



HAL
open science

Conception d'une étiquette sans contact Ultra-Large Bande impulsionnelle télé-alimentée en RFID UHF

Rémy Vauche, Matthieu Egels, Emmanuel Bergeret, Jean Gaubert, Nicolas
Dehaese, Raafat Lababidi

► **To cite this version:**

Rémy Vauche, Matthieu Egels, Emmanuel Bergeret, Jean Gaubert, Nicolas Dehaese, et al.. Conception d'une étiquette sans contact Ultra-Large Bande impulsionnelle télé-alimentée en RFID UHF. Colloque sur les Objets et systèmes Connectés 2019 (COC), Jun 2019, Casablanca, Maroc. hal-02298783

HAL Id: hal-02298783

<https://hal.science/hal-02298783>

Submitted on 27 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception d'une étiquette sans contact Ultra-Large Bande impulsionnelle télé-alimentée en RFID UHF

Rémy Vauché¹, Matthieu Egels¹, Emmanuel Bergeret¹, Jean Gaubert¹, Nicolas Dehaese¹, Raafat Lababidi²
remy.vauche@univ-amu.fr

¹Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

²Lab-STICC (UMR CNRS 6285), ENSTA Bretagne, Brest, France

RESUME : Cet article traite de la conception d'une étiquette sans-contact UWB-RFID afin d'apporter à la technologie RFID la précision des solutions UWB pour la géolocalisation des étiquettes au sein d'un entrepôt par exemple. Elle est ainsi constituée d'un émetteur UWB et d'un récupérateur d'énergie UHF. Le premier lui permet d'envoyer des impulsions UWB vers un récepteur UWB adéquat et le second lui permet d'être télé-alimentée en UHF par un lecteur RFID. L'émetteur UWB et le récupérateur d'énergie UHF ont ici été implémentés dans le même circuit intégré, fabriqué en technologie CMOS 130nm, de façon à ce que la fréquence de répétition des impulsions UWB émises soit l'image de la puissance UHF reçue. Ce circuit intégré a été reporté sur un PCB sur lequel ont été gravées les deux antennes requises, à savoir l'antenne UWB et l'antenne UHF. Les résultats de mesure montrent pour cette réalisation qu'une puissance incidente d'au moins -10dBm doit être reçue par l'étiquette pour que la génération périodique des impulsions UWB débute. Enfin, une puissance incidente reçue de 5dBm permet quant à elle une communication UWB vers un récepteur adéquat à un débit de 330kbps.

Mots clés : Etiquette sans contact, générateur d'impulsions UWB, géolocalisation, récupérateur d'énergie UHF, RFID, télé-alimentation.

INTRODUCTION

La technologie d'identification par radiofréquence (RFID) a aujourd'hui largement été adoptée, que ce soit la technologie RFID HF à 13,56MHz en champ proche notamment utilisée pour les tickets de transport, le contrôle d'accès, les passeports électroniques ou le paiement sans contact, ou que ce soit la technologie RFID UHF à 900MHz notamment utilisée pour les applications relatives à la logistique du fait des portées de l'ordre de la dizaine de mètre qu'elle permet. Cela a été rendu possible par l'utilisation de technologies faible coût pour la fabrication d'étiquettes, ces dernières consistant au report direct sur une antenne d'un circuit-intégré en technologie CMOS faible consommation ne nécessitant pas de composant externe tel qu'un quartz, un filtre ou même une batterie du fait qu'il est possible de les télé-alimenter.

Cependant, la technologie RFID UHF ne semble pas pouvoir fournir une localisation des étiquettes au sein d'un entrepôt par exemple avec une précision de l'ordre de la dizaine de centimètre. En effet, comme elle utilise un signal bande étroite autour de 900MHz, elle est naturellement limitée en termes de résolution spatiale, en plus d'être sensible aux interférences qu'elles soient dues aux multi-trajets ou à la communication simultanée de plusieurs dispositifs. Enfin, même si une certaine amélioration de la technologie concernant ces aspects est envisageable, une rupture technologique est nécessaire pour qu'un gain significatif en termes de performances soit économiquement viable.

A la vue des nouvelles technologies de communications développées durant la dernière décennie, la radio-impulsionnelle ultra-large bande (IR-UWB) semble prometteuse pour la prochaine génération de systèmes RFID [1] notamment pour réaliser la communication

étiquette vers lecteur. En effet, l'occupation spectrale d'un signal impulsionnel étant inversement proportionnel à la durée des impulsions qui le constituent, l'utilisation d'impulsions ultra-large bande (UWB) dans la bande 3,1GHz-10,6GHz ne requière des impulsions que d'une durée inférieure à la nanoseconde. Une durée de cet ordre de grandeur permet alors : i) de permettre une localisation précise à l'aide de techniques « Time Of Arrival » (TOA) ou « Time Difference Of Arrival (TDOA) [1], ii) d'avoir une consommation très faible des dispositifs IR-UWB puisqu'il est possible d'éteindre les circuits entre l'émission de deux impulsions ou salves d'impulsions, iii) d'être très robuste aux multi-trajets car il est facile de discriminer les impulsions ayant suivies des trajets différents et iv) d'être également très robuste aux interférences et donc de permettre la communication avec un plus grand nombre d'étiquettes dans un laps de temps donné [2].

Ainsi, dans cet article est présentée une étiquette sans contact IR-UWB télé-alimentée en RFID UHF à 900MHz. Comme indiqué sur la figure 1 (a), l'étiquette est constituée d'un générateur d'impulsions UWB à ultra-faible consommation [3], d'un récupérateur d'énergie à 900MHz l'alimentant et des antennes UWB et UHF requises. L'étiquette, qui peut être télé-alimentée par un lecteur RFID UHF classique, est conçue pour être utilisée avec un récepteur UWB permettant la géolocalisation comme celui présenté dans [4]. Le générateur d'impulsions est basé sur la même architecture que celui présenté dans [5] ce qui permet la génération d'impulsions avec une énergie de quelques pico-Joules sur 50Ω. Néanmoins, elle a été modifiée afin de réduire autant que possible la consommation lorsqu'aucune impulsion n'est émise afin de faciliter la télé-alimentation par le récupérateur d'énergie UHF. Ce dernier, basé sur l'architecture présentée dans [6], a

par ailleurs été optimisé pour améliorer le rendement en puissance avec la technologie 130nm utilisée. Dans cet article, l'architecture de l'étiquette est détaillée dans la première partie puis les résultats de mesure sont présentés dans la deuxième partie.

I - CONCEPTION DE L'ETIQUETTE UWB-RFID

Comme indiqué sur la figure 1 (a), le système consiste en une étiquette sans contact hybride associant un émetteur impulsionnel UWB et un récupérateur d'énergie dans la bande UHF. Ces deux fonctions ont été implémentées dans le même circuit-intégré réalisé en technologie CMOS 130nm de chez STMicroelectronics et reporté sur un PCB développé pour l'occasion. Enfin, une capacité a été ajoutée afin de stocker l'énergie récupérée.

I.a - Conception de l'émetteur UWB

L'émetteur UWB a été conçu pour générer des impulsions dans la bande 3,1-10,6GHz et utilise la technique de génération d'impulsions par excitation de filtre, ce qui permet de générer des impulsions présentant une dynamique plus grande que la tension d'alimentation tout en consommant très peu.

Pour ce type de circuit, la puissance consommée notée P_{UWB} peut se modéliser sous la forme :

$$P_{UWB} = P_{DC} + E_{AC} \times PRF_{MEAN} \quad (1)$$

où P_{DC} est la puissance consommée quand aucune impulsion n'est émise, E_{AC} est l'énergie additionnelle consommée pour émettre une impulsion et PRF_{MEAN} la fréquence de répétition moyenne des impulsions émises. Pour être en mesure d'alimenter le générateur d'impulsions UWB avec un récupérateur d'énergie UHF, il est alors nécessaire de réduire P_{DC} suffisamment afin que cette puissance soit toujours inférieure à la puissance disponible en sortie du récupérateur d'énergie et ainsi permettre la récupération d'énergie.

Grâce à la technique de génération d'impulsions utilisant l'excitation de filtre dont l'architecture utilisée est indiquée sur la figure 1 (b) et dont le détail est disponible dans [3], P_{DC} est uniquement constituée des courants de fuites des portes logiques CMOS utilisés dans le générateur d'impulsions en bande de base et de celui d'un large transistor NMOS permettant d'attaquer le filtre en courant. Pour réduire suffisamment ces fuites, l'émetteur UWB tire profit de la technologie 130nm utilisée en implémentant une architecture multi-VT [7] associant judicieusement les transistors rapides (HS) et les transistors faible fuite (LL) fournis par la technologie.

Les résultats de mesure ont montré que pour une tension d'alimentation de 1,2V et une antenne UWB ayant une impédance de 50Ω, l'émetteur conçu présente une puissance P_{DC} de 3,91μW, une énergie E_{AC} de 68pJ par impulsion (soit 34pJ par bit pour une modulation

OOK), tout en générant des impulsions ayant 2Vpp de dynamique soit une énergie de 2,37pJ sur 50Ω.

I.b – Architecture du récupérateur d'énergie UHF et fonctionnement global de l'étiquette

Comme indiqué sur la figure 1 (c), le récupérateur d'énergie UHF est quant à lui construit autour d'un redresseur (« rectifier ») constitué d'un multiplieur 3 étages détaillée dans [6]. Il a été interconnecté à l'émetteur UWB pour fonctionner comme indiqué sur la figure 2.

Ainsi, lorsqu'une porteuse UHF est captée par le récupérateur d'énergie via son antenne ($UHF_CARRIER$), VDD augmente. Puis lorsque VDD atteint un seuil défini matériellement autour de 1,2V qui est la tension nominale de fonctionnement de la technologie 130nm utilisée, un front montant est généré sur CLK . Ce front montant réveille alors l'émetteur UWB et conduit à la génération d'une impulsion UWB sur UWB_PULSE . Une nanoseconde plus tard, un front montant est généré sur $RESET_VDD$ ce qui remet VDD à 0V. Ensuite, un front descendant est généré sur CLK suivi d'un autre sur $RESET_VDD$ lorsque l'émetteur UWB se remet en veille. Ainsi, l'étiquette UWB-RFID conçue génère un train d'impulsion UWB à une fréquence de répétition des impulsions directement proportionnelle à la puissance disponible en sortie du récupérateur d'énergie UHF.

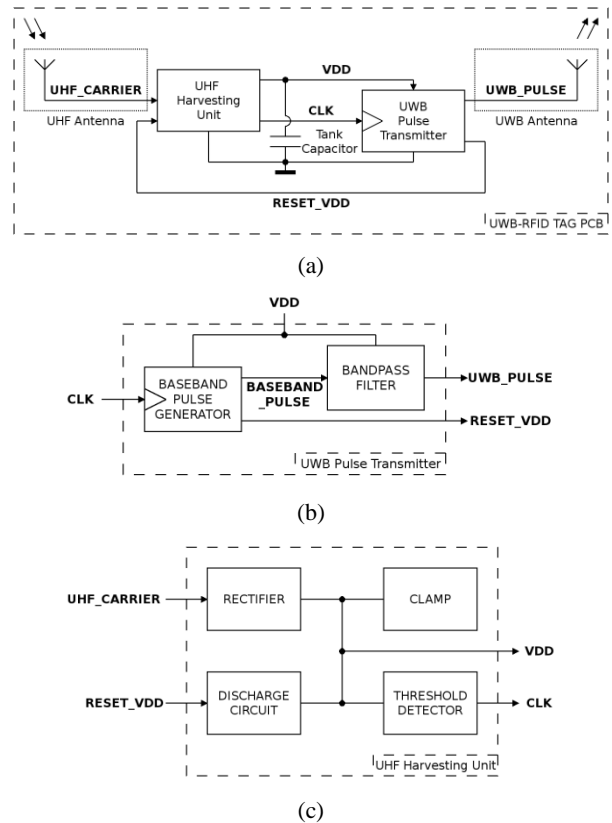


Fig. 1 : Schéma bloc de l'étiquette UWB-RFID (a), du générateur d'impulsions UWB (b) et du récupérateur d'énergie UHF (c).

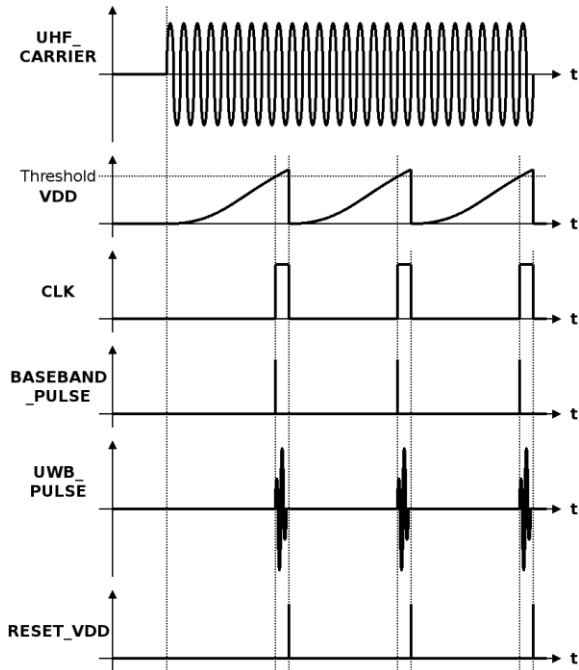


Fig. 2 : Chronogramme des signaux principaux de l'étiquette UWB-RFID.

I.c – Conception des antennes UWB et RFID et du PCB

Comme indiqué sur la figure 3, le circuit intégré est reporté sur le PCB où sont gravées les deux antennes requises. Les différentes couches utilisées pour la fabrication du PCB sont indiquées sur la figure 4.

La première antenne, l'antenne UWB, permet d'émettre les impulsions UWB dans l'air alors que la seconde, l'antenne UHF, permet de télé-alimenter l'étiquette. Ces deux antennes ont été placées sur le même PCB. Afin de réduire les pertes notamment dans la bande UWB 3,1-10,6GHz, un substrat faible perte Roger 4003 a été utilisé ($\epsilon_r = 3,3$ et $\tan \theta = 0.002$). De même, les couches utilisées pour alimenter l'antenne UWB ont été choisies afin de mettre en œuvre une ligne coplanaire par-dessus un plan de masse (G-CPW). Enfin les différentes dimensions ont été choisies afin d'obtenir une impédance 50Ω dans la bande 3,1-10,6GHz. La conception de cette antenne a été détaillée dans [9].

L'antenne UHF a quant à elle été conçue afin d'être adapté directement au conjugué de l'impédance du récupérateur d'énergie pour éviter les pertes induites par un éventuel circuit d'adaptation. Pour permettre cela en contenant l'antenne dans un format carte bancaire (87mm par 50mm), un dipôle replié à fente est utilisé et alimenté par une ligne micro-ruban via la couche métallique 3. Cette topologie permet d'obtenir un gain quasiment constant dans le plan de l'antenne et d'obtenir un gain maximum à la verticale de l'antenne. La conception détaillée de cette antenne est également reportée dans [9].

Enfin, afin de permettre la caractérisation du dispositif, deux connecteurs SMA ont été ajoutés afin d'être en mesure de relever la tension V_{DD} générée dans l'étiquette par le récupérateur d'énergie, de même que le signal d'horloge CLK contrôlant la génération des impulsions UWB.

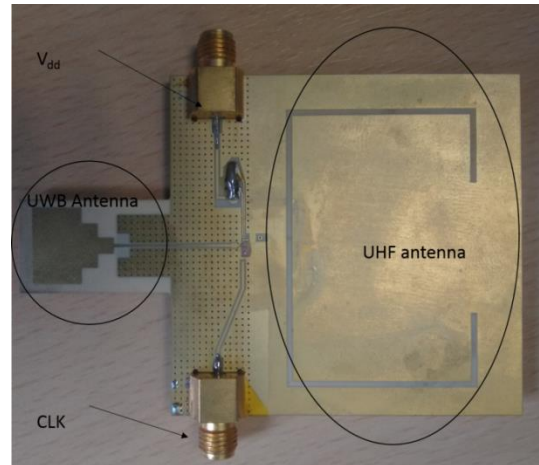


Fig. 3 : Photographie de l'étiquette UWB-RFID

Couche	Matériaux	Utilisation	Epaisseur
1	Cuivre	Antennes	30 μ m
2	Roger 4003	Diélectrique	200 μ m
3	Cuivre	Plan de masse UWB et alimentation antenne UHF	30 μ m
4	Roger 4003	Diélectrique	500 μ m
5	Cuivre	Masse UWB	30 μ m
6	Roger 4003	Diélectrique	200 μ m
7	Cuivre	Masse UWB	30 μ m

Fig. 4 : Couches utilisées pour la fabrication du PCB de l'étiquette UWB-RFID.

II – RESULTATS DE MESURE

Comme indiqué précédemment, l'étiquette UWB-RFID a été réalisée de façon à ce qu'elle génère des impulsions UWB avec une fréquence de répétition directement proportionnel à la puissance UHF reçue. Ainsi, le débit binaire qu'il est possible d'atteindre pour la liaison étiquette vers lecteur réalisée en UWB peut être estimée en relevant la fréquence de répétition des impulsions.

Pour mesurer les impulsions UWB continuellement émises par l'étiquette UWB-RFID, un récepteur UWB est émulé à l'aide d'une antenne spécifique dont la conception est présentée dans [9], d'un LNA ayant 26GHz de bande et un gain de 20dB (pertes des câbles comprises) et d'un oscilloscope ayant 12GHz de bande et ceci afin de faire ressortir les impulsions UWB du plancher de bruit de l'oscilloscope. L'antenne du récepteur UWB a été placée à une distance de 0,2m de l'étiquette et l'antenne du lecteur RFID a été placée à une distance de 2,5m. Enfin, l'ensemble de ces mesures ont été faites dans une chambre anéchoïque.

Comme à 6,5GHz l'antenne UWB du récepteur a un gain de 4dBi, et que l'atténuation en espace libre à cette fréquence est de 43dB pour une distance de 0,2m, l'atténuation en puissance subie par les impulsions UWB est de 11dB en supposant un gain de 8dBi pour l'antenne UWB de l'étiquette. Ceci semble confirmé par l'impulsion représentée sur la figure 5 (a) relevée à l'oscilloscope et dont l'énergie peut être estimée à 0,2pJ [3]. En effet, cette énergie, ramenée au niveau de l'étiquette UWB, correspond à une énergie en sortie du générateur d'impulsions UWB d'environ 2,2pJ comme initialement mesurée. Enfin, la figure 5 (b) représente la fréquence de répétition des impulsions UWB émises et est comprise entre 0 à 165kHz pour une puissance incidente reçue comprise entre -10dBm et 5dBm. En considérant une modulation OOK, l'étiquette peut donc potentiellement communiquer en UWB avec le lecteur à un débit de 330kbps si une puissance incidente de 5dBm est reçue par le récupérateur d'énergie.

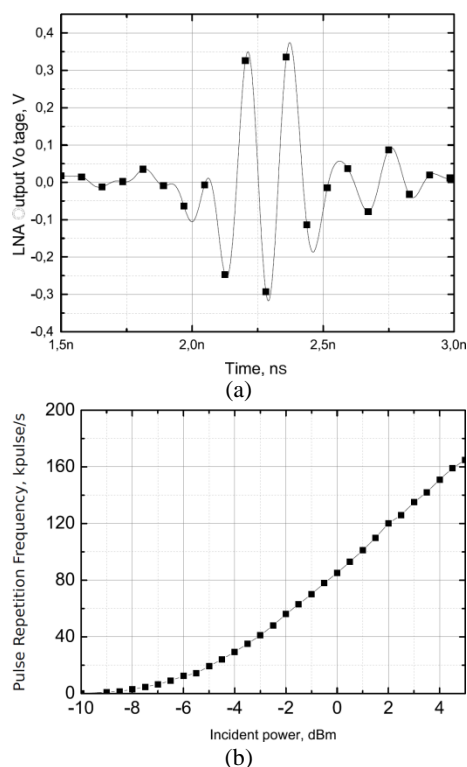


Fig. 5 : Exemple d'impulsion UWB reçue et amplifiée (a). Fréquence de répétition des impulsions UWB en fonction de la puissance UHF incidente reçue (b).

CONCLUSION

Cet article a traité de la conception d'une étiquette sans-contact UWB-RFID afin d'apporter à la technologie RFID la précision des solutions UWB pour la géolocalisation des étiquettes au sein d'un entrepôt par exemple. Elle est ainsi constituée d'un émetteur UWB et d'un récupérateur d'énergie UHF. Le premier lui permet d'envoyer des impulsions UWB vers un récep-

teur UWB adéquat et le second lui permet d'être télé-alimentée en UHF par un lecteur RFID. L'émetteur UWB et le récupérateur d'énergie UHF ont ici été implémentés dans le même circuit intégré, fabriqué en technologie CMOS 130nm, de façon à ce que la fréquence de répétition des impulsions UWB émises soit l'image de la puissance UHF reçue. Ce circuit intégré a été reporté sur un PCB sur lequel ont été gravées les deux antennes requises, à savoir l'antenne UWB et l'antenne UHF. Les résultats de mesure montrent pour cette réalisation qu'une puissance incidente d'au moins -10dBm doit être reçue par l'étiquette pour que la génération périodique des impulsions UWB débute. Enfin, une puissance incidente reçue de 5dBm permet quant à elle une communication UWB vers un récepteur adéquat à un débit de 330kbps.

Bibliographie

- [1] D. Dardari, R. D'Errico, C. Roblin, A. Sibille, M. Z. Win, « Ultrawide Bandwidth RFID: The next generation? », *Proceedings of the IEEE*, vol. 98, pp. 1570–1582, September 2010.
- [2] D. Dardari, A. Conti, U. Ferner, A. Giorgetti, M. Z. Win, « Ranging with ultrawide bandwidth signals in multipath environments », *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, pp. 404–426, February 2009.
- [3] R. Vauche, S. Bourdel, N. Dehaese, J. Gaubert, O. R. Sparrow, E. Muhr, and H. Barthelemy, « High efficiency uwb pulse generator for ultra-low-power applications », *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, vol. 8, no. 3, pp. 495–503, 2016.
- [4] G. Masson, D. Morche, H. Jaquinot, P. Vincent, F. Dehmas, S. Paquelet et al., « A 1 nJ/b 3.2-to-4.7 GHz UWB 50 Mpulses/s double quadrature receiver for communication and localization », *Solid-State Circuits Conference, ESSCIRC 2010*, pp. 502–505, September 2010.
- [5] S. Bourdel, Y. Bachelet, J. Gaubert, R. Vauche, O. Fourquin, N. Dehaese, et al., « A 9pJ/pulse 1.42Vpp OOK CMOS UWB pulse generator for the 3.1-10.6 GHz FCC band », *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 58, pp. 65–73, January 2010.
- [6] E. Bergeret, J. Gaubert, Ph. Pannier, J. M. Gautier, « Modeling and design of CMOS UHF voltage multiplier for RFID in a EEPROM compatible process », *IEEE Transactions on Circuits and Systems II*, vol. 54, pp. 833–837, October 2007.
- [7] L. Wei, Z. Chen, K. Roy, M. C. Johnson, Y. Ye, V. K. De, « Design and optimization of dual-threshold circuits for low-voltage low-power applications », in *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, vol. 7, no. 1, pp. 16–24, March 1999.
- [8] A. Chami, O. Fourquin, G. Clementi, J. Dauvignac, N. Fortino, S. Bourdel, J. Gaubert, P. Brachet, G. Kossivas, « Design and integration of uwb antennas for high data rate miniature impulse radio transmitter », in *Antennas and Propagation (EUCAP), Proceedings of the 5th European Conference on*, pp. 228–232, IEEE, 2011.
- [9] M. Egels, R. Vauche, E. Bergeret, « Antennas Design for the Characterization of an UHF Remotely Powered UWB Pulse Generator », *publication en cours*, 2019.