

## КОМПЮТЪРНА СИСТЕМА НА БАЗА LORAWAN ЗА ПРОСЛЕДИМОСТ НА ХРАНИ

Красимир Илиев Колев<sup>1</sup>, Атанас Николов Костадинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет по хранителни технологии – Пловдив

<sup>2</sup>Технически Университет – София, филиал Пловдив

## COMPUTER SYSTEM BASED ON LoRaWAN FOR FOOD TRACEABILITY

Krassimir Iliev Kolev<sup>1</sup>, Atanas Nikolov Kostadinov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Food Technologies – Plovdiv

<sup>2</sup>Technical University – Sofia, Plovdiv branch

### Abstract

*The paper focuses on an approach for using new wireless technologies and rapidly evolving field of Internet of Things (IoT) for traceability of foods. A variant of using LoraWan technology for implementing network connectivity between objects representing end-nodes providing objective technology information about food is presented. An analysis and comparison is made with existing food traceability systems. The end-node for traceability of foods is synthesized. The synthesized end node is based on a modern microcontroller ATmega328P and LoRa transceiver SX1276. An algorithmic diagram of the computer system is given. A functional analysis of the given computer system is made. The paper provides an original end-node for food traceability through modern computer systems.*

**Keywords:** Internet of Food; IoT; LoRa; LoRaWAN; Computer systems, Traceability of foods.

### ВЪВЕДЕНИЕ

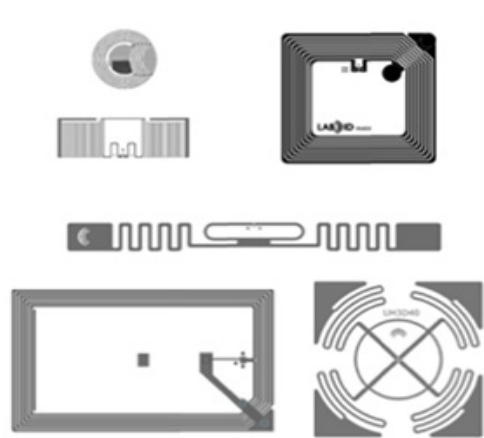
Проследяването на храните се превърна в нарастваща загриженост на потребителите и учени по целия свят. Проследяването на храни в момента се извършва предимно на административно ниво с използването на средства за документално проследяване на суровини и крайни продукти. Проследяването се превърна в правен инструмент през 2005 г. в Европа, който се прилага към всички хранителни продукти, които са търгуеми, с цел гарантиране на тяхната безопасност на храните съгласно член 18 от Регламент на ЕС 178/2002. Според действащото законодателството, отговорността за безопасност на храните е на всички стопански субекти. В последните години, хранително-вкусовата промишленост бързо се превръща в индустриален бизнес, който е „задвижван“ от клиенти с нарастващи изисквания за безопасна храна с доказан произход. При тези обстоятелства стана задължително да се реализират системи за проследяване, за да се сведе до минимум

производството и разпространение на опасни или лоши качествени храни. Освен това новите системи за проследимост на храни трябва да събират обективна машинна информация без участие на човека за да може да се осъществява превантивен контрол за избягване на инциденти с храни. Трябва да се отбележи, че докладваните хранителни заплахи в последните години не винаги са били свързани с наличие на патогенни микроорганизми. Повечето от тях са свързани с нови технологии, замърсяване на околната среда и промени в управлението на съместните продукти [1]. Настоящата публикация дава едно примерно решение за активно проследяване отчитайки тенденциите за мрежова свързаност между обекти на база на съвременни компютърни системи и технологии.

### ТЕХНОЛОГИЧНИ ПОСТИЖЕНИЯ ЗА ПРОСЛЕДЯВАНЕ НА ХРАНИ

С глобализацията традиционните техники за проследяване на база на етикети и

книжни документи не са адекватни и напредъкът във внедряване на електронни методи е желателен за ефективна система за проследяване. Радиочестотна идентификация (RFID) е понастоящем наложила се технология за електронно етиктиране. RFID технологията използва различни честоти и идентификатори. RFID идентификаторите притежават антена за предаване и получаване на радио-сигнали. Пасивните RFID чипове нямат собствено захранване, докато активните имат. RFID идентификаторите на фиг. 1, могат да се прикрепят към обектите като етикети, маркери, карти, капсули, дискове, като пасивните идентификаторите дори могат да бъдат инжектирани в обекти.



Фиг. 1. Различни видове RFID идентификатори

RFID технология използва различни честоти. Повечето от RFID системите работят в нискофrequentен обхват (LF – обикновено 125 kHz) съгласно стандарт ISO/IEC 18000 и високочестотен обхват (HF – обикновено 13.56 MHz) съгласно стандарт ISO/IEC 15693.

Всъщност, системите тип LF RFID вече са намерили редица области на приложение, когато етикетът се прилага върху органични тъкани, например идентификация на животни, съгласно стандартите ISO 11784, където маркерът се прилага директно върху ушите, врата или крака на животното или дори се инжектира или поглъща. Друг случай на електронно етиктиране е идентифицирането на метални контейнери, конструкции или машини, където се работи с храна, например в насипно състояние (кофи, кутии и т.н.), метални рафтове и други. LF RFID системи се използват за съвременно

етиктиране на млечни продукти, сирена, животни, ябълки [5]. Основен недостатък на предлаганите LF RFID системи, че те са пасивни и не могат да предават информация в реално време за проследяване на храни. Най-важният въпрос в хранителната промишленост е как да се измери температурата във възможните хранителни обекти без голяма инвестиция. Дори да се използват нови HF RFID полу-пасивни системи с вградени температурни сензори, те работят на 13.56 MHz, с ниска мощност на излъчване и обхвата на четене не е по-голям от три сантиметра. Извличането на тази технологичната информация дори в този случай не активна и става след определен жизнен цикъл на храната. Има ли решение да се реализира система за предаване на технологична информация в реално време. Да, това е възможно като се използват нови технологии за комуникация [6] и изгради сензорна мрежа предаваща информация за храните в Интернет. Едно сравнение на широко разпространени безжични технологии е дадено в табл. 1.

Табл. 1 Основни характеристики на безжични мрежи

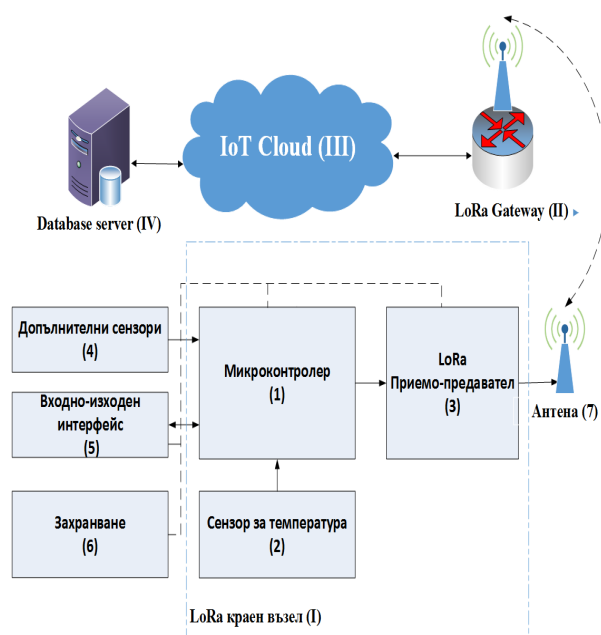
Характеристики	LoRa	Blue-tooth	Wi-Fi
Работна честота	868/915MHz	2.4GHz	2.4GHz
Възли на мрежата [max]	65536	7	32
Време за събуждане	30ms	10s	3s
Скорост на данни [max]	22 Kbps	24Mbps	600Mbps
Топология	star	tree	tree
Начин на разширяване	Автоматичен	няма	Автоматичен
Обхват	5-15 km	0.1 km	0.250 km
Време на батерийно захранване	години	дни	часове
Ток в режим на готовност, А	$3 \times 10^{-6}$	$200 \times 10^{-6}$	$20 \times 10^{-3}$
Режим на ниска консумация	поддържа	Не	Не

Технологията LoRa принадлежи към групата на енергоефективни глобални мрежи тип LPWAN, Bluetooth принадлежи към групата на персоналните безжични мрежи (WPAN) с група стандарти IEEE 802.15, а Wi-Fi към локалните безжични мрежи (WLAN) със стандарти IEEE 802.11 [2]. От представените технологии най-подходяща

до момента за реализиране на активна система за проследяемост на храни е LoRa стандарт дефиниран от LoRa Alliance [3], тъй като поддържа голям брой устройства, устройствата имат ниска консумация на енергия, подходящи са за батерийно захранване, притежават най-голям обхват от предлаганите технологии, имат малка консумация в активен режим и възможност за изграждане на разширяеми мрежи звезда-звезда. Освен това LoRa осигурява защитена връзка като използва 128 битов криптографски ключ [7]. На пръв поглед по-ниската скорост за предаване на данни спрямо другите представени технологии, не е недостатък, тъй като сензорните мрежи не предават големи масиви от данни и мултимедийно съдържание, а технологични данни (обикновено температура, влажност, налягане) които не изискват големи скорости за предаване.

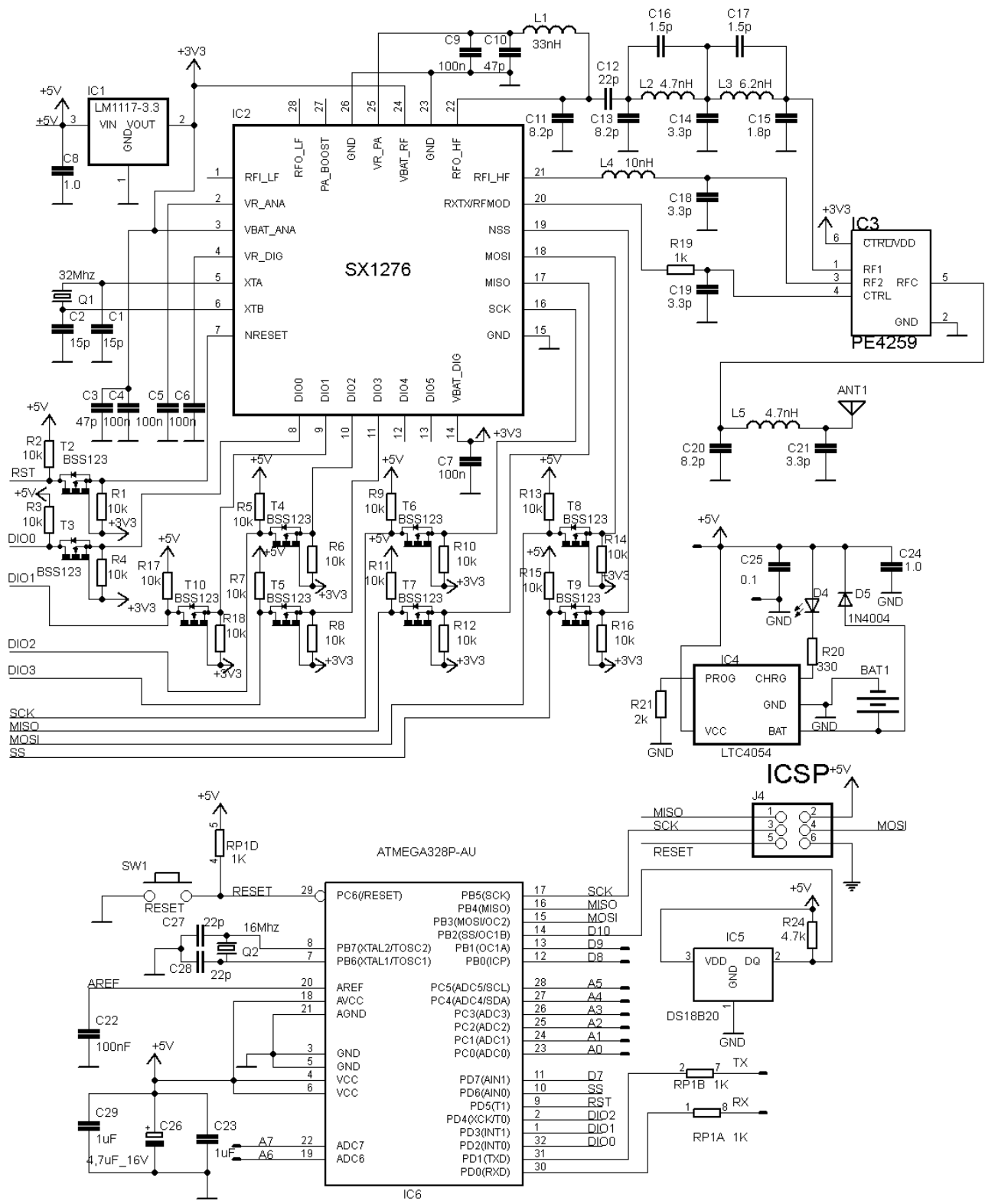
## КОМПЮТЪРНА СИСТЕМА НА БАЗА LORAWAN ЗА ПРОСЛЕДИМОСТ НА ХРАНИ

На фиг. 2 е показана структурната схема на предложената компютърна система използваща свързаност на Интернет на нещата (IoT) посредством реализиране на крайни възли на база технологията LoRa за активна проследимост на храни. Тя се състои от крайни възли (I) за събиране технологична информация, стандартен Zigbee шлюз (II) за връзка към Интернет, облачна инфраструктура на IoT (III) и централен сървър за съхранение на данни (IV). В приложената структура основен компонент за събиране на данни е крайният възел. Именно за него е представена детайлно описание на структурните компоненти – микроконтролер (1), сензор за температура (2), LoRa приемопредавател (3), допълнителни сензори (4), входно-изходен интерфейс (5), захранване (6) и антена (7).



Фиг. 2 Структурна схема на компютърната система

За реализация на схемо-техническата част на микропроцесорната система на крайният възел се изхожда от общите принципи за реализация на база възприетата структурна схема. На фиг. 3 е показана принципната схема на реализираният краен възел за проследимост на храни. Синтеза на микропроцесорната система е на база на вграден микроконтролер в един чип ATmega328P (IC2). ATmega328P е бързодействащ Microchip picoPower 8-битов AVR RISC (Reduced Instruction Set Computer, с намален брой инструкции) базиран микроконтролер, който комбинира 32KB ISP (In-System Programming, която се програмира след реализирането на микропроцесорната система) флаш памет, 1024B EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, електрически изтриваема ROM памет), 2KB SRAM (Static random-access memory, статична RAM памет), 23 входно-изходни извода, 32 броя регистри с общо предназначение, три модула таймери/бройчи с режим за сравнение, вътрешни и външни източници на прекъсване на работата на микропроцесора,



Фиг. 3. Принципна схема на краен възел за проследимост на храни

последователно програмираем USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver-Transmitter, универсален синхронен и асинхронен приемо-предавател), байтов двуичен сериен интерфейс, SPI (Serial Peripheral Interface) последователен порт, 6-

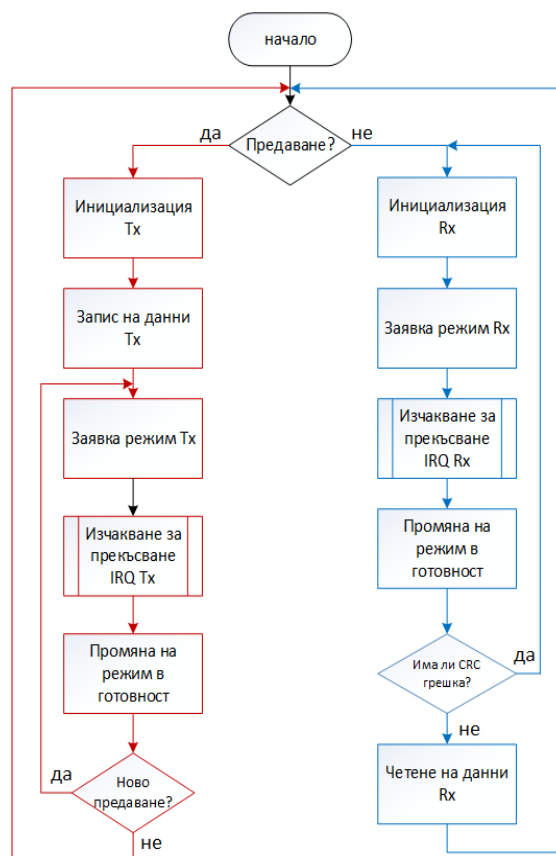
канален 10-битов АЦП (Аналогово-Цифров Преобразувател) (8-канален при TQFP и QFN/MLF корпуси на интегралната схема), програмираем стражеви таймер с вътрешен тактов генератор, както и пет програмно избираеми режими с намалена консумация на

електрическа енергия. Микроконтролерът работи с електрическо напрежение между 1.8 до 5.5 волта [4].

ATmega328P използва свободен софтуер за разработка от фирмата производител и свободната развойна среда на Arduino. Предложеният краен възел се програмира чрез ICSP (In Circuit Serial Programming, програмиране, чрез последователен интерфейс) куплунга посредством външен програматор и средата AVR Studio или посредством външен сериен преобразувател TTL-USB и Arduino IDE средата. Групата от елементи RP1D и бутона RESET е стандартна за този тип микроконтролер и произвежда сигнал за начално установяване на микропроцесорната система. Групата елементи C27, C28 и Q2 е стандартна за реализация на външна честотно задаваща група на тактовия генератор на микропроцесора. Захранването на микропроцесорната система е реализирана посредством батерийно захранване, като е предвидена възможност за зареждане посредством специализирана интегрална схема LTC4054 (IC4) за зареждане на акумулаторни батерии за осигуряване на автономното захранване на проектираният възел за проследимост на храни. Регулаторът IC1 осигурява 3.3V постоянно напрежение за приемо-предавателя. LoRa приемо-предавателя е реализиран на база на специализирана интегрална схема SX1276 (IC2) на фирмата Semtech. SX1276 притежава чувствителност на приемане около -148dBm. Консумацията на приемо-предавателя в спящ режим е 0.2uA, а в готовност 1.6 mA. Изходната мощност на предаване е 13 dBm. SX1276 има вградена 256 байтова RAM за буфер на данни достъпна в режим LoRa [8]. Групата елементи C1, C2 и Q1 е стандартна за реализация на външна честотно задаваща група на тактовия генератор на SX1276. Приемо-предавателния тракт използва обща антена, поради това за мултиплексиране и демултиплексиране на сигналите към/от антената се използва специализиран аналогов управляван комутатор за високи честоти тип PE4259 (IC3). Антената е сменяема с куплунг SMA/UFL с цел използване на различни антенни системи в зависимост от покритието на шлюза. Сензорът за температура IC4 е типа DS18B20 –

цифров еднопроводен на фирмата Maxim. Той измерва температурата в обхват от -55°C до 125°C с точност +/-0.5°C, като използва 12-битово цифрово представяне на данните. Сензорът има уникален 64-битов идентификационен комуникационен номер, което позволява да се включват множество сензори към една шина.

Алгоритмичната диаграма на проектираният краен възел е показана на фиг. 3.



Фиг. 3 Алгоритмична диаграма на проектираният възел

Програмното осигуряване на компютърната система е разработено на база на адаптиране на IBM LoRaWAN C-библиотеки (LMiC) за контрол на достъпа до преносната среда (MAC). При заявен интерес авторите предоставят програмният код за обслужване на системата. Цената на предложената микропроцесорна система без допълнителни елементи по цени за 2018г. е само 11 евро.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интересът към създаване на съвременни системи за проследяемост на храни налага

използването на съвременни микроконтролери и безжични компютърни технологии. Използването на предимствата на технологията LoRa и инфраструктурата на Интернет на нещата (IoT), позволява да се реализират „умни“ системи за проследяване на храни. Представената структура за реализация на система на база на микроконтролера ATmega328P и приемо-предавателя SX127, позволява да се контролират основни параметри на хранителните продукти като температура на съхранение, влажност, цвят и мирис. Предложената система е хардуерно отворена и позволява да се разширява с различни видове сензори. Предложената система е разширяема с възможност за организация на препредаване на данни към LoRa шлюзове. Съществено предимство е достатъчен обхват за предаване на данни в рамките на даден технологичен обект от хранително-вкусовата промишленост и търговската мрежа. Друго съществено предимство е, че данните при предаване са защитени по подразбиране от технологията LoRa. Предложената структура адаптира работещи модели и технологии, поради което ще намери и приложение в хранителната индустрия. Предложеният краен възел е приложим за многократно използване и с възможно най-ниска цена със цел масово използване с опаковки за храни. Подготвеният доклад представя първите резултати от научен проект с тема „Изграждане на модерна локална инфраструктура за Интернет на храните“, финансиран от Университета по Хранител-

ни технологии (договор N 08/18Н, съобразно заповед 383/25.04.2018г.). Разработеният краен възел предстои да бъде вграден в компютърната система, приложима за ИНХ (IOF), както и бъде анализирана неговата работа за покриване на гр. Пловдив с модерна инфраструктура за проследимост на храни. Получените резултати, ще бъдат оформени като статия за научно списание.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Espiñeira M., F. Santaclara, *Advances in Food Traceability Techniques and Technologies*, Elsevier Woodhead Publishing, 2016.
- [2] Hanes, D., G. Salgueiro, P. Grossetete, *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*, Cisco Press, 2017.
- [3] LoRa Alliance, *LoRaWAN™ 1.1 Specification*, LoRa Alliance Inc., 2017.
- [4] Microchip Technology Incorporated, *ATmega328/P AVR® Microcontroller with picoPower® Technology - Datasheet Complete DS40001984A*, Microchip Technology Inc., 2018.
- [5] Montet D., R. Ray, *Food Traceability and Authenticity*, CRC Press, 2018.
- [6] Yang, S. H., *Wireless Sensor Networks: Principles, Design and Applications*, Springer-Verlag, 2014.
- [7] Pethuru, R., R. Anupama, *The Internet of things : enabling technologies, platforms, and use Cases*, Taylor & Francis, CRC Press, 2017.
- [8] Semtech, *DATASHEET: SX1276/77/78/79 - 137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver*, Semtech Corporation, 2016.