

## 1. Présentation

La société Track\Co située à Aubagne a développé une solution innovante assurant le contrôle automatique et la surveillance en temps réel des trackers mono axe présents sur une centrale photovoltaïque.



## 2. Partie A : comment acquérir l'inclinaison des panneaux ?

Chaque Tracker Controller étant fixé sous un panneau solaire, la mesure de l'inclinaison est effectuée directement par un inclinomètre implanté dans le Tracker Controller.

**Question A.1 :** Identifier sur le diagramme de définition de blocs du Tracker Controller (document technique DT1) les blocs de la chaîne d'information qui répondent aux fonctions :

- Acquérir :
- Traiter :
- Communiquer :

**Question A.2 :** Indiquer la nature de l'information présente aux points ❶ ❷ ❸ et ❹ et du diagramme de définition de blocs du Tracker Controller (document technique DT1).

Exemple de mots utilisables : grandeur physique, tension analogique, signal logique, information numérique filaire, information numérique sans fil.

- ❶ :
- ❷ :
- ❸ :
- ❹ :

L'inclinomètre est connecté au microcontrôleur par un bus I2C dont la description est donnée dans le document technique DT2.

**Question A.3 :** Mesurer la période et calculer la fréquence de l'horloge (SCL) du bus I2C sur l'oscillogramme (DR1). En déduire la vitesse et le mode de transmission du bus I2C.

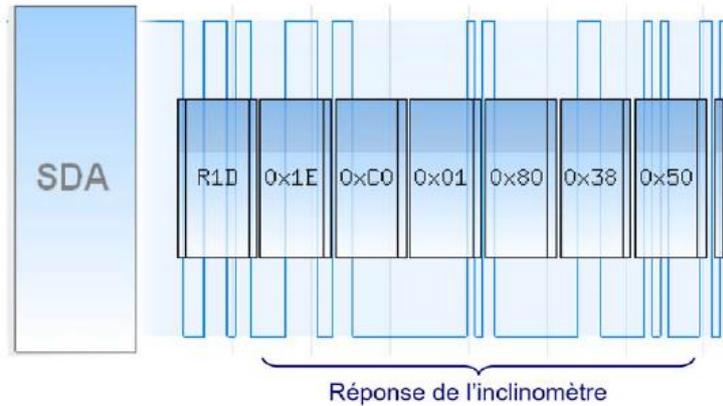
**Question A.4 :** Repérer la condition de départ (START) et le premier acquittement (ACK) en les entourant sur l'oscillogramme (document réponse DR1).

L'adresse de l'inclinomètre peut être configurée soit à 1C, soit à 1D (en hexadécimal).

**Question A.5 :** Déterminer à l'aide de l'oscillogramme (DR1), l'adresse de l'inclinomètre, en binaire, puis la convertir en hexadécimal.

### 3. Partie B : comment déterminer l'angle d'inclinaison des panneaux ?

La trame reçue par le microprocesseur lors d'une interrogation de l'inclinomètre est donnée ci-dessous (la notation 0x signifie que les données sont codées en hexadécimal) :



**Question B.1 :** À l'aide de la documentation de l'inclinomètre (document technique DT3), **désigner** et **donner** les valeurs des octets porteurs de l'information d'accélération mesurée sur l'axe X.

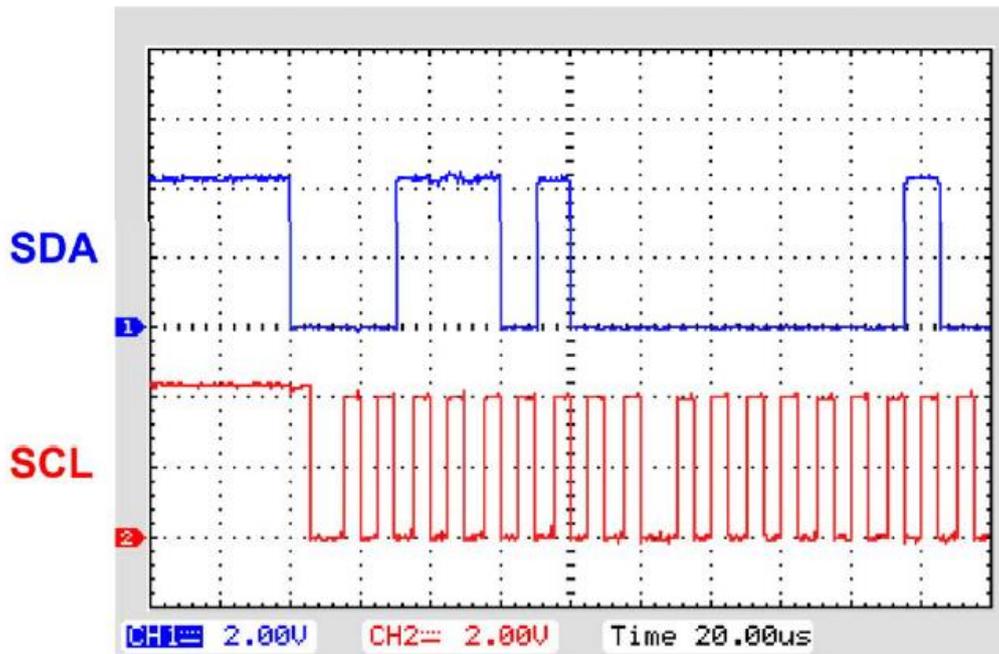
**Question B.2 :** **Indiquer** la valeur en binaire des 14 bits porteurs de l'information d'accélération mesurée sur l'axe X.

**Question B.3** En tenant compte de la précision de mesure du capteur, **montrer** que l'accélération mesurée sur l'axe X est proche de 0,49 g.

**Question B.4** En **déduire** l'angle d'inclinaison sur l'axe X.

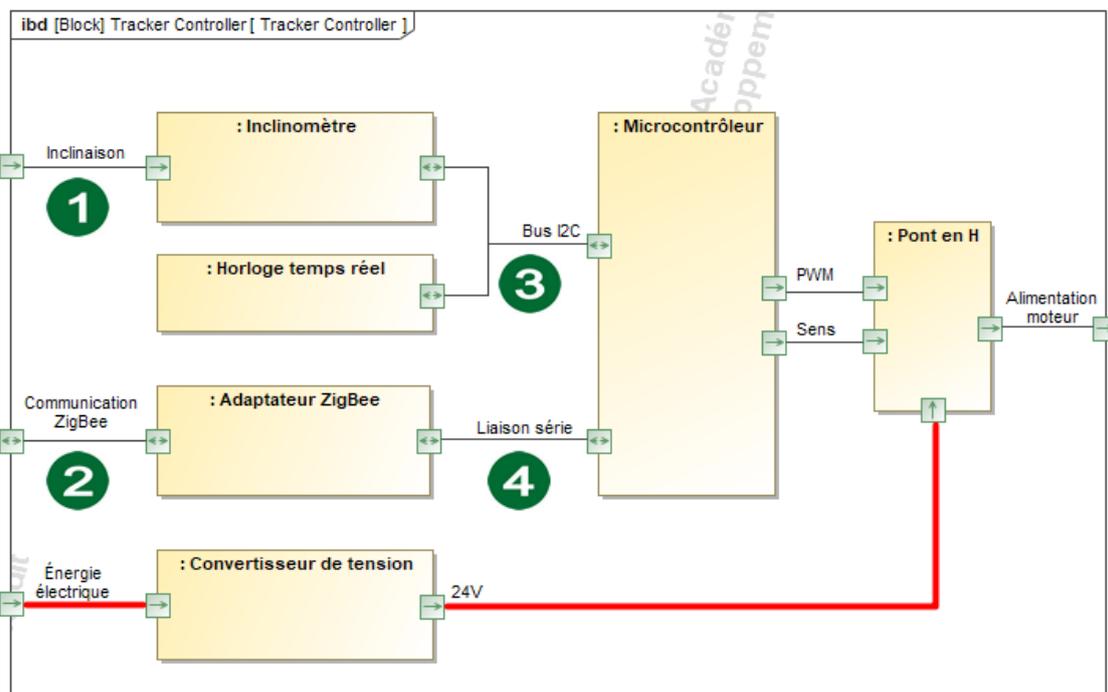
## Document réponse DR1

Oscillogramme de la communication I2C entre le microcontrôleur et l'inclinomètre



base de temps : 20µs par carreau

## Document technique DT1 : diagramme de définition de blocs (IBD) du Tracker Controller



## Document technique DT2 : le bus I2C

Le bus I2C (Inter Integrated Circuit) permet de relier facilement les différents circuits d'une carte électronique. Seuls deux fils (plus la masse) sont nécessaires pour interconnecter les circuits : **SDA** pour les données et **SCL** pour l'horloge de synchronisation.

Le bus I2C autorise l'utilisation de 4 vitesses de transmission :

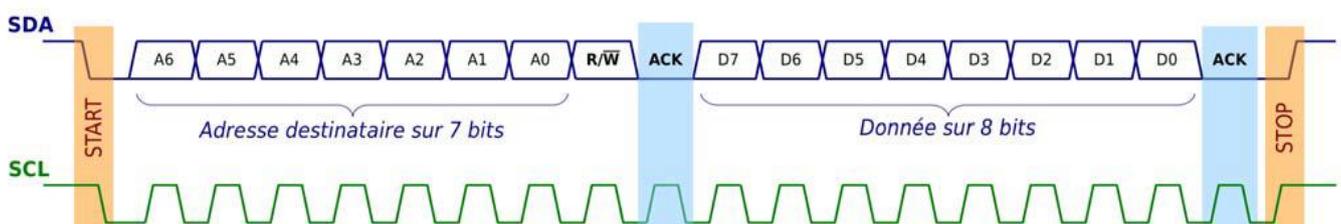
- Standard-mode : 100 kbit·s<sup>-1</sup>
- Fast-mode : 400 kbit·s<sup>-1</sup>
- Fast-mode Plus : 1 Mbit·s<sup>-1</sup>
- High-speed mode : 3,4 Mbit·s<sup>-1</sup>

### Protocole :

- Chaque circuit possède une adresse prédéfinie codée sur 7 bits.
- Au repos, les signaux SDA et SCL sont maintenus à l'état haut.
- Toutes les données transmises sur le bus sont des octets, la transmission commence par le bit de poids fort.
- Le signal SCL synchronise les échanges. L'état de SDA doit être lu pendant l'état haut de SCL.

### Principe de la communication :

- Le circuit maître prend le contrôle du bus en générant une condition de départ **START** : SDA passe à 0 pendant que SCL est à 1.
- Il transmet ensuite les **7 bits d'adresse** du circuit avec lequel il veut communiquer suivi du bit de direction : **R/W=0** s'il veut écrire ou **R/W=1** s'il veut lire.
- Chaque octet transmis est suivi d'un acquittement **ACK** : le circuit destinataire positionne SDA à 0 pendant que SCL est à 1.
- Pour terminer la communication, le circuit maître génère une condition d'arrêt **STOP** : SDA passe à 1 pendant que SCL est à 1.



## Document technique DT3 : inclinomètre

Le MMA8451Q est un accéléromètre numérique 3 axes qui est utilisé pour mesurer l'inclinaison des panneaux solaires.



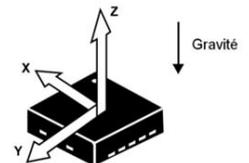
### Caractéristiques :

- Résolution 14 bits
- Précision de mesure : 0,00025 g
- Communication I2C
- Adresse : 0x1C ou 0x1D selon le niveau logique de la broche SA0

**Remarque :** les documentations des accéléromètres expriment en « g » (environ  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) l'accélération (comme celle causée par la gravitation terrestre).

### Principe de mesure :

L'accéléromètre est sensible à la fois à l'accélération linéaire (détection des mouvements du capteur) et à la gravité terrestre (mesure de l'orientation de l'accéléromètre).



Pour calculer l'angle d'inclinaison sur un axe il faut appliquer la formule suivante :

$$\text{angle} = \text{asin}(\text{accélération})$$

avec :

- angle en °
- accélération en g

**Rappel :**  $\text{asin}(\text{accélération})$  correspond à l'arc sinus de l'accélération.

### Communication I2C :

Lorsque l'inclinomètre est interrogé, il renvoie 6 octets qui correspondent à l'accélération mesurée sur les 3 axes :

Accélération sur l'axe x		Accélération sur l'axe y		Accélération sur l'axe z	
OUT_X_MSB	OUT_X_LSB	OUT_Y_MSB	OUT_Y_LSB	OUT_Z_MSB	OUT_Z_LSB

L'accélération est codée sur 14 bits, les 2 bits de poids faible fixés à 0 sont inutilisés :

MSB							LSB								
D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	0	0