

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему:

««Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи»

Завідувач кафедри ЕКТ

А.С. Опанасюк

Керівник проекту

О.В. Бережна

Студент групи ЕС-81

Ю.І. Кривоніс

Суми
2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ електроніки та інформаційних технологій

Кафедра _____ електроніки та комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки _____ 171 Електроніка

Освітня програма _____ Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою Опанасюк А.С.

" ____ " _____ 20__ р..

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Кривоноса Юрія Ігоровича

1 Тема роботи ««Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи»

затверджена наказом по університету "12" квітня 2022р. №0242-VI

2 Термін здачі студентом закінченої роботи 05.06.2022

3 Вхідні дані до роботи: розробити хаб для підключення GSM/GPRS модемів за допомогою конверторів USB/RS-232 та забезпечити контроль та керування USB-портів хабу. Кількість портів USB 2.0 – 5, тип роз'єму – A female.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Огляд літератури та постановка задачі. 2. Розроблення алгоритму роботи та електричної структурної схеми пристрою. 3. Розроблення електричної принципової схеми пристрою. 4. Розроблення програмного забезпечення пристрою

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схеми алгоритму. 2. Схеми електрична структурна. 3. Схеми електрична принципова.

6 Дата видачі завдання 21.03.2022

Керівник _____

Бережна О.В.

Завдання прийняв до виконання _____

Кривоніс Ю.І.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури	05.04.22	
2	Розробка алгоритму роботи пристрою	10.04.22	
3	Розробка структурної схеми пристрою	15.04.22	
4	Розробка принципової схеми пристрою	25.04.22	
5	Оформлення пояснювальної записки	05.04.22	
6	Розробка та оформлення графічної частини	10.05.22	
7	Представлення роботи на рецензування	03.06.22	
8	Представлення роботи для захисту	04.06.22	

Керівник кваліфікаційної роботи:

Бережна О.В.

Студент:

Кривоніс Ю.І.

" _____ " _____ 2022 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 51 аркушів, 23 рисунка, 5 таблиць, 12 джерел літератури.

Графічна частина роботи містить: схему алгоритму роботи пристрою, структурну та принципову електричні схеми.

Пояснювальна записка містить чотири розділи: огляд літератури і постановку завдання проектування, розробку структурної схеми пристрою та алгоритму його функціонування, розробку принципової схем пристрою, розроблення програмного забезпечення.

Перший розділ містить загальну інформацію про автоматизовані системи, їх призначення, основні функції та види, а також постановку завдання на проектування.

Другий розділ присвячений розробці алгоритму функціонування та структурної схеми проєктованого пристрою.

Третій розділ присвячений розробці принципової схеми пристрою.

В четвертому розділі міститься процес розробки програмного забезпечення.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	5
1.1 Автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів.....	8
1.2 Автоматизована система технічного обліку енергоресурсів.....	9
1.3 Аналіз сфери попиту та постановка задачі.....	10
2 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИБОРУ.....	12
2.1 Розроблення алгоритму роботи пристрою	12
2.2 Розроблення структурної схеми пристрою	19
3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИБОРУ.....	21
3.1 Вибір елементної бази	21
3.2 Мікроконтролер – AT43USB353M-Atmel	22
3.3 Зовнішня пам'ять – 24AA512-Microchip Technology	29
3.4 Демультіплексор – AT43312A-Atmel.....	32
3.5 Ключ – MIC2526-2VM-Micrel	39
3.6 Вибір типу резисторів.....	41
3.7 Вибір типу конденсаторів	42
3.8 Вибір типу реле	42
3.9 Вибір типу світлодіодів	42
3.10 Вибір типу зовнішнього джерела живлення	43
4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИБОРУ «РОЗУМНИЙ» USB-ХАБ МОДЕМНОГО ПУЛУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	44
4.1 Доступ мікроконтролера до пам'яті EEPROM на запис/читання	44
4.2 Регістри EEAR/EEDR/EECR пам'яті EEPROM	44
4.3 Читання та запис в пам'яті EEPROM.....	45
4.4 Лістинг процесу програмування та читання пам'яті EEPROM	46
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	50

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив		Кривоніс Ю.І.			«Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи		3	50
Перевірів		Бережна О.В.						
Т. Контр.								
Н. Контр.		Бережна О.В.						
Затвердив		Опанасюк А.С						
						СумДУ, гр. ЕС-81		

ВСТУП

Підвищення якості життя людини – це головна мета розвитку технологій, яку поставило собі людство. У свою чергу, розвиток технологій не може обійтись від енергоресурсів. Тому поняття енергоресурсів тісно пов'язано з рівнем життя людини.

Електрична енергія, наприклад, стала однією з життєво важливих вимог для підтримки комфортного та продуктивного життя, тому її слід розумно використовувати.

З метою контролювати витрати електроенергії люди винайшли лічильник електроенергії. Але цього людству стало мало. Вони захотіли отримувати не приблизні значення витрат, а точні дані. Щоб забезпечити точність отриманих показань, лічильники пройшли довгий розвиток, який навіть сьогодні продовжується.

Попри якісний контроль витрат електроенергії з боку лічильників, все ще залишається можливість допущення помилки коли показання знімає людина.

Для того щоб усунути будь-які помилки, які може створити людський фактор, люди створили автоматизовані системи обліку. Вони складаються з певної кількості лічильників, деякої середи передачі інформації і серверу компанії, яка збирає та аналізує ці показання. Така система дозволяє автоматично збирати точні дані з лічильників без людського втручання.

Але навіть такі системи мають свої проблеми. Адже для того, щоб назвати щось системою, вона повинна мати деякий масштаб. Та якщо не змінювати склад автоматизованої системи обліку, то при збільшенні масштабу зменшиться точність опитуваних даних.

Метою даної роботи є спроба зробити крок вперед та вдосконалити існуючі автоматизовані системи шляхом впровадження пристрою, який дозволить при збільшенні розмірів системи не втрачати якість отримуваних даних.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						4
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Одним із головних завдань, для будь-якого підприємства є ефективне енергоощадження, яке дозволить підтримувати конкурентоспроможність в умовах постійного росту вартості енергоресурсів. Для реалізації заходів ефективного енергоощадження потрібно вести точний облік споживання цих ресурсів. Для забезпечення можливості здійснення аналізу процесу споживання електроенергії та управління ним необхідно, щоб кожен окремий споживач мав свій електролічильник. Традиційне зчитування лічильників, яке виконує людина-оператор є неефективним, оскільки такий підхід має очевидні недоліки:

- необхідність регулярно відвідувати усі об'єкти, оснащені вузлами обліку, що вимагає багато часу та додаткових витрат (заробітна платня та соціальний пакет контролера, транспортні витрати у разі значної відстані між об'єктами енергоспоживання);
- імовірність внесення помилок на етапі, де приймає участь людина.

Таким чином, для якісного підвищення рівня контролю над споживанням та обліком енергоресурсів, щоб покращити ефективність енергоощадження, створюються спеціальні автоматизовані системи обліку енергоспоживання.

Основі завдання, які вирішує автоматизована система:

- автоматизація отримання, обробки та аналізу поточних даних для споживання енергоресурсів;
- інтеграція даних споживання з різних територіально розташованих джерел;
- підвищення ефективності обробки поточних даних;
- резервування даних обліку енергоресурсів;
- формування звітних документів, включаючи:
 - а) цінні профілі навантажень;
 - б) програми навантажень;
 - в) звіти (добові, тижневі, місячні, річні)
 - г) свідчення максимальної точності;
 - д) платіжні дані.

Залежно від технологій та використовуваних передавальних середовищ спеціальні автоматизовані системи умовно поділяються на дротові і бездротові.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід зауважити, що лічильник, як кінцевий пристрій повинен мати можливість не тільки фіксувати показання, а й передавати їх по запиті. Для цього він повинен мати у своєму складі вузли, або окремі додаткові пристрої, які забезпечують інформаційний обмін у дротовій, або бездротовій системі передачі даних. У процесі еволюції лічильників електроенергії від електромеханічних індукційних до електронних «розумних» лічильників в них з'являються все нові додаткові функції. Також збільшується їх чутливість та надійність. Сучасні електронні лічильники, наприклад, можуть забезпечувати облік енергії за кількома тарифними зонами. Це спонукає споживачів до використання енергетичних потужностей в «позапікові» години доби на економічних засадах. Деякі моделі електролічильників дозволяють дистанційно по команді від керуючого пристрою системи відключати споживачів від електроенергії.

Історично так склалось, що автоматизоване зчитування показань з лічильників розпочалось саме з дротових систем. Серед дротових технологій набули застосування послідовні інтерфейси RS-232, RS-485. Технологія зняття і передачі даних обирається залежно від кількості приладів обліку на об'єкті та особливостей їх використання.

Послідовний інтерфейс RS-232 призначений для підключення пристроїв, які передають або приймають дані (лічильники енергоресурсів), до кінцевого пристрою, наприклад, персонального комп'ютера [1].

Зазвичай прилади обліку енергоносіїв, оснащені цифровим послідовним інтерфейсом RS-232 у вигляді оптично-інфрачервоного інтерфейсу IrDA. Цей інтерфейс дозволяє підключати ПК до лічильника і зчитати поточні або архівні значення, а також виконати налаштування.

Послідовний інтерфейс RS-485 є апаратним різновидом інтерфейсу RS-232. Але на відміну від останнього для його реалізації необхідна дводротова лінія, до якої всі пристрої підключені паралельно. Максимальна довжина лінії – до 1000 метрів. Кількість під'єднаних пристроїв з урахуванням узгоджувальних резисторів обмежує мережу 32 пристроями [1].

Для підключенням лічильників енергоресурсів до мережі RS-485 останні повинні бути оснащені відповідним інтерфейсом.

Перевагами системи є:

- стабільна робота;
- безпечний обмін даними;

					ЕЛІТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- висока швидкість передачі даних;
- висока завадостійкість.

Головними недоліками даної системи є:

- складність та тривалість прокладення дротових каналів;
- висока вартість;
- складність масштабування.

Завдяки високій завадостійкості та захищеності даних дротові технології й досі застосовуються для створення систем дистанційної передачі показань від приладів обліку.

Бездротові АС – це більш сучасний вид побудови автоматизованої системи. Має великий вибір технологій, які дозволяють здійснювати дистанційну передачу даних. До бездротової автоматизованої системи можна віднести, наприклад технологію GSM/GPRS модемів з використанням існуючої системи стільникового зв'язку.

До переваг бездротової системи слід віднести:

- невелику вартість встановлення;
- високу гнучкість;
- швидкість та простота встановлення;
- можливість збору даних з об'єктів, розташованих на значній відстані один від одного та від центрального керуючого вузла автоматизованої системи.

Недоліками такої системи можна вважати:

- зв'язок між пристроями може бути порушений;
- невисока швидкість передачі;
- інформація, що передається між пристроями, може бути перехваченою;
- додаткові витрати за використання стільникового зв'язку.

Існують також автоматизовані системи збору даних обліку електроенергії на основі власної бездротової мережі. Серед пропозицій ринку можна виділити технічні рішення за технологіями LoRaWAN та LPWAN. В них використовуються частотні діапазони, робота в яких не потребує ліцензування, наприклад 868 МГц з шириною смуги 1,5 МГц. В цих системах кожен електролічильник обладнується радіомодулем, який із заданою періодичністю передає дані обліку на центральний контролер системи, де вони зберігаються та можуть видаватися на ПК для подальшої обробки. Заявлена максимальна відстань від центрального контролера до радіомодуля електролічильника – 30 км. Максимальна кількість об'єктів обліку електроенергії в деяких конфігураціях системи може досягти 10000.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						7
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Очевидні переваги цих систем:

- незалежність від сторонніх надавачів послуг зв'язку;
- простота встановлення та використання.

Серед недоліків можна визначити :

- можливі обмеження роботи системи за рахунок впливу рельєфу місцевості на розповсюдження радіохвиль;
- можливість порушень роботи через електромагнітні завади, особливо у великих промислових містах;
- розташування об'єктів обліку обмежено розміром максимальної відстані від центрального контролера системи.

Всі системи обліку енергоресурсів будуються для використання в економічній і фінансовій діяльності підприємства будь-якої форми власності [2]. Тому, з економічної точки зору, прийнято розрізняти два основних види обліків енергоресурсів:

- Комерційний облік;
- Технічний облік.

1.1 Автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів

Основним завданням комерційної системи обліку є процес вимірювання і обробки спожитих енергоресурсів для забезпечення грошових розрахунків між споживачами за використання цих ресурсів з їх виробниками. Для дистанційної передачі показань використовуються комплекти стандарту GSM, що створює канал мобільного зв'язку з лічильниками комерційного обліку. Контур комерційного обліку пов'язується з верхнім рівнем по GSM-зв'язку за допомогою GSM-модемів. Оскільки пряме підключення модемного пулу до серверу є недоцільним, то між ними встановлюється USB-хаб [2].

Стандартна схема автоматизованої системи комерційного обліку енергоресурсів приведена на рисунку 1.1.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						8
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

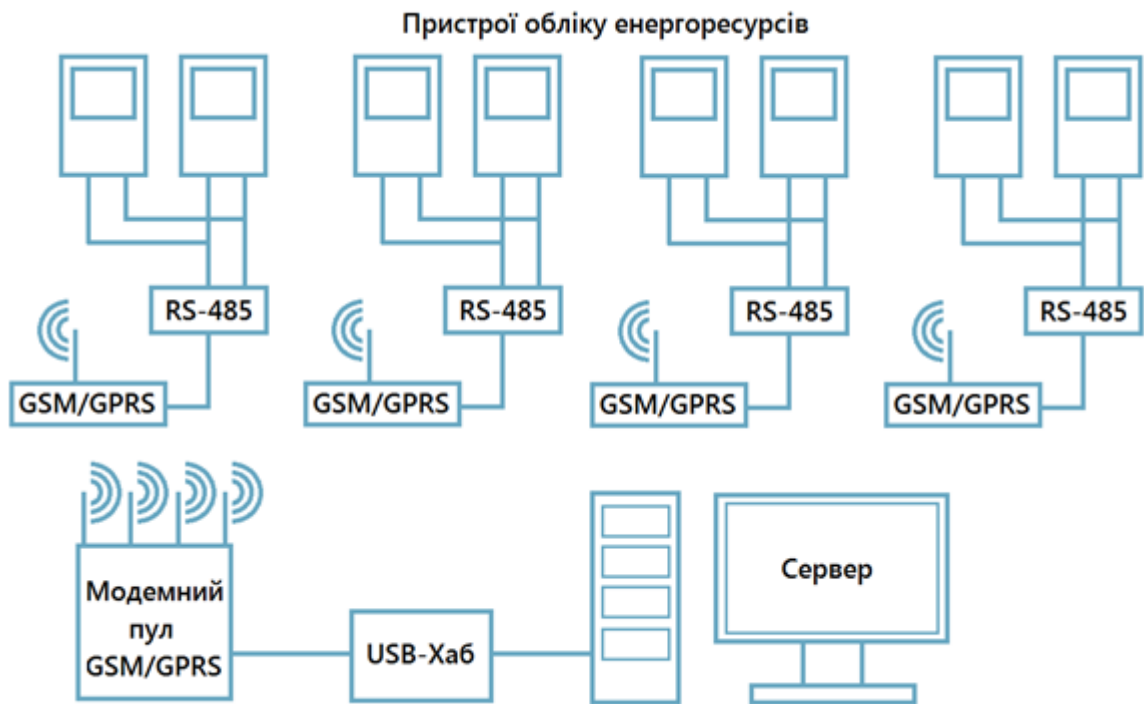


Рисунок 1.1 – Структурна схема автоматизованої системи обліку енергоресурсів

Дана автоматизована система забезпечує наступних основних функцій:

- автоматичний збір даних з пристроїв обліку через задані проміжки часу;
- постійне накопичення та зберігання даних за минулі періоди;
- аналіз інформації про енергоспоживання.

1.2 Автоматизована система технічного обліку енергоресурсів

Завданням технічного є забезпечення більш повної і детальної інформації про розподіл потоків енергоресурсів всередині самого підприємства як по окремим підрозділам, так і з технологічних ланцюжків для аналізу ефективності витрат, а також з метою побудови політики енергозбереження [2].

АС технічного обліку електроенергії будуються на основі технічного завдання замовника. Такі системи, як правило, включають в себе велику кількість точок обліку і часто характеризуються великою територіальною віддаленістю місць установки лічильників.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Спеціалізоване програмне забезпечення служить:

- для формування звітних даних та аналізу інформації для обробки команд з управління розподілом та споживанням електроенергії у різних тарифних зонах з метою підтримки витрат на енергоресурси у заданих межах;
- для прогнозування та зниження ймовірності перевищення лімітів потужності у години максимального навантаження енергосистеми;
- для забезпечення можливості планування реконструкції енергосистеми підприємства у разі розширення виробництва та відповідного збільшення об'єктів споживання енергії.

У результаті впровадження забезпечується:

- швидкий та якісний статистичний аналіз режимів споживання підприємства;
- оптимізоване енергоспоживання всіх систем підприємства;
- виявлення та запобігання найважчих режимів роботи обладнання.

1.3 Аналіз сфери попиту та постановка задачі

Аналізуючи сферу попиту автоматизованих систем контролю та обліку енергоресурсів, виявлено, що великим попитом користуються автоматизовані системи з великою масштабованістю, простотою встановлення, невеликою вартістю та підвищеною надійністю читання даних з лічильників. Враховуючи досліджені технології розглянуті вище, слід обрати бездротову систему на GSM-модемах та розробити пристрій, який підвищить надійність читання лічильників.

Виконання вищевказаного комплексу функцій можливе у декількох варіантах розподілення цих функцій між компонентами системи.

Варіант 1: всі задачі здійснення з'єднань з кінцевими електролічильниками, збору даних обліку та зберігання цих даних виконує сервер на основі ПК, використовуючи спеціальне програмне забезпечення, розроблене для конкретної операційної системи сервера. При цьому всі інші компоненти автоматизованої системи лише виконують отримані команди. Переваги даного варіанту у тому, що всі елементи системи, окрім програмного забезпечення сервера, можуть бути реалізовані засобами загального користування, які випускаються великими партіями, тобто мають меншу вартість.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						10
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Серед недоліків даного варіанту можна визначити такі чинники:

- підвищені вимоги до сервера, якому повинна бути забезпечена стабільна робота, тобто безперебійне живлення, дотримання температурного режиму, режим доступу та інше;
- зміна або оновлення операційної системи сервера можливі тільки з урахуванням сумісності з його спеціальним програмним забезпеченням автоматизованої системи;
- використання ПК сервера для виконання інших задач обмежено небезпекою збоїв в роботі спеціального ПО автоматизованої системи.

Варіант 2: встановлення з'єднань та опитування лічильників виконує пристрій під умовною назвою "«розумний» USB-хаб", який має спеціалізоване програмне забезпечення для цих задач. Він зберігає отримані дані та може передавати їх на сервер за запитом від останнього. При цьому вимоги до сервера значно зменшуються. Також однією з переваг даного варіанту може бути менше енергоспоживання самого "«розумного» хаба" у порівнянні з сервером.

Таким чином сформулюємо постановку задачі:

У даній роботі необхідно розробити «Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи, який виконує наступні функції:

- автоматичний збір даних з лічильників через задані проміжки часу;
- контроль стану лічильників;
- зберігання зібраних даних;
- передача зібраних даних на сервер;
- індивідуальне управління живленням портів хабу;
- блокування одного або декількох модемів;
- блокування читання одного або декількох лічильників.

При цьому використовувати мінімум апаратних та матеріальних ресурсів.

Необхідно розробити алгоритм роботи пристрою, схему електричну структурну, а також схему електричну принципову.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						11
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИБРОЮ

2.1 Розроблення алгоритму роботи пристрою

В цьому розділі розроблено блок схему алгоритму роботи «Розумного» USB-хабу модемного пулу автоматизованої системи.

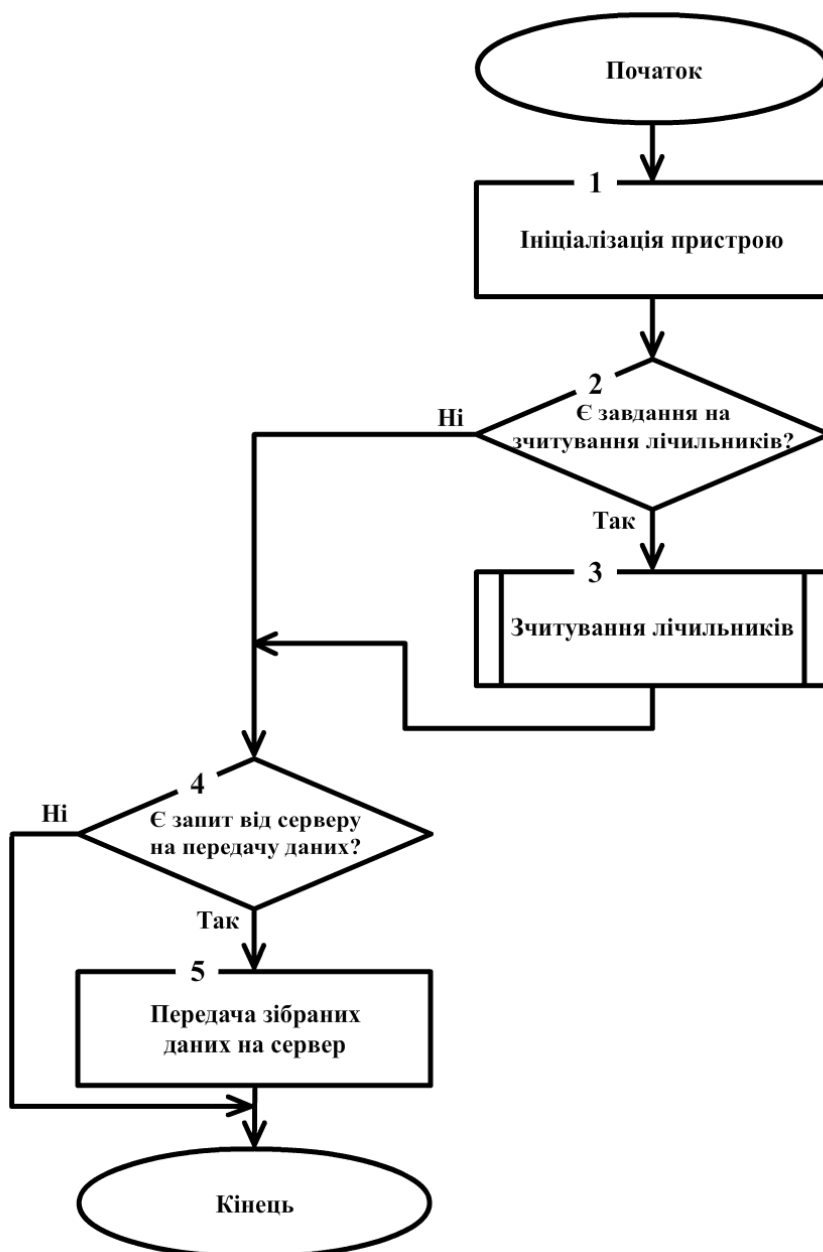


Рисунок 2.1 – Блок схема алгоритму роботи «Розумного» USB-хабу модемного пулу автоматизованої системи

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Алгоритм роботи «Розумного» USB-хабу модемного пулу автоматизованої системи полягає в наступному:

Крок 1. Ініціалізація пристрою.

Крок 2. Перевірка, чи є завдання на зчитування лічильників. Якщо так, переходимо до наступний крок, якщо ні – до кроку 4.

Крок 3. Зчитування лічильників.

Крок 4. Перевірка, чи є запит від серверу на передачу даних. Якщо так, переходимо до наступного кроку, якщо ні – до кроку 2.

Крок 5. Передача зібраних даних на сервер.

Процес зчитування лічильників доволі тривалий. Тому є сенс надати алгоритм процедури зчитування на рисунку 2.2

Приклад роботи алгоритму:

Якщо програмному модулю хабу (надалі ПМХ) по планувальнику потрібно прочитати лічильник підключений до підстанційного модему з номером, наприклад, 0503735878, який прив'язаний до потоку читання через телефонуючий модем, який підключений до порту СОМ-3, то ПМХ звертається до СОМ-3.

Якщо з'єднання ПМХ до СОМ-3 успішно – здійснюється дзвінок з модему на підстанційний модем з номером 0503735878.

Якщо при з'єднанні ПМХ до СОМ-3 виявляється, що телефонуючий модем, тобто порт СОМ-3 зайнятий (читає інший лічильник), то ПМХ підключається до резервної комунікації. Якщо і резервний модем, підключений, наприклад, до порту СОМ-5 зайнятий (читає лічильник зі свого списку), то ПМХ із певною частотою звертається спочатку знову до СОМ-3, потім до СОМ-5, поки якийсь з модемів не звільниться від попереднього читання. Тільки після цього дається команда на дзвінок модему з номером 0503735878. Блокувати підстанційний модем з номером 0503735878 при встановленій кількості невдалих спроб є сенс, якщо немає зв'язку з підстанційним модемом.

Якщо при зверненні ПМХ до порту СОМ-3 або СОМ-5 виявиться, що з ним немає з'єднання, ПМХ тестує модем шляхом відправки АТ команди. При отриманні позитивного відгуку «ОК» від модему здійснюється програмний рестарт модему. Після цього переходимо до початку. Якщо позитивного відгуку немає – потрібно пересмикувати живлення модему, про що потрібно СМС-повідомленням з працездатного телефонуючого модему, проінформувати Оператора, а за наявності Рестартера для пулу телефонуючого модему, застосовувати дистанційний рестарт Рестартера по живленню за допомогою спеціальних команд.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При успішному з'єднанні з СОМ портом здійснюється з'єднання (дзвінок) з підстанційним модемом (надалі ПС-модем) з номером 0503735878.

Якщо ПС-модем зайнятий, розумно повторити дзвінок за хвилину, а якщо це складно, то пропустити виклик і повернутися до читання цього модему на наступному етапі.

Якщо ПС-модем не відповідає на дзвінок (не встановлюється TCP/IP з'єднання) через поганий рівень сигналу, необхідно виконати встановлену кількість дзвінків і заблокувати дзвінки на цей GSM-модем на встановлений час. Якщо ПС-модем є GSM/GPRS модемом (1xCIM) і основним каналом зв'язку є TCP/IP з'єднання, яке багаторазово не змогло встановитися на запит із сервера, необхідно, перш ніж заблокувати звернення до цього модему, виконати з'єднання з ПС-модемом за допомогою CSD-з'єднання, а якщо після встановленої кількості CSD звернень з'єднання не відбудеться – здійснити блокування. Якщо ПС-модем є GSM/GPRS модемом (2xCIM), то після невдалої установки з'єднання за основною CIM-картою основного оператора стільникового зв'язку необхідно виконати CSD-дзвінок на другу резервну CIM-картку резервного оператора стільникового зв'язку, при невдачі – заблокувати звернення до цього 2-х CIM-ковому модему.

Якщо ПС-модем встановить зв'язок із лічильником на потрібній швидкості, ПМХ звертається до лічильника відповідно до завдань у планувальнику. При успішній вичитці даних з цього лічильника комунікація з лічильником закривається та встановлюється наявність інших лічильників, підключених до цього модему. Якщо є ще лічильники, комунікація з модемом не розривається і проводиться поетапне читання всіх лічильників, підключених до цього модему.

При невдалому читанні будь-якого з цих лічильників, читання його здійснюється повторно встановлену кількість разів з наступним блокуванням звернення саме до цього лічильника, а читання відбувається наступного лічильника у цьому ланцюжку. Після вичитування всіх лічильників у цьому ланцюжку, частина з яких може бути заблокована, комунікація з модемом розривається, а зібранні дані зберігаються.

При повторних зверненнях до модему, до лічильника, під час перемикання модему на резервні комунікації, під час переходу читання від лічильника до лічильника при відкритій комунікації з модемом необхідно вводити паузи. Паузи необхідно для коректного закриття поточних сеансів зв'язку лічильників та модемів. Паузи для лічильника 2 с, для модемів – 5 сек.

					<i>ЕлІТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						14
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Схема алгоритму роботи «Розумного» USB-хабу модемного пулу автоматизованої системи також наведено на кресленні ЕліТ 6.171.00.10.414 СА.

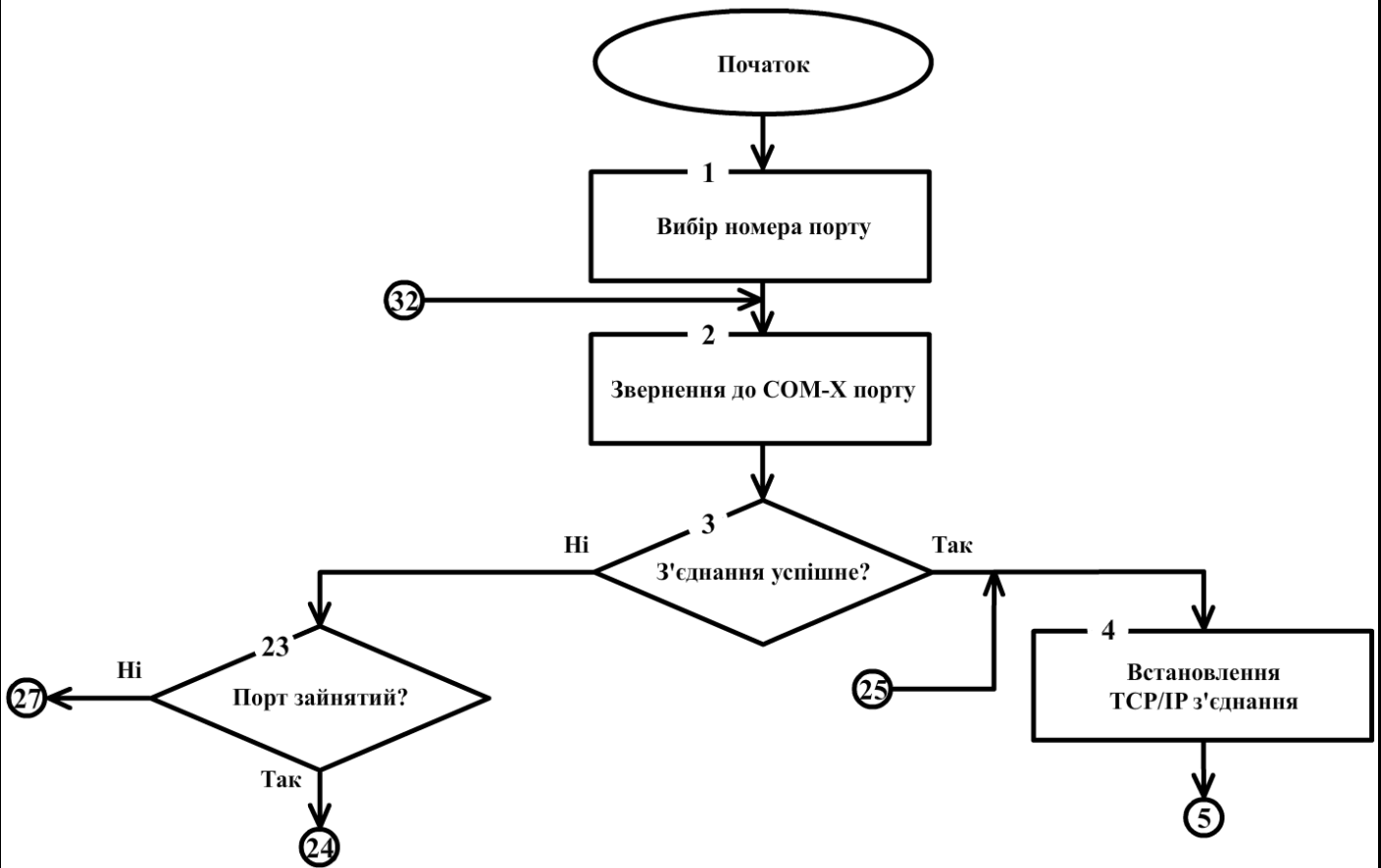
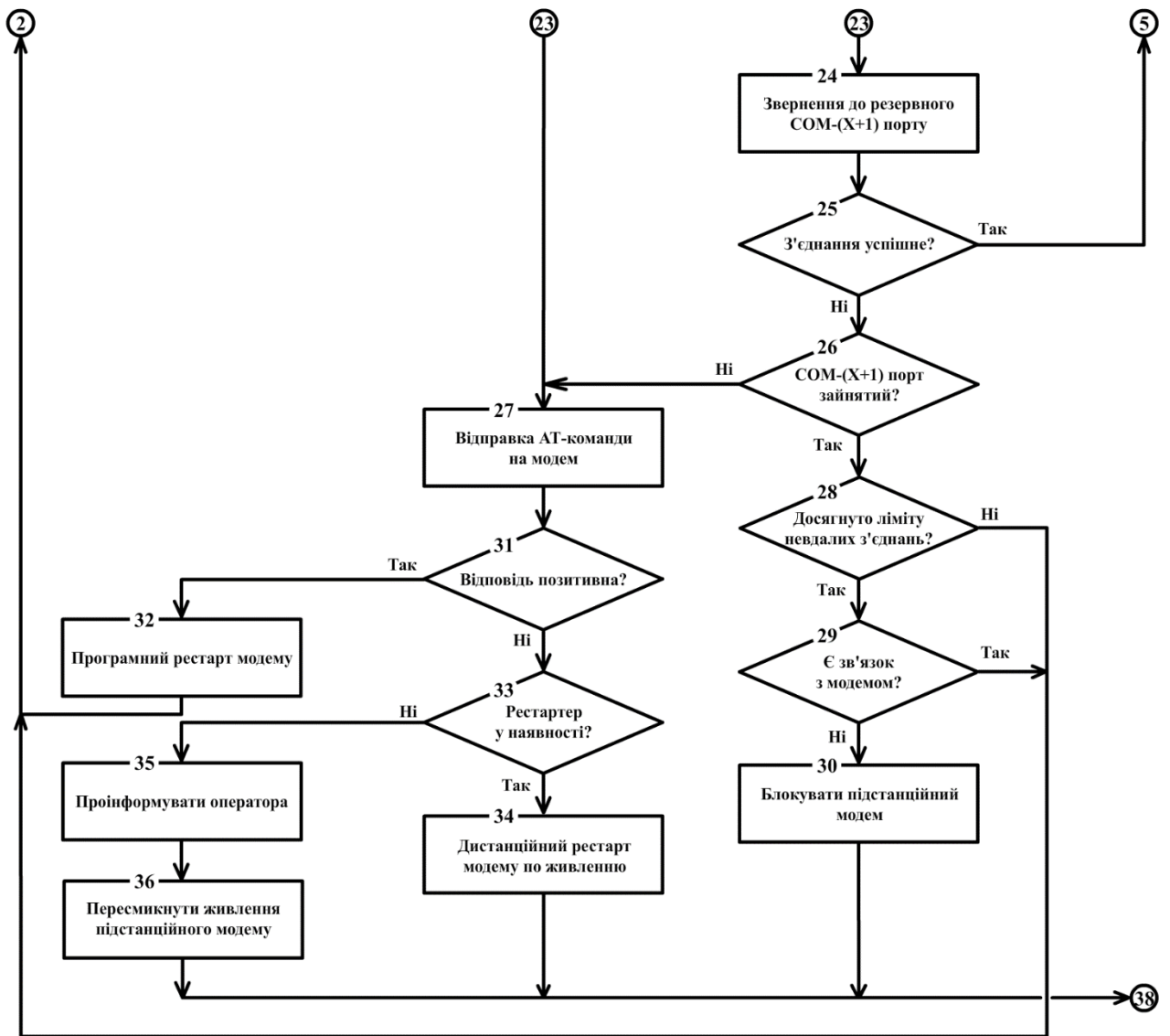
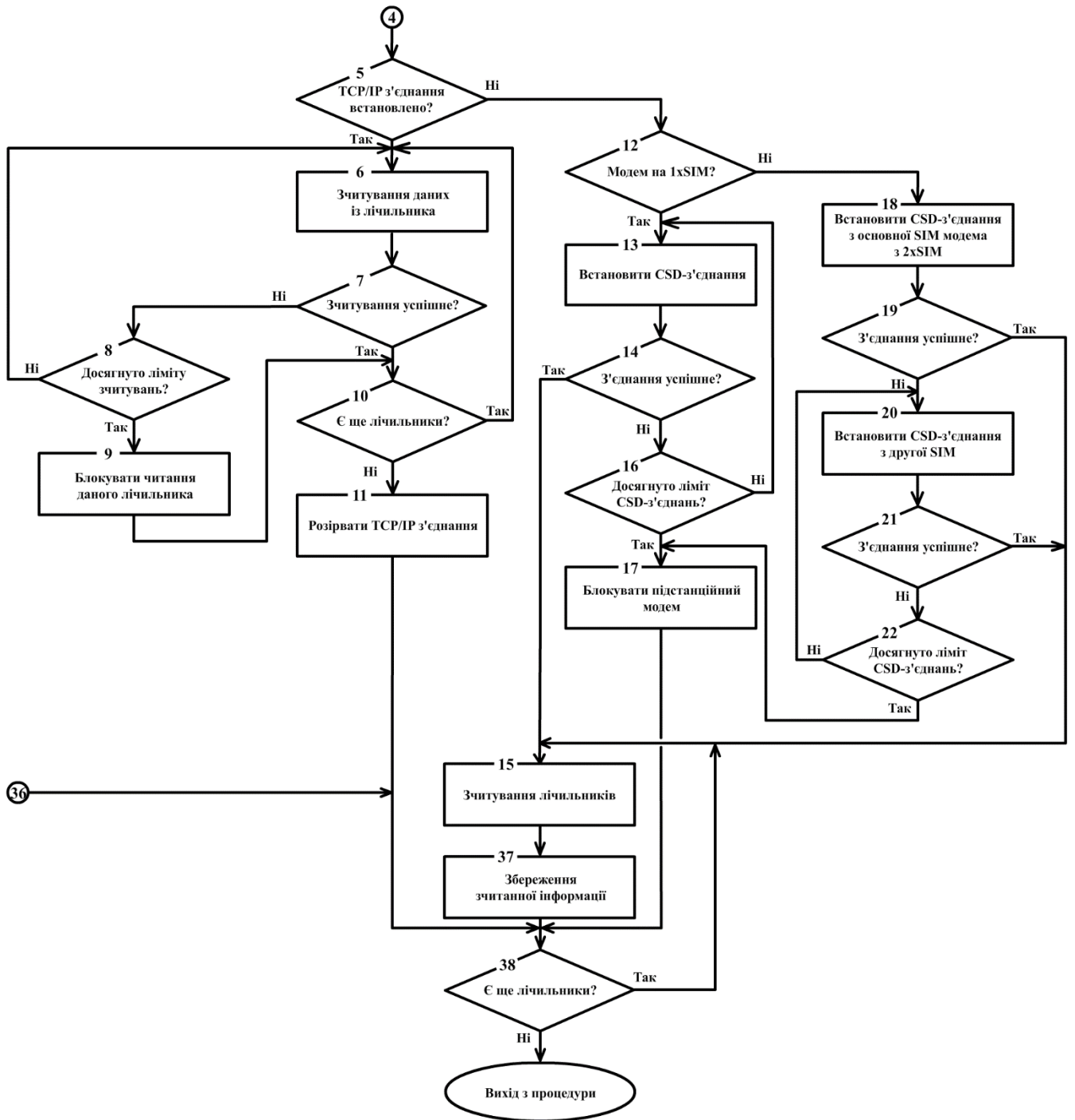


Рисунок 2.2 – Блок схема алгоритму процедури зчитування лічильників



Продовження блок схеми рисунка 2.2



Продовження блок схеми рисунка 2.2

Алгоритм процесу зчитування лічильників полягає в наступному:

Крок 1. Вибір номера порту.

Крок 2. Звернення до СОМ-Х порту.

Крок 3. Перевіряємо, чи було звернення успішним. Якщо так, переходимо до кроку 4, якщо ні – до кроку 23.

Крок 4. Встановлення Комунікаційним сервером ТСП/ІР з'єднання.

Крок 5. Перевіряємо, чи встановлено ТСП/ІР з'єднання. Якщо так, виконуємо крок 5, якщо ні – переходимо до кроку 12.

Крок 6. Зчитуємо дані з лічильника.

Крок 7. Перевіряємо, чи було зчитування успішним. Якщо ні, переходимо до кроку 8, якщо так – до кроку 10.

Крок 8. Перевіряємо, чи досягли ліміту зчитувань. Якщо ні, повертаємося до кроку 6, якщо так – переходимо до наступного кроку.

Крок 9. Блокуємо читання опитуваного лічильника.

Крок 10. Перевіряємо, чи є ще лічильники. Якщо так, переходимо до кроку 6, якщо ні – переходимо до кроку 11.

Крок 11. Розриваємо ТСП/ІР з'єднання.

Крок 12. Перевіряємо, чи використовувався модем на 1 SIM. Якщо ні, переходимо до кроку 18, якщо так – до кроку 13.

Крок 13. Встановлюємо CSD-з'єднання.

Крок 14. Перевіряємо, чи було з'єднання успішним. Якщо так, то переходимо до кроку 15, якщо ні – до кроку 16.

Крок 15. Зчитуємо дані з лічильника.

Крок 16. Перевіряємо, чи досягли ліміту CSD-з'єднань. Якщо ні, то переходимо до кроку 13, якщо так – до кроку 17.

Крок 17. Блокувати підстанційний модем.

Крок 18. Встановлюємо CSD-з'єднання з основної SIM модему на 2 SIM.

Крок 19. Перевіряємо, чи було з'єднання успішним. Якщо так, то переходимо до кроку 15, якщо ні – до кроку 20.

Крок 20. Встановлюємо CSD-з'єднання з другої SIM.

Крок 21. Перевіряємо, чи було з'єднання успішним. Якщо так, то переходимо до кроку 15, якщо ні – до кроку 22.

Крок 22. Перевіряємо, чи досягли ліміту CSD-з'єднань. Якщо ні, то переходимо до кроку 20, якщо так – до кроку 17.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Крок 23. Перевіряємо, чи порт зайнятий. Якщо ні, то переходимо до кроку 27, якщо так – до кроку 24.

Крок 24. Звертаємося до резервного COM-(X+1) порту.

Крок 25. Перевіряємо, чи було звернення успішним. Якщо так, то переходимо до кроку 5, якщо ні – до кроку 26.

Крок 26. Перевіряємо, чи порт COM-(X+1) зайнятий. Якщо ні, то переходимо до кроку 27, якщо так – до кроку 28.

Крок 27. Відправка AT команди на модем

Крок 28. Перевіряємо, чи досягли ліміту невдалих з'єднань. Якщо ні, то переходимо до кроку 2, якщо так – до кроку 29.

Крок 29. Перевіряємо, чи є зв'язок з модемом. Якщо ні, то переходимо до кроку 30, якщо так – до кроку 2.

Крок 30. Блокувати підстанційний модем та перейти до кроку 38.

Крок 31. Перевіряємо, чи позитивна відповідь на AT команду. Якщо ні, то переходимо до кроку 33, якщо так – до кроку 32.

Крок 32. Виконуємо програмний рестарт модему та повертаємося до кроку 2. Крок 33. Перевіряємо, чи у наявності рестартер. Якщо ні, то переходимо до кроку 35, якщо так – до кроку 34.

Крок 34. Виконуємо дистанційний рестарт модему по живленню та переходимо до кроку 38.

Крок 35. Повідомляємо оператора SMS-повідомленням.

Крок 36. Пересмикуємо живлення підстанційного модема та переходимо до кроку 38.

2.2 Розроблення структурної схеми пристрою

Розробка структурної схеми «Розумного» USB-хабу модемного пулу автоматизованої системи буде здійснюватися на підставі вимог описаних в минулому розділі.

Виходячи зі своєї назви, пристрій повинен бути побудований на основі USB-хабу. Основна функція хабу – це передача інформації, яка надходить з висхідного порту на кілька низхідних портів. З цією задачею чудово впорається демультимплексор, оскільки цей логічний пристрій має аналогічну функцію.

Для досягнення деякої міри «розумності» треба, щоб USB-хаб взяв на себе повноваження Хосту. Це потребує від нас встановлення в хаб мікроконтролера,

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

який за допомогою спеціального програмного забезпечення буде виконувати алгоритм роботи приведений в минулому підрозділі. Блок мікроконтролера повинен мати функціонал описаний в постановці задачі, а саме:

- автоматичний збір даних з лічильників через задані проміжки часу;
- контроль стану лічильників;
- зберігання зібраних даних;
- передача зібраних даних на сервер;
- індивідуальне управління живленням портів хабу;
- блокування одного або декількох модемів;
- блокування читання одного або декількох лічильників.

Після виконання функції збору даних з лічильників, інформацію треба зберігати. Оскільки внутрішньої пам'яті мікроконтролера недостатньо, тому з'являється необхідність встановити додаткову зовнішню пам'ять.

«Розумний» USB-хаб відповідно до поставленої задачі повинен мати змогу контролювати живлення портів хабу. Оскільки модемний пул живиться від USB портів, то дана функція дозволяє контролювати живлення на модемах. Для виконання такої функціональної можливості слід додати в схему блок ключа, який при подачі певного рівня сигналу на свій вхід ввімкне або вимкне живлення на модемі.

Порти через які відбувається обмін інформацією – це USB порти типу А. Підсумовуючи ці умови та функціональні вимоги спроектовано структурну схему рисунок 2.3.

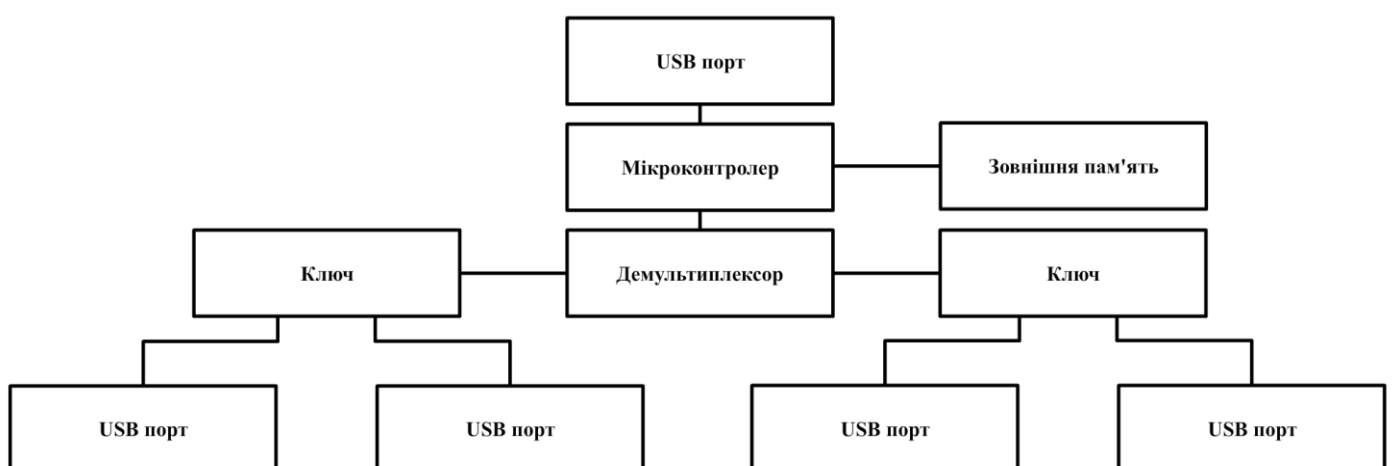


Рисунок 2.3 – Структурна схема «Розумного» USB-хабу модемного пулу автоматизованої системи

3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

3.1 Вибір елементної бази

Зважаючи на умови побудови пристрою необхідно обрати елементну базу та розробити схему електричну принципову «Розумного» USB-хабу модемного пулу автоматизованої системи з параметрами:

- розрядність 8 біт;
- напруга живлення від 4.4 до 5.25 В;
- струм живлення 3А;
- робоча температура пристрою від -40 до 85 °С;
- максимальна кількість опитувальних лічильників – 128.

«Розумний» USB-хаб повинен забезпечувати функції відповідних блоків у структурній схемі, а саме:

- можливість керування живленням портів;
- збереження зібраної інформації;
- передача зібраної інформації;
- збір інформації с низхідних портів.

Щоб побудувати пристрій «Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи, слід вибрати декілька мікросхем, на яких буде реалізовані блоки пристрою.

Аналізуючи вищезазначені умови та функціонал приладу підібрані такі мікросхеми:

- мікроконтролер – AT43USB353M-Atmel;
- зовнішня пам'ять – 24AA512-Microchip Technology;
- демультіплексор – AT43312A-Atmel;
- ключ – MIC2526-2BM-Micrel.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Мікроконтролер – AT43USB353M-Atmel

AT43USB353M – це повношвидкісний USB-мікроконтролер побудований на основі архітектури AVR із вбудованим розмножувачем, сумісного з вимогами USB 2.0. USB-розмножувач має 3 порти, що відходять. У мікроконтролера два зовнішніх низхідних USB-порти, які можуть бути під'єднані до інших пристроїв, наприклад, модулі флеш-пам'яті або будь-яких інших USB-пристроїв. Також має один висхідний порт, за допомогою якого може з'єднуватись з іншим пристроєм за допомогою USB інтерфейсу.

Даний мікроконтролер є високопродуктивним 8-розрядним AVR RISC мікроконтролером, який тактується частотою або 12 МГц, або 24МГц. Пам'ять програм виконано розміром 24 Кбайт, а пам'ять даних розміром 1 Кбайт. Аналогово-цифровий перетворювач характеризується мінімальною тривалістю перетворення 12 мкс та 12 вхідними каналами. 15 програмованих ліній введення-виведення загального призначення забезпечують у достатній кількості потреби зчитування кнопок і перемикачів, а також управління світлодіодними індикаторами [3].

Мікроконтролер AT43USB353M оптимально відповідає умовам та функціональним можливостям. Перевагами даного мікроконтролера серед інших аналізованих мікроконтролерів є:

- невеликі розміри;
- низька ціна;
- наявність низхідних USB портів.

Мікроконтролер має 48 виводи, які зображені у корпусі LQFP на рисунку 3.1.

На рисунку 3.2 приведено умовне позначення на принциповій схемі мікроконтролера з портами, які використовуються.

Напруга живлення, яка подається на відповідні порти повинна не перевищувати значення 5.25 В, що вказано в технічній документації AT43USB353M [3].

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

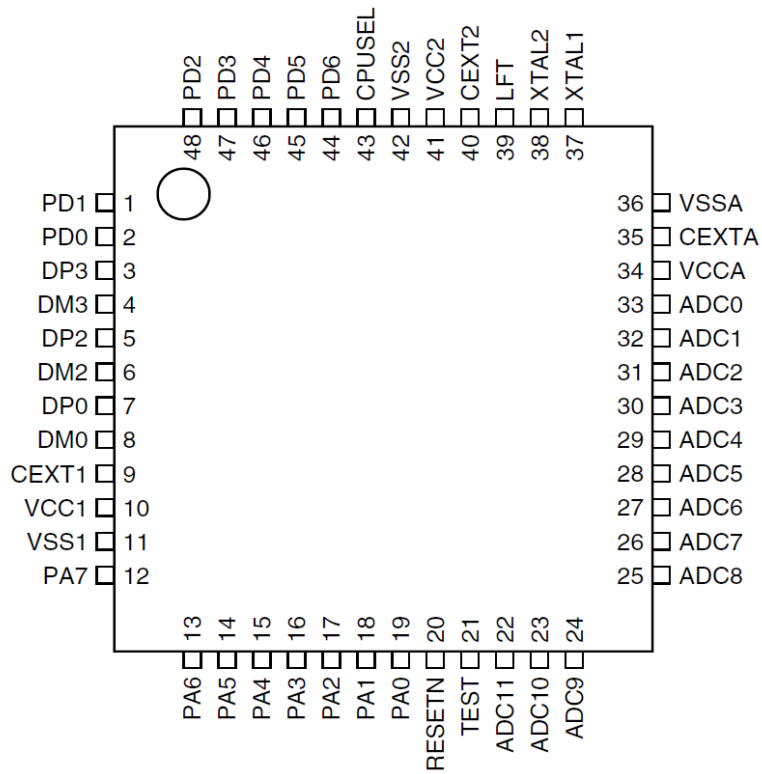


Рисунок 3.1 – 48 виводів мікроконтролера AT43USB353M у корпусі LQFP

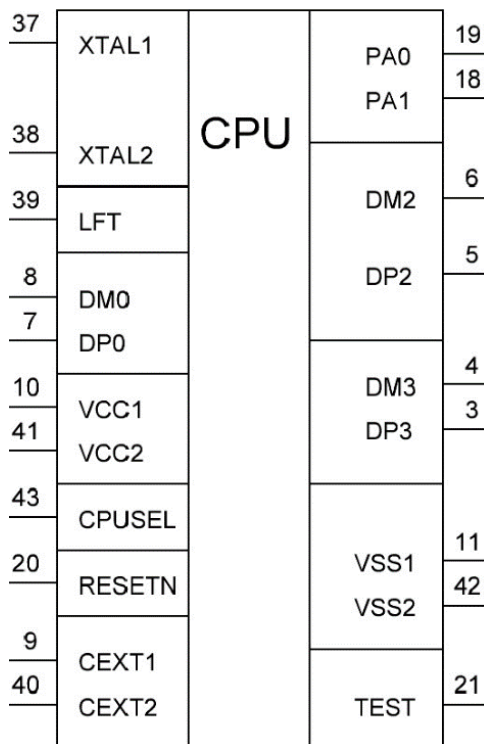


Рисунок 3.2 – Умовне позначення на принциповій схемі мікроконтролера AT43USB353M з портами, які використовуються

Таблиця 3.1 – Призначення портів

№ порту	Назва	Тип	№ порту	Назва	Тип
1	PD1	Двонаправлений	25	ADC8	Вхідний
2	PD0	Двонаправлений	26	ADC7	Вхідний
3	DP3	Двонаправлений	27	ADC6	Вхідний
4	DM3	Двонаправлений	28	ADC5	Вхідний
5	DP2	Двонаправлений	29	ADC4	Вхідний
6	DM2	Двонаправлений	30	ADC3	Вхідний
7	DP0	Двонаправлений	31	ADC2	Вхідний
8	DM0	Двонаправлений	32	ADC1	Вхідний
9	CEXT1	Живлення/Земля	33	ADC0	Вхідний
10	VCC1	Живлення/Земля	34	VCCA	Живлення/Земля
11	VSS1	Живлення/Земля	35	VSSA	Живлення/Земля
12	PA7	Двонаправлений	36	XTAL1	Вхідний
13	PA6	Двонаправлений	37	XTAL2	Вихідний
14	PA5	Двонаправлений	38	LFT	Вхідний
15	PA4	Двонаправлений	39	CEXT2	Живлення/Земля
16	PA3	Двонаправлений	40	VCC2	Живлення/Земля
17	PA2	Двонаправлений	41	VSS2	Живлення/Земля
18	PA1	Двонаправлений	42	CPUSEL	Вхідний
19	PA0	Двонаправлений	43	PD6	Двонаправлений
20	RESETN	Вхідний	44	PD5	Двонаправлений
21	TEST	Вхідний	45	PD4	Двонаправлений
22	ADC11	Вхідний	46	PD3	Двонаправлений
23	ADC10	Вхідний	47	PD2	Двонаправлений
24	ADC9	Вхідний	48	PD2	Двонаправлений

Таблиця 3.2 – Опис призначення виводів мікроконтролера

Вивід	Тип	Опис
PA[0:7]	Двонаправлений	Виводи A[0:7] — двонаправлені 8-бітні порти введення-виведення зі струмом споживання 2 мА та програмованим підтягуючим резистором.
PD[0:6]	Двонаправлений	Виводи D[0:7] — двонаправлені 8-бітні порти введення-виведення зі струмом споживання 2 мА та програмованим підтягуючим резистором. PD[2,3,4,5,6] виконує подвійну функцію, як показано нижче: Альтернативні функції виводів порту PD2 — INT0, зовнішнє переривання 0 PD3 — INT1, зовнішнє переривання 1 PD4 — ICP, таймер/лічильник PD5 — OC1A таймер/лічильник 1, вихід порівняння A PD6 — OC1B таймер/лічильник 1, вихід порівняння B
ADC[0:11]	Вхідний	АЦП [0:11] — 12-бітні вхідні контакти для АЦП
CEXT1, 2	Живлення/Земля	Зовнішні конденсатори для блока живлення — високоякісні конденсатори ємністю 2,2 мкФ повинні бути підключені до CEXT1 та 2 для правильної роботи мікросхеми.
CEXTA	Живлення/Земля	Зовнішні конденсатори для аналогового блоку живлення.
DM0	Двонаправлений	Висхідний мінус USB I/O
DP0	Двонаправлений	Висхідний плюс USB I/O — цей контакт повинен бути підключений до CEXT1 через зовнішній резистор 1,5 кОм.
DM[2,3]	Двонаправлений	Низхідний мінус USB I/O — кожен з цих контактів повинен бути підключений до VSS через зовнішній резистор 15 кОм.

Продовження таблиці 3.2.

DP[2,3]	Двонаправлений	Низхідний плюс USB I/O — кожен з цих контактів повинен бути підключений до VSS через зовнішній резистор 15 кОм. DP[2,3] и DM[2,3] — це пара контактів диференційного сигналу для підключення USB-пристроїв низхідного потоку.
XTAL1	Вхідний	Вхід генератора — вхід інвертуючого підсилювального генератора.
XTAL2	Вихідний	Вихід генератора — вихід інвертуючого підсилювального генератора.
CPUSEL	Вхідний	Вибір швидкості процесора — цей контакт обирає тактову частоту процесора. При високому значенні процесор робить на частоті 12 МГц, при низькому — на частоті 24 МГц.
LFT	Вхідний	Фільтр PLL — для правильної роботи PLL цей вивід повинен бути підключений через конденсатор 0,01 мкФ паралельно до резистора 100 Ом з послідовно підключеним конденсатором 0,1 мкФ на землю (VSS). Обидва конденсатора повинні бути керамічними високої якості.
TEST	Вхідний	Контакт Тесту — цей контакт повинен бути заземлений.
RESETN	Вхідний	Скидання — Активний рівень - низький.
V _{CC1,2}	Живлення/Земля	Цифрове джерело живлення 5 В
V _{CCA}	Живлення/Земля	Джерело живлення 5 В для АЦП
V _{SS1,2}	Живлення/Земля	Цифрова земля
V _{SSA}	Живлення/Земля	Земля для АЦП

3.2.1 Внутрішня структура мікроконтролера

Мікроконтролер розділяє з сімейством мікроконтролерів megaAVR більшу частину регістрів управління та стану. Регістри керування операціями USB відображаються у просторі SRAM.

Мікроконтролер має 32 8-бітових робочих регістра загального призначення з часом доступу за один такт містить файл регістрів швидкого доступу. Тобто за один такт виконується одна операція арифметико-логічного устрою (АЛУ).

Шість із 32 регістрів можуть використовуватися як три 16-бітових непрямих покажчика регістрів адреси для адресації простору даних, що забезпечує ефективне

					ЕлІТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

обчислення адрес. Один із трьох адресних показчиків також використовується як адресний показчик для довідкових таблиць у пам'яті програм.

Прямий доступ до всього адресного простору розміром 24 КБ здійснюється за допомогою інструкцій відносного переходу та виклику.

Більшість інструкцій AVR мають формат одного 16-бітного слова. Кожна адреса пам'яті програми містить 16- або 32-розрядну інструкцію.

Доступ до SRAM даних обсягом 1 Кбайт можна легко отримати за допомогою п'яти різних режимів адресації, які підтримує архітектура AVR.

Простори пам'яті в архітектурі AVR є лінійними і звичайними картами пам'яті. Гнучкий модуль переривань має регістри управління у просторі введення-виведення з додатковим глобальним бітом дозволу переривання у регістрі стану. Усі переривання мають окремий вектор переривання у таблиці векторів переривань на початку пам'яті програм. Переривання мають пріоритет відповідно до їхнього положення вектора переривання. Чим менша адреса вектора переривання, тим вищий пріоритет [3].

На рисунку 3.3 зображено внутрішню структуру мікроконтролера

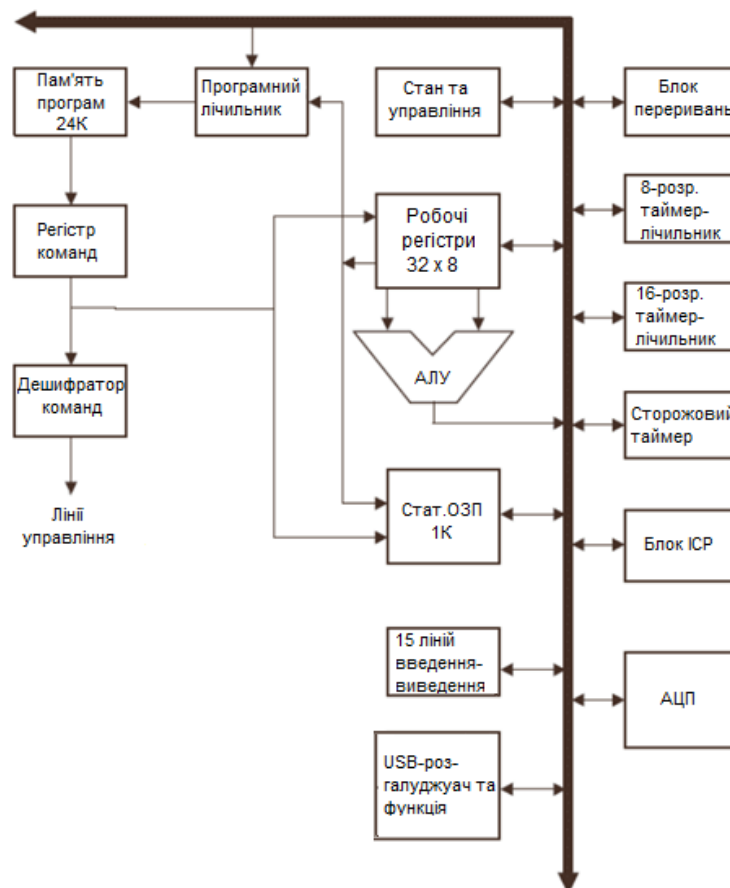


Рисунок 3.3 – Внутрішня структура мікроконтролера

3.2.2 Можливості мікросхеми AT43USB353M як USB-хабу та USB-функції

Блок-схема USB-обладнання AT43USB353M показана на рисунку 3.4. USB-концентратор AT43USB353M має 3 низхідних порти. Вбудована функція постійно підключена до порту 1. Порти 2 і 3 доступні як зовнішні порти. Кількість використовуваних портів строго визначається прошивкою AT43USB353M і може змінюватися від 0 до 2 [3].

Оскільки ця конфігурація визначається прошивкою, порти 2 і 3 можуть навіть функціонувати як постійні підключені порти, поки дескриптор концентратора ідентифікує їх як такі.

Вбудована функція USB має власну адресу пристрою та кінцеву точку за замовчуванням, а також 3 інші програмовані кінцеві точки. Дві з цих кінцевих точок містять власний 64-байтовий FIFO, а третя кінцева точка має 8-байтовий FIFO. Кінцеві точки 1 - 3 можуть бути запрограмовані як кінцеві точки IN або OUT переривання, або групові кінцеві точки IN або OUT.

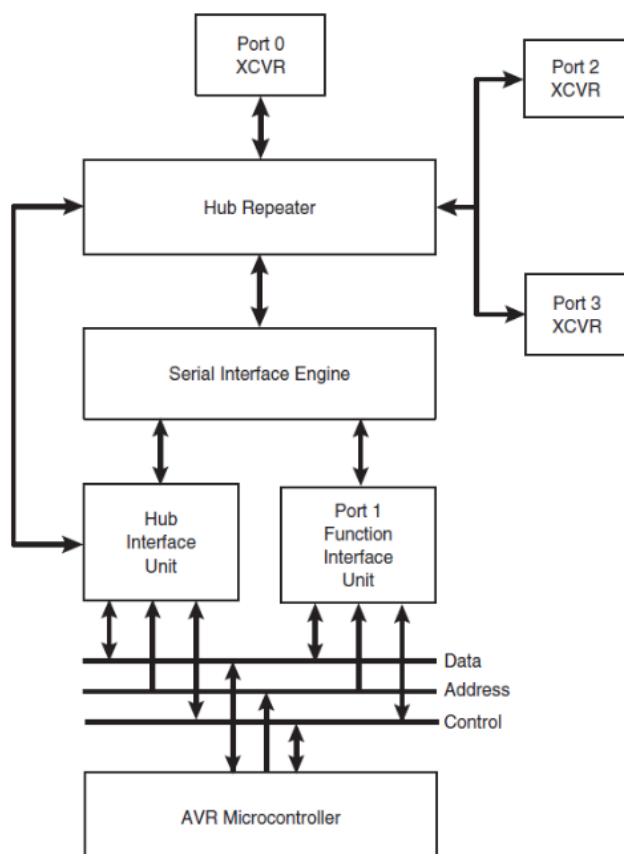


Рисунок 3.4 – Блок схема USB-обладнання мікросхеми AT43USB353M

3.2.3 Генератор та PLL-фільтр мікросхеми AT43USB353M

Усі тактові сигнали, необхідні для роботи мікросхеми AT43USB353M, надходять від вбудованого генератора. Для зменшення електромагнітних перешкод та розсіювання потужності генератор розрахований на роботу з кварцом 6 МГц. Вбудований PLL-фільтр генерує високу частоту розділювача тактових імпульсів/даних модуля послідовного інтерфейсу. У зупиненому стані схема генератора вимкнена.

Схема підключення зображена на рисунку 3.5.

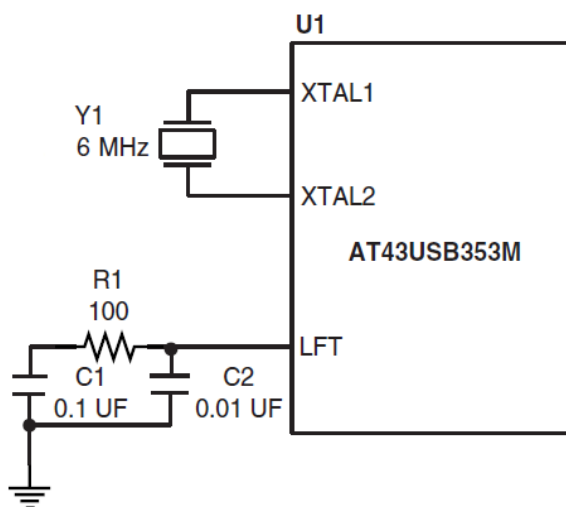


Рисунок 3.5 – Схема підключення портів генератору та фільтру

3.3 Зовнішня пам'ять – 24AA512-Microchip Technology

Мікросхема зовнішньої пам'яті 24AA512 являє собою послідовне ППЗУ 64К x 8 (512 Кбіт), яке здатне працювати в широкому діапазоні напруг. Цей пристрій здатний виконувати як довільне, так і послідовне читання до 512 Кбіт. Функціональні адресні лінії дозволяють підключити вісім пристроїв до однієї шини з адресним простором до 4-х Мбіт [4].

24AA512 підтримує протокол передачі даних. Пристрій, який надсилає дані на шину, визначається як передавач, а пристрій, що приймає дані, як приймач. Шина повинна керуватися провідним пристроєм, який генерує послідовний годинник (SCL). Він контролює доступ до шини та генерує умови запуску та зупинки, у той час як 24AA512 працює як ведений пристрій. І ведучий, і ведений

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

пристрої можуть працювати як передавач або приймач, але ведучий пристрій визначає, хто є хто.

Мікросхема має 8 виводів, які зображені у корпусі PDIP на рисунку 3.6.

На рисунку 3.7 зображену умовне позначення на принциповій схемі зовнішньої пам'яті.

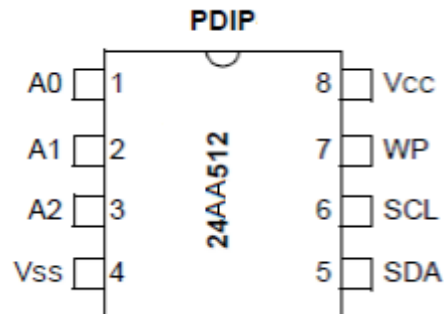


Рисунок 3.6 – Схема зовнішньої пам'яті 24AA512 у корпусі PDIP

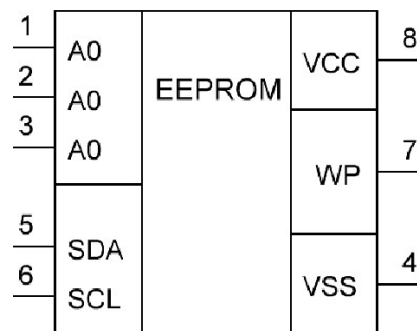


Рисунок 3.7 – Умовне позначення на принциповій схемі зовнішньої пам'яті

Таблиця 3.3 – Призначення виводів мікросхеми 24AA512

Назва контакту	Опис
A[0:2]	Адресний вибір чипу
SDA	Введення послідовних даних
SCL	Послідовний годинник
WP	Вхід з захистом від запису
GND	Земля
VCC	+1,7 В до 5,5 В

3.4 Демультіплексор – АТ43312А-Atmel

Atmel АТ43312А – це контролер концентратора USB, який використовується як автономний концентратор, а також, як додатковий концентратор для існуючих периферійних пристроїв [5].

Контролер АТ43312А підтримує один висхідний і чотири низхідні порти. Він з'єднуються із висхідним хабом або провідним/кореневим хабом за допомогою Port0, тоді як інші порти приєднуються до зовнішніх USB-пристроїв.

Мікросхема пересилає диференціальні USB сигнали між портом Port0 та портами Port[1:4] в обох напрямках. Недорогий прилад АТ43312А реалізує моніторинг та управління живленням всіх портів одночасно або кожного окремо.

Прилад підтримує малу (1.5 Mb/s) швидкість транзакцій, і повну (12 Mb/s) швидкість. Частота тактового генератора становить 6 МГц, проте ряд внутрішніх схем працює з тактовою частотою 48 МГц, що забезпечується вбудованою PLL.

Внутрішньо прилад містить механізм послідовного інтерфейсу, повторювач хаба та контролер хаба [5].

Завданнями механізму послідовного інтерфейсу є:

- управління протоколом USB комунікації;
- виявлення/генерація USB сигналу;
- поділ тактового сигналу/даних, шифрування/дешифрування даних, контроль/генерація CRC;
- послідовне/паралельне перетворення даних.

Повторювач хаба відповідає за:

- організацію висхідного з'єднання між вибраним пристроєм та ведучим;
- управління встановленням з'єднання та його припиненням;
- управління виявленням збоїв на шині та організацію відновлення правильних даних;
- виявлення з'єднань/роз'єднань по кожному порту.

Контролер хаба відповідає за:

- перерахунок з'єднань хаба;
- забезпечення провідного інформацією про конфігурацію;
- надання провідному інформації про стан кожного порту;
- управління кожним портом, відповідно до команд ведучого;
- управління живленням портів.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок діаграма мікросхеми демультіплексора/контролера хаба зображена на рисунку 3.9

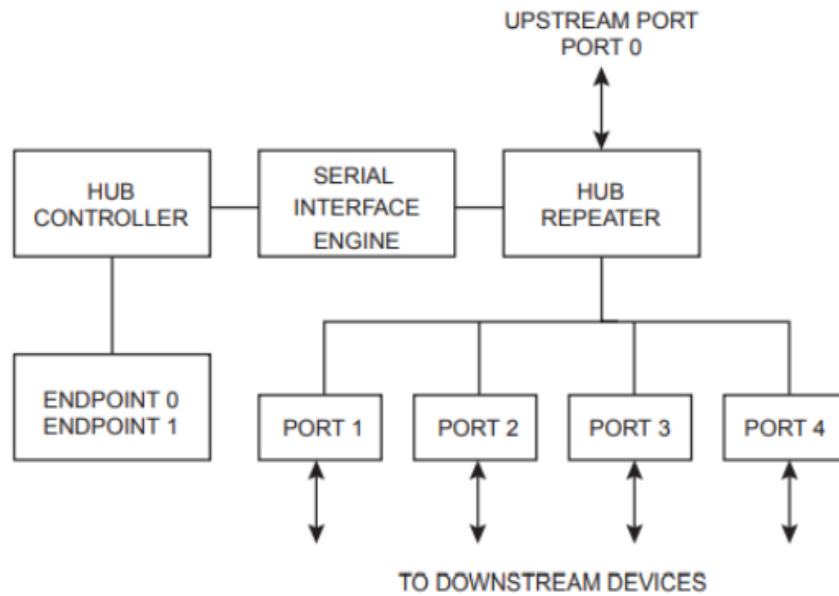


Рисунок 3.9 – Блок діаграма мікросхеми AT43312A

На рисунку 3.10 надано зображення контактів мікросхеми у корпусі SOIC та LQFP.

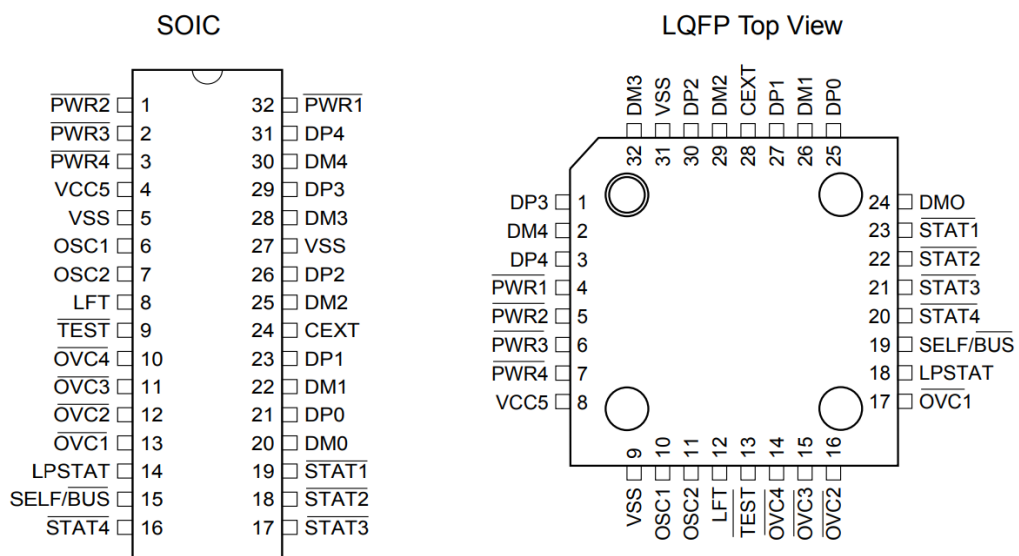


Рисунок 3.10 – Контакти мікросхеми AT43312A у корпусі SOIC та LQFP

На рисунку 3.11 зображено умовне позначення на принциповій схемі контролер хабу АТ43312А з портами, які використовуються.

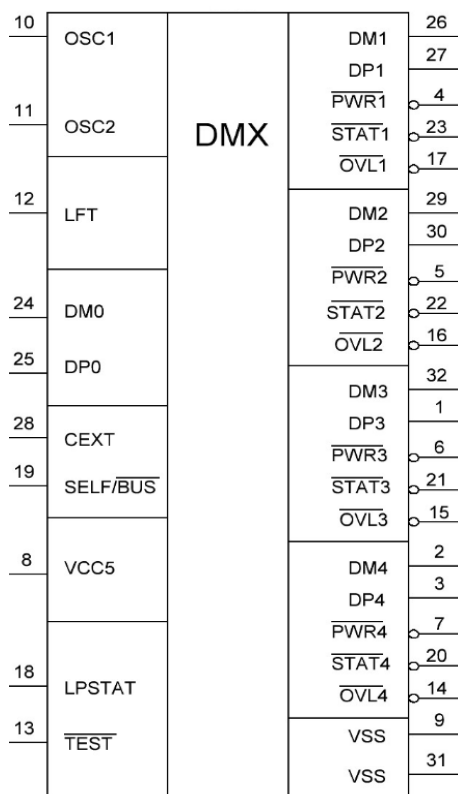


Рисунок 3.11 – Умовне позначення на принциповій схемі контролера хабу АТ43312А

Таблиця 3.4 – Призначення контактів мікросхеми

Назва контакту	Тип контакту	Опис контакту
$\overline{PWR}[1:4]$	Вихідний	Вимикач. Це вихідний сигнал, використовуваний для включення або виключення зовнішнього регулятора напруги, який подає живлення на порт. \overline{PWRx} скидається при виявленні проблеми з живленням на $OVCx$.
$\overline{OVC}[1:4]$	Вхідний	Перевантаження по струму. Це вхідний сигнал, що використовується для вказівки АТ43312А, що на порту виявлено перевантаження по струму. Якщо встановлено значення $OVCx$, АТ43312А активує виведення \overline{PWRx} та повідомить про стан USB-хосту.
STAT[1:4]	Вихідний	Статус підключення. Це вихідний контакт, що вказує на те, що порт правильно підключений. $STATx$ встановлюється, коли порт увімкнений.

Продовження таблиці 3.4.

OSC1	Вхідний	Вхід генератора. Вхід інвертуючого підсилювача генератора 6 МГц.
OSC2	Вихідний	Вихід генератора. Вихід інвертуючого підсилювача генератора.
LFT	Вхідний	PLL-фільтр. Для правильної роботи PLL цей вивід повинен бути підключений через конденсатор 2,2 нФ паралельно до резистора 100 Ом, який послідовно підключений з конденсатором 10 нФ на землю (VSS).
SELF/ $\overline{\text{BUS}}$	Вхідний	Режим живлення концентратора. Вхідний сигнал, встановлюючий режим роботи шини або автономного живлення. Високий рівень на цьому контакті включає режим автономного живлення, низький рівень включає режим живлення від шини.
LPSTAT	Вхідний	Стан автономного живлення. У режимі автономного живлення цей вхідний контакт, який має бути підключений до локального джерела живлення через резистор 47 кОм. Напруга на цьому контакті використовується чіпом для повідомлення про стан автономного джерела живлення. У режимі живлення від шини цей контакт не використовується.
DP0	Двонаправлений	Висхідний плюс USB введення/виведення. Цей контакт повинен бути підключений до СЕХТ через зовнішній резистор 1,5 кОм. DP0 і DM0 утворюють пари контактів диференціального сигналу, підключені до хост-контролера або висхідного концентратора.
DM0	Двонаправлений	Висхідний мінус USB введення/виведення.
CEXT	Вихідний	Зовнішній конденсатор. Для правильної роботи вбудованого стабілізатора, до цього контакту необхідно підключити конденсатор ємністю 0,27 мкФ.
TEST	Вхідний	Тест. Для нормальної роботи, цей контакт має бути підключений до високого логічного рівня.
VCC	Живлення/Земля	Живлення 5В
VSS	Живлення/Земля	Земля

3.4.1 Функція управління енергоспоживанням

Концентратор – це потужний пристрій, який може споживати до 500 мА струму від хосту або вищого концентратора. Сама мікросхема AT43312A та схема її зовнішнього концентратора споживають значно менше 100 мА. Логіка керування живленням AT43312A працює із зовнішніми пристроями для виявлення перевантаження по струму та керування живленням портів.

Визначення перевантаження струмом здійснюється окремо для кожного порту і здійснюється через контакти OVCx. Щоразу, коли напруга на контакті OVCx встановлюється, AT43312A обробляє його як стан навантаження струмом. Це може бути викликане перевантаженням або навіть коротке замикання. Це призведе до того, що AT43312A встановить біт стану порту PORT_OVER_CURRENT і біт зміни стану C_PORT_OVER_CURRENT. У той же час, живлення на проблемний порт відключається, і його контакт STATx генерує прямокутну хвилю з частотою близько 1 секунди [5].

Для контролю перевантаження струмом і виконання фактичного перемикачання живлення портів під керуванням AT43312A необхідний зовнішній пристрій. Дозволяється будь-який тип відповідного перемикача або пристрою. Однак на ньому має бути низьке падіння напруги, навіть коли порт споживає повну потужність. У своїй простій формі цей перемикач може бути Р-канальним польовим МОП-транзистором. Однією з переваг використання перемикача MOSFET є дуже низьке падіння напруги та низька вартість.

Кожен порт AT43312A має свій власний контакт управління живленням, який активується тільки при отриманні запиту SetPortFeature[PORT-POWER] від хосту. Порт PWRx скидається за таких умов:

1. Увімкнення
2. Скидання та ініціалізація
3. Стан перевантаження струмом
4. Запит від хосту через ClearPortFeature [PORT_POWER] для BCIX портів.

3.4.2 Режими живлення

У режимі автономного живлення, живлення низхідних портів подається від зовнішнього джерела живлення. Це джерело живлення має забезпечувати подачу 500 мА на один порт, що у сумі становить 2 А.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікації USB вимагають, щоб падіння напруги на вимикачі живлення та доріжках плати не перевищувало 100 мВ. Максимальне падіння напруги на самому ключі живлення має бути не більше ніж 75 мВ. Ретельний дизайн та вибір вимикача живлення та компоновання друкованої плати необхідні для відповідності специфікаціям [5].

Приклад схеми автономного живлення портів з використанням мікросхеми AT43312A приведено на рисунку 3.12

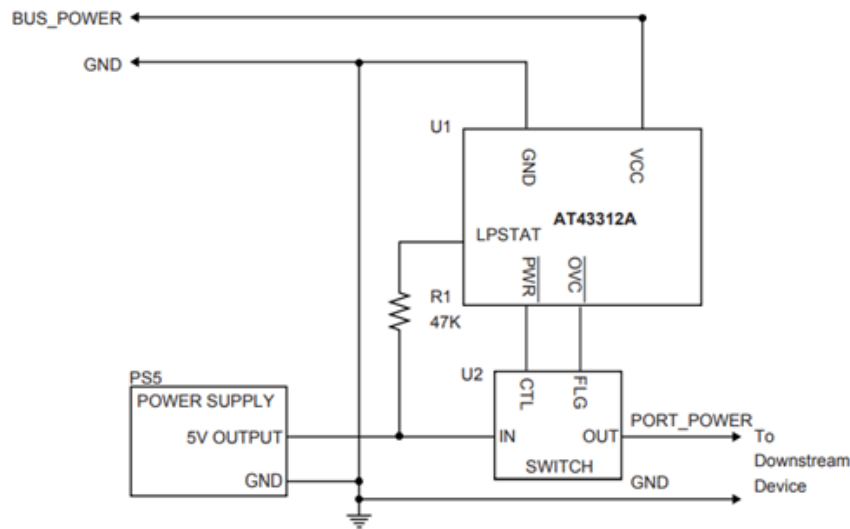


Рисунок 3.12 – Схема автономного живлення портів

У режимі живлення від шини вся потужність для самого концентратора, а також для низхідних портів забезпечується кореневим концентратором або висхідним концентратором через USB. Для кожного нижчестоящого пристрою концентратора доступно лише 100 мА, тому підтримуються лише малопотужні пристрої [5].

Приклад схеми живлення портів від шини з використанням мікросхеми AT43312A приведено на рисунку 3.13

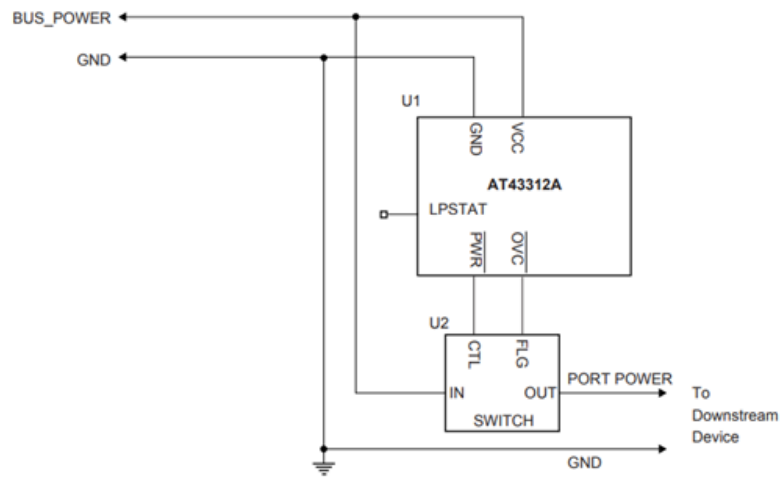


Рисунок 3.13 – Схема живлення портів від шини

3.4.3 AT43312A як HUB-контролер

AT43312A надає хосту інформацію про свою конфігурацію. Він також надає хосту механізм для моніторингу та управління низхідними портами. Живлення подається для кожного порту контролером-концентратором після отримання команди SetPortFeature [PORT_POWER] від хосту. Спочатку хост повинен налаштувати AT43312A, перш ніж контролер-концентратор зможе подавати живлення на зовнішні пристрої [5].

Контролер-концентратор містить дві кінцеві точки, Endpoint0 та Endpoint1, та підтримує регістр стану, регістр стану контролера, який відображає поточні налаштування AT43312A. При включенні живлення всі біти цього регістру будуть встановлені в 0.

3.4.4 Генератор та фільтр PLL контролера AT43312A

Усі тактові сигнали, необхідні для роботи AT43312A, надходять від вбудованого генератора. Щоб зменшити електромагнітні перешкоди та розсіювання потужності в системі, генератор розрахований на роботу з кварцом 6 МГц. Вбудована PLL генерує високу частоту розділювача тактових імпульсів/даних модуля послідовного інтерфейсу. У зупиненому стані схема генератора вимкнена. Для забезпечення швидкого запуску слід використовувати кристал із високою добротністю.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 3.14 приведено схему підключення портів генератора та фільтру.

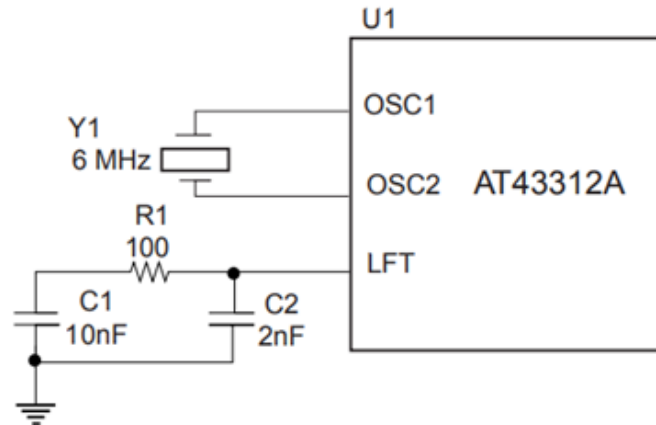


Рисунок 3.14 – Схема підключення портів генератора та фільтру

3.5 Ключ – MIC2526-2BM-Micrel

MIC2526 - це подвійний вбудований перемикач живлення верхнього плеча з незалежними функціями включення та прапора, оптимізований для універсальної послідовної шини (USB) з автономним живленням та живленням від шини. Для задоволення вимог USB потрібно кілька зовнішніх компонентів [6].

MIC2526 відповідає наступним вимогам USB:

- кожен канал перемикача забезпечує струм до 500 мА відповідно до вимог USB-пристрої;
- низький опір перемикача у включеному стані відповідає вимогам USB щодо падіння напруги;
- струм короткого замикання зазвичай обмежений 750 мА, що значно нижче за вимоги безпеки UL 25VA;
- вихід прапора доступний для визначення умов несправності на локальному USB-контролері.

Додаткові функції включають: відключення при перегріві для запобігання катастрофічної відмови перемикача через сильнострумових навантаження, блокування при зниженій напрузі (UVLO), що гарантує, що пристрій залишиться вимкненим, поки не буде подано дійсну вхідну напругу, а також входи включення, сумісні з логікою 3,3 В і 5 В.

На рисунку 3.15 зображено схему портів перемикача MIC2526-2BM у корпусі SOIC.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

На рисунку 3.16 зображено умовне позначення на принциповій схемі мікросхеми ключа MIC2526-2BM

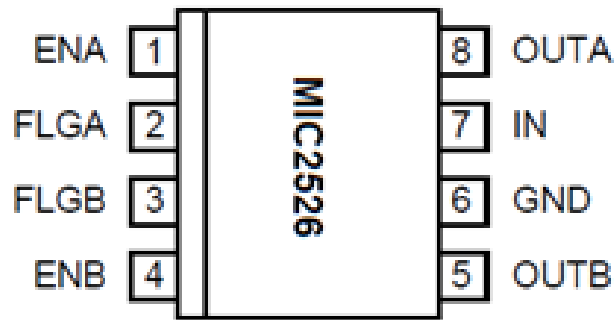


Рисунок 3.15 – Схема портів перемикача MIC2526-2BM у корпусі SOIC

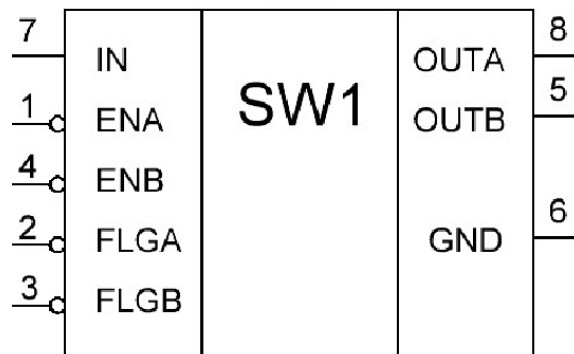


Рисунок 3.16 – Умовне позначення на принциповій схемі мікросхеми ключа MIC2526-2BM

Таблиця 3.5 – Конфігурація портів MIC2526-2BM

Номер порту	Назва порту	Опис портів
1, 4	EN(A/B)	Дозвіл (вхід): логічно-сумісний вхід дозволу. Низький вхідний сигнал.
2, 3	FLG(A/B)	Прапор несправності (вихід): вихід із активним низьким рівнем, відкритий стік. Вказує перевантаження по струму, блокування при зниженій напрузі та теплове відключення.
6	GND	Земля
7	IN	Вхід живлення: стік вихідного МОП-транзистора. Також живить внутрішню схему ІС. Підключається до джерела живлення.
8, 5	OUT(A/B)	Вихід перемикача: вихідне джерело MOSFET. Зазвичай підключається до сторони навантаження, що комутується.

					ЕлІТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

MIC2526-2VM – це подвійний перемикач верхнього плеча з входом активації «активний низький». Умови несправності відключають або закріплюють включення одного чи кількох вихідних транзисторів, залежно від типу несправності, і активують прапори несправності транзисторів з відкритим стоком, заставляючи їх відводити струм на землю.

Блок діаграма перемикача MIC2527-2VM наведено на рисунку 3.16

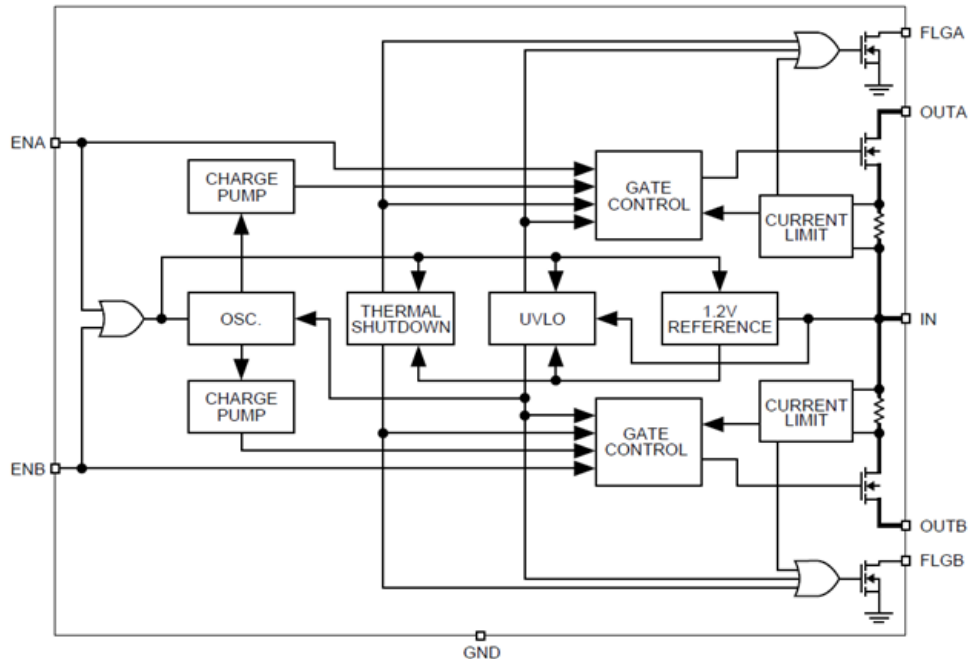


Рисунок 3.16 – Блок схема перемикача MIC2526-2VM

3.6 Вибір типу резисторів

Вибираючи резистори слід врахувати наступні параметри:

- номінальний опір;
- номінальний допуск;
- розсіювана потужність;
- тип резистора;
- робоча температура.

Зважаючи на вимоги, усі резистори у приладі будемо використовувати безкорпусні SMD резистори типу 0805, оскільки розміри таких резисторів є невеликими. Розсіювана потужність – 0,125 Вт, номінальний допуск $\pm 5\%$, а робоча температура від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Діапазон номінальних значень таких резисторів: 0 Ом, 1 Ом – 30 МОм.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7 Вибір типу конденсаторів

При виборі конденсаторів слід врахувати наступні параметри:

- номінальний ємність конденсатора;
- робоча напруга конденсатора;
- тип конденсатора;
- номінальний допуск;
- робоча температура.

Враховуючи умови, було обрано декілька видів конденсаторів, а саме керамічний, електролітичний. Обидва види мають тип SMD, оскільки такий тип має малі розміри.

Тип керамічних конденсаторів слід обрати SMD 0805. Максимальна робоча напруга даних конденсаторів складає 10 В, що є достатнім для роботи приладу. Температурний коефіцієнт ємності обираємо із значенням X7R, оскільки має гарні температурні характеристики, у межах $-55\text{ }^{\circ}\text{C}\dots +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ та похибку $\pm 10\%$.

Типорозмір електролітичних SMD конденсаторів слід окремо обирати за потрібною номінальною ємністю. Максимальна робоча напруга повинна бути у два-три рази більша ніж напруга живлення пристрою, тобто 5 В. Допустимі межі температури від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.8 Вибір типу реле

Для даного пристрою обираємо LEG-5, 5VDC, SPDT, 10A/240VAC – це реле відноситься до типу "мініатюрних" пристроїв, які мають дуже гарну компактність із збереженням широкого функціоналу. З максимальним струмом 10 А та напругою котушки 5 В.

3.9 Вибір типу світлодіодів

Світлодіоди в даному пристрої є індикаторами для низхідних портів. Тобто, якщо один або декілька портів вийшли з ладу через, наприклад, коротке замикання, то світлодіод загориться. Для такої роботи можна використати звичайні вивідні світлодіоди розміром 5 мм. Робоча напруга від 3,2 до 3,8 В досягається за допомогою послідовного підключення резистору. Робочий струм світлодіоду 25 мА, а робоча температура у межах від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.10 Вибір типу зовнішнього джерела живлення

«Розумний» USB-хаб потребує для своєї роботи 5 В та 3 А, тому джерело живлення слід обирати за цими параметрами. Виконавши пошук в мережі Internet було знайдено блок живлення моделі HN-538. Даний адаптер живлення AD/DC має наступні характеристики:

- вхідна напруга: 100 – 240 В змінного струму;
- мінімальний струм вхідної напруги: 0,3 А;
- частота змінного струму: 50/60 Гц;
- вихідна напруга: 5 В постійного струму;
- вихідний струм: до 3А;
- вихід адаптера живлення: USB тип А.

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ «РОЗУМНИЙ» USB-ХАБ МОДЕМНОГО ПУЛУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Доступ мікроконтролера до пам'яті EEPROM на запис/читання

Для програмування пам'яті EEPROM мікроконтролерів AVR немає необхідності використовувати зовнішній програмуючий пристрій. Кожен осередок пам'яті EEPROM може бути запрограмований безпосередньо під час виконання програми користувача.

Для програмування використовуються три регістри пам'яті EEPROM: регістр адреси EEAR, регістр даних EEDR та регістр управління EECR. У випадках EEDR, EECR мова йде про 8-розрядні регістри. Для регістра EEAR необхідно 9 розрядів, тобто цей регістр 16-розрядний, розділений на дві частини: EEARH (старший байт) та EEARL (молодший байт).

4.2 Регістри EEAR/EEDR/EECR пам'яті EEPROM

Регістр адреси EEAR пам'яті EEPROM має довжину в два байта. Він знаходиться в області вводу/виводу за адресою \$1E (RAM:\$3E – молодший байт) та \$1F (RAM:\$3F – старший байт). Ці байти доступні для читання та запису. Після подачі сигналу скидання вони ініціалізуються нулями.

Для програмування або читання байта даних пам'яті EEPROM в регістр адреси EEAR повинен бути записаний відповідний адрес.

Регістр адреси EEDR пам'яті EEPROM знаходиться в області вводу/виводу за адресою \$1D (RAM:\$3D). Після подачі сигналу скидання вони ініціалізуються нулями.

В процесі запису в пам'ять EEPROM байт, який підлягає програмуванню завантажується в регістр EEDR. У процесі читання з пам'яті EEPROM в регістр EEDR записується вміст відповідного рядка EEPROM. Адреса в пам'яті EEPROM в обох випадках визначається по вмісту регістра EEAR.

Регістр адреси EEDR пам'яті EEPROM знаходиться в області вводу/виводу за адресою \$1C (RAM:\$3C). Після подачі сигналу скидання вони ініціалізуються нулями. У мікроконтролерах базової серії сімейства AVR використовуються лише розряди 0...1 або ж 0...2 регістра EECR (доступні для читання/запису). Інші

					ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

розряди компанія Atmel зарезервувала, і вони доступні лише для читання (завжди містять логічний 0).

В процесі запису в пам'ять EEPROM байт, який підлягає програмуванню завантажується в регістр EEDR. У процесі читання з пам'яті EEPROM в регістр EEDR записується вміст відповідного рядка EEPROM. Адреса в пам'яті EEPROM в обох випадках визначається по вмісту регістра EEAR.

4.3 Читання та запис в пам'яті EEPROM

Для управління процесом читання використовується розряд EERE. Після запису коректної адреси в регістр EEAR процес читання може бути активований встановленням розряду EERE в регістрі управління.

По закінченню зчитування розряду EERE апаратне забезпечення зчитує необхідний байт в регістр EEDR, після чого все нема необхідності знову опитувати розряд EERE, оскільки зчитування триває тільки один цикл такту системної синхронізації.

Перед початком операції читання програма користувача повинна постійно опитувати розряд EERE та чекати появи логічного 0. Якщо під час програмування пам'яті EEPROM в відповідний регістр вводу/виводу пам'яті EEPROM будуть записані нові адреси або данні, то процес програмування, який продовжується, буду перерваний та результат буде невизначеним.

Розряд EERE – це розряд управління процесом запису. Для запису байту в пам'ять EEPROM розряд EERE необхідно встановити в логічну одиницю, якщо в регістрі EEAR знаходиться коректна адреса пам'яті EEPROM, а в регістрі EEDR – байт даних, який підлягає програмуванню. Для запобігання ненавмисного запису в пам'ять EEPROM розряд EERE може бути встановлений тільки в тому випадку, якщо встановлений розряд EEMWE.

Для програмування пам'яті повинні бути виконані наступні дії:

- Дочекатися закінчення процесу програмування пам'яті EEPROM (якщо він активований), тобто, поки розряд EERE не повернеться в стан логічного 0;
- Записати нову адресу в регістр EEAR пам'яті EEPROM;
- Записати необхідний байт даних в регістр EEDR пам'яті EEPROM;
- Встановити розряд EEMWE в логічну одиницю;

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Протягом наступних чотирьох періодів системного такту після встановлення EEMWE в розряд EEWE повинна бути записана логічна одиниця. Тим самим буду запущений процес програмування.

По завершенню циклу програмування, розряд EEWE апаратно автоматично скидається в логічний нуль. Програма користувача повинна бути неперервно опитувати цей розряд, очікуючи появлення логічного нуля, перед тим, як приступити до програмування наступного байту.

Для запису одного байта в пам'ять EEPROM повинен також бути встановлена логічна одиниця в розряд EEMWE. Після того, як розряд EEMWE встановлений, рівень логічної одиниці в ньому зберігається протягом чотирьох періодів такту системної синхронізації, а потім буде виконане апаратне скидання в логічний нуль. Програма користувача може програмувати байт за допомогою запису логічної 1 в розряд EEWE тільки протягом цих чотирьох тактів системної синхронізації. Якщо буде встановлений розряд EEWE, але без встановлення розряду EEMWE, то процес програмування не буде початий.

4.4 Лістинг процесу програмування та читання пам'яті EEPROM

```
.include "353def.inc"
.equ AdrWr = $100           ; адреса, по якій буде виконане програмування
.equ AdrRd = $101         ; адреса, по якій повинно бути виконане читання
.def EErd = r0             ; байт, зчитаний із пам'яті EEPROM
.def EErdw = r16           ; байт, який підлягає програмуванню в пам'ять
.def Temp = r17            ; допоміжний регістр

RESET:
rjmp Initial              ; перехід до частини ініціалізації

EEWrite:                  ; **** Підпрограма «Запис в EEPROM»
sbic EECR, EEWE           ; якщо EEWE не логічний 0, то
rjmp EEWrite              ; чекати далі
ldi Temp, High(AdrWr)     ; старший байт адреси запису в EEPROM –
out EEARH, Temp           ; в регістр адреси
ldi Temp, Low(AdrWr)      ; молодший байт адреси запису в EEPROM –
out EEARL, Temp           ; в регістр адреси
```

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

out EEDR, EEdwr ; байт даних – в регістр даних
sbi EECR, EEMWE ; розряд EEMWE дозволяє програмування
sbi EECR, EEWE ; розряд EEWE встановлений: початок програм-ня
; команда виконується протягом 4-х тактів,
; оскільки затримка МК складає 2 такта

ret

EERead: ; **** Підпрограма «Читання EEPROM»
sbic EECR, EEWE ; якщо EEWE не логічний нуль, то
rjmp EERead ; чекати далі
ldi Temp, High(AdrRd) ; старший байт адреси читання EEPROM –
out EEARH, Temp ; в регістр адреси
ldi Temp, Low(AdrRd) ; молодший байт адреси читання EEPROM –
out EEARL, Temp ; в регістр адреси
out EEDR, EEdwr ; байт даних – в регістр даних
sbi EECR, EERE ; встановити розряд EERE – почати
; процес читання. Команда виконується 4
; такти, оскільки МК затримується на 2 такти.
in EErd, EEDR ; читання байта даних

ret

Initial:

ldi Temp, Low(RAMEND)
out SPL, Temp
ldi Temp, High(RAMEND)
out SPH, Temp ; встановити покажчик стека
ldi Temp, \$ff ; напрям передачі даних – вивід
out DDRA, Temp ; в регістр напряму передачі даних
ldi Temp, \$00 ; напрям передачі даних – введення
out DDRC, Temp ; в регістр напряму передачі даних
out PortC, Temp ; обрати вхід з трьома станами
in EEdwr, PinC ; завантажити байт даних із порту C
rcall EEWrite ; програмуємо байт за адресою #100
rcall EERead ; читання байту даних за адресою \$101
out PortA, EErd ; зчитаний байт передати в порт A

Підпрограма EEWrite за допомогою циклічного опитування розряду EEWE очікує готовності пам'яті EEPROM до нового програмування.

Підпрограма EERead за допомогою циклічного опитування розряду EEWE очікує закінчення процесу програмування.

Основна програма спочатку ініціалізує покажчик стеку та порти, які використовуються. Потім зчитується байт, присутній на виводі порту та записується за допомогою команди EEWrite за адресою \$100 пам'яті EEPROM. Згодом підпрограма EERead зчитує вміст осередку пам'яті за адресою \$101 в робочій регістр EEdrd. Цей байт в подальшому передається в порт A.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

ВИСНОВКИ

Виконуючи кваліфікаційну роботу бакалавра було проведено дослідження та аналіз джерел літератури, в процесі яких було визначено напрям роботи з проектування.

Спираючись на огляд літератури, було поставлено задачу розробити «Розумний» USB-хаб модемного пулу автоматизованої системи, який може якісно виконувати своє завдання використовуючи мінімум апаратних ресурсів.

Завдання розробки пристрою було вирішене шляхом аналізу типових USB-хабів, вивчення їх принципу дії, внутрішньої логіки та основних функцій, які вони виконують. На підставі чого, було прийняте рішення про внесення деяких апаратних і програмних рішень.

Виконуючи розробку пристрою було складено алгоритм роботи, створено схему електричну структурну та схему електричну принципову.

При створенні схеми електричної структурної було проведено аналіз та опис функцій, які виконує кожен окремий блок схеми. На основі перерахованих та описаних функцій було запропоновано технічне рішення по вибору елементної бази пристрою.

					<i>ЕліТ 6.171.00.10.414 ПЗ</i>	Аркуш
						49
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Писарець, А. В. Автоматизовані системи передачі показань від приладів обліку енергоносіїв. Частина 1 / Писарець А. В., Писарець Є. В. // Вісник КПІ. Серія Приладобудування : збірник наукових праць. – 2020. – Вип. 59(1). – С. 95–101. Доступно: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/40751>
2. Автоматизированные информационно-расчетные системы коммерческого и технического учета электроэнергии, системы управления электропотреблением предприятий [Электронный ресурс] – Доступно: http://www.tekhar.com/Production/Uchot/index_uchot.htm
3. Документація на AT43USB353M [Електронний ресурс] – Доступно: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/83715/ATMEL/AT43USB353M.html>
4. Документація на 24AA512 [Електронний ресурс] – Доступно: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/101595/MICROCHIP/24AA512.html>
5. Документація на AT43312A [Електронний ресурс] – Доступно: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/175063/ATMEL/AT43312A.html>
6. Документація на AT43312A [Електронний ресурс] – Доступно: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/74549/MICREL/MIC2526-2BM.html>
7. Ревич Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. – СПб.: БВХ-Петербург, 2008. – 384 с.
8. Белов А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств. – СПб.: Наука и Техника, 2016. – 544 с.
9. Paweł Borkowski Programowanie mikrokontrolerów AVR & ARM7 dla każdego. – Wydawnictwo HELION, 2010. – 530 с.
10. Introduction to Microcontroller Programming for Power Electronics Control Applications Coding with MATLAB® and Simulink® / Mattia Rossi, Nicola Toscani, Marco Mauri, Francesco Castelli Dezza // 2022. – 429 с.
11. The Introduction to Programmable Logic Controllers for Beginners / John Mulindi // 2020. – 81 с.
12. Гуртовцев А.Л. Избранные работы по АСКУЭ (1981–2009)–2018 – 606 с.
13. Кривоніс Ю.І. Застосування біноміальних чисел в адаптивних інформаційних системах / Бережна О.В., Борисенко О.А., Горішняк А.О., Кривоніс Ю.І., Юрченко В.І. // Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2022). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДу, 2022. – С.63

					ЕлІТ 6.171.00.10.414 ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Застосування біноміальних чисел в адаптивних інформаційних системах

Борисенко О.А., *професор*; Бережна О.В., *доцент*;

Горішняк А.О., *аспірант*; Кривоніс Ю.І., *студент гр. ЕС-81*;

Юрченко В.І., *студент гр. ЕС-81*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

В даний час актуальним завданням є розвиток методів кодування повідомлень як засобу підвищення ефективності роботи інформаційних систем із нестационарними каналами зв'язку.

Забезпечення необхідної достовірності передачі повідомлень у таких системах сьогодні досягається засобами завадостійкого кодування при виявленні та виправленні помилок. Однак при цьому зменшується швидкість передачі інформації. Підвищити її можна зменшенням надлишковості завадостійких кодових комбінацій, які підлягають передачі по каналу зв'язку в той час, коли завади невеликі. Компромід досягається при використанні завадостійких кодів, параметри яких мають можливість адаптуватись при зміні рівня завад. В якості таких кодів пропонується застосовувати біноміальні коди, які за своєю природою дозволяють змінювати в залежності від потужності завад власну завадостійкість і відповідно власну довжину. В результаті застосування таких кодів з'являється можливість забезпечити більш високу швидкість передачі інформації при достатньому рівні її завадостійкості. Наприклад, якщо вночі рівень завад буде незначним, то довжина кодів зменшиться, а вдень, якщо рівень завад підвищиться, то довжина кодових комбінацій збільшиться.

Перевагами таких кодових комбінацій, сформованих на базі біноміальних чисел, є невелика складність процедур виявлення помилок відносно до інших адаптивних завадостійких кодів. Параметрами цих чисел є довжина n і контрольне число k . Крім того, на основі біноміальних чисел можливе створення спеціалізованих пристроїв кодування та декодування з функцією самоконтролю, що дозволить підвищити надійність приймально-передавальної апаратури.

Таким чином, запропоновані методи та алгоритми адаптивного біноміального кодування та декодування є достатньо ефективними при впровадженні інформаційних систем зі змінним рівнем завад у каналах зв'язку.