

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій та радіотехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Перший (Бакалаврський)

Освітній рівень

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Шифр і назва спеціальності

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

на тему Визначення основних параметрів кабелів зв'язку


КПТР. 2017015.01.10.ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група ТР-17-1


підпис

О.С. Процак
Ініціали, прізвище

Керівник: канд.. техн. наук, доц.


підпис

І.С. Пятін
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, проф.


підпис

Ю.М. Бойко
Ініціали, прізвище

25 травня 2021 р.

Хмельницький, 2021

Хмельницький національний університет

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікації та радіотехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Освітня-професійна програма Телекомунікації та радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ТР

Бойко Ю.М.

« 10 » лютого 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Процаку Олександр Сергійовичу

1 Тема роботи: Визначення основних параметрів кабелів зв'язку
керівник роботи Пятін Ілля Станіславович, к.т.н, доцент.

Затверджено наказом по університету від «05» 02. 2021р. № 11

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 20.05.2021р.

3 Вихідні дані (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Розробити прилад для визначення основних параметрів кабелів зв'язку.

В процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- зробити огляд способів визначення основних параметрів кабелів зв'язку;
- розробити і розрахувати структурну схему пристрою;
- проаналізувати математичний апарат для визначення основних параметрів кабелів зв'язку;

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

1) Аналітичний огляд літературних джерел. 2) Визначення і розрахунок структурної схеми. 3) Модель визначення основних параметрів кабелів зв'язку.

5 Перелік графічного матеріалу. 1) Структурна схема пристрою; 2) Принципова схема пристрою;

Завдання отримав Трун

Науковий керівник Бойко Ю.М.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ. Аналітичний огляд літературних джерел		Вик.
2	Визначення і розрахунок структурної схеми.		Вик.
3	Модель визначення основних параметрів кабелів зв'язку.		Вик.
4	Висновки. Презентаційні матеріали за результатами виконання кваліфікаційного проєкту.	20.05.2021	Вик.

Студент



Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема: Визначення основних параметрів кабелів зв'язку

Мета: Розробка вимірювача основних параметрів кабелів зв'язку радіолокаційного типу.

Дипломник: Процак О.С.

Керівник: Пятін І.С.

Текстова документація: пояснювальна записка – с., ф. А4.

Графічна документація: креслення та плакати – 2 арк., ф. А2.

Проект присвячений вивченню принципів побудови вимірювачів основних параметрів кабелів зв'язку, розробці структурної та принципової схем пристрою з використанням сучасної елементної бази, розрахунку основних вузлів пристрою.

Проект складається з трьох розділів.

В першому розділі зроблений огляд сучасних методів побудови вимірювачів неоднорідностей кабелів зв'язку. Розглянуті можливості автоматизації і підвищення точності таких вимірювань.

Другий розділ присвячений вибору і обґрунтуванню структурної схеми пристрою, а також вибору принципових схем складових блоків та потрібним розрахункам. Визначенні вхідні і вихідні параметри структурних блоків. Проаналізовані особливості мікроконтролерів з ядром ARM7TDMI.

У третьому розділі дана характеристика моделі визначення основних параметрів кабелів зв'язку, проаналізовані похибки традиційного методу вимірювань погонних параметрів кабелів зв'язку, розглянута завадостійкість кабелів зв'язку. Оцінена пропускна спроможність кабелів зв'язку. Розглянуті засоби розробки апаратного і програмного забезпечення, налагодження і тестування системи. Проаналізовані засоби розробки програмного забезпечення.

Ключові слова: кабель зв'язку, мікроконтролер, цифровий прилад.

ANNOTATION

Theme: Defining the basic parameters of communication cables.

Purpose: To develop a meter for the basic parameters of radar-type communication cables.

Candidate: Protsak O.S.

Supervisor: Pyatin I.S.

Textual documentation: explanatory note – p., f. A4.

Graphic documentation: the drafts and posters – 2 s., f. A2.

The project is devoted to the study of the principles of construction of meters of the main parameters of communication cables, the development of structural and schematic diagrams of the device using a modern element base, the calculation of the main components of the device.

The project consists of three sections.

The first section provides an overview of modern methods for constructing meters of inhomogeneity of communication cables. Possibilities of automation and increase of accuracy of such measurements are considered.





The second section is devoted to the choice and justification of the structural scheme of the device, as well as the choice of schematic diagrams of the constituent blocks and the necessary calculations. Defining input and output parameters of structural blocks. Features of microcontrollers with ARM7TDMI core are analyzed.

The third section describes the model of determining the basic parameters of communication cables, analyzes the errors of the traditional method of measuring the running parameters of communication cables, considers the noise immunity of communication cables. Estimated bandwidth of communication cables. Means of hardware and software development, system debugging and testing are considered. Software development tools are analyzed.

Keywords: communication cable, microcontroller, digital device.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1 Аналітичний огляд літературних джерел.....	
1.1 Параметри кабелів зв'язку.....	
1.2 Параметри впливу кабелів зв'язку.....	
1.3 Асиметрія лінії зв'язку.....	
1.4 Прилади для тестування кабельних ліній зв'язку.....	
1.5 Вимірювальні мости для кабелів.....	
1.6 Тестер для кабелів зв'язку.....	
Висновки до першого розділу.....	
2 Визначення і розрахунок структурної схеми.....	
2.1 Структурна схема вимірювача параметрів кабелів зв'язку.....	
2.2 Характеристика мікроконтролера LPC-P2378.....	
2.3 Розширювач імпульсів.....	
2.4 Мережевий інтерфейс Ethernet	
2.5 Рідкокристалічний індикатор.....	
2.6 Клавіатура.....	
2.7 Традиційний метод вимірювання погонних параметрів кабелів.....	
2.8 Спектральний аналіз сигналів у лініях зв'язку.....	
Висновки до другого розділу.....	
3. Модель визначення основних параметрів кабелів зв'язку.....	
3.1. Похибки традиційного методу вимірювань погонних параметрів кабелів зв'язку.....	

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Вимірювач основних параметрів кабелів зв'язку Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Процак О.С.							
Перевірив	Пятін І.С.							
Н. контр.	Бойко Ю.М.							
Затв.	Бойко Ю.М.							
						ХНУ, гр. ТР-17-1		

3.2. Вимірювання погонних параметрів на основі розв'язку системи рівнянь.....

3.3. Завадостійкість кабелів зв'язку.....

3.4 Пропускна спроможність кабелів зв'язку.....

3.5 Засоби розробки апаратного і програмного забезпечення.....

3.6 Налагодження і тестування системи.....

3.7 Засоби розробки програмного забезпечення.....

Висновки до третього розділу.....

Висновки.....

Перелік джерел посилання.....

Перелік елементів.....

ВСТУП

Діагностика кабельних ліній зв'язку включає в себе визначення стану ізоляції і внутрішніх жил, що проводять електричний струм. На основі отриманих результатів виносяться рішення про можливість подальшої експлуатації кабелів зв'язку. Короткий огляд завдань гармонізації нормативного забезпечення, використовуваного, зокрема, при проектуванні, інсталяції та експлуатації систем автоматизації виробництва. Практика виробничого контролю, в основу якої покладено проаналізовані в огляді документи, виявляє обставини, які стримують впровадження системи норм. Справжня робота спрямована на дослідження і розширення «вузьких місць». Компанії, що виконують проектування систем, монтаж та пусконаладку обладнання на майданчиках відповідних категорій, прагнуть забезпечити вимоги іскробезпеки, керуючись обраним коефіцієнтом безпеки і досить складно обумовленими вимогами стандартів.

При виборі номенклатури застосовуваних монтажних кабелів і топології побудови кабельних систем потрібне знання відповідних погонних параметрів кабелів, які при використанні мають лежати в певних межах. Задана гранична довжина магістральних кабелів, складова 1000 м для обладнання групи ІС і 5000 м для групи ІВ. Кабельні заводи, які виконують відповідні поставки, прагнуть забезпечити зазначені вимоги, для чого вводять погонні параметри в перелік що підлягає обов'язковому контролю і в паспорт кожної одиниці продукції, що відвантажується.

Виробники засобів вимірювань (ЗВ) пропонують відповідні RLC-вимірювачі, приділяючи особливу увагу забезпеченню точності вимірювання індуктивності при наявності значного провідникові. Діючи вимоги до ЗВ наказують виконувати вимірювання на частоті $f_{izm} = 1000$ Гц приладами з інструментальною похибкою не більше $\pm 1\%$. Тому розробка нових приладів для діагностики кабелів зв'язку є актуальною задачею.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Параметри кабелів зв'язку

Шляхи використання електричного кабелю для передачі високочастотних або низькочастотних сигналів залежить від електричних характеристик матеріалу, з якого виготовлений кабель. Це визначається параметрами передачі і впливу. Параметри передачі визначають за характеристики розповсюдження хвилі по симетричній парі, а параметри впливу – перехід електромагнітної енергії високочастотної або низькочастотної хвилі з одного кабелю на інший, а також степінь захищеності електричній кіл від взаємних і зовнішніх завад.

Еквівалентна схему відрізка симетричної пари кабелів для лінії передачі сигналів, що зображена на рисунку 1.1.

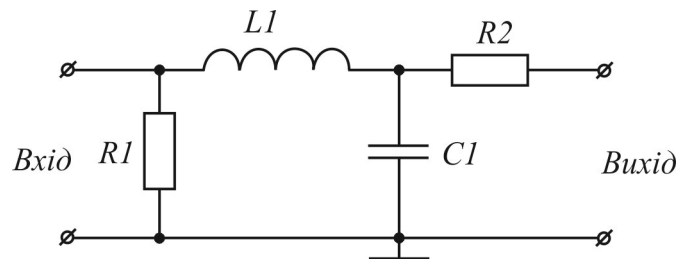


Рисунок 1.1 – Схема заміщення відрізка електричного кабелю

Двопровідна лінія характеризується опором R_2 , індуктивністю L , ємністю C і провідністю ізоляції $G = 1/R_1$, яка обернено пропорційна опору ізоляції.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Визначення основних параметрів кабелів зв'язку Аналітичний огляд літературних джерел і патентних матеріалів Пояснювальна записка
Розробив	Процак О.С.		<i>Процак</i>		
Перевірів	Пятін І.С.		<i>Пятін</i>		
Н. контр.	Бойко Ю.М.		<i>Бойко</i>		
Затв.	Бойко Ю.М.		<i>Бойко</i>		
					Літера Аркуш Аркушів ХНУ, гр. ТР-17-1

Це первинні параметри лінії передачі, величина їх залежить від конструкції кабелю і частоти сигналу, що передається. Опір постійному струму електричного кабеля залежить від температури оточуючого середовища, матеріалу, діаметру перетину і довжини несучої жили, а опір змінному струму – також залежить і від частоти і зростає з збільшенням останньої. Це явище називають поверхневим ефектом: з збільшенням частоти струму, він більшою мірою витісняється на поверхневі шари провідника. Це еквівалентно зменшенню діаметра поперечного перетину електричного дроту, тому що його внутрішня область і її розміри не задаються. Розглянемо основні параметри витої пари.

Первинні параметри симетричної витої пари вважаються початковими для виконання розрахунку вторинних параметрів передачі сигналу (коефіцієнта загасання a , коефіцієнта фази b , хвильового опору Z_c).

Коефіцієнт загасання a характеризує величину ослаблення рівня сигналу на виході кабеля довжиною 1 кілометр, який навантажений на його хвильовий опір. Коефіцієнт загасання вимірюється в дБ/км і величина його збільшується з зростанням частоти. Коефіцієнт фази b дає характеристику фазовому зсуву сигналу при розповсюдженні по кабелю. Так само як коефіцієнт загасання a , він нормований до довжини кабельної лінії 1 км. Вимірюється в рад/км.

Хвильовий (характеристичний опір) лінії визначається наступним виразом:

$$Z_c = \frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}^{1/2}$$

На частоті сигналу $\omega = 0$ ($\omega = 2\pi F$) характеристичний опір кабелю $Z_c = [R/G]^{1/2}$. На високих частотах ($\omega L \gg R$ і $\omega C \gg G$), характеристичний опір визначається виразом: $Z_c = (L/C)$. Він стає постійною величиною (константою) і не залежить від частоти. Так як $R/G \gg L/C$, модуль Z_c - монотонно убиває від $(R/G)^{1/2}$ для $\omega = 0$ до $(L/C)^{1/2}$ на достатньо високих частотах.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Величина загасання сигналу у кабелі – важливий параметр лінії зв’язку, або каналу. Сильнее загасання сигналу на лінії зв’язку (у каналі) може привести до сильного збільшення кількості помилок в сигналі, що передається.

Загасання сигналу у лінії зв’язку a – це відношення потужностей сигналу на початку лінії і кінці лінії. Вимірюється в децибелах і визначається виразом:

$$a = 10 \lg(P_0/P_x),$$

де P_0 і P_x – величини потужностей сигналу на початку і кінці лінії, відповідно. Наприклад, якщо $P_x = 0,1 P_0$, то $a = 10$ дБ.

Двопровідна лінія зв’язку може виконувати функцію фільтра нижніх частот. Загасання двопровідної лінії зв’язку – зростаюча функція частоти.

Лінія зв’язку вносить також затримку сигналу, що передається. Сигнал передається без спотворень у випадку, якщо час затримки буде однаковиу у робочому діапазоні частот.

Зміни величини часу затримки в лінії виникають через різкі зміни вхідного опору у стиках, вигину кабелю, що приводить до появи відбитих сигналів.

Спільно з зміною часу затримки сильний вплив на якість сигналу у кабельній лінії зв’язку надає час затримки. Час затримки важливий при одночасній передачі декількох сигналів в одному напрямку по декількох паралельних парах одного кабелю. Такий спосіб передачі (спосіб інверсного мультиплексування) використовується, наприклад, у випадку просторового розділення сигналів.

Загасання віддзеркалення. Характеризує неоднорідність лінії зв’язку. Є логарифмічною мірою коефіцієнта віддзеркалення у містах стику відрізків електричного кабелю і визначається виразом:

$$a_g = 20 \lg(1/|p|),$$

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

де $|p|$ – модуль коефіцієнта віддзеркалення і виконується співвідношення:

$$|p| = \left| \frac{(z_1 - z_2)}{(z_1 + z_2)} \right|,$$

де z_1, z_2 – вхідні опори першого і другого кабелів у місці стику.

Системи зв'язку (особливо, цифрові) чутливі до випромінення зовнішніх джерел електромагнітних хвиль (мікрохвильових печей, офісного устаткування тощо), особливо у випадку недостатньої симетрії скрученої пари. В цьому випадку використовують екрановані кабелі та волоконно-оптичні кабелі.

1.2 Параметри впливу кабелів зв'язку

Основні впливи у кабелях зв'язку – перехідні впливи на ближньому і дальньому кінцях через паразитні електромагнітні і ємнісні зв'язки між складовими частинами одного кабелю або близько розташованих кабелів.

Методом зменшення або знищення подібних впливів є скручування дротів мідної пари. Жорсткі вимоги по параметрам впливу стосуються структурованих кабельних систем (СКС), які мають широкий діапазон робочих частот.

Способом визначення перехідних впливів слугує перехідне загасання кабелю на ближньому кінці і перехідне загасання кабеля зв'язку на дальньому кінці. Перехідні загасання NEXT та FEXT виражаються шляхом використання логарифма відношення потужності генератора P_1 впливаючого кола, до потужності завад P_2 в схильному до впливу колі, у відповідності з виразом: $10\lg(P_1/P_2)$ дБ, або як різниця $p_1 - p_2$.

Рівень сигналу в точці X лінії зв'язку визначається виразом: $p_x = 10\lg(P_x/1\text{ мВт})$. P_x - потужність сигналу в точці X.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Параметр NEXT визначається різницею сигналів на виході передавача одного кабеля зв'язку і завади на вході приймача іншої, які визначаються в однаковому пункті: $NEXT = p_{10} - p_{20}$. Схема, яка використовується для визначення перехідного загасання кабеля зв'язку на ближньому кінці приведена на рисунку 1.2.

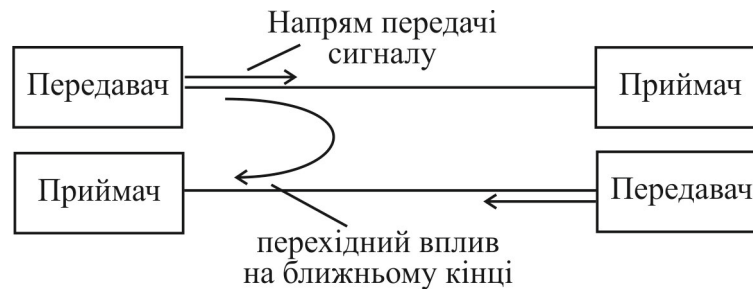


Рисунок 1.2 – Визначення перехідного загасання на ближньому кінці кабеля зв'язку

Параметр NEXT визначається при передачі сигналів протилежних напрямів по одному кабелю. Спектри сигналів, що передаються у протилежних напрямках повністю або частково співпадають.

Параметр FEXT визначається різницею сигналів на виході передавача одного кабеля зв'язку і завади на вході приймача іншого кабеля зв'язку. Визначення перехідного загасання на дальньому кінці проілюстровано на рис. 1.3.

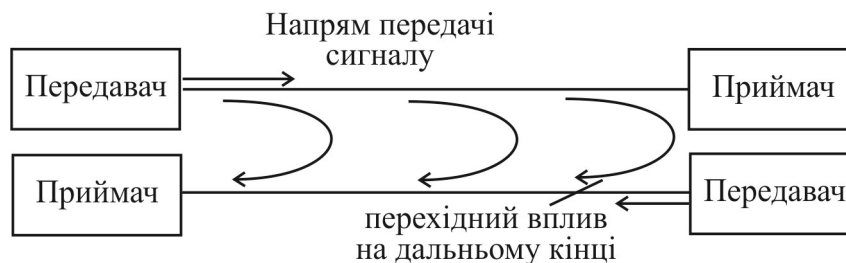


Рисунок 1.3 – Визначення перехідного загасання на дальньому кінці

FEXT –параметр, що визначається при використанні двокабельного режиму роботи лінії зв'язку у випадку, якщо сигнали протилежних напрямів передаються з використанням різних кабелів.

Параметр кабеля зв'язку NEXT при збільшенні відстані L спочатку зменшується, а далі стабілізується.

Attenuation to Crosstalk Ratio (ACR) – це параметр, який еквівалентний параметру сигнал-шум для перехідного впливу на ближньому кінці кабельної лінії зв'язку NEXT. ACR визначається як логарифм різниці NEXT і загасання кабелю. Якщо ACR дорівнює 10 дБ, то потужність завади NEXT на вході буде в 10 разів менше потужності корисного сигналу.

Практичне значення параметру ACR можна зрозуміти, якщо частотні характеристики загасання симетричної пари (а), перехідної завади (NEXT) і ACR представити на одному графіку. Частота, для якої значення загасання і параметр NEXT однакові (дорівнює 100 МГц), визначає верхню робочу частоту.

Equal Level Far End Crosstalk (ELFEXT) – це параметр, що має однакоє значення з параметром ACR. Різниця складається в тому, що ACR визначається NEXT, а ELFEXT – з FEXT. ELFEXT має значення для випадків, при яких декілька передавачів однієї системи зв'язку здійснюють передачу в один бік по лініям зв'язку, які розташовані в одному кабелі. $ELFEXT = FEXT - a_k$.

1.3 Асиметрія кабельної лінії зв'язку

Асиметрія є параметром передачі, так як вона визначається параметрами кабелю зв'язку, і впливом, так як впливає на завади між іншими парами.

Симетрична лінія зв'язку має бути збалансованою відносно корпусу відповідним чином. В залежності від постійного або змінного струму розрізняють два види асиметрії.

Асиметрія за постійним струмом визначається різницею опорів симетричної лінії зв'язку і не перевищує 1%.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Степінь асиметрії за змінним струмом визначається загасанням подовжньої асиметрії (Longitudinal Conversion Loss, LCL). Причиною подовжньої розбалансовки кабелів зв'язку є нещільні контакти в місцях з'єднання кабелів.

Для того, щоб оцінити параметри рефлектометрів, розглянемо особливості витої пари.

Симетрична кабельна лінія зв'язку є двопровідною лінією, що складається з послідовно включених елементарних ланок. Кожен ланка – це чотиріполосник, який складається з елементів: опору R , індуктивності L , ємності C і провідності G , як показано на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Схема з'єднання кабеля зв'язку з навантаженням

У випадку $Z_l = Z_c$ відсутнє відбиття сигналу у кінці лінії.

При розповсюдженні по скрученій парі гармонійного сигналу відношення напруги і струму в кожній її точці називають входним опором витої пари. Якщо скручену пару навантажити на її кінці на опір, що визначається виразом:

$$Z_c = \frac{Z_l(R + j\omega L)}{G + j\omega C},$$

де $\omega = 2\pi f$, то входний опір кабельної лінії зв'язку буде рівним Z_c .

Це звичний для витої пари входний опір, який називають хвилевим (характеристичним) опором. У ідеальній лінії сигнал досягає кінця і поглинається опором навантаження Z_c .

Якщо скручена пара навантажена на опір Z_ℓ , то деяка частинка енергії сигналу буде поглинати навантаженням, а деяка частинка, після зміни напрямку руху, буде розповсюджуватись назад. Відбитий сигнал оцінюється коефіцієнтом віддзеркалення $p = \frac{Z_\ell - Z_c}{Z_\ell + Z_c}$. Позначення дефекта в кабелі приведено на рис. 1.5.

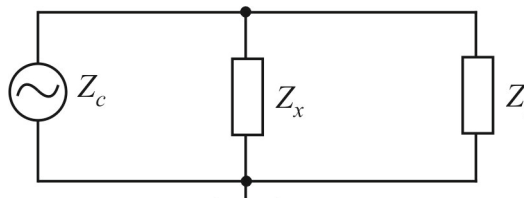


Рисунок 1.5 – Позначення дефекта в кабелі

У випадку $Z_x = Z_c$ і $Z_x = Z_l$, імпульсний сигнал у лінії зв'язку відбивається від дефекта і повертається. У випадку $Z_\ell = Z_c$ коефіцієнт віддзеркалення буде дорівнювати нулю. У випадку наявності дефекту кабельної лінії зв'язку $Z_x \neq Z_c$, коефіцієнт віддзеркалення $p = \frac{Z_x - Z_c}{Z_x + Z_c}$ буде відрізнятися від нуля, і частина енергії імпульсу у кабелі зв'язку буде відбиватися. У цьому випадку можливі два випадки – обрив кабеля, або коротке замикання.

У випадку обриву кабеля зв'язку значення Z_x прямує до нескінченності. Зондуючий імпульсний сигнал, у цьому випадку, відбивається від точки обриву і повернеться на вхід приймача без зміни полярності, як показано на рисунку 1.6.

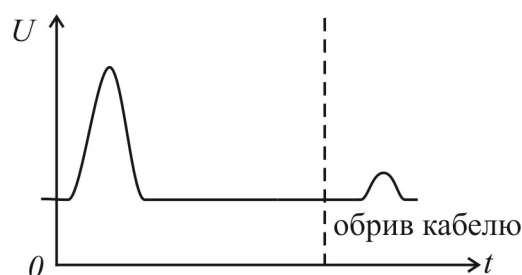


Рисунок 1.6 – Сигнал рефлектометра у випадку обриву кабеля

Якщо у точці X є коротке замикання кабельної лінії зв'язку, то $Z_x = 0$. В цьому випадку $p = \frac{0 - Z_c}{0 + Z_c} = -1$. Зонduючий імпульс відібивається від точки, де відбулося коротке замикання. Фаза сигналу змінюється на 180° .

У випадках, коли має місце частковий холостий хід, або часткове коротке замикання, відбитий від пошкодження сигнал має складнішу форму у порівнянні з приведеною на рис. 1.6.

Зонduючий імпульс розповсюджується по кабельній лінії зв'язку з кінцевою швидкістю, яка визначається параметрами кабелю і частотою сигналу.

1.4 Прилади для тестування кабельних ліній зв'язку

Для діагностики кабелів виконують тестування за допомогою постійного і змінного струму. На змінному струмі виконують дослідження падаючої хвилі зонду чого сигналу, або його відбитої хвилі.

Дослідження кабелів за допомогою постійного струму і падаючу хвилю використовують для первинних і вторинних параметрів ліній зв'язку.

Тестування кабелів зв'язку використовує модель взаємодії відкритих систем OSI, для якої методи тестування мають дві категорії:

- модель фізичного рівня OSI;
- моделі вищих рівнів OSI.

Для аналізу фізичного рівня застосовують мультиметри, тестери, рефлектометри, осцилографи, аналізатори спектру. Аналізатори вищих рівнів OSI визначають параметри та пакетів, цілісність даних.

Для фізичного рівня ліній зв'язку методи дослідження стрімко розвиваються. В цьому випадку визначають: довжину, опір, коефіцієнт загасання, віддзеркалення, перехідне загасання між лініями, локація стану лінії зв'язку.

Мультиметри можуть застосовуватися для параметрів кабелів з використанням постійного і змінного струму.

Визначення рівня зондуєчого сигналу здійснюють для загасання сигналу в лінії, перехідного рівня загасання, гармонійних шумів.

Для оцінки коефіцієнту бітових помилок (BER) кабелю є спеціальні тестери.

Рефлектометри досліджують сигнал в часовій області і оцінюють відгук у характерних точках, коли наявні неоднорідності і пошкодження.

Сучасні осцилографи з аналізаторами спектру застосовують для аналізу пошкоджень у випадку потреби знати форму відгуку чи спектр.

1.5 Вимірювальні мости для кабелів

Для аналізування пошкоджень кабелів застосовують різноманітні мости.

Схема побудови моста для виміру опору приведена на рисунку 1.7.

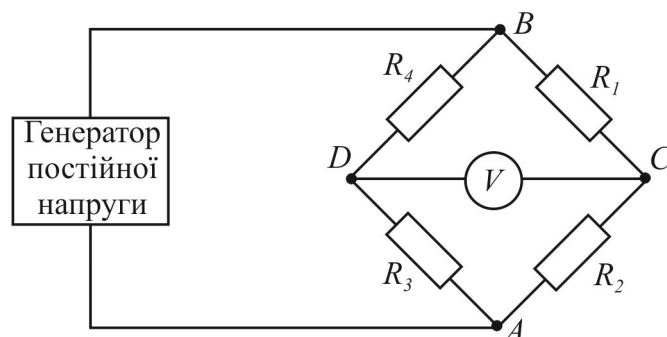


Рисунок 1.7 – Вимірювальний міст Уїтстона

При балансі моста $U_{CD} = 0$ і виконуються умови: $U_{BC} = U_{BD}$ і $U_{AC} = U_{AD}$.

Опір R_1 визначається виразом: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$. Маємо співвідношення: $R_1 = R_2 \frac{R_4}{R_3}$. Міст

має баланс, якщо виконується рівність $R_4 / R_3 = 1$. Резистор R_2 завжди відомий.

Мости будуються на основі сигнальних процесорів, які підвищують точність і автоматизують проведення вимірів.

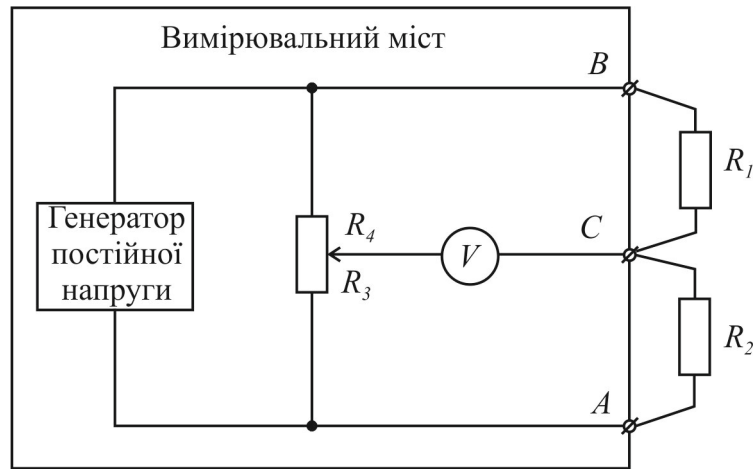


Рисунок 1.8 – Міст Муррея

Для об'єкта дослідження і його підключення використовують затиски В і С. Вдосконалені схеми мостів приведені на рис. 1.8 - 1.9. Наведені мости Муррея і Купфмюлера. Кабель зв'язку під'єднують до затисків А, В і С. Може з'явитись необхідність для збільшення точок до яких підключаються, що підвищує точність оцінки пошкодження. Розглянуті схеми мостів використовуються для постійного струму.

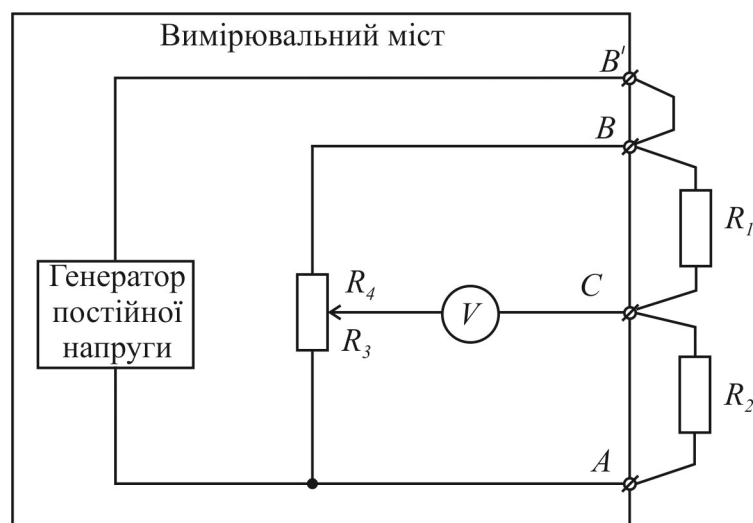


Рисунок 1.9 – Міст Купфмюлера

Мости Уїтстона і Муррея застосовують для визначення на змінному струмі (ємність кабеля). При цьому в якості джерела зонду чого сигналу використовують генератор гармонійної напруги.

Використовуючи міст Уїтстона на постійному струмі визначають опір кабеля, опір ізоляції, опір екранування .

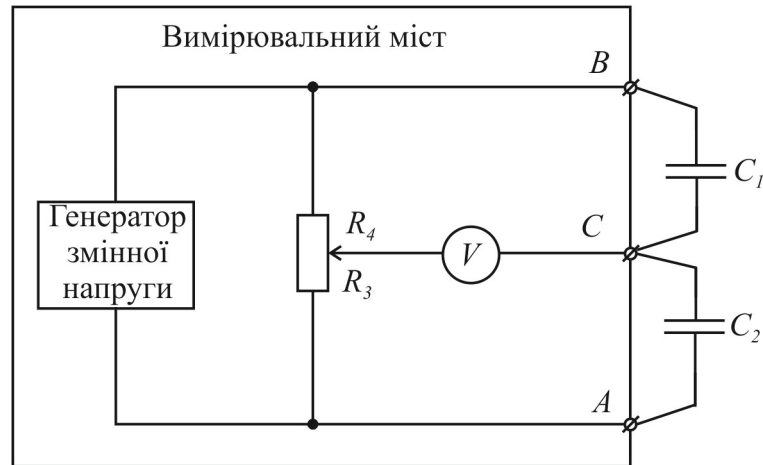


Рисунок 1.10 – Міст для дослідження кабеля

Для збалансованого моста виконується умова: $\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_4}{R_3}$, що перетворюється

на наступну умову: $C_1 = C_2 \frac{R_4}{R_3}$.

Записані параметри використовують для кабелів. Для локалізації пошкоджень визначають місце розташування пошкодження кабеля. З використанням моста на постійному струмі можна знайти відстань до розташування пошкодження. Якщо ми знаємо опір $R_{шл}$ і опір мідних жил кабелю

R_{nz} , використовують вираз: $L_{пару} = \frac{R_{шл}}{2R_{nz}}$ і розраховують довжину кабелю.

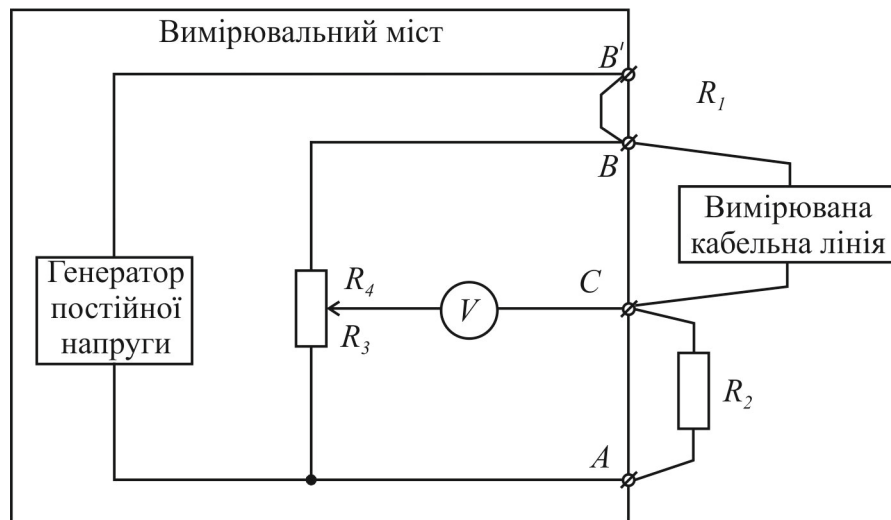


Рисунок 1.11 – Міст для визначення місця пошкодження кабелю

Опір мідних жил кабелю визначається за таблицями, наведеними у довідниках за діаметром їх перетину. Але ще є залежність від температури. Для усунення можливих помилок, необхідно застосовувати залежність опору для даної марки кабелю від температури. Для мостів не складних за будовою, обчислення проводяться вручну з використанням таблиць. Для більш складних випадків використовують засоби автоматизації обчислень з застосуванням поправочних коефіцієнтів за отриманим вимірним значенням температури.

Довжина кабелю зв'язку встановлюється за допомогою мостового методу. При цьому визначається ємність кабеля. Далі шляхом ділення ємності кабеля на погонну ємність, можна визначити довжину кабеля.

Збільшення ємності кабеля в порівнянні з стандартним значенням, говорить про потрапляння вологи всередину кабеля. В порівнянні з опором, ємність мало залежить від температури навколишнього середовища.

1.6 Тестер для кабелів зв'язку

Тестер для кабельних ліній зв'язку може бути призначений для діагностики телекомунікаційного кабелю типу витої пари. Прилад конструктивно має у складі передавач і приймач. Передавач будується з використанням генератора прямокутних імпульсів, лічильника імпульсів і імпульсного дешифратора. Реалізований він на мікросхемах К561ЛН2, К561Е10, К55ІД7 (рис. 1.12). Жили досліджуваного кабелю мають підключатися до дешифратора, який формує прямокутні імпульси для зондування кабельних ліній. Останню жилу кабелю використовують для напруги живлення. Приймач виконує функції індикатора, що використовує семипозиційний екран, які відображають результат діагностики ліній кабелю. Якщо кабельні лінії не пошкоджені – всі світлодіоди семи сегментного індикатора відображаються у послідовному порядку.

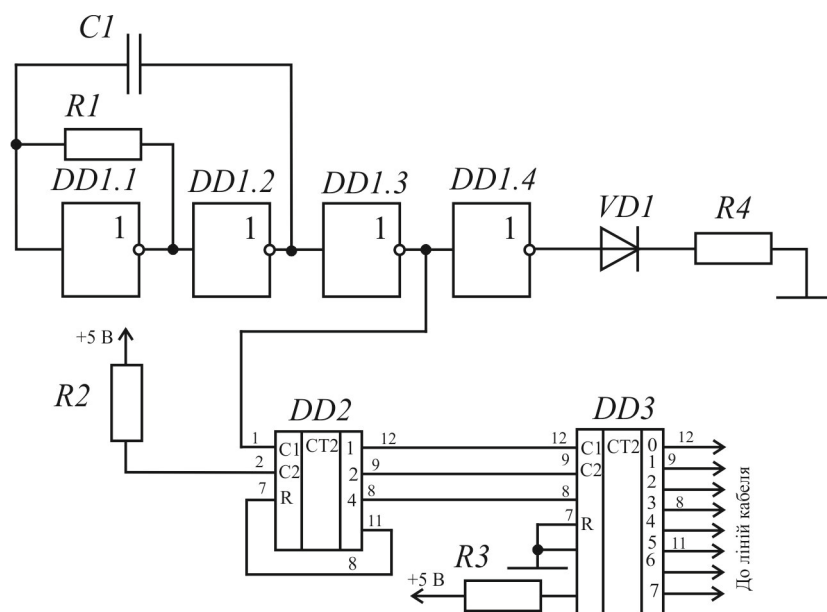


Рисунок 1.12 – Кабельний тестер

Якщо світлодіоди підібрані з схожими параметрами, то за яскравістю їх послідовного спалахування можна робити висновок про величину відхилень опорів. Корпус передавача має вимикач. В якості джерела живлення прилад використовує зарядні батареї АА. Батареї живлення розміщені в корпусі.

Висновки до першого розділу

У першому розділі зроблений огляд літератури з питань визначення основних параметрів кабелів зв'язку. Охарактеризовані параметри кабелів зв'язку, що підлягають визначенню. Визначені параметри впливу кабелів зв'язку, дано поняття асиметрії лінії зв'язку. Розглянуті також сучасні прилади для тестування кабельних ліній зв'язку, що використовуються для контролю та приведені приклади вимірювальних мостів для кабелів. Дан приклад побудови тестера для кабелів зв'язку, що використовується для невеликих об'ємів вимірювань.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

2 ВИЗНАЧЕННЯ І РОЗРАХУНОК СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1 Структурна схема вимірювача параметрів кабелів зв'язку

Обслуговування кабельних мереж зв'язку потребує контролю електричних параметрів кабелів протягом терміну їх експлуатації. Для цього використовують різноманітні методи.

Прилад, що розробляється, необхідний для контролю електричних параметрів і ліквідації пошкоджень кабельної мережі зв'язку. Прилад визначає характеристики кабелю і може використовуватися в якості мережевого тестера.




Основні дії з приладом при роботі з кабельною мережею:

- визначення відсутності обривів і вірності проведеної кабельної розводки;
- визначення відстані до наявного пошкодження (обрив кабелю, коротке замикання кабелю, розузгодження опорів кабелю);
- періодичні перевірки справності кабелю;
- вимірювання погонного загасання кабелю;
- вимірювання перехресних завад кабелю;
- вимірювання рівня шуму кабельної лінії зв'язку;
- вимірювання електричного опору кабелю.

Структурна схема приладу, що розробляється, приведена на рисунку 2.1.

Прилад побудований на основі методу, що використовується при побудові рефлектометрів: віддзеркалення зондуючих імпульсів в місцях пошкоджень, що призводять до змін хвильового електричного опору кабельної лінії зв'язку.

Загасання призводить до втрати потужності сигналу, що передається.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Визначення основних параметрів кабелів зв'язку Визначення і розрахунок структурної схеми Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Процак О.С.							
Перевірив	Пятін І.С.							
Н. контр.	Бойко Ю.М.							
Затв.	Бойко Ю.М.							
						ХНУ, гр. ТР-17-1		

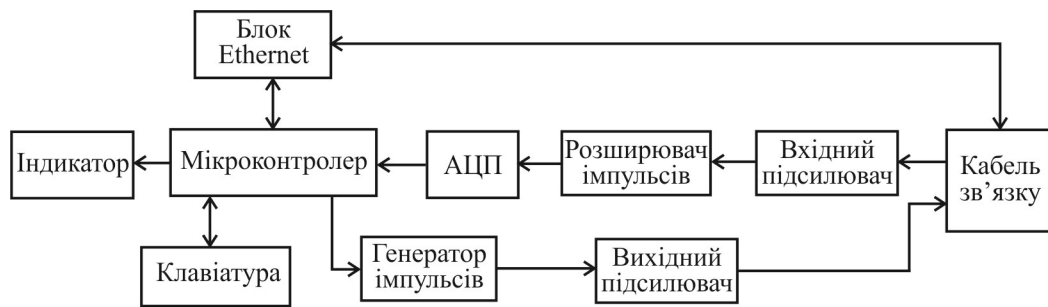


Рисунок 2.1 – Структурна схема вимірювача основних параметрів кабелів зв'язку

Загасання визначається відношенням рівня сигналу на виході лінії зв'язку до рівня сигналу на вході лінії зв'язку і виражається в децибелах. З зменшенням загасання сигнал на вході лінії зв'язку стає сильнішим, що покращує зв'язок.

Для визначення загасання кабелю, на його вхід підключається зондуєчий генератор імпульсів, а на виході вимірюють сигнал за схемою рисунку 2.2.

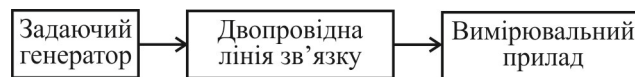


Рисунок 2.2 – Схема визначення загасання у кабелі

Перехресні завади створюються при наявності двох кабелів, визначаються на такому же кінці кабелю, що передавач. На одну пару кабелів підключається генератор зондуєчи імпульсів, а на іншій підключаємо вимірювач рівня сигналу. Чим менший рівень сигналу, тим краще завадостійкість кабелю.

Величиною, що вимірюється – є шуми у широкому частотному спектрі. З збільшенням шумів, погіршується якість зв'язку. Метод на основі використання імпульсного рефлектометра складається з наступної послідовності операцій:

- зондування досліджуваного кабелю імпульсною напругою;
- приймання імпульсів, що відбиваються від місця пошкодження;

- виділення корисного сигналу у вигляді відбитих від місця пошкодження імпульсів з завад, які можуть бути спричинені випадковими віддзеркаленнями;
- визначення і обчислення відстані до виділеного пошкодження з використанням часової затримки зондуючого і прийнятого імпульсів.

Оцінка взаємного розташування зондуючого і відбитого імпульсів виконується на екрані осцилографа з використанням масштабу по дальності та амплітуді. За їх виглядом роблять висновки про характер і стан пошкодження лінії зв'язку. Відбиті від пошкодження імпульси повертаються через деякий момент часу від надходження в лінію зондуючого імпульсу. Відстань до пошкодження і зміни хвильового опору кабеля визначається виразом:

$$X = v \frac{t_3}{2} = \frac{C}{2} KU t_3,$$

де X - відстань до пошкодження лінії, м;

v - швидкість електромагнітної хвилі у лінії, м/мкс;

t_3 - час затримки сигналу, що відбивається від пошкодження, мкс;

C - швидкість світла, м/мкс;

KU - коефіцієнт укорочення досліджуваного кабеля.

Наявність неоднорідностей у хвильовому опорі кабелів зв'язку може бути пов'язано з порушенням технології їхнього виробництва, а також через механічні й електричні пошкодження побудови і експлуатації. Методика дослідження з використанням імпульсного рефлектометра дозволяє зафіксувати складні неоднорідності з множинними пошкодженнями. Зондуючий прямокутний імпульс має мати позитивну полярність і амплітуду, більшу 10 В. Тривалість такого зондуючого прямокутного імпульсу має автоматично мінятися разом з зміною дальності до пошкодження і може складати величину від 10 нс до 20 мкс.

Коефіцієнт укорочення кабеля має бути індивідуальним і залежним від типу екрануючої оболонки кабелю і визначається співвідношенням:

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$K_U = \sqrt{\varepsilon_0},$$

де ε_0 - діелектрична проникність оболонки.

Коефіцієнт укорочення визначається експериментально за відомою довжиною відрізка кабеля.

Вимірювач основних параметрів кабелів зв'язку будуємо на основі мікроконтролера LPC-P2378, що має швидкість перетворення АЦП, рівною 2,4 мкс. Частота дискретизації в цьому випадку дорівнює 400 кГц. За теоремою Найквіста, максимальна тривалість імпульсу для приладу буде рівною $\tau_i = 1$ мкс.

Для імпульсу, що поширюється по кабелю з швидкістю 160 м/мкс, дефект кабеля буде визначений на відстанях, не більших:

$$L_x = \frac{160 \tau_i}{2} = 80 \text{ м.}$$

Зменшення відстані може бути досягнуто при використанні відповідного розширювача імпульсів.

Напруга, що діє на виході відповідного розширювача імпульсів, можна записати у вигляді рівняння:

$$U_{вих} = U_1(t_i) = U_0(1 - e^{-\frac{t_i}{\tau}}), \quad (2.1)$$

де τ - постійна часу кола інтегрування.

Для коефіцієнту розширення зондуючого імпульсу, рівним 20, максимальна його тривалість $\tau_i = 0,05$ мкс і мінімально визначена відстань $L_x = 4$ м.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

2.2 Характеристика мікроконтролера LPC-P2378

LPC-P2378 - це 32 - розрядний мікроконтролер, побудований на ядрі ARM7TDMI-S. Такі мікроконтролери мають подвійну високошвидкісну шину, що забезпечує незалежну роботу всіх периферійних пристроїв. В ньому об'єднано велика кількість різноманітних інтерфейсів: 10/100 Ethernet MAC, CAN, SPI, UART, I²C, I²S, SSP, USB 2.0. Є можливість забезпечити роботу в режимі прямого доступу до пам'яті(рисунок 2.3).

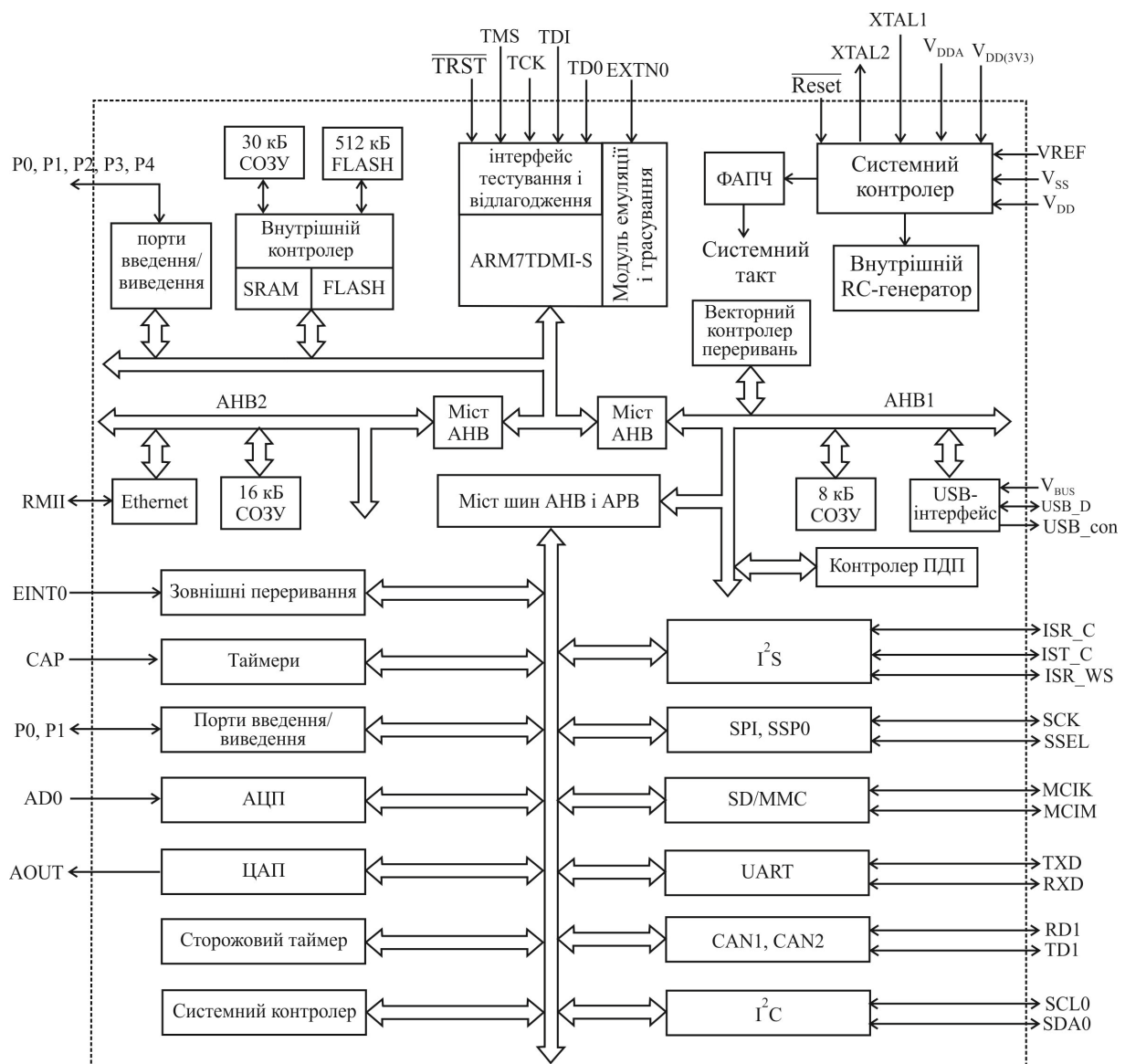


Рисунок 2.3 – Структурна схема мікроконтролера LPC-2378

Характеристики сімейства мікроконтролерів LPC23xx наступні:

- процесор ARM7TDMI працює з використанням тактової частоти 72 МГц;
- до 512 кБ флеш-пам'яті для зберігання програм;
- до 64 кБ статичної оперативної пам'яті;
- 16 кБ статичної оперативної пам'яті Ethernet і USB інтерфейсів;
- шини АНВ, що забезпечують роботу Ethernet DMA, USB DMA і роботу програми з флеш-пам'яті;
- наявний контроллер зовнішньої пам'яті;
- наявний векторний вдосконалений контролер переривань;
- наявний АНВ DMA-контролер, який може використовуватись з SSP інтерфейсом для прискорення перенесення вмісту комірок пам'яті;
- наявний інтерфейс 10/100 Ethernet з контроллером DMA, що використовує МІІ - Media Independent Interface;
- наявний інтерфейс USB;
- наявні чотири інтерфейси UART з вбудованими тактовими генераторами і буферами FIFO;
- інтерфейс CAN 2.0В;
- SPI-контроллер;
- два SSP контроллера;
- три I²C-інтерфейса;
- наявний інтерфейс карт пам'яті Secure Digital;
- наявний 10-розрядний АЦП з можливістю мультиплексування, час перетворення – 2,44 мкс;
- наявний 10-розрядний ЦАП;
- наявні чотири таймери з входами захоплення і виходами порівняння;
- наявні два модуля з широтно-імпульсною модуляцією;
- наявний годинник реального часу;
- наявний сторожовий таймер;
- наявні чотири режими зниженого енергоспоживання;

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

- наявні входи зовнішніх переривань;
- наявне скидання при вмиканні джерела живлення;
- наявний вбудований генератор у діапазоні 1 – 24 МГц;
- наявний вбудований RC-генератор на частоті 4 МГц.

Мікроконтролер ARM7 має триступеневий конвеєр команд, який необхідний для обробки команд, що надходять з комірок пам'яті. Команди мікроконтролера ARM можуть виконуватися за один машинний такт.

Мікроконтролер має 16 32-бітних регістрів R0...R15. Процесор ARM7 має два набори команд - 32-бітні команди ARM і 16-бітні команди THUMB.

У випадку виняткової ситуації – завантажується адреса вектора переривання, що їй відповідає.

Ядро мікроконтролерів сімейства ARM7 розроблено для його можливого використання в якості процесора з зворотним порядком байтів та процесора з прямим порядком байтів, що розширює сферу можливих застосувань.

Разом з пристроєм циклічного зсуву, що має багато регістрів, ARM7 має модуль помножувача або суматора (MAC). Модуль MAC дає можливість множення чисел з типами даних integer та long integer.

Для відлагодження пристроїв на мікроконтролерах сімейства LPC-P2378 є можливість застосування довільного JTAG-відлагоджувальника. За рахунок повної сумісності мікроконтролерів LPC23xx з ARM7TDMI-S, використання середовища розробки програм, а також компілятора спрощується.

2.3 Розширювач імпульсів

Внутрішній опір кабеля пропорційний його довжині. Є можливість дізнатись опір послідовно з'єднаних мідних жил у довідниках. Це може бути приблизно 18 Ом на довжині приблизно 100 метрів.

Операція вимірювання починається за командою мікроконтролера. Генератор імпульсів, підключений на вхід приладу, формує зондуєчий сигнал.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Передавальний модуль підсилює імпульс і подає його в кабель, що досліджується. У випадку наявності неоднорідностей і пошкоджень, відбиті від них імпульси направляються на приймальний модуль. На виході фотоприймача є компаратор, який вирівнює імпульси за амплітудою. Лічильник і подільник частоти виробляють відбитий імпульс і направляють його на лінію затримки, де цей імпульс затримується приблизно на 500 нс. У випадку недостатності такої величини затримки, виділений імпульс знов надходить на лінію затримки. Якщо затримка буде перевищувати подвоєний час поширення сигналів, імпульс надходить на формувач імпульсів. В цьому випадку встановлюється коливальний режим. Період коливань для i -ої неоднорідності T_i буде пропорційний затримкам у вузлах пристрою. T_i позначає затримку до i -ої неоднорідності. Затримка $t(i)$ визначає відстань $L(i)$ до даного пошкодження:

$$L(i) = \frac{c \cdot t(i)}{2 \cdot n} = \frac{c [T_i - t(\phi i) - t(nm) - t(\kappa)]}{2 \cdot n},$$

де c - швидкість світла;

n - коефіцієнт заломлення у оптичному кабелі;

$t(\phi i)$ - затримка, що надає формувачі імпульсів;

$t(nm)$ - затримка, що надає передавальний модуль;

$t(\kappa)$ - затримка, що надає компаратор.

Затримки $t(\phi i)$, $t(nm)$, $t(\kappa)$ - постійні величини для певного пристрою.

Розкид зазначених величин випадковий. Період коливань дозволяє визначити відстань до пошкодження або неоднорідності.

У випадку досить великого часу спостереження, період таких коливань може визначатись з достатньою точністю. Якщо затримка до неоднорідності дорівнює 30 мкс, визначення періоду дає похибку ± 20 см. Затримка у вузлах близька до 1 мкс. При відсутності кабелю, початкова частота складає 1 МГц.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Компаратор дозволяє відфільтрувати незначні неоднорідності (пошкодження), а також необхідний для нормування за амплітудою сигналів на вході лічильника і подільника частоти.

Підсилювач має працювати в лінійному режимі. Його призначенням є підсилення імпульсів до величини, яка достатня для роботи АЦП. Спрощена принципова схема розширювача імпульсів наведена на рисунку 2.4.

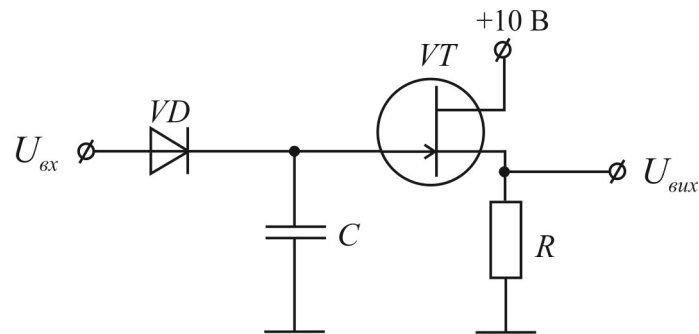


Рисунок 2.4 – Спрощена схема розширювача імпульсів

2.4 Мережевий інтерфейс Ethernet

Інтерфейс з мережею Ethernet реалізований з використанням мікросхеми KS8721BL. Це функціонально закінчений 10/100 контролер Ethernet, доповнений реалізацією стека протоколів TCP/IP. KS8721BL сумісний з мережевими стандартами IEEE 802.3 10BaseT і 802.3u 100BaseTX.

Для економії енергії використано два домени живлення, що не можуть працювати одночасно. Якщо працює Ethernet, то підключена мікросхема KS8721BL, а у випадку, коли проводяться вимірювання рефлектометром, відбувається робота тільки з мікросхемою AD9859.

В наш час широке поширення отримує швидкий доступ до інформації, збір даних, віддалене управління і моніторинг в промисловості.

Невід'ємною складовою таких систем - швидкі канали зв'язку і технологія локальних мереж - Ethernet. В мережах Ethernet поширений стек протоколів TCP/IP. Вони є основою інтернет. У роботі реалізована апаратна реалізація протоколів TCP/IP на базі спеціалізованої мікросхеми KS8721BL.

Мікросхема KS8721BL має наступні можливості:

- апаратна реалізація протоколів TCP, Ethernet;
- наявний перетворювач фізичного рівня Ethernet;
- можливість автоматичного визначення режимів роботи;
- три можливих способи підключення контролера: Direct, Indirect, SPI;
- підтримка ADSL з'єднання;
- наявність вбудованої 16 Кбайт пам'яті.

Для реалізації встановлюється WIZ810MJ, що має KS8721BL з роз'ємом RJ-45 і вбудованими елементами гальванічної розв'язки.

Недоліком KS8721BL є не можливість автоматичного фрагментування посилки. В такому випадку при необхідності пересилання великих обсягів інформації це робить програма на мікроконтролері.

2.5 Рідкокристалічний індикатор

Для реалізації використаємо мікросхему рідкокристалічного графічного індикатора. Контроллер – ST7920. Перевагою індикаторів на рідких кристалах – менший струм, що споживає мікросхема.

Контролери, що вбудовані в індикатори, відрізняються невеликим числом виводів. Керування та передача інформації на індикатор відбувається за паралельною шиною з виводами керування для читання або запису, можливістю стробування, або за послідовною шиною.

В рідкокристалічні індикатори вбудовують контролери ML1001 або РСF8576, у символних індикаторах використовують контролери HD44780 та інші, у графічних - SED1520.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Виробництво індикаторів відбувається з використанням технологій:

- технологія Chip on Board - відбувається монтаж елементів на друковану плату;
- технологія Chip on Glass та Chip on Flex - монтаж елементів безпосередньо на поверхню індикатора або шлейф, яким індикатор кріпиться до плати;
- на поверхню індикатора встановлюють контролер, а контакт з платою відбувається за допомогою гнучкого шлейфу. Іноді таке розташування дає вигоди і зменшує габарити виробу;

Рідкокристалічні дисплеї мають обмежений кут огляду. При цьому контрастність зображення залежить від кута погляду на панель.

Кутом зсуву називають кут між нормаллю до поверхні рідкокристалічного індикатора і напрямком, коли дисплей має найкраще зображення і контраст.

Цей кут має визначатися конструкцією дисплея і встановлюється при виробництві. Орієнтацію кута зсуву дисплеїв формулюють з використанням опорних напрямків годинників. Напрямок огляду вище дисплея, відбувається зсув на 12 годин, якщо нижче дисплея - то 6 годин.

Кутом огляду дисплея рідкокристалічного індикатора вважається кут, який формується по обидва боки від кута зсуву, для якого контраст дисплея є достатньо високим.

Широко розвиваються малогабаритні полірозмірно - органічні світлодіоди (PLED), або світлодіоди на органічній основі (OLED). Основною перевагою таких дисплеїв у порівнянні із рідкокристалічними індикаторами є висока контрастність їхнього зображення при відсутності помітного підсвічування і широкий кут огляду. Підсвічування елементів дозволяє зробити індикатор незалежним від наявного зовнішнього світла. З використанням OLED - технологій розроблена широка номенклатура малогабаритних повнокольорових графічних дисплеїв високого дозволу - 800 x 600 точок і вище.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

2.6 Клавіатура

Для управління роботою приладу і мікроконтролера, вибору вимірюваних параметрів кабелів зв'язку, а також для забезпечення інтерфейсу з оператором, необхідна клавіатура. Є можливість використовувати стандартну серійну матрицю кнопок. Потрібна їх кількість визначається числом рядків і числом стовпців ліній. Схема підключення клавіатури приведена на рисунку 2.5.

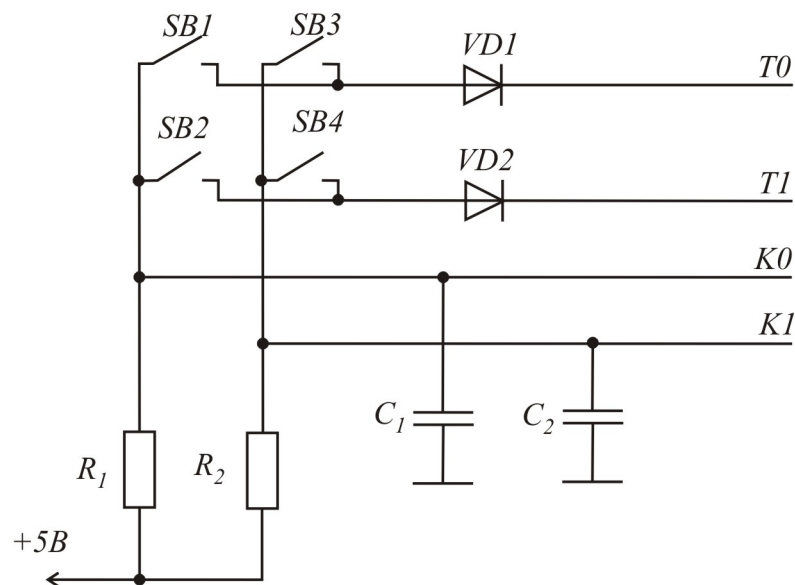


Рисунок 2.5 – Схема підключення клавіатури до мікроконтролера

Для схеми, зображеної на рисунку 2.5, виводи $T0$ - $T1$ програмується як виходи, а виводи $K0$, $K1$ програмуються як входи. Під час роботи на одну з ліній T подається логічний нуль і перевіряється логічний стан ліній K . У випадку, якщо на одній з ліній K з'являється сигнал з рівнем логічного нуля, то ця кнопка вважається замкнутою. Діоди $VD1$, $VD2$ необхідні для захисту скануючих виходів від пробую при випадково натиснутих декількох кнопках одночасно, резистори R_n потрібні для того, щоб підтягнути входи. Для запобігання несподіваним помилковим спрацьовуванням, можна встановити конденсатори C_n

для захисту кіл від імпульсного сигналу. У випадку підключення до портів внутрішніх підтягуючих резисторів, зовнішні резистори R_1 та R_2 не потрібні.

У випадку використання «гумової» клавіатури сторонніх виробників разом з мікроконтролером на діодах, захищаючих скануючі виходи, буде падати напруга 0,7 вольт. Натиснута клавіша також має невеликий опір. В результаті, на входах не вистачає напруги для «розпізнавання» рівня логічного нуля. В цьому випадку замість діодів вмикають резистори номіналом від 150 до 200 Ом.

Для стандартної схеми під'єднання до мікроконтролера матриці розміром 4×3 знадобиться 7 портів, а за рахунок більш складної програмної обробки буде потрібно чотири порти. При виконанні почергового опитування на одній з чотирьох ліній встановлюють логічний нуль, а інші виводи програмуються як входи. Вони обов'язково бути підтягнуті резисторами до високого рівня напруги. Підтяжка рівнів струмів здійснюється внутрішніми резисторами мікроконтролера. За визначеним станом входів мікроконтролера, обчислюється натиснута кнопка.

2.7 Традиційний метод вимірювання погонних параметрів кабелів

Утворена двома послідовно з'єднаними струмопровідними жилами біфілярна обмотка матиме індуктивність і опір, діапазони значень яких визначаються фактичною довжиною кабелю. Ємність такої обмотки буде залежати від довжини і допустимого діапазону. При намотуванні на барабан кабелю з довжиною 5...5000 м можна визначити діапазони можливих значень вимірюваних електричних параметрів і зіставити їх з можливостями, наприклад, популярного RLC-метра E7- 20 з основною похибкою $\pm 0,1\%$.

Оскільки вимірювані значення лежать далеко від границь вимірювальних діапазонів, точність має бути достатньою. Але існують дві пов'язаних між собою обставини, що визначають некоректність застосування методики вимірювання двухполюсника з зосередженими параметрами для вимірювання кабелю як системи з розподіленими параметрами, що якісно можна виразити таким чином:

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

- при вимірюванні індуктивності закороченого на дальньому кінці кабелю зв'язку, струм джерела витрачається як на створення магнітного потоку, так і на втрати в опорі жил і перезарядку ємності кабелю;

- напруга джерела, що заряджає дальній кінець розірваної пари проводів при вимірюванні ємності, змушене долати індуктивний і активний опори провідників.

Некоректність безпосереднього застосування вимірювача зосереджених параметрів для контролю кабелів (системи з розподіленими параметрами) може бути усунена обмеженням довжини вимірюваного об'єкта. Погона ємність кабелю повинна визначатися за вимірюваною робочою ємністю і при цьому довжина зразка кабелю повинна бути не менше 5 м. Визначати погонну індуктивність можна шляхом ділення вимірюваної робочої індуктивності на довжину відрізка кабелю. Довжина кабелю має знаходитися в межах 10 ... 100 м. Остання вимога вкрай ускладнює виконання неруйнівного контролю готової кабельної продукції, оскільки довжина кабелів зазвичай перевищує 100 м. Можна припустити, що таке обмеження довжини зручно при проведенні типових і періодичних випробувань на виробництвах зі стійкою системою управління якістю продукції, коли один раз на півроку або рік здійснюються періодичні випробування обмеженого числа зразків, відібраних з серійної продукції.

Продуктивність і надійність мережі безпосередньо залежить від характеристик ліній зв'язку.

Характеристики ліній зв'язку можна розділити на дві групи:

- параметри поширення, які характеризують процес поширення корисного сигналу в залежності від власних параметрів лінії, наприклад погонної індуктивності мідного кабелю;

- параметри впливу, які описують степінь впливу на корисний сигнал інших сигналів - зовнішніх завад, наведень від інших пар провідників в мідному кабелі.

У свою чергу, в кожній з цих груп можна виділити первинні і вторинні параметри. Первинні параметри - характеризують фізичну природу лінії зв'язку: наприклад, погонний активний опір, погонну індуктивність, погонну ємність і

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

погонну провідність ізоляції мідного кабелю або залежність коефіцієнта заломлення оптичного волокна від відстані до оптичної осі. Вторинні параметри характеризують деякий узагальнений результат процесу поширення сигналу по лінії зв'язку і не залежать від її природи - наприклад, степінь ослаблення потужності сигналу при проходженні їм певної відстані уздовж лінії зв'язку, так зване загасання сигналу. Для мідних кабелів не менш важливий і такий вторинний параметр впливу, як степінь ослаблення завади від сусідньої крученої пари.

Вторинні параметри визначаються по реакції лінії передачі на деякі еталонні впливи. Подібний підхід дозволяє достатньо просто і однотипно визначати характеристики ліній зв'язку будь-якої природи, не вдаючись до складних теоретичних досліджень і побудови аналітичних моделей. Для дослідження реакції ліній зв'язку найчастіше в якості еталонних використовуються синусоїдальні сигнали різних частот.

2.8 Спектральний аналіз сигналів у лініях зв'язку

Довільний періодичний сигнал можна представити у вигляді суми синусоїдальних коливань різних частот і різних амплітуд. Кожну складову такого сигналу називають гармонікою, а набір всіх гармонік - спектральним розкладанням вихідного сигналу. Неперіодичні сигнали можна представити у вигляді інтеграла синусоїдальних сигналів з безперервним спектром частот.

При розповсюдженні лінією зв'язку форма сигналу спотворюється через неоднакову деформацію синусоїд різних частот.

Якщо це аналоговий сигнал, що передає мову, то змінюється тембр голосу внаслідок неточного відтворення обертонів - бічних частот. При передачі імпульсних сигналів, характерних для комп'ютерних мереж, спотворюються низькочастотні і високочастотні гармоніки, в результаті фронти імпульсів втрачають свою прямокутну форму. Тому на приймальному кінці лінії сигнали можуть погано розпізнаватися.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

При передачі лінією зв'язку сигнали спотворюються через те, що фізичні параметри середовища розповсюдження відрізняються від ідеальних. Так, наприклад, мідні дроти завжди є деякою розподіленою за довжиною комбінацією активного опору, ємнісного і індуктивного навантаження. В результаті для синусоїд різних частот лінія буде мати різний повний опір, а отже, і передаватися вони будуть по-різному. Волоконно-оптичний кабель також має відхилення від ідеального середовища для передачі світла - вакууму. Якщо лінія зв'язку включає проміжну апаратуру, то і вона може вносити додаткові спотворення.

Не тільки неоднорідність внутрішніх фізичних параметрів лінії зв'язку стає причиною неточних сигналів, свій внесок в спотворення форми сигналів на виході лінії вносять і зовнішні завади. Їх створюють різні електричні двигуни, електронні пристрої, атмосферні явища, тощо. Не дивлячись на захисні заходи, що вживаються розробниками кабелів і підсилювально-комутуючої апаратури, повністю компенсувати вплив зовнішніх завад не вдається. Крім того, в кабелі існують і внутрішні завади - так звані наведення однієї пари провідників на іншу. В результаті сигнали на виході лінії зв'язку зазвичай мають складну форму, по якій іноді важко зрозуміти, яка дискретна інформація була подана на вхід лінії.

Якість початкових сигналів (крутизна фронтів, загальна форма імпульсів) залежить від якості передавача, що генерує сигнали в лінію зв'язку. Одна з найважливіших характеристик передавача - спектральна, тобто спектральне розкладання сигналів, що ним генеруються. Для генерації якісних прямокутних імпульсів необхідно, щоб спектральна характеристика передавача представляла собою якомога більш вузьку смугу. Наприклад, лазерні діоди мають значно меншу ширину спектра випромінювання (1-2 нм) в порівнянні з світлодіодами (30-50 нм) при генерації імпульсів, тому частота модуляції лазерних діодів може бути набагато вище, ніж світлодіодів.

Розглянемо параметри загасання и хвильовий опір кабелю. Степінь спотворення синусоїдальних сигналів лініями зв'язку оцінюється за допомогою таких характеристик, як загасання і смуга пропускання.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Загасання показує, наскільки зменшується потужність еталонного синусоїдального сигналу на виході лінії зв'язку по відношенню до потужності сигналу на вході цієї лінії. Загасання A зазвичай вимірюється в децибелах (дБ) і обчислюється за такою формулою:

$$A = 10 \lg \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}},$$

де $P_{\text{вих}}$ - потужність сигналу на виході лінії;

$P_{\text{вх}}$ - потужність сигналу на вході лінії зв'язку.

При відсутності проміжних підсилювачів потужність вихідного сигналу кабелю завжди менше потужності вхідного, тому загасання кабелю, як правило, має негативну величину.

Степінь загасання потужності синусоїдального сигналу при проходженні їм лінією зв'язку зазвичай залежить від частоти синусоїди, тому повну характеристику дає лише залежність загасання від частоти у всьому діапазоні, що використовується на практиці (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Залежність загасання кабелю від частоти сигналу

Загасання є узагальненою характеристикою лінії зв'язку, оскільки дозволяє судити не про точну формі сигналу, а про його потужність (інтегральної результуючої величини). На практиці загасання є важливим показником якості

ліній зв'язку: зокрема, в стандартах на кабель цей параметр вважається одним з основних.

Найчастіше при описі параметрів лінії зв'язку наводяться значення загасання всього в декількох точках загальної залежності, при цьому кожна з них відповідає певній частоті, на якій вимірюється загасання. Окреме значення загасання називають коефіцієнтом загасання. Застосування всього декількох значень замість повної характеристики пов'язано, з одного боку, з прагненням спростити вимірювання під час перевірки якості лінії, а з іншого, основна частота сигналу, що передається часто заздалегідь відома - це та частота, гармоніка якої має найбільшу амплітуду і потужність. Тому достатньо знати рівень загасання на заданій частоті, щоб приблизно оцінити спотворення переданих лінією зв'язку сигналів. Більш точні оцінки можливі при відомих загасаннях на різних частотах, що відповідають декільком основним гармонікам переданого сигналу.

Чим менше загасання, тим вище якість лінії зв'язку або кабелю, за допомогою якого вона прокладена. Зазвичай загасання визначають для пасивних ділянок лінії зв'язку, що складаються з кабелів і кросових секцій, без підсилювачів і регенераторів. Наприклад, кабель з крученими парами категорії 5 для внутрішньої проводки в будинках, що застосовується практично для всіх технологій локальних мереж, характеризується загасанням не нижче -23,6 дБ для частоти 100 МГц при довжині кабелю 100 м.

Частота 100 МГц обрана тому, що кабель цієї категорії призначений для високошвидкісної передачі даних, чії сигнали мають значимі гармоніки з частотою приблизно 100 МГц. Більш якісний кабель Категорії 6 вже має на частоті 100 МГц загасання не нижче -20,6 дБ, тобто потужність сигналу не так сильно зменшується. Часто в документації наводяться абсолютні значення загасання, тобто його знак опускається, оскільки загасання завжди негативне для пасивної ділянки лінії, що не містить підсилювачів і регенераторів, наприклад, безперервного кабелю. Частотна характеристика кабелю показана на рисунку 2.7.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

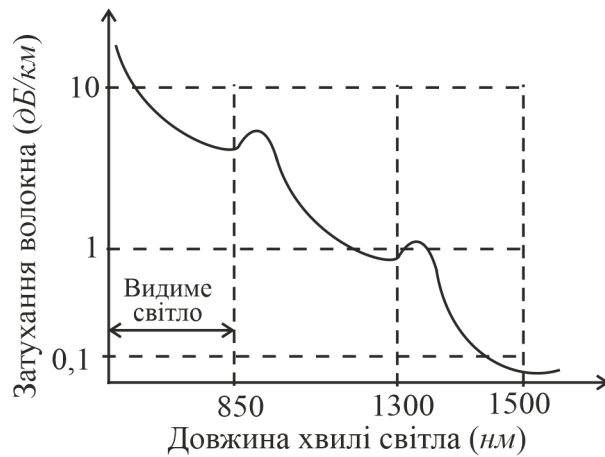


Рисунок 2.7 – Частотна характеристика волоконно-оптичного кабелю

Оптичний кабель відрізняється істотно нижчими (за абсолютною величиною) розмірами загасання, зазвичай в діапазоні від 0,2 до 3 дБ при довжині кабелю 1000 м. Практично всім оптичним волокнам властива складна залежність загасання від довжини хвилі, з трьома так званими «вікнами прозорості». Область ефективного використання сучасних волокон обмежена хвилями довжиною 850, 1300 і 1550 нм, при цьому вікно в 1550 нм забезпечує найменші втрати, отже, максимальну дальність при фіксованій потужності передавача та фіксованій чутливості приймача. Багатомодовий кабель, що випускається, має два перших вікна прозорості, тобто 850 і 1300 нм, а одномодовий кабель - двома вікнами прозорості в діапазонах 1310 і 1550 нм.

Потужність передавача часто характеризується абсолютним рівнем потужності сигналу. Рівень потужності, як і загасання, вимірюється в децибелах. При цьому в якості базового приймається значення 1 мВт. Таким чином, рівень потужності p обчислюється за такою формулою:

$$p = 10 \lg \frac{P}{1 \text{ мВт}} \text{ [дБм]},$$

де P - потужність сигналу в міліватах, а дБм - одиниця виміру рівня потужності (дБ на 1 мВт).

Важливим вторинним параметром поширення мідної лінії зв'язку є її хвильовий опір. Цей параметр є повним (комплексним) опором, яке електромагнітна хвиля певної частоти зустрічає при поширенні уздовж однорідного кола. Хвильовий опір вимірюється в Омах і залежить від таких первинних параметрів лінії зв'язку, як активний опір, погонна індуктивність і погонна ємність, а також від частоти самого сигналу. Вихідний опір передавача має бути узгоджений з хвильовим опором лінії, інакше загасання сигналу буде надмірно великим.

Висновки до другого розділу

У другому розділі проведено визначення і розрахунок структурної схеми пристрою для визначення основних параметрів кабелів зв'язку. Для цього створена структурна схема пристрою на базі мікроконтролера LPC-P2378. Для забезпечення режиму роботи приладу подібно до рефлектометра, обраний розширювач імпульсів. Для забезпечення передачі даних обраний мережевий інтерфейс Ethernet, для відображення результату виміру обраний рідкокристалічний індикатор і клавіатура. Далі дана характеристика традиційного методу вимірювання погонних параметрів кабелів зв'язку. Виконаний спектральний аналіз сигналів у лініях зв'язку.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

3 МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

3.1 Похибки традиційного методу вимірювань погонних параметрів кабелів зв'язку

Дослідження причин введення обмеження на довжину контрольованого зразка легко виконується розрахунковим шляхом з використанням математичної моделі кабелю, заснованої на телеграфних рівняннях, що вводять саме поняття погонних параметрів.

Розрахунок імпедансу (повного або комплексного опору) відрізка кабелю в умовах «холостого ходу» (ХХ) $Z_{xx} = R_{xx} + jX_{xx}$ і «короткого замикання» (КЗ) $Z_{кз} = R_{кз} + jX_{кз}$ в залежності від довжини кабелю дозволяє визначити відхилення від початкових величин первинних параметрів R_0, L_0, G_0, C_0 їх приблизних значень $\hat{R}_0, \hat{L}_0, \hat{G}_0, \hat{C}_0$. Ці приблизні значення визначаються по вимірним значенням робочого імпедансу Z_{xx} і $Z_{кз}$.

Хвильовий опір Z_c кабелю з параметрами R_0, L_0, G_0, C_0 як функція довжини кабелю l , частоти f і навантаження на дальньому кінці Z_2 , дозволяє визначити Z_{xx} і $Z_{кз}$ на підставі наступних виразів: імпеданс кабелю, підключеного на дальньому кінці до навантаження з опором Z_2 , визначається виразом:

$$Z_{xx} = Z_c \frac{Z_2 + Z_c th(\gamma l)}{Z_2 th(\gamma l) + Z_c} \quad (3.1)$$

імпеданс при ХХ на дальньому кінці ($Z_2 = \infty$)

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ					
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Визначення основних параметрів кабелів зв'язку Модель визначення основних параметрів кабелів зв'язку Пояснювальна записка			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Процак О.С.	<i>Процак</i>								
Перевірів	Пятін І.С.	<i>Пятін</i>								
Н. контр.	Бойко Ю.М.	<i>Бойко</i>						ХНУ, гр. ТР-17-1		
Затв.	Бойко Ю.М.	<i>Бойко</i>								

$$Z_{xx} = \frac{Z_c}{th(\gamma l)} = R_{xx} + jX_{xx} \quad (3.2)$$

імпеданс при КЗ на дальньому кінці ($Z_2 = 0$)

$$Z_{кз} = Z_c th(\gamma l) = R_{кз} + jX_{кз}, \quad (3.3)$$

де хвильовий опір кабелю

$$Z_c = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}} \quad (3.4)$$

коефіцієнт поширення

$$\alpha + j\beta = \gamma = (R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0) \quad (3.5)$$

кутова частота $\omega = 2\pi f$.

Погонна індуктивність є похідною за довжиною l реактивної складової закороченої пари $X_{кз} = \text{Im}(Z_c th(\gamma l))$ при $l \rightarrow 0$. При малих значеннях довжини кабелю нелінійністю гіперболічного тангенса в (3.2) - (3.3) можна знехтувати $th(\gamma l)_{l \rightarrow 0} \approx \gamma l$. Таке наближення істотно спрощує формули (3.2) і (3.3) з урахуванням (3.4) і (3.5). І саме ця обставина дозволяє оцінювати погонні параметри безпосередньо за вимірними значеннями імпеданса:

$$Z_{xx} = \frac{Z_c}{th(\gamma l)} \approx \frac{Z_c}{\gamma l} = \frac{1}{l(G_0 + j\omega C_0)} \quad (3.6)$$

$$Z_{кз} = Z_c th(\gamma l) \approx Z_c \gamma l = (R_0 + j\omega L_0) \quad (3.7)$$

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Слід зауважити, що в результаті спрощення (заміни гіперболічного тангенса його аргументом) відпадає необхідність розв'язку системи рівнянь (3.2) - (3.5), в якій індуктивні і ємнісні властивості кабелю взаємопов'язані. Отримані вирази дозволяють виміряти погонну індуктивність тільки за результатами вимірювання імпедансу в режимі короткого замикання (КЗ) - (3.8) і виміряти погонну ємність тільки за імпедансом в режимі холостого ходу (ХХ) - (3.9):

$$\hat{L}_0 = \frac{X_{кз}}{2\pi f} \frac{1}{l} \quad (3.8)$$

$$\hat{C}_0 = \frac{Z_{xx}}{2\pi f} \frac{1}{l} = -\frac{Z_{xx}}{2\pi f(R_{xx}^2 + X_{xx}^2)} \frac{1}{l} \underset{R_{xx} \ll |X_{xx}|}{\approx} -\frac{1}{2\pi f X_{xx}} \frac{1}{l} \quad (3.9)$$

Але при практичних вимірах довжина лінії кінцева і тому виміряне значення погонної індуктивності буде спадати з збільшенням довжини, оскільки вирази (3.8) - (3.9) виведені для приблизного розрахунку, а тому слід визначити міру того, до яких меж можна вважати, що реальна довжина кабелю спотворює результат в допустимих межах, тобто знайти методичну похибку традиційного методу. Для цього слід виконати обчислення на заданій частоті $f_{вимір}$ і в діапазоні можливих значень довжини l .

Алгоритм розрахунку коефіцієнтів відновлення:

- нехай відомі значення R_0, L_0, G_0, C_0 тоді
- за формулами (3.6) і (3.7) для відомої довжини l обчислюються Z_{xx} і $Z_{кз}$,
- за виразами (3.8) і (3.9) визначаються приблизні значення \hat{L}_0, \hat{C}_0 ,
- обчислюються коефіцієнти K_L, K_C відновлення початкового значення за вимірюваним традиційним методом приблизним значенням; наприклад, для індуктивності $K_L = L_0 / \hat{L}_0$.

Коефіцієнти відновлення значення погонної індуктивності K_L і ємності K_C , що розрізняються площею перетину жил S , і характеризуються погонними параметрами.

Якщо визначити вимоги до методичної похибки і інструментальної похибки

$$\delta_{инстр} < \pm 1\%, \text{ тобто } \delta_{метод} < \pm 0,3\%, \text{ то можна передбачити граничну довжину}$$

кабеля при вимірюванні первинних параметрів традиційним методом:

- гранична довжина кабелю при вимірюванні індуктивності практично прямо пропорційна площі перетину жил, досягаючи 720 м при перетині 4 кв. мм;
- вимога стандарту, що вводить обмеження на довжину кабелю 10...100 м при вимірюванні індуктивності, відноситься скоріше до кабелів зв'язку з порівняно тонкими жилами, ніж до монтажних;
- гранична довжина кабелю при вимірюванні ємності істотно більше довжини за індуктивністю, залежить від перетину жил складним чином, але для монтажних кабелів поширених перетинів становить 1600...2400 м, в той час, як довжина кабелю на барабанах часто досягає значно більших значень, а протяжність кабельних магістралей може досягати 1000...5000 м.

Незважаючи на те, що значення вимірювальної частоти в стандартах фіксоване, можна визначити залежність граничної довжини зразка кабелю від частоти вимірювального сигналу.

Проведений аналіз демонструє можливості удосконалення і виявлені обмеження традиційного методу вимірювань первинних параметрів кабелів, тобто при безпосередньому використанні показань RLC-метрів:

- при вимірюванні індуктивності стандарт обмежує максимальну довжину вимірюваного кабелю до 100 м; насправді діапазон допустимих довжин досліджуваних кабелів може бути значно розширений;
- при вимірюванні ємності стандарт визначає тільки обмеження мінімальної довжини кабелю - не менше 5 м; обмеження граничної довжини при вимірюванні ємності настає значно пізніше обмеження по індуктивності, однак на практично

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ		Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата			

реалізованих заводами будівельних довжинах більше 2000 м може мати місце зростання методичної похибки вимірювання ємності;

- всупереч сподіванням, зниження вимірювальної частоти від 1000 до 50 Гц не супроводжується збільшенням гранично допустимої довжини вимірюваного кабелю, а парадоксальне кратне збільшення допустимої довжини, що спостерігається на частотах вище 1000 Гц, істотно залежить від параметрів кабелю;

- визначення допустимих меж вимірюваних довжин кабелів і введення коефіцієнтів відновлення сукупно дозволяють кваліфіковано підходити до завдань вимірів і сприяють охопленню неруйнівним контролем значної частини кабелів.

3.2 Вимірювання погонних параметрів на основі розв'язку системи рівнянь

Більш досконалий апарат може бути заснований на визначенні первинних параметрів по виміряним вторинним. Використовують правила обчислення коефіцієнта загасання $\gamma = \alpha + j\beta$ і імпедансу Z_c шляхом розв'язку (3.2) - (3.3) як системи рівнянь, в яких Z_{xx} і $Z_{кз}$ - безпосередньо виміряні значення імпедансів:

$$Z_c = \sqrt{Z_{xx} Z_{кз}} \quad (3.10)$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_{кз}}{Z_{xx}}} \quad \frac{1}{l} \quad (3.11)$$

Розв'язуючи систему (3.4) - (3.5) в «зворотному порядку» для визначення первинних параметрів по виміряним вторинним (3.10), (3.11), можна отримати вирази (3.12) - (3.15):

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$C_0 = \sqrt{-\frac{p}{2} + \sqrt{\frac{p^2}{2} - q}} \quad (3.12)$$

$$G_0 = \frac{2\alpha\beta a - b(\alpha^2 - \beta^2)}{2\omega(\alpha^2 - \beta^2)} \frac{1}{C_0} \quad (3.13)$$

$$R_0 = aG_0 - b\omega C_0 \quad (3.14)$$

$$L_0 = \frac{bG_0 + a\omega C_0}{\omega} \quad (3.15)$$

$$p = \frac{2\alpha\beta b + a(\alpha^2 - \beta^2)}{(\alpha^2 + \beta^2)\omega^2}$$

$$q = -b \frac{2\alpha\beta a - b(\alpha^2 - \beta^2)}{2(\alpha^2 + \beta^2)b\omega^2}$$

$$\alpha = \operatorname{Re} \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_{кз}}{Z_{xx}}} \frac{1}{l}$$

$$\beta = \operatorname{Im} \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_{кз}}{Z_{xx}}} \frac{1}{l}$$

$$a = \operatorname{Re}(Z_{xx} Z_{кз})$$

$$b = \operatorname{Im}(Z_{xx} Z_{кз})$$

$$Z_{xx} = R_{xx} + jX_{xx}$$

$$Z_{кз} = R_{кз} + jX_{кз}$$

$R_{кз}$ і R_{xx} - виміряні значення активного опору,

$X_{кз}$ і X_{xx} - виміряні значення реактивного опору.

Такий розрахунок позбавлений будь-якої методичної похибки, а обчислювальна похибка легко мінімізується використанням арифметики з подвійною точністю. Таким чином, загальна похибка визначається інструментальною похибкою вимірювання комплексних значень Z_{xx} і $Z_{кз}$, (а визначення цих величин лежить в основі і раніше розглянутого традиційного методу (3.8), (3.9).

Показані обмеження традиційного методу вимірювань погонних параметрів з використанням RLC-метрів. Наведені значення коефіцієнтів відновлення, що дозволяють уточнити значення ємності та індуктивності за значеннями, виміряним традиційним методом за допомогою RLC-метра. Отримано алгоритм і формули, що дозволяють точно визначити коефіцієнти відновлення для будь-яких кабелів.

3.3 Завадостійкість кабелів зв'язку

Завадостійкість лінії визначає її здатність зменшувати рівень завад зовнішнього середовища або провідників кабелю. Вона залежить від фізичного середовища розповсюдження хвилі, від екрануючих і пригнічуючих завади властивостей лінії. Найменш завадостійкими є радіолінії, гарну стійкістю мають кабельні лінії і відмінну - волоконно-оптичні, які малочутливі до зовнішнього електромагнітного випромінювання. Зазвичай зменшення завад від зовнішніх електромагнітних полів домагаються екрануванням і скручуванням провідників. Величини, що характеризують стійкість, відносяться до параметрів впливу лінії зв'язку.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Первинні параметри впливу мідного кабелю - електричні і магнітні зв'язки. Електричний зв'язок визначається відношенням наведеного струму в колі, схильної до впливу, до напруги, що діє у впливаючому колі. Магнітний зв'язок - це відношення електрорушійної сили, наведеної в колі, схильного до впливу, до струму у впливаючому колі. Результатом електричного і магнітного зв'язку будуть наведені сигнали (наведення) в колі, схильному до впливу.

Стійкість кабелю до наведень характеризується кількома різними параметрами. Перехідне загасання на ближньому кінці (Near End Cross Talk, NEXТ) визначає стійкість кабелю в тому випадку, коли наводка утворюється в результаті дії сигналу, що генерується передавачем, підключеним до однієї з сусідніх пар на тому ж кінці кабелю, на якому працює підключений до схильної до впливу пари приймача. Показник NEXТ, виражений в децибелах, дорівнює $10\lg \frac{P_{вих}}{P_{нав}}$, де $P_{вих}$ - потужність вихідного сигналу, $P_{нав}$ - потужність наведеного сигналу. Чим менше значення NEXТ, тим краще кабель. Так, для кручених пари категорії 5 показник NEXТ повинен бути краще -27 дБ на частоті 100 МГц.

Перехідне загасання на дальньому кінці (Far End Cross Talk, FEXТ) описує стійкість кабелю до наведень для випадку, коли передавач і приймач підключені до різних кінців кабелю. Очевидно, що цей показник повинен бути краще, ніж NEXТ, оскільки до далекого кінця кабелю сигнал приходить ослаблений внаслідок загасання в кожній парі.

Показники NEXТ і FEXТ зазвичай використовуються по відношенню до кабелю, що складається з декількох скручених пар, коли взаємні наведення однієї пари на іншу можуть досягати значних величин. Для одинарного коаксиального кабелю (що складається з однієї екранованої жили) подібний показник не має сенсу, не застосовується він і для подвійного коаксиального кабелю внаслідок високого ступеня захищеності кожної жили. Оптичні волокна також не створюють хоча б якихось помітних завад один для одного.

У зв'язку з тим, що в деяких нових технологіях передача даних здійснюється одночасно у кількох скручених парах, останнім часом стали застосовуватися

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

сумарні показники (PowerSUM, PS) - PS NEXT і PS FEXT. Вони відображають стійкість кабелю до сумарної потужності перехресних наведень на одну з пар кабелю від всіх інших передавальних пар.

Дуже важливою характеристикою середовища передачі є показник захищеності кабелю (ACR), що представляє собою різницю між рівнями корисного сигналу і завади. Чим більше це значення, тим з потенційно більш високою швидкістю можна передавати дані у вказаному кабелі.

Достовірність передачі даних характеризує ймовірність спотворення для кожного переданого біта даних. Іноді цей же показник називають інтенсивністю бітових помилок (Bit Error Rate, BER). Величина BER для каналів зв'язку без додаткових засобів захисту від помилок (наприклад, самокорегуючі коди або протоколи з повторною передачею спотворених кадрів) складає, як правило, 10^{-4} - 10^{-6} , а в волоконно-оптичних лініях зв'язку - 10^{-9} . Значення достовірності передачі даних, наприклад в 10^{-4} , говорить про те, що в середньому з 10000 біт неправильно інтерпретується значення одного біта.

Бітові помилки відбуваються як через наявність завад на лінії, так і через спотворення форми сигналу внаслідок обмеженої смуги пропускання лінії. Тому для підвищення достовірності переданих даних потрібно підвищувати степінь завадозахищеності лінії, знижувати рівень перехресних наведень у кабелі, а також використовувати лінії зв'язку з більш широкою смугою робочих частот.

Смуга пропускання - ще одна вторинна характеристика. З одного боку, вона безпосередньо залежить від загасання, а з іншого - прямо впливає на такий найважливіший показник лінії зв'язку, як максимально можлива швидкість передачі інформації.

Смуга пропускання (bandwidth) - це безперервний діапазон частот, для якого загасання не перевищує заздалегідь задану межу. Іншими словами, смуга пропускання визначає діапазон частот синусоїдального сигналу, на якому цей сигнал передається по лінії зв'язку без значних спотворень (за граничні приймаються частоти, де потужність вихідного сигналу зменшується в два рази по відношенню до вхідного, що відповідає загасання в -3 дБ) . Як ми побачимо

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

нижче, ширина смуги пропускання в найбільшій мірі впливає на максимально можливу швидкість передачі інформації по лінії зв'язку.

Таким чином, амплітудно-частотна характеристика, смуга пропускання і загасання є універсальними характеристиками, і їх знання дозволяє зробити висновок про те, як через лінію зв'язку будуть передаватися сигнали будь-якої форми.

3.4 Пропускна спроможність кабелів зв'язку

Пропускна здатність (кількість біт інформації, переданих в одиницю часу) і достовірність передачі даних (ймовірність доставки неспотвореного біта або ж ймовірність його спотворення) цікавлять розробників комп'ютерної мережі в першу чергу, оскільки ці характеристики прямо впливають на продуктивність і надійність створюваної мережі.

Пропускна здатність і достовірність передачі даних залежать як від характеристик фізичного середовища, так і від способу передачі даних. Отже, не можна говорити про пропускну здатність лінії зв'язку до визначення протоколу фізичного рівня. Пропускна здатність (throughput) лінії характеризує максимально можливу швидкість передачі даних по лінії зв'язку. Вона вимірюється в бітах в секунду (біт/с), а також в похідних одиницях - кілобіт в секунду (Кбіт/с), мегабіт в секунду (Мбіт/с), гігабіт на секунду (Гбіт/с), тощо.

Пропускна спроможність ліній зв'язку і комунікаційного мережного обладнання традиційно вимірюється в бітах в секунду, а не в байтах в секунду. Це пов'язано з тим, що дані в мережах передаються послідовно, тобто побітно, а не паралельно, байтами, як це відбувається між пристроями усередині комп'ютера. Такі одиниці вимірювання, як кілобіт, мегабіт або гігабіт, в мережевих технологіях строго відповідають степеням 10 (тобто Кілобіт - це 1000 біт, а мегабіт - це 1000000 біт), як це прийнято у всіх галузях науки і техніки, а не

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

близьким до цих чисел степеням числа 2, як це прийнято в програмуванні, де приставка «кіло» дорівнює $2^{10} = 1024$, а «мега» - $2^{20} = 1\,048\,576$.

Пропускна здатність лінії зв'язку залежить не тільки від її характеристик, наприклад від загасання і смуги пропускання, але і від спектру переданих сигналів. Якщо значущі гармоніки сигналу (тобто ті гармоніки, амплітуди яких вносять основний вклад в результуючий сигнал) не виходять за смугу пропускання лінії, такий сигнал буде добре передаватися, і приймач зможе правильно розпізнати інформацію, відправлену по лінії передавачем. Якщо ж значущі гармоніки виходять за межі смуги пропускання лінії зв'язку, то сигнал стане значно спотворюватися, приймач - помилятися при розпізнаванні інформації, а сама інформація не зможе передаватися з заданою пропускнуою спроможністю.

Вибір способу представлення дискретної інформації у вигляді сигналів, що надходять на лінію зв'язку, називається фізичним, або лінійним кодуванням.

Від обраного способу кодування залежить спектр сигналів і пропускна здатність лінії. Отже, різним способам кодування може відповідати різна пропускна здатність. Наприклад, скручена пара категорії 3 здатна передавати дані з пропускнуою спроможністю 10 Мбіт/с при способі кодування стандарту фізичного рівня 10BaseT і 33 Мбіт/с при способі кодування стандарту 100BaseT4.

Відповідно до теорії, інформацію несе лише помітна і непередбачувана зміна сигналу. Таким чином, прийом синусоїди, у якої амплітуда, фаза і частота залишаються незмінними, інформації не несе, оскільки зміна сигналу хоча і відбувається, але легко передбачувана. Аналогічно, імпульси на тактовій шині комп'ютера не несуть в собі інформації, оскільки їх зміни постійні в часі. А ось імпульси на шині даних передбачити заздалегідь не можна, тому вони переносять інформацію між окремими блоками або пристроями комп'ютера.

Більшість способів кодування використовує зміну будь-якого параметра періодичного сигналу - частоти, амплітуди або фази синусоїди або ж знак потенціалу послідовності імпульсів. Періодичний сигнал, параметри якого

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

змінюються, називають несучим сигналом або частотою, якщо в якості такого сигналу застосовується синусоїда.

Якщо сигнал змінюється так, що розрізняються лише два його стану, то будь-яка його зміна буде відповідати найменшій одиниці інформації - біту. Якщо ж сигнал може мати більше двох помітних станів, то будь-яка його зміна містить декілька бітів інформації.

Кількість змін інформаційного параметра несучого періодичного сигналу в секунду вимірюється в бодах (baud). Період часу між сусідніми змінами інформаційного сигналу називається тактом роботи передавача.

Пропускна здатність лінії в бітах в секунду в загальному випадку не збігається з числом бод. Вона може бути як вище, так і нижче числа бод, і це співвідношення залежить від способу кодування.

Коли у сигналу більше двох помітних станів, пропускна здатність в бітах в секунду виявиться вище, ніж число бод. Наприклад, якщо інформаційними параметрами є фаза і амплітуда синусоїди (причому розрізняються чотири стану фази - в 0° , 90° , 180° і 270° і два значення амплітуди сигналу), то інформаційний сигнал може мати вісім помітних станів. У цьому випадку модем, що працює зі швидкістю 2400 бод (тактовою частотою 2400 Гц), передає інформацію зі швидкістю 7200 біт/с, оскільки при одній зміні сигналу передається три біта інформації.

При використанні сигналів з двома помітними станами можлива зворотна картина. Це часто відбувається тому, що для надійного розпізнавання приймачем інформації користувача, кожен біт в послідовності кодується за допомогою декількох змін інформаційного параметра несучого сигналу. Наприклад, при кодуванні одиничного значення біт імпульсом позитивної полярності, а нульового значення біт - імпульсом негативної полярності фізичний сигнал двічі змінює свій стан при передачі кожного біту. При такому кодуванні пропускна здатність лінії в два рази нижче, ніж число бод, переданих по лінії.

На пропускну здатність лінії впливає не тільки фізичне, а й логічне кодування. Яке виконується до фізичного кодування, воно має на увазі заміну біт

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

початкової інформації новою послідовністю біт, що несе ту ж інформацію, але має, крім цього, додаткові властивості, зокрема можливість для приймаючої сторони виявляти помилки в прийнятих даних. Супровід кожного байта початкової інформації одним бітом парності - дуже часто вживаний спосіб логічного кодування при передачі даних за допомогою модемів. Іншим прикладом логічного кодування може служити шифрування даних, що забезпечує їх конфіденційність при передачі через загальнодоступні канали зв'язку. При логічному кодуванні найчастіше вихідна послідовність бітів замінюється довшою послідовністю, тому пропускна здатність каналу по відношенню до корисної інформації при цьому зменшується.

3.5 Засоби розробки апаратного і програмного забезпечення

Розглянемо ряд засобів розробки як для апаратного, так для програмного забезпечення систем цифрової обробки сигналів.

Розглянемо спрощений процес розробки системи цифрової обробки сигналів. Спрощеним він вважається тому, що кінцевий продукт буде використовуватися з цифровим процесором сигналів (ЦПС) на спеціалізованому апаратному забезпеченні. Можна застосовувати інші підходи до розробки програмного забезпечення. Наприклад, ціла система може бути частиною програмного забезпечення, що працює на спеціалізованому процесорі. Процес розробки складається з декількох основних етапів:

- Визначення системних вимог.
- Розробка алгоритму.
- Вибір ЦПС.
- Розробка апаратного забезпечення цифрової обробки сигналів.
- Розробка програмного забезпечення цифрової обробки сигналів.
- Інтеграція системи.
- Налаштування і тестування системи.

Розглянемо визначення системних вимог. Хороша інженерна розробка вимагає глибоких знань поточної проблеми. Важливо, щоб на початку проекту були сформульовані всі вимоги. За цим процесом часто не стежать належним чином. Про успіх кінцевої системи судять по тому, наскільки задовольняє система висунутим вимогам. Визначення зазвичай включають в себе принаймні такі:

- вхідний і вихідний сигнали або вимоги до даних;
- специфікації інтерфейсу розробки (CIP);
- специфікація на розробку основних елементів (CPOE).

CIP визначає всі характеристики інтерфейсу, такі як швидкість даних, довжина даних, протоколи управління і передачі повідомлень. Вона може включати також типи використовуваних конекторів і електричних характеристик. CPOE визначає всі вимоги для сигнальної та несигнальної обробки. Вимоги до обробки сигналів можуть включати ширину смуги, затримку пропускну здатності і режими обробки. Несигнальна обробка може включати в себе фактор розміру і конструктивні характеристики кінцевого продукту, вага, вимоги до енергоспоживання, надійність і вимоги до охолодження.

Розглянемо розробку алгоритмів. Наступним кроком процесу розробки є створення або вибір відповідного для обробки сигналу алгоритму. Для того щоб підібрати потрібний алгоритм, нам необхідно спочатку мати чітке розуміння характеристик сигналів, які будуть піддаватися обробці. Необхідно визначити наступні характеристики сигналів:

- число каналів або датчиків (сенсорів)

У деяких додатках сигнали збираються одночасно з декількох давачів. Вони повинні бути певним чином скомбіновані для того, щоб витягти необхідну інформацію.

- аналоговий або цифровий сигнал

Якщо використовується аналоговий сигнал, то необхідно застосовувати відповідний АЦП для його цифрової обробки.

- діапазони ширини смуги і діапазони частот

Дана інформація використовується для визначення частоти дискретизації і для задач фільтрації.

- спектральні складові

Навіть в рамках ширини смуги сигналу фазові і амплітудні характеристики можуть варіюватися.

- динамічний діапазон (число біт)

Впливає на вибір при реалізації з фіксованою точкою і плаваючою точкою.

- сталий або перехідний стан або обидва стану

Тривалість цілого сигналу зазвичай дуже висока для того, щоб обробляти весь сигнал одночасно. Сигнал зазвичай піддається обробці або відлік за відліком, або блок за блоком. Якщо сигнал знаходиться в стійкому стані, границі цих блоків не будуть сильно впливати на вихідний ефект обробки. Однак для сигналів в перехідному стані тривалість переходу зазвичай відносно коротка, і границі блоків можуть мати вплив на достовірність обробки.

- детермінований або випадковий сигнал

Випадкові сигнали - це такі сигнали, які підкоряються визначеним статистичним властивостям, таким, наприклад, як розподіл амплітуди. Для цифрових сигналів з кінцевим алфавітом ймовірність появи кожного символу може бути різною або рівномірно розподілена. Більшість сигналів моделюються як випадкові. Сигнали, відмінні від випадкових, називаються детермінованими. Сигнал може бути як повністю детермінованим, так і повністю випадковим, а також тим і іншим одночасно. Це залежить також від того, на якому рівні ми моделюємо сигнал.

- тип шуму

Шум (завада) - це такий компонент системи, який є небажаним. Шум може бути адитивним або мультиплікативним, що означає, що він або додається до сигналу, або множиться з ним. Більшість шумів є адитивними. Мультиплікативний шум виникає в результаті струсу камери або розмивання зображення поза фокусом.

- формат даних, мультиплексування і кодування Для цифрових сигналів, особливо тих, які піддаються кодуванню і мультиплексуванню, нам необхідно знати формат, щоб відновити початкову послідовність символів.

- швидкість передачі даних

- необхідна інформація

Іноді досить просто забути те, яку інформацію ми намагаємося витягти з сигналу. Необхідна інформація може бути просто початковим сигналом, тобто сигналом, що має по можливості мінімальну кількість шуму. Ми також можемо отримувати інформацію з цифрового сигналу, що представляє собою послідовність символів. У системах розпізнавання мови необхідна інформація - це послідовність слів, які були виголошені.

Наведений список не є вичерпним. Але в ньому присутні базові характеристики сигналів, які будуть оброблятися, і після цього ми зможемо почати пошук відповідного алгоритму. У більшості випадків алгоритм вже доступний, і його необхідно лише привести у відповідність поточним потребам. Наприклад, алгоритми фільтрації КІХ- і БІХ-фільтрами широко вивчені, про що вже згадувалося в попередніх розділах. Необхідно лише розробити відповідний фільтр, який залежить від частотних характеристик сигналу. Якщо відповідний алгоритм недоступний, його необхідно розробити, а це може зайняти від декількох днів до декількох років.

У деяких випадках функціональні характеристики алгоритму відомі заздалегідь. В іншому випадку необхідно буде задати також і ці характеристики. Критерії функціональності залежать від конкретного додатка. Деякі критерії включають в себе пропускну здатність затримки, відношення сигнал/завада і точність витягнутої інформації. Критерії також можуть бути суб'єктивними, наприклад, якість зображення після обробки часто потребує оцінки людиною.

Розглянемо реалізацію системи. Весь процес спочатку розглянемо у вигляді структурної схеми, з точки, де сигнал або дані прийняті системою до моменту, коли дані залишають систему. Діаграма може бути отримана виходячи з

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

визначень системних вимог. Потім здійснюється аналіз ресурсів, які необхідні для будь-якої частини всього процесу. Аналіз включає наступні пункти:

- Аналіз ресурсів процесора

Період часу, необхідний ЦПС для обробки одиниці даних (можливо, блоку даних або одиничного відліку). Це буде залежати від алгоритму.

- Аналіз ресурсів пам'яті

Обсяг необхідної внутрішньої і зовнішньої пам'яті.

- Аналіз ресурсів обміну даними

Період часу, необхідний для переміщення даних із зовнішньої пам'яті у внутрішню і навпаки. Необхідно також враховувати обмін даних між ЦПС і керуючим процесором при необхідності.

- Аналіз ресурсів керуючого процесора

Якщо в системі присутній окремий керуючий процесор, то необхідно враховувати обчислювальні вимоги до процесора. Наприклад, в деяких системах зв'язку ЦПС може здійснювати одиничну модуляцію і демодуляцію, в той час як окремий процесор керує протоколом і зовнішнім інтерфейсом.

- Аналіз ресурсів вхідного / вихідного процесора

У деяких системах використовуються вхідні та / або вихідні процесори, які керують зовнішніми інтерфейсами. До даних процесорів також відносяться процесори, які керують паралельним або послідовним інтерфейсом.

Потім може бути проаналізована пропускна здатність системи. Вона порівнюється з системними вимогами, і якщо будь-які вимоги порушуються, то необхідно буде налаштувати конфігурацію системи.

3.6 Налагодження і тестування системи

Як тільки система була створена, її можна перевірити на відповідність специфікаціям. Установка певного набору тестів відповідно до необхідних специфікацій вимагає чіткого і ясного розуміння самих специфікацій і поточного

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

стану. В ідеальному варіанті налагодження системи здійснюється командою розробників, в той час як тестування системи - окремою командою, яка не задіяна безпосередньо в детальній розробці. Таким чином, існує велика ймовірність того, що помилки, які не визначила команда розробників, визначить команда, яка тестує систему.

Відлагодження зазвичай проводиться за допомогою внутрішнього емулятора, логічного аналізатора і програмами для відлагодження. Всі виробники ЦПС пропонують ряд внутрішніх емуляторів та інших засобів розробки для даних цілей.

3.7 Засоби розробки програмного забезпечення

Пошук через Інтернет покаже численні джерела для розробки систем ЦПС. Деякі з них доступні від виробників схем для конкретної схеми. Інші є комерційними або умовно безкоштовними продуктами сторонніх фірм. Доступні також і програмні продукти для загального користування, хоча вони здебільшого використовуються для некомерційних освітніх цілей.

Розглянемо засоби розробки на мовах високого рівня. Перше покоління ЦПС програмувалося в основному на мові асемблера. Засобів розробки на мовах високого рівня (компілятори) насправді не існує. Тим не менше, використання такої мови високого рівня, як «С», для розробки програмних продуктів в ЦОС-додатках знаходить більш широке застосування. Це відбувається з кількох причин.

- продуктивність

Написання програм на мовах високого рівня значно простіше, ніж написання на мові асемблера. Досить часто алгоритми розробляються і тестуються саме на мовах високого рівня. Потім ці програми можуть бути скомпільовані для відповідного машинного коду процесора безпосередньо і в більшості випадків без змін.

- обслуговування

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Той, хто розробляв програми на мові асемблера і мовою високого рівня, погодиться з тим, що коди мов високого рівня значно легше обслуговувати.

- мобільність

При необхідності нескладно перекомпілювати програму, написану на мові високого рівня, для різних цілей ЦПС.

- ефективність

Існує очевидне відношення, що стосується швидкості виконання. Найбільш ефективні коди запрограмовані вручну на мові асемблера. Але зі збільшенням швидкості ЦПС деяка неефективність ряду додатків цілком допустима. Насправді найбільш критичні до часу виконання частини програми можуть програмуватися вручну на мові асемблер, а решта - на мовах високого рівня.

Більшість редакторів зв'язків мають можливість пов'язувати об'єктні коди, згенеровані асемблером і компіляторами для відтворення програмою.

Для того щоб створити компілятори мов високого рівня, які б ефективно працювали з ЦПС, необхідно звернутися до кількох областей.

- Використання пам'яті

Як ми вже згадували в попередньому розділі, більшість ЦПС мають вбудовану і зовнішню пам'ять. Те, яким чином вона використовується, часто визначає ефективність програми. Область пам'яті ЦПС також зазвичай розділяється особливим чином. Програміст особливим чином може сказати компілятору, куди поставити конкретні змінні або програмні коди. Компілятори в основному створюють коди, що вимагають більше пам'яті в порівнянні з ручним кодуванням. Це може стосуватися процесорів з невеликим адресним простором.

- Використання спеціальних команд

ЦПС мають спеціальні команди для надзвичайно ефективного виконання таких завдань, як команди множення і підсумовування. Компілятору необхідно розпізнати такі елементи і використовувати ці спеціальні команди замість загальних. Це особливо ефективно при роботі з системами ЦОС з фіксованою точкою. По-перше, ЦПС з фіксованою точкою часто використовуються в додатках, які мають велику вартість. Таким чином, ефективне використання

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

пам'яті є ще більш важливим. По-друге, алгоритмам з фіксованою точкою необхідні особливі умови для масштабування і округлення, як обговорювалися вище. Більшість мов високого рівня не підтримують типи даних з фіксованою точкою, таким чином, програмування алгоритмів з фіксованою точкою стає значно складнішим. У загальному випадку умови ефективності для систем ЦОС з плаваючою точкою менш жорсткі.

- доступність мов

Серед мов програмування високого рівня С, мабуть, є найбільш популярним. Всі виробники мікросхем ЦПС або ядер ЦПС, які підтримують розробку за допомогою мов високого рівня, мають компілятори С.

Існує С компілятор загального призначення дуже високої якості, званий GNU С, який доступний в мережі Інтернет. Він розроблений компанією Free Software Foundation.

Проте мова С є мовою програмування загального призначення. І їй не вистачає деяких важливих властивостей, які дозволили б спростити процес кодування алгоритмів ЦОС. Наприклад, типи даних з фіксованою точкою будуть надзвичайно корисні для процесорів з фіксованою точкою. Багато виробників додали власні розширення стандартної мови С для підтримки ряду цих команд. Ці розширення дозволяють призначати конкретні змінні до конкретних областей пам'яті і включати сегменти мови асемблера в початковий код мови С.

Іншою мовою програмування високого рівня, який набуває популярності, є С ++. Здатність створювати нові типи даних і операції з використанням С ++ робить його більш гнучким у порівнянні з мовою С. Використання цих даних і операцій, які визначаються користувачем, дає компілятору більше можливостей для оптимізації. Крім того, можуть бути використані об'єктно-орієнтовані методи програмування, які спрощують супровід програми.

Розглянемо засоби розробки мовою Асемблер. Типове середовище програмування мовою асемблер для ЦОС-систем включає наступне:

- асемблер;
- редактор зв'язків;

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

- програма моделювання набору програм;
- відладчик;
- макетна плата;
- внутрісхемний емулятор;
- бібліотеки програмних додатків.

Розглянемо зв'язки між різними частинами середовища розробки.

- Асемблери і редактори зв'язків

Асемблери для ЦПС не відрізняються від асемблерів для процесорів загального призначення. Велика частина з них є макроасемблерами зі стандартними функціональними можливостями, такими, як умовна компоновка програми.

- Загальний формат об'єктних файлів (ЗФОФ) є стандартним форматом для комбінованих об'єктних кодових файлів. ЗФОФ дозволяє робити анотації об'єктних кодів з інформацією про налагодження при необхідності. Цей стандартний формат також спрощує інтеграцію сторонніх бібліотек.

- програми моделювання

Програми моделювання набору програм моделюють процес виконання процесором набору команд на хост-комп'ютері. Користувач може побачити зміни в різних регістрах, пам'яті і прапорах під час виконання програми. Користувач може виконувати програму покроково. Це дуже важливо для процесу налагодження та оптимізації алгоритмів. Обмеження таких програм моделювання полягає в тому, що вони моделюють один процесор і не підтримують моделювання периферійного обладнання або інших процесорів вводу-виводу.

- внутрісхемний емулятор

Внутрісхемний емулятор (ВЕ) - це система апаратного забезпечення, яка знаходиться між хост-комп'ютером і системою ЦОС. Програмне забезпечення на головному комп'ютері дозволяє користувачу стежити і управляти процесором під час виконання програм. Користувач може запуснути покроковий режим виконання програми і вибірково модифікувати зміст комірки пам'яті або регістрів.

ВЕ є важливим засобом налагодження, оскільки він дозволяє розробнику бачити, що відбувається, коли програми виконують в реальному часі.

Існують три основні типи ВЕ:

- Емулятор з перехідним пристроєм

ЦПС видаляється з цільової системи. У ВЕ є перехідний пристрій, який вбудовано в сокет ЦПС в цільової системи. Емулятор містить спеціальну версію ЦПС, який моделюється. Цей спеціальний процесор має додаткове апаратне забезпечення для управління ними. Недоліком є його ціна. Зазвичай вони досить дорогі, а самі процесори досить специфічні.

Також перехідний пристрій емулятора змінює електричні характеристики схеми, що може привести до виникнення певних проблем у часі. З цієї причини емулятори з перехідним пристроєм не працюють на повній швидкості.

- Емулятор на основі сканування

Такий тип емуляції став досить популярним в останні роки. Причиною цього є той факт, що нове покоління ЦПС має вбудований відладчик логічних схем із спеціальним послідовним портом для доступу до цього відладчика зовнішніми пристроями. Деякі з цих процесорів використовують послідовний сумісний порт, стандарт IEEE JTAG (Стандарт 1149.1). Доступ до властивостей налагодження схеми може бути здійснений просто шляхом підключення головного процесора до цього порту, використовуючи спеціальний адаптер. Внутрішньо-процесорний відладчик логічних схем стежить за операціями, що виконуються в реальному часі, зупиняючи їх при досягненні точки переривання. В цьому випадку інформація для налагодження доступна через послідовний порт.

Існує три основні переваги емуляції на основі сканування в порівнянні з використанням перехідного пристрою. Перша перевага полягає в тому, що немає необхідності видаляти процесор з цільової системи, тому немає впливу на електричні характеристики. Іншою перевагою є те, що число сигнальних ліній, що виходять з цільової системи, досить мало (5 для системи JTAG), тому що зв'язок іде через послідовний порт. Такі сигнали можуть діяти при значно меншій

швидкості, ніж інші сигнали процесора. Третьою перевагою є те, що він підтримує операції ЦПС на максимальній швидкості.

- Емулятор, заснований на моніторингу

Це одна з найбільш недорогих типів емуляції. Програма контролю, яку називають монітор, працює на ЦОС-процесорі. Монітор, який використовує один з послідовних портів на ЦПС, здійснює зв'язок між цільовою системою і хост-комп'ютером. Програма-відладчик працює на хост-комп'ютері. Перевагою даного підходу є те, що немає необхідності в особливому апаратному забезпеченні. Цей тип емуляції з трьох є найдешевшим. Але зазвичай неможливо встановити точки переривання в реальному часі. Також, оскільки монітор працює на ЦОС-процесорі, стан процесора змінюється до того, як у користувача з'являється можливість перевірити його. Даний підхід зазвичай використовується для макетних плат з низькою вартістю або демонстраційних плат.

Розглянемо макетні плати. Більшість виробників ЦПС виробляють макетні плати або демонстраційні плати, які мають невисоку вартість. Вони дуже корисні для вивчення конкретних мікросхем і їх можливостей, експериментування з розробкою алгоритмів і простих систем. Існує також цілий ряд автономних і змінних плат для персональних комп'ютерів або робочих станцій. Зазвичай вони більш потужні, з великим об'ємом пам'яті, а деякі з них можна підключити в слот розширення ПК. Вони корисні для розробки програм. Вартість таких систем варіюється від декількох сотень доларів США до кількох тисяч, залежно від конфігурацій процесора і пам'яті. Деякі з подібного роду плат мають вбудовані набори процесорів для паралельної обробки.

Існує велика кількість програмного забезпечення, яке підтримує розробку і програмування алгоритмів ЦПС. Деякі з них мають дуже хороше візуальне середовище програмування, і програмування може здійснюватися блок-схемами за принципом «перетягнути і залишити» і з'єднанням блок-схем. Вони мають засоби моделювання, аналіз операцій з фіксованою точкою, а ряд з них - навіть генератори коду ЦПС.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Висновки до третього розділу

Проаналізований вільний від обмеження по довжині досліджуваного кабелю - системний метод вимірювань. Продемонстровані можливості отримання неспотворених значень параметрів кабелів з довжиною до 5000 м. Запропонований системний метод вимірювань:

- усуває властиве традиційному методу обмеження максимальної довжини досліджуваного кабелю, раніше встановленого в стандарті рівним 100 м при вимірюванні індуктивності і визначеного в ході досліджень дорівнює 1600...2400 м при вимірюванні ємності;

- забезпечує виконання неруйнівного контролю погонної ємності, погонної індуктивності і співвідношення L / R будь-яких будівельних довжин кабелів;

- підтримується серійним аналізатором AnCom A-7/307;

- дозволяє вимірювати і зіставляти з нормами первинні і вторинні параметри (власні коефіцієнт загасання і імпеданс кабелів) в одному процесі.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційного проекту на тему «Визначення основних параметрів кабелів зв'язку» був спроектований прилад на базі мікроконтролера LPC-P2378. Зроблений аналітичний огляд літературних джерел. Проаналізовані параметри кабелів зв'язку. Охарактеризовані відомі методи вимірювання, приведені схеми. На основі проведеного огляду визначена і розрахована структурна схема пристрою, обрані основні елементи пристрою. Проведений спектральний аналіз сигналів у лініях зв'язку. Досліджена модель визначення основних параметрів кабелів зв'язку, вказані похибки традиційних методів. Запропоновано вимірювання погонних параметрів на основі розв'язку системи рівнянь. Проаналізована завадостійкість кабелів зв'язку, пропускна спроможність кабелів зв'язку. Вказані засоби розробки апаратного і програмного забезпечення, налагодження і тестування системи, Засоби розробки програмного забезпечення

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки щодо організації, проведення та підготовки звіту з переддипломної практики для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»/ уклад.: Підченко С.К., Огнєвий О.В., Таранчук А.А., Мішан В.В. / за заг. ред. С.К. Підченко. – Хмельницький: ХНУ, 2021. – 29с.

2. Винокуров В.И. Электрорадиоизмерения: Учеб. Пособие для радиотехнич. спец. вузов / В.И. Винокуров, С.И. Каплин, И.Г. Петелин; Под ред. В.И. Винокурова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 351 с.

3. Каспер Э. Программирование на языке Ассемблера для микроконтроллеров семейства i8051. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 191 с.

4. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 768 с.

5. Бирюков С.А. Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1996. – 192 с.

6. Терещук Р.М. и др. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справ. радиолюбителя /Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наук. думка, 1987.- 800с.

7. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. радио, 1979.- 368с.

8. Интегральные микросхемы: Справочник /Б.В. Тарабрин, Л.Ф. Лунин, Ю.Н. Смирнов и др.; Под ред. Б.В. Тарабрина. – М.: Радио и связь, 1983. – 528с.

9. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств /М.К. Белкин, В.Т. Белинский, Ю.Л. Мазор, Р.М. Терещук. – 2-е изд. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 472с.

10. Ионкин П.А. Теоретические основы электротехники. Т 1. Основы теории линейных цепей. Изд. 2-е, переработ. и доп. М.: Высшая школа, 1976. 544 с.

					КПТР.2017015.01.10 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Ім'я користувача:
Kafedra telekom_radiotechniki

ID перевірки:
1008225903

Дата перевірки:
08.06.2021 11:42:10 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
08.06.2021 12:07:00 EEST

ID користувача:
100005656

Назва документа: Процак О.С._ТР-17-1

Кількість сторінок: 67 Кількість слів: 13360 Кількість символів: 101289 Розмір файлу: 3.38 MB ID файлу: 1008299750

11.1% Схожість

Найбільша схожість: 6.2% з Інтернет-джерелом (<http://um.co.ua/4/4-15/4-153336.html>)

11.1% Джерела з Інтернету

352

Сторінка 69

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

11

Завідувачу кафедри телекомунікацій
та радіотехніки
д.т.н., професору Бойку Ю.М.
здобувача вищої освіти
Процака О.С.
ФПКТС, гр. ТР-17-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

25 травня 2021 р.
дата



підпис

РІШЕННЯ КАФЕДРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА РАДІОТЕХНІКИ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Визначення основних параметрів кабелів зв'язку

Автор: Процак Олександр Сергійович

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: к.т.н., доцент Пятін Ілля Станіславович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	-
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	відповідає
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріплення запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	-

Підтвердження: Виявленні запозичення не є плагіатом так як розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження (є власні терміни, визначення тощо), складають 11,1% та мають посилання на приведений список літературних джерел.

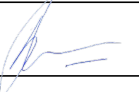
«07» червня 2021 р.

Науковий керівник



Пятін І.С.

Завідувач кафедру ТР



Бойко Ю.М.

Відгук на кваліфікаційну роботу виконану за темою
«Визначення основних параметрів кабелів зв'язку»
студента гр. ТР-17-1 Процака О.С.

Діагностика кабельних ліній зв'язку включає в себе визначення стану ізоляції і внутрішніх жил, що проводять електричний струм. Телекомунікаційні системи сьогодні дуже розповсюджені. Тому розробка нових приладів для діагностики кабелів зв'язку є актуальною задачею.

У кваліфікаційному проєкті студента Процака О.С. розглядаються питання, присвячені вивченню принципів побудови вимірювачів основних параметрів кабелів зв'язку, розробці структурної та принципової схем пристрою з використанням сучасної елементної бази, розрахунку основних вузлів пристрою. Проєкт складається з трьох розділів.

В першому розділі зроблений огляд сучасних методів побудови вимірювачів неоднорідностей кабелів зв'язку. Розглянуті можливості автоматизації і підвищення точності таких вимірювань.

Другий розділ присвячений вибору і обґрунтуванню структурної схеми пристрою, а також вибору принципових схем складових блоків та потрібним розрахункам. Визначенні вхідні і вихідні параметри структурних блоків. Проаналізовані особливості мікроконтролерів з ядром ARM7TDMI.

У третьому розділі дана характеристика моделі визначення основних параметрів кабелів зв'язку, проаналізовані похибки традиційного методу вимірювань погонних параметрів кабелів зв'язку, розглянута завадостійкість кабелів зв'язку. Оцінена пропускна спроможність кабелів зв'язку. Розглянуті засоби розробки апаратного і програмного забезпечення, налагодження і тестування системи. Проаналізовані засоби розробки програмного забезпечення.

В цілому під час роботи над кваліфікаційним проєктом студент Процак О.С. проявив себе як грамотний спеціаліст в галузі телекомунікацій, показав вміння та навички і набуті компетентності в розрахунках, в плануванні мережі.

Кваліфікаційний проєкт виконано на високому технічному рівні, він має безперечну актуальність в області сучасних телекомунікацій, а студент Процак О.С. заслуговує оцінки «добре».

Доцент кафедри телекомунікацій та радіотехніки



Пятін І.С.

Рецензія

опонента на бакалаврську кваліфікаційну роботу виконану за темою:
«Визначення основних параметрів кабелів зв'язку»
студента гр. ТР-17-1 Процака О.С.

В кваліфікаційному проєкті студента Процака О.С. розглядаються питання, присвячені вивченню принципів побудови вимірювачів основних параметрів кабелів зв'язку, розробці структурної та принципової схем пристрою з використанням сучасної елементної бази, розрахунку основних вузлів пристрою. Проєкт складається з трьох розділів.

В першому розділі зроблений огляд сучасних методів побудови вимірювачів неоднорідностей кабелів зв'язку. Розглянуті можливості автоматизації і підвищення точності таких вимірювань.

Другий розділ присвячений вибору і обґрунтуванню структурної схеми пристрою, а також вибору принципових схем складових блоків та потрібним розрахункам. Визначенні вхідні і вихідні параметри структурних блоків. Проаналізовані особливості мікроконтролерів з ядром ARM7TDMI.

У третьому розділі дана характеристика моделі визначення основних параметрів кабелів зв'язку, проаналізовані похибки традиційного методу вимірювань погонних параметрів кабелів зв'язку, розглянута завадостійкість кабелів зв'язку. Оцінена пропускну спроможність кабелів зв'язку. Розглянуті засоби розробки апаратного і програмного забезпечення, налагодження і тестування системи. Проаналізовані засоби розробки програмного забезпечення.

В процесі проектування приладу для визначення основних параметрів кабелів зв'язку виконано наступні етапи:

- Аналіз сучасного стану вимірювачів параметрів кабелів зв'язку і вибір елементної бази;
- розробка і розрахунок структурної схеми пристрою;
- дослідження питань розробки програмного забезпечення для вбудованих систем на основі мікроконтролерів ARM.

В цілому проєкт розробки приладу для визначення основних параметрів кабелів зв'язку виконано на високому технічному рівні, має актуальність, а студент Процака О.С. заслуговує оцінки «добре».

Опонент: к.т.н., доцент
кафедри ТМІТ



Віктор СТЕЦЮК