Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 90 (1964)

Heft: 19: Association amicale des anciens élèves de l'École polytechnique de l'Université de Lausanne, Congrès mondial, Lausanne, 18-22 septembre 1964

Artikel: Amplificateur paramétrique pour la mesure de faibles courants continus

Autor: Coulon, F. de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67004

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

AMPLIFICATEUR PARAMÉTRIQUE POUR LA MESURE DE FAIBLES COURANTS CONTINUS

par F. DE COULON, Chaire d'électronique de l'EPUL

1. Introduction

Dans divers domaines des sciences nucléaires, on est amené à mesurer des courants très faibles pouvant descendre jusqu'à 10^{-13} et 10^{-14} A. C'est le cas par exemple de la mesure du flux neutronique d'un réacteur nucléaire. Les neutrons sont détectés par une chambre d'ionisation qui fournit un courant proportionnel au flux. L'utilisation de dispositifs de mesure à semi-conducteurs est souhaitable, tant pour des raisons d'encombrement et d'alimentation que pour améliorer la sécurité de fonctionnement. En raison de sa résistance d'entrée faible, le transistor se prête mal à la réalisation d'un amplificateur à très haute résistance d'entrée. Une solution possible de ce problème est décrite ci-dessous.

2. Principe

Le dispositif étudié est du type dit *amplificateur à modulateur*. Le signal continu à mesurer est transformé en un signal alternatif facilement amplifiable puis démodulable par les techniques usuelles. Le modulateur est réalisé par un pont à capacités variables fournissant un signal alternatif proportionnel à la tension continue d'entrée. Cette tension continue est appliquée simultanément à deux diodes à jonction, tendant à bloquer l'une et à faire conduire l'autre (fig. 1). Les capacités des jonctions varient de ce fait en sens opposés [1].

L'incorporation de ces diodes à un pont haute fréquence permet de déceler les variations de capacité. Afin d'obtenir une résistance d'entrée au courant continu très élevée, les diodes utilisées doivent avoir le plus faible courant de fuite possible. Différents essais effectués sur des diodes et transistors *planar* nous ont conduits à utiliser en guise de diode la jonction base-émetteur d'un transistor au silicium du type 2N1711, avec le collecteur relié à la base. Cette jonction présente un courant inverse de saturation de l'ordre de 10^{-12} A.

[1] On sait en effet que la capacité d'une jonction de semi-conducteurs varie avec la tension appliquée selon une loi sensiblement proportionnelle à

$$\frac{1}{(V_0 + V_{inv})^n}$$

où V_0 = hauteur de la barrière de potentiel de la jonction pour une tension extérieure nulle ;
V_{inv} = tension inverse appliquée ;
$0{,}3 < n < 0{,}5$.

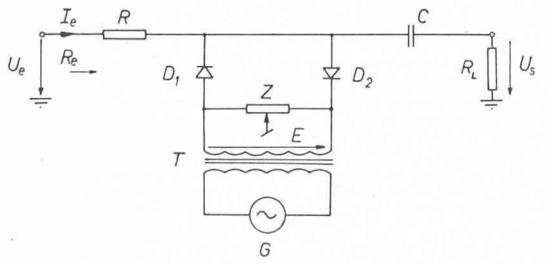

Fig. 1. — Schéma de principe de l'amplificateur.
U_e = tension continue d'entrée ;
U_s = tension alternative de sortie ;
D_1, D_2 = diodes à capacité variable ;
Z = impédance d'équilibrage du pont ;
R_L = résistance de charge.

3. Résultats

Les essais effectués sur un dispositif expérimental nous ont donné les résultats suivants :

3.1 *Sensibilité :* A une température ambiante de 20°C et pour une tension E appliquée au pont de 100 mV (fréquence de 1 MHz), nous avons mesuré un rapport tension de sortie sur tension continue d'entrée d'environ 1/60. La tension de sortie était mesurée aux bornes d'une résistance de charge R_L de 2200 ohms. Des courants de l'ordre 10^{-13} à 10^{-14} A sont décelables (fig. 2).

3.2 *Résistance d'entrée :* La résistance d'entrée au courant continu du dispositif dépend de la tension continue mesurée, de la tension haute fréquence appliquée au pont et de la température. Pour des tensions continues inférieures à 20 mV, à 20°C, et avec une tension HF appliquée au pont de 100 mV, nous avons mesuré une résistance de 5.10^{10} ohms.

3.3 *Dérives :* En raison de sa symétrie, le dispositif ne présente qu'une faible dérive de la tension de sortie en fonction de la température. Pour une variation de 20°C à 60°C, nous avons observé une variation de la tension de sortie U_s d'environ 20 µV, ce qui correspond à une dérive ramenée à l'entrée de 1,2 mV de la tension continue. La dérive de courant continu correspondante est d'environ 10^{-12} A. La dérive en fonction du temps, mesurée au cours d'une journée, semble négligeable.

3.4 *Gain de puissance :* Le gain de puissance

$$G = \frac{P_s}{P_e} = \left(\frac{U_s}{U_e}\right)^2 \cdot \frac{R_e}{R_L}$$

dépend de la tension HF E appliquée au pont en raison de son influence sur la résistance d'entrée R_e et sur le rapport des tensions $\frac{U_s}{U_e}$.

L'impédance de sortie de ce pont est essentiellement formée par la mise en parallèle des capacités des diodes D_1 et D_2 en supposant Z et la résistance interne du générateur négligeables. On aura intérêt à utiliser

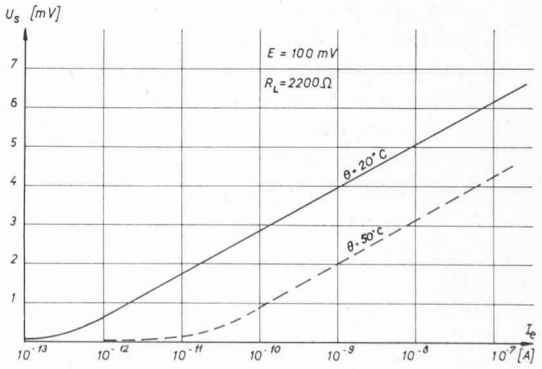

Fig. 2. — Tension de sortie en fonction du courant d'entrée pour deux températures.

une fréquence de travail élevée pour que cette impédance soit faible. D'autre part, la capacité C est avantageusement remplacée par un circuit résonant série compensant également la capacité interne des diodes.
Une adaptation optimum du circuit expérimental a été réalisée pour une résistance de charge R_L d'environ 180 ohms. (Tension continue d'entrée < 20 mV ; tension HF ~ 100 à 130 mV à 1 MHz ; température ambiante de 20°C.) Nous avons obtenu un gain de puissance maximum de 30 000, soit environ 45 db. On peut donc considérer ce dispositif comme un amplificateur paramétrique.

3.5 *Caractéristiques logarithmiques :* Le courant continu d'entrée variant pratiquement exponentiellement avec la tension d'entrée, on obtient une caractéristique tension de sortie-courant d'entrée logarithmique dans un domaine de 5 à 6 décades (fig. 2).

4. Conclusions

Ce dispositif paramétrique présente de l'intérêt en raison de sa sensibilité aux très faibles courants continus et de sa très grande résistance d'entrée. Il présente une faible dérive de tension mais une relativement forte dérive de courant en fonction de la température. Cependant, l'apparition récente sur le marché de transistors à effet de champ, et particulièrement d'éléments à grille isolée, simplifiera probablement à l'avenir le problème de la réalisation d'électromètres transistorisés.

Ce travail a été effectué avec l'aide du Fonds national de la recherche scientifique.

GÉNÉRATEUR DE FONCTION ALÉATOIRE A TRÈS BASSES FRÉQUENCES

par M. ESKINAZI, Chaire d'Electronique de l'EPUL

Nous avons construit un générateur de fonction aléatoire à très basses fréquences (0-20 Hz), dans le but d'étudier la réponse des servomécanismes à une excitation quelconque. Le principe utilisé s'inspire d'un article de Bennett & Fulton paru dans le *Journal of Applied Physics* en septembre 1951. Tout l'ensemble, à l'exception du thyratron, bien entendu, est transistorisé.

La figure 1 indique le schéma bloc de ce générateur.

La source de bruit est un tube à décharge gazeuse (thyratron alimenté en courant continu). Ce thyratron est placé dans un champ magnétique afin d'empêcher la création d'oscillations parasites.

Une solution que nous n'avons pas retenue consisterait à amplifier directement la bande de fréquences produites entre 0-20 Hz. Plusieurs inconvénients s'opposent au choix de cette solution :

1. Le spectre de bruit entre 0-20 Hz n'est pas constant.
2. La valeur moyenne de la tension de décharge subit une dérive au cours du temps qui se traduirait par une valeur moyenne non nulle du signal de sortie.
3. Difficultés inhérentes à l'amplification des signaux de très basses fréquences, nécessitant l'emploi d'un amplificateur en courant continu.

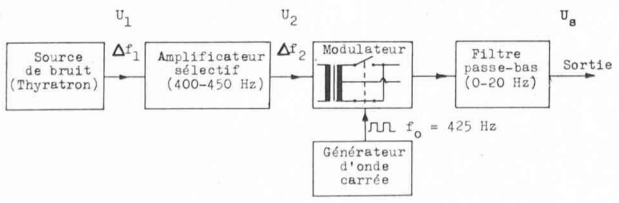

Fig. 1. — Schéma bloc du générateur de fonction aléatoire.

Ces inconvénients sont éliminés en adoptant le système décrit ci-dessous, qui utilise la partie du spectre située au-delà de 100 Hz. Dans cette région, le spectre peut être considéré comme constant. Cette méthode nous conduit à amplifier des signaux alternatifs, ce qui ne pose aucun problème particulier.

Nous avons choisi une bande de 50 Hz de large avec pour fréquence centrale $f_o = 425$ Hz. Dans ce but, nous avons employé un amplificateur dont la bande passante (400-450 Hz) est déterminée par trois circuits oscillants à accords décalés.

La tension efficace U_1 du bruit à la sortie du thyratron et la tension efficace U_2 à la sortie de l'amplificateur sélectif peuvent s'exprimer, en supposant que le spectre est constant, par les relations suivantes :

$$U_1 = K\sqrt{\Delta f_1} \qquad (1)$$

$$U_2 = A.K\sqrt{\Delta f_2} \qquad (2)$$

A = rapport d'amplification.
Δf_1 = largeur de bande du bruit à la sortie du thyratron shunté par des capacités à l'entrée de l'amplificateur sélectif.
Δf_2 = largeur de bande à la sortie de l'amplificateur.

De (1) et (2) on tire :

$$A = \frac{U_2}{U_1}\sqrt{\frac{\Delta f_1}{\Delta f_2}} \qquad (3)$$

Pour $U_1 = 7\ mV$, $U_2 = 5{,}6\ V$, $\Delta f_1 \cong 1000\ Hz$, $\Delta f_2 = 50\ Hz$, nous devons avoir : $A = 3500$.

La bande passante de 50 Hz ainsi amplifiée est modulée (inversion périodique du signal) par un générateur d'onde carrée de fréquence $f_o = 425$ Hz. Il résulte à la sortie du modulateur une fonction dont le spectre contient les fréquences $|(2\ n + 1)\ f_o \pm f|$ ($400 < f < 450\ Hz$ et $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$). Les