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

**« Acquisition et mesure de l’intensité d’un champ magnétique »**

**Objectif**: étudier la structure matérielle associée à la fonction « Acquisition et mesure de l’intensité d’un champ magnétique », afin d’être en mesure, ultérieurement, d’élaborer le programme permettant d’acquérir, de mesurer puis de transmettre à la passerelle, l’intensité du champ magnétique au voisinage de la carte End Device.

**Consignes** : avant de répondre aux questions de ce TD, lire ***attentivement*** la documentation du composant **LIS3MDL** (<https://www.st.com/resource/en/datasheet/lis3mdl.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 LIS3MDL**
   1. Préciser, parmi les propositions qui suivent, à quel type de composant le LIS3MDL appartient : capteur, microcontrôleur, actionneur.
   2. Indiquer s’il s’agit d’un composant analogique ou numérique ou bien encore analogique et numérique.
   3. Indiquer le paramètre physique principal auquel le composant est sensible (préciser le symbole et l’unité de la grandeur associée à ce paramètres physique).
   4. Indiquer le paramètre physique secondaire auquel le composant est sensible.
   5. Justifier alors la description synthétique que le constructeur propose de son composant en en-tête de sa documentation.
   6. Indiquer la plage de variation possible du paramètre B.
2. **Les caractéristiques du composant LIS3MDL**

***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.

***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. Préciser, si l’on valide l’interface SPI du composant, comment configurer cette dernière en interface SPI « classique » à 4 fils ou en variante à 3 fils.
  3. Préciser, si on met en œuvre 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.
  5. Justifier la raison pour laquelle le constructeur donne 2 références distinctes pour les broches 1 et 9, et 3 références distinctes pour la broche 11.

***Caractéristique de transfert N = f(B)***

* 1. Donner la signification de l’abréviation anglo-saxonne FS proposée Table 3, page 8, et donner une traduction en français. Préciser à quoi cette abréviation fait référence dans ce cas.
  2. Indiquer sur combien de bits la valeur numérique N de l’induction magnétique B transmise au µC est codée. En déduire le nombre de valeurs distinctes que peut prendre N.
  3. Proposer la traduction française de la grandeur « Sensitivity » proposée Table 3, page 8, et en donner une définition.
  4. Déduire, en considérant les valeurs numériques de la grandeur « Sensitivity » indiquées Table 3, page 8, le nombre de valeurs distinctes de N possibles. Comparer ce résultat par rapport à celui exprimé en réponse à la question 4.10 et conclure.
  5. Indiquer alors, en décimal, entre quelles valeurs min et max le nombre N peut varier.
  6. En déduire la valeur de la résolution r du magnétomètre, correspondant à la plus petite valeur de ΔB que le magnétomètre est capable de détecter.
  7. Comparer la valeur de r avec la valeur de bruit annoncée par le constructeur.

***Les différents modes de fonctionnement du composant LIS3MDL***

Le constructeur indique, page 1 : « Continuous and single-conversion modes », que l’on pourra traduire en français par « modes continu et déclenché ».

* 1. Préciser à quoi correspondent ces deux modes de fonctionnement.
  2. Préciser ce que signifie l’abréviation anglo-saxonne ODR et proposer une traduction en français appliquée au composant LIS3MDL. Indiquer et justifier l’unité proposée par le constructeur.
  3. Indiquer avec quelle périodicité il est possible de procéder à une mesure suivie d’une lecture de la valeur du champ d’induction magnétique B.
  4. Préciser si cette périodicité est liée ou non à la fréquence du signal d’horloge SCL ou SPC.

Le constructeur annonce, page 1 : « The device may be configured to generate interrupt signals for magnetic field detection ».

* 1. Indiquer par quel moyen le composant élabore un signal d’interruption et comment se dernier se matérialise.
  2. Lister les différentes causes d’interruption possibles.

1. **La programmation du composant LIS3MDL**

On constate, Table 16, page 23, que le composant LIS3MDL comporte 19 registres internes.

* 1. Donner la référence des registres contenant les résultats de mesures et justifier leur nombre.
  2. Donner la référence des registres de commande.
  3. Donner la référence du registre d’état.
  4. Donner la référence des registres associés au fonctionnement sous régime d’interruption.
  5. Préciser l’action à effectuer, par programme, pour que le composant effectue en permanence une mesure toutes les 100 ms.
  6. Préciser l’action à effectuer, par programme, afin de sélectionner la gamme de mesures ±8 G.
  7. Indiquer, en considérant de plus que les données de 16 bits sont exprimées au format Little Endian, le résultat de mesure Nx exprimé en décimal et en hexadécimal si l’intensité de l’induction du champ magnétique mesurée selon l’axe x, Bx, est égale à 2,75 G.
  8. Toujours dans les mêmes conditions, indiquer l’intensité de l’induction magnétique By mesurée selon l’axe y si le résultat de mesure Ny est égale à 0xF2F0.
  9. Préciser l’action à effectuer pour que le composant élabore une requête d’interruption (front montant sur la sortie INT) lorsque la valeur de l’induction du champ magnétique Bx est supérieure à 2,75 G.

1. **Le câblage du composant LIS3MDL sur la carte End Device (schéma page 2 sur 4)**
   1. Justifier le câblage des broches d’alimentation Vdd et Vdd\_IO du composant LIS3MDL.
   2. Préciser à l’aide de quel type d’interface du µC ESP32 le concepteur de la carte End Device a décidé de piloter le composant LIS3MDL.
   3. Justifier le câblage des broches CS et SA1.
   4. Justifier l’information « Adr I2C $1E » mentionnée sur le schéma structurel.
   5. Justifier la présence et le rôle des résistances R43 et R44.
   6. Indiquer, en considérant la présence de la résistance R42, à quel type de front (montant ou descendant) l’entrée d’interruption du µC GPIO33 (IRQ\_I2C) devra être sensible. Préciser alors la conséquence sur la configuration du composant LIS3MDL.