

Мікропроцесорна система керування ігровим маніпулятором

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У дослідженні розглядається інноваційність розробки мікропроцесорної системи емуляції керма автомобіля, її апаратні та програмні переваги, а також перспективи застосування. Описано принцип роботи мікропроцесорної системи для обробки сигналів та реалізації зворотного зв'язку (Force Feedback). Наведено методи покращення точності позиціонування та швидкодії системи.

Ключові слова: мікропроцесорна система, ігровий маніпулятор, емуляція керма, зворотний зв'язок (Force Feedback), мікроконтролер, енкодер, позиціонування.

Abstract

The study examines the innovativeness of the development of a microprocessor system for emulating a car's steering wheel, its hardware and software advantages, as well as application prospects. The principle of operation of the microprocessor system for signal processing and implementation of feedback (Force Feedback) is described. Methods for improving the positioning accuracy and speed of the system are presented.

Keywords: microprocessor system, gaming manipulator, steering wheel emulation, force feedback, microcontroller, encoder, positioning.

Вступ

На сьогоднішній день використання автомобільних симуляторів стрімко зростає. Вони використовуються як у повсякденному житті для кіберспорту та розваг, так і професійно — для навчання водіїв та пілотів. Раніше високоточні системи керування використовувалися переважно в спеціалізованих автошколах або дослідницьких центрах. Останнім часом, завдяки розвитку доступної мікроелектроніки, створення кастомних систем емуляції керма стало можливим для широкого кола завдань.

Такі пристрої вимагають високої точності передачі кута повороту та реалістичного відтворення фізичних зусиль (Force Feedback), тому дуже важливо розробляти їх з високою ефективністю та надійністю.

Класифікація систем емуляції керування

Для розуміння принципів побудови систем емуляції визначаються наступні категорії:

1. Системи без зворотного зв'язку — базові пристрої, що використовують потенціометри для зчитування кута повороту та пружинні або ремінні механізми для центрування керма. Вони не передають фізичних ефектів від віртуального середовища.

2. Системи з активним зворотним зв'язком (Force Feedback) — пристрої, які функціонують на базі мікроконтролера, що зчитує дані з гри (симулятора) і керує силовим двигуном для імітації опору коліс, нерівностей дороги та втрати зчеплення.

Компоненти мікропроцесорної системи емуляції

Схематична модель системи емуляції керма автомобіля зображена на рисунку 1.

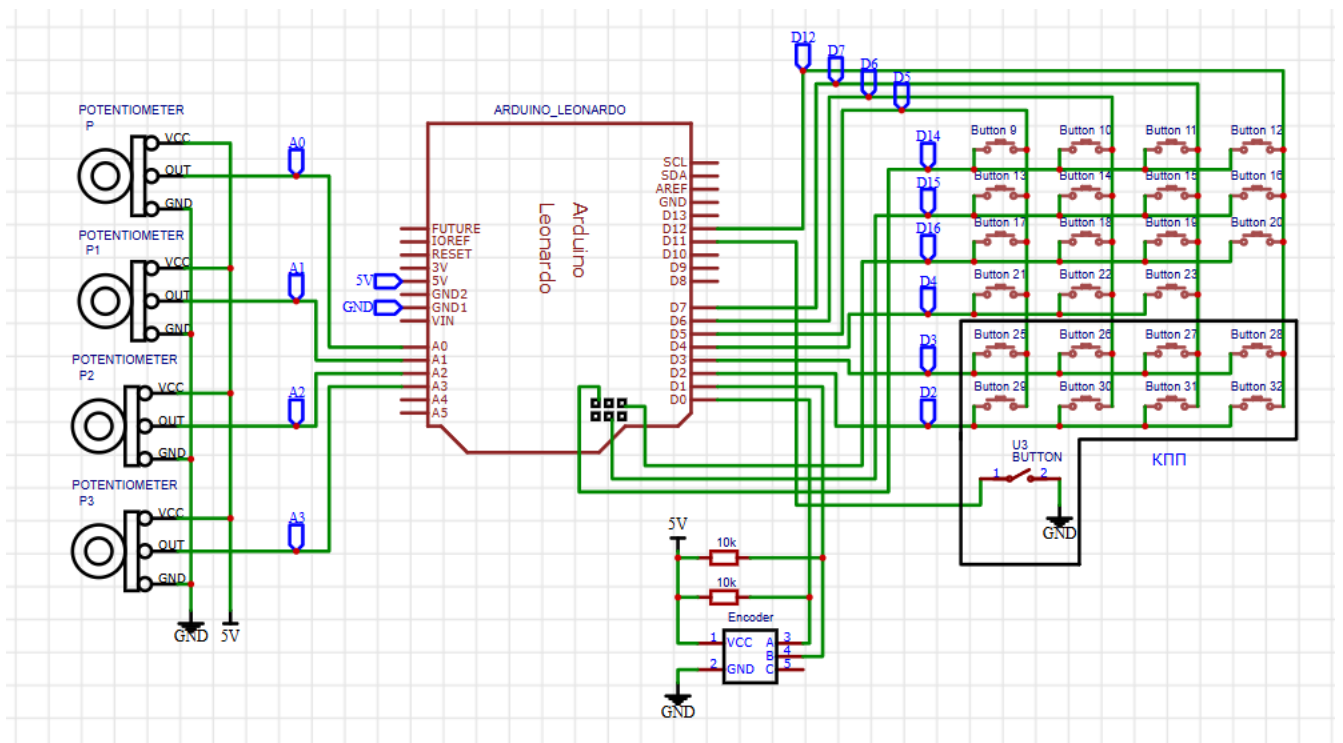


Рисунок 1—Структурна схема компонентів системи емуляції керма

Як видно з наведеної архітектури, основним компонентом системи є мікроконтролер. У даній розробці доцільно використовувати мікроконтролер серії STM32 на базі ядра ARM Cortex, оскільки його продуктивності достатньо для обробки сигналів у реальному часі та підтримки високошвидкісних інтерфейсів зв'язку. Програмний код для мікроконтролера розділений на наступні складові частини:

- периферія МК — набір бібліотек для конфігурації апаратних модулів, таких як USB для зв'язку з ПК, таймери в режимі енкодера та АЦП для обробки сигналів з педаль;
- драйвер обробки сенсорів — програмний шар, спеціально розроблений для зчитування та фільтрації даних з пристроїв позиціонування: оптичних або магнітних енкодерів, що фіксують кут повороту керма;
- логіка ігрового пристрою — набір функцій, що забезпечують перетворення фізичних величин у формат даних, зрозумілий для операційної системи ПК (протокол USB HID), що дозволяє пристрою розпізнаватися як стандартний ігровий маніпулятор.

Найбільш важливим елементом апаратної частини є система зчитування кута повороту. Використання енкодерів високої роздільної здатності дозволяє досягти високої точності позиціонування, що є критичним для якісної емуляції керування автомобілем. Обробка сигналу відбувається безпосередньо в мікроконтролері, що мінімізує затримку введення (input lag).

Для розширення функціоналу системи передбачено роз'єми для підключення додаткових модулів. Зокрема, входи АЦП використовуються для підключення блоку педаль (газ, гальмо, зчеплення), де за допомогою потенціометрів або датчиків Холла вимірюється ступінь натискання. Також у системі може бути присутній інтерфейс для підключення карти пам'яті microSD, що використовується для зберігання індивідуальних конфігураційних профілів користувача та калібрувальних значень.

Для розширення функціоналу системи передбачено роз'єми для підключення додаткових модулів. Зокрема, входи АЦП використовуються для підключення блоку педаль (газ, гальмо, зчеплення), де за допомогою потенціометрів або датчиків Холла вимірюється ступінь натискання. Також у системі може бути присутній інтерфейс для підключення карти пам'яті microSD, що використовується для зберігання індивідуальних конфігураційних профілів користувача та калібрувальних значень.

Програмне забезпечення системи

На сьогодні існує велика кількість програмного забезпечення для взаємодії з ігровими маніпуляторами. Спеціалізовані алгоритми дозволяють автоматично обробляти вхідні дані та проводити калібрування "мертвих зон" і лінійності осей. Перевагою розробленої мікропроцесорної системи є висока швидкість

отримання результатів з потрібною точністю без необхідності використання дорогого пропрієтарного обладнання.

Використання таких малогабаритних мікропроцесорних систем є швидким та якісним інструментом для виконання завдань моделювання та візуалізації процесів керування транспортними засобами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Офіційна сторінка розробника ПЗ EMC (EmuWheel) Developer Page. Facebook Official Profile. URL: <https://www.facebook.com/EMCDeveloper/> (дата звернення: 5.03.2026).
- 2.Протокол передачі даних Universal Serial Bus (USB). Device Class Definition for Human Interface Devices (HID). Firmware Specification — Version 1.11. URL: https://www.usb.org/sites/default/files/hid1_11.pdf (дата звернення: 5.03.2026).
- 3.Технічна документація мікроконтролера STM32F103xx Medium-density performance line ARM®-based 32-bit MCU Reference Manual. STMicroelectronics. URL: https://www.st.com/resource/en/reference_manual/rm0008-stm32f101xx-stm32f102xx-stm32f103xx-stm32f105xx-and-stm32f107xx-advanced-armbased-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf (дата звернення: 5.03.2026).Щербина В.Ю.

***Богомолів Сергій Віталійович** – к.т.н., доцент каф. ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua*

***Купчишен Назар Сергійович** – студент групи 2КІ-23б факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: nazarkupchishen@gmail.com*

***Bohomolov Serhii** – Ph.D., Ph.D., Associate Professor kaf. OT, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua*

***Nazar Kupchysheh** - student of group 2KI-23b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nazarkupchishen@gmail.com*