

ДОДАТОК А

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Система стабілізації та руху сервоприводів для протезу нижніх кінцівок



Автор: студент групи КІУКІ-21-3
Щолкін Михайло Миколайович

Керівник: ст. викл. Ерошенко Ольга Артурівна

Актуальність теми

- Зростання потреби у функціональних протезах нижніх кінцівок
- Важливість відновлення мобільності для якості життя та соціальної інтеграції.
- Сучасні технології (біоінженерія, робототехніка, мікроелектроніка) як основа для створення досконалих протезів.
- Ключова роль сервоприводів у забезпеченні активного, керованого руху протезів.



Мета та завдання роботи

Мета завдання: Створення функціонального та керованого прототипу системи сервоприводу для протезів нижніх кінцівок, здатного забезпечувати точне позиціонування та утримання положення.

Основні завдання:

- Аналіз предметної області та існуючих рішень.
- Аналіз компонентної бази та теоретичних основ.
- Проектування та розробка прототипу системи.
- Реалізація алгоритмів керування.
- Експериментальне дослідження та тестування прототипу.

Огляд предметної області та існуючих рішень



- Класифікація: пасивні (механічні, енергоповертаючі) та активні (з електро-, пневмо-, гідроприводами).
- Системи керування: кінцеві автомати, адаптивні алгоритми (Impedance/Admittance Control), машинне навчання.

Комерційні зразки:

- Össur Proprio Foot
- Ottobock C-Leg Genium X3
- Blatchford Elan Foot

Дослідницькі проекти:

- Vanderbilt
- ETH Zurich
- MIT



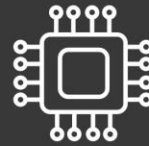
Компоненти сервоприводу та принципи керування



Електродвигуни



СЗЗ

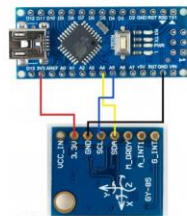


Драйвер

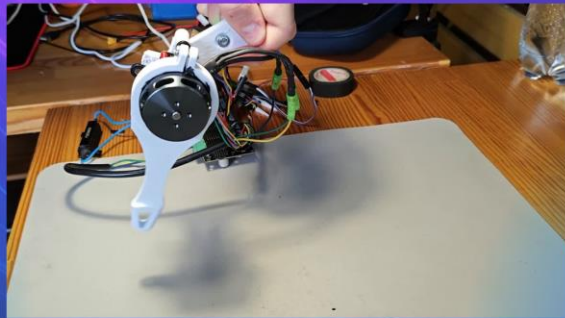


Редуктор

РОЗРОБКА ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО СТЕНДУ



Результати роботи створеного прототипу



Висновки

- ✓ Прототип успішно зібрано та протестовано.
- ✓ Демонстрація зміни положення відповідно до даних з акселерометра.
- ✓ Характер руху: плавність, "м'які" налаштування, що забезпечують пружність та амортизацію.
- ✓ Збереження здатності утримувати положення для балансування, незважаючи на "м'якість".
- ✓ Візуальна демонстрація роботи

ДОДАТОК Б

ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ВЛАСНОГО ДРАЙВЕРА

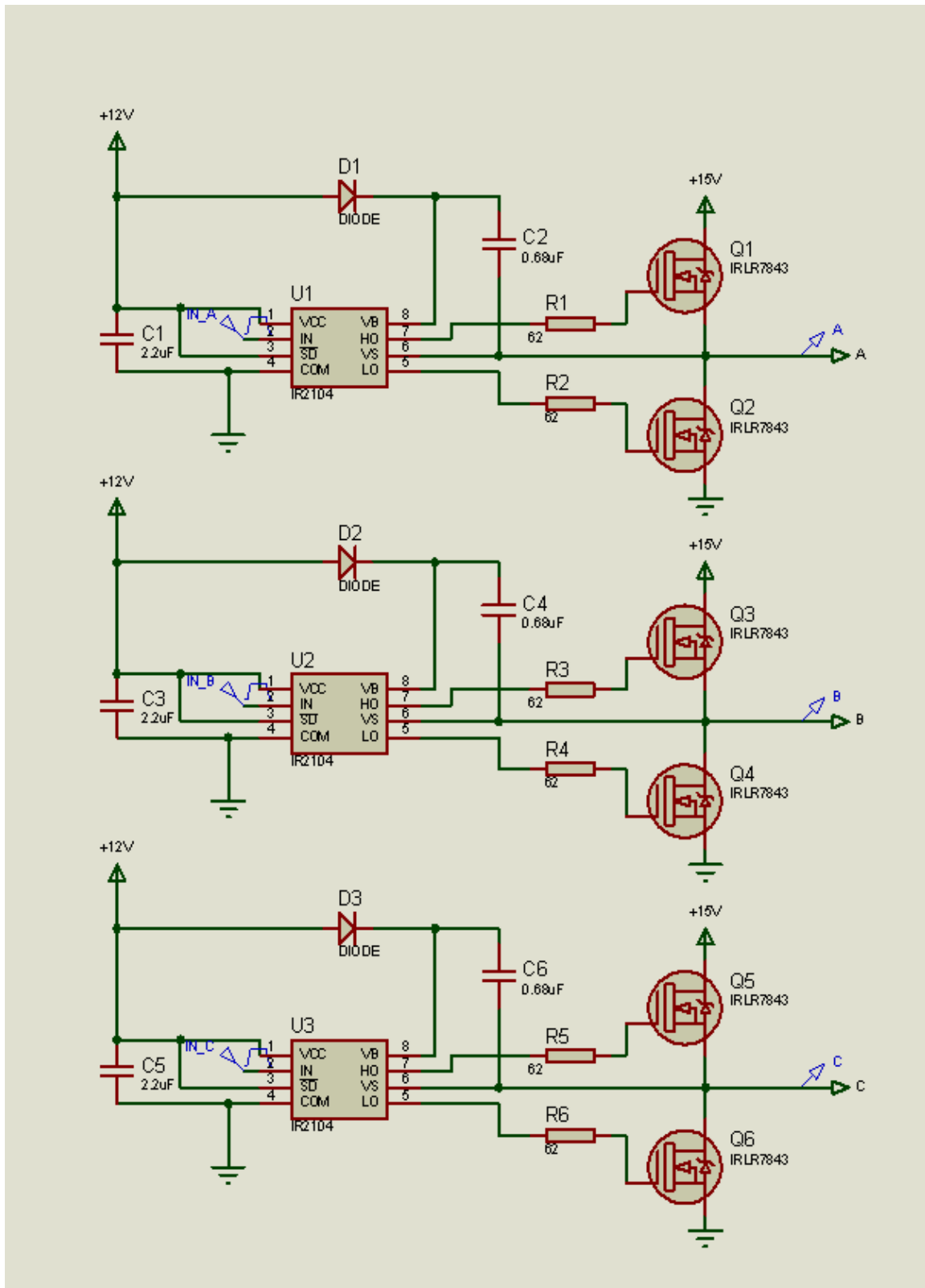


Рисунок Б.1 – Схема 3х фазного драйвера для BLDC мотора

ДОДАТОК В

ЛІСТИНГИ ПРОГРАМНОГО КОДУ НА ARDUINO NANO

```

#include <ODriveUART.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <ADXL345.h>

// Motor movement range based on leg tilt
const float ODRIVE_POS_MIN = 0.0;
const float ODRIVE_POS_MAX = 2.0;

// Set up virtual serial port and main control objects
SoftwareSerial odrive_serial(8, 9);
ODriveUART odrive(odrive_serial);
ADXL345 adxl;

// Runs once at startup
void setup() {
  Serial.begin(115200);           // USB serial for debug
  odrive_serial.begin(115200);   // Serial to ODrive
  Wire.begin();                 // Start I2C
  adxl.powerOn();              // Enable accelerometer
  delay(1000);                  // Wait for everything to
  settle

  Serial.println("Starting system...");

  // Wait for connection to ODrive
  while (odrive.getState() == AXIS_STATE_UNDEFINED) {
    delay(100);
  }

  Serial.println("ODrive connected.");

  // Enter closed-loop position control mode
  while (odrive.getState() != AXIS_STATE_CLOSED_LOOP_CONTROL) {
    odrive.clearErrors();
    odrive.setState(AXIS_STATE_CLOSED_LOOP_CONTROL);
    delay(10);
  }

  Serial.println("System ready!");
}

// Repeats continuously
void loop() {
  double xyz[3];
  adxl.getAcceleration(xyz);
  double ay = xyz[1]; // Y-axis = leg tilt

```

```
// Map tilt to motor position
float target_pos = fmap(ay, 1.0, 0.0, ODRIVE_POS_MIN,
ODRIVE_POS_MAX);
target_pos = constrain(target_pos, ODRIVE_POS_MIN,
ODRIVE_POS_MAX);

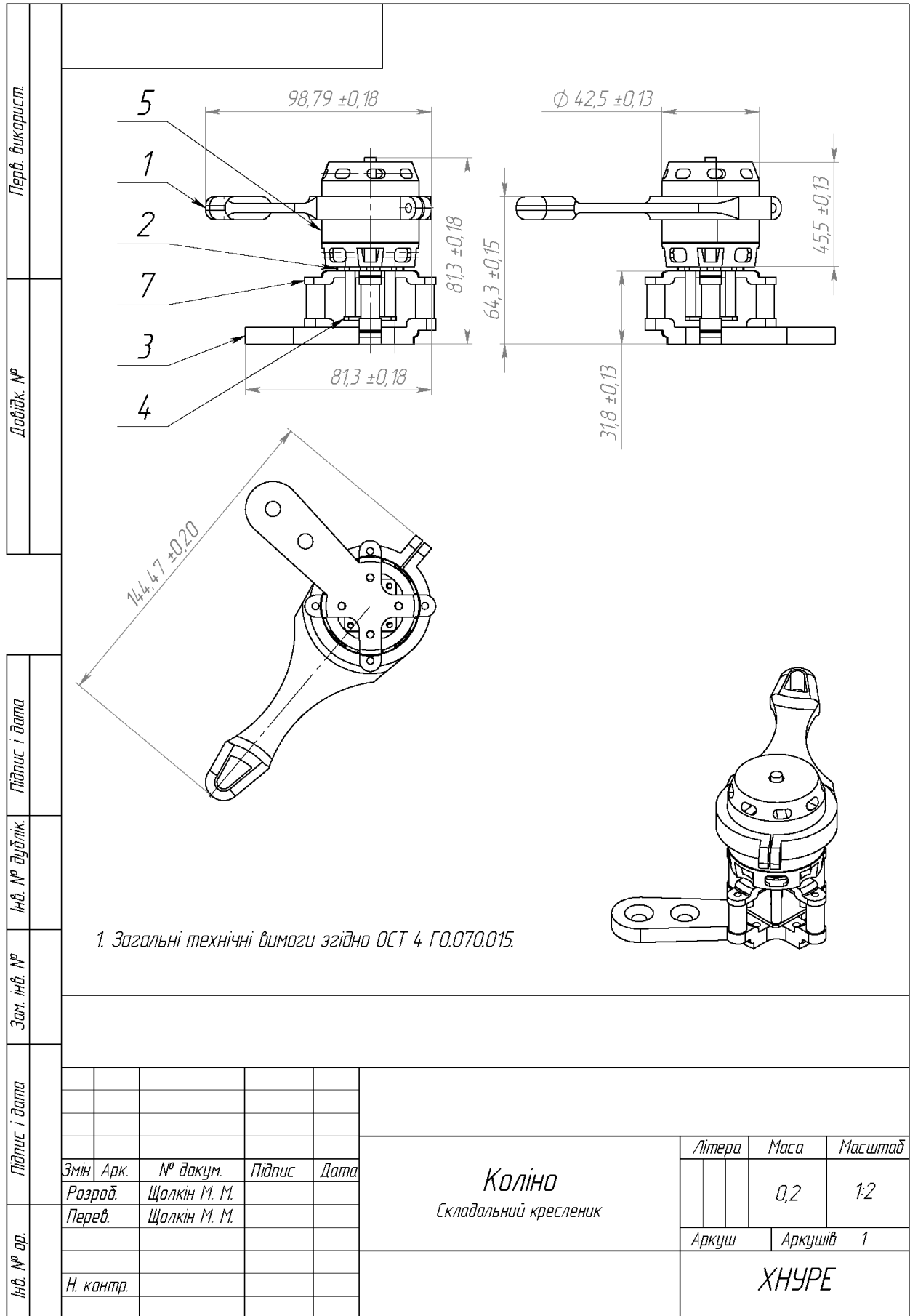
// Send position command to ODrive
odrive.setPosition(0, target_pos, 0.0f);

// Debug output
Serial.print("ay: ");
Serial.print(ay);
Serial.print(" => target_pos: ");
Serial.println(target_pos);

delay(20); // Prevent UART overload
}

// Helper function: remaps value from one range to another
float fmap(float x, float in_min, float in_max, float out_min,
float out_max) {
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min)
+ out_min;
}
```

ДОДАТОК Г



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
<i>Перв. використ.</i>						
<u>Документація</u>						
<i>Складальний кресленик</i>						
<u>Деталі</u>						
<i>Додатк. №</i>						
		1		Гомілка	1	
		2		Перехідник	1	
		3		Стегно	1	
<u>Інші вироби</u>						
		4		МТ6701	1	
		5		Мотор АТ3520	1	
		6		Магніт	1	
		7		Пластина кріплення	1	
<i>Підпис і дата</i>						
<i>Інв. № додатк.</i>						
<i>Зам. інв. №</i>						
<i>Підпис і дата</i>						
<i>Інв. № ор.</i>	<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	
	<i>Розроб.</i>		Щолкін М. М.			<i>Літера</i>
	<i>Перев.</i>		Щолкін М. М.			<i>Аркуш</i>
	<i>Н. контр.</i>					<i>Аркушів</i>
<i>Коліно</i>				1		
<i>ХНУРЕ</i>						