

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Західноукраїнський національний університет**  
**Факультет комп'ютерних інформаційних технологій**  
**Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем**

**ЛЕГКОДУХ Богдана Сергіївна**

**Автоматизована система контролю параметрів базових станцій gsm-зв'язку в реальному режимі часу / Automated system for monitoring the parameters of gsm base stations in real time**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Кваліфікаційна робота

Виконала студентка  
групи АКІТ -41  
Б.С. Легкодух

---

Науковий керівник  
к.т.н. О.М. Заставний

---

Кваліфікаційну роботу допущено  
до захисту:

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.І.Сегін

**ТЕРНОПІЛЬ - 2023**

Західноукраїнський національний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем  
Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ ” 20\_\_ р.

З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ  
ЛЕГКОДУХ Богдані Сергіївні

(прізвище, ім'я по-батькові)

**1. Тема кваліфікаційної роботи:** Автоматизована система контролю параметрів базових станцій GSM-зв'язку в реальному режимі часу / Automated system for monitoring the parameters of GSM base stations in real time.

керівник роботи

к.т.н. О.М. Заставний

затверджені наказом по університету від «08» грудня 2022 р. № 491

**2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи:** 17.05.2023р.

**3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:**

1. Принципи побудови мереж GSM-зв'язку.

2. Технічні характеристики та будова базових станцій.

3. Технологія передачі даних в комунікаційних системах.

4. Параметри контролю та регулювання базових станцій GSM-зв'язку.

**4. Основні питання, які потрібно розробити:**

1. Дослідження технічних аспектів мереж GSM-зв'язку.

2. Аналіз вимог та вибір обладнання для реалізації автоматизованої системи.

3. Реалізація автоматизованої системи контролю параметрів базових станцій GSM-зв'язку.

4. Охорона праці.

**5. Перелік графічного матеріалу у роботі:**

1. Будова базової станції GSM-зв'язку.

2. Структурна схема комплексу GSM-зв'язку

3. Схема підключення пристроїв.

4. Структурна схема.

5. Функціональна схема.

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Пітух І.Р.		
2	Пітух І.Р.		
3	Пітух І.Р.		
4	Сапожник Г.В.		

## 7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження технічних аспектів мереж GSM-зв'язку	11.2022р. – 12.2022р.	
2	Аналіз вимог та вибір обладнання для реалізації автоматизованої системи	01.2023р. – 02.2023р.	
3	Реалізація автоматизованої системи контролю параметрів базових станцій GSM-зв'язку	03.2023р. – 04.2023р.	
4	Охорона праці	04.2023р. – 05.2023р.	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Легкодух Б.С.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н. Заставний О.М.

## РЕФЕРАТ

Робота виконана на 79 сторінках та містить 32 рисунки, 15 таблиць, 3 додатки, 32 джерела за переліком посилань.

**Мета роботи.** Метою роботи є проектування автоматизованої системи контролю параметрів базових станцій GSM-зв'язку в реальному часі, яка забезпечує підвищення якості обслуговування великого числа територіально розподілених об'єктів.

**Методи дослідження:** Методи, методики та технології створення АСК процесами та комплексами різного призначення. Інструментальні засоби моделювання, планування, математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення задач аналізу та синтезу складних розподілених у просторі гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем.

**Результати роботи.** Обгрунтовано вибір технічних засобів для реалізації автоматизованої системи контролю параметрів базової станції GSM-зв'язку. Розроблено структурну та функціональну схему системи. Розроблено програмне забезпечення для моніторингу температурного режиму.

**Рекомендації по використанню результатів роботи.** Запропонована АСК може бути використана в галузі телекомунікацій для забезпечення моніторингу та контролю роботи великої кількості обладнання.

**Можливі напрямки розвитку.** Можливе розширення функцій ситеми за рахунок використання додаткових модулів, а також реалізації мобільного додатку, що дозволить здійснювати моніторинг з будь-якого місця та забезпечить швидке реагування на можливі аварійні та передаварійні стани.

**Ключові слова:** АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ, БАЗОВА СТАНЦІЯ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ.

## ABSTRACT

Work is executed on 79 pages and including 32 illustrations, 15 tables, 3 appendices, 32 sources after the list of references.

**Purpose of work.** The aim of the work is to design an automated system for monitoring the parameters of GSM communication base stations in real-time, which ensures an increase in the quality of service for a large number of geographically dispersed objects..

**Research methods.** Methods, methodologies, and technologies for creating automated control systems using processes and complexes for various purposes. Instrumental tools for modeling, planning, mathematical, algorithmic, and software support for complex spatially distributed flexible computer-integrated systems for analysis and synthesis tasks.

**Job performances.** The choice of technical tools for implementing an automated system for monitoring the parameters of a GSM base station is justified. The structural and functional scheme of the system is developed. Software for monitoring the temperature mode is also developed.

**Recommendations after the use of job performances.** The proposed automated monitoring and control system can be used in the telecommunications industry to ensure monitoring and control of a large amount of equipment.

**Possible development directions.** Possible system function expansion can be achieved by using additional modules, as well as implementing a mobile application that allows monitoring from any location and ensures quick response to possible emergency and pre-emergency states..

**Keywords:** AUTOMATED SYSTEM, PARAMETER CONTROL, BASE STATION, TELECOMMUNICATIONS.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП .....	8
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ АСПЕКТІВ МЕРЕЖ GSM-ЗВ'ЯЗКУ...	10
1.1. Загальні принципи побудови мереж GSM-зв'язку.....	10
1.2 Будова та параметри роботи базової станції .....	12
1.3 Технології передачі даних в системах зв'язку.....	15
1.3.1 Передача даних по каналу E1 .....	15
1.3.2 Система протоколів TCP/IP.....	19
1.3.3 Протоколи TCP та UDP.....	20
1.3.4 IP Протокол.....	22
2. АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	26
2.1 Визначення вимог до проектованої системи.....	26
2.2 Обґрунтування вибору технічних засобів.....	31
2.2.1 Мікроконтролер.....	32
2.2.1.1 HDLC контролер.....	36
2.2.1.2 Ethernet контролер.....	40
2.2.2 Програмована логічна інтегральна схема.....	45
2.2.3 Датчик температури.....	47
2.3 Розробка структурної схеми системи.....	49
3. РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ GSM-ЗВ'ЯЗКУ.....	52
3.1 Розробка функціональної схеми.....	53
3.2 Розробка інтерфейсів користувача та принципів обміну даними.....	55
3.3 Розробка програмного забезпечення системи.....	59
3.4 Відлагодження проектованої системи.....	64

					ДП.АКІТ.8894450.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Легкодух Б.С.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Пітух І.Р.			5	79	
Консульт.					ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.		Заставний О.М.					
Затверд.		Сегін А.І.					

Автоматизована система контролю параметрів базових станцій GSM-зв'язку в реальному режимі часу / Automated system for monitoring the parameters of GSM base stations in real time

4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	68
4.1 Вплив шуму на організм людини.....	68
4.2 Заходи щодо зниження шуму на робочих місцях.....	71
4.3 Визначення заходів щодо зниження рівня шуму.....	73
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
ДОДАТОК А Структурна схема комплексу GSM-зв'язку.....	80
ДОДАТОК Б Блок-схема роботи термометра.....	81
ДОДАТОК В Код взаємодії процесора з термодатчиком.....	83

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AuC - центральний вузол авторизації;  
BSC - вузол переходу;  
BSS - підсистема базових станцій;  
BTS - базова станція;  
EIR - реєстр ідентифікації обладнання;  
FDMA - частотне розділення каналів;  
GMSC - центр комутації мобільних дзвінків;  
HLR - база даних зареєстровані в мережі оператора зв'язку абонентів;  
MS - мобільна станція;  
MSC - вузол комутації;  
NMC - центр керування мережею;  
OMC - центр управління та обслуговування ;  
OSS - система операційної підтримки;  
PCU - контролер точок доступу;  
SMSC - центральний вузол маршрутизації повідомлень;  
TDM - мультиплексування з розподілом часу;  
TDMA - часове розділення каналів;  
TRAU - вузол перекодування мовлення;  
VLR - база даних підключених до мережі абонентів ;  
APM – автоматизоване робоче місце.  
АСК - автоматизована система контролю;  
КЗ - канал зв'язку;  
МК – мікроконтролер;  
МТ – мобільний телефон;  
ПЗ – програмне забезпечення;  
ПЛІС - програмована логічна інтегральна схема.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7



## ВСТУП

Поширення систем зв'язку стандарту GSM [1] в Україні та по всьому світу зумовив значний ріст кількості комунікаційних станцій даного виду зв'язку, який продовжує збільшуватися з кожним роком. Кількість мобільних телефонів в Україні зараз перевищує кількість стаціонарних а на ринку присутні оператори з покриттям майже всієї території країни, такі як Vodafone Україна, Київстар, Lifecell, а також з'являються нові оператори. Це зв'язане з ростом попиту на мобільний зв'язок, зниженням вартості обладнання та технологій зв'язку.

Радіомовні станції це достатньо складний комплекс апаратури, за допомогою якої реалізований зв'язок, а також допоміжного обладнання для забезпечення життєдіяльності основної апаратури зв'язку [2]. Для максимального охоплення території станції зв'язку мобільних мереж розміщуються в самих різних місцях, а тому бувають випадки встановлення їх на вершинах гір, в лісах, на болотистих місцевостях, на «закритих» територіях, що ускладнює доступ до них з метою контролю стану апаратури, кліматичних умов, зняття показів лічильників енергії тощо.

Для вирішення зазначених проблем розробляються системи сервісного обслуговування та дистанційного керування [3-5] територіально-віддалених об'єктів. Вони функціонально дозволяють автоматизувати процеси обслуговування, забезпечити отримання необхідної інформації про об'єкт або встановлене обладнання в реальному режимі часу, можливість оперативного втручання у функціонування об'єкту. Результатом впровадження автоматизованої системи контролю (АСК) параметрів є зменшення загальних витрат та підвищення якості обслуговування великого числа територіально-розподілених об'єктів.

**Мета кваліфікаційної роботи** полягає у дослідженні принципів побудови та проектуванні АСК параметрів базових станцій GSM-зв'язку в реальному режимі часу.

Поставлена мета обумовила необхідність вирішення ряду взаємопов'язаних завдань:

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- дослідження принципів побудови мереж GSM-зв'язку;
- дослідження технічних характеристик та будови базових станцій;
- дослідження технології передачі даних в комунікаційних системах;
- аналіз вимоги до АСК параметрів базової станції GSM-зв'язку;
- обґрунтування вибору технічних засобів для реалізації АСК;
- реалізація АСК параметрів базових станцій GSM-зв'язку.

**Предметом дослідження** є принципи побудови АСК контролю параметрів.

**Об'єктом дослідження** АСК параметрів базових станцій GSM-зв'язку.

**Методи дослідження** – «методи, методики та технології створення АСК процесами та комплексами різного призначення. Інструментальні засоби моделювання, планування, математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення задач аналізу та синтезу складних розподілених у просторі гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем» [].

**Практичне значення одержаних результатів.** Результатом впровадження АСК параметрів базових станцій GSM-зв'язку є зменшення загальних витрат та підвищення якості обслуговування великого числа територіально-розміщених об'єктів.

**Напрямки подальшого розвитку** Підвищення точності та частоти збору даних за допомогою використання технологій Інтернету речей, а також розширення функцій АСК за рахунок встановлення додаткових модулів, наприклад з метою моніторингу за швидкістю передавання даних, якістю зв'язку.

### **Публікації.**

1. Легкодух Б.С., Пітух І.Р. Розробка автоматизованої системи контролю параметрів станції зв'язку мобільних мереж / Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2023), Тернопіль, 2023. - с.81-84.

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
							9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

# 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ АСПЕКТІВ МЕРЕЖ GSM-ЗВ'ЯЗКУ

## 1.1. Загальні принципи побудови мереж GSM-зв'язку

Зв'язок між мобільним телефоном (MT) і станцією забезпечується за допомогою радіохвиль, які передаються між ними. У комунікаційних мережах цифрового зв'язку застосовуються діапазони радіочастот, які призначені для безпроводної комунікації [6]. Діапазони радіочастот поділяються на канали, які використовуються для обміну даними між мобільним пристроєм і радіостанцією.

Принцип побудови мережі GSM-зв'язку (рисунок 1.1) [7] передбачає, що до її складу входять комунікаційні станції, які обслуговують окремі території (наприклад, міста або села), а також мережеві елементи, які забезпечують комутацію даних між станціями мобільного зв'язку та іншими мережевими елементами.

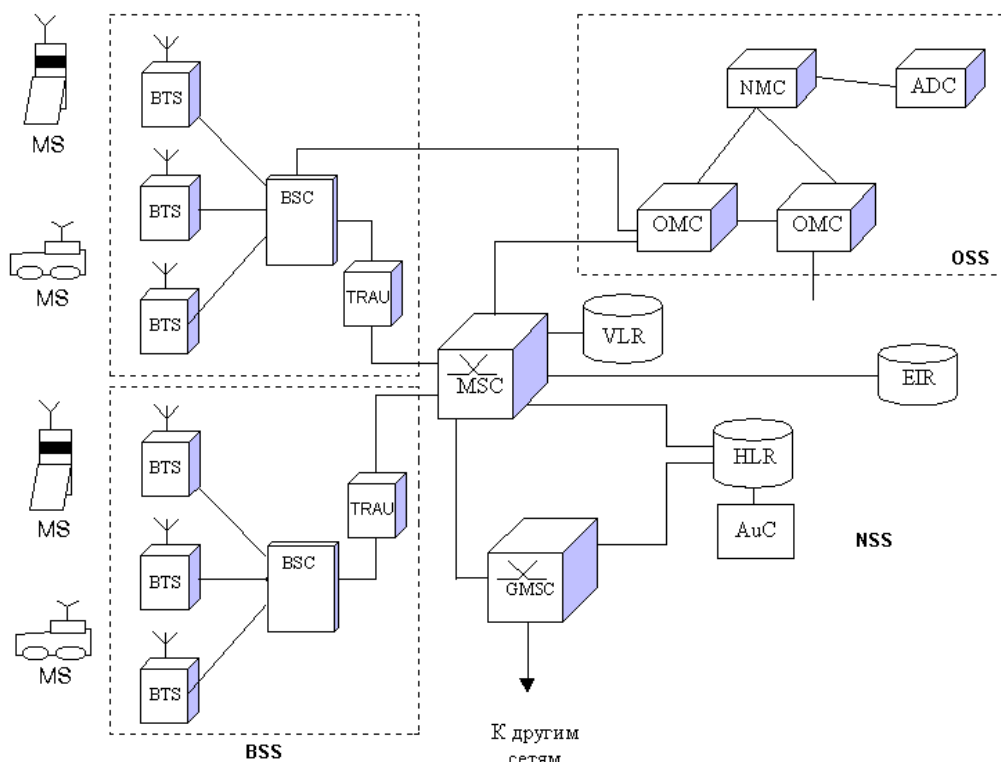


Рисунок 1.1 – Архітектура мережі GSM-зв'язку

Мережа GSM-зв'язку включає наступні компоненти [6-9]:

- мобільна станція (MS) - це мобільні пристрої, що взаємодіють з мережею, можуть складатися з MT та SIM-карти;

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

- базові станції (BTS) - це безпроводні точки доступу, за допомогою яких забезпечується безперервний зв'язок між МТ та мережею;
- вузли переходу (BSC) - забезпечують управління BTS, включаючи керування передачею даних та керуванням радіошумами;
- вузли перекодування мовлення (TRAU) - обладнання, яке забезпечує перекодування мовлення від МТ у формат, який можна передавати за допомогою мережі GSM-зв'язку та навпаки;
- підсистема базових станцій (BSS) включає контролер базових станцій BSC і самі BTS;
- вузли комутації (MSC) - це центральні вузли мережі, які забезпечують комутацію розмовних каналів між МТ та іншими мережами, а також керує процесом реєстрації абонентів у мережі;
- центр комутації мобільних дзвінків (GMSC) - відповідає за перенаправлення дзвінків між мережами GSM та іншими мережами;
- база даних (VLR) – інформації про підключених до мережі абонентів, які знаходяться на території мережі іншого оператора (роумінгова мережа);
- база даних (HLR) – містить інформацію про всі МТ та абонентів, що зареєстровані в мережі оператора зв'язку;
- центральний вузол авторизації (AuC) - це компонент, який забезпечує авторизацію та шифрування даних для захисту конфіденційної інформації користувачів;
- реєстр ідентифікації обладнання (EIR) - зберігає ідентифікаційні номери обладнання (IMEI) зареєстрованих в мережі пристроїв, що підтримують GSM;
- центр управління та обслуговування (OMC), який забезпечує моніторинг та керування мережею GSM, складається з комп'ютерів (ПК), програмного забезпечення (ПЗ) та комунікаційного обладнання;
- центр керування мережею (NMC) - відповідає за моніторинг, керування та налагодження мережі GSM-зв'язку. Це централізована система, яка забезпечує контроль за станом мережі, збір та аналіз статистичної інформації, а також контроль за якістю та безперебійністю зв'язку;
- система операційної підтримки (OSS) - використовується в

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

мережах GSM-зв'язку для реалізації контролю та управління мережевими ресурсами, складається з різноманітних компонентів, які забезпечують збір, обробку та аналіз даних про стан мережі;

- контролер точок доступу (PCU) - це компонент, який забезпечує керування передачею даних між МТ та мережею;

- центральний вузол маршрутизації повідомлень (SMSC) – за його допомогою забезпечується передача коротких текстових повідомлень між МТ.

Всі ці компоненти співпрацюють між собою для забезпечення безперервної роботи мережі GSM-зв'язку. Принципи побудови мережі GSM-зв'язку потребують ретельного проектування, налагодження та підтримки для забезпечення надійності та ефективності роботи системи.

Для забезпечення підтримки мережі також необхідно вести моніторинг та аналіз роботи мережі, виявляти та усувати несправності, а також вдосконалювати алгоритми та методики управління мережею. Потрібно мати систему збору та аналізу даних про стан мережі, що дозволить оперативно реагувати на будь-які проблеми, а також планувати роботу мережі на майбутнє.

## 1.2 Будова та параметри роботи базової станції

Базові станції (BTS) - це бездротові точки доступу, за рахунок яких забезпечуються безперервний зв'язок між МТ та мережею GSM [10]. Кожна BTS має свою унікальну назву (Cell ID) та діапазон радіочастот, який використовує. Коли мобільний пристрій перебуває в зоні дії BTS, він реєструється в мережі та отримує доступ до її ресурсів для здійснення дзвінків та передачі даних.

BTS (рисунок 1.2) є одним з головних елементів мережі GSM-зв'язку, оскільки саме вони забезпечують безперервність мобільного зв'язку з мережею [8]. Контроль параметрів BTS є важливим, оскільки будь-які збої в її роботі можуть зумовити зниження якості зв'язку для користувачів, а в деяких випадках навіть до його втрати. Контроль параметрів BTS дозволяє підтримувати її в оптимальному стані, що дозволяє забезпечити максимальну продуктивність та ефективність мережі.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

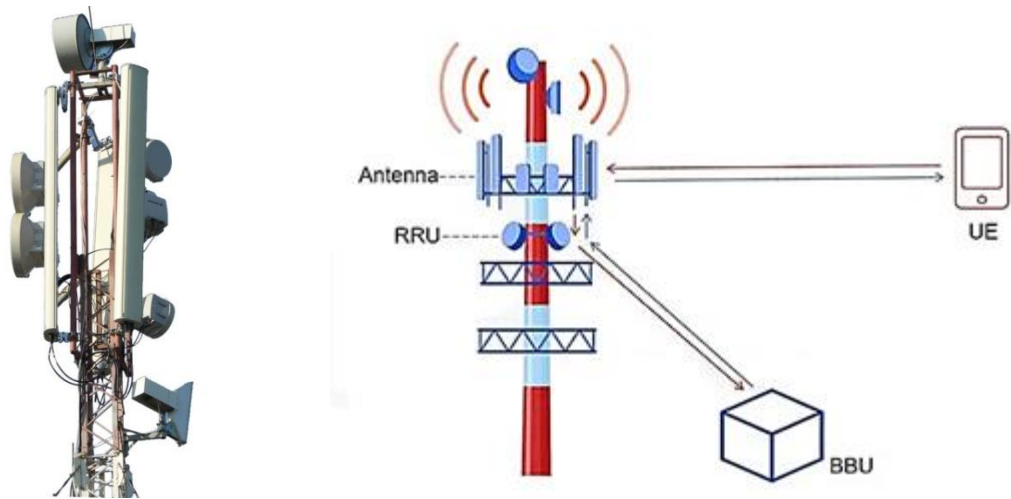


Рисунок 1.2 – Базова станція GSM-зв'язку

BTS включає антенну систему, передавач, приймач, блок живлення та управління, зокрема основними елементами є [7-11]:

- Дистанційний радіо-блок (RRU) – пристрій, що здійснює передачу та прийом сигналів через антенну. Його можна розділити на кілька секторів для передачі сигналів 2G, 3G, 4G і навіть 5G. Тут здійснюється генерація сигналів і вилучення радіосигналів.

- Антенна система - пристрій для передачі та прийому радіохвиль, який реалізує зв'язок між МТ та мережею. Антена може бути вбудованою в корпус станції або розташовуватися окремо. Як правило, на верхній частині комунікаційної станції встановлені кілька антен, які головним чином відповідають за передачу та прийом сигналів, підключених до RRU.

- Базова смуга частот (BBU) - блок, який обробляє вихідний сигнал, розташований в приміщенні і підключене до RRU за допомогою опто-волокна, є.

- Фізична підтримка - основному є системою електроживлення, резервних батарей (для запобігання відключенню електроенергії), передавального обладнання та системи кондиціонування повітря (для підтримки оптимальної температури для нормальної роботи). Станція може забезпечуватися електроенергією через підключення до електричної мережі або за допомогою джерела енергії, такого як сонячна батарея чи дизель-генератор. Кабелі використовуються для з'єднання елементів станції та передавання сигналів.

Також до складу BTS входять базовий блок керування, що є центральним

									ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						13

елементом, який керує діяльністю однієї або декількох станцій та здійснює контроль за розподілом каналів, управління потоками даних та керування динамічним керуванням потоком. Комплекс цих компонентів формує BTS, яка реалізує передачу сигналу. З допомогою декількох BTS, що складають пов'язану мережу, здійснюється покриття мережі GSM-зв'язку на певній території, що дозволяє мобільним пристроям здійснювати зв'язок з іншими пристроями та мережею в цілому, а користувачам надається безперебійне покриття мережевими послугами.

Для того, щоб забезпечити якісний зв'язок в мережі GSM-зв'язку використовується такі принципи, як [7,12]:

- частотне розділення каналів (FDMA);
- часове розділення каналів (TDMA).

У FDMA різні канали використовують різні діапазони радіочастот, тоді як у TDMA кожен канал поділяється на багато коротких інтервалів, що дозволяє передавати декілька повідомлень одночасно на одному каналі. Інформація передається за допомогою TDMA-технології, яка дозволяє декільком абонентам використовувати один і той же канал одночасно, але в різні моменти часу.

На кожному BTS GSM-зв'язку встановлюється пристрій збору та прийому / передачі інформації моніторингу. Використовується існуюча транспортна мережа E1 (2048 кб/с). Для обміну інформацією виділяється один таймслот каналу E1 (ts31), що відповідає пропускну здатності 64 кб/с. Дані через корпоративну мережу поступають на регіональну станцію [13].

На регіональній станції встановлюється регіональний концентратор - маршрутизатор, який об'єднує дані від 31-ї BTS та передає на сервер через Ethernet-порт. Отже для кожної групи із 31-ї станції, які обслуговує регіональна станція, повинен бути один концентратор - маршрутизатор. Решта 30 каналних інтервалів E1 передаються транзитно. В АСК параметрів мають передбачатися можливості блокування роботи по каналу E1 та транслявання всієї інформації з підканалу в основний канал під час того, як завантажуються програма або при відключенні живлення за допомогою реле.

При виборі принципів побудови АСК параметрів BTS, необхідно

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

розглянути особливості роботи системи передачі TDMA (E1), принципи синхронізації та протоколи обміну, оскільки ці параметри мають важливе значення для забезпечення якості передавання даних та ефективності роботи системи.

Протоколи TDMA (E1), Канал E1, передачі IP-пакетів та протокол UDP є ключовими елементами систем GSM-зв'язку, які реалізують передачу телефонних розмов, SMS-повідомлень та інших даних через мережу [14]. Дослідження цих протоколів забезпечує розуміння основних принципів функціонування зв'язку GSM та вирішити проблеми, що зв'язані із передачею даних в GSM-мережах.

### 1.3 Технології передачі даних в системах зв'язку

#### 1.3.1 Передача даних по каналу E1

Інтерфейс E1 це стандартизована TDM-технологія передачі, що дозволяє передачу кількох (мультиплексованих) каналів даних одночасно на тому ж передаючому пристрої. Стандарт E1 (рисунок 1.3) належать до фізичного рівня моделі OSI. Основний канал (main) E1 та підканал (sub) E1 відповідають рекомендаціям G.703, G.704, G.732, G.823. Пристрій працює в режимі drop-and-insert [15].

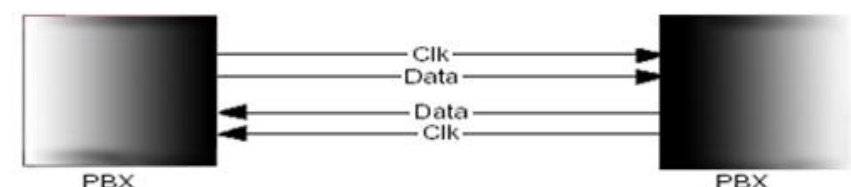


Рисунок 1.3 - Мережева діаграма E1

Дані до/від пристрою розташовуються у 31-му каналному інтервалі основного каналу E1 (main). Дані інших каналних інтервалів основного каналу E1 транслюються з підканалу E1 (sub links).

Синхронізація передавального тракту основного каналу E1 забезпечується від відновленого тактового сигналу з приймального тракту підканалу E1, а підканалу E1 - від відновленого тактового сигналу з приймального тракту основного каналу E1.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15



Сигнали Е1 передаються із швидкістю 2.048 Мбіт/с. Передача Е1 організована у вигляді циклів (кадрів, фреймів) довжиною 256 бітів, або 32 каналні інтервали по 8 біт кожний. Цикли передаються із швидкістю 8000 кадрів за секунду. Швидкість передавання даних в 1 каналному інтервалі 64кбіт/с. Максимальна кількість каналних інтервалів – 31, каналний інтервал із номером 0 зарезервований для циклової синхронізації. Структура потоку Е1 показана на рисунку 1.4 [16] **Помилка! Джерело посилання не знайдено..**

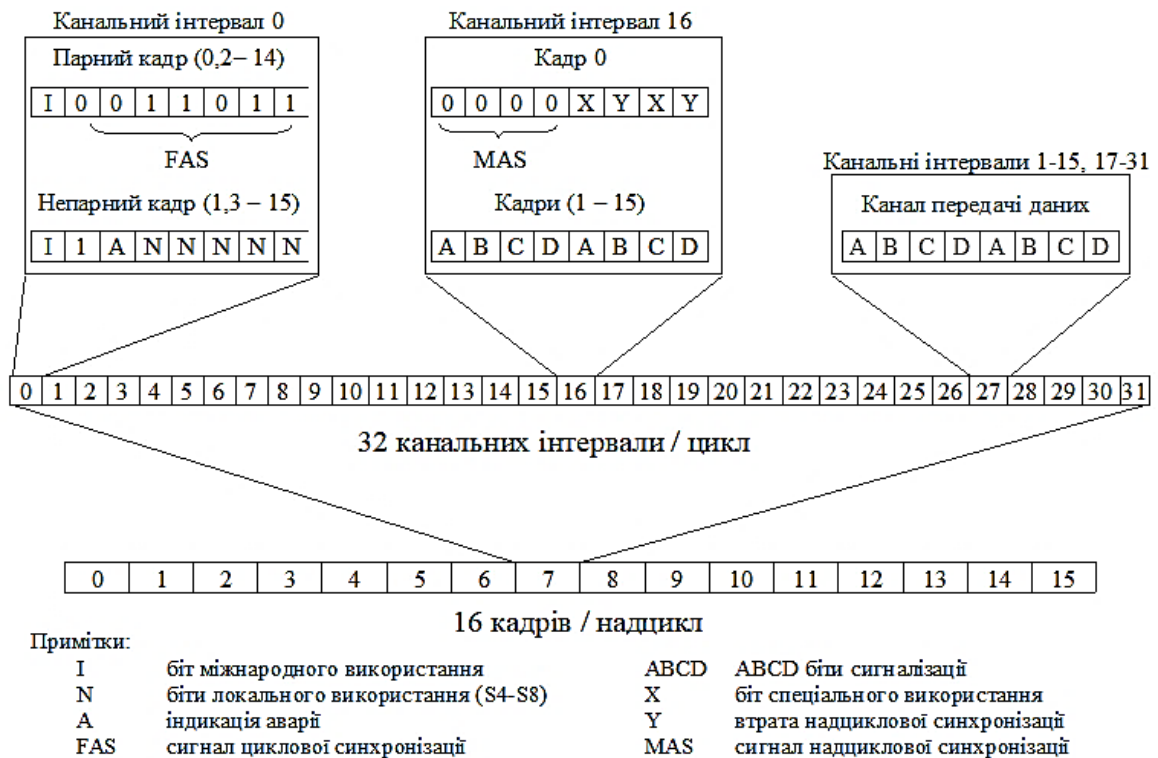


Рисунок 1.4 - Циклова структура Е1

Нульовий каналний інтервал використовується для передачі циклових синхроімпульсів (сигнал FAS в парних циклах і другий біт в непарних циклах) і службової інформації. Службова інформація складається з:

- біт 1 в парних і непарних циклах визначений як біт інтернаціонального використання. В основному він використовується для виявлення помилок використовуючи CRC-4 («Cyclic Redundancy Check» [15]) метод виявлення помилок передачі даних.
- біт 3 в непарних циклах передає на протилежну сторону каналу інформацію про аварійний стан. Він встановлюється в «1» при відсутності сигналу з каналу Е1 або циклової синхронізації або перевищення рівня помилок в

сигналі з каналу перевищує 10-3 на протязі 4-5 секунд. Цей біт використовується в основному каналі та в підканалі, інформуючи протилежні сторони про порушення нормальної роботи каналу.

- решта бітів Sa4 - Sa8 зарезервовані для національного використання.
- 16-ий каналний інтервал в системах ІКМ30 (РСМ30) використовується для телефонної сигналізації з кінця в кінець.

Лінія Е1 поєднує 2 точки, в одній з яких інформація мультиплексується, а у другій демультиплексується.

Для забезпечення надійного та безпомилкового сервісу інтерфейс Е1 підтримує декілька механізмів синхронізації, корекції помилок та виявлення, управління і виконання повідомлень та сигналізації. Інтерфейс Е1 підтримує 3 різних види бітових структур: фрейм, мультифрейм та анфрейм. Режим роботи обумовлює структуру бітів та логічний спосіб їх інтерпретації.

Очевидно, що існує необхідність передачі більш ніж одного каналу між двома сторонами. Тим не менше, прокладання окремої лінії для кожного каналу є ненайкращим рішенням.

Мультиплексування – це шлях пересилки декількох каналів через одну лінію. Один із способів зробити це, використання TDM (Time Division Multiplexing) – мультиплексування з розподілом часу (рисунок 1.5) [15].

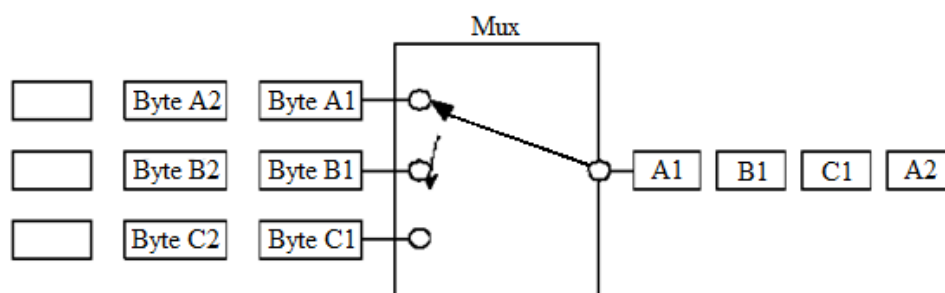


Рисунок 1.5 - Мультиплексування з розподілом часу

Припустимо, що ми маємо 32 канали, кожен зі швидкістю 32Kbs, котрі ми хочемо передати на інший кінець. Мультиплексор бере з кожної із 32-ох ліній один байт та прересилає їх одного за одним. Після цього він бере наступний байт із кожного з каналів і т.д. Мультиплексор повинен пререслати 32·8 біт з 32-ох каналів без втрати другого байту з першого каналу, тобто його продуктивність

має бути щонайменше 32·64Kbs або ж 2048 Kbs. Цей метод має назву TDM тому, що мультиплексор бере 1/8000с необхідної для передачі 1 байту єдиного каналу та розподіляє її між 32 каналами із збільшенням швидкості так, що кожен байт каналу використовує  $1/(8000 \cdot 32)$ с для передачі.

Тактова синхронізація є основною проблемою для каналу зв'язку (КЗ) TDM. Це процес установки взаємної синхронізації між відправником та отримувачем даних в таких КЗ, де часові інтервали даних розподіляються між різними КЗ на основі частоти тактових імпульсів. У схемі зв'язку E1 та T1, які використовуються в телекомунікаційних мережах, це забезпечується використанням майстер-годинника, який надає тактові імпульси для всіх підключених пристроїв. Іншим методом є так звана циклічна синхронізація, що створює єдиний домен тактової синхронізації для всієї мережі. Цей метод є переважаючим та рекомендованим.

При використанні інтерфейсу E1 доступні кілька режимів роботи [16]:

- анфреймовий (UNF): бітовий потік 2048 Kbs, канали не пов'язуються з будь-якою конкретною групою бітів;
- фреймовий (FR): всі 32 каналні інтервали використовуються для передачі даних, виявлення границі кадру (синхронізація) досягається використанням TS0;
- мультифреймовий (MF): TS0 використовується для синхронізації мультифрейму, решти канали залишаються звичайні;
- MF: такий же як і MF + один канал виділений для сигналізації – CAS;
- MF + CRC: використання бітів Si кожного FAS для передачі CRC-4;
- MF + CAS/CCS + CRC.

Сигнал цифрового інтерфейсу має номінальну швидкість 2048 kbit/s. Лінійний код AMI або HDB3. Номінальна довжина імпульсу 244 ns. Інформація по каналу E1 передається в пакетах формату, що наведений в таблиці 1.1. При відсутності інформації передаються символи заповнення каналу 7E (Hex).

Таблиця 1.1 - Формат пакету даних в каналі

Start Flag	Data	CRC	End Flag
7E	20-1514 bytes	1 byte	7E

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ			Арк.
								18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				

Для прозорості даних використовується байт-стафінг. При цьому використовується символ прикриття 7D (Hex). Для контролю достовірності даних пакет містить останнім байтом даних 1 байтову контрольну суму (за модулем 2) всіх байтів пакету. Помилки контрольної суми та довжини пакетів, а також кількість збійних та достовірних пакетів впродовж роботи системи можна отримати дистанційно по TFTP протоколу.

### 1.3.2 Система протоколів TCP/IP

Система протоколів – це комплекс програм, що взаємодіють один з одним для забезпечення взаємозв'язків між процесами в станціях (рисунок 1.6).

<b>Application (Host To Host Layer)</b>	Ping	Telnet & Rlogin		FTP	SMTP	SNMP	Trace-route
	DNS	TFTP		BOOTP	RIP	OSPF	etc.
<b>Transport</b>	TCP			UDP		ICMP	
<b>Network</b>	IP						
<b>Data Link</b>	LLC			HDLC		PPP	
	Ethernet	802.3	X.25	Token Ring	Frame Relay	ATM	SMDS etc.
<b>Physical</b>	Fiber Optics		UTP	Coax	Microwave	Satellite	STP

Рисунок 1.6 - TCP/IP протоколи

Найбільш поширеними застосуваннями у TCP/IP є [17]:

- Telnet – це протокол мережевого зв'язку, який дозволяє користувачу взаємодіяти з віддаленим комп'ютером через Інтернет, надсилаючи команди та отримуючи результати на свою локальну клавіатуру;
- FTP («File Transfer Protocol»[15]) – реалізує обмін файлами;
- SMTP («Simple Mail Transfer Protocol» [18]) – для обміну e-mail;
- SNMP («Simple Network Management Protocol»[15]) – реалізує керування мережею;
- ping («Packet Internet Groper» [15]) - використовується для визначення доступності віддаленого комп'ютера або сервера;
- TFTP (Trivial File Transfer Protocol) – є простим протоколом передачі файлів, який не забезпечує захисту та контролю помилок при обміні.

Існує ряд інших варіантів застосування. Винятком є діагностика ping, коли

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			19

висилається пакет та визначається чи була отримана відповідь від точки призначення, з метою визначення її доступності і тривалості передачі до/від пакету. Решта протоколів використовують «клієнт-серверний» принцип, де обмін файлами відбувається між сервером та клієнтом, а віддалене керування портом станції можна розглядати як управління портом telnet-серверу зі сторони telnet-клієнта, який виконує команди на віддаленому сервері. Кожен з клієнтів використовує «клієнтську програму», а сервер – «серверну програму».

При взаємодії програм клієнта і сервера відбувається відкриття сесії, включаючи реєстрацію, адресування ресурсів та доступ до порту. Потім програми встановлюють передавальні та приймальні буфери для сесії на клієнті та сервері, а також параметри подання, такі як кодування, шифрування, компресія та формат друку. Після цього відбувається виклик рівня, який реалізує передачу інформації між клієнтами та сервером - пакування-розпакування.

Використовуються наступні види протоколів пакування в стеку TCP/IP: «TCP (Transmission Control Protocol) та UDP (User Datagram Protocol)» [17].

### 1.3.3 Протоколи TCP та UDP

UDP – є дуже простим протоколом, що зв'язує заголовок та дані, які включають номери портів призначення й джерела та CRC. В той же час дані пересилаються в одному пакеті (даногамі) без контролю послідовності або помилок.

Терміни «заголовок» (рисунок 1.7) чи «сегмент» означають карту бітів, які складаються із набору полів.

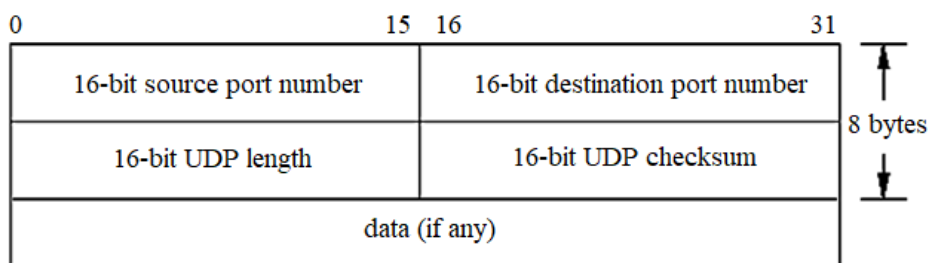


Рисунок 1.7 - Заголовок UDP

Наприклад, заголовок TCP включає різні поля, такі як «№ підтвердження», «№ послідовності» та ін. Біти з кожного поля виокремлюються в передавачі та

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

передаються мережею послідовно до приймача, де відбувається їх запис до відповідного поля. Відповідним ПЗ сесії або застосування відбувається аналіз кожного з полів та інтерпретація бітів, після чого виконуються певні дії, в залежності від результату аналізу. «TCP та UDP є так званими протоколами транспортного рівня в еталонній моделі OSI» [19]. Транспортний рівень відповідає за маршрутування (роутінг) у мережі. Для контролю помилок, повідомлення користувача розбиваються на пакети, щоб у разі виявлення помилки було потрібно переслати лише окремий пакет, а не все повідомлення. Крім того, управління потоком забезпечує ефективне використання простору, що доступний у приймальському буфері, як тільки буфер заповнений, то пересилання припиняється для наступного пакету не зважаючи на те чи повідомлення передалося може зупинитися по-середині.

Спільне використання (мультиплексування) сполучення зводиться до того, що пакети від користувача А поширюються через те саме сполучення, що й пакети від користувачів Б, В і т.д., не змушуючи повідомлення від одного користувача очікувати, доки буде переслане ціле повідомлення від іншого користувача» [18]. Дані пакети, аналогічно до протоколу TCP називають сегментами, готуються до пересилання програмою TCP передавача і після досягнення отримувача реасемблюються в початкове повідомлення програмою TCP приймача. Тоді TCP передає повідомлення про правильність виконання. Передача здійснюється до «порта».

Програми мережевого рівня, що відповідають за упакування даних у так званій «конверт», написання адрес кінцевого пункту та джерела і спеціальних опцій передачі на конверті, після чого вони передоручають пересилання конвертів каналному рівню і фізичному рівню. Вказані нижні рівні здійснюють фактичний транспорт даних» [20].

### 1.3.4 IP протокол

У стеку протоколів TCP/IP мережевий рівень представляється протоколом IP (Internet Protocol). У даному випадку конвертом, у який IP запаковує сегмент TCP, є інший заголовок. Конверт із сегментом називають IP-

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

данограмою. На рисунку 1.8 наведений приклад IP заголовку, який містить:

- IP- адреса джерела та отримувача;
- тип послуг, що визначає, хто має передати дану данограму (за допомогою якого типу середовища, наприклад оптичного кабелю, сателітарного каналу та ін. та швидкість передачі);
- CRC для заголовку, (IP є ненадійним протоколом, тут перевіряється тільки заголовки, а не всі дані. Така перевірка не дозволяє данограмі потрапити до іншого адресата коли адреса пошкоджена);
- інформацію стосовно фрагментації данограми – великі данограми, найбільша довжина 64 кБ, не можливо передавати шляхом певних частини мережі, оскільки вони можуть обслуговувати лише короткі фрагменти данограм, і в такому випадку вони сегментуються джерелом і реасемблюється у кінцевому пункті.

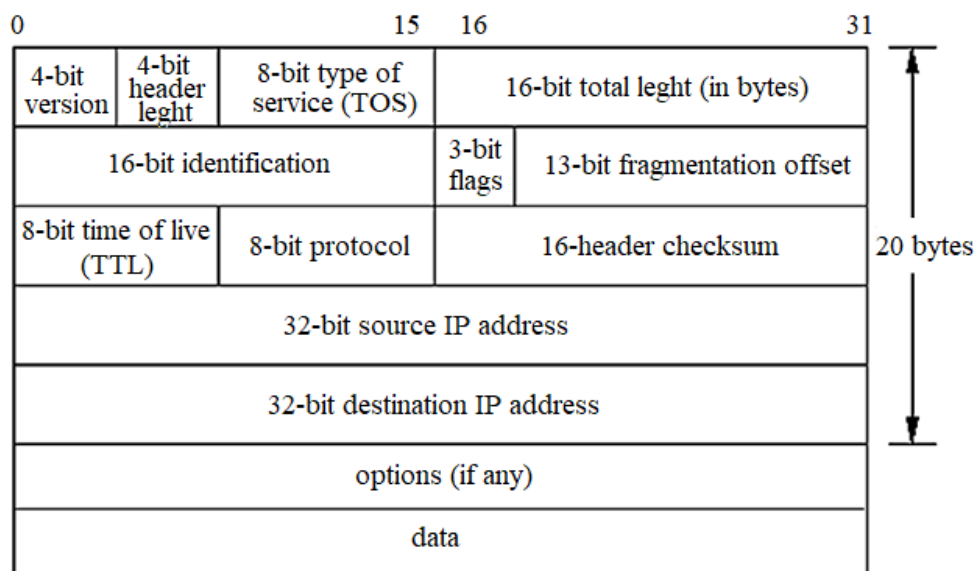


Рисунок 1.8 - Заголовок IP

Різні опції щодо даної данограми, включно з тим, як вона маршрутується, як її ідентифікувати (позначка секретності), як відслідкувати шлях, через який вона пересилається, як встановити відмітку часу для вимірювання затримки тощо.

Деяку іншу інформацію, як довжину данограми чи заголовка, версію ПЗ, унікальний ідентифікатор і «номер» протоколу, який вказує, чи всередині данограми є сегмент TCP, пакет UDP, чи інший тип данограми.

Спосіб, у який працюють ці протоколи, полягає в наступному (рисунок 1.9).

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

У станції-джерелі UDP сегментує повідомлення і передає ці сегменти IP, який в свою чергу, поміщує їх в данограму, дописує IP-заголовок, і передає данограму до «роутера по замовчуванню», який у TCP/IP називається шлюз. Кожним роутером перевіряється заголовок данограм та порівнюється IP-адреса кінцевого пункту з адресою мереж, що є під його управлінням.

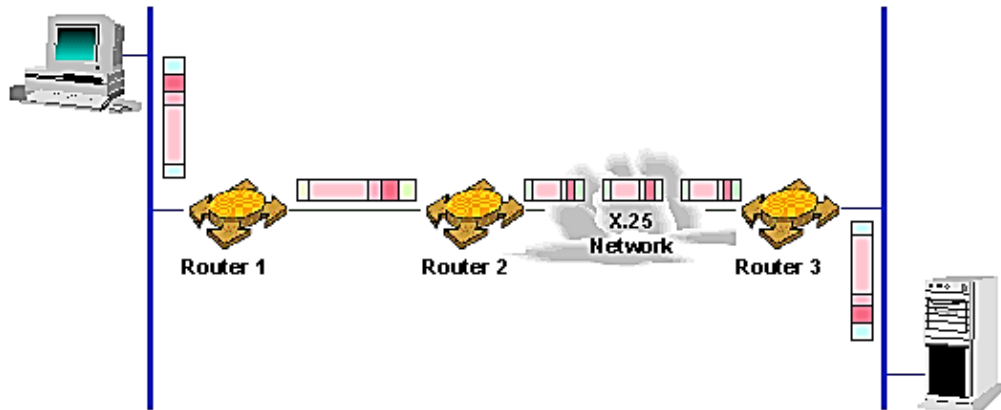


Рисунок 1.9 - Фрагментація

Якщо адреса приймача збігається зі збереженою у роутера, він безпосередньо пересилає пакет до відповідної мережі призначення. В іншому випадку, роутер перевіряє свою таблицю маршрутизації, щоб знайти наступний призначений роутер для передачі пакета. Коли останній роутер знаходиться, він використовує протокол розв'язування адрес (ARP), щоб знайти MAC-адресу призначення та переслати пакет. Якщо MAC-адреси немає у таблиці, роутер відправляє ARP-запит, щоб знайти її та зберегти в таблиці.

Приклад цього процесу проілюстрований на рисунку 1.10:

- Станція 1.2 приєднує мережевий IP-заголовок до даних. Умовна IP-адреса призначення DA = 3.4, IP-адреса джерела SA = 1.2.
- Станція 1.2 висилає пакет через мережу Token Ring до роутера за замовчуванням 1.5.
- Роутер приймає і підтверджує пакет.
- Роутер виділяє мережеву адресу (3), переглядає таблицю рутінгу, шукаючи найкращий шлях, відкидає конверт (рамку) Token Ring і додає конверт (рамку) мережі WAN, а тоді висилає її через WAN.
- Пакет пересилається від роутера до роутера через найкращий шлях

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			23



відповідно до таблиць роутінгу, базуючись на IP-адресі призначення.

- Роутер 3.5 розпізнає адресу DA як таку, що належить до його мережі, відкидає конверт WAN і створює конверт (рамку) Ethernet, а потім висилає рамку з IP-даною в локальну мережу Ethernet.

- Станція 3.4 розпізнає DA як свою адресу, відкидає рамку Ethernet і передає дані до своїх протоколів вищих рівнів.

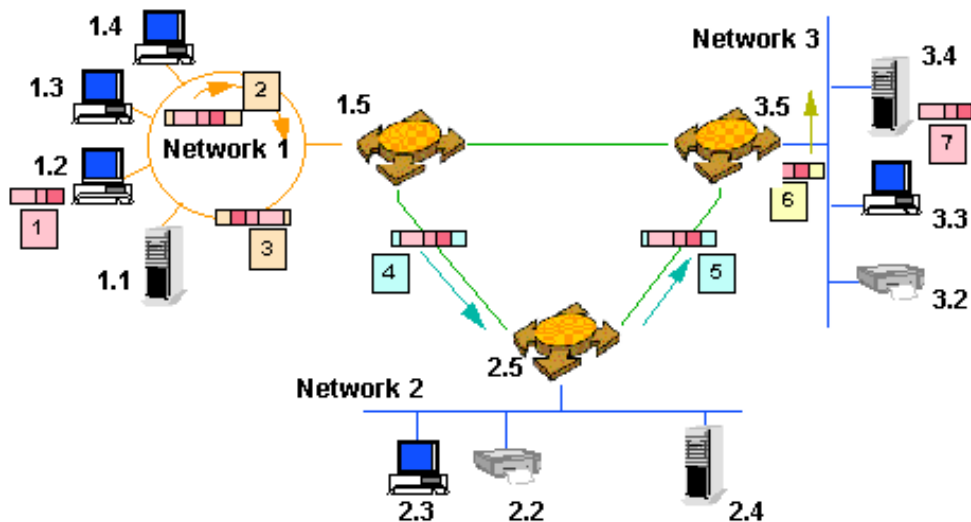


Рисунок 1.10 - Потік пакетів при роутінгу

Внаслідок зростання кількості станцій та зростом Internet з'явилося ряд пропозицій щодо збереження адресного простору і навіть щодо зміни системи. Однак більшість роутерів працюють на основі концепції класів адрес. Головне завдання полягає у тому, щоб, маючи одну IP-адресу, маршрутувати пакети, які приходять зовні локальної мережі до конкретного призначення в конкретному офісі або підрозділі, так щоб цей пакет не був видимий у іншому підрозділі. Для цього необхідно розділити мережу на декілька менших частин, тобто підмереж, кожна із яких обслуговується роутером, і кожен підмережу ідентифікувати групою бітів із host-частини великої IP-адреси, що наведено на рисунку 1.11.

Щоб роутер знав, скільки бітів із host-частини виділено для підмережі, застосовують так звану маску. Маска – це 32-бітове число, у якому біти, передбачені для виділення частини IP-адреси, мають значення «1», а решта бітів мають значення «0». Біти, встановлені в «1», визначають, що є «мережевою» частиною IP-адреси.

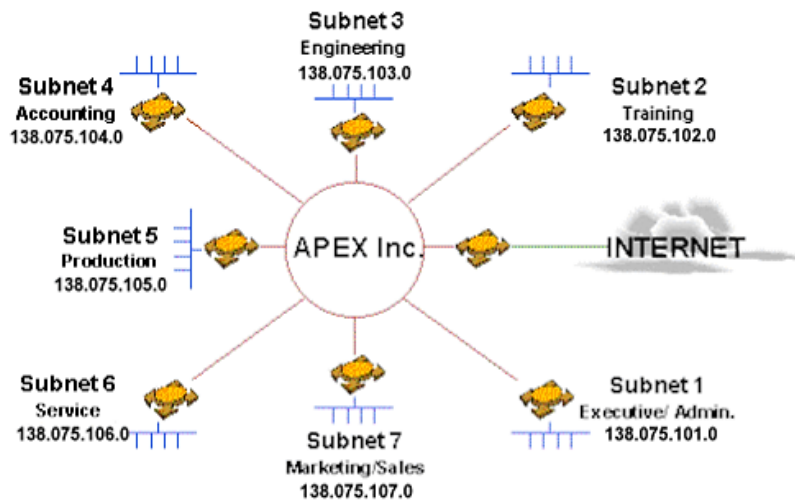


Рисунок 1.11 - Поділ на підмережі та маскування

Коли пакет поступає до роутера мережі чи підмережі, то роутер виділяє мережеву частину IP-адреси пакета і порівнює її з власною. Наприклад, якщо організація має IP-адреси класу В, але хоче поділити свою мережу на 8 підмереж, то для позначення підмереж необхідно виділити три додаткові біти ( $2^3=8$ ). У цьому випадку маска повинна мати перші 19 бітів, встановлені в «1», а 13 останніх - встановлені в «0», бо мережева частина адреси класу В має 16 бітів і потрібні три додаткових біти для підмережі. Тому маска має вигляд 255.255.224. Кожна підмережа матиме  $2^{13-2}=8190$  адрес, бо всі «0» і всі «1» для hostID використовуються для спеціальних потреб.

Інші протоколи TCP/IP взаємодіють із контролем помилок («ICMP - Internet Control Message Protocol» [17]), будують таблиці роутінгу («RIP - Route Information Protocol або OSPF - Open Shortest Path First» [17]), знаходять фізичні адреси, пов'язані з логічними IP-адресами («ARP - Address Resolution Protocol» [17]), встановлюють сполучення з іншими мережами («PPP - Point-to-Point Protocol, EGP - Exterior Gateway Protocol» [17]), знаходять IP-адреси, асоційовані з іменами («DNS - Domain Name Service» [17]) тощо.

На мереженому рівні дані передаються по IP протоколу, який повністю задовільняє нас з точки зору середовища передачі даних та структури мережі. На транспортному рівні я вибрав UDP данограмми, оскільки вони є простими в реалізації і забезпечують необхідний рівень контролю за цілісністю даних за допомогою контрольною суми пакету.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

## 2 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

### 2.1 Визначення вимог до проектованої системи

В АСК параметрів BTS мають передбачатися можливості блокування роботи приладу по каналу E1 та транслявання всієї інформації з підканалу до основного каналу під час завантаження програми або відключенні живлення за допомогою реле. При побудові АСК необхідно забезпечити її широкі функціональні можливості. Тому виникає необхідність вибору оптимального варіанту для забезпечення збору інформації на об'єктах та передачі її на серверний пункт. Враховуючи принципи побудови мереж GSM-зв'язку, існуючу транспортну інфраструктуру оператора та концепцію побудови системи моніторингу і конкретні технічні вимоги до системи прийому-передачі інформації, можна навести загальну структурну схему комплексу (додаток А).

Розглянувши принципи побудови мобільних мереж зв'язку та їх компонентів, визначивши загальну структурну схему комплексу можна деталізувати технічні вимоги до проектованої системи.

Функціональність АСК повинна забезпечувати можливість віддаленого керування через канали E1 користувацькою апаратурою з широким переліком інтерфейсів під'єднання, зокрема:

- 10/100 BASE-T (Ethernet та Fast Ethernet);
- RS-232;
- 1-WIRE DALLAS BUS (для термометра);
- опторозв'язаних ключів;
- нормально-розімкнутими або нормально-замкнутими контактами.

За допомогою термодатчика АСК забезпечує вимірювання температури в зазначених точках і передачу цих даних до системи контролю. Це дозволяє АСК забезпечити постійний моніторинг температурних параметрів базової станції GSM і при необхідності автоматично відрегулювати роботу обладнання для забезпечення оптимальних умов його функціонування. Окрім цього АСК може

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

контролювати інші параметри наприклад напругу живлення, рівень сигналу, швидкість передавання даних тощо. Також дозволить автоматизувати процес обліку електроспоживання з функціями розрахунку і планування витрат, дані можуть збираються в базу даних з подальшим вивантаженням їх в фінансову систему.

Варіанти реалізації АСК контролю параметрів BTS для різних інтерфейсів наведені в таблицях 2.1 - 2.5.

Таблиця 2.1 - Інтерфейс E1

Параметр	Характеристика
Лінійний код	HDB3/AMI
Лінійна швидкість	2048 кбіт/с
Рівень сигналів на виході	$\pm 3V \pm 10\%$ ;
Рівень сигналів на вході	0 до -10 дБ
Імпеданс лінії	120 Ом
Довжина лінії зв'язку (вита пара 0.4 мм)	до 400 м
Циклова і надциклова структура	відп. Рек. G.704 ITU-T
Синхронізація передавача	
Внутрішня	$\pm 30$ ppm генератора
Зовнішня	від цифрового інтерфейсу
Від приймального тракту	відновлені такти $\pm 130$ ppm
Параметри мигтіння фази	відп. Рек. G.823 ITU-T
Роз'єм	RJ-45

Таблиця 2.2 – Інтерфейс RS-232

Параметр	Характеристика
Відповідає стандарту	RS-232
Швидкість	300-115200 бод
Роз'єм	RJ-45
Керуючі лінії	DTR,DSR (назначаються програмно)

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

Таблиця 2.3 - Інтерфейс 1-WIRE BUS

Параметр	Характеристика
Відповідає стандарту	Dallas Semiconductor 1-Wire Bus
Кількість пристроїв	64
Роз'єми	RJ-45
Типи пристроїв	датчики, ідентифікатори, smart-карти

Таблиця 2.4 – Інтерфейс управління виконавчими механізмами

Параметр	Характеристика
Тип	оптоізований нормально-розімкнутий ключ
Напруга пробою	1500 V
Струм навантаження	до 60 мА
Кількість каналів	3
Джерело живлення	DC 24 В
Умови експлуатації:	
Температура навколишнього середовища	0 до 50°C
Відносна вологість повітря	до 80% при 30°C

Таблиця 2.5 – Інтерфейс 10/100BaseT

Параметр	Характеристика
Відповідає стандарту	IEEE 802.3,802.1q,802.1x
Швидкість	10 /100 Мбіт/с
Роз'єм	RJ-45
розмір таблиці MAC фільтрації	10 000 адрес

Проаналізувавши завдання було складено загальну схему підключення пристрою. Було встановлено основні характеристики апаратури. Після цього можна переходити до наступної частини – вибору та обґрунтування вибраного напрямку проектування власне пристрою.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

На основі глобальної схеми побудови комплексу можна відобразити схему підключень (рисунок 2.1), з якої видно принцип формування потоків з пакетами даних.

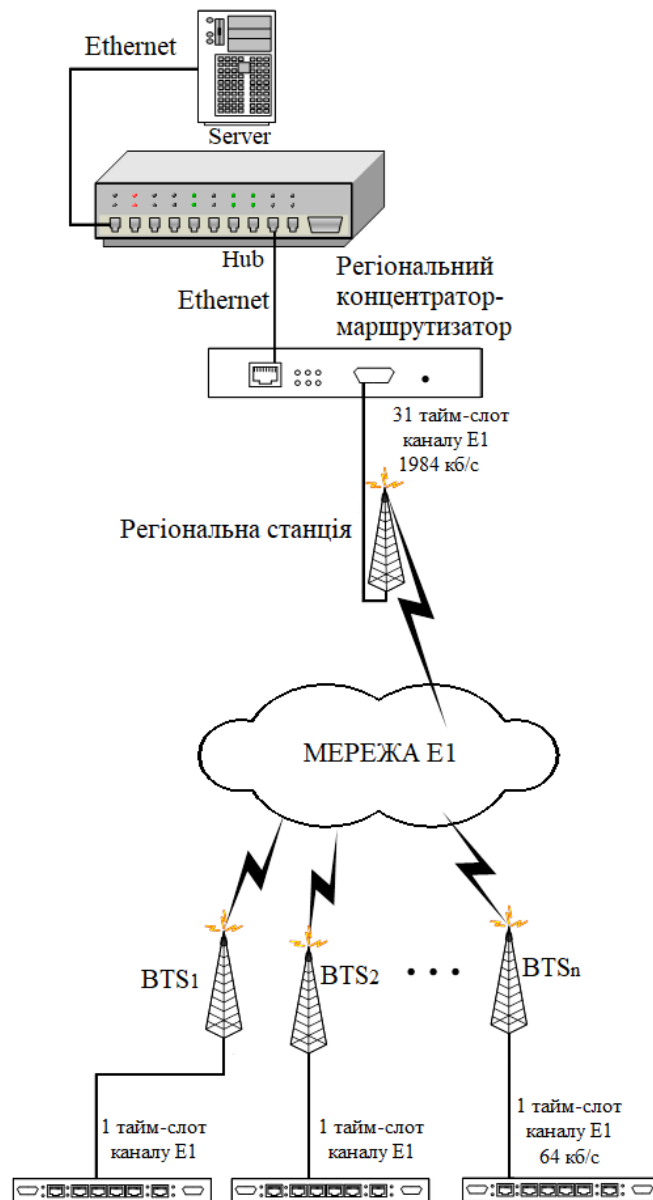


Рисунок 2.1 - Схема підключення пристроїв

Виходячи з прийнятої концепції побудови АСК параметрів базової станції GSM-зв'язку та аналізу технічних вимог стосовно прийому-передачі, збору та обробки даних проєктована система повинна мати достатню швидкодію та значні можливості обробки інформації і забезпечувати виконання ряду периферійних функцій. Така АСК функціонально дозволяє:

- автоматизувати процеси обслуговування віддалених об'єктів;
- забезпечити надходження інформації про ситуацію на об'єкті або

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

встановленому обладнанні в реальному масштабі часу;

- можливість автоматичного збору та зберігання інформації про функціонування об'єкта на протязі тривалого часу;
- автоматизувати процес обліку електроспоживання;
- можливість оперативного втручання у функціонування об'єкту в режимі реального часу;
- організувати систему віддаленої протипожежної та охоронної сигналізації.

Результатом впровадження АСК є зменшення загальних витрат та підвищення якості обслуговування великого числа територіально-віддалених об'єктів та зниження прямих витрат на обслуговування об'єктів за рахунок:

- зниження оперативних витрат за рахунок зменшення кількості виїздів на віддалені об'єкти (амортизація та обслуговування автотранспорту, паливно-мастильних матеріалів тощо);
- зниження витрат за рахунок зменшення числа обслуговуючого персоналу;
- зниження витрат за рахунок ефективного керування віддаленими об'єктами (своєчасна реакція на аварійний та передаварійний стан).

Зниження непрямих витрат за рахунок:

- зменшення часу або взагалі виключення ситуацій простою обладнання пов'язаного з аварійною ситуацією;
- зменшення числа поломок обладнання, внаслідок неправильних режимів експлуатації (відхилення від робочої температури, перенавантаження, відхилення параметрів електроживлення).

Завдання реалізації АСК можна вирішити кількома способами:

- побудувати потужний мікропроцесорний автомат на базі програмованої логічної інтегральної схеми (ПЛІС);
- використати спеціалізований процесор;
- розподілити задачі між процесором та вузлами на ПЛІС.

При реалізації першим способом необхідна ПЛІС великого об'єму, оскільки крім кодера/декодера та фреймера потрібно побудувати контролер пам'яті, у якій

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
							30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

зберігатимуться дані під час прийому, вузол реалізації алгоритму прийому/передачі байт-орієнтованого потоку даних, реалізація протоколу HDLC та інше. Недоліком даного способу є необхідність значних апаратних, а відповідно і фінансових затрат.

Другий спосіб передбачає використання потужного спеціалізованого процесора з достатньо великою швидкістю. Таким можна вважати процесори фірми Motorola, наприклад MC68MN360. До недоліків даного способу можна віднести високу вартість процесорів даного класу. Також, при реалізації АСК доведеться вирішувати складні задачі програмної синхронізації асинхронних процесів обробки з синхронним і безперервним транспортним потоком даних – 2 Мб/с.

При реалізації комбінованого способу, варіант розподілу задач між процесором та вузлами на ПЛІС, можна використати не самий потужний RISC-процесор та ПЛІС середнього ступеня складності та швидкодії.

Для оцінки можливостей такого процесора щодо виконання поставленого завдання необхідно розглянути його характеристики, а також протокол передавання інформації.

## 2.2 Обґрунтування вибору технічних засобів

### 2.2.1 Мікроконтролер

З лінійки сучасних мікроконтролерів (МК) які представлені багатьма відомими виробниками: Atmel, Samsung, Intel, Motorola, Cirrus Logic, Oki і інших, оптимальні характеристики мають МК Samsung архітектури ARM. На даний момент стали популярними МК з вбудованою ПЛМ. Поки що вони ще не є досить потужними, тому краще в системах, в яких критичним параметром є швидкість використовувати, на даний момент, розділений варіант.

Фірмою Advanced RISC Machines розроблене процесорне ядро ARM, яке надає споживачам ряд модифікацій, утворюючи сімейство, що ілюструє рисунок 2.2 [21]. Вони мають різні функціональні можливості, проте всі їхні ядра сумісні по системі команд «нагору», що дозволяє використовувати ПЗ,

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



створене для попередніх модифікацій МК у наступних розробках.

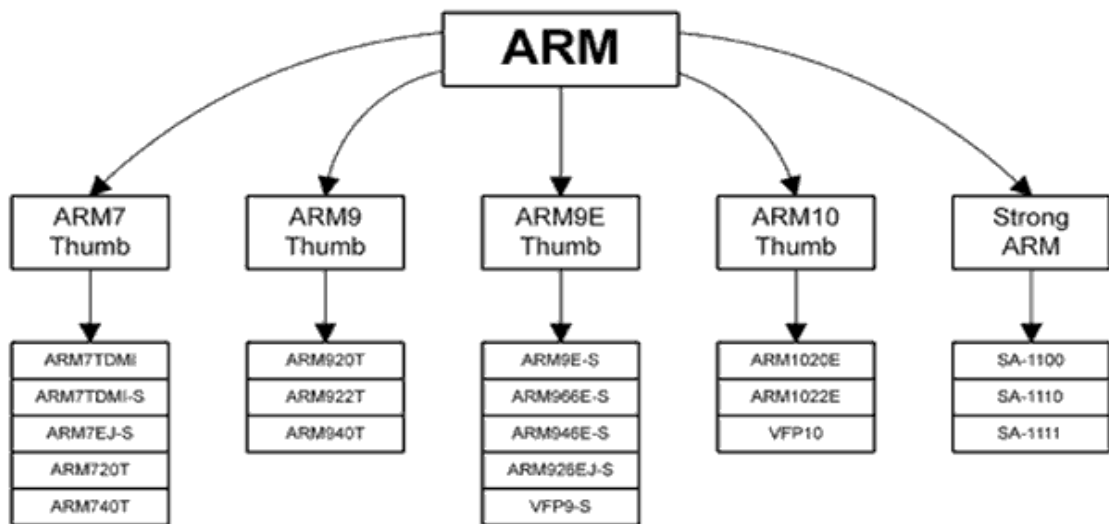


Рисунок 2.2 - Процесорні ядра фірми ARM

Ядра поставляються у наступній формі:

- поведінковий опис мовою VHDL або Verilog (такі ядра називаються синтезованими);
- електрична схема процесорного ядра;
- топологічний макроосередок (опис топології ядра для реалізації в складі інтегральної мікросхеми).

Використовуючи ту або іншу форму представлення, виробники створюють різні моделі МК, доповнюючи процесорне ядро набором необхідних периферійних пристроїв. При виготовленні останніх моделей МК використовується сучасна мікроелектронна технологія, що забезпечує мінімальні розміри 0,25, 0,18 або 0,13 мкм.

Samsung S3C4530A (рисунок 2.3) [22] є 16/32-бітним рентабельним, високопродуктивним RISC МК призначеним для використання в мережевих системах типу Ethernet. Інтегрований Ethernet контролер S3C4530A спроектовано для застосування в комунікаційному обладнанні типу хаб чи роутер. S3C4530A збудовано на навколо відомого процесорного ядра: 16/32-бітний ARM7TDMI RISC процесор спроектований фірмою Advanced RISC Machines, Ltd.

Особливості архітектури [23]:

- інтегрована система для вбудованих прикладних задач Ethernet;
- повноцінна 16/32-бітна RISC архітектура;

- підтримка режимів little/big-endian, внутрішня структура є big-endian, режим little-endian забезпечується для зовнішньої пам'яті;
- ефективне та потужне ядро ARM7TDMI;
- засіб для відлагодження JTAG;
- периферійне сканування.

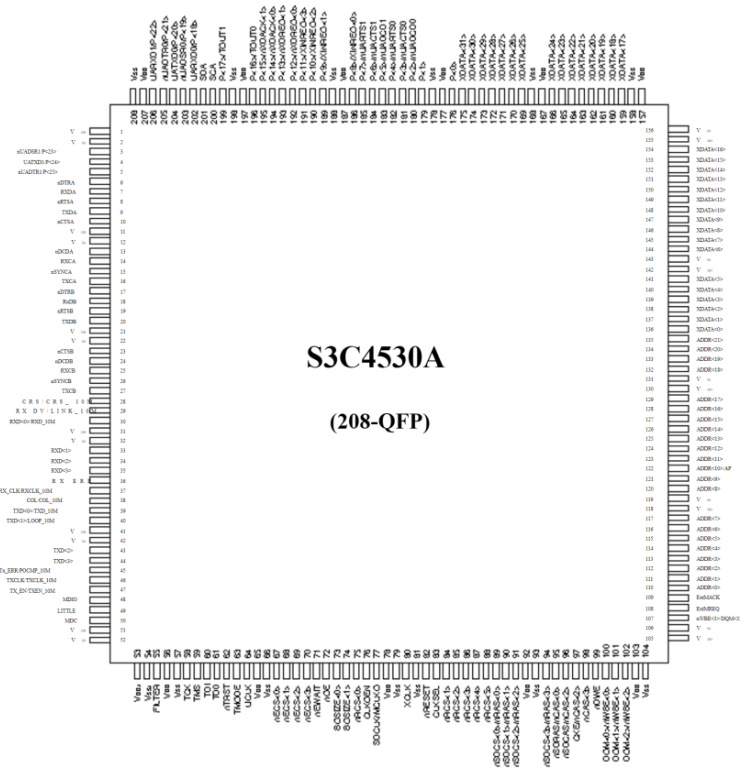


Рисунок 2.3 – Схема розташування контактів S3C4530A

Ядро ARM7TDMI є малопотужною, універсальною мікропроцесорною макрокомірною, що була розроблена для використання у спеціалізованих інтегральних схемах (рисунок 2.4) [22].

S3C4530A містить конфігурований 8Kb уніфікований кеш/SRAM та Ethernet контролер, що зменшує загальну вартість системи. Більшість вбудованих функціональних блоків спроектовано з використанням HDL синтезатора.

Контролер Ethernet [23]:

- DMA з підтримкою пакетного режиму;
- DMA Tx/Rx буфери (256 байт Tx, 256 байт Rx);
- MAC Tx/Rx FIFO буфери (80 байт Tx, 16 байт Rx);
- логіка вирівнювання даних;
- трансляція представлення даних;

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

- робота в режимі 100/10 Mbit/s;
- сумісність зі IEEE 802.3 стандартом;
- МІІ(10/100Mbps) чи 7-провідний інтерфейс;
- вбудована САМ (до 21 адреси);
- повнодуплексний режим з функцією PAUSE;
- режими довгого/короткого пакету;
- генерація наповнення.

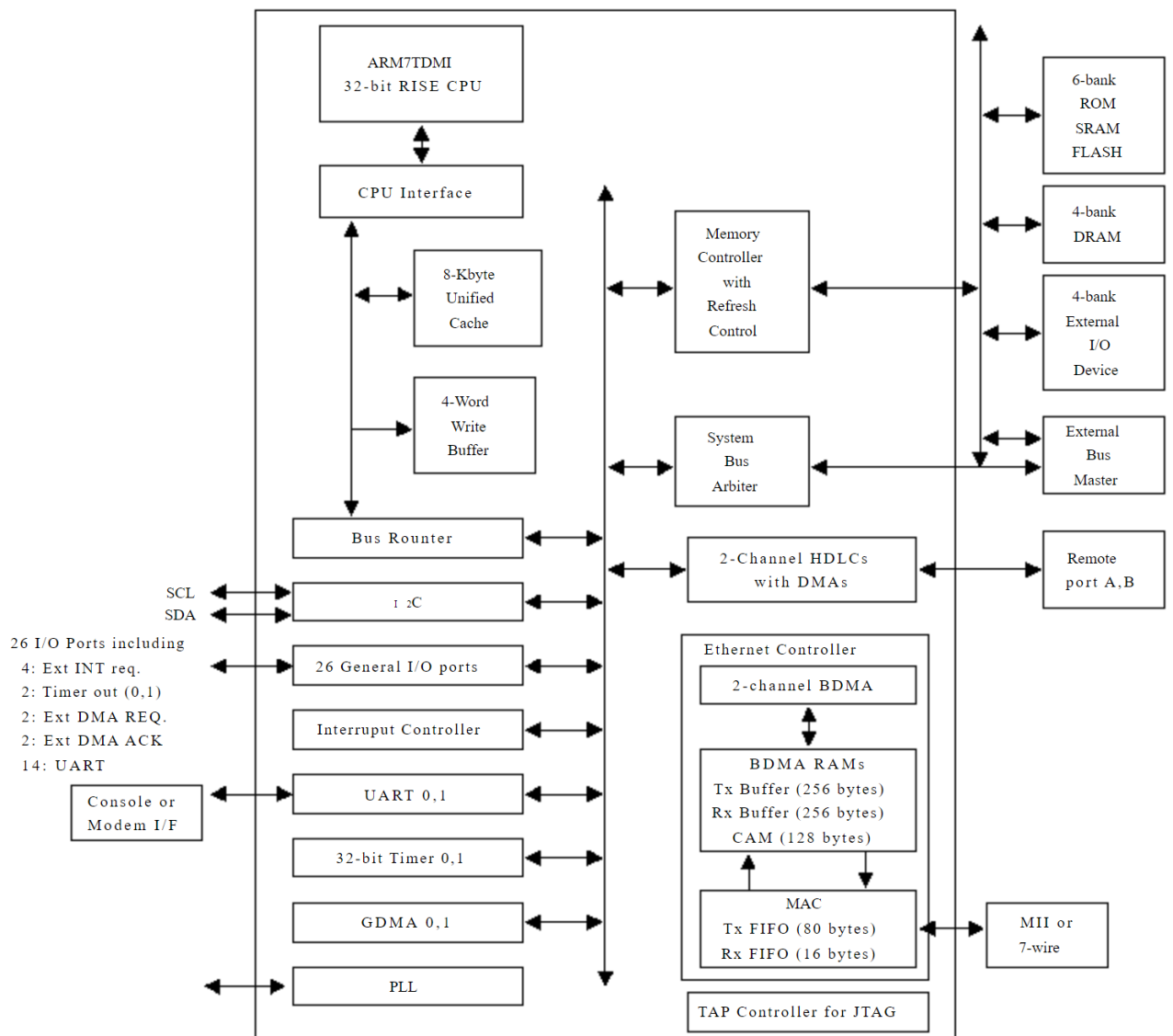


Рисунок 2.4 – Блок-схема S3C4530A

До важливих функцій стосовно периферії можна віднести два HDLC канали з дескрипторами буферів, два канали UART з повноцінними модемними інтерфейсами та 32-байтними буферами, 2-канальне GDMA, два 32-бітних таймери та 26 портів вводу-виводу, що програмуються. Вбудована логіка містить

										Арк.
										34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

контролер переривань, контролер DRAM/SDRAM, контролер ROM/SRAM та флеш пам'яті. Системний менеджер включає внутрішній 32-бітний арбітр системної шини та контролер зовнішньої пам'яті.

Системний менеджер [22]:

- підтримка 8/16/32-розрядної зовнішньої шини для ROM/SRAM, флеш пам'яті, DRAM та зовнішніх портів вводу/виводу;
- підтримка EDO/normal або SDRAM;
- програмовані цикли доступу (0-7 циклів очікування);
- буфер запису на чотири слова;
- ефективний DMA інтерфейс пам'ять-переферія.

Уніфікований кеш команд/даних [23]:

- 2-асоціативний, уніфікований 8Кб кеш;
- підтримка протоколу LTU (останні по частоті використання);
- кеш конфігурується як внутрішня пам'ять.

МК S3C4530A може працювати з інтерфейсом I2C тільки в режимі мастера та має контролер швидкості передачі для формування послідовних імпульсів.

Особливості протоколу HDLC включають в себе виявлення флагів та синхронізацію, вставку та видалення нулів, підтримку режиму idle, а також генерацію та перевірку FCS (16 біт). Протокол управління передаванням даних на КЗ HDLC також має [23]:

- режим пошуку адрес;
- робота в режимі з CRC чи без CRC;
- автоматична генерація CRC;
- формати даних для прийому/передачі NRZ/NRZI/FM/Manchester;
- режим зворотної петлі та еха;
- FIFO Tx/Rx має глибину на 8 слів (8 x 32 біти);
- логіка вирівнювання даних;
- програмовані переривання;
- модемний інтерфейс;
- швидкість передавання даних до 10 Mbps;
- довжина фреймів HDLC базується на октетах.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

DMA контролер S3C4530A має 2-канальний GDMA для пересилки пам'ять-пам'ять, пам'ять-UART, UART-пам'ять без втручання процесора, можливість ініціалізації програмно або за запитом ззовнішнього джерела, підтримку інкрементування чи декрементування адреси джерела або отримувача при 8-, 16- або 32-бітній передачі та режим передачі даних по пакетах по 4 слова

Контролер переривань пристрою має 21 джерело переривання, включаючи 4 зовнішніх джерела переривання, може працювати в нормальному та швидкому режимі переривання (IRQ, FIQ) та підтримує пріоритетну обробку переривань.

S3C4530A має два програмовані 32-бітних таймери, які можуть працювати в інтервальному режимі або у режимі переключення.

Інтерфейс зв'язку, який забезпечує передачу та отримання послідовних даних між мікроконтролером та зовнішніми пристроями, такими як комп'ютери, модеми, датчики UART в процесорі є два блоки з можливістю роботи в режимах DMA та основаному на перериваннях, підтримує 5, 6, 7 та 8-бітний режим послідовного прийому та передавання даних з автоматичним визначенням швидкості передачі, можливість використання 1 або 2 стопових бітів та парної/непарної паритетності, причому максимальна робоча частота 50МГц.

Широкий асортимент периферійних пристроїв, які є у складі S3C4530A дозволяє створити ряд систем різноманітного призначення. Його особливістю є наявність вбудованого Ethernet контролера та контролера HDLC, що зумовлює використання цього МК в мереженому обладнанні.

#### 2.2.1.1 HDLC контролер

S3C4530A має два HDLC контролери для забезпечення двох-канального послідовного зв'язку [22].

HDLC модуль підтримує інтерфейс CPU/передавання даних, який відповідає стандарту синхронного управління передачі даних (SDLC) та високорівневого управління каналом даних (HDLC). До модуля HDLC інтегровано наступні функціональні блоки [22]:

- двох-канальний механізм DMA для прийому/передачі (Tx/Rx);
- підтримка дескрипторів буферів на кожен кадр;
- блок цифрової системи фазової автопідстройки частоти (DPLL);

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

- генератор швидкості передачі (BRG).

Головними характеристиками блоку HDLC в S3C4530A є такі [23]:

- властивості протоколу: виявлення флагоу та синхронізація; вставка та видалення нулів; виявлення простою та передача; підтримка роботи в прозорому режимі; підтримка розподільовача часових інтервалів (TSA); кодування та виявлення FSC (16-біт); виявлення та передача аварійного стану;
  - вибірково CRC режим та DPLL блок для відновлення тактової та генератор швидкості передачі;
  - NRZ/NRZI/FM/Manchester формати даних для Tx/Rx; Tx/Rx FIFO з глибиною 8-слів ( $8 \times 32$ -біт);
  - логіка вирівнювання даних, програмовані переривання та модемний інтерфейс;
  - апаратне управління потоком та дуплексна робота на швидкості до 10Mbps з використанням зовнішнього/внутрішнього генератора;
  - 2-канальний DMA контролер.

HDLC передавач функціонує наступним чином. Регістр NTxFIFO не може бути завантаженим, якщо передавач заблоковано. Після розблокування HDLC Tx, використовується біт TxFLAG в HCON для вибору або режиму маркера очікування, або режиму флагоу (активне очікування). Цей режим продовжуватиметься аж поки не буде завантажено дані в NTxFIFO.

Вміст регістру HPRMB може бути відіслано встановленням TxPRMB в HCON для віддаленого DPLL до завантаження даних в NTxFIFO. Довжина преамбули, що відсилатиметься визначається бітами TxPL в HMODE. Наявність даних в NTxFIFO вказується бітом наявності NTxFIFO (TxFA в HSTAT) під управлінням біту 4-слівного режиму передачі (Tx4WD в HCON).

При виборі 1-слівного режиму передачі, одне слово може бути завантажено в NTxFIFO (вважаючи, що біт TxFA встановлено в 1). При виборі 4-слівного режиму передачі, в FIFO можуть бути переслані чотири послідовних слова якщо TxFA встановлено в 1. Вхід nCTS (clear-to-send), nRTS (request-to-send) та nDCD (data-carrier-detect) передбачаються для модемного чи іншого периферійного інтерфейсу.

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
							37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

У режимі автоматичного розблокування, nCTS робить розблокування передавача. Зазвичай біт розблокування передавача повинен бути встановленим до використання виводу nCTS у цей спосіб. Коли AUTOEN є в «0» та є дані на передачу, передавач переводить вивід nRTS у низький логічний рівень та розпочинає передачу даних з TxFIFO. Коли AUTOEN є в 1 та є дані на передачу, передавач повинен зачекати на низький логічний рівень на nCTS для передачі.

Статусний біт TxFC (в HSTAT) може визвати генерування переривання по завершенню кадру (Цей біт встановлюється коли немає даних в HTxFIFO та коли передано закриваючий флаг чи аварійне завершення).

Приймач HDLC (рисунок 2.5) забезпечується даними та синхронізуючими тактовимим імпульсами через RXD та внутрішній DPLL генератор, вивід TXC чи вивід RXC [22].

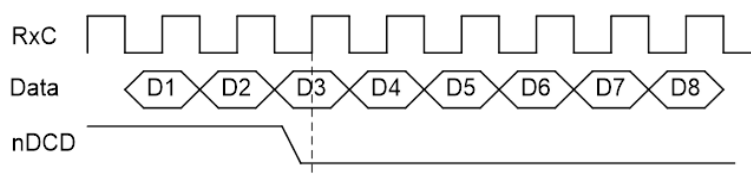


Рисунок 2.5 - Приймач HDLC

Дані є безперервним потоком бінарних бітів. Однією з характеристик якого є те, що можуть зустрітися максимум 5 послідовних одиниць крім випадку коли має місце стан простою, флагу чи аварійної ситуації. Приймач безперервно шукає (біт-за-бітом) флаги та збої. При виявленні флагу, приймач синхронізує кадр до флагової синхронізації. Якщо отримано серію флагів, приймач пересинхронізується до кожного наступного флагу. Якщо фрейм закінчився через коротку довжину (після відкриваючого флагу довжина даних менша ніж 32 біти), він ігнорується. Цей тип неправильного фрейму може викликатися шумом на лінії даних (RXD) підчас прийому. Отримані дані, що тактуються зовнішнім TXC чи RXC, чи внутрішнім джерелом DPLL або BRG перед переміщенням в HRXFIFO фіксуються в 56-бітному чи 32-бітному регістрі зсуву. Синхронізація встановлюється коли виявлено флаг у перших восьми позиціях зсувного регістру. Коли синхронізації досягнуто, дані проштовхуються до позиції останнього байту регістру зсуву звідки вони пересилаються в HRXFIFO.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

У одно-словному режимі передачі, коли біт наявності HRXFIFO (RxFa) рівний 1, дані доступні принаймі в одному слові. У 4-словному режимі передачі, RxFa рівний 1 коли дані наявні в чотирьох останніх позиціях регістру FIFO (регістри 4, 5, 6 та 7). Вхід nDCD призначений для використання в модемному чи нішому апаратному інтерфейсі. Якщо AutoEN біт в HCON[28] встановлено в 1, робота приймача залежить від вхідного рівня nDCD. Інакше робота приймача не залежить від вхідного рівня nDCD. S3C4530A може передавати чи приймати дані від CPU без жодних змін у прозорому режимі. У цьому режимі, апаратно не виконуються жодні протокольні перетворення такі як вставлення/видалення нулів, вставлення/виявлення флагоу, передача/виявлення ознаки аварійного припинення роботи. Натомість на каналі передачі програмно може бути реалізований будь-який протокол. S3C4530A забезпечує просте послідовно-паралельне та паралельно-послідовне перетворення.

Передавач входить в прозорий режим встановленням TxTRANS в 1 в HMODE. У стані незайнятості передавач починає посилати 1. Коли AUTOEN рівний 0 та є дані на передачу, передавач переводить вивід nRTS у низький логічний рівень та починає відсилати дані з TxFIFO. Коли AUTOEN рівний 1 та є дані на передачу, передавач повинен зачекати на низький логічний рівень на nCTS для передачі. Щойно виконуються ці умови, почнеться передача. Після передачі з TxFIFO останнього байту передавач посилає 1. Якщо в HCON TxREV встановлено в 1, перед передачею порядок бітів кожного байту даних буде повернуто (спершу передача msb). Приймач переводиться у прозорий режим встановленням в MODE біту RxTRANS в 1. У цьому режимі, перед прийомом даних приймач чекає на отримання синхронізації. З початку прийому, приймач переміщує дані з виводу RxD в RxFIFO. Приймач не припинить приймати дані до встановлення TRxSTOP в HCON в 1, що змушує приймач припинити прийом та перейти знову до очікування синхронізації. Якщо RxREV в HCON встановлено в 1, перед записом в RxFIFO порядок бітів у байті даних буде повернуто (спершу прийом msb).

S3C4530A перед передачею чи прийомом даних має бути синхронізовано. Метод синхронізації вибирається програмним управлінням. Передавач досягає

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
							39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			



синхронізації спостереженням за виводом nCTS залежно від AUTOEN в HCON. Якщо AUTOEN рівний 0, передавачу дозволено передавати дані будь-коли при наявності даних в TxFIFO. Якщо AUTOEN рівний 1, передавач може розпочинати передачу тільки коли вивід nCTS знаходиться у низькому логічному рівні.

Приймач може синхронізуватися двома способами. Коли AUTOEN рівний 0 та приймач працює у прозорому режимі, приймач шукає на RxD за послідовністю з регістру HSYNC. Як тільки послідовність з HSYNC буде виявлено на RxD, розпочнеться прийом даних. Цей метод синхронізації називається inline-синхронізацією. Інший метод синхронізації досягається коли AUTOEN рівний 1 і приймач працює у прозорому режимі. У цьому випадку, приймач шукає від'ємний перепад на виводі DCD і потім розпочинає приймати дані з RxD. З початком прийому даних зміни на лінії DCD ігноруються і дані можуть прийматися до встановлення TRxSTOP в 1, потім розпочинається новий процес синхронізації. Цей метод синхронізації називається зовнішньою синхронізацією. Якщо TRxSTOP в HCON встановлено в 1, приймач припиняє приймати дані та знову починає очікувати на синхронізацію.

Потоком даних у прозорому режимі керує TCON регістр (Transparent Control Register), який складається із поля вибірки даних (data sampling) та поля управління RTS. Біти DS визначають які біти даних розглядаються як правильні після встановлення nDCD в активний стан. 00 = першим вірним бітом є D4, 01 = першим вірним бітом є D3, 10 = D2 та 11 = D1. Якщо біт RTS встановити в одиницю, вивід nRTS перейде в низький логічний рівень.

#### 2.2.1.2 Ethernet контролер

S3C4530A має Ethernet контролер, що працює на швидкості 100Мбіт/с або 10Мбіт/с у напів-дуплексному чи дуплексному режимі. У напів-дуплексному режимі контролер підтримує IEEE 802.3 контроль несучої з паралельним доступом з протоколом виявлення колізій (CSMA/CD). У дуплексному режимі він підтримує IEEE 802.3 MAC керуючий рівень, включаючи режим паузи та управління потоком [23].

MAC рівень Ethernet інтерфейсу підтримує МІІ («Media Independent Interface» [18]) та буферизований DMA інтерфейс. MAC рівень складається із

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

вузлів прийому та передачі, вузла управління потоком, з САМ - пам'яті для збереження мережевих адрес, з набору реєстрів команд, статусу та помилок.

МП містить генератор тактових імпульсів на 25МГц для прийому/передачі у режимі 100 Мбіт/с та 2.5МГц для режиму 10 Мбіт/с. МП відповідає стандартам ISO/IEC 802-3 для рівня відокремлення від середовища, що розділяє фізичний рівень від MAC рівня.

Найбільш важливими особливостями та перевагами S3C4530A Ethernet контролера є такі [23]:

- буферизований DMA механізм з використанням пакетного режиму;
- BDMA Tx/Rx буфери (256 байт/256 байт);
- MAC Tx/Rx FIFOs (80 байт/16 байт) для забезпечення пере подачі після колізій без запиту DMA;
- логіка вирівнювання даних;
- перетворення формату представлення;
- повна сумісність з IEEE 802.3 для наявних прикладних задач;
- інтерфейс відокремлення від середовища (МП) або 7-провідний інтерфейс;
- вбудована САМ - пам'ять (21 адреса);
- довго пакетний режим для спеціалізованого середовища;
- коротко пакетний режим для швидкого тестування;
- генерування доповнення пакету.

Інтерфейс відокремлення від середовища (МП) – інтерфейс між фізичним рівнем та блоками прийому/передачі.

Блок передачі – переміщує вихідні дані з буферу передачі в МП. Блок передачі включає кола генерації CRC, перевірки парності та генерування преамбули. Також містить таймери для відкату після колізії та міжкадрового відступу, що слідує після передачі.

Блок прийому – приймає вхідні дані з МП та зберігає їх у FIFO прийому. Блок прийому містить логіку для обрахунку та перевірки значення CRC, генерації парності для даних з МП та перевірки мінімальної та максимальної довжини пакету. Також він має САМ-пам'ять, що забезпечує пошук відповідності адрес та

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

прийняття чи відкидання пакетів на основі їх адрес призначення.

Блок управління потоком – розпізнає керуючі пакети MAC та підтримує управління паузою у дуплексному режимі. Підтримує генерування пауз-пакетів та забезпечує таймери та лічильники для управління паузою.

Для обміну керуючою інформацією та даними Ethernet контролер використовує три структури даних дескриптор передачі кадру, дескриптор прийому кадру та буфер кадру даних. Кожен дескриптор кадру має такі елементи: початкова адреса кадру; біт приналежності; керуюче поле для передавача; поле стану; довжина кадру та покажчик на наступний дескриптор кадру.

Біт приналежності в MSB початкової адреси кадру визначає власника дескриптора. Коли біт приналежності встановлено в 1, власником дескриптора є BDMA контролер. Коли цей біт рівний 0, власником є CPU. Власник дескриптора завжди володіє і зв'язаним з ним кадром даних. (Поле початкової адреси кадру дескриптора завжди вказує на цей кадр.)

У блоці BDMA програмно встановлюється значення регістру максимального розміру кадру відповідно до розміру системного буферу кадру (типово, 1536 або 2048). Також програмно встановлюється регістр початкової адреси дескриптора кадру Rx на ланцюжок дескрипторів кадрів, у кожного з яких є встановлений біт приналежності.

Потім може бути встановлений біт дозволу прийому BDMA в регістрі BDMARXCON. Коли кадр прийнято, він копіюється в пам'ять за адресою визначеною як початкова адреса прийому кадру. Отриманий кадр записується в буфер даних кадру поки не буде досягнуто кінця кадру, чи поки не буде перевищено значення максимальної довжини кадру.

Якщо весь кадр успішно прийнято, на засвідчення цього встановлюється статусний біт у дескрипторі кадру. Інакше, встановлюється біт помилки. У полі початкової адреси кадру очищується біт приналежності і може бути згенеровано переривання. Контролер BDMA копіює значення регістру наступного дескриптора кадру в регістр початкової адреси дескриптор кадру Rx. Якщо адреса наступного дескриптора кадру рівна нулю, BDMA просто припиняє роботу, усі наступні кадри відкидаються. Інакше, дескриптор зчитується і BDMA контролер

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

знову розпочинає роботу з наступним кадром як описано до цього. Якщо BDMA зчитує дескриптор і біт приналежності не встановлено, можливі два варіанти:

- перейти до наступного дескриптора кадру;
- згенерувати переривання та припинити роботу bdma.

Дескриптори кадрів передачі містять наступні компоненти: 4-байтний покажчик на дані кадру; керуючі біти вирівнювання [6:5]; 1 біт інкрементування/декрементування покажчика на дані кадру [4]; 1 керуючий біт режиму little-endian [3]; дозвіл переривання після передачі [2]; без CRC [1]; без доповнення [0].

Підчас передачі, два байти довжини кадру з дескриптора кадру Tx переміщуються у внутрішній BDMA Tx регістр. Після передачі, статус Tx зберігається в дескрипторі кадру. Потім контролер BDMA обновлює значення регістру наступного дескриптора кадру у зв'язаному списку.

На рисунку 2.6 позначено:

[31] Біт приналежності (0). 0 = CPU. 1 = BDMA.

[30:0] Вказівник на дані кадру. Адреса кадру даних.

[15:0] Довжина кадру. Розмір отриманого кадру.

[31:16] Rx статус. Поле статусу Rx обновлюється MAC контролером після завершення прийому.

[31:0] Вказівник на наступний дескриптор кадру. Адреса наступного дескриптора кадру.

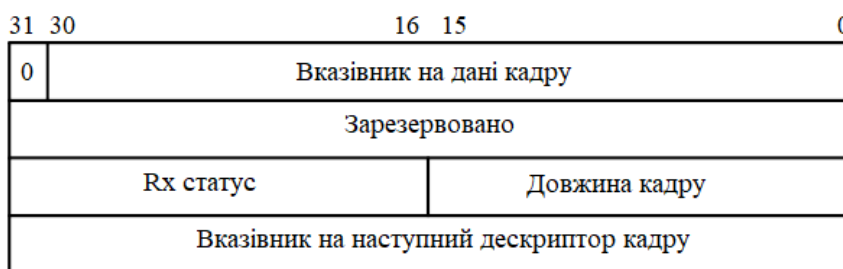


Рисунок 2.6 - Структура дескриптора кадру прийому

На рисунку 2.7 наведена структура дескриптора кадру передачі, де позначено:

[0] Режим без заповнення (no-padding) (P).

0 = Режим заповнення

1 = Режим без заповнення

[1] Режим без CRC (C)

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

0 = CRC режим

1 = Режим без CRC

[2] Дозвіл переривання MAC передавача після передачі кадру (T)

0 = Заборона

1 = Дозвіл

[3] Режим Little-Endian (L)

0 = Big-endian

1 = Little-endian

[4] Інкрементування/декрементування вказівника кадру даних (A)

0 = Декремент

1 = Інкремент

[6:5] Контроль вирівнювання (WA)

00 = Немає недійсних байт

01 = Один недійсний байт

10 = Два недійсних байти

11 = Три недійсних байти

[31] Біт приналежності (O)

0 = CPU

1 = BDMA

[30:0] Вказівник на дані кадру. Адреса кадру даних.

[15:0] Довжина кадру. Розмір кадру на передачу.

[31:16] Tx статус. Поле статусу Tx обновлюється MAC контролером після передачі.

[31:0] Вказівник на наступний дескриптор кадру.

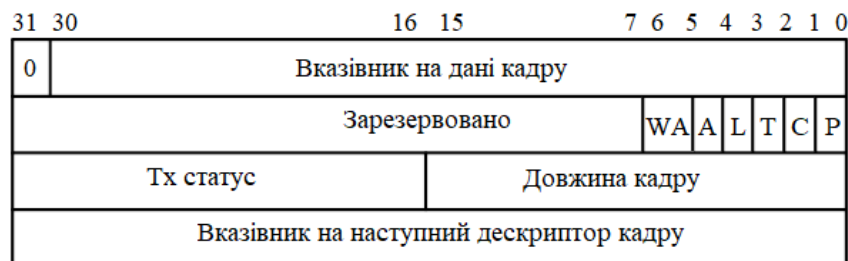


Рисунок 2.7 - Структура дескриптора кадру передачі

Структура даних у вигляді кільцевого списку дескрипторів кадрів даних показана на рисунку 2.8 [22].

Помилки контрольної суми та довжини пакетів ,а також кількість збійних та достовірних пакетів за час роботи системи можна отримати дистанційно по TFTP протоколу.

В АСК передбачена можливість блокування роботи по каналу E1 та транслявання всієї інформації з підканалу до основного каналу паралельно із завантаженням програми або відключенні живлення за допомогою реле.

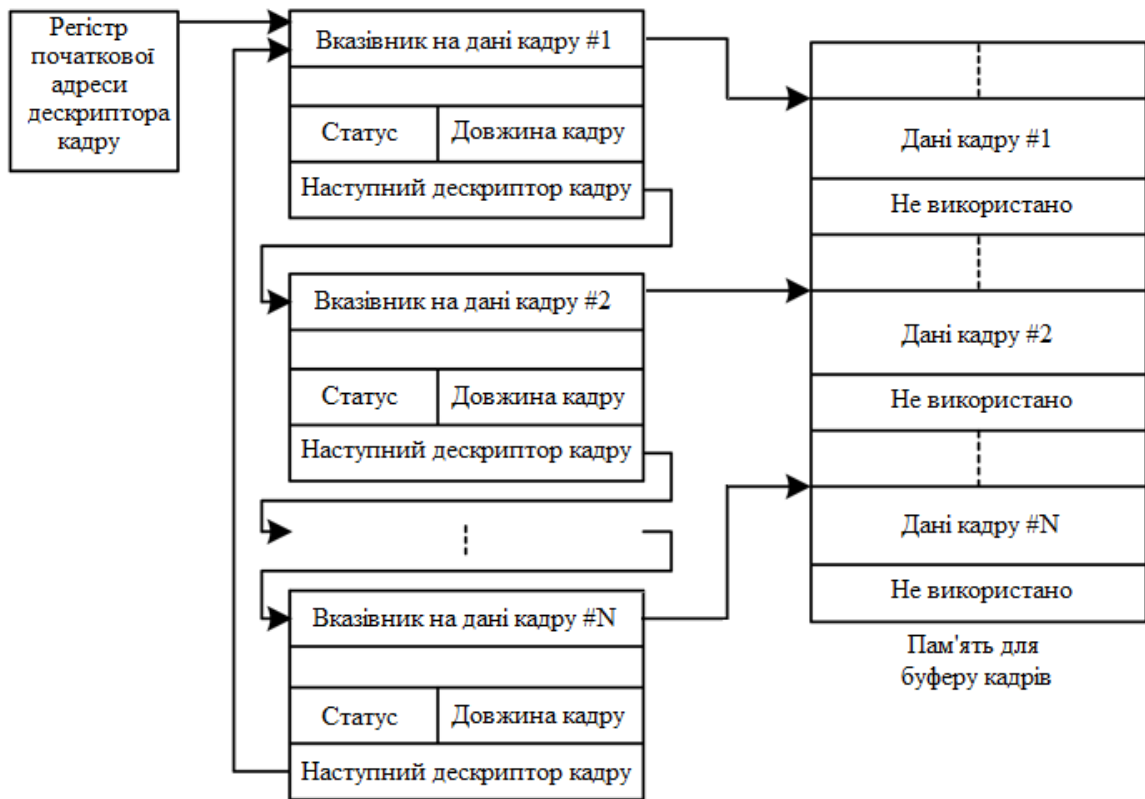


Рисунок 2.8 - Кільцевий список дескрипторів кадрів даних

### 2.2.2 Програмована логічна інтегральна схема

За допомогою ПЛІС буде реалізована значна частина виконавчих вузлів, то доцільно використати ПЛІС, які мають високий ступінь інтеграції при достатньо низьких цінах. Володіючи одержаним від фірми пакетом ПЗ та врахофуючи наявність на ринку широкого спектру мікросхем фірми Altera доцільно вибрати ПЛІС власне цієї фірми (не наполягаючи на перевагах відносно ПЛІС фірми Xilinx).

Altera ACEX 1K – це ПЛІС із статичною пам’яттю, тобто при виключенні живлення вся програма конфігурації стирається, відповідно – при включенні необхідно завантажити конфігурацію.

В вибраної ПЛІС наступні характеристики [24]: 10 000 комірок; 12 288 байт RAM; максимальна кількість виводів, які можна використовувати при написанні програми конфігурації – 136 вх./вих.

Програма роботи ПЛІС завантажується з флеш пам’яті з допомоги процесора, після його ініціалізації через (PS - Passive Serial). Це один з 6-ти інтерфейсів через які можна конфігурувати матриці.

В мікросхемах «APEX II, APEX 20K, Mercury, ACEX 1K, FLEX 10K, FLEX 6000» [25] пам'ять конфігурації реалізована на статичних запам'ятовуючих комірках (SRAM). Конфігурація мікросхем зберігається тільки при наявності живлення. Дані конфігурації повинні завантажуватися при включенні живлення.

Виділяють такі режими роботи мікросхем (рисунок 2.9) [25]: загрузка конфігурації, ініціалізація входів/виходів та робочий (користувацький) режим.

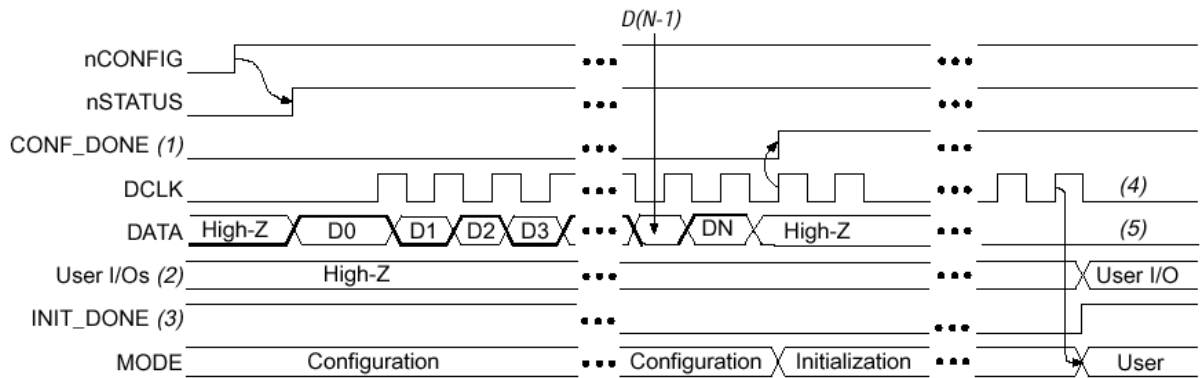


Рисунок 2.9 - Часові діаграми конфігурації мікросхем

На рисунку 2.9 позначено: під час включення и конфігурування вивід CONF\_DONE – перебуває в стані логічного 0. Після конфігурування вивід CONF\_DONE переходить в стан логічної 1. При переконфігуруванні мікросхеми вивід CONF\_DONE переходить в стан логічного "0" після переходу виводу nCONFIG в логічний "0".

На інтервалі конфігурування вхідні/вихідні (I/O) виводи мікросхем перебувають в третьому стані. Під час конфігурування необхідна напруга на виводах мікросхем забезпечується з допомогою низькоомних навантажуючих опорів. Після ініціалізації I/O-виводів виконуються функції задані розробником.

Перед конфігуруванням на виводі nCONFIG присутній логічний 0, а вивід INIT\_DONE перебуває в стані логічної 1. Такий стан зберігається на протязі приблизно 40 тактів конфігурування для «APEX II и APEX 20K» [25], перших 36 тактів для Mercury и 10 тактів для «ACEX 1K, FLEX 10K, и FLEX 6000» [25]. Вивід DCLK по закінченню конфігурування не повинен перебувати в невизначеному стані, тому необхідно забезпечити рівень 0 або 1. Вивід DATA мікросхеми FLEX 6000 і DATA0 мікросхеми «APEX II, APEX 20K, Mercury, ACEX 1K, и FLEX 10KE» [25] також не повинен перебувати в

невизначеному.

Для завантаження конфігураційних даних в мікросхеми може використовуватися пасивний и активний режими. В активному режимі с конфігураційної мікросхемою, обидві мікросхеми (конфігурована і конфігуруюча) генерують сигнали синхронізації і управління. При готовності обох мікросхем до початку конфігурування, конфігуруюча відправляє дані на мікросхеми APЕХ II, APЕХ 20K, Mercury, ACEX 1K, FLEX 10K, FLEX 6000 [25].

Пасивний режим конфігурування реалізується з використанням центрального контролера, який керує процесом конфігурації. Контролер отримує дані із пристрою збереження даних (жорсткий диск, RAM, або других систем пам'яті). В пасивному режимі, мікросхеми можна реконфігурувати прямо в працюючій системі. Таким чином, забезпечується можливість оновлення конфігурації мікросхем шляхом розширення в системі нових конфігураційних файлів.

### 2.2.3 Датчик температури

Діапазон вимірювання температури на BTS перебуває в межах від 0°C до +50°C. Однопровідний цифровий термометр DS1822 фірми Dallas це цифровий термометр-датчик, що може бути використаний для вимірювання температури в різних середовищах з наступними параметрами [26]:

- точність  $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$  від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ ;
- роздільна здатність що налаштовується користувачем 9 - 12 біт;
- передавання даних шляхом однопровідного послідовного інтерфейсу;
- 64-бітний унікальний серійний номер, який є незмінним;
- багато-точкове зчитування;
- робоча напруга 3.0 - 5.5В;
- варіант давача із заживленням від лінії даних (DS1822-PAR);
- TO-92 або 150mil 8-контактний SOIC корпуси.

Зовнішній вигляд DS1822 показаний на рисунку 2.10, а його структура на рисунку 2.11.

Блок схема роботи датчика температури наведена в додатку Б [26].

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



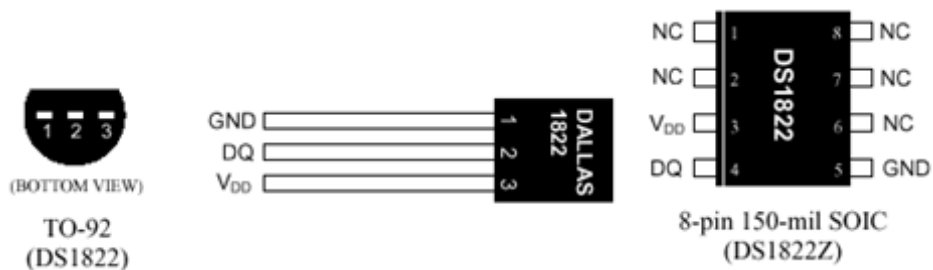


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд DS1822

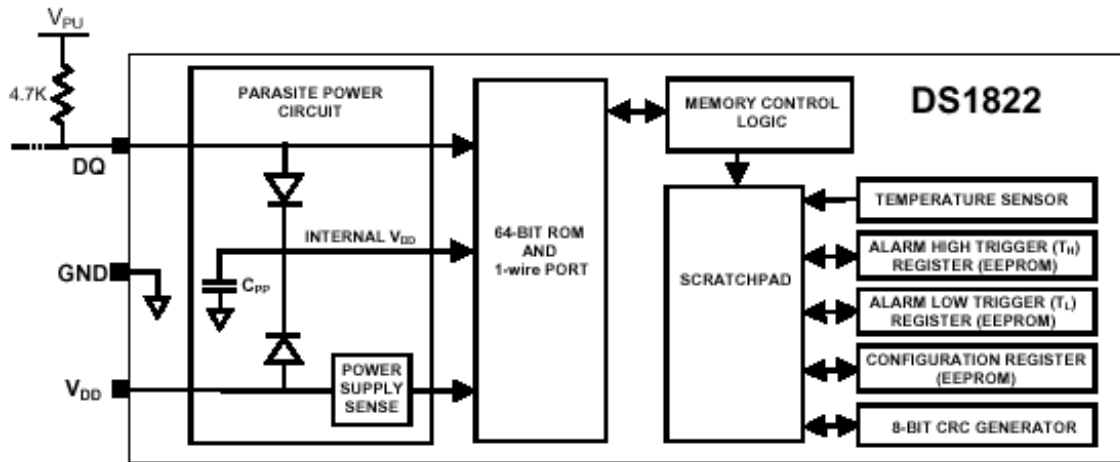


Рисунок 2.11 - Структура термометра

Мікросхема DS1822 є термометром з цифровими входом та виходом, що працює із точністю  $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ . Зчитування даних за допомогою 1-провідної послідовної шини в доповнюючому 9-12 бітному коді із значенням молодшого розряду  $0.5 - 0.0625^{\circ}\text{C}$ , що може програмуватися користувачем. Основні характеристики термометра наведені в таблиці 2.6 [26].

Таблиця 2.6 - Характеристики термометра DS1822

Інтерфейс	1-пров
Точність ( $\pm^{\circ}\text{C}$ )	2
Напруга живлення (В)	від 3.0 до 5.5
Паразитне живлення	доступне
Діапазон робочих температур ( $^{\circ}\text{C}$ )	від -55 до +125
Границі температурни ( $^{\circ}\text{C}$ )	2, прогр., енерго-незалеж.
Роздільна здатність (біт)	9-12
Корпус	3/TO92; 8/SO.150

При застосуванні DS1822, як термостат, у внутрішній пам'яті (EEPROM), що є енергонезалежною, контрольні точки, що програмуються користувачем, для контролю за перевищенням температури (TH) та за спадом температури нижче (TL). Внутрішній регістр прапорця буде встановлений, коли якась з границь пересікається. Якщо немає потреби у функціонуванні в режимі термостату, 2 байта EEPROM, резервуються для контрольних точок, можуть бути використані для енергонезалежного збереження даних загального призначення.

Мікросхеми DS1822 мають унікальний і незмінний серійні номери 64-біт, що використовуються у якості вузлових адрес давачів. Це дозволяє множині мікросхем DS1822 монтуватися на одній однопровідній шині. DS1822 може бути локально заживленим 3.0В - 5.5В або сконфігурованим так, щоб бути заживленою від однопровідної лінії даних. DS1822 запропоновано в різних корпусах. Для прикладних задач, яким необхідна велика точність, доступна мікросхема DS18B20 точністю  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , повністю сумісна мікросхема.

Розглянувши основні вузли та технічні і функціональні можливості технічних засобів, можна стверджувати, що вибрана апаратна частина повністю задовольняє потреби даного завдання.

### 2.3 Розробка структурної схеми системи

Прийнявши концепцію побудови пристрою з комбінованим розподілом програмно-апаратних засобів та на основі вибраних основних компонентів (процесора та ПЛІС), можна детально розподілити виконавчі функції між вузлами та спроектувати структуру базової станції GSM-зв'язку.

В першу чергу оцінимо, які функції пристрою можна реалізувати за допомогою процесора. На основі технічного завдання, прийнятої схеми побудови комплексу (додаток А) та можливостей CPU до них можна віднести:

- контролер ETHERNET (internal Ethernet);
- 2 контролери RS-232 (internal RS-232 x 2);
- канал керування ключами (opto-key x 3) та обміну з датчиком температури через паралельний порт (parallel port of CPU);

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- контролер HDLC-протоколу для обробки вхідного потоку;
- швидкодіючі внутрішні блоки cache та SRAM пам'яті з програмно-динамічною зміною об'ємів (internal SRAM/cache 8 KB);
- 2 контролери прямого доступу до пам'яті (internal DMA controller x 2);
- контролер обробки різних варіантів пам'яті (controller DRAM/SDRAM/ROM/SRAM);
- таймери (internal 32-bit timer x 2);
- порт завантаження програми та відлагодження (JTAG);
- контролер (порт) обміну з вузлами на ПЛІС.

Структурна схема АСК параметрів BTS наведена на рисунку 2.12.

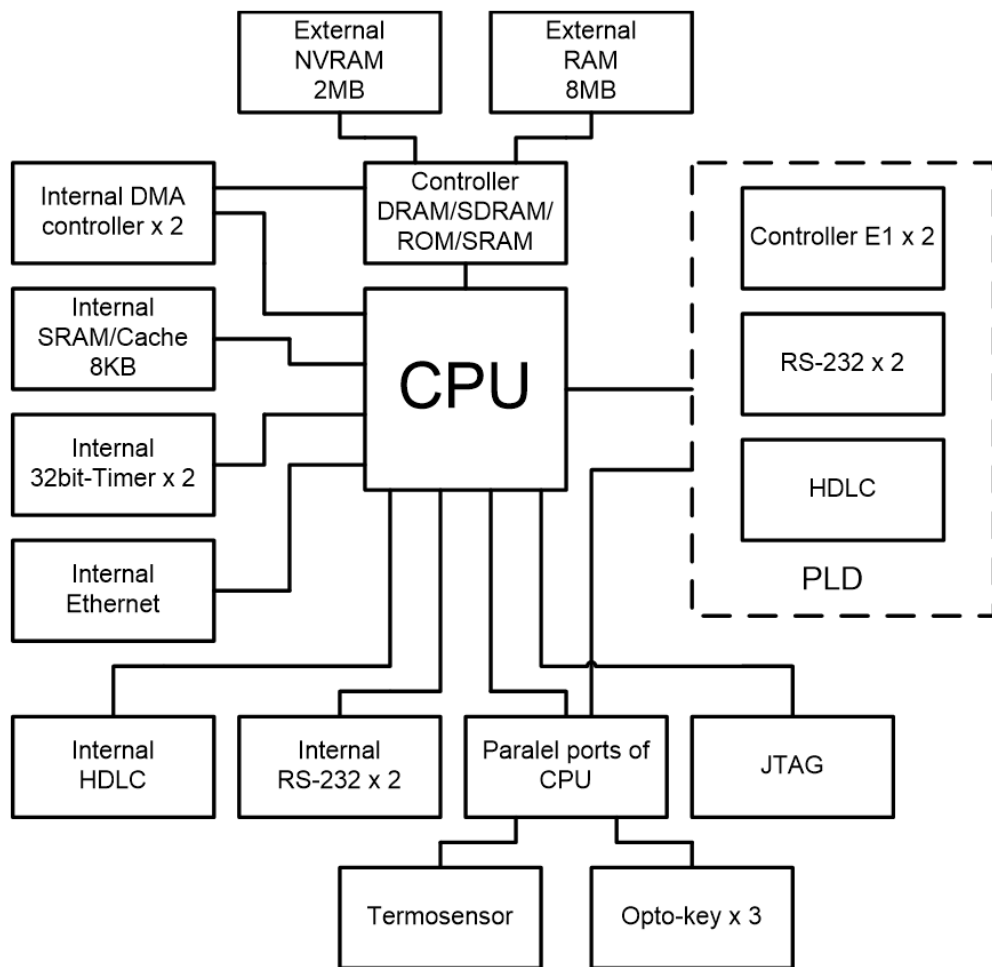


Рисунок 2.12 - Структурна схема АСК

На базі ПЛІС реалізовано:

- 2 контролери каналів E1 (controller E1 x 2);
- 2 контролери послідовних інтерфейсів RS-232 (controller RS-232 x 2);
- контролер HDLC-протоколу для обробки вихідного потоку (HDLC).

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

Для повноцінного функціонування процесора необхідно використати додаткові вузли пам'яті (external RAM 8MB).

Для зберігання програми, конфігурації та параметрів використано блок енергонезалежної Flash-пам'яті (external NVRAM 2MB).

Для тактування роботи процесора використано генератор з частотою 32.768 МГц, що дозволяє досягти достатньо високої швидкодії, а також однозначно узгоджується з «двійковою» частотою передачі даних каналом E1 (2.048 МБ/с).

Часто можливі випадки, коли з певних причин виникне «зависання» процесора (короткочасний збій живлення, зовнішні завади помилка алгоритму тощо) тому в схему включено сторожовий таймер, котрий призначений для своєчасного скиду процесора та відновлення нормальної роботи АСК параметрів BTS без втручання користувача.

Весь код та константи, що використовуються при роботі АСК зберігаються у flash-пам'яті. SDRAM використовується для створення змінних, стеків, кучі та організації буферів даних. Також при старті системи сюди можуть бути скопійовані процедури з flash-пам'яті. Це дозволить дещо пришвидшити роботу системи за рахунок меншої кількості звернень до пам'яті (SDRAM є 32-ох розрядною, а flash – 16 розрядною). По 2-провідній шині ПС підключається EEPROM. Тут можуть зберігатися різноманітні службові дані.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ GSM-ЗВ'ЯЗКУ

#### 3.1 Розробка функціональної схеми

За допомогою ПЛІС реалізується функціональний блок, схема якого показана на рисунку 3.1. В ПЛІМ необхідно реалізувати додаткові два UART-и, HDLC контролер, а також два контролера каналу E1 для основного каналу та підканалу. Altera ACEX 1K реалізує керування індикаторами станів.

Хоча тактова частота процесора і 50МГц, на схемі показано осцилятор на 32.768 МГц, для прив'язки до швидкості потоку каналу E1. Також на схемі видно сторожовий таймер, який перескидує пристрій у разі зависання.

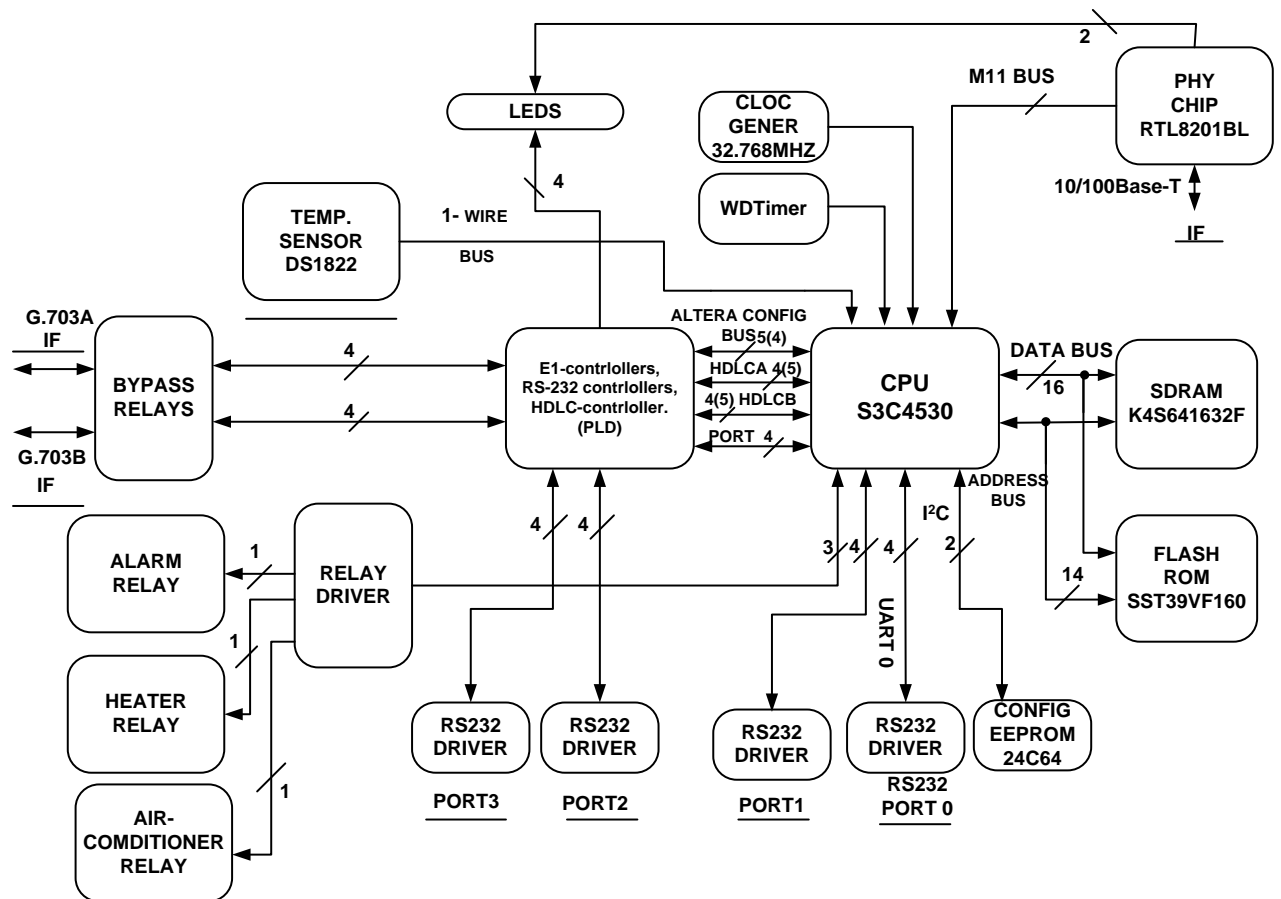


Рисунок 3.1 – Функціональна схема

Для управління нагрівачем кондиціонером та сигналізацією використовуються 3 процесорні паралельні порти, які управляють опто-розв'язуючими ключами. Для того щоб з інтерфейсу M11-BUS перейти до

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

фізичного рівня Ethernet використовується PHY-CHIP.

Щоб зберігати конфігурацію, а також іншу інформацію, використовується EEPROM, яка читається/записується через інтерфейс ІІС(I2C).

Температура вимірюється термодатчиком з вбудованим АЦП, та пам'ятю. Дані з термометра передаються по однопровідному інтерфейсу 1-wire на паралельний порт процесора, загального призначення.

В блоці BYPASS RELAYS, розміщені реле, які при пропаданні на них напруги, роблять заворот, тобто дані вже не проходять через пристрій, а зразу повертаються. Це запобігає приведенню станції в нероботоздатний стан при неполадках на пристрої що розробляється.

Також на функціональній схемі показано динамічну пам'ять 8 МБ, та флеш пам'ять розміром 2 МБ.

### 3.2 Розробка інтерфейсу користувача та принципів обміну даними

Пристрій збору інформації має 6 інтерфейсів для обміну інформацією з різними управляючими і контролюючими периферійними пристроями, а також 5 сервісів, які базуються на мережених протоколах передачі даних сімейства UDP/IP.

Розподіл простору адрес зображено на рисунку 3.2.

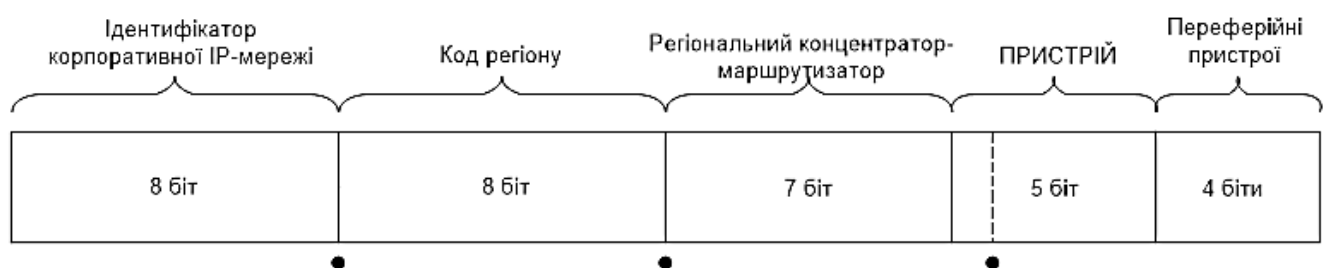


Рисунок 3.2 - Розподіл простору адрес

Останні 4 біти IP-адреси визначають периферійний пристрій BTS. Значення половин IP-адреси та пристрої BTS наведені в таблиці 3.1. Наприклад:

10.198.2.17 – пристрій збору інформації (BASE\_ADDR),

10.198.2.21 – Лічильник електроенергії (основний) (BASE\_ADDR+4).

Таблиця 3.1 - Визначення периферійний пристрій BTS за IP

Значення поля IP-адреси	Пристрій BTS
0	Не існує
1	Пристрій збору інформації PVS-ZIK (базова адреса пристрою – BASE_ADDR)
2	RBS
3	UPS
4	Термоконтроль
5	Лічильник електроенергії (основний)
6	Ethernet-порт
7	Лічильник електроенергії (додатковий)
8	Зарезервовано
9	Зарезервовано
10	Зарезервовано
11	Зарезервовано
12	Зарезервовано
13	Зарезервовано
14	Зарезервовано
15	Зарезервовано

Характеристики інтерфейсу обміну з RBS наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Інтерфейс обміну з RBS

Протокол	UDP
IP-адреса	BASE_ADDR+1
Порт	5678

Потік даних від спеціалізованої програми обслуговування інкапсулюється в пакети UDP, направляється до пристрою, декапсулюється в ньому і передається в BTS. Потік даних зворотного напрямку обробляється так само.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

Характеристики інтерфейсу обміну з UPS наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Інтерфейс обміну з UPS

Протокол	UDP
IP-адреса	BASE_ADDR+2
Порт	5678
Формат обміну	VT100

Потік даних від емулятора терміналу інкапсулюється в пакети UDP, направляється до пристрою, декапсулюється в ньому і передається до блока безперебійного живлення BTS. Потік даних в зворотному напрямку обробляється аналогічно.

Характеристики інтерфейсу обміну з основним лічильником електроенергії наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Інтерфейс обміну з основним лічильником електроенергії

Протокол	UDP
IP-адреса	BASE_ADDR+4
Порт	5678
Формат запиту	/ ? ! <BK> <PC>

Характеристики інтерфейсу обміну з додатковим лічильником електроенергії наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Інтерфейс обміну з додатковим лічильником електроенергії

Протокол	UDP
IP-адреса	BASE_ADDR+6
Порт	5678
Формат запиту	/ ? ! <BK> <PC>
Формат відповіді	Документація до лічильника

									ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
										55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						



Характеристики інтерфейсу «Термоконтроль» наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Інтерфейс «Термоконтроль»

Протокол	UDP
IP-адреса	BASE_ADDR+3
Порт	5678
Формат запиту температури	Term
Формат запиту стану кондиціонера	GetC
Формат відповіді стану кондиціонера	CON – кондиціонер ввімкнений; COFF- кондиціонер вимкнений
Формат запиту стану нагрівача	GetH
Формат відповіді стану нагрівача	HON – нагрівач ввімкнений; HOFF - нагрівач вимкнений
Формат запиту на ввімкнення кондиціонера	SCON
Формат відповіді стану кондиціонера	CON
Формат запиту на вимкнення кондиціонера	SCOFF
Формат відповіді стану кондиціонера	COFF
Формат запиту на ввімкнення нагрівача	SHON
Формат відповіді стану нагрівача	HON
Формат запиту на вимкнення нагрівача	SHOFF
Формат відповіді стану нагрівача	HOFF

Характеристики інтерфейсу обміну з периферією, яка підключена до Ethernet-порту наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Інтерфейс обміну з периферією, яка підключена до Ethernet

IP-адреса	BASE_ADDR+5
MAC- адреса	залежить від серійного номера пристрою

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

Прозорий обмін даними. Пристрій PVS-ZIK виступає в якості моста.

Сервіс ARP - пристрій може обробляти зовнішні ARP-запити і формувати для свого простору IP-адресів відповідь з власною MAC-адресою.

Сервіс ICMP - пристрій може обробляти зовнішні ECHO-ICMP запити і формувати для свого простору IP-адресів відповідь. (Крім IP-адреси BASE\_ADDR+5 – Ethernet-порта).

Сервіс DHCP-клієнт - використовується для отримання пристроєм від регіонального маршрутизатора деяких конфігураційних параметрів:

- базової IP-адреси (BASE\_ADDR).

Сервіс DHCP-сервер - використовується для надання конфігураційних параметрів локальної мережі периферійному пристрою, який підключений до Ethernet-порта:

- IP – BASE\_ADDR+5;
- Маска – 255.255.255.240;
- IP-адреса шлюза по замовчуванню – BASE\_ADDR.

Сервіс TFTP-сервер - використовується для завантаження в пристрій нових версій ПЗ, отримання від пристрою поточної конфігурації, поточних версій ПЗ, статистичних даних, управління пристроєм.

Для роботи з сервісом використовується програма TFTP-клієнта, за допомогою якої виконуються вищезазначені дії. Приклади командних стрічок наводяться для програми TFTP-клієнта ОС «Windows XP®».

Файл для перепрограмування BOOT-блоку:

- Ім'я файлу - «boot.bin»;
- Формат даних файлу - бінарний;
- Сигнатура в файлі - «PVV:BOOT»;
- Поліном контрольної суми - CRC-32;
- Режим передачі даних - бінарний.

Приклад команди: «TFTP –і 10.168.2.17 PUT boot.bin»

Файл для перепрограмування PROG-блоку:

- Ім'я файлу - «pvvprog.bin»;
- Формат даних файлу - бінарний;

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

- Сигнатура в файлі - «PVV:PROG»;
- Поліном контрольної суми - CRC-32;
- Режим передачі даних - бінарний.

Приклад команди: «TFTP –і 10.110.2.17 PUT pvsprog.bin».

Отримання від пристрою номера поточної версії PROG-блоку ПЗ:

- Ім'я файлу - «pvvver.txt»;
- Режим передачі даних - текстовий.

Приклад команди: «TFTP –і 10.197.2.17 GET pvvver.txt»

Файл не створюється. Версія відображається в повідомленні про помилку.

Отримання від пристрою поточних версій ПЗ.

Файл BOOT-блоку:

- Ім'я файлу - «pvsboot.bin»;
- Режим передачі даних - бінарний.

Приклад команди: «TFTP –і 10.110.2.17 GET pvvboot.bin»

Файл PROG-блоку:

- Ім'я файлу - «pvvprog.bin»;
- Режим передачі даних - бінарний.

Приклад команди: «TFTP –і 10.110.2.17 GET pvvprog.bin»

Отримання від пристрою поточної конфігурації.

- Ім'я файлу - «pvvconf.txt»;
- Режим передачі даних - текстовий.

Приклад команди: «TFTP 10.110.2.17 GET pvvconf.txt»

Отримання від пристрою деяких статистичних даних.

- Ім'я файлу - «pvvstat.txt»;
- Режим передачі даних - текстовий.

Приклад команди: «TFTP 10.110.2.17 GET pvvstat.txt»

Скидання пристрою.

- Ім'я файлу - «pvvreset.txt»;
- Режим передачі даних - текстовий.

Приклад команди: «TFTP 10.110.2.17 GET pvvreset.txt»

Файл не створюється. Підтвердження відображається в повідомленні про

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
							58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

помилку.

Отримання від пристрою вмісту пам'яті.

- Ім'я файлу - `pvvdump.XXXX.YYYY`,  
де XXXX – початкова адреса пам'яті (HEX), вміст якої цікавить,  
YYYY – кількість байтів (HEX);

Режим передачі даних - бінарний.

Приклад команди: «TFTP -i 10.197.2.17 GET pvvdump.12000000.100»

Помилки, що можуть виникати про обміну:

- Invalid filename! – не вірно вказано ім'я файлу;
- -= PVV\_RESET -= – підтвердження на команду скидання пристрою;
- Invalid filesize! – невірний розмір файлу (розмір не кратний 64Кб);
- No 'PVV boot/prog' file! – в файлах для перепрограмування відсутня або невірна сигнатура;
- Invalid CRC! – невірна контрольна сума файлу;
- PVV:PROGv.XX.XX – номер поточної версії програми пристрою, де XX.XX – номер версії.

### 3.3 Розробка програмного забезпечення системи

Випробування першого робочого варіанту програми CPU, показало не тільки на опущення чи неврахування особливостей, але і на «вузькі місця», які виходять за рамки рекомендацій та шляхи тривіальних рішень. Це зумовило виконати цілий ряд експериментальних досліджень. Процес дослідження і удосконалення складався з декількох кроків.

Проведено низку експериментів з покращення загальної швидкодії програми за рахунок перебудови алгоритму роботи з термодатчиком.

Розглянуто запропоновану виробником Dallas semiconductor демонстраційну програму для роботи з термодатчиком. Ця програма написана під процесор з ядром C51 і тому на її основі було створено програму для процесора вибраного нами – S3C4530 на основі ядра ARM7TDMI [27].

Взаємодія процесора з термодатчиком відбувається через паралельний порт

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

процесора по інтерфейсу 1-wire. Для такої взаємодії необхідно було написати програму-драйвер цього інтерфейсу. Для цього в документації на даний термодатчик подані часові діаграми роботи інтерфейсу 1-wire (рисунки 3.3 та 3.4).

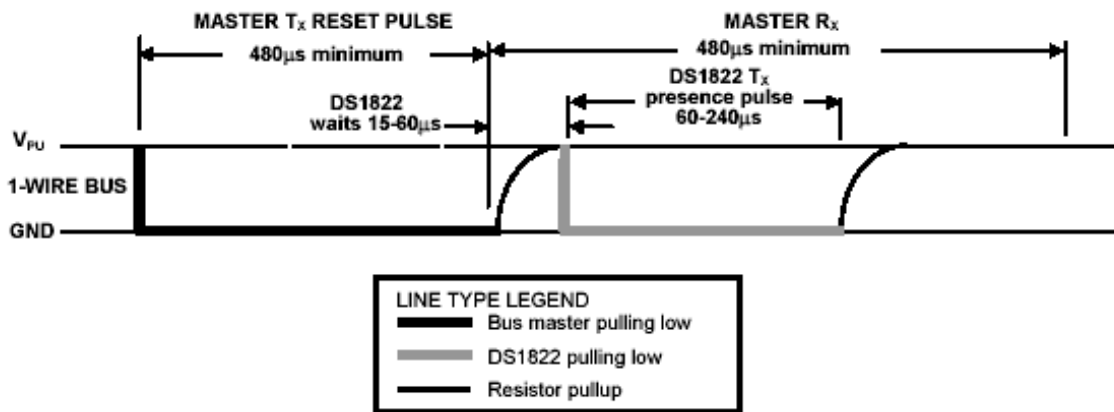


Рисунок 3.3 - Ініціалізація пристрою (1-wire інтерфейс)

Програма обміну з термодатчиком, яка була завантажена з сайту фірми-виробника реалізувала затримки необхідні в протоколі обміну за допомогою циклів:

```
// затримка на час 480 uSec
for (i=0; i<200; i++); // 3 три цикли на ітерацію (3.26 uSec @ 11.0592 MHz)
```

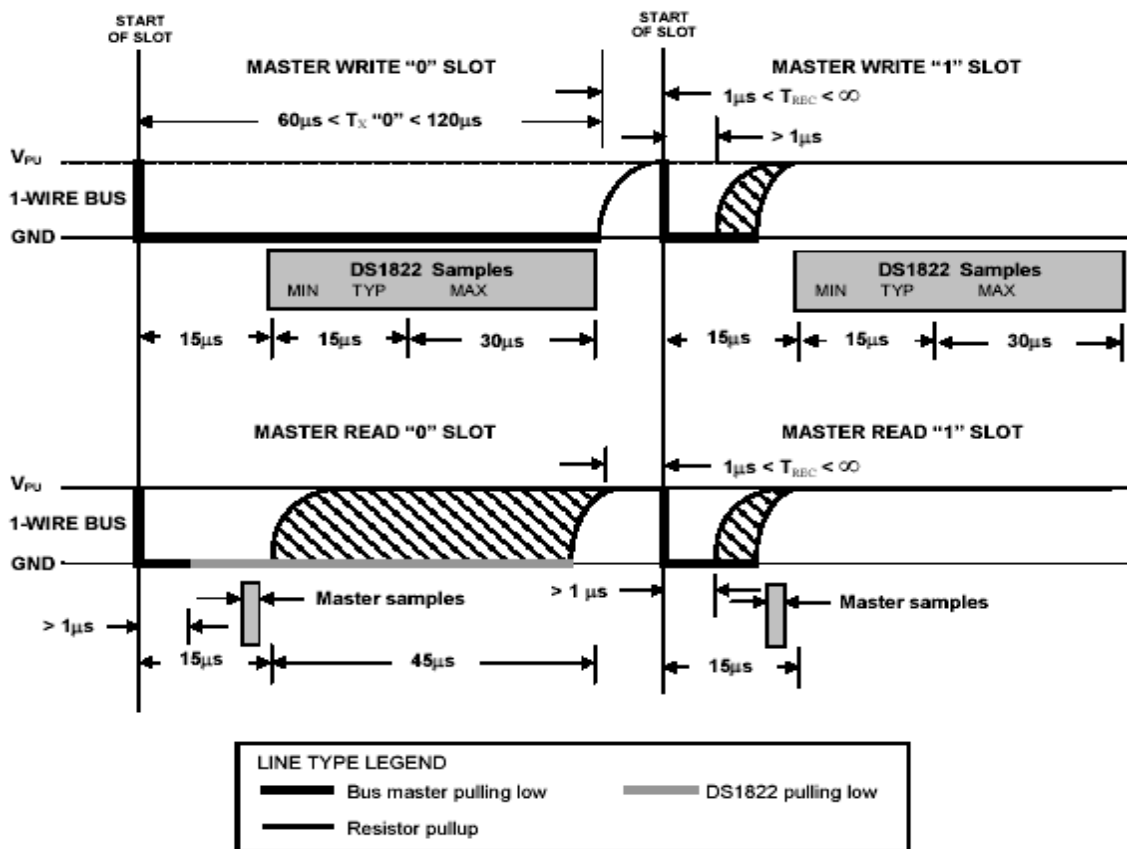


Рисунок 3.4 - Запис та читання нуля та одиниці (1-wire інтерфейс)

Для обраного МК такий варіант не підходить оскільки процесор має конвеєр і обрахунок виконання одного циклу буде інакшим. Також необхідно врахувати оптимізатор, який працює перед компілятором, тому рахувати кількість повторень кожного циклу для певної затримки є складним і недоцільним, хоча пробний варіант такої програми було створено.

Затримки перевірялись за допомогою осцилографа.

```
// If MCLK==50 MHz
//~480us ---- for(i=0;i<850;i++);
//~300us ---- for(i=0;i<510;i++);
//~60us ---- for(i=0;i<100;i++);
//~45us ---- for(i=0;i<80; i++);
//~15us ---- for(i=0;i<25; i++);
```

Наступним кроком вирішено залучити таймер, щоб час вказаної затримки був більш точним.

```
#define WIRE1      0x00000001
#define OUTLINE   IOPMOD|= WIRE1;IOPDATA&=0xFFFFFFFF
#define INLINE    IOPMOD&= 0xFFFFFFFF
//-----
U8 SENS_RESET(void)//ініціалізація
{
    U16 rez=0;
    OUTLINE;           //процесор ставить на лінії логічний нуль
    WaitINT(480);     //~480us затримка реалізована на таймері.
    INLINE;
    WaitINT(60);      //~60us
    rez=IOPDATA&WIRE1;
    WaitINT(300);     //~300us
    return (rez>1)?0:1; // повертає 1, при отриманні імпульсу присутності
}
//-----
U8 SENS_GETBIT(void)//отримання одного біту даних
{
    U8 rez=0;
    OUTLINE;
    asm("nop");       //~1us для часового інтервалу читання ініціалізації
    INLINE;
    WaitINT(1);       //~2us для відновлення
    rez=IOPDATA&WIRE1;
    WaitINT(45);     //~45us для слоту END
    return rez?1:0;
}
//-----
```

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

```

void SENS_PUT0(void)//надсилання нуля в біті даних
{
    OUTLINE;
    WaitINT(60);    //~60us (15us для ініціалізації, 45 для зчитування DS1822)
    INLINE;
}

//-----

void SENS_PUT1(void)// надсилання одиниці в біті даних
{
    OUTLINE;
    WaitINT(1);    //~3us
    INLINE;
    WaitINT(60);    //~60us  часовий інтервал для запису
}

//-----

void SENS_WRB(U8 data) //надсилання байту даних
{
    U8 d=0,i;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        d=(data>>i)&1;
        d?SENS_PUT1():SENS_PUT0();
    }
}

//-----

U8 SENS_RDB(void) //читання байту даних
{
    U8 d=0,i;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        d|=(SENS_GETBIT()<<i);
    }
    return d;
}

//-----

Tsc_pad SENS_READ_SP(void)//команда початку вимірювання
//та читання даних.
{
    Tsc_pad temp;
    U8 i;
    SENS_RESET();
    //SENS_RESET();
    SENS_WRB(0xCC);    //skip read ROM
    SENS_WRB(0x44);
    while(!SENS_RDB());
    SENS_RESET();
    SENS_WRB(0xCC);    //skip read ROM
    SENS_WRB(0xBE);
    for(i=0;i<9;i++)
        *(U8*)((U32)&temp+i)=SENS_RDB();
    WaitINT(10);
    return temp;
}

```

						ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			62

Таким чином можна досягнути чіткої роботи програми по заданому інтерфейсу, але як показано на рисунку 3.4 для ініціалізації термодатчика максимально прийдеться затратити 960 мікросекунд, а кожен часовий інтервал читання/запису нуля чи одиниці займає 60 мікросекунд.

Програма під час цих затримок буде зупинена і чекатиме на переривання від таймера, такий варіант нам не підходить, оскільки ми за час 960 мікросекунд могли б обробити дані, які поступають з інших портів та периферії і можуть бути втраченими. Тому програму треба оптимізувати.

Наступним кроком оптимізації вирішено використати проміжки часу, що витрачається на реалізацію затримок для інтерфейсу 1-wire. Для цього «прив'язано» виклик процедури вимірювання температури до таймера і побудовано граф станів (рисунок 3.5) цієї процедури при кожному вході та виході з неї.

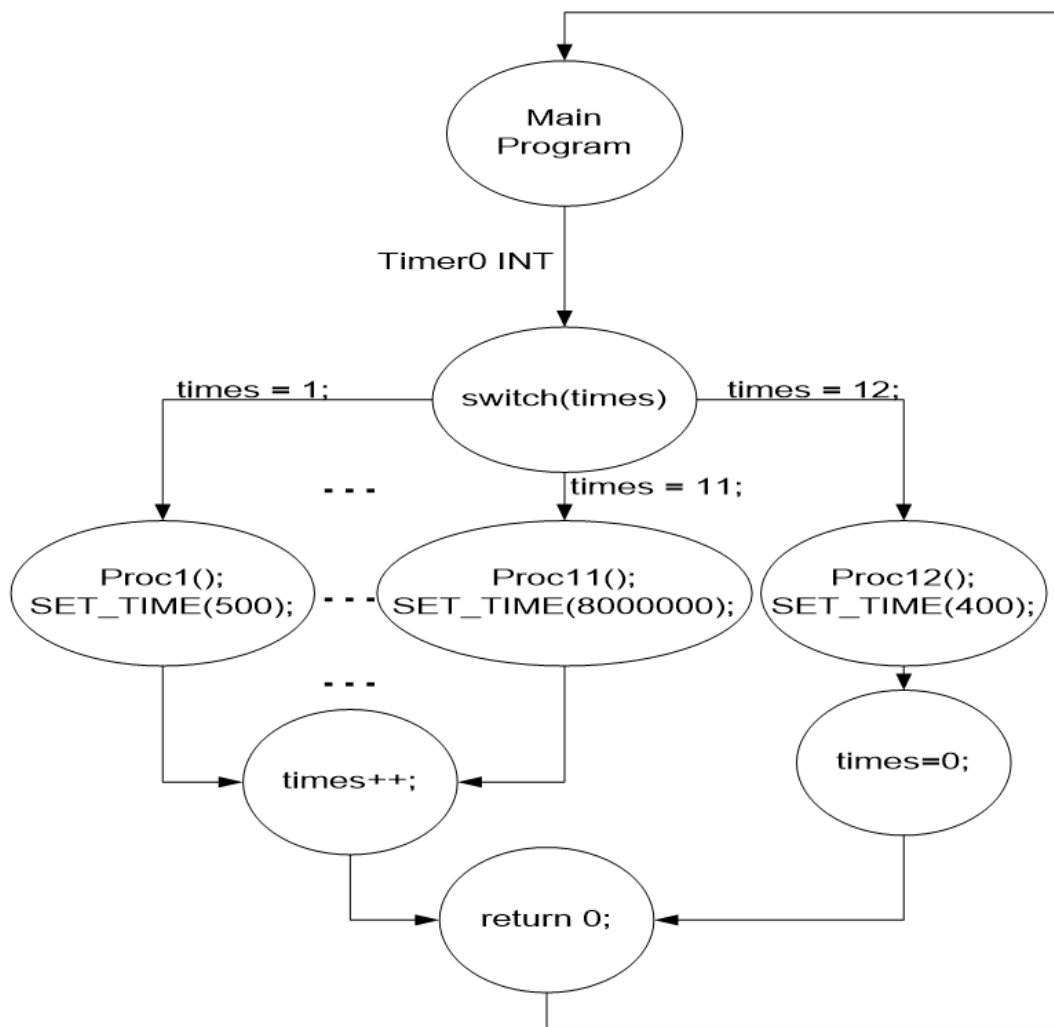


Рисунок 3.5 - Граф станів програми CPU

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата



Тепер, відомо, що на лінії інтерфейсу необхідна затримка тривалістю в 480 мікросекунд, налаштовуємо таймер на цей час і повертаємось до роботи основної програми. Коли таймер спрацьовує виникає переривання і роботу продовжує процедура виміру роботи з інтерфейсом 1-wire для температури.

Оптимізована програма реалізована мові С для МК набула такого вигляду, що наведений в додатку В. За допомогою ПЗ МК забезпечує зв'язок з пристроєм, який міряє температуру. Цей пристрій використовує 1-провідну шину для передавання даних та керування. Програма ініціює передачу даних та отримує відповідь пристрою з даними про температуру. Після отримання відповіді програма зберігає отримані дані та повертається до початкового стану, щоб очікувати наступного запиту на вимірювання температури. В результаті вдалося оптимізувати програму до потрібного рівня, що стало оптимальним вирішенням проблеми яка виникла.

### 3.4 Відлагодження проектованої системи

АСК конструктивно виготовляється у вигляді однієї двохшарової друкованої плати з одностороннім монтажем елементів, яка вмонтовується в спеціальний корпус висотою 1U для кріплення в стандартну стійку 19". Всі роз'єми зовнішньої комутації та індикатори станів розміщені з одного боку, зі сторони передньої панелі.

Відлагодження програми здійснюється через спеціалізований для апаратний інтерфейс – JTAG. У вибраного МК є такий інтерфейс. Кабель інтерфейсу JTAG приєднується одним кінцем до плати пристрою, який відлагоджується, а другим кінцем - до LPT-інтерфейсу ПК.

Для написання та відлагодження програм було використано середовище IAR Embedded Workbench (рисунок 3.6), в якому є компілятор мови С, також компілятор асемблера для процесора ARM [28]. Це середовище має вбудовані засоби відлагодження – такі як переглядач пам'яті, переглядач регістрів конфігурації периферії, переглядач регістрів загального призначення, виконання покроково програми приладу приєднаного JTAG інтерфейсом.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

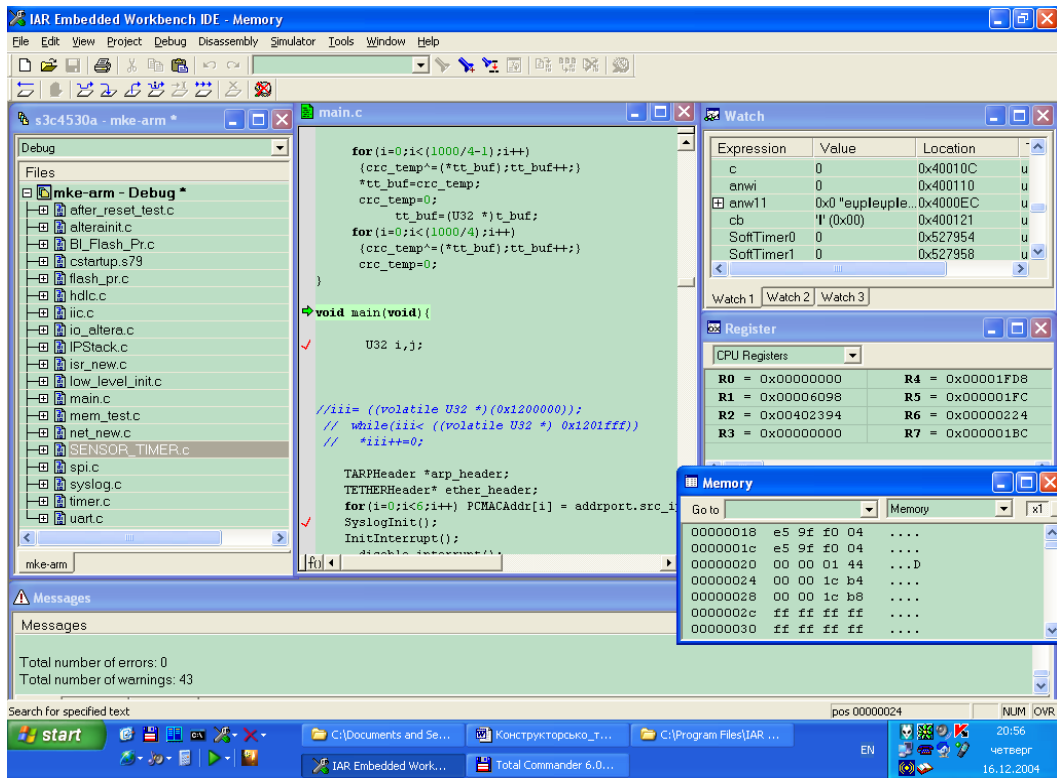


Рисунок 3.6 - Вікно середовища IAR Embedded Workbench

Для остаточного відлагодження використовується програма яка також працює через JTAG інтерфейс. Використано для налагодження програму фірми Macraigor Systems – OCD Commander (рисунок 3.7).

При старті програми «OCD Commander» необхідно вказати параметри підключення до плати. Вікно налаштування під'єднання показано на рисунку 3.7.

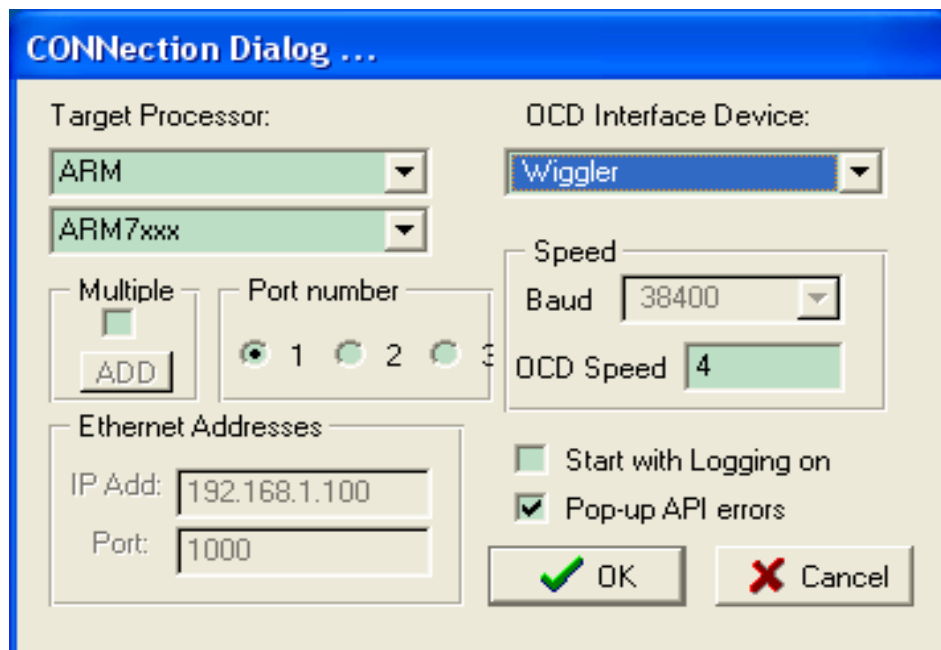


Рисунок 3.7 - Вікно програми OCD Commander

Після вибору правильних параметрів переходимо до відлагодження. Вікно відлагодження наведено на рисунку 3.8.

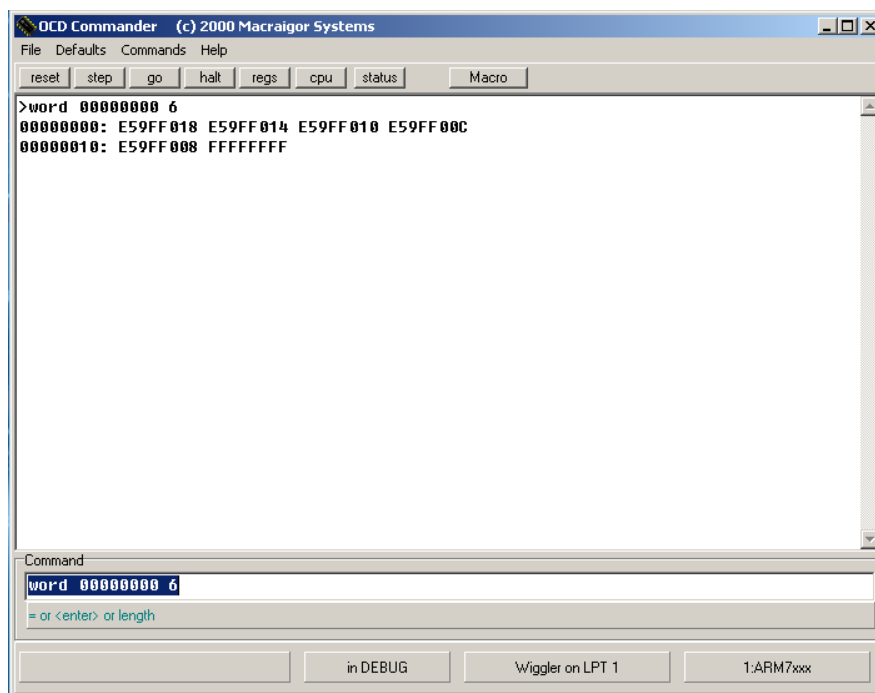


Рисунок 3.8 - Вікно відлагодження

Для демонстрації було зроблено дамп пам'яті, починаючи від нульової адреси, шість інформаційних слів. Рисунок 3.9 показує виведені на екран командою REG реєстри загального призначення, а також показано один крок покрокового виконання програми процесором.

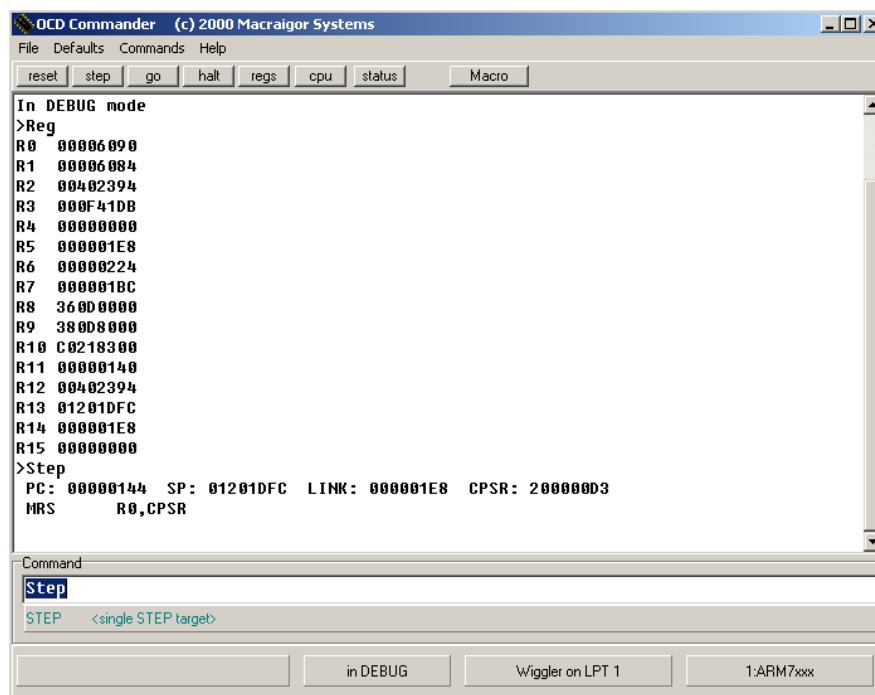


Рисунок 3.9 - Вікно з реєстрами загального призначення

В даній роботі запропонована АСК параметрів базової станції мережі GSM зв'язку, з можливістю прийому та передавання інформації через канал Е1, яка забезпечує моніторингу, пересилання та обробку даних стосовно об'єкта керування. В системі реалізований алгоритм комплексної системи моніторингу, що забезпечує надійність і точність, а також можливість застосування його в реальному масштабі часу.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		67

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Вплив шуму на організм людини

Шум - це звуки, які негативно впливають на функціонування і відпочинок людини, тому їх часто називають несприятливими звуками. Шум зазвичай виникає внаслідок хаотичної комбінації звуків різної інтенсивності та частоти.

Звук є фізичним явищем, що поширюється хвилеподібно у пружному середовищі: газоподібному, рідинному чи твердому. Шум має такі характеристики:

- швидкість звуку  $c$  визначається в м/с;
- частота - /, Гц;
- звуковий тиск  $p$  в Па;
- інтенсивність - /, Вт/м<sup>2</sup>.

Частоту звуку вимірюють в герцах та визначають кількістю коливань пружного середовища на одиницю часу, наприклад 1 Гц = 1 коливання за секунду. Звукові коливання поділяються на діапазони відповідно до їх частоти: інфразвукові - менше 20 Гц; звукові - від 20 до 20 000 Гц; ультразвукові – більше 20 000 Гц. Звуковий діапазон поділяється на низькочастотний (до 400 Гц), середньочастотний (від 400 до 1000 Гц) та високочастотний (більше 1000 Гц).

Звуковий тиск  $p$  є величиною, яка визначається як різниця між атмосферним тиском та повним тиском в певній точці звукового поля. Поширення звукової хвилі включає передачу звукової енергії, і середня кількість звукової енергії, що переноситься в будь-якій точці середовища за одиницю часу, відносно площі, перпендикулярної до напрямку поширення хвилі, визначається як інтенсивність або сила звуку в даній точці.

Співвідношення між інтенсивністю звуку  $I$  та звуковим тиском  $p$  має такий вигляд [29]:

$$I = \frac{p^2}{\rho c},$$

де  $\rho$  та  $c$  - відповідно густина та швидкість звуку в певному середовищі.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

За нормальних атмосферних умов,  $t=293$  К та  $p=1034$  ГПа, швидкість звуку в повітрі дорівнює  $c=344$  м/с.

Цілком зрозуміло, що шум може мати шкідливі та небезпечні наслідки для здоров'я людини, і це вже підтверджено науково. Ступінь впливу шуму на організм людини зазвичай залежить від рівня та характеру шуму, тривалості та форми впливу, а також від індивідуальних особливостей кожної людини.

Результати спеціальних досліджень показують те, що шум є загально-фізіологічним подразником, який може впливати на організм людини за певних обставин. За даними медичних експертів, від дії шуму можуть з'явитися різні захворювання, включаючи нервові та серцево-судинні, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху. Останнім часом частка захворювань, спричинених шумом, значно зросла серед загальної кількості відомих хвороб. З огляду на той факт, що люди за багатовікову еволюцію не адаптувалися до впливу шуму і не розвинули природніх механізмів захисту від нього для високочутливих та досконалих органів слуху, слід звернути увагу на значення рівнів шуму і їх вплив на організм людини.

Вплив шумів різного рівня можна, приблизно, охарактеризувати наступним чином [30]:

- менше 50 дБА не викликає шкідливих впливів;
- 50-60 дБА може здійснювати психологічний вплив, який проявляється погіршенням розумової діяльності, зменшенням уваги, швидкості реакції, утрудненні роботи з масивами інформації тощо;
- 65- 90 дБА може чинити фізіологічні впливи, наприклад прискорення пульсу, підвищення кров'яного тиску, звуження судин, що загалом може погіршити кровопостачання органів;
- 90 дБА та більше призводить до порушень функціонування органів та систем людського організму, наприклад зниження слухової чутливості, погіршення діяльності шлункового тракту, викликає нудоту, головний біль та шум у вухах;
- 120 дБА та більше призводить до механічного порушення органів слуху, зокрема пошкодження зв'язків у внутрішньому вусі та навіть до розриву

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		69

барабанної перетинки.

Високий рівень шумів впливає на організм загалом, а не тільки на органи слуху. Під дією звукових хвиль, що проходять крізь шкіру, тканини організму зазнають механічних коливань, що можуть призвести до руйнування нервових клітин, розривів дрібних судин та інших подібних порушень. Чим вищим є рівень сили звуку та чим більшою є його дія, тим небезпечнішими будуть наслідки.

Із застосуванням даних про вплив шуму на здоров'я людини проводять гігієнічне нормування параметрів шуму.

Шум є одним з найбільш шкідливих чинників, що притаманні нашій цивілізації. Виробничий шум представляє собою неорядну суміш різноманітних звуків за силою та частотою, які виникають у повітрі і прямо впливають на ефективність роботи. Джерелами шуму можуть бути всі види транспорту, насоси, промислові підприємства, пневматичні та електричні інструменти, верстати, будівельна техніка та інше. Технологічні процеси, такі як клепання, карбування, обрубка, вибивка лиття, штампування, робота на ткацьких верстатах, випробування авіадвигунів та інші, також пов'язані із шумом.

В останні роки шум став серйозною загрозою для довкілля в промисловості. Це зумовлено збільшенням потужності та ефективності машин, що широко використовуються на всіх стадіях та галузях виробництва.

В таблиці 4.1 наведені дані щодо допустимих рівнів звукового тиску на робочих місцях [31].

Таблиця 4.1 – Допустимий рівень шуму на робочому місці та у будівлях

Приміщення, робочі місця та робочі зони	Рівні звукового тиску (дБ) в смугах із середньгеометричними частотами (Гц)								Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку ДБА
	65	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Приміщення програмістів обчислювальних машин	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення управління, робочі кімнати	79	70	68	63	55	52	50	49	60
Постійні робочі місця та робочі зони у виробничих приміщеннях підприємств	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Для вимірювання рівня шумів на робочому місці, що проводиться не менше ніж один раз на рік, використовуються аналізатори спектру шуму та шумовимірювачі. В умовах виробництва, зазвичай, спостерігаються різні спектри та рівні шумів, що виникає в результаті роботи різного обладнання, механізмів, агрегатів та інших пристроїв. В залежності від цього класифікуються умови праці, зокрема допустимі, шкідливі або небезпечні, що відповідає ГДР згідно до Державних санітарних норм ДСН 3.3.6 037-99 [30].

Рекомендується дотримуватися наступних діапазонів шуму для приміщень з різною метою використання: для приміщень, призначених для сну та відпочинку - від 30 до 40 дБ; для приміщень, призначених для розумової праці - від 45 до 55; для приміщень, де працюють робітники цехів, гаражів та магазинів - 56-70; у службових приміщеннях касового вузла банку - близько 60; у виробничих приміщеннях касового вузла - до 75 дБ. [31].

#### 4.2 Заходи щодо зниження шуму на робочих місцях

Можливість найбільш ефективно боротися із шумом полягає у зменшенні його на джерелі виникнення. У першу чергу, рекомендується замінити обладнання, яке працює за принципом удару, на обладнання без удару. Наприклад, клепальні молотки можна замінити гідравлічними або проводити зварювання замість клепання. Також можуть бути застосовані поглинаючі коливальну енергію прокладки з високим коефіцієнтом тертя, такі як гума. Заміна металу на інші матеріали, такі як пресований текстоліт, капрон та різні пластмаси, може знизити рівень шуму. Для боротьби з шумом, що виникає внаслідок тертя, застосовують змащувальні матеріали, наприклад, машинне масло при різанні та шліфуванні металу. Правильне змащування не лише зменшує рівень шуму, але і збільшує довговічність устаткування шляхом зменшення зносу деталей..

Організаційно-технічні заходи, як от своєчасний ремонт, догляд та правильне зберігання ручного та механізованого інструменту, мають важливе профілактичне значення. У разі, якщо зниження шуму в джерелі його появи не дає очікуваних результатів, рекомендується використовувати засоби для зменшення

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		71



шуму на шляху його поширення..

Рекомендується використовувати різні методи зменшення шуму, включаючи місцеву та загальну звукоізоляцію, шумовловлюючі екрани, поглинаючі фільтри та глушители шуму. Для досягнення загальної звукоізоляції можна створити бар'єри (стіни, стелі) з матеріалів, які поглинають звук, таких як цегла, бетон, залізобетон. Місцеву звукоізоляцію можна досягти, використовуючи kabіни звукоізоляції, в яких можна розмістити окремі агрегати або технологічні лінії. Різноманітні конструкції звукоізолюючих кабін можуть забезпечити необхідний рівень зниження шуму, використовуючи будівельні матеріали, такі як цегла, бетон та інші..

При проектуванні та будівництві промислових споруд важливу роль у боротьбі з шумом відіграють архітектурно-будівельні і планувальні рішення. Для зменшення шуму від шумних цехів підприємств, їх слід сконцентрувати в одному або двох місцях та оточувати зеленою зоною. Приміщення з джерелом шуму мають бути розташовані на відстані 100, 200 та 1000 м від безшумних приміщень. Цехи середньої шумності можна розташовувати за зеленою зоною, а безшумні цехи й адміністративні приміщення — за ними..

Для запобігання втомлення від шуму важливим заходом є чергування між робочими і періодами відпочинку. Відпочинок може зменшити негативний вплив шуму на працездатність, але лише в тому випадку, якщо його тривалість та кількість відповідають умовам, необхідним для найефективнішого відновлення нервових центрів. Окрім того, короточасний відпочинок під час роботи та організоване дозвілля поза робочим часом є важливими для осіб, які працюють у шумних умовах..

Щоб захиститися від високочастотного шуму, можна використовувати індивідуальні засоби захисту, такі як навушники або заглушки. Працівники, які працюють у зонах з високим рівнем шуму, повинні проходити медичні огляди, аби запобігти професійним захворюванням. Ці огляди допомагають виявити зміни у стані здоров'я та вчасно прийняти необхідні заходи. Для профілактики професійних захворювань, працівники повинні проходити профілактичні медичні огляди не рідше одного разу на рік.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		72

#### 4.3 Визначення заходів щодо зниження рівня шуму

Щоб знизити рівень шуму на робочих місцях, потрібно спочатку визначити фактичний рівень шуму від усіх джерел у приміщенні, враховуючи характеристики джерел шуму та їх розташування. Для цього можна використовувати методіку розрахунку фактичного рівня шуму [31, 32].

Після визначення рівня шуму на пульті керування автоматизованого робочого місця (АРМ) потрібно перевірити його відповідність нормам санітарно-гігієнічних умов. Якщо рівень шуму перевищує норму, можна запропонувати заходи щодо його зниження.

Кабіна, в якій знаходиться пульт АРМ, має розміри 2200 x 1750 x 2100 мм та знаходиться на відстані 6 м від обрізного автомата А-233. У кабіні забезпечуються належні умови температури, вологості, швидкості руху повітря та освітленості (22С, 50%, не більше 0,1 м/с та 420 лк відповідно).

Проаналізувавши умови праці на АРМ, можна вважати, що мікроклімат, рівень світла та розміри робочої зони знаходяться в межах норми відповідно до ГОСТ 23000-78 [30].

Тому необхідно провести оцінку рівня шумів на АРМ з урахуванням того, що джерелом шуму є обрізний автомат А-233. Згідно з його характеристиками, рівень звукової потужності цього устаткування становить 112 дБ в октавній смузі з середньо-геометричною частотою 1000 Гц [31].

Для розрахунку рівня шуму на АРМ використаємо вираз:

$$L_r = L_i - 10 \lg 2\pi r^2,$$

де  $L_r$  – рівень шуму в розрахунковій точці, дБ;  $L_i$  – рівень шуму в джерелі, що знаходиться на відстані  $r$  (м) від розрахункової точки, дБ.

В результаті проведених розрахунків отримаємо рівень шуму 88,5 дБ, який перевищує нормативні значення допустимого рівня для виробничих приміщень, який у відповідності до таблиці 4.2 [32] складає 80 дБ.

Для того, щоб зменшити рівень шуму необхідно застосувати метод зниження шуму відповідно до шляху за яким він поширюється, зокрема, використати у якості елемента конструкції kabіни перегородку для ізоляції звуку.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		73

Таблиця 4.2 – Допустимі еквівалентні рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівень звуку, дБ·А
Приміщення конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних та дослідних робіт	50
Приміщення керування, робочі кімнати	60
Кабіни спостережень і дистанційного керування:	
без мовного зв'язку	80
з мовним зв'язком по телефону	65
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств	80

Застосування перегородки із ДСП товщиною 30 мм дозволить зменшити рівень шумів на 26 дБ [32]. У випадку реалізації зазначеного заходу для забезпечення зниження шумів фактичний їх рівень становитиме  $88,5 - 26 = 62,5$  дБ, що відповідно до таблиці 4.2 відповідатиме нормативному значенню.

## ВИСНОВКИ

В роботі реалізована автоматизована система контролю параметрів базової станції GSM-зв'язку для забезпечення моніторингу віддалених об'єктів, що дозволяє, в інтеграції з іншими частинами комплексу, зокрема регіональним концентратором-маршрутизатором та системою передачі даних, знизити загальні витрати та підвищити якість обслуговування великого числа територіально - розподілених об'єктів.

Дослідження принципів побудови та функціонування мережі GSM-зв'язку дозволило зрозуміти, що це досить складна технологія, яка потребує високої якості обладнання та підтримки його у належному стані для забезпечення надійності та безпеки передачі інформації. Проведені дослідження технічних аспектів мереж GSM-зв'язку дозволили визначити основні елементи інфраструктури та принципи їх роботи.

Досліджені параметри роботи та будова базової станції, що є одним з головних компонентів комунікаційної мережі оскільки забезпечують безперервність зв'язку між мобільними телефонами та мережею GSM. Проведені дослідження дозволили визначити важливість, контролю параметрів базової станції, оскільки це дозволяє підтримувати її в оптимальному стані для забезпечення максимальної продуктивності та ефективності телекомунікаційної мережі.

Проведені дослідження технології передачі даних в системах зв'язку, особливостей роботи системи передачі TDMA (E1), принципів синхронізації та протоколів обміну, оскільки ці параметри мають важливе значення для забезпечення якості передачі даних та ефективності роботи АСК.

В результаті проведених досліджень визначено параметри контролю та вимоги до автоматизованої системи контролю параметрів базової станції GSM-зв'язку. На основі вимог сформульовано варіанти проектованої АСК для різних інтерфейсів та реалізовано загальну схему підключення пристрів.

Проведений аналіз сучасної елементної бази для реалізації АСК параметрів BTS дозволив обґрунтувати вибір технічних засобів, які забезпечать ефективну

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		75

роботу системи та є оптимальними з точки зору функціональності та вартості.

На основі вибраних компонентів розроблено структурну та функціональну схему АСК. Реалізовано розподіл виконавчих функцій між вузлами, для підвищення швидкодії, за рахунок меншої кількості звернень до пам'яті SDRAM, передбачено зберігання даних у flash-пам'яті. Для тактування роботи процесора використано генератор з частотою 32.768 МГц, що узгоджується з «двійковою» частотою передачі даних каналом Е1, а також дозволяє досягти достатньо високої швидкодії. Для автоматичного відновлення роботи АСК, після короткочасного збою живлення, зовнішніх завад, помилки алгоритму тощо, в схему включено сторожовий таймер. Ethernet-порт забезпечує можливість підключення додаткових пристроїв, наприклад Web-камери для систем дистанційного спостереження, ПК для доступу до ресурсів корпоративної обчислювальної мережі з будь-якого віддаленого об'єкту, прилади обліку, діагностичні датчики, датчики сигналізації, обладнання об'єкту, а також інші інтелектуальні пристрої, що можуть приймати керуючі впливи та передавати інформацію про результати виконання тих чи інших цільових функцій.

Виконана оптимізація програмного забезпечення та проведене відлагодження АСК. Розроблені принципи обміну символьно-орієнтованими пакетами даних та реалізовані інтерфейси користувача з набором мережевих сервісних функцій.

Проаналізовано шум у виробничих приміщеннях, його вплив на організм людини та заходи щодо зниження шуму. Здійснено розрахунок та запропоновано необхідні заходи щодо охорони праці, зокрема зниження рівню шуму.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		76

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bill Gardner, Stephen Shay. GSM: Architecture, Protocols and Services, Pearson Education Limited.- 2003.- 482 p.
2. Мобільні мережі. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.computervsem.com/2020/04/mobilni-merezhi.html>
3. Дистанційне керування станціями GSM. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.telecomua.net/uk/dystantsiine-keruvannia-stantsiiamy-gsm>
4. Дерев'янка І.Ю., Іваненко С.В., Старченко В.Ю. Сучасні технології та засоби автоматизації сервісного обслуговування мережі GSM. -Київ: НТУУ "КПІ".- 2011.- 188 с.
5. Лук'янова І.О., Костенко Л.В., Романенко Ю.М. Автоматизація сервісного обслуговування мережі зв'язку GSM. Київ: КНЕУ.- 2016.- 224 с.
6. Мобільні мережі GSM: технологія та проектування / М.М. Гордаш, І.Ю. Жуков, О.М. Сидоров. - К.: Видавничий дім "ІНЖЕК".- 2006. - 512 с.
7. Aiello M., Aloisio P., Gallo M. Mobile Networks: Architecture, Protocols, and Services. John Wiley & Sons, 2011. 308 p.
8. GSM Network Architecture. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.ques10.com/p/5206/gsm-network-architecture-1/>
9. Global System for Mobile Communication Control System. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://ukdiss.com/examples/global-system-mobile-control-system.php>
10. BTS in Telecommunication. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.technopediasite.com/2021/11/bts-in-telecommunications.html>
11. How BTS Process, Transmit and Receive Radio Waves? . [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.linkedin.com/pulse/how-bts-process-transmit-receive-radio-waves-dr-abdullah>
12. Sauter Martin. GSM - Architecture, Protocols and Services. Wiley.- 2009. -758 p.
13. Rappaport, T. S. Wireless Communications: Principles and Practice. Pearson Education India.- 2011.-1216 p.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		77

14. Kandalec, Daniel. GSM - Architecture, Protocols and Services. McGraw-Hill Education.- 2009.- 522 p.
15. Anand M.L. Principles of Communication Engineering. CRC Press.- 2022. - 647 p.
16. Frenzel L. Principles of Electronic Communication Systems.- 5th edition. — New York: McGraw-Hill.-2022. - 1719 p.
17. Beasley J.S., Nilkaew P. Networking Essentials.- 6th Edition. - Pearson IT Certification.- 2021. - 848 p.
18. Tomsho G. Guide to Networking Essentials.- 8th Edition. - Cengage Learning.- 2020. - 850p.
19. Антонов В.М. Сучасні комп'ютерні мережі.- Підручник - К.: "МК-Прес".- 2005. - 480 с.
20. Карпенко М.Ю., Макогон Н.В. Комп'ютерні мережі.- Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.- 2019. - 99 с.
21. ARM - Advanced RISC Machines. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.andersdx.com/arm-advanced-risc-machines/>
22. Мікроконтролер Samsung S3C4530A. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/pdf/37744/SAMSUNG/S3C4510B.html>
23. S3C4530A microcontroller Datasheet. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://datasheetpdf.com/datasheet/S3C4530A.html>
24. Програмована логічна інтегральна схема Altera ACEX 1K. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.mouser.com/datasheet/2/612/acex-1299421.pdf>
25. Налагоджувальні засоби ALTERA/INTEL. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://biakom.com/store/17446-nalagodzhival-ni-zasobi-alteraintel/page/all>
26. Датчик температури DS1822 Dallas. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.analog.com/en/design-notes/ds18b20pards18s20pards1822-par-advantages-for-remote-temperature-sensing.html>
27. Dallas semiconductor. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.emdgroup.com/en/s/semi-webinar-series.html?gclid=CjwKCAjwxr>

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		78

2iBhBJEiwAdXECw2wcNuIdV21OmWiO3vvBUPsw0OBFXodhxNIsXqbB\_4AAGt2  
6LZBKWhoCxzUQAvD\_BwE

28. IAR Embedded Workbench. [Електронний ресурс].- Режим доступу:  
<https://www.iar.com/products/architectures/arm/iar-embedded-workbench-for-arm/>

29. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. - Вид. 3-є, перероб. і доп. - Львів : Українська академія друкарства.- 2006. - 320 с.

30. Третьяков О.В. Охорона праці. Навчальний посібник. - К.- 2010. - 167 с.

31. Практикум із охорони праці: навч. посібник / за ред. В.Ц. Жидецького. - Львів: Афіша, 2000. - 352 с.

32. Сивко, В.Й. Розрахунки з охорони праці. - Житомир: ЖІТІ, 2001. -152 с.

					ДП.АКІТ. 8894450.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		79