

TP M2M : Mesure de température – pression

1. Module température – pression

a. Préambule : notion de pression atmosphérique

La pression atmosphérique est la pression exercée par l'air sur la surface de la Terre. Elle représente également le poids exercée par une colonne d'air sur une surface donnée.

Unité de mesure : le Pascal (Pa) qui représente $1\text{Newton} / \text{m}^2$.

Usuellement, la mesure de pression est exprimée en hectoPascal (hPa) et $1\text{hPa} = 100\text{Pa}$.

Autre unité de mesure : mm de mercure

$$P(\text{mm mercure}) = P(\text{hPa}) * 760 / 1013.25$$

La mesure de pression doit être corrigée en fonction de la température.

b. Principales caractéristiques

Documentation de référence : *BMP085 – Digital pressure sensor*, Datasheet, Rev. 1.2, BOSCH, octobre 2009

Capteur de pression et de température.

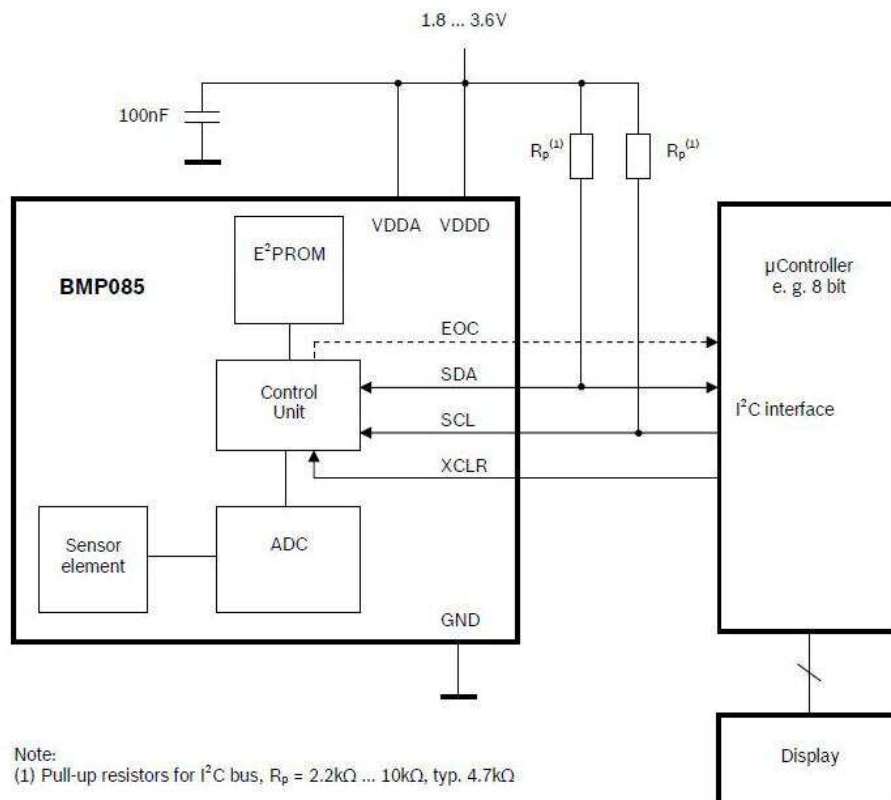
Calibration du capteur par un ensemble de paramètres stockés en EEPROM.

Sortie numérique des mesures et accès à ces mesures sur **bus I2C**.

- UP : pression (de 16 à 19 bits selon mode d'acquisition)
- UT : température (16 bits)

Mise en œuvre matérielle : cf. schéma ci-dessous.

Attention alimentation électrique : 3.3V



c. Mesure de la température et de la pression

La mesure est provoquée par une demande du microcontrôleur (qui joue le rôle de Maître sur le bus I2C)

Le cycle de mesure est défini ci-après :

Remarques : UT : mesure non compensée de la température

UP : mesure non compensée de la pression

Début séquence d'acquisition Température : t_0

Fin séquence d'acquisition température : $t_0 + 4.5 \text{ ms}$

Lecture de UT

Début séquence d'acquisition pression : t_1

Fin séquence d'acquisition pression : $t_1 + T_{t2}$

Lecture de UP

Calcul de la température en °C (**exprimée en 0.1°C**) et de la pression en hPa (**exprimée en 0.01hPa**), en utilisant les paramètres de calibration du capteur.

Remarque : il est possible d'ajuster le paramètre « oversampling_setting » qui permet de définir la résolution de mesure de la pression (cf. tableau ci-dessous).

Mode	oversampling_setting	Temps de conversion (Tt2) (ms)
Ultra low power	0	4.5
Standard	1	7.5
High resolution	2	13.5
Ultra high resolution	3	25.5

d. Coefficients de calibration

L'EEPROM du capteur a une capacité de 176 bits, partitionnés en 11 mots de 16 bits. Ces 11 mots contiennent l'ensemble de coefficients de calibration du capteur. Avant le premier calcul de température et de pression, il est nécessaire d'acquérir la valeur de ces coefficients. La table ci-dessous donne les adresses auxquelles chaque coefficient est implanté.

	BMP085 reg adr	
Parameter	MSB	LSB
AC1	0xAA	0xAB
AC2	0xAC	0xAD
AC3	0xAE	0xAF
AC4	0xB0	0xB1
AC5	0xB2	0xB3
AC6	0xB4	0xB5
B1	0xB6	0xB7
B2	0xB8	0xB9
MB	0xBA	0xBB
MC	0xBC	0xBD
MD	0xBE	0xBF

Remarque : il est possible de vérifier le transfert des données en vérifiant que la valeur de chaque coefficient est différente de 0 ou \$FFFF.

e. Calcul de la température et de la pression

Se référer au diagramme de calcul ci-après (cf. Figure 1 Figure 1).

f. Autre résultat : altitude absolue

En considérant la mesure de pression p , et la valeur de la pression au niveau de la mer $p_0 = 1013.25\text{hPa}$, il est possible de calculer l'altitude du lieu de mesure, exprimée en mètres à l'aide de la relation :

$$altitude = 44330 * \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{5.255}} \right]$$

```

graph TD
    Start([Start]) --> ReadCal[Read calibration data  
from the E2PROM of the BMP085]
    ReadCal --> ReadReg[read out E2PROM registers, 16 bit, MSB first]
    ReadReg --> ReadTemp[read uncompensated temperature value]
    ReadTemp --> ReadPress[read uncompensated pressure value]
    ReadPress --> CalcTemp[calculate true temperature]
    CalcTemp --> CalcPress[calculate true pressure]
    CalcPress --> Display[display temperature and pressure value]

```

Read calibration data from the E²PROM of the BMP085

AC1 (0xAA, 0xAB)	(16 bit)
AC2 (0xAC, 0xAD)	(16 bit)
AC3 (0xAE, 0xAF)	(16 bit)
AC4 (0xB0, 0xB1)	(16 bit)
AC5 (0xB2, 0xB3)	(16 bit)
AC6 (0xB4, 0xB5)	(16 bit)
B1 (0xB6, 0xB7)	(16 bit)
B2 (0xB8, 0xB9)	(16 bit)
MB (0xBA, 0xBB)	(16 bit)
MC (0xBC, 0xBD)	(16 bit)
MD (0xBE, 0xBF)	(16 bit)

read uncompensated temperature value

write 0x2E into reg 0xF4, wait 4.5ms

read reg 0xF6 (MSB), 0xF7 (LSB)

UT = MSB << 8 + LSB

read uncompensated pressure value

write 0x34+(oss<<6) into reg 0xF4, wait

read reg 0xF6 (MSB), 0xF7 (LSB), 0xF8 (XLSB)

UP = (MSB<<16 + LSB<<8 + XLSB) >> (8-oss)

calculate true temperature

$X1 = (UT - AC6) * AC5 / 2^{15}$

$X2 = MC * 2^{11} / (X1 + MD)$

$B5 = X1 + X2$

$T = (B5 + 8) / 2^4$

calculate true pressure

$B6 = B5 - 4000$

$X1 = (B2 * (B6 * B6 / 2^{12})) / 2^{11}$

$X2 = AC2 * B6 / 2^{11}$

$X3 = X1 + X2$

$B3 = ((AC1^4 + X3) << 065 + 2) / 4$

$X1 = AC3 * B6 / 2^{13}$

$X2 = (B1 * (B6 * B6 / 2^{12})) / 2^{10}$

$X3 = ((X1 + X2) + 2) / 2^2$

$B4 = AC4 * (\text{unsigned long})(X3 + 32768) / 2^{15}$

$B7 = ((\text{unsigned long})UP - B3) * (50000 >> 065)$

if $(B7 < 0x80000000) \{ p = (B7 * 2) / B4 \}$

else $\{ p = (B7 / B4) * 2 \}$

$X1 = (p / 2^9) * (p / 2^9)$

$X1 = (X1 * 3038) / 2^{16}$

$X2 = (-7357 * p) / 2^{16}$

$p = p + (X1 + X2 + 3791) / 2^4$

display temperature and pressure value

AC1 -	408
AC2 -	-72
AC3 -	-14383
AC4 -	32741
AC5 -	32757
AC6 -	23153
B1 -	6190
B2 -	4
MB -	-32768
MC -	-8711
MD -	2868

```

short
short
short
unsigned short
unsigned short
unsigned short
short
short
short
short
short

```

long

bmp085_get_up

long

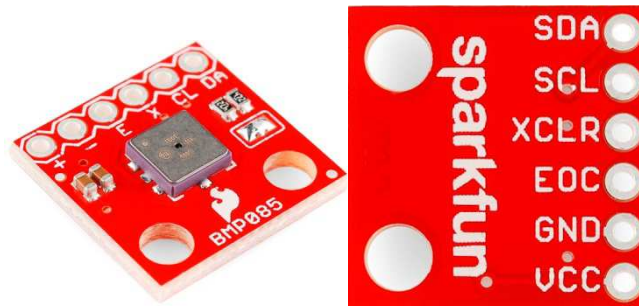
temp in 0.1°C long

press. in Pa

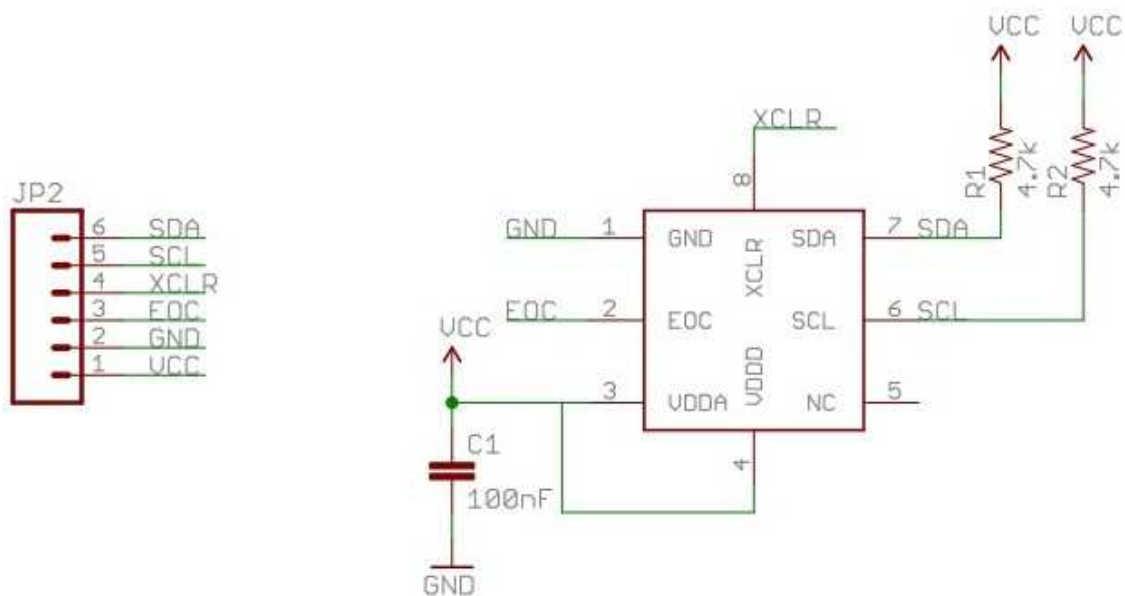
4

g. Capteur de pression BMP085

Vous disposez d'un shield permettant d'interfacier le circuit BMP085,



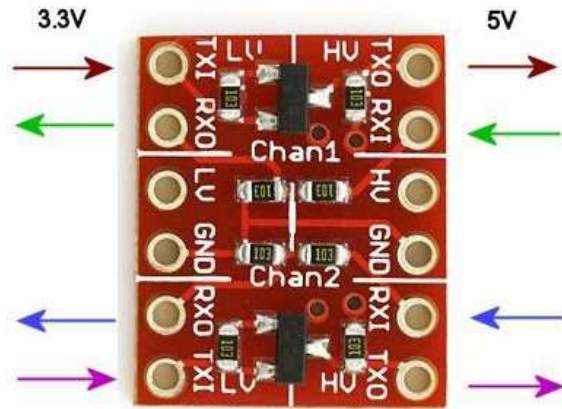
dont le schéma est donné ci-dessous.



Plus d'informations sur : <http://www.lextronic.fr/P19202-platine-capteur-de-pression-barometrique.html>

h. Translation de niveau logique

Ce circuit permet de connecter sur un même bus I2C des périphériques dont la valeur des niveaux de tension sur les broches SCL et SDA sont différentes (du fait d'une tension d'alimentation différentes des périphériques connectés sur le bus)



Des informations sont disponibles via le lien ci-dessous.

<https://www.sparkfun.com/products/8745?>

2. Travail à réaliser

Capteur de pression

A partir de la documentation technique :

- Identifier l'adresse I2C du composant ;
- Identifier l'adresse du registre de contrôle ;
- Identifier l'adresse des registres qui permettent de récupérer les mesures non compensées UP et UT de pression et température ;
- Définir les différentes variables nécessaires aux calculs de la mesure de pression et température. **Il sera nécessaire de choisir le type de représentation de ces variables.**
- Ecrire le programme permettant d'effectuer une mesure de la température et de la pression et d'afficher le résultat sous la forme :

Temp = 21.12°C Pression = 1030.25hPa
Altitude = 85.23m

sur une console hyperterminal. Cet affichage sera rafraîchi toutes les secondes.

- Connecter le capteur BMP085 sur la platine Arduino, et faire tourner le programme.