

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Т.в.о завідувача кафедри
_____ Сафонова С.О.
« ____ » _____ 2020 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ТЕСТІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТАБЛИЦЬ
НЕСПРАВНОСТЕЙ**

Освітньо-кваліфікаційний рівень «Магістр»
Спеціальність 123 – «Комп'ютерна інженерія»

Науковий керівник роботи:

_____ (підпис)

_____ **В. С. Кардашук**
(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

_____ (підпис)

_____ **Я. О. Критська**
(ініціали, прізвище)

Студент:

_____ (підпис)

_____ **І. О. Квасов**
(ініціали, прізвище)

Група:

_____ **КІ-18дм**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Т.в.о. завідувача кафедри
С.О. Сафонова
« ____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Квасова Івана Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів побудови тестів для отримання таблиць
несправностей

керівник проекту (роботи) Кардашук Володимир Сергійович, доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від "11" 10 2019 р. № 135/15.15

2. Строк подання студентом роботи 10.01.2020

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики

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

Аналіз методів діагностування цифрових пристроїв та побудови тестів несправностей

Методи діагностування цифрових приладів

Застосування методів вбудованого тестування для діагностики цифрових пристроїв

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу

Комп'ютерна презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Кардашук В. С.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я. О.		

7. Дата видачі 12.10.2019 р.
завдання

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналітичний огляд літератури за темою роботи	12.10.19 – 14.10.19	
2	Аналіз методів діагностування	15.10.19 – 17.10.19	
3	Визначення основних принципів проведення діагностування цифрових приладів	18.10.19. – 27.10.19	
4	Аналіз та розбір існуючих алгоритмів та методів діагностування	28.10.19 – 30.11.19	
5	Розгляд питань охорони праці та основних напрямків їх дотримання	02.12.19 – 22.12.19	
6	Оформлення пояснювальної записки	23.12.19 – 02.01.20	
7	Оформлення презентації роботи	03.01.20 – 10.01.20	

Студент

_____ (підпис)

Квасов І.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Кардашук В.С.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Квасов І. О. Дослідження методів побудови тестів для отримання таблиць несправностей.

Проведено дослідження алгоритмів і методів діагностування цифрових пристроїв. Розглянуті різні алгоритми і методи, визначені причини виникнення несправностей, визначені їх переваги та недоліки.

Запропоновано і аргументовано шлях удосконалення існуючих методів діагностування цифрових пристроїв.

Ключові слова: діагностика, методи, алгоритми, тести, цифрові пристрої.

АННОТАЦИЯ

Квасов И.А. Исследование методов построения тестов для получения таблиц неисправностей.

Проведено исследование алгоритмов и методов диагностирования цифровых устройств. Рассмотрены различные алгоритмы и методы, определены причины появления поломок, определены их преимущества и недостатки.

Предложен и аргументирован путь усовершенствования существующих методов диагностирования цифровых устройств.

Ключевые слова: диагностика, методы, алгоритмы, тесты, цифровые устройства.

ABSTRACT

Kvasov I.O. Research methods for constructing tests to obtain fault tables.

A study of algorithms and methods for diagnosing digital devices. Various algorithms and methods are considered, the causes of breakdowns are determined, their advantages and disadvantages are determined.

A way of improving the existing methods for diagnosing digital devices is proposed and argued.

Key words: diagnostics, methods, algorithms, tests, digital devices.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТОЇВ ТА ПОБУДОВИ ТЕСТІВ НЕСПРАВНОСТЕЙ	10
1.1 Аналіз методів	10
1.2 Аналіз математичних моделей і методів для вирішення задачі	11
1.2.1 Метод активізації одновимірного шляху (activation of way).....	11
1.2.2 D-алгоритм синтезу тестів (synthesis of tests).....	13
1.2.3 Побудова тесту за методом булевої похідної.....	15
1.2.4 Проблематика діагностики булевих функцій та систем.....	19
1.3 Постановка наукової задачі та обґрунтування методики досліджень	21
1.4 Висновки до розділу 1	21
2 МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТОЇВ.....	23
2.1 Види відмов цифрових пристроїв ІВК	23
2.2 Методи і засоби контролю та діагностики цифрових пристроїв ІВК	25
2.2.1 Код з перевіркою парності (непарності)	26
2.2.2 Коригувальний код Гемінга	26
2.2.3 Ітеративні коди	27
2.2.4 Кореляційні коди.....	28
2.2.5 Код з простим повторенням	28
2.2.6 Рівноважні коди.....	28
2.2.7 Контроль за забороненими комбінаціями.....	29
2.2.8 Циклічні коди	30
2.2.9 Програмні засоби функціонального контролю	30
2.2.10 Контроль методом подвійного	31
2.2.11 Контроль за методом усіченого алгоритму	31
2.2.12 Спосіб підстановки.....	32
2.2.13 Метод перевірки граничних значень.....	32
2.2.14 Перевірка за допомогою додаткових зв'язків	32
2.2.15 Метод надлишкових змінних	33
2.2.16 Метод контрольного підсумовування	33
2.2.17 Контроль методом рахунку запису.....	34
2.2.18 Контроль за часом вирішення завдань.....	34
2.2.19 Тестування зі штатною програмою	35
2.2.20 Імовірнісне тестування	35
2.2.21 Контактне тестування	35
2.2.22 Синдромне тестування.....	35
2.2.23 Сигнатурне тестування	36
2.3 Вплив пружних властивостей на об'єкт контролю	37
2.4 Вбудований контроль цифрових систем.....	39
2.5 Висновки до розділу 2	44
3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ВБУДОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЦИФРОВИХ ПРИСТОЇВ	46
3.1 Пряма і зворотна імплікації.....	51
3.2 Зворотній імплікація	52
3.3 Пряма імплікація	53
3.4 Основи структурного тестування	54
3.5 Висновки до розділу 3	63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	64
4.1 Правові та організаційні основи охорони праці.....	64
4.2 Аналіз стану умов праці	65
4.2.1 Вимоги до приміщень	65

4.2.2 Вимоги до організації місця праці.....	65
4.3 Виробнича санітарія.....	66
4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу .	66
4.3.2 Пожежна безпека.....	67
4.3.3 Електробезпека.....	68
4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища.....	68
4.4.1 Параметри мікроклімату.....	68
4.4.2 Освітлення.....	69
4.4.3 Вентилювання.....	70
4.4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій	70
4.5 Екологія.....	71
4.6 Висновки до розділу 4	72
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74
ДОДАТОК А. Комп'ютерна презентація.....	77

ВСТУП

В останнє десятиліття широке поширення на мережах телекомунікацій отримують цифрові системи, до яких відносяться:

- мережеві елементи (системи передачі SDH, цифрові автоматичні телефонні станції, системи передачі даних, сервери доступу, маршрутизатори, термінальне обладнання та ін.);
- системи підтримки функціонування мережі (управління мережею та ін.);
- системи підтримки бізнес-процесів і автоматизовані системи розрахунків (білінгові системи).

Введення в технічну експлуатацію цифрових систем ставить головним завданням забезпечення їх якісного функціонування [1-3]. Для побудови сучасних цифрових систем використовується елементна база, заснована на застосуванні великих інтегральних схем (ВІС), надвеликих інтегральних схем (НВІС) і мікропроцесорних комплектів (МПК), яка дозволяє істотно підвищити ефективність систем - збільшити продуктивність та надійність, розширити функціональні можливості систем, зменшити масу, габарити і споживану потужність. У той же час перехід до широкого використання ВІС, НВІС і МПК в сучасних телекомунікаційних системах створив як переваги так і серйозні проблеми в їх експлуатаційному обслуговуванні, пов'язаних в першу чергу з процесами контролю і діагностики. Це пов'язано з тим, що складність і кількість що знаходяться в експлуатації цифрових систем зростає швидше, ніж число кваліфікованого обслуговуючого персоналу. Так як будь-яка цифрова система має кінцеву надійність, то при виникненні в ній відмов, виникає необхідність швидкого виявлення, пошуку та усунення несправностей і відновлення заданих показників надійності. Особливе значення має та обставина, що традиційні методи технічної діагностики вимагають або наявності висококваліфікованого обслуговуючого персоналу або складного діагностичного забезпечення. Необхідно відзначити, що з підвищенням загальної надійності цифрових систем зменшується кількість відмов і втручання оператора для пошуку та усунення несправностей. З іншого боку, поряд з підвищенням надійності цифрових систем спостерігається тенденція до певної втрати обслуговуючим персоналом навичок усунення несправностей. Виникає відомий парадокс, чим надійніше цифрова система, тим повільніше і менш точно відшуковуються несправності, тому що обслуговуючий персонал насилу накопичує досвід пошуку і локалізації несправностей в цифрових системах підвищеної складності [1,3]. В цілому до 70-80% часу відновлення пошкоджених систем становить час технічної діагностики, що складається з часу пошуку і локалізації відмовили елементів. Однак як показує експлуатаційна практика, сьогодні інженери не завжди готові вирішувати на необхідному рівні завдання технічної експлуатації цифрових систем. Тому зростання складності цифрових систем і важливість забезпечення їх

якісного функціонування вимагає організації її технічної експлуатації на наукових засадах. У зв'язку з цим інженери, пов'язані з технічною експлуатацією цифрових систем, повинні не тільки знати, як працюють системи, але також знати, як вони не працюють, як виявляється стан непрацездатності [4].

Вирішальним фактором, що забезпечує високу готовність цифрових систем, є наявність засобів діагностики, що дозволяють оперативно проводити пошук і локалізацію несправностей. Для цього необхідно, щоб інженери мали гарну підготовку щодо попередження і розпізнавання виникнення непрацездатних станів і несправностей, тобто були знайомі з цілями, завданнями, принципами, методами і засобами технічної діагностики. Вміли грамотно їх вибирати, застосовувати і ефективно використовувати в експлуатаційних умовах.

Актуальність теми дослідження.

При сучасному рівні складності обчислювальної техніки знання основ технічного діагностування стає обов'язковим для фахівців у галузі розробки й експлуатації ЕОМ. Застосування методів і засобів технічного діагностування є ефективним способом забезпечення високої надійності виробів, дозволяє скоротити терміни їхнього виготовлення й ремонту.

Складність електронних виробів, що випускаються промисловістю, а також їх кількість зростає так стрімко, що важко уявити розробників засобів, які впоралися б із своїми задачами, маючи на озброєнні лише напіваавтоматизовані й інтуїтивні методи виявлення та пошуку несправностей. При цьому, нерідко, вимоги до процесів діагностування входять в протиріччя з фізичними можливостями сучасної комп'ютерної техніки, яка обмежена як за швидкістю, так і за використанням машинної пам'яті. Вихід із цього положення – удосконалення й розроблення нових нестандартних методів розв'язання задач діагностування з подальшою автоматизацією на базі сучасної вимірювальної й обчислювальної техніки.

В наш час світові корпорації, які випускають сучасне діагностичне обладнання все частіше знаходять рішення в поєднанні різних стратегій пошуку несправностей. Так функціональне тестування ефективно доповнюється внутрішньосхемним. Сам внутрішньосхемний підхід, в свою чергу, реалізується апаратно декількома системами, які застосовують різні "канали спілкування" з об'єктом, наприклад, у вигляді голчатого контактного пристрою, щупів типу "кліпси", які механічно пересуваються оператором, або "літаючі пробники". Таке компромісне сприйняття проблеми покладено в основу розробки комплексу програм, які вимоги замовника перекладають на взаємодію і раціональне використання можливостей тих чи інших методів діагностування, наприклад, в умовах виробництва і експлуатації цифрових виробів.

Об'єкт дослідження – методи побудови алгоритмів для діагностики та побудови таблиць несправностей.

Предмет дослідження – алгоритми та методи діагностики цифрових пристроїв.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення точності в діагностиці електронних приладів та побудові таблиць несправностей для виявлення несправності і подальшого виправлення.

Методи дослідження. Пряма та зворотна імплікація, D-просування.

Наукова новизна отриманих результатів:

Висунуті пропозиції і рекомендації за різними методами знаходження несправностей, для подальшого розвитку, створення або удосконалення певних методів до оптимального рівня витрат за часом і якістю.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізованні методів діагностування цифрових пристроїв і знаходження різних типів несправностей, внесенні рекомендації для подальшого розвитку певних методів з ціллю оптимізувати витрати за часом та результатами. Усі основні результати отримані автором особисто.

Апробація матеріалів дисертації. Основні методи, ідеї, які використовуються в магістерській роботі були представлені на 3-й міжнародній конференції TACSIT 7-8 травня 2019 - СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що результати досліджень були використані для аналізу і виділення певних критеріїв для удосконалення різних методів.

Структура та обсяг дисертації. Магістерська робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань до розділів з 28 найменувань, додатку на 8 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 83 сторінки. Магістерська робота містить 46 рисунків та 14 таблиць.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТОЇВ ТА ПОБУДОВИ ТЕСТІВ НЕСПРАВНОСТЕЙ

1.1 Аналіз методів

У галузі технічної діагностики найпоширенішим підходом до організації процедур тестування цифрових пристроїв є розробка детермінованих методів тестування, і, як правило, ці методи не враховують можливості модифікації об'єктів управління з метою спростити стадію діагностики. У зв'язку з цим використання детермінованих методів управління стикається зі зростаючими труднощами, які традиційно вирішуються за допомогою використання найсучасніших потужних обчислювальних засобів для підтримки синтезу та перевірки тестів. Окрім детермінованих методів тестування, все менш поширеними стають менш традиційні та ефективніші підходи до управління складними цифровими пристроями. Зокрема, розробка набору імовірнісних методів тестування спрямована на зниження витрат на діагностику дискретних об'єктів. У класичній формі методи статистичного контролю відрізняються складністю структурних та алгоритмічних засобів генерації випадкових впливів випробувань, а також багатьма невирішеними проблемами, пов'язаними з аналізом та оцінкою результатів тестів. Псевдовипадкові методи управління характеризуються простотою апаратного та програмного забезпечення для генерації тестових сигналів і зазвичай використовуються в поєднанні з інструментами аналізу сигнатур, що призводить до значного зниження витрат на проведення процедур управління порівняно з, наприклад, статистичними системи управління. Поліпшення працездатності діагностичних процедур досягається також введенням у вихідну схему певного типу структурної надмірності, спрямованої на поліпшення доцільності тестових об'єктів.

Питання технічної діагностики, пов'язані з розробкою структурних методів та засобів побудови цифрових пристроїв та систем, з урахуванням особливостей їхніх процедур експертизи, заснованих на використанні псевдовипадкових тестових послідовностей разом із підписом аналізу, визначають тему цієї роботи. Необхідність значного підвищення ефективності діагностичних процедур шляхом побудови тестових цифрових структур, що враховують як псевдовипадковий характер іспитів, так і схему та функціональні особливості тестових об'єктів.

1.2 Аналіз математичних моделей і методів для вирішення задачі

1.2.1 Метод активізації одновимірного шляху (activation of way)

Цей метод є одним із історично перших структурних підходів до побудови тестів. Основна ідея методу - побудувати шлях від місця несправності, наприклад, від якогось елемента D і через послідовність деяких елементів D_2, \dots, D_N до одного із зовнішніх керованих виходів об'єкта. Вхідні сигнали елементів D_2, \dots, D_N вибираються таким чином, що про стан елемента D і можна судити за значенням сигналу на вибраному зовнішньому виході.

У той же час необхідно подавати сигнали на входи несправного елемента D_{and} , для якого несправність виявляється на його виході. Створений таким чином шлях називається активованим, що визначає назву методу. Нехай у цифровій схемі буде несправність (рис. 1.1), яка еквівалентна фіксації виходу елемента D_1 у значення журналу. "0". Для активації шляху від D_1 до виходу f треба подати, $c = 0$ і $d = 0$. Необхідно встановити $a = b = 1$ для виявлення несправності на виході елемента D_1 .

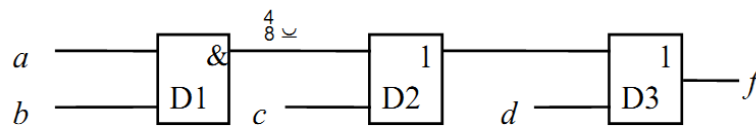


Рисунок 1.1 – Приклад з несправності у ланцюзі

Процедури генерування тестового впливу для перевірки на наявність несправності можна сформулювати як такі операції:

- а) визначити стан, за якого дана несправність проявляється в місці її виникнення;
- б) вибрати послідовність елементів (шлях), через які несправність буде транспортуватися до керованого виходу;
- в) визначаємо умову активності обраного шляху. Більше того, для кожного елемента шляху встановлюється вхідний сигнал так, що його вихід залежав від вихідного сигналу попереднього елемента;
- г) визначаємо поєднання значень вхідних сигналів ланцюга, для яких несправність проявляється в місці його виникнення і транспортується на керований вихід схеми.

Пункти а-в вищевказаного алгоритму часто називають прямою фазою методу активації одновимірного шляху, а підрозділом г - зворотну фазу. Для побудови тесту для пристрою в цілому цей алгоритм застосовується послідовно для кожної несправності з набору допустимих. Тест пристрою - це послідовність тестових наборів, отриманих для кожної несправності.

На рисунку 1.2 показані значення сигналів на лініях схеми в результаті виконання розглянутого алгоритму несправності "лінія $i = 0$ ". Під час виконання «прямої фази» алгоритму значення присвоюються рядкам: $a = 1$, $b = 1$, $k = 0$, $e = 1$. У «зворотній фазі» алгоритму це необхідно визначити значення c і d , для яких $k = 0$. Це значення: $c = 0$, $d = 0$ (можна вибрати іншу комбінацію значень, що забезпечують $k = 0$).

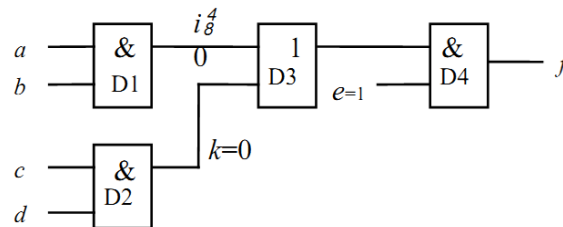


Рисунок 1.2 – Значення сигналів на лініях схеми з несправністю „лінія $i = 0$ “

Відповідно до цих значень, тестовий несправність перевіряється тестовим вектором.

a	b	c	d	e
1	1	0	0	1

Метод простий і зручний для ручного використання, проте можливі несправності, для перевірки яких необхідно активувати кілька шляхів. Звичайно, це наслідок наявності гілок, які сходяться.

На рисунку 1.3 показана схема, на якій для перевірки несправності константа " $= 1$ " на виході елемента D1 вимагає активації двох контурів: через елементи D2, D4 і через елемент D3, D4.

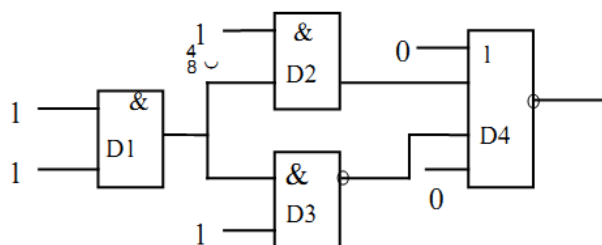


Рисунок 1.3 – Схема для перевірки з несправністю константи „ $=1$ “

Найпопулярнішою формальною реалізацією структурного підходу до тестової побудови, до якого включено кілька шляхів, є d-алгоритм, який є основою для синтезу багатьох програм тестування цифрових схем.

1.2.2 D-алгоритм синтезу тестів (synthesis of tests)

Загальне рішення проблеми побудови тесту на основі ідеї активації шляху найбільш вдало втілено в d-алгоритмі, запропонованому Ротом. Він заснований на поняттях логічних кубів різного типу та правилах дії на кубиках, що робить зручним впровадження алгоритму на комп'ютері. Під логічним кубом розуміється вектор розмірності N , кожна координата якого - одне з п'яти значень: 0, 1, x , d , d^F .

Тут 0 і 1 - звичайні булеві значення, x - символ невизначеного або байдужого значення; точніше, його зміст, а також зміст символів d і d^F стане зрозумілим з наступного.

Для пари логічних кубів $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ і $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ можна виконати операцію з розділом для кожної координати відповідно до наступного правила:

$$a_i \text{) } (b_i = \begin{cases} a_i, \text{ якщо } b_i = x \text{ чи } a_i = b_i, \\ b_i, \text{ якщо } a_i = x_i, \\ \text{невизначено в інших випадках, тобто дорівнює } \{s - a\} \end{cases}$$

Якщо хоча б для однієї координати результат розділу не визначений, то переріз кубів A і B вважається порожнім.

Кожному логічному елементу схеми відповідають три набори кубів елементів, які використовуються для складання тестів: вироджені (сингулярні) куби, d -куби елементів та d -кубики несправностей. Вироджені (сингулярні) куби дозволяють подавати таблицю істинності елемента у скороченому вигляді. У цих кубах вводам, які не впливають на вихідне значення, присвоюється значення " x ". На рисунку 1.4 для елементів I, АБО - НЕ, M2 показує їхні єдині куби. Тому для елемента M2 форум несуттєвих входів, тому його покриття повністю повторює повну таблицю істинності.

У цьому випадку d -куби елементів дозволяють задавати ситуації, коли сигнал на певному вході або групі входів визначає значення виходу елемента. Для їх побудови можна використовувати пари вироджених кубів A і B , так що значення на вихідній координаті в A і B є різними. Така пара відповідає d -кубу $G = (G_1, \dots, G_N)$, визначеному наступним чином (операція з секцією):

Порівнюючи аналогічно кожну пару вироджених кубів, отримуємо набір d -кубів елемента. У кожному з них початкова координата і щонайменше одна з вхідних координат - d або d^F . Наприклад, перетин перших двох сингулярних кубів елемента А (рис. 1.4, а) дасть d -куб.

$$G_i = \begin{cases} d_i, \text{ якщо } a_i = 1 \text{ чи } b_i = 0, \\ d^F, \text{ якщо } a_i = 0 \text{ і } b_i = 1, \\ (a_i)(b_i), \text{ в інших випадках} \end{cases}$$

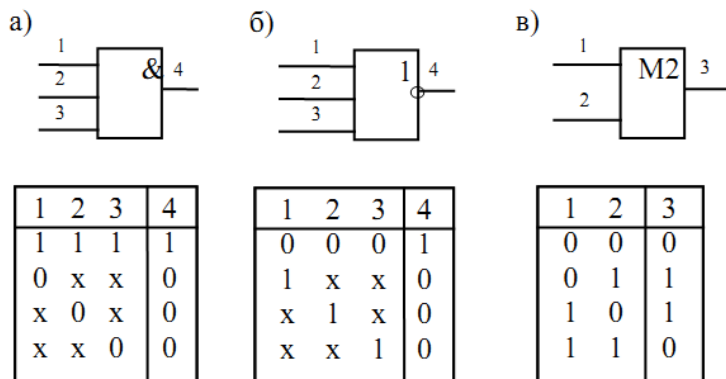


Рисунок 1.4 – Сингулярні куби

Отриманий куб показує, що при фіксації в "єдиницях" другого і третього входів елемента сигнал на його виході визначається значенням на першому вході.

Це робить зручним використання d-кубів для побудови більш сильного шляху в ланцюзі.

d-кубів, отриманих в результаті відрізків сингулярних кубів, є достатніми для вирішення проблеми створення тестового ефекту шляхом активації одного шляху від несправного елемента до виходу ланцюга. Однак у загальному випадку необхідно мати всі можливі d-кубики елементів, які можна отримати, якщо під час розділу буде замінено символи "x" на 0 та 1.

Для елементів на рисунку 1.4 це d-куби:

- а) (1, 1, d, d), (1, d, 1, d), (d, 1, 1, d), (1, d, d, d),
 (d, 1, d, d), (d, d, 1, d), (d, d, d, d), (1, 1, d^F, d^F), (1, d^F, 1, d^F),
 (d^F, 1, 1, d^F), (1, d^F, d^F, d^F), (d^F, 1, d^F, d^F), (d^F, d^F, 1, d^F), (d^F, d^F, d^F, d^F);
- б) (0, 0, d, d^F), (0, d, 0, d^F), (d, 0, 0, d^F), (0, d, d, d^F),
 (d, 0, d, d^F), (d, d, 0, d^F), (d, d, d, d^F), (0, 0, d^F, d), (0, d^F, 0, d),
 (d^F, 0, 0, d), (0, d^F, d^F, d), (d^F, 0, d^F, d), (d^F, d^F, 0, d), (d^F, d^F, d^F, d);
- в) (0, d, d), (1, d, d^F), (d, 0, d), (d, 1, d^F), (0, d^F, d^F),
 (1, d^F, d), (d^F, 0, d^F), (d^F, 1, d).

У d-кубі несправності координати, відповідні входам елемента, мають значення, для якого спостерігається ця несправність (іноді виявляється) на виході елемента. Координата, що відповідає виходу, d, якщо в хорошому стані на виході елемента "1" і дорівнює d^F, якщо в хорошому стані на виході "0". Для однієї несправності може бути кілька d-кубів несправності. Наприклад, "несправність ≡ 0 на лінії 1" елемента M2 (рис. 1.4, в) відповідає двом d-кубів несправності: (10d) і (11d^F).

На таблиці 1.1 показані d-куби несправностей постійного типу елемента А, показані на рисунку 1.4, а:

Таблиця 1.1 – D-куби несправностей константного типу елемента І

Несправність	d-куби несправностей
0 на лінії	1 1 1 d
0 на лінії 2	1 1 1 d
0 на лінії 3	1 1 1 d
0 на лінії 4	1 1 1 d
1 на лінії 1	0 1 1 d ^F
1 на лінії 2	1 0 1 d ^F
1 на лінії 3	1 1 0 d ^F
1 на лінії 4	0 x x d ^F x 0 x d ^F x x 0 d ^F

З таблиці видно, що типи «0» у всіх рядках мають однаковий d-куб несправності, а для несправності «1 по лінії 4» - три різних d-куби.

D-алгоритм передбачає, що тестова дія (набір входів) визначається окремо для кожної несправності. Сукупність отриманих наборів формує тест на весь набір допустимих несправностей. У алгоритмі d можна виділити наступні три основні операції побудови тестового набору для перевірки заданої несправності:

- вибрано d-куб даної несправності;
- активуються можливі шляхи від елемента з обраною несправністю до моніторингу виходу. У цьому випадку використовується робота несправності секції d-куба з d-кубами всіх елементів шляхів від розлому до виходу ланцюга (пряма фаза d-алгоритму);
- виходить розділ d-куба, отриманого у розділі 2, з сингулярними кубами інших елементів для забезпечення умов активації, визначених цим d-кубом (зворотна фаза d-алгоритму).

1.2.3 Побудова тесту за методом булевої похідної

Для ефективного опису схем, за якими побудована комбінація різних вентилів, потрібен спеціальний тип алгебри, в якому всі змінні та функції можуть приймати лише два значення: 0 і 1. Така алгебра називається булевою алгеброю. Він названий на честь англійського математика Джорджа Була (1815-1864). Насправді в даному випадку мова йде про особливий тип булевої алгебри, а саме про алгебру релейних схем, але термін "булева алгебра" дуже часто використовується в значенні "алгебра релейних схем".

Як і у звичайній алгебрі, булева алгебра має свої функції. Булева функція [9, 10, 12] має одну або більше змінних і дає результат, який залежить лише від значень цих змінних. Можна визначити просту функцію f , сказавши, що $f(A) = 1$, якщо $A = 0$, і $f(A) = 0$, якщо $A = 1$. Така функція буде функцією НЕ (рис. 1.7, а).

Булева функція N змінних має 2^N можливих комбінацій змінних значень; така функція може бути повністю описана в таблиці з 2^N рядками. Кожен рядок дасть значення функції для різних комбінацій змінних значень. Таку таблицю називають таблицею правдивості. Розташовуємо рядки таблиці правди у порядку чисел, тобто для двох змінних у порядку 00, 01, 10, 11, тоді функцію можна повністю описати дворозрядним двійковим числом, це виявляється, якщо читати стовпчик результатів у таблиці істинності вертикально. Таким чином, НЕ-І - 1110, НЕ-ИЛИ - 1000, І - 0001 і ИЛИ - 0111. Очевидно, що існує лише 16 булевих функцій двох змінних, що відповідають 16 можливим 4-бітовим ланцюгам. У звичайній алгебрі існує нескінченна кількість функцій двох змінних, і одну з них неможливо описати, подавши таблицю значень цієї функції.

Таблиця істинності булевої функції (рис. 1.6, а) показана на трьох змінних: $M = f(A, B, C)$. Це функція більшості, приймає значення 0, якщо більшість змінних дорівнює 0 і 1, якщо більшість змінних дорівнює 1. Хоча будь-яку булеву функцію можна визначити, використовуючи таблицю істинності, зі збільшенням кількості змінних цього типу запис стає громіздким. Тому замість таблиць істинності часто використовується інший тип запису. Щоб побачити, як реалізується цей інший тип запису, зазначимо, що будь-яку булеву функцію можна визначити, вказавши, які комбінації змінних значень дають значення функції 1. Для функції (рис. 1.6, б) є 4 комбінації змінних, які дають значення функції 1.

Заперечення змінної x позначається \bar{x} . Крім того, використовуємо знак \wedge або \bullet для позначення булевої функції І, а знак \vee - для булевої функції АБО. Наприклад, $A\bar{B}C$ приймає значення 1 лише в тому випадку, якщо $A = 1$, $B = 0$ і $C = 1$. $A\bar{B}\vee B\bar{C}$ приймає значення 1 тільки якщо $(A = 1 \text{ і } B = 0)$ або $(B = 1 \text{ і } C = 0)$. У таблиці на рисунку 1.6, а функція приймає значення 1 у чотири ряди: $\bar{A}BC$, $A\bar{B}C$, $AB\bar{C}$, та ABC . Функція M приймає значення істини (тобто 1), якщо одна з цих чотирьох умов є істинною. Отже, записуємо $M = \bar{A}BC \vee A\bar{B}C \vee AB\bar{C} \vee ABC$.

Це компактний запис таблиці істин. Важливо зрозуміти відмінності між абстрактною булевою функцією та її реалізацією за допомогою електронної схеми. Булева функція складається із змінних, наприклад A , B і C , і операторів І, ИЛИ і НЕ. Булева функція описується за допомогою таблиці істинності або спеціального запису, наприклад, $F = \bar{A}\bar{B}C \vee A\bar{B}\bar{C}$.

Булева функція може бути реалізована за допомогою електронної схеми (часто різними способами), використовуючи сигнали, що представляють вхідні та вихідні змінні та вентиля, наприклад, І, АБО і НЕ.

Як було сказано вище, подання булевої функції як суми максимум 2^N добутків дозволяє реалізувати цю функцію.

На рисунку 1.6 можна побачити, як реалізація функції здійснюється у вигляді суми виробів. Вхідні сигнали A, B і C показані з лівого боку, а функція M, отримана на виході, показана з правого боку. Оскільки потрібні додаткові величини (інверсії) вхідних змінних, вони утворюються при передачі сигналу через інвертори 1, 2 і 3. Щоб зробити зображення зрозумілим, намалюємо 6 вертикальних ліній, 3 з яких пов'язані з вхідними змінними, і 3 інші асоціюються з їх інверсією. Ці лінії забезпечують вхід в клапани.

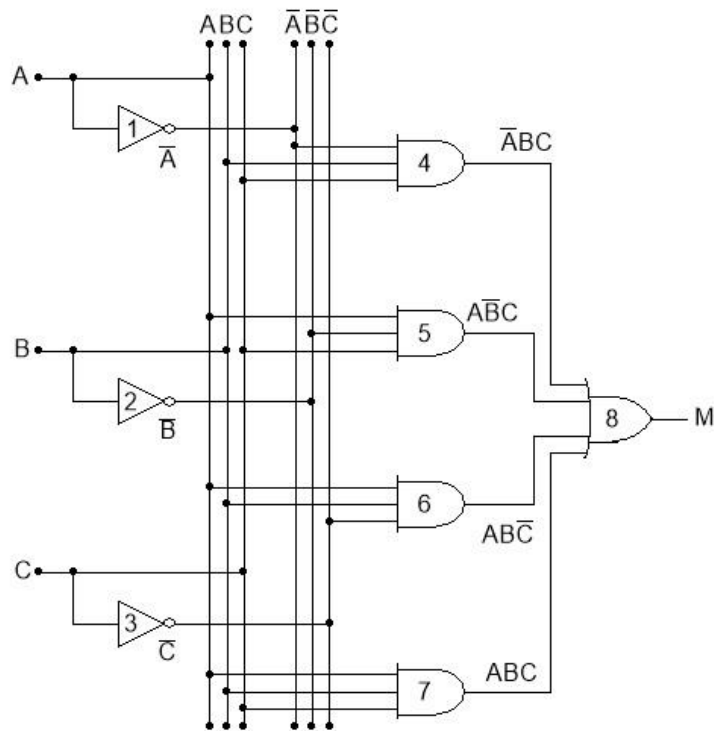


Рисунок 1.6 – Таблиця істинності для функції більшості від трьох змінних (а); схема для цієї функції (б)

Схема містить чотири вентиля "і", по одному для кожного члена в рівнянні для M (тобто по одному для кожного рядка таблиці істинності з результатом 1). Кожен вентиль і обчислює один із зазначених рядків таблиці правдивості. Зрештою, всі дані робіт підсумовуються (мається на увазі операція АБО) для отримання кінцевого результату.

Ми будемо використовувати наступне позначення: якщо дві лінії на малюнку перетинаються, з'єднання мається на увазі лише в тому випадку, якщо вказана жирна точка знаходиться на перетині. Наприклад, вихідний вентиль 3 перетинає всі 6 вертикальних ліній, але він з'єднаний лише з C.

Таким чином, будемо використовувати таку схему реалізації для будь-якої булевої функції:

- створюємо таблицю істинності для заданої функції;
- забезпечимо інвертори для генерації інверсій для кожного вхідного сигналу
- намалюємо вентиль "і" для кожного ряду таблиці істинності з результатом;
- з'єднаємо клапани "і" з відповідними вхідними сигналами;
- вивесемо виходи всіх вентирів "і" на вентиль АБО.

Таким чином, будь-яка булева функція реалізується за допомогою вентилів НЕ, І і АБО. Однак будувати схеми набагато зручніше, використовуючи клапан одного типу. Виявляється, що можна легко перетворити схеми, побудовані за попереднім алгоритмом, у форму НЕ-І, І, НЕ-АБО.

Для того, щоб здійснити таке перетворення, потрібно вказати метод виконання операцій НЕ, І та АБО, використовуючи клапан одного типу. На рисунку 1.7 показано, як це можна зробити, використовуючи лише ворота НЕ-І або лише ворота НЕ-АБО. Щоб реалізувати булеву функцію, використовуючи лише ворота НЕ-І або лише вентилі НЕ-АБО, потрібно дотримуватися описаного вище алгоритму та побудувати схему з вентилями НЕ, І і АБО.

Тоді потрібно замінити багатовхідні клапани на еквівалентні схеми, використовуючи двійкові засувки. Наприклад, $(A \vee B) \vee (C \vee D)$ можна змінити на $(A \vee B) \vee (C \vee D)$ за допомогою трьох двозатворних клапанів. Тоді ворота НЕ, І і АБО замінюються схемами, показаними на рисунку 1.7. Хоча ця процедура не призводить до оптимальних схем з точки зору мінімальної кількості клапанів, це показує, що таке перетворення може бути здійснено. Затвор НЕ-І і НЕ-АБО вважається закінченим, оскільки будь-яку булеву функцію можна обчислити, використовуючи лише НЕ-І або лише НЕ-АБО-вентилі. Жоден інший клапан не має цієї властивості, це є причиною того, що ці два типи клапанів віддають перевагу при побудові схем.

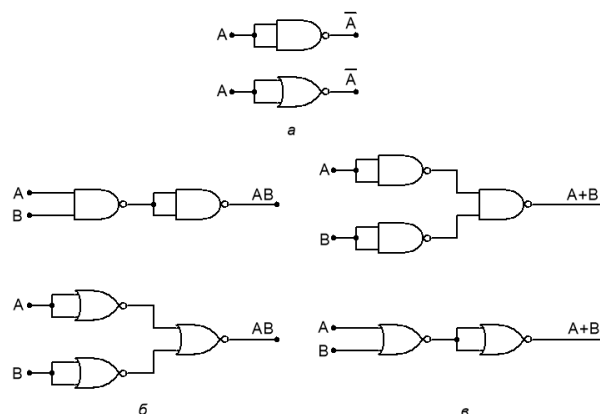


Рисунок 1.7 – Конструювання вентилів НЕ (а), І (б) та АБО (в) з використанням тільки вентилів НЕ-І або тільки вентилів НЕ-АБО

1.2.4 Проблематика діагностики булевих функцій та систем

Розглянемо основні результати у галузі математичної теорії моніторингу здоров'я та усунення несправностей систем управління.

Нехай S - схема функціональних елементів з одним виходом, що реалізує булеву функцію. Елементи схеми S можуть стати несправними, внаслідок чого схема може реалізувати функцію, відмінну від функції f .

Для забезпечення надійної роботи ланцюга S необхідно вирішити проблему контролю стану здоров'я його елементів. Для вирішення цієї проблеми С. В. Яблонський [15, 16] запропонував логічні методи управління, суть яких полягає в тому, що до спеціально підібраних "перевіряючих" наборів значень змінних x_1, x_2, \dots, x_n застосовуються на входах схеми S і на основі початкових значень схеми робиться висновок про її справність та характер несправностей (якщо такі є).

Функція, яка реалізується на виході ланцюга за наявності в ланцюзі несправних елементів, називається функцією несправності. Будь-який набір T вхідних наборів схеми S називається повним перевірочним випробуванням для цієї схеми, якщо будь-яка функція несправності $g(x)$ не однаково дорівнює $f(x)$, тобто є щонайменше один такий набір значень x_1, x_2, \dots, x_n в T , x_n такі, що $f(x_1, x_2, \dots, x_n) \neq g(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Кількість наборів, що складають тест, називається тривалістю тесту. Завжди тривіальним є тест, що містить усі 2^N набори значень змінних булевої функції N змінних.

Але перш за все цікавим і важливим є завдання побудови мінімальних тестів, тобто тестів мінімальної довжини. У найпростішому випадку розв'язання задачі зводиться до перерахування, що N важко зростає. Зауважимо, що довжина мінімального тесту може істотно залежати від типу ланцюга, який реалізує задану функцію.

Нехай $D(T)$ - довжина випробуваного T ; $D(S) = \min D(T)$, де мінімум приймається для всіх повних випробувань T для схеми S ; $D(f, B) = \min D(S)$, де мінімум взято за всі схеми S у заданій основі B , реалізує функцію f ; то його задовольняє формула (1.1):

$$D(n, B) = \max D(f, B), \quad (1.1)$$

де максимум береться за всі булеві функції f з N змінних. Функцію $D(N, B)$ називають функцією Шеннона тривалістю повного тесту фліп для бази B .

Окрім валідаційних тестів, також розглядаються так звані діагностичні тести. Набір T вхідних наборів схеми S називається повним діагностичним випробуванням для цієї схеми, якщо T - повне перевірочне випробування на S , а для будь-яких двох різних функцій

несправностей $g_1(x)$ та $g_2(x)$ у T є такий набір значень x_1, x_2, \dots, x_n таких, що $g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \neq g_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Для тривалості повних діагностичних тестів функція Шеннона $D(N, B)$ також визначається в даній основі B .

В даний час завдання логічного контролю працездатності схем функціональних елементів часто формулюється так: оцінювати зверху і знизу (в ідеалі знайти точні значення) величин $D(f, B)$ і $D(N, B)$ для різних баз B . Цікавими є також оцінки "проміжних" величин $D(K, B) = \max \{D(f, B) : f \in K\}$, де K - певний клас булевих функцій n змінних.

Для спрощення вирішення цих проблем існують такі способи: обмеження типів можливих несправностей та їх кількість; вибір схем певного типу; вибір класу Булевих функцій класу K ; синтез схем, що легко перевіряються.

В даний час існує три основні типи несправностей: постійний, постійний тип одного типу і зворотний. Відмови кожного з цих типів можуть бути передбачені або на входах, або на виходах елементів схеми. Постійна несправність типу α (де α дорівнює 0 або 1) на вході або виході елемента означає, що на цей вхід подається постійна α (відповідно, значення на виході цього елемента завжди дорівнює α). У загальному випадку значення α може бути власним для кожного несправного елемента. У випадку постійних несправностей одного типу значення α однакове для всіх несправних елементів. Зворотна несправність на вході елемента означає, що значення, подане на цей несправний вхід, протилежне значення, подається на робочий вхід; Зворотна несправність на виході означає, що значення на виході несправного елемента протилежне значенню на виході несправного елемента.

Кількість несправних елементів у ланцюзі може бути забезпечена будь-яким або не більше ніж N . В останньому випадку зазвичай вважається $N = 1$, і вони говорять про поодинокі несправності цього типу і, відповідно, довжину одиниці контрольний тест або тривалість одного діагностичного тесту.

При синтезі схем, що легко перевіряються, головна мета - побудувати схему (з довільно великою складністю, без будь-яких обмежень щодо порядку розгалуження виходів тощо) з найменшою можливою тривалістю тесту перевірки.

Засновник математичної теорії тестів С.В. Яблонський та низка його учнів та послідовників переважно розробляли логічні методи керування контактними ланцюгами. Згодом значна увага приділялася схемам функціональних елементів, однак відповідна теорія для мікросхем функціональних елементів ще далеко не повна.

Для одиночних постійних несправностей на виходах елементів Редді довів, що для бази Жегалкіна $B = \{\wedge, \oplus, 1\}$. для будь-якого натурального цілого n функція Шеннона $D(n, B)$ довжини тесту перевірки блоку на постійні несправності на виходах елементів задовольняє нерівності $D(n, B) \leq n + 3$.

Для довільної повної кінцевої бази B у випадку постійних несправностей на виходах елементів Редкін отримав оцінку $D(n, B) \leq 2(2^{\lfloor n/2 \rfloor} + 2^{\lfloor n/2 \rfloor} + n)$ Шеннона функція для тривалості повного перевірконого тесту. Він також отримав асимптотичні оцінки функції Шеннона тривалості повної перевірки постійних несправностей на входах елементів ланцюга на стандартній основі $B = \{\wedge, \vee, \neg\}$. В. Хахулін оцінив тривалість повних перевірконих тестів на постійні несправності на входах елементів для здійснення функції лічильника паритету на довільній основі.

У випадку постійних несправностей одного типу, верхні оцінки для функцій Шеннона знайшли Н.П. Редкін: для будь-якого натурального цілого n функція Шеннона $D(n, B_0)$ довжини повного перевірконого випробування для однотипних постійних несправностей на виходах елементів задовольняє нерівності $D(n, B_0) < n$.

Крім того, для стандартної бази B_0 Н.П. Редкін отримав оцінки тривалості випробувань у випадку однотипних постійних несправностей на входах елементів, а також тривалості одиничних діагностичних тестів для одного типу постійної несправності на входах або виходах елементів.

Для зворотних несправностей на виходах елементів для оцінки функцій Шеннона довжин різних тестів, Н.П. Редкіним і С.В.Коваценко.

У серії праць В.Н. Носков запропонував кілька інших методів логічного керування схемами функціональних елементів (і більш загальних логічних пристроїв).

1.3 Постановка наукової задачі та обґрунтування методики досліджень

Результати проведеного аналізу моделей й методів діагностики цифрових пристроїв, показали, що існує багато методів для діагностики та побудови таблиць несправності, але різні методи мають свої недоліки.

У відомій літературі Хаханов В.И., Литвинов Е.И., Гузь О.А. – «Проектирование & Тестирование цифровых систем на кристаллах» задачі, пов'язані з моделюванням сумісних методів не розглядалися. Не розв'язувалися також задачі з рішенням і удосконаленням недоліків методів, які наводяться.

1.4 Висновки до розділу 1

У першому розділі представлені результати наукових досліджень, спрямованих на вирішення комплексної науково-технічної задачі підвищення ефективності процедур псевдовипадкового тестування цифрових пристроїв, вузлів, блоків і систем.

За результатами порівняльного аналізу було виявлено, що використання відомих методів псевдовипадкового тестування складних цифрових об'єктів, у тому числі тестопридатних, супроводжується значною довжиною тестових послідовностей, а також вимагає детального аналізу топології вихідної структури.

2 МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТОЇВ

2.1 Види відмов цифрових пристроїв ІВК

Вимірювально-обчислювальні комплекси можуть складатися з датчиків і вимірювальних систем аналогового типу, так і різних цифрових пристроїв, це можуть бути прості логічні схеми, пристрої пам'яті, мікропроцесори, інтерфейси різного типу та інші пристрої. Математичною моделлю цифрового пристрою (функціонального вузла) є кінцевий автомат, який описується наступними параметрами (2.1):

$$Q = [X, Y, S, D, L, A], \quad (2.1)$$

де:

X, Y - безлічі вхідних і вихідних сигналів;

S - безліч внутрішніх станів;

$D [A(T), X(T)]$ - функція переходів, що показує стан $A(T + 1)$, в яке переходить автомат зі стану $A(T)$ під впливом вхідного сигналу $X(T)$;

$L [A(T), X(T)]$ - функція виходів, що визначає вихід $Y(T + 1)$ станом $A(T)$ і входу $X(T)$ в момент часу T ;

A - початковий стан.

Несправності або відмови апаратної частини і програмного забезпечення можуть проявлятися на різних етапах їх функціонування. Це можуть бути налагодження - процес пошуку несправності у виробі або програмою на етапі відпрацювання макетного зразка виробу або програми, налагодження - процес пошуку несправностей в виробі під час підготовки, до здачі, після складання на заводі-виробнику і контроль - процес пошуку несправності у виробі на етапі його експлуатації. На кожному з розглянутих етапів несправності носять специфічний для даного етапу характер. Налагодження пов'язана в основному з виявленням і усуненням помилок розробника, налагодження - з технологічними дефектами, контроль з відмовами, викликаними неправильним використанням пристрою так і помилками, допущеними на попередніх етапах. У загальному випадку несправності, які не були виявлені на попередньому етапі, можуть проникати на наступний етап існування пристрою.

Час існування несправності можна виразити як показано у формулі (2.2) :

$$T_c = T_{об} + T_{л} \quad (2.2)$$

де $T_{об}$ - час, необхідний для виявлення відмови, $T_{л}$ - час, необхідний для його усунення.

Під відмовою будемо розуміти порушення справного стану об'єкта, тривалість існування перевищує час, необхідний на виявлення та локалізацію відмови (2.3) :

$$T_c^{від} \geq T_{об} + T_{л}, \quad (2.3)$$

Відмови, час існування яких менше часу, необхідного на виявлення та локалізацію несправності, називаються збоями (2.4) :

$$T_c^{зб} < T_{об} + T_{л}, \quad (2.4)$$

Збої відносяться до найбільш важкого випадку, що виражається видам несправностей. Збої логічно поділити на два види: одноразові збої, які після відновлення працездатності більше не виникають, і багаторазові збої, які виникають з деяким часовим інтервалом. Причина виникнення одноразових збоїв, як правило випадкова, наприклад: попадання в ІС елементарної частинки, яка викликала її помилкове спрацювання або зміна логічного стану; виникнення досить потужною разової електричної перешкоди і т.д. Пошук місця виникнення такої несправності неможливий, та й не потрібен, а програмне забезпечення системи контролю повинно мати можливість відновлення працездатності шкоди для об'єкта контролю [18].

Багаторазові збої викликаються самими різними причинами: неякісна пайка виводів, робота пристроїв, що створюють сильні електромагнітні поля. Період виникнення збоїв може бути різним. В цьому випадку при багаторазових збоях, необхідно провокувати виріб на виникнення відмови шляхом зміни зовнішніх умов: напруги живлення, температури, вібрації і управління. Відмови апаратної частини цифрових пристроїв можуть бути наступними: коротке замикання, обрив провідника, вихід на нерозраховані режими, несправності пов'язані з запізненням сигналу або синхронізацією. Необхідно відзначити, що крім вбудованих засобів контролю, можуть використовуватися зовнішні пристрої для апаратного контролю і діагностики, по методам стимуляції вони поділяються на:

- функціональні тестери, які здійснюють стимуляцію цифрового пристрою, який перевіряється і оцінки його реалізації через роз'єм плати;
- пристрій поелементного контролю, які здійснюють контроль кожної мікросхеми;
- тестери, здійснюють тільки реєстрацію результатів.

Логічні аналізатори, сигнатурні сигналізатори, реєстратори перехідних станів, логічні зонди і т.ін. Ці прилади знімають послідовні реакції з контактів пристрою, що перевіряється, а аналіз реакції найчастіше здійснює людина, що здійснює пошук несправності [17].

2.2 Методи і засоби контролю та діагностики цифрових пристроїв ІВК

Для контролю і діагностики цифрових пристроїв застосовуються дві основні групи методів: тестові і функціональні. Для їх реалізації використовуються апаратні і програмні засоби. При тестовому контролі здійснюють подачу спеціальних впливів (тестів), зняття і аналіз реакцій контрольованої системи (пристрої, вузла) в той час, коли вона, як правило, не працює за своїм прямим призначенням. Цим і визначається область застосування цього виду контролю: в процесі налагодження систем, під час регламенту, для автономної перевірки систем перед початком штатного функціонування.

Функціональний контроль призначений для контролю і діагностування системи в процесі її роботи. Однак якщо, засоби функціонального контролю є в системі, то вони, як правило, використовуються і при тестовому контролі. Засоби функціонального контролю забезпечують:

- виявлення несправності в момент її першого прояву в контрольній точці, що особливо важливо в разі, коли дію несправності треба швидко блокувати;
- видачу інформації, необхідної для управління роботою системи при наявності несправності, зокрема, для зміни (реконфігурації) структури системи;
- скорочення часу пошуку несправності.

При використанні апаратних засобів функціонального контролю до вузла або пристрою вводиться додаткова апаратура, котра функціонує одночасно з усією апаратурою. Сигнали, що виникають в процесі роботи основної та контрольної апаратури, складається за певними правилами. В результаті такої побудови здобувається інформація про правильність функціонування контрольованого вузла (пристрою). В якості надлишкової апаратури в найпростішому випадку використовується копія вузла який перевіряється, а також і найпростіше останнє співвідношення у вигляді порівняння двох однакових наборів кодів. У загальному випадку використовуються найбільш простий контрольний пристрій, але це ускладнює способи отримання контрольних співвідношень.

Для контролю функціонування основного і контрольного пристроїв застосовують методи зіставлення: вхідних і вихідних слів, внутрішніх станів і переходів.

Першим методом відповідає дублювання, мажоритарна функція, а також контроль за забороненими кодовими комбінаціями. До нього відносяться також методи надлишкового кодування. Надмірне кодування ґрунтується на введенні до вхідної, оброблюваної і вихідної інформації додаткових символів, які разом з основними утворюють коди, що володіють властивостями виявлення (виправлення) помилок. Другий метод використовують переважно для контролю керуючих цифрових пристроїв.

Для контролю набули поширення такі типи кодів: код з перевіркою на парність, код Гемінга, ітеративні коди, рівноважний код, коди в залишках, циклічні коди.

2.2.1 Код з перевіркою парності (непарності)

Код з перевіркою парності (непарності) утворюється шляхом додавання до групи інформаційних розрядів, що представляють собою простий (не надмірна) код, одного надлишкового (контрольного) розряду. При використанні контролю по парності контрольна цифра парності дорівнює «0», якщо число одиниць в коді парне, і «1», якщо число одиниць непарне. Надалі при передачі, зберіганні та обробці слово передається зі своїм розрядом. Якщо при передачі інформації приймаючий пристрій виявляє, що значення контрольного розряду не відповідає парності кінцевої суми одиниць слова, то це означає наявність помилки в пристрої. Код з перевіркою парності має невелику надмірність і не вимагає істотних витрат в обладнанні для реалізації контролю. Цей код використовується для контролю передачі інформації між регістрами, зчитування інформації з пам'яті і обміну між пристроями.

2.2.2 Коригувальний код Гемінга

Коригувальний код Гемінга відноситься до категорії нероздільних кодів. Якщо в блокових кодах всі контрольні символи розміщуються або на початку, або в кінці кодової комбінації, то в коді Гемінга контрольні розряди розташовуються серед інформаційних розрядів на певних місцях. У своїй простій реалізації цей код дозволяє вказати місце розташування одноразової помилки і виправити її. При цьому двійкове подання коду помилки відповідає в десятковій системі числення номеру розряду, в якому знайдена помилка. Отже, легше формалізувати процес коригування помилок, а також немає необхідності в складанні таблиці кодів-розпізнавальних розташування помилок і зберіганні її на приймальній стороні.

Мінімальні значення k при заданих значеннях m , знайдені відповідно з цією нерівністю, наведені в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Мінімальні значення k , для різних діапазонів m

Діапазон m	k_{\min}
1	2
2-4	3
5-11	4
12-26	5
27-57	6

Також зараз найбільший інтерес представляють виконавчі блокові коригувальні коди. При використанні коригувальних кодів, інформація передається у вигляді блоків однакової довжини. Кожен блок кодується і декодується незалежно один від одного. Майже у всіх блокових кодах, символи класифікуються на інформаційні та перевірочні. Таким чином, всі комбінації кодів діляться на дозволені і заборонені.

2.2.3 Ітеративні коди

Ітеративні коди застосовують при контролі передач масивів коду між зовнішнім ЗУ і процесором, між двома процесорами і в інших випадках. Ці коди характеризуються наявністю двох або більше систем перевірок всередині кожної кодової комбінації. Принцип побудови ітеративного коду розглянемо на прикладі.

Спочатку інформаційні символи кодової комбінації записуються у вигляді таблиці (табл.2.2), яка може мати наступний вигляд:

Таблиця 2.2 – Кодова комбінація

1	1	0	1	1
0	1	0	1	0
1	1	1	0	0
0	0	1	0	1
1	0	1	0	1

Потім до кожного рядка таблиці і до кожному колонку дописується перевірочні символи відповідно до якого-небудь кодом, наприклад таким кодом може виступати код з перевіркою на парність, як можна побачити у таблиці 2.3:

Таблиця 2.3 – Кодова комбінація з перевірочним символом

1	1	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	1
1	1	1	0	1	0

Отримана комбінація є кодова комбінація найпростішого двовимірного ітеративного коду, перевірочні розряди якого зосереджені в нижньому рядку і правій колонці. Кожен розряд цього коду входить в комбінацію двох ітеративних кодів - кодів з перевіркою на парність.

Він дозволяє виявити багаторазові помилки і простий в реалізації.

2.2.4 Кореляційні коди

Різновидом коду з повторенням є кореляційний код або код з подвоєнням елементів, який характеризує введенням додаткових символів для кожного розряду інформаційної частини. Якщо в розряді інформаційної частини варто 0, то в кореляційному коді цей розряд записується символами 01, якщо 1 - символами 10. Наприклад, комбінація 10101 буде представлена у вигляді 100110011010. Показник спотворення коду - поява в "парних" елементах поєднання виду 00 або 11.

Характеристики кореляційного коду повністю збігаються з характеристиками коду з простим повторенням. Різниця в завадостійкості кодованих сигналів виявляється лише для несиметричних каналів, у якій ймовірності переходів $0 \rightarrow 1$ і $1 \rightarrow 0$ різні, а також для каналів, що мають різні ймовірності спотворення сусідніх символів у порівнянні з іншими можливими спотвореннями.

2.2.5 Код з простим повторенням

Код з простим повторенням (контроль за випадковим збігом) заснований на повторенні вихідної кодової комбінації, декодування відбувається шляхом порівняння першої (інформаційної) і другої (перевірочної) частин коду. При розбіжності цих частин прийнята комбінація вважається помилковою.

2.2.6 Рівноважні коди

У цього коду всі кодові слова мають постійне число одиниць. Тому його називають кодом « m з n », тому що кожне слово має m одиниць з n - розрядів. Число m називають вагою коду. Даний код відноситься до класу блокових нероздільних кодів. Мінімальна кодова відстань $d_{\min} = 4$. Параметри коду приведені у формулі (2.5):

$$S = C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!} \quad R = \frac{n}{\lceil \log_2 C_n^m \rceil} \quad (2.5)$$

Розглянемо, наприклад, код «2 з 4». Ємність цього коду $S = C_4^2 = 6$, тобто є шість дозволених кодових комбінацій, які приведені на рисунку 2.1:

1	2	3	4
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Рисунок 2.1 – Кодові комбінації

При прийомі декодер підраховує число одиниць i , якщо воно дорівнює m (в даному випадку $m = 2$), то повідомлення приймається. Код виявляє помилки, що порушують вагу (рис.2.2). Це все поодинокі помилки:

0	0	1	1
		↓	
0	0	1	0

Рисунок 2.2 – Виявлення помилки

Помилки непарної кратності і деякі помилки парної кратності (рис. 2.3)

0	0	1	1	0	0	1	1
		↓	↓			↓	↓
0	0	0	0	1	0	1	0
виявляються				не виявляються			

Рисунок 2.3 – Виявлення помилки парної кратності

Чи не виявляються помилки парної кратності, у яких кількість зміни виду $0 \rightarrow 1$ дорівнює числу спотворень виду $1 \rightarrow 0$.

У коді «2 з 4» виявляються 66,7% всіх помилок. Виявляє здатність рівноважного коду вище, ніж у коду з перевіркою парності, оскільки перший виявляє той же клас помилок (всі помилки непарної кратності) і додаткове безліч помилок парної кратності.

2.2.7 Контроль за забороненими комбінаціями

Контроль за забороненими комбінаціями, в мікропроцесорних пристроях використовуються спеціальні схеми, які виявляють появу заборонених комбінацій, наприклад, звернення за неіснуючою адресою, звернення до неіснуючого пристрою, неправильний вибір адреси.

2.2.8 Циклічні коди

Циклічні коди застосовують в засобах послідовної передачею двійкових символів, що складають слово. Типовим прикладом таких засобів є канал зв'язку, по якому здійснюється передача дискретних даних. Особливість циклічних кодів, що визначають їх назву, складається в тому, що якщо N-значна кодова комбінація належить даному коду, то і комбінація, отримана циклічної перестановкою знаків, також належить цим кодом. Основним елементом кодує і декодує апаратури при роботі з такими кодами служить зсувний регістр зі зворотним зв'язком, що володіє необхідними циклічними властивостями. Циклічний код N-значного числа, як і всякий систематичний код, складається з інформаційних знаків і контрольних, причому останні завжди займають молодші розряди. Так як послідовна передача виробляється, починаючи зі старшого розряду, контрольні знаки передаються в кінці коду.

2.2.9 Програмні засоби функціонального контролю

Програмні засоби функціонального контролю використовується для підвищення достовірності функціонування окремих пристроїв, систем і мереж в тому випадку, коли ефективність апаратних засобів виявлення помилок виявляється недостатньою. Програмні методи функціонального діагностування засновані на встановленні певних співвідношень між об'єктами, які беруть участь у ході роботи для забезпечення виявлення помилок. Як об'єкти можуть виступати окремі команди, алгоритми, програмні модулі, комплекси програм (функціональних і службових).

Контрольні співвідношення встановлюються на системному, алгоритмічному, програмному і мікропрограмному рівнях.

В основі формування контрольних станів лежать два принципи:

- реалізація програмними засобами різного рівня методів функціонального діагностування на основі теорії кодування, тобто використовується інформаційна надмірність;
- складання спеціальних співвідношень за різними правилами на основі використання тимчасової надмірності (подвійний і многократний рахунок, порівняння із заздалегідь розрахованими межами, усічення алгоритму та ін.) Шляхом перетворення обчислювального процесу.

Обидва принципи використовуються для діагностування всіх основних операцій, виконуваних процесорними засобами - операцій введення - виведення, зберігання і передачі інформації, логічних і арифметичних.

Перевагою програмних засобів функціонального контролю є гнучкість і можливість використання будь-якого поєднання для оперативного виявлення помилок. Вони грають важливу роль в забезпеченні необхідного рівня достовірності обробки інформації. Для своєї реалізації вони вимагають додаткових витрат машинного часу і пам'яті, додаткових операцій з програмування та підготовці контрольних даних.

2.2.10 Контроль методом подвійного

Полягає в тому, що рішення всієї задачі в цілому або окремих її частин виконується 2 або більше разів. Результати порівнюються і їх збіг вважається ознакою вірності. Використовуються більш складні правила порівняння, наприклад мажоритарна функція, коли за правильний приймається результат, який відповідає більшій кількості правильних результатів.

Реалізація подвійного або багаторазового рахунку полягає в тому, що визначаються контрольні точки, в яких буде проходити порівняння, і виділяються спеціальні обсяги пам'яті для зберігання результатів проміжних і остаточних розрахунків, застосовуються команди порівняння і умовного переходу на продовження обчислення (при збігу результатів) або на чергове повторення (при розбіжності результатів).

Програмна реалізація подвійного розрахунку виконується на різних рівнях із застосуванням будь-яких мов програмування. Застосовують також різновид подвійного рахунку, коли програми пишуться на різних мовах програмування з подальшим порівнянням в ході обчислювального процесу. Подвійний рахунок реалізується також за допомогою різних машин. При цьому програма вважається на кожній машині окремо, а результати потім порівнюються.

2.2.11 Контроль за методом усіченого алгоритму

Контроль за методом усіченого алгоритму, на основі аналізу алгоритмів, які виконуються процесором, будується так званий усічений алгоритм. Завдання вирішується як за повним алгоритму, що забезпечує необхідну точність, так і по усіченому алгоритму, який дозволяв швидко отримати рішення, хоча і з меншою точністю. Потім проводиться порівняння точного і наближеного результатів. Прикладом усіченого алгоритму є зміна кроку рішення (збільшення) при вирішенні диференціальних рівнянь.

2.2.12 Спосіб підстановки

Спосіб підстановки. При вирішенні систем рівнянь, в тому числі нелінійних і трансцендентних, передбачається підстановка в вихідні рівняння знайдених значень. Після цього проводиться зрівняння правих і лівих частин рівняння з метою визначення нев'язок. Якщо нев'язки не виходять із заданих меж, рішення вважається правильним. Час, витрачений на такий контроль, завжди менше, ніж на повторне рішення. Крім того, таким способом виявляйте не тільки випадкові, а й систематичні помилки, які подвійним рахунком часто пропускаються.

2.2.13 Метод перевірки граничних значень

Граничними умовами називаються ті ситуації, які виникають безпосередньо на, вище або нижче меж вхідних і вихідних класів еквівалентності.

Аналіз граничних значень відрізняється від еквівалентного роздроблення в двох моментах:

- вибір будь-якого елемента в класі еквівалентності в якості представницького при аналізі граничних значень відбувається таким чином, щоб можна було перевірити тестом кожний кордон цього класу;
- при розробці тестів, розглядають не тільки вхідні умови, але і вихідні класи еквівалентності.

Метод аналізу граничних значень вимагає нестандартного підходу і спеціалізації.

2.2.14 Перевірка за допомогою додаткових зв'язків

У деяких випадках вдається використовувати для контролю додаткові зв'язку (які не використовуються при основному ВП) між шуканими величинами. Типовим прикладом таких зв'язків є відомі тригонометричні співвідношення, наприклад $\sin^2 a + \cos^2 a = 1$; $\sin a / \cos a = \operatorname{tga}$ та інше. Ці співвідношення перевіряються з точністю до епсилон, де епсилон - спеціально визначається для даного завдання допустима похибка обчислень.

Реалізація полягає у виконанні, наприклад, нерівності (2.6):

$$|1 - \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha| - \epsilon < 0, \quad (\epsilon > 0) \quad (2.6)$$

Можливе використання кореляційних зв'язків для задач обробки випадкових процесів, статистичної обробки.

Різновидом цього підходу є так звані балансові методи (в основному для обробки економічної інформації, в бухгалтерському обліку). Їх суть в тому, що окремі групи даних задовольняють певним співвідношенням, наприклад сума зарплати всіх робітників повинна дорівнювати виділеного фонду і т.д.

Метод дозволяє виявляти збійні і відказні помилки.

2.2.15 Метод надлишкових змінних

Метод надлишкових змінних полягає у введенні додаткових змінних, які або пов'язані відомими співвідношеннями з основними змінними, або значення цих змінних при певних умовах відомі заздалегідь.

Контроль методом зворотного рахунку, при цьому з отриманого результату (значенням функції) знаходять вихідні дані (аргументи) і порівнюють їх зі спочатку заданими вихідними даними. Якщо вони співпадають (із заданою точністю), то отриманий результат вважається вірним. Для зворотного рахунку часто використовують зворотні функції. Застосування цього методу доцільно в тих випадках, коли реалізація зворотних функцій вимагає незначного числа команд, витрат машинного часу і пам'яті.

2.2.16 Метод контрольного підсумовування

Це простий спосіб знаходження деяких з можливих помилок. Зазвичай використовується половина можливих кодових комбінацій, а саме ті, які мають парну кількість одиниць (або нулів). Як тільки виявиться помилка при тестуванні, то вона неминуче призведе до порушення парності, і це буде помітно на виході каналу. Тому триразові та п'ятиразові і взагалі помилки непарної кратності ведуть до порушення парності, які можна виявити цим методом.

Практична техніка кодування методом контролю парності наступна. З послідовності символів, що підлягає передачі через канал, вибирається черговий блок з $k-1$ символів, званих інформаційними, і до нього додається k -й символ, званий контрольним. Для здійснення контролю проводиться підсумовування всіх слів масиву і порозрядне порівняння з еталонним словом. Наприклад, при передачі даних по каналу зв'язку все закодовані слова, числа і символи переданої групи записів підсумовуються на вході для отримання контрольних сум. Контрольна сума записується і передається разом з даними.

2.2.17 Контроль методом рахунку запису

Контроль методом рахунку запису. Записом називають точно встановлений набір даних, що характеризує певний об'єкт або процес. Можна заздалегідь зробити підрахунок кількості записів, що містяться в окремих масивах. Це число записується в пам'ять. При обробці відповідного масиву даних лише великі червоні літери періодично перевіряється з метою виявлення втрачених або необроблених даних.

Контроль формату (макета) документа є окремим випадком методу рахунку записів. При цьому проводиться контроль кількості слів в даному документі. Якщо кількість слів не зафіксовано, то контролюється кількість вхідних в нього груп слів. Володіє високою ймовірністю виявлення помилок.

2.2.18 Контроль за часом вирішення завдань

Контроль за часом вирішення завдань і періодичністю видаваних результатів, є одним з принципів визначення правильності ходу обчислювального процесу. Надмірне збільшення тривалості рішення свідчить про "зациклення" програми. Цій же меті служать так звані маркерні імпульси (або мітки часу) застосовуються в системах реального часу. Маркерні імпульси використовують для запобігання того, що внаслідок помилки в послідовності команд процесор зупиниться або буде робити неправильні цикли обчислення. Вони використовуються як для всього алгоритму, так і для окремих ділянок.

Реалізація цих способів полягає у визначенні найдовшого маршруту слідування команд з урахуванням переривань іншими програмами. У складі процесора використовують програмний лічильник часу, на якому встановлюють гранично допустимий час реалізації програми. При досягненні нульового значення в лічильнику виробляється сигнал перевищення допустимого контрольного часу, який забезпечує переривання програми. Контроль послідовності виконання команд і програмних модулів здійснюється двома способами. Програма розбивається на ділянки, і для кожної ділянки обчислюється згортка (шляхом рахунку числа операторів, методом сигнатурного аналізу, використання кодів). Потім знімається траса проходження програми і для неї обчислюється згортка і порівнюється із заздалегідь розрахованою. Інший спосіб полягає в тому, що кожній ділянці присвоюється певна кодове слово (ключ ділянки). Цей ключ записується в вибрану комірку ОЗП перед початком виконання ділянки, одна з останніх команд ділянки перевіряє наявність "свого" ключа. Якщо кодове слово не відповідає ділянці, то є помилка. Вузли розгалужуються програм перевіряються повторним рахунком, а вибір тільки однієї гілки - за допомогою

ключів. Контроль циклічних ділянок програми полягає в перевірці числа повторень циклу, за рахунок організації додаткового програмного лічильника.

При тестовому контролі перевірку вузлів, пристроїв і системи в цілому здійснюють за допомогою спеціального обладнання - генератор тестового впливу і аналізаторів вихідних реакцій. Необхідність в додатковому обладнанні і тимчасові витрати (неможливість штатного (функціонування під час проведення тесті обмежує використання тестових методів).

2.2.19 Тестування зі штатною програмою

Тестування зі штатною програмою, функціональна схема організації такого тестування включає генератор тестів, що містить набір, заздалегідь підготовлених статистичних тестів і аналізатор, який працює за принципом порівняння вихідній реакції з еталонною, отриманою також заздалегідь спеціальними засобами підготовки тестів.

2.2.20 Імовірнісне тестування

При імовірнісному тестуванні в якості генератора тестів використовується генератор псевдовипадкових впливів, реалізований, наприклад, зсувними регістром із зворотними зв'язками. Аналізатор обробляє вихідні реакції за певними правилами (визначає математичне створення числа сигналів) і порівнює отримані значення з еталонними. Еталонні значення розраховуються або отримують на попередньо налагодженому і перевіреному пристрої.

2.2.21 Контактне тестування

Контактна тестування (порівняння з еталоном) полягає в тому, що спосіб стимуляції може бути будь-який (програмний, від генератора псевдовипадкових впливів), а еталонні реакції утворюються в процесі тестування за допомогою дублюючого устрою (стандарту). Аналізатор виробляє порівняння вихідній і еталонної реакції.

2.2.22 Синдромне тестування

Синдромом (контрольною сумою) якоїсь булевої функції n змінних є співвідношення, яке приведене у формулі (2.7):

$$S = R5 / 2n, \quad (2.7)$$

Де $R5$ дорівнює кількості одиничних значень функції згідно з таблицею істинності для $l=2n$. Визначення поняття синдрому однозначно припускає використання генератора счетчикових послідовностей для формування всіляких двійкових комбінацій з n вхідних змінних при тестуванні схеми, що реалізує задану функцію. Подальшим розвитком синдромного тестування є спектральний метод оцінки вихідних реакцій цифрових схем і кореляційний метод.

2.2.23 Сигнатурне тестування

Сигнатурний аналіз - зіставлення реальної сигнатури (в конкретній точці пристрої), відображеної на дисплеї сигнатурного аналізатора, з еталонною сигнатурою цієї точки (зазначеної на схемі або в таблиці).

Подібно логічним аналізатора, сигнатурні аналізатори реєструють потоки цифрової двійкової інформації. Але на відміну від логічних аналізаторів, які тільки наочно представляють інформаційні канали, сигнатурні аналізатори обробляють «довгі» потоки двійкової інформації, «стискаючи» їх з високою вірогідністю. Отримувані «короткі» (зазвичай складаються з чотирьох шістнадцятирічних чисел) формати \sim кодові еталони - іменуються сигнатурами. Зміст сигнатур носить формальний характер, і наявність певної сигнатури в деякій точці схеми свідчить про конкретний розподіл бітів інформації в потоці даних, що реєструється протягом заданого інтервалу часу.

Таким чином, сигнатурний аналіз заснований на перетворенні довгих послідовностей двійкових сигналів в двійкове число, яке називається - сигнатурою. Вимірювані виконавчі послідовності збуджуються в контрольних точках МПС під дією спеціальної тестової програми. Сигнатури контрольних точок вимірюються на свідомо працездатній системі і вказуються на принципових схемах МПС подібно до того, як на схемах аналогових пристроїв вказуються осцилограми і деякі параметри аналогових сигналів. Приклад фрагмента схеми МПС із зазначеними на ній сигнатурами наведено на рисунку 2.4.

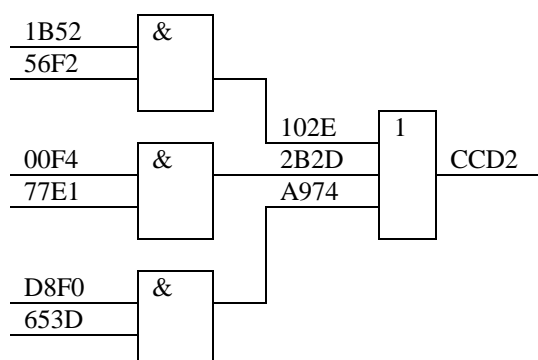


Рисунок 2.4 – Фрагмент схеми МПС із зазначеними на ній сигнатурами

При пошуку несправності в МПС оператору досить встановити режим виконання тестової програми, і потім, простежуючи сигнатури в контрольних точках схеми від виходів до входів, знайти елемент, у якого входні сигнатури вірні, а вихідна немає. У цьому елементі або його вихідний ланцюга і укладена несправність.

Для зручності двійкова сигнатура представляється, як правило, у вигляді декількох шістнадцяткових цифр за допомогою семисегментного індикатора.

2.3 Вплив пружних властивостей на об'єкт контролю

Відомо, що вплив пружних властивостей конструкції несприятливо позначається на якості управління літального апарату (ЛА), на точності вимірювання параметрів його руху в ІВК, а також і ефективності його використання. Встановлені на ЛА датчики і вимірювальні системи сприймають не тільки його рух в просторі як твердого тіла, а й руху пов'язаним з пружними зсувами місць кріплення датчиків. Це викликає істотні похибки в роботі ІВК, а також призводить до ухвалення не достовірних рішень про стан об'єкта контролю і діагностики. Звідси випливає, що для виключення шкідливого впливу пружних деформацій на систему управління необхідно, щоб в вихідних сигналах вимірювальних датчиків були відсутні складові пружних деформацій. Для цього використовують різні методи нейтралізації пружних деформацій і різні методи управління ЛА.

В якості моделей, що використовуються для опису ЛА, як об'єктів контролю і діагностики, вживають рівняння з розподіленими параметрами, але дані моделі не завжди зручні для використання в задачах контролю. Тому застосовують різні методи дискретизації: метод кінцевих елементів, метод розкладання в ряд по власних формам, який іноді називають модельним аналізом. Результатом цих перетворень є отримання системи звичайних диференціальних рівнянь. Власні частоти і форми деяких тонів коливань, отримані на основі цих методів дискретизації, можуть містити помилки, що може привести до погіршення достовірності контролю і діагностики. У процесі польоту параметри пружних коливань: власні частоти, амплітуди, форми і коефіцієнти демпфірування також можуть змінюватися внаслідок зміни маси ЛА, його конфігурації.

Пропонується використовувати методи прогнозування дрейфу параметрів пружних коливань. В умовах обмеженості та неточності апріорних даних пропонується використовувати метод прогнозування, заснований на ідеї екстремального (гарантованого) або мінімаксного оцінювання. Можливо опис процесу зміни параметрів у вигляді ортогональних канонічних розкладів, при цьому будь-який випадковий процес може бути описаний у вигляді ряду, що

складається з комбінації не випадкових функцій і деяких некорельованих випадкових величинах, наприклад, формула (2.8):

$$Y(t) = m_y(t) + V_j * f_j(t), \quad (2.8)$$

де $m_y(t)$ - детермінована функція, що представляє собою математичне сподівання випадкового процесу $Y(t)$; V_j - некорельовані випадкові величини, математичні очікування яких дорівнюють нулю; $f_j(t)$ - не випадкові функції часу, звані координатними. Серед вистав випадкового процесу виду найбільшого поширення набули канонічні розкладання В. С. Пугачова і Карунена-Лоева. Основна різниця між ними полягає у вимогах пропонованих до точності відтворення процесу будь-яким заданим числом членів N суми. Розкладання Карунена-Лоева забезпечує мінімум середнього квадрата помилки усередненої на інтервалі спостереження, а розкладання Пугачова - мінімум середньоквадратичної помилки в кожній точці цього інтервалу. Для опису випадкових процесів зміни параметрів в експлуатації використовують марковські випадкові процеси.

Вибір моделі процесу дрейфу параметрів визначає і математичний апарат, застосований для прогнозування, складність і точність розрахунків. Процедура прогнозування технічного стану полягає у формуванні за даними контролю і апріорної інформації деякого апостеріорного випадкового процесу і подальшої оцінки його характеристик. Мета прогнозування може полягати в прямому прогнозуванні, суть якого полягає у визначенні стану об'єкта прогнозування або сукупності об'єктів в попередженні момент часу, що є правою кордоном заданого інтервалу попередження. Під інтервалом попередження розуміється проміжок часу, на який розробляється прогноз. Сутність зворотного прогнозування полягає у визначенні можливого часу працездатності об'єкта або групи об'єктів. При цьому відмінність зворотного прогнозування від прямого полягає в тому, що при прямому прогнозуванні необхідно визначати значення прогнозованого параметра в заданий момент часу, а при зворотному майбутній момент часу, в який параметр досягне межі допуску. Зворотне прогнозування ще називають прогнозуванням надійності. Рішення задачі прогнозування технічного стану можна розглядати в двох аспектах: прогноз $Y(t)$ в умовах повної апріорної визначеності; прогноз $Y(t)$ при обмеженості вихідних даних.

Стосовно до моделі $Y(t)$ повної апріорної визначеності відповідає, коли відомі закон розподілу випадкових коефіцієнтів a_i, j і детермінований базис $[\Phi(t)] m_j = 0$, а похибка контролю $e(t)$ описана, наприклад, як випадковий процес типу "білого шуму" з відомою дисперсією. Обмеженість апріорних відомостей найчастіше характеризується відсутністю повного статичного опису $Y(t)$ і $e(t)$. Основу алгоритмів розв'язання задачі прогнозування

технічного стану при повній визначеності вихідних даних складають класичні методи математичної статистики (метод найменших квадратів, максимального правдоподібності). Частиною таких алгоритмів є оптимальний фільтри, серед таких фільтрів найбільш універсальним є фільтр Калмана-Бьюси. Завдяки рекуррентній формі уявлення, цей фільтр легко реалізується на ПЕОМ, оцінки, одержувані за допомогою фільтра є оптимальними в середньоквадратичному сенсі, тобто є заможними, ефективними і незміщеними.

2.4 Вбудований контроль цифрових систем

Одним з головних завдань функціонального управління в цифрових системах є швидке виявлення технічних збоїв (ТЗ). Для вирішення цієї проблеми необхідно стежити за станом кожного технічного збою та процесом передачі та обробки інформації. Контроль за процесом у цілому є системним, у більшості випадків він виявляється більш простим у здійсненні та досить повним, його елементи включаються у всі протоколи обміну. Існуючі протоколи передачі інформації які забезпечують контроль достовірності інформації, внаслідок чого виникає будь-який технічний збій, що спричиняє порушення передачі та обробки інформації.

Одним з недоліків управління процесом в цілому є затримка виявлення несправності у часовому інтервалі від моменту виникнення відмови до його виявлення. З цієї точки зору, функціональний моніторинг стану кожного технічного засобу в системі має певні переваги, завдяки яким транспортний засіб, який вийшов з ладу, може бути заблокований на момент відмови. У цьому випадку відмова має проявлятися та усуватися в точці технологічного процесу, найменш віддаленій у часі та просторі від точки виникнення цього відмови. У більш загальному випадку реальна функціональна система управління фіксує збій лише з певною вірогідністю. Відмови, які не реєструються контролем, виявляються із затримкою часу t_3 , що в загальному випадку є випадковою величиною. Через аддитивність ця затримка додається до часу відновлення: $t_n = t_b + t_3$,

де t_b - випадковий час відновлення, обчислений з моменту виявлення відмови до моменту повного відновлення; t_3 - вищезазначена випадкова затримка часу для виявлення несправності, обчислена з моменту, коли збій насправді стався до його виявлення. Тому одним із показників якості функціонального управління транспортним засобом є ймовірність оперативного (тобто на момент виникнення або з заданою прийнятною затримкою t_3) виявлення несправностей $P_{обн}(t)$.

Для забезпечення єдиної стратегії моніторингу та діагностики цифрових систем доцільно використовувати два рівні: верхній рівень - це моніторинг та діагностика точні до ТЕЗ на основі

вбудованих інструментів моніторингу, нижній рівень - діагностика несправностей за допомогою технічної діагностики до несправний елемент у ТЕЗе.

У зв'язку з цим одним із ефективних способів вирішення проблеми моніторингу цифрової системи є використання принципу вбудованого управління, який полягає в тому, що цифрова система та її компоненти розроблені таким чином, щоб вони вбудований контроль без участі будь-якого зовнішнього обладнання. Вбудовані методи управління можуть бути ієрархічно перерозподілені між різними рівнями від компонентів до цифрової системи в цілому. Вбудований контроль дозволяє перевірити цифрову систему в процесі виконання основних функцій і суттєво підвищує експлуатаційну надійність системи, оскільки дозволяє виявити збої відразу при їх виникненні.

Вбудовані елементи управління мають такі ключові переваги:

- значне скорочення часу відновлення системи і, відповідно, збільшення загальної експлуатаційної готовності;
- скорочення чисельності персоналу, що забезпечує ремонтні роботи;
- зменшення видів ремонту і ЗІП за рахунок підвищення надійності управління.

Однак слід враховувати, що засоби вбудованого оперативного управління мають подвійний вплив на характеристики керованої системи: з одного боку, ймовірність моніторингу збільшується, а час виявлення несправності зменшується, на з іншого боку, збільшується обсяг додаткового обладнання, що в свою чергу призводить до зниження надійності самої системи. Таким чином, вбудовані засоби оперативного управління, забезпечуючи приріст надійності управління, призводять до певної втрати надійності керованого обладнання. У зв'язку з цим пошук розумного оптимуму між повнотою покриття вбудованим керуванням системою та кількістю засобів вбудованого управління є нагальним завданням. Враховуючи вплив обсягу вбудованого управління на експлуатаційні характеристики системи, оптимально буде перерозподіляти ресурси між вбудованим та зовнішнім моніторингом та діагностикою. Тому для розумного вибору вбудованого управління необхідно провести дослідження впливу об'єму вбудованих інструментів управління на такі характеристики, як коефіцієнт доступності, ймовірність виявлення несправності та середнє відновлення час цифрової системи.

Для ефективності вбудованої системи управління існують такі параметри:

K_r - коефіцієнт доступності керованої системи з вбудованою системою;

$P_{обн}$ - ймовірність виявлення несправності контрольним пристроєм;

ΔP - прорив надійності керованого пристрою з системою управління;

ΔD - підвищення надійності при використанні вбудованого управління;

T_0 - середній час між відмовами керованої системи із вбудованою системою управління;

T_B - середній час відновлення керованої системи із вбудованою системою управління.

Критерій оцінки ефективності функціонування системи контролю - це програш в безвідмовності контрольованого пристрою з системою вбудованого контролю. Він визначається за формулою (2.9):

$$\Delta P = /P_{исх}P_k - P_{исх}/, \quad (2.9)$$

де $P_{исх}$ - ймовірність безвідмовної роботи вихідної (не контролюється) схеми;

P - ймовірність безвідмовної роботи.

У свою чергу ймовірність безвідмовної роботи вихідної схеми можна визначити як показано у формулі (2.10) :

$$P_{исх} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0}{\theta}}, \quad (2.10)$$

де λ_0 - параметр потоку відмов всього обладнання, - інтенсивність відновлення контрольованої системи. Ймовірність безвідмовної роботи засоби контролю знаходиться за формулою (2.11) :

$$P_k = P_1 + P_3, \quad (2.11)$$

де P_1 і P_3 при яких контролює система вважається справною. Загальний вираз (2.12) програшу в безвідмовності контрольованій системі із засобом вбудованого контролю:

$$\Delta P = \left| \frac{W_1 W_2 + P_\phi \gamma_2}{W_1 W_2 [1 + \gamma_1 + (1 - P_\phi)(\gamma_0 - \gamma_1) + P_\phi \gamma_2] + \lambda_0 [W_1(1 - \alpha) + W_2 \alpha] - P_\phi(\alpha_1 - \alpha)(W_1 - W_2)\lambda_2} * \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0}{\theta}} - \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0}{\theta}} \right| \quad (2.12)$$

Виграш в достовірності при використанні вбудованої системи контролю визначається згідно формули (2.13):

$$\Delta D = P_{исх} - D, \quad (2.13)$$

де D - достовірність функціонування контрольованого і контрольного пристрою в процесі перевірки, яка обчислюється за формулою (2.14) :

$$D = P_{обн} + P_{исх} \cdot P_{к} - P_{исх} P_{к} P_{обн} . \quad (2.14)$$

Підставивши цей вираз в формулу (2.15) отримаємо:

$$\Delta D = P_{обн} - P_{исх} (1 - P_{к}) - P_{исх} P_{к} P_{обн} . \quad (2.15)$$

Графіки залежності ΔP і ΔD від δ при різних значеннях ймовірності виявлення несправності $P_{обн}$ і ймовірності безвідмовної роботи вихідної системи $P_{исх}$ наведені на рисунках 2.5 - 2.8.

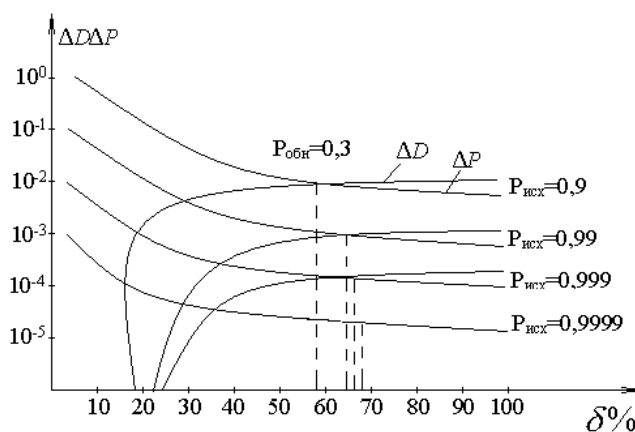


Рисунок 2.5 – Графік залежностей $\Delta D=f(\delta)$ і $\Delta P=f(\delta)$ при $P_{обн}=0,3$ і різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи вихідної схеми $P_{исх}$.

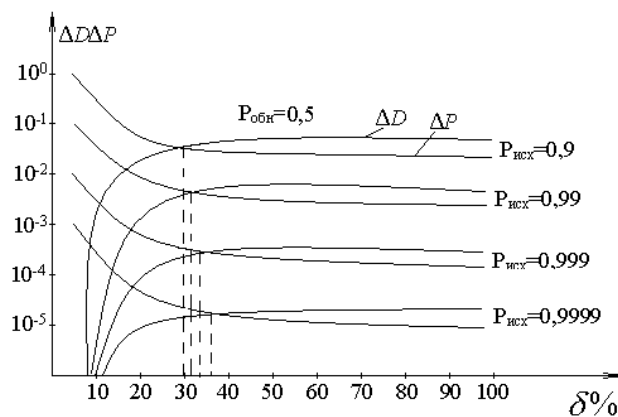


Рисунок 2.6 – Графік залежностей $\Delta D=f(\delta)$ і $\Delta P=f(\delta)$ при $P_{обн}=0,5$ і різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи вихідної схеми $P_{исх}$.

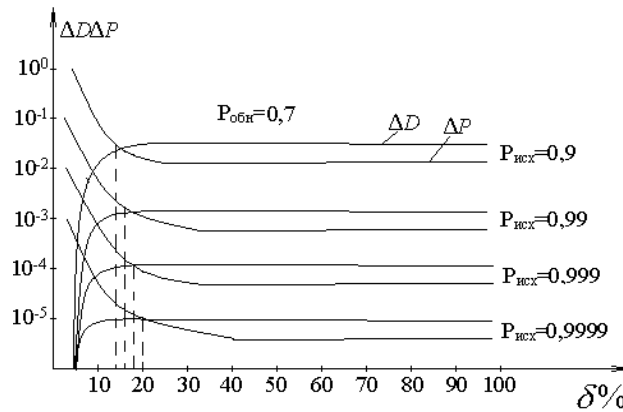


Рисунок 2.7 – Графік залежностей $\Delta D=f(\delta)$ і $\Delta P=f(\delta)$ при $P_{обн}=0,7$ і різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи вихідної схеми $P_{исх}$.

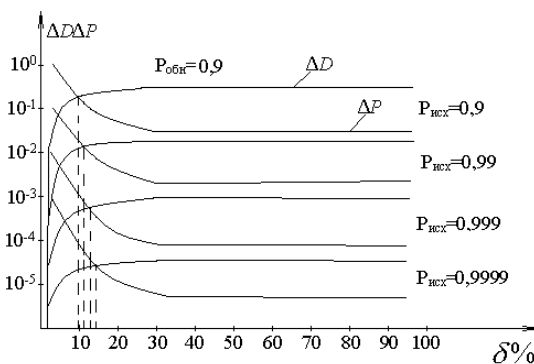


Рисунок 2.8 – Графік залежностей $\Delta D=f(\delta)$ і $\Delta P=f(\delta)$ при $P_{обн}=0,9$ і різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи вихідної схеми $P_{исх}$.

На підставі графіків наведених на рисунках 2.5 - 2.8 можна отримати залежність оптимальної величини обсягу вбудованого контролю цифрової системи в залежності від ймовірності виявлення несправності ($P_{обн}$) при різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи вихідної схеми $P_{исх}$. Ця залежність наведена в таблиці 2.4, а графік залежностей за результатами даної таблиці наведено на рисунку 2.9.

Таблиця 2.4 – Залежність δ оптимального від $P_{обн}$ при різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи вихідної схеми $P_{исх}$

$P_{обн}, \%$	$\delta_{оптим}, \%$			
	$P_{исх} = 0,9$	$P_{исх} = 0,99$	$P_{исх} = 0,999$	$P_{исх} = 0,9999$
20	81	82	84	86
30	59	64	66	68
40	45	48	52	54
50	30	32	33	34
60	22	23	24	25
70	16	17	18	20

Продовження таблиці 2.4

$P_{обн}, \%$	$\delta_{оптим}, \%$			
	$P_{исх} = 0,9$	$P_{исх} = 0,99$	$P_{исх} = 0,999$	$P_{исх} = 0,9999$
80	13	15	16	17
90	10	11	12	13
100				

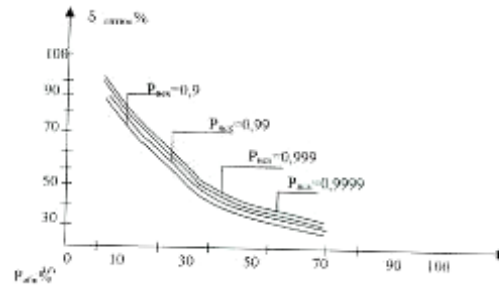


Рисунок 2.9 – Графік залежності $\delta_{оптим} = f(P_{обн})$ при різних значеннях ймовірності безвідмовної роботи вихідної схеми $P_{исх}$.

З графіка приведенного на рисунку 2.9 видно, що при малих значеннях $P_{обн}$ величини оптимального обсягу вбудованого контролю великі і при різних можливостях безвідмовної роботи вихідної (контрольованої) схеми дещо відмінні один від одного. Зі збільшенням $P_{обн}$ знижується величина $\delta_{оптим}$. І якщо верхньою межею величини обсягу вбудованого контролю було визначено значення наближено дорівнює 30%, то нижньою межею $\delta_{оптим}$ можна вважати величину приблизно рівну 10%. Таким чином, ефективна величина обсягу вбудованого контролю цифрової системи лежить в діапазоні від 10% до 30% від величини обсягу контрольованого обладнання.

2.5 Висновки до розділу 2

В результаті дослідження методів діагностики цифрових пристроїв сформульовані наступні висновки.

Існує багато різних причин, які по різному впливають на працездатність цифрового пристрою. В першу чергу помилки можуть виникнути на будь-якому етапі розробки, потім можливі появи несправностей під час використання. На кожному життєвому циклі цифрового пристрою може виникнути несправності певного роду. Для знаходження всіх цих несправностей не існує універсального методу або пристрою для знаходження і виправлення певних несправностей. Але, існують різні методи виявлення несправностей. Методи

діагностування, в свою чергу, діляться на два типи, це тестові і функціональні. Тестові методи проводять діагностику за допомогою спеціальних сигналів (тестів), які можуть виявити в якій області проблема. У свою чергу же функціональні методи, діагностують пристрій під час роботи.

Також, що не маловажною частиною є і конструктивне рішення. Від того наскільки якісно і продумано виконана розробка, тим менше ймовірність появи проблем з цифровими пристроями.

3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ВБУДОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ

Проблема тестування в надвеликих інтегрованих системах ускладнюється відсутністю зовнішніх виходів корпусу мікросхеми для контролю і управління. Для вирішення цієї проблеми використовуються спеціальні методи проектування НВІС. Методи сканування засновані на об'єднанні тригерів, присутніх в схемі або спеціально введених в неї в один або кілька регістрів зсуву, які контролюють стан схеми і управляються через послідовний вхід. Методи самотестування (BIST-Built-In Self-Test), засновані на установці генераторів тестових наборів і схем в кристалі, стискають результати тестування основної частини НВІС для цих тестових наборів.

Найбільш важливою проблемою при проектуванні НВІС є забезпечення його керованості і самотестування. Це пов'язано з обмеженою кількістю виходів і неможливістю доступу до всіх вузлових точках проектованої НВІС. Вимоги до контролю та управління можуть бути виконані з використанням так званої технології наскрізного зсувного регістра (LSSD). Вимога до самотестування може бути виконана за допомогою технології BILBO.

Існують дві основні особливості, що характеризують принцип побудови схем на основі методу сканування, чутливого до рівня тактового сигналу (метод LSSD).

Перший полягає в тому, що стани схеми змінюються під контролем рівня тактового сигналу, а не його фронту. Крім того, сталий стан виходу як реакція на зміну значень стану первинних входів не залежить від розкиду затримок сигналів при їх поширенні за елементами схеми і її внутрішнім з'єднанням. Вихідний відгук схеми також не залежить від порядку перемикання входних змінних у разі одночасної зміни декількох змінних. Ця властивість чутливості до "рівня" призначена для зменшення залежності схеми від її параметрів, що змінюються, таких як час перемикання елементів затримки поширення сигналу або інші дефекти, які можуть створювати умови для гонок або змагань. Таким чином, в цілому вплив можливих фізичних дефектів, що викликають динамічні дефекти типу, зменшується.

Друга особливість методу LSSD полягає в тому, що схема має властивість об'єкта сканування шляху. На рисунку 3.1 показаний варіант використання тригера зсуву при реалізації методу LSSD, званого одноступінчастою структурою тригера зсуву.

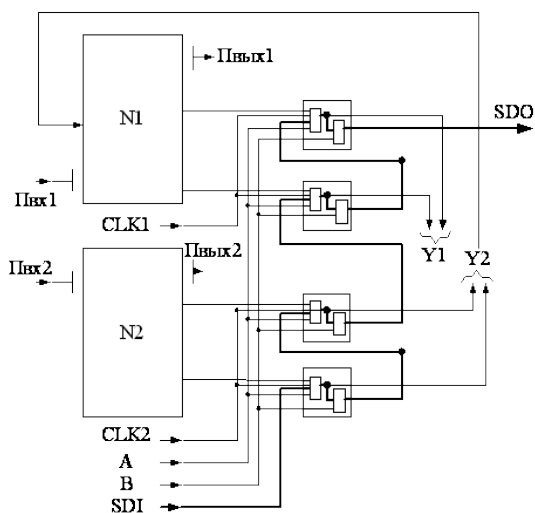


Рисунок 3.1 – Реалізація методу LSSD

Метод спостереження (BILBO-Built-In Logic Block Observation) поєднує в собі елементи сигнатурного аналізу з дизайном, заснованим на методології сканування. Розглянемо можливість реалізації процедур збору та аналізу даних безпосередньо в пристрої таким чином, щоб воно забезпечувало властивість повного самотестування з використанням вбудованих інструментів. Це можна зробити, вставивши в пристрій генератор сигнатур на регістрах зсуву з лінійним зворотним зв'язком. У той же час, потрібно вирішити, де розмістити ці регістри і скільки їх потрібно мати. Одним з рішень є використання цих регістрів для кожної вторинної змінної і відповідного їй зворотного зв'язку (рис.3.2); інші - в реалізації додаткової можливості сканування даних для елементів пам'яті схеми і у використанні тільки одного зсувного регістра зі зворотним зв'язком (рис.3.3).

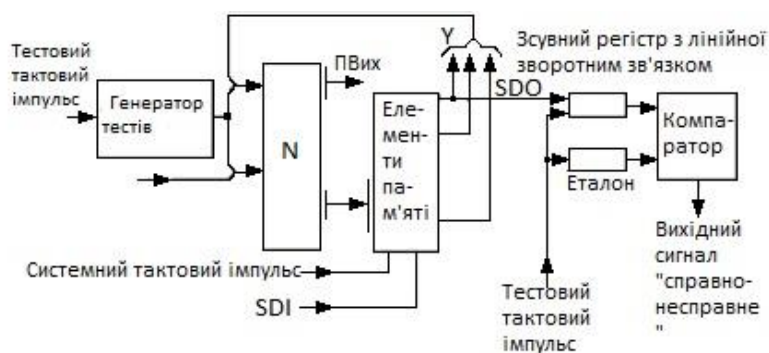


Рисунок 3.2 – Тестовий цикл для кожної вторинної змінної

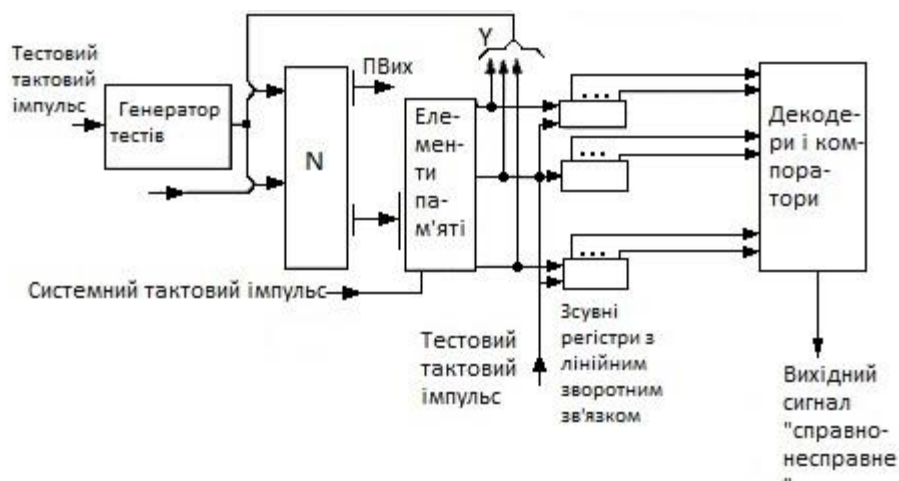


Рисунок 3.3 – Тестовий цикл з додатковою можливістю сканування даних

Універсальний елемент ВІЛВО може бути використаний як в схемах сканування даних, так і в схемах самотестування, заснованих на сигнатурному аналізі. Елемент здатний виконувати кілька різних функцій в залежності від значень сигналів на двох входах, керуючих режимами роботи. Фактично, елемент ВІЛВО являє собою багаторежимний ковзаючий регістр з додатковими функціями для використання лінійного зворотного зв'язку.

Елемент ВІЛВО може бути використаний в схемах, що реалізують метод сканування LSSD в якості зсувного регістра в структурі, за умови вжиття заходів щодо виключення конкуренції.

На рисунку 3.4 показано, як можна використовувати елементи ВІЛВО для побудови схем самотестування на основі сигнатурного аналізу. Для спрощення схеми шини управління, системні тактові імпульси, скидання і налаштування не наводяться.

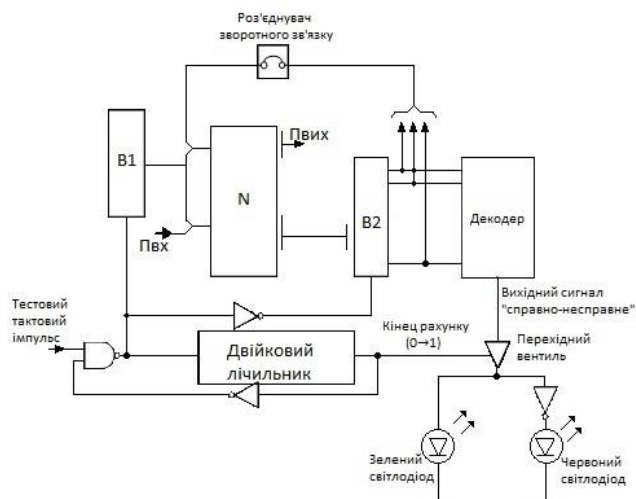


Рисунок 3.4 – Схема з використанням елемента ВІЛВО

Схема складається з наступних компонентів: В1-елемент схеми ВІЛВО, який використовується в якості генератора псевдовипадкових тестових впливів; В2-інший елемент схеми ВІЛВО, який зазвичай є частиною всього пристрою в нормальному режимі роботи, але в тестовому режимі функціонує як багатоканальний аналізатор, який отримує дані про продуктивність і генерує сигнатури вхідних послідовностей.

Сигнатурний аналіз. Термін «сигнатурний аналіз» використовується для опису методу тестового діагностування, заснованого на аналізі сигнатур схеми за допомогою керованого пробника для пошуку несправностей, які проявилися в функціонуючому пристрої. Основні особливості схеми, яка спроектована відповідно до вимог сигнатурного аналізу, відображений на рисунку 3.5. Для цієї схеми характерні дві особливості. Перша полягає, в тому, що джерело тестових впливів є блоком, вбудованим в пристрій. Цей блок може бути деяким варіантом лічильника, що генерує псевдовипадкові тестові набори, або ПЗУ, що містить детерміновані тести. Друга особливість структури - можливість розриву всіх ланцюгів внутрішньої глобальної зворотного зв'язку (наявність перемикачів, навісних перемичок, буферних елементів з третім станом).

У режимі тестування на пристрій подаються тестові набори і розриваються ланцюги глобального зворотного зв'язку. Як реакція на додаток цих тестових наборів в кожному вузлі схеми з'являються відповідні послідовності з 0 і 1. Відповідно до специфікованої принциповою схемою або структурною схемою її несправностей перевіряється справність вузлів за допомогою пробника, просуваючись від виходу схеми до тих пір, поки не буде поставлений чіткий діагноз. Таким способом можна локалізувати несправність, відремонтувати пристрій на місці і повернути його в робочий стан.

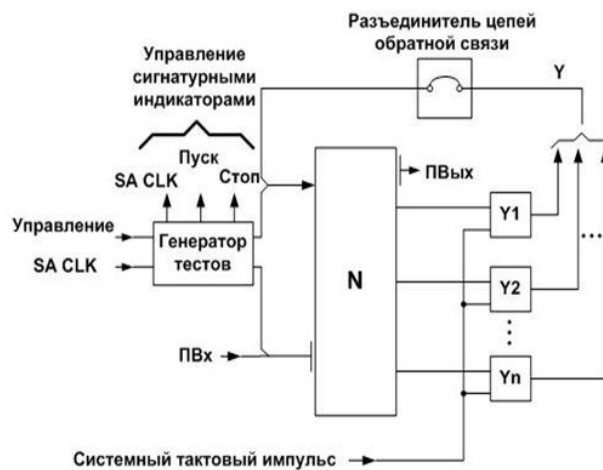


Рисунок 3.5 – Схема сигнатурного аналізу

Розглянемо вимоги, що пред'являються до генератора тестів. На практиці не завжди тестові впливи встановлюють активізований шлях до виходів схеми. У спрощеному варіанті - це безліч вхідних наборів, додаток яких до первинних входів викликає зміну логічних значень на кожному вузлі схеми, щонайменше один раз. Цю властивість називають необхідною умовою тестування. Застосування генератора псевдовипадкових тестових впливів краще детермінованих. Безліч детермінованих тестів отримують аналітичним шляхом і перевіряють, щоб збуджувався певним чином кожен вузол схеми. Безліч псевдовипадкових тестів - це просто актуальна послідовність випадкових змін вхідних сигналів, які можуть поширюватися до деякого внутрішнього вузла, викликаючи його збудження, що в загальному випадку не гарантується. Детерміновані тести отримані з умов прояви константних несправностей на всіх вузлах схеми і транспортування цих несправностей через схему до спостережуваного первинного виходу. Альтернативним варіантом генерації тестів є використання 4-розрядного підсумовуючого лічильника. Генерації псевдовипадкових тестів приділяють багато уваги як теоретики, так і практики. Привабливість цього методу - простота, з якою можна отримати велике число тестових наборів. Основна проблема методу полягає в невизначеності точного рівня покриття несправностей генеруються місцями. Цю невизначеність можна було б усунути шляхом моделювання, вартість якого, однак, з ростом числа тестових наборів дуже швидко стає надзвичайно високою.

Єдина область, де успішно застосовуються методи псевдовипадкового тестування, - це чисто комбінаційні схеми. Для комбінаційних схем великої розмірності, де неможливо здійснювати вичерпне тестування, прийнятна методика генерації тестів полягає в первісному використанні невеликого числа псевдовипадкових тестів і оцінки рівня покриття несправності цими тестами і подальшим застосуванням детермінованих методів генерації, таких, як D-алгоритм. Псевдовипадкові послідовності, що подаються в комбінаційні схеми, мають корисними властивостями: здатні виявляти несправності і являти собою реальні тестові впливи. З цього випливає, що псевдовипадкові послідовності можуть служити корисними сигналами, що симулюють порушення вузлів схеми. Це означає, що генератори псевдовипадкових послідовностей можуть бути використані в якості вбудованих джерел тестових впливів для схем, розроблених під стандарти сигнатурного аналізу. Тепер виникає питання про те, як можна генерувати псевдовипадкові послідовності. Існує безліч рішень, і одне з них - використання зсувного регістру з лінійної зворотним зв'язком. На рисунку 6 представлена схема такого зсувного регістру і показана псевдовипадкова послідовність, що генерується тактовим зсувним регістром.

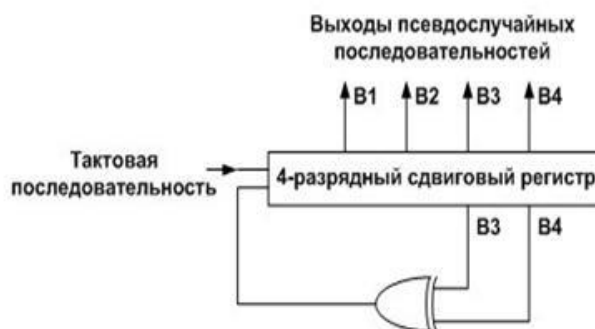


Рисунок 3.6 – Проста схема зсувного регістру

Стосовно до сигнатурного аналізу генератор, подібний представлено на рисунку 3.6, можна використовувати як джерело тестових впливів для схеми на рисунку 3.5. За умови спостережливості виходів елементів пам'яті (на рис.3.5) і можливості розриву ланцюгів зворотного зв'язку схеми в режимі тестування поділяється на комбінаційну частину і тактовані елементи пам'яті. При виконанні цих умов генератор псевдовипадкових послідовностей може служити ефективним джерелом тестових впливів.

3.1 Пряма і зворотна імплікації

КП для одновиходових схем умовно можна розділити на дві частини:

C^0 – куби, які мають символ 0 на вихідній координаті;

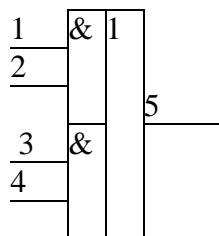
C^1 – куби, які мають символ 1 на вихідній координаті;

Одним з основних властивостей КП є умова: $C^0 \cap C^1 = \emptyset$. Якщо вказане правило не дотримується, то КП побудовано невірно. Правильно побудоване КП має відповідати умовам повноти і мінімальності.

КП називається повним, якщо його куби "покривають" все 2^n вхідних наборів ЛФ і не існує жодного повністю певного вхідного набору, який не належав б якому-небудь кубу КП.

КП називається мінімальним, якщо ні для одного з його кубів не виконується умова $C_i^1 \in C_j^1$ або $C_i^0 \in C_j^0$ для будь-яких i або j .

Як приклад розглянемо КП C^0 і C^1 КС 2х2І-АБО.



$$C^0 = \begin{Bmatrix} 0 & 0 & X & X \\ 0 & X & X & 0 \\ X & 0 & 0 & X \\ X & 0 & X & 0 \end{Bmatrix}$$

$$C^1 = \begin{Bmatrix} 1 & 1 & X & X \\ X & X & 1 & 1 \end{Bmatrix}$$

На цьому прикладі очевидна реалізація умови: $C^0 \cap C^1 = \emptyset$.

Використовуючи опис ЛЕ в формі КП, можна реалізовувати дві основні операції аналізу логічних схем:

- зворотній імплікації - отримання вхідних значень за відомим вихідного;
- пряму імплікації - отримання вихідного значення по відомим вхідним.

3.2 Зворотній імплікація

Зворотній імплікація для ЦС складається в обчисленні безлічі вхідних значень сигналів, подаючи які на схему можна отримати необхідні вихідні значення.

Алгоритм виконання зворотної імплікації:

а) вибирається опцію до визначення (для нульової або одиничного значення на виході ЦС) і на його основі формується до визначенний вектор;

б) в до визначеному векторі аналізуються лінії схеми, починаючи від максимального номера, і вибирається перша, не рівна X. Вона стає лінією зв'язку L_C . Виконується перетин до визначеного вектора з КП ЛЕ, для якого L_C є виходом (вибирається той тип покриття C^0 або C^1 , який відповідає значенню лінії L_C 0 або 1). Результати непустих перетинів разом з номером останньої до визначення L_C записуються в проміжний масив результатів до визначення;

в) з проміжного масиву до визначення вибирається черговий вектор і для нього повторюється п. б, починаючи від останньої L_C ;

г) пункти б і в повторюються до тих пір, поки всі внутрішні лінії схеми для вектора, обраного в пункті 1, що не будуть до визначенні (чергова обрана лінія належить зовнішнім входів), або проміжний масив до визначення не стане порожнім. Якщо до визначення для обраного в п. а вектора завершено успішно, отриманий результат записується в масив результатів до визначення. Якщо результату до визначення не існує, то робиться висновок про неможливість здійснення обраного в п. 1 варіанту до визначення.

Приклад виконання зворотної імплікації (табл. 3.1) для вентильного еквівалента схеми 2x2I-АБО, наведеного рисунку 3.7 для нульового значення на виході схеми.

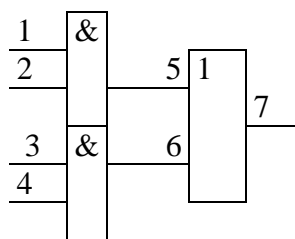


Рисунок 3.7 – Вентильний еквівалент схеми 2x2I-АБО

Таблиця 3.1 – Пошагове виконання зворотної імплікації

1	2	3	4	5	6	7	Примітки
X	X	X	X	X	X	0	Початковий вектор довизначення T , $L_C = 7$
				0	0	0	C_1^0 (лінія 7, елемент АБО)
X	X	X	X	0	0	0	$T_1 = T \cap C_1^0, L_C = 6$
		0	X		0		C_1^0 (лінія 6, елемент I)
		X	0		0		C_2^0 (лінія 6, елемент I)
X	X	0	X	0	0	0	$T_2 = T_1 \cap C_1^0, L_C = 5$
X	X	X	0	0	0	0	$T_3 = T_1 \cap C_2^0, L_C = 5$
0	X			0			C_1^0 (лінія 5, елемент I)
X	0			0			C_2^0 (лінія 5, елемент I)
0	X	0	X	0	0	0	$T_4 = T_2 \cap C_1^0$
X	0	0	X	0	0	0	$T_5 = T_2 \cap C_1^0$
0	X	X	0	0	0	0	$T_6 = T_3 \cap C_1^0$
X	0	X	0	0	0	0	$T_7 = T_3 \cap C_1^0$

L_C – координата зв'язку;

T_i – черговий доопределять проміжний вектор;

C_j^i – j -й куб покриття i -го типу, $i = 0, 1$ (покриття C^0 або C^1).

Довизначати на поточному кроці координата виділена жирним стилем.

У кожному рядку таблиці виділено перетин з кубами відповідного доопределять елемента.

Отриманий результат збігається з покриттям C^0 даної схеми, яке було представлено раніше.

$$C^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & X & X \\ 0 & X & X & 0 \\ X & 0 & 0 & X \\ X & 0 & X & 0 \end{pmatrix}$$

3.3 Пряма імплікація

Механізм прямої імплікації (рис. 3.8) полягає у визначенні приналежності (поглинання) вхідного набору T відповідним КП C^0 або C^1 .

T=0110	\cap	$C_1^0(0X0X) = \emptyset$ $C_2^0(0XX0) = 0110$	Y=0	$T \cap C^0 = T$. Результат прямої імплікації дорівнює 0.
T=0111	\cap	$C_1^0(0X0X) = \emptyset$ $C_2^0(0XX0) = \emptyset$ $C_3^0(X00X) = \emptyset$ $C_4^0(X0X0) = \emptyset$ $C_1^1(11XX) = \emptyset$ $C_2^1(XX11) = 0111$	Y=1	$T \cap C^1 = T$. Результат прямої імплікації дорівнює 1.
T=0XX1	\cap	$C_1^0(0X0X) = 0X01$ $C_2^0(0XX0) = \emptyset$ $C_3^0(X00X) = 0001$ $C_4^0(X0X0) = \emptyset$ $C_1^1(11XX) = \emptyset$ $C_2^1(XX11) = 0X11$	Y=X Y=X Y=X	Результати перетину T як з C^0 , так і з C^1 , мають менший ранг, ніж T , тобто результат перехрещення не дорівнює T . Результат прямої імплікації дорівнює X .

Рисунок 3.8 – Приклад виконання прямої імплікації

Умова приналежності T одному з КП можна сформулювати наступним чином:

$$T \cap C^0 = T \text{ або } T \cap C^1 = T.$$

Таким чином, значення на виході КС, описаної КП, дорівнюватиме:

$$\text{Вихід елемента } (\gamma) = \begin{cases} 0, & \text{якщо вхідний набір } T \in C^0 \\ 1, & \text{якщо вхідний набір } T \in C^1 \\ X, & \text{якщо } T \text{ не належить до } C^0, \text{ до } C^1. \end{cases}$$

3.4 Основи структурного тестування

Несправності і тести. Цифрові пристрої в процесі своєї роботи можуть мати порушення працездатності. Причиною порушення працездатності є дефекти. Під дефектом в технічній діагностиці розуміється фізичне пошкодження, що приводить до відмови в роботі пристрою, тобто до стабільної втрати працездатності. Математичною моделлю дефекту є несправність.

Серед усієї безлічі класів несправностей, що існують в цифрових пристроях, можна виділити клас константних несправностей (КН). Під КН розуміється постійне значення "логічний 0" або "логічна 1" на лінії цифрової схеми. Якщо в схемі виникає одна КН, вона називається одиночною константною несправністю (ОКН). Якщо в схемі одночасно присутні кілька ОКН, то така несправність називається кратній константною несправністю (ККН). Кількість ОКН схеми, що має n ліній дорівнює $2 * n$ (за рахунок двох типів несправностей), а

кількість всіляких ККН (включаючи і поодинокі) дорівнює 3^n , оскільки кожна лінія може бути справною, або мати відхилення від норми (3 можливих події). Кількість ККН з кратністю не більше k , обчислюється за формулою (3.1):

$$L = \sum_{k=1}^n C_n^k \cdot 2^k, \quad (3.1)$$

в котрій C_n^k дорівнює наступному значенню (3.2):

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}, \quad (3.2)$$

Наприклад, для ЛЕ 3І, загальне число ККН дорівнюватиме 80. На схемах КН позначають "хрестиком" на відповідній лінії з зазначенням типу несправності (рис. 3.1):

$\equiv 0$ (константа 0) і $\equiv 1$ (константа 1).

У тексті КН позначаються наступним чином:

1^0 - константна несправність нуля на першій лінії.

4^1 - константна несправність одиниці на четвертій лінії.

Цей клас дефектів відповідає в дійсності таким фізичним дефектам:

- обрив в ланцюзі емітера, бази, колектора;
- короткі замикання емітер-база, база-колектор;
- обрив в ланцюгах резисторів.

Іншими логічними несправностями можуть бути коротке замикання контактів, їх сплутаність при установці схеми, зміна функції критичних елементів або поєднання перерахованих вище випадків.

Якщо несправність змінює значення сигналу на виході схеми, хоча б на одному з попередніх наборів, то цю несправність називають суттєвою, а якщо ні-незначною. Несуттєві несправності зазвичай пов'язані з надлишковими схемними структурами.

На рисунку 3.9 показана схема, в якій вхід 1 є надлишковим і будь-яка несправність на ньому незначна.

Якщо різні несправності при подачі вхідних наборів в схему дають різні відгуки хоча б на один набір, то такі несправності називаються помітними, а якщо ні - то невиразними.

Невиразні дефекти утворюють клас еквівалентних дефектів (КЕД).

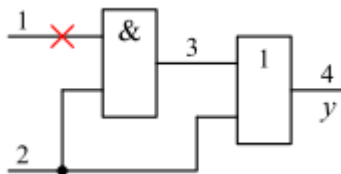


Рисунок 3.9 – Схема з надмірним входом 1

Прикладом невизнаних дефектів можуть бути помилки 1^0 і 4^0 для ЛЕ ЗІ.

Тестом T для схеми, що реалізує функцію F , що перевіряє несправність S^k , є вхідний набір (x_1, x_2, \dots, x_n) , на якому $F_{\Phi}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ не дорівнює $F_H(x_1, x_2, \dots, x_n)$,

де F_{Φ} - функція функціонуючої ланцюга, F_H - функція ланцюга, якщо вона має несправність S^k . Довжина тесту для КН в комбінаторній схемі завжди дорівнює 1, тобто така несправність перевіряється одним двійковим безліччю.

Будь-яке цифрове пристрій може мати один хороший стан і багато несправних (в залежності від кількості розглянутих несправностей).

Тест, який відрізняє правильний стан схеми від усього набору несправних станів, називається тестом перевірки, а тест, який відрізняє несправні стани один від одного, називається тестом пошуку дефектів.

Набір наборів тестів, які перевіряють всі схеми КН, називається тестом перевірки працездатності. Для кожного базису (i / або) тести перевірки працездатності мають довжину $(m + 1)$, де m -число входів відповідного елемента. На рисунку 3.10 показані тести для перевірки справності трьохвходових ліній І, І-НЕ, АБО, АБО-НЕ.

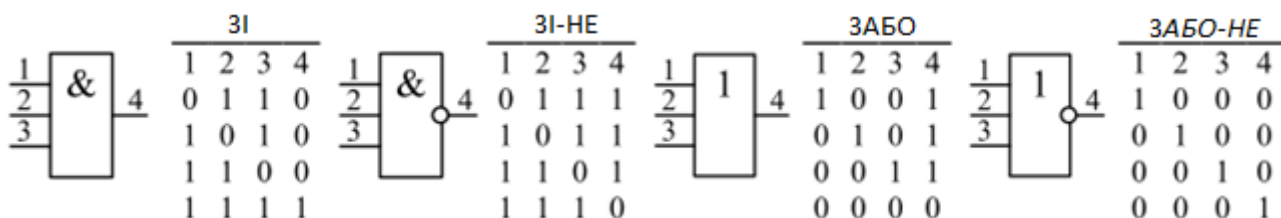


Рисунок 3.10 – Тести перевірки справності трьохвходових ЛЕ

Тривалість випробування визначається кількістю включених в нього наборів, а повнота випробування виражається у відсотках (%) випробовуваних несправностей щодо загального числа несправностей ланцюга.

3.5 Основні принципи структурного побудування випробувань

Структурне тестування засноване на поняттях виявлення несправностей, прояву несправностей, перенесення несправностей і активації шляху.

Виявлення несправностей полягає в поданні значення сигналу, протилежного типу несправності, що перевіряється на відповідну лінію (вхід ПЕ).

Прояв несправності полягає в поданні таких значень сигналу на інші входи ПЕ, щоб ефект виявлення несправності можна було спостерігати на виході відповідного ПЕ.

Якщо припустити, що на вході 1 ЛЕ ЗІ є несправність 10 (константа 0), то для її виявлення необхідно встановити значення 1 на цей вхід, а на виході-вивести його на інші входи (рис. 3.11). В цьому випадку в хорошому стані вихід буде дорівнює 1, а в несправному-0, що позначається як 1/0 на виході даної лінії електропередачі.

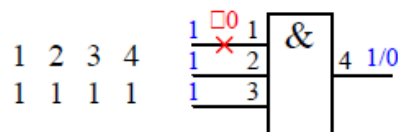


Рисунок 3.11 – Тест для виявлення несправності на вході ЛЕ ЗІ

Виявлення несправності полягає в подачі на входи елементів-наступників таких значень сигналу, що несправність виявляється і виводиться на один із зовнішніх виходів схеми.

Шлях, по якому розглянута несправність передається на зовнішній вихід схеми, називається активованим шляхом.

Умови перенесення несправностей через ПЕ можна сформулювати наступним чином: несправність переноситься з входу ПЕ на його вихід, якщо зміна сигналу на цьому вході на протилежний призводить до зміни вихідного значення. Зазвичай для позначення змін сигналів використовується символ D (Drive - просування). У цьому випадку символ D позначає зміну від 0 до 1 (0/1), а символ \bar{D} позначає зміну від 1 до 0 (1/0).

Сукупність умов перенесення для всіх входів ПЕ, представлена в кубічній формі, називається D-покриттям ПЕ. Синонімами є поняття активаційного покриття і транспортного покриття.

D-покриття будь-якого ПЕ виходить шляхом перетину нульового і одиничного кубів КП за правилами, наведеними на рисунку 3.12. Наприклад, для ЛЕ ЗІ розділи будуть виглядати наступним чином:

\square	0	1	X
0	0	D	0
1	\bar{D}	1	1
X	0	1	X

$$\begin{aligned}
 0 \ X \ X \ 0 \ \cap \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 &= D \ 1 \ 1 \ D \\
 X \ 0 \ X \ 0 \ \cap \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 &= 1 \ D \ 1 \ D \\
 X \ X \ 0 \ 0 \ \cap \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 &= 1 \ 1 \ D \ D
 \end{aligned}$$

Рисунок 3.12 – Операція перетину для отримання D-покриття ПЕ

D-куби, що мають один символ D на вхідних координатах, називаються одновимірними кубами, а D-покриття, що складається з таких кубів, називається одновимірним D-покриттям.

D-покриття основних ліній показані на рисунку 3.13.

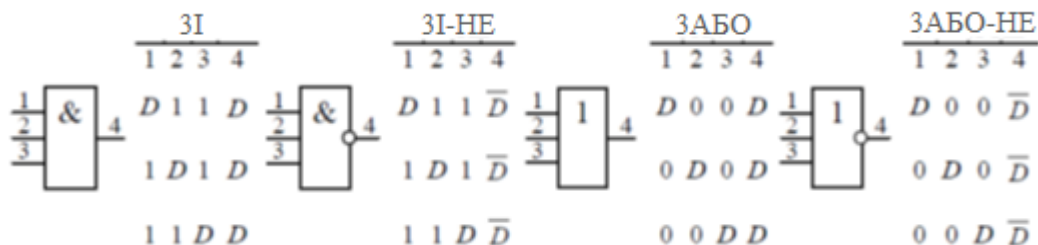


Рисунок 3.13 – D-покриття основних трійохвдових ЛЕ

Для ЛЕ напрямок перетину (порядок перетину кубів) не має значення. D-покриття на рисунку 3.14 еквівалентно покриттю на рисунку 3.13. Це дозволяє визначити "операцію інверсії D", яка полягає в заміні символів D-куба з D на \bar{D} і навпаки, залишаючи інші символи алфавіту незмінними.

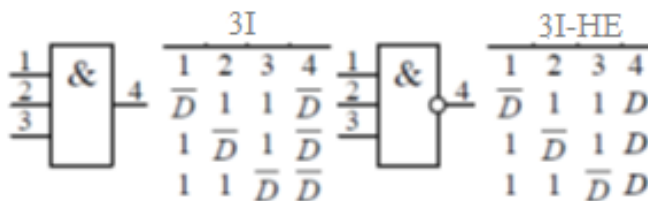


Рисунок 3.14 – Еквівалентні D-покриття ЛЕ 3I і 3I-НЕ

Важливою властивістю D-оболонки є наявність багатовимірних кубів в D-оболонках, тобто вони мають два або більше символів D на вхідних координатах елемента. У цих кубах зміна двох або більше вхідних даних одночасно може змінити вихідні дані. На рисунку 3.15 показана багатовимірна D-оболонка ЛЕ 3I, що містить 7 D-кубів.

	1	2	3	4
D	1	1	D	
1	D	1	D	
1	1	D	D	
D	D	1	D	
1	D	D	D	
D	1	D	D	
D	D	D	D	

Рисунок 3.15 – Багатомірне D-покриття ЛЕ 3I

П'ятисимвольний алфавіт $\{0, 1, X, D, \bar{D}\}$ і операції над символами цього алфавіту утворюють D-числа. Одна з основних операцій D-обчислення називається D-перетином і є координатною. Правила виконання цієї операції з однозначними символами наведені на рисунку 3.16.

\square	0	1	X	D	\bar{D}
0	0	\square	0	\square	\square
1	\square	1	1	\square	\square
X	0	1	X	D	\bar{D}
D	\square	\square	D	D	λ
\bar{D}	\square	\square	\bar{D}	λ	\bar{D}

Рисунок 3.16 – Правила виконання операції D-перетину

Символ λ в результаті перетину позначає інверсію одного з кубів, що беруть участь в перетині, на D і повторення перетину.

Повторна поява символу λ вказує на \emptyset "порожньо".

Приклади виконання операції D-образного перетину:

$$\begin{aligned}
 0D1X \cap 0X1D &= 0D1D & 0D1X \cap 001D &= \emptyset \\
 0D1D \cap 0D1D &= \lambda & \rightarrow 0D1D \cap 0D1D &= \lambda & 2\lambda &= \emptyset
 \end{aligned}$$

Одним з структурно-детермінованих методів побудови тестів є метод активації шляху, заснований на процедурах D-алгоритму рота.

Теорема Рота визначає, що будь-яка помилка, що лежить на шляху активації, перевіряється тестом (одним набором або парою), який активує цей шлях.

Тому, якщо всі шляхи від зовнішніх входів до зовнішніх виходів активовані в непобітового ланцюга, то результуючий тест перевірить всі істотні несправності в цьому ланцюзі.

Побудова тесту складається з наступних процедур (кроків):

- побудова структурно-функціональної моделі (СФМ) схеми;
- пряме сприяння активації шляху;
- визначення результату прямого просування;

- перехід від D-векторів до бінарного тесту.

На рисунку 3.17 показаний приклад побудови активованого шляху для комбінованої схеми, що демонструє етапи D-просування і завершення.

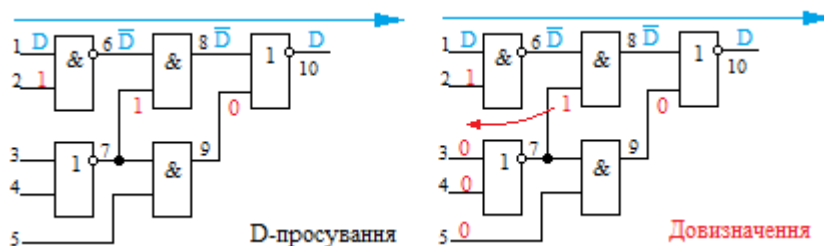


Рисунок 3.17 – Побудова активізованого шляху для комбінаційної схеми

3.6 Шляхи активації: D-просування і довизначення

D-просування здійснюється D-перетином тестового вектора, що формується кубиками відповідних D-покриттів ПЕ за правилами показані на рисунку 3.16.

Алгоритм D-просування:

а) у формованому тестовому векторі T символ D встановлюється за координатою активованого зовнішнього входу схеми. Лінія, що відповідає зовнішньому входу, стає активною і позначається як координата зв'язку L_C ;

б) координати для з'єднання складається список активних примітивів, тобто ПЕ, для якого координата з'єднання є вхідною;

в) зі списку активних примітивів вибирається номер наступного ПЕ і виконується перетин сформованого тестового вектора з D-покриттям обраного ПЕ. Непорожні розділи записуються в стек. Елемент виконується до тих пір, поки не будуть обрані всі ПЕ зі списку активних примітивів;

г) вибирається зі стека, формується тестовий вектор і для нього визначається координата ланки, тобто вихід останнього активного ПЕ, що має символ D на розглянутій координаті. Якщо посилання координати L_C є зовнішнім виходом, то D-просування завершено, а якщо ні, то п.п. б і в повторюються для нього. результати d-просування записуються в проміжний масив;

г) крок г виконується до тих пір, поки стек не спорожніє. У той же час, якщо в проміжному масиві немає сформованого тестового вектора, цей зовнішній вхід не може бути активований;

д) якщо пряме просування не виконується при активації зовнішнього входу або будь-якого шляху в схемі, то це ознака того, що цей вхід (шлях) не є істотним, що зазвичай пов'язано з надмірністю даної реалізації схеми.

Приклад такої схеми (рис. 3.18) може бути активація входу 1 при реалізації функцій $y = x_1 \cdot x_2 \vee x_2$.

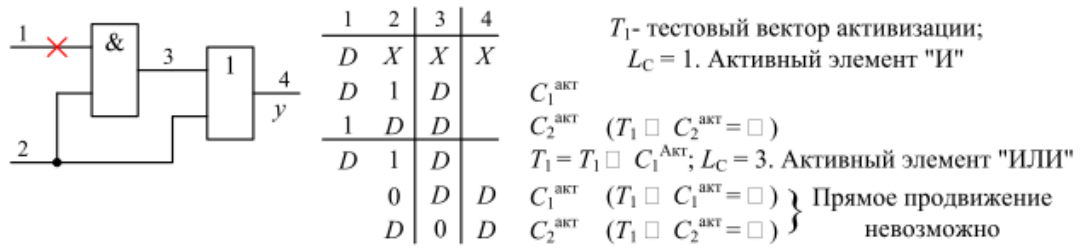


Рисунок 3.18 – Приклад активізації входу 1 для надлишкової схемної реалізації

Алгоритм довизначення:

а) з проміжного масиву результатів прямого просування вибирається наступний вектор і для нього проводиться додаткове визначення;

б) у векторі перевизначення аналізуються лінії діаграми, що починаються з максимального числа, що не належить керуючому шляху. Якщо наступний додатковий рядок не дорівнює X, він стає лінією зв'язку L_C . Виконується перетин додаткового вектора з кубами покриття елемента, для якого $L_C \in$ виходом. результати непорожнього рядка разом з номером останнього визначення L_C записуються в проміжний масив результатів визначення;

в) з проміжного масиву додаткового визначення вибирається наступний вектор і для нього повторюється пункт б, починаючи з останнього L_C ;

г) елементи б і в повторюються до тих пір, поки всі внутрішні лінії діаграми для вектора, обраного в пункті а, не будуть перевизначені (наступний виділений рядок належить зовнішнім входам), або проміжний масив перевизначення не стане порожнім. Якщо перевизначення вектора, обраного в пункті а, виконано успішно, то результируючий D - вектор записується в результат попередньо призначеного масиву. Якщо заздалегідь призначеного результату немає, то робиться висновок про невірну обраному вимірі активації для D- просування. Відбувається повернення до D-просування, розмірність активаційних змін сходиться на гілках і перевизначення повторюється. (Завдання вибору вимірювання активації є неповною і може бути вирішена тільки шляхом повного перебору всіх варіантів);

г) пункти а і г виконуються до тих пір, поки не будуть завершені всі результати прямої акції, або масив результатів прямої акції не стане порожнім;

д) неможливість активувати розглянутий зовнішній вхід (відсутність результатів попереднього завдання) вказує на те, що розглянутий вхід не має значення і що реалізація схеми надлишкова.

Процедуру активації шляхів можна простежити на прикладі діаграми, показаної на рисунку 3.19.

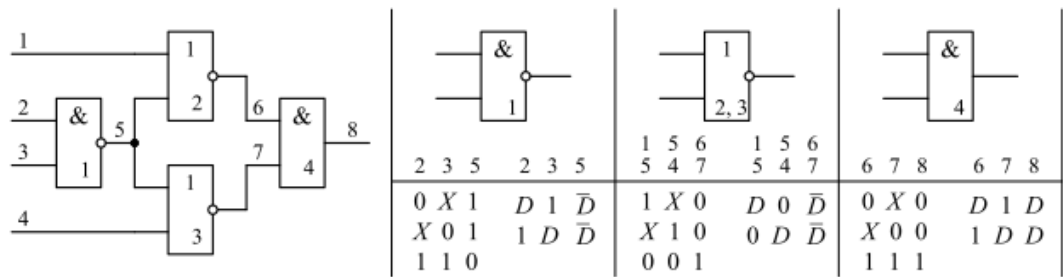


Рисунок 3.19 – Приклад побудови інтерпретативної CFM для комбінаційної схеми

У цьому прикладі КС повністю симетричний, тому результат активації входу 3 в точності збігається з результатом активації входу 2, а результат активації входу 4 збігається з результатом активації входу 1.

Отримані D-вектори утворюють D-тест, що представляє собою набір активованих шляхів в схемі. Щоб перейти до двійкового тесту, необхідно розгорнути символи D у векторах D, визначити символи X, якщо вони присутні, і видалити повторювані вхідні набори з тесту.

3.7 Перехід від D-векторів до двійкового тесту

Кожен результуючий D-вектор активує певний шлях на діаграмі. Активований шлях визначається номерами ліній, на яких D-вектор містить символи активації D або \bar{D} . В результаті активації всіх зовнішніх входів розглянутої схеми виходить набір D-векторів, як показано в таблиці 3.2.

З теореми про повноту тесту відомо, що якщо набір D-векторів покриває (активує) всі шляхи в нерозрядній цифровій схемі, то це є повним перевірочним тестом для зазначеної схеми. Результуючий набір D-векторів відповідає цій вимозі, тому він є повним перевірочним тестом для розглянутої схеми.

Щоб отримати вхідні набори часу життя тесту, представляємо D-вектори в термінах зовнішніх входів і виходів і розширюємо символи D і \bar{D} відповідно (табл. 3.3).

1-й, 4-й, 6-й і 7-й виконавчі вектори повторюються, тому в результуючому тесті залишається тільки один з перерахованих векторів. Таким чином, отриманий бінарний тест матиме вигляд, представлений в таблиці 3.4.

Таблиця 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	
D	1	1	0	0	\bar{D}	1	\bar{D}	Шлях 1–6–8
0	D	1	0	\bar{D}	D	D	D	Шлях 2–5–6–7–8
0	1	D	0	\bar{D}	D	D	D	Шлях 3–5–6–7–8
0	1	1	D	0	1	\bar{D}	\bar{D}	Шлях 4–7–8

Таблиця 3.3

1	2	3	4	8	1	2	3	4	8
D	1	1	0	\bar{D}	0	1	1	0	1
					1	1	1	0	0
0	D	1	0	D	0	0	1	0	0
					0	1	1	0	1
0	1	D	0	D	0	1	0	0	0
					0	1	1	0	1
0	1	1	D	\bar{D}	0	1	1	0	1
					0	1	1	1	0

Таблиця 3.4

1	2	3	4	8
0	1	1	0	1
1	1	1	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0

Отримані тестові вектори повинні бути змодельовані з використанням одного з методів неявного моделювання несправностей для визначення списків несправностей, виявлених кожним тестовим набором.

3.8 Висновки до розділу 3

Головною метою тестового діагностування цифрових схем на рівні кристала, друкованої плати або системи є виявлення несправностей елементів схеми, що викликаються дефектами процесів виробництва, несприятливими експлуатаційними чинниками або механізмами старіння. Другою метою тестування є визначення місця і причини дефекту з достатньою точністю і достовірністю. Цей вид тестового діагностування включає в себе як перевірку справності, так і локалізацію місця несправності.

Традиційний підхід до проектування і верифікації означає, що проектування починається з розробки специфікації на систему в цілому з подальшим розбиттям системи спочатку на великі, а потім на менші блоки, які реалізуються на рівні RTL-опису. Далі кожен блок проектується і верифікується окремо з подальшим об'єднанням в більші блоки і їх верифікацією. На цьому етапі перевіряється, чи відповідає функціонування кожного блоку його специфікації. Процес завершується інтеграцією системи в цілому і її функціональної системної верифікації.

Другий підхід полягає в зміні самої методики верифікації, а саме - в перенесенні відповідних процедур верифікації на більш ранні етапи проектування. Це, як правило, має на увазі створення системних тестів, моделювання на рівні транзакцій, верифікацію інтерфейсів різних підсистем одночасно з їх проектуванням. Можливість верифікації системи, окремі блоки якої представлені на різних рівнях абстракції. Найчастіше оптимальне рішення полягає в комбінації обох названих підходів.

Оскільки більше половини часу верифікації витрачається на пошук несправностей і їх причину, дуже важливо мати потужні налагоджувальні інструменти. Вони повинні забезпечувати спостереження і аналіз модельованих функцій незалежно від кордонів між системами верифікації та різними рівнями абстракції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі проведено аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. Розглянуті заходи, які дозволяють забезпечити гігієну праці и виробничу санітарію. На підставі аналізу розроблені заходи з техніки безпеки та рекомендації з пожежної профілактики.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та других засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. У законі України «Про охорону праці» визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних и лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

4.1 Правові та організаційні основи охорони праці

Основним організаційним напрямом у здійсненні управління в сфері охорони праці є усвідомлення пріоритету безпеки праці і підвищення соціальної відповідальності держави, і особистої відповідальності працівників.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 Закону України «Про охорону праці» законодавство про охорону праці складається з Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" [20] та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, норм міжнародного договору (ратифіковані Конвенції і Рекомендації МОТ, директиви Європейської Ради).

Користувачі персональних комп'ютерів, для яких ця робота є головною, підлягають медичним оглядам: попереднім — під час влаштування на роботу і періодичним — протягом професійної діяльності раз на два роки. Жінок з часу встановлення вагітності та в період годування дитини грудьми до роботи з ПК не допускають.

4.2 Аналіз стану умов праці

4.2.1 Вимоги до приміщень

Геометричні розміри приміщення зазначені в таблиці 4.2.1.

Таблиця 4.2.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	7
Ширина, м	5
Висота, м	3
Площа, м ²	24
Об'єм, м ³	105

Згідно з санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м.

Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам.

4.2.2 Вимоги до організації місця праці

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним, основні вимоги до організації робочого місця (табл. 4.2) і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність.

Таблиця 4.2 - Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 - 800
Висота простору для ніг, мм	730	Не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	660	Не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	Не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 - 500
Ширина сидіння, мм	400	Не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	Не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	Не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	Не менше 380
Радіус спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 - 800

4.3 Виробнича санітарія

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3). Роботу, пов'язану з ЕОМ з ВДТ, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ЕОМ з ВДТ і ПП, виконують із забезпеченням виконання «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ЕОМ з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема персональні комп'ютери (ПК) та периферійні пристрої. Основними робочими характеристиками персонального комп'ютера є:

- робоча напруга $U=+220\text{В} \pm 5\%$;
- робочий струм $I=2\text{А}$;
- споживана потужність $P=350\text{ Вт}$.

Робочі місця мають відповідати вимогам Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.

Таблиця 4.3 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна Оцінка	Нормативні Документи
1	2	3	4
Фізичні:			
підвищена або знижена вологість повітря	-//-	2	[21]
підвищений рівень напруги електричної мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини	-//-	4	[22] [23]

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
Психофізіологічні:			
нервово-психічна перевантаження (розумове, перенапруження аналізаторів-зорових)	- пошук інформації для постановки теми; - пошук та аналіз аналогів і літератури; - пошук наявних технологій, моделювання та аналіз алгоритмів; - виконання роботи за темою диплома, тестування; - оформлення роботи	4	[24] [25]
фізичні (статичне сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці: сидіння користувача) та організації робочого часу (безперервна робота)	2	[24] [25]

4.3.2 Пожежна безпека

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100 °C). При проходженні електричного струму по провідниках і деталей виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди).

Простори усередині приміщень в межах, яких можуть утворюватися або знаходитися пожежонебезпечні речовини і матеріали відповідно до НАПБ А. 01.001-2014 [26] відносяться до пожежонебезпечної зони класу П-Па. Це обумовлено тим, що в приміщенні знаходяться тверді горючі та важкозаймисті речовини та матеріали. Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється II ступень вогнестійкості.

Причинами можливого загоряння і пожежі можуть бути:

- несправність електроустановки;
- конструктивні недоліки устаткування;
- коротке замикання в електричних мережах;
- запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки.

Продуктами згоряння, що виділяються на пожежі, є: окис вуглецю; сірчистий газ; окис азоту; синильна кислота; акромін; фосген; хлор і ін. При горінні пластмас, окрім звичних

продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, фосген, синильна кислота, аміак, фенол, ацетон, стирол [27].

4.3.3 Електробезпека

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три- провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання.

4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.4.1 Параметри мікроклімату

Мікроклімат робочих приміщень - це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт 1а. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень і наведені в таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С ⁰	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	Легка-1 а	22-24	40-60	0,1
Тепла	Легка-1 а	23-25	40-60	0,1

4.4.2 Освітлення

Для виробничих та адміністративних приміщень світловий коефіцієнт приймається не менше $1/8$, в побутових – $1/10$:

$$\sqrt{a^2 + b^2} * S_b = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{10}\right) * S_n \quad (6.1)$$

де S_b – площа віконних прорізів, m^2 ;

S_n – площа підлоги, m^2 ;

$$\begin{aligned} S_n &= a * b = 4 * 6 = 24 \text{ м}^2 \\ S_b &= 1/8 * 24 = 3 \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (6.2)$$

Приймаємо 1 вікно площею $S=3 \text{ м}^2$.

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типу ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників n виробляється по формулі:

$$n = \frac{E * S * Z * K}{F * U * M} \quad (6.3)$$

де E – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

S – освітлювана площа, m^2 ; $S = 24 \text{ м}^2$;

Z – поправочний коефіцієнт світильника ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп) приймаємо рівним 1,1;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

U – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575;

M – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

F – світловий потік лампи – 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 * 24 * 1.1 * 1.5}{5400 * 0.575 * 2} \approx 1.91 \quad (6.4)$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 3-х світильників, які складаються з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

4.4.3 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти), тобто при V приміщення більше 40 м³ на одного працюючого допускається природна вентиляція. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП.

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.

4.4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій

Заходи безпеки під час експлуатації персонального комп'ютера та периферійних пристроїв передбачають:

- правильне організування місця праці та дотримання оптимальних режимів праці та відпочинку під час роботи з ПК;
- експлуатацію сертифікованого обладнання;
- дотримання заходів електробезпеки;
- забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату;
- забезпечення раціонального освітлення місця праці (освітленість робочого місця не перевищувала 2/3 нормальної освітленості приміщення);
- облаштовуючи приміщення для роботи з ПК, потрібно передбачити припливно-втяжну вентиляцію або кондиціонування повітря:
 - а) якщо об'єм приміщення 20 м³, то потрібно подати не менш як 30 м³/год повітря;
 - б) якщо об'єм приміщення у межах від 20 до 40 м³, то потрібно подати не менш як 20 м³/год повітря;

в) якщо об'єм приміщення становить понад 40 м³, допускається природна вентиляція, у випадку, коли немає виділення шкідливих речовин.

Заходи безпеки під час експлуатації інших електричних приладів передбачають дотримання таких правил:

- постійно стежити за справним станом електромережі, розподільних щитків, вимикачів, штепсельних розеток, лампових патронів, а також мережевих кабелів живлення, за допомогою яких електроприлади під'єднують до електромережі;
- постійно стежити за справністю ізоляції електромережі та мережевих кабелів, не допускаючи їхньої експлуатації з пошкодженою ізоляцією;
- не тягнути за мережевий кабель, щоб витягти вилку з розетки;
- не закривати меблями, різноманітним інвентарем вимикачі, штепсельні розетки;
- не підключати одночасно декілька потужних електропристроїв до однієї розетки, що може викликати надмірне нагрівання провідників, руйнування їхньої ізоляції, розплавлення і загоряння полімерних матеріалів;
- не залишати включені електроприлади без нагляду;

4.5 Екологія

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на видалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі. Можливий вплив на атмосферне повітря повинен бути врахован при наявності небезпечних речовин в повітрі робочої зони при нормальних умовах праці, які визначені у попередніх підрозділах та наявності вентиляційних пристроїв їх витягу в атмосферне повітря (ВУ, дефлекторів, інш.).

В процесі діяльності/виробництва ІТ-продукту виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Приклад деяких видів відходів, утворення, приведені нижче:

Батарейки та акумулятори (малі) -III клас небезпеки

Акумулятор для джерел безперебійного харчування -III клас небезпеки

Змінні носії інформації - IV клас небезпеки

Відходи друкуючих пристроїв - IV клас небезпеки

Відпрацьований ізолюючий матеріал, дроти та кабелі - - IV клас небезпеки

Макулатура - IV клас небезпеки

Побутові відходи - IV клас небезпеки.

4.6 Висновки до розділу 4

В результаті проведеної роботи було зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника.

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Були наведені розміри приміщення та наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

А також визначені основні екологічні аспекти впливу на навколишнє природне середовище та зазначені заходи щодо поводження з ними.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи досліджені методи побудови тестів і діагностики для перевірки цифрових приладів на працездатність.

На сьогоднішній час можна спостерігати швидкий розвиток цифрових пристроїв. Кожний раз пристрій вдосконалюється, домагаючись зменшення його розмірів завдяки зменшенню самих складових. Але при кожному такому кроці, винахідники повинні враховувати можливість виникнення помилки в роботі цифрового пристрою.

Кожен пристрій унікальний в своїй роботі, відповідно і помилки в роботі, і поломки будуть відрізнятися один від одного. На сьогоднішній день існують різні корпорації, які спеціалізуються на розробці і виробництві діагностуючих пристроїв.

В даному дослідженні наведені одні з багатьох методів створення тестів для перевірки цифрових пристроїв, методів і пристроїв для діагностування і виправлення знайдених поломок. Були розглянуто два основних принципи в діагностиці, це тестовий і функціональний.

При тестовому діагностуванні здійснюється подача спеціальних впливів (тестів), за допомогою яких можна визначити місце несправності. Визначається це тільки на виході з пристрою, де є пристрій який приймає вихідний результат.

Функціональний контроль призначений для контролю і діагностування системи в процесі її роботи. Однак, якщо засоби функціонального контролю є в системі, то вони, як правило, використовуються і при тестовому контролі. Засоби функціонального контролю забезпечують:

- виявлення несправності в момент її першого прояву в контрольній точці, що особливо важливо в разі, коли дію несправності треба швидко блокувати;
- видачу інформації, необхідної для управління роботою системи при наявності несправності, зокрема, для зміни (реконфігурації) структури системи;
- скорочення часу пошуку несправності.

Після дослідження різних методів діагностування та їх специфіки, цілей, методів, способів і часу була відзначена різна результативність. Деякі способи вимагають не одноразового повторення через неточні данні на виході, в слідстві яких відразу можна визначити місце і причину поломки. Виходячи з виробленого дослідження необхідне вдосконалення існуючих методів за допомогою створення нових алгоритмів створення тестових наборів для діагностики цифрових пристроїв.

Також отримані результати магістерської роботи можуть бути використані в якості додаткового джерела для навчання студентів на відповідних предметах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Будылдина Н. В. Учебное пособие Основы передачи дискретных сообщений / Н. В. Будылдина. – Екатеринбург, 2009.
2. Abramovici M, Breuer M. A, Friedman A. D. Digital Systems Testing and Testable Design. IEEE Press, Piscataway, New Jersey, 1994.
3. Ерошенко Г. Н. Эксплуатация электрооборудования / Г. Н. Ерошенко, Н. П. Кондратьева. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2014.
4. Томел Д. Поиск неисправностей в электронике / Д. Томел, Н. Уидмер. – Москва: NT Press, 2007.
5. О. Д. Азаров, С. І. Перевозніков, Н. О. Біліченко, В. С. Озеранський ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ, УНІВЕРСУМ-Вінниця 2009.
6. Перевозніков С. І., Очуров М. А., Озеранський В. С. Аналіз характеристик формування компонентних структур цифрових пристроїв // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – №4 (Технічні науки).
7. Кудрявцев В. Б. Теория тестирования логических устройств. – М.: Физмалит, 2006.
8. Резніков М.І., Пампуха І.В., Гахович С.В. Аналіз видів дефектів мікропроцесорних великих інтегральних схем і умови їх прояву з урахуванням процесу // Зб. наук. пр. КВІУЗ. Вип. №3. - К.: КВІУЗ, 2000.
9. Таранников Ю. В. Комбинаторные свойства дискретных структур и приложения к криптологии / Ю. В. Таранников. – Москва: МЦНМО, 2014.
10. Алексеев А.А., Солодовников А.И. Диагностика в технических системах управления. Учеб. пособие для вузов /Под ред. В.Б. Яковлева. СПб. Политехника, 1997.
11. Иванов Ю.П., Никитин В.Г. и др. Контроль и диагностика измерительго-вычислительных комплексов: Метод. Указания к выполнению лабораторных работ. СПб. ГУАП, 2000.
12. Абрамов О.В., Розенбаум А.Н. Прогнозирование состояния технических систем. М.: Наука, 1990.
13. Резніков М.І., Пампуха І.В., Гахович С.В. Структурно-функціональна модель цифрового типового елемента заміни з урахуванням енергодинамічного процесу // Зб. наук. пр. КВІУЗ. Вип. №1. - К.: КВІУЗ, 2001.
14. Чинніков Ю.В., Пампуха І.В., Гахович С.В. Приблизні методи оцінки надійності систем із знецінюваними і частково знецінюваними відмовами // Зб. наук. пр. ВІТІ НТУУ “КПІ”. Вип. №1. - К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2002.
15. Чинніков Ю.В., Вишнівський В.В., Гахович С.В. Урахування періодичності контролю в моделі системи з часовим резервуванням // Науково-технічний збірник. Вип. №13, -

К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, 2002.

16. Вишнівський В.В., Гахович С.В., Катін П.Ю., Круценко В.В. Пристрій для діагностування цифрових ТЕЗ з використанням енергодинамічного процесу // “Вісник” Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Вип. № 6. - К.: КНУ ім. Т.Шевченка, 2003.

17. Захарчук О.В., Гахович С.В., Ольшанський В.В. Методика вибору функцій приналежності цифрових нечітких регуляторів в системах автоматичного управління // Зб. наук. пр. ВІТІ НТУУ “КПІ”. Вип. №3. - К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2003.

18. Гахович С.В. Методика побудови тестової послідовності для діагностування цифрових типових елементів заміни // Зб. наук. пр. ВІТІ НТУУ “КПІ”. Вип. №4. - К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2003. - С.

19. Гахович С.В. Метод діагностування цифрових ТЕЗ // Зб. наук. пр. ВІТІ НТУУ “КПІ”. Вип. №4. - К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2004.

20. Закон України "Про охорону праці". Вводиться в дію Постановою ВР № 2695-ХІІ від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669. - Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/3428/doc-zakon-ukrajini-pro-ohoronu-praci](http://www.dnaop.com/html/3428/doc-zakon-ukrajini-pro-ohoronu-praci)

21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова від 1 грудня 1999 року N 42 – Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/31675/doc-ДСН_3.3.6.042-99/](http://www.dnaop.com/html/31675/doc-ДСН_3.3.6.042-99/)

22. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования. Принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 21 октября 1993 г.; Переиздание. Апрель 2001 г. – Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/1605/doc-ГОСТ_12.1.018-93](http://www.dnaop.com/html/1605/doc-ГОСТ_12.1.018-93)

23. ГОСТ 13109-97. „Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитных. Нормы качества электроэнергоснабжения общего назначения”. Принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 12-97 от 21 ноября 1997 г.) – Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/42313/doc-ГОСТ_13109-97](http://www.dnaop.com/html/42313/doc-ГОСТ_13109-97)

24. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Затверджено Постановою Головного державного санітарного лікаря України 10 грудня 1998р. N 7 – Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/40939/doc-ДСанПіН_3.3.2.007-98](http://www.dnaop.com/html/40939/doc-ДСанПіН_3.3.2.007-98)

25. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 17 червня 2015 року № 423 (зі змінами) – Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/40939/doc-НПАОП_0.00-7.15-18](http://www.dnaop.com/html/40939/doc-НПАОП_0.00-7.15-18)

<https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>

26. НАПБ А. 01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено Наказом Міністерства внутрішніх справ України 30.12.2014 № 1417 – Режим доступу: [www. URL: https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15](http://www.url)

27. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 12.12.89 N 3683 - Режим доступу: [www. URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89](http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89)

28. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 13 січня 1998 р. за № 11/2451 - Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/1691/doc-НПАОП_40.1-1.01-97](https://dnaop.com/html/1691/doc-НПАОП_40.1-1.01-97)

ДОДАТОК А. Комп'ютерна презентація

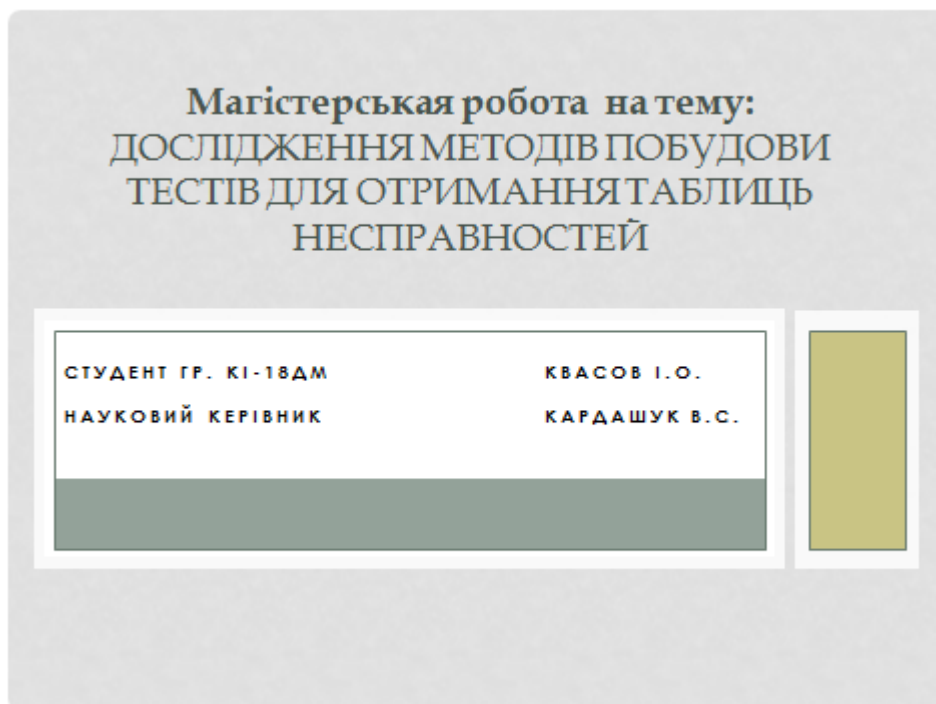
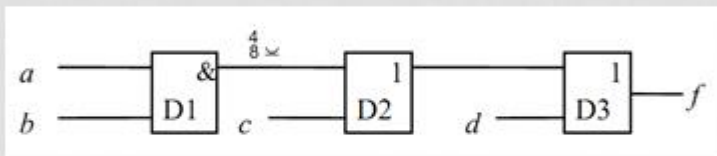


Рисунок А.1 – Титульний лист



Рисунок А.2 – Мета і завдання дослідження

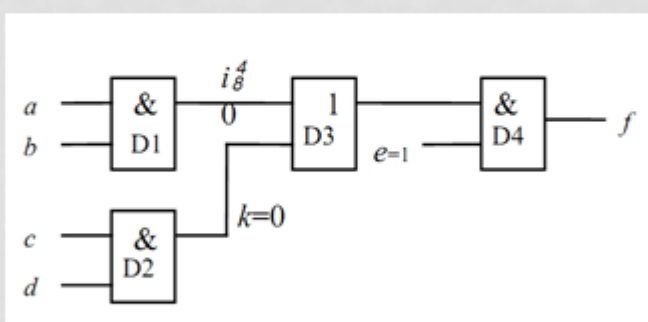
АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ



Приклад з несправності у ланцюзі

Рисунок А.3 – Аналіз математичних моделей

МЕТОД АКТИВІЗАЦІЇ ОДНОВИМІРНОГО ШЛЯХУ



Значення сигналів на лініях схеми
з несправністю „лінія $i = 0$ ”

Рисунок А.4 – Метод одновимірного шляху

ПОБУДОВА ТЕСТУ ЗА МЕТОДОМ БУЛЕВОЇ ПОХІДНОЇ

Для ефективного опису схем, за якими побудована комбінація різних воріт, потрібен спеціальний тип алгебри, в якому всі змінні та функції можуть приймати лише два значення: 0 і 1. Така алгебра називається булевою алгеброю. Як і у звичайній алгебрі, булева алгебра має свої функції. Булева функція має одну або більше змінних і дає результат, який залежить лише від значень цих змінних. Ви можете визначити просту функцію f , сказавши, що $f(A) = 1$, якщо $A = 0$, і $f(A) = 0$, якщо $A = 1$. Така функція буде функцією НЕ

Рисунок А.5 – Побудова тесту за методом мулевої похідної

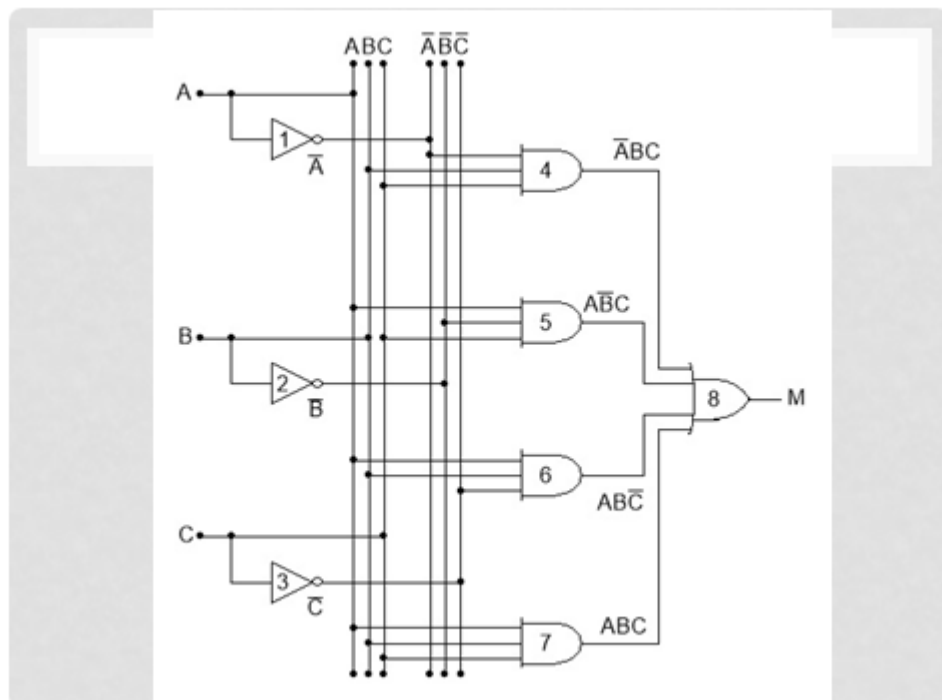


Рисунок А.6 – Приклад реалізації мулевої функції

ПРИСТРОЇ ДЛЯ АПАРАТНОГО КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ

- функціональні тестери, які здійснюють стимуляцію перевіряється цифрового пристрою і оцінки його реалізації через роз'єм плати;
- пристрій поелементного контролю, які здійснюють контроль кожної мікросхеми;
- тестери, здійснюють тільки реєстрацію результатів, стимулюють впливу;
- логічні аналізатори, сигнатурні сигналізатори, реєстратори перехідних станів, логічні зонди та інше.

Рисунок А.7 – Пристрої для апаратного контролю

МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ

Для контролю і діагностики цифрових пристроїв застосовуються дві основні групи методів: тестові і функціональні:

1. при тестовому контролі здійснюють подачу спеціальних впливів (тестів);
2. функціональний контроль призначений для контролю і діагностування системи в процесі її роботи.

Рисунок А.8 – Методи і засоби контролю та діагностики цифрових приладів

КОРИГУВАЛЬНИЙ КОД ГЕМІНГА

Коди Гемінга є самоконтролюючою кодами, тобто кодами, що дозволяють автоматично виявляти помилки при передачі даних. Для їх побудови досить приписати до кожного слова один додатковий (контрольний) двійковий розряд і вибрати цифру цього розряду так, щоб загальна кількість одиниць в зображенні будь-якого числа було, наприклад, непарних.

Рисунок А.9 – Коригувальний код Гемінга

ЦИКЛІЧНІ КОДИ

Типовим прикладом таких засобів є канал зв'язку, по якому здійснюється передача дискретних даних. Особливість циклічних кодів, що визначають їх назву, складається в тому, що якщо N -значна кодова комбінація належить даному коду, то і комбінація, отримана циклічної перестановкою знаків, також належить цим кодом. Основним елементом кодує і декодує апаратури при роботі з такими кодами служить зсувний регістр зі зворотним зв'язком, що володіє необхідними циклічними властивостями.

Рисунок А.10 – Циклічні коди

МЕТОДИ ВБУДОВАНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

Проблема тестування в надвеликих інтегрованих системах ускладнюється відсутністю зовнішніх виходів корпусу мікросхеми для контролю і управління. Для вирішення цієї проблеми використовуються спеціальні методи проектування НВІС. Методи сканування засновані на об'єднанні тригерів, присутніх в схемі або спеціально введених в неї в один або кілька регістрів зсуву, які контролюють стан схеми і управляються через послідовний вхід.

Рисунок А.11 – Методи вбудованого діагностування

ТЕСТОВИЙ ЦИКЛ З ДОДАТКОВОЮ МОЖЛИВІСТЮ СКАНУВАННЯ ДАНИХ

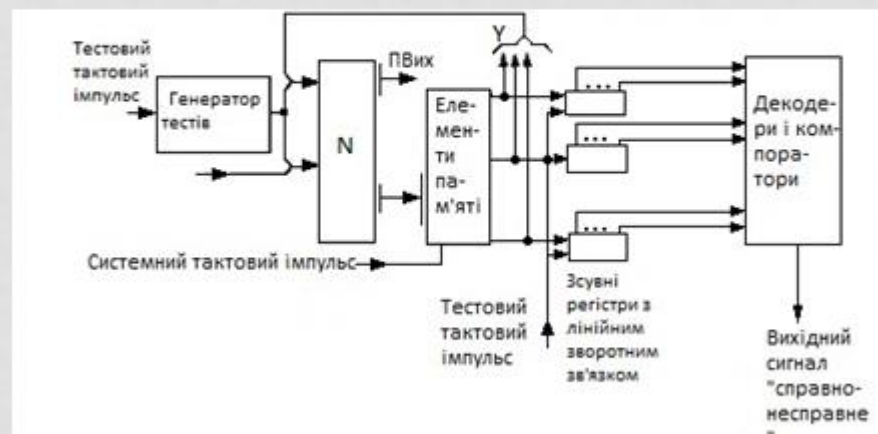


Рисунок А.12 – Тестовий цикл з додатковою можливістю сканування даних

ОСНОВИ СТРУКТУРНОГО ТЕСТУВАННЯ

Структурне тестування полягає у перевірці внутрішньої структури елементів системи.

Структурне тестування програмного забезпечення може бути реалізоване такими методами:

- тестуванням маршрутів;
- тестуванням циклів;
- тестуванням обробки даних.

Рисунок А.13 – Основи структурного тестування

ВИСНОВКИ

- Дослідженні різні алгоритми побудови методів
- Досліджена їх специфіка, цілі, методів і часу;
- Обґрунтована актуальність у вдосконаленні існуючих методів;
- Представлені методи та пропозиції для вдосконалення визначених критеріїв

Рисунок А.14 – Висновки