

ВСТУП

Друковані плати почали тестуватись вже достатньо давно. Спочатку тестування проводилось тільки людиною але дуже скоро вона стала “вузьким місцем” в процесі тестування із-за людського фактору. Поступово тестування друкованих плат автоматизувалося і з кожним роком цей процес постійно удосконалювався, впроваджуючи нові методи електричного і оптичного контролю якості друкованих плат. Існуючі системи автоматизованого тестування вже можуть проводити автономний повний цикл тестування але вони мають певні недоліки.

З огляду на актуальність, темпи виробництва електроніки постійно росте і відповідно зростають вимоги к автоматизованим системам тестування друкованих плат. Рішення чи зменшення впливу проблем існуючих систем дозволить підвишити ефективність процесу тестування друкованих плат.

Об’єктом дослідження є процес тестування друкованих плат на виробництві.

Предмет дослідження– методи тестування друкованих плат та автоматизації цього процесу.

Мета роботи– підвищення ефективності автоматизованого тестування друкованих плат.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- 1) провести огляд та аналіз існуючих методів і систем тестування друкованих плат;
- 2) визначити показники ефективності, які застосовуються до систем автоматизованого тестування друкованих плат;
- 3) розробити моделі процесу тестування та спроектувати оптимізоване ІТ-рішення з урахуванням визначених показників ефективності;
- 4) вибір засобів реалізації системи тестування
- 5) розробка програмного забезпечення і бази даних

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз будови друкованої плати

Друкована плата (PCB) - це пластина з діелектричного матеріалу (напр. гетинакс чи склотекстоліт) на поверхні якого знаходиться струмопровідний матеріал, за допомогою яких з'єднуються радіоелектронні компоненти. У ролі електропровідного матеріалу зазвичай використовують мідну фольгу, а у ролі діелектрику: скло-тканину. Електронні компоненти з'єднуються з струмопровідним матеріалом в основному за допомогою пайки. Приклади друкованих плат наведено на рис. 1.1, 1.2.

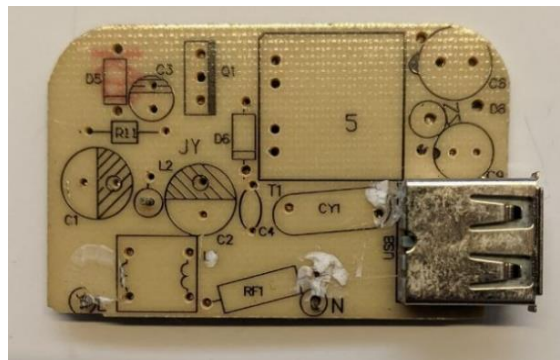


Рисунок 1.1 - Друкована плата без радіоелектронних компонентів



Рисунок 1.2 - Друкована плата з радіоелектронними компонентами

Друковані плати бувають з одним (рис.1.3) або двома (рис. 1.4) шарами електропровідного матеріалу, а також багат шарові (рис. 1.5).



Рисунок 1.3 - Друкована плата з одним шаром електропровідного матеріалу

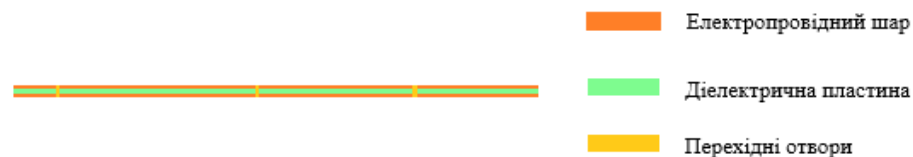


Рисунок 1.4 - Друкована плата з двома шарами електропровідного матеріалу

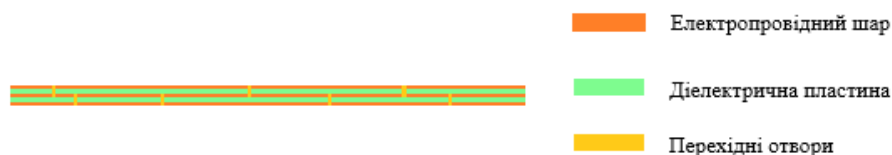


Рисунок 1.5 - Багатошарова друкована плата

У випадку одношарової плати електропровідний матеріал покриває тільки одну сторону діелектричної пластини. Перевагами цього виду друкованих плат (надалі “ДП”) є простота та низька вартість виробництва, а недоліком є неможливість розташування великій кількості компонентів в зрівнянні з ДП з більшої кількості шарів.

В двошарових платах електропровідний матеріал покриває вже дві сторони діелектричної пластини. З’єднання шарів відбувається за допомогою металізованих перехідних отворів. Перехідні отвори робляться за допомогою свердління та металізуванням отриманих отворів. Перевагами є не велика ціна виробництва та можливість розташувати радіодеталі з двох сторін.

В багатошарових платах крім верхньої та нижньої частини діелектричної пластини, електропровідний шар знаходиться і всередині. Це дозволяє розмістити

велику кількість компонентів в зрівнянні з іншими видами друкованих плат. Недоліком більш велика вартість виробництва.

Є різні матеріали основи ДП під різні задачі.

1. Тверда основа. Часто для такої основи використовують такі матеріали як скло текстоліт, гетинакс.

2. Друковані плати з металевою основою. Також для основи ДП можуть використовуватися метали. У такому випадку металева основа покривається діелектриком і після вже наноситься мідна фольга для доріжок.

3. Друковані плати з основою із кераміки. У ролі основи виступає кераміка.

4. Гнучка основа. Гнучкий шлейф, на якому монтується радіо компоненти.

Є два типу радіо компонентів і виходячи з цього, два типи монтажу.

1. Вивідні компоненти з монтажем в отвори (ТНТ, Through-hole Technology).

Ця технологія відноситься до схеми кріплень, що використовується для електронних компонентів і передбачає використання відведень на компонентах, які вставляються в отвори у друкованих платах і припаюються до накладок.

2. Компоненти з поверхневим монтажем (SMD, Surface Mounted Device).

Технологія, яка має на увазі те, що радіо компоненти пропоюються тільки на сторону друкованої плати, на якій є струмопровідні доріжки. Причому для цього не потрібні отвори у ДП.

1.2 Аналіз методів перевірки якості друкованих плат

Перевірка якості друкованих плат це важливий етап у виробництві електроніки, тому що він завершальний. Є декілька типів перевірки якості:

Методи внутрішньо схемного тестування:

- ручний метод;
- адаптерний контроль;
- літаючі щупи;
- літаючі матриці.

Візуальний огляд друкованої плати:

- оптичні системи автоматичного візуального огляду;
- системи автоматичного рентгенівського контролю.

1.2.1 Методи внутрішньо схемного тестування

Внутрішньо схемне тестування дозволяє остаточно переконатися, що виріб працює належним чином, і запобігти потраплянню дефектів до споживача.

Ручний метод (рис.1.6). Має на увазі те, що тестування кожного окремого ланцюга буде проводитися людиною за допомогою мультиметра. Якість і швидкість сильно залежить від досвіду і кваліфікації людини, яка проводить тестування. Є дешевим але найменш ефективним методом.

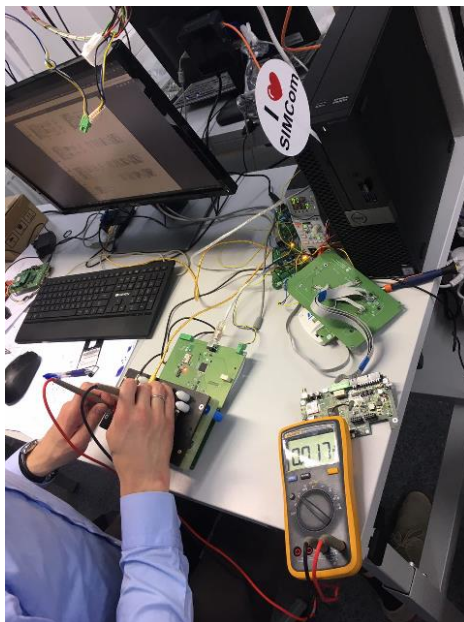


Рисунок. 1.6 - Тестування друкованої плати за допомогою ручного методу

Адаптерний контроль («Ложе цвяхів») (рис. 1.7, 1.8). Контакт з друкованою платою і подальше тестування відбувається за допомогою пластини з пружинними контактами («progo pins»), які знаходяться навпроти точок контрольного заміру значень. Контрольні точки або ж «тест поінти» повинні бути додані на друковану плату на етапі її проектування.

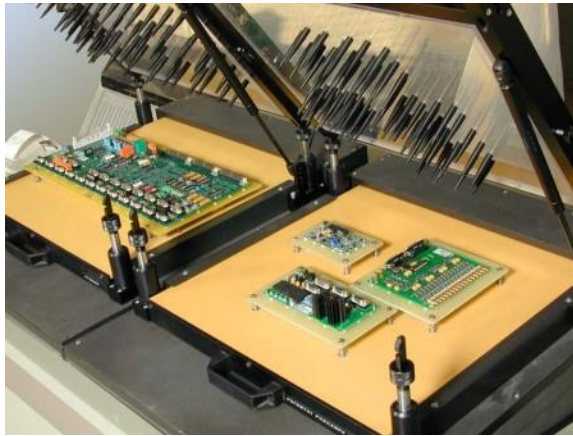


Рисунок 1.7 - Зображення «Ложе цвяхів»

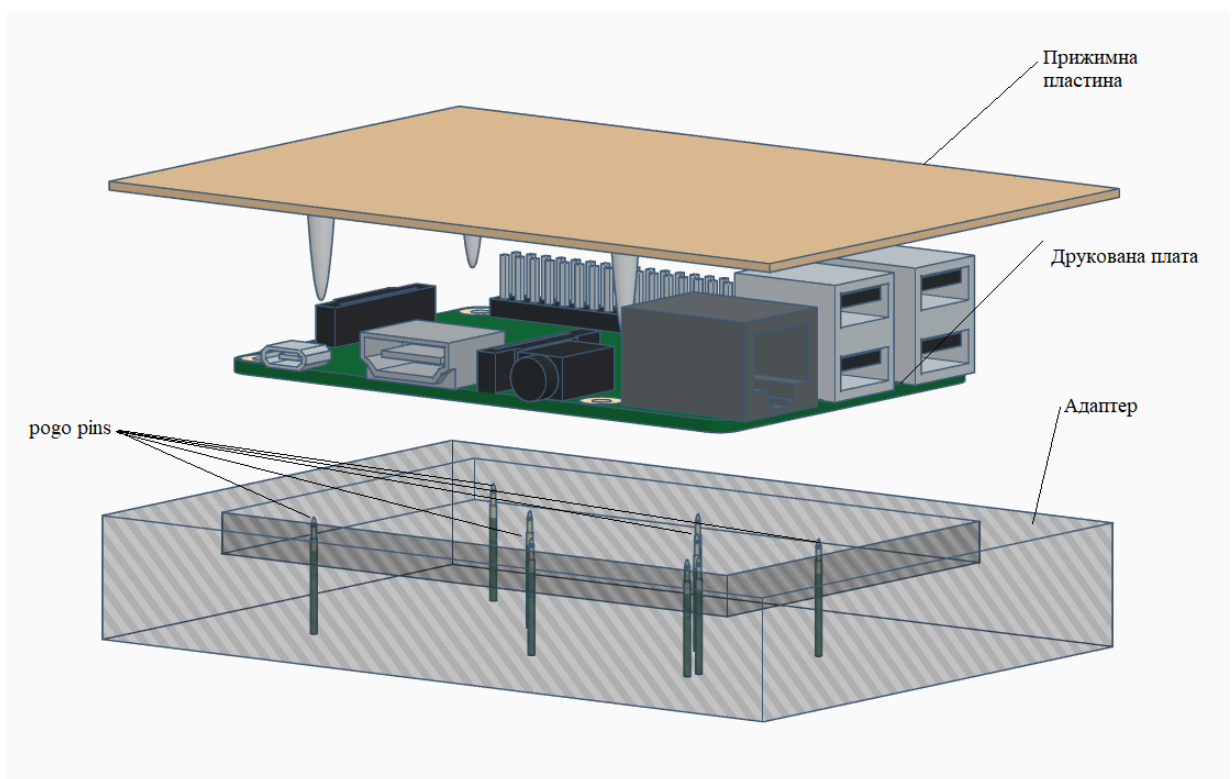


Рисунок 1.8 - «Ложе цвяхів»

На відміну від «ручного тестування», «ложе цвяхів» може бути без проблем включено до складу автоматизованої лінії тестування. Недоліком є те, що під різні друковані плати необхідно розробляти різні пластини з «pogo pins» і якщо у разі багатосерійного, однотипного виробництва це допустимо, то для виробництва, орієнтованого на випуск індивідуальних плат дрібної серією, цей метод не підходить через втрату часу на розробку нових адаптерів для друкованих плат і фінансові втрати із-за цього.

Літаючі щупи («Flying probes») (рис.1.9). Метод полягає в тому, що установка для тестування має одну або кілька рухомих головок на яких знаходяться кілька незалежних щупів з приводами по осях. Завдяки цьому можливо перевірити будь-яку лінію і компонент на платі і що є найбільш важливим - універсальність. Всі переміщення щупів і параметри тестування задаються в заздалегідь створеної програмі.

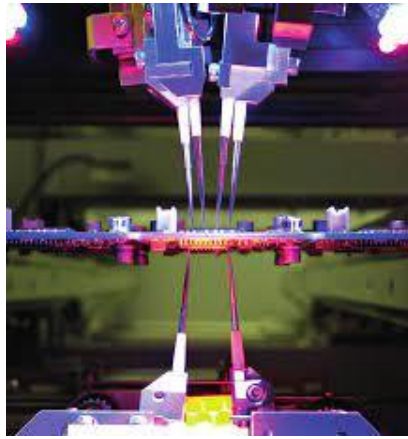


Рисунок 1.9 - Тестування друкованої плати за допомогою «Flying probes»

Літаючі матриці («Flying grid») (рис.1.10, 1.11). На рухомий пластині розміщується матриця з незалежними щупами з приводами. Ця методика тестування є універсальною і в порівнянні з іншими технологіями найбільш швидкою і ефективною, але її вартість є досить високою.



Рисунок 1.10 - Тестування друкованої плати за допомогою «Flying grid»

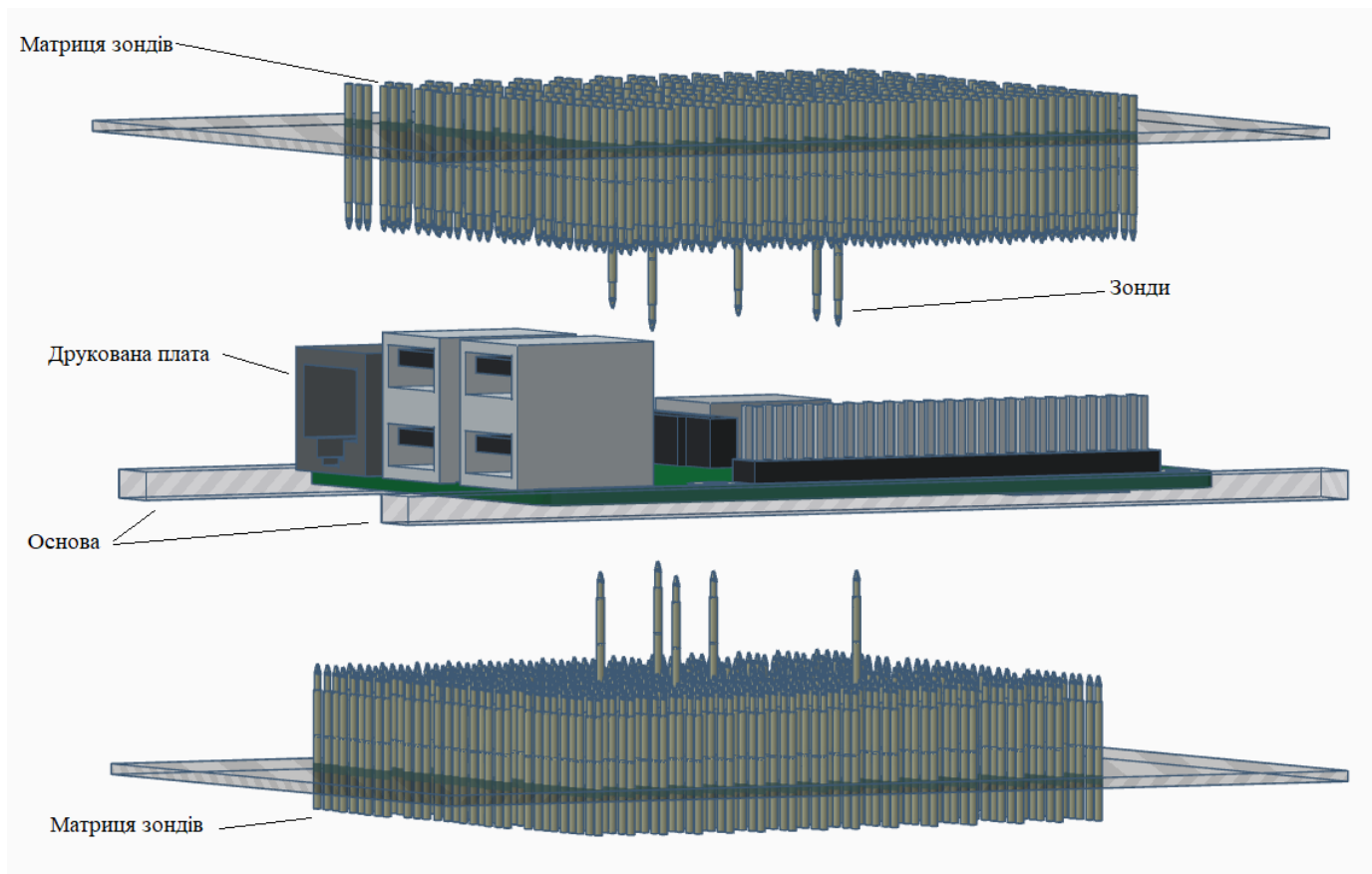


Рисунок 1.11 - Літаючі матриці

1.2.2 Візуальний огляд друкованої плати

Внутрішньо схемне тестування не може дозволити знайти 100% браку у друкованих платах, тому додатково використовується візуальний огляд. Візуальний огляд дозволяє виявити дефекти основи друкованої плати, брак електропровідних доріжок, кільцеві тріщини у перехідних отворах.

Недоліки «ручного» візуального контролю: суб'єктивність сприйняття людиною певних зовнішніх ознак прояву дефектів, висока ймовірність помилок та упущень дефектів, недоступність для спостереження за зв'язками в структурах друкованої плати. Це все стало причиною з'явлення автоматичних систем візуального огляду.

Виділяють різні типи систем автоматичного візуального огляду, які буде розглянуто нижче.

Оптичні системи автоматичного візуального огляду (рис.1.12). Системи автоматичного оптичного контролю використовуються для виявлення дефектів монтажу компонентів та дефектів пайки. Обладнання може виявити: відсутні компоненти, зміщення, неправильну полярність, відсутність штифтів, брак припою, невідповідність (прочитати позначення) тощо. Агрегати повністю підтримують систему відстеження, дозволяють відстежувати кожен окремий компонент і передавати інформацію для ремонту або обліку даних. Перевагами є не велика ціна, у зрівнянні з наступним методом, а недоліком є не можливість перевірити на дефекти внутрішню частину друкованої плати.

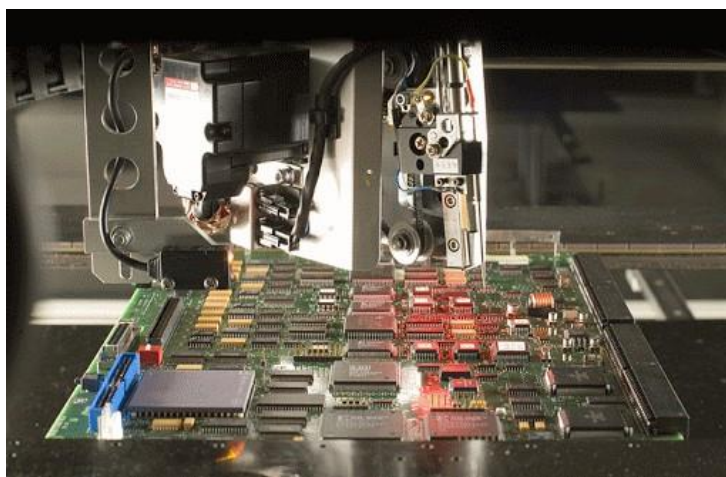


Рисунок 1.12 - Зображення з процесом оптичного контролю друкованої плати

Системи автоматичного рентгенівського контролю. Окремо стоячі системи рентгенологічного контролю друкованих плат застосовуються для виявлення дефектів електронних компонентів на друкованих платах, для аналізу внутрішньої структури компонентів. Машини використовуються як окремо стояче обладнання поза виробничою лінією для детального огляду окремих зразків.

1.3 Недоліки та переваги існуючих методів тестування

До переваг електричного адаптерного тесту («Ложа цвяхів») можна віднести: електричний контакт з друкованою платою, надійні результати тестування,

можливість тестування будь-якого типу плат, висока продуктивність. Недоліками виступають висока вартість адаптера, складність визначення точного положення помилок.

Електричний без адаптерний тест («Літаючі щупи», «Літаючі матриці») характеризується наступними перевагами: електричний контакт з друкованою платою, надійні результати тестування, можливість тестування будь-якого типу плат, доцільність тестування від однієї плати. До недоліків методу можна віднести наступні: велика ціна, в порівнянні з адаптерними і оптичними методами, тривалість тестування.

Оптичний тест («Оптичні системи автоматичного візуального огляду», «Системи автоматичного рентгенівського контролю») забезпечує високу ефективність процесу, відсутність витрат на адаптер, швидке визначення розташування помилок. Недоліки цього тесту: відсутність електричного контакту з друкованою платою із-за чого аналізується не електричне з'єднання, а його фото; результат може потребувати незалежній перевірці, відсутня перевірка браку металізації отворів.

Перелік існуючих рішень для автоматизованого тестування друкованих плат.

Системи візуального і оптичного контролю можуть бути автоматичними, автоматизованими і автоматично/автоматизованими. Автоматичні системи потребують втручання людини тільки в рідкісних випадках і працюють тільки з конвеєром. У автоматизованих системах людина має вже значну роль, тому що вона приймає участь у етапі прийняття рішень і потребує її втручання на усіх етапах тестування. Також є комбіновані системи, коли вона може працювати як у автоматичному режимі, так і у автоматизованому.

Автоматичні системи мають високу вартість і потребують висококваліфікований персонал. Вони мають високу точність, але через їх вартість і необхідність налаштування під кожну плату, робить їх використання на малосерійному виробництві не вигідним. Для мало серійного виробництва підходять автоматизовані системи, які мають більш низку ціну, але такий тип

систем має гіршу ефективність і точність виявлення браку у зрівнянні з автоматичними системами.

Для внутрішньо схемного тестування використовуються такі пристрої: Compact SL, Compact TK, TR5001 SII.

Compact SL - це тестер для внутрішньо схемного тестування друкованих плат у конвеєрній лінії. Він розрахований на багатосерійне виробництво для використання у складі автоматичної лінії тестування, але також може використовуватись як окремий прилад у автоматизованому режимі. Compact SL дозволяє проводити параметричне і внутрішньо схемне тестування, має можливість програмування мікроконтролерів. Тестер підтримує до 1536 аналогових каналів, до 128 цифрових каналів, до 6 блоків живлення. Зовнішній вигляд тестера наведено на рисунку 1.14.



Рисунок.1.14. - Зображення «Compact SL»

Compact TK – це автоматизований тестер друкованих плат, який розрахований на роботу у малосерійному виробництві, та не має можливості інтегрування у автоматичну лінію. Як і Compact SL він дозволяє робити параметричний і внутрішньо схемний тест, програмувати мікроконтролери. Має до 1536 аналогових каналів, до 128 цифрових каналів і до 6 блоків живлення. Дозволяє проводити функціональне тестування. Прилад Compact TK зображений на рисунку 1.15.



Рисунок 1.15. - Зображення «Compact TK»

TR5001 SII – це автоматична система тестування з можливістю тестування світлодіодів. Максимальна кількість каналів для тестування світлодіодів: 1080. Дозволяє проводити внутрішньо схемний тест і функціональний контроль. Має високу точність позиціонування щупів, та високу пропускну здатність. Присутній інтерфейс який дозволяє виконувати процедуру швидкого від'єднання тестеру від друкованої плати. В випадку перекосу друкованої плати чи не правильному вирівнюванні повідомляє про це оператора. Пристрій зображено на рисунку 1.16.



Рисунок 1.16. - Зображення «TR5001 SII»

Системи візуального контролю друкованої плати: SRT, RV 2.

SRT – це система автоматичного рентгенівського контролю для роботи у конвеєрній лінії. Має можливість групового контролю невеликих елементів у автоматичному режимі. Максимально можливий розмір друкованих плат 12 на 18. Використовується система лінз, яка дозволяє збільшувати зображення до 1000X і має поле огляду 12 на 18. Рентгенівська трубка з потужністю 90kV, 110kV, 130kV або 150kV. Всі ці параметри дозволяють отримувати зображення з високою роздільною здатністю в реальному режимі часу. Є конфігурація з автоматичною завантаженням зразків. Сам пристрій зображено на малюнку 1.17.



Рисунок. 1.17. - Зображення SRT

RV 2 – це система автоматичного оптичного контролю, яка орієнтована на роботу у конвеєрній лінії. Контролює геометрію паяльних з'єднань SMD монтажу, перевіряє пайку вивідних радіо компонентів і визначає якість захисної маски на друкованій платі. Максимальний розмір друкованих плат 41 на 36 см, має можливість встановлення бічних камер. Дозволяє проводити інспекцію SMT компонентів типорозміру 01005. RV 2 зображений на рисунку 1.18.



Рисунок 1.18. - Зображення RV 2

2 РОЗРОБКА ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

2.1 Визначення метрик та показників ефективності для оцінки якості процесу тестування друкованих плат

В більшості випадках у існуючих систем модулі візуального контролю і внутрішньо схемного тестування роздільні та з'єднуються за допомогою конвеєра. А якщо в модулі внутрішньо схемного тестування є оптичний контроль, то він не має достатню точність для повноцінного контролю якості. Оптичний контроль здійснюється за допомогою звичайних камер, що у деяких випадках призводить до не виявлення браку, чи за допомогою 2D сканеру висот, якому на проведення сканування потребується багато часу. Температурний контроль відбувається за допомогою датчиків температури, які неможливо розмістити в необхідній кількості на друкованій платі. Це також призводить до пропуску браку.

Метрики та показники ефективності дуже важливі для процесу тестування друкованих плат, тому вони дозволяють зрозуміти чи є проблеми, які негативно впливають на тест, та при їх наявності, знайти причину цих проблем.

1. Вихідний процент невиявленого браку. Процент бракованих друкованих плат які пройшли тестування.

2. Швидкість тестування друкованих плат. Кількість перевірених плат на одну одиницю часу.

3. Кількість плат, які помилково були відправлені у брак. Це ті плати, які повністю відповідають усім критеріям, але через якусь помилку були відправлені у брак.

2.2 Розробка архітектури системи

Процес тестування плат складається з декількох етапів. Перший етап це отримання РСВ і проведення візуального огляду. На другому етапі відбувається

внутрішньо схемне тестування. Останній етап передбачає збереження результатів тестування. Всі ці етапи можливо відобразити за допомогою графічної моделі (рис. 2.1). Ураховуючи ці фактори, потрібно створити архітектуру системи.

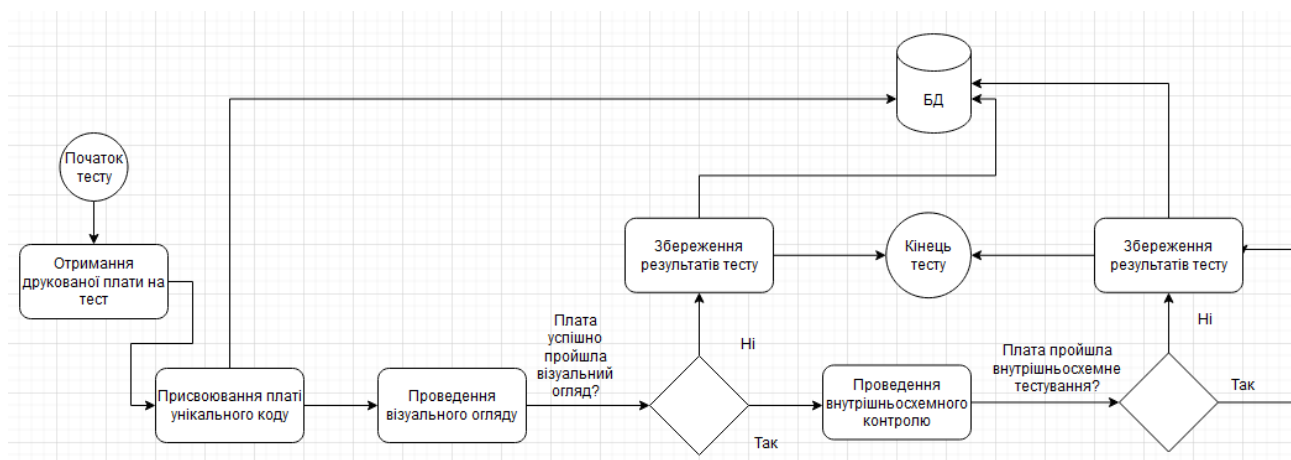


Рисунок.1.13. Загальний принцип тестування друкованих плат

На рисунку 2.2 зображена діаграма системи автоматизованого тестування друкованих плат, яка відображує взаємодію між її частинами і допомагає зрозуміти внутрішню будову.

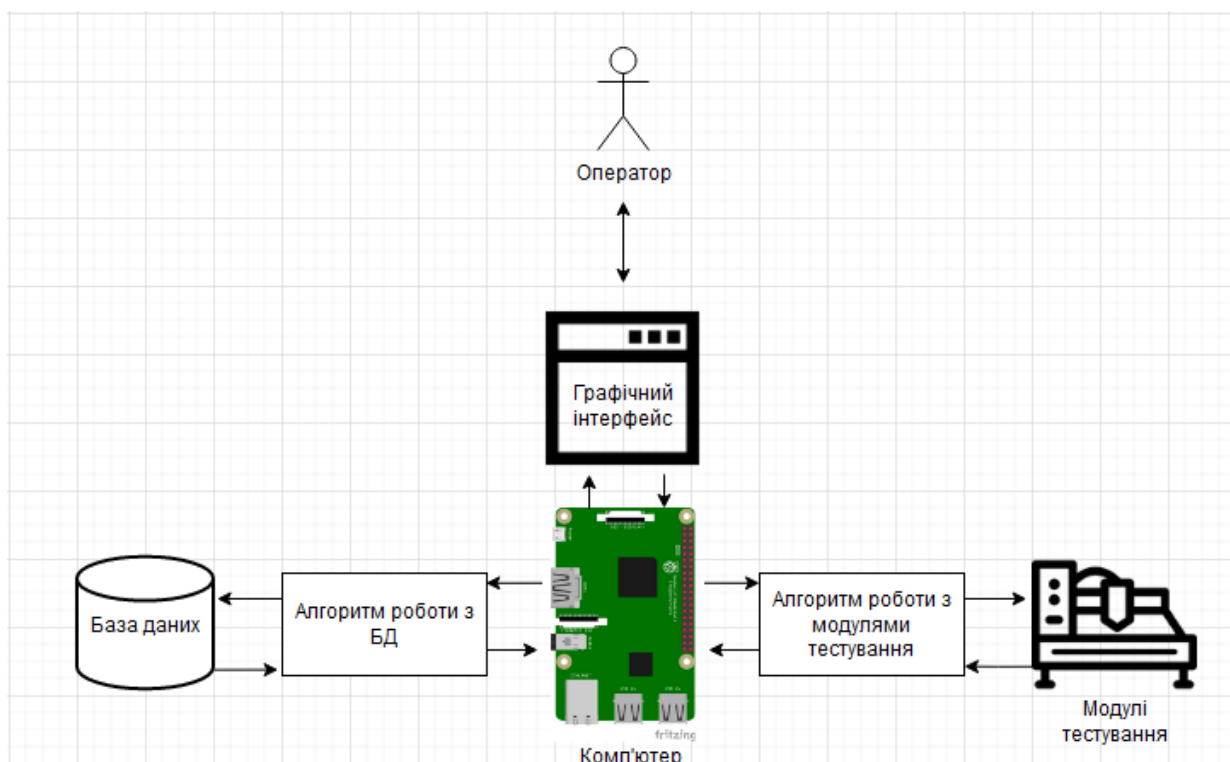


Рисунок 2.2 - Архітектура системи

Основною частиною системи є комп'ютер. Він виконує роль сполучної ланки між усіма елементами системи і виконує/контролює процес тестування друкованої плати. У БД зберігаються усі необхідні дані для тестування, такі як аккаунти операторів та еталонні значення тест-поінтів друкованої плати. Алгоритм роботи з БД реалізує взаємодію програмного забезпечення і бази даних. Модулі тестування – це апаратна частина яка взаємодіє з платою під час тестування за допомогою алгоритму роботи з модулями тестування. Графічний інтерфейс дозволяє контролювати і робити налаштування системи оператором.

2.3. Вибір засобів розробки системи

Створення прототипу дозволяє знайти недоліки інтерфейсу на етапі проектування та швидко і зручно їх виправити. Однією з програм, яка дозволяє це зробити є Axure RP. Axure RP (рис.2.3) – програма для створювання прототипу веб-сайтів і додатків. Має можливість налаштування поведінки кнопок, панелей і інших віджетів. Все це дозволяє створити прототипи які максимально схожі на кінцевий додаток і надають можливість протестувати інтерфейс.

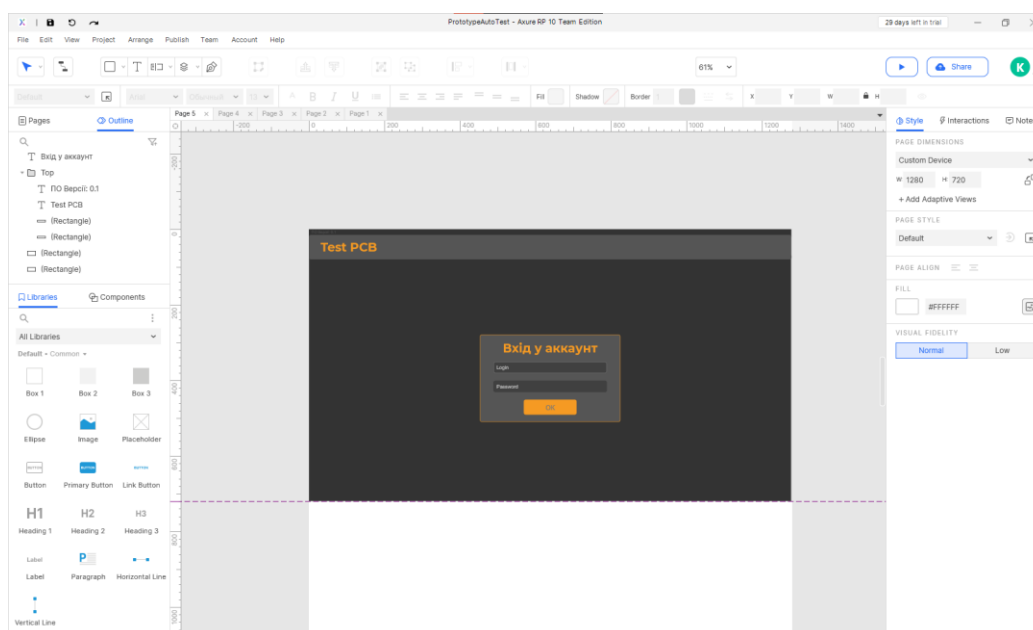


Рисунок 2.3 - Інтерфейс програми Azure RP

Для створення системи тестування, спочатку необхідно обрати апаратну платформу, на якій вона буде працювати. Ця платформа повинна мати відкриту документацію та апаратні ресурси які необхідні для виконання поставлених задач. На цю роль підходить Raspberry Pi. Raspberry Pi (рис.2.4) - це серія невеликих одноплатних комп'ютерів, розроблених Фондом Raspberry Pi у співпраці з Broadcom. Проект Raspberry Pi спочатку сприяв викладанню базової інформатики у школах та країнах, що розвиваються. Оригінальна модель стала більш популярною, ніж очікувалось, і продавалася поза цільовим ринком для таких сфер, як робототехніка. Завдяки низькій вартості, модульності та відкритій конструкції, він широко використовується наприклад для моніторингу погоди. Він широко використовується ентузіастами комп'ютерів та електроніки завдяки використанню інтерфейсів HDMI та USB, GPIO та операційної системи Linux.

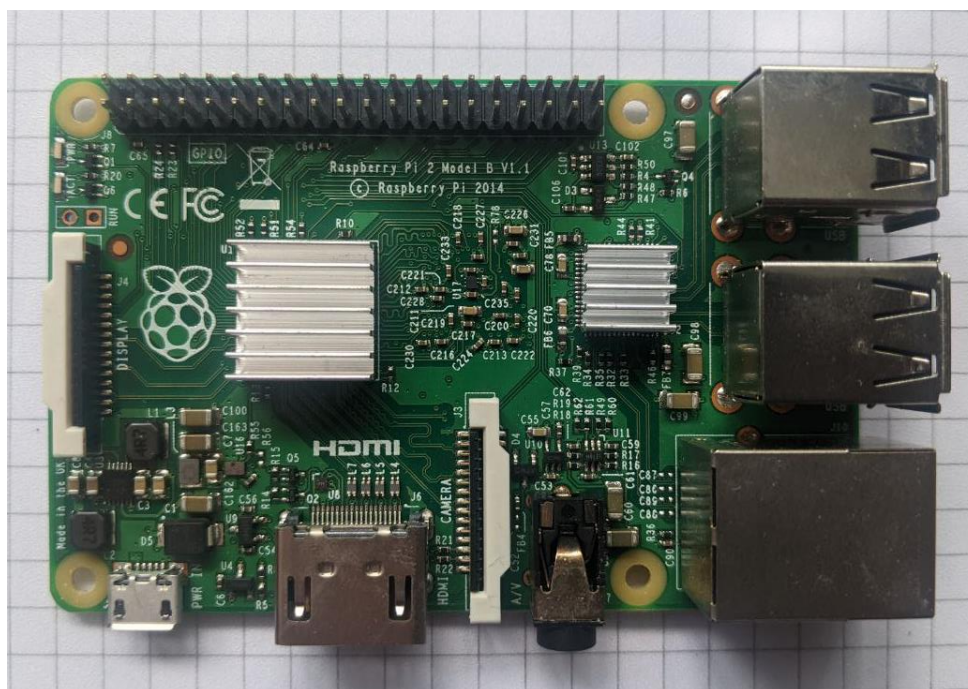


Рисунок 2.4 - Raspberry Pi 2B

Операційна система (ОС) - це системне програмне забезпечення, яке управляє комп'ютерним обладнанням, програмними ресурсами та забезпечує загальні послуги для комп'ютерних програм. Raspbian OS – це дистрибутив GNU

Linux, який оптимізований для ARM і оснований на Debian. Дистрибутиви GNU Linux – це Unix сумісні операційні системи на базі ядра Linux з пакетом програмного забезпечення проекту GNU. Ядро Linux та системи на його основі мають відкриту ліцензію і розроблюються по моделі вільного і відкритого програмного забезпечення.

Мови програмування - це вид комп'ютерної мови який використовується в комп'ютерному програмуванні для реалізації алгоритмів. Python – це інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування з динамічною типізацією. Він підтримує модулі, що позитивно впливає на модульність і повторне використання коду. Підтримуються такі парадигми програмування як об'єктно-орієнтована, аспектно-орієнтована, функціональна і процедурна. Python працює майже на всіх платформах, наприклад такі як Microsoft Windows та Unix системи. Переваги: багатоплатформність, низький поріг входження, велика кількість бібліотек. Недоліки: повільна швидкість виконання, в зрівнянні наприклад з C++, відсутність статичної типізації і виходячи з цього не саме оптимальне використання оперативної пам'яті .

Система управління базами даних (СУБД) – це сукупність програмних засобів, які дозволяють створювати та використовувати бази даних. MySQL – open-source реляційна система керування базами даних. Використовується у якості сервера, до якого звертаються віддалені клієнти. Але також може використовуватись у якості внутрішнього серверу в автономних додатках. Підтримує більшість існуючих платформ і має API для таких мов програмування як Python, C++, Java та інші.

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ СИСТЕМИ

3.1 Опис бізнес-процесу автоматизованого тестування друкованих плат

Опис бізнес-процесу будемо робити за допомогою графічної нотації BPMN (рис.3.1). BPMN (Нотація управління бізнес-процесами) - це мова моделювання бізнес-процесів, яка представляє проміжний зв'язок між візуалізацією та реалізацією бізнес-процесу.

Опис бізнес-процесів допомагає показати велику кількість інформації різним колам користувачів. Діаграми описують наскрізні бізнес-процеси, але в той же час допомагають швидко зрозуміти процес та орієнтуватися в його логіці.

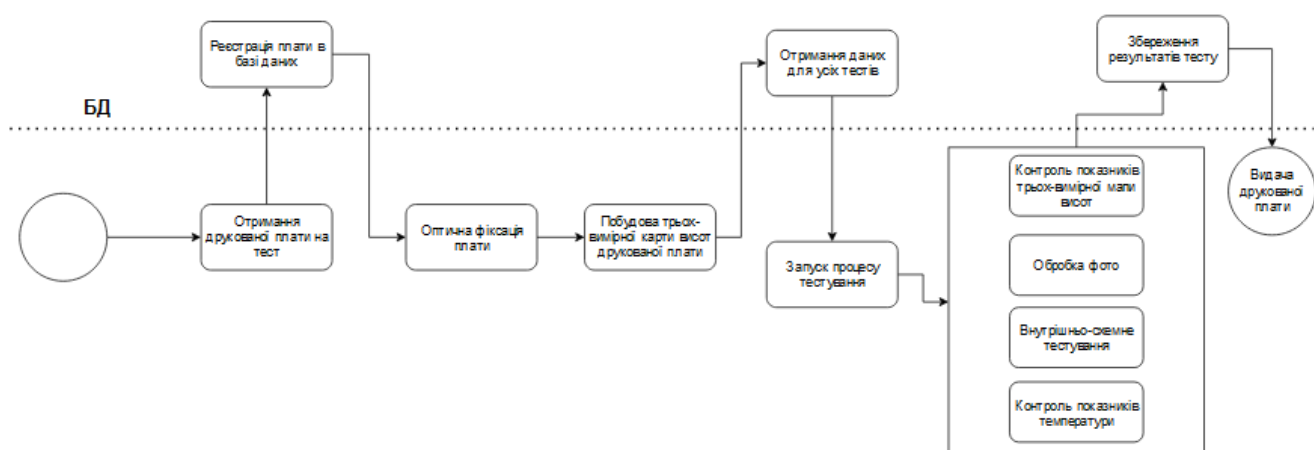


Рисунок 3.1. - Модель BPMN тестування друкованих плат

3.2 Створення моделі IDEF0

IDEF0 призначена для описування бізнес-процесів. Це «чорний ящик» з входами і виходами, управлінням і механізмом, який поступово деталізується до необхідного рівня. «Чорний ящик» - це графічне зображення функціонального блоку.

На рисунку 3.2 наведено модель IDEF0 процес обробки фото.

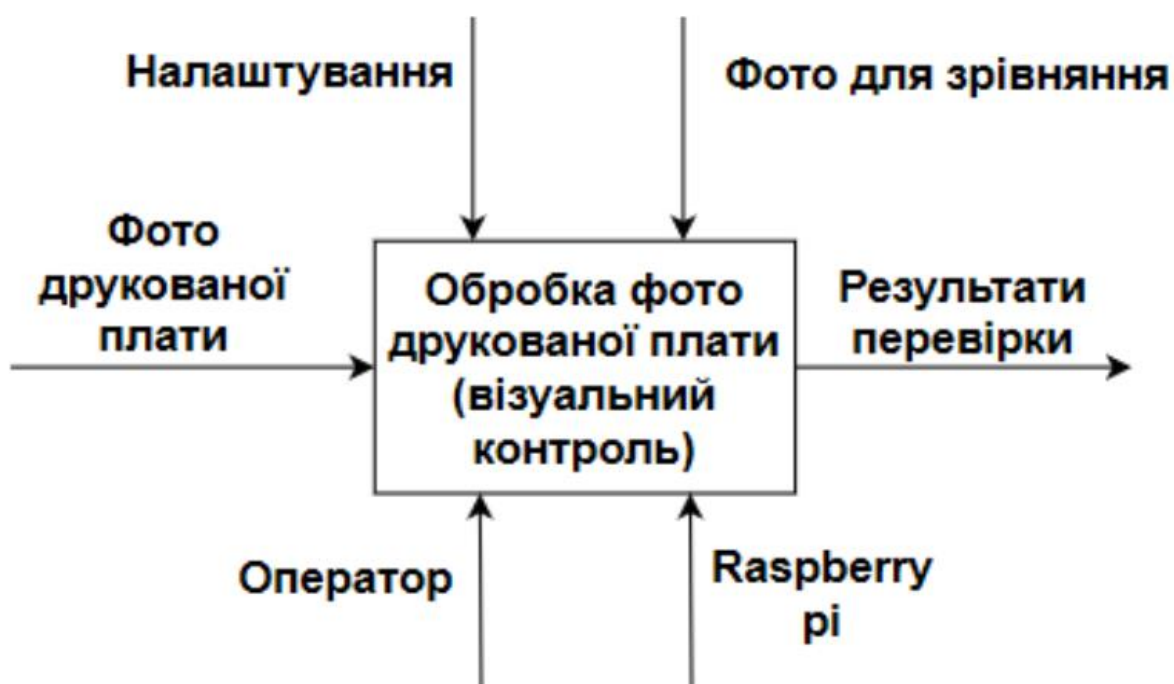


Рисунок 3.2. - Чорний ящик процесу обробки фото

Таблиця 3.1 - Чорний ящик процесу обробки фото

Вхідні дані	Вихідні дані	Управління	Механізми
Фото друкованої плати	Результати перевірки	Налаштування	Оператор
		Фото для зрівняння	Raspberry pi

Декомпозиція процесу обробки фото. На рисунку 3.3. зображено декомпозиція процесу перевірки якості друкованої плати за допомогою оптичного контролю. Першим блоком на вході є «Обробка фото», за допомогою якої відбувається фрагментування фото. Вхідні дані у нього це «фото друкованої плати», а вихідні «оброблене фото». Управління відбувається за допомогою «налаштувань», а роль механізмів виконує «оператор» і «raspberry pi». Наступним блоком йде «Аналіз відхилень». Він відповідає за зрівняння поточного фото з еталонним і має такі входи-виходи: вхідні дані – оброблене фото, вихідні – результати аналізу. За

управління відповідає «налаштування» і «фото для зрівняння», а механізмами є «оператор» і «raspberrypi». Останній блок це «Формування результатів» і він потрібен для формування висновку перевірки. Має в собі результати аналізу (вхідні дані), результати перевірки (вихідні дані), налаштування (управління) та оператора і raspberrypi (механізми).

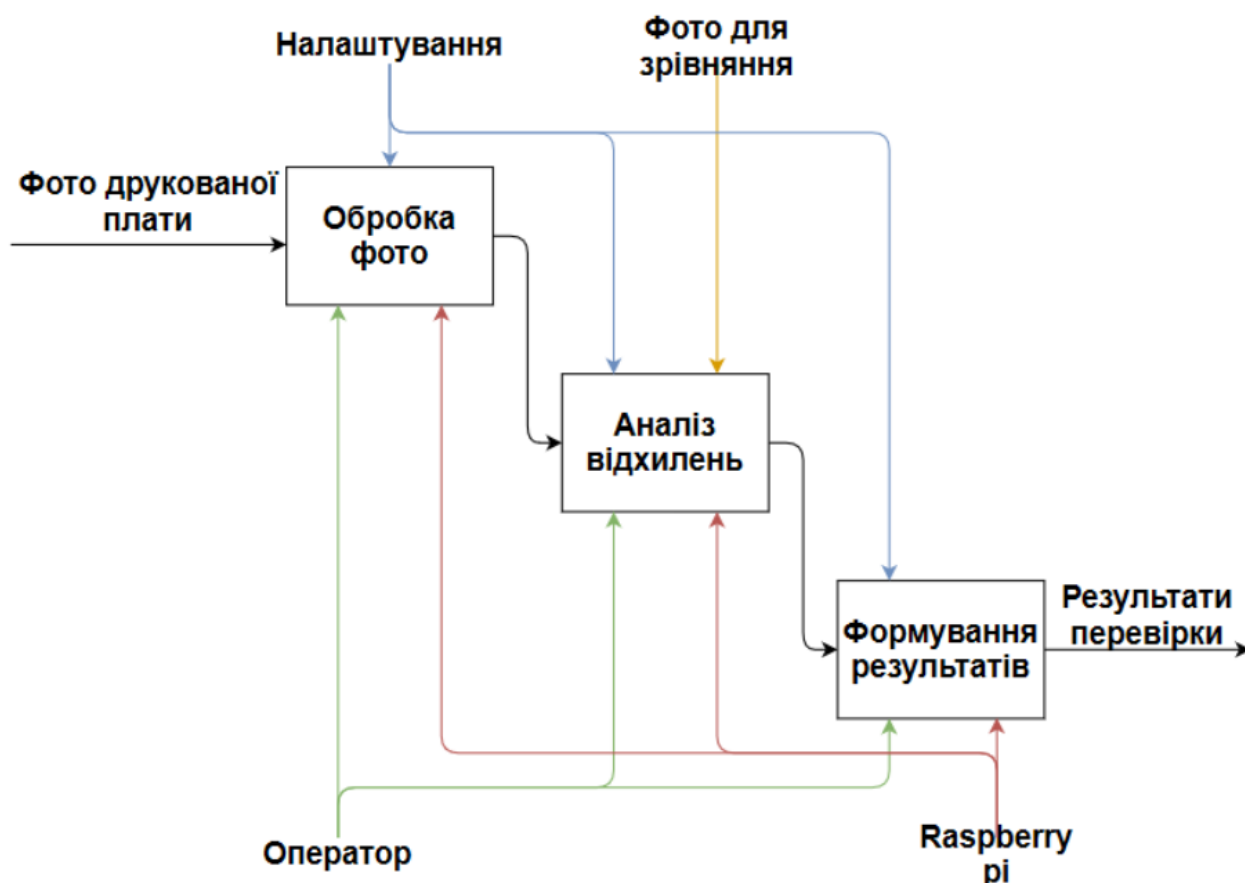


Рисунок 3.3. - Декомпозиція процесу обробки фото

На рисунку 3.4 зображено модель IDEF 0 «Чорний ящик» процесу внутрішньо схемного тестування друкованої плати. На цьому етапі відбувається електричний тест друкованої плати.

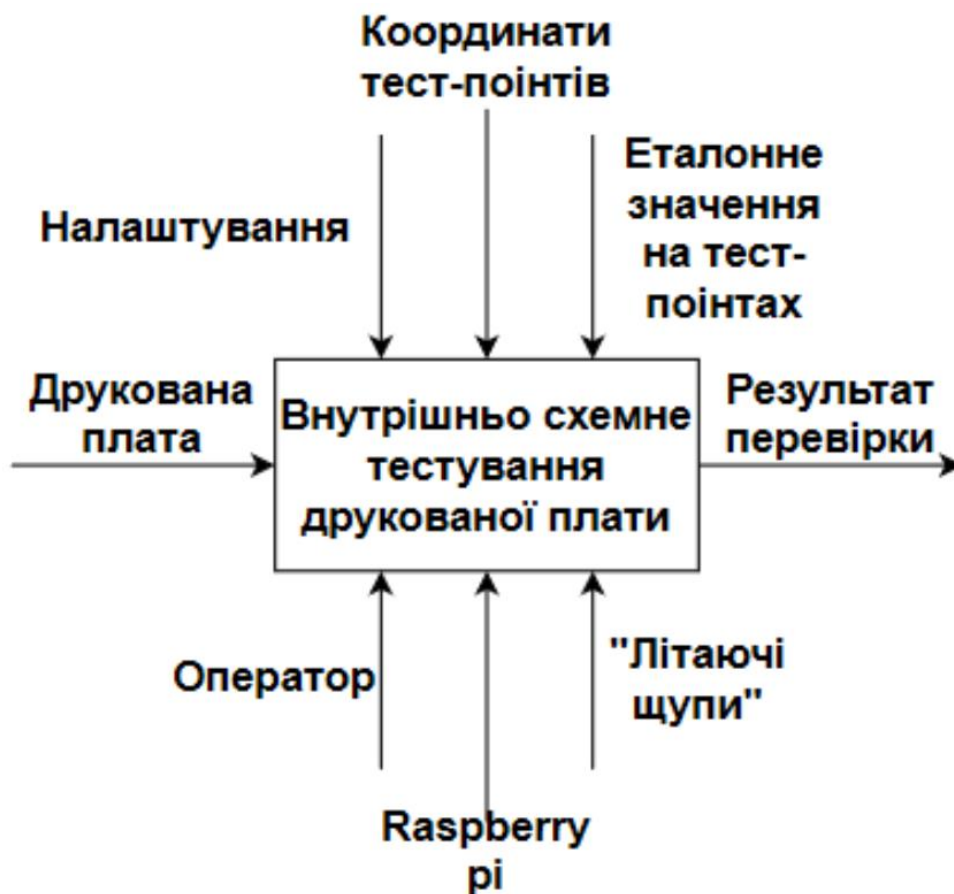


Рисунок 3.4. - Чорний ящик внутрішньо схемного контролю

Таблиця 3.2 - Чорний ящик внутрішньо схемного контролю

Вхідні дані	Вихідні дані	Управління	Механізми
Друкована плата	Результат перевірки	Налаштування	Оператор
		Координати тест-поінтів	Raspberry Pi
		Еталонні значення на тест поінтах	«Літаючі щупи»

Декомпозиція процесу внутрішньо схемного контролю (рис. 3.5): Ділиться на чотири внутрішніх блоків: «Переміщення щупів до тест-поінтів», «Зчитування значень з тест-поінтів», «Аналіз значень», «Формування результатів».

Переміщення щупів до тест-поінтів – переміщення голови з щупами до необхідних контрольних контактів. На вході має «Друковану плату», а на виході вже «Готова

до тесту плата». Управління здійснюється за допомогою «налаштувань» та «координат тест-поінтів». Механізмами є «Оператор», «Raspberry Pi» і «Літаючі щупи».

Зчитування значень з тест-поінтів - з'єднання плати і системи тесту за допомогою щупів. У цьому блоці присутні такі входи – виходи: «готова до тесту плата» і «значення з тест-поінтів». Механізмами є «Оператор», «Raspberry Pi», «Літаючі щупи», а управління це «Налаштування» і «Координати тест-поінтів».

Аналіз значень – зрівняння отриманих значень з еталонними. Вхідними даними у даному випадку є «значення з тест-поінтів», а вихідними «результати аналізу». У якості механізмів використовується «оператор» і «raspberry pi», а роль управління займає «еталонні значення на тест-поінтах» і «налаштування».

Останнім блоком у цієї декомпозиції є «Формування результатів». Вхідними даними є «результати аналізу», вихідними – «результат перевірки». Управління: «налаштування». Механізми: «оператор», «raspberry pi».

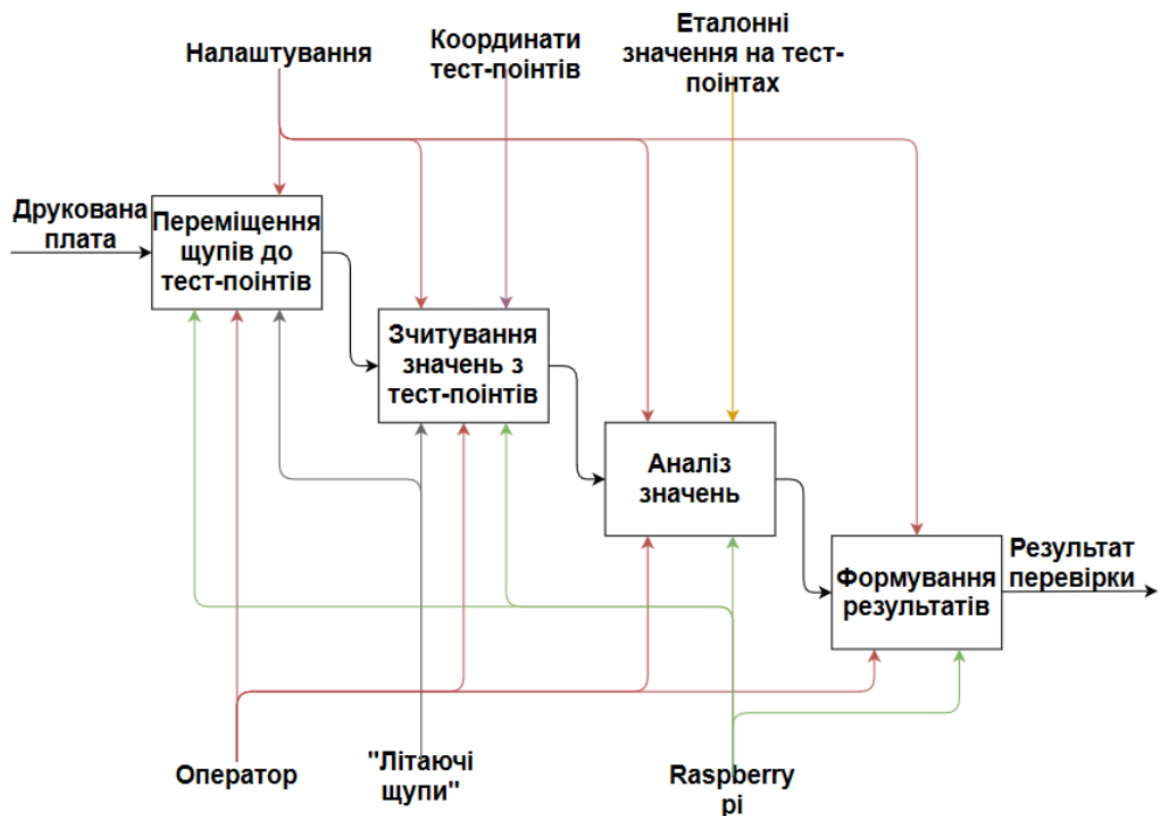


Рисунок 3.5. - Декомпозиція процесу внутрішньо схемного контролю

На рисунку 3.6 наведено модель IDEF 0 «Чорний ящик» процесу перевірки тепловізором.

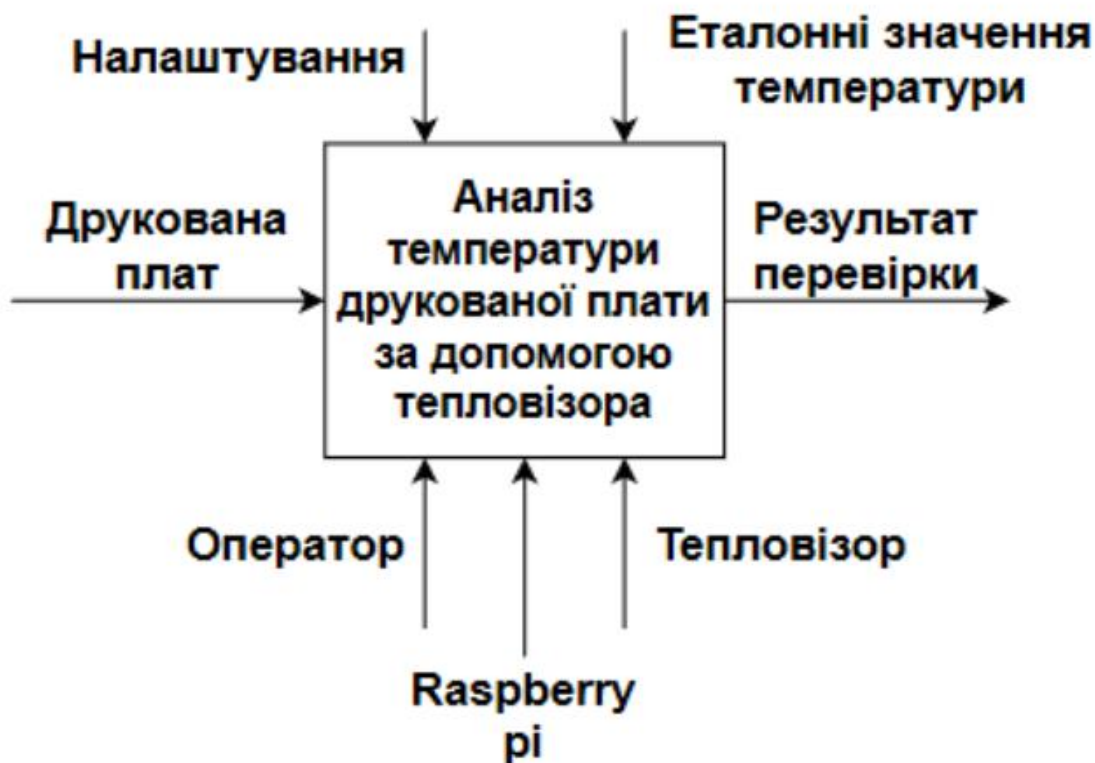


Рисунок 3.6. - Чорний ящик процесу перевірки плати тепловізором

Таблиця 3.3 - Чорний ящик процесу перевірки плати тепловізором

Вхідні дані	Вихідні дані	Управління	Механізми
Друкована плата	Результат перевірки	Налаштування	Оператор
		Еталонні значення температури	Raspberry pi
			Тепловізор

Декомпозиція процесу перевірки плати тепловізором (рис. 3.7). Ця модель має у собі три функціональних блоків: «Зчитування значень температури», «Аналіз значень температури» і «Формування результатів».

Перший блок отримує значення температури друкованої плати. Вхідні дані до цього блоку – «Друкована плата». Вихідні – «Температурні дані». «Налаштування» є методом управління, а «Тепловізор» і «Raspberry Pi» механізмами.

Аналіз значень температури відповідає за зрівняння поточних значень з еталонними. Вхідні дані у поточного блока це «Друкована плата», а вихідні – «інформація про температурні відхилення». У даному випадку якості механізмів використовується «raspberry pi» і «оператор», а управління це – «налаштування» і «еталонні значення температури».

Формування результатів – звіт про температурний стан плати. Вхідні дані отримуються з минулого блоку («інформація про температурні відхилення») і після обробки на виході отримуємо «Результат перевірки». Методом управління у цьому блоці є «Налаштування», а у ролі механізмів виступає «Raspberry Pi» і «Оператор».

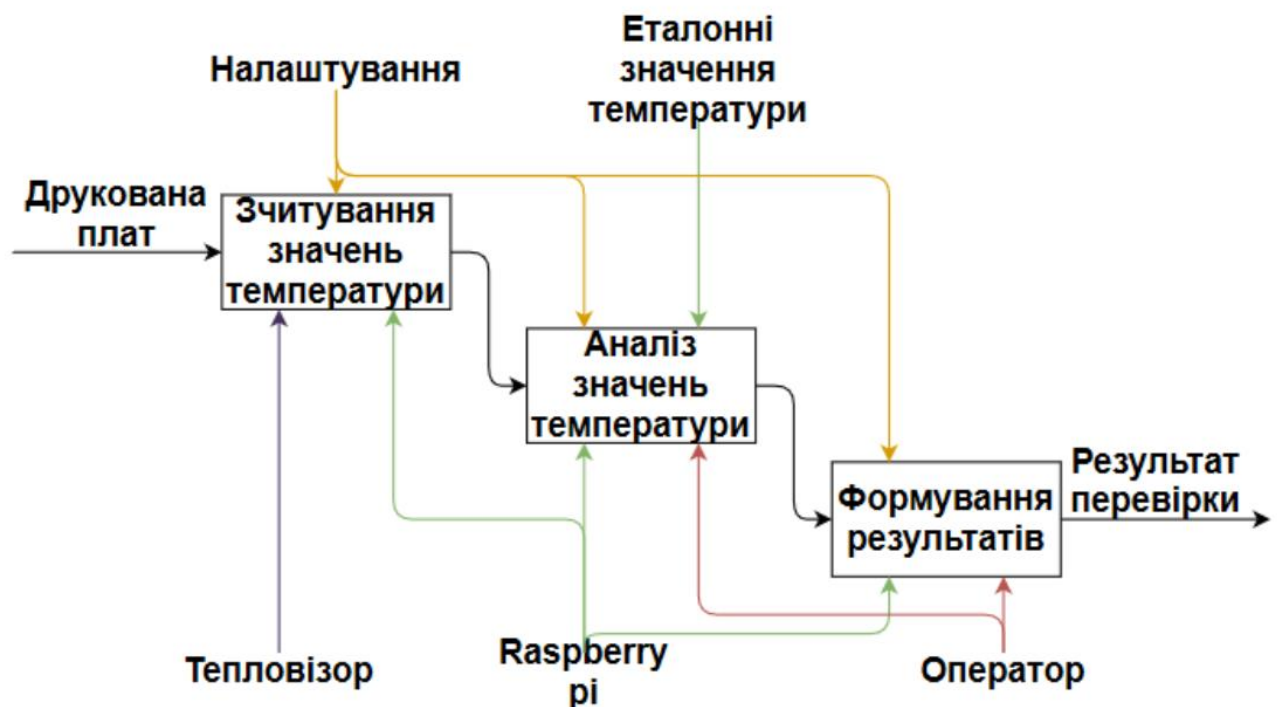


Рисунок 3.7. - Декомпозиція процесу перевірки плати тепловізором

«Чорний ящик» процесу перевірки трьох вимірної карти висот друкованої плати зображено на рисунку 3.8.

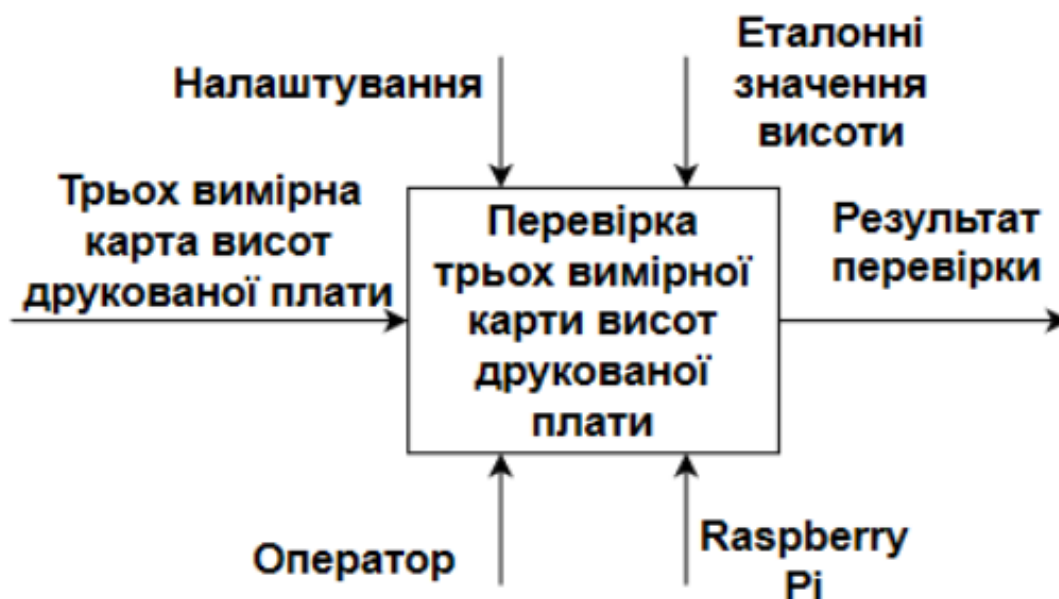


Рисунок 3.8. - Чорний ящик процесу перевірки трьох вимірної карти висот друкованої плати

Таблиця 3.4 - Чорний ящик процесу перевірки трьох вимірної карти висот друкованої плати

Вхідні дані	Вихідні дані	Управління	Механізми
Трьох вимірна карта висот друкованої плати	Результати перевірки	Налаштування	Оператор
		Еталонні значення висоти	Raspberry Pi

Декомпозиція процесу перевірки трьох вимірної карти висот друкованої плати (рис. 3.9). Цей процес ділиться на три блоки: Обробка даних, Аналіз відхилень і Формування результатів.

Обробка даних – конвертація даних в більш зручний вид. На вході поступає «трьох вимірна карта висот» і на виході з цього блоку отримуються «дані для аналізу». Для

досягнення цього результату використовуються такі елементи управління – «налаштування», і такі механізми: «оператор», «raspberry pi».

Аналіз відхилень – зрівняння отриманих значень з еталонними. На вході цього блоку є «дані для аналізу», а вихідними даними є «результати аналізу». Для управління використовується «Налаштування» і «Еталонні значення висоти». Механізми – «Оператор», «Raspberry Pi».

Формування результатів – створення звіту результатів 3d контролю. Вхідними даними є «Результати аналізу», вихідними «Результат перевірки». Управління є «налаштування», а механізми це «Оператор» і «Raspberry pi».

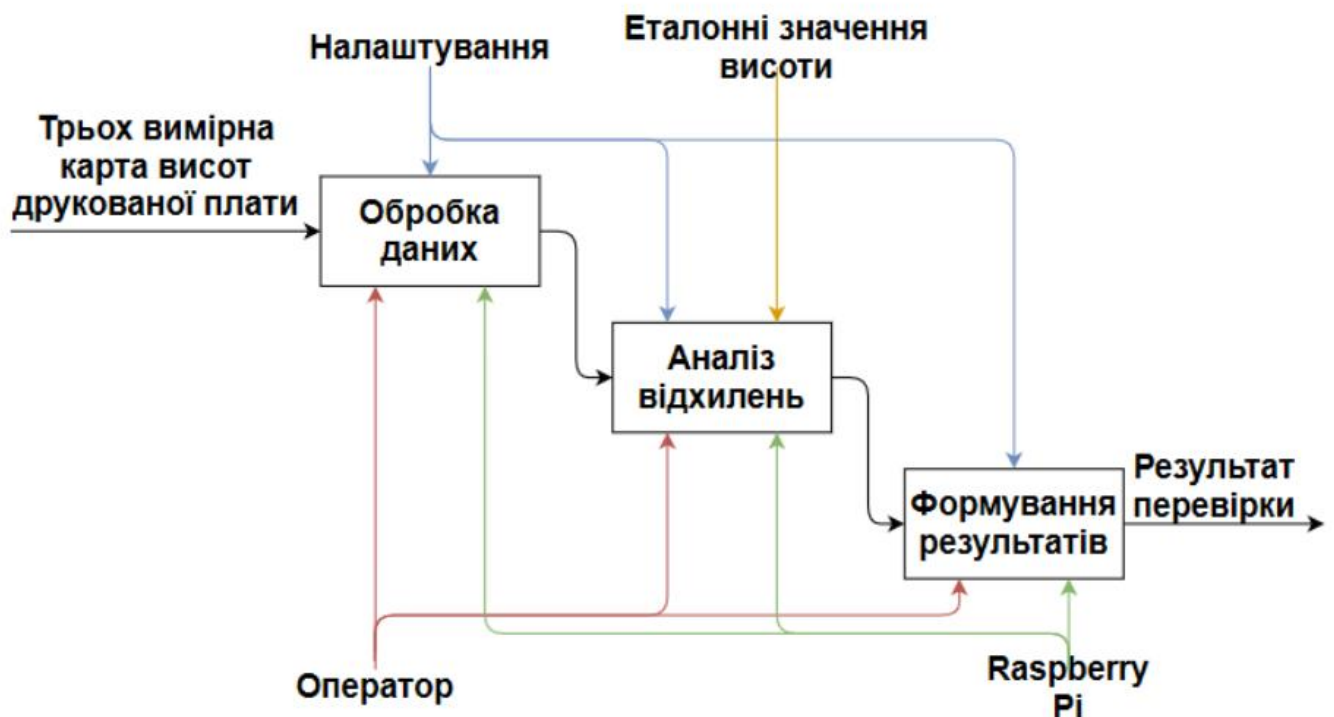


Рисунок 3.9. - Декомпозиція процесу перевірки трьох вимірної карти висот друкованої плати

3.3 Алгоритм тестування

Під час процесу тестування виконання внутрішньо схемного тестування, оптичного, тривимірного і теплового відбувається паралельно що допоможе зменшити загальний час тестування. Ураховуючи цей фактор, у випадку помилки в одному виді тесту, надалі повинні завершуватись всі інші тести (рис.3.10, 3.11).

Спочатку друкована плата завантажується у систему тестування. Після того як плата успішно завантажилась і встала у необхідну позицію, починається оптична фіксація. Оптична фіксація передбачає фотографування друкованої плати з декількох ракурсів. Наступним кроком є зняття трьох мірної карти висот з плати. Під час наступного етапу відбувається завантаження з БД у систему усіх необхідних даних для тестування завантаженої РСВ. Підготовчий етап завершено і починається тестування друкованої плати, що передбачає старт внутрішньо схемного тестування, температурного контролю і обробки даних оптичного та 3d контролю. Під час тесту перевіряються значення отримані з усіх модулів тестування. Якщо значення знаходяться в межах норми, очікується завершення тесту в усіх модулях. У інших випадку, тобто коли значення не відповідають критеріям, відбувається зупинка усіх модулів тесту. Останнім етапом є запис результатів тесту друкованої плати у БД і вивід їх на екран.

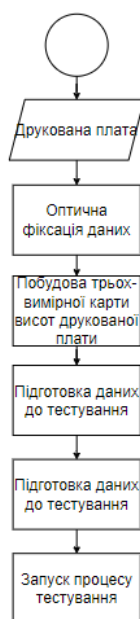


Рисунок 3.10 – Початок процесу тестування

Запуск процесів контролю показників

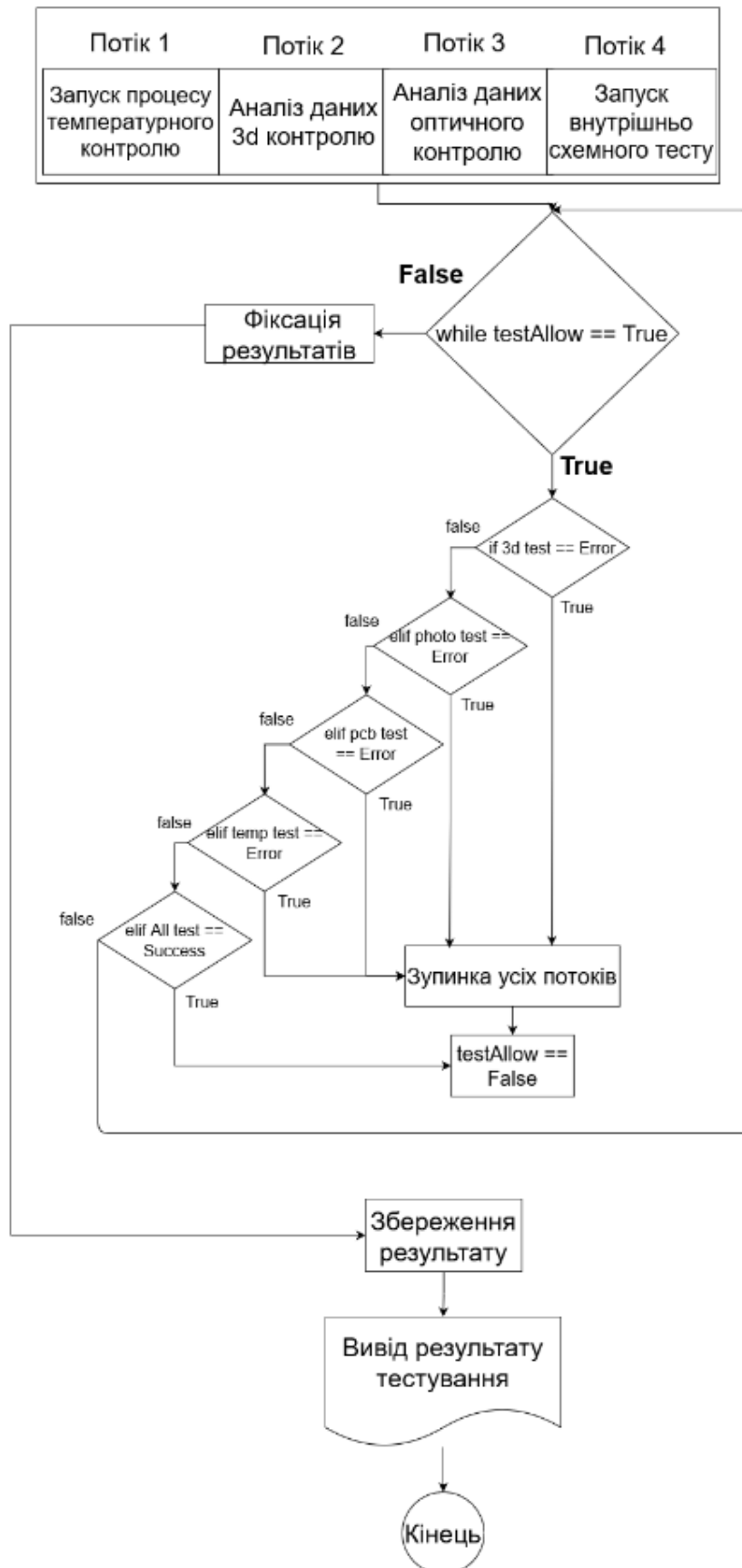


Рисунок 3.11 – Процес тестування

3.3. Інтерфейс системи

Вікно входу використовується для того, щоб оператор заходив у свій аккаунт, без цього неможливо виконати старт процесу тестування. Подібне рішення дозволяє збирати додаткову статистику (рис.3.12).

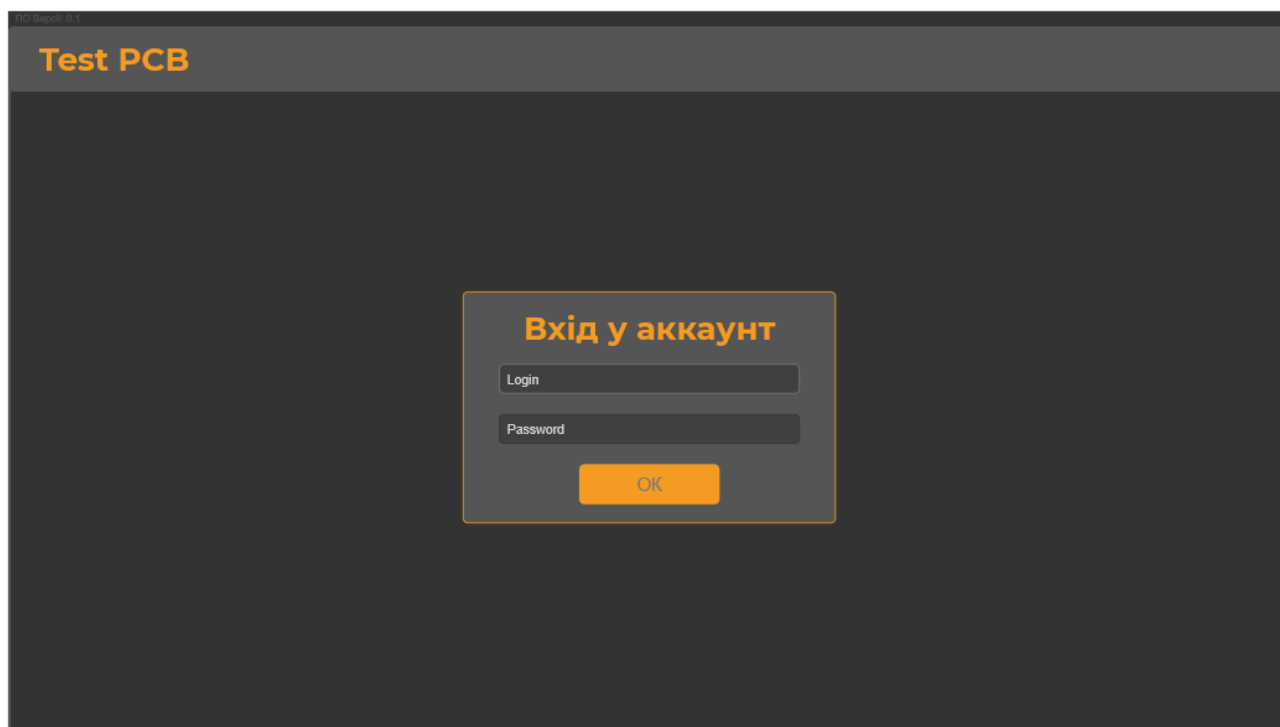


Рисунок 3.12 – Вікно входу у додаток

Після входу у аккаунт з'являється вікно підготовки до тесту(рис.3.13). Перед стартом тесту потрібно вибрати плату, яка буде тестуватись(рис.3.15). При необхідності можна змінити стандартні параметри для кожного тесту окремо (рис.3.14).

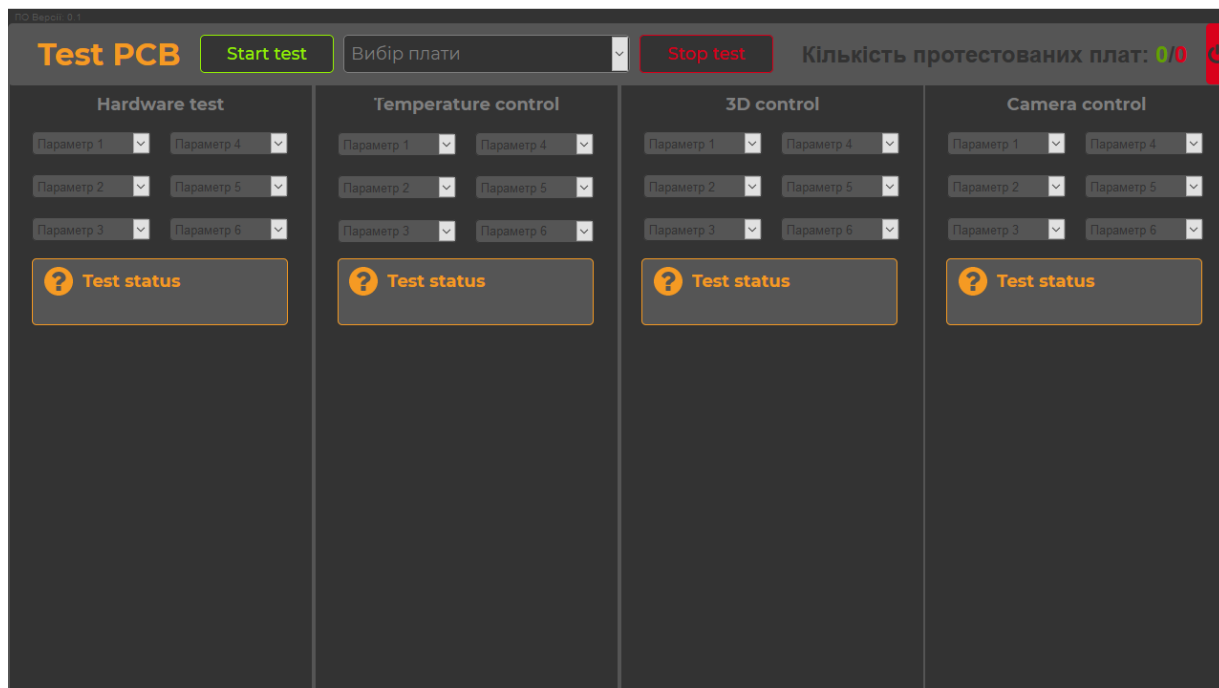


Рисунок 3.13 – Вікно підготовки до тесту

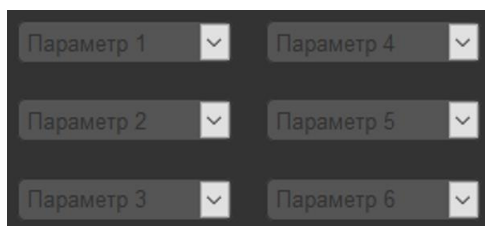


Рисунок 3.14 – Параметри тесту

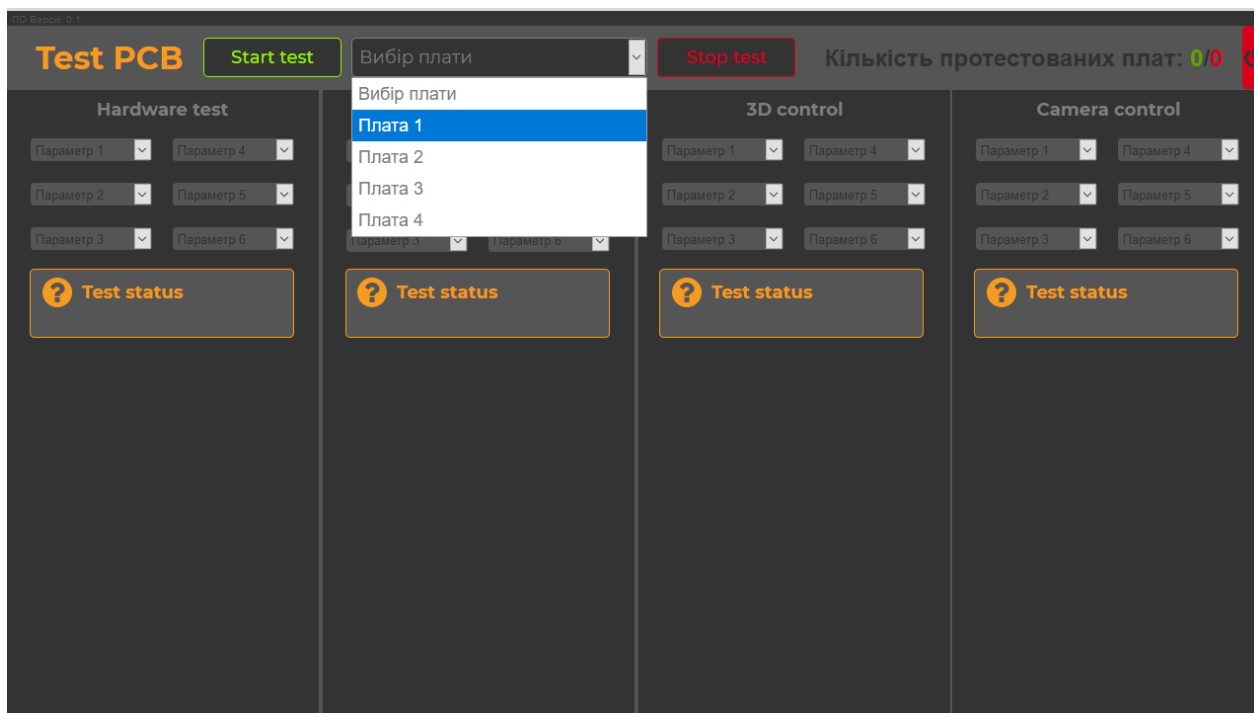


Рисунок 3.15 – Вибір друкованої друкованої плати для тесту

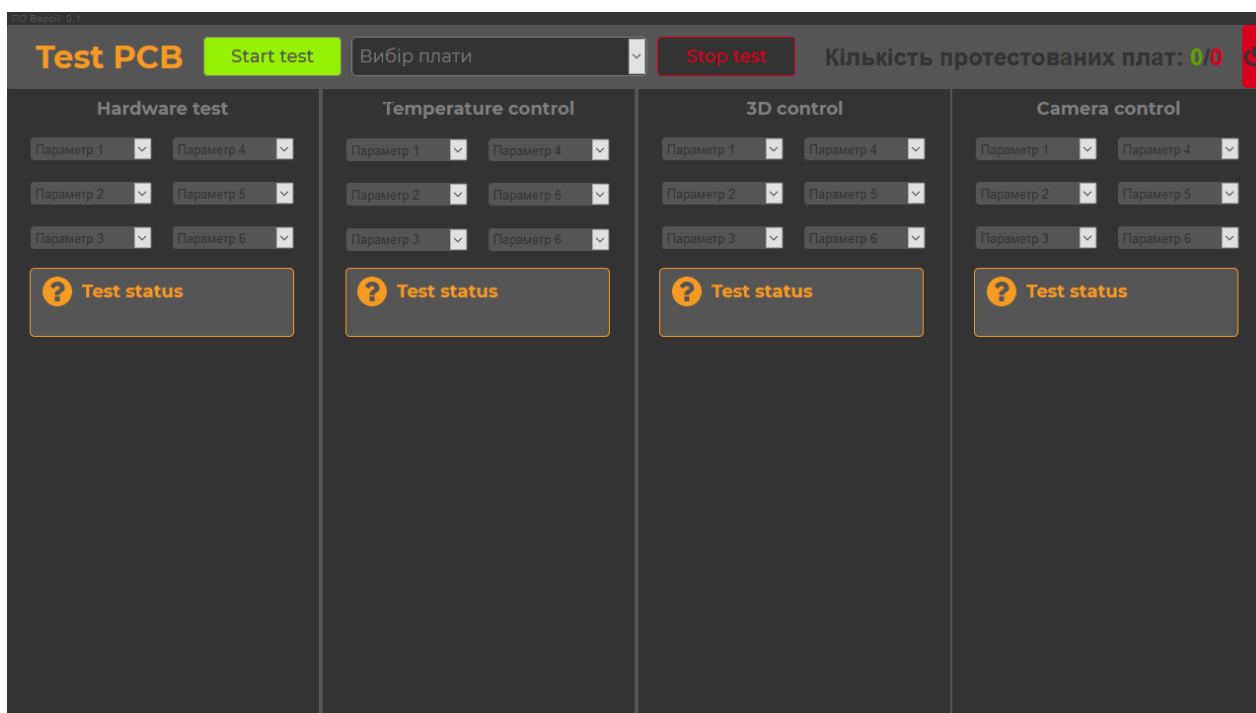


Рисунок 3.16 – Початок процесу тестування

Процес тестування друкованої плати (рис.3.17). У вікні «Test status» в реальному часі відображається статус тестування. Є чотири типи статусу:

1. «In the process...» - відбувається тестування;

2. «OK» - тестування успішно закінчене (рис.3.21);
3. «Failed» - тестування не було завершено у зв'язку з виявленням браку (рис.3.22);
4. «Stopped» - тестування було зупинено оператором, чи у зв'язку з виявленням помилок у інших тестах (рис.3.22).

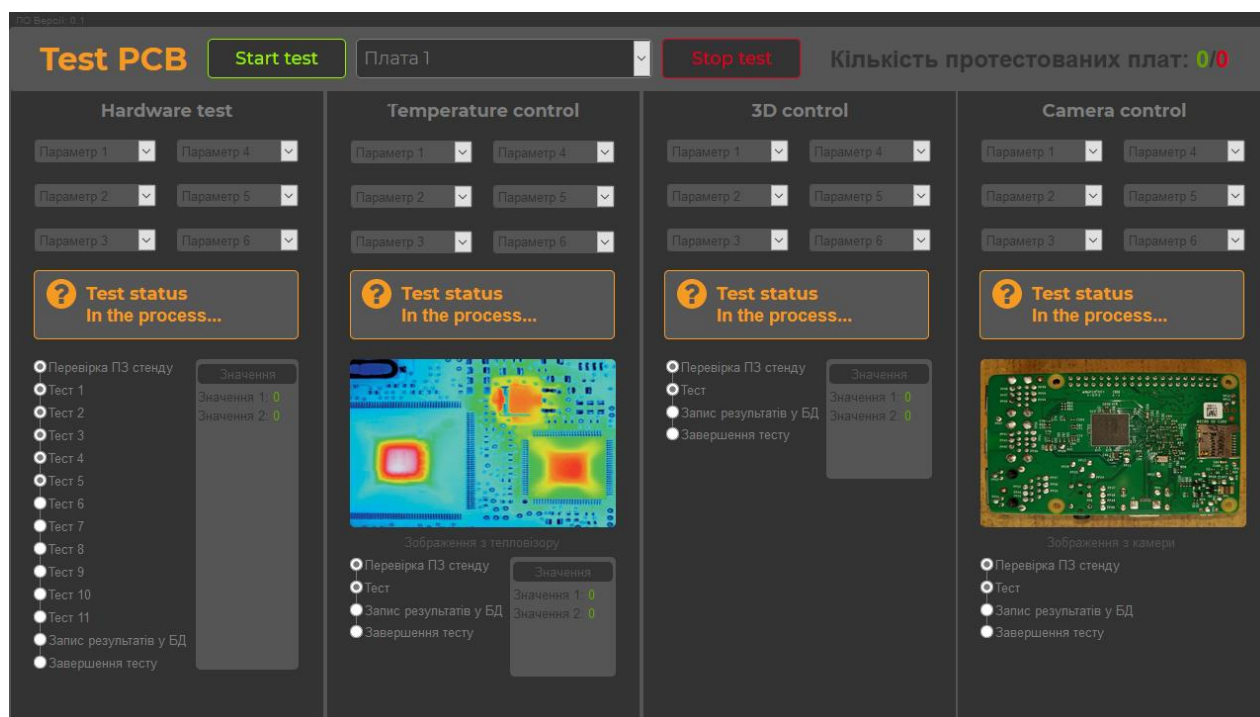


Рисунок 3.17 – Відображення процесу тестування друкованої плати

Нижче вікна статусу тесту відображається етапи тестування (рис.3.18). Якщо етап успішно пройдено, то поряд з ним з'являється відмітка про це.

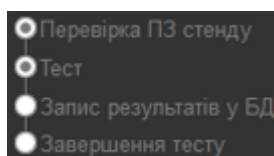


Рисунок. 3.18 – Етапи тестування

У вікні «Значення» відображається значення які отримані з друкованої плати (рис.3.19). У випадку відповідності отриманих значень з еталонними, їх колір стає зеленим. В іншому випадку червоним.

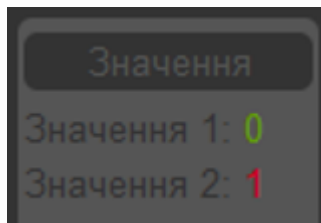


Рисунок .3.19 – Вікно значень

Якщо тест передбачає роботу з камерами, то їх зображення відображається у відповідному вікні (рис.3.20).

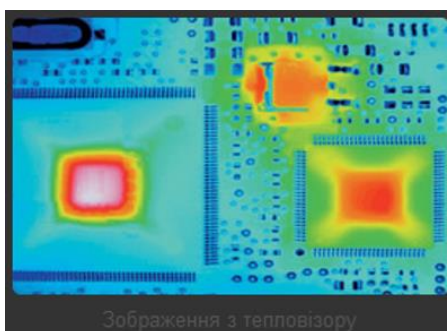


Рисунок .3.20 – Зображення з камери

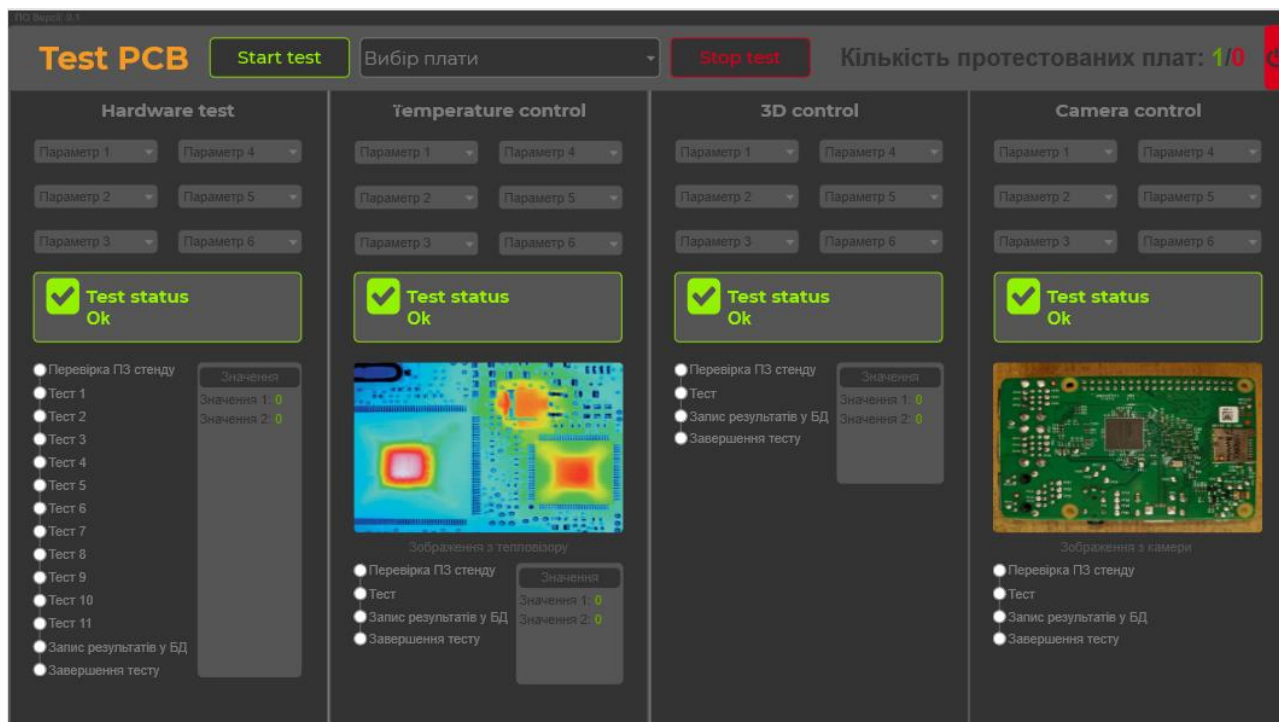


Рисунок 3.21 – Успішний результат тестування

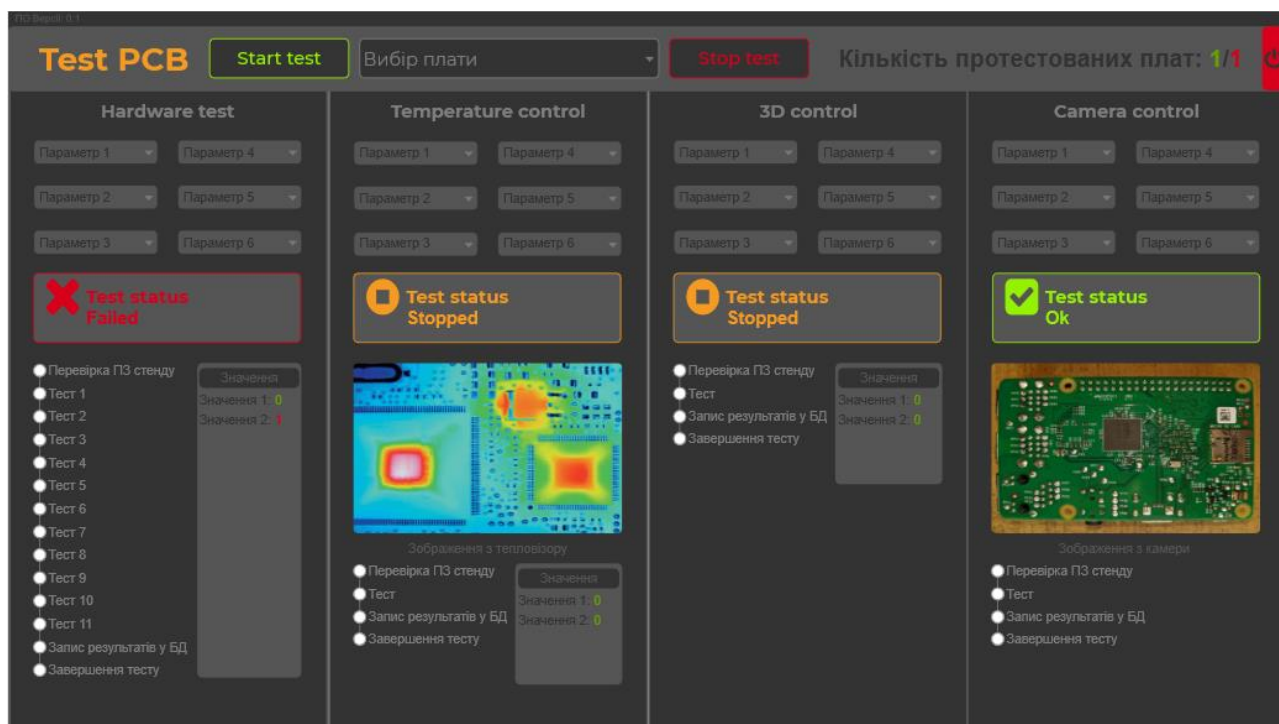


Рисунок 3.22 – Не успішний результат тестування

На верхній панелі відображається кількість протестованих плат. Зліва успішно протестовані друковані плати, з іншого боку не успішно (рис. 3.23). До початку і після завершення тестування є можливість вийти з акаунту (рис.3.24).

Кількість протестованих плат: 1/1

Рисунок 3.23 – Кількість протестованих плат



Рисунок .3.24 – Кнопка виходу з аккаунту

3.4 Розробка бази даних

База даних - це система електронного управління даними. Основне завдання бази даних - зберігати великі обсяги даних ефективно, послідовно і постійно, а також забезпечувати необхідні дані в різних формах представлення, що базуються на потребах, для користувачів та прикладних програм. На рисунку 3.25 зображено приклад структури БД.

Таблиця «Користувачі». Має поля: Логін оператора, Фамілія, Ім'я, По батькові, Пароль. Вони використовуються для зберігання даних операторів які необхідні для входу у систему і для зберігання у таблицю.

Таблиця «Дані для тесту». Має поля: іd плати, іd прошивки, дані для внутрішнього схемного і оптичного контролю, дані для роботи тепловізору і 3d контролю. За допомогою поля «іd плати» визначається яка необхідна прошивка і дані для проведення тесту друкованої плати (прошивка, критерії контролю і т.д.).

Таблиця «Протестовані плати» . Містить у собі параметри тестування друкованої плати, результати тесту, час проходження тестування, іd плати і логін оператора який контролював процес тестування. В цю таблицю відбувається запис результатів тестування друкованої плати.

Лістинг SQL команд для створення БД наведено у додатку Г.



Рисунок 3.25 – Структура бази даних

3.5 Опис програмних функцій

Робота алгоритму паралельної перевірки даних з друкованої плати. Лістинг програмного коду наведено у додатку А. Етапи роботи програмного коду можна побачити у консольному вікні (рис.3.26).

```

main x
C:\Users\k1eb4\PycharmProjects\pythonP
ID плати: 1623570062
Початок внутршньо схемного контролю
Перевірка даних оптичного контролю
Перевірка даних 3d контролю
Початок температурного контролю
Усі тести закінчено успішно
Час тестування: 8.694994926452637
Запис результатів тесту у БД...

Process finished with exit code 0
    
```

Рисунок 3.26 – Інформація про етапи тесту

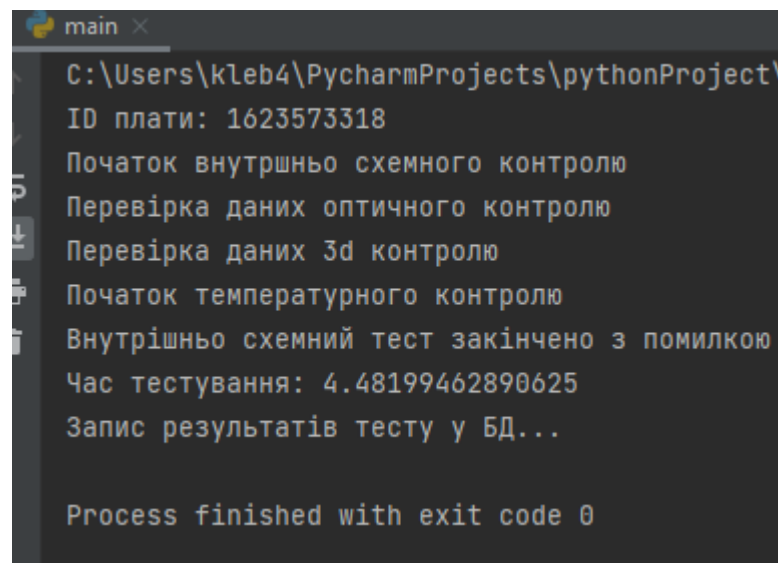
Першим етапом є отримання унікального коду, який необхідний для початку тесту. Далі відбувається запуск потоків для тесту друкованої плати. На одному потоці запускається один тип тестування.

1й потік – оптичний контроль. Відбувається зрівняння фото з еталонним фото.

2й потік – 3d контроль; 3й – внутрішньо схемний тест; 4й – температурний контроль. Отримані дані зрівнюються з еталонними.

На третьому етапі відбувається перевірка отриманих значень. Поки є дозвіл на тест, у циклі відбувається перевірка значень усіх чотирьох тестів. У випадку, коли в одному з тестів з'являється помилка, то всі інші тести починають процес завершення своєї роботи. Приклад помилки наведено на рис. 3.27.

Останнім етапом є вивід результатів тестування і збереження їх у БД. Спочатку відбувається підключення до бази даних, а потім перевірка наявності підключення. Якщо підключення є, то відбувається запис даних за допомогою sql-команд.



```
main x
C:\Users\kleb4\PycharmProjects\pythonProject\
ID плати: 1623573318
Початок внутрішньо схемного контролю
Перевірка даних оптичного контролю
Перевірка даних 3d контролю
Початок температурного контролю
Внутрішньо схемний тест закінчено з помилкою
Час тестування: 4.48199462890625
Запис результатів тесту у БД...

Process finished with exit code 0
```

Рисунок 3.27 – Відображення помилки у тестуванні

ВИСНОВКИ

В рамках бакалаврської роботи була створена оптимізована модель автоматизованого тестування друкованих плат, розроблені програмні модулі на мові програмування Python і створена БД для системи тестування. Ідея полягала у тому, щоб покращити та доповнити вже існуючі методи автоматизованого тестування.

Після аналізу предметної області було зроблено такий перелік задач: аналіз існуючих систем автоматизованого тестування друкованих плат, визначення метрик та показників ефективності оцінки якості процесу тестування, розроблена архітектура системи, та обрані засоби реалізації.

Наступним кроком було зроблено опис бізнес-процесу автоматизованого тестування плат і створення моделі IDEF0 модулів тестування. Розроблений алгоритм тестування і прототип графічного інтерфейсу системи. Створена модель бази даних і написані SQL команди для її розгортання. Після цього на Python були написані модулі для системи тестування.

Нова модель тестування націлена на підвищення ефективності тестування і перевірки друкованих плат, шляхом змінення процесу тестування і доповненням нових методів контролю якості.

Завдяки чітко поставленим задачам на початку роботи, були отримані важливі знання з предметної області, за допомогою яких були визначені недоліки існуючих систем і зроблена модель автоматичного тестування друкованих плат, у якій ці недоліки були мінімізовані.

Робота пройшла апробацію на конференції: Системний аналіз і оптимізація процесу автоматизованого тестування друкованих плат/Матеріали XII науково-технічної конференції «Сучасні інфокомунікаційні технології». Київ, Державний університет телекомунікацій