

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

LINGI1113
SYSTÈMES INFORMATIQUES 2

Projet 2 : PIC horloge
Rapport



Groupe 43
PESCHKE Lena 5826 11 00
SEDDA Mélanie 2246 11 00

Professeur : Marc Lobelle

27 octobre 2013

Table des matières

1	Introduction	1
2	Documentation pour l'utilisateur	1
2.1	Réglages	1
2.2	Le réveil	3
3	Documentation pour l'installateur	4
3.1	Compilation	4
3.2	Installation	4
4	Documentation pour le programmeur	5
4.1	Spécifications	5
4.2	Fréquence du PIC	5
4.3	Choix d'implémentation	6
4.3.1	Mesure du temps	6
4.3.2	Interruptions	6
4.3.3	Autres choix	6
4.4	Détails techniques	6
5	Conclusion	6

1 Introduction

Le but de ce mini-projet a été de nous familiariser avec la programmation en C sur une machine dite "nue", c'est-à-dire sans réel système d'exploitation. Pour cela nous avons programmé un réveil matin sur une carte OLIMEX PIC MaxiWeb. Cette carte inclut un microcontrôleur de la firme Microchip et les programmes y ont un accès direct à la mémoire et aux périphériques. En particulier, nous avons dû utiliser nous-même les interruptions du "timer" pour déterminer l'heure.

Vous trouverez dans ce rapport des explications utiles pour l'utilisateur (c'est-à-dire tout ce qui concerne simplement l'utilisation du réveil lorsqu'il est déjà installé sur le PIC), pour l'installateur (les instructions décrivant comment compiler, installer sur le PIC et tester notre programme) et pour le programmeur (tout ce qui est nécessaire à un programmeur qui désirerait adapter notre programme). Dans cette dernière partie nous détaillerons notamment les spécifications de notre programme, la façon dont nous mesurons le temps qui passe, ainsi que nos divers choix d'implémentation.

2 Documentation pour l'utilisateur

Le réveil se compose de :

1 écran LCD

1 lampe LED jaune

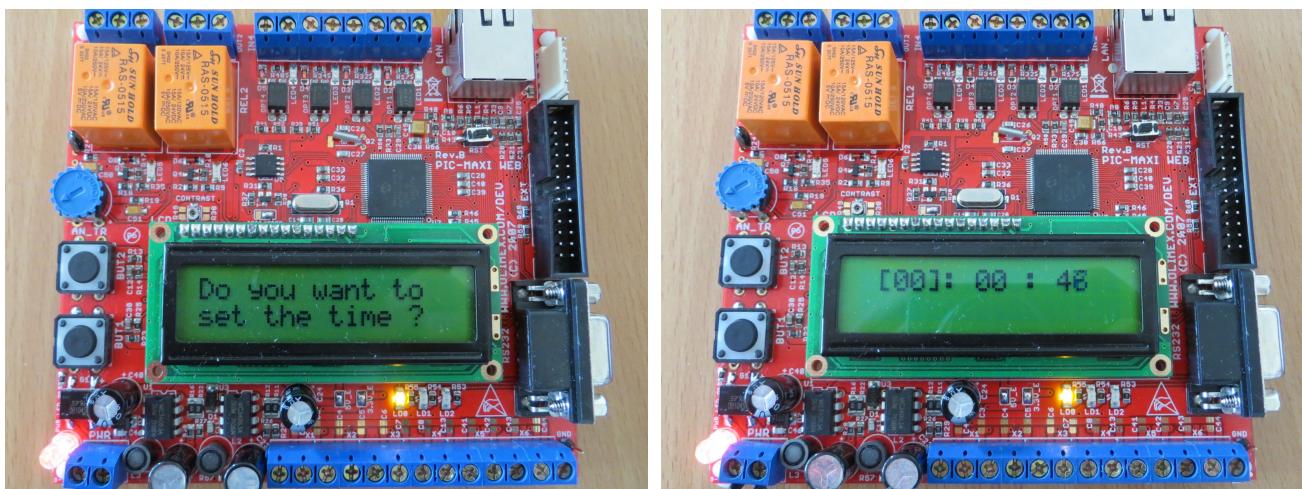
2 lampes LED rouges

1 bouton MENU/NEXT/STOP (bouton 1)

1 bouton SELECT/ADD/SNOOZE (bouton 2)

Il comporte un mode d'affichage, un menu de l'horloge et un menu de l'alarme.

2.1 Réglages



(a) Menu

(b) Modification de l'heure

FIGURE 1 – Modification de l'heure de l'horloge

Première utilisation Par défaut, l'horloge commence à 00 : 00 : 00, l'alarme est désactivée et réglée pour 00 : 00. Nous proposerons uniquement à l'utilisateur de choisir l'heure et la

minute du réveil parce que cela n'a pas beaucoup de sens de vouloir qu'il sonne à un nombre de secondes précis et c'est d'ailleurs ce qui se fait sur tous les réveils. Lors de la mise sous tension du PIC, vous entrez dans le menu de l'horloge (Figure 1a).

Menu de l'horloge L'accès au menu de l'horloge se fait via le bouton MENU. Une fois sur ce menu, vous pouvez soit appuyer sur le bouton NEXT pour passer au menu de l'alarme (Figure 2a), soit poussez sur SELECT pour pouvoir changer l'heure (Figure 1b). Vous pouvez maintenant incrémenter les heures en appuyant sur ADD. Pour passer aux minutes et ensuite aux secondes, il suffit d'appuyer sur NEXT successivement, et de les augmenter en poussant ADD. Les crochets vous indiquent quelle valeur est en cours de modification. Arrivé aux secondes, le bouton NEXT vous donne accès au menu de l'alarme (Figure 2a).

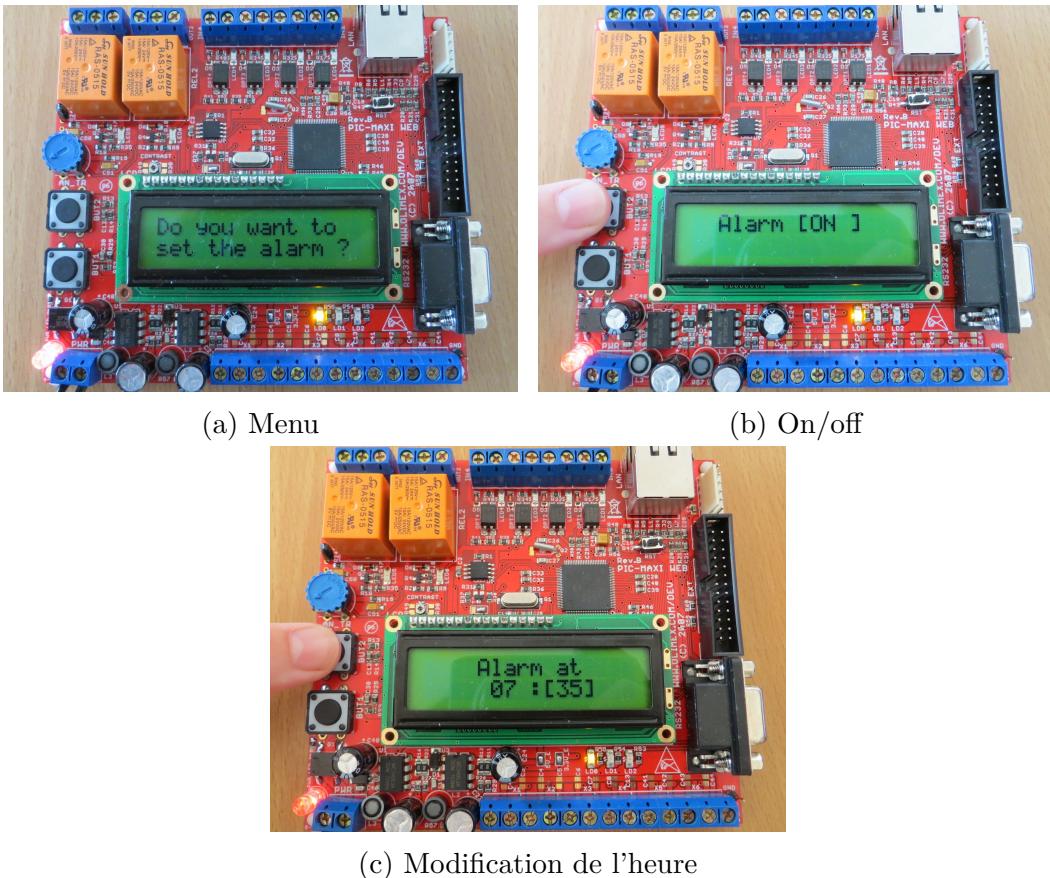


FIGURE 2 – Modification de l'heure de l'alarme

Menu du l'alarme Si vous désirez revenir à l'affichage de l'heure (Figure 1a), poussez le bouton NEXT ; pour régler l'alarme, poussez le bouton SELECT (Figure 2b). En appuyant sur ADD, vous pouvez activer ou désactiver l'alarme. L'écran vous indique l'état actuel par ON ou OFF. Le bouton NEXT vous fait accéder à l'heure de l'alarme (Figure 2c), dont vous pouvez changer la valeur en poussant sur ADD. NEXT vous permet de passer aux minutes, que vous pouvez également modifier avec le bouton ADD. Il n'est pas possible de modifier les secondes de l'alarme étant donné que c'est une fonctionnalité que notre équipe technique a jugée inutile. Enfin, le bouton NEXT vous fait quitter le menu et vous amène à l'affichage de l'heure (Figure 3).

L'affichage Le réveil affiche l'heure sous le format hh : mm : ss sur la première ligne de l'écran. La seconde ligne indique si l'alarme est mise (Figure 3b) ou non (Figure 3a) et à quelle

heure elle est réglée. Pour accéder au menu (Figure 1a), il suffit d'appuyer sur le bouton MENU et de le parcourir avec les boutons NEXT et SELECT. La LED jaune clignote en continu avec une période de 1 seconde. De cette façon, à n'importe quel endroit du menu, on peut visualiser les secondes qui passent.

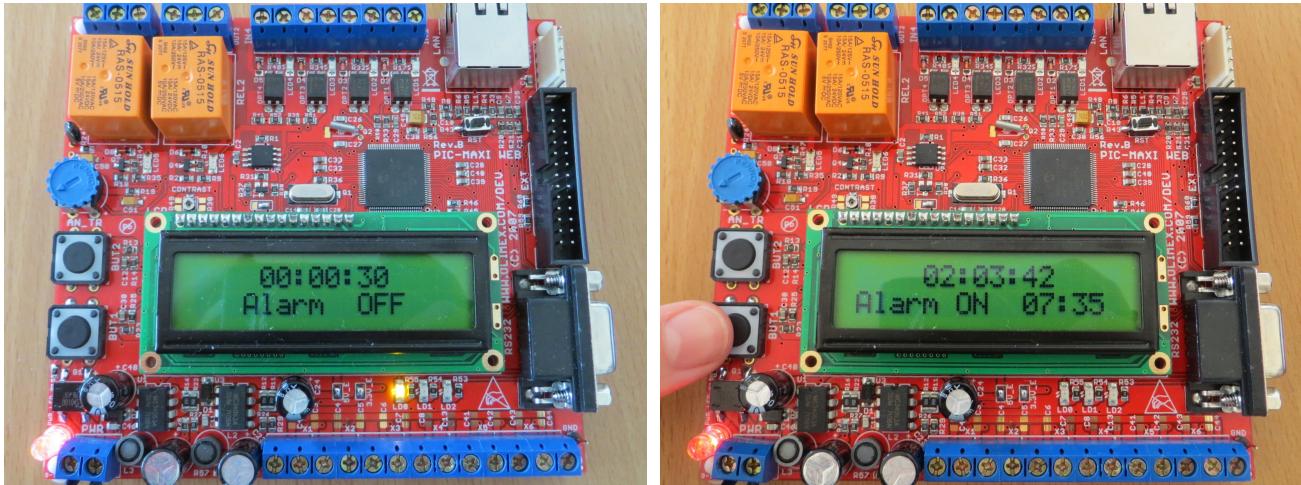


FIGURE 3 – Affichage principal

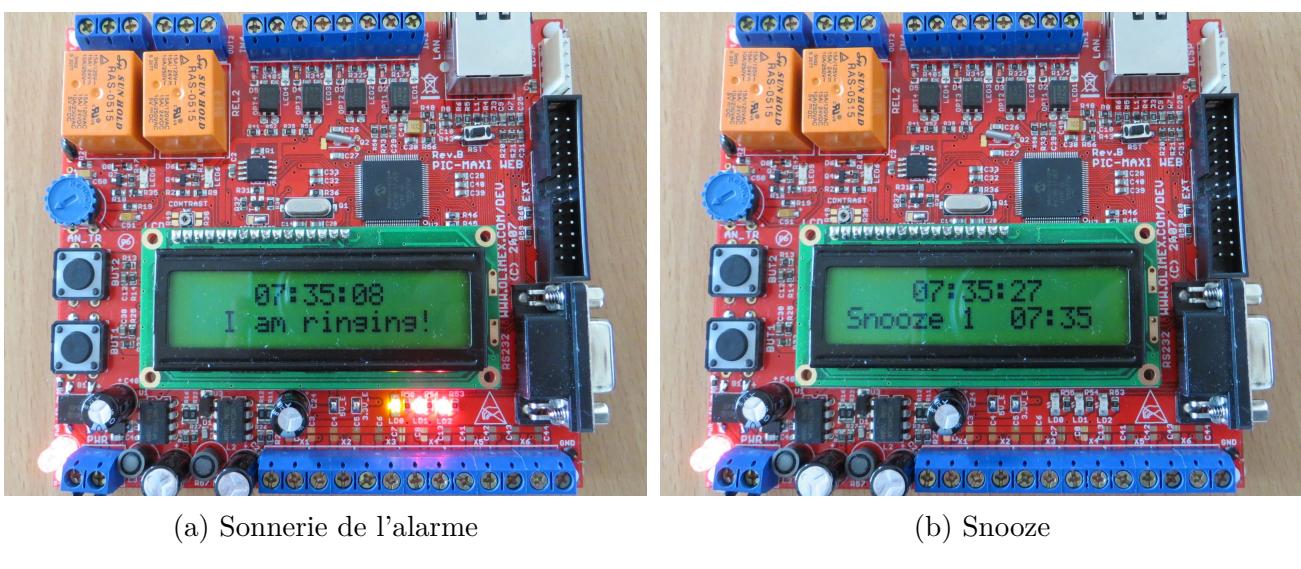


FIGURE 4 – Gestion de la sonnerie de l'alarme

2.2 Le réveil

Lorsque le réveil sonne, les deux LED rouges clignotent avec une période de 1 seconde (Figure 4). La sonnerie dure 30 secondes, délai après lequel le réveil s'éteint automatiquement. Il reste toutefois activé pour une prochaine utilisation le lendemain.

Lors de l'alarme, il y a deux options possibles :

stop Soit vous souhaitez l'éteindre ; il suffit alors d'appuyer sur STOP. Le réveil sonnera à nouveau dans 24 heures.

snooze Soit vous désirez reporter le réveil de 5 minutes ; appuyez alors sur SNOOZE. L'écran vous affiche maintenant l'heure en cours, le nombre de snoozes effectués et l'heure de

réveil d'origine (Figure 4b). Pendant le mode snooze, ou à chaque fois que le réveil sonne à nouveau, vous pouvez reporter le réveil de 5 minutes supplémentaires, jusqu'à un maximum de 60 minutes au total. Vous pouvez aussi à tout moment appuyer sur STOP, ce qui aura pour effet d'arrêter le réveil, de revenir à l'affichage normal de l'heure et de remettre l'alarme à l'heure d'origine pour une nouvelle utilisation le lendemain (Figure 3b).

Il n'est pas possible d'accéder au menu tant que le réveil n'a pas été éteint. De même, tant que vous êtes dans le menu, le réveil ne sonne pas, pour ne pas interférer avec d'éventuels changements en cours.

3 Documentation pour l'installateur

Le dossier comprend deux programmes :

- `reveil.c`, le réveil
- `findfreq.c`, pour déterminer la fréquence du PIC (vous verrez s'afficher le nombre d'overflows du timer0 après 10 minutes, voir section ??? pour plus de détails)

Les instructions suivantes décrivent les étapes à suivre pour installer le réveil sur le PIC. La procédure est la même pour le second programme, il faut juste changer le nom.

3.1 Compilation

Pour compiler `reveil.c`, allez dans le dossier `PIChorloge/programme/` et tapez la commande `make reveil` dans le terminal.

3.2 Installation

Commencez par brancher le câble d'alimentation du PIC au routeur et mettez-le sous tension (220V AC). Branchez le PIC au port 3 du routeur à l'aide d'un des câbles ethernet ; branchez ensuite votre ordinateur au port 2 du routeur avec l'autre câble ethernet. La LED du port 2 du routeur doit s'allumer.

Dans le terminal, tapez les commandes suivantes pour vous connecter au routeur et transférer le fichier `reveil.hex` au PIC :

```
my_computer $ tftp 192.168.97.60
my_computer $ tftp> put alarm.hex
```

Avant d'appuyer sur "enter" pour la seconde commande, resettez le PIC (petit bouton "reset" derrière le port ethernet) et attendez que la LED du port 3 du routeur s'allume. Vous avez à présent 3 secondes pour effectuer le transfert.

Pour quitter le client tftp, tapez

```
my_computer $ tftp> quit
```

Le programme se lance automatiquement sur le PIC. Pour le faire redémarrer, appuyez sur le bouton "reset".

4 Documentation pour le programmeur

4.1 Spécifications

4.2 Fréquence du PIC

Pour déterminer l'heure, nous avons du nous baser sur le timer0 de notre PIC. Ce timer est un registre qui est incrémenté automatiquement à chaque coup d'horloge, et qui, lors d'un débordement (overflow), génère une interruption. Nous avons alors effectué quelques tests nous permettant de mesurer à quelle fréquence ce registre est incrémenté, sur base de quoi nous avons pu ensuite nous baser pour concevoir notre réveil-matin. Nous allons vous présenter ici notre stratégie.

Outre le timer0, le PIC contient un timer1 qui peut être programmé pour déborder après exactement 2 secondes (mais nous n'avons toutefois pas eu l'autorisation de l'utiliser dans le cadre du réveil-matin en lui-même). Notre stratégie a alors été de mesurer le nombre de fois que le timer0 déborde pendant ce laps de temps. Nous estimerons alors que

$$f_{software} = \frac{overflows \cdot 2^{16}}{2}$$

car le registre fait 16 bits et

$$f_{hardware} = 4 \cdot f_{software}$$

comme expliqué dans la documentation du PIC.

Afin d'avoir une erreur relative la plus petite possible, nous n'avons pas utilisé de prescaler sur le timer0 (option qui permet de diviser la fréquence d'incrémentation du registre par une puissance de 2) et avons effectué notre mesure sur plus de 2 secondes. En effet, si on considère ici f comme étant la fréquence hardware, qu'on appelle *value* est la valeur qui se trouve dans le timer0 pile au moment de l'overflow du timer1 et N est le temps de notre mesure en secondes, nous pouvons aussi écrire

$$\begin{aligned} f_{exacte} &= \frac{4 \cdot (overflows \cdot 2^{16} + value)}{N} \\ f_{mesurée} &= \frac{4 \cdot (overflows \cdot 2^{16})}{N} \\ \text{erreur relative} &= \frac{|f_{exacte} - f_{mesurée}|}{f_{exacte}} \\ &= \frac{value}{overflows \cdot 2^{16} + value} \end{aligned}$$

Notre erreur relative sera donc plus petite lorsque overflows est plus grand. C'est pourquoi utiliser un prescaler sur le timer0 serait contreproductif (cela diminuerait le nombre d'overflows) et augmenter le temps de mesure est intéressant (cela augmentera le nombre d'overflows).

Nous avons pris le parti de ne pas mesurer la valeur se trouvant dans le timer0 après l'overflow du timer1 parce que cette valeur est négligeable. L'erreur relative maximale en ne la mesurant pas est en effet $\leq \frac{1}{overflows+1}$. De plus, on ne trouverait de toute façon pas précisément la valeur qui se trouvait dans le timer0 pile au moment de l'overflow.

Nous avons donc créé un programme `findfreq.c` qui compte et affiche le nombre d'overflows sur un laps de temps de 10 minutes. Nous avons effectué 3 mesures avons trouvé qu'en moyenne

$$\begin{aligned}\text{le nombre d'overflows/s} &= 95,366 \\ f_{\text{software}} &= 95,366 \cdot 2^{16} = 6249906,176 \\ f_{\text{hardware}} &= 6249906,176 \cdot 4 = 24999624 \text{ Hz}\end{aligned}$$

ce qui représente un écart de seulement 0.0015% par rapport à la fréquence de 25 MHz annoncée dans la documentation du PIC.

4.3 Choix d'implémentation

4.3.1 Mesure du temps

4.3.2 Interruptions

4.3.3 Autres choix

4.4 Détails techniques

5 Conclusion