

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Кваліфікаційна робота

«Автоматизоване керування мобільною
роботехнічною платформою по заданій
траєкторії»

Виконав:

ст. гр. АКТАКІТ-17-2

Кожухов Микита Дмитрович

Керівник:

доц. каф. КІТАМ

Невлюдова В.В.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Об'єкт дослідження – інтелектуальне управління мобільними платформами на виробництві.

Мета роботи – розробка автоматизованої системи керування дистанційно мобільним роботом з урахуванням затримки під час передачі інформації.

Предмет дослідження – програмне забезпечення для дистанційно керованого мобільного робота.

Практичним результатом роботи є розроблене програмне забезпечення, яке може бути використано в автоматизованих системах керування транспортними роботами та на промислових робочих зонах для транспортування вантажу.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

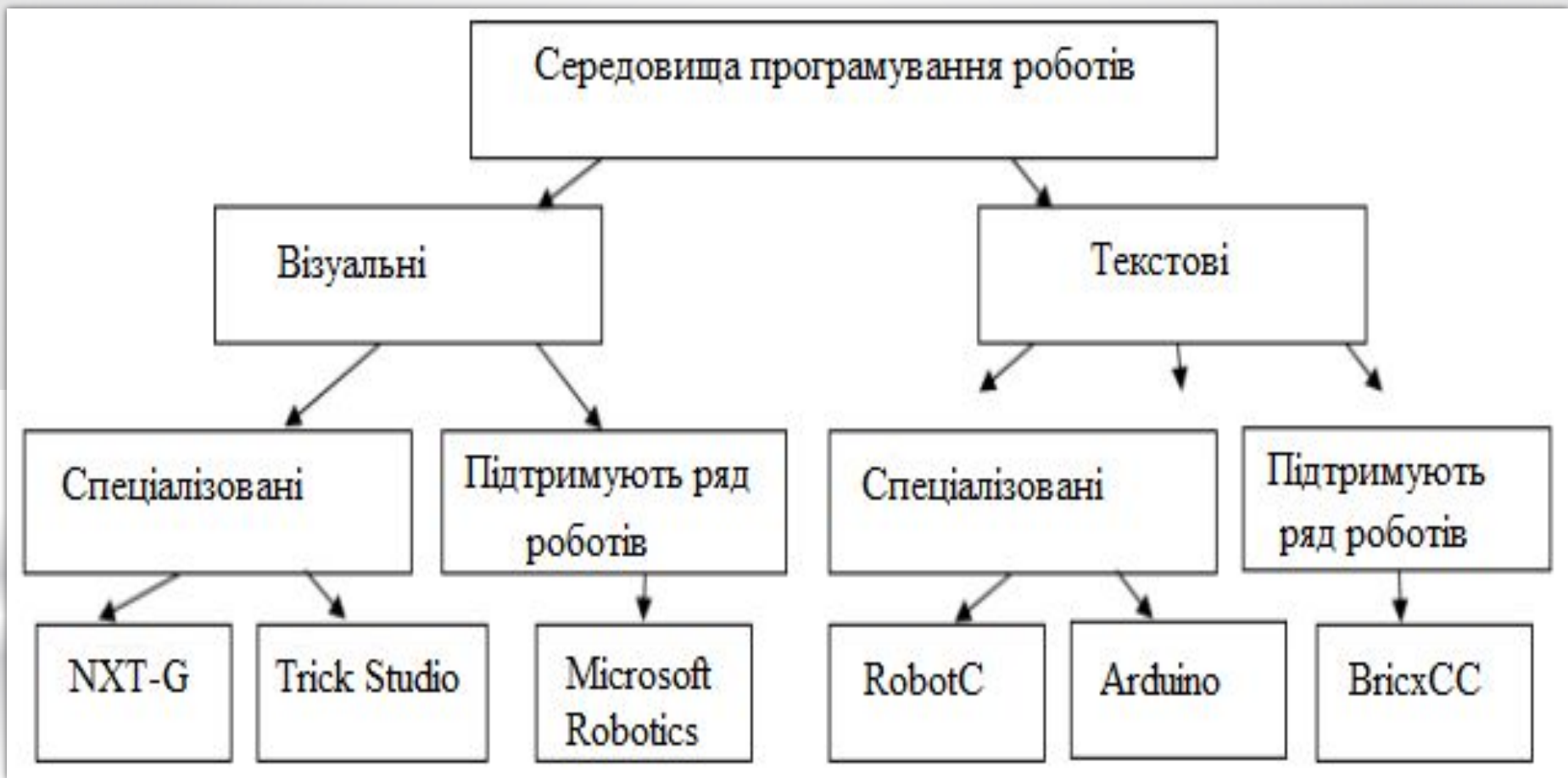
- провести аналіз середовищ програмування та програмного забезпечення мобільних роботів;
- провести аналіз алгоритму руху по лінії та керування через Bluetooth;
- розробити алгоритми руху мобільної платформи.

Мобільний робот – робот, який здатен пересуватися у робочому просторі згідно з керуючою програмою. Особливість мобільних роботів – можливість досягнення заданої мети в невизначеному середовищі, уникаючи зіткнень зі стаціонарними та рухомими об'єктами.

Колісні роботи призначені для інспектування приміщень або переміщення різних предметів з одного пункту в інший в неструктурованому і від цього не завжди безпечному для людини середовищі.

Наразі впевнене функціонування мобільних роботів може бути забезпечено у відносно знайомих та добре структурованих робочих середовищах.

Програмне забезпечення мобільних роботів

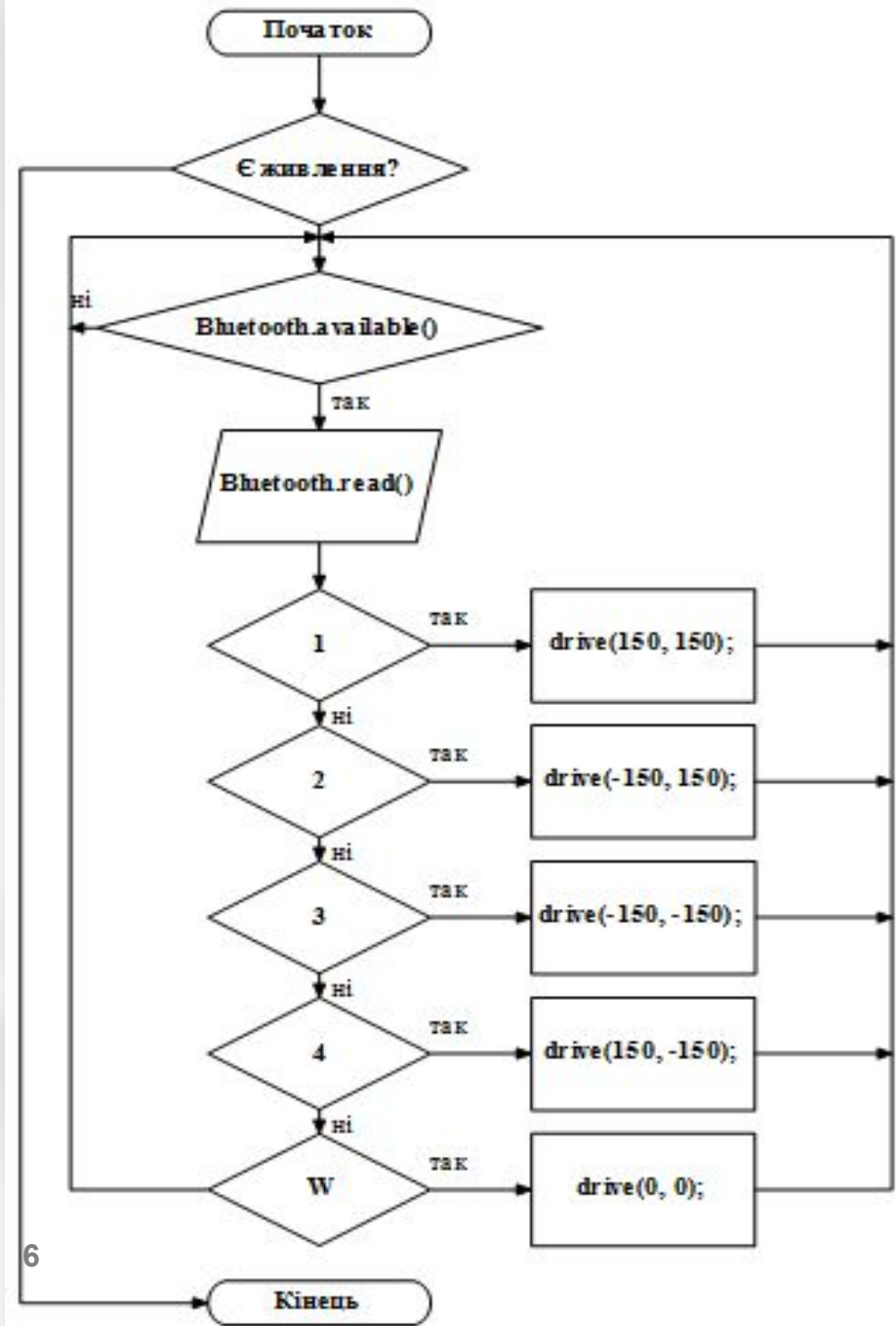


СЕРЕДОВИЩА ПРОГРАМУВАННЯ ARDUINO

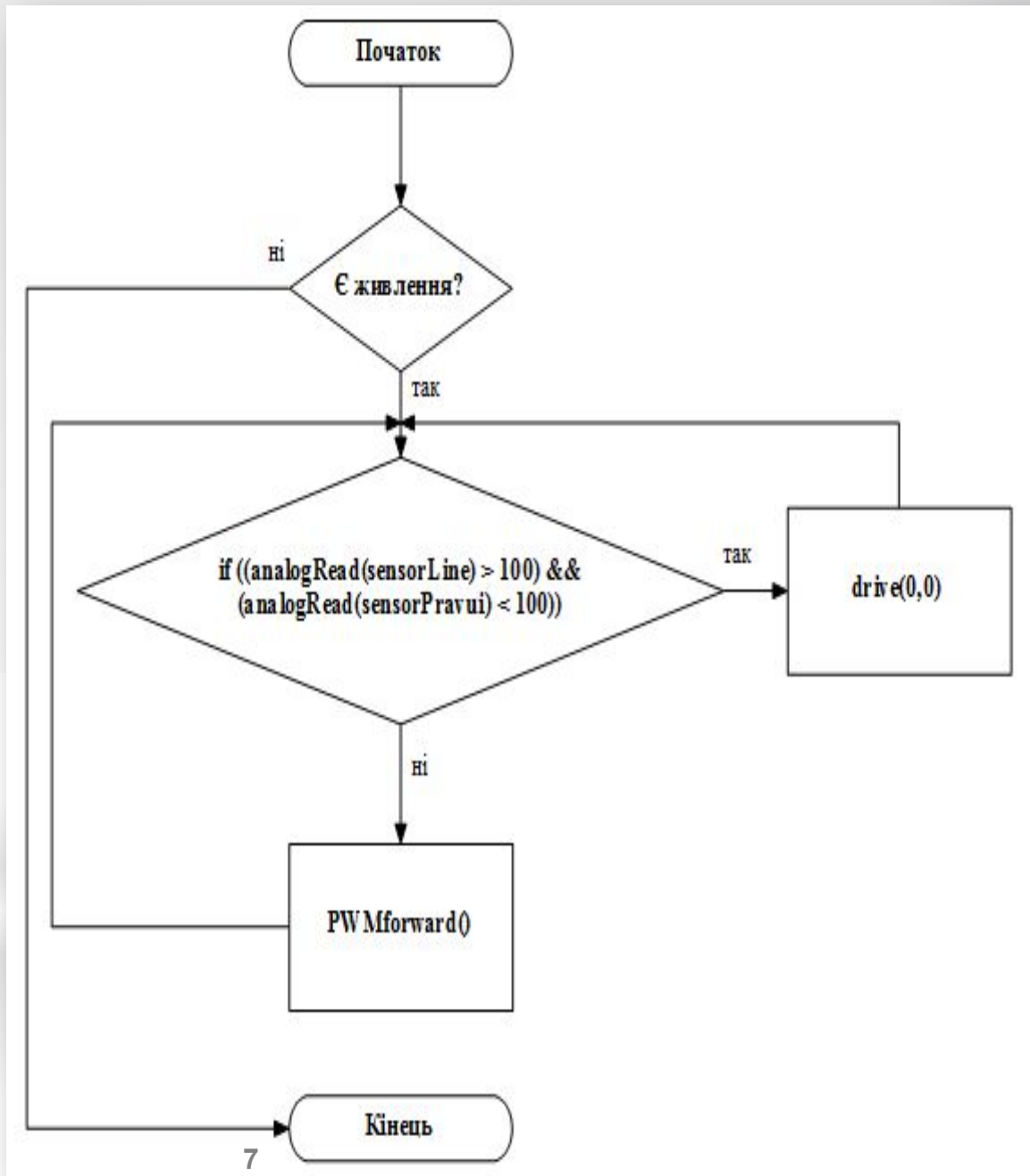
- Programino (платна);
- B4R (Basic for Arduino) (використовується мова Basic);
- PlatformIO (орієнтована на роботу з командного рядка);
- Code Blocks (має багато плагінів, які полегшують роботу);
- Maria Mole (для просунутих користувачів);

Алгоритм ручного керування та код програми

```
void loop() {  
  if (Bluetooth.available()) {  
    switch ( Bluetooth.read() ) {  
      case '1':  
        drive(150, 150); // вперед  
        break;  
      case '3':  
        drive(-150, -150); // назад  
        break;  
      case '4':  
        drive(150, -150); // вправо  
        break;  
      case '2':  
        drive(-150, 150); // влево  
        break;  
      case 'W':  
        drive(0, 0); // стоп  
        break;  
    }  
  }  
}
```



Алгоритм руху по лінії

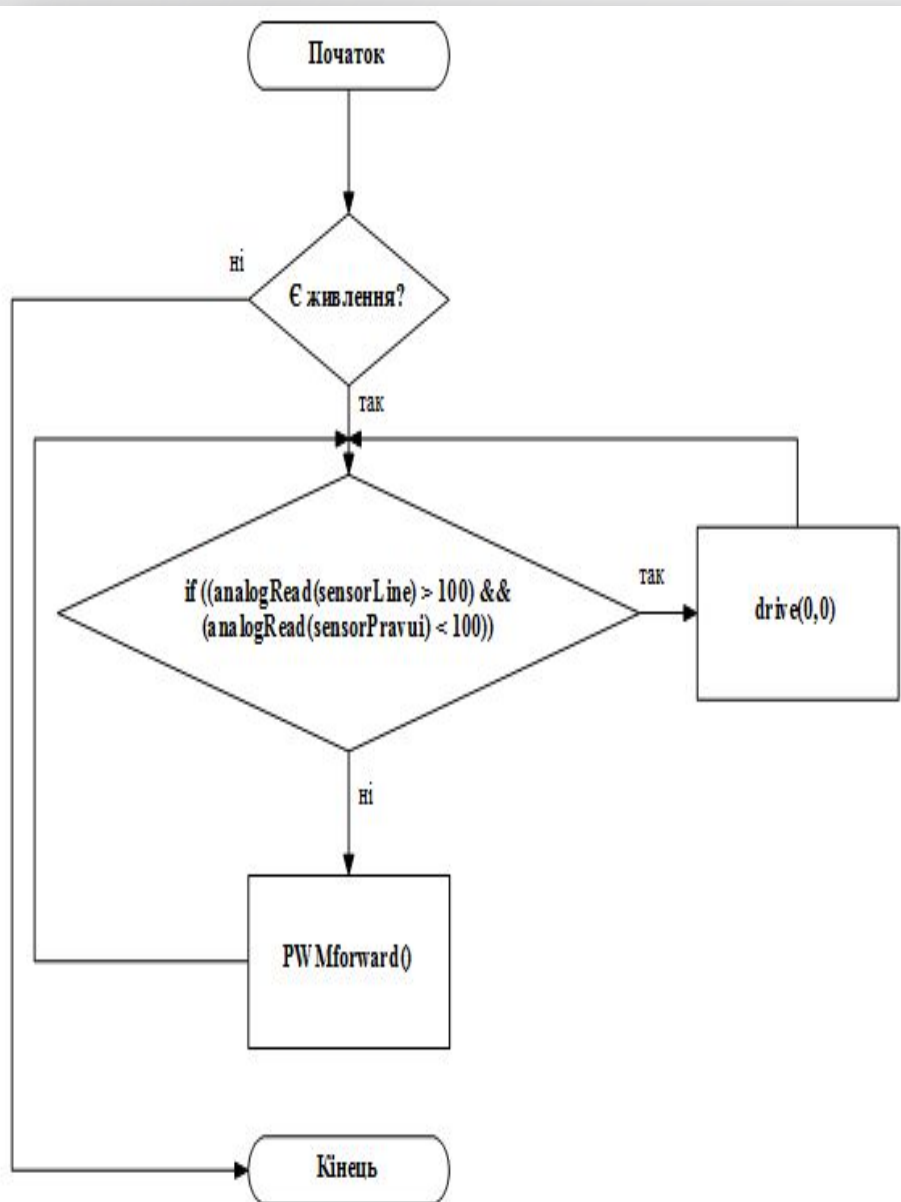


ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕГУЛЯТОРА З П-КАНАЛОМ ТА КУБІЧНОЮ СКЛАДОВОЮ

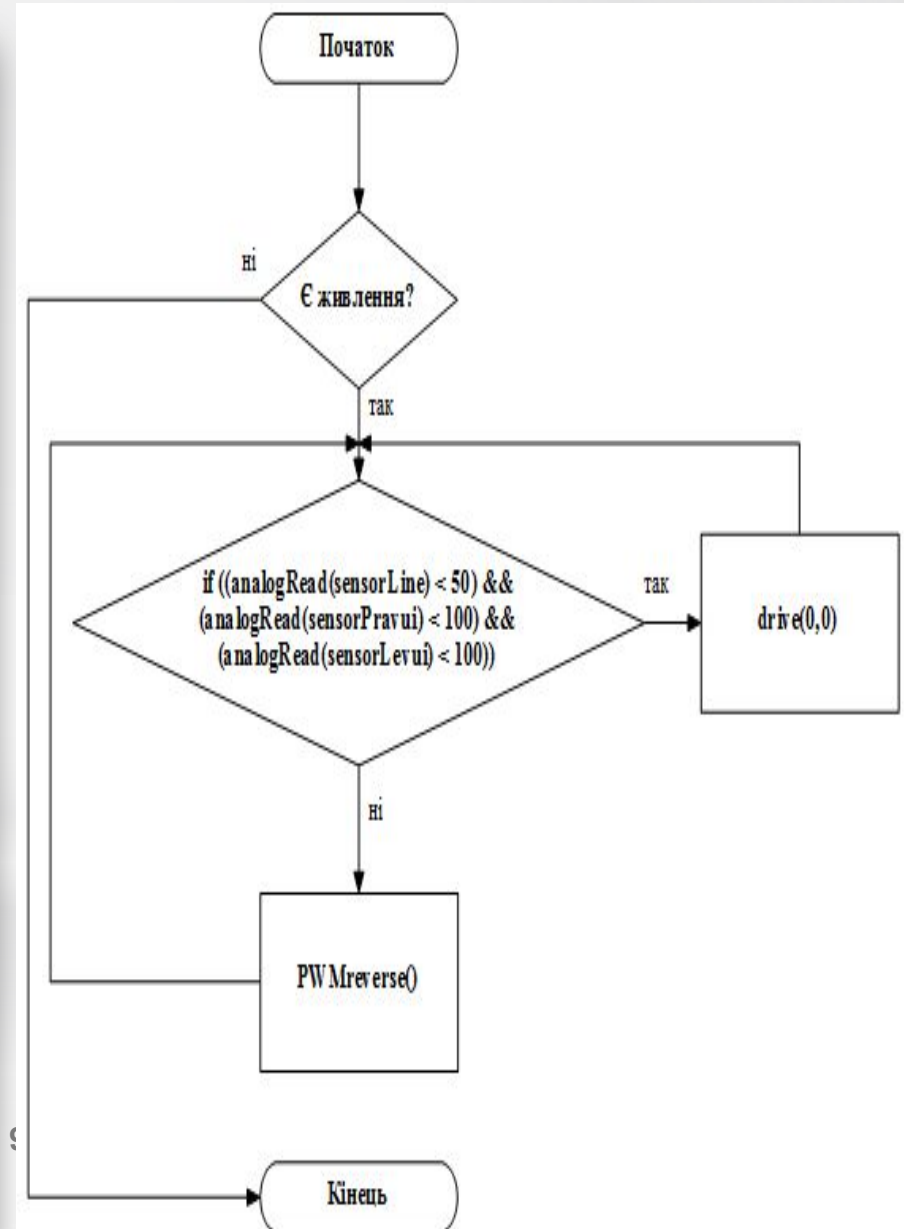
```
#define norma 350
float k = 0.38;
float c = 0.00000001;
int e = analogRead(sensorLineR) - norma;
int u = k * e + c * pow(e, 3);
```

П-канал діє коли відхилення від норми незначні. А різкі повороти забезпечує кубічна складова, при малих відхиленнях вона не надає великого впливу.

Алгоритм руху по лінії до точки 1



Алгоритм руху по лінії назад до точки старту



Функція руху

```
void drive2(int left, int right)
{
    left = constrain(left, -255, 255);
    right = constrain(right, -255, 255);

    if(left >= 0){
        digitalWrite(L1, LOW);
        digitalWrite(L2, HIGH);
    }
    else {
        digitalWrite(L1, HIGH);
        digitalWrite(L2, LOW);
    }

    if(right >= 0){
        digitalWrite(R1, LOW);
        digitalWrite(R2, HIGH);
    }
    else{
        digitalWrite(R1, HIGH);
        digitalWrite(R2, LOW);
    }
    analogWrite(enL, abs(left));
    analogWrite(enR, abs(right));
}
```

Функція руху по лінії вперед і назад

```
void PWMforward() {
    int e = analogRead(sensorLine) - norma;
    int u = k * e + c * pow(e, 3);
    drive2(speedNorma + u, speedNorma - u);
}
```

```
void PWMreverse() {
    int e = analogRead(sensorLineR) - norma;
    int u = k * e + c * pow(e, 3);
    drive3((-1)*(speedNorma + u), (-1)*(speedNorma - u));
}
```

Розробка ПІД-регулятора з кубічною складовою

ПІД-регулятором називають пристрій, який застосовується в контурах керування, обладнаних ланкою зворотного зв'язку (рис.). Такі регулятори використовують для формування сигналу управління в автоматичних системах, де необхідно досягти високих вимог до точності перехідних процесів та якості управління.

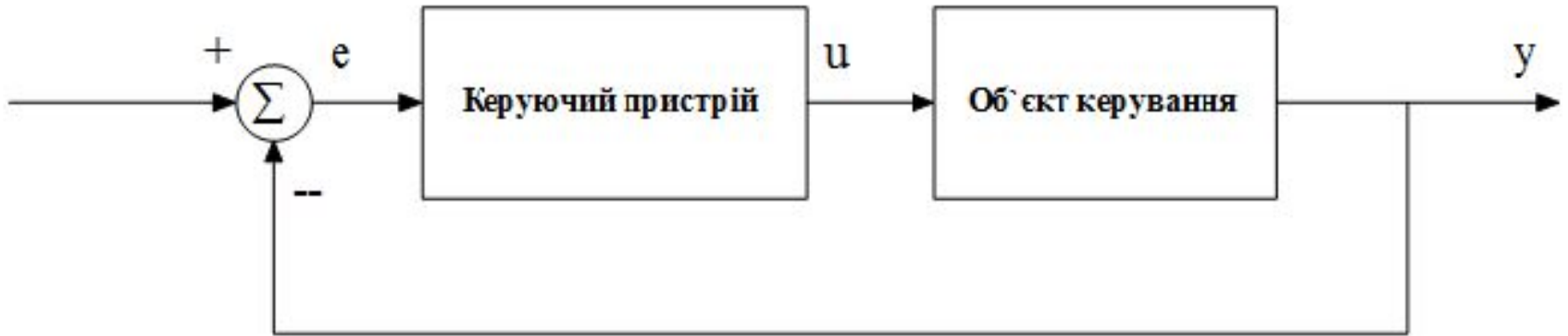


Рисунок - ПІД-регулятор

Керуючий сигнал ПІД-регулятора отримують в результаті складання 3 складових, а саме перша – пропорційна величині сигналу помилки, друга – інтегралу сигналу помилки, третя – його похідній.

Формула ПІД-регулятора:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

Реалізація в програмі ПІД-регулятора з кубічною складовою представлена на рисунку:

```
#define norma 350
float k = 0.38;
float c = 0.00000001;
int e = analogRead(sensorLineR) - norma;
int u = k * e + c * pow(e, 3);
```

Текст програми ПІД-регулятора з кубічною складовою

П-канал діє коли відхилення від норми незначні. А різкі повороти забезпечує кубічна складова, при малих відхиленнях вона не надає великого впливу.

Коефіцієнт пропорційного каналу дорівнює відношенню максимального значення керуючого сигналу, яке можемо собі дозволити, до максимального значення похибки.

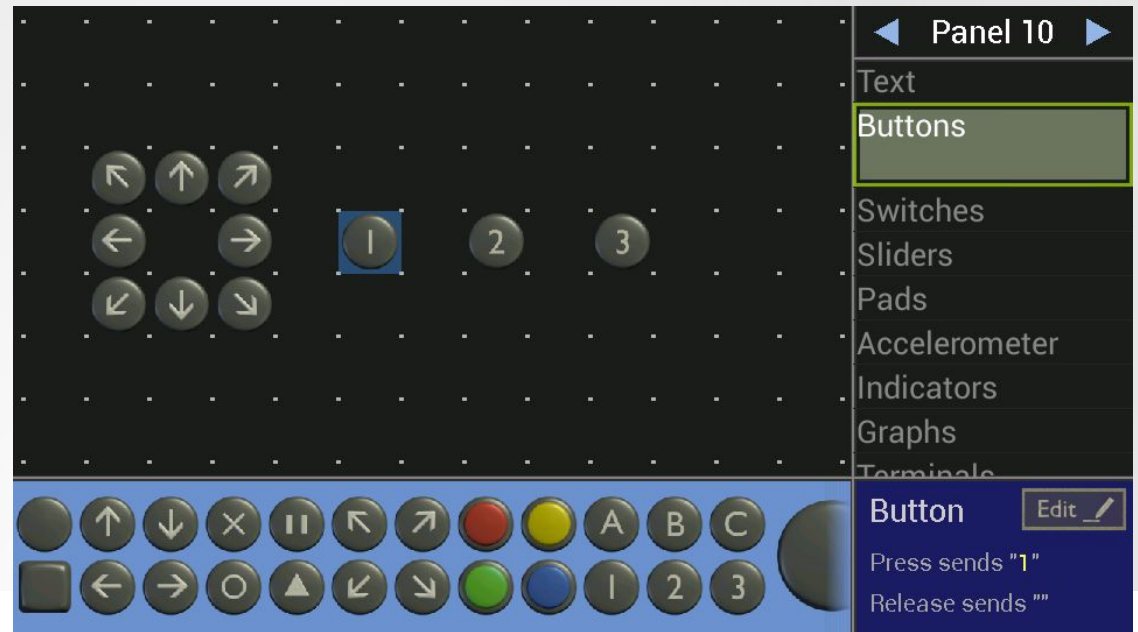
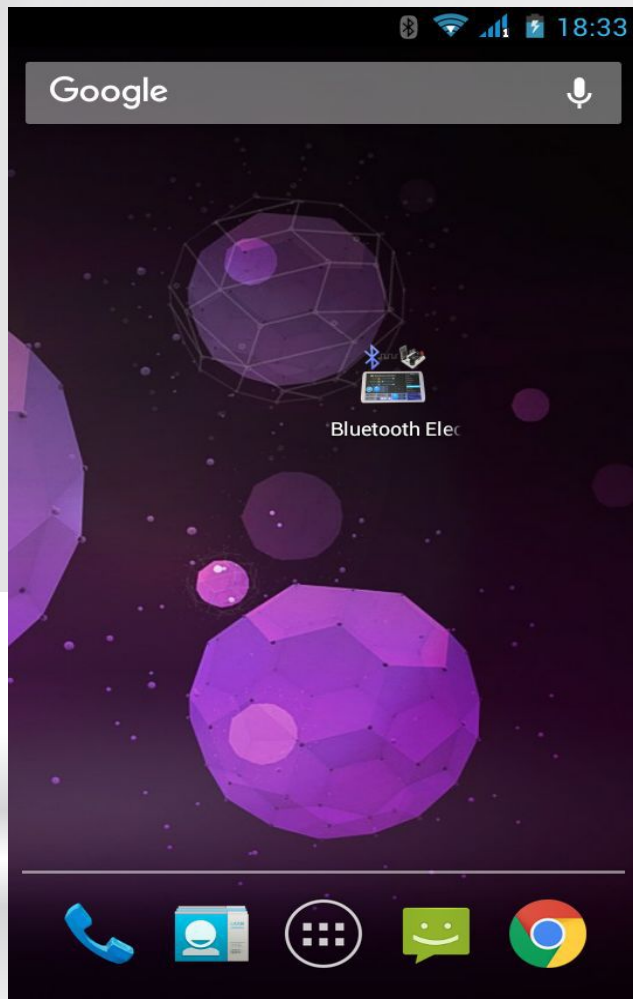
$$k = \frac{u_{\max}}{e_{\max}}$$

Максимальне значення керуючого сигналу в моєму випадку дорівнює 130. Знаючи максимальне значення керуючого сигналу та максимальне значення похибки, можна знайти коефіцієнт пропорційності.

Коефіцієнт кубічної складової визначався експериментальним методом.

$$k = \frac{130}{350} = 0.37$$

Налаштування та використання Android-додатку



В ході виконання розділу роботи було вирішено такі задачі:

- керування мобільною платформою через Bluetooth;
- рух по лінії до точки призначення;
- програмно реалізовано регулятор з пропорційним каналом та кубічною складовою для руху по лінії.

ВИСНОВКИ

Розробка програмного забезпечення для керування мобільними роботами є актуальною задачею в сфері робототехніки. Актуальність роботи підтверджується широким розповсюдженням мобільних роботів саме в останні роки.

У даній роботі був проведений аналіз середовищ програмування та програмного забезпечення мобільних роботів, а саме проаналізовано програмне забезпечення мобільних роботів та програмних засобів Arduino.

Також було проведено аналіз та розробку алгоритму руху по лінії та керування через Bluetooth, зокрема проаналізовано алгоритм руху по лінії, пропорційний регулятор та кубічну складову. Також розроблено керівництво користувача.

В ході виконання роботи було вирішено такі задачі:

- керування мобільною платформою через Bluetooth;
- рух по лінії до точки призначення;
- програмно реалізовано регулятор з пропорційним каналом та кубічною складовою для руху по лінії.

Питання, заплановані на реалізацію в майбутньому:

- пошук більш ефективних алгоритмів руху по лінії;
- розширення можливостей мобільної платформи за рахунок встановлення додаткових модулів.

В роботі проведено заходи і розрахунки для забезпечення безпечних умов праці в лабораторії де виконувалася кваліфікаційна робота.