

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітній ступінь)

на тему:

Розробка проекту електронного метроному

Виконав: студент VI курсу, групи K16-602

Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва, спеціальності)

Сергій Івачевський

(ім'я та прізвище)

Керівник

Василь Яцишин

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ»**

Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія комп'ютерної інженерії
Освітній ступінь бакалавр
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерна інженерія
Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія
Галузь знань: 12 Інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії

_____ Андрій ЮЗЬКІВ

“08” травня 2024 року

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

_____ Івачевський Сергій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка проекту електронного метроному

керівник роботи Яцишин Василь Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Відокремленого структурного підрозділу «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя» від 07.05.2024 р №4/9-224.

2. Строк подання студентом роботи: 21 червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: технічне завдання на розробку метронома, документація на esp-32, стандарти IEEE 29148-2018, IEEE 29119

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Загальний розділ. Розробка технічного та робочого проекту. Спеціальний розділ. Економічний розділ. Охорона праці, техніка безпеки та екологічні вимоги.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- схема структурна розміщення елементів;
- схема підключення елементів системи;
- перелік елементів системи ;
- блок схема ;
- текст програми;
- таблиця техніко-економічних показників.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Оксана РЕДЬКВА заст. директора з НВР		
Охорона праці, техніка безпеки та екологічні вимоги	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	08.05	
2	Збір і узагальнення інформації	20.05	
3	Написання першого розділу	24.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	28.05	
5	Написання спеціального розділу	3.06	
6	Розрахунок економічної частини	5.06	
7	Написання розділу охорони праці	7.06	
8	Виконання графічної частини	10.06	
9	Оформлення проекту	14.06	
10	Погодження нормоконтролю	17.06	
11	Попередній захист роботи	21.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання: 08 травня 2024 року

Студент

_____ (підпис)

Сергій Івачевський

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Василь Яцишин

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Цей дипломний проект присвячений розробці метронома, спеціального пристрою, який використовується для забезпечення точного ритму у музичній практиці. Структура проекту включає кілька ключових розділів, що охоплюють різні аспекти розробки та функціонування метронома. У вступному розділі проводиться обґрунтування актуальності теми проекту та проводиться аналіз існуючих рішень у цій сфері.

Основний розділ розкриває деталі щодо вибору елементної бази для розробки метронома та необхідних алгоритмів для його коректної роботи. Спеціальний розділ містить інструкції з експлуатації метронома, а також методики перевірки його функціонування. Економічний аспект досліджується у четвертому розділі, де розглядається розрахунок собівартості пристрою. У п'ятому розділі детально розглядаються питання безпеки, санітарних вимог і необхідності застосування засобів пожежогасіння.

Графічна частина проекту включає текст програми, техно-економічні показники, структурну та функціональну схеми, а також алгоритм роботи, представлені на окремих аркушах формату А1.

ANNOTATION

This thesis project is dedicated to the development of a metronome, a special device used to ensure precise rhythm in musical practice. The structure of the project includes several key sections that cover various aspects of the development and operation of the metronome. The introductory section provides a rationale for the relevance of the project topic and analyzes existing solutions in this field.

The main section details the selection of the component base for the metronome development and the necessary algorithms for its correct operation. A special section contains instructions for operating the metronome, as well as methods for checking its functionality. The economic aspect is examined in the fourth section, where the cost calculation of the device is considered. The fifth section thoroughly discusses safety issues, sanitary requirements, and the necessity of fire-fighting measures.

The graphic part of the project includes the program text, techno-economic indicators, structural and functional diagrams, as well as the operation algorithm, presented on separate sheets of A1 format.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	6
ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1 Обґрунтування актуальності теми дипломного проекту	9
1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень.....	9
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ.....	14
2.1 Аналіз технічного завдання ДП.....	14
2.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	16
2.3 Розробка і опис роботи функціональної схеми.....	36
2.4 Розробка алгоритму системи	37
2.5 Написання текстів програми	39
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	46
3.1 Розробка інструкції з установки і налаштування програмного забезпечення та прошивки мікроконтролера esp32.....	46
3.2 Розробка інструкції з експлуатації електронного пристрою	48
3.3 Розробка методики перевірки, функціонування (контролю випробування) електричного пристрою	50
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	52
4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	52
4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахування на соціальні заходи	53
4.3 Розрахунок матеріальних витрат	55
4.4 Розрахунок витрат на електроенергію	56
4.5 Визначення транспортних затрат	57
4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	57
4.7 Обчислення накладних витрат.....	58
4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	58
4.9 Розрахунок ціни НДР	59

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		С.ІВАЧЕВСЬКИЙ			Розробка проекту електронного метроному Пояснювальна записка	Лім.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		В.ЯЦИШИН					6	67
Реценз.						ВСП ТФК ТНТУ КІ – 6026		
Н. Контр.		В. ПРІЙМАК				м. Тернопіль		
Затверд.								

4.10	Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	59
5	ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ	62
5.1	Виробничий шум, його вплив на оточуючих	62
5.2	Розрахунок системи штучного освітлення, для приміщення в якому ведуться роботи по розробці метроному для музикантів	65
	ВИСНОВКИ	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Метроном – це невід'ємний інструмент для музикантів будь-якого рівня майстерності. Він став не лише незамінною частиною їхньої практики, але й невід'ємним помічником під час виступів. У музичному світі метроном відіграє ключову роль у забезпеченні точності та стабільності ритму, незалежно від жанру чи інструменту. Від класичної музики до сучасного року, метроном допомагає музикантам втримувати правильний темп та створювати музику відповідно до їхніх вимог та виразності.

Одним із ключових аспектів роботи метронома є точність вимірювання темпу. Електронні метрономи мають високу точність і можуть забезпечити стабільний темп навіть на високих швидкостях. Крім того, вони часто оснащені різноманітними функціями, такими як можливість налаштування ритмів, звукових сигналів, а також вбудовані таймери і метрономи з можливістю пам'яті для зберігання різних ритмів та налаштувань, що робить їх універсальними інструментами для різних музичних потреб.

Зручний інтерфейс та розширені функції роблять метрономи доступними і привабливими для музикантів різних рівнів. Інтуїтивно зрозумілі контролі, наявність екранів з інформацією про темп і ритм, а також можливість налаштування звуків дозволяють музикантам швидко налаштувати метроном під свої потреби. Додаткові функції, такі як вбудовані метрономи для підтримки складних ритмів або можливість синхронізації з іншими пристроями, допомагають музикантам ефективніше працювати над своїм музичним матеріалом.

Вплив метронома на музичну спільноту надзвичайно великий. Він не лише допомагає музикантам зберегти точність та стабільність ритму, але й сприяє розвитку їхніх музичних навичок і виразності. Постійний розвиток технологій веде до появи нових можливостей для метрономів, які можуть стати ще більш ефективними та зручними для музикантів у майбутньому.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Обґрунтування актуальності теми дипломного проекту

Метою даного дипломного проекту є розробка інноваційного метронома для музикантів. З урахуванням постійного розвитку технологій та їхнього впливу на музичну сферу, необхідно створити сучасний інструмент, який відповідатиме потребам сучасних виконавців.

Метроном вже давно є невід'ємною частиною тренувань та виступів музикантів, проте на сьогоднішній день існуючі моделі часто обмежені своїми можливостями та функціоналом. Спрощений дизайн і несучасні технології ускладнюють процес практики та обмежують креативність виконавців. Розробка сучасного метронома, який інтегрує в себе передові технології, такі як штучний інтелект та інтерфейси з підтримкою штучного інтелекту, дозволить музикантам отримати нові можливості для контролю над ритмом та творчості.

Спеціалізований метроном з розумними функціями може надати музикантам широкий спектр інструментів для розвитку їхніх навичок та виразності в музичному виконанні. Враховуючи постійний попит на нові технологічні рішення у музичній індустрії, розробка сучасного метронома відповідає сучасним вимогам та має потенціал стати важливим інструментом для музикантів у їхній творчості та професійному розвитку.

1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень

Аналітичний огляд існуючих рішень у сфері розробки метрономів.

1. Korg TM-60 Combo Tuner Metronome – цей метроном поєднує в собі функції метроному та тюнера і відомий своєю надійністю та точністю. Він має різні режими метроному, включаючи традиційний та підвід. Крім того, він оснащений яскравим екраном та можливістю налаштування звукових сигналів та ритмів.

									2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Зовнішній вигляд Korg TM-60 Combo Tuner Metronome зображено на рисунку 1.1



Рисунок 1.1 – Метроном Korg TM-60 Combo Tuner Metronome

Особливості Korg TM-60 Combo Tuner Metronome

- Функція тюнера – метроном оснащений вбудованим тюнером, який дозволяє музикантам налаштувати свої інструменти на необхідні ноти. Він працює в широкому діапазоні від A0 (27,5 Гц) до C8 (4186 Гц) і має високу точність налаштування, ± 1 цент.
- Дисплей – простий у використанні LCD дисплей відображає всю необхідну інформацію, включаючи темп, налаштування та режими роботи.

Характеристика:

- Темп від 30 до 252 ударів за хвилину.
- Точність тюнера $\pm 1\%$.
- Дисплей LCD.
- Живлення 2 батарейки AAA.

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ				

2. Boss DB-90 Dr. Beat Metronome – цей метроном є популярним серед професійних музикантів і має ряд передових функцій. Він має можливість програмування складних ритмів, підтримку віддаленого керування, а також можливість запису та відтворення музичних партій. Крім того, він оснащений різноманітними звуковими сигналами та можливістю налаштування гучності.

Зовнішній вигляд Boss DB90 Dr. Beat Metronome зображено на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Метроном Boss DB90 Dr. Beat Metronome

Особливості Boss DB-90 Dr. Beat Metronome:

- Широкий діапазон темпу – Він може працювати в діапазоні від 30 до 250 ударів за хвилину, що дозволяє використовувати його для різних музичних жанрів та стилів.
- Точність – Метроном має високу точність, $\pm 0,1\%$, що забезпечує стабільний ритм для музикантів.
- Програмування складних ритмів – Boss DB-90 дозволяє програмувати складні ритми та метроакценти для вивчення та практики.

Характеристика:

- Темп від 30 до 250 ударів за хвилину.
- Точність $\pm 0,1\%$.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- Частотний діапазон 23 Гц - 23 кГц.
- Виходи міні-джеки для навушників та зовнішніх джеків.
- Живлення адаптер або батарейки.

3. Peterson BodyBeat Pulse Solo – цей метроном відзначається своєю інноваційною технологією "BodyBeat", яка дозволяє музикантам відчувати ритм за допомогою вібрації. Він має компактний дизайн та можливість налаштування різних типів ритмів та темпів.

Зовнішній вигляд Peterson BodyBeat Pulse Solo зображено на рисунку 1.3



Рисунок 1.3 – Метроном Peterson BodyBeat Pulse Solo

Особливості Peterson BodyBeat Pulse Solo:

- Технологія "BodyBeat" – в основі цього метроному лежить інноваційна технологія "BodyBeat", яка дозволяє музикантам відчувати ритм за допомогою вібраційного сигналу, що дозволяє тримати ритм точно і навіть у шумних оточеннях.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- Робочий діапазон темпу – BodyBeat Pulse Solo працює в широкому діапазоні темпів, що дозволяє використовувати його для різних музичних жанрів та стилів.
- Компактний та зручний дизайн – завдяки своєму компактному розміру і легкій конструкції, цей метроном легко переносити і використовувати в будь-яких умовах.

Характеристика:

- Темп від 30 до 300 ударів за хвилину.
- Точність $\pm 0,1\%$.
- Вібраційна частота від 40 до 400 Гц.
- Живлення батарея типу "AAA".

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ

2.1 Аналіз технічного завдання ДП

Метою даного дипломного проекту є розробка метронома для музикантів.

Метроном для музикантів складається з таких елементів:

- Плата ESP-32 – головний модуль пристрою.
- Кнопки – використовуються для управління пристрою.
- Потенціометр – використовується для зміни темпу і кількості тактів.
- Oled дисплей – використовується для відображення інформації.
- Контролер заряду TP4056 – зарядка акумулятора.
- Літієві акумулятори – основне джерело живлення.
- Світлодіоди ws2812 – для візуального відображення тактів.
- Зумер – для звукового виведення тактів.
- Імпульсний DC-DC підвищуючий перетворювач – підвищує напругу з 3,7V до 5V.

Структурна схема системи позначення зображено на рисунку 2.1

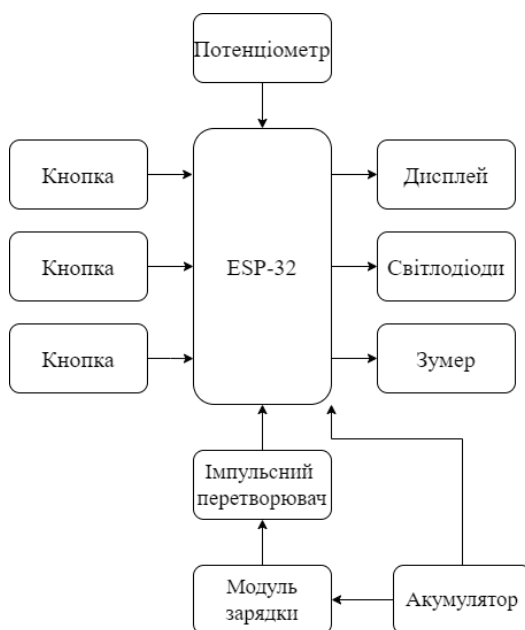


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи розміщення елементів

Підключення елементів системи зображено на рисунку 2.2.

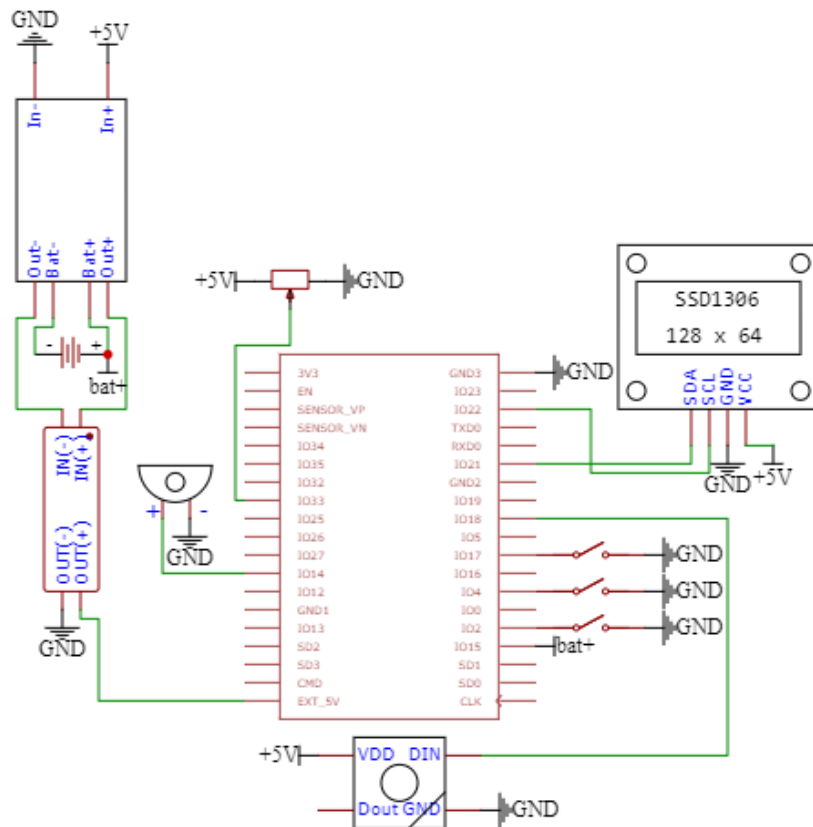


Рисунок 2.2 - Підключення елементів системи

Після подачі живлення на ESP-32 активується Oled дисплей, що відображає поточний темп (BPM), кількість тактів та рівень заряду акумулятора. Користувач може регулювати темп та кількість тактів за допомогою потенціометра, кнопками включати виділення першого такту та ставити на паузу метроном. Після встановлення параметрів, метроном можна активувати кнопкою, після чого він почне відтворювати звукові сигнали відповідно до встановлених налаштувань. OLED дисплей відобразить поточні налаштування. Після використання можна вимкнути пристрій, відключивши живлення від ESP32.

2.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Система розробляється на основі плати ESP32-WROOM-32

В якості мікропроцесора в системі управління використовується 32-розрядний мікроконтролер з архітектурою Tensilica Xtensa LX6. Платформа ESP32 має високу продуктивність та багатofункціональність, завдяки наявності двох ядер та вбудованих модулів Wi-Fi та Bluetooth.

ESP32 побудована на базі мікроконтролера, що включає два обчислювальні ядра, оперативну пам'ять 520 КБ SRAM, а також підтримку флеш-пам'яті до 4 МБ. Платформа має:

- 34 цифрових входи/виходи (з яких 16 можуть використовуватися як виходи ШІМ),
- 16 аналогових входів,
- 2 цифрово-аналогових перетворювача (DAC),
- кварцовий генератор з тактовою частотою 40 МГц,
- роз'єм USB для живлення та програмування,
- роз'єми UART, SPI, I2C, I2S для підключення периферійних пристроїв,
- кнопку перезавантаження та кнопку користувача.

Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або подати живлення через адаптер AC/DC чи батарею. ESP32 також підтримує режим низького енергоспоживання, що робить її ідеальною для енергоефективних та автономних пристроїв.

Програмне забезпечення: Інтегроване середовище розробки для ESP32 включає редактор коду, компілятор та модуль передачі прошивки на плату. Найпопулярнішим середовищем розробки є Arduino IDE, яка забезпечує зручний інтерфейс для програмування ESP32.

Середовище розробки Arduino IDE базується на мові програмування Processing і спроектоване для новачків, які не мають глибоких знань у розробці програмного забезпечення. Це Java-додаток, доповнений бібліотеками, що

									2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						16

дозволяє легко створювати та завантажувати програми в мікроконтролер. Програми обробляються за допомогою препроцесора, а потім компілюються компілятором GCC.

Виводи ESP32:

- Живлення та заземлення Vcc, GND
- Цифрові входи/виходи GPIO 0 - GPIO 39
- Аналогові входи ADC1_CH0 - ADC1_CH7, ADC2_CH0 - ADC2_CH9
- Цифрово-аналогові перетворювачі (DAC) DAC1, DAC2
- Виводи інтерфейсу I2C SDA, SCL
- Виводи інтерфейсу SPI SCK, MISO, MOSI, CS
- Виводи інтерфейсу UART TX, RX
- Виводи інтерфейсу I2S I2S_OUT, I2S_IN
- Вихід еталонної аналогової напруги AREF

На рисунку 2.3 зображено зовнішній вигляд плати ESP32-WROOM-32.

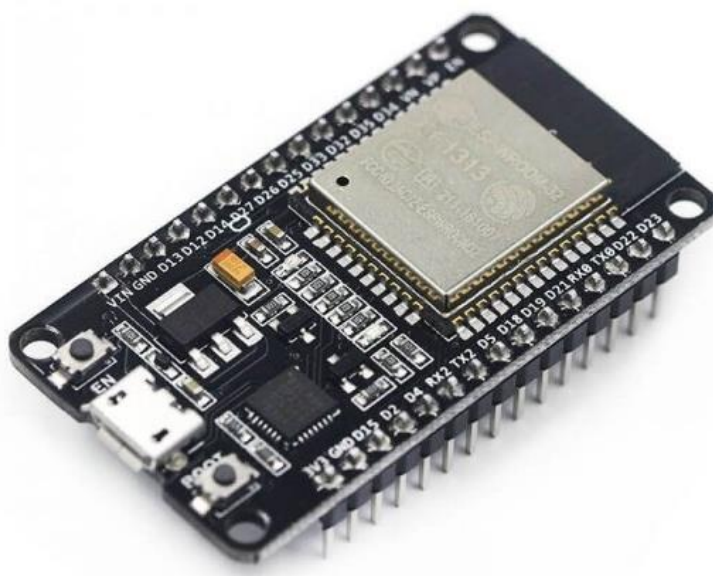


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд плати ESP32-WROOM-32

ESP32 також підтримує бездротові комунікації через вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth, що значно розширює можливості розробки інтелектуальних

пристроїв. Завдяки своїм характеристикам, ESP32 є ідеальною платформою для створення різноманітних IoT проєктів, зокрема метрономів, систем моніторингу, автоматизації та інших.

Характеристики ESP32-WROOM-32 у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Характеристики ESP32-WROOM-32.

Мікроконтролер	Tensilica Xtensa LX6
Робоча напруга	3.3 В
Вхідна напруга (рекомендована)	5 В (через USB) / 7-12 В (через вхідний пін VIN)
Вхідна напруга (гранична)	5 В (через USB) / 6-20 В (через вхідний пін VIN)
Цифрові входи/виходи	34 (всі можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	18 (ADC1_CH0 - ADC1_CH7, ADC2_CH0 - ADC2_CH9)
Цифрово-аналогові перетворювачі (DAC)	2 (DAC1, DAC2)
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА (максимум)
Постійний струм для виведення 3.3В	50 мА (максимум)
Флеш - пам'ять	448 Кб (вбудована) + до 4 МБ (зовнішня)
ОЗУ	520 Кб
Тактова частота	160/240 МГц (конфігуровано)
Wi-Fi	Вбудований, 802.11 b/g/n
Bluetooth	Вбудований, версія 4.2 (класичний та BLE)

ESP32 може отримувати живлення через підключення USB або від зовнішнього джерела живлення. Джерело живлення вибирається автоматично.

Зовнішнє живлення (не USB) може подаватися через перетворювач напруги AC/DC або акумуляторну батарею. Перетворювач напруги підключається за допомогою роз'єму з центральним позитивним полюсом. Проводи від батареї підключаються до виводів GND і VIN роз'єму живлення. Платформа може працювати при зовнішньому живленні від 6 В до 20 В. При напрузі живлення нижче 7 В, висновок 3.3 В може видавати менше 3.3 В, при цьому платформа може працювати нестабільно. При використанні напруги вище 12 В регулятор напруги може перегрітися і пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 В до 12 В. ESP32 має 34 цифрових входи/виходи (GPIO), кожен з яких може бути налаштований як вхід або вихід, використовуючи функції `pinMode()`, `digitalWrite()`, і `digitalRead()`. Виводи працюють при напрузі 3.3 В. Кожен вивід має навантажувальний резистор (за замовчуванням відключений) і може пропускати до 40 мА. На платформі ESP32 встановлено 18 аналогових входів (ADC1_CH0 - ADC1_CH7, ADC2_CH0 - ADC2_CH9), кожен з роздільною здатністю 12 біт (тобто може приймати 4096 різних значень). Стандартно виводи мають діапазон вимірювання до 3.3 В відносно землі. ESP32 також має 2 цифро-аналогових перетворювача (DAC1, DAC2). ESP32 підтримує кілька інтерфейсів зв'язку, включаючи UART, SPI, I2C та I2S, що дозволяє легко підключати різні периферійні пристрої.

На рисунку 2.4 зображено умовне графічне позначення ESP32-WROOM-32.

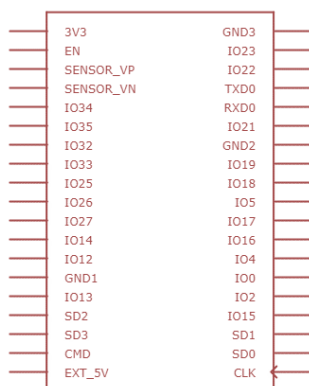


Рисунок 2.4 – Умовне графічне позначення ESP32-WROOM-32

Технічний опис контролера Tensilica Xtensa LX6:

- Ядра процесора – два ядра Tensilica Xtensa LX6, кожне з яких може працювати незалежно, забезпечуючи високу паралельну обробку та підвищену продуктивність.
- Тактова частота – до 240 МГц, що дозволяє виконувати складні завдання з високою швидкістю.
- Архітектура – RISC, що дозволяє ефективно виконувати інструкції та забезпечує високу продуктивність на ват.
- Оперативна пам'ять (ОЗУ) – 520 КБ, що достатньо для зберігання змінних і виконання програм.
- Флеш-пам'ять – від 4 МБ до 16 МБ (в залежності від моделі ESP32), що дозволяє зберігати великі програми та дані.
- Інструкції – підтримка розширеного набору інструкцій для спеціалізованих обчислень та мультимедійної обробки.
- Модулярність – можливість налаштування процесора під специфічні потреби за рахунок додавання або видалення функціональних блоків.
- Аналогові/Цифрові перетворювачі (ADC) – 18 каналів з роздільною здатністю 12 біт, що дозволяє точні вимірювання аналогових сигналів.
- Цифрово-аналогові перетворювачі (DAC) – 2 канали з роздільною здатністю 8 біт, що дозволяє генерувати аналогові сигнали.
- Широтно-імпульсна модуляція (PWM) – підтримка до 16 каналів PWM для управління двигунами, світлодіодами та іншими пристроями.
- Комунікаційні інтерфейси – UART, SPI, I2C, I2S, що забезпечує гнучкість підключення до різних периферійних пристроїв.
- Ethernet MAC – вбудований Ethernet MAC для мережевих додатків.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- Wi-Fi – підтримка стандартів 802.11 b/g/n, що забезпечує швидкий та надійний бездротовий зв'язок.
- Bluetooth – підтримка Bluetooth 4.2 (класичний та BLE), що дозволяє підключати різні периферійні пристрої та сенсори.
- Режим глибокого сну – споживання енергії до 10 мкА, що дозволяє значно знизити споживання енергії в режимах очікування.
- Режим економії енергії – підтримка декількох режимів низького енергоспоживання, що дозволяє збільшити час роботи від батареї.
- Діапазон – від -40 °С до 85 °С, що дозволяє використовувати пристрій у жорстких умовах навколишнього середовища.
- Розміри – компактний форм-фактор, що дозволяє легко інтегрувати мікроконтролер у різні пристрої.

На рисунку 2.5 зображено позначення виводів мікроконтролера Tensilica Xtensa LX6.

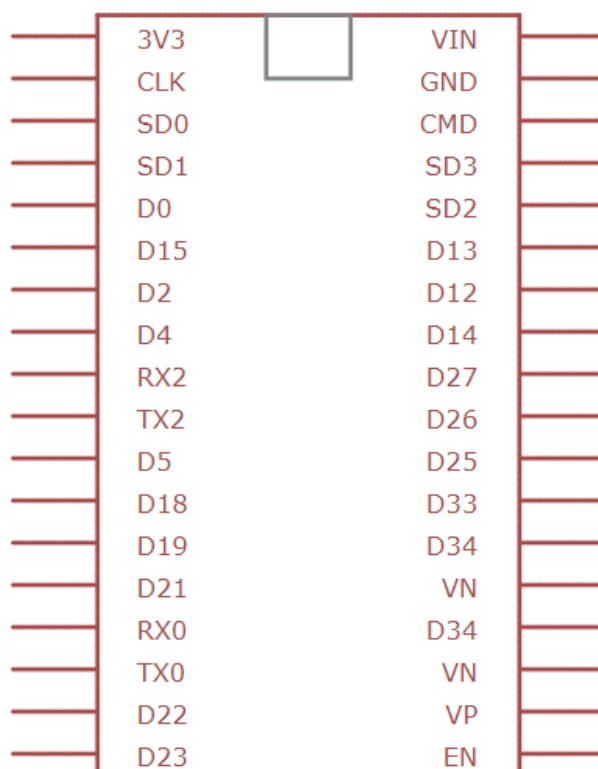


Рисунок 2.5 - Позначення виводів мікроконтролера Tensilica Xtensa LX6

Oled SSD1306

Для проекту створення метронома на основі ESP32 використовується OLED-дисплей з контролером SSD1306. Цей дисплей забезпечує чітке відображення інформації при низькому енергоспоживанні, що робить його ідеальним для портативних та енергоефективних пристроїв.

На рисунку 2.6 зображений зовнішній вигляд дисплею SSD1306.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд дисплею SSD1306

Характеристики дисплею вказані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Характеристика дисплею

Тип дисплея	OLED
Контролер	SSD1306
Розмір дисплея	0.96 дюйма
Роздільна здатність	128 x 64 пікселів
Інтерфейс	I2C
Робоча напруга	3.3 В - 5 В
Кут огляду	160 градусів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ

Арк.

22

Позначення Oled дисплея SSD1306 на схемі зображене на рисунку 2.7

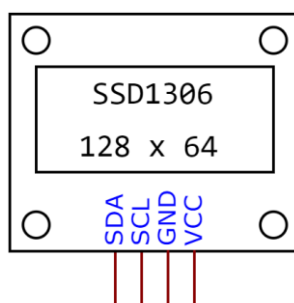


Рисунок 2.7 – Зображення Oled дисплея SSD1306 на схемі

Підключення дисплею SSD1306 до ESP32 зображено на рисунку 2.8

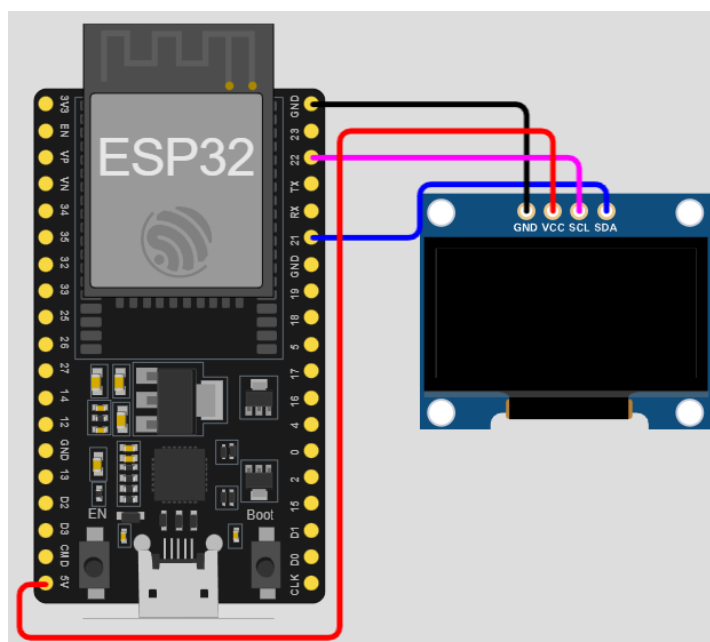


Рисунок 2.8 - Підключення дисплею SSD1306 до ESP32

Контролер заряду TP-4056

Модуль TP-4056 використовується в системах для заряду акумуляторів та їх контролю від перезаряд. Мікросхема має індикацію процесу заряду та автоматично відключає акумулятор при досягненні напруги 4,2В. Під час

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

зарядження світиться червоний світлодіод, а коли батарея повністю зарядиться, загориться зелений світлодіод, і червоний при цьому згасне. Напругу на пристрій можна подати двома способами: через роз'єм міні USB або шляхом паяння дротів. У даній системі TP-4056 використовується як контролер заряду літійового акумулятора.

На рисунку 2.9 зображений зовнішній вигляд TP-4056.

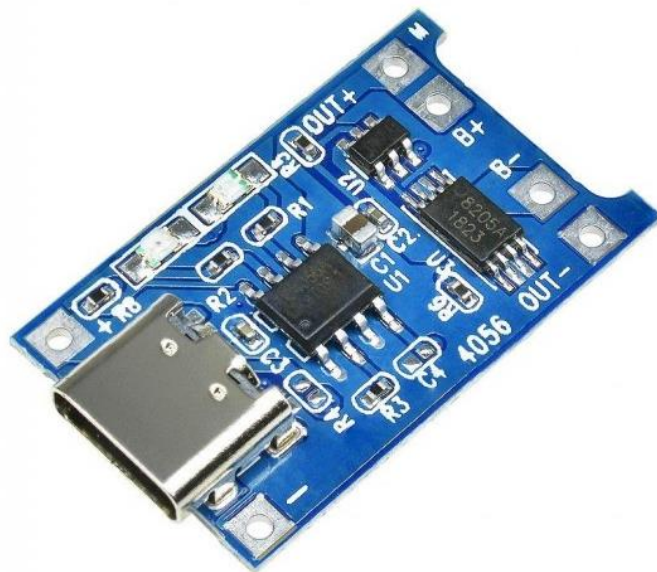


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд TP-4056

Характеристики контролера заряду вказані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Характеристика контролера заряду

Вхідна напруга	4.5В-5.5В
Напруга повного заряду	4.2В
Струм заряду	1А
Вхідний роз'єм	USB type-c
Робоча температура	-10..+85 °С
Розміри модуля	5 x 19 x 25 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ

Арк.

24

Позначення контролера заряду на схемі зображене на рисунку 2.10

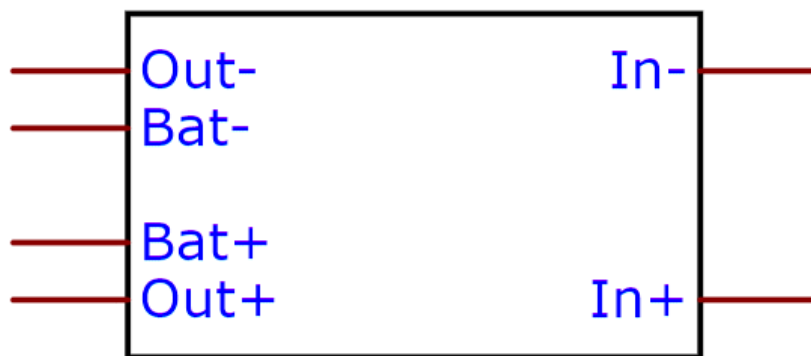


Рисунок 2.10 – Зображення контролера заряду на схемі

Підключення контролера заряду до ESP32 зображене на рисунку 2.11



Рисунок 2.11 – Підключення контролера заряду до ESP32

Світлодіод WS2812

Для проекту створення метронома на основі ESP32 використовується адресовані RGB світлодіоди WS2812. Світлодіоди застосовуються для візуального відображення тактів.

На рисунку 2.12 зображено зовнішній вигляд світлодіода ws2812



Рисунок 2.12 - Зовнішній вигляд світлодіода ws2812

Характеристики контролера заряду вказані в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Характеристика контролера заряду

Напруга живлення	3.5-5.3В
Тип корпусу	5050
Струм: не більше	60мА
Розміри	5 x 5 x 1,7 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ

Арк.

26

На рисунку 2.13 зображено позначення світлодіода ws2812 на схемі

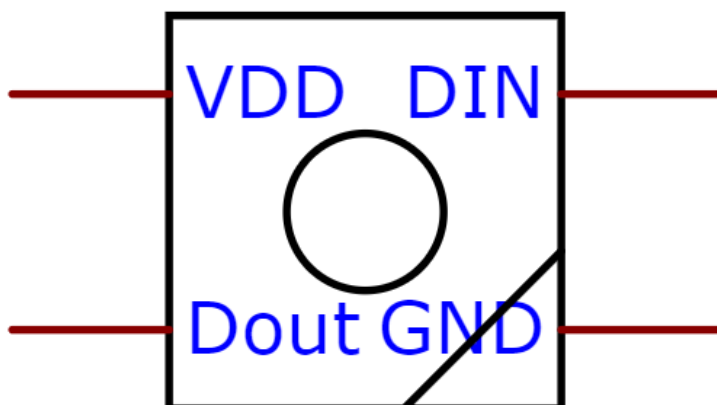


Рисунок 2.13 – Зображення позначення світлодіода ws2812 на схемі

На рисунку 2.14 зображено підключення ws2812 до ESP32

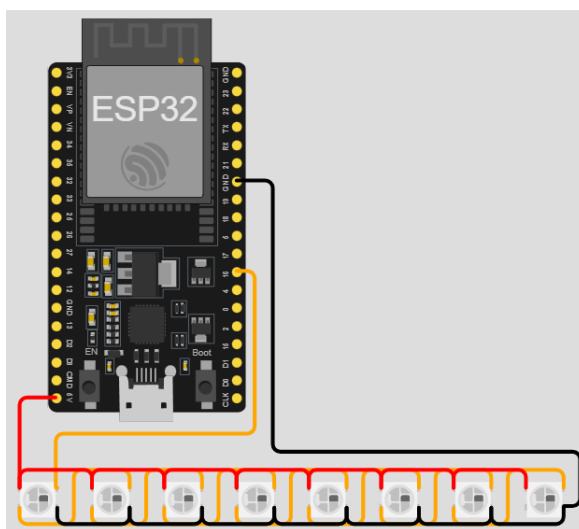


Рисунок 2.14 - Підключення ws2812 до ESP32

Зумер

Зумер використовується в системі як звуковий індикатор тактів. Зумер - Вібраційний невеликої потужності, постійного струму у змінний, який завдяки вібрації контакту перебивача видає своєрідне дзижчання.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

На рисунку 2.15 зображено зовнішній вигляд зумера



Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд зумера

Характеристики зумера в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Характеристика зумера

Напруга живлення	5В
Частота звуку	2300Гц
Струм: не більше	30 мА
Розмір	12x9.6 мм

На рисунку 2.16 зображено позначення зумера на схемі

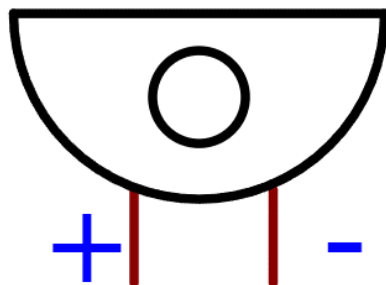


Рисунок 2.16 – Зображення позначення зумера на схемі

На рисунку 2.17 зображено підключення зумера до ESP32

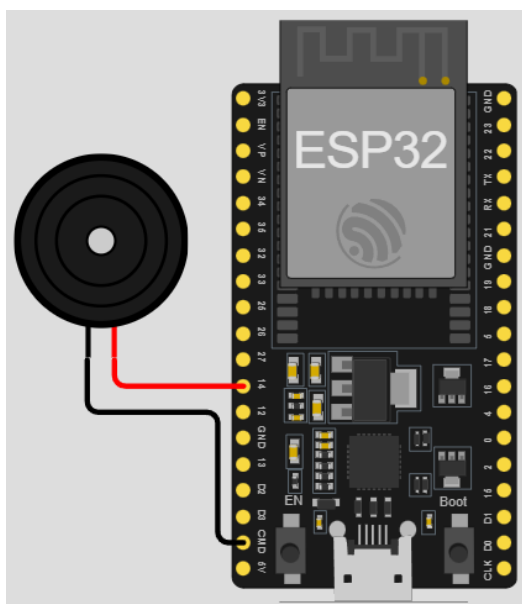


Рисунок 2.17 - Підключення зумера до ESP32

Тактова кнопка

Тактова кнопка використовується у системі для включення виключення виділення першого такту, вибір параметра ВРМ чи кількість тактів. Тактова кнопка - простий, всім відомий механізм, що замикає ланцюг, поки є тиск на штовхач.

На рисунку 2.18 зображено зовнішній вигляд тактової кнопки



Рисунок 2.18 – Зовнішній вигляд тактової кнопки

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Характеристики тактової кнопки в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Характеристика тактової кнопки

Навантаження контакту	12 В / 50 мА
Крок виведення	5 x 12,5 мм
Висота	9.0мм

На рисунку 2.19 зображено позначення тактової кнопки на схемі



Рисунок 2.19 – Зображення позначення тактової кнопки на схемі

На рисунку 2.20 зображено підключення тактової кнопки до ESP32

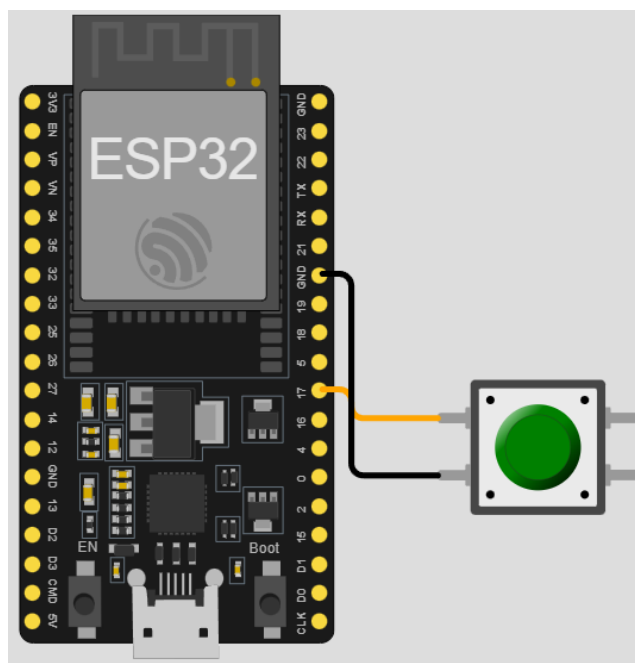


Рисунок 2.20 - Підключення тактової кнопки до ESP32

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Потенціометр

Потенціометр являє собою пристрій, який здатний поділяти і регулювати напругу за допомогою зміни опору. В даній системі потенціометр використовується для зміни брт та кількості тактів.

На рисунку 2.21 зображено зовнішній вигляд потенціометра



Рисунок 2.21 – Зовнішній вигляд потенціометра

Характеристики потенціометра в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Характеристика потенціометра

Максимальна напруга	150В
Номінальна потужність	0.125Вт
Номінальний опір	10 КОм
Кут повороту валу	300°
Допуск опору	±20%

На рисунку 2.22 зображено позначення потенціометра на схемі

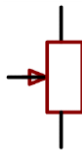


Рисунок 2.22 – Зображення позначення потенціометра на схемі

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

На рисунку 2.23 зображено підключення потенціометра до ESP32

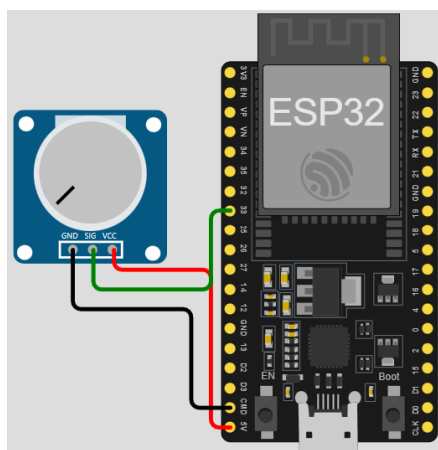


Рисунок 2.23 - Підключення потенціометра до ESP32

Імпульсний DC-DC перетворювач

У цій системі використовується імпульсний DC-DC підвищуючий перетворювач для підвищення напруги з 3,7V до 5V, оскільки деякі компоненти вимагають живлення напругою 5V. Імпульсний стабілізатор напруги використовується як пристрій, який регулює напругу в імпульсному режимі, де регулюючий елемент, або ключ, періодично відкривається та закривається.

На рисунку 2.24 зображено зовнішній вигляд перетворювача



Рисунок 2.24 – Зовнішній вигляд перетворювача

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Характеристики перетворювача в таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Характеристика перетворювача

Вхідна напруга	3.2-34В
Вихідна напруга	4-35В
Вихідний струм	2А
Максимальний вхідний струм	4А
Частота перетворення	400к
Робоча температура	-20 до +85°C
Розміри	43x21x14мм

На рисунку 2.25 зображено позначення перетворювача на схемі

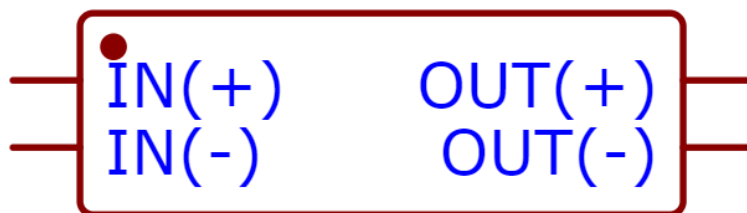


Рисунок 2.25 – Зображення позначення перетворювача на схемі

На рисунку 2.26 зображено підключення перетворювача до ESP32



Рисунок 2.26 - Підключення перетворювача до ESP32

Літієві акумулятори

Літієві акумулятори використовуються в даній системі як основне джерело живлення. Літій-іонний акумулятор є одним із двох основних типів літієвих електричних акумуляторів у категорії вторинних електричних батарей. Він відрізняється від літій-полімерного акумулятора лише видом електроліту, що використовується при їх створенні. Літій-іонні акумулятори дуже популярні в побутовій електроніці.

На рисунку 2.27 зображено зовнішній вигляд акумулятора



Рисунок 2.27 – Зовнішній вигляд акумулятора

Характеристики акумулятора в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Характеристика акумулятора

Модель	ICR18650D1
Реальна ємність	3000 - 3100mAh
Робоча напруга	2.7 – 4.2V
Струм розряду (безперервний)	4 А
Струм розряду (короткочасний)	6 А
Внутрішній опір	70мОм
Номінальний струм заряду	3 А
Розмір	18.5 мм, довжина – 65 мм
Вага	48 г

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ

Арк.

34

На рисунку 2.28 зображено позначення акумулятора на схемі



Рисунок 2.28 – Зображення позначення акумулятора на схемі

На рисунку 2.29 зображено підключення акумулятора до ESP32

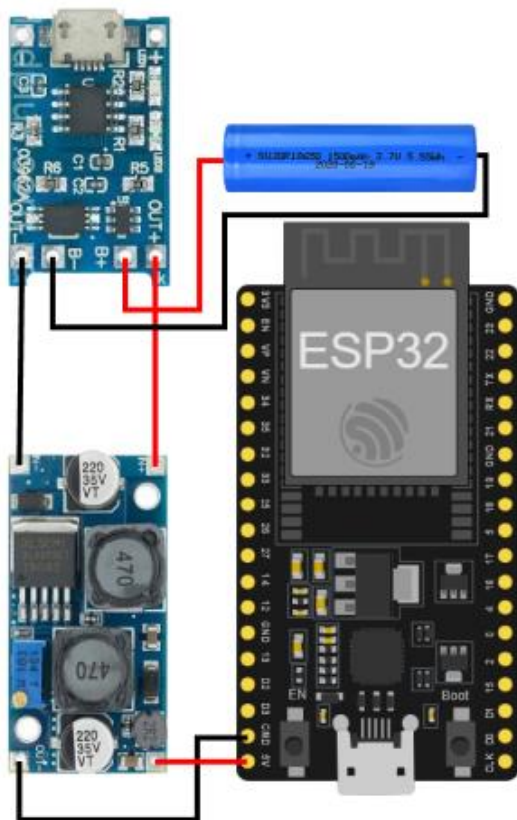


Рисунок 2.29 - Підключення акумулятора до ESP32

2.3 Розробка і опис роботи функціональної схеми

Функціональна схема являється одним з основних проектних документів, що розкривають функціональну конструкцію системи, яка проектуватиметься на її окремих модулях.

Дана схема призначена для відтворення детальної структури пристрою, його основних блоків, вузлів, частин із вказанням зв'язків між ними. З функціональної схеми повинна бути зрозуміло як підключаються і взаємодіють їхні складові частини.

На рисунку 2.30 зображено функціональну схему пристрою.

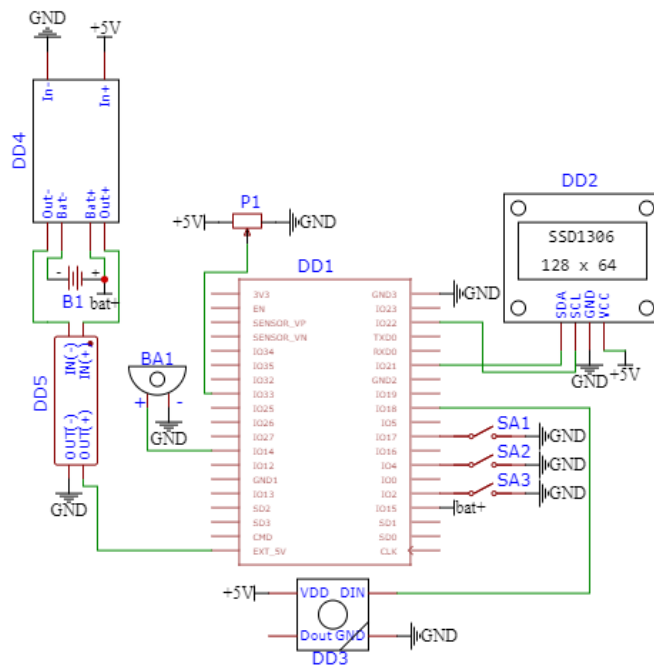


Рисунок 2.30 – Функціональна схема пристрою

DD1 – Мікропроцесор ESP32 призначена для управління роботою системи;

DD2 – Дисплей призначений для виводу потрібної інформації;

DD3 – Світлодіоди потрібні для візуального відображення тактів;

DD4 – Контролер заряду потрібен для заряду акумуляторів;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ

Арк.

36

DD5 – Імпульсний стабілізатор напруги призначений для стабілізації напруги і підвищенню вольтажу;

SA1 – SA3 – Призначені для управління метрономом;

P1 – Призначений для введення кількості ВРМ та тактів;

BA1 – Зумер використовується для звукового виведення тактів;

2.4 Розробка алгоритму системи

Алгоритм роботи ESP32

1. Ініціалізація бібліотек і датчиків.
2. Оголошення змінних: bpm(початкове значення темпу), tack(кількість тактів), pos(поточний такт) – типу int, а також флагів для визначення режиму, флагу першого такту та режиму зміни кольору та звуку: leadingTack, tempoMode, colorAndSoundMode, colorAndSoundModepin – типу bool.
3. Отримуємо дані з піна batteryPin та переводим в відсотки.
4. Якщо tempoMode == true, то читання стану потенціометра, вивід на дисплей Tempo: bpm, bat: %.
5. Якщо tempoMode == false, то читання стану потенціометра, вивід на дисплей Tack: tack, bat: %.
6. Якщо pin_switch_tack == LOW, то змінюємо режим між зміною темпу і зміною кількості тактів.
7. Якщо pin_mode_switch == LOW, то змінюємо режим між режимом зміни кольору та звуку на першому такті.
8. Якщо pin_start_stop_button == LOW, то включаємо або виключаємо метроном.
9. Викликаєм функцію buzztick().
10. Якщо pos == 0, то якщо colorAndSoundMode == true, то протягом 100 мс відтворюєм 1000гц, інакше протягом 100 мс відтворюєм 500гц.
11. Якщо pos <= 1, то протягом 100 мс відтворюєм 500гц.

									2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						37

12. Якщо $pos == 0$ і $colorAndSoundMode == true$, то включаєм червоний світлодіод інакше включаєм синій світлодіод.

На рисунку 2.31 зображено алгоритм роботи системи.

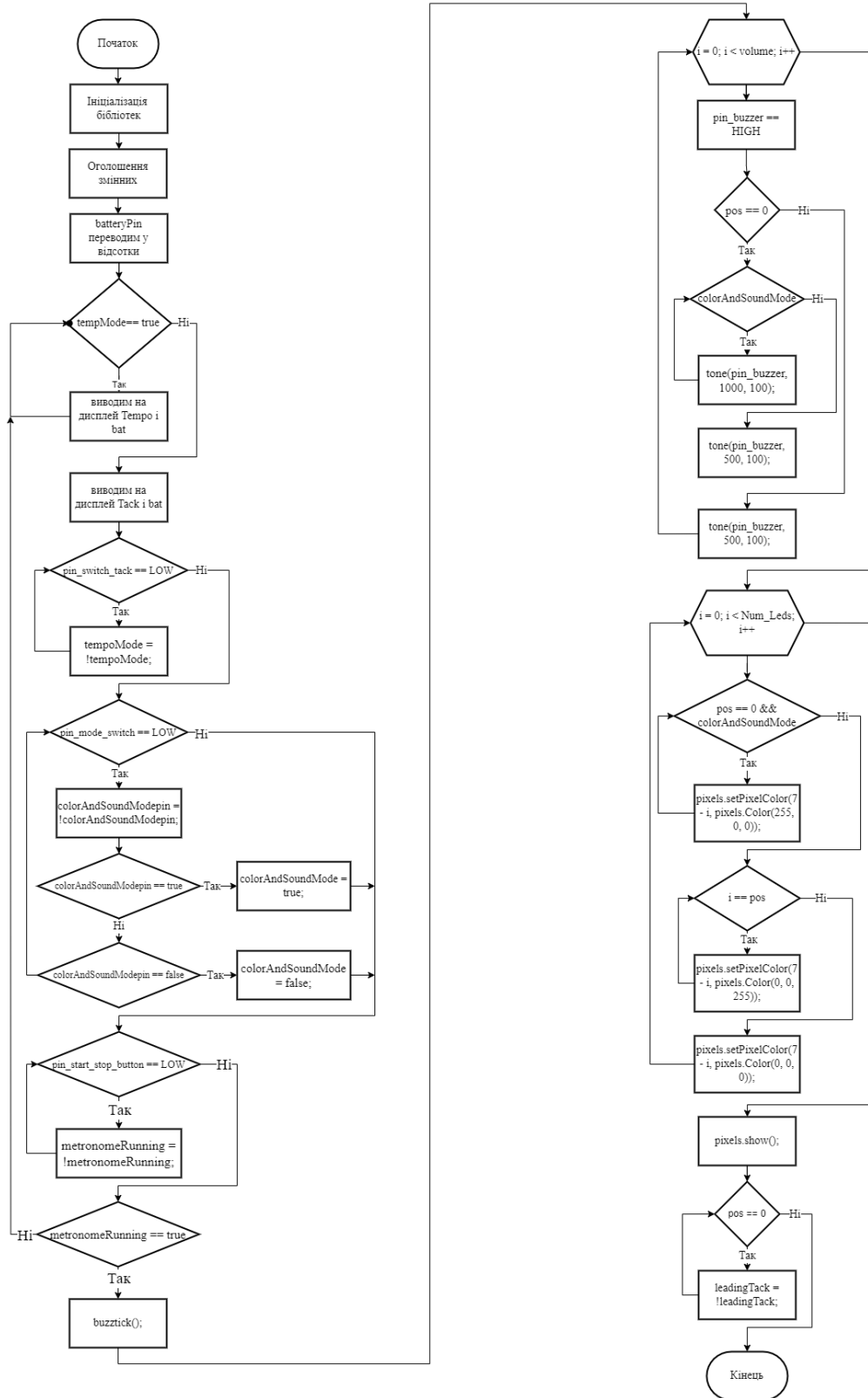


Рисунок 2.31 – Алгоритм роботи системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.5 Написання текстів програми

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // Ширина OLED дисплея
#define SCREEN_HEIGHT 64 // Висота OLED дисплея
#define OLED_RESET -1 // Скидання OLED (не використовується)

// Ініціалізація об'єкта для OLED дисплея
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);

#define pin_buzzer 14 // Пін для піщалки
#define pin_switch_tack 17 // Пін для кнопки зміни кількості тактів
#define pin_mode_switch 4 // Пін для кнопки перемикавання режимів
#define pin_start_stop_button 2 // Пін для кнопки "старт/стоп"
#define NUM_LEDS 8 // Кількість світлодіодів на стрічці
#define LED_PIN 18 // Пін підключення до LED стрічки
#define POTENTIOMETER_PIN 33 // Вхідний аналоговий пін для
потенціометра

#define batteryPin 15 // Вхід аналоговий пін для плюса аккумулятора

int bpm = 80; // Початкове значення темпу
int tack = 4; // Кількість тактів
int pos = 0; // Поточний такт
bool leadingTack = true; // Флаг для першого такту
bool tempoMode = true; // Початковий режим - зміна темпу
```

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

```

bool colorAndSoundMode = true; // Режим зміни кольору та звуку на
першому такті
bool colorAndSoundModepin = true;
const float maxVoltage = 4.2; // Максимальне напруга акумулятора
const float minVoltage = 3.0; // Мінімальне напруга акумулятора

Adafruit_NeoPixel pixels = Adafruit_NeoPixel(NUM_LEDS, LED_PIN,
NEO_GRB + NEO_KHZ800);

bool metronomeRunning = false; // Змінна для визначення, чи працює
метроном

int voltageToPercent(float voltage) {
    // Перетворення напруги у відсотки
    return (voltage - minVoltage) * (100 - 0) / (maxVoltage - minVoltage) + 0;
}

void setup() {
    if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
        Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
        for (;;)
    }
    display.display();
    delay(2000); // Затримка на 2 секунди

    display.clearDisplay(); // Очищення дисплея
    display.setTextSize(1); // Розмір тексту
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE); // Колір тексту

    pinMode(pin_buzzer, OUTPUT); // Налаштування піну для піщалки

```

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40


```

pinMode(pin_switch_tack, INPUT_PULLUP); // Налаштування піну для
кнопки зміни кількості тактів
pinMode(pin_mode_switch, INPUT_PULLUP); // Налаштування піну для
кнопки перемикання режимів
pinMode(pin_start_stop_button, INPUT_PULLUP); // Налаштування піну
для кнопки "старт/стоп"
pixels.begin(); // Ініціалізація LED стрічки
pixels.clear(); // Очищення LED стрічки
pixels.show(); // Відображення змін на LED стрічці
}

void loop() {
float batteryVoltage = analogRead(batteryPin) * (5 / 1023.0); // Отримання
напруги акумулятора
int batteryPercent = voltageToPercent(batteryVoltage);
if (tempoMode) {
// Читання стану потенціометра та регулювання темпу метроному
int potValue = analogRead(POTENTIOMETER_PIN);
bpm = map(potValue, 0, 4095, 10, 240); // Конвертація значення
потенціометра в темп

// Вивід даних на OLED
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("Темпо: ");
display.print(bpm);
display.print(" BPM");
display.setCursor(0, 10);
display.print("bat=");
display.print(batteryPercent);

```

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

```

display.print("%");
display.display();

// Затримка, щоб відповідати встановленому темпу
delay(60000 / bpm / 2);
} else {
    // Читання стану потенціометра та регулювання кількості тактів
метроному
    int potValue = analogRead(POTENTIOMETER_PIN);
    tack = map(potValue, 0, 4095, 1, 8); // Конвертація значення
потенціометра в кількість тактів

    // Вивід даних на OLED
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("Tack: ");
display.print(tack);
display.setCursor(0, 10);
display.print("bat=");
display.print(batteryPercent);
display.print("%");
display.display();

// Затримка, щоб відповідати встановленому темпу
delay(60000 / bpm / 2);
}

// Перевірка натискання кноп
if (digitalRead(pin_start_stop_button) == LOW) {
    delay(100); // Затримка для уникнення дребітного ефекту

```

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

```

    metronomeRunning = !metronomeRunning; // Зміна стану метроному на
протилежний
}
    if (digitalRead(pin_switch_tack) == LOW) {
        delay(100); // Затримка для уникнення дребітного ефекту
        tempoMode = !tempoMode; // Переключення режиму між зміною темпу
і зміною тактів
    }

    if (digitalRead(pin_mode_switch) == LOW) {
        delay(100); // Затримка для уникнення дребітного ефекту
        colorAndSoundModepin = !colorAndSoundModepin; // Перемикання
режиму зміни кольору та звуку на першому такті
        switch(colorAndSoundModepin){
            case true:
                colorAndSoundMode = true;
                break;
            case false:
                colorAndSoundMode = false;
                break;
        }
    }
}

// Якщо метроном працює, відтворюємо звук та відображаємо такти
if (metronomeRunning) {
    buzztick();
} else {
    // Якщо метроном зупинений, очищаємо світодіоди
    pixels.clear();
    pixels.show();
}

```

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

```

    }
}

void buzztick() {
    int volume = 1; // Гучність сигналу піщалки
    int tone_val = 500; // Частота звуку піщалки (можна змінити в залежності
від потреб)

    for (int i = 0; i < volume; i++) {
        digitalWrite(pin_buzzer, HIGH); // Увімкнення піщалки
        if (pos == 0) {
            if (colorAndSoundMode) {
                tone(pin_buzzer, 1000, 100); // Змінити частоту піщалки під час
першого такту
            } else {
                tone(pin_buzzer, 500, 100); // Інакше відтворити стандартний звук
піщалки
            }
        } else {
            tone(pin_buzzer, 500, 100); // Відтворити стандартний звук піщалки
для інших тактів
        }
        delayMicroseconds(tone_val); // Затримка для генерації звуку
        digitalWrite(pin_buzzer, LOW); // Вимкнення піщалки
        delayMicroseconds(tone_val); // Затримка між імпульсами
    }
    // Відображення тактів на LED стрічці
    pixels.clear();
    for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
        if (pos == 0 && colorAndSoundMode) {

```

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

```

        pixels.setPixelColor(7 - i, pixels.Color(255, 0, 0)); // Червоний колір
для першого такту
        break; // Вихід з циклу після встановлення кольору для першого
такту
    } else if (i == pos) {
        pixels.setPixelColor(7 - i, pixels.Color(0, 0, 255)); // Синій колір для
поточного такту
    } else {
        pixels.setPixelColor(7 - i, pixels.Color(0, 0, 0)); // Вимкнути всі інші
світлодіоди
    }
}
pixels.show(); // Відображення змін на LED стрічці
pos = (pos + 1) % task; // Оновлення поточного такту
// Змінюємо стан leadingTask тільки в першому такті
if (pos == 0) {
    leadingTask = !leadingTask; // Зміна флагу для наступного
}
}

```

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка інструкції з установки і налаштування програмного забезпечення та прошивки мікроконтролера esp32

Для початку завантажте та встановіть Arduino IDE. Відвідайте офіційний сайт Arduino за адресою arduino.cc і перейдіть до розділу Software, де можна знайти розділ Downloads. Завантажте останню версію Arduino IDE, відповідну вашій операційній системі (Windows, macOS, Linux). Після запуску інсталяційного файлу відкриється вікно інсталяції, яке дозволить встановити програму(див. рис. 3.1).

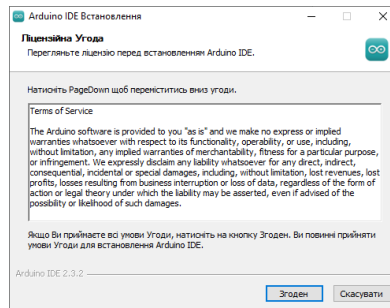


Рисунок 3.1 – Стартове вікно інсталяції Arduino IDE

Натиснувши кнопку “Згоден”, вибираємо користувача для якого буде встановлена Arduino IDE (див. рис. 3.2).

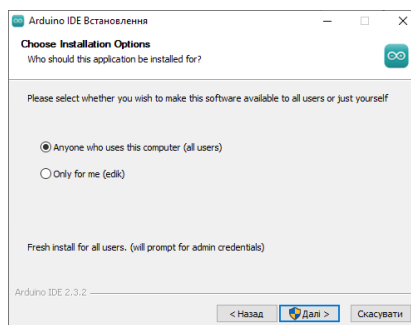


Рисунок 3.2 – Вікно вибору користувача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ

Арк.

46

Нажимаєм кнопку “Далі” та вибираєм шлях для установки програми(див. рис. 3.3).

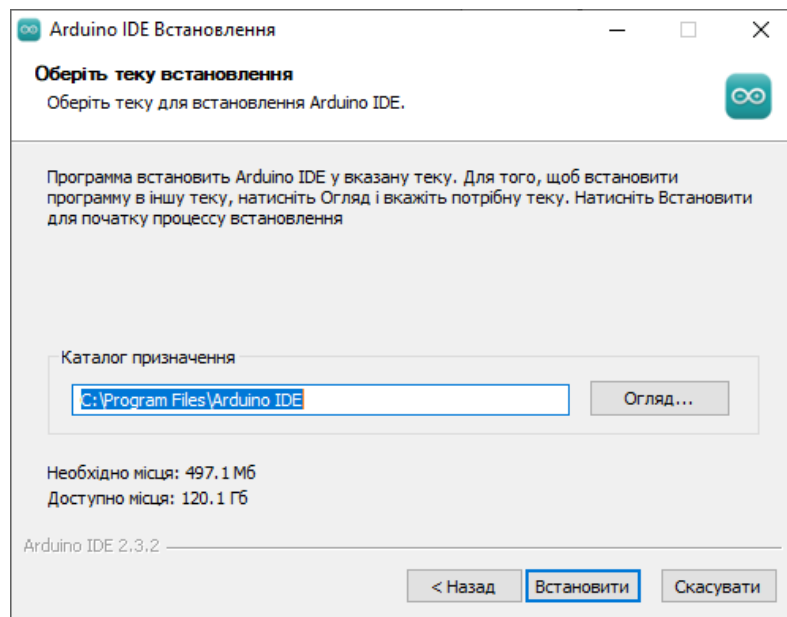


Рисунок 3.3 – Вікно вибору шляху для установки Arduino IDE

Натиснувши кнопку “Встановити”, почнеться установка програми та після установки вікриється вікно про завершення установки програми(див. рис. 3.4).

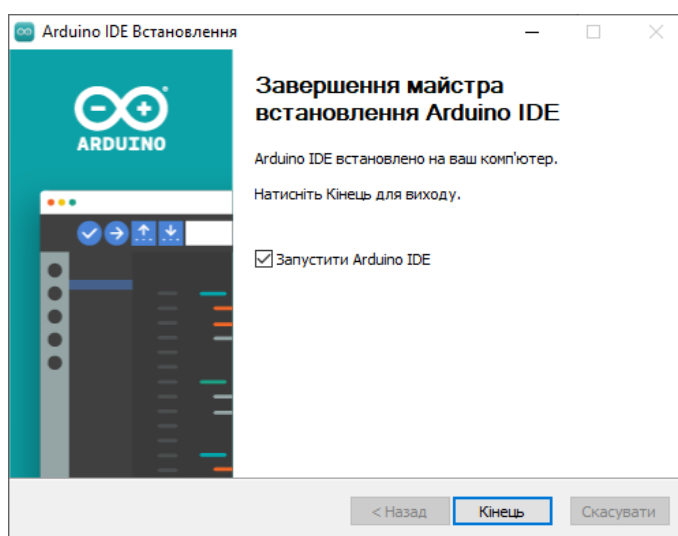


Рисунок 3.4 – Вікно завершення установки програми

Після встановлення відкрийте Arduino IDE. Щоб додати підтримку ESP32, перейдіть до меню File > Preferences. У полі Additional Board Manager URLs додайте наступну URL-адресу:

https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json. Натисніть ОК для збереження налаштувань. Потім відкрийте меню Tools > Board > Boards Manager. У вікні Boards Manager введіть ESP32 у поле пошуку, знайдіть плату esp32 від Espressif Systems і натисніть Install.

Щоб встановити необхідні бібліотеки, відкрийте меню Tools -> Manage Libraries.... У вікні Library Manager введіть назву бібліотеки в поле пошуку. Для OLED дисплея, наприклад, введіть Adafruit SSD1306 і натисніть Install біля бібліотеки Adafruit SSD1306. Також встановіть бібліотеку Adafruit GFX для графічного дисплея, ввівши Adafruit GFX у поле пошуку та натиснувши Install. Для роботи з NeoPixel введіть Adafruit NeoPixel і натисніть Install.

Щоб прошити мікроконтролер потрібно підключити плату ESP32 до комп'ютера за допомогою USB-кабелю. Вибрати ESP32 плату зі списку в меню Tools -> Board (наприклад, ESP32 Dev Module). Потім вибрати відповідний COM порт у меню Tools -> Port.

Тепер можна завантажити код даного проекту. Відкрийте код у Arduino IDE і натисніть кнопку Upload (значок стрілки праворуч) для компіляції та завантаження коду на плату ESP32.

3.2 Розробка інструкції з експлуатації електронного пристрою

Підключіть пристрій до джерела живлення за допомогою USB-кабелю або акумулятора та переконайтеся, що він увімкнений. За замовчуванням пристрій перебуває в режимі налаштування темпу. Для зміни значення темпу (BPM) від 10 до 240 обертайте потенціометр. Значення темпу буде відображатися на OLED дисплеї разом з індикацією рівня заряду батареї(див. рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – зображено Oled дисплей значенням темпу

Щоб налаштувати кількість тактів, натисніть кнопку зміни налаштувань (pin_switch_tack), щоб перейти в режим налаштування кількості тактів. Обертайте потенціометр для зміни кількості тактів від 1 до 8. Кількість тактів буде відображатися на OLED дисплеї разом з індикацією рівня заряду батареї (див. рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – зображено Oled дисплей з значенням тактів

Натисніть кнопку (pin_mode_switch), щоб включити або виключити режим виділення першого такту. У цьому режимі перший такт буде виділятися червоним кольором та звуком іншої частоти.

Після налаштування темпу та кількості тактів, метроном можна запустити кнопкою старт стоп (pin_start_stop_button), після цього він почне відтворювати звукові сигнали та світлові індикації відповідно до встановлених налаштувань. Зумер відтворює звуковий сигнал на кожний такт, при цьому перший такт виділяється іншим звуком, якщо режим виділення першого такту увімкнено. Світлодіоди відображають поточний такт, причому перший такт буде відображатися червоним кольором, якщо режим виділення першого такту увімкнено, і синім для інших тактів.

3.3 Розробка методики перевірки, функціонування (контролю випробування) електричного пристрою

Методика перевірки функціонування електричного пристрою включає кілька основних етапів, які забезпечують повну перевірку всіх функцій пристрою. Цей процес дозволяє своєчасно виявити та виправити поломки, що забезпечує надійність, точність і стабільність роботи пристрою.

Етапи перевірки:

1. Візуальна інспекція.
 - Перевірка всіх компонентів на наявність видимих дефектів або пошкоджень.
 - Перевірка правильності монтажу компонентів згідно з технічною документацією.
2. Електричні вимірювання
 - Перевірка основних електричних параметрів: напруга живлення, струм споживання, опір та ін.
 - Використання мультиметра для вимірювання електричних параметрів на ключових точках схеми.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3. Функціональне тестування

- Перевірка правильності виконання основних функцій пристрою. Наприклад, для метронома це може бути перевірка генерації тактів звуку та світла.
- Використання осцилографа для аналізу форм сигналів, що генеруються пристроєм.
- Виконання тестових сценаріїв для перевірки різних режимів роботи пристрою.

4. Тестування на витривалість

- Перевірка пристрою на довготривалу роботу для оцінки його довговічності.
- Виконання циклічних тестів для виявлення можливих проблем, які можуть виникнути при тривалій експлуатації.

Виявлення та виправлення несправностей

Нижче наведено ймовірні несправності та кроки для їх вирішення:

1. Несправний дисплей

- Ознака: дисплей не вмикається або показує некоректну інформацію.
- Дії: перевірте правильність підключення дисплея до мікроконтролера. Переконайтеся, що всі контакти підключені відповідно до схеми. Перевірте цілісність шлейфу та відсутність механічних пошкоджень.

2. Відсутність звуку з зумера

- Ознака: зумер не видає звук при роботі пристрою.
- Дії: перевірте підключення зумера до мікроконтролера. Переконайтеся, що в налаштуваннях мікроконтролера правильно встановлені параметри генерації звуку. Перевірте працездатність зумера, підключивши його безпосередньо до джерела звуку.

Кожен з етапів має свої специфічні вимоги та процедури. Ці вказівки забезпечують стандартизований підхід до перевірки функціонування електричних пристроїв та гарантують їх якість та надійність.

										Арк.
										51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ					

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Основна мета економічної частини дипломного проекту є здійснення економічних розрахунків економічної ефективності розробки

4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Для визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Середній час виконання НДР та стадії (операції) технологічного процесу

№п	Назва стадії	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1	Аналіз технічного завдання	Керівник проекту	2 год
2	Вибір елементної бази	Керівник проекту	3 год
3	Розробка функціональної схеми пристрою	Лаборант	11 год
4	Розробка алгоритму системи	Лаборант	8 год
5	Написання текстів програми для плати ESP32	Лаборант	7 год
6	Розробка інструкції з експлуатації електронного пристрою	Лаборант	3 год
7	Затвердження проекту	Керівник проекту	1 год
Разом			35 год

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ

Арк.

52

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахування на соціальні заходи

Відповідно до законодавства України, зокрема Закону «Про оплату праці», під заробітною платою розуміється грошова винагорода, яка надається роботодавцем працівникові за виконану ним роботу. Розмір заробітної плати визначається такими факторами, як рівень складності та умови праці, професійні знання та навички працівника, результати його роботи та загальні економічні показники компанії.

Заробітна плата складається з основної та додаткової заробітної плати, а також інших заохочувальних та компенсаційних виплат. Основна заробітна плата — це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (часу, виробітку, обслуговування). Додаткова заробітна плата включає в себе доплати, надбавки, гарантійні та компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c * K_r, \quad (4.1)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_r – кількість відпрацьованих годин.

Рекомендовані тарифні ставки: керівник проекту – 50 грн./год, лаборант – 40 грн./год.

Отже, основна заробітна плата для:

– Керівник проекту $Z_{осн.} = 80 * 6 = 480$ грн.

– Лаборант $Z_{осн.} = 60 * 29 = 1\,740$ грн.

Сумарна основна заробітна плата становить:

$$Z_{осн.} = 2220 \text{ грн}$$

									2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						53

Додаткова заробітна плата становить 10-15 % від суми основної заробітної плати:

$$Z_{\text{дод.}} = Z_{\text{осн.}} * K_{\text{допл.}} \quad (4.2)$$

де $K_{\text{допл.}}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам.

Отже, додаткова заробітна плата по категоріях працівників становить:

– Керівник проекту $Z_{\text{дод.}} = 300 * 0.15 = 72$ грн

– Лаборант $Z_{\text{дод.}} = 1160 * 0.15 = 261$ грн

Загальна додаткова заробітна плата становить:

$$Z_{\text{дод.}} = 333 \text{ грн}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ($V_{\text{о.п.}}$) визначаються за формулою:

$$V_{\text{о.п.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод.}} \quad (4.3)$$

$$V_{\text{о.п.}} = 2\,220 + 333 = 2\,553 \text{ грн}$$

Крім того, слід визначити відрахування на заробітну плату:

$$V_{\text{с.з.}} = \text{ФОП} * 0,22, \quad (4.4)$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

$$V_{\text{с.з.}} = 2\,553 * 0.22 = 561,66 \text{ грн}$$

Проведені розрахунки зведемо у наступну таблицю 4.2.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 4.2 - Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№п/п	Категорія прац.	Основна заробітна плата, грн			Додатков а зароб. плата, грн.	Нараху в. на ФОП, грн.	Всього витрат на оплату праці, грн.
		Тариф. ставка, грн.	К-сть від- пр. год.	Факт. нарах. з/пл., грн.			
1	Керівник проекту	80	6	480	72	-	-
2	Лаборант	60	29	1 740	261	-	-
Разом				2220	333	561,66	3 114,66

4.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни:

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити:

$$Z_{м.в} = \sum M_{вi}, \quad (4.5)$$

$$Z_{м.в.} = 250 + 157 + 20 + 32 + 8 + 27 + 50 + 30 + 170 = 744 \text{ грн}$$

Проведені розрахунки занесемо у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Зведені розрахунки матеріальних витрат

№п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Факт. Витрачено матеріалів	Ціна 1-ці, грн	Загальна сума витрат, грн.
1	2	3	4	5	6

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
1	ESP - 32	шт.	1 шт.	250	250
2	Oled дисплей	шт.	1 шт.	157	157
3	TP - 4056	шт.	1 шт.	20	20
4	WS 2812	шт.	8 шт.	4	32
5	Зумер	шт.	1 шт.	8	8
6	Тактова кнопка	шт.	3 шт.	9	27
7	Потенціометр	шт.	1 шт.	50	50
8	DC – DC перетворювач	шт.	1 шт.	30	30
9	Li ion акумулятор	шт.	1 шт.	170	170
Разом			18 шт.	698	744

4.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W * T * S, \quad (4.6)$$

Де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Для розробки проекту метроному використовується один ПК, потужність якого $W = 0.5$ квт і який працює 29 годин. Вартість 1квт електроенергії становить 2,64грн.

$$Z_e = 0,50 * 29 * 2,64 = 62,64 \text{ грн.}$$

										Арк.
										56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ					

4.5 Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати слід прогнозувати у розмірі 8–10 % від загальної суми матеріальних затрат.

$$\begin{aligned}T_G &= Z_{M.G.} \cdot 0,09 \dots 0,1, \\ T_B &= Z_{M.B.} * 0,1,\end{aligned}\tag{4.7}$$

де ТВ – транспортні витрати.

$$T_B = 744 * 0,1 = 74,4 \text{ грн}$$

4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B * H_A}{100\%},\tag{4.8}$$

де А – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.

Б_в – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.;

Н_а – норма амортизації, %.

Враховуючи, що ПК працює над даним проектом 29 год., тому:

$$A = 25000 * 0,04 * 29 / 150 = 193,3 \text{ грн.}$$

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

4.7 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці. В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20– 60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_B = B_{o.n.} * 0,5, \quad (4.9)$$

де H_B – накладні витрати.

$$H_B = 2\,553 * 0.5 = 1\,276,5 \text{ грн}$$

4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці	2 553	46,71%
Відрахування на соціальні виплати	561,66	10,27%
Матеріальні витрати	744	13,61%
Витрати на електроенергію	62,64	1,14%
Транспортні витрати	74,4	1,36
Амортизаційні відрахування	193,3	3,53%
Накладні витрати	1276,5	23,35%
Собівартість	5 465,5	100%

Собівартість (Св) НДР розраховуємо за формулою:

$$C_B = B_{o.n.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + A + H_B, \quad (4.10)$$

Отже, собівартість дорівнює:

$$C_B = 5\,465,5$$

4.9 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B(1 + P_{pBH}) \cdot K + B_{H.i}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.11)$$

де Ррен. – рівень рентабельності;

К – кількість замовлень, од.;

Вн.і. – вартість носія інформації, грн.;

ПДВ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

$$Ц = 5\,465,5 * (1 + 0.3) * (1 + 0.2) = 8526,23 \text{ грн}$$

4.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва міститься в концепції ефективності виробництва. Ця категорія не тільки вимірює кількість виробництва, але й оцінює ресурси, що використовуються для досягнення цього зростання, вказуючи таким чином на якість економічного прогресу.

										2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							59

Ефективність виробництва можна розглядати через призму різних показників, таких як продуктивність праці, рентабельність, використання виробничих потужностей, а також витрати на одиницю продукції. Важливими аспектами є також енергетична та ресурсна ефективність, тобто здатність підприємства мінімізувати використання енергії та сировини при збереженні або підвищенні рівня виробництва.

Прибуток розраховується за формулою:

$$П = Ц - C_B, \quad (4.12)$$

$$П = 8526,23 - 5465,5 = 3060,73$$

Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів і розраховується за формулою:

$$E_p = П / C_B, \quad (4.13)$$

де $П$ – прибуток;

C_B – собівартість.

$$E_p = 3060,73 / 5465,5 = 0,56$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_p = 1 / E_p, \quad (4.14)$$

Допустимим вважається термін окупності до 5 років. В даному випадку

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,7$$

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ				

Таблиця 4.5 - Техніко-економічні показники розробки метронома

№п/п	Показник	Значення
1	Собівартість	5465,53
2	Плановий прибуток	3060,73
3	Ціна	8526,23
4	Термін окупності	1,7

Загальна вартість розробленої системи становить 8526,23

Проводити розробку метроному для музикантів доцільно і вкладені гроші окупляться за 1,7 рік.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

5 ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ

Охорона праці - Система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час трудової діяльності

Законодавство про працю містить норми і вимоги з техніки безпеки і виробничої санітарії, норми, що регулюють робочий час і час відпочинку, звільнення та переведення на іншу роботу, норми праці щодо жінок, молоді, гігієнічні норми і правила тощо.

5.1 Виробничий шум, його вплив на оточуючих

Виробничий шум – це хаотичне поєднання звуків різної частоти та інтенсивності, що виникає в процесі роботи машин та механізмів. Він є одним із найпоширеніших шкідливих факторів виробничого середовища, який може негативно впливати не лише на працівників, але й на людей, які проживають або знаходяться поблизу підприємства.

Здоров'я людей є однією з головних аспектів, що потребують уваги у контексті виробничого шуму. Довготривала експозиція до високих рівнів шуму може призводити до поступової втрати слуху, що є серйозною проблемою для робітників, що працюють у промислових об'єктах. Більш того, шум може викликати інші фізіологічні реакції, такі як підвищений кров'яний тиск, загальна напруга, адаптаційні порушення, а також зниження імунітету. Це може зробити людей більш вразливими до різних захворювань і вплинути на їх загальний стан здоров'я.

Наслідки впливу виробничого шуму на оточуючих:

– Втрата слуху – це найпоширеніший та найсерйозніший наслідок. Тривалий вплив шуму високої інтенсивності може призвести до часткової або повної втрати слуху.

										2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							62

- Порушення сну – шум може заважати заснути, спричиняти неспокійний сон та раннє пробудження.
- Зниження працездатності – шум може погіршувати концентрацію уваги, пам'ять, координацію рухів, що призводить до зниження працездатності.
- Головні болі – шум може спричиняти головні болі, запаморочення, нудоту.
- Підвищення артеріального тиску – шум може призвести до підвищення артеріального тиску, тахікардії, аритмії.
- Порушення обміну речовин – шум може негативно впливати на обмін речовин, спричиняти гормональні порушення.
- Ослаблення імунітету – шум може послаблювати імунітет, роблячи організм більш схильним до інфекційних захворювань.
- Психічні розлади – шум може спричиняти дратівливість, тривожність, депресію.

Психологічний вплив виробничого шуму також важливий. Постійний шум може викликати стрес, втому і порушення сну, що, в свою чергу, може негативно впливати на психічний стан людини. Наприклад, тривала експозиція до шуму може призводити до зниження концентрації, погіршення пам'яті і здатності прийняття рішень, що важливо для роботи та особистого життя.

Екологічні наслідки виробничого шуму також потребують уваги. Він може впливати на тваринний світ, особливо на тварин, які мають високочутливе слухове сприйняття. Наприклад, шум може впливати на розмноження, живлення і міграції тварин, що може призвести до зниження популяцій і загрози для біорізноманіття в цілих екосистемах.

Заходи щодо захисту оточуючих від виробничого шуму:

- Зниження шуму в джерелі – це найефективніший спосіб захисту. До таких заходів належать:
 - Заміна старого обладнання на нове, більш тихе.
 - Ремонт та обслуговування обладнання.
 - Використання звукопоглинаючих матеріалів та кожухів.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- Застосування глушників шуму.
- Планування розміщення джерел шуму – джерела шуму слід розміщувати якнайдалі від житлових районів.
- Захисні бар'єри – можна використовувати шумозахисні екрани, стіни, зелені насадження для того, щоб зменшити поширення шуму.
- Індивідуальні засоби захисту – працівники підприємства повинні використовувати шумозахисні навушники або беруші.
- Контроль рівня шуму – необхідно регулярно проводити вимірювання рівня шуму на робочих місцях та в навколишньому середовищі.
- Інформування та навчання – важливо інформувати населення про шкідливий вплив шуму та про заходи щодо захисту від нього.

Вплив виробничого шуму на довкілля:

- Забруднення шумом – шум може негативно впливати на тваринний та рослинний світ. Він може спричиняти зміни в поведінці тварин, знижувати їхню репродуктивність, призводити до загибелі.
- Знищення природних середовищ проживань – шум може призводити до руйнування гнізд птахів, норів тварин, інших природних середовищ проживань.

Для зменшення впливу виробничого шуму необхідні комплексні заходи. Важливо використовувати технології звукоізоляції на об'єктах виробництва, встановлювати стандарти максимально допустимих рівнів шуму, проводити регулярний моніторинг і контроль за рівнями шуму. Освітні кампанії і підвищення усвідомленості серед населення також важливі для зменшення впливу шуму на людей і довкілля. Такі заходи допоможуть покращити якість життя людей і зберегти природні ресурси, зменшуючи загальний негативний вплив виробничого шуму на оточуюче середовище.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

5.2 Розрахунок системи штучного освітлення, для приміщення в якому ведуться роботи по розробці метроному для музикантів

Розрахунок освітлення робочих місць проведемо для приміщення в якому проводилась розробка метронома для музикантів.

Розрахунок буде проводитись для приміщення розміром довжина $a = 4\text{м}$, ширина $b = 6\text{м}$, висота $h_o = 3.4\text{м}$. Коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{стелі}}=50\%$, $\rho_{\text{стін}} = 30\%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,6\text{ м}$. Мінімальне освітлення приміщення, в якому виконують зорові роботи розряду IVГ становить $E=300\text{ лк}$. В якості світлових пристроїв будемо встановлювати світильники типу ЛПО01. Оскільки світильники кріпляться на стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення $h_o = 3,4\text{ м}$, що не суперечить вимогам СНіП II- 4-79, відповідно до яких $h_{o\text{ min}} = 2,6\text{ м} \dots 4\text{м}$, коли у світильнику менше 4-х ламп, і $h_{o\text{ min}} = 3,2\text{ м} \dots 4,5\text{м}$ – при 4-х і більше ламп.

Визначимо висоту світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_o - h_p \quad (5.1)$$

$$h = 3,4 - 0,6 = 2,8\text{ м.}$$

Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{ab}{h(a + b)} \quad (5.2)$$

$$i = 4 * 6 / (2,8(4 + 6)) = 0,8$$

При $i = 0,8$, $\rho_{\text{стелі}}=50\%$, $\rho_{\text{стін}} = 30\%$ для світильника з люмінесцентними лампами коефіцієнт використання світлового потоку дорівнює $\eta = 0,37$.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Для забезпечення необхідного рівня освітленості робочих поверхонь необхідно визначити кількість світильників. В якості світлових приладів будуть використовуватися світильники типу ЛПО01 з двома лампами. Світловий потік однієї такої лампи становить 3200 люменів (лм).

K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп

$$K_3 = 1,5 ;$$

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення

$$Z = 1,13$$

$$N = \frac{ESK_3Z}{n\Phi_{л}\eta} \quad (5.3)$$

$$N = 300 * 24 * 1,5 * 1,13 / (2 * 3200 * 0,37) = 5,15$$

Округлюємо $N = 5,15$ шт, до $N = 6$ шт. Тобто в приміщенні буде встановлено 6 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташуємо у два ряди по 3 штуки в кожному. Схему розташування світильників подана на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 - Схема розташування світильників

						2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			66

ВИСНОВКИ

Розробка метронома для музикантів продемонструвала, як сучасні технології можуть покращити музичну практику. Врахування таких факторів, як точність, інтуїтивний інтерфейс, додаткові функції, портативність та можливість синхронізації, дозволило створити пристрій, що відповідає потребам сучасних музикантів. Завдяки міждисциплінарному підходу, який включає знання з електроніки, програмування та музики, метроном став надійним інструментом для підтримки стабільного темпу. Цей проект не лише досяг своєї мети, але й відкрив нові можливості для розвитку музичної майстерності, допомагаючи музикантам удосконалювати свою ритмічну точність та загальне виконання.

Цей проект також продемонстрував, як співпраця між різними галузями знань може привести до створення високоякісного продукту. Об'єднання зусиль спеціалістів з електроніки, програмування та музики дозволило створити інноваційний та надійний інструмент, який відповідає вимогам сучасних музикантів. Це відкриває нові горизонти для подальших досліджень і розробок у сфері музичних технологій.

Загалом, розробка цього метронома значно сприяє підвищенню якості музичної освіти та виконання. Музиканти різних рівнів підготовки отримали ефективний інструмент для покращення своєї ритмічної точності, що є критично важливим для професійного зростання. Відтепер, завдяки цьому проекту, музиканти можуть ще більше зосереджуватися на творчості, знаючи, що їхній ритм завжди буде під надійним контролем.

									2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						67

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бібліотека та підключення Adafruit_SSD1306 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306 Дата доступу 31.05.2024.

2. Arduino Проекти #12 "Вивід даних з Ардуіно на дисплей" [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://www.youtube.com/watch?v=3П9rQBjLj8> Дата доступу 31.05.2024

3. Повний список команд Arduino [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/> Дата доступу 31.05.2024.

4. Недошитко А. Г. Методичні вказівки до виконання дипломної роботи по напрямку «Розробка цифрових електронних пристроїв або удосконалення існуючих» [Електронний ресурс] – Режим допуску до ресурсу: http://eguru.tk.te.ua/pluginfile.php/4442/mod_resource/content/1/diplom_micro.pdf – Дата доступу: 31.05.2024.

5. Arduino-school [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino-school.blogspot.com/2012/08/arduino-duemilanove.html> – Дата доступу: 31.05.2024.

6. Студопедія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studopedia.su/20_7142_strumoviy-zahist-roziemu-USB.html – Дата доступу: 31.05.2024.

7. Electro radio group [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://erg.com.ua/> – Дата доступу: 31.05.2024.

8. StudFile [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/21447819/page:2/> – Дата доступу: 31.05.2024.

9. Бібліотека та підключення Adafruit_NeoPixel [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel – Дата доступу: 31.05.2024.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

10. Верховна рада України – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text> – Дата доступу: 31.05.2024.

11. Arduino – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.arduino.cc/> - Дата доступу: 31.05.2024.

12. Бібліотека та підключення Adafruit-GFX-Library – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library> – Дата доступу: 31.05.2024.

13. Boss DB-90 Dr. Beat Metronome – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://muzdrive.com.ua/dram-mashina-boss-db-90-dr.-beat/> – Дата доступу: 31.05.2024.

14. Peterson BodyBeat Pulse Solo – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.peterson tuners.com/products/bodybeatpulse/> – Дата доступу: 31.05.2024.

15. Korg TM-60 Combo Tuner Metronome – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.korg.com/us/products/tuners/tm_60/ – Дата доступу: 31.05.2024.

					2024.КРБ.123.602.09.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69