

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL
Faculté des sciences et de la technologie
Département d'Electronique

N° :...../2023

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE: Sciences et Technologies

FILIERE: Electronique

SPECIALITE: Electronique des Systèmes Embarqués

Thème

Etude et réalisation d'un kit didactique à base de microcontrôleur pour les fonctions d'électronique

Présenté Par :

Mohamed NIBOUCHA

Encadrant :

Mr. Zoubir SANTOUH

Co-Encadrant :

Dr. Ammar SOUKKOU

Date de soutenance: 12/07/2023

Jury de Soutenance

Président : Adel MELLIT

Prof

Univ MSBY Jijel

Encadrant : Zoubir SANTOUH

MAA

Univ MSBY Jijel

Co-Encadrant : Ammar SOUKKOU

MCA

Univ MSBY Jijel

Examineur 1: Chabane BOUBAKIR

MCB

Univ MSBY Jijel

Examineur 2: Riad BOUAKACHA

Doctorant

Société Sonelgaz-Jijel

Membre de l'incubateur : Hicham ALLAG

Prof

Univ MSBY Jijel

Promotion : 2022 /2023

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant qui nous a donné la force et la volonté pour pouvoir finir ce mémoire de master.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre gratitude à notre encadreur SANTOUH et SOUKKOU pour la confiance qu'il nous a accordée, leurs encouragements, et leurs précieux conseils, et pour leurs efforts qu'ils ont mis avec moi dans ce mémoire.

Nous remercions tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. Nous les remercions tous les enseignants qui, par leur enseignement, leur encouragement et leur Aide, ont contribué à notre formation.

Nous désirons également remercier très chaleureusement tous les Professeurs et ingénieurs du Laboratoire maquettes.

Enfin, nous tenons également à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de notre modeste travail.

MOHAMED



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- A ma chère mère, mon père, que dieu les garde et les protègent pour leurs soutiens moral et financier, ses encouragements, et pour m'avoir permis de réaliser mes études dans les meilleures conditions.
- À mes frères et ma sœurs pour leurs soutiens moraux et leurs conseils précieux tout le long de mes études.
- Et enfin à tous nos amis sans exception surtout tous nos collègues des études.
- A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Abstract

This work mentions within the framework of study and realization of didactic kit based on a microcontroller for the implementation of basic electronic functions such as non-inverting voltage amplifier, voltage comparator, Wien bridge oscillator etc.

The advantage of this kit is save time of realizations / assembly of the electronic circuits having a direct relation with the module electronics functions and have the chance to explore and understand the operation of several circuits implementing electronic functions and which serve as the basis for the realization of any electronic system, whether simple or complex.

The kit will be equipped with a mini-keyboard and an LCD display to select the function that will be the subject of the practical work session from the interactive program executed by a microcontroller. The latter has the role of automatically configuring the basic components such as operational amplifiers, capacitors, resistors, etc. Making the necessary connections that fulfill the function selected in the menu.

Keywords: *PIC16f877A, operational amplifier, electronics functions, LCD, didactic kit.*

Résumé

Ce travail mentionné dans le cadre d'étude et réalisation d'un kit didactique à base de microcontrôleur pour l'implémentation des fonctions d'électronique de base telles qu'amplificateur non inverseur de tension, comparateur de tension, oscillateur a pont de Wien etc.

L'avantage de ce kit et de faire gagner du temps de réalisations / montage des circuits électroniques ayant une relation directe avec le module des fonctions de l'électronique et donc d'avoir la chance d'explorer et de comprendre le fonctionnement de plusieurs circuits implémentant des fonctions électroniques et qui servent de fondement pour la réalisation de n'importe quel système électronique quel qu'il soit simple ou complexe.

Le kit sera doté d'un mini-clavier et d'un afficheur LCD permettant de sélectionner la fonction qui sera sujet de la séance de travaux pratiques et ce à partir du programme interactif exécuté par un microcontrôleur. Ce dernier a pour rôle de configurer automatiquement les composants de base tels qu'amplificateurs opérationnels, condensateurs, résistances, etc. Faisant les connexions nécessaires qui remplissent la fonction sélectionnée dans le menu.

Mots clés: *PIC16f877A, amplificateur opérationnel, fonctions d'électronique, LCD, kit didactique.*

ملخص

هذا العمل جزء من دراسة وإنتاج مجموعة أدوات تعليمية تعتمد على متحكم دقيق لتنفيذ الوظائف الإلكترونية الأساسية مثل مضخم الجهد غير العكسي ، مقارن الجهد ، مذبذب جسر وين ، إلخ. تمتاز هذه المجموعة بتوفير وقت الإنجاز / تجميع الدوائر الإلكترونية التي لها علاقة مباشرة بوحدة وظائف الإلكترونيات وبالتالي الحصول على فرصة لاستكشاف وفهم تشغيل العديد من الدوائر التي تنفذ وظائف إلكترونية و التي تكون بمثابة الأساس لتحقيق أي نظام إلكتروني سواء كان بسيطاً أو معقداً. سيتم تجهيز المجموعة بلوحة مفاتيح صغيرة وشاشة LCD لتحديد الوظيفة التي ستكون موضوع جلسة العمل العملية من البرنامج التفاعلي المنفذ بواسطة متحكم دقيق. هذا الأخير له دور التكوين التلقائي للمكونات الأساسية مثل مكبرات الصوت التشغيلية ، والمكثفات ، والمقاومات ، وما إلى ذلك ، مما يجعل التوصيلات الضرورية التي تفي بالوظيفة المحددة في القائمة.

كلمات مفتاحية : مكبر تشغيلي، الوظائف الإلكترونية، طقم تعليمي.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Chapitre 1		
Figure 1.1	Le triangle didactique	5
Figure 1.2	Montage amplificateur suiveur de tension	8
Figure 1.3	Simulation du montage amplificateur suiveur de tension	9
Figure 1.4	Montage amplificateur non inverseur de tension	9
Figure 1.5	Simulation du montage amplificateur non inverseur de tension.	10
Figure 1.6	Montage amplificateur inverseur de tension.	10
Figure 1.7	Simulation du montage amplificateur inverseur de tension	11
Figure 1.8	Montage amplificateur différentiel de tension.	11
Figure 1.9	Simulation du montage amplificateur différentiel de tension	12
Figure 1.10	Montage amplificateur sommateur de tension.	12
Figure 1.11	Simulation du montage amplificateur sommateur de tension	13
Figure 1.12	Montage amplificateur additionneur non inverseur de tension	13
Figure 1.13	Simulation du montage amplificateur additionneur non inverseur de tension	14
Figure 1.14	Montage amplificateur intégrateur inverseur de tension	14
Figure 1.15	Simulation du montage amplificateur intégrateur de tension	15
Figure 1.16	Montage amplificateur non linéaire : Comparateur de tension	15
Figure 1.17	Simulation du montage amplificateur non linéaire : Comparateur de tension	16
Figure 1.18	Montage oscillateur à pont de Wien	16
Figure 1.19	Simulation du montage oscillateur à pont de Wien	17
Chapitre 2		
Figure 2.1	Schéma d'amplificateur opérationnel	18
Figure 2.2	Brochage du LM741	19
Figure 2.3	Schéma d'un microcontrôleur	20
Figure 2.4	PIC 16F877A	22
Figure 2.5	Diagramme pin du pic 16f877A	22
Figure 2.6	Registre INTCON	24
Figure 2.7	Registres du PIC 16f877A	26
Figure 2.8	Horloge du PIC 16F877A	26
Figure 2.9	Module Pickit	27
Figure 2.10	Brochage du Pickit 3	28
Figure 2.11	Le dispositif 74HC595	29
Figure 2.12	Relais 5v à 8 broches	30

Figure 2.13	Mini clavier 4*4	31
Figure 2.14	Ecran LCD	33
Chapitre 3		
Figure 3.1	Interface du logiciel ISIS	36
Figure 3.2	Interface de logiciel ARES	37
Figure 3.3	Interface de logiciel PIC C COMPILER	38
Figure 3.4	Organigramme de programmation du LCD	39
Figure 3.5	Simulation de la carte LCD	39
Figure 3.6	Organigramme du mini clavier avec LCD	40
Figure 3.7	Résultat de la simulation de mini clavier avec LCD	40
Figure 3.8	Organigramme illustrant l'extension des broches du PIC utilisant le 74HC595	41
Figure 3.9	Simulation du registre à décalage.	41
Figure 3.10	Schéma ISIS pour les fonctions à implémenter	42
Figure 3.11	Schéma ISIS pour le PIC et les accessoires	43
Figure 3.12	Simulation du montage non inverseur	43
Figure 3.13	Simulation du montage amplificateur différentiel	44
Figure 3.14	Simulation du montage amplificateur inverseur	44
Figure 3.15	Schéma PCB pour la carte amplificateur avec les composants	45
Figure 3.16	Schéma PCB de la carte PIC et les accessoires	45
Figure 3.17	Photo du kit didactique	46
Figure 3.18	Résultat de l'oscillateur à pont de Wien	47
Figure 3.19	Résultat du montage comparateur de tension	48
Figure 3.20	Résultat du montage intégrateur de tension	49

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 2.1	Diagramme de broche pour 74HC595	29
Tableau 2.2	Liste des broches du LCD et leur rôle	34
Tableau 3.1	Configuration des fonctions à exécuter	39
Tableau 3.2	Connexions pour mettre une fonction en marche	42

Liste des abréviations



Pour le contenu de ce mémoire, un certain nombre d'acronymes d'usage courant, a été volontairement employé le long de ce travail. Ces abréviations sont, explicitement, définies ci-dessous. Afin de faciliter la tâche du lecteur.

AOP	Amplificateur Opérationnel
PIC	Programmable Interface Controller
RAM	Random Access Memory
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Random Access Memory
PCB	Printed Circuit Board
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory
LCD	Liquid Crystal Display
IDE	Integrated Development Environment
SFR	Special Function Register
PWM	Pulse-Width Modulation
USB	Universal Serial Bus
LED	Light-Emitting Diode
GBF	Générateur à Base Fréquence

Table des matières

Remerciements	I
dédicace	Ii
Résumé	Iii
Liste des figures	V
Liste des Tableaux	Vi
Liste des abréviations	Vii

Introduction générale 1

CHAPITRE 1 : Introduction au didactique et fonctions d'électronique

1.	Introduction	3
1.1.	Définition de la didactique	3
1.2.	Importance de la didactique dans l'enseignement	4
1.3.	Le triangle didactique	4
1.4.	Le contrat didactique	5
1.5.	Définition de la pédagogie	6
1.6.	La différence entre la didactique et la pédagogie	6
1.7.	Les kits électroniques	6
1.7.1.	définitions	6
1.7.2.	Kit didactique pour les fonctions d'électronique	7
1.7.3.	L'importance de ce kit	7
1.8.	Les fonctions d'électronique	8
1.8.1.	Le montage amplificateur suiveur de tension	8
1.8.2.	Le montage amplificateur non inverseur de tension	9
1.8.3.	Le montage amplificateur inverseur de tension	10
1.8.4.	Le montage amplificateur différentiel de tension	11
1.8.5.	Le montage amplificateur sommateur de tension	12
1.8.6.	Le montage amplificateur additionneur non inverseur de tension	13
1.8.7.	Le montage amplificateur intégrateur inverseur de tension	14
1.8.8.	Le montage amplificateur non linéaire comparateur de tension	15
1.8.9.	Le montage oscillateur à pont de Wien	16
1.8.9.1.	Fonctionnement et stabilité	17
1.9.	Conclusion	17

CHAPITRE 2 : Éléments du kit didactique

2.1.	Introduction	18
2.2.	Introduction au amplificateur opérationnel	18
2.2.1.	Définition	18
2.2.2.	Historique de l'amplificateur opérationnel	18
2.2.3.	AOP LM741	19
2.3.	Le microcontrôleur	20
2.3.1.	Définition	20
2.3.2.	Microcontrôleurs PIC	20
2.3.3.	Les familles des microcontrôleurs	21
2.3.4.	Identification des PIC	21
2.3.5.	Le PIC 16F877A	22
2.3.6.	Les interruptions du pic 16f877A	23
2.3.7.	Types mémoires du pic 16f877A	24
2.3.7.1.	Mémoire RAM	24
2.3.7.2.	Mémoire FLASH	25
2.3.7.3.	Mémoire EEPROM	25
2.3.8.	Horloge	26
2.4.	Pickit 3	27
2.4.1.	Connecteur de programmation de Pickit 3	28
2.5.	Registre à décalage 74HC595	28
2.5.1.	Applications du registre à décalage	30
2.6.	Relais	30
2.6.1.	Utilisation d'un relais	31
2.7.	Mini clavier 4*4	31
2.7.1.	Mode d'emploi	32
2.7.2.	Caractéristiques	32
2.7.3.	Spécifications clés	32
2.7.4.	Idées d'applications	33
2.8.	Ecran LCD	33
2.9.	Conclusion	34

CHAPITRE 3 : Simulation et réalisation du kit didactique

3.1.	Introduction	35
3.2.	Description du logiciel de simulation Proteus	35
3.2.1.	Logiciel ISIS	35
3.2.2.	Logiciel ARES	36
3.3.	Compilateur CCS	37
3.4.	Simulation du kit didactique	38
3.4.1.	Exécution du code de l'afficheur LCD	38
3.4.2.	Exécution du code de mini clavier avec LCD	39
3.4.3.	Exécution du code de registre à décalage 74HC595	41
3.4.4.	Simulation de quelques fonctions d'électronique	42
3.5.	Réalisation du kit didactique	44
3.5.1.	Tests et comparaison des résultats obtenus	46
A	Circuit oscillateur à pont de Wien.	46
B	Circuit comparateur de tension	47
C	Circuit intégrateur de tension	48




Table des matières

3.6. Conclusion	49
Conclusion générale & perspectives	51
Annexes	52
Références biblio-Webographiques	53

Introduction Générale

Introduction Générale

Les kits didactiques en électronique jouent un rôle important dans la formation des étudiants qui seront orientés vers le secteur de l'industrie ou futurs cadres d'un panel de formation technique, centre de formation professionnel, université, lycées, etc.

Après le niveau préliminaire où les étudiants ont déjà reçu leur concept de base des composants électroniques dans les modules électroniques¹, ils aborderont en électronique 2 des notions relativement complexes, des fonctions d'électronique où il leur est demandé d'implémenter des systèmes ou circuits électroniques mettant en œuvres ces fonctions de base telles que : addition / soustraction / intégration / dérivation / amplification / filtrage, modulation / démodulation, etc.

Ce travail présente un système didactique pour l'enseignement des fonctions de l'électronique qui sont les éléments de base de plusieurs systèmes rencontrés en électronique. Le kit a été développé pour valider les modèles mathématiques qui entrent dans la conception des circuits électroniques mettant en œuvres des opérations de dérivation, d'intégration, de multiplication...etc. Ce kit didactique permet de monter des expériences pratiques guidées par un manuel d'utilisation qui explique en détails toutes les étapes de réalisation et les objectifs visés pour chaque tâche sous l'orientation et la supervision de l'instructeur (enseignant) chargé du module en question.

Le kit se compose essentiellement de trois parties distinctes comme illustré en schéma bloc de la figure dessous:

- Une carte de commande à base d'un microcontrôleur pic 16F877, permettant d'exécuter un programme interactif avec l'utilisateur de kit via un mini clavier et un afficheur LCD pour sélectionner la fonction à implémenter, puis commander les deux cartes restantes en les configurant adéquatement avec la fonction sélectionnée.
- Une carte d'interfaçage à relais permet d'établir les connexions des différents composants de la carte électronique sur laquelle se déroulera l'expérience au laboratoire.
- La carte électronique utilisant les composants simples tels que résistances, capacités, amplificateur opérationnel et qui sont communs dans l'implémentation des différentes fonctions électroniques.

Durant le semestre les séances des travaux pratiques sont limitées et à cause des problèmes rencontrés dans les montages électroniques comme les mauvais contacts, des plaques d'essai et aussi des composants défectueux beaucoup de temps est perdu avant de passer à la phase d'expérimentation et de vérification des fonctions implémentées. Dans la plupart des cas, les objectifs visés aux débuts des séances ne sont pas tous atteints et seulement un faible pourcentage des étudiants réussit à terminer toutes les tâches demandées dans une séance de T.P.

Pour remédier à cette situation une solution pratique est proposée permettant de faciliter la mise en œuvre rapide du montage électronique et d'une façon automatique en utilisant un microcontrôleur qui à l'aide d'un mini clavier et afficheur LCD nous donne la main par un programme interactif pour sélectionner la fonction électronique à implémenter durant la séances de TP et s'occupe seul d'établir les connexions nécessaires des différents composants électroniques qui entrent dans la réalisation pratique de la fonction électronique désirée et ce en un temps rapide de l'ordre des millisecondes.

L'étudiant sera donc libre des manipulations routinières des connexions manuelles avec élimination de tous les problèmes des mauvais contacts. Il aura pleinement le temps à consacrer pour les tests et la vérifications expérimentales des caractéristiques de ces fonctions et de relever les mesures des tensions / courants ou autres paramètres et visualiser les signaux d'entrées et de sorties.

- Ce mémoire est organisé selon une structure définie en trois chapitres, ce qui nous permettra de présenter les différents points de notre travail :
- Dans le premier chapitre, nous présentons une étude sur la didactique au niveau de l'établissement scolaire et universitaire et son importance aussi l'importance des kits didactique dans le temps présent. Nous présentons aussi les fonctions d'électronique qu'on va implémenter dans le kit
- Le deuxième chapitre est destiné au principe de fonctionnement de notre kit didactique, pour bien comprendre la théorie de ce kit nous avons décrit tous les composants qu'il contient : le pic 16f877A, l'amplificateur opérationnel LM741, le pic kit 3, le registre a décalage 74hc595, le relais, le mini clavier et à la fin l'écran LCD.
- Le troisième chapitre est consacré à la simulation et à la réalisation du kit à l'aide de logiciel de simulation Proteus et l'IDE CCS compiler. Le choix de ces deux derniers étaient pour le package et l'expérience utilisateur qui nous offre.

Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale dans laquelle nous donnerons les perspectives de ce présent travail.

CHAPITRE 1

Introduction au didactique et fonctions d'électronique

CHAPITRE 1

Introduction au didactique et fonctions d'électronique

1. Introduction

Dans ce chapitre nous nous penchons sur la didactique au niveau scolaire et universitaire et son importance de nos jours et comparons la didactique à la pédagogie sans oublier l'importance des kits électroniques dans les universités pour mieux développer les compétences des étudiants. Enfin, nous démontrons la fonctionnalité électronique que nous avons implémentée dans le kit.

1.1 Définition de la didactique

Du grec « Didaktikos » qui veut dire doué pour l'enseignement, la didactique a souvent été confondue à la pédagogie. Elle est considérée tout d'abord comme une démarche qui favorise certains aspects de la pédagogie en particulier l'aspect cognitif. Cependant rien n'empêche de considérer la didactique non seulement une démarche mais aussi une discipline. Dans cette perspective, elle recouvre l'ensemble des approches scientifiques de l'enseignement d'une langue depuis le choix des modèles théoriques jusqu'aux pratiques du terrain qui en découlent selon une hiérarchie qu'on peut représenter de la manière suivante :

- Le niveau de la méthodologie : C'est le choix, en fonction des objectifs, des hypothèses théoriques empruntées aux disciplines fondamentales intervenant ici comme disciplines contributives (les théories d'apprentissage, les théories linguistiques, les sciences de l'éducation et les sciences de la communication et de l'information, ...).
- Le niveau des méthodes qui en découlent : C'est celui des choix des démarches raisonnées et d'organisation du contenu. (Démarche du projet).
- Le niveau pédagogique : C'est la mise en pratique, en face de l'apprenant de ces hypothèses et ces analyses préalables qui se concrétisent par les procédés et les techniques de classe [1].

Les didacticiens sont des spécialistes d'une discipline qui cherchent à comprendre pourquoi il est difficile de s'approprier cette discipline et qui s'emploient à concevoir des approches nouvelles. Ils savent que la connaissance scientifique ne se transmet pas mais doit être reconstruite.

Ils savent aussi que la logique ou la simplicité de la présentation, l'expérience, la bonne volonté ou l'enthousiasme de l'enseignant ne sont pas des appuis suffisants. Ce qui caractérise

donc la didactique par rapport aux diverses sciences de l'éducation, c'est sa responsabilité par rapport aux contenus de la discipline.

Il s'agit sans doute moins pour elle d'habiller les contenus, que de les travailler, de les adapter, voire de les inventer [2].

Alors en général, la didactique implique :

- À la diffusion des connaissances académiques.
- Au niveau des élèves, leurs déclarations initiales et leurs difficultés.
- Problèmes posés par l'observation d'un monde complexe.

1.2 Importance de la didactique dans l'enseignement

La didactique est un élément fondamental de la forme systématique de l'éducation, car elle permet à l'enseignant d'effectuer toutes les étapes pour mener une classe:

- Processus d'enseignement (étapes de classe);
- Méthodes d'enseignement;
- Les procédures d'apprentissage;
- Matériel didactique;
- Gestion de la situation de l'enseignement.

Par conséquent, la compréhension de l'histoire de l'éducation et de l'évolution de la didactique révèle son importance pour les éducateurs et pour l'amélioration du processus d'enseignement [3].

Alors la didactique aide l'étudiant à acquérir des connaissances et de développer son intelligence. C'est une tâche importante et difficile à accomplir et la réaliser rapidement exige du maître l'emploi d'une bonne méthode pour atteindre la fin de l'enseignement.

1.3 Le triangle didactique

Le triangle didactique est une représentation schématisée du système didactique. Le système didactique, qui apparaît dans toute médiation du savoir entre un enseignant et un enseigné, est formé des interrelations produites entre les trois acteurs suivants : Le savoir, le professeur et l'étudiant [4].

La figure (1.1) illustre le triangle didactique

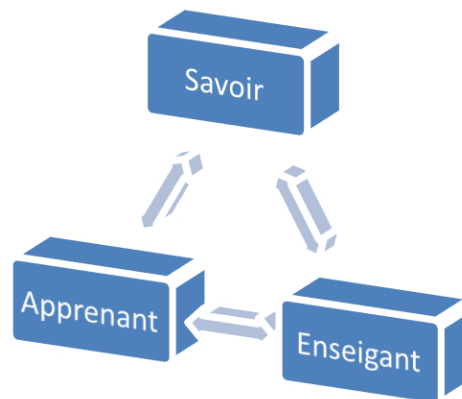


Figure 1.1 : Le triangle didactique.

En effet le triangle didactique symbolise une surface d'intersection entre trois catégories de variables :

- Celles relatives au savoir (objet de rencontre entre l'enseignant et l'apprenant).
- Celles relatives à l'enseignant.
- Celles relatives à l'apprenant.

1.3 Le contrat didactique

Le contrat didactique intègre plusieurs composantes du contrat pédagogique et les organise de manière différente en leur apportant des éléments nouveaux. Ce contrat va maitre du brassage de ces différentes approches, de leur remise en cause et de leurs articulations à la relation didactique. Le contrat didactique gère les interactions entre les trois catégories de variables : le savoir, l'apprenant et l'enseignant. Il est caractérisé par [1] :

- Son inscription dans la relation didactique : il n'existe pas de contrat didactique en dehors de la relation didactique
- Son action sur les changements des rapports au savoir : L'enseignant et l'apprenant ont des relations asymétriques au savoir.
- Son inscription dans le temps : La relation didactique vit un double moment. L'échelle temporelle courte correspondant au temps du cours. C'est le moment de tous les risques, de l'évolution plus au moins rapide de l'apprentissage ou du blocage plus ou moins durable.
- Son influence sur la zone proximale de développement : Selon Vgotsky, l'apprentissage scolaire réveille et anime une série de développements internes qui, à un moment donné ne

sont accessibles à l'élève que dans le cadre de la communication avec l'adulte ou avec les pairs.

- Son influence sur la dynamique des situations didactiques : La relation didactique est le point de départ d'une perspective de construction de connaissances à long terme.

1.5 Définition de la pédagogie

La pédagogie est l'étude de l'enseignement et de l'apprentissage. C'est un concept essentiel dans l'éducation, car c'est une partie importante de ce que les enseignants font tous les jours. Les enseignants doivent comprendre comment les étudiants apprennent, comment rendre les leçons intéressantes et comment garder les étudiants engagés. De plus, la pédagogie peut vous aider à être un meilleur enseignant pour vos propres enfants à la maison [5].

Alors la pédagogie s'implique à :

- Aux relations étudiants/ étudiants.
- Aux relations maître/ étudiants.
- À l'organisation de la classe pour favoriser les apprentissages.

1.6 La différence entre la didactique et la pédagogie

Les rapports entre le savoir codifié et les connaissances des apprenants dans une discipline sont au centre des intérêts de la didactique de cette discipline. La pédagogie, elle, ne porte pas un regard prioritaire sur les rapports au savoir. Elle s'intéresse plutôt aux conditions mises en place par l'enseignant pour faciliter les démarches d'enseignement et d'apprentissage [1].

1.7 Les kits électroniques

1.7.1 Définition

Un kit comprend des composants électroniques, un schéma de circuit (schéma), des instructions de montage et souvent une carte de circuit imprimé (PCB) ou un autre type de carte de prototypage.

Il existe deux types de kits. Certains permettent l'assemblage d'appareils ou de systèmes individuels. D'autres sont principalement utilisés pour l'enseignement, permettant d'assembler plusieurs circuits.

La première catégorie de kits, ceux utilisés pour construire un seul appareil, utilise généralement un circuit imprimé avec des composants soudés dessus.

Ils sont généralement accompagnés d'une documentation détaillée décrivant quel composant se branche à quel endroit de la carte.

La deuxième catégorie de kits, ceux utilisés pour l'enseignement, ils ont les mêmes caractéristiques de la première catégorie mais ils sont destinés pour la pédagogie.

1.7.2 Kit didactique pour les fonctions d'électronique

Un kit didactique pour les fonctions d'électronique c'est un kit à base d'amplificateur opérationnel il gère pas mal de fonctions à l'aide d'un microcontrôleur qui assure aussi la gestion des contacts entre les composants électroniques.

1.7.3 L'importance de ce kit

Ce kit est très important pour les étudiants à l'université car il résout des problèmes qui embrouillent le déroulement de la séance de travaux pratiques et empêche d'atteindre la mission pédagogique qu'il faut. Parmi les problèmes qui existent on cite :

- Trop de fils de connexion qui peuvent causer des confusions au niveau de la réalisation du montage.
- Perte du temps pour implémenter les fonctions.
- Ne pas avoir suffisamment de temps pour exploiter et comprendre le fonctionnement de plusieurs fonctions.
- Faux résultat à cause des mauvaises connexions.

Alors ce kit est important car :

- Il donne un souffle à la séance des travaux pratiques pour qu'elle soit vraiment méritée.
- Gagner le temps: l'étudiant ne sera pas obligé à faire le montage à chaque fois.
- L'étudiant sera capable de découvrir plusieurs fonctions d'électronique et avoir des informations au module.
- Il évite le problème de mauvais contacts de la plaquette d'essai entre les composants et les fils car cette dernière se remplace par un circuit imprimé.

Aussi ce kit est très important du point de vue économique car :

- Il sera réalisé localement avec des composants simples et disponibles sur le marché algérien.
- Couvrir les besoins en kits des laboratoires et des établissements ou institutions de formation technique.
- Favoriser la croissance économique du pays.

1.8 Les fonctions d'électronique

1.8.1 Le montage amplificateur suiveur de tension

Ce montage est le plus simple à câbler et possède des propriétés intéressantes :

- Gain unitaire.
- Impédance d'entrée infinie.
- Impédance de sortie nulle.

L'utilisation de ce montage est pour faire isoler deux portions de circuit éviter toute interaction parasite ou bien quand on a besoin d'adapter une entrée de très forte impédance sur un circuit de faible impédance. Une liaison directe donnerait une tension pratiquement nulle en sortie à cause du rapport du pont diviseur de tension [6].

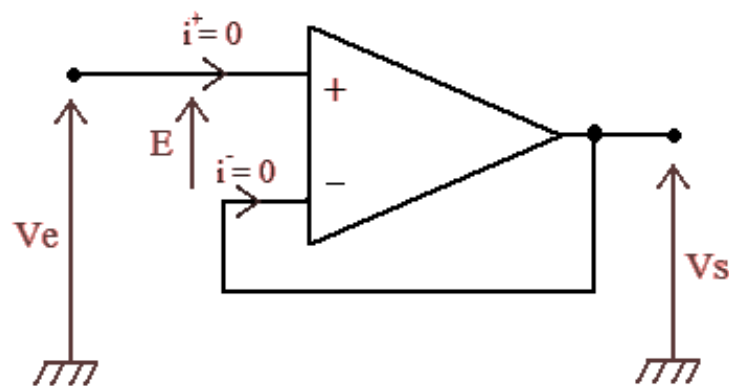


Figure 1.2 : Montage amplificateur suiveur de tension.

Pour la formule mathématique on a :

$$V_s = V_e \quad (1.1)$$

Pour ce montage le signal d'entrée est sinusoïdal de 1v d'amplitude et lorsqu'on configure la fonction on voit que le signal de sortie suit le signal d'entrée, comme illustre le résultat de simulation de ce montage dans la figure (1.3), aussi pour tous les montages le $V_{cc} = \pm 14$ v.

La figure (1.3) montre la simulation du montage amplificateur suiveur de tension

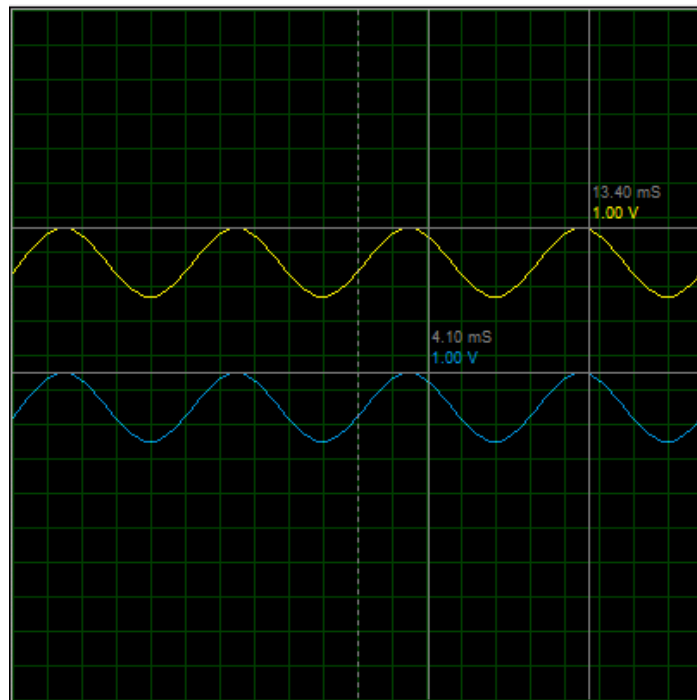


Figure 1.3 : Simulation du montage amplificateur suiveur de tension.

1.8.2 Le montage amplificateur non inverseur de tension

Ce montage n'inverse pas le signe du signal amplifié. Sur le schéma de la figure (1.4) on remarque que le signal d'entrée est appliqué directement sur l'entrée non inverseuse tandis que la rétroaction négative impose une fraction du signal de sortie sur l'entrée non inverseuse.

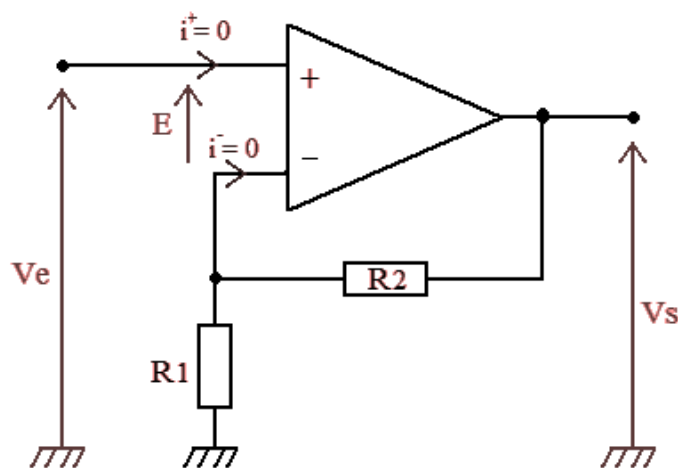


Figure 1.4 : Montage amplificateur non inverseur de tension.

La formule mathématique du signal de sortie V_s est :

$$V_s = V_e * (1 + R_2/R_1) \quad (1.2)$$

Pour ce montage le gain est égal à 11 alors le signal de sortie écale à 11 fois le signal d'entrée comme montré en figure (1.5).

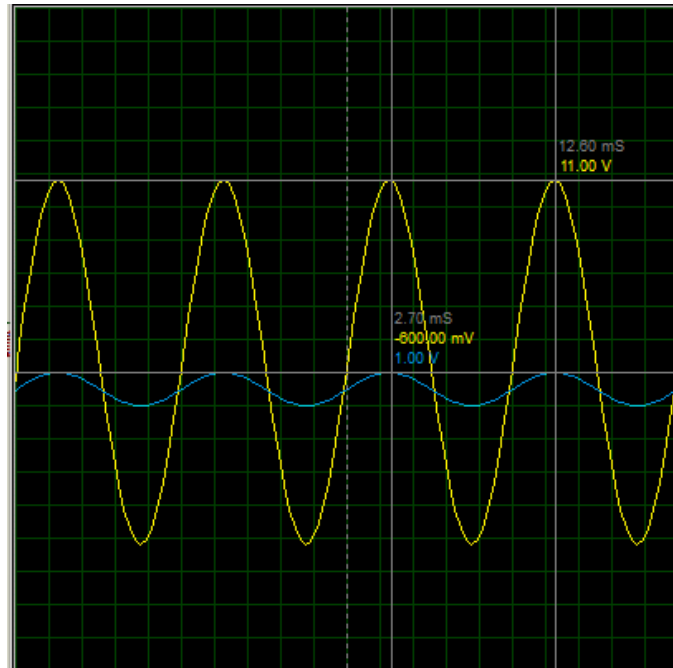


Figure 1.5 : Simulation du montage amplificateur non inverseur de tension.

1.8.3 Le montage amplificateur inverseur de tension

Le but de ce circuit est d'amplifier une tension d'entrée avec un gain A désiré. Ce montage est désigné par inverseur car le signe de la tension de la sortie est opposé au signe de la tension d'entrée. Dans le cas où le signal d'entrée est une sinusoïde, la sortie se trouvera en opposition de phase par rapport à la tension d'entrée [6].

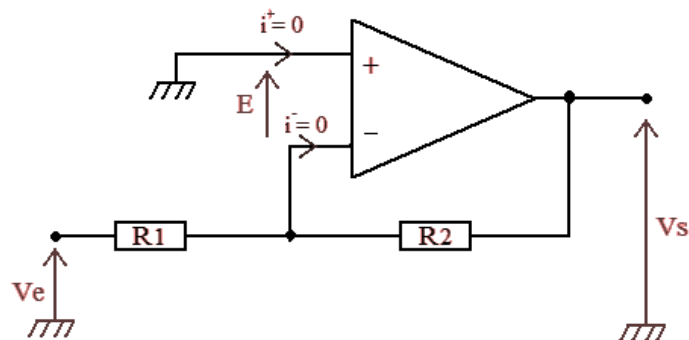


Figure 1.6 : Montage amplificateur inverseur de tension.

Pour la formule mathématique on a :

$$V_s = V_e \cdot (-R_2/R_1) \quad (1.3)$$

Pour ce montage le gain est égal à -10 alors le signal de sortie sera inversé et 10 fois le signal d'entrée comme montré en figure (1.7).

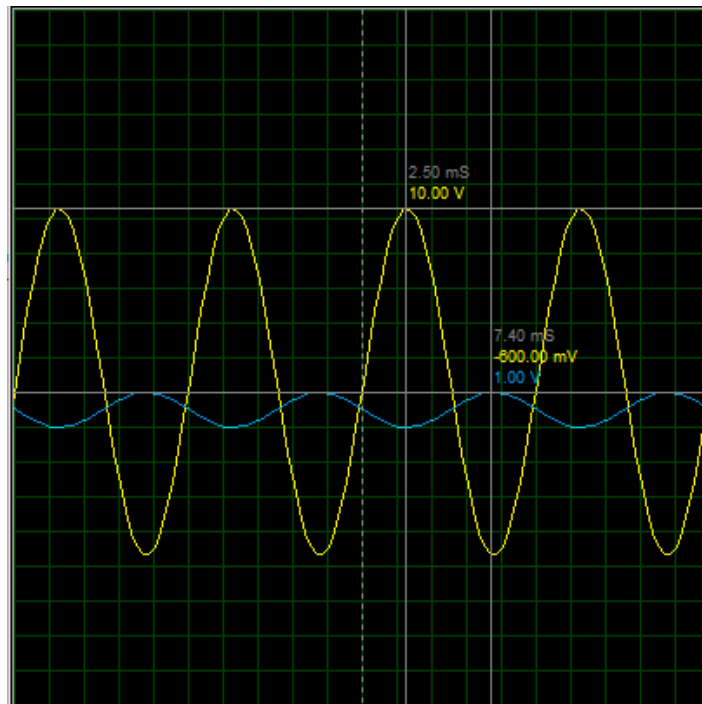


Figure 1.7 : Simulation du montage amplificateur inverseur de tension.

1.8.4 Le montage amplificateur différentiel de tension

Dans ce montage la sortie est proportionnelle à la différence des signaux appliqués aux deux entrées. Il est très important car il permet d'amplifier la différence entre deux signaux.

Le montage ne réalise sa fonction seulement si les résistances indiquées sur le schéma sont respectées. La résistance de chacune des deux entrées est au moins R_1 mais elle n'est pas constante.

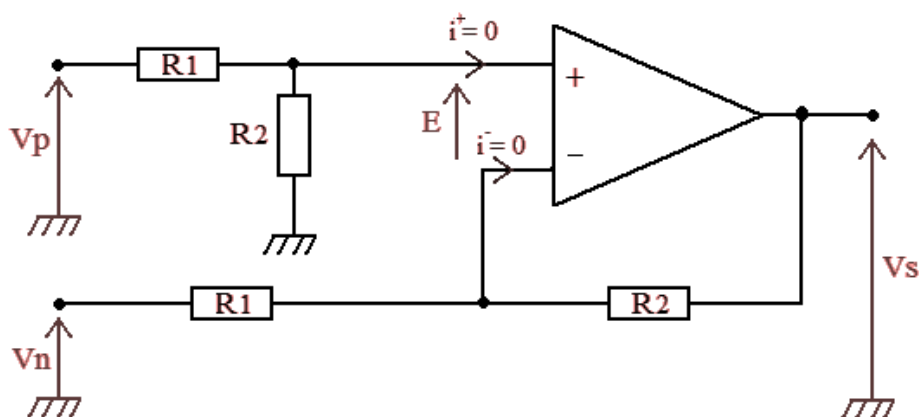


Figure 1.8 : Montage amplificateur différentiel de tension.

La formule mathématique de ce montage est :

$$V_s = (V_p - V_n) * (R_2/R_1) \quad (1.4)$$

Pour le montage amplificateur différentiel de tension on a R_2/R_1 est égal à 10 et $V_n = 1\text{v}$ et $V_p = 2\text{v}$ alors le signal de sortie soit 10 v d'amplitude comme montré en figure (1.9).

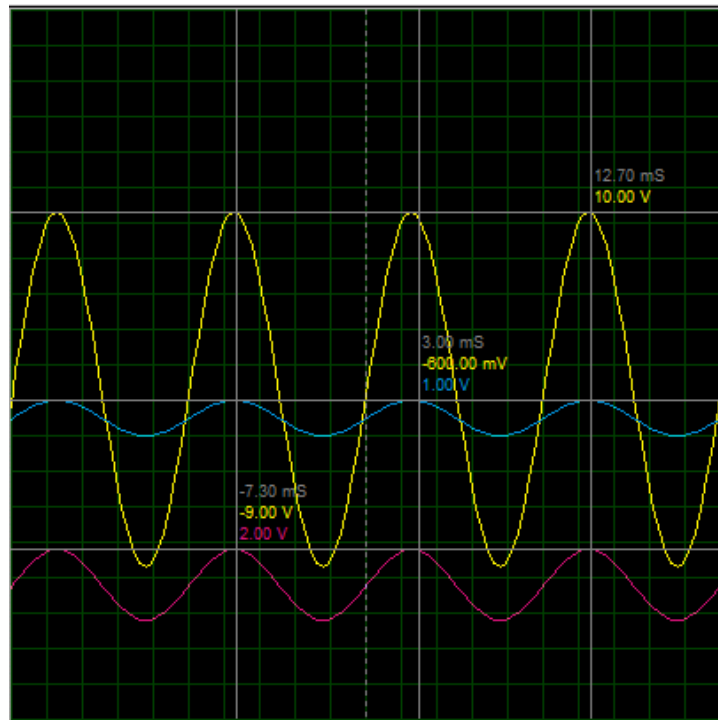


Figure 1.9 : Simulation du montage amplificateur différentiel de tension.

1.8.5 Le montage amplificateur sommateur de tension

Ce montage est une extension de l'amplificateur inverseur. Pour établir la caractéristique de ce montage, on peut soit écrire la loi des nœuds au niveau de l'entrée -, soit utiliser le théorème de superposition en faisant agir chaque signal d'entrée à son tour puis en combinant les résultats.

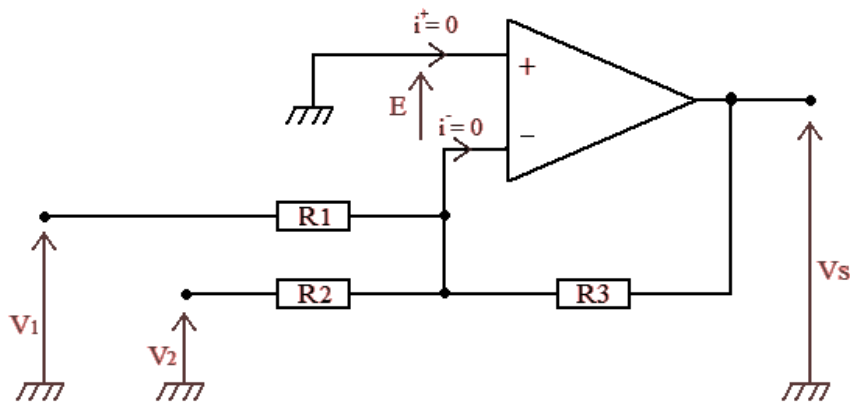


Figure 1.10 : Montage amplificateur sommateur de tension.

La formule mathématique de ce montage est :

$$V_s = V_1 * -(R_3/R_1) - V_2 * (R_3/R_2) \tag{1.5}$$

Pour que $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 11 \text{ k}\Omega$ et $V_1 = 1 \text{ v}$ et $V_2 = 2 \text{ v}$ on aura un signal de sortie de 12 v d'amplitude comme montré en figure (1.11).

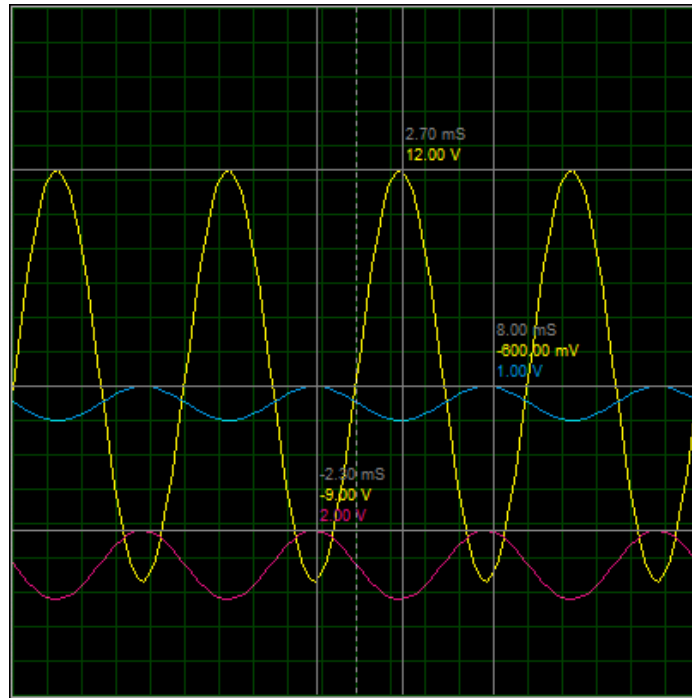


Figure 1.11 : Simulation du montage amplificateur sommateur de tension.

1.8.6 Le montage amplificateur additionneur non inverseur de tension

Le montage porte le nom d'additionneur non-inverseur car il additionne les tensions d'entrées sans les inverser.

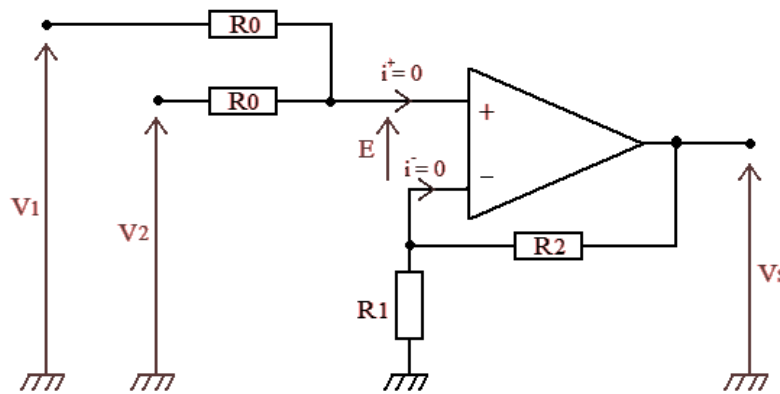


Figure 1.12 : Montage amplificateur additionneur non inverseur de tension.

A partir de ce schéma on peut rajouter autant de tension d'entrées que nécessaire (à condition de rajoutez autant de résistance R_0).

C'est ainsi un montage additionneur non-inverseur extensible à n entrées. La résistance de chaque entrée vaut au moins R_1 . La formule mathématique de ce montage est :

$$V_s = ((R_2 + R_1) / (n * R_1)) * (V_1 + V_2 + \dots + V_n) \tag{1.6}$$

La figure (1.13) montre la simulation du montage amplificateur additionneur non inverseur de tension.

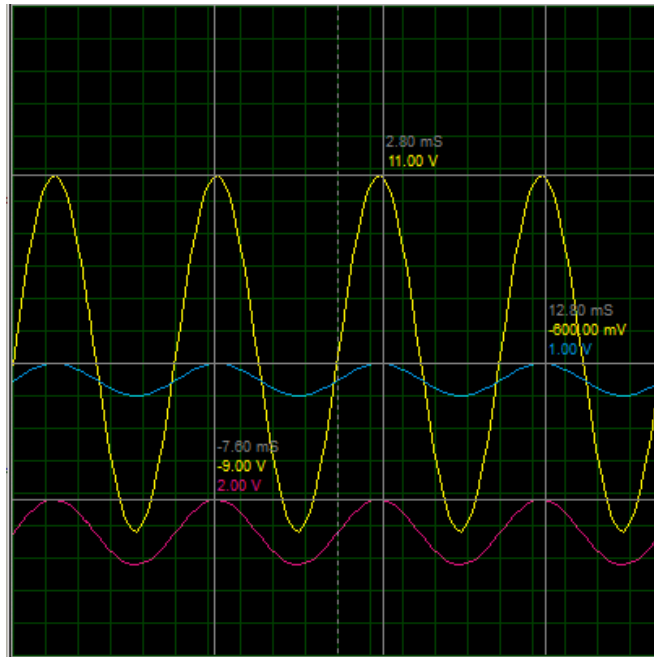


Figure 1.13 : Simulation du montage amplificateur additionneur non inverseur de tension.

1.8.7 Le montage amplificateur intégrateur inverseur de tension

Dans certaines applications en traitement du signal, il peut être nécessaire de trouver l'intégrale d'un signal.

Il est possible d'utiliser un montage intégrateur réalisé à partir d'un simple circuit RC. C'est un bon intégrateur à la condition que la constante de temps du circuit $\theta = RC$ soit très grande devant la période du signal à intégrer, de sorte que le développement de l'exponentielle qui intervient dans l'équation de la charge puisse se simplifier [6].

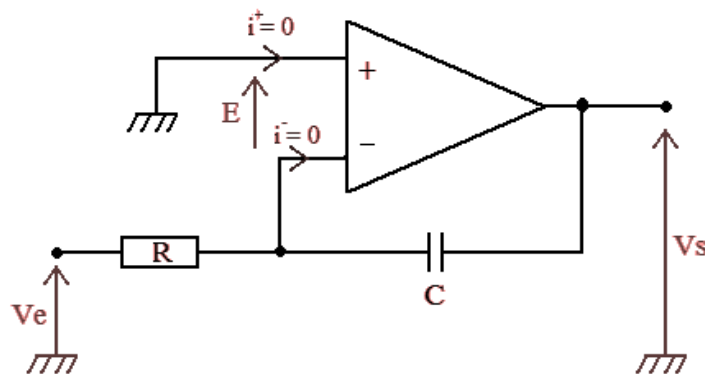


Figure 1.14 : Montage amplificateur intégrateur inverseur de tension.

La formule mathématique de ce montage est :

$$V_s = - 1 / (R * C) \int_0^t V_e(\tau) d\tau + V_s(0) \tag{1.7}$$

La figure (1.15) montre la simulation du montage amplificateur intégrateur de tension.

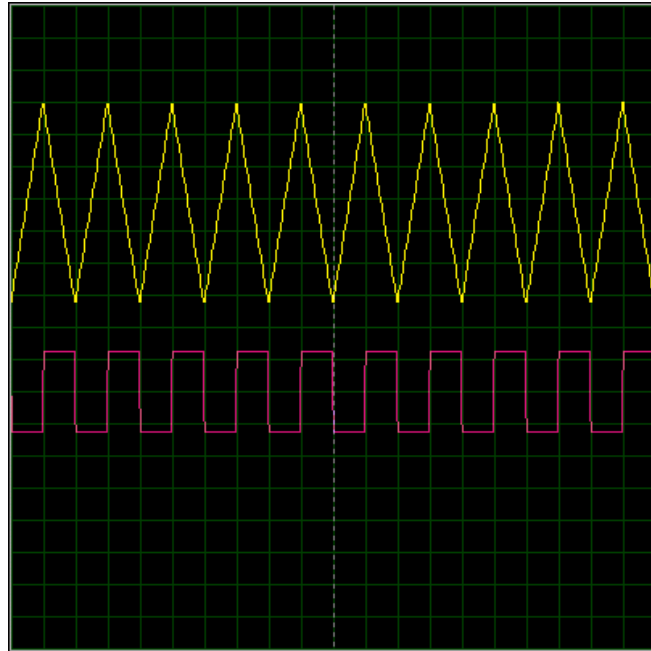


Figure 1.15 : Simulation du montage amplificateur intégrateur de tension.

1.8.8 Le montage amplificateur non linéaire comparateur de tension

En général ce montage possède une sortie à collecteur ouvert, qui lui permet de résoudre le problème d'adaptation au niveau logique située après le montage.

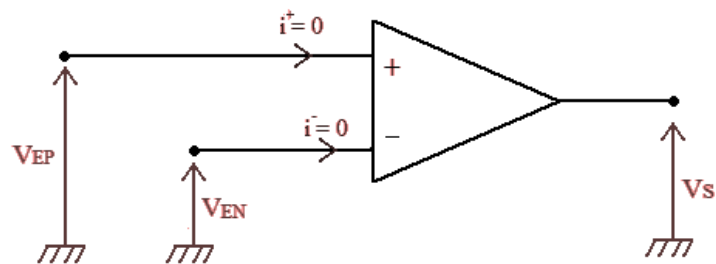


Figure 1.16 : Montage amplificateur non linéaire : Comparateur de tension.

Ce montage compare entre deux tension d'entrée si $V_{EP} = V_+ > V_{EN} = V_-$ alors la sortie V_s sera égal à $+V_{cc}$ et si $V_+ < V_-$ alors la sortie V_s sera égal à $-V_{cc}$ alors la formule mathématique de ce montage est :

$$\begin{aligned} V_s &= +V_{cc} \text{ si } V_+ > V_- \\ V_s &= -V_{cc} \text{ si } V_+ < V_- \end{aligned} \quad (1.8)$$

La figure (1.17) montre la simulation du montage amplificateur comparateur de tension.

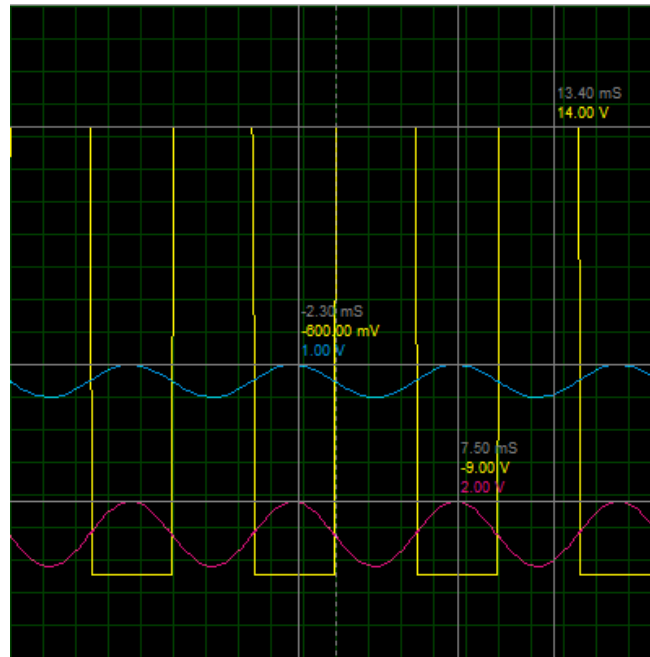


Figure 1.17: Simulation du montage amplificateur non linéaire : Comparateur de tension.

1.8.9 Le montage oscillateur à pont de Wien

L'oscillateur à pont de Wien c'est un montage créé par le physicien allemand Max Wien en 1891. À cette époque, Wien n'avait pas les moyens de réaliser un circuit amplificateur et donc n'a pas pu construire un oscillateur.

Le circuit moderne est dérivé de la thèse de maîtrise de William Hewlett en 1939. Hewlett, avec David Packard, cofonda Hewlett-Packard. Leur premier produit fut le HP 200A, un oscillateur basé sur le pont de Wien. Le 200A est un instrument classique connu pour la faible distorsion du signal de sortie [7]. Il se compose de deux parties :

- Chaîne directe un amplificateur opérationnel avec deux résistances.
- Chaîne de retour est l'association en série d'un groupement RC série et d'un groupement RC parallèle.

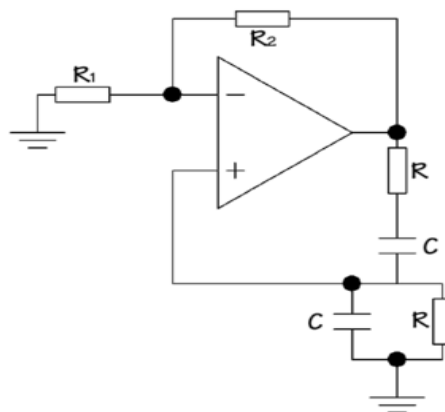


Figure 1.18 : Montage oscillateur à pont de Wien.

La figure (1.19) montre la simulation du montage oscillateur à pont de Wien.

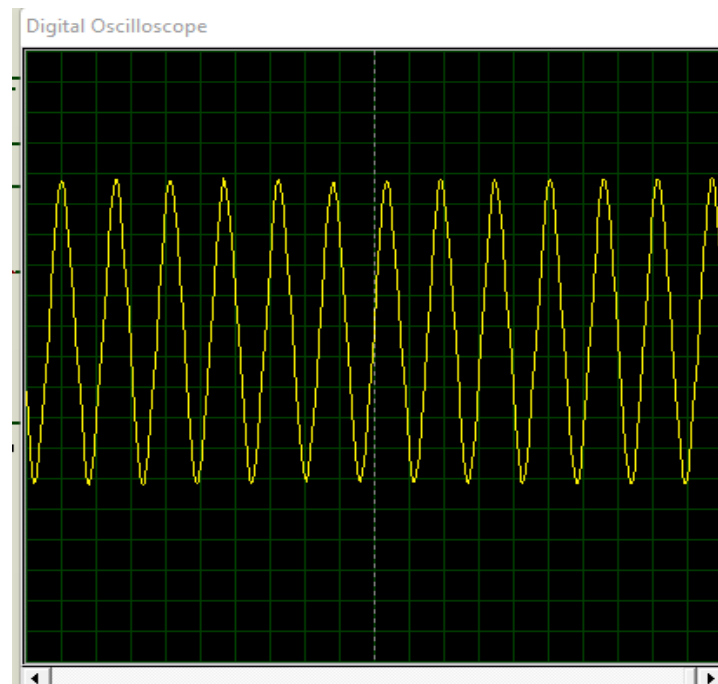


Figure 1.19 : Simulation du montage oscillateur à pont de Wien.

Cet oscillateur est capable de générer une onde sinusoïdale déclenché par un bruit thermique.

1.8.9.1 Fonctionnement et stabilité

Le gain de l'AOP dépend des résistances R_1 et R_2 :

- Si $R_2 < 2 R_1$, l'oscillateur n'oscille pas.
- Si $R_2 > 2 R_1$, l'oscillation démarre bien, l'amplitude croît jusqu'à la valeur limite, déterminée par la tension d'alimentation de l'AOP.

1.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détails toutes les fonctions d'électronique qu'on va implémenter dans notre kit didactique par simulation en établissant les montages correspondants et visualisant les signaux de sortie., ainsi leurs caractéristiques et formules mathématiques.

Aussi nous avons comparé entre la didactique et la pédagogie, nous concluons que la pédagogie et la didactique s'intéressent à la pratique de l'enseignement et de l'apprentissage. Les résultats de leur recherche font des disciplines théorico- pratiques.

A la fin, la didactique et la pédagogie sont complémentaires dans l'étude des séquences d'enseignement et d'apprentissage.

CHAPITRE 2

Éléments du kit didactique

CHAPITRE 2

Éléments du kit didactique

2.1 Introduction

Ce kit est basé sur l'amplificateur opérationnel qui est utilisé pour implémenter différentes fonctions lors des travaux pratiques, telles que le montage suiveur, inverseur, additionneur et oscillateur de pont de Wien. Ces fonctions peuvent être sélectionnées à l'aide d'un mini-clavier qui sera programmé pour chaque fonction. De plus, l'utilisation d'un écran LCD facilite l'interaction avec ce kit. Les connexions avec les composants électroniques sont effectuées via des relais, et la gestion de ces composants est réalisée par un microcontrôleur PIC 16F877A, qui contrôle tous les composants précédents pour offrir un kit didactique fiable et facile à utiliser.

2.2. Introduction au amplificateur opérationnel

2.2.1. Définition

Historiquement, l'appellation "amplificateur opérationnel" désignait un amplificateur différentiel qui, en combinaison avec différentes impédances, permettait de réaliser diverses opérations mathématiques telles que l'addition, la soustraction, l'intégration, etc.

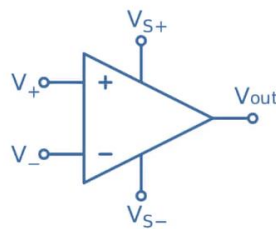


Figure 2.1 : Schéma d'amplificateur opérationnel.

L'intégration des circuits intégrés a permis d'augmenter les performances et de réduire le coût des amplificateurs différentiels, qui sont aujourd'hui communément appelés amplificateurs opérationnels (AOP) [8].

2.2.2 Historique de l'amplificateur opérationnel

On doit le terme d'amplificateur opérationnel (Operational Amplifier en anglais) à John R. Ragazzini en 1947. L'invention originale provient en réalité de l'un de ses étudiants, Loebe Julie.

Les amplificateurs opérationnels ont été initialement développés à l'époque des tubes électroniques et étaient utilisés dans les calculateurs analogiques.

Le premier amplificateur opérationnel disponible en grande série était le K2-W de la société GAP/R, lancé en janvier 1953. Le premier amplificateur opérationnel intégré disponible en grande quantité à la fin des années 1960 fut l'AOP bipolaire Fairchild μ A709, conçu par Bob Widlar en 1965. En 1968, le μ A709 fut remplacé par le μ A741, offrant de meilleures performances tout en étant plus stable et plus simple à mettre en œuvre [9].

2.2.3 AOP LM741

La série LM741 est constituée d'amplificateurs opérationnels à usage général qui offrent des performances améliorées par rapport aux normes de l'industrie, telles que le LM709. Ils sont des remplacements directs pour le 709C, LM201, MC1439 et 748 dans la plupart des applications [10].

Ces amplificateurs offrent de nombreuses fonctionnalités qui les rendent pratiquement insensibles aux réglages : protection contre les surcharges à l'entrée et à la sortie, absence de blocage en cas de dépassement de la plage de mode commun, ainsi qu'une absence d'oscillations.

Le LM741C est identique au LM741 et au LM741A, à l'exception que le LM741C garantit ses performances sur une plage de température allant de 0°C à +70°C, plutôt que de -55°C à +125°C [10]. La figure (2.2) montre le brochage du ML741

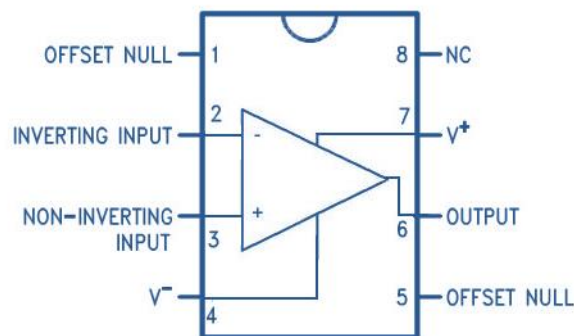


Figure 2.2 : Brochage du LM741.

- Broche 1 : Décalage nul.
- Broche 2 : Entrée inverseur.
- Broche 3 : Entrée non inverseur.
- Broche 4 : Alimentation en tension négative.
- Broche 5 : Décalage nul.
- Broche 6 : Sortie.
- Broche 7: Alimentation en tension positive.
- Broche 8 : Non connecté.

2.3. Le microcontrôleur

2.3.1 Définition

Un microcontrôleur est un circuit intégré compact conçu pour contrôler des fonctions spécifiques au sein d'un système intégré. Il est composé d'un processeur, d'une mémoire et de mécanismes d'entrée/sortie, regroupés sur le même composant matériel ou sur une seule carte. Ces circuits sont largement utilisés dans divers domaines tels que l'automobile, la robotique, les machines industrielles, les dispositifs médicaux, les émetteurs radio mobiles, les distributeurs automatiques et les appareils électroménagers [11].

2.3.2 Microcontrôleurs PIC

Les microcontrôleurs PIC (ou PICmicro selon le fabricant) constituent une famille de microcontrôleurs développés par la société Microchip. Ces microcontrôleurs sont dérivés du PIC1650, qui a été initialement développé par la division microélectronique de General Instrument [12].

Bien que le nom PIC ne soit pas officiellement un acronyme, la traduction en « Peripheral Interface Controller » (« contrôleur d'interface périphérique ») est généralement acceptée. Cependant, lors du développement du PIC1650 par General Instrument, PIC était en effet un acronyme pour « Programmable Intelligent Computer » ou « Programmable Integrated Circuit » [12]. La figure (2.3) montre le schéma d'un microcontrôleur.

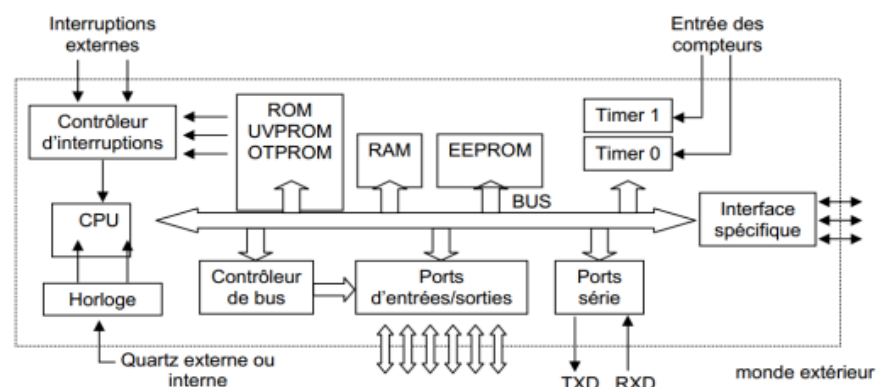


Figure 2.3 : Schéma d'un microcontrôleur.

Le microcontrôleur se compose des éléments suivants :

- Le bus de données (bidirectionnel) : Il permet la circulation des données.
- Le bus d'adresses (unidirectionnel) : Il transporte les adresses des données.
- Le bus de commandes ou de contrôle (bidirectionnel) : Il véhicule les commandes telles que l'horloge, les ordres de lecture, les ordres d'écriture, etc.

En ce qui concerne la mémoire :

- La mémoire programmable (Flash) : Elle contient le programme à exécuter et conserve son contenu même après une mise hors tension (elle est non volatile, de type ROM).
- La mémoire RAM : Utilisée pour stocker les variables du programme (données temporaires). Il convient de noter que la mémoire RAM est volatile, ce qui signifie que les données seront perdues en cas de mise hors tension.

D'autres types de mémoire incluent :

- La mémoire EEPROM : Elle permet de stocker des données utilisées dans le programme, comme des temporisations ou des comptages. Ces données sont conservées même après une coupure de courant, ce qui les rend non volatiles et utiles pour conserver des paramètres semi-permanents.

Les registres spéciaux (SFR) :

- Ils sont utilisés par le microcontrôleur pour contrôler ses opérations internes. Le nombre de SFR peut varier en fonction de la complexité du microcontrôleur. Parmi les SFR les plus importants/utilisés figurent :
 - ✓ Le registre OPTION.
 - ✓ Les registres d'E/S (Input/Output).
 - ✓ Les registres du timer.
 - ✓ Le registre INTCON.
 - ✓ Les registres de conversion analogique/numérique (A/D).

2.3.3 Les familles des microcontrôleurs

Actuellement, les microcontrôleurs de Microchip sont classés en 3 grandes familles, comportant chacune plusieurs références :

- ✓ Base-line : Les instructions sont codées sur 12 bits.
- ✓ Mid-range : Les instructions sont codées sur 14 bits.
- ✓ High-End : Les instructions sont codées sur 16 bits.

Ces familles de microcontrôleurs offrent différentes fonctionnalités et performances, adaptées à différents types d'applications.

2.3.4 Identification des PIC :

Le PIC est identifié par une référence de la forme xx(L)XXyy-zz :

- ✓ xx : Famille du composant, qui peut être actuellement « 12, 14, 16, 17 et 18 ».
- ✓ L : Indique une tolérance plus importante de la plage de tension (optionnel).

- ✓ XX : Type de mémoire de programme, qui peut être C (EPROM ou EEPROM), F (flash), CR (PROM).
- ✓ yy : Identificateur spécifique.
- ✓ zz : Vitesse maximale du quartz de pilotage.

Cette nomenclature permet de spécifier et d'identifier les caractéristiques et les fonctionnalités du microcontrôleur PIC en question.

2.3.5 Le PIC 16F877A

Le PIC 16F877 est un circuit intégré qui est généralement présenté dans un boîtier de type "DIL 40" (Dual In-Line 40). Il possède 40 broches, avec 20 broches de chaque côté du boîtier. Les broches sont effectivement numérotées de 1 à 40 [13].



Figure 2.4 : PIC 16F877A.

Il possède également des instructions puissantes, une mémoire programme de 8K mots, une RAM de 368 octets et 33 lignes d'entrée/sortie réparties sur 5 ports :

- ✓ Port A : 6 bits RA0 a RA5.
- ✓ Port b : 8 bits RB0 a RB7.
- ✓ Port c : 8 bits RC0 a RC7.
- ✓ Port d : 8 bits RD0 a RD7.
- ✓ Port e : 3 bits RE0 a RE2.

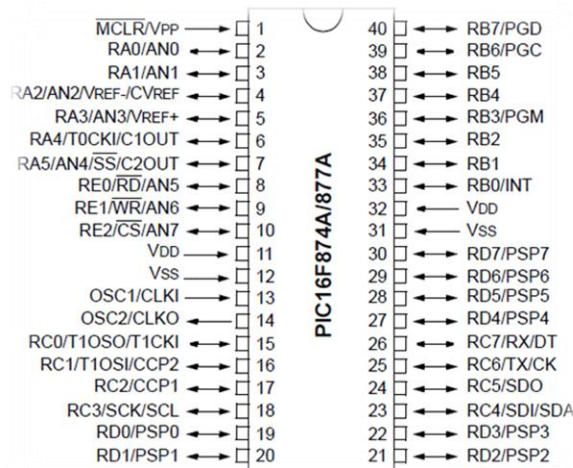


Figure 2.5 : Diagramme pin du pic 16F877A.

Sur le schéma du PIC16F877, on peut remarquer la présence de deux connexions (Vss) à la terre. Ces broches sont effectivement interconnectées. La présence de ces deux broches est due à des raisons de dissipation thermique.

Étant donné le courant transporté par le PIC avec un grand nombre d'entrées/sorties disponibles, il est essentiel de prendre en compte la répartition du courant. C'est pourquoi le fabricant a décidé de placer deux broches d'alimentation Vss, positionnées de chaque côté du PIC et au centre relatif, afin de garantir une distribution adéquate du courant.

2.3.6 Les interruptions du pic 16F877A

Afin de répondre aux événements externes sans nécessiter de tests continus et pour gagner du temps d'exécution, le microcontrôleur dispose d'un mécanisme d'interruption. Cela permet de modifier le déroulement du programme lorsque des événements externes se produisent [14].

Le microcontrôleur PIC16F877A dispose d'une ligne d'interruption qui permet la génération d'une demande d'interruption lorsque cette ligne devient active. Le processeur réagit alors automatiquement en appelant une procédure appelée routine d'interruption, qui se trouve à un emplacement prédéfini.

Le PIC 16F877A dispose de 15 sources d'interruptions différentes. Ces sources peuvent inclure des événements tels que des signaux provenant de périphériques externes, des temporisateurs, des changements d'état sur les broches d'entrée/sortie, etc. Ces interruptions permettent une gestion efficace des événements en permettant au processeur de passer rapidement d'une tâche à une autre en réponse aux événements externes.

1. Débordement du timer 0
2. Débordement du timer 1
3. L'interruption du broche RB0 du port B
4. Changement d'état du port B
5. Port parallèle (lecture/écriture)
6. Convertisseur ADC
7. Transmission sur UART
8. Réception sur UART
9. Synchronisation du port série
10. CCP1 (Capture, Compare, PWM)
11. CCP2 (Capture, Compare, PWM)
12. Débordement du timer 2.
13. Comparateur.

14. Opération d'écriture dans la mémoire EEPROM.
15. Collision de bus.

Toutes ces interruptions peuvent être masquées individuellement, en groupe ou totalement. Le registre INTCON (Interrupt Control) enregistre les demandes d'interruption individuelles dans des indicateurs (bits de drapeaux). Ce registre possède des bits permettant d'activer ou de désactiver individuellement ou globalement les interruptions. D'autres registres tels que PIR1, PIR2 et PIE assurent également la gestion des indicateurs d'interruption.

Chaque source d'interruption est contrôlée par un bit d'activation (ENABLE) qui permet de générer un indicateur (drapeau) correspondant à cette source [14].

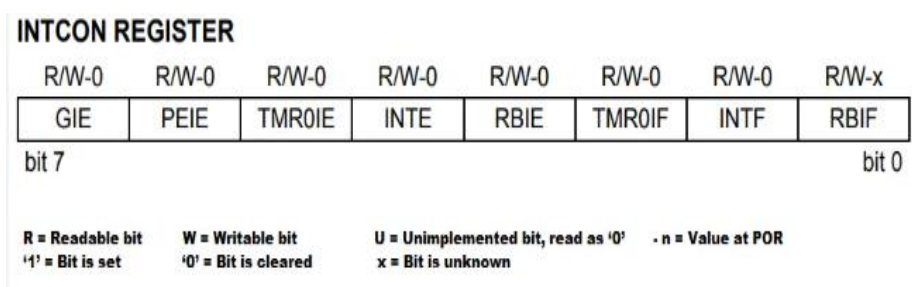


Figure 2.6 : Registre INTCON.

2.3.7 Types mémoires du pic 16f877A

Le pic 16f877A possède trois types de mémoires différents :

- Mémoire RAM.
- Mémoire FLASH.
- Mémoire EEPROM.

2.3.7.1 Mémoire RAM

La mémoire RAM (Random Access Memory) du PIC16F877A est une mémoire d'accès rapide de 368 octets. Elle est volatile, ce qui signifie que les données qu'elle contient seront perdues lorsqu'elle n'est plus sous tension. La mémoire RAM du PIC16F877A comprend tous les registres de configuration du PIC, ainsi que les différents registres de données et les variables utilisées par le programme en cours d'exécution.

La RAM est divisée en 5 parties :

- 80 octets en banque 0, adresses 0x20 à 0x6F.
- 80 octets en banque 1, adresses 0xA0 à 0xEF.
- 96 octets en banque 2, adresses 0x110 à 0x16F.

- 96 octets en banque 3, adresses 0x190 à 0x1EF.
- 16 octets communs aux 4 banques, soit 0x70 à 0x7F = 0xF0 à 0xFF 0x170 à 0x17F = 0x1F0 à 0x1FF [13].

2.3.7.2 Mémoire FLASH

Appelée aussi mémoire de programme, c'est là que le programme est stocké. Après avoir compilé les fichiers sources, le compilateur génère un fichier "hex" qui contient le code machine correspondant au programme. Ce fichier est ensuite transféré dans la mémoire de programme du PIC à l'aide d'un programmeur dédié [15].

La capacité de la mémoire de programme du PIC16F877A est de 8K mots. Chaque mot est composé de 14 bits. Ainsi, la mémoire de programme peut stocker jusqu'à 8 192 mots de 14 bits, ce qui correspond à la capacité totale de stockage du programme [15].

2.3.7.3 Mémoire EEPROM

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) est une mémoire de stockage de données. Sur le PIC16F877A, il y a 256 octets d'EEPROM disponibles. Cette mémoire permet de stocker des données de manière non volatile, ce qui signifie qu'elles sont conservées même en cas de coupure de courant [16].

La mémoire EEPROM du PIC16F877A a une limite de cycles d'effacement/écriture d'environ un million. Cependant, cette limite peut être atteinte plus rapidement si les variables sont modifiées plusieurs milliers de fois par seconde.

Pour gérer l'EEPROM, quatre registres sont utilisés : EEDR, EEDATA, EECON1 et EECON2. Le registre EEADR est utilisé pour les adresses des données à lire ou à écrire, tandis que le registre EEDATA contient les données elles-mêmes. Les registres EECON1 et EECON2 sont utilisés pour définir le mode de fonctionnement de l'EEPROM et effectuer les opérations de lecture, écriture et effacement des données.

Son fonctionnement est assez particulier : En lecture, elle se comporte comme une mémoire à usage général (ou une RAM). En écriture, il faut un certain temps avant que l'opération ne soit réalisée (mise en route du niveau de tension requis pour programmer ou effacer la cellule mémoire), en respectant un protocole imposé.

La figure suivante montre les registres du pic 16f877A.

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ⁽¹⁾ 00h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 80h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 100h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h		
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh		EEDARH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 91h		
T2CON 12h	PR2 92h		
SSPBUF 13h	SSPADD 93h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h		
CCPR1L 15h			
CCPR1H 16h			
CCP1CON 17h			
RCSTA 18h	TXSTA 98h	General Purpose Register 16 Bytes 117h-119h	General Purpose Register 16 Bytes 197h-199h
TXREG 19h	SPBRG 99h		
RCREG 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch	CMCON 9Ch		
CCP2CON 1Dh	CVRCON 9Dh		
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh		
General Purpose Register 96 Bytes 20h-7Fh	General Purpose Register 80 Bytes A0h-EFh	General Purpose Register 80 Bytes 120h-16Fh	General Purpose Register 80 Bytes 1A0h-1EFh
	accesses 70h-7Fh F0h	accesses 70h-7Fh 170h	accesses 70h-7Fh 1F0h
Bank 0	Bank 1	Bank 2	Bank 3

Figure 2.7: Registres du PIC 16f877A.

2.3.8 Horloge

Les microcontrôleurs dépendent de leur source d'horloge. Le processeur, le bus et les périphériques utilisent tous l'horloge afin de synchroniser leurs opérations. L'horloge détermine la vitesse à laquelle le processeur exécute ses instructions. Elle est donc fondamentale en termes de performances.

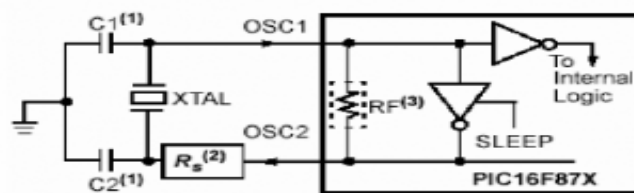


Figure 2.8 : Horloge du PIC 16F877A.

2.4 Pickit 3

Le programmeur/débogueur PICKit 3 est un module simple de Microchip, contrôlé par un PC exécutant le logiciel MPLAB IDE sur une plate-forme Windows. Il fait partie intégrante de la suite d'outils de développement de l'ingénieur. L'utilisation de cet outil peut varier du développement logiciel à l'intégration matérielle [17].

Le débogueur PICKit 3 a été développé pour émuler des processeurs embarqués avec des fonctionnalités de débogage. Ses caractéristiques incluent :

Prise en charge USB pleine vitesse avec les pilotes standard de Windows.

- Fonctionnement en temps réel.
- Les processeurs fonctionnent à leurs vitesses maximales.
- Moniteur intégré pour la détection de surtension/court-circuit.
- Prise en charge des tensions basses jusqu'à 5 V (plage de 1,8 à 5 V).
- LED de diagnostic indiquant l'alimentation, l'activité et l'état.
- Programmation de la lecture/écriture et de la mémoire des données du microcontrôleur.
- Effacement de tous les types de mémoire (EEPROM, ID, configuration et programme) avec vérification.
- Blocage du périphérique au point d'arrêt [17].

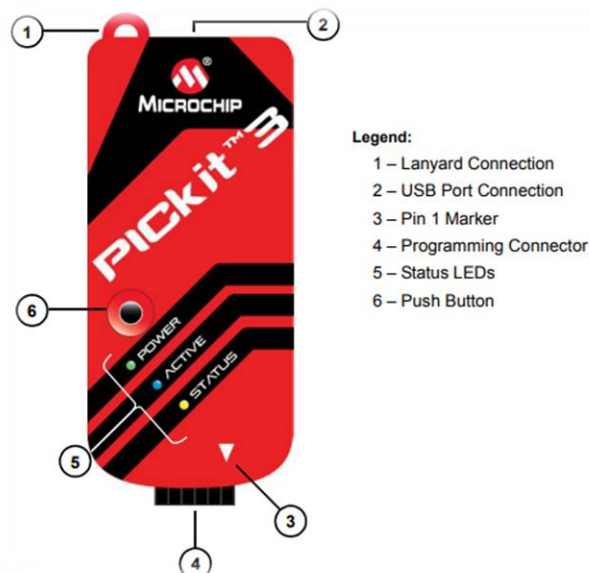


Figure 2.9 : Module Pickit.

- LanyardConnection : Une connexion pratique pour cordon est disponible sur le programmeur.
- Connexion USB Port : La connexion du port USB utilise un connecteur USB mini-B. Connectez le PICKit 3 au PC à l'aide du câble USB fourni.

- Marqueur Pin 1 : Ce marqueur indique l'emplacement de la broche 1 pour un alignement correct du connecteur.
- Connecteur de programmation : Le connecteur de programmation est un connecteur à 6 broches qui se connecte au dispositif cible.
- LED d'état : Les LED d'état indiquent l'état du PICKkit 3.
 1. Alimentation (vert) : L'alimentation est fournie au PICKkit 3 via le port USB.
 2. Actif (bleu) : Le PICKkit 3 est connecté au port USB du PC et la liaison de communication est active.
 3. Statut :
 - ✓ Occupé (jaune) : Le PICKkit 3 est occupé avec une fonction en cours.
 - ✓ Erreur (rouge) : Le PICKkit 3 a rencontré une erreur.
- Bouton-poussoir : Le bouton-poussoir est utilisé pour la fonction Programmer-To-Go.

2.4.1 Connecteur de programmation de Pickit 3

Le pickit 3 à 6 broches est schématisé dans la figure ci-dessous.

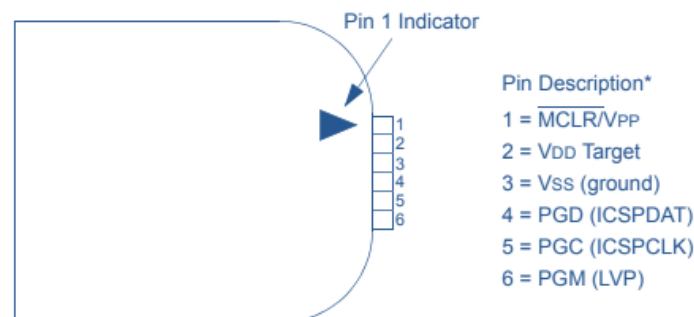


Figure 2.10 : Brochage du Pickit 3.

Utilisez le connecteur en ligne à 6 broches entre le programmeur/débogueur PICKkit 3 et le connecteur de la carte cible. Aussi il faut avoir une résistance de pull up connecté au VPP/MCLR VDD afin que la ligne puisse être stroboscope bas pour réinitialiser l'appareil [17].

2.5 Registre à décalage 74HC595

Le 74HC595 est un dispositif CMOS haute vitesse. Un registre à décalage à huit bits accepte les données de l'entrée série (DS) à chaque transition positive de l'horloge du registre à décalage (SHCP). Lorsqu'elle est affirmée à l'état bas, la fonction de réinitialisation () définit toutes les valeurs du registre à décalage sur zéro aussi est indépendant de toutes les horloges [18].

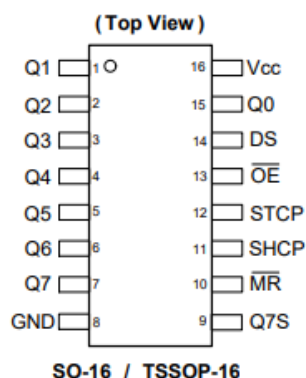


Figure 2.11 : Le dispositif 74HC595.

A chaque impulsion d'horloge (SH_CP), le dispositif charge la valeur de données (DS), qu'elle soit 0 ou 1. Lorsqu'il y a un front montant sur le latch (ST-CP), le dispositif présente cette valeur en sortie de données parallèles. Par exemple, pour obtenir la valeur 10010 en sortie de données parallèles, on commence par charger le DS avec la valeur 0, puis en appuyant sur ST-CP. Ensuite, on charge le DS avec la valeur 0 à nouveau, et en appuyant sur ST-CP deux fois, le DS reçoit la valeur 1. Enfin, en appuyant sur ST-CP une dernière fois, et en appuyant sur SH-CP, on obtient la valeur 10010 en sortie de données parallèles.

A chaque fois que l'on appuie sur SH-CP, les données précédemment stockées se décalent. Comme il s'agit d'un registre de 8 bits, lorsque l'on charge 8 bits en sortie de données parallèles et que l'on répète l'opération, le bit de sortie de données parallèles 7 sera déplacé et remplacé par le bit de sortie de données parallèles 6. Par exemple, si on a la valeur (10001101) en sortie et que l'on appuie sur latch une fois, le résultat sera (01000110).

Tableau 2.1 : Diagramme de broche pour HC595.

Numéro de broche	Le nom de broche	Fonction
1	Q1	sortie de données parallèle 1
2	Q2	sortie de données parallèle 2
3	Q3	sortie de données parallèle 3
4	Q4	sortie de données parallèle 4
5	Q5	sortie de données parallèle 5
6	Q6	sortie de données parallèle 6
7	Q7	sortie de données parallèle 7
8	GND	La masse
9	Q7S	Sortie de données série
10		Master Reset Input
11	SHCP	horloge
12	STCP	Latch
13	E	Output Enable Input

14	DS	Entrée de données série
15	Q0	sortie de données parallèle
16	VCC	Tension d'alimentation

2.5.1 Applications du registre à décalage

Le registre à décalage est un composant essentiel dans le domaine de l'électronique numérique, car il permet d'obtenir plusieurs sorties à partir de seulement trois entrées, ce qui réduit le nombre de broches nécessaires et offre la possibilité d'accéder à d'autres fonctionnalités du microcontrôleur. Les applications courantes de ce registre incluent :

- Utilisation en logique générale.
- Conversion de données série en données parallèles.
- Capture et conservation de données sur de longues périodes.
- Permettre aux flux de bits série simples d'un microcontrôleur de contrôler un grand nombre de lignes périphériques.
- Utilisation dans divers produits tels que les périphériques informatiques, les appareils électroménagers et le contrôle industriel.

Le registre à décalage offre une flexibilité et une polyvalence, ce qui le rend largement utilisé dans de nombreux domaines de l'électronique pour des tâches de manipulation et de gestion de données [18].

2.6 Relais

Un relais électromécanique est un dispositif électrique permettant de contrôler la distribution de puissance en fonction d'un signal provenant de la partie commande. Il permet d'ouvrir et de fermer un circuit électrique de puissance en réponse à une commande logique. Les deux circuits, celui de puissance et celui de commande, sont complètement isolés (isolation galvanique) et peuvent avoir des caractéristiques d'alimentation électrique différentes [19].



Figure 2.12 : Relais 5v à 8 broches.

2.6.1 Utilisation d'un relais

La fonction principale des relais est généralement de séparer les circuits de commande des circuits de puissance dans le but d'assurer l'isolement. Cela permet de contrôler une tension ou un courant élevé à partir d'une commande de plus faible intensité, garantissant ainsi la sécurité de l'utilisateur. Les relais peuvent également être utilisés pour créer des fonctions logiques adaptées, comme cela était le cas dans les premiers ordinateurs. Ils étaient utilisés en grande quantité dans les anciens systèmes de commutation téléphonique électromécanique RTC, mais leur utilisation a diminué avec l'avènement de l'électronique et de l'informatique, qui les ont largement remplacés dans les commutateurs modernes [20].

2.7 Mini clavier 4*4

Un clavier matriciel 4x4 est un dispositif simple qui permet la saisie de chiffres et de caractères spéciaux, similaire à un clavier d'ordinateur. Il est composé de 16 touches disposées dans une matrice de 4 lignes et 4 colonnes. En plus des chiffres de 0 à 9 et des touches "*" et "#", il comprend également 4 autres boutons supplémentaires qui peuvent être utilisés pour différentes fonctions du clavier. Les claviers matriciels sont généralement fabriqués à partir de matériaux plastiques et offrent un coût relativement faible par rapport aux écrans tactiles [21].

Un clavier matriciel 4x4 peut être implémenté séparément ou dans le produit physique lui-même, comme un contrôleur d'accès sécurisé pour l'identification PIN. Quoiqu'il en soit, le mécanisme mécanique du clavier reste le même du côté des concepteurs de matériel et de micro logiciel [21].



*Figure 2.13 : Mini clavier 4*4.*

Ce clavier à 16 boutons fournit un composant d'interface humaine utile pour les projets de microcontrôleur, aussi le support adhésif pratique offre un moyen simple de monter le clavier dans une variété d'applications.

2.7.1 Mode d'emploi

Les claviers matriciels utilisent une combinaison de quatre lignes et quatre colonnes pour fournir des informations sur l'état des boutons au dispositif hôte, généralement un microcontrôleur. Chaque touche du clavier est associée à un bouton-poussoir, dont une extrémité est connectée à une ligne et l'autre extrémité à une colonne [21].

Pour que le microcontrôleur puisse déterminer quelle touche est pressée, il doit d'abord activer séquentiellement chaque colonne (broches 1 à 4), en la tirant vers le bas ou vers le haut, puis lire l'état des quatre lignes (broches 5 à 8). En fonction des combinaisons d'états des colonnes et des lignes, le microcontrôleur peut déterminer quelle touche est enfoncée.

Par exemple, supposons que le programme active les quatre colonnes en les tirant vers le bas, puis active la première ligne en la tirant vers le haut. En lisant ensuite les états d'entrée de chaque colonne, il constate que la broche 1 est à un niveau haut.

Cela indique qu'un contact a été établi entre la colonne 4 et la ligne 1, ce qui signifie que le bouton "A" a été enfoncé.

2.7.2 Caractéristiques

Le mini clavier généralement à plusieurs caractéristiques mais généralement il est caractérisé par :

- Conception ultra-mince.
- Support adhésif.
- Excellent rapport prix/performance.
- Interface facile avec n'importe quel microcontrôleur.
- Exemples de programmes fournis pour les microcontrôleurs BASIC [21].

2.7.3 Spécifications clés

Comme chaque composant a des spécifications le mini clavier possède aussi des normes laquelle :

- Valeur nominale maximale : 24 VCC, 30 mA.
- Interface : accès 8 broches à la matrice 4x4.
- Température de fonctionnement : 32 à 122 °F (0 à 50 °C).
- Dimension :
 - ✓ Clavier, 2,7 x 3,0 pouces (6,9 x 7,6 cm).
 - ✓ Câble : 0,78 x 3,5 pouces (2,0 x 8,8 cm).

2.7.4 Idées d'applications

Le mini clavier est un dispositif très utile on peut le trouver dans plusieurs domaines car il est simple à utiliser parmi les applications qu'on peut le trouver :

- Systèmes de sécurité.
- Sélection de menus.
- Saisie de données pour les systèmes embarqués [21].

2.8 Ecran LCD

Un écran à cristaux liquides (LCD) est un type de technologie d'affichage qui utilise des cristaux liquides qui se modifient en fonction de l'application d'un courant électrique. Les cristaux liquides constituent l'élément fondamental de la technologie LCD. Les écrans LCD sont considérés comme une innovation majeure dans le domaine de l'affichage et sont largement utilisés dans les appareils électroniques tels que les fours à micro-ondes, les ordinateurs portables, les smartphones et les téléviseurs. La technologie LCD est préférée par rapport à d'autres technologies d'affichage en raison de son faible poids, de sa finesse et de sa faible consommation d'énergie [22].

La technologie des cristaux liquides a été découverte en 1888 par Friedrich Reinitzer, qui a observé la nature cristalline du cholestérol extrait des carottes. En 1972, le premier panneau d'affichage à cristaux liquides à matrice active a été produit par Westinghouse à Pittsburgh. Depuis lors, les téléviseurs LCD ont été largement distribués à l'échelle mondiale à partir de 2008, remplaçant activement les modèles de téléviseurs à tubes cathodiques [22].

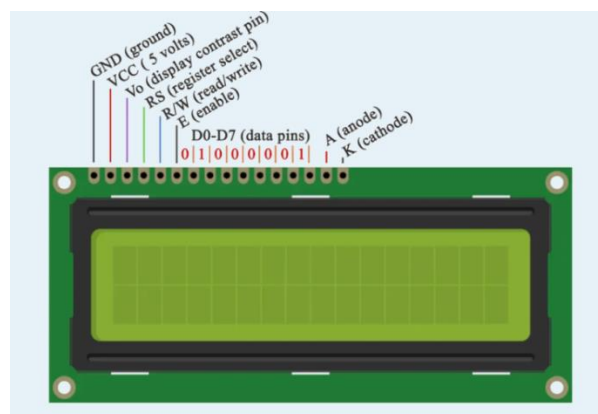


Figure 2.14 : Ecran LCD.

L'afficheur LCD est une interface visuelle essentielle entre un système (projet) et l'utilisateur. Son objectif principal est de transmettre des informations pertinentes du système à l'utilisateur. Il permet d'afficher des données qui peuvent être exploitées et comprises par l'utilisateur. Grâce à sa capacité à présenter des informations de manière claire et lisible, l'afficheur

LCD facilite l'interaction et la communication entre l'utilisateur et le système. Que ce soit des valeurs numériques, des messages textuels ou des icônes, l'afficheur LCD joue un rôle crucial dans la visualisation des données importantes et dans l'expérience utilisateur globale.

Tableau 2.2 : Liste des broches du LCD et leur rôle.

N°	Nom	Rôle
1	VSS	Masse
2	Vdd	+5V
3	V0	Réglage du contraste
4	RS	Sélection du registre (commande ou donnée)
5	R/W	Lecture ou écriture
6	E	Entrée de validation
7 à 14	D0 à D7	Bits de données
15	A	Anode du rétroéclairage (+5V)
16	K	Cathode du rétroéclairage (masse)

2.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail les différents dispositifs que nous avons utilisés pour construire notre kit didactique, en mettant l'accent sur leurs fonctionnalités et leur mode d'emploi. Nous avons commencé par l'amplificateur opérationnelle LM741 qui est la base de ce projet, puis le microcontrôleur PIC 16F877A et leur programmeur Pickit 3, ensuite nous avons étudié le registre à décalage 74HC595. Ainsi que les relais qui permet de faire les liaisons entre les composants électroniques. Nous avons également exploré les claviers matriciels 4x4, qui utilisent une combinaison de lignes et de colonnes pour détecter les états des boutons. Enfin, nous avons abordé les écrans à cristaux liquides (LCD), une innovation majeure dans les dispositifs d'affichage, offrant une technologie légère, fine et économe en énergie.

CHAPITRE 3

Simulation et réalisation du kit didactique

CHAPITRE 3

Simulation et réalisation du kit didactique

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous décrirons en détail le principe de fonctionnement du kit didactique et le contenu de base et avoir un schéma complet et clair tout en abordant la simulation détaillée de chaque partie du système en utilisant le logiciel Proteus pour la simulation et le CCS compiler pour le code source.

3.2 Description du logiciel de simulation Proteus

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: ISIS, ARES, PROSPICE et VSM [23].

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages :

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et à utiliser.
- Le support technique est performant.
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet.

Proteus se compose de différents packages, ce sont :

- Proteus PCB pour les circuits imprimés.
- Proteus VSM pour la simulation.
- Proteus Visual Designer/IoT Builder pour Arduino/Raspberry, pour développer et utiliser Scratch, etc. Le projet de conception de l'outil équivaut au projet et à l'inventeur de l'application [23].

3.2.1 Logiciel ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de détecter

certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits [23]. L'interface ISIS est donnée par la figure 3.1.

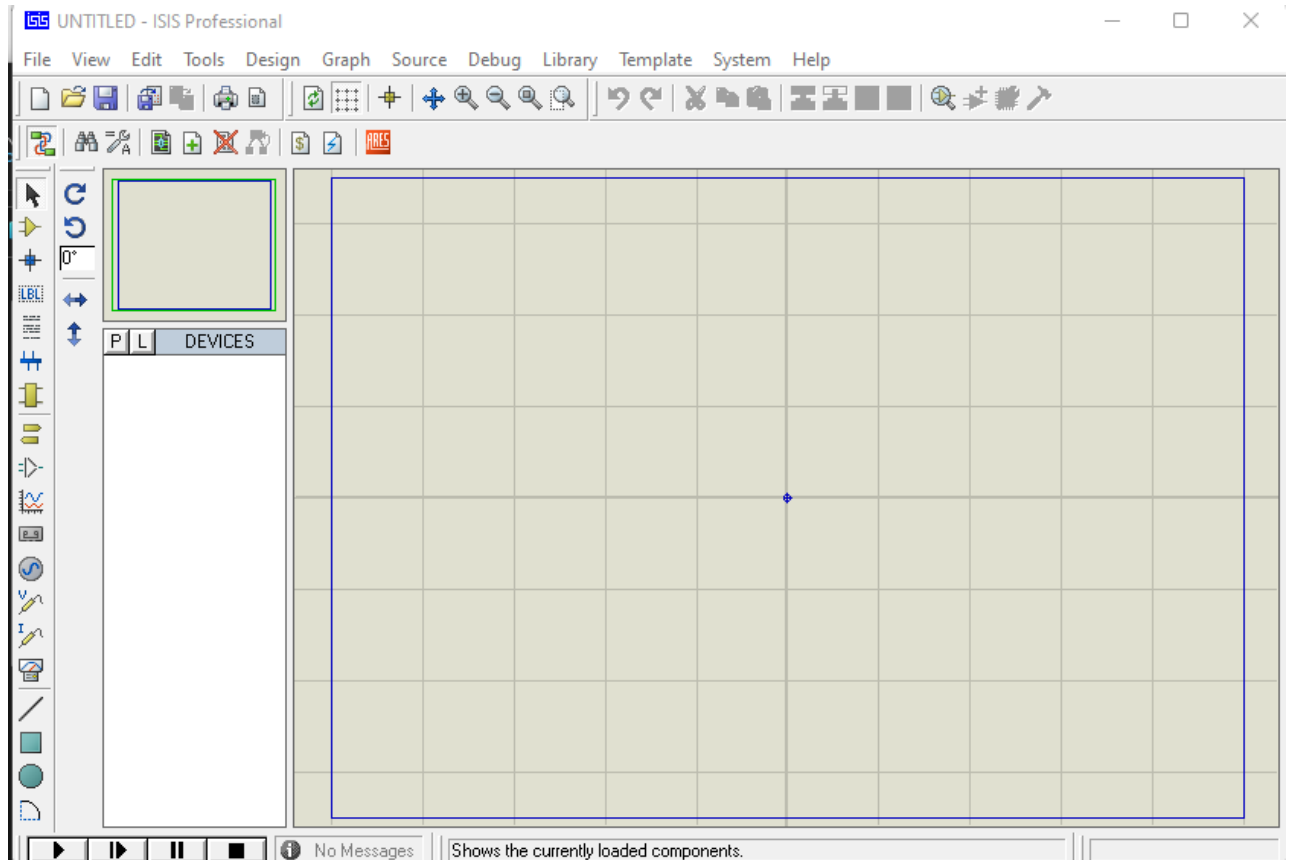


Figure 3.1 : Interface du logiciel ISIS.

Pour choisir un composant, il faut taper sur la touche p du clavier ou cliquer sur 'p' qui se trouve dans l'interface de ISIS après vous sélectionnez les composants nécessaires pour faire la simulation, aussi si vous avez besoin d'autres utiles (l'alimentation, la masse, générateur de tension etc.) juste à gauche sélectionnez ce que vous voulez et enregistrez votre travail afin de faire la simulation [23].

Afin de faire le schéma PCB de votre projet juste un clic sur l'icône rouge qui se trouve au-dessus de l'interface ISIS et automatiquement vous serez dans la deuxième interface de Proteus qui s'appelle ARES [23].

3.2.2 Logiciel ARES

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce

logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement [23].

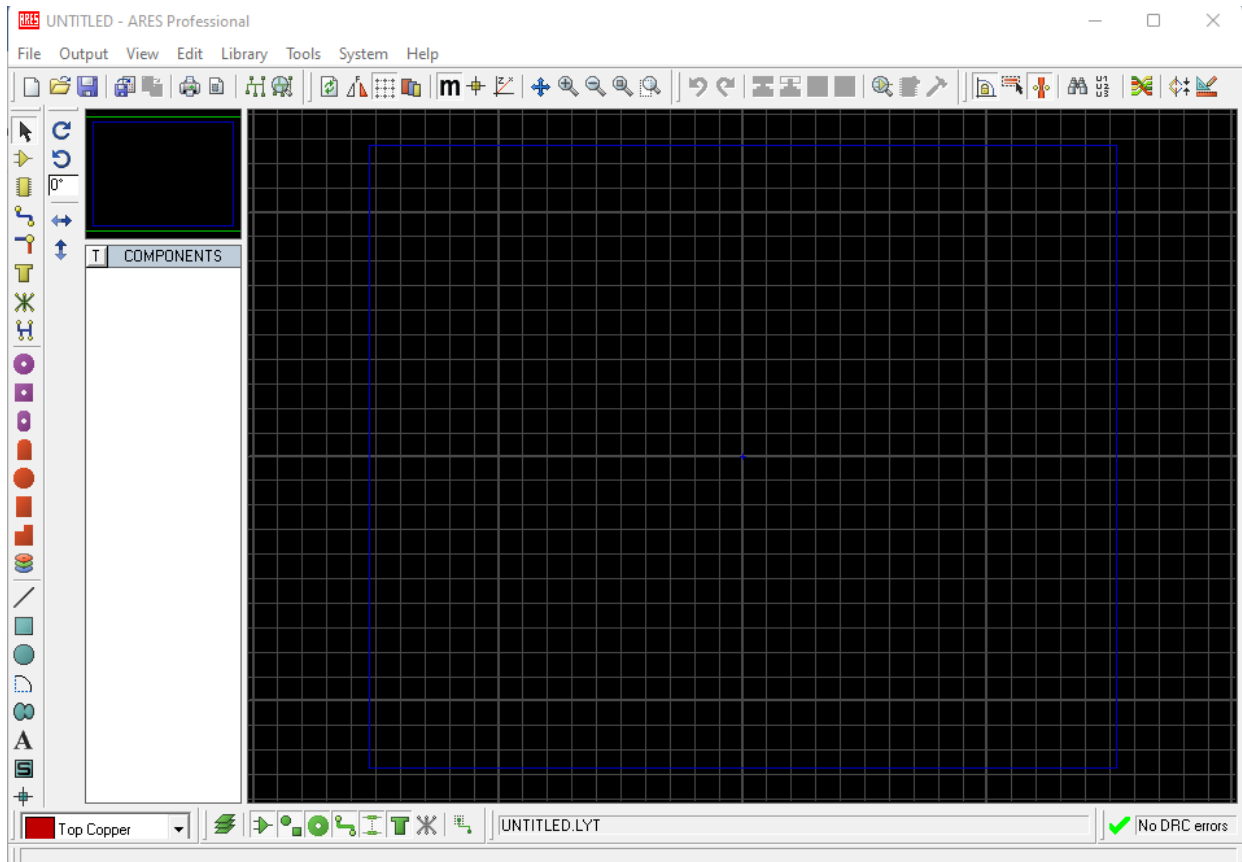


Figure 3.2 : Interface de logiciel ARES.

Après avoir créé la zone de travail, deux possibilités pour faire le schéma PCB sont offertes :

- Placement auto en cliquant sur auto placer qui se trouvent dans tools.
- Placement des composants en le faisant coulisser.

Puis il reste le routage pour avoir le schéma PCB aussi en peut le faire automatiquement ou manuellement. Pour faire automatiquement juste un clic sur auto router qui se trouvent dans tools et on aura le schéma PCB du projet concerné.

A la fin, il faut l'imprimer pour réaliser le circuit imprimé pour cela il faut cocher la case bottom copper.

3.3 Compilateur CCS

Le CCS C Windows IDE est un progiciel qui comprend un éditeur de code source, un compilateur C et une interface avec un périphérique de programmation (tel que l'ICD-U40). Ensemble, ces trois composants constituent un environnement de développement intégré, ou IDE.

L'objectif général de l'IDE est de permettre à l'utilisateur de créer et de modifier un code source en C, puis de compiler et de programmer ce code dans un microcontrôleur PIC [24].

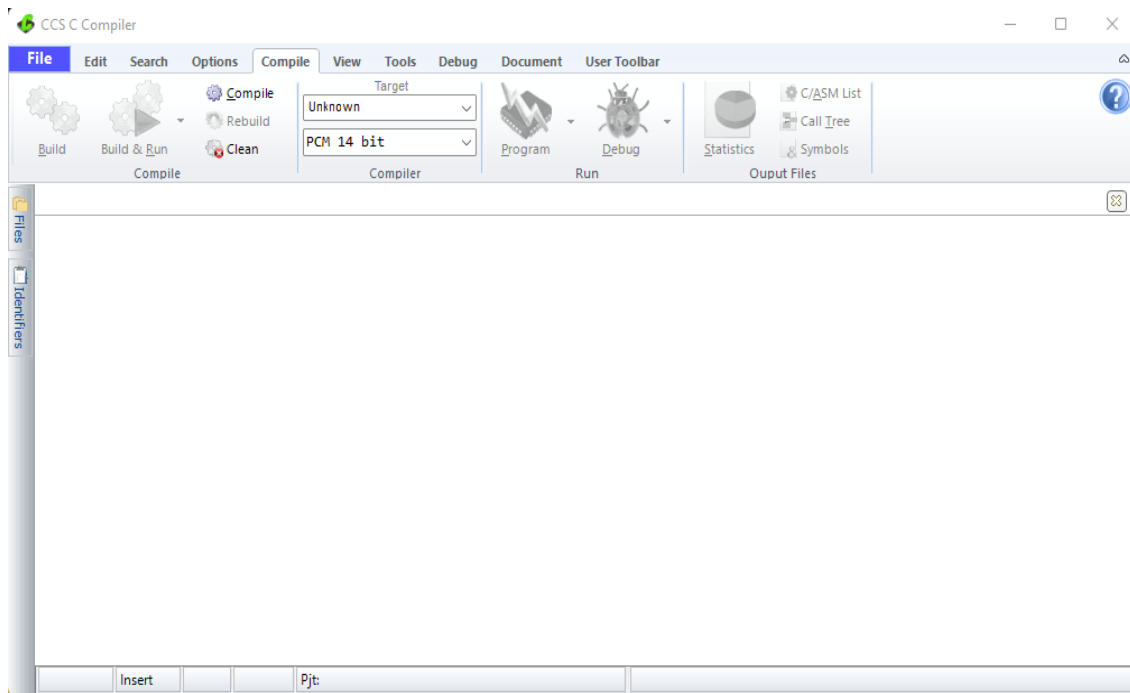


Figure 3.3 : Interface de logiciel PIC C COMPILER.

CCS a développé le premier compilateur C pour microcontrôleurs Microchip il y a plus de 25 ans et continue de fournir des solutions logicielles aux développeurs d'applications embarquées à l'aide de PIC[®] MCU et PIC24 / dsPIC[®] Dispositifs DSC [25].

Les compilateurs CCS sont faciles à utiliser et rapides à apprendre. Pour le programmeur le moins expérimenté, un manuel détaillé expliquant le langage C et comment il peut être appliqué au PIC[®] microcontrôleurs [25].

Tous les compilateurs CCS ont optimisation au niveau professionnel et sont disponibles dans des configurations logicielles flexibles qui correspondent aux exigences de votre projet [25].

3.4 Simulation du kit didactique

3.4.1 Exécution du code de l'afficheur LCD

Dans cette partie est illustré un exemple d'affichage sur un afficheur LCD du menu interactif permettant l'exploitation du kit à base du PIC 16f877A selon l'organigramme de la figure ci-dessous.

Pour la simulation, nous avons utilisé une afficheur LCD de 20*4, avec utilisation des broches de poids forts d4, d5, d6, d7 reliées dans les broches rd4, rd5, rd6, rd7 du pic 16f877a et RS branchée à la broche rd1 et enable (E) à la broche rd0.

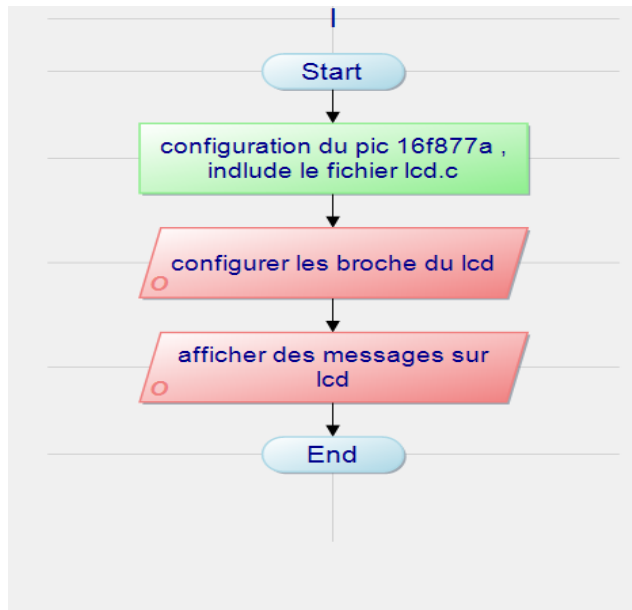


Figure 3.4 : Organigramme de programmation du LCD.

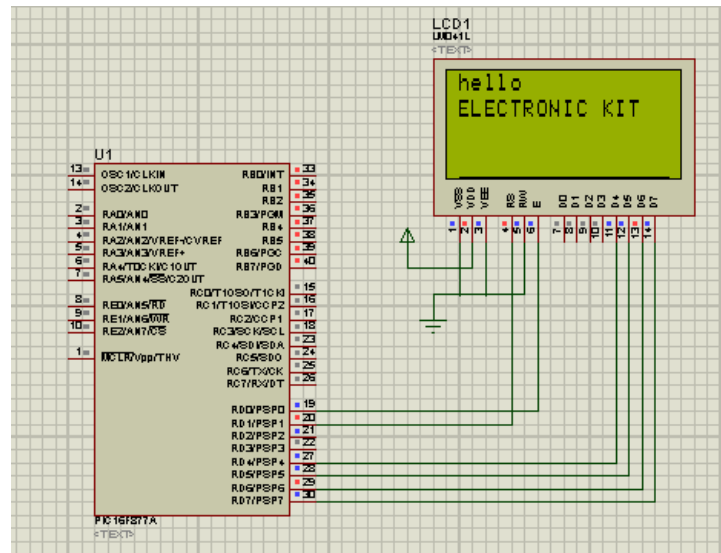


Figure 3.5 : Simulation de la carte LCD.

3.4.2 Exécution du code de mini clavier avec LCD

Dans la partie du mini clavier, nous avons configuré chaque touche à une fonction comme montré dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.1 : Configuration des fonctions à exécuter.

Numéro de mini clavier	Fonction à exécuter
0	Remise à zéro
1	Le montage non inverseur
2	le montage inverseur
3	le montage suiveur

4	le montage Sommateur
5	le montage différentiel
6	le montage Intégrateur inverseur
7	le montage Additionneur non inverseur
8	le montage Comparateur de tension
9	Le montage oscillateur à pont de Wien

Le déroulement de ce programme se fait comme illustré par l'organigramme suivant :

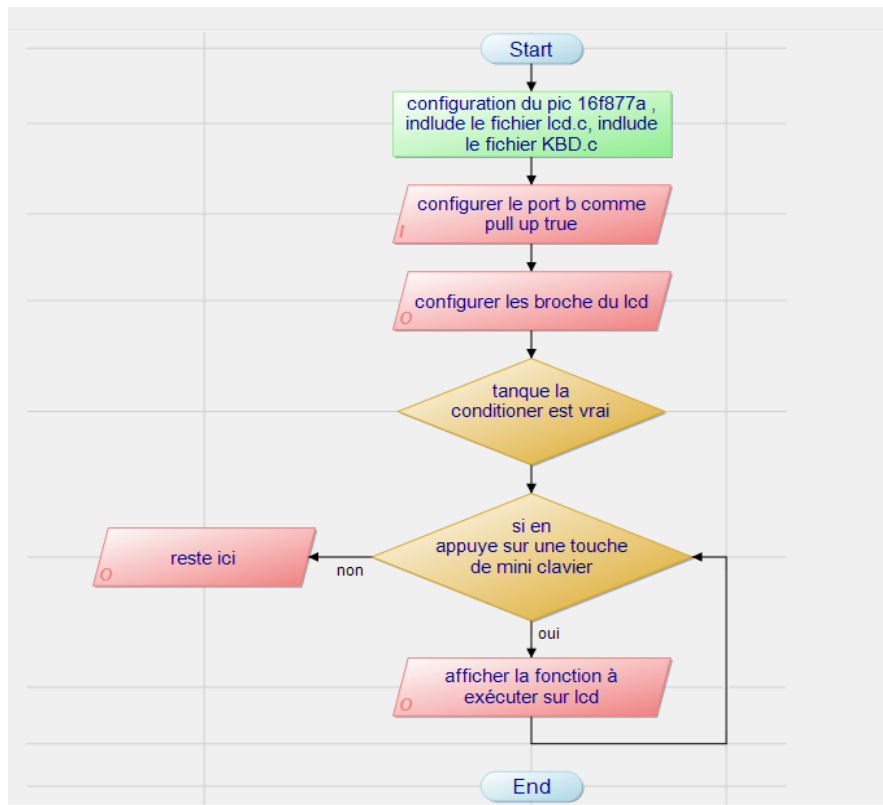


Figure 3.6 : Organigramme de mini clavier avec LCD.

Le schéma utilisé est donné par la figure (3.7).

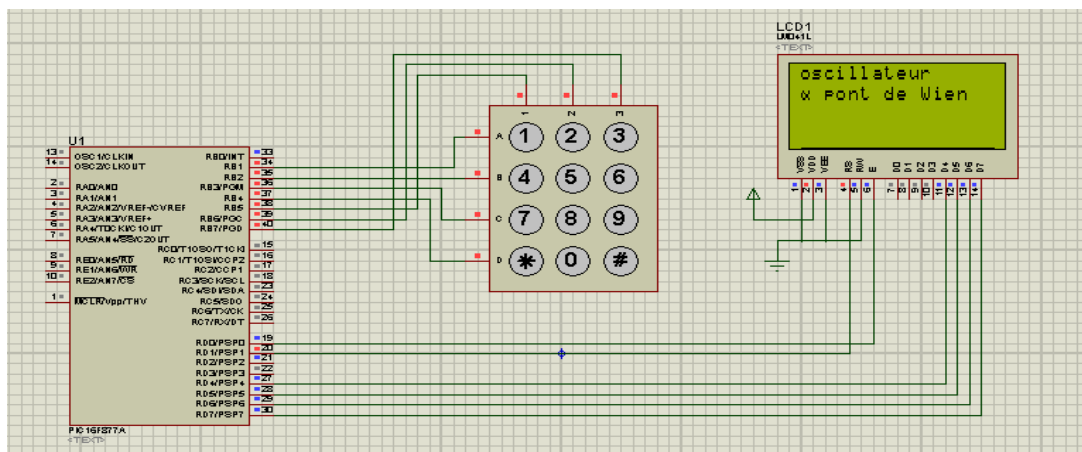


Figure 3.7 : Résultat de la simulation de mini clavier avec LCD.

3.4.3 Exécution du code de registre à décalage 74HC595

Dans cette partie, on a utilisé un registre à décalage 74HC595 avec des LED pour le faire fonctionner puis on le mettre dans le schéma final. Le but d'utiliser un registre de décalage est d'avoir des broches à l'extérieur du PIC car on a utilisé beaucoup de relais. La simulation se fait comme montre l'organigramme ainsi que son schéma ci-dessous.

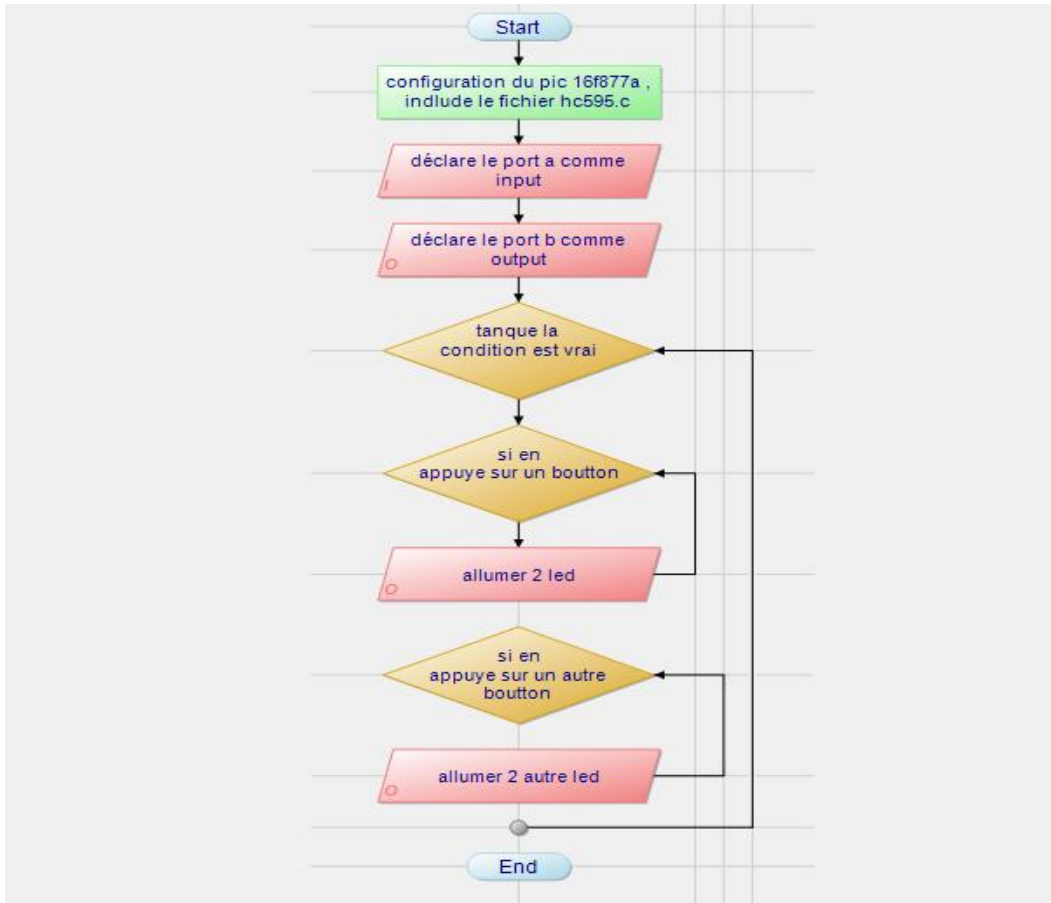


Figure 3.8 : Organigramme illustrant l'extension des broches du PIC utilisant le 74HC595.

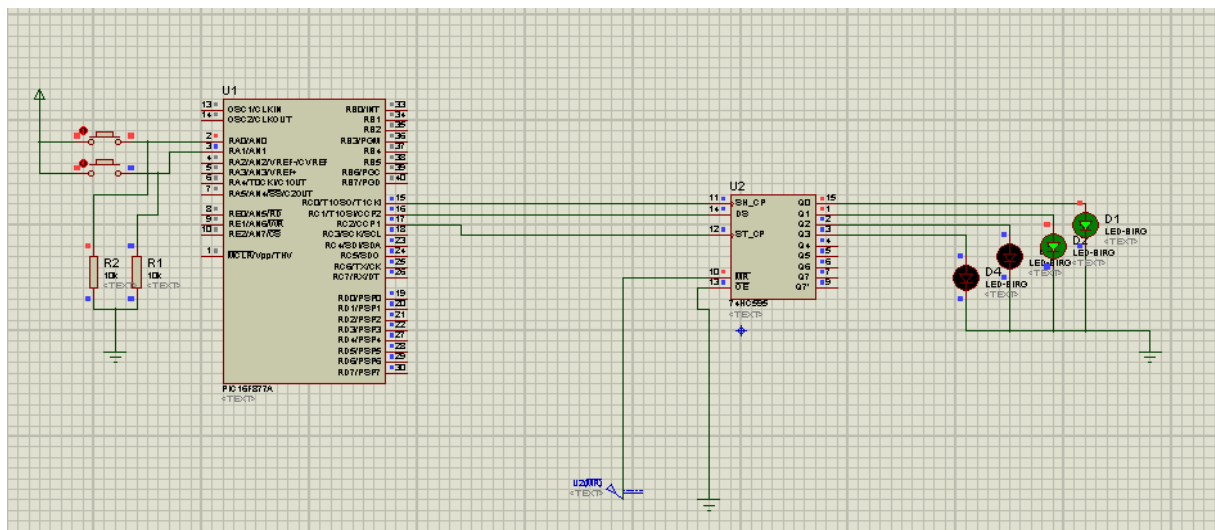


Figure 3.9 : Simulation du registre à décalage.

3.4.4 Simulation de quelques fonctions d'électronique

Dans cette partie, nous avons simulé quelque fonction avec utilisation des relais pour faire les connexions entre les composants comme il est montré dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 : Connexions pour mettre une fonction en marche.

Connexion / Fonctions	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Le montage non inverseur	1	1	1	1	0	0	0	0
Le montage inverseur	0	1	1	0	1	1	0	0
Le montage suiveur	0	0	0	1	0	0	1	0
Le montage Sommateur	0	0	1	0	1	1	0	1
Le montage différentiel	0	1	1	0	0	1	0	0

La fonction sera exécutée si en appuyant sur une touche de mini clavier et le graph sera afficher dans l'oscilloscope aussi les signaux d'entrée et l'afficheur LCD montre quelle fonction est en cours.

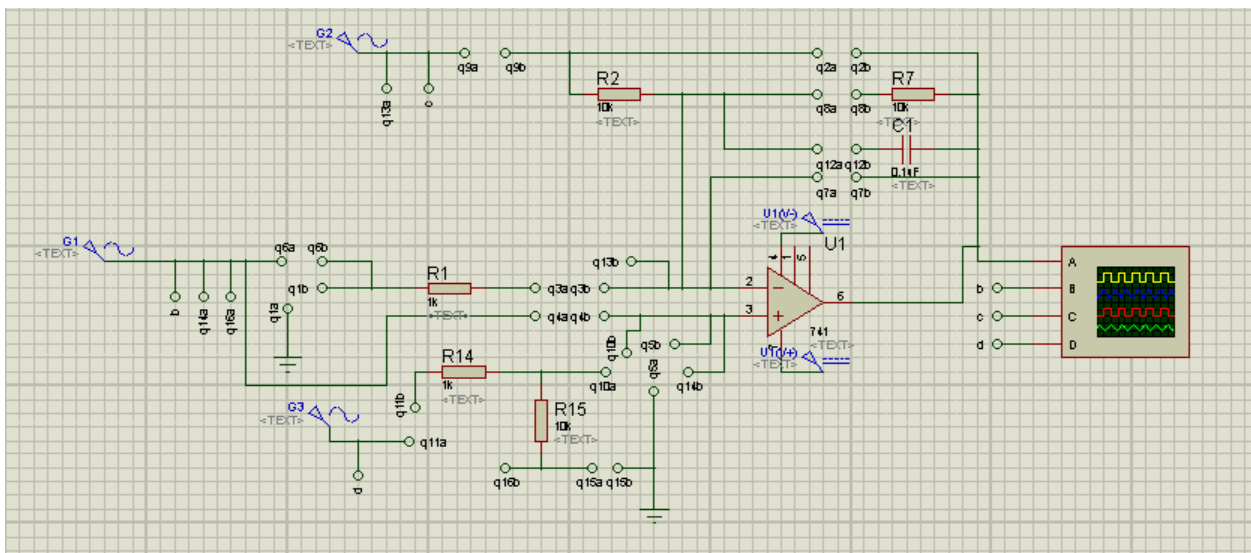


Figure 3.10 : Schéma ISIS pour les fonctions à implémenter.

Ce schéma fonctionne à l'aide des relais lorsque on établit une tension de 5v à un relais les deux contacts se ferment et nous donne une connexion cela est le principe du notre projet.

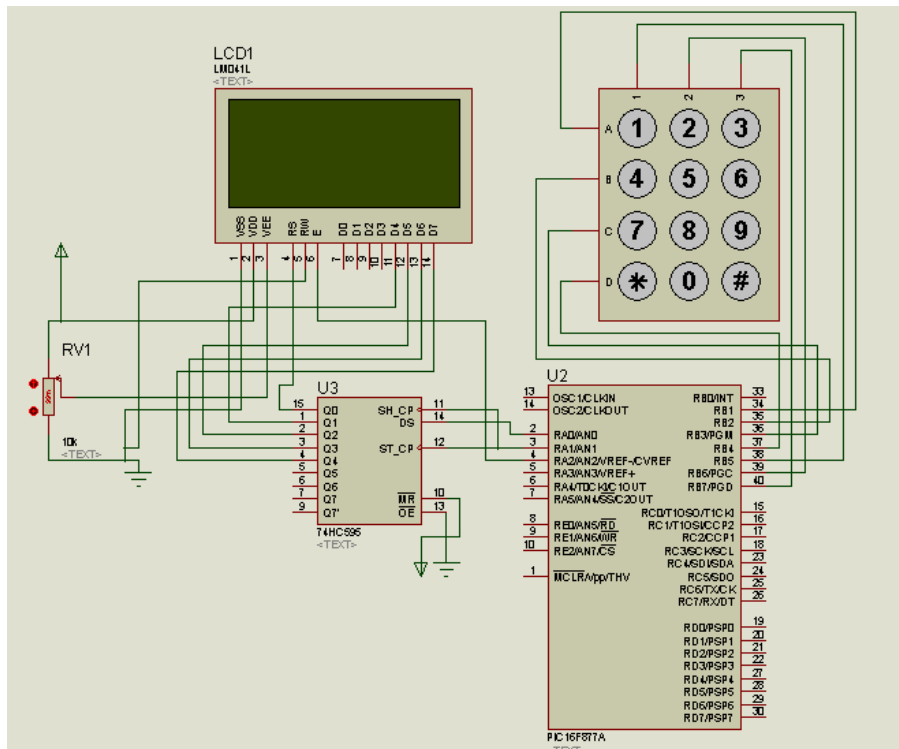


Figure 3.11 : Schéma ISIS pour le pic et les accessoires.

Au début de la simulation, le signal d'entrée est nul car aucune fonction n'est en cours puis si en appuyant sur la touche 1, le montage non inverseur est sélectionné, et ainsi de suite. Ci-dessous, on présente des exemples de simulation de quelques fonctions à savoir : Montage non inverseur, montage amplificateur différentiel et amplificateur inverseur.

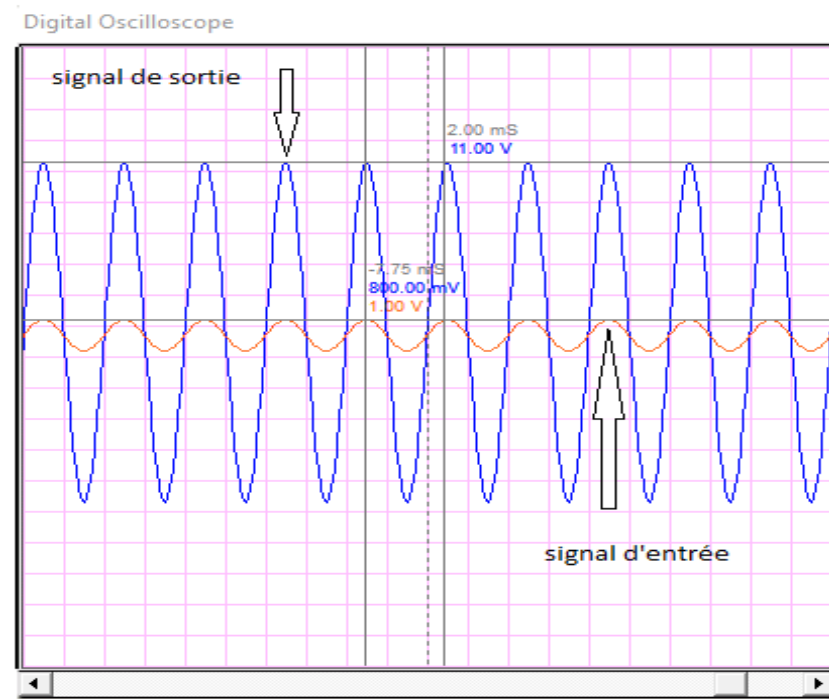


Figure 3.12 : Simulation du montage non inverseur.

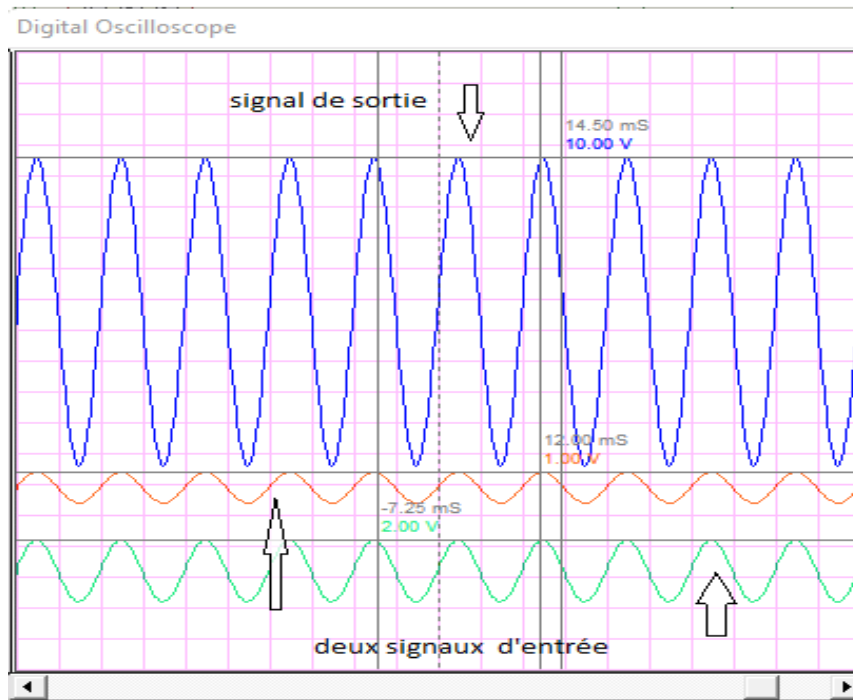


Figure 3.13 : Simulation du montage amplificateur différentiel.

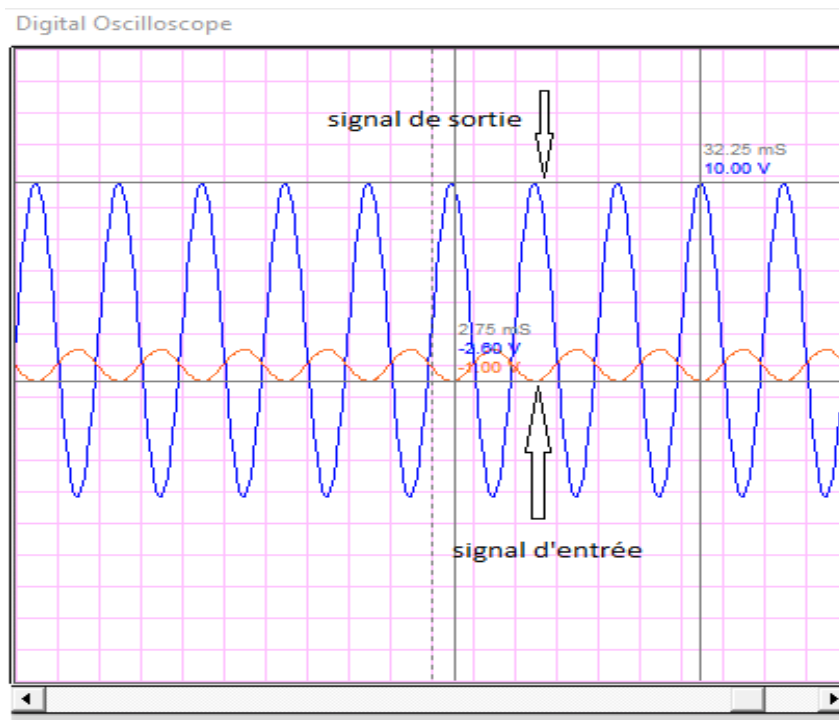


Figure 3.14 : Simulation du montage amplificateur inverseur.

3.5 Réalisation du kit didactique

Pour la partie réalisation, on a réalisé trois carte PCB avec le logiciel ARES:

- Une carte pour les relais (partie puissance).
- Une carte pour le schéma amplificateur avec les composants.
- Une carte pour le PIC et l'afficheur LCD et le mini clavier avec les registres à décalage.

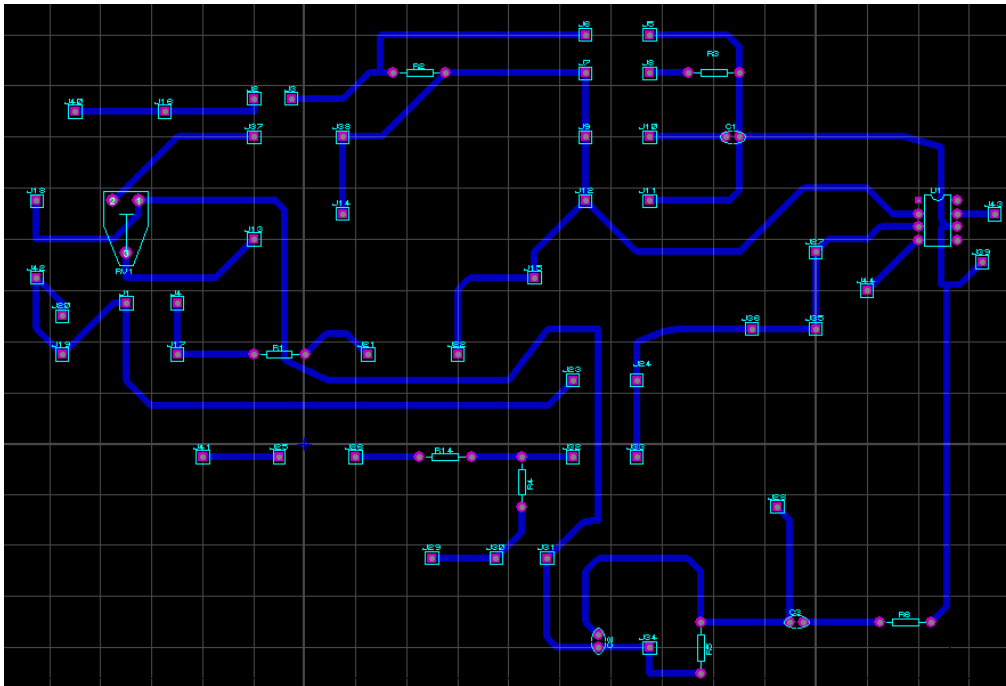


Figure 3.15 : Schéma PCB pour la carte amplificateur avec les composants.

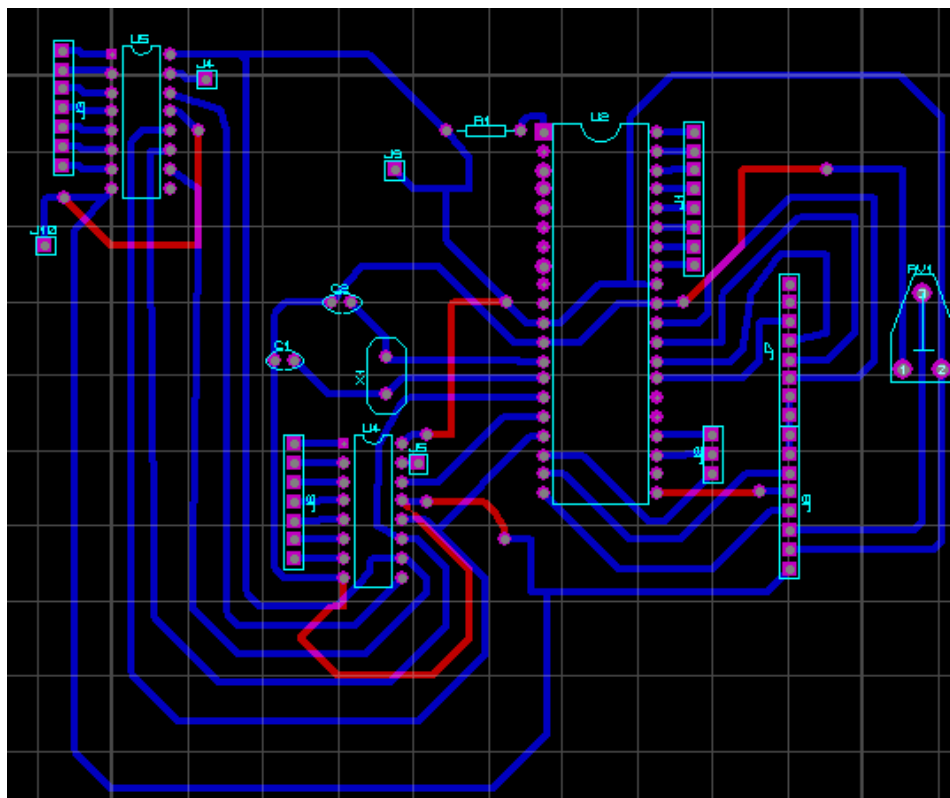


Figure 3.16 : Schéma PCB de la carte PIC et les accessoires.

Le kit didactique est montré sur la figure ci-dessous. Sur la face avant on voit bien le mini clavier et l'afficheur à cristaux liquides servant d'interface avec l'utilisateur pour choisir la fonction électronique à expérimenter. Dès la mise sous tension du kit il y a un message d'accueil qui apparaît sur le LCD et nous donne la main pour sélectionner sur le menu la manipulation électronique à faire via l'appui d'une touche du mini clavier. Donc après

validation le circuit électronique remplaçant la fonction désirée sera automatiquement configuré. On aura besoin que des signaux à appliquer en entrée en utilisant les générateurs basses fréquences (GBF) d'un oscilloscope électronique avec des sondes pour visualiser les signaux aux différents points de test du montage en question et explorer les relations qui existent entre la sortie et l'entrée que ce soient dans le domaine temporel ou dans le domaine fréquentiel.

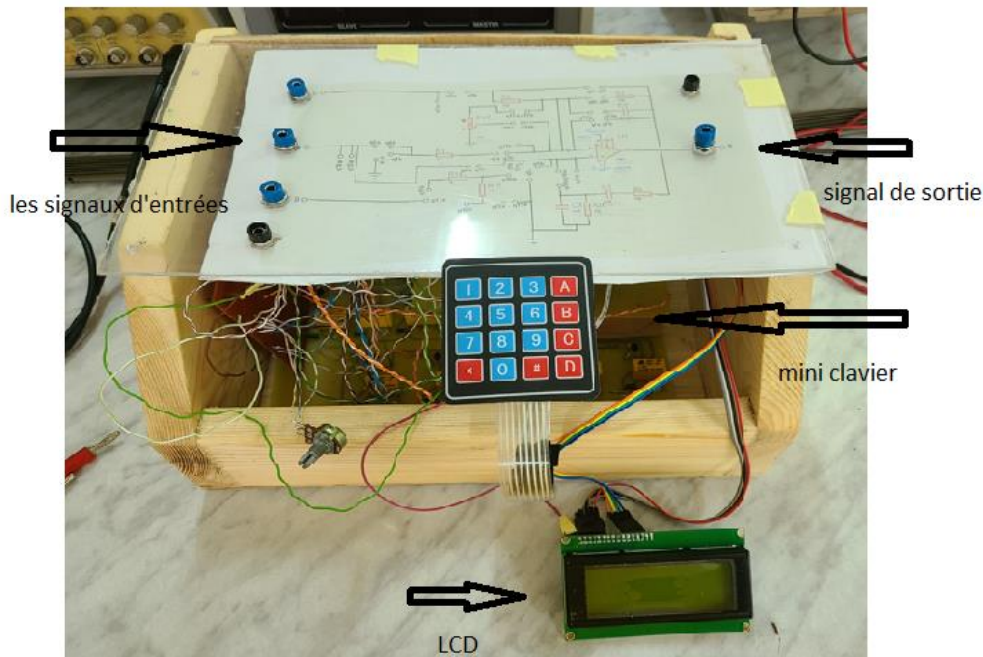


Figure 3.17 : Photo du kit didactique.

3.5.1 Tests et comparaison des résultats obtenus

Dans cette partie, nous avons fait des tests expérimentaux sur notre kit didactique à base de microcontrôleur PIC16F877A et voir les résultats obtenus, à l'aide de l'oscilloscope. Le bilan était très acceptable et le kit est fonctionnel. Par la suite, on présente quelques résultats.

A. Circuit oscillateur à pont de Wien.

Dans cet exemple de manipulation on va explorer le principe de fonctionnement d'un circuit oscillateur à pont de Wien. On va utiliser un oscilloscope. Après mise en marche du kit électronique, on suit les étapes suivantes :

1. On configure le kit par l'appui sur la touche correspondante à la fonction oscillateur à pont de Wien dont le circuit obtenu est amplificateur opérationnel monté en amplificateur non inverseur utilisant un potentiomètre une résistance et associé à un réseau RC de rétroaction appelé pont de Wien composé de deux condensateurs et deux résistances comme illustré sur le schéma du circuit oscillateur en figure (1.18) du chapitre 1.
2. Ajustez progressivement le potentiomètre jusqu'à obtention d'un signal sinusoïdale: La fréquence de l'oscillateur est déterminée par réseau RC. Comme option à ajouter au kit on

modifie les valeurs des résistances et des condensateurs dans le réseau de rétroaction pour voir comment ils affectent la fréquence et la qualité de la forme d'onde de sortie.

3. L'oscilloscope permet de visualiser la forme des signaux en différents points de test du montage en même temps par l'utilisation de deux ou trois sondes. Continuez à ajuster le potentiomètre pour observer comment il affecte l'amplitude des oscillations. Vérifier que le gain minimum d'amplificateur non inverseur permet d'entretenir des oscillations sans distorsion.

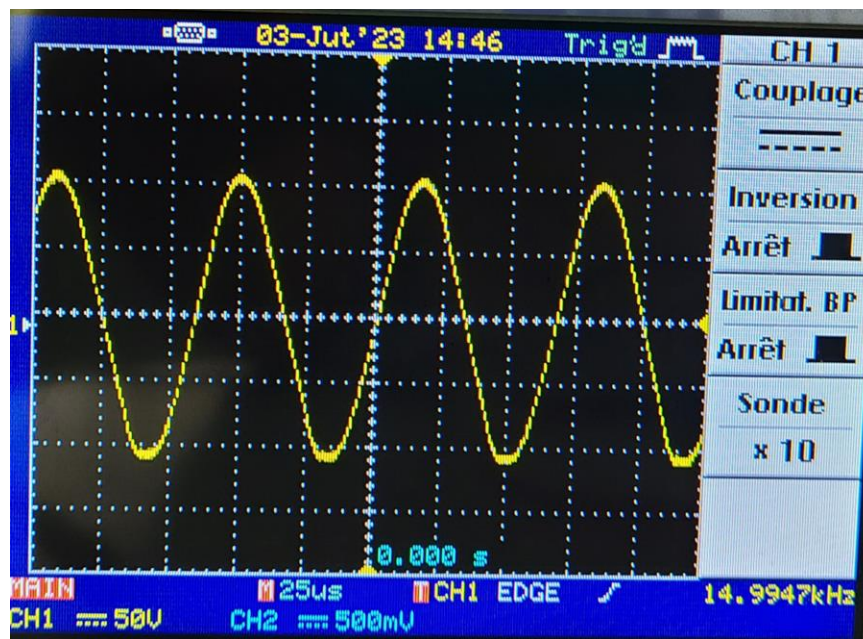


Figure 3.18 : Résultat de l'oscillateur à pont de Wien.

La fréquence est environ de 15 kHz car on a choisi la résistance de 10k Ω et la capacité de 1nF ce qui donne $f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10^3 \times 10^{-9}} = 15923.56\text{Hz} = 15.923 \text{ kHz}$.

En comparant ces résultats obtenus expérimentalement comme illustrés en figure (3.18), avec ceux obtenus par simulations sous le logiciel Proteus on remarque qu'ils sont en concordance et peuvent être jugés très satisfaisant et confirment bien le principe théorique de l'oscillateur a pont de Wien abordé dans le chapitre 1.

B. Circuit comparateur de tension

Dans cet exemple de manipulation on va explorer le principe de fonctionnement d'un circuit comparateur de tension. On va utiliser un générateur de signal et un oscilloscope. Après mise en marche du kit électronique, on suit les étapes suivantes :

1. On configure le kit par l'appui sur la touche correspondant à la fonction comparatrice de tension dont le circuit obtenu est amplificateur opérationnel associé à une entrée de générateur de signale illustré sur le schéma du circuit comparateur en figure (1.16).

2. On branche le générateur de signal à l'entrée du circuit comparateur. On doit régler le générateur de signal pour générer le signal d'entrée souhaité par exemple un signal sinusoïdal avec une fréquence de 130Hz.
3. On branche la sonde de l'oscilloscope à la sortie du circuit comparateur. On règle l'oscilloscope pour bien visualiser la forme d'onde de tension.

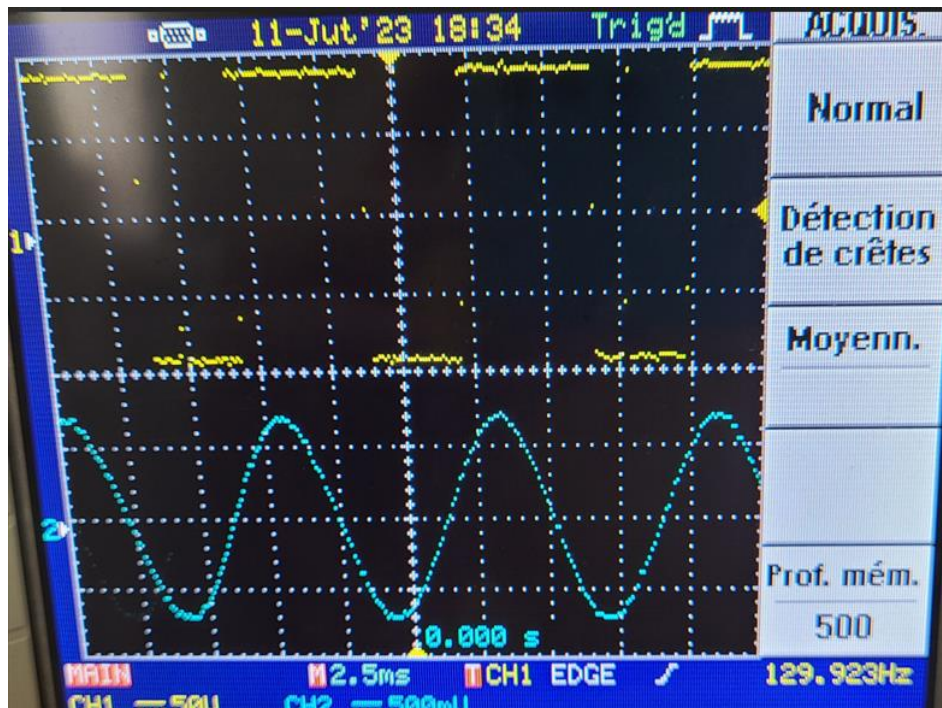


Figure 3.19 : Résultat du montage comparateur de tension.

Observez la forme d'onde de sortie sur l'écran de l'oscilloscope. On voit bien la forme d'onde intégrée du signal d'entrée. La forme d'onde de sortie est un signal carré représentant la comparaison du tension d'entrée comme montré en figure ci-dessus.

En comparant ces résultats obtenus expérimentalement comme illustrés en figure (3.19), avec ceux obtenus par simulations sous le logiciel Proteus on remarque qu'ils sont en concordance et peuvent être jugés très satisfaisant et confirment bien le principe théorique de comparateur abordé mathématiquement (équation 1.8) dans le chapitre 1.

C. Circuit intégrateur de tension

Dans cet exemple de manipulation on va explorer le principe de fonctionnement d'un circuit intégrateur analogique. On va utiliser un générateur de signal et un oscilloscope. Après mise en marche du kit électronique, on suit les étapes suivantes :

1. On configure le kit par l'appui sur la touche correspondant à la fonction intégratrice dont le circuit obtenu est amplificateur opérationnel associé à un condensateur et une résistance comme illustré sur le schéma du circuit intégrateur en figure (1.14).

2. On branche le générateur de signal à l'entrée du circuit intégrateur. On doit régler le générateur de signal pour générer le signal d'entrée souhaité par exemple un signal carré avec une fréquence de 130Hz.
3. On branche la sonde de l'oscilloscope à la sortie du circuit intégrateur analogique. On règle l'oscilloscope pour bien visualiser la forme d'onde de tension.

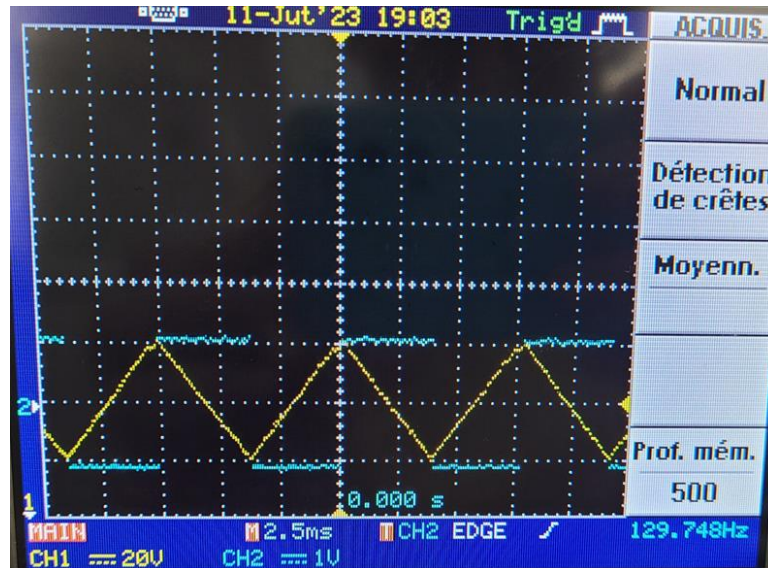


Figure 3.20 : Résultat du montage intégrateur de tension.

Observez la forme d'onde de sortie sur l'écran de l'oscilloscope. On voit bien la forme d'onde intégrée du signal d'entrée. La forme d'onde de sortie est un signal triangulaire représentant l'intégration du signal carré d'entrée comme montré en figure ci-dessus.

En comparant ces résultats obtenus expérimentalement comme illustrés en figure, avec ceux obtenus par simulations sous le logiciel Proteus on remarque qu'ils sont en concordance et peuvent être jugés très satisfaisant et confirment bien le principe théorique de l'intégrateur abordé mathématiquement (équation 1.7) dans le chapitre 1.

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons évalué le principe de fonctionnement d'un kit didactique développé dans ce mémoire, en commençant par donner des informations sur les outils logiciels utilisés, puis nous avons examiné le fonctionnement de notre kit par simulations et avons comparé les résultats obtenus avec ceux de la théorie. Par la suite, nous avons fait la réalisation pratique de ce kit et vérifié le bon fonctionnement de toutes les fonctions électroniques implémentées.

La réalisation pratique de ce kit était une expérience avantageuse car pour nous c'était un apprentissage très utile dans le domaine électronique en général et dans le domaine de l'électronique destinée aux systèmes embarqués en particulier.

Les épreuves réalisées dans ce chapitre montrent que les résultats de la simulation sont bien confirmés expérimentalement au laboratoire des maquettes par les tests effectués sur toutes les fonctions électroniques de base implémentées sur le kit didactique qui est construit autour d'un microcontrôleur PIC16f877A. Ceci qui montre l'importance d'avoir ces genres de kits didactiques dans la formation des étudiants en électronique.

Conclusion Générale & Perspectives



Conclusion Générale & Perspectives

L'objectif de notre projet est de mettre l'accent sur le kit didactique à base de microcontrôleur pour des fonctions d'électronique dans le but de faciliter la séance de travaux pratiques et avoir le temps à l'exploiter sans problème de même la rendre plus claire. Les instructions et procédures des expériences sont très claires et précises, et sont élaborées de manière à ce que tout le temps réservé aux séances de travaux pratiques soit utilisé de manière optimale, répondant ainsi aux manipulations de travail cibles au niveau du laboratoire indiqué au début de chaque travail pratique.

Ceci nous amène à dire que cette technique élaborée par le développement de ce kit didactique accompagné d'un manuel de TP permet de gérer efficacement l'opération d'acquisition et d'assimilation des concepts théoriques par la mise en pratique avec peu d'effort et de temps souvent perdus dans le montage des composants et les connexions de fils avec tous les problèmes rencontrés, dus aux mauvaises connexions ou les composants défectueux déjà utilisés.

L'étudiant consacrera tout son temps à l'essentiel; celui d'expérimentation et d'exploitation des montages électroniques remplissant une fonction donnée, et l'obtention des mesures ou caractéristiques recherchées du circuit électronique implémentant cette fonction.

Notre but a été atteint à travers la réalisation des cartes électronique basé sur le microcontrôleur pic 16f877A, il assure la gestion des contacts avec une carte qui se compose de simple composant comme AOP 741 et des résistances et des capacités, d'autre part une autre carte se compose à des relais pour la fermeture et l'ouverture des contacts.

La réalisation de ce projet aide à améliorer et enrichir notre package en domaine électronique et électrique, effectivement ce travail était une expérience favorable malgré nous étions retrouvés face à de nombreux problèmes comme l'assemblage des trois cartes ensemble à cause de trop fils de connexion qui gêne la phase finale et prend beaucoup de temps.

En perspective, nous pouvons signaler que ce kit peut être plus évolutif en utilisant les switches électroniques comme le module CD 6066 ou CD 6016 pour minimiser le nombre des fils et le rendre moins compliquer, ainsi qu'une interface graphique pour que le professeur peut suivre le travail des étudiants à distance.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse servir comme une pousse pour motiver les promotions avenir vers la réalisation des kits didactique afin d'améliorer le parcours pédagogique des étudiants.

Annexes

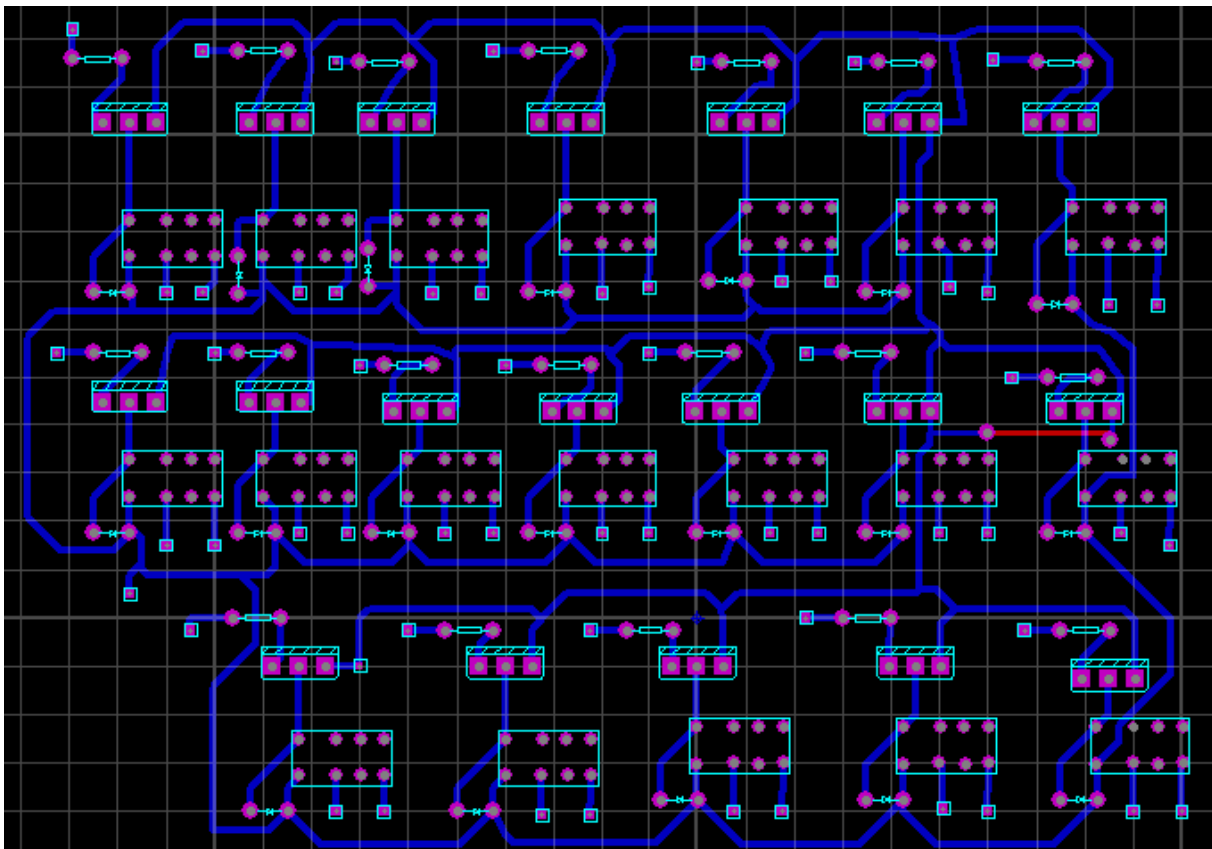


Annexes



Annexe 1 : Le PCB de la carte relais

Ce schéma PCB montre le routage de la carte relais qu'on utilise pour faire les connexions entre les composants afin de configurer une fonction



Références Biblio-Webographiques



Références biblio-webo graphiques

- [1]. <https://fac.umc.edu.dz/fil/images/cours/COURS%20DIDACTIQUE%20KHAINAR%20L3.pdf>. (Consulté le 09 06 2023.)
- [2]. J.-L. Martinand, *Approche de la didactique*, Paris : Adapt, 1991.
- [3]. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/education-fr/apports#:~:text=La%20didactique%20est%20un%20%C3%A9l%C3%A9ment,de%20la%20situation%20de%20l>. (Consulté le 09 06 2023.)
- [4]. <https://www.profinnovant.com/quest-ce-que-le-triangle- didactique/>. (Consulté le 09 06 2023.)
- [5]. <https://www.bienenseigner.com/pedagogie-definition/>. (Consulté le 11 06 2023.)
- [6]. A. Lantz, *Amplificateurs fondamentaux et opérationnels*, Paris: ellipqes, 2007.
- [7]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Pont_de_Wien#:~:text=si%20R3%20%3C%20%20R,distordue%2C%20les%20sommets%20sont%20aplatis. (Consulté le 16 06 2023.)
- [8]. http://users.polytech.unice.fr/~cpeter/EII-ITII/TRONIC1/7_AOP.pdf (consulté le 24 06 2023.).
- [9]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Amplificateur_op%C3%A9rationnel#Historique (consulté le 24 06 2023.).
- [10]. <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf> (consulté le 24 06 2023.).
- [11]. <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-de-l-iot/1440684-microcontrleur-definition-et-composants/> (consulté le 24 06 2023.).
- [12]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Microcontr%C3%B4leur_PIC(consulté le 24 06 2023.).
- [13]. <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>(consulté le 24 06 2023.).
- [14]. <https://www.electronique-mixte.fr/notions-sur-les-interruptions-en-mikrocc-pic16f877a/>(consulté le 24 06 2023.).
- [15]. https://www.memoireonline.com/09/09/2679/m_Programmation-en-C-du-micro-contrleur-PIC-16F8772.html (consulté le 24 06 2023.).
- [16]. <https://informatique-et-electronique.fr/index.php/applications/microcontroleursappli/presentationdupic16f877a> (consulté le 24 06 2023.).
- [17]. <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51795B.pdf> (consulté le 24 06 2023.).
- [18]. <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/74HC595.pdf> (consulté le 24 06 2023.).

- [19]. <https://www.es-france.com/blog/1014-relais-de-puissance-de-5-a-16-a-par-forward> (consulté le 24 06 2023.).
- [20]. <https://electronique71.com/theories-relais-electromecaniques/> (consulté le 24 06 2023.).
- [21]. <https://cdn.sparkfun.com/assets/f/f/a/5/0/DS-16038.pdf> (consulté le 24 06 2023.).
- [22]. <https://fr.theastrologypage.com/liquid-crystal-display> (consulté le 24 06 2023.).
- [23]. <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php> (consulté le 05 07 2023.).
- [24]. http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/PIC_MCUs:_Software (consulté le 05 07 2023.).
- [25]. <https://www.ccsinfo.com/compilers.php> (consulté le 05 07 2023.).