

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ЕОМ

Кваліфікаційна робота
Перший (бакалаврський) рівень

Багатофункціональний тренажер на базі мікроконтролера

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Здобувач:

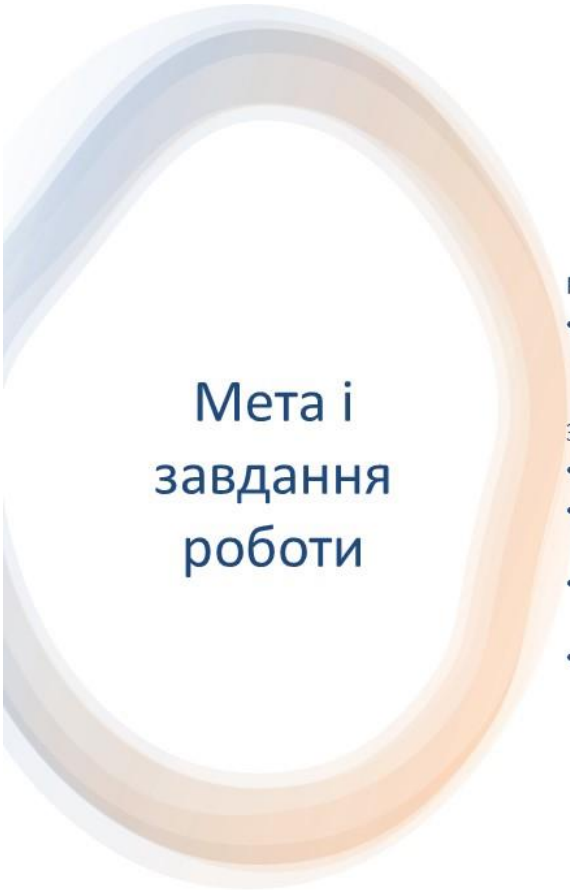
Микита ЛУЧКА, студент гр. КІУКІу-22-2

Керівник:

Дмитро Росінський, ст. викл. каф. ЕОМ

Актуальність теми

- Традиційні тренажери, незважаючи на свою функціональність, мають обмежені можливості щодо адаптації до індивідуальних потреб користувачів та не забезпечують детального моніторингу тренувального процесу.
- Сучасні тенденції показують стрімкий розвиток IoT-технологій у сфері фітнесу, що відкриває нові перспективи для створення персоналізованих тренувальних систем.
- Актуальності набуває розробка інтелектуальних систем для моніторингу та контролю фізичної активності, що дозволяє підвищити ефективність тренувального процесу та забезпечити персоналізований підхід до фізичного розвитку людини.



Мета і завдання роботи

Мета:

- розробити інноваційний тренажер із системою адаптивного управління на базі мікроконтролера

Завдання

- провести аналіз існуючих технічних рішень
- розробити архітектуру системи багатофункціонального тренажера
- здійснити вибір та обґрунтування апаратної платформи
- розробити програмне забезпечення

3



Ключові функції та основні технічні засоби

Функції:

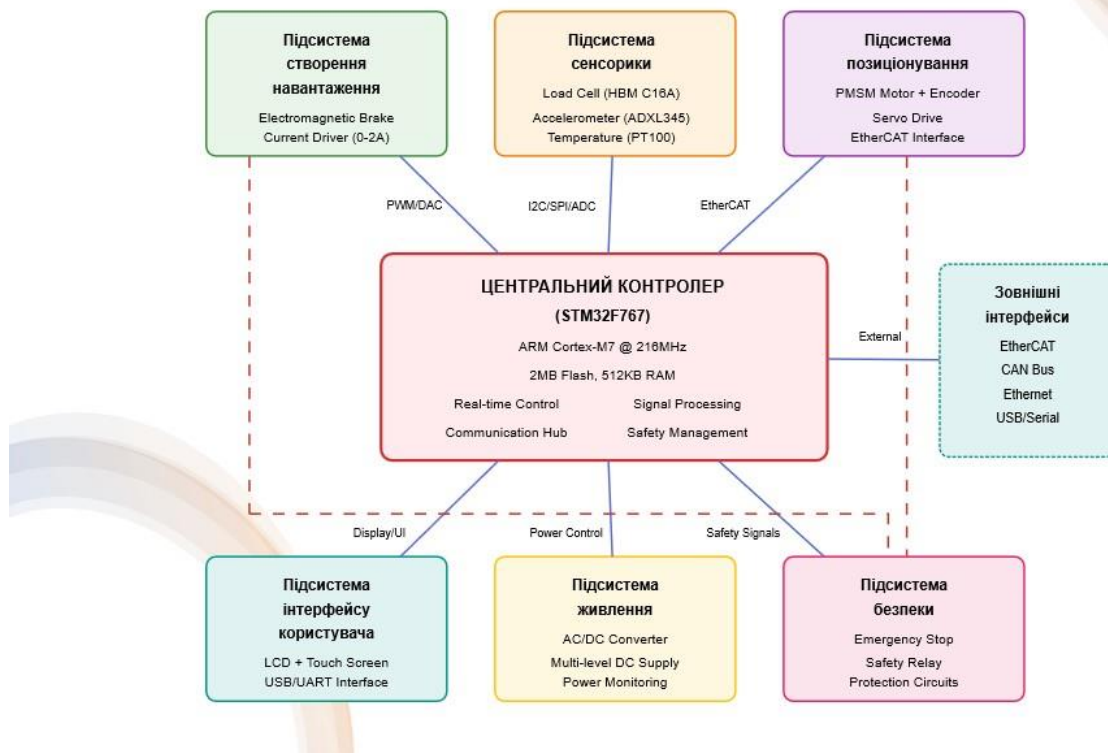
- моніторинг фізичних параметрів
- фізіологічний моніторинг
- адаптивне управління
- комунікаційні можливості
- користувацький інтерфейс

Технічні засоби:

- центральний контролер (STM32F767)
- електромагнітні гальма (Magtrol)
- сервоприводи (Panasonic)
- датчики: тензодатчики, акселерометри, енкодери

4

Апаратна частина тренажера



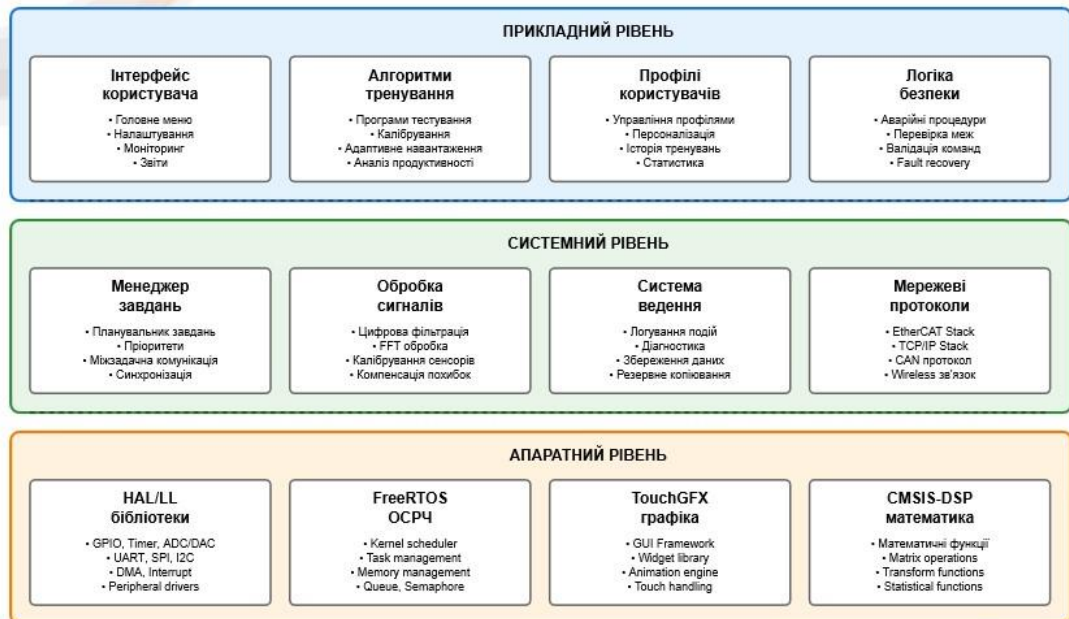
5

Вибір мікроконтролера

Характеристика	Arduino (ATmega328P)	ESP32	STM32 (типова серія)	RP2040 (Raspberry Pi Pico)
Тип процесора	8-біт, AVR, одноядерний	32-біт, XTENSA LX6 (1 або 2 ядра)	32-біт, ARM Cortex-M0/M3/M4/M7	32-біт, ARM Cortex-M0+, 2 ядра
Тактова частота	16 МГц	80–240 МГц	до 72 МГц (STM32F1), до 480 МГц (STM32H7)	до 133 МГц
ОЗП (SRAM)	2 КБ	до 520 КБ	20 КБ – 1 МБ (STM32H7)	264 КБ
Пам'ять флеш	28 КБ	до 4 МБ	64 КБ – 2 МБ	2 МБ
Інтерфейси	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C, CAN, SDIO, Ethernet	UART, SPI, I2C, CAN, USB, SDIO	UART, SPI, I2C, USB, PIO
Бездротова комунікація	Ні	Wi-Fi 802.11, Bluetooth 4.2	Зовнішній модуль (інтеграція можлива)	Ні
Середовище розробки	Arduino IDE	Arduino IDE, ESP-IDF, PlatformIO	STM32CubeIDE, Keil, PlatformIO	Arduino IDE, Thonny, C/C++, MicroPython
Простота використання	Дуже висока (ідеально для початківців)	Висока, широка підтримка спільноти	Середня, потребує знання середовища розробки	Висока, підтримка Python і C/C++
Функціональність	Обмежена	Висока	Висока	Висока
Ціна (орієнтовно)	5–10 \$	3–8 \$	2–15 \$	<1 \$
Сфера застосування	Прості DIY-проекти, тренажери, освітні задачі	IoT, розумний дім, носимі пристрої, автономні системи	Вбудовані системи, промисловість, керування, DSP	Освітні, DIY, IoT, прототипування
Особливості	Велика кількість бібліотек, активна спільнота	Вбудований Wi-Fi/Bluetooth, двоядерність, енергоефективність	Велика варіативність лінійок, HAL, багато функціональність	Programmable I/O, підтримка багатьох мов, низька вартість

6

Архітектура програмного забезпечення



7

Алгоритм основного циклу управління



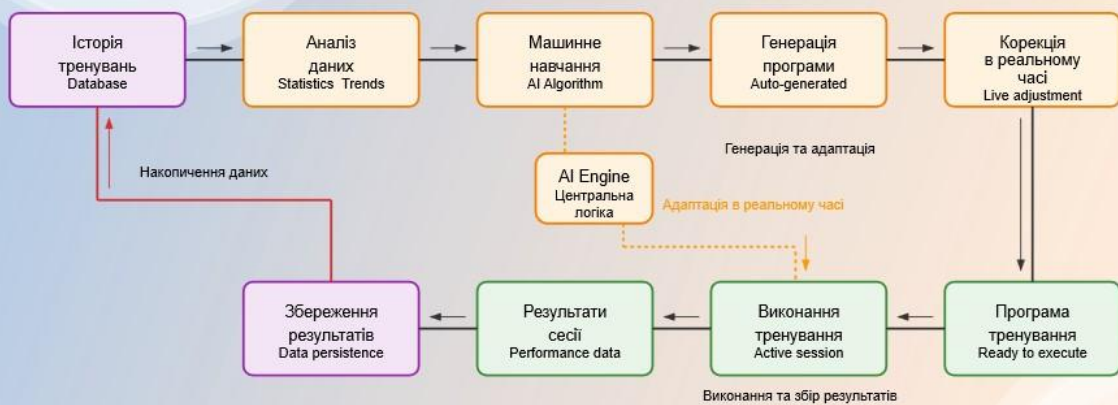
8

Регулювання навантаження



9

Оптимізація тренувального процесу



10

Інтерфейс користувача



11

Керування конфігураціями та налаштуваннями



12

Висновки

- Розроблено багатофункціональний тренажер на базі STM32F767 із адаптивним керуванням навантаженням.
- Обґрунтовано доцільність використання ARM Cortex-M для алгоритмів реального часу.
- Досягнуто високу точність: вимірювання навантаження $\pm 0,5$ кг, позиціонування $\pm 0,011$ мм.
- Апаратна частина базується на Magtrol і Panasonic, забезпечує плавність і швидкодію (≤ 10 мс).
- Реалізовано FreeRTOS-архітектуру з пріоритетною диспетчеризацією.
- Впроваджено PID-регулювання з автонастройкою та розпізнавання вправ через ML-алгоритми.
- Інноваційність – у комплексному підході: мікроконтролери + AI.
- Тренажер придатний для спортивних залів, дому, реабілітаційних центрів.
- Модульна та відкрита архітектура підтримує розширення та використання в освіті й науці.

ДОДАТОК Б

Алгоритм основного циклу управління



ДОДАТОК В

Електричні схеми апаратної частини тренажера

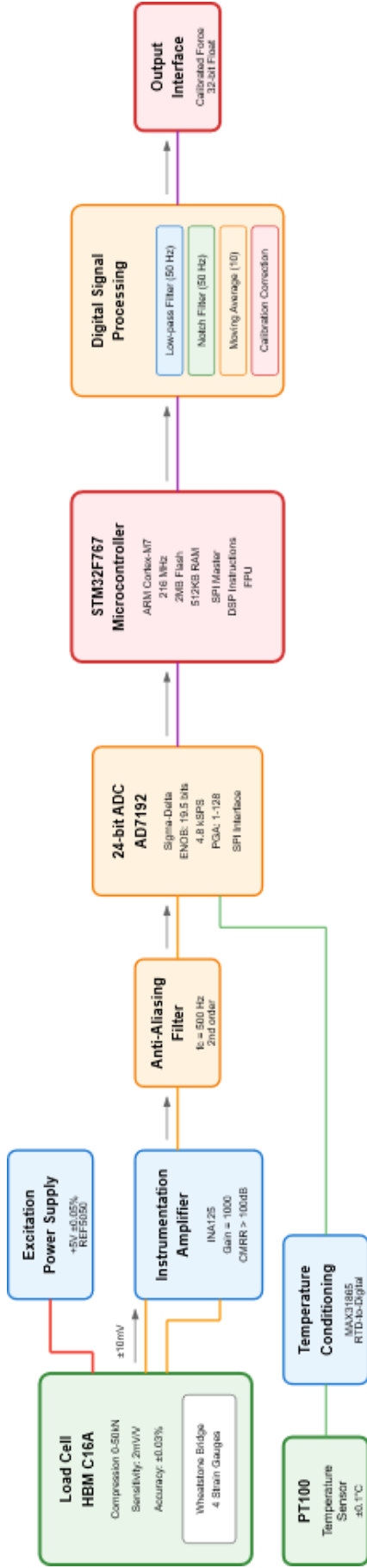


Рисунок Б.1 – Схема системи вимірювання з тензодатчиком HBM C16A

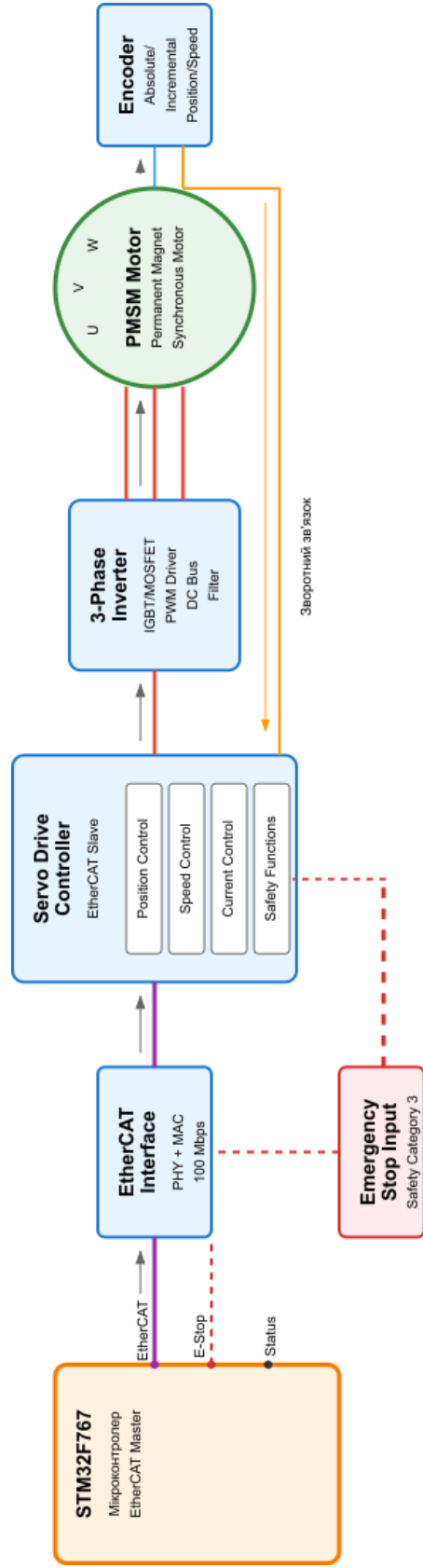


Рисунок Б.2 – Схема системи керування PMSM двигуном через EtherCAT

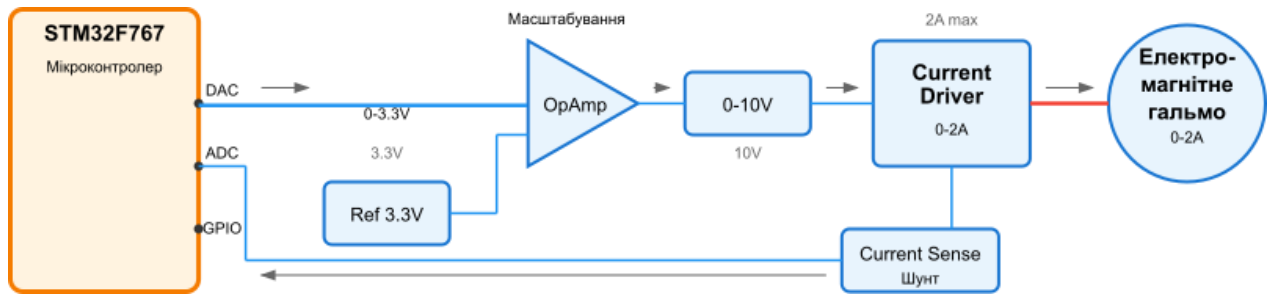


Рисунок Б.4 – Схема системи керування електромагнітним гальмом