

Extraits du programme :**Partie 3 - Formation disciplinaire**

Notions et contenus	Capacités exigibles
1.3. Oscillateurs	
Oscillateur de relaxation associant un intégrateur et un comparateur à hystérésis. Générateur de signaux non sinusoïdaux.	Mettre en œuvre un oscillateur de relaxation et analyser les spectres des signaux générés.

PRINCIPE DU THEREMINE

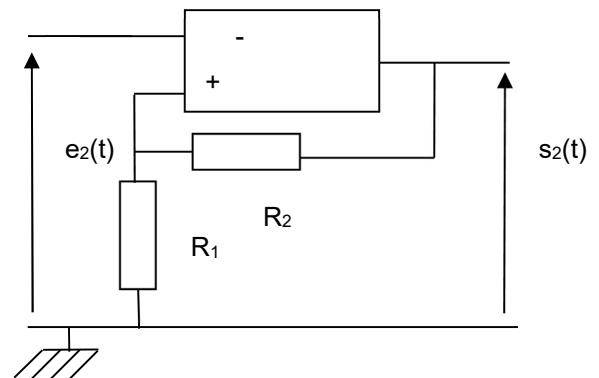
Le travail consiste à réaliser un oscillateur à relaxation, puis à utiliser le principe des battements pour réaliser un instrument électronique : le théremine.

Le théremine est un instrument de musique électronique inventé en 1919 par le russe Leon Theremin. Il produit des sons musicaux.

Vous pouvez en introduction regarder une courte vidéo musicale sur Internet pour découvrir l'instrument, par exemple Clara Rockmore, qui en fut la virtuose incontestée, ou vous essayer à l'instrument dont un exemplaire moderne est disponible dans la salle.

1. Préparation

- Rappeler le cycle d'hystérésis du comparateur ci-contre avec son sens de parcours. Rappeler les expressions des tensions de basculement en fonction de V_{sat} , R_1 et R_2 .
- A quelle condition un circuit RC passe-bas est-il intégrateur ? AN : $R = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 10 \text{ nF}$
- Faire le schéma du montage de l'oscillateur qui associe le comparateur à hystérésis et le circuit RC passe-bas intégrateur.



- Soit l'instant initial où l'ALI bascule de $-V_{\text{sat}}$ à $+V_{\text{sat}}$. On rappelle que la période des oscillations est

$$T = 4RC.R_1/(R_1+R_2)$$

- On considère un oscillateur de tension sinusoïdale $s(t)$ de fréquence f_0 et un autre oscillateur de tension sinusoïdale $s'(t)$ de fréquence $f' = f_0 + \Delta f$ avec $\Delta f \ll f_0$. A l'aide d'un multiplieur on effectue le produit des deux tensions. Exprimer et linéariser la tension de sortie $u(t) = k s(t)s'(t)$. Quel est le spectre de $u(t)$?
- Le signal précédent est envoyé sur un haut-parleur via un amplificateur. Rappeler la gamme de fréquence des signaux audibles. A quelle condition sur f_0 entend-on uniquement le son de plus basse fréquence ?
- Justifier que la fréquence de chaque oscillateur est inversement proportionnelle à la capacité C du montage. Montrer que $\Delta f_0 = f_0 \cdot \Delta C / C$ où ΔC est la différence entre les capacités de chaque oscillateur.

- La capacité d'un condensateur plan à air est donnée, en négligeant les effets de bord, par

$$C = \epsilon_0 S / e,$$

où S est la surface des armatures, e leur écartement, et $\epsilon_0 = 8,84 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ la perméabilité du vide.

Calculer la capacité d'un condensateur plan ayant la surface de la main et $e = 1 \text{ mm}$.

2. Matériel

Vous disposez : d'un oscilloscope, d'une alimentation $\pm 15\text{V}$, d'une plaques Labdec avec 1 ALI TL081, d'un multiplieur AD 633, de petits fils, d'un haut-parleur et de son amplificateur, d'une plaque de métal de la taille de la main environ, ou d'une tige de métal, d'une boîte de résistances et d'une boîte de capacités.

Vous choisirez vous-mêmes les autres éléments du montage (résistances, capacités).

3. Réalisation d'un comparateur à hystérésis

Ce montage utilise un Amplificateur Linéaire Intégré (ou ALI) TL 081.

Réaliser le circuit décrit en préparation avec $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$ (résistances radio)

Le signal d'entrée est une tension triangulaire de valeur moyenne nulle et de valeur maximale $E = 5\text{V}$. Visualiser et représenter $e_2(t)$ et $s_2(t)$ sur le même graphique.

Mesurer les valeurs de $e_2(t)$ provoquant le basculement de $s_2(t)$.

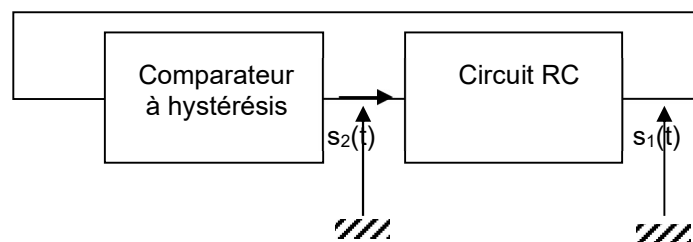
Visualiser puis représenter $s_2(e_2)$.

4. Réalisation du multivibrateur astable

On associe le comparateur à hystérésis et le circuit RC passe-bas selon le schéma ci-dessous, afin de réaliser un oscillateur. On choisit $R = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 10 \text{ nF}$ (boîtes à décades).

Faire un schéma complet du circuit.

Il n'y a plus de générateur basse fréquence dans le circuit. D'où vient l'énergie ?



Visualiser à l'oscilloscope les signaux $s_1(t)$ et $s_2(t)$, et recopier leurs allures sur le même graphe.

Justifier l'allure de ces deux signaux.

Mesurer la période d'oscillation du multivibrateur et donner une incertitude.

Tracer les spectres des deux signaux en notant précisément les valeurs des fréquences et des amplitudes obtenues. Noter les paramètres d'acquisition.

Ne rien démonter !!!

5. Application : principe de fonctionnement du theremin

5.1. Principe de l'instrument

L'instrument utilise deux oscillateurs de fréquences fondamentales f_0 initialement identiques. On perturbe la fréquence de l'un des oscillateurs en lui adjoignant une capacité parasite C_p . On a alors :

$$f' = f_0 + \Delta f(C_p)$$

En multipliant les signaux issus des deux oscillateurs, on obtient un signal composé des fréquences :

$$f_0 + f' = 2f_0 + \Delta f_0 \text{ et } f' - f_0 = \Delta f_0$$

Si les fréquences sont bien choisies, seul le signal de fréquence Δf_0 est audible ; cette fréquence peut varier si on rend C_p variable.

La capacité parasite C_p sera réalisée avec une plaque de métal et la main.

5.2. Accordage des deux oscillateurs (binôme 1)

Vous allez mettre en commun votre oscillateur et celui d'un autre groupe.

Remplacer la boîte de condensateurs du montage par un condensateur radio dont la capacité est de l'ordre de grandeur de celle calculée lors de la préparation.

A cause de la dispersion des valeurs des composants, il serait étonnant que la fréquence de votre oscillateur et celle d'un autre binôme soient identiques.

Régler grâce à la boîte de résistances la fréquence de l'un des oscillateurs de manière à égaliser les fréquences des deux oscillateurs. On expliquera la démarche.

5.3. Multiplication des signaux générés par les oscillateurs (binôme 2)

Câbler un multiplieur AD633 et multiplier les tensions $s_1(t)$ issues des deux oscillateurs.

Brancher l'amplificateur sonore puis un haut-parleur à la sortie du multiplieur ; un son résiduel peut parfois être entendu si les fréquences ne sont pas rigoureusement identiques : régler légèrement R pour l'annuler.

5.4. Adjonction d'une capacité parasite

Sur l'un des deux oscillateurs, brancher en parallèle avec C la capacité composée des armatures d'une plaque métallique et de la main afin de créer une capacité parasite C_p .

Même en éloignant la main très loin de la plaque, il existe une certaine capacité parasite ; la corriger avec R. Ecouter ensuite l'effet produit en approchant plus ou moins la main de la plaque. Commenter.