

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**освітньо-професійною програмою «Інформаційні вимірювальні
технології та системи»**

спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

на тему: «Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ВМ-61-2

Коваленко Максим Петрович _____

Керівник

доцент, к.т.н., доц.

Добролюбова Марина Валеріївна _____

Рецензент

доцент, к.т.н., доц.

Синиця Валентин Іванович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркушів	Примітка
1					
2			<u>Альбом 1</u>		
3					
4			<u>Текстова документація</u>		
5					
6			<u>Документація загальна</u>		
7					
8			<u>Заново розроблена</u>		
9					
10	A4		Завдання на дипломне проектування	2	
11					
12	A4		Анотація українською мовою	1	
13	A4		Анотація іноземною мовою	1	
14	A4	BM61.110004.001 ТЗ	Технічне завдання	8	
15	A4	BM61.110004.001 ТП	Відомість технічного проєкту	2	
16	A4	BM61.110004.001 ПЗ	Пояснювальна записка	93	
17					
18			<u>Документація</u>		
19			<u>по збірним одиницям</u>		
20					
21			<u>Заново розроблена</u>		
22					
23	A4	BM61.110004.001 ПЕЗ	Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації	2	
24					
25			Перелік елементів		
26					
27					
28					
29					

					BM61.110004.001 ОП		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Коваленко М.П.			Літ	Аркуш	Аркушів
Перев.		Добролюбова М.В.				1	2
Тех. контр.		Добролюбова М.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, гр. BM-61-2		
Н. конт.		Богомазов С. А.					
Затвер.		Єременко В.С.					
					Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації Опис		

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркуші	Примітка
1					
2	A4	BM61.110004.001 СП	Підсистема повірки ЗВТ	2	
3			для обліку обсягу інформації		
4			Специфікація		
5					
6					
7			<u>Альбом 2</u>		
8					
9			<u>Графічна документація</u>		
10					
11			<u>Заново розроблена</u>		
12					
13	A1	BM61.110004.001 E1	Підсистема повірки ЗВТ	1	
14			для обліку обсягу інформації		
15			Схема електрична		
16			структурна		
17					
18					
19	A1	BM61.110004.001 E2	Підсистема повірки ЗВТ	1	
20			для обліку обсягу інформації		
21			Схема електрична		
22			функціональна		
23					
24					
25	A1	BM61.110004.001 E3	Підсистема повірки ЗВТ	1	
26			для обліку обсягу інформації		
27			Схема електрична		
28			принципова		
29					
30					
31					
32					

					Аркуш	
					2	
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	BM61.110004.001 ОП	

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційні вимірювальні технології та системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

« ___ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Коваленку Максиму Петровичу

1. Тема проєкту «Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації», керівник проєкту Добролюбова Марина Валеріївна, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від « ___ » _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту *1. Час сесії: 0 – 59,99 хв. 2. Основна похибка обліку кількості інформації не більше 10 %. 3. Основна похибка фіксації реального часу: 0,1 с. 3. Кількість каналів вимірювання: 2. 5. Наявність функції калібрування. 6. Реалізація пакетної передачі даних на базі протоколу TCP/IP.*
4. Зміст пояснювальної записки *ТЗ. Вступ. Огляд існуючих технічних рішень. Розробка структурної, функціональної та принципової схем.*
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) *Схема структурна. Схема функціональна. Схема принципова.*

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06 квітня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	09.04.2020 р.	
2.	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень	24.04.2020 р.	
3.	Проектування структурної схеми	01.05.2020 р.	
4.	Проектування функціональної схеми	05.05.2020 р.	
5.	Проектування схеми електричної принципової вимірювальних каналів підсистеми	15.05.2020 р.	
6.	Аналіз похибок вимірювальних каналів	25.05.2020 р.	
7.	Оформлення графічних матеріалів	27.05.2020 р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2020 р.	
9.	Попередній захист дипломного проєкту	07.06.2020 р.	
10.	Рецензування дипломного проєкту	до 10.06.2020 р.	
11.	Захист дипломного проєкту	до 20.06.2020 р.	

Студент

Максим КОВАЛЕНКО

Керівник проєкту

Марина ДОБРОЛЮБОВА

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті розроблена підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації з метою зменшення кошторису та ймовірності помилок повірника при проведенні метрологічних робіт.

В рамках дипломного проекту розглянуто існуючі аналогічні технічні рішення, обґрунтовано актуальність створення підсистема, розглянуто принцип дії підсистема, розроблені структурна та функціональна схеми, розрахована схема електрична принципова та проаналізовані похибки.

Графічна частина дипломного проекту зображена на трьох аркушах формату А1 і містить:

- структурну схему підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації;
- функційну схему підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації;
- електричну принципову схему підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації.

Ключові слова: обсяг інформації, повірка, телекомунікації, мікроконтролерний модуль.

ANNOTATION

In the diploma project the subsystem of ME verification is developed for the account of the volume of information for the purpose of reduction of the estimate and probability of errors of the attorney at carrying out metrological works.

Within the framework of the diploma project the existing similar technical decisions are considered, the urgency of creation of a subsystem is substantiated, the principle of operation of a subsystem is considered, the structural and functional schemes are developed, the electric scheme is calculated and errors are analyzed.

The graphic part of the diploma project is depicted on three sheets of A1 format and contains:

- block diagram of the ME verification subsystem for accounting for the amount of information;
- functional diagram of the ME verification subsystem for accounting of the amount of information;
- electrical schematic diagram of the ME verification subsystem for accounting for the amount of information

Keywords: volume of information, verification subsystem, telecommunications, microcontroller module.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ІВТ

_____ проф. В. ЄРЕМЕНКО

" ____ " _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт

«Підсистема перевірки ЗВТ для обліку обсягу інформації»

ВМ61.110004.001 ТЗ

УЗГОДЖЕНО:

Керівник дипломного проєкту

доцент кафедри ІВТ

_____ (Посада)

Добролюбова Марина Валеріївна

_____ (П.І.П)

" ____ " _____ 2020 р.

Дипломник:

Ст. гр. ВМ-61-2

Ковалекно Максим Петрович

_____ (П.І.П)

" ____ " _____ 2020 р.

Залікова книжка _____

Київ 2020

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Розроблена підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації призначена для дослідження процесу пакетної передачі даних та вимірювання часу їх передачі з метою контролю обліку обсягу інформації під час надання інформаційно-телекомунікаційних послуг операторами мобільного зв'язку, а саме доступу до мережі Інтернет.

2 ПІДСТАВИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРОБКИ

Підставою для розробки є завдання на дипломний проєкт, видане і затверджене кафедрою Інформаційно-вимірювальних технологій Національного Технічного Університету України «Київський політехнічний інституту імені Ігоря Сікорського» у квітні 2020 р.

3 МЕТА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

Метою розробки є створення на сучасній елементній базі в рамках повірочного комплексу для систем вимірювання тривалості телефонних розмов (СВТТР) та систем обліку обсягу інформації (СООІ) підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації.

Використання підсистеми дозволить:

– досліджувати процес пакетної передачі даних з метою моніторингу і контролю обліку обсягу інформації під час надання інформаційно-телекомунікаційних послуг, що сприятиме зменшенню кошторису та ймовірності помилок повірника при проведенні метрологічних робіт.

4 ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

Джерелами розробки є:

– державні та галузеві стандарти;

- науково-технічні та дослідно-конструкторські звіти;
- науково-технічна література по проектуванню електронного обладнання.

5 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

5.1 Вимоги, що визначають експлуатаційні характеристики, показники якості та метрологічні характеристики.

5.1.1 Технічні характеристики, метрологічні характеристики і показники якості.

5.1.1.1 Підсистема повинна виконувати повірку ЗВТ для обліку обсягу інформації: вимірювати кількість байт (розмір файлу), а також час, за який відбувається процес передачі даних.

5.1.1.2 Підсистема повинна бути організована таким чином, щоб в режимі повірки можна було задавати кількість завантажень, приймати дані для підключення, підключатися та відключатися до / від Інтернету, передавати файл на ПК, визначати кількість байт, задавати частоту та тривалість імпульсів, передавати дані для лог-файлу: дата, тривалість сесії, номер сім-картки, кількість байт. Зформований лог-файл має виводитися на екран монітору.

5.1.1.3 Підсистема повинна мати наступні технічні характеристики:

5.1.1.3.1 Кількість каналів вимірювання – 2.

5.1.1.3.2 Час сесії: 0 – 59,99 хв..

5.1.1.3.3 Основна похибка обліку обсягу інформації: не більше 10 %.

5.1.1.3.4 Основна похибка фіксації реального часу: 0,1 с.

5.1.1.3.5 Реалізація пакетної передачі даних на базі протоколу TCP/IP.

5.1.1.4 Підсистема повинна забезпечувати передачу результатів вимірювання і керуючих впливів у цифровому вигляді.

5.1.2.1 Підсистема повинна зберігати свої параметри в межах норм, установлених технічним завданням протягом строків служби і зберігання після і

(або) в процесі впливу кліматичних факторів, що відповідають кліматичному виконанню УХЛ за ГОСТ 15150.

5.1.2.2 По стійкості до кліматичних і механічних дій підсистема повинна відноситися до групи 4 ГОСТ 22261 – 94.

5.1.2.3 Умови зберігання і транспортування

Блоки і модулі, що входять до складу підсистема, повинні допускати зберігання в опалювальних і не опалювальних сховищах за таких умов, згідно з ГОСТ 15150:

- для опалювального сховища:
 - температура повітря від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$;
 - відносна вологість повітря до 80 % при температурі 25°C ;
- для неопалюваного сховища:
 - температура повітря від -50°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
 - відносна вологість повітря до 98 % при температурі 25°C .

Підсистема повинна зберігати працездатність, зовнішній вигляд і свої параметри після транспортування при дії наступних видів кліматичних і механічних чинників, які відповідають ГОСТу В 20.39.305-76.

Кліматичні і механічні фактори що впливають при транспортуванні наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Кліматичні і механічні фактори що впливають при транспортуванні

	Види впливаючих кліматичних і механічних факторів	Номінальні значення і граничні відхилення
Умови транспортування	Температура навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$	-30 ... +50
	Відносна вологість повітря при температурі 35°C , %	98
	Атмосферний тиск, кПа (мм. рт. ст.)	60,0 - 106,7

	Види впливаючих кліматичних і механічних факторів	Номінальні значення і граничні відхилення
	Транспортна тряска:	(450 – 800)
	Кількість ударів в хвилину	80 – 120
	Максимальне прискорення, м/с ²	30
	Тривалість дії, год.	8

5.1.3 Вимоги до часу встановлення робочого режиму

Підсистема повинна забезпечувати в робочих умовах застосування необхідні характеристики після закінчення часу встановлення робочого режиму. Час встановлення робочого режиму має бути не більше 10 хвилин.

Підсистема повинна допускати тривалість безперервної роботи не менше 5 годин з подальшою зупинкою на період не менше 1 години.

5.1.4 Вимоги до електричної міцності та опору ізоляції за ГОСТ 26104

5.1.4.1 Ізоляція між корпусом і ізольованими від корпусу по постійному струму електричними ланцюгами, на яких під час роботи встановлюється більше 27 В та доступ до яких можливий без розтину блоків системи, повинна витримувати протягом 1 хв., дію випробувальної напруги змінного струму частотою 50 Гц із значенням $1,2 U_{роб}$.

5.1.4.2 Опір ізоляції монтажних ланцюгів живлення по відношенню до корпусу електронного блоку комплексу має бути не менше 1 МОм в робочих умовах застосування.

5.2 Вимоги до конструктивного пристрою

5.2.1 У ланцюгах електроживлення електричних блоків системи повинні бути встановлені плавкі запобіжники.

5.2.2 Електронний блок підсистеми повинен бути забезпечений роз'ємами для інтерфейсних кабелів, які відповідають вимогам ГОСТ 26003.

5.2.3 Електронний блок підсистеми повинен бути забезпечений можливістю

вимкнення живлення, гніздом роз'єму живлення, запобіжником для живлення, роз'єм для підключення до шини стандартного інтерфейсу USB, клемми заземлення.

5.2.4 Усі написи згідно ГОСТ 26.020-80.

5.2.5 Комплектуючі вироби та матеріали повинні застосовуватися в режимах експлуатації, встановлених в стандартах і ТУ на них.

5.3 Вимоги до електроживлення

5.3.1 Живлення підсистеми має здійснюватися від промислової мережі змінного струму частотою 50 Гц і напругою 220 В.

5.3.2 Робочі умови застосування:

- напруга (220 ± 10) В;
- граничне відхилення частоти мережі живлення ± 2 Гц;
- зміст гармонік – не більше 5 %.

5.4 Вимоги до надійності

5.4.1 Підсистема належить до відновлюваного класу виробів.

5.4.2 Середній час напрацювання на відмову має бути не менше 5000 год згідно з ГОСТ27883.

5.4.3 Середній термін служби повинен бути не менше 5 років.

5.4.4 Середній час відновлення повинен бути не більше 40 хв.

5.5 Вимоги безпеки при монтажі, експлуатації та ремонті

5.5.1 Підсистема повинна відповідати вимогам безпеки за ГОСТ 26104 і ГОСТ 12.2.007.0.

5.5.2 Металеві частини підсистеми, доступні для дотику до них обслуговуючого персоналу, які можуть виявитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції і не мають інших видів захисту, підлягають захисному заземленню за ГОСТ 12.1.030. Повинні бути передбачені клемами для підключення захисного заземлення.

5.5.3 Всі зовнішні частини підсистеми, що знаходяться під напругою, понад 42 В відносно корпусу, повинні бути захищені від випадкових дотиків під час роботи.

5.5.4 Підсистема повинна мати світлову індикацію включення живлення мережі.

5.6 Вимоги до завадозахищеності

5.6.1 Підсистема повинна зберігати працездатність і метрологічні характеристики при впливі на нього індустриальних завад, що не перевищують норм, передбачених в «нормах допустимих індустриальних завад» (Норми 1-72 - 9-72).

5.6.2 Підсистема не повинна бути джерелом індустриальних завад з рівнем, що перевищує вимоги ГОСТ 29216.

5.6.3 Засоби та методи, що застосовуються для захисту від завад повинні відповідати ГОСТ 30375-95, ГОСТ 30375-76.

5.7 Вимоги до засобів, методів і умов повірки

5.7.1 Умови проведення повірки повинні відповідати вимогам ГОСТ 8.395.

5.8 Додаткові вимоги

5.8.1 Підсистема повинна забезпечувати архівування в незалежній пам'яті результатів вимірів, обчислень і параметрів функціонування.

5.8.2 Підсистема повинна забезпечувати вивід вимірювальної, діагностичної, архівної інформації через інтерфейс USB.

6 ЕТАПИ РОЗРОБКИ

Етапи розробки, оформлення та узгодження дипломного проєкту наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Етапи розробки дипломного проєкту

№ п/п	Найменування етапу	Дата
1	2	3
1	Розробка та узгодження технічного завдання	09.04.2020 р.
2	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень	24.04.2020 р.
3	Проектування структурної схеми	01.05.2020 р.
4	Проектування функціональної схеми	05.05.2020 р.
5	Проектування схеми електричної принципової вимірювальних каналів підсистеми	15.05.2020 р.
6	Аналіз похибок вимірювальних каналів	25.05.2020 р.
7	Оформлення графічних матеріалів	27.05.2020 р.
9	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2020 р.
10	Попередній захист дипломного проєкту	07.06.2020 р.
11	Рецензування дипломного проєкту	до 10.06.2020 р.
12	Захист дипломного проєкту	до 20.06.2020 р.

Всі ГОСТи, що використовуються в даному ТЗ на ДП, є чинними на території України.

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркуші	Примітка
1					
2			<u>Альбом 1</u>		
3					
4			<u>Текстова документація</u>		
5					
6			<u>Документація загальна</u>		
7					
8			<u>Заново розроблена</u>		
9					
10	A4	BM61.110004.001 ПЗ	Пояснювальна записка	93	
11					
12			<u>Документація</u>		
13			<u>по збірним одиницям</u>		
14					
15			<u>Заново розроблена</u>		
16					
17	A4	BM61.110004.001 ПЕЗ	Підсистема повірки ЗВТ	2	
18			для обліку обсягу інформації		
19			Перелік елементів		
20					
21					
22	A4	BM61.110004.001 СП	Підсистема повірки ЗВТ	2	
23			для обліку обсягу інформації		
24			Специфікація		
25					
26					
27					
28					
29					

					BM61.110004.001 ТП		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Коваленко М.П.			Літ	Аркуш	Аркуші
Перев.		Добролюбова М.В.				1	2
Тех. контр.		Добролюбова М.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, гр. BM-61-2		
Н. конт.		Богомазов С. А.					
Затвер.		Єременко В.С.					
					Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації Відомість технічного проєкту		

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркуші	Примітка
1					
2			<u>Альбом 2</u>		
3					
4			<u>Графічна документація</u>		
5					
6			<u>Заново розроблена</u>		
7					
8	A1	BM61.110004.001 E1	Підсистема повірки ЗВТ	1	
9			для обліку обсягу інформації		
10			Схема електрична		
11			структурна		
12					
13					
14	A1	BM61.110004.001 E2	Підсистема повірки ЗВТ	1	
15			для обліку обсягу інформації		
16			Схема електрична		
17			функціональна		
18					
19					
20	A1	BM61.110004.001 E3	Підсистема повірки ЗВТ	1	
21			для обліку обсягу інформації		
22			Схема електрична		
23			принципова		
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

					Аркуш	
					BM61.110004.001 ТП	
					2	
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Підсистема перевірки ЗВТ для обліку обсягу
інформації»

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	7
1.1 Загальні вимоги до повірочних комплексів.....	7
1.2 Методика оцінки вимірюваних величин	8
1.3 Системи та засоби для збору статистики по вхідному і вихідному трафіку	10
1.3.1 Пристрої для формування з'єднань	10
1.3.1.1 Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА»...	10
1.3.1.2 Пристрій для формування IP-з'єднань «Амулет-2э».....	12
1.3.2 Аналізатори	15
1.3.2.1 Тестер-аналізатор МАКС-ЕМК.....	15
1.3.2.2 Мережевий аналізатор Optiview XG 10G.....	19
1.3.3 Роутери	21
1.3.3.1 D-link DIR-825	21
1.3.3.2 TP-Link AC1750 Archer C7 V2.....	23
1.3.3.3 Двodiaпазонний маршрутизатор Asus RT-AC68U	25
Висновок до розділу 1.....	28
2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	29
Висновок до розділу 2.....	31
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ.....	32
3.1 Огляд технології пакетної передачі даних	35
3.2 Протокол TCP / IP	36
Висновок до розділу 3.....	39
4 ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ.....	40

					ВМ61.110004.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
<i>Розроб.</i>		<i>Коваленко М.П.</i>			Підсистема перевірки ЗВТ для обліку обсягу інформації Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Добролюбова М.В.</i>					2	93
<i>Тех.контр</i>		<i>Добролюбова М.В.</i>				КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, гр. ВМ61-2		
<i>Н. контр</i>		<i>Богомазов С. А.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Єременко В. С.</i>						

4.1	Проектування схеми електричної принципової вимірювального каналу для визначення обсягу інформації	40
4.2	Лінійний стабілізатор напруги	41
4.3	GSM модуль	48
4.4	Вимірювання напруги живлення	49
	Висновок до 4 розділу.....	51
5	АНАЛІЗ ПОХИБОК.....	52
5.1	Розрахунок похибок значення вихідної напруги лінійного стабілізатора ...	52
5.2	Похибка вимірювання часу	53
5.3	Похибка вимірювання напруги живлення	54
5.4	Аналіз похибки обліку обсягу інформації.....	56
6	РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	58
6.1	Розробка алгоритму функціонування підсистеми перевірки ЗВТ для обліку обсягу інформації.....	58
6.2	Організація інтерфейсу користувача	58
	Висновок до 6 розділу.....	65
	ВИСНОВКИ	66
	ЛІТЕРАТУРА	67
	ДОДАТОК А Акт впровадження	71
	ДОДАТОК Б Список публікацій.....	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- TCP – Transmission Control Protocol (Протокол керування передачею);
- GPRS – Groupe Special Mobile (Пакетний радіозв'язок загального користування);
- UDP – User Datagram Protocol (Протокол датаграм користувача);
- ЗВТ – засіб вимірювальної техніки;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ПК – персональний комп'ютер;
- МК – мікроконтролер;
- БД – база даних;
- ШІМ – широтно-імпульсна модуляція;
- UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Універсальний асинхронний приймач);
- БВНЖ – блок вимірювання напруги живлення;
- СВТТР – система вимірювання тривалості телефонних розмов;
- СООІ – система обліку обсягу інформації.

					VM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Дипломний проєкт присвячений розробці підсистеми повірки засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) для обліку обсягу інформації.

Стабільність розвитку інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури, як одного з найважливіших регуляторів інтеграції нашої держави у глобальне інформаційне суспільство, сприяє поліпшенню умов і якості життя українців за рахунок доступу до національних та світових інформаційних ресурсів.

Станом на теперішній час до переліку основних задач операторів зв'язку входить розширення переліку послуг та підвищення їх якості. Мова йдеться про універсальні послуги, послуги фіксованого телефонного зв'язку, послуги рухомого (мобільного) зв'язку та доступ до ресурсів мережі Інтернет. При цьому визначається відповідна абонентська система оплати. Рядом постанов Кабінету міністрів України («Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки» та «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці») затверджено, що системи обліку обсягу інформації (СООІ) та системи вимірювання тривалості телефонних розмов (СВТТР) підлягають оцінці відповідності та періодичній повірці, оскільки належать до законодавчо регульованих ЗВТ [1, 2]. Цей факт робить актуальною і важливою розробку повірочних комплексів для СООІ та СВТТР.

Метою дипломної роботи є розробка підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації, яка дозволить виконувати процес повірки в автоматичному режимі та забезпечить правильність розрахунків між користувачем і постачальником телекомунікаційних послуг. Об'єктом дослідження є комплекси для повірки систем обліку обсягу інформації. Предметом дослідження є особливості і структура підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підсистема побудована на базі плати Arduino Mega 2560 та GSM/GPRS Shield на основі компонента SIM900. Shield SIM900 реалізує пакетну передачу даних на протоколах TCP/IP та містить мікросхему MT6260SA компанії MediaTek і мікросхему приймача RFMD RF7176. На персональному комп'ютері (ПК) встановлено програмне забезпечення (ПЗ), за допомогою якого здійснюється налаштування та керування підсистемою, а також подальша обробка результатів вимірювання, що зберігаються в базі даних.

Розроблена підсистема вимірює обсяг переданих по каналу зв'язку даних, який одночасно вимірюється СОКІ мобільного оператора, що дозволяє оцінити метрологічні характеристики відповідної СОКІ.

Особливість даної роботи полягає у створенні підсистеми, яка, по-перше, є автоматизованою, а по-друге, дозволяє вимірювати декілька параметрів одночасно (обсяг переданих даних та тривалості сеансу зв'язку при передачі пакету інформації), а по-третє, має доволі низьку собівартість у порівнянні з аналогічними розробками.

Галуззю застосування розробленої підсистеми є метрологічна діяльність у сфері телекомунікацій, а саме оцінка відповідності та періодична повірка СОКІ.

Дипломний проєкт виконано на основі технічного завдання на дипломне проєктування, виданого кафедрою інформаційно-вимірювальних технологій КПІ імені Ігоря Сікорського.

Розробка виконана з використанням науково-технічної літератури з проєктування багатоканальних вимірювальних систем.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						6
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Станом на сьогодні, повірка систем обліку кількості інформації здійснюється на теренах України та Російської Федерації. В Україні Державний первинний еталон одиниць вимірювання кількості інформації, який має пряме відношення до інформаційно-комунікаційних технологій, знаходиться на стадії розробки. Якщо взяти до уваги прийняті постанови Кабінету міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» та «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки», системи обліку обсягу інформації (СООІ) належать до переліку законодавчо регульованих ЗВТ, які підлягають оцінці відповідності та періодичній повірці. Тому актуальність розробки еталону одиниць вимірювання кількості інформації не викликає сумніву.

На сьогоднішній день в ДП «Укрметртестстандарт» створено і атестовано еталонну міру обсягу інформації – еталонний файл певної обсягу інформації, який сформований розрахунковим методом, що дозволяє створити багатомінальний робочий еталон. Еталон перекриває весь діапазон необхідних значень обсягу інформації та зберігається на фізичному носії. За допомогою робочого еталону, калібруються аналізатори МАКС-ЕН і Exfor ETS-1000, які, в свою чергу, використовуються для повірки СООІ.

1.1 Загальні вимоги до повірочних комплексів

Вимоги до точності вимірювання повірочними комплексами:

- вимірювання обсягу переданих даних з точністю ± 1 байт;
- вимірювання тривалості сеансу зв'язку з точністю ± 1 с;
- вимірювання розбіжності шкал часу в мережах оператора зв'язку щодо шкали координованого часу з точністю $\pm 0,3$ с.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проблема забезпечення точності вимірювання є досить складною. Вона зумовлена великою кількістю засобів вимірювальної техніки та їх високою ціною.

Так, в Державному реєстрі засобів вимірювальної техніки РФ зареєстрований 21 тип засобів вимірювальної техніки обсягів (кількості) цифрової інформації і передачі даних а кількість робочих еталонів і засобів вимірювання обсягів (кількості) цифрової інформації перевищує 1000 примірників.

Така велика кількість засобів вимірювальної техніки породжує проблему, яка пов'язана із створенням єдиної методики оцінки вимірюваних величин через багаторівневу вкладеність протоколів в пакетних середовищах. Способів вимірювання трафіку (обсягу інформації) є декілька.

Так, якщо обсяг даних на рівні додатків (Ethernet Packet) становить 512 байт, то обсяг даних на мережевому рівні (IP Packet) складе 656 байт, а обсяг даних при зміні налаштувань (TCP Packet) – 706 байт.

1.2 Методика оцінки вимірюваних величин

На Державному підприємстві «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт») СООІ контролюються за методикою «Burstable billing»[3], яка полягає в розрахунку фактичного споживання пропускної здатності, що базується на наборі контрольних замірів, які накопичуються протягом певного проміжку часу з однаковою частотою (наприклад, раз в 10 хвилин). На кожному проміжку робляться заміри усередненої використовуваної смуги пропускання (передана кількість байт / часовий проміжок), але при цьому 5 % вимірів з максимальними показниками ігноруються, а з решти вимірів вибирається максимум, який і використовується як значення фактично спожитої смуги пропускання.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

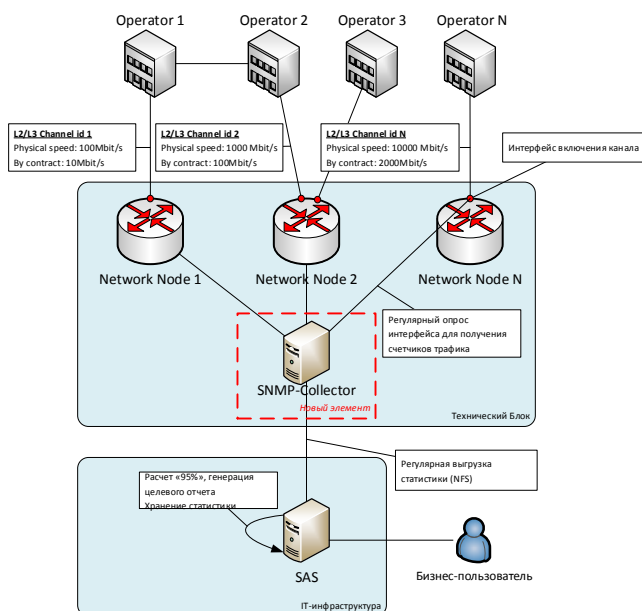
На «SNMP-колекторі» реалізується збір статистики трафіку. При цьому необхідно використовувати 64-бітові значення лічильників (ifHCInOctets and ifHCOutOctets).

На базі отриманої статистики лічильників інтерфейсів з мережевих елементів вимірюється смуга пропускання каналу:

- показання лічильників в байтах знімаються з портів мережевих елементів в рівні проміжки часу (один раз в п'ять хвилин) і записуються в текстовий файл;
- фактична швидкість спожитого трафіку розраховується як різниця між попереднім і поточним показанням лічильника, поділена на тривалість часу між знятими показаннями лічильника.

Для збору статистики показань лічильників трафіку з мережевих елементів, застосовується програмно-апаратний модуль «SNMP-колектор».

Для контролю – в розрив між Operator і Network Node впроваджується система ЗВТ для збору статистики по вхідному і вихідному трафіку (загальний обсяг трафіку). Інший варіант - контрольний вхідний і вихідний трафік для Network Node генерується за допомогою двох систем ЗВТ. Після закінчення контрольного періоду отримана статистика (або контрольний трафік) порівнюється з даними протоколів «SNMP-колектора» (розраховується загальний обсяг трафіку). Схема для перевірки працездатності СОКІ наведена на рисунку 1.1.



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

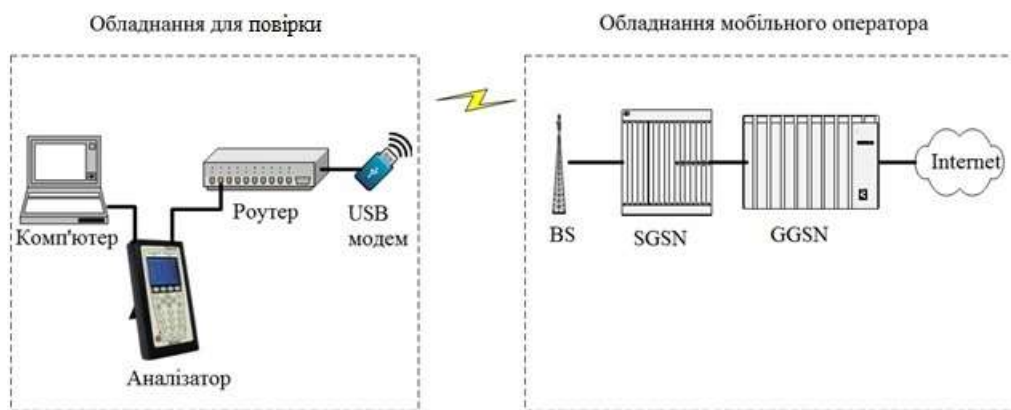


Рисунок 1.1 – Схема для перевірки працездатності COOI

1.3 Системи та засоби для збору статистики по вхідному і вихідному трафіку

1.3.1 Пристрої для формування з'єднань

1.3.1.1 Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА»

Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА» [4] (рис. 1.2) – це засіб вимірювань, що зареєстрований в Державному реєстрі ЗВТ РФ.



Рисунок 1.2 – Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА»

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА» - це багатоканальний програмно-апаратний комплекс, що забезпечує, в залежності від типу випробування, наступні процеси:

- формування заданої кількості сесій передачі даних, із заданою кількістю, переданої в сесії інформації або заданою тривалістю сесії, причому одночасно може встановлюватися до 8 сесій;
- формування заданої кількості телефонних з'єднань із заданою тривалістю розмовного стану, причому, одночасно може встановлюватися до 8 з'єднань;
- прийом вхідних дзвінків, ініційованих з таксофонів, вимір фактичної тривалості розмовного стану, і порівняння її з тривалістю оплаченого періоду, з метою визначення похибки;
- прийом і конвертація інформації про значення тривалості або кількості інформації, виміряних СВТЗ / СВПД і порівняння її з результатами, зафіксованими пристрієм для формування з'єднань універсальним «СІГМА»;
- визначення метрологічних характеристик обладнання, що випробовується і порівняння їх з нормованими значеннями.

Відповідно до різноманіття обладнання, яке застосовується в мережах зв'язку, і великої кількості технологій, пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА» забезпечує наступні варіанти доступу до випробуваного обладнання:

- по двопровідним абонентським лініям (телефонні з'єднання, виклики від таксофонів);
- за технологією Fast Ethernet (передача даних, SIP-телефонія);
- за технологією GSM / UMTS / LTE (передача даних, телефонні з'єднання, виклики від мобільних телефонів).

Таким чином, для проведення випробувань СВТЗ / СВПД пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА» по кожній із зазначених технологій забезпечує:

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- формування телефонних з'єднань заданої тривалості;
- формування сесії передачі даних із заданою кількістю інформації і тривалістю сесії;
- прийом дзвінки і вимірювання тривалість вхідного з'єднання.

Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА» може містити всі зазначені опції роботи або їх набір, за вибором Замовника.

Перевага пристрою для формування з'єднань універсального «СІГМА» полягає в наступному:

- при формуванні заданої кількості сесій передачі даних із заданою кількістю переданої в сесії інформації, одночасно може встановлюватися до 8 сесій;
- при формуванні заданої кількості телефонних з'єднань із заданою тривалістю розмовного стану одночасно може встановлюватися 8 з'єднань.

1.3.1.2 Пристрій для формування IP-з'єднань «Амулет-2э»

Формувач IP-з'єднань «Амулет-2э» (рис. 1.3), призначений для формування IP-з'єднань з заданим об'ємом (кількістю) переданої інформації і (або) із заданою тривалістю сеансу передачі даних і статистичного аналізу інформації (даних), отриманої з систем вимірювань передачі даних обладнання зв'язку. Формувач IP-з'єднань «Амулет-2э» використовується для перевірки та проведення випробувань з метою затвердження типу обладнання, що забезпечує облік обсягу переданої / прийнятої інформації і тривалості сеансу зв'язку при наданні послуг пакетної передачі інформації і доступу в Internet [5].

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Формувач IP-з'єднань «Амулет-2э»

Принцип дії базується на перенесенні (передачі) одиниць обсягів (кількості) інформації (даних) від державного первинного еталона МЕТ 200-2012 на обладнання зв'язку, який надає послуги з передачі даних, і фіксації моментів початку і закінчення сеансу передачі даних.

Формувач IP-з'єднань «Амулет-2э» – це програмно-апаратний комплекс, що складається з блоку формування IP-з'єднань з вбудованим, що функціонує в операційній системі Linux.

Управління приладами здійснюється за допомогою зовнішнього ПК з пакетом спеціального ПЗ Амулет-2э, версія 1.0, який функціонує в операційній системі Windows 7.

Підключення пристроїв до ПК здійснюється по локальній мережі Ethernet.

Даний прилад забезпечує достатньо високу автоматизацію процесу випробувань та перевірки IP-з'єднань в частині вимірювання кількості інформації або тривалості IP-з'єднання.

Основні функції приладу:

- ініціалізація спеціального ПЗ від керуючого комп'ютера з встановленим в нього пакетом спеціального ПЗ Амулет-2э, версія 1.0;

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконання програми вимірювань з вихідними даними, що задаються оператором;
- формування одночасно по всіх каналах всього стека протоколів;
- введення і зберігання вихідних даних;
- можливість візуалізації всіх пакетів кожного з'єднання;
- вибір середовища доступу;
- фіксація, аналіз, розшифровка і індикація всіх надісланих та отриманих пакетів;
- прийом даних про кількість переданої або прийнятої інформації або тривалість сеансу зв'язку від маршрутизатора або від іншого обладнання мережі;
- статистична обробка отриманих даних, документування та візуалізація результатів вимірювань;
- формування протоколу випробувань.

Основні технічні характеристики:

- число інформаційно-вимірювальних каналів: 8;
- діапазон формування та вимірювання тривалості IP - з'єднань: (1 - 3600);
- межі допустимої абсолютної похибки формування та вимірювання тривалості IP - з'єднань: $\pm 0,25$;
- діапазон формування та вимірювання кількості інформації: 10 байт - 100 Мбайт;
- абсолютна похибка формування та вимірювання кількості інформації IP-з'єднань: $\pm (30 - 100)$ байт.

Робочі умови застосування:

- температура повітря: $(25 \pm 10) ^\circ \text{C}$;
- відносна вологість повітря, при температурі $25 ^\circ \text{C}$: від 45 до 80 %;
- атмосферний тиск: від 84 до 106,7 кПа;
- середнє напрацювання на відмову приладу: не менше 5000 годин;
- середній термін служби приладу: не менше 8 років;
- живлення: від мережі змінного струму $(220 \pm 22) \text{ В}$, $(50 \pm 0,5) \text{ Гц}$.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метрологічні характеристики:

- діапазон формування та вимірювання кількості інформації, що передається / приймається в IP-з'єднанні від 1 байт до 1 Гбайт, з точністю: ± 1 байт;

- діапазон формування та вимірювання тривалості IP-з'єднань від 1 до 3600 с, з точністю $\pm 0,25$ с.

Формувач IP-з'єднань «Амулет-2э» – пристрій російського виробництва, а в Україні немає схожих вітчизняних аналогів, крім того, прилад має велику вартість.

Перевагою пристрою є те, що він дозволяє встановлювати вісім IP - з'єднань одночасно, але в рамках поставленої задачі це є надлишковою функцією, яка підвищує його вартість.

1.3.2 Аналізатори

1.3.2.1 Тестер-аналізатор МАКС-ЕМК

Тестер-аналізатор пакетних мереж МАКС-ЕМК призначений для кількісної оцінки параметрів якості, діагностики сучасних систем зв'язку на основі технології IP, виконання вимірювань параметрів мереж передачі даних, для контролю їх на відповідність регламентованому рівню якості надання послуг. Прилад також дозволяє вимірювати параметри якості синхронізації різних систем з вимірюванням розбіжності шкал часу в мережах операторів зв'язку [6].

Контроль параметрів транспортних потоків мереж Ethernet, Fast Ethernet і Gigabit Ethernet проводиться відповідно до міжнародних рекомендацій.

Прилад МАКС-ЕМК випускається в двох апаратних модифікаціях: базовій «В» та розширеній «Е».

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В модифікацію «Е» доданий високостабільний опорний генератор і приймач ГЛОНАСС / GPS. Тестер-аналізатор пакетних мереж МАКС-ЕМК зображено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Тестер-аналізатор пакетних мереж МАКС-ЕМК

Основні функції:

- незалежна підтримка і тестування двох інтерфейсів Ethernet / Gigabit Ethernet;
- генерація / аналіз трафіку на каналному, мережевому рівнях і вище з установкою навантаження, бітів пріоритету ToS / DSCP, довжини пакетів, налаштуванням MAC-адрес і IP-адрес джерела і одержувача та інших полів пакетів;
- одночасна генерація кількох потоків з різними налаштуваннями полів каналного і мережевого рівня;

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- збір і відображення різної статистичної інформації по прийнятому і переданому трафіку;
- тестування відповідно до рекомендацій RFC-2544, RFC-3393;
- тестування, відповідно до рекомендації Y.1564 з проведенням тестів: тест конфігурації і тест продуктивності;
- контроль зв'язності каналів і маршрутів на рівні IP: луна-тестування (Ping), маршрут, DNS, IP-сканер;
- організація шлейфу на фізичному, каналному і мережевому рівнях з перестановкою або заміною полів MAC, IP і інших;
- організація з'єднання з одного вимірювального порту на інший з паралельним збором статистики в режимі моніторингу;
- фільтрація трафіку на каналному і мережевому рівнях;
- підтримка протоколу експлуатації, адміністрування і обслуговування (OAM) по Ethernet з можливістю віддаленого включення шлейфу;
- діагностика несправностей мідного кабелю (стану кабелю, відстані до дефекту, перехрещування кручених пар тощо);
- підтримка протоколу дозволу адресів (ARP);
- підтримка протоколу динамічної конфігурації вузла (DHCP);
- підтримка мультипротокольної комутації по мітках (MPLS);
- вимір варіації затримки пакетів (PDV);
- вимір коефіцієнта бітових помилок (BER);
- тестування в багатопотоковому режимі;
- віддалене управління через порт USB, або за додатковим стику Ethernet з програми віддаленого управління;
- незалежне зберігання налаштувань тестів і інтерфейсів, а також результатів вимірювань у внутрішній пам'яті приладу;
- підтримка російського та англійського інтерфейсу меню приладу і програми віддаленого управління.

Особливості модифікації «Е»:

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- синхронізація частоти і часу з системами ГЛОНАСС / GPS;
- вимір розбіжностей шкал часу підвищеної точності по сигналу синхронізації 1 Гц від різних джерел синхронізації: зовнішнього входу, синхронізації по протоколу PTP, синхронізації по протоколу NTP, синхронізації глобальної навігаційної супутникової системи ГЛОНАСС / GPS;
- підтримка вимірювань параметрів з підвищеною точністю.

Повноцінне віддалене управління з удосконаленим інтерфейсом відображення налаштувань і результатів тестів. Програма віддаленого управління дозволяє скористатися всіма можливостями приладу на екрані ПК. Великий обсяг незалежної пам'яті дозволяє зберігати до 488 записів результатів вимірювань і налаштувань. За результатами тестування формуються звіти в графічному і табличному вигляді, які можуть бути перенесені на ПК і збережені у форматі *.pdf.

Технічні характеристики:

- два вимірювальних порта RJ-45 10/100/1000 BASE-T (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet), два вимірювальних порта під SFP-модулі 1000 BASE-X (Gigabit Ethernet); можливість одноразової роботи будь-яких двох з перерахованих вище;
- порт RJ-45 10/100 BASE-T для віддаленого управління і підключення до ПК;
- порт USB для віддаленого управління.

Загальні параметри:

- живлення: акумуляторні батареї (1 пр. тип LiIon); пристрій зовнішнього електроживлення і зарядки акумуляторів від мережі з напругою 220-230 В і частотою 50-60 Гц;
- робоча температура: від 5 ° до + 40 ° С;
- габарити: 225 x 110 x 53 мм;
- вага: не більше 0,65 кг.

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2.2 Мережевий аналізатор Optiview XG 10G

Мережевий аналізатор Optiview XG 10G виробництва компанії Fluke Networks (рис. 1.6) – це перший в галузі планшет, спеціально розроблений для мережевих інженерів [7].



Рисунок 1.6 – Мережевий аналізатор Optiview XG 10G

Широкі функціональні можливості дозволяють йому адаптуватися до різноманітних сучасних мереж (в тому числі до динамічних). Даний прилад підтримує впровадження нових технологій, включаючи віртуалізацію, об'єднання комунікацій, бездротовий зв'язок стандарту 802.11a / b / g / n і технологію 10 Гбіт / с Ethernet (це єдиний планшет з аналізом мереж 10 Гбіт / с в режимі «на лінії»).

Система усунення несправностей NETSCOUT OptiView XG унікальна. Вона заснована на профілактичному аналізі, аналізі, орієнтованому на додатки, а також аналізі маршрутів. Все це дозволяє видавати експертні рекомендації для автоматичного виявлення джерел проблем. Прилад автоматизує аналіз причин зниження швидкості і перебоїв в роботі мережі і додатків, дозволяючи користувачеві витратити менше часу на усунення несправностей.

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Функціональні можливості:

- автоматизований аналіз провідних мереж до 10 Гбіт / с поряд з бездротовими Wi-Fi мережами стандартів 802.11a / b / g / n;
- налаштування інструментальної панелі для перегляду даних, а також вбудований довідник по усуненню несправностей;
- аналіз продуктивності мережевої інфраструктури;
- автоматизована діагностика і надання деталізованої інформації для вирішення проблем ще до їх прояву, прозорий режим для пошуку та усунення несправностей.

Ключові особливості:

- декілька бездротових адаптерів – аналізатор оснащений двома WiFi-адаптерами і вбудованим спектральним аналізатором;
- прилад підтримує оптоволоконні з'єднання 10 Гбіт / с і 1 Гбіт / с, 10/100 Мбіт / с і 1 Гбіт / с двопортові мідні лінії разом з бездротовими мережами стандартів 802.11a / b / g / n.;
- працює під управлінням операційної системи Windows 10 (64-розрядна) і оснащений оперативною пам'яттю ємністю 4 Гб;
- укомплектований знімним твердотілим SSD диском ємністю 256 Гб. За обчислювальні можливості відповідає процесор Intel Core Duo з робочою частотою 1,2 ГГц;
- здатний захоплювати трафік на швидкості 10 Гбіт / с з легким налаштуванням фільтрів за різними критеріями;
- укомплектований спеціалізованим буфером захоплення 4 Гб, що цілком достатньо для захоплення пакетів з використанням фільтрів.

Аналізатор буде корисний мережевим інженерам, яким потрібно аналізувати продуктивність мережі і виявляти основну причину проблем.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.3 Роутери

1.3.3.1 D-link DIR-825

Бездротовий двохдіапазонний гігабітний маршрутизатор DIR-825 з підтримкою MU-MIMO, 3G / LTE і USB-портом [8]. Він дозволяє швидко організувати високошвидкісну бездротову мережу вдома і в офісі, надавши доступ до мережі Інтернет, комп'ютерів і мобільних пристроїв. Одночасна робота в діапазонах 2,4 ГГц і 5 ГГц дозволяє використовувати бездротову мережу для широкого кола завдань. Маршрутизатор може виконувати функції базової станції для підключення до бездротової мережі пристроїв, що працюють за стандартами 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n і 802.11ac (зі швидкістю безпроводного з'єднання до 1167 Мбіт / с). Бездротовий двохдіапазонний гігабітний маршрутизатор DIR-825 зображено на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – D-Link DIR-825

Пристрій підтримує декілька стандартів безпеки (WEP, WPA / WPA2), фільтрацію пристроїв, що підключаються по MAC-адресу, а також дозволяє використовувати технології WPS і WMM.

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Технологія Multi-user MIMO дозволяє розподілити ресурси маршрутизатора для ефективного використання Wi-Fi-мережі декількома бездротовими клієнтами, зберігаючи високу швидкість для потокової передачі мультимедії в високій якості і швидкої передачі великих файлів.

Використання технології Transmit Beamforming дозволяє динамічно змінювати діаграму спрямованості антен і перерозподіляти сигнал точно в бік бездротових пристроїв, підключених до маршрутизатора.

Інтелектуальний розподіл Wi-Fi-клієнтів Smart Wi-Fi буде корисний для мереж, що складаються з декількох точок доступу або маршрутизаторів D-Link – налаштувавши роботу функції на кожному з них та забезпечивши максимальний рівень сигналу.

Загальні характеристики:

- стандарти бездротового зв'язку:
 - IEEE 802.11a/n/ac;
 - IEEE 802.11b/g/n;
- макс. швидкість бездротового з'єднання – 867 Мбіт / с;
- захист інформації – WEP, WPA/WPA2, WPS (PBC/PIN);
- діапазон частот – 2400 МГц, 5150 МГц, 5650 МГц;
- підтримка VPN – IPsec/PPTP/L2TP/PPPoE pass-throug;
- функції мережевого екрану:
 - перетворення мережевих адрес (NAT);
 - контроль стану з'єднань (SPI);
 - фільтри – IP, IPv6, MAC, URL, DMZ-зона;
- типи підключення WAN:
 - LTE;
 - 3G;
 - PPPoE;
 - IPv6 PPPoE;
 - PPPoE Dual Stack;

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- мережеві функції:
 - DHCP-сервер / relay;
 - DNS relay;
 - Dynamic DNS;
 - DHCP-сервер / relay;
 - розширена настройка вбудованого DHCP-сервера;
 - призначення IPv6-адрес в режимі Stateful / Stateless, делегування префікса IPv6;
 - DNS relay;
 - Dynamic DNS;
 - статична IP-маршрутизація;
 - статична IPv6-маршрутизація;
 - IGMP Proxy;
 - MLD Proxy;
 - RIP;
 - Підтримка UPnP IGD;
 - підтримка VLAN;
 - резервування WAN;
 - сегментація трафіку між LAN-портами.

1.3.3.2 TP-Link AC1750 Archer C7 V2

Бездротовий двохдіапазонний гігабітний маршрутизатор TP-Link AC1750 (рис. 1.8) підтримує наступне покоління стандарту бездротового зв'язку 802.11ac, швидкість якого в 3 рази перевищує можливості пристроїв серії N. Пристрій передає дані в двох частотних діапазонах, забезпечуючи сукупну пропускну здатність до 1,75 Гбіт / с. При швидкості в 1,3 Гбіт / с на частоті 5 ГГц і 450 Мбіт / с на частоті 2,4 ГГц [9].

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.8 – TP-Link AC1750

TP-LINK AC1750 Archer C7 побудований на базі процесора Qualcomm QCA9558, що працює з частотою 720 МГц. Він забезпечує функціонування протоколу 802.11n в діапазоні 2,4 ГГц зі швидкістю до 450 Мбіт/с.

За роботу стандарту 802.11ac і 802.11n в межах 5 ГГц відповідає додатковий модуль Qualcomm QCA9880 у вигляді Mini-PCIe плати, який забезпечує швидкість до 1300 Мбіт/с. Діапазон 2,4 ГГц забезпечений трьома внутрішніми антенами, які розпаяні на основній платі, а за роботу 5 ГГц діапазону відповідають три зовнішні антени.

Робота доступних роз'ємів забезпечена чіпом Atheros AR8327N, обсяг вбудованої ОЗУ становить 128 МБ (використовуються два чіпи Zentel A3R12E40CBF-8E), а для прошивки передбачено 8 МБ-флеш-пам'яті (Spansion FL127SIF10).

TP-LINK AC1750 Archer підтримує найпопулярніші варіанти підключення до мережі - IPoE, PPPoE, PPTP і L2TP. Також є можливість створення гостьової мережі, батьківський контроль, захист від DoS-атак і підтримка протоколів IPv4, IPv6, а також IPTV.

Характеристики:

- стандарти: IEEE 802.11ac/n/a для частоти 5 ГГц та IEEE 802.11b/g/n для частоти 2,4 ГГц;
- швидкість передачі даних: 5 ГГц – до 1300 Мбіт/с, 2,4 ГГц – до 450 Мбіт/с;

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- типи підключень WAN – Динамічний IP/Статичний IP/PPPoE/PPTP (Dual Access)/L2TP (Dual Access)/BigPond;
- пропуск трафіку VPN – PPTP, L2TP, IPSec;
- захист бездротової мережі – режими шифрування: 64/128-бітний WEP, WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK;
- динамічний DNS – DynDns, Comexe, NO-I;
- мережева безпека (firewall):
 - захист від DoS-атак;
 - міжмережевий екран SPI;
 - фільтрація за IP-адресою / MAC-адресою;
 - прив'язка за IP- і MAC-адресами;
- типи антен:
 - 3 знімні антени 5 ГГц з коефіцієнтом підсилення 5 дБі (RP-SMA);
 - 3 внутрішні антени 2,4 ГГц;
- діапазон частот – 2,4 ГГц і 5 ГГц;
- 1 дипольна антена з коефіцієнтом посилення 2дБі з роз'ємом RP-SMA;
- 64/128-бітного WEP-шифрування даних;
- Wi-Fi Protected Access (WPA, WPA2);
- інтерфейс:
 - 4 порта LAN 10/100/1000 Мбіт/с;
 - 1 порт WAN 10/100/1000 Мбіт/с;
 - 1 порт USB 2.0;
- розміри (Ш × Д × В) – 243x160.6x32.5мм.

1.3.3.3 Дводіапазонний маршрутизатор Asus RT-AC68U

Бездротовий маршрутизатор ASUS RT-AC68U, стандарту Wi-Fi 802.11ac, чия швидкість передачі даних у діапазоні 5 ГГц перевищує пропускну здатність дротового з'єднання Gigabit Ethernet (рис. 1.9) [10].

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



Рисунок 1.9 – Дводіапазонний маршрутизатор Asus RT-AC68U

Застосування технології Broadcom TurboQAM дозволяє отримати пропускну здатність інтерфейсу 802.11n у діапазоні 2,4 ГГц, при роботі із сумісним мережевим обладнанням, до 600 Мбіт/с.

Роутер використовує двоядерний процесор SoC від Broadcom - BCM4708A. Частота роботи його ядер з архітектурою ARMv7 становить 800 МГц. Усередині цього чіпа встановлені контролери USB 2.0 і USB 3.0, а також мережевий комутатор з гігабітними портами. Останній підтримує Jumbo Frames в сегменті LAN. Обсяг флеш пам'яті – 128 МБ, оперативна пам'ять представлена чіпом на 256 МБ. Виробник надає спеціальну утиліту для зміни частоти роботи оперативної пам'яті з 533 до 667 МГц.

Роутер має два незалежні радіоблоки і може працювати одночасно в діапазонах 2,4 і 5 ГГц. Більшість налаштувань точок доступу дублюється. Крім стандартного набору (ім'я мережі, канал, режим, ширина каналу, захист) є також кілька додаткових опцій, серед яких – розклад роботи (один діапазон часу на робочі дні і другий на вихідні). Для діапазону 2,4 ГГц можна використовувати канали 1-13, а для 5 ГГц - тільки 36, 40, 44, 48. Крім WPA / WPA2 з паролем можна використовувати і варіанти контролю доступу через сервер RADIUS. Для бездротових мереж роутера можна використовувати білі списки клієнтів, а

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

технологія WPS дозволяє спростити підключення пристроїв (в налаштуваннях вказується, який діапазон буде використаний).

Одне з нововведень в прошивках роутерів Asus – реалізація роботи з двома портами для підключення до Інтернету. В якості другого каналу можна використовувати як USB-модеми, так і стандартне кабельне підключення (через будь-який вказаний порт LAN), яке має такі ж режими, як і основний канал. Виробник пропонує два варіанти сценарію – резервний канал або балансування навантаження.

Роутер обладнаний системою управління трафіком (QoS), здатною працювати в автоматичному режимі або за встановленими, користувачем, правилами. QoS дозволяє краще обслуговувати певні потоки. Це робиться шляхом або підвищення пріоритету потоку, або обмеження пріоритету іншого потоку.

Вбудоване програмне забезпечення підтримує всі актуальні для локального ринку технології, включаючи L2TP для підключення до Інтернету і різні варіанти IPTV. Крім вирішення основних завдань домашнього маршрутизатора, пристрій має широкий набір додаткових сервісів: гостьові бездротові мережі, сервер VPN, робота з модемами 3G / 4G, реалізація мережевого принтера і БФП, доступ до файлів по протоколах SMB, FTP і DLNA, автономна система завантаження файлів, віддалений доступ до документів через інтернет і з мобільних пристроїв.

Характеристики:

- стандарти зв'язку: 802.11a, 802.11ac, 802.11b, 802.11g, 802.11n;
- інтерфейси:
 - 4 порта RJ45 для 10/100/1000/Gigabits BaseT для LAN;
 - 1 порт RJ45 для 10/100/1000/Gigabits BaseT для WAN;
 - 1 порт USB 2.0;
 - 1 порт USB 3.0;
- максимальна швидкість Wi-Fi – 1900 Мбіт/с;
- частоти роботи Wi-Fi – 2.4 ГГц та 5 ГГц;
- підтримка протоколів:

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- IPsec;
- L2TP;
- PPPoE;
- PPTP;
- функції VPN:
 - IPSec Pass-Through;
 - PPTP Pass-Through;
 - L2TP Pass-Through;
 - PPTP server.

Висновок до розділу 1

Розглянуті аналогічні технічні рішення показали, що існуючі комплекси не є повністю автоматизовані – це призводить до збільшення часу на виконання перевірки та збільшує ймовірність помилок, які може допустити повірник. Більшість має надлишкові функції для обраної методики перевірки, що впливає на якість робіт, а також суттєво підвищує вартість комплексів. Також слід враховувати, що пакетна передача даних, в комплексі, має бути реалізована на протоколах TCP/IP.

Отже, було прийнято рішення щодо створення підсистеми перевірки ЗВТ для обліку обсягу інформації на доступній за ціною політикою елементній базі (модуль Arduino MEGA2560, до складу якого входить GSM GPRS модуль SIM900), яка відповідає всім зазначеним в ТЗ вимогам і забезпечує відповідні точність та якість, а також усуває надлишкові функції аналогічних комплексів.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						28
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Головним призначенням підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації є дослідження процесу пакетної передачі даних та контроль обсягу використаної кількості інформації під час надання операторами мобільного зв'язку телекомунікаційних послуг.

Принцип роботи системи полягає в завантаженні через мережу Інтернет певного, еталонного файлу фіксованого розміру та подальша його передача на ПК в цифровому вигляді для опрацювання (збереження, обробка результатів та розрахунок похибки) [11, 12].

Структурна схема підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації зображена на рисунку 2.1.

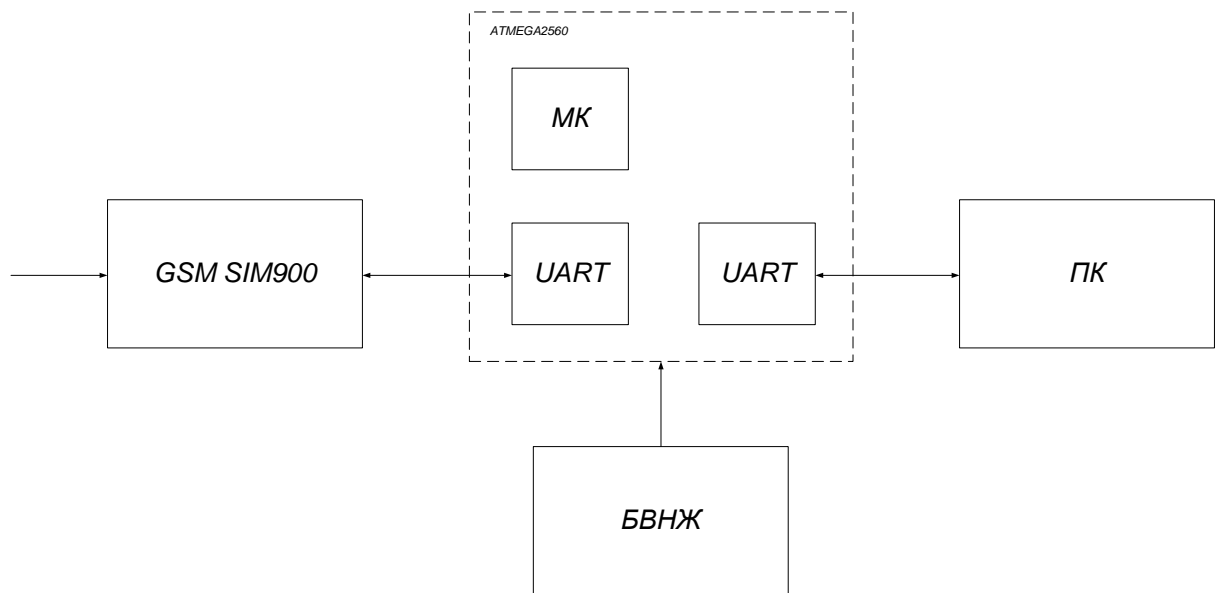


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації

На схемі позначено:

ПК – персональний комп'ютер;

МК – мікроконтролер;

БВНЖ – блок вимірювання напруги живлення;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

GSM SIM900 – GSM модуль.

Підсистема спроектована за модульним принципом побудови та складається з:

- мікроконтролера на платі Arduino Mega (МК);
- персонального комп'ютера (ПК);
- блока вимірювання напруги живлення для регулювання напруги живлення GPRS модуля (БВНЖ);
- GSM модуля SIM900 (GSM).

Підчас проведення повірки, повірник, через інтерфейс користувача, який встановлено на ПК, задає налаштування, для підключення до мережі Інтернет, та вказує посилання, за яким знаходиться файл заданого розміру (в байтах), та кількість його завантажень (таких файлів може бути декілька). Отримані дані передаються через канал зв'язку в мікроконтролер, який з GSM модулем є аналогом GSM модему. За допомогою AT-команд управління GSM модулем, мікроконтролер підключається до Інтернету, завантажує вказані файли і передає їх на ПК. Оскільки об'єм пам'яті мікроконтролера на платі Arduino не дозволяє зберігати великі масиви даних, а згідно методики повірки, скачувані файли мають обсяг 100 КБ, 500 КБ, 1 МБ і 5 МБ, кожен з них завантажується 20 разів для забезпечення статистичних характеристик визначення похибки.

Після того як файл був завантажений, мікроконтролер повинен розірвати Інтернет з'єднання та відновити його перед наступним завантаженням. Це потрібно для того, щоб розділити сесії, за якими мобільний оператор надасть дані. Якщо цього не робити то оператор надасть інформацію про одну сесію, яка матиме підсумовану кількість використаних байт. Наше завдання полягає в повірці файлів відповідних розмірів, тому для кожного завантаженого файлу потрібно створювати свою сесію. У протоколі фіксується час початку та кінця сесії, кількість використаних байтів та розмір файлу, який завантажується. Після закінчення повірки, повірник запитує у мобільного оператора дані про сесію і розраховує похибку обсягу переданих даних.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання підсистеми повірки разом з ПК надає можливість швидко отримувати, зберігати та обробляти для подальшого використання, великі потоки інформації. Це значно полегшує виконання процедури повірки та робить її більш швидкою.

Слід зазначити, що через застарілу інфраструктуру системи енергопостачання перепади напруги в мережах зустрічається повсякчас. Стрибки напруги згубно впливають на підключенні електроприлади і можуть вивести їх з ладу. Щоб уберегти техніку від поломок, необхідно передбачити можливість захисту від перепадів напруги. Для регулювання рівня напруги живлення GPRS модуля, яка не має перевищувати 3,4 В, в підсистемі використовується блок вимірювання напруги живлення.

Висновок до розділу 2

Розроблена структурна схема відповідає вимогам технічного завдання, керуючись нею можна перейти до розробки функціональної схеми підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації.

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						31
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ

Функціональна схема підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації розроблена у відповідності до структурної схеми. Функціональна схема приведена на рисунку 3.1.

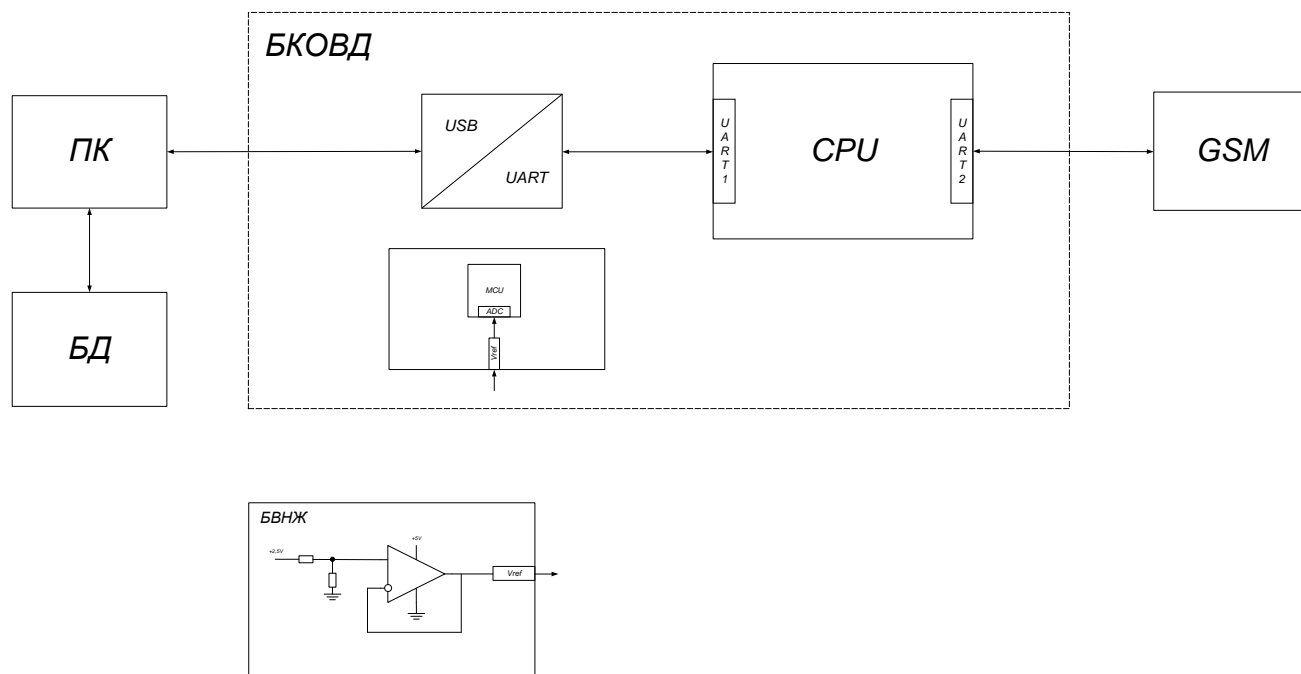


Рисунок 3.1 – Функціональна схема підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації

Підсистема повірки виконує наступні функції:

- вимірювання кількості переданих байт;
- обробка отриманих даних;
- збереження даних в БД;
- контроль напруги на GPRS модулі.

ПЗ для мікроконтролера Arduino MEGA2560 розроблене в середовищі розробки Arduino IDE 1.8.12. Налаштування для проведення повірки виконуються за допомогою цього ПЗ через інтерфейс користувача на ПК.

Система складається з центрального процесора (CPU), який в свою чергу є блоком контролю та обробки вимірювальних даних (БКОВБ), GSM модуля,

персонального комп'ютера (ПК) який взаємодіє з базою даних (БД) та блоку вимірювання напруги живлення (БВНЖ).

Блок вимірювання напруги живлення контролює напругу живлення мікросхеми GPRS модуля. Даний блок захищає модуль від різких стрибків напруги в електромережі, що робить розроблену підсистему більш надійною.

Параметри перевірки, які задав повірник через інтерфейс користувача, по послідовному інтерфейсу передаються на центральний процесор CPU. Процесор отримує параметри перевірки та, в свою чергу, через UART передає їх в GSM модуль. За допомогою GSM модуля налаштовується з'єднання зі станцією зв'язку. Після успішного встановлення з'єднання розпочинається завантаження еталонного файлу, який разом з результатами перевірки повертається через UART в центральний процесор. Центральний процесор формує файли з даними, в склад яких входить початок, кінець, дата, час сесії та кількість байт, затрачених в продовж сесії. Далі файли з даними разом з еталонним файлом за допомогою універсального послідовного інтерфейсу USB передаються на ПК та зберігаються в БД.

Послідовний порт (COM порт) – стандартний двонаправлений послідовний інтерфейс, який використовується для передачі даних згідно з протоколом RS-232. Послідовний тому, що інформація через нього передається по одному біту, біт за бітом (на відміну від паралельного порту) [13].

UART (universal asynchronous receiver/transmitter – універсальний асинхронний приймач/передавач) – вузол обчислювальних пристроїв, призначений для організації зв'язку з іншими цифровими пристроями [14].

Перетворює передані дані в послідовний вид так, щоб була можливість передачі їх по одній фізичній цифровій лінії іншому пристрою. Метод перетворення добре стандартизований і широко застосовується в комп'ютерній техніці. Передача даних в UART здійснюється по одному біту в рівні проміжки часу. Цей часовий проміжок визначається заданою швидкістю UART і для конкретного з'єднання вказується в бодах (що в даному випадку відповідає бітам

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в секунду). Крім інформаційних біт, UART автоматично вставляє в потік синхронізуючі мітки, так звані стартовий і стоповий біти.

Центральний процесор (CPU) – функціональна частина комп'ютера, що призначена для інтерпретації команд.

Для підсистеми в режимі повірки передбачена можливість перевірки внутрішнього кварцового генератора Q плати Arduino, за допомогою тривалості імпульсів, які вимірюються або осцилографом, або частотоміром.

Мікроконтроллер Arduino MEGA2560 сполучається з ПК через USB інтерфейс. Він дозволяє не тільки обмінюватися даними, а й забезпечувати електроживлення периферійного пристрою, в нашому випадку, мікроконтроллер.

Кабель USB (рис. 3.2) складається з 4 мідних провідників – 2 провідника живлення і 2 провідника даних в крученій парі – і заземленого обплетення [15].

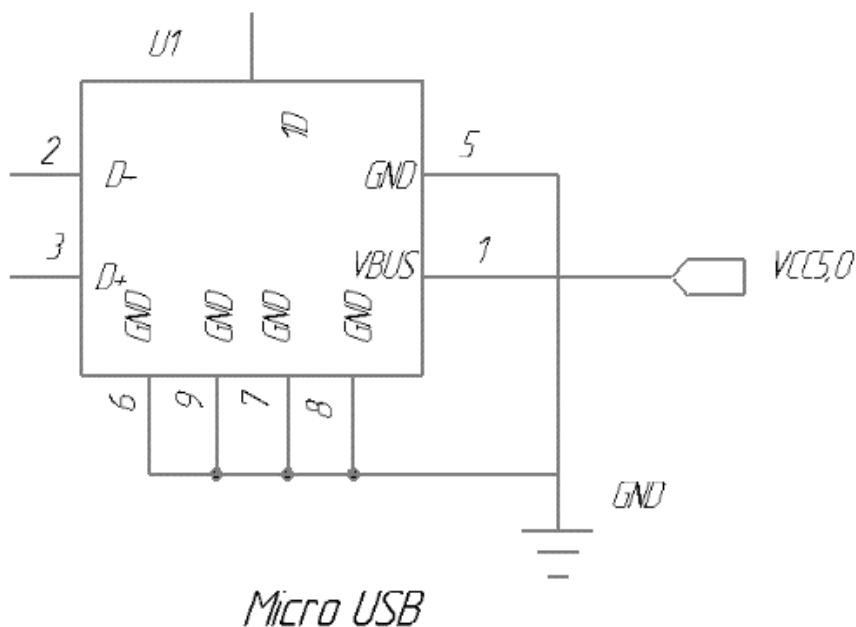


Рисунок 3.2 – Micro USB

Передача даних в розробленій підсистемі відбувається за допомогою протоколу TCP / IP.

Основні робочі лінії на мікроконтролері Arduino – RXD і TXD, або RX і TX. TXD – лінія передачі (Transmitted Data), а лінія RXD (Received Data) – приймаюча. Зв'язок між мікроконтролером та GSM модулем забезпечується зазначеними лініями передачі. Ніжка RX на мікроконтролері з'єднана з нішкою TX на GSM модулі і навпаки, ніжка RX на GSM модулі з'єднана з нішкою TX на мікроконтролері.

GSM модуль має роз'єм для SIM картки (рис. 3.3), за допомогою якої надається можливість доступу до мережі Інтернет та завантаження еталонного файлу.

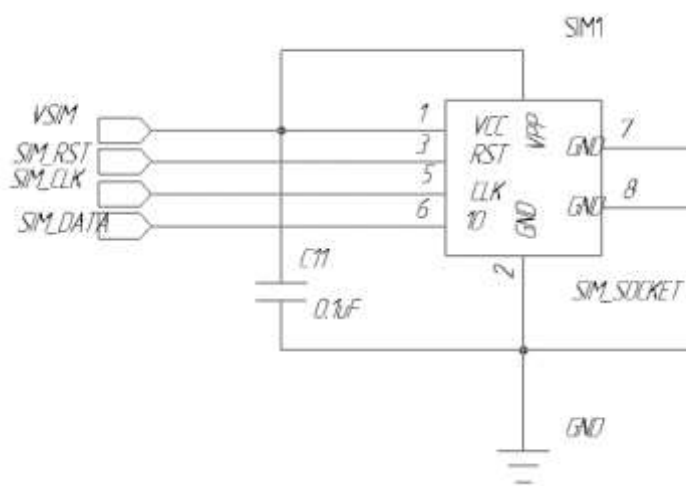


Рисунок 3.3– Роз'єм SIM карти

В розробленій підсистемі при передачі даних використовується технологія пакетної передачі [16].

3.1 Огляд технології пакетної передачі даних

Інформація яка передається по мережі має вид масиву байтів. Такою інформацією можуть бути: відео, файл, HTML-код сторінки тощою. Пакет – це окрема «порція» даних, яка має заздалегіть обумовлену довжину (наприклад 256 байт), причому кожна з них забезпечується індивідуальним «заголовком».

«Заголовок» містить інформацію про місце призначення (адреса, під якою комп'ютер користувача, що запросив цей файл, значиться в Інтернеті), про ім'я файлу, до якого належить цей пакет, та про порядковий номер даного пакета (який свідчить про те, з якого місця даного файлу він був «вирізаний»), а також контрольна сума – число, що служить для перевірки коректності передачі.

Пакети пересилаються по мережі Інтернет, іноді навіть по різних маршрутах, в залежності від завантаженості тих чи інших ліній зв'язку. Маршрут кожного пакета визначають спеціальні комп'ютери – IP-маршрутизатори. Ця технологія передачі даних називається динамічною маршрутизацією. Для кожного пакета, після його отримання, підраховується окремо один від одного, контрольна сума і зрівнюється з тим значенням, яке зберігається в «заголовку». Якщо значення контрольної суми збігаються, то пакет вважається прийнятим без помилок. В іншому випадку він повторно запрошується з сервера. Коли всі пакети зібрані, вони автоматично об'єднуються в файл, який є точною копією вихідного.

3.2 Протокол TCP / IP

В основі роботи глобальної мережі Інтернет лежить набір (стек) протоколів TCP / IP. TCP / IP – це простий набір правил обміну інформацією.

Рівні стеку TCP / IP

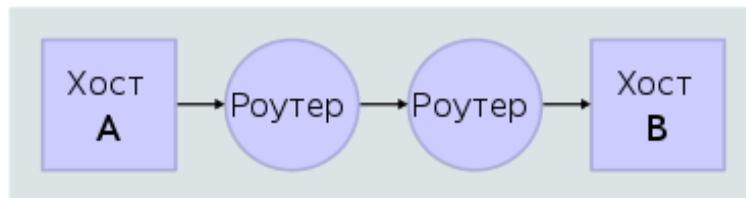
Стек протоколів TCP/IP поділяють на 4 рівні: прикладний, транспортний, міжмережевий та рівень доступу до середовища передачі (рис. 3.4). Терміни, які використовуються в протоколі TCP для позначення блоку переданих даних, відрізняються від термінів протоколу UDP [17, 18].

На транспортному рівні це сегмент (TCP) і пакет (UDP); на прикладному – потік і повідомлення.

Пакети (UDP) або Сегменти (TCP) разом зі своїми даними і службовими заголовками інкапсулюються в середині поля «Дані» дейтграми подібно моделі OSI [19], коли дані верхніх рівнів інкапсулюються в блоки даних нижніх рівнів.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Топологія мереж



Потік даних

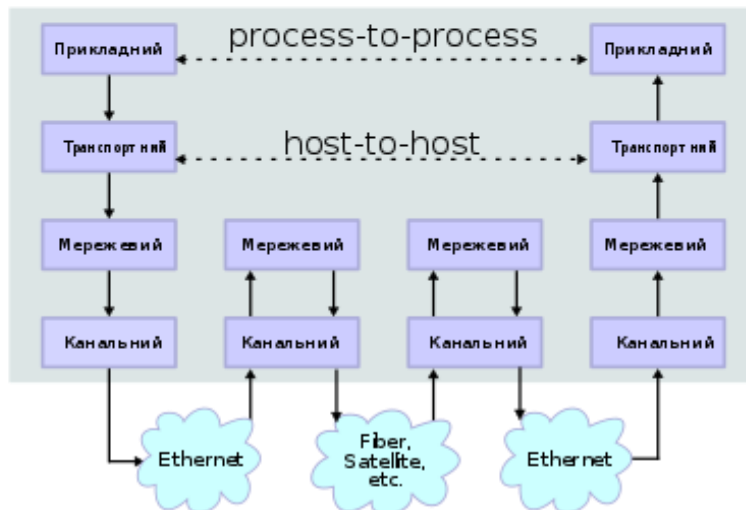


Рисунок 3.4 – Топологія мереж та потік даних

Прикладний рівень

Прикладний рівень стека TCP / IP відповідає трьом верхнім рівням моделі OSI.

До протоколів прикладного рівня відносяться протокол перенесення файлів (FTP); протокол електронної пошти (SMTP); протокол, який використовується для створення сторінок у всесвітній павутині WWW (HTTP) - основа для доступу до пов'язаних між собою документів; протокол перетворення (DNS) текстових імен в мережеві IP-адреси, простий протокол мережевого управління (SNMP), протоколи відповідно сигналізації і передачі даних (SIP, RTP / RTCP) в IP-телефонії або голос через IP (VoIP-Voice over IP) та інші.

До протоколів прикладного рівня відносяться також протоколи інформаційної безпеки Kerberos, PGP, SET та інші.

Транспортний рівень

Протоколи транспортного рівня TCP / IP-моделі забезпечують передачу даних між прикладними процесами. Транспортний рівень складається з двох протоколів: TCP і UDP.

Протокол управління передачею TCP (Transmission Control Protocol) є надійним протоколом зі встановленням з'єднання, що дозволяє управляти потоком, тобто без помилок доставляти байтовий потік. Для того щоб забезпечити надійну доставку даних, протокол TCP передбачає встановлення логічного з'єднання. Це дозволяє йому нумерувати пакети, підтверджувати їх прийом квитанціями, в разі втрати організувати повторні передачі, розпізнавати і знищувати дублікати, доставляти прикладному рівню в тому порядку, в якому вони були відправлені. Пакети, що надходять на транспортний рівень, організуються у вигляді безлічі черг до точок входу прикладних процесів. У термінології TCP / IP такі черги називаються портами.

Другий протокол транспортного рівня – протокол датаграм користувача UDP (User Data Protocol) є найпростішим з протоколів транспортного рівня. Він використовує просту модель передачі, без неявних «рукописки» для забезпечення надійності, упорядкування або цілісності даних. Таким чином, UDP надає ненадійний сервіс, і датаграми можуть прийти не один за одним, дублюватися або зовсім зникнути без сліду. UDP вважає, що перевірка помилок і їх виправлення або не потрібні, або повинні виконуватися в додатку.

Мережевий рівень

Мережевий рівень стека TCP / IP є стрижнем всієї архітектури TCP / IP. Саме цей рівень, функції якого відповідають мережевому рівню моделі OSI, забезпечує перенесення пакетів даних в межах всієї мережі. Протоколи мережевого рівня підтримують інтерфейси з транспортним рівнем, отримуючи від нього запити на передачу даних по мережі. Основним протоколом мережевого рівня є міжмережевий протокол IP (Internet Protocol) [20]. Він забезпечує просування пакета між підмережами - від одного маршрутизатора до іншого, до

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тих пір, поки пакет не потрапить в мережу призначення. Протокол IP так само, як і протоколи функцій комутації глобальних мереж зв'язку (FR, АТМ та інші), встановлюється не тільки на кінцевих пунктах (хостах), але і на всіх маршрутизаторах мережі.

Заголовок IP-пакета містить IP-адресу відправника та одержувача - по 4 байта кожен. До мережевого рівня відносяться також протоколи, які виконують функції складання і корекції таблиць маршрутизації RIP (Routing Internet Protocol), OSPF (Open Shortest Path First), міжмережевий протокол керуючих повідомлень ICMP (Internet Control Message Protocol). До протоколу мережевого рівня відноситься протокол інформаційної безпеки IPSec.

Висновок до розділу 3

В даному розділі була описана функціональна схема, розглянута технологія пакетної передачі даних та протокол TCP / IP. Функціональна схема відповідає вимогам технічного завдання, керуючись нею можна перейти до розробки принципової схеми підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

Схема електрична принципова підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації складена на основі функційної схеми.

4.1 Проєктування схеми електричної принципової вимірювального каналу для визначення обсягу інформації

Підсистема повірки ЗВТ для складається обліку обсягу інформації з модуля Arduino MEGA та GSM/GPRS модуля SIMCom Wireless Solutions серії SIM900.

Модуль Arduino Mega побудований на мікроконтролері Atmega2560 [21] та зображений на рисунку 4.1.

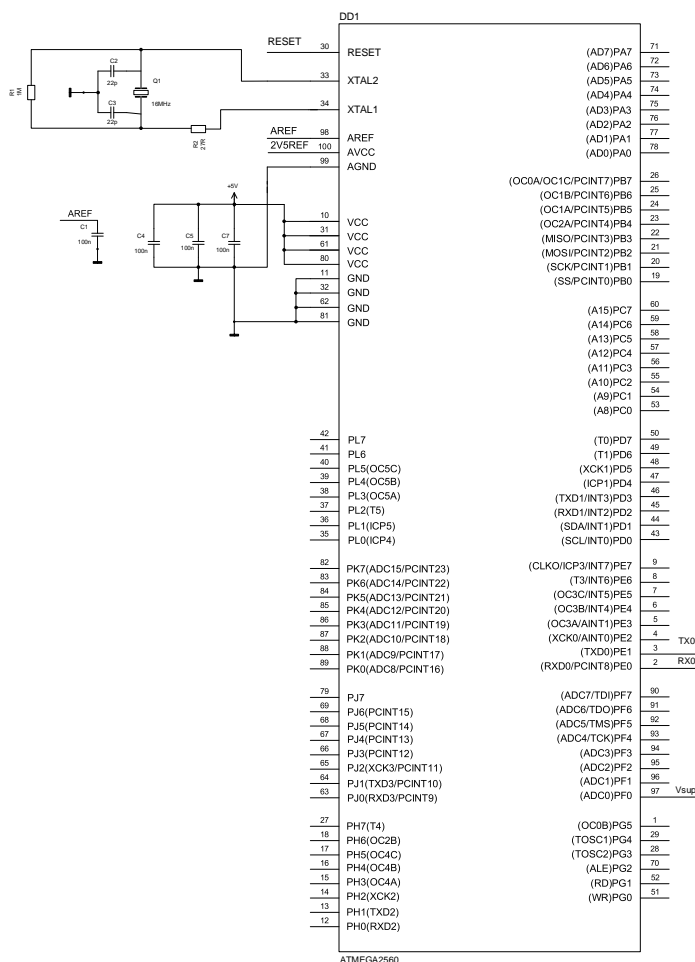


Рисунок 4.1 – Мікроконтролер Atmega2560

Платформа містить 54 цифрових входів / виходів (15 з яких можуть використовуватися як 8-ми розрядні виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 послідовних порта UART, роз'єм USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до ПК за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера АС / DC чи акумуляторної батареї.

Характеристики:

- мікроконтролер Atmega2560;
- робоча напруга 5 В;
- вхідна напруга (рекомендована) 7-12 В;
- вхідна напруга (гранична) 6-20 В;
- цифрові Входи / Виходи 54 (15 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ);
- аналогові входи 16;
- максимальний вихідний струм піна 5 В: 800 мА;
- максимальний вихідний струм піна 3.3 В: 150 мА;
- максимальний струм з піна або на пін: 40 мА;
- флеш-пам'ять 256 КВ (8 використовуються для завантажувача);
- ОЗУ 32 КВ;
- незалежна пам'ять 4 КВ;
- тактова частота 16 МГц.

4.2 Лінійний стабілізатор напруги

Модуль Arduino Mega отримує живлення через підключення до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера АС / DC чи акумуляторної батареї. При цьому джерело живлення обирається автоматично.

На платі є імпульсний стабілізатор напруги (рис. 4.2).

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

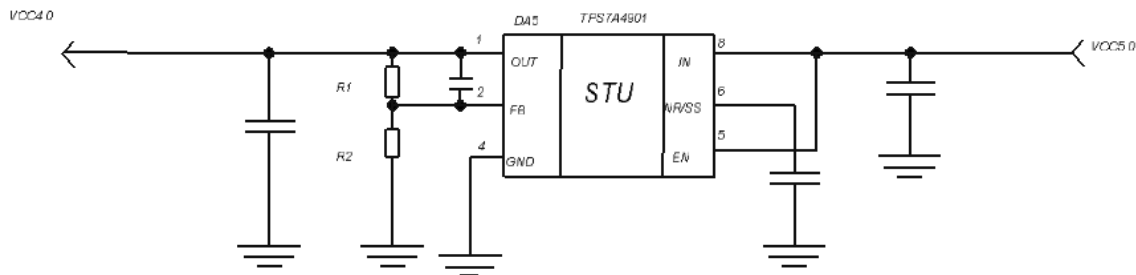


Рисунок 4.2 – Імпульсний стабілізатор напруги

Для забезпечення стабільності вихідної напруги обраного перетворювача, має виконуватися умова:

$$\frac{V_{out}}{R1 + R2} \geq 5 \text{ mA},$$

де V_{out} – значення вихідної напруги; $R1$, $R2$ – резистори, що задають значення вихідної напруги.

Оберемо резистор $R2 = 56 \text{ k}\Omega$ з відхиленням 1 % від номінального значення.

Значення резистора $R1$ розраховується за формулою

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right),$$

де V_{ref} – значення опорної напруги лінійного стабілізатора. Тоді:

$$R1 = 56 \left(\frac{4}{1.194} - 1 \right),$$

$$R1 = 132 \text{ k}\Omega.$$

Розрахуємо похибку вихідного значення напруги перетворювача.

Відносна мультиплікативна похибка визначається відхиленням реальних значень резисторів $R1$ та $R2$ від їх номінальних значень. Відносна мультиплікативна похибка визначається за формулою

$$\delta V_{out} = \sqrt{\delta R1^2 + \delta R2^2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1,4 \text{ \%}.$$

Абсолютна адитивна похибка вихідної напруги визначається відхиленням значення опорної напруги від номінального значення і дорівнює $\Delta = \pm 0.018 \text{ V}$.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Відносна адитивна похибка визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{\Delta}{V_{ref}} \cdot 100\% = 1.5\%$$

Сумарна відносна похибка перетворювача напруги визначається за формулою

$$\gamma_{\Sigma} = \sqrt{\gamma^2 + \delta^2} = \sqrt{1,5^2 + 1,4^2} = 2,05\%$$

Зовнішнє живлення, при якому працює платформа, складає від 6 В до 20 В. Вивод платформи 5V може видавати менше 5 В в ситуації, коли напруга живлення становить менше 7 В. Це призводить до нестабільної роботи платформи. За ситуації, коли напруга вище 12 В, може відбуватися перегрів регулятора напруги, що призводить до пошкодження плати. Тому рекомендується використовувати діапазон напруги живлення від 7 В до 12 В.

До складу платформи входять наступні виводи живлення:

- VIN. За допомогою цього виводу живлення подається від зовнішнього джерела (якщо немає 5 В, то живлення подається від роз'єму USB або іншого регульованого джерела).
- 3V3. Означає напругу на виводі 3.3 В, яка на платформі Arduino Mega генерується за допомогою мікросхеми FTDI.
- 5V. Даний вивод призначений для регульованого джерела напруги, яке застосовується для живлення мікроконтролера Atmega2560 і компонентів, що розміщуються на платі. Від виводу VIN живлення може подаватися через регулятор напруги. Також воно може подаватись від роз'єму USB чи будь-якого іншого регульованого джерела напруги в 5 В.
- GND. Означає виводи заземлення.

Характеристики мікроконтролера Atmega2560 включають: флеш-пам'ять для зберігання коду програми – 256 КБ (для зберігання завантажувача – 8 КБ); ОЗУ – 32 КБ; EEPROM – 4 КБ.

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

За допомогою функцій `pinMode()`, `digitalWrite()`, і `digitalRead()` всі цифрові виходи платформи Arduino Mega (54 цифрових виходів) можуть бути налаштовані в якості входу чи виходу. Характеристичні особливості виводів: напруга 5 В; наявність навантажувального резистора 20-50 кОм (за замовчуванням він відключений); пропускна здатність 40 мА.

Особливі функції деяких виводів:

- Послідовна шина 0: 1 (TX) і 1 (RX); Послідовна шина 1: 18 (TX) і 19 (RX); Послідовна шина 2: 16 (TX) і 17 (RX); Послідовна шина 3: 14 (TX) і 15 (RX). Дані виводи застосовуються для передачі (TX) та отримання (RX) даних TTL. Виводи 0 та 1 підключаються до відповідних виводів мікросхеми послідовної шини FTDI USB-to-TTL.

- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Дані виводи призначені для зв'язку SPI, який не підтримується мовою Arduino, але підтримується апаратною частиною.

- PWM: 0 до 14. За допомогою функції `analogWrite()` будь-який із зазначених виводів забезпечує ШІМ з роздільною здатністю 8 біт.

- I2C: 20 (SDA) і 21 (SCL). Дані виводи використовуються для зв'язку I2C (TWI). При цьому застосовується бібліотека `Wire`. Розміщення виводів на платформі Arduino Mega не відповідає розміщенню Diecimila чи Duemilanove.

- LED: 13. До цифрового виводу 13 підключається вбудований світлодіод (рис. 4.3), який горить за умови, що на вивод поступає значення з високим потенціалом.

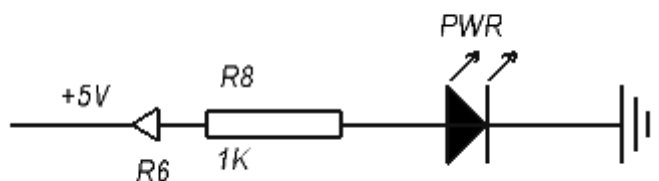


Рисунок 4.3 – Світлодіод

Платформа Arduino Mega має 16 аналогових виводів. Кожен з цих виводів може приймати 1024 різних значення, тобто має роздільну здатність 10 біт. За замовчуванням їх діапазон вимірювання складає до 5 В по підношенню до землі. Вивод AREF та функція `analogReference()` надають можливість змінити верхню границю.

Платформа Arduino Mega має додаткову пару виводів:

- AREF. Даний вивод означає опорну напругу для аналогових входів та використовується у поєднанні з функцією `analogReference()`.

- Reset. Даний вивод застосовується для підключення кнопки перезавантаження на платі розширення, що надає можливість закрити доступ до кнопки самої плати Arduino Mega.

Платформа Arduino mega має кілька пристроїв які використовуються для встановлення зв'язку з ПК, іншими мікроконтролерами або приладами Arduino. Atmega2560 містить встановлену мікросхему FTDI FT232RL, яка направляє один з інтерфейсів UART через USB, всього плата має 4 порти для послідовної передачі даних, також використання драйверів FTDI (які містить в собі програма Arduino) надає можливість використання віртуального COM порту програмою на ПК. Візуально можливо побачити як під час передачі даних через USB або FTDI мікросхему будуть змінювати свій стан (блимати) світлодіоди TX та RX (але це при умові якщо не використовуються виводи 0 і 1).

Корисним буде використання бібліотеки `SoftwareSerial`, яка надає можливість створення послідовної передачі даних через цифрові виводи Arduino.

Також Atmega2560 має підтримку інтерфейсів SPI і I2C (TWI), тому для зручності, в Arduino, включено бібліотеку `Wire`, яка робить використання шини I2C більш зручним.

Програмування мікроконтролера відбувається в спеціально розробленому ПЗ Arduino IDE.

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		45

Записаний завантажувач, який поставляється разом з Atmega2560, значно прискорює та полегшує запис нових програм, що робить використання зовнішніх програматорів не обов'язковим. Для встановлення зв'язку з мікроконтролером використовується оригінальний протокол STK500.

Натискання кнопка перезавантаження для запису нового коду не потрібне, тому що воно здійснюється самою програмою.

Активация, тобто подача сигналу низького рівня, однієї із ліній FT232RL, керуючих потоком даних (DTR), що підключена до виводу перезавантаження мікроконтролера через конденсатор 100 нФ, перезавантажує мікроконтролер. Тому для завантаження нового коду в програмі Arduino потрібно лише натиснути на одну кнопку Upload в середовищі програмування. Подача сигналу низького рівня по лінії DTR скоординована з початком запису коду, що скорочує таймаут завантажувача.

При підключенні до ПК (через USB) відбувається перезавантаження Arduino Mega і наступні півсекунди працює завантажувач.

Затримка декількох перших байтів, підчас програмування, виконується для того, щоб уникнути отримання платформою некоректних даних (всіх, окрім коду нової програми). При разовому налагодженні скетчу, записаного в платформу, або ж введення будь-яких інших даних при першому запуску, необхідно переконатися, що програма на ПК знаходиться в режимі очікування протягом секунди перед передачею даних.

Але використання автоматичного перезавантаження не є обов'язковою функцією, так Arduino Mega має можливість відключити лінію автоматичного перезавантаження розривом відповідної лінії. Контакти мікросхем з обох кінців лінії потім можуть бути з'єднані з метою відновлення. Лінія має маркування «RESET-EN».

Хоча практично всі сучасні комп'ютери мають захист від струмів короткого замикання і надструмів, Arduino Mega має вбудовану перезавантажувану плавку,

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

яка повинна захищати порт USB комп'ютера від небажаних струмів. Цей запобіжник спрацьовує і перериває обмін даних при проходженні струму більше 500 мА через USB порт. Також, в Arduino Mega присутня мікросхема модуля перетворювача USB/UART (рис. 4.4) та операційний підсилювач (рис. 4.5)

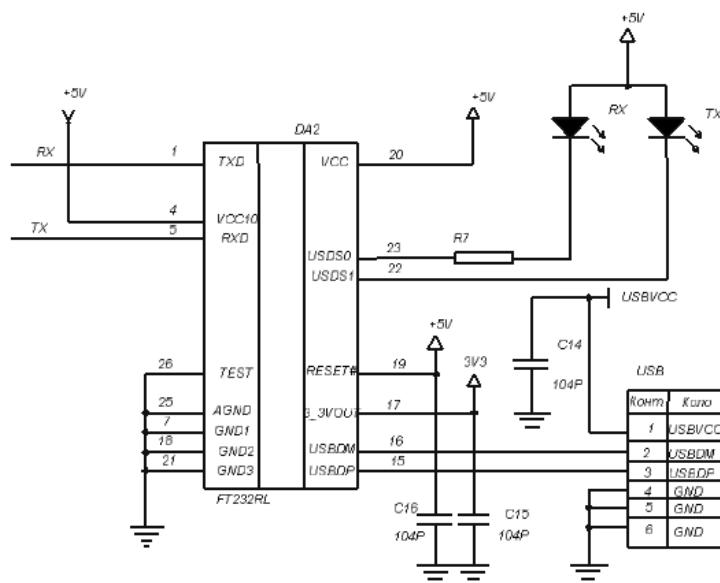


Рисунок 4.4 – Мікросхема модуля перетворювача USB/UART

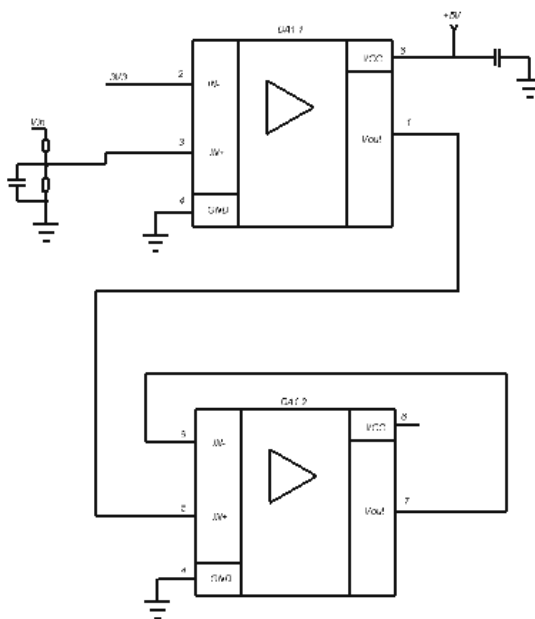


Рисунок 4.5 – Операційний підсилювач

Плата має шість отворів, які дозволяють закріпити її на поверхні.

Плата Mega має довжину: 10,1 см, та ширину: 5,3 см. Силовий роз'єм і USB перевищують межі вказаних розмірів.

Arduino Mega2560 має сумісність з багатьма платами розширення, серед яких є розроблені для платформ Diecimila або Duemilanove. Місце розташування аналогових входів 0 – 5, виводів 0 – 13 (а також прилеглих GND і AREF), блоку ICSP, силового роз'єму, порту UART (який містить виводи 0 та 1) та зовнішнього переривання 0 і 1 (на виводах 2 та 3) на платі Mega ідентичне розташуванню на вищеперелічених платформах.

Блок ICSP дозволяє здійснювати зв'язок SPI, як на платформах Diecimila / Duemilanove, так і на Arduino Mega2560. Але місце розташування виводів (4 і 5) зв'язку I2C на платформах Diecimila / Duemilanove не відповідають розташуванню аналогічних виводів на платформі Arduino Mega (20 і 21).

4.3 GSM модуль

GSM модуль SIM900 призначений для відправки і отримання SMS – повідомлень та передачі і приймання даних GPRS (TCP / IP, HTTP тощо) [22]. Поставляється на платі з зовнішнім живленням від 5 В.

В GSM модулі є лінійний стабілізатор напруги LM2940 (рис. 4.6).

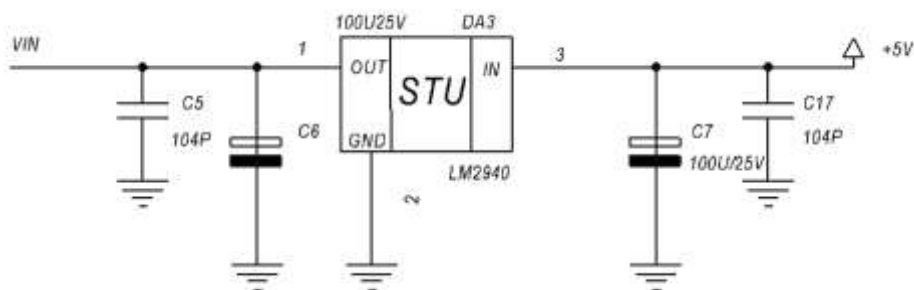


Рисунок 4.6 – Лінійний стабілізатор напруги LM2940

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Роз'єм сім карти (рис. 4.7) слугує зв'язком GSM модуля з SIM картою.

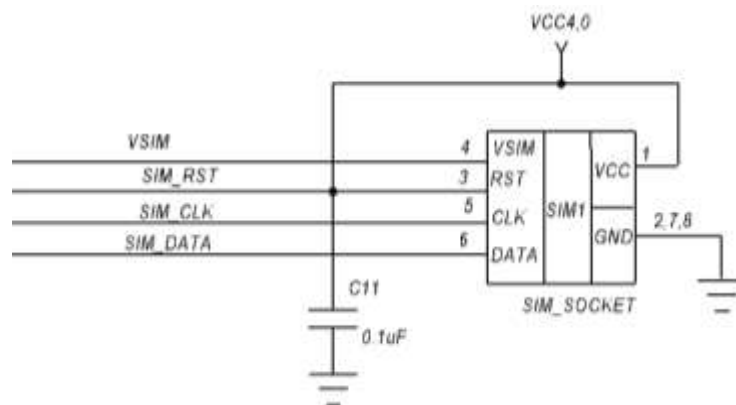


Рисунок 4.7 – Роз'єм сім карти

4.4 Вимірювання напруги живлення

Напруга живлення мікросхеми GPRS модуля не має перевищувати 3,4 В. Для контролю напруги живлення використовується канал вимірювання напруги, який складається з операційного підсилювача ADA4528 та джерела опорної напруги REF3025 (рис. 4.8) [23, 24]. Схема включення підсилювача неінвертуюча – коефіцієнт передачі > 1 .

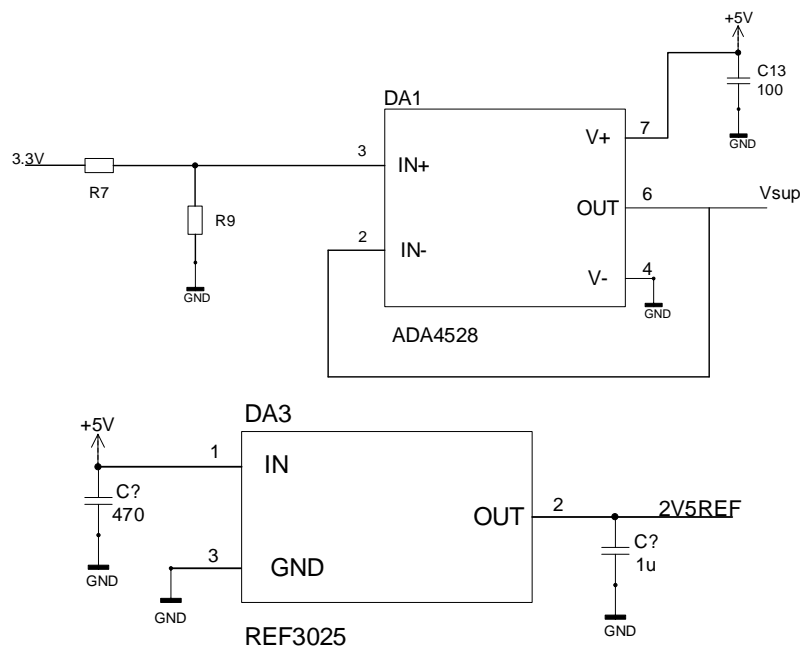


Рисунок 4.8 – Канал вимірювання напруги

Характеристики операційного підсилювача:

- напруга зміщення: максимум 2,5 мкВ;
- температурне зміщення: максимум 0,015 мкВ / °С;
- частота: 6,2 МГц;
- напруга живлення: 2,2 – 5,5 В.

Характеристики джерела опорної напруги:

- вхідна напруга: максимум 5,5 В;
- температурне зміщення: максимум 50 ppm/°С;
- похибка вихідної напруги: 0,2%;
- номінальна вихідна напруга: 2,5 В.

Для підвищення точності вимірювання було використано прицезійне джерело опорної напруги для АЦП. Для вимірювання напруги живлення мікросхеми використовується подільник напруги з повторювачем на базі операційного підсилювача. Значення коефіцієнта перетворення подільника напруги розраховано за формулою

$$K_{\text{ПН}} = \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \cdot 0,8,$$

де V_{in} – вхідна напруга (3,3), V_{out} – опорна напруга АЦП (2,5).

$$K_{\text{ПН}} = \frac{2,5}{3,3} \cdot 0,8 = 0,61.$$

Щоб уникнути переходу АЦП в режим насичення при вимірюванні напруги живлення, подільник напруги розраховано таким чином, щоб максимальне допустиме значення напруги на виході не перевищувало значення 80 % від напруги джерела опорної напруги АЦП при максимально допустимому значенні напруги живлення, що вимірюється. Коефіцієнт перетворення подільника напруги визначається за формулою

$$K_{\text{ПН}} = \frac{R2}{R1 + R2}.$$

Для отримання питомого значення коефіцієнта передачі було обрано номінали резисторів $R1 = 6.49$ кОм, $R2 = 10$ кОм.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт подільника напруги дорівнює

$$K_{\text{ПН}} = \frac{10}{6,49 + 10} = 0,61.$$

Значення вимірюваної напруги визначається за формулою

$$V_{\text{ref}} = N \cdot \frac{V_{\text{ref}}}{N_{\text{nom}}} \cdot K_{\text{ПН}},$$

де N – код АЦП, V_{ref} – значення опорної напруги АЦП, N_{nom} – визначається розрядністю АЦП, $K_{\text{ПН}}$ – коефіцієнт перетворення подільника напруги.

Висновок до розділу 4

В даному розділі була спроектована схема електрична принципова вимірювального каналу для визначення кількості інформації. Описані та обгрунтовані основні елементи принципової схеми, з яких складається підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

5 АНАЛІЗ ПОХИБОК

Слід зазначити, що в метрології до інформаційних процедур належить не лише вимірювання, а і контроль та лічба. Лічба – це процес визначення числового значення дискретної величини або кількості предметів в даній сукупності. Результатом лічби є неіменоване число, число предметів в даній сукупності, які не мають суворо однакових параметрів [25].

По відношенню до підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації, що спирається на набір еталонних файлів та засіб прийому/передачі, при роботі з обліком обсягу інформації мова йде про похибку лічби з наростаючим підсумком, яка визначає в тому числі і якість каналу зв'язку.

5.1 Розрахунок похибок значення вихідної напруги лінійного стабілізатора

Для забезпечення стабільності вихідної напруги обраного перетворювача, має виконуватися умова:

$$\frac{V_{out}}{R1 + R2} \geq 5 \text{ мА},$$

де V_{out} – значення вихідної напруги; $R1$, $R2$ – резистори, що задають значення вихідної напруги.

Оберемо резистор $R2 = 56 \text{ кОм}$ з відхиленням 1 % від номінального значення.

Значення резистора $R1$ розраховується за формулою

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right),$$

де V_{ref} – значення опорної напруги лінійного стабілізатора. Тоді:

$$R1 = 56 \left(\frac{4}{1.194} - 1 \right),$$

$$R1 = 132 \text{ кОм}.$$

Розрахуємо похибку вихідного значення напруги перетворювача.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносна мультиплікативна похибка визначається відхиленням реальних значень резисторів $R1$ та $R2$ від їх номінальних значень. Відносна мультиплікативна похибка визначається за формулою

$$\delta V_{out} = \sqrt{\delta R1^2 + \delta R2^2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1,4 \%$$

Абсолютна адитивна похибка вихідної напруги визначається відхиленням значення опорної напруги від номінального значення і дорівнює $\Delta = \pm 0.018$ В.

Відносна адитивна похибка визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{\Delta}{V_{ref}} \cdot 100\% = 1.5 \%$$

Сумарна відносна похибка перетворювача напруги визначається за формулою

$$\gamma_{\Sigma} = \sqrt{\gamma^2 + \delta^2} = \sqrt{1,5^2 + 1,4^2} = 2,05 \%$$

5.2 Похибка вимірювання часу

Вимірювання часу відбувається за допомогою визначення кількості імпульсів заданої частоти в заданому проміжку.

Початок відліку – це мітка початку пакета, кінець відліку – це мітка його закінчення. Для того, щоб задати більшу точність вимірювання часу, використовується кварцовий резонатор. При вимірюванні часового інтервалу формуються переривання 16-бітного таймера-лічильника CPU, що відбувається кожні 20 мс. Тому, похибка вимірювання часового інтервалу складається з похибки, зумовленої відхиленням реального значення частоти кварцового генератора від його номінального значення, та похибки паразитного використання часових ресурсів CPU, обумовленої часом, який необхідний для обробки переривання.

Похибка, зумовлена відмінністю реального значення частоти кварцового генератора, δ_f , та похибка, зумовлена паразитним використанням часу CPU, δ_{int} ,

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– це мультиплікативні похибки вимірювання. Тоді, для обраного у межах визначення періоду 20 мс, кварцового генератора $\delta_f = 5\%$.

Кількість імпульсів, необхідних CPU для переходу за вектором переривання, становить 10. CPU працює з частотою 16 МГц, тому абсолютне значення цієї похибки становить:

$$\Delta_{int} = \frac{10}{16000000} = 0.625 \text{ мкс.}$$

Відносне значення цієї похибки по відношенню до частоти виникнення переривання, яка становить 20 мс

$$\delta_{int} = \frac{\Delta_{int}}{20 \text{ мс}} \cdot 100\% = 0.0031\%.$$

Сумарне значення відносної похибки визначення часу всього часового інтервалу

$$\delta_{\Sigma} = \delta_f + \delta_{int}.$$

Сумарна відносна похибка

$$\delta_{\Sigma} = 5 + 0,0031 = 5,0031\%.$$

5.3 Похибка вимірювання напруги живлення

Похибка вимірювання напруги живлення визначається відхиленням значень опору резисторів, що входять до складу подільника напруги, від номінальних, відхилення значення опорної напруги АЦП від номінального – мультиплікативна складова, та зміщенням нуля операційного підсилювача – адитивна складова.

Відносна похибка викликана відхиленням номіналу резистора R_2 від номіналу визначається за формулою

$$\delta_{Kon_R2} = \left| \frac{\partial K_{III}}{\partial R_2} \right| \cdot \Delta_{R_2} = 2,387 \cdot 10^{-3} \%,$$

де

$$\Delta_{R_2} = \delta_{R_2} \cdot R_2 = 0,01 \cdot 10000 = 100 \text{ Ом,}$$

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$\left| \frac{\partial K_{ПН}}{\partial R2} \right| = \left| -\frac{R2}{(R2 + R1)^2} + \frac{1}{R2 + R1} \right| = \left| -\frac{10000}{(10000 + 6490)^2} + \frac{1}{10000 + 6490} \right| = 2,387 \cdot 10^{-5},$$

Відносна похибка викликана відхиленням номіналу резистора $R2$ від номіналу визначається за формулою

$$\delta_{Kon_R1} = \left| \frac{\partial K_{ПН}}{\partial R1} \right| \cdot \Delta_{R1} = 2,387 \cdot 10^{-3} \%,$$

де

$$\Delta_{R1} = \delta_{R1} \cdot R1 = 0,01 \cdot 6490 = 64,9 \text{ Ом},$$

$$\left| \frac{\partial K_{ПН}}{\partial R1} \right| = \left| -\frac{R2}{(R2 + R1)^2} \right| = \left| -\frac{10000}{(10000 + 6490)^2} \right| = 3,678 \cdot 10^{-5},$$

де δ_{R1} – відносна похибка відхилення значення опору резистора $R1$ від номінального значення.

Відносна мультиплікативна похибка коефіцієнта перетворення визначається за формулою

$$\delta_{Kon} = \sqrt{\delta_{Kon_R2}^2 + \delta_{Kon_R1}^2} = \sqrt{(2,387 \cdot 10^{-3})^2 + (2,387 \cdot 10^{-3})^2} = 3,376 \cdot 10^{-3} \% .$$

Рівняння перетворення каналу вимірювання напруги живлення має вигляд

$$V_{ref} = N \cdot \frac{V_{ref}}{N_{nom}} \cdot K_{ПН} .$$

Відносна мультиплікативна похибка визначається за формулою

$$\delta_{НЖ} = \sqrt{\delta_{Kon}^2 + \delta_{Vref}^2} = \sqrt{(3,376 \cdot 10^{-3})^2 + 0,002^2} = 3,924 \cdot 10^{-3} \% .$$

Абсолютна адитивна похибка викликана зміщенням нуля операційного підсилювача $\Delta_{ОП}$ визначається за формулою

$$\Delta_{ОП} = V_{ЗМ} \cdot K_{ОП} = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 2,5 \cdot 10^{-6},$$

де $V_{ЗМ}$ – напруга зміщення операційного підсилювача.

Відносна адитивна похибка викликана зміщенням нуля операційного підсилювача $\gamma_{ОП}$ визначається за формулою

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma_{ОП} = \frac{\Delta_{ОП}}{V_{in_max}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{3,3} = 7,576 \cdot 10^{-7},$$

де V_{in_max} – максимальне значення вихідної напруги.

Сумарна відносна похибка вимірювання напруги живлення визначається за формулою

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_{НЖ}^2 + \gamma_{ОП}^2} = \sqrt{(3,924 \cdot 10^{-3})^2 + (7,576 \cdot 10^{-7})^2} = 4.019 \cdot 10^{-3} \% .$$

5.4 Аналіз похибки обліку обсягу інформації

Згідно з ТЗ основна відносна похибка при формуванні еталонного трафіку складає не більше 10 %.

Похибка обліку кількості інформації розраховується за наступною формулою:

$$\delta = \frac{A_{Up} + A_{Down} - V_{File}}{V_{File}} \cdot 100 \% ,$$

де V_{File} – розмір еталонного файлу; A_{Up} – трафік uplink, що сформований запитами на скачування; A_{Down} – трафік downlink, що сформований розмірами еталонного файлу, зоголовоків пакетів і байтів контрольних сум.

Трафік uplink, значення в байтах, складається з запитів підключення до серверу та завантаження (скачування) еталонного файлу.

Трафік downlink, значення в байтах, складається з розміру еталонного файлу байтів контрольних сум та зоголовоків пакетів.

Розмір еталонного файлу обирається відповідно до методики перевірки.

Дані, які отримуються за допомогою підсистеми перевірки ЗВТ для обліку обсягу інформації, наведені в таблиці 5.1.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Дані, отримані за допомогою підсистеми перевірки ЗВТ для обліку обсягу інформації

Розмір файлу, байт	Дані підсистеми, байт	
	downlink	uplink
5000000	5438166	45545
1000000	1063446	10426
500000	521447	22598
100000	101941	5022

Похибка обліку кількості інформації для кожного випадку скачування складатиме:

- 1) при скачуванні еталонного файлу розміром 5 МБ $\delta = 9.7\%$;
- 2) при скачуванні еталонного файлу розміром 1 МБ $\delta = 7.4\%$.
- 3) при скачуванні еталонного файлу розміром 500 кБ $\delta = 8.8\%$.
- 4) при скачуванні еталонного файлу розміром 100 кБ $\delta = 6.9\%$.

Таким чином можна зробити висновок, що проаналізовані похибки відповідають вимогам ТЗ.

В якості додаткової інформації можна сказати, що під час перевірки СООІ визначається основна відносна похибка вимірювання кількості переданих даних та максимальне значення основної відносної похибки.

6 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

6.1 Розробка алгоритму функціонування підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації

Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації оснащена власним ПЗ, яке надає змогу налаштувати процес повірки та керувати ним. Для проведення повірки СОКІ, повірник, за допомогою інтерфейсу користувача, вводить мережеву адресу, яка надає доступ до скачуваного в процесі повірки файлу, та директорію, де цей файл потрібно зберегти на ПК, а також вказує шлях до файлу, який повинен містити налаштування підключення до мережі Internet. Наступним кроком є обрання модуля, за допомогою якого буде встановлювати з'єднання з мережею Internet та завантаження файлу. В розробленій підсистемі використовується модуль SIM900. В даному випадку мікроконтролер використовується як GSM модем. Оскільки модуль SIM900 має широкий вибір АТ-команд, з'єднання з мережею встановлюється досить просто, так само просто можна отримувати всі необхідні дані під час виконання повірки, такими даними можуть бути: розмір завантаженого файлу, стан зедання з мережею, розмір завантажених даних. Для кожного завантаження файлу створюється власна сесія, це дозволяє отримати дані від оператора окремо по кожній сесії.

Оскільки повірочний комплекс, складовою якого є підсистема повірки обліку обсягу інформації, з'єднаний з ПК, це надає змогу швидко отримувати, зберігати та обробляти великі об'єми інформації для подальшого використання.

6.2 Організація інтерфейсу користувача

Загальний вигляд інтерфейсу користувача підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації представлено на рисунку 6.1 [26, 27].

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

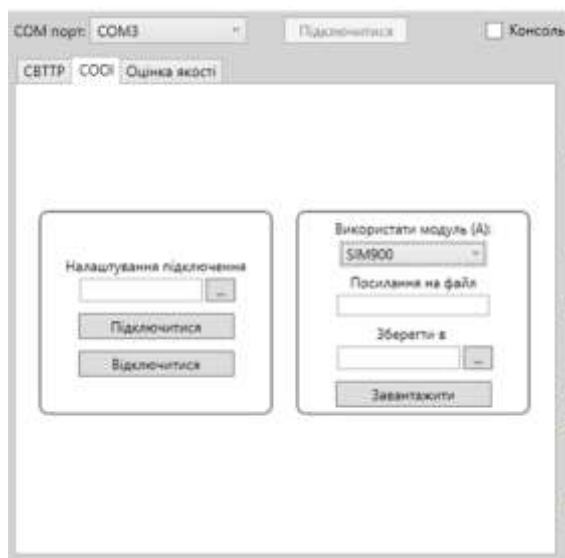


Рисунок 6.1 – Інтерфейс користувача

Після запуску програмного забезпечення повірник має можливість ознайомитись з меню, яке складається з вкладинок: СВТТР, СООІ, Оцінка якості.

Вкладка СООІ розділена на дві частини. Перша використовується для того, щоб впевнитися щодо підключення до потрібної системи обліку та для вибору файлу з налаштуваннями підключення (в файлі міститься точка доступу мобільного оператора, APN, в залежності від режиму повірки (повідомляє мобільний оператор)). Після підключення виконується запит на дані у оператора. Якщо система обліку не та, яка потрібна, то виконується переривання сесії та нове підключення (передбачена можливість знеструмлення модуля GSM – часто необхідно для перемикання в іншу систему обліку (є особливістю роботи мобільних мереж)). Якщо система обліку та, повірку якої необхідно проводити, то потрібно відключитися без знеструмлення модуля. В лог-файлі зберігаються дані: дата, час, номер сім-карти, час сесії, кількість байт (UpLink / DownLink). Кнопка Підключитися призначена для встановлення підключення до Інтернету з урахуванням проведених налаштувань (передбачена можливість (кнопка) відключення від Інтернету). Друга частина призначена для процедури повірки СООІ. Реалізована можливість вводу посилання на завантажуваний файл та вибір директорії для його збереження засобами операційної системи або при задаванні вручну.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 6.2 представлено блок-схему алгоритму функціонування підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації, на базі якого розроблене програмне забезпечення.

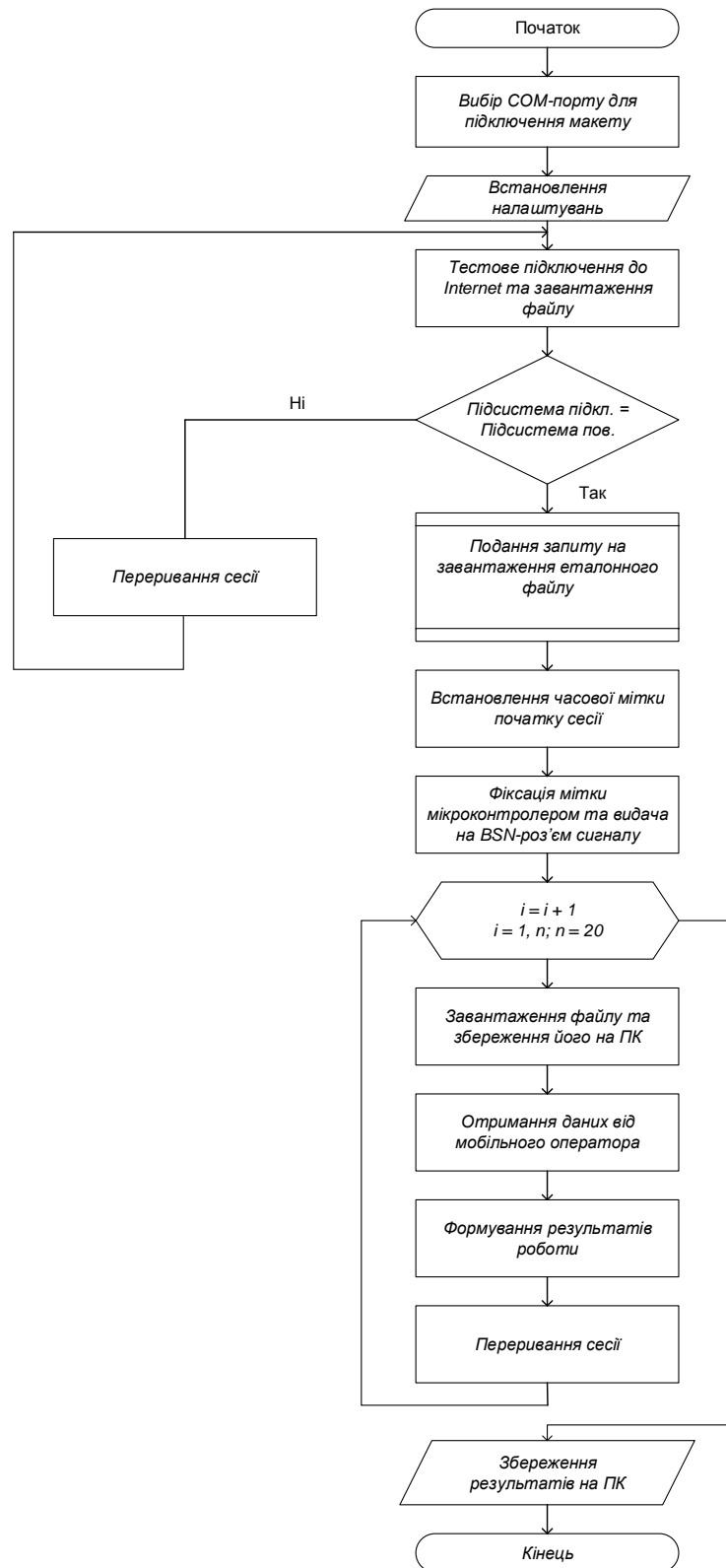


Рисунок 6.2 – Блок-схему алгоритму функціонування підсистеми

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПЗ для мікроконтролера розроблено у спеціальному програмному середовищі Arduino 1.8.12 (рис. 6.3).

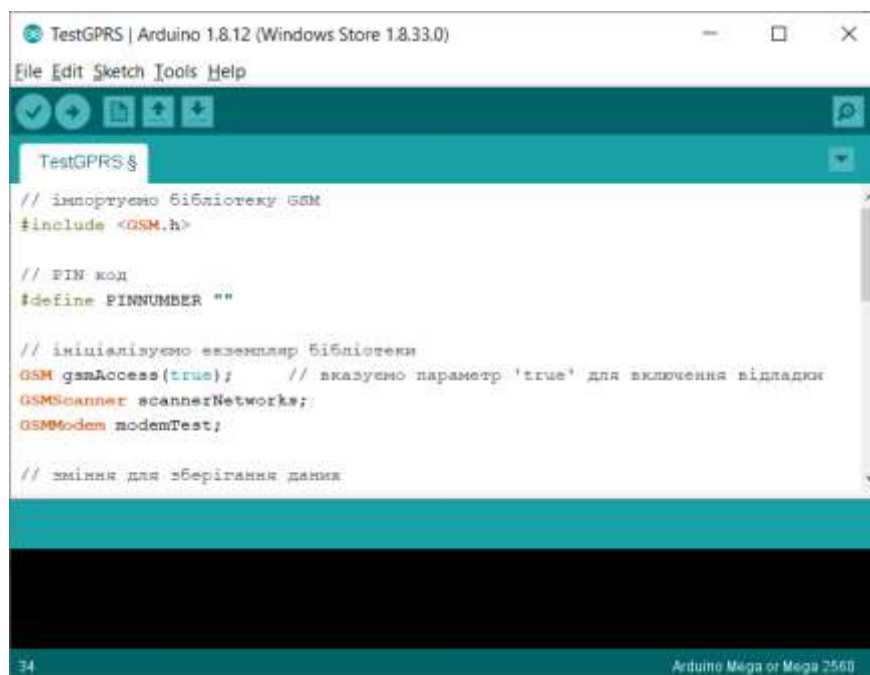


Рисунок 6.3 – Програмний код в середовищі Arduino 1.8.12

Програмний код функції мікроконтролера з перевірки мережевого з'єднання наведений у лістингу 1. В програмі з перевірки мережевого з'єднання визначається IMEI-номер модема. У кожного модема це унікальний номер, який використовується для ідентифікації пристроїв, що можуть підключатися до мережі GSM. Після зчитування IMEI, Arduino виводить на послідовний порт інформацію про ім'я мережі, до якої підключився модем, а також поточну потужність сигналу.

Лістинг 1

```
// імпортуємо бібліотеку GSM
#include <GSM.h>

// PIN код
#define PINNUMBER ""

// ініціалізуємо екземпляр бібліотеки
GSM gsmAccess(true); // вказуємо параметр 'true' для включення відладки
GSMScanner scannerNetworks;
GSMModem modemTest;

// змінна для зберігання даних
```

					VM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```

String IMEI = "";

// повідомлення для програми Serial Monitor
String errortext = "ERROR";

void setup()
{
  // ініціалізуємо інтерфейс послідовної передачі даних
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("GSM networks scanner");
  scannerNetworks.begin();

  // стан з'єднання
  boolean notConnected = true;

  // запускаємо GSM-плату розширення
  // вказуємо PIN-код в лапках
  // в якості параметра метода begin()
  while(notConnected)
  {
    if(gsmAccess.begin(PINNUMBER)==GSM_READY)
      notConnected = false;
    else
    {
      Serial.println("Not connected");
      delay(1000);
    }
  }

  // отримуємо параметри модема
  // IMEI, унікальний ідентифікатор модема
  Serial.print("Modem IMEI: ");
  IMEI = modemTest.getIMEI();
  IMEI.replace("\n", "");
  if(IMEI != NULL)
    Serial.println(IMEI);

  // поточна мережа
  Serial.print("Current carrier: ");
  Serial.println(scannerNetworks.getCurrentCarrier());

  // отримуємо потужність сигналу та BER
  // потужність сигналу вимірюється за шкалою 0-31. 31 означає потужність
  >51dBm
  // BER - це Bit Error Rate (частота виникнення помилок). Шкала: 0-7 scale.
  99=не визначено
  Serial.print("SignalStrength: ");
  Serial.print(scannerNetworks.getSignalStrength());
  Serial.println(" [0-31]");
}

void loop()
{
  // скануємо існуючі мережі, відображаємо їх список
  Serial.println("Scanning available networks. May take some seconds.");

  Serial.println(scannerNetworks.readNetworks());

  // ім'я поточної мережі
  Serial.print("Current carrier: ");
  Serial.println(scannerNetworks.getCurrentCarrier());

  // отримуємо потужність сигналу та BER

```

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

Serial.print("Signal Strength: ");
Serial.print(scannerNetworks.getSignalStrength());
Serial.println(" [0-31]");
}

```

Для підключення до мережі Інтернет недостатньо тільки SIM-карти та тарифного плану – необхідна додаткова інформація від мобільного оператора. Кожен провайдер використовує певне ім'я точки доступу APN (Access Point Name), яка є своєрідним мостом між сотовою мережею та глобальною мережею Інтернет. Іноді з цією точкою доступу асоційовані ім'я користувача та пароль.

Код, наведений у лістингу 2, дозволяє зкачати файл `ukrcsmtest.at.ua/load/0-0-0-1-20` та вивести його вміст.

Лістинг 2

```

//підключаємо бібліотеку GSM
#include <GSM.h>

// PIN-код у разі необхідності
#define PINNUMBER ""

// інформація про точку доступу APN від мобільного оператора
#define GPRS_APN      "GPRS_APN" // прописати свою точку доступу GPRS APN
#define GPRS_LOGIN    "login"    // прописати свій логін для GPRS
#define GPRS_PASSWORD "password" // прописати свій пароль для GPRS

// ініціалізуємо екземпляри бібліотек
GSMClient client;
GPRS gprs;
GSM gsmAccess;

// зкачуємо файла по URL "ukrcsmtest.at.ua/load/0-0-0-1-20"

charserver[] = "ukrcsmtest.at.ua/load"; // базовий URL
char path[] = "/0-0-0-1-20"; // шлях до файлу
int port = 80; // номер порта, 80 для HTTP

voidsetup()
{
    // ініціалізуємо послідовний інтерфейс
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Starting Arduino web client.");
    // стан з'єднання
    boolean notConnected = true;

    // запускаємо плату розширення GSM
    // вказуємо PIN-код встановленої SIM-карти як параметр функції
    gsmAccess.begin()
    while(notConnected)
    {
        if((gsmAccess.begin(PINNUMBER)==GSM_READY) &
            (gprs.attachGPRS(GPRS_APN, GPRS_LOGIN, GPRS_PASSWORD)==GPRS_READY))

```

						<i>Аркуш</i>
					BM61.110004.001 ПЗ	63
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		


```

        notConnected = false;
    else
    {
        Serial.println("Not connected");
        delay(1000);
    }
}

Serial.println("connecting...");

// при успішному підключенні - виводимо відповідне повідомлення через
// послідовний порт:
if(client.connect(server, port))
{
    Serial.println("connected");
    // посилаємо HTTP-запрос:
    client.print("GET ");
    client.print(path);
    client.println(" HTTP/1.0");
    client.println();
}
else
{
    // якщо з'єднання з сервером встановити не вдалось:
    Serial.println("connection failed");
}

voidloop()
{
    // якщо є вхідні байти, що надійшли від сервера,
    // зчитуємо їх та виводимо у послідовний порт:
    if(client.available())
    {
        charc = client.read();
        Serial.print(c);
    }

    // якщо сервер відключився, зупиняємо клієнт:
    if(!client.available() && !client.connected())
    {
        Serial.println();
        Serial.println("disconnecting.");
        client.stop();

        for(;;)
            ;
    }
}

```

На рисунку 6.5 зображений зовнішній вигляд підсистеми.

					BM61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

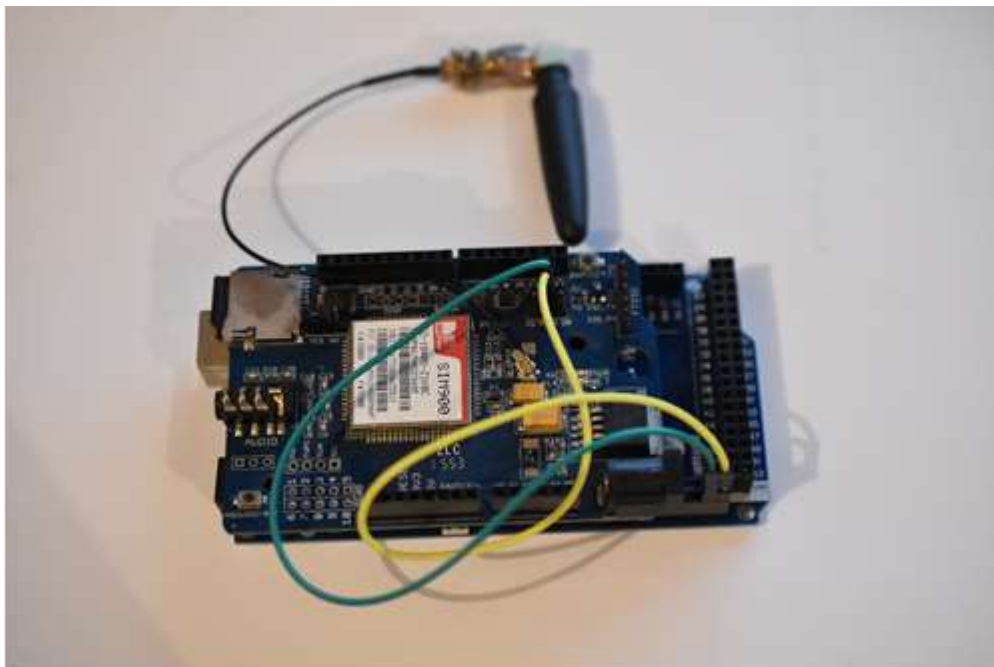


Рисунок 6.5 – Апаратна реалізація підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації

Висновки до розділу 6

Розроблено алгоритм функціонування підсистеми повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації, на його основі побудовано блок-схему алгоритму, створено програмне забезпечення та макет.

					<i>ВМ61.110004.001 ПЗ</i>	Аркуш
						65
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту розроблено підсистему повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації. Розглянуто комплекси та обладнання аналогічного призначення, вибрано сучасні та високоточні комплектуючі для побудови підсттеми. Підсистема дозволяє в автоматичному режимі проводити облік обсягу інформації з метою оцінки відповідності та періодичної повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки (а саме, СООІ), які використовуються операторами мобільного зв'язку при наданні відповідних послуг.

У дипломному проєкті представлений та обґрунтований вибір структурної схеми підсистеми, на її основі розроблена функціональна схема та спроектована електрична принципова схема. Проаналізовані похибки. Розроблені алгоритм, програмне забезпечення та макет.

					<i>ВМ61.110004.001 ПЗ</i>	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці». – від 04.05.2015. – № 374. – 7 стор.

2. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки». – від 13.01.2016. – № 94. – 56 стор.

3. Burstable billing – методика повірки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Burstable_billing – Дата доступу: 06.04.20 – Burstable billing

4. Метрологія: Решения «СИГМА» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sotsbi.ru/products/metrology/> – Дата доступу: 12.12.19 – Решения «СИГМА».

5. Пристрій для формування IP-з'єднань Амулет-2Е [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://comintest.ru/metrologicheskoe-oborudovanie/formirovatel-ip-soedinenij-amulet-2e/> – Дата доступу: 22.04.20 – Пристрій для формування IP-з'єднань Амулет-2Е.

6. МАКС-ЕМК-Е - тестер-аналізатор пакетних мереж [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://skomplekt.com/files/product_1563565/instr_p1563565_1.pdf – Дата доступу: 22.04.20 – МАКС-ЕМК-Е.

7. NETSCOUT OPVXG-EXPTPLUS - мережевий аналізатор Optiview XG 10G [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.passus.com/files/netscout_optiview_xg_ulotka.pdf – Дата доступу: 22.04.20 – мережевий аналізатор Optiview XG 10G.

8. D-link DIR-825 Wi-Fi роутер [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.dlink.ru/ru/products/5/2354.html> – Дата доступу: 05.04.20 – D-link DIR-825 Wi-Fi роутер.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

9. TP-Link AC1750 Archer C7 V2 Wi-Fi роутер [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <https://www.tp-link.com/ru/home-networking/wifi-router/archer-c7/v2/> – Дата доступу: 05.04.20 – TP-Link AC1750 Archer C7 V2 Wi-Fi роутер.

10. Asus RT-AC68U Wi-Fi роутер [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.asus.com/ua-ua/Networking/RTAC68U/> – Дата доступу: 05.04.20 – Asus RT-AC68U Wi-Fi роутер.

11. Повірочний комплекс для систем обліку кількості інформації та вимірювання тривалості телефонних розмов / С.М. Курсін, М.С. Шевкун, Д.А. Бурлака, М.П. Коваленко // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement – 2018»: збірник тез доповідей учасників (ел.), 13-18 лютого 2018 р., м. Славське, 2018. – С. 31-33.

12. Автоматизований по-вірочний комплекс для систем обліку кількості інформації та вимірювання тривалості телефонних розмов / Д.А. Бурлака, С.М. Курсін, М.П. Коваленко, М.В. Добролюбова // XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень в приладобудуванні», 04-05 грудня 2018 р., 2018. – С. 382-385.

13. Послідовний порт [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_port – Дата доступу: 08.04.20 – Послідовний порт.

14. UART [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver-transmitter – Дата доступу: 08.04.20 – UART.

15. Апаратне забезпечення USB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/USB_hardware#Connector_types – Дата доступу: 09.04.20 – Апаратне забезпечення USB.

16. Пакет даних [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Network_packet – Дата доступу: 05.04.20 – Пакет даних.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. TCP протокол [Електронний ресурс] – <https://uk.wikipedia.org/wiki/TCP> – Дата доступу: 05.04.20 – TCP протокол.

18. UDP протокол [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/UDP> – Дата доступу: 05.04.20 – UDP протокол.

19. Мережева модель OSI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/OSI_model – Дата доступу: 05.04.20 – Мережева модель OSI.

20. Internet Protocol [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol – Дата доступу: 05.04.20 – Internet Protocol.

21. Datasheet Arduino MEGA [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://category.alldatasheetru.com/index.jsp?Searchword=ARDUINO%20MEGA.html> – Дата доступу: 10.04.20 – Datasheet Arduino MEG..

22. Datasheet GSM GPRS SIM900 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword = GSM/GPRS%20SIM900.html](http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=GSM/GPRS%20SIM900.html) – Дата доступу: 05.04.20 – Datasheet GSM GPRS SIM900.

23. ADA4528-1 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/ADA4528-1_4528-2.pdf – Дата доступу: 05.04.20 – ADA4528-1 Datasheet.

24. REF3025 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ref3025.pdf?ts=1591571742978&ref_url=https://www.ti.com/product/REF3025 – Дата доступу: 05.04.20 – REF3025 Datasheet.

25. Володарський Є.Т. та ін. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219 с..

26. Повірочний комплекс для систем обліку кількості інформації та вимірювання тривалості телефонних розмов / С.М. Курсін, М.С. Шевкун, Д.А. Бурлака, М.П. Коваленко // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement – 2018»: збірник тез доповідей учасників (ел.), 13-18 лютого 2018 р., м. Славське, 2018. – С. 31-33.

27. Мікропроцесорна пі-дсистема синхронізації модуля годинника реального часу в рамках пові-рочного комплексу / Д.А. Бурлака, М.П. Коваленко, С.М. Курсін, М.В. Добролюбова // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині ме-трології «Technical Using of Measurement – 2019»: збірник тез доповідей уча-сників (ел.), 29 січня-2 лютого 2019 р., м. Славське, 2019. – С. 74-77.

					ВМ61.110004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ДОДАТОК А

Акт впровадження

МІНЕКОНОМІКИ

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР
СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ, СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ ПРАВ СПОЖИВАЧІВ»
(ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»)

вул. Метрологічна, 4, м. Київ, 03143, тел: (044) 526-52-29, факс: (044) 526-42-60, Код ЄДРПОУ 02568182
e-mail: ukrcsm@ukrcsm.kiev.ua, web: http://www.ukrcsm.kiev.ua

10.06.2020 № 3-02/01-2020

На № _____

Завідувачу кафедри інформаційно-
вимірювальних технологій
КПІ ім. Ігоря Сікорського
д.т.н., проф. Єременко В.С.

АКТ

впровадження результатів дипломного проекту на здобуття ступеня бакалавра
Коваленка Максима Петровича

Повідомляємо, що результати наукових досліджень, викладені в дипломному проекті Коваленка Максима Петровича, виконаному за темою «Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації», використовуються в ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» для вдосконалення і оптимізації процесу повірки СОКІ. Розробка має високу теоретичну і практичну цінність, дозволяє підвищити продуктивність повірки, знизити її вартість та забезпечити правильність розрахунків між споживачем і постачальником телекомунікаційних послуг.

Заступник генерального директора з метрології,
оцінки відповідності засобів вимірювальної техніки
та наукової діяльності, к.т.н.



Ю.В. Кузьменко

019547

ДОДАТОК Б

Список публікацій

Перше викор.		Поз. позн.	Найменування				Кіл.	Примітка					
		Конденсатори											
		C1, C13	100F 0603				2						
		C2, C3,	22pF K10-17				4						
		C9, C10											
		C4...C8,	100nF 0603				7						
Справа №		C11, C15											
		C12, C16	1uF 50V ECR 5x11mm (ECR010M50B-Hitano)				2						
		C14	470F 0603				1						
		Мікросхеми											
		DA1	LP3985-33DBVR				1						
		DA2	ADA4528				1						
		DA3	REF3025				1						
		DD1	ATMEGA2560				1						
		DD2	SIM900				1						
		DD3	ATMEGA8U2-MU				1						
		Підпис і дата		Резистори									
				R1, R4	1 mOhm 0603				2				
R2, R5	27 Ohm 0603				2								
R3, R10	10 kOhm 0603				2								
R6, R7	22 Ohm 0603				2								
R8, R9	1 kOhm 0603				2								
R11, R12	1 kOhm 0603				4								
R13, R14													
Інв. № дубл.													
Взам. інв. №													
Підпис і дата						Підсистема повірки ЗВТ для обліку обсягу інформації Перелік елементів	Літ		Маса	Масит			
		Зм	Арк.	№ докум.	Підпис		Дат						
		Розроб.	Коваленко М.П.										
		Перев.	Добролюбова М.В.										
		Т. конт.	Добролюбова М.В.										
Інв. № підп.						ВМ61.110004.001 ПЕЗ	Аркуш 1		Аркушів 2				
							КПІ ім. Ігоря Сікорського						
							ПБФ, гр. ВМ-61-2						
Інв. № підп.													

Інв. № підл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата	Справа №	Перше викор.	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
								Кварцовий генератор			
							Q1, Q2	16 MHz Series QS0751SR	2		
								Діоди			
							D1, D2	Світлодіод KY-016	2		
							BM61.110004.001 ПЕЗ			Арк.	
										2	
							Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат