

РОЗРОБКА СТЕНДУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СВІТЛОДІОДІВ

Д.т.н. О.І. Филипенко, к.т.н. І.М. Бабак, О.П. Коваленко, Харківський національний університет радіоелектроніки

Мета розробки стенду – скорочення часу на контроль якості RGB-світлодіодів перед розташуванням їх в готовому виробі. Розглянуто основні види дефектів світлодіодів. Запропоновано структуру стенду та обґрунтування вибору елементів. Розроблено алгоритми роботи та програмне забезпечення.

Цель разработки стенда – сокращение времени на контроль качества RGB-светодиодов перед их размещением в готовом изделии. Рассмотрены основные виды дефектов светодиодов. Предложена структура стенда и обоснование выбора элементов. Разработаны алгоритмы работы и программное обеспечение

The purpose of the stand development is to reduce the time for quality control of RGB LEDs before they are placed in the finished product. The main types of LED defects are considered. The structure of the stand and the rationale for the choice of elements are proposed. Work algorithms and software developed.

Ключові слова: RGB-світлодіод, контроль якості, стенд, STM мікроконтролер, автоматизація

Вступ

Одним з важливих етапів забезпечення якості готової продукції є контроль якості матеріалів, що використовуються в її складі. Конкурентоспроможність та прибуток підприємства залежить від якості товарів та довіри покупців до рівня надійності продукту. Тому етап проміжного контролю матеріалів та комплектуючих деталей може суттєво вплинути на якість готового виробу [1,2]. Метою даного дослідження є підвищення ефективності проміжного контролю якості світлодіодів, що використовуються в одному з найпопулярніших в світі відпочинку – лазертагу

Лазертаг – це гра в реальному часі і просторі. Її суть полягає в ураженні супротивників безпечними лазерними пострілами з бластера-автомата. «Ураження» гравця зараховується шляхом реєстрації променя бластера-автомата спеціальними датчиками опонента (сенсорами), закріпленими на одязі гравця. У свою чергу, світлодіоди використовуються в якості індикатора «поразки» або будь-якої ігрової події.

Світлодіод або світловипромінювальних діод – напівпровідниковий прилад з електронно-дірковим переходом, що створює оптичне випромінювання при пропусканні через нього електричного струму в прямому напрямку. У лазертагу використовують RGB-світлодіоди для охоплення більшого спектру кольорів та використання меншого простору для розташування. RGB-світлодіод – це три одноколірних кристала, які розміщуються в одному корпусі. Назва RGB розшифровується, як red – червоний, green – зелений, blue – синій відповідно до кольорів, які випромінює кожен з

кристалів [3].

Світлодіоди є основним елементом костюму та обладнання для лазертагу, тому якість світлодіодів великою мірою обумовлює якість продуктів для лазертагу. Отже, проведення контролю якості світлодіодів є одним з найважливіших процесів в життєвому циклі виробництва такого обладнання, тому в даній роботі пропонується забезпечити швидкість та надійність процесу перевірки світлодіодів за рахунок використання автоматизованого стенду перевірки працездатності світлодіодів у різних режимах.

Аналіз задачі

При експлуатації RGB-світлодіодів можуть виникнути різні проблеми, як з боку виробника, так і з боку компанії, яка встановлює їх в свої пристрої. На ринку пропонуються світлодіоди, виготовлені за різними технологіями. Необхідна умова роботи світлодіода – стійке проходження струму через паяне і клейове з'єднання, достатнє охолодження кристала за допомогою хорошого теплового контакту з навколишнім середовищем, а також гарний витяг світла з кристала за допомогою оптичних елементів і відбивачів.

Внаслідок установки RGB-світлодіодів на платі для підключення до пристроїв гри шляхом ручної пайки або автопайки можуть виникнути наступні проблеми:

- недопайка світлодіода;
- світлодіод перестав горіти одним з кольорів, тобто один з кристалів вийшов з ладу;
- при пайці були зроблені мікротріщини в платі, куди встановлюється світлодіод;
- холодна пайка, тобто такий дефект пайки, при якому не утворюється міцного паяного з'єднання (надійного електричного контакту);
- брак від виробників або постачальників світлодіодів.

Найчастіше відділ контролю якості обладнання використовує наступні методи для контролю якості вихідної продукції для лазертагу [4]:

- візуальний контроль;
- вибірковий вхідний контроль;
- контроль в ігровому режимі, тобто повноцінний запуск продукту, як в прокаті, а саме: включення і передачу сигналів від керуючого сервера або пульта дистанційного керування, що виконує зміну ігрового режиму і індикацію ігрового комплекту;
- контроль електроніки за допомогою різних стендів.

При виявленні несправності світлодіодів на цьому етапі потрібно повністю або частково розбирати обладнання для заміни бракованого або несправного RGB-світлодіода. З цього випливає потреба в попередній перевірці RGB-світлодіодів до повного збору ігрового

комплекту.

Для автоматизації проміжного контролю якості світлодіодів потрібно розробити програмне забезпечення, що буде посилати пакет даних, який повинен засвітити кожен кристал у RGB-світлодіоді. При цьому мікроконтролер буде зчитувати показання датчику випромінювання світла для визначення проблеми в кожному з кристалів. При виявленні несправності, тобто не спрацюванні одного з кристалів, мікроконтролер дасть зворотний зв'язок у вигляді зображення на екран [5].

Розробка стенду

Виходячи з аналізу завдання для проміжного контролю якості продукції з RGB-світлодіодами пропонується розробка стенду, який буде містити такі елементи:

- керуючу плату;
- посадочне місце для сенсора з світлодіодом, з забезпеченням надійного кріплення плати;
- датчик для перевірки світлодіодів;
- пристрій для подачі зворотного зв'язку;
- акумулятор для живлення стенду;
- кнопку включення стенду;
- кнопку початку тестування.

Керуюча плата повинна мати STM32 мікроконтролер, тому що виробник лазертаг обладнання, який розглядається в даній роботі, використовує його в своїх приладах.

Виходячи з кількості елементів модель стенду буде мати вигляд, який представлений на рисунку 1.

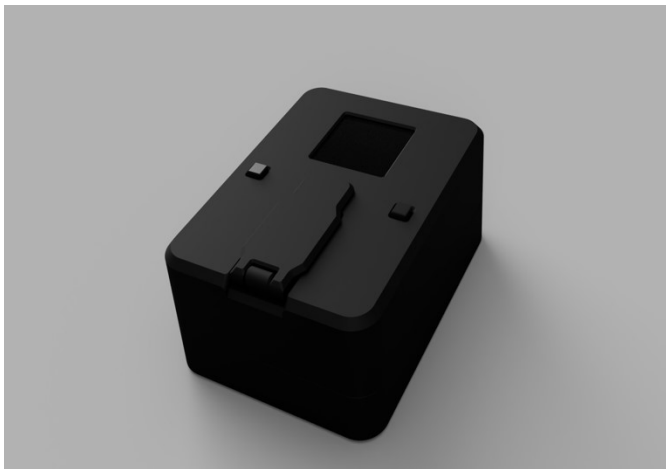


Рис. 1. Модель стенду

У зв'язку з тим, що стенд буде виготовлений під визначений сенсор для тестування певного лазертаг обладнання, було сформовано ряд вимог для елементів стенду:

- використання існуючих або корпоративних бібліотек та програмного забезпечення для роботи з STM мікроконтролером та модулями;
- елементи стенду повинні вже використовуватися в компанії або бути економічно вигідними;
- швидкість перевірки одного сенсора не повинна перевищувати 30 секунд;
- корпус стенду повинен бути легким і

мобільним.

Для керуючої плати було обрано відлагоджувальну плату blue pill с STM32F103C8T6. Ця плата є вільною доступі, існує багато інформації для її програмування, вона повністю сумісна з бібліотеками виробника (плата з STM мікроконтролером).

Посадочне місце під сенсор для перевірки зроблено з фіксацією та пружинними контактами для забезпечення легкого встановлення та зняття.

Для датчика перевірки було обрано датчик кольору TCS3200-Modul, який застосовується для визначення кольору випромінювання світлодіода, що перевіряється. Датчик включає в себе 16 фотодіодів з червоним фільтром і по стільки ж із зеленим, синім і без фільтра. Колір об'єкта визначається значенням яскравості кожної з чотирьох його складових. Вихідний сигнал являє собою меандр, його частота обернено пропорційна яскравості обраного вимірюваного кольору. Колір фільтра вибирається виходами S2 і S3, також можна вибрати масштабування частоти сигналу на виході. Даний модуль з невеликою похибкою дає можливість визначити, який колір випромінює світлодіод.

Для зворотного зв'язку було обрано IPS рідкокристалічний дисплей TFT HD екран 240x240 SPI, зображений на рисунку 2, який дає змогу в реальному часі вивести результати тестування на екран.



Рис. 2. IPS рідкокристалічний дисплей

Для акумулятору стенду було обрано акумулятор 3.7 В 1200mah, який задовольняє вимогам стенду і може бути легко замінним, бо вже використовується для продукції компанії в інших пристроях.

Перед тим, як встановлювати сенсор з RGB-світлодіодами в готовий продукт на нього встановлюють програмне забезпечення для повноцінної роботи під час гри. Ця прошивка повністю підходить для проведення тесту світлодіодів, вона дозволяє вмикати кожен кристал по черзі на певний час, що є достатнім для перевірки кольору світіння. Це дозволяє не записувати на сенсор стороннє забезпечення для тестування, а використовувати робочу прошивку сенсора.

Для підвищення точності тестування перевірка світлодіодів повинна проводитися в темному приміщенні, для запобігання потрапляння зовнішніх кольорів на модуль визначення кольору. Тому місце кріплення діодів повинне бути з кришкою.

TCS3200-Modul має три світлофільтри, кожен з яких буде працювати по черзі на протязі N мілісекунд при включенні кожного з кристалів діода та записувати кількість імпульсів за цей час. Після цього це значення переводиться в частоту КГц на мілісекунду й порівнюється з діапазоном значень з даташиту TCS3200-Modul:

- з 366 КГц по 504 КГц – блакитний;
- з 342 КГц по 480 КГц – зелений;
- з 504 КГц по 630 КГц – червоний.

Якщо при засвіченні червоного кристалу червоний світлофільтр дає частоту в діапазоні з даташиту модуля для червоного кольору, то вважається, що кристал працює справно і пройшов перевірку. Так само з іншими.

Основний параметр, який обчислюється на даному етапі контролю якості продукту за допомогою даних зі стенду – це кількість бракованих RGB-світлодіодів після встановлення на плату сенсора. Даний стенд в реальному часі показує користувачеві, чи коректно працюють світлодіоди на сенсорі, чи ні. Після цього можливо виконати підрахунок кількості браку сенсорів з RGB-світлодіодами.

Для відбракування світлодіодів використані дані з датчика TCS3200-Modul, для обробки яких було написано власну бібліотеку роботи, яка дає змогу вимірювати кількість імпульсів при роботі кожного з кристалів світлодіода і обчислювати частоту. В логіці роботи програми є можливість задати певний час роботи кожного з світлофільтрів. Для коректного обчислення було задано 10 мілісекунд роботи кожного світлофільтра. Після цього кількість отриманих імпульсів ділиться на 10 мілісекунд та отримуємо частоту КГц на мілісекунду, яка далі порівнюється з числами з даташиту TCS3200-Modul для прийняття рішення – відбракувати сенсор або ні.

Програмне забезпечення написано на мові програмування Сі. Середовищем розробки було обрано Keil uVision 5, для підключення периферії та конфігурації мікроконтролера використовувалася програма STM32CubeMX.

Загальний алгоритм роботи програмного забезпечення зображено на рисунку 3:

- hal init – конфігурує попередню вибірку Flash, інструкцію і кеш даних;
- конфігурація тактування – задає настройки подільників частоти pll, внутрішніх шин;
- конфігурація портів вводу та виводу – конфігурує регістри, які відповідають за порти введення та виведення;
- конфігурація I2C – конфігурує регістри, відповідальні за інтерфейси i2c;
- ініціалізація бібліотеки модуля TCS3200 – задає налаштування під зовнішню структуру даних;
- ініціалізація бібліотеки для зміни тексту на екрані – передає на екран початковий текст;
- функція Disp_Update() – оновлює основні модулі інтерфейсу екрану, займається оновленням вмісту користувальницьких контейнерів;
- функція drv_Button_Run() – перевіряє стан заданих кнопок, оновлює їх стан, та, в залежності від тимчасових рамок натискання кнопок, оновлює події;
- функція DrvTCS_Update (&tcsHandle) – перевіряє, чи є запит на сканування датчика, і передає

зворотний зв'язок у вигляді підрахованих даних;

- функція TestLogicUpdate() – задає основну логіку засвічування і перевірки кристалів світлодіодів.



Рис. 3. Загальний алгоритм роботи програмного забезпечення стенду

З використанням розробленого стенду алгоритм процесу контролю якості світлодіодів буде складатися з наступних кроків:

- включення стенду;
- встановлення сенсору на посадочне місце;
- старт перевірки;
- включення червоного кристалу;
- включення червоного світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи червоного світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- включення блакитного світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи блакитного світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- включення зеленого світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи зеленого світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- порівняння отриманої частоти з червоного світлофільтру з діапазоном значень;
- отримання зворотного зв'язку про червоний кристал;
- включення блакитного кристалу;
- включення червоного світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи червоного світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- включення блакитного світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи блакитного світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- включення зеленого світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи зеленого світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- порівняння отриманої частоти з блакитного світлофільтру з діапазоном значень;
- отримання зворотного зв'язку про блакитний кристал;
- включення зеленого кристалу;
- включення червоного світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи червоного світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- включення блакитного світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи блакитного світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;

- включення зеленого світлофільтру;
- перетворення кількості імпульсів за N часу в частоту КГц на мілісекунду під час роботи зеленого світлофільтру, запис кількості імпульсів за N часу;
- порівняння отриманої частоти з зеленого світлофільтру з діапазоном значень;
- отримання зворотного зв'язку про зелений кристал;
- кінець перевірки сенсору;
- зняття сенсору зі стенду;
- виключення стенду.

Висновки

Використання розробленого стенду дозволить мінімізувати кількість браку при виході готового продукту та зменшить кількість людино-годин відділу контролю якості завдяки автоматизації процесу проміжного контролю, адже готовий виріб може містити в собі десятки або сотні RGB-світлодіодів, ручний контроль яких може потребувати до десятків годин. Використовуючи даний стенд можна буде отримувати зворотний зв'язок від мікроконтролера та своєчасно запобігати потраплянню неякісних світлодіодів до продукції не тільки для лазертагу, але й для інших виробів з RGB-світлодіодами. Подальше удосконалення стенду можливе за рахунок покращення конструкції кріплення датчика на стенді, з орієнтацією на перехід на автоматичну перевірку світлодіодів с сортуванням на браковані та ні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ребрин, Ю.И. *Управление качеством [Текст]: учеб. пособие / Ю.И. Ребрин. – Таганрог: ТРТУ, 2004. – 174 с.*
2. Варакута, С.А. *Управление качеством продукции [Текст]: учеб. пособие / С.А. Варакута. – М.: РИОР, 2004. – 109 с.*
3. Гвоздев, С.М. *Энергоэффективное электрическое освещение [Текст]: учеб. пособие / С.М. Гвоздев, Д.И. Панфилов, В.Д. Поляков и др.; под ред. Л.П. Варфоломеева. – М.: Дом МЭИ, 2013. – 288 с.*
4. Иванова, В.Р. *Разработка новых показателей для входного контроля качества светодиодов [Текст] / В.Р. Иванова // Изв. вузов. Проблемы энергетики. – 2011. – № 7 – 8. – С. 156 – 160.*
5. Баранов, И.А. *Диагностика качества полупроводниковых приборов по параметрам температурного поля активной области структур корпус [Текст] / И.А. Баранов, Г.А. Замятина, А.Н. Коротков, О.И. Брезан // Электронная техника. – 2008. – № 2(495). – С.10 – 26.*