**TD Etude de la structure matérielle associée à la fonction**

**« Acquisition et mesure des informations de température, d’humidité et de pression »**

**Objectif**: étudier la structure matérielle associée à la fonction « Acquisition de température, d’humidité et de pression », afin d’être en mesure, ultérieurement, d’élaborer le programme permettant d’acquérir, de mesurer puis de transmettre à la passerelle, les informations de température, de pression atmosphérique et de taux d’humidité relative au voisinage de la carte End Device.

**Consignes** : avant de répondre aux questions de ce TD, lire ***attentivement*** la documentation du composant **BME280** (<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BME280_DS001-10.pdf>) ***au moins deux fois*** dans son intégralité, en s’aidant du logiciel de traduction en ligne DeepL si nécessaire.

1. **Localisation de la fonction objet de l’étude**



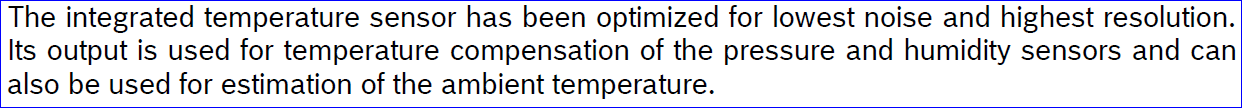
1. **Schéma structurel associé**

|  |
| --- |
|  |

1. **Présentation fonctionnelle du composant BME280**
   1. Préciser, parmi les propositions qui suivent, à quel type de composant le BME280 appartient : capteur, microcontrôleur, actionneur.
   2. Indiquer s’il s’agit d’un composant analogique ou numérique ou bien encore analogique et numérique.
   3. Indiquer les paramètres physiques auxquels le composant est sensible (préciser les unités des grandeurs associées à ces paramètres physiques).
   4. Indiquer la plage de variation possible de chacun de ces paramètres.

Le constructeur indique en titre « **Combined humidity and pressure sensor** ».

Par ailleurs, il précise page 3 :



* 1. Indiquer la raison pour laquelle le constructeur ne fait pas mention de la température dans le titre, et la raison pour laquelle il indique que le composant ne permet d’effectuer qu’une estimation de la température ambiante.
  2. Expliquer à quoi correspondent les 3 modes de fonctionnement *sleep mode*, *normal mode* et *forced mode*, et proposer une traduction française « parlante » à chacun de ces modes.
  3. Indiquer, en mode normal, les différentes valeurs de tstandby possibles.

1. **Les caractéristiques du composant BME280**

*Caractéristiques électriques*

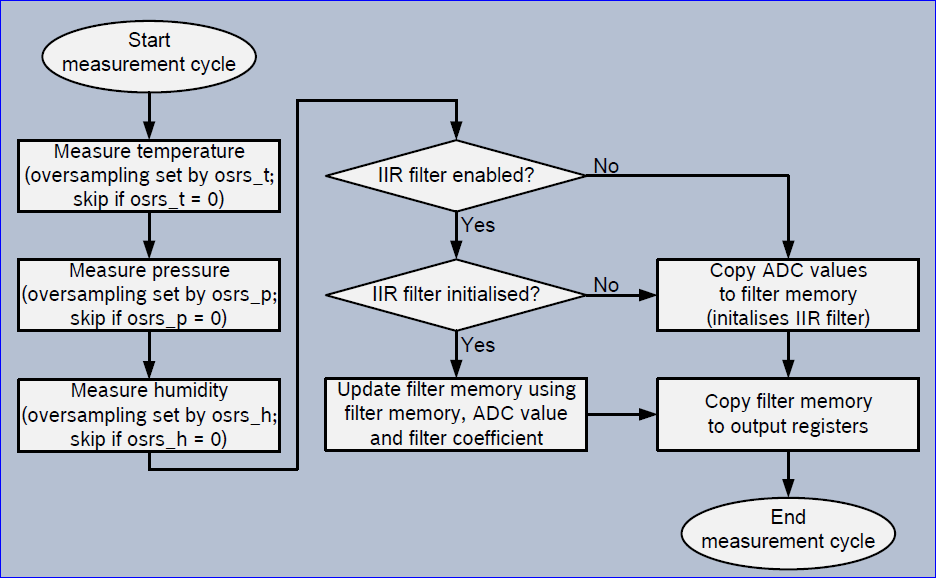
* 1. Indiquer la référence des broches d’alimentation du composant et justifier la raison pour laquelle le constructeur propose deux broches d’alimentation Vdd distinctes.
  2. Préciser les valeurs d’alimentation possibles que l’on peut appliquer sur ces broches.
  3. Indiquer dans quel cas ces deux broches seront reliées au même potentiel et dans quel cas il sera nécessaire de les relier à des potentiels distincts.
  4. Indiquer les valeurs numériques typiques et maximales des courants IDDSL, IDDSB, IDDH, IDDT et IDDP (voir figure 4 page 13), considérés à une température ambiante de 25°C.
  5. Préciser ce que signifie l’indication « *1 Hz forced mode* » donnée dans les tables 2 à 4.

*Caractéristiques de l’interface de communication avec le microcontrôleur de commande*

* 1. Indiquer les deux interfaces de communication possibles et préciser comment s’effectue la sélection de chacune de ces deux interfaces.
  2. Proposer, pour chacune des deux interfaces, le schéma de câblage du composant BME280 associé à un microcontrôleur alimenté sous Vcc = 3,3V (on ne prendra pas en compte l’interface SPI 3-Wire).
  3. Préciser, en utilisant l’interface I2C, combien d’adresses distinctes le composant peut présenter, comment les sélectionner et quelles sont leurs valeurs.
  4. Indiquer, pour chacune des interfaces de communication, la valeur maximale de la fréquence d’horloge.

*Processus de mesure des paramètres physiques*

Le processus de mesure, proposé par le constructeur, est rappelé ci-dessous :



On s’attache, dans ce qui suit, à démystifier les notions d’« *oversampling* » et de « *IIR filter* ».

Le constructeur indique successivement, aux paragraphes 3.4.1 à 3.4.3 :

« *For the humidity, oversampling is possible to reduce the noise.* »,

« *For the pressure, oversampling is possible to reduce the noise.* »,

« *For the temperature, oversampling is possible to reduce the noise.* ».

Il indique, par ailleurs, sur le synoptique de la page précédente, que les différentes valeurs possibles de « *oversampling* » sont fixées par les paramètres notés respectivement *osrs\_h*, *osrs\_p* et *osrs\_t*.

* 1. Indiquer les différentes valeurs pouvant être affectées aux paramètres *osrs\_h*, *osrs\_p* et *osrs\_t*.
  2. Préciser dans quel sens varie le bruit en fonction des valeurs de *osrs\_h*, *osrs\_p* et *osrs\_t*, et en déduire la fonction réalisée par ce dispositif d’« *oversampling* ».
  3. Préciser dans quel sens varie le courant consommé par le composant en fonction des valeurs de *osrs\_h*, *osrs\_p* et *osrs\_t* et justifier la cohérence de la réponse.
  4. Préciser dans quel sens varie le temps de mesure du paramètre physique en fonction des valeurs de *osrs\_h*, *osrs\_p* et *osrs\_t* et justifier la cohérence de la réponse.

Le constructeur indique la possibilité d’insérer, en sortie du DAC, un filtre numérique de type IIR.

* 1. Rappeler ce qu’est un filtre IIR et donner son appellation en français.
  2. Donner, en anglais et en français, l’appellation de l’« autre type » de filtre numérique.
  3. Préciser l’équation de récurrence du filtre IIR en donnant les différentes valeurs de « *filter\_coefficient* » possibles dont il est fait mention dans la documentation.
  4. Préciser dans quel sens varie le bruit associé au paramètre pression en fonction des valeurs du « *filter\_coefficient* », et en déduire la fonction réalisée par ce dispositif.
  5. Ecrire l’équation de récurrence du filtre sous forme sa canonique (les échantillons seront notés e(n) et s(n) et les coefficients a pour e(n) et b pour s(n-1)). Préciser alors s’il s’agit d’un filtre récursif ou non récursif et indiquer les différentes valeurs possibles des coefficients a et b.
  6. Retrouver, en considérant le graphe de la figure 7, le type de filtre réalisé (passe-bas, passe-haut, …) et en déduire son ordre.

Le constructeur définit la grandeur *ODR* (Appendix B).

* 1. Indiquer ce que signifie l’abréviation ODR, justifier les valeurs proposées dans la documentation et proposer une traduction en français.

1. **La programmation du composant BME280**

La documentation indique, Table 18, que le composant présente 56 registres internes.

* 1. Indiquer la fonction du registre à lecture seule « *id* ».
  2. Indiquer la fonction du registre à écriture seule « *reset* ».
  3. Identifier les 3 registres de configuration du composant, et indiquer pour chacun d’entre eux et par une phrase simple, la fonction de chacun des bits ou groupes de bits associés.
  4. Identifier le registre d’état du composant et indiquer par une phrase simple, la fonction des deux bits d’état associés.
  5. Identifier les 3 registres de sortie contenant l’information significative de la pression, et préciser sur combien de bits cette dernière est codée.
  6. Identifier les 3 registres de sortie contenant l’information significative de la température, et préciser sur combien de bits cette dernière est codée.
  7. Identifier les 2 registres de sortie contenant l’information significative de l’humidité, et préciser sur combien de bits cette dernière est codée.

Une fois la mesure effectuée, les 8 registres compris aux adresses allant de 0xF7 à 0xFE contiennent les informations significatives de la pression, de la température et de l’humidité.

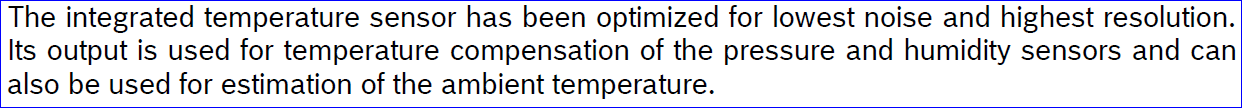
Ces informations « brutes » doivent être « travaillées » par logiciel, afin d’extraire les valeurs de pression en Pa, de température en °C et d’humidité relative en %.

Cette phase calculatoire, que l’on n’étudiera pas, est donnée par le constructeur au paragraphe 4.2.3.

Pour cela, le code accède à des valeurs notées *dig\_T*, *dig\_P* *et dig\_H*.

* 1. Indiquer à quel endroit sont stockées ces valeurs.

On revient à l’indication récupérée de la documentation donnée en page 1 de ce TD :



* 1. Expliquer ce que signifie « *temperature compensation of the pressure and humidity sensors* » et repérer l’élément de programme du paragraphe 4.2.3 permettant d’illustrer le phénomène décrit ci-dessus en anglais.
  2. Indiquer dans quelles variables seront finalement mémorisées les valeurs de température, de pression atmosphérique et de taux d’humidité relative.
  3. Indiquer, pour chacun des 3 paramètres, la relation numérique liant la valeur mémorisée à la valeur exprimée en °C, en Pa et en %.

Application

On souhaite effectuer une mesure de paramètres selon la configuration « Gaming » (table 10).

* 1. Proposer l’ordinogramme de l’application.

1. **Le câblage du composant BME280 sur la carte End Device (schéma page 2 sur 5)**
   1. Justifier le câblage des broches d’alimentation VDD et VDDIO du composant BME280.
   2. Préciser, lorsque le cavalier J15 est fermé, à l’aide de quel type d’interface du µC ESP32 le concepteur de la carte End Device a décidé de piloter le composant BME280.
   3. Justifier la présence de la résistance R31.
   4. Justifier la présence du cavalier J15.