

УДК 004.383

І. Я. Зеленьова (канд. техн. наук, доц),
А. С. Лаврик (асист.), **Д. О. Пасічник** (магістрант)
Донецький національний технічний університет
irina@cs.dgtu.donetsk.ua, dimpas@telenet.dn.ua

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛІС ПРИ РОЗРОБЦІ БОРТОВОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЛОКОМОТИВА

В роботі запропоновано спосіб реалізації на базі ПЛІС бортової навігаційної системи локомотива. Описані основні принципи розробки, а також приведена структура та описані основні етапи створення навігаційної системи, яка запропонована, як альтернатива до існуючих.

ПЛІС, Linux, САПР, програма-демон, бортовий навігатор, локомотив

Вступ

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) як концепція існують вже тривалий час, однак відносно недавно технології їх виготовлення вийшли на рівень, коли можна з упевненістю сказати – це дуже гнучкий та дешевий спосіб реалізації цифрових схем із достатнім рівнем надійності. ПЛІС рік за роком застосовуються на все нових напрямках в області створення комп'ютерної апаратури: від мобільних телефонів до передавачів, що використовують військові, та навігаційних систем.

Останнім часом з'явилась можливість реалізувати на платі операційну систему (ОС) цілком. Це може бути як Windows або Linux [1, 9], так і менш популярні ОС. За цієї причини вже готові програми не потребують переробки.

Також ПЛІС почали випускатися в комплекті із необхідними периферійними пристроями, такими як мережна плата або послідовний порт [1].

Таким чином, сучасні ПЛІС представляють собою невеликий комп'ютер. Він відрізняється малим енергоспоживанням, високим рівнем гнучкості та малими габаритами. При цьому він достатньо дешевий та потребує короткого проектно-технологічного циклу. Це ідеальний варіант для створення бортового комп'ютера [2, 3].

Однак таких бортовий комп'ютер важко встановлювати, якщо він створений на серійній платі, та усе програмне забезпечення там жорстко встановлено. Цю проблему вирішують ПЛІС та, зокрема, як найбільш оптимальна за співвідношенням «ціна-гнучкість», технологія FPGA [4, 7].

В даній роботі надається приклад використання FPGA для розробки

бортової навігаційної системи, яка може встановлюватися на локомотив чи іншу рухому одиницю відповідного типу. Запропонований в роботі проект навігаційної системи виконано на базі Державного підприємства «Проектно-конструкторське технологічне бюро з автоматизації систем управління на залізничному транспорті» (ДП ПКТБ АСУЗТ) України.

Обґрунтування та постановка задачі

Нагальною необхідністю залізниць України є отримання інформації про переміщення рухомих одиниць. Задача може бути вирішена двома способами:

1. Ручне введення інформації. Цей підхід є найбільш витратним за людськими ресурсами, а також найменш точним та швидкодіючим.

2. Автоматичне введення інформації. Це підхід із використанням електроніки для визначення місцеположення рухомої одиниці. Такий підхід менш затратний в експлуатації, а також має високу ступінь швидкодії. Точність же прямо залежить від ціни такої системи.

У свою чергу, другий спосіб можна реалізувати за допомогою однієї з наступних концепцій:

- Ідентифікація рухомого складу пристроями, які знаходяться поряд із залізничними коліями. Такий підхід дуже дорогий і часто потребує ручного обслуговування, хоча і забезпечує максимальну швидкодію [4].

- Використання супутникової навігації. Це найбільш дешевий спосіб, однак точності супутникової навігації недостатньо для однозначного визначення колії, на якій знаходиться рухома одиниця [5].

- Застосування навігаційної системи всередині локомотиву. Цей підхід достатньо точний та дешевий, але має недолік: рухомою одиницею може служити лише локомотив [6].

Аналізуючи вищезазнані концепції, можна зробити висновок, що в умовах глобальної автоматизації ручна праця давно не є ефективною. Таким чином, залишаються два останні варіанти. При цьому похибка пристроїв безкоштовного GPS може досягати 15 метрів [5] (для ГЛОНАСС – і того більше [6]). Більш точні системи є досить дорогими. Отже, такий підхід можливий тільки для отримання інформації для клієнтів про місцезнаходження вантажів. Потреби ж самої залізниці з ідентифікації рухомого складу він не задовольняє, так як не дозволяє достовірно визначити шлях парку чи перегону, де знаходиться рухома одиниця.

Найбільш прийнятним залишається варіант визначення дислокації рухомої одиниці з допомогою підлогових пристроїв.

Всі ці системи спільні за однією якістю – зчитувальні пристрої знаходяться на землі, і передають інформацію до бази даних. Тільки в

останніх розробках систем ідентифікації в Європі на локомотив почали встановлювати зчитувальні елементи як джерело дублюючої інформації.

Для реалізації альтернативної концепції зчитування інформації про місцезнаходження рухомої одиниці доцільно поставити на локомотив бортовий комп'ютер із вбудованою навігаційною системою. Бортовий комп'ютер, в свою чергу, можна реалізувати на ПЛІС [1].

Головна ідея розробки

В даній роботі пропонується альтернативна концепція визначення місцезнаходження рухомої одиниці типу локомотив. Вона полягає в тому, що на землі біля колії для кожної блок-ділянки розміщується пристрій-передавач. Він генерує кодований сигнал і передає його в рейковий ланцюг. Локомотив, що проїжджає по цій блок-ділянці, оснащується датчиком, котрий зчитує цей сигнал. Потім цей кодований сигнал потрапляє через COM-порт в бортовий комп'ютер локомотива, виконаний на ПЛІС і містить ОС Linux. Далі за спеціальним алгоритмом, за допомогою GPRS/EDGE, локомотивом надсилається відповідне повідомлення на базу даних. У повідомленні знаходиться інформація про цей локомотив і блок-ділянку, на яку він в'їхав. При цьому бортовий комп'ютер буде універсальним – на нього можна буде додати інші програми для стеження за станом роботи систем локомотива. Структура запропонованої навігаційної системи наведена на рис. 1.

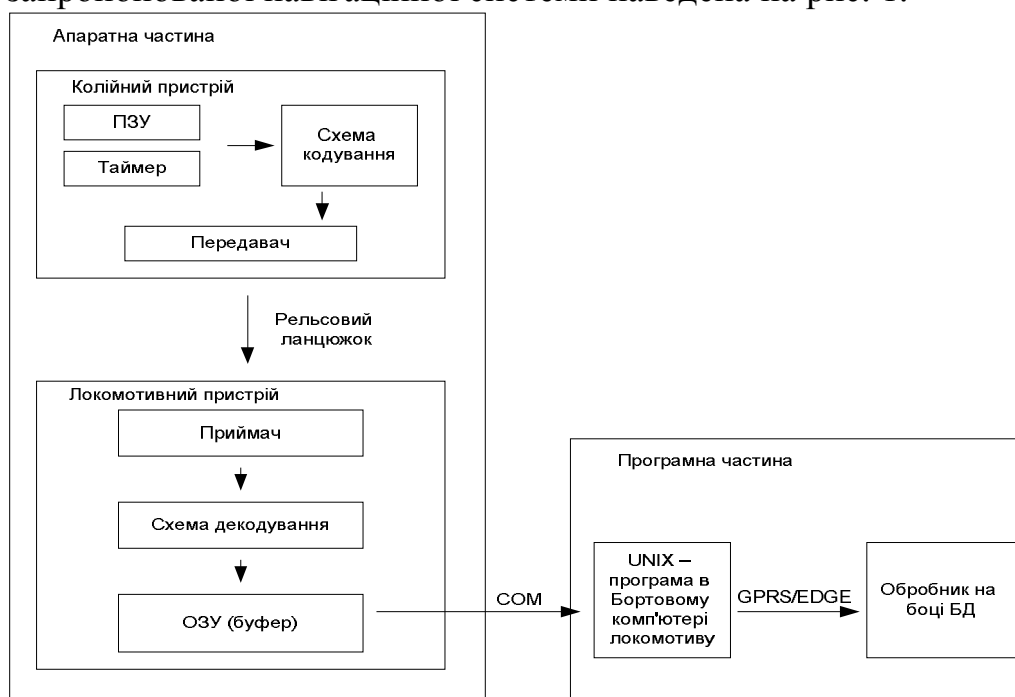


Рисунок 1 – Загальна структура системи визначення місцеположення рухомої одиниці типу локомотив.

В межах проведених авторами досліджень в якості базової ПЛІС для бортового комп'ютера була обрана FPGA Cyclone III від фірми Altera. Ця плата має необхідну продуктивність, характерна порівняно невеликою ціною (близько 50 доларів) та всіма необхідними для поставленої задачі периферійними пристроями (мережна плата та послідовний порт)[7]. Також плата підтримує можливість встановлення на неї спеціальної, але повної версії Linux [8].

Структура та функції проекту

Проект виконаний як одна цілісна програма-демон для ОС Linux [7, 8].

До її функцій входить зчитування даних через послідовний порт із пам'яті контролера, що зчитує інформацію із залізничної колії, формування та надсилання повідомлень із інформацією про місцезнаходження локомотива до обробника на боці бази даних. Також програма записує на жорсткий диск (точніше його аналог на ПЛІС) всі необроблені повідомлення від блок-ділянки. Це надає можливість уникнути втрати даних при вимкненні джерела напруги та будь-яких інших завад, які призводять до перезавантаження операційної системи. Через те, що програма є демоном, вона буде запущена автоматично після старту ОС. Таким чином, необхідності втручання фахівця можна уникнути у більшості випадків.

Основною задачею проектування є створення виконуваної програми-демона, яка буде виконувати наступні функції:

- Зчитування вхідних даних через послідовний порт;
- Обробка даних (чи змінилась поточна блок-ділянка, чи пройшло достатньо часу для повторного надсилання повідомлення (наприклад, коли локомотив стоїть у включеному стані), повторне надсилання повідомлення через помилку та інше);
- За необхідністю надсилання повідомлення до обробника на боці бази даних (розраховується на попередньому кроці).

Задачу доцільно виконати як сукупність двох модулів:

1. Модуль зчитування інформації через послідовний порт та постанову у чергу на обробку;
2. Модуль обробки вхідної інформації та надсилання повідомлень до бази даних.

Необхідні програмно-апаратні засоби

Через те, що бортовий комп'ютер виконаний на ПЛІС, потрібні наступні програмно-апаратні засоби:

- VHDL – середовище розробки проектів, яке виконує загальний опис роботи апаратури [7];
- Quartus – середовище подальшої розробки проектів опису апаратури, яке дозволяє емулювати та впроваджувати створені проекти як фізичні плати. Середовище працює із платами Cyclone [10];
- «Блокнот» чи аналогічна програма для розробки програми на мові С. Для більш комфортної роботи можна використовувати середовище Microsoft Visual Studio;
- Відлагоджувальна плата Cyclone III. Саме для неї і розроблено бортовий комп'ютер із навігатором.
Вхідними даними для навігатора є 4-символьна послідовність, котра містить в собі код блок-ділянки, на яку в'їхав локомотив.
Послідовність подається через послідовний порт.
Вихідними даними є структура із декількох частин:
 - 16-бітний код локомотиву (записаний в ПЗП бортового комп'ютера);
 - 32-бітний код блок-ділянки (вхідні дані без зміни);
 - 64-бітний код часу повідомлення (timestamp).

Розробка структурної і функціональної схем апаратної частини навігатора

Для виконання поставлених задач було вибрано плату Altera Cyclone III із вбудованою схемою Nios II, на якій встановлено ОС Linux.

Обрана плата має наступні структурні елементи: безпосередньо набір полів для запису апаратних проектів і формування апаратних засобів; набір кнопок (вимикачів) для зовнішнього фізичного керування платою (Buttons); набір світлодіодів (LEDs); роз'єм для підключення мезоніну (HSMC); блок живлення на різні струми та напруги (Power); пристрій відлагоджування JTAG; USB-Blaster; осцилятор на 50 МГц; набори пам'яті (SDRAM, SSRAM, FLASH).

Структурна схема приведена на рис. 2.

В рамках поставлених цілей апаратна частина навігатора повинна мати наступні складові: безпосередньо базові апаратні засоби плати; формальний жорсткий диск для зберігання результатів роботи демона; реалізований проект процесора Nios II для подальшого встановлення ОС Linux; реалізований проект мережної плати IP Core Ethernet для реалізації функцій мережного обміну; пристрій послідовного порту (RS232). Функціональна схема апаратної частини навігатора приведена на рис. 3.

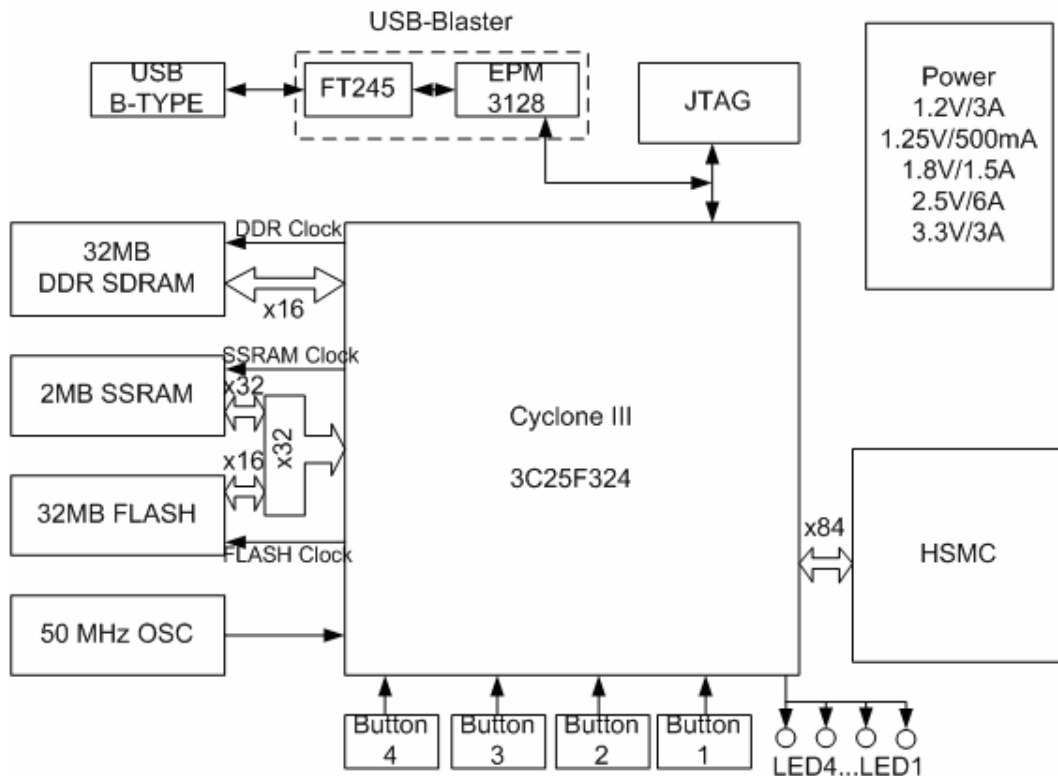


Рисунок 2 – Структурна схема плати Cyclone III.

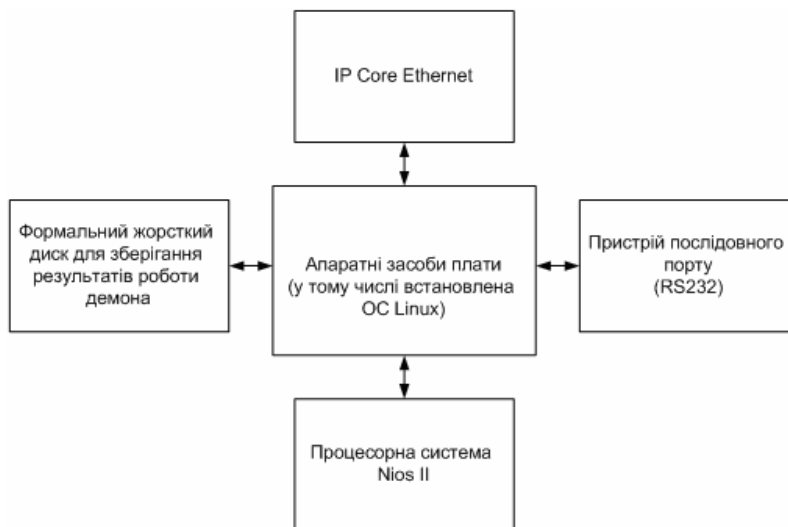


Рисунок 3 – Функціональна схема апаратної частини навігатора.

Щодо програмного забезпечення, то опис цієї розробки виходить за межі даної статті, тому обмежимося коротким поясненням структури.

Програмне забезпечення навігатора можна розбити на декілька частин:

- Загальна оболонка програми-демона;
- Модуль зчитування даних із послідовного порту;

- Модуль обробки і відсилання повідомлень до обробника на боці бази даних.

Відлагодження програм навігатора з використанням відлагоджувальної плати із встановленою ОС Linux

Проводити відлагодження можливо двома шляхами:

- Встановити ОС Linux на програмному емуляторі ПЛІС, який є в комплекті із самою платою;
- Використовувати безпосередньо плату Cyclone III.

Різниця буде лише в версіях мережесих драйверів та драйверів послідовного порту. Так, драйвери, що успішно працюють на емуляторі, можуть не працювати на самій платі.

Відлагодження передачі інформації через послідовний порт доцільно виконувати, з'єднавши плату та персональний комп'ютер прямим кабелем. Відлагодження передачі інформації із використанням сокетів можливо як на окремій платі або емуляторі, так і із додатковим використанням персонального комп'ютера. Для цього лише необхідно задати IP-адресу в ОС, встановленій на платі чи емуляторі.

Висновки

В результаті розробки проекту було створено апаратні та програмні засоби системи навігації навігатора локомотива, яка встановлена на бортовому комп'ютері.

Були проведені дослідження вибраної плати, засобів її розробки та впровадження. Визначено структурні та функціональні складові апаратного проекту для монтування ОС Linux на ПЛІС.

Дослідження, які проведено на базі установи ДП ПКТЬ АСУЗТ України в м. Донецьку, показали, що отримане інженерно-технічне рішення є продуктивним, порівняно дешевим, із високим ступенем надійності, дуже гнучким, а також із дуже низьким рівнем енергоспоживання, що значно підвищує його привабливість в світлі того, що встановлений бортовий комп'ютер часто працює від мобільного джерела живлення.

Запропонований проект навігаційної системи надає яскравий приклад високоефективного застосування технології ПЛІС та поширення сфери використання інтегральних схем.

Література

1. Журнал «Компоненты и технологии». Состояние рынка и расширение сферы применения ПЛИС http://www.kit-e.ru/articles/plis/2004_5_60.php
2. Описание принципов работы АЛСН http://www.oltep.km.ru/hepl_torm/9.1/9.1.htm
3. Википедия - Архитектура ARM http://ru.wikipedia.org/wiki/Архитектура_ARM
4. Белов В.В., Гершензон М.М., Котлецов Д.С. «Внедрение системы идентификации подвижного состава на Российских железных дорогах», Железные дороги мира №7, 2003, Гл. редактор Ершов Е.Ф. <http://www.css-rzd.ru/zdm/07-2003/03088-2.htm>
5. Точность системы GPS <http://www.navgeocom.ru/gps/gps4/index.htm>
6. Википедия – ГЛОНАСС <http://ru.wikipedia.org/wiki/Глонасс>
7. Nios II Processor: The World's Most Versatile Embedded Processor <http://www.altera.com/products/ip/processors/nios2/ni2-index.html>
8. Портал Embedded Linux/Microcontroller Project <http://uclinux.org/>
9. Windows Embedded CE 6.0 <http://www.msembedded.ru/windowsCE6.0.aspx>
10. Основы работы в пакете Quartus II <http://www.altera.ru/cgi-bin/go?33>

Надійшла до редколегії 08.10.2009 Рецензент: к.т.н., доц. Теплінський С.В.

И.Я. Зеленёва, А.С. Лаврик, Д.А. Пасичник

Донецкий национальный технический университет

Применение ПЛИС при разработке бортовой навигационной системы локомотива. В работе предложен способ реализации на базе ПЛИС бортовой навигационной системы локомотива. Описаны основные принципы разработки, а также приведена структура и описаны основные этапы создания навигационной системы, которая является альтернативной к существующим.

ПЛИС, Linux, САПР, программа-ДЕМОН, бортовой навигатор, локомотив

I.Y. Zeleneva, A.S. Lavrik, D.A. Pasichnyk

Donetsk National Technical University

Application of FPGA at the locomotive on-board navigation system development. In this work the method of on-board locomotive navigation system based on FPGA is proposed. Basic principles of development are described, and also a structure is resulted and the basic stages of creation of the navigation system which is alternative to existing are described.

FPGA, Linux, CAD, PROGRAM-DAEMON, on-board navigator, locomotive