

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет робототехніки та штучного інтелекту

(повне найменування факультету)

Кафедра електроніки фізики та СМАРТ-систем

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**БЕЗПРОВІДНИЙ МУЛЬТИМАРОЧНИЙ СКАНЕР ТЕХНІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЯ
WIRELESS MULTI-BRAND CAR TECHNICAL PARAMETERS
SCANNER**

спеціальність 171 Електроніка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Автомобільна електроніка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

групи ЕЛ(АЕ)-41

ШЕВЧУК Дмитро Володимирович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент

ПРИСТУПА Станіслав Олексійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«___» червня 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент ПРИСТУПА Станіслав Олексійович

(підпис)

Луцьк – 2026

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра електроніки та телекомунікацій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальність: 171 Електроніка

Освітня програма: «Автомобільна електроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц. В. ЗАБЛОЦЬКИЙ

« 31 » грудня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шевчуку Дмитру Володимировичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Безпроводний мультимарочний сканер технічних параметрів автомобіля*

керівник роботи: *к.т.н., доцент Приступа С. О.*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2025 р. № 560/01-02

2. Строк подання здобувачем роботи: 04.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи *Стандарти автомобільної діагностики OBD-II та CAN.*

Напруга живлення пристрою – 12 В від бортової мережі автомобіля. Максимальний струм споживання – не більше 100 мА. Габаритні розміри пристрою – не більше 80×50×25 мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
ВСТУП

РОЗДІЛ 1 Теоретичні основи визначення технічних параметрів автомобілів

РОЗДІЛ 2 Апаратна реалізація автомобільного діагностичного комплексу

РОЗДІЛ 3 Топологічне проектування друкованої плати

РОЗДІЛ 4 Дистанційна діагностична системи автомобіля

ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу

Демонстраційний матеріал у вигляді презентації Power Point.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	<i>Приступа С. О., доцент</i>		
<i>Розділ 2</i>	<i>Приступа С. О., доцент</i>		
<i>Розділ 3</i>	<i>Приступа С. О., доцент</i>		
<i>Розділ 4</i>	<i>Приступа С. О., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Селепина Й. Р., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Приступа С. О., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>	_____ %		
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Приступа С. О., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 31.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літератури із досліджуваної проблеми	До 14.02.2026 р.	
2.	Розділ 1 Теоретичні основи визначення технічних параметрів автомобілів	До 14.03.2026 р.	
3.	Розділ 2 Апаратна реалізація автомобільного діагностичного комплексу	До 14.04.2026 р.	
4.	Розділ 3 Топологічне проектування друкованої плати	До 30.04.2026 р.	
5.	Розділ 4 Дистанційна діагностична системи автомобіля	До 20.05.2026 р.	
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	До 30.05.2026 р.	
7.	Нормоконтроль	До 02.06.2026 р.	
8.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	До 03.06.2026 р.	
9.	Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту	До 04.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Шевчук Д. В.

Керівник роботи _____ Приступа С. О.

АНОТАЦІЯ

Шевчук Д. М. Безпроводний мультимарочний сканер технічних параметрів автомобіля. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Автомобільна електроніка». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026 р.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У роботі розглянуто особливості автомобільної комп'ютерної діагностики, стандарти OBD-II та сучасні методи обміну даними між електронними системами транспортних засобів. Проведено аналіз принципів функціонування CAN-шини, діагностичних протоколів і засобів зчитування параметрів автомобіля.

У роботі розроблено апаратну частину автомобільного діагностичного комплексу на базі мікроконтролера PIC18F25K80 та CAN-трансивера MCP2551. Наведено структурну й електричну схеми пристрою, описано принцип роботи та елементну базу системи. Також виконано проєктування друкованої плати діагностичного комплексу із застосуванням сучасних засобів автоматизованого проєктування.

Додатково запропоновано підхід до створення системи дистанційної діагностики автомобіля з використанням OBD-II адаптера та бездротового зв'язку Bluetooth. Розглянуто принципи формування експертної системи аналізу кодів несправностей DTC, що дозволяє визначати рівень важливості несправностей і оцінювати можливість подальшої експлуатації транспортного засобу.

Ключові слова: автомобільна діагностика, OBD-II, CAN-шина, діагностичний комплекс, дистанційна діагностика, DTC-коди, мікроконтролер, друкована плата.

ABSTRACT

Shevchuk D. Wireless multi-brand car technical parameters scanner.
Manuscript.

Bachelor's qualification thesis in the educational program «Automotive Electronics». Lutsk National Technical University, Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references, and appendices.

The thesis examines the features of automotive computer diagnostics, OBD-II standards, and modern methods of data exchange between electronic vehicle systems. The principles of CAN bus operation, diagnostic protocols, and methods of reading vehicle parameters are analyzed.

The hardware part of an automotive diagnostic complex based on the PIC18F25K80 microcontroller and the MCP2551 CAN transceiver has been developed. Structural and electrical schematics of the device are presented, and the operating principles and component base of the system are described. In addition, a printed circuit board for the diagnostic complex was designed using modern computer-aided design tools.

Furthermore, an approach to creating a remote vehicle diagnostic system using an OBD-II adapter and Bluetooth wireless communication is proposed. The principles of developing an expert system for analyzing DTC fault codes are considered, allowing the determination of fault severity and evaluation of the possibility of further vehicle operation.

Keywords: Automotive diagnostics, OBD-II, CAN bus, Diagnostic complex, Remote diagnostics, DTC codes, Microcontroller, Printed circuit board.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛІВ.....	9
1.1 Стан розвитку автомобільної діагностики	9
1.2 Стандарти в автомобільній діагностиці	13
1.3 Сучасні засоби діагностики автомобіля	17
1.4 Методи зв'язку OBD-II сканера з автомобілем.....	21
РОЗДІЛ 2 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДІАГНОСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ	24
2.1 Структурна схема	24
2.2 Електрична схема	24
2.3 Опис елементної бази	26
РОЗДІЛ 3 ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	35
3.1 Вибір матеріалу та типу друкованої плати.....	35
3.2 Вибір класу точності друкованої плати	37
3.3 Розміщення компонентів та трасування друкованої плати	57
3.4 Проєктування в EasyEDA.....	
РОЗДІЛ 4 ДИСТАНЦІЙНА ДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ	60
4.1 Опис функціонування і роботи шини CAN.....	60
4.2 Виявлення помилок і самодіагностика, що застосовується в шині CAN.....	61
4.3 Створення дистанційної діагностичної системи.....	55
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Сучасний автомобіль – це не лише механічна система, а й складний комплекс електричного та електронного обладнання. Електронні компоненти забезпечують керування роботою різних вузлів і систем транспортного засобу, здійснюють контроль їх технічного стану, а також виявлення та реєстрацію відхилень у процесі функціонування. Аналіз отриманих параметрів дає змогу проводити комплексну комп'ютерну діагностику та своєчасно виявляти несправності.

Для діагностики несправностей автомобіля необхідним є використання спеціалізованого діагностичного обладнання. Раніше виробники транспортних засобів застосовували власні діагностичні системи та пристрої. Однак із впровадженням стандарту OBD-II на ринку з'явилася значна кількість універсальних діагностичних сканерів.

Актуальність. Мультимарочні адаптери, що підключаються до стандартного діагностичного роз'єму OBD-II, забезпечують підтримку великої кількості марок і моделей автомобілів. Програмне забезпечення таких пристроїв містить бази даних як стандартних кодів несправностей, що використовуються більшістю виробників, так і спеціалізованих кодів, характерних для окремих марок транспортних засобів. Крім зчитування кодів несправностей, сучасні OBD2-сканери забезпечують можливість налаштування окремих параметрів електронних систем автомобіля. Базові функції діагностики можуть виконуватися за допомогою недорогих сканерів, однак реалізація розширених можливостей потребує застосування професійного обладнання, що характеризується вищою вартістю.

Частина параметрів, отриманих у процесі комп'ютерної діагностики за допомогою OBD-II сканера, є достатньо зрозумілою для користувачів без спеціальної підготовки. Разом з тим інтерпретація окремих показників потребує глибшого розуміння принципів функціонування систем автомобіля, оскільки несправності однієї системи можуть бути пов'язані з відхиленнями в роботі інших систем транспортного засобу.

Метою роботи є розроблення безпроводного мультимарочного сканера технічних параметрів автомобіля на базі стандарту OBD-II для здійснення діагностики електронних систем транспортного засобу, зчитування діагностичних параметрів і кодів несправностей, а також організації дистанційного моніторингу технічного стану автомобіля. Для досягнення поставленої мети слід виконати наступні завдання.

1. Провести аналіз сучасних систем автомобільної комп'ютерної діагностики та стандартів OBD-II.
2. Дослідити принципи функціонування CAN-шини та методи обміну даними між електронними блоками автомобіля.
3. Розробити структурну та електричну схеми діагностичного комплексу та виконати вибір елементної бази
4. Спроектувати друковану плату діагностичного комплексу.
5. Розробити підхід до реалізації системи дистанційної діагностики з використанням Bluetooth-з'єднання.

Об'єкт дослідження – процес комп'ютерної діагностики електронних систем автомобіля.

Предмет дослідження – безпроводний мультимарочний сканер технічних параметрів автомобіля на базі стандарту OBD-II та методи дистанційного діагностування електронних систем транспортного засобу.

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра інструменти штучного інтелекту використовувалися виключно як допоміжний засіб для редагування та форматування тексту, пошуку ідей, уточнення формулювань і опрацювання літературних джерел. Усі положення, висновки та результати дослідження належать автору роботи та ґрунтуються на самостійному аналізі. Результати, отримані із застосуванням генеративного штучного інтелекту, були перевірені на достовірність, коректність і відповідність принципам академічної доброчесності.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Стан розвитку автомобільної діагностики

Комп'ютерна діагностика автомобіля (рис. 1.1) являє собою комплекс заходів, спрямованих на перевірку електронних систем транспортного засобу з метою виявлення несправностей і відхилень у їх функціонуванні. Цей вид діагностики дає змогу здійснити оцінювання фактичного технічного стану вузлів, агрегатів, електронних модулів та блоків керування автомобіля, а також отримати об'єктивну інформацію щодо його працездатності. У процесі проведення діагностики здійснюється вимірювання, зчитування та аналіз різних параметрів, які безпосередньо впливають на функціонування транспортного засобу. Виконання комп'ютерної діагностики є складним процесом, що потребує застосування сучасного діагностичного обладнання та відповідного рівня професійної підготовки спеціалістів.



Рисунок 1.1 – Комп'ютерна діагностика автомобіля [1]

Сучасні електронні системи керування агрегатами та вузлами автомобіля оснащуються функціями самодіагностики, які забезпечують інформування водія про виникнення несправностей у процесі експлуатації транспортного засобу. З цією метою на панелі приладів більшості автомобілів передбачено багатфункціональний індикатор Check Engine (рис. 1.2). У більш ранніх моделях транспортних засобів для відображення інформації про

несправності використовувалися спеціальні світлодіодні індикатори, розташовані безпосередньо на електронних блоках керування.

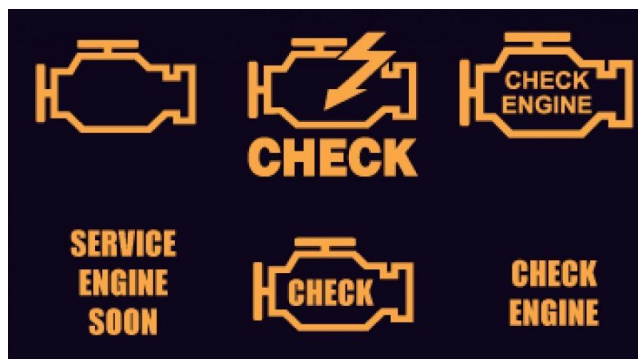


Рисунок 1.2 – Багатофункціональний індикатор Check Engine [2]

Індикатор Check Engine зазвичай активується при ввімкненні запалювання та вимикається через певний час після запуску двигуна. Якщо під час виконання процедур самодіагностування виявляються несправності або відмови окремих компонентів, індикатор продовжує залишатися активним. Крім того, при виникненні деяких несправностей у процесі руху транспортного засобу індикатор може повторно вмикатися. У разі короточасних незначних відхилень індикатор може вимкнутися автоматично, при цьому інформація про помилку зберігається в пам'яті електронного блоку керування для подальшого зчитування та аналізу. Тривале світіння індикатора свідчить про необхідність проведення детальнішої діагностики та усунення несправностей.

Комп'ютерна діагностика передбачає послідовне дослідження більшості систем керування автомобіля, зокрема системи керування двигуном, автоматичної трансмісії, антиблокувальної системи гальм (ABS), системи пасивної безпеки, круїз-контролю, пневматичної підвіски, іммобілайзера та інших електронних систем.

Діагностування кожної окремої системи включає декілька етапів перевірки. Наприклад, під час діагностування двигуна здійснюється аналіз параметрів системи керування двигуном, паливної системи, процесів наповнення циліндрів, режимів роботи двигуна та інших характеристик.

За результатами проведеної комп'ютерної діагностики формується звіт, який містить інформацію про виявлені помилки, а також рекомендації щодо усунення несправностей, ремонту або заміни окремих вузлів і агрегатів автомобіля.

Системи діагностики, що застосовуються на різних автомобілях, можуть відрізнятися конструктивними особливостями та функціональними можливостями, однак загальний принцип їх роботи є подібним. Блок керування здійснює зчитування даних із датчиків у різних режимах функціонування транспортного засобу під час його експлуатації, зокрема під час запуску двигуна, прогрівання, роботи на холостому ходу, прискорення, гальмування та інших режимів.

Інформація, що надходить від датчиків, може бути представлена у вигляді статичних (дискретних) або динамічних (змінних у часі) параметрів. Статичні сигнали, як правило, характеризуються визначеним значенням, наприклад імпульсом певного рівня або наявністю чи відсутністю сигналу. Динамічні показники відображають зміну параметрів у часі та оцінюються шляхом порівняння з допустимими межами значень – верхніми та нижніми границями. Системи діагностики здійснюють реєстрацію і відображення як статичних даних у вигляді кодів несправностей, так і змінних параметрів роботи систем.

Реакція системи самодіагностики на дискретні сигнали зазвичай відбувається у випадках втрати електричного контакту, що супроводжується формуванням повідомлення про несправність датчика. Контроль динамічних параметрів виконується шляхом їх аналізу відповідно до алгоритмів і таблиць, що зберігаються в пам'яті електронного блока керування. При цьому один і той самий датчик може одночасно контролюватися як щодо справності електричного кола, так і щодо відповідності допустимому діапазону зміни параметрів. У таких випадках можуть бути зафіксовані різні типи помилок: відсутність сигналу або вихід контролюваного параметра за встановлені межі.

Електронна система керування автомобілем може включати декілька спеціалізованих блоків, зокрема:

- блок керування двигуном – ECU (Engine Control Unit) або ECM (Engine Control Module);
- блок антиблокувальної системи гальм – ABS (Anti-lock Braking System);
- блок системи пасивної безпеки – SRS (Supplemental Restraint System);
- блок керування автоматичною коробкою передач – A/T (Electronic Automatic Transaxle).

У разі виявлення несправності сучасна система діагностики повинна виконувати стандартизований алгоритм дій:

- визначити тип несправності, присвоїти їй відповідний код та зберегти його у довготривалій пам'яті системи;
- виконати коригувальні дії відповідно до закладених у програмному забезпеченні алгоритмів керування.

Після цього коди несправностей, що були записані у пам'ять системи, можуть бути зчитані за допомогою спеціального діагностичного обладнання (сканера) або вручну шляхом виконання визначеної послідовності дій, яка переводить електронний блок керування у режим відображення кодів самодіагностики. Після отримання та аналізу кодів разом із додатковими діагностичними даними приймається рішення щодо подальших дій. При цьому слід враховувати, що не всі параметри, які характеризують технічний стан двигуна, перебувають під контролем системи самодіагностики. Тому після зчитування кодів важливо не лише визначити їх значення, а й правильно встановити причину виникнення несправності.

Слід також враховувати, що автомобіль являє собою складну систему, яка складається з великої кількості взаємопов'язаних вузлів та агрегатів, а його працездатність залежить від багатьох параметрів. У зв'язку з цим навіть незначна несправність може призвести до появи декількох кодів помилок одночасно, хоча жоден із них безпосередньо не вказуватиме на реальне джерело проблеми. Саме тому після отримання кодів несправностей необхідно виконати додаткові перевірки для підтвердження правильності їх інтерпретації.

У багатьох випадках виникнення кодів помилок може бути пов'язане не з несправністю самого елемента системи, а з наслідками виконання ремонтних робіт, наприклад через непідключений електричний роз'єм, порушення контактів або пошкодження електропроводки.

1.2 Стандарти в автомобільній діагностиці

В даний час практично всі автомобілі та будівельні машини виробництва провідних світових компаній оснащені системами самодіагностики. Система бортової діагностики OBD (On-board diagnostics) це насамперед стандарт, що відноситься до самодіагностики автомобіля та можливостей отримання інформації про стан його систем.

Розробка вимог та рекомендацій за стандартом OBD-II велася за завданням агентства захисту навколишнього середовища EPA (Environmental Protection Agency) за участю Міжнародного товариства автомобільних інженерів SAE.

У рамках міжнародного комітету зі стандартизації було прийнято стандарт ISO 15031 «Дорожні транспортні засоби. Діагностування. Обмін даними між діагностичним обладнанням та автомобілем».

У цей стандарт увійшли наступні частини.

1. ISO 9141 Дорожні транспортні засоби. Системи діагностування. Вимоги до CARB для обміну діагностичною інформацією».

2. ISO 11 519-4 Дорожні транспортні засоби. Низькошвидкісні послідовні лінії передачі. Мережевий інтерфейс класу (SAE 1850).

3. ISO 14230 «Дорожні транспортні засоби. Системи діагностування. Keyword protocol 2000».

4. ISO 15 765-4 «Дорожні транспортні засоби. Системи діагностування. Діагностування по CAN (Controller Area Network)».

Також зазначимо, що цей стандарт регламентує зміст цифрового коду, а саме: однакова несправність автомобілів різних виробників має один і той ж цифровий код.

Стандарт OBD-II – це набір правил і вимог, які має дотримуватися кожен виробник для того, щоб система керування двигуном задовольняла вимогам щодо складу вихлопних газів.

У рамках стандарту існує ряд протоколів обміну даними між основними модулями (модулями керування двигуном) та діагностичним обладнанням: ISO 15 765; ISO 9141; ISO 14230; SAE J1850 PWM та SAE J1850 VPW.

Найбільш швидкісним і сучасним є протокол ISO 15765 CAN, за яким для зчитування інформації з основного модуля керування автомобіля використовується шина CAN.

До 1994 року в автомобільній промисловості використовувалися різноманітні системи, стандарти та протоколи діагностування, які умовно об'єднують у сімейство OBD-I (On-Board Diagnostics I). Процес зчитування кодів несправностей у системах OBD-I був подібним до принципу роботи азбуки Морзе: короткі сигнали тривалістю близько 0,2 с відповідали одиницям, а довгі сигнали тривалістю приблизно 1,2 с – десяткам. Інтервали між імпульсами одного коду становили близько 0,3 с, тоді як окремі коди розділялися паузами тривалістю 1,8...2 с. Діагностичні коди систем OBD-I мали двозначну структуру та часто називалися «короткими» на відміну від п'ятизначних кодів, що використовувалися у пізніших системах розширеної діагностики. Зчитування інформації здійснювалося за допомогою спеціалізованих дилерських сканерів або шляхом виконання специфічних процедур активації режиму самодіагностики, які були індивідуальними для кожного виробника автомобілів.

Подальший розвиток екологічних вимог сприяв створенню уніфікованої системи діагностики. Починаючи з 1996 року, відповідно до вимог United States Environmental Protection Agency та за підтримки Society of Automotive Engineers у США були запроваджені єдині стандарти для систем самодіагностики, протоколів обміну даними, діагностичних інтерфейсів і структури кодів несправностей – OBD-II.

Початкова орієнтація системи OBD-II на контроль екологічних показників, з одного боку, дещо обмежувала її можливості щодо

діагностування всього спектра несправностей транспортного засобу, однак з іншого боку забезпечила її широке поширення на міжнародному рівні. Починаючи з 1996 року, використання системи OBD-II та встановлення стандартизованого діагностичного роз'єму стало обов'язковим для автомобілів, що реалізовувалися на території США, незалежно від країни їх виробництва.

У країнах Європи та Азії впровадження OBD-II також розпочалося у 1996 році, хоча спочатку застосування було обмеженим. Масове використання системи почалося з 2001 року для автомобілів із бензиновими двигунами після впровадження стандарту EOBD, а з 2004 року – для транспортних засобів із дизельними двигунами. Разом із цим деякі моделі автомобілів, випущені до зазначених дат, також могли частково або повністю підтримувати функціональні можливості OBD-II.

Однією з основних ознак системи OBD-II є наявність у салоні автомобіля стандартизованого 16-контактного діагностичного роз'єму (рис. 1.3).

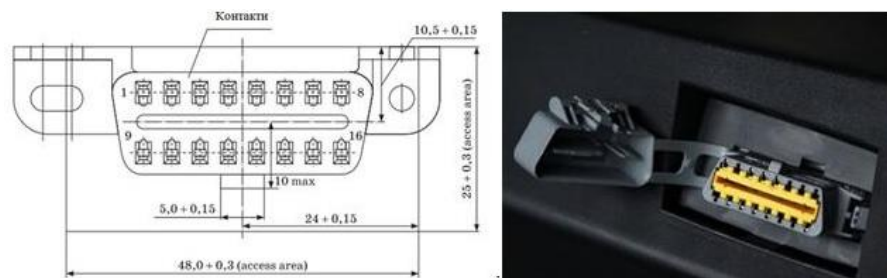


Рисунок 1.3 – 16-контактний роз'єм OBD-II

Незважаючи на уніфікацію інтерфейсу, сучасні системи продовжують використовувати різні протоколи зв'язку між діагностичним обладнанням та електронними блоками керування. Серед основних протоколів OBD-II можна виділити J1850 VPW, J1850 PWM, ISO 9141-2, ISO 14230-4 та Keyword Protocol 2000 (KWP2000). Передача інформації в цих системах здійснюється за допомогою імпульсно-кодової модуляції змінної або сталої довжини на основі технології Controller Area Network. Розпіновка роз'єма OBD-II приведена в таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Розпіновка роз’єма OBD-II

Контакт	Функція кола
1	Не визначений
2	Bus + Line, SAE J1850
3	Не визначений
4	Корпус
5	Загальний
6	CAN(H)ISO 15765
7	К лінія ISO 9141/14230
8	Не визначений
9	Не визначений
10	Bus – Line, Sae J1850
11	Не визначений
12	Не визначений
13	Не визначений
14	CAN(L) ISO 15765
15	L лінія ISO9141/14230
16	+12 В

Після впровадження стандарту OBD-II з’явилася можливість використовувати універсальні діагностичні сканери, сумісні з різними марками та моделями автомобілів. Це значно спростило процес діагностування транспортних засобів і забезпечило уніфікований підхід до зчитування та аналізу даних.

Основним призначенням усіх діагностичних систем є стандартизоване виявлення несправностей у різних системах, вузлах і агрегатах автомобіля з метою прийняття обґрунтованих рішень щодо їх подальшого ремонту або технічного обслуговування. Однак якщо системи сімейства OBD-I дозволяли контролювати обмежене коло компонентів, зокрема двигун, систему пасивної безпеки, антиблокувальну систему гальм та автоматичну трансмісію, то впровадження OBD-II суттєво розширило перелік контрольованих елементів. До нього були включені системи клімат-контролю, іммобілайзери та інше додаткове електронне обладнання автомобіля.

Крім розширення переліку контрольованих систем, значно збільшилася і кількість діагностичних кодів несправностей, яка нині перевищує 3000

позицій. При цьому сучасні алгоритми діагностики дозволяють контролювати не лише електронні системи, а й механічні елементи транспортного засобу. Наприклад, навіть для такого механічного вузла, як термостат, передбачені спеціальні алгоритми контролю та відповідні коди несправностей.

Постійне ускладнення конструкції автомобілів та збільшення кількості електронних систем спричинили розвиток і ускладнення методів діагностування. У зв'язку з цим значно підвищилися вимоги до кваліфікації технічного персоналу, а також до точності, функціональних можливостей і якості використовуваного діагностичного обладнання.

1.3 Сучасні засоби діагностики автомобіля

Мультимарочний двоплатний сканер AutoCom CDP + Bluetooth / USB (рис. 1.4) сумісний з переважною більшістю легкових автомобілів американського, європейського та азіатського виробництва. Прилад прекрасно працює як зі старими так і з новими автомобілями. Підтримує близько 60000 автомобільних систем, більш ніж на 4200 моделях автомобілів і ця цифра постійно збільшується.



Рисунок 1.4 – Діагностичний комплекс Autocom CDP + [3]

Діагностичний комплекс Autocom CDP + підтримує багато нових функцій – таких як підтримка карт пам'яті, система автоматичного визначення типу контролера автомобіля, конектор OBD-II з підсвічуванням. Технічні характеристики комплексу подані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики комплексу Autocom CDP +

Версія адаптера (реліз)	3.0
Кількість плат	двоплатний
ЧІП	ARM STM32F205ZGT6
Тип підключення	Bluetooth 2.0 / USB
Операційна система	Windows
Габаритні розміри	172x85x27мм
Вага	430 грам
Сертифікація	CE ROHS FCC

Функції сканера AutoCom CDP + Bluetooth / USB (двоплатна версія):

- читання, видалення і розшифровка кодів несправностей (DTC);
- виведення інформації з датчиків і систем автомобіля в режимі реального часу;
- скидання і налаштовувати інтервали сервісного обслуговування;
- функції адаптації двигуна, іммобілайзерів, ключів;
- діагностика двигуна і систем керування трансмісією;
- діагностика та програмування іммобілайзерів;
- діагностика електронних систем запалювання;
- діагностика систем бортової електроніки;
- діагностика систем забезпечення комфорту;
- діагностика пневматичної системи;
- діагностика систем SRS Airbag;
- діагностика систем керування кліматом;
- діагностика систем ABS;
- діагностика причепів і трейлерів;
- діагностика приладової панелі.

Діагностичний комплекс LaunchEasydiag 2.0 (рис. 1.5) являє собою різновид зчитувача кодів несправностей, створений на базі процесора STM32F207IGH6. За допомогою обладнання від компанії Launch, крім визначення помилок, здійснюється скидаються помилки, що не відносяться до критичних.



Рисунок 1.5 – Діагностичний комплекс Launch Easydiag 2.0 [4]

Виробником є китайська компанія Launch Tech, що займається випуском діагностичного обладнання. Засноване в 1992 році, підприємство, за рахунок акценту на якості і адекватною ціною, налагодило поставки обладнання по всіх материках. Технічні характеристики комплексу подані в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики комплексу Launch Easydiag 2.0

Головна плата	чіп STM32F207IGH6
Плата зв'язку	чіп блютуз CBRBC417
Швидкість передачі даних	38400 кбіт/с
Робоча напруга	9...15v
Струм	Спокій – 25мА; робота – 35мА
Температурні діапазони	– 20°C...+55°C; зберігання –30°C...+70°C
Габарити	4,8×2,4×3,2
Маса	26 г

Під широким функціоналом діагностичного адаптера слід розуміти можливості, які надаються при використанні розширеного програмного забезпечення. У такому випадку користувач отримує доступ до розширених функцій діагностування та моніторингу електронних систем автомобіля, зокрема:

- контролю та аналізу параметрів датчиків системи керування двигуном;
- перевірки стану систем безпеки, включаючи систему подушок безпеки (SRS);
- діагностування автоматичних трансмісій і пневматичних підвісок;
- зчитування та видалення кодів несправностей двигуна, антиблокувальної системи гальм (ABS), системи пасивної безпеки (SRS), трансмісії та інших електронних модулів;

- контролю параметрів систем, що забезпечують комфорт і безпеку руху;
- зчитування поточкових даних та діагностичних кодів несправностей;
- відображення параметрів роботи систем у режимі реального часу;
- візуалізації отриманої інформації у вигляді графіків і журналів роботи систем;
- отримання розширеної інформації про стан електронних систем і блоків керування автомобіля.

Завдяки такому функціоналу діагностичний адаптер може використовуватися не лише для виявлення несправностей, а й для комплексного моніторингу технічного стану транспортного засобу.

Opel Op-com (рис. 1.6) є професійним пристроєм для діагностики автомобілів марки «Opel», які підтримують діагностичну шину CAN і були виготовлені до 2012 року. За рахунок оновленого програмного забезпечення і сучасного чіпа PIC18F458 цей сканер надійніший і стабільний в роботі, ніж попередні моделі, підтримує всі основні протоколи. Технічні характеристики комплексу подані в таблиці 1.4.



Рисунок 1.6 – Діагностичний комплекс Opel Op-com [5]

До основних функцій сканера належать:

- автоматичне визначення електронних блоків керування автомобіля;
- зчитування та розшифрування кодів несправностей;
- відображення виявлених кодів помилок із детальним описом їх змісту;
- очищення пам'яті несправностей після усунення виявлених дефектів;
- моніторинг параметрів роботи електронних систем у режимі реального

часу з можливістю їх збереження;

- керування окремими виконавчими механізмами транспортного засобу;
- програмування та перепрограмування окремих електронних модулів;
- скидання інтервалів технічного обслуговування;
- активація додаткових функцій автомобіля, зокрема бортового комп'ютера.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики комплексу Opel Op-com

Модель	OP-COM V1.59
Підключення до автомобіля	16-ти контактний DLC роз'єм
Сумісність	Opel
Вхідна напруга	12 V
Довжина USB кабелю	5м
Матеріал корпусу	пластик
Вага	71 г
Розмір	105 x 45 x 25 мм

Основним недоліком приладу є те що він працює та підтримує певні марками автомобілів [5].

1.4 Методи зв'язку OBD-II сканера з автомобілем

Сучасні системи комп'ютерної діагностики автомобілів використовують стандартний діагностичний інтерфейс OBD-II, який забезпечує доступ до параметрів роботи електронних систем транспортного засобу. Обмін даними між діагностичним обладнанням та автомобілем здійснюється через діагностичний роз'єм OBD-II із застосуванням провідних або безпроводних методів зв'язку. Вибір способу передачі інформації залежить від умов експлуатації, необхідної швидкості обробки даних, рівня мобільності та вимог до стабільності з'єднання [6].

Провідний метод зв'язку передбачає безпосереднє підключення діагностичного обладнання до діагностичного роз'єму автомобіля за допомогою кабелю. Такий спосіб забезпечує високу швидкість передавання даних, мінімальні затримки та стійкість до електромагнітних перешкод.

Провідні сканери широко застосовуються у спеціалізованих сервісних центрах і станціях технічного обслуговування для виконання складних діагностичних операцій, оновлення програмного забезпечення електронних блоків керування та перепрограмування систем автомобіля. Основною перевагою провідного з'єднання є висока надійність передачі інформації та практично повна відсутність ризику втрати даних. Недоліком такого рішення є обмеження мобільності користувача через необхідність фізичного підключення пристрою до автомобіля.

Безпроводний метод зв'язку реалізується із застосуванням технологій Bluetooth та Wi-Fi. При використанні такого способу OBD-II адаптер підключається до діагностичного роз'єму автомобіля, а передача інформації здійснюється на смартфон, планшет або персональний комп'ютер без використання кабельного з'єднання. Використання безпроводного зв'язку значно підвищує зручність роботи та забезпечує можливість виконання діагностичних операцій на певній відстані від транспортного засобу.

Технологія Bluetooth характеризується низьким енергоспоживанням та простотою налаштування, що робить її ефективною для виконання базової діагностики та моніторингу параметрів автомобіля у режимі реального часу. Сучасні модулі Bluetooth 5.0 використовують механізм адаптивного перемикавання частот, що дозволяє зменшити вплив перешкод і підвищити стабільність з'єднання. Проте при передачі великих обсягів інформації або під час перепрограмування електронних блоків керування можуть виникати затримки та нестабільність передачі даних.

Технологія Wi-Fi забезпечує вищу швидкість передачі даних порівняно з Bluetooth та підтримує стабільне передавання великих потоків інформації. Це дозволяє використовувати Wi-Fi-з'єднання для роботи з графічними даними, параметрами реального часу та складними діагностичними процедурами. Разом із перевагами використання Wi-Fi характеризується більшим енергоспоживанням та залежністю від умов навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 2

АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДІАГНОСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

2.1 Структурна схема

Діагностичний комплекс побудований на базі мікроконтролера PIC18F25K80, який виконує функції обробки та передачі діагностичної інформації. Підключення пристрою до автомобіля здійснюється через стандартний діагностичний роз'єм OBD-II. За допомогою відповідних протоколів зв'язку адаптер отримує дані від електронних блоків керування транспортного засобу, виконує їх обробку та передає на зовнішній пристрій, зокрема ноутбук, планшет або смартфон, для подальшого відображення й аналізу (рис. 2.1).

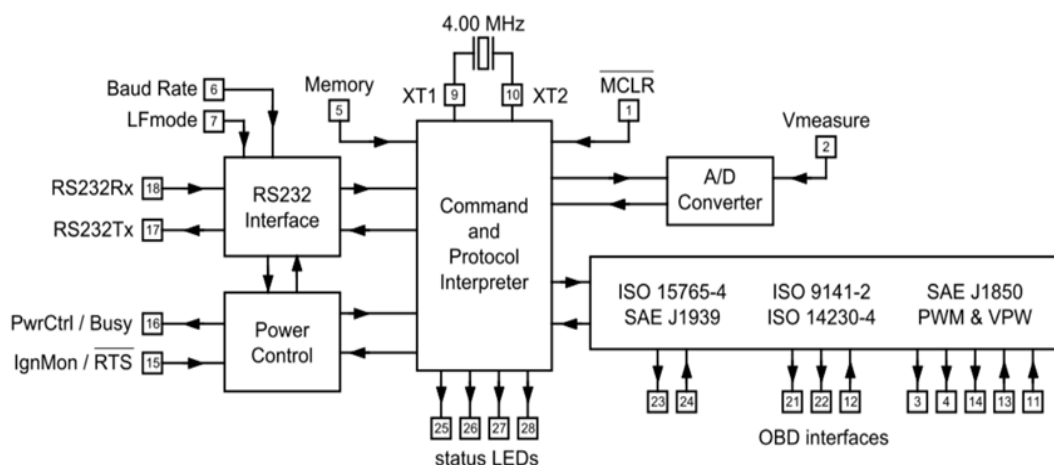


Рисунок 2.1 – Структурно-функціональна схема діагностичного комплексу

Після отримання інформації від електронних блоків керування програмне забезпечення виконує обробку та інтерпретацію діагностичних даних. Результати аналізу відображаються користувачеві на екрані зовнішнього пристрою у зручному для сприйняття вигляді – у формі таблиць, графіків, числових значень та інших інформаційних повідомлень із зазначенням відповідних одиниць вимірювання.

2.2 Електрична схема

Живлення електричної схеми (рис. 2.2) здійснюється від бортової мережі автомобіля через контакти 16 та 5 діагностичного роз'єму OBD-II. Вхідна напруга проходить через захисний діод, після чого надходить на ємнісний фільтр та стабілізатор напруги 5 В.

У колі стабілізації передбачено контрольні точки для проведення вимірювань, а також світлодіодний індикатор, який сигналізує про наявність живлення на платі. Для формування стабілізованої напруги використовується лінійний стабілізатор 78L05, здатний забезпечувати вихідний струм до 100 мА, що є достатнім для роботи основних елементів пристрою.

Оскільки інтерфейс CAN характеризується низьким опором навантаження та може споживати підвищений струм під час обміну даними, використання стабілізатора 78L05 має певні обмеження. При інтенсивній роботі CAN-інтерфейсу можливе спрацювання захисту від перегріву або зниження вихідної напруги, що може негативно впливати на стабільність функціонування пристрою. Тому під час проєктування необхідно враховувати енергетичні параметри схеми та режим роботи CAN-трансивера.

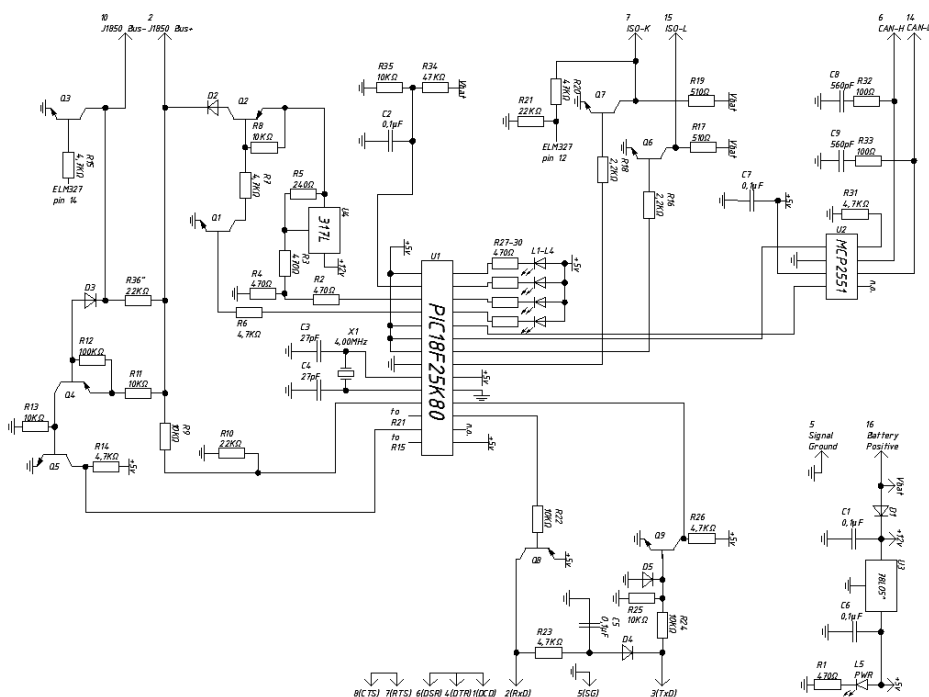


Рисунок 2.2 – Електрична схема діагностичного комплексу

У схемі використовується мікросхема MCP2551 виробництва Microchip, яка виконує функції високошвидкісного CAN-трансивера. Вона забезпечує взаємодію між CAN-контролером мікроконтролера та фізичною шиною передачі даних, підтримуючи швидкість обміну інформацією до 1 Мбіт/с. Трансивер характеризується високою завадостійкістю та наявністю механізмів захисту від помилок передачі даних.

Керування лініями ISO здійснюється мікроконтролером через NPN-транзистори Q6 та Q7, підключені відповідно до схеми, наведеної на рис. 2.2. Для забезпечення коректної роботи інтерфейсу в колах транзисторів встановлені резистори номіналом 510 Ом, що відповідає вимогам стандарту.

Інформаційні сигнали, які надходять із ліній діагностичного роз'єму OBD-II, перед подачею на вхід мікроконтролера проходять через ділльник напруги, утворений резисторами R20 та R21. Таке рішення забезпечує узгодження рівнів напруги та захист входів мікроконтролера від можливого перевищення допустимих значень.

2.3 Опис елементної бази

Мікроконтролер PIC18F25K80 (рис. 2.3) – це контролер який має в своєму складі 32Кб пам'яті для запису прошивки, 3Кб для обробки інформації, 1Кб EEPROM, та вмонтований контролер CAN 2.0 B.

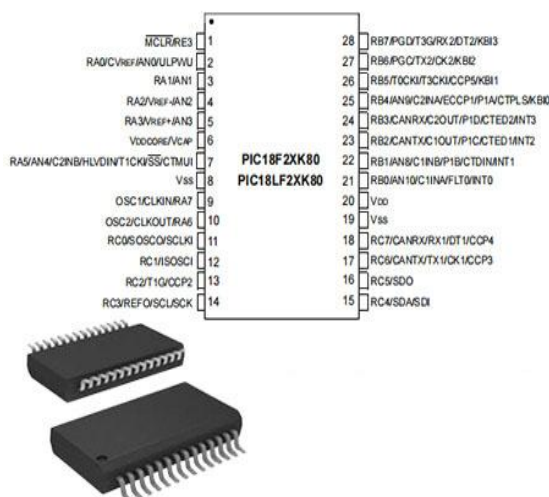


Рисунок 2.3 – Мікроконтролер PIC18F25K80 [7]

Мікроконтролер PIC18F25K80 доступний з або без внутрішнього регулятора напруги живлення. В приладах з регулятором напруги («PIC18F»), регулятор завжди знаходиться в увімкненому положенні. Вхід регулятора напруги береться від виводів V_{DD} мікроконтролера. Вихід регулятора подається всередину мікроконтролера.

Функціональну схему мікроконтролера зображено на рисунку 2.4.

Штифт V_{DDCORE} / V_{CAP} – це штифт який одночасно служить як вихід регулятора, так і ядро мікроконтролера штифт вхідної потужності. Для цього пристрою низький коефіцієнт шуму (<5 Ом), конденсатор потрібен на штифті V_{CAP} / V_{DDCORE} для стабілізації вихідної напруги регулятора напруги.

Штифт V_{DDCORE} не повинен підключатися до V_{DD} і повинен використовувати конденсатор, до якого зазвичай підключено землю. На приладах, які не мають регулятора напруги («PIC18LF» у номері деталі), живлення центрального процесора повинно подаватися зовні через мікроконтролер. Штифти V_{DD} , V_{DDCORE} / V_{CAP} внутрішньо підключені до V_{DD} . Конденсатор 0,1 мкФ слід підключити до V_{DDCORE} / V_{CAP} виводи.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики мікроконтролера PIC18F25K80

Вид монтажу	SMD / SMT
Вбудований в чіп АЦП	так
Висота	2,05 мм
Діапазон напруги живлення	1,8 В ... 5,5 В
Довжина	17,9 мм
Інтерфейс	I2C, SPI, USART
Кількість ліній вводу / виводу	24
Робочий діапазон температур	-40 С ... +85 С
Розмір ОЗУ	1 Кб
Розмір пам'яті програм	32 Кб
Розрядність АЦП	12 біт
Серія процесора	PIC18
Тактова частота максимальна	64 МГц
Тип корпусу	SOIC-28
Тип пам'яті програм	Flash
Шина даних	8 біт
Ширина	7,5 мм
Ядро	PIC

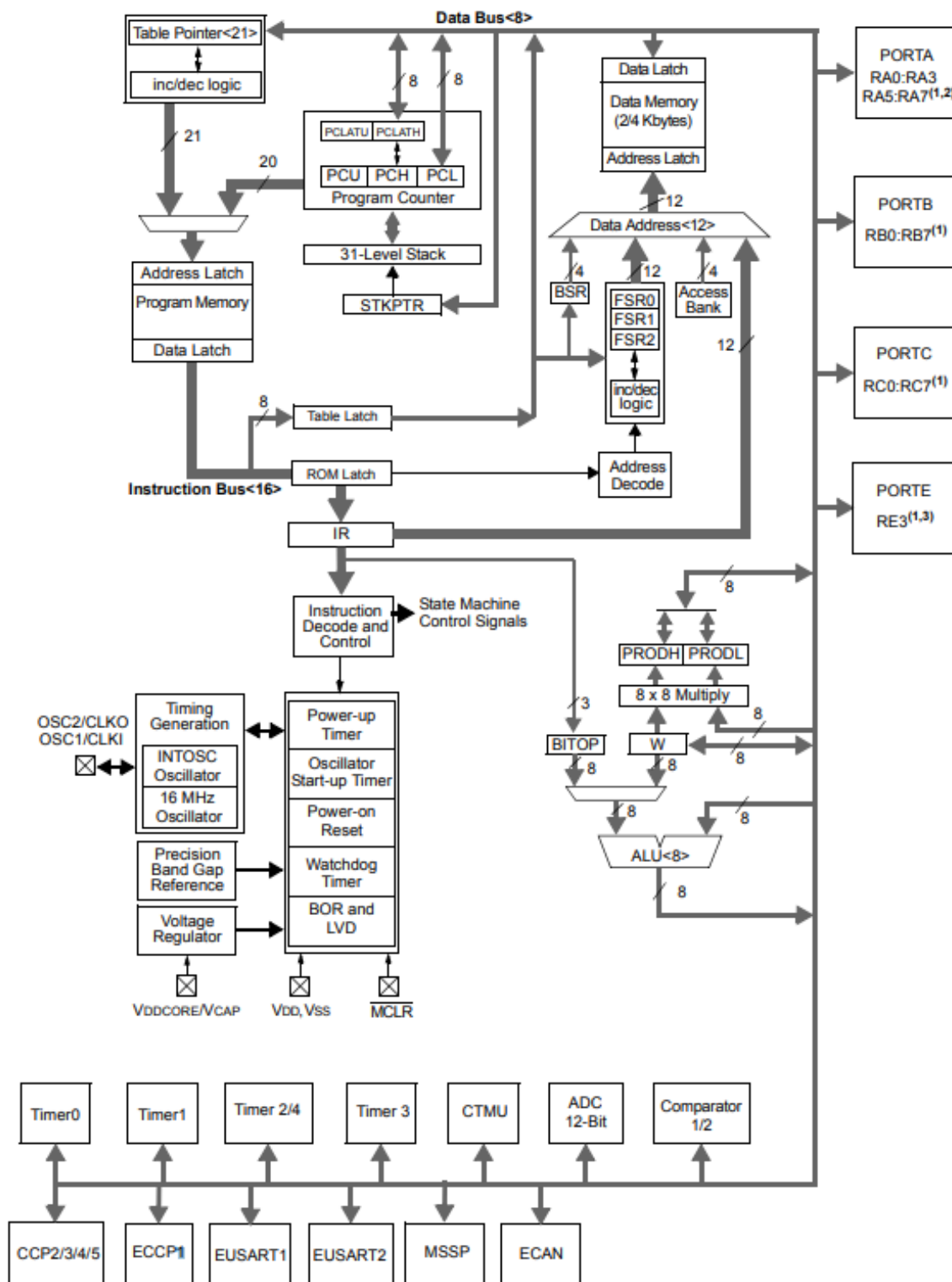


Рисунок 2.4 – Функціональна схема мікроконтролера PIC18F25K80 [8]

Для пристроїв PIC18FX6K80 – простір пам'яті коду триває від 000000h до 00FFFFh (64 Кбайт) за чотири 16-Кбайтні блоки. Для пристроїв PIC18FX5K80 код простір пам'яті розширюється від 000000h до 007FFFh (32 Кбайт) у чотирьох блоках по 8 Кбайт. Адреси, 0000h через 07FFh або 0FFFh, однак, визначення завантаження блока, який обробляється окремо від

блоку 0. Всі з цих блоків визначають межі захисту коду всередині простору пам'яті коду. Розмір завантажувального блоку в пристроях PIC18FXXK80 можуть бути налаштовані як 1 або 2К слова. Це робиться через біт BBSIZ у конфігурації реєстру, CONFIG4L. Важливо зауважити, що збільшення розміру завантажувального блоку зменшує розмір блоку 0.

Окрім простору пам'яті коду, є ще три блоки в конфігурації та просторі ідентифікаторів, які є доступні користувачеві через читання таблиць та таблицю записів.

Користувачі можуть зберігати інформацію про ідентифікацію (ID) у вісьмох ідентифікаційних реєстрах. Ці ідентифікаційні реєстри зіставлені адресами, 200000h до 200007h. Розташування ідентифікаторів зчитуються нормально, навіть після застосовується захисту коду.

Місця, від 300000h до 30000Dh, зарезервовані для бітів конфігурації. Ці біти вибирають різні пристрої і опцій. Ці біти конфігурації читаються нормально, навіть після захисту коду.

Місця, 3FFFFFFh та 3FFFFFFh, зарезервовані для бітів ідентифікатора пристрою. Ці біти можуть бути використані програмістом для ідентифікації типу пристрою, який програмується. Ці біти ідентифікатора пристрою зчитуються нормально, навіть після захисту коду [8].

Високошвидкісний CAN трансивер MCP2551 (рис. 2.5) – це пристрій який слугує інтерфейсом передачі між CAN протоколом і шиною даних. Трансивер підтримує стандарт ISO11898, а також працює на швидкості 1Мбіт/с.

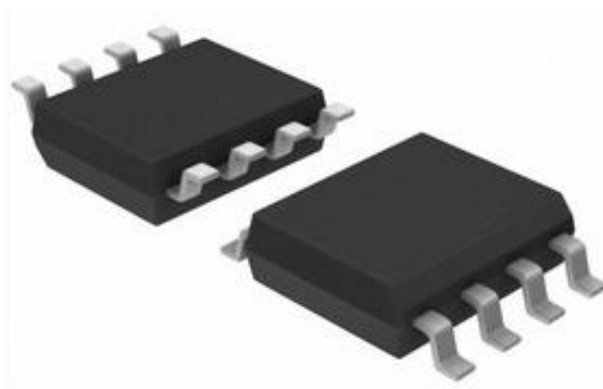


Рисунок 2.5 – Кан трансивер MCP2551 [9]

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики MCP2551

Швидкість передачі даних	1 Мбіт/с
Повне виконання стандарту	ISO11898
Напруга живлення	12В і 24 В
Температурний діапазон	–40 °С до +85 °С

Основні функції:

- керування вибіркою даних для зменшення впливу електромагнітних завад;
- виявлення помилки при передачі даних;
- скидання MCP2551 не впливає на поточний обмін даними на шині CAN;
- низький рівень споживання енергії в режимі очікування;
- захист від стрибків напруги;
- захист від короткочасного підключення до кіл живлення системи;
- автоматичний тепловий захист.

Підключення до 112 вузлів на одну CAN шину, висока перешкодозахищеність [9].

Взаємодію виводів всередині мікросхеми зображено на рисунку 2.6.

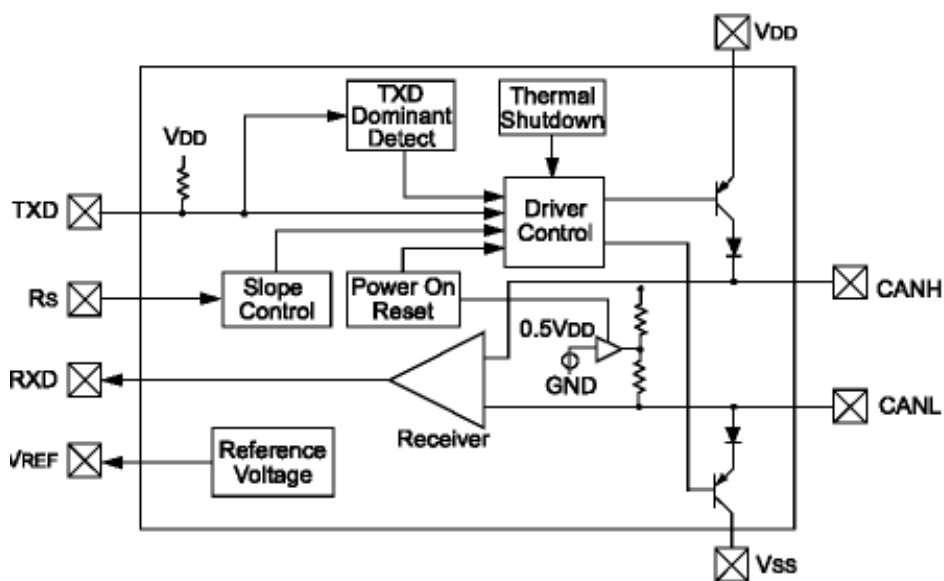


Рисунок 2.6 – Блок схема MCP2551 [9]

Стабілізатор 78L05 (рис. 2.7) – це малопотужний лінійний стабілізатор напруги за технічними характеристиками є пристроєм позитивної полярності. Завдяки простій схемі включення і дешевизні 78L05 знайшов широке застосування в багатьох електричних приладах. Ця мікросхема переважно використовується в невеликих джерелах живлення для слабкострумових систем, яким для роботи потрібна постійні і стабільні 5 вольт.

У переважній більшості схем L78L05 виконує роль фіксованого регулятора напруги на 5 В. При цьому, для його стійкої роботи, на вхід має подаватися на 2–3 В більша напруга (від 7 В), ніж одержувана на виході. Якщо передбачити хороший тепловідвід, то він здатний витримувати вихідний струм до 100 мА.



Рисунок 2.7 – Лінійний стабілізатор 78L05 [10]

Мікросхема 78L05 конструктивно захищена від перегріву і короткого замикання.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики 78L05

Вхідна напруга	до 30 В
Струм на виході	до 0,1 А
Нагрів кристала	до +125 °С
Температура зберігання	–65...+150 °С
Потужність розсіювання	обмежена внутрішнім захистом

Мікросхема в корпусі TO-92 оснащена тільки трьома виводами, з таким призначенням: input (вхід), ground (земля), output (вихід). Щоб краще

розібратися з розпіновкою, краще подивитися на рисунок 2.8, так як вона у деяких виробників не збігається з загальноприйнятою.

Розпіновка 78L05 (TO-92) від WS (рис.2.8) – дзеркальна, таким чином вона відрізняється від стандартів STM і Texas Instruments. В більшості китайських виробників вона збігається з WS, наприклад у Changjiang Electronics Tech (cj 78L05). Потрібно враховувати цю особливість при проєктуванні плати, так як вона може стати причиною непрацездатності схеми.

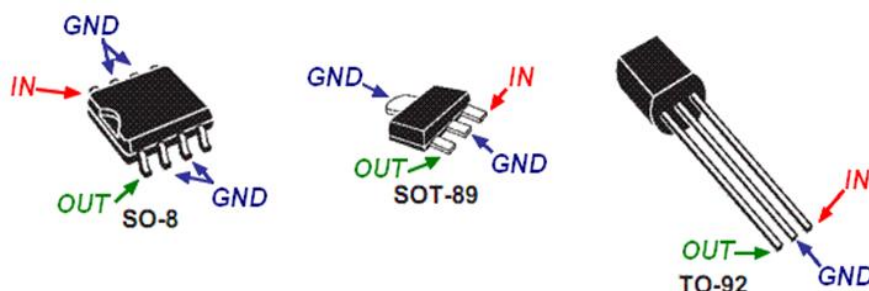


Рисунок 2.8 – Схема розташування виводів стабілізатора 78L05

Схема включення стабілізатора (рис. 2.9) дуже проста – стабілізатор і два конденсатора. Щоб стабілізатор працював в схемі правильно (нормально стабілізував і не генерував пульсації) стабілізатора на вхід і вихід необхідно підключити конденсатори. Номінали цих конденсаторів не повинні бути менше 0,33 мкФ і 0,1 мкФ відповідно.

Підчас живлення стабілізатора випрямленою напругою частотою 50 Гц, вхідний конденсатор збільшують, ставлять електrolітичний у якого великий послідовний опір.

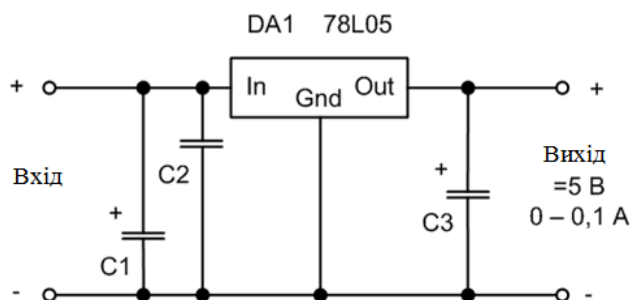


Рисунок 2.9 – Схема включення стабілізатора 78L05

В такому випадку до електролітичного конденсатора паралельно потрібно поставити керамічний [10].

Регульований стабілізатор напруги LM317 (рис. 2.10) випускається в декількох монолітних корпусах TO-220, TO-220FP, TO-3, D2PAK. Мікросхема розрахована на вихідний струм 1.5 А, з регульованим вихідним напругою в діапазоні від 1.2 до 37 В. Номінальна вихідна напруга вибирається за допомогою резистивного дільника.

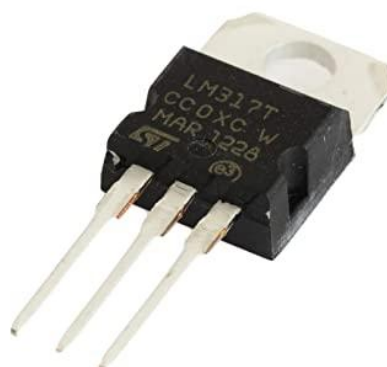


Рисунок 2.10 – Стабілізатор напруги LM317 [11]

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики LM317

Максимальна вхідна напруга	40 V
Діапазон вихідної напруги	1,2...37 V
Вихідний струм	1,5 A
Нестабільність по навантаженню	0,1 %
Температура експлуатації	0...125 °C
Температура зберігання	65...150 °C

Даний стабілізатор напруги є лінійним, а це є важливою перевагою, в якості живлення плати, в порівнянні з імпульсними стабілізаторами, однак на жаль, лінійні компоненти поступаються імпульсним по коефіцієнту корисної дії.

Максимально допустимий вихідний струм стабілізатора LM317 залежить від різниці вхідної напруги до вихідної. Якщо на вхід LM317 подати напругу 40В, то на виході буде встановлено 3В, а максимальний допустимий струм не повинен перевищувати планку в 400мА, за умови якщо на корпус мікросхеми

встановлено тепловідведення з великою охолоджуючою поверхнею. Чим більша різниця напруг, тим більше виділяється тепла, яке розсіюється на охолоджуючій поверхні, так як ця різниця падає саме на ній. Мінімальна різниця напруг не повинна бути меншою ніж 3В.

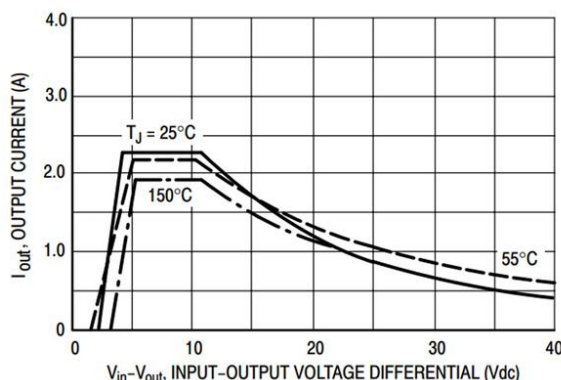


Рисунок 2.11 – Графік залежності струму на виході від різниці напруг

Схема включення передбачає використання двох зовнішніх резисторів. Опори на цих резисторах задає вихідна напруга регулятора живлення, і двох конденсаторів на вході і одного на виході мікросхеми.

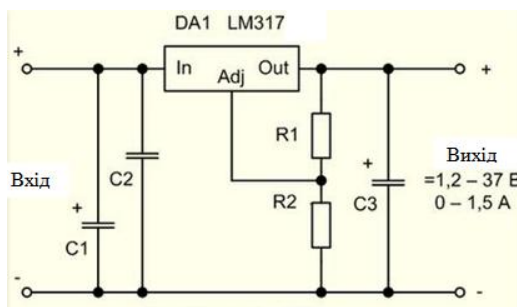


Рисунок 2.12 – Схема включення LM317

Найважливішими електричними параметрами мікросхеми є опорна напруга. В колі керуючого виведення опорною напругою називають напругу, яка в мікросхемі прагне підтримувати на резисторі R1, тобто, якщо замкнути резистор R2, то на вхід регулятора надійде опорна напруга. Ця напруга змінюється і становить 1,2–1,3 В (в середньому 1,25 В). Якщо росте падіння напруга на резисторі R2, то росте і вихідна напруга регулятора. Вихідна напруга рівна падінню напруги на R2 + 1,25 В.

РОЗДІЛ 3

ТОПОЛОГІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

3.1 Вибір матеріалу та типу друкованої плати

Друкована плата (рис. 3.1) являє собою основу з діелектричного матеріалу, на поверхні якої сформовано струмопровідні доріжки відповідно до електричної схеми пристрою. Вона забезпечує електричне з'єднання та механічне кріплення електронних компонентів, об'єднуючи їх у єдину конструкцію. Монтаж елементів на друкованій платі виконується за допомогою паяних з'єднань.

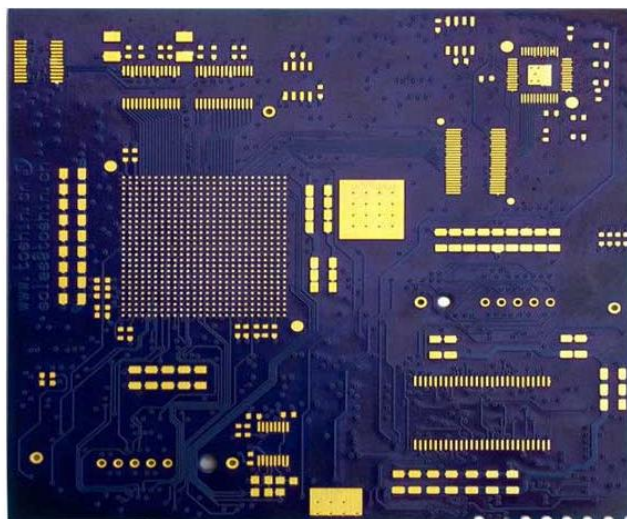


Рисунок 3.1 – Плата друкована

Струмопровідний рисунок друкованої плати формується з мідної фольги, нанесеної на жорстку діелектричну основу. До складу друкованої плати входять контактні майданчики для монтажу компонентів, монтажні отвори, а також перехідні отвори, які забезпечують електричний зв'язок між провідними шарами. Зовнішні шари плати додатково покриваються захисною паяльною маскою та містять маркування елементів.

Залежно від кількості провідних шарів друковані плати поділяють на:

- односторонні;
- двосторонні;
- багатошарові.

Двосторонні друковані плати характеризуються достатньою надійністю, можливістю щільного розміщення компонентів та відносною простотою виготовлення. Вони є оптимальним рішенням для пристроїв середнього рівня складності, оскільки забезпечують необхідні функціональні можливості без значного ускладнення технології виробництва. З огляду на це для розроблюваного пристрою було обрано двосторонню друковану плату.

Основою друкованої плати є діелектричний матеріал, виготовлений зі склотекстоліту або гетинаксу. В окремих випадках застосовуються плати на металевій основі, покритій шаром діелектрика та мідною фольгою. Такі конструкції використовуються для покращення тепловідведення від електронних компонентів.

Для виготовлення друкованих плат, що працюють за температур до 260 °C, можуть застосовуватися матеріали на основі фторопласту, армованого склотканиною або керамікою. Проте такі матеріали мають низку обмежень, зокрема складність виконання металізованих отворів та недостатню механічну міцність, через що потребують додаткової підкладки.

Під час виготовлення гнучких друкованих плат широко використовуються поліімідні матеріали, зокрема каптон.

Матеріал основи друкованої плати повинен забезпечувати високі електроізоляційні властивості, механічну міцність та стійкість до впливу зовнішніх чинників. Цим вимогам відповідають такі матеріали, як кераміка, ситал, склотекстоліт, поліімідні плівки та сапфір.

З урахуванням температурних режимів роботи пристрою та частотних характеристик сигналів для виготовлення друкованої плати обрано матеріал FR4-2-35-1.6, що являє собою двосторонню плату на основі склотекстоліту товщиною 1,6 мм із товщиною мідної фольги 35 мкм.

3.2 Вибір класу точності друкованої плати

Сукупність технологічних параметрів друкованої плати безпосередньо визначає точність її виготовлення та якість готового виробу. До основних

параметрів належать мінімальна ширина провідників, мінімальна відстань між ними, розміри контактних майданчиків, діаметр отворів та інші конструктивні характеристики. Від правильного вибору цих параметрів залежать надійність роботи пристрою, щільність монтажу компонентів і технологічність виготовлення плати.

Відповідно до діючих стандартів друковані плати поділяються на п'ять класів точності. Кожен клас визначає допустимі значення геометричних параметрів провідного рисунка та характеризує рівень складності технологічного процесу виготовлення.

Таблиця 3.1 – Граничні параметри друкованих плат залежно від класу точності

Параметр	Призначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	1_{Γ}	0,45	0,25	0,15	0,10
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{\text{прг}}$	0,45	0,25	0,15	0,10
Відношення номінального діаметру отвору до товщини плати, мм	$K_{\text{дт}}$	0,40	0,33	0,25	0,20
Гарантований поясок, мм	$b_{\text{по}}$	0,20	0,10	0,05	0,03

Оскільки в конструкції пристрою застосовуються SMD-компоненти, для забезпечення зручного трасування та можливості прокладання провідників між контактними майданчиками було обрано четвертий клас точності друкованої плати. Класи точності нижчого рівня не забезпечують необхідної щільності розміщення провідників і монтажних елементів. Використання п'ятого класу точності для даного пристрою є недоцільним, оскільки його можливості значно перевищують вимоги розроблюваної конструкції. Зазвичай такий клас застосовується для високощільного монтажу компонентів типу BGA та інших складних мікросхем. Таким чином, четвертий клас точності є оптимальним рішенням, оскільки повністю задовольняє вимоги до трасування друкованої плати та забезпечує необхідну технологічність її виготовлення.

3.3 Розміщення компонентів та трасування друкованої плати

Трасування друкованої плати є завершальним етапом її проєктування, під час якого формується топологія провідників, що забезпечують електричні з'єднання між компонентами відповідно до принципової схеми. Цей процес може виконуватися вручну або з використанням спеціалізованих систем автоматизованого проєктування.

Залежно від ступеня автоматизації розрізняють такі способи трасування:

- ручне;
- автоматичне;
- інтерактивне.

Під час розроблення топології друкованої плати необхідно враховувати особливості розміщення компонентів. Роз'єми доцільно розташовувати поблизу країв плати для забезпечення зручності підключення зовнішніх пристроїв. Центральне місце на платі займає мікроконтролер PIC18F25K80, оскільки він є основним елементом системи та взаємодіє з більшістю компонентів схеми. Лінійний стабілізатор напруги розміщено біля краю плати для зменшення теплового впливу на інші електронні компоненти. Поряд зі стабілізатором встановлено світлодіодний індикатор, який сигналізує про наявність живлення пристрою. Для захисту схеми від перевищення допустимих рівнів напруги біля вхідного роз'єму передбачено ділянки напруги та захисні діоди.

Завершальним етапом проєктування є формування електричних з'єднань між компонентами відповідно до принципової схеми. Для розроблюваного пристрою було використано автоматичне трасування, що дозволило оптимізувати розміщення провідників та скоротити час проєктування.

3.4 Проєктування в EasyEDA

EasyEDA (рис. 3.2) є сучасним середовищем для проєктування електронних схем і друкованих плат, яке функціонує переважно в онлайн-

режимі та не потребує обов'язкового встановлення на комп'ютер користувача. Програмний комплекс орієнтований на інженерів-електроніків, студентів технічних спеціальностей і викладачів, надаючи зручні засоби для розроблення електронних пристроїв та друкованих плат [12].

До основних можливостей EasyEDA належать:

- редактор електричних схем і компонентів із великою бібліотекою електронних елементів, яка постійно оновлюється. Бібліотека містить як окремі компоненти, так і готові модулі, а також підтримує американські та європейські стандарти графічного позначення елементів. Користувач може редагувати наявні або створювати власні компоненти;
- редактор друкованих плат, призначений для розроблення топології та трасування провідників;
- вбудований симулятор електронних схем на основі програмного ядра ngspice, який дозволяє перевіряти працездатність схем ще до їх фізичної реалізації;
- засоби перегляду та аналізу файлів формату Gerber, що використовуються для подальшого виготовлення друкованих плат.

Завдяки широким функціональним можливостям, простоті використання та доступності через мережу Інтернет, EasyEDA є ефективним інструментом для проєктування сучасних електронних пристроїв і друкованих плат.

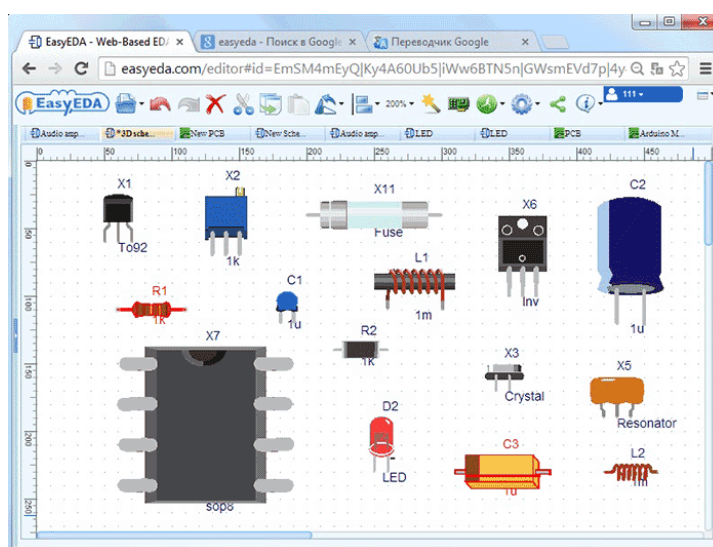


Рисунок 3.2 – Проєктування електронних схем, друкованих плат і симуляція [13]

Зручний редактор електричних схем (рис. 3.3) забезпечує можливість швидкого створення принципів схем безпосередньо у веббраузері. Для цього використовуються готові бібліотеки електронних компонентів, що значно спрощує та прискорює процес проєктування.

Вбудований симулятор схем (рис. 3.4) дозволяє виконувати моделювання цифрових, аналогових і змішаних електронних кіл із застосуванням SPICE-моделей та підсхем. Це дає можливість перевірити працездатність розробленої схеми ще на етапі проєктування та виявити можливі помилки до виготовлення друкованої плати.

Середовище EasyEDA також підтримує проєктування друкованих плат у режимі онлайн. Програмний комплекс дозволяє розробляти як односторонні, так і багат шарові друковані плати різного рівня складності, включаючи плати з великою кількістю контактних майданчиків та електронних компонентів.

Система характеризується високою стабільністю роботи, простотою освоєння та зручним користувацьким інтерфейсом, що робить її доступною як для початківців, так і для досвідчених розробників електроніки.

Однією з важливих переваг EasyEDA є наявність великої бібліотеки електронних компонентів, яка містить тисячі посадкових місць, умовних графічних позначень і моделей для симуляції. Крім того, користувачам доступна значна кількість готових прикладів електронних схем і проєктів, які можуть бути використані як основа для власних розробок.

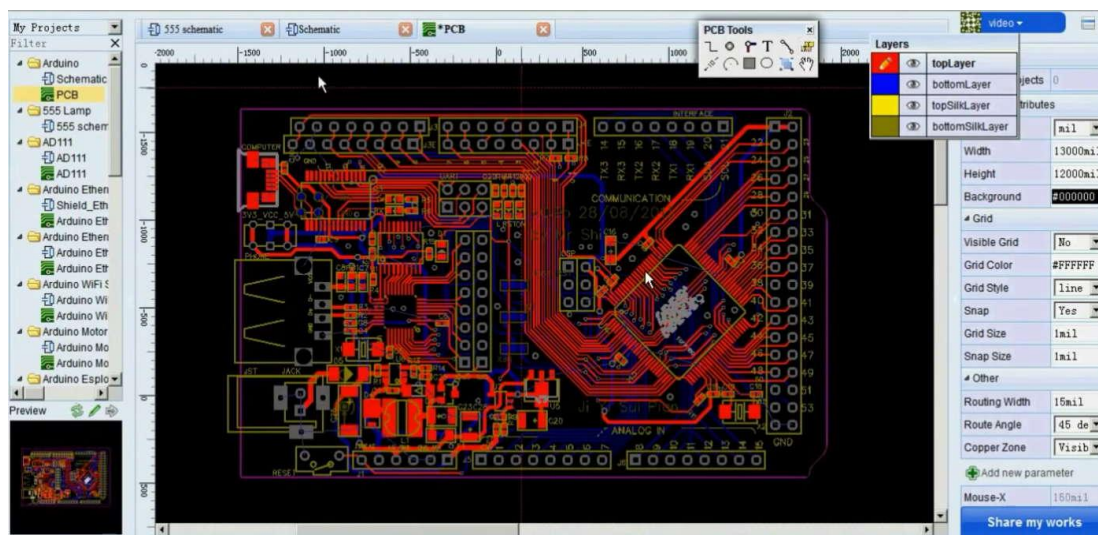


Рисунок 3.3 – Проєктування друкованої плати в EasyEDA

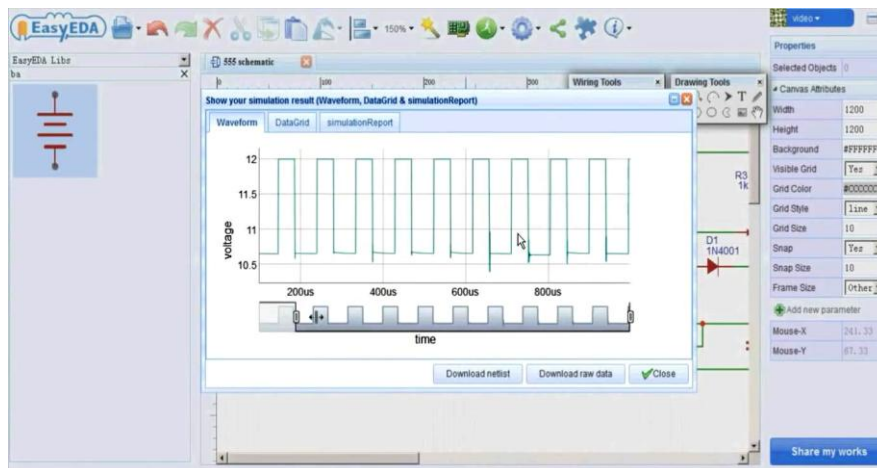


Рисунок 3.4 – Симуляція схем в EasyEDA

Користувачі EasyEDA мають можливість не лише використовувати наявну бібліотеку компонентів, а й самостійно розширювати її шляхом створення та додавання власних електронних компонентів, посадкових місць і схемних рішень. Крім того, система підтримує імпорт проєктів, створених у таких популярних середовищах автоматизованого проєктування, як Altium Designer, Eagle та KiCad, з подальшим редагуванням і збереженням у форматах EasyEDA.

Ще однією перевагою програмного середовища є доступ до великої кількості відкритих Open Source проєктів і модулів, створених інженерами-розробниками з різних країн світу. Це дозволяє використовувати готові технічні рішення та адаптувати їх до власних потреб.

Для спрощення освоєння програмного забезпечення в EasyEDA передбачено довідкову систему та навчальні матеріали, які містять опис основних інструментів, функцій і можливостей середовища. Окреме керівництво присвячене моделюванню електронних схем із використанням програмного ядра ngspice та пояснює принципи виконання симуляції електронних кіл.

Завдяки хмарній архітектурі EasyEDA користувач може виконувати розроблення електричних схем, їх моделювання та проєктування друкованих плат безпосередньо у веббраузері. Це забезпечує доступ до проєктів з будь-якого пристрою, підключеного до мережі Інтернет, і значно спрощує процес розроблення електронних пристроїв.

EasyEDA є кросплатформним програмним середовищем, яке може використовуватися на комп'ютерах з різними операційними системами. Для роботи з програмою не потрібно встановлювати додаткове програмне забезпечення чи спеціальні бібліотеки, оскільки доступ до всіх її функцій здійснюється через веббраузер за наявності підключення до мережі Інтернет.

Усі створені проекти зберігаються у хмарному сховищі, що забезпечує можливість доступу до них у будь-який час незалежно від місця перебування користувача. Робота з проектами можлива як з персональних комп'ютерів, так і з планшетів або смартфонів.

Програмне середовище підтримується більшістю сучасних веббраузерів. Найкращу продуктивність і повну підтримку функціональних можливостей забезпечує браузер Google Chrome. При використанні браузера Safari можуть виникати окремі обмеження та проблеми сумісності, тому для пристроїв під керуванням macOS та iOS рекомендується використовувати Google Chrome.

Практичний досвід використання EasyEDA показує високу швидкість відображення електричних схем і друкованих плат навіть для складних проектів із великою кількістю компонентів. За даними розробників, максимальна продуктивність системи досягається під час роботи в браузері Google Chrome, тоді як браузер Firefox демонструє дещо нижчу швидкодію, проте також забезпечує комфортну роботу з проектами [13].

В результаті проектування і розрахунків в програмі отримано наступну друковану плату (рис. 3.5).

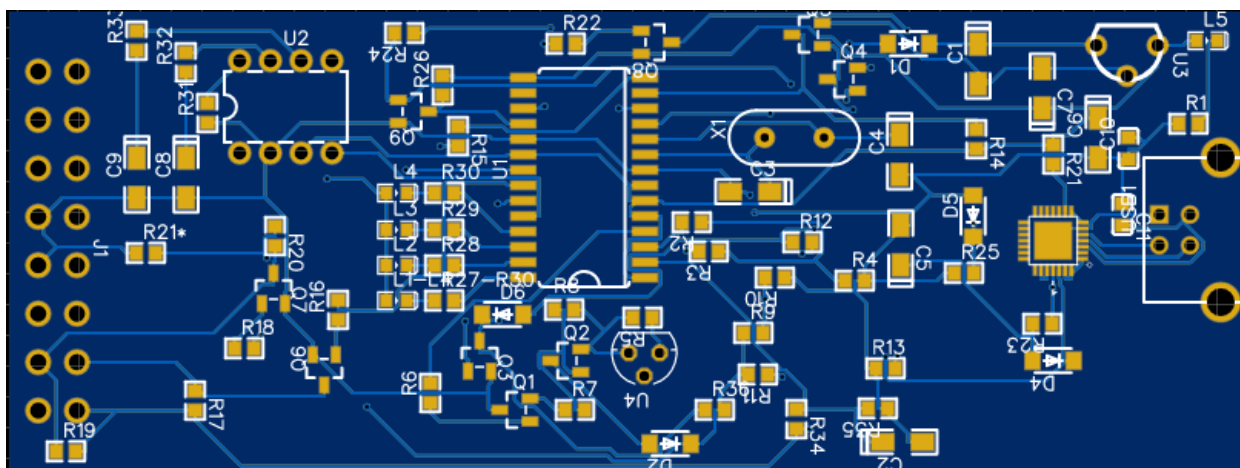
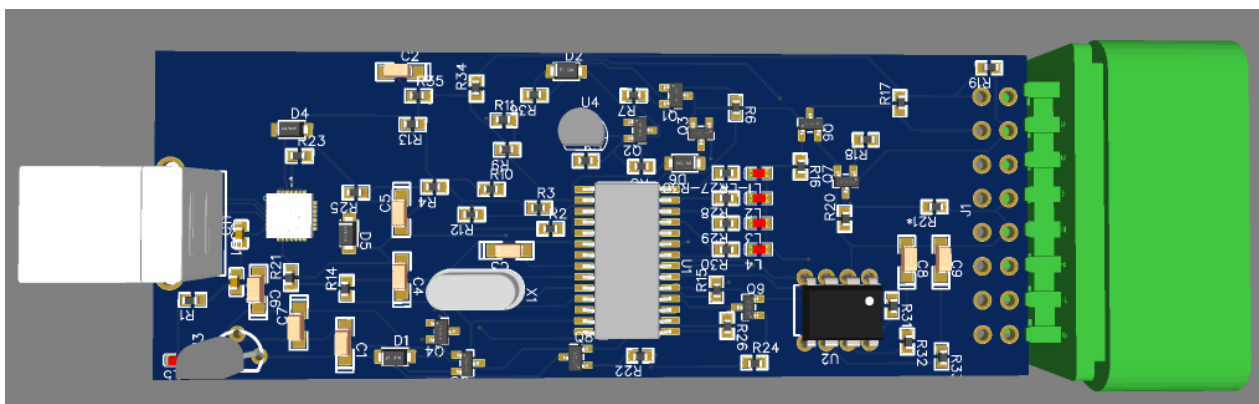
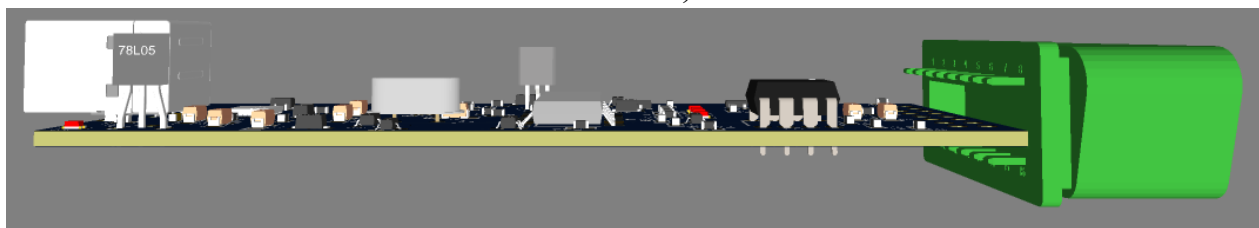


Рисунок 3.5 – Друкована плата діагностичного комплексу

За допомогою функціональних можливостей EasyEDA, побудуємо візуальну трьохвимірну модель друкованої плати з встановленими компонентами. Побудована трьохвимірна модель зображена на рисунку 3.6.



а)



б)

Рисунок 3.6 – Друкований вузол виконаний в програмі: а – вигляд зверху, б – вигляд збоку

Побудована друкована плата має досить компактні розміри завдяки широкому спектру налаштувань трасування струмопровідних доріжок.

РОЗДІЛ 4

ДИСТАНЦІЙНА ДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

4.1 Опис функціонування і роботи шини CAN

З'єднання електронних модулів за допомогою двох електричних провідників називають мережею або шиною даних. Через таку мережу здійснюється передача інформації між окремими компонентами автомобіля. Для забезпечення правильного обміну даними всі модулі повинні однаково розпізнавати сигнали, які надходять від інших елементів системи.

Таким чином, усі електронні блоки автомобіля мають працювати за єдиним протоколом передачі даних. З метою спрощення електричних схем у сучасних автомобілях переважно застосовується послідовний спосіб передавання інформації.

Сучасні шини даних належать до мультиплексних систем, у яких декілька інформаційних каналів об'єднуються в єдине середовище передачі. Найчастіше в автомобільних системах використовується часовий метод мультиплексування, який належить до цифрового способу передачі даних.

В електронних системах аналогові сигнали переважно перетворюються у цифрову форму – послідовність числових значень певної розрядності. При цифровому способі передачі рівень напруги в шині не змінюється плавно, а може перебувати лише у двох станах – логічного нуля та логічної одиниці, що фактично відповідає станам «увімкнено» та «вимкнено». Якщо певний проміжок часу поділити на короткі інтервали, то в межах кожного з них можлива поява або відсутність напруги, наприклад 12 В, у провіднику шини даних.

Такий часовий інтервал називається бітом. Оскільки біт може мати лише два значення – 0 або 1, то вісім бітів формують блок даних, який називають байтом [14].

Кожен байт (рис. 4.1) здатний перебувати у 256 різних станах. Конкретне значення комбінації бітів та інформація, яку вона передає, визначаються протоколом програмного забезпечення.

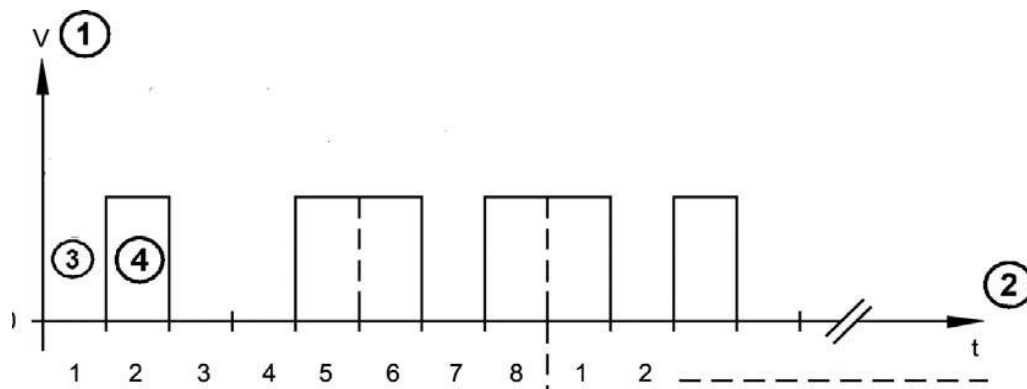


Рисунок 4.1 – Структура сигналу: 1 – сигнальна напруга; 2 – часовий інтервал; 3 – стан відсутності напруги (логічний нуль); 4 – стан наявності напруги (логічна одиниця)

Протоколи передачі даних можуть бути реалізовані різними мовами програмування та відрізнятися між собою швидкістю обміну інформацією і структурою сигналів, що передаються.

Як приклад можна розглянути датчик положення дросельної заслінки. Комбінації цифрового двобітного сигналу цього датчика здатні передавати інформацію про чотири можливі положення дросельної заслінки (рис. 4.2).

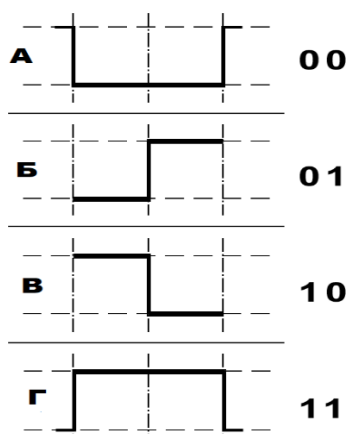


Рисунок 4.2 – Варіанти положення дросельної заслінки: А – заслінка повністю закрыта (00); Б – заслінка відкрита на 30 % (01); В – заслінка відкрита на 60 % (10); Г – заслінка повністю відкрита (11)

Отже, можна зробити висновок, що зі збільшенням кількості станів, які використовує протокол передачі даних, зростає і обсяг інформації, що може бути закодований у сигналі.

Усі електронні блоки системи, які здійснюють приймання та передачу сигналів, повинні бути з'єднані між собою електричними провідниками. При цьому кожен блок керування здатний передавати та отримувати інформацію через один провід, використовуючи послідовний спосіб обміну даними.

Перевагою послідовної передачі є те, що для передавання 8 бітів інформації достатньо лише одного проводу, тоді як при паралельній передачі необхідно використовувати вісім окремих провідників.

Недоліком такого способу є менша швидкість обміну, оскільки передача даних відбувається послідовно, що збільшує тривалість процесу.

Разом із тим, використання послідовної передачі дозволяє суттєво зменшити кількість проводів у системі, що підвищує її надійність. У такій системі перед кожним байтом даних передається стартовий біт, а після завершення передачі байта формується завершальний біт, який сигналізує про кінець інформаційного блоку.

У сучасних автомобільних системах переважно застосовуються двопровідні шини даних. Дублювання сигналу двома провідниками забезпечує можливість самоконтролю та підвищує достовірність передачі інформації в обох напрямках. Крім того, проводи у таких шинах скручуються між собою, що дозволяє знизити вплив електромагнітних завад на систему (рис. 4.3).

Для запобігання спотворенням сигналу в двопровідних шинах також використовуються узгоджувальні резистори. Вони забезпечують узгодження навантаження та запобігають відбиттю сигналів у лінії передачі даних.

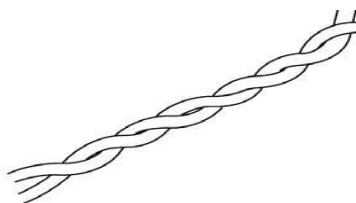


Рисунок 4.3 – Шина двопровідна

Реалізація передачі даних у мережі CAN може здійснюватися різними способами. Для цього можуть використовуватися двопровідна шина типу «вита пара», плоский кабель, оптоволоконні лінії, радіоканали, інфрачервоні

канали зв'язку та навіть лінії електропередач. Основним фактором, який обмежує довжину шини, є допустима сумарна затримка поширення сигналу при заданій швидкості передачі даних, що виникає у провідниках, контролерах та інших елементах системи.

У сучасних транспортних засобах постійно збільшується кількість електронних систем керування, які забезпечують роботу вузлів і агрегатів автомобіля, а також підвищують рівень безпеки та комфорту. До таких систем належать система керування двигуном, система керування автоматичною коробкою передач, антиблокувальна система гальм, система курсової стійкості, система керування мікрокліматом тощо. Для забезпечення ефективної роботи всі ці системи повинні безперервно обмінюватися інформацією.

Ускладнення електричних та електронних систем автомобіля, збільшення кількості датчиків і виконавчих механізмів, а також зростання обсягів переданої інформації зумовили необхідність створення єдиної комунікаційної мережі автомобіля. Такою мережею стала шина CAN (Controller Area Network), яка набула широкого поширення серед сучасних стандартів автомобільних інформаційних шин.

Шина CAN належить до систем із послідовною передачею даних. Вона є двопровідною та забезпечує швидкість обміну інформацією до 1 Мбіт/с, що дозволяє оперативно керувати різними системами автомобіля. Розробником шини CAN є компанія Robert Bosch AG, яка представила її у 1987 році спеціально для використання в автомобілебудуванні. На сьогодні функціонування CAN-шини регламентується міжнародними стандартами ISO 11898 для високошвидкісної мережі та ISO 11519 для низькошвидкісної мережі.

Шина CAN являє собою систему взаємопов'язаних електронних блоків, кожен з яких має можливість передавати та приймати дані (рис. 4.4). Особливістю цієї мережі є відсутність прямої адресації окремих блоків. Натомість кожному інформаційному повідомленню присвоюється спеціальний ідентифікатор, за яким визначається тип і пріоритет переданих даних.

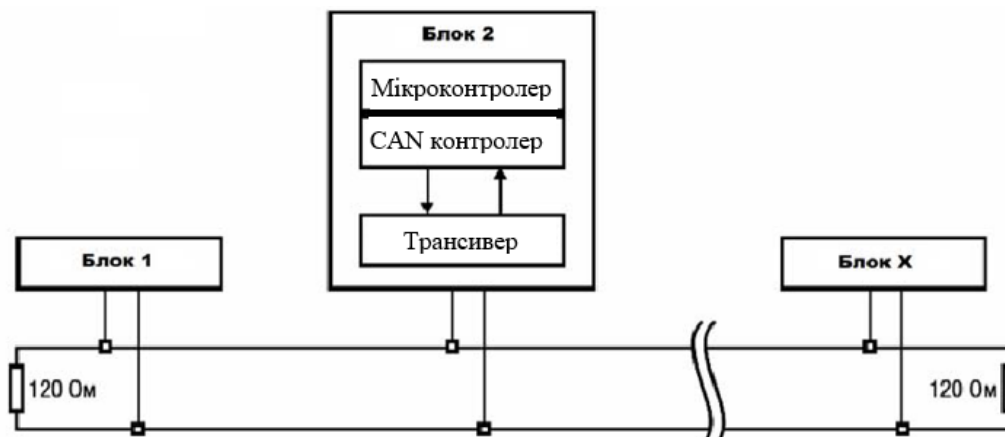


Рисунок 4.4 – Схема підключення блоків до CAN-шини

Зазначимо, що шина CAN використовується також для введення та виведення діагностичної інформації, що допомагає прискорити та спростити процес діагностування.

Кожен блок або компонент може відправляти свої дані по шині з певними ідентифікаторами і одночасно з тим, зчитуючи ідентифікатори всіх груп даних, що проходять по шині, визначати, чи потрібно продовжувати зчитувати і обробляти інформацію конкретної групи даних чи ні. Ідентифікатори також несуть в собі інформацію о пріоритетності даних, використовуючи арбітражну схему.

Якщо передача даних здійснюється двома блоками одночасно, то на стадії обробки сигналів пріоритет віддається важливішому блоку. Опишемо цей процес докладніше.

Кожен блок шини повинен контролювати відсутність сигналу в шині, раніше чим відправити повідомлення. У шині CAN використовується неруйнівний порозрядний арбітраж, що зберігає повідомлення неушкодженим у разі втрати ініціативи. Арбітраж дозволяє передавати повідомлення з більше високим пріоритетом, без затримок та спотворень.

Логічні рівні на шині визначаються як «домінантний», тобто пріоритетний, і «рецесивний», що означає пригнічений. Додатково всі блоки шини повинні контролювати логічний стан всіх сигналів, з початку передачі даних.

На шині CAN логічний біт 0 визначається як «домінантний», а біт 1

як «рецесивний». Домінантні біти завжди будуть вигравати арбітраж у рецесивних, оскільки мають вищий пріоритет.

Так, при одночасній передачі в шину логічного нуля та одиниці на шині буде зареєстровано лише логічний нуль (домінантний сигнал), а логічна одиниця буде пригнічена (рецесивний сигнал).

У результаті тільки переміг блок продовжує передачу даних, інші намагаються зробити це пізніше. На рисунку 4.5 наведено процедуру арбітражу під час спроби передачі повідомлень одночасно чотирма вузлами мережі.



Рисунок 4.5 – Процедура арбітражу в шині

У шині CAN повідомлення є адресними, т. є. повідомлення не адресуються від одного вузла до іншого. Повідомлення містить ідентифікатор джерела та власне дані. Всі вузли цієї мережі можуть прийняти кожне повідомлення на шині та самостійно визначити: це повідомлення має бути відкинуто або оброблено [14].

Кожен блок, що передає дані, повинен контролювати наявність перших бітів, що передаються, на шині. Повідомлення з нижчим пріоритетом припиняються, після чого блок, який втратив арбітраж, повинен дочекатися відсутності активності на шині та повторити спробу передачі повідомлення.

Наприклад, в автомобілі датчик напруги акумулятора підключений до

модуля керування двигуном. Блок керування двигуном, в свою чергу, передає дані, отримані від цього датчика решті блоків автомобіля. При використанні CAN інтерфейсу всі блоки, яким потрібні ці дані можуть отримувати їх, міняючи блок керування двигуном.

Іншою, дуже важливою особливістю шини CAN є можливість віддаленого запиту даних, які не очікуються, а відповідно до пріоритету, запитуються у конкретного блоку.

Максимальна швидкість передачі даних у мережі CAN може досягати 1 Мбіт/с, однак така швидкість забезпечується лише за умови, що довжина шини даних не перевищує 40 м. Із збільшенням довжини провідників швидкість обміну інформацією поступово зменшується. Наприклад, при довжині шини близько 500 м швидкість передачі даних знижується до 125 кбіт/с.

Залежно від швидкості передачі та функціональних можливостей CAN-шини поділяються на три основні типи:

- HS-CAN (High-Speed CAN) – високошвидкісна шина зі швидкістю передачі даних до 500 кбіт/с;
- MS-CAN (Mid-Speed CAN) – середньошвидкісна шина, швидкість якої становить 125 кбіт/с;
- LS-CAN (Low-Speed CAN) – низькошвидкісна шина зі швидкістю передачі даних до 50 кбіт/с.

У сучасних автомобілях можуть одночасно використовуватися всі перелічені типи CAN-шин у межах єдиної інформаційної мережі транспортного засобу.

Передача інформації в CAN-шині здійснюється у вигляді кадрів даних, які передаються через певні проміжки часу, зазвичай у межах від 1 до 20 мс.

На рисунку 4.6 наведено форму сигналів високошвидкісної шини HS-CAN, що передаються двома провідниками – CAN High (+) та CAN Low (–).

Базова напруга на лінії CAN High (+) перебуває в межах від 2,5 до 3,5 В, тоді як напруга на лінії CAN Low (–) знаходиться в діапазоні від 1,5 до 2,5 В.

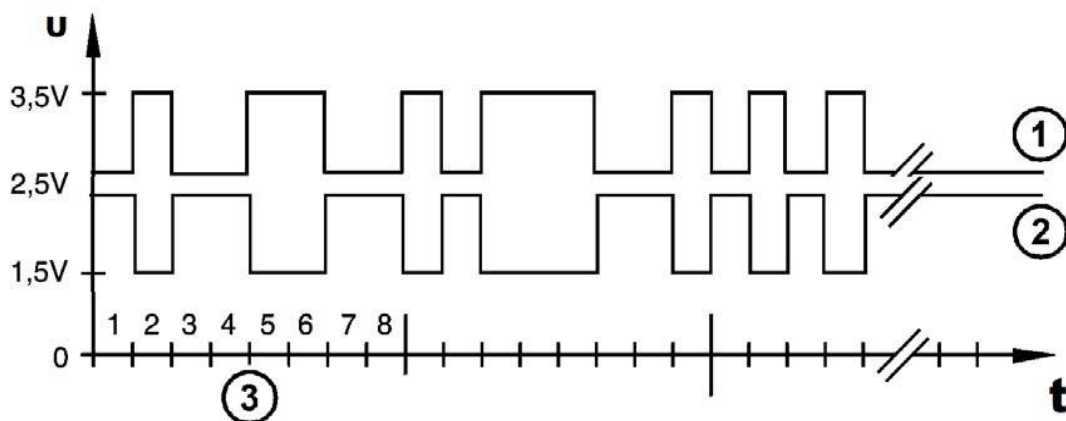


Рисунок 4.6 – Графік сигналу шини CAN: 1 – сигнал дроти CAN high (+); 2 – сигнал дроти CAN low (–); 3 – сигнал, що передається в байтах

Ці дані зчитуються всіма блоками шини, але використовуються та обробляються лише тими, для яких вони і були призначені.

При цьому кожен блок керування, вхідний в структуру шини CAN, може передавати три типу даних.

1. Дані о тому, що блок підключений до мережі і функціонує у шині.
2. Дані про роботу систем і датчиків, підключених до блоку, які необхідні для забезпечення працездатності автомобіля загалом (циклічні дані).
3. Діагностичні дані, що генеруються блоком на запит як від блоків, що входять в систему, так і від зовнішніх діагностичних модулів.

У спрощеному вигляді можна припустити, що кожен кадр даних, що відправляється будь-яким із блоків, складається з кількох полів (рис. 4.7).

Поле ідентифікації даних ID (Identification Data) кожного кадру даних несе в собі додаткову інформацію про передавальний блок, показує тип даних, а також вказує їх точне розташування в полі повідомлення [15].

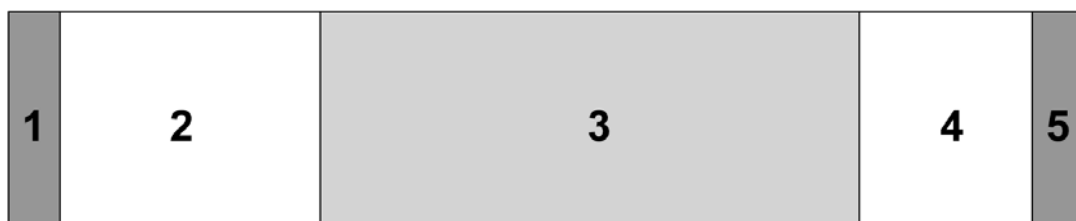


Рисунок 4.7 – Структура кадру даних CAN-шини: 1 – поле початку кадру; 2 – поле ідентифікації; 3 – поле даних; 4 – поле контролю та підтвердження передачі; 5 – поле завершення кадру

Кількість кадрів даних, які передає електронний блок керування, визначається його конструктивними особливостями, а також обсягом інформації, необхідної для забезпечення роботи відповідної системи.

До низькошвидкісної CAN-шини сучасного автомобіля можуть бути підключені такі модулі, як приладова панель, блок керування системою кондиціонування, блок керування кузовом, блок керування аудіосистемою та інші електронні пристрої. При цьому приладова панель може одночасно взаємодіяти як із низькошвидкісною, так і з високошвидкісною CAN-шиною для забезпечення обміну необхідною інформацією між системами.

До високошвидкісної CAN-шини, як правило, входять блок керування двигуном, блок керування автоматичною коробкою передач, блок керування рульовим механізмом, гідравлічний модуль антиблокувальної гальмівної системи, блок пасивної безпеки, а також інші системи, робота яких потребує швидкого обміну даними.

Приклад функціонування високошвидкісної CAN-шини та основних сигналів, що передаються в ній, наведено у додатку А.

Поряд з CAN інтерфейсом для діагностики сучасних систем керування двигуном та інший бортовий електронікою широко використовуються діагностичні К та L лінії (однопровідні діагностичні лінії зв'язку між електронними блоками керування діагностичним роз'ємом). Провід L є односпрямованим та забезпечує передачу даних тільки від модуля керування двигуном до діагностичного обладнання, а провід К є двоспрямованим, та може передавати дані в обидві сторони.

4.2 Виявлення помилок і самодіагностика, що застосовується в шині CAN

CAN-шина, яка спочатку розроблялася для систем із підвищеними вимогами до безпеки, оснащена рядом спеціальних механізмів виявлення та контролю помилок.

На відміну від багатьох інших мережевих протоколів, у CAN-шині не

використовуються окремі підтверджуючі повідомлення. У разі виявлення однієї або декількох помилок хоча б одним із блоків керування передача даних негайно припиняється. Після цього формується спеціальний кадр помилки, який інформує мережу про наявність збою. Лише після завершення цієї процедури блок керування повторно виконує передачу повідомлення.

Усі блоки керування CAN-шини мають можливість не лише приймати та аналізувати сигнали мережі, а й брати участь у перевірці повідомлень на наявність помилок шляхом обчислення контрольних сум. Контрольна сума являє собою значення, яке обчислюється за певним алгоритмом на основі переданих даних і використовується для перевірки їх цілісності під час передачі.

Під час перевірки повідомлень у CAN-шині можуть виявлятися наступні типи помилок:

- помилка контрольної суми – невідповідність між розрахованою та переданою в полі CRC контрольною сумою.
- помилка формату кадру – порушення встановленого формату або розмірів полів кадру даних;
- помилка підтвердження – відсутність підтвердження прийому повідомлення на домінантному рівні.

Окрім цього, можливе виникнення помилок унаслідок короткого замикання шини або невідповідності між логічним рівнем, який передається в мережу, та фактичним рівнем сигналу в шині.

Для запобігання блокуванню CAN-шини несправними модулями та підтримання працездатності мережі рівень доступу й пріоритет кожного блоку можуть автоматично змінюватися залежно від кількості зафіксованих помилок. Для цього кожен електронний блок має два внутрішніх лічильники – лічильник помилок приймання та лічильник помилок передачі даних [16].

Залежно від поточних значень лічильників помилок вузол CAN-шини може переходити в один із наступних режимів роботи.

1. «Активна помилка» – у цьому режимі блок керування продовжує обмін даними, тобто приймає та передає повідомлення в мережу. У разі

виявлення помилки блок формує повідомлення про збій у реальному часі та перериває передачу некоректних кадрів даних.

2. «Пасивна помилка» – блок керування також бере участь у процесі обміну інформацією, однак при виявленні помилки лише фіксує її наявність і не може переривати помилкові повідомлення інших вузлів. Винятком є лише повідомлення, які передає сам блок. Перед повторною передачею даних модуль витримує паузу тривалістю 11 рецесивних бітів. У процесі роботи можливий перехід блоку зі стану «Активна помилка» у стан «Пасивна помилка».

3. «Відключений блок» – у цьому стані модуль припиняє приймання та передачу сигналів у CAN-шину і більше не впливає на роботу мережі. Повернення до нормального режиму можливе лише після програмного або апаратного перезавантаження контролера.

Функція вбудованої самодіагностики реалізована практично у всіх електронних блоках керування сучасного автомобіля, зокрема у блоці керування двигуном, системі подушок безпеки, антиблокувальній системі, системі керування рульовим механізмом, коробкою передач та інших. Наявність такої функції дозволяє значно спростити пошук несправностей у CAN-шині.

Підсистема самодіагностики виконує наступні функції.

1. Виявлення несправностей безпосередньо в CAN-шині. Основні коди помилок, пов'язані зі збоями мережі, мають префікс «U».

2. Збереження виявлених кодів несправностей у пам'яті блоку керування.

3. Індикація несправностей за допомогою попереджувальних сигналів і кодів помилок, що дозволяє локалізувати місце виникнення несправності.

4. Контроль ідентифікаційних параметрів та перевірка стану вхідних і вихідних сигналів кожного блоку.

5. Забезпечення відмовобезпеки системи. Якщо один із модулів передає повідомлення про несправність, відповідний попереджувальний сигнал активується в приймальному блоці.

Крім того, виникнення несправності в будь-якому електронному модулі може супроводжуватися увімкненням індикатора «Check Engine», який може працювати у трьох режимах: постійне світіння, вимкнений стан або миготіння.

У стандарті ISO 15031-3 визначено дев'ять основних режимів діагностичної перевірки.

Режим 1 – зчитування поточних параметрів системи, включаючи аналогові та цифрові сигнали датчиків, а також результати розрахунків електронного блока керування.

Режим 2 – отримання даних «замороженого кадру», що містять інформацію про умови роботи системи на момент виникнення несправності.

Режим 3 – зчитування кодів несправностей, пов'язаних із системами контролю токсичності відпрацьованих газів.

Режим 4 – очищення пам'яті несправностей та скидання діагностичних параметрів.

Режим 5 – отримання інформації про параметри та граничні значення кисневих датчиків.

Режим 6 – виведення даних про результати контролю функцій, які не перевіряються постійно.

Режим 7 – зчитування інформації про несправності, які ще не підтверджені остаточно.

Режим 8 – активація спеціальних функцій діагностування, передбачених конструкцією автомобіля.

Режим 9 – зчитування ідентифікаційних даних та кодів електронного блока керування.

Коди несправностей DTC формуються у вигляді п'ятисимвольної буквено-цифрової комбінації, наприклад P0283. Перший символ визначає тип системи автомобіля, другий – підгрупу несправності, третій символ вказує на вузол або систему, а четвертий і п'ятий символи конкретизують характер несправності чи несправний елемент (табл. 4.1) [17].

Таблиця 4.1 – Коды несправностей

Позиція	Символ	Значення
1	B	Кузов (Body)
	C	Ходова частина (Chassis)
	P	Силові пристрій (Powertrain)
	U	Мультиплексна система
2	0	Код несправності по SAE
	1	Заводський код несправності
	2	Код несправності по SAE
	3	Заводський код несправності
3	1	Співвідношення палива і повітря
	2	Вимірювання палива і повітря
	3	Система запалювання
	4	Додаткова регулювання вихлопних газів
	5	Регулювання (контроль) швидкості і холостого ходу
	6	Вихідні сигнали
	7	Коробка передач
4 і 5	0–99	Позначення компонента

Отже, CAN-шина є надійною системою обміну даними, яка забезпечує швидку та безпечну взаємодію між електронними блоками автомобіля. Завдяки вбудованим механізмам контролю помилок, самодіагностики та системі пріоритетів мережа здатна підтримувати стабільну роботу навіть у разі виникнення несправностей. Використання стандартів OBD-II та режимів діагностики дозволяє ефективно виявляти, локалізувати й аналізувати несправності електронних систем автомобіля, що значно підвищує надійність, безпеку та зручність технічного обслуговування транспортних засобів.

4.3 Створення дистанційної діагностичної системи

Для створення найпростішої системи діагностування доцільно використовувати автомобілі, оснащені системою бортової діагностики OBD-II. Основним призначенням таких систем є підвищення надійності та збільшення ресурсу роботи автомобіля і його основних вузлів.

Під час розроблення системи дистанційної діагностики застосовується наступна схема підключення.

1. До стандартного діагностичного роз'єму DLC (16 pin) підключається діагностичний пристрій (рис. 4.8). Його програмне забезпечення здатне працювати спільно зі смартфоном завдяки вбудованому модулю бездротового зв'язку Bluetooth. Смартфон при цьому також повинен підтримувати відповідний протокол передачі даних.

2. Далі організовується зв'язок між центральним комп'ютером оператора та смартфоном. Такий обмін інформацією реалізується за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє дистанційно надсилати команду на зчитування діагностичних даних. У свою чергу, смартфон активує процес отримання кодів несправностей через діагностичний пристрій.

3. Для підвищення достовірності діагностування функціональні можливості програмного забезпечення розширюються шляхом інтеграції спеціальної підпрограми, яка виконує функції експертної системи.



Рисунок 4.8 – Діагностичний сканер

Принцип роботи розроблюваної системи полягає в тому, що підпрограма отримує інформацію про діагностичні коди несправностей та формує повідомлення щодо можливості або неможливості подальшої експлуатації транспортного засобу. Для забезпечення накопичення даних і вдосконалення алгоритмів роботи система повинна підтримувати механізм зворотного зв'язку та самонавчання.

Структурно систему доцільно поділити на два основні компоненти – базу даних та підсистему логічного аналізу, яка формує висновки на основі накопиченої інформації. Поповнення бази даних може здійснюватися як автоматично в процесі самонавчання системи, так і шляхом додавання нових статистичних даних із зовнішніх джерел.

У процесі побудови системи (рис. 4.9) передбачено, що несправності, які призводять до аварійних або нестандартних режимів роботи основних електронних систем автомобіля, повинні мати найвищий рівень важливості.



Рисунок 4.9 – Основні компоненти системи віддаленого діагностування

Для розподілу помилок за рівнем важливості використовується структура кодів несправностей OBD-II. Кожен діагностичний код складається з п'яти символів, при цьому перший символ визначає систему автомобіля, в якій виникла несправність.

На початковому етапі розроблення системи, незалежно від конкретної моделі автомобіля, прийнято такий розподіл кодів за рівнями важливості:

- коди, що починаються з літер С (шасі, ходова частина) та Р (двигун, трансмісія), належать до рівня 1;
- коди з літерою В (електрообладнання кузова) відносяться до рівня 2;
- коди типу U, які характеризують несправності мереж передачі даних, належать до рівня 3.

Винятком є помилки системи пасивної безпеки, які також мають позначення В, однак відносяться до рівня 1 через їхній вплив на безпеку експлуатації автомобіля.

Після виявлення коду несправності система автоматично визначає один із трьох рівнів важливості:

1. Рівень 1 – несправності, пов'язані з порушенням безпеки або аварійним режимом роботи систем. У такому випадку необхідна негайна зупинка транспортного засобу та його евакуація.

2. Рівень 2 – несправності, які не створюють безпосередньої загрози безпеці, але можуть призвести до серйозних пошкоджень або додаткових витрат під час подальшої експлуатації. Рекомендується негайне повернення автомобіля до місця обслуговування власним ходом.

3. Рівень 3 – несправності, що не впливають критично на безпеку та не призводять до пошкодження дорогих вузлів. У цьому випадку рекомендується звернення до спеціалістів після завершення рейсу.

У програмному забезпеченні, створеному мовою Delphi на основі фреймової бази знань (рис. 4.10), основною структурною одиницею є запис, який містить три основні елементи: діагностичний код, опис несправності та рівень її важливості.

Діагностичний код (DTC)	Опис несправності	Ступінь важливості
1	2	3

a)

```

Type Tf = record
  Diag:string [ 5]; {діагностичний код}
  Simp:array [1..3] of string [70]; {опис несправності}
  Lec : array [1..3] of
string [1]; {Ступінь важливості }
  Const N=3; {кількість рядків – рівнів важливості}
  Type Tf = record
  N:string [1]; { рівень важливості}
  Lec:array [1..N] of string [30]; {Опис рівня важливості }
end ;

```

б)

Рисунок 4.10 – Структура прикладний одиниці бази знань фреймів у графічному та програмному вигляді

На початковому етапі як основний об'єкт діагностування було обрано систему запалювання бензинового двигуна.

Головною причиною створення системи дистанційної діагностики стала особливість роботи окремих моделей автомобілів, у яких при несправності котушок запалювання, навіть за справних свічок, паливні форсунки продовжують подавати паливо до циліндрів.

У результаті паливо не встигає згоряти в камері згоряння, а його займання відбувається вже у випускній системі. Це призводить до перегріву та пошкодження каталітичного нейтралізатора. Слід зазначити, що при підвищенні температури каталітичного нейтралізатора понад 900 °C у ньому починаються незворотні процеси, які викликають оплавлення конструктивних елементів і подальший вихід пристрою з ладу.

У таблиці 4.2 наведено коди несправностей, рівень важливості яких потребує експериментального визначення [18].

Таблиця – 4.2 Коди несправностей, що приводять до порушення згоряння палива у циліндрах бензинового двигуна

Код помилки	Система запалення (опис несправності)
P0300	Виявлено випадкові/множинні перепустки запалювання
P030N	Виявлено перепустки запалювання в N-ому циліндрі
P0134	Помилка роботи датчика кисню №1
P0116	Несправність в колах датчика температури охолоджувальної рідини
P0335 P0344	Датчик положення колінчастого вала несправний
P035 *	Первинні/вторичні кола котушки запалювання несправні
P0371	Збій в роботі системи регульованих фаз ГРМ
P038 *	Висока напруга кіл підігріву датчика кисню

Слід зазначити, що оцінка рівня важливості виконується окремо для конкретної моделі автомобіля з урахуванням типу двигуна та року випуску транспортного засобу.

Методика дослідження рівня важливості несправностей передбачає виконання наступних етапів.

1. Проведення досліджень на п'яти автомобілях однієї марки, однакової комплектації та року випуску.

2. Штучне відтворення різних несправностей (не менше семи), пов'язаних із порушенням процесу згоряння паливної суміші в циліндрах двигуна, до моменту появи відповідного діагностичного коду несправності (табл. 4.6).

3. Аналіз впливу кожної несправності на технічний стан та роботу автомобіля.

При цьому необхідно враховувати, що значення діагностичних параметрів можуть суттєво відрізнятися залежно від режиму роботи двигуна. Наприклад, показники, отримані в режимі холостого ходу, не завжди є характерними для роботи двигуна при повному навантаженні.

Тому під час подальшого розроблення системи необхідно враховувати «діагностичну цінність» отриманої інформації та оцінювати значущість кожного досліджуваного параметра K_j для всієї сукупності станів системи A_i :

$$X_A = \sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot Z_{Ai}(K_j), \quad (4.1)$$

де $P(A_i)$ – апріорна ймовірність стану;

$A_i; Z_{Ai}(K_j)$ – діагностична вага.

У цьому випадку значення X_A визначатиме очікуване, або середнє, значення інформації, на основі якої система оцінюватиме рівень важливості конкретного коду несправності.

Отримані дані можуть використовуватися не лише для оцінювання ефективності процесу діагностування, а й для обґрунтування вибору оптимальних діагностичних інтервалів та необхідної розрядності параметрів.

Застосування наведеної формули дозволяє встановити взаємозв'язок між сукупністю діагностичних параметрів і технічним станом системи автомобіля.

У процесі накопичення інформації система зберігатиме в базі даних відомості про марку автомобіля, його комплектацію, систему, яка сформувала діагностичний код, номер помилки, вибрані діагностичні параметри, а також стан системи транспортного засобу, під час якого було зафіксовано відхилення значень певного параметра.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи було проведено аналіз сучасних систем автомобільної комп'ютерної діагностики та стандартів OBD-II, що дозволило визначити основні принципи організації обміну даними між електронними системами транспортного засобу.

1. Досліджено особливості функціонування CAN-шини та методи передачі інформації між електронними блоками керування автомобіля. Встановлено, що використання CAN-протоколу забезпечує високу швидкість, надійність і завадостійкість обміну даними.

2. Розроблено структурну та електричну схеми автомобільного діагностичного комплексу на базі мікроконтролера PIC18F25K80 та CAN-трансивера MCP2551. Виконано вибір елементної бази з урахуванням вимог до надійності, компактності та функціональних можливостей пристрою.

3. Виконано проектування друкованої плати діагностичного комплексу із застосуванням сучасних засобів автоматизованого проектування, що дозволило отримати компактний і функціональний друкований вузол.

4. Запропоновано підхід до реалізації системи дистанційної діагностики автомобіля з використанням Bluetooth-з'єднання, що забезпечує можливість безпроводного зчитування параметрів і кодів несправностей транспортного засобу.

5. Отримані результати підтверджують можливість практичного використання розробленого діагностичного комплексу для контролю технічного стану автомобіля та проведення комп'ютерної діагностики електронних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комп'ютерна діагностика двигуна автомобіля URL: https://injector.ua/uk/_diagnostika-automobiley.html (дата звернення: 11.04.2026 р.).

2. Що робити, якщо загорівся Check Engine URL: <https://intent.press/news/crime/2026/iuristku-silradi-na-odeshchini-zatrimali-cherez-zemliu-pid-budivnitstvo-bagatopoverkhivki/> (дата звернення: 11.04.2026 р.).

3. Діагностичний комплекс Autocom CDP URL: https://boss-diaagnost.com/skaner-autocom-odnoplata-nainovisha-versiia-diahnostyka-avtokom-cdp-universalnyi-skaner-novyi/?gad_source=1&gad_campaignid=22783428937&gbraid=0AAAAAp5zglzDPq7VLJr8__i72RJs6IK3E&gclid=Cj0KCQjwz9_QBhD_ARIsADnSCfDwjXoLzbUH9J3GMilkYLS8ppnL3pf-_VcrIwZf5gxLIH--auCF6LgaAjefEALw_wcB (дата звернення: 11.04.2026 р.).

4. Launch X431 Easydiag Plus 2.0 Obdii Code Reader for Ios/Android with Two Free Car Software URL: <https://ytunion.en.made-in-china.com/product/bKtxsSJPqUpE/China-Launch-X431-Easydiag-Plus-2-0-Obdii-Code-Reader-for-Ios-Android-with-Two-Free-Car-Software.html> (дата звернення: 15.04.2026 р.).

5. Діагностичний сканер OPEL OP-COM v1.70 URL: https://diagnost.net.ua/dyahostycheskyi-skaner-opel-op-com-v1.70-na-chipi-pic18f458/?gad_source=1&gad_campaignid=21037614199&gbraid=0AAAAApXcmKMCqzth1P8RfZL6bm8ONK7mT&gclid=Cj0KCQjwz9_QBhD_ARIsADnSCfAl9yBat5Z7HoVp3jM6FhmyNAAVVjXXdOhKNZVl3rdugZeuGue2FakaAoWwEALw_wcB (дата звернення: 15.04.2026 р.).

6. Wireless vs. Wired Diagnosis: Is Bluetooth/WiFi Stable? Will You Lose Data? URL: <https://www.lonauto.com/wireless-vs-wired-diagnosis-is-bluetooth-wifi-stable-will-you-lose-data/> (дата звернення: 17.04.2026 р.).

7. Мікроконтролер PIC18F25K80 URL: http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=PIC18F25K80-I_SO (дата звернення: 28.04.2026 р.).

8. PIC18F25K80 даташит (PDF) – Microchip Technology URL:

<https://www.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/pdf/409923/MICROCHIP/PIC18F25K80.html> (дата звернення: 28.04.2026 р.).

9. MCP2551-I/SN Microchip URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/mcp2551-i-sn_25547.html (дата звернення: 03.05.2026р.).

10. Стабілізатор 78L05 URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/lineyniy-stabilizator-78l05> (дата звернення: 03.05.2026 р.).

11. LM317T – стабілізатор регульований URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/lineyniy-stabilizator-lm317> (дата звернення: 05.05.2026 р.).

12. EasyEDA Std URL: <https://docs.easyeda.com/en/> (дата звернення: 05.05.2026 р.).

13. Drawing Tools URL: <https://docs.easyeda.com/en/Schematic/Design-Manager/> (дата звернення: 07.05.2026 р.).

14. Приступа С. О. Кахнич М. М. Хорошенко А.А. Функціональні можливості CAN-шини в автомобілях. Actual Problems of Automation and Control. 2024 №11. С 75–80.

15. Як працює шина CAN. URL: <https://www.automaster.net.ua/artykuly/yak-pracyuye-shina-can,55215> (дата звернення 08.05.2026р.).

16. Таблиця несправностей авто: помилки OBD-2. URL: <https://obd.avto.pro/uk/> (дата звернення: 08.05.2026 р.).

17. Як розшифрувати код OBD2 (OBD II). URL: <https://avtoad.com.ua/base/ak-rozsifruvati-kod-obd2-obd-ii> (дата звернення: 09.05.2026 р.).

18. Помилка двигуна: Діагностичні коди несправностей. URL: <https://1ca.com.ua/pomyłka-dvyguna-diagnostychni-kody-nespravnostej> (дата звернення: 09.05.2026 р.).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А1 – Блоки, що входять до шини CAN і відповідні типи сигналів

Сигнали	Блоки керування			
	Блок керування двигуном	Блок системи кермового керування	Блок керування антиблокувальною системою	Інструментальна панель
Частота обертання двигуна	Вихідний	Вхідний	Вхідний	Вхідний
Швидкість автомобіля	Вихідний	Вхідний	—	Вхідний
Становище селектора передачі	Вихідний	Вхідний	Вхідний	Вхідний
			—	
Крутний момент двигуна	Вихідний	—	Вхідний	—
			—	
Кут відкриття дросельної заслінки	Вихідний	—	Вхідний	—
			—	
Положення гальмівної педалі	Вихідний	—	Вхідний	—
Інформація від системи іммобілайзера	Вихідний	—	—	Вхідний
	Вхідний			Вихідний
Температура охолоджувальної рідини	Вихідний	—	—	Вхідний
Пройдене відстань	Вихідний	—	—	Вхідний
Об'єм вприску палива	Вихідний	—	—	Вхідний
Запит на включення лампи «Перевірте ДВС»	Вихідний	—	—	Вхідний
Стан гальмівної системи	Вхідний	—	Вихідний	—
Швидкості коліс	Вхідний	—	Вихідний	—
Рівень паливного бака	Вхідний	—	—	Вихідний
Запит на включення муфти системи кондиціонування	Вхідний	—	—	Вихідний
Стан гальма стоянки	—	Вхідний	—	Вихідний