

LORAWAN БАЗИРАН КРАЕН ВЪЗЕЛ НА КОМПЮТЪРНА СИСТЕМА ЗА ИНТЕРНЕТ НА ХРАНИТЕ

Красимир Илиев Колев¹, Росица Райчева Максимова², Атанас Николов
Костадинов³

¹Университет по хранителни технологии – Пловдив, e-mail: kr_kolev@abv.bg

²Университет по хранителни технологии – Пловдив, e-mail: rossirm@abv.bg

³Технически университет – София, филиал – Пловдив, e-mail: kostadat@tu-plovdiv.bg

LORAWAN BASED END NODE ON COMPUTER SYSTEM FOR THE INTERNET OF FOOD

Krassimir Iliev Kolev¹, Rositsa Raycheva Maksimova², Atanas Nikolov Kostadinov³

¹University of Food Technologies – Plovdiv, e-mail: kr_kolev@abv.bg

²University of Food Technologies – Plovdiv, e-mail: rossirm@abv.bg

³Technical University – Sofia, Plovdiv branch, e-mail: kostadat@tu-plovdiv.bg

Abstract

The paper focuses on an approach for using LoraWan technology for food traceability. The end node for traceability of foods based on microprocessor modules is synthesized. A structure diagram of the end node is given. The synthesized end node is based on a modern microcontroller ATmega2560 and on LoRa module RN2483A. A schematic diagram of the synthesized end node is given. An algorithmic diagram of the microprocessor end node is given. A variant of an information service to the end node on computer system is proposed. The functional analysis is performed. The paper provides information about original designed food traceability end-node using modern computer systems.

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

ВЪВЕДЕНИЕ

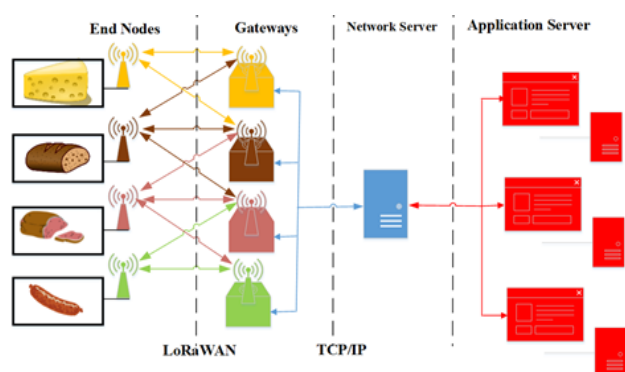
Контролът на качеството на храните е важен фактор за избягване на хранителни отравяния. В последните години се обръща особено внимание на проследимост на влаганите суровини в хранителната промишленост [1]. Задължение на всички предприятия от хранително-вкусовата промишленост е да изграждат и поддържат системи за анализ на опасностите и контрол на критичните точки (НАССР). С развитие на компютърните технологии се изисква преминаване на проследимостта в реално време [2]. За изграждане на такива съвременни системи може да се използва натрупаният опит от развитието на Интернет на нещата. На база на използване на мрежова свързаност на обекти се развива едно ново направление Интернет на храните. Изграж-

дането на инфраструктурата на Интернет на храните е в начален етап и много учени предлагат различни модели на реализация. Целта на всички предлагани решения е да се събира обективна машинна информация за основни технологични параметри при преработка и реализация на храни. Съвкупността от програмно-техническите средства за реализиране на Интернет на храните е разнообразна. Независимо от предлаганите решения, основен момент във всяка система за активно проследяване на качеството на храни заема крайният възел. Той се намира в непосредствен достъп до суровини и крайни продукти и определя какви технологични параметри ще се наблюдават и архивират. Настоящата публикация дава едно примерно решение за реализация на краен възел, позволяващ да се контролират в мре-

жова среда основни параметри за съхранение на храни като температура, влажност, цвят. За мрежова свързаност е използвана съвременна безжична технология с обхват достатъчен за голямо предприятие, осигуряваща активно проследяване. Взети са в пред вид тенденциите за мрежова свързаност между обекти, на база на съвременни компютърни системи и технологии.

LORAWAN ИНФРАСТРУКТУРА ЗА ПРОСЛЕДИМОСТ НА ХРАНИ

Възможен вариант е да се използват модули, поддържащи стандарт за ниско консумираща глобална мрежа (LPWAN) тип LoRaWAN™. Спецификациите на стандарта LoRaWAN™ са различни в зависимост от разрешения спектър на комуникация. За Европа честотният обхват е от 867 MHz до 869 MHz, разделен на десет канала (осем за скорост на предаване 5.5 kbps, един за 11 kbps и един за 50 kbps) и максимална изходна мощност +14 dBm. Крайните възли по този стандарт позволяват двустранна комуникация до 5 км. LoRaWAN™ има две нива за сигурност, базирани на 802.15.4 Security [3]. Защитата на мрежата гарантира автентичността на възела в мрежата, докато слой за сигурност на приложението гарантира, че мрежовият оператор няма достъп до данни за приложението на крайния потребител. Един възможен вариант на функционална структура за изграждане на отделни клонове на мрежова инфраструктура за Интернет на храните на база на съществуващите системи за Интернет на нещата е показана на фиг. 1.



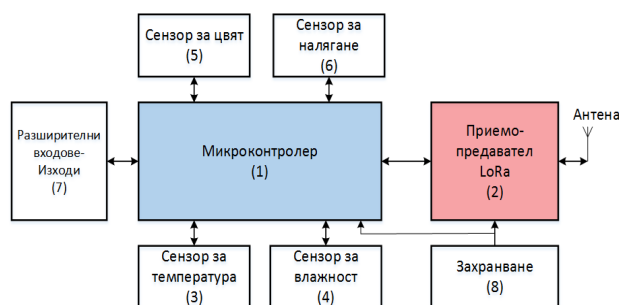
Фиг. 1. LORAWAN инфраструктура за проследяване на храни

Крайните хостове на мрежите на Интернет на храните се състоят от множество сензорни възли, разположени в близост до хранителни продукти, намиращи се в различни териториални локации. Тези сензорни възли трябва да притежават по-голяма функционалност за свързване на различни технологични сензори [4].

LORAWAN БАЗИРАН КРАЕН ВЪЗЕЛ

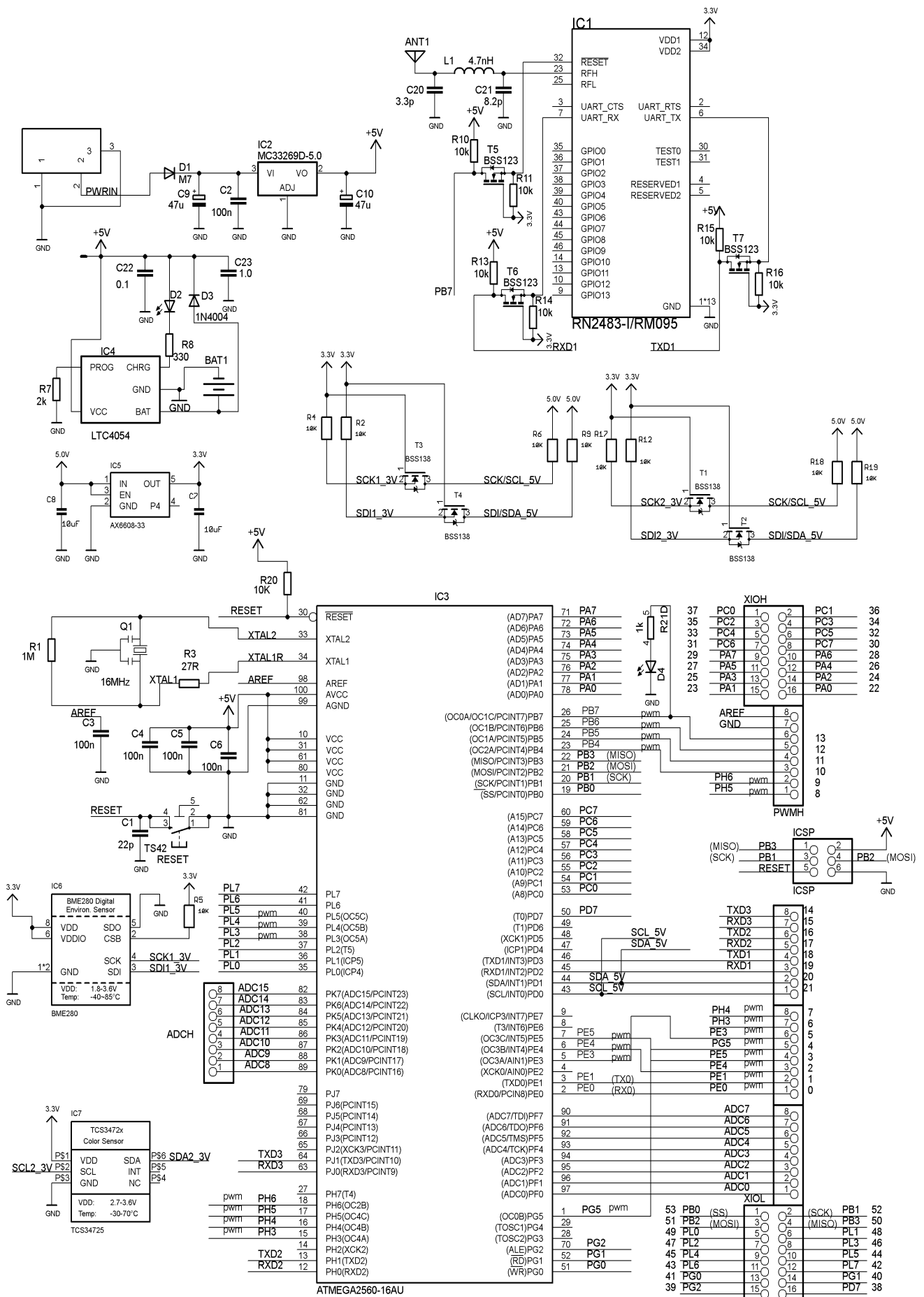
Апаратна (схемна) част

На фиг. 2 е показана структурната схема на предложени краен възел на компютърна система, използваща мрежова свързаност на база технологията LoRa за активна проследимост на храни. Тя се състои от следните основни компоненти - микроконтролер (1), приемо-предавател LoRa (2), сензор за температура (3), сензор за влажност (4), сензор за цвят (5), сензор за налягане (6), разширителни входове - изходи (7), захранване (8) и антена.



Фиг. 2. Структурна схема на краен възел

За реализация на апаратната част на микропроцесорната система реализираща крайният възел, се изхожда от общите принципи за проектиране на база възприетата структурна схема. Като първа стъпка се избират съвременни цифрови сензори по показаните технологични параметри. Подходящо е да се използва цифров миниатюрен сензор за няколко параметъра с общ I²C интерфейс за температура, влажност и налягане VME280. На фиг. 3 е показана принципната схема на реализирания краен възел за проследяване на храни. Синтезът на микропроцесорната система е на база на вграден микроконтролер в един чип ATmega2560 (IC3).



Фиг. 3. Принципна схема на LORAWAN базиран краен възел

ATmega2560 е с ниска консумация, бързодействащ 8-битов RISC (Reduced Instruction Set Computer, с намален брой инструкции) базиран микроконтролер на фирмата Atmel, който притежава 256KB ISP (In-System Programming, която се програмира след реализирането на микропроцесорната система) вградена флеш памет, 8KB SRAM (Static Random-Access Memory, статична RAM памет), 4KB EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, електрически изтриваема ROM памет), 86 входно-изходни извода, 32 броя регистри с общо предназначение, брояч на реално време, шест модула таймери/броячи с режим за сравнение, PWM, 4 програмируеми USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver-Transmitter, универсален синхронен и асинхронен приемо-предавател), байтово ориентиран двупроводен сериен интерфейс, SPI (Serial Peripheral Interface) последователен порт, 16-канален 10-битов АЦП (Аналогово-Цифров Преобразувател), програмируем стражеви таймер с вътрешен тактов генератор, както и шест програмно избираеми режима с намалена консумация на електрическа енергия. Микро-контролерът има производителност 16 MIPS (Million Instructions Per Second, милиони инструкции за секунда) при тактова честота 16 MHz и запазващо напрежение 5V [5].

Групата от елементи R20, C1 и бутонът RESET е стандартна за този тип микроконтролери и произвежда сигнал за начално установяване на микропроцесорната система. Групата елементи R1, R3 и Q1 е стандартна за реализация на външна честотно задаваща група на тактовия генератор на микропроцесора. Запазването на микропроцесорната система е реализирано посредством акумулаторна батерия, като е предвидена възможност за зареждане посредством специализирана интегрална схема LTC4054 (IC4) за зареждане на акумулаторни батерии за осигуряване на автономното запазване на проектирания възел за проследимост на храни. Регулаторът IC2 осигурява 5V постоянно напрежение за заряд, а регулаторът IC4 осигурява 3.3V постоянно напрежение за приемо-предавателя и сензорите. Лога приемо-предавателят е

реализиран на база на специализирана интегрална схема RN2483 (IC1) на фирмата Microchip. Модулът RN2483 е напълно сертифициран за безжична технология LoRa 868 MHz със скорост на предаване 10937 bps. RN2483 притежава чувствителност на приемане около -146dBm [6]. Консумацията на приемо-предавателя в спящ режим е 0.2uA, а в готовност 2.8 mA. Изходната мощност на предаване е 14 dBm. Групата елементи за реализация на честотно задаваща група на тактовия генератор на приемо-предавателя са вградени. Приемо-предавателният тракт използва обща антена. Антената е сменяема с куплунг SMA/UFL с цел използване на различни антенни системи в зависимост от покритието на шлюза. Всички команди на RN2483 се задават по сериен интерфейс с параметри: 57600 bps, 8bits, no parity, no flow control.

Сензорът за влажност, налягане и температура BME280 (IC7) е с малка консумация 3.6 μ A и обхвати на измерване за относителна влажност 0...100 % (точност ± 3 %), налягане 300...1100 hPa (точност ± 0.12 hPa) и температура -40...+85 $^{\circ}$ C (точност $\pm 0.5^{\circ}$ C) [7]. Разделителната способност на измерването на влажност е зададена от 16 битов АЦП изход. При измерването на налягане и температура се използват 20 битови стойности. След приключване на измерителния цикъл, данните за температура и налягане преминават през вграден ниско честотен цифров IIR филтър. Адресът за избор на сензора по I²C е 1110110 (0x76). Четенето на данни става чрез последователно прочитане на вътрешните регистри от адрес 0xF7 до 0xFE (температура, налягане и влажност). При запис на стойност 0xB6 във вътрешния регистър на сензора на адрес 0xE0 "reset", сензорът се нулира, извършвайки пълна процедура на запазващо нулиране. Подавайки команди, в регистрите за конфигуриране се избират различни възможности за филтриране на данните.

Сензорът за цвят TCS34725 (IC6) позволява измерване на цветовете компоненти R, G, B и сила на осветеност L в двубайтов формат. TCS34725 преобразува светлината в цифров вид посредством 3x4 фотодиодна матрица и четири АЦП и вътрешни регистри за управление и данни [8]. След за-

вършване на преобразуването в цифров вид резултатът се прехвърля автоматично към изходни регистри. Комуникацията със сензора се извършва по I²C посредством адрес за избор 0x29. TCS34725 се управлява, конфигурира и се четат данните посредством вътрешни регистри, описани от производителя. Вградената система за контрол на преобразуването има следните особености: при включване на захранването вътрешно се инициализира режим на ниска консумация (Sleep state), при стартиране на измерване и разрешен регистър (0x00) PON и AEN битове започва преобразуване RGBC. Преобразуването RGBC се управлява посредством избор на усилване за всеки канал (AGAIN) за всеки АЦП. Времето за интегриране (ATIME, на експозицията) също може да се променя за промяна на чувствителността на сензора. Всеки цветови канал е независим и работят в паралел за да не си влияят помежду си.

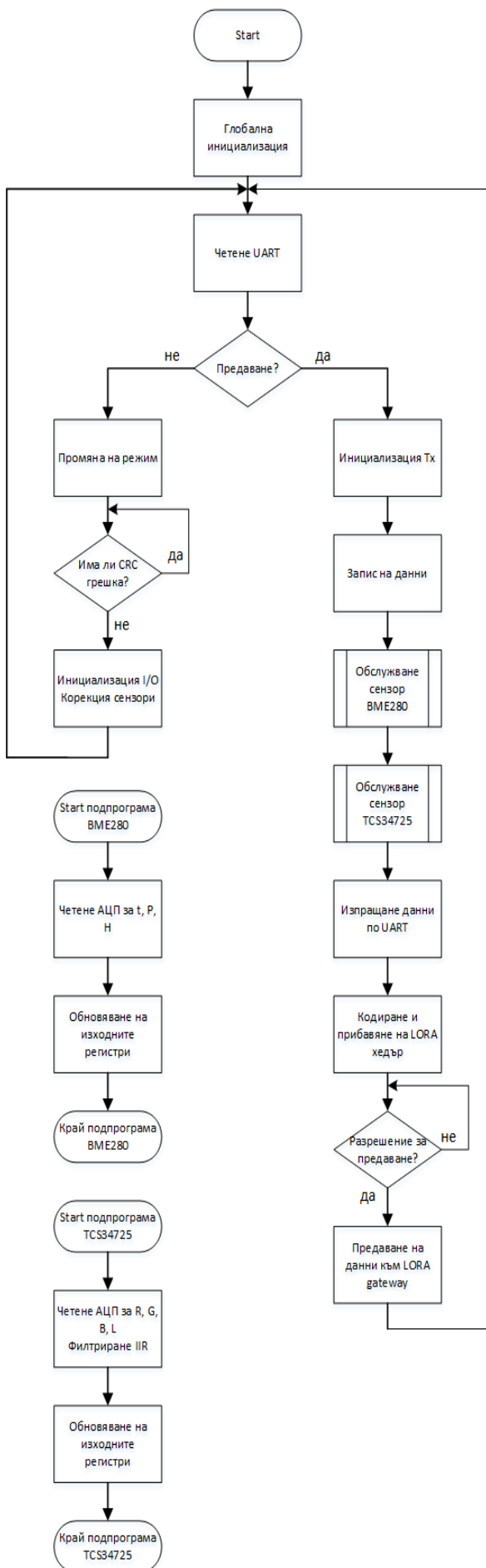
Използвана е антена тип ABRACON - AEACAQ190012-S868, 868MHz, 3.5dBi.

Програмна част

ATmega2560 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. Системното осигуряване (firmware) е подготвено посредством външен програматор за микроконтролер с 2560 mega bootloader за STK500v2 protocol. Приложното програмно осигуряване е реализирано в безплатната среда на Arduino IDE. За осъществяване на инициализация и управление на LORA е използвана модифицирана версия на библиотеката RN2483-Arduino-Library-master. Алгоритмичната диаграма на проектираният краен възел е показана на фиг. 4. Конфигурирането на възела става, като се задават DevUEI, DevAddr, NwkSKey и AppSKey. За получаване на адреса на възела DevEUI може да се използват следните команди:

```
Serial1.write("sys get hweui\r\n");  
delay(1000);  
while(Serial1.available())  
Serial.write(Serial1.read());
```



Фиг. 4. Алгоритмична диаграма на възела

Когато RN2483 получи, че няма DevAddr, трябва да се конфигурира чрез: `Serial1.write("mac set devaddr assigned address \r\n");`

За да се зададе NwkSKey, се използва `Serial1.write("mac set Nwkskey #####\r\n");`

За да се зададе AppSKey се използва `Serial1.write("mac set appskey #####\r\n");`

За реализиране на мрежовата инфраструктура се използва платформата The Things Network и е избран протоколът MQTT, осигуряващ качество на услугата и пълен дублекс между мрежови устройства.

При заявен интерес авторите биха могли да предоставят програмния код за обслужване на системата. Крайният възел позволява комуникация до 5 км. Проектираното крайно устройство отговаря напълно на стандарта LoRa Alliance и е съвместим с различни фабрично предлагани шлюзове. Направени са тестове за съвместимост с Field Test Device LoRaWAN EU 863Mhz-870MHz на фирмата ADEUNIS. Цената на предложената микропроцесорна система без допълнителни елементи по цени за 2019 г. е около 30 евро.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на предимствата на технологията LoRa и инфраструктурата на Интернетата на нещата (IoT) позволява да се реализират динамични системи за проследяване на храни. За апаратната реализация са избрани съвременни модули. Представената реализация на LORAWAN базиран краен възел на база на микроконтролер ATmega2560 и приемо-предавателя RN2483 позволява да се контролират основни параметри на хранителните продукти като температура на съхранение, влажност и цвят. Предложената система е хардуерно отворена и позволява да се разширява с различни видове сензори. Предложената система използва софтуер с отворен код и лесно се модифицира в среда Arduino за включване към различни инфраструктурни шлюзове. Съществено предимство е достатъчният 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 с цел масово използване с опаковки за храни. Подготвеният доклад представя резултати от научен проект с тема „Изграждане на модерна локална инфраструктура за Интернет на храните”, финансиран от Университета по Хранителни технологии (договор No. 08/18H).

REFERENCE

- [1] Espiñeira M., F. Santaclara, *Advances in Food Traceability Techniques and Technologies*, Elsevier Woodhead Publishing, 2016.
- [2] Montet D., R. Ray, *Food Traceability and Authenticity*, CRC Press, 2018.
- [3] LoRa Alliance, *LoRaWAN™ 1.1 Specification*, LoRa Alliance Inc., 2017.
- [4] Yang, S. H., *Wireless Sensor Networks: Principles, Design and Applications*, Springer-Verlag, 2014.
- [5] Atmel Corporation, *Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V Datasheet*, Atmel., 2014.
- [6] Microchip Technology Incorporated, *RN2483 Low-Power Long Range LoRa® Technology Transceiver Module*, Microchip Technology Inc.2019.
- [7] Bosch, *Final Datasheet BME280 Environmental sensor BST-BME280-DS001-10*, Bosch, 2015.
- [8] Ams, *Datasheet TCS3472 Color Light-to-Digital Converter*, Ams, 2018.