Rapport de laboratoire

**Ecole supérieure**

Électronique

Laboratoire MINF

Salle R110

TP1 PWM A/D

**Réalisé par :**

Etienne De Oliveira

**A l’attention de :**

Serge Castoldi

Philippe Bovey

**Dates :**

Début du laboratoire : 28 novembre 2024

Fin du laboratoire : 9 janvier 2025

**Table des matières :**

TP1 PWM A/D 1

1 Cahier des charges 5

2 Réglage Timer et OC 5

2.1 Timer 5

2.1.1 Timer 1 5

2.1.2 Timer 2 5

2.1.3 Timer 3 6

2.1.4 Timer 4 6

2.2 OC 7

2.2.1 OC 2 7

2.2.2 OC 3 8

2.3 Schéma de mesure 8

2.3.1 Méthode de mesure 8

2.4 Résultats 9

2.5 Conversion AD🡪PWM 9

2.5.1 Code pour PWM 1 du moteur DC 9

2.5.1.1 Appliqué sur OC2 9

2.5.2 Code pour PWM 2 servomoteur 10

2.5.2.1 Appliqué sur OC3 10

3 Code 10

4 Niveau priorité 11

4.1 Explication mesure 11

4.2 Schéma de mesure 11

4.2.1 Méthode de mesure 11

4.3 Niveau 4 et 7 11

4.4 Niveau 4 12

5 PWM OC2 et Soft 12

5.1 Explication mesure 12

5.2 Schéma de mesure PWM OC2 12

5.2.1 Méthode de mesure : 13

5.3 Schéma de mesure PWM Soft 13

5.3.1 Méthode de mesure 13

5.4 Résultats 13

5.4.1 PWM OC2 13

5.4.1.1 Analyse 14

5.4.2 PWM Soft 14

5.4.2.1 Analyse 14

5.4.3 Passage PWM à 0 14

5.4.3.1 Analyse 14

6 Servomoteur 15

6.1 Schéma de mesure 15

6.1.1 Méthode de mesure : 15

6.2 Résultats 15

6.3 Analyse 15

7 Inversion sens moteur 16

8 Conclusion 17

9 Annexes 18

9.1 Cahier des charges 18

9.2 Liste du matériel 19

9.3 Mesure Timers 19

9.4 PWM OC2 20

9.5 PWM Soft 22

9.6 Passage PWM à 0 24

9.7 Servomoteur 25

9.8 Extrait cours ch.5 p.9 27

9.9 Feuille de contrôle 27

# Cahier des charges

Voir en annexe 9.1.

# Réglage Timer et OC

## Timer

### Timer 1

Période demandé de 20ms.

J’ai réglé le prescaler à 256.

Interruption de niveau 4. (Demandé CDC voir 9.1)

Formule pour Timer period :

Réglage dans Harmony :

Une image contenant texte, capture d’écran, Police, nombre

Description générée automatiquement

Figure 1 Réglage Harmony Timer1

### Timer 2

Fréquence demandée de 40 kHz. Période,

J’ai réglé le prescaler à 1.

Interruption de niveau 1. (Suivi exemple p. 2 et 3, chapitre 5 MINF TP)

Formule pour Timer period :

Réglage dans Harmony :

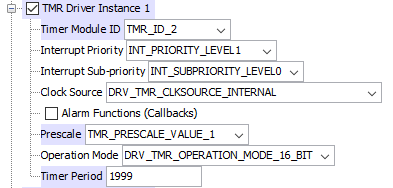


Figure 2 Réglage Harmony Timer12

### Timer 3

Période demandé de 7ms.

J’ai réglé le prescaler à 64.

Interruption de niveau 1. (Suivi exemple p. 2 et 3, chapitre 5 MINF TP)

Formule pour Timer period :

Réglage dans Harmony :

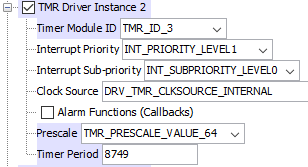


Figure 3 Réglage Harmony Timer3

### Timer 4

Période demandé de 35µs.

J’ai réglé le prescaler à 4.

Interruption de niveau 4. (Demandé CDC voir 9.1)

Formule pour Timer period :

Réglage dans Harmony :

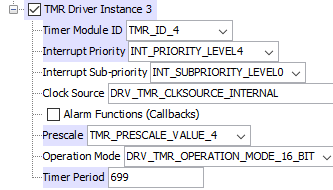


Figure 4 Réglage Harmony Timer4

## OC

### OC 2

Réglage dans Harmony :

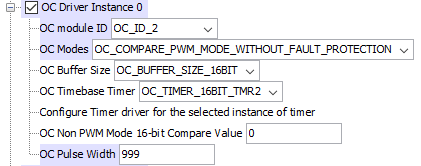


Figure 5 Réglage Harmony OC2

Pour faire ces réglages, je me suis basé sur p.4 chapitre 5 MINF TP.

J’ai décidé de mettre au départ le Pulse Width à 50% ce qui correspond à 999. Car la période du Timer 2 est de 1'999. Cette valeur n’est pas très importante, parce que c’est la valeur d’initialisation. Elle va changer ensuite grâce au programme.

### OC 3

Réglage dans Harmony :

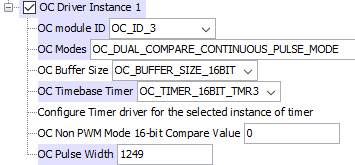


Figure 6 Réglage Harmony OC3

Pour faire ces réglages, je me suis basé sur p.4 chapitre 5 MINF TP.

J’ai décidé de mettre au départ le Pulse Width à 1'249 ce qui correspond à une impulsion de 1ms. Car la période du Timer 3 est de 7ms, qui correspond à 8’749.

Cette valeur n’est pas très importante, parce que c’est la valeur d’initialisation. Elle va changer ensuite grâce au programme.

## Schéma de mesure

Une image contenant texte, ligne, diagramme, Police

Description générée automatiquement

### Méthode de mesure

1. Alimenter la carte
2. Programmer la carte si cela n’est pas fait.
3. Brancher les sondes de l’oscilloscope, d’après le schéma.
4. Régler l’oscilloscope comme sur le schéma.
5. Appuyer sur le bouton reset S1
6. Relever l’oscillogramme.

La liste du matériel se trouve en annexe 9.2.

## Résultats

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Timer n° | Période théorique | Période mesurée |
| 1 | 20ms | 20ms |
| 2 | 25µs | 25µs |
| 3 | 7ms | 7ms |
| 4 | 35µs | 35µs |

Je peux constater qu’il n’y a pas de différence entre la valeur théorique et mesurée.

Les screens des mesures se trouve en annexe 9.3.

## Conversion AD🡪PWM

### Code pour PWM 1 du moteur DC

Une image contenant texte, capture d’écran, Police, document

Description générée automatiquement

Figure 7 Extrait code lecture AD

ORDONEEPRG correspond à 198 plage maximum, MAXVALAD à 1023 et OFFSETORIG à 99.

Les commentaires sont assez explicites pour comprendre le raisonnement. J’ai créé un tableau buffer de 10 cases, pour stocker les 10 dernière valeur de l’AD.

A la ligne 70 le %10, me sert pour revenir à la première case une fois arrivé au bout du tableau.

#### Appliqué sur OC2



Figure 8 Calcul OC2

D’abord je prends ma valeur absolue et je la multiplie par 1023 pour mettre à l'échelle la vitesse pour qu'elle corresponde à la plage de valeurs que le PWM peut accepter.

Ensuite de divise par 99 pour ajuster la valeur mise à l'échelle pour qu'elle soit proportionnelle à la plage de vitesses.

Pour finir fois 2 car sinon j’obtiens la moitié PWM.

### Code pour PWM 2 servomoteur

Une image contenant texte, capture d’écran, Police

Description générée automatiquement

Figure 9 Extrait code lecture AD

ANGLE\_ABS correspond à 180 plage maximum, MAXANGLE à 90 et MAXVALAD toujours à 1023.

Les commentaires sont assez explicites pour comprendre le raisonnement. J’ai créé un tableau buffer de 10 cases, pour stocker les 10 dernière valeur de l’AD.

#### Appliqué sur OC3



Figure 10 Calcul OC3

D’abord je prends ma valeur absolue et je rajoute 90. Ensuite je la multiplie par 1023 pour mettre à l'échelle l’angle pour qu'elle corresponde à la plage de valeurs que le PWM peut accepter.

Ensuite de divise par 180 pour ajuster la valeur mise à l'échelle pour qu'elle soit proportionnelle à la plage d’angles.

Pour finir fois 2 car sinon j’obtiens la moitié du PWM.

# Code

Le code complet se trouve sur Git.

# Niveau priorité

## Explication mesure

Cette mesure a pour but d’observer l’effet du niveau de priorité des Timers.

## Schéma de mesure

Une image contenant texte, diagramme, Police, ligne

Description générée automatiquement

### Méthode de mesure

1. Alimenter la carte
2. Programmer la carte si cela n’est pas fait.
3. Brancher les sondes de l’oscilloscope, d’après le schéma.
4. Régler l’oscilloscope comme sur le schéma.
5. Appuyer sur le bouton reset S1
6. Relever l’oscillogramme.
7. Refaire les points 2 à 6 en changeant le niveau de priorité

## Niveau 4 et 7

Une image contenant texte, capture d’écran, Rectangle, mots croisés

Description générée automatiquement

Figure 11 Timer 1 et 4

Lorsque le niveau de priorité est différent, le Timer 1 n’a pas d’influence sur le Timer 4. Lorsque qu’une interruption survient sur le Timer 1.

La période du Timer 1 est bien de 20ms.

## Niveau 4

Une image contenant texte, capture d’écran, carré, mots croisés

Description générée automatiquement

Figure 12 Timer 1 et 4 même niveau

Lorsque les 2 Timers on le même niveau de priorité. Le Timer 4 se fait interrompre durant l’interruption du Timer 1. C’est normal car même avec les mêmes niveaux le Timer 1 reste prioritaire sur le reste. (Voir annexe 9.8 extrait ch.5 cours p.9)

# PWM OC2 et Soft

## Explication mesure

Démontrer le fonctionnement des signaux PWM pour la Led et l’OC2.

## Schéma de mesure PWM OC2

Une image contenant texte, diagramme, Dessin technique, Plan

Description générée automatiquement

### Méthode de mesure :

1. Alimenter la carte
2. Programmer la carte si cela n’est pas fait.
3. Brancher les sondes de l’oscilloscope, d’après le schéma.
4. Régler l’oscilloscope comme sur le schéma.
5. Appuyer sur le bouton reset S1
6. Ensuite faite tourner le pot. R6 pour changer le rapport cyclique.
7. Relever l’oscillogramme.

## Schéma de mesure PWM Soft

Une image contenant texte, diagramme, Plan, Dessin technique

Description générée automatiquement

### Méthode de mesure

1. Alimenter la carte
2. Programmer la carte si cela n’est pas fait.
3. Brancher les sondes de l’oscilloscope, d’après le schéma.
4. Régler l’oscilloscope comme sur le schéma.
5. Appuyer sur le bouton reset S1
6. Ensuite faite tourner le pot. R6 pour changer le rapport cyclique.
7. Relever l’oscillogramme.

## Résultats

### PWM OC2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Taux PWM | Durée high théorique  [µs] | Durée high mesurée  [µs] |
| 5% | 1.25 | 1.25 |
| -5% | 1.25 | 1.25 |
| 50% | 12.5 | 12.95 |
| -50% | 12.5 | 12.95 |
| 95% | 23.75 | 24.55 |
| -95% | 23.75 | 24.55 |

Calcul pour valeur théorique :

#### Analyse

Je peux constater que mes valeurs sont assez proches de la théorie. Pour 5 et 50% les valeur sont quasiment les mêmes. Pour 95 %, il y a un peu plus de 1µs de décalage. La principale cause peut être l’oscilloscope. J’ai fait cette mesure durant les vacances avec mon oscilloscope. Cet oscilloscope date 2001 et la dernière fois qui l’a été calibré fut en 2006 lorsqu’il appartenait encore à l’ETML. Cette valeur reste tout de même acceptable c’est moins de 5% d’erreur. Entre les valeur positive et négative du PWM, il n’y a pas de différence. C’est normal car un taux ne peut pas être négatif. C’est uniquement avec les entrées du pont en H que l’on va pouvoir faire tourner le moteur dans l’autre sens.

Les screens des mesures se trouve en annexe 9.4.

### PWM Soft

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Taux PWM | Durée high théorique  [ms] | Durée high mesurée  [ms] |
| 5% | 0.175 | 0.2099 |
| -5% | 0.175 | 0.2099 |
| 50% | 1.75 | 1.785 |
| -50% | 1.75 | 1.785 |
| 95% | 3.325 | 3.36 |
| -95% | 3.325 | 3.36 |

Calcul pour valeur théorique :

#### Analyse

Je peux constater que mes valeurs sont assez proches de la théorie. Pour 50 et 95% les valeur sont quasiment les mêmes. Pour 5 %, il y a un peu plus de 30µs de décalage. La principale cause est du taux PWM sur l’affichage il était de 5% mais la valeur réelle est de 5,94% 🡪 6 %. Cela correspond à un ton de 210µs ce que j’obtiens.

Les screens des mesures se trouve en annexe 9.5.

### Passage PWM à 0

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Taux PWM  [0%] | Tension théorique  [V] | Tension mesurée  [V] |
| OC2 | 0 | 160m |
| Led | 3.3 | 3.31 |

#### Analyse

Pour l’OC2, je devrais avoir 0, c’est normal car un taux à 0 signifie que le signal et toujours bas. Avec la mesure j’obtiens 160mV, cette différence provient de mon oscilloscope. (Voir explication point 5.4.1.1.)

En ce qui concerne la Led je devrais avoir Vcc (3V3) car ce sont de Leds active bas. C’est correct car j’ai 3.31 V. si les Leds aurait été active haute, j’aurais obtenu 0V.

Les screens sont en annexe 9.6.

# Servomoteur

## Schéma de mesure

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Police

Description générée automatiquement

### Méthode de mesure :

1. Alimenter la carte
2. Programmer la carte si cela n’est pas fait.
3. Brancher les sondes de l’oscilloscope, d’après le schéma.
4. Régler l’oscilloscope comme sur le schéma.
5. Ensuite faite tourner le pot. R5 pour changer le rapport cyclique.
6. Relever l’oscillogramme.

## Résultats

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Angle  [°] | Durée high théorique  [ms] | Durée high mesurée  [ms] |
| 90 | 2.4 | 2.44 |
| 0 | 1.5 | 1.62 |
| -90 | 0.6 | 0.8 |

Calcul pour valeur théorique pour 0 :

## Analyse

Mes valeurs mesurées sont assez proches des valeurs théoriques. La valeur à 90° est parfaite mais les 2 autres il y a un léger décalage. Ces différences peuvent provenir de mon oscilloscope. (Voir explication point Analyse.) mais dans l’ensemble il n’y a rien d’alarmant.

Les screens sont en annexe Servomoteur.

# Inversion sens moteur

Pour pouvoir réaliser le code, je me suis basé sur le tableau du datasheet du pont en H. Disponible dans le cahier des charges.

Une image contenant texte, nombre, Police, calendrier

Description générée automatiquement



Figure 13 Extrait datasheet Hbridge

Pour aller dans le sens anti-horaire, c’est CCW. Et pour le sens horaire, c’est CW. Ensuite si on veut arrêter le moteur il faut regarder stop.

Dans le code voici ce que ça donne :

Une image contenant texte, capture d’écran, Police

Description générée automatiquement

Figure 14 Extrait code gestion pont en H

Je fais juste des tests pour savoir si la valeur est > ou < que 0. Sinon le moteur s’arrête.

# Conclusion

La feuille de contrôle du fonctionnement se trouve en annexe 9.9.

Pour conclure ce laboratoire, j'ai pu approfondir ma compréhension des concepts de PWM, de conversion A/D et de gestion des interruptions dans un microcontrôleur. Le travail pratique m'a permis de réaliser des réglages fins sur les timers, et de constater que les périodes mesurées correspondaient parfaitement aux valeurs théoriques, ce qui m'a assuré que la mise en place des paramètres était correcte. La conversion des signaux analogiques en PWM, notamment pour le moteur à courant continu et le servomoteur, a été un exercice très intéressant, car il m'a permis de mieux saisir l'importance de l’échelle des valeurs et de l'ajustement du rapport cyclique.

Le point sur les priorités des interruptions ont également été un point intéressant, et j'ai pu observer l'impact des différents niveaux de priorité sur l'exécution des timers. Les tests sur le signal PWM, tant en mode matériel qu'en mode logiciel, ont montré des résultats très proches de la théorie, ce qui m'a conforté dans l'idée que mes réglages étaient bien réalisés. Cependant, certains petits écarts, comme ceux observés lors des mesures avec l'oscilloscope, m'ont rappelé que l'équipement peut parfois introduire de petites erreurs.

Une image contenant croquis, dessin, calligraphie

Description générée automatiquementLausanne, 15 janvier 2025 Signature :

# Annexes

## Cahier des charges

## Liste du matériel

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Désignation** | **Marque** | **Type** | **Caractéristiques** | **N° inventaire** |
| G1 | - | PC | Port USB | - |
| G2 | SEFRAM | 6330 | Alimentation | ES.SLO2.00.00.24 |
| P1 | Rohde&Schwarz | RTB2004 | Oscilloscope 2,5GS/s | ES.SLO2.05.01.12 |
| G3 | Ningbo FTZ Hopwell | DF1730SL5A | 0-30V/0-5A | LO.SEV.01.04.06 |
| P2 | Agilent | 54621A | 60MHz/200MSa/s | LO.SEV.01.00.03 |
| M1 | - | Moteur | 12V | - |
| M2 | - | Servomoteur | - | - |
| K1 | ETML | Carte | Kit-ES | ES.SLO2.00.05.36 |

## Mesure Timers

|  |  |
| --- | --- |
|  | Je peux voir la période ainsi que la durée d’impulsion. |
|  | Je peux voir la période. |
|  | Je peux voir la période. |
|  | Je peux voir la période ainsi que la durée d’impulsion. |

## PWM OC2

|  |  |
| --- | --- |
| Une image contenant texte, ligne, nombre  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut |
| Une image contenant texte, ligne, nombre, capture d’écran  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement |  |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut |

## PWM Soft

|  |  |
| --- | --- |
| Une image contenant texte, capture d’écran, Tracé, nombre  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut. Ainsi que la période. Plus la fréquence. |
| Une image contenant texte, capture d’écran, Tracé, nombre  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut. Ainsi que la période. |
| Une image contenant texte, capture d’écran, Tracé, ligne  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut. Ainsi que la période. |
| Une image contenant texte, capture d’écran, Tracé, ligne  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut. Ainsi que la période. |
| Une image contenant texte, capture d’écran, Tracé, nombre  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut. Ainsi que la période. |
| Une image contenant texte, capture d’écran, Tracé, nombre  Description générée automatiquement | Je peux voir le taux du PWM et le temps à l’état haut. Ainsi que la période. |

## Passage PWM à 0

|  |  |
| --- | --- |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement | On peut voir le signal à 0V. |
| Une image contenant capture d’écran, texte, Tracé, nombre  Description générée automatiquement | On peut voir le signal à 3.3V. |

## Servomoteur

|  |  |
| --- | --- |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement | Cas 90°: On peut voir la période du signal. Ainsi que la durée de l’état haut. |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement | Cas 0° : On peut voir la période du signal. Ainsi que la durée de l’état haut. |
| Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, ligne  Description générée automatiquement | Cas -90° : On peut voir la période du signal. Ainsi que la durée de l’état haut. |

## Extrait cours ch.5 p.9

Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, Parallèle

Description générée automatiquement

## Feuille de contrôle