

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

«До захисту допущено»
Завідувачка кафедри

_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 171 Електроніка освітньо-професійної програми «Електронні інформаційні системи»

на тему: Засоби вимірювання вібрацій на базі мікропроцесорних систем

Здобувача групи ЕП.м-22 Кайума Тимура Тахировича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Тимур КАЙУМ

Керівник , ст. викладач кафедри ЕЗПФ,

канд. фіз.-мат. наук

_____ Олександр ПИЛИПЕНКО

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Спеціальність 171 – Електроніка, освітньо-професійна програма
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕЗПФ

Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

«06» листопада 2023 року

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Кайума Тимура Тахировича

1. Тема роботи: Засоби вимірювання вібрацій на базі мікропроцесорних систем

затверджена наказом по університету від «15» листопада 2023 р., № 1260-VI

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: 15 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета)

Вібрації, що охоплюють всі аспекти нашого життя, від частинок до інфраструктури, вивчаються за допомогою мікропроцесорних систем. Використання мікропроцесорів у засобах вимірювання дозволяє отримати точні та ефективні дані для контролю цього фізичного явища. Вимірювання вібрацій важливе в різних галузях, від науки до технічного обслуговування. Мета магістерської кваліфікаційної роботи полягає в ретельному вивченні та аналізі існуючих засобів вимірювання вібрацій, розробці мікропроцесорних систем для цієї мети та оцінці їх ефективності.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить їх розробити)

1. Дослідження сучасного стану технологій. датчики які існують на ринку.
2. Сучасні методи вимірювання вібрацій.
3. Огляд наявних на ринку мікропроцесорних систем
4. Розробка пристрою реєстрації вібрації
5. Висновки.

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

Слайди № 1-2 – Загальна інформація

Слайди № 3-5 – Дослідження сучасного стану технологій.

Слайди № 6-7 – Огляд наявних на ринку мікропроцесорних систем.

Слайди № 8-14 –Розробка пристрою реєстрації вібрації
Слайд № 15 – Висновки.

6. Дата видачі завдання 06.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістрів	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літературних даних	до 13.11.2023 р.	
2.	Проведення експерименту, моделювання, розрахунків, обробка результатів	до 27.11.2023 р.	
3.	Підготовка тексту магістерської роботи.	до 12.12.2023 р.	
4.	Попередній захист роботи	13.12.2023 р., 13 ⁰⁰ (онлайн)	
5.	Захист роботи в екзаменаційній комісії	19.12.2023 р. – 20.12.2023 р., 11 ³⁰ (онлайн)	

Здобувач вищої освіти

Т.Т. Кайум

Керівник роботи

О.В. Пилипенко

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 26 сторінках, зокрема, містить 8 рисунків, 1 таблицю та список використаних джерел із 15 найменувань.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи полягає в глибокому вивченні та аналізі існуючих засобів вимірювання вібрацій, а також у розробці власної мікропроцесорної системи для реєстрації вібрацій і подальшій оцінці її ефективності.

Під час виконання практичної частини роботи використовували мікроконтролер ATMEL Atmega328 та п'єзоелектричний датчик.

У результаті проведених наукових досліджень встановлено, що при розробці власної системи можуть виникнути проблеми з отриманням сигналу з п'єзоелектричного датчику, так як є багато факторів які можуть вносити корективи в передачу сигналу до мікроконтролера, а саме перешкоди які можуть діяти з інших середовищ такі як електромагнітні.

Ключові слова: вібрації, мікропроцесорні системи, засоби вимірювання, вбудовані системи вимірювань, мікроконтролери, інтерфейси передачі даних, реальний час, калібрування вимірювальних засобів, методи аналізу вібрацій

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ.....	7
1.1 Датчики які існують на ринку	7
1.2. Сучасні методи вимірювання вібрацій	13
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД НАЯВНИХ НА РИНКУ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ	15
2.1. Arduino	15
2.2. Raspberry PI.....	16
2.3. SIEMENS Logo	18
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ РЕЄСТРАЦІЇ ВІБРАЦІЇ	20
3.1. Теоритична частина	20
3.2. Практична частина.....	23
ВИСНОВКИ.....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	26

ВСТУП

На сьогоднішній день майже у всіх галузях виробництва, а також повсякденному житті, виникає необхідність у вимірюванні вібрації об'єкта за допомогою датчиків, з максимальною швидкістю, з найменшою похибкою та без безпосередньої участі у процесі вимірювання та на відстані.

Вібрації – це явище, що пронизує всі аспекти нашого життя, від найдрібніших частинок речовини до великих конструкцій та інфраструктури. Засоби вимірювання вібрацій, на базі мікропроцесорних систем, відкривають нові перспективи у сприйнятті, аналізі та управлінні цим складним фізичним явищем. Мікропроцесори, які були раніше обмежені обчислювальною потужністю, зараз стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя та наукових досліджень. Їх використання в засобах вимірювання вібрацій забезпечує точність, ефективність та доступність у вивченні та контролі за цим складним фізичним явищем. Вимірювання вібрацій має велике значення в різноманітних галузях, починаючи від наукових досліджень в області матеріалознавства та фізики, і закінчуючи виробництвом та технічним обслуговуванням об'єктів інфраструктури. Засоби вимірювання на основі мікропроцесорної системи дозволяють підтримати високоякісні дані, які можуть бути швидко оброблені та використані для прийняття ефективних рішень.

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає у вивченні та застосуванні засобів вимірювання вібрацій. Аналіз існуючих методів та засобів вимірювання вібрацій включає вивчення традиційних сенсорів, приладів, а також новітніх технологій, що використовують мікропроцесорні системи. Однією з центральних частин роботи є розробка власної мікропроцесорної системи для реєстрації вібрацій. Це включає в себе вибір відповідного апаратного забезпечення, розробку програмного забезпечення для збору та обробки даних, а також встановлення необхідних інтерфейсів та оцінку ефективності розробленої системи.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Датчики, які існують на ринку

Засоби вимірювання вібрацій можна класифікувати за природними принципами роботи[1]. Нижче наведено деякі основні типи засобів вимірювання вібрацій та їхні принципи роботи:

Акселерометр [1]- це прилад, який вимірює прискорення об'єкта, на якому він знаходиться. Прискорення визначається зміною швидкості руху об'єкта відносно нерухомої або змінної точки простору. Акселерометри використовуються в різних пристроях, таких як смартфони, планшети, автомобільні системи безпеки, ігрові приставки, фітнес-трекери та інші.

Основним принципом роботи багатьох акселерометрів є використання законів руху тіл Ньютона. Існують різні типи акселерометрів, але одними з найпоширеніших є п'єзоелектричні акселерометри та акселерометри mems.

П'єзоелектричні акселерометри:

Вони засновані на п'єзоелектричному ефекті, який виникає в деяких матеріалах. П'єзоелектричні матеріали генерують електричний струм, коли змінюється форма або розташування кристалічних структур.

П'єзоелектричні акселерометри мають кристали, які генерують електричний заряд при зміні прискорення. Таким чином заряд вимірюється для визначення величини прискорення.

Акселерометри MemS – (мікроелектромеханічні системи) використовують технології мікрофабрикації для створення мікроскопічних механічних структур.

Акселерометри MemS мають мікромеханічні структури, які реагують на прискорення. Як правило, це може бути тонкий кристал кремнію, який зміщується або стискається при зміні прискорення.

Зміна положення цих структур вимірюється датчиками, такими як конденсатори або резистори, і перетворюється на вимірювання прискорення.

Результатом вимірювання прискорення є електричний сигнал, який потім обробляється електронікою вбудованого пристрою для подальшого застосування. Акселерометри можуть вимірювати прискорення в трьох осях простору, що дозволяє визначити переміщення і шлях руху об'єкта.

Лазерний віброметр - це пристрій, який використовує лазерне випромінювання для вимірювання вібрацій об'єктів. Основні принципи роботи лазерних віброметрів включають:

Доплерівський ефект[1]: Лазерні віброметри вибирають принцип Доплера, який змінює частоту світла в залежності від швидкості руху джерела світла відносно спостерігача. Під час вібрацій об'єкта, який піддавався вимірюванню, відбувається зміна частоти лазерного проміння.

Зворотнє розсіювання: Лазерний промінь направляється на поверхню об'єкта, і розсіювання світла відбувається за рахунок вібрацій. Повернуте розсіяне світло зчитується та аналізується для визначення параметрів вібрацій, таких як амплітуда та частота.

Інтерференція: Лазерний віброметр може використовувати інтерференцію світла для вимірювання фазових змін, які виявляються через вібрацію об'єкта. Це дозволяє отримувати високочутливі вимірювання вібрацій.

Обробка сигналу: Отримані дані про вібрації обробляються спеціалізованим електронним обладнанням для аналізу параметрів вібрацій та визначення характеристик об'єкта.

Лазерні віброметри застосовуються в різних галузях, таких як інженерія, медицина, наука про матеріали та ін. Вони мають точно виміряти мікроскопічні вібрації та структурні характеристики об'єктів, що робить їх корисними для різноманітних програм.

П'єзоелектричні датчики[2]: Ці датчики вибирають п'єзоелектричні кристали для генерації електричної енергії при зміні форми кристала. Вони дуже чутливі до вібрацій і використовують для вимірювання коливання в різних параметрах.

П'єзоелектричні датчики є типом сенсорів, які вибирають п'єзоефект для вимірювання різних фізичних величин, таких як тиск, температура, акустичні хвилі, вібрація та інші. Вони дуже чутливі до вібрацій і використовують для вимірювання коливання в різних параметрах. Основним компонентом п'єзоелектричних датчиків є п'єзокристал, який має властивість генерувати електричний заряд при зміні механічного напруження.

Основні принципи роботи п'єзоелектричних датчиків включають:

П'єзоелектричний ефект: П'єзоелектричний ефект відбувається в тому, що п'єзокристал здатний генерувати електричний заряд під впливом механічного навантаження. Це може відбуватися внаслідок деформації кристала, такого як стискання чи розтягнення.

Генерація електричного заряду: Коли п'єзокристал піддається механічному впливу, його кристалічна структура змінюється, що призводить до виникнення електричного заряду на його поверхні. Цей заряд може бути виміряний і використаний для визначення інтенсивності зміни фізичної величини.

Прикладення до різних продуктів: П'єзоелектричні датчики використовують в різних галузях, включаючи медицину, промисловість, автомобільну та аерокосмічну промисловість. Вони можуть бути використані для вимірювання тиску, акустичних сигналів, вібрацій, температури та інших параметрів.

Висока чутливість і широка частота: П'єзоелектричні датчики відзначають високу чутливість до малих змін фізичної величини і можуть працювати в широкій частині частоти, що робить їх ефективними для застосування, де важлива точність вимірювання.

Малий розмір і легкість в інтеграції: П'єзоелектричні датчики часто виготовляються в вигляді тонких пластин або плівок, що дозволяє їх легко інтегрувати в різні пристрої та системи. малий розмір робить їх ідеальними для виробництва, де обмежені їх розміри.

П'єзоелектричні датчики мають великий потенціал у розвитку нових технологій і вирішенні різних завдань у різних галузях, завдяки своїм унікальним властивостям та принципам роботи.

Віброакустичні датчики[2] є ефективними засобами для вимірювання вібрацій у різних, таких як промисловість, медицина, наука та інші. Ці датчики використовують принцип перетворення механічних коливань у вібраційний сигнал, який потім може бути проаналізований для отримання корисної інформації, вони призначені для вимірювання вібрацій шляхом аналізу звукових хвиль, що виробляються під час коливання. Цей метод може бути використаний у важкодоступних місцях або там, де інші методи можуть бути неефективними. Ось докладніше про принцип роботи віброакустичних датчиків:

Основний принцип: віброакустичні датчики фактично базуються на засобах перетворення механічних коливань в електричні сигнали, які потім обробляються для отримання інформації про вібрації.

П'єзоелектричні матеріали. Багато віброакустичних датчиків вимагає п'єзоелектричних матеріалів, таких як кварц чи п'єзокераміка. Ці матеріали генерують електричний заряд, коли на них діє механічний стрес. Такий принцип використовується для перетворення вібраційних коливань в електричний сигнал.

Акустичний датчик – деякі віброакустичні датчики використовують акустичні елементи для отримання інформації про вібрації. Зазвичай це мікрофони або інші пристрої, здатні реєструвати звукові хвилі, які впливають на механічне коливання.

Сенсори зміщення – деякі віброакустичні датчики вимагають сенсори зміщення, які можуть реєструвати навіть дуже малі зміщення або деформації, що виникають внаслідок вібрацій.

Електроніка обробки сигналу – отримані електричні сигнали обробляються електронікою, що може включати в себе підсилювачі, фільтри

та аналізатори сигналу. Це дозволяє отримати точні виміри і характеристики вібрацій.

Застосування: віброакустичні датчики використовуються в різних галузях, таких як контроль стану машин і встановлення, медична діагностика, моніторинг будівель та інфраструктури, а також у наукових дослідженнях.

Безпроводний зв'язок – деякі сучасні віброакустичні пункти можуть використовувати технологію безпроводного зв'язку для передачі зібраних даних на віддалений моніторинг або систему керування.

Віброакустичні датчики грають важливу роль у вимірюванні вібрацій і визначенні проблем у різних системах, допомагаючи підтримувати оптимальну ефективність та безпеку.

Гіроскопи вимірюють кутові швидкості об'єкта і можуть використовуватися для визначення вібрацій та коливань. Гіроскоп може використовуватися для вимірювання вібрацій, зберігаючи та аналізуючи зміни в кутовому русі об'єкта. Вібрації призводять до зміни орієнтації гіроскопа, і ці зміни можна виміряти та інтерпретувати для отримання інформації про характеристики вібраційного руху. Ось більше інформації про використання гіроскопів для вимірювання вібрацій:

Об'єкти вимірювання: гіроскопи використовують для вимірювання вібрацій у різних сферах, включаючи транспортні засоби (автомобілі, літаки, судна), промислові установки, будівельні конструкції та інші об'єкти.

Сенсори - гіроскоп може бути об'єднаний з іншими сенсорами, такими як акселерометр і магнітометр, для отримання повної інформації про вібрації та рух об'єкта в просторі.

Алгоритми обробки сигналу[3]: для аналізу інформації, отриманої від гіроскопа, використовують алгоритми обробки сигналу. Вони можуть виявляти частоту, амплітуду та інші параметри вібрацій.

Моніторинг стану: гіроскопи використовують для моніторингу стану технічних систем. Зміни вібрацій можуть свідчити про виникнення проблем або несправностей в механічних частинах об'єкта.

Програмне забезпечення обробки даних – важливою частиною вимірювання вібрацій є програмне забезпечення обробки та аналізу даних. Воно дозволяє виявляти аномалії, створювати звіти та шукати заходи щодо підтримки об'єкта в нормальному робочому стані.

Додаткові можливості: деякі гіроскопи можуть визначати не тільки вібрації, але і напрямки руху об'єкта, що робить їх корисними для навігації та стабілізації. Гіроскопи використовують у широкому спектрі програм для вимірювання вібрацій, щоб забезпечити безпеку, виявити технічні несправності та підтримати оптимальний режим роботи об'єктів.

Вібраційні аналізатори[4]: Ці пристрої використовуються для аналізу характеристик вібрацій, таких як амплітуда, форма хвилі. Вони можуть інженерам та науковцям отримувати детальну інформацію про вібрації та їх вплив на об'єкти.

Вібраційний аналіз або вібраційна діагностика[4] — це метод вимірювання, аналізу та інтерпретації вібрацій, який відображається в машинах або конструкціях. Вібраційні аналізатори, зокрема вібраційні частотні аналізатори, є ефективними інструментами для моніторингу та діагностики стану обладнання. Нижче наведено деяку інформацію про їх принцип роботи та застосування.

Принцип роботи вібраційного аналізатора: вібраційний аналізатор використовує датчики вібрацій, такі як прискорювальні метри або вібраційні датчики, для вимірювання вібрацій в об'єкті.

Перетворення сигналу: сигнали, отримані від датчиків, перетворюються в електричні сигнали і піддаються аналогово-цифровому перетворенню (АЦП).

Спектральний аналіз: отриманий цифровий сигнал проходить спектральний аналіз, де починається основна частота та амплітуда вібрацій.

Аналіз частоти та часу: аналізатор вібрацій може використовувати різні методи для оцінки вібрацій у часовому та частотному доменах. Це дозволяє використовувати частоти основних і вторинних вібрацій, а також їх зміни з часом.

Застосування вібраційних аналізаторів для постійного моніторингу дозволяє своєчасно виявляти зміни у вібраційному стані та проводити заходи для підтримки оптимальної ефективності.

Управління технічним обслуговуванням: дані вібраційного аналізу використовують для планування регулярних технічних обслуговування та ремонту обладнання.

Дослідження причин вібрацій – вібраційний аналіз дозволяє ідентифікувати причини вібрацій, такі як невірвняність, дефекти підшипників, дисбаланс, знос тощо. Вібраційний аналіз може використовуватися для контролю якості виробів під час їх виробництва та тестування.

Вібраційні аналізатори є меншими інструментами для підтримки надійності та ефективності обладнання. Вони можуть вчасно виявити проблеми, також провести прогнозування стану, а також зменшити витрати на технічне обслуговування та усунення несправностей.

1.2. Сучасні методи вимірювання вібрацій

Сучасні методи вимірювання[5] вібрацій включають в себе використання різноманітних технічних засобів і приладів для об'єктивного визначення параметрів коливання. Деякі з них включають у себе використання акселерометрів, гіроскопів, лазерних вимірювачів, оптичних датчиків та інших передових технологій для точного визначення та аналізу характеристик вібрацій.

Бездротові технології вимірювання [4]: використання бездротових датчиків для моніторингу вібрацій у важкодоступних місцях або в умовах, де дроти не є практичними.

Інтернет речей (IoT) у вимірюваннях вібрацій: використання IoT для підключення великої кількості сенсорів і обробки даних у реальному часі.

Аналіз даних та машинне навчання: використання алгоритмів машинного навчання для аналізу великих обсягів даних[5] від датчиків та виявлення аномалій.

Удосконалення алгоритмів вимірювання: Розробка нових методів обробки сигналів та алгоритмів для точного вимірювання параметрів вібрацій[3].

Програмне забезпечення візуалізації та аналізу: Створення спеціалізованого програмного забезпечення для зручної візуалізації та аналізу даних вібрацій. Віртуальні та доповнені реальності: Застосування технологій віртуальної та доповненої реальності для покращення моніторингу та аналізу вібрацій у реальному часі. Розвиток стандартів та нормативів: Робота над стандартами та нормативами для забезпечення єдиної методології вимірювання та оцінки вібрацій.

Усі вищеописані технології та методи вимірювання вібрацій свідчать про значний прогрес у сучасній області моніторингу. Використання високочутливих акселерометрів та сенсорів вібрацій, поєднання їх із бездротовими технологіями та Інтернет-реччю (IoT) дозволяє забезпечити точне та високоефективне вимірювання в реальному часі. Застосування алгоритмів машинного навчання полегшення автоматизованого аналізу великих обсягів даних та виявлення аномалій. Розробка нових методів обробки сигналів та програмного забезпечення для візуалізації підкреслює ефективність техніки вимірювання вібрацій. Загалом, інтеграція цих технологій покращує надійність, ефективність та безпеку об'єктів, що піддають вплив вібрацій, виробничого обладнання

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД НАЯВНИХ НА РИНКУ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ

2.1. Arduino

Arduino - це відкрита платформа для розробки пристроїв[6], що базуються на простому апаратному та програмному забезпеченні. Основною ідеєю є забезпечення простого та доступного різного роду для тих, хто бажає розвивати пристрої з елементами електроніки та програмування (Рисунок 2.1).

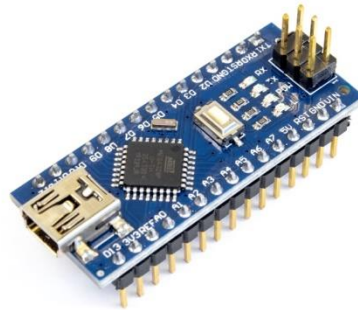


Рисунок 2.1 – Arduino [7]

Характеристики та особливості Arduino[7]:

Простота використання: Arduino вигідно відрізняється простотою використання. Крім того, хто не має глибоких знань у програмуванні чи електроніці, можна легко почати роботу. Існує багато моделей Arduino, призначених для різних завдань. Вони можуть варіюватись за потужністю, розміром, функціональністю тощо.

Велика спільнота та ресурси: Arduino користується значною спільнотою розробників та ентузіастів. Це означає, що доступно величезне число онлайн-ресурсів, таких як уроки, форуми та проекти, що розвиває процес навчання та розвитку.

Відкритий код: Апаратна та програмна частина Arduino базується на відкритому коді, що означає, що користувачі можуть вільно змінювати та розповсюджувати програмне забезпечення.

Розширюваність: Arduino легко розширюється за допомогою різних модулів і додаткових пристроїв, які не дозволяють підключати сенсори, мотори, дисплеї та інші компоненти.

Недоліки Arduino:

Обмежені ресурси: моделі Arduino можуть мати обмежені обчислювальні та пам'ятні ресурси, що робить їх менш придатними для великих і складних проектів.

Обмежена продуктивність: Деякі застосування, особливо ті, що вимагають великої продуктивності чи глибокого рівня оптимізації[6], можуть виявити Arduino недостатнім.

Не підходить для всіх завдань: для деяких завдань, таких як велике збільшення чи високопродуктивні добавки, Arduino може бути непрактичним.

2.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi - це невелика одноплатна комп'ютерна система, яка використовується для різноманітних проектів, включаючи вбудовані системи, медіацентри, сервери та багато іншого(Рисунок 2.2.). Давайте розглянемо характеристики, особливості та недоліки Raspberry Pi у контексті застосування датчика вібрації.



Рисунок 2.2. – Raspberry Pi

Характеристики та особливості Raspberry Pi:

– Потужність та продуктивність: Raspberry Pi пропонує різні моделі з високим рівнем потужності, від простих до потужних. Це дає можливість вибору моделі, яка відповідає конкретним вимогам проекту.

– Широкий набір портів та інтерфейсів: Raspberry Pi оснащений різноманітними портами та інтерфейсами, що полегшує підключення різних пристроїв[8], включаючи датчики вібрації.

– Підтримка спільноти та ресурсів: як і Arduino, Raspberry Pi має велику спільноту розробників та багато онлайн-ресурсів, які полегшують навчання та розвиток.

– Легка розширюваність: Raspberry Pi можна легко розширити за допомогою різних модулів та додаткових пристроїв, що робить його гнучким для різних компонентів.

Недоліки Raspberry Pi:

– Енергоспоживання: у порівнянні з Arduino, Raspberry Pi має більше енергоспоживання, що робить його менш ефективним для продукту, обмежене енергоспоживання є критичним[9].

– Вартість: Raspberry Pi може бути дорожчим у порівнянні з деякими моделями Arduino. Для менших проектів це може бути одним фактором.

– Оперативна система: Raspberry Pi вимагає інсталяції операційної системи на microSD-карті, що може бути складніше для користувачів з обмеженим досвідом.

2.3. SIEMENS Logo

LOGO Siemens! - це програмований логічний контролер (PLC), розроблений компанією Siemens (Рисунок 2.3.) [10]. Використовується для автоматизації різноманітних програм, включаючи розумні будинки, автоматизоване виробництво та інші галузі. Давайте розглянемо його характеристики, особливості та недоліки.



Рисунок 2.3. – LOGO Siemens [10]

Характеристики та особливості Siemens LOGO!:

Простота програмування: Siemens LOGO! відомий своїм простим програмуванням [10], завдяки інтуїтивному інтерфейсу, що полегшує створення логічних схем для різних завдань.

Різнманітність моделей: Компанія Siemens пропонує різні моделі LOGO! з винятковими можливостями, що дозволяє вибрати відповідний контролер для конкретного застосування.

Компактні розміри: LOGO! має компактний дизайн, що сприяє його ефективному використанню в розумних будинках та інших проектах з обмеженим простором.

Підтримка різних входів/виходів: Він підтримує широкий спектр цифрових та аналогових входів та виходів для взаємодії з іншими пристроями та сенсорами [10].

Можливості мережевого з'єднання: Деякі моделі LOGO! підтримують мережеві функції, що дозволяють взаємодіяти з іншими системами та забезпечують дистанційний доступ.

Недоліки Siemens LOGO!:

Обмежені ресурси: деякі моделі можуть мати обмежені обчислювальні та пам'яткові ресурси, що може обмежити їх ефективність у складних завданнях.

Вартість: У порівнянні з іншими PLC, деякі моделі LOGO! можуть бути вищими за вартістю.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ РЕЄСТРАЦІЇ ВІБРАЦІЇ

3.1. Теоритична частина

Розробка власного пристрою полягає в тому щоб дослідити чутливість п'єзоелектричного сенсору, цей сенсор був вибраний так як він є доступний на ринку та має низьку вартість. Для реєстрації сигналів було обрано мікроконтроллер АТМЕL Atmega328P[11] який виконаний на платформі Arduino, а саме на моделі Nano, про яку вже згадували, так як має теж низьку ціну та доступність, його характеристики повністю задовольняють нас для цього досліду, а саме зчитування сигналів та вбудованим 10 бітним аналого-цифровим перетворювачем який відповідає за зчитування аналогових сигналів, з цього виходить що сигнал може бути поділений на 2^{10} або 1024 значень, і кожне з цих значень представлено 10 бітним числом.

П'єзоелектричний сенсор який був обраний являє собою два тонких диска які є різним за діаметрами з розмірами (Рисунок 3.1.): діаметр нижнього диску 21.1 мм, діаметр верхнього диску 15 мм та висота самого сенсору 2.85мм, такий сенсори виготовляє компанія muRata, лінійка piezotite, та має номер 6СС-21-15-700, резонансна частота цього сенсору 66 кГц, ємність 230 пФ[12].

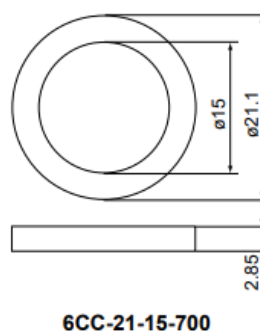


Рисунок 3.1. – П'єзоелектричний сенсор [12]

Алгоритм роботи[13] пристрою полягає в опитуванні аналогового входу А2, на якому підключений сенсор та виводити данні в послідовний порт

персонального комп'ютера, код який обробляє мікроконтролер наведено у додатку А. П'єзоелектричний сенсор підключено до Arduino та виводить значення в СОМ-порт, п'єзоелектричний елемент підключено до аналогового входу плати Arduino на контакт з позначкою А2[14]. У цьому коді piezoPin визначає аналоговий вхід, до якого підключений п'єзоелектричний сенсор. Кожні 100 мілісекунд виводиться значення сенсора в СОМ-порт, з'єднання з СОМ-портом налаштовано на швидкість 9600 біт/с.

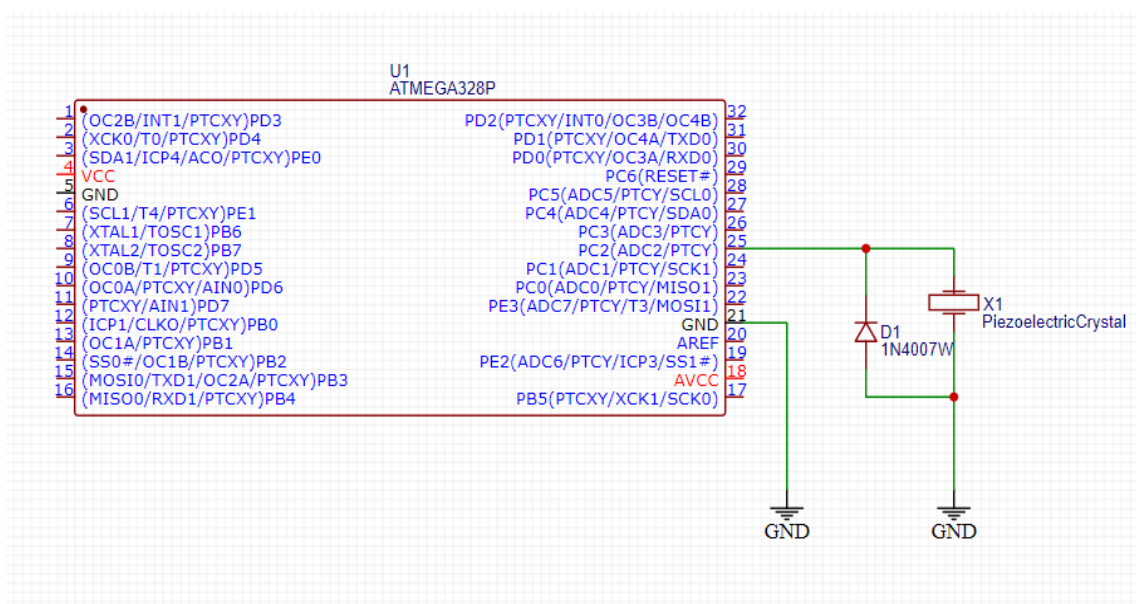


Рисунок 3.2. Схема підключення п'єзоелектричного сенсора

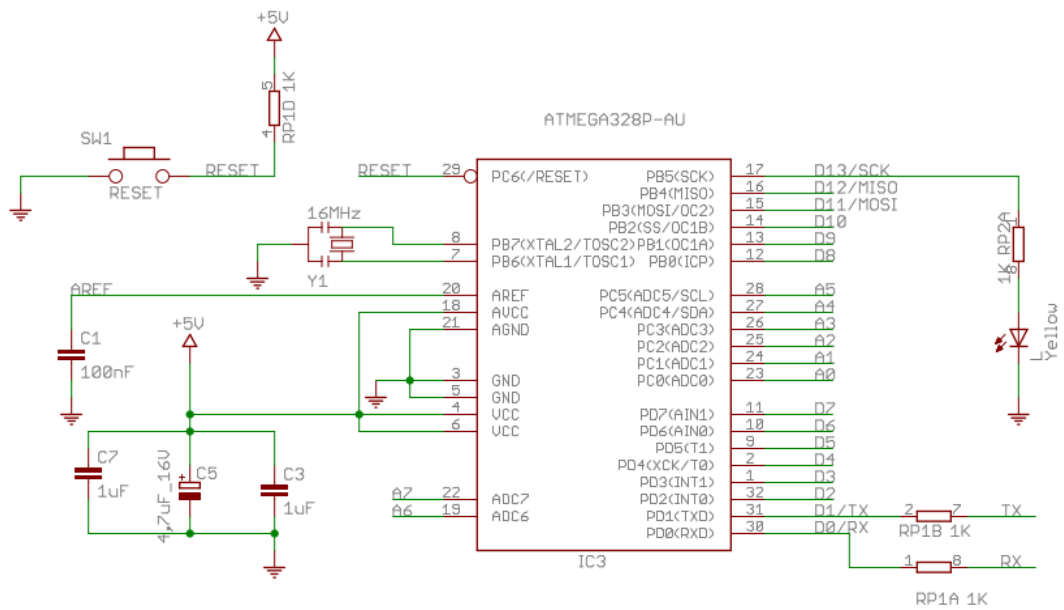


Рисунок 3.3. – Схема обв'язки мікроконтролера

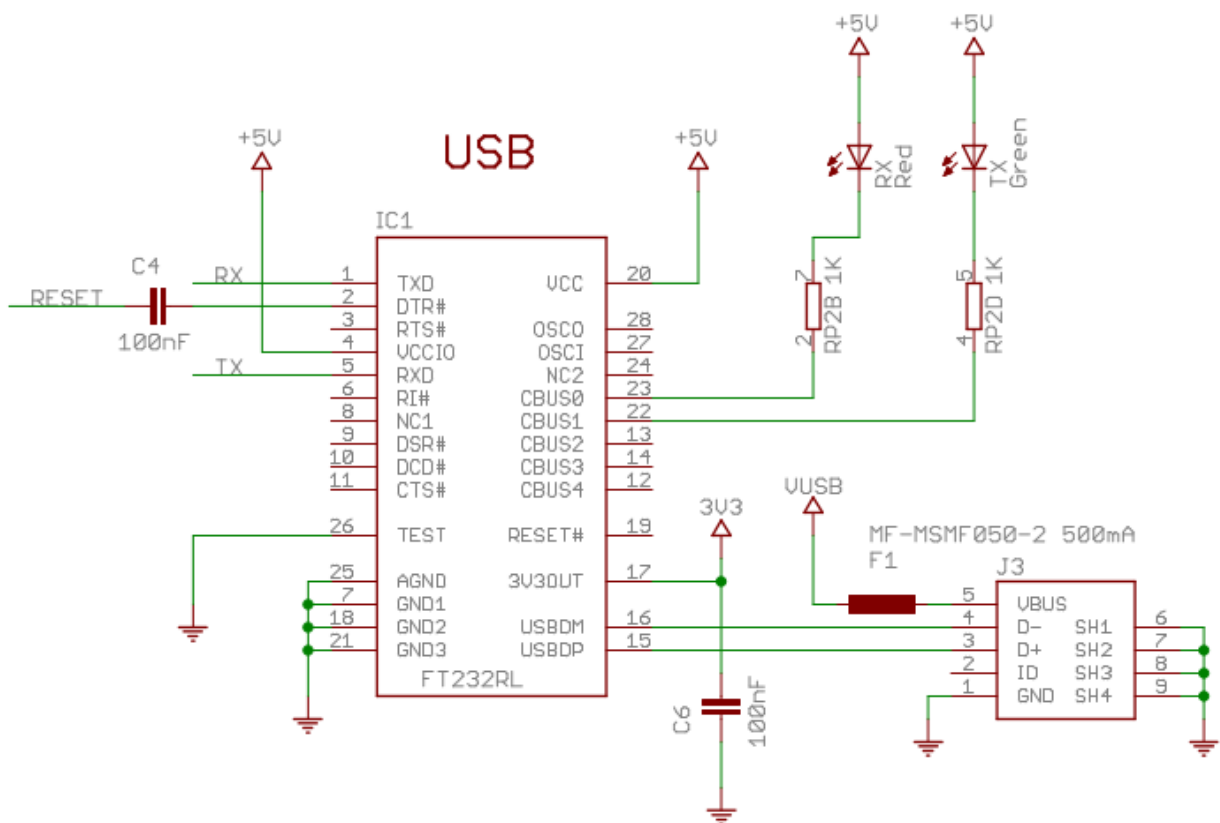


Рисунок 3.4. – Схема підключення USB TTL конвектору до Atmega328P

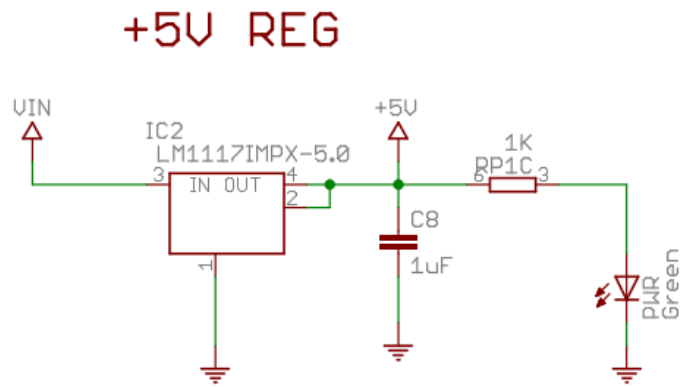


Рисунок 3.5. – Схема живлення мікроконтролера

Схема пристрою складається з чотирьох схем, перша схема це підключення датчика до мікроконтролера (рисунок 3.2.), а друга схема (рисунок 3.3) це обв'язка мікроконтролера Arduino, яка потрібна для функціонування мікроконтролера, третя схема (рисунок 3.4.) це конвертор сигналів з USB до TTL, і остання четверта схема (рисунок 3.5.) це вбудований на платформу це стабілізатор живлення. Схема пристрою було розроблено в програмі EasyEDA[15].

3.2. Практична частина

Коли пристрій було зібрано та вперше було підключено до комп'ютера то він почав видавати значення в значеннях від 0 до 1023 аналогових одиниць, ці значення це наслідок перетворення 10 бітним аналого-цифровим перетворювачем який відповідає за зчитування аналогових сигналів, де кожне значення відповідає розділеним 5 вольтам на 1023 тобто приблизно 0.0048 вольтам, з інтервалом в 0.1 секунди які були виведені в таблицю 3.1 в якій 0.1, 0.5, 0.6 секунди це значення це в спокої, з 0.2 по 0.4 секунди це значення впливу інших факторів про які йде мова далі, з 0.7 до 0.9 це вібрація з наростанням, коли по сенсору постукати пальцем руки то він починає

змінювати значення, але якщо залишити пристрій на деякий час, було спостережено що виникають короткочасні імпульси, при цьому вібрацій ніяких не було, які не залежали від часового діапазону, та могли проявитись як через 4 хвилини так і через годину, спершу їх прибрали за допомогою збільшення порогу[6], але це не призвело до бажаного результату, потім було вирішено помістити пристрій в металевий корпус з заземленням, і це теж не допомогло вирішити цю проблему, виходячи з того що пристрій було ізольовано від впливу електромагнітних завад але пристрій був в цей час підключений до персонального комп'ютера, потім було виявлено що ця проблема зникає коли заживити пристрій від іншого джерела, а саме від акумулятора. Виходячи з отриманих даних можемо говорити про те що пристрій вимагає стабільного, без пульсацій та гальванічно розв'язаного живлення.

Покращити даний пристрій можна за допомогою аналогово-цифрового перетворювача, а саме розробити пристрій так, щоб п'єзоелектричний сенсор був як найближче до аналогово-цифрового перетворювача і потім перетворений з аналогового в цифровий сигнал можна передавати на відстані до мікроконтролеру, ще цей спосіб підходить для віддаленої установки сенсору, ще можна реалізувати в цьому пристрою гальванічну розв'язку, яка знизить хибні спрацьовування.

Таблиця 3.1 – Покази з сенсору

Час (секунди)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Покази в аналогових одиницях	2	75	92	87	1	0	387	765	1023

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз засобів вимірювання вібрацій на основі мікропроцесорних систем. Застосування таких систем є важливим в різних галузях, таких як промисловість, медицина, наука і техніка.

2. Показано, що робоча поверхня перетворювача представляє собою два електроди, які функціонують як конденсаторні пластини та можуть бути підключені до різних ланцюгів дільника напруги, мостових схем або коливального контуру, включаючи автогенератор. При наближенні датчика до об'єкта змінюється його ємність. Генератор створює сигнал із зростаючою амплітудою, що подальше обробляється, формуючи вихідний сигнал.

3. Проведено розробку власної мікропроцесорної системи на платформі Arduino з чутливим п'єзоелектричним сенсором. Для даної розробки було використано готові модулі та схеми. У процесі тестування системи було виявили проблему, пов'язану з живленням. Це проявлялося в хаотичній зміні показників при довготривалій відсутності впливу на сенсор. Було прийнято рішення ізолювати електричну схему пристрою від електромагнітних завад помістивши її в металевий корпус із заземленням, та підключити живлення пристрою від акумулятора. Отримані в результаті дані показали задовільний результат роботи виготовленої системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Чернев А. Л. Сенсори вібрації та кутового положення: практичний підручник/ Чернев А. Л., Грищенко В. А.– К.: Техніка, 2010. -213с.
- 2 Гаєвський В. Н. Системи контролю та управління для машин будівельних та дорожніх робіт/ Гаєвський В. Н., Поляков В. Г., Кудінов В. Л. – М: Вища школа, 1987 – 245с.
- 3 Мошков В. І. Аналіз сигналів в системах автоматики та технічного зростання Мошков В. І., Мошков І. В. – К.: Техніка, 2011 – 396с.
- 4 Kenneth G. McConnell Vibration Testing: Theory and Practic/ Kenneth G. McConnell, Paulo S. Varoto, Noise Control Engineering 2008 –672p.
- 5 Anil K. Chopra. Dynamics of Structures, Pearson, Hoboken, NJ, 2017 – 992 p.
- 6 Michael Margolis. Arduino Cookbook, Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472 2020 – 796p.
- 7 Massimo Banzi. Getting Started with Arduino, Published by Maker Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 2014 – 262p.
- 8 Sean McManus and Mike Cook. Raspberry Pi For Dummies/ For Dummies 2013 – 432p.
- 9 Improving phototransistor performance with polymer-quantum dot hybrid technology / Saman Shirmohammadi, Davoud Raeyani, Asghar Asgari – Infrared Physics and Technology 134 (2023) 104880.
- 10 "LOGO! Practical Training" by Siemens [Електронний ресурс] // – URL : siemens.com <https://sieportal.siemens.com/>
- 11 Nanoscale patterning on layered MoS2 with stacking-dependent morphologies and optical tuning for phototransistor applications / H. Park, M.M. Rahman, A. Bala, Y.-H. Kim, A. Sen, Y.-M. Kim, J. Lee, S. Kim – Materials Today Nano 23 (2023) 100367.
- 12 ATMEL, Atmega 328p, 2015. – 294p.
- 13 Murata Manufacturing Co. Piezoelectric Ceramic Sensor/ Ltd. 2001 – 46p.
- 14 Грицюк Ю.І., Рак Т.Є., Програмування мовою С++ : навчальний посібник/ Львів : Вид-во Львівського ДУ БЖД, 2011. – 292 с
- 15 EasyEDA [Електронний ресурс] // // – URL : EasyEDA Tutorial <https://easyeda.com/>