



## **EA113 – Projet d'électronique analogique**

### **Rapport du projet**

### **Partie 2 : Générateur de son**

2024-2025

Binôme  
Khalil Bitar  
Abdesselem Tariket

Groupe : G1  
Encadrant : Valéry Jean Lebreton

**TABLE DE MATIERES :**

I.Introduction .....	3
II.Cahier des charges.....	3
III.Architecture du circuit .....	3
III.1.Premier bloc : Générateur de signal NE555 : .....	3
III.2.Deuxième bloc : Adaptation : .....	4
III.3.Troisième bloc : VCO : .....	6
III.4.Quatrième bloc : Adaptation : .....	10
IV.Schéma PCB : .....	11
V.Conclusion : .....	12

## I. Introduction

L'objectif est de concevoir un circuit électronique générant un signal sonore modulé, destiné à être diffusé sur un haut-parleur via l'amplificateur audio conçu dans la 1<sup>ère</sup> partie du projet. Le son doit varier automatiquement entre deux fréquences  $F_{MIN}$  et  $F_{MAX}$  de façon pseudo-linéaire ou binaire, selon l'effet recherché.

Comme pour la première partie du projet, la carte sera d'abord conçue sur PROTEUS, en utilisant le module ISIS. Cela permettra de dimensionner les composants, de créer les schémas électriques répondant au cahier des charges défini par le sujet et par nous-mêmes, et de simuler le comportement du système pour valider son bon fonctionnement.

Dans un second temps, la conception du circuit imprimé sera réalisée avec le module ARES de PROTEUS. Ensuite, la carte sera fabriquée, assemblée, puis testée une dernière fois.

## II. Cahier des charges

Les caractéristiques du signal visées :

- Triangulaire de rapport cyclique  $\alpha = 0.5$  modulé en fréquence
- Les fréquences  $F_{MIN}$  et  $F_{MAX}$  sont prises 300Hz et 700Hz respectivement
- La fréquence de modulation  $F_M = 1.1\text{Hz}$

## III. Architecture du circuit

### III.1. Premier bloc : Générateur de signal NE555 :

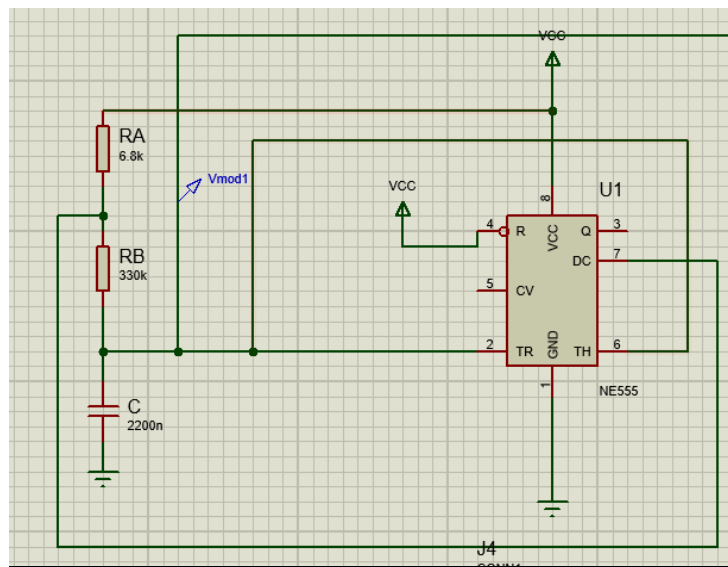


Figure 1 - Schéma du générateur de signal NE555

Ce bloc génère un signal de wobulation  $V_{mod1}$  constitué d'une suite périodique de charges et décharges d'un condensateur. Ce signal est pseudo-triangle variant entre 5V-10V, et pour respecter la condition  $\alpha > 0,5$ , on prend donc  $\alpha = 0.51 \sim 0.5$ .

### III.2. Deuxième bloc : Adaptation :

Ce bloc adapte la tension  $V_{mod_1}$  afin d'obtenir une tension  $V_{mod}$  convenable pour commander le VCO :

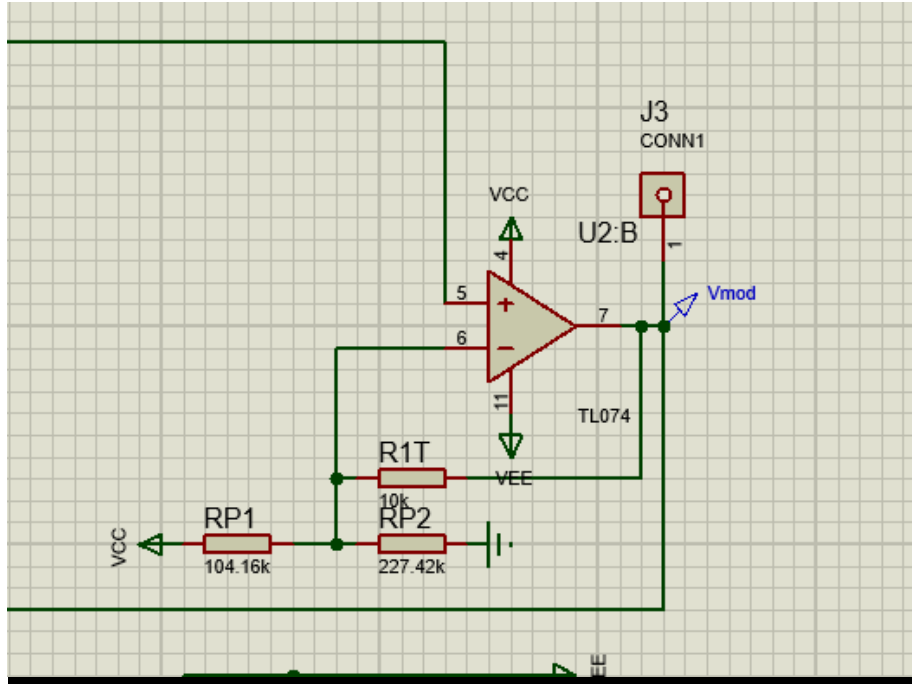


Figure 2 - Schéma du bloc Adaptation

Puisqu'on prend  $\alpha = 0.51$  :

$$F_{MAX} = K|V_{mod_{max}}|$$

$$F_{MIN} = K|V_{mod_{min}}|$$

On fixe premièrement  $V_{mod_{max}}$  à 10V, puisque  $F_{MAX} = 700\text{Hz}$  et  $F_{MIN} = 300\text{Hz}$ , on peut déterminer les valeurs  $K$  et  $V_{mod_{min}}$  :

$$V_{mod_{min}} = \frac{F_{MIN}}{F_{MAX}}|V_{mod_{max}}| = 4.28\text{V}$$

$$K = \frac{F_{MAX}}{|V_{mod_{max}}|} = 70$$

Puisque  $V_{mod_{min}} > \varepsilon_d$  et  $V_{mod_{max}} < V_{sat}$ , alors les 2 valeurs sont réalisables.

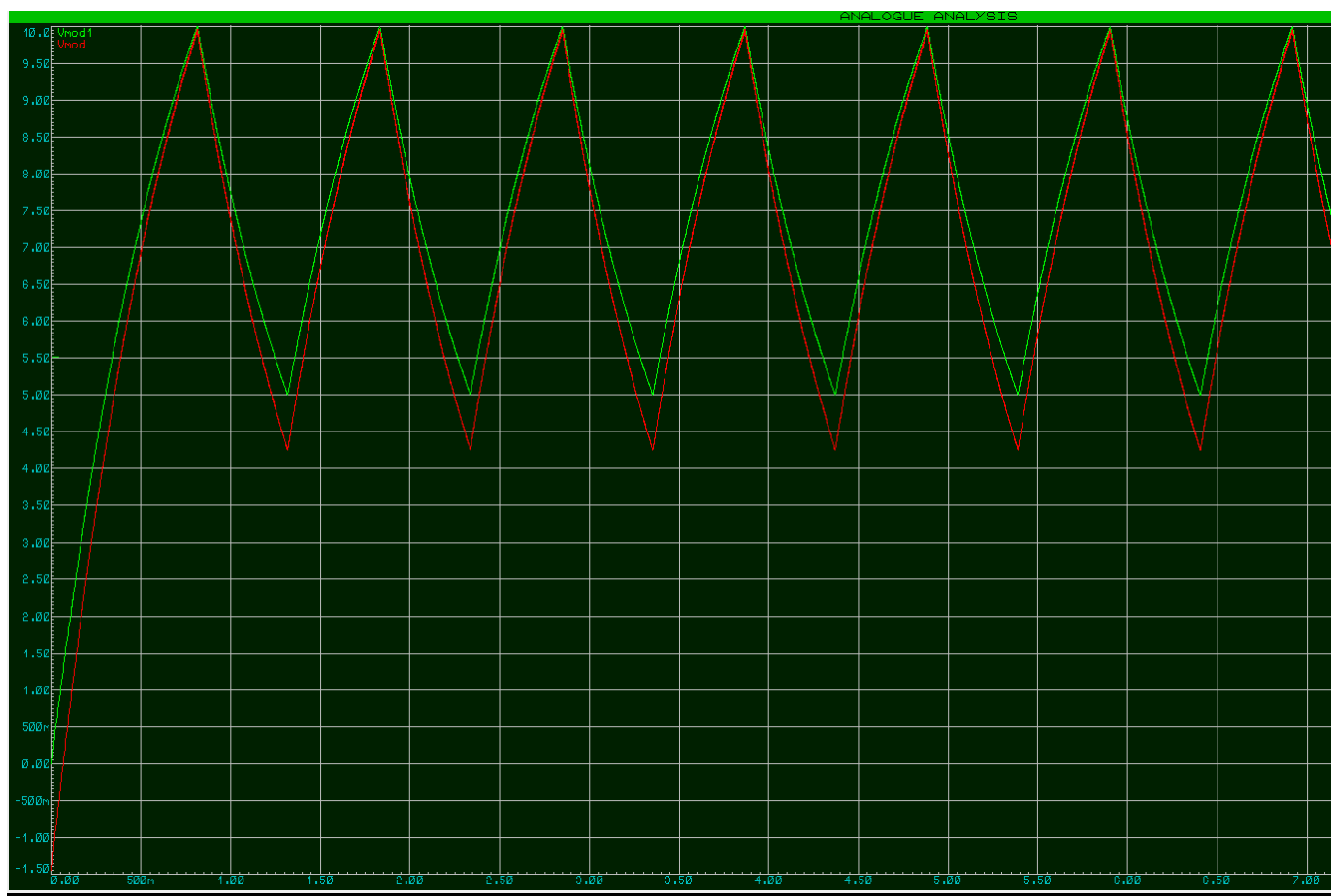


Figure 3 - Simulation de l'adaptation de tension

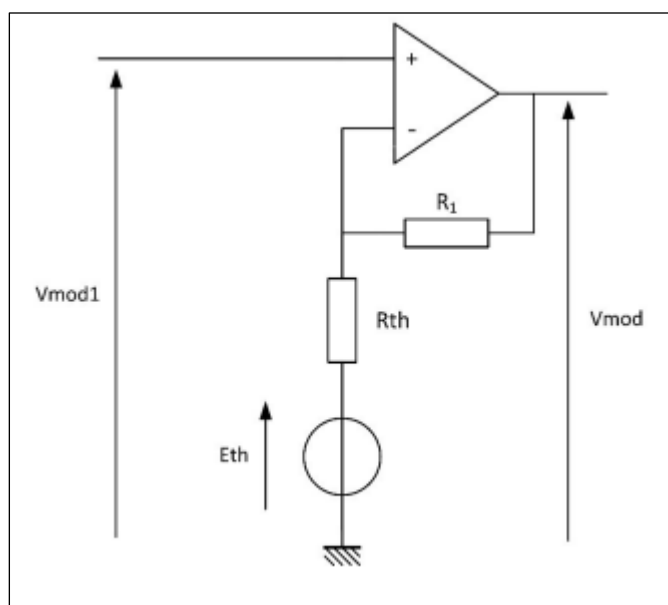
On calcule les coefficients a et b suivant le système d'équations suivant :

$$10a + b = 10$$

$$5a + b = 4.28$$

On trouve  $a = 1.14$  et  $b = -1.44$ .

Donc le circuit qui permet d'obtenir l'amplification est :



On a :

$$V_- = \frac{\frac{V_{mod}}{R_1} + \frac{E_{th}}{R_{th}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{th}}}$$

$$V_+ = V_{mod_1}$$

Contre réaction négative :

$$V_{mod} = \frac{V_{mod_1}(R_{th} + R_1) - E_{th}R_1}{R_{th}}$$

Donc :

$$a = \frac{(R_{th} + R_1)}{R_{th}}$$

$$b = -\frac{E_{th}R_1}{R_{th}}$$

On prend  $R_1 = 10k\Omega$ , on a :  $b = -1.44$  et  $a = 1.14$ , 2 inconnues avec 2 équations :

$$R_{th} = 71.42k\Omega$$

$$E_{th} = 10.28V$$

### III.3. Troisième bloc : VCO :

#### Multiplieur :

##### Partie théorique :

$$L'amplification A = \frac{V_s}{V_e} = \frac{\frac{R_3}{R_3+R_4} - \frac{R_2}{R_1+R_2}}{\frac{R_1}{R_1+R_2}}$$

$$\text{Pour } R_3=0 : A = -\frac{R_2}{R_1} = -1_{|(R_1=R_2=R_4)}$$

$$\text{Pour } R_3 \rightarrow \infty : V_+ = V_e = V_- = \frac{V_e R_2 + V_s R_1}{R_2 + R_1} \Rightarrow A = 1 ; \forall R_i$$

Donc, pour obtenir un multiplieur  $\pm 1$  pour inverser ou non  $V_{mod}$ , il suffit de prendre  $V_e = V_{mod}$  et mettre un interrupteur au lieu de  $R_3$ , lorsque l'interrupteur est fermé, le multiplieur est inverseur, si l'interrupteur est ouvert, le multiplieur est non inverseur.

Donc, pour obtenir un bon fonctionnement de ce multiplieur, il suffit de substituer la résistance  $R_3$  par un transistor.

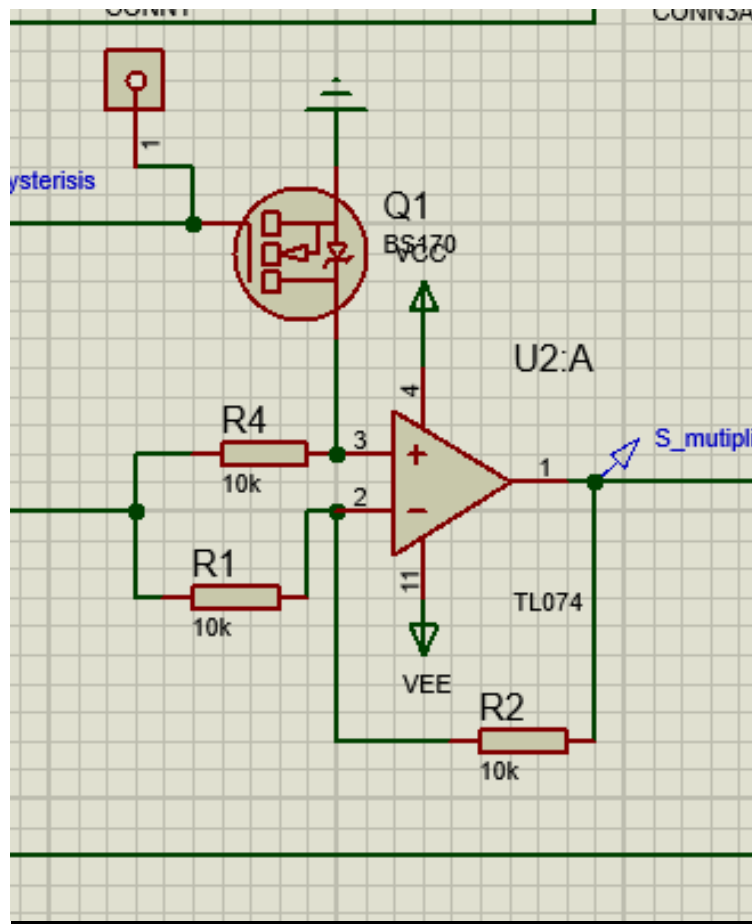


Figure 4 - Schéma multiplieur

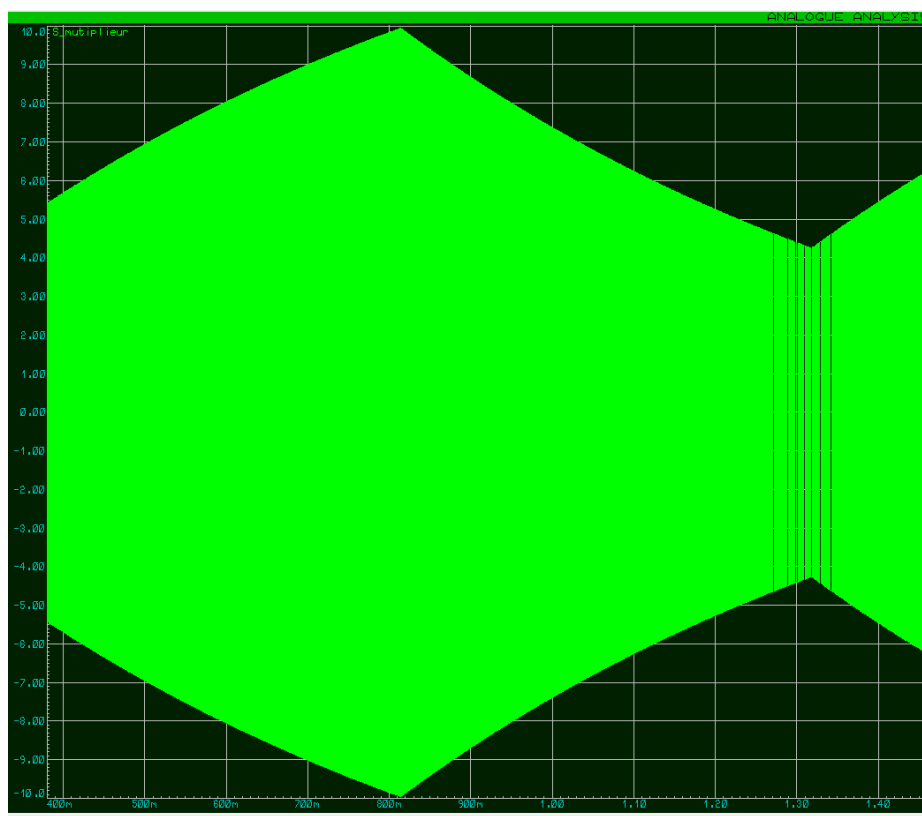


Figure 5 - Simulation multiplieur

### Comparteur à Hystérésis :

On veut un signal de sortie qui varie entre  $+V_{sat}$  et  $-V_{sat}$ , pour réaliser cela, on utilise un comparateur.

On ne peut pas utiliser un comparateur simple à cause des multibasculements de celui-ci, donc on utilise un comparateur à hystérésis :

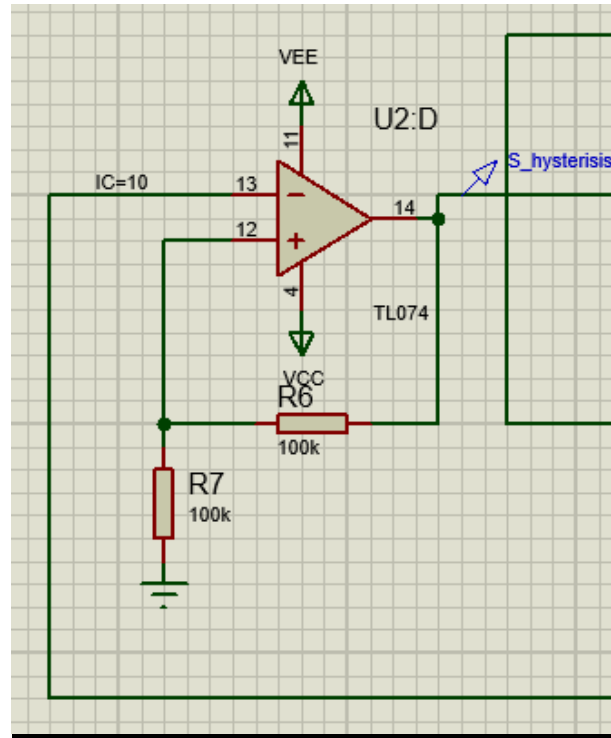


Figure 6 - Schéma Comparateur à Hystérésis

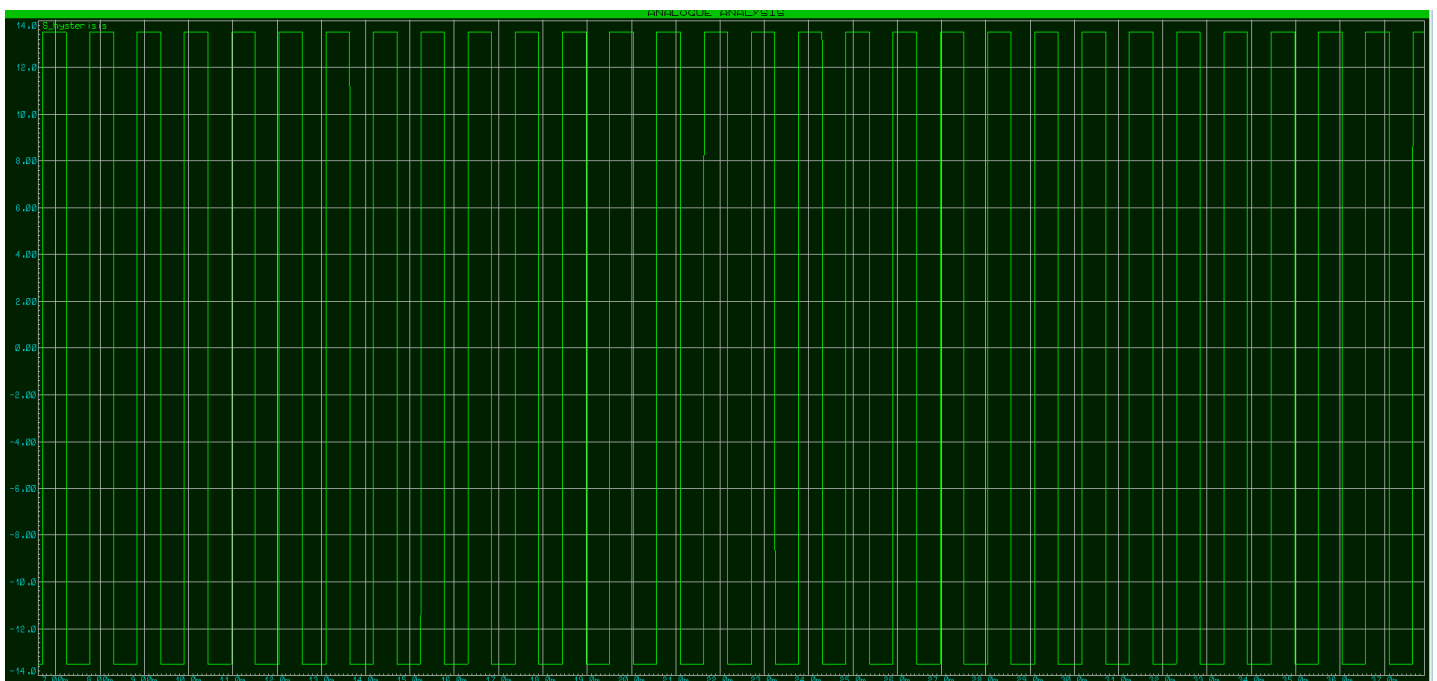


Figure 7 - Simulation comparateur à Hystérésis



## Intégrateur :

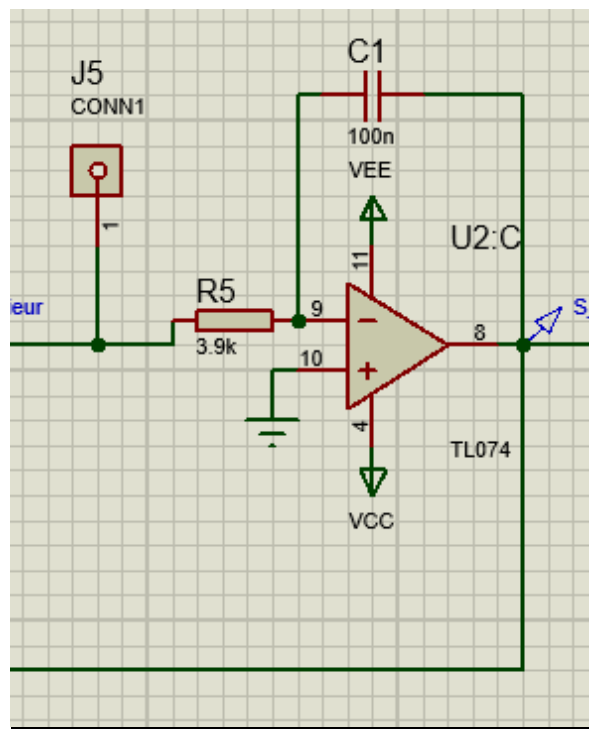


Figure 8 - Schéma Intégrateur

## VCO complet :

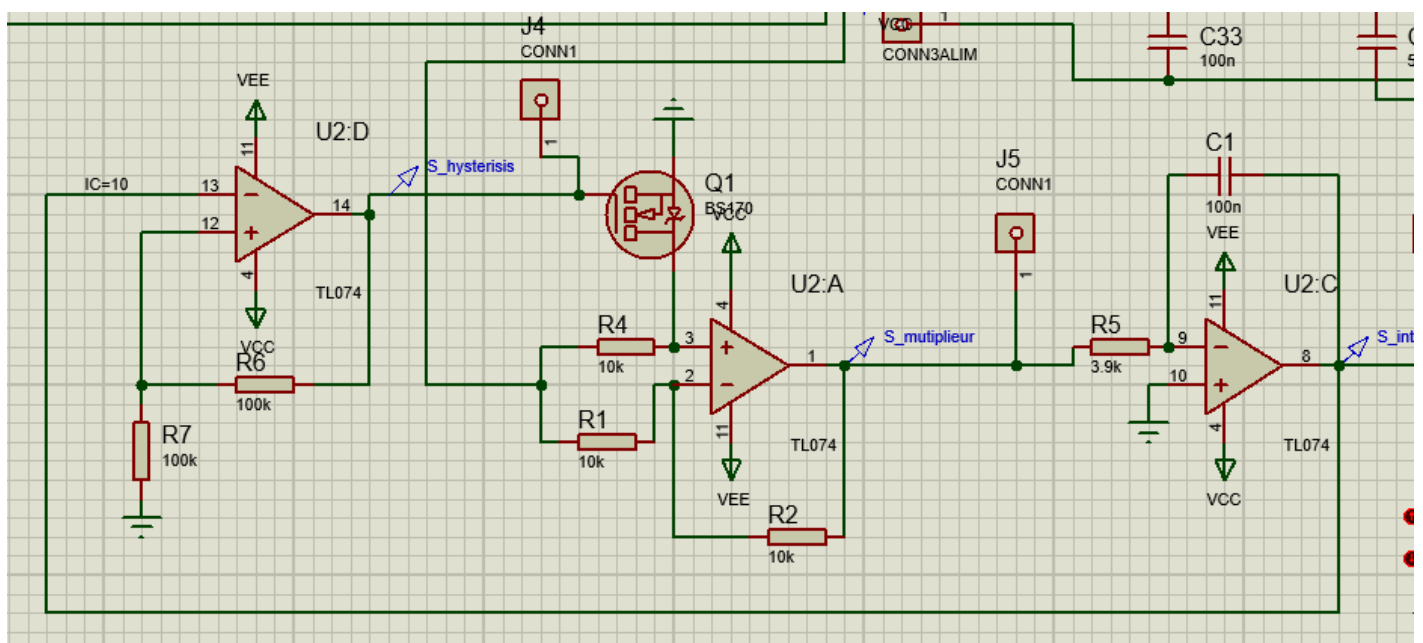


Figure 9 - Schéma du VCO complet

### III.4. Quatrième bloc : Adaptation :

Le signal final doit forcément varier entre  $[-200\text{mV} ; 200\text{mV}]$ . Pour cela, on introduit un pont diviseur de tension entre la sortie du VCO et la sortie finale. On utilisera donc un potentiomètre de  $1\text{k}\Omega$  :

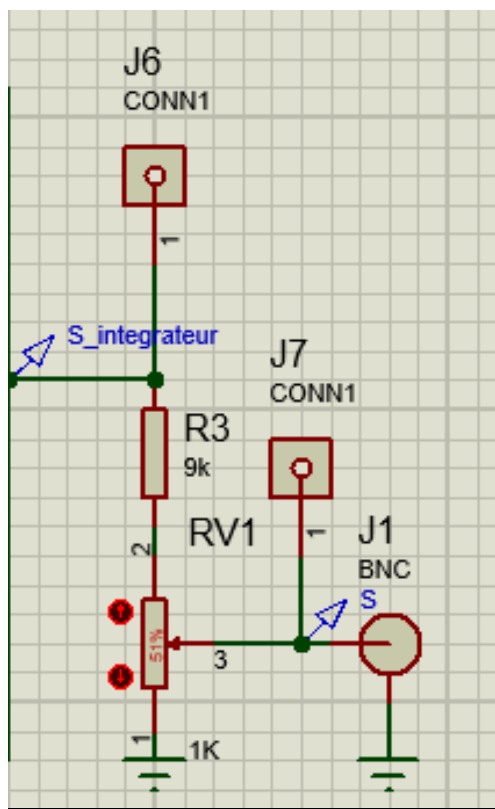


Figure 10 - Schéma du bloc Adaptation de sortie

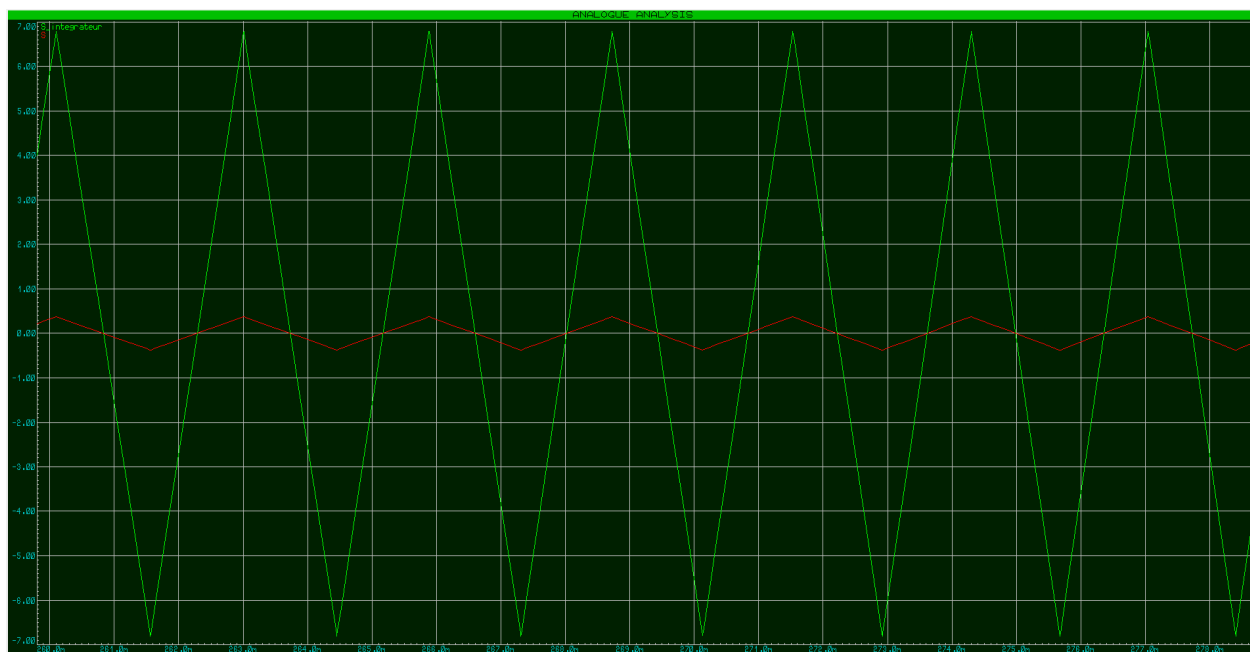


Figure 11 - Simulation adaptateur

Le signal rouge est la sortie du système, on remarque qu'elle correspond bien à ce qui a été demandée dans le cahier de charge.

#### IV. Schéma PCB :

Sur une carte de 12x12 cm, on utilise un routage T30 et on veille à placer les condensateurs de découplage au plus près des circuits intégrés afin d'assurer leur efficacité.

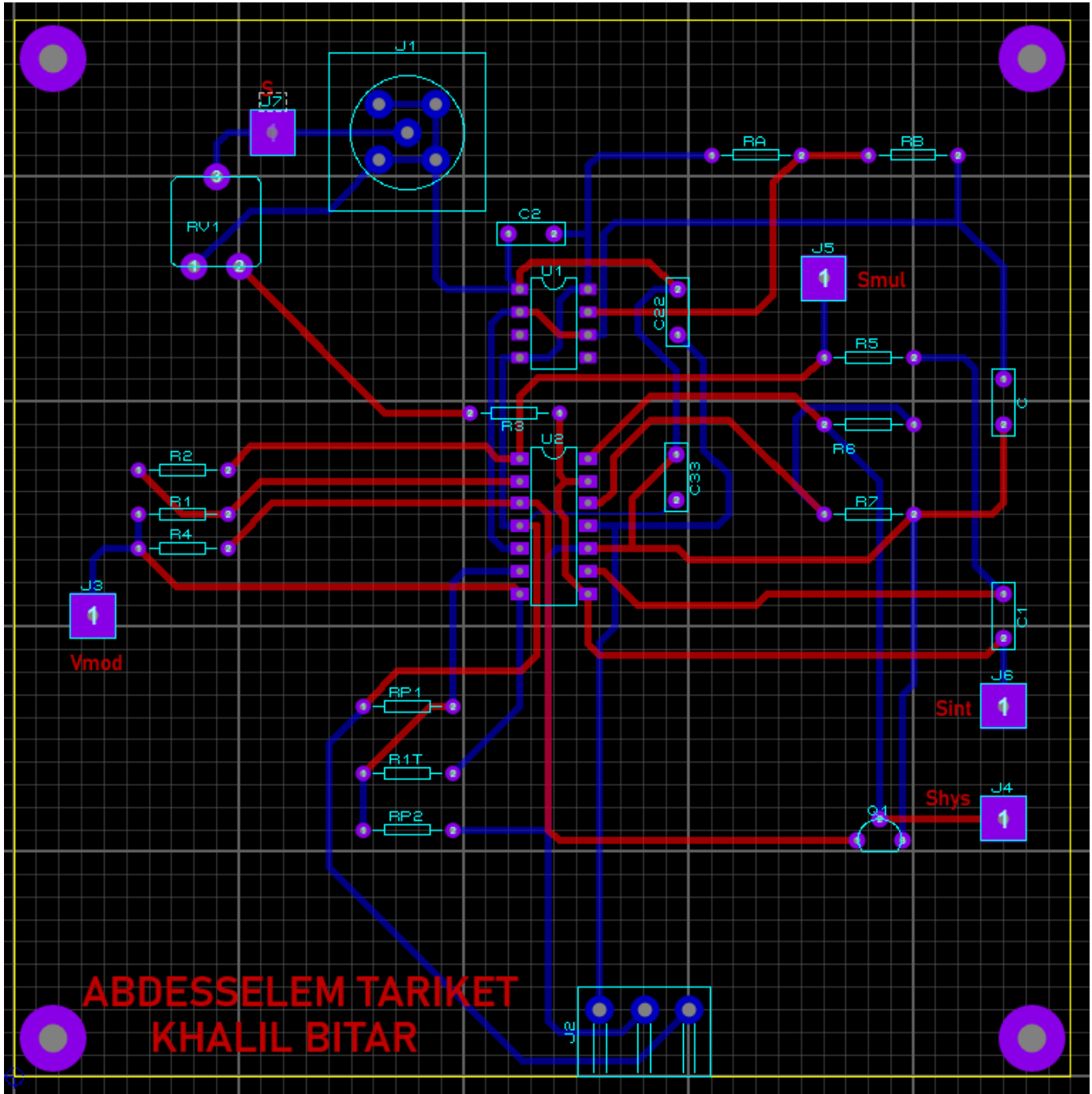


Figure 12 - Schéma PCB du circuit complet

## **V. Conclusion**

Ce projet nous a permis de concevoir et de réaliser un générateur de son modulé en fréquence, basé sur un oscillateur commandé en tension (VCO). À partir d'un signal de commande généré par un NE555, nous avons adapté la tension pour piloter le VCO et ainsi produire des signaux audios simulant divers effets sonores (sirène, alarme, etc.).

Chaque bloc fonctionnel a été dimensionné avec soin pour répondre aux contraintes du cahier des charges. Les simulations effectuées sous Proteus ont permis de valider le bon comportement du système avant sa mise en œuvre réelle. La réalisation du circuit imprimé (PCB) a été pensée pour minimiser les perturbations, notamment en plaçant les condensateurs de découplage au plus près des circuits intégrés et en adoptant un routage de type T30 (sauf une piste entre les broches en T15).

Enfin, le générateur a été testé et intégré à l'amplificateur audio conçu lors de la première partie du projet. Les résultats obtenus sont conformes aux attentes et démontrent la pertinence des choix techniques effectués malgré que la carte ne fonctionnait pas dans le test physique. Ce projet nous a permis de mettre en pratique nos compétences en électronique analogique et en conception de systèmes embarqués, tout en renforçant notre rigueur dans le travail collaboratif et la validation expérimentale.