

## Microprocesseurs

Programmation en C pour  
MSP430FR5969

### TP5 : Blinking Leds et PWM

Timers et Interruptions

Professeurs : P. Buccella- D. Bullo

Nom des étudiants :

Date du laboratoire :

## Table des matières

<b>1. Objectifs .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Documents de référence .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Résultat demandé .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Modulation de l'intensité lumineuse d'une LED .....</b>	<b>4</b>
4.1. Modulation de Largeur d'Impulsion : généralités.....	4
4.2. Programmation d'un pwm et calcul de la fréquence .....	5
4.3. Ajout de la 2 <sup>e</sup> LED.....	5
4.4. Programmation d'un pwm à l'aide du module timer.....	6
4.5. Modification de la luminosité par les boutons.....	6

## 1.Objectifs

---

Les objectifs de ce travail pratique sont :

- Utilisation de l'outil de développement Code Composer Studio pour développer et vérifier un programme en C ;
- Expérimenter avec les mécanismes de base de la modulation d'impulsion pour faire varier l'intensité lumineuse d'une led ;
- Utilisation des interruptions et du module Timer ;
- Utilisation de documents de base tel que le manuel CPU-X et les supports du cours.

## 2. Documents de référence

---

Les documents utiles pour ce TP sont :

- slau367f - MSP430FR58xx, MSP430FR59xx, MSP430FR68xx, and MSP430FR69xx Family User 's Guide.pdf;
- slas704g Microprocesseur MSP430FR5969 - datasheet.
- Polycopié/exercices/notes de cours, spécialement :
  - Micro\_05\_Périphériques-MSP430-GPIO
  - Micro-05\_Périphériques-MSP430-Horloge-et-timer

## 3. Résultat demandé

---

- a) Rendu à la fin des deux premières périodes de la séance de TP de/des logigramme/s qui représentent le code à élaborer ;
- b) Remise à la fin du TP du code principal implémenté de manière à respecter au mieux les spécifications et incluant tous les commentaires utiles.

Pour exporter le projet, voir :

[https://software-dl.ti.com/ccs/esd/documents/ccs\\_sharing-projects.html](https://software-dl.ti.com/ccs/esd/documents/ccs_sharing-projects.html)

### Notes :1

- 1 fichier zip à charger sur Teams avec le projet CCS du TP.
- 1 fichier en pdf avec les logigrammes.

Les fichiers sont à nommer comme suit : TP5\_Prénom1\_Nom1\_Prénom2\_Nom2.zip et TP5\_Prénom1\_Nom1\_Prénom2\_Nom2.pdf

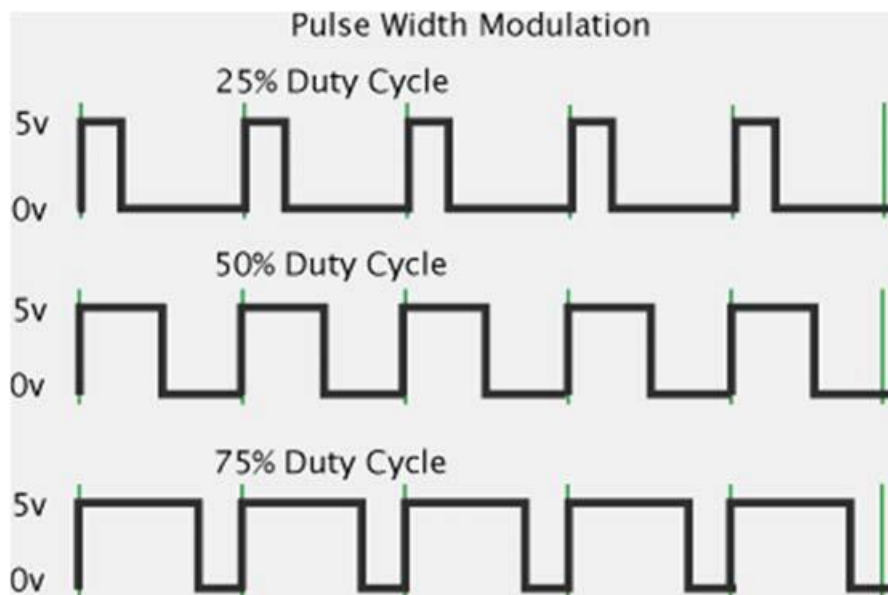
## 4. Modulation de l'intensité lumineuse d'une LED

### 4.1. Modulation de Largeur d'Impulsion : généralités

Pour changer la brillance d'une LED, on peut modifier le courant appliqué à cette LED. Malheureusement les ports sur lesquels les LED sont connectées sont entièrement numériques, ce qui fait que la seule méthode disponible consiste à allumer et éteindre les LED avec une fréquence supérieure à la vitesse de réaction de l'œil humain.

En modifiant le rapport des temps allumé/éteint, on arrive à faire varier l'intensité lumineuse perçue par l'œil. Cette modulation de largeur d'impulsion s'appelle : Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) ou Pulse Width Modulation (PWM) en anglais.

Le signal PWM a une période constante et la durée de la partie active du signal varie. Dans la première partie du tracé de l'image ci-dessous, le signal est à 1 durant 25% du temps alors qu'il est à 0 le reste du temps. De même, le signal est à 1 durant 50% au milieu du tracé et à 75% dans la dernière partie. Il est aussi possible de n'envoyer aucune puissance (0%) en laissant la sortie à 0, ou toute la puissance (100%) en laissant la sortie à 1. Le rapport entre la durée de la partie active du signal (signal à 1) et la durée de la période s'appelle le rapport cyclique (en anglais Duty Cycle).



Pour régler l'intensité lumineuse de la LED, il suffit de faire varier le temps d'allumage et d'extinction de la LED et l'œil humain, dont la fréquence maximale de perception est d'environ 75 Hz, intègre le signal pour percevoir une valeur moyenne.

## 4.2. Programmation d'un pwm et calcul de la fréquence

Pendant le cours nous avons vu plusieurs programmes qui font clignoter la LED. Le programme Code Composer Studio en propose également un lors de la création d'un nouveau projet. Importez le projet TP5 proposé sur Moodle et calculez la fréquence et le duty cycle avec laquelle la LED clignote.

- **Note** : La fréquence du processeur est actuellement configurée à 1 MHz.

## 4.3. Ajout de la 2<sup>e</sup> LED

Sur la cible, il existe une deuxième LED (rouge) connectée au GPIO port 4, bit 6. Modifiez votre programme pour que la 2<sup>e</sup> LED clignote en alternance avec la première.

Ajoutez également une variable de façon à adapter la brillance avec un paramètre fixe dans le programme, par exemple une variable :

- Décimal 0 : ratio on/off = 0 → Complètement éteint.
- décimal 4095 : ratio on/off = 1 → Complètement allumé.

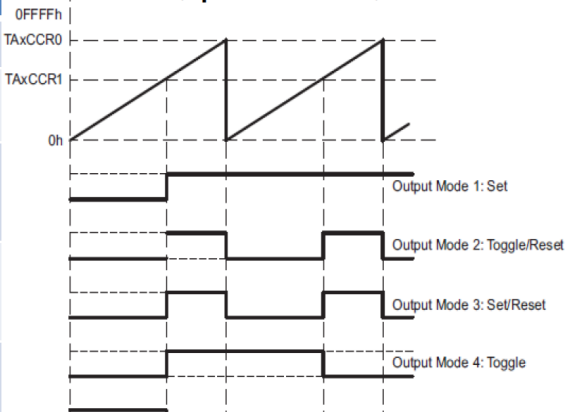
## 4.4. Programmation d'un pwm à l'aide du module timer

À ce point, modifiez le programme pour faire clignoter la LED à l'aide d'un module timer.

- Configurer le timer A0 en mode « UP » qui utilise comme horloge le VLO pour faire clignoter la LED2 (P1.0) à 2Hz.

OUT-MOD X	Mode	Description
000	Sortie	Le signal de sortie OUTX est défini par le bit <b>OUT</b> Le signal OUTX est mis à jour dès que le bit OUT est modifié
001	Set	Le signal de sortie OUTX est <b>forcée à 1</b> dès que le registre du Timer a atteint la valeur définie dans <b>TxACCRn</b> . Il y reste jusqu'à ce qu'un autre mode soit sélectionné
010	Toggle / Reset	La sortie OUTX est <b>inversée</b> dès que le registre du Timer a atteint la valeur définie dans <b>TxACCRn</b> . La sortie OUTX est <b>forcée à 0</b> dès que le registre du Timer a atteint la valeur définie dans <b>TxCCRO</b>
011	Set/ Reset	La sortie OUTX est <b>forcée à 1</b> dès que le registre du Timer a atteint la valeur définie dans <b>TxACCRn</b> . La sortie OUTX est <b>forcée à 0</b> dès que le registre du Timer a atteint la valeur définie dans <b>TxCCRO</b>
100	Toggle	La sortie OUTX est <b>inversée</b> dès que le registre du Timer a atteint la valeur définie dans <b>TxACCRn</b> . La <b>période</b> du signal est le <b>double</b> de la période du Timer

**Exemple : Timer en mode comptage  
(Up Mode : MC=01)**



- Configurer la sortie LED2 (P1.0) pour que le module Timer puisse le commander directement.

PIN NAME (P1.x)	x	FUNCTION	CONTROL BITS AND SIGNALS <sup>(1)</sup>		
			P1DIR.x	P1SEL1.x	P1SEL0.x
P1.0/TA0.1/DMAE0/RTCCLK/A0/C0/VREF-/VeREF-	0	P1.0 (I/O)	I: 0; O: 1	0	0
		TA0.CCI1A	0	0	1
		TA0.1	1		
		DMAE0	0		
		RTCCLK <sup>(2)</sup>	1	1	0
		A0, C0, VREF-, VeREF- <sup>(3)(4)</sup>	X		

## 4.5. Modification de la luminosité par les boutons

Modifiez le programme afin de pouvoir modifier le ratio on/off des LEDS, avec l'aide des deux boutons poussoirs : S2 augmente l'intensité et S1 la diminue.

Faire en sorte que lorsque vous appuyez en permanence sur un bouton Le temps pour passer de l'intensité minimale (LED éteinte) l'intensité maximale (LED allumée en permanence) ou vice-versa, doit être de dix secondes environ.

**NOTE :** S'inspirer de de l'exercice MP\_5-2 pour activer une interruption lors du flanc descendant des deux poussoirs.