



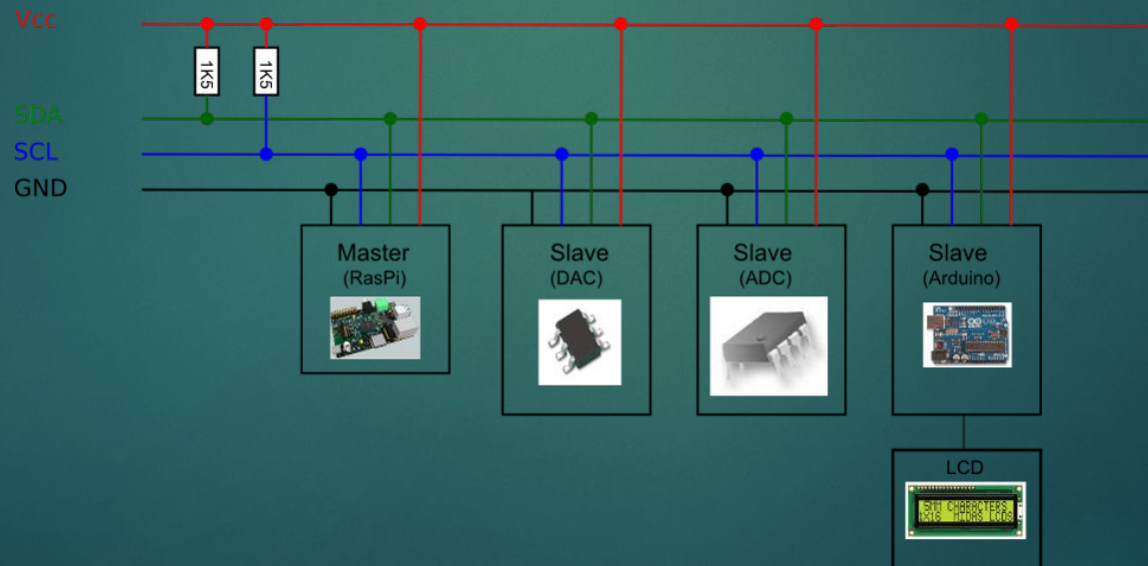
Интерфейс I2C и датчики на нем

ИГОРЬ ХУДЯКОВ
СМИРНОВ ИВАН

I2C

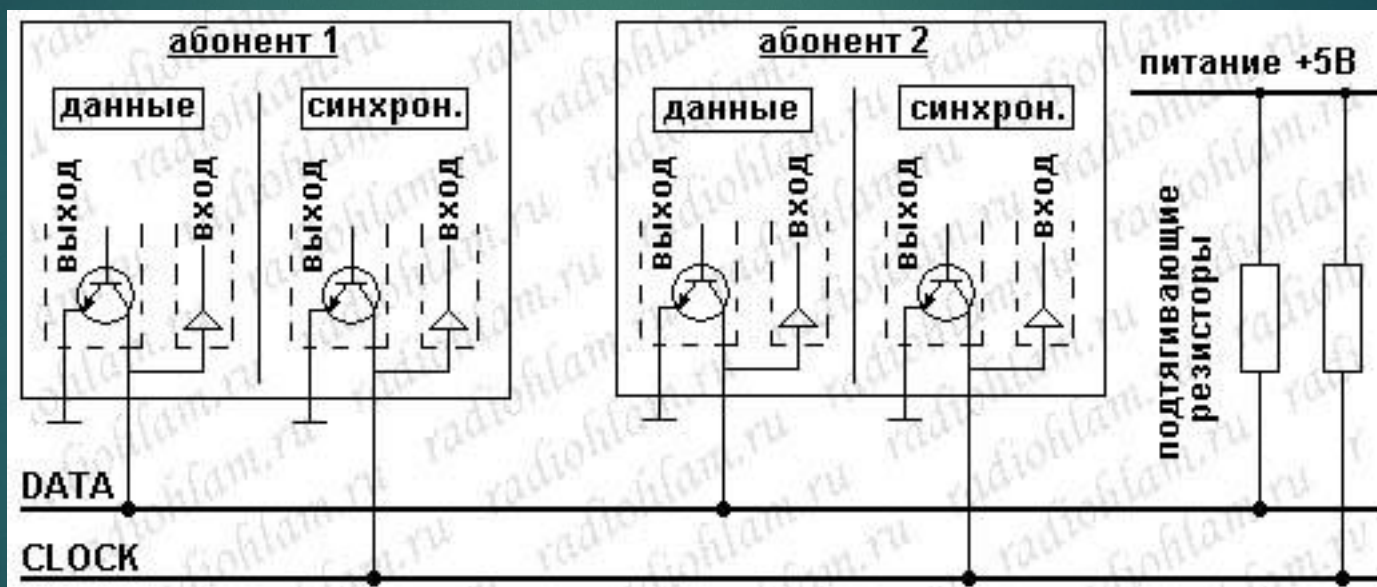
I2C - это достаточно широко распространённый сетевой последовательный интерфейс, придуманный фирмой Philips и завоевавший популярность относительно высокой скоростью передачи данных (обычно до 100 кбит/с, в современных микросхемах до 400 кбит/с), дешёвизной и простотой реализации.

Одновременно можно подключить 127 устройств.

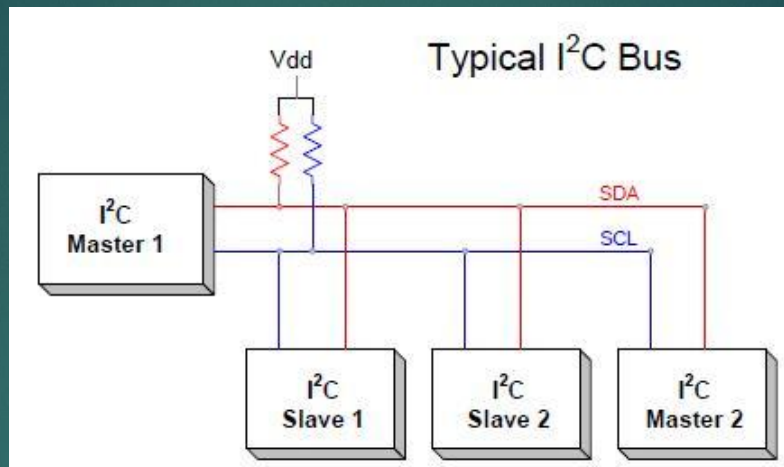


I2C - ФИЗИКА

Устройства имеют выход с "открытым коллектором" - когда выходной транзистор закрыт на линии через подтягивающий резистор устанавливается высокий уровень, а когда открыт - низкий. Номинал резисторов влияет на скорость передачи данных(чем выше номинал, тем ниже скорость)



I2C - ЛОГИКА



Любое устройство на шине I2C может быть одного из двух типов:

- Master(ведущий) – управляет сеансом
- Slave(ведомый) – «поддакивает» при приеме байта

Master и Slave могут работать в двух режимах:

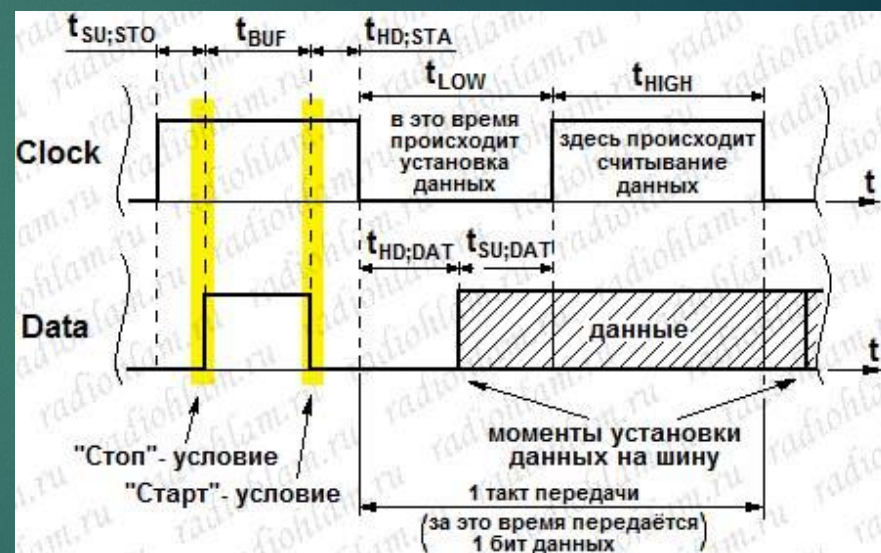
- Приемник
- Передатчик

I2C - ЛОГИКА

Каждый сеанс начинается и заканчивается с подачи «Мастером» так называемых **START** и **STOP** условий.

«**Start-условие**» — это изменение уровня на линии Data с высокого на низкий при наличии высокого уровня на линии Clock.

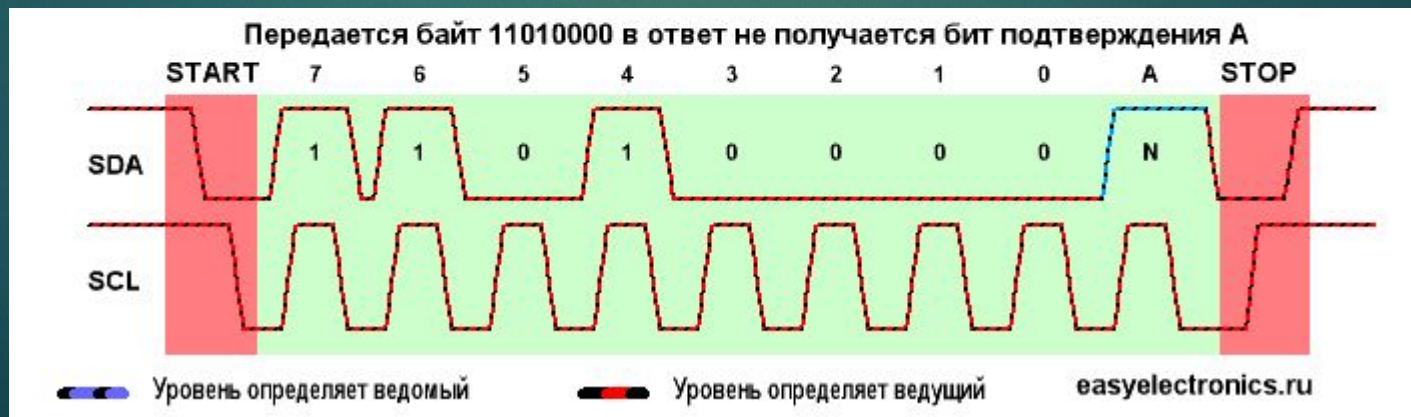
«**Stop-условие**» - это изменение уровня на линии Data с низкого на высокий при наличии высокого уровня на линии Clock.



Внутри сеанса любые изменения на линии Data при наличии высокого уровня на линии Clock запрещены!!!

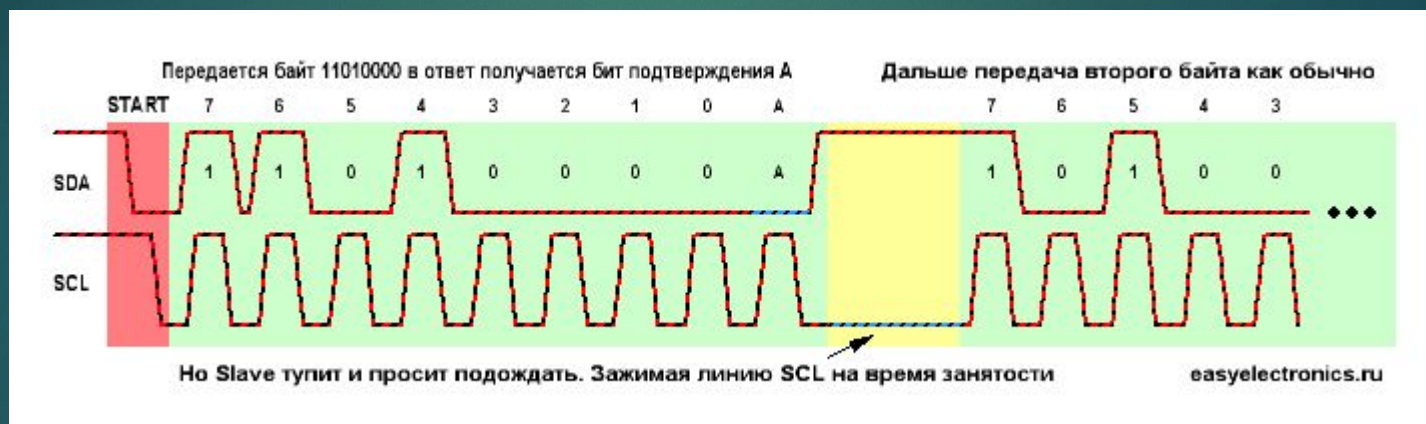
I2C - ЛОГИКА

Внутри сеанса передача состоит из пакетов по девять бит, передаваемых в обычной положительной логике (то есть высокий уровень — это 1, а низкий уровень — это 0). Из них 8 бит передаёт "Передатчик" "Приёмнику", а последний девятый бит передаёт "Приёмник" "Передатчику". Биты в пакете передаются старшим битом вперёд. Последний, девятый бит называется битом подтверждения АСК (от английского слова acknowledge — подтверждение). Он передаётся в инвертированном виде, то есть 0 на линии соответствует наличию бита подтверждения, а 1 — его отсутствию.



I2C - ЛОГИКА

Если **Slave** тормозит и не успевает, то он может **насильно** положить линию **SCL** в землю и не давать ведущему генерировать новые такты.



I2C - ЛОГИКА

Как передаются отдельные биты понятно, теперь о том что эти биты значат. В отличии от **SPI** тут умная адресная структура. Данные шлются пакетами, каждый пакет состоит из девяти бит. 8 данных и 1 бит подтверждения/не подтверждения приема.

Первый пакет шлется от ведущего к ведомому это **физический адрес устройства и бит направления.**



I2C - ЛОГИКА

После адресного пакета идут **пакеты с данными** в ту или другую сторону, в зависимости от **бита RW** в заголовочном пакете.



I2C - ЛОГИКА

Чтение практически также, но тут есть одна тонкость. При приеме последнего байта надо дать ведомому понять, что в его услугах больше не нуждаемся и **отослать NACK** на последнем байте. Если отослать ACK то после стопа Master не отпустит линию.



I2C - ЛОГИКА

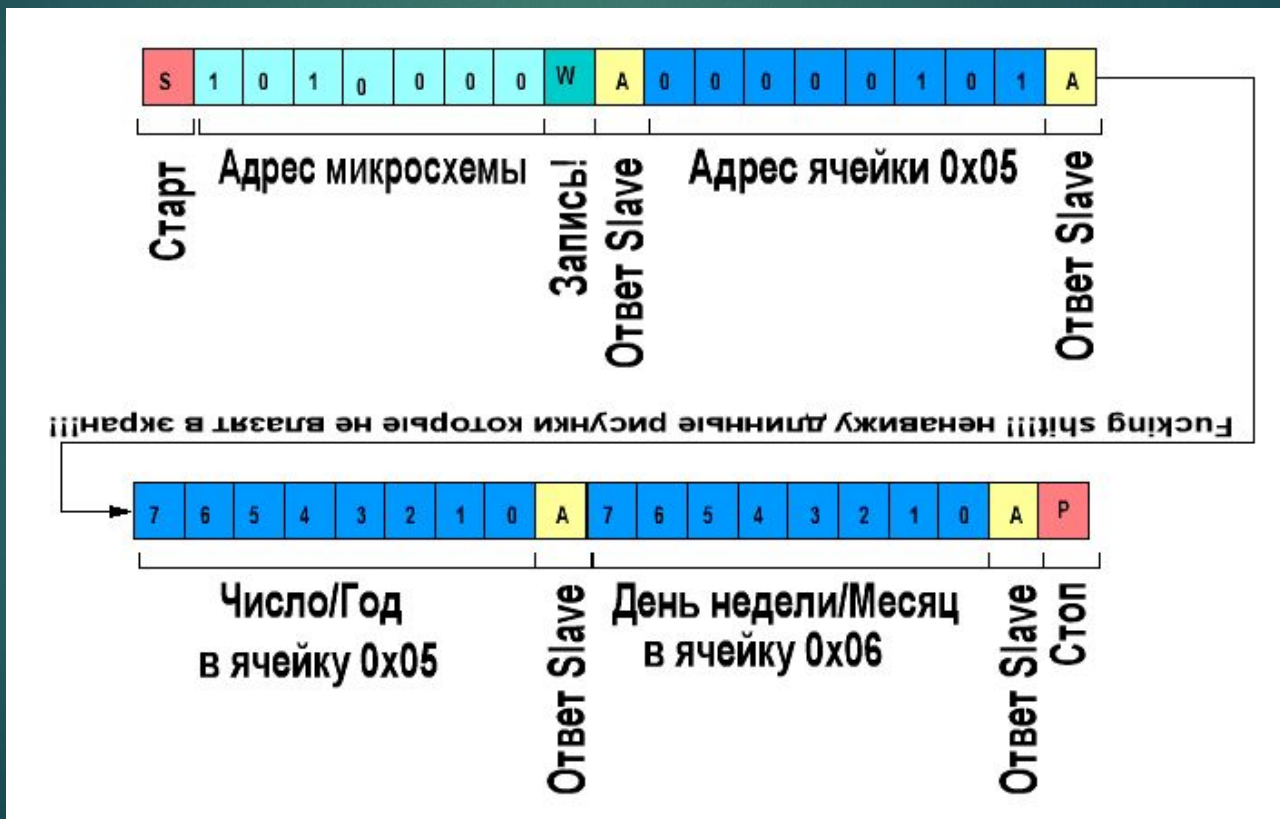
Как видно из протокола, в первом байте мы **адресовываем само устройство**, а их может быть до 127 штук. Но в самом устройстве вполне может быть очень сложная структура, с кучей ячеек. Как обращаться с этими данными? Не считать же все по очереди от нуля до конца — это долго. Поэтому приняли хитрый формат. Это не стандарт, но юзается повсеместно.

control/status		
hundredth of a second 1/10 s 1/100 s		
seconds 10 s 1 s		
minutes 10 min 1 min		
hours 10 h 1 h		
year/date 10 day 1 day		
weekday/month 10 month 1 month		
timer 10 day 1 day		
alarm control		
hundredth of a second 1/10 s 1/100 s		
alarm seconds		

control/status		
D1	D0	00
D3	D2	01
D5	D4	02
free		03
free		04
free		05
free		06
T1	timer T0	07
alarm control		08
alarm D1	alarm D0	09
D3	D2	0A

I2C - ЛОГИКА

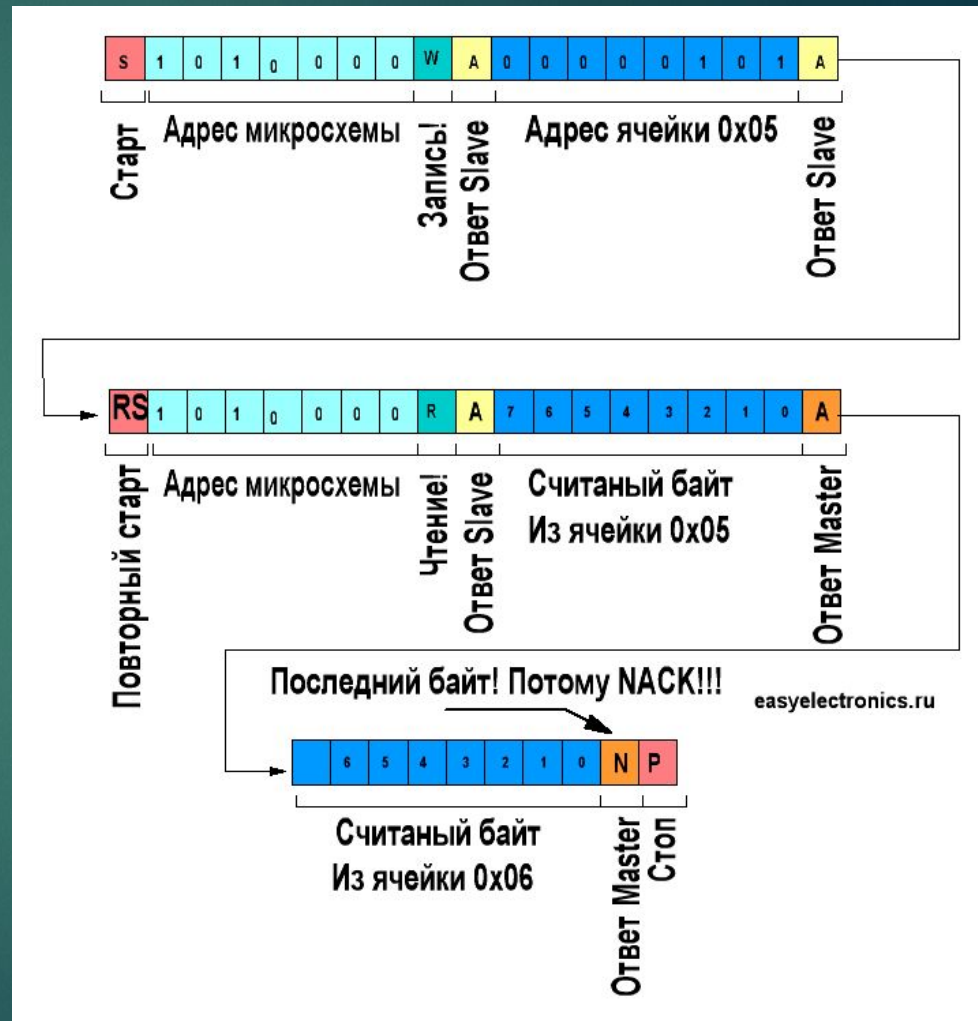
Надо мне записать две ячейки памяти с адресами **0x05** и **0x06**. Как это сделать? Из даташита я узнаю, что **первый байт данных это адрес куда** мы будем обращаться, а потом уже идут данные и со следующим байтом счетчик адреса увеличивается на 1.



I2C - ЛОГИКА

Надо нам **считать** те же данные, а вдруг изменились? С записью все понятно. А с чтением как? А с чтением все через запись.

То есть, мы, вначале, записываем один байт — адрес. Потом делаем повторный старт, затем снова обращаемся к часам по ее **Slave-адресу, но уже с битом R**, на чтение. И умная микруха выдает нам байты с адреса который мы в нее вот только что записали. Выглядит это так:



ВОТ И ВСЕ

Датчики

Датчик — собирательный термин, который может означать: измерительный преобразователь; первичный измерительный преобразователь; чувствительный элемент.

В российских рамках стандартизации **датчик** является средством измерений

Они бывают:

- Газа
- Пространства (Акселерометр, гироскоп, магнитометр, датчик линии, датчик наклона и тд)
- Климатические (Барометр, датчик влажности, датчик температуры)
- Датчики света (Освещенности, пламени, жестов, отражения и тд)
- Датчики шума

GY-521

Модуль 3-х осевого гироскопа + 3-х осевого акселерометра GY-521 на чипе MPU-6050. Позволяет определить положение и перемещение объекта в пространстве, угловую скорость при вращении. Так же имеет встроенный датчик температуры. Используется в различных коптерах и авиамоделях, так же на основе этих датчиков можно собрать систему захвата движений.

Характеристики:

Микросхема: MPU-6050

Напряжение питания: от 3,5V до 6V (DC);

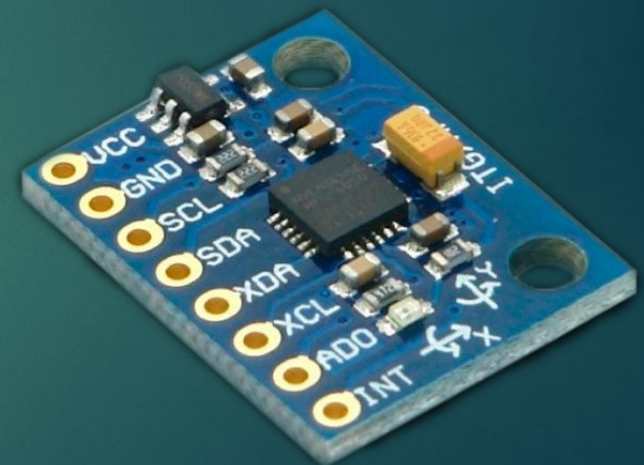
Диапазон гироскопа: ± 250 500 1000 2000 ° / с

Диапазон акселерометра: ± 2 ± 4 ± 8 ± 16 g

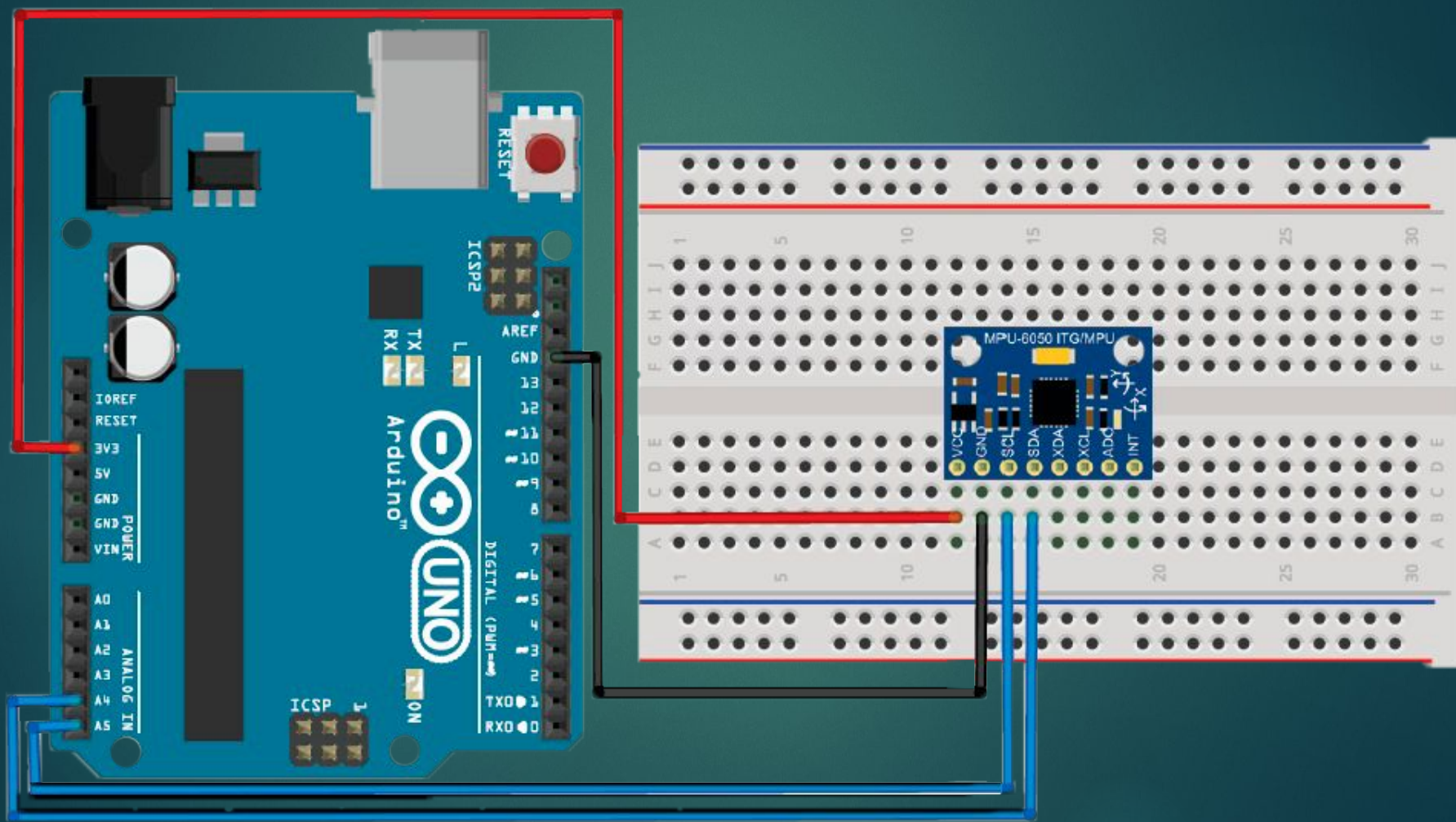
Интерфейс связи: I2C

Размер: 15x20 мм.

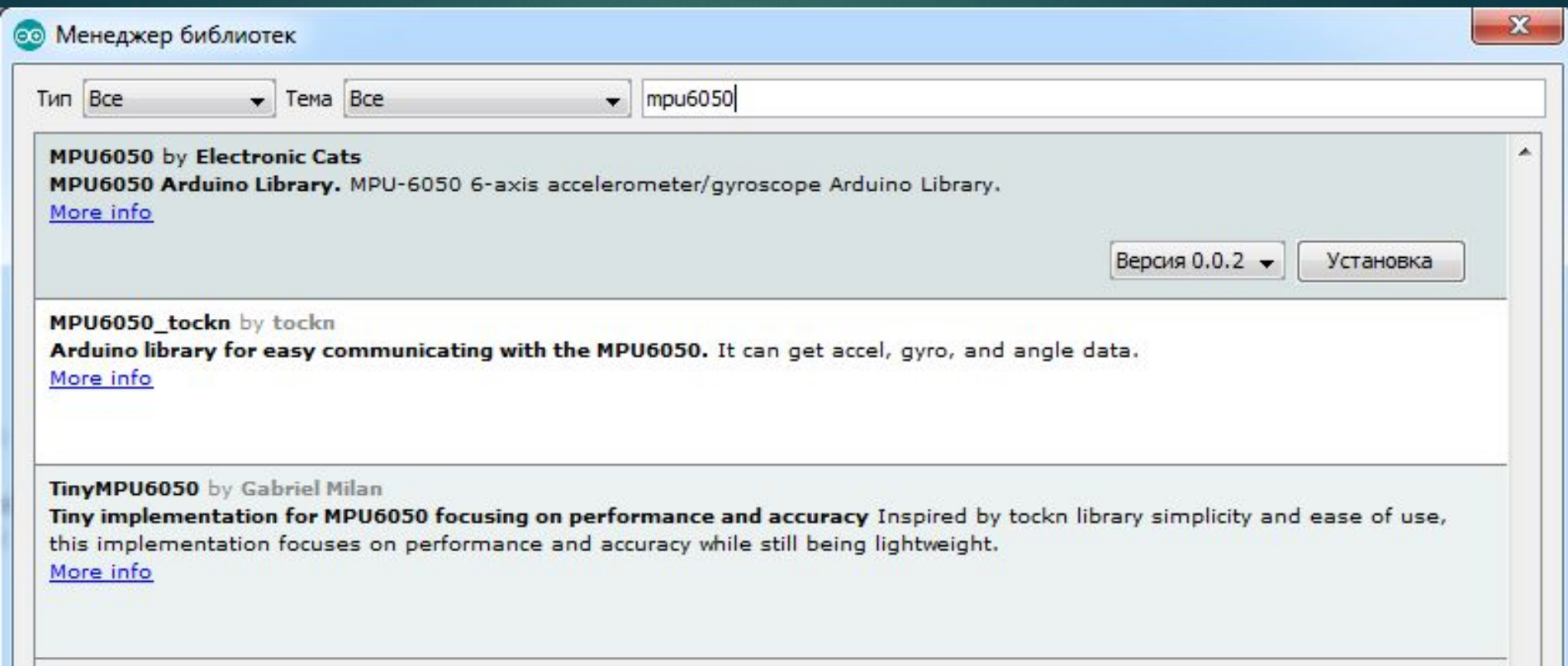
Вес: 5 г



Подключение



Подключение



Менеджер библиотек

Тип Тема

MPU6050 by **Electronic Cats**
MPU6050 Arduino Library. MPU-6050 6-axis accelerometer/gyroscope Arduino Library.
[More info](#)

Версия 0.0.2

MPU6050_tockn by **tockn**
Arduino library for easy communicating with the MPU6050. It can get accel, gyro, and angle data.
[More info](#)

TinyMPU6050 by **Gabriel Milan**
Tiny implementation for MPU6050 focusing on performance and accuracy Inspired by tockn library simplicity and ease of use, this implementation focuses on performance and accuracy while still being lightweight.
[More info](#)

Написание кода

MPU6050

```
#include "Wire.h"
#include "MPU6050.h"

MPU6050 accelgyro;

int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;

void setup() {
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  accelgyro.initialize();
  Serial.println("Testing device connections...");
  Serial.println(accelgyro.testConnection() ? "MPU6050 connection successful" : "MPU6050 connection failed");
  accelgyro.setFullScaleAccelRange(3);
}

void loop() {

  accelgyro.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
  Serial.print("a/g:\t");
  Serial.print(ax); Serial.print("\t");
  Serial.print(ay); Serial.print("\t");
  Serial.print(az); Serial.print("\t");
  Serial.print(gx); Serial.print("\t");
  Serial.print(gy); Serial.print("\t");
  Serial.println(gz);
}
```

GY-68

Барометр GY-68 (датчик атмосферного давления и температуры на чипе BMP180). Отлично подходит для создания погодных станций и систем "умный дом"

Характеристики:

Чип: Bosh BMP180

Питание: 1.8-3.6V

Потребляемый ток: 0.5uA на 1Hz

Интерфейс: I2C

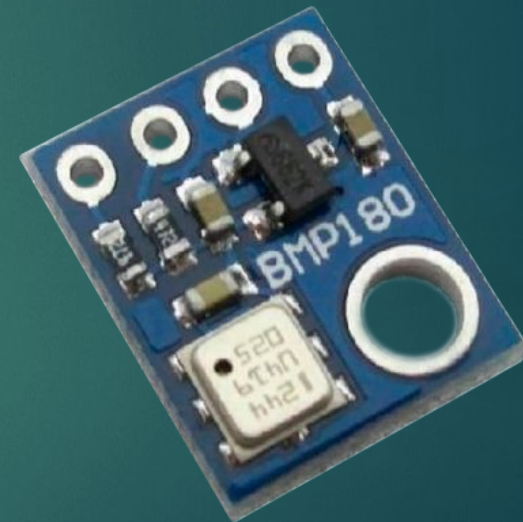
Максимальная частота I2C: 3.5Mhz

Точность давления до 0.02hPa (17см)

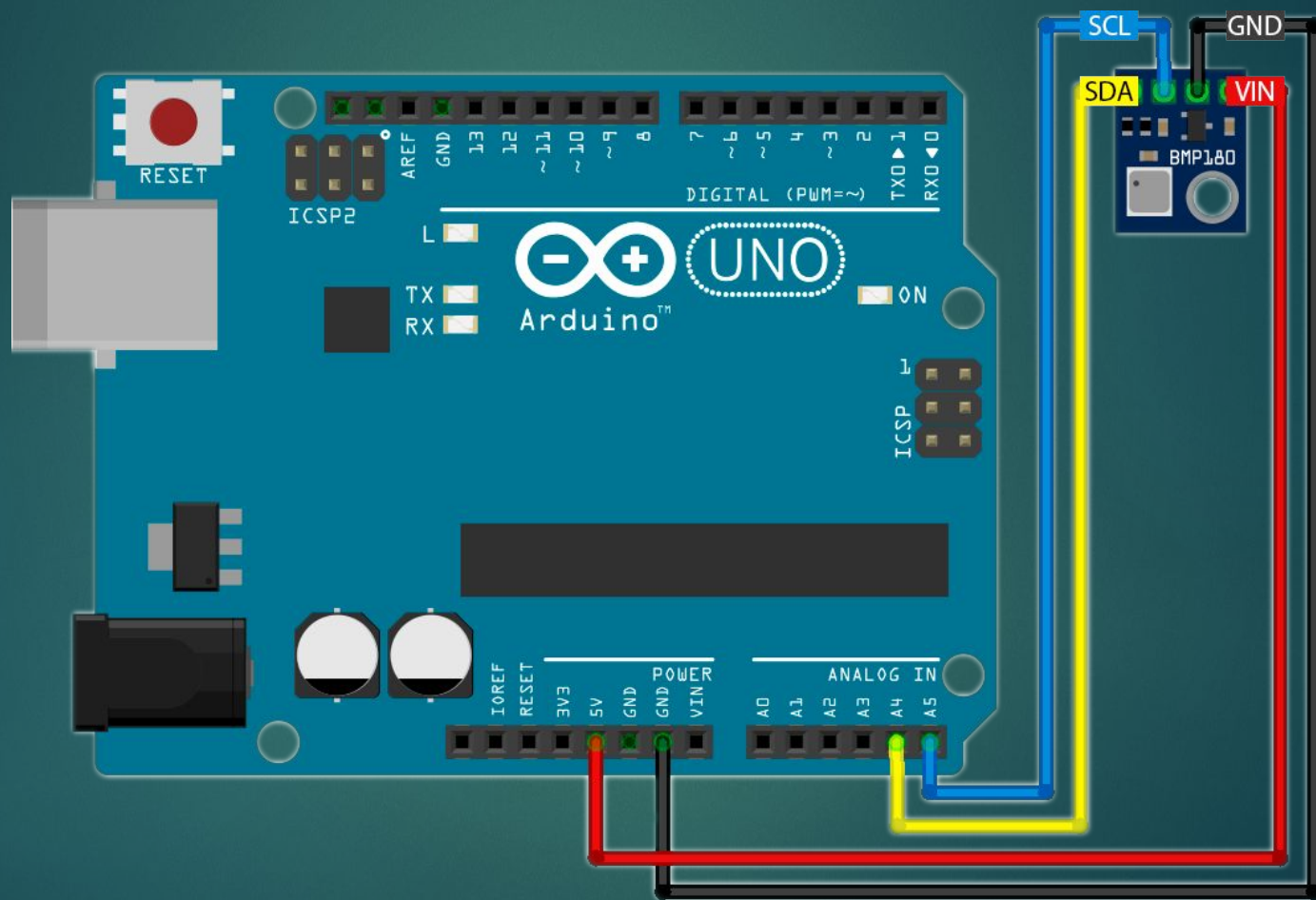
Диапазон измерения давления: от 300hPa до 1100hPa (от +9000м до -500м)

Диапазон измерения температуры: от -40 до 85 градусов по Цельсию

Вес: 1.18г



Подключение



```
#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h>
SFE_BMP180 pressure;
double baseline;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  if (pressure.begin())
    Serial.println("BMP180 init success");
  else
  {
    Serial.println("BMP180 init fail (disconnected?)\n\n");
    while(1);
  }
  baseline = getPressure();
  Serial.print("baseline pressure: ");
  Serial.print(baseline);
  Serial.println(" mb");
}
void loop()
{
  double a,P;
  P = getPressure();
  a = pressure.altitude(P,baseline);
  Serial.print("relative altitude: ");
  if (a >= 0.0) Serial.print(" ");
  Serial.print(a,1);
  Serial.println(" meters, ");
  delay(500);
}
```

```
double getPressure()
{
    char status;
    double T,P,p0,a;
    status = pressure.startTemperature();
    if (status != 0)
    {
        delay(status);
        status = pressure.getTemperature(T);
        if (status != 0)
        {
            status = pressure.startPressure(3);
            if (status != 0)
            {
                delay(status);
                status = pressure.getPressure(P,T);
                if (status != 0)
                {
                    return(P);
                }
                else Serial.println("error retrieving pressure measurement\n");
            }
            else Serial.println("error starting pressure measurement\n");
        }
        else Serial.println("error retrieving temperature measurement\n");
    }
    else Serial.println("error starting temperature measurement\n");
}
```