

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

**Faculté de Technologie**  
**Département d'électronique**

## **MINI-PROJET DE FIN D'ETUDE**

En vue de l'obtention du diplôme de :

**LICENCE**

**En Électronique**

**Option : Électronique**

*Thème*

---

**Réalisation d'un détecteur de Gaz à base de  
PIC16F877A**

---

**Préparé par :**

SACI Yassine

LOGMA Mohcen

SAOUCHI Assia

DECHOUCHA Ahlem

GUELMINE Nour Sakina

**Proposé et dirigé par :**

SAHED Mohamed

*Année universitaire : 2018/2019*

## Table des matières

Liste des Figures .....	4
Liste des Tableaux.....	5
Introduction générale .....	6
Chapitre 1 : Généralités.....	8
<b>1.1. Introduction</b> .....	8
<b>1.2. Capteurs</b> .....	8
<b>1.3. Principe de fonctionnement d'un capteur</b> .....	9
<b>1.4. Les familles de capteurs</b> .....	9
<b>1.5. Capteurs de gaz</b> .....	9
<b>1.6. Performances d'un capteur de gaz</b> .....	9
<b>1.7. Détecteur de gaz</b> .....	10
<b>1.8. Composants utilisés dans la réalisation du détecteur de gaz</b> .....	11
<b>1.8.1. Capteur de gaz MQ135</b> .....	11
<b>1.8.2. Microcontrôleur 16F877A</b> .....	11
<b>1.8.3. Afficheur LCD 16×2</b> .....	13
<b>1.8.4. Condensateurs</b> .....	14
<b>1.8.5. Résistances</b> .....	14
<b>1.8.6. Potentiomètre</b> .....	14
<b>1.8.7. Régulateur de tension 7805</b> .....	14
<b>1.8.8. LED</b> .....	15
<b>1.8.9. Buzzer</b> .....	15
<b>1.8.10. Transistor BD-135</b> .....	15
Chapitre 2 : Simulation du détecteur de gaz.....	16
<b>2.1. Introduction</b> .....	16
<b>2.2. Le simulateur Proteus</b> .....	16
<b>2.2.1. ISIS</b> .....	16
<b>2.2. Le compilateur MikroC PRO</b> .....	17
<b>2.3. Simulation du détecteur de Gaz</b> .....	18
<b>2.3.1. Edition du programme en mikroC PRO</b> .....	19
<b>2.3.2. Simulation du détecteur de gaz sur Proteus</b> .....	19

2.3.3. Codage et compilation.....	23
2.3.4. Principe du fonctionnement du détecteur de gaz .....	25
Chapitre 3 : Réalisation pratique et résultats.....	26
3.1. Introduction.....	26
3.2. Etalonnage du capteur MQ135 .....	26
3.3. Compilation du programme sur PIC.....	Erreur ! Signet non défini.
3.4. Typon réalisé du détecteur de gaz.....	26
3.5. Etapes des réalisations de Circuit imprimé .....	27
3.6. Circuit imprimé.....	28
3.7. Réalisation pratique du détecteur de gaz.....	28
Conclusion.....	29
Références .....	30

## Liste des Figures

**Figure 1.1 : le boîtier de pic16f877A**

**Figure 1.2 : Brochage de l'afficheur LCD 16x2**

**Figure 1.3 : Diodes de différentes couleurs**

**Figure 1 :**

**Figure 2 :**

**Figure 3 :**

**Figure 4 :**

**Figure 5 : L'environnement IDE du compilateur microC PRO.**

**Figure 6 :**

**Figure 7 :**

**Figure 1.1 -**

**Figure 2.1 : Circuit d'alimentation**

**Figure 3.2.2 : Schéma de câblage d'un détecteur de gaz avec PIC**

**Figure 3.2.3 : Schéma de câblage d'une horloge avec PIC**

**Figure 3.2.4 : Schéma de câblage d'un LCD 16x2 avec PIC**

**Figure 3.2.5 : Schéma de câblage des LEDs avec PIC**

**Figure 3.2.6 : Schéma de câblage d'un buzzer avec PIC.**

**La figure 3.3.1 : Schéma synoptique du montage principal**

**1. Le programme de PIC en micro C PRO :**

## Liste des Tableaux

**Tableau 1.1 : Caractéristique du PIC16F877A.**

**Tableau 1.2 : Branchement de l'afficheur LCD Figure**

## **Introduction générale**

Le gaz naturel est un combustible fossile constitué d'un mélange d'hydrocarbures gazeux, dont le méthane (CH<sub>4</sub>) est l'un des principaux composants. Il représente une source d'énergie thermique très importante et est considéré comme l'une des ressources naturelle les plus utilisées dont on ne peut se passer dans vie. Le gaz naturel se développait vite dans l'industrie, les usages domestiques puis la production d'électricité, depuis les années 1970 pour presque devancer le charbon.

Quoique le gaz soit une énergie positive qui peut autant servir à nous chauffer qu'à préparer de bons repas, mais son utilisation peut engendrer des risques d'accidents domestiques ou industriels très graves. Ces risques sont liés au fait que le gaz naturel est explosif quand il est sous pression, qu'il est inflammable et que ses produits de combustion peuvent être toxiques.

Durant ces dernières années, des chiffres alarmants ont été enregistré en Algérie sur le phénomène de décès par accidents de brûlures ou par asphyxie causés par des gaz dangereux, notamment durant la saison hivernale. Ce phénomène coûte la vie des centaines de citoyens chaque année (200 personnes en moyenne, selon les services de la Protection civile), et une facture très lourde pour l'hospitalisation de milliers de blessés. Ces accidents mortels sont dus en général au non-respect des normes d'installation des équipements, notamment le chauffage et le chauffe-bain et au non-respect des conditions d'aération et l'utilisation de produits contrefaits.

Afin de prévenir tous ces risques, il est important de détecter les fuites de gaz dangereux le plus tôt possible en mesurant en continu la concentration des gaz incriminés dans l'atmosphère de la zone à risque. Fort heureusement, la technologie des capteurs de gaz a considérablement progressé ces dernières années et plusieurs types de capteurs ont été développés, tel que le MQ2, MQ3, MQ-135 ... etc.

Ces capteurs sont capables de détecter les gaz dangereux à de très faibles concentrations, voire à l'échelle de traces, en alertant l'utilisateur d'une façon anticipée pour se donner

suffisamment du temps pour réagir et éviter des catastrophes d'explosions ou d'asphyxie et donc pour sauver ainsi des vies humaines.

### **Objectif du mini-projet**

Ce projet de fin d'étude a été mené dans le but de réaliser un projet technique en rapport avec notre formation et permettant ainsi de résoudre le problème de détection des gaz dangereux en contrôlant constamment leur présence dans l'air et en générant un signal d'alarme lorsque leur concentration dépasse un seuil de sécurité toléré et prédéterminé.

Notre choix s'est tourné donc vers la réalisation d'un détecteur de gaz en se basant sur le PIC16F877a de Microchip®. Ce détecteur permet non seulement aux utilisateurs d'être alertés lorsque la concentration de gaz nocifs atteint un niveau dangereux, mais également de les informer sur leur concentration dans l'air en affichant son taux sur l'écran LCD du système de détection. Dans ce travail, on a utilisé le capteur MQ135, car il s'agissait d'un capteur faible-coût très adapté au cahier de charge de notre projet et s'insère facilement dans des circuits électroniques classiques. Il possède également une sensibilité très élevée à la fumée et à d'autres gaz dangereux. Pour cela, ce capteur a connu une diffusion et un succès commercial beaucoup plus importants.

### **Organisation du rapport :**

Le présent rapport est organisé en trois chapitres qui sont présentés comme suit :

Dans le premier chapitre, nous discutons d'abord les capteurs d'une manière générale et puis présentons particulièrement le concept des capteurs de gaz en mentionnant ainsi leurs principaux paramètres. Les différents composants utilisés dans le circuit réalisé dans ce projet, sont également cités brièvement en expliquant le rôle de chaque composant.

Le second chapitre présente une étude théorique succincte du système de détection que nous avons réalisé. Nous exposons en premier lieu les logiciels (Proteus et MicroC) utilisés pour la simulation de ce système, la programmation et puis la compilation du programme développé. Nous présentons ensuite la simulation de notre circuit sur Proteus, en décrivant minutieusement les différentes parties de circuit réalisé. Les étapes de programmation effectuées sur MicroC ont été également discutées brièvement. Enfin, une analyse théorique de notre détecteur a été présentée avec un peu de détails.

Le troisième chapitre est dédié dans la totalité à la présentation du dispositif expérimental mis au point. Ce chapitre explique en détail la partie pratique, la conception et la réalisation de la carte électronique (circuit imprimée) de notre détecteur de gaz.

Enfin, on terminera avec une conclusion générale

## Chapitre 1 : Généralités

### 1.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons parler tout d'abord sur les capteurs d'une manière générale. Ensuite, on discute particulièrement les concepts fondamentaux d'un capteur de gaz en mentionnant ainsi leurs principaux paramètres. Les différents composants utilisés dans le circuit réalisé dans ce projet, seront également exposés brièvement en expliquant le rôle de chaque composant.

### 1.2. Capteurs

Un capteur est un dispositif transformant une grandeur physique observée en un signal électrique exploitable. Ceci permettra un traitement du signal électrique par des structures électroniques à des fins de mesures et/ou de commandes.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.

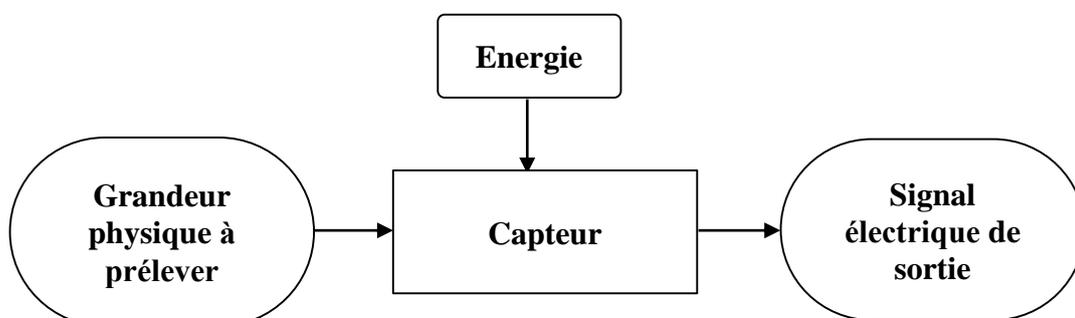


Figure 1.1 - Schéma fonctionnel d'un capteur

### 1.3. Principe de fonctionnement d'un capteur

Grâce à des lois élémentaires sur la physique, le capteur prélève une information physique (température, luminosité, humidité, débit, gaz, présence d'objet,...) et produit un signal électrique.

Les caractéristiques de ce signal électrique (courant, tension, niveaux logiques, valeur moyenne, fréquence, amplitude, nombre binaire,...) dépendront directement de la grandeur physique à capter.

La caractéristique du signal électrique (CSE) qui varie en fonction de la grandeur physique est donnée par la datasheet de constructeur du capteur (fiche technique du capteur).

### 1.4. Les familles de capteurs

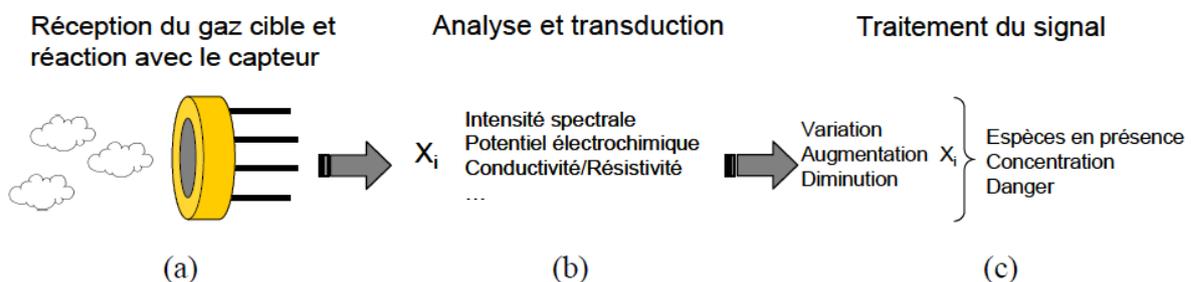
Il existe trois grandes familles de capteurs :

- les capteurs Tout Ou Rien (TOR),
- les capteurs analogiques,
- les capteurs numériques.

### 1.5. Capteurs de gaz

Un capteur de gaz peut être décrit comme un système capable de réagir et de nous avertir de la présence d'un gaz, grâce à la modification d'une ou plusieurs de ses propriétés aisément mesurables telles que la conductivité en surface, l'absorption spectroscopique, etc. Par exemple, une réaction chimique entre un gaz et un composant du détecteur peut être suivie et quantifiée par des méthodes d'analyses spectroscopique ou chromatographique. Ainsi le capteur apparaît comme un des maillons composant le système de mesure au complet (voir Figure 1.2 ci-dessous).

Dans un premier temps, le matériau hôte du capteur va recevoir et réagir avec le gaz (Figure 1-2 (a)). L'information résultante de l'interaction entre les deux sera ensuite détectée et analysée (Figure 1.2 (b)). La réception et l'analyse des informations seront finalement effectuées au moyen d'un appareil de mesure spécifique qui dépend du type de réactions mises en jeu (Figure 1.2 (c)).



**Figure 1.2** - Schéma représentatif des différentes parties composant un détecteur de gaz.

### 1.6. Performances d'un capteur de gaz

Les auteurs définissent souvent les performances d'un capteur de gaz par « la règle des 3S » (Sensibilité, Stabilité, Sélectivité). Les caractéristiques présentées ci-dessous sont utilisées pour évaluer les performances des capteurs de gaz.

- ✓ **Sensibilité** : La sensibilité est définie comme étant le rapport entre la résistance  $R_0$  dans l'air pur et la résistance  $R$  en présence d'une certaine concentration de gaz dans l'air. Elle dépend généralement de la concentration de gaz ainsi qu'on peut le deviner au vu du principe de fonctionnement du capteur.
- ✓ **Stabilité** : Ce paramètre est utilisé pour caractériser la dérive du signal du capteur dans le temps. Il existe un vieillissement du capteur, ce qui limite son utilisation à long terme.
- ✓ **Sélectivité** : La sélectivité est définie comme étant la capacité d'un capteur à répondre à un certain gaz en présence des gaz interférents. C'est le paramètre le plus important car le capteur est souvent utilisé pour détecter un gaz dans une atmosphère contenant plusieurs gaz.
- ✓ **Température de fonctionnement** : Le processus d'adsorption et de désorption des molécules de gaz à la surface du capteur dépend fortement de sa température de fonctionnement. La réduction de la température de fonctionnement entraîne une diminution de la puissance électrique consommée.
- ✓ **Temps de réponse** : Le temps de réponse est défini comme étant le temps nécessaire pour que la réponse du capteur atteigne 90% de son amplitude maximale lorsqu'il est exposé au gaz. Ce temps dépend de plusieurs paramètres tels que la température de fonctionnement du capteur et la cinétique de réponse au gaz.
- ✓ **Autres performances** : Outre les trois caractéristiques les plus importantes décrites précédemment (règle des 3S), la puissance électrique consommée, l'encombrement et le coût du capteur jouent aussi un rôle important. Ces performances sont plus facilement maîtrisables avec les technologies de la microélectronique que celles décrites précédemment.

## 1.7. Détecteur de gaz

Par définition, un détecteur de gaz est un appareil capable de surveiller et d'estimer (ou mesurer) la concentration d'un ou plusieurs gaz présents dans l'atmosphère. Il est piloté parfois par un microcontrôleur. Un détecteur de gaz a la possibilité d'alerter l'utilisateur lorsque l'atmosphère devient explosible (présence d'un gaz combustible) ou toxique (présence d'un gaz dangereux pour la santé, ou absence d'oxygène).

Les détecteurs de gaz peuvent être *monogaz* ou *multigaz*, en version jetable (durée de vie : 2 ans) ou permanents (avec cellule à étalonner et à changer).

Les gaz détectés les plus courants sont, à titre d'exemple : CO, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Gaz combustibles, etc.

Un détecteur de gaz, comme tout autre détecteur, est généralement composé de trois parties :

- ✓ Un capteur de gaz, dont le but est de mesurer la concentration de gaz dans l'atmosphère et de la transformer en signal électrique exploitable ;
- ✓ Une partie « traitement », qui analyse les informations délivrées par le capteur de gaz et qui fait la distinction entre les états de veille, de dérangement ou d'alarme ;
- ✓ Une partie « transmission », qui envoie l'information représentative des états hors service, de veille, de dérangement ou d'alarme feu vers un équipement de contrôle et de

signalisation. Une information permettant l'identification du détecteur peut également être envoyée.

Les détecteurs de gaz doivent être conçus et réalisés de façon à satisfaire à certains principes, notamment :

- ✓ détecter la présence de gaz à temps et transmettre fidèlement le signal résultant de cette détection ;
- ✓ traduire clairement et sans ambiguïté ce signal sous forme d'information d'alarme ;
- ✓ être insensible à tous les phénomènes autres que ceux qu'il a pour but de détecter ;
- ✓ signaler clairement et rapidement toute anomalie de son fonctionnement.

Ils doivent également être capables de résister, dans des limites définies par les normes, à un minimum d'agressions : vibrations et chocs susceptibles d'intervenir dans des conditions normales d'installation et de transport, atmosphère humide ou corrosive, variations thermiques, variations de tension d'alimentation électrique, phénomènes électromagnétiques...

## 1.8. Composants utilisés dans la réalisation du détecteur de gaz

### 1.8.1. Capteur de gaz MQ135

Le MQ135 est un capteur qui permet de mesurer la qualité de l'air. Le MQ135 est sensible aux principaux polluants présents dans l'atmosphère de la maison. Ce capteur est sensible au CO<sub>2</sub>, à l'alcool, au Benzène, à l'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>) et à l'ammoniac (NH<sub>3</sub>).



Figure 1.3 - Capteur MQ135

Ce capteur utilise le dioxyde d'étain (SnO<sub>2</sub>) dont la conductivité électrique varie en fonction de la présence de polluant(s) selon sa documentation technique. Comme tous les capteurs de la série MQ, il faudra procéder à une calibration dans une atmosphère de référence pour mesurer la présence d'un polluant en particulier.

### 1.8.2. Microcontrôleur 16F877A

Un microcontrôleur est un composant électronique, encapsulé dans un circuit de haut niveau d'intégration, qui traite une information d'une manière automatique. Les microcontrôleurs sont commercialisés par différents fabricants comme Motorola, Intel, Philips, Microchip, etc.

Le PIC 16F877A est un microcontrôleur Microchip® de la famille PIC 16Fxxx. Il comprend 40 pins : 33 pins d'entrées/sorties, 4 pins pour l'alimentation, 2 pins pour l'oscillateur et un pin pour le reste (MCLR). Les broches VDD (broches 11 et 32) et VSS (broches 12 et 31) servent à alimenter le PIC. Les broches OSC1 et OSC2 ou CLKIN et CLOUT permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du PIC qui peut être un quartz, un résonateur céramique,

un oscillateur externe ou un réseau RC dont le rôle est de créer des impulsions de fréquences élevées.

▪ **Désignation**

Le numéro 16 signifie qu'il fait partie de la famille "MID-RANGE". C'est un microcontrôleur de la famille 8 bits. Cela veut dire que l'ALU (Arithmetic and Logique Unit ou Unit Arithmétique et Logique en français) traite naturellement des mots de 8 bits maximum.

La lettre F indique que la mémoire programme de ce PIC est de type "Flash". Chaque ligne de mémoire est un mot de 14 bits.

Les trois derniers chiffres permettent d'identifier précisément le PIC, ici c'est un PIC de type 877.

Le suffixe du type "A" de la référence 16F877 dans lequel, représente la fréquence d'horloge maximale que le PIC peut recevoir qui est de 20MHZ.

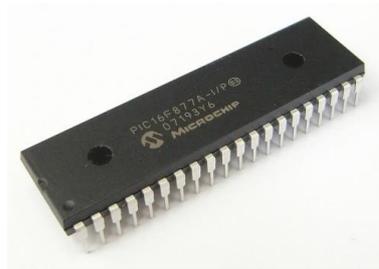
▪ **Caractéristiques du PIC 16F877A**

Le PIC 16F877A peut supporter une fréquence de 20MHZ maximum, il possède les caractéristiques récapitulées dans le tableau suivant :

PIC	Flash	RAM	EEPROM	I/O	A/D	Port//	Port série
16F877A	8kbit	368oct	256oct	33	8	PSP	USART/MSSP

**Tableau 1.1** - Caractéristique du PIC16F877A

La figure 1.4 suivante représente le boîtier du PIC16F877A.



**Figure 1.4** - Boîtier du PIC 16F877A de Microchip®

Voici maintenant le diagramme des broches du PIC16F877A présenté sur la figure suivante. Nous avons mentionné les noms de toutes les broches et donné des couleurs différentes aux différents ports.

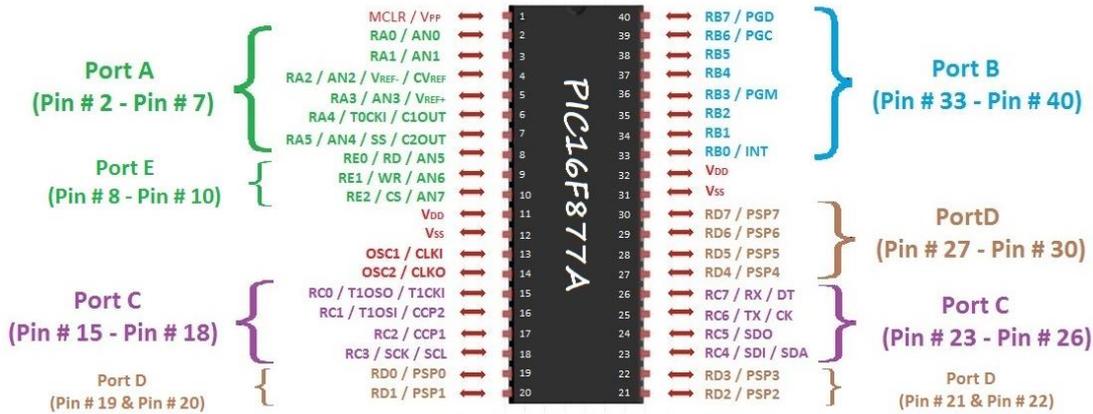


Figure 1.5 - Différentes broches du PIC 16F877A de Microchip®

### 1.8.3. Afficheur LCD 16×2

L'afficheur LCD est utilisé pour l'affichage de la concentration du gaz. Cette information est surtout nécessaire pour une personne qualifiée, qui peut vérifier les mesures issues des différents capteurs.

Les écrans LCD ou écrans à cristaux liquides sont de plus en plus courants dans notre environnement, que ce soit pour afficher des informations utiles ou pour servir de sélecteur de commande. Il existe des écrans de tout type allant du simple afficheur de caractères aux écrans géants couleur.

Les écrans les plus couramment utilisés dans des applications PIC sont les écrans à caractères alphanumérique.

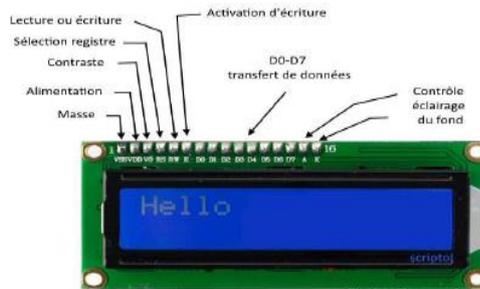


Figure 1.6 - Afficheur LCD 16x2

N°	NOM	Rôle
1	VSS	Masse
2	VDD	+5V
3	VO	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 rétroéclairage (+5V)
16	K	Cathode rétroéclairage (masse)

Tableau 1.2 - Différentes broches de l'afficheur LCD

#### 1.8.4. Condensateurs

Un condensateur est un composant électronique capable de stocker de l'énergie, sous la forme d'un champ électrostatique. Il s'agit d'un composant dit passif, qui dans la plus simple de ses formes est constitué de deux surfaces conductrices d'électricité que l'on appelle armatures, mises face à face et séparées par un isolant appelé le diélectrique. Le condensateur s'oppose au passage du courant continu mais il laisse passer le courant alternatif.

Dans le cas de notre montage, nous avons utilisé deux condensateurs 22pF qui sont liés avec le quartz qu'on a utilisé pour stabiliser la fréquence, deux autres condensateurs de 470µF/25V chacun et un autre de 100nF (les trois derniers sont des condensateurs de liaison). Leur rôle est de permettre le passage des signaux d'entrée et de sortie sans que les potentiels continus.

#### 1.8.5. Résistances

Une résistance est un composant électronique passif dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance (mesurée en ohms) à la circulation du courant électrique.

Trois résistances, de valeur 220Ω chacune, ont été utilisées dans notre détecteur de gaz pour protéger les LED et le transistor.

#### 1.8.6. Potentiomètre

Un potentiomètre est un type de résistance variable à trois limites, dont une est reliée à un curseur se déplaçant sur une piste résistante terminée par les deux autres.

Un potentiomètre de 10KΩ a été utilisé dans notre circuit pour ajuster la luminosité de l'afficheur LCD 16x2.

#### 1.8.7. Régulateur de tension 7805

Le 7805 est un régulateur de tension linéaire fixe de la série IC (Integrated Circuit) 78xx des régulateurs de tension. Le xx présent dans 78xx représente la valeur de la tension de sortie fixe fournie par le IC en question. Pour le 7805, il s'agit d'une alimentation régulée en + 5V

CC. Ce régulateur IC ajoute également une disposition pour un dissipateur thermique. La tension d'entrée de ce régulateur de tension peut aller jusqu'à 35V, et ce circuit intégré peut donner une valeur constante de 5V pour toute valeur d'entrée inférieure ou égale à 35V, qui est la limite seuil.

### **1.8.8. LED**

Les diodes LED peuvent être comparées à des ampoules miniatures, équipées de deux sorties, dont l'une est la cathode et l'autre est l'anode. Les diodes LED peuvent diffuser une lumière rouge, jaune ou verte et elles ont un corps de forme ronde, carrée ou rectangulaire.

Ces diodes s'allument seulement lorsque l'anode est reliée au pôle positif et la cathode (généralement indiquée avec la lettre K) au pôle négatif de l'alimentation. On distingue l'anode de la cathode grâce à sa longueur supérieure de la patte anode.

### **1.8.9. Buzzer**

Un buzzer (soit en français bipeur) est un élément électromécanique ou piézoélectrique qui produit un son caractéristique quand on lui applique une tension : le bip. Certains nécessitent une tension continue, d'autres nécessitent une tension alternative.

Les utilisations typiques des buzzers comprennent les dispositifs d'alarme, les horloges et la confirmation de l'entrée de l'utilisateur, comme un clic de souris ou une frappe de touche.

### **1.8.10. Transistor BD-135**

Le BD135 est un transistor NPN basse tension construit en technologie plane épitaxie. Il est conçu pour les amplificateurs et les drivers audio en utilisant des circuits complémentaires ou quasi complémentaires.

## Chapitre 2 : Simulation du détecteur de gaz

### 2.1. Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter en premier lieu le logiciel Proteus utilisé pour la simulation du circuit électronique du détecteur de gaz à réaliser. Ce détecteur, qui est piloté par un microcontrôleur, nécessite un programme en langage C pour qu'il soit fonctionnel. Ce programme est édité dans l'environnement de programmation et de compilation MikroC PRO. Pour cela, nous avons introduit brièvement ce compilateur et expliqué ainsi les différentes étapes d'édition et de compilation de programmes dans cet environnement. A la fin de ce chapitre, on présente en détail une analyse complète par simulation du circuit électronique du détecteur de gaz sur Proteus.

### 2.2. Le simulateur Proteus

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique, développé par la société Labcenter Electronics. Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycées et universités) utilisent cette suite.

Proteus est composé de deux logiciels principaux : ISIS, permettant entre autres la création de schémas et la simulation électrique, et ARES, destiné à la création de circuits imprimés.

Proteus est composé de deux logiciels principaux : ISIS et ARES.

#### 2.2.1. 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 déceler 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.

Grâce à des modules additionnels, ISIS est également capable de simuler le comportement d'un microcontrôleur (PIC, Atmel, etc.) et son interaction avec les composants qui l'entourent.

En plus des PICs, ISIS peut simuler une variété de dispositifs numériques et/ou analogiques, comme les afficheurs sept segments, les afficheurs LCD alphanumériques ou graphiques, les

capteurs de température, de gaz, d'humidité, la pression, etc. Il peut aussi simuler les actionneurs tels que les moteurs à courant continu, les servomoteurs, les lampes à incandescence, etc. Il est possible de simuler des périphériques d'entrée et de sortie comme les claviers, ordinateur et les ports physiques tels que RS232 et USB. Ce simulateur a une grande variété d'instruments de mesure tels que voltmètres, ampèremètres, oscilloscopes et analyseurs de signaux.

En résumé, ces caractéristiques font d'ISIS de Proteus, un outil très puissant pour la conception et l'étude des différents circuits et montage électronique quel que soit leur degré de complexité. Une version de démonstration du logiciel peut être téléchargée à partir du site web: [www.labcenter.com](http://www.labcenter.com).

Sur la photo suivante, on peut voir la page d'accueil de l'environnement de développement d'ISIS :

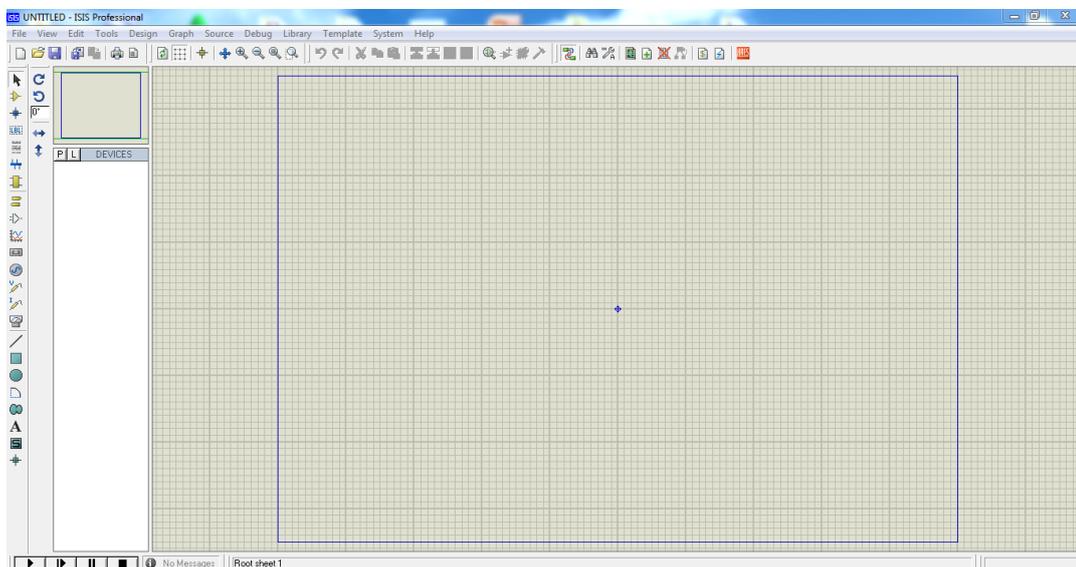


Figure 2.1 – Page d'accueil du logiciel ISIS

### 2.2.2. ARES

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le circuit imprimé (Printed Circuit Board, 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.

### 2.2. Le compilateur MikroC PRO

La programmation des microcontrôleurs est basée sur le code machine, qui est connu comme code assembleur, ce code contient les instructions du programme, le code assembleur est bien détaillé et difficile à écrire. Le programme en code assembleur est très long et difficile à comprendre.

La création des compilateurs de haut niveau a rendu facile la création et l'édition de programmes, bien entendu les microcontrôleurs ne font pas exception. Dans le commerce, il y

a plusieurs variétés de compilateurs des différents fabricants et avec différents langages de haut niveau. On peut citer par exemple les compilateurs PICC, CCS, PIC Basic, etc.

Dans ce projet de fin d'étude, on a utilisé le compilateur MikroC PRO, qui est un compilateur de langage C pour les microcontrôleurs PICmicro famille 12F, 16F, 18F etc. Ce compilateur utilise des structures, facilite la programmation, optimise les opérations mathématiques, et les processus grâce à l'utilisation des fonctions prédéfinies et celles créées par le développeur lui-même. Le compilateur génère automatiquement le code assembleur et l'enregistre dans un fichier avec l'extension \*.Hex. Ce fichier est le résultat principal de la compilation, avec lequel le microcontrôleur sera programmé électriquement ou bien utilisé pour une simulation sur ordinateur.

MikroC PRO est un logiciel avec une grande variété des helps, supports et d'outils, qui facilite la création des projets et des applications pour les microcontrôleurs PICmicro. L'étude de cet environnement de développement est possible, parce que l'étudiant peut télécharger une démo ou version étudiant, qui a les mêmes caractéristiques que la version complète, la seule limite est la taille du code machine ne peut pas excéder 2Koctets, une capacité suffisante pour un premier apprentissage. La version de démonstration peut être téléchargée à partir du site web : [www.mikroe.com](http://www.mikroe.com).

La figure suivante montre l'aspect visuel de l'environnement de développement.

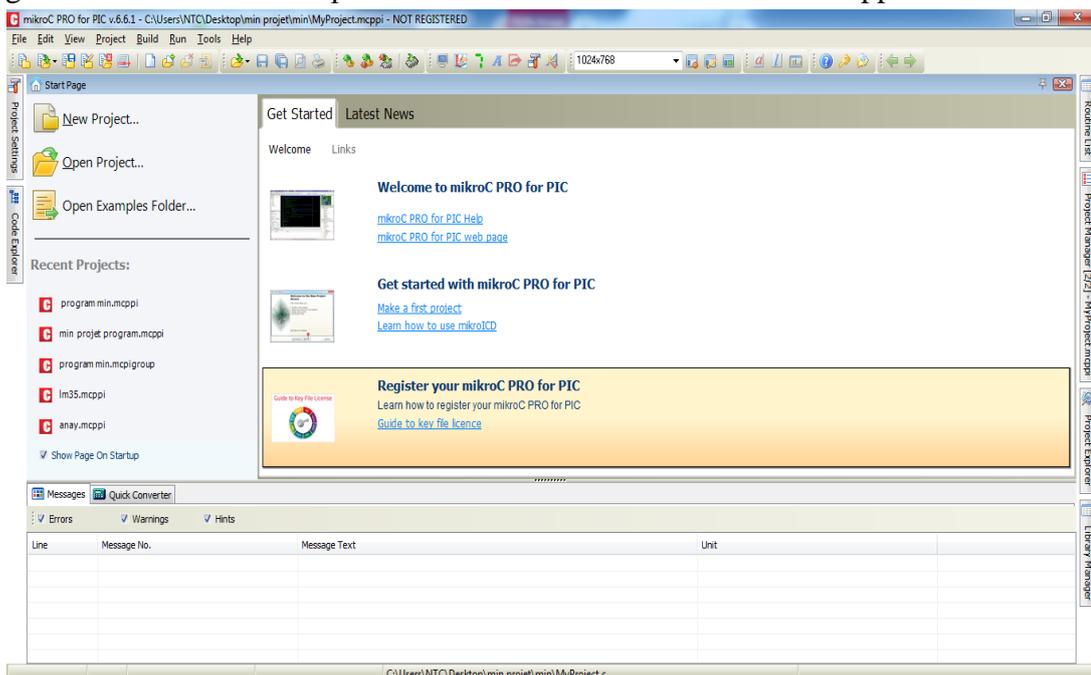


Figure 2.2 - Aspect visuel de l'environnement MikroC Pro

### 2.3. Simulation du détecteur de Gaz

Dans ce paragraphe, on va expliquer les différentes étapes de la simulation du détecteur de gaz à réaliser. On va commencer par la création du programme en langage C qui sera utilisé ultérieurement dans la compilation de PIC. Ensuite, on expose en détail la simulation du circuit électronique de notre détecteur sur Proteus.

### 2.3.1. Edition du programme en mikroC PRO

Le processus suivant doit être appris par cœur, pour mettre en œuvre à chaque fois des nouveaux projets ou programmes pour les PIC. En lançant MikroC PRO, on identifie dans le menu supérieur l'outil *Project*, et on choisit *New Project*. Avec cette action, le programme affiche une fenêtre facile à utiliser pour créer un nouveau projet. Dans cette étape, on sélectionne la référence de PIC (Devise Name), qu'on souhaite utiliser. Dans ce champ, on choisit le PIC P16F877A.

L'étape suivante consiste à définir la fréquence d'oscillation (Devise clock) avec laquelle fonctionne le PIC en question. Dans notre cas on a sélectionné une fréquence de 8MHz. On définit ensuite le répertoire d'enregistrement des fichiers nécessaires (Code source qui sera archivé avec l'extension *.c*, et l'exécutable du PIC avec l'extension *.Hex*). Une fois la configuration est terminée, le projet sera créé.

Il est à noter que pour chaque modification effectuée sur le code source, on doit compiler le code à nouveau.

Pour commencer l'édition d'un projet, on configure les ports du PIC, puis on insère le programme dans une boucle infinie. Le PIC 16F877A contient cinq ports d'entrées/sorties (I/O), nommés : A, B, C, D et E qui permettent au PIC de communiquer avec le monde extérieur. On manipule le registre TRIS pour configurer les ports en sortie ou entrée. Les registres TRIS ont le même nombre de bits que les ports, par exemple le port B ou PORTB de ce PIC est de 10 bits, donc le TRISB comporte également 10bits. Les bits des registres TRIS correspondent à ceux des ports, et définissent bit par bit l'état du port.

- Si un bit du TRIS est 0, le même bit du port est en sortie,
- et Si un bit du TRIS est 1 le même bit du port est en entrée ou en haute impédance.

### 2.3.2. Simulation du détecteur de gaz sur Proteus

Dans cette section, nous présentons et analysons la simulation de notre détecteur de gaz sur Proteus. Le schéma électrique complet correspondant est montré sur la figure suivante :

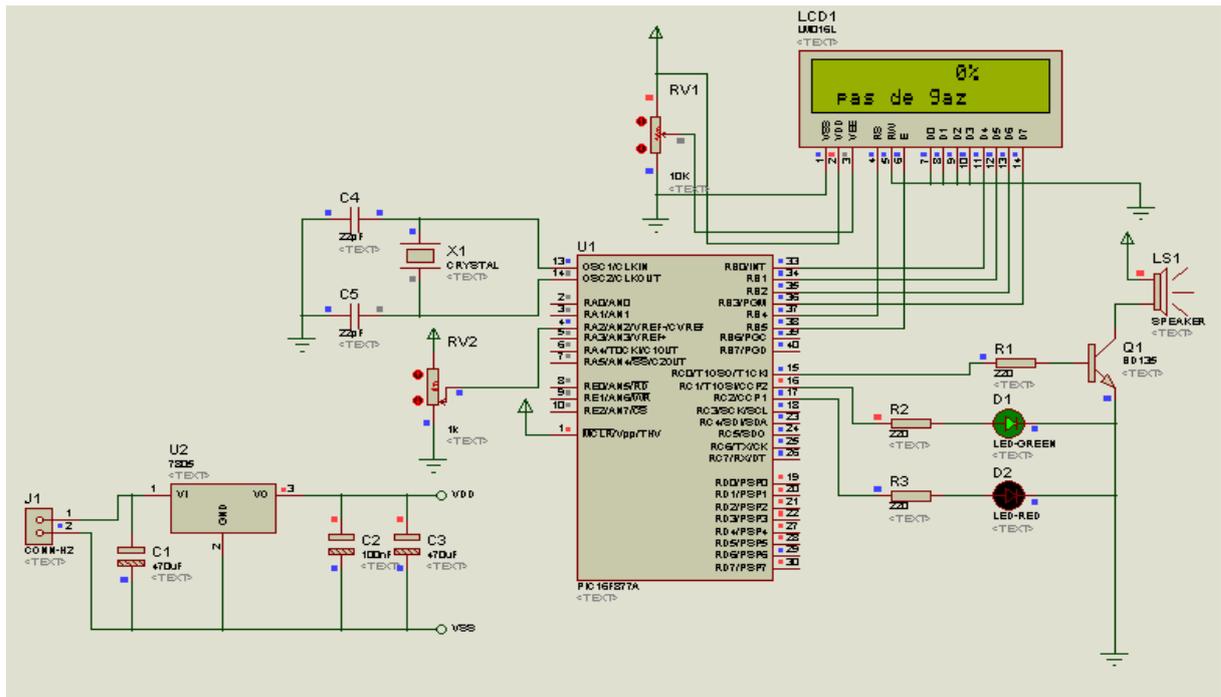


Figure 2.3 – Schéma électrique du détecteur de gaz à réaliser

**Ajouter ici le schéma ARES**

Figure 2.4 – Schéma ARES du détecteur de gaz à réaliser

**Ajouter ici le schéma 3D**

Figure 2.5 – Schéma 3D du détecteur de gaz à réaliser

### ✓ Carte d'alimentation

Nous avons simulé une carte d'alimentation (voir Figure 2.6 suivante) à une seule tension de sortie 5V. Cette alimentation est nécessaire pour alimenter les composants de la carte de commande à savoir : le PIC 16F877A, le capteur de gaz MQ-135, l'afficheur LCD 16×2 et le buzzer. Le condensateur placé avant le régulateur, pour la protection contre les surchauffes, et ceux placés après, sont des capacités de filtrage pour maintenir la tension stable.

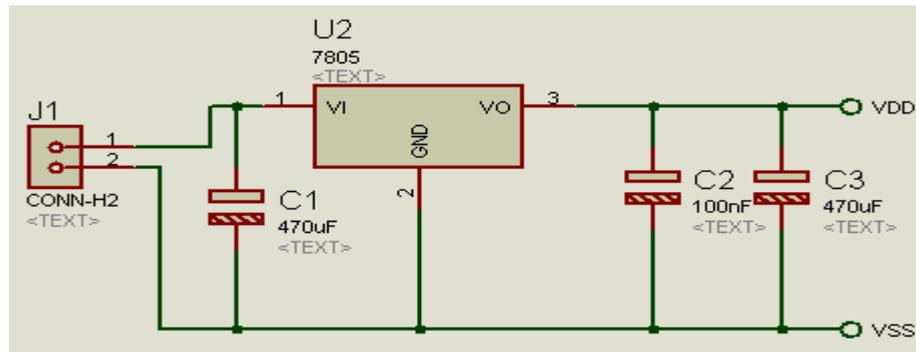


Figure 2.6 - Circuit d'alimentation

### ✓ Capteur de gaz MQ135

Le capteur de gaz MQ135 est alimenté par 5V sur la broche V<sub>DD</sub> et la broche GND est branchée à la masse. Il est également connecté au PIC 16F877A comme montré sur la figure suivante. Ce capteur possède deux types de sortie analogique (Aout) et numérique (Dout) qui peuvent être branchées respectivement avec les entrées analogiques (RA0 à RA) et numériques (RD0 à RD5) du microcontrôleur. Si, on souhaite par exemple utiliser en pratique l'information analogique, alors la sortie analogique du MQ135 doit être branchée avec l'une des entrées analogiques du microcontrôleur (et ne doit pas être connectée avec une des entrées numériques de PIC).

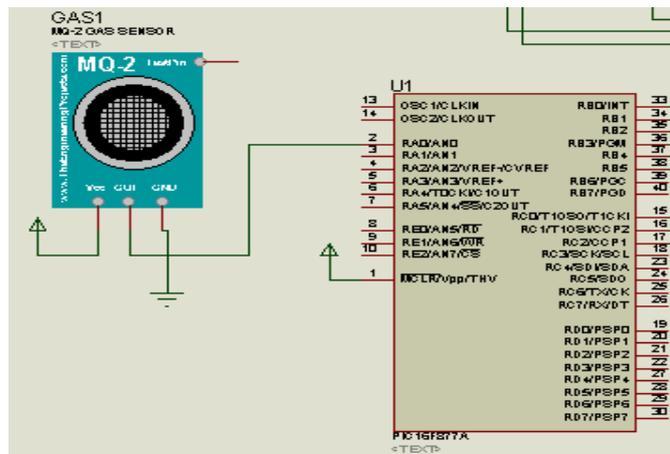


Figure 2.7 - Schéma de câblage d'un détecteur de gaz avec PIC

### ✓ Horloge

Nous avons choisi un quartz pour cadencer tous les échanges internes ou externes au microcontrôleur. Le quartz est connecté aux broches (OSC1 et OSC2) du PIC, sa fréquence est de 8MHZ ou lieu de 20MHZ qui est la fréquence maximum supportée par le PIC16F877A, tant que le système est lent pour répondre. Il est conseillé de relier le quartz avec deux condensateurs, 22pF chacun, pour stabiliser la fréquence.

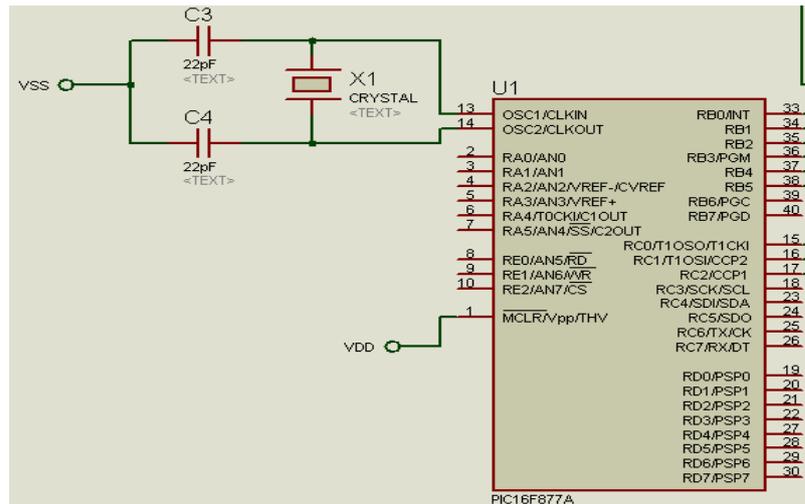


Figure 2.8 - Schéma de câblage d'une horloge avec PIC

### ✓ Afficheur LCD

Le principe de fonctionnement de l'afficheur est simple, les broches (D4 à D7) de l'afficheur sont connectées au port B du PIC (RB0 à RB3), en transmettant les données sur quatre bits. Les deux broches RB4 et RB5 du port B sont liées respectivement avec les broches RS et E de l'afficheur LCD. Il faudra mettre les quatre autres broches (D0 à D3) et la broche R/W à la masse.

L'afficheur LCD utilise 6 à 10 broches de données (D0 à D7) ou (D4 à D7) + RS + E) et deux alimentations (+5V et masse). La plupart des écrans possèdent aussi une entrée analogique pour régler le contraste des caractères à l'aide d'un potentiomètre de 10 kΩ.

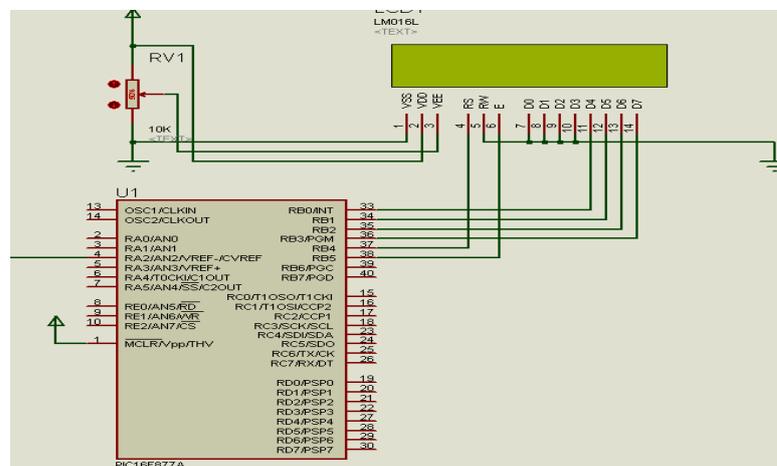


Figure 2.9 - Schéma de câblage d'un LCD 16x2 avec PIC

### ✓ LEDs

Les diodes de type LED sont utilisées dans le seul but d'une alerte visuelle. Une LED verte s'allume lorsque les gaz dangereux ne sont pas détectés dans l'atmosphère. Tandis qu'elle s'éteint lorsqu'un ou plusieurs gaz nocifs soient détectés. Dans ce cas, une autre LED rouge s'allume pour signaler la situation dangereuse.

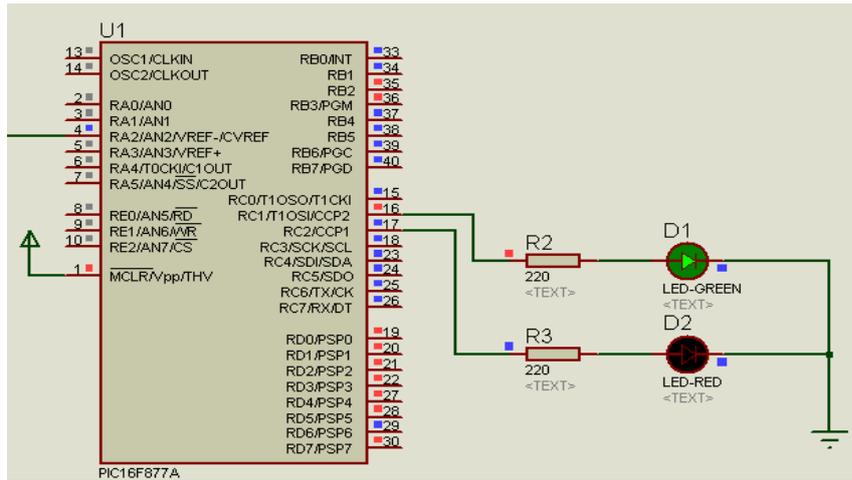


Figure 2.10 - Schéma de câblage des LEDs avec PIC

### ✓ Buzzer

Le buzzer est branché au microcontrôleur (voir figure suivante) et lui faire retentir une sirène d'alarme en cas de présence de gaz dangereux dans l'environnement entourant le détecteur de gaz.

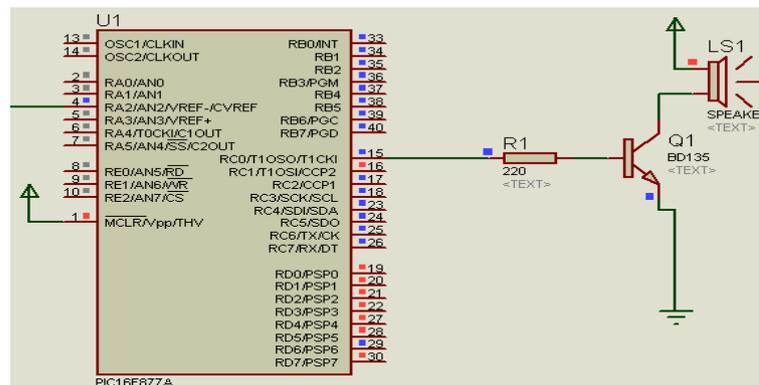


Figure 2.11 - Schéma de câblage du buzzer avec PIC

### 2.3.3. Codage et compilation

Maintenant que nous avons notre montage, on peut entamer la partie programmation (codage) et compilation. L'objectif de code qu'on veut générer est :

1. Lecture de la tension sur la broche RD0,
2. Convertir la valeur mesurée en un pourcentage (pour faire le test et pour l'affichage),
3. Envoyer cette valeur vers un afficheur LCD (pour l'affichage),
4. Recommencer au point 1.

Voici une version complète et détaillée du code, en langage C, correspondant au montage qu'on a réalisé dans le cadre de notre mini-projet de fin d'étude. L'interfaçage et la configuration du capteur de gaz MQ135, l'afficheur LCD, le buzzer et les LED ont été également effectués dans le code développé. Ce code est illustré avec des commentaires pour faciliter la compréhension des différentes étapes suivies.

```

// Lcd pinout settings
Sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D5 at RB1_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;

// Pin direction
sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit; // Les connections des broches de LCD avec
les broches de PIC
void main() {
    unsigned int result;
    float volt, temp;
    Lcd_Init();
    TRISA = 0xFF;           // PORTA est entrée
    TRISC = 0;             // PORTC est sortie
    TRISB = 0;            // PORTB est sortie
    TRISD = 0;           // PORTD est sortie
    adcon1=0x80;
    do {
        float gaz;
        int Volt;
        char dach[12];
        int pgaz;
        gaz = ADC_Read(2); // Get 10-bit results of AD conversion
        pgaz=(gaz*100)/1023; //La relation qui calcul le pourcentage de gaz
        intToStr(pgaz, dach);
        dach[6]='%';
        Lcd_Out(1,6,dach); // écrire le pourcentage de gaz à la ligne 1 et la
Colonne 6
        if(pgaz<30){ // est un boucle qui le pourcentage de gaz
supérieure à 30%
            PORTC.RC0 = 0; // RC0 est entrée
            PORTC.RC1 =1; // RC1 est sortie
            PORTC.RC2 =0; // RC0 est entrée
            Lcd_Out(2,1," pas de gaz" ); // écrire le texte à la ligne 2 et la
Colonne 1 sur LCD si le pourcentage de gaz est supérieure à 30%
        }
        if( pgaz >=30){ // est un boucle qui le pourcentage de gaz
inférieur à 30%
            PORTC.RC1 =0; // RC1 est entrée
            PORTC.RC2 =1; // RC2 est sortie
            PORTC.RC0 = 1; // RC0 est sortie
            Lcd_Out (2,1," Alert danger gaz"); // écrire le texte à la ligne 2
et la Colonne 1 sur LCD si le pourcentage de gaz est inférieur à 30%
            Sound_Init (&PORTC, 0);
            Sound_Play(500, 1000); // Play sound at 500Hz for 1
second
        }
        Lcd_Cmd( _LCD_CURSOR_OFF);
    }while(1);
}

```

Le capteur de gaz est conçu pour interagir avec un microcontrôleur, surveille en permanence la fuite de gaz dans l'air et envoie une information au microcontrôleur. Lorsque la concentration de gaz dépasse le seuil toléré, le microcontrôleur alerte automatiquement le

l'utilisateur sur la présence des fuites en allumant la LED rouge (alarme visuelle) et activant le Buzzer (alarme sonore), et en affichant sur LCD le message d'alerte suivant : 'Alerte danger gaz', plus la visualisation du pourcentage de concentration de gaz sur le même afficheur.

### 2.3.4. Principe du fonctionnement du détecteur de gaz

Le détecteur de gaz, qu'on va réaliser dans ce travail, se compose de trois parties principales : une carte de commande basée sur le PIC 16F877A, un circuit de mesure et de détection de gaz basé sur le capteur MQ135 et un circuit d'alarme et d'avertissement englobant un module d'activation alarme et un module d'affichage sur LCD. Le schéma fonctionnel du système de détection proposé est illustré sur la Figure 2.12 ci-après.

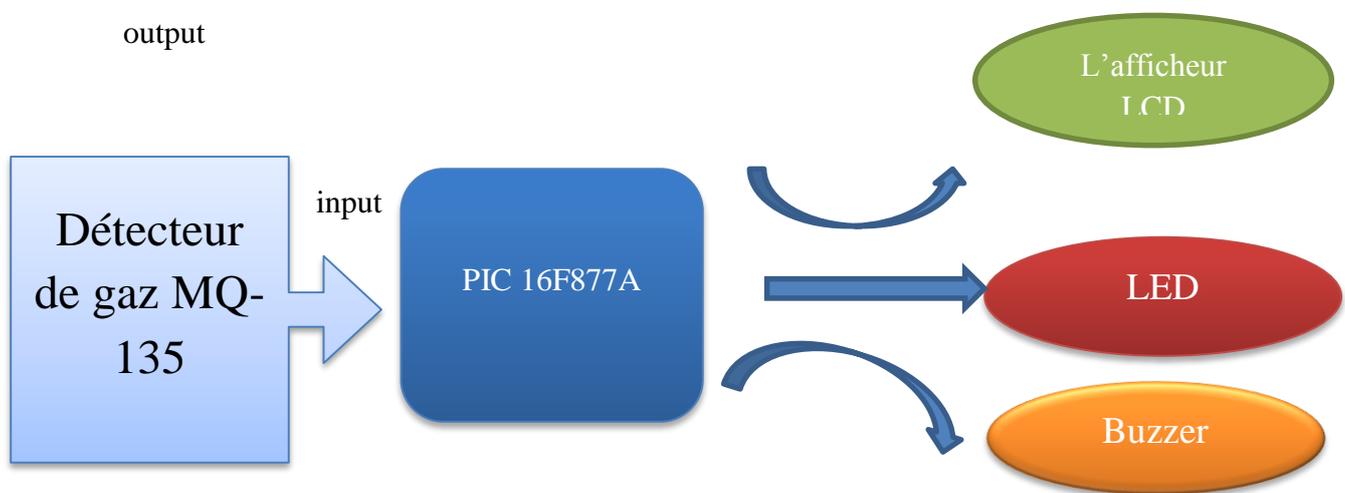


Figure 2.12 - Schéma synoptique du détecteur de gaz proposé

Avant de lancer la simulation, on doit charger le fichier .Hex au microcontrôleur. Pour procéder, on double-clique sur le PIC dans le circuit électronique effectué sur Proteus, et une fenêtre de dialogue apparaît. Cette fenêtre nous permet de chercher le fichier d'extension \*.Hex généré par MikroC PRO (comme expliqué précédemment dans le paragraphe 2.3.1). Il est également possible d'ajuster la fréquence d'oscillation sur la même fenêtre. Par défaut, cette valeur est de 8MHz.

## **Chapitre 3 : Réalisation pratique et résultats**

### **3.1. Introduction**

Dans ce dernier chapitre, on va exposer les différentes étapes de la réalisation pratique de notre détecteur de gaz. Chaque étape est illustrée par des photos réelles du montage réalisé sur plaque d'essai et celui soudé sur une carte imprimé. A la fin de ce chapitre, on présente les résultats des tests effectués pour valider le fonctionnement correct de notre détecteur de gaz.

### **3.2. Etalonnage du capteur MQ135**

Parmi les phases les plus importantes dans le développement de l'application, la phase d'étalonnage (calibrage) du capteur MQ135, le meilleur temps de préchauffage du capteur est supérieur à 24 heures.

### **3.4. Typon réalisé du détecteur de gaz**

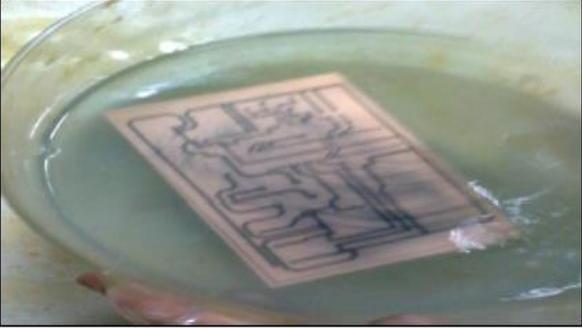
Le typon du détecteur de gaz proposé a été élaboré sur ARES et est montré sur la figure suivante :

## Ajouter la figure ici !

**Figure 3.1** – Typon du détecteur de gaz proposé

### 3.5. Etapes de réalisations de circuit imprimé

Les montages électroniques se réalisent toujours sur un circuit imprimé, c'est-à-dire un support isolant sur lequel des pistes de cuivre réalisent la quasi-totalité des connexions entre les composants qu'il supporte. Le matériau utilisé est presque toujours du verre époxy c'est-à-dire un isolant à base de fibres de verre compressées et imprégnées de résine époxy.

N°	Opérations	Commentaires	Schémas et Outillage
1	<b>Retirer l'adhésif</b>	(autocollant en plastique) qui protège la couche photosensible des rayons UV.	
2	<b>Insolation</b>	Cette phase consiste à placer l'ensemble (typon + plaque) dans une isoles et les exposent aux rayons UV pendant (120-180 sec).	
3	<b>Révélation</b>	Elle consiste à tremper dans un bac qui contient un révélateur (NAOH) pendant quelque secondes (3 sec à 5 sec ) ,a fin de découche les zones de la résine qui ont été détenues pendant la phase d'insolation par l'UV.	

<b>4</b>	<b>Gravure</b>	<p>Cette phase consiste à plonger dans un bac qui contient un acide (perchlorure de fer) pour éliminer le cuivre des zones qui ne sont pas protégés par la résine pendant (15-20 mm).</p> <p>Cette réaction chimique peut être accélérée en chauffant de bac.</p> <p>Retirer la plaque et rincer la avec de l'eau chaude pour arrêter la réaction de l'acide nettoyer la plaque par un chiffon mouille d'alcool pour élimine le reste de la résine.</p>	
----------	----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

### 3.6. Circuit imprimé

**Ajouter la figure ici !**

**Figure 3.2** – Circuit imprimé du détecteur de gaz proposé

### 3.7. Réalisation pratique du détecteur de gaz

## **Conclusion**

L'utilisation du gaz comme source d'énergie est essentielle dans notre vie. Cependant, il y a des risques pour cette utilisation sur la vie humaine en cas de fuites des gaz nocifs, en particulier le monoxyde de carbone (CO) qui reste la première cause d'accidents domestiques mortel en Algérie.

Dans ce contexte, nous avons réalisé un système pour la détection et la mesure de concentration de gaz toxiques (CO, méthane, par exemple). L'utilisation de ce système, de prévention et d'alarme, est donc très importante dans les endroits domestiques et les environnements industriels, puisqu'il peut contribuer à sauver la vie humaine et conserver les biens.

Ce projet nous a permis de faire le lien entre l'étude théorique du montage électronique du détecteur et sa réalisation pratique avec un aspect pluridisciplinaire qui englobe l'électronique et l'informatique industrielle.

Les résultats achevés montrent l'efficacité du système dans la détection et l'alerte, en temps réel, de la présence d'un des gaz dangereux, et son extensibilité à d'autres types de gaz.

Comme perspectives, nous envisagerons d'améliorer les performances de l'application réalisée en introduisant, des appareils de calibrage plus sophistiqués, tout en réduisant le coût dans le but d'avoir un produit *low cost* commercialisable.

## **Références**

## Résumé

Dans ce travail nous avons réalisé un système de détection de gaz dangereux à base du PIC 16F877A en utilisant le capteur de gaz MQ135 qui représente le noyau de ce système. Ce détecteur est développé pour prévenir les accidents d'asphyxie causé par les gaz nocifs qui sont souvent indétectables par l'être humain. Lorsque le système détecte que la concentration de gaz dépasse un certain seuil, il avertit immédiatement l'utilisateur en activant une alarme sonore. Le détecteur réalisé permet non seulement aux utilisateurs d'être alertés lorsque la concentration de gaz atteint un niveau dangereux, mais également de donner une information sur le taux de concentration de gaz dans l'atmosphère qui s'affiche sur l'écran LCD du système.

**Mots clés :** Système d'alerte, détecteur de gaz, schéma électrique, capteur de gaz MQ135.

## ملخص

في هذا المشروع قمنا بتطوير وإنشاء جهاز الكشف عن الغازات الخطيرة بالاعتماد على المتحكم PIC16F877A، مستعملين مستشعر الغازات المعروف MQ135 الذي يمثل النواة الأساسية لنظام الكشف المطور. قمنا بتصنيع هذا الجهاز خصيصا لمنع وقوع حوادث الاختناق، أو على الأقل التقليل منها، والتي تحدث بسبب تسرب الغازات السامة والمحروقة التي لا يمكن استكشافها من طرف الإنسان عن طريق حاسة الشم. عندما يكشف النظام أن تركيز الغازات السامة في الهواء قد تجاوز عتبة معينة يتم إعلام المستخدم عن طريق إطلاق تحذيرات وإنذارات وذلك بتشغيل ناقوس الخطر الذي يشمل صمام ضوئي وحرس إنذار. كما يمتلك الجهاز القدرة على عرض نسبة الغازات السامة المنتشرة في الهواء على شاشة من نوع LCD.

## Abstract

In this project, we developed a gas detection system based on PIC 16F877A using MQ135 gas sensor, which represents the core of this system. This detector is developed to prevent asphyxiation accidents caused by harmful gases that are often undetectable by humans. When the system detects that the gas concentration exceeds a certain threshold, it immediately warns the user by activating an audible alarm. Our detector enables users not only be alarmed when the harmful gases reach a dangerous level but also to be aware of the gas concentration level which will be displayed on the system's LCD.

