

Une approche plastronique pour auto-alimenter des capteurs

Nicolas Jeanniot*, Xuan Viet Linh Nguyen*, Tony Gerges*, Philippe Lombard*, Michel Cabrera*, Jean-Marc Duchamp[†], Philippe Benech[†] et Bruno Allard*

*Univ Lyon, INSA Lyon, Ecole Centrale Lyon, Claude Bernard Lyon 1, CNRS, Ampère, Villeurbanne F-69100, France

[†]Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, CNRS, G2ELab, Grenoble, F-38000, France
nicolas.jeanniot@insa-lyon.fr

Résumé—Le développement rapide de l'internet des objets (IoT) entraîne une demande exponentielle de capteurs sans fil dont l'alimentation représente un défi. Pour ce faire, nous proposons une nouvelle approche d'auto alimentation de capteurs par récupération des ondes radio-fréquences. Ce récupérateur d'énergie, conçu par technologie plastronique, comporte un interposeur, qui connecte le réseau de capteurs à l'antenne avec des capacités intégrées pour stocker l'énergie grappillée. L'architecture générale du système est discutée.

I. INTRODUCTION

Pour être en mesure de suivre l'augmentation des besoins énergétiques des réseaux de capteurs de plus en plus complexes, nous devons compter sur la récupération d'énergie. De multiples sources peuvent être grappillées pour ce faire, basées entre autre sur l'effet photovoltaïque [1], [2], l'effet piézoélectrique [3] ou bien encore un gradient thermique [4]. Dans, ce projet nous nous sommes concentrés sur la récupération d'énergie à partir de micro-ondes radio-fréquences (RF) [5]. Trois sous-ensembles hétérogènes sont combinés : Un boîtier intégrant des antennes en plastronique [6], un interposeur capacitif qui sert au stockage énergétique et un circuit électronique comprenant les blocs suivants : la conversion d'énergie, le microprocesseur et les différents capteurs. La seconde partie du résumé présente notre approche puis la dernière partie le conclut.

II. APPROCHE

Dans cette partie, nous expliquons notre approche pour concevoir un récupérateur d'énergie RF afin d'alimenter un ou des capteurs. Les différentes parties du dispositif sont présentées dans la Figure 1 1, i.e. le boîtier et son antenne en plastronique, l'interposeur capacitif et le circuit électronique. Ce dernier est dans un premier temps conçu avec des composants CMS puis un circuit intégré en technologie FDSOI 28nm sera développé.

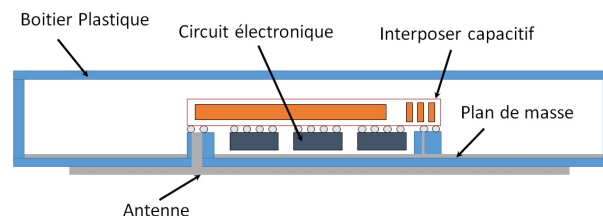


FIGURE 1. Représentation de la vue sectionnée du récupérateur d'énergie. (Pas à l'échelle)

1) *Rectenna*: L'énergie RF est récupérée par une rectenna, composée d'une antenne et d'un redresseur. Nous utilisons ici la technologie plastronique pour être en mesure d'intégrer une antenne et d'adapter son boîtier support à l'application IoT envisagée. Il sera donc possible d'optimiser la géométrie du boîtier à l'environnement ciblé. L'antenne doit être capable de recevoir les ondes dans les bandes de fréquences RFID (0.9 GHz) et Wi-Fi (2.45 GHz). La Figure 2 présente un premier prototype d'antenne dipôle en utilisant un polymère en polycarbonate (PC) et du scotch de cuivre. Pour des boîtiers de forme plus complexe, nous mettrons en œuvre un procédé original de fonctionnalisation plastronique de pièces imprimés en 3D.

Avant que le signal ne soit redressé, il est sélectionné par un duplexeur (filtre passif LC) afin d'optimiser la récupération d'énergie. Le redresseur est un demi-pont de Dickson. La diode sélectionnée pour la Wi-Fi est optimisée pour une puissance d'entrée de -20dBm, typique des puissances disponibles au grappillage. Par ailleurs, la RFID servant aussi à la communication des données du capteur, une autre diode redressant les signaux dans la bande de fréquence ad hoc est optimisée pour une puissance d'entrée de 10dBm, typique du transfert de données. Le schéma électrique de la rectenna est représentée sur la Figure 3. Pour la version CMS du circuit, nous avons sélectionné une seule diode en fonction de sa

tension de seuil ; le rendement du redresseur est de 25% à -20dBm et 62% à 10dBm. Le rendement étant la puissance disponible en sortie divisée par la puissance d'entrée.

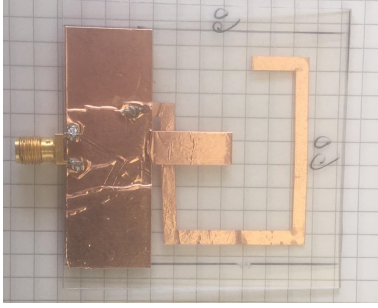


FIGURE 2. Prototype d'antenne plastronique bi-bande. Dimensions 50x50mm

2) *Stockage d'énergie*: Un point primordial dans les récupérateurs d'énergie est de pouvoir stocker l'énergie dont il convient de limiter les pertes (fuites, charges/décharges). De plus, dans un souci d'efficacité énergétique, la tension de stockage doit être aussi celle d'utilisation afin d'éviter l'ajout d'un bloc de conversion d'énergie, qui serait typiquement un LDO. Nous avons décidé de fonctionnaliser l'interposeur en intégrant des capacités servant au stockage d'énergie ainsi que des capacités RF. Par ailleurs, un but de ce projet est de maximiser la densité de stockage énergétique pour se rapprocher de celle des micro-batteries. Néanmoins, les aspects positifs de l'utilisation de cet interposeur sont sa flexibilité de la tension de stockage, sa fréquence d'utilisation et sa capacité de cyclage (>100k cycles) [7].

3) *Conversion d'énergie*: L'objectif est de fournir l'alimentation pour un capteur d'humidité et de température tel que le HTS221 et un microcontrôleur basse consommation dans la gamme ST L0 avec une tension d'alimentation comprise entre 1,8V et 1,65V. Cependant, afin de limiter la dissipation énergétique, la chaîne de conversion d'énergie fonctionne avec une tension d'alimentation de 1V. Nous stockons donc l'énergie à deux tensions différentes comme le montre le schéma électrique de la figure 3 .

Ne disposant pas d'alimentation directe, nous devons proposer un procédé pour démarrer à froid. Pour se faire, nous utilisons un convertisseur Armstrong qui va charger une première capacité C_{CTRL} jusqu'à la tension d'alimentation de la chaîne de conversion d'énergie, V_{CTRL} . Le désavantage de ce convertisseur est son faible rendement énergétique qui est de 34% à 10dBm.

Une fois V_{CTRL} atteinte, le contrôle peut être démarré. Le convertisseur Armstrong est donc éteint et la conversion se fait par un convertisseur Flyback qui a un rendement de 53% à -20dBm et 87% à 10dBm. Le convertisseur charge la capacité de stockage C_{STOR} jusqu'à la tension d'alimentation maximale du microprocesseur et de son capteur V_{STOR} . Afin de continuer à alimenter le contrôle, une diode relie C_{STOR} à C_{CTRL} . La diode est choisie pour que sa tension de seuil soit la différence entre V_{STOR} et V_{CTRL} .

Afin de s'assurer que le microprocesseur et son capteur auront assez d'énergie pour faire une mesure et la stocker, nous avons rajouté un bloc "Under-Voltage-Lock-Out", UVLO, qui ne s'ouvre qu'une fois la tension V_{STOR} atteinte. La capacité de stockage a été dimensionnée pour que la tension d'alimentation chute de 1,8V à 1,65V pour un cycle d'acquisition complet, ce qui entrainera la fermeture de l'UVLO jusqu'à ce que la tension V_{STOR} soit atteinte à nouveau.

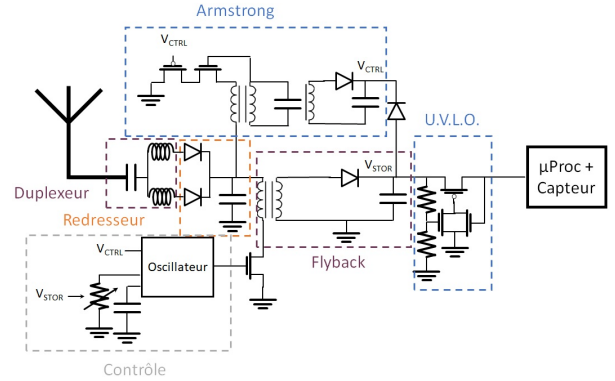


FIGURE 3. Schéma électrique du récupérateur d'énergie RF et détails de la chaîne de conversion d'énergie.

III. CONCLUSION

Ce projet a pour but de concevoir un récupérateur d'énergie RF en intégrant des sous-ensembles de technologies différentes : un bloc plastronique, un interposeur capacitif et un circuit électronique. Pour terminer cette intégration hétérogène, la prochaine étape est de remplacer les composants CMS de la chaîne de conversion d'énergie par un ASIC en FDSOI 28nm.

RÉFÉRENCES

- [1] D. Newell and M. Duffy, "Review of power conversion and energy management for low-power, low-voltage energy harvesting powered wireless sensors," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. PP, pp. 1–1, 01 2019.
- [2] D. Dondi, A. Bertacchini, D. Brunelli, L. Larcher, and L. Benini, "Modeling and optimization of a solar energy harvester system for self-powered wireless sensor networks," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, pp. 2759–2766, July 2008.
- [3] E. Lefeuvre, D. Audigier, C. Richard, and D. Guyomar, "Buck-boost converter for sensorless power optimization of piezoelectric energy harvester," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 22, pp. 2018–2025, Sep. 2007.
- [4] V. Leonov, "Thermoelectric energy harvesting of human body heat for wearable sensors," *IEEE Sensors Journal*, vol. 13, pp. 2284–2291, June 2013.
- [5] C. R. Valenta and G. D. Durgin, "Harvesting wireless power : Survey of energy-harvester conversion efficiency in far-field, wireless power transfer systems," *IEEE Microwave Magazine*, vol. 15, pp. 108–120, June 2014.
- [6] S. Kamotesov, P. Lombard, V. Semet, B. Allard, M. Moguedet, and M. Cabrera, "Omnidirectional inductive wireless charging of a 3d receiver cube inside a box," in *2018 IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC)*, pp. 1–4, June 2018.
- [7] F. Neveu, B. Allard, C. Martin, P. Bevilacqua, and F. Voiron, "A 100 mhz 91.5cascode bridge," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 31, pp. 3985–3988, June 2016.