

УДК 004

Л.Молчанов, магістр гр. КІ-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОБМІНУ ДАНИМИ НАВЧАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ МІКРО-ЕОМ З ПК ПО ІНТЕРФЕЙСУ USB-3.0

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0. Об'єктом дослідження є процес обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0. Предметом дослідження є методи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0. Методи дослідження базуються на методах комп'ютерної інженерії, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Мікрокомп'ютери – це один із класів пристроїв обробки інформації, який активно розвивається з 2015 року. На відміну від інших мобільних пристроїв (ноутбуків, нетбуків, ультрабуків і смартфонів), мікрокомп'ютери, як і стаціонарні настільні комп'ютери, легко спеціалізуються шляхом варіювання периферійних пристроїв і програмного забезпечення. В даний час існують мікрокомп'ютери з операційними системами Windows 10/11, Android і Linux. Як правило, настоянки BIOS передбачають вибір пріоритетної використовуваної операційної системи. Аналіз варіантів використання показав, що найширший спектр додатків надає операційна система Windows 10/11, і пристрої на вищевказаній платформі були обрані для експериментів зі спеціалізації мікрокомп'ютерів для різних застосувань. З моменту випуску 29 липня 2015 року операційна система Windows 10/11 [1] перебуває у фазі активної адаптації до поліморфних пристроїв користувача (сервери, настільні комп'ютери, ноутбуки, ультрабуки, нетбуки, міні-комп'ютери, мікрокомп'ютери (microPC), мобільні телефони та інші переносні персональні пристрої) відповідно до парадигми BYOD [2]. Про це свідчать адаптація всіх елементів інтерфейсу Windows 10/11 для використання на мобільних пристроях, впровадження системи моніторингу та економії енергоспоживання апаратними та програмними компонентами, комплексне використання телеметрії для контролю роботи компонентів у порядку, для виправлення системних дефектів та клонування своїх програмних продуктів у простори інших операційних середовищ (пристрої Apple та Android).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

- Дослідження системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.
- Програмна реалізація системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

Об'єктом дослідження є процес обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

Предметом дослідження є методи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

Методи дослідження базуються на методах комп'ютерної інженерії, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. USB 3.0 – це стандарт передачі даних універсальної послідовної шини (USB), який зазвичай використовується для комп'ютерної периферії. Здебільшого USB 3.0 зустрічається на роз'ємах типу USB-A або USB-C. USB 3.0 зазнав кількох змін і підтримує швидкість від 5 до 20 Гбіт/с. USB 3.0 також відомий як SuperSpeed USB.

Найпоширеніший сьогодні порт для периферійних пристроїв, USB 3.0, часто використовується для підключення зовнішніх високошвидкісних пристроїв, таких як флеш-накопичувачі, мережеві адаптери та камери високої роздільної здатності. Оскільки USB 3.0 зворотно сумісний із пристроями USB 2.0 і USB 1.1, більшість периферійних пристроїв, таких як миші, клавіатури та принтери, можна підключати до них.

Thunderbolt і USB4 (він же USB 4.0) є новішими стандартами, які забезпечують вищу швидкість і більше можливостей, ніж USB 3.0. Незважаючи на це, USB 3.0 залишається популярним роз'ємом завдяки простоті впровадження та низькій вартості для виробників, а також широкій сумісності.

Сучасні комп'ютери часто містять порти USB 3.0 як роз'єми USB A та USB C. USB 3.0 все ще забезпечує достатню швидкість майже для всіх споживчих цілей, за винятком надзвичайно швидкої зовнішньої передачі даних на основі флеш-пам'яті.

USB 3.0 зазвичай використовується для підключення зовнішніх високошвидкісних пристроїв, таких як флеш-накопичувачі.

Яка історія та покоління USB 3.0?

USB 3.0 вперше було представлено в листопаді 2008 року, а споживчі пристрої стали доступними в 2010 році. У галузі розроблено його, щоб збільшити максимальну пропускну здатність стандарту USB, щоб конкурувати з іншими роз'ємами, такими як firewire, зберігаючи при цьому зворотну сумісність з існуючими пристроями USB 2.0. USB 3.0 також додає повнодуплексний зв'язок.

Перша версія була USB 3.0 і підтримувала швидкість до 5 Гбіт/с. Новіші версії також називатимуть це USB 3.1 Gen 1 і USB 3.2 Gen 1x1.

У січні 2013 року стандарт було оновлено до USB 3.1. Це запровадило новий режим під назвою SuperSpeed+ або USB 3.1 Gen 2. Він міг працювати зі швидкістю 10 Гбіт/с. Він також має краще кодування з меншими витратами на кодування, що призводить до вищої ефективної швидкості передачі даних.

Стандарт USB 3.2 був представлений у липні 2017 року. Стандарт USB 3.2 включає новий режим передачі 20 Гбіт/с, який працює з роз'ємами USB-C. Він відомий як SuperSpeed+ або USB Gen 2x2. Стандарт 3.2 також перейменував старіші швидкості передачі.

Через дещо складне найменування нові пристрої USB 3.0 повинні містити максимальну підтримувану швидкість передачі в логотипі пристрою. На щастя, усі стандарти швидкості передачі даних USB зворотно сумісні, тобто майже будь-який пристрій можна використовувати з будь-яким штекером, і він автоматично повернеться до найкращої взаємно підтримуваної швидкості.

Стандарт USB4 був представлений у серпні 2019 року. Він забезпечує кращу швидкість, потужність і відеовихід, зберігаючи зворотну сумісність із USB 3.0.

Які є різні типи роз'ємів USB 3.0?

Для підтримки збільшеної швидкості USB 3.x потребує п'яти контактів більше, ніж USB 2.0. У багатьох випадках новий роз'єм був розроблений для підтримки фізичної сумісності зі старими роз'ємами.

Роз'єм **USB A** – це прямокутний роз'єм, який найчастіше асоціюється з USB. Додаткові штифти були додані до внутрішніх частин вилки, в результаті чого вилка виглядає майже так само. Щоб відрізнити USB 3 від старих стандартів, пластикові вставки мають бути синього кольору, зокрема Pantone 300C. Однак синій колір є лише рекомендацією, тому багато виробників пристроїв уникають цього кольору з естетичних міркувань.

Роз'єм **USB B** – це квадратний роз'єм, який найчастіше можна побачити на зовнішніх клієнтських пристроях, таких як принтери або деякі зовнішні жорсткі диски. Він функціонально замінений на USB C.

Роз'єм **Micro USB B** – це плоский і маленький роз'єм, який можна побачити на таких пристроях, як зовнішні жорсткі диски, цифрові камери та деякі смартфони. Він функціонально замінений на USB C.

Роз'єм **USB C** – це овальний штекер, який можна побачити на головних комп'ютерах і клієнтських пристроях. Він підтримує найвищу швидкість передачі даних і додаткові альтернативні режими, такі як Power Delivery або DisplayPort Out.

Для найкращої швидкості кабелі також повинні підтримувати USB 3.0. Наприклад, деякі зарядні кабелі USB C можуть бути розроблені для високошвидкісного живлення, але вони не підтримуватимуть USB 3 SuperSpeed і передаватимуть дані лише на швидкості USB 2.

Ви можете легко визначити, чи є у вас порт USB 3, якщо він синій або має логотип, що складається з літер «SS» із символом тризуба.

Що таке додаткові протоколи USB 3.0?

Роз'єми USB C містять додаткові контакти, які розширюють можливості одного штекера. Їх можна поєднувати і використовувати одночасно. Це дозволяє док-станції мати USB-концентратор і відеовихід під час заряджання ноутбука за допомогою одного кабелю. Проте слід бути обережним, оскільки не всі порти підтримують усі ці режими. Зверніться до документації виробника щодо сумісності пристрою.

Power Delivery забезпечує підтримку двонаправленої зарядки. Зазвичай він може досягати 100 Вт потужності, а нові стандарти підтримують навіть більше.

Альтернативний режим DisplayPort – це вихід цифрового відео з підтримкою кількох дисплеїв, послідовного підключення з роздільною здатністю до 8k.

Альтернативний режим HDMI – це цифровий відеовихід. Хоча існує стандарт для виходу альтернативного режиму HDMI для USB C, пристрої часто використовують DisplayPort у роз'ємі HDMI.

Mobile High-Definition link – це старіший цифровий відеостандарт для виведення HDMI через USB. Зараз використовується рідко.

Thunderbolt 3 – це ліцензована технологія Intel, яка включає в себе USB 3, Power Delivery, DisplayPort, експрес-з'єднання периферійних компонентів і можливість передачі даних 40 Гбіт/с через один порт.

Аксесуари для аудіоадаптера передають аналоговий звук через контакти USB C. Він може надсилати стереовихід і мікрофон. Він використовувався на деяких смартфонах, але зараз рідко зустрічається.

У фірми Microchip є відповідні для цієї справи мікроконтролери PIC18F2455/2550/4455/4550. Вони мають в своєму складі модуль USB. Я в цій роботі орієнтуватимуся на мікроконтролер PIC18F4550

Отже, потрібно написати програму для мікроконтролера PIC18F4550. Таку програму щоб при підключенні цього мікроконтролера до комп'ютера відбувалося створення віртуального COM-порту, через який можна передавати і приймати дані. Задача не з адже легких.

Опис USB і програми вирішино почати не з утомливої теорії, а з найцікавішого, тобто з практики. В цій дипломній роботі хочеться щоб ви відчули як це, коли твоя робота при підключенні до USB розпізнається комп'ютером як пристрій готовий до роботи. Для цього потрібно зібрати наступну схему.

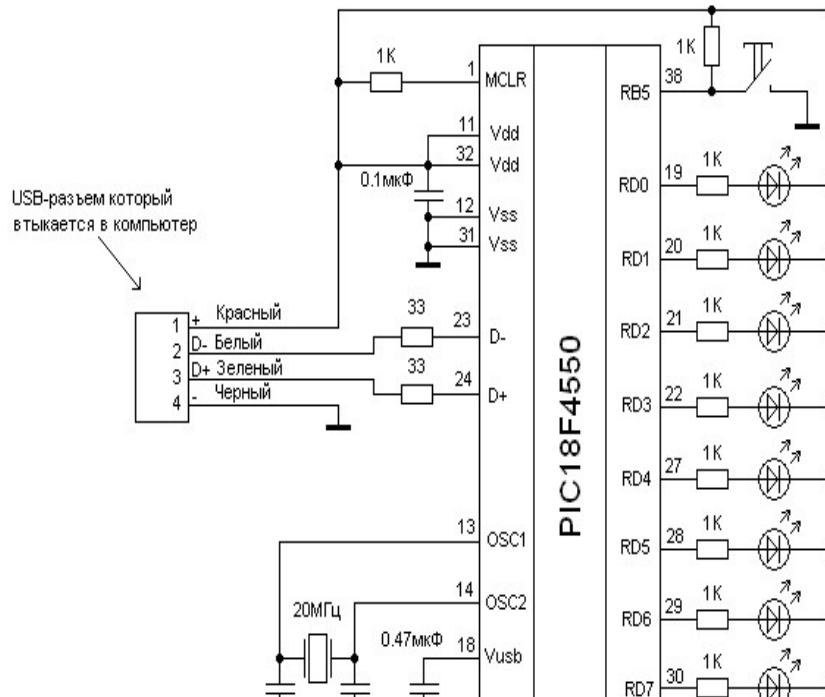


Рисунок 1 – Підключення мікропроцесора PIC18F4550 до ПК через порт USB

Розробка структурної схеми

Рекомендовані карти хост-контролера USB 3.0

Ми протестували такі набори мікросхем USB 3.0:

- Серії Intel 7, 8 і 9.
- VIA.
- Renesas (раніше NEC, той самий чіп).
- ЕТРОН.
- Texas Instruments.
- Фрескова логіка.
- ASMedia USB 3.0.
- ASMedia USB 3.1.

Для всіх додаткових карт PCI Express потрібна версія PCI Express 2.0 або новіша.

Серед усіх операційних систем, окрім Intel, Renesas виявилася найнадійнішою. Це був єдиний хост не від Intel, який одразу працював на будь-якій платформі без оновлення драйверів.

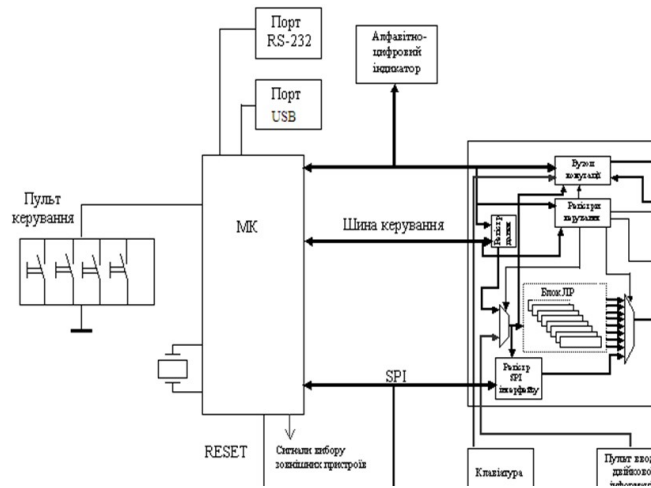


Рисунок 2 – Структурна схема системи

Примітка щодо купівлі хост-контролерів від Amazon: оскільки всі хост-контролери USB 3.0 реалізують загальну специфікацію (XHCI), безіменні постачальники USB 3.0 можуть легко вибрати, який хост-чип вони використовують залежно від наявності чи вартості. Зазвичай це помічають люди у відгуках.

Картка, яку ми посилаємо, спеціально рекламується з використанням контролера Renesas, тому ми вирішили її протестувати. Однак є принаймні один огляд, який стверджує, що їх карта постачалася з чіпсетом VIA. Будь ласка, перевірте його, коли ви його отримаєте. У Windows набір мікросхем VIA потребує оновлення драйверів для належної роботи.

Попереджувальне повідомлення: виявлено можливу проблему USB-контролера

У Windows програмне забезпечення може створити таке попередження, якщо виявить можливу несумісність USB-контролера.

Хост-контролери ASMedia та VIA

Дві відомі комбінації драйверів хост-контролера USB із проблемами (хост-контролери ASMedia та хост-контролери VIA) мають відомі робочі конфігурації драйверів.

Пошук інформації про хост-контролер USB 3.0:

1. Усунення несправностей підключення.
2. Знайшовши інформацію про хост-контролер USB 3.0, перевірте, чи є ваш пристрій Saleae Logic у списку диспетчера пристроїв.
3. Відкрийте програмне забезпечення Logic 2 і перевірте, чи підключається пристрій. Якщо ні, перевірте, чи пристрій не зник із диспетчера пристроїв.
4. Перезавантажте комп'ютер, щоб перевірити, чи проблема з підключенням не зникає.
5. Якщо проблема з підключенням не зникає навіть після перезавантаження комп'ютера, можливо, знадобиться оновлення драйвера.
6. Якщо для вашого комп'ютера є доступний драйвер, є хороші шанси, що Windows Update його матиме. Щоб перевірити, відкрийте Windows Update, натисніть «Переглянути додаткові оновлення» та розгорніть «Оновлення драйверів».

Якщо ваш драйвер не відображається в списку «Оновлення драйверів» у Windows Update, це означає, що в Windows Update немає доступного оновлення. У цьому випадку не слід намагатися примусово інсталиувати один із їхніх пакетів оновлення.

Останні драйвери хост-контролера USB 3.0

Windows 10/11 і Windows 8.1/8

Windows 10/11 і Windows 8.1/8 використовують новий драйвер USB 3.0, створений Microsoft, який підтримує всі хост-контролери USB 3.0. Цей драйвер працює надзвичайно добре, і його рекомендовано використовувати для всіх хост-контролерів USB 3.0, за винятком наступних хост-контролерів

- Intel USB 3.1 eXtensible Host Controller.

– Ми отримали повідомлення про деякі проблеми з листопадовою версією розширюваного хост-контролера Intel USB 3.1. Будь ласка, перевірте Windows Update, чи повідомляє про будь-які додаткові оновлення, доступні для вашого хост-контролера USB.

– Хост-контролер ASMedia USB 3.0 або 3.1.

– Ми рекомендуємо завантажити останню доступну версію від постачальника USB-карти чи материнської плати.

– Примітка: усі пристрої ASMedia (3.0 або 3.1) використовують той самий драйвер.

– Через USB хост-контролер.

– Посилання для завантаження драйвера.

– Лише драйвери, старіші за версію 4.90A, мають проблеми.

Для інших хост-контролерів немає необхідності виконувати будь-яке оновлення драйверів, якщо ви використовуєте одну з цих версій Windows.

OS X

Драйвери хост-контролера USB 3.0 є частиною операційної системи OS X і не оновлюються окремо. Оновлення різних частин стека USB часто входять до оновлень Apple, тому настійно рекомендуємо постійно оновлювати свою ОС і використовувати останню версію OS X.

Примітка для OSX Bootcamp (Windows)

Якщо ви використовуєте Windows на обладнанні Apple, обов'язково оновіть програмне забезпечення Bootcamp до останньої версії. Зокрема, переконайтеся, що ви використовуєте Bootcamp 5 або новішу версію. Якщо ви використовуєте Windows 7, після встановлення Bootcamp 5+ переконайтеся, що ви можете знайти хост-контролер Intel USB 3.0 у списку диспетчера пристроїв у розділі «Контролери універсальної послідовної шини». Якщо ви не можете знайти цей пристрій, можливо, виникла проблема під час встановлення драйверів Bootcamp. У такому випадку ви можете спробувати вручну встановити драйвери USB 3.0, завантаживши zip-файл bootcamp від Apple, розпакувавши його та знайшовши інсталятор драйвера Intel USB 3.0 нижче:

BootCamp5.1.5621/BootCamp/Drivers/Intel/IntelxHCISetup.exe

Запустіть цю програму та перезавантажте комп'ютер, щоб інсталювати драйвери хост-контролера Intel USB 3.0.

Linux

У Linux усі хост-контролери USB 3.0 використовують модуль ядра xhci_hcd, який неможливо оновити окремо від ядра Linux. Загалом ми рекомендуємо використовувати ядро 3.4 або новішу (Ubuntu 14.04.1 або новішу). Хоча продукти працюють на старіших ядрах, ми офіційно не підтримуємо такі варіанти використання.

Якщо у вас виникли проблеми з пристроями, які підключаються чи записують дані в Linux, обов'язково зв'яжіться зі службою підтримки та надайте інформацію про версію ядра та встановлені хост-контролери. Зокрема, надайте результати:

– `uname -r`

– `lspci -k`

– `lsusb`

Непідтримувані операційні системи

Windows 7 і старіші версії

Підтримка Microsoft Windows 7 припинилася 14 січня 2020 року.

Найпоширеніші проблеми з Logic Pro 8 і Logic Pro 16 у Windows 7 можна вирішити, просто оновивши драйвери хост-контролера USB 3.0 вручну.

Ці посилання на драйвери слід використовувати, лише якщо ви використовуєте Windows 7. Не всі драйвери доступні безпосередньо від постачальника хост-контролера, а натомість розповсюджуються платою PCI Express або постачальником материнської плати, яка інтегрувала цей хост-контролер. У більшості випадків добре використовувати драйвер

для завантаження з веб-сайту, відмінного від того, на якому була продана карта, за умови, що він використовує той самий хост-контролер. Також можна завантажити драйвер безпосередньо з компанії, де ви придбали картку. У такому випадку переконайтеся, що версія драйвера така сама або новіша, ніж указана нижче. Ми рекомендуємо вам використовувати драйвери, доступні безпосередньо від виробника хост-контролера.

– Хост: Renesas/NEC Джерело: від постачальника картки чи материнської плати
Версія: 2.1.36.0 Посилання: https://www.rosewill.com/rosewill-rc-505-2-port-usb-3-0-pci-express-card.html#product_tabs_Downloads

– Хост: Intel серії 7 Джерело: Direct (Intel) Версія: 1.0.10.255 Посилання: <https://downloadcenter.intel.com/download/21129/USB-3-0-Driver-Intel-USB-3-0-eXtensible-Host-Controller-Driver-for-Intel-7-Series-C216-Chipset-Family>

– Хост: Intel серії 8, 9, 100 Джерело: Direct (Intel) Версія: 4.0.0.36 Посилання: <https://downloadcenter.intel.com/download/22824/USB-3-0-Driver-Intel-USB-3-0-eXtensible-Host-Controller-Driver-for-Intel-8-9-100-Series-i-C220-C610-Chipset-Family>

– Хост: ASMedia 3.0 або 3.1 Джерело: від постачальника картки чи материнської плати
Версія: 1.16.23.0 Посилання: https://www.asus.com/Motherboard-Accessories/USB_31_TYPEA_CARD/HelpDesk_Download/ Примітка: усі пристрої ASMedia (3.0 і 3.1) використовують той самий водій

– Хост: ETRON Джерело: Direct (Etron) Версія: 1.0.0.118 Посилання: http://www.etrone.com/en/products/u3hc_detail.php?Product_ID=6 Примітка. Натисніть посилання в навігаційній панелі для «Завантажити драйвер». Використовується для всіх моделей/версій

– Хост: Texas Instruments Джерело: Direct (Ti) Версія: 1.16.5 Посилання: <http://www.ti.com/product/TUSB7340/toolssoftware> Примітка: драйвер TUSB73x0 xHCI для WinXP/Vista/7 (Rev. J)

– Хост: VIA Джерело: Direct (Via) Версія: 4.90 A (6.1.7600.4903) Посилання: <http://www.via-labs.com/driver.php> Примітка: Драйвер WHQL для VL800/801 & 805/806 USB 3.0 Host Контролер. Сумісний з Windows XP/Vista/7/8 32-bit та 64-bit.

– Хост: Fresco Logic Джерело: Direct (Fresco Logic) Версія: 3.6.8.0 Посилання: <http://www.frescollogic.com/support.php> Примітка: Хост-драйвер USB3.0 HostDriver_V3.6.8.0

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

– Був проведений огляд існуючих систем обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

– Досліджена система обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання обміну даними навчального комплексу мікро-ЕОМ з ПК по інтерфейсу USB-3.0. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». Advanced Information Systems, 2023, 7(2), pp. 49-56.
2. Kuznetsov, O., Kuznetsova, Y., Smirnov, O., Kostenko, O., Zvieriev, V. «Evaluating Hashing Algorithms in the

- Age of ASIC Resistance». CEUR Workshop Proceedings, 2023, 3628, pp. 93-105.
3. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchov, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
 4. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2023, 178, pp. 208–223.
 5. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». CEUR Workshop Proceedings Volume 3156, 2022, Pages 390-399.
 6. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». Communications in Computer and Information Science, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.
 7. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
 8. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». Journal of theoretical and applied information technology Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.
 9. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.
 10. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.
 11. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 125-136.
 12. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 366-379.
 13. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 633-645.
 14. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
 15. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
 16. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
 17. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.
 18. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.
 19. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.
 20. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.
 21. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.
 22. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019, Pages 618-629.
 23. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

24. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. №4(24), С. 6-27.
25. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. №3(23), С. 111-131.
26. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів IEC60880 та IEC62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.