

Rapport de projet [EA113]

Projet d'électronique analogique :

Générateur de son

Projet réalisé par:

AIT SIDI ALI Oussama
OUAJIH Safae

Projet encadré par:

LEBRET Valery

Table des matières

Introduction.....	3
Cahier des charges	
Schéma fonctionnel	
Réalisation du Générateur de Wobulation.....	4
Adaptation du signal modulant.....	5
Réalisation du VCO.....	6
Étude du comparateur à Hystérésis.....	6
Étude du multiplieur.....	7
Étude de l'Intégrateur.....	8
Dimensionnement des composants électroniques.....	8
Adaptation de Vmod	
Intégrateur	
Adaptation en sortie.....	9
Résultats de simulation.....	10
Performances expérimentales.....	12
Annexes.....	14

Introduction

Ce projet a pour but la production d'un son électronique a caractéristiques déterminées qui sera par la suite diffusé et amplifié . Un signal (son) est donc choisi à l'aide d'un GBF alimentant un haut-parleur .

Il s'agit de produire une tension périodique , modulée en fréquence . La variation progressive de la fréquence permet l'obtention de plusieurs effets sonores , l'effet 'sirène' est produit en générant une montée en fréquence très lente mais une descente rapide et inversement pour l'effet 'torpille' . Nous proposons de produire l'effet sonore d'une sirène .

cahier des charges

Les caractéristiques du signal modulé en fréquence à générer :

- Périodique , triangulaire de fréquence variante :
- La plage de fréquence :
 - $F_{min} = 700 \text{ Hz}$
 - $F_{max} = 500 \text{ Hz}$
- La forme du signal modulant : Rampe montante avec une symétrie de 25%.
- La fréquence du signal modulant : 1 Hz .

Schéma fonctionnel

Pour générer ce signal modulé , un VCO (voltage controlled oscillator) est utilisé , il s'agit d'un dispositif électronique qui génère un signal dont la fréquence fluctue par rapport à la tension d'entrée (signal modulant).

Le schéma fonctionnel global est le suivant :

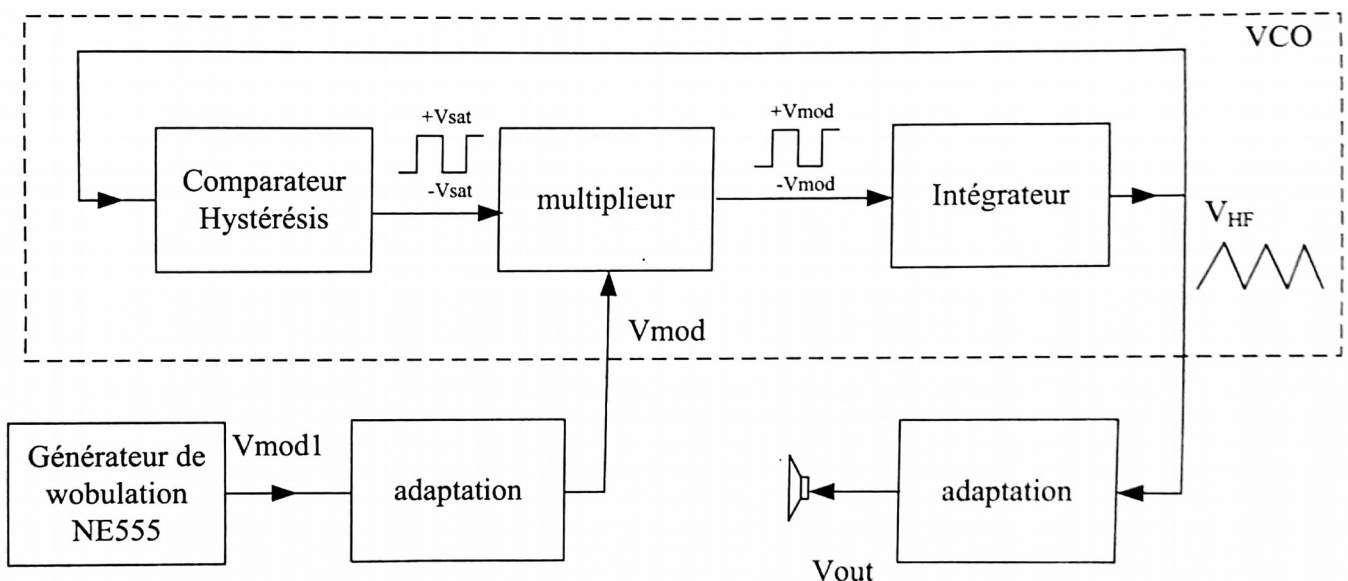


Figure1 : schéma fonctionnel global du circuit

Le circuit est composé de trois parties principales :

- Générateur de Wobulation + Adaptation pour générer le signal modulant désiré .
- Un VCO qui permet d'obtenir un modulateur de fréquence .
- Une adaptation pour ajuster l'amplitude du signal de sortie .

Réalisation du Générateur de Wobulation

Il s'agit d'un montage astable ; un générateur autonome qui délivre une tension périodique à période et à rapport cyclique déterminés par les équations suivantes :

$$t_H = 0.693(R_A + R_B)C$$

$$t_L = 0.693(R_B)C$$

$$\text{period} = t_H + t_L = 0.693(R_A + 2R_B)C$$

$$\text{rapport cyclique} = \frac{t_H}{t_H + t_L} = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

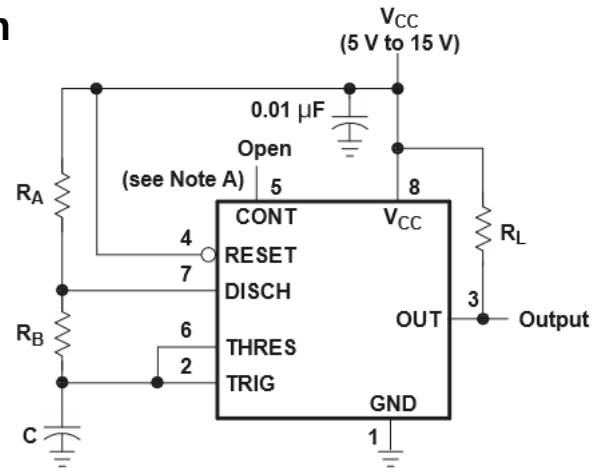


Figure 2 : Circuit du générateur de wobulation

Le signal en sortie de l'astable 'Vmod1' est un signal triangulaire périodique produit par la charge et la décharge du condensateur et dont les caractéristiques sont :

La fréquence : 1 Hz

Le rapport cyclique : 75 %

La valeur maximale : 10V

La valeur minimale : 5V

Les valeurs des paramètres du circuit NE555 choisies sont :

$R_A = 4,7 \text{ KOHM}$

$R_B = 2,2 \text{ KOHM}$

$C = 150 \text{ μF}$

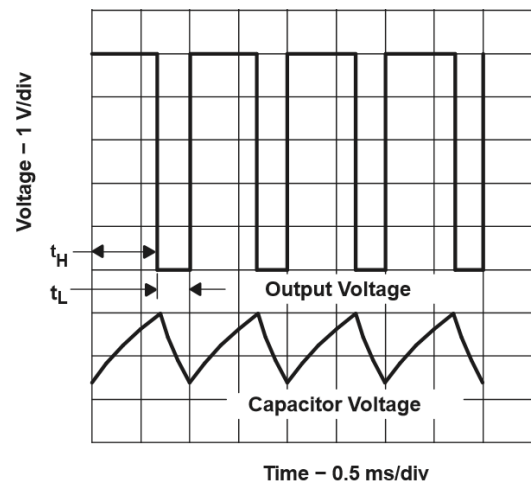


Figure 3 : signaux de sortie de l'astable

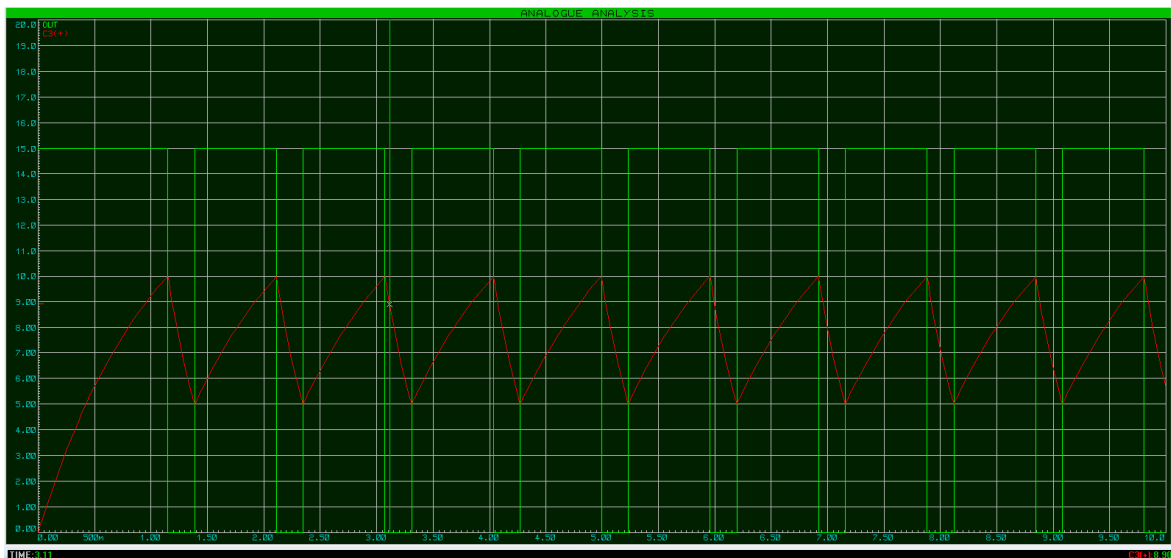


Figure 4 : résultat de simulation des sorties de l'astable

Cependant, ce signal nécessite une adaptation pour avoir le signal modulant désiré , un bloc d'adaptation est mis en place par la suite pour générer le bon signal modulant . Il s'agit d'une adaptation du rapport cyclique et des extremums du signal .

Adaptation du signal modulant

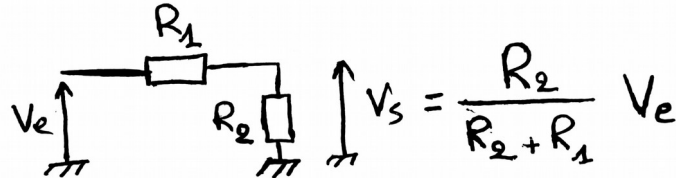
Pour avoir une oscillation de fréquence entre F_{min} et F_{max} comme définie dans le cahier des charges, la tension du signal modulant doit vérifier l'équation suivante :

$$V_{modmax} / V_{modmin} = F_{max} / F_{min} = Cte .$$

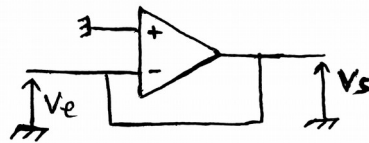
Les valeurs de F_{max} et F_{min} étant choisies, elles imposent constante Cte :

$$Cte = 1,4 \text{ D'où } V_{modmax} / V_{modmin} = 1,4$$

- Un diviseur de tension est ajouté par la suite pour adapter la variation du signal modulant V_{mod1} .



- Le signal V_{mod1} doit être inversé pour ajuster le rapport cyclique : 25% au lieu de 75% .



$$V_s = - V_e$$

- Un offset est ajouté au signal inversé pour avoir une tension positive .

une solution optimale pour effectuer les modifications précédentes sur le signal V_{mod1} est de les combiner en les remplaçant par le montage à base d'Aop suivant :

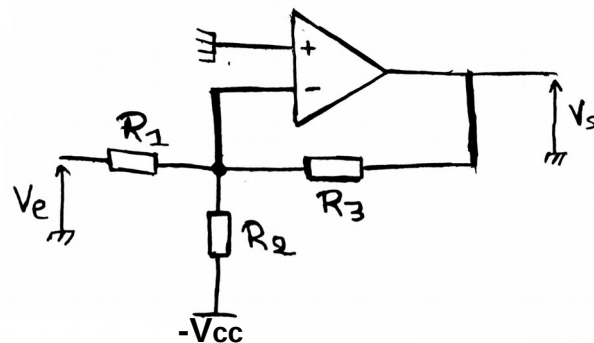


Figure 5 : Circuit optimisé de l'adaptation du signal V_{mod1}

$$V^- = 0 = \frac{-\frac{V_{cc}}{R_2} + \frac{V_s}{R_3} + \frac{V_e}{R_1}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}}$$

$$\text{d'où : } V_s = \frac{R_3}{R_2} V_{cc} - \frac{R_3}{R_1} V_e$$

Le signal est donc inversé avec un coefficient R_3 / R_1 , un offset de ; $V_{cc} \times R_3 / R_2$ est ajouté au signal pour avoir une tension positive .

Les valeurs des composants électroniques de l'adaptation seront définies après l'étude du VCO .

Réalisation du VCO



Il s'agit d'un système dont la fréquence du signal de sortie dépend linéairement de la tension d'entrée, ce qui permet d'avoir une variation de la fréquence de sortie sous influence du signal V_{mod} :

- La fréquence est maximale pour $V_{mod} = V_{max}$ et minimale pour $V_{mod} = V_{min}$.

Le VCO est constitué de trois étages à AOP, le premier en montage comparateur, le deuxième en multiplieur et le troisième en intégrateur.

- les AOPs sont des TL074 alimentés en ± 15 V

Etude du comparateur à Hystérésis

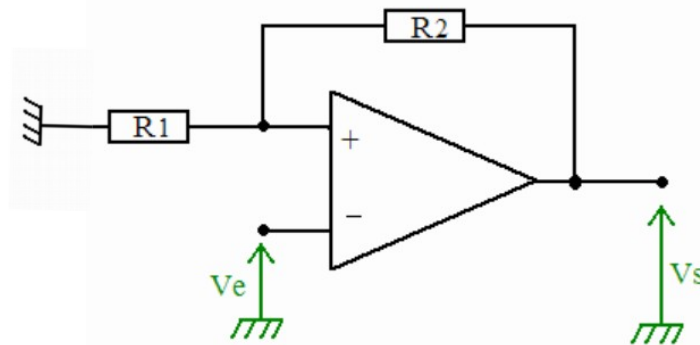
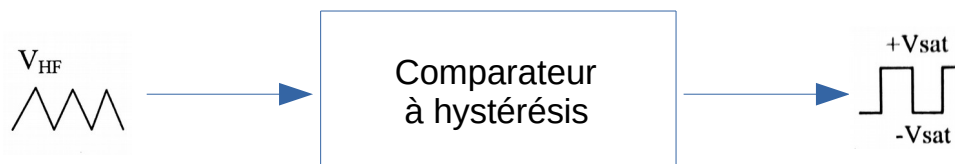


Figure 6 : Circuit du comparateur à Hystérésis utilisé

- Pour $V_e > V_{sat} / (R_1 / (R_1 + R_2))$
 $V_s = -V_{sat}$
- Pour $V_e < V_{sat} / (R_1 / (R_1 + R_2))$
 $V_s = +V_{sat}$

Les seuils du comparateur sont donc :
 $\pm V_{sat} (R_1 / (R_1 + R_2))$
 → la valeur càc = $2 V_{sat} (R_1 / (R_1 + R_2))$



la valeur crête de V_{HF} est choisie de façon à être très grande devant l'offset des AOPs. La valeur choisie vaut 3V. Pour $V_{sat} = 15$ V on a pris :

$$R_1 = 50 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 200 \text{ K}\Omega$$

Le signal de sortie du comparateur est indépendant du signal modulant ce qui explique la nécessité d'ajouter un multiplieur entre le comparateur et l'intégrateur pour synchroniser le circuit Intégrateur sur le signal V_{mod} .

Etude du multiplieur

Pour $R1 = R2 = R4$

si $R3 = 0$ alors : $V_s / V_e = -1$

si $R3 \rightarrow \infty$ alors : $V_s / V_e = 1$

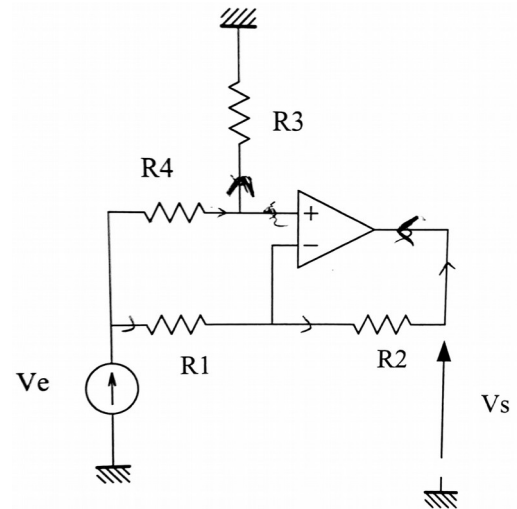
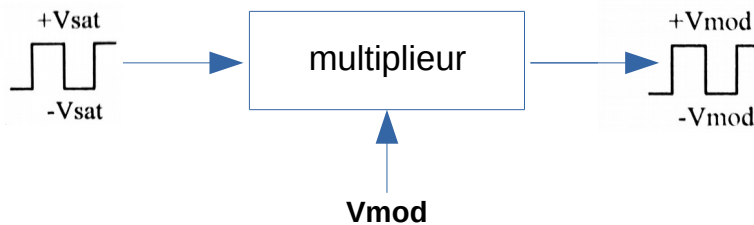


Figure 7 : Circuit du multiplieur

Le multiplieur comporte une entrée analogique V_{mod} , une entrée $\pm V_{sat}$ et une sortie $\pm V_{mod}$. La sortie vaut $-V_{mod}$ pour une entrée de $+V_{sat}$. Pour avoir le bon fonctionnement de ce multiplieur il faut substituer à $R3$ un transistor NMOS tel que $V_{gs} = \pm V_{sat}$.

Pour $V_{gs} = +V_{sat}$, le transistor est passant d'où $V_s = -V_{mod}$.

Pour $V_{gs} = -V_{sat}$, le transistor est bloqué d'où $V_s = +V_{mod}$.

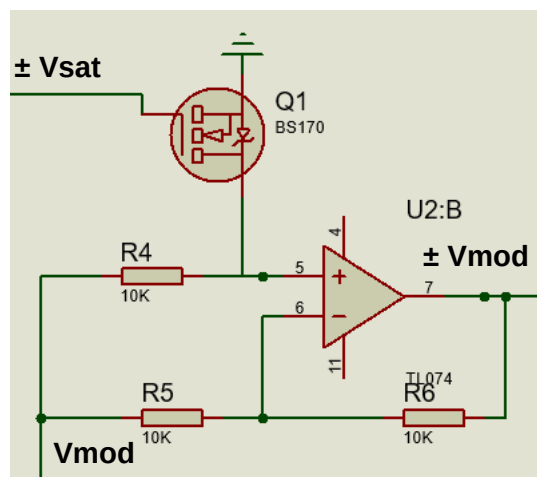


Figure 8 : Montage du multiplieur commandé par $\pm V_{sat}$

- La valeur des résistances est fixée et vaut 10 KΩ.
- Le transistor NMOS : BS170 est monté en montage : source commune.

Le signal de sortie du multiplieur sera intégré par un circuit Intégrateur permettant d'avoir enfin un signal à fréquence qui dépend de la tension d'entrée : (V_{mod}) .

Etude de l'Intégrateur

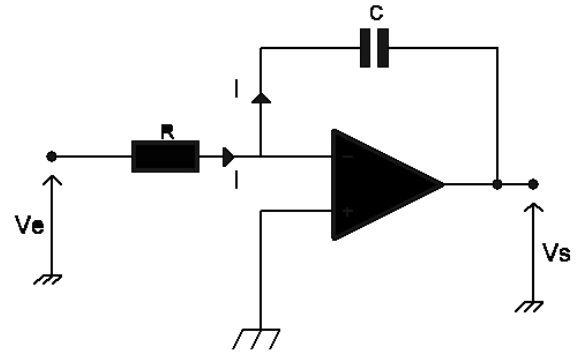
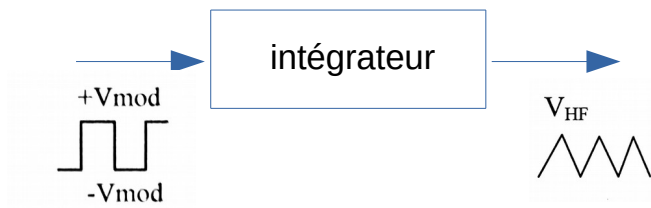


Figure 9 : Circuit intégrateur

La fréquence du signal de sortie peut être exprimée en fonction de la tension d'entrée et des paramètres du circuit :

$F = V_{\text{mod}} / (4 V_h R C)$ avec V_h la valeur max du signal de sortie.

$F_{\text{max}} = V_{\text{modmax}} / (4 V_h R C)$.

$F_{\text{min}} = V_{\text{modmin}} / (4 V_h R C)$.

La fréquence va ainsi fluctuer entre F_{min} et F_{max} .

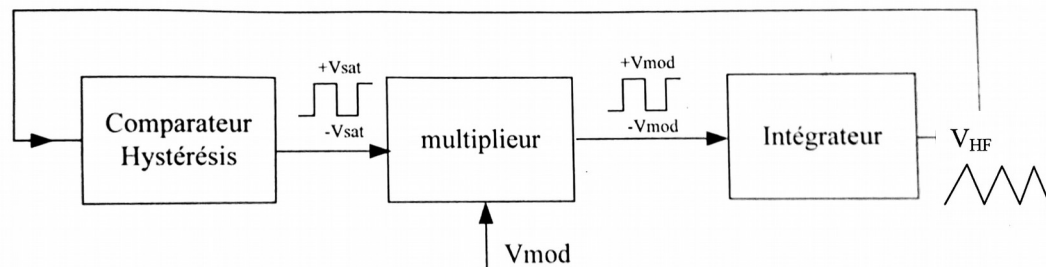


Figure 10 : Schéma bloc global du VCO

Dimensionnement des composants électroniques

Adaptation de Vmod

On propose de fixer la tension maximale du signal modulant sur 10V.

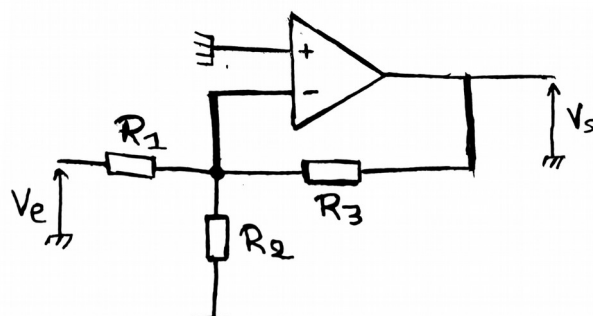
Or $F_{\text{max}} = K V_{\text{modmax}}$, on déduit que $K = 70$. De ce fait, la tension minimale vaut $V_{\text{modmin}} = F_{\text{min}} / K = 7V$.

le signal avant l'adaptation varie entre 5V et 10V ce qui explique les valeurs des composants prises au niveau de l'adaptation :

$$R_1 = 560 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 380 \text{ K}\Omega$$

$$R_3 = 330 \text{ K}\Omega$$



Intégrateur

On a $F = V_{\text{mod}} / (4 V_h R C)$

→ $RC = V_{\text{mod}} / (4 V_h F)$

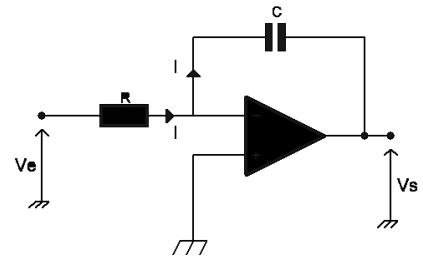
Avec : V_h la valeur crête du signal de sortie = 3V .

Pour $F = F_{\text{max}}$ et $V_{\text{mod}} = V_{\text{modmax}}$ on a

$RC = 1,2 \text{ ms}$. Les valeurs prises sont :

$R = 56 \text{ K}\Omega$

$C = 21,25 \text{ nF} \rightarrow C = 22 \text{ nF}$



Adaptation en sortie

Le signal de sortie doit être compatible avec l'amplificateur déjà réalisé . On propose d'ajuster l'amplitude de la tension de sortie pour atteindre une centaine de mV (150mV) . Un pont diviseur de tension est donc utilisé : un potentiomètre associé à une résistance fixe de talon .

La valeur maximale du signal V_{HF} est 3V . Or le potentiomètre à une résistance maximale de 1K on a pris , après le dimensionnement des composants électroniques , une valeur égale à 17 K pour la résistance $R1$, ceci permet d'avoir 166 mV en sortie qui est une valeur convenable .

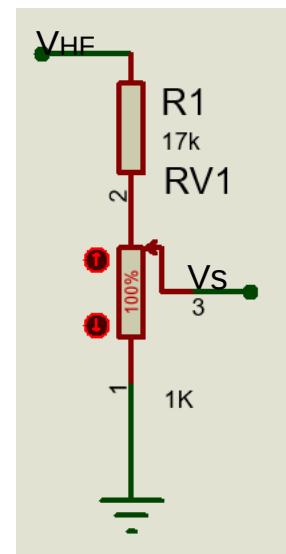


Figure 11 : Circuit de l'adaptation en sortie

Résultats de simulation

La figure ci-dessous représente les variations dans le temps du signal de la sortie de l'astable Vmod1 (rouge) et celui après l'adaptation Vmod (vert) .

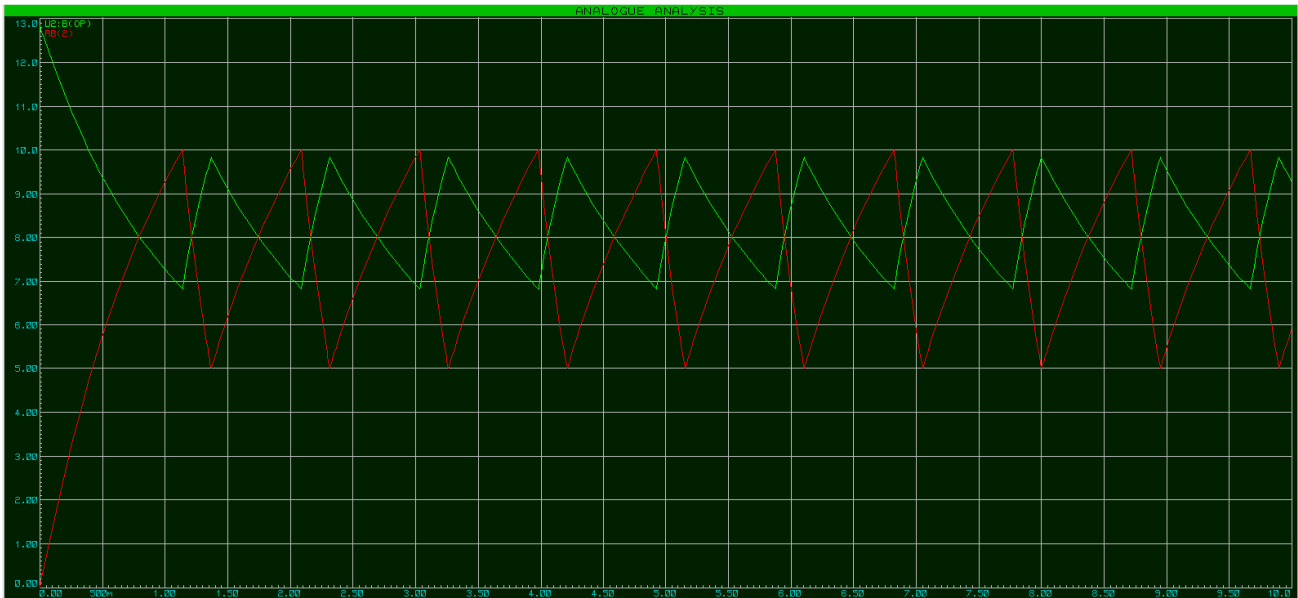


Figure 12 : Résultat de simulation du signal modulant avant et après l'adaptation

On remarque que le résultat est bien celui prévu , le signal modulant est de fréquence : 1Hz , de rapport cyclique : 25 % et varie entre 7V et 10V .

la figure suivante représente la variation de la sortie du générateur avant l'adaptation en sortie (signal rouge) , le signal modulant (vert) est aussi représenté pour vérifier le changement de la fréquence en fonction de la tension Vmod .

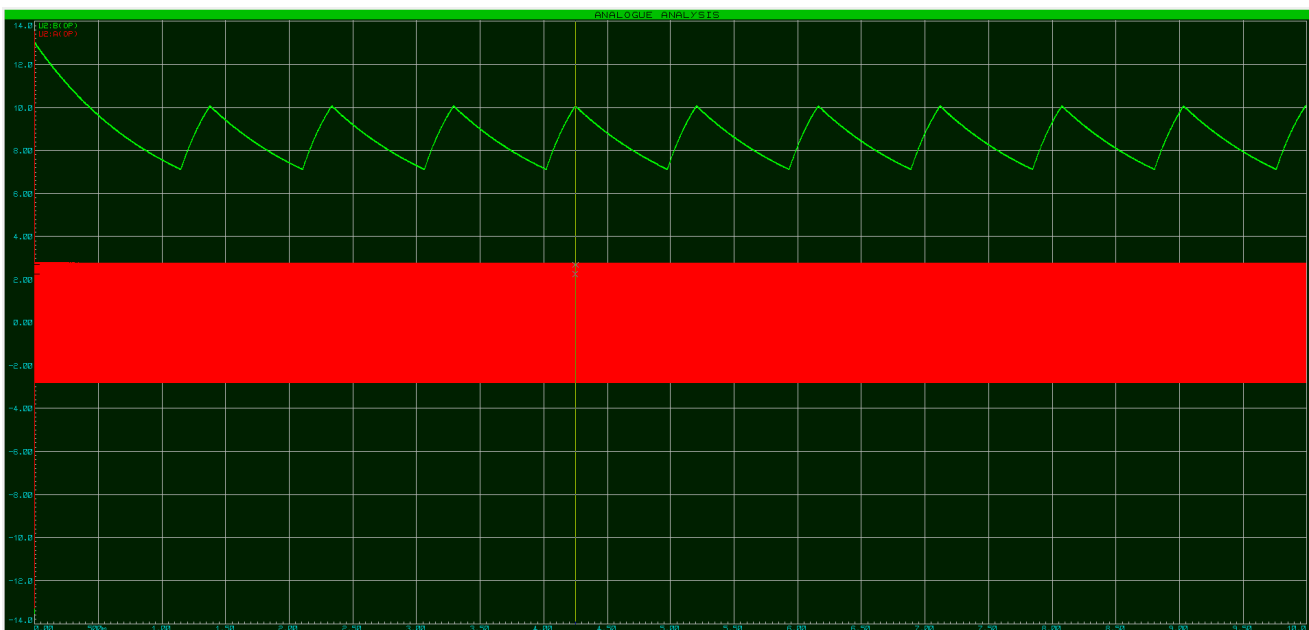


Figure 13: Résultat de simulation de la sortie du générateur de son

On remarque que le signal modulé varie entre $V_h = 3V$ et $-V_h = -3V$. Cependant , la variation de la fréquence n'est pas observée , on propose de faire un Zoom pour $V_{mod} = V_{modmax}$ et $V_{mod} = V_{modmin}$.

En faisant un zoom pour $V_{mod} = V_{modmax}$, on obtient la figure suivante :
Le signal rouge représente la sortie du générateur de son avant l'adaptation de l'amplitude .

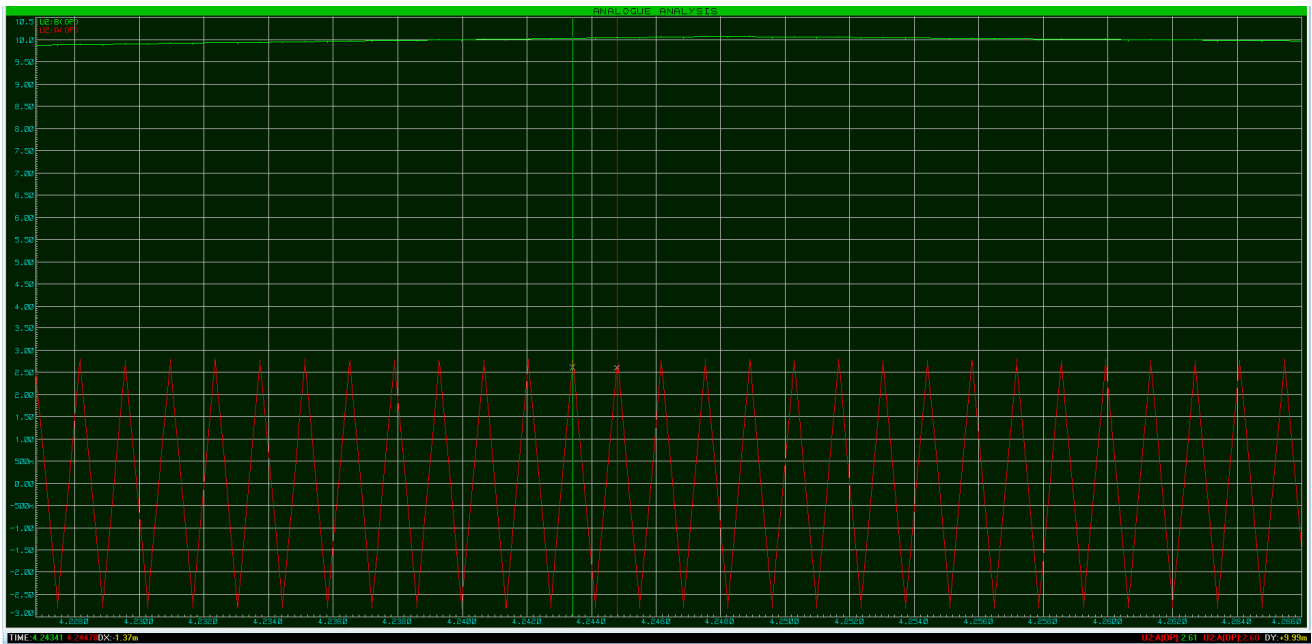


Figure 14 : Résultat de simulation du signal de sortie pour $F=F_{max}$

la fréquence du signal maximale vaut 729 Hz , la différence entre cette valeur et la valeur désirée (700Hz) est due au dimensionnement des composants électroniques au niveau de l'intégrateur . Cependant , cet écart n'est pas très grand .

la figure ci-dessous est une capture du signal de sortie pour $V_{mod} = V_{modmin}$.

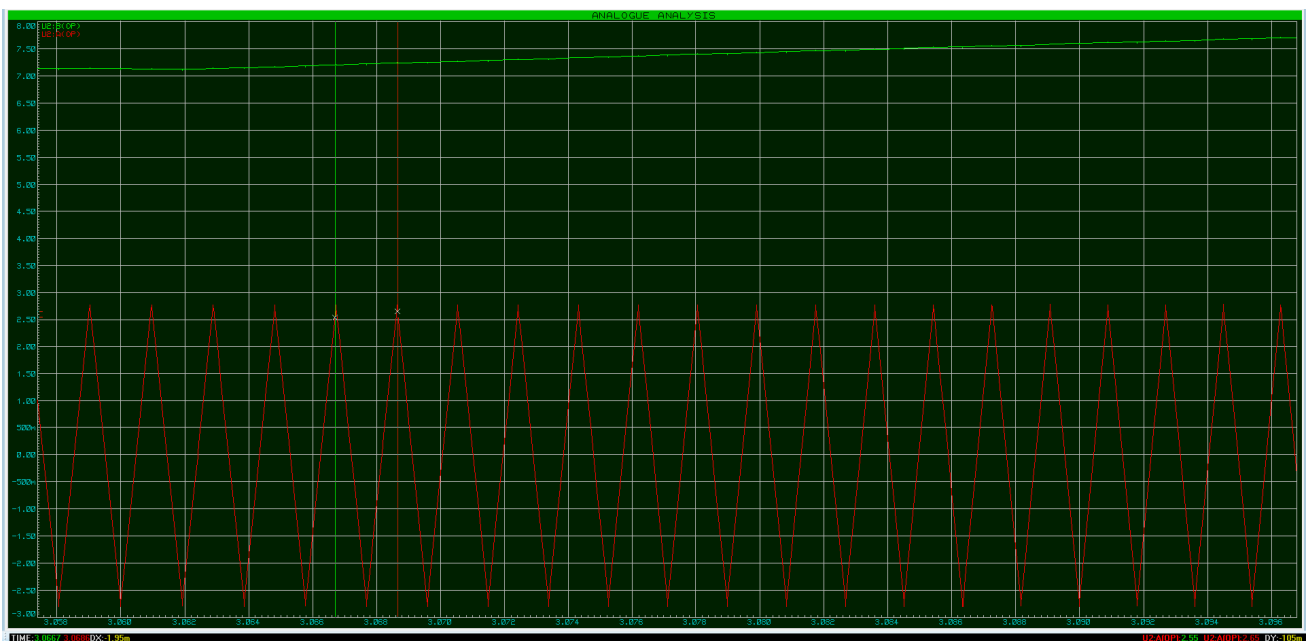


Figure 15 : Résultat de simulation du signal de sortie pour $F=F_{min}$

La fréquence est minimale et vaut 526 Hz , la valeur souhaitée est 500 Hz .
L'écart est aussi dû au dimensionnement des composants électroniques de l'intégrateur.

Performances expérimentales

Les figures ci-dessous représentent les résultats du test du générateur de son réalisé .

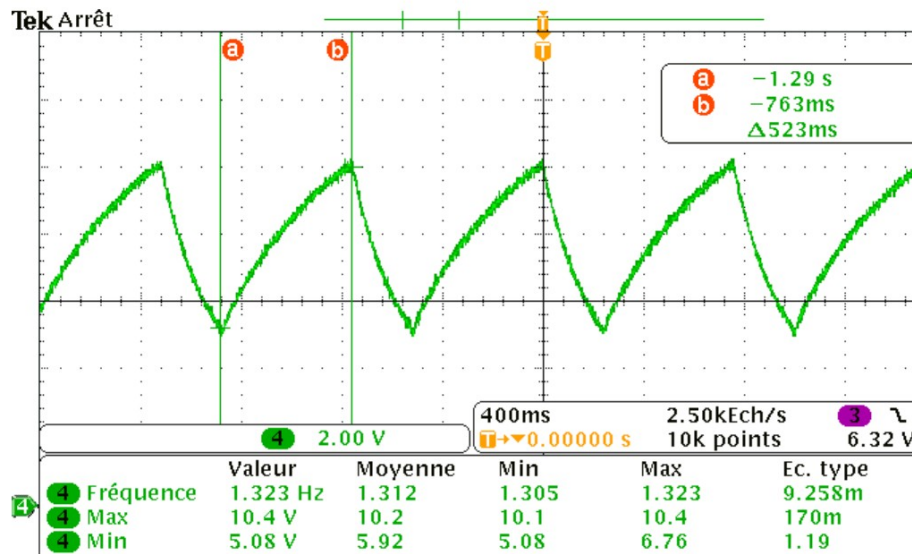


Figure 16 : Résultat expérimental du signal en sortie de l'astable

On remarque que la tension en sortie de l'astable est bien celle prévue . Cependant une légère différence dans le rapport cyclique est remarquée , alors qu'on s'attendait à un rapport cyclique de 75 % , le test révèle une diminution , le rapport cyclique trouvé vaut : 69 % , ceci peut être expliqué par un mauvais dimensionnement du condensateur au niveau de l'astable 100uF au lieu de 150uF .

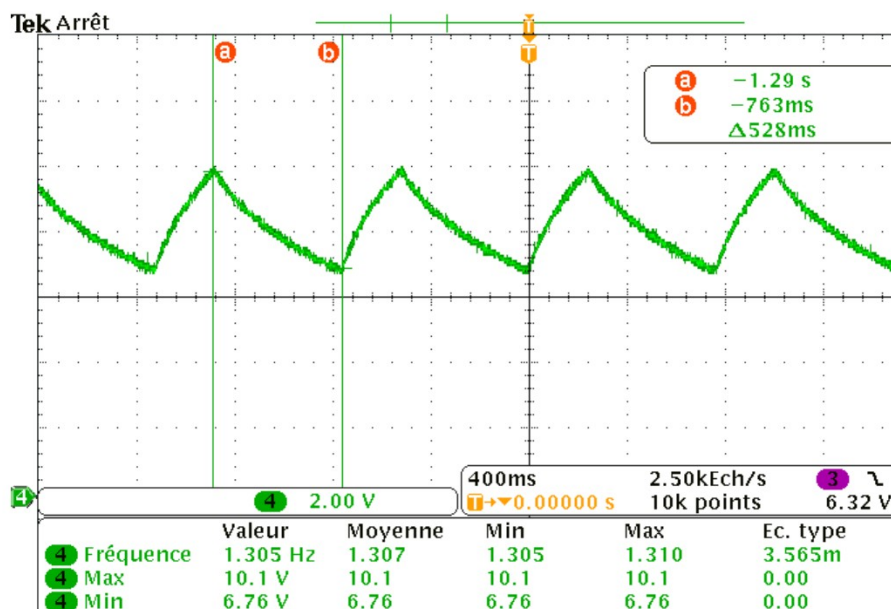


Figure 17 : Résultat expérimental du signal modulant après l'adaptation

On retrouve bien les valeurs extrêmes du signal modulant choisies ,le rapport cyclique est modifié lui même et vaut 31 % au lieu de 25 % ; une différence due à l'écart fait par l'astable (Figure:) .

On propose de visualiser la sortie du générateur de son , les deux figures suivantes illustrent la fluctuation de la fréquence entre F_{min} et F_{max} .

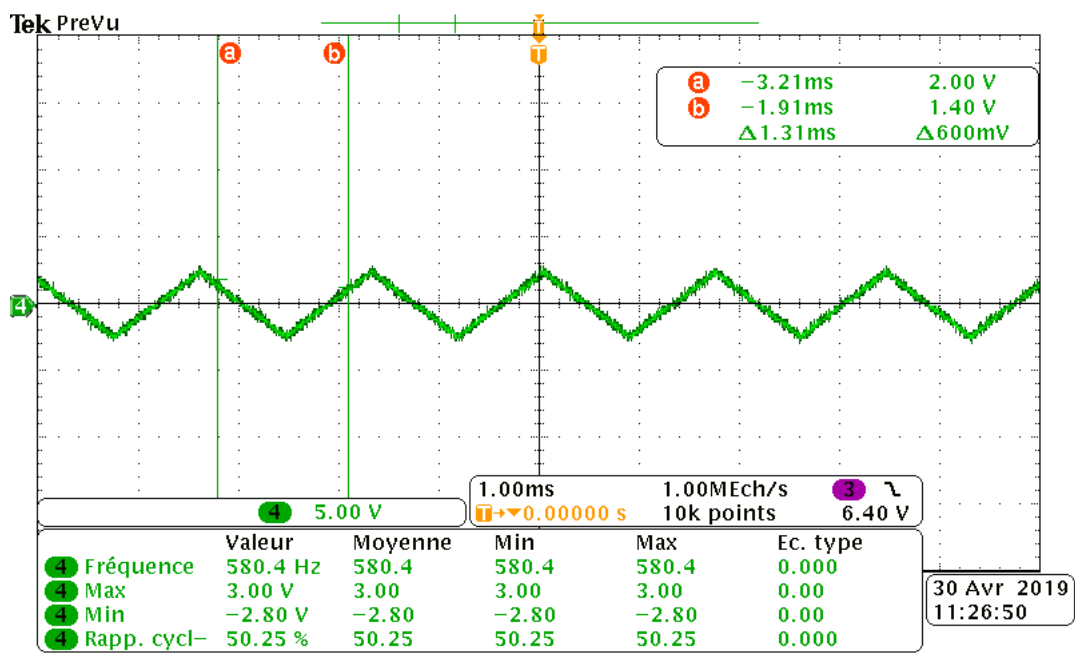


Figure 18 : Résultat expérimental du signal de sortie pour $F=F_{min}$

On retrouve en sortie , pour $V_{mod} = V_{modmin}$, une fréquence minimale qui vaut 580Hz , un écart de 80 Hz de la valeur souhaitée , ceci est dû au dimensionnement au niveau de l'intégrateur $C = 29nF$ au lieu de 22nF.

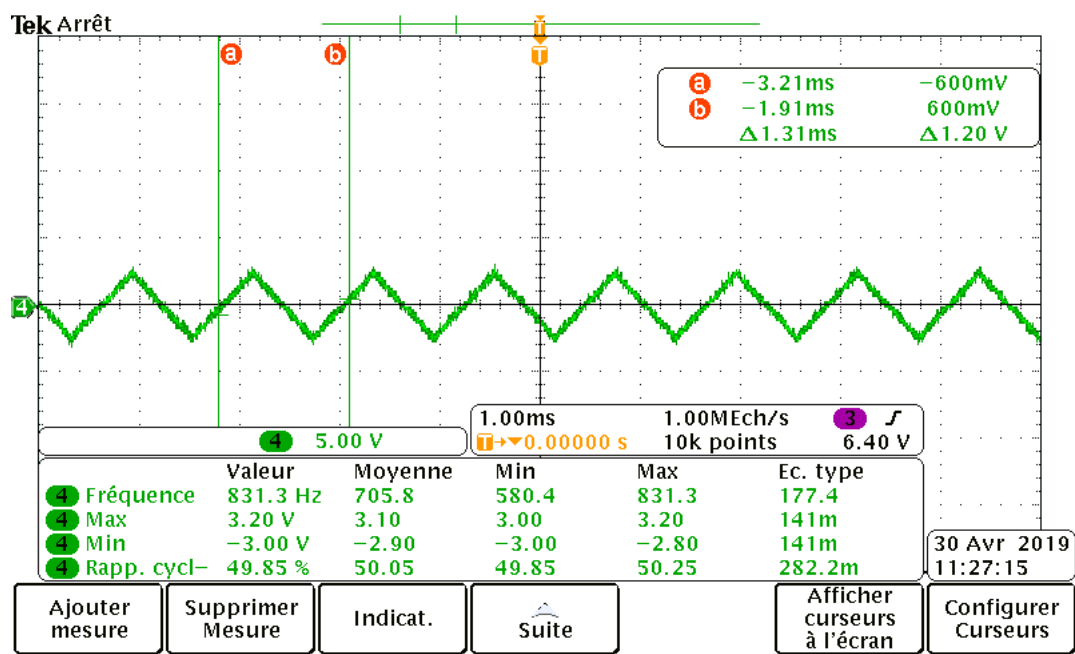


Figure 19 : Résultat expérimental du signal de sortie pour $F=F_{max}$

Pour $V_{mod} = V_{modmax}$, la fréquence maximale vaut 831Hz , un écart de 130 Hz de la valeur souhaitée , De même , ceci est du au dimensionnement au niveau de l'intégrateur .

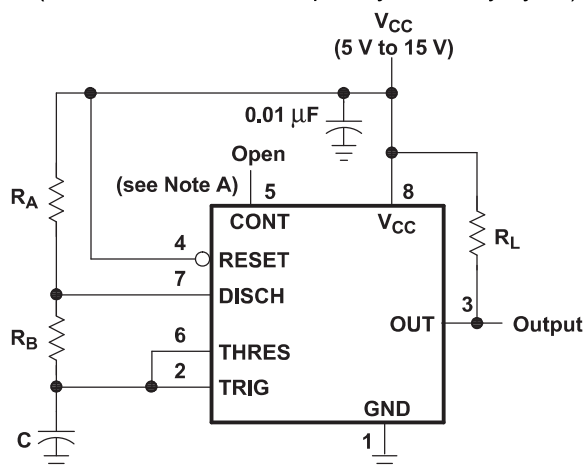
Annexes

Feature Description (continued)

8.3.2 A-stable Operation

As shown in Figure 12, adding a second resistor, R_B , to the circuit of Figure 9 and connecting the trigger input to the threshold input causes the timer to self-trigger and run as a multi-vibrator. The capacitor C charges through R_A and R_B and then discharges through R_B only. Therefore, the duty cycle is controlled by the values of R_A and R_B .

This astable connection results in capacitor C charging and discharging between the threshold-voltage level ($\approx 0.67 \times V_{CC}$) and the trigger-voltage level ($\approx 0.33 \times V_{CC}$). As in the mono-stable circuit, charge and discharge times (and, therefore, the frequency and duty cycle) are independent of the supply voltage.



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.

NOTE A: Decoupling CONT voltage to ground with a capacitor can improve operation. This should be evaluated for individual applications.

Figure 12. Circuit for Astable Operation

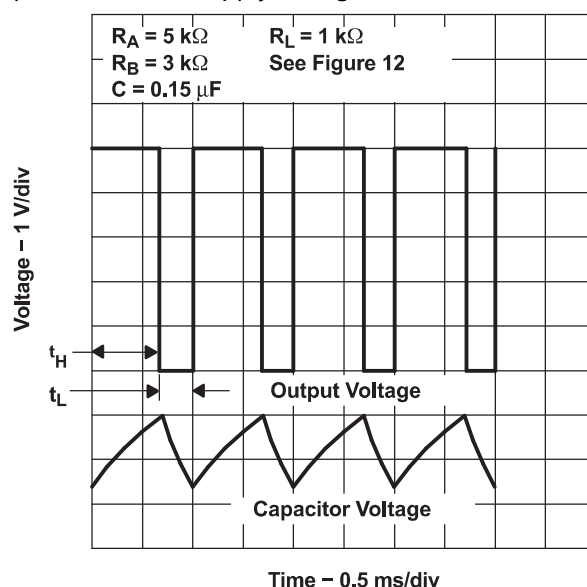


Figure 13. Typical Astable Waveforms

Figure 12 shows typical waveforms generated during astable operation. The output high-level duration t_H and low-level duration t_L can be calculated as follows:

$$t_H = 0.693(R_A + R_B)C \quad (1)$$

$$t_L = 0.693(R_B)C \quad (2)$$

Other useful relationships are shown below:

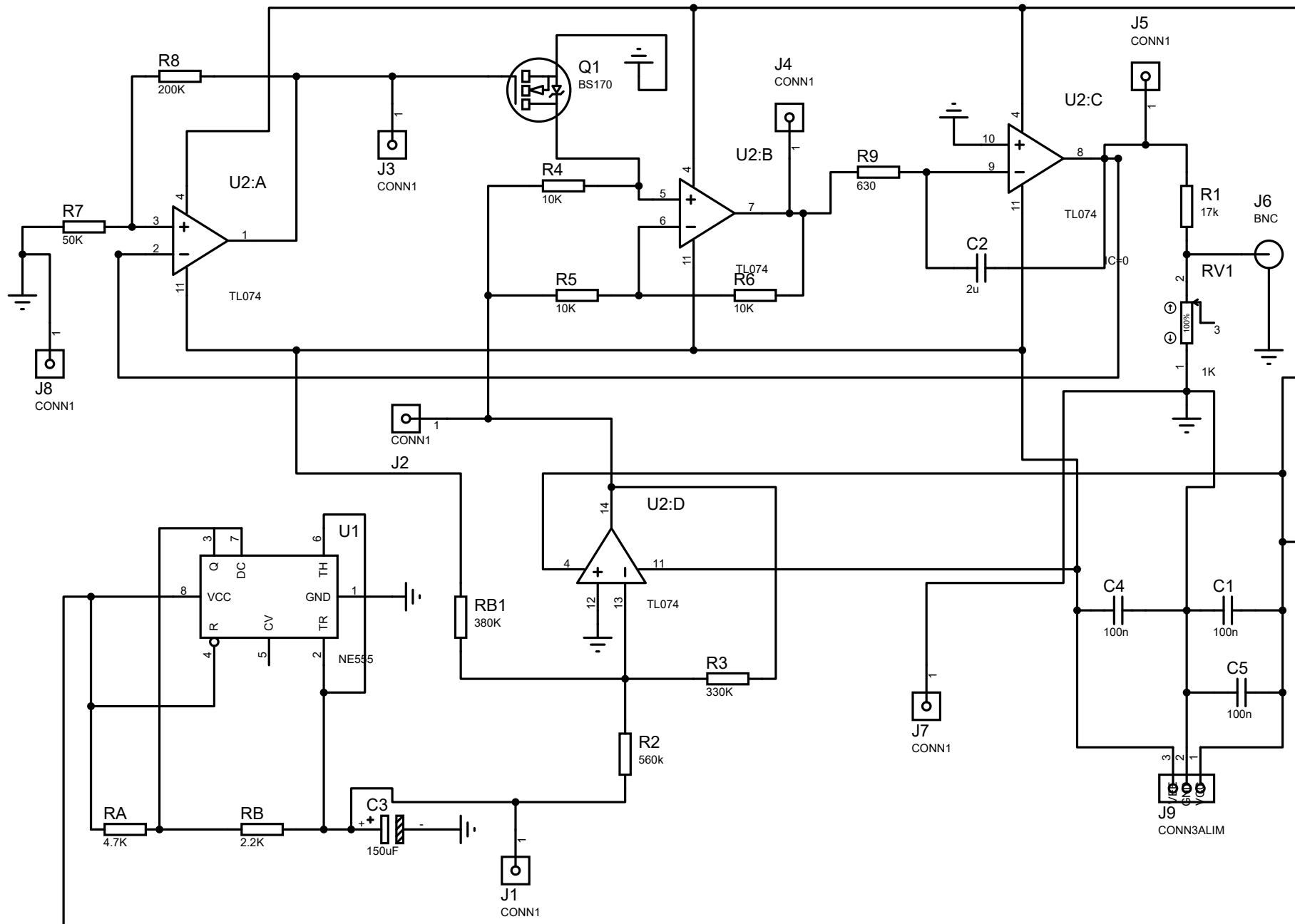
$$\text{period} = t_H + t_L = 0.693(R_A + 2R_B)C \quad (3)$$

$$\text{frequency} \approx \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C} \quad (4)$$

$$\text{Output driver duty cycle} = \frac{t_L}{t_H + t_L} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B} \quad (5)$$

$$\text{Output waveform duty cycle} = \frac{t_H}{t_H + t_L} = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B} \quad (6)$$

$$\text{Low-to-high ratio} = \frac{t_L}{t_H} = \frac{R_B}{R_A + R_B} \quad (7)$$



Bill Of Materials for generateur_son

Design Title generateur_son
Author
Document Number
Revision
Design Created mardi 2 avril 2019
Design Last Modified mardi 16 avril 2019
Total Parts In Design 30

5 Capacitors

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>PCB Package</u>	<u>Value</u>
3	C1,C4,C5	CAP20B_E	100n
1	C2	CAP20B_E	2u
1	C3	CAP_TT20_E	150uF

Sub-totals:

9 Resistors

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>PCB Package</u>	<u>Value</u>
1	R1	RES40	17k
1	R2	RES40	560k
1	R3	RES40	330K
3	R4,R5,R6	RES40	10K
1	R7	RES40	50K
1	R8	RES40	200K
1	R9	RES40	630

Sub-totals:

2 Integrated Circuits

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>PCB Package</u>	<u>Value</u>
1	U1	DIP8_3E	NE555
1	U2	DIP14_3E	TL074

Sub-totals:

1 Transistors

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>PCB Package</u>	<u>Value</u>
1	Q1	TO92_E	BS170

Sub-totals:

13 Miscellaneous

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>PCB Package</u>	<u>Value</u>
7	J1,J2,J3,J4,J5,J7,J8	CN1_A	CONN1
1	J6	BNC_B	BNC
1	J9	BORNIER3_H_E	CONN3ALIM
1	RA	RES40	4.7K
1	RB	RES40	2.2K
1	RB1	RES40	380K
1	RV1	PT_B	1K

Sub-totals:

Totals:

mardi 16 avril 2019 11:09:02

