

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Цифрова міні-АТС для корпоративних систем зв'язку

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Паласюк В.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Хвостівська Л.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Хвостівська Л.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2026

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«28» квітня 2026 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Паласюку Володимиру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Цифрова міні-АТС для корпоративних систем зв'язку

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 28 » 04 2026 року № 4/9-198

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні параметри: 1) Цифрова міні-АТС повинна забезпечувати під'єднання 5-ти телефонних номерів та вихід на міську телефонну лінію; 2) Напруга живлення 220 В; 3) Потужність споживання не більше 5Вт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Основна частина

2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема корпоративної мережі

2. Структурна схема цифрової міні-АТС

3. Схема електрична принципова цифрової міні-АТС

4. Друкований вузол цифрової міні-АТС

5. Плата друкована цифрової міні-АТС

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	<i>Барановський В.М., д.т.н., проф. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання 12.03.2026

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>	12.03.2026	
2	<i>Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи</i>	14.03.2026	
3	<i>Структурна схема корпоративної мережі на базі цифрової міні-АТС</i>	21.03.2026	
4	<i>Розробка структурної схеми цифрової міні-АТС</i>	23.03.2026	
5	<i>Розробка схеми електричної принципової цифрової міні-АТС</i>	10.04.2026	
6	<i>Розробка блок-схеми алгоритму роботи мікроконтролера</i>	12.04.2026	
7	<i>Розробка програмного забезпечення мікроконтролера</i>	16.04.2026	
8	<i>Розрахунок основних вузлів схеми цифрової міні-АТС</i>	22.04.2026	
9	<i>Вибір компонентної бази для розроблюваної цифрової міні-АТС</i>	02.05.2026	
10	<i>Компоновка друкованого вузла цифрової міні-АТС</i>	15.05.2026	
11	<i>Створення допоміжної документації</i>	23.05.2026	
12	<i>Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці</i>	03.06.2026	
13	<i>Нормоконтроль</i>	09.06.2026	
14	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	10.06.2026	
15	<i>Перевірка роботи на антиплагіат</i>	12.06.2026	
16	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	24.06.2026	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Паласюк В.М.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Хвостівська Л.В.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Цифрова міні-АТС для корпоративних систем зв'язку». Кваліфікаційна робота бакалавра // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2026 р. // с. – 75, рис. – 29, табл. – 2, бібліогр. – 25, додат. – 3.

Ключові слова: ЦИФРОВА МІНІ-АТС, КОРПОРАТИВНА СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ, АБОНЕНТСЬКА ЛІНІЯ, КОМУТАЦІЯ ВИКЛИКІВ, СХЕМА СТРУКТУРНА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА, ДРУКОВАНИЙ ВУЗОЛ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ALTIUM DESIGNER.

У кваліфікаційній роботі представлено етапи проєктування цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку.

Виконано аналіз завдання, зокрема досліджено існуючі цифрові міні-АТС, їхні функціональні можливості, особливості організації внутрішнього та зовнішнього телефонного зв'язку. Наведено проєктні рішення щодо структурної схеми корпоративної мережі та цифрової міні-АТС, а також розроблено електричну принципову схему системи з урахуванням основних функціональних вузлів.

Здійснено розроблення абонентських інтерфейсних модулів, модуля комутації викликів, блока централізованого керування на базі мікроконтролера ATmega32, блока індикації та інтерфейсу RS-232. Виконано синтез програмного забезпечення мікроконтролера, вибір компонентної бази та компонування друкованого вузла, що забезпечує надійне функціонування цифрової міні-АТС.

Під час проєктування електричної принципової схеми та друкованої плати застосовано засоби системи автоматизованого проєктування. Розроблена цифрова міні-АТС забезпечує контроль стану абонентських ліній, оброблення сигналів набору номера, комутацію внутрішніх і зовнішніх викликів, світлодіодну індикацію режимів роботи та обмін службовою інформацією з персональним комп'ютером.

## ANNOTATION

Thesis topic: «Digital Mini-PBX for Corporate Communication Systems». Bachelor's qualification work // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Group RAs-41 // Ternopil, 2026 // p. – 75, fig. – 29, tab. – 2, bibliography – 25, appendix – 3.

Keywords: DIGITAL MINI-PBX, CORPORATE COMMUNICATION SYSTEM, SUBSCRIBER LINE, CALL SWITCHING, STRUCTURAL DIAGRAM, ELECTRICAL SCHEMATIC DIAGRAM, PRINTED CIRCUIT ASSEMBLY, MICROCONTROLLER, ALTIUM DESIGNER.

The qualification work presents the stages of designing a digital mini-PBX for corporate communication systems.

The task was analyzed, including a study of existing digital mini-PBX systems, their functional capabilities, and the features of organizing internal and external telephone communication. Design solutions for the structural diagram of the corporate network and the digital mini-PBX were presented, and the electrical schematic diagram of the system was developed, taking into account its main functional units.

Subscriber line interface modules, a call-switching module, a centralized control unit based on the ATmega32 microcontroller, an indication unit, and an RS-232 interface were developed. The synthesis of the microcontroller software, the selection of the component base, and the layout of the printed circuit assembly were carried out, ensuring reliable operation of the digital mini-PBX.

Computer-aided design tools were used to develop the electrical schematic diagram and the printed circuit board. The developed digital mini-PBX provides subscriber line status monitoring, dial signal processing, switching of internal and external calls, LED indication of operating modes, and the exchange of service information with a personal computer.

## Зміст

Вступ.....	8
1 Основна частина.....	9
1.1 Аналіз завдання на роботу.....	9
1.1.1 Аналіз цифрових міні-АТС для корпоративних систем зв'язку.....	9
1.1.2 Аналіз отриманої інформації.....	16
1.2 Проектування структурної схеми корпоративної мережі.....	18
1.3 Проектування структурної схеми міні-АТС.....	20
1.4 Проектування схеми електричної принципової міні-АТС.....	23
1.4.1 Схема електрична принципова міні-АТС.....	23
1.4.2 Синтез схеми електричної принципової міні-АТС.....	30
1.4.3 Синтез програмного забезпечення модуля централізованого керування.....	35
1.5 Вибір елементної бази міні-АТС.....	40
1.5.1 Вибір мікроконтролера.....	41
1.5.2 Вибір оптронів для інтерфейсних модулів абонентських ліній.....	43
1.5.3 Вибір транзисторів для комутаційних вузлів.....	43
1.5.4 Вибір стабілізатора напруги.....	45
1.5.5 Вибір логічних мікросхем.....	46
1.5.6 Вибір діодів та випрямлячів.....	47
1.5.7 Вибір кварцового резонатора.....	48
1.5.8 Вибір пасивних компонентів.....	49
1.6 Компоновка друкованого вузла міні-АТС.....	51
1.7 Висновки до розділу 1.....	55

					<b>ПВМ 2.000.001 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Паласюк В.М.			<b>Цифрова міні-АТС для корпоративних систем зв'язку</b>  <i>Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хвостівська Л.					6	75
Н. Контр.		Хвостівська Л.				<b>ТНТУ, ФПТ, гр. РАС-41</b>		
Затверд.		Дунець В.Л.						
Рецензент		Яворська Є.Б.						

2 Охорона праці та безпека життєдіяльності.....	57
2.1 Забезпечення електробезпеки під час налагодження та експлуатації цифрової міні-АТС.....	57
2.2 Забезпечення пожежної безпеки та дії персоналу в надзвичайних ситуаціях.....	62
2.3 Висновок до розділу 2.....	69
Висновки.....	70
Список використаних джерел.....	73
Додатки.....	76

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Сучасний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій характеризується стрімким зростанням потреб у якісному, надійному та функціональному корпоративному зв'язку. Ефективна організація внутрішніх і зовнішніх комунікацій є важливою складовою діяльності підприємств, установ та організацій різного профілю. Від якості телекомунікаційної інфраструктури значною мірою залежить оперативність прийняття управлінських рішень, координація роботи структурних підрозділів та загальна ефективність функціонування підприємства.

Традиційні аналогові телефонні системи поступово втрачають актуальність через обмежені функціональні можливості, складність масштабування та недостатню інтеграцію із сучасними цифровими сервісами. Натомість цифрові міні-автоматичні телефонні станції (міні-АТС) забезпечують високий рівень гнучкості, підтримку широкого спектра телекомунікаційних послуг, можливість інтеграції з комп'ютерними мережами та використання сучасних протоколів передачі голосової інформації.

Впровадження цифрових міні-АТС у корпоративних системах зв'язку дозволяє оптимізувати використання телекомунікаційних ресурсів, підвищити якість обслуговування абонентів, забезпечити централізоване керування телефонною мережею та знизити експлуатаційні витрати. Особливої актуальності набувають рішення, які поєднують функції традиційної телефонії та IP-телефонії, забезпечуючи можливість подальшого розвитку корпоративної мережі зв'язку відповідно до сучасних вимог цифрової трансформації.

У зв'язку з цим розроблення цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку є актуальним завданням, спрямованим на створення ефективного засобу організації внутрішнього та зовнішнього телефонного зв'язку з використанням сучасних телекомунікаційних технологій.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 Основна частина

### 1.1 Аналіз завдання на роботу

#### 1.1.1 Аналіз цифрових міні-АТС для корпоративних систем зв'язку

У сучасних корпоративних системах зв'язку широкого поширення набули цифрові міні-автоматичні телефонні станції (міні-АТС), які забезпечують комутацію голосового трафіку, маршрутизацію викликів, підтримку внутрішнього зв'язку між працівниками та інтеграцію із зовнішніми телекомунікаційними мережами. Використання цифрових міні-АТС дозволяє реалізувати широкий спектр функцій, включаючи IP-телефонію, голосову пошту, конференцзв'язок, інтерактивне голосове меню (IVR), запис розмов та віддалене адміністрування.

На ринку телекомунікаційного обладнання представлена значна кількість рішень для побудови корпоративних систем зв'язку. Розглянемо найбільш поширені цифрові міні-АТС, які використовуються на підприємствах малого та середнього бізнесу.

Одним із найбільш поширених рішень є цифрова IP-АТС Panasonic KX-NS500, яка поєднує можливості традиційної телефонії та сучасних IP-комунікацій.

На рис. 1.1 подати зовнішній вигляд Panasonic KX-NS500 [17].

Система підтримує як аналогові лінії, так і SIP-телефонію, що забезпечує поступову модернізацію корпоративної мережі без повної заміни існуючої інфраструктури.

Основні характеристики Panasonic KX-NS500:

- початкова конфігурація: 6 зовнішніх та 18 внутрішніх ліній;
- масштабування до 190 зовнішніх та 288 внутрішніх ліній;
- підтримка до 128 SIP/IP-телефонів;
- підтримка SIP-транків;

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вбудована голосова пошта;
- функції конференцзв'язку;
- інтеграція з мобільними пристроями;
- підтримка централізованого адміністрування.



Рисунок 1.1 – Вигляд міні-АТС Panasonic KX-NS500 [17]

Перевагами системи є висока надійність, можливість поступового розширення та підтримка гібридної архітектури. Недоліком є відносно висока вартість обладнання та ліцензування окремих функцій.

На рис. 1.2 наведено структурну схему підключення абонентів та зовнішніх ліній міні-АТС Panasonic KX-NS500. Станція забезпечує підключення зовнішніх телефонних мереж через аналогові лінії PSTN, цифрові лінії ISDN та SIP-транки. До внутрішньої мережі можуть підключатися IP-телефони, цифрові та аналогові телефонні апарати, DECT-телефони, факсимільні пристрої, а також програмні телефони (Softphone). Інтеграція з локальною мережею підприємства дозволяє реалізувати додаткові сервіси, зокрема голосову пошту, централізоване адміністрування та віддалений доступ до телекомунікаційних ресурсів.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



- запис телефонних розмов;
- веб-інтерфейс адміністрування;
- підтримка мобільних клієнтів Linkus;
- інтеграція з Microsoft Teams.



Рисунок 1.3 Вигляд Yeastar P560 [18]

На рис. 1.4 наведено структурну схему організації зв'язку через SIP-провайдера та локальну мережу підприємства.

Зовнішній зв'язок із телефонною мережею здійснюється через SIP-провайдера мережею Інтернет. Внутрішні абоненти підключаються до АТС через локальну мережу підприємства за допомогою IP-телефонів та програмних телефонів (Softphone), що забезпечує централізоване керування викликами та ефективну взаємодію між користувачами.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

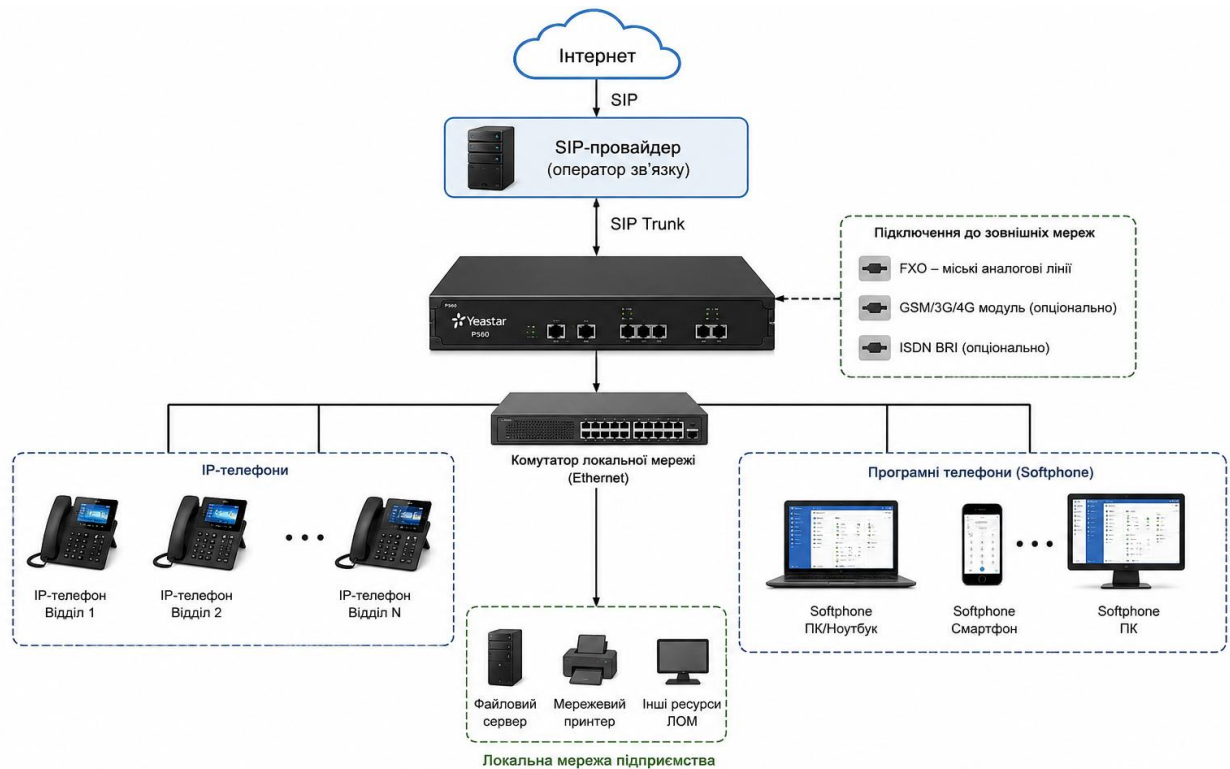


Рисунок 1.4 – Структурна схема організації зв’язку через SIP-провайдера при використанні міні-АТС Yeastar P560

Особливістю даної системи є підтримка сучасних сервісів уніфікованих комунікацій та можливість організації віддалених робочих місць співробітників через мережу Інтернет.

До переваг належать модульність, простота конфігурування та підтримка сучасних протоколів VoIP. Недоліком є обмежена кількість слотів розширення для молодшої моделі.

Перспективним рішенням для корпоративних мереж є міні-АТС Grandstream UCM6302 (рис.1.5) [19], яка належить до нового покоління платформ уніфікованих комунікацій.

Основні характеристики Grandstream UCM6302:

- підтримка до 1000 абонентів;
- до 150 одночасних викликів;
- конференції до 150 учасників;
- відеоконференції до 20 учасників Full HD;

- 2 порти FXS;
- 2 порти FXO;
- підтримка SIP-телефонії;
- інтеграція з мобільними та програмними телефонами;
- підтримка віддаленого доступу Grandstream RemoteConnect.



Рисунок 1.5 – Вигляд міні-АТС Grandstream UCM6302 [19]

Перевагами системи є велика ємність, підтримка відеоконференцій та інтеграція засобів уніфікованих комунікацій. До недоліків можна віднести складнішу конфігурацію порівняно з рішеннями початкового рівня.

На рис. 1.6 наведено структурну схему підключення IP-телефонів, SIP-провайдера та корпоративної мережі при використанні Grandstream UCM6302.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

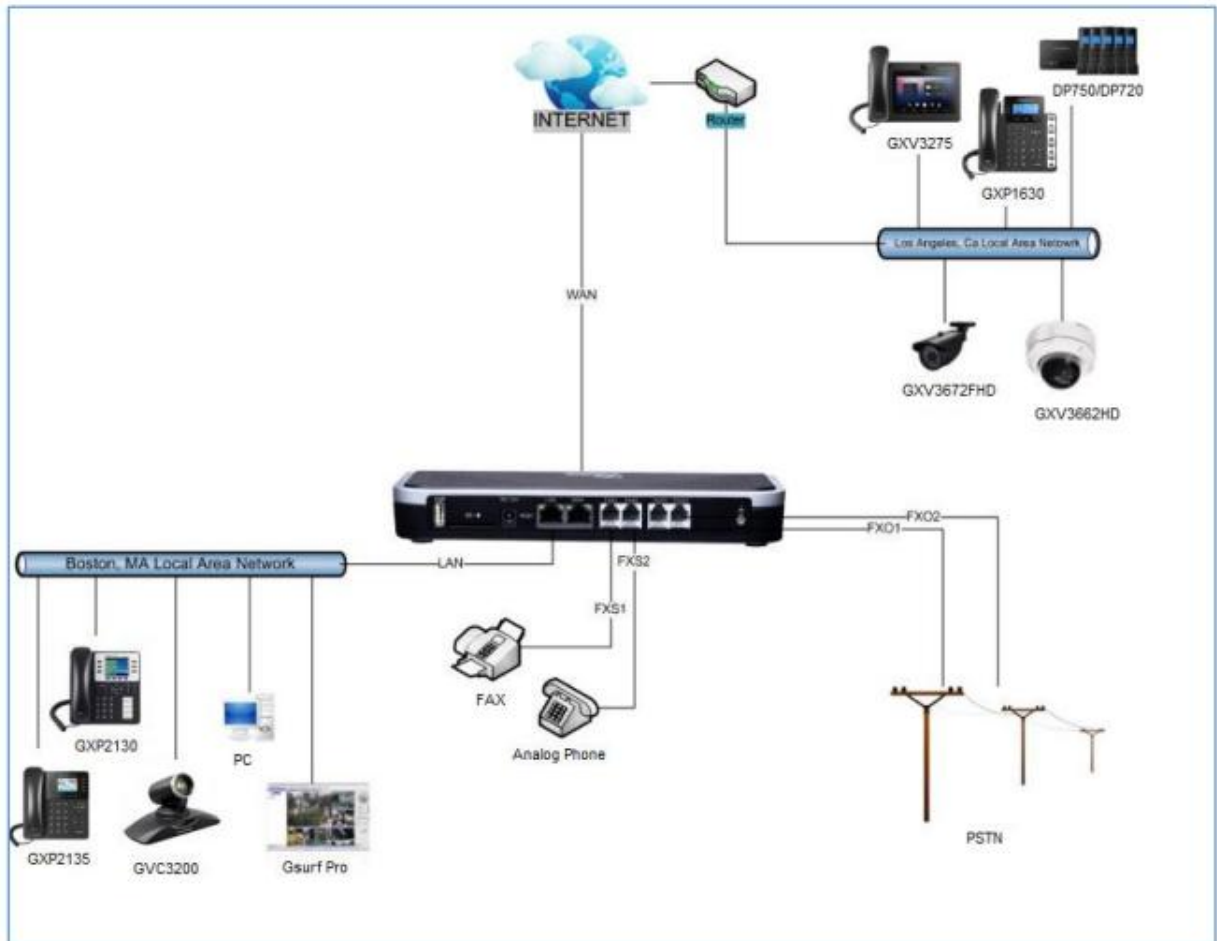


Рисунок 1.6 – Структурна схема підключення IP-телефонів, SIP-провайдера та корпоративної мережі при використанні Grandstream UCM6302 [20]

Для оцінювання можливостей розглянутих систем виконаємо їх порівняння за основними технічними характеристиками.

Таблиця 1.1 – Порівняння цифрових міні-АТС

Параметр	Panasonic KX-NS500	Yeastar P560	Grandstream UCM6302
1	2	3	4
Максимальна кількість абонентів	288	200	1000
Одочасні виклики	до 190 зовнішніх ліній	30–60	150
SIP-телефонія	Так	Так	Так
Аналогові лінії	Так	Так	Так

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1	2	3	4
Голосова пошта	Так	Так	Так
Конференцзв'язок	Так	Так	Так
Відеоконференції	Обмежено	Так	Так
Веб-адміністрування	Так	Так	Так
Масштабованість	Висока	Середня	Дуже висока

Проведений аналіз показав, що сучасні цифрові міні-АТС забезпечують широкий функціонал для побудови корпоративних систем зв'язку. Panasonic KX-NS500 характеризується високою надійністю та підтримкою гібридної телефонії. Yeastar P560 орієнтована на використання сучасних сервісів VoIP та уніфікованих комунікацій. Grandstream UCM6302 забезпечує найбільшу ємність системи та підтримує мультимедійні сервіси корпоративного рівня.

Отримані результати аналізу свідчать про доцільність використання цифрових технологій комутації та SIP-протоколів під час розроблення цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку.

### 1.1.2 Аналіз отриманої інформації

Проведений аналіз існуючих цифрових міні-АТС показав, що сучасні системи корпоративного зв'язку забезпечують широкий набір функціональних можливостей, серед яких комутація внутрішніх та зовнішніх викликів, підтримка багатоканального зв'язку, маршрутизація викликів, конференцзв'язок, голосова пошта та інтеграція з комп'ютерними мережами.

Розглянуті системи Panasonic KX-NS500, Yeastar P560 та Grandstream UCM6302 відрізняються високою функціональністю, однак їх використання для невеликих корпоративних мереж не завжди є економічно доцільним. Більшість сучасних рішень орієнтовані на значну кількість абонентів та потребують складної програмно-апаратної конфігурації. Крім того, використання готових комерційних систем супроводжується додатковими

витратами на ліцензування програмного забезпечення та подальше розширення функціональних можливостей.

Аналіз існуючих технічних рішень дозволив визначити основні функції, які повинна виконувати проєктована цифрова міні-АТС. До них належать контроль стану телефонних апаратів, приймання та декодування набраного номера, комутація внутрішніх телефонних ліній між абонентами, забезпечення виходу на зовнішню телефонну мережу, індикація режимів роботи та можливість взаємодії з персональним комп'ютером.

Для реалізації зазначених функцій до складу міні-АТС доцільно включити модулі телефонних апаратів, комутаційний блок, мікроконтролерний блок керування, блок індикації та інтерфейс обміну даними з персональним комп'ютером. Модулі телефонних апаратів повинні забезпечувати живлення абонентських пристроїв і контроль стану ліній. Комутаційний блок повинен виконувати з'єднання між абонентами та забезпечувати підключення до зовнішньої телефонної мережі. Контролер здійснюватиме керування всіма вузлами системи, обробку сигналів набору номера та реалізацію алгоритмів функціонування міні-АТС.

Таким чином, на основі проведеного аналізу сформовано вимоги до структури цифрової міні-АТС та визначено основні функціональні вузли системи. Отримані результати є підставою для розробки структурної схеми міні-АТС, яка наведена у наступному розділі.

Схемотехнічно система повинна мати наступні параметри:

- Діапазон реєстрації радіаційного поля: 1-5000 Дф;
- Частотний діапазон радіоканалу: 160–200 МГц;
- Гранична швидкість підрахунку імпульсів: 4000 імп/с;
- Час ініціалізації: до 3 секунд;
- Живлення: 220 В / 50 Гц;
- Максимальне споживання: до 0,5 Вт.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 1.2 Проектування структурної схеми корпоративної мережі

Проектування структурної схеми корпоративної мережі є одним із ключових етапів розроблення цифрової міні-АТС, оскільки дозволяє визначити місце розроблюваної системи в загальній телекомунікаційній інфраструктурі підприємства, встановити взаємозв'язки між окремими абонентами та зовнішніми мережами зв'язку, а також сформувавши вимоги до функціональних можливостей станції.

Сучасні корпоративні мережі зв'язку призначені для забезпечення ефективної взаємодії між співробітниками підприємства, організації внутрішніх телефонних з'єднань, підтримки зв'язку із зовнішніми абонентами та інтеграції з інформаційними системами підприємства. Основною вимогою до таких мереж є висока надійність функціонування, можливість масштабування, централізоване керування та забезпечення безперервності комунікаційних процесів.

Структурна схема корпоративної мережі повинна передбачати наявність центрального вузла комутації, роль якого виконує цифрова міні-АТС. Саме через цей вузол здійснюється встановлення внутрішніх та зовнішніх телефонних з'єднань, оброблення сигналів виклику, маршрутизація з'єднань та керування роботою абонентських ліній.

До складу корпоративної мережі входять внутрішні абоненти підприємства, представлені телефонними апаратами співробітників різних підрозділів. Кожен абонент підключається до відповідного інтерфейсного порту цифрової міні-АТС, через який забезпечується передавання мовної та службової інформації. Завдяки використанню централізованої архітектури всі процеси встановлення та завершення телефонних з'єднань виконуються під керуванням центрального контролера станції.

Окрім внутрішніх абонентів, структурна схема передбачає підключення зовнішньої телефонної мережі загального користування. Такий підхід

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

забезпечує можливість здійснення вихідних дзвінків за межі підприємства та приймання вхідних викликів від зовнішніх абонентів. Взаємодія із зовнішньою мережею здійснюється через спеціалізований інтерфейсний модуль, який забезпечує узгодження параметрів сигналів та захист обладнання від можливих перенапруг.

Для налаштування, діагностики та моніторингу роботи цифрової міні-АТС до структури корпоративної мережі також входить персональний комп'ютер адміністратора. Зв'язок між комп'ютером та станцією здійснюється через інтерфейс RS-232, що дозволяє виконувати конфігурування параметрів системи, контролювати стан абонентських ліній та отримувати службову інформацію про роботу обладнання.

На рис. 1.6 наведено розроблену структурну схему корпоративної мережі. Центральним елементом мережі є цифрова міні-АТС, до якої підключені внутрішні абонентські термінали, зовнішня телефонна лінія та персональний комп'ютер адміністратора. Така структура забезпечує реалізацію основних функцій корпоративного телефонного зв'язку, включаючи внутрішню комутацію викликів, взаємодію із зовнішніми мережами та централізоване керування телекомунікаційними ресурсами підприємства.

Запропонована архітектура характеризується простотою реалізації, високою надійністю та можливістю подальшого розширення. У разі необхідності кількість абонентських ліній може бути збільшена шляхом додавання додаткових інтерфейсних модулів без суттєвих змін загальної структури системи. Це забезпечує адаптацію корпоративної мережі до потреб підприємств різного масштабу та напрямку діяльності.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

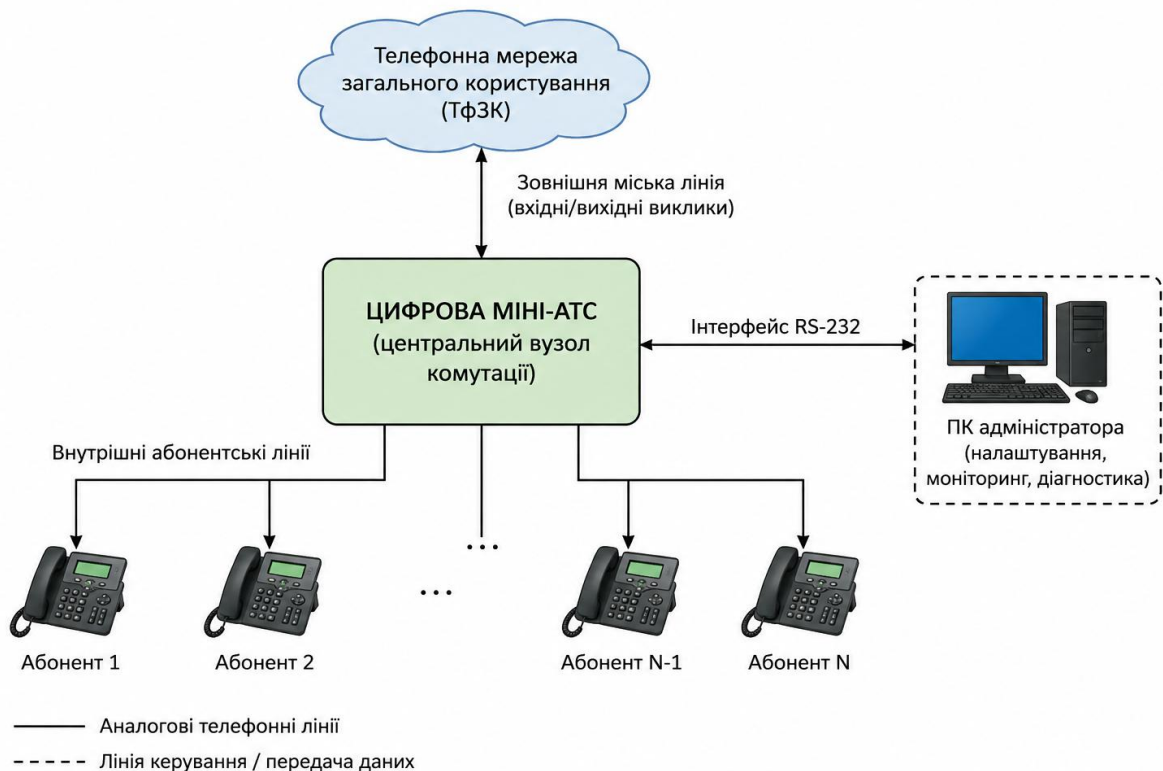


Рисунок 1.6 – Структурна схема корпоративної мережі на базі цифрової міні-АТС

Таким чином, у результаті проектування структурної схеми корпоративної мережі визначено основні елементи телекомунікаційної інфраструктури, встановлено взаємозв'язки між ними та сформовано архітектурну основу для подальшого розроблення структурної і функціональної схем цифрової міні-АТС.

### 1.3 Проектування структурної схеми міні-АТС

Проектування структурної схеми є важливим етапом розроблення цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку, оскільки саме на цьому етапі формується загальна архітектура системи та визначаються функціональні взаємозв'язки між її основними складовими. Структурна схема дозволяє встановити перелік необхідних функціональних вузлів, визначити їх

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначення, а також обґрунтувати способи реалізації основних процесів комутації та оброблення телефонних сигналів.

Під час розроблення структурної схеми враховуються результати аналізу існуючих систем телефонного зв'язку, вимоги технічного завдання та особливості функціонування корпоративних телекомунікаційних мереж. На даному етапі визначаються способи взаємодії між окремими функціональними блоками, особливості передавання службової та інформаційної складових сигналів, а також механізми керування процесами встановлення та завершення телефонних з'єднань.

На основі проведеного аналізу та сформованих вимог було розроблено структурну схему цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку, яку наведено на рисунку 1.7.

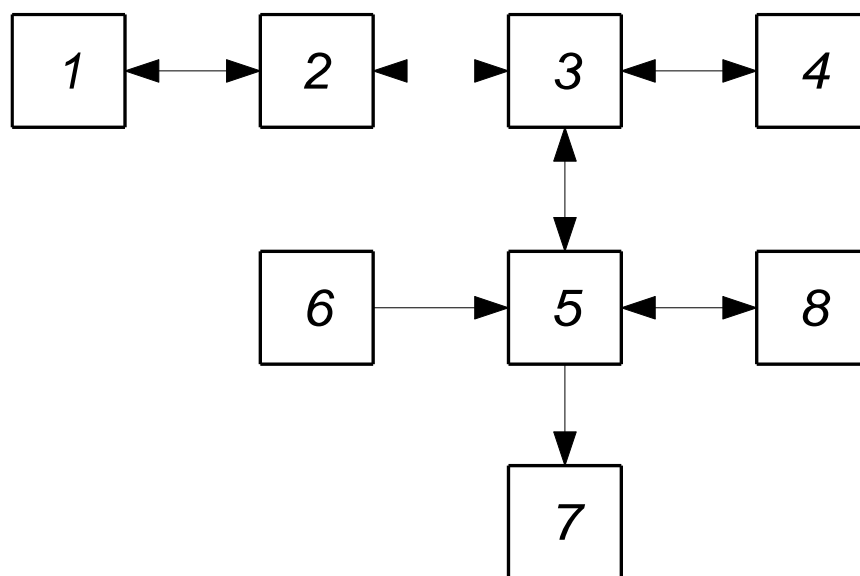


Рисунок 1.7 – Структурна схема цифрової міні-АТС

До складу розробленої системи входять такі функціональні блоки:

- 1 – абонентські пристрої;
- 2 – інтерфейсні модулі абонентських ліній;
- 3 – модуль комутації викликів;
- 4 – зовнішня мережа зв'язку;
- 5 – модуль централізованого керування;

6 – підсистема налаштування та адміністрування;

7 – модуль індикації та моніторингу;

8 – комунікаційний інтерфейс з персональним комп'ютером.

Абонентські пристрої 1 призначені для забезпечення голосового зв'язку між користувачами корпоративної мережі та здійснення викликів до зовнішніх абонентів. У ролі абонентських пристроїв можуть використовуватись телефонні апарати різних типів залежно від конфігурації системи.

Інтерфейсні модулі абонентських ліній 2 забезпечують підключення абонентських пристроїв до цифрової міні-АТС. Основними функціями цих модулів є живлення абонентських ліній, контроль їхнього стану, визначення факту підняття трубки та приймання сигналів набору номера.

Модуль комутації викликів 3 реалізує встановлення телефонних з'єднань між внутрішніми абонентами та забезпечує підключення до зовнішньої мережі зв'язку 4. Залежно від команд, сформованих керуючим модулем, він здійснює маршрутизацію викликів та формує відповідні канали передавання мовної інформації.

Зовнішня мережа зв'язку 4 забезпечує взаємодію цифрової міні-АТС із телефонною мережею загального користування та надає можливість виконання вхідних і вихідних викликів за межі корпоративної мережі.

Центральним елементом системи є модуль централізованого керування 5. Він виконує аналіз стану абонентських ліній, оброблення сигналів набору номера, формування алгоритмів комутації та координацію роботи всіх функціональних вузлів цифрової міні-АТС. Саме цей модуль забезпечує реалізацію логіки функціонування системи та контроль її поточного стану.

Підсистема налаштування та адміністрування 6 використовується для конфігурування параметрів роботи цифрової міні-АТС, зміни режимів функціонування та виконання сервісних операцій під час експлуатації системи.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуль індикації та моніторингу 7 забезпечує відображення інформації про поточний режим роботи системи, стан окремих вузлів та службові повідомлення, необхідні для контролю функціонування обладнання.

Комунікаційний інтерфейс з персональним комп'ютером 8 призначений для програмування, діагностики та моніторингу роботи цифрової міні-АТС. За його допомогою здійснюється обмін службовою інформацією між системою та персональним комп'ютером адміністратора.

Запропонована структурна схема забезпечує реалізацію основних функцій корпоративної телефонної системи, включаючи оброблення та маршрутизацію викликів, організацію внутрішнього та зовнішнього зв'язку, контроль стану абонентських ліній, а також централізоване керування роботою всіх функціональних вузлів. Розроблена структура є основою для подальшого проектування функціональної та принципової схем цифрової міні-АТС.

#### 1.4 Проектування схеми електричної принципової міні-АТС

##### 1.4.1 Схема електрична принципова міні-АТС

На основі розробленої структурної схеми цифрової міні-АТС було сформовано електричну принципову схему системи, яка визначає склад електронних компонентів, способи їх взаємозв'язку та реалізацію основних функціональних можливостей пристрою. Електрична принципова схема відображає логіку функціонування цифрової міні-АТС та дає змогу реалізувати процеси оброблення викликів, комутації абонентських ліній, керування режимами роботи та взаємодії із зовнішніми пристроями.

Схема складається з таких основних функціональних вузлів:

- інтерфейсних модулів абонентських ліній;
- модуля централізованого керування;
- комутаційного модуля;

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- блока індикації;
- блока керування;
- інтерфейсу зв'язку з персональним комп'ютером;
- вузла живлення.

Інтерфейсний модуль є одним із ключових вузлів цифрової міні-АТС та призначений для підключення абонентських телефонних апаратів до системи. Крім забезпечення живлення телефонного апарата, модуль виконує контроль стану лінії, визначення факту підняття трубки та приймання імпульсів номеронабирача.

На рис. 1.8 наведено принципову схему інтерфейсного модуля абонентської лінії.

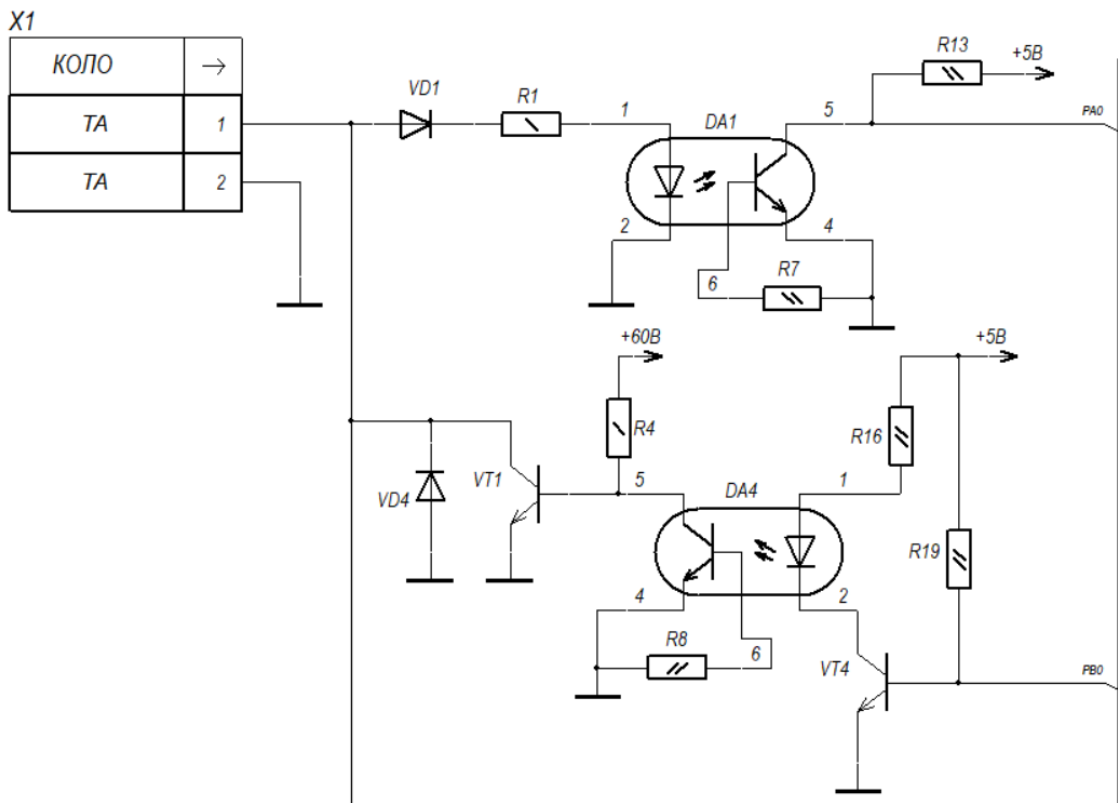


Рисунок 1.8 – Інтерфейсний модуль абонентської лінії

До складу вузла входять оптрони DA1 та DA4, які забезпечують гальванічну розв'язку між телефонною лінією та цифровою частиною

системи. Застосування оптронів дозволяє захистити мікроконтролер від перенапруг та імпульсних завад, які можуть виникати в абонентській мережі.

Діод VD1 забезпечує захист від неправильної полярності підключення телефонної лінії. Резистори R1 та R16 обмежують струм світлодіодів оптронів до номінальних значень, забезпечуючи стабільність роботи вузла.

Транзистори VT1 та VT4 використовуються як електронні ключі для формування логічних рівнів на входах мікроконтролера. Стабілітрон VD4 виконує функцію захисту транзистора VT1 від імпульсних перенапруг.

Інформація про стан лінії передається до модуля централізованого керування через порти мікроконтролера.

Центральним вузлом цифрової міні-АТС є модуль централізованого керування, реалізований на базі мікроконтролера АТmega32.

На рис. 1.9 наведено принципову схему модуля централізованого керування.

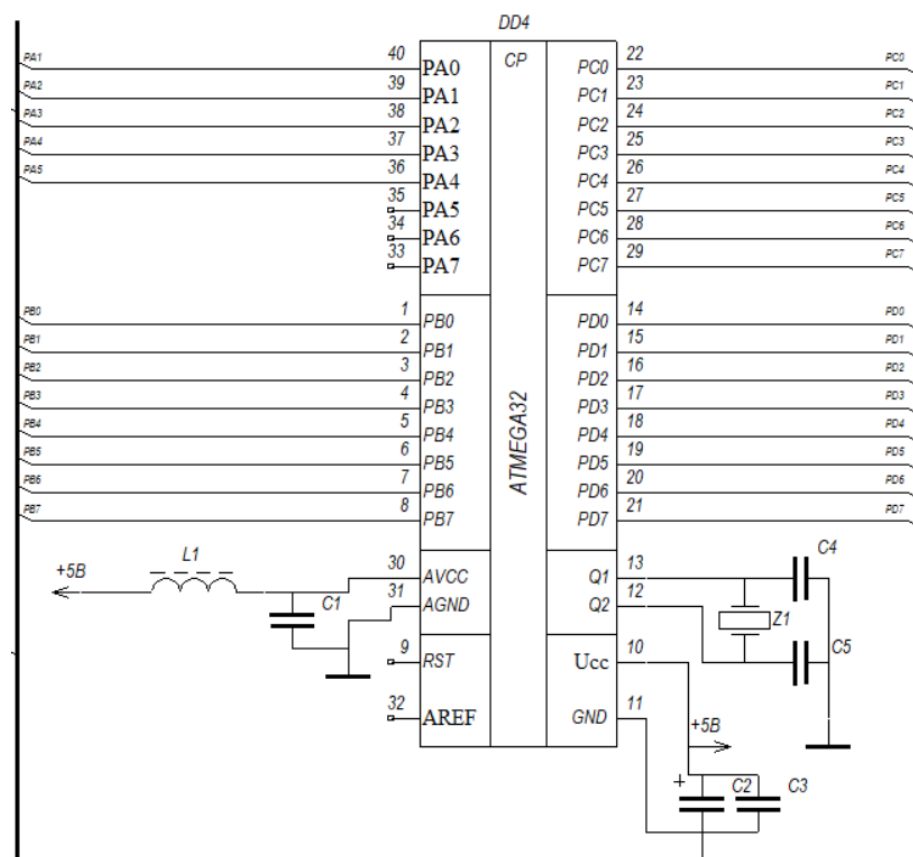


Рисунок 1.9 – Модуль централізованого керування на базі АТmega32

Мікроконтролер здійснює постійний моніторинг стану абонентських ліній, обробляє сигнали набору номера та формує сигнали керування комутаційним модулем.

Для забезпечення стабільної роботи мікроконтролера використовується кварцовий резонатор Z1 частотою 8 МГц та конденсатори С4 і С5, які формують коло тактування.

Порти мікроконтролера використовуються для взаємодії з усіма функціональними вузлами цифрової міні-АТС.

Комутаційний модуль призначений для встановлення з'єднання між внутрішніми абонентами та зовнішньою телефонною лінією.

На рис. 1.10 наведено фрагмент схеми одного комутаційного модуля.

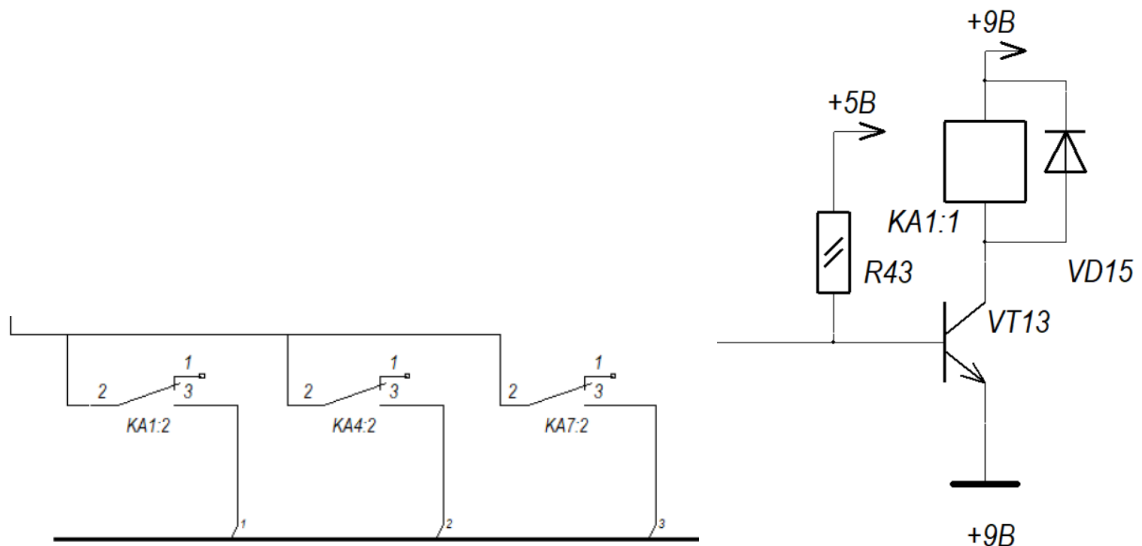


Рисунок 1.10 – Фрагмент одного комутаційного модуля

Основу вузла складають транзисторні ключі VT13-VT28, які керуються сигналами мікроконтролера. Відповідно до отриманих команд здійснюється підключення необхідних абонентських ліній до комутаційної шини.

Для формування режимів роботи транзисторів використовуються резистори базових кіл. Така схема забезпечує швидке встановлення та розрив з'єднань між абонентами.

Використання електронної комутації дозволяє підвищити надійність системи та зменшити її габарити порівняно з електромеханічними рішеннями.

Для відображення поточного стану системи використовується блок світлодіодної індикації.

На рис. 1.11 наведено принципову схему блока індикації.

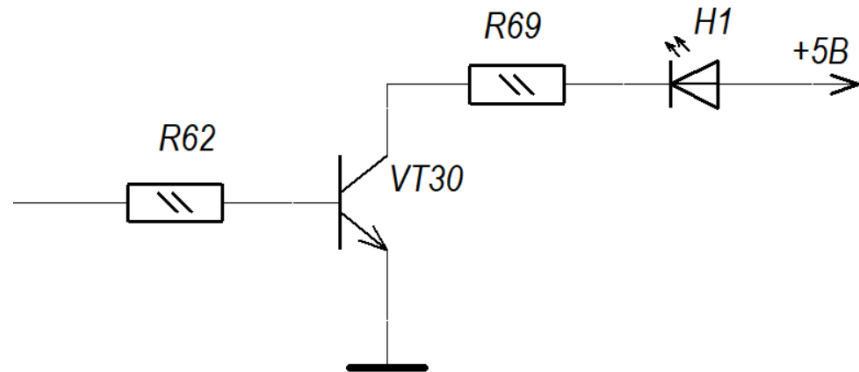


Рисунок 1.11 – Блок індикації

Керування світлодіодами здійснюється через регістри зсуву 74НС595, що дозволяє значно скоротити кількість ліній вводу-виводу, необхідних для роботи індикаторів.

Світлодіодна індикація використовується для відображення:

- активності абонентських ліній;
- режимів роботи системи;
- стану зовнішньої лінії;
- наявності викликів;
- службових режимів налаштування.

Для зміни режимів роботи цифрової міні-АТС передбачений блок керування, схема якого наведена на рис. 1.12.



- забезпечити стабільне зчитування стану кнопок;
- зменшити навантаження на порти мікроконтролера;
- спростити подальше розширення функціональних можливостей системи.

Для налаштування та діагностики цифрової міні-АТС використовується інтерфейс RS-232.

На рис. 1.13 наведено схему інтерфейсного модуля.

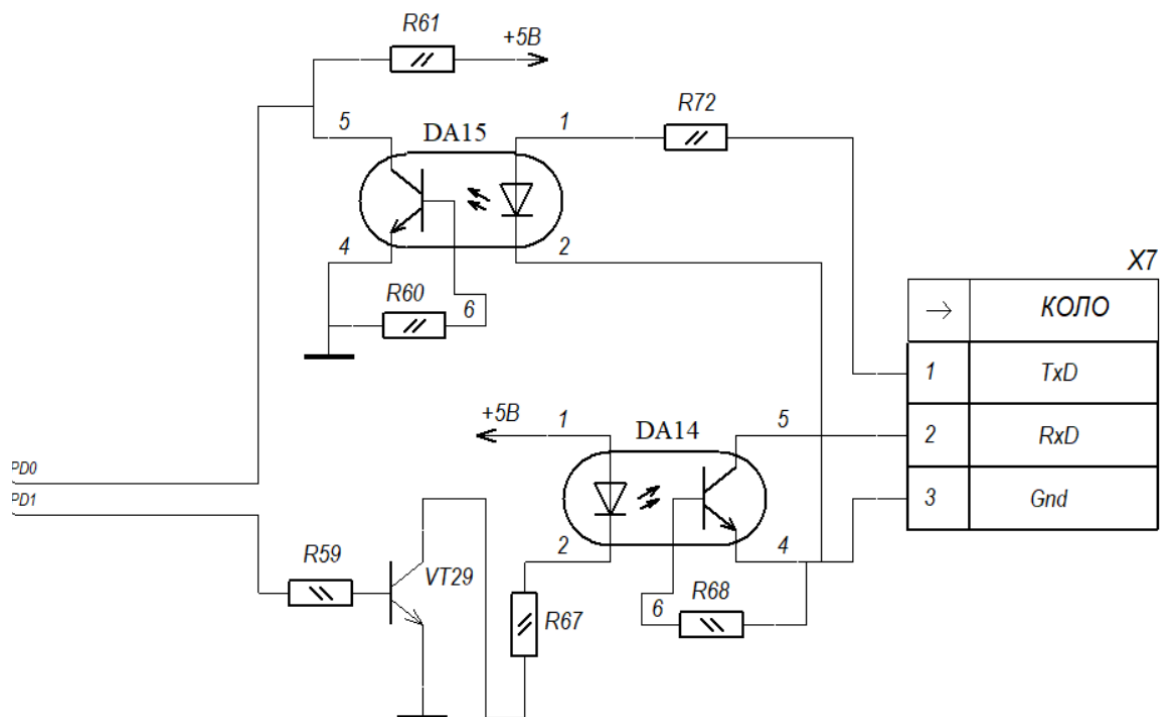


Рисунок 1.13 – Інтерфейс зв'язку з персональним комп'ютером

Узгодження рівнів між UART мікроконтролера та інтерфейсом RS-232 здійснюється за допомогою спеціалізованого драйвера MAX232 та зовнішніх конденсаторів, необхідних для роботи внутрішнього перетворювача напруг.

Використання даного інтерфейсу дозволяє здійснювати налаштування системи, зчитування службової інформації та проведення діагностичних процедур.

Стабільність роботи цифрової міні-АТС значною мірою залежить від якості живлення її функціональних вузлів.

На рисунку 1.14 наведено принципову схему вузла живлення.

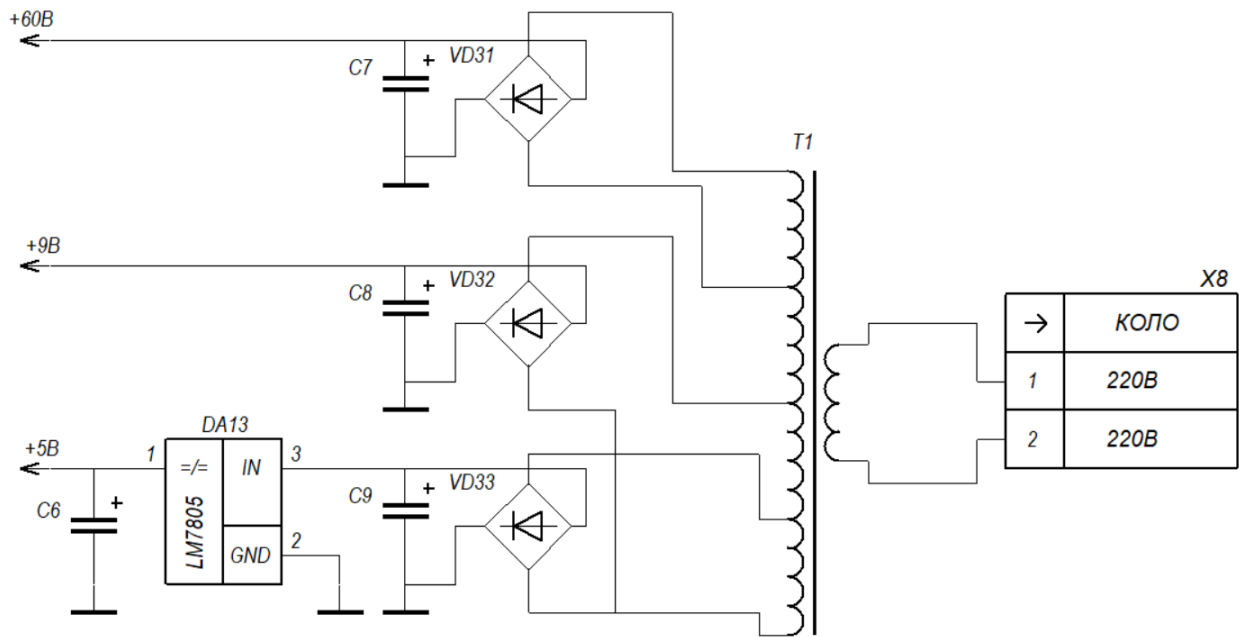


Рисунок 1.14 – Вузол живлення

До складу вузла входять випрямляч, згладжувальні конденсатори та інтегральний стабілізатор LM7805. Даний вузол формує стабілізовану напругу +5 В, необхідну для живлення мікроконтролера, логічних мікросхем та індикаторів.

Конденсатори великої ємності забезпечують зменшення пульсацій випрямленої напруги, а керамічні конденсатори виконують функцію високочастотної фільтрації завад.

#### 1.4.2 Синтез схеми електричної принципової міні-АТС

На схемі є два різні кола інтерфейсного модуля абонентської лінії:

1. Коло контролю наявності напруги в абонентській лінії (DA1, R1, R13).
2. Коло контролю стану трубки та імпульсного набору номера (VT1, DA4, R4, R16, R19).

Оскільки телефонна лінія живиться напругою 60 В, саме від цієї напруги потрібно виконувати основний розрахунок.

Для надійного спрацьовування оптрона РС817 необхідний струм світлодіода  $I_{LED}=5-10$  мА. Для розрахунку прийнято  $I_{LED}=5$  мА.

Напруга живлення телефонної лінії рівна  $U_L=60$  В.

Пряме падіння напруги на світлодіоді оптрона складає  $U_{LED}=1.2$  В.

Падіння напруги на захисному діоді VD1 складає  $U_{VD1}=0.7$  В.

Тоді опір резистора R1:

$$R1 = \frac{U_L - U_{LED} - U_{VD1}}{I_{LED}}, \quad (1.1)$$

$$R1 = \frac{60 - 1.2 - 0.7}{1.2} = 11620 \text{ Ом.}$$

Прийнято стандартний номінал:  $R1=12$  кОм.

Потужність резистора R1:

$$P_{R1} = I_2 R = 0.052 \cdot 12000 = 0.3 \text{ Вт.} \quad (1.2)$$

Тому вибрано резистор потужністю  $P=0.5$  Вт.

Вхід мікроконтролера має параметри  $I_{IN}=33.2$  мкА, мінімальна логічна одиниця рівна  $U_{IN}=3$  В і живлення контролера  $U_{CC}=5$  В:

Тоді максимальний опір підтягування:

$$R_{13\max} = \frac{U_{CC} - U_{IN}}{I_{IN}} = \frac{5 - 3}{33.2 \cdot 10^{-6}} = 60.2 \text{ кОм.} \quad (1.3)$$

Прийнято найближче стандартне значення  $R13=47$  кОм.

При цьому струм через підтягувальний резистор становитиме:

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I = \frac{5}{47000} = 0.106 \text{ мА}, \quad (1.4)$$

що не перевантажує вихід оптрона.

Оскільки резистор R16 виконує аналогічну функцію для входу РВ0, тому R16=47 кОм.

Резистор R19 забезпечує формування рівня сигналу на вході РВ0 та обмеження струму бази транзистора VT4.

Для транзистора BC547:

- коефіцієнт підсилення:  $h_{21}=100$ ;
- необхідний струм колектора:  $I_C=1 \text{ мА}$ .

Тоді базовий струм:

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21}} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ мА}, \quad (1.5)$$

Прийнято запас:  $I_B=0.05 \text{ мА}$ .

Тоді:

$$R19 = \frac{5 - 0.7}{0.05 \cdot 10^{-3}} = 86 \text{ кОм}. \quad (1.6)$$

Прийнято стандартний номінал R19=82 кОм.

У телефонній лінії можливі короткочасні перенапруги. Для захисту транзистора використовується стабілітрон VZX55C5V1 (1N4733A) з напругою стабілізації  $U_{cm}=5.1 \text{ В}$  та потужністю  $P=0.5 \text{ Вт}$ .

У результаті розрахунку інтерфейсного модуля абонентської лінії отримано такі номінали елементів:

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Розраховані параметри елементів модуля абонентської лінії

Елемент	Номінал
R1	12 кОм, 0.5 Вт
R13	47 кОм
R16	47 кОм
R19	82 кОм
VD4	BZX55C5V1
DA1	PC817
DA4	PC817

Обрані значення забезпечують надійне спрацювання оптронів, коректне формування логічних рівнів на входах мікроконтролера ATmega32 та захист елементів схеми від перенапруг, які можуть виникати в абонентській лінії.

Одним із важливих етапів проектування блока керування є визначення номіналів резисторів R73-R77, які виконують функцію підтягування сигнальних ліній до шини живлення. Правильний вибір цих елементів забезпечує надійне розпізнавання станів кнопок керування, підвищує завадостійкість системи та виключає появу хибних спрацювань при роботі цифрової міні-АТС. Тому виконаємо розрахунок резисторів підтягування з урахуванням електричних параметрів мікроконтролера та режимів роботи вузла керування.

Для забезпечення коректної роботи блока керування необхідно визначити номінали резисторів R73–R77, які виконують функцію підтягування сигнальних ліній до шини живлення +5 В. Дані резистори забезпечують формування стійкого логічного рівня на входах цифрової схеми при відсутності натискання кнопок S1–S5 та виключають появу невизначених логічних станів.

При натисканні відповідної кнопки сигнальна лінія з'єднується із загальною шиною, внаслідок чого формується логічний нуль. У відпущеному

стані кнопки логічна одиниця формується за допомогою резистора підтягування.

Розрахунок виконаємо з урахуванням параметрів мікроконтролера ATmega32.

Напруга живлення цифрової частини системи складає  $U_{cc} = 5$  В.

Мінімальна напруга логічної одиниці для входів мікроконтролера становить  $U_{IH}(min) = 0,6 \cdot U_{cc}$  та  $U_{IH}(min) = 0,6 \cdot 5 = 3$  В.

Максимальний струм витоку входу мікроконтролера складає  $I_{IN}(max) = 1$  мкА.

Максимально допустимий опір резистора підтягування визначається за формулою:

$$R_{max} = \frac{U_{cc} - U_{IH}(min)}{U_{IH}(max)}. \quad (1.7)$$

$$R_{max} = \frac{5 - 3}{1 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^6 \text{ МОм.}$$

Отримане значення є теоретично допустимим. Однак використання резисторів такого номіналу призводить до зниження завадостійкості та збільшення ймовірності хибних спрацювань під дією зовнішніх електромагнітних завад.

Для кнопкових вузлів цифрових систем на практиці застосовують резистори номіналом від 4,7 до 10 кОм. Для проектованої системи прийнято  $R73 = R74 = R75 = R76 = R77 = 10$  кОм.

Перевіримо струм через резистор при натисканні кнопки:

$$I_R = \frac{U_{cc}}{R} = \frac{5}{10000} = 0.5 \text{ мА.} \quad (1.8)$$

Потужність, яка розсіюється на резисторі:

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_R = \frac{U_{cc}^2}{R} = \frac{5^2}{10000} = 0.0025 \text{ Вт.} \quad (1.9)$$

Отримана потужність значно менша за допустиму потужність стандартних металоплівкових резисторів 0,125 Вт або 0,25 Вт.

Таким чином, для блока керування цифрової міні-АТС обрано резистори R73–R77 номіналом 10 кОм потужністю 0,125 Вт, які забезпечують формування надійних логічних рівнів на входах мікроконтролера, достатню завадостійкість та стабільну роботу блока керування.

#### 1.4.3 Синтез програмного забезпечення модуля централізованого керування

Модуль централізованого керування є основним функціональним вузлом цифрової міні-АТС, оскільки забезпечує координацію роботи всіх підсистем, оброблення сигналів від абонентських ліній та формування керуючих впливів для комутаційного обладнання. Апаратною основою модуля централізованого керування обрано мікроконтролер ATmega32, який завдяки достатньому обсягу пам'яті програм і даних, наявності великої кількості ліній вводу-виводу та вбудованих периферійних модулів забезпечує реалізацію необхідних алгоритмів функціонування цифрової міні-АТС.

Програмне забезпечення модуля централізованого керування побудоване за принципом циклічного опитування функціональних вузлів системи. Основною задачею програмного забезпечення є контроль стану абонентських ліній, аналіз сигналів набору номера, визначення необхідного маршруту з'єднання та керування комутаційним модулем відповідно до встановлених алгоритмів роботи системи.

Після подачі живлення виконується процедура ініціалізації мікроконтролера. На цьому етапі здійснюється налаштування портів вводу-

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						35
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

виводу, запуск внутрішніх таймерів, конфігурація інтерфейсів обміну даними та переведення всіх виконавчих вузлів у початковий стан. Після завершення ініціалізації система переходить у режим очікування подій.

У процесі роботи мікроконтролер постійно контролює стан інтерфейсних модулів абонентських ліній. При виявленні факту підняття трубки одним із абонентів формується сигнал готовності до приймання номера. Далі програмне забезпечення здійснює аналіз послідовності імпульсів або тональних сигналів набору та виконує декодування введеного номера.

Після визначення номера виклику виконується аналіз його належності до внутрішньої корпоративної мережі або зовнішньої мережі зв'язку. Якщо номер належить внутрішньому абоненту, мікроконтролер формує керуючі сигнали для модуля комутації викликів та встановлює з'єднання між відповідними абонентськими лініями. У випадку набору номера зовнішнього абонента здійснюється підключення до зовнішньої мережі зв'язку з подальшою передачею набраного номера.

Паралельно із виконанням основних функцій комутації програмне забезпечення здійснює моніторинг стану всіх абонентських ліній. При завершенні розмови або виникненні аварійної ситуації контролер автоматично розриває встановлене з'єднання та переводить систему у вихідний режим очікування.

Важливою складовою програмного забезпечення є модуль керування індикацією. Він забезпечує відображення поточного режиму роботи системи, стану абонентських ліній та службових повідомлень. Оновлення інформації виконується у режимі реального часу відповідно до поточного стану цифрової міні-АТС.

Для забезпечення налаштування та діагностики системи реалізовано програмні засоби взаємодії з персональним комп'ютером через комунікаційний інтерфейс. Даний механізм дозволяє здійснювати зміну

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрів конфігурації, перегляд службової інформації та виконання тестування окремих функціональних вузлів.

З урахуванням покладених функцій програмне забезпечення модуля централізованого керування можна представити у вигляді таких основних програмних блоків:

- ініціалізація апаратних ресурсів мікроконтролера;
- контроль стану абонентських ліній;
- приймання та декодування набраного номера;
- аналіз маршруту виклику;
- керування модулем комутації викликів;
- моніторинг стану з'єднань;
- керування модулем індикації та моніторингу;
- обмін даними через комунікаційний інтерфейс;
- оброблення аварійних та нестандартних ситуацій.

Таким чином, програмне забезпечення модуля централізованого керування на базі мікроконтролера ATmega32 забезпечує реалізацію всіх необхідних функцій цифрової міні-АТС, координує роботу її апаратних вузлів та дозволяє організувати надійне функціонування корпоративної системи телефонного зв'язку.

Програмне забезпечення модуля централізованого керування реалізоване мовою С для мікроконтролера ATmega32. Програма забезпечує ініціалізацію апаратних ресурсів, контроль стану абонентських ліній, оброблення подій підняття трубки, формування керуючих сигналів для комутаційного модуля, керування індикацією та організацію з'єднання між внутрішніми абонентами або зовнішньою телефонною мережею.

Ініціалізація мікроконтролера:

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

```

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

void MCU_Init(void)
{
    DDRA = 0xFF;    // Керування комутатором
    DDRB = 0x00;    // Входи від абонентських ліній
    DDRC = 0xFF;    // Індикація
    DDRD = 0x00;    // Клавіатура

    PORTB = 0xFF;
    PORTD = 0xFF;
}

```

Контроль підняття трубки:

```

uint8_t CheckLine(void)
{
    if(!(PINB & (1<<PB0)))
        return 1;

    if(!(PINB & (1<<PB1)))
        return 2;

    if(!(PINB & (1<<PB2)))
        return 3;

    if(!(PINB & (1<<PB3)))
        return 4;

    if(!(PINB & (1<<PB4)))
        return 5;

    return 0;
}

```

Основний алгоритм роботи реалізований у вигляді безперервного циклу опитування стану ліній із подальшим виконанням відповідних процедур комутації.

Комутація внутрішніх ліній:

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

{
    switch(caller)
    {
        case 1:
            PORTA = 0x01;
            break;

        case 2:
            PORTA = 0x02;
            break;

        case 3:
            PORTA = 0x04;
            break;

        case 4:
            PORTA = 0x08;
            break;

        case 5:
            PORTA = 0x10;
            break;
    }

    switch(receiver)
    {
        case 1:
            PORTA |= 0x20;
            break;

        case 2:
            PORTA |= 0x40;
            break;

        case 3:
            PORTA |= 0x80;
            break;
    }
}

```

Підключення зовнішньої лінії:

```

void ConnectExternalLine(void)
{
    PORTA |= (1<<PA7);
}

```

Відображення режиму роботи:

```

void DisplayStatus(uint8_t mode)
{
    PORTC = mode;
}

```

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Основний цикл роботи:

```
int main(void)
{
    uint8_t subscriber;

    MCU_Init();

    while(1)
    {
        subscriber = CheckLine();

        if(subscriber != 0)
        {
            DisplayStatus(subscriber);

            ConnectExternalline();

            while(CheckLine()!=0);

            PORTA = 0x00;
            PORTC = 0x00;
        }
    }
}
```

### 1.5 Вибір елементної бази міні-АТС

Важливим етапом проектування цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку є вибір елементної бази, оскільки саме від характеристик електронних компонентів залежить надійність функціонування системи, її швидкодія, енергоспоживання, ремонтпридатність та можливість подальшої модернізації. Правильно обрана елементна база дозволяє забезпечити стабільну роботу пристрою в умовах тривалої експлуатації, мінімізувати ймовірність виникнення відмов та зменшити витрати на технічне обслуговування.

Під час вибору електронних компонентів враховувалися вимоги до функціонування цифрової міні-АТС, сумісність окремих вузлів між собою, доступність компонентів на сучасному ринку електроніки, а також можливість їх застосування у серійному виробництві. Оскільки вихідна схема

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

містила ряд застарілих елементів, було виконано модернізацію елементної бази шляхом заміни компонентів на сучасні аналоги із покращеними технічними характеристиками.

### 1.5.1 Вибір мікроконтролера

Центральним вузлом цифрової міні-АТС є модуль централізованого керування, який виконує функції контролю стану абонентських ліній, аналізу набраних номерів, керування комутаційним модулем, формування сигналів індикації та обміну інформацією із зовнішніми пристроями. Для реалізації зазначених функцій необхідний мікроконтролер із достатнім обсягом пам'яті, великою кількістю ліній вводу-виводу та підтримкою стандартних інтерфейсів зв'язку.

У процесі проектування було розглянуто мікроконтролери сімейств AVR, PIC та STM32. Незважаючи на високу продуктивність сучасних ARM-мікроконтролерів, їх використання у даному проєкті є недоцільним через значне ускладнення схеми та програмного забезпечення. Мікроконтролери сімейства PIC поступаються AVR за поширеністю та кількістю доступних програмних засобів розробки.

З огляду на поставлені задачі обрано мікроконтролер ATmega32, який забезпечує оптимальне співвідношення між функціональними можливостями, вартістю та складністю реалізації системи. Наявність 32 універсальних ліній вводу-виводу дозволяє безпосередньо підключати інтерфейсні модулі абонентських ліній, комутаційний модуль, індикатори та допоміжні вузли без використання додаткових мікросхем розширення.

На рис. 1.15 наведено зовнішній вигляд мікроконтролера ATmega32 у корпусі DIP-40, який використовується при розробленні та налагодженні електронних пристроїв.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

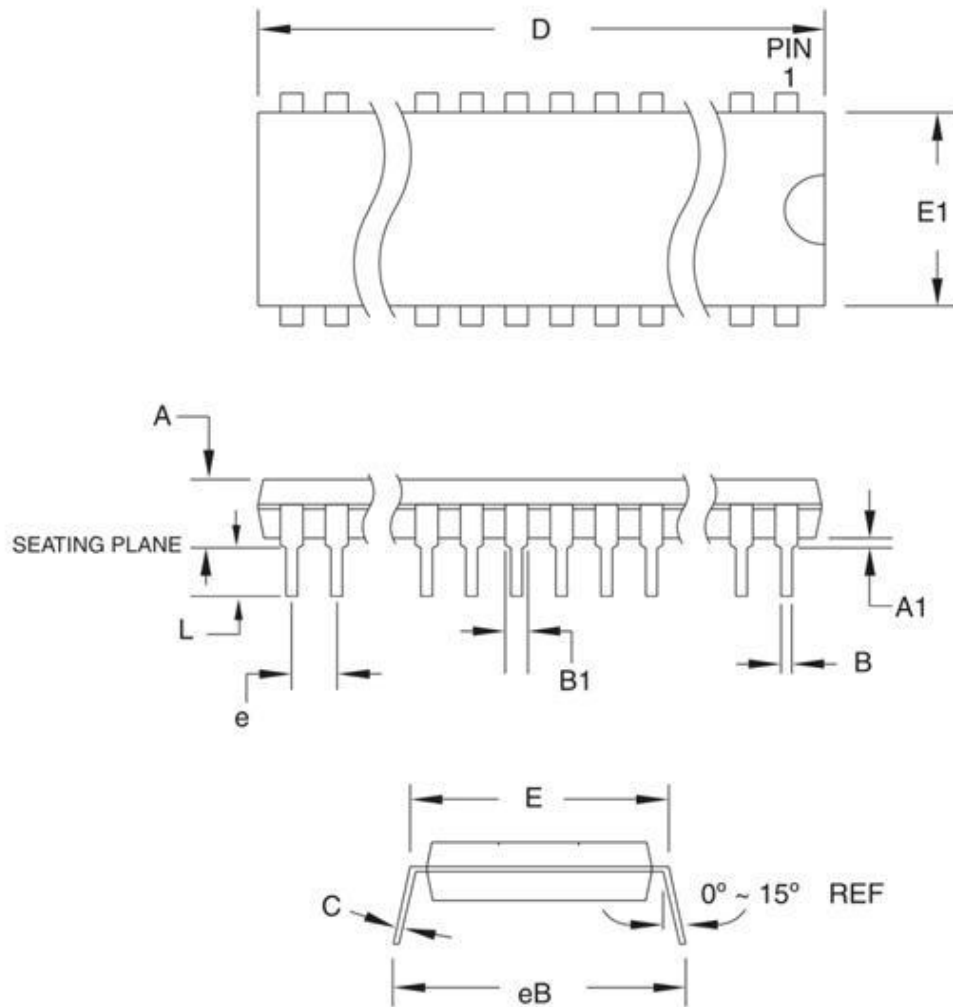


Рисунок 1.15 – Вигляд мікроконтролера ATmega32

Додатковою перевагою є наявність апаратного інтерфейсу UART, який використовується для взаємодії з персональним комп'ютером під час налаштування та діагностики системи. Тактова частота до 16 МГц забезпечує достатню швидкодію для виконання алгоритмів комутації викликів у режимі реального часу.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.5.2 Вибір оптронів для інтерфейсних модулів абонентських ліній

Одним із найважливіших завдань під час проектування телефонних систем є забезпечення електричної ізоляції між абонентськими лініями та цифровою частиною пристрою. Телефонні лінії можуть піддаватися впливу імпульсних перенапруг, електромагнітних завад та аварійних режимів роботи, які можуть призвести до пошкодження мікроконтролера.

У вихідній схемі використовувалися оптрони PC817 (рис.1.16).

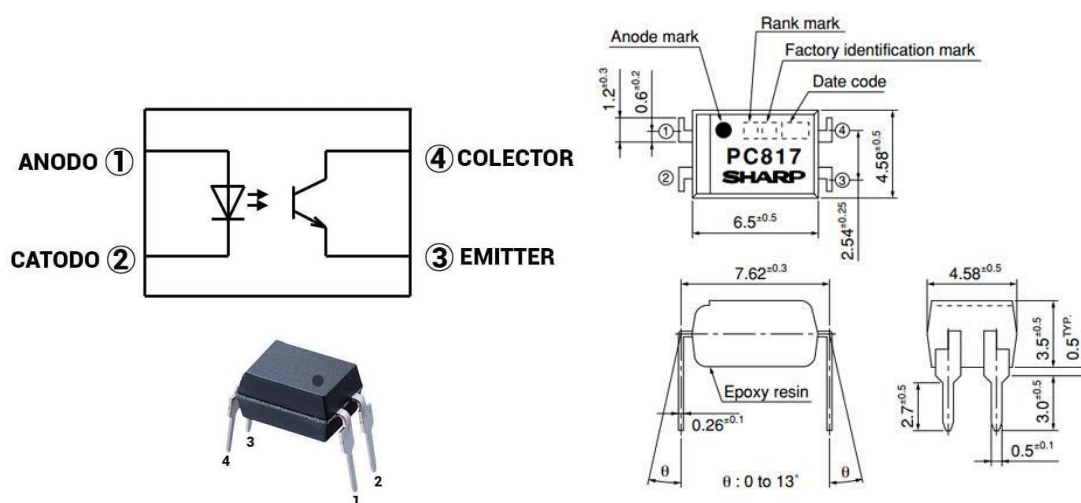


Рисунок 1.16 – Зовнішній вигляд оптрона PC817

Вибір саме PC817 обумовлений його високою популярністю, доступністю та відмінними експлуатаційними характеристиками. Оптрон забезпечує напругу гальванічної ізоляції до 5000 В, що повністю задовольняє вимоги до захисту цифрової частини міні-АТС. Крім того, PC817 випускається великою кількістю виробників, має низьку вартість та високу надійність, підтверджену багаторічним використанням у промисловій електроніці.

### 1.5.3 Вибір транзисторів для комутаційних вузлів

У схемі цифрової міні-АТС транзистори використовуються для підсилення керуючих сигналів, комутації навантажень та керування

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

виконавчими елементами. Транзистор BC547B (рис.1.17) характеризується високим коефіцієнтом підсилення струму, низьким рівнем шумів та стабільністю параметрів у широкому температурному діапазоні. Максимальний струм колектора 100 мА є достатнім для керування логічними та сигнальними колами системи.

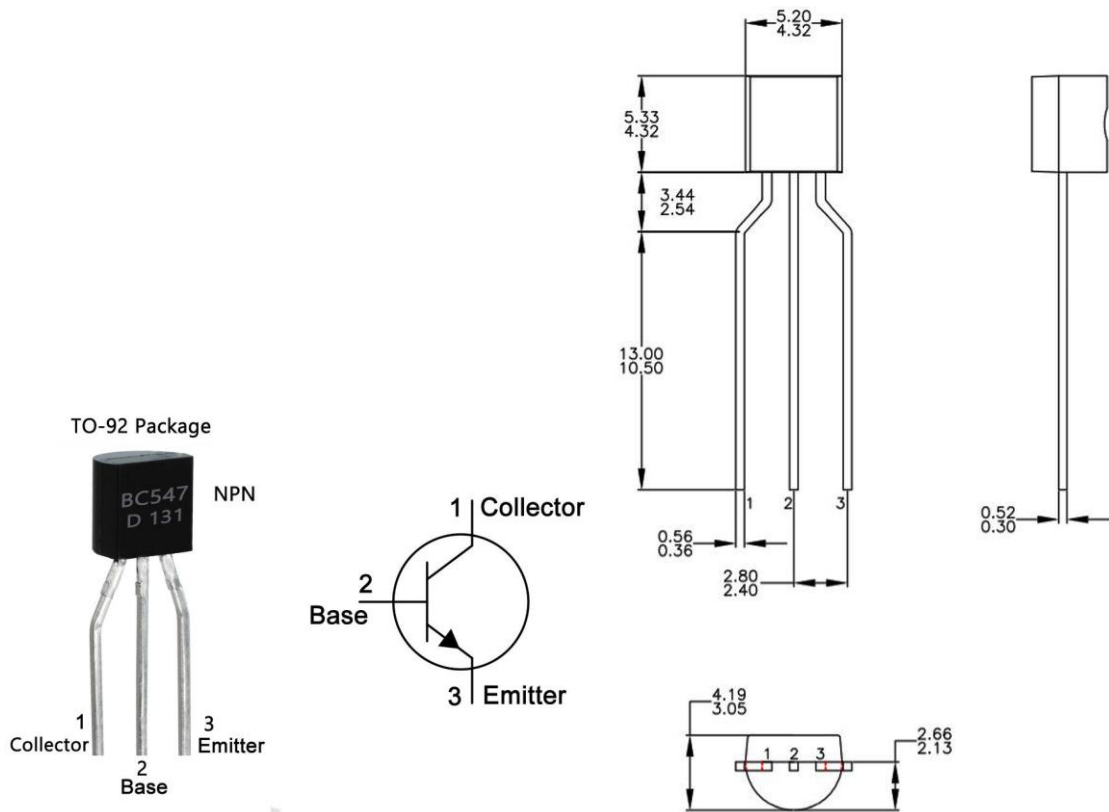


Рисунок 1.17 – Зовнішній вигляд транзисторів BC547B

Для силових кіл комутації обрано транзистор BD139 (рис.1.18). Параметрів BD139 достатньо для керування релейними вузлами та виконавчими елементами цифрової міні-АТС. Перевагою даного компонента є значно менші габарити, нижча вартість та висока доступність.

					<b>ПВМ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Як основний елемент системи живлення обрано стабілізатор LM7805. Основною причиною вибору є його висока надійність, простота використання та відсутність потреби у складних зовнішніх колах налаштування. Стабілізатор забезпечує вихідний струм до 1 А, що повністю покриває потреби цифрової частини міні-АТС.

Крім того, LM7805 характеризується високою стійкістю до короточасних перевантажень, наявністю вбудованого теплового захисту та захисту від короткого замикання, що суттєво підвищує надійність системи живлення.

### 1.5.5 Вибір логічних мікросхем

Для реалізації системи індикації та розширення кількості вихідних ліній мікроконтролера використовується регістр зсуву 74НС595. Необхідність застосування даного компонента пояснюється обмеженою кількістю доступних ліній вводу-виводу мікроконтролера.

Використання 74НС595 (рис.1.20) дає змогу керувати вісьмома виходами за допомогою лише трьох сигнальних ліній мікроконтролера. Це суттєво зменшує кількість необхідних з'єднань на друкованій платі та спрощує трасування провідників.

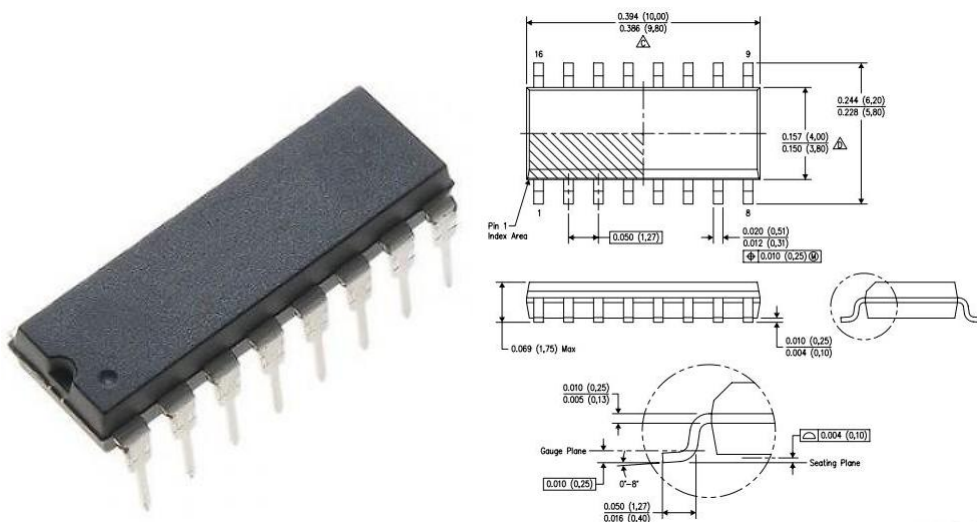


Рисунок 1.20 – Зовнішній вигляд регістра зсуву 74НС595

					<b>ПВМ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Мікросхема виготовлена за сучасною КМОП-технологією, що забезпечує низьке енергоспоживання та високу швидкодію. Крім того, можливість каскадного з'єднання декількох регістрів дозволяє легко масштабувати систему у разі збільшення кількості індикаторів або виконавчих пристроїв.

### 1.5.6 Вибір діодів та випрямлячів

Для реалізації схем захисту та випрямлення напруги використовуються сучасні діоди 1N4148 та 1N4007.

Діод 1N4148 (рис.1.21) застосовується у швидкодіючих сигнальних колах завдяки малому часу перемикання та низькій паразитній ємності. Це дозволяє використовувати його для оброблення імпульсних сигналів та захисту входів мікроконтролера.

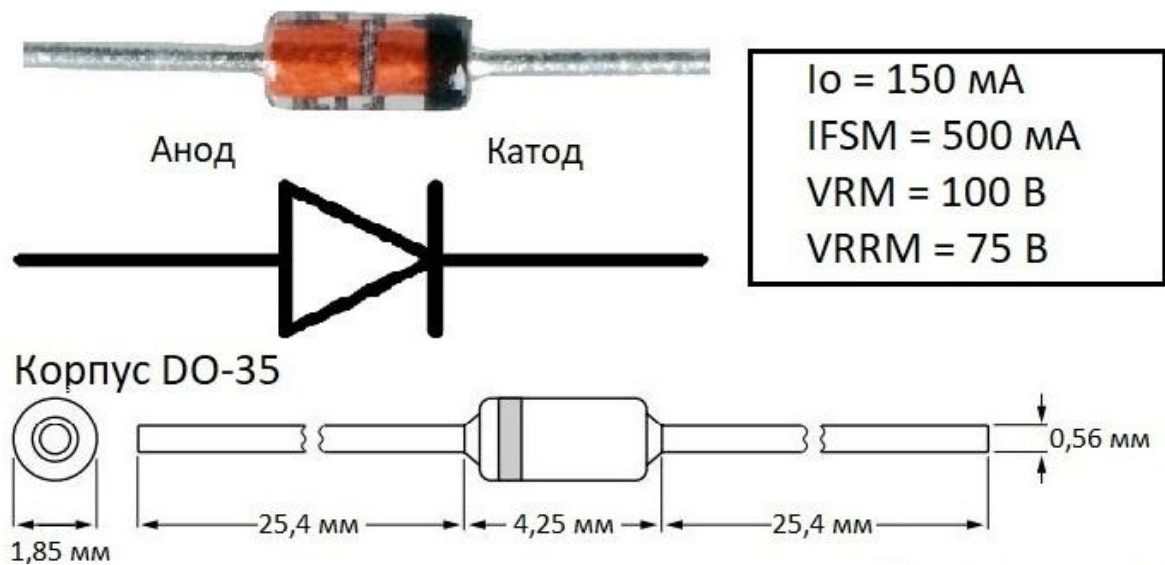


Рисунок 1.21 – Зовнішній вигляд 1N4148

Для випрямлення напруги живлення використовується діод 1N4007 (рис.1.22), який має допустиму зворотну напругу до 1000 В та струм до 1 А.

					<b>ПВМ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

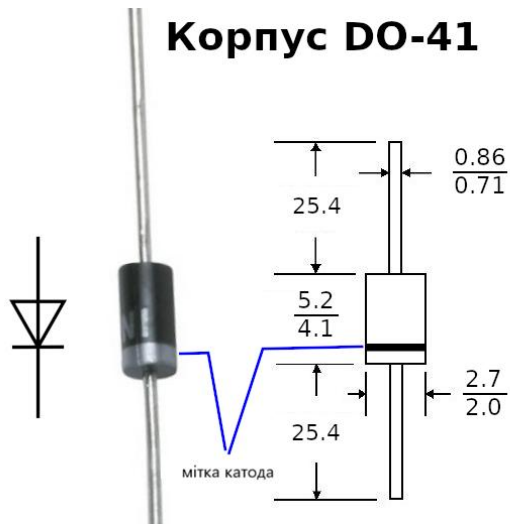


Рисунок 1.22 – Зовнішній вигляд регістра зсуву 1N4007

Такий запас параметрів забезпечує високу надійність роботи вузла живлення навіть за несприятливих умов експлуатації.

#### 1.5.7 Вибір кварцового резонатора

Стабільність роботи цифрової міні-АТС значною мірою залежить від точності формування часових інтервалів. Для забезпечення коректної роботи програмних таймерів, інтерфейсу UART та алгоритмів комутації використовується кварцовий резонатор на частоту 8 МГц марки НС-49S (рис.1.23).

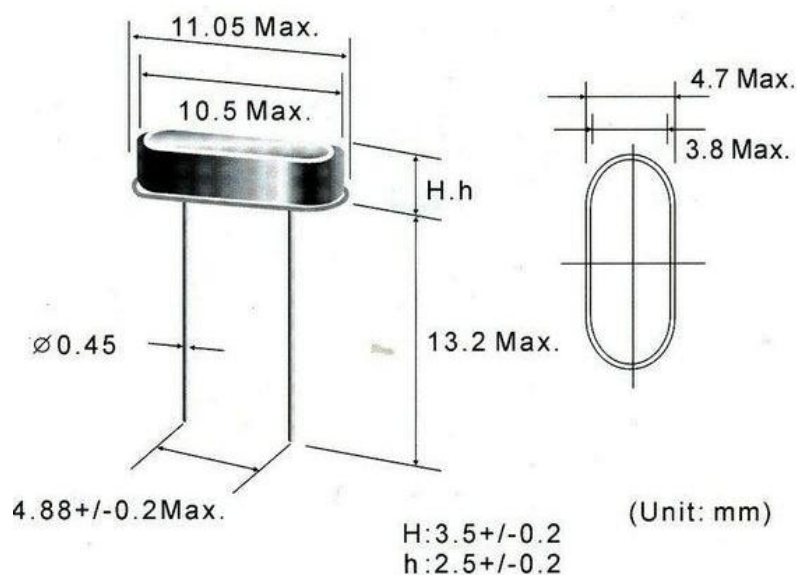


Рисунок 1.23 – Зовнішній вигляд кварцового резонатора НС-49S

					<b>ПВМ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Порівняно із внутрішнім RC-генератором мікроконтролера кварцовий резонатор забезпечує значно вищу стабільність частоти та меншу температурну залежність параметрів.

Це особливо важливо для телекомунікаційних систем, де порушення часових характеристик може призвести до помилок під час передавання службової інформації.

#### 1.5.8 Вибір пасивних компонентів

Резистори є одними з найпоширеніших пасивних елементів цифрової міні-АТС та використовуються для обмеження струму світлодіодів, формування режимів роботи транзисторів, узгодження рівнів сигналів, створення ділянок напруги та забезпечення стабільної роботи окремих функціональних вузлів.

Для реалізації пристрою обрано металоплівкові резистори серії MFR з аксіальними виводами та наскрізним монтажем. Використання даного типу резисторів обумовлено їх високою стабільністю параметрів, низьким рівнем власних шумів та хорошими температурними характеристиками.

Порівняно з вуглецевими резисторами металоплівкові резистори характеризуються меншою похибкою номіналу, кращою довготривалою стабільністю та вищою надійністю під час тривалої експлуатації. Крім того, використання елементів з наскрізним монтажем значно спрощує процес виготовлення та налагодження друкованої плати в умовах навчальної лабораторії.

Для більшості кіл цифрової міні-АТС достатньо застосування резисторів потужністю 0,125 Вт з допуском  $\pm 1\%$  (рис.1.24).

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

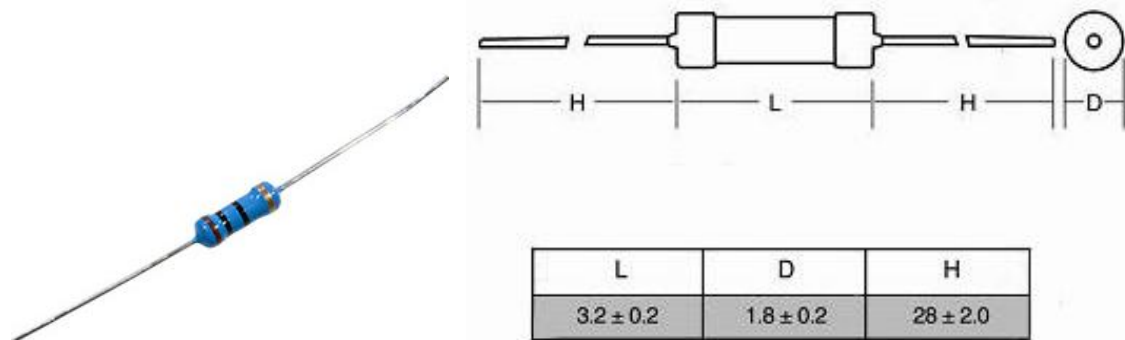


Рисунок 1.24 – Зовнішній вигляд металоплівкового резистора MFR-0.125 з аксіальними виводами.

Таким чином, обрана елементна база повністю задовольняє вимоги до цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку. Використання сучасних електронних компонентів дозволяє підвищити надійність системи, зменшити енергоспоживання, спростити процес виготовлення друкованої плати та забезпечити можливість подальшої модернізації пристрою відповідно до сучасних вимог телекомунікаційних систем.

Аналогічно для конденсаторів використано класичні керамічні конденсатори серії Murata Radial Ceramic з відхиленням  $\pm 10\%$  (рис.1.25).

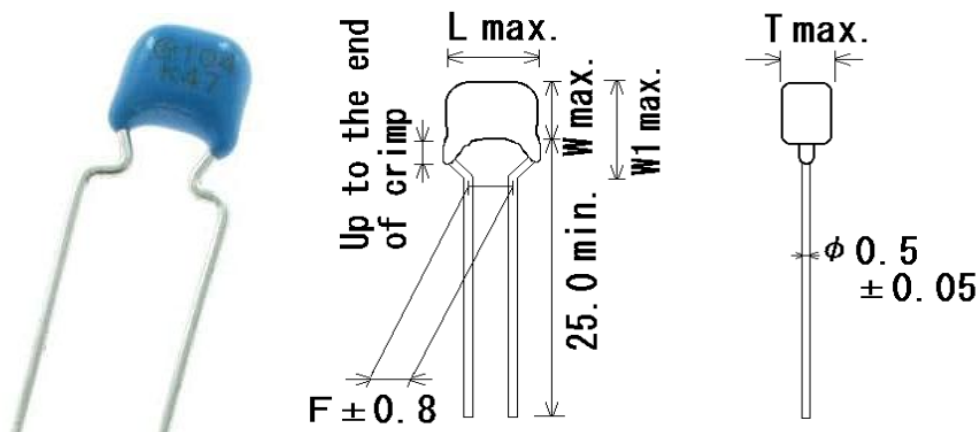


Рисунок 1.25 – Зовнішній вигляд конденсаторів серії Murata Radial Ceramic марки X7R [21]

В якості електролітичних конденсаторів обрано серію Panasonic FR з радіальними виводами та допуском відхилення  $\pm 5\%$  (рис.1.26).

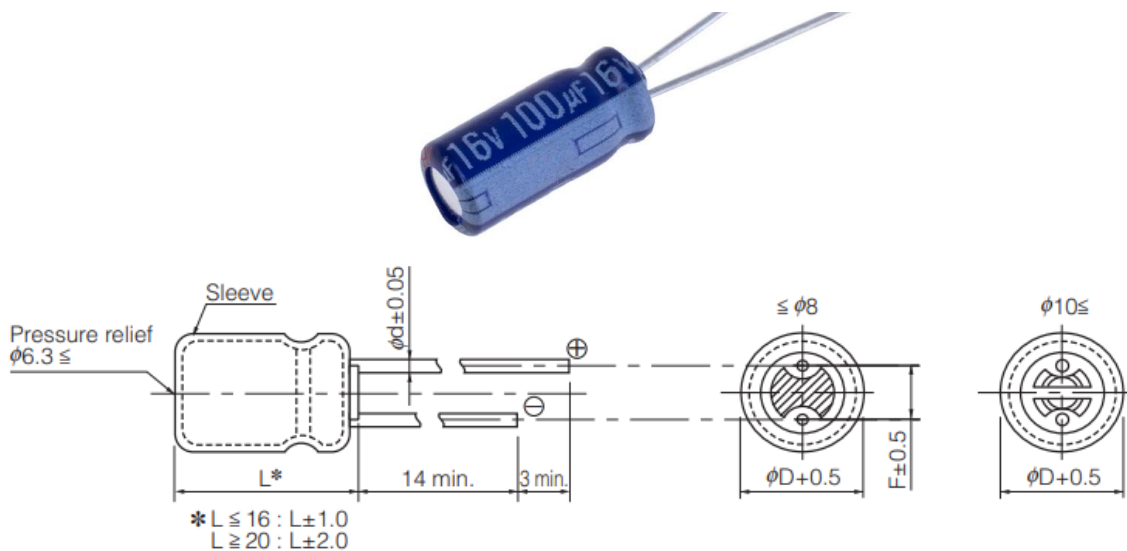


Рисунок 1.26 – Зовнішній вигляд конденсаторів серії Panasonic FR [22]

## 1.6 Компоновка друкованого вузла міні-АТС

Одним із завершальних етапів проектування цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку є розроблення друкованого вузла, який забезпечує конструктивне об'єднання всіх електронних компонентів системи в єдиний функціональний пристрій. Якість компоновки друкованої плати безпосередньо впливає на надійність роботи системи, її електромагнітну сумісність, ремонтпридатність, технологічність виготовлення та можливість подальшої модернізації.

Проектування друкованого вузла виконано в системі автоматизованого проектування Altium Designer. На рис. 1.27 наведено електричну принципову схему цифрової міні-АТС, яка стала основою для формування переліку компонентів, створення електричних з'єднань та подальшого трасування друкованої плати. Усі функціональні вузли системи були попередньо розроблені та перевірені на схемотехнічному рівні, що дозволило перейти до етапу конструктивної реалізації пристрою.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

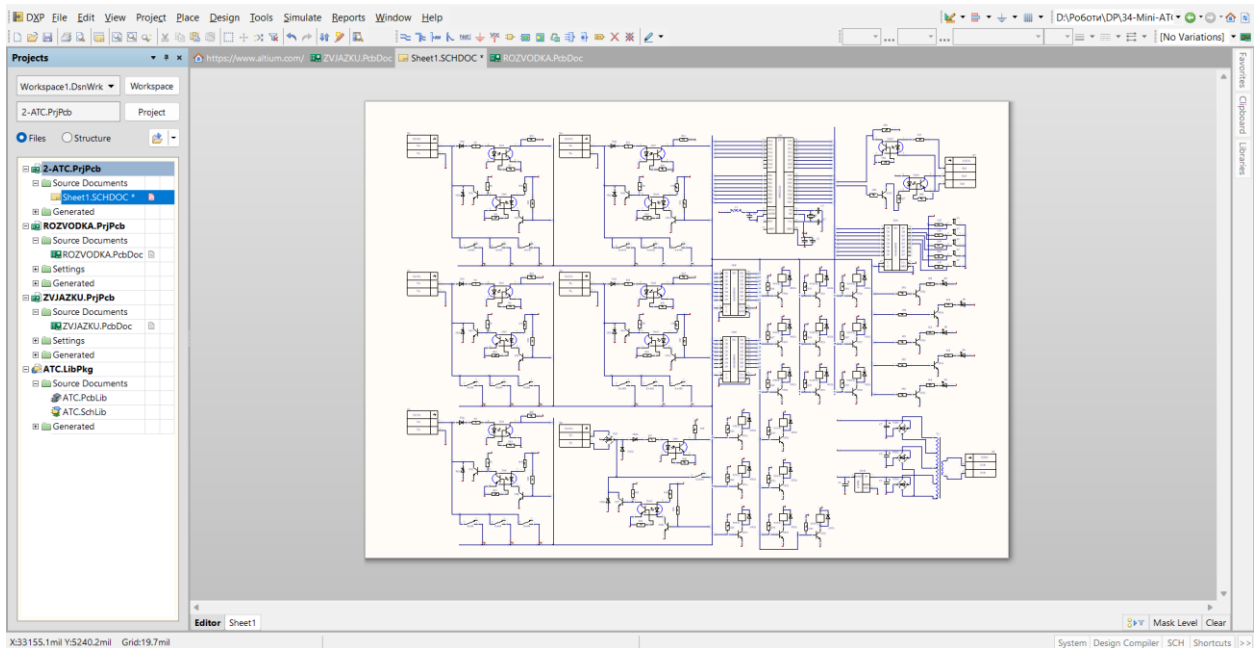


Рисунок 1.27 – Схема електричної принципової цифрової міні-АТС зображена в середовищі Altium Designer

Під час розроблення компоновки друкованого вузла особлива увага приділялася раціональному розміщенню функціональних модулів. Центральне місце на платі займає мікроконтролер ATmega32, який виконує функції централізованого керування цифровою міні-АТС. Таке розташування дозволяє мінімізувати довжину сигнальних провідників між контролером та периферійними вузлами, зменшити затримки передавання сигналів і підвищити завадостійкість системи.

Інтерфейсні модулі абонентських ліній розміщені поблизу відповідних роз'ємів підключення телефонних ліній. Це дозволяє скоротити довжину провідників, по яких передаються сигнали від зовнішніх абонентських пристроїв, а також знизити рівень електромагнітних завад, що можуть надходити із зовнішнього середовища. Оптрони та захисні елементи розташовані безпосередньо біля входів плати, що забезпечує ефективний захист цифрової частини системи від імпульсних перенапруг та наведень.

Комутаційний модуль розташований у безпосередній близькості до центрального контролера. Таке рішення дозволяє зменшити довжину

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

керуючих ліній та забезпечити надійну передачу сигналів керування транзисторними ключами. Крім того, при розміщенні елементів комутаційного вузла враховано вимоги щодо відведення тепла та забезпечення достатніх ізоляційних проміжків між силовими та сигнальними колами.

Блок індикації та елементи керування винесені до краю друкованої плати, що забезпечує зручність візуального контролю режимів роботи цифрової міні-АТС та спрощує доступ користувача до кнопок керування. Інтерфейс RS-232 також розташований біля периферійної частини плати для спрощення підключення персонального комп'ютера під час налаштування та діагностики системи.

На рис. 1.28 наведено результати компоновки друкованого вузла в середовищі Altium Designer. Під час компонування враховувалися вимоги щодо електромагнітної сумісності, мінімізації паразитних зв'язків між сигнальними колами та забезпечення технологічності монтажу. Компоненти розташовані таким чином, щоб мінімізувати кількість перехрещень провідників та спростити процес трасування друкованих доріжок.

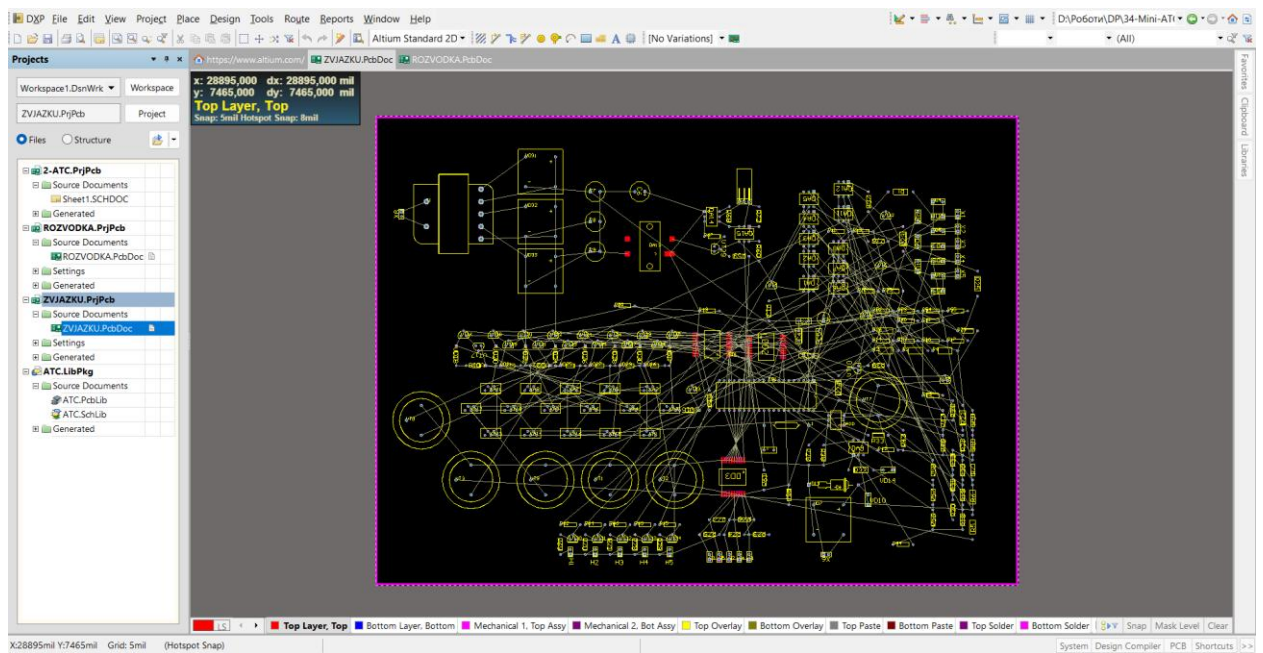


Рисунок 1.28 – Компоновка друкованого вузла цифрової міні-АТС зображена в середовищі Altium Designer

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Трасування друкованої плати виконано з урахуванням електричних параметрів окремих кіл. Для сигнальних ліній використано провідники стандартної ширини, тоді як для кіл живлення та загальної шини передбачено збільшену ширину доріжок з метою зменшення падіння напруги та покращення теплових характеристик.

Під час трасування застосовувалися правила автоматизованої перевірки проєкту (DRC), що дозволило виключити порушення мінімальних технологічних зазорів та можливі короткі замикання.

На рис. 1.29 представлено остаточний вигляд друкованої плати цифрової міні-АТС після завершення етапу трасування. Плата реалізована на основі склотекстоліту FR-4, який характеризується високою механічною міцністю, стабільністю електричних параметрів та хорошими діелектричними властивостями. Використання даного матеріалу забезпечує надійну роботу пристрою в широкому діапазоні температур та умов експлуатації.

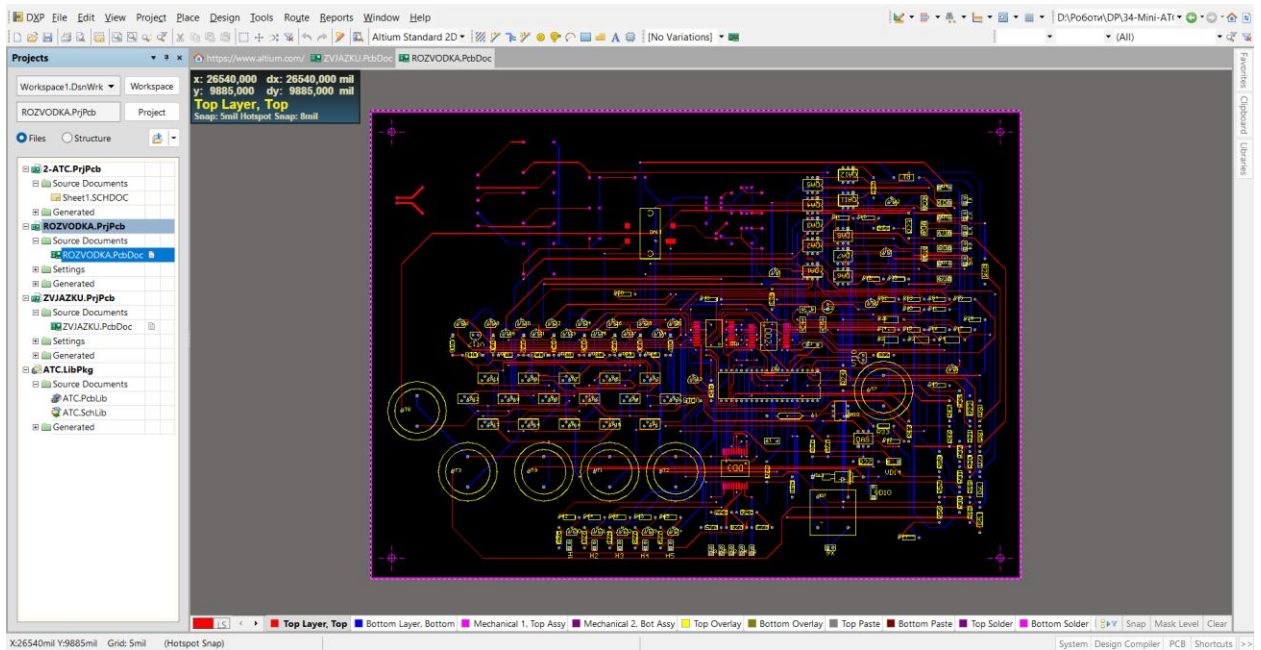


Рисунок 1.29 – Друкована плата цифрової міні-АТС зображена в середовищі Altium Designer

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Для виготовлення друкованої плати обрано двосторонню конструкцію з металізованими перехідними отворами. Таке рішення дозволяє ефективно використовувати площу плати, спростити трасування складних електричних з'єднань та забезпечити компактне розміщення великої кількості електронних компонентів. Застосування двостороннього монтажу також сприяє зменшенню габаритів пристрою та підвищенню його технологічності.

Таким чином, виконана компоновка друкованого вузла забезпечує раціональне розміщення функціональних блоків цифрової міні-АТС, мінімізацію довжин електричних з'єднань, покращення електромагнітної сумісності та високу технологічність виготовлення. Розроблена друкована плата повністю відповідає вимогам до сучасних телекомунікаційних пристроїв та створює основу для виготовлення дослідного зразка цифрової міні-АТС.

## 1.7 Висновки до розділу 1

У розділі виконано комплексне проектування цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку. Проведено аналіз сучасних телекомунікаційних рішень та існуючих систем корпоративного телефонного зв'язку, що дозволило визначити основні вимоги до функціональних можливостей, надійності та технічних характеристик розроблюваної системи.

На основі результатів аналізу розроблено структурну схему цифрової міні-АТС, визначено склад основних функціональних вузлів та принципи їх взаємодії. Сформовано функціональну схему системи, яка забезпечує реалізацію процесів оброблення викликів, комутації абонентських ліній, керування режимами роботи та взаємодії із зовнішніми пристроями.

Виконано розроблення електричної принципової схеми цифрової міні-АТС на базі мікроконтролера ATmega32. У процесі проектування реалізовано інтерфейсні модулі абонентських ліній, комутаційний модуль, вузол

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						55
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

індикації, інтерфейс зв'язку з персональним комп'ютером та вузол живлення. Проведено синтез окремих функціональних вузлів і розроблено алгоритм роботи програмного забезпечення системи.

Здійснено вибір елементної бази з урахуванням технічних характеристик, надійності, доступності на ринку електронних компонентів та сумісності між окремими вузлами системи. Обрані компоненти забезпечують стабільну роботу цифрової міні-АТС, необхідну швидкодію процесів комутації та можливість подальшого розширення функціональних можливостей пристрою.

Розроблено компоновку друкованого вузла в середовищі Altium Designer та виконано трасування друкованої плати. При цьому враховано вимоги електромагнітної сумісності, технологічності виготовлення, ремонтпридатності та надійності експлуатації. Запропонована конструкція друкованої плати забезпечує компактне розміщення компонентів, мінімізацію довжин сигнальних з'єднань і зниження впливу електромагнітних завад.

Таким чином, у результаті виконання першого розділу сформовано повне схемотехнічне та конструктивне рішення цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку, що створює необхідну основу для подальшого виготовлення, налагодження та експериментального дослідження розробленого пристрою.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 2.1 Забезпечення електробезпеки під час налагодження та експлуатації цифрової міні-АТС

Електробезпека передбачає систему організаційних і технічних заходів, спрямованих на захист працівників від небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, статичної електрики та електромагнітних полів. Під час розроблення, монтажу, налагодження й експлуатації цифрової міні-АТС питання електробезпеки є особливо важливими, оскільки пристрій підключається до мережі електроживлення, телефонних ліній і персонального комп'ютера.

Загальні вимоги щодо створення безпечних умов праці визначено Законом України «Про охорону праці» [10]. Роботи з електронним обладнанням повинні виконуватися відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [23], Правил улаштування електроустановок [24] та Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів [25].

До складу цифрової міні-АТС входять абонентські інтерфейсні модулі, комутаційний блок, модуль керування на базі мікроконтролера ATmega32, блок індикації, інтерфейс RS-232 і вузол живлення. Наявність мережевого блока живлення та телефонних ліній зумовлює можливість виникнення небезпечних напруг у нормальних і аварійних режимах.

Основними причинами ураження електричним струмом можуть бути прямий дотик до відкритих струмовідних частин, пошкодження ізоляції, неправильне підключення блока живлення, використання несправних приладів, виникнення перенапруг у телефонних лініях та виконання ремонтних робіт без попереднього відключення пристрою.

Ступінь небезпеки залежить від сили струму, тривалості його дії, шляху проходження через тіло людини, стану шкіри та умов навколишнього

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовища. Найбільш небезпечним є проходження струму через грудну клітку, оскільки це може спричинити порушення роботи серця та дихальної системи.

Під час штатної експлуатації користувач не повинен мати доступу до струмовідних частин. Електронні вузли необхідно розміщувати в міцному корпусі, який унеможливилює випадковий дотик до контактів друкованої плати та елементів блока живлення. Корпус також повинен забезпечувати надійне кріплення компонентів і достатнє відведення тепла.

Відповідно до Правил улаштування електроустановок [23] захист від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися як у нормальному режимі роботи, так і в разі пошкодження ізоляції. Основними засобами захисту є ізоляція струмовідних частин, застосування захисних оболонок, гальванічне розділення кіл, захисне заземлення та автоматичне вимкнення живлення.

У конструкції цифрової міні-АТС доцільно використовувати сертифікований блок живлення, який забезпечує гальванічне відокремлення низьковольтної частини від мережі змінного струму напругою 220 В. Мережеві кола повинні бути конструктивно відокремлені від кіл мікроконтролера, індикації, керування та інтерфейсу RS-232.

Між мережевими та низьковольтними провідниками друкованої плати необхідно витримувати достатні повітряні проміжки та шляхи струму витоку. Провідники первинної частини джерела живлення не повинні проходити поблизу сигнальних кіл. Кабель живлення має відповідати номінальному струму пристрою, мати справну ізоляцію та надійне механічне закріплення в корпусі.

Для захисту від короткого замикання і перевантаження в колі живлення необхідно встановити плавкий запобіжник або автоматичний захисний пристрій. Номінальний струм запобіжника вибирають відповідно до

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

максимального струму споживання міні-АТС. Використання запобіжника із завищеним номіналом є неприпустимим.

У разі застосування металевого корпусу доступні струмопровідні частини необхідно приєднати до захисного провідника. Якщо пристрій виконано в корпусі з ізоляційного матеріалу та живиться від зовнішнього блока з подвійною ізоляцією, необхідність захисного заземлення визначається класом захисту джерела живлення.

Особливу небезпеку становлять зовнішні та абонентські телефонні лінії, у яких можуть виникати напруги виклику, комутаційні імпульси та атмосферні перенапруги. Безпосереднє з'єднання телефонних ліній із портами мікроконтролера є неприпустимим. Для гальванічного розв'язування у схемі застосовуються оптрони.

Оптроне розв'язування забезпечує передавання інформації про стан телефонної лінії без прямого електричного контакту з цифровою частиною. Це зменшує ризик потрапляння підвищеної напруги на мікроконтролер АТmega32, інтерфейс RS-232 та персональний комп'ютер. Додатковий захист забезпечується струмообмежувальними резисторами, діодами та стабілітронами.

На вході зовнішньої телефонної лінії доцільно передбачити захист від перенапруг на основі варистора, газорозрядного елемента або напівпровідникового обмежувача. Захисні компоненти необхідно розташовувати якомога ближче до вхідного роз'єму.

Інтерфейс RS-232 може створювати шлях проходження вирівнювальних струмів між корпусами міні-АТС і персонального комп'ютера. Тому підключення обладнання повинно здійснюватися до справної електричної мережі із захисним заземленням. Під'єднувати та від'єднувати інтерфейсний кабель рекомендується при вимкненому живленні пристроїв.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						59
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Монтажні та ремонтні роботи необхідно виконувати після повного відключення цифрової міні-АТС від електромережі, телефонних ліній і персонального комп'ютера. Відсутність напруги перевіряють справним вимірювальним приладом. Перевірку опору та цілісності кіл виконують лише у знеструмленому стані.

Перед першим увімкненням друкованої плати необхідно перевірити відповідність монтажу принципів схемі, правильність установлення полярних компонентів, відсутність коротких замикань і перемичок із припою, справність запобіжника та надійність кріплення роз'ємів.

Перше налагоджувальне увімкнення доцільно виконувати від лабораторного джерела живлення з обмеженням струму. Під час випробування необхідно контролювати напругу живлення, споживаний струм і температуру компонентів. У разі появи запаху перегрітої ізоляції, диму, нехарактерного шуму або різкого збільшення струму живлення слід негайно вимкнути.

Вимірювання в увімкненому пристрої дозволяється виконувати тільки справними приладами та щупами з неушкодженою ізоляцією. Межу вимірювання необхідно встановлювати до підключення приладу, а щупи утримувати лише за ізольовані частини.

Налагодження мережевої частини джерела живлення повинно виконуватися працівником, який має відповідну підготовку та групу з електробезпеки. Для таких робіт необхідно використовувати роздільний трансформатор, ізольований інструмент і справні засоби вимірювальної техніки.

До самостійного налагодження цифрової міні-АТС допускаються особи, які пройшли інструктажі з охорони праці, навчання з електробезпеки та перевірку знань відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 [22]. Працівник повинен знати будову пристрою, розташування кіл із небезпечною напругою,

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

правила користування вимірювальними приладами та порядок аварійного відключення.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність розеток, кабелів, блока живлення, паяльної станції та вимірювальних приладів. Забороняється працювати мокрими руками, використовувати обладнання з пошкодженою ізоляцією та залишати ввімкнений пристрій без нагляду.

Під час експлуатації необхідно періодично контролювати стан кабелів, роз'ємів, заземлювальних з'єднань, вентиляційних отворів і захисних пристроїв. Очищення обладнання від пилу слід виконувати тільки після повного відключення від електромережі та телефонних ліній.

Організація робочого місця адміністратора повинна відповідати вимогам щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. Кабелі персонального комп'ютера та міні-АТС необхідно розміщувати так, щоб уникнути їх пошкодження і створення перешкод у проходах.

У разі виявлення іскріння, диму, запаху перегрітих матеріалів або надмірного нагрівання корпусу пристрій необхідно негайно відключити від електромережі та телефонної лінії. Повторне ввімкнення дозволяється тільки після усунення несправності.

У разі ураження людини електричним струмом необхідно насамперед відключити живлення. Якщо це неможливо, потерпілого слід відокремити від струмовідних частин за допомогою сухого ізолювального предмета. До відключення напруги торкатися потерпілого незахищеними руками заборонено.

Після припинення дії струму необхідно оцінити стан потерпілого, викликати екстрену медичну допомогу та, за відсутності нормального дихання, розпочати серцево-легеневу реанімацію.

Отже, електробезпека цифрової міні-АТС забезпечується комплексом конструктивних та організаційних заходів. До них належать гальванічне

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

відокремлення мережевих і телефонних кіл, ізоляція струмовідних частин, застосування захисного корпусу, запобіжників, обмежувачів перенапруги, захисного заземлення та сертифікованого блока живлення. Дотримання вимог нормативних документів і правил безпечного налагодження знижує ризик ураження електричним струмом та забезпечує надійну експлуатацію цифрової міні-АТС.

## 2.2 Забезпечення пожежної безпеки та дії персоналу в надзвичайних ситуаціях

Безпека життєдіяльності передбачає створення умов, за яких забезпечується захищеність життя і здоров'я людини, майна та навколишнього природного середовища від небезпечних чинників природного, техногенного, соціального та воєнного характеру. Під час експлуатації цифрової міні-АТС найбільш імовірною надзвичайною ситуацією техногенного характеру є пожежа, спричинена несправністю електричного обладнання, коротким замиканням, перевантаженням електричних кіл або порушенням правил експлуатації пристрою.

Основні засади захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій встановлено Кодексом цивільного захисту України [6]. Загальні вимоги пожежної безпеки до будівель, приміщень, електроустановок і дій персоналу визначено Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417. Підготовка працівників до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється відповідно до Порядку, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26.06.2013 № 444.

Цифрова міні-АТС є електронним пристроєм, до складу якого входять блок живлення, мікроконтролерний модуль, комутаційні елементи, інтерфейсні модулі абонентських ліній, блок індикації та засоби з'єднання з

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

персональним комп'ютером. Під час роботи через електронні компоненти та провідники протікає електричний струм, унаслідок чого виділяється теплова енергія. За нормального режиму роботи утворене тепло відводиться через корпус і вентиляційні отвори. У разі несправності або перевантаження температура окремих компонентів може перевищити допустиме значення та спричинити займання ізоляційних або конструкційних матеріалів.

Основними причинами виникнення пожежі під час налагодження та експлуатації цифрової міні-АТС можуть бути:

- коротке замикання у блоці живлення або на друкованій платі;
- перевантаження провідників і електронних компонентів;
- застосування запобіжника із завищеним номінальним струмом;
- пошкодження ізоляції кабелю живлення;
- ненадійне контактне з'єднання, яке спричиняє локальне нагрівання;
- неправильна полярність підключення електролітичних конденсаторів;
- перегрівання стабілізаторів, транзисторів та інших силових елементів;
- блокування вентиляційних отворів корпусу;
- потрапляння всередину пристрою пилу, вологи або сторонніх предметів;
- залишення ввімкненого паяльного обладнання без нагляду;
- розміщення легкозаймистих матеріалів поблизу нагрітих елементів;
- експлуатація обладнання з ознаками пошкодження або несправності.

Зниження ризику виникнення пожежі повинно забезпечуватися на етапі проєктування цифрової міні-АТС. Електричні компоненти необхідно вибирати із запасом за робочою напругою, струмом і потужністю

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						63
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

розсіювання. Переріз провідників друкованої плати та монтажних проводів повинен відповідати максимальному струму навантаження. Компоненти, які нагріваються під час роботи, необхідно розташовувати на достатній відстані від електролітичних конденсаторів, полімерних роз'ємів, кабелів та інших матеріалів із підвищеною чутливістю до температури.

У колі живлення цифрової міні-АТС необхідно передбачити плавкий запобіжник або автоматичний пристрій захисту. Його номінальний струм повинен відповідати розрахунковому струму споживання пристрою. У разі короткого замикання або суттєвого перевантаження захисний елемент повинен відключити живлення до досягнення провідниками та компонентами небезпечної температури. Забороняється замінювати штатний запобіжник металевим провідником або запобіжником із більшим номінальним струмом.

Живлення пристрою доцільно здійснювати від справного сертифікованого блока живлення, який має захист від короткого замикання, перевантаження та перегрівання. Блок живлення повинен відповідати параметрам цифрової міні-АТС за вихідною напругою, максимальним струмом і полярністю. Використання нестандартних або пошкоджених джерел живлення підвищує ймовірність перегрівання, пробою ізоляції та займання.

Корпус цифрової міні-АТС повинен забезпечувати механічний захист внутрішніх елементів та відведення тепла. Вентиляційні отвори необхідно розміщувати так, щоб забезпечувався природний рух повітря через внутрішній об'єм пристрою. Під час експлуатації заборонено закривати вентиляційні отвори документами, тканиною або іншими предметами. Не допускається встановлення пристрою в закритих нішах без вентиляції, поблизу опалювальних приладів або під дією прямого сонячного випромінювання.

Цифрову міні-АТС необхідно встановлювати на стійкій негорючій або важкогорючій поверхні. Поряд із пристроєм не повинні зберігатися папір,

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

картон, легкозаймисті рідини, пакувальні матеріали та інші горючі речовини. Кабелі живлення, телефонних ліній та інтерфейсу RS-232 необхідно прокладати без значного натягу, перегинання і контакту з нагрітими поверхнями.

Перед увімкненням пристрою необхідно перевірити цілісність корпусу, кабелів, вилок і роз'ємів. Наявність потемніння ізоляції, слідів плавлення, іскріння, механічного пошкодження або запаху перегрітих матеріалів є підставою для заборони подальшої експлуатації до усунення несправності. Під час роботи слід періодично контролювати температуру корпусу та блока живлення.

Окремі вимоги пожежної безпеки повинні виконуватися під час монтажу і налагодження друкованого вузла. Паяльну станцію необхідно встановлювати на стійкій негорючій поверхні та обладнувати спеціальною підставкою для паяльника. Забороняється класти нагрітий паяльник безпосередньо на стіл, залишати його ввімкненим без нагляду або виконувати паяння поблизу легкозаймистих матеріалів.

Після закінчення монтажних і налагоджувальних робіт необхідно вимкнути паяльну станцію, лабораторне джерело живлення, вимірювальні прилади та досліджувані пристрій. Робоче місце слід очистити від обрізків провідників, залишків припою, серветок, пакувальних матеріалів та інших відходів. Перед залишенням приміщення необхідно переконатися у відсутності нагрітих предметів і ознак тління.

Приміщення, у якому розміщується цифрова міні-АТС, повинно утримуватися відповідно до вимог пожежної безпеки. Евакуаційні шляхи та виходи мають залишатися вільними, а двері на шляхах евакуації не повинні блокуватися обладнанням, меблями або іншими предметами. У доступних місцях необхідно розмістити знаки пожежної безпеки, план евакуації, інструкцію про порядок дій у разі пожежі та номери виклику екстрених служб.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для гасіння електронного обладнання доцільно застосовувати вуглекислотні або порошкові вогнегасники. Вуглекислотний вогнегасник не залишає значної кількості речовини на електронних компонентах, тому його застосування зменшує вторинне пошкодження апаратури. Порошковий вогнегасник характеризується універсальністю, однак порошок може проникати всередину обладнання та ускладнювати його відновлення.

Використовувати воду або водні розчини для гасіння електрообладнання, яке перебуває під напругою, заборонено. Перед застосуванням первинного засобу пожежогасіння обладнання необхідно знеструмити, якщо це можливо зробити без ризику для людини. Тип, кількість і місце розміщення вогнегасників визначають відповідно до площі, призначення приміщення та наявного електрообладнання.

У разі появи диму, запаху горілої ізоляції, іскріння або відкритого полум'я працівник повинен:

- негайно припинити роботу;
- відключити цифрову міні-АТС і суміжне обладнання від електроживлення, якщо це не створює додаткової небезпеки;
- повідомити про пожежу за номером 101;
- попередити людей, які перебувають у приміщенні;
- повідомити керівника або відповідальну особу;
- розпочати евакуацію людей відповідно до встановленого плану;
- застосувати первинний засіб пожежогасіння, якщо займання є незначним і відсутня загроза життю;
- зустріти пожежно-рятувальний підрозділ та повідомити місце виникнення пожежі, наявність людей і підключеного електрообладнання.

Гасіння пожежі власними силами допускається лише на початковій стадії, коли відсутнє інтенсивне задимлення, не перекрито шлях відступу та існує можливість безпечного використання вогнегасника. Якщо полум'я

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидко поширюється, приміщення заповнюється димом або виникає загроза вибуху, необхідно негайно залишити небезпечну зону.

Під час евакуації заборонено повертатися за особистими речами, користуватися ліфтами та рухатися в напрямку поширення диму. У задимленому приміщенні необхідно пересуватися якомога нижче до підлоги, оскільки у нижній частині приміщення концентрація продуктів горіння зазвичай є меншою. Органи дихання слід прикрити вологою тканиною, якщо вона доступна. Двері до приміщення, у якому виникла пожежа, потрібно зачинити, не блокуючи їх, щоб обмежити надходження повітря і поширення диму.

Найнебезпечнішими чинниками пожежі є підвищена температура, полум'я, дим, токсичні продукти горіння, зниження концентрації кисню та втрата видимості. Під час горіння полімерної ізоляції кабелів, корпусів і друкованих плат можуть утворюватися небезпечні гази. Тому тривале перебування у задимленому приміщенні без спеціальних засобів захисту органів дихання є неприпустимим.

У разі отруєння продуктами горіння потерпілого необхідно вивести або винести на свіже повітря, послабити одяг, який ускладнює дихання, та викликати екстрену медичну допомогу за номером 103. За відсутності нормального дихання необхідно розпочати серцево-легеневу реанімацію. Потерпілого не слід залишати без нагляду до прибуття медичних працівників.

У разі термічного опіку уражену ділянку необхідно охолоджувати чистою прохолодною проточною водою протягом достатнього часу. Не допускається відривати тканину, що прилипла до шкіри, проколувати пухирі або наносити на опік жир, крем, спиртовмісні речовини чи інші не призначені для цього засоби. Значні та глибокі опіки потребують невідкладної медичної допомоги.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підготовка працівників до дій у надзвичайних ситуаціях повинна включати інструктажі, ознайомлення з планом евакуації, місцями розташування вогнегасників, засобів оповіщення та аварійного відключення електроживлення. Відповідно до Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях [8] працівники повинні опанувати правила поведінки, способи захисту та порядок надання домедичної допомоги.

Працівник, який обслуговує цифрову міні-АТС, повинен знати розташування ввідного комутаційного апарата, спосіб відключення зовнішньої телефонної лінії та порядок аварійної зупинки пристрою. Практичне відпрацювання дій персоналу під час умовної пожежі дозволяє перевірити доступність евакуаційних виходів, справність системи оповіщення та готовність працівників до використання первинних засобів пожежогасіння.

Під час надзвичайних ситуацій, спричинених воєнними діями, повітряною тривоگوю, вибухом або загрозою руйнування будівлі, роботу цифрової міні-АТС необхідно припинити. Якщо дозволяє час і це не створює додаткової небезпеки, обладнання слід відключити від електромережі. Після цього працівники повинні пройти до визначеної захисної споруди або іншого безпечного місця відповідно до встановленого маршруту.

Після аварійного відключення, пожежі, затоплення, механічного пошкодження або значного перепаду напруги повторне ввімкнення цифрової міні-АТС без попереднього технічного огляду не допускається. Необхідно перевірити стан блока живлення, ізоляції, друкованих плат, кабелів, захисних елементів та роз'ємів. Обладнання, яке перебувало під дією води або вогнегасної речовини, повинно бути очищене, висушене та перевірене кваліфікованим фахівцем.

Отже, безпечна експлуатація цифрової міні-АТС забезпечується виконанням протипожежних вимог, застосуванням справних засобів електричного захисту, належним утриманням приміщення та підготовкою

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Використання запобіжників, сертифікованого блока живлення, негорючих конструкційних матеріалів, засобів захисту від перегрівання та перенапруг знижує ймовірність виникнення пожежі. Проведення інструктажів, наявність вогнегасників і чітке дотримання порядку оповіщення та евакуації дають змогу мінімізувати наслідки надзвичайної ситуації для людей і обладнання.

### 2.3 Висновки до розділу 2

У розділі розглянуто основні вимоги охорони праці та безпеки життєдіяльності під час налагодження й експлуатації цифрової міні-АТС. Визначено основні небезпечні чинники, пов'язані з можливістю ураження електричним струмом, виникненням коротких замикань, перегріванням електронних компонентів і появою пожежі.

Для забезпечення електробезпеки передбачено застосування гальванічного розв'язування телефонних і цифрових кіл, захисної ізоляції, запобіжників, заземлення, обмежувачів перенапруги та сертифікованого блока живлення. Монтажні й ремонтні роботи повинні виконуватися лише після повного відключення пристрою від електромережі, телефонних ліній і персонального комп'ютера.

З метою забезпечення пожежної безпеки необхідно контролювати справність електричних кіл, стан кабелів, температуру компонентів і вентиляцію корпусу. Приміщення має бути обладнане первинними засобами пожежогасіння, а персонал повинен знати порядок аварійного відключення обладнання, оповіщення, евакуації та надання домедичної допомоги.

Дотримання вимог чинних нормативних документів, правил електробезпеки та пожежної безпеки забезпечує зниження ризику травмування персоналу, виникнення аварійних ситуацій і пошкодження цифрової міні-АТС під час її експлуатації.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У роботі виконано розроблення цифрової міні-АТС для корпоративних систем зв'язку, призначеної для організації внутрішніх телефонних з'єднань між абонентами, взаємодії із зовнішньою телефонною мережею, централізованого керування та контролю стану абонентських ліній.

На початковому етапі проведено аналіз сучасних цифрових міні-АТС, зокрема Panasonic KX-NS500, Yeastar P560 та Grandstream UCM6302. Встановлено, що наявні комерційні системи характеризуються широкими функціональними можливостями, підтримкою SIP-телефонії, конференцзв'язку, голосової пошти та віддаленого адміністрування. Водночас їх застосування у невеликих корпоративних мережах може бути економічно недоцільним через високу вартість обладнання, ліцензування та складність конфігурування. На основі проведеного аналізу визначено основні функції та вимоги до розроблюваного пристрою.

Розроблено структурну схему корпоративної мережі, центральним елементом якої є цифрова міні-АТС. До станції підключаються внутрішні абонентські телефонні апарати, зовнішня телефонна мережа та персональний комп'ютер адміністратора. Запропонована структура забезпечує комутацію внутрішніх і зовнішніх викликів, контроль стану абонентських ліній, централізоване керування та можливість подальшого розширення системи.

Сформовано структурну схему цифрової міні-АТС, до складу якої включено абонентські пристрої, інтерфейсні модулі абонентських ліній, модуль комутації викликів, модуль централізованого керування, підсистему налаштування та адміністрування, блок індикації й інтерфейс зв'язку з персональним комп'ютером. Визначено призначення кожного функціонального вузла та встановлено взаємозв'язки між ними.

Розроблено електричну принципову схему пристрою. Центральний модуль керування реалізовано на базі мікроконтролера ATmega32, який

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснює моніторинг стану абонентських ліній, оброблення сигналів набору номера, формування команд комутації та координацію роботи всіх вузлів системи. Для стабілізації тактової частоти мікроконтролера застосовано кварцовий резонатор частотою 8 МГц.

У складі абонентських інтерфейсних модулів передбачено оптронне розв'язування телефонних і цифрових кіл. Це забезпечує захист мікроконтролера від імпульсних перенапруг і завад, які можуть виникати в телефонній мережі. Додатковий захист реалізовано за допомогою діодів, стабілітронів і струмообмежувальних резисторів.

Комутаційний модуль побудовано на транзисторних ключах, що забезпечують устанавлення та розрив з'єднань між абонентськими лініями відповідно до команд мікроконтролера. Застосування електронної комутації дозволило підвищити швидкодію та надійність пристрою, а також зменшити його габарити порівняно з електромеханічними комутаційними системами.

Для відображення режимів роботи цифрової міні-АТС розроблено блок світлодіодної індикації. Керування індикаторами здійснюється за допомогою регістрів зсуву 74НС595, що дало змогу зменшити кількість задіяних портів мікроконтролера. Індикація забезпечує візуальний контроль активності абонентських ліній, стану зовнішнього каналу, наявності викликів і службових режимів.

Взаємодію цифрової міні-АТС із персональним комп'ютером реалізовано через інтерфейс RS-232. Це забезпечує можливість конфігурування параметрів системи, діагностування, моніторингу стану абонентських ліній та передавання службової інформації. Розроблений програмний алгоритм мікроконтролера забезпечує послідовне опитування входів, оброблення сигналів абонентських ліній, визначення набраного номера та формування керуючих сигналів для комутаційного блока.

Проведено вибір елементної бази з урахуванням робочих електричних параметрів, функціонального призначення, надійності, доступності та

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						71
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

можливості монтажу на друкованій платі. Виконано компонування друкованого вузла із забезпеченням раціонального розміщення функціональних блоків, мінімізації довжини сигнальних з'єднань і відокремлення кіл різного рівня напруги.

У розділі охорони праці та безпеки життєдіяльності розглянуто питання електробезпеки під час монтажу, налагодження й експлуатації цифрової міні-АТС. Визначено необхідність застосування гальванічного розв'язування, захисної ізоляції, заземлення, запобіжників, обмежувачів перенапруги та сертифікованого блока живлення. Також розглянуто основні причини виникнення пожежі, заходи щодо її запобігання та порядок дій персоналу в аварійних і надзвичайних ситуаціях.

Отже, у результаті виконання роботи розроблено функціонально завершену цифрову міні-АТС для корпоративних систем зв'язку.

					<i>ПВМ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						72
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Список використаних джерел

1. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Дунець В.Л., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021, 72 с.
2. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: УАД, 2006. 336 с.
3. ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 «Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем (ГОСТ 2.702-2011, IDT)
4. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення.
5. ДСТУ 3334-96. Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів.
6. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Системи автоматизованого проєктування радіоелектронних засобів» для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / Уклад.: Хвостівська Л.В., Дунець В.Л. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 109 с.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Системи автоматизованого проєктування радіоелектронних засобів» для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / Уклад.: Л.В.Хвостівська. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 63 с.
8. Дунець В.Л., Хвостівський М.О., Сверстюк А.С., Хвостівська Л.В. Математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення опрацювання електрокадіосигналів при фізичному навантаженні у кардіодіагностичних системах: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2022. 136 с.
9. Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення синфазного виявлення радіосигналів в електронних комунікаційних мережах

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із завадами / Л. Хвостівська, М. Хвостівський, В. Дунець, І. Дедів // Вісник ТНТУ. — Т. : ТНТУ, 2023. — Том 111. — № 3. — С. 48–57.

10. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.

11. Розвиток математичного моделювання трафіку комп'ютерних мереж / М. О. Хвостівський, Г. М. Осухівська, Л. В. Хвостівська, Д. В. Величко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Т.: ТНТУ, 2020. С. 187–188.

12. Хвостівська Л.В., Хвостівський М.О. Синтез структури інформаційної системи реєстрації та обробки пульсового сигналу. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наук. праць. Фізика. Електроніка. – Т. 4, Вип. 1. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2015. – С. 83-89. – ISSN 2227-8842.

13. Mathematical modelling of daily computer network traffic. Khvostivskyy, M., Osukhivska, H., Khvostivska, L., Lobur T., Velychko D, Lupenko, S., Novorushchenko, T. 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2021, Ternopil. 16 November 2021 до 18 November 2021. CEUR Workshop Proceedings. Том 3039, P.107-111.

14. Хвостівська Л.В., Хвостівський М.О. Синтез структури інформаційної системи реєстрації та обробки пульсового сигналу. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наук. праць. Фізика. Електроніка. – Т. 4, Вип. 1. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2015. – С. 83-89. – ISSN 2227-8842.

15 Liliya Khvostivska, Mykola Khvostivskyy, Vasyl Dunetc, Iryna Dediv. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. Proceedings of the 2nd International Workshop on

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022). Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. P.314-318. ISSN 1613-0073.

16. Khvostivska L., Khvostivskiy M., Dediv I., Yatskiv V., Palaniza Y. Method, Algorithm and Computer Tool for Synphase Detection of Radio Signals in Telecommunication Networks with Noises. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.173-180. ISSN 1613-0073.

17. Міні-АТС Panasonic KX-NS500. URL: [http://mini-ats.com.ua/page/ats/panasonic/kx\\_ns500/](http://mini-ats.com.ua/page/ats/panasonic/kx_ns500/).

18. Система Yeastar P560. URL: <https://www.yeastar.com/ip-pbx/>.

19. Міні-АТС Grandstream UCM6302. URL: <https://www.grandstream.com/products/ip-pbxs/ucm-series-ip-pbxs/product/ucm6300-series-ip-pbx>.

20. Review: Grandstream's UCM6302 UC&C Platform. URL: <https://blog.grandstream.com/company/news/blog/review-grandstreams-ucm6302-ucc-platform>.

21. Конденсатор серії Murata Radial Ceramic марки X7R. URL: [https://www.mouser.com/datasheet/2/281/RDE\\_X7R\\_X7S\\_25V\\_100V\\_E-1671041.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/281/RDE_X7R_X7S_25V_100V_E-1671041.pdf).

22. Конденсатор серії Panasonic FR. URL: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ECA-2WM330.pdf>.

23. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : НПАОП 40.1-1.21-98, затверджені наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 09.01.1998 № 4.

24. Правила улаштування електроустановок : затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 № 476.

25. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів : затверджені наказом Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 № 258.

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

					ПВМ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри РТ  
к.т.н. Дунець В.Л.  
“ 28 ” квітня 2026 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему:  
**«Цифрова міні-АТС для корпоративних систем зв'язку»**

Узгоджено:  
Керівник роботи  
Хвостівська Л.В. \_\_\_\_\_  
“    ” \_\_\_\_\_ 2026р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”  
Студент групи РАС-41  
Паласюк В.М. \_\_\_\_\_  
“    ” \_\_\_\_\_ 2026р.

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: «Цифрова міні-АТС для корпоративних систем зв'язку»

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/7-198 від «28»квітня 2026 р.

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Паласюк Володимир Миколайович групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є проектування цифрової міні-АТС, що включає в себе:

- проектування схеми корпоративної мережі на базі цифрової міні-АТС
- проектування схемотехнічного рішення цифрової міні-АТС;
- розробка блок-схеми алгоритму роботи мікроконтролера цифрової міні-АТС;
- синтез програмного забезпечення мікроконтролера цифрової міні-АТС;
- розрахунок і вибір елементів для оптимальної роботи цифрової міні-АТС;
- проектування друкованого вузла та друкованої плати цифрової міні-АТС.

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

- 4.1. Кількість внутрішніх абонентських ліній – 5;
- 4.2. кількість зовнішніх телефонних ліній – 1;
- 4.3. Тип підключення абонентів – двопровідні аналогові телефонні лінії;
- 4.4. Режим роботи абонентських ліній – індивідуальне підключення телефонних апаратів;
- 4.5. Підтримуваний спосіб набору номера – імпульсний набір;
- 4.6. Тип комутації телефонних каналів – релейна комутація;
- 4.7. Система керування – мікроконтролерна;
- 4.9. Інтерфейс зв'язку з персональним комп'ютером – RS-232C;
- 4.10. Функції інтерфейсу з ПК – налаштування, діагностика, моніторинг стану ліній та передавання службової інформації;
- 4.11. Індикація стану системи – світлодіодна, п'ятиканальна;
- 4.12. Контроль стану абонентської лінії – визначення підняття та покладання слухавки;

4.13. Основні функції – внутрішній виклик, встановлення з'єднання між абонентами, маршрутизація викликів, вихід на зовнішню телефонну мережу та приймання зовнішніх викликів;

4.14. Напруга живлення пристрою – 220 В, 50 Гц;

4.15. Внутрішня напруга живлення цифрової частини – 5 В постійного струму;

4.16. Режим роботи – тривалий, цілодобовий;

4.17. можливість розширення – підключення додаткових абонентських модулів із відповідним розширенням комутаційного блока.

4.18. Вимоги до умов експлуатації повинні бути:

– Кліматичні умови за ДСТУ 15150:2016;

– Температура навколишнього середовища від +10°C до + 35°C;

– Відносна вологість повітря 80 % при  $t=25^{\circ}\text{C}$ .

Примітка: габаритні розміри цифрової міні-АТС уточнюються в процесі розробки конструкції.

## 5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

– пояснювальна записка;

– структурна схема корпоративної мережі на базі цифрової міні-АТС;

– структурна схема цифрової міні-АТС;

– електрична принципова схема цифрової міні-АТС;

– друкована плата цифрової міні-АТС;

– друкований вузол цифрової міні-АТС.

## 6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2026
3	Структурна схема корпоративної мережі на базі цифрової міні-АТС	21.03.2026
4	Розробка структурної схеми цифрової міні-АТС	23.03.2026
5	Розробка схеми електричної принципової цифрової міні- АТС	10.04.2026
6	Розробка блок-схеми алгоритму роботи мікроконтролера	12.04.2026
7	Розробка програмного забезпечення мікроконтролера	16.04.2026

8	Розрахунок основних вузлів схеми цифрової міні-АТС	22.04.2026
9	Вибір компонентної бази для розроблюваної цифрової міні-АТС	02.05.2026
10	Компоновка друкованого вузла цифрової міні-АТС	15.05.2026
11	Створення допоміжної документації	23.05.2026
12	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	03.06.2026
13	Нормоконтроль	09.06.2026
14	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.06.2026
15	Перевірка роботи на антиплагіат	12.06.2026
16	Захист кваліфікаційної роботи	24.06.2026

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з графіком виконання.

## 7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.



















