

УДК 614.841.343

СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБЛАДНАННЯМ АУДИТОРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАВЧАННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2024.2.82-89>

Огурцов С. Ю., ORCID ID 0000-0003-3224-9436
E-mail: kafedracz@ukr.net

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції:

29.09.2024

Пройшла рецензування:

14.10.2024

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

цивільний захист, «розумна»
навчальна аудиторія,
функціональне навчання,
автоматизація навчального
обладнання, Delphi, Arduino

АНОТАЦІЯ

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту ДСНС забезпечує організацію та проведення навчання, спрямованого на забезпечення належного рівня компетентності керівного складу та фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією і здійсненням заходів з питань цивільного захисту центральних органів виконавчої влади. Для проведення такого навчання використовується аудиторія діорами. Розглянуто результати виконання дослідно-конструкторської роботи щодо визначення функціональних вимог до системи автоматизованого управління обладнанням діорами, вибору її елементної бази, обґрунтування застосованих технічних і програмних рішень та виготовлення її дослідного зразка. Створено дослідний зразок обладнання діорами, розроблено основне програмне забезпечення автоматизованої системи управління діорами та програмне забезпечення для роботи її складових елементів. Отримані результати доцільно використати під час функціонального навчання у сфері цивільного захисту.

Постановка проблеми. Одним із основних напрямів діяльності Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту ДСНС України є проведення навчання щодо забезпечення належного рівня компетентності керівного складу та фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією і здійсненням заходів з питань цивільного захисту центральних органів виконавчої влади [1–2]. Для проведення такого навчання використовуються спеціалізовані аудиторії Інституту, серед яких є аудиторія діорами.

Діорама, зовнішній вигляд якої наведено на рис. 1 являє собою макет умовного міста розміром 5 м × 5 м, розташований на площинах, які здатні обертатись, що дає змогу почергово демонструвати макет міста як у звичайному, так і в зруйнованому вигляді.

На макеті діорами є різні варіанти електричної ситуаційної підсвітки, що спроможні візуалізувати інженерні мережі, сховища, вулиці, шляхи евакуації тощо. За допомогою встановлених в аудиторії мультимедійних проєкторів можливим є використання проєкцій безпосередньо на площині діорами для візуалізації навчальних ситуацій методом 3D мапінгу та виводу додаткової інформації на її задню площину.

Керування діорамою здійснюється за допомогою ручних перемикачів. Управління персональними комп'ютерами, до яких під'єднані мультимедійні проєктори, керування екраном, верхнім освітленням, освітленням площин, варіаціями ситуаційної підсвітки, здійснюється з окремих точок, що потребує синхронної взаємодії декількох залучених осіб.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд площини діорами

Відповідно виникла необхідність автоматизації рутинних процесів керування обладнанням діорами за допомогою розроблення та впровадження автоматизованої системи управління.

У межах цієї статті розглянуто результати виконання дослідно-конструкторської роботи. Вона проведена в Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту та спрямована на визначення функціональних вимог до системи автоматизованого управління обладнанням діорами, що використовується для проведення навчання у сфері цивільного захисту, вибору її елементної бази, обґрунтування застосованих технічних і програмних рішень та як результат виготовлення дослідного зразка автоматизованої системи управління.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [3] британських дослідників G. Beauchamp та S. Kennewell з університету Кардіффу стверджується, що застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі призводить до синергізму у груповій та індивідуальній навчальній діяльності і відповідно має потенціал як напрям подальших досліджень.

У статті [4] проаналізовано інтерактивні методи навчання та підкреслена саме роль викладача у навчальному процесі, організованому із використанням сучасних технологій, а також підкреслено перспективність запровадження методів і засобів інтерактивного навчання.

Досить цікавим є дослідження [5], що присвячене концепції інтеграції систем штучного інтелекту в навчальний процес у розрізі Smart Class Room («розумних» класних кімнат). Відповідно до твердження авторів дослідження швидкий розвиток технологій зумовив необхідність створення аудиторій із застосуванням ключових технологій «розумних» класів, які використовуються для ефективного управління та зручності навчального середовища. Такий підхід передбачає використання різноманітних типів інтелектуальних засобів навчання.

На сайті компанії Q-Nex [6] розглядається покрокова інтеграція розумної аудиторії в навчальний процес через аналіз інфраструктури, розмірів приміщення та засобів навчання, що розташовані в аудиторії. Слід зауважити, що створення розумної аудиторії спирається на аспекти безпеки, наявне мультимедійне обладнання, інтерактивні дисплеї, екологічні аспекти та технології глибокого занурення (наприклад таких, як віртуальна реальність).

З огляду на наведене вище в рамках цієї роботи доцільно використати досвід створення «розумних» навчальних аудиторій. Водночас рівень інтеграції обладнання діорами значно складніший, ніж рівень інтеграції «розумних» класних кімнат. Частково така інтеграція схожа на технології «розумного» будинку (в частині керування верхнім освітленням та екраном мультимедійного проектора), проте докорінно відрізняється від нього кількістю каналів управління, що мають бути реалізовані, та частотою подавання

керуючих команд. Робота обладнання діорами потребує меншої складності у побудові логічних ланцюгів взаємодії обладнання щодо систем розумного будинку.

Таким чином, з метою мінімізації витрат та контролю за протоколами зв'язку між складовими елементами обладнання діорами ухвалено рішення щодо створення обладнання автоматизованої системи управління та програмного забезпечення до нього з «нуля», не використовуючи

комерційні рішення на кшталт Q-NEX, а розробивши власне програмне забезпечення та використавши розповсюджені цифрові електронні модулі.

Виклад основного матеріалу.

Перелік обладнання, робота якого має бути автоматизована у приміщенні навчальної аудиторії, а також перелік необхідних каналів управління та їх технічні параметри, що відповідають такому обладнанню, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Перелік обладнання в навчальній аудиторії діорами та параметри каналів управління

№ з/п	Назва обладнання	Кількість та тип каналів керування	Параметри каналу керування
Основний персональний комп'ютер з мультимедійним проєктором			
1.	Клавіатура	Пряме керування оператором	-
2.	Презентер		-
Базове обладнання діорами			
3.	Ситуаційне освітлення	160 дискретних аналогових	12 В, 10 мА
4.	Підсвітка площини діорами	16 імпульсних аналогових	12 В, 10 мА
5.	Перевертання площини	2 імпульсні аналогові	220 В, 1 А
Екран мультимедійного проєктора			
6.	Релейний блок екрана аудиторії	2 імпульсні аналогові	220 В, 10 А
Верхнє освітлення аудиторії			
7.	Контактор NC	1 дискретний аналоговий	220 В, 1 А
Допоміжний персональний комп'ютер із мультимедійним проєктором			
8.	Емуляція клавіатури	1 цифровий	1 байт

На підставі наведеного в табл. 1 переліку обладнання та напрацьованого досвіду використання обладнання діорами у навчальному процесі сформовано функціональну схему, що мала реалізовуватись під час створення автоматизованої системи управління (рис. 2). Відповідно до наведеної функціональної схеми основним завданням автоматизованої системи управління, що створювалась, було синхронізування роботи обладнання

аудиторії діорами за умов використання викладачем (оператором) лише двох клавіш універсального бездротового презентера (пристрою, що зазвичай використовується для керування мультимедійними презентаціями). Для цього всі команди керування обладнанням мають бути попередньо завантажені у скрипт-файл, переміщення між рядками якого дасть змогу забезпечити синхронну роботу обладнання.



Рисунок 2 – Функціональна схема роботи обладнання

Така концепція побудови автоматизованої системи управління вже дала можливість визначити структурну схему її обладнання, вимоги до її побудови

та програмування в контексті взаємодії складових елементів. Таким чином, сформовано структурну схему елементів, що наведено на рис. 3.



Рисунок 3 – Структурна схема роботи автоматизованої системи управління

Основний персональний комп'ютер є базовим елементом автоматизованої системи управління та забезпечує виконання таких функцій:

роботу основного програмного забезпечення автоматизованої системи управління діорами (приймаючи команди від приймача презентера, або безпосередньо через інтерфейс програмного забезпечення) та формуючи цифровий рядок команди скрипту, що надсилається до інших складових елементів системи;

роботу основного мультимедійного проектора аудиторії шляхом демонстрації зображень слайдів презентації PowerPoint на екрані або на площині діорами.

Для розроблення основного програмного забезпечення автоматизованої системи управління діорами використано об'єктно орієнтоване середовище програмування Delphi 10.3 [7,] в якому

створено програмне забезпечення АСУ «Діорама», загальний вигляд основного вікна якого наведено на рис. 4.

Програмне забезпечення АСУ «Діорама» дає змогу:

керувати безпосередньо будь-яким з апаратних пристроїв у складі автоматизованої системи управління;

покроково формувати, завантажувати та зберігати скрипти управління;

бачити зображення ситуаційної підсвітки, що відповідає вибраному варіанту через завантаження до робочого вікна попередньо підготовлених графічних файлів;

виконувати перехоплення натиснутих клавіш клавіатури / презентера персонального комп'ютера, навіть у разі згорання робочого вікна (для можливості одночасної роботи разом з активною презентацією PowerPoint).

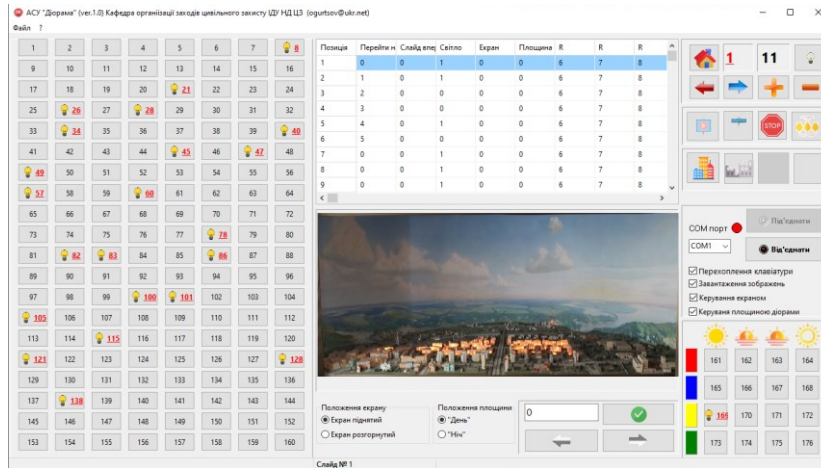


Рисунок 4 – Основне вікно програмного забезпечення АСУ «Діорама»

Програмне забезпечення спрямовує на трансивер зміст активного рядка скрипту розміром 32 байти, який передається безпроводною мережею та надалі підлягає парсингу у кожному окремому блоці системи. У складі активного рядка скрипту є 7 байт резервних каналів управління, що надалі можуть забезпечити легку інтеграцію до складу системи нових пристроїв без перепрограмування ресиверів основних блоків.

Трансивер та ресивер віртуальної клавіатури мають одну апаратну основу та відрізняються тільки програмним забезпеченням мікроконтролерів.

Вони складаються з мікроконтролера Arduino micro [8] та радіомодуля nRF24L01 [9–10], з'єднаних за схемою, що наведена на рис. 5.

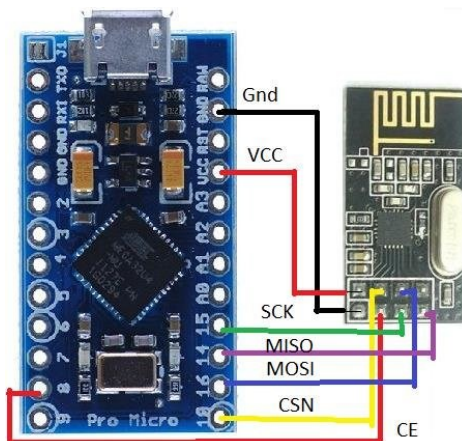


Рисунок 5 – Принципова схема трансивера та ресивера віртуальної клавіатури

Живлення блоків відбувається за допомогою USB-інтерфейсу. Зовнішній вигляд пристроїв змонтованих у корпуси наведений на рис. 6.



Рисунок 6 – Зовнішній вигляд трансивера та ресивера віртуальної клавіатури, змонтованих у корпуси

Блок керування верхнім освітленням аудиторії складається з мікроконтролера Arduino micro, радіомодуля nRF24L01, одноканального релейного блока та блока живлення, з'єднаних за схемою, наведеною на рис. 7, за допомогою монтажу на друкованій платі.

Релейний блок модуля забезпечує керування НС-контактором, додатково змонтованим в електрощиті послідовно із вимикачем верхнього освітлення аудиторії (рис. 8).

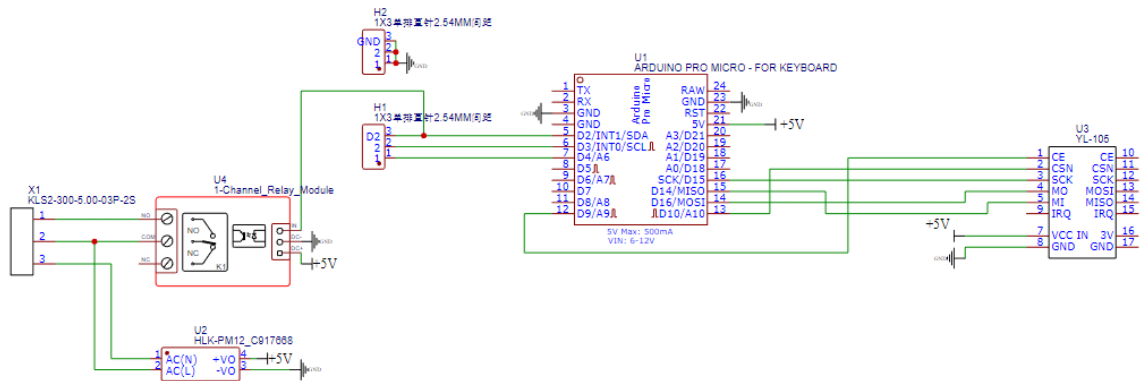


Рисунок 7 – Принципова схема блока керування верхнім освітленням



Рисунок 8 – Змонтований блок керування зовнішнім освітленням, встановлений в електрощиті аудиторії

Основний блок керування автоматизованої системи управління складається з мікроконтролера Arduino micro, радіомодуля nRF24L01, конвертора інтерфейсу TTX- RS-485 [9], двох двоканальних релейних блоків і блока живлення, з'єднаних за схемою, що наведена на рис. 9 за допомогою монтажу на друкованій платі.

Основний блок керування забезпечує подання сигналів на двоканальне реле керування екраном та на двоканальне реле керування обертанням площин діорами, а також 11-ма блоками 16-ти каналних реле через інтерфейс RS-485.

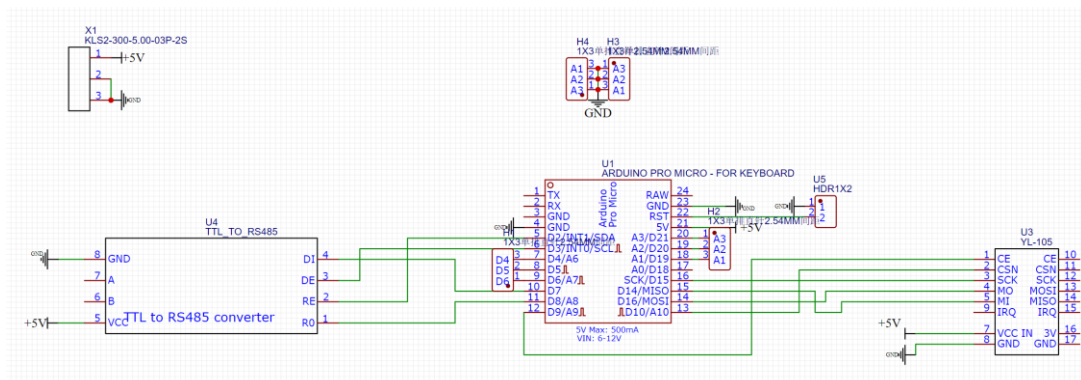


Рисунок 9 – Принципова схема основного блока керування

Одинадцять 16-ти каналних релейних блоків разом із платами керування RS-485 встановлені у електрошкафах діорами безпосередньо біля

тиристорних ключів керування. Плати керування 16ch Multifunction RS485 RS232(TTL) PLC Modbus Rtu Module IO Control Switch Board були програмно

адресовані з 1 по 11 номери відповідно до керівництва виробника. Зовнішній вигляд релейних блоків разом із платами керування наведено на рис. 10. Живлення релейних блоків забезпечено блоком живлення напругою 12 В та потужністю 350 Вт формату ATX.

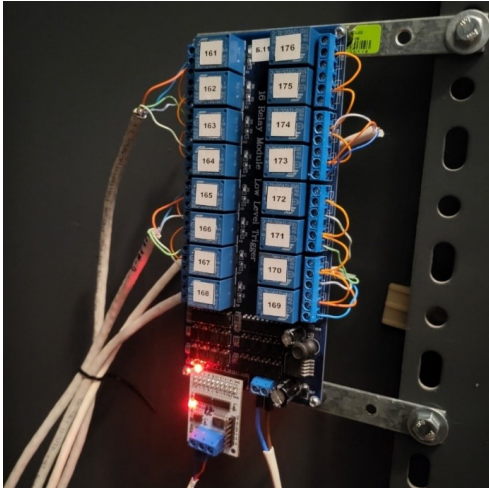


Рисунок 10 – Релейний блок верхньою підсвіткою діорами зі встановленою платою керування 16ch Multifunction RS485 Control Switch Board

Висновки та напрями подальших досліджень. Створена автоматизована система управління пройшла етап дослідних випробувань та введена в експлуатацію. Це дало змогу значно полегшити підготовку та проведення занять з функціонального навчання осіб

керівного складу та фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією і здійсненням заходів з питань цивільного захисту. Можливість синхронізації аудіовізуальних ефектів та обладнання діорами дає можливість моделювати навчальні ситуації, пов'язані із запобіганням надзвичайних ситуацій, та реагувати на їх виникнення.

Досвід із розроблення та створення синхронізованих віртуальних клавіатур може бути перспективним у разі створення широкомасштабних відео- та статичних презентацій, керування дослідним обладнанням, що передбачає одночасну синхронну роботу декількох персональних комп'ютерів за одним каналом управління.

Резервні канали управління закладені в архітектуру системи та відкритий протокол зв'язку складових елементів, що надалі допоможе значно розширити функціональні можливості аудиторії. З огляду на це є необхідність у дослідженні реалізування можливих методів і форм організації навчання слухачів функціонального навчання в галузі цивільного захисту за допомогою створеного обладнання та подальшого впровадження інноваційних методів інтерактивного навчання, серед яких найбільш перспективним, на думку авторів, є застосування технологій доповненої реальності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Порядку проведення навчання керівного складу та фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією і здійсненням заходів з питань цивільного захисту : постанова КМУ від 23.10.2013 р. № 819. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/819-2013-п#Text> (дата звернення : 19.11.2023).
2. Про затвердження Положення про організацію навчального процесу з функціонального навчання : наказ М-ва внутр. справ України від 21.10.2014 р. № 1112. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1398-14#Text> (дата звернення : 19.11.2023).
3. Beauchamp G., Kennewell S. Interactivity in the classroom and its impact on learning. *Computers & Education*. 2010. Vol. 54, no. 3. P. 759–766. URL : <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.033> (date of access : 19.09.2024).
4. Rajeshkannan R., Ambedkar V. Interactive learning in the classroom – not a competitor but a partner for e-learning. *Journal of Applied and Advanced Research*. 2018. Vol. 3, S1. P. 48. URL : <https://doi.org/10.21839/jaar.2018.v3is1.170> (date of access : 19.09.2024).
5. Dimitriadou E., Lanitis A. A critical evaluation, challenges, and future perspectives of using artificial intelligence and emerging technologies in smart classrooms. *Smart Learning Environments*. 2023. Vol. 10, no. 1. URL : <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00231-3> (date of access : 20.09.2024).
6. How to Build Your Smart Classroom : A Step-by-Step Guide. Q-NEX. URL : <https://qnextech.com/blog/how-to-build-your-smart-classroom-a-step-by-step-guide/#h-3-3-smart-solutions-for-laboratories> (date of access : 21.09.2024).
7. Delphi-books Embarcadero RAD Studio, Delphi, & C++Builder Blogs. Embarcadero RAD Studio, Delphi, & C++Builder Blogs. URL : <https://blogs.embarcadero.com/ru/delphi-books/> (date of access : 16.06.2024).
8. Arduino-Home. Arduino-Home. URL : <https://www.arduino.cc/> (date of access : 16.06.2024).
9. RF24 – Arduino Reference. Arduino – Home. URL : <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/rf24/> (date of access : 14.03.2024). Arduino - Home. Arduino - Home. URL : <https://www.arduino.cc/> (date of access: 16.06.2024).
10. RF24 – Arduino Reference. Arduino – Home. URL : <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/rf24/> (date of access : 16.06.2024).

11. Contributors to Wikimedia projects. RS-485 – Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL : <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485> (date of access : 16.04.2024).

REFERENCES

1. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2013, October 23). *Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia navchannia kerivnoho skladu ta fakhivtsiv, diialnist yakikh pov'iazana z orhanizatsiieiu i zdiisnenniam zakhodiv z pytan tsyvilnoho zakhystu: Postanova KMU vid 23.10.2013 № 819* [On approval of the procedure for training managers and specialists involved in organizing and implementing measures in the field of civil protection: Resolution of the CMU dated 23.10.2013 No. 819]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/819-2013-n#Text> (Accessed: November 19, 2023).
2. Ministerstvo vnutrishnikh sprav Ukrainy. (2014, October 21). *Pro zatverdzhennia Polozhennia pro orhanizatsiiu navchalnoho protsesu z funktsionalnoho navchannia: Nakaz MVS Ukrainy vid 21.10.2014 № 1112* [On approval of the Regulation on the organization of the educational process for functional training: Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 21.10.2014 No. 1112]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1398-14#Text> (Accessed: November 19, 2023).
3. Beauchamp G., Kennewell S. Interactivity in the classroom and its impact on learning. *Computers & Education*. 2010. Vol. 54, no. 3. P. 759–766. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.033> (date of access: 19.09.2024).
4. Rajeshkannan R., Ambedkar V. Interactive learning in the classroom – not a competitor but a partner for e-learning. *Journal of Applied and Advanced Research*. 2018. Vol. 3, S1. P. 48. URL: <https://doi.org/10.21839/jaar.2018.v3is1.170> (date of access: 19.09.2024).
5. Dimitriadou E., Lanitis A. A critical evaluation, challenges, and future perspectives of using artificial intelligence and emerging technologies in smart classrooms. *Smart Learning Environments*. 2023. Vol. 10, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00231-3> (date of access: 20.09.2024).
6. How to Build Your Smart Classroom: A Step-by-Step Guide. Q-NEX. URL: <https://qnextech.com/blog/how-to-build-your-smart-classroom-a-step-by-step-guide/#h-3-3-smart-solutions-for-laboratories> (date of access: 21.09.2024).
7. Delphi-books | Embarcadero RAD Studio, Delphi, & C++Builder Blogs. URL: <https://blogs.embarcadero.com/ru/delphi-books/> (date of access: 16.06.2024).
8. Arduino - Home. Arduino - Home. URL: <https://www.arduino.cc/> (date of access: 16.06.2024).
9. RF24 – Arduino Reference. Arduino – Home. URL : <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/rf24/> (date of access : 14.03.2024). Arduino - Home. Arduino - Home. URL : <https://www.arduino.cc/> (date of access: 16.06.2024).
10. RF24 – Arduino Reference. Arduino – Home. URL : <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/rf24/> (date of access : 16.06.2024).
11. Contributors to Wikimedia projects. RS-485 – Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL : <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485> (date of access : 16.04.2024).

CREATION OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE EQUIPMENT OF THE FUNCTIONAL TRAINING ROOM IN THE FIELD OF CIVIL PROTECTION

S. Ohurtsov

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS:

Civil Protection,
"Smart" Training
Room, Functional
Training,
Automation of
Training
Equipment,
Delphi, Arduino

ANNOTATION

This paper presents the development of an automated control system for the equipment of a functional training auditorium in the field of civil protection. The study was carried out at the Institute of Public Administration and Scientific Research in Civil Protection of the State Emergency Service of Ukraine, which organizes and conducts training aimed at ensuring the necessary competence of the managerial staff and specialists in the field of civil protection. For this purpose, a diorama classroom, simulating an emergency response scenario, is used for training. The diorama itself is a 5m × 5m model of a conditional city with rotating planes, allowing for the display of both normal and disaster-stricken cityscapes. The model features various electric lighting systems that visualize infrastructure, evacuation routes, and shelters. Additionally, multimedia projectors are employed to display 3D mapping projections on the diorama's surfaces for situational visualization. Currently, the operation of the diorama equipment is manually controlled, which requires several operators for synchronizing the equipment and controlling multimedia projectors, lighting, and other systems. To address the challenges of manual control, an automated system was designed to streamline the management of the diorama's equipment. The paper outlines the functional requirements, selection of the component base, justification for the technical and software solutions, and the creation of a prototype for the automated control system. The system aims to synchronize the operation of all equipment with a single user interface controlled by a wireless presenter. The central control system, developed using Delphi programming language, manages the interaction between all diorama components, including projectors, lighting, and multimedia displays. The implemented system uses Arduino-based microcontrollers and wireless communication modules (nRF24L01) for control and synchronization. It allows for efficient operation with minimal operator input, improving the effectiveness of functional training in civil protection. The system also supports the creation of training scenarios with synchronized audiovisual effects, facilitating the simulation of emergencies and the response to potential crises. The research findings indicate the successful implementation of the system, which significantly reduces the complexity of managing the diorama during training sessions. Moreover, the system's open communication protocols provide future expansion opportunities, such as integrating augmented reality technologies for enhanced interactive learning in civil protection training.