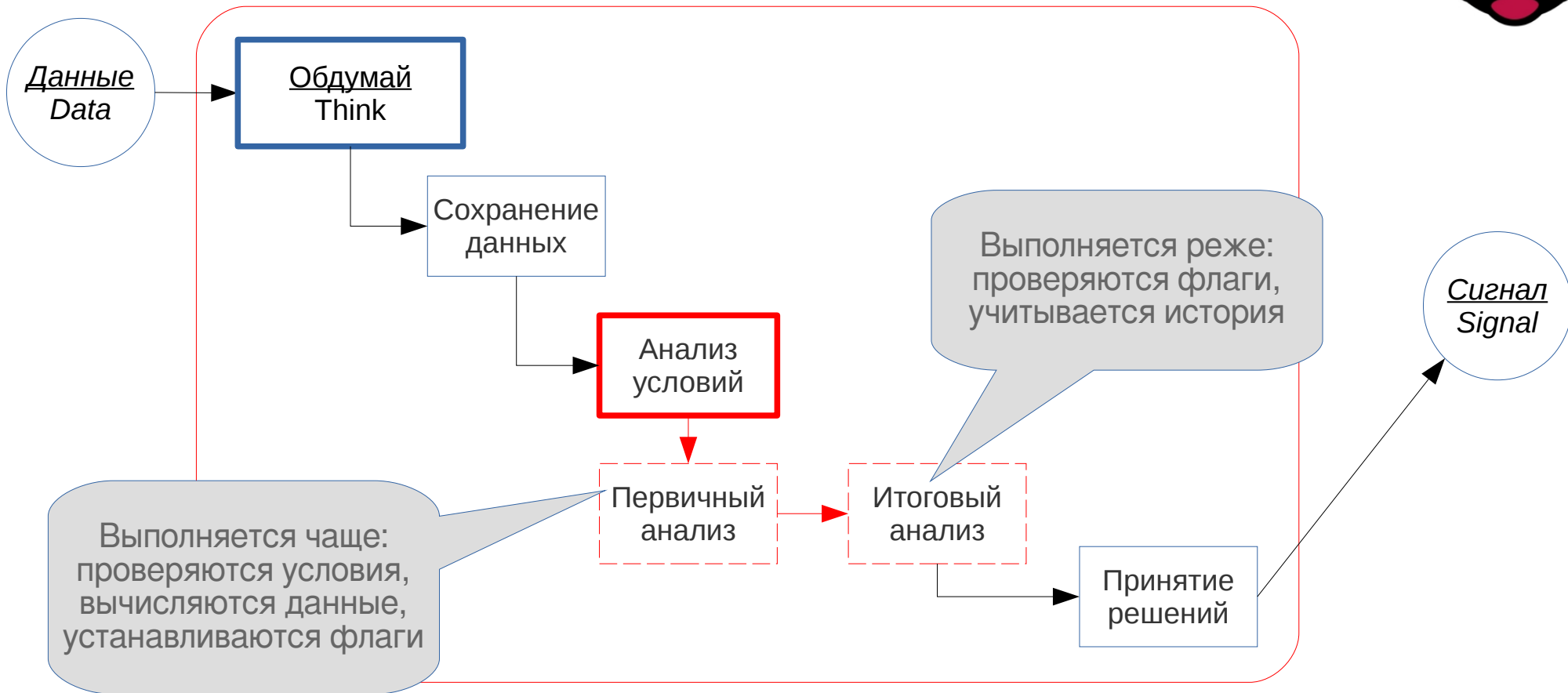
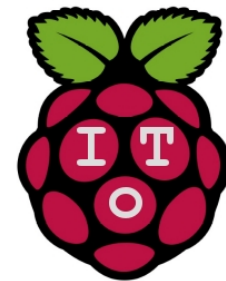
- «дневное / ночное время»;
- «светлое время суток»;
- «последний месяц»;
- «допустимое время ожидания / задержки» (timeout);
- «предельное значение»;
- «комфортная температура»;
- . . .

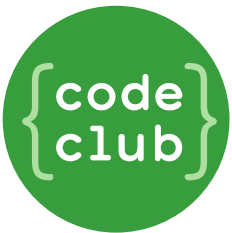
Эти определения практично сделать в виде констант, вынесенных из программы в настроечный файл или базу данных.

Какие ещё понятия вы слышали?

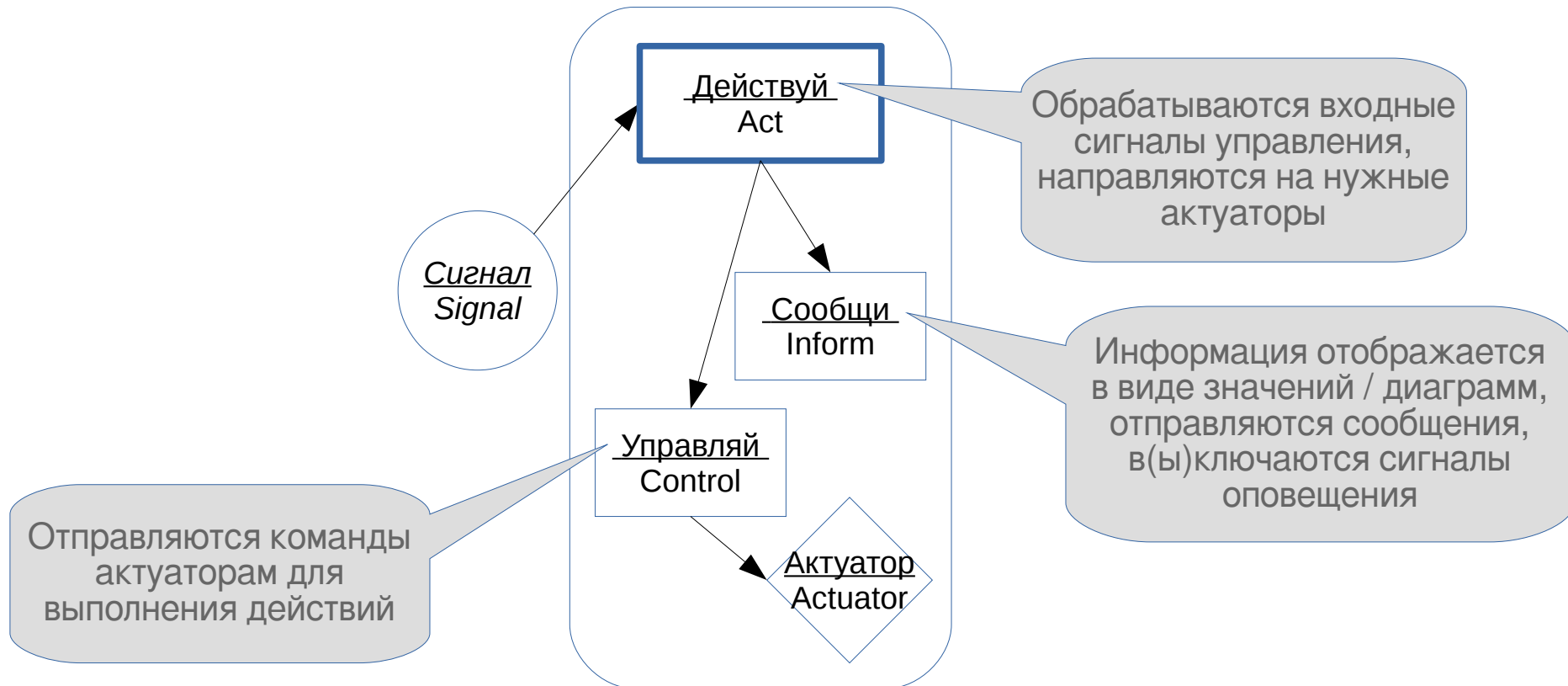
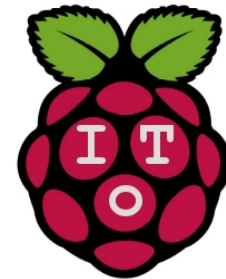


Уровни анализа



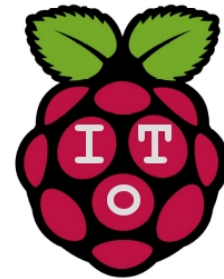


Управляющие действия





Источники



Ссылки на Интернет-ресурсы:

- Чем отличаются аналоговый сигнал от цифрового – примеры использования
- Датчики и микроконтроллеры. Часть 1
-