

ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ДЛЯ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ НА FPGA З ВИКОРИСТАННЯМ LoRa

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Удосконалено багатоканальну радіотехнічну систему для частотних перетворювачів фізичних величин з використанням радіовимірювальних сенсорів на основі транзисторної структури з від'ємним диференційним опором, завдяки інтеграції у систему LoRa модуля для передачі вимірних значень безпроводним шляхом.

Ключові слова: FPGA; ESP32; LoRa; ПЛІС; багатоканальна радіовимірювальна система; частотний перетворювач; транзисторна структура з від'ємним опором

Abstract

The multi-channel radio measurement system for frequency converters of physical quantities using radio measurement sensors based on a transistor structure with negative differential resistance has been improved, thanks to the integration into the LoRa system of a module for transmitting measured values wirelessly.

Keywords: ESP32; LoRa; FPGA; multi-channel radiomeasuring system; frequency transducer; transistor structure with negative resistance

Вступ

Розробка сучасних інформаційно-вимірювальних систем вимагає застосування гнучких та водночас високопродуктивних технологій. У цьому контексті значуще місце посідають системи на кристалі FPGA [1], які, завдяки своїй гнучкості та можливості реалізації високошвидкісної обробки даних, стають відмінним вибором для багатьох сфер застосування. Однак, для обробки та передачі даних на вищому рівні абстракції зазвичай потрібна інтеграція з більш високорівневими мікропроцесорними системами. Це спонукало до розробки архітектур, які комбінують можливості FPGA та мікроконтролерів, таких як ESP32 [2], для створення інтегрованих рішень. Ці тези фокусуються на системі, яка включає FPGA, що відповідає за первинну обробку даних і передає їх через UART до мікроконтролера ESP32. Після чого, ESP32 за допомогою модулю LoRa [3] передає дані до іншої ESP32, яка в свою чергу передає ці дані на персональний комп'ютер через UART для подальшої обробки та аналізу. На даний час буде лише розглянуто загальну структуру системи передачі і частину передачі даних із FPGA на ESP32.

Результати розробки та дослідження

Для передачі даних безпроводним шляхом було вирішено використати енергоефективний протокол передачі LoRa який дозволяє передавати невеликі об'єми інформації на відносно велику відстань, із мінімальними витратами енергії. Загальна структура розробленої системи зображена на рисунку 1.

Розроблена система базується на FPGA фірми Altera Cyclone IV, який реалізує мікропроцесорне ядро NIOS II і має 12 вимірювальних каналів для сенсорів з частотним виходом, підтримує сенсори із цифровими виходами. У якості вихідного інтерфейсу використовується цифровий протокол UART, рисунок 2 [4].

В архітектурі системи передбачено використання FPGA для збору та обробки даних від різних датчиків. Дані, які генеруються FPGA, подальше передаються на модуль ESP32 через комунікаційний інтерфейс Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) із застосуванням швидкості передачі даних 115200 бод.

Специфікації Протоколу:

- 1) Швидкість передачі даних встановлена на рівні 115200 бод для забезпечення ефективної та надійної передачі даних.
- 2) Дані форматуються у вигляді пакетів JSON, які забезпечують структуроване представлення даних і дозволяють легко інтегрувати нові датчики в майбутньому.
- 3) Кожен пакет JSON містить масив об'єктів, де кожен об'єкт представляє датчик із вказівкою на його назву та поточне значення.

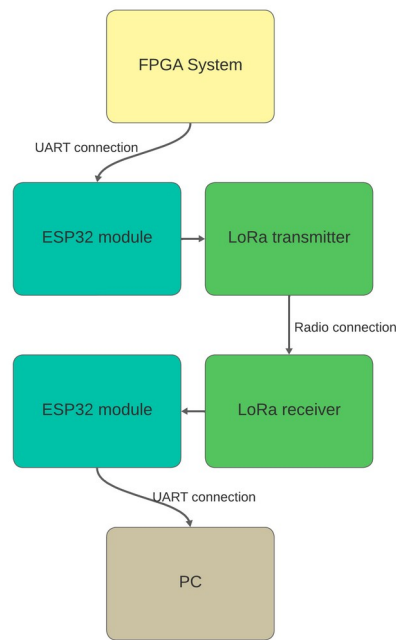


Рисунок 1 – Загальна структурна схема системи передачі даних від FPGA безпроводним шляхом

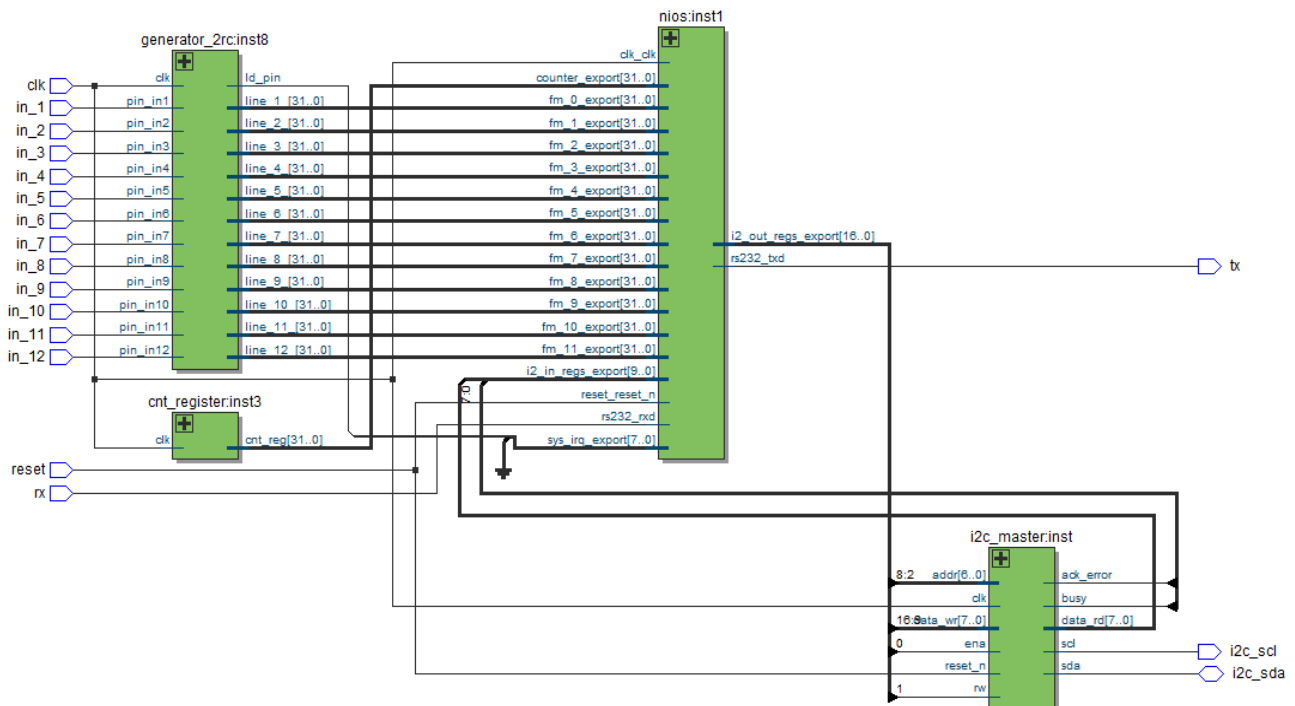


Рисунок 2 – Схема багатоканального частотоміра з використанням ядра NIOS II і підтримкою цифрових сенсорів

Реалізація на ESP32: Нижче наведено код, який демонструє, як ESP32 може приймати дані з FPGA через UART, обробляти пакети JSON та виводити отриману інформацію на термінал для налагодження:

```
#include <ArduinoJson.h>
#include <HardwareSerial.h>

HardwareSerial Serial2(2); // Оголошення апаратного послідовного порту UART2

void setup() {
  Serial2.begin(115200, SERIAL_8N1, 16, 17); // Ініціалізація UART2 із швидкістю передачі 115200, 8 бітами даних, без біту парності та 1 бітом стопу
  Serial.begin(115200); // Ініціалізація USB послідовного порту для виведення даних для налагодження
}

void loop() {
  if (Serial2.available()) { // Перевірка на наявність даних на UART2
```

```
String packet = Serial2.readStringUntil('\n'); // Читання даних з UART2 до символу нового рядка
Serial.println(packet); // Виведення отриманих даних на USB серійний порт для налагодження
```

```
DynamicJsonDocument doc(1024);
deserializeJson(doc, packet); // Розбір пакету JSON
```

```
// Доступ та виведення даних датчиків з пакету JSON
JsonArray sensors = doc["sensors"];
for(JsonVariant sensor : sensors) {
  String sensorName = sensor["name"];
  float sensorValue = sensor["value"];
  Serial.println("Sensor: " + sensorName + " - Value: " + String(sensorValue));
}
}
```

У цьому коді використовується бібліотека ArduinoJson для розбору пакетів JSON. Ініціалізація та конфігурація UART здійснюється за допомогою класу HardwareSerial, який надає можливість взаємодії з апаратними серійними портами на ESP32. Коли дані стають доступними на UART, вони читаються, аналізуються та виводяться на термінал для налагодження. Ця реалізація забезпечує отримання та обробки даних від FPGA та може слугувати основою для подальшої розробки системи.

Висновки

Спроековано структуру системи передачі даних з FPGA на ПК з використанням безпроводної лінії зв'язку, через LoRa. Реалізовано частину системи яка відповідає за передачу даних між FPGA і ESP32, визначено характеристики протоколу передачі і структуру пакету. Підготовлено теоретичні напрацювання для реалізації повної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. What is an FPGA? [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/fpga/what-is-an-fpga.html>
2. ESP32. [Електронний ресурс]: - Режим доступу <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
3. LoRa Alliance. [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://lora-alliance.org/>
4. Осадчук О.В., Осадчук Я.О., Скощук В.К. Використання ядра NIOSII у багатоканальному частотомірі на FPGA для радіотехнічної системи з частотними сенсорами фізичних величин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2023, №1. –С.137-148. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-19>

Осадчук Олександр Володимирович — докт. техн. наук, проф., зав. кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, osadchuk.av69@gmail.com

Скощук Валентин Костянтинович — аспірант кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет

Alexander Osadchuk — Doc. Tech. Sc., prof. Head of Department of Information Radio Engineering Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, osadchuk.av69@gmail.com

Valentyn Skoshchuk – graduate student of the Department of Information Radio Engineering Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine