

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1Б/ОК12- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 48 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО
науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від 21.05.2025р.
№ 3

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
з самостійної роботи студентів
з навчальної дисципліни
«ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОБ'ЄКТІВ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-
вимірювальні системи»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Рекомендовано на засіданні
кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
21 травня 2025р., протокол № 3

Розробники: старший викладач кафедри метрології та інформаційно-
вимірювальної техніки ЛУГОВИХ Оксана

Житомир

2025

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 48/2</i>

Методичні рекомендації для проведення лабораторних занять з навчальної дисципліни «Вимірювання параметрів руху об'єктів» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-вимірвальні системи» / Розробник О.О. Лугових. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2025. – 48 с.

Розробники: О.О. Лугових

Рецензенти:

к.т.н., доцент кафедри АтаКІТ ім. проф. Б.Б. Самотокіна О.О. Добржанський;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/3

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1	4
Дослідження засобів вимірювання швидкості на базі датчика Холла, Arduino Uno та дисплею.	
Лабораторна робота № 2	9
Проектування та дослідження комп'ютеризованого вимірювача прискорень.	
Лабораторна робота № 3	16
Дослідження засобів вимірювання швидкості та прискорення на базі акселерометра WT61C TTL.	
Лабораторна робота № 4	20
Дослідження засобів вимірювання прискорення на базі акселерометра від смартфона.	
Лабораторна робота № 5	26
Дослідження гіроскопа та положення його в просторі.	
Лабораторна робота № 6	34
Дослідження роботи GPS-модуля за допомогою Arduino UNO та LCD-дисплею.	
Лабораторна робота № 7	39
Проектування та дослідження комп'ютеризованого вимірювача параметрів руху з цифровими відеозображеннями.	
Лабораторна робота № 8	53
Визначення швидкості руху транспортних засобів за відеозаписом за допомогою нейромережі.	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/4

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Дослідження засобів вимірювання швидкості на базі датчика Холла, Arduino Uno та дисплею

1.1 Мета роботи

Скласти та дослідити тахометр (засіб вимірювання швидкості) на базі датчика Хола, Arduino Uno та дисплею.

1.2. Короткі теоретичні відомості

KY-003 - Датчик Холла (Hall sensor) виконаний на базі елемента «44Е» і по суті є магнітним перемикачем. Якщо поруч з ним немає магнітного поля, то на сигнальному виході датчика є високий рівень і навпаки - якщо поле присутнє, то на виході низький рівень напруги. Таким чином сенсор має цифровий вихід. На платі є світлодіод, який горить коли є магнітне вплив. Він легко підключається до мікроконтролерів.

Зовнішній вигляд датчика Холла KY-003 представлений на рис.1.1.

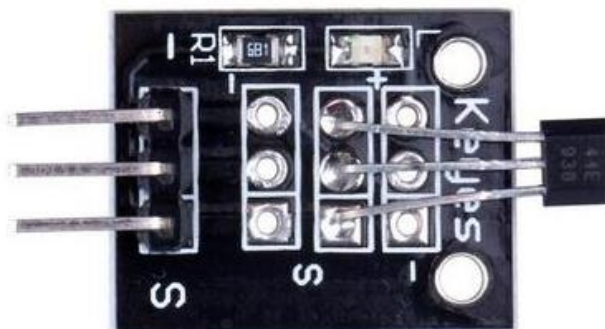


Рис.1.1. Датчик Холла KY-003

Пристрій фіксує наявність постійного магнітного поля. Модуль датчика холау KY-003 в основному використовується в автоматичі, електромеханіки для визначення параметрів руху деталей механізмів. KY-003 застосовується в системах та приладах побутового, навчального та розважального призначення. Добре підходить в якості наочного посібника для вивчення ефекту Холла.

Технічні характеристики датчик Холла KY-003:

- Робоча напруга: 4.5 - 24 В;
- Робочий діапазон температур: -40 - +85 С;
- Розмір: 18.5x15 мм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/5

Датчик Холла спрацьовує при піднесенні постійного магніту. Для роботи КУ-003 добре підходять неодимові магніти. Завдяки ефективності неодимового сплаву досить магніту невеликого розміру. Датчик реагує тільки на один полюс магніту. Визначати полюс магніту, на який реагує датчик, слід експериментально. Для визначення параметрів обертального руху, на колесі закріплюють один, або кілька магнітів. При проходженні повз датчика на його виході формується імпульс. Чим більше магнітів встановлено на обертовому колесі, тим точніше вимір.

Приклад цієї схеми підключення представлений на рис.1.2.

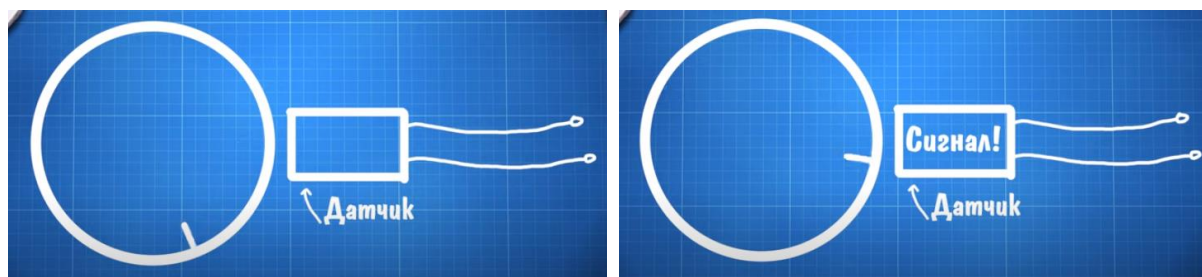


Рис.1.2. Схема використання датчика Холла та обертаючому магніті

Друга схема використання датчика Холла. Встановити багато магнітів на колесі дорого і складно. При установці слід дотримуватись полярності. Можна використовувати всього один. Магніт і модуль датчика Холла закріплені нерухомо один навпроти одного. Між ними знаходиться диск з отворами пов'язаний механічно з віссю двигуна. Диск виготовлений з немагнітної сталі, яка екранує слабе поле магніту. Завдяки чергуванню при русі прорізів і металу на виході датчика присутні імпульси. Ця конструкція аналогічна фотопереривнику, але має ряд переваг. Магніт на відміну від світлодіода не може згаснути, а це істотно підвищує надійність. Заощаджується струм живлення, не потрібні дроти світлодіода. Важлива перевага - робота в умовах підвищеної вологості. При конденсації вологи на лінзі Фотоприлад оптопара припиняє роботу, а для датчика Холла конденсація зовсім непомітна.

Третя схема. Непотрібний диск з прорізами і окремий магніт. Якщо в редукторі застосовані металеві шестерні, то намагнічують зубці шестерні і поруч закріплюють модуль датчика Холла. Але для цього знадобиться спеціальна установка, яка намагнічує шестерню.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/6

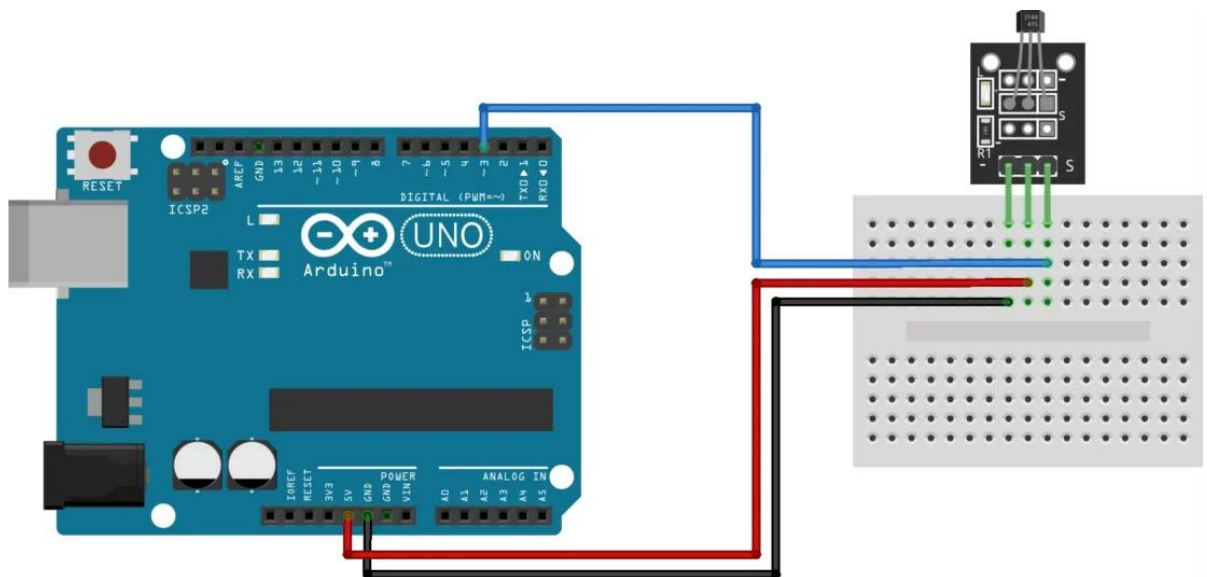


Рис.1.3.Схема підключення датчика Холла KY-003 до Arduino Uno

Підключення виводів наступне:

- "S" - цифровий вихід;
- «середній контакт» - +5 В;
- «-» - загальний.

Таке підключення датчик Холла KY-003 до Arduino Uno представлено на рис.1.3.

На рис 1.3 представлено класичне підключення датчика Холла KY-003 до Arduino Uno. В програмі далі рис.1.4 підключення до живлення на 5В відбувається до цифрового входу. В програмі прописується, що при подати 5 вольт на 3 пін.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/7

```

tachometer_usb | Arduino 1.8.9
Файл Правка Скетч Інструменти Допомога

tachometer_usb $
unsigned long lastflash;
int RPM;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //відкрити порт та задати швидкість передачі по серіал порту
  attachInterrupt(0, sens, RISING); //підключити переривання на 2 пін при підвищенні сигналу
  pinMode(3, OUTPUT); //3 пін як вихід
  digitalWrite(3, HIGH); //подати 5 вольт на 3 пін
}

void sens() {
  RPM=60/((float)(micros()-lastflash)/1000000); //расчет
  lastflash=micros(); //запам'ятати час останнього оберту
}

void loop() {
  if ((micros()-lastflash)>1000000){ //якщо сигналу немає більше секунди
    RPM=0; //вважаємо щоо RPM 0
  }
  Serial.println(RPM); //вивід в порт
  delay(50); //затримка для стабільності
}

Скетч використовує 3102 байтів (9%) місця зберігання для програм. Межа 32256 байтів.
Глобальні змінні використовують 198 байтів (9%) динамічної пам'яті, залишаючи 1850 байтів для л

```

Рис.1.4. Робоче програма для виводі обертів в монітор порта

3 цифровий пін використовуються як джерело живлення (+5V) для датчика Холла. Для цього setup() прописано подати сигнал високого рівня на 3 пін.

2 пін приймає переривання. Для нано та уно це 2 і 3 піни, і при оголошенні переривання вона називаються відповідно 0 і 1 (0 це другий, 1 це третій).

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- вивчити теоретичні відомості про засоби вимірювання швидкості (тахометр);
 - вивчити теоретичні відомості про датчик Холла;
 - встановити Arduino IDE.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/8

1.4. Порядок роботи:

1. Встановити та запустити Arduino IDE.
2. Скласти макет тахометру на базі Arduino Uno, датчику Холла, дисплею, магніту закріпленого на двигуні.
3. Написати та скомпілювати програму для виводу частоти обертів на серіал порт з рис.1.4
4. Написати та скомпілювати програму для виводу частоти обертів на дисплей.
5. Представити виміряні дані в вигляді скріншотів виконання програми та фото роботи макету.
6. Оформити звіт та зробити висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/9

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Проектування та дослідження комп'ютеризованого вимірювача прискорень

1.1 Мета роботи

Зпроекувати та відкалібрувати вимірювач прискорень на базі ардуіно та датчика ADXL345, обчислити крен та кут тангажу.

1.2. Короткі теоретичні відомості

ADXL345 - це 3-осьовий акселерометр, який може вимірювати як статичні, так і динамічні сили прискорення. Сила земного тяжіння є типовим прикладом статичної сили, в той час як динамічні сили можуть бути викликані вібраціями, рухами і так далі.

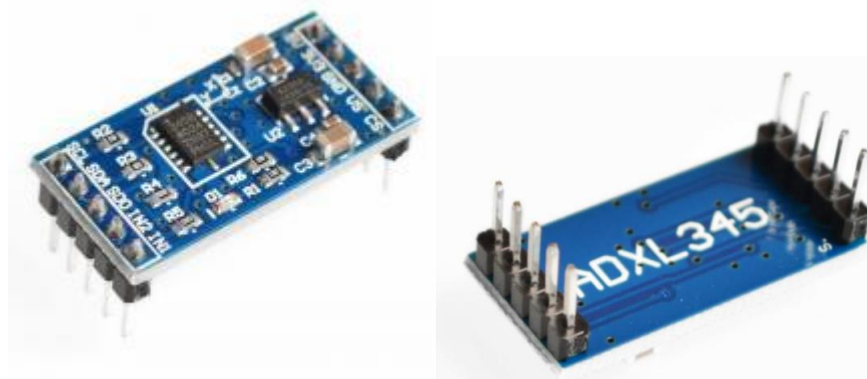


Рисунок 2.1 – 3-осьовий акселерометр ADXL345

3-х осьовий цифровий акселерометр на основі чіпа ADXL345 є датчиком, що вимірює проекції прискореного на три просторові осі (x, y, z). Знаючи ці вимірювання и з огляду на величину вільного падіння, можна визначити орієнтацію самого акселерометра в просторі. Цифрові результати вимірювання представляються у вигляді 16-розрядно чисел в додатковий коді та доступні через цифрові інтерфейси SPI (трьох- або чотирьохпровідні) або I2C.

Чутливість сенсора налаштовується (максимальна 4 mg/LSB). Частота оновлення інформації від 0,1 до 3200 Гц. . Напруга живлення чіпа 2.0 - 3.6В (можна живить з виходом 3.3В Ардуіно), плата може бути живитися від 5В (є вбудований регулятор напруги), споживання струму під час роботи 23мкА. Датчик працює як з SPI так и I2C інтерфейсами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 10

Дуже простий в роботі. Вивід CS використовується для Вибори інтерфейсу. Якщо на CS низьких рівень - використовується SPI інтерфейс. Якщо ж на вході CS високий рівень - використовується I2C інтерфейс.

Характеристики:

- Напруга живлення: 3.3 – 5.0 В;
- Інтерфейс шини: I2C / SPI;
- Формат пакета даних: 13 біт;
- Додаткові виводи переривань;
- Робочий діапазон: $\pm 2 \text{ g} \dots \pm 16 \text{ g}$.

Загальновідома одиниця вимірювання прискорення - метр на секунду в квадраті (м/с²). Однак акселерометри зазвичай видають значення в «g» або гравітаційне прискорення. Один «g» - це величина прискорення надається тілу силою тяжіння на поверхні землі і в середньому дорівнює 9,8 м / с².

Отже, якщо у нас акселерометр, розташований горизонтально, з його віссю Z, спрямованої вгору, (протилежної силі тяжіння) вихідний сигнал по осі Z буде дорівнює 1g. Вихідні сигнали по осях X і Y дорівнюватимуть нулю, тому що гравітаційна сила перпендикулярна до цих осей і ніяк на них не впливає.

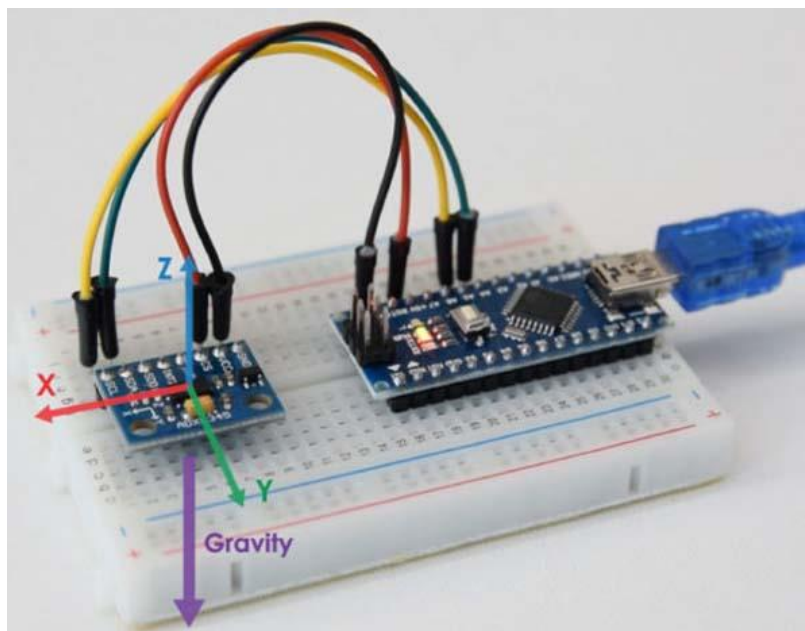


Рисунок 2.2 – Розташування осей акселерометра

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/11

Якщо перевернути датчик догори ногами, то вихідний сигнал по осі Z буде $-1g$. Це означає, що вихідні дані датчика через його орієнтації під дією сили тяжіння можуть варіюватися від $-1g$ до $+1g$.

Добре, тепер давайте подивимося, як ми можемо прочитати дані акселерометра ADXL345 за допомогою Arduino. Для зв'язку з Arduino датчик ADXL345 використовує I2C протокол. Отже, нам потрібні тільки два дроти для його підключення (лінії даних) і два дроти для його харчування.

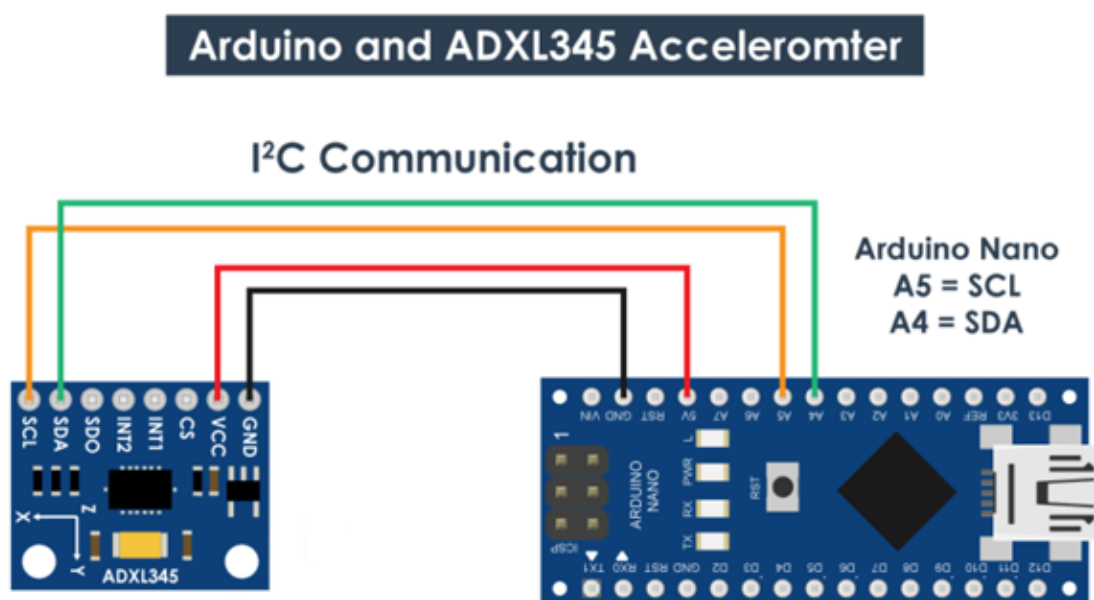


Рисунок 2.3 – Схема підключення акселерометра до Ардуіно

Скетч для читання даних акселерометра ADXL345 представлений нижче:

```
#include <Wire.h> // подключение библиотеки Wire
int ADXL345 = 0x53; // Адрес I2C датчика ADXL345
float X_out, Y_out, Z_out; // Выходы

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin(); // Инициализация библиотеки Wire
  // Установите ADXL345 в режим измерения
  Wire.beginTransmission(ADXL345); // Начать общение с устройством
  Wire.write(0x2D); // работа с регистром POWER_CTL - 0x2D
  // Включить измерение
  Wire.write(8); // (8dec -> 0000 1000 двоичный) Бит D3 High для разрешения
  измерения
  Wire.endTransmission();
  delay(10);
}
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 12

```

void loop() {
// === Считает данные акселерометра === //
  Wire.beginTransmission(ADXL345);
  Wire.write(0x32); // Начать с регистра 0x32 (ACCEL_XOUT_H)
  Wire.endTransmission(false);
  Wire.requestFrom(ADXL345, 6, true); // Чтение всех 6 регистров, значение
каждой оси сохраняется в 2 регистрах
  X_out = ( Wire.read() | Wire.read() << 8); // Значение по оси X
  X_out = X_out/256; //Для диапазона + -2g нам нужно разделить необработанные
значения на 256 в соответствии с datasheet
  Y_out = ( Wire.read() | Wire.read() << 8); // Значение по оси Y
  Y_out = Y_out/256;
  Z_out = ( Wire.read() | Wire.read() << 8); // Значение по оси Z
  Z_out = Z_out/256;

  Serial.print("Xa= ");
  Serial.print(X_out);
  Serial.print("   Ya= ");
  Serial.print(Y_out);
  Serial.print("   Za= ");
  Serial.println(Z_out);
}

```

Вихідні дані датчика фактично залежать від обраної чутливості, яка може варіюватися від + -2g до + -16g. Чутливість за замовчуванням становить + -2g, тому нам потрібно розділити результат на 256, щоб отримати значення від -1 до + 1g. 256 LSB / g означає, що у нас 256 відліків на 1g.

Залежно від нашої потреби ми можемо вибрати відповідну чутливість. У разі для стеження орієнтації цілком підійде чутливість + -2g, але для додатків, де нам потрібно фіксувати вищу силу прискорення, наприклад, від раптових рухів, ударів і т. д. Можна вибрати інші діапазони чутливості, використовуючи регістр DATA_FORMAT і його біти D1 та D0.

Після того як ми прочитали дані, ми можемо просто вивести їх в моніторі послідовного порту, щоб перевірити, чи відповідають значення очікуваним.

Для того щоб відкалібрувати акселерометр потрібно використати 3 регістра калібрування зміщення. Отже, потрібно розташувати датчик рівно і роздрукувати значення RAW, що не ділячи їх на 256 рис.2.4.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/13

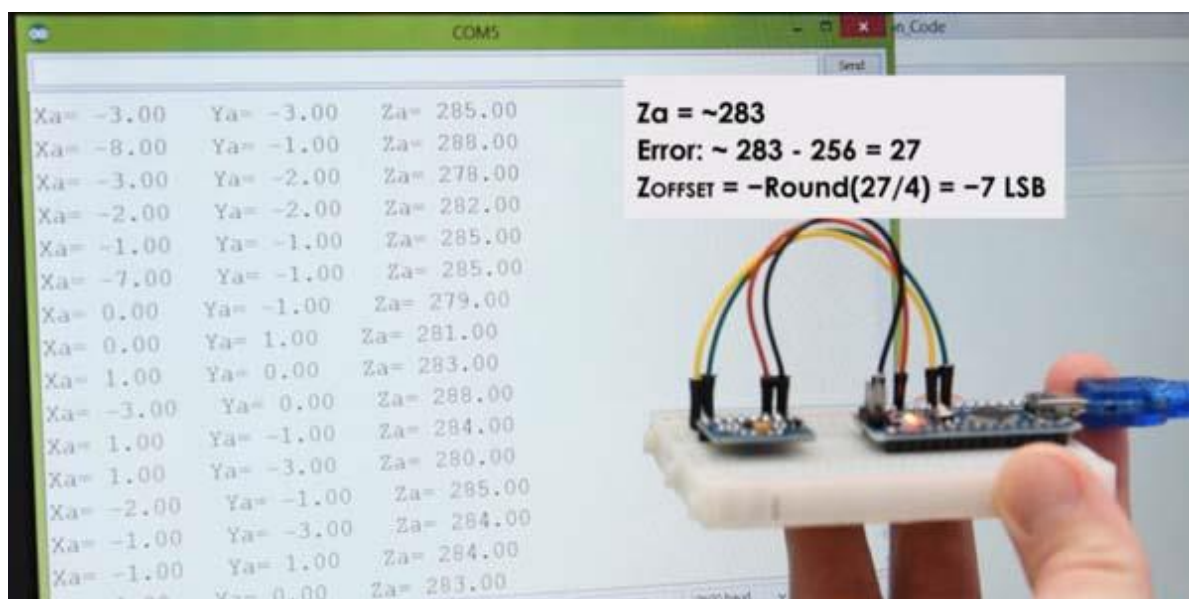


Рисунок 2.4 – Роботи акселерометра з відхиленням

Тут ми можемо бачити відхилення від норми, в нашому випадку значення по осі Z було близько 283. Це позитивна різниця в 27. Тепер нам потрібно розділити це значення на 4, і це дасть нам число, яке нам потрібно записати в регістр зсуву осі Z. якщо після цього ми завантажимо скетч, то значення по осі Z буде рівно 256, або 1g, як і повинно бути.

Скетч з налаштуванням представлений нижче на рис.2.5.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/14

```

1. // Этот код должен находиться в разделе setup()
2. // Калибровка смещения
3. // ось X
4. Wire.beginTransmission(ADXL345);
5. Wire.write(0x1E); // Регистр смещения оси X
6. Wire.write(1);
7. Wire.endTransmission();
8. delay(10);
9. // ось Y
10. Wire.beginTransmission(ADXL345);
11. Wire.write(0x1F); //Регистр смещения оси Y
12. Wire.write(-2);
13. Wire.endTransmission();
14. delay(10);
15.
16. // ось Z
17. Wire.beginTransmission(ADXL345);
18. Wire.write(0x20); // Регистр смещения оси Z
19. Wire.write(-7);
20. Wire.endTransmission();
21. delay(10);

```

Рисунок 2.5 – Частина скетчу для калібрування акселерометра

При необхідності нам слід відкалібрувати і інші осі, використовуючи той же метод. І відразу зауважимо, що ця калібрування не записує в регістри постійно. Нам потрібно записувати ці значення в регістри при кожному включенні датчика.

Після того, як ми завершили калібрування, можна обчислити крен і кут тангажу, використовуючи дві формули:

```

1. // Расчет крена и тангажа (вращение вокруг оси X, вращение вокруг оси Y)
2. roll = atan(Y_out / sqrt(pow(X_out, 2) + pow(Z_out, 2))) * 180 / PI;
3. pitch = atan(-1 * X_out / sqrt(pow(Y_out, 2) + pow(Z_out, 2))) * 180 / PI;

```

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- ознайомитись з рекомендованою літературою;
- вивчити короткі теоретичні відомості.

1.4. Порядок роботи:

7. Підключити модуль ArduinoUno до акселерометра ADXL345 по протоколу I2C.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 15

8. Скачати та підключити в скетчі необхідні бібліотеки для роботи з акселерометра ADXL345.
9. Відкалібрувати акселерометр по 3-ом осям.
10. Обчислити крен і кут тангажу.
11. Виконати вимірювання прискорення при повільному русі, при швидкому русі, при поступальному русі.
12. Представити виміряні дані в вигляді табличок.
13. Побудувати графіки залежності часу від прискорення та часу від швидкості при трьох різних видів руху.
14. Оформити звіт та зробити висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 16

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Дослідження засобів вимірювання швидкості та прискорення на базі акселерометра WT61C TTL

1.1 Мета роботи

Дослідити існуючі засоби вимірювання швидкості та прискорення на базі акселерометру

1.2. Короткі теоретичні відомості

Акселерометр - це пристрій, який забезпечує можливість вимірювання та аналізу лінійного і кутового прискорення. Ця функція необхідна в багатьох базових пристроях і системах, використовуваних майже в кожній галузі життя – як в домашніх приладах щоденного використання, так і в професійних промислових програмах або науково-дослідних розробках.

Схема простішого акселерометра представлена на рис.3.1.

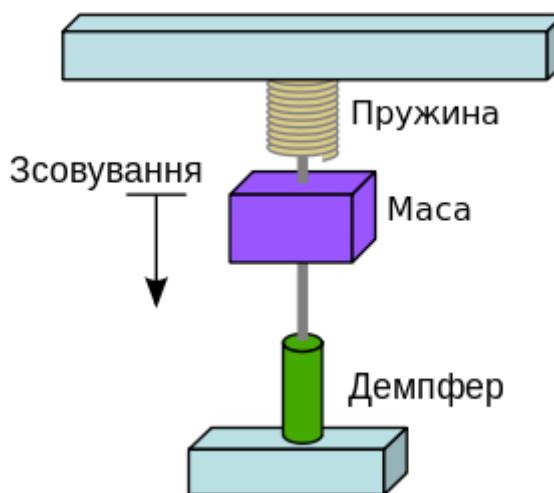


Рис.3.1.Схема простішого акселерометра

Схема простого акселерометра. Вантаж закріплений на пружині. Демпфер пригнічує коливання вантажу. Чим більше повне прискорення, тим сильніше деформується пружина, змінюючи покази приладу.

Застосовується при випробуваннях та експлуатації кораблів, літаків, ракет, автомобілів тощо, а також як чутливий елемент автопілотів, гіровертикалей та ін.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 17

Крім того, в зв'язку з розвитком автоматизованих систем числового програмного керування верстатів, акселерометри використовуються для контролю стану різального інструменту, що дозволяє в онлайн-режимі проводити корекцію законів керування та, відповідно, контролювати точність обробки виробу. Акселерометри використовують в системах управління жорстких дисків комп'ютерів для активації механізму захисту від пошкоджень (які можуть бути отримані в результаті ударів і падінь).

Останнім часом завдяки поширенню знань акселерометри застосовують у манекенах для вимірювання навантаження на органи людини в екстремальних умовах.

Також широко застосовується в смартфонах. В першу чергу, саме завдяки акселерометрам зображення на екрані змінює своє положення в залежності від горизонтальної або вертикальної орієнтації гаджета. Як наслідок, його наявність забезпечує як яскравий ігровий процес, так і деякі службові функції: наприклад, деякі моделі дозволяють прийняти вхідний дзвінок, легко потрусивши апарат.

У смартфоні акселерометр встановлений у вигляді невеликого чіпа або датчика, розміром у кілька разів меншим за 10-копійкову монету (рис.3.2.)

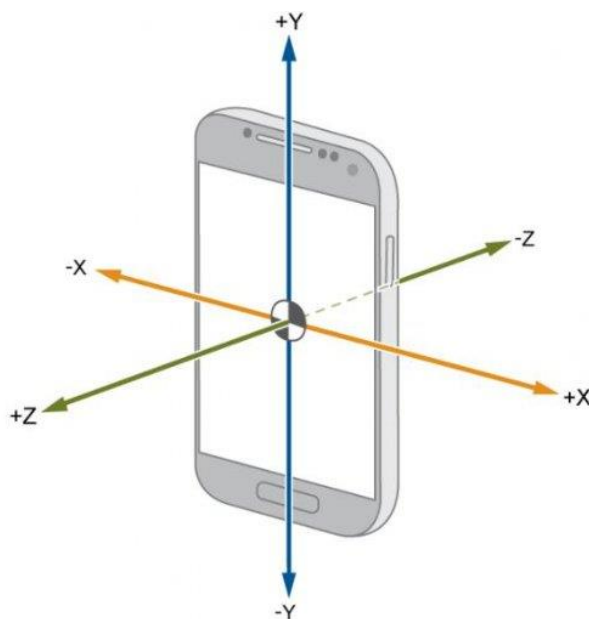


Рис.3.2.Акселерометр в смартфоні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 18

Акселерометр WT61C TTL, 6-осьовий високоточний датчик AHRS IMU, 2-осьовий кут нахилу (нахил), інклінометр, 3-осьовий акселерометр + гіроскоп, модуль MPU6050 (XYZ, вихід 100 Гц), фільтр Калмана для ПК/Android/Arduino.[представлений на рис.3.3.



Рис3.3. Акселерометр WT61C TTL

Основні риси:

- Гіроскоп WT61C є гарним рішенням для вимірювання кутів, вимірювання прискорення та вимірювання кутової швидкості. Він об'єднує 3-осьовий гіроскоп і 3-осьовий акселерометр;

- Фільтр Калмана поєднує в собі гіроскоп і акселерометр для отримання високоточного вимірювання кута, його можна використовувати як чотириосьовий контроль польоту та самобалансуючий робот, вимірювання кута та вимірювання глибини тощо;

- Модуль може отримати точне ставлення в динамічному середовищі. Точність вимірювання ставлення становить 0,05 градусів, висока стабільність;

- Використовуючи високоточний гіроскопічний акселерометр MPU6050, зчитуйте дані вимірювань через послідовний порт. Немає необхідності вивчати складний протокол I2C MPU6050. Зберігає інтерфейс I2C MPU6050, щоб задовольнити потреби досвідчених користувачів. Завдяки передовій технології цифрової фільтрації, зменшить шум вимірювання та підвищить точність вимірювання;

- За допомогою золотих отворів для штампів можна вбудувати в технічний індикатор друкованої плати користувача.

Технічні характеристики:

- Вхідна напруга: 3,3 В-5 В;
- Струм споживання: типовий 10 мА;
- Розміри: 6 * 51 * 15 мм;
- Вимірювання: кут нахилу: 2 осі (крен і тангаж), прискорення: 3 осі кутова швидкість: 3 осі;

- Діапазон: прискорення: $\pm 16g$, кутова швидкість: $\pm 2000^\circ / c$;

- Частота виведення даних 100 Гц (швидкість 115200 бод) / 20 Гц (швидкість 9600 бод);

- Інтерфейс даних: послідовний (рівень TTL), I2C (безпосередньо підключений MPU6050, без виходу позиції);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 19

– Швидкість передачі даних 115200kps/9600kps;
Для роботи з акселерометром WT61C TTL потрібно встановити драйвери для підключення та програмне забезпечення (рис.3.4).

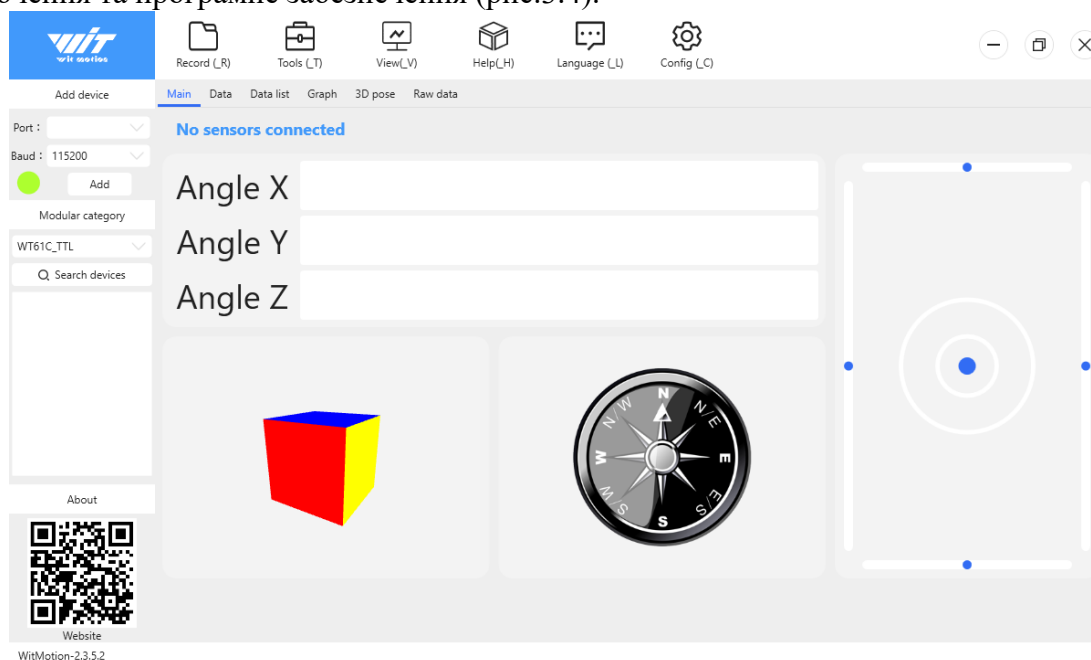


Рис.3.4. Робоче середовище додатку WitMotion

Дані файли та інструкції знаходяться за наступними посиланнями:

- 1)https://www.amazon.co.uk/Precision-Inclinometer-Accelerometer-Gyroscope-MPU6050/dp/B087WKMB18?ref=ast_sto_dp
- 2)https://drive.google.com/drive/folders/1TLutidDBd_tDg5aTXgjkz63OVt5_8ZZ

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- ознайомитись з рекомендованою літературою;
 - вивчити короткі теоретичні відомості;
 - встановити драйвери та програмний додаток WitMotion.

1.4. Порядок роботи:

15. Підключити акселерометр по USB до комп'ютера.
16. Запустити програму для тестових вимірювань.
17. Виконати вимірювання при повільному русі акселерометра.
18. Виконати вимірювання при швидкому русі акселерометра.
19. Виконати вимірювання при поступальному русі акселерометра.
20. Представити виміряні дані в вигляді табличок.
21. Побудувати графіки залежності часу від прискорення та часу від швидкості при трьох різних видів руху.
22. Оформити звіт та зробити висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 20

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Дослідження засобів вимірювання прискорення на базі акселерометра від смартфона

1.1 Мета роботи

Дослідити існуючі засоби вимірювання швидкості та прискорення на базі акселерометру

1.2. Короткі теоретичні відомості

Акселерометр - це пристрій, який забезпечує можливість вимірювання та аналізу лінійного і кутового прискорення. Ця функція необхідна в багатьох базових пристроях і системах, використовуваних майже в кожній галузі життя – як в домашніх приладах щоденного використання, так і в професійних промислових програмах або науково-дослідних розробках.

Схема простішого принципу дії мініатюрного (MEMS) акселерометра представлена на рис.3.1.

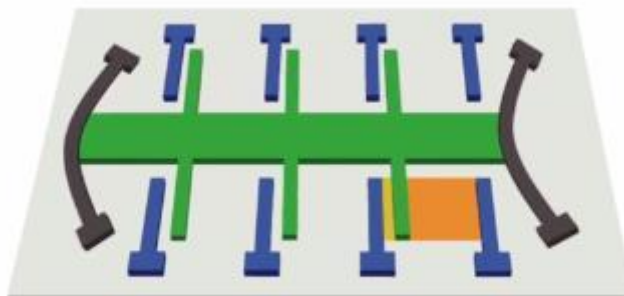


Рис.3.1.Схема принципу дії мініатюрного (MEMS) акселерометра (зелений – вантажки, датчики; синій – подвантажки, маса)

Всі ці датчики є крихітними механізмами з кремнію або полімерів, які знаходяться всередині мікросхем нашого пристрою. Типові розміри мікромеханічних елементів лежать у діапазоні від 1 мікрометра до 100 мікрометрів (100 мкм = 0,1 мм).

Це неймовірний мікросвіт, навіть є мікродвигуни. Ось так можна уявити MEMS акселерометра смартфона та смарт-годинника, який відстежує рух тільки по одній осі вліво-вправо.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 21

Працює це диво техніки за принципом диференціального конденсатора. Якщо простими словами, щоб одразу стало зрозуміло, то сині та зелені палички мають різний заряд. Згадуємо, що негативні та позитивні заряди завжди притягуються один до одного, а однакові заряди відштовхуються. Чим ближче позитивні та негативні один до одного заряди, тим сильніша їх взаємодія.

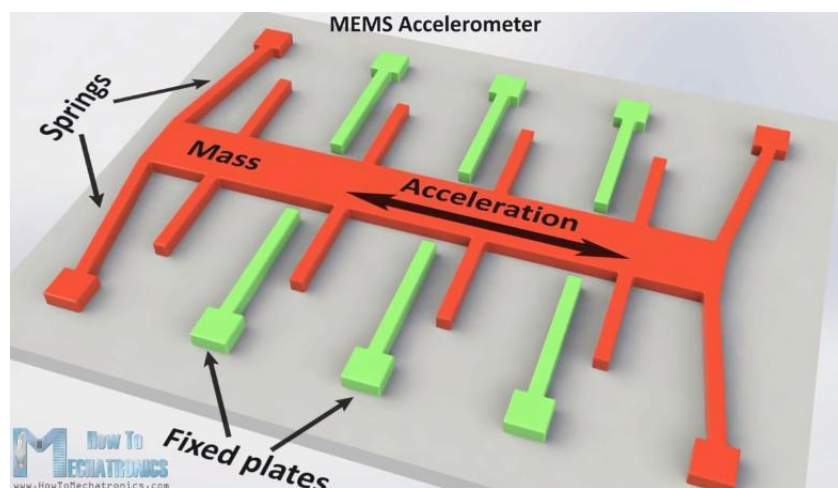


Рис.3.2. Акселерометр наглядний приклад

Тобто ємність конденсатора буде вищою, якщо наші палички наблизяться один до одного, і відповідно нижче, якщо вони будуть віддалятися.

У стані спокою, коли телефон лежить на столі, відстань між зеленою та синьою паличкою однакова, нічого не змінюється. Але якщо пересунути смартфон, то грузик зміститься, і зелена паличка грузика з одного боку стане ближче до синьої, а з іншого – далі від неї.

Відповідно смартфон і заміряє вимірювання ємності цих паличок між собою і розуміє, в який бік від свого центрального положення вони змістилися. А відповідно і в який бік рухається смартфон.

Крім того, за швидкістю зміни ємності можна легко вимірювати прискорення. Чим швидше змінюється ємність між паличками, тим швидше рухається смартфон у будь-який бік.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 22

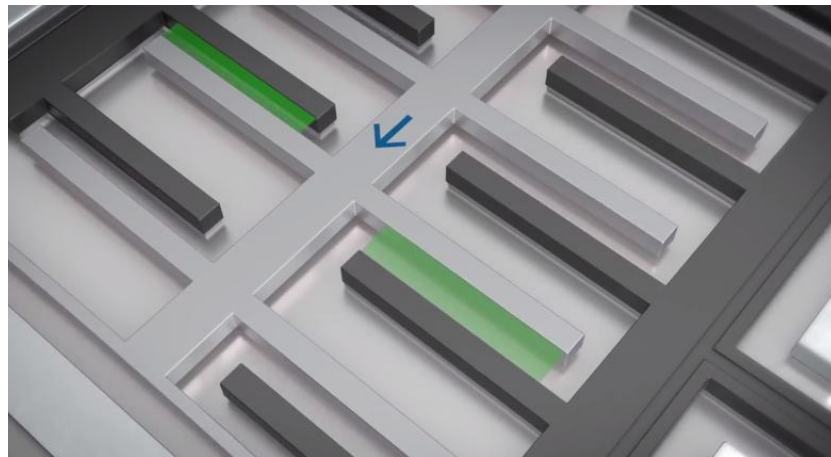


Рис.3.3. Акселерометр наглядний приклад

Акселерометр широко застосовується в смартфонах. В першу чергу, саме завдяки акселерометрам зображення на екрані змінює своє положення в залежності від горизонтальної або вертикальної орієнтації гаджета. Як наслідок, його наявність забезпечує як яскравий ігровий процес, так і деякі службові функції: наприклад, деякі моделі дозволяють прийняти вхідний дзвінок, легко потрусивши апарат.

У смартфоні акселерометр встановлений у вигляді невеликого чіпа або датчика, розміром у кілька разів меншим за 10-копійкову монету (рис.3.4).

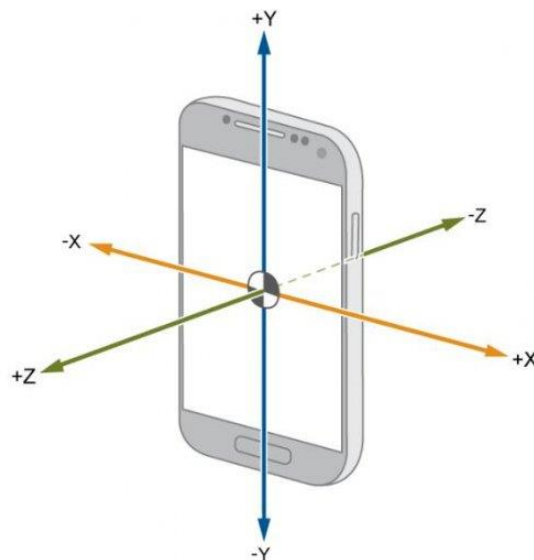


Рис.3.4. Напрямки вимірювання акселерометра в смартфоні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 23

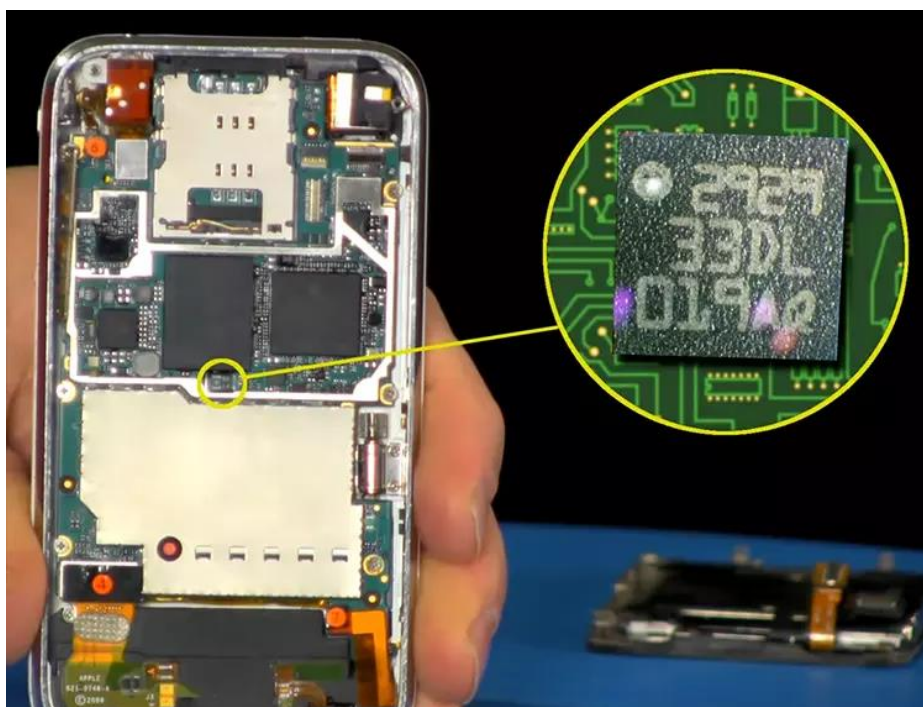


Рис.3.5..Акселерометр в смартфоні

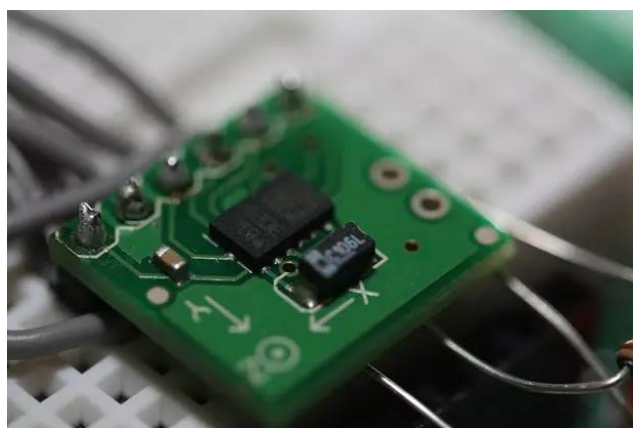


Рис.3.6.Типовий акселерометр для смартфона

Для роботи з акселерометром смартфона потрібно встановити додаток для підключення (рис.3.7).



Рис.3.7. Робоче середовище додатку WitMotion

Якщо не виходить встановити на свій смартфон додатку WitMotion то можна встановити будь-якій інший аналогічний додаток для вимірювання прискорення.

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- ознайомитись з рекомендованою літературою;
- вивчити короткі теоретичні відомості;
- встановити програмний додаток WitMotion.

1.4. Порядок роботи:

23. .Встановити та запустити додаток на смартфоні для тестових вимірювань.
24. Виконати вимірювання при повільному русі акселерометра (смартфона).
25. Виконати вимірювання при швидкому русі акселерометра (смартфона).
26. Виконати вимірювання при поступальному русі акселерометра(смартфона)..

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 48/ 25</i>

27. Представити виміряні дані в вигляді таблицок.
28. Побудувати графіки залежності часу від прискорення та часу від швидкості при трьох різних видів руху.
29. Оформити звіт та зробити висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 26

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Дослідження гіроскопа та положення його в просторі

1.1 Мета роботи

Дослідити гіроскоп на базі датчика BMI160, Arduino та LCD дисплей

1.2. Короткі теоретичні відомості

Гіроскоп – прилад у вигляді тіла, що обертається навколо вертикальної осі, положення якої практично стійко зберігається у просторі. Гіроскоп застосовується для автоматичного керування рухом суден, літаків, ракет, штучних супутників тощо.

BMI160 –чудова комбінація датчиків для визначення переміщень у аматорських конструкціях. На платі модуля розміщений стабілізатор напруги, що розширює діапазон напруги живлення і спрощує використання модуля з Arduino.



Рисунок 5.1 – Гіроскоп BMI160

Модуль використовує новий датчик Bosch BMI160, який є 6-осьовим інерційним датчиком переміщень і включає 16-біт 3-х осьовий акселерометр ультра-малої потужності і 3-осьовий гіроскоп. Модуль може виводити дані

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 27

прискорення (значення прискорення, виявлені пристроєм у напрямках X, Y та Z) та дані гіроскопа (швидкість, з якою пристрій обертається навколо X, Y, і осі Z). Коли акселерометри та гіроскопи працюють у режимі повної швидкості, типове енергоспоживання залишається на рівні 950 мкА, що становить всього 50% або менше енергоспоживання аналогічних продуктів на ринку.

Розроблений для смартфонів, планшетів і пристроїв датчик Bosch BMI160 включає вбудований інтелектуальний алгоритм лічильника кроків, який зчитує кількість кроків безпосередньо через реєстри. Вбудований 3-осьовий датчик прискорення та 3-осьовий гіроскоп надають можливість виявлення руху, таких як біг, ходьба та заняття фітнесом. Модуль містить вбудований стабілізатор напруги з малим падінням напруги, що розширює діапазон вхідної напруги на вході Vin від 3.2 до 6 В.

Можливості та застосування:

- Визначення параметрів ходьби та бігу;
- Виявлення прискорення;
- Перемикач відображення горизонтального/вертикального режиму.

Технічні характеристики:

- Робоча напруга: від 3.2 до 6 В;
- Споживання струму: <1 мА;
- Інтерфейс підключення: I2C;
- Прискорення: $\pm 2 \text{ g} \pm 4 \text{ g} \pm 8 \text{ g} \pm 16 \text{ g}$;
- Гіроскопи: $\pm 125 \text{ }^\circ/\text{C}$, $\pm 250 \text{ }^\circ/\text{C}$, $\pm 500 \text{ }^\circ/\text{C}$, $\pm 1000 \text{ }^\circ/\text{C}$, $\pm 2000 \text{ }^\circ/\text{C}$;
- Акселерометр нульовий дрейф: $\pm 40 \text{ mg}$;
- Гіроскоп нульовий дрейф: $\pm 10 \text{ }^\circ/\text{c}$;
- Програмована частота вимірювань: від 25/32 Гц до 1600 Гц;
- Призначення: 6D Виявлення та позиціонування;
- Розрядність датчиків: 16;
- Стійкість до удару: $10000 \text{ g} \times 200\mu\text{s}$;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/28

- 2 незалежних програмованих генератора переривання;
- Вбудований буфер FIFO: 1024 байта;
- Робоча температура: -40 ~ +85 °С.

Якщо перевернути датчик догори ногами, то вихідний сигнал по осі Z буде -1g. Це означає, що вихідні дані датчика через його орієнтації під дією сили тяжіння можуть варіюватися від -1g до +1g.

Для зв'язку з Arduino датчик BMI160 використовує I2C протокол. Тому, потрібні тільки два дроти для його підключення (лінії даних) і два дроти для його живлення.

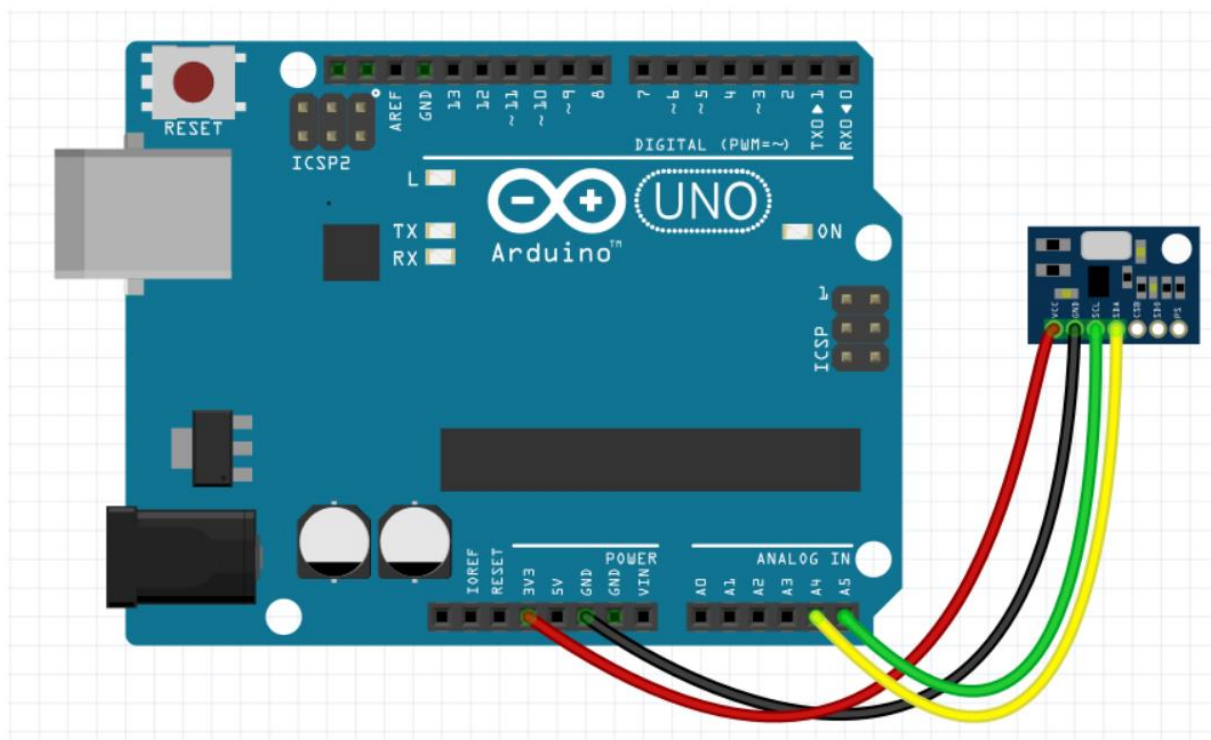


Рисунок 5.2 – Схема підключення гіроскопа до Arduino

Скетч для читання даних гіроскопа BMI160 представлений нижче:

```
#include <DFRobot_BMI160.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/29

```

DFRobot_BMI160 bmi160;

// будем использовать такой адрес
const int8_t I2C_addr = 0x69;

void setup(){
    Serial.begin(9600);
    delay(100);

    lcd.init();
    lcd.backlight();

    if (bmi160.softReset() != BMI160_OK){
        lcd.print("reset false");
        while(1);
    }

    // подключение к датчику по указанному адресу
    if (bmi160.I2cInit(I2C_addr) != BMI160_OK){
        lcd.print("init false");
        while(1);
    }
}

void loop(){

    int i = 0;
    int rslt;

    // в этом массиве будем хранить данные
    // с 0 по 2 индекс - показания гироскопа
    // с 3 по 5 индекс - показания акселерометра
    int16_t accelGyro[6]={0};

    // функция запрашивает данные у датчика
    // и размещает результат в нашем массиве accelGyro
    rslt = bmi160.getAccelGyroData(accelGyro);
    if(rslt == 0){
        lcd.print(accelGyro[3]);
    }
    else {
        lcd.print("err");
    }

    delay(1000);
    lcd.clear();
}

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/30

}

Вихідні дані датчика фактично залежать від обраної чутливості, яка може варіюватися від $+ -2g$ до $+ -16g$. Чутливість за замовчуванням становить $+ -2g$, тому нам потрібно розділити результат на 256, щоб отримати значення від -1 до +1g. 256 LSB / g означає, що у нас 256 відліків на 1g.

Залежно від потреби можна вибрати відповідну чутливість. У разі для стеження орієнтації цілком підійде чутливість $+ -2g$, але для додатків, де потрібно фіксувати вищу силу прискорення, наприклад, від раптових рухів, ударів і т. д. Можна вибрати інші діапазони чутливості, використовуючи регістр DATA_FORMAT і його біти D1 та D0.

Після того як прочитані дані, тоді можна просто вивести їх в моніторі послідовного порту, щоб перевірити, чи відповідають значення очікуваним.

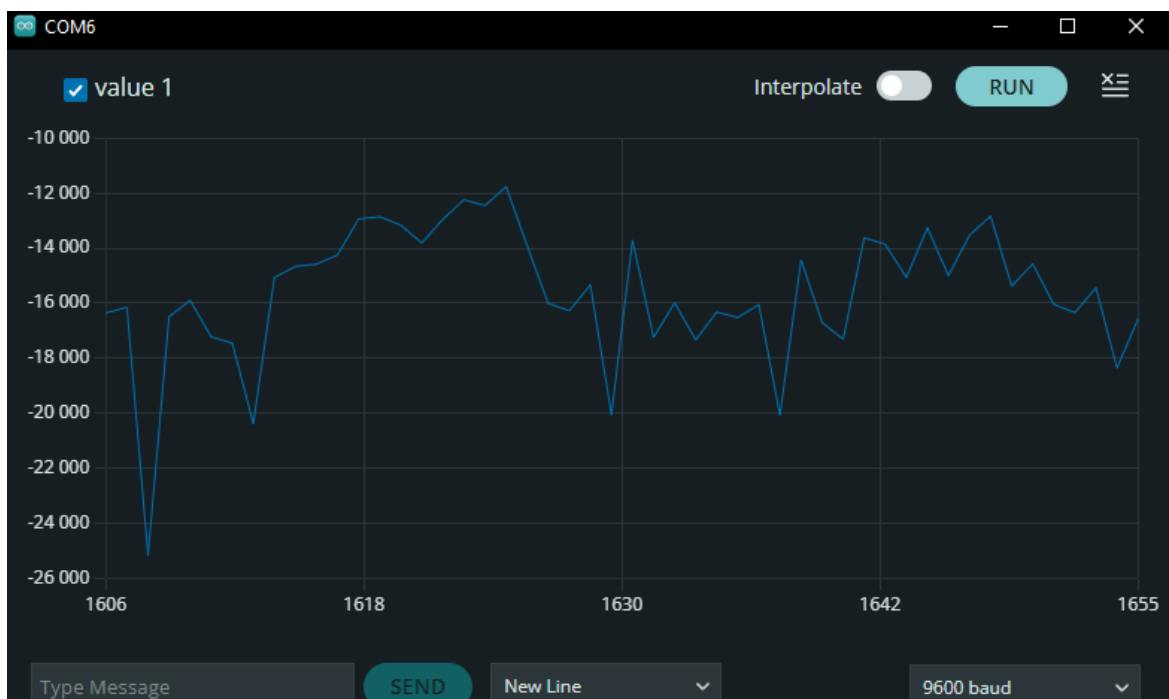


Рис.5.3 Повільний рух

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 31

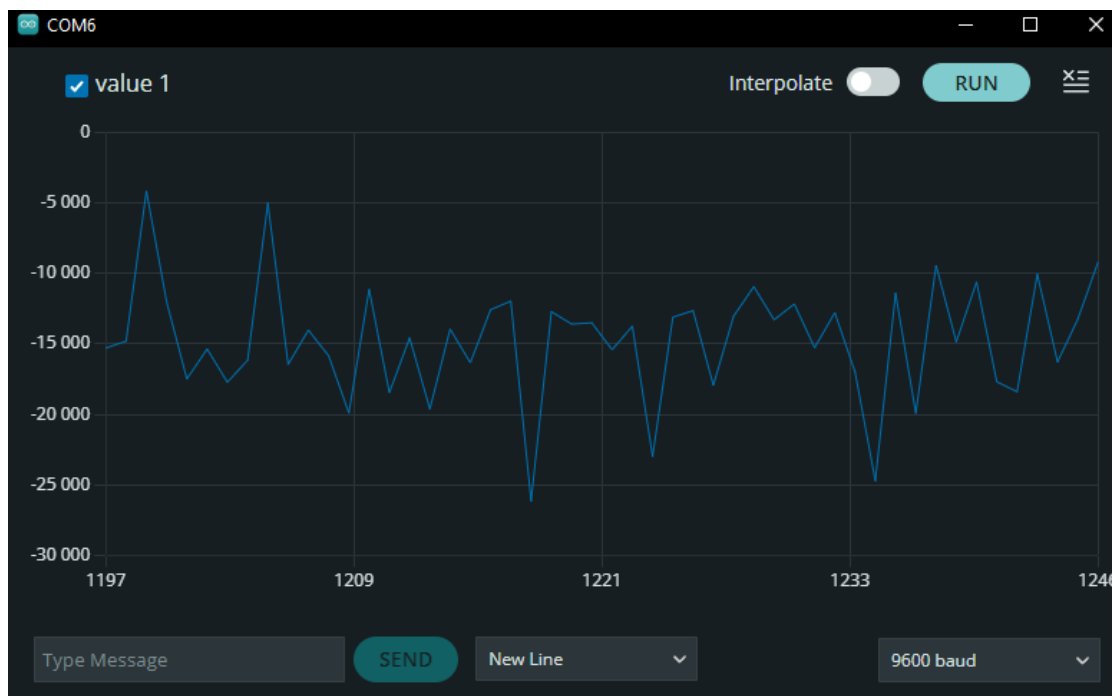


Рис.5.4 Швидкий рух



Рис.5.5 Поступовий рух

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 32



Рис.5.6 Вивід значень на дисплей



Рис.5.7 Підключення дисплею і гіроскопа до Arduino UNO

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- ознайомитись з рекомендованою літературою;
- вивчити короткі теоретичні відомості.

1.4. Порядок роботи:

30. Підключити модуль ArduinoUno до гіроскопа ВМІ160 по протоколу I2C.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/33

31. Скачати та підключити в скетчі необхідні бібліотеки для роботи з гіроскопом ВМІ160.
32. Виконати вимірювання значень гіроскопа при повільному русі, при швидкому русі, при поступальному русі.
33. Представити виміряні дані в вигляді табличок.
34. Побудувати графіки залежності часу від виміряних значень гіроскопа при трьох різних видів руху.
35. Оформити звіт та зробити висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/34

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Дослідження роботи GPS-модуля за допомогою Arduino UNO та LCD-дисплею

1.1 Мета роботи

Розробити код програми для Arduino з використанням NEO-6M GPS-модуля з метою визначення часу та географічних координат місцезнаходження, виведення отриманих даних на LCD-дисплей.

1.2. Короткі теоретичні відомості

Модуль GPS NEO-6M GY-GPS 6MV2 NEO6MV2 можна використовувати разом з ARDUINO та іншими мікроконтролерними системами. Обмін даними здійснюється через UART. Модуль має вбудовану пам'ять EEPROM для збереження даних після вимкнення живлення.

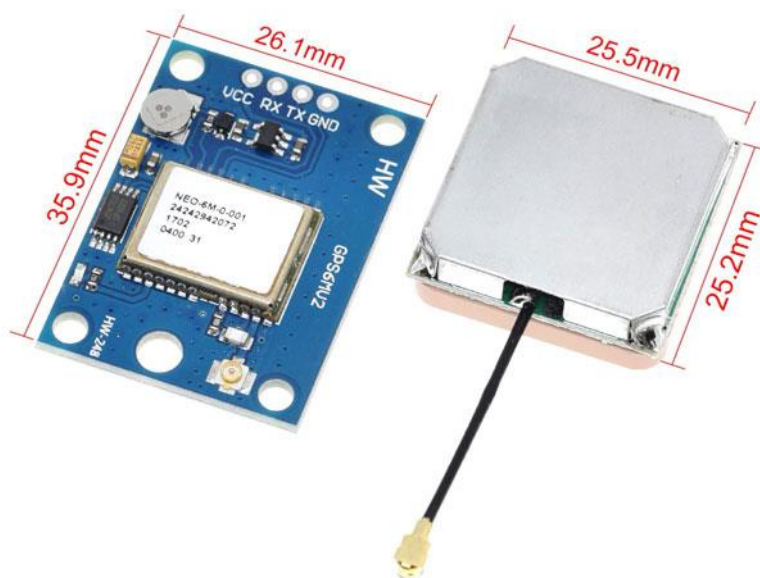


Рисунок 1.1 – GPS модуль

Обмін даними відбувається через UART на швидкості від 4800 до 230400 бод, за умовчанням встановлена швидкість 9600. Чіп здатний відстежувати до 22 супутників одночасно на 50 каналах з більшим рівнем чутливості до -181 дБ. Споживання струму становить лише 45 мА. Рівень живлення чіпа 2,7-3,6, яке забезпечується стабілізатором напруги MIC5205 з вихідним рівнем 3.3 В.

До модуля додається активна керамічна антена, яку слід попередньо підключити до відповідного роз'єму. Дуже простий у використанні. Вивід CS використовується для вибору

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 35

інтерфейсу. Якщо на вході CS низьких рівень - використовується SPI інтерфейс. Якщо ж на вході CS високий рівень - використовується I2C інтерфейс.

Характеристики:

- Живлення: 3.3 - 5 В;
- Модуль U-blox NEO-6M GPS;
- U-blox 6 має 50 каналів позиціонування з більш ніж 2 мільйонами ефективних кореляторів;
- Вбудована батарея для швидкого, холодного старту;
- Швидкість оновлення розташування 5Hz;
- Оснащений активною керамічною антеною;
- EEPROM (пам'ять) для зберігання налаштувань;
- Підтримка SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN);
- Акумулятор для резервного збереження інформації;
- Інтерфейс UART TTL.

На модулі розташований єдиний світлодіод, котрий сигналізує про стан роботи: швидке миготіння – пошук супутників та збір інформації, повільне – дані отримані та передаються до порту.

Для роботи модуля достатньо подати на нього живлення та хрестоподібно з'єднати роз'єми RT-TX модуля та контролера. У нашому прикладі як контролер ми будемо використовувати Arduino UNO. UNO має лише один апаратний UART на пінах 0 і 1, який нам знадобиться для зв'язку з комп'ютером, тому для підключення GPS-модуля використовуємо програмний UART на пінах 3 (TX) і 4 (RX). Зрозуміло, за потреби можна призначити будь-які інші піни.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/36

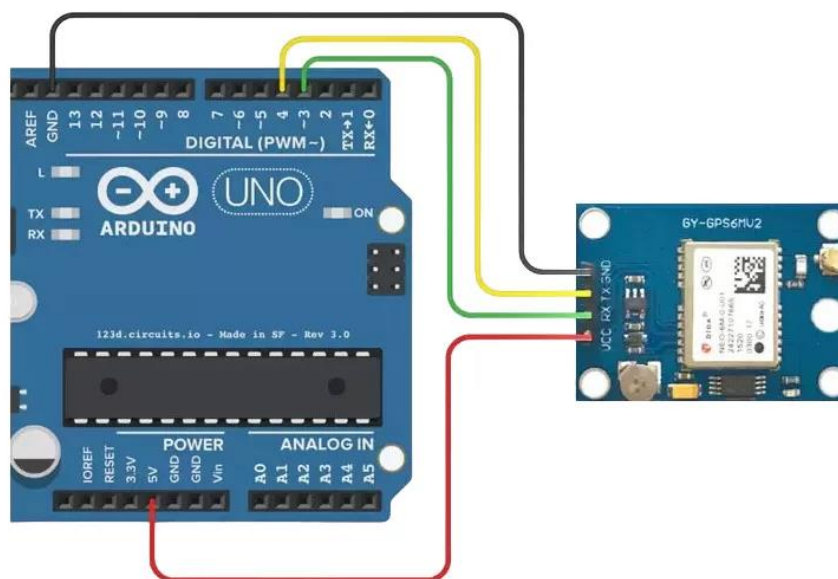


Рисунок 1.2 – Схема підключення GPS-датчика до Ардуіно

Після підключення, доведеться перевести інформацію отриману від модуля з мови NMEA на географічні координати. Для цього є два способи: складний та легкий.

\$GPGGA

,110617.00,41XX.XXXXX,N,00831.54761,W,1,05,2,68,129.0,M,50.1,M,,*42

Перший, складний – парсинг рядків. Під цим терміном мається на увазі розбір рядків на складові елементи, спираючись на їх вміст та порядок розташування. Знаходимо поєднання букв “GPGGA”, отже перед нами рядок з основними даними, розбиваємо їх у шматки цифр і символів, затиснутих між комами, нумеруємо, аналізуємо вміст. 110617 - час UTC 11.06.17, 41XX.XXXXX,N - 41 градус і стільки хвилин північної широти, потім довгота, якість фіксації, кількість супутників, тощо. І так по кожному рядку. Зрозуміло, слід заздалегідь підготуватися і зібрати повну інформацію про всі рядки, їх заголовки і порядок розташування даних.

Другий, легкий – використовувати бібліотеки, де парсинг уже зроблений. Бібліотек досить багато, тільки в самій IDE Arduino знайшлося більше десятка.

Скетч для обробки даних від GPS-модуля:

```
// ПРИКЛАД ВИВОДИТЬ ДАНІ NMEA ОТРАВНІ ПО UART: // дата, час, координати, швидкість, напрямок.
//
const uint8_t pinRX = 6; // визначаємо висновок RX (програмного UART) на платі Arduino до якого підключено виведення TX модуля. Можна змінити номер виводу.
const uint8_t pinTX = 7; // Визначаємо виведення TX (програмного UART) на платі Arduino, до якого підключено виведення RX модуля. Можна змінити номер виводу.
//
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/37

```

#include <iarduino_GPS_NMEA.h> // Підключаємо бібліотеку
для розшифрування рядків протоколу NMEA, що одержуються за UART.
#include <SoftwareSerial.h> // Підключаємо бібліотеку для роботи із
програмним UART.
//
iarduino_GPS_NMEA gps; // Оголошуємо об'єкт gps для
роботи з функціями та методами бібліотеки iarduino_GPS_NMEA.
SoftwareSerial SerialGPS(pinRX, pinTX); // Объявляем объект SerialGPS
для работы с функциями и методами библиотеки SoftwareSerial, указав выводы RX и
TX Arduino.
//
char* wd[] = {"Вс", "Пн", "Вт", "Ср", "Чт", "Пт", "Сб"}; // Визначаємо масив
рядків, що містять по дві перші літери з назв дня тижня.
//
void setup() { //
Serial.begin(9600); // Ініціюємо роботу з апаратною
шиною UART для виведення даних у монітор послідовного порту на швидкості 9600
біт/сек.
SerialGPS.begin(9600); // Ініціюємо роботу із
програмною шиною UART для отримання даних від GPS модуля на швидкості 9600
біт/сек.
gps.begin(SerialGPS); // Ініціюємо розшифрування рядків
NMEA вказавши об'єкт використовуваної шини UART (замість програмної шини, можна
вказувати апаратні: Serial, Serial1, Serial2, Serial3).
gps.setTimeZone(3); // Вказуємо часовий пояс (+12
годин) або GPS_AutoDetectZone для автоматичного визначення часового поясу за
довготою.
} //
//
void loop() { //
gps.read(); // Читаємо дані (читання може
тривати більше 1 секунди). Функції можна вказати масив для отримання даних про
супутники.
/* Час: */ Serial.print(gps.Hours);
Serial.print(":"); Serial.print(gps.minutes); Serial.print(":");
Serial.print(gps.seconds); Serial.print(" ");
/* Дата: */ Serial.print(gps.day );
Serial.print("."); Serial.print(gps.month ); Serial.print(".");
Serial.print(gps.year ); Serial.print("r ");
/* Додаткові дані дати: */ Serial.print(wd[gps.weekday]);
Serial.print(", UnixTime: "); Serial.print(gps.Unix); Serial.print(". ");
/* Координати (широта, довгота, висота): */ Serial.print("Ш: ");
Serial.print(gps.latitude, 5); Serial.print("°", Д: );
Serial.print(gps.longitude, 5); Serial.print("°", В: );
Serial.print(gps.altitude, 1); Serial.print("м. ");
/*Рух (швидкість, курс): */ Serial.print("Швидкість: ");
Serial.print(gps.speed); Serial.print("км/ч, "); Serial.print(gps.course);
Serial.print("°. ");
/* Супутники (активні/спостерігаються): */ Serial.print("Супутники:
"); Serial.print(gps.satellites[GPS_ACTIVE]); Serial.print("/");
Serial.print(gps.satellites[GPS_VISIBLE]); Serial.print(". ");
/*Геометричний фактор погіршення точності: */ Serial.print("PDOP: ");
Serial.print(gps.PDOP); Serial.print(", HDOP: "); Serial.print(gps.HDOP);
Serial.print(", VDOP: "); Serial.print(gps.VDOP); Serial.print(". ");
/* Помилка визначення часу: */ if (gps.errTim) {
Serial.print("Час недостовірний. " );
}
/* Помилка визначення дати: */ if (gps.errDat) {
Serial.print("Дата недостовірна. " );
}
}

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/38

```

/*Помилка позиціонування:          */ if (gps.errPos) {
  Serial.print("Координати недостовірні. "   );
}
/*Помилка визначення швидкості та курсу */ if (gps.errCrs) {
  Serial.print("Швидкість та курс недостовірні. ");
}
/*                                     */ Serial.print("\r\n");
delay(5000); // період опитування, без затримки видаватиме приблизно 1 раз на
секунду}

```

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- ознайомитись з рекомендованою літературою;
- вивчити короткі теоретичні відомості.

1.4. Порядок роботи:

36. Підключити модуль ArduinoUno до GPS-модуля.
37. Скачати та підключити в скетчі необхідні бібліотеки для роботи з GPS-модулем NEO-6M та LCD-дисплеєм.
38. Запустити код програми з теорії лабораторної роботи для виводу даних на монітор порта.
39. Зібрати макет з ArduinoUno, GPS-модуля та LCD дисплею.
40. Скорегувати код програми для виведення географічних координат, часу та швидкості на LCD дисплей.
41. Зробити 3-5 скріншотів робочого макету.
42. Знову повернутися до коду програми для виводу даних на монітор порта.
43. Обережно рухати датчик GPS-модуля для зміни швидкості.
44. Побудувати графіки залежності зміни координат від часу.
45. Побудувати графіки залежності зміни швидкості від часу.
46. Отримані координати з GPS-модуля необхідно порівняти з координатами google maps та оцінити точність.
47. Оформити звіт та зробити висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 39

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Проектування та дослідження комп'ютеризованого вимірювача параметрів руху з цифровими відеозображеннями

1.1 Мета роботи

Зпроектувати та відкалібрувати вимірювач параметрів руху на базі ардуіно та відеокамери OV7670

1.2. Короткі теоретичні відомості

OV7670 є модуль камери з буфером типу FIFO. В даний час він виробляється кількома фірмами і доступний з різним розпинанням. OV7670 забезпечує повномасштабне (full frame) 8-бітове зображення у вікні. OV7670 вміє працювати з різними форматами відео. У роздільній здатності VGA камера забезпечує до 30 кадрів в секунду. Зовнішній вигляд модуля камери OV7670 показано на рис.5.1.



Рисунок 7.1 – Зовнішній вигляд відеокамери OV7670

Модуль камери OV7670 включає:

- масив датчиків зображень (дозвіл приблизно 656 x 488 пікселів);
- тактовий генератор;
- процесор обробки сигналів;
- аналого-цифрові перетворювачі;
- генератор тестових шаблонів;
- цифровий сигнальний процесор;
- пристрій для масштабування зображень;
- цифровий відео порт;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 40

- світлодіод та вихід управління стробоскопічним спалахом.

Датчик зображення камери OV7670 керується за допомогою шини SCCB (Serial Camera Control Bus – послідовна шина керування камерою) за протоколом I2C (контакти SIOC, SIOD) з максимальною частотою синхронізації 400 кГц.

Камера використовує такі підтверджуючі сигнали:

- VSYNC: Vertical Sync Output (вихід вертикальної синхронізації (для рядків) – низький рівень під час кадру;
- HREF: Horizontal Reference (горизонтальна синхронізація (для колонок) – високий рівень під час активних пікселів ряду (рядки);
- PCLK: Pixel Clock Output (піксельна синхронізація (тактовий сигнал передачі байта з паралельного порту D0–D7) – незалежний генератор синхронізуючих імпульсів. Дані правильні на фронті, що наростає).

На додаток до цього камера оперує такими сигналами:

- D0-D7: паралельний цифровий 8-бітний відеовихід у форматі YUV/RGB;
- PWDN: Power Down Mode Selection - включення (лог. 0) та вимкнення (лог. 1) камери;
- XCLK: зовнішнє тактування (синхронізація);
- Reset: сигнал скидання.

Камера OV7670 синхронізується за допомогою генератора на 24 МГц. Це забезпечує вихід піксельної синхронізації (PCLK) 24 МГц. Буфер типу FIFO має пам'ять 3 Мбіт. Генератор тестових шаблонів формує шаблон кольірних смуг - з 8 смугами, поступовим зменшенням до сірого кольору (fade-to-gray).

Схема підключення модуля камери OV7670 до плати Arduino Uno представлена на рис.7.2.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 41

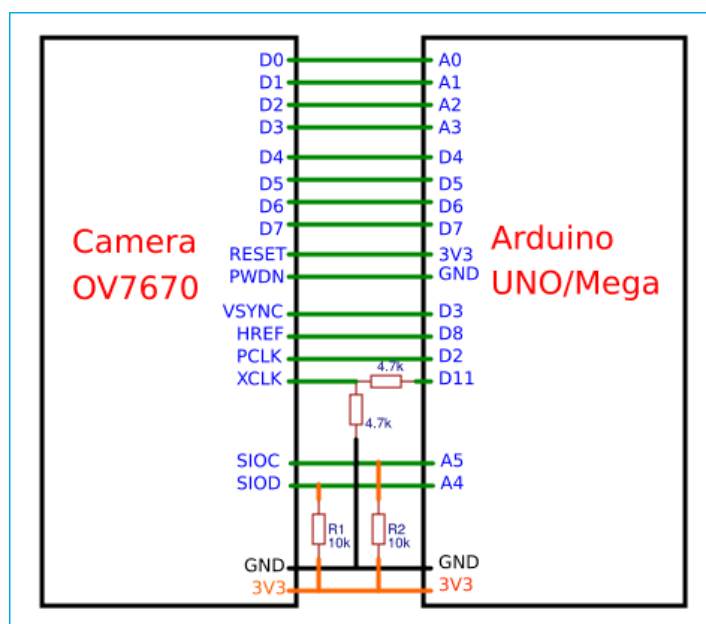


Рисунок 7.2 – Схема підключення модуля камери OV7670 до плати Arduino Uno

Скетч програми представлений далі в Лістингу 1.

Лістинг 1 – Скетч програми роботи модуля камери OV7670 на базі Arduino Uno

```
#include <stdint.h>;
#include <avr/io.h>;
#include <util/twi.h>;
#include <util/delay.h>;
#include <avr/pgmspace.h>;

#define F_CPU 16000000UL
#define vga 0
#define qvga 1
#define qqvga 2
#define yuv422 0
#define rgb565 1
#define bayerRGB 2
#define camAddr_WR 0x42
#define camAddr_RD 0x43

/* Registers */
#define REG_GAIN 0x00 /* Gain lower 8 bits (rest in vref) */
#define REG_BLUE 0x01 /* blue gain */
#define REG_RED 0x02 /* red gain */
#define REG_VREF 0x03 /* Pieces of GAIN, VSTART, VSTOP */
#define REG_COM1 0x04 /* Control 1 */
#define COM1_CCIR656 0x40 /* CCIR656 enable */

#define REG_BAVE 0x05 /* U/B Average level */
#define REG_GbAVE 0x06 /* Y/Gb Average level */
#define REG_AECHH 0x07 /* AEC MS 5 bits */
#define REG_RAVE 0x08 /* V/R Average level */
#define REG_COM2 0x09 /* Control 2 */
#define COM2_SSLEEP 0x10 /* Soft sleep mode */
#define REG_PID 0x0a /* Product ID MSB */
#define REG_VER 0x0b /* Product ID LSB */
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/42

```

#define REG_COM3      0x0c  /* Control 3 */
#define COM3_SWAP      0x40  /* Byte swap */
#define COM3_SCALEEN    0x08  /* Enable scaling */
#define COM3_DCWEN     0x04  /* Enable downsamp/crop/window */
#define REG_COM4      0x0d  /* Control 4 */
#define REG_COM5      0x0e  /* All "reserved" */
#define REG_COM6      0x0f  /* Control 6 */
#define REG_AECH      0x10  /* More bits of AEC value */
#define REG_CLKRC     0x11  /* Clc1 control */
#define CLK_EXT       0x40  /* Use external clock directly */
#define CLK_SCALE     0x3f  /* Mask for internal clock scale */
#define REG_COM7      0x12  /* Control 7 */ //REG mean address.
#define COM7_RESET    0x80  /* Register reset */
#define COM7_FMT_MASK  0x38
#define COM7_FMT_VGA   0x00
#define COM7_FMT_CIF   0x20  /* CIF format */
#define COM7_FMT_QVGA  0x10  /* QVGA format */
#define COM7_FMT_QCIF  0x08  /* QCIF format */
#define COM7_RGB       0x04  /* bits 0 and 2 - RGB format */
#define COM7_YUV       0x00  /* YUV */
#define COM7_BAYER     0x01  /* Bayer format */
#define COM7_PBAYER    0x05  /* "Processed bayer" */
#define REG_COM8      0x13  /* Control 8 */
#define COM8_FASTAEC   0x80  /* Enable fast AGC/AEC */
#define COM8_AECSTEP   0x40  /* Unlimited AEC step size */
#define COM8_BFILT     0x20  /* Band filter enable */
#define COM8_AGC       0x04  /* Auto gain enable */
#define COM8_AWB       0x02  /* White balance enable */
#define COM8_AEC       0x01  /* Auto exposure enable */
#define REG_COM9      0x14  /* Control 9- gain ceiling */
#define REG_COM10     0x15  /* Control 10 */
#define COM10_HSYNC    0x40  /* HSYNC instead of HREF */
#define COM10_PCLK_HB  0x20  /* Suppress PCLK on horiz blank */
#define COM10_HREF_REV 0x08  /* Reverse HREF */
#define COM10_VS_LEAD  0x04  /* VSYNC on clock leading edge */
#define COM10_VS_NEG   0x02  /* VSYNC negative */
#define COM10_HS_NEG   0x01  /* HSYNC negative */
#define REG_HSTART     0x17  /* Horiz start high bits */
#define REG_HSTOP      0x18  /* Horiz stop high bits */
#define REG_VSTART     0x19  /* Vert start high bits */
#define REG_VSTOP      0x1a  /* Vert stop high bits */
#define REG_PSHFT      0x1b  /* Pixel delay after HREF */
#define REG_MIDH       0x1c  /* Manuf. ID high */
#define REG_MIDL       0x1d  /* Manuf. ID low */
#define REG_MVFP       0x1e  /* Mirror / vflip */
#define MVFP_MIRROR    0x20  /* Mirror image */
#define MVFP_FLIP      0x10  /* Vertical flip */

#define REG_AEW        0x24  /* AGC upper limit */
#define REG_AEB        0x25  /* AGC lower limit */
#define REG_VPT        0x26  /* AGC/AEC fast mode op region */
#define REG_HSYST      0x30  /* HSYNC rising edge delay */
#define REG_HSYEN      0x31  /* HSYNC falling edge delay */
#define REG_HREF       0x32  /* HREF pieces */
#define REG_TSLB       0x3a  /* lots of stuff */
#define TSLB_YLAST     0x04  /* UYVY or VYUY - see com13 */
#define REG_COM11     0x3b  /* Control 11 */
#define COM11_NIGHT    0x80  /* NIGht mode enable */
#define COM11_NMFR     0x60  /* Two bit NM frame rate */
#define COM11_HZAUTO   0x10  /* Auto detect 50/60 Hz */

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/43

```

#define COM11_50HZ          0x08 /* Manual 50Hz select */
#define COM11_EXP          0x02
#define REG_COM12          0x3c /* Control 12 */
#define COM12_HREF          0x80 /* HREF always */
#define REG_COM13          0x3d /* Control 13 */
#define COM13_GAMMA          0x80 /* Gamma enable */
#define COM13_UVSAT          0x40 /* UV saturation auto adjustment */
#define COM13_UVSWAP          0x01 /* V before U - w/TSLB */
#define REG_COM14          0x3e /* Control 14 */
#define COM14_DCWEN          0x10 /* DCW/PCLK-scale enable */
#define REG_EDGE          0x3f /* Edge enhancement factor */
#define REG_COM15          0x40 /* Control 15 */
#define COM15_R10F0          0x00 /* Data range 10 to F0 */
#define COM15_R01FE          0x80 /*      01 to FE */
#define COM15_R00FF          0xc0 /*      00 to FF */
#define COM15_RGB565          0x10 /* RGB565 output */
#define COM15_RGB555          0x30 /* RGB555 output */
#define REG_COM16          0x41 /* Control 16 */
#define COM16_AWBGAIN          0x08 /* AWB gain enable */
#define REG_COM17          0x42 /* Control 17 */
#define COM17_AECWIN          0xc0 /* AEC window - must match COM4 */
#define COM17_CBAR          0x08 /* DSP Color bar */
/*
* This matrix defines how the colors are generated, must be
* tweaked to adjust hue and saturation.
*
* Order: v-red, v-green, v-blue, u-red, u-green, u-blue
* They are nine-bit signed quantities, with the sign bit
* stored in 0x58. Sign for v-red is bit 0, and up from there.
*/
#define REG_CMATRIX_BASE  0x4f
#define CMATRIX_LEN        6
#define REG_CMATRIX_SIGN  0x58
#define REG_BRIGHT        0x55 /* Brightness */
#define REG_CONTRAS        0x56 /* Contrast control */
#define REG_GFIX          0x69 /* Fix gain control */
#define REG_REG76          0x76 /* OV's name */
#define R76_BLKPCOR          0x80 /* Black pixel correction enable */
#define R76_WHTPCOR          0x40 /* White pixel correction enable */
#define REG_RGB444          0x8c /* RGB 444 control */
#define R444_ENABLE          0x02 /* Turn on RGB444, overrides 5x5 */
#define R444_RGBX          0x01 /* Empty nibble at end */
#define REG_HA ECC1          0x9f /* Hist AEC/AGC control 1 */
#define REG_HA ECC2          0xa0 /* Hist AEC/AGC control 2 */
#define REG_BD50MAX          0xa5 /* 50hz banding step limit */
#define REG_HA ECC3          0xa6 /* Hist AEC/AGC control 3 */
#define REG_HA ECC4          0xa7 /* Hist AEC/AGC control 4 */
#define REG_HA ECC5          0xa8 /* Hist AEC/AGC control 5 */
#define REG_HA ECC6          0xa9 /* Hist AEC/AGC control 6 */
#define REG_HA ECC7          0xaa /* Hist AEC/AGC control 7 */
#define REG_BD60MAX          0xab /* 60hz banding step limit */
#define REG_GAIN          0x00 /* Gain lower 8 bits (rest in vref) */
#define REG_BLUE          0x01 /* blue gain */
#define REG_RED          0x02 /* red gain */
#define REG_VREF          0x03 /* Pieces of GAIN, VSTART, VSTOP */
#define REG_COM1          0x04 /* Control 1 */
#define COM1_CCIR656          0x40 /* CCIR656 enable */
#define REG_BAVE          0x05 /* U/B Average level */
#define REG_GbAVE          0x06 /* Y/Gb Average level */
#define REG_AECHH          0x07 /* AEC MS 5 bits */

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/44

```

#define REG_RAVE      0x08 /* V/R Average level */
#define REG_COM2      0x09 /* Control 2 */
#define COM2_SSLEEP   0x10 /* Soft sleep mode */
#define REG_PID       0x0a /* Product ID MSB */
#define REG_VER       0x0b /* Product ID LSB */
#define REG_COM3      0x0c /* Control 3 */
#define COM3_SWAP     0x40 /* Byte swap */
#define COM3_SCALEEN  0x08 /* Enable scaling */
#define COM3_DCWEN    0x04 /* Enable downsamp/crop/window */
#define REG_COM4      0x0d /* Control 4 */
#define REG_COM5      0x0e /* All "reserved" */
#define REG_COM6      0x0f /* Control 6 */
#define REG_AECH      0x10 /* More bits of AEC value */
#define REG_CLKRC     0x11 /* Clocl control */
#define CLK_EXT       0x40 /* Use external clock directly */
#define CLK_SCALE     0x3f /* Mask for internal clock scale */
#define REG_COM7      0x12 /* Control 7 */
#define COM7_RESET    0x80 /* Register reset */
#define COM7_FMT_MASK 0x38
#define COM7_FMT_VGA  0x00
#define COM7_FMT_CIF  0x20 /* CIF format */
#define COM7_FMT_QVGA 0x10 /* QVGA format */
#define COM7_FMT_QCIF 0x08 /* QCIF format */
#define COM7_RGB      0x04 /* bits 0 and 2 - RGB format */
#define COM7_YUV      0x00 /* YUV */
#define COM7_BAYER    0x01 /* Bayer format */
#define COM7_PBAYER   0x05 /* "Processed bayer" */
#define REG_COM8      0x13 /* Control 8 */
#define COM8_FASTAEC  0x80 /* Enable fast AGC/AEC */
#define COM8_AECSTEP  0x40 /* Unlimited AEC step size */
#define COM8_BFILT    0x20 /* Band filter enable */
#define COM8_AGC      0x04 /* Auto gain enable */
#define COM8_AWB      0x02 /* White balance enable */
#define COM8_AEC      0x01 /* Auto exposure enable */
#define REG_COM9      0x14 /* Control 9- gain ceiling */
#define REG_COM10     0x15 /* Control 10 */
#define COM10_HSYNC   0x40 /* HSYNC instead of HREF */
#define COM10_PCLK_HB 0x20 /* Suppress PCLK on horiz blank */
#define COM10_HREF_REV 0x08 /* Reverse HREF */
#define COM10_VS_LEAD 0x04 /* VSYNC on clock leading edge */
#define COM10_VS_NEG  0x02 /* VSYNC negative */
#define COM10_HS_NEG  0x01 /* HSYNC negative */
#define REG_HSTART    0x17 /* Horiz start high bits */
#define REG_HSTOP     0x18 /* Horiz stop high bits */
#define REG_VSTART    0x19 /* Vert start high bits */
#define REG_VSTOP     0x1a /* Vert stop high bits */
#define REG_PSHFT     0x1b /* Pixel delay after HREF */
#define REG_MIDH      0x1c /* Manuf. ID high */
#define REG_MIDL      0x1d /* Manuf. ID low */
#define REG_MVFP      0x1e /* Mirror / vflip */
#define MVFP_MIRROR   0x20 /* Mirror image */
#define MVFP_FLIP     0x10 /* Vertical flip */
#define REG_AEW       0x24 /* AGC upper limit */
#define REG_AEB       0x25 /* AGC lower limit */
#define REG_VPT       0x26 /* AGC/AEC fast mode op region */
#define REG_HSYST     0x30 /* HSYNC rising edge delay */
#define REG_HSYEN     0x31 /* HSYNC falling edge delay */
#define REG_HREF      0x32 /* HREF pieces */
#define REG_TSLB      0x3a /* lots of stuff */
#define TSLB_YLAST    0x04 /* UYVY or VYUY - see com13 */

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/45

```

#define REG_COM11    0x3b  /* Control 11 */
#define COM11_NIGHT    0x80  /* Night mode enable */
#define COM11_NMFR    0x60  /* Two bit NM frame rate */
#define COM11_HZAUTO    0x10  /* Auto detect 50/60 Hz */
#define COM11_50HZ    0x08  /* Manual 50Hz select */
#define COM11_EXP    0x02
#define REG_COM12    0x3c  /* Control 12 */
#define COM12_HREF    0x80  /* HREF always */
#define REG_COM13    0x3d  /* Control 13 */
#define COM13_GAMMA    0x80  /* Gamma enable */
#define COM13_UVSAT    0x40  /* UV saturation auto adjustment */
#define COM13_UVSWAP    0x01  /* V before U - w/TSLB */
#define REG_COM14    0x3e  /* Control 14 */
#define COM14_DCWEN    0x10  /* DCW/PCLK-scale enable */
#define REG_EDGE    0x3f  /* Edge enhancement factor */
#define REG_COM15    0x40  /* Control 15 */
#define COM15_R10F0    0x00  /* Data range 10 to F0 */
#define COM15_R01FE    0x80  /*          01 to FE */
#define COM15_R00FF    0xc0  /*          00 to FF */
#define COM15_RGB565    0x10  /* RGB565 output */
#define COM15_RGB555    0x30  /* RGB555 output */
#define REG_COM16    0x41  /* Control 16 */
#define COM16_AWBGAIN    0x08  /* AWB gain enable */
#define REG_COM17    0x42  /* Control 17 */
#define COM17_AECWIN    0xc0  /* AEC window - must match COM4 */
#define COM17_CBAR    0x08  /* DSP Color bar */

#define CMATRIX_LEN    6
#define REG_BRIGHT    0x55  /* Brightness */
#define REG_REG76    0x76  /* OV's name */
#define R76_BLKPCOR    0x80  /* Black pixel correction enable */
#define R76_WHTPCOR    0x40  /* White pixel correction enable */
#define REG_RGB444    0x8c  /* RGB 444 control */
#define R444_ENABLE    0x02  /* Turn on RGB444, overrides 5x5 */
#define R444_RGBX    0x01  /* Empty nibble at end */
#define REG_HAEC1    0x9f  /* Hist AEC/AGC control 1 */
#define REG_HAEC2    0xa0  /* Hist AEC/AGC control 2 */
#define REG_BD50MAX    0xa5  /* 50hz banding step limit */
#define REG_HAEC3    0xa6  /* Hist AEC/AGC control 3 */
#define REG_HAEC4    0xa7  /* Hist AEC/AGC control 4 */
#define REG_HAEC5    0xa8  /* Hist AEC/AGC control 5 */
#define REG_HAEC6    0xa9  /* Hist AEC/AGC control 6 */
#define REG_HAEC7    0xaa  /* Hist AEC/AGC control 7 */
#define REG_BD60MAX    0xab  /* 60hz banding step limit */
#define MTX1    0x4f  /* Matrix Coefficient 1 */
#define MTX2    0x50  /* Matrix Coefficient 2 */
#define MTX3    0x51  /* Matrix Coefficient 3 */
#define MTX4    0x52  /* Matrix Coefficient 4 */
#define MTX5    0x53  /* Matrix Coefficient 5 */
#define MTX6    0x54  /* Matrix Coefficient 6 */
#define REG_CONTRAS    0x56  /* Contrast control */
#define MTXS    0x58  /* Matrix Coefficient Sign */
#define AWBC7    0x59  /* AWB Control 7 */
#define AWBC8    0x5a  /* AWB Control 8 */
#define AWBC9    0x5b  /* AWB Control 9 */
#define AWBC10    0x5c  /* AWB Control 10 */
#define AWBC11    0x5d  /* AWB Control 11 */
#define AWBC12    0x5e  /* AWB Control 12 */
#define REG_GFI    0x69  /* Fix gain control */
#define GGAIN    0x6a  /* G Channel AWB Gain */

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/46

```

#define DBLV                0x6b
#define AWBCTR3             0x6c /* AWB Control 3 */
#define AWBCTR2             0x6d /* AWB Control 2 */
#define AWBCTR1             0x6e /* AWB Control 1 */
#define AWBCTR0             0x6f /* AWB Control 0 */

struct regval_list{
    uint8_t reg_num;
    uint16_t value;
};

const struct regval_list qvga_ov7670[] PROGMEM = {
    { REG_COM14, 0x19 },
    { 0x72, 0x11 },
    { 0x73, 0xf1 },

    { REG_HSTART, 0x16 },
    { REG_HSTOP, 0x04 },
    { REG_HREF, 0xa4 },
    { REG_VSTART, 0x02 },
    { REG_VSTOP, 0x7a },
    { REG_VREF, 0x0a },

    { 0xff, 0xff }, /* END MARKER */
};

const struct regval_list yuv422_ov7670[] PROGMEM = {
    { REG_COM7, 0x0 }, /* Selects YUV mode */
    { REG_RGB444, 0 }, /* No RGB444 please */
    { REG_COM1, 0 },
    { REG_COM15, COM15_R00FF },
    { REG_COM9, 0x6A }, /* 128x gain ceiling; 0x8 is reserved bit */
    { 0x4f, 0x80 }, /* "matrix coefficient 1" */
    { 0x50, 0x80 }, /* "matrix coefficient 2" */
    { 0x51, 0 }, /* vb */
    { 0x52, 0x22 }, /* "matrix coefficient 4" */
    { 0x53, 0x5e }, /* "matrix coefficient 5" */
    { 0x54, 0x80 }, /* "matrix coefficient 6" */
    { REG_COM13, COM13_UVSAT },
    { 0xff, 0xff }, /* END MARKER */
};

const struct regval_list ov7670_default_regs[] PROGMEM = { //from the linux
driver
    { REG_COM7, COM7_RESET },
    { REG_TSLB, 0x04 }, /* OV */
    { REG_COM7, 0 }, /* VGA */
    /*
    * Set the hardware window. These values from OV don't entirely
    * make sense - hstop is less than hstart. But they work...
    */
    { REG_HSTART, 0x13 }, { REG_HSTOP, 0x01 },
    { REG_HREF, 0xb6 }, { REG_VSTART, 0x02 },
    { REG_VSTOP, 0x7a }, { REG_VREF, 0x0a },

    { REG_COM3, 0 }, { REG_COM14, 0 },
    /* Mystery scaling numbers */
    { 0x70, 0x3a }, { 0x71, 0x35 },
    { 0x72, 0x11 }, { 0x73, 0xf0 },
    { 0xa2, /* 0x02 changed to 1*/1 }, { REG_COM10, 0x0 },

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/47

```

/* Gamma curve values */
{ 0x7a, 0x20 }, { 0x7b, 0x10 },
{ 0x7c, 0x1e }, { 0x7d, 0x35 },
{ 0x7e, 0x5a }, { 0x7f, 0x69 },
{ 0x80, 0x76 }, { 0x81, 0x80 },
{ 0x82, 0x88 }, { 0x83, 0x8f },
{ 0x84, 0x96 }, { 0x85, 0xa3 },
{ 0x86, 0xaf }, { 0x87, 0xc4 },
{ 0x88, 0xd7 }, { 0x89, 0xe8 },
/* AGC and AEC parameters. Note we start by disabling those features,
then turn them only after tweaking the values. */
{ REG_COM8, COM8_FASTAEC | COM8_AECSTEP },
{ REG_GAIN, 0 }, { REG_AECH, 0 },
{ REG_COM4, 0x40 }, /* magic reserved bit */
{ REG_COM9, 0x18 }, /* 4x gain + magic rsvd bit */
{ REG_BD50MAX, 0x05 }, { REG_BD60MAX, 0x07 },
{ REG_AEW, 0x95 }, { REG_AEB, 0x33 },
{ REG_VPT, 0xe3 }, { REG_HAECC1, 0x78 },
{ REG_HAECC2, 0x68 }, { 0xa1, 0x03 }, /* magic */
{ REG_HAECC3, 0xd8 }, { REG_HAECC4, 0xd8 },
{ REG_HAECC5, 0xf0 }, { REG_HAECC6, 0x90 },
{ REG_HAECC7, 0x94 },
{ REG_COM8, COM8_FASTAEC | COM8_AECSTEP | COM8_AGC | COM8_AEC },
{ 0x30, 0 }, { 0x31, 0 }, //disable some delays
/* Almost all of these are magic "reserved" values. */
{ REG_COM5, 0x61 }, { REG_COM6, 0x4b },
{ 0x16, 0x02 }, { REG_MVFP, 0x07 },
{ 0x21, 0x02 }, { 0x22, 0x91 },
{ 0x29, 0x07 }, { 0x33, 0x0b },
{ 0x35, 0x0b }, { 0x37, 0x1d },
{ 0x38, 0x71 }, { 0x39, 0x2a },
{ REG_COM12, 0x78 }, { 0x4d, 0x40 },
{ 0x4e, 0x20 }, { REG_GFIX, 0 },
/*{0x6b, 0x4a},*/{ 0x74, 0x10 },
{ 0x8d, 0x4f }, { 0x8e, 0 },
{ 0x8f, 0 }, { 0x90, 0 },
{ 0x91, 0 }, { 0x96, 0 },
{ 0x9a, 0 }, { 0xb0, 0x84 },
{ 0xb1, 0x0c }, { 0xb2, 0x0e },
{ 0xb3, 0x82 }, { 0xb8, 0x0a },

/* More reserved magic, some of which tweaks white balance */
{ 0x43, 0x0a }, { 0x44, 0xf0 },
{ 0x45, 0x34 }, { 0x46, 0x58 },
{ 0x47, 0x28 }, { 0x48, 0x3a },
{ 0x59, 0x88 }, { 0x5a, 0x88 },
{ 0x5b, 0x44 }, { 0x5c, 0x67 },
{ 0x5d, 0x49 }, { 0x5e, 0x0e },
{ 0x6c, 0x0a }, { 0x6d, 0x55 },
{ 0x6e, 0x11 }, { 0x6f, 0x9e }, /* it was 0x9F "9e for advance AWB" */
{ 0x6a, 0x40 }, { REG_BLUE, 0x40 },
{ REG_RED, 0x60 },
{ REG_COM8, COM8_FASTAEC | COM8_AECSTEP | COM8_AGC | COM8_AEC | COM8_AWB },

/* Matrix coefficients */
{ 0x4f, 0x80 }, { 0x50, 0x80 },
{ 0x51, 0 }, { 0x52, 0x22 },
{ 0x53, 0x5e }, { 0x54, 0x80 },
{ 0x58, 0x9e },

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/48

```

{ REG_COM16, COM16_AWBGAIN }, { REG_EDGE, 0 },
{ 0x75, 0x05 }, { REG_REG76, 0xe1 },
{ 0x4c, 0 }, { 0x77, 0x01 },
{ REG_COM13, /*0xc3*/0x48 }, { 0x4b, 0x09 },
{ 0xc9, 0x60 }, /*{REG_COM16, 0x38},*/
{ 0x56, 0x40 },

{ 0x34, 0x11 }, { REG_COM11, COM11_EXP | COM11_HZAUTO },
{ 0xa4, 0x82/*Was 0x88*/ }, { 0x96, 0 },
{ 0x97, 0x30 }, { 0x98, 0x20 },
{ 0x99, 0x30 }, { 0x9a, 0x84 },
{ 0x9b, 0x29 }, { 0x9c, 0x03 },
{ 0x9d, 0x4c }, { 0x9e, 0x3f },
{ 0x78, 0x04 },

/* Extra-weird stuff. Some sort of multiplexor register */
{ 0x79, 0x01 }, { 0xc8, 0xf0 },
{ 0x79, 0x0f }, { 0xc8, 0x00 },
{ 0x79, 0x10 }, { 0xc8, 0x7e },
{ 0x79, 0x0a }, { 0xc8, 0x80 },
{ 0x79, 0x0b }, { 0xc8, 0x01 },
{ 0x79, 0x0c }, { 0xc8, 0x0f },
{ 0x79, 0x0d }, { 0xc8, 0x20 },
{ 0x79, 0x09 }, { 0xc8, 0x80 },
{ 0x79, 0x02 }, { 0xc8, 0xc0 },
{ 0x79, 0x03 }, { 0xc8, 0x40 },
{ 0x79, 0x05 }, { 0xc8, 0x30 },
{ 0x79, 0x26 },
{ 0xff, 0xff }, /* END MARKER */
};

void error_led(void){
    DDRB |= 32;//make sure led is output
    while (1){//wait for reset
        PORTB ^= 32;// toggle led
        _delay_ms(100);
    }
}

void twiStart(void){
    TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWSTA) | _BV(TWEN);//send start
    while (!(TWCR & (1 << TWINT)));//wait for start to be transmitted
    if ((TWSR & 0xF8) != TW_START)
        error_led();
}

void twiWriteByte(uint8_t DATA, uint8_t type){
    TWDR = DATA;
    TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN);
    while (!(TWCR & (1 << TWINT))) {}
    if ((TWSR & 0xF8) != type)
        error_led();
}

void twiAddr(uint8_t addr, uint8_t typeTWI){
    TWDR = addr;//send address
    TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN); /* clear interrupt to start transmission */
    while ((TWCR & _BV(TWINT)) == 0); /* wait for transmission */
    if ((TWSR & 0xF8) != typeTWI)
        error_led();
}

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/49

```

}

void writeReg(uint8_t reg, uint8_t dat){
    //send start condition
    twiStart();
    twiAddr(camAddr_WR, TW_MT_SLA_ACK);
    twiWriteByte(reg, TW_MT_DATA_ACK);
    twiWriteByte(dat, TW_MT_DATA_ACK);
    TWCR = (1 << TWINT) | (1 << TWEN) | (1 << TWSTO); //send stop
    _delay_ms(1);
}

static uint8_t twiRd(uint8_t nack){
    if (nack){
        TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN);
        while ((TWCR & _BV(TWINT)) == 0); /* wait for transmission */
        if ((TWSR & 0xF8) != TW_MR_DATA_NACK)
            error_led();
        return TWDR;
    }
    else{
        TWCR = _BV(TWINT) | _BV(TWEN) | _BV(TWEA);
        while ((TWCR & _BV(TWINT)) == 0); /* wait for transmission */
        if ((TWSR & 0xF8) != TW_MR_DATA_ACK)
            error_led();
        return TWDR;
    }
}

uint8_t rdReg(uint8_t reg){
    uint8_t dat;
    twiStart();
    twiAddr(camAddr_WR, TW_MT_SLA_ACK);
    twiWriteByte(reg, TW_MT_DATA_ACK);
    TWCR = (1 << TWINT) | (1 << TWEN) | (1 << TWSTO); //send stop
    _delay_ms(1);
    twiStart();
    twiAddr(camAddr_RD, TW_MR_SLA_ACK);
    dat = twiRd(1);
    TWCR = (1 << TWINT) | (1 << TWEN) | (1 << TWSTO); //send stop
    _delay_ms(1);
    return dat;
}

void wrSensorRegs8_8(const struct regval_list reglist[]){
    uint8_t reg_addr, reg_val;
    const struct regval_list *next = reglist;
    while ((reg_addr != 0xff) | (reg_val != 0xff)){
        reg_addr = pgm_read_byte(&next->reg_num);
        reg_val = pgm_read_byte(&next->value);
        writeReg(reg_addr, reg_val);
        next++;
    }
}

void setColor(void){
    wrSensorRegs8_8(yuv422_ov7670);
    // wrSensorRegs8_8(qvga_ov7670);
}

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 50

```

void setResolution(void){
  writeReg(REG_COM3, 4); // REG_COM3 enable scaling
  wrSensorRegs8_8(qvga_ov7670);
}

void camInit(void){
  writeReg(0x12, 0x80);
  _delay_ms(100);
  wrSensorRegs8_8(ov7670_default_regs);
  writeReg(REG_COM10, 32); //PCLK does not toggle on HBLANK.
}

void arduinoUnoInut(void) {
  cli(); //disable interrupts

  /* Setup the 8mhz PWM clock
  * This will be on pin 11*/
  DDRB |= (1 << 3); //pin 11
  ASSR &= ~( _BV(EXCLK) | _BV(AS2));
  TCCR2A = (1 << COM2A0) | (1 << WGM21) | (1 << WGM20);
  TCCR2B = (1 << WGM22) | (1 << CS20);
  OCR2A = 0; // (F_CPU) / (2 * (X+1))
  DDRC &= ~15; //low d0-d3 camera
  DDRD &= ~252; //d7-d4 and interrupt pins
  _delay_ms(3000);

  //set up twi for 100khz
  TWSR &= ~3; //disable prescaler for TWI
  TWBR = 72; //set to 100khz

  //enable serial
  UBRR0H = 0;
  UBRR0L = 1; //0 = 2M baud rate. 1 = 1M baud. 3 = 0.5M. 7 = 250k 207 is 9600
  baud rate.
  UCSR0A |= 2; //double speed aysnc
  UCSR0B = (1 << RXEN0) | (1 << TXEN0); //Enable receiver and transmitter
  UCSR0C = 6; //async 1 stop bit 8bit char no parity bits
}

void StringPgm(const char * str){
  do{
    while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0))); //wait for byte to transmit
    UDR0 = pgm_read_byte_near(str);
    while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0))); //wait for byte to transmit
  } while (pgm_read_byte_near(++str));
}

static void captureImg(uint16_t wg, uint16_t hg){
  uint16_t y, x;

  StringPgm(PSTR("*RDY*"));

  while (!(PIND & 8)); //wait for high
  while ((PIND & 8)); //wait for low

  y = hg;
  while (y--){
    x = wg;
    //while (!(PIND & 256)); //wait for high
    while (x--){

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 51

```

while ((PIND & 4)); //wait for low
UDR0 = (PINC & 15) | (PIND & 240);
while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0))); //wait for byte to transmit
while (!(PIND & 4)); //wait for high
while ((PIND & 4)); //wait for low
while (!(PIND & 4)); //wait for high
}
// while ((PIND & 256)); //wait for low
}
_delay_ms(100);
}

void setup(){
  arduinoUnoInut();
  camInit();
  setResolution();
  setColor();
  writeReg(0x11, 10); //Earlier it had the value:writeReg(0x11, 12); New version
works better for me :) !!!!
}

void loop(){
  captureImg(320, 240);
}

```

Для роботи з макетом також потрібна допоміжна програма Serial Port Reader. Інтерфейс даної програми представлений на рис.7.3.

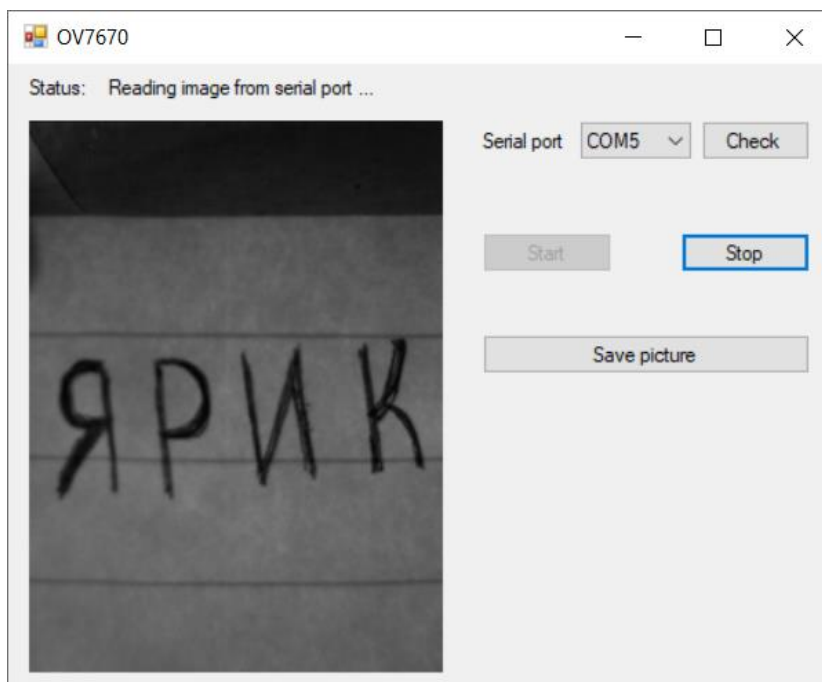


Рисунок 7.3 - Інтерфейс програми Serial Port Reader

В програмі необхідно вказати порт, до якого буде підключений Arduino Uno та натиснути Start\Stop. При бажанні зберегти зображення натиснути Save picture.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 52

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- ознайомитись з рекомендованою літературою;
- вивчити короткі теоретичні відомості.

1.4. Порядок роботи:

48. Підключити модуль ArduinoUno до відеокамери OV7670 згідно рис.7.2.
49. Написати та відлагодити код роботи для Arduino Uno згідно Лістинг 1.
50. Скачати програму Serial Port Reader.
51. Налаштувати роботи макету для отримання зображень.
52. Зробити мітку на зображенні, зробити протягом 30 секунд 5 знімків.
53. Проаналізувати рух та параметри зображення протягом часу.
54. Оформити звіт та зробити висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 53

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Визначення швидкості руху транспортних засобів за відеозаписом за допомогою нейромережі

1.1 Мета роботи

Дослідити відеозапис в середовищі нейромережі та скласти графік на базі отриманих даних.

1.2. Короткі теоретичні відомості

You Only Look Once (YOLO) — це серія систем виявлення об'єктів у реальному часі на основі згорткових нейронних мереж. Вперше представлений Джозефом Редмоном та ін. у 2015 році YOLO зазнала кількох ітерацій і вдосконалень, ставши однією з найпопулярніших систем виявлення об'єктів.

Назва «Ви дивитеся лише один раз» означає, що алгоритм вимагає лише одного проходу прямого розповсюдження через нейронну мережу, щоб зробити прогнози, на відміну від попередніх методів на основі регіональних пропозицій, таких як R-CNN, які потребують тисячі для одного зображення.

В програмі виконано пошук об'єктів на відео за допомогою Python і бібліотеки OpenCV, а також бібліотек numpy та art. Нейромережа YOLO була використана для визначення класів на відео послідовності.

З її допомогою визначаються найімовірніші класи об'єктів на зображенні ('person', 'bicycle', 'car', 'motorbike', 'bus', 'truck'), а також координати їх кордонів, які були використані для відображення рамки (прямокутника). Приклад визначення класів об'єктів на зображенні (кадр з відеопослідовності), а саме в даному випадку авто (car) представлено на рис.2.3-2.4.

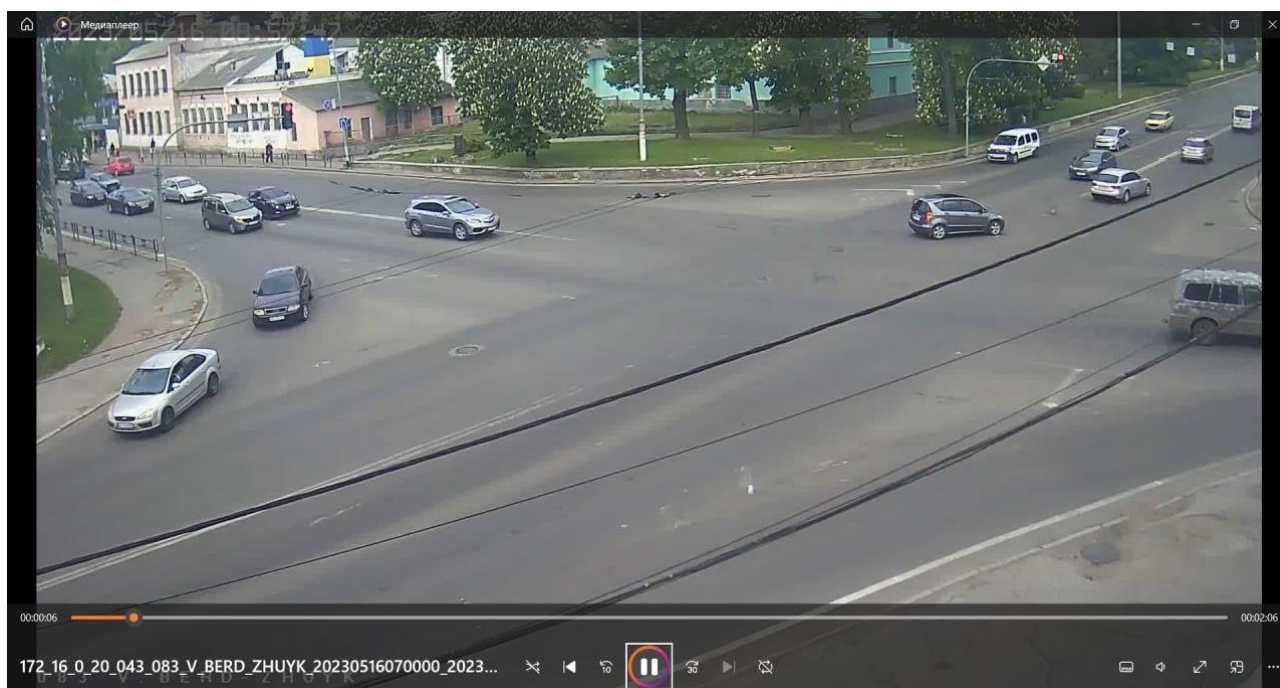


Рисунок 2.3 Кадр з відеопослідовності для подальшого визначення класів об'єктів на зображенні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 54



Рисунок 2.4. Кадр з відеопослідовності з визначеними класами об'єктів (авто, «car») на зображенні

Головна функція визначає координати X, Y центру мас зображення, потім добуток кожної координати на довжину/ширину, далі математичним чином визначаються координати обмежуючого прямокутника для промальовування рамки (боксу). Код представлений нижче:

```
center_x = int(obj[0] * width)
center_y = int(obj[1] * height)
obj_width = int(obj[2] * width)
obj_height = int(obj[3] * height)
box = [center_x - obj_width // 2, center_y - obj_height // 2,
       obj_width, obj_height]
```

Програма виводить координати центра мас, а також час для кожної пари координат.

```
coordinat.append(center_x)
coordinat.append(center_y)
end_time = time.time() - start_time
sum_time = float(sum_time) + end_time
sum_time = round(sum_time, 4)
final_image = index(center_x, center_y, final_image, coordinat, sum_time)
```

Приклад роботи програми з визначенням класів об'єктів та виведенням координат та час їх зміни приведено на рис.2.5.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/55

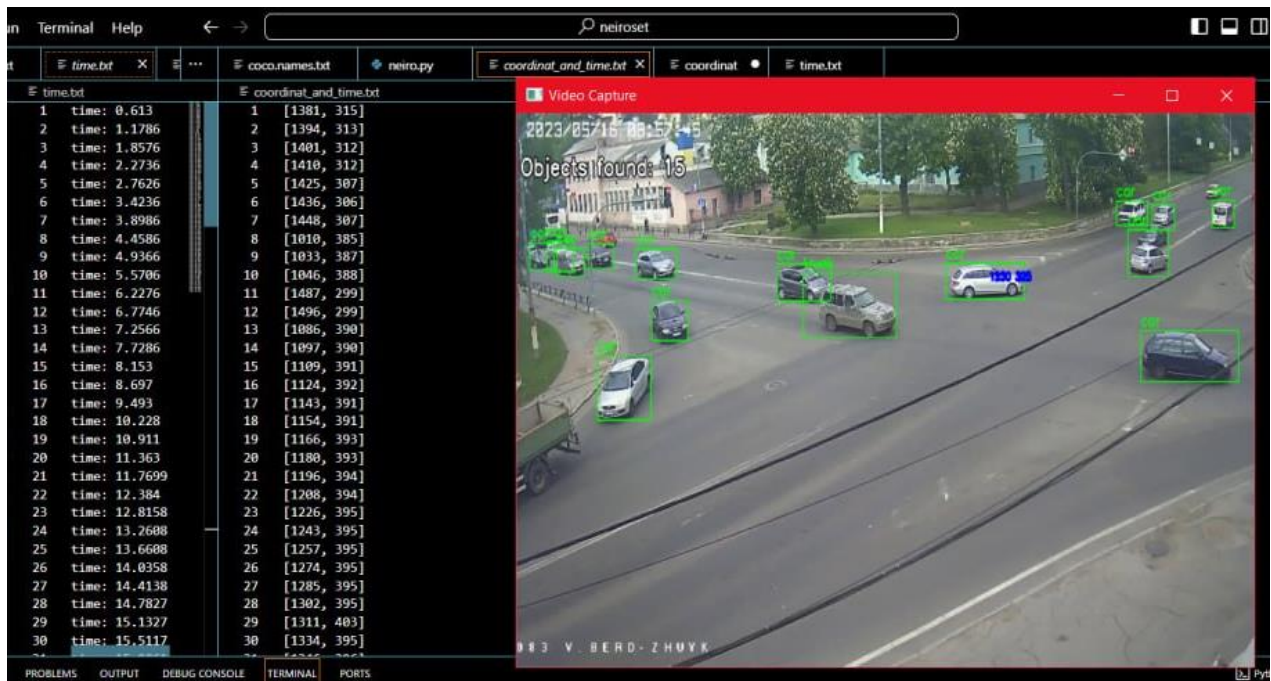


Рисунок 2.5. Кадр з відеопослідовності з визначеними класами об'єктів (авто, «car») на зображенні, визначеними координатами центру мас та часу

Далі отримані дані передаються для визначення переміщення та швидкості руху об'єктів.

Вхідні дані для відеопотоку представлені нижче в програмі:

```
# Capturing a picture from a video
video_camera_capture = cv2.VideoCapture(video)
out = cv2.VideoWriter('captured.avi', 1, 20.0, (640,480))
```

Отже, відповідно 20 кадрів в секунду та розширення зображення 640 на 480.

Центр мас – це уявна геометрична точка, що характеризує розподіл маси в тілі (системі тіл) і радіус-вектор якої виражається через радіус-вектори x_i , y_i окремих точок за формулою (2.1):

$$\vec{x}_c = \frac{\sum m_i x_i}{m_i}, \quad \vec{y}_c = \frac{\sum m_i y_i}{m_i} \quad (2.1)$$

де $\sum m_i = M$.

Центр мас є точкою прикладання не тільки рівнодійної сил тяжіння, але і рівнодійної будь-яких масових сил за умови. Що сили, що діють на елементи тіла (точки системи) паралельні між собою.

Коефіцієнт масштабування для зображення 640 на 480 становить $K=6,2505$. Виміряні дані поточних координат представлені в д.т. Щоб отримати виміряні поточні координати в метрах потрібно перемножити на коефіцієнт масштабування та поділити на 100 (2.2).

$$x_i = \frac{K\vec{x}_c}{100}, \quad y_i = \frac{K\vec{y}_c}{100} \quad (2.2)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/56

Переміщення розраховується, як модуль різниці між поточним та попереднім значенням координати. Відповідно, вважаємо рух транспортного засобу зліва направо та зворотно по координаті x_i , зверху вниз та зворотно по координаті y_i (2.3).

$$r_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (2.3)$$

Поточну швидкість v_i розраховується, як модуль різниці між наступним значенням та попереднім поділений на час кадру. Час кадру t_i в програмі не фіксований (2.4).

$$v_i = \frac{|x_{i+1} - x_{i-1}|}{t_i} \quad (2.4)$$

Далі обчислюються загладжувані координати, переміщення та швидкість по формулі 2.5:

$$\hat{\theta}_n = (1 - \xi) \theta_n + \xi \hat{\theta}_{n-1} \quad (2.5)$$

де θ_n – вимірне значення параметра на n -кроці; $\hat{\theta}_n$ – зглажене значення параметра в n -м огляді; ξ – стала величина, що має сенс коефіцієнта згладжування. [7]

Коефіцієнт згладжування обирається для кожного транспортного засобу враховуючи інтенсивність маневру. При дослідженні було відібрано три екземпляра транспортних засобів: легкове авто, автобус на дев'ять посадкових місць та вантажівка. В програмі нейромережею YOLO це ідентифікувалося відповідно car, bus, truck.

Якість експоненційного згладжування оцінюється за величиною випадкових та динамічних помилок згладжування.

Дисперсія відносної сумарної помилки згладжувань дорівнює

$$\frac{\sigma_\Sigma^2}{\sigma_\theta^2} = \frac{(1 - \xi)^2}{(1 + \xi)} + \frac{\xi^2}{(1 - \xi)^2} s^2, \quad (2.6)$$

де $s^2 = \frac{(\Delta^{(1)} \theta_n)^2}{\sigma_\theta^2}$ - відносна інтенсивність можливих змін параметрів руху.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	Екземпляр № 1	Арк 48/ 57

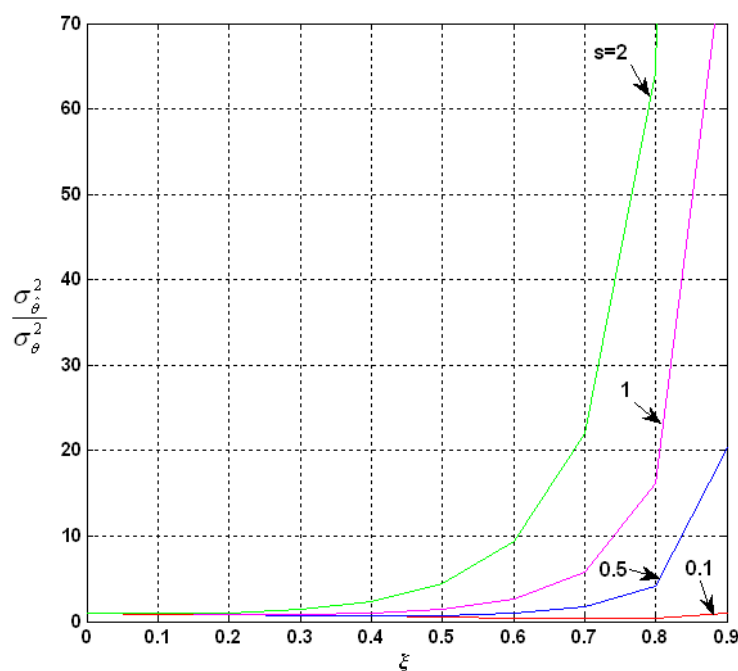


Рис.2.6. Графіки залежності дисперсії відносної сумарної помилки згладжування параметра від коефіцієнта згладжування ξ при різних інтенсивностях маневру

На рис. 2.6 побудовані графіки залежності дисперсії відносної сумарної помилки згладжування параметра від коефіцієнта згладжування ξ при різних інтенсивностях змін цього параметра. Графіки мають екстремуми типу мінімуму, які зміщуються вліво при збільшенні інтенсивності змін. Звідси можна зробити висновок про доцільність зміни коефіцієнта згладжування ξ з метою підтримки похибки на мінімальному або близькому до мінімального рівня для кожного конкретного значення інтенсивності змін параметра руху ОУ. З графіків похибки також випливає, що вибір коефіцієнтів ξ для кожного значення інтенсивності змін не критичний, так як екстремуми графіків пологі.

Для знаходження оптимального значення ξ_{opt} за критерієм мінімуму дисперсії сумарної помилки продиференціюємо вираз (2.6) по ξ і прирівняємо результат до нуля. Остаточне рівняння для ξ_{opt} має вигляд (2.7):

$$(1 - \xi_{opt}^2)(1 - \xi_{opt})^3 + 2(1 - \xi_{opt})^4 - 2\xi_{opt}(1 + \xi_{opt})^2 s^2 = 0. \quad (2.7)$$

Рис.2.7. Графіки знаходження оптимального значення ξ_{opt} за критерієм мінімуму дисперсії сумарної помилки

1.3. Підготовка до роботи

При підготовці до роботи необхідно:

- Ознайомитися з теоретичними відомостями
- Встановити програму неймережу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.01/152.00.1/Б/ВК4.3- 20_21
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 48/ 58</i>

1.4. Порядок роботи:

1. Встановити програму нейромережі
2. Запустити наданий відеофайл в середовищі нейромережі
3. Отримати дані обробки відеофайлу
4. Побудувати графік на базі отриманих даних