

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації  
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Розробка кодового замку для допуску у приміщення закритих секцій  
(тема)

Виконав:  
студент IV курсу, групи ТРРТу-21-1  
Неводничий.В.В.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(код і повна назва спеціальності)

Освітня програма Радіотехніка  
(повна назва освітньої програми)

Керівник доктор філософії Мерзлікін А.О.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

В.о. зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Зрудний О.А.  
(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіо технологій і технічного захисту інформації

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(код і повна назва)

Освітня програма Радіотехніка  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Неводничий Владислав Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка кодового замку для допуску у приміщення закритих секцій

затверджена наказом університету від 27.05.2024 р. № 498 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 10 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

літературні джерела та електронні ресурси за темою кваліфікаційної роботи

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі:

перелічити назви всіх розділів роботи від вступу до додатків (див. зміст)

Вступ. 1 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ 3. РОЗРОБКА  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ. Висновки. Перелік джерел посилання.  
Додатки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) \_\_\_\_\_

Комп'ютерна презентація

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз принципу дії та призначення	06.05.24- 15.05.2024	вик.
2	Концепція побудови пристрою	16.05.2024-20.05.2024	вик.
3	Аналіз технологічності конструкції	20.05.2024-23.05.2024	вик.
4	Висновки	24.05.2024-30.05.2024	вик.
5	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2024-09.06.2024	вик.
6	Представлення роботи на кафедрі	10.06.2024	вик.

Дата видачі завдання 06 травня 2024 р.

Студент \_\_\_\_\_ (підпис) Неводничий В.В. (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (підпис) PhD Мерзлікін А.О. (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікована робота містить 79 сторінок тексту, 28 рисунків, 3 додатки, 14 літературних джерел.

Ключові слова: запірний механізм, Arduino, Arduino IDE,

Мета роботи: створити проект для допуску у приміщення закритих секцій . Розробка даного проекту ведеться на базі мікроконтролера Arduino, в середовищі розробки Arduino IDE.

У першому розділі основної частини було проведено дослідження системи обліку відвідуваності, вибір запірної пристрою

У другому розділі основної частини був зроблений вибір основних пристроїв, що використовуються в системі, а саме: об'єкта управління, ключа ідентифікації

У третьому розділі було розробка технологічного процесу складання та монтажу.

## ABSTRACT

The final qualified work contains 79 pages of text, 28 figures, 2 appendices, 14 references.

Keywords: locking mechanism, Arduino, Arduino IDE,

Purpose: to create a project for the admission of closed sections to the premises. The development of this project is based on the Arduino microcontroller, in the Arduino IDE development environment.

In the first section of the main part, a study of the attendance accounting system, the choice of a locking device was carried out

In the second section of the main part, the selection of the main devices used in the system was made, namely: the control object, the identification key

The third section was the development of the technological process of assembly and installation.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І СКОРОЧЕНЬ..	9
ВСТУП.....	10
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, .....	8
ОДИНИЦЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП 9	
1. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ.....	10
1.1 Аналіз ТЗ і ЕЗ .....	10
1.1.1 Аналіз технічного завдання .....	10
1.1.2 Опис структурної електричної схеми .....	12
1.1.3 Аналіз принципу дії та призначення .....	14
1.2 Аналітичний огляд аналогічних пристроїв .....	25
1.3 Формулювання основних технічних вимог до пристрою .....	28
1.4 Моделювання роботи функціонального вузла .....	28
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ.....	32
2.1 Обґрунтування вибору конструктивних матеріалів покриття.....	32
2.2 Опис схеми і конструкції.....	33
2.2.1 Опис роботи схеми .....	33
2.2.2 Опис конструкції .....	34
2.2.2.1 Концепція побудови пристрою .....	34
2.2.2.2 Зовнішня компоновка пристрою.....	34
2.2.2.3 Внутрішня компоновка пристрою .....	36
2.2 Опис дослідного зразка замка електронного .....	38
3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ І.....	41
МОНТАЖУ .....	41
3.1 Аналіз технологічності конструкції.....	41
3.2 Обґрунтування типу виробництва .....	42

	7
ВИСНОВКИ.....	45
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	46
Додаток А – Програмні коди.....	46
Додаток Б – КОПІЇ ПРЕЗЕНТАЦІЇ.....	70
Додаток В – ВІДОМОСТІ АТЕСТАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ.....	78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ,  
ОДИНИЦЬ І СКОРОЧЕНЬ

FBD - Function Block Diagram

LAD - Left Anterior Descending artery

LCD - Liquid Crystal Display

## ВСТУП

В ході дипломного проектування необхідно розробити схему замка електронного. Виходячи з того, що пристрої аналогічного класу використовують як правило застарілу елементну базу, це накладає на такі пристрої цілий ряд обмежень. Основним обмеженням є неможливість розширення або зміни функціоналу без істотного апаратного доопрацювання електронної схеми пристрою. Такий підхід істотно обмежує швидкість, а відповідно і простоту самої розробки та модернізації пристрою. Адже на етапі розробки або модернізації пристрою кожна зміна основного функціоналу чи сервісних функцій пристрою веде за собою заміну електронної схеми. А це в свою чергу потребує істотних фінансових затрат на придбання відповідних електронних компонентів.

На даний час набули широке розповсюдження методики розробки електронних пристроїв на базі мікроконтролерів з можливістю програмування. Це в свою чергу дає можливість здешевити процес розробки пристрою, але накладає ряд обмежень на розробника. Одним із головних обмежень є процес програмування мікроконтролера, адже в цьому випадку пристрій по суті проектується за допомогою написання програмного забезпечення для мікроконтролера.

Таким чином необхідно розробити пристрій таким чином, щоб не ставати програмістом широкого профілю, а реалізувати необхідний функціонал в пристрої максимально використовуючи знання в сфері електроніки.

# 1. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

## 1.1 Аналіз ТЗ і ЕЗ

### 1.1.1 Аналіз технічного завдання

Перед початком проектування замка електронного слід зауважити, що необхідний функціонал можливо реалізувати за допомогою мікроконтролера. Таким чином для реалізації пристрою було обрано платформу Arduino, а саме плату Arduino nano. На етапі проектування пристрою дана плата буде більш зручна у використанні, адже на ній є можливість відразу підключення за допомогою відповідних провідників. Загалом використання плати Arduino nano не обов'язкове, можливо використовувати і Arduino UNO. Це обумовлено лише зручністю чи наявністю при розробці пристрою. Загалом же для реалізації пристрою доцільніше використовувати Arduino nano або розробляти власну друковану плату.

Ще одним важливим етапом є вибір програмного забезпечення для проведення розробки програмної частини пристрою. На цьому етапі слід зауважити що ми розробляємо саме електронний пристрій, а не просто програму для мікроконтролера. Це в свою чергу накладає ряд обмежень на вибір програмного забезпечення для мікроконтролера. Тобто програмне забезпечення Arduino IDE в чистому вигляді буде використовувати досить складно і накладно з точки зору часових затрат. Для пришвидшення розробки пристроїв на Arduino програмісти використовують велику кількість різних програм конструкторів, в яких вже розроблені базові блоки які можна використовувати для побудови власних пристроїв. В нашому ж випадку доцільніше було б використовувати візуальний редактор коду побудований на принципах електронних схем. До останнього часу для того, щоб створити свій пристрій із застосуванням мікроконтролера, у електронників та електриків було два шляхи. Або самим вивчати мову програмування «С», або просити допомоги

у програміста. Обидва шляхи не найкращі. Для того що б стати програмістом, необхідний певний склад розуму, не завжди сумісний з досвідом читання електричних схем. А знайомого програміста може не виявитися під рукою.

У той же час вже існують середовища програмування адаптовані під звичайного інженера - електронника, ну або просто електрика. Мається на увазі середовища програмування промислових контролерів. Вони дозволяють створювати програмне забезпечення для контролерів на мовах FBD і LAD. Власне кажучи, як такими мовами вони не є. Це, скоріше, графічні середовища для малювання принципів або логічних схем.

Програма FLProg дозволяє створювати прошивки для плат Arduino за допомогою графічних мов FBD і LAD, які є стандартом в області програмування промислових контролерів. Програма працює на комп'ютері під керуванням OS Windows, Linux-32 і Linux-64.

При створенні нового проекту можна вибрати мову програмування, на якій буде створено проект, і контролер, на якому цей проект буде реалізований:

- Arduino Diecimila;
- Arduino Duemilanove;
- Arduino Leonardo;
- Arduino Lilypad;
- Arduino Mega 2560;
- Arduino Micro;
- Arduino Mini;
- Arduino Nano (ATmega168);
- Arduino Nano (ATmega328);
- Arduino Pro Mini;
- Arduino Pro (ATmega168);
- Arduino Pro (ATmega328);
- Arduino nano;
- Intel-Galileo та інші.

Проект в FLProg являє собою набір плат, на кожній з яких зібраний закінчений модуль загальної схеми. Для зручності роботи кожна плата має найменування і коментарі. Також кожен плату можна згорнути (для економії місця в робочій зоні, коли робота над нею закінчена) і розгорнути коли вона знадобиться. Червоний індикатор в найменуванні плати вказує на те, що в схемі плати є помилки.

Таким чином використовуючи зв'язку з двох програм - FLProg та Arduino IDE можливо розробити електронний замок з можливістю розуміння та представлення принципу роботи у вигляді електронних або електричних схем.

### 1.1.2 Опис структурної електричної схеми

Схема електрична структурна замка електронного складається з двох складових (рРисунок 1.1):

Програмної – програмне забезпечення для роботи мікроконтролера.

Апаратної – електронні компоненти та блоки;

#### **Програмна складова.**

В програмну частину входить програма прошивки мікроконтролера. В свою чергу для створення якої використовується комп'ютер з програмним забезпеченням FLProg та Arduino IDE яка в свою чергу через програмні драйвери використовується для програмування мікроконтролера.

#### **Апаратна складова.**

- Першим апаратним блоком є інтерфейс програмування мікроконтролера, він забезпечує можливість програмування через інтерфейс USB.
- Далі йде сам мікроконтролер Atmega328P. На його основі можливо реалізувати різноманітний функціонал який обмежується лише об'ємом вбудованої пам'яті та кількістю виводів на платі Arduino nano.
- Для реалізації роботи програми мікроконтролера із заданими проміжками часу передбачено кварцовий резонатор на 16МГц.

- Також для можливості фізичного перезавантаження пристрою передбачена кнопка перезавантаження "Reset".
- Для можливості живлення не лише мікроконтролера, а й периферійних пристроїв блоків живлення два. Перший блок вхідного живлення 5В а другий на 3,3В та 5В.
- Головною особливістю плати Arduino nano є наявність великої кількості виводів для периферійних пристроїв та датчиків які можливо програмувати різноманітним чином.

Є два типи виводів:

- аналогові з можливістю обробки аналогових сигналів;
- цифрові з можливістю обробки логічних рівнів "0" або "1".

До аналогових, а саме спеціальних виводів для шини I2C приєднуємо LCD дисплей для індикації введення та зміни паролів.

До цифрових приєднуємо матричну клавіатуру для вводу і керування паролями.

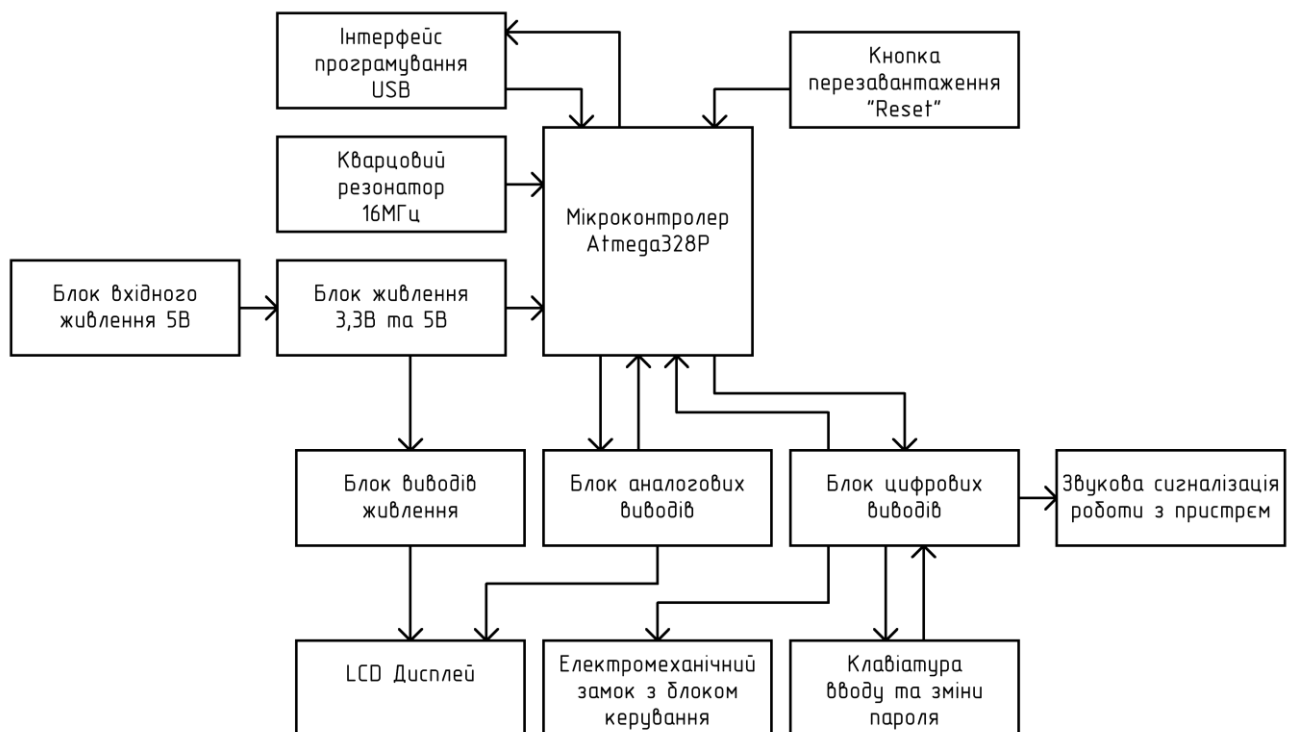


Рисунок 1.1 – Схема електрична структурна

### 1.1.3 Аналіз принципу дії та призначення

Основою пристрою є Arduino nano. Таким чином окрім апаратної частини схеми електричної принципової, також є і програмна. Для швидкого і наглядного програмування мікроконтролера будемо використовувати програму візуального програмування FLProg. В програмі вже є реалізовані типові електронні блоки в програмній реалізації.

Програма для мікроконтролера складається шляхом з'єднання блоків з бібліотеки компонентів для реалізації необхідного функціоналу. Для вводу паролю буде використовуватись матрична клавіатура (Рисунок 1.2).

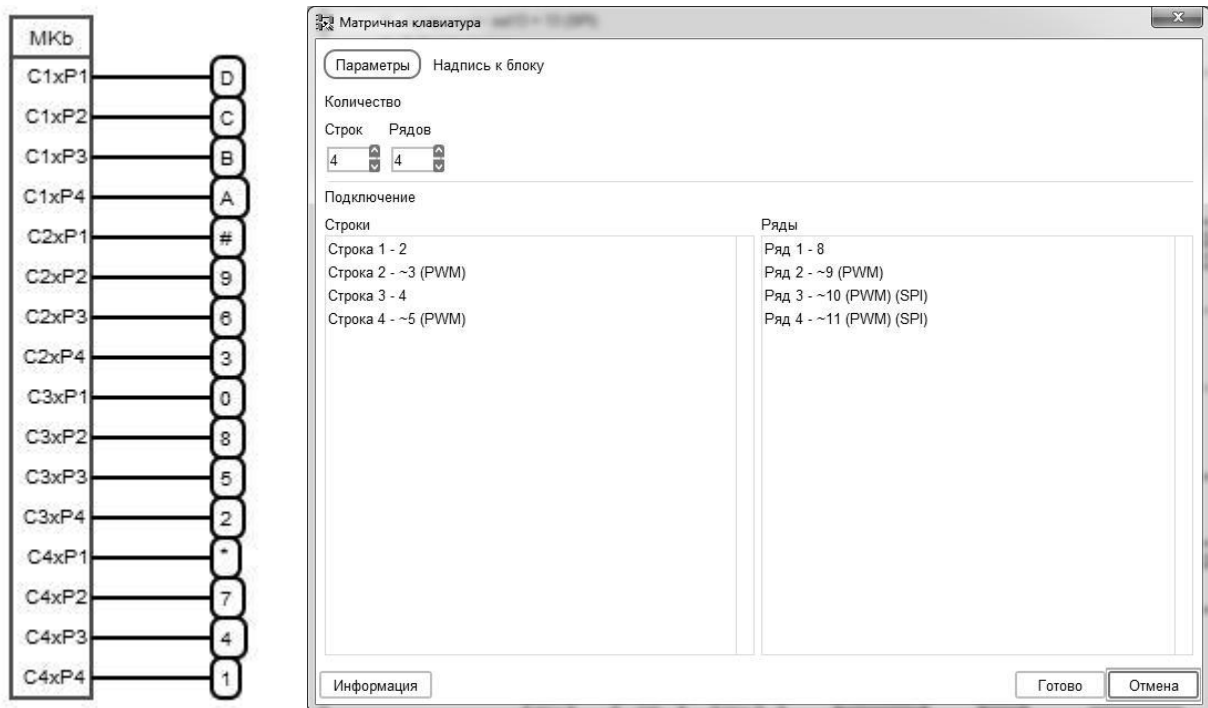


Рисунок 1.2 – Матрична клавіатура

Клавіатура складається з 4 строчок та 4 рядків. Для коректного спрацьовування відповідних кнопок програмний модуль матричної клавіатури модифікується з урахуванням зручності та послідовності виводів.

Наступним є основний блок меню (Рисунок 1.3), в якому і буде створено пункти меню.

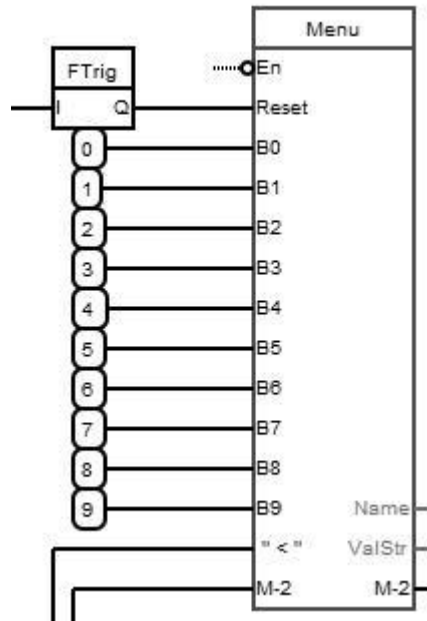


Рисунок 1.3 – Основной блок меню

В основном блоці меню створюємо два пункти меню (рисунки 1.4 та 1.5). Назви блоків меню будемо створювати англійською для універсальності, так як деякі дисплеї не підтримують кириличні символи.

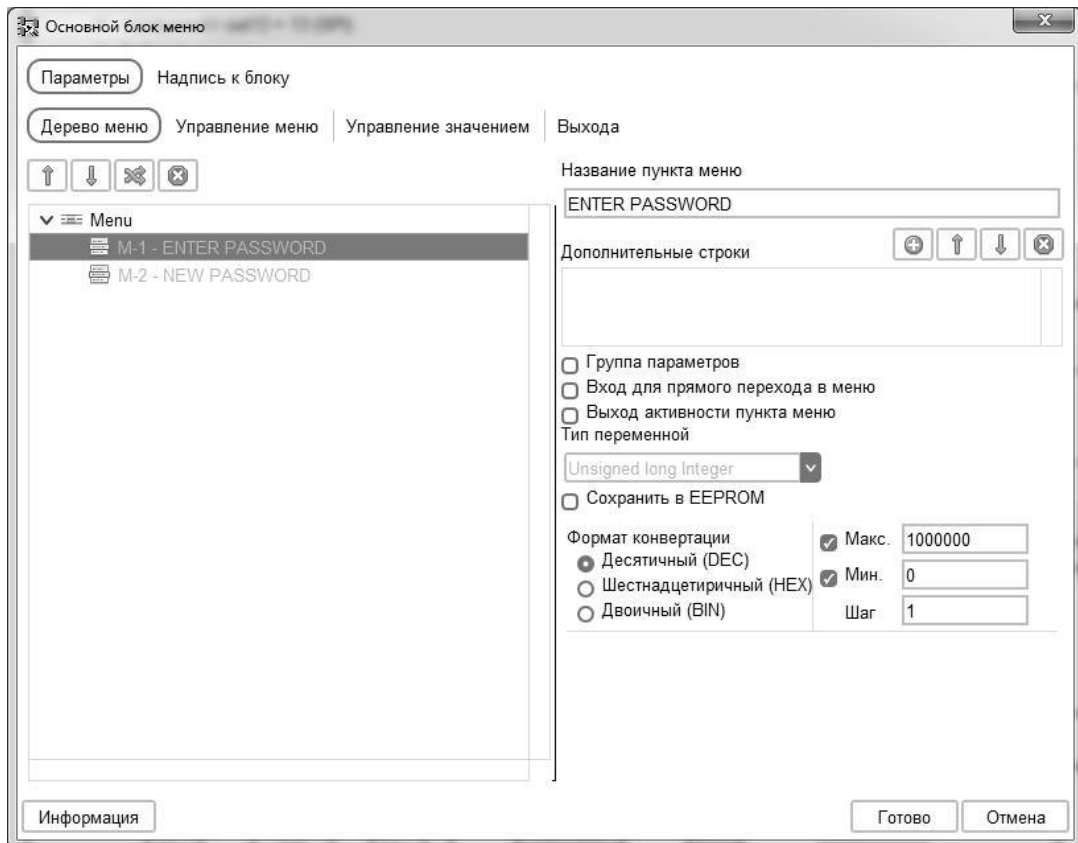


Рисунок 1.4 – Пункт меню ENTER PASSWORD

Налаштування першого меню робимо з можливістю введення шести значного паролю доступу.

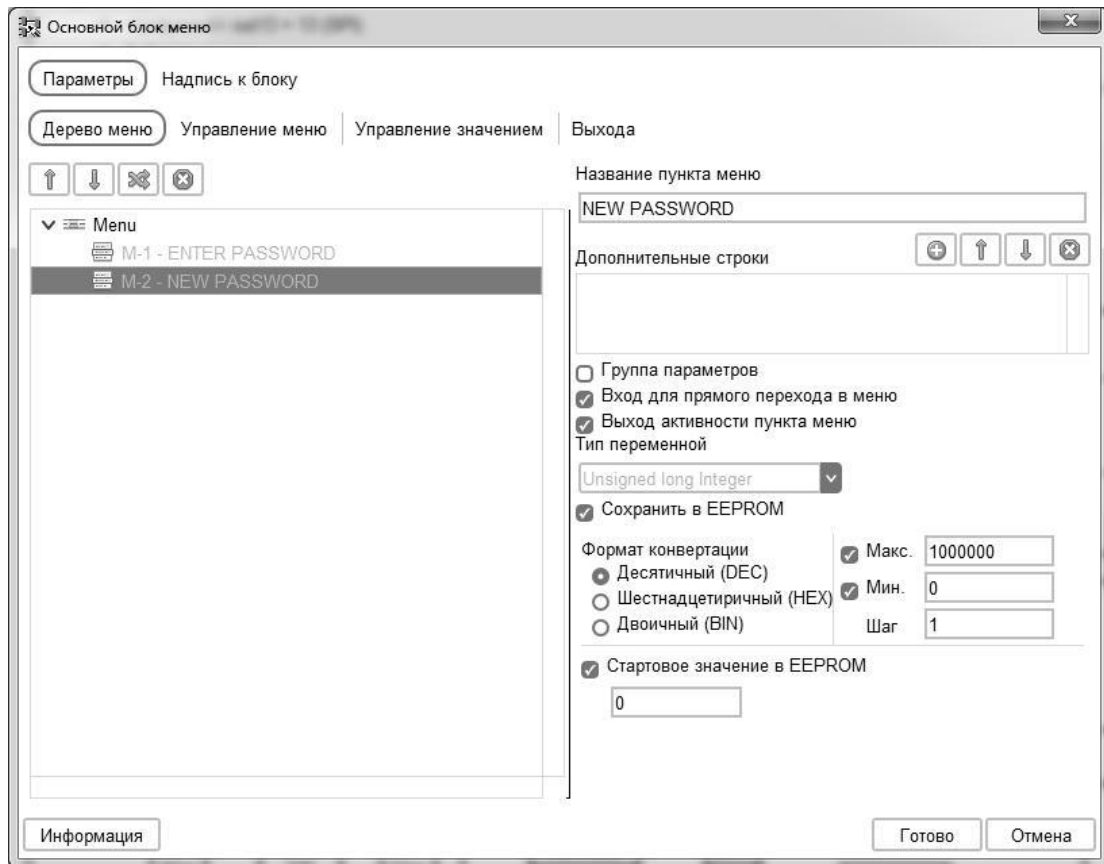


Рисунок 1.5 – Пункт меню NEW PASSWORD

Цей пункт меню також робимо з підтримкою шести значного паролю але з можливістю збереження в енергонезалежну пам'ять EEPROM.

Наступним кроком створюємо два дисплея (Рисунок 1.6 та 1.7). Для простоти підключення дисплею будемо його проводити за допомогою шини I2C. За допомогою програми Arduino IDE було знайдено адресу дисплею на шині I2C, в нашому випадку це 27. Два програмних дисплеї необхідно щоб на одному дисплеї одночасно в двох строчках відображувались різні значення. А саме в верхній строчці буде відображуватись заголовок меню ENTER PASSWORD/NEW PASSWORD, а в нижній строчці будуть відображуватись цифри паролю введені з клавіатури.

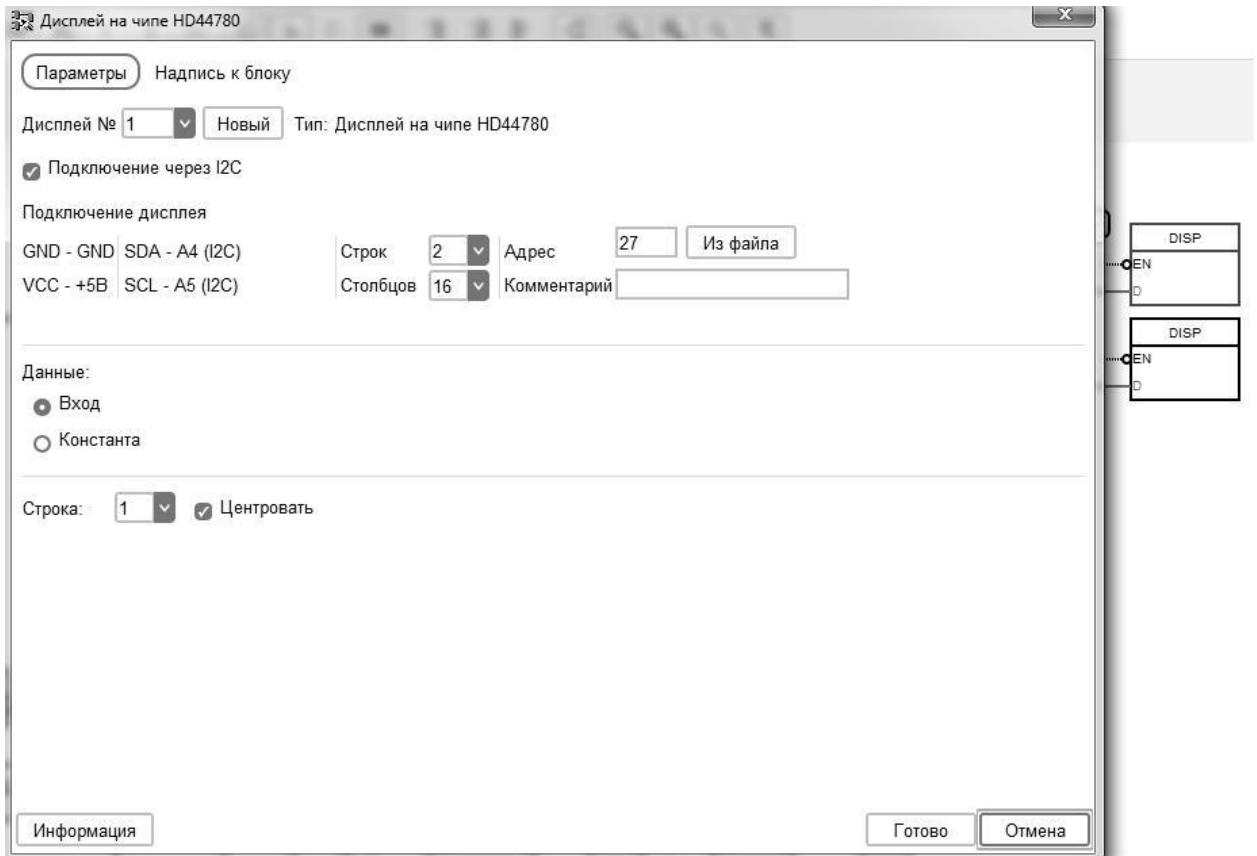


Рисунок 1.6 – Дисплей HD44780 строчка 1

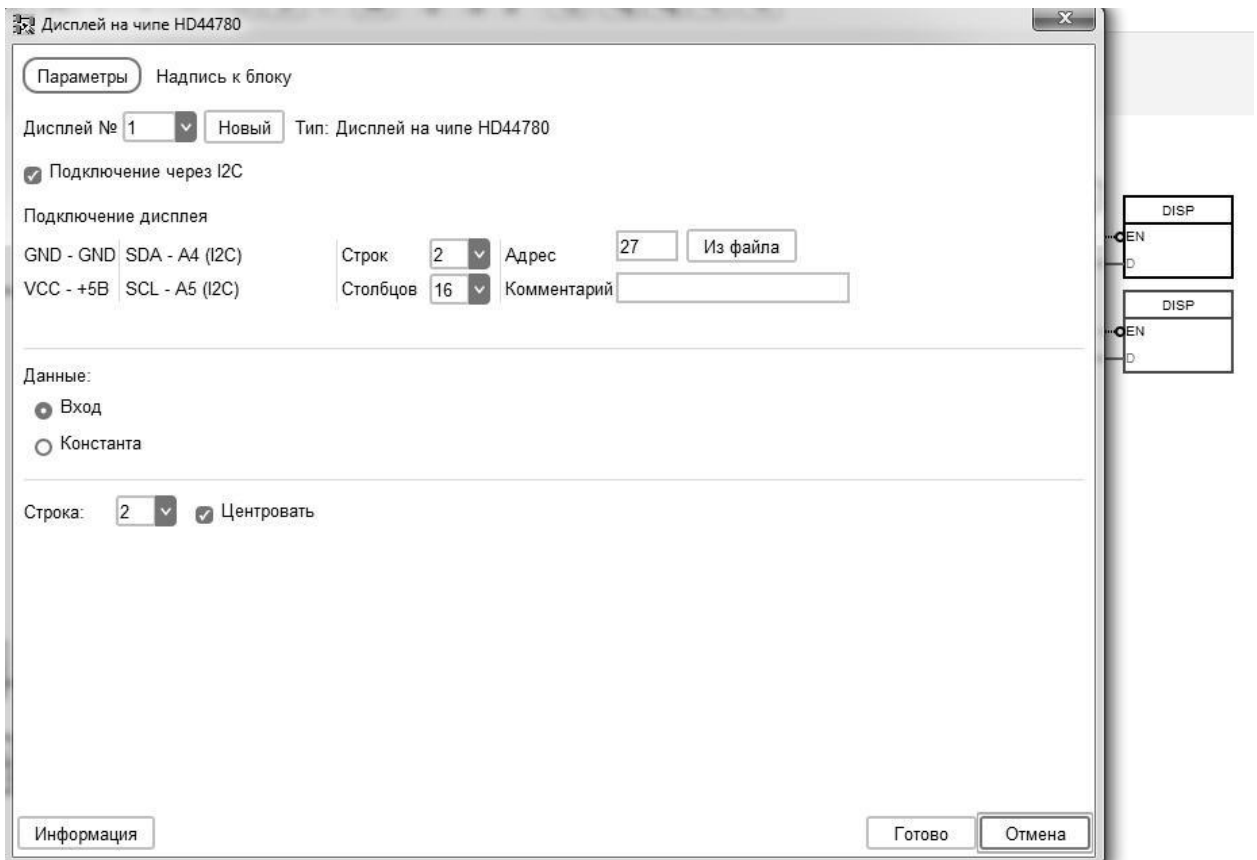


Рисунок 1.7 – Дисплей HD44780 строчка 2

Наступним блоком буде порівняння строчок (рРисунок 1.8). За допомогою даного блоку задаємо адміністративний пароль, при допомозі якого ми будемо змінювати пароль доступу (адміністративний пароль - 256000).

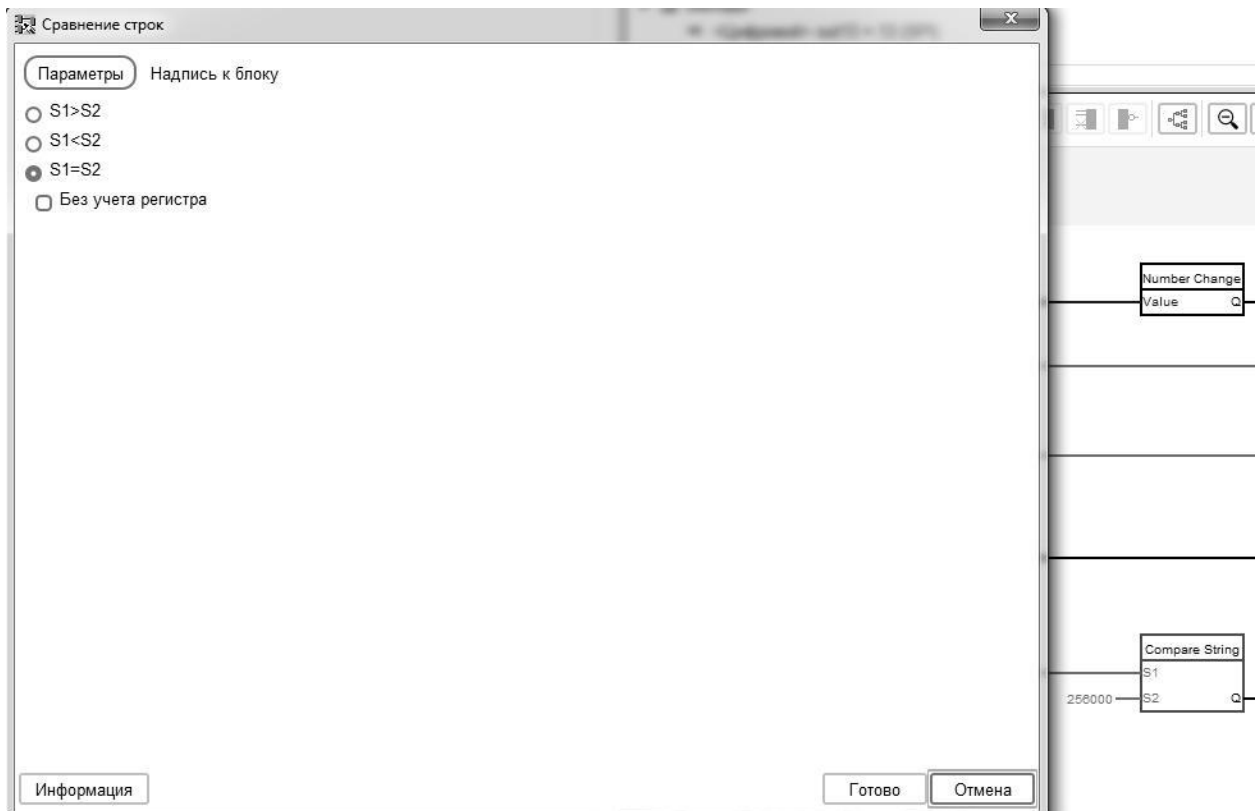


Рисунок 1.8 – Порівняння строчок

Далі створюємо змінну NPASS для реалізації можливості переходу в друге меню NEW PASSWORD (рРисунок 1.9). Таким чином зі змінної NPASS сигнал йде по ланцюгу RTrig – TOF з затримкою відключення 1,5 сек. – Ftrig і потрапляє на вхід другого меню M-2 (Рисунок 1.10).

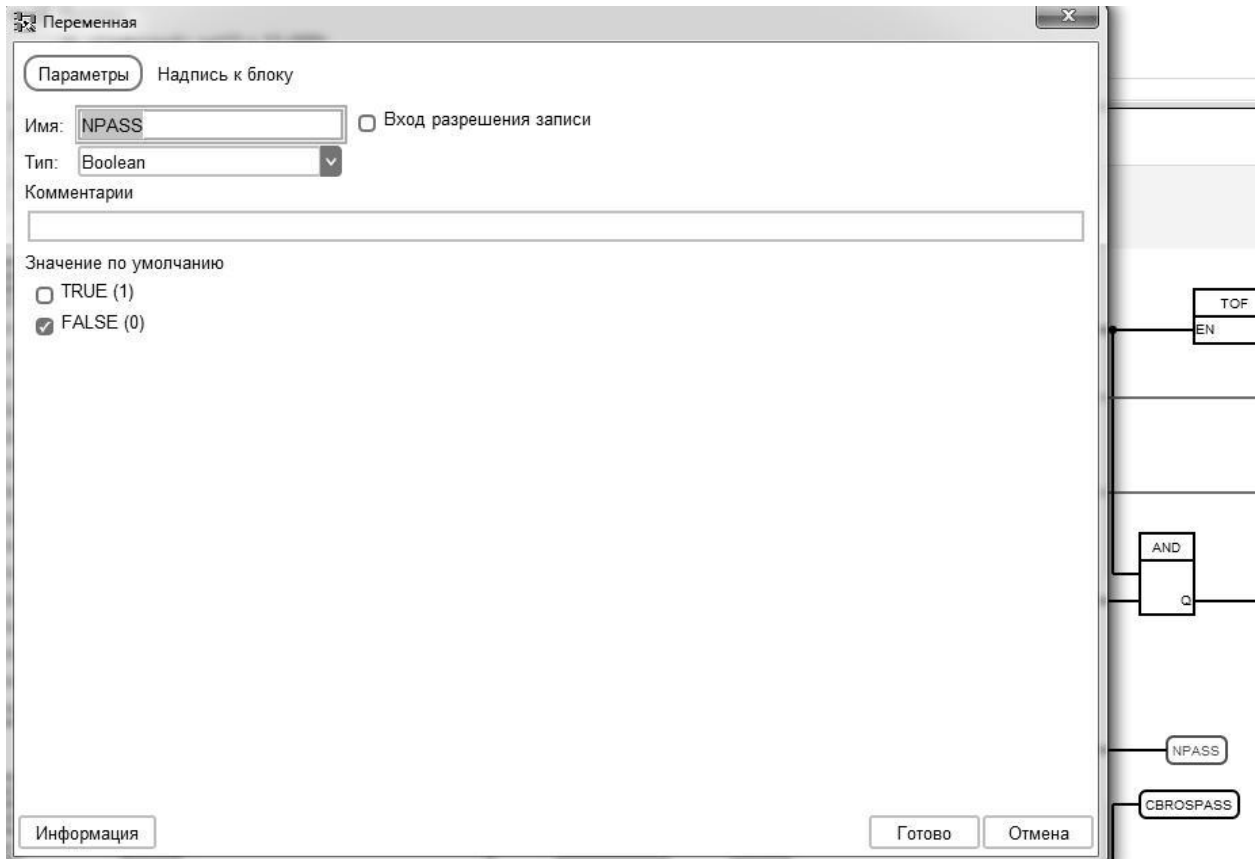


Рисунок 1.9 – Змінна NPASS

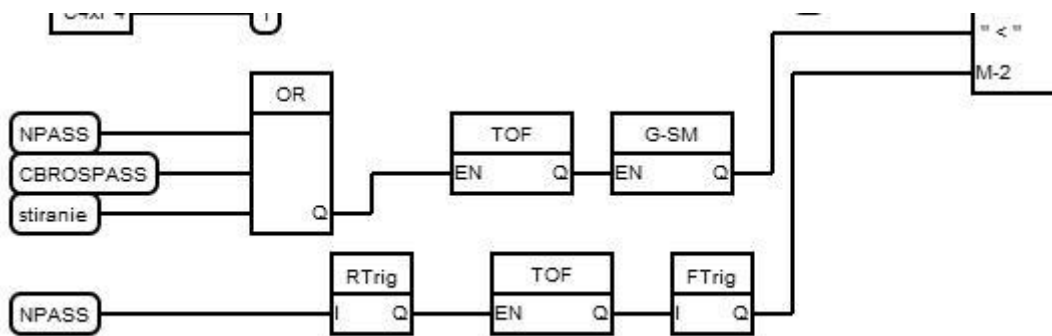


Рисунок 1.10 – Перехід в меню M-2 і ланцюг очищення

Також для коректного відображення меню та введених паролів необхідно вчасно очищувати дисплей від раніше введених значень. Для цього в меню є вхід очищення "<". Щоб побудувати ланцюг для проведення стирання потрібно на один із його входів продублювати змінну NPASS. Далі в ланцюгу буде OR на три входи – TOF з затримкою відключення 1,5 сек. – G-SM симетричний мультивібратор з частотою 1 м.сек. – "<" вхід очищення (Рисунок 1.10).

Також необхідно підключити блоки значення меню ENTER PASSWORD Рисунок 1.11 та NEW PASSWORD (рРисунок 1.12).

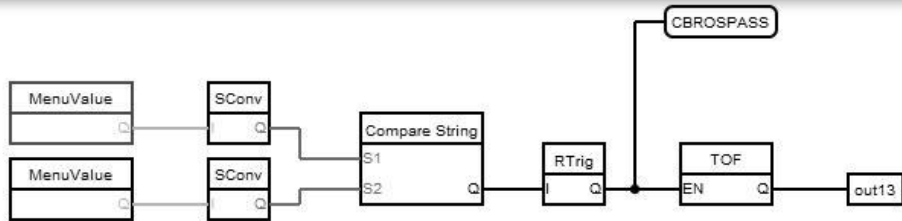
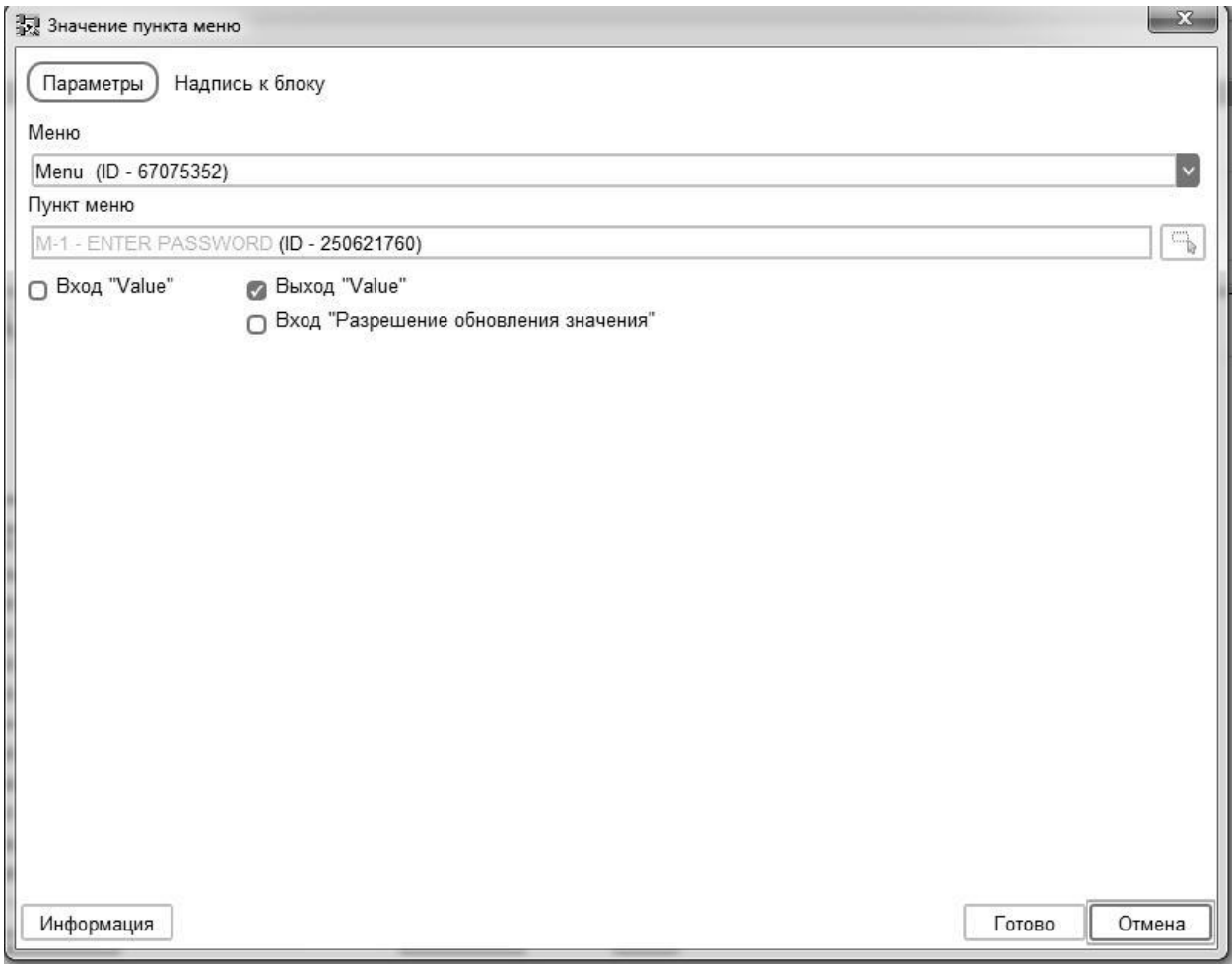


Рисунок 1.11 – Блок значения меню ENTER PASSWORD і схема порівняння

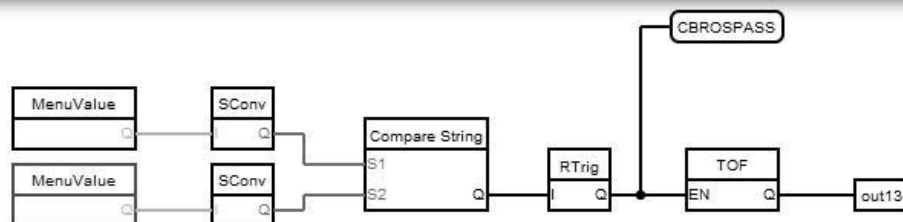
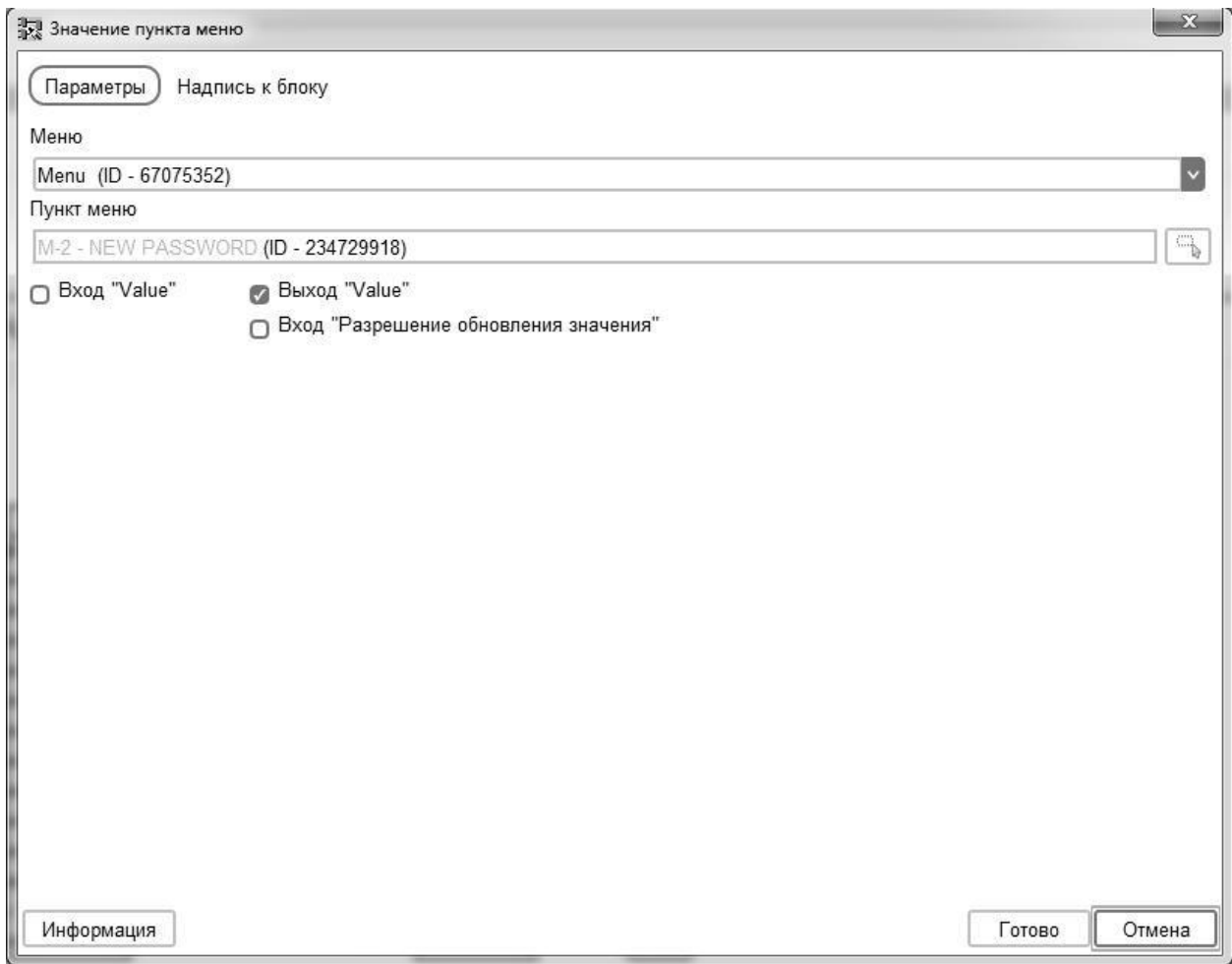


Рисунок 1.12 – Блок значения меню NEW PASSWORD і схема порівняння

Ланцюг буде виглядати таким чином MenuValue – Sconv конвертор значень – Compare String блок порівняння – RTrig – TOF затримка 1-3 сек. – вихід навантаження/ електричного замка. Також для того щоб не було видно введеного паролю його необхідно стерти, для цього створюємо змінну CBROSPASS і підключаємо її на другий вхід стирання (Рисунок 1.103).

Для стирання введеного коду необхідно такий ланцюг SConv – Numbtr Change детектор числа – TOF – FTrig – стирание змінна.

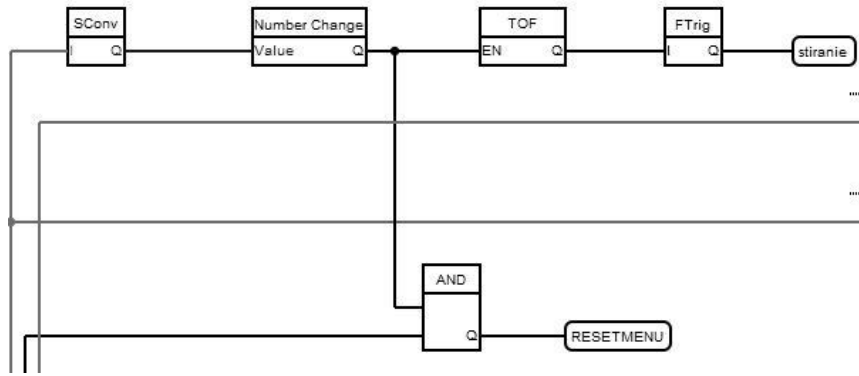


Рисунок 1.13 – Стирання введеного пароля

Також після вводу пароля необхідно буде перезавантажити меню. Для цього додаємо елемент AND "i" – RESETMENU змінна. Далі зі змінної через ланцюг TOF – FTrig – Reset блоку меню (Рисунок 1.14).

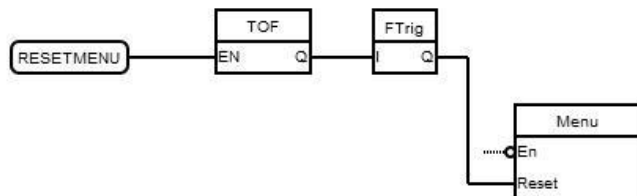


Рисунок 1.14 – Вхід меню RESET

Таким чином весь функціонал для безпечного користування та зміни паролю було реалізовано в програмній частині пристрою. Схема програми у повному обсязі зображена на Рисунок 1.15.

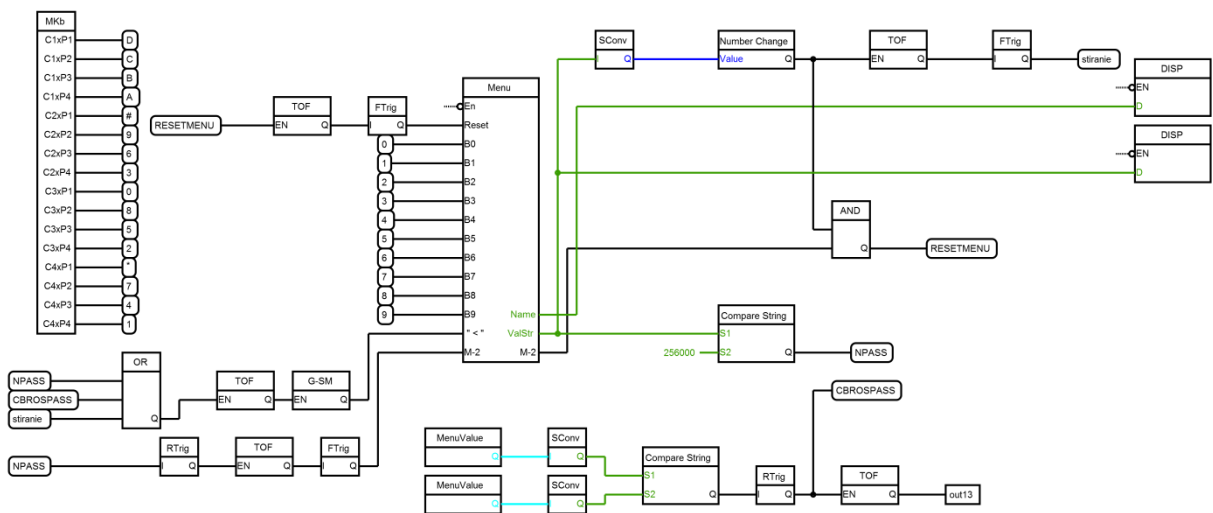


Рисунок 1.15 – Схема програми замка електронного на Arduino nano в програмі FLProg

Також для більш чіткої фіксації факту натиснення кнопок в пристрої було реалізовано звукове супроводження таких функцій:

- натискання цифр на клавіатурі - один сигнал;
- вхід в режим адміністрування пароллю – другий сигнал;
- відкриття замка – третій сигнал;
- також в ситуації коли пристрій тільки прощений, у вбудованій пам'яті пристрою буде відсутній пароль і замок не відкриватиметься, але після набору цифр через три секунди, під час очищення екрану буде звучати сигнал аналогічний першому (натискання цифр клавіатури).

Реалізація даного функціоналу була втілена на елементах Buzzer (Рисунок 1.16). Завдяки такому підключенню вдалося реалізувати можливість зміни тональності звучання кожної окремої кнопки чи пункту меню.

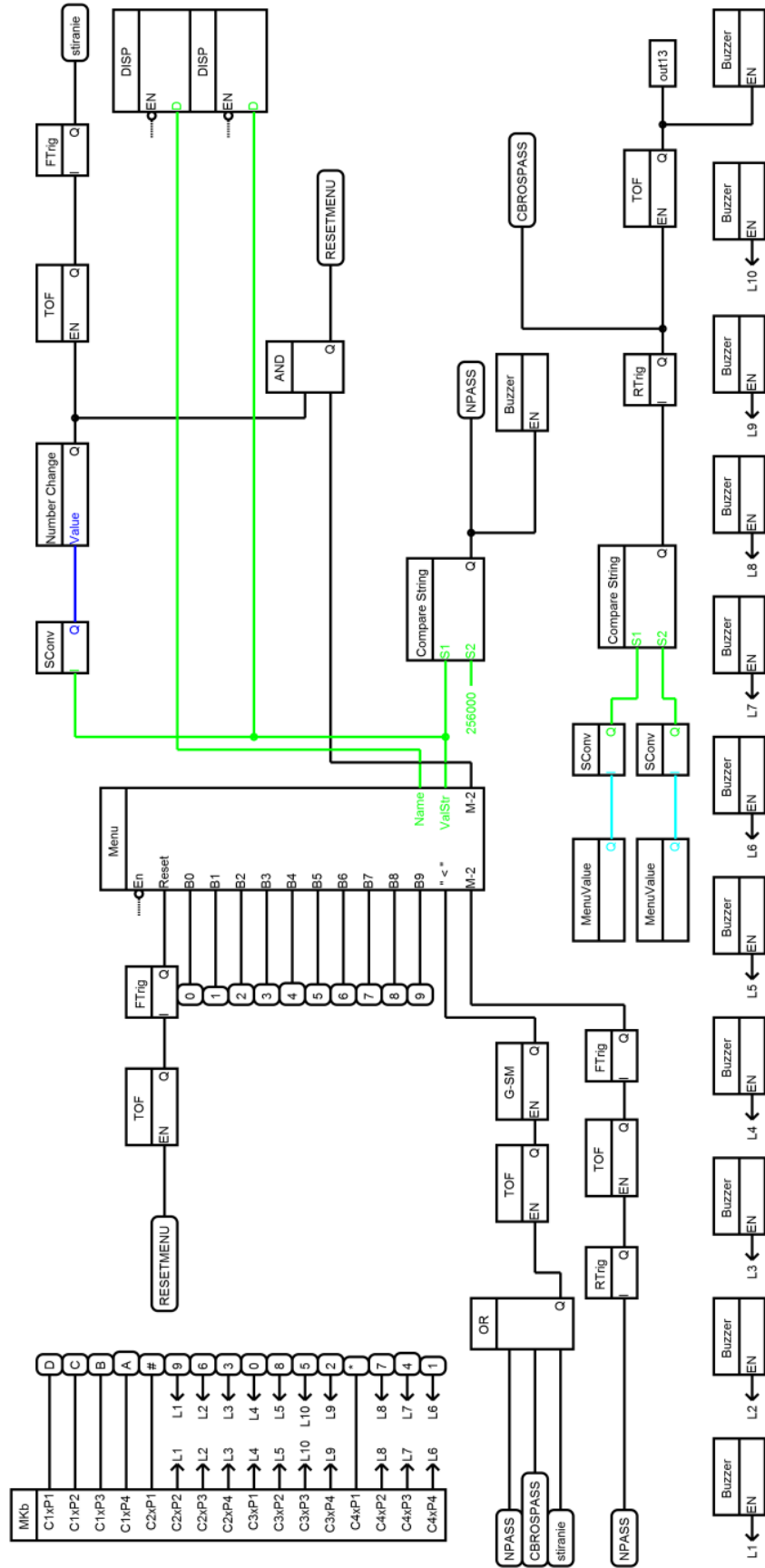


Рисунок 1.16 – Схема програми замка електронного з елементами Buzzer

## 1.2 Аналітичний огляд аналогічних пристроїв

Перед початком проведення проектування перед усім необхідно провести аналіз пристроїв аналогічного призначення, які вже представлені на ринку. Для цього було обрано два аналогічних пристрої які можуть на високому рівні виконувати необхідний функціонал. На Рисунок 1.17 представлено схему першого аналогічного пристрою. Даний пристрій володіє базовими характеристиками для реалізації функціоналу пристрою замка електронного. Однією з переваг даного аналогу є використання всього однієї інтегральної мікросхеми для реалізації пристрою. Це в свою чергу дає змогу реалізувати пристрій з досить невеликими габаритними розмірами, це в свою чергу дасть змогу використовувати дану схему в місцях де об'єм має дуже важливе значення.

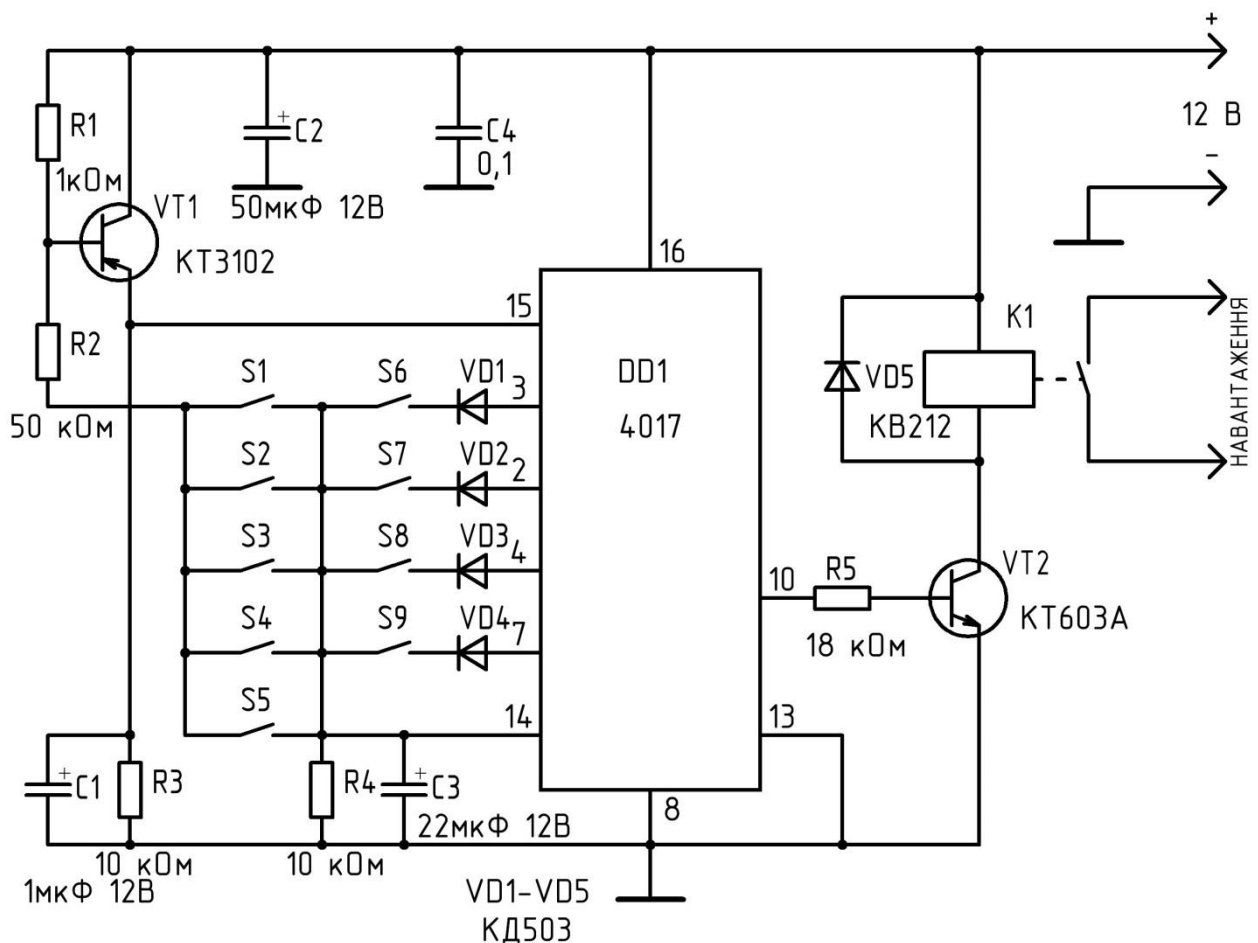


Рисунок 1.17 – Аналогічний пристрій 1. Схема електрична принципова

Головною перевагою даної схеми є простота реалізації а головним недоліком модернізація можлива лише з використанням апаратних методів, тобто фізична модернізація пристрою з додатковими фінансовими затратами на електронні компоненти. В цілому пристрій може забезпечити реалізацію захисту на базовому рівні.

На Рисунок 1.18 представлена схема другого аналогічного пристрою. Головною відмінністю даного пристрою від попереднього є апаратне реалізація зміни коду доступу. Це в свою чергу робить даний пристрій більш простим у використанні і в одно час підвищує захищеність. В даної схеми з'являється можливість використання в більшій кількості випадків, наприклад для приміщень з обмеженим доступом. Одночасно з підвищенням захищеності з'явилась одна особливість - в схемі використовується вже чотири інтегральних мікросхеми. Це в свою чергу приводить до більших габаритних розмірів пристрою.

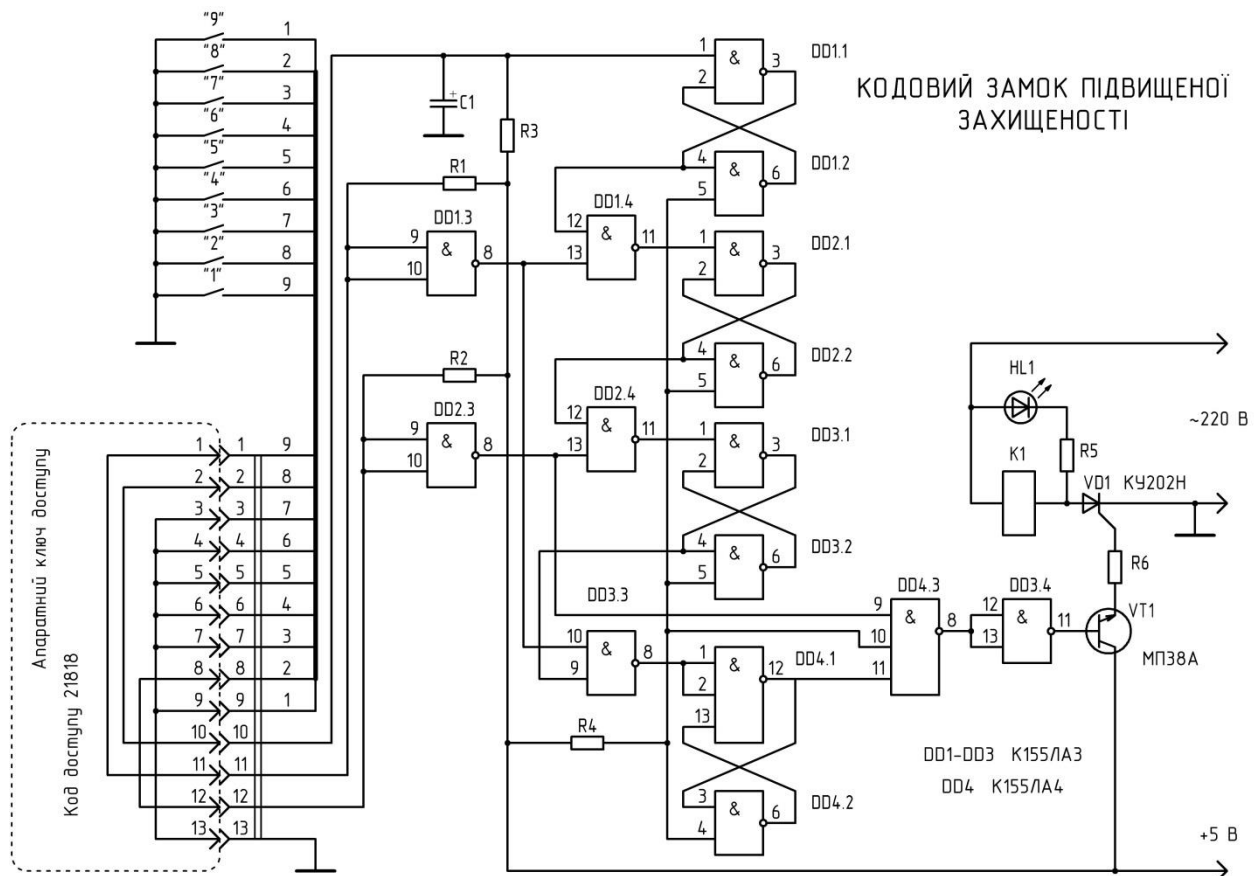


Рисунок 1.18 – Аналогічний пристрій 2. Схема електрична принципова

В цілому пристрій володіє більш високим рівнем захищеності і більш просту можливість зміни коду доступу, що в свою чергу є передбаченою апаратною модернізацією.

- a) Підсумовуючи вище зазначені переваги та недоліки можна виділити такі особливості використання даних пристроїв:
- b) обидва пристрої мають апаратну реалізацію;
- c) даним чином можливо реалізувати як базову так і підвищену захищеність;
- d) розширення функціоналу потребує апаратної реалізації;
- e) розширення функціоналу веде до збільшення габаритних розмірів пристрою;

Таким чином можна зробити деякі висновки, відносно практичності, функціональності і можливості модернізації. Відповідно практичності дані пристрою можуть використовуватись лише в тих місцях де потрібен обмежений доступ для декількох чоловік. Функціональність являється базовою, а модернізація без серйозних фінансових затрат можлива лише при передбаченні апаратної можливості. В свою чергу сервісний функціонал реалізується лише за допомогою апаратного доопрацювання.

Виходячи з виявлених обмежень можна зробити висновок, що реалізувавши пристрій на базі програмно-апаратного рішення можливо розширити функціонал з необхідним рівнем захищеності при використанні меншої кількості електронних компонентів. Також однією з переваг є те, що модернізація функціоналу та додання сервісних функцій буде потребувати менших фінансових затрат. А іноді модернізація навіть може бути проведена лише в програмній частині пристрою.

### 1.3 Формулювання основних технічних вимог до пристрою

На основі аналізу технічного завдання можна сформулювати перелік технічних вимог до замка електронного.

Електричні параметри:

- напруга живлення  $5V \pm 10\%$  через USB;
- введення паролю з клавіатури;
- зміна паролю з клавіатури;
- індикація вводу паролю на дисплеї;
- збереження паролю при відсутності живлення;
- звуковий супровід набору паролю.

Умови роботи (кліматичні):

- температура навколишнього середовища від мінус 20 до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;
- відносна вологість повітря при температурі  $25^{\circ}\text{C}$  до 98%, атмосферний тис від 86 до 104 кПа.

Вимоги до конструкції :

- маса і габарити приладу мінімальні  $150 \times 110 \times 45$ ;
- використання сучасної елементної бази;
- можливість зміни паролю без модернізації схеми пристрою;

Вимоги до надійності:

- середній час напрацювання не менше 20000 годин.

Інші вимоги:

- річна програма випуску 1000 одиниць на рік.

### 1.4 Моделювання роботи функціонального вузла

Для перевірки працездатності вихідного ключа керування електромеханічним замком, моделювання будемо проводити в програмі Proteus 8.

Вузлом для моделювання буде виступати вихідний ключ керування навантаженням який базується на мосфеті VT1 (IRF520N). Для контролю струму та живлення на схему було додано вимірювальні прилади. Так як за паспортними характеристиками електромеханічного замка ATIS lock SS СК піковий струм живлення котушки може досягати ~2А (при використанні БУЗ 0,5А), L1 яка виступатиме вихідним навантаженням була підібрана відповідна. Для задання керуючого сигналу на схемі встановлено елемент живлення G1, від являється аналогом вихідного рівня 5В з виводу 13 Arduino. В свою чергу за наявність чи відсутність цього рівня відповідає кнопка SA1. Вона дає змогу змоделювати два положення схеми:

- на виході 13 Arduino присутні 5В, що відповідає рівню логічної "1";
- на виході 13 Arduino відсутній керуючий сигнал, що відповідає рівню логічного "0".

Резистор R1 задає зміщення на затвор транзистора VT1, а ланцюг з HL1 та R2 є індикатором наявності керуючого сигналу з Arduino. Цей каскад в цілому дає можливість керування живленням електромеханічного замка яке відрізняється від живлення самої Arduino. Таким чином G2 виступає тим самим живленням 12В електромеханічного замка. Також необхідно зауважити, що для коректної роботи каскаду необхідно щоб -5В живлення Arduino та -12В живлення електромеханічного замка були з'єднані.

Перш за все слід зауважити, що в обох випадках (Рисунок 1.19 та Рисунок 1.20) живлення G2 на схему подається, а в залежності від наявності керуючого сигналу воно подається на електромеханічний замок, чи ні.

На Рисунок 1.19 відображено схему керування живленням електромеханічного замка в положенні коли керуючий сигнал від Arduino відсутній, відповідно кнопка SA1 знаходиться в розімкнутому стані на приладах значення струму та напруги відсутні, а індикація HL1 та L1 також відсутня. Тобто пристрій знаходиться в положенні закритого замка.

На Рисунок 1.20 зображено другий режим роботи. В даному разі керуючий сигнал 5В з G1 (а саме 13 вивід Arduino) подається на затвор транзистора VT1 і

він відкривається. Про це також інформує індикатор HL1. А про те, що VT1 відкрився можна дізнатись з приладів вимірювання струму та напруги, а головне L1. Тобто ключ VT1 керує окремим живленням 12В (G2) необхідним для живлення самого електромеханічного замка.

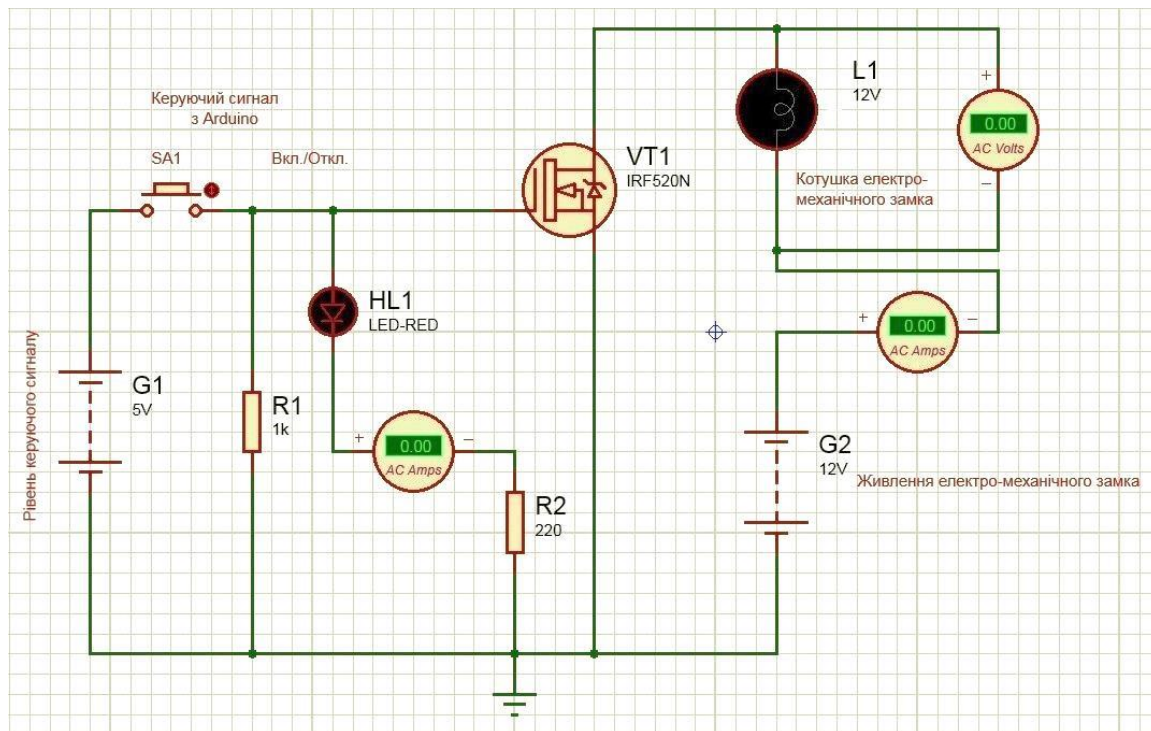


Рисунок 1.19 – Вихідний ключ керування навантаженням при відсутності керуючого сигналу

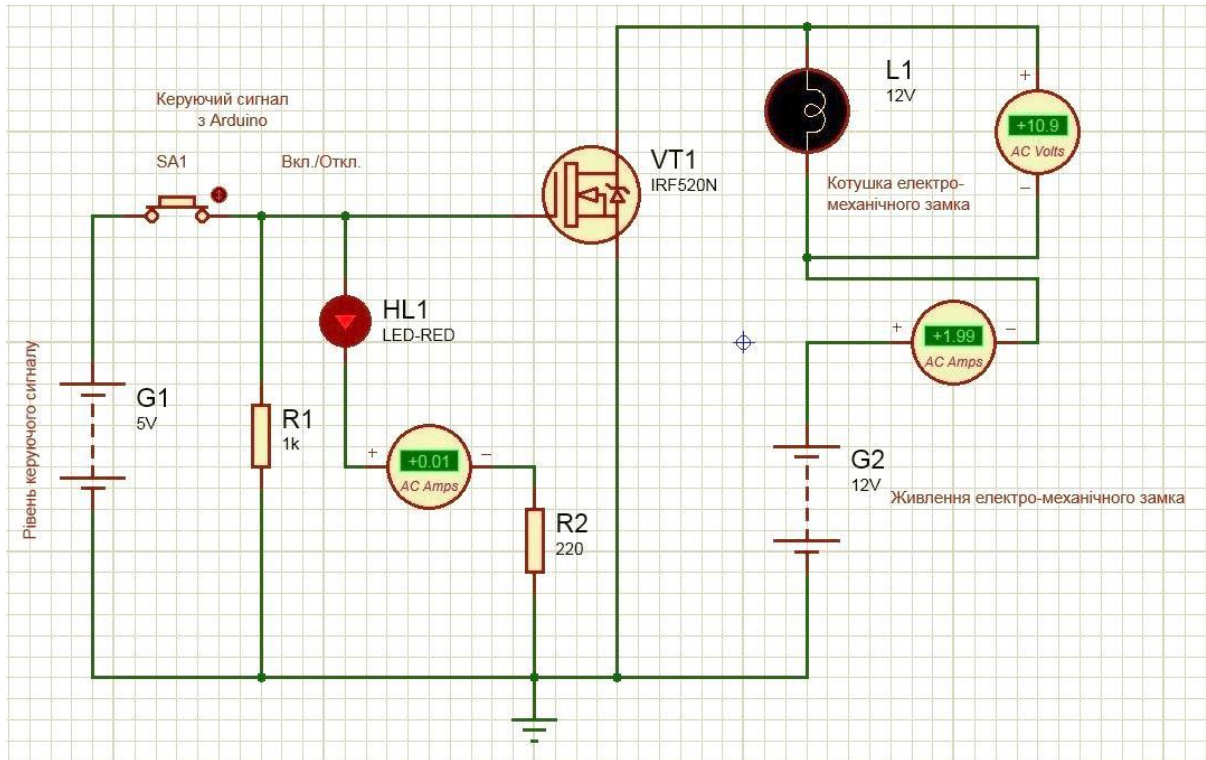


Рисунок 1.20 – Вихідний ключ керування навантаженням при наявності керуючого сигналу

## 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

### 2.1 Обґрунтування вибору конструктивних матеріалів покриття

Головною особливістю при виборі конструктивних матеріалів та покриття являється саме місце використання. В даному випадку кодовий замок буде використовуватись в спеціально відведеному місці в нерухомій частині дверей.

#### 2.1.1 Обґрунтування вибору матеріалу для виготовлення корпусу

В якості матеріалу для виготовлення корпусу пристрою доцільно взяти пластмасу. Це дасть змогу дещо здешевити його виготовлення та позбавить необхідності формування необхідних отворів за допомогою додаткових технологічних операцій.

Так як корпус не є вандалостійким, його необхідно закривати листовим матеріалом подібним матеріалу який використовується на полотні самих дверей. В основному для таких цілей використовується листовий метал. Цей підхід в свою чергу і обумовлює використання покриття. А саме метал ґрунтується та покривається спеціальною фарбою для металу. Таким чином створюється монолітності конструкції, адже завдяки одному кольору фарби неможливо визначити де саме знаходяться компоненти схеми пристрою. Міцність та товщина металу залежить лише від місця та доцільності використання.

В разі встановлення пристрою на дерев'яних дверях доцільно буде передбачити захисний металевий кожух, який захистить від стороннього проникнення.

Елементна база яка використовується при виготовленні пристрою накладає ряд обмежень з можливими приміщеннями в який безвідмовна робота пристрою буде максимальною. Так як великі перепади температури, як наслідок утворення вологи неприйнятні, доцільною сферою використання

будуть жилі та офісні приміщення або склади з опаленням. В разі необхідності використання в вологих та неопалюваних приміщеннях всю схему необхідно залити компаундом для герметизації.

## 2.2 Опис схеми і конструкції

### 2.2.1 Опис роботи схеми

Схема замка електронного працює наступним чином:

- при подачі напруги живлення на пристрій, відбувається відпрацювання програми яка була заздалегідь завантажена в пам'ять мікроконтролера;
- в результаті виводиться меню на LCD дисплей (Рисунок 21);
- після цього з клавіатури можна вводити пароль доступу (за замовчуванням пароль відсутній, тобто для роботи замка відразу необхідно задати пароль доступу);
- при вводі вірного паролю на вихідне навантаження буде подано керуючий імпульс на відкриття електромеханічного замка (ATIS lock SS СК);
- для зміни паролю передбачено пароль адміністратора 256000;
- при вводі адміністративного паролю на LCD дисплей виводиться меню зміни паролю доступу (Рисунок 22);

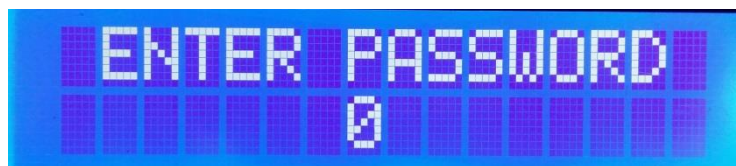


Рисунок 21 – Стартове меню



Рисунок 22 – Меню зміни паролю доступу

при зміні паролю доступу є особливості – пароль заноситься в енергонезалежну пам'ять EEPROM, це дає можливість використання без необхідності постійно ввімкненого джерела живлення. Для збільшення

стійкості паролів його довжина складає 6 символів, а при перевищенні кількості символів видається мільйон який знищується самостійно при подальшому наборі паролю. При використанні EEPROM в Arduino nano є одна особливість – гарантована кількість циклів перезапису складає 100000 циклів. Загалом нашого електронного замка це більш ніж достатньо.

### 2.2.2 Опис конструкції

В даному розділі будуть розглянуті всі аспекти проектування та розташування корпусу замка електронного.

#### 2.2.2.1 Концепція побудови пристрою

В основі концепції лежить обмеження несанкціонованого доступу до внутрішніх вузлів та блоків пристрою. Використання клавіатури з антивандальними властивостями (наприклад ATIS АК-601W) та запобігання ушкодження LCD дисплею шляхом встановлення/приклеювання захисного скла.

Для цього доцільно буде вбудувати корпус пристрою в нерухому частину дверей.

#### 2.2.2.2 Зовнішня компоновка пристрою

Однією з головних особливостей зовнішнього компонування замка електронного є те, що користувачі повинні мати доступ лише до зовнішніх органів керування пристроєм. А саме: матричної клавіатури (ATIS АК-601W) та електромеханічного замка (ATIS lock SS CK). Особливістю даного електромеханічного замка є те, що замок залишається закритим навіть при відсутності живлення. Тобто це дає змогу отримати доступ за допомогою

звичайного ключа, на відміну від електромагнітних, які при відсутності живлення залишаються просто відкритими.

Зовнішнє компонування пристрою має ряд особливостей:

- конструкція пристрою розроблена для вбудовування у відповідний відсік для запобігання несанкціонованого доступу;
- на задній кришці пристрою є лише 4 отвори для її кріплення;
- на бокових сторонах відсутні будь-які отвори та органи керування;
- на передній кришці передбачені необхідні отвори для виведення кабелів до антивандальної клавіатури, керування живленням електромеханічного замка та встановлення LCD дисплея;
- також на передній кришці передбачено для LCD дисплея можливість встановлення/ приклеювання захисного скла, що дасть змогу запобігти ушкодженню дисплея.

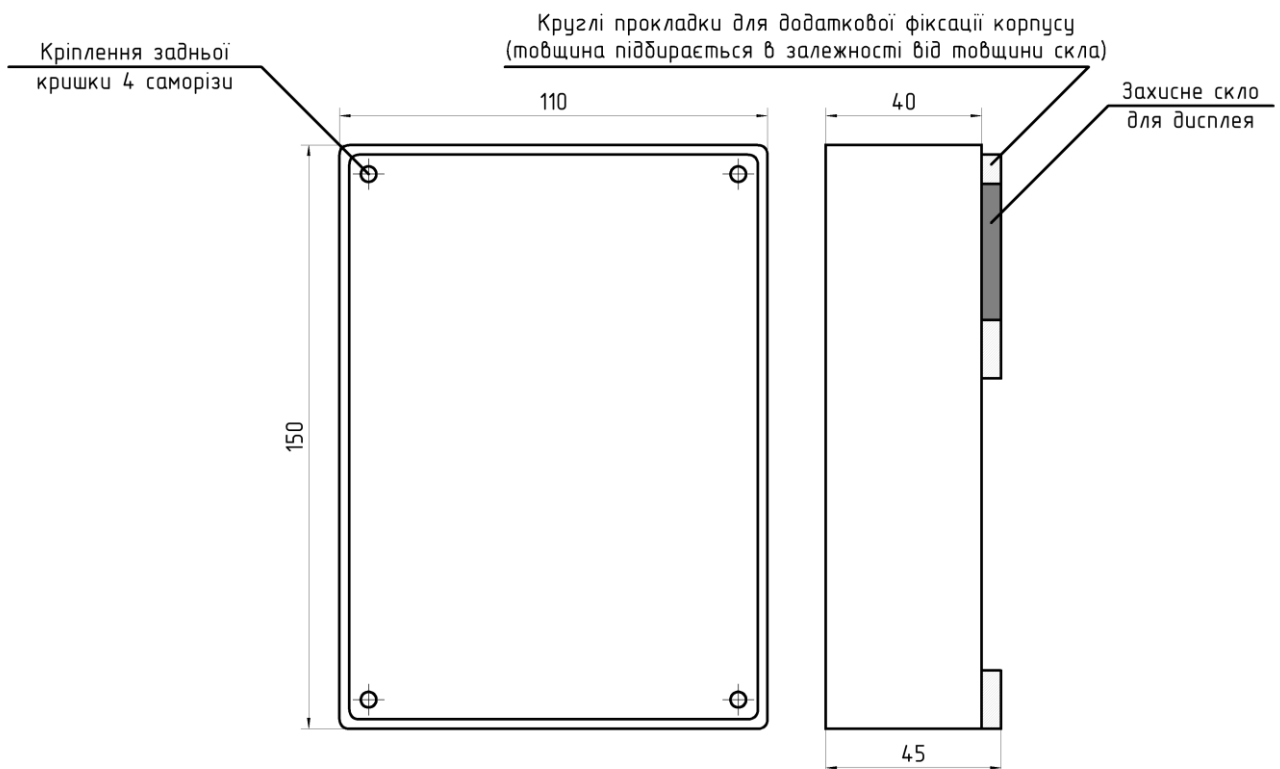


Рисунок 23 – Зовнішнє компонування корпусу пристрою

Для підвищення надійності при експлуатації та зручності користування пристрій буде розташовано на нерухомій частині дверей (Рисунок 24). На

зображення також наглядно можна побачити де розташовані всі компоненти необхідні для функціонування пристрою.

Для обмеження доступу до корпусу та елементів замка електронного він вбудовується у відповідну частину нерухому дверей. Такий підхід забезпечить непомітність конструкції, обмежить доступ до компонентів пристрою та кабелів живлення. Можливість постійного і скритного підведення живлення до пристрою дає змогу не використовувати допоміжні джерела живлення. Цей підхід дає можливість легкої інтеграції з іншими необхідними пристроями які можуть розташовуватись в тому ж відсіку дверей.

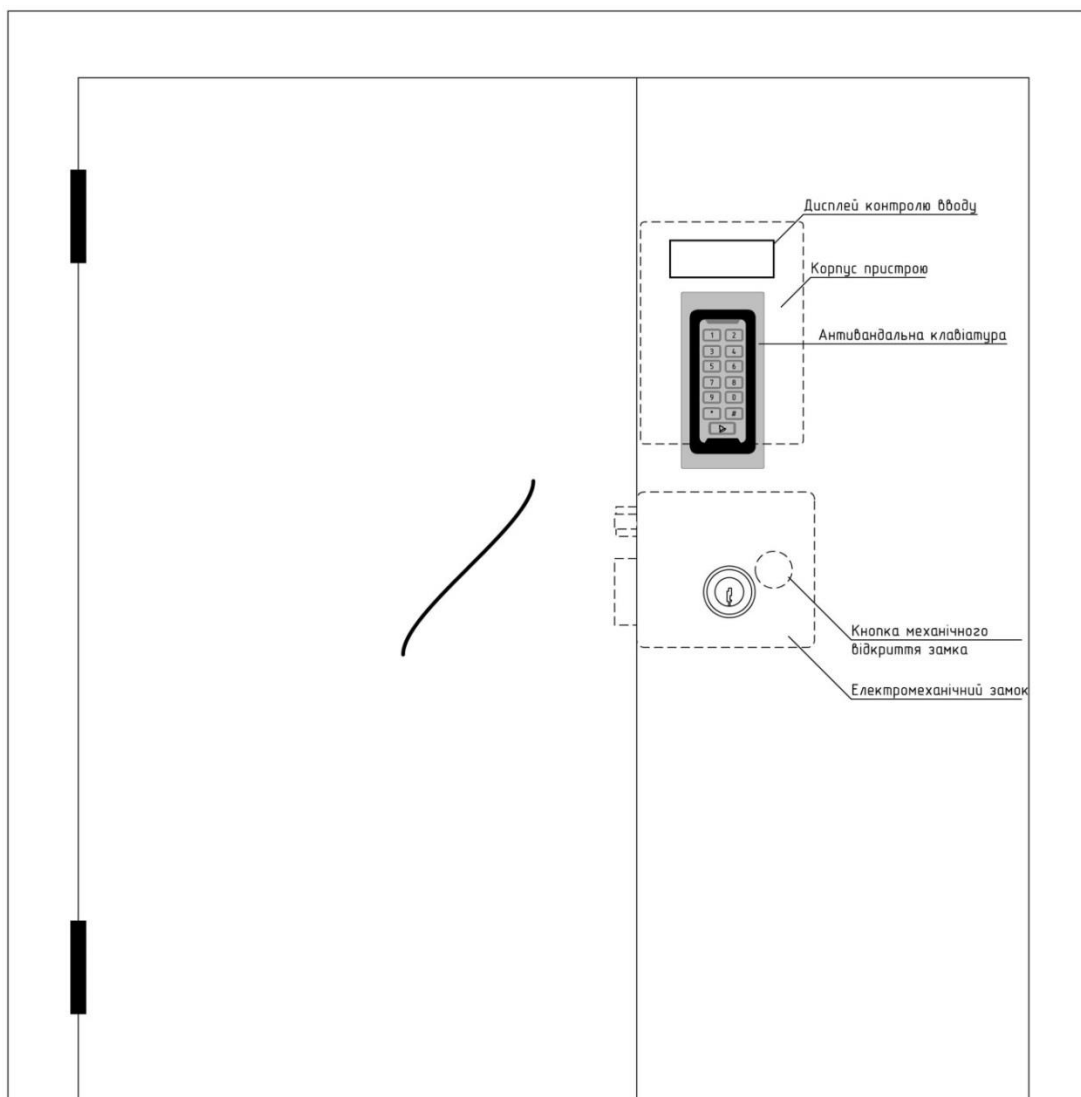


Рисунок 24 – Розташування замка електронного в дверях

### 2.2.2.3 Внутрішня компоновка пристрою

Внутрішнє компонування пристрою розглянемо на двох рисунках:

- Рисунок 25 – Внутрішнє компонування корпусу пристрою з розташуванням отворів та призначенням отворів
- Рисунок 26 – Більш докладне компонування корпусу пристрою з встановленим LCD дисплеєм

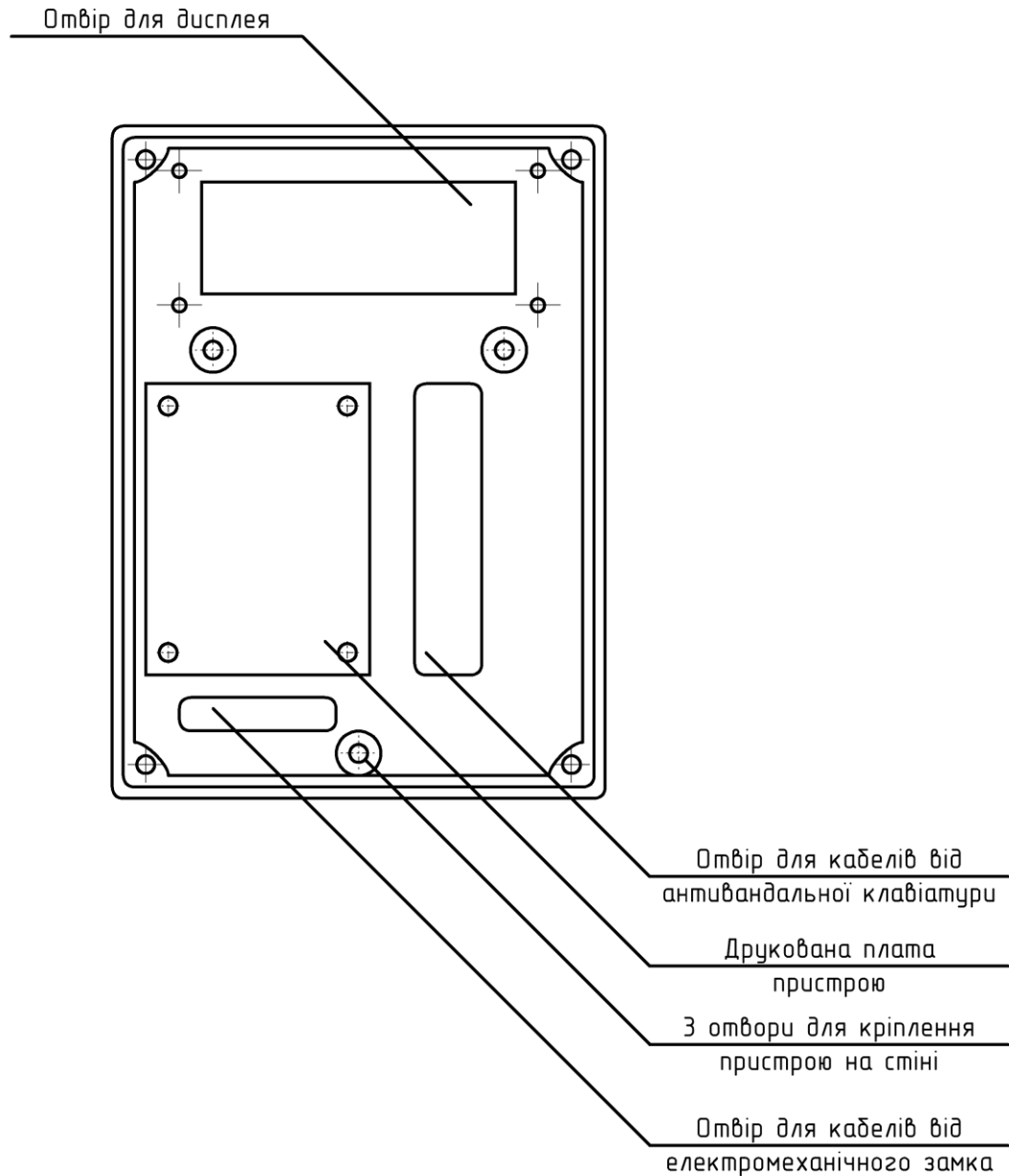


Рисунок 25 – Внутрішнє компонування корпусу пристрою з розташуванням отворів та призначенням отворів

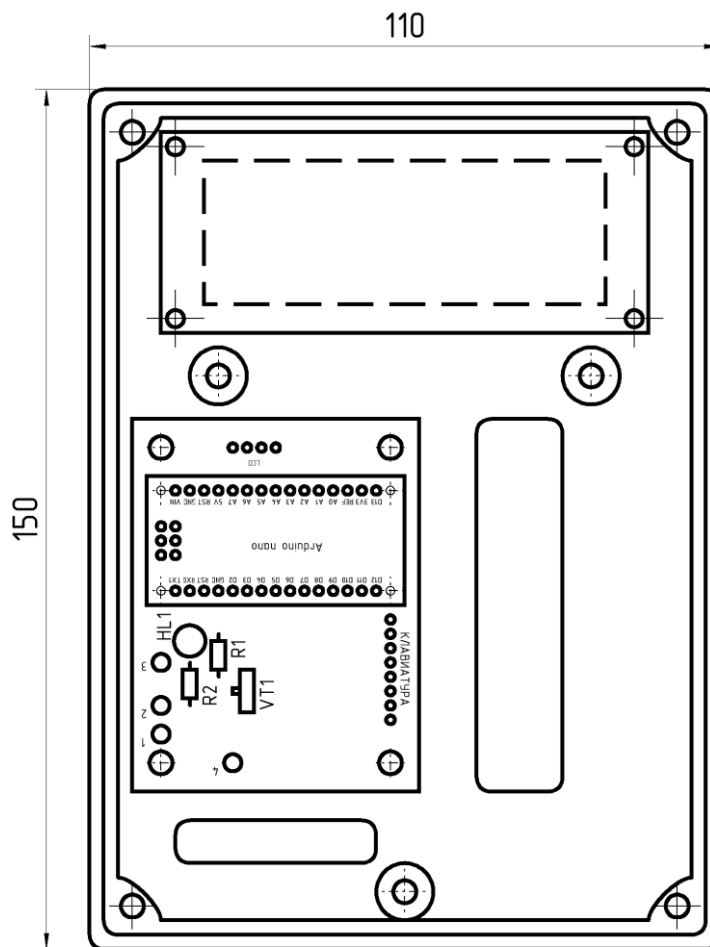


Рисунок 26 – Більш докладне компонування корпусу пристрою з встановленим LCD дисплеєм

Розташування кріплення корпусу до дверей, встановлення захисного скла передбачено таким чином, щоб всі провідники можна було провести якомога непомітніше за корпусом пристрою. Це дасть змогу зменшити можливість умисного ушкодження елементів та провідників необхідних для функціонування пристрою.

## 2.2 Опис дослідного зразка замка електронного

В ході дипломного проектування, одночасно з проектуванням пристрою, на основу проекту було втілено дослідний зразок. Замок електронний було побудовано на базі плати Arduino UNO, яка і передбачалась розробником для тестового втілення та розробки прототипів. При розробці макету не

переслідувалась ціль достовірного втілення пристрою розробленого в дипломному проекті з можливістю його роботи на окремо взятому об'єкті, а зібрати пристрій для демонстрації функціональних можливостей під час захисту дипломного проекту.

В пристрої реалізовано весь функціонал представлений в дипломному проекті. Головною особливістю замка електронного є те, що керування пристроєм відбувається лише з клавіатури і без використання "непомітних кнопок чи перемикачів". Керування паролем проводиться за допомогою адміністративного паролю, який вшивається в пристрій під час розробки програми для мікроконтролера. Ввівши адміністративний пароль пристрій переходить в режим зміни паролю, де можна побачити вже введений пароль чи ввести новий. Збереження паролю відбувається в енергонезалежну пам'ять EEPROM.

В звичайному режимі на екрані пристрою висвічується запрошення ввести пароль, при вірному введенні якого на 3 секунди засвічується вбудований світлодіод в плату Arduino UNO на виводі 13. Це в свою чергу дає можливість зрозуміти що замок відкрився. Також при втіленні замка електронного використовувались дисплей, мембранна клавіатура та buzzer. Всі компоненти які використовувались представлені на

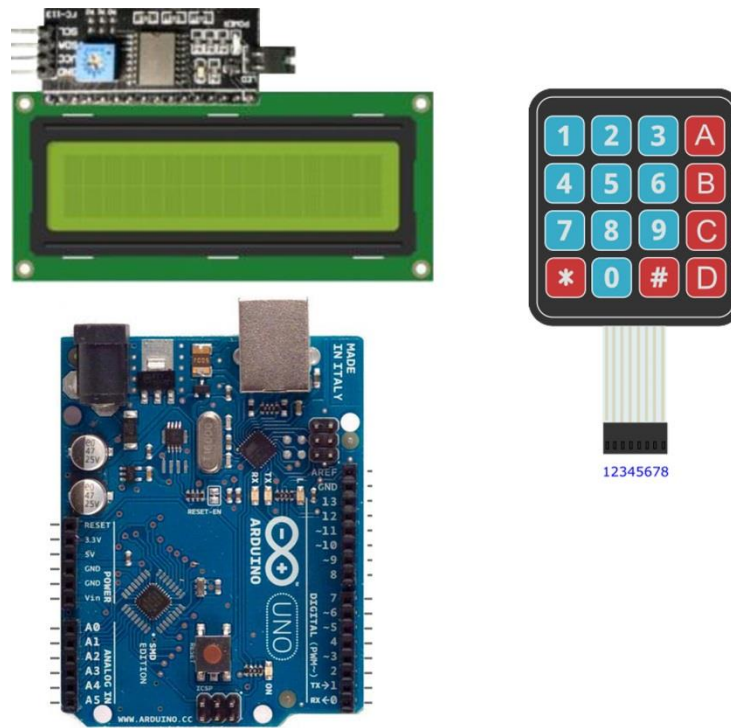


Рисунок 27 – Компоненти для дослідного зразка замка електронного  
Також для більш чіткої фіксації натискання кнопок чи входу в меню було додано можливість звукового супроводу:

натискання цифр на клавіатурі – один тип сигналу;

вхід в режим адміністрування пароллю – другий тип сигналу;

відкриття замка – третій тип сигналу;

також в ситуації коли пристрій тільки прошитий, у вбудованій пам'яті пристрою буде відсутній пароль і замок не відкриватиметься, але після набору цифр через три секунди, під час очищення екрану буде звучати сигнал аналогічний першому типу (натискання цифр клавіатури). Це зроблено, щоб при встановленні можна було ще раз засвідчитись що замок електронний налаштований вірно.

Для доступу можна використовувати шестизначний пароль, а при вводі великої кількості цифр пристрій показує 100000 і перезавантажує поле вводу.

### 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ І МОНТАЖУ

#### 3.1 Аналіз технологічності конструкції

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалів визначаємо як відношення маси готової деталі до маси заготовки. Оскільки корпусом приладу являється відсік в передбаченому місці дверей, умовно візьмемо як такий що дорівнює 0,7. Важливим конструктивним показником є коефіцієнт заповнення друкованої плати.

$$\beta = \frac{S_0}{S_n}$$

де  $\beta$  – коефіцієнт заповнення плати;  
 $S_0$  – обчислена площа плати, мм;  
 $S_n$  – прийнята площа плати, мм.

Прийнята площа плати становить:

$$S_n = A_n \times B_n = 50 \times 65 = 3250 \text{ мм}^2$$

де  $A_n$  – прийнята довжина плати, мм;  
 $B_n$  – прийнята ширина плати, мм.

Щільність деталювання друкованої плати:

$$\beta_1 = \frac{S_1}{S_n} = \frac{85}{875} = 0,1$$

$S_1$  - площа елементів;  
 $S_n$  - площа друкованої плати.

Коефіцієнт використання міді на друкованій платі:

$$K_{\text{дп}} = \frac{S_{\text{дп}}}{S_n} = \frac{226,6}{875} = 0,25 \quad 0,5 < K_{\text{д.п.}} < 1$$

$S_{\text{дп}}$  – площа друкованих провідників;  
 $S_n$  – площа друкованої плати.

Коефіцієнт застосування матеріалів.

Для визначення коефіцієнта використання матеріалів визначаємо кількість типоміналів та марок матеріалів, та загальну кількість виготовлених з них деталей:

$$K_n = \frac{N}{N_n} = \frac{2}{2} = 1 \quad 0,5 \leq K$$

$$K_n = N / N_n = 2/2=1 \quad 0,5 \leq K$$

де  $K_n$  – коефіцієнт використання матеріалів;

$N$  – кількість типоміналів та марок матеріалів, шт..;

$N_n$  – загальна кількість деталей, шт...

Коефіцієнт технологічності з точки зору кількості використаних типоміналів отворів використаних на друкованій платі розраховуємо за формулою:

$$K_n = \frac{N}{N_n} = \frac{3}{29} = 0,1 \quad K_n \leq 0,5$$

$N$  – кількість типоміналів отворів, шт.;

$N_n$  – загальна кількість отворів, шт..

Конструктивні показники.

В якості конструктивних показників визначаємо вагу приладу, яка є сумою всіх компонентів що ввійшли до складу пристрою.

Загальна вага приладу складає 0,4 кг.

Висновок: виходячи з вище перерахованих розрахунків видно, що виріб технологічний і вигідний з точки конструктивної і економічної точок зору.

### 3.2 Обґрунтування типу виробництва

Будь-який технологічний процес, як правило, складається з певних груп операцій: контрольні операції; заготівельно-підготовчі операції; основні операції; захисні та заключні операції.

Контрольна операція забезпечує різні типи контролю на всіх основних стадіях процесу виготовлення виробу. Своєчасне виявлення дефектів або

неякісно виконаної роботи, дозволяють виправити брак, і зменшити таким чином завдані підприємству збитки. Виділяють такі види контролю:

- вхідний контроль: дозволяє виключити використання бракованих елементів;
- між операційний контроль: виконується на операціях, які важко перевірити на готовому виробі або на операціях, які потребують виправлення в процесі монтажу;
- контроль готового виробу: визначає його працездатність і відповідність технічним вимогам.

До заготівельно-підготовчих операцій відносяться операції лудіння і формування виводів, тобто підготовка елементів до монтажу.

Лудіння - покриття виводів елемента розплавленим припоєм з метою поліпшення наступної пайки в плату. В якості покриття застосовують той же припій, що й при пайці.

Формування - зміна форми і (або) його довжини з метою спрощення встановлення елемента на плату. Виконується в повній відповідності зі складальним кресленням, де вказані варіанти установки елементів на плату.

Промивка - необхідна для видалення залишків флюсу та підготовки друкованої плати до подальших робіт.

Основні операції, як правило, визначаються типом технологічного процесу. У даному випадку проводиться розробка технологічного процесу на складання і монтаж, тому що у відповідності з ними виготовляється складальна одиниця.

Складальна операція - включає в себе механічне з'єднання деталей: з'єднання за допомогою кріплення, склеювання, зварювання деталей і т.д.

Монтажна - включає себе установку елемента та ІМС на плату та операції контактування (пайка, зварювання, накрутка). Пайка - процес з'єднання двох металевих деталей розплавленим припоєм, який, тверднучи, утворює паяний шов.

До заключних операцій можна віднести операції відмивання і сушіння, а також пакувальну операцію.

Відмивання і сушка - відмивання дискретних ЕРЕ та ІМС, також вузла цілком від залишків флюсу. Сушіння готових вузлів/плат після промивки.

Пакувальна операція - є завершальною, передбачає підготовку готового друкованого вузла.

## ВИСНОВКИ

В ході дипломного проектування було розроблено замок електронний на сучасній елементній базі та з використанням новітніх методів розробки радіоелектронних пристроїв, а саме програмного забезпечення яке спрощує роботу радіотехніків з розробкою програми для роботи мікроконтролерів. Використання мікроконтролера дало змогу розробляти функціонал пристрою за допомогою програмного забезпечення FLProg та Arduino IDE, а не за допомогою окремих електронних компонентів. Це в свою чергу дало змогу реалізувати більш широкий функціонал, та реалізувати меню керування пристроєм яке відображається на LCD дисплей. Дисплей істотно полегшує взаємодію з пристроєм та дозволяє реалізувати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс керування.

Також було реалізовано можливість звукової індикації роботи з пристроєм.

Ще однією важливою перевагою такого підходу є можливість модернізації та вдосконалення роботи пристрою за допомогою оновлення програмного забезпечення, а не лише апаратного доопрацювання пристрою. Також з'явилась можливість інтеграції замка електронного з іншими пристроями які можуть бути задіяні паралельно або одночасно з ним, таким чином доповнюючи або вдосконалюючи один одного.

За час проектування тема курсової роботи була розкрита в повному обсязі та на високому рівні, а використання платформи Arduino дає дуже широкі можливості для подальшого вдосконалення та модернізації даного пристрою.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 2.105 – 95 Загальні вимоги до текстових документів. Міжнародний стандарт. – Київ. Держстандарт України 1996р.
2. А.Т. Жигало, Е.П.Котов, К.Н. Шихаєв, Б.А.Хохлов “Конструювання і технологія друкованих плат”.
3. Ванін В.В, Блюк А.В, Гнітецька Г.О «Оформлення конструкторської документації», Київ «Каравела», 2003р.
4. Офіційний сайт Arduino <https://www.arduino.cc/>
5. YouTube канал «Разные разности»  
<https://www.youtube.com/channel/UC4D1g6HcegYsMQj8LSnjqWw/featured>
6. YouTube канал «Ключ к Arduino»  
<https://www.youtube.com/channel/UCxIOQDEk-sYtu5DeXjuKCSw>
7. Кодовый электронный замок своими руками Arduino  
[https://www.youtube.com/watch?v=pKQ2gznd1\\_I&ab\\_channel=AlexGyver](https://www.youtube.com/watch?v=pKQ2gznd1_I&ab_channel=AlexGyver)
8. Кодовый замок на Arduino собираем сами даже если Вы не ардуинщик  
[https://www.youtube.com/watch?v=VKyM6yft7Fo&ab\\_channel=DenisGeek](https://www.youtube.com/watch?v=VKyM6yft7Fo&ab_channel=DenisGeek)
9. Кодовый замок на ардуино  
[https://www.youtube.com/watch?v=B0Xr\\_iLC8iQ&ab\\_channel=%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0](https://www.youtube.com/watch?v=B0Xr_iLC8iQ&ab_channel=%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)
10. Кодовый замок с матричной клавиатурой - как это работает  
[https://www.youtube.com/watch?v=BtGx4KKd-Rs&ab\\_channel=ArduinoProm](https://www.youtube.com/watch?v=BtGx4KKd-Rs&ab_channel=ArduinoProm)
11. Как подключить LCD дисплей 1602 к arduino  
[https://www.youtube.com/watch?v=eLnqRmqS54M&ab\\_channel=ArduinoProm](https://www.youtube.com/watch?v=eLnqRmqS54M&ab_channel=ArduinoProm)
12. EEPROM - Чтение и запись  
[https://www.youtube.com/watch?v=aNMOnihYIz4&ab\\_channel=ArduinoProm](https://www.youtube.com/watch?v=aNMOnihYIz4&ab_channel=ArduinoProm)