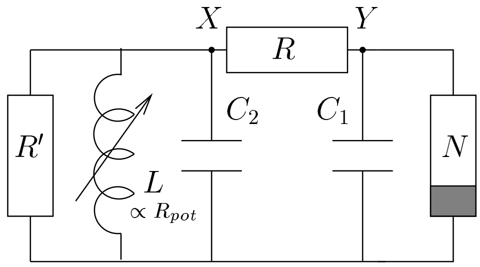
Mesures instantanées en fréquence et en amplitude dans le circuit de Chua

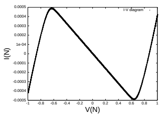
J.-M. Friedt, M. Planat
LPMO/CNRS, 32, avenue de l'observatoire, 25044 Besançon Cedex
friedt@lpmo.univ-fcomte.fr, planat@lpmo.univ-fcomte.fr

Généralités

Le circuit de Chua :
– circuit simple (LC et CN parallèles reliés par une résistance, N étant une résistance négative à deux pentes)
– paramètre de bifurcation : l'inductance L, simulée par un montage à amplificateur opérationnel, dirigé par un potentiomètre commandé par ordinateur
– non-linéarité isolée à la résistance négative N (linéaire par segments)

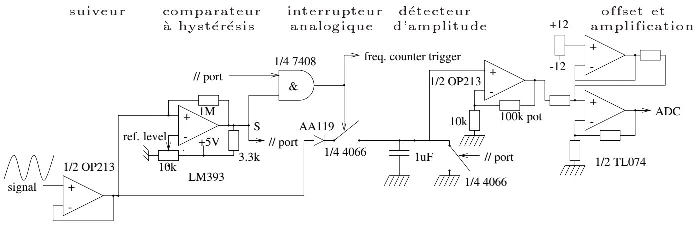


$$\begin{cases} C_1 \frac{dv_{C_1}}{dt} = \frac{1}{R}(v_{C_2} - v_{C_1}) - g(v_{C_1}) \\ C_2 \frac{dv_{C_2}}{dt} = \frac{1}{R}(v_{C_1} - v_{C_2}) + i_L - (\frac{v_{C_2}}{R'}) \\ L\frac{di_L}{dt} = -v_{C_2} - (i_L R_L) \end{cases}$$



Montage expérimental

– le circuit de Chua est un oscillateur dont le comportement varie avec la valeur de L pour passer d'un régime périodique à un régime chaotique (attracteur de type Rössler) selon un série de bifurcations. Trois de ces doublements de période peuvent être observés.
– un circuit de mise en forme des signaux : détection et isolation d'une période, mesure des paramètres “instantanés” de cette période (fréquence et amplitude)



– carte de conversion analogique-numérique sur 12 bits avec un temps de conversion inférieur à 500 μs
– fréquence-mètre commercial (HP 5334B) pour une analyse statistique du signal (communication GPIB lente) ou compteur de fréquence rapide

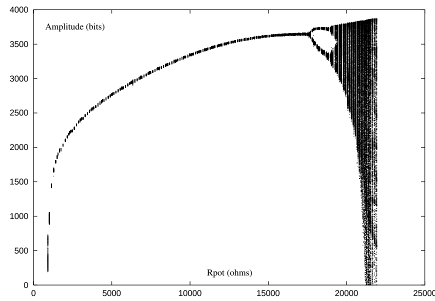
Algorithme d'acquisition des données :

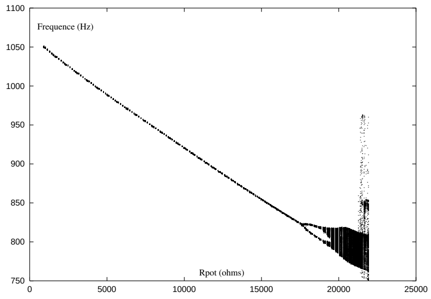
`tant que` S `est haut, attendre`	attendre la fin de la période courante
`déclencher la porte ''ET'' dirigeant le compteur`	se préparer à la mesure
`tant que` S `est bas, attendre`	fin de la demi-période basse
`tant que` S `est haut, attendre`	fin de la demi-période haute, mesure en cours
`lecture de l'amplitude et de la fréquence`	acquisition des données
`remise à zéro de la capacité`	

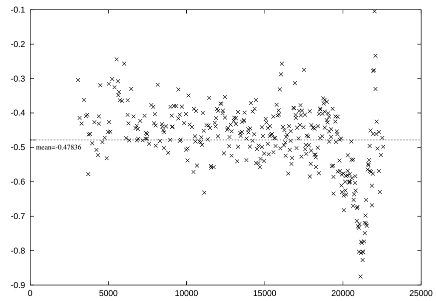
Cet algorithme est réitéré pour chaque nouvelle période à mesurer.
Nécessité de lire l'amplitude *puis* la fréquence à cause des courants de fuite.

Résultats

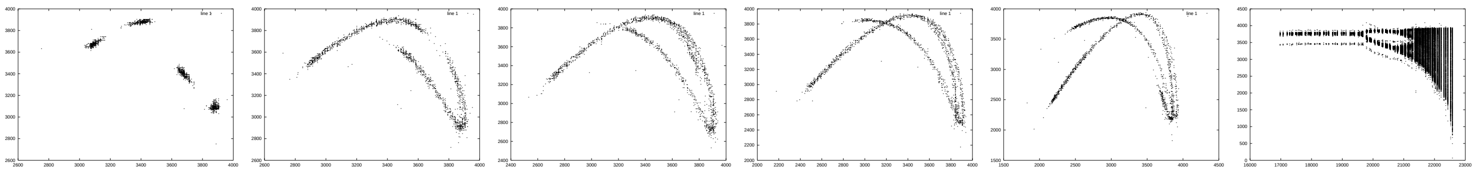
• Mesures statistiques (une période choisie aléatoirement)
– Observation du diagramme de bifurcation validant les acquisitions (en amplitude à gauche, en fréquence au milieu)







• Mesures séquentielles (toutes les périodes successives sur un intervalle de temps donnés)
– Tracé des applications de retour en fonction de la valeur de paramètre L (de gauche à droite : 7.01 mH, 7.09 mH, 7.16 mH, 7.24 mH et 7.31 mH)



– Calcul de la variance d'Allan de l'amplitude (dont le comportement est supposé identique à celui de la fréquence) : évolution du bruit de fréquence lors de la transition vers le chaos (figure à droite des diagrammes de bifurcation)

Perspectives

Le fréquence-mètre rapide perturbe considérablement le circuit chaotique : éliminer ces perturbations de façon à calculer la variance d'Allan sur des valeurs expérimentales de fréquence et comparer ces résultats avec les mesures faites sur l'amplitude. Prédictions des suites chaotiques expérimentales par réseaux de neurones.