

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ЕКТ

_____ **Анатолій ОПАНАСЮК**
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

зі спеціальності 171 «Електроніка»

освітньо-професійної програми «Електронні системи та компоненти»

на тему:

КОМУТАТОР ПАКЕТІВ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Здобувача групи ЕС.м-21 _____ Переяслова Андрія Олександровича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник, доцент, к.т.н., доцент Ольга БЕРЕЖНА

(підпис)

Консультант з техніко-економічної частини,
доцент, к.е.н., доцент Олександр МАЦЕНКО

(підпис)

Суми – 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ електроніки та інформаційних технологій

Кафедра _____ електроніки і комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки _____ 171 Електроніка

Освітня програма _____ Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою Опанасюк А.С.

" ____ " _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Переяслова Андрія Олександровича

- 1 Тема роботи: «Комутатор пакетів для локальної мережі»
затверджена наказом по університету «Об» листопада 2023р. №1233-VI.
- 2 Термін здачі студентом закінченої роботи: 14.12.2023.
- 3 Вхідні дані до роботи: Комутатор – управляючий, з функціями автоматичного обліку послуг. Кількість мережевих портів – 5. Передбачити наявність блоку динамічної фрагментації кадрів для забезпечення максимальної швидкості передачі файлів Vmax.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1) Огляд літератури та постановка задачі. 2) Науково-дослідна частина. 3) Розроблення електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4) Техніко-економічна частина.
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема алгоритму. 2. Схема електрична структурна. 3. Схема електрична функціональна. 4. Схема електрична принципова.

6 Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О.М.		

7 Дата видачі завдання 06.11.2023

8 Керівник _____ О.В. Бережна

9 Завдання прийняв до виконання А.О. Переяслов

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури	10.11.23	
2	Науково-дослідна частина	24.11.23	
3	Розроблення алгоритму роботи пристрою	25.11.23	
4	Розроблення структурної схеми пристрою	26.11.23	
5	Розроблення функціональної схеми пристрою	01.12.23	
6	Розроблення принципової схеми пристрою	04.12.23	
7	Техніко-економічна частина	12.12.23	
8	Оформлення пояснювальної записки	13.12.23	
9	Розроблення та оформлення графічної частини	14.12.23	
10	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	15.12.23	
11	Представлення роботи кафедрі для отримання рецензії	19.12.23	

Керівник кваліфікаційної роботи:

О.В. Бережна

Студент:

А.О. Переяслов

" _____ " _____ 2023 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 84 аркуша, 16 рисунків, 7 таблиць, 20 джерел літератури.

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

Пояснювальна записка містить сім розділів: огляд літератури і постановка задачі, науково-дослідну частину, розроблення схеми електричної структурної і схеми алгоритму роботи пристрою, розроблення електричної функціональної пристрою, розроблення схеми електричної принципової пристрою, розроблення програмного забезпечення пристрою, техніко-економічну частину.

Перший розділ містить короткий аналіз принципів роботи різного мережевого обладнання.

У другому розділі виконується порівняння кількох мережевих технологій за основними характеристиками, виконується оцінка впливу розміру кадрів на швидкість передачі даних.

У третьому розділі наводиться розроблення алгоритму роботи та структурної схеми комутатора.

Четвертий розділ присвячений розробленню схеми електричної функціонального пристрою, що розробляється.

П'ятий розділ присвячений розробленню схеми електричної принципової комутатора пакетів.

Шостий розділ присвячений розробленню програмного забезпечення проєктованого пристрою.

У сьомому розділі наводиться розрахунок повної собівартості та ціни розроблюваного пристрою.

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Огляд літератури і постановка задачі	7
1.1 Основні відомості	7
1.2 Основні функції обліку телекомунікаційних послуг, що автоматизуються	8
1.3 Мережеве обладнання	10
1.4 Технічні та функціональні можливості транзитних комутаторів	20
1.5 Постановка завдання	22
2 Науково-дослідна частина	24
2.1 Огляд мережевих технологій	24
2.2 Технологія Ethernet	27
2.3 Технологія Token Ring	29
2.4 Технологія FDDI	32
2.5 Порівняння мережевих технологій Ethernet, Token Ring і FDDI	34
2.6 Оцінка впливу розміру кадрів на швидкість передачі даних	39
3 Розроблення схеми електричної структурної і схеми алгоритму роботи пристрою	47
3.1 Функції та призначення пристрою	47
3.2 Розроблення схеми електричної структурної пристрою	49
3.3 Розроблення та опис схеми алгоритму пристрою	51
4 Розроблення електричної функціональної пристрою	55
5 Розроблення схеми електричної принципової пристрою	57

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Переяслов А.О.			Комутатор пакетів для локальної мережі	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		Бережна О.В.					3	84
<i>Реценз.</i>					Пояснювальная записка	СумДУ гр. ЕС.м-21		
<i>Н. Контр.</i>		Гапич В.М.						
<i>Затверд.</i>		Опанасюк						

5.1 Вибір елементної бази	57
5.2 Розробка схеми електричної принципової пристрою	57
5.2.1 Мікропроцесорний блок	57
5.2.2 Мережевий блок	62
5.2.3 Регістр-засувка	64
5.2.4 Блок пам'яті	65
6 Розроблення програмного забезпечення пристрою	68
7 Техніко-економічна частина	71
7.1 Розрахунок повної собівартості проектованого пристрою	71
7.2 Розрахунок ціни пристрою	79
Висновки	81
Список літератури.....	82

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

З моменту появи електронних обчислювальних машин (ЕОМ) постало питання передачі даних між окремими комп'ютерами і раціональному розподілі ресурсів ЕОМ. З розвитком апаратної та програмної бази комп'ютерів, еволюцією мережевих технологій було поставлено питання про ефективність передачі даних та управління ресурсами. У початковій стадії свого розвитку мережеві системи були створені насамперед з метою передачі даних у комерційних, військових та наукових сферах, проте з часом область застосування мереж значно розширилася.

В даний час використання комп'ютерних та локальних мереж стало невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, а їхня сфера застосування охоплює практично всі аспекти людської діяльності. Під комп'ютерною мережею мається на увазі сукупність обчислювальних машин, з'єднаних засобами передачі даних, що включає телекомунікаційні засоби [1].

На початку 1990-х у нашій державі почалось вибухове зростання кількості мереж загального користування, переважно організованих як приватні мережі спільних підприємств з участю великих телекомунікаційних операторів. Водночас активно збільшувався обмін інформацією із різними країнами.

На сьогоднішній момент із загальної кількості персональних комп'ютерів у світі велика частина комп'ютерів взаємодіє через комп'ютерні мережі загального користування. Усього існує близько кілька сотень великих територіальних мереж у світі, причому більше половини користувачів користується мережею Інтернет.

Телекомунікаційних операторів можна розділити на два типи: розпорядників інформаційних «первинних» каналів та тих, хто оплачує орендовані у розпорядників інформаційні канали зв'язку. Для оплати інформаційних каналів потрібно вести облік і тарифікацію, що здійснюється системами автоматичного обліку послуг (білінгу) [2].

На сьогоднішній день безліч мережевого обладнання переходить на новий рівень, стаючи дистанційно керованим. Це відкриває нові можливості, дозволяючи проводити як стандартні операції перезавантаження обладнання, так й складніші завдання, які пов'язані з моніторингом статистики та забезпеченням працездатності обладнання.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		5

Не менш важливою проблемою є швидкість передачі даних, особливо при перетині границь між мережами, побудованими за допомогою різних мережевих технологій. На даний час існують два основні методи узгодження різних технологій: обмеження максимального розміру кадру та використання міжмережевих екранів, які виконують фрагментацію кадрів [3].

У зв'язку зі стрімким розвитком локальних мереж, коли кількість абонентів зростає з кожним днем, оператори мереж можуть зіткнутися з проблемою якісного контролю та тарифікації послуг, що надаються. Впровадження функції автоматичного обліку послуг безпосередньо на комутаторі допоможе вирішити цю проблему і, ймовірно, стане новим етапом розвитку як мережевого устаткування, а й систем тарифікації.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		6

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Основні відомості

Широке поширення комп'ютерів є важливим стимулом для технічного прогресу та стрімкого розвитку людства загалом в сучасному світі. Однак, через безперервний перебіг часу і постійного руху вперед, недостатньо обмежуватися використанням ресурсів тільки того комп'ютера, який знаходиться, наприклад, вдома або в офісі. Саме звідси виникла потреба у поєднанні ресурсів різних комп'ютерів, компаній, інтернет-провайдерів тощо. Ця невідкладна потреба стала двигуном, що зближує комп'ютери окремих користувачів локальної мережі, які потім об'єднуються в регіональні, а регіональні, своєю чергою, формують глобальні мережі [2, 4].

Те, що в результаті виникло в результаті цього процесу, називається мережею у найширшому значенні цього слова, і сьогодні це явище викликає інтерес. На поточному етапі розвитку та використання локальних обчислювальних мереж особливо актуальними стають питання оцінки продуктивності та якості таких мереж та їх компонентів, а також оптимізації вже існуючих або запланованих до створення локальних обчислювальних мереж, включаючи комутатори, маршрутизатори та концентратори.

В даний час, коли локальні обчислювальні мережі стали невід'ємною частиною інформаційних стратегій багатьох організацій, недостатня увага до оцінки потужності локальних обчислювальних мереж та їх технічних складових призвела до того, що для підтримки сучасних додатків в архітектурі клієнт-сервер багато існуючих мереж треба переглядати, й в багатьох випадках замінювати застарілу елементну і технічну базу [5].

Ефективність та пропускну здатність локальної обчислювальної мережі залежать від ряду факторів, включаючи вибір серверів та робочих станцій, каналів зв'язку, мережевого обладнання (такого як комутатори), протоколу передачі даних, операційних систем та їх конфігурацій, розподілу файлів баз даних по серверам, організації розподіленого обчислювального процесу, а також питань безпеки, обслуговування та відновлення у випадках відмов та збоїв. Щодня мережевий зв'язок стає все більш комп'ютеризованим, і вже через кілька

років старі методи та засоби зв'язку відійдуть у минуле, поступившись місцем мережевим електронним комунікаціям.

Існує безліч критеріїв для класифікації мереж, проте основним є спосіб адміністрування. Залежно від способів організації та управління комп'ютерної / телекомунікаційної мережі можуть бути локальними, розподіленими, міськими або глобальними. Локальна обчислювальна мережа (LAN) охоплює відносно невелику територію, таку як будинок, офіс чи фірма. Також існують локальні мережі, вузли яких географічно віддалені на відстань понад 12500 км, такі як космічні станції та орбітальні центри. Глобальна обчислювальна мережа (WAN) охоплює великі території і містить у своєму складі десятки та сотні тисяч комп'ютерів [5, 6].

Глобальні обчислювальні мережі відіграють важливу роль, поєднуючи різні мережі та забезпечуючи взаємодію користувачів та комп'ютерів у будь-якому куточку світу. Прекрасним прикладом такої мережі є Інтернет. Для з'єднання комп'ютерів використовуються різні середовища доступу, такі як мідні провідники, оптичні кабелі та радіоканали. Дротові зв'язки встановлюються через Ethernet, бездротові через Wi-Fi, Bluetooth, GPRS та інші технології. Окремі локальні мережі можуть мати шлюзи з іншими локальними мережами і бути частиною глобальної обчислювальної мережі (наприклад, Internet) або бути підключені до неї.

У наш час незрівнянно важливим став аспект тарифікації послуг у локальних та глобальних мережах. Немає жодної локальної мережі, а тим паче глобальної мережі, яка б функціонувала без ефективної системи тарифікації наданих сервісів. Для обліку та оцінки послуг широко застосовуються сучасні білінгові системи [7].

1.2 Основні функції обліку телекомунікаційних послуг, що автоматизуються

Білінг (від англійського слова «billing» - складання рахунку) є автоматизованою системою обліку наданих послуг, тарифікації та виставлення рахунків для оплати, що застосовується в різних сферах бізнесу, особливо в телекомунікаціях.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		8

Білінгова система є комплексом автоматизованих інструментів, що дозволяють досить точно обчислювати вартість послуг для кожного клієнта мережі. Ключовим елементом цієї системи є зберігання інформації про усі тарифи та додаткові послуги, які використовуються операторами для виставлення рахунків абонентам та проведення взаєморозрахунків з іншими постачальниками послуг [8].

Основні функції білінгових систем включають тарифікацію всіх викликів та інших дій абонента, ведення балансу на основі нарахувань і здійснених платежів, а також формування відповідних документів, таких як рахунки, деталізації та інше.

Схема організації білінгу не є дуже складною: інформація про з'єднання, тривалість і місцезнаходження записується комутатором, після чого передається до розрахункової системи (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Структура білінгової системи

Розрахункова система містить усі можливі тарифи та послуги. Далі відбувається ідентифікація належності виклику до конкретного тарифу, виконання необхідних розрахунків й, таким чином, формування рахунків для абонентів.

У цій системі обов'язково повинна зберігатися не тільки інформація про специфікації, тарифи та послуги, а й дані про клієнтів, укладені контракти з абонентами та взаємовідносини зі сторонніми постачальниками послуг зв'язку. Також необхідно враховувати інформацію про вартість передачі даних різними каналами та напрямками. Проте ключовим елементом розрахункової системи є збереження історії платежів та виставлених рахунків всім клієнтів. Ці відомості є необхідними для ефективного контролю за оплатою та деталізацією викликів на вимогу клієнта [8].

Очевидно, що жодна мережа не зможе функціонувати без мережевої апаратури, яка виконує ключову роль у передачі даних.

1.3 Мережеве обладнання

Мережеве обладнання включає різні пристрої, що є необхідними для функціонування комп'ютерних мереж, такі як маршрутизатори, комутатори, концентратори й патч-панелі. Зазвичай виділяють два основні типи мережевого обладнання: активне та пасивне.

Активне мережне обладнання (АМО) має інтелектуальні функції, що дозволяє йому зчитувати інформацію із заголовку кадру даних, таку як MAC-адреси або типи протоколів передачі. Прикладами активного мережевого обладнання є такі мережеві пристрої як маршрутизатори та комутатори, які виробляють рішення на основі цієї інформації. Управляючі комутатори також відносяться до активного обладнання [9,10].

Пасивне мережне обладнання, навпаки, працює тільки з електричними сигналами і не використовує інформацію з даних, що передаються. До пасивного обладнання відносяться, наприклад, комутаційні панелі, повторювачі та концентратори.

Комутаційна панель (punch-down panel) призначена для з'єднання комунікаційного обладнання в монтажних шафах із кабелями від робочих станцій. Вони забезпечують зручність створення телекомунікаційної мережі, дозволяючи швидко перемикати з'єднання робочих станцій з концентраторами або маршрутизаторами [5].

Повторювач (repeater) виконує підсилення сигналу і збільшення відстані передачі. Концентратор (hub) є багатопортовим повторювачем, який транслює

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		10

сигнал на всі порти. Концентратори надають різні способи підключення пристроїв до мережі.

До активного мережевого обладнання належать маршрутизатори, комутатори та мости, які виконують різні функції в управлінні та напрямку даних у мережі.

Міст (bridge) являє собою пристрій, який поєднує функції повторювача та аналізатора кадрів мережевих даних. У процесі роботи мосту відбувається вилучення інформації із заголовка кадру, аналіз MAC-адрес джерела та одержувача кожного кадру, а також визначення розташування всіх мережевих пристроїв щодо мосту [7].

Однією з ключових функцій мосту є створення таблиці MAC-адрес для кожного порту. Ця таблиця дозволяє мосту ефективно керувати трафіком в телекомунікаційній мережі, визначаючи, до якого порту приєднаний конкретний пристрій. Таким чином, міст сприяє оптимізації процесу передачі даних у мережі, враховуючи розташування пристроїв та запобігаючи поширенню непотрібного трафіку (рис. 1.2) [3].

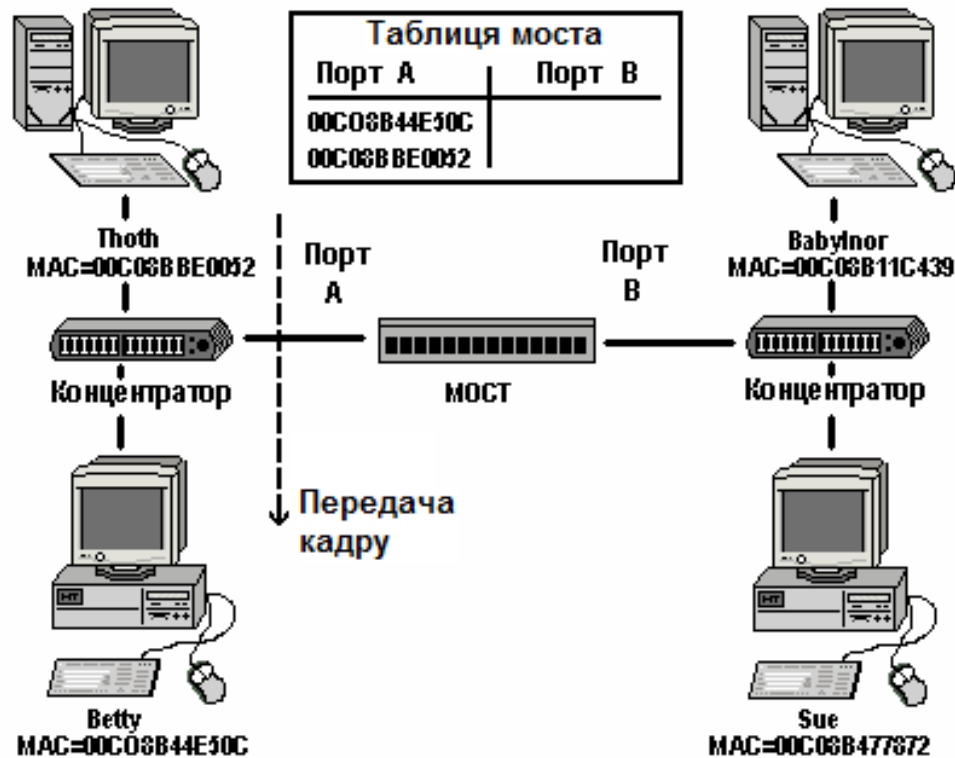


Рисунок 1.2 – Схема роботи мережевого моста

Комутатор є пристроєм, що поєднує функції концентратора і моста, забезпечуючи ефективну передачу даних в комп'ютерній / телекомунікаційній мережі. Цей вид мережевого обладнання поєднує у собі посилення сигналу, яке є характерним для концентратора, й інтелектуальну обробку даних, яка є властивістю мосту.

На відміну від концентратора, який розсилає трафік від одного пристрою до решти інших пристроїв мережі, комутатор направляє дані тільки до того пристрою, для якого вони призначені. Це дозволяє знизити завантаження сегментів мережі, уникнути непотрібного поширення трафіку та підвищити продуктивність та безпеку мережі [11].

Комутатор працює на каналному рівні моделі OSI, аналізуючи MAC-адреси пристроїв. Він зберігає в пам'яті таблицю, яка визначає відповідність MAC-адрес пристроїв їх портам на комутаторі. Це дозволяє комутатору спрямовувати дані лише на відповідний порт, покращуючи локалізацію трафіку в мережі.

Перевага комутатора перед концентратором полягає у підвищенні пропускної здатності мережі, оскільки він здатний обробляти дані паралельно з використанням кількох внутрішніх процесорів. Це робить комутатор ефективним мережевим пристроєм, здатним забезпечувати високу продуктивність під час обробки пакетів даних.

У 1990 році компанія Kalpana запропонувала технологію комутації сегментів Ethernet, що стало відповіддю на зростаючу потребу підвищення пропускної спроможності зв'язків між високопродуктивними серверами та сегментами робочих станцій. Ця інноваційна технологія, яка заснована на відмові від окремих (виділених) ліній зв'язку між усіма вузлами сегмента, запропонувала використання комутаторів, здатних обробляти пакети даних між усіма парами портів сегмента одночасно [11].

Багатопортовий комутатор функціонально діє як багатопортовий міст на каналному рівні моделі взаємодії «відкритих» систем OSI, проводячи аналіз заголовків кадрів, будуючи адресну таблицю та перенаправляючи кадри відповідно до цієї таблиці. Основне нововведення полягає в паралельному обробленні кадрів, що надходять, на відміну від мосту, який обробляє кадр за кадром. Комутатор зазвичай обладнаний кількома внутрішніми процесорами обробки кадрів, кожен з яких здатний виконувати алгоритм моста. Це дозволяє

вважати комутатор мультипроцесорним мостом із високою продуктивністю, що забезпечується внутрішнім паралелізмом.

На структурній схемі комутатора EtherSwitch, що був запропонований компанією Kalraa, кожен порт обслуговується процесором пакетів Ethernet (EPP) (рис. 1.3) [12].

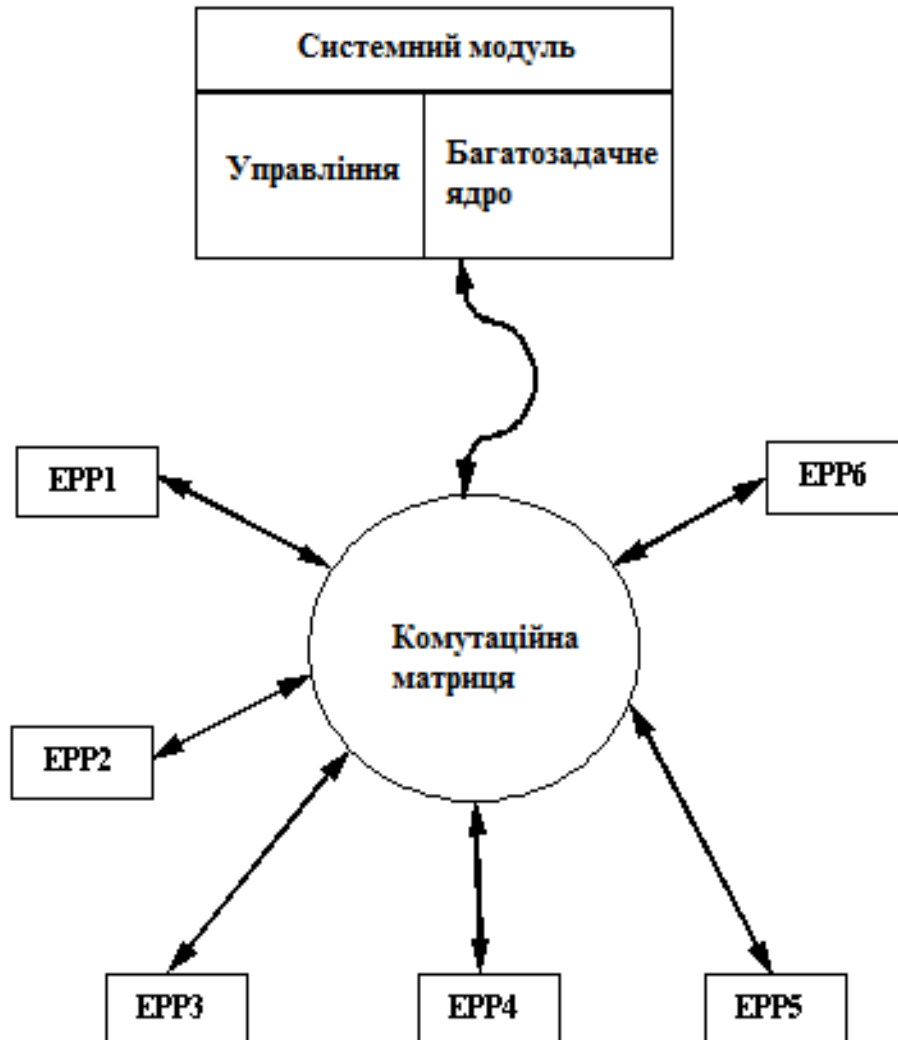


Рисунок 1. 3 - Структура комутатора Kalraa

Додатково, такий комутатор містить системний модуль, який координує роботу усіх його процесорів EPP. Системний модуль відповідає за ведення загальної адресної таблиці комутатора та забезпечує керування ним за протоколом SNMP [10].

Для ефективної передачі кадрів між портами комутатора використовується комутаційна матриця, аналогічна до тієї, яка застосовується в телефонних комутаторах або мультипроцесорних комп'ютерах, де процесори з'єднані з різними модулями пам'яті.

У момент прийому кадру, коли вихідний порт знаходиться у вільному стані, затримка між прийомом першого байту кадру комутатором та появою цього байту на виході порту адреси призначення становила всього 40 мкс у комутатора від компанії Kalpana. Цей показник значно менший, ніж затримка при передачі кадру через міст.

Технологія передачі кадрів без повної буферизації отримала назву «комутація на льоту» або «навиліт» («cut-through»). Важливим аспектом підвищення продуктивності мережі під час використання комутатора є паралельна обробка кількох кадрів. Деякі компанії розвивають технологію комутації, прагнучи покращити продуктивність інших технологій локальних мереж, таких як Token Ring та FDDI [13].

Основою технології комутації є алгоритм роботи прозорого моста, й тому принцип комутації залежить від методу доступу, формату пакета та інших деталей кожної технології. Комутатор вивчає адреси кінцевих вузлів мережі на основі трафіку, що проходить через нього, будує адресну таблицю мережі й, ґрунтуючись на цій таблиці, виконує міжкільцеві передачі в мережах Token Ring або FDDI. Принцип роботи комутатора в мережах будь-яких технологій залишається незмінним, незважаючи на відмінності у внутрішній організації пристроїв різних виробників.

Однією з переваг використання комутатора є його зручність в експлуатації, оскільки цей пристрій здатний до самонавчання. Якщо адміністратор не перевантажує його додатковими функціями, не потрібно проводити складну конфігурацію. Достатньо буде правильно підключити кабельні роз'єми до портів комутатора, й далі пристрій самостійно намагається ефективно виконувати своє основне завдання - підвищення продуктивності мережі.

Сучасний ринок комутаторів пропонує різноманітні моделі різних класів. Розглянемо деякі популярні типи комутаторів, кожен з яких призначений для певних областей застосування [11].

Класифікація комутаторів містить наступні категорії:

- настільні комутатори;
- комутатори робочих груп;
- комутатори відділів;
- магістральні комутатори (корпоративні комутатори).

Кожен з цих комутаторів має свої характерні особливості.

Настільні комутатори:

- мають фіксовану кількість портів;
- усі порти працюють на одній швидкості;
- застосовується організація однорангових зв'язків високошвидкісних робочих станцій;
- працюють у режимі комутації «на льоту»;
- найчастіше не включають модуль управління SNMP і не підтримують алгоритм Spanning Tree.

Комутатори робочих груп:

- мають, як мінімум, один високошвидкісний порт (FDDI, Fast Ethernet, ATM);
- транслиують протоколи;
- зазвичай керовані SNMP і підтримують алгоритм Spanning Tree.

Комутатори, що призначені для відділів і центрів обробки даних, мають такі характеристики:

- мають модульне виконання;
- підтримують кілька протоколів;
- включають вбудовані засоби забезпечення відмовостійкості, такі як надлишкові джерела живлення;
- оснащені фільтрами користувача;
- підтримують створення віртуальних сегментів.

Приклад такого комутатора є SMC ES/1.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		15

Комутатори, що призначені для магістралей будівель та кампусів, характеризуються такими особливостями:

- мають шасі з великою кількістю слотів (10-14);
- мають внутрішню пропускну здатність від 1 до 10 Гбіт/с;
- підтримують 1-2 протоколи маршрутизації (локальні інтерфейси) на формування віртуальних мереж.

Приклад такого комутатора є Catalyst 5000 від компанії Cisco Systems. Цей комутатор є високопродуктивною та багаторівневою платформою, забезпечуючи можливість створення виділених з'єднань у мережі Ethernet зі швидкостями 10 і 100 Мбіт/с, а також взаємодії з FDDI та ATM. Шасі Catalyst 5000 обладнано 5 роз'ємами, в один з яких встановлюється модуль управління Supervisor Engine, який забезпечує керування матрицею, що комутується, з пропускнуою здатністю більше 1 мільйона пакетів в секунду. Модуль також підтримує функції локального та віддаленого керування та включає два порти Fast Ethernet для з'єднання серверів або каскадування пристроїв Catalyst 5000 [14, 15].

Комутатор Catalyst 5000 відрізняється гнучкістю, дозволяючи використовувати роз'єми, що залишилися, для установки різних модулів, включаючи:

- модулі з 24 портами 10Base-T;
- модулі із 12 портами 10Base-FL;
- модулі з 12 портами 100Base-TX;
- модулі з 12 портами 100Base-FX;
- модулі з 1 портом DAS CDDI/FDDI (не більше 3 модулів у шасі);
- модулі з 1 портом 155 Мб/с ATM (не більше 3 модулів у шасі).

Структура комутатора Catalyst 5000 наочно наведена на рисунку 1.4.

Пристрій Catalyst 5000 відрізняється своєю масштабованістю, здатністю підтримувати до 96 комутованих портів Ethernet і до 50 комутованих портів Fast Ethernet в одному екземплярі. Цей пристрій має функціонал формування віртуальних мереж як усередині самого Catalyst 5000, так й для кількох таких пристроїв, заснованих на групуванні портів. Створення до 1000 віртуальних мереж стає можливим для кількох пристроїв Catalyst 5000, які з'єднані через інтерфейси Fast Ethernet, CDDI/FDDI або ATM [16].

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		16

передачу інформації навіть за умови максимального навантаження телекомунікаційної мережі [5, 9].

Основні функції та переваги комутатора EliteSwitch ES/1 від корпорації SMC (яка в даний час є підрозділом компанії Cabletron) роблять його видатним інструментом для організації внутрішніх магістралей у мережах середніх діаметрів. Цей комутатор був розроблений з урахуванням ефективного поєднання високопродуктивних технологій Ethernet / Token Ring / FDDI та функцій локального маршрутизатора. Такий пристрій дозволяє створювати віртуальні мережі IP та IPX, які засновані на комутованих робочих групах, усередині яких реалізовані функції switching та internetworking. Отже, в одному пристрої поєднуються всі необхідні компоненти для побудови структурованої локальної мережі з високошвидкісною внутрішньою шиною [5].

EliteSwitch ES/1 відрізняється підтримкою технологій Fast EtherChannel і Gigabit EtherChannel, які об'єднують до 4 портів Fast Ethernet або Gigabit Ethernet, забезпечуючи єдине стійке до відмови з'єднання з вражаючою пропускною здатністю в 800 Мбіт/с і 8 Гбіт/с відповідно.

Застосування протоколу Cisco Virtual Trunking Protocol (VTP) дає можливість динамічного створення віртуальних мереж та автоматичного налаштування мережевих магістралей. Крім того, підтримка всіх розширених функцій Cisco IOS™ для локальних мереж, а також гарячої заміни модулів, що дозволяє додавати, видаляти або замінювати будь-який із модулів без припинення роботи мережевого пристрою, роблять ES/1 гнучким і надійним рішенням [7].

Архітектура комутатора типу ES/1 є комутованою та масштабованою від 8,6 Гбіт/с до 50 Гбіт/с й вище, забезпечуючи високу продуктивність та гнучкість відповідно до зростаючих вимог до комп'ютерних мереж. У таблиці 1.1 наведено аналіз функціональних можливостей різних типів комутаторів для більш детального огляду.

Маршрутизатор - це багатофункціональний багатопортовий пристрій, що здійснює пересилання кадрів на основі протоколу і мережевої адреси, що робить його важливим компонентом для ефективної роботи великих мереж. Його застосування знаходить особливий сенс у створенні функціонування великих мереж [2, 6, 12].

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		18

Таблиця 1.1 - Функціональні можливості комутаторів

№ п/п	Функції	Комутатор Catalyst 5000	Комутатор ES/1	Комутатор CoreBuilder 3500
1	2	3	4	5
1	Групування портів	+	+	-
2	Групування MAC-адрес	+	+	+
3	Підтримка IP та IPX маршрутизації (RIP)	+	-	+
4	Внутрішня маршрутизація	+	+	-
5	Фільтрування ширококомовного шторму	+	+	+
6	Перевірка цілісності пакета	+	+	+
7	Захист від поганих кадрів	+	+	+
8	Підтримка алгоритму Spanning Tree	+	+	+
9	Пріоритетне опрацювання кадрів	+	-	+
10	Підтримка віртуальних мереж	+	+	+

Важливим аспектом в мережевій інфраструктурі є категорія керованого мережевого обладнання. Цей клас пристроїв є «розумним» обладнанням, що має цілу низку характеристик. Серед ключових функцій такого обладнання виділяються можливість моніторингу всього пристрою та окремих портів, ведення статистики, віддалений контроль, прості механізми дистанційного перезавантаження пристрою, керування індивідуальними портами, а також присвоєння пріоритетів користувачам [15].

Типовими представниками даного класу пристроїв є керовані комутатори 2-4 рівня, обладнання для бездротових мереж Wi-Fi, а також мультисервісні та транзитні комутатори. Їхнє використання сприяє більш гнучкому та ефективному управлінню комп'ютерною / телекомунікаційною мережею, покращуючи її загальну продуктивність [16].

1.4 Технічні та функціональні можливості транзитних комутаторів

Транзитний комутатор ЮНІТ представляє інтегрований програмно-апаратний комплекс, призначений для використання як вузла автоматичної комутації каналів з широким спектром функцій, включаючи маршрутизацію та тарифікацію, а також перетворення сигналізації цифрових потоків, виступаючи в ролі ядра цифрової автоматичної станції (АТС) [16, 17].

Основними складовими транзитного комутатора ЮНІТ є комутаційне обладнання та РС-платформа з програмним забезпеченням. Ці компоненти забезпечують можливість конфігурації, маршрутизації, обліку з'єднань та розрахунку вартості наданих послуг.

Серед функціональних можливостей транзитного комутатора виділяються наступні:

- функції комутації та маршрутизації;
- функції управління та експлуатаційного контролю;
- функції обліку та тарифікації.

Функції комутації та маршрутизації включають:

- перетворення протоколів сигналізації;
- модифікацію номерів абонентів;
- маршрутизацію дзвінків з урахуванням різних параметрів;
- створення напівпостійних з'єднань.

Функції управління та експлуатаційного контролю:

- конфігурування портів;
- моніторинг стану портів у режимі реального часу;
- керування етапами встановлення з'єднання;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		20

- налаштування маршрутизації.

Функції обліку та тарифікації передбачають:

- реєстрацію всіх з'єднань та відмов у них;
- реалізацію тарифікації «на льоту»;
- відкладеної тарифікації;
- надання відповідної розрахункової інформації.

До технічних характеристик транзитних мережевих комутаторів належать наступні [18]:

- підтримка цифрових потоків E1 з пропускнуою здатністю 2048 кбіт/сек (згідно з рекомендацією ITU-T G703) та різними протоколами сигналізації, включаючи такі протоколи, як 2BCK, R2D, ISDN PRI (EDSS1, QSIG), OKC-7;
- максимальна кількість потоків E1, що підключаються, до 128;
- можливості маршрутизації з обробкою до 4096 вихідних напрямків;
- підтримка до 99 пучків сполучних ліній (трансгруп);
- гнучкість у поєднанні з різними фізичними лініями зв'язку, включаючи струмопровідні (мідні кабелі) та оптоволоконні;
- робота в режимі цілодобової та необслуговуваної експлуатації.

На поточному етапі розвитку мережевого обладнання та технологій можна реалізувати всі основні функції білінгових систем при використанні апаратних або апаратно-програмних комплексів.

На сьогоднішній день програмні рішення займають домінуючі позиції у сфері тарифікації телекомунікаційних послуг, тоді як програмно-апаратні комплекси, такі як програмні комутатори Softswitch та мультисервісні транзитні комутатори від Unitel, займають відносно невелику частку. Це обладнання призначене для забезпечення доступу абонентів до мережі, тарифікації трафіку, обліку активності користувача, ведення мережевого журналу та забезпечення резервування мережевих даних [19].

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		21

1.5 Постановка завдання

На основі проведеного аналізу існуючих пристроїв та додатків у галузі телекомунікаційних мереж, виявлено як позитивні, так й негативні сторони існуючих рішень. Для задоволення вимог сучасних мережевих середовищ, доцільно розробити керований комутатор з автоматичним обліком послуг, який має наступні характеристики:

1. Кількість мережних портів: Пропонується оснастити пристрій п'ятьома мережними портами, що забезпечить достатню кількість підключень для широкого спектру мережевих пристроїв.
2. Процесор для керування інтерфейсами: Одинарний процесор, що здійснює керування інтерфейсами, сприятиме більш зручній установці та експлуатації пристрою. Це дозволить знизити складність конфігурації кінцевих користувачів.
3. Блок динамічної фрагментації кадрів: Використання блоку динамічної фрагментації кадрів дозволить максимізувати швидкість передачі файлів, забезпечуючи ефективне використання пропускної спроможності мережі та зниження часу затримки під час передачі даних.
4. Автоматичний облік послуг: Важливою характеристикою пристрою є функціональність автоматичного обліку послуг, що дозволить операторам мережі ефективно моніторити та фіксувати споживання послуг користувачами, забезпечуючи більш гнучку тарифікацію та керування мережевими ресурсами.
5. Простота інсталяції та експлуатації: Розроблений комутатор повинен надавати зручні засоби встановлення та експлуатації, мінімізуючи складності для кінцевих користувачів та адміністраторів мережі.

Такий керований комутатор повинен поєднувати передові технології, забезпечуючи ефективне функціонування в сучасних телекомунікаційних мережах і відповідаючи на запити щодо підвищення продуктивності та керованості мереж.

Проектований пристрій повинен мати безліч ключових функцій, що забезпечують ефективне управління та моніторинг у телекомунікаційних мережах:

- тарифікацію послуг, що надаються;

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		22

- створення журналів користувачів;
- ведення мережевого журналу комутатора;
- резервування даних;
- віддалене управління.

Ці функції у сукупності дозволять пристрою ефективно взаємодіяти з телекомунікаційним середовищем, надаючи операторам мережі всі необхідні засоби управління та підтримки високої продуктивності мережі.

В процесі роботи необхідно виконати наступне:

1. Проаналізувати різні мережеві технології.
2. Оцінити вплив розміру кадру на швидкість передачі даних.
3. Розробити алгоритм функціонування комутатора пакетів для локальної мережі.
4. Розробити схему електричну структурну комутатора.
5. Розробити схему електричну функціональну пристрою.
6. Розробити схему електричну принципову пристрою.
7. Розрахувати собівартість та ціну комутатора пакетів для локальної мережі.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		23

2 НАУКОВО – ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд мережевих технологій

Мережева технологія, також відома як мережева архітектура, є узгодженим набором стандартних протоколів та відповідних їм програмно-апаратних засобів, необхідних для побудови локальних обчислювальних мереж. Ці технології, які іноді називають базовими технологіями, визначають ключові аспекти мереж, включаючи топологію, методи доступу, кабельну систему, формат кадрів, тип кодування сигналів та швидкість передачі даних.

Мережева технологія є сукупністю двох ключових компонентів: мережевих протоколів і відповідної мережевої апаратури, що забезпечує функціональність цих протоколів. Протокол, своєю чергою, є набір «правил», з яких комп'ютери, що взаємодіють між собою у мережі, можуть здійснювати з'єднання між собою та обмінюватися інформацією. Таким чином, ці два компоненти тісно взаємодіють для забезпечення ефективної роботи локальних мереж. Апаратні засоби забезпечують фізичну основу для передачі даних, у той час як мережеві протоколи визначають норми та правила взаємодії, забезпечуючи надійний та узгоджений зв'язок між пристроями у мережі [19].

Таким чином, мережева архітектура визначає наступні параметри мережі, які вимагають розуміння ефективного освоєння структури комп'ютерної / телекомунікаційної мережі.

1. Швидкість передачі. Визначає кількість інформації, яка вимірюється в бітах, яка може бути передана через мережу за одиницю часу.
2. Формат мережевих кадрів. Описує структуру пакетів інформації, про кадрів, переданих через мережу. Мережеві кадри в різних мережевих технологіях мають різні формати пакетів інформації, що передаються.
3. Тип кодування сигналів. Встановлює метод перетворення інформації з цифрового виду в електричні імпульси, за допомогою яких інформація передається по каналах зв'язку в мережі.
4. Середовище передачі. Матеріал (наприклад, кабель), яким передається потік інформації від джерела інформації до приймача.
5. Топологія мережі. Принцип, що описує взаємозв'язок комп'ютерів у мережі, де кабелі представляють «ребра», а комп'ютери - «вершини»

графу мережі. Сьогодні особливо поширені кільцева, шинна та зіркоподібна топології.

6. Метод доступу до середовища передачі даних. Включає детермінований, випадковий і пріоритетний методи, що визначають, яким чином комп'ютери отримують доступ до середовища. Детермінований метод, який часто застосовується в мережевій технології, здійснює розподіл часу використання середовища, по якому передається інформація, між усіма комп'ютерами в мережі з використанням спеціального алгоритму. Цей метод забезпечує стійкий і передбачуваний розподіл доступу до мережевого середовища усіх вузлів мережі. На противагу йому випадковий метод доступу передбачає змагання між комп'ютерами за доступ до мережі, що може призвести до недоліків, таких як втрата частини інформації, що передається через зіткнення пакетів даних у мережі. Одним з основних недоліків випадкового методу є можливість конфліктів та зіткнень у процесі передачі даних, що в кінцевому підсумку призводить до втрати частини інформації. У цьому випадку пріоритетний метод доступу є рішенням, де найбільший обсяг інформації надається встановленій пріоритетній станції. Цей підхід дозволяє ефективно керувати потоками даних, надаючи більш високий пріоритет певним вузлам у мережі та знижуючи ризик можливих зіткнень.

Набір цих параметрів визначає технологію мережі.

На даний момент існує безліч різних мережевих технологій, що представляють різноманітні підходи до побудови та управління локальними обчислювальними мережами [2, 5].

У світовому масштабі можна виділити близько десятка ключових мережевих технологій, кожна з яких має свої характерні особливості та застосування у різних галузях. Основними з них є наступні.

1. Технологія Ethernet. Це одна з найпоширеніших і найширше й найчастіше використовуваних технологій локальних обчислюваних мереж. Ethernet визначає способи фізичного та логічного з'єднання комунікаційних і кінцевих пристроїв у мережі.

2. Технологія Wi-Fi (бездротові мережі). Технологія, що дозволяє бездротово з'єднувати пристрої в мережі, забезпечуючи мобільність та зручність їхнього підключення.
3. Технологія Token Ring. Технологія, в якій мережеві пристрої передають один одному спеціальну послідовність символів, яка носить назву «маркер» (токен), який надає право передачі даних певному вузлу мережі.
4. Технологія FDDI (Fiber Distributed Data Interface). Мережева технологія, що використовує оптоволокно для передачі даних по мережі, забезпечуючи високу пропускну спроможність.
5. Технологія ATM (Asynchronous Transfer Mode). Технологія, яка використовує передачу даних у вигляді комірок фіксованого розміру, що забезпечує ефективне керування трафіком у мережі.
6. Технологія Fast Ethernet та Gigabit Ethernet. Розширення стандарту Ethernet, що забезпечує високі швидкості передачі даних в таких мережах.
7. Технологія Bluetooth. Бездротова технологія, що орієнтована на короткі дистанції, яка часто використовується для підключення пристроїв мережі поблизу один одного.
8. Технології мережі стільникового зв'язку (3G, 4G, 5G). Технології мобільного зв'язку, які надають високу мобільність та доступ до мережі з різних місць.
9. Технологія SONET/SDH (Synchronous Optical Networking / Synchronous Digital Hierarchy). Стандарти передачі високошвидкісних даних по оптоволокну.

Ці технології надають різноманітні можливості для організації сучасних комунікаційних мереж, та їх вибір залежить від конкретних вимог, характеристик мережі та цілей її використання [8].

Ці технології грають ключову роль у побудові сучасних мереж, та їх вибір залежить від вимог для конкретного застосування. У сучасних локальних обчислювальних мережах сьогодні вельми поширені такі технології або мережеві архітектури, як Ethernet, Token-Ring, FDDI.

Розглянемо найпоширеніші та найпопулярніші з них.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		26

2.2 Технологія Ethernet

Ethernet є провідним і найбільш широко застосовуваним стандартом у сфері локальних мереж, охоплює величезну кількість мереж. Сумарна кількість мереж, які працюють за технологією Ethernet, становить близько 5 мільйонів. Кількість комп'ютерів, оснащених мережевими адаптерами Ethernet, становить приблизно 50 мільйонів.

Поняття Ethernet, у загальному сенсі, охоплює різні варіанти цієї технології. У вузькому значенні Ethernet - це мережевий стандарт, який базується на експериментальній мережі Ethernet Network, розробленої та впровадженої фірмою Херох в 1975 році. Метод доступу, який використаний в технології Ethernet, був випробуваний задовго до цього в радіомережах Гавайського університету в другій половині 60-х років, де застосовувалися різні варіанти випадкового доступу до загального середовища, та отримали загальну назву мереж Aloha [10].

У 1980 році компанії DEC, Intel та Херох спільно розробили та опублікували стандарт Ethernet версії II для мереж, побудованих на коаксіальних кабелях. Цей стандарт став останньою версією фірмового стандарту Ethernet і часто позначається як Ethernet DIX або Ethernet II. На основі стандарту Ethernet DIX був створений стандарт IEEE 802.3, який, незважаючи на схожість з попереднім варіантом стандарту, має деякі відмінності.

У IEEE 802.3 виділяються підрівні MAC і LLC, тоді як в оригінальному стандарті Ethernet обидва ці рівні були об'єднані в каналний рівень. Також у Ethernet DIX визначено протокол тестування конфігурації, який відсутній у IEEE 802.3. Існує кілька форматів Ethernet-кадру, включаючи початковий Variant I, Ethernet Version 2 або Ethernet-кадр II (DIX), який є найбільш поширеним і використовується досі, й модифікацію Novell, що є внутрішнім варіантом IEEE 802.3 без підрівня LLC (Logical Link Control) [4].

Кадр IEEE 802.2 LLC.

Кадр IEEE 802.2 LLC/SNAP.

Кадр Ethernet може містити IEEE 802.1Q тег для визначення VLAN, до якого він адресований, а також IEEE 802.1p для вказання пріоритету. На деяких мережевих картах Ethernet від Hewlett-Packard використовувався кадровий формат IEEE 802.12, що відповідає стандарту 100VG-AnyLAN.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		27

Різні типи кадрів у мережах мають унікальний формат і значення тривалості міжкадрового інтервалу MTU. Для розрізнення стандарту IEEE Ethernet та фірмового Ethernet DIX часто використовується термін «технологія 802.3» для першого та позначення «Ethernet» без додаткових уточнень для другого [7].

Стандарт IEEE 802.3 має різні модифікації в залежності від типу фізичного середовища, такі як 10Base-5, 10Base-2, 10Base-T, 10Base-FL, 10Base-FB. У 1995 році був прийнятий стандарт Fast Ethernet, який є додатковим розділом (802.3u) основного стандарту 802.3, а стандарт Gigabit Ethernet, прийнятий у 1998 році, описаний у розділі 802.3z основного документа.

Для передачі двійкової інформації по кабелю в технологіях Ethernet з пропускну здатністю 10 Мбіт/с використовується манчестерський код. Метод CSMA/CD розподілу загального середовища передачі даних застосовується у всіх видах стандартів Ethernet, включаючи Fast Ethernet та Gigabit Ethernet, забезпечуючи єдиний принцип роботи стека мережевого протоколу та програм у різних варіантах технології незалежно від швидкості передачі даних та типу середовища передачі даних [11, 17].

Переваги технології Ethernet включають:

- найкраще співвідношення ціни, швидкості та функціональності в порівнянні з іншими технологіями;
- незалежність від наявності міського телефону або телевізійного кабелю, а також їхнього технічного стану;
- наявність численних додаткових пристроїв для легкого підключення кількох комп'ютерів та інших пристроїв, таких як ігрові приставки та IP-камери відеоспостереження. Це зумовлено тим, що Ethernet є основною та найбільш поширеною мережевою технологією у сучасному світі та вважається дуже перспективною;
- можливість отримання високошвидкісних тарифів, достатніх для вимогливих користувачів;
- легкість та економічність зміни провайдера без додаткових витрат на мережеве обладнання.

Дослідження та аналіз різних стандартів Ethernet за такими характеристиками, як швидкість передачі даних в мережі та максимально

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		28

можлива відстань між вузлами мережі (діаметром мережі) сформуємо порівняльну таблицю характеристик стандартів Ethernet (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Типи технології Ethernet

Тип стандарту Ethernet	Швидкість передачі даних	Максимальний діаметр мережі
Ethernet	10 Мбіт/с	2 500 м
Fast Ethernet	100 Мбіт/с	200 м
Gigabit Ethernet	1000 Мбіт/с	200 м
10G Ethernet	10 Гбіт/с	40 км

2.3 Технологія Token Ring

Технологія мереж Token Ring була представлена компанією IBM у 1982 році та була офіційно включена до стандарту IEEE (Інститут інженерів з електротехніки та електроніки) під номером 802.5 у 1985 році. Незважаючи на появу нових технологій, Token Ring продовжує залишатися ключовою для локальних мереж (LAN) від IBM, хоча поступається популярністю тільки технології Ethernet / IEEE 802.3. Мережі Token Ring підтримують дві бітові швидкості – 4 Мб/с та 16 Мб/с. Перша швидкість визначена стандартом 802.5, тоді як друга - це новий стандарт, розроблений у процесі еволюції технології Token Ring [9].

Подібно до мереж Ethernet, мережі Token Ring характеризує середовище передачі даних, що розділяється, яке складається з відрізків кабелю, що з'єднують всі станції мережі в кільце. У цьому випадку кільце розглядається як загальний ресурс, що розділяється. Для доступу до нього застосовується не випадковий алгоритм, як у мережах Ethernet, а детермінований, заснований на передачі станціям права на використання кільця в певному порядку. Це право передається з використанням кадру спеціального формату, який називається маркером або токеном (token). Коли маркер отримує певна станція мережі, вона

затримує маркер і захоплює канал зв'язку. Маркер завжди циркулює в одному напрямку. Вузол, який отримав маркер від найближчого вищерозташованого активного сусіда, передає його нижчерозташованому. Кожна станція в кільці отримує дані із зайнятого маркера та передає їх (точно повторюючи маркер) сусідньому вузлу мережі. Таким чином, дані циркулюють по кільцю, до тих пір, поки не будуть доставлені станції-адресату. Ця станція зберігає дані та передає їх протоколам верхнього рівня, а кадр продовжує свій шлях (після заміни у ньому двох бітів – ознака отримання). Коли маркер повертається до станції-відправника, він звільняється, і процес захоплення середовища передачі даних іншими станціями мережі повторюється.

Мережі Token Ring підключаються згідно фізичної топології «зірка», але функціонують згідно логічної топології «кільце» [8].

У мережах Token Ring швидкість 16 Мб/с включає використання алгоритму «раннього звільнення маркера» (Early Token Release), який відрізняється від алгоритму доступу до кільця при 4 Мб/с. Згідно з цим алгоритмом, станція передає маркер доступу наступній станції безпосередньо після закінчення передачі останнього біту кадру, без очікування повернення цього кадру по кільцю з бітом підтвердження прийому. Це дозволяє більш ефективно використовувати пропускну здатність кільця, наближаючи її до 80% від номінальної. В умовах, коли інформаційний блок циркулює по кільцю, маркер відсутній (якщо не використовується «раннє визволення маркера»), та інші станції, які бажають передати інформацію, змушені чекати отримання маркера. Таким чином, у мережах Token Ring в певний момент часу передається лише один пакет, тим самим ймовірність виникнення колізій суттєво зменшується.

Мережі Token Ring використовують складну систему пріоритетів, надаючи певним станціям з високим пріоритетом, встановленим користувачем, більший доступ до мережі. Блоки даних Token Ring містять два поля, які керують пріоритетом: поле пріоритету та поле резервування.

Тільки станції з пріоритетом, який дорівнює пріоритету, що міститься в маркері, або перевищує його, можуть захоплювати маркер. Після того, як маркер захоплений і змінений (перетворюючись на інформаційний блок), тільки станції з пріоритетом вище, ніж пріоритет станції, що передає, можуть резервувати маркер для наступного проходу по мережі. При генерації наступного маркера включається вищий пріоритет даної станції, яка резервується. Станції, які

підвищують пріоритет маркера, повинні відновити попередній рівень пріоритету після завершення передачі.

Коли мережеве кільце формується, інтерфейс кожної станції зберігає адреси попередньої та наступної станцій у кільці. Регулярно станція-власник маркера відправляє кадр SOLICIT_SUCCESOR, пропонуючи новим станціям мережі приєднатися до кільця. Цей кадр містить адресу відправника та адресу наступної станції в кільці, надаючи станціям у вказаному діапазоні можливість приєднання. Таким чином, зберігається впорядкованість адрес у кільці. Якщо жодна станція не відповідає на кадр SOLICIT_SUCCESOR, власник маркера закриває вікно відповіді та продовжує нормальне функціонування. При єдиному відгуку станція, що відгукнулася, підключається до кільця й стає наступною. У разі кількох відгуків від різних станцій мережі виникає колізія. Власник маркера ініціює алгоритм оброблення колізій з відправкою кадру RESOLVE_CONTENTION, що є модифікацією алгоритму зворотного двійкового лічильника на два розряди [8].

Мережі Token Ring працюють на двох бітових швидкостях – 4 та 16 Мбіт/с. Змішування станцій з різними швидкостями в одному кільці є неприпустимим. У мережах Token Ring, які працюють на швидкості 16 Мбіт/с, впроваджені покращення в алгоритмі доступу в порівнянні зі стандартом мереж, які працюють на швидкості 4 Мбіт/с.

Технологія Token Ring є більш складною мережею в порівнянні з Ethernet і має властивості відмовостійкості. У мережі Token Ring реалізовані процедури контролю роботи мережі, які використовують зворотний зв'язок кільцевої структури, коли відправлений кадр завжди повертається до станції-відправника. У деяких випадках виявлені помилки мережі автоматично усуваються, наприклад, може бути відновленим загублений у мережі маркер. В інших випадках помилки лише реєструються, а їхнє усунення потребує втручання обслуговуючого персоналу [3].

Для контролю за роботою мережі одна зі станцій виконує функції активного монітора. Під час ініціалізації кільця активним монітором стає станція з максимальною MAC-адресою. Якщо активний монітор виходить з ладу, процедура ініціалізації кільця повторюється і вибирається новий активний монітор. Для виявлення збою активний монітор кожні 3 секунди надсилає спеціальний кадр, що вказує на наявність цього активного монітору у мережі.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		31

Якщо цей кадр не з'являється в мережі більше 7 секунд, інші станції розпочинають вибір нового активного монітора [9].

2.4 Технологія FDDI

Технологія FDDI (Fiber Distributed Data Interface) є інноваційним оптоволоконним інтерфейсом для розподілених даних і є першим прикладом локальної мережі, де волоконно-оптичний кабель виступає в якості середовища передачі даних. У розробленні технологій та пристроїв для використання оптоволоконних кабелів як середовищ передачі даних у локальних мережах було закладено фундамент у 80-ті роки, незабаром після того, як ці канали почали промислово використовуватись у територіальних мережах. Проблемна група інституту ANSI у період з 1986 по 1988 роки розробила перші версії стандарту FDDI, який забезпечує передачу даних зі швидкістю 100 Мбіт/с за допомогою подвійного волоконно-оптичного кільця довжиною до 100 км [8].

Технологія FDDI тісно пов'язана з концепцією Token Ring, представляючи розвиток та покращення її основних принципів. Розробники FDDI виділили такі пріоритетні цілі:

- збільшення бітової швидкості передачі до 100 Мбіт/с;
- забезпечення високої стійкості мережі до відмов з використанням стандартних процедур відновлення роботи мережі після різних відмов, таких як пошкодження кабелю, несправність вузла, концентратора, а також виникнення великих рівнів перешкод на лінії та інших аномалій;
- максимальне ефективне використання потенційної пропускнуєї спроможності мережі для асинхронного та синхронного (чутливого до затримок) трафіку.

Мережа FDDI базується на двох оптоволоконних кільцях, які формують основний та резервний шляхи передачі даних між вузлами мережі. Наявність двох кілець – це ключовий момент у підвищенні стійкості до відмов у мережі FDDI, і для використання цього покращеного рівня надійності вузли мережі повинні бути підключені до обох кілець. У нормальному режимі роботи дані в мережі проходять через усі вузли та відрізки кабелю лише первинного (Primary) кільця, що називається режимом Thru – «наскрізним» або «транзитним». Вторинне кільце (Secondary) у цьому режимі залишається невикористаним [3].

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		32

У разі виникнення збою, коли частина первинного кільця нездатна передавати дані через обрив кабелю або відмови вузла, первинне кільце поєднується з вторинним, відновлюючи єдине кільце. Цей режим роботи мережі отримав назву Wrap, що означає «згортання» кілець. Операцію згортання виконують концентратори та/або мережеві адаптери FDDI. Для спрощення цієї процедури передача даних по первинному кільцю завжди здійснюється в одному напрямку, а по вторинному – у зворотному. Таким чином, при формуванні загального кільця з двох кілець передавачі станцій залишаються підключеними до приймачів сусідніх станцій, забезпечуючи правильну передачу та прийом інформації між ними.

Стандарти FDDI приділяють значну увагу різним процедурам, призначеним для виявлення відмов та збоїв у мережі, а потім для проведення необхідної реконфігурації мережі. Мережа FDDI здатна повністю відновлювати свою працездатність при поодиноких відмовах її компонентів. У разі множинних відмов мережа поділяється на кілька незв'язаних між собою підмереж і працездатність мережі втрачається [4].

Кільця в мережах FDDI розглядаються як загальне середовище передачі даних, що розділяється, і для них визначений спеціальний метод доступу, аналогічний методу доступу в мережах Token Ring і також відомий як метод маркерного (або токенного) кільця. Відповідно до цього методу станція може розпочати передачу своїх даних лише після отримання спеціального кадру - токена доступу від попередньої станції. Протягом часу утримання токена (Token Holding Time – ТНТ) станція може передавати свої кадри. Після завершення часу утримання токена (ТНТ) станція передає токен наступній станції. Якщо станція в момент отримання токена немає даних для передачі, вона миттєво передає токен наступній станції. У мережі FDDI кожна станція має попереднього сусіда (upstream neighbor) та наступного сусіда (downstream neighbor), що визначаються її фізичними зв'язками та напрямком передачі інформації.

Кожна станція в мережі безперервно приймає передані їй попереднім сусідом кадри, здійснюючи аналіз адреси призначення. У разі, якщо адреса призначення не збігається з адресою цієї станції, вона надсилає цей кадр наступному вузлу в мережі. Важливо, що у момент, коли станція захоплює токен і передає свої власні кадри, вона тимчасово не транслює вхідні кадри, а видаляє їх із мережі на певний час [9].

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		33

Якщо адреса кадру збігається з адресою цієї станції, вона копіює цей кадр у свій внутрішній буфер, проводить перевірку його коректності, передусім, за допомогою контрольної суми. Потім станція передає поле даних кадру для подальшої обробки протоколу, який знаходиться на вищому рівні моделі взаємодії «відкритих» систем, наприклад протоколу IP. Після цього вихідний кадр передається до мережі наступної станції. У переданому кадрі для мережі станція призначення зазначає три ознаки: розпізнавання адреси, копіювання кадру та наявність або відсутність помилок [14].

Потім кадр продовжує свій рух мережею, транслюючись через кожен вузол. Станція, яка є джерелом кадру в мережі, відповідає за його видалення з мережі після того, як кадр завершить повний оберт, й повернеться до вихідної станції. У цей момент вихідна станція проводить перевірку усіх полів цього кадру, включаючи ознаки досягнення кадру станції призначення і відсутність пошкоджень у кадрі. Слід зазначити, що відновлення інформаційних кадрів не входить у обов'язки протоколу FDDI, за цим процесом повинні стежити протоколи вищих рівнів.

2.5 Порівняння мережевих технологій Ethernet, Token Ring і FDDI

Розглянемо особливості кожної з наведених вище технологій, починаючи з Ethernet, яка є найбільш популярною в даний час.

2.5.1 Технологія Ethernet

Технологія Ethernet являє собою широке сімейство технологій локальних мереж, яке включає різноманітні фірмові та стандартні варіанти. Серед них виділяються фірмовий варіант Ethernet DIX, 10-мегабітні варіанти стандарту IEEE 802.3, а також нові технології Fast Ethernet і Gigabit Ethernet. Всі вони застосовують загальний метод поділу передачі даних — метод випадкового доступу до середовища передачі даних CSMA/CD, який стає визначальним елементом для даної технології.

Ключовим аспектом у мережах Ethernet є явище виникнення колізій. Колізії виникають, коли дві станції одночасно намагаються передати кадр даних за допомогою загального середовища передачі даних. Наявність колізій стає

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		34

неминучим наслідком використання методу випадкового доступу до середовища. Розпізнавання колізій можливе завдяки грамотному вибору параметрів локальної мережі, включаючи співвідношення мінімальної довжини кадру та максимального діаметра мережі [12].

Одним із ключових параметрів продуктивності мережі є коефіцієнт використання мережі, який відображає ступінь її завантаженості. Перевищення значення коефіцієнта використання більше ніж 50% суттєво знижує корисну пропускну здатність мережі через збільшення кількості колізій та часу очікування доступу до середовища передачі.

Максимальна пропускну здатність сегмента Ethernet досягається при передачі кадрів мінімальної довжини і становить 14 880 кадрів за секунду. Тим не менш, корисна пропускну спроможність локальної мережі обмежується значенням 5,48 Мбіт/с, що трохи перевищує половину номінальної пропускну спроможності 10 Мбіт/с.

Максимальна корисна пропускну здатність мережі Ethernet досягає значення 9,75 Мбіт/с при використанні кадрів максимальної довжини 1518 байт, які передаються зі швидкістю 513 кадрів за секунду. За відсутності колізій та очікування доступу до мережі коефіцієнт використання мережі може досягати максимального значення 0,96.

Стандарт IEEE 802.3, в залежності від фізичного середовища, визначає різні специфікації, такі як 10Base-5, 10Base-2, 10Base-T, FOIRL, 10Base-FL, 10Base-FB. Для кожної специфікації встановлюються тип кабелю, максимальні довжини відрізків кабелю та правила використання повторювачів для розширення діаметра мережі: правило «5-4-3» для мереж, побудованих із застосуванням коаксіальних кабелів та правило «4-х хабів» для мереж, побудованих із застосуванням кабелів на основі крученої пари та оптоволоконних кабелів [9].

2.5.2 Технологія Token Ring

Розглянемо характеристики технології Token Ring, розробленої в основному компанією IBM і що має статус стандарту IEEE 802.5, який фіксує ключові вдосконалення, внесені у вихідну технологію IBM.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		35

Технологія Token Ring застосовує маркерний метод доступу, що забезпечує кожній станції гарантований доступ до спільного кільця протягом оберту маркера. Через цю властивість даний метод називають детермінованим. Метод такого доступу до середовища передачі даних заснований на пріоритетах, які ранжуються від 0 (нижчий) до 7 (вищий). Станція самостійно визначає пріоритет поточного кадру і може захопити кільце лише у разі відсутності пріоритетних кадрів у кільці [8].

Мережі Token Ring можуть функціонувати на двох швидкостях: 4 Мбіт/с і 16 Мбіт/с, використовуючи в якості фізичного середовища передачі кабелі на основі екранованої крученої пари, неекранованої крученої пари і волоконно-оптичний кабель. Максимальна кількість станцій у кільці може становити 260, а максимальна довжина кільця – 4 км.

Технологія Token Ring має елементи відмовостійкості. Завдяки зворотному зв'язку кільця активний монітор безперервно контролює існування маркера в мережі, а також час обігу маркера та кадрів даних. При некоректній роботі кільця ініціюється процедура повторної ініціалізації, а при невдачі для локалізації несправної ділянки кабелю в мережі або станції застосовується процедура beaconing.

Максимальний розмір поля даних кадру Token Ring залежить від швидкості роботи кільця і дорівнює приблизно 5000 Байт для швидкості 4 Мбіт/с та 16 КБайт для швидкості 16 Мбіт/с. Мінімальний розмір поля даних кадру не обмежений і може дорівнювати «0».

Станції мережі Token Ring з'єднуються в кільце за допомогою концентраторів, іменованих MSAU. Пасивний концентратор MSAU виконує функцію крос-панелі, з'єднуючи вихід попередньої станції у кільці з наступним входом. Максимальна відстань від станції до MSAU становить 100 м для STP та 45 м для UTP [10].

Активний монітор, також виступаючи у ролі повторювача, ресинхронізує сигнали, що просуваються по кільцю. Кільце може бути побудоване на основі активного концентратора MSAU, який у такому варіанті називається повторювачем.

Мережа Token Ring може бути побудована на основі кількох кілець, розділених мостами, які регулюють передачу кадрів за принципом джерела. Для

цього кадр Token Ring впроваджується спеціальне поле з маршрутом проходження кілець [9].

2.5.3 Технологія FDDI

Технологія FDDI виділяється наступними особливостями [14].

1. Волоконно-оптичний кабель та швидкість передачі даних 100 Мбіт/с. Технологія FDDI була першою, яка застосувала волоконно-оптичний кабель у локальних мережах, забезпечуючи при цьому високу швидкість передачі даних на рівні 100 Мбіт/с.
2. Спадкоємність із технологією Token Ring. Існує суттєва спадкоємність між технологіями Token Ring та FDDI, яка виявляється у використанні кільцевої топології та маркерного методу доступу до середовища передачі даних.
3. Відмовостійкість. FDDI є однією з найбільш стійких до відмови локальних мереж. У разі поодиноких відмов кабельної системи або станції мережа залишається повністю працездатною завдяки «згортанню» подвійного кільця в одинарне.
4. Маркерний метод доступу. Маркерний метод доступу FDDI функціонує по-різному для синхронних та асинхронних кадрів. Для синхронних кадрів станція може захопити маркер на фіксований час, тоді як для асинхронних кадрів станція може захопити маркер тільки за відсутності перевантажень на кільці.
5. Фізичне середовище. FDDI використовує волоконно-оптичні кабелі та кабелі на основі крученої пари категорії 5. Варіант побудови фізичного рівня мережі з кабелями на основі крученої пари категорії 5 називається TP-PMD.
6. Максимальні параметри мережі. Максимальна кількість станцій у мережі з подвійним підключенням у кільці становить 500 км, а максимальний діаметр подвійного кільця – 100 км. Максимальні відстані між сусідніми вузлами у мережі залежать від типу кабелю, наприклад, для багатомодового оптоволоконного кабелю – 2 км, для крученої пари UTP категорії 5 – 100 м, а для одномодового оптоволоконна – від його якості [9].

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		37

Для детальнішого порівняння мережевих технологій наведемо таблицю порівняння їх характеристик (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Порівняння мережевих технологій Ethernet, Token Ring та FDDI

Характеристика	Мережева технологія		
	Ethernet/ Fast Ethernet	Token Ring	FDDI
1	2	3	4
Бітова швидкість	10 Мб/с / 10 0 Мб/с	4 Мб/с, 16 Мб/с	100 Мб/с
Топологія	Шина, зірка	Зірка, кільце	Подвійне кільце дерев
Вартість організації одного вузла	Низька	Висока	Висока
Метод доступу	CSMA/CD	Пріоритетна система резервування	Частка від часу обертуту токена
Гарантований час доступу	Не визначено	Гарантовано	Гарантовано
Середовище передачі	Товстий коаксіал, тонкий коаксіал, кручена пара, оптоволокну	Екранована та неекранована кручена пара, оптоволокну	Багатомодове оптоволокну, неекранована кручена пара
Максимальна довжина мережі (без мостів)	2500 м	1000 м	200 км(100 км на кільце)
Максимальна відстань між вузлами	2000 м / 4 00 м	100 м	2 км(не більше ніж 11 dB втрат між вузлами)

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Максимальна кількість вузлів	1024	260 для екранованої крученої пари, 72 для неекранованої крученої пари	500 (1000 з'єднань)
Тактування та відновлення після відмов	Не визначено	Активний монітор	Розподілена реалізація тактування та відновлення після відмов
Коефіцієнт продуктивності залежно від коефіцієнта використання	До 30% -50%	До 60%-80%	До 60%-80%
Область ефективного застосування	Офісні, локальні, промислові, міські мережі	Мережі промислових масштабів, надійна доставлення інформації	Базові та опорні мережі, потужні робочі станції або сервер

2.6 Оцінка впливу розміру кадрів на швидкість передачі даних

Існують сегменти телекомунікаційних мереж, на яких накладаються жорсткі вимоги щодо забезпечення високої та стабільної швидкості передачі даних при мінімальному часі затримки. Ці вимоги є особливо актуальними для мереж, в яких є автоматизовані системи контролю та обліку мережевого трафіку, а також для забезпечення якісних інформаційних послуг абонентам телекомунікаційної мережі.

Однією із цілей даного дослідження є вибір або розробка алгоритму, здатного забезпечувати стабільну швидкість передачі даних з мінімальним часом

затримки. Разом з цим ставиться завдання розширення функціональних можливостей мережевого пристрою комутації.

На даний момент у світі існують два основні методи узгодження різних мережевих технологій з кадрами різного розміру. Перший метод включає обмеження максимального розміру кадрів одразу в двох мережах. Другий метод передбачає використання міжмережевих екранів, які виконують фрагментацію кадрів.

Розглянемо ситуацію, коли комутатор функціонує на межі двох різних мережевих технологій, наприклад, Ethernet і Token Ring. Крім інших відмінностей, ці дві технології мають різні значення MTU (максимальний розмір кадру). Наприклад, MTU мережі Ethernet становить до 1500 байт, тоді як у мережі Token Ring це значення може досягати 16000 байт. Якщо ці дві мережі з'єднані й мають різні значення MTU, стандартний комутатор застосовує функцію фрагментації навпіл [10].

Розглянемо докладніше, як саме працює стандартний комутатор у цій ситуації (рис. 2.1).

2.6.1 Процес фрагментації великих пакетів Token Ring навпіл

Процес фрагментації великих пакетів в мережі Token Ring, який здійснюється комутатором, є ефективним механізмом адаптації розмірів пакетів для успішної передачі даних між мережами різних технологій, таких як Ethernet і Token Ring.

Наведемо приклад цього процесу.

Припустимо, що до мережі Ethernet надходить пакет розміром 8000 Байт із мережі Token Ring.

Оскільки мережа Ethernet не здатна приймати пакети такого розміру, комутатор починає його фрагментацію.

На першому етапі виконується розділення пакету навпіл, у результаті чого будуть сформовані два пакети довжиною по 4000 байт кожен.

Тим не менш, й ці пакети надто великі для передачі у мережу Ethernet.

Відбувається новий етап фрагментації, й тепер ми маємо чотири пакети довжиною по 2000 Байт.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		40

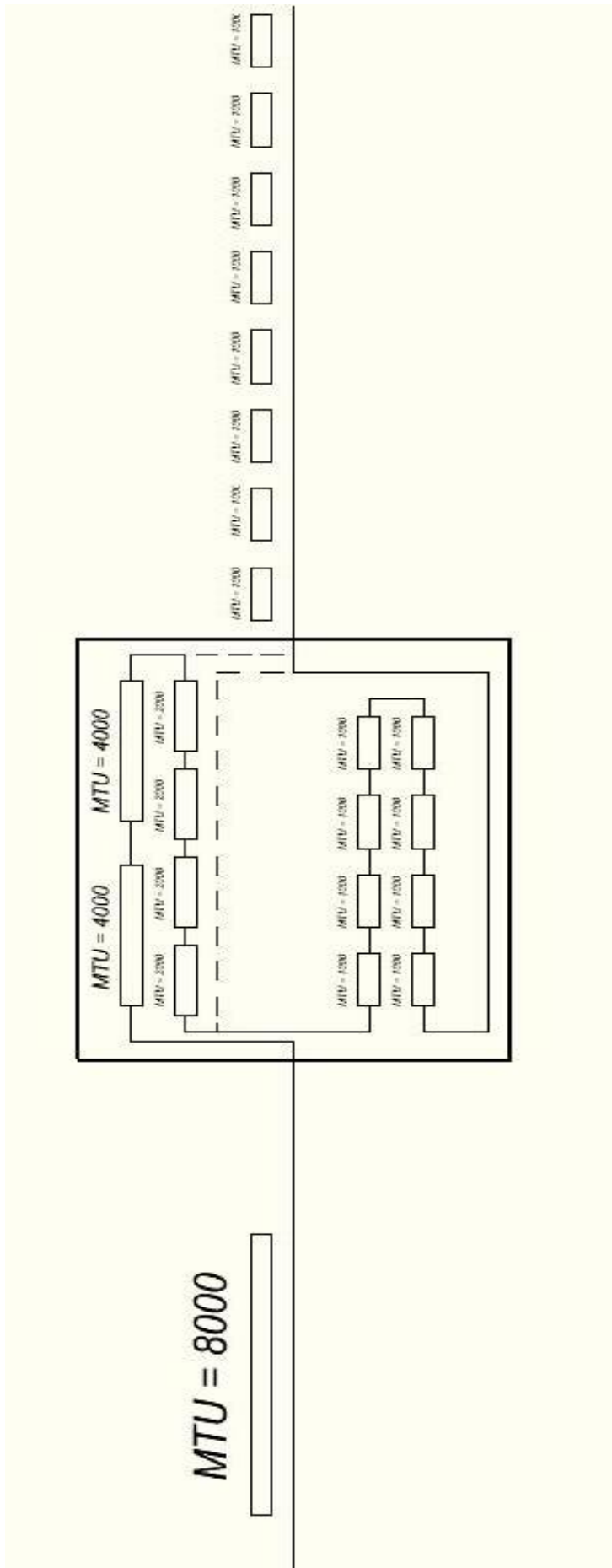


Рисунок 2.1 – Стандартний метод фрагментації кадрів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

Незважаючи на це, розмір пакетів все ще перевищує можливості мережі Ethernet.

Процес фрагментації пакетів повторюється, й ми отримуємо вісім пакетів довжиною по 1000 Байт, які тепер будуть успішно передаватись до мережі Ethernet [10].

2.6.2 Процес фрагментації великих пакетів Token Ring на дрібні частини

Тепер проаналізуємо значення MTU (максимального розміру кадру) при фрагментації пакетів, поділяючи їх на дрібніші частини. Розглянемо, які значення набуває MTU при розподілі пакета навпіл (розмір пакетів вибираємо в діапазоні від 2 до 16 Кбайт з розділенням (фрагментацією) на пакети довжиною в 1000 байт):

2000: 1000+1000

3000: 1500+1500

4000: 1000 + 1000 + 1000 + 1000

5000: 1250 + 1250 + 1250 + 1250

6000: 1500 + 1500 + 1500 + 1500

7000: 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875

8000: 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000

9000: 1125 + 1125 + 1125 + 1125 + 1125 + 1125 + 1125 + 1125

10000: 1250 + 1250 + 1250 + 1250 + 1250 + 1250 + 1250 + 1250

11000: 1375 + 1375 + 1375 + 1375 + 1375 + 1375 + 1375 + 1375

12000: 1500 + 1500 + 1500 + 1500 + 1500 + 1500 + 1500 + 1500

13000: 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 +
+ 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5 + 812,5

14000: 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 + 875 +
+ 875 + 875 + 875 + 875 + 875

15000: 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 +
+ 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5 + 937,5

16000: 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 +
+ 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 +

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		42

Розглянемо значення MTU (максимального розміру переданого блоку даних) та пов'язані з ними швидкості передачі інформації:

812,5 – 84,7 Мб/с

875 – 85,7 Мб/с

937,5 – 86,52 Мб/с

1000 - 87,26 Мб / с

1125 – 88,5 Мб/с

1250 – 89,54 Мб/с

1375 – 90,4 Мб/с

1500 – 91,2 Мб/с

Наведемо узагальнений аналіз всіх інших пакетів мережі Token Ring, (із розподілом по 1000 байт), які можуть бути відправлені в мережу Ethernet.

Із пакетів розмірами від 2000 байт до 16000 байт ми вибрали значення розмірів пакетів, які ми отримуємо при фрагментації навпіл.

Ці значення дорівнюють 812,5 байт, 875 байт, 937,5 байт, 1000 байт, 1125 байт, 1250 байт, 1375 байт, 1500 байт.

Знаючи, що значення розміру кадру впливає на швидкість передачі даних, згідно формули (2.1) можемо побудувати графік залежності швидкості передачі даних від розміру пакета даних (рис. 2.2) [11].

$$V_r = (MTU * 8) / (((MTU + Pr) * 8 / V_n) + T_i), \quad (2.1)$$

де V_r - реальна швидкість передачі даних;

V_n - номінальна швидкість передачі даних;

MTU - максимально допустимий розмір кадру;

Pr – преамбула (заголовок та хвостовик, для Ethernet – 26 байт);

T_i – міжкадровий інтервал (для Ethernet – 9,6 мкс).

Із цієї формули випливає, що чим більший розмір кадру, тим вища швидкість передачі, що видно на графіку, наведеному на рисунку 2.2.

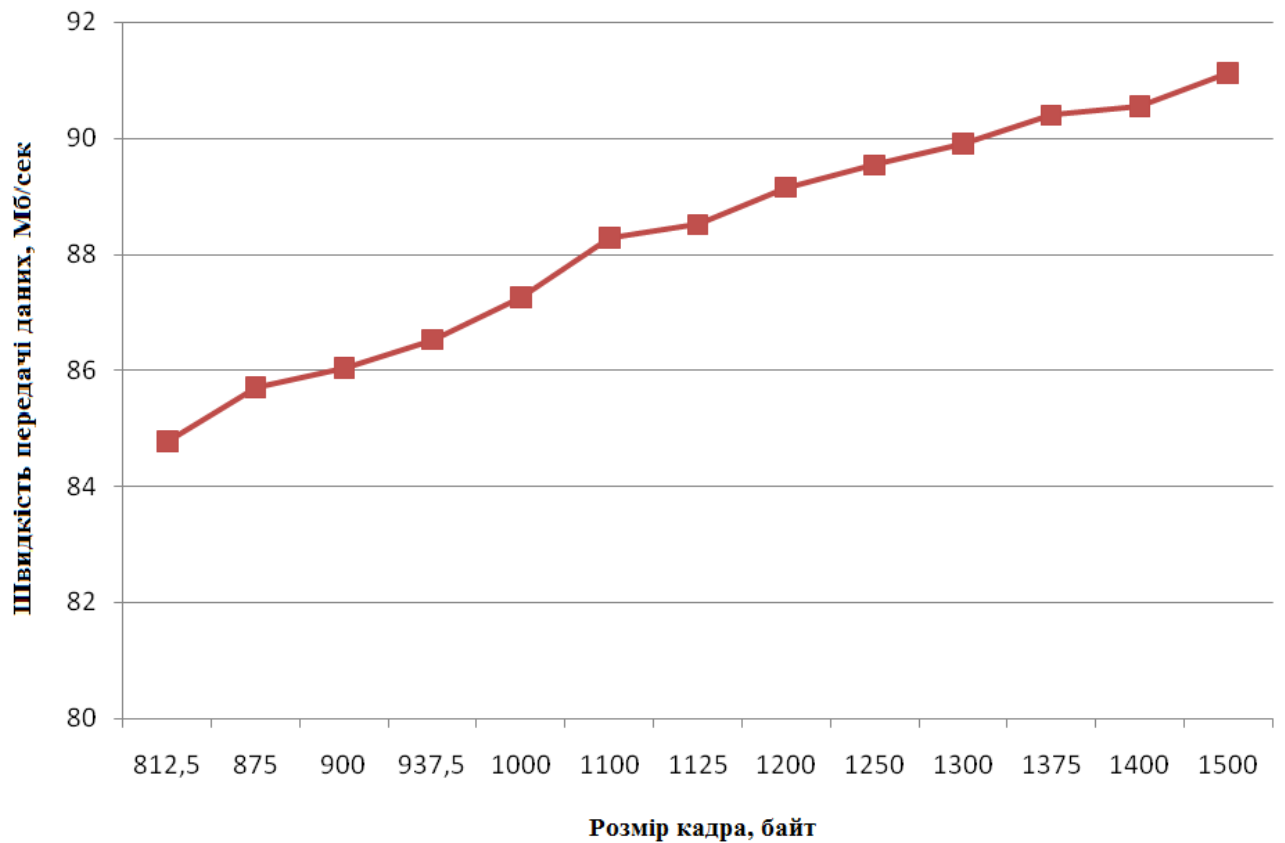


Рисунок 2.2 – Вплив розміру кадру на швидкість передачі

Таким чином, можна зробити висновок, що підтримання максимального розміру пакета дозволить значно збільшити швидкість передачі даних протягом усього маршруту.

Проаналізувавши подані дані, ми приходимо до висновку про доцільність застосування стратегії поділу пакетів на розміри 1500 байт.

Розглянемо приклад.

Візьмемо пакет розміром 8000 байт, що надходить на вхід до мережі Ethernet.

З метою оптимізації швидкості передачі даних у каналі зв'язку ми проводимо динамічний поділ пакету, отримуючи таким чином 5 пакетів довжиною по 1500 байт кожен, й останній пакет, що має розмір 500 байт, ми збільшуємо до 1500 байт з використанням методу баластового заповнення нулями (рис. 2.3).

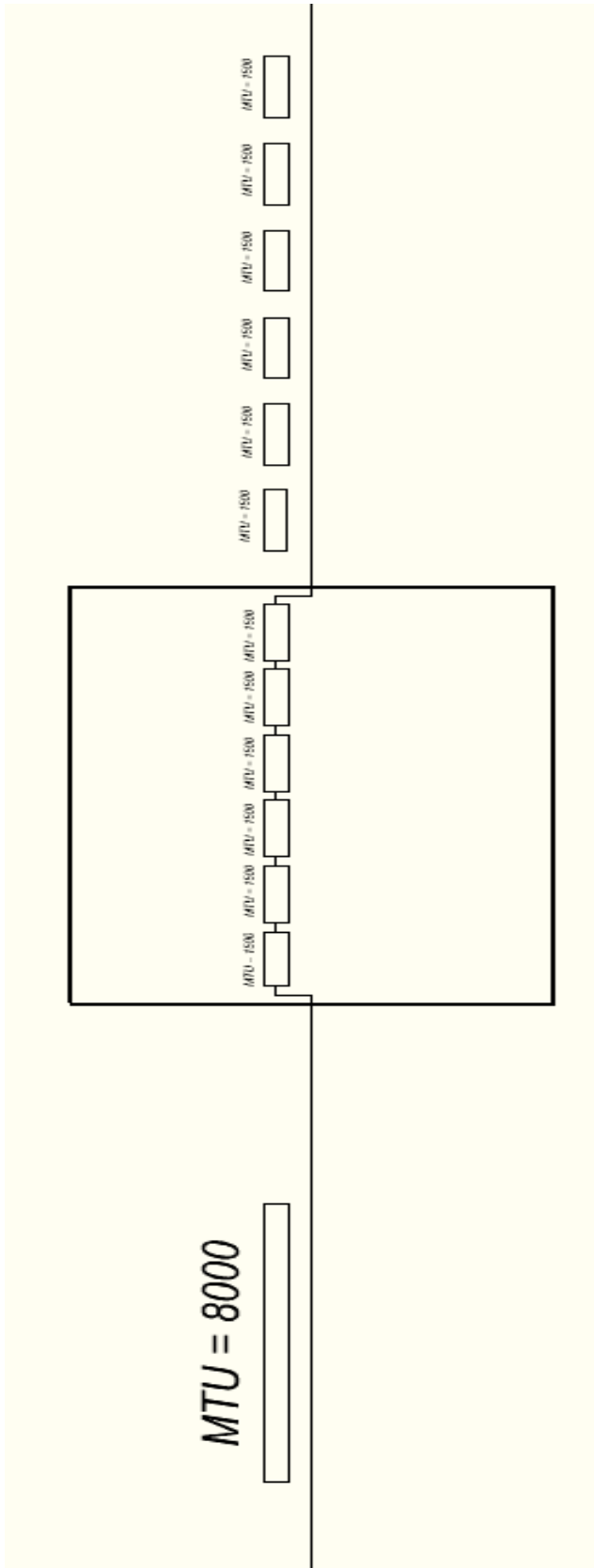


Рисунок 2.3 – Динамічна фрагментація пакетів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Цей підхід забезпечує оптимальне використання пропускної спроможності каналу зв'язку та підвищує ефективність передачі даних.

Використання запропонованого алгоритму поділу пакетів може сприяти розвитку технології динамічної фрагментації пакетів. Еволюція цієї технології полягає в тому, що пристрій, який є відповідальним за фрагментацію пакетів, вирішує розбивати їх безпосередньо на фрагменти по 1500 байт, додаючи відповідні позначки номерів пакетів. При цьому останній пакет, що заповнюється нулями, буде відзначений як фінальний.

Розроблений алгоритм динамічної фрагментації пакетів надає можливість проектування сегментів локальних мереж, які використовуються в автоматизованих системах контролю та обліку трафіку абонентів.

Застосування розробленого алгоритму динамічної фрагментації пакетів може призвести до значного збільшення швидкості передачі даних в мережевому каналі Ethernet. Підвищення швидкості досягається в 7%. Цей підхід є ефективним методом оптимізації процесів передачі даних, особливо в середовищах передачі даних з високими вимогами до стабільності функціонування мережі та мінімальним часом затримки.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		46

3 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ І СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

3.1 Функції та призначення пристрою

Функції та завдання, які необхідні для реалізації комутатора з автоматизованим обліком послуг, повинні об'єднувати ключові можливості систем тарифікації та обліку, поряд з основними функціями мережевого комутатора.

3.1.1 Організація та завершення з'єднання. Ця функція повинна здійснювати організацію з'єднання, призначення IP-адреси клієнту, надання передплачених послуг та завершення з'єднання після закінчення термінів передоплати або вичерпання позитивного балансу на рахунку абонента телекомунікаційної мережі.

3.1.2 Створення та ведення журналів користувачів. Функція створення журналів користувачів передбачає дублювання облікової інформації користувача із сервера у пам'ять комутатора. Це не тільки знижує запити на сервер з боку користувача та комутатора, але й зберігає інформацію про стан рахунку абонента, розрахунковий період, статистику споживання послуг та тарифні плани. Важливими аспектами є реєстрація часу початку та закінчення сесії, а також обсягу витраченого абонентом трафіку. Ця інформація підлягає періодичному оновленню із сервером.

3.1.3 Облік послуг, що надаються. Ця функція тісно пов'язана з журналом користувача та його тарифним планом. Тарифікація виконується самим комутатором, виходячи з обсягу переданих даних (помегабайтний, посекундний облік) чи на базі безлімітних пакетів з певною швидкістю.

3.1.4 Формувач системного журналу. Ця функція відповідає за ведення журналу стану комутатора, реєструючи обсяг, час та напрямок переданої інформації як для кожного користувача окремо, так й сумарно по всіх портах

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист 47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

комутатора. Ця функція також підтримує статистику завантаженості мережевого комутатора.

3.1.5 Функція резервування даних. Дозволяє резервувати дані з усіх журналів комутатора, інформацію про трафік та тарифні плани абонентів у пам'яті комутатора та періодично (залежно від необхідності) обмінюватися цією інформацією із сервером.

3.1.6 Функція завершення з'єднання. Ця функція призначена для здійснення завершення з'єднання користувачів, у разі закінчення розрахункового періоду та наявності негативного балансу у абонента, або за умови примусового втручання постачальника послуг.

3.1.7 Функція динамічної фрагментації кадрів. Ця функція покликана забезпечувати динамічну фрагментацію даних у разі роботи пристрою на межі двох різних мережних технологій. Це дозволяє підтримувати максимальну швидкість передачі в умовах різноманітних технологічних середовищ.

Реалізація вищеописаних функцій з урахуванням мережевого комутатора призводить до появи нового мережевого пристрою — керованого комутатора з функцією автоматичного обліку послуг. Такий пристрій здатний здійснювати розрахунок за надані послуги на рівні підмережі, а також зберігати журнали, статистику та всі атрибути користувачів у пам'яті. Це знижує потребу в частих запитах до серверу, оскільки останній періодично опитує комутатор про будь-які зміни та здійснює дублювання інформації. Тим часом, в комутаторі зберігається функціонал тарифікації та обліку коштів, що також розвантажує сервер. Ці функції дозволяють проводити апаратну ідентифікацію користувачів, а також керувати відкриттям та закриттям сесій дистанційно та автоматично з використанням алгоритмів роботи комутатора [19].

3.2 Розроблення схеми електричної структурної пристрою

Структурна схема розробленого пристрою наведена на рисунку 3.1. Відповідно до завдань розроблюваного пристрою, виділяються кілька блоків, які забезпечують роботу системи відповідно до технічного завдання. У цьому контексті пристрій має наступні блоки.

1. Блок аналізу запитів. Цей блок призначений для ефективного розподілу пакетів, що надходять від користувача. Насамперед обробляється запит на підключення до локальної мережі та видачу IP-адреси. Потім абонент може надіслати запит на перегляд своєї статистики за короткий період часу (1-2 дні) та скористатися послугами локальної мережі та Інтернету.
2. Блок аналізу маршрутів. Цей блок використовується для розподілу пакетів за напрямками Ethernet та Internet.
3. Блок запиту та видачі IP-адреси. Відповідає за отримання IP-адреси абонента у разі позитивного балансу і розрахункового періоду, що не минув.
4. Блок ідентифікації запиту. Цей блок призначений для ідентифікації користувача та з'єднання з сервером Internet.
5. Блок запиту статистики. Використовується для оброблення запитів користувача для перегляду статистики, яка зберігається в пам'яті комутатора.
6. Журнал користувача. Реєструє час початку та закінчення сесії, обсяг витраченого трафіку, а також містить інформацію про баланс та тарифний план абонента у пам'яті комутатора.
7. Формувач системного журналу. Зберігає дані про всіх користувачів комутатора, підраховує сумарний трафік по комутатору та індивідуально для кожного користувача, а також веде статистику завантаженості каналу.
8. Блок синхронізації часу. Використовується для підтримки синхронізації часу між основними блоками та журналами комутатора із сервером.
9. Блок контролю та забезпечення якості послуг. Призначений для розрахунку наданих послуг та їх якості. Цей блок визначає обсяг наданого трафіку абоненту відповідно до таблиці тарифів. У разі надання неякісних послуг блок звертається до сервера.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		49

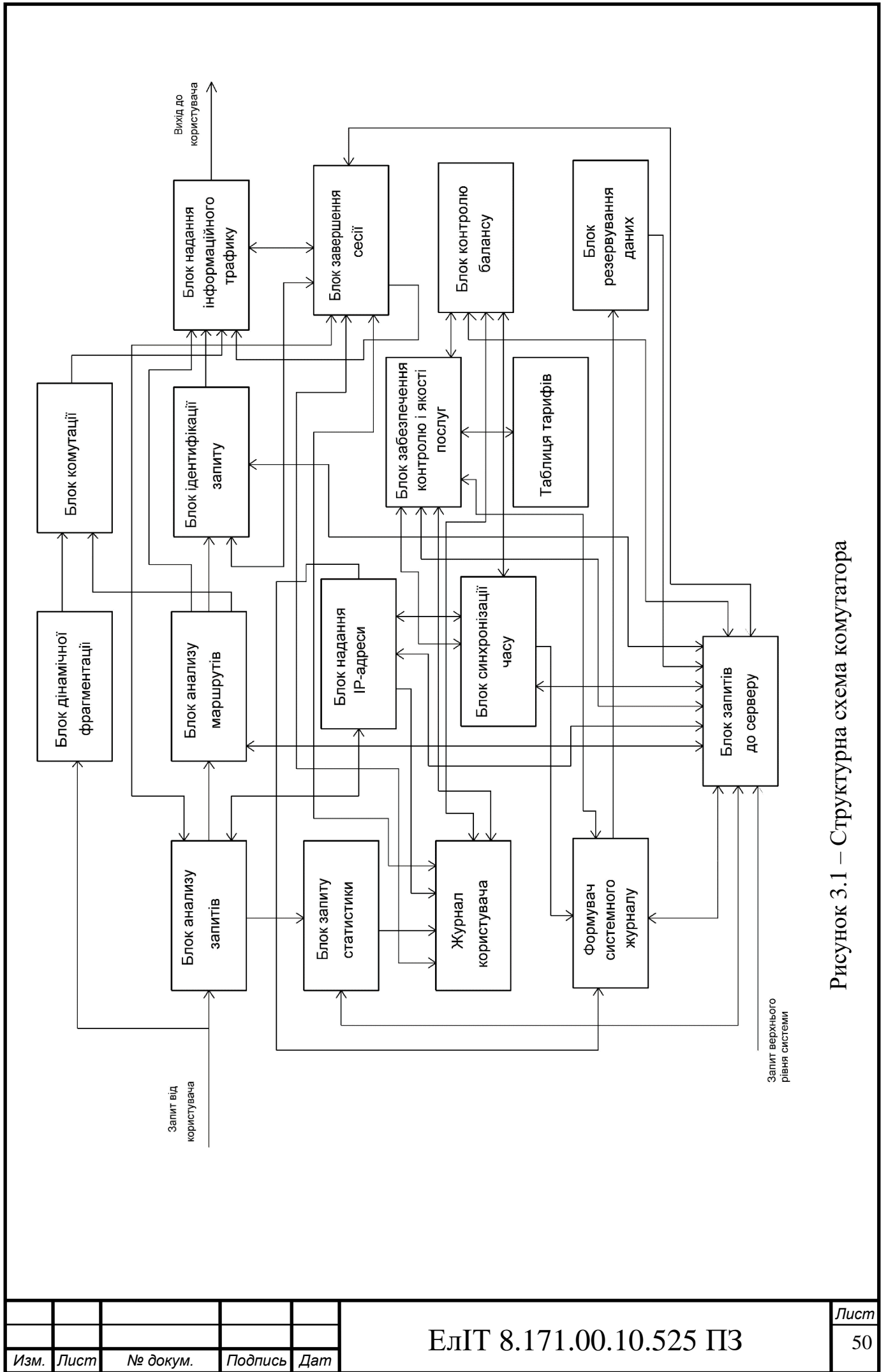


Рисунок 3.1 – Структурна схема комутатора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

10. Тарифна таблиця. У цій таблиці міститься інформація про тарифи, що застосовуються до кожного користувача комутатора, що ідентифікується за MAC-адресою.
11. Блок моніторингу балансу. Цей блок призначений для безперервного контролю за фінансовим балансом кожного абонента.
12. Блок резервування даних. Завданням цього блоку є регулярне створення резервних копій даних з усіх журналів, а також інформації про трафік та тарифні плани абонентів, збережених у пам'яті комутатора, з подальшою їх передачею на сервер.
13. Блок завершення сесії. Цей блок призначений для завершення активних сесій абонентів, як на запит адміністратора, так й автоматично у разі негативного балансу, завершення розрахункового періоду або виникнення непередбачених ситуацій.
14. Блок оброблення запитів на сервер. Цей блок здійснює передачу всіх запитів, що вимагають оброблення сервером, забезпечуючи ефективну комунікацію між комутатором і серверною інфраструктурою.
15. Блок динамічної фрагментації. Це ключовий елемент, який забезпечує динамічну фрагментацію пакетів «на льоту», забезпечуючи підтримку максимальної швидкості передачі.
16. Блок комутації. Цей блок відповідає за формування та відправлення пакетів у мережу, забезпечуючи ефективне керування комутацією даних у локальній мережі.
17. Блок надання інформаційного трафіку. Зрештою, цей блок реалізує надання інформаційного трафіку у вигляді різних послуг, задовольняючи потреби користувачів мережі.

3.3 Розроблення та опис схеми алгоритму пристрою

Згідно з наведеною структурною схемою проектованого пристрою, треба визначитись з послідовністю операцій, які формують алгоритм функціонування пристрою. Детальна схема алгоритму роботи пристрою комутації для локальної мережі наведена на рисунку 3.2.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		51

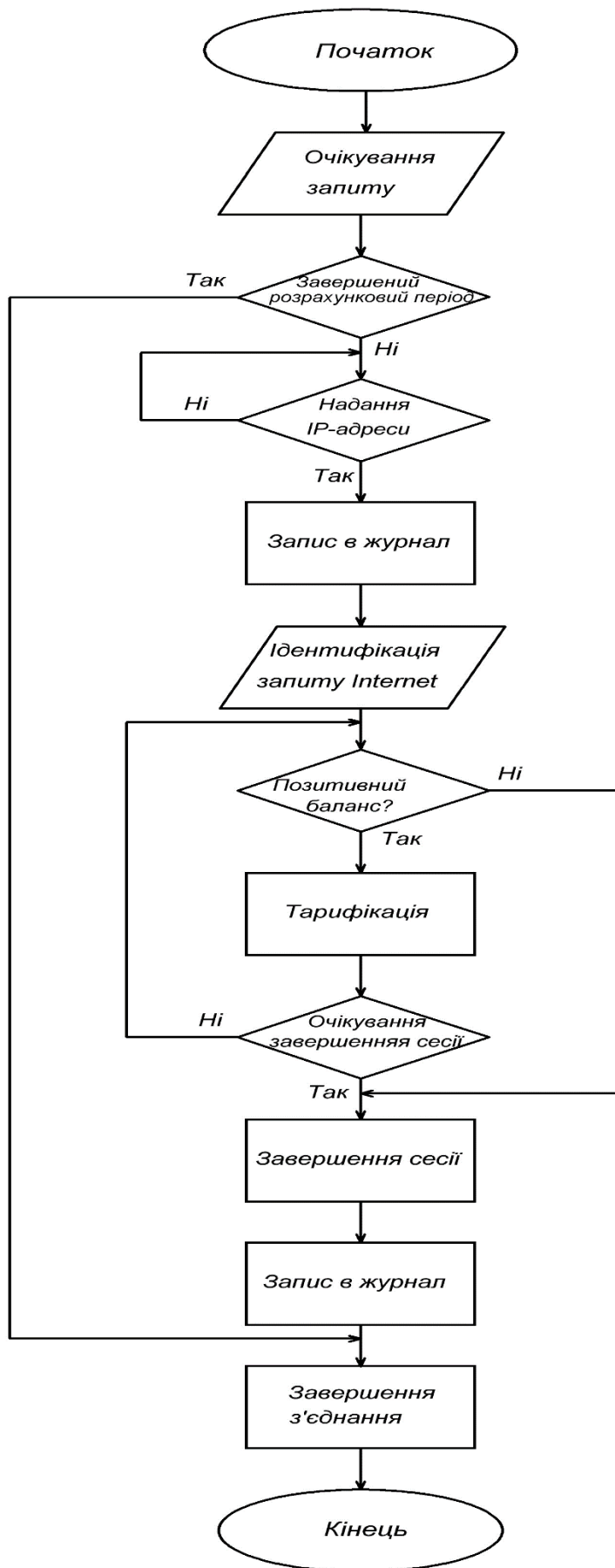


Рисунок 3.2 – Схема алгоритму роботи комутатора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Крок 1. Очікування запиту від користувача на з'єднання (блок 2). На цьому етапі пристрій знаходиться в режимі очікування запиту від потенційного користувача на встановлення з'єднання.

Крок 2. Перевірка розрахункового періоду абонента. Комутатор здійснює перевірку поточного стану розрахункового періоду абонента, звертаючись до власної пам'яті або до сервера для отримання відповідної інформації. У разі розрахункового періоду, що не минув, здійснюється реєстрація абонента в мережі та видача IP-адреси (блок 3). В іншому випадку ініціюється процес закриття з'єднання (блок 12).

Крок 3. Надання IP-адреси. На цьому етапі відбувається присвоєння IP-адреси абоненту (блок 4). У випадку, якщо з яких-небудь причин IP-адреса не була успішно присвоєна, відбувається перезапиту для повторної спроби надання адреси.

Крок 4. Реєстрація у журналі. Відразу після присвоєння абоненту IP-адреси відбувається запис до журналу комутатора, включаючи інформацію про час надання IP-адреси та останні показники рахунку абонента (блок 5).

Крок 5. Ідентифікація запиту Internet. У разі надходження запиту на послугу Internet комутатор звертається до своєї пам'яті для формування інформації про тарифний пакет абонента і потім надсилає запит на надання послуги на сервер (блок 6).

Крок 6. Перевірка балансу. Перед початком та протягом сеансу зв'язку в мережі Internet комутатор здійснює перевірку наявності позитивного балансу на рахунку абонента (блок 7) та проводить тарифікацію (блок 8). У разі негативного балансу на рахунку абонента відбувається автоматичне завершення з'єднання в мережі Internet (блок 10).

Крок 7. Тарифікація. Із використанням таблиці тарифів, пов'язаної з кожним абонентом комутатора, виконується тарифікація послуг, наданих абоненту (блок 8).

Крок 8. Очікування завершення сесії Internet. Блок 9 передбачає очікування команди завершення сеансу в мережі Internet. При надходженні команди на завершення сесія закривається (блок 10). В іншому випадку відбувається перехід до кроку 6.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		53

Крок 9. Завершення сесії Internet. Після завершення сеансу мережі Internet відбувається запис відповідної інформації в журналі комутатора і користувача (блок 11).

Крок 10. Завершення з'єднання. При отриманні команди від блоку 3 і блоку 7 на завершення з'єднання проводиться його закриття.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		54

4 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПРИБРОЮ

Розроблений пристрій, оснащений можливістю автоматичного обліку наданих телекомунікаційних послуг, передбачає забезпечення наступних функцій:

- ідентифікації користувачів;
- тарифікації послуг, що надаються;
- ведення журналів;
- вирішення завдань організації та завершення з'єднань.

Для реалізації цього мікропроцесорного пристрою планується використання мікроконтролера Intel. Його максимальна робоча частота становить 12 МГц, й він функціонуватиме з використанням зазначеної робочої частоти.

Зберігання кодів програми, включаючи коди протоколів віддаленого доступу, протоколи взаємодії з сервером і коди білінгової системи, здійснюється з використанням постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП) і оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП). Підключено до мікроконтролера 8 кБ ОЗП, а також використовується вбудований постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) мікроконтролера об'ємом 4 кБ. Застосовано також регістр-засувку для ефективного поділу шини адреси та даних.

Для забезпечення передачі даних до мережі Ethernet застосовується спеціалізований мережевий контролер. Цей контролер є одним із найкомпактніших і найдоступніших Ethernet-контролерів. Він забезпечує доступ до Ethernet-мереж для будь-яких мікроконтролерів або хост-процесорів.

Для вибору порту передачі або прийому даних використовується дешифратор. За допомогою мікроконтролера цей дешифратор активує відповідний мережевий контролер й порт мережі Ethernet.

Функціональна схема пристрою містить описані блоки. Функціональна схема наведена на рисунку 4.1.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		55

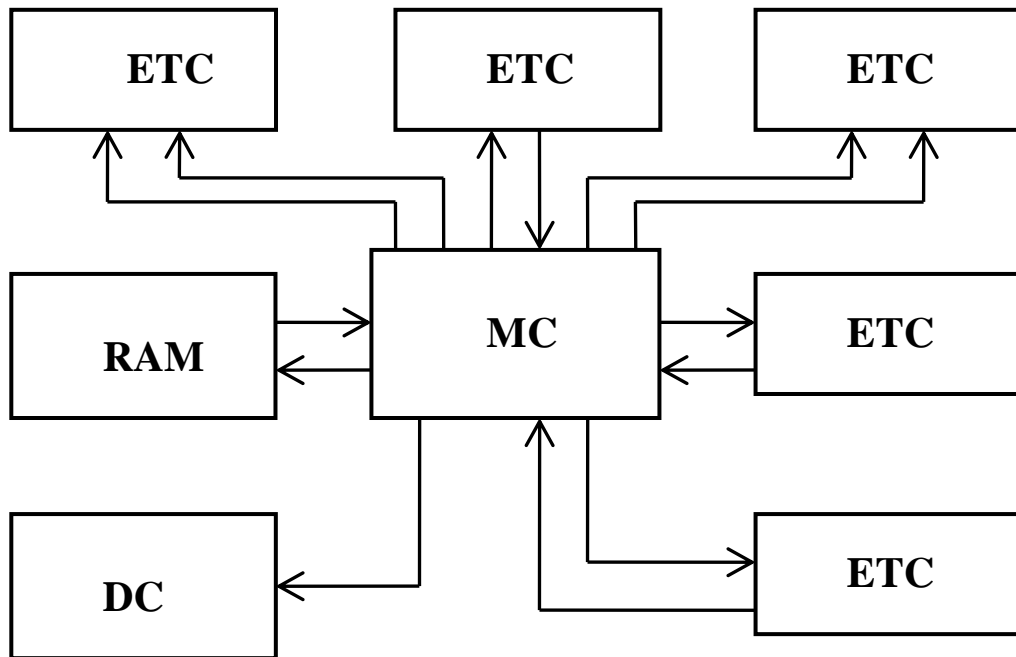


Рисунок 4.1 – Функціональна схема пристрою

5 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ ПРИБРОЮ

5.1 Вибір елементної бази

В основі проєктованого пристрою лежить використання мікроконтролера, що було обґрунтовано рядом факторів.

По-перше, реалізація проєкту на основі цифрових елементів є складним завданням, враховуючи широкий спектр функцій та завдань, які повинен виконувати пристрій комутації.

По-друге, реалізація комутатора, який використовує мікроконтролер, забезпечує виконання поставлених завдань, й при цьому мікроконтролерна техніка являє собою одну з областей, які найбільш динамічно розвиваються в сучасній обчислювальній техніці.

Планується використання наступних компонентів у розроблюваному пристрої:

- мікроконтролер Intel 8051;
- оперативна пам'ять (ОЗП) – КР537РУ17;
- п'ять мережевих контролерів СР2201;
- п'ять трансформаторів LT1Т023В для реалізації Ethernet-портів;
- регістр-засувка 555ІД25;
- дешифратор 555ІД7.

Ця вибірка елементів забезпечує необхідну функціональність пристрою та відповідає сучасним тенденціям у галузі обчислювальної техніки.

5.2 Розробка схеми електричної принципової пристрою

5.2.1 Мікропроцесорний блок

Мікропроцесорний блок містить мікроконтролер, оперативну пам'ять (ОЗП) і регістр-засувку.

Мікроконтролер із сімейства Intel 8051 має наступні апаратні характеристики:

- вбудована оперативна пам'ять об'ємом 128 байт;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		57

- внутрішній постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) з об'ємом 4 Кбайт;
- чотири двонаправлених восьмирозрядних порта введення-виведення з можливістю програмного налаштування кожного біту;
- два 16-розрядні таймери-лічильники;
- вбудований тактовий генератор;
- адресація 64 Кбайт пам'яті програм та 64 кКбайт пам'яті даних;
- дві лінії запитів на переривання зовнішніх пристроїв;
- інтерфейс для послідовного обміну інформацією з іншими мікроконтролерами чи персональними комп'ютерами.

Мікроконтролер виконаний із використанням високорівневої n-МОП технології. Через чотири програмованих паралельних порту введення/виводу та один послідовний порт мікроконтролер взаємодіє із зовнішніми пристроями. На рисунку 5.1 наведено схему розподілу призначення виводів мікроконтролера Intel 8051.

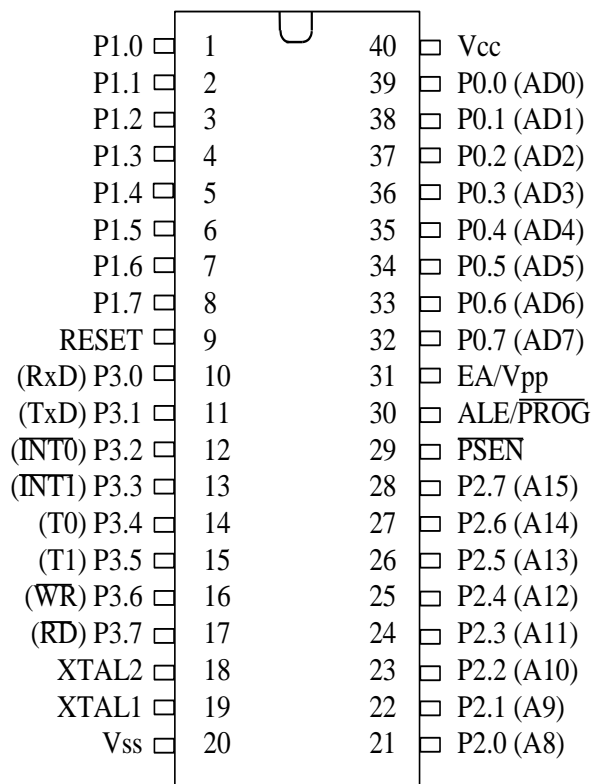


Рисунок 5.1 – Призначення виводів мікроконтролера

Позначення на рисунку:

- U_{ss} – електричний потенціал загального дроту (нульовий потенціал);
- U_{cc} – основна напруга живлення +5 В;
- X1, X2 – виводи підключення кварцового резонатора;
- RST – вхід для загального скидання мікроконтролера;
- PSEN – сигнал, що дозволяє доступ до зовнішньої пам'яті програм; активний лише при зверненні до зовнішнього ПЗП;
- ALE – строб адреси зовнішньої пам'яті;
- EA – вхід, що відключає внутрішню програмну пам'ять; логічний рівень «0» на цьому вході змушує мікроконтролер виконувати програму тільки із зовнішнього ПЗП, ігноруючи внутрішнє (якщо він є);
- P1 – восьмирозрядний напівдуплексний порт введення/виводу; кожен біт порту може бути налаштований в якості входу або виходу незалежно стану інших бітів;
- P2 – восьмирозрядний напівдуплексний порт, аналогічний порту P1; крім того, виводи цього порту використовуються для передачі адресної інформації при зверненні до зовнішньої пам'яті програм або даних (у разі використання 16-бітної адресації);
- P3 – восьмирозрядний напівдуплексний порт, схожий на P1; додатково, висновки цього порту можуть виконувати різні альтернативні функції, такі як управління таймерами, робота з портом послідовного введення-виводу, контроль переривань, обслуговування зовнішньої пам'яті програм і даних;
- P0 – восьмирозрядний напівдуплексний порт вводу-виводу; в режимі тимчасового мультиплексування, при роботі із зовнішніми ОЗП і ПЗП, лініями порту передається адреса зовнішньої пам'яті, після чого здійснюється передача або прийом даних [15].

Розглянемо функціонування мікропроцесорного блоку докладніше.

До мікроконтролеру підключено оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП). Враховуючи, що вбудована пам'ять ОЗП в мікроконтролері всього 128 байт, потрібно розширити пам'ять з використанням додаткової зовнішньої пам'яті.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		59

Для вирішення цього завдання, пов'язаного зі збільшенням числа ліній, на яких інформація зберігається незалежно від того, чи працює мікроконтролер із зовнішнім ОЗП чи ні, було вжито наступних заходів.

Лінії порту P0 використовуються для введення/виведення інформації з шини даних. Однак, в перший момент звернення до пам'яті по цих лініях виводяться адреси A0 ... A7, й одночасно з цим встановлюється сигнал ALE на виході. Через два тактові періоди ALE повертається в стан «0», й через кілька наносекунд після цього адресна інформація йде з ліній порту P0, відкриваючи можливість обміну даними.

Щоб використовувати адреси A0-A7, застосовується 8-розрядний регістр-засувка типу 555IP22, який інформація фіксується по фронту сигналу на вході STB. В якості такого сигналу використовується сигнал ALE.

Таким чином, взаємодія мікроконтролера із зовнішньою пам'яттю даних відбувається наступним чином. При зверненні до зовнішньої пам'яті, мікроконтролер виводить старші 8 бітів адреси по лініях порта P2, а молодші 8 бітів – по лініях P0. Також одночасно встановлюється сигнал ALE 1. Коли цей сигнал 1 надходить на вхід STB регістра-засувки, інформація з його входів D0-D7 надходить безпосередньо на виходи Q0-Q7, з'єднані з молодшими 8 лініями адресної шини. Через деякий час ALE повертається в 0. Перехід з «1» на «0» на вході STB регістра-засувки призводить до замикання інформації в регістрах виходів Q0-Q7, й старші 8 бітів адреси залишаються незмінними на виходах Q0-Q7 до наступного циклу обміну із зовнішньою пам'яттю. Молодші 8 бітів, які виведені через P2, також залишаються постійними до завершення поточного циклу роботи із зовнішнім ОЗП. Оскільки адреси A0-A7 зберігаються в регістрі-засувці, вони знімаються з виводів порту P0, й ці виводи перетворюються на виводи шини даних.

Якщо мікроконтролер записує дані у зовнішній ОЗП, байт, який він записує, виходить на P0.0-P0.7, й сигнал на його виході \overline{WR} (P2.6) встановлюється в «0». Поява нульових сигналів на входах \overline{WE} і \overline{OE} відповідної мікросхеми пам'яті призводить до запису до неї байту, поданого на її входи D0-D7. Сигнал OE, як можна припустити, формується мікросхемою DD2. Ці моменти ілюструють часові діаграми на рисунку 5.2.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		60

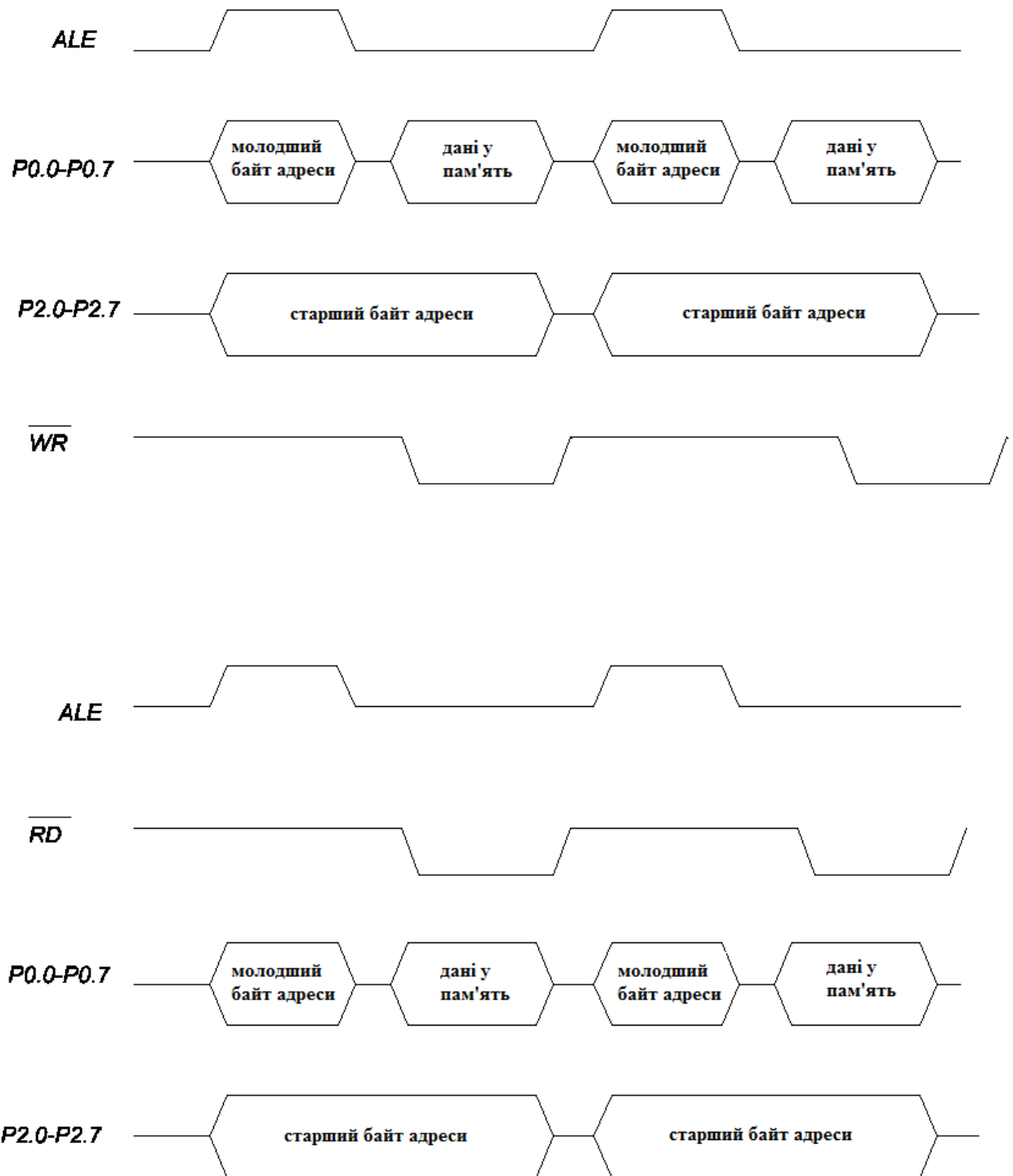


Рисунок 5.2 – Часові діаграми циклів обміну мікроконтролера із зовнішньою пам'яттю

Процес читання інформації мікроконтролером є подібним до попереднього процесу запису, за винятком того, що мікроконтролер встановлює в «0» не \overline{WR} ,

а \overline{RD} , й дані на шину даних надходять не від мікроконтролера, а від відповідної мікросхеми пам'яті.

У зв'язку із застосуванням шинної організації в даному пристрої мережеві контролери і зовнішня пам'ять об'єднані загальною шиною даних, тому виникла необхідність включити в схему дешифратор 555ІД7. Основна функція дешифратора полягає у вибірці кристалу.

5.2.2 Мережевий блок

Мережевий блок включає 5 мережевих контролерів CP2201, дешифратор 555ІД7 і 5 трансформаторів LT1T023В від Bothhand, призначених для з'єднання з портами Ethernet.

Серія мікросхем CP2201 забезпечує універсальний доступ до Ethernet-мереж для різних мікроконтролерів та хост-процесорів. Її паралельний 8-бітний інтерфейс до шини зовнішньої пам'яті дозволяє взаємодіяти з мікроконтролерами, які використовують формати Intel та Motorola, як у мультиплексованому, так й у мультиплексованому режимах. Детальна структурна схема мікросхеми CP2201 наведена на рисунку 5.3.

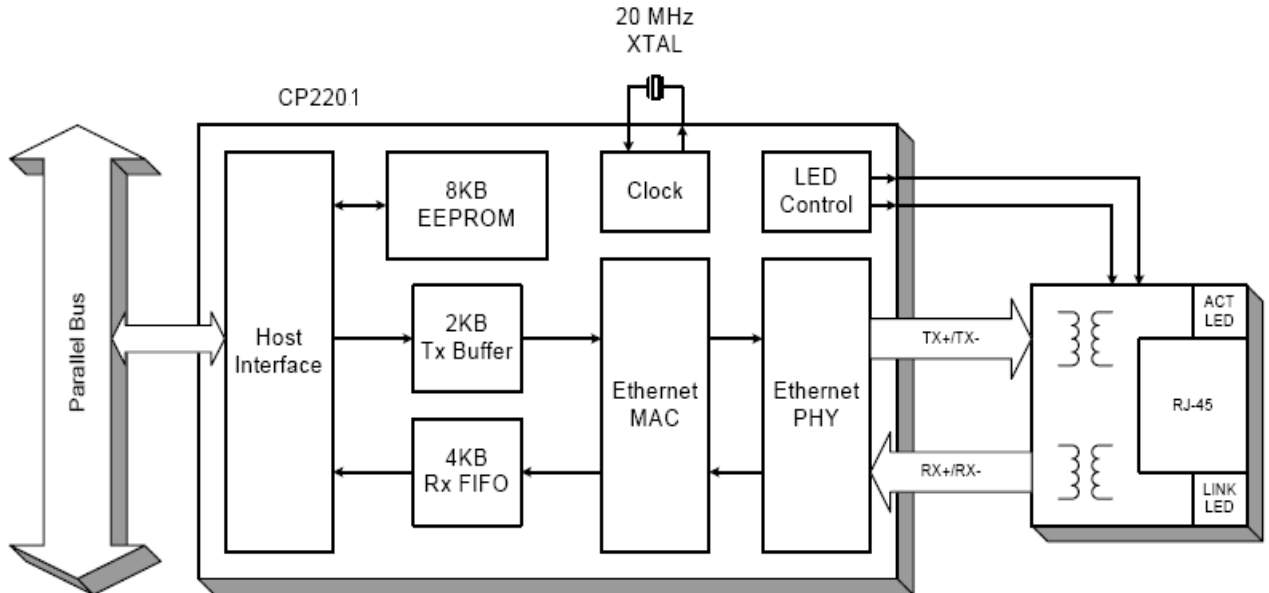


Рисунок 5.3 – Структурна схема мікросхеми CP2201

Призначення виводів мікросхеми CP2201 наведено на рисунку 5.4.

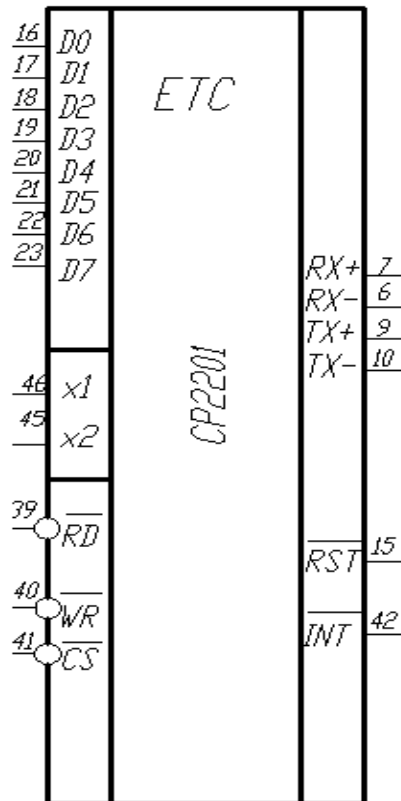


Рисунок 5.4 – Призначення виводів мікросхеми CP2201

Призначення виводів мікросхеми CP2201 наведено у таблиці 5.1.

CP2201 має вбудований контролер доступу до середовища (MAC) Ethernet за стандартом IEEE 802.3, фізичним рівнем 10 BASE-T (PHY) та енергонезалежною FLASH-пам'яттю об'ємом 8к [2]. Вбудовану FLASH-пам'ять можна використовувати для зберігання констант, вмісту веб-серверу або в якості енергонезалежної пам'яті загального призначення. При виготовленні мікросхеми на заводі у FLASH-пам'ять записується унікальна 48-бітова MAC-адреса.

Розглянемо детальніше функціонування мережевого блоку. Мікроконтролер сімейства 8051 з'єднаний із мережевим контролером CP2201 через шину даних. Коли дані надходять з порту Ethernet, контролер створює переривання, що надходять на порт P3.2 мікроконтролера 8051.

Таблиця 5.1 - Призначення виводів мікросхеми CP2201

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		63

Вивід	Позначення	Тип виводу	Функціональне призначення виводів
1 6 -2 3	A D 1-A D8	Входи	Канал даних
42	INT	Вхід	Запит переривання
45-46	X 2, X 1	Входи	Тактові сигнали
39	RD	Вихід	Читання
40	WR	Вихід	Запис
41	CS	Вхід	Вибір мікросхеми
15	RST	Вихід	Початкова установка
7	RX+	Вхід / вихід	
6	RX-	Вхід / вихід	
9	TX+	Вхід / вихід	
10	TX-	Вхід / вихід	

Після виклику переривання портами P1.3 – P1.6 фіксується, який мережевий контролер викликав переривання, і мікросхема 8051 налаштовується на роботу саме з цим контролером і портом.

Для включення потрібного мережевого контролера в роботу для прийому або передачі даних необхідний дешифратор 555ІД7. Це здійснюється формуванням адреси необхідного контролера портами P1.0 - P1.2 мікроконтролера, яка надходить на дешифратор. Таким чином, 8051 налаштовується працювати з одним із контролерів і через шину даних здійснює передачу або прийом даних в мережі Ethernet.

5.2.3 Регістр-засувка

У цій схемі використовується регістр-засувка з метою ефективного використання адрес А0-А7. Ми реалізуємо 8-розрядний регістр-клапан, прикладом якого служить 555ІР22. Інформація в цьому регістрі фіксується при зниженні сигналу на вході STB. В даному випадку в ролі такого сигналу виступає АLE (сигнал стробу адреси), що є його основним призначенням (рис. 5.5).

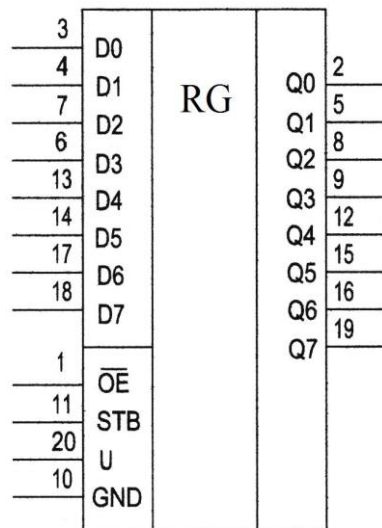


Рисунок 5.5 – Регістр-засувка з потенційним керуванням

5.2.4 Блок пам'яті

Так само, як й у більшості мікроконтролерів, пам'ять програм і пам'ять даних мікроконтролерів сімейства 8051 являють собою окремі й незалежні пристрої, які адресуються різними командами і керуючими сигналами (рис. 5.6).

Вбудований запас програмної пам'яті мікросхеми мікроконтролера 8051 становить 4 Кбайт. Коли мікроконтролери сімейства 8051 звертаються до зовнішньої пам'яті програм, вони завжди застосовують 16-бітну адресу, що забезпечує їм доступ до 64 Кбайт ПЗП. Мікроконтролер здійснює звернення до програмної пам'яті під час читання операційного коду та виконання команд перенесення байту із області програм до акумулятора.

Процеси звернення до зовнішньої пам'яті поділяються на звернення до зовнішньої пам'яті програм та звернення до зовнішньої пам'яті даних. У першому випадку для формування сигналу, що запускає ПЗП з програмою, використовується сигнал PSEN, у той час як у другому випадку залучаються сигнали RD та WR, які активують ОЗП з даними.

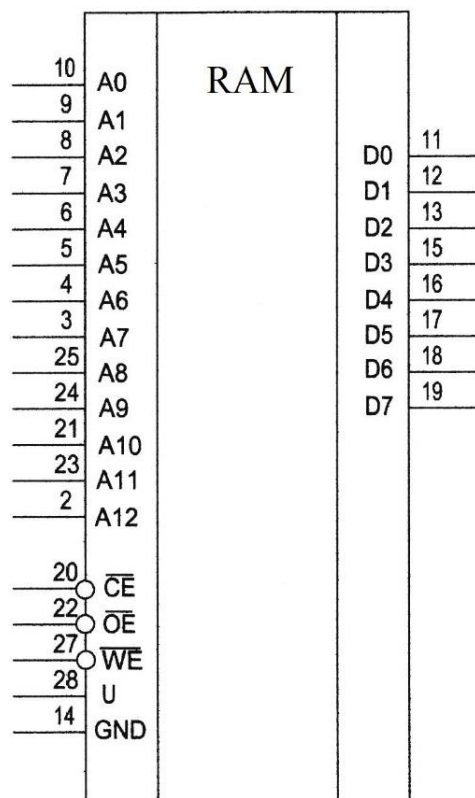


Рисунок 5.6 - Позначення мікросхем пам'яті

З використанням 16-битної адреси старші вісім бітів виводяться через порт P2, де залишаються збереженими протягом усього циклу звернення до зовнішньої пам'яті. Важливо відзначити, що вихідні каскади порту P2 мають внутрішнє навантаження, яке трохи відрізняється від P1 і P3, що дозволяє уникнути обов'язкової засувки всіх одиниць в SFR P2 при виведенні адресної інформації. Також варто відмітити, що при виведенні адресної інформації з SFR P2, хоча її немає на виводах мікроконтролера, вона не втрачається, відновлюючись на них після завершення звернень до зовнішньої пам'яті за умови, що SFR P2 не був змінений у процесі цих звернень.

Якщо при використанні зовнішньої пам'яті даних використовується восьмибітна адреса, то на виводах порту залишається колишня інформація, збережена там до початку звернення до зовнішньої пам'яті. Це забезпечує налаштування посторінкової адресації зовнішньої пам'яті даних. Як зазначалося раніше, на висновках порту P0 молодший адресний байт мультиплексується з даними. Сигнали адреси / даних активують обидва польові транзистори вихідного каскаду порту P0. У цьому випадку виводи P0 не є виводами з

відкритим стоком і не вимагають зовнішніх навантажувальних елементів. Сигнал ALE використовується для фіксації молодшого байту адреси у зовнішньому регістрі-засувці. Адресна інформація стає достовірною на момент завершення сигналу ALE. Байт, що виводиться у циклі запису, заноситься в P0 безпосередньо перед активацією сигналу WR і залишається незмінним до завершення цього сигналу. У циклі читання дані на виводах P0 повинні бути встановлені на момент завершення RD сигналу для надійного зчитування. При зверненні до зовнішньої пам'яті ЦПП записує значення 0FFH в SFR P0, знищуючи таким чином інформацію, що зберігається там. Таким чином, використання порту P0 для запису даних у разі роботи із зовнішньою пам'яттю потребує обачності.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		67

6 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ

Розглянемо виконання підпрограми переривання.

Апаратний виклик (LCALL) відповідної підпрограми обслуговування формується системою переривань за умови якщо вона не заблокована однією із наступних умов:

- у даний момент часу виконується обслуговування запиту переривання з рівним чи вищим рівнем пріоритету;
- поточний машинний цикл не є останнім у циклі виконання поточної команди;
- виконується команда RETI або будь-яка команда, яка пов'язана із доступом до регістрів IE (Interrupt Enable) або IP (Interrupt Priority).

Після апаратно сформованого коду LCALL система переривання розміщує у стек вміст лічильника команд (PC) і завантажує адресу вектору відповідної підпрограми обслуговування. Вектор повинен містити команду безумовної передачі управління (JMP) до початкової адреси підпрограми обслуговування переривання. У разі потреби, початок підпрограми повинен містити команди запису у стек (PUSH) слова стану програми (PSW), акумулятора, розширювача, покажчика даних й т. д. Процедура повинна завершуватись командою RETI, після якої лічильник команд перезавантажується зі стеку, відновлюючи адресу повернення в основну програму. RETI також повертає управління перерваною основною програмою, але не знімає блокування переривань, що вимагає програмного механізму визначення завершення процедури обслуговування даного переривання.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		68

Програма №1: Ініціалізація роботи переривання передавачем:

```
org 0000h
    jmp start

org 0023 h
uart_isr :  clr    ti
            reti

            org 0100 h

start :     mov    tl 1,#0 FDh
            mov    th 1,#0 FDh
            mov    tmod,#
            mov    tcon ,#01000000 b
mov    pcon ,#0 h
            mov    scon ,#01000000 b

mov    ie ,#10010000 b
s1:      incr2
mov    SBUF,r2
            mov    r 0,#0
s2:      movr1, #0
s3:      decr1
            cjne r1, # 1, s3
            decr0
            cjne r0,#1,s2
            jmp   s1

END
```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		69

Програма №2: Ініціалізація роботи переривання приймачем:

```
                org 0000h
                jmp start
                org0023h

uart _ isr :
    clr    RI
    mov    p 2, sbuf
           reti

                org 0100 h
start :        mov    tl 1,#0 FDh
                mov    th 1,#0 FDh
                mov    tmod ,#00100000 b
                mov    tcon ,#01000000 b
                mov    pcon ,#0 h
                mov    scon ,#01010000 b
    mov    ie, #10010000b
           jmp    $
           end
```


7 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Розрахунок повної собівартості проектного пристрою

Собівартість продукції, що виробляється на підприємстві, є сукупними витратами підприємства на виробництво та реалізацію, вираженими в грошовому еквіваленті. Витрати, які пов'язані з виробництвом, формують виробничу собівартість, а разом із витратами на збут вони утворюють повну собівартість виробу. Розрахунок собівартості конкретного виробу, що випускається, по статтях витрат називається калькуляцією. У цьому випадку, калькуляція собівартості виробу відбувається відповідно до «Типового положення із планування, обліку й калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості» [20].

У процесі виробництва будь-якого виробу споживаються різні матеріали, комплектуючі, використовуються різні види обладнання та інструменти, виконується велика кількість технологічних операцій [20]. З метою обліку фактичних витрат на виробництво та обґрунтування собівартості важливою є класифікація цих витрат. Калькуляція собівартості конкретного виду продукції базується на класифікації за калькуляційними статтями витрат.

У плануванні та обліку собівартості продукції застосовується типове групування за статтями калькуляції [20]:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування від заробітної плати;
- матеріали та комплектуючі;
- витрати на утримання та експлуатацію обладнання;
- виробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- позавиробничі витрати (комерційні витрати) [20].

Систематизація витрат за калькуляційними статтями витрат визначає рівень собівартості виробу та, відповідно, його ринкову ціну. Цей підхід дозволяє визначити, де саме виникають витрати та яке призначення вони мають.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		71

Вихідними даними для складання калькуляції собівартості на проєктований пристрій є статті калькуляції, що пов'язані із закупівлею комплектуючих виробів. Також необхідно враховувати вартість напівфабрикатів, які використовуються при виготовленні друкованої плати.

7.2.1 Матеріали та комплектуючі

Матеріали та комплектуючі розглядаються виходячи із відомостей (каталогів, прайс-листів, web-сайтів виробників та постачальників тощо) на матеріали, сировину, комплектуючі, операції з розрахунку на одну одиницю випуску.

Дані за цією статтею витрат наведені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок витрат на комплектуючі

№ п/п	Найменування	Кількість, од.	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5
МІКРОСХЕМИ				
1	CP2201	5	90,00	450,00
2	K555ИД7	1	40,00	40,00
3	Intel 8051	1	105,00	105,00
4	K555ИР22	1	32,00	32,00
5	K1533ЛИ1	1	14,00	14,00
6	KP537PY17	1	46,00	46,00
7	K1533ЛА3	1	14,00	14,00
8	K555ЛА2	1	18,00	18,00
9	K561ЛН2	1	18,00	18,00
КОНДЕНСАТОРИ				
10	SMD 0805 NPO-50B-100 пФ	5	1,00	5,00
11	SMD 0805 X7R-50B-0,01 мкФ	10	1,00	10,00
12	SMD 0805 NPO-50B-47 пФ	11	1,20	13,20
13	SMD 0805 X7R-50B-100 нФ	1	1,24	1,24
14	SMD 0805 NPO-50B-100 пФ	1	1,15	1,15

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5
15	SMD 1206 X5R-16B-6,8 мкФ	2	1,20	2,40
16	SMD -100B-100 пФ	13	1,20	15,60
РЕЗИСТОРИ				
17	MF-0.125-8.2 Ом	10	1,00	10,00
18	MF -0.125-100 Ом	5	1,00	5,00
19	CF-100-0.125-10 МОм	5	1,40	700
20	MF 0.125-10 кОм	4	1,00	4,00
РОЗ'ЄМИ				
21	RJ-45	5	1,00	5,00
ТРАНСФОРМАТОРИ				
22	LT1T023B	5	10,00	50,00
Разом, К				866,59

Загальна вартість усіх комплектуючих складає 866,59 грн.

Розрахунок витрат за матеріали наведений у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Розрахунок витрат за матеріали

Матеріал	Одиниця вимірювання	Норма витрат	Ціна за од, грн.	Ціна, грн.
1	2	3	4	5
Провід монтажний	м	0,5	2,56	1,28
Стеклотекстолит	м ²	0,2	60	12
Каніфоль	кг	0,1	1008	100,8
Флюс	кг	0,02	840	16,8
Припой	кг	0,1	320	32
Лак	кг	0,03	120	3,6
Речовина для корпусу	кг	0,3	300	90
Разом, М				256,48

З урахуванням транспортно-заготівельних витрат ($k_{т-з} = 5 \div 15\%$) вартість комплектуючих та матеріалів становитиме:

$$KM = (K + M) \cdot (100 + k_{т-з}) / 100. \quad (7.1)$$

$$KM = (866,59 + 256,48) \cdot (100 + 10) / 100 = 1235,38 \text{ грн.}$$

7.1.2 Витрати на основну заробітну плату:

$$Zo = \sum_{i=1}^n Tz_i \cdot Hч_i. \quad (7.2)$$

де Tz_i – годинна тарифна ставка окремого спеціаліста (інженера-електронника, лаборанта тощо), який задіяний у виробництві пристрою (установки), грн/год;

$Hч_i$ – витрачений час робітником на виробництво та налагодження пристрою (установки), год, $Hч_i = 4$ год.;

n – кількість працівників, задіяних у виробництві пристрою (установки), $n = 4$.

Годинна тарифна ставка розраховується, виходячи із величини місячного окладу спеціаліста:

$$Tz_i = \frac{Tm_i}{B\phi_i \cdot 8}. \quad (7.3)$$

де Tm_i – місячний оклад (ставка) спеціаліста, грн;

$B\phi_i$ – фактично відпрацьований час за розрахунковий період (місяць), днів (змін);

8 – кількість відпрацьованих годин за зміну.

$$Tz_i = \frac{Tm_i}{B\phi_i \cdot 8} = \frac{15000}{22 \cdot 8} = 88,23 \text{ грн.}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		74

$$Z_o = \sum_{i=1}^4 88,23 \cdot 4 = 4 \cdot 88,23 \cdot 4 = 1364 \text{ грн}$$

7.1.3 Витрати на додаткову заробітну плату

Додаткова заробітна плата (10 – 30% від Z_o):

$$Z_d = Z_o \cdot \frac{K_d}{100} \quad (7.4)$$

де K_d – відсоток додаткової заробітної плати, $K_d = 10\%$.

$$Z_d = 1364 \cdot (10\% / 100\%) = 136,40 \text{ (грн.)}$$

7.1.4 Відрахування на соціальні виплати

Відрахування на соціальні виплати містять відрахування від сукупної основної та додаткової заробітної плати відповідно до встановлених тарифів. Ці утримання включають:

- обов'язкові внески до державної пенсійної системи;
- страхові внески у разі нещасних випадків;
- обов'язкові внески до державного соціального страхування від безробіття;
- витрати, що пов'язані з тимчасовою втратою працездатності;
- витрати, що пов'язані з народженням дитини та похованням.

Нарахування на заробітну плату – єдиний соціальний внесок у розмірі 22%.

$$V_{cb} = (Z_o + Z_d) \cdot 22/100 \quad (7.5)$$

$$V_{cb} = (1364 + 136,40) \cdot 22/100 = 330 \text{ (грн.)}$$

7.1.5 Видатки на утримання та експлуатацію встаткування

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		75

Витрати на утримання та експлуатацію встаткування (ВУЕ) перебувають на балансі підприємства міста і розраховуються за такою формулою:

$ВУЕ = \text{основна заробітна плата} * \text{відсоток ВУЕ (приймають відсоток ВУЕ рівним } 120 \div 150\%)$.

$$ВУЕ = 1364 * 1,2 = 1636,80 \text{ грн.}$$

7.1.6 Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати містять у собі різноманітні витрати, пов'язані з керуванням підрозділом. Це охоплює витрати на управлінські заходи в межах підрозділу, витрати на відрядження співробітників, а також амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальноцехового призначення та інші подібні витрати.

Загальновиробничі витрати ($В_{зв}$) визначаються у розмірі 130-250% від основної заробітної плати.

$$В_{зв} = 3_о * \% В_{зв} = 1364 * 1,3 = 1773,20 \text{ (грн.)}. \quad (7.6)$$

7.1.7 Виробнича собівартість

Виробнича собівартість розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} В_с &= 3_о + 3_д + В_{св} + КМ + ВУЕ + В_{зв} = \\ &= 1364 + 136,40 + 330 + 1235,38 + 1636,80 + 1773,20 = 6475,78 \text{ (грн.)}. \quad (7.7) \end{aligned}$$

7.1.8 Адміністративні витрати

Адміністративні витрати можуть включати різноманітні компоненти, зокрема:

- витрати, що пов'язані з ефективним управлінням діяльністю підприємства, такі як витрати на управління плануванням, координацією та контролем за процесами;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		76

- витрати на організацію службових відряджень для адміністративного персоналу підприємства;
- витрати, що пов'язані з утриманням пожежної та сторожової охорони на об'єктах підприємства;
- витрати на організацію навчання та перепідготовки кадрів для забезпечення їхньої кваліфікації;
- витрати на забезпечення транспортування працівників до місця роботи та назад;
- витрати на оплату відсотків за фінансові та комерційні кредити;
- витрати, які пов'язані з користуванням матеріальними цінностями, що знаходяться в оренді або у лізингу;
- витрати на оплату послуг комерційних банків та інших кредитно-фінансових установ;
- податки та інші відрахування.

Адміністративні витрати (V_a) визначаються у розмірі 140 - 200% від основної заробітної плати.

$$V_a = 30\% * V_a = 1364 * 1,4 = 1909,60 \text{ (грн.)} \quad (7.8)$$

7.1.9 Витрати на збут

Витрати на збут (V_z) охоплюють різні складові, включаючи витрати на рекламу та передреалізаційну підготовку пристрою. Загалом, орієнтовно ці витрати визначаються у розмірі 5-10% від виробничої собівартості. Це важливий аспект ефективного підтримання ринкової активності та успішного впровадження пристрою на ринок.

Витрати на рекламу включають ресурси, витрачені на рекламні кампанії, створення промо-матеріалів, організацію рекламних заходів та інші заходи, спрямовані на просування продукту на ринку.

Передреалізаційна підготовка пристрою включає витрати, пов'язані з тестуванням, сертифікацією, підготовкою _ документації, ліцензуванням та іншими заходами, необхідні для успішного введення пристрою в експлуатацію.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		77

Ці витрати важливі для створення підтримки на ринку, підвищення усвідомленості клієнтів та стимулювання попиту на товар.

$$V_z = V_c * (5 - 10)\% = 6475,78 * 0,05 = 323,80 \text{ (грн.)} \quad (7.9)$$

7.1.10 Повна собівартість пристрою

Повна собівартість пристрою (С) розраховується за формулою:

$$C = V_c + V_a + V_z \quad (7.10)$$

$$C = 6475,78 + 1909,60 + 323,80 = 8709,18 \text{ (грн.)}$$

Калькуляцію собівартості виробу зведено в таблицю 7.3.

Таблиця 7.3 – Калькуляція собівартості пристрою

№	Найменування статей калькуляції	Значення, грн.
1.	Основна заробітна плата	1364
2.	Додаткова заробітна плата	136,40
3.	Відрахування на соціальні виплати	330
4.	Видатки на утримання та експлуатацію встаткування	1636,80
5.	Загальновиробничі витрати	1773,20
6.	Матеріали та комплектуючі	1235,38
Виробнича собівартість		6475,78
7.	Адміністративні витрати	1909,60
8.	Витрати на збут	323,80
Повна собівартість пристрою		8709,18

7.2 Розрахунок ціни пристрою

7.2.1 Розрахунок оптової ціни пристрою

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		78

В ринковій економіці застосовують різні методи ціноутворення: собівартість плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, залежно від рівня попиту.

Розрахунок оптової ціни пристрою проведемо за схемою «собівартість плюс прибуток»:

$$Ц_{\text{опт}} = C + П, \quad (7.11)$$

де C – собівартість пристрою;

$П$ – величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу рентабельності виробництва продукції:

$$R = (П / C) * 100\%, \quad (7.12)$$

де R - рентабельність продукції (продукту), що приймається у розмірі до 35%.

$$R = 10\%.$$

Тоді оптова ціна:

$$Ц_{\text{опт}} = C + (R * C / 100) = 8709,18 + 0,1 * 8709,18 = 9581 \text{ (грн.)}. \quad (7.13)$$

7.2.2 Розрахунок роздрібною ціни пристрою

Визначимо роздрібну ціну розробленого пристрою:

$$Ц_{\text{розн}} = Ц_{\text{опт}} * 1,2 = 9581 * 1,2 = 11322 \text{ (грн.)}, \quad (7.14)$$

де 20% ПДВ.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		79

Методика визначення ціни, що наведена вище, має свої позитивні та негативні аспекти. З позитивних сторін можна виділити її простоту та комплексну очевидність, особливо в контексті функції ціни, що включає відшкодування витрат на виробництво та забезпечення прибутковості вид створення та реалізації пристрою.

Однак, важливо враховувати, що дана методика недостатньо враховує ринкові фактори ціноутворення, зокрема попит. Це може призвести до ситуацій, коли ціна не відповідає реальним умов ринку.

Недолік даної методики особливо виражений у відсутності урахування впливу конкуренції, рентабельності продукції з боку держави та інших ринкових факторів. Таким чином, застосування цієї методики може бути обґрунтованим лише у певних умовах, таких як монопольна ситуація, обмежена рентабельність, одноразові замовлення чи виготовлення унікальної продукції.

Важливо зауважити, що для встановлення реальної ціни, яка відповідає умовам сучасного ринку, необхідні додаткові маркетингові дослідження, які враховують вплив конкуренції, попиту та інших ринкових факторів.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		80

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи магістра було розроблено пристрій комутації для локальної мережі. Було виконано огляд літератури з даної тематики, наукові дослідження з даної тематики, розроблено алгоритм роботи пристрою, структурна схема, функціональна та принципова схеми, розглянуті питання економіки.

Розроблено мережевий комутатор з функціями автоматичного обліку наданих телекомунікаційних послуг. Також розроблено принцип динамічної фрагментації кадрів. Отриманий пристрій має високу продуктивність, простоту виконання, низьку ціну. Подібний пристрій може знайти широке застосування в різних телекомунікаційних мережах і у якості міжмережевого екрану, на межі різних мережевих технологій. Може мати великий попит у адміністраторів локальних мереж, яким необхідно розширювати наявні міжмережеві простори, забезпечувати контроль та якість послуг, що надаються, і підвищувати працездатність мережі.

					ЕлІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		81

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тарбаєв С.І. Проектування інфокомунікаційних мереж. Навчальний посібник / С.І. Тарбаєв, К.О. Домрачева, В.Ф. Заїка, М.П. Трембовецький. – Київ: ННІТІ ДУТ, 2019. – 186 с.
2. Жураковський Б.Ю. Комп'ютерні мережі. Частина 1. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інженерія програмного забезпечення інформаційно управляючих систем» та «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 336 с.
3. Жураковський Б.Ю. Комп'ютерні мережі. Частина 2. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец. 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інженерія програмного забезпечення інформаційно управляючих систем» та «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 372 с.
4. IEEE 802.11ac-2013. IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 4: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6 GHz. IEEE Standards Association, 2013.
5. 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.
6. <https://www.quora.com/What-is-network-technology/> Dec 20 / 2018.
7. Писарець А.В., Писарець Є.В. Автоматизовані системи передачі показань від приладів обліку енергоносіїв. Частина 2/дис./ Національний технічний університет України. Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. Київ 2020 р. Доступно: <http://visnykpb.kpi.ua/article/view/221452>.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		82

8. <https://infotel.ua/ua//2017/12/local-aria-network-data-transferring>, 2017.
9. ISO/IEC 27001:2013. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements.
10. Noulas A.K., Kröse B.J.A. Deep Belief Networks for dimensionality reduction. Proceedings of the twentieth Belgian-Dutch Conference on Artificial Intelligence. University of Twente, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Enschede, 2008. – Pp. 185–191.
11. ISO/IEC 27001:2013. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements.
12. Тарнавський Ю.А. Організація комп'ютерних мереж: підручник: для студ. спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки» / Ю.А. Тарнавський, І.М. Кузьменко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 259 с.
13. Dordal Peter L. An Introduction to Computer Networks. Release 2.0.4 / Peter L. Dordal. – Loyola University Chicago, 2021. – 936 p.
14. Бутенко Т.А. Інформаційні системи та технології: навчальний посібник / Т.А. Бутенко, В.М. Сирий. – Харків: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2020. – 207 с.
15. Жураковський Б.Ю. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. Для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.
16. Голь В.Д. Телекомунікаційні та інфокомунікаційні мережі. Навчальний посібник / В.Д. Голь, М.С. Ірха. – Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 250 с.
17. The Introduction to Programmable Logic Controllers for Beginners / John Mulindi // 2020. – 81 с.
18. Винар Я.Ю. Комплексний енергомоніторинг на ринку електричної енергії з використанням Smart Metering System/дис./Національний технічний університет України. Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. Київ 2020 р.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		83

19. Тисячний С.Г. Автоматизована система розширеного моніторингу та комерційного обліку електроенергії/дис./ Національний технічний університет України. Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. Київ 2020 р.
20. Тарасюк М. Бюджетне планування в Україні // Вісник КНТЕУ. – 2018.– № 2. – С. 19-31.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.525 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		84