

## ЕЛЕКТРОНІКА

УДК 004.3

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/39>

**Шапарець М.С.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Трапезон О.Г.**

Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка Національної академії наук України

**Трапезон К.О.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

*Визначено особливості та основні етапи зі створення системи радіочастотної ідентифікації на основі програмних засобів інтерфейсу Arduino. Зазначено, що створення системи радіочастотної ідентифікації на основі апаратно-програмних засобів Arduino через просту налаштування доцільно реалізувати на базі трьох основних етапів – написання коду з підтримкою в середовищі Arduino IDE, макетування схеми та прошивка створеного макету. При цьому коректність роботи системи повинна відповідати тим технічним обмеженням, які властиві аналогічним системам ідентифікації. Показано через проведення практичного експерименту, що створена модель системи має свої технічні особливості з налаштування, які характеризуються щонайменше проведенням алгоритму програмування складових системи, ініціалізації та аутентифікації об'єкту на основі спеціальних міток доступу. В рамках проведеного дослідження побудовано макет пристрою, який може бути долучений під час організації комплексу охорони приміщення, адже проведене тестування радіомаркерів та карток RFID може бути у подальшому адаптовано у формі однієї з ланок процедури проходження доступу з аутентифікацією в приміщення, яке охороняється. Визначено, що модуль ідентифікації в різних режимах функціонування може мати свої технічні обмеження, які визначаються обмеженим радіусом дії, формою зчитувача та конструкцією радіочастотної мітки. Водночас отримані обмеження побудованої системи можуть слугувати у подальших дослідженнях поштовхом до модернізації вже наявних систем радіочастотної ідентифікації. Зокрема, це може стосуватись питання усунення електромагнітних завад під час роботи транспондера та зчитувача системи радіочастотної ідентифікації на визначеній робочій частоті не лише через вибір з подальшим перемиканням робочого каналу зв'язку. Знайдено, що окремою умовою функціонування розробленої системи радіочастотної ідентифікації в межах проведеного дослідження є відсутність на даній робочій частоті та поблизу сканера електромагнітних завад різної природи походження.*

**Ключові слова:** ідентифікація, мітка, доступ, Arduino, ключ, система, інформація, транспондер.

**Постановка проблеми.** Стрімкий розвиток інформаційних технологій останнім часом змушує розробників електронної апаратури розробляти нові застосування та додатки, які дозволять у майбутньому забезпечити суспільству певний комфорт у побуті та на роботі. До числа таких застосувань відносять, зокрема, системи радіочастотної ідентифікації, які дозволяють не лише забезпечити,

наприклад, захист будинку, але й можуть значно підвищити рівень доступу до об'єктів та предметів, тобто контроль їх користування. Разом з тим електронні розробки, які сьогодні преважують на ринку, повинні відрізнятись мініатюрністю, надійністю та простим управлінням. Цю задачу можна виконати на основі використання програмних та апаратних засобів Arduino.

**Постановка завдання.** Використання системи радіочастотної ідентифікації на основі апаратно-програмних засобів Arduino дозволяє розв'язати безліч технічних задач. Зокрема, ця система може бути ідентифікатором приналежності приладу до певної торгової марки чи мережі. Крім цього, використання цієї системи може бути частиною захисту та ідентифікації об'єкта, наприклад, будинку, який охороняється.

**Метою статті** є аналіз передумов та розроблення макету моделі системи радіочастотного доступу, проведення її тестування на основі програмних особливостей архітектури Arduino. Окремо необхідно визначити технічні обмеження, які необхідно враховувати під час розробки подібних систем ідентифікації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Технологія радіочастотної ідентифікації (RFID) – технологія бездротового обміну даними через радіосигнал між електронною міткою, яка поміщається на об'єкті, і спеціальним радіоелектронним пристроєм, що зчитує сигнал мітки [1–3]. Через зростання числа і зниження розміру об'єктів, на які встановлюються мітки, необхідно, щоб зчитувач був здатний одночасно зчитувати безліч міток, які перебувають у зоні його дії; причому мітки можуть розміщуватися близько один від одного. На цей час найкращим способом вирішення такого завдання – колізії сигналів – є наділення самих міток певним інтелектом. Мітка може містити дані про тип об'єкта, вартість, вагу, температуру та дані логістики, а також будь-яку іншу інформацію про об'єкт. Така технологія ідентифікації надає значно більше можливостей порівняно з традиційними системами маркування. Радіопозначка, як і багато штрих-кодів, може бути представлена у вигляді самоклеючої етикетки. Але, якщо на штрих-коді інформація зберігається в графічному вигляді, то на мітку дані заносяться і зчитуються за допомогою радіохвиль. Ключ RFID і система контролю доступу сьогодні широко використовується повсюдно. Вона може бути встановлена навіть на вході в під'їзд [4–5]. З її допомогою можна легко контролювати порядок на будь-якому об'єкті. Системи доступу прості в управлінні, і за необхідності їх можна розширювати. Деякі з них захищені від копіювання ключів.

Сучасний ключ RFID характеризується тим, що сигнал може передаватись на відстань до 15 сантиметрів. Але зазвичай їм торкаються до зчитувача. Ключі діляться на кілька видів [6]. Так, є майстер-ключ, який може керувати режимами

роботи контролера, і з його допомогою програмують даний пристрій. Простий ключ дозволяє отримати доступ в приміщення, і використовуючи його, можна пройти через турнікет. Виконавчий пристрій моментально відкривається щойно піднести його до зчитувача.

Мікроконтролер Arduino може забезпечити програмування та управління підключеними до нього компонентами системи радіочастотної ідентифікації, пересилаючи їм вихідні дані (які передаються з плати Arduino). Плата обладнана 14 цифровими контактами введення / виведення (контакти 0-13). Кожен з них може бути налаштований як вхід, так і як вихід. Середовище розробки має простий інтерфейс і використовується для створення скетчів (файлів з кодом програм для Arduino), які потім передаються на плату Arduino через USB-кабель. Скетч повідомляє мікрокомп'ютеру, які дії слід виконувати.

Створення проекту системи RFID на Arduino можна визначити на основі 3 головних етапів: написання коду, прототипування (макетування) і прошивка. Для того, щоб написати код, а потім прошити плату, необхідно завантажити середовище розробки Arduino IDE.

#### **Структура системи.**

В рамках дослідження був створений пристрій на основі Arduino, який буде читати радіомаркери і картки RFID, і може бути використаний, зокрема, для створення системи доступу і управління цифровими виходами. Так, у складі системи радіочастотної ідентифікації задля проведення експерименту з оцінки можливостей та обмежень останньої були обрані наступні компоненти макету: плата Arduino nano; модуль Arduino RFID RC522; картка та брелоки для зчитування. Мікросхема MF RC522 підтримує MIFARE високошвидкісний безконтактний зв'язок, двосторонню швидкість передачі даних до 424 кбіт/с. Даний модуль може бути використаний для різних радіоаматорських і комерційних застосувань, у тому числі для контролю доступу, автоматичної ідентифікації, робототехніки, відстеження речей, платіжних систем тощо. Модуль RFID RC522 забезпечує бездротову комунікацію на частоті 13,56 МГц (рис. 1). Підключати мікросхему можна через інтерфейси: SPI, I2c і UART. Стандарт протоколу NFC Reader ISO 14443.

Аналізуючи модуль системи, можна визначити основні способи застосування RC522: а) автоматичний замок для відкривання дверей, ящика, шафи; б) програматор для домофонних ключів; в) організація складського обліку



Рис. 1. Модуль RFID

(але з цим трохи складніше – потрібно закупити RFID-мітки, такі ж, як і на будь-якому товарі в сучасному магазині).

Безконтактна пластикова карта має вигляд пластини з вбудованим RFID-чіпом Mifare 1K. З метою персоналізації RFID-карти випускають з номером, який містить унікальний набір з UID 7 байт. Пристрій з чипом Mifare, що працює на частоті 13,56 МГц у вигляді брелока, наближення якого реагує безконтактний радіочастотний зчитувач, розроблений на основі NXP MF1 S50, який підключений до котушки, а потім вбудований у корпус з АБС-пластика. Для підключення використана плата Arduino, зчитувач RC522, комп'ютер, дроти і бездротова RFID мітка (рисунок 2).

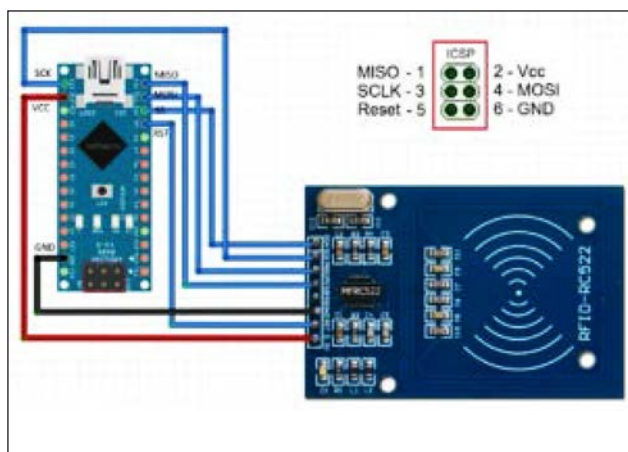


Рис. 2. Схема підключення

### Особливості проведення експерименту

Перед початком роботи системи мітка повинна бути нанесена або закріплена на предмет (UID-картка), який необхідно за умовами контролювати. Об'єкт з міткою повинен пройти первинну реєстрацію в системі за допомогою стаціонарного або переносного зчитувача. Плата Arduino оснащена додатковим роз'ємом ICSP, який використовується для роботи через інтерфейс SPI. Для роботи з модулем потрібно встановити бібліотеку RFID Library for MFRC522 (рисунок 3).

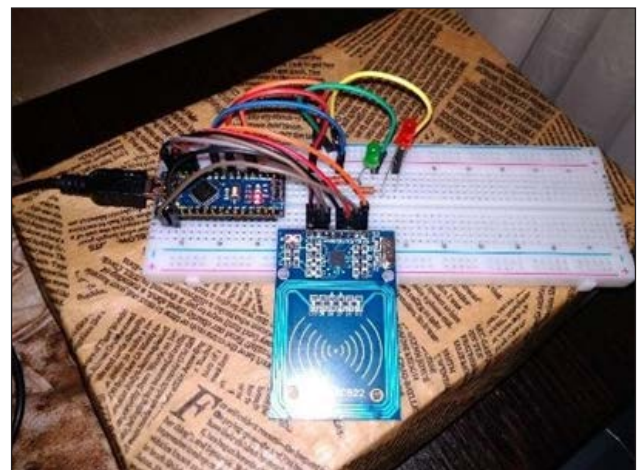


Рис. 3. Схема підключення модуля

Після встановлення бібліотеки потрібно завантажити тестовий скетч для зчитування номера картки cardRead, включити моніторинг послідовного порту. Далі мітку потрібно піднести

до рідера, і відбудеться ініціалізація мітки. Наступним етапом необхідно підключити модуль RFID-RC522 до Arduino по інтерфейсу SPI. Коли піднесемо мітку до RFID, в консолі виведеться, наприклад, номер, який показано на рисунку 4.

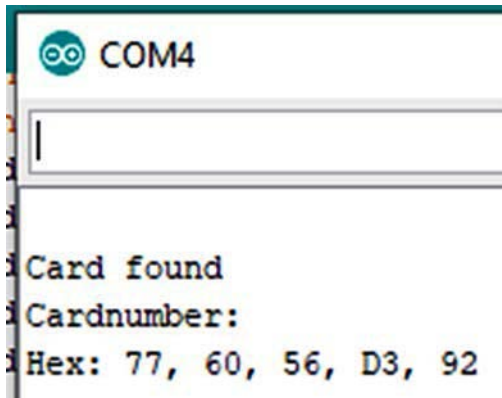


Рис. 4. Ідентифікація мітки

#### *Результати експерименту.*

У рамках другої частини проведеного експерименту були перевірені технічні можливості розробленої RFID-системи, а саме було перевірено можливість спрацювання системи, якщо на шляху між транспондером та зчитувачем є завади, які за теорією повинні обмежувати розповсюдження електромагнітних коливань. У якості тестових об'єктів були обрані активний домофонний ключ, мітка у формі електронної картки, яка успішно пройшла процес ідентифікації. Як перепони були використані наступні елементи – колода гральних карт, яка за товщиною приблизно відповідає радіусу дії зчитувача системи, керамічна тарілка та сталева кришка у формі кола, яка повинна відігравати роль металевого екрану.

Для другого режиму був обраний екран радіусом 48 мм, який має висоту 10 мм та товщину 0,4 мм. Виявилось, що система не може провести процедуру ідентифікації, навіть за умови того, що відстань між рідером та міткою набагато менше за допустимі 10 см (рис. 5). Зазначимо, що тестовий об'єкт завади є не закритим екраном за формою.

Для третього режиму, була обрана керамічна тарілка радіусом 65 мм, яка має висоту 20 мм та товщину 10 мм (рисунок 6).

За результатами проведеного дослідження третього режиму можна дійти висновку, що обраний елемент не впливає на якість роботи спрацювання системи ідентифікації за умови дотримання наступних вказівок. Так, робота системи можлива, коли керамічна тарілка та елемент зчитування в парі розташовані максимально впритул між собою (відстань між еле-

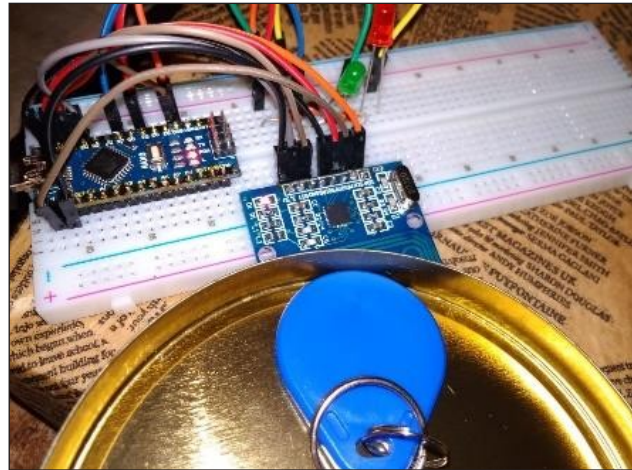


Рис. 5. Умови експерименту

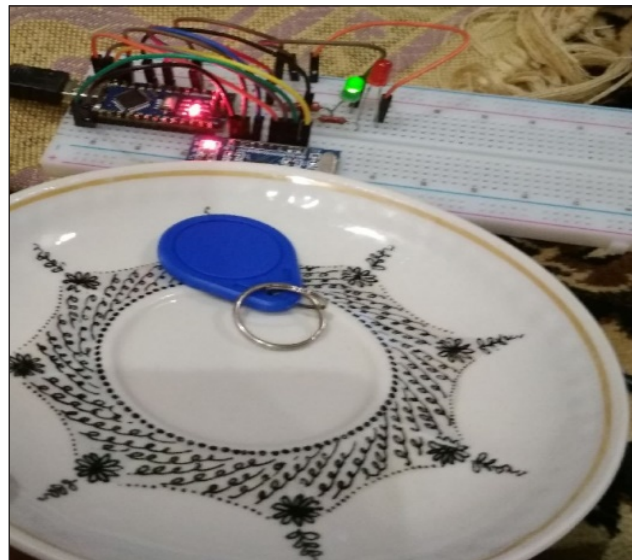


Рис. 6. Результат експерименту

ментом зчитування та зчитувачем дорівнює приблизно 20 мм).

У результаті виявлено, що система радіочастотної ідентифікації під час використання ключа та мітки у формі картки зчитує безперешкодно дані, якщо в якості перепони є колода гральних карт. За результатами проведених експериментів можна зробити висновок, що розроблена система радіочастотної ідентифікації на основі модуля Arduino потребує ідеальних умов зчитування інформації. Випадок, коли на робочій частоті 13,56 МГц є інші випромінювачі, може призвести до ситуації, коли система не функціонує.

З іншого боку, відстань між зчитувачем та міткою, незалежно від типу цієї мітки, повинна забезпечуватись в умовах «прямої» видимості.



Рис. 7. Результат експерименту

Це своєю чергою є певним обмеженням роботи спроектованої системи і потребує у подальшому проведення удосконалення розробленого модуля ідентифікації.

У рамках дослідження умови 3-го режиму були змінені. Так, замість домофонного ключа була покладена на тарілку картка (рисунки 7). Така зміна об'єкту зчитування не призвела до зміни активації створеної системи ідентифікації.

**Висновки.** Визначено, що створена модель системи радіочастотної ідентифікації на основі плати Arduino має свої технічні особливості налаштування, які характеризуються проведенням алгоритму програмування складових системи, ініціалізації та аутентифікації об'єкту на основі спеціальних міток доступу – картка та ключ. Побудована модель доступу може бути використана під час ідентифікації об'єктів у спеціальних системах охорони приміщень. Знайдено, що створений модуль у різних режимах функціонування має технічні обмеження, які визначаються обмеженням радіусом дії, формою зчитувача та конструкцією радіочастотної мітки.

Визначено, що умовою функціонування розробленої системи радіочастотної ідентифікації є відсутність на даній робочій частоті та поблизу сканера електромагнітних завад різної природи походження.

#### Список літератури:

1. Шарфельд Т. Системы RFID низкой стоимости. Москва : «Горячая линия Телеком», 2006. 197 с.
2. Компоненты устройств бесконтактной идентификации (RFID). URL: [www.microem.ru](http://www.microem.ru) (дата звернення: 12.10.2019)
3. История создания Arduino. URL: <https://arduino.ua/art2-istoriya-sozdaniya-arduino> (дата звернення: 10.10.2019).
4. Arduino Nano. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Nano> (дата звернення: 2.10.2019).
5. RFID – брелок Mifare 1K. URL: <https://chip-ua.com/uk/beskontaktnyj-brelok-s-chipom-mifare/> (дата звернення: 12.10.2019).
6. RFID модуль RC522 с карточкой доступа для Arduino. URL: <https://arduino.ua/prod649-rfid-modul-rc522-s-kartochkoi-dostupa-dlya-arduino> (дата звернення: 03.09.2019).

#### Shaparets M.S., Trapezon A.G., Trapezon K.O. RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF THE RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON THE USE OF THE ARDUINO HARDWARE AND SOFTWARE PLATFORM

*The features and main steps for creating a radio frequency identification system based on Arduino software are identified. It is stated that it is advisable to implement the radio frequency identification system on the basis of Arduino hardware, based on three basic steps – writing code with support in the Arduino IDE environment, schematic layout and firmware of the created layout. In this case, the correct operation of the system must meet those technical limitations inherent in similar systems of identification. It is shown through a practical experiment that the created model of the system has its own technical features, which are characterized by at least the algorithm of programming the system components, initialization and authentication of the object based on special access tags. As part of the study, a model of the device that can be attached to the organization of the security complex was constructed, since the testing of radio markers and RFID cards can be further adapted in the form of one of the links of the procedure of access with authentication to the protected room. It is found that the identification module in different modes of operation may have its technical limitations, which are determined by the limited range, the form of the reader and the design of the radio frequency label. At the same time, the resulting limitations of the constructed system may serve as a further impetus for the modernization of existing radio frequency identification systems. In particular, this may relate to the*

*elimination of electromagnetic interference in the operation of the transponder and the RFID reader at a specified operating frequency, not only through the selection and subsequent switching of the communication channel. It is found that a separate condition for the functioning of the developed radio frequency identification system within the limits of the conducted research is the absence at this operating frequency and near the scanner of electromagnetic interference of different nature of origin.*

**Key words:** *identification, label, access, Arduino, key, system, information, transponder.*