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

**« Acquisition et mesure d’éclairement lumineux »**

**CORRECTION**

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

**Consignes** : avant de répondre aux questions de ce TD, lire ***attentivement*** la documentation du composant TSL2571 (<https://www.mouser.fr/datasheet/2/588/TSL2571_DS000114_3-00-1379958.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**



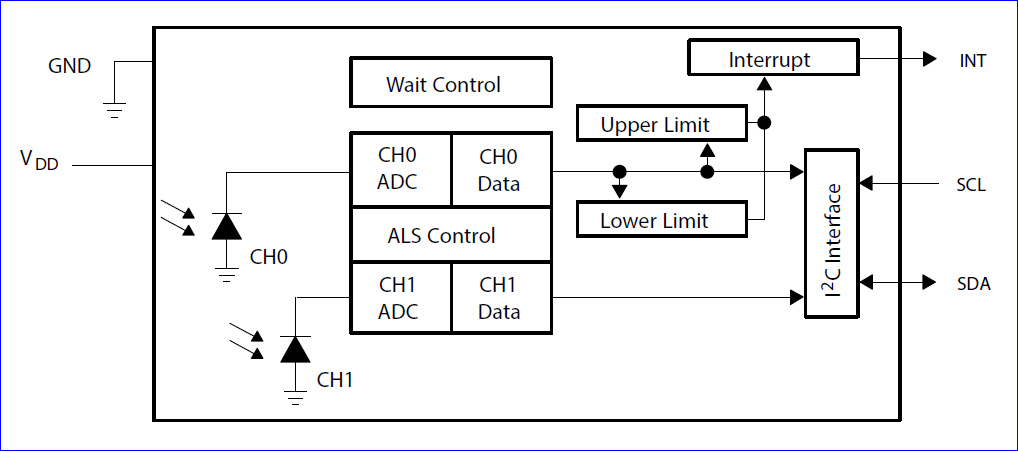
1. **Schéma structurel associé**

|  |
| --- |
|  |

1. **Présentation fonctionnelle du composant TSL2571**

On se propose de répondre aux questions de ce paragraphe 3, à partir des informations mentionnées aux pages 1 à 4 de la documentation ainsi que d’informations relatives à la photométrie non mentionnées dans la documentation et que l’on pourra récupérer auprès du professeur de physique ou depuis des sites internet -fiables et sérieux- traitant de la photométrie.

On rappelle ci-dessous le synoptique de la structure interne du composant TSL2571 :



* 1. Indiquer ce que signifie l’abréviation ALS et proposer une traduction en français. Préciser alors la nature du paramètre physique auquel le composant TSL2571 est sensible.

**ALS signifie Ambient Light Sensing que l’on pourrait traduire par « Dispositif sensible à la lumière ambiante ». Le paramètre physique auquel le composant est sensible est donc la lumière ambiante.**

* 1. Indiquer la nature et l’unité de la grandeur de sortie du composant TSL2571.

**La sortie est constituée des deux broches SCL et SDA typiques d’une interface I2C, qui délivre donc un nombre (sans unité).**

La documentation indique, page 4 : « *This digital output can be read by a microprocessor through which the illuminance (ambient light level) in lux is derived using an empirical formula to approximate the human eye response.*».

* 1. Indiquer alors la grandeur qu’un microprocesseur (ou un µC) peut calculer à partir de la prise en compte de l’information de sortie du TSL2571. Préciser l’unité de cette grandeur. En déduire l’appellation de la fonction réalisée par l’ensemble (capteur TSL2571 plus µC).

**Il est possible, à partir de la valeur du nombre de sortie Ns délivré par le TSL2571, de déterminer l’éclairement lumineux (grandeur de la photométrie correspondant à la sensation humaine sur la manière dont une surface est éclairée), grandeur notée le plus souvent E (et que l’on notera donc E), et qui s’exprime en lux (lx).**

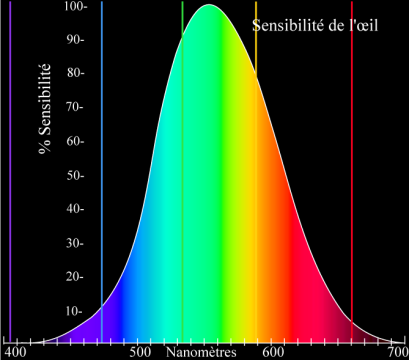
**L’ensemble (capteur TSL2571 plus le µC intégrant le programme de calcul de l’éclairement lumineux) réalise donc un luxmètre.**

* 1. Préciser à quoi fait référence la notion de « human eye response ».

**L’œil humain ne présente pas la même sensibilité aux différentes longueurs d’onde du domaine visible.**

**A puissances d’émission identiques, il aura la sensation de voir une source lumineuse de couleur verte de façon bien plus brillante qu’une source lumineuse de couleur rouge ou bleue.**

**L’éclairement lumineux, en lux, tient compte de la sensibilité spectrale de l’œil.**



* 1. En déduire la raison pour laquelle le constructeur précise, page 1, les 3 phrases suivantes : « *While useful for general purpose … lighting conditions. Display panel and … platform power. The ALS features … and cell phones.* ».

**On pourra intégrer ce capteur TSL2571 sur le bord d’un écran d’ordinateur, de télévision ou de smartphone afin d’adapter l’intensité lumineuse émise par l’écran à la lumière ambiante, l’objectif étant de réduire la consommation de l’écran qui peut représenter jusqu’à 40% de l’énergie consommée pour ce genre d’appareil, nous dit-on.**

On s’intéresse désormais au synoptique du composant, rappelé page précédente.

* 1. Expliquer en une phrase le fonctionnement d’une photodiode. Préciser le sens de circulation du courant dans la photodiode.

**Une photodiode est un composant photorécepteur qui, lorsqu’elle est éclairée, est parcouru par un courant inverse dont l’intensité est fonction de l’éclairement qu’elle reçoit.**

**Le courant rentre par la cathode et sort par l’anode de la photodiode, ce qui suppose qu’elle soit polarisée en inverse.**

* 1. Indiquer la différence entre les deux photodiodes intégrées au composant TSL2571.

**La photodiode affectée au canal 0 est sensible aux rayonnements électromagnétiques des domaines visible et infrarouge, alors que celle associée au canal 1 n’est sensible qu’aux rayonnements du domaine infrarouge (page 4).**

* 1. Rappeler la plage de fréquences et de longueurs des ondes électromagnétiques appartenant au domaine visible ainsi qu’au domaine des infrarouges.

**Sachant que longueur d’ondes λ et la fréquence f des ondes électromagnétiques sont liées par la relation avec c ≈ 300 000 km.s-1, la célérité de la lumière, on obtient :**

* **Spectre des ondes visibles : 390 nm ≤ λ < 750 nm ou 770 THz ≥ f > 400 THz ;**
* **Spectre des ondes infrarouges : 750 nm ≤ λ < 100 µm ou 400 THz ≥ f > 3 THz.**
  1. Indiquer la résolution des convertisseurs analogique numérique ADC mentionnés sur le synoptique et préciser à quel endroit est stocké le résultat de conversion analogique numérique.

**La résolution des convertisseurs AN est de 16 bits. Les résultats de conversion analogique numérique sont notés CHO Data et CH1 Data et stockés dans des registres de données (page 4).**

* 1. Indiquer, dans notre cas, à quoi serviront ces données CH0 Data et CH1 Data.

**C’est à partir de ces données que le µC calculera la grandeur éclairement lumineux en lux.**

* 1. Justifier l’argument du constructeur selon lequel « *The digital output of the device in inherently more immune to noise compared to an analog interface.* ».

**Une sortie numérique qui délivre un signal binaire est bien moins sensible au bruit ambient (pour qu’un 1 se transforme en 0 ou inversement, il faut un bruit d’amplitude supérieur à Vdd/2).**

* 1. Indiquer les deux types d’évènements pouvant conduire le composant TSL2571 à élaborer une requête d’interruption.

**On peut configurer le TSL2571 pour qu’il élabore une requête d’interruption lorsque la lumière ambiante est soit supérieure à un certain seuil haut, soit inférieure à un certain seuil bas. Les valeurs de seuils haut et bas sont mémorisés dans les blocs « Upper Limit » et « Lower Linmit » du synoptique.**

* 1. Préciser le type de signal délivré par la broche de sortie INT à l’instant où le composant élabore une requête d’interruption.

**La sortie INT élabore un front descendant (page 2).**

* 1. Expliquer à quoi correspond l’expression « *programmable interrupt persistence feature* » mentionnée page 4.

**Il est possible, afin de ne pas déclencher des requêtes d’interruption non significatives, lorsque les seuils haut et/ou bas sont dépassés de façon fugitive à cause de « bruits lumineux », par exemple, de configurer le composant TSL2571 de telle façon qu’il ne déclenche réellement une requête d’interruption que lorsque les seuils haut et/ou bas ont été dépassés consécutivement un certain nombre minimum de fois.**

1. **Les caractéristiques du composant TSL25711**

***Caractéristiques électriques***

* 1. Indiquer la référence de la broche d’alimentation du composant et préciser la plage de tensions avec lesquelles on peut alimenter le composant.

**Broche d’alimentation VDD, avec 2,6 V < VDD < 3,6 V.**

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

Comme précisé sur le schéma structurel proposé page 2 de ce TD, la référence exaxcte du composant est TSL25711.

* 1. Retrouver dans sa documentation constructeur, l’adresse I2C de ce composant.

**L’adresse du composant I2C est donnée page 33 de la documentation : 0x39 (adresse que l’on retrouve sur le schéma structurel, mentionnée par le concepteur de la carte).**

* 1. Indiquer la valeur maximale de la fréquence d’horloge fSCL.

**fSCLmax = 400 kHz (Figure 10 page 8).**

***Principe de la mesure de l’éclairement lumineux en lux***

Les formules, établies de façon empirique, permettant de calculer l’éclairement lumineux, sont données page 14.

Ce dernier dépend de la grandeur CPL (counts per lux) calculée à partir de 3 paramètres :

* ATIME\_ms, correpondant à la durée d’intégration du convertisseur AN exprimée en ms et programmable par pas de 2,72 ms, entre 2,72 ms min et 174 ms (Figure 23, page 21) ;
* AGAIN, correspondant au gain avec lequel le dispositif traite la lumière ambiante, et pouvant prendre les 4 valeurs 1, 8, 16 ou 120 (Figure 28, page 24) ;
* GA, correspondant à un coefficient d’atténuation optique, égal à 1 si aucun phénomène ne vient altérer le rayonnement lumineux sur la lentille du composant, et supérieur à 1 dans le cas contraire (lentille sale ou rayée, par exemple).

Les valeurs de ces 3 paramètres sont choisies par le programmeur de façon empirique.

Une fois ces grandeurs fixées, le programme calcule la valeur de l’éclairement en lux (page 14).

Attention : il faut veiller à ce que le dispositif de mesure n’entre jamais en saturation.

Pour cela, il faut que la valeur maximale de C0DATA et de C1DATA, qui dépend de la valeur de ATIME\_ms, ne dépasse pas la valeur . Si tel est le cas, il faut faire une nouvelle mesure en diminuant la valeur de ATIME\_ms.

Exemple : On se fixe ATIME\_ms = 32,64 ms, AGAIN = 1 et GA = 1.

* 1. Calculer la valeur de CPL et en déduire la valeur de l’éclairement lumineux si les valeurs de C0DATA et C1DATA sont égales respectivement à 8058 et 452.

**CPL = 32,64/53. D’où Lux1 = 11616 lux et Lux2 = 7117 lux, d’où E = 11616 lux.**

1. **La programmation du composant TSL2571**

Le composant comporte 17 registres internes (Figure 20, page 18).

* 1. Indiquer le format de chacun de ces 17 registres.

**Chaque registre a un format de 8 bits.**

On reprend les valeurs de ATIME\_ms, AGAIN et GA envisagées à la question précédente, et on souhaite que le composant élabore une requête d’interruption lorsque l’éclairement lumineux dépasse plus de 10 fois consécutivement la valeur seuil de 7000 lux.

* 1. Préciser le contenu des registres à initialiser durant la procédure d’initialisation init() du composant, afin de faire fonctionner ce dernier conformément au cahier des charges.

**On initialise les registres comme suit :**

* **Enable Register = 00011011 = 0x1B ;**
* **ALS Timing Register = 0xF4 ;**
* **Wait Time Register = 0xFF ;**
* **AIHTL Register = 0x58 ;**
* **AIHTH Register = 0x1B ;**
* **APERS Register = 00000101 = 0x05 ;**
* **Control Register = 00000000 = 0x00.**

1. **Le câblage du composant TSL2571 sur la carte End Device (schéma page 2 sur 4)**
   1. Vérifier que le composant TSL2571 est correctement alimenté.

**La tension d’alimentation du composant est ici de 3,3 V, donc en accord avec la réponse à la question 4.1.**

* 1. Justifier l’information « Adr I2C $1E » mentionnée sur le schéma structurel.

**Cette information indique l’adresse du composant (il s’agit bien de l’adresse 0x39 comme précisé en réponse à la question 4.2).**

* 1. Justifier la présence et le rôle des résistances R22 et R23.

**Les résistances R22 et R23 sont des résistances de Pull-Up (ou résistances de tirage au niveau haut, en français) dont le rôle consiste à forcer les lignes SDA et SCL au niveau haut en l’absence de communication.**

* 1. Indiquer, en considérant la présence de la résistance R38, à quel type de front (montant ou descendant) l’entrée d’interruption du µC GPIO33 (IRQ\_I2C) devra être sensible. Préciser alors si ce type de front est compatible avec les caractéristiques du composant TSL2571.

**Si le cavalier J44 est ouvert, la broche d’entrée d’interruption GPIO33 est forcée au niveau haut par R38, ce qui signifie qu’on ne pourra signifier au µC la présence d’une requête d’interruption, qu’en lui transmettant un front descendant.**

**Par conséquent, si l’on souhaite que le composant TSL2571 puisse élaborer une requête d’interruption auprès du µC, il faut que sa sortie d’interruption INT soit active au niveau bas, ce qui est effectivement le cas (réponse à la question 3.13).**