

Université de Mons
Faculté des Sciences
Département d'Informatique
Réseaux et Télécommunications

**Conception et évaluation d'une architecture
hybride de réseaux de capteurs
reposant sur les technologies radio LoRa et IEEE
802.15.4**

Directeur : M^r Bruno QUOITIN

Mémoire réalisé par
Arnaud PALGEN

Rapporteurs : M^r Prénom NOM
M^r Prénom NOM

en vue de l'obtention du grade de
Master en Sciences Informatiques



Année académique 2020-2021

Remerciements

Nous remercions ...

Table des matières

0.1	Plateformes de développement	2
0.2	RTOS	6

Table des figures

1	Zolertia RE-Mote révision B [8].	2
2	RN2483 [6].	3
3	Schéma-bloc du RN2483 [4].	4
4	Raspberry Pi 3B+ [5].	5

0.1 Plateformes de développement

Zolertia RE-Mote

Pour ce mémoire, la plateforme Zolertia RE-Mote revision B (Fig. 1) est utilisée.

Cette plateforme, basée sur un system on chip (SoC) CC2538 ARM Cortex-M3, a été conçue par des universités et des industriels dans le but de permettre aux chercheurs et makers de développer des applications IoT et des objets connectés.

Le Zolertia RE-Mote a été choisi car elle est équipée de deux radios compatibles IEEE 802.15.4, permet une consommation électrique faible et possède de nombreux pins de connexion qui peuvent être utilisés pour y connecter des capteurs, actuateurs, radios, etc.

Le prix du constructeur pour cette plateforme est de 93,95€ [8].



FIGURE 1 – Zolertia RE-Mote révision B [8].

La table 1 reprend les principales spécifications du Zolertia RE-Mote rev.b et sa table ... la consommation électrique.

Element	Spécification
Radio	Deux radios IEEE 802.15.4 à 2.4 GHz et 863-950 MHz
CPU	ARM® Cortex® -M3 jusqu'à 32 MHz
RAM	32 KB (16 KB pour tous les Power Modes)
Flash programmable	512KB
I/O	RGB led, bouton user et reset, USB 2.0 à 12Mbps, Real-Time Clock

TABLE 1 – Spécifications du Zolertia RE-Mote rev.b [7].
reprend la consommation de courant du RN2483

RN2483

Le RN2483 (Fig. 2) est un modem LoRa compatible LoRaWANTM basse énergie. La communication avec ce modem se fait par des commandes ASCII envoyée via une interface UART. Il prend en charge les modulations FSK, GFSK et LoRa. Il possède également 14 GPIOs pour le contrôle et le status, partagés avec 14 inputs analogiques. Ses fréquences opérationnelles sont situées dans les bandes de fréquences 433 MHz et 868 MHz. D'après la datasheet, sa portée maximale est de 15km en agglomération et 5km en zone urbaine. Comme l'illustre la figure. 2, pour ce mémoire, le RN2483 a été monté sur une carte d'interface réalisée par B.Quoitin qui comporte deux leds, une petite antenne ainsi que les connecteurs permettant d'utiliser des câbles de prototypages.

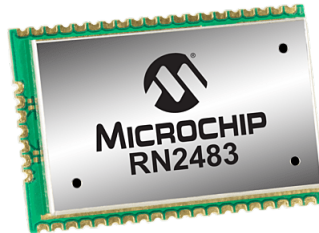


FIGURE 2 – RN2483 [6].

La figure 3 reprend le schéma-bloc du RN2483. Il contient notamment l'interface UART, les antennes 433 MHz et 868MHz ainsi que les GPIOs et la stack LoRaWan.

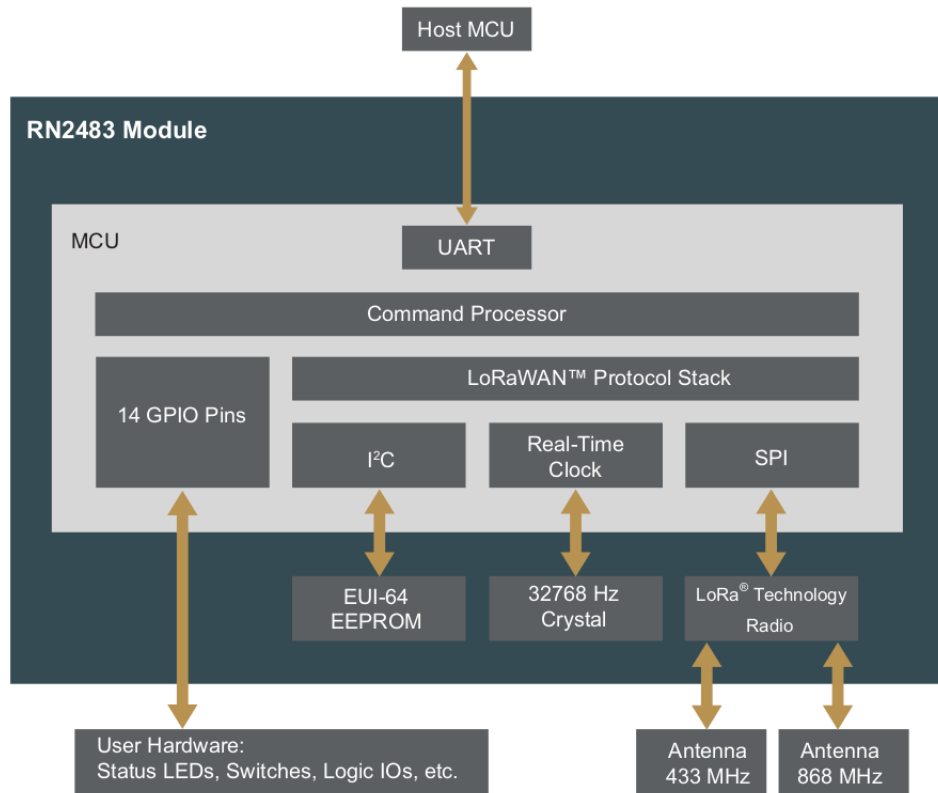


FIGURE 3 – Schéma-bloc du RN2483 [4].

La table 2 reprend la consommation électrique du RN2483 en fonction de son mode de fonctionnement.

Mode	Courant (mA)		
	VDD = 2.1V	VDD = 3.3V	VDD = 3.6V
Idle	1.7	2.8	3.1
Transmit	28.6	38.9	44.5
Sleep	0.0015	0.0016	0.0016
Receive	12.96	14.22	14.69

TABLE 2 – Consommation de courant (à 25 °C) [4].

Raspberry Pi

Le Raspberri Pi est un ordinateur monocarte. Le modèle utilisé pour ce projet est un Raspberry Pi 3 modèle B+ (Fig. 4). La table 3 reprend les principales caractéristiques de ce modèle.

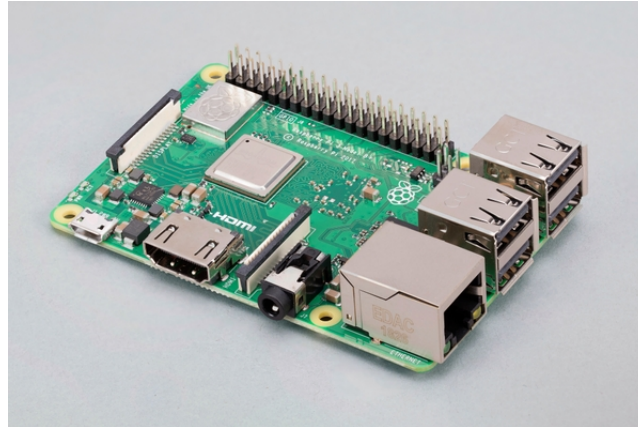


FIGURE 4 – Raspberry Pi 3B+ [5].

Element	Spécification
CPU	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC à 1.4GHz
Mémoire	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivité	<ul style="list-style-type: none">• IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE• Gigabit Ethernet over USB 2.0• 4 × USB 2.0 ports
Alimentation	5V/2.5A DC

TABLE 3 – Spécifications du Raspberry Pi 3B+ [5].

0.2 RTOS

Un RTOS (Real Time Operating System) est un système d'exploitation temps réels principalement destiné aux systèmes embarqués.

Etant donné que ce projet utilise le protocole 802.15.4 ainsi que TSCH, le RTOS choisis doit les prendre en charge ainsi qu'un ou plusieurs algorithmes d'ordonnancement de TSCH.

Il est également préférable, que le RTOS choisis, supporte déjà la plateforme utilisée. Une implémentation de la LoRa n'est pas nécessaire car les communications LoRa sont réalisées via le RN2483 qui est contrôlé par UART.

Pour effectuer ce choix, les RTOS suivants ont été comparés : Contiki OS, FreeRTOS, RIOT OS et Zephyr.

Contiki OS

Le développement public de Contiki a débuté en octobre 2012¹. Dans un premier repository : `contiki` [1]. Un nouveau développement a démarré en mai 2017 sous le nom de Contiki-NG [2]. C'est donc ce dernier qui est utilisé pour la comparaison et qui est dénommé par la suite Contiki.

Cet OS open-source et multi-plateforme implémente toute une série de protocoles de communications basse énergie tels que IEEE 802.15.4, 6TiSCH, IPv6/6LoWPAN et RPL. En plus de 6TiSCH, un ordonnanceur TSCH, Orchestra, est implémenté. TODO udp/tcp.

Contiki est également compatible avec le Zolertia RE-Mote. Il est accompagné de Cooja, un simulateur réseau qui permet de simuler les communications entre plusieurs nœuds utilisant Contiki.

FreeRTOS

D'après le site officiel de FreeRTOS [3], ce RTOS est développé depuis 15 ans. TODO compatible avec zolertia ?

RIOT OS

Le développement public de RIOT a débuté en décembre 2012¹.

D'après le site officiel, cet OS supporte 229 cartes de développement et 64 CPU dont le Zolertia RE-Mote.

La pile réseau de RIOT comporte les protocoles notamment 6LoWPAN, IPv6, RPL, LoRaWan, 802.15.4.

1. Date de création du repository Github.

Zephyr

TODO

Le table 4 résume la comparaison de ces RTOS.

Le RTOS choisi est Contiki OS. Il a été choisi pour sa maturité, la prise en charge du Zolertia RE-Mote et sa pile réseau complète.

RTOS	802.15.4	ord. TSCH	LoRa	IPv6	routage IP	comp.
Contiki OS	✓	6Tisch, Orchestra	Projet KRATOS	✓	RPL	✓
FreeRTOS	×	×	✓	✓	×	×
RIOT OS	✓	×	✓	✓	RPL	✓
Zephyr	✓	×	✓	✓	Thread	×

TABLE 4 – Comparatif de différents RTOS.

Bibliographie

- [1] The Contiki Operating System. <https://github.com/contiki-os/contiki>. [Accès en ligne le 15 juin 2021].
- [2] Contiki-NG : The OS for Next Generation IoT Devices. <https://github.com/contiki-ng/contiki-ng>. [Accès en ligne le 15 juin 2021].
- [3] FreeRTOS Real-time operating system for microcontrollers. <https://freertos.org/index.html>. [Accès en ligne le 15 juin 2021].
- [4] Microchip. *Low-Power Long Range LoRa (®) Technology Transceiver Module*, 6 2020. Rev. E.
- [5] Raspberry Pi 3 Model B+. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>. [Accès en ligne le 15 juin 2021].
- [6] RN2483. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/RN2483>. [Accès en ligne le 14 juin 2021].
- [7] Zolertia. *Zolertia RE-Mote Revision B Internet of Things hardware development platform, for 2.4-GHz and 863-950MHz IEEE 802.15.4, 6LoW-PAN and ZigBee(®) Applications*, 9 2016. v.1.0.0.
- [8] Zolertia RE-Mote. <https://zolertia.io/product/re-mote/>. [Accès en ligne le 14 juin 2021].