

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

«На правах рукопису»  
УДК 628.97

До захисту допущено:

В.о. зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології  
радіоелектронної техніки»**

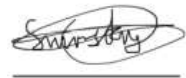
**за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Адаптивне робоче місце монтажника РЕА з використанням системи  
5S»**

Виконав (-ла):

студент 2 курсу, групи РЕ-11мп

Свірський Михайло Олександрович



Керівник:

Головня Вікторія Мілентіївна



Рецензент:

Захарченко Оксана Степанівна

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних посилань.



Студент

Київ – 2022 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**  
**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

« » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію студента

Свірського Михайла Олександровича

1. Тема дисертації «Адаптивне робоче місце монтажника РЕА з використанням системи 5S»

науковий керівник дисертації Головня Вікторія Мілентіївна

затверджені наказом по університету від «09» 2022 р. №-----

2. Термін подання студентом дисертації 11 грудня 2022 року

3. Об'єкт дослідження організація робочого місця монтажника РЕА з локальним смарт освітленням та використанням системи 5s.

4. Вихідні дані характеристики існуючих монтажних столів, стандарти системи 5s.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1) Аналіз особливостей, та огляд існуючих рішень робочого місця монтажника РЕА на сучасному підприємстві.

2) Вибір складових для систем освітлення.

3) Проектування робочого місця.

4) Розробка стартап проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу презентація на 12 слайдах, схема принципова, алгоритм роботи, прототип робочого місця столу монтажника.

7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_

9. Дата видачі завдання 05 вересня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання теми магістерської дисертації	05.09.2022р.	
2	Розробка плану магістерської дисертації	10.09. 2022р.	
3	Початок збору інформації для дослідження	24.09.2022р.	
4	Аналіз сучасних потреб, та огляд готових рішень	7.10.2022р	
5	Аналіз системи 5s	13.10.2022р	
6	Розробка схемотехнічного рішення	20.10.2022р	
7	Написання стартап плану	24.10.2022р	
8	Оформлення магістерської дисертації	09.12.2022р.	

Студент

МИХАЙЛО СВІРСЬКИЙ

Науковий керівник

ВІКТОРІЯ ГОЛОВНЯ

## РЕФЕРАТ

В роботі представлено адаптивне робоче місце монтажника РЕА з використанням системи 5s. Запропоноване робоче місце оснащено датчиком руху та присутності призначеного для увімкнення вимкнення світла за робочим місцем, також в системі наявний годинник реального часу призначений для зміни тепла світіння для позмінного графіку при присутності працівника за робочим місцем. Готова конструкція робочого місця промаркована відповідно до стандарту 5s.

Магістерська дисертація на тему «Адаптивне робоче місце монтажника РЕА з використанням системи 5S» має обсяг: 69 сторінки, 28 рисунків, 14 таблиць, 18 посилань.

Метою даної роботи є розробка робочого місця монтажника РЕА з використанням системи 5S конструктивних рішень для апаратної та конструкторської реалізації адаптивного робочого місця монтажника РЕА.

Об'єктом дослідження являється організація робочого місця монтажник РЕА з локальним смарт освітленням.

Предмет дослідження — схемотехнічні рішення при розробці локальних систем освітлення, організація 5s системи на виробництві та запропонування конструкції робочого місця.

Методи дослідження:

- оглянуто варіанти наявних на ринку робочих місць;
- проведено огляд впливу світла різного кольору температури в залежності від часу доби;
- проведено порівняння різних типів складових систем;
- оглянуто системи зонування 5S на виробництві;
- проведено теоретичний конструкторський розрахунок.

В роботі запропонована нова конструкторська концепція реалізації адаптивного робочого місця монтажника РЕА відповідно до стандарту 5s.

Ключові слова: адаптивне освітлення; система 5s; датчик освітленості; датчик руху; Arduino.

## ABSTRACT

The work presents the adaptive workplace of the REA installer using the 5s system. The proposed workplace is equipped with a motion and presence sensor designed to turn on and off the light behind the workplace, also the system has a real-time clock designed to change the glow temperature for a variable schedule when an employee is present at the workplace. The finished construction of the workplace is marked according to the 5s standard.

The master's thesis on the topic "Adaptive workplace of the REA installer using the 5S system" has the following volume: 69 pages, 28 figures, 14 tables, 18 references.

The purpose of this work is to develop the workplace of the REA installer using the 5S system of constructive solutions for the hardware and design implementation of the adaptive workplace of the REA installer.

The object of the research is the organization of the workplace of the REA installer with local smart lighting.

The subject of the study is circuit and technical solutions in the development of local lighting systems, the organization of the 5s system in production and the proposal of the design of the workplace.

### Research methods:

- options for jobs available on the market were reviewed;
- an overview of the influence of light of different colors and temperatures depending on the time of day was carried out;
- a comparison of various types of component systems was made;
- 5S zoning was introduced in production;
- a theoretical design calculation was carried out.

The paper proposes a new design concept for the implementation of an adaptive workplace of a REA installer in accordance with the 5s standard.

Keywords: adaptive lighting; 5s system; light sensor; motion sensor; Arduino.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА ОДИНИЦЬ	7
ВСТУП	8
1 ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО МІСЦЯ МОНТАЖНИКА НА СУЧАСНОМУ РАДІОТЕХНІЧНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ	9
1.1 Огляд сучасного стану робочих місць	9
1.2 Огляд існуючих аналогів	11
1.3 Стандарт освітленості робочого місця	14
1.4 Проблематика відводу статички	18
1.5 Система 5S	21
1.6 Висновки за розділом	24
2 ВИБІР СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ	25
2.1 Світлодіодне освітлення	25
2.2 Види світлодіодних профілів	27
2.3 Попередні розрахунки	28
2.4 Висновки за розділом	30
3 ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ	31
3.1 Розробка функціональної схеми електронної частини	31
3.2 Алгоритм роботи адаптивної системи освітлення	32
3.3. Вибір складових частин адаптивної системи освітлення	33
3.4 Розробка та опис принципової схеми	45
3.5 Розрахунок показників надійності за вибраною елементною базою	49
3.6 Висновки за розділом	56
4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	57
4.1 Опис ідеї стартапу	57
4.2 План оновлення продукту та виробництво нової продукції	60
4.3 Розробка ринкової стратегії проекту	62
4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	64
4.5 Висновки за розділом	66
ВИСНОВКИ	67
ПРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	68

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

SMD— surface mounted device

ДБН— Державні будівельні норми

ДСТУ — Державні стандарти України

ЕРЕ — електрорадіоелементи

РЕА — радіоелектронна апаратура

ШИМ — широко імпульсна модуляція

CRI— Color Rendering Index

ESD — Electrostatics

GND— Ground

LED — Light-emitting diode

MOSFET — metal-oxide-semiconductor field effect transistor

RTC — Real Time Clock годинник реального часу.

## ВСТУП

Сьогодні на ринку представлена досить велика кількість обладнання для монтажників радіоелектронної апаратури, яке розрізняється за типом, функціоналом та вартістю. Однак, більшість з них має ідентичну основну, дуже габаритну конструкцію і високу ціну, попри це, також вимагає чималих витрат для подальшої комплектації робочого місця. Більшість таких робочих мість неуккомплектовані якісним освітленням, що створює додаткові проблеми та витрати для покупця. Столи зазвичай мають або одне джерело світла або взагалі його немає.

Метою магістерської дисертації є презентація нового конструкторського рішення в створенні робочого місця монтажника РЕА з вбудованим смарт освітленням, електроживленням та захистом від електростатичного заряду.

Представлені конструкторські рішення покликані полеглити покупцю організацію виробництва, зменшення втрати монтажника та підвищення ефективності праці.



# **1 ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО МІСЦЯ МОНТАЖНИКА НА СУЧАСНОМУ РАДІОТЕХНІЧНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ**

## **1.1 Огляд сучасного стану робочих місць за ергономічними показниками**

Рівень складності сучасного електронного обладнання та автоматизація виробництва, що виконуються в радіоелектронній промисловості потребує високих вимог до оснащення робочого місця. Продуктивність і якість робіт залежить не тільки від організації виробничого процесу, але і від того, як організовано робоче місце в цілому.

Насамперед робоче місце передбачає зручне розташування приладів, інструментів та іншого технологічного обладнання, необхідного для оснащення на робочому столі. Ергономічність робочого місця, організованість зберігання деталей, виробів, інструментів, підвищують ефективність та продуктивність праці, знижують стомлюваність. Ергономічні параметри потребують певних умов організації зручних продуктивних робочих місць. Основою робочого місця є робочий стіл, багатофункціональний виріб, що забезпечує зручне розташування фахівця, що працює за ним, оптимальне розміщення приладів, обладнання та інструменту за принципом "все під рукою", електроживлення, якісне освітлення, надійне заземлення та інші додаткові функції. Конструкція робочих меблів повинна бути комфортною, надійною та безпечною. Громіздкі, непідйомні конструкції пішли у минуле, вони вже не задовольняють сучасним вимогам промислового дизайну. Гнучкість та різноманітність рішень робочих місць та виробничого простору досягаються за рахунок вибору різноманітних стелажів, приладових стійок, тумб та мобільних елементів промислових меблів.

Не менш важливим аспектом організації робочого місця є дотримання вимог з охорони праці. Застосування димканалів, що запобігають накопиченню шкідливих домішок у виробничому приміщенні. Застосування комбінованих

світильників з лінзою дозволяє виконувати точні операції з належним рівнем якості без напруження очей.

Не варто забувати і про небезпеку, пов'язану зі статичною електрикою. Наслідки, спричинені накопиченням статичної електрики, варіюються від деякого дискомфорту, який ви відчуваєте при дотику до зарядженого предмета, до серйозних виробничих втрат та колосальних витрат. Через розряди статичної електрики виникають несправності в електронних блоках: вихід з ладу мікросхем, втрата даних на носіях інформації та ін. Для захисту компонентів та виробів від електростатичного заряду необхідно оснастити робоче місце спеціальними засобами, а також організувати ESD-захищені зони.

В сучасних умовах ефективна робота регулювальника, складальника або монтажника радіоапаратури неможлива без зручного, ергономічного робочого місця з вбудованим освітленням, електроживленням, полицями для розміщення обладнання та приладів, інструментальними ящиками, пристосуваннями для кріплення робочого інструменту, лотків під дрібні комплектуючі деталі, які дозволяють раціонально організувати робочий простір в індивідуальній конфігурації.

## 1.2 Огляд існуючих аналогів

### 1.2.1 Робочий стіл СМП 21 Э

Зовнішній вигляд робочого столу СМП 21 Э зображено на Рисунку 1.1. Конструкція столу виготовлена з сталевого профілю (40x25) мм, вона стійка до активного зносу. Для фарбування використовується полімерно-порошкове покриття, яке забезпечує стійкість до несприятливих факторів. Поверхні не покриваються іржею, колір RAL 7035 не вигорає з часом. Глибина столу складає 800 мм, що оптимально для розміщення більшості приладів монтажника.



Рисунок 1.1 — Робочий стіл СМП 21 Э

Передбачена перемичка, яку можна використовувати як додаткову полицю. У основі столу регульовані опори з підп'ятником, що захищають підлогу від пошкоджень. Робоча поверхня стільниці виготовлена з ДСП: покривається шаром текстоліту товщиною 3 мм і обрамована алюмінієвим молдингом. Також може використовуватися постформінг товщиною 28 мм.

На стільниці не залишаються подряпини, вона легко очищається побутовими засобами. Матеріали проводять електрику, тому безпечні при роботі з електроприладами. Задня стінка являє собою перфоровану панель - до неї закріплюється додаткова комплектація у вигляді наважок, кріплень і утримувачів.

Для зручності монтажника до столу закріплена лампа LED 10W, яка висвітлює функціональну зону[1].

### 1.2.2 Стіл монтажника радіоапаратури АЛ-15 VIKING АЛЬЯНС

Столи VIKING із серії АЛЬЯНС мають чудову ергономічну конструкцію та функціональну систему регулювання положення робочої поверхні. Меблі виготовлені на підставі алюмінієвого профілю.

Зовнішній вигляд робочого столу АЛ-15 зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 — Робочий стіл VIKING АЛЬЯНС АЛ-15

Завдяки вільному переміщенню стільниці, полиці та освітлення по напрямних, забезпечується можливість встановлення робочих поверхонь на потрібній висоті та комфортній при роботі, у тому числі й у положенні стоячи. При необхідності змінити висоту робочої поверхні, користувач може легко самостійно перемістити стільницю, полицю і освітлення.

- Робоча поверхня столу: 1500 x 700 мм
- Фіксація висотою здійснюється за допомогою торцевих ключів.
- Висота стільниці регулюється від 600 до 1600 мм.
- Висота основної полиці регулюється від 700 до 1700 мм.
- Висота освітлення регулюється від 1200 до 2000 мм.

- Каркас столу складається з алюмінієвих профілів та сталевих частин, які фарбуються епоксидно-порошковим покриттям світло-сірого (RAL 7035) та темно-сірого кольору (RAL 7012).

- Максимальне навантаження на стільницю 200 кг.[2].

### 1.2.3 Стіл монтажника СМР

Зовнішній вигляд робочого столу СМР зображено на рисунку 1.3. Стільниця серії СМР складається з підкладки 24 мм, яка покрита листом текстоліту 4 мм, окантованим металевим профілем.



Рисунок 1.3 — Стіл монтажника БМР

Навантаження на стіл до 500 кг, Навантаження на ящик до 50 кг, Максимальне навантаження 550 кг, навантаження на полицю до 15 кг, вага 80 кг. Гарантія 12 місяців. Країна виробник Казахстан. Фарбування полімерно-порошкове, пофарбовані фасади ящиків - RAL 5002 (синій), каркас стола- RAL7035 (світло-сірий). Комплектація: Стіл БМР – 1 шт. Ящик висувний малий БМР - 2 шт. Захисний екран БМР – 1 шт. Світлодіодна лампа БМР - 1шт. Комплект кріпильних болтів Регульовані опори - 4 шт.

Висота столу: 805 мм;

Глибина столу: 700 мм;

Висота з екраном: 1745 мм.[3].

### 1.3 Стандарт освітленості робочого місця

#### 1.3.1 Енергоефективні системи освітлення робочого місця

В даний час у загальному освітленні робочого місця можуть використовуватися такі джерела світла: люмінесцентні лампи, компактні люмінесцентні лампи, світлодіодні лампи.

При визначенні джерела світла головними чинниками є: потужність, світловіддача та термін служби, також важлива світло та кольоропередача та економічність. У таблиці 1.1 наведено основні характеристики джерел світла для освітлення робочого місця.

Таблиця 1.1

Характеристики джерел світла для освітлення робочого місця

Тип джерела світла	Світловіддача ( лм/Вт)	Середній термін експлуатації, годин	Середня потужність, Вт
Лампи накаливання	13,8	1000	20-60
Газорозрядна лампа	83	100000-500000	1000
Світлодіодна лампа	120	30000-500000	30

Світлова віддача люмінесцентних ламп становить 50-104 лм/Вт, що набагато вище, ніж у ламп розжарювання. Термін служби люмінесцентних ламп 10000-50000 годин. Газорозрядні джерела світла не можуть безпосередньо підключатися до мережі живлення, вони можуть підключатися тільки за допомогою пускорегулюючого апарату, тому більшість характеристик всіх розрядних джерел, у тому числі люмінесцентних лампах, залежать від параметрів та характеристик пускорегулюючого апарату. Як баласты використовуються дроселі, в яких втрати потужності становлять від 10 до 100% потужності лампи. Принципова відмінність електронних схем включення люмінесцентних ламп від стартерно-дросельних полягає в тому, що лампи в таких схемах живляться струмом високої частоти. Через особливості

високочастотного розряду збільшується світлова віддача ламп, а глибина пульсацій зменшується приблизно на 5% [4].

На сьогоднішній день найбільш перспективними джерелами світла є світлодіоди. Незважаючи на те, що масове виробництво світлодіодів почалося понад 40 років тому, використовуватися безпосередньо для освітлення, а не для індикації та підсвічування, вони стали нещодавно. Це пов'язано з кількома факторами:

— швидкий розвиток та доступність світлодіодних технологій для систем освітлення у другому десятилітті 21 століття. В зв'язку з тим що вартість світлодіодів знижується, а зростання тарифів на електроенергію не припиняється період окупності після впровадження систем освітлення на основі світлодіодних світильників, знижується. Що робить перехід на системи освітлення зі світильниками LED економічно доцільним.

— компанії виробники навчилися робити більш потужні світлодіоди, що розширило сферу їхнього застосування. При цьому світлодіодні світильники покращують колірне сприйняття, роблять освітлюваний об'єкт більш чітким.

— високий термін служби світлодіодів, від 45000 до 100000 годин при правильній експлуатації, дозволяє знизити витрати на обслуговування систем освітлення зі світлодіодними світильниками.

Також світлодіодні (LED) світильники мають безліч переваг у порівнянні з газорозрядними лампами:

- низька споживана потужність з високою світловою віддачею;
- світлодіоди не містять токсичних речовин;
- миттєве включення;
- можливість регулювання яскравості, і т.д.

### 1.3.2 Вплив світлодіодного освітлення на людину

Відомо, що втома людини залежить не тільки від спектрального розподілу випромінювання, а й від рівня яскравості робочої поверхні. Дослідження якісних характеристик освітлення показують також, що зорова втома зростає у міру збільшення часу перебування за умов дискомфортного освітлення.

Дискомфортні умови можуть виникнути не тільки внаслідок наявності яскравих плям у полі зору спостерігача, але й у результаті недостатньої яскравості в полі зору. Рівень освітленості на світлій поверхні, визначальний кордон дискомфорту, підвищується зі збільшенням колірної температури джерела білого кольору рисунок 1.4.

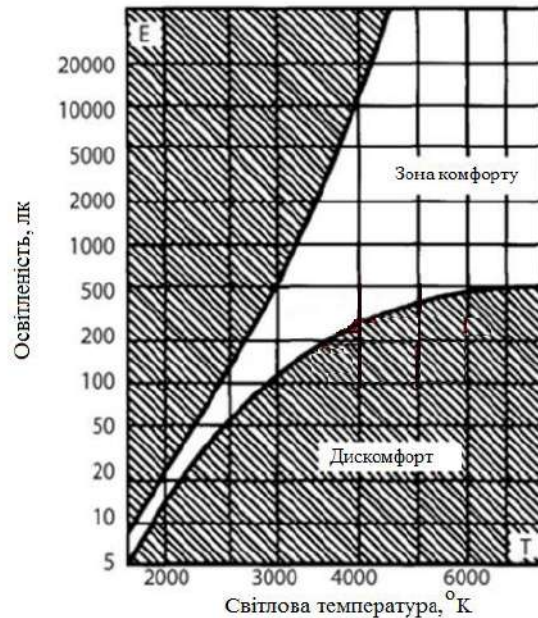


Рисунок 1.4 — Межі комфортного і дискомфортного освітлення

Від спектру світла білого світлодіода та оптики, що застосовується (на рівні світлодіода та освітлювального приладу) залежить ступінь впливу на психофізіологічний стан людини (монтажника РЕА). Прямий вплив світла від світлодіодів знижує працездатність більш ніж у 2 рази та підвищує стомлюваність більш ніж в 2 рази. За «мелатоніною» ознакою особливо небезпечно використовувати для освітлення в вечірній та нічний час світлодіоди холодного (6000-10000 K) і навіть нейтрального (4000-5000 K) білого світла. Біологічна доза (пригнічення мелатоніну) в порівнянні з лампою розжарювання зростає в 2-3 рази. Дослідження довели, що порівняно зі стандартними люмінесцентними лампами, світлодіоди з габаритною яскравістю надають на людину більш шкідливу людину. Спостерігач, що тривалий час в офісі з відкритими світильниками, укомплектованими світлодіодами, втомлюється більше, крім цього, його працездатність знижується більш ніж у 2 рази. [5]



### 1.3.3 Застосування світла різної колірної палітри в залежності від часу доби

В порівнянні з природним світлом штучне світло забезпечує постійну кількість світла, яку можна просто увімкнути або вимкнути. Спектральна якість — це складний термін, який використовується, щоб показати, наскільки теплим або холодним є світло, і воно вимірюється двома поняттями, а саме: корельована колірна температура світла (Correlated Color Temperature, CCT) та індекс кольору (Color Rendering Index, CRI). Як правило, високий CRI джерела світла відповідає кольору об'єкта, який здається близьким до природного кольору, що спостерігається при денному освітленні, або до джерел невичерпного світла тієї ж колірної температури. Сонце генерує широкий спектр світла, щоб забезпечити достатню довжину хвилі, щоб усі люди могли розпізнавати більшість кольорів. Отже, вважається, що світло від Сонця має CRI 100, яке є максимальним значенням.

Різні спектри сонячного світла діють по різному на організм людини і особливо на очі. Фактично, візуальні та невізуальні ефекти світла, на функції та реакції мозку, залежать від конкретної довжини хвилі світла, одержану через очі.

Для досягнення ефекту найкращої працездатності та відчуття бадьорості в ранковий та денний час включаються лампи з холодною колірною температурою 4000 К, у міру настання вечірнього часу з 17:00 до 19:00 відбувається поступова зміна частки освітлення, що надходить від ламп з холодною та теплою (2700 К) колірними температурами.

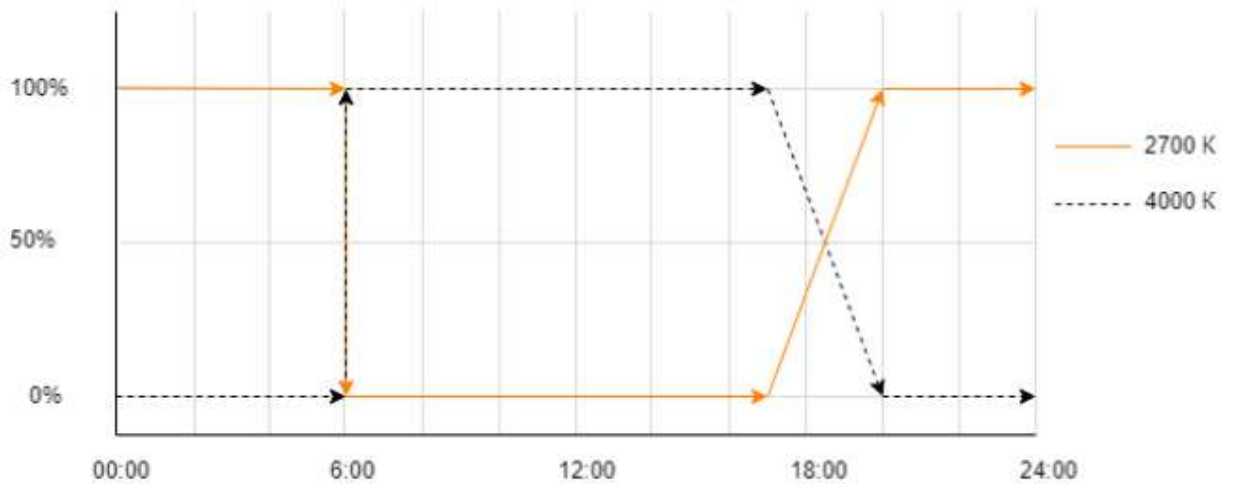


Рисунок 1.5 — Відсоток використання ламп з різною колірною температурою протягом доби

У нічний час небажане використання світлових джерел з холодною температурою кольору, через це на рисунку 1.5, можна бачити різку зміну використання типу ламп після 6 години ранку.

#### 1.4 Проблематика відводу статички

Електростатичний заряд – невідновлений електричний заряд у спокої. Коли два непровідні матеріали стикаються або поділяються, виникає посилення електронів на поверхні одного матеріалу та втрати на іншому; це призводить до невідновленого електричного стану. Значення напруги, до якої можна зарядити об'єкт, залежить від ємності відповідно до закону  $Q = CV$ . Людське тіло можна зарядити до кількох кіловольт. Передача такого електростатичного заряду з однієї поверхні на іншу називається електростатичним розрядом (ESD). ESD – єдиний випадок швидкої передачі електростатичного заряду між двома об'єктами, що мають різні потенціали. Це може статися тільки тоді, коли різниця напруги між двома об'єктами досить висока, щоб подолати електричну міцність діелектрика, що розділяє їх. Швидкий рух електростатичного заряду генерує струм, який пошкоджує або руйнує підзатворний оксид, металізацію та з'єднання в інтегральній схемі.

ESD може відбутися будь-яким із чотирьох способів:

- коли заряджене тіло торкається інтегральних схем;
- коли заряджена інтегральна схема торкається заземленої поверхні чи об'єкту;
- коли заряджений металевий інструмент торкається інтегральної схеми;
- коли через вплив електростатичного поля на діелектриці наводиться електричний заряд, потужності якого вистачає для пробиття цього діелектрика.

Механізми зв'язку в кожному з цих випадків є індуктивними, резистивними або ємнісними.

Як правило, постачальники кремнієвих інтегральних схем проектують, тестують та сертифікують свої вироби згідно з галузевими стандартами, щоб гарантувати, що під час виробництва ІС або під час монтажу на РСВ жодного фізичного пошкодження не відбувалося. Під час конструювання робочого столу потрібно проектувати ESD-захист на рівні системи або плати та тестувати на рівні системи згідно з ESD-стандартами IEC 61000-4-2 або ISO 10605 [6]

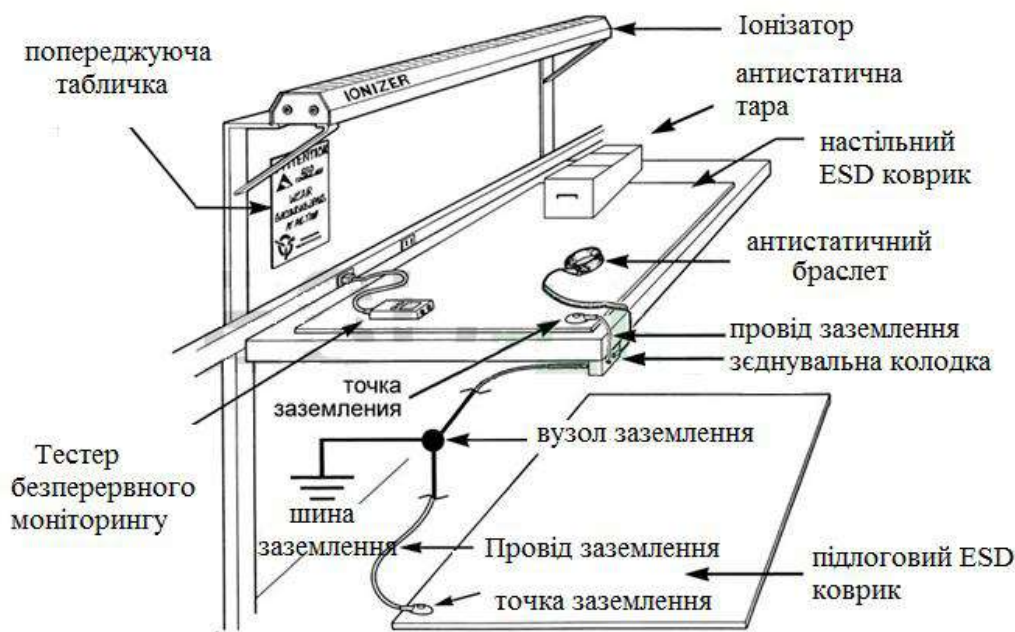


Рисунок 1.6 — Робоча зона монтажника РЕА

У спрощеному вигляді, захищена від статички робоча зона є базовим робочим місцем і складається з наступних компонентів рисунок 1.6.

Складові частини робочої зони:

- настільний антистатичний ESD килимок;
- шнур заземлення;
- підлоговий антистатичний ESD килимок або підлогове покриття ESD;
- шнур заземлення;
- антистатичний браслет та спіралеподібний шнур;
- сполучна колодка;
- вузол заземлення (або, у разі застосування як точка заземлення - заземлену розетку із заземлюючим контактом: вилка заземлення) ;
- комплект антистатичного одягу та взуття.

Щоб створити ESD-зону, необхідно:

1. Підключити антистатичний килимок робочої поверхні до з'єднувальної колодки або до заземлення (або до заземлюючої вилки) за допомогою заземлюючого шнура.

2. Підключити підлоговий антистатичний килимок до з'єднувальної колодки або вузла заземлення (або заземлюючої вилки) за допомогою заземлюючого шнура.

3. Прикріпити антистатичний браслет оператора за допомогою спіралеподібного шнура до сполучної колодки, або до заземлюючої вилки (залежно від типу заземлення, що застосовується).

4. Переконатися, що поблизу немає ізоляторів.

При виконанні вищевказаних кроків кожен елемент, підключений до точки заземлення (поверхня та оператор), зберігає однаковий електричний потенціал, і будь-який електростатичний заряд стікає на землю через заземлювальний вузол (заземлюючу вилку) підключений до шини заземлення.

Заземлююча вилка, забезпечує загальну точку заземлення з використанням захисного заземлення. Вилка вставляється в заземлену мережну розетку, забезпечуючи з'єднання тільки із заземлюючим проводом. Замість струмоведучих та нейтральних контактів у вилці розетки, відлиті ізолюючі пластикові штирі, щоб забезпечити правильне розташування в розетці.

## 1.5 Система 5S

### 1.5.1 Формування системи

Система ощадливого виробництва спочатку була розроблена з метою оптимізації виробничих процесів компанії Toyota, але завдяки своїй ефективності набула широкого поширення в різних сферах бізнесу по всьому світу. Один з компонентів цієї системи – спосіб організації робочого місця 5S, покликаний зробити виробничий процес ефективнішим та безпечнішим.

Назва системи 5S походить від п'яти японських термінів, основи системи були закладені компанією Toyota у 1980-х роках, наглядно принцип 5s зображено на рисунку 1.7.

Основна мета даного способу організації – формування у персоналу культури бережливого ставлення до робочого простору. Ефективно впроваджена система підвищує зручність використання робочого місця, а також його безпеку, забезпечує розстановку комплектуючих, обладнання та інструменту на робочому місці за методикою все посортовано та під рукою.



Рисунок 1.7 — Основа системи 5s

Сортування — зберігання комплектуючих, інструменту обладнання на робочому місці повинно бути максимально впорядковано. Для цього достатньо

розсортувати всі комплектуючі на групи, а робочий інструмент розкласти в окремо відведену зону.

Підтримка порядку. Весь вміст полиць має розташовуватися впорядковано – ніякої хаотичності. Для спрощення завдання можна скласти план поточного розташування на якому у кожної речі є своє чітко відведене місце.

Утримання в чистоті. Все обладнання на робочому місці, а також робочі зони повинні утримуватися в чистоті. Важливі також регулярні перевірки справності всіх інструментів, обладнання та електроживлення.

Стандартизація. Навіть якщо вам вдалося повністю привести свій склад в порядок, ви не застраховані від поступового повернення хаосу в робочий простір. Це пов'язано з тим, що персоналу потрібно перебудувати свої звички та навчитися постійно підтримувати порядок. Щоб запобігти негативним наслідкам, важливо стандартизувати кожен крок системи 5S, який повторюється.

Вдосконалення. Даний принцип можна назвати найважливішим в системі організації робочого простору. Коли система успішно впроваджена та довела свою ефективність, обов'язково підтримувати культуру бережливого ставлення серед співробітників складу. На цьому етапі керівництву слід постійно контролювати дотримання встановленого регламенту, а також створити умови, в яких співробітники зможуть вносити свої пропозиції та зауваження. Це допоможе вдосконалити систему, та уникнути відкату до попереднього стану складу.

Система 5S на робочому місці дозволяє не просто навести порядок, але сформуванню у кожного співробітника правильну модель поведінки – ощадливе ставлення до свого робочого простору, витратних матеріалів та робочого процесу в цілому. Як наслідок – ресурси компанії використовуються більш розумно й економно, скорочуються витрати та підвищується продуктивність праці персоналу, а на тій же площі складу вдається розмістити більше вантажів. Але найкращий доказ ефективності впровадження системи, це наочний приклад перетворення робочого простору.

### 1.5.2 Зонування робочого місця відповідно до стандарту 5S

Основне завдання та мета системи 5S – організація праці, раціональний розподіл робочих місць, обладнання та виробничих приміщень на підприємствах та складах. Це досягається за рахунок спеціальної розмітки та маркування підлоги та стін Рисунок 1.8 [7].

	смуги руху, застереження, доріжки та робочі зони.
	перевірка матеріалів і продукту, експлуатація, місця зберігання, тощо.
	дефектна продукція, пожежа, брукт, мітки для невикористаних предметів, переробка, непридатні матеріали тощо.
	матеріали та компоненти, готова продукція, засоби безпеки тощо
	обладнання та пристосування, технологічні матеріали, інструменти для ремонту, чисті лінії. тощо.
	області, які необхідно уточнити для оперативних цілей, не пов'язаних зі стандартами безпеки чи відповідності. тощо
	контейнери з легкозаймистими або горючими матеріалами, робоча зона з підвищеною обережністю тощо. Місця, які можуть наразити працівників на особливу фізичну небезпеку або небезпеку для здоров'я.
	незавершена робота, матеріали та компоненти, незавершена сировина тощо.
	стелажі, сховища, склади тощо

Рисунок 1.8 — Кольорове зонування робочої поверхні

## 1.6 Висновки за розділом

Сьогодні на ринку представлена досить велика кількість столів для монтажу РЕА, які різняться за функціоналом та вартістю. Однак, більшість з них має основну, ідентичну конструкцію і дуже високу ціну, яка вимагає чималих витрат для комплектації робочого столу.

Перебуваючи на робочому місці, співробітники підприємств більшу частину світла отримують не з вікон, а саме від штучних джерел: газорозрядних, компактних люмінесцентних або світлодіодних ламп. Навіть в літній період не кожен кабінет має достатню кількість світла, а взимку включати світло часто доводиться взагалі на весь день.

Пік працездатності спостерігається в період з 10:00 до 11:00 та з 15:00 до 17:00. Після 19:00 активність мозку загасає, а в 22-23 години спад розумової активності доповнюється фізичним спадом.

Наукова новизна розробки полягає в тому, щоб запропонувати конструкцію сучасного робочого столу монтажника РЕА з смарт освітленням та відводом статичного заряду.

Основне завдання впровадження маркування відповідно до системи 5S – організація праці, раціональний розподіл робочих місць, обладнання та виробничих приміщень на підприємствах та складах.

В наступних розділах слід детально порівняти та обґрунтувати вибір схемо-технічного рішення для реалізації конструкторського задуму та розробки стартап проекту, при проектуванні необхідно врахувати антистатичне покриття та відвід статичного заряду.



## 2 ВИБІР СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

### 2.1 Світлодіодне освітлення

#### 2.1.1 Види світлодіодних стрічок

За типом світіння виділяють два типи стрічок: SMD (монохромна) і RGB (кольорова).

Потрібно звертати також увагу на кольорову температуру (Рис. 2.1), в залежності від якої виділяють три групи білого кольору[8]:

- теплий білий з температурою 2700 К і нижче;
- нейтральний білий, до 4000-4500 К;
- холодний білий, 6000 К і вище.

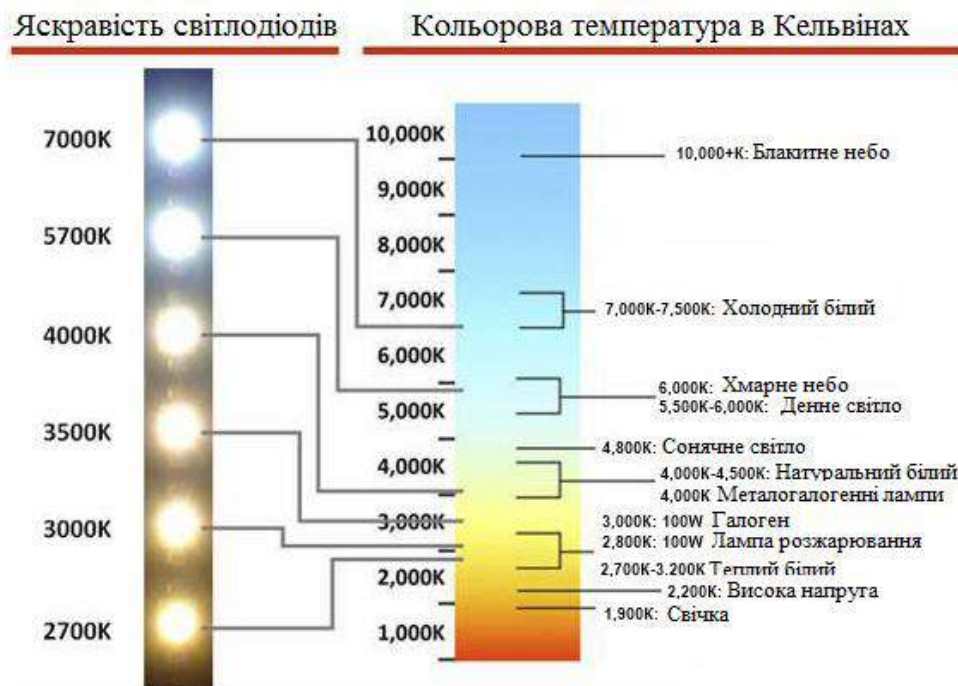


Рисунок 2.1 — Кольорова температура світлодіодів

Світлодіодні стрічки одного кольору мають тільки певний вузький діапазон кольорової температури проте випромінюють більше люмен чим rgb, тому дацільно взяти дві ленти білого кольору з різними кольоровими температурами.

#### 2.1.2 Яскравість світлодіодної стрічки

Кількість світла, яке даватиме світлодіодна стрічка, безпосередньо залежить від двох факторів:

- розмір світлодіоду;

— щільність світлодіодів на стрічці, ш/м.

Якщо бути гранично точним, то на яскравість впливає ще й якість кристалів.

Про розмір світлодіоду дуже легко дізнатися за маркуванням: після аббревіатури, що позначає тип стрічки (SMD або RGB), буде стояти чотиризначне число. Наприклад, SMD3528 – це монохромна стрічка з діодами розміром 35x28 мм, а RGB5050 – кольорова з діодами 50x50 мм.

Найчастіше використовуються такі світлодіоди:

— SMD3528 дає світловий потік від 0,6 до 5 люменів, залежно від кольору.

Такі стрічки підходять лише для декоративного підсвічування;

— RGB3528 дасть світловий потік лише 0,3-1,6 люменів;

— SMD5050 дасть світловий потік до 15 люменів, але все знову залежить від кольору. Така стрічка вже може використовуватися і як робоче чи навіть основне освітлення;

— RGB5050 дадуть потік світла 0,6-2,5 люменів або трохи більше;

— SMD5630 дадуть до 18 люменів, у житлових приміщеннях використовують нечасто – це варіант для офісів, магазинів, вулиць, рекламних вивісок. Такі діоди можуть нагріватися під час роботи, тому краще монтувати їх на алюмінієвий профіль.

## 2.2 Види світлодіодних профілів

LED стрічка не може монтуватися без спеціального профілю, який виконує наступні функції:

— естетичність оформлення за допомогою LED профілю досить зручна, при цьому стрічка зафіксована і об'єкт не втрачає форму.

— захистна система алюмінієвого профілю для світлодіодної стрічки дозволяє закрити LED стрічку від впливу багатьох зовнішніх чинників.

— відвід тепла, короб допомагає уникнути перегріву, зайвого нагрівання дотичних поверхонь, тим самим значно продовжуючи термін експлуатації освітлення.

— локалізація і напрям освітлення, прямокутна форма і наявність захисного екрану дозволяють при монтажі направити світло в потрібну сторону. Завдяки широкому спектру корисних функцій, світлодіодний профіль став обов'язковим атрибутом монтажу LED-стрічок, а також значною мірою спростив експлуатацію цього варіанту освітлення.

Існує два основних види алюмінієвого профілю для світлодіодної стрічки:

— накладний, найпоширеніший і легко монтується. Цей вид профілю розрахований для величезного виду підсвічувань. Монтаж прихованого світла в інтер'єрі, підсвічування меблів або окремих декоративних елементів. Широко використовується в магазинах для освітлення прилавків, вітрин та холодильників з продукцією. Вигідно підкреслює об'єкт, а також додає йому естетичну привабливість. Оснащений прозорим або матовим екраном, в якості розсіювача світла.

— врізний, особливий вид профілю під світлодіодну стрічку, який розрахований для монтажу в особливій, заздалегідь підготовлені пази. За рахунок цього утворюється гладенька поверхня з смужкою освітлення. Цей варіант підійде для з'єднання об'єктів інтер'єру, наприклад двох плит на стіні. Також таким способом можна виготовити світильники та багато іншого. Мають сильний розсіюючий ефект, що захищає очі від впливу світлового потоку[9].

## 2.3 Попередні розрахунки

### 2.3.1 Розрахунок необхідної потужності блоку живлення

Для освітлення робочого місця буде використовуватися LED стрічка типорозміру SMD 5630 виробництва Lumex, споживана потужність за технічною документацією одного метра складає 14,4 Вт/м. Потужність блоку живлення розраховується за формулою 2.1

$$P = l \cdot P_1 \cdot K_3, \quad (2.1)$$

де  $l$  — довжина однієї стрічки, 0,7м ;

$P_1$  — розсіювана потужність однієї стрічки, 0,7м ;

$K_3$  — коефіцієнт запасу, 1,1.

В системі адаптивного освітлення робочого місця блок живлення одночасно повинен забезпечити по потужності дві лед стрічки довжиною 0,7метра кожна, отже загальна потужність становить

$$P = 2 \cdot 0,7 \cdot 14,4 \cdot 1,2 = 22,17 [\text{Вт}],$$

За результатами розрахунку необхідної потужності блоку живлення визначено що блок живлення будемо розраховувати на 24Вт, що задовільнятиме розрахункову величину.

### 2.4.5 Розрахунок освітленості робочого місця

Відповідно до ДБН В 2.5–28–2006 потрібно визначити характеристику зорової роботи при виконанні монтажних робіт табл. 2.1

Робоче місце, представлене в роботі матиме середню характеристику фону з середнім контрастом об'єкту, відповідно до кольору фону, оскільки більшість друкованих плат покриті захисною маскою темних віддінків: чорна, темно зелена, блакитна маска.

Таблиця 2.1

## Нормативні показники освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення					Природне освітлення		Сумішене освітлення			
						Освітленість, лк			сукупність нормованих величин показника осліпленості і коефіцієнта пульсації		КПО, е <sub>н</sub> , %					
						при системі комбінованого освітлення		при системі загального освітлення	Р		Кп, %		при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні	при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні
						всього	ут. ч. від загального									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Найвищої точності	Менше 0,15	I	а	Малий	Темний	5000	500	—	20	10	—	—	6,0	2,0		
				4500	500		10	10								
			б	Малий	Середній	4000	400	1200	20	10						
				Середній	Темний	3500	400	1000	10	10						
			в	Малий	Світлий	2500	300	750	20	10						
				Середній	Середній	2000	200	600	10	10						
			г	Середній	Світлий	1500	200	400	20	10						
				Великий	Світлий	1250	200	300	10	10						

На робочому місці монтажника РЕА локальне освітлення, при використанні системи загального освітлення, повинне забезпечити нормовану освітленість місця  $E_{\text{норм}} = 750 \text{ Лк}$ . Необхідне освітлення від джерела локального освітлення розраховується за формулою 2.2:

$$E = (n \cdot \Phi_{\text{заг}} \cdot L \cdot N \cdot \mu \cdot \psi) / (1000 \cdot K_3), \quad (2.2)$$

де,  $E$  — освітленість, яку забезпечує місцеве освітлення;

$K_3 = 1,5$  — коефіцієнт запасу;

$n = 2$  — число світлодіодів джерела світла;

$\Phi_{\text{заг}}$  — світловий потік LED стрічки;

$L = 100$  — умовна освітленість за графіком;

$N = 2$  — число світлодіодів;

$\mu = 1,2$  — коефіцієнт збільшення освітленості від навколишніх предметів;

$\psi = 1$  — коефіцієнт куту нахилу робочої площини;

$K_3 = 1,5$  — коефіцієнт запасу.

Для освітлення використовується світлодіодна стрічка з типорозміром світлодіоду 5630, довжиною 0,7м та густиною розміщення 60 шт на погонний метр світловий потік 38 люмен на 1 світлодіод.

Загальний світловий потік для двох лед стрічок визначається за формулою 2.3

$$\Phi_{\text{загальна}} = N_w \cdot l \cdot n_{\text{led}} \cdot \Phi_0 \quad (2.3)$$

де,  $N_w$  — кількість Led стрічок, 2шт;

$l$  — довжина однієї стрічки, 0,7м ;

$n_{\text{led}}$  число світлодіодів на погонний метр, для SMD 5630 60шт;

$\Phi_0 = 38$  [Лк]— світловий потік одного світлодіоду.

$$\Phi_{\text{загальна}} = 2 \cdot 0,7 \cdot 60 = 3192$$

$$E = (2 \cdot 38 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1) / (1000 \cdot 1,5) = 1022 \text{ [Лк]}$$

За результатами розрахунків освітленість складає 1022 Лк. При використанні штучного освітлення в зоні розміщення робочого місця монтажника РЕА, локальне освітлення забезпечить необхідну освітленість на робочому місці ( $1022 > 750$ Лк).

## 2.4 Висновки за розділом

Для освітлення робочого місця буде використовуватися LED стрічка типорозміру SMD 5630 виробництва Lumex, споживана потужність за технічною документацією одного метра складає 14,4 Вт/м.

За результатами розрахунку необхідної потужності блоку живлення визначено що блок живлення будемо розраховувати на 24Вт, що задовільнятиме розрахункову величину.

Розрахунок освітленості робочого місця складає 1022 Лк. При використанні штучного освітлення в зоні розміщення робочого місця монтажника РЕА, локальне освітлення забезпечить необхідну освітленість на робочому місці ( $1022 > 750$ Лк).

В системі освітлення буде використовуватися накладний алюмінієвий профіль, оснащений прозорим або матовим екраном, в якості розсіювача світла.

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

#### 3.1 Розробка функціональної схеми електронної частини

Функціональна схема електронної частини адаптивного робочого місця монтажника РЕА приведена на рисунку 3.1.

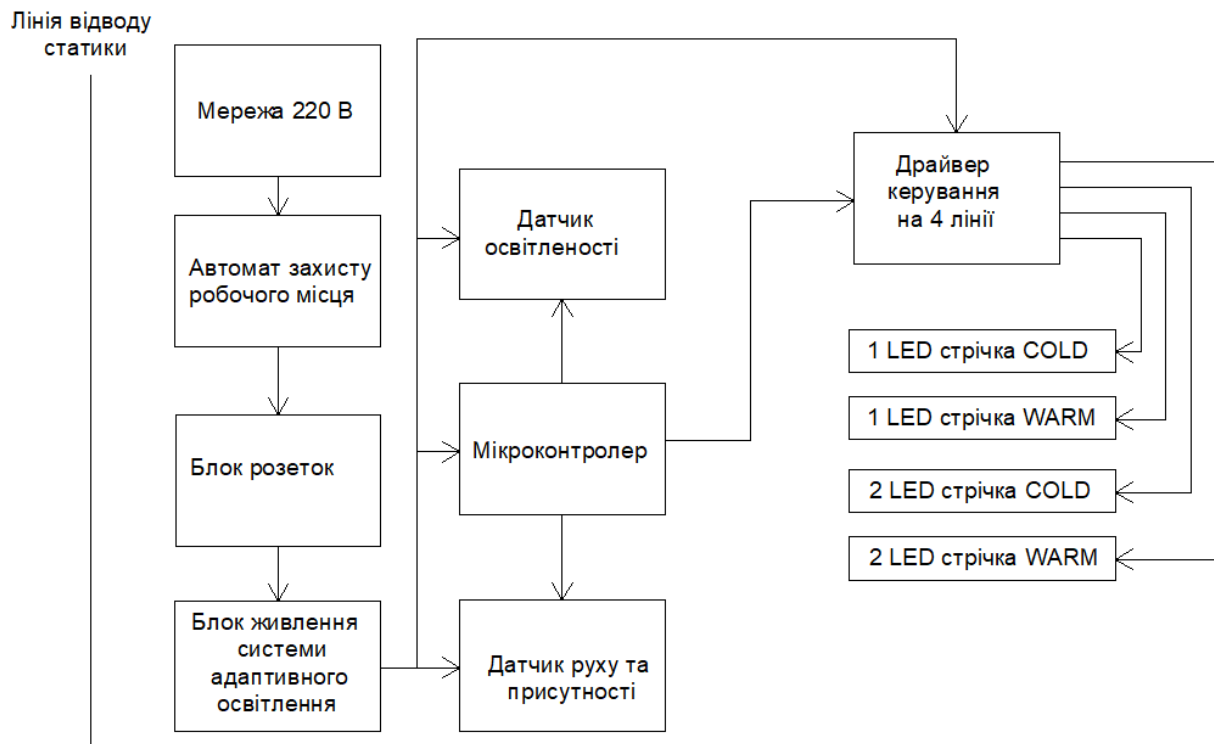


Рисунок 3.1 — Функціональна схема електронної частини робочого місця монтажника РЕА

Електронна частина робочого місця складається з наступних вузлів:

- автомату захисту робочого місця, призначений вберегти від стрибків напруги та струму, також захищає робоче місце від короткого замикання
- блоку розеток для підключення паяльного та вимірювального обладнання;

— блоку живлення системи адаптивного освітлення;

— схема адаптивного освітлення складається з:

- 1) чотирьох LED стрічок з окремими драйверами керування.

- 2) модуля освітленості для аналізу зовнішнього освітлення;
- 3) модуля годинника для привязки освітленості до часу доби;
- 4) мікроконтролера для керування освітленням

Схема оснащена датчиком руху та присутності, датчиком освітленості, дозволяє керувати включенням/вимкненням світла на робочому місці при присутності працівника та контролює яскравість кожної групи локального освітлення в залежності від часу доби, а також автоматизацією цього процесу. При використанні світлодіодної (LED) стрічки потужністю 10 Вт/м можна керувати чотирма відрізками стрічки по 2.5м кожен при живленні 12В. Якщо використовувати стрічку та блок живлення на 24В, довжина стрічки у кожній групі може збільшитись до 5м, що дозволяє організувати не одне робоче місце, а цілу лінію на декілька робочих місць.

### **3.2 Алгоритм роботи адаптивної системи освітлення**

Адаптивна система освітлення працює за розробленим програмним алгоритмом роботи, Рисунок 3.2. Алгоритм на початкових етапах роботи працює досить просто. В майбутніх модифікація планується його вдосконалення. Використовуючи вже вбудовані датчики, освітленості потоку світла. Краще буде підлаштовувати освітлення робочого столу з врахуванням зовнішніх джерел світла, якими не керує модуль керування освітлення робочого столу, що дозволить підтримувати необхідну кольорову температуру освітлення робочої зони.



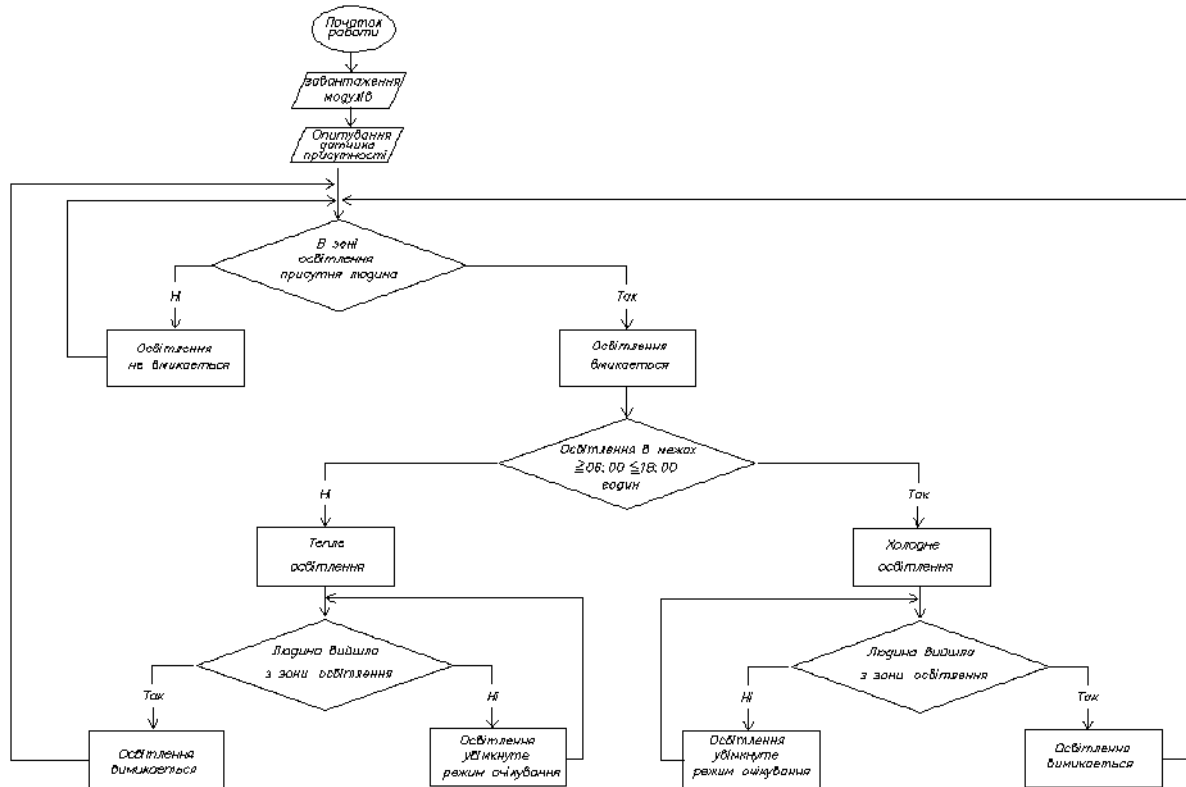


Рисунок 3.2 — Алгоритм роботи програми

Після запуску програми починається зчитування показників датчика присутності, якщо в зоні освітлення присутня людина - освітлення вмикається, в іншому випадку - система в режимі очікування.

Після вмикання освітлення відбувається зчитування показників годинника реального часу, якщо освітлення в межах  $\geq 06:00$  годин та  $\leq 18:00$  годин - вмикається холодне освітлення 4000K, в темну пору доби вмикається тепле освітлення 2700K. При цьому датчик присутності знаходиться в режимі очікування та починається з опитування датчика присутності, поки людина не вийде з освітлюваної зони, що в свою чергу призводить до вимикання освітлення.

### 3.3. Вибір складових частин адаптивної системи освітлення

#### 3.3.1 Мікроконтролер

Для розробки прототипу доцільно використати модуль Arduino Nano 3.0 на мікроконтролері ATmega328, зображено на рисунку 3.3

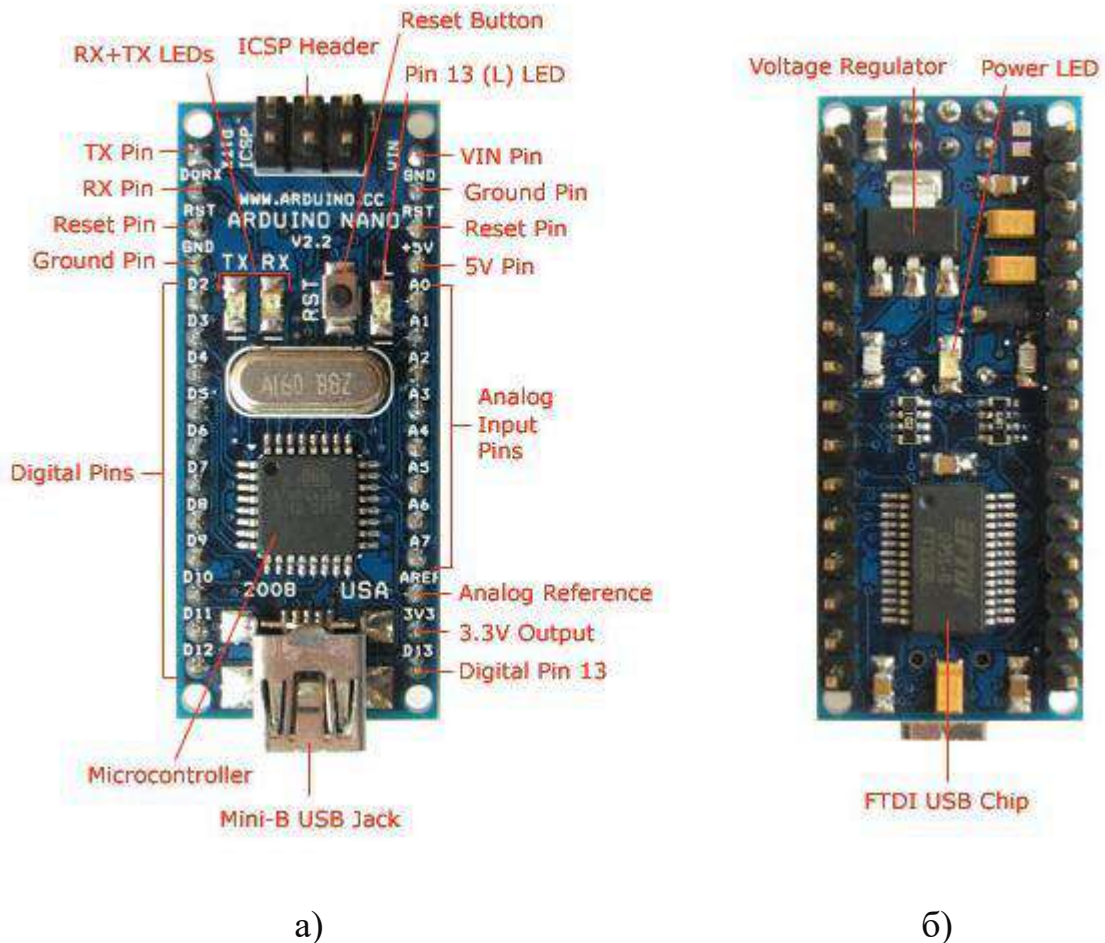


Рисунок 3.3 — Схематичний опис плати Arduino Nano 3.0:

а) - Верхня частина плати Top Board; б) - нижня частина плати Bottom Board

Arduino Nano V3.0 – невеликий контролер, сумісний з макетними платами, побудований на мікроконтролері ATmega328. Контролер в основному збігається за функціональністю з Arduino Duemilanove/Uno, але має інший форм-фактор. Arduino Nano не вистачає тільки роз'єму живлення і замість стандартного, використовується USB MiniB кабель.

Прошивка модулю здійснюється за допомогою роз'єма USN miniB або 6 pin ISP роз'єма через зовнішній програматор. В майбутньому планується перехід на друковану плату з використанням мікроконтролеру без перехідної плати що здешевить вартість реалізації при масштабному виробництві.

Позначення контактів модулю зображено на рисунку 3.4 роз'єм програмування ISP знаходиться зверху, знизу роз'єм USB/

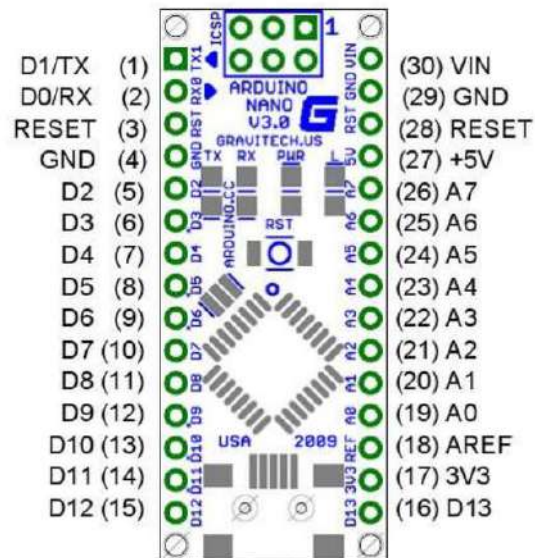


Рисунок 3.4 — Схематичне позначення контактів модулю Arduino Nano 3.0

Технічні характеристики Arduino Nano:

- напруга живлення 5В;
- флеш пам'ять 2 Кб, ОЗУ 2 КБ, EEPROM 1 Кб;
- частота 16 МГц;
- кількість цифрових пінів - 14, з них 6 можуть використовуватися в якості виходів ШІМ та 8 аналогових входів;
- розміри (19x42) мм, вага 7г;

Модуль Arduino Nano має великі функціональні можливості, але у них є один недолік - це обмежене, в порівнянні з Arduino Mega, число виводів. Тому на етапі складання схеми пристрою слід продумати, яким чином можна максимально спростити проект [10,11]

### 3.3.2 Огляд датчиків руху для прототипу

#### 3.3.2.1 Інфрачервоний датчик HC-SR505

Мініатюрний модуль датчика руху HC-SR505 може застосовуватися в світильниках для автоматичного включення світла, в охоронних пристроях або іншій автоматичності. PIR (піроелектричний) сенсор має пасивний принцип роботи і реагує на рух людини - на виході модуля при кожному спрацьовуванні

з'являється імпульс високого рівня 3,3 вольт тривалістю 8 секунд. Модуль виконаний в безкорпусному варіанті і призначений для вбудовування в різні пристрої (наприклад в систему безпеки будинку, стіл), що можна легко зробити, з огляду на його мініатюрні розміри. Підключити датчик можна до цифрового входу Arduino і використовувати скетч. Також можна підключити навантаження до датчика через силовий ключ на польовому транзисторі з невеликою напругою спрацьовування (наприклад «IRLR8113» або «88102»). Зовнішній вигляд датчика приведено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 — датчик HC-SR505

Технічні характеристики:

- напруга живлення: 4,5 В - 20В;
- струм споживання: <math><60\mu\text{A}</math>;
- напруга на виході: 3.3V TTL логіка;
- дистанція виявлення: 3 м;
- кут детектування:  $80^\circ$  -  $100^\circ$ ;
- тривалість імпульсу при виявленні: 8-12 секунд;
- робоча температура: -20 до  $+80^\circ\text{C}$ ;
- діаметр лінзи: 10 мм.
- габаритні розміри: 23x10x10 мм [11]

### 3.3.2.2 Інфрачервоний датчик руху та присутності HC-SR501

Дозволяє виявляти рух людини або домашньої тварини на відстані до 7 метрів (можна регулювати). Має два входи живлення (+5 В і GND) і один цифровий вихід, за яким можна знімати дані. Якщо перешкод немає - на ньому буде високий рівень (3.3В), якщо є - низький (0В).

Якщо перемичка встановлена в положення Н, то на виході буде високий рівень весь час, поки датчик буде вловлювати рух, якщо в стан L, то стан виходу буде переключатися з високого на низький і назад приблизно раз в секунду. Зовнішній вигляд датчика приведено на рисунку 3.6



Рисунок 3.6 — Датчик HC-SR501

Характеристики:

- дальність виявлення: 0 - 7 м;
- кут спрацьовування: 110 ° на дистанції до 7 м;
- напруга живлення (рекомендована): 4.5 - 12 В;
- вихідна напруга логічного рівня: 0 - 3.3 В;
- час затримки: 0.3 - 300 секунд (регулюється) ;
- метод спрацьовування: є L і Н;
- струм споживання: 65 мА;
- робочі температури: -20 - +50 °С;
- розміри: 32x24 мм. [12]

### 3.3.2.3 Мікрохвильовий датчик RCWL-0516

Датчик руху RCWL-0516 працює на ефекті Доплера з можливістю виявлення рухів минаючи перешкоди, використовується з Ардуіно або іншими платформами, також його можна застосовувати безпосередньо з релейними модулями. Зовнішній вигляд датчика RCWL-0516 приведено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 — Датчик RCWL-0516

В основу роботи датчика закладений ефект Доплера - зміна частоти відбитої хвилі, внаслідок руху випромінювача, приймача або відбивача. В даному модулі частота випромінюваної радіохвилі змінюється внаслідок руху відбивача (перешкоди). Модуль побудований на базі чіпу RCWL-9196, який оснащений передавачем і приймачем. Датчик спрацює, якщо приймач прийме сигнал, частота якого незначно відрізняється від частоти сигналу передавача:

— якщо в зоні дії датчика немає об'єктів здатних відбивати радіохвилі, то приймач нічого не прийме і датчик не спрацює;

— якщо в зоні дії датчика є об'єкт здатний відбивати радіохвилі, який наближається до датчика (рухається), то приймач прийме відображену від об'єкта радіохвилю, частота якої буде вище ніж у сигналу передавача і датчик спрацює;

— якщо в зоні дії датчика є нерухомі об'єкти, які здатні відбивати радіохвилі, то приймач прийме радіохвилю передавача, відображену від цих об'єктів, але частота прийнятої радіохвилі буде дорівнювати частоті сигналу передавача і датчик не спрацює;

— якщо в зоні дії датчика є об'єкт здатний відбивати радіохвилі, який віддаляється від датчика (рухається), то приймач прийме відображену від об'єкта радіохвилю, частота якої буде нижче ніж у сигналу передавача і датчик спрацює.

Коли датчик спрацьовує, на його виході «OUT» встановлюється рівень логічної «1». Датчик забезпечений тригером, який утримує рівень логічної «1» на виході «OUT» протягом 2 секунд, після припинення руху.

Якщо датчик багаторазово спрацьовує, наприклад, постійно фіксує рух протягом 10 секунд, то рівень логічної «1» на виході «OUT» буде встановлено на 12 секунд з моменту першого спрацьовування (10 секунд під час фіксації рухів + 2 секунди після їх припинення, поки не "скинеться» тригер). Використання датчиків руху заснованих на ефекті Доплера дозволяє фіксувати рух через об'єкти, які не відбивають радіохвилі (дерево, пластик, гіпс і т.д.), чого не можуть зробити датчики руху засновані на піроелектричному ефекті (такі як HC-SR501).

Характеристики:

- напруга живлення (VIN): 4-28 В постійного струму;
- струм: до 3 мА (номінально 2,8 мА) ;
- дальність виявлення: до 9 м (номінально до 5 м) ;
- кут виявлення: 120°;
- потужність передавача: до 30 мВт (номінально до 20 мВт) ;
- частота передавача: 5,8 ГГц;
- час затримки до скидання тригера: 2 сек ± 30%;
- вихідна напруга (3,3В): 3,2 ... 3,4 В;
- максимальний струм на виході «3,3В»: до 100 мА;
- робоча температура: -20 до +80 °С;
- температура зберігання: -40 до +100 °С;
- габарити: 17х36 мм;
- вага: 4 г.

#### 3.3.2.4 Мікрохвильовий датчик HB100

HB100 датчик руху, заснований на методі Доплера - виявлення рухомих об'єктів. Робоча частота датчика 10.525ГГц. Подібні датчики знаходять широке застосування в системах автоматизації наприклад: датчики керування відкриттям дверей, охоронні системи, системи керування освітленням. Метод виявлення руху базується на зміні частоти відбиття сигналу від об'єкта. При наближенні об'єкта частота відбитого сигналу збільшується, а при віддаленні

- зменшується. При нерухомому об'єкті випромінювана та прийнята частоти рівні. Зовнішній вигляд датчика HB100 приведено на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 — датчик HB100

Характеристики передавача:

- частота передачі: 10.525 ГГц;
- точність установки частоти: 3МГц;
- вихідна потужність: 13dBm EIRP;
- робоча напруга: 5В;
- струм: 60мА макс. 37мА;
- випромінювані гармоніки: <-10dBm.

Характеристики приймача:

- чутливість: (співвідношення С / Ш 10dB) в діапазоні від 3Гц до 80Гц -86dBm;
- чутливість в смузі від 3Гц до 80Гц 10мкВ;
- чутливість антени: 8dBi;
- вертикальна чутливість: 36 градусів у смузі 3dB;
- горизонтальна чутливість: 72 градуси в смузі 3dB;
- вага: 8 грам.

### 3.3.3 Датчики освітленості

#### 3.3.3.1 Датчик освітленості GY-49 MAX44009 I2C

Датчик освітленості на мікросхемі MAX44009 (GY-49), зображено на рисунку 3.7 призначений для вимірювання рівня зовнішньої освітленості наближеного до чутливості людського ока. Модуль має цифровий вихід через



інтерфейс I2C. Датчик за своїми характеристиками відмінно підходить для різних портативних пристроїв або промислового використання. Наявність на платі стабілізатора напруги живлення і перетворювача рівнів інтерфейсу I2C дозволяє використовувати модуль з мікроконтролерами як з 5В так і з 3,3 логікою.

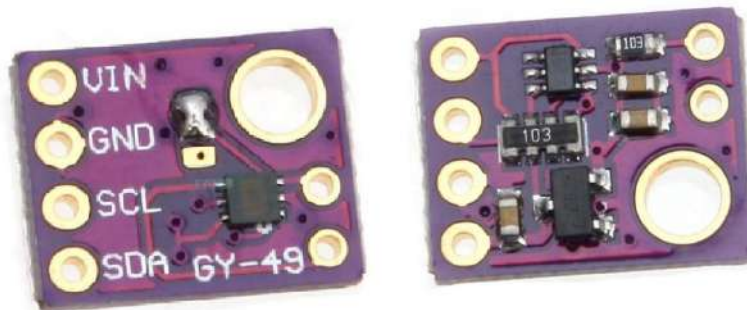


Рисунок 3.7 — Датчик GY-49

Спектральний відгук чіпа оптимізований виробляти коректні вимірювання в режимі природнього освітлення і включає в себе ІЧ-фільтр та УФ-фільтр для усунення засвічення при штучному освітленні. Блок адаптивного підсилення автоматично вибирає коректний діапазон освітленості для оптимізації значень. Програмований вихід переривання виконаний у вигляді виходу з відкритим стоком і може обслуговувати керуючу логіку з будь-яким діапазоном напруг живлення.

#### Характеристики:

- інтерфейс: I2C;
- діапазон освітленості: 0.045 - 188000 Люкс;
- динамічний діапазон: 22 біт
- живлення: 3,3 - 5 В;
- струм споживання: 0.65 мкА;
- розмір плати: 2 x 1 см ;
- робоча температура: - 40 до +85 °С.[13]

### 3.3.3.2 Цифровий датчик освітленості GY-302

Цифровий датчик освітленості GY-302, зображено на рисунку 3.8 на чіпі ВН1750 призначений для вимірювання фонового освітлення.

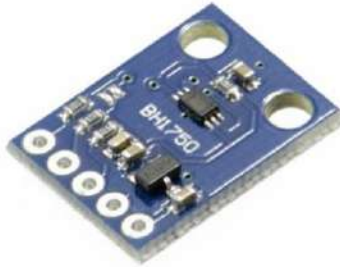


Рисунок 3.8 — Датчик GY-302

Має високу чутливість і поширений послідовний інтерфейс I2C. Спектр чутливості збігається з кривою чутливості людського ока.

- тип: GY-302.
- оригінальний чіп BH1750FVI ROHM.
- вбудований сенсор і цифровий перетворювач.
- прямий цифровий вихід, без додаткових складних обчислень, перетворень і калібрування.
- нечутливий до фонового світла.
- спектральна характеристика близька до візуальної чутливості.
- для широкого діапазону, точність вимірювання - 1 люкс. [14]
- напруга живлення: 3 - 5 В.
- діапазон даних: 0-65535 лк.
- інтерфейс I<sup>2</sup>C Розміри: 13.9 X 18.5 mm

### 3.3.4.1 Модуль годинника реального часу DS1302

Модуль зібраний на основі мікросхеми реального часу DS1302 має малі габарити вбудований роз'єм для батарейки типу CR2032 3V. Наявність вбудованої батарейки дозволяє зберігати поточний час навіть при тривалому відключенні основного живлення.

Підмикається до мікроконтролеру по шині I2C. Дозволяє записувати та зчитувати дванні, часу має вбудований календар.

Зовнішній вигляд модуля годинника реального часу DS1302 пледставлено на Рисунку 3.9



Рисунок 3.9 — Модуль годинника DS1302

Технічні характеристики:

- Висока точність годинникового генератора з термокомпенсацією і корекцією ходу
- Два режиму шини I2C: Стандартний (100кГц) і Екстра (400 кГц)
- Батарея харчування годин CR2032
- Лічильники секунд, хвилин, годин, днів тижня, днів, місяців і років з календарем з корекцією високосного року до 2100 року
- Точність внутрішнього цифрового датчика температури  $\pm 3^{\circ}\text{C}$
- Регістр корекції точності ходу годинника
- Програмований вихід прямокутних імпульсів
- Два настроюються будильника для зовнішніх переривань
- Простий і розширений інтерфейс підключення
- Дуже мале споживання від резервного джерела
- Робоча напруга живлення від 3 В до 5.5В
- Робочий температурний діапазон від  $0^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$
- Стабільність генератора  $\pm 2\text{ppm}$

### 3.3.5 Модуль годинника реального часу DS1302

Ультразвуковий датчик дистанції HC-SR04 що зображений на рисунку 3.10 стабільний і точний ультразвуковий сонар відстані який не має "сліпих зон".

Може вимірювати відстань від 0 см до 1500мм, точність - 3 мм. Сонар генерує звукові імпульси на частоті 40 кГц і слухає відповідь луна-відбиття. За часом поширення звукової хвилі туди і назад він однозначно визначає відстань до об'єкта. На відміну від інфрачервоних далекомірів, на свідчення ультразвукового далекоміра не впливають засвічення від сонця або колір об'єкта. Навіть прозора поверхня буде для нього перешкодою. Тому він ідеально підходить для детектування приступності робочого за столом.



Рисунок 3.10— Модуль далекоміру HC-SR04

Має такі характеристики:

- Робоча напруга 3.8 - 5.5В
- Тип HC-SR04
- Струм 8 мА
- Частота 40 кГц
- Максимальна дистанція 1500 мм
- Мінімальна дистанція 0 см
- Дозвіл 3 мм
- Ширина імпульсів 10 мкс
- Кут 15 градусів
- Зовнішні габарити 37x20x15 мм

Простий алгоритм роботи без використання протоколів, просто шлемо імпульс на пін TRIG та засікаємо час коли отримаємо відповідь з піну ЕЧНО в вигляді зміни рівня сигналу з 1 на 0, в залежності від часу зміни отримуємо значення відстані до об'єкту.

### 3.3.6 Висновок

В результаті огляду було прийнято рішення, використовувати ультразвуковий датчик відстані для детектування присутності монтажника, в зв'язку з тим що він здатний постійно точно відстежувати знаходження монтажника в області робочого столу, через конструктивні особливості датчки на доплерівському ефекті, та PIR датчики показали себе погано для детектування монтажника за робочим столом. Для детектування освітленості робочого місця було обрано датчик GY-302 в зв'язку з подібними параметрами з конкурентами на значно нижчою ціною, В якості годинника реального часу було використано зовнішній модуль DS1302, при масовому виробництві він буде замінений вбудованим в мікроконтролер варіантом. Замість модуля RTC буде додано живлення 3V батарейкою та кварцовий резонатор на 32.768 кгц що здешевить конструкцію та зменшить габарити.

### 3.4 Розробка та опис принципової схеми

По розробленому алгоритму та обраним давчачам розроблено схемотехнічне рішення. Схема електрична принципова розроблена в середовищі AutoCAD зображена на рисунках 3.9-3.11

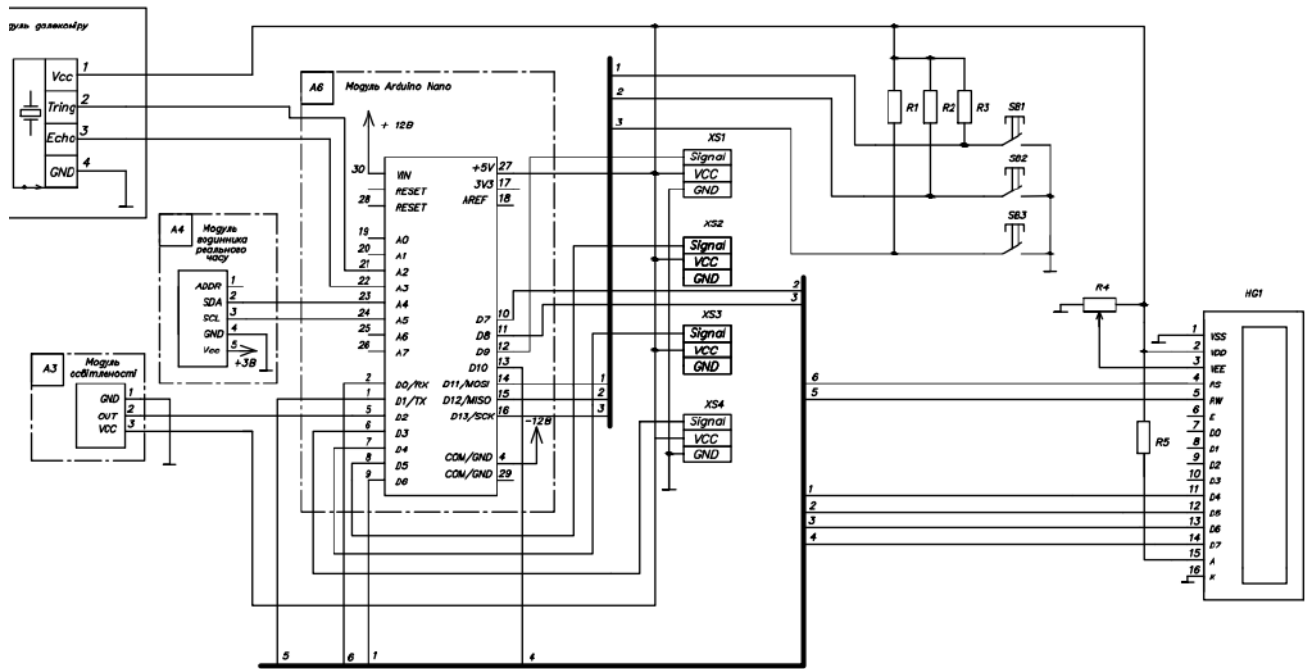


Рисунок 3.9 — Схема включення модуля датчика руху, модуля освітлення, годинника реального часу та мікроконтролера на Arduino Nano

Нижче наводиться принципова схема керування чотирма групами освітлення на світлодіодній (LED) стрічці за допомогою мікроконтролера Arduino Nano із застосуванням технології PWM. Дана схема дозволяє керувати включенням/вимкненням та яскравістю кожної групи освітлення, а також автоматизувати цей процес. При використанні світлодіодної (LED) стрічки потужністю 10 Вт/м представлена схема ви зможете керувати чотирма відрізками стрічки по 2.5м кожен при живленні 12В. Якщо використовувати стрічку та блок живлення на 24В, довжина стрічки у кожній групі може збільшитись до 5м. Потужність блоку живлення для підключення чотирьох груп стрічки повинна бути не менше ніж 160 Вт. Обмеження за потужністю стрічок, що підключаються, обумовлено нагріванням силового MOSFET транзистора IRFZ3205. Якщо йому забезпечити додаткове охолодження, наприклад за допомогою радіатора, можна збільшити довжину та/або потужність стрічки, що підключається.

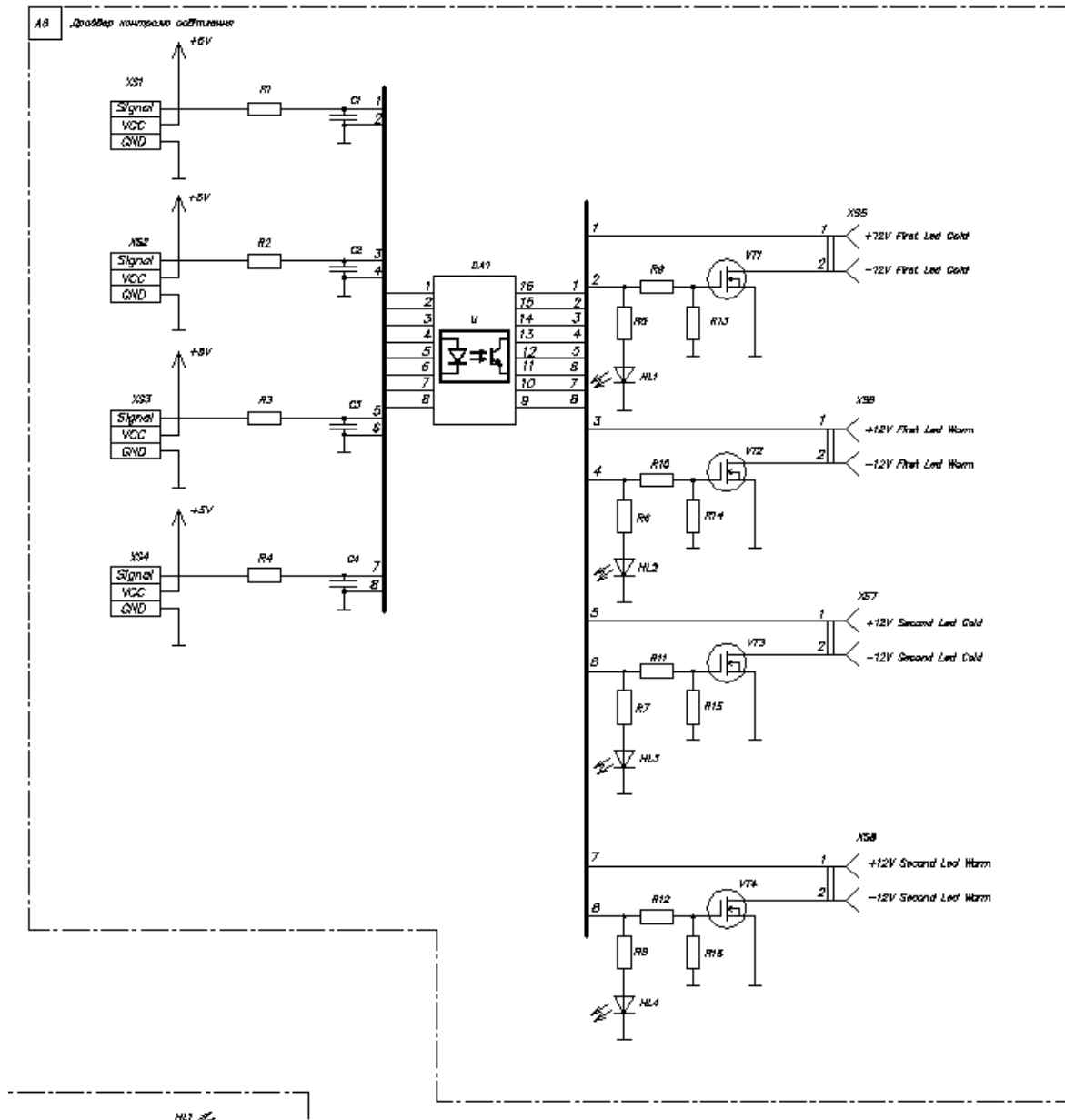


Рисунок 3.10 — Схема включення модуля силового ключа

Потужність блоку живлення для підключення чотирьох груп стрічки повинна бути не менше ніж 250 Вт. Обмеження за потужністю стрічок, що підключаються, обумовлено нагріванням силового MOSFET транзистора IRFZ3205. Якщо йому забезпечити додаткове охолодження, наприклад за допомогою радіатора, можна збільшити довжину та/або потужність стрічки, що підключається.

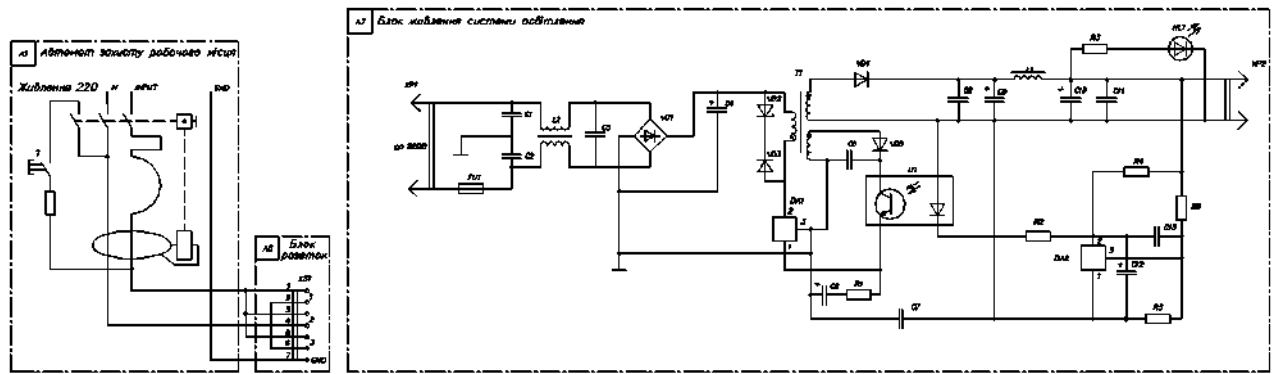


Рисунок 3.11 — Схема блоку живлення та включення блоку живлення та автомату захисту

Модуль силового ключа для кожної стрічки зібраний на польовому транзисторі IRFZ3205 в корпусі TO220 і призначений для керування навантаженням одразу по чотирьох каналах. Представлений MOSFET транзистор використовується лише для керування ланцюгом постійного струму, при цьому керування напруга постійного струму повинна перевищувати 9 В. Для ізоляції модуля силового ключа від мікроконтролера на платі є оптопара PS8201, що допоможе зберегти мікроконтролер у випадку короткого замикання.



### 3.5 Розрахунок показників надійності за вибраною елементною базою

Показники надійності кожного компоненту схеми визначаються відповідно до проведення розрахунку за ДСТУ-2862-94.

Розрахунок надійності проводиться для мінімальних і максимальних значень інтенсивності відмов РЕ та часу відновлення працездатного стану пристрою. Показники надійності визначаються відповідно до проведення розрахунку за ДСТУ-2862-94.

Пристрій що розробляється відноситься до 4 групи наземної побутової РЕА (носима, яка експлуатується на відкритому повітрі або в неопалюваних наземних і підземних спорудах), число радіоелементів менше 1000, прилад проектується на напівпровідникових пристроях в якому менше 5% мікросхем, норма надійності такої РЕА становить  $T_{p.\max} = 6500 \text{ год}$ , звідси  $T_{0,99p.\min} = 65 \text{ год}$ .

Дані для розрахунку заносяться в таблицю 3.1.

Інтенсивність відмов пристрою для мінімального значення визначається за формулою 3.1 для максимального за формулою 3.2

$$\lambda'_{\min} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j\min}; \quad (3.1)$$

де  $\lambda_{j\min}$  – мінімальна інтенсивність відмов групи в реальних умовах

$$\lambda'_{\min} = 10,11 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right].$$

$$\lambda'_{\max} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j\max}; \quad (3.2)$$

де  $\lambda_{j\max}$  – максимальна інтенсивність відмов групи в реальних умовах

$$\lambda'_{\max} = 32,45 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right].$$

Мінімальна інтенсивність відмов визначається за формулою 3.3

$$\lambda_p = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \lambda'_{\min}; \quad (3.3)$$

Таблиця 3.1 – Дані розрахунку інтенсивності відмов електронної частини адаптивної системи освітлення робочого місця

Номер групи і назва і тип ЕРЕ	Позначення на схемі ЕЗ	Кількість груп	Інтенсивність відмов для нормальних умов, $\lambda_{\text{н}}$ , $10^{-6}$ /год		Середній час відновлення ЕРЕ, Тв, год		Т, °С	kн	аі	Інтенсивність відмов групи в реальних умовах, $\lambda_1 = \lambda_{\text{н}} \cdot k_{\text{н}}$ , $10^{-6}$ /год		Середній час відновлення групи Тв1=Тв · kн, год	
			Мін	макс	мін	макс				мін	макс		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 Автомат захисту робочого місця	A1	1	4,0000	0,50	0,3	1,5	20	0,5	0,45	1,8	0,23	0	1,5
2 Модуль датчика руху	A2	1	0,5000	0,50	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,225	0,23	0,3	1,5
3 Модуль освітленості та присутності	A3	1	0,5000	0,50	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,225	0,23	0,3	1,5
4 Модуль годинника реального часу	A4	1	0,2500	0,50	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,1125	0,23	0,3	1,5
5 Блок розеток	A5	1	8,0000	10,0	0,3	1,5	20	0,5	0,35	2,8	3,5	0,3	1,5
6 Модуль Arduino Nano	A6	1	0,5000	0,50	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,225	0,23	0,3	1,5
Блок живлення А7													
1 Конденсатор КAG електrolітичний з оксидним діелектриком	C4, C5, C9, C10, C12	5	0,003	0,90	0,4	1,7	20	0,7	0,65	0,01	2,93	2	8,5
2 Мікросхема TOP224Y	DA1	1	0,500	0,50	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,225	0,23	0,3	1,5
3 Мікросхема TL431	DA2	1	0,400	0,40	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,18	0,18	0,3	1,5
4 Опціона PC817, EVL	U1	1	0,280	0,28	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,126	0,13	0,3	1,5
5 Резистор RC01 металоплівковий	R1-R6	6	0,004	0,40	0,3	1,3	20	0,6	0,20	0,005	0,48	1,8	7,8
6 Трансформатор	T1	1	0,500	0,7	0,6	2,8	20	0,7	0,10	0,05	0,07	0,6	2,8

Закінчення таблиці 3.1

7 Діодий міст BR1	VD1	1	0,5000	0,9	0,3	1,5	20	0,7	0,85	0,425	0,77	0,3	1,5
8 Конденсатори керамічні RDER, X7R	C1-C3, C6-C8, C11, C13	8	0,0400	0,70	0,4	1,7	20	0,7	0,8	0,256	4,48	3,2	13,6
9 Синфазний фільтр, котушка індуктивності	L1, L2	2	0,0100	1,00	0,5	2,1	20	0,8	0,60	0,012	1,2	1	4,2
10 Рез'єм. Лесі DB-8-5BR1	XP1	1	0,0300	0,6	0,2	1,0	20	0,5	0,50	0,015	0,3	0,3	1
11 Ізоляція KLS1-208-1-02-S	XS1	1	0,0300	0,6	0,2	1,0	20	0,5	0,50	0,015	0,3	0,2	1
12 Світлодіод AL307GM	HL1	1	0,0050	0,10	0,3	1,5	20	0,7	0,85	0,0043	0,09	0,3	1,5
13 Діод КД213А стабілітрон	VD2	1	0,2000	0,9	0,3	1,5	20	0,7	0,85	0,17	0,77	0,3	1,5
4 Діод FR207, 10CTQ150, QN4148 випрямний	VD3-VD5	3	0,5000	0,9	0,3	1,5	20	0,7	0,85	1,275	2,3	0,9	4,5
15 Запобіжник плавкий	FU1	1	0,3	0,8	0,2	1,1	20	0,4	0,1	0,0	0,1	0,2	1,1
A8													
Драйвер керування освітленням													
Конденсатори X7R	C1-C4	4	0,0400	0,70	0,4	1,7	20	0,7	0,8	0,128	2,24	1,6	6,8
Резистор RC01 металоплівковий	R1-R16	16	0,004	0,40	0,3	1,3	20	0,6	0,20	0,013	1,28	4,8	20,8
Світлодіод LTST-C193TGKT-5A Green SMD LED 0603	HL1-HL4	4	0,0050	0,10	0,3	1,5	20	0,7	0,85	0,017	0,34	1,2	6
Транзистор MOSFET	VT1-VT4	4	0,5000	0,9	0,3	1,5	20	0,7	0,85	1,7	3,06	1,2	6
DG305-5.0-03P-12-00AH	XS1-XS4	4	0,0100	1,00	0,5	2,1	20	0,8	0,60	0,024	2,4	2	8,4
KLS1-TDC-001-2.0-B	XS5-XS8	4	0,0100	1,00	0,5	2,1	20	0,8	0,60	0,024	2,4	2	8,4
16 Плата друкована	-	1	0,1000	0,10	0,2	1,0	20	0,5	0,50	0,05	0,05	0,2	1
17 Пайки з еудувальні	-	85	0,0002	0,04	0,2	0,2	20	0,5	0,50	0,0085	1,7	17	17

де  $K_1$  – коефіцієнта навантаження

$K_2$  – рівень механічних експлуатаційних впливів (вібрацій та ударів);

$K_3$  – відносна вологість у внутрішньому об'ємі РЕА;

$\lambda'_{\min}$  – мінімальна інтенсивність відмов ЕРЕ.

$$\lambda_{\min} = 1,10 \cdot 1,50 \cdot 1,20 \cdot 10,11 = 20,02 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right].$$

Максимальна інтенсивність відмов визначається за формулою 3.4

$$\lambda_{\max} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \lambda'_{\max}; \quad (3.4)$$

де –  $K_1, K_2, K_3$  відповідають формулі 3.9

$\lambda'_{\max}$  – максимальна інтенсивність відмов ЕРЕ.

$$\lambda_{\max} = 1,10 \cdot 1,50 \cdot 1,20 \cdot 32,45 = 64,25 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{1}{\text{год}} \right].$$

Напрацювання до відмови для мінімального і максимального значення, визначається за формулами 3.5 та 3.6

$$T_{\min} = \frac{1}{\lambda_{\max}}; \quad (3.5)$$

$$T_{\max} = \frac{1}{\lambda_{\min}}; \quad (3.6)$$

де –  $\lambda$  інтенсивність відмов ЕРЕ.

$$T_{\min} = \frac{1}{64,25 \cdot 10^{-6}} = 15564[\text{год}].$$

$$T_{\max} = \frac{1}{20,02 \cdot 10^{-6}} = 49950[\text{год}].$$

Ймовірність безвідмовної роботи, для мінімального і максимального значення, відповідно визначається за формулами 3.7 та 3.8

$$P_{\max}(t) = e^{-\lambda_{\min} t}; \quad (3.7)$$

$$P_{\min}(t) = e^{-\lambda_{\max} t}; \quad (3.8)$$

Графік ймовірності безвідмовної роботи зображено на рисунку 3.11.

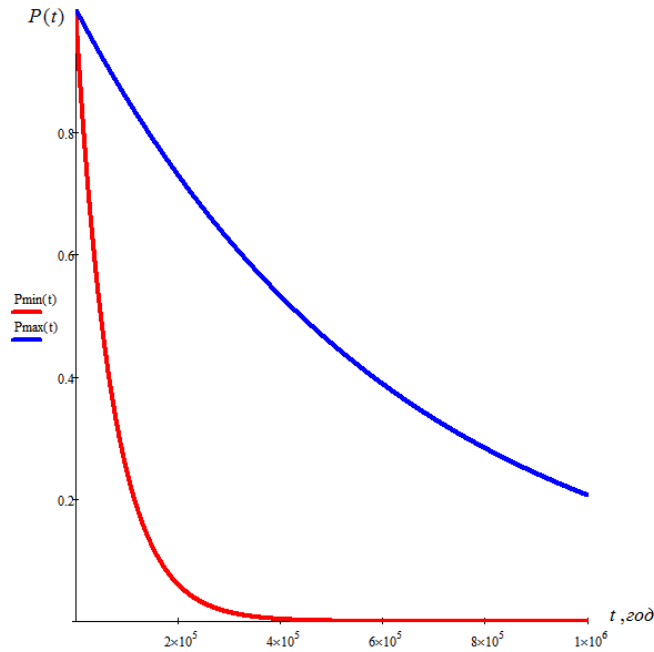


Рисунок 3.11 Ймовірність безвідмовної роботи пристрою

Напрацювання до відмови ( $\gamma$ ) – це час, на протязі якого ймовірність безвідмовної роботи буде не нижчою наперед заданого рівня гарантійної ймовірності  $\gamma = 0,95$ , для мінімального і максимального значення, визначається за формулами 3.9 та 3.10

$$T_{0,99\min} \approx T_{\min} (1 - \gamma); \quad (3.9)$$

$$T_{0,99\min} \approx 15564 \cdot (1 - 0,95) = 778[\text{год}].$$

$$T_{0,99\max} \approx T_{\max} (1 - \gamma); \quad (3.10)$$

$$T_{0,99\max} \approx 49950 \cdot (1 - 0,95) = 2497[\text{год}].$$

Вихідні данні для розрахунку часу відновлення працездатного стану заносяться в таблицю 3.2. Розрахунок проводиться на основі даних занесених в таблицю 3.2 за формулами 3.11-3.14

Таблиця 3.2 Вихідні дані для розрахунку  $T_{B1}$ 

$\lambda_{\min} \cdot T_{\text{вmin}}$	$\lambda_{\min} \cdot T_{\text{вmax}}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\text{вmin}}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\text{вmax}}$
0,540	2,700	0,069	0,345
0,068	0,338	0,069	0,345
0,068	0,338	0,069	0,345
0,034	0,169	0,069	0,345
0,840	4,200	1,050	5,250
0,068	0,338	0,069	0,345
0,020	0,085	5,860	24,905
0,068	0,338	0,069	0,345
0,054	0,270	0,054	0,270
0,038	0,189	0,039	0,195
0,009	0,039	0,864	3,744
0,030	0,140	0,042	0,196
0,128	0,638	0,231	1,155
0,819	3,482	14,336	60,928
0,012	0,050	1,200	5,040
0,005	0,015	0,090	0,300
0,003	0,015	0,060	0,300
0,001	0,006	0,027	0,135
0,051	0,255	0,231	1,155
1,148	5,738	2,070	10,350
0,002	0,011	0,020	0,110
0,205	0,870	3,584	15,232
0,062	0,270	6,144	26,624
0,020	0,102	0,408	2,040
2,040	10,200	3,672	18,360
0,048	0,202	4,800	20,160
0,048	0,202	4,800	20,160
0,010	0,050	0,010	0,050
0,145	0,145	28,900	28,900
$\sum = 6,584 \cdot 10^{-6}$	$\sum = 31,395 \cdot 10^{-6}$	$\sum = 78,906 \cdot 10^{-6}$	$\sum = 247,629 \cdot 10^{-6}$

$$T_{B1} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\min} \cdot T_{Bj\min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\min}} ; \quad (3.11)$$

$$T_{B1} = \frac{6,58 \cdot 10^{-6}}{20,02 \cdot 10^{-6}} = 0,33[\text{год}].$$

$$T_{B2} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\min} \cdot T_{Bj\max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\min}} ; \quad (3.12)$$

$$T_{B2} = \frac{31,39 \cdot 10^{-6}}{20,02 \cdot 10^{-6}} = 1,56[\text{год}].$$

$$T_{B3} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\max} \cdot T_{Bj\min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\max}} ; \quad (3.13)$$

$$T_{B3} = \frac{78,91 \cdot 10^{-6}}{64,25 \cdot 10^{-6}} = 1,23[\text{год}].$$

$$T_{B4} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j\max} \cdot T_{Bj\max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j\max}} ; \quad (3.14)$$

$$T_{B4} = \frac{247,63 \cdot 10^{-6}}{64,25 \cdot 10^{-6}} = 3,85[\text{год}].$$

Час відновлення працездатного стану знаходиться в межах від 0,33 до 3,85 год.

Визначаються два значення показника коефіцієнту готовності (ймовірності безвідмовної роботи), ймовірність того, що прилад виявиться працездатним в будь який момент часу для мінімального і максимального значення, відповідно визначається за формулами 3.15 та 3.16

$$K_{z.\min} = \frac{T_{\min}}{(T_{\min} + T_{B\max})} ; \quad (3.15)$$

де –  $T_{B\max}$  максимальний час відновлення працездатного часу пристрою.

$$K_{z.\min} = \frac{15564}{(34519 + 3,85)} = 0,45.$$

$$K_{z.\max} = \frac{T_{\max}}{(T_{\max} + T_{B\min})}; \quad (3.16)$$

де –  $T_{B\min}$  мінімальни час відновлення працездатного часу пристрою.

$$K_{z.\max} = \frac{49950}{(49950 + 0,33)} = 0,9999 .$$

В результаті розрахунку показників надійності, було розраховано інтенсивність відмов пристрою, мінімальна  $20,02 \cdot 10^{-6}$  1/годин та максимальна  $64,25 \cdot 10^{-6}$  1/годин. Встановлено час відновлення працездатного стану, мінімальний 0,31 годин та максимальний 4,06 годин пристрою. Мінімальне значення відновлення працездатного часу 778 год. , максимальне 2497 год. Ймовірність безвідмовної роботи складає 0,95 [15].

### 3.6 Висновки за розділом

За функціональною схемою, для реалізації схеми електричної принципової вибрано готові модулі, які широко застосовуються в подібних проектах та є масовими у використанні. Вирішено використовувати для детектування приступності працівника за робочим місцем ультразвуковий датчик відстані. Для детектування освітлення датчик GY-302 через його значно нижчу ціну в порівні з аналогами.

Було проведено розрахунок показників надійності електронної частини системи адаптивного керування. В результаті було доведено що система освітлення затна працювати значний час з низькою імовірністю виходу з ладу.

Проектування прототипу дає змогу уявити про можливі методи конструкторської реалізації проекту.



## 4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

Стартап — це тимчасова структура, яка потребує інвестицій для реалізації своєї бізнес-ідеї в готовий унікальний продукт, а також подальшого масштабування, виходу на ринок та трансформації у повноцінний бізнес.

Кожен стартап перед виходом на ринок проходить кілька етапів. Однак у деяких випадках автори стартапу можуть свідомо пропустити кілька стадій, якщо дозволяє ситуація. Головне – перед запуском визначити, що буде зі стартапом після того, як він залучить інвестиції. Це може бути відхід у традиційний бізнес, продаж або запуск на фондовому ринку. Така інформація є особливо важливою для потенційних інвесторів, щоб розуміти ризики та рентабельність вкладень.

Крім того, що стартапа не має готової бізнес-моделі, аналітики галузі виділяють ще низку особливостей такого проекту:

Новизна — іноді стартапи навіть не мають зареєстрованої організаційної форми;

Мінімальні витрати на старті — у стартаперів може не бути свого капіталу, а розвиток відбувається з допомогою сторонніх інвестицій;

Унікальна ідея - стартап буде успішним тільки в тому випадку, якщо його ідея раніше не використовувалася і при цьому буде корисною для клієнтів та прибутковою для інвесторів;

Швидке зростання — стартапа не має часу на розгойдування, йому потрібно якнайшвидше знайти ефективну стратегію просування на ринку.[16, 17]

### 4.1 Опис ідеї стартапу

Ідея проекту:

— ідея за задумом: адаптивне робоче місце монтажника РЕА з використанням системи 5s. Робоче місце оснащено датчиком світла та присутності та годинником реального часу, при наявності парцівника за

робочим місцем локальне світло, завжди включене. Вбудований годинник реального часу, автоматично перемикає холодне освітлення з 06:00-18:00 та тепле освітлення з 18:00 -06:00;

— ідея у реальному виконанні: дешеві модульні систем для виробництва радіоелектроніки;

— ідея з підкріпленням: розробка системи розумне виробництво.

Стандартизоване робоче місце зображено на рисунку 4.1.

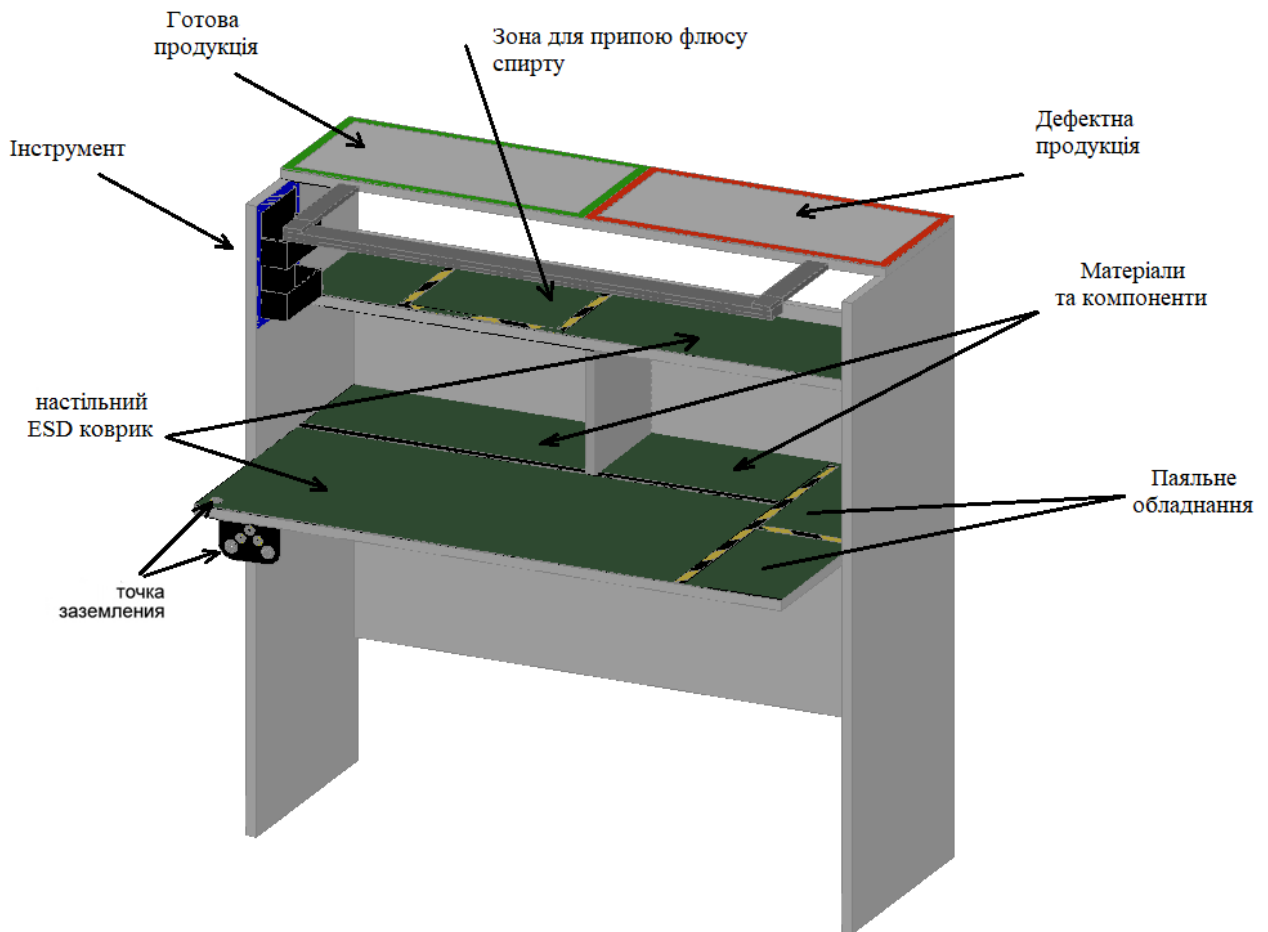


Рисунок 4.1 — запропонована конструкція робочого столу

Відповідно до 5s на робочому місці наявна розмітка:

- зона для готової продукції;
- зона для дефектної продукції;
- зона для інструментів
- зона для паяльного обладнання

Організація робочої лінії дільниці монтажу зображено на рисунку 4.2

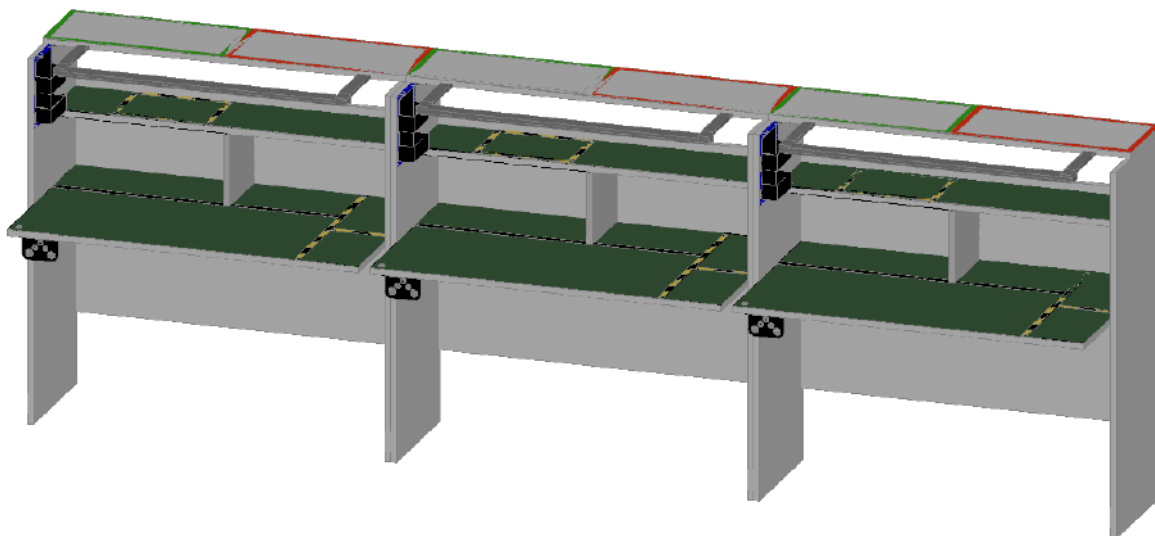


Рисунок 4.2 — Організація місця в робочу лінію монтажу

Дана конструкція здатна забезпечити швидку організацію в виробничу лінію а зміна складових частин приведе до організації місць для лакування, тестування, складання, та пакування

Організація робочої лінії ділянки тестування зображено на рисунку 4.3 (інший варіант конструкції столу)

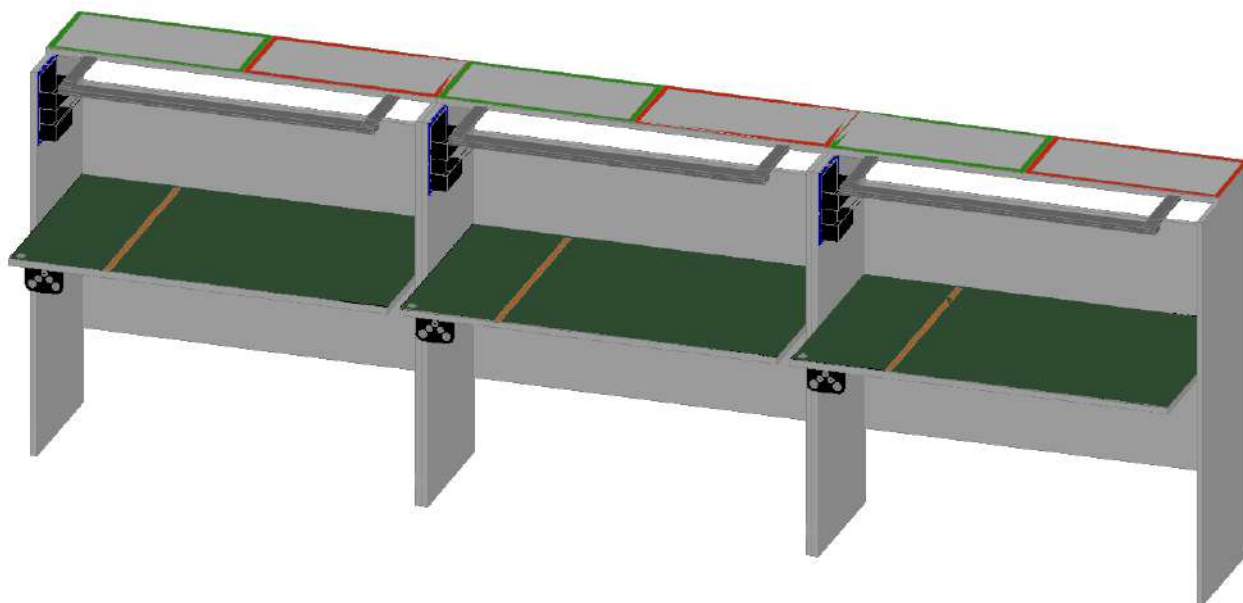


Рисунок 4.3 — Організація місця в робочу лінію тестування

## 4.2 План оновлення продукту та виробництво нової продукції

У процесі дослідження ринку вивчають потреби та поведінку споживачів.

В умовах ринкової економіки планування виробничої діяльності підприємства орієнтується на максимальне задоволення попиту потенційних споживачів у продукції (роботах), послугах. План оновлення продукції наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Технологічний чек лист

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Освітлення холодним та теплим світлом в залежності від часу доби	Дослідження, розробка, програмування	наявна	доступна
2	Запровадження 5s на робочому місці	Дослідження, впровадження	наявна	доступна
3	Модульні системи для виробництва	Розробка, моделювання, виготовлення тестового зразку	наявна	доступна

Напрямки оновлення продукту:

— початок виробництва дешевих модульних систем для виробництва радіоелектроніки, сервісних центрів, ремонтних майстерень, виробничих приміщень.

— запровадження стандартного формфактору робочого столу

— використання в майбутньому різних датчиків для контролю виробничого, як мікро процесу так і макро в цілому.

— розробка системи смарт виробництва, або виробництво в смартфоні

У процесі дослідження ринку вивчають потреби та поведінку споживачів.

В умовах ринкової економіки планування виробничої діяльності підприємства орієнтується на максимальне задоволення попиту потенційних

споживачів у продукції (роботах), послугах. План оновлення продукції наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 План оновлення продукту

№ з/п	Запитання	Відповідь
1	2	3
1	Яким цей продукт був у минулому?	Громіздкий стіл
2	Частиною яких систем є продукт?	Частиною виробництва та ремонту електроніки
3	Які функції може виконувати продукт?	Функцію робочого столу на виробництві електроніки відповідно до стандарту 5S
4	Чи можна розділити продукт на частини?	Так можна
5	Чи можна об'єднати (агрегувати) кілька елементів продукту в один?	Можна створити виробничу лінію
6	Яким має бути ідеальний продукт?	Реалізований за задумом
7	Що відбудеться, якщо вилучити цей продукт? Чим його можна замінити?	Якщо реалізувати ідею, заміни немає, заміна тільки на звичайні дороговартісні столи представлені на ринку.
8	На розвиток яких функцій може бути спрямоване удосконалення продукту?	Різноманітні конструкції, інтеграція в систему розумне виробництво, вдосконалення алгоритму роботи системи після виготовлення тестового зразку

### 4.3 Розроблення ринкової стратегії продукту

Характеристика потенційного ринку для стартап проекту наведена в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Первинна характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн	-
3	Динаміка ринку	стабільна
4	Наявність обмежень для входу	Необхідність сертифікації та патентування
5	Середня норма рентабельності, %	15
6	Специфічні вимоги	-

Вибір цільових груп наведено в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті та простота входу в сегмент
1	Радіоаматори	Так, готові	Так як конструкція проста та в одночас функціональна, спрогнозовано, що попит високий	Конкуренція присутня, але відпускна ціна не Топчик за свої гроші
2	Ремонтні майстерні	Так, готові		
3	Підприємства які профілюються на виробництві електроніки	Готові, але в ця категорія буде розрахована для запуску нових виробництв, або при масштабуванні виробничих потужностей		

Після аналізу потенційних груп споживачів, обрано підприємства які профілюються на виробництві електроніки

Стратегія розвитку стартапу наведена в таблиці 4.4, визначення базової стратегії конкурентної поведінки в таблиці 4.5, SWOT аналіз таблиця 4.6, строки ринкового провадження таблиця 4.7.

Таблиця 4.4 Визначення початкової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Спроекувати прототип на Arduino	Сегментна спеціалізація	Можливість завоювання позитивного іміджу серед даної групи споживачів. Незалежність від одного різновиду товару	стратегія підтримки виробничого потенціалу
2	Залучити до команди стартапу STM розробників	Повне охоплення шляхом диференційованого маркетингу	Збільшення обсягів продажу завдяки розширенню товарного асортименту та каналів збуту	стратегія модифікації продукції

Таблиця 4.5 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «піонером» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
-	Проект є піонером на ринку	Компанія буде забирати існуючих споживачів у конкурентів	Копіювати не буде, але характеристики схожі	Стратегія наслідування лідера

Таблиця 4.6 SWOT аналіз

Сильні сторони: простота конструкції робочого місця, зручна розмітка відповідно до 5s, можливість переналаштування в виробничу лінію в залежності від потреб, можливість моніторингу та вдосконалення роботи компонентів системи	Слабкі сторони: наявність певної конкуренції на ринку
Можливості: залучення клієнтів які створюють нове власне виробництво за рахунок, дешевизни відпускної ціни поширення реклами, збільшення якості та надійності системи запуск системи «виробництво в смартфоні»	Загрози: специфіка продукту , малий обсяг продаж на ринку

Таблиця 4.7 Строки ринкового впровадження стартап проекту

№ п/п	Сценарій ринкової поведінки	Термін реалізації	Ймовірність отримання ресурсів
1	Пошук інвестицій	1-3 місяця	Висока
2	Повна реалізація стартапу з оформленням власності	До 6 місяців	Висока
3	Замовлення першої партії продукції	1-3 місяця	Висока
4	Вдосконалення ідеї, розробка нової продукції	Паралельно з запуском стартапу	Висока
5	Вихід на міжнародний ринок	До 6 місяців	Середя

#### 4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

В таблицях 4.8 — 4.9 наведена сукупність маркетингових програм, за допомогою яких стартап може досягнути запланованих обсягів продажу і прибутку.

Таблиця 4.8 Формування системи збуту

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Досягнення високої точності шляхом використання новітніх алгоритмів обробки	Алгоритми, що планується використати, відрізняються високою точністю. Вони є результатами власних досліджень, до них не має доступу жоден з конкурентів
2	Швидкість функціонування	Використання перспективного обладнання для досягнення високої швидкодії	Конкуренти використовують доволі продуктивне, але вже дещо застаріле обладнання, тож використання сучасного конструктивного рішення може завоювати цільову аудиторію

Не від'ємним кроком, яким необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, є аналіз цін товарів конкурентів, а також аналіз рівня доходів споживачів, дані для аналізу цін на товари аналогу та товарів заміники взято з [prom.ua](http://prom.ua) від 10.12.2022 рисунок 4.4



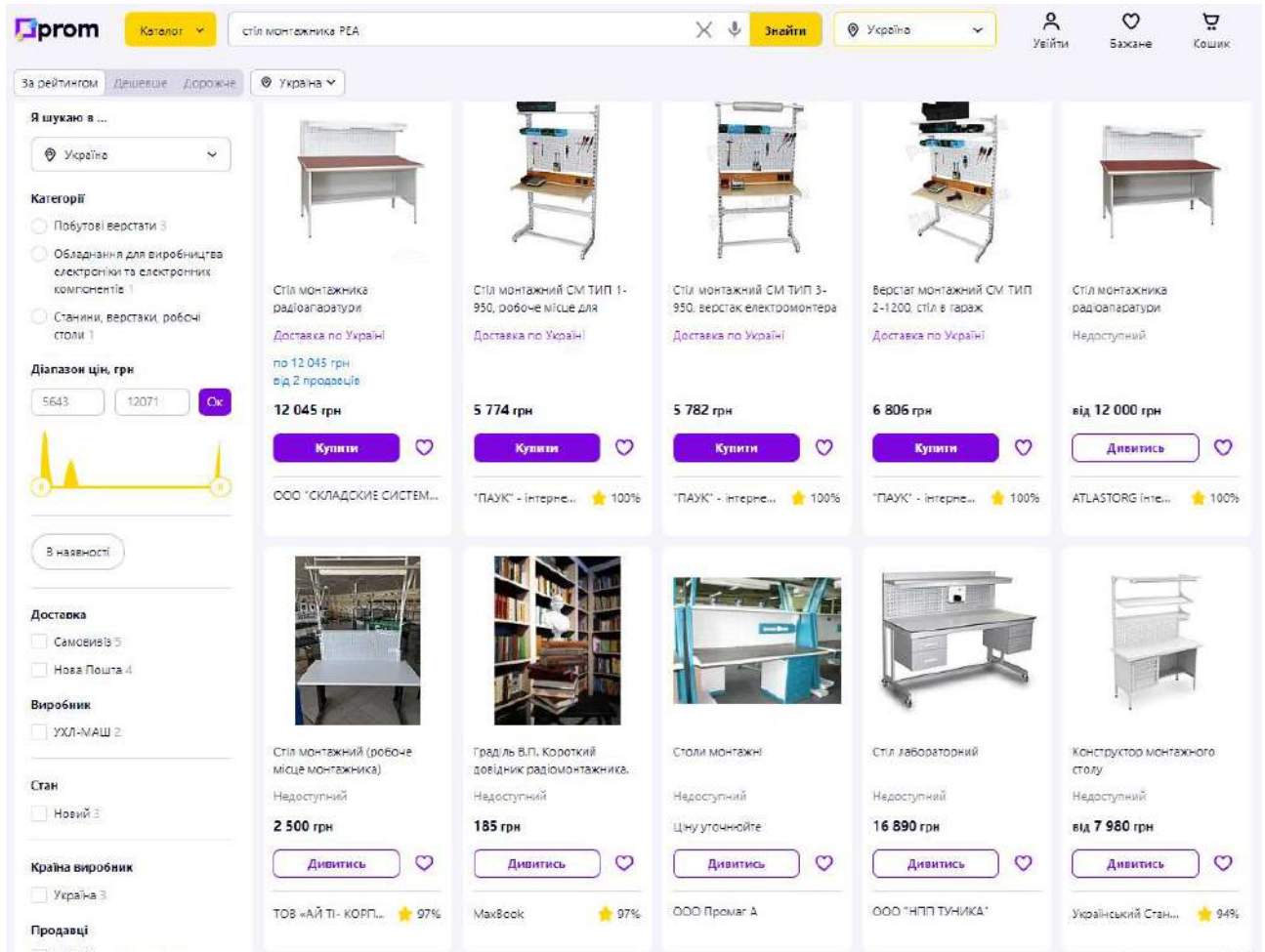


Рисунок 4.4 — Ціни на товари аналоги

Визначення приблизних меж встановлення ціни на готовий товар приведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень доходів цільової групи споживачів	Рівень цін на товари аналоги	Рівень цін на товари замітники	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
-	Так як цільова група, це виробництва радіоелектроніки, то рівень доходу високий	Відсутній	5774 гривень-16890 гривень	Оскільки матеріал столу та наповнення робочого місця різне, межі становитимуть Від 6000 до 12000 гривень

#### 4.5 Висновок за розділом

Даний стартап-проект не потребує серйозних затрат, але для залучення інвестицій необхідно зацікавити цільову аудиторію продуктом, що не так просто, тому найкращим способом для залучення інвесторів, є участь на міжнародних виставках та конференціях.

Як цільову аудиторію вибрано радіотехнічні підприємства яких має зацікавити модульність робочого місця та різноманітна конфігурація, також робоче місце унікальне так як оснащено адаптивним освітленням та автоматичним вимкненням електроживлення при перенавантаженні.

В результаті маркетингового дослідження визначено перспективи реалізації технічних рішень, проведено оцінювання ринкового впровадження та можливі напрямки реалізації стартапу. Проведено аналіз ринку та технічно економічних переваг ідеї проекту

## ВИСНОВКИ

Найбільш важливі наукові та практичні результати, полягають в наступному:

Було проаналізовано готові ринкові рішення. На основі досліджень [5] прийнято рішення зробити освітлення з двох світлодіодних лент з холодним та теплим відтінком. Для правильного премикання освітлення створено алгоритм роботи, та схемотехнічне рішення реалізації прототипу.

Проведено дослідження на ймовірність відмови схемотехнічного рішення, в результаті чого встановлено що пристрій з низькою ймовірністю вийде з ладу протягом гарантійного терміну.

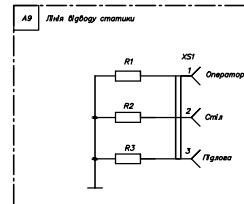
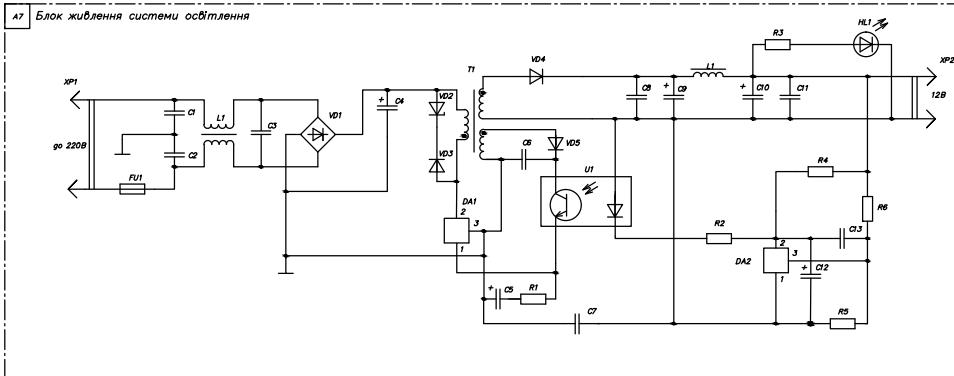
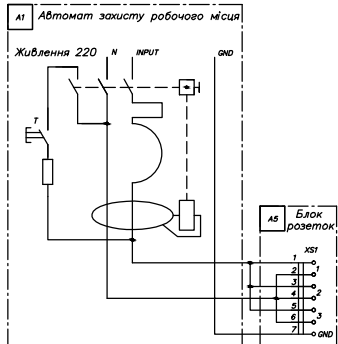
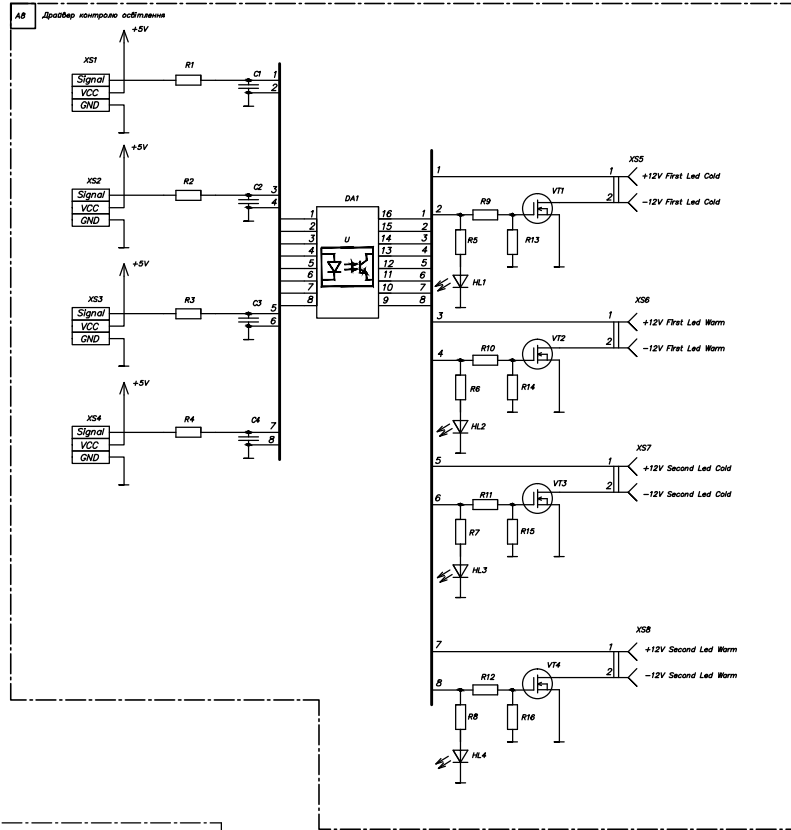
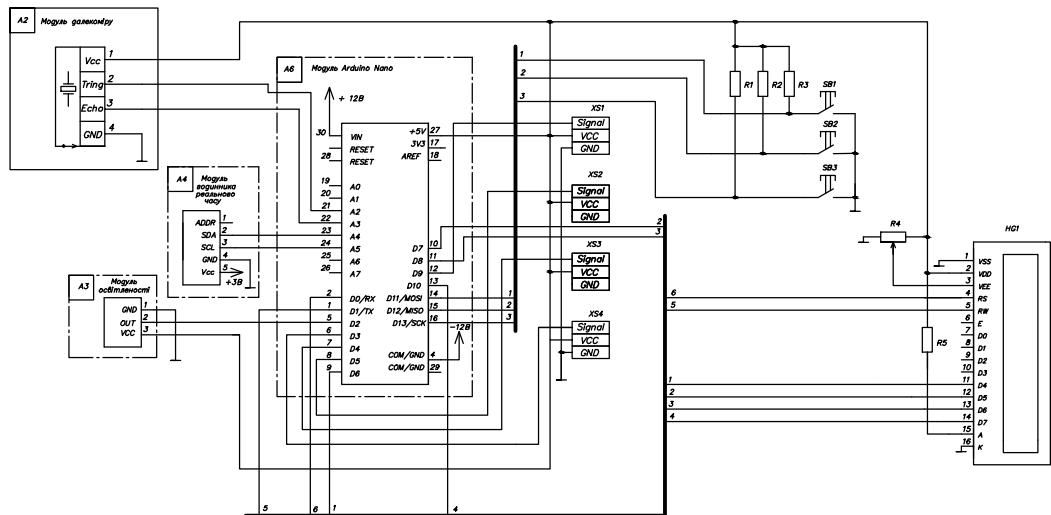
Рішення використовувати холодне та тепле освітлення, та автоматичне вмикання/ вимикання освітлення є іноваційним рішенням та не використовується в інших виробників столів для монтажу, що робить більш конкуренто-спроможним на ринку саме цей стіл монтажника. За рахунок: Високої енергоефективності (автоматичне вимикання освітлення коли працівник відсутній за робочим місцем.) Використання такого освітлення призводить до зниження втомлюваності працівника що позитивно впливає на підвищення якості роботи, та зниження браку завдяки автоматичному та правильному корегуванню яскравості та теплого кольору освітлення в залежності від часу доби.

Розроблено план розвитку стартап проекту, з подальшим удосконаленням функціоналу робочого місця та ускладненням алгоритмів роботи освітлення.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Стіл монтажника радіоапаратури. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://metal-kontur.com.ua/ua/stil-montazhnika-radioaparaturi/>;
2. Стіл монтажника радіоапаратури ВІКІНГ АЛЬЯНС АЛ-15 [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://www.protehnology.ru/stol-rabochiy-viking-alyans-al-15>;
3. Стіл монтажника радіоапаратури СМР [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://afinity.kz/p61887324-stol-montazhnikaradioapparatury.html>;
4. Норми штучного та природного освітлення (витяг з „Будівельних норм та правил" — СНиП 11-4-79) [Електроний ресурс] — Режим доступу: [https://studopedia.com.ua/1\\_27682\\_virobnichih-primishchen.html](https://studopedia.com.ua/1_27682_virobnichih-primishchen.html)
5. Ефремов А.И. Исследование оптимальных условий работы диспетчера и светоаудит освещения/ Ефремов Александр — НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»;
6. Что такое зона, защищенная от ЭСР (ЕРА-зона), и почему это важно для управления ЭСР? [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://www.protehnology.ru/stol>;
7. When implementing 5S, think 3M [Електроний ресурс] — Режим доступу: [https://www.3m.com/3M/en\\_US/facility-safety-us/solutions/floor-safety/floor-and-safety-marking-tapes/5s/](https://www.3m.com/3M/en_US/facility-safety-us/solutions/floor-safety/floor-and-safety-marking-tapes/5s/)
8. Колірна температура лампи та індекс передачі кольору [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://elmar.com.ua/stati/cvetovaja-temperatura-lampy-i-indeks-cvetopredachi.html?sl=uk>
9. Що краще вибрати: накладний або врізний LED-профіль [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://lprof.com/shcho-krashche-vybraty-nakladnyj-abo-vriznyj-led-profil/>
10. Плата Arduino Nano v 3.0 : распиновка, схемы, драйвер [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-nano/>

11. ІЧ-датчик руху HC-SR505 для Arduino [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2507-ik-datchik-dvijeniya-hc-sr505-dlya-arduino>
12. ІЧ датчик руху для Arduino HC-SR501[Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://arduino.ua/prod193-ik-datchik-dvijeniya-dlya-arduino-hc-sr501>
13. Датчик освітленості GY-49 MAX44009 I2C 3.3V Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2818-datchik-osveshennosti-gy-49-max44009-i2c-3-3v>
14. Датчик освітленості цифровий GY-302 BH1750FVI [Електроний ресурс] — Режим доступу:<https://arduino.ua/prod1116-datchik-osveshennosti-cifrovoi-bh1750fvi>
15. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги
16. С. Бланк Б. Дорф. Стартап: Настільна книга засновника / Під ред. Т. Гутман, І. Окунькова, О. Бакушева – Москва: Альпіна Паблішер, 2013. – 485 с. 29.
17. Гай Кавасаки. Стартап по Кавасаки: Проверенные методы начала любого дела. – М.: Альпина Паблішер, 2016. –331с. – ISBN 978-5-9614-5891-6.



Мод. и техн. Проект и констр. Электр. и электр. Соедин. и монтаж. Проект и монтаж. Проект и монтаж.

PE-11м.676731.001 ЭЗ		Адаптивная система освещения рабочего месяца		Лист	Масштаб
Исполн.	И. Шевченко	Проект.	И. Шевченко	Лист	Листов
Провер.	С. Воробий	Провер.	Т. Голован	Лист	Листов
И. электр.	Защитно	И. электр.	Защитно	Лист	Листов
И. электр.	Защитно	И. электр.	Защитно	Лист	Листов

Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
A1	Автомат захисту робочого місця		
	Автомат електричний Schneider Electric RESI9	1	
A2	Модуль далекоміру		
	Ультразвуковий датчик HC-SR04	1	
A3	Модуль освітленості		
	Цифровий датчик освітленості GY-302	1	
A4	Модуль годинника		
	Модуль годинника реального часу DS1302	1	
A5	Блок розеток		
	Розетка 3-на Schuko RHE-3sd IP54	1	
A6	Модуль Arduino Nano		
	Резистори		
R1-R3	RC01 2512 100 Ом±2%, Hitano	3	
R4	KLS4-WH148-1B -4F-18T-B103-L15 10кОм	1	
R5	RC01 2512 100 Ом±2%, Hitano	1	
HG1	LCD Дисплей 1602, LCD Дисплей WINSTAR	1	
SB1-SB3	KLS7-TS6601-4,3-180 кнопка 6x6x4.3мм	3	
XS1-XS4	Штекер DC 2,5x5,5x9мм GT1-2110B Glob Tone	4	
A7	Блок живлення системи освітлення		
	Конденсатори		
C1,C2	RDER73A223K3K1H03B 2200нФ 1кВ, Murata	2	
C3	MPX104K2FBA 0,1мкФ 250В, Hitano	1	
PE-11мп.676731.001 ПЕЗ			
Зм	Арк	№докум.	Підпис
Розроб.	Свірський		
Перевір.	Головня		
Н.контр.	Захарченко		
Затверд.			
Адаптивна система освітлення робочого місця Перелік елементів		Літера	Аркуш
			1
			4

Позначення	Найменування	Кіл	Примітка
C4	KAG 56мкФ 400В, Koshin	1	
C5	KAG 47мкФ 50В, Koshin	1	
C6	X7R 0,1мкФ, Murata Electronics	1	
C7	RDER73A223K3K1H03B 2200нФ 1кВ	1	
C8	X7R 0,1мкФ, Murata Electronics	1	
C9,C10	KAG 470мкФ 25В, Koshin	2	
C11	X7R 0,1мкФ, Murata Electronics	1	
C12	KAG 1мкФ 25В, Koshin	1	
C13	X7R 0,1мкФ, Murata Electronics	1	
	Мікросхеми		
DA1	TOP224Y, Power Integration	1	
DA2	TL431, Texas Instruments	1	
HL1	Світлодіод HL-503U4FC-4В HongliTronic	1	
L1	Синфазний фільтр Chipsen PMCU-4220 22 мГн	1	
L2	Котушка індуктивності RCH895 10мГн, SUMIDA	1	
	Резистори		
R1	RC01 2512 6,2 Ом±2%, Hitano	1	
R2	RC01 2512 560 Ом±2%, Hitano	1	
R3,R4	RC01 2512 330 Ом±2%, Hitano	2	
R5	RC01 2512 10 кОм±2%, Hitano	1	
R6	RC01 2512 39 кОм±2%, Hitano	1	
			Аркуш
			РЕ-11мп.676731.001 ПЕЗ
			2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис
			Дата





