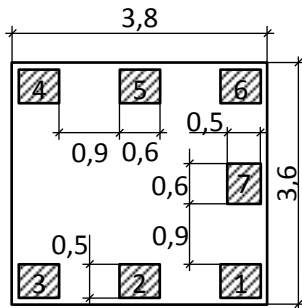




Датчик давления и температуры BMP180 (Digital Pressure Sensor)

совместим с датчиком ранней модели MBP085

Датчик поставляется в виде модуля (на печатной плате) с 4 или 5 выводами:



- если у модуля 4 вывода (VIN GND SCL SDA), то на вывод VIN подаётся питание +3,3в.
- если у модуля 5 выводов (VIN 3V3 GND SCL SDA), то на вывод VIN подаётся +5в.
(так же можно запитать модуль с 5 выводами от 3,3в, подав их на вывод 3V3 оставив вывод VIN свободным)
- если у модуля 5 выводов с выводом IO или VDDIO, то считайте, что у Вашего модуля 4 вывода. Не подавайте +5в!!!

Выходы датчика:

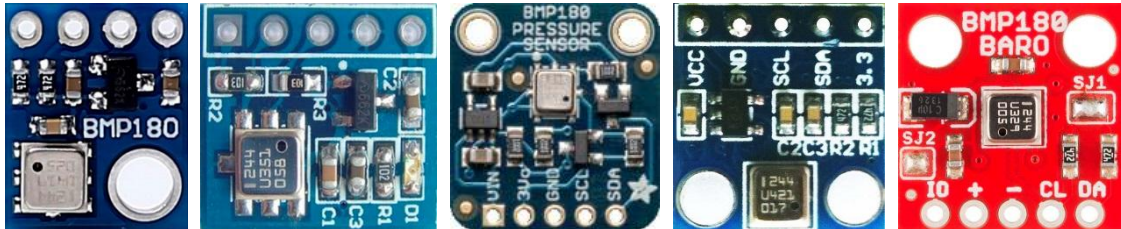
1 - CS, 2 - V_{DD} , 3 - V_{DDIO} , 4 - MOSI, 5 - CSL (CSLK), 6 - SDA (MISO), 7 - GND.

Датчик имеет возможность передачи данных используя интерфейсы I2C (выводы: 5-CSL и 6-SDA) или SPI (выводы: 1-CS, 4-MOSI, 5-CSLK и 6-MISO) В рассматриваемых модулях используется протокол I2C, а значит выводы 1 и 4 датчика не используются, но должны быть припаяны к плате для симметрии.

Выходы модуля:

VIN	(V_{CC} , V_{DD})		плюс питания;
GND	(-)	(англ. GrouND)	общий (минус питания);
SDA	(DA)	(англ. Serial DAta)	линия данных, интерфейс I2C
SCL	(CL)	(англ. Serial CLock)	линия тактирования, интерфейс I2C

Виды некоторых модулей с установленным датчиком BMP180:



Питание датчика: (V_{DD})	1,8 ... 3,6	V	постоянного тока
Питание шины I2C: (V_{DDIO})	1,62 ... 3,6	V	постоянного тока (подводимое к подтягивающим резисторам)
Питание модуля:	3,3 или 5	V	зависит от модуля (см. выше)
Потребляемый ток:	3 ... 32	мкА	во время измерений (зависит от режима точности)
	650 ... 1	мА	во время преобразований
	0,1 ...	мкА	в режиме ожидания
Рабочая температура	-40 ... 80	°C	предельно допустимые значения
Рабочее давление	0 ... 10	МПа	предельно допустимые значения
Диапазон давления:	300 ... 1100	гПа	разрешение 0,06 гПа точность $\pm 0,12$ гПа (на пределах ± 1 гПа)
Диапазон температуры:	0 ... 65	°C	разрешение 0,1°C точность $\pm 0,5$ °C (на пределах ± 2 °C)
Время преобразований	3 ... 51	мс	зависит от режима точности
Рабочая частота шины I2C	... 3,4	МГц	
Уровень «0» в шине I2C	0 ... $0,2 \cdot V_{DDIO}$	V	
Уровень «1» в шине I2C	$0,8 \cdot V_{DDIO}$... V_{DDIO}	V	
Резисторы на шине I2C	2,2 ... 10	кОм	подтягивающие резисторы на линиях SDA и SCL шины I2C
Ток стока линии SDA в I2C	\approx 9	мА	
Адрес датчика на шине I2C	0x77	HEX	id адрес датчика (модуля) для обращения по шине I2C
Подготовка к запуску	10 ...	мс	неустойчивое состояние после подачи питания на датчик

1гПа (гектопаскаль) = 100 Паскалей \approx 0,75 мм. рт. ст.

Состав датчика BMP180:

- пьезо-резистивный датчик (для определения атмосферного давления);
- термодатчик (для определения температуры);
- АЦП (аналого-цифровой преобразователь);
- EEPROM (энергонезависимая электрически стираемая перепрограммируемая память);
- RAM (энергозависимая память, другими словами ОЗУ);
- микроконтроллер;
- передача данных организована по шинам I2C или SPI (в рассматриваемом случае используется I2C).

Название регистров	Адрес	Данные регистров								Значение при сбросе	Доступ	Примечание
		7 бит	6 бит	5 бит	4 бит	3 бит	2 бит	1 бит	0 бит			
AC1	0xAA	Старший байт								константа	R	11 калибровочных коэффициентов размером по 16 бит. Каждый занимает два регистра. Коэффициенты записываются на заводе изготовителе и являются индивидуальными для каждого датчика. Они предназначены для компенсации: - смещения, - температурной зависимости, - погрешностей при изготовлении, - неоднородностей материалов и т.д. Коэффициенты не могут иметь значение 0 или 0xFFFF
	0xAB	Младший байт								константа	R	
AC2	0xAC	Старший байт								константа	R	
	0xAD	Младший байт								константа	R	
AC3	0xAE	Старший байт								константа	R	
	0xAF	Младший байт								константа	R	
AC4	0xB0	Старший байт								константа	R	
	0xB1	Младший байт								константа	R	
AC5	0xB2	Старший байт								константа	R	
	0xB3	Младший байт								константа	R	
AC6	0xB4	Старший байт								константа	R	
	0xB5	Младший байт								константа	R	
B1	0xB6	Старший байт								константа	R	
	0xB7	Младший байт								константа	R	
B2	0xB8	Старший байт								константа	R	
	0xB9	Младший байт								константа	R	
MB	0xBA	Старший байт								константа	R	
	0xBB	Младший байт								константа	R	
MC	0xBC	Старший байт								константа	R	
	0xBD	Младший байт								константа	R	
MD	0xBE	Старший байт								константа	R	
	0xBF	Младший байт								константа	R	
Chip Id	0xD0	0	1	0	1	0	1	0	1	константа	R	Значение регистра всегда=0x55 (можно исп. для проверки связи)
Soft Reset	0xE0	доступен только для записи								0x00	W	При записи 0xB6, произойдет сброс как при включении питания.
Measurement control	0xF4	OSS	CSO	биты управления измерениями				0x00	R/W	Регистр управления измерениями. OSS-режим точности, CSO-флаг состояния.		
		Старший байт результата								0x80	R	
Out LSB	0xF7	Младший байт результата								0x00	R	Регистры хранящие данные результатов измерений.
Out xLSB	0xF8	Доп. биты результата			0	0	0	0x00	R			

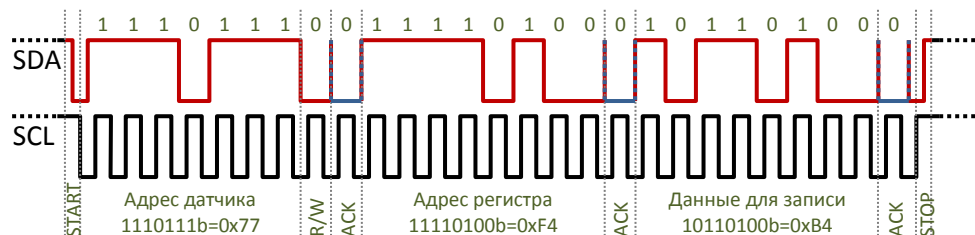
Доступ к данным регистров датчика BMP180:

Каждый регистр датчика хранит 1 байт данных. Так как модуль использует интерфейс передачи данных I2C, то и доступ к данным охарактеризован им.

Запись данных в регистры:

отправляем 1й байт (адрес датчика 0x77 и бит «R/W»=«0»); отправляем 2ой байт (адрес нужного нам регистра); отправляем 3й байт (данные для записи); после каждого отправленного байта, получаем ответ от датчика в виде одного бита «ACK».

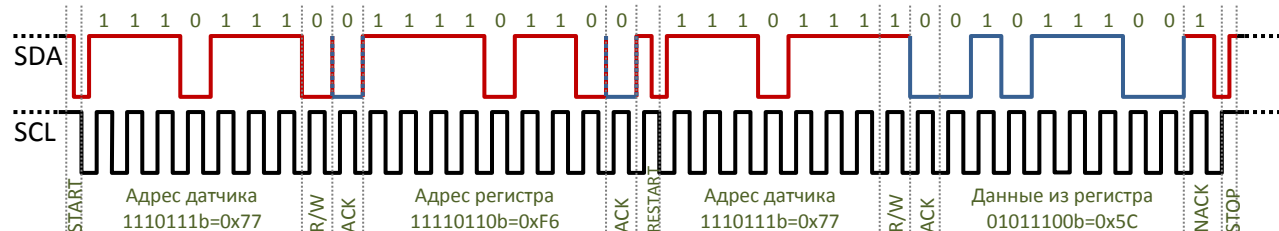
Пример записи в регистр 0xF4 значения 0xB4:



Чтение данных из регистров:

отправляем 1й байт, (адрес датчика 0x77 и бит «R/W»=«0»); отправляем 2ой байт (адрес нужного нам регистра); отправляем сигнал «RESTART»; отправляем 3й байт, (адрес датчика 0x77 и бит «R/W»=«1»); датчик ответит одним байтом данных из указанного регистра; если подать сигнал «ACK», то датчик передаст байт данных следующего регистра и т.д. пока мы не передадим сигнал «NACK».

Пример чтения байта из регистра 0xF6 (датчик ответил значением 0x5C)



Если на шине только один ведущий, то после передачи двух первых байт (адреса датчика с битом «R/W» = «0» и адреса регистра) допустимо завершить пакет подачей сигнала «STOP» и начать новый пакет сигналом «START» передать адрес датчика с битом «R/W» после чего начать принимать или передавать данные. Такой вариант передачи данных позволяет использовать библиотеки в которых нет сигнала «RESTART».

- «START» - начинает пакет переход из «1» в «0» на линии «SDA» при наличии «1» на линии «SCL».
 - «STOP» - завершает пакет переход из «0» в «1» на линии «SDA» при наличии «1» на линии «SCL».
 - «1» / «0» - биты данных передаваемый бит равен логическому состоянию линии «SDA» при наличии «1» на линии «SCL».
 - «ACK» - байт принят передача бита «0»
 - «NACK» - байт не принят передача бита «1»
 - «R/W» - приём/чтение последний бит первого байта. Если «0» - инициализирована запись, если «1» - инициализировано чтение, а первые 7 бит первого байта – это id-адрес устройства на шине I2C к которому направлена инициализация.
 - «RESTART» повторный старт сигнал нужен при наличии на шине двух ведущих и невозможности передачи инициативы второму.
- Изменения уровней на линии «SDA» происходят только при наличии «0» на линии «SCL» за исключением сигналов «START», «STOP», «RESTART».

«OSS» - 7 и 6 биты регистра «Measurement Control»: режим точности

Может принимать значения от 0 до 3 (00b, 01b, 10b, 11b) на основании этого значения датчик устанавливает соотношение передискретизации при измерении давления (00b : 1, 01b : 2, 10b : 4, 11b : 8).

«CSO» - 5 бит регистра «Measurement Control»: флаг состояния

При установке «CSO» в «1», датчик начнет измерения и после всех преобразований сбросит его в «0» указывая на доступность регистров «Out ...».

- 4:0 биты регистра «Measurement Control»: вид измерения

Принимают два значения: 01110b или 10100b в первом случае датчик будет измерять температуру, во втором давление.

Результаты измерений доступны для чтения из регистров «Out MSB», «Out LSB», «Out xLSB», как для давления, так и для температуры.

Исходя из выше изложенного, в регистр «Measurement Control» можно записывать следующие значения:

Вид измерений	Записываемое значение				Время измерений	Потребляемый ток	Точность измерений
	OSS	CSO	4:0	Результат			
Температура	00	1	01110	00101110 = 0x2E	до 4,5 мс	3 мкА	0,5 °С
Давление	00	1	10100	00110100 = 0x34	до 4,5 мс	3 мкА	0,6 гПа
Давление	01	1	10100	01110100 = 0x74	до 7,5 мс	5 мкА	0,5 гПа
Давление	10	1	10100	10110100 = 0xB4	до 13,5 мс	7 мкА	0,4 гПа
Давление	11	1	10100	11110100 = 0xF4	до 25,5 мс	12 мкА	0,3 гПа

Алгоритм получения данных:

1) Чтение калибровочных коэффициентов:

Чтение значений из одноименных регистров:

short AC1, AC2, AC3, B1, B2, MB, MC, MD;
unsigned short AC4, AC5, AC6;

2) Чтение температуры: (некомпенсированное значение)

Записываем в регистр «Measurement Control» значение: 0x2E;

Ожидаем спад флага состояния «CSO» в «0»;

Читаем результат из регистров «Out MSB» и «Out LSB»;

long UT = «Out MSB» << 8 + «Out LSB»;

3) Чтение давления: (некомпенсированное значение)

Записываем в регистр «Measurement Control» значение: 0x34 + (OSS << 6);

Ожидаем спад флага состояния «CSO» в «0»;

Читаем результат из регистров «Out MSB», «Out LSB» и «Out xLSB»;

long UP = («Out MSB» << 16 + «Out LSB» << 8 + «Out xLSB») >> (8-OSS);

4) Вычисление промежуточных переменных:

short PP1 = ((UT-AC6)*AC5 >> 15) + (MC << 11) / (((UT-AC6)*AC5 >> 15) + MD);

unsigned short PP2 = ((uint32_t)AC4 * (uint32_t) (((AC3 * (PP1-4000)) >> 13) + ((B_1 * (((PP1-4000) * (PP1-4000)) >> 12)) >> 16) + 2) >> 2) + 32768) >> 15;

unsigned short PP3 = ((uint32_t)UP - (((AC1 * 4 + ((B_2 * (((PP1-4000) * (PP1-4000)) >> 12)) >> 11) + (AC2 * (PP1-4000)) >> 11) << OSS) + 2) >> 2) * (uint32_t)(50000UL >> OSS);

short PP4 = PP3 < 0x80000000 ? PP3 * 2 / PP2 : PP3 / PP2 * 2;

5) Вычисление действительных значений:

float T = ((float)PP1 + 8) / 160;

float P = ((float)PP4 + (((PP4 >> 8) * (PP4 >> 8) * 3038) >> 16) + ((-7357 * PP4) >> 16) + 3791) >> 4) / 133.322;

Высота над уровнем моря: Зная текущее атмосферное давление «P» и давление на уровне моря «Po», можно рассчитать текущую высоту над уровнем моря по международной барометрической формуле:

$$\text{Высота} = 44330 (1 - (P/P_0)^{1/5,255}) \quad \text{Высота} = 44330 \left(1 - \frac{5,255}{P_0} \sqrt{\frac{P}{P_0}} \right)$$

Обе записи верны, выбирайте какая больше нравится.

Принцип действия датчика BMP180:

В датчике имеется герметичная камера, одна из стенок которой является гибкой мембраной с установленными на ней тензодатчиками. Мембрана прогибается пропорционально разности давлений внутри камеры и снаружи, что влияет на изменение сопротивления тензодатчиков электрическому току. Так же имеется термодатчик, сопротивление которого меняется пропорционально температуре.

АЦП (аналого-цифровой преобразователь) переводит результаты изменений датчиков в цифровые данные «некомпенсированные результаты», которые доступны для чтения из регистров датчика: «Out MSB», «Out LSB» и «Out xLSB».

Для компенсации указанных результатов (компенсации смещения, температурной зависимости, погрешностей при изготовлении, неоднородностей материалов и т.д.) каждый датчик калибруется на заводе, и в EEPROM записываются индивидуальные для каждого датчика 11 калибровочных коэффициентов (176 бит), которые доступны для чтения из регистров датчика: «AC1», «AC2», «AC3», «AC4», «AC5», «AC6», «B1», «B2», «MB», «MC», «MD».

Не допускайте попадания на датчик влаги и прямых солнечных лучей.