

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

**Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen**

كلية التكنولوجيا

**Faculté de Technologie**

**Département de Génie Electrique et Electronique (GEE)**

**Filière : Electronique**



**MASTER INSTRUMENTATION**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**Présenté par : GHETTAS WALID REMZI & ABBASSI IMAD EDDINE**

Intitulé du Sujet

**ETUDE ET SIMULATION D'UN FREQUENCOMETRE NUMERIQUE  
AVEC AFFICHAGE DIGITAL DE PLAGES 1Hz JUSQU'A 10KHz**

Soutenu en 07/07/ 2021, devant le jury composé de :

M <sup>r</sup> NEMMICHE Ahmed	MCB	Univ. Tlemcen	Président
M <sup>me</sup> HEDARA Rachida	MCB	Univ. Tlemcen	Encadreur
M <sup>r</sup> BELARBI Boumediene	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur

**Année Universitaire 2020-2021**

---

## **Remerciement**

*Tout d'abord nous tenons à remercier **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme notre formation et pourvoir réaliser ce travail de recherche.*

*Nous tenons à remercier, très sincèrement, le Professeur **BENAHMED.Nasreddine**, responsable de la formation Master ELN, nous avons eu l'honneur et la chance de bénéficier de ses connaissances et compétences, de ses précieux conseils et de son suivi tout au long de notre parcours académique. Son sens élevé du devoir, nous vous remercions infiniment.*

*Nos remerciements s'adressent particulièrement au DR : **HEDARA.Rachida**, pour son encadrement de qualité, sa motivation professionnelle, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse et sa patience ainsi pour le temps qu'il a consacré à la réalisation de ce travail.*

*nos remerciements vont également aux les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de participer au jury de soutenance et d'évaluer la présente mémoire : le président **Mr: NEMMICHE. Ahmed**, Professeur à l'université de Tlemcen, et l'examineur **Mr: BELARBI. Boumediene**, Professeur à l'université Tlemcen.*

*Ainsi nos enseignants, espérant que vous allez voir, dans ce manuscrit, les fruits du dévouement avec lequel vous avez fait preuve durant les enseignements que vous nous avez prodigué.*

*De peur d'en avoir oublié, nous souhaitons remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ce parcours universitaire.*

...

---

## ***Dédicace***

*je demande à Dieu Tout-Puissant d'être au niveau requis après les soins, la recherche, l'arrangement, la coordination et le traitement des sujets jusqu'à ce que j'écrive cette recherche, que je demande à Dieu de recevoir votre approbation et d'ajouter une valeur scientifique aux bibliothèques, si Dieu le veut.*

*Je dédie cet humble travail à ceux qui sont restés debout et ont passé leur vie pour que j'atteigne ce degré, mon cher père, comme je n'oublie pas celui qui m'a élevé et nourri, ma chère mère.*

*Je dédie aussi ce travail à ma famille, mes amis, mes collègues de M2 instrumentation 2021.*

***Walid Remzi***

---

## ***Dédicace***

*D'abord je remercie le mon Dieu qui m'a donné le courage pour arriver à la fin de mes études.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon père et ma mère que dieu les garde et les protège pour leurs soutien moral et financier, pour leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.*

*Mon cher frère.*

*Mes chères sœurs.*

*Toute ma famille et mes amis*

*En fin à moi-même et mes collègues de la promotion 2021 Instrumentation*

***IMAD Eddine***

---

## Résumé

L'objectif de notre projet est d'étudier et de réaliser un fréquencemètre à base d'un microcontrôleur PIC16F876A de plage [1Hz à 10KHz] programmé, en utilisant le programme MicroC. Afin que la minuterie soit programmée pour mesurer la fréquence d'un signal périodique et par conséquent compter le nombre d'impulsions qui se génèrent au cours d'oscillations pendant une période de temps bien défini. Tandis que le temporisateur suit les interruptions résultant de chaque saturation du temporisateur numéro, cela permet une limite de temps de 1 seconde. En connaissant le nombre d'impulsions par une seconde, nous pouvons compter la fréquence du signal entrant vers le microcontrôleur et l'afficher sur l'afficheur à 7 segments.

**Mots-clés :** fréquencemètre, compteur, microcontrôleur 16F879A, afficheur à 7 segments, PROTEUS, CAN, fréquence.

## Abstract

The objective of our project is to study and realize a frequency meter based on a PIC16F876A microcontroller with range [1Hz to 10KHz] programmed, using the MicroC program, So that the timer is programmed to measure the frequency of a periodic signal and therefore the count of the number of pulses that are generated during oscillations during a defined period of time. While the timer tracks interrupts resulting from each saturation of timer number. This allows a time limit of 1 second. By knowing the number of pulses per second, we can count the frequency of the signal coming in to the microcontroller and display them on the 7-segment display.

**Keywords:** frequency meter, counter, 16F879A microcontroller, 7-segment display, PROTEUS, CAN, frequency.

## المخلص

الهدف من مشروعنا هو دراسة وتحقيق مقياس تردد يعتمد على متحكم PIC16F876A مع نطاق [1 هرتز إلى 10 كيلو هرتز] مبرمج، باستخدام برنامج MicroC، بحيث يتم برمجة المؤقت لقياس تردد إشارة كهربائية دورية وبالتالي حساب عدد النبضات التي يتم إنشاؤها أثناء التذبذبات خلال فترة زمنية محددة، بينما يتتبع المؤقت المقاطعات الناتجة عن كل تشعب برقم المؤقت، وهذا يسمح بحد زمني قدره ثانية واحدة. من خلال معرفة عدد النبضات في الثانية، يمكننا حساب تردد الإشارة الواردة إلى وحدة التحكم الدقيقة وعرضها على شاشة العرض المكونة من 7 أجزاء. **الكلمات الرئيسية:** مقياس التردد، عداد، متحكم 16F879A، عرض 7 مقاطع، CAN، PROTEUS، تردد.

---

---

## Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>CHAPITRE-I</b> .....	<b>Etude générale d'un fréquencemètre numérique</b>
I. Introduction .....	4
II. Généralité sur la mesure de fréquence .....	4
III. Blocs de la mesure la fréquence .....	5
III.1 Mode fréquencemètre .....	6
III.2 Périodemètre .....	7
IV. Synoptique du fréquencemètre .....	8
V. Caractéristiques des fréquencemètres .....	9
VI. Porte logique NAND/7400N .....	9
VI.1 Brochage de port NAND .....	10
VII. Registre à décalage haute vitesse MM74HC595.....	11
VII.1 Caractéristiques .....	11
VII.2 Brochage.....	12
VIII. Afficheur a 7 segments .....	13
VIII.1 Caractéristiques.....	13
VIII.2 Brochage d'un afficheur à 7 segments.....	14
VIII.3 Afficheur Cathode commune et Anode commune.....	17
<b>CHAPITRE-II</b> .....	<b>Principe générale d'un compteur CD4020</b>
I. Introduction .....	19
II. Principe d'un compteur et décompteur .....	19
II.1 Généralités sur les compteurs.....	19
II.2 Généralités des décompteurs.....	20
III. Compteur asynchrone et synchrone .....	21
III.1 Avantage .....	22
IV. Les Compteurs intégrés .....	22
IV.1 Compteur binaire CD4020.....	22
IV.2 Compteurs BCD .....	25
IV.3 Diviseur fixe avec un compteur binaire.....	25
V. Conclusion .....	26

---

---

## **CHAPITRE-III Description générale d'un microcontrôleur PIC16F876A**

I. Introduction .....	28
II. Microcontrôleur en générale .....	28
II.1 Les avantages du microcontrôleur .....	29
II.2 Les diverses types de microcontrôleur PIC.....	29
II.3 La reconnaissance du PIC .....	29
II.4 Critères de sélection d'un microcontrôleur .....	30
II.4.1 La puissance de calcul.....	30
II.4.2 L'efficacité énergétique .....	30
II.4.3 Température .....	30
II.4.4 La sécurité .....	30
II.4.5 La structure du microcontrôleur.....	30
II.4.6 Mémoire disponible .....	31
II.4.7 L'interface matérielle .....	31
II.4.8 Le logiciel.....	31
II.4.9 Le prix .....	31
III. Microcontrôleur PIC 16F876A .....	31
III.1 Caractéristiques.....	31
III.2 Structure externe .....	33
III.3 Structure interne.....	34
III.3.1 Les ports entrée/sortie .....	35
III.3.2 TIMERS .....	36
III.3.3 Les mémoires du PIC 16F876A .....	36
III.3.4 Les registres du PIC 16F876A .....	38
III.4 Générateur d'horloge .....	41
III.5 Les Interruptions .....	42
IV. Conclusion .....	43

## **CHAPITRE-IV Réalisation d'un fréquencemètre numérique à base PIC16F876A**

I. Introduction .....	45
II. Conception générale de l'application.....	45
II.1 Schéma synoptique des différents blocs .....	45
III. Réalisation du Fréquencemètre.....	46

---

III.1 Partie électronique .....	46
III.2 Partie informatique .....	46
IV. Partie Logiciel-Simulation.....	47
IV.1 Présentation de PROTEUS .....	47
IV.3 Programmation du PIC .....	48
IV.4 Compilateur mikroC pro pour PIC 16F876 .....	48
IV.5 Programmation du PIC avec le logiciel ISIS .....	49
V. Organigramme du programme .....	51
VI. Programmation du PIC avec le logiciel WINPIC 800.....	54
VII. Montage électrique de frequencemetre sous simulation ISIS .....	56
VIII. Logiciel ARES de conception de circuit imprimé .....	57
IX. Exemple de fréquences effectuées sur l’afficheur .....	59
X. Conclusion .....	60
<b>Conclusion generale</b> .....	<b>60</b>
<b>Reference</b> .....	<b>61</b>
<b>Annexe</b> .....	<b>63</b>

---

## Table des figures

<b>Figure I.1</b>	Le fonctionnement de base d'un fruencemtre
<b>Figure I.2</b>	Principe de comptage d'un fruencemtre
<b>Figure I.3</b>	Principe de comptage d'un périodemètre
<b>Figure I.4</b>	Configuration synoptique d'un fruencemtre numérique
<b>Figure I.5</b>	Porte logique NAND 7400N
<b>Figure I.6</b>	Brochage Registre à décalage MM74HC595
<b>Figure I.7</b>	Brochage d'un afficheur à 7 segments
<b>Figure.I.8</b>	Schéma électrique interne d'un afficheur 7 segments anode commune
<b>Figure.II.1</b>	Schéma d'un compteur
<b>Figure.II.2</b>	Schéma d'un décompteur
<b>Figure.II.3</b>	Chronogramme d'un compteur asynchrone
<b>Figure.II.4</b>	Brochage de circuit intégré CD4020
<b>Figure.II.5</b>	Diagramme logique de CD4020
<b>Figure.II.6</b>	Brochage d'un compteur BCD
<b>Figure.II.7</b>	Schéma de diviseur fixe avec un compteur binaire
<b>Figure.III.1</b>	L'identification du PIC
<b>Figure.III.2</b>	Brochage du PIC 16F876A
<b>Figure.III.3</b>	Structure interne d'un PIC16F879A
<b>Figure.III.4</b>	Oscillateur à quartz
<b>Figure.III.5</b>	Système d'interruption pour le PIC16F876 [27]
<b>Figure.IV.1</b>	Schéma synoptique des différents blocs
<b>Figure.IV.2</b>	Les deux phases de la réalisation
<b>Figure.IV.3</b>	l'icône de logiciel ISIS.
<b>Figure.IV.4</b>	Fenêtre du démarrage de l'ISI
<b>Figure.IV.5</b>	L'icône de logiciel mikroC PRO
<b>Figure.IV.6</b>	Fenêtre de la programmation sous le mikroC
<b>Figure.IV.7</b>	Organigramme du programme initial
<b>Figure.IV.8</b>	Organigramme du programme principal
<b>Figure.IV.9</b>	Organigramme d'interruption
<b>Figure.IV.10</b>	L'icône de WinPic 800
<b>Figure.IV.11</b>	Programmation de PIC par WINPIC 800
<b>Figure.IV.12</b>	Programmateur de PIC

- 
- Figure.IV.13** Montage électrique de fréquencemètre sous ISIS  
**Figure.IV.14** Montage électrique de fréquencemètre sur l'ARES

### **Liste des tableaux**

- Tableau.I.1** Fonctionnalités de chaque pin de registre 74HC595  
**Tableau.I.2** Table de vérité d'un afficheur a 7 segments  
**Tableau.I.3** Signification des broches d'un afficheur à 7 segments  
**Tableau.II.1** Caractéristique électrique AC  
**Tableau.III.1** Les caractéristiques générales de PIC16F876  
**Tableau.III.2** Différents bits de registre Status  
**Tableau.III.3** Sélection des pages en adressage direct  
**Tableau.III.4** Les différents bits de registre Option  
**Tableau.III.5** Prédiviseur des TIMER  
**Tableau III.6.** Différents bits de registre INTCON  
**Tableau.IV.1** Registre ADCON0

---

## **INTRODUCTION GENERALE**

### Introduction générale

Les appareils de mesure numériques sont basés sur un principe tout à fait différent de celui des appareils analogiques. Les appareils numériques ne contiennent pas de pièces mécaniques en mouvement, mais seulement des composants électroniques. Leur constitution est purement électronique depuis l'amplificateur à haute impédance d'entrée jusqu'à l'affichage de la mesure par les diodes électroluminescentes ou par les cristaux liquides.

Ces appareils sont généralement dotés d'un commutateur qui permet de changer les calibres et de fonctions.

Les appareils de mesure numériques sont de plus en plus utilisés du fait de leur fiabilité, leur précision, leur robustesse et leur facilité de lecture. Ils sont aussi de moins en moins chers et deviennent même compétitifs avec les appareils analogiques de bas de gamme.

Les mesureurs de fréquence, aussi appelés compteurs de fréquence, sont des appareils électroniques qui mesurent la tension alternative dans sa fréquence. Ces mesureurs de fréquence indiquent l'amplitude d'oscillation des impulsions dans un temps défini. Les domaines d'utilisation de ces mesureurs de fréquence sont les suivants : ce type d'appareils est presque toujours utilisé pour des mesures dans des fréquences de réseau, des basses fréquences, hautes fréquences d'oscillations et radiofréquences. En combinaison avec des capteurs externes il est possible de mesurer des fréquences mécaniques, des tours et d'autres processus physiques. Les mesureurs de fréquence peuvent aussi s'utiliser comme compteurs d'impulsions.

Parmi ces appareils de mesure on trouve le fréquencemètre numérique qui est utilisé pour mesurer et afficher la valeur de fréquence d'un signal électrique périodique. Compte le nombre d'impulsions qui se génèrent au cours d'oscillations pendant une période de temps bien défini et effectue la valeur sur l'écran l'afficheur.

Ce dispositif permet de convertir le signal électrique en un train d'impulsions. La fréquence du signal de revenu est le nombre proposé, où la moyenne est calculée sur la période de comptage appropriée. Ces impulsions surviennent par la porte de la base temporelle, puis entrent dans la porte principale, où cette porte joue la clé. Lorsqu'elle s'ouvre, elle permet aux impulsions de passer et comme elle se ferme, les impulsions arrêtent de passer.

Notre recherche sera consacrée sur la présentation d'une brève synthèse bibliographique de fréquencemètre numérique en général, ainsi que une réalisation d'un fréquencemètre numérique à base de pic 16F876A en particulier.

Le manuscrit est organisé de la manière suivante :

Le premier chapitre est basé sur l'étude approfondie sur le principe de fonctionnement d'un fréquencemètre numérique, tout en expliquant les principes de mesure de la fréquence ainsi que la période. Ensuite, nous avons montré les différents blocs de fonctionnement de fréquencemètre numérique.

Le deuxième chapitre consiste à étudier le principe des compteurs, en précisant le compteur CD4020 de notre application

Le troisième chapitre est basé sur l'étude de la conception générale d'un microcontrôleur PIC16F876A

Le quatrième chapitre renferme un travail de programmation ainsi qu'une simulation de fréquencemètre numérique à quatre afficheurs numériques à base de PIC16F876A.

---

**CHAPITRE-I**

**ETUDE GENERALE D'UN**

**FREQUENCEMETRE NUMERIQUE**

## I. Introduction

La mesure de la fréquence est l'une des façons les plus simples dans le domaine électronique et dans nombreuses domaine de la technologie qu'ils utilisent des signaux avec des fréquences différentes qui doivent être connues. Il existe plusieurs méthodes de mesure de la fréquence, nous allons donner un plan de certaines de ces méthodes et ensuite expliquer en détail la méthode de mesure de la fréquence via le fréquencemètre numérique.

Un fréquencemètre numérique est donc caractérisé par sa précision, mais la précision peut aussi être influencée par le temps.

## II. Généralité sur la mesure de fréquence

Le principe de cette mesure consiste à calculer les nombres d'impulsions du signal à mesurer par une seconde (Hertz l'unité de calcul). Heinrich Hertz (1857-1894) fut le premier à le créer et à le découvrir.

Le fréquencemètre est un compteur utilisé pour la transmission de la caractéristique d'un signal de dispositif de mesure la fréquence.

Soit en comptant les impulsions issues de l'entrée dans un temps donné (Selon d'un nombre déterminé de périodes de la base de temps) soit on obtient directement la fréquence [1].

- ✚ Un bloc de mise en forme transforme le signal d'entrée en impulsions de même fréquence.
- ✚ Un oscillateur stable appelé aussi base de temps fournit la référence à laquelle comparer les fréquences.
- ✚ La mesure de fréquence peut se faire :
  - ✓ On obtient directement la fréquence par les impulsions issues de l'entrée évaluées dans un temps donné.
  - ✓ Le nombre de périodes de la base de temps calculé dans un intervalle dont un nombre déterminé d'impulsions issues du signal d'entrée. On obtient donc un multiple de la période du signal à mesurer, à partir duquel il faut calculer la fréquence.
  - ✓ De façon indirecte, un signal provenant des passages mélange à une autre fréquence proche constitué à partir de la base de temps, et en mesurant ensuite, par l'un ou l'autre des moyens précédents.
- ✚ Généralement l'affichage est numérique. Il donne la valeur de fréquence moyenne et des fois un signe de la déviation du signal par rapport à cette fréquence.

### III. Blocs de la mesure la fréquence

En électronique, on trouve beaucoup méthodes de calcul de la fréquence, la méthode de calcul adaptée peut être distinguée en fonction des données, les plans physiques les plus importants qui assistent à calculer la fréquence des objets, les longueurs d'onde, et le temps périodique.

En prenant l'exemple de périodemètre qui utilise afin d'avoir une bonne précision sur le résultat. Ici, le signal à mesurer déterminé l'enveloppe de comptage d'une horloge de renvoi de 1ms. Le système compte donc le nombre de ms pendant une période du signal. Une détection de front montant du signal à mesurer permet de mémoriser et remettre à zéro le compteur millisecondes, ce qui permet de s'affranchir du rapport cyclique.

- **Circuit de mise en forme** permet de convertir un signal périodique en un signal de même période en forme de créneaux. la mise en forme peut guider à une fréquence erronée quand le signal passe plus de deux fois par zéro au cours d'une période.
- **Le compteur** à la sortie de la mise en forme ce compte en binaire, incrémentée de 1 à chaque front haut perçu sur son entrée d'horloge.
- **L'horloge** à quartz c'est un diviseur de fréquence permet d'activer ou d'interdire le comptage durant une durée connue parfaitement. Les créneaux en sortie de cet niveau ont une fréquence  $F = 1/T = 215/2^n$  où n est le numéro de la sortie du diviseur.
- **L'afficheur** c'est un élément qui permet à partir du résultat binaire de la sortie du compteur d'afficher la valeur décimale sur l'écran.

Cette application donne soit une fréquence, soit une période selon la gamme de fréquence étudiée (vis à vis de l'horloge intérieur) [2][3][4].

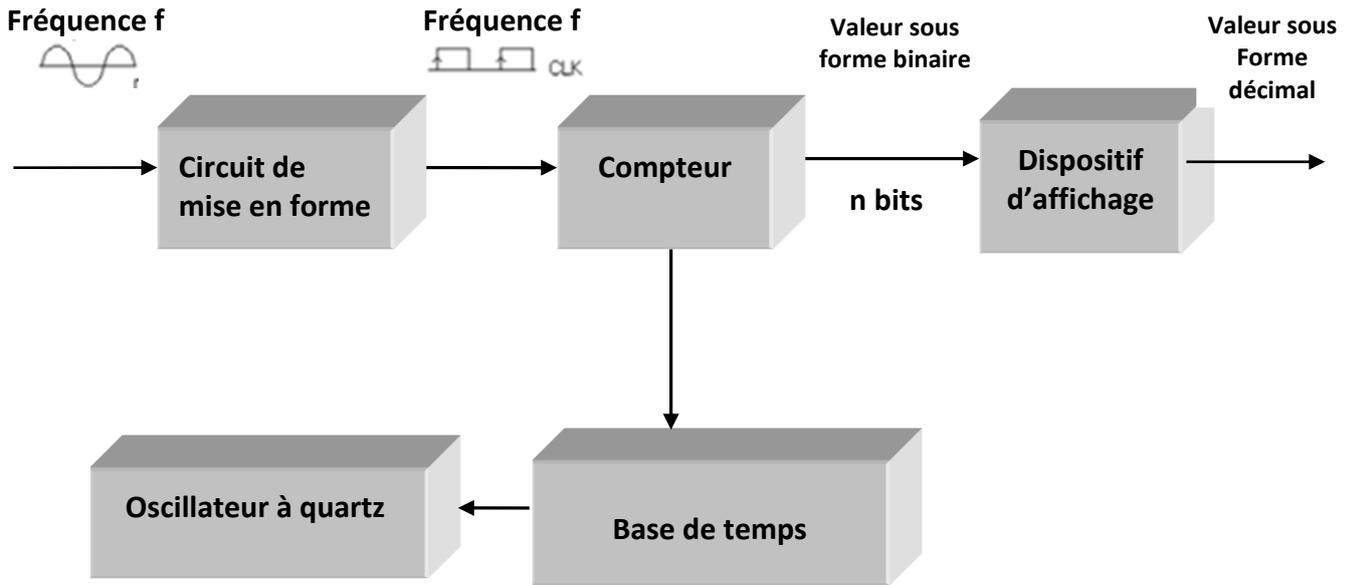


Figure. I.1. Le fonctionnement de base d'un fréquencemètre

III.1 Mode fréquencemètre

On mesure le nombre de périodes du signal d'entrée pendant le temps  $\Delta T$  fixe produit par la base du temps (1s). Le compteur relevé le nombre de front montant qui lui surviennent à son entrée d'horloge et diffuse le résultat de comptage au circuit d'affichage qui affiche un nombre suivant une grandeur bien déterminée selon la fréquence  $f$  du signal d'entrée.

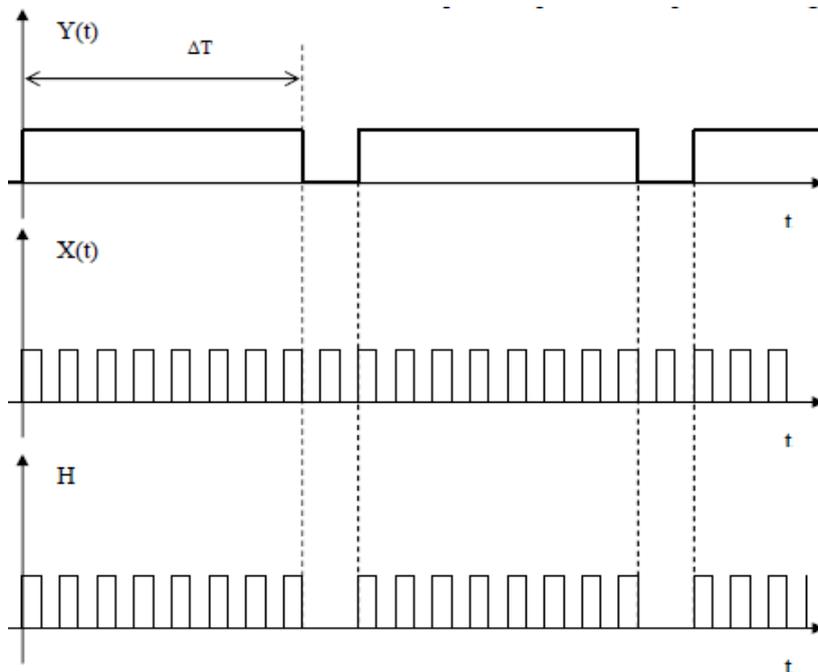


Figure I.2. Principe de comptage d'un fréquencemètre

$$\Delta T = N.T \Rightarrow T = \frac{\Delta T}{N} \Rightarrow f = \frac{N}{\Delta T}$$

Le circuit de mise en forme est un moyen qui permet de convertir un signal électrique en un signal périodique rectangulaire de même période que le signal à mesurer.

Le début du comptage est toujours synchronisé avec l'apparition du premier front du signal à mesurer, ainsi la fin du comptage est liée à la gamme désirée.

Pour avoir une mesure plus correcte, on augmente  $\Delta T$ , ce temps de mesure sera plus allongé.

La réalisation d'un fréquencemètre fait appel aux Timer internes d'un microcontrôleur, ou directement utiliser une multitude de compteur diviseur par 10. Ici on peut utiliser d'un FPGA d'entrée de gamme. Ce composant numérique programmable donne nombreuses d'avantages :

- Réduire les dimensions,
- Changement et ajout de fonctionnalités,
- Apprentissage à la programmation numérique VHDL.

Le fonctionnement d'un fréquencemètre dont de signal d'activation/inhibition du compteur de fréquence  $f$  est de période grande vis-à-vis celle du signal à étudier de fréquence  $f$ , il y aura donc au moins une impulsion pendant  $T/2$ . Quand ce signal est au niveau haut, le compteur est actif. Il incrémente de 1 à chaque fois que le signal mis en forme présente un front montant. On va compter  $N$  front montants pendant  $T/2$ .

### III.2 Périodemètre

Le principe d'un périodemètre est semblable à celui d'un fréquencemètre. La mesure effectuée sur une période du signal, c'est à dire on compte le nombre des intervalles  $\Delta T$  pendant une période du signal (entre deux fronts).

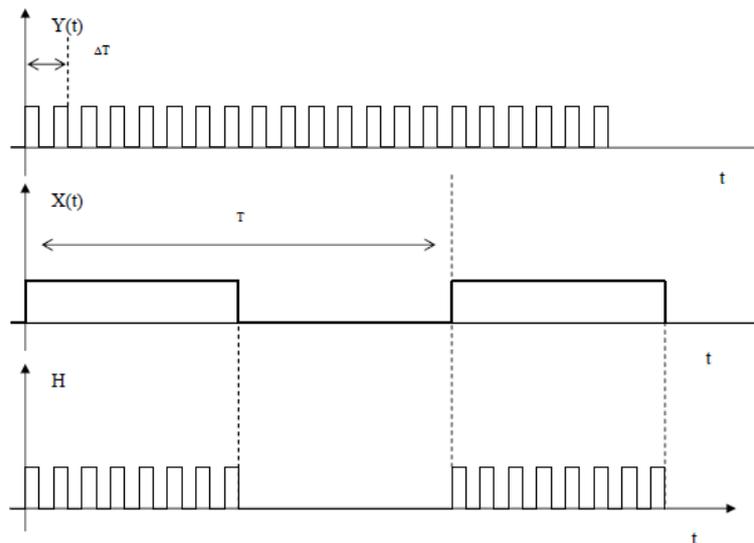


Figure I.3. Principe de comptage d'un périodemètre.

$$T = N \Delta T$$

Le nombre d'impulsions qui surviennent sur son entrée horloge qui correspond à la période du signal  $e(t)$  peut être affiché par le système d'afficheur. Cette procédé est plus rapide que celle d'un fréquencemètre (car  $\Delta T$  est faible) [5].

#### IV. Synoptique du fréquencemètre

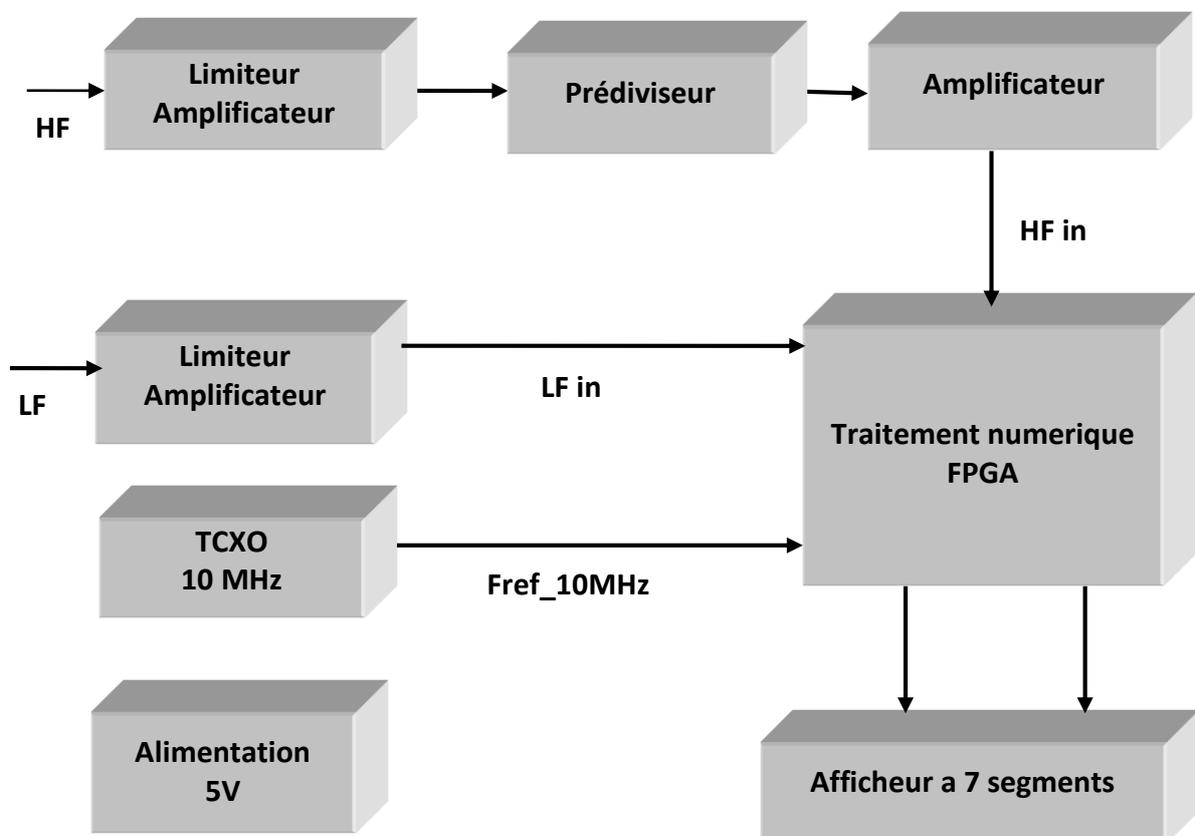


Figure. I.4. Synoptique d'un fréquencemètre numérique

L'amplificateur est installé avant le prédiviseur pour assurer une sensibilité de mesure domestique, il se fait par amplificateur monolithique large bande style ERA5 ou INA10386 qui demande corrélativement peu de composants externes.

Pour les fréquences inférieures à 200MHz, en utilisant une deuxième entrée (BF ou LF), avec ces fréquences faibles le prédiviseur ne fonctionne pas bien. Dans ce cas le signal est amplifié par des étages à transistors. Ces deux signaux sont envoyés vers deux entrées du élément programmable et chargeront le compteur ; la commutation entre le signal BF et HF est effectuée au niveau du traitement numérique par un multiplexeur d'horloge.

Le temps de référence 10MHz permet de générer les différentes horloges de traitement : 1 seconde, 1 ms et 1 us. Cette référence doit évidemment avoir une bonne précision et une faible dérive afin d'assurer une mesure bienfaite. Cet affaire peut effectuer par un quartz mais dérivera en température, si non le select se portera sur l'utilisation de VCXO ou de TCXO, oscillateur examiné en température. Tout dépend de la précision voulue ainsi que budget [2][3].

## V. Caractéristiques des fréquencemètres

Un fréquencemètre est caractérisé par :

- Large plage de mesure.
- La précision de sa référence en fréquence.
- La résolution selon le nombre de digits affichés.
- La sensibilité, c'est-à-dire la tension (d'une entrée haute impédance) ou la puissance (d'une entrée à 50Ω) minimale requise
- L'application d'une tension maximale sans endommager le circuit ;
- La fidélité.

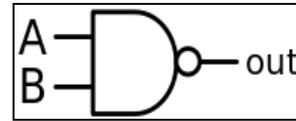
## VI. Porte logique NAND/7400N

C'est une porte logique qui ne permet qu'une sortie 0 logique comme toutes ses entrées sont 1 logique mais si une ou les deux entrées (0) la sortie est (1). Autrement dit, sa sortie représente le complément ou la négation de la sortie de la porte ET.

Cette porte est construite avec des transistors. Selon les lois de Morgan,  $\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$ , la porte NAND est équivalente aux réflecteurs suivis de OR. La table de vérité est la suivante :

A	B	$\overline{AB}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table de vérité



Symbole de porte NAND

La porte NAND est très importante car toute fonction peut être produite utilisant seulement cette porte, c'est-à-dire que toutes les autres portes logiques peuvent être représentées en l'utilisant. La porte NAND a deux versions :

- Version CMOS la série 4000.
- Version TTL la série 7400.

La principale caractéristique des circuits intégrés les plus utilisés par les amateurs d'électronique, constituent particulièrement les groupes suivants : Circuits TTL (Transistor Transistor-Logique) de la famille 74.

### VI.1 Brochage de port NAND [6]

On trouve trois lettres sont suivies de 4 chiffres, peut être un numéro propre au constructeur. Ce nombre indique qu'un autre circuit ayant le même numéro aura la même fonction. Hors le cas de diverses températures de fonctionnement les circuits portant les mêmes numéros sont interchangeables. Ainsi que la fonction des circuits TTL HC 7400 et MIC 7400 est exactement la même, et le brochage est également semblable sur les deux prototypes.

- NAND 7400.
- Quatre portes NAND à 2 entrées.
- Durée de retard d'impulsions : 10 ns (9,5 ns à 3 ns).
- Consommation d'énergie : 40 mW (8 mW, 76 mW).

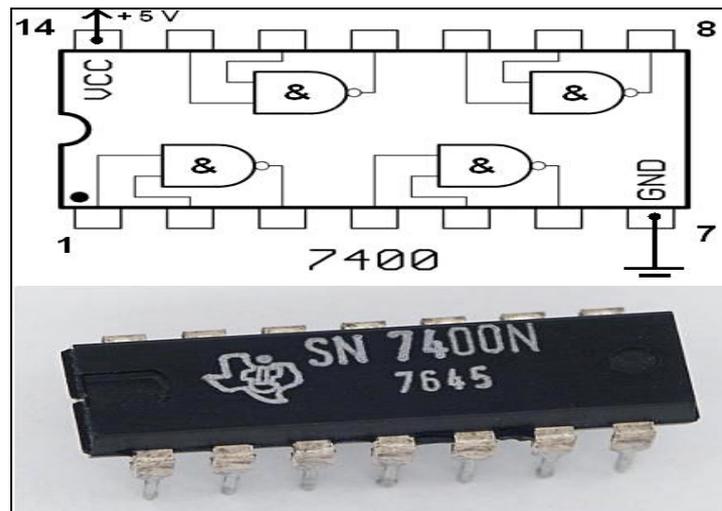


Figure I.5. Porte logique NAND 7400N

## VII. Registre à décalage haute vitesse MM74HC595

Un registre à décalage c'est un ensemble de bascules synchrones, dont les bascules sont reliées une à une, à l'exception de deux bascules qui ne sont pas forcément reliées. À chaque cycle d'horloge, le nombre représenté par ces bascules est mis à jour. Le concept de décalage permet d'insérer une donnée dans le registre, ou la lire, bit par bit en série. Il permet de stocker une donnée élémentaire, ou une adresse mémoire, sur laquelle l'unité centrale peut

Un registre à décalage 8 bits entrée série /sortie parallèle alimente un registre de stockage 8 bits de type D. Des horloges séparées sont prévu à la fois pour le registre à décalage et le registre de stockage.

Le registre à décalage a une entrée série a priorité directe, et broches de sortie série (standard) pour la mise en cascade.

Le registre à décalage et le registre de stockage utilisent des horloges déclenchées par front montant. Si les deux horloges sont reliées simultanément, l'état du registre à décalage sera toujours une impulsion d'horloge avant le registre de stockage.

### VII.1 Caractéristiques [7]

- Faible courant de repos: 80  $\mu$ A maximum (74HC Series)
- Faible courant d'entrée: 1  $\mu$ A maximum
- registre à décalage avec mémoire 8-bit: Entrée serie /sortie parallél
- Large plage de tension : 2V–6V
- Cascadable
- registre à décalage à un effacement direct
- fréquence de changement garantie : 30 MHz a DC

VII.2 Brochage

Le microcontrôleur réserve trois lignes pour le besoin de registre à décalage 8 bit. L'un est pour l'horloge pour chronométrer le transfert de données, un pour le décalage de bits et un pour le transfert de données série. Ainsi, une entrée pour l'énergie et une entrée pour la GND.

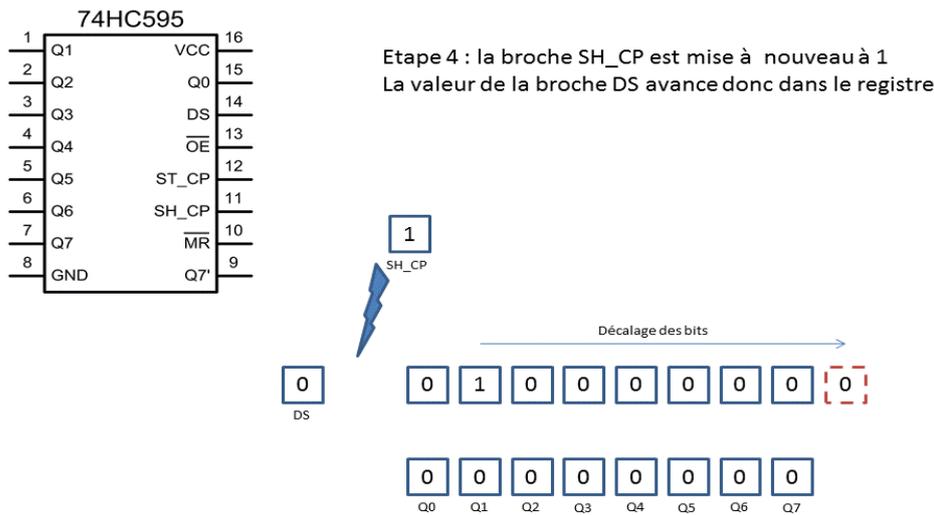


Figure I.6. Brochage Register à décalage MM74HC595

Le tableau ci-dessous résume la fonctionnalité de chaque pin.

Pin	Symbole	Description
1- 7	Q1 à Q7	sortie parallèles 1-7
8	GND	La masse (0V)
9	Q7'	Sortie série
10	MR	Remise à zéro (active au niveau bas)
11	SH_CP	d'horloge de décalage (clock shift)
12	ST_CP	Stockage (latch)
13	OE	Sortie actives (active au niveau bas)
14	DS	Entrée série
16	VCC	Tension d'alimentation DC

Tableau I.1. Fonctionnalités de chaque pin d'un registre

### VIII. Afficheur a 7 segments

Comme son nom l'indique, l'afficheur 7 segments possède 7 segments. Un segment c'est une portion de l'afficheur, qui est allumée ou éteinte pour réaliser l'affichage. Cette portion n'est en fait rien d'autre qu'une LED qui au lieu d'être ronde comme d'habitude est plate et encastré dans un boîtier. On dénombre donc 8 portions en comptant le point de l'afficheur (mais il ne compte pas en tant que segment à part entière car il n'est pas toujours présent).

Il y a encore quelques années, les afficheurs 7 segments étaient partout : radio réveil, montre, calculatrice, micro-onde, four, minuteur, systèmes industriels, outil de mesure, etc. Aujourd'hui, les afficheurs 7 segments ont été pour la plupart remplacés par des afficheurs LCD ou des écrans graphiques plus haut de gamme. On ne trouve des afficheurs 7 segments que dans des cas d'usage très particuliers : voltmètre pour modélisme, carte électronique DIY ou pour outils de mesure low cost, etc.

#### VIII.1 Caractéristiques

Cet afficheur a nombreuses caractéristiques comme :

- Segments éclairés régulièrement
- Surface de l'emboîtement grise
- une catégorie d'intensité lumineuse
- Jaune et vert catégorisés pour la couleur
- Grand angle de vision
- Convient au courant continu
- pour déterminer de l'affinité selon la sélection des matériaux,

Un afficheur à 7 segments se programme sur 4 bits grâce à 4 entrées. L'affichage est un moyen d'affichage très présent sur les dispositifs numériques. Pour écrire des caractères (chiffres, bien que l'affichage hexadécimal utilise plusieurs lettres) en activant ou désactivant les segments [8].

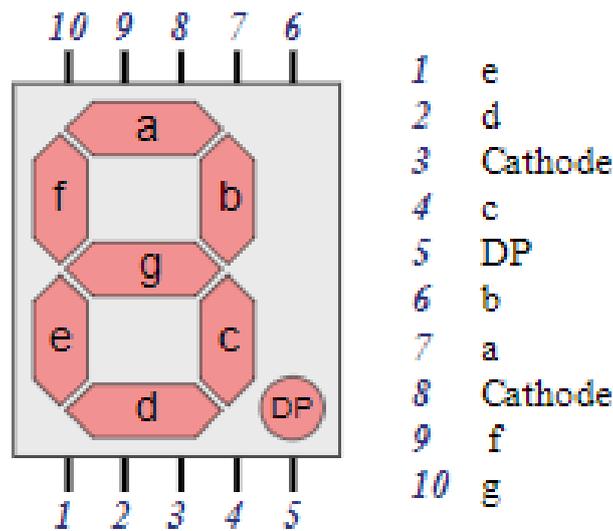
L'afficheur à 7 segments programmé sur 7 bit est configuré dans la table de vérité suivante :

N <sup>bre</sup> décimale	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	hexadécimal
0	0	1	1	1	1	1	1	0x3F
1	0	0	0	0	1	1	0	0x06
2	1	0	1	1	0	1	1	0x5B
3	1	0	0	1	1	1	1	0x4F
4	1	1	0	0	1	1	0	0x66
5	1	1	0	1	1	0	1	0x6D
6	1	1	1	1	1	0	1	0x7D
7	0	0	0	0	1	1	1	0x07
8	1	1	1	1	1	1	1	0x7F
9	1	1	0	1	1	1	1	0x6F
A	1	1	1	0	1	1	1	0x77
B	1	1	1	1	1	0	0	0x7C
C	0	1	1	1	0	0	1	0x39
D	1	0	1	1	1	1	0	0x5E
E	1	1	1	1	0	0	1	0x79
F	1	1	1	0	0	0	1	0x71

**Tableau I.2.** Table de vérité d'un afficheur à 7 segments cathode commune

### VIII.2 Brochage d'un afficheur à 7 segments

L'affichage à 7 segments, il s'agit tout simplement d'une série de LEDs dans un même boîtier DIP 10. Le format DIP contrôle l'espacement entre les différentes broches du circuit intégré et d'autre contrainte. Le nombre 10 signifie qu'il a 10 broches (5 des deux côtés du boîtier). Voici la représentation de ce dernier [8] [9].



**Figure I.7.** Brochage d'un afficheur à 7 segments

Concernant ces afficheurs, les anodes ou les cathodes sont pré branchées ensemble à l'intérieur de l'afficheur. Par conséquent, le segment et le point décimal ont toujours une broche commune 8 broches séparées.

Il existe deux styles d'affichage : un type "anode commune" (toutes les anodes reliées ensemble) et un autre type "cathode commune" (toutes cathodes reliées ensemble). La différence est subtile, mais selon le type, il s'agit d'un câblage totalement distinct.

De plus, la broche commune doit être mise à la masse (cathode commune), en revanche, il doit être relié à l'alimentation (anode commune). La logique de contrôle s'en retrouve aussi inversée. Dans un cas, l'alimentation doit être reliée aux broches du segment que l'on désire allumer. En revanche, il faut connecter la masse à la broche du segment de ligne que l'on veut éclairer.

La figure 10 illustre une schématisation électrique interne d'un type d'afficheur anode commune [10]. Les interrupteurs a, b, c, d, e, f, g figurent les signaux conduisant chaque segments. Toutes les LED savent une broche commune, reliées entre elle. Selon que cette broche est la cathode ou l'anode on exprimera d'afficheur à cathode commune ou anode commune. Dans l'absolu, ils fonctionnent de la même façon, seule la manière de les brancher diffère (actif sur état bas ou sur état haut).

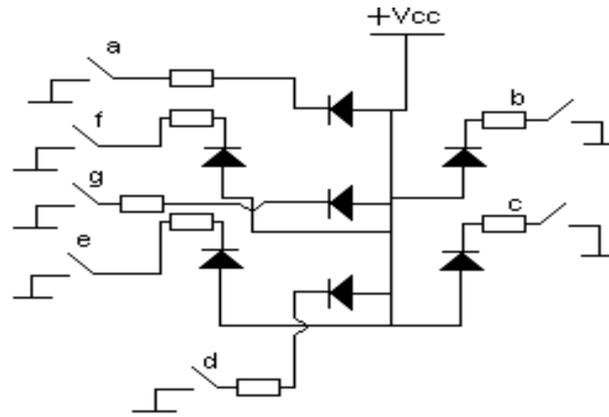
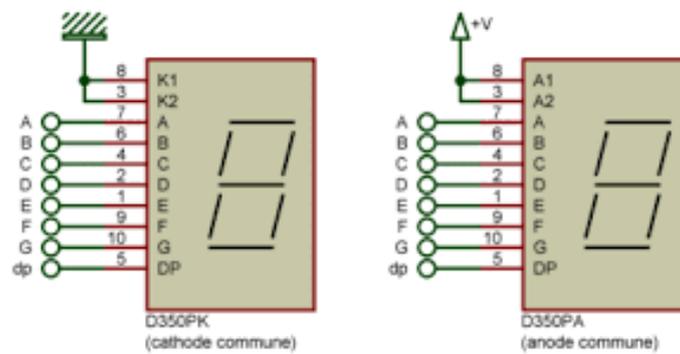


Figure I.8. Câblage interne d'un afficheur 7 segments anode commune



Cathode commun

Anode commun

Le tableau expliqué des distinctes broches d'afficheur [8] :

broches	signification
1	LED de l'anode E.
2	LED de l'anode D.
3	cathode commune des LED.
4	LED de l'anode C.
5	le point décimal.
6	LED de l'anode B.
7	LED de l'anode A.
8	Cathode commune des LED.
9	LED de l'anode F.
10	LED de l'anode G.

Tableau.I.3. Signification des broches d'un afficheur à 7 segments

### VIII.3 Afficheur Cathode commune et Anode commune

Dans le cas d'un afficheur à cathode commune, toutes les cathodes sont interconnectées en un seul point où elles sont mises à la masse. Ensuite, chaque anode de chaque segment sera connectée à la broche de signal. Pour activer chaque segment, le signal devra être une tension positive. En effet, si le signal est à 0, il n'y a pas de différence de potentiel entre les deux broches de la LED, donc elle ne s'allumera pas. Si une anode commune est utilisée, les anodes de toutes les LED sont connectées ensemble en un point, qui sera connecté à la source d'alimentation. Les cathodes seront connectées aux broches de signal une par une. Dans notre projet, nous avons fait le choix d'utiliser des afficheurs à Anode commune [8].

## IX. Conclusion

L'appareil de mesure fréquencemètre généralement destiné à afficher la fréquence d'un signal périodique. Cet appareil est principalement un compteur d'occurrences d'une transition caractéristique du signal entrant.

Le fréquencemètre c'est un appareil de mesure qui affiche le signal périodique à travers plusieurs étapes :

- La première étape consiste à convertir le signal électrique en impulsions de même fréquence
- La deuxième étape ; les impulsions entrant dans l'oscillateur sont compté sur une période de temps et ainsi que la fréquence est calculée.
- Ensuite, ce calcul transféré au microcontrôleur qui permet de vérifier l'affichage et de ce fait permet d'exposer la fréquence précédemment mesurée sur l'afficheur.

---

**CHAPITRE-II**  
**PRINCIPE GENERALE DU**  
**COMPTEUR CD4020**

## I. Introduction

Les compteurs sont un ensemble de bascules montées en série ou en parallèle pour compter soit incrémenter ou décrémente. Chaque bascule a deux états différents, plus de bascules, plus le nombre élevé dans le compteur.

Il effectue encore la division de fréquence. En effet, le passage cyclique de N impulsions par comptage est équivalent à diviser la fréquence du signal par N. on distingue deux types les compteurs Asynchrone et Synchrone : Mode synchrone : toutes les bascules ont une horloge commune de commande. Mode asynchrone : Pas d'horloge commune, c'est souvent la bascule de rang n-1 qui commande la bascule d'ordre n [11].

## II. Principe d'un compteur et décompteur

### II.1 Généralités sur les compteurs [12]

Ces dispositifs offrent la possibilité de compter soit d'incrémenter (+1) ou de décrémente (-1) le code binaire présent sur leurs sorties, à chaque transition active de l'horloge.

Sur des entrées de compteur on applique le mot binaire que l'on choisit voir apparaître sur les sorties du compteur. On envoie après un ordre de chargement prioritaire (LOAD) qui permet de transférer en sortie le mot binaire présent sur les entrées de pré-positionnement. Cette opération est appelée chargement du compteur.

Après le chargement la première transition active, incrémente le mot binaire qui a été forcé en sortie. Le comptage continue à partir du mot qui a été chargé.

#### *a) L'entrée de remise à zéro*

Cette entrée favorisée permet de mettre le mot de sortie du compteur à zéro. Le circuit se retrouve alors dans son état initial.

#### *b) Les entrées d'horloge et les sorties de retenue.*

Il existe deux possibilités en fonction des circuits, comme le composant possède :

Un signal d'horloge unique dont la transition active incrémente le contenu du compteur et ne possède pas de sortie de retenue.

Un signal d'horloge avec une entrée de validation d'horloge et une sortie de retenue de comptage « carry » qui est créée lorsque le compteur a atteint son maximum à condition que son horloge soit validée. Cette sortie sera utilisée quand de l'association de nombreux compteurs.

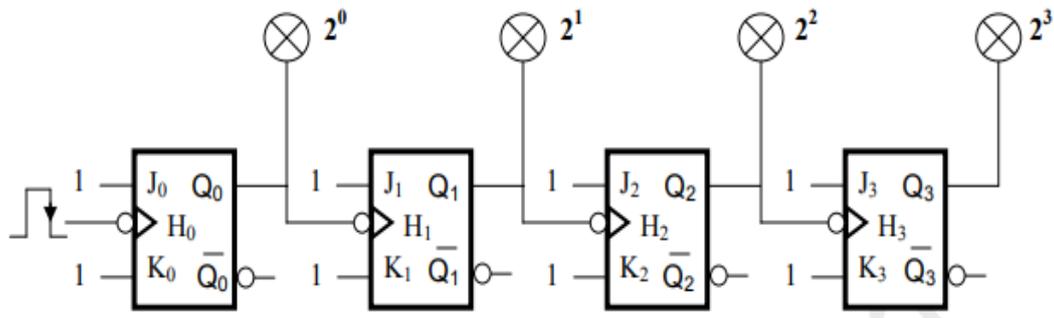


Figure II.1. Schéma d'un compteur

## II.2 Généralités des décompteurs

Ces composants offrent la possibilité de compter ou de décompter, soit d'incrémenter (+1) ou de décrémenter (-1) le code binaire présent sur leurs sorties, à chaque transition active de l'horloge.

Sur les entrées de des compteurs - décompteurs programmable on applique le mot binaire que l'on veut voir apparaître sur les sorties du compteur-décompteur.

Après, on envoie un ordre de chargement prioritaire (LOAD) qui permet de transférer en sortie le mot binaire présent sur les entrées de pré-positionnement. Ce fait est appelée chargement du compteur-décompteur.

Ensuite le chargement, le comptage ou le décomptage poursuit à partir du mot qui a été forcé en sortie.

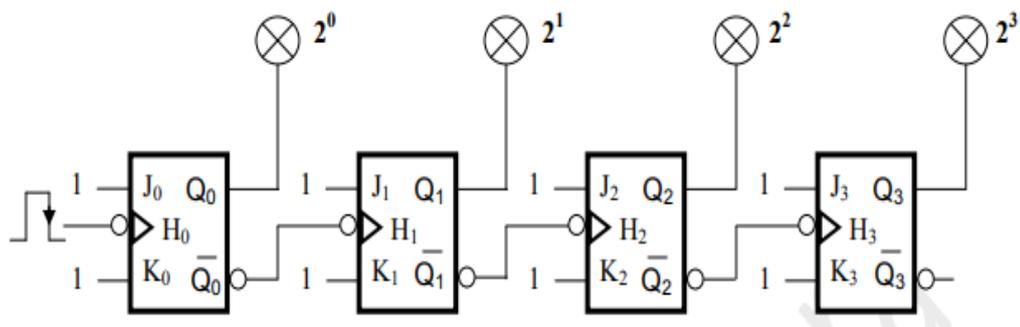
### a) L'entrée de remise à zéro.

Cette entrée prioritaire permet de mettre le mot de sortie du compteur-décompteur à zéro. Le circuit se retrouve alors dans son état initial.

**b) Les entrées d'horloge et les sorties de retenue.**

Deux possibilités existantes en fonction des circuits. Permettent alors :

- Une entrée d'horloge unique associée à une entrée d'acceptation d'horloge et une broche qui choisit le mode de fonctionnement « comptage » ou « décomptage ». Ce type de compteur possède une sortie de retenue unique qui est produite quand le compteur est à son maximum en comptage ou à son minimum en décomptage et ce à condition que l'entrée d'horloge soit validée.
- Deux entrées d'horloge différentes. Une pour le comptage et l'autre pour le décomptage. Ce type de compteur possède deux sorties de retenue différentes :
- Une sortie de retenue de comptage « carry » qui est générée quand le compteur est à son maximum en comptage.
- Une sortie de retenue de décomptage « borrow » qui est engendrée quand le compteur est à son minimum en décomptage.



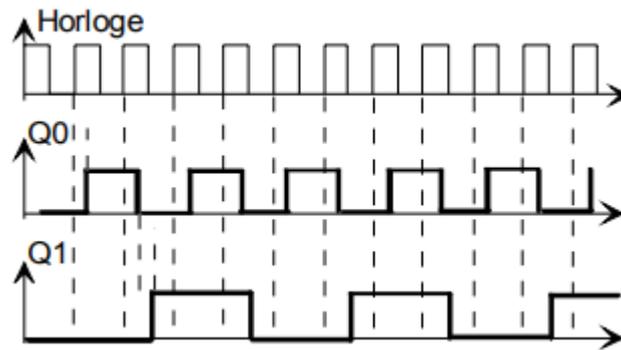
**Figure II.2.** Schéma d'un décompteur

### III. Compteur asynchrone et synchrone [13]

La désignation asynchrone montre que les événements ne savent aucune relation temporelle entre eux. Les bascules composant un compteur asynchrone ne changent pas d'état en même temps, vu qu'elles ne sont pas reliées au même signal d'horloge, le déclenchement périodique seulement sur la première bascule du compteur. Le déclenchement des bascules ultérieures se fait de proche en proche de sorte que la sortie  $Q_n$  ou  $\overline{Q}_n$  sera appliquée à l'horloge  $H_{n+1}$  suivant que l'on travaille sur front montant ou front descendant et suivant que l'on désire obtenir un compteur ou décompteur. Ce type de compteur montrant couramment

d'une réalisation simple et montre l'inconvénient de produire des risques de fonctionnement (retard de diffusion).

Toutes les sorties de ces structures de compteur ne changent pas d'état en même temps en raison du temps de diffusion propre à chaque bascule. On parle que ces compteurs sont des compteurs asynchrones. Cet asynchronisme peut emporter des difficultés avec haute fréquence. Aussi, on pose au point des compteurs synchrones pour lesquels toutes les sorties changent d'états simultanément [14].



**Figure II.3.** Chronogramme d'un compteur asynchrone

### III.1 Avantage

Donc, le compteur synchrone est plus rapide que le compteur asynchrone parce que les délais de propagation des bascules ne sont pas accumulés. En revanche, si l'on suppose que toutes les bascules ont le même délai de propagation il n'y a pas d'état transitoire sur la sortie. Dans la pratique, ce n'est pas évidemment le cas, vu que les délais de diffusion de bascules peuvent être différents (temps de montée et de descente différents, charges différentes etc.). Cependant, la durée de ces transitoires est limitée à la différence de fonctionnement des bascules et en aucun cas n'est aussi importante qu'en asynchrone.

## IV. Les Compteurs intégrés

### IV.1 Compteur binaire CD4020

Utilisant la technologie CMOS pour ce compteur asynchrone qui intègre 14 bascules dont toutes les sorties ne sont pas disponibles. Il est toujours employé en diviseur de fréquence assurant une division allant de 2 ( $2^1$ ) à 16384 ( $2^{14}$ ). Son entrée dynamique d'horloge est active sur front descendant. Comme tous les compteurs, il dispose d'une entrée prioritaire remise à zéro, permettant l'initialisation lors de la mise sous tension.

Chaque compteur comprend une entrée d'horloge active sur un front montant (**CP0**) et une entrée d'horloge active sur un front descendant ( $\overline{\text{CP1}}$ ).

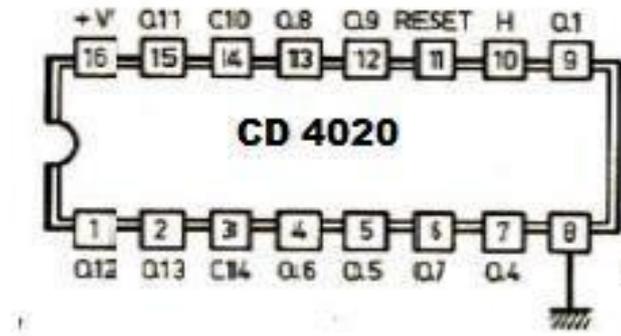


Figure.II.4. Brochage de circuit intégré CD4020

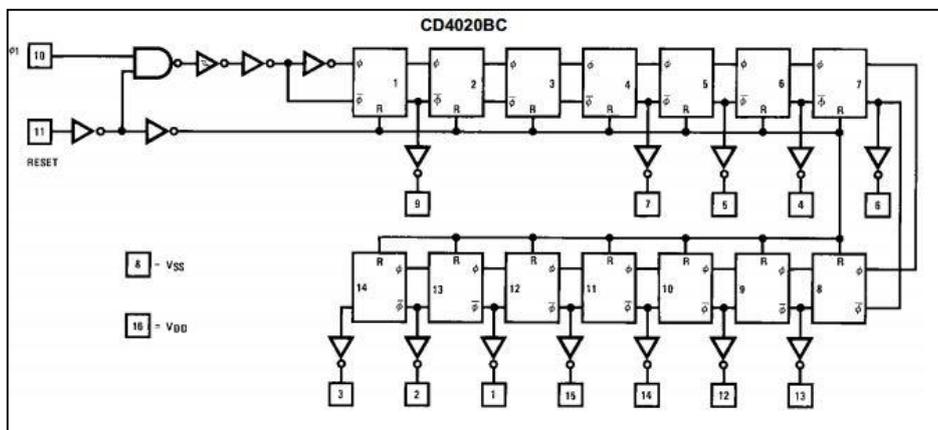


Figure.II.5. Diagramme logique de CD4020

a. Caractéristique électrique AC [15]

TA = 25°C, CL = 50 pF, RL = 200k, tr = tf = 20 ns

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Type	Max	Units
tPHL1,tPLH1	Propagation Delay Time to Q1	VDD = 5V		250	550	ns
		VDD = 5V		100	210	ns
		VDD = 5V		75	150	ns
tPHL,tPLH	Interstage Propagation Delay Time from Qn to Qn+1	VDD = 5V		150	330	ns
		VDD = 5V		60	125	ns
		VDD = 5V		45	90	ns
tTHL,tTLH	Transition Time	VDD = 5V		100	200	ns
		VDD = 5V		50	100	ns
		VDD = 5V		40	80	ns
tWL, tWH	Minimum Clock Pulse Width	VDD = 5V		125	335	ns
		VDD = 5V		50	125	ns
		VDD = 5V		40	100	ns
trCL, tfCL	Maximum Clock Rise and Fall Time	VDD = 5V				ns
		VDD = 5V				ns
		VDD = 5V				ns
fCL	Maximum Clock Frequency	VDD = 5V	1.5	4		MHz
		VDD = 5V	4	10		MHz
		VDD = 5V	5	12		MHz
tPHL(R)	Reset Propagation Delay	VDD = 5V		200	450	ns
		VDD = 5V		100	210	ns
		VDD = 5V		80	170	ns
tWH(R)	Minimum Reset Pulse Width	VDD = 5V		200	450	ns
		VDD = 5V		100	210	ns
		VDD = 5V		80	170	ns
CIN	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF
CPD	Power Dissipation Capacitance			50		pF

IV.2 Compteurs BCD

C'est un compteur décimal, nombreux type de compteurs donnent en sortie un mot en base 10. Il s'agit de compteurs BCD (Binary coded decimal : décimal codé en binaire). Pour ces genres de compteurs (ou décompteurs) la valeur de sortie varie de 0 (0000) à 9 (1001). A la dixième impulsion de comptage, la sortie retourne à 0. Ils permettent un arrangement facile à notre système de comptage décimal.

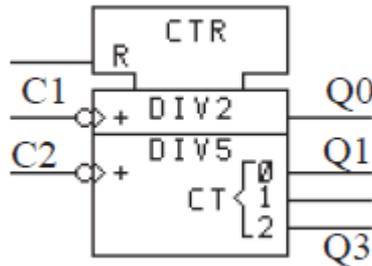


Figure II.6. Brochage d'un compteur BCD

IV.3 Diviseur fixe avec un compteur binaire [16]

Les compteurs binaires à plusieurs bascules, tels circuits CMOS CD4020, CD4040 ou CD4060, permettent d'obtenir un facteur de division de  $2^n$ , n dépendant de la sortie du compteur utilisée. La figure suivante montre trois compteurs de la même famille branchés d'un même signal d'horloge sont reliées entre elles.

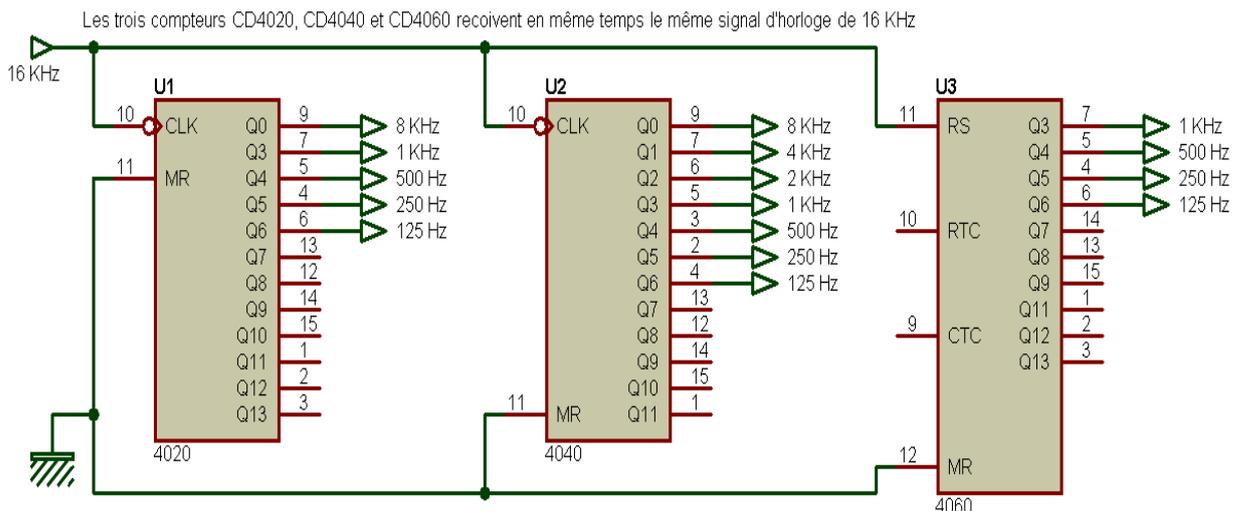


Figure II.7. Schéma de diviseur fixe avec un compteur binaire

**V. Conclusion**

Le compteur peut être développé en un compteur super-compté en fabriquant des copies similaires.

Ces compteurs sont connectés en série, avec quelques modifications simples apportées compteurs en effectuant le comptage du premier compteur en même temps et à la vitesse instantanée.

Le compteur fabriqué peut être utilisé dans de nombreuses applications pratiques qui nécessitent précision et rapidité de nombre élevé.

---

**CHAPITRE-III**

**DESCRIPTION GENERALE DU**

**MICROCONTROLEUR PIC16F876A**

## I. Introduction

L'évolution de système électronique apporter de plus en plus les constructeurs à remplacer l'électronique câblée à base de nombreux circuits intégrés par un circuit programmable qui remplit à lui seul toutes les activités. Les microcontrôleurs parmi cette famille de circuits est un système informatique dont la caractéristique réside dans le fait qu'il est un nœud dans un seul circuit intégré, dans l'opération de traitement de l'information qui remplit une fonction importante et comme est lié à un élément programmable, opérant des informations logiques et arithmétiques entre l'entrée signaux pour produire les signaux de sortie.

## II. Microcontrôleur en générale

Sur le système technique on peut implanter un microcontrôleur qu'est connecté aux nombreux capteurs et actionneurs peut-être avec des circuits d'interfaçage adéquats. Une chaîne avec un ordinateur permet de programmer le circuit et de le tester. Le microcontrôleur est un véritable petit ordinateur dans un élément hybride. en plus de le processeur, le module dispose d'une horloge, d'une mémoire de travail (RAM), d'une mémoire pour le programme non volatilisable (EEPROM), de lignes d'entrées sorties binaires et analogiques et d'un port d'adresse avec un ordinateur (PC).

Le microcontrôleur en générale avec un coût faible, un assemblage réduit et une faible consommation d'énergie des objets techniques. Comme : montre, une machine à laver, un lave-linge, un thermomètre électronique, un téléphone portable...

Cet instrument est un circuit intégré digital qui permet :

- un software (programme).
- mémoire RAM (volatile lorsqu'on éteint l'alimentation électrique du circuit).
- mémoire EEPROM (non volatile).
- Des ports entrées /sorties (analogique / numériques)  $\Leftrightarrow$  (0 ou 1 logique /0v ou 5v)
- Timers pour gérer le temps.

Pour un dialogue avec des composants ou un ordinateur il fallait créer une interface série (synchrone ou asynchrone) à partir de laquelle on va développer et transférer le programme. Le microcontrôleur est digital ce qui signifie qu'il ne conçoit que des 0 et des 1. Par cohérent, il nécessitera transformer les tensions exposés sur ses entrées analogiques en valeurs numériques. Il effectue cette opération à l'aide d'un convertisseur analogique numérique intégré (CAN).

## II.1 Les avantages du microcontrôleur

L'avantage de cette logique micro programmée, par rapport à la logique câblée :

- Minimiser l'encombrement du matériel.
- amélioration de la fiabilité du système,
- Simplicité de mise en œuvre avec prix faible
- puissance et vitesse de calcul supérieures ;
- convient pour l'utilisation d'un système d'exploitation. En effet les performances de la CPU et la taille de la mémoire sont suffisantes
- espace d'adressage plus grand.
- Large bande de tensions de fonctionnement (2.5v - 5v)

## II.2 Les diverses types de microcontrôleur PIC

On distingue 3 grandes familles de PIC microcontrôleur :

- ❖ La famille Baseline : utilise des mots d'instructions de 12 bits.
- ❖ La famille Mid-Range : utilise des mots de 14 bits.
- ❖ La famille High-End : utilise des mots de 16 bits.

## II.3 La reconnaissance du PIC

le pic est reconnu par une référence de la forme xx(L)XXyy-zz .

xx : famille du composant, contient (12,14,16 ,et 18) .

L : tolérance correspondante la plage de tension.

XX : type de programme.

C : EPROM ou EEPROM.

F : Flash.

YY:identificateur.

ZZ : vitesse maximale du quartz de pilotage.

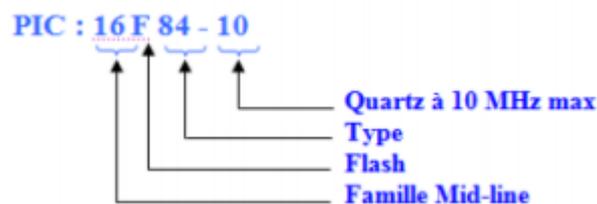


Figure III.1. L'identification du PIC

## **II.4 Critères de sélection d'un microcontrôleur [17]**

Il est important de prendre en compte nombreux critères concernant le choix d'un microcontrôleur parfaitement accordé aux besoins des dispositifs que nous voulons réaliser.

### **II.4.1 La puissance de calcul**

Microcontrôleur dont l'énergie de calcul qu'est le premier principe à considérer pour faire un choix. Il doit de savoir quelle énergie consommé de traitement est nécessaire selon les fonctionnalités du résultat fini. Plus le nombre de cœurs est élevé, plus le microcontrôleur sera rapide. Il doit aussi vous demandez s'il vous faut une unité de traitement graphique (GPU).

### **II.4.2 L'efficacité énergétique**

C'est un compromis entre les performances de calcul et la consommation de puissance du microcontrôleur. Plus il est robuste, plus il consommera de l'énergie. On doit donc arriver à trouver la bonne stabilité ou jauger la fidélité de l'efficacité énergétique par rapport à l'élévation ou la diminution de la puissance de traitement.

### **II.4.3 Température**

La nécessite d'un meilleur prototype de microcontrôleur dont la résistance aux températures extrêmes. Donc, le bon fonctionnement d'un microcontrôleur doit être lié à l'environnement. Les microcontrôleurs les plus tolérants sont généralement plus coûteux.

### **II.4.4 La sécurité**

Beaucoup plus important, c'est l'obligation imposé pour protéger notre microcontrôleur selon les évènements dangers de piratage des outils connectés. Ici, on est indispensable de protéger des appareils assurés accordés aux dernières normes de sécurité ou de faire utilisation de microcontrôleurs sous sécurité sur puce.

### **II.4.5 La structure du microcontrôleur**

Le montage du microcontrôleur dépende sa taille et ses performances. Les prototypes avec des transistors à petits contours ont un plus faible assemblage et les packs plats quadruples occupent plus de surfaces, mais moins d'espace vertical. Avec les échelles de puce au niveau des tranches beaucoup plus petites, c'est un avantage de puissance de traitement minimale, avec un coût de fabrication plus faible.

#### **II.4.6 Mémoire disponible**

L'évolution de capacité de la mémoire de programme (ROM) et celle de la mémoire vive (RAM) dépend des programmes que nous voulons exécuter. On peut installer plusieurs programmes mais avec la disponibilité en plus de mémoire vive. De plus, le fait d'un temps de lecture / écriture plus rapides selon l'utilisation plus de RAMs et d'un GPU nécessite.

#### **II.4.7 L'interface matérielle**

On peut borner la matérielle du microcontrôleur selon la nature de l'activité à réaliser. Pour les fonctionnalités audio, vidéo, caméra, USB, Wifi ou Bluetooth, on doit choisir un microcontrôleur en lien.

#### **II.4.8 Le logiciel**

On trouve des microcontrôleurs fonctionnent sur plusieurs systèmes d'exploitation, sous d'autre non. Pour des besoins d'évolution, il est nécessaire d'utiliser une même construction logicielle pour améliorer l'interopérabilité.

#### **II.4.9 Le prix**

On trouve sur le marché les prix de microcontrôleurs très variés dépend le type qu'est vendu, des fois un modèle vendu à quelques euros pour une centaine d'unités, comme d'autres valent quelques euros par unité. Le prix est très important, car il a un certain effet sur le coût final de l'appareil que nous allons engendrer. Il doit choisir le meilleur rapport qualité-prix et l'outil convenablement performant pour assurer les fonctions que nous voulons réaliser.

### **III. Microcontrôleur PIC 16F876A**

Parmi la famille MID-RANGE on a signifié 16F876 dont le numéro 16, c'est la famille de PIC qui travaille sur des mots de 14bits.

F : la mémoire programme de PIC type "FLASH".

876 : pour reconnaître exactement le type de PIC.

16F876 : cette référence peut avoir un suffixe du type « XX » dans lequel XX représente la fréquence d'horloge maximale que le PIC peut recevoir.

#### **III.1 Caractéristiques**

Les caractéristiques capitales de pic 16F876A comme :

- mémoire flash de 8K mots de 14bits.
- Une RAM donnée de 368 octets.
- mémoire EEPROM de 256 octets.

- Cinq ports d'entrée sortie, A (6 bits), B (8 bits), C (8 bits), D(8 bits), E(3 bits):
  - Port A : 6 pins I/O notées de RA0 à RA5.
  - PortB : 8 pins I/O notées de RB0 à RB7.
  - Port C : 8 pins I/O notées de RC0 à RC7.
  - Port D : 8 pins I/O notées de RD0 à RD7.
  - Port E : 3 pins I/O notées de RE0 à RE2.
- CAN de 10 bits a 5 canaux
- USART, Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone SSP (supportant le busI2C)
- Trois TIMERS avec leurs Prescalers, TMR0, TMR1, TMR2
- Deux éléments de comparaison et Capture CCP1 et CCP2
- Un chien de garde
- 13 sources d'interruption
- horloge, a quartz (jusqu'à 20 MHz) ou a Oscillateur RC
- Protection de code
- Marche en mode « sleep » pour réduction de la consommation.
- Programmation par mode ICSP 12V ou 5V
- Tension d'alimentation de 2 à 5V [18].

Le tableau montre les différentes caractéristiques de PIC16F876 :

<b>La caractéristique</b>	<b>Valeur</b>
Fréquence Horloge MHz	20MHz
Mémoire programme FLASH	8Ko
Mémoire données (RAM)	368 octets
Mémoire EEPROM	256 Octets
Interruptions	13
Ports parallèles (Nombre des lignes)	A(6), B(8), C(8), D(8), E(3)
Timers	3
CAN 10-bit	5
vitesse du CPU (MIPS)	12

Périphériques de communication Numérique	1-USART, 1-SSP (support I2C)
Capture / Comparateur	2 CCP
Comparateurs	2
Plage de tension de fonctionnement (V)	de 2 à 5v
Température (C)	-40 à 85

Tableau.III.1.Les caractéristiques générales de PIC16F876

III.2 Structure externe du PIC 16F876A

Le PIC 16F876A est un circuit intégré de 28 pins, on peut le trouver dans un boîtier dual DIL (Dual In Line) de 2x14 pattes comme l'illustre dans la figure. Pour chacune de ses broches, il a une ou plusieurs activités. Il joue nombreux rôles selon les configurations effectuées lors de la programmation du PIC [19].

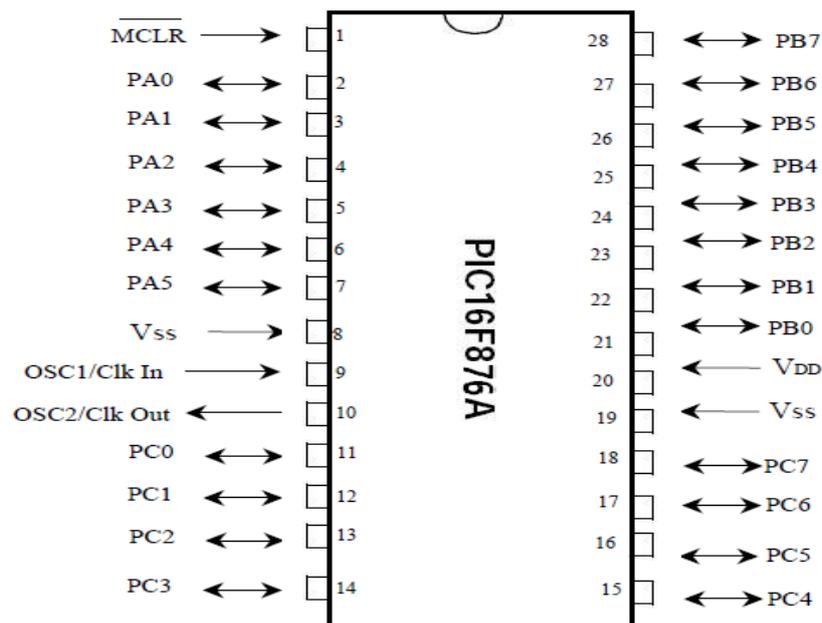


Figure.III.2.Brochage du PIC 16F876A.

On peut spécifier sur cette figure :

L'alimentation : Vss (0V) et VDD (+5V)

Les limites de l'oscillateur à quartz : OSC1 et OSC2.

L'entrée RESET (MCLR : Master clear).

Les distincts ports d'Entrées/Sorties : RAx, RBx, RCx, RDx, REx

**III.3 Structure interne**

La structure interne de PIC16F876A des microcontrôleurs dont Mid-range est commun. Ce microcontrôleur dispose de 40 broches, d'une mémoire programme de 8K mots, d'une RAM de 368 octets, il a un espace très peu et il ordonne de nombreux modules périphériques internes.

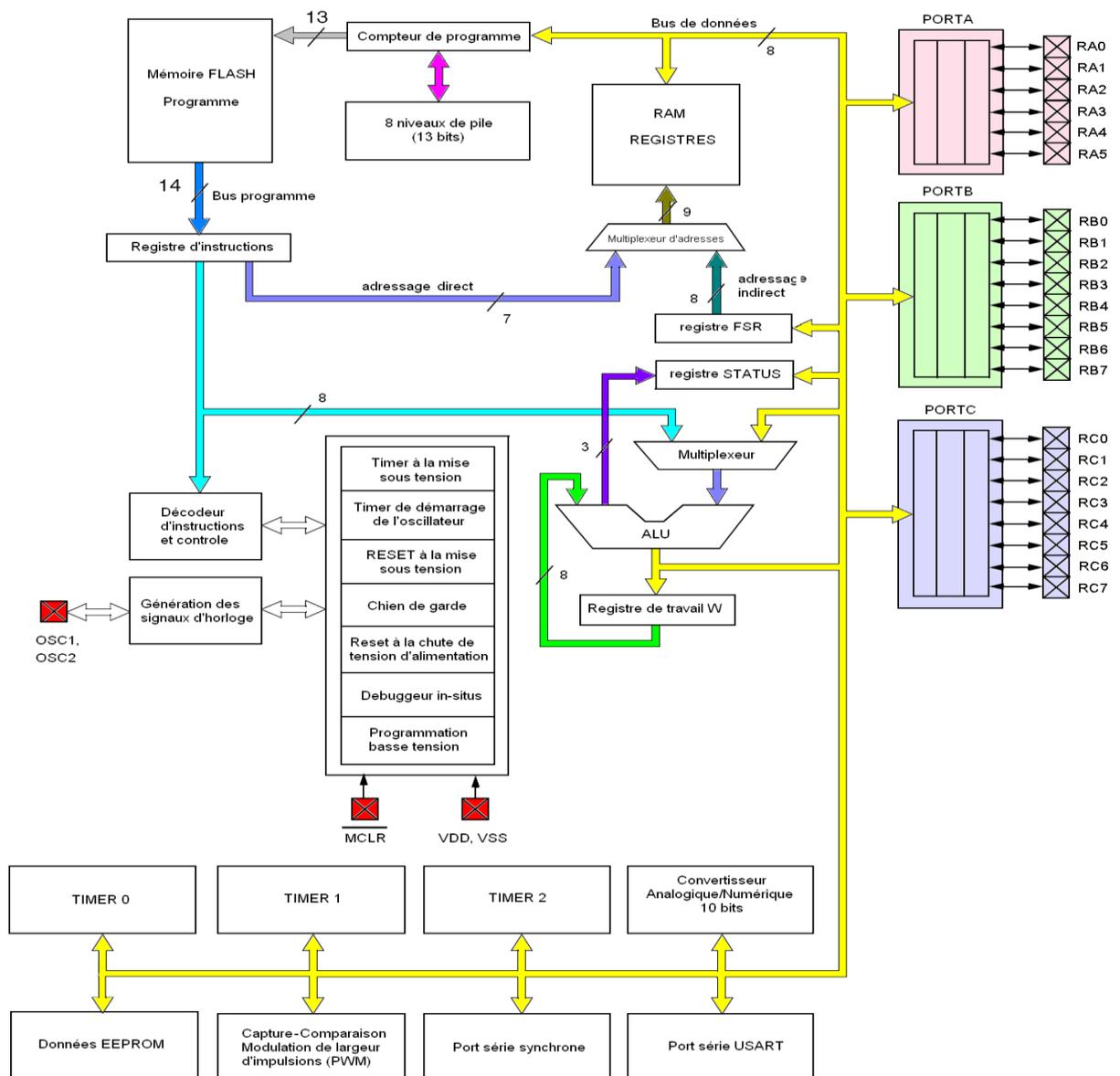


Figure III.3. Structure interne d'un PIC16F879A

### III.3.1 Les ports entrée/sortie

Le PIC16F876A est composé de 22 lignes d'entrées /sorties devenues en trois ports parallèles bidirectionnels :

- Le port A de 6 lignes : RA0 à RA5.
- le port B de 8 lignes : RB0 à RB7.
- le port C de 8 lignes : RC0 à RC7

#### **Port A**

Le port A (6 Bits) : I/O pur \*et/ou Entrée du CAN \*et/ou Entrée du TIMER 0 (La broche RA4 du port A (entrée du timer 0 T0CKI) est de type Drain ouvert).

Au reset, ces lignes sont en mode analogique. Pour mettre les entrées en mode numériques, il faut absolument modifier le registre ADCON1 lors de l'initialisation.

#### **Port B**

Le port B (8 Bits) : I/O pur\*et/ou programmation InSitu (ICSP/ICD) [Broches RB3/PGM, RB6/PGC ainsi que RB7/PGD] \*et/ou entrée d'interruption externe RB0/INT. Toutes les lignes du port B peuvent être reliées à une résistance de tirage vers le haut. Il faut mettre à zéro le bit RBPU (Bit 7) du registre Option\_Reg. Les lignes RB4 à RB7 peuvent déclencher une interruption / Ainsi que RB0 (Entrée d'interruption externe).

#### **Port C**

Le port C (8 Bits) : I/O pur \*et/ou TIMER 1 \*et/ou SPI/I2C \*et/ou USART. Parfaitement, les entrées du port C sont des entrées trigger de schmitt. Ainsi peut servir pour le Timer1, la réalisation de signaux PWM (Pulse Width Modulation : modulation à largeur d'impulsions), la communication avec des périphériques I2C et enfin à dialoguer par voie série.

#### **Port D**

C'est un port bidirectionnel à 8 bits qui ne partage avec aucune ressource interne ce port dispose d'un mode de fonctionnement spécifique qui s'appelle le mode esclave parallèle(PSP) 12.

#### **Port E**

Ce port E comporte uniquement 3 bits de RE0 à RE2, qui ne sont pas concernés de TRISE, ils sont adaptés pour d'autres fonctions. Les pins REX peuvent être utilisés avec la ressource PSP. Ils peuvent être utilisés comme entrées analogiques.

### III.3.2 TIMER [20]

Une minuterie utilisée pour générer des retards dans le programme. Ainsi que ce compteur est remis à zéro, il déclenche une interruption, autrement dit, il invoque une activité ou un sous-programme prédéfini. L'utilisation de la minuterie nécessite qu'un dispositif soit formé pour régler le retard délai, chaque PIC contient un nombre spécifié de temporisateurs

#### TIMER 0

Un compteur de 8 bits peut compter (de 0 à 255) :

- les impulsions de l'horloge via un prédiviseur : Mode Timer

- des impulsions externes, via le pin RA4 : Mode compteur

✚ Mode Timer : Timer 0 est incrémenté à chaque cycle instruction ( $F_{osc}/4$ ), en considérant le prédiviseur avec un rapport de 1.

✚ Mode Compteur : Timer 0 est incrémenté à chaque front montant ou descendant sur la broche RA4.

✚ Prédiviseur : Il est formé d'un pré-diviseur programmable assidu d'un registre compteur 8 bits (TMR0). Un prédiviseur permet de sectionner la fréquence de comptage.

#### TIMER 1

Un compteur de 16 bits compté (de 0 à 65535) :

- les impulsions de l'horloge

- les impulsions extérieures, et en singulier les impulsions d'un quartz externe.

✚ Mode Timer : Timer 1 est incrémenté à chaque cycle instruction ( $F_{osc}/4$ ), en considérant le prédiviseur avec un rapport de 1, 2, 4, ou 8

✚ Mode Compteur : Ce mode de Timer 1 s'incrémente à chaque front montant de l'horloge externe appliquée sur le RC0

#### TIMER 2

Ce module associé au module dit CCP. Il est utilisé particulièrement pour la production d'impulsions à période adaptable (PWM).

Ce module de timer2 comprend un registre compteur 8 bits (TMR2) avec un prédiviseur et un postdiviseur. Ce timer permet seulement une horloge interne ( $F_{osc}/4$ ).

### III.3.3 Les mémoires du PIC16F876A [21]

Ce circuit électronique permet d'enregistrer les données binaires (bit). Généralement, Ils sont rassemblés sous forme de mots de 8 bits (octet). On peut comparer la mémoire à un empilement de cases, chacun de case possède un octet d'une donnée. Pour que le système puisse s'y retrouver chaque "case" possède une adresse différente. Le processeur ici peut lire

le contenu de la mémoire (read), comme il cite l'adresse et la mémoire restitue la donnée correspondante. Ensuite, Il peut écrire dans la mémoire (write), par fournir l'adresse et la donnée, cette dernière remplace la première qui est perdue.

Donc, à l'enregistrement interne, la mémoire du PIC16F877A est divisée en 3 sections :

- Mémoire de données RAM.
- Mémoire de données EEPROM
- Mémoire FLASH

### **La mémoire RAM**

Elle contient tous les registres de configuration du PIC ainsi que les différents registres de données. La RAM est la mémoire la plus utilisée, elle contient également les variables utilisées par le programme. Toutes les données qui y sont stockées sont perdues lors d'une coupure de courant. Ce type de mémoire utilise l'instrument des pages et est sectionnée en 4 pages 0.1.2.3. La taille de chaque page est de 128 octet.

La RAM est subdivisée de plus en deux parties dans chacune on trouve des « cases mémoire spéciales » appelée registres spéciaux et des cases mémoire « libre » dont on peut se servir provoque un fonctionnement spécial du PIC ou la mise en service d'une fonction particulière.

### **La mémoire FLASH**

La mémoire FLASH appelée aussi (mémoire programme) car c'est une mémoire programme de taille 8ko. Chaque case mémoire unitaire est de taille 13 bits. Cette mémoire est de type mémoires stable, c'est-à-dire qu'on peut réécrire dessus à volonté, car le 16F876 est caractérisé par la possibilité d'écrire des données. La zone mémoire est caractérisée par une adresse de 13 bits, alors ceci nous impose donc pour l'adressage les registres EEAR et EEADRH. De même, nous aurons pour les données, les registres EEDATA et EEDATH.

### **L'EEPROM interne [22]**

Ce modèle de mémoire EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory), est constituée de 256 octets disponibles en lecture et écriture depuis le programme. Le pic 16F877 contient également la mémoire électriquement effaçable, réécrivable et stable. Ce type de mémoire est d'accès plus lent. Pour gérer cette EEPROM on a besoin de quatre registres, à savoir EEDR, EEDATA, EECON1 et EECON2.

Le registre EEADR est utilisé pour placer l'adresse relative en EEPROM, tandis que l'EEDATA contient la donnée à lire ou à écrire.

L'adresse relative de l'accès EEPROM est donc comprise entre 0000 et 00FF ce qui nous permet d'utiliser un registre de huit bit pour définir cette adresse.

### III.3.4 Les registres du PIC16F876A [23][24][25]

Les dossiers de fichiers concéderais comme une clé du microcontrôleur PIC, d'autre part, l'imagination se trouve que le microcontrôleur est une armoire de nombreux tiroirs, chaque tiroir permet un numéro de 8 bits. De plus, comme un registre de travail w parmi les registres de fichiers, il est différent puisque il ne fait pas partie du classeur, cet enregistrement est essentiel car un seul enregistrement peut être ouvert à la fois. Il se fait d'un stockage transitoire entre deux enregistrements de fichiers. . Le numéro est temporairement conservé dans le dossier de travail jusqu'à ce que le deuxième bac soit ouvert. Chaque enregistrement de fichier se voit attribuer un numéro spécifique

#### Le registre «Status »

Ce registre renseigne sur l'état du système après remise à zéro et après calcul, il permet encore la gestion des bancs mémoire ( h'03' ou h'83' ou h'103 ou h'183' ). On accède indifféremment à ce registre par une quelconque de ces 4 adresses.



**Tableau III.2.** Différents bits de registre Status

Au reset : STATUS = 00011XXX

- **Bit 7** : IRP = permet la sélection des pages en adressage indirect. Pour la PAGE 0 (de 00 à 7F) et la PAGE 1 (de 80 à FF) ce bit doit être laissé à "0". Mis à "1" il permettra d'atteindre la PAGE 3 (de 100 à 17F) et la PAGE 4 (de 180 à 1FF).
- **Bits 6 et 5** : RP1 et RP0 = permettent la sélection des pages en adressage direct.

RP1	RP0	Page sélectionnée
0	0	PAGE 0 de 00 à 7F
0	1	PAGE 1 de 80 à FF
1	0	PAGE 2 de 100 à 17F
1	1	PAGE3 de 180 à 1FF

**Tableau III.3.** Sélection des pages en adressage direct

- **Bit 0:** C : Carry (report), ce bit est en fait le 9ème bit d'une opération. Par exemple, si une addition de 2 octets donne une valeur >255, ce bit sera positionné à 1.
- **Bit 1:** DC : Digit Carry, ce bit est utilisé principalement lorsque l'on travaille avec des nombres BCD : il indique un report du bit 3 vers le bit 4.
- **Bit 2:** Z : Zéro, ce bit est positionné à 1 si le résultat de la dernière opération vaut 0.
- **Bit 3:** PD : Power down, indique quel événement a entraîné le dernier arrêt du PIC (instruction sleep ou dépassement du temps du watchdog).
- **Bit 4:** TO : Time-Out bit, ce bit indique (si 0), que la mise en service suit un arrêt provoqué par un dépassement de temps ou une mise en sommeil. Dans ce cas, PD effectue la distinction.

### Le registre «Option »

Ce registre accessible en lecture écriture permet de conformer les prédiviseurs du Timer et du Watchdog, la source du Timer, le front des interruptions et le choix du Pull up sur le PortB.

Bit7							Bit 0
<b>RBPU</b>	<b>INTEDG</b>	<b>TOCS</b>	<b>TOSE</b>	<b>PSA</b>	<b>PS2</b>	<b>PS1</b>	<b>PS0</b>

**Tableau III.4.** Les différents bits de registre Option

**Au reset :** OPTION = 11111111

- **Bit 7 :** RBPU = Pull up Enable bit on Port B.  
1 = Pull up désactivé sur le Port B.  
0 = Pull up activé.
- **Bit 6 :** INTEDG = Interrupt Edge select bit.  
1 = Interruption si front montant sur la broche PB0/IRQ (pin 6).  
0 = Interruption si front descendant sur PB0/IRQ.
- **Bit 5 :** TOCS = Timer TMR0 Clock Source select bit.  
1 = L'horloge du Timer est l'entrée PA4/Clk (pin 3).  
0 = Le Timer utilise l'horloge interne du PIC.
- **Bit 4 :** TOSE = Timer TMR0 Source Edge select bit.  
1 = Le Timer s'incrémente à chaque front montant de la broche PA4/Clk.  
0 = Le Timer s'incrémente à chaque front descendant de la broche PA4/Clk.
- **Bit 3 :** PSA = Prescaler Assignment bit.  
1 = Le prédiviseur est affecté au watchdog..  
0 = Le prédiviseur est affecté au Timer TMR0.

**Bits 2 à 0 :** PS2 PS1 PS0 = Prescaler Rate Select bits.

**Le registre «INTCON» (INTerrupt CONtrol)**

Il est accessible en lecture écriture utilisé pour configurer les diverses sources d'interruption.

<b>GIE</b>	<b>PEIE</b>	<b>TMROIE</b>	<b>INTOIE</b>	<b>RBIE</b>	<b>TMROIF</b>	<b>INTOIF</b>	<b>RBIF</b>
------------	-------------	---------------	---------------	-------------	---------------	---------------	-------------

**Tableau III.6.** Différents bits de registre INTCON

**Le registre du travail «W »**

La plupart des instructions opèrent en utilisant le registre de travail W (Working register) comparable à l'accumulateur des anciens microprocesseurs, et soit un registre soit une valeur immédiate codée sur 8 bits appelée littéral. Après l'opération le résultat peut être envoyé dans le registre sollicité ou bien dans le registre W (accumulateur), soit dans les deux, avec certaines instructions.

Dans les opérations à deux opérandes, un opérande dans le registre de travail, l'autre est une constante ou est contenu dans un autre registre. Dans les opérations à un opérande, l'opérande est soit dans W, soit dans autre registre.

**Le registre PIE1.**

Ce registre (h'8C' : page 1) possède les bits propres d'autorisation pour les Interruptions des périphériques. Le bit 6 de INTCON (PEIE) mis à "1" pour autoriser une quelconque IT de périphérique.

**Le registre PIR1**

Ce registre possède les FLAG associés aux interruptions des périphériques. Ces Flag passent à "1" ainsi une IT correspondante survient et que le bit d'autorisation est bien positionné. Ces Flag nécessitent remis à "0" par Soft.

**Registre PIR2**

Ce registre en écriture comprend les flags pour les Interruptions de l'EEPROM, l'interruption CCP2, l'interruption de collision de bus SSP et l'interruption de comparateur.

**Registre PIE2**

Ce registre accessible en écriture, comprend les bits propres d'autorisation pour les Interruptions de l'EEPROM et l'interruption de comparateur.

**Registre «ADCON0»**

Ce registre possède l'horloge de transformation (bit ADCS1 et ADCS0), le canal à convertir (CHS2, CHS1 et CHS0) et ADON ; bit de mise en fonctionnement.

**Registre «ADCON»**

Permet de tenir le rôle de chacune des pins PA0, PA1, PA2, PA3 et PA4, et les 2 dernières sur le Port B en PB6 et PB7. Il permet donc de choisir un pin si sera utilisée comme entrée analogique, comme entrée/sortie standard, ou comme tension de référence.

**Registres «PORTx et TRISx»**

Si le PORTx ou certaines lignes de PORTx sont formées en sortie, ce registre détermine l'état logique des sorties.

Le registre TRISx, c'est le registre de direction. Il détermine si le PORTx ou certaines lignes de port sont en entrée ou en sortie. L'écriture d'une 1 logique correspond à une entrée (1 comme Input) et l'écriture d'une 0 logique correspond à une sortie (0 comme Output). Les registres TRISx appartiennent à la banque 1 des SFR.

**Registres «ADRESL et ADRESH»**

Les deux registres ADRESL et ADRESH préservés les résultats de 10 bits après la conversion. Ces deux registres comprennent 16 bits, et que nous n'en utilisons que 10 bits, on peut soit justifier le résultat à gauche ou à droite. Le choix du système s'accomplit à l'aide du bit 7 du registre ADCON1.

**III.4 Générateur d'horloge [26]**

Le système d'horloge peut être réalisé avec un quartz ou une horloge extérieure ou un circuit RC. Le microcontrôleur exécute une instruction pour chaque impulsion d'horloge et sa rapidité d'exécution du programme dépend de cette fréquence. Il va donc exécuter 1 millions d'opérations simples par une seconde.

Le PIC 16F876A possède les modes suivant :

- Mode LP : quartz à basse fréquence 200 KHz.
- Mode XT: quartz à haute fréquence 4 MHz.
- Mode HS: quartz de fréquence max 20 MHz.
- Mode RC: Avec un condensateur et une résistance extérieures.

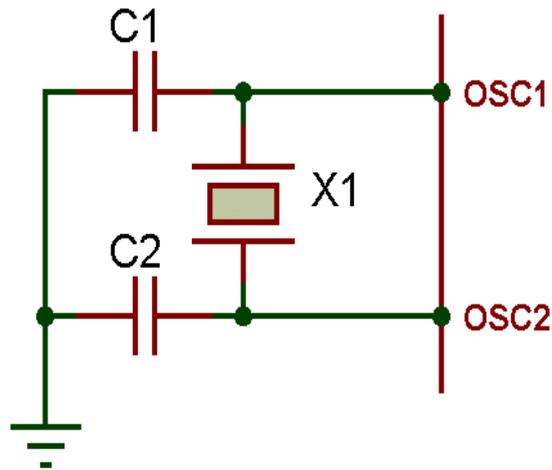


Figure.III.4. Oscillateur à quartz

### III.5 Les Interruptions [20]

C'est un outil essentiel de tout processeur. Il possède de prendre en compte des faits extérieurs au processeur et de leur associer un traitement spécifique.

Il faut noter que l'exécution d'une instruction n'est jamais interrompue ; c'est à la fin de l'instruction en cours lors de l'arrivée de l'événement que le sous-programme d'interruption est exécuté. A la fin de cette procédure, le microcontrôleur reprend le programme principal à l'endroit où il l'a renoncé.

Le mécanisme général d'une interruption est :

2. Le programme se déroule facilement
3. Les tâches surviennent
4. Le programme achève l'instruction en cours de traitement
5. Le programme passe à l'adresse de traitement de l'interruption
6. Le programme traite l'interruption
7. Le programme saute à l'instruction qui suit la dernière exécutée dans le programme principal

Les interruptions peuvent être causées par des sources externes ou par des sources internes créées.

- Sources externes :

- ✓ broches parallèles (Exemples : clavier, alarme)
- ✓ ports séries

- Sources internes

- ✓ Timer
- ✓ Convertisseur A-N
- ✓ Reset

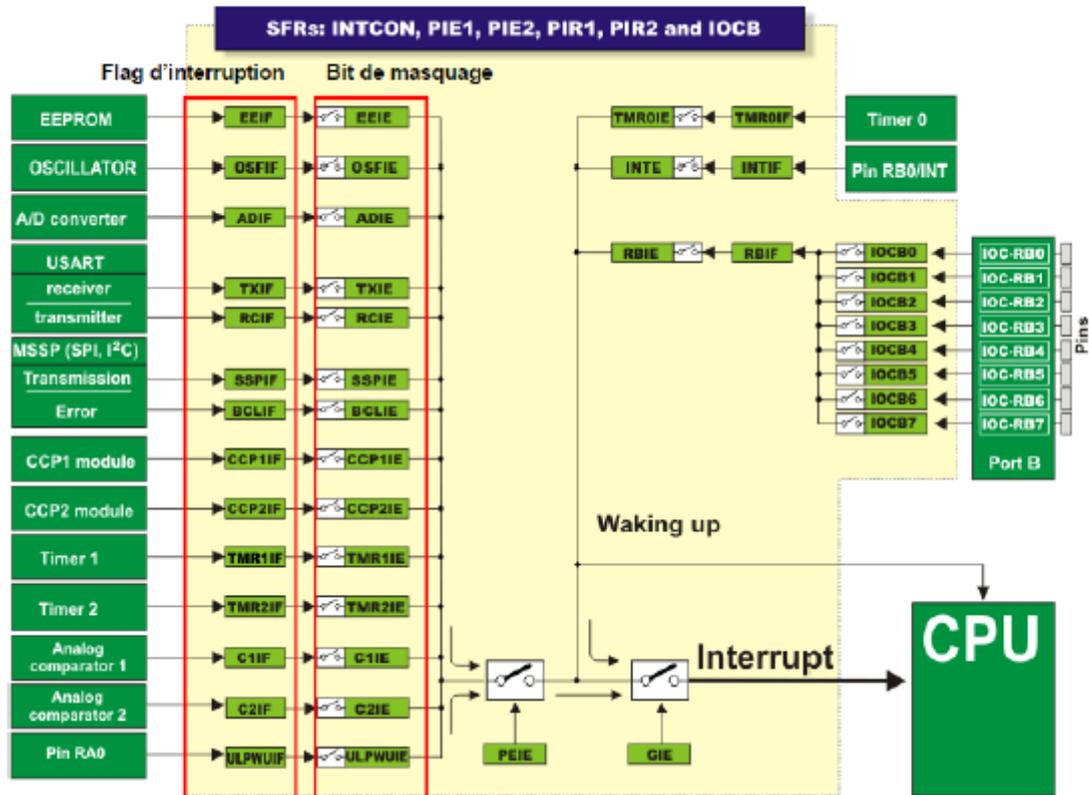


Figure III.5. Système d'interruption pour le PIC16F876 [27]

#### IV. Conclusion

Le travail de ce chapitre a expliqué les renseignements de l'aspect générale de microcontrôleur PIC, après, on a étudié la constitution du PIC 16F876A dont le brochage et ses périphérique interne avec le fonctionnement électrique de chaque élément, Cela nous soutiendra de mieux faire la réalisation du notre projet fréquencemètre numérique en utilisant ces informations précises.

Le prochain chapitre serra consacré sur la simulation du fréquencemètre numérique à base du PIC 16F876A, en utilisant le logiciel ISIS.

---

**CHAPITRE-IV**

**REALISATION D'UN FREQUENCOMETRE**

**NUMERIQUE A BASE DE PIC16F876A**

### I. Introduction

Dans ce chapitre, nous discuterons brièvement de la réalisation du fréquencemètre numérique, où nous étudions des programmes utilisés (logiciel) dans cette conception et de la façon de programmer le microcontrôleur, qu'il nous a permis de réaliser notre projet électronique, en plus de tester ses mesures numériquement.

### II. Conception générale de l'application

Le principe général de cet appareil de mesure fréquencemètre numérique est celui d'un compteur d'occurrences d'une transition caractéristique du signal entrant. Un fréquencemètre numérique compte le nombre de cycles pendant un intervalle de temps fixe. La définition de la fréquence en Hertz, celle-là le comptage de nombre de cycle en une seconde.

Notre application vise à réaliser un fréquencemètre numérique à base de PIC 16F876A qui nous a permis de mesurer la valeur de fréquence dans une bande de [8 Hz à 10 kHz].

La conception de cette application se compose de deux phases de base.

- a. collecte et assemblage de pièces électroniques.
- b. Microcontrôleur programmé par MikroC pro ensuite une simulation par logiciel ISIS Professional,

#### II.1 Schéma synoptique des différents blocs

La figure (IV.1) illustre les distincts blocs qu'il construit notre fréquencemètre multi calibre.

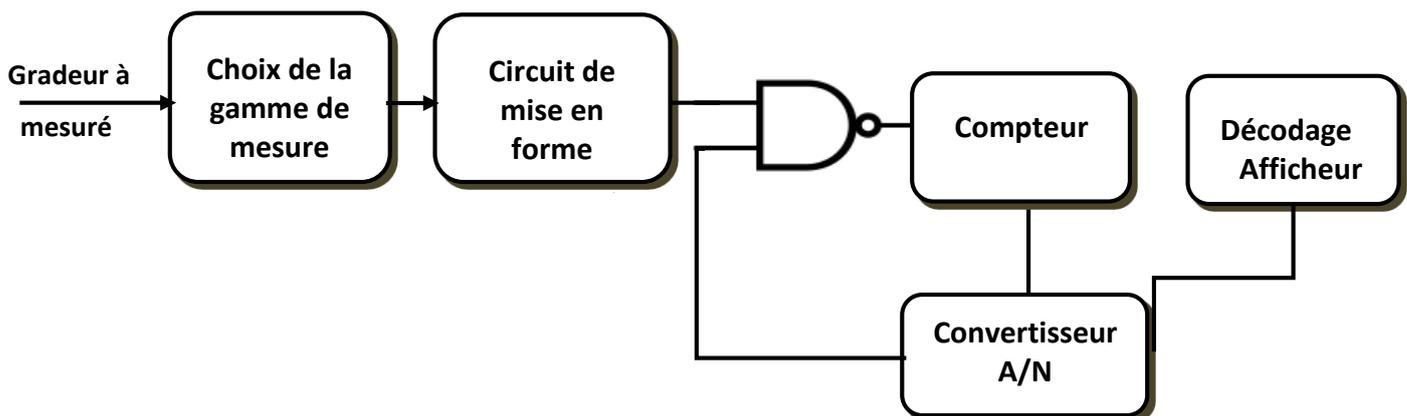


Figure IV.1. Schéma synoptique des différents blocs

### III. Réalisation du Fréquencemètre

#### III.1 Partie électronique

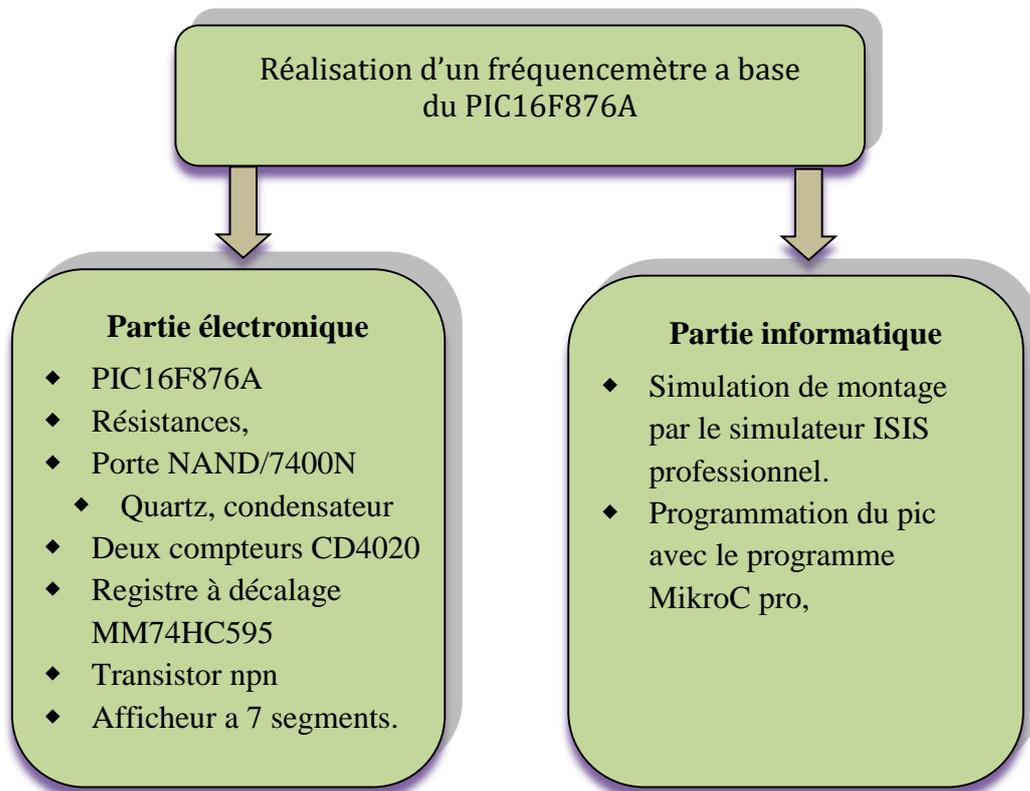
L'identification des composants électroniques utilisés dans la conception et connectivité des montages électroniques.

#### III.2 Partie informatique

Pour s'assurer le bon fonctionnement du montage électronique de ce dispositif, en avant, il devait avoir une simulation de montage par un logiciel ISIS.

Le Microcontrôleur PIC16F876 conduit toutes les échanges des opérations, les différents traitements et assure par effet les accords entre les différentes parties électroniques de l'appareil de mesure.

Par conséquent, l'alimentation de pic 16F877 et de l'afficheur par une tension stable de 5v



**Figure IV.2.** Les deux phases de la réalisation

### IV. Partie Logiciel-Simulation

Pour effectuer ce travail, il faut aller à plusieurs programmes.

#### IV.1 Présentation de PROTEUS [28]

Le Proteus est une suite logicielle pour les produits électroniques. Il est développé par Labcenter Electronics, le logiciel inclus dans Proteus rend possible la CAO dans le domaine de l'électronique. La suite logicielle se compose de deux logiciels principaux : ISIS, ARES, PROSPICE et VSM. Il est généralement employé par les étudiants en électronique et par établissement de formation. Ce logiciel se possède des autres programmes de simulation par deux avantages principaux.

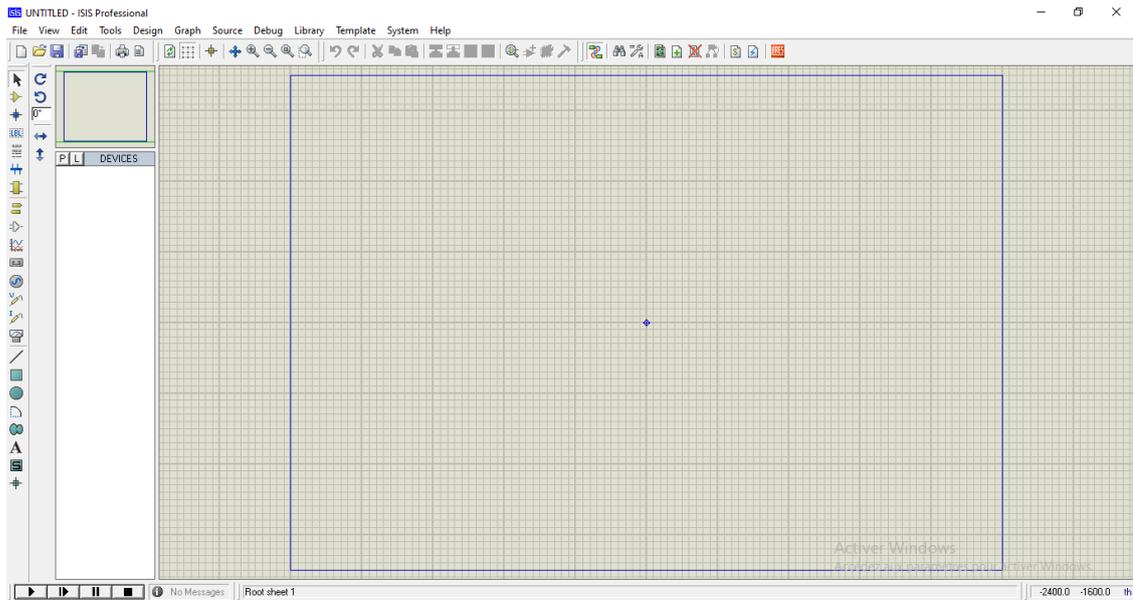
- ✓ dessiner un circuit électronique et de le préparer sur une carte d'impression de circuits (PCB) pour l'impression.
- ✓ L'existence de modèles de simulation pour la majorité des microcontrôleurs fréquemment utilisés, et elle est continuellement à mise à jour.

#### IV.2 Logiciel ISIS [29]

Ce programme intéresse à fournir la gestion optimale pour l'introduction de conceptions et de développements pour les circuits électroniques, car il ordonne facilité d'utilisation des outils puissants dans l'ouvrage de circuits. De plus, le logiciel peut également simuler ces schémas afin que certaines erreurs puissent être détectées dès la conception. Indirectement, parce que le logiciel peut contrôler la plupart des graphiques du circuit, le circuit conçu par ce logiciel peut être utilisé dans le document.



Figure IV.3.l'icône de logiciel ISIS.



**Figure IV.4.**Fenetre du démarrage de l'ISIS

### IV.3 Programmation du PIC

Pour programmer notre microcontrôleur PIC nous avons de nombreux programmes tels que : MikroC, MPLAB, Flow Code...

Nous allons choisir Le programme MikroC ensuite on écrira le code pour le PIC afin de examiner le dispositif, puis nous transférons le fichier de code sur notre PIC (PIC16f876A).

### IV.4 Compilateur mikroC pro pour PIC 16F876

Le langage Mikro-C est l'un des langages les plus simples pour programmer et développer des microcontrôleurs, car il possède de nombreuses bibliothèques prêtes à l'emploi. Lorsque nous avons fini d'écrire le programme et enregistrez-le, le compilateur mikroC donne une facilitée de programmer le PIC directement en transformant le programme source en un programme exécutable en "Binaire". L'extension du fichier sera alors HEX (hexadécimal).

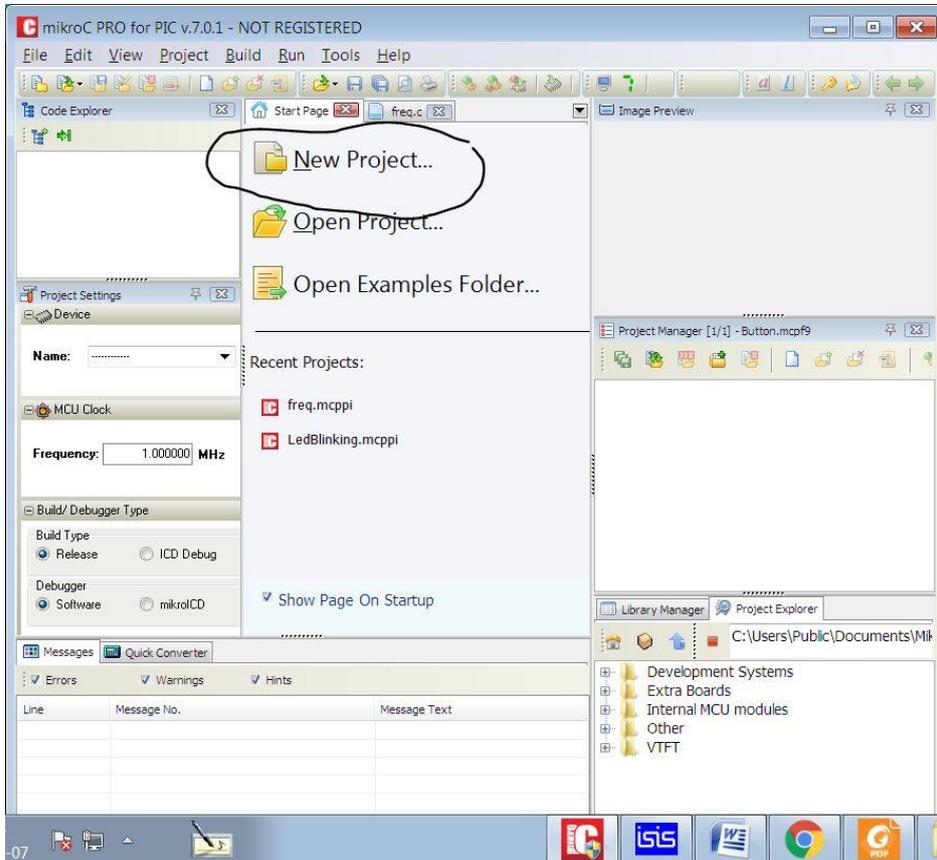
L'icône de logiciel mikroC PRO illustré dans la figure III.3.



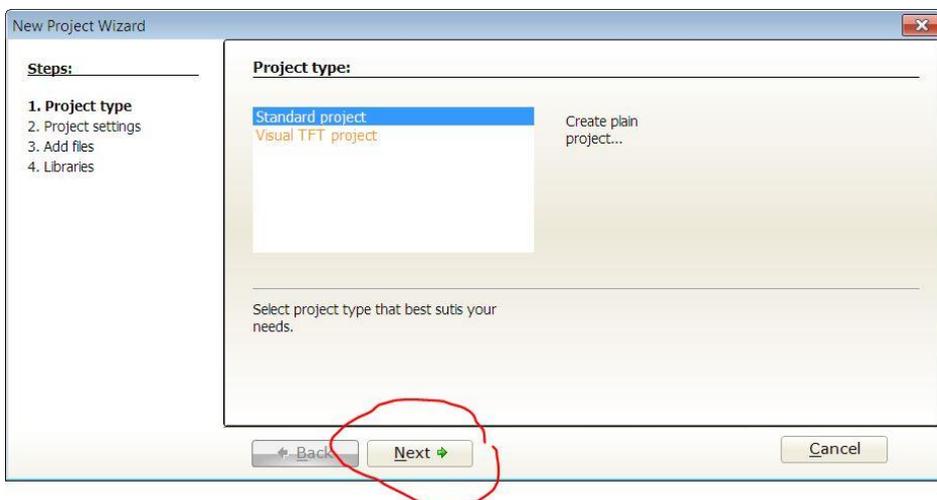
**Figure IV.5.** L'icône de logiciel mikroC PRO

### IV.5 Programmation du PIC avec le logiciel ISIS

Grace à l'Assistant Nouveau projet on peut créer un projet (menu Project ⇒ New Project) en appuyant sur l'icône Nouveau projet à partir de la barre d'outils du projet.

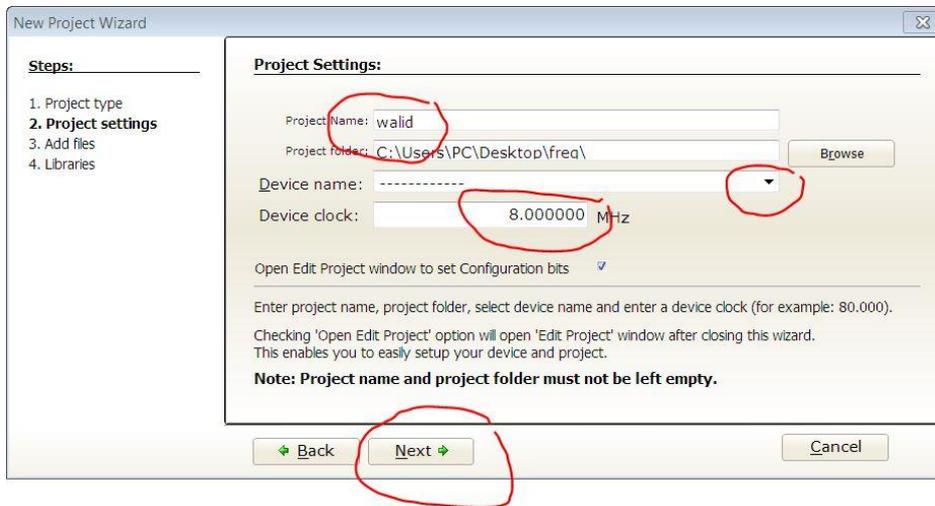


Nouvelles étapes de l'Assistant de projet. Commencez à créer votre nouveau projet, en appuyant sur le bouton Next :

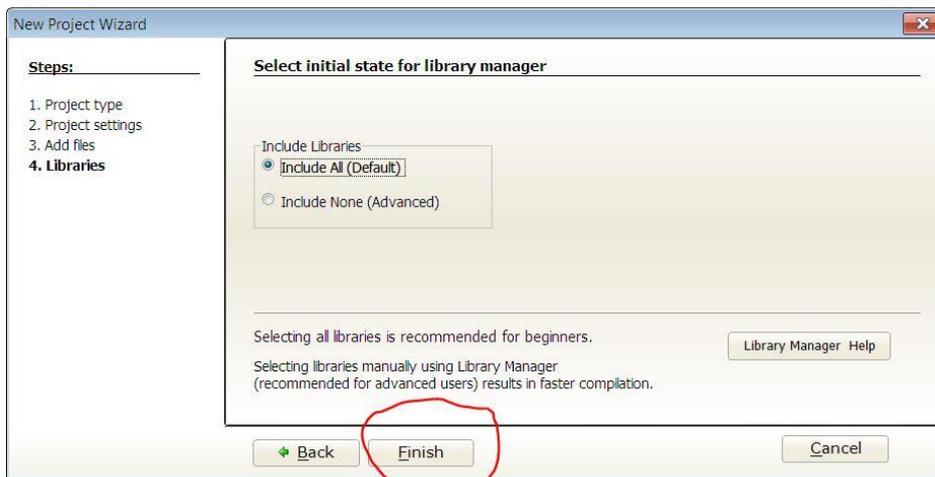


## CHAPITRE-IV Réalisation d'un fréquencemètre numérique à base de PIC16F876A

On dénomme le projet, puis on choisit le chemin d'archivage du fichier, puis on choisit dans la liste le type de PIC et en dernier la valeur de la fréquence de l'oscillation



Sélectionnez bibliothèques, puis cliquez sur Finish



Et enfin, on écrit le programme dans cet espace

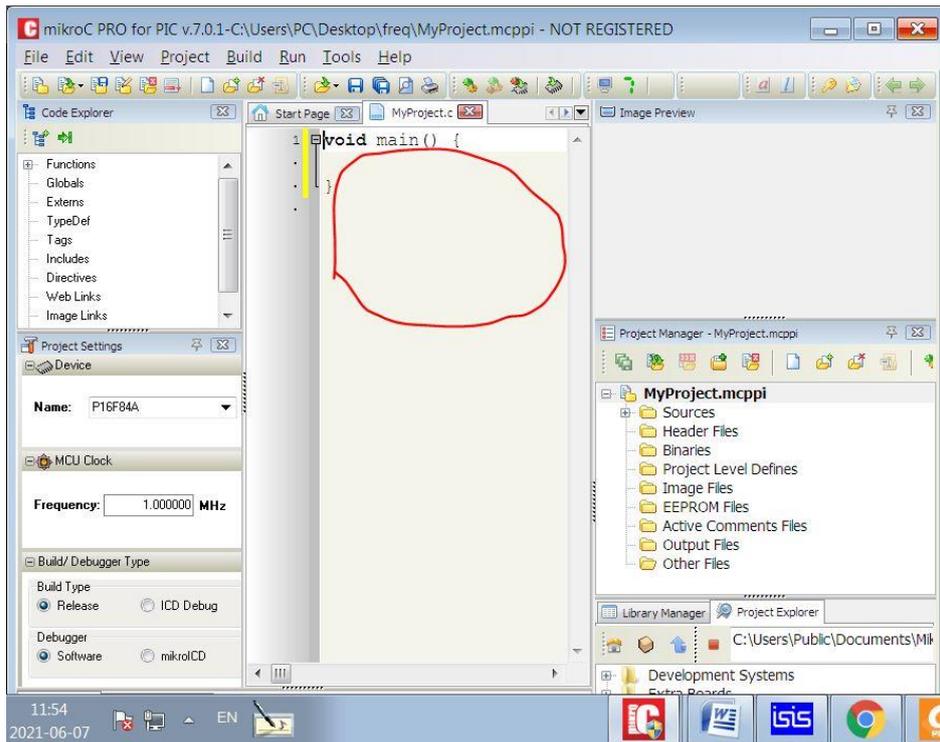


Figure IV.6. Fenêtre de la programmation sous le mikroC

### V. Organigramme du programme

Nous avons utilisé un programme Edraw max pour avoir un oorganigramme du programme implanté dans le microcontrôleur,

#### a. Organigramme initial :

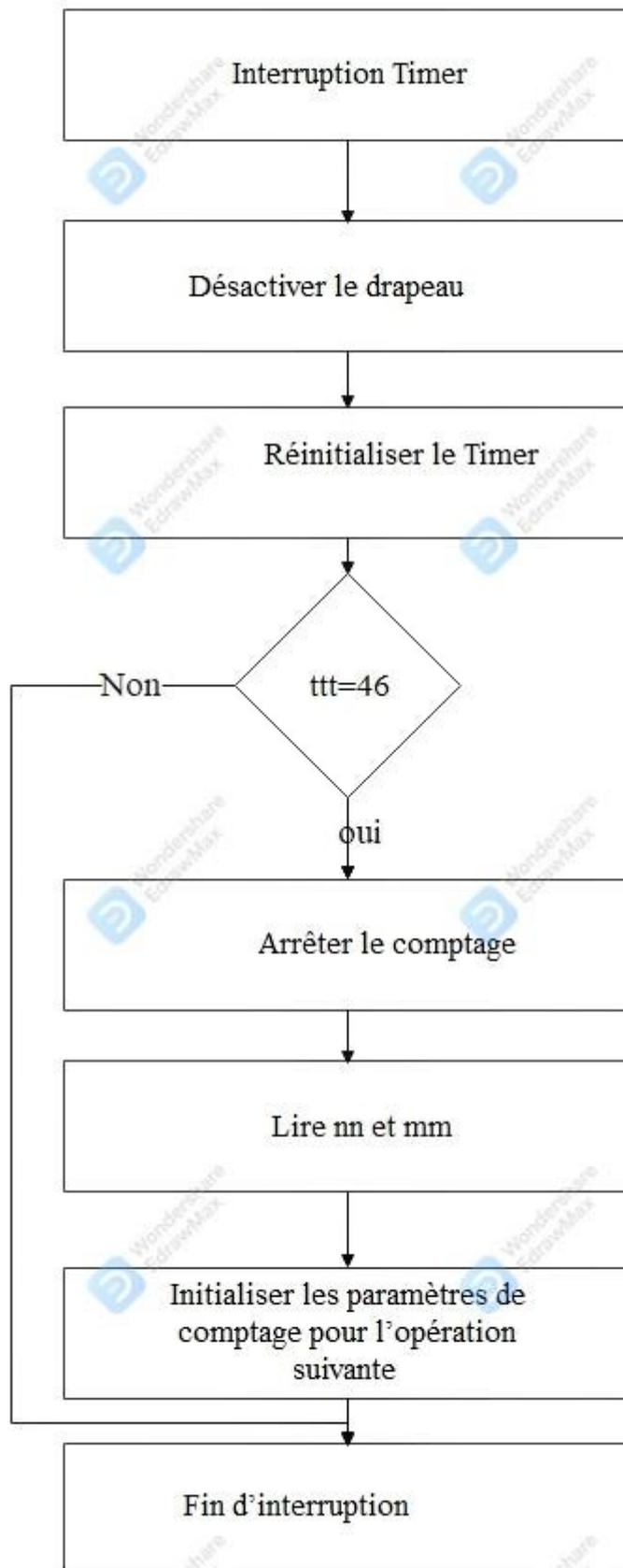


Figure IV.7. Organigramme du programme initial

b. Organigramme du programme principal :

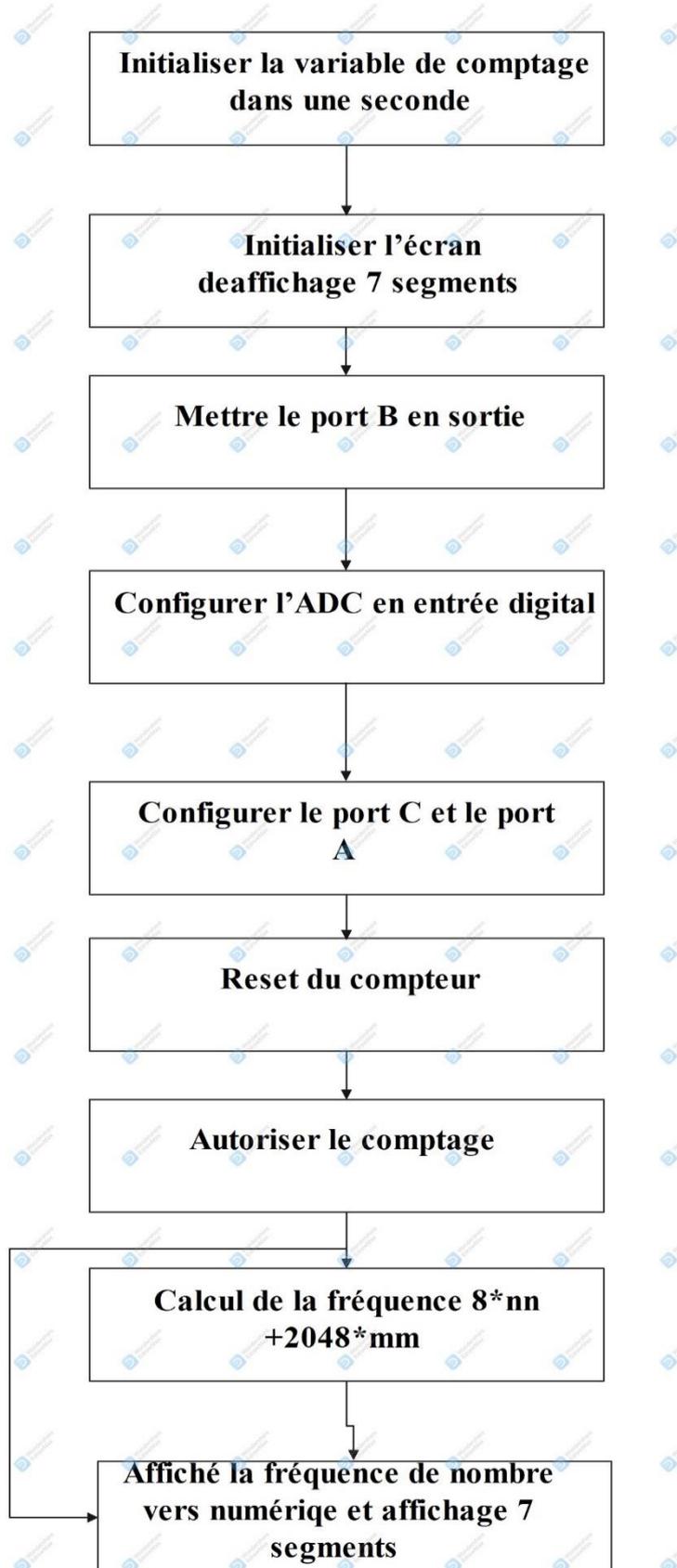
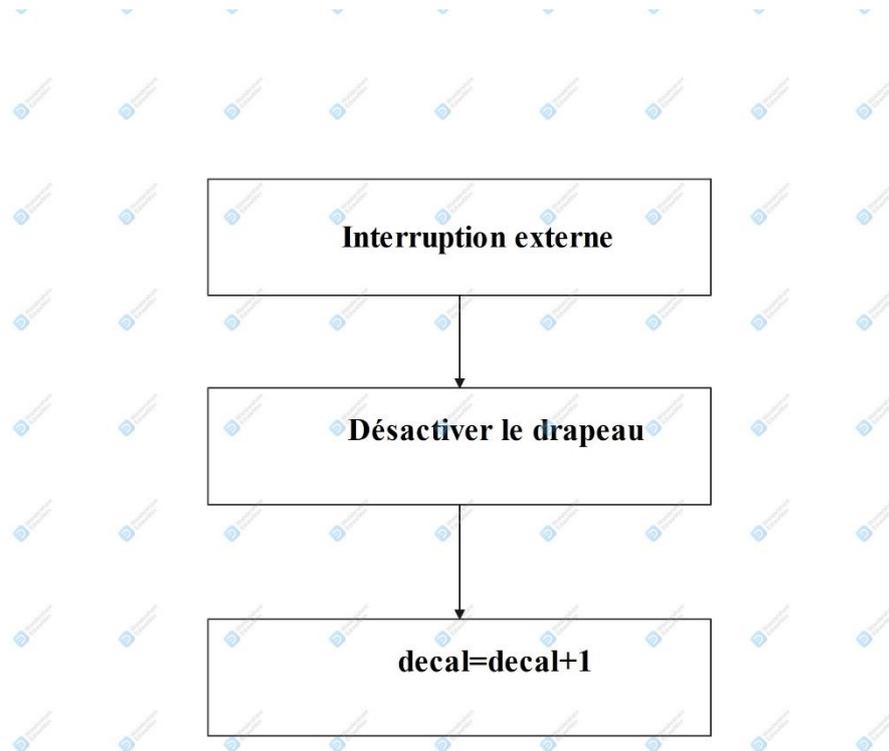


Figure IV.8. Organigramme du programme principal

**c. Organigramme d'interruption :**



**Figure IV.9.**Organigramme d'interruption

**VI. Programmation du PIC avec le logiciel WINPIC 800 [30]**

Quand le programme est compilé, on peut projeter le fichier (.hex) vers la mémoire programme du PIC à travers un programmeur appelé **JDM**. Le logiciel acceptant ce transfert est le (WINPIC800 v 3.64 f).

- ◆ Après l'installation de logiciel ; un double clic sur l'icône suivant pour lancer le logiciel :



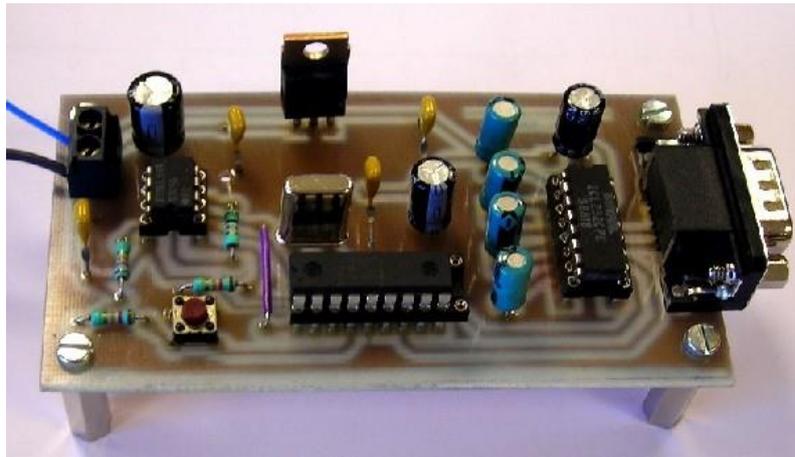
**Figure.IV.10.** L'icône de WinPic 800

## CHAPITRE-IV Réalisation d'un fréquencemètre numérique à base de PIC16F876A

- ◆ Premièrement, on lance le programme WINPIC 800.
- ◆ en appuyant sur le bouton « Hardware », on choisit le programmeur « JDM » et le numéro du port série relié à notre programmeur « COM1 ».
- ◆ en appuyant sur le bouton « Test hardware » pour voir si le programmeur marche convenablement.
- ◆ en mettant le programmeur hors tension et on introduit le microcontrôleur dans le programmeur (son support correspondant), en respectant le sens. On met ensuite le programmeur à nouveau sous tension. La Led doit s'allumer.
- ◆ on lance à nouveau le logiciel WINPIC 800, et on clique sur le bouton « detection device », il apparaît un message de détection de la famille du PIC inséré (PIC16F877).
- ◆ en appuyant sur le bouton « Effacer » afin de supprimer l'éventuel contenu de la mémoire de notre microcontrôleur.
- ◆ en cliquant sur le bouton « Ouvrir » afin de distinguer le fichier HEX à programmer au sein du microcontrôleur.
- ◆ en cliquant sur l'onglet « Fusibles » afin de déterminer la configuration liée à la programmation de notre PIC16F877.
- ◆ en appuyant après sur le bouton « Programmer », pendant cette phase la Led PROG du programmeur doit clignoter.
- ◆ alors, on peut retirer le microcontrôleur de son support et on passe ensuite à la partie pratique.



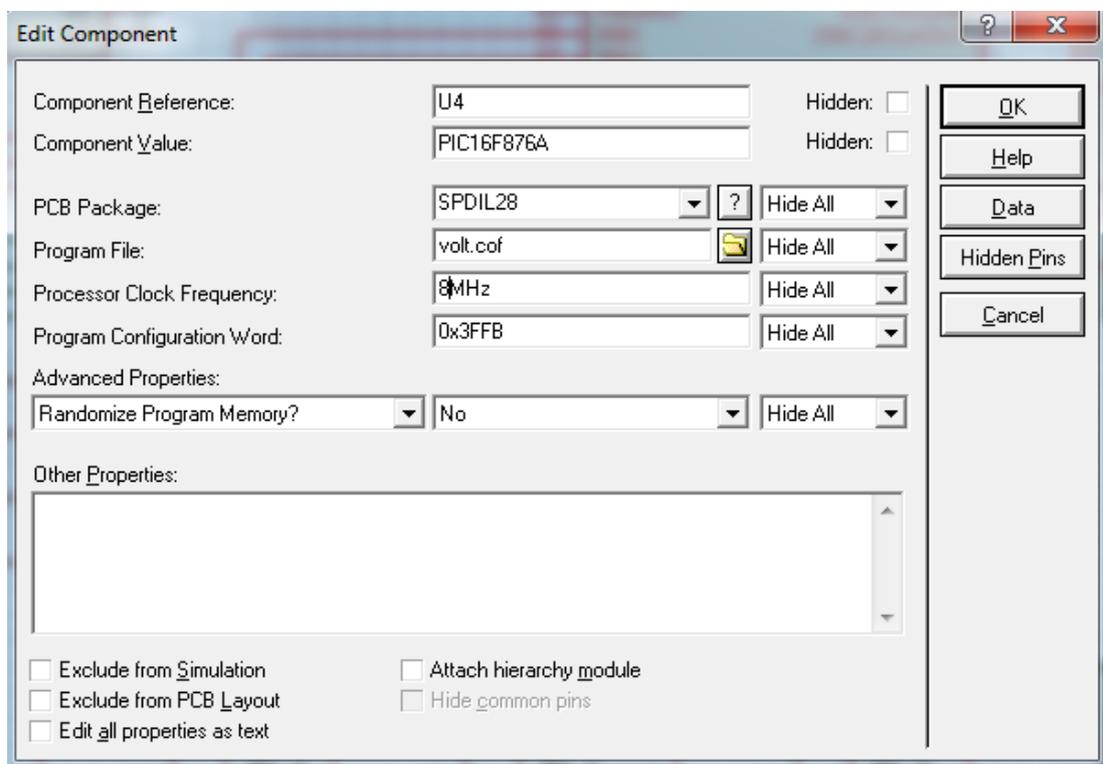
Figure.IV.11. Programmation de PIC par WINPIC 800



**Figure.IV.12.**Programmateur de PIC

### VII. Montage électrique de fréquencemètre sous simulation ISIS

Avant de lancer la simulation, nous devons charger le fichier .Hex. Pour continuer, double-clique sur PIC, nous donne une fenêtre qui nous permet de rechercher des fichiers .Hex, dans cette fenêtre nous pouvons également ajuster la fréquence d'oscillation. Dans ce cas, il faut désire 8 MHz, cette fenêtre correspond à ceci [31]



La figure III.13 présente le montage électronique de fréquencemètre numérique sur la fenêtre de simulation.

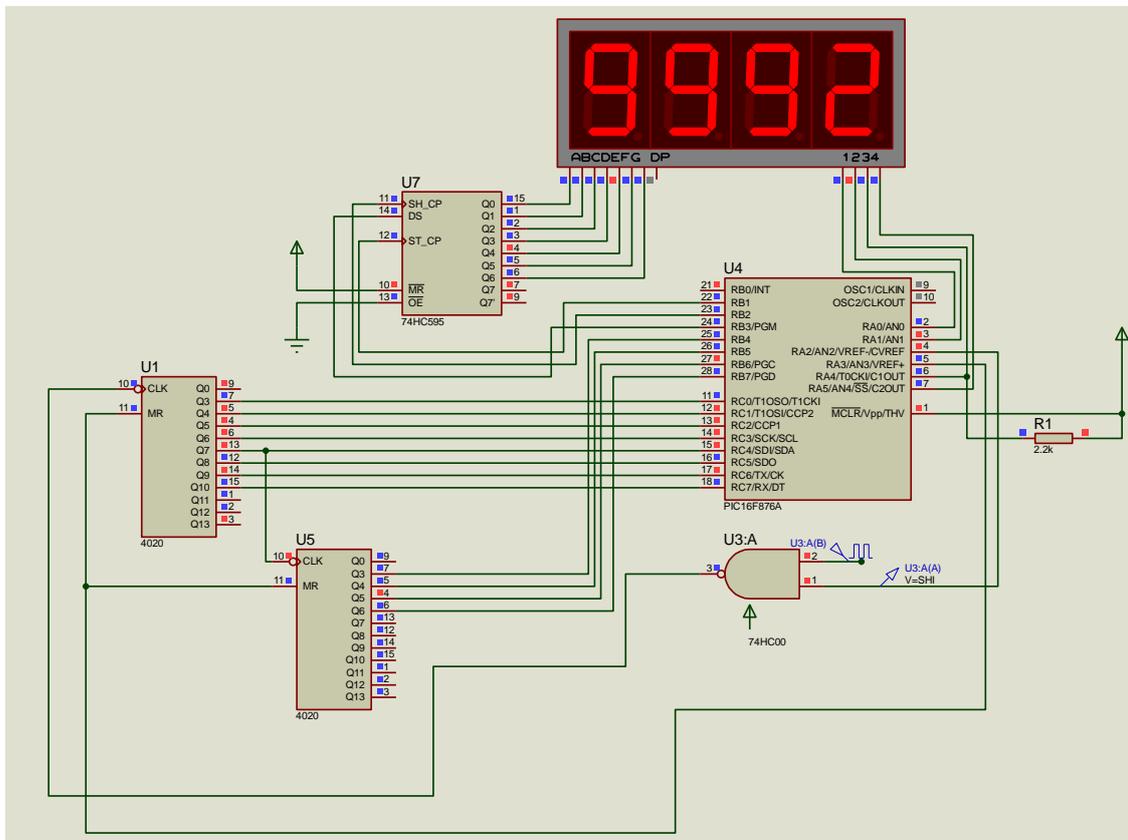


Figure.IV.13.Montage électrique de fréquencemètre sous ISIS

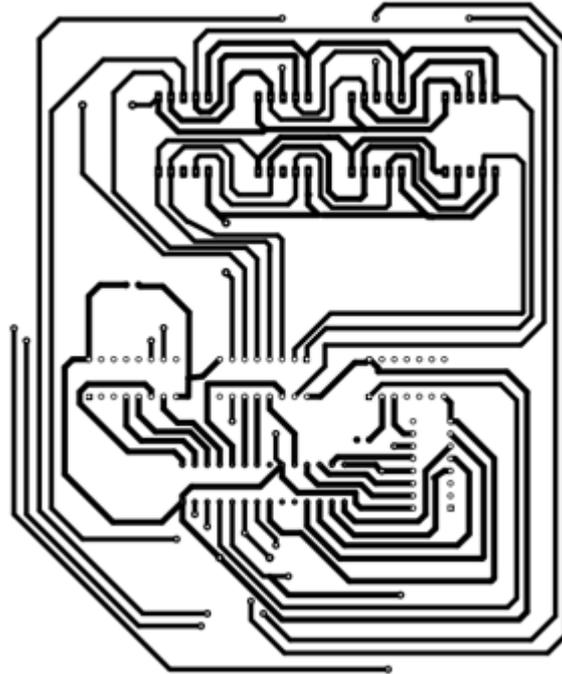
### VIII. Logiciel ARES de conception de circuit imprimé [32]

Cette partie de logiciel ARES elle nous donne un accès facile de réaliser la conception de circuits imprimés dont un placement de composants, ainsi qu'un routage sur 16 couches, soit en mode manuel, semi-automatique, ou automatique.

Les algorithmes implémentés dans ce logiciel permettent une optimisation de la conception. avec même des outils supplémentaires dans les dernières versions tel que la visualisation 3D de la carte réalisée.

La figure III.11 donne le montage général du fréquencemètre en trois dimensions, ainsi que la représentation du circuit électrique.





**Figure.IV.14.** Montage électrique de fréquencemètre sur l'ARES

**IX. Exemple de fréquences effectuées sur l'afficheur**

Fréquence injectée(Hz)	Fréquence affichée(Hz)
10	8
107	104
210	208
500	496
1k	1k
2.4k	2.4k
6.88k	6.888k
7.21k	7.216k
8.73k	8.736k
9.941k	9.952k
9.98k	9.99k

**Tableau. IV.2.**quelque de fréquences effectuées sur l'afficheur

### **X. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté le cœur de notre travail, qui est de réaliser un fréquencemètre numérique, dans lequel nous avons présenté un ensemble de programmes utilisés dans ce travail, en plus de la programmation du microcontrôleur.

Par conséquent, On peut dire que l'objectif est accompli et les résultats obtenus sont très satisfaisantes et acceptables pour réaliser ce dispositif fréquencemètre

### Conclusion générale

L'étude théorique des composants électroniques et de leur fonctionnement, nous donne un accès pour réaliser notre dispositif de manière simple, consiste à concevoir un fréquencemètre numérique composé de nombreux éléments électroniques, parmi ces éléments on trouve le microcontrôleur qu'est plus important.

Le principal avantage de cet appareil de mesure numérique est d'éliminer les erreurs de lecture dues à l'imprécision de la lecture, réduire l'encombrement de montage et une rapidité de mesure.

En plus, nous avons eu la chance de découvrir un nouveau domaine et nous avons mis en œuvre une application basée sur un microcontrôleur qui nous permis de nous familiariser avec le PIC 16F877A.

Nous avons à exprimer dans cette recherche, que la partie de la simulation qui a fait l'objet de fréquencemètre recueillant des résultats satisfaisants du sujet a été réalisée sur le simulateur et nous n'avons pas assez de temps pour la développer en circuit imprimé. Car cette réalisation exige beaucoup de temps.

---

## Références

- [1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9quencem%C3%A8tre>
- [2] B. Wehkamp, Funkschau, Munich, N°9/86 p69.
- [3] Electronique pratique, N°249, Fréquencemètre 2 GHz.
- [4] Nouvelle électronique, N°20, Mars 1996 Fréquencemètre 2,3GHz.
- [5] [http://Mesures\\_electriques\\_et\\_physiques/Cours\\_tunisie/9\\_Mesures-chronometriques.pdf](http://Mesures_electriques_et_physiques/Cours_tunisie/9_Mesures-chronometriques.pdf)
- [6] <https://studylibfr.com/doc/3020034/cour-4>
- [7] <https://www.mouser.com> > 2 > mm74hc595-1193477
- [8] Smadi. O, Benyalloul. M « Utilisation d'une souris pour mesure de distance » mémoire de master, université Abou Bakr Balkaid Tlemcen, 2015
- [9] <https://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-afficheur-7-segments-avec-une-carte-arduino-genuino/>
- [10] Alibi. E, Jawadi. S « Conception et réalisation d'un enregistreur de données »PFE [http://fr.wikipedia.org/wiki/Afficheur\\_7segments](http://fr.wikipedia.org/wiki/Afficheur_7segments)
- [11] Cours logique séquentielle compteurs STS.doc
- [12] <https://docplayer.fr/76061560-Notions-de-cours-sur-les-compteurs-et-decompteurs.html>
- [13] Ben Amara. M, Gâaloul. K « Support de cours : Systèmes Logiques Séquentielle ». Année universitaire : 2015/2016
- [14] Support de cours fonction Comptage binaire et division de fréquence, NB 2008 Génie électronique
- [15] cd4020bc.pdf. s.l. : www.fairchildsemi.com, October 1987
- [16] Electronique - Bases - Diviseurs de fréquence
- [17] <https://geniorama.com/quels-microcontrolleurs-choisir-en-industrie/>
- [18] <http://www.oumnad.123.fr/Microcontrolleurs/PIC16F877.pdf>
- [19] [http://www.magoie.net/mon\\_theme\\_New2.pdf](http://www.magoie.net/mon_theme_New2.pdf)
- [20] YOSSRA. R.K « cours microcontrôleur ».
- [21] Rjeb.B, Waz .R : « Projet de réalisation d'une maquette didactique à base de pic 16F877 »2007.
- [22] Datasheet du 16F876.pdf

- 
- [23] Sakli. M. « Régulation Industrielle de Processus, Système de Régulation de niveau d'eau, Interface à base de PIC 16F877, Commande et Régulation avec LabVIEW » PFE en génie électrique et automatique. Gabès, Tunisie.(2007).
- [24] Ben Haddada .T et Hamam M. A et Mahjoub.R « Un robot suiveur de ligne» PFE. Université El Manar Tunisie. 2010.
- [25] Ahmed.R « étude et réalisation d'un fréquencemètre numérique à base de microcontrôleur PIC16F877 » mémoire PFE, 2015 /2016
- [26] Tourtchine. V « Cours de programmation en mikroC. Application pour les microcontrôleurs de la famille PIC » .Boumerdes. 2012
- [27] DOUCHI. Imene, BELKACEMEI. L « Realisation d'un prototype permettant le contrôle de deux modes staring generation » memeoire PFE institu IAES 2016/2017
- [28] Proteus (ISIS et ARES) - Logiciel Électronique
- [29] <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php>
- [30] [www.picprog.com](http://www.picprog.com)
- [31] <https://docplayer.fr/47995492-Microcontroleurs-le-pic-16f876-877-famille-mid-range-de-microchip-a-oumnad.html> ,consulté le 17/04/2021 :
- [32] LAKHDARI.F.M « Introduction à la simulation et routage des circuits avec le logiciel PROTEUS V7 et V8 » Polycopie des travaux, USTO-MB 2016/2017

---

## Annexe

### Programme d'interruption

```
void interrupt()
{
  if (intcon.T0IF==1)//if (intcon.TMR0IF==1)
  {
    ttt=ttt+1;
    if (ttt==46)
    {
      ttt=0;
      porta.f2=0;          //gate 1:passee  0:bloq
      nn=portc;
      decal=portb>>4;
      mm=decal;
      x=8*nn+2048*mm;
      mil=x/1000;
      x=x-1000*mil;
      cen=x/100;
      x=x-100*cen;
      diz=x/10;
      x=x-10*diz;
      uni=x;
      porta.f3=1;          //MR 1:raz  0:compt
      porta.f3=1;
      porta.f3=0;          //MR 1:raz  0:compt
      porta.f2=1;          //gate 1:passee  0:bloq
    };
    intcon.T0IF=0;//intcon.TMR0IF=0;
    tmr0=1;
  }
}
```

---

## Programme d'affichage

```
,  
  
void affiche()  
{  
    serie(af[mil]);  
    porta.f0=1;delai();  
    porta.f0=0;  
    serie(af[cen]);  
    porta.f1=1;delai();  
    porta.f1=0;  
    serie(af[diz]);  
    porta.f4=1;delai();  
    porta.f4=0;  
    serie(af[uni]);  
    porta.f5=1;delai();  
    porta.f5=0;  
}  
  
void main()  
{  
    conf();  
    while(1)  
    {  
        affiche();  
    }  
}
```

## Résumé

L'objectif de notre projet est d'étudier et de réaliser un fréquencesmètre à base d'un microcontrôleur PIC16F876A de plage [1Hz à 10KHz] programmé, en utilisant le programme MicroC. Afin que la minuterie soit programmée pour mesurer la fréquence d'un signal périodique et par conséquent compter le nombre d'impulsions qui se génèrent au cours d'oscillations pendant une période de temps bien défini. Tandis que le temporisateur suit les interruptions résultant de chaque saturation du temporisateur numéro, cela permet une limite de temps de 1 seconde. En connaissant le nombre d'impulsions par une seconde, nous pouvons compter la fréquence du signal entrant vers le microcontrôleur et les afficher sur l'afficheur à 7 segments.

**Mots-clés :** fréquencesmètre, compteur, microcontrôleur 16F879A, afficheur à 7 segments, PROTEUS, CAN, fréquence.

## Abstract

The objective of our project is to study and realize a frequency meter based on a PIC16F876A microcontroller with range [1Hz to 10KHz] programmed, using the MicroC program, So that the timer is programmed to measure the frequency of a periodic signal and therefore the count of the number of pulses that are generated during oscillations during a defined period of time. While the timer tracks interrupts resulting from each saturation of timer number. This allows a time limit of 1 second. By knowing the number of pulses per second, we can count the frequency of the signal coming in to the microcontroller and display them on the 7-segment display.

**Keywords:** frequency meter, counter, 16F879A microcontroller, 7-segment display, PROTEUS, CAN, frequency.

## الملخص

الهدف من مشروعنا هو دراسة وتحقيق مقياس تردد يعتمد على متحكم PIC16F876A مع نطاق [1 هرتز إلى 10 كيلو هرتز] مبرمج، باستخدام برنامج MicroC، بحيث يتم برمجة المؤقت لقياس تردد إشارة كهربائية دورية وبالتالي حساب عدد النبضات التي يتم إنشاؤها أثناء التذبذبات خلال فترة زمنية محددة، بينما يتتبع المؤقت المقاطعات الناتجة عن كل تشعب برقم المؤقت، وهذا يسمح بحد زمني قدره ثانية واحدة. من خلال معرفة عدد النبضات في الثانية، يمكننا حساب تردد الإشارة الواردة إلى وحدة التحكم الدقيقة وعرضها على شاشة العرض المكونة من 7 أجزاء.

**الكلمات الرئيسية:** مقياس التردد، عداد، متحكم 16F879A، عرض 7 مقاطع، PROTEUS، CAN، تردد.