

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІКИ РУХУ ОБ'ЄКТА

Розробив студент гр. ЕП-16м

Бура Іван Вікторович

Керівник: к.т.н., доцент кафедри

Огородник Костянтин Володимирович

Актуальність теми

В даний час системи автоматизованого керування і автоматичного регулювання стали неодмінною частиною сучасного високотехнологічного виробництва. Вони все ширше використовуються в сучасних промислових та побутових приладах. Датчик фізичної величини є необхідною складовою будь-якого контуру керування, забезпечуючи сигналом зворотного зв'язку електроніку, що керує виконуючим пристроєм. Пристрої для вимірювання динаміки руху об'єкта є найважливішими перетворювачами, які мають найширшу область застосування в системах контролю за станом об'єктів, в медичних дослідженнях, а також при випробуваннях та експлуатації кораблів, літаків, ракет, автомобілів тощо, а також як чутливий елемент автопілотів, гіровертикалей та ін. Широке застосування пристрої для вимірювання динаміки руху об'єкта знайшли в смартфонах. В першу чергу, саме завдяки акселерометрам зображення на екрані змінює своє положення в залежності від горизонтальної або вертикальної орієнтації гаджета. . Мета роботи

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розширення функціональних можливостей пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта за рахунок введення датчика прискорення та використання мікроконтролера, що дозволить збільшити швидкість опрацювання сигналу та підвищить точність вимірювання загального прискорення об'єкта у трьох координатних площинах.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- розглянути існуючі пристрої для вимірювання динаміки руху об'єктів, провести оцінку їх переваг та недоліків;
- розробити структурну та електрично принципову схему пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта;
- провести розрахунок надійності приладу;
- провести схему технічне моделювання пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта;
- розробити друковану плату пристрою;
- розробити конструкцію пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта;
- розрахувати економічну вигоду від впровадження розробки;
- запропонувати заходи безпеки під час проведення розробки.

- ▣ **Предмет дослідження** – являється процес зміни загального прискорення об'єкта у тривимірному просторі.
- ▣ **Об'єктом дослідження** — процес перетворення зміни положення об'єкта у просторі в електричний сигнал.
- ▣ **Методи дослідження** ґрунтуються на використанні:

-проведення порівняльного аналізу існуючих пристроїв для вимірювання динаміки руху об'єктів з використанням сучасної елементної бази та методів комп'ютерного моделювання;

-середовища OrCAD PSpice та ISIS Proteus для схемотехнічного моделювання, проведення параметричного аналізу пристрою та отримання температурних характеристик;

-середовища ARES PCB Layout для розробки топології електричної схеми.

- ▣ **Наукова новизна одержаних результатів.**

Отримав подальший розвиток метод вимірювання прискорення об'єкта, який відрізняється від існуючих використанням поведінкової моделі, що дало можливість підвищити точність вимірювання загального прискорення об'єкта у просторі.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень, що викладені в МКР, були обговорені на XLVI регіональній науково-технічній конференції професорсько викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та Вінницької - області (Вінниця, 2017).

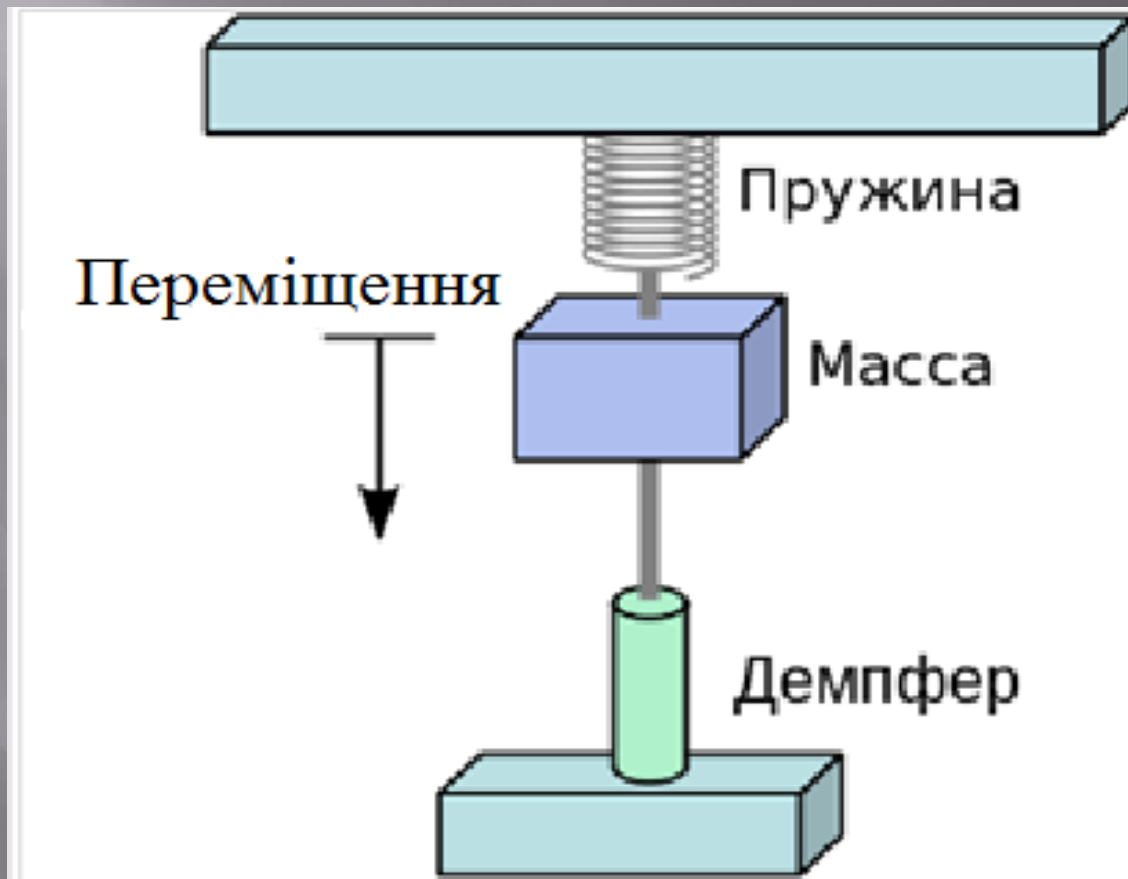


Схема найпростішого акселерометра

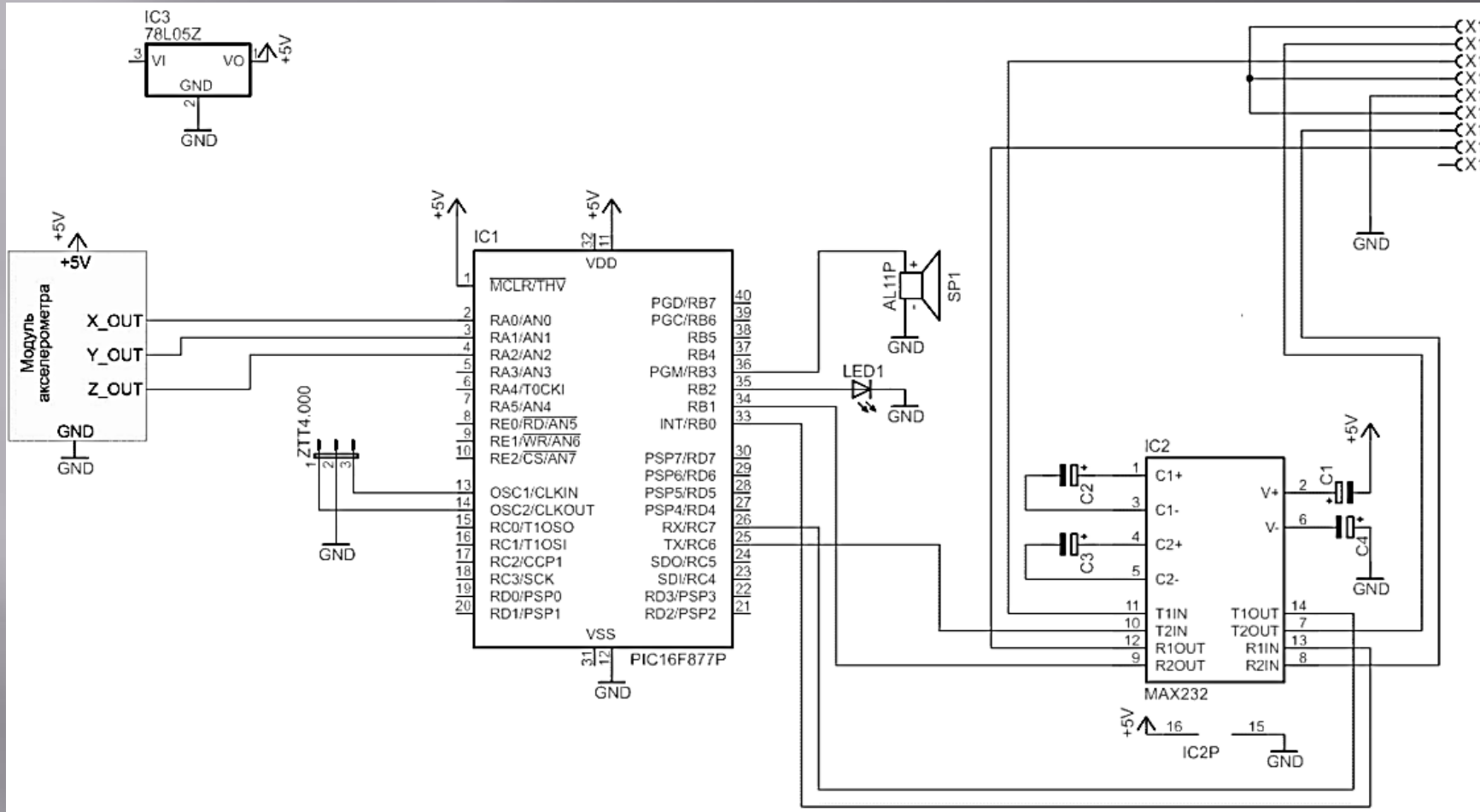


Схема пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта на мікросхемі PIC16F877P

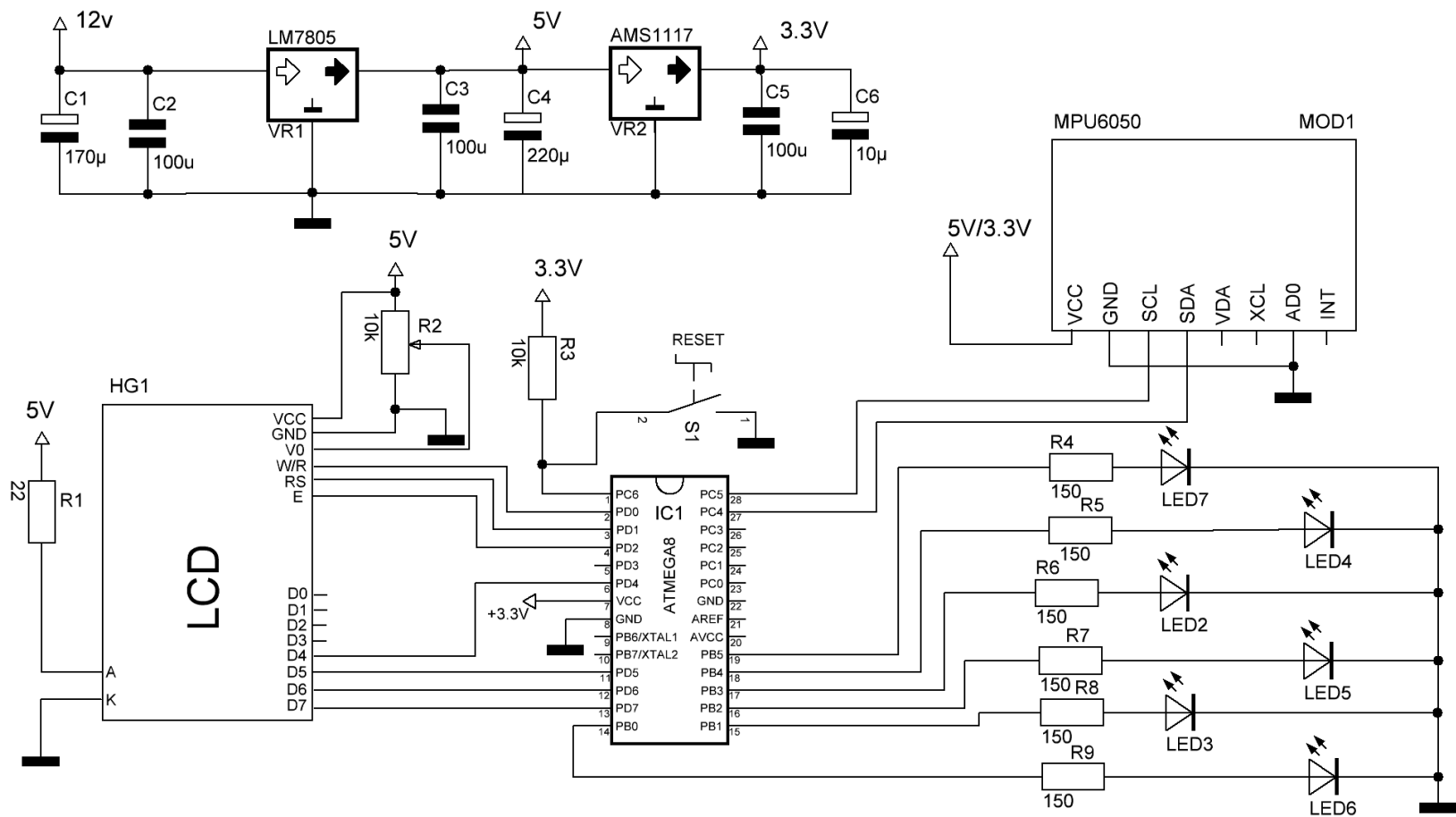
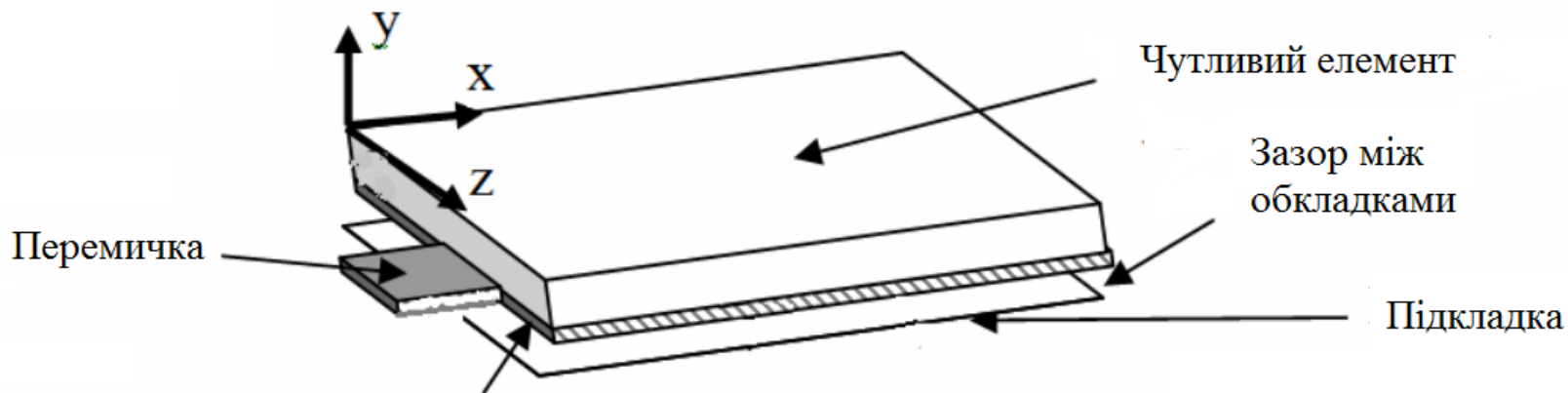


Схема електрична принципова пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта на мікроконтролері з датчиком MPU6050



Структура MEMS-акселерометра

$$W(p) = \frac{U(p)}{a(p)} = \frac{K}{\alpha \cdot p^2 + \beta \cdot p + 1},$$

Отриманий вираз передавальної функція буде використано в якості математичної моделі акселерометра. Для реалізації поведінкової моделі акселерометра виконаємо екстракцію параметрів його передавальної функції: K , α і β . У паспортних даних [9] наведено значення коефіцієнта чутливості K (масштабного коефіцієнта) при кімнатній температурі. При виконанні вимірювань вісь чутливості акселерометра встановлена ортогонально вектору прискорення сили тяжіння g .

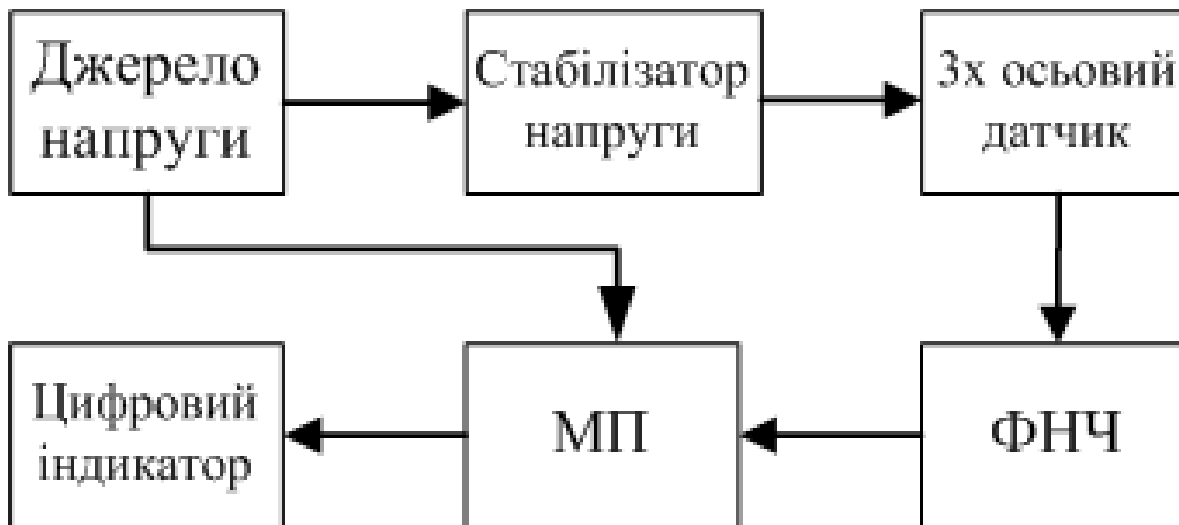
Статичний коефіцієнт передачі:

Для 6 g:

$$K = 84,4 \frac{mB}{g} = \frac{0,0844B}{9,8 \frac{M}{c^2}} \approx 0,0086 \frac{B \cdot c^2}{M};$$

Для 4 g:

$$K = 291 \frac{mB}{g} = \frac{0,291B}{9,8 \frac{M}{c^2}} \approx 0,03 \frac{B \cdot c^2}{M}.$$



Структурна схема пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта

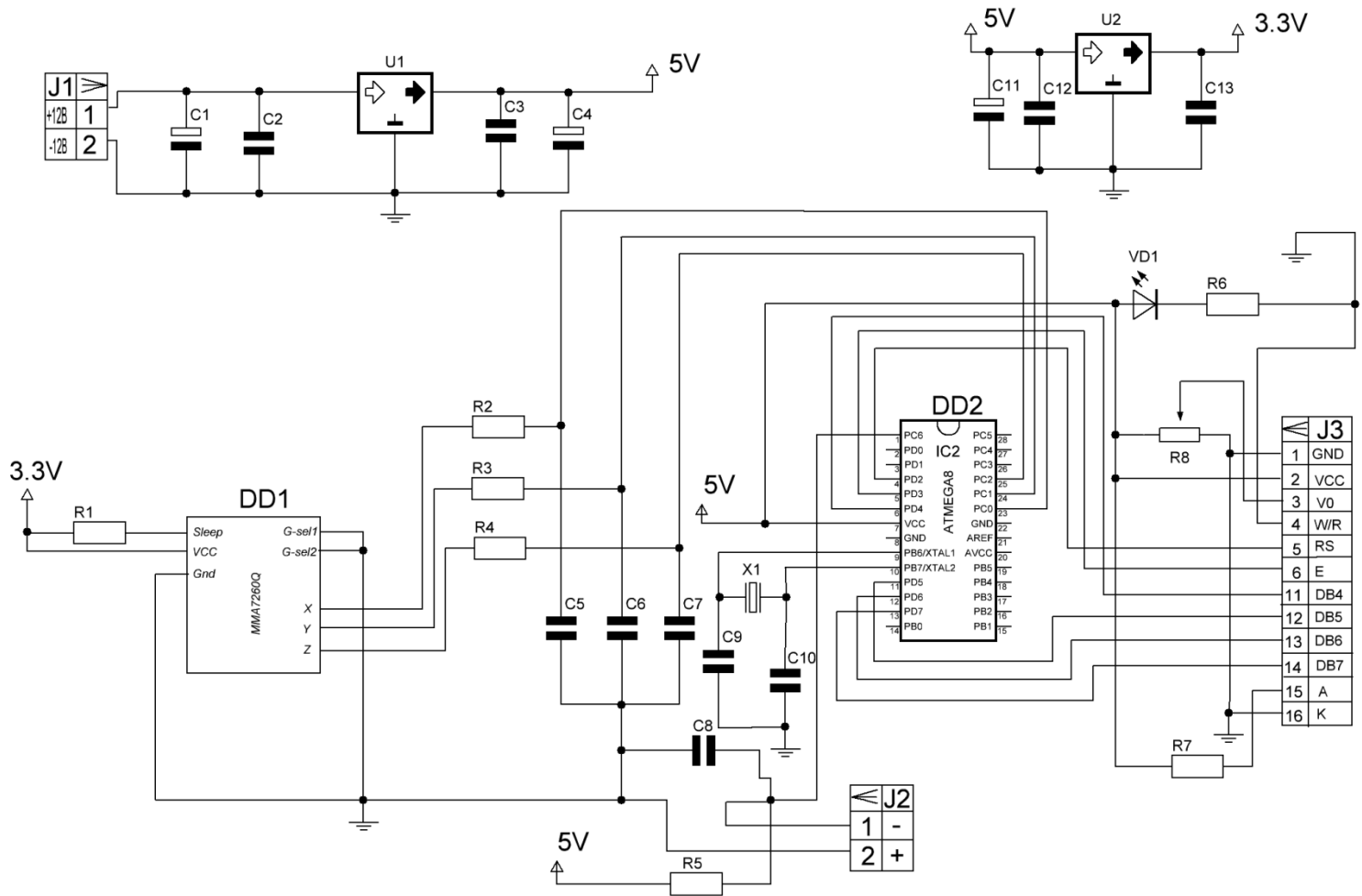
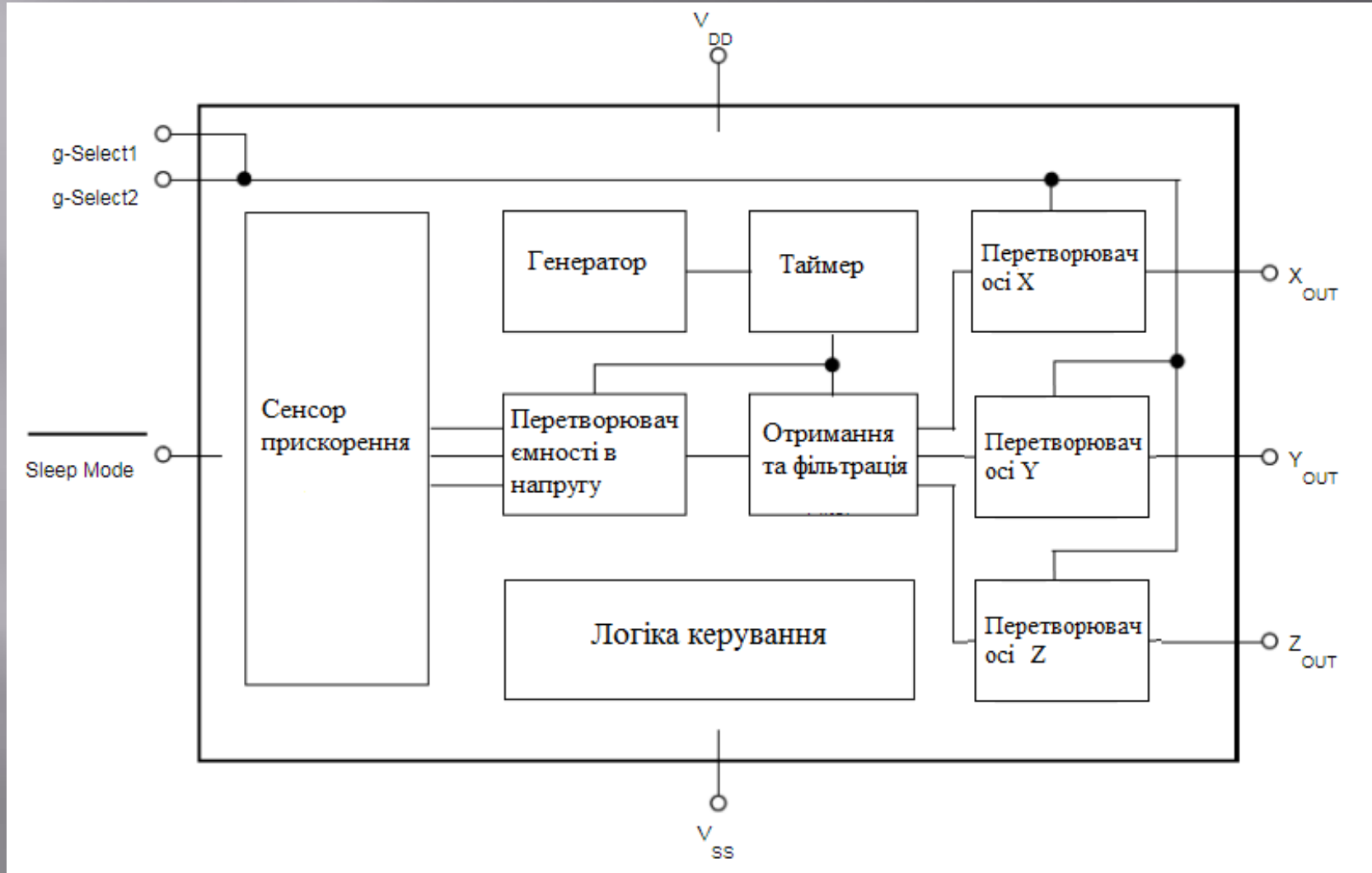


Схема електрична принципова пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта



Блок схема датчика MMA7260

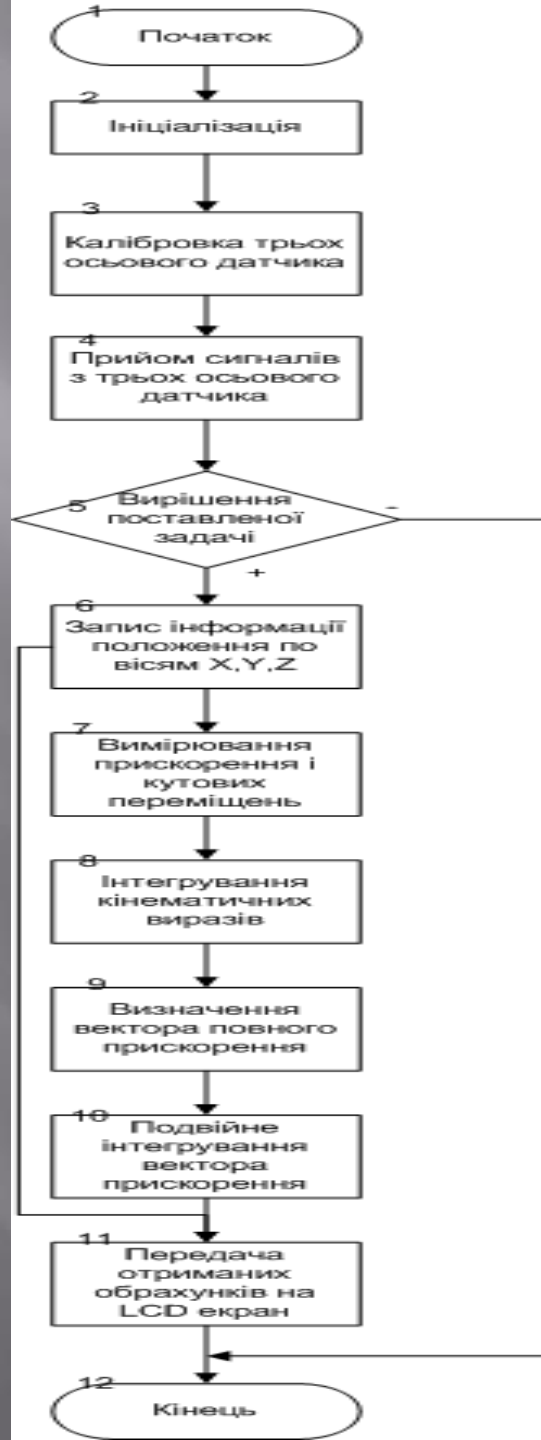
В якості трьох осьового датчика було використано MMA7260, який має досить широкий регулюючий діапазон чутливості, який можна вибрати комбінацією логічних рівнів на пінах g-Select1, g-Select2 (табл. 2.1). В залежності від комбінації цих логічних рівнів ми можемо здійснювати калібрування точності вимірювань автоматично за допомогою мікроконтролера Atmega8.

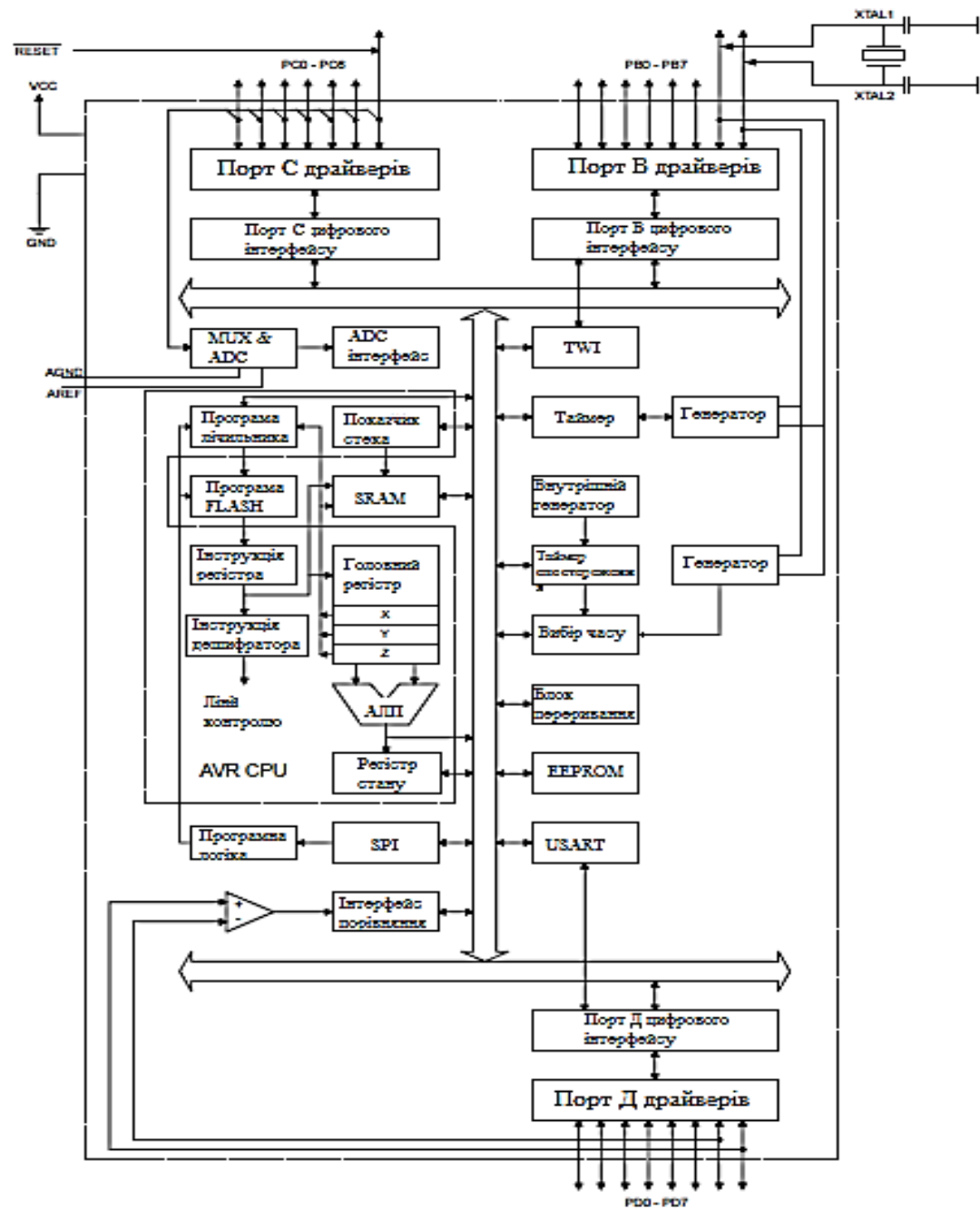
Даний датчик володіє такими характеристиками:

1. Напруга живлення от 2 до 3,6 вольт
2. Струм, який споживається в робочому режимі от 3 до 500 мкА, в залежності від частоти
3. Роздільна здатність від 10 до 13 біт
4. 3 вісі акселерометра
5. Робочий діапазон температур от -40 до +85 °C
6. Цифровий інтерфейс SPI (трьох- або чотирьохпровідний) і I2C
7. Детектування подій: вільне падіння, наявність активності по вісям, відсутність активності
8. Детектуючі діапазони перемикачів 1.5, 2, 4, 6 g
9. Стійкість до ударів з прискоренням до 10000 g
10. Швидкий час спрацювання порядку 1мс.

Таблиця 2.1 – Регулюючий діапазон чутливості датчика MMA7260

g-Select2	g-Select1	g-Range	Sensitivity
0	0	1.5g	800mV/g
0	1	2g	600mV/g
1	0	4g	300mV/g
1	1	6g	200mV/g





Блок схема мікроконтролера ATmega8

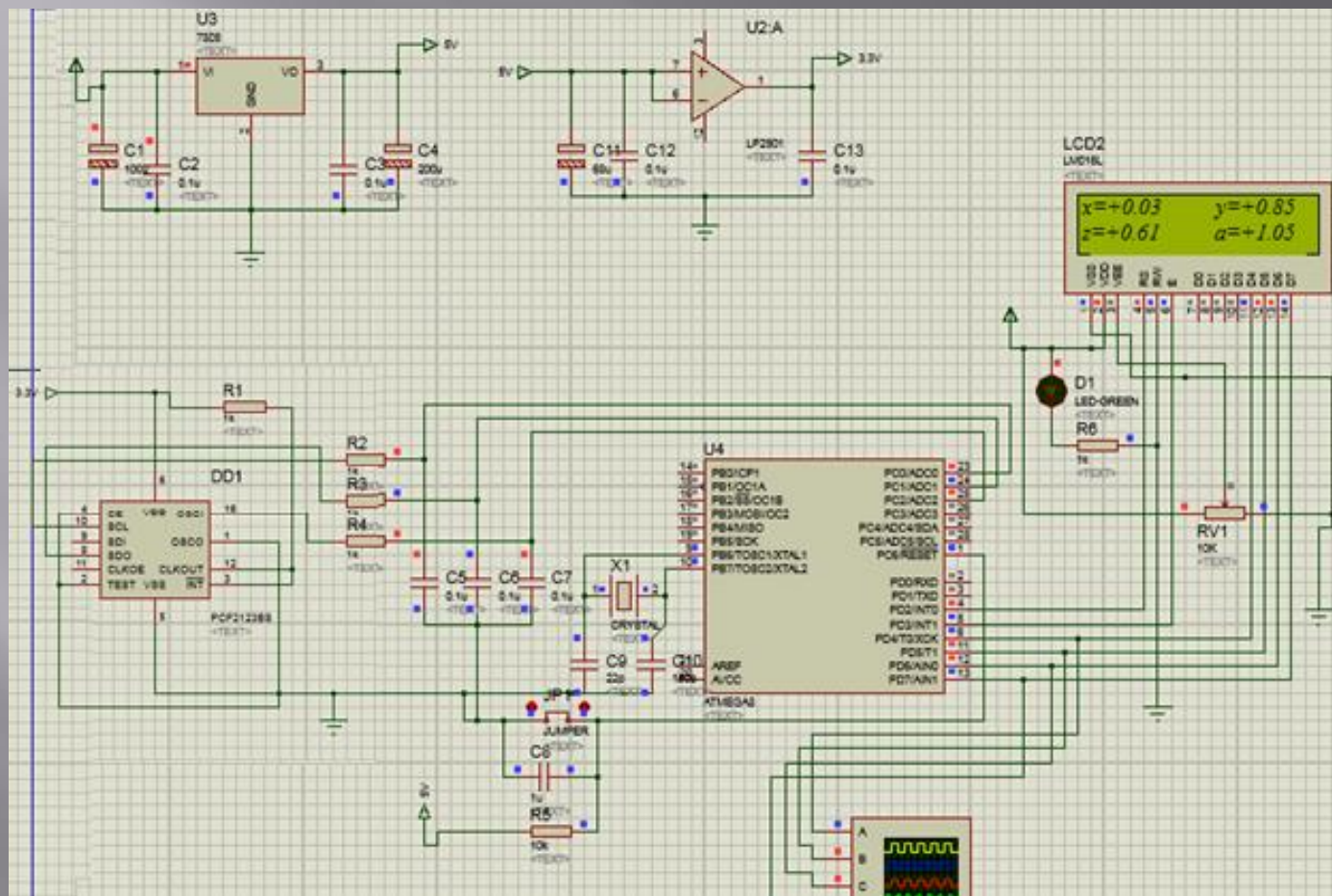
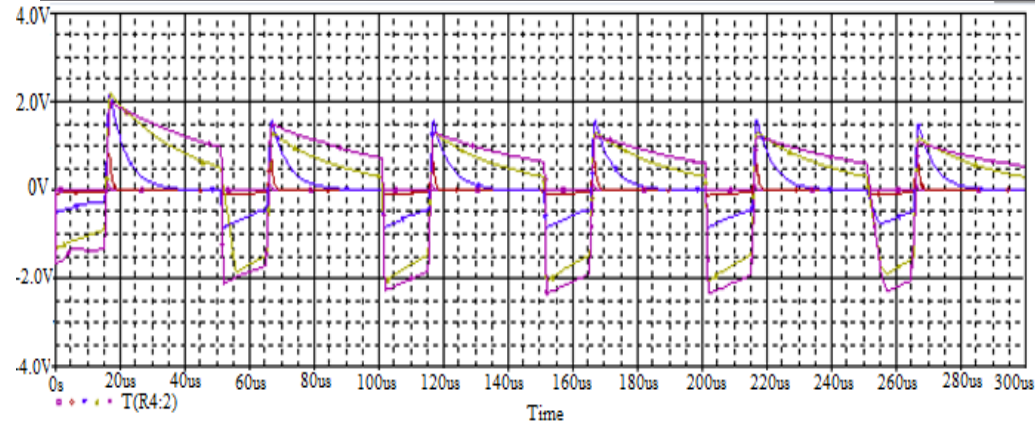
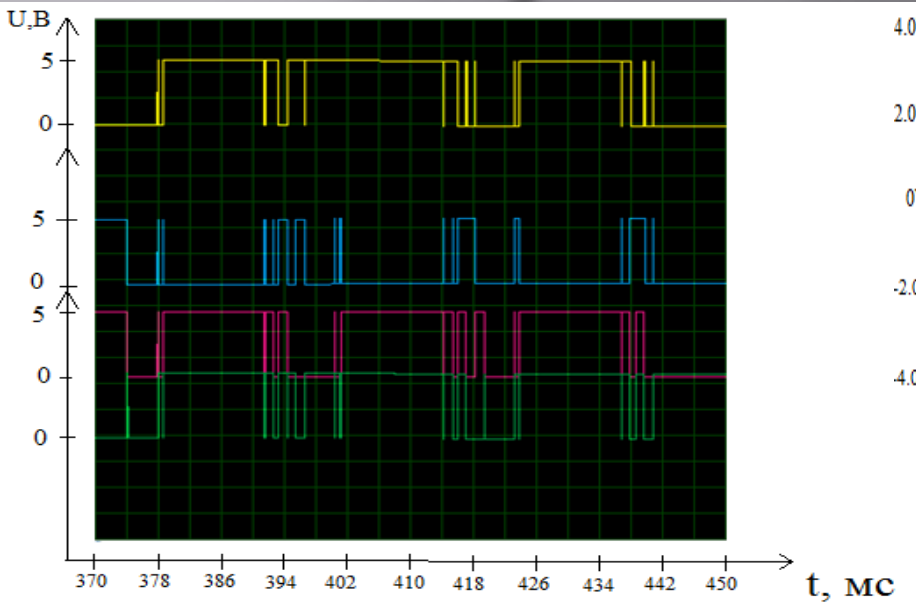


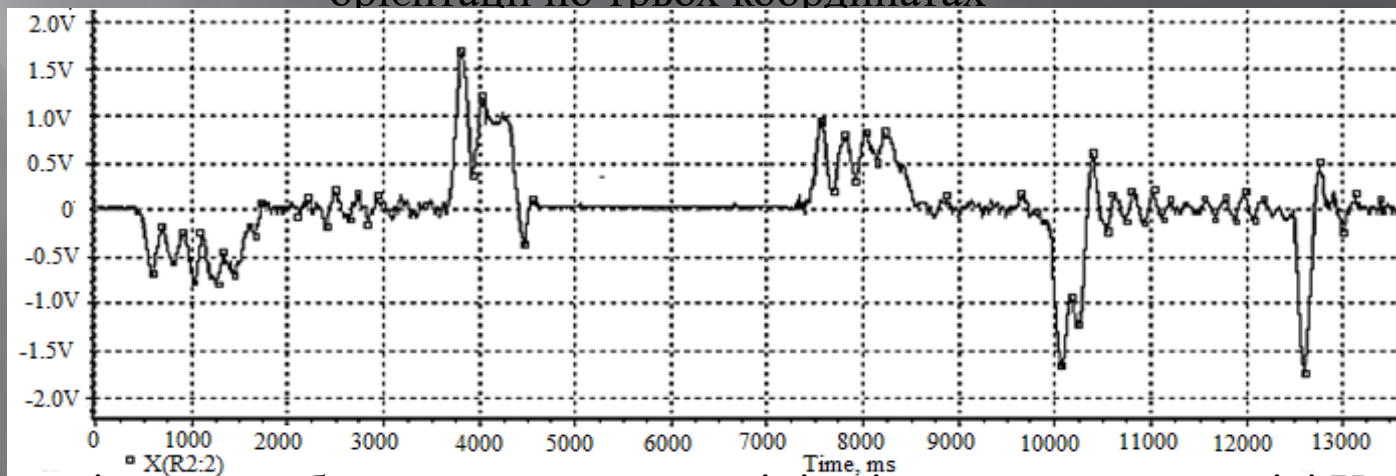
Схема пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта в середовищі ISIS Proteus

Результати моделювання

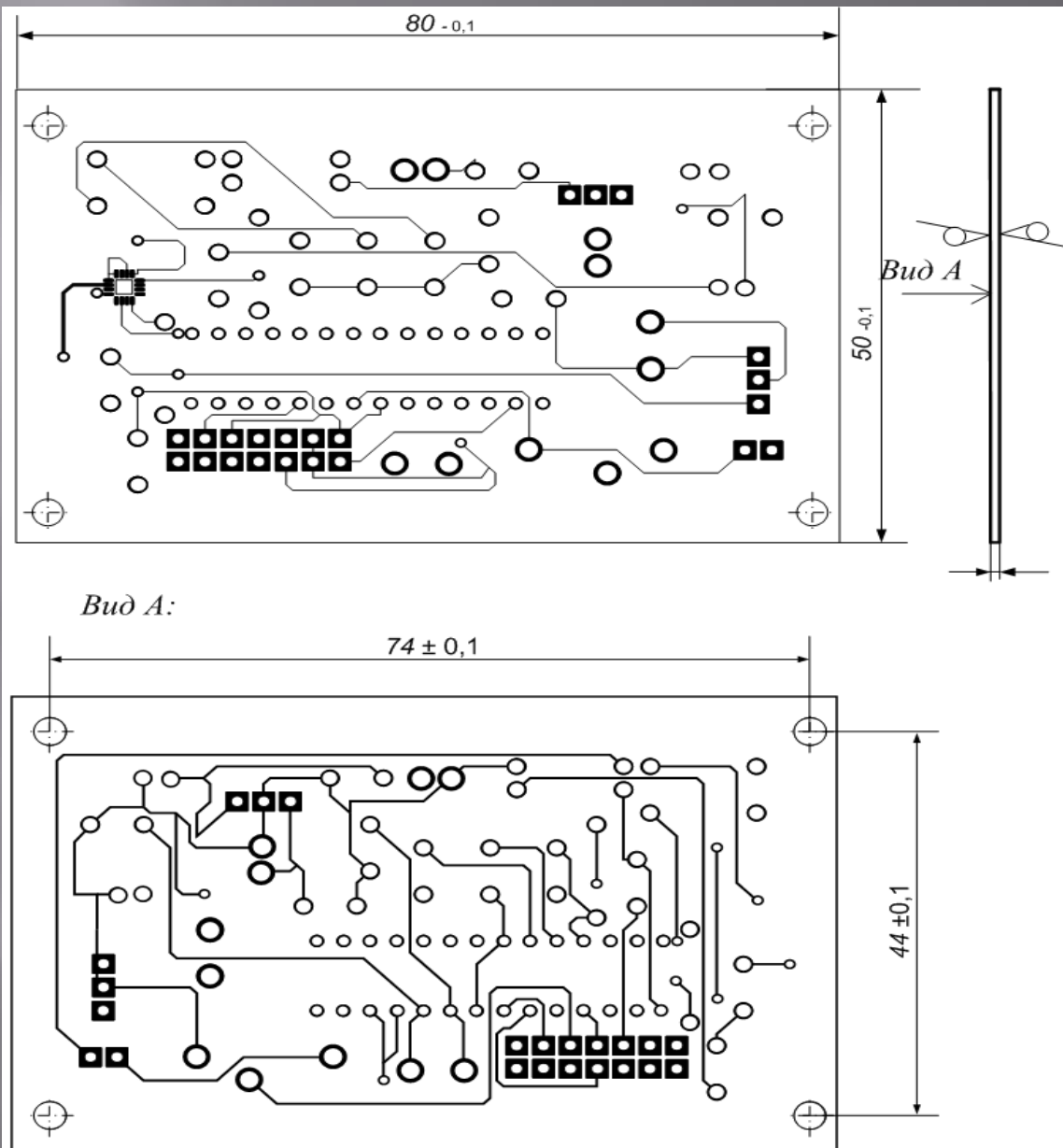


Параметричний аналіз схеми для резистора R4

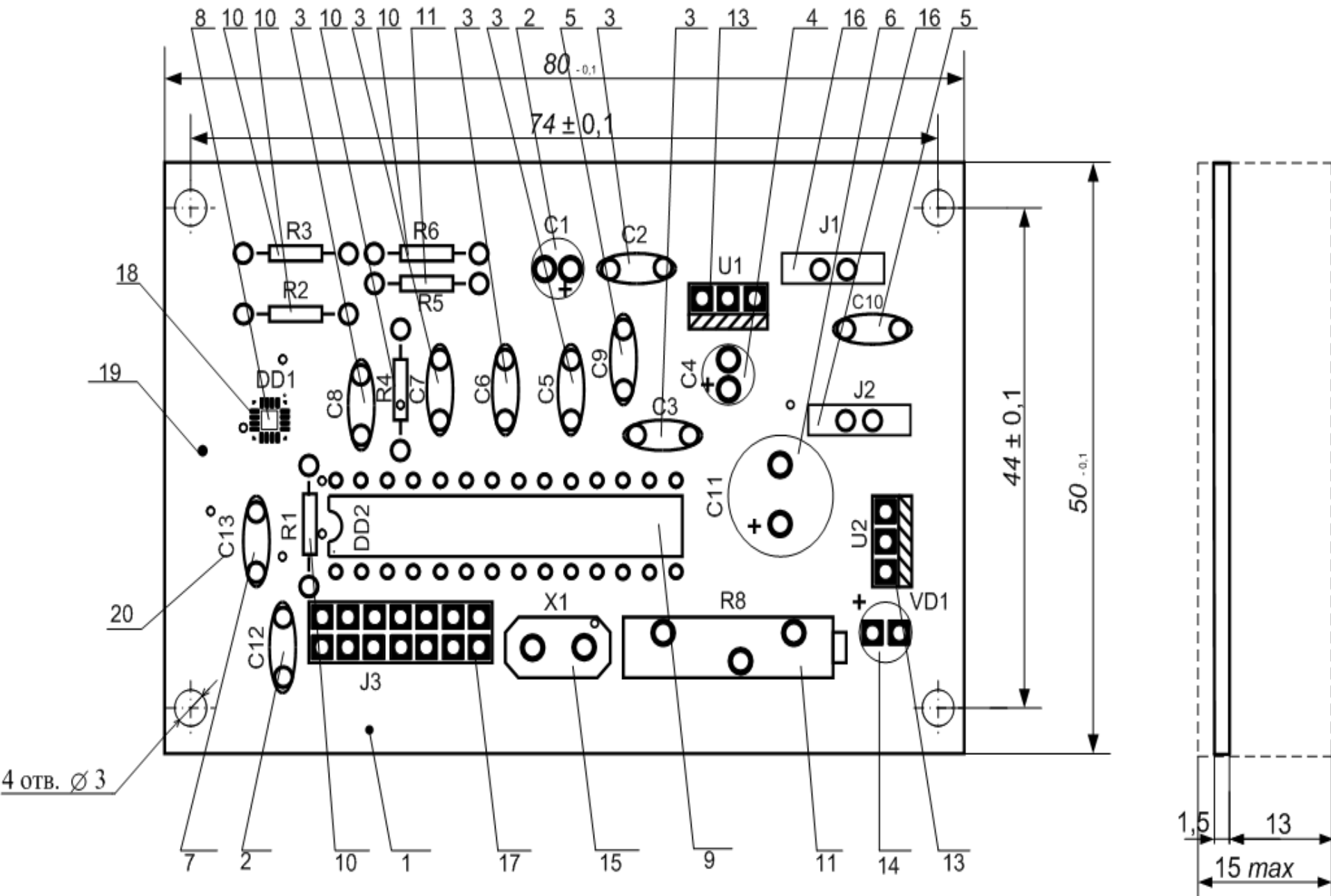
Часові діаграми роботи пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта при зміні орієнтації по трьох координатах



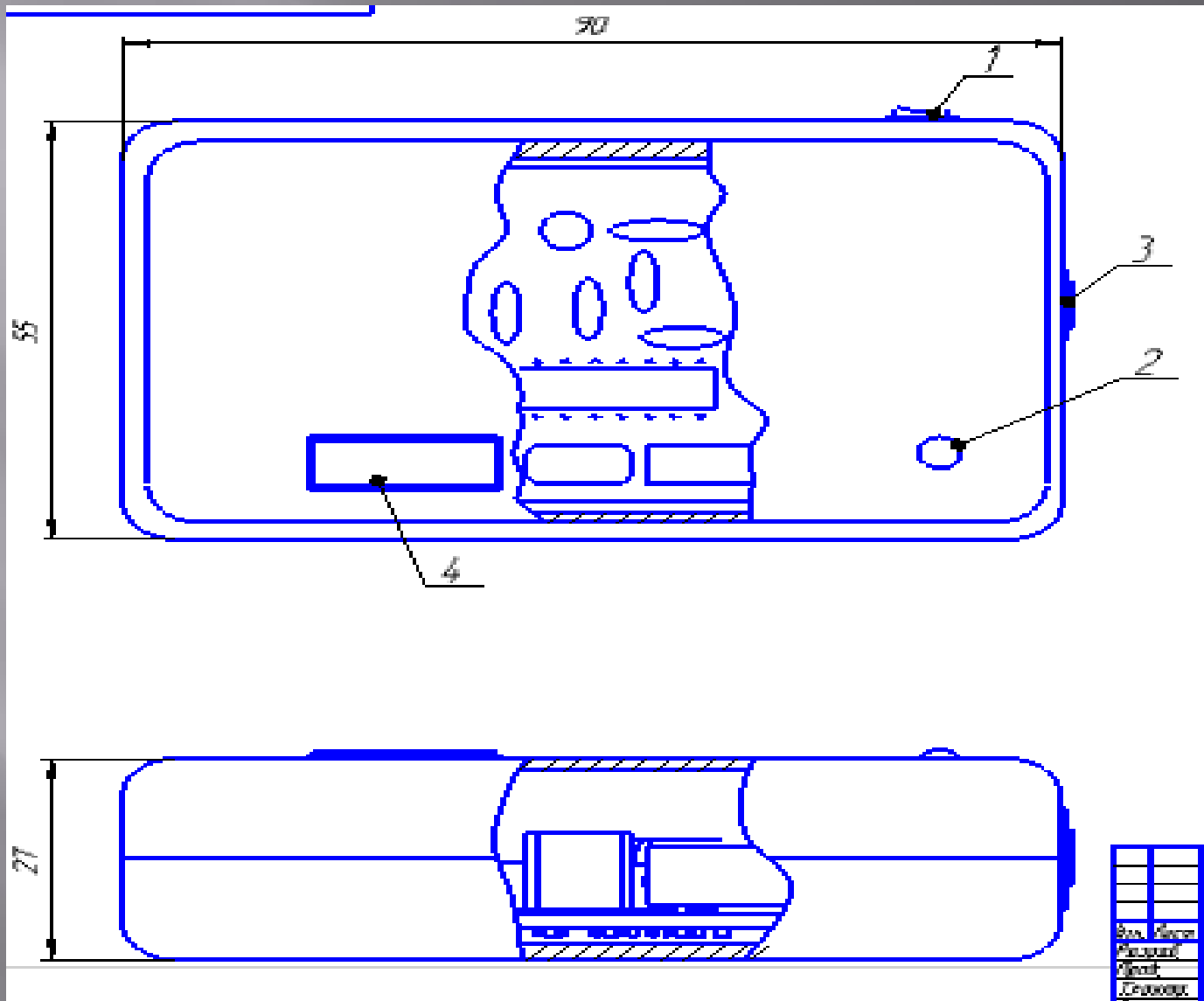
Часова діаграма роботи пристрою при зміні вхідного сигналу по вісі X



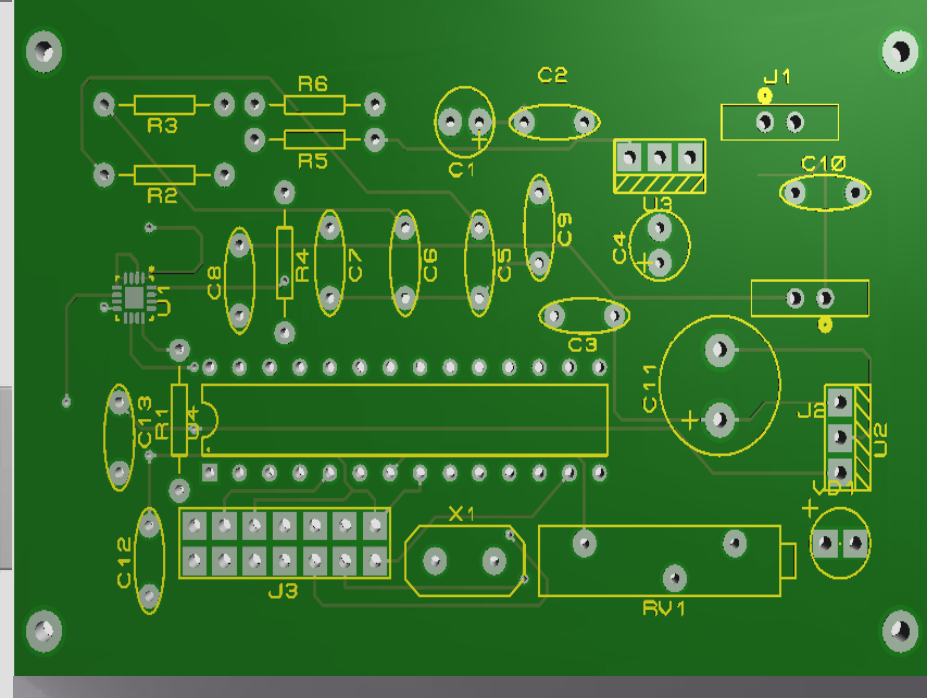
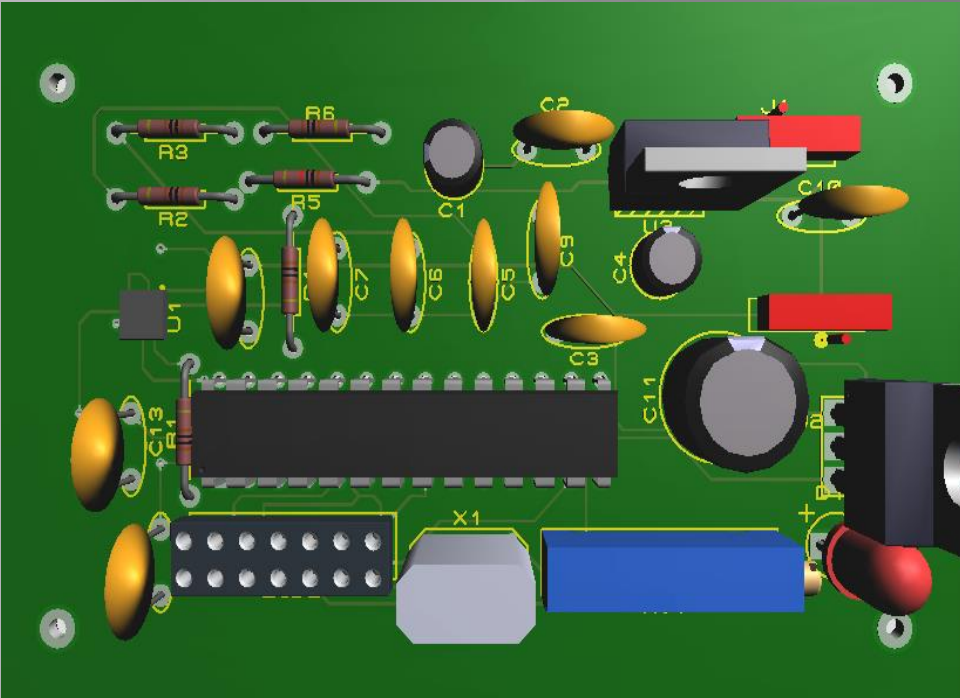
Плата друкована пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта



Складальне креслення



Креслення загального вигляду



ЗД візуалізація друкованої плати

ВИСНОВКИ

-
- Проведено огляд схем існуючих аналогів пристроїв для вимірювання динаміки руху об'єкта. Пристрої дозволяють визначити положення об'єкта та його прискорення при будь-якій зміні орієнтації у трьох координатних площинах.
- Наведено класифікацію пристроїв для вимірювання динаміки руху об'єкта. Вказано недоліки існуючих аналогів пристроїв для вимірювання динаміки руху об'єкта, у першому розглянутому аналогу є досить вузький діапазон чутливості та досить низькі функціональні можливості, за рахунок чого зменшується точність вимірювань, другий підвищує функціональні можливості пристрою за рахунок використання у ньому одночасно акселерометра та гіроскопа, але він має меншу точність вимірювань, що досягається незначним спотворенням сигналу при русі об'єкта в різних координатних площинах.
- Проведено оцінку наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи. Розраховано собівартість одиниці нової продукції, яка складає – 1050 грн., величину капітальних вкладень споживача пристрою – 2520 грн., величину експлуатаційних витрат на забезпечення функціонування пристрою в період експлуатації за один рік складає – 694 грн., показник якості, що складає – 3,13. На основі розрахунку підтверджено, що нова розробка є високоефективною оскільки забезпечує абсолютну економію як на питомих капітальних вкладеннях так і на питомих експлуатаційних витратах.
- На основі розглянутих існуючих аналогів пристроїв для вимірювання динаміки руху об'єкта, актуальним буде розробка такого пристрою, який би запобігав спотворенню сигналу при русі об'єкта, за рахунок чого б розширилися функціональні можливості пристрою та підвищилася точність вимірювання прискорення об'єкта та його орієнтація в просторі. Також актуальним буде використати в розробці мікропроцесор, так як більшість функцій схеми можна задати програмно і, як результат, можна збільшити точність та пришвидшити роботу при цьому майже не збільшуючи кількості елементів. Розробка та моделювання даної схеми в середовищі Proteus, опис її функцій та принцип роботи наведені в другому розділі.
- Розроблено структурну та електричну схеми пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта, наведено принцип його роботи.
- Розроблено блок схему алгоритму роботи програми та написано програму для мікроконтролера Atmega8 (додаток Е).

- Проведено моделювання розробленої схеми пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта в якому було наведено осцилограми, які дозволяють побачити зміни при різному положенні об'єкта в просторі, в якому змінюються одна з декількох або одночасно всі значення сигналів по кожній з координатних вісях та їх загальне прискорення при будь-якому положенні об'єкта у просторі, що свідчить про правильність роботи схеми та правильності написання керуючої програми мікроконтролера. Проведено температурний та параметричний аналізи схеми.
- Проведено розрахунок надійності пристрою та побудовано графік ймовірності його безвідмовної роботи.
- Проведено розрахунок параметрів друкованої плати та обрано її тип – двостороння. Цей тип характеризується високими комутаційними властивостями, підвищеною міцністю з'єднань виводів навісних елементів з рисунком плати, високою щільністю розташування електронних компонентів та низькою вартістю. У якості матеріалу друкованої плати обрано двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ-2-35-1,5 ТУ16-503.271-86 (ГОСТ 10316 – 78), який має товщину 1,5 мм. Для даного типу плати проведено розрахунок ширини друкованих провідників, діаметрів монтажних отворів та контактних площадок.
- Використовуючи ARES PCB Layout створено проект та проведено моделювання пристрою. Розміри створеної друкованої плати становлять 80x50 мм; товщина плати – 1,5 мм. На основі проектів ISIS Proteus та ARES PCB Layout було [10,12,14] створено електричну принципову схему, друковану плату, складальне креслення та креслення загального вигляду, які наведені в додатках Б, В, Г і Д відповідно.
- При дослідженні майбутнього виробу було проведено розрахунки витрат на проведення НДР та розробку і виготовлення пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта, було проведено оцінювання комерційного потенціалу розробки, за середньоарифметичною сумою балів. Встановлено, що пристрій для вимірювання динаміки руху об'єкта має середній рівень комерційного потенціалу, також визначена виробнича собівартість одиниці нового технічного рішення, визначений чистий прибуток, який може отримати виробник протягом одного року від реалізації даної розробки. Також був визначений строк окупності витрат для виробника, який складає 2,87 року і є меншим за нормативний. Ми переконались, що придбання нового виробу для споживача може бути економічно вигідним, бо споживач отримує економічний ефект від використання в межах 294,96 грн, та економічний ефект від ціни придбання в 1300,00 грн, що підтверджує економічну доцільність нової розробки та впровадження її у виробництво.
- Розглянуто такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні. Проведено заповнення частини карти умов праці. Розраховано нормовану освітленість загального штучного освітлення, яка становить 200 лк. Визначено сумарну освітленість 446,2 лк. Визначено допустимий час роботи РЕА – 2929,26 год. Розроблено рекомендації щодо покращення умов праці, виконується розрахунок та вибір способу захисту від домінуючого шкідливого або небезпечного фактору виробничого середовища, а також визначено області працездатності пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта в умовах дії іонізуючого випромінювання, а також в умовах дії електромагнітного імпульсу та наводяться норми пожежної безпеки, а також розглянуто протипожежні норми.
- Також в даному розділі було визначено область працездатності пристрою для вимірювання динаміки руху об'єкта в умовах дії загрозливих чинників НС в умовах дії електромагнітного імпульсу при напруженості вертикальної складової електричного поля $E_v \leq 3,15 \text{ В / м}$ та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елемента, яка в цілому для пристрою є граничною і складає: $r_{\text{гран}} = 3,68 \cdot 10^4 \text{ Рад/с}$.