

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen  
Faculté de TECHNOLOGIE  
Département de Génie Electrique et Electronique



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Pour l'obtention du diplôme de **MASTER en Electronique**

Spécialité : **Instrumentation électronique**

Présenté par : M<sup>lle</sup> **RIAHI Ilham**

**Etude, simulation et réalisation**

**De mini-générateurs BF et d'un mini-voltmètre AC-DC piloté  
par une carte Arduino Uno R3**

**Soutenu en Juin 2017, devant le jury composé de :**

Mr LACHACHI Djamal	MAA à l'Université de Tlemcen	Président
Dr MOULAI KHATIR Nassim	MCB à l'Université de Tlemcen	Examineur
Dr BENABDALLAH Nadia	MCA à l'ESSA-Tlemcen	Encadreur
Dr BENAHMED Nasreddine	Prof à l'Université de Tlemcen	Co-Encadreur

**Année Universitaire : 2016 /2017**

# Remerciements

Ce modeste travail a été effectué au laboratoire d'électronique de la Faculté de Technologie de l'Université de Tlemcen.

Je remercie tout d'abord mes chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes cursus scolaire et universitaire jusqu'à la réalisation de mon mémoire.

J'adresse mes vifs remerciements à mes encadreurs Mme BENABDALLAH Nadia et Mr BENAHMED Nasreddine pour leurs qualités scientifiques qui ont été très précieuses pour mener à bien mon modeste travail.

J'exprime mes sincères remerciements à Mr LACHACHI Djamel pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de soutenance.

Je remercie également Mr MOULAI KHATIR Nassim pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de l'examiner.

Enfin je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Notions sur les oscillateurs</b> .....	2
I.1 Généralités [1] : .....	3
I.2 Définition de l'oscillation : .....	3
I.3 Principaux type d'oscillateurs [2] : .....	4
I.3.2 Oscillateurs à réseau déphaseurs : .....	5
I.3.3 Oscillateurs LC à réaction : .....	5
I.4 Oscillateur à pont de Wien [3, 4] : .....	7
I.4.1 Fonction de transfert : .....	8
I.4.2 Fréquence d'oscillation $f_0$ : .....	8
I.4.3 Constatations : .....	9
I.4.4 Condition de phase et condition d'amplitude et d'entretien : .....	9
I.4.5 Remarques .....	10
I.5 Oscillateur contrôlé par tension : [5] .....	11
I.6 Conclusion : .....	12
Référence : .....	12
<b>Chapitre II : Le VCO : Oscillateur contrôlé en tension</b> .....	13
II.1 Boucle de verrouillage de phase (PLL) [1] : .....	14
II.2 Définition FM [2] : .....	15
II.3 Types d'oscillateur VCO : .....	16
II.3.1 VCO linéaire [2] .....	16
II.3.2 VCO idéal : .....	16
II.4 Présentation du circuit intégré XR2206 [3] : .....	16
II. 4.1 Caractéristiques électriques : .....	17
II.4.2 Composition du XR2206 : .....	19
II.5 Oscillateur commandé par tension utilisant le CI LM566 [4] : .....	19
Conclusion : .....	20
Référence : .....	20
<b>Chapitre III : Carte Arduino</b> .....	21
III.1 Introduction : .....	22
III.2 Historique [1] : .....	22
III.3 Définition : .....	22

III.4 But :	23
III.5 Utilisation [2] :	23
III.6 Composition :	23
III.7 Choix et description de la carte Arduino [3] :	23
III.7.1 Choix	23
III.7.2 Description de la carte	24
III.8 Le langage [3] :	25
III.9 Types des cartes [4] :	26
III.10 Logiciel Arduino [8] :	30
III.11 Conclusion :	30
Reference:	30
<b>Chapitre IV : Mini-GBF et mini-Voltmètre AC-DC</b>	<b>31</b>
IV.1 Mini-générateur basses fréquences :	32
IV.1.1 Mini-générateur basses fréquences à base d'AOP TL084 :	32
IV.1.1.1 Schéma du circuit électrique :	32
IV.1.1.2 Schéma du circuit imprimé :	33
IV.1.2 Mini-générateur basses fréquences à base de VCO-XR2206 :	35
IV.2 Mini-voltmètre AC-DC :	37
IV.2.1 Schéma du circuit électrique :	37
IV.2.2 Montage :	37
IV.2.3 Tests pratiques :	38
IV.2.4 Code Arduino pour affichage sur téléviseur LCD :	39
IV.3 Conclusion	40
<b>Conclusion générale</b>	<b>41</b>

# Introduction générale

Le développement de l'industrie électronique connaît depuis des années une course de plus en plus rapide est spécialement vers la miniaturisation mais sans laissée les origines. En effet la demande d'appareils de petites dimensions a mené les conducteurs à faire plus d'efforts pour répondre aux exigences du marché. C'est dans ce cadre que se situent les travaux présentés dans ce mémoire de fin d'études consacrés à réalisation d'un mini-générateur basse fréquence et d'un mini-voltmètre AC-DC.

Notre mémoire est composé de quatre chapitres. Au début, une étude présente les différents types d'oscillateurs et leurs conditions de fonctionnement.

Le deuxième chapitre s'intéresse précisément à l'étude d'oscillateurs contrôlés en tension dits VCO.

Le troisième chapitre présente la carte Arduino qui pilote notre mini-voltmètre AC-DC.

Enfin nous avons présenté dans le dernier chapitre nos résultats concernant l'étude et la réalisation d'une part deux types de mini-générateurs basses fréquences : à base d'amplificateur opérationnel et à base de VCO et d'autre part d'un mini-voltmètre AC-DC piloté par une carte Arduino Uno R3.

# Chapitre I : Notions sur les oscillateurs

### I.1 Généralités [1] :

Un oscillateur peut être défini comme un dispositif qui permet de générer une tension de sortie alternative périodique.

La forme de l'onde fournie peut être sinusoïdale ; rectangulaire ; les oscillateurs sont capables de délivrer des tensions sur des gammes de fréquences très étendues qui peuvent aller de quelque dizaine de hertz jusqu'à quelques méga hertz.

Un oscillateur est un appareil susceptible de génère un signal sans qu'il y ait une source externe.

On peut classée les oscillateurs suivant les signaux délivrée, à cet effet on distingue :

- **Les oscillateurs quasi harmoniques :**

Ces oscillateurs délivrent des signaux plus ou moins pure c'est-à-dire le fondamental plus les harmonique. Si le signal n'est pas parfait alors on parle de distorsion dans ce cas il faut étudier le taux de distorsion. Ce type d'oscillateur sont les oscillateurs généraux comme les oscillateurs a relaxation (carré ; rectangulaire ...).

- **Les oscillateurs harmoniques :**

Il existe deux classes :

- Oscillateurs à réaction constitués d'une chaîne directe et d'une chaîne de réaction.
- Oscillateurs à résistance négative comportant les montages à composant actifs (diode tunnel, transistor uni jonction etc.)

### I.2 Définition de l'oscillation :

L'oscillation est un phénomène du signal électrique qui varie périodiquement avec une période T. Son unité est soit en micro seconde ou milliseconde ou seconde.

$$F = \frac{1}{T} \quad (\text{Hz})$$

Les caractéristiques d'un oscillateur sont :

En électronique linéaire : la condition d'oscillation et la fréquence des oscillations.

En électronique non linéaire : la forme d'oscillation (carré ; rectangulaire ;...).

#### **Principe :**

L'oscillateur c'est un dispositif donne une tension alternative sans lui appliquer un signal à l'entrée. Le schéma pour tous les oscillateurs se constitue de deux chaines une pour amplificateur «A » et autre pour contre réaction « B » sous forme d'une boucle fermé

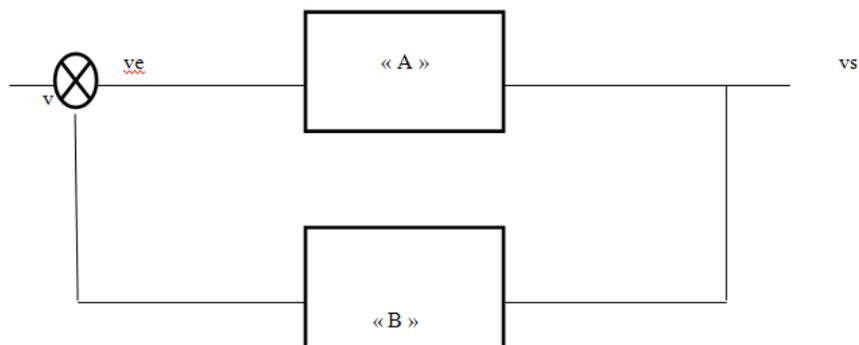


Figure I. 1: Schéma synoptique d'un oscillateur.

Sa fonction de transfert est :  $H(p) = \frac{A(p)}{1 - A(p)B(p)}$

Où :

Le bloc « A » est un amplificateur : chaîne directe qui amplifie le signal d'entrée  $v_e$  pour obtenir le signal  $v_s$ , c'est à dire  $v_s = A v_e$

Et pour réaliser un oscillateur il faut vérifier la condition de BERKHAUSEN avec :

$$\{ |A(p)| \cdot |B(p)| = 1$$

$$\{ \text{Arg}(A(p)) + \text{Arg}(B(p)) = 2n\pi$$

Si  $|A| \cdot |B| \geq 1$  on obtient une sinusoïde pure

Si  $|A| \cdot |B| < 1$  il n'y a pas d'oscillation

### I.3 Principaux type d'oscillateurs [2] :

#### I.3.1 Oscillateurs à résistance négative :

Ce type d'oscillation constitue l'étage de contre réaction.

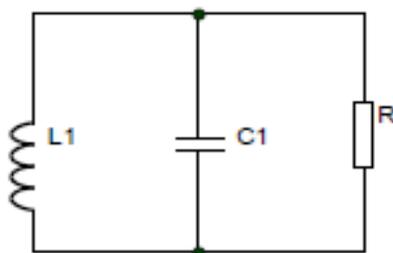


Figure I. 2: Oscillateur à résistance négative.

On pose  $R = g_0$  et le courant qui passe dans le circuit ( $i$ )

Donc

$$\frac{1}{L} \int v dt + c \frac{dv}{dt} + i = 0$$
$$\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{1}{c} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} v = 0$$

Posons :  $C \frac{d^2v}{dt^2} + \frac{1}{c} g(v) \frac{dv}{dt} + \frac{1}{Lc} v = 0$

Donc :

Si  $g(v)$  égale à 0 on a un système à structure instable

Si  $g(v)$  est une constante négative on a un circuit RLC susceptible de produire des oscillations amorties.

### I.3.2 Oscillateurs à réseau déphaseurs :

Un oscillateur à réseau déphaseur est constitué de deux étages : un amplificateur de gain  $G_{i1}$  et un autre circuit déphaseur  $G_{i2}$ .

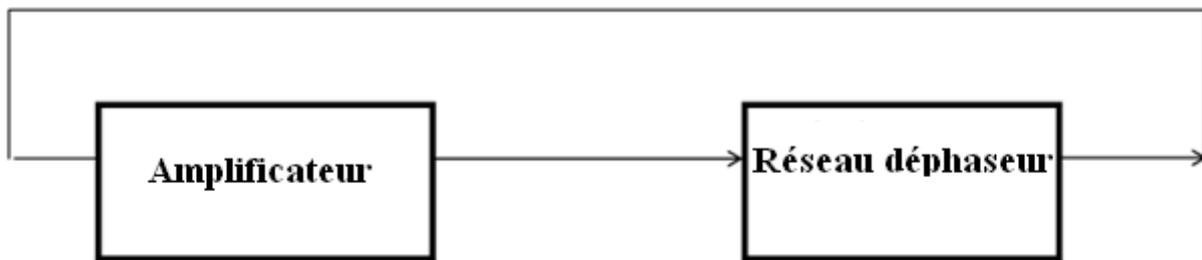


Figure I. 3: Oscillateur à réseau déphaseurs.

- les oscillateurs de circuit déphaseur sont utilisés aux basses fréquences.
- si le montage amplificateur déphase le signal de  $\pi$  ; il faut donc que le circuit de réaction introduit un nouveau déphasage pour qu'il y ait compensation.

La chaîne de réaction constituée de trois cellules RC pour qu'elle nous donne le déphasage entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$ . La fréquence d'oscillation est :  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$  avec un déphasage de  $180^\circ$  obtenue due au réseau RC.

### I.3.3 Oscillateurs LC à réaction :

Ce type d'oscillateur contient des éléments actifs avec un réseau de contre réaction formé uniquement de condensateurs et d'inductances.

### Oscillateur de Colpitts

On étudie d'abord le circuit de résonateur LC parfait hors équilibre donc : Le condensateur se décharge et introduit un courant ( $i$ ) ; l'énergie électrostatique du condensateur est convertie en énergie magnétique dans l'inductance.

Le courant s'inverse une fois l'inductance et chargée magnétiquement et le condensateur se

décharge. La pulsation d'oscillation est de :  $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

Si  $Z_1$  et  $Z_2$  sont des capacités et  $Z_3$  est une inductance on obtient un oscillateur nommé oscillateur Colpitts

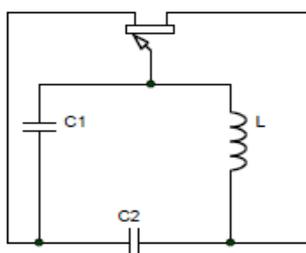


Figure I. 4: Schéma de principe d'un oscillateur Colpitts.

### Oscillateur Hartley :

Si  $Z_1$  et  $Z_2$  sont des inductances et  $Z_3$  une capacité donc on obtient un oscillateur nommé Hartley.

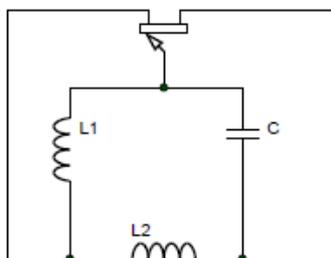


Figure I. 5: Schéma de principe d'un oscillateur Hartley.

### Oscillateur clapp :

Une légère modification de l'oscillateur Colpitts nous conduit à un oscillateur nommé oscillateur Clapp d'où  $Z_1$  et  $Z_2$  sont des capacités et  $Z_3$  est un circuit accordé LC en série. La

fréquence d'oscillation de l'oscillateur de Clapp est :  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$

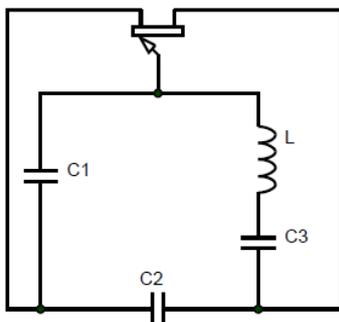


Figure I. 6: Schéma de principe d'un oscillateur Clapp.

Oscillateur à quartz

Le quartz est un matériel piézoélectrique. La fréquence de résonance ou d'oscillation du quartz varie entre quelques centaines de kilohertz et plusieurs dizaines de mégahertz. Elle dépend des dimensions, mais par rapport à un cristal donné elle est fixe et très stable dans le temps.

Il existe plusieurs facteurs qui jouent sur la stabilité d'un quartz les plus importants sont : la température, le taux d'excitation, les contraintes mécaniques et le vieillissement.

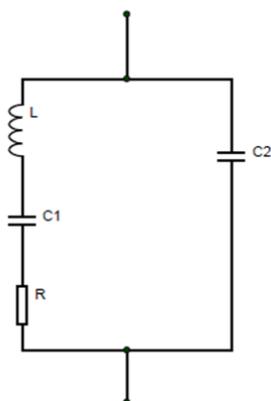


Figure I. 7: Schéma équivalent du quartz.

**I.4 Oscillateur à pont de Wien [3, 4] :**

Le circuit de réaction de l'oscillateur à pont de Wien est le suivant :

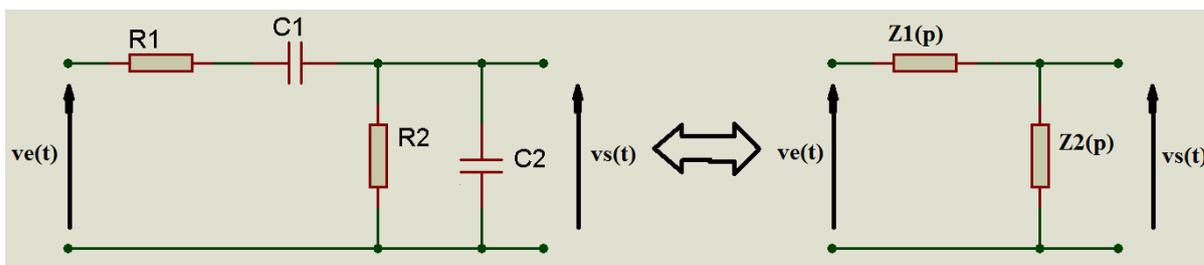


Figure I. 8: Filtre de Wien (Filtre passe bande).

**I.4.1 Fonction de transfert :**

Soit

$$Z_1(p) = R_1 + \frac{1}{C_1 p} \text{ et } Z_2(p) = R_2 // \frac{1}{C_2 p} = \frac{R_2}{1 + R_2 C_2 p}$$

On pose

$$B(p) = \frac{V_s(p)}{V_e(p)} = \frac{Z_2(p)I(p)}{[Z_1(p) + Z_2(p)]I(p)} = \frac{Z_2(p)}{Z_1(p) + Z_2(p)}$$

Donc :

$$\begin{aligned} B(p) &= \frac{\frac{R_2}{1 + R_2 C_2 p}}{R_1 + \frac{1}{C_1 p} + \frac{R_2}{1 + R_2 C_2 p}} = \frac{\frac{R_2}{1 + R_2 C_2 p}}{\frac{R_1 C_1 p (1 + R_2 C_2 p) + (1 + R_2 C_2 p) + R_2 C_1 p}{C_1 p (1 + R_2 C_2 p)}} \\ &= \frac{R_2 C_1 p}{1 + R_1 C_1 p + R_2 C_2 p + R_1 C_1 R_2 C_2 p^2 + R_2 C_1 p} \\ &= \frac{R_2 C_1 p}{R_1 C_1 R_2 C_2 p^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_2 C_1) p + 1} \\ &= \frac{V_s(p)}{V_e(p)} \end{aligned}$$

**I.4.2 Fréquence d'oscillation  $f_0$  :**

$$1 + R_1 C_1 R_2 C_2 p^2 = 0 \Leftrightarrow 1 - R_1 C_1 R_2 C_2 \omega_0^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

$$\Leftrightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

A la fréquence d'oscillation :

$$B(p)|_{\omega_0} = \frac{R_2 C_1}{R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_2 C_1} = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}} \Rightarrow \arg [B(p)]|_{\omega_0} = 0$$

Cas particulier :

Si  $R_1=R_2=R$  et  $C_1=C_2=C$ , alors  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$  et  $B(p)|_{\omega_0} = \frac{1}{3}$  donc  $|B(p)|_{\omega_0} = \frac{1}{3}$

### I.4.3 Constatations :

Nous constatons qu'à la fréquence  $f_0$ , le déphasage introduit par la chaîne de réaction est nul ( $\arg [B(j\omega_0)]=0$ ) et que son gain (ici atténuation) est égal à  $1/3$ .

Or pour réaliser un oscillateur il faut vérifier les deux conditions d'oscillation de BERKHAUSEN :

### I.4.4 Condition de phase et condition d'amplitude et d'entretien :

Condition de phase :

$\arg[K(j\omega_0)] + \arg[B(j\omega_0)] = 0 + 2n\pi$  ( $n \in \mathbb{Z}$ )  $\Rightarrow \arg[K(j\omega_0)] = 0$  car  $\arg[B(j\omega_0)] = 0 \Rightarrow$  l'amplificateur de la chaîne directe de l'oscillateur ne doit introduire aucun déphasage  $\rightarrow$  utilisation d'un montage amplificateur Base commune, deux montages Emetteur commun en cascade, amplificateur (AOP) non inverseur,...

### Exemple de schéma électrique (Figure I.9) :

Condition d'amplitude et d'entretien :

$$|K(j\omega)|_{\omega_0} |B(j\omega)|_{\omega_0} \geq 1 \Rightarrow |K(j\omega)|_{\omega_0} \geq \frac{1}{|B(j\omega)|_{\omega_0}} \Rightarrow |K(j\omega)|_{\omega_0} \geq \left(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}\right)$$

Donc pour qu'il y est des oscillations, il faut que le gain en tension de l'amplificateur de la chaîne directe soit supérieur ou égal à  $1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$ . Si  $R_1=R_2$  et  $C_1=C_2$ , alors il faut que

$$|K(j\omega_0)| \geq 3$$

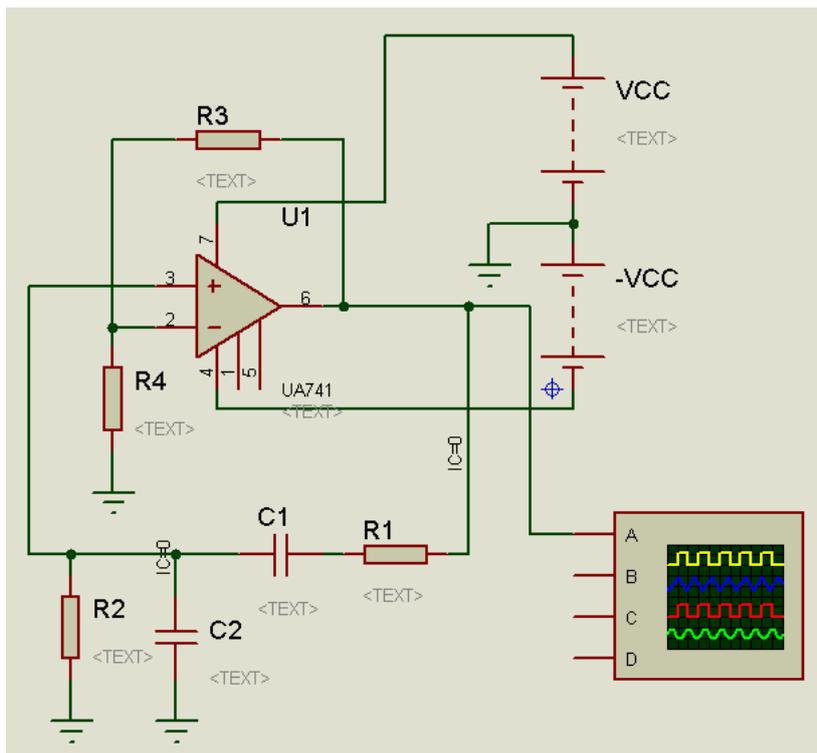


Figure I. 9: Oscillateur à pont de Wien à amplificateur non inverseur.

Théoriquement, le gain en tension de l'amplificateur non inverseur est :

$$A_v = 1 + \frac{R_3}{R_4} = |K(j\omega_0)|$$

$$A_v = |K(j\omega_0)| \geq 3 \Leftrightarrow \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \geq 3 \Rightarrow R_3 \geq 2R_4$$

Exemple :  $R_3 = 4.7K\Omega$  et  $R_4 = 2.2K\Omega$

#### I.4.5 Remarques

- Le nom de l'oscillateur est tiré de celui du circuit qui constitue la chaîne de retour.
- La sortie de l'oscillateur c'est la sortie de l'amplificateur formant la chaîne directe.
- Les valeurs des composants des résistances sont choisies de telle façon que la condition d'amplitude et d'entretien soit vérifiée.

$$\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \geq 3 \Rightarrow R_3 \geq 2R_4 \text{ (Si } R_1 = R_2 = R \text{ et } C_1 = C_2 = C)$$

- L'alimentation continue alimentant l'amplificateur c'est elle qui va fixer l'amplitude crête à crête du signal de sortie.
- La fréquence du signal c'est la fréquence d'oscillation  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ . Elle est fixée par les valeurs des composants de la chaîne de retour (ici R et C ou  $R_1, R_2, C_1$  et  $C_2$  du cas général).

**Exemples** : Pour  $R=1,6K\Omega$  et  $C=100nF$ ,  $f_0=1KHz$  et pour  $R=1,6K\Omega$  et  $C=10nF$ ,  $f_0=10KHz$ .

### I.5 Oscillateur contrôlé par tension : [5]

L'oscillateur commandé en tension est un oscillateur électronique dont la fréquence est contrôlée par une tension d'entrée c'est donc un convertisseur tension-fréquence. Nous citons l'oscillateur à varicap :

Pour varier la fréquence d'oscillation nous utilisons une capacité commandée par une tension : varicap (Figure I.10).

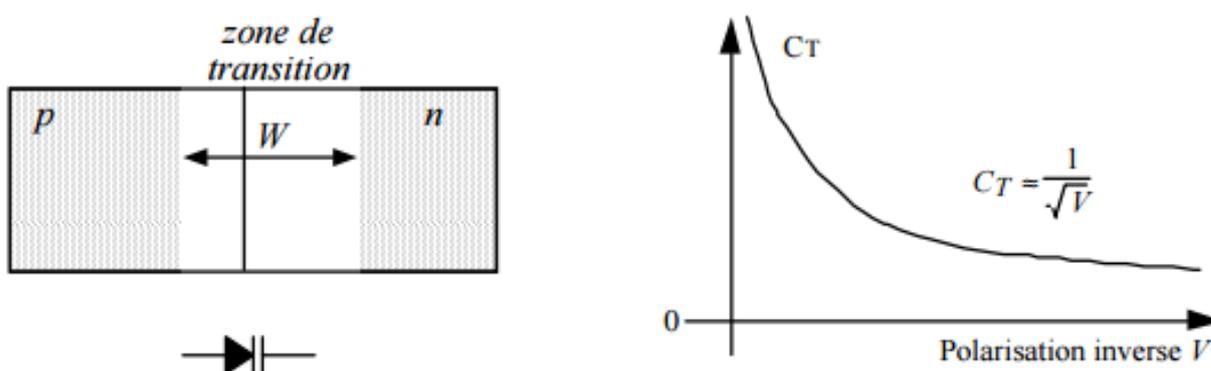


Figure I. 10: Capacité de transition d'une jonction PN.

### I.6 Conclusion :

Dans toutes les applications de l'électronique on utilise le dispositif qui nous gère le signal périodique à une fréquence précise et chaque type à son rôle bien définie. Dans le chapitre suivant nous nous intéressons à l'oscillateur contrôlé par une tension.

### Référence :

- [1] [www.ta-formation.com/acrobat-modules/pll](http://www.ta-formation.com/acrobat-modules/pll)
- [2] <https://www.dolphin-integration.com/medal/smash/notes/oscillateurs>
- [3] Cours d'électronique analogique, 3<sup>ème</sup> année Ingénieur, Mme N. Benabdallah, ESSAT, 2016.
- [4] <http://www.researchgate.net/publication/313987469>
- [5] <https://www.dolphin-integration.com/medal/smash/notes/oscillateurs>

## **Chapitre II : Le VCO : Oscillateur contrôlé en tension**

L'oscillateur commandé par tension est un type d'oscillateur dans lequel la fréquence des oscillations de sortie peut être modifiée en faisant varier l'amplitude d'un signal de tension d'entrée.

Les oscillateurs commandés par tension sont couramment utilisés dans les modulateurs de fréquence (FM, PLL). Une autre application de l'oscillateur commandé en tension est le générateur de signaux à fréquence variable lui-même.

Le VCO est un traducteur Tension/Fréquence, produit un signal alternatif de sortie ou la fréquence est proportionnelle à la tension continue du signal d'entrée.

### II.1 Boucle de verrouillage de phase (PLL) [1] :

Une boucle de verrouillage de phase (Phase Locked Loop : PLL) est un dispositif constitué :

- d'un oscillateur VCO ;
- d'un filtre passe bas qui reçoit la tension délivrée par le comparateur de phase.
- et d'un comparateur de phase (CP) qui fournit un signal proportionnel à la différence de phase entre le signal fourni par le VCO et celle du signal de référence.

L'objectif de cette boucle est d'asservir la phase du VCO.

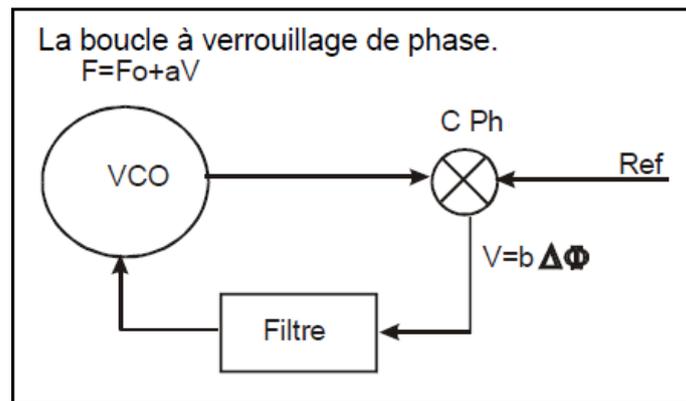


Figure II. 1: Schéma synoptique de la boucle à verrouillage de phase.

La fréquence d'oscillation  $F_0$  est déterminée par une capacité et une résistance alors la variation de la fréquence est assurée par un ajustable.

Les VCO jouent un rôle essentiel à cause de la variation et la largeur de fréquence des signaux différent (carré, sinusoïde, rectangulaire), et leur utilisation se situe dans les téléphones portables (smart phones), radios, système de navigation GPS, ...etc.

Les FM se trouve dans différent outils comme les télécommunications analogiques (bande FM) et numériques (GSM) et aussi dans les signaux de capteur inductif, capacitif,...etc.

### II.2 Définition FM [2] :

C'est un signal qui a une puissance constante. Pour avoir une modulation FM on produit un signal sinusoïdal qui est caractérisé par son amplitude constant  $E$  et sa fréquence  $f(t)$  variable, et ce signal est produit par l'oscillateur commandé en tension (Voltage Commanded Oscillator).

Une tension  $V_0$  (Figure II.2) fixe le point de fonctionnement à  $f(t) = f_0$ . En superposant le signal basse fréquence  $s(t)$ , on fait varier la fréquence :  $f(t) = f_0 + k.s(t)$  où  $f_0$  est la fréquence d'émission.

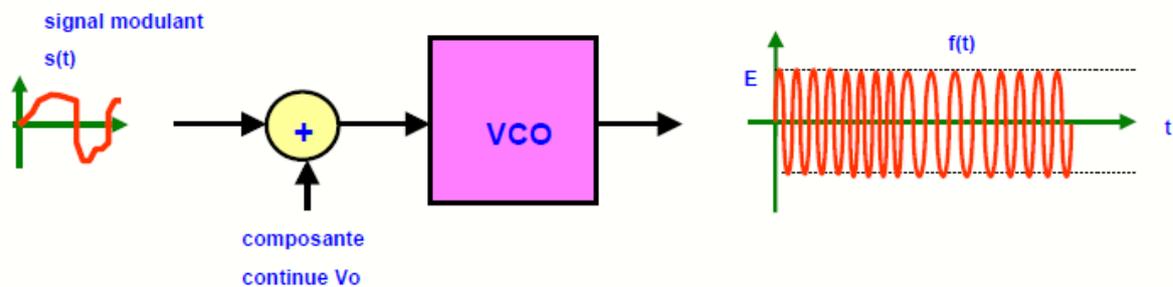


Figure II. 2: Schéma représente la production du signal FM.

Pour que la variation de fréquence soit proportionnelle à  $s(t)$ , le VCO doit avoir une caractéristique linéaire autour de  $f_0$ .

La stabilité de la fréquence d'émission  $f_0$  dépend de la stabilité de la tension  $V_0$  et des dérives thermiques du VCO.

L'utilisation d'un VCO stabilisé par un quartz ou mieux encore d'un synthétiseur permet de résoudre ce problème de stabilité.

### II.3 Types d'oscillateur VCO :

Le VCO est classé en deux groupes en fonction de type de forme d'onde

**II.3.1 VCO linéaire [2]** : ou oscillateur harmonique est un type qui permet de gérer la forme sinusoïdale. On utilise le circuit LC pour produire les oscillations et aussi un transistor comme élément actif pour amplifier le signal de sortie du circuit LC.

Avec une diode varicap de type semi conductrice, la tension qui traverse cette dernière est modifiable ce qui permet de varier la fréquence de sortie du VCO

- Le LM566 ou le XR2206 sont très utilisés dans ce sens pour leurs meilleures précisions pour la fréquence.

**II.3.2 VCO idéal** : Un VCO idéal est un oscillateur dont la fréquence et une fonction linéaire de la tension de commande :  $F=F_0+aV$ . Nous pouvons citer :

- **Les VCO HF** : qui sont utilisés dans des boucles de verrouillage de phase pour les récepteurs radio. La fréquence d'un oscillateur HF est déterminée par un circuit oscillant LC, pour faire varier sa fréquence il suffit de modifier l'un de ces deux paramètres :

- variation des selfs
- variation des condensateurs

- **Les VCO audiofréquence** : ils sont utilisés pour des applications musicales.

- **Les VCO BF** : On général, ce type d'oscillateur est utilisé pour varier rythmiquement la fréquence du VCO, appelé en électronique « wobulation ».

### II.4 Présentation du circuit intégré XR2206 [3] :

Le XR2206 est un circuit intégré monolithique capable de produire des formes d'ondes (sinusoïdale, carrée, triangulaire,...) de haute qualité de haute stabilité et précision. Les formes d'onde de sortie peuvent être à la fois modulées en amplitude et en fréquence par une tension externe. La fréquence de fonctionnement peut être sélectionnée à l'extérieur sur une plage de 0,01 Hz à plus de 1 MHz.

Le circuit est idéal pour les applications de communication, d'instrumentation et de générateur de fonctions nécessitant une tonalité sinusoïdale des modulateur AM, FM ou FSK,..etc.

**II. 4.1 Caractéristiques électriques :**

Paramètres	Conditions	XR2206/XR2206M			XR2206C			unités
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
-Tension d'alimentation Alimentation simple Alimentation double Courant d'alimentation	R1≥10k	10 ±5	12	<u>26</u> ±13 17	<u>10</u> ±5	14	<u>26</u> ±13 <u>20</u>	V mA
Partie oscillateur - Fréquence max - Fréquence min - Précision de la fréquence - Stabilité en température			<u>1</u> <u>0.01</u> <u>+2</u> <u>+20</u> <u>0.01</u>	<u>±4</u> <u>±50</u> 0.1	<u>0.5</u>	1 0.01 ±2 ±20 0.01	Mhz Hz % de Fo Ppm/°c %/v	
Sensibilité à la tension d'alimentation								

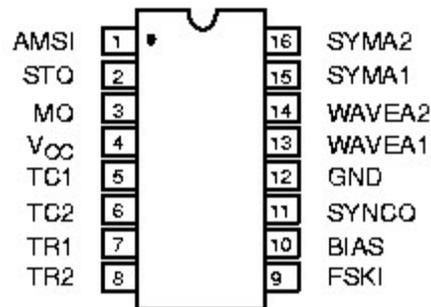
Part N°	Package	L'intervalle de température l'opération
XR-2206M	16LEAD300Mil CDIP	-50°C à +25°C
XR-2206P	16LEAD300Mil PDIP	-40°C à +85°C
XR-2206CP	16LEAD300Mil PDIP	0°C à +70°C
XR-2206D	16LEAD300Mil JEDEC SOIC	0°C à +70°C

**Valeurs limites :**

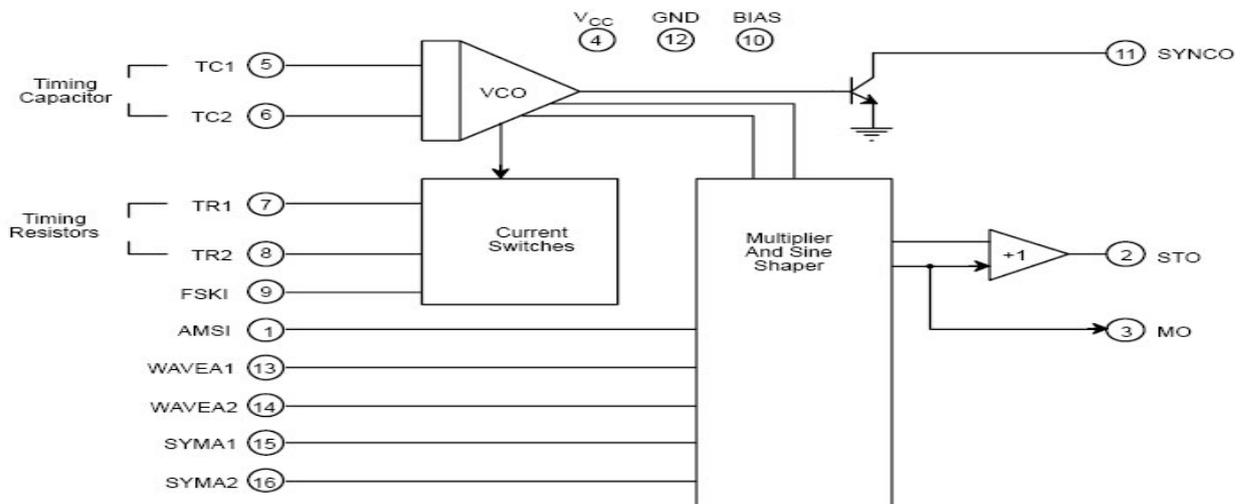
Tension d'alimentation : 26 V.  
 Puissance dissipée : 750 mW.  
 Courant : 6mA.  
 Température : -65°C à +150°C.

## Chapitre II : Le VCO : Oscillateur contrôlé en tension

Le schéma électrique de l'oscillateur commandé en tension utilisant le XR2206 (Figure II.3) est illustré dans la figure II.4 :



**Figure II. 3: Schéma interne de XR2206.**



**Figure II. 4: Schéma brochage du circuit intégré XR2206.**

Où

	broche	Signal
1	AMSI	Entrée AM
2	STO	Sortie signal sinusoïdal
3	MO	Réglage niveau de sortie
4	Vcc	Alimentation-entrée Vcc
5	TC1	Capacité de réglage de la fréquence centrale F0
6	TC2	Résistance de réglage F0
7	TR1	Entrée 1 (entre 0 et 6V)
8	TR2	Entrée 2 (entre 0 et 6V)
9	FSK1	Sélection entrée (7 pour 1 ou NC/8 pour 0)

## Chapitre II : Le VCO : Oscillateur contrôlé en tension

10	BIAS	Capacité de 1 $\mu$ F à la masse
11	SYNCO	Signale carré en sortie
12	GND	Masse
13	WAVEA 1	Résistance réglant la linéarité de signal de sortie
14	WAVEA 2	Idem 13
15	SYMA 1	Réglage de la symétrie du signal de sortie
16	SYMA 2	Idem 15

### II.4.2 Composition du XR2206 :

Le XR2206 se compose de quatre blocs fonctionnels :

1. Un oscillateur commandé en tension : VCO ;
2. Un multiplicateur analogique ;
3. Un amplificateur tampon de gain unité ;
4. Un ensemble d'interrupteurs agissant sur le courant ;
5. Un transistor

On définit la fréquence avec les éléments extérieurs sur les bornes 5 et 6.

### II.5 Oscillateur commandé par tension utilisant le CI LM566 [4] :

Le LM566 est un oscillateur contrôlé par tension monolithique de National Semi Conductors. Il peut être utilisé pour générer des formes de signaux sinusoïdales, carrées et triangulaires simultanément. La fréquence de la forme d'onde de sortie peut être réglée à l'aide d'une tension de commande externe. La fréquence de sortie peut également être programmée en utilisant un ensemble de résistance externe et de condensateur.

Les applications typiques du LM566 IC :

- Générateurs de signaux ;
- Modulateurs FM ;
- Modulateurs FSK ;
- Générateurs de tonalités...etc.

Le LM566 est alimenté par alimentation simple ou bien double. En utilisant une alimentation unique, la plage de tension d'alimentation est de 10V à 24V. Le circuit intégré a une caractéristique de modulation très linéaire et a une excellente stabilité thermique.

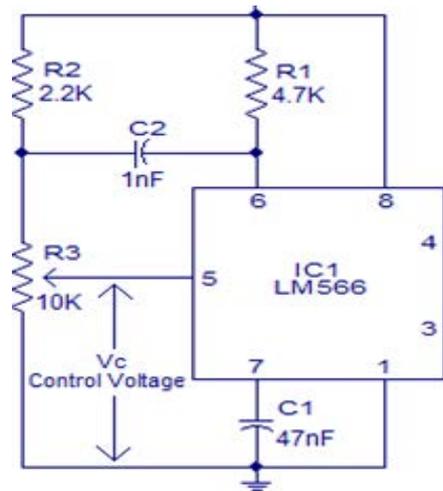


Figure II. 5. Oscillateur commandé en tension en utilisant LM566.

### Conclusion :

Cette étude nous a permis de voir les caractéristiques électriques de certains circuits intégrés utilisés pour réaliser des générateurs BF tel que le CI XR2206 et le cœur de ces circuits intégrés qui est le VCO. Dans un prochain chapitre, nous allons vous montrer les circuits électriques de deux mini-GBF que nous avons réalisés pratiquement. Le premier repose sur l'utilisation du VCO du XR2206 et le deuxième repose sur une simple utilisation de l'oscillateur à pont de Wien basé sur le CI TL084.

### Référence :

- [1] J AUVRAY : Système électronique
- [2] <http://www.ta-formation.com/acrobat-moduler/Fm.PDF>
- [3] Datasheet XR2206
- [4] <http://www.circuitstoday.com/voltage-controlled-oscillator>

## **Chapitre III : Carte Arduino**

# Chapitre III : Carte Arduino

## III.1 Introduction :

Arduino est un circuit imprimé il englobé des composant le plus important un microcontrôleur qui est le cerveau de la carte programmé pour tester et produire des signaux électriques, de manière à effectuer plusieurs tâches comme les techniques d'électroniques.

## III.2 Historique [1] :

L'Arduino a été inventé 2005 par l'enseignant Massimo Banzi dans une école de dessin à Ivea en Italie avec l'aide de David Cuartelle ingénieur en microcontrôleurs et aussi leur étudiant Mellis qui est spécialiste dans les langages de programmation.

## III.3 Définition :

La carte Arduino est une plateforme utilisée pour réaliser des projets électroniques plus développé. Elle est composée d'un circuit physique programmables est dit microcontrôleurs et de logiciel utilisé pour créer et télécharger le code de l'ordinateur à la carte.

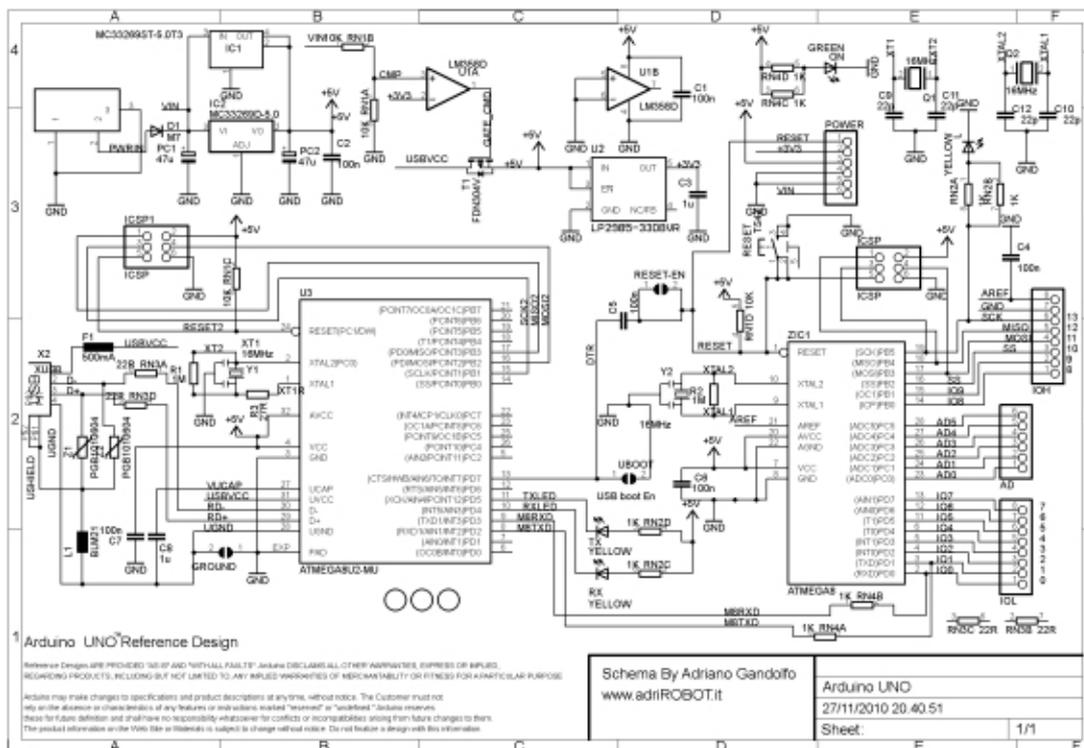


Figure III. 1: Schéma électrique de l'Arduino Uno [2].

### III.4 But :

L'Arduino est un système qui permet de lier les performances de programmation à celle de l'électronique tout en simplifiant les schémas électroniques et les coûts de réalisation.

### III.5 Utilisation [2] :

- des « bidouilleurs » dont beaucoup ont des connaissances très limitées en électronique ;
- des artistes qui ont besoin d'animer leurs œuvres ou de créer des interactions avec elles.
- des étudiants et des élèves.

### III.6 Composition :

Il nous permet de réaliser plusieurs projets tel que :

- Contrôler les appareils domestiques ;
- Robotique ;
- Jeu de lumière ;
- Communiquer avec PC ;
- Télécommander un appareil mobile ;
- Etc...

### III.7 Choix et description de la carte Arduino [3] :

#### III.7.1 Choix

On a plusieurs paramètres pour choisir l'Arduino :

Le prix : ils ne sont pas coûteux avec un rapport de qualité bonne.

Logiciel : gratuit et développé par le java. Il est simple à utiliser et nous permet de programmer la carte Arduino.

Le matériel : consiste une carte électronique et les schémas sont disponibles.

La compatibilité : le logiciel et la carte sont compatibles avec la programmation.

## Chapitre III : Carte Arduino

### III.7.2 Description de la carte

Elle contient les éléments suivants :

Le microcontrôleur : considéré comme le cerveau de la carte.

L'alimentation : C'est celle du microcontrôleur : 5V régulée (port USB) ou 7 à 12V provenant d'alimentation externe.

Visualisation : par des LED de taille millimétrique. Elles sont là pour tester le matériel avec le branchement avec microcontrôleur et les autres LED sont pour émission et réception quand le téléchargement de programme dans le microcontrôleur.

La connectique : Les connecteurs sont :

0 à 13 : Entrée/Sortie numérique ;

A0 à A5 : Entrée/Sortie Analogique ;

GND : la masse (0V) ;

5V : l'alimentation +5V ;

3.3V : alimentation + 3.3V ;

Vin : alimentation non stabilisée.

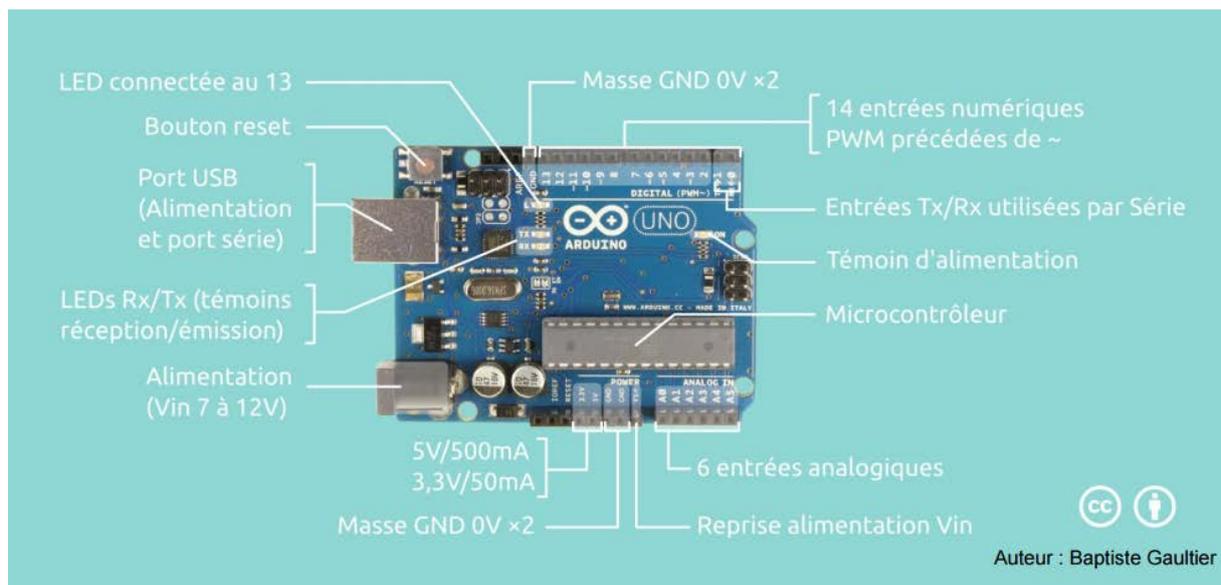


Figure III. 2: Description de la carte Arduino Uno.

### III.8 Le langage [3] :

Le programme est lié à une série d'instruction élémentaires sous forme texte donc la carte lit après exécute les instructions par un ordre un après l'autre.

- Un ordinateur
- Une carte arduino
- Programme lié à l'Arduino

Syntaxe du langage : C et C++ qui est le suivant

Code minimal : son rôle de devisé le programme en deux parties

La fonction :

Setup () : est considéré comme fonction d'initialisation on l'appelle une seul fois au début du programme.

Loop() : c'est pour écrire le cœur du programmes. Elle est appelée en permanence : en boucle infinie.

Les instructions : sont des lignes contenant des codes, exemple :

« fait ceci »

« Fait cela »

Les points-virgules (;) : pour finir les instructions

Les accolades [ ] : sont utilisées pour les fonctions ; les boucles. Elles sont obligatoires.

Les commentaires : // cette ligne a un commentaire. /\* pour plusieurs lignes

Les variables : Les variables booléennes peuvent prendre deux valeurs soit vraie ou faux donc. Si une variable vaut (0) on la considère comme variable booléennes fausse et si une variable prend n'importe quelle valeur différente de zéro on la considère comme variable booléenne vraie

- char (variable 'caractère')
- Int (variable 'nombre entier')
- long (variable 'nombre entier de très grande taille')
- string (variable 'chaîne de caractères')

## Chapitre III : Carte Arduino

---

- Array (tableau de variables)

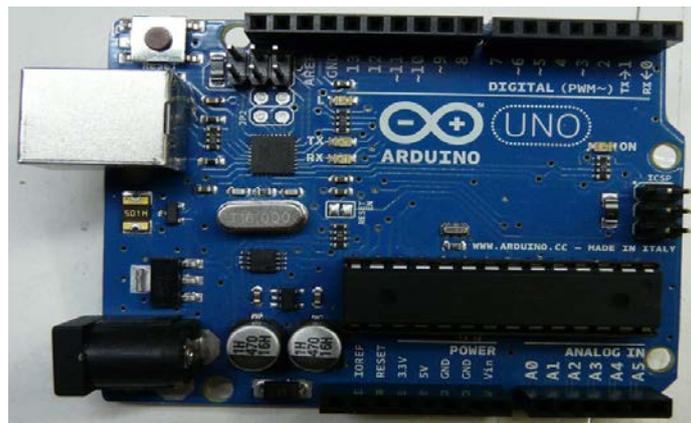
### III.9 Types des cartes [4] :

Il y a trois types de cartes :

- « officielles » qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : Smart Projects
- « compatibles » qui ne sont pas fabriqués par Smart Projects, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.
- « autres » fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...).

Les différentes cartes : on commence par la plus utilisée

Carte Uno : c'est la carte base de l'Arduino, elle est simple à utiliser.



**Figure III. 3: Carte Arduino Uno.**

La carte arduino Méga : C'est une carte arduino officiel mais avec beaucoup plus d'entrées / sorties et 2fois plus de mémoire qu'une carte arduino UNO. Elle contient :

54 entrées/ sorties numériques

16 entrées analogiques

256 ko de mémoire flash

6 interruptions extérieures

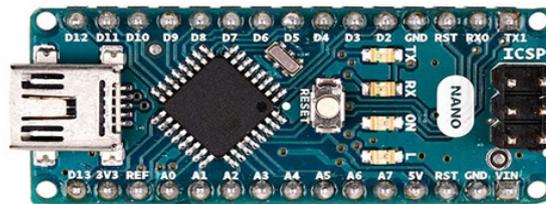
## Chapitre III : Carte Arduino



**Figure III. 4: Carte Arduino Méga.**

Arduino Nano :

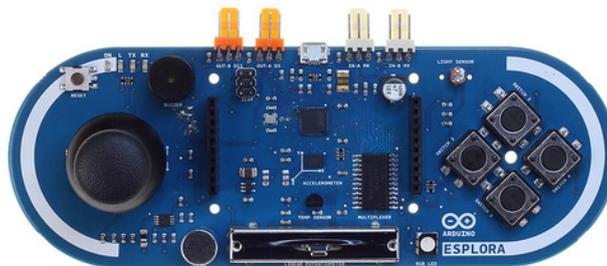
L'Arduino Nano est essentiellement un Arduino Uno de dimension 1.85x4.23cm, disposé pour une utilisation directe sur breadboard. Il embarque son propre contrôleur USB permettant une communication série très facile.



**Figure III. 5: Carte Arduino nano.**

Arduino Esplora :

La carte Esplora est dérivée de la carte Arduino Leonardo et est basée sur un ATmega 32U4. Elle contient une implantation d'image elle est utilisée généralement dans les manettes de jeux (dimension : 6.1x16.51cm).



**Figure III. 6: Carte Arduino Esplora.**

## Chapitre III : Carte Arduino

---

La carte seeduino :

C'est type arduino constituée de :

AT méga 328p au format CMS avec des entrées analogique el plus A6 et A7

Des portes 12c et série pour faciliter le câblage



**Figure III. 7: Carte seeduino.**

La carte Arduino pro (par Sparkfun) : Pour les circuits finit elle ne contient pas des ports USB juste le nécessaire pour fonctionner. Elle n'est pas chère, sa taille est réduite.



**Figure III. 8: Carte Arduino pro.**

## Chapitre III : Carte Arduino

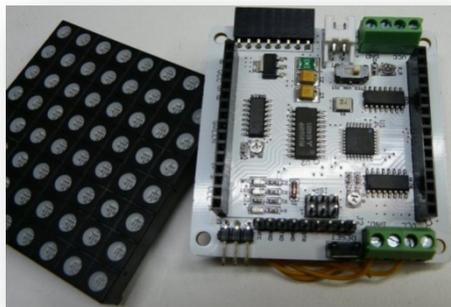
---

Carte arduino Blackwidow : créé par Asynclabs, c'est une carte Arduino avec module wifi.



**Figure III. 9: Carte Arduino Blackwidow.**

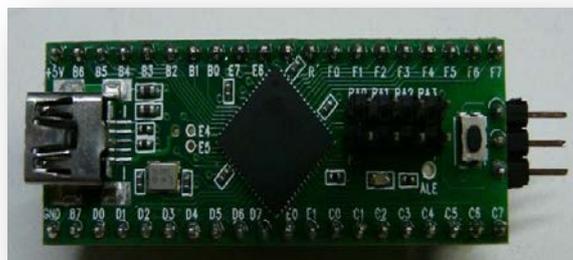
Carte Rainbowduino : c'est une carte créée par Seedstudio, c'est une matrice 8x8 de LED.



**Figure III. 10: Carte Rainbowduino.**

Les cartes dites compatibles avec Arduino sont :

Teensy++ 2.0 (par PJRC) : Carte compatible (logiciel) avec Arduino.

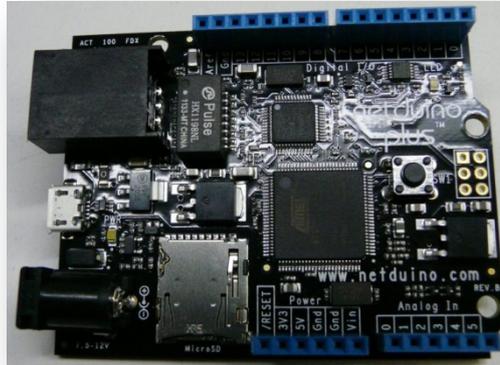


**Figure III. 11: Carte teensy.**

## Chapitre III : Carte Arduino

---

Carte netduino : elle ressemble à la forme classique d'arduino mais elle diffère de langage car elle utilise (C# ou V.net)



**Figure III. 12: Carte netduino.**

### III.10 Logiciel Arduino [8] :

Description : Ce logiciel il a les fonctions suivantes :

- Ecrire et compiler le programme pour la carte
- Connecter et transférer les programmes
- Communiquer avec la carte

### III.11 Conclusion :

L'arduino c'est un mélange d'électronique et de programmation donc c'est de l'électronique embarquée qui nous facilite la réalisation de beaucoup de projets.

### Reference:

[1] <http://www.mrabetghada.info/arduino/chapitre1.pdf>

[2] [https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=robotsarduino:presentation\\_arduino.pdf](https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=robotsarduino:presentation_arduino.pdf)

[3] <https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=elec:arduino-pour-bien-commencer-en-electronique-et-en-programmation.pdf>

[4] <https://skyduino.wordpress.com/2012/04/03/comparatif-des-differentes-cartes-arduino-et-des-cartes-compatible-arduino/>.

**Chapitre IV : Mini-GBF et mini-Voltmètre  
AC-DC**

Dans ce chapitre, nous allons montrer nos instruments électroniques destinés au laboratoire de maquettes que nous avons réalisés pratiquement. Il s'agit d'une part de deux mini-GBF basés respectivement sur le circuit intégré TL084 et sur le circuit intégré XR2206 (VCO) et d'autre part d'un mini-voltmètre AC-DC piloté par la carte Arduino Uno R3.

### IV.1 Mini-générateur basses fréquences :

#### IV.1.1 Mini-générateur basses fréquences à base d'Amplificateur Opérationnel TL084 :

Un mini générateur basse fréquence à base d'oscillateur à pont de Wien utilisant l'amplificateur opérationnel le TL084 a été conçu, simulé et réalisé pour laboratoire de maquettes.

Le mini GBF à quatre calibres permet de générer des signaux sinusoïdaux et carrés de fréquences allant de 8Hz à 500 KHz environ ayant des amplitudes crêtes à crêtes allant de 0 (quelques mV) à 10V environ.

Notre mini GBF a seulement (8cm par 7,5cm par 2,5cm) de dimensions géométriques et pèse 71 grammes.

##### IV.1.1.1 Schéma du circuit électrique :

Le schéma électrique de notre mini GBF que nous avons conçu et simulé sous l'environnement ISIS de Proteus est le suivant :

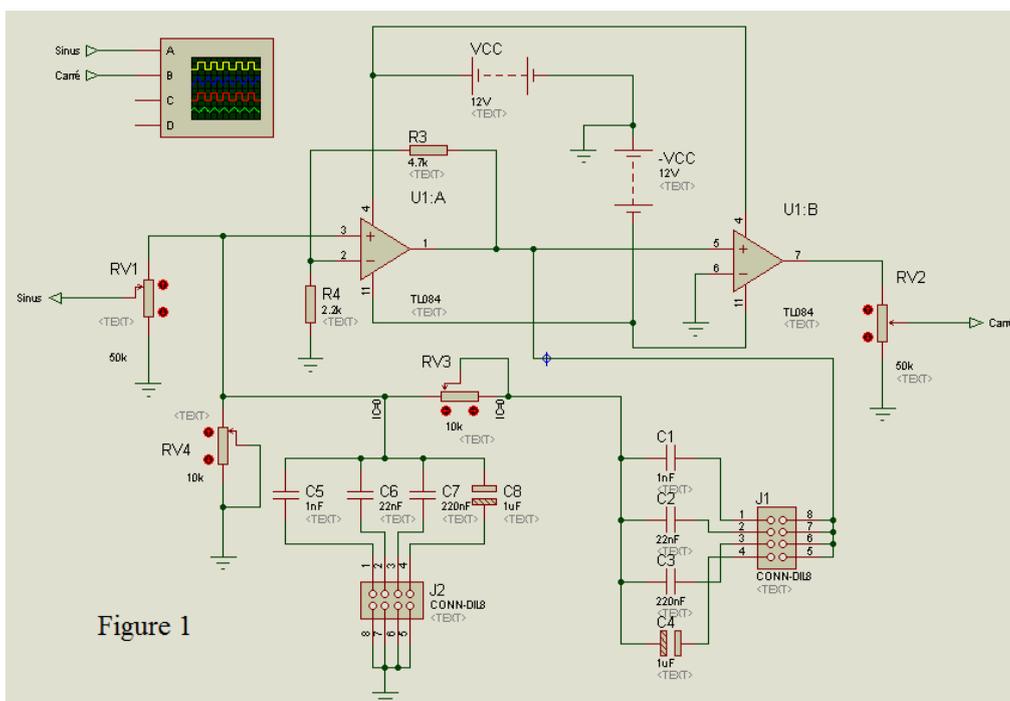


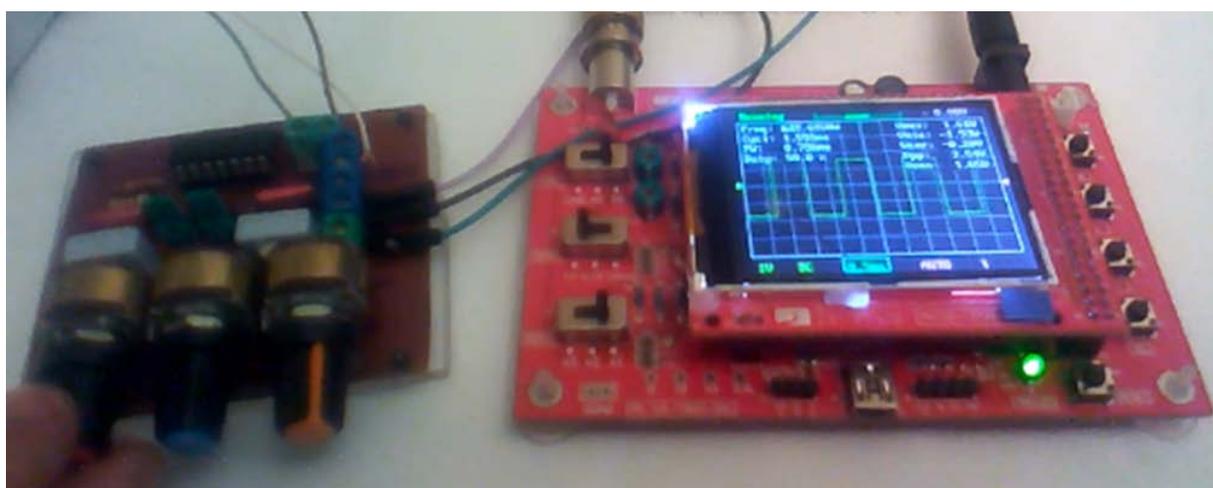
Figure 1



Notre produit final du mini GBF que nous avons conçu, simulé, réalisé et testé pour le laboratoire de maquettes est présenté sur les figures suivantes pour générer respectivement des signaux sinusoïdaux et des signaux carrés dans la bande [8Hz-500KHz].



**Figure IV. 4: Tests pratiques appliqués à notre mini-GBF basé sur un oscillateur à pont de Wien utilisant le CI TL084 pour générer des signaux sinusoïdaux.**



**Figure IV. 5: Tests pratiques appliqués à notre mini-GBF basé sur un oscillateur à pont de Wien utilisant le CI TL084 pour générer des signaux carrés.**

IV.1.2 Mini-générateur basses fréquences à base de VCO-XR2206 :

Nous avons suivi la même méthode que précédemment pour réaliser pratiquement un mini-GBF à base de VCO-XR2206 fonctionnant jusqu'à 500KHz.

Les différents schémas ainsi que le mini-GBF réalisé sont montrés sur les figures suivantes :

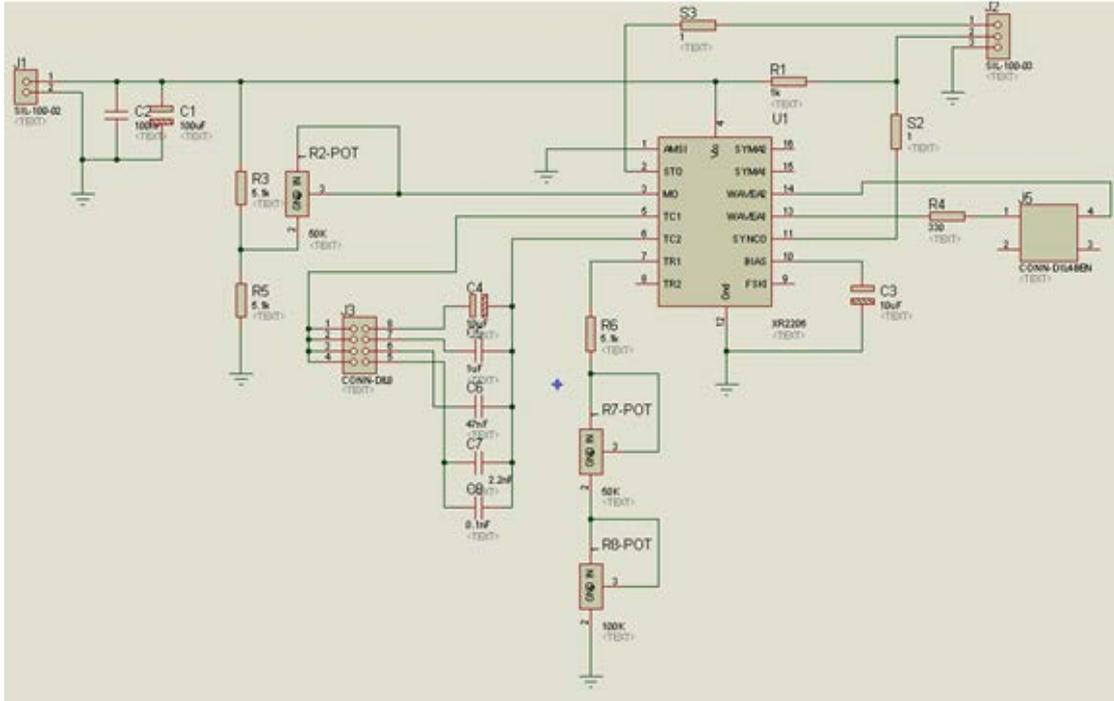


Figure IV. 6: Schéma électrique du mini-GBF basé sur le VCO-XR2206.

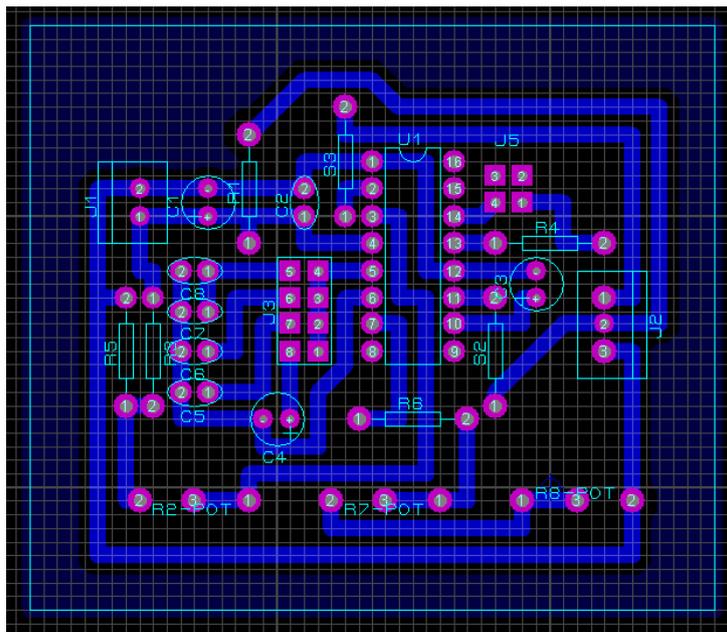


Figure IV. 7: Schéma du circuit imprimé du mini-GBF basé sur le VCO-XR2206.

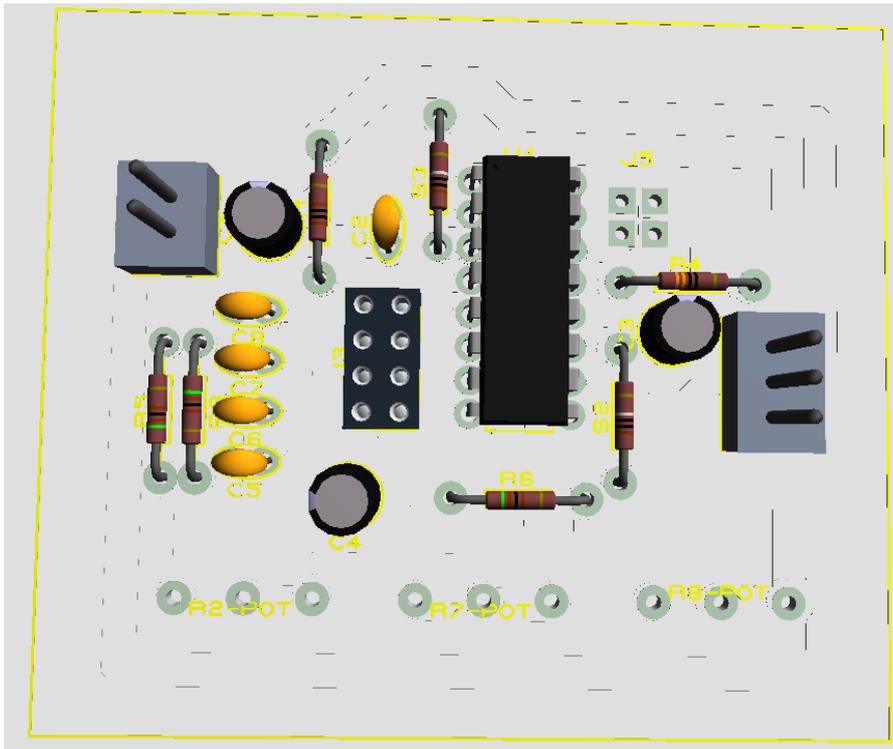


Figure IV. 8: Visualisation 3D du mini-GBF basé sur le VCO-XR2206.



Figure IV. 9: Présentation du mini-GBF réalisé à base du circuit intégré XR2206.

### IV.2 Mini-voltmètre AC-DC :

Un mini voltmètre à affichage sur téléviseur LCD a été conçu, simulé sous ISIS, réalisé et testé. Il permet (par exemple) de mesurer des tensions continues allant de 0 à 55V en utilisant un diviseur de tension par 11 et des tensions efficaces en alternatif de type sinusoïdales variant de 0 à 5,6V en utilisant un détecteur d'enveloppe.

Le mini voltmètre est piloté par la carte Arduino Uno R3 et fonctionne en utilisant notre code que nous avons réalisé sous l'environnement IDE.

#### IV.2.1 Schéma du circuit électrique :

Le schéma électrique de notre mini voltmètre AC DC que nous avons conçu et simulé sous l'environnement ISIS de Proteus est le suivant :

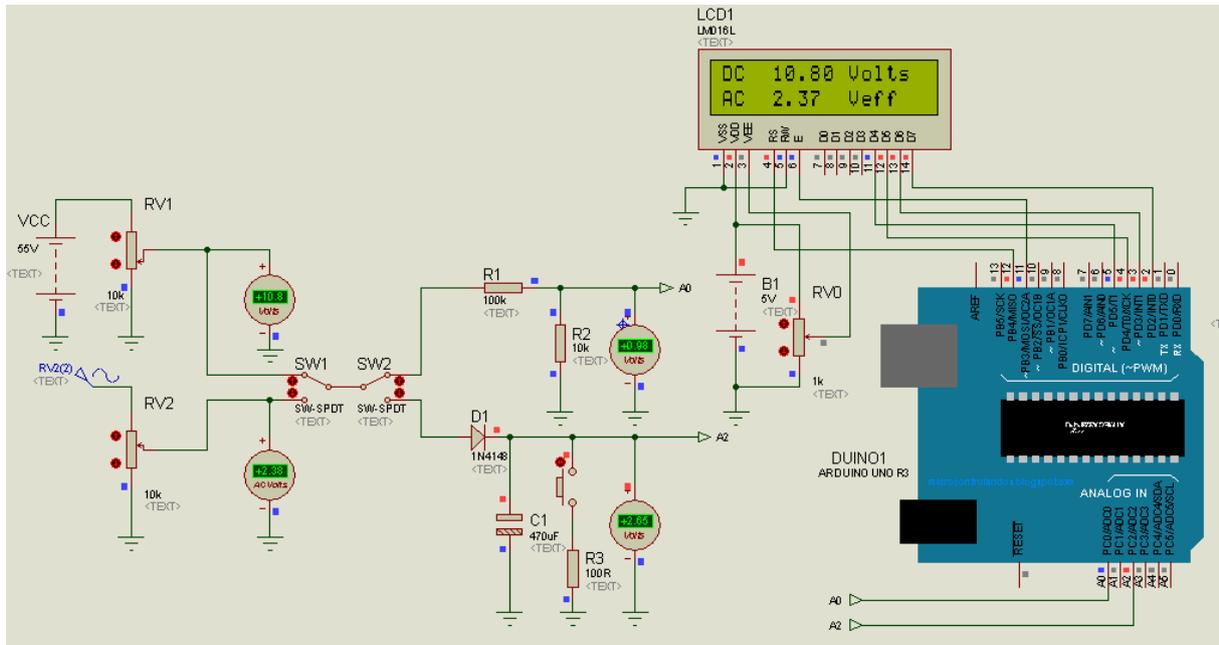


Figure IV. 10: Schéma électrique du mini-voltmètre AC-DC ici à affichage sur afficheur LCD.

#### IV.2.2 Montage :

Le circuit de notre mini voltmètre AC DC, nous l'avons monté et nous avons soudé tous ses composants sur plaque veroboard.

Nous avons placé notre plaque de circuit ainsi que la carte Arduino Uno R3 dans un boîtier de dérivation apparente tel qu'il est montré sur les deux photos de la figure suivante :

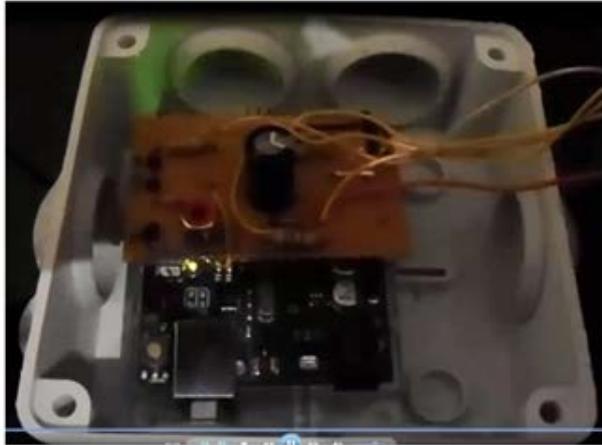


Figure IV. 11: Montage du mini-voltmètre AC-DC ici à affichage sur téléviseur LCD.

#### IV.2.3 Tests pratiques :

Nous avons appliqué différents tests à notre mini voltmètre que nous avons réalisé en utilisant comme sources de tensions continues ou alternatives ce que nous avons réalisé comme instruments électroniques :

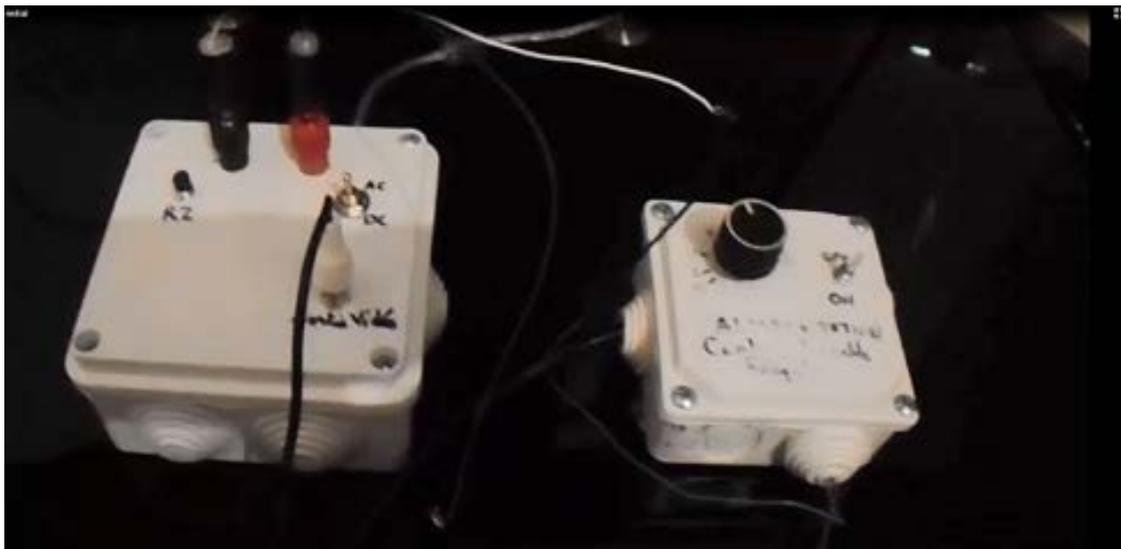


Figure IV. 12: Tests pratiques appliqués à notre mini-voltmètre DC.



Figure IV. 13: Tests pratiques appliqués à notre mini-voltmètre AC.

### IV.2.4 Code Arduino pour affichage sur téléviseur LCD :

```
#include <TVout.h>
#include <fontALL.h>
TVout TV;
float Vout1=0; //variable pour récupérer la tension/11 traduite par le CAN. On l'initialise à 0.
float Vout2=0; //variable pour récupérer la tension traduite par le CAN. On l'initialise à 0.
float VinDC=0;
float VinAC=0;
void setup()
{
  TV.begin(PAL,120,96);
  TV.select_font(font8x8);
  TV.println(25,0,"VOLTMETRE");
  TV.println(40,15,"DC-AC");
}
void loop() {
  Vout1=analogRead(A0) ; //lit la tension, la convertit en valeur numérique et la stocke dans
  Vout
  Vout1=(Vout1*5)/1024;
  VinDC=(Vout1*11);
```

```
Vout2=analogRead(A2);  
Vout2=(Vout2*5)/1024;  
VinAC=(Vout2+0.7)/1.414; //valeur efficace  
TV.println(10,40,"DC-Volts");  
TV.print(10,50,VinDC);  
TV.println(10,70,"AC-Vef");  
TV.print(10,80,VinAC);  
}
```

Grâce à notre code, nous avons pu mesurer différentes tensions continues et alternatives, comme le montre la figure suivante :



**Figure IV. 14:** Mesure au moyen de notre mini-voltmètre et affichage au moyen de téléviseur LCD, des tensions continues et alternatives.

### IV.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu réaliser pratiquement trois mini-instruments électroniques destinés au laboratoire de maquettes : deux mini-GBF fonctionnant jusqu'à 500KHz et un mini-voltmètre AC-DC piloté par la carte Arduino Uno R3 et à affichage sur téléviseur LCD.

## Conclusion générale

L'étude que nous avons faite dans ce projet de fin d'études montre nos instruments électroniques destinés au laboratoire de maquettes que nous avons réalisés pratiquement. Il s'agit de :

- Deux mini-GBF basés respectivement sur le circuit intégré TL084 et sur le circuit intégré XR2206 (VCO). Le premier mini-générateur basses fréquences à base d'oscillateur à pont de Wien utilisant l'amplificateur opérationnel le TL084 à quatre calibres permet de générer des signaux sinusoïdaux et carrés de fréquences allant de 8Hz à 500 KHz environ ayant des amplitudes crêtes à crêtes allant de 0 (quelques mV) à 10V environ. Notre mini GBF a seulement (8cm par 7,5cm par 2,5cm) de dimensions géométriques et pèse 71 grammes. Le deuxième mini-GBF à circuit intégré XR2206 a à peu près les mêmes caractéristiques électriques et physiques que le premier mais son cout est plus élevé à cause du prix de son circuit intégré.

- Un mini-voltmètre à affichage sur téléviseur LCD, conçu, simulé sous ISIS, réalisé et testé. Il permet (par exemple) de mesurer des tensions continues allant de 0 à 55V en utilisant un diviseur de tension par 11 et des tensions efficaces en alternatif de type sinusoïdales variant de 0 à 5,6V en utilisant un détecteur d'enveloppe. Notre mini-voltmètre est piloté par la carte Arduino Uno R3 et fonctionne en utilisant notre code que nous avons réalisé sous l'environnement IDE.

Enfin, il est clair que de telles réalisations constituent une contribution de notre part qui peut aller vers de nombreuses améliorations à cause de l'évolution technologique rapide et croissante des circuits intégrés.