

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ РЕКОНФІГУРОВАНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

У статті проведений аналіз задачі проектування комп'ютерних систем (КС). Описано особливості найбільш перспективних обчислювальних архітектур реконфігурованих КС: послідовна мікропроцесорна, пристрої з жорсткою проблемно-орієнтованою, спеціалізована реконфігурована обчислювальна архітектура.

Визначено три основні сфери застосування реконфігурованих обчислювачів (РО) в завданнях створення спеціалізованих реконфігурованих обчислювальних систем.

Побудовано загальну схему низькорівневої моделі довільної реконфігурованої КС. Визначено головні структурні елементи РО: host; реконфігурований масив логічних (функціональних) елементів на основі ПЛІС або елементів з реконфігурованою структурою; пам'ять конфігурацій реконфігурованого масиву логічних (функціональних) елементів.

Показано, що загальними елементами моделі обчислювальної системи є тестовані пристрої, генератори навантаження, модулі моніторингу і статистики, імітатори периферійних пристроїв. Описано функції і завдання кожного елемента моделі.

Ключові слова: низькорівневе моделювання, комп'ютерна система, програмована логічна інтегральна схема.

A.S. LYAPANDRA, V.R. GONTCHAR
Ternopil national economic university**STRUCTURAL ANALYSIS RECONFIGURABLE COMPUTER SYSTEMS**

In the article analysis the task of designing computer systems (CS) is conducted. It is described particularity most perspective calculable architectures of reconfigurable CS: sequential microprocessor, devices with hard problem-oriented, the specialized reconfigurable computing architecture.

Identified three main areas of application of reconfigurable calculators (RC) creation of specialized tasks in reconfigurable computing systems.

The general scheme of low-level model of arbitrary reconfigurable CS is built. The structural elements of RC are certain: host; reconfigurable logical (functional) cell array based on FPGA or elements with a reconfigurable structure; memory of reconfigurable logical (functional) cell array configurations.

It is shown that the general elements of computer system model are testable devices, generators of loading, modules of monitoring and statistics, peripheral simulators units. Functions and tasks of every element to the model are described.

Keywords: low-modeling, computer system, duration of implementation of algorithm, field-programmable gate array.

Постановка задачі

На сьогодні елементна база ПЛІС є універсальним інструментом для проектування систем різного призначення. Принцип об'єднання обчислювальних ресурсів в єдиному обчислювальному ядрі (на одному кристалі), зручний при реалізації як малопотужних КС, так і при створенні систем загального призначення.

Архітектуру КС на ПЛІС можна поділити на категорії залежно від властивостей їх структури (можливості реконфігурації або гнучкості), базової функціональності та продуктивності. Проте для їх використання головною проблемою є відсутність готових засобів, методів і технологій, в тому числі на структурному рівні, які сьогодні знаходяться на стадії розвитку [1].

Тому задача структурного аналізу реконфігурованих комп'ютерних систем є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій

Задачі проектування комп'ютерних систем присвячені численні роботи, серед яких відзначимо роботи В.Воеводіна та Вл.Воеводіна [2], Шпаковського Г.І. [3]. У цих працях розглянуто особливості проектування комп'ютерних систем, проведено аналітичний аналіз їх параметрів.

Виділення невирішених частин

Перевагою комп'ютерних систем на основі ПЛІС є можливість конфігурування їх структури відповідно до алгоритму розв'язання задачі та структури даних. Проте питання опису структури комп'ютерних систем на основі ПЛІС у вищенаведених працях розкрито не достатньо повно [2-3].

Формулювання цілей

Ціллю циклу робіт є отримання комплексної моделі, на основі якої в подальшому провести проектування вузлів реконфігурованої обчислювальної системи.

Ціллю цієї статті є аналіз структури реконфігурованих комп'ютерних систем.

Задача проектування комп'ютерних систем

Задача проектування КС зводиться до переходу від формального опису поведінки системи до її реалізації у вигляді конструкторсько-технологічних специфікацій, які використовуються на етапі проектування системи. При проектуванні інженер використовує цільовий елементний базис і його властивості. Таким базисом можуть бути технологічні бібліотеки цільової елементної бази, інтегральні елементи, наявні на складі, або віртуальні об'єкти з частково фіксованою структурою, а також об'єкти повторного використання (віртуальні компоненти, механізми або навіть системи).

Цей базис, що є суб'єктом відображення поведінки системи можна розглядати як основу

(платформу) для проектування. На сьогоднішній день поняття платформи і крос-платформених технологій стало новою дуже популярною абстракцією, що укладає в себе принцип інваріантності реалізації системної функціональності. Особливо актуальний цей принцип для області системотехнічного проектування, де автоматизовані засоби дають можливість здійснити інваріантний перехід (відображення (mapping)) до цільової функціональності системи з використанням формальних (напівформальних) специфікацій і гетерогенного (у плані структурної визначеності і функціональності) набору базисних об'єктів. Такий погляд на проблему проектування дістав назву платформового [4].

Обчислювальною платформою є абстрактна обчислювальна система, яка використовується в технології наскрізного проектування при відображенні цільової функціональності. Суттю обчислювальної платформи вважатимемо обчислювальний напівфабрикат (чи модель КС) в якій декларується базова функціональність і пов'язана з нею структура, інваріантна до способу реалізації.

Процес проектування КС - використання елементів підходу платформи-орієнтованого проектування і створення обчислювальних напівфабрикатів інваріантних до способу їх реалізації [5].

Структурний аналіз реконфігурованих комп'ютерних систем

Найбільш перспективними є три основних обчислювальних архітектури реконфігурованих КС [6]:

- послідовна мікропроцесорна архітектура - архітектура обчислювачів які мають набір строго типізованих команд, та функціонують за принципом послідовного виконання програми (програмній інтерпретації), що зберігається в пам'яті. Фіксована структура їх обчислювального ядра і можливість зміни програми (логіки функціонування), що зберігається в пам'яті, є передумовою для розвитку технологічної інфраструктури інструментального, алгоритмічного і методичного характеру. Базова функціональність послідовного мікропроцесора детермінована в плані режиму і характеризується послідовним принципом інтерпретації програми, що зберігається в пам'яті.

- пристрої з жорсткою проблемно-орієнтованою обчислювальною архітектурою. До них відносяться інтегральні контролери, замовлені схеми ASIC, функціональні перетворювачі, функціонально-орієнтовані підсистеми. Цей клас пристроїв не розрахований на багатоцільове застосування, проте подібні пристрої також є невід'ємною частиною практично будь-якої КС. Жорстка структурна організація не дає можливість змінювати спосіб їх функціонування шляхом зміни програми. І лише в окремих випадках є можливість змінювати режим їх роботи. Прикладами таких пристроїв є: інтерфейсні контролери, периферійні контролери, апаратні реалізації стеків протоколів, пристрої для цифрової обробки сигналів і даних, кодеки і інші.

Порівнюючи обчислювальну архітектуру за критеріями гнучкості/продуктивності можна відмітити, що позиція реконфігурованої обчислювальної архітектури (Configurable Computers Architecture) займає проміжне положення між програмованими послідовними мікропроцесорами і вузькоспеціалізованими, але високопродуктивними проблемно-орієнтованими обчислювачами з жорсткою структурно-функціональною організацією.

З появою ПЛІС, що мають можливість оперативної зміни конфігурації, в області КС з'явився новий вид спеціалізованої реконфігурованої архітектури. Ключовою ідеєю досліджень, присвячених реконфігурованим обчислювачам (РО), є підвищення параметрів обчислювальних процесів і операцій за рахунок властивостей гнучкості паралельної апаратури, структура якої може бути якнайкраще налаштована на рішення цільової задачі (реалізацію цільової функціональності).

Спеціалізована реконфігурована обчислювальна система - це обчислювальна система, що має нетипову обчислювальну архітектуру і що дає можливість оперативно змінювати спосіб організації обчислювальних процесів (обчислювальну модель).

Можливість зміни структури РО визначає три основні сфери їх застосування в завданнях створення спеціалізованих реконфігурованих обчислювальних систем [7]:

- реалізація високопродуктивних обчислювачів, де вигоду в продуктивності може бути отриманий за рахунок ефективної паралельної реалізації незалежних частин завдання. При цьому різні фрагменти РО оптимальним чином настроюються під реалізацію цільових обчислень.

- створення оптимальних за вартістю і енергоспоживання систем. Вигоду в цих параметрах може бути отриманий за рахунок багатократного повторного використання ресурсів РО і періодичній реконфігурації їх структури.

- створення реконфігурованих обчислювальних систем із змінюваним принципом організації обчислювальних процесів (обчислювальною моделлю). Ці пристрої можуть бути використані як платформа для швидкої і ефективної реалізації на їх основі КС шляхом зміни (налаштування) їх внутрішньої структури.

Головними структурними елементами РО є: "host" (пристрій управління, мікропроцесор або робоча станція); реконфігурований масив (РМ) логічних (функціональних) елементів на основі ПЛІС або елементів з реконфігурованою структурою; пам'ять конфігурацій РМ (ОЗП/ПЗП).

Таким чином, загальними елементами моделі обчислювальної системи є (рис.1):

- тестовані пристрої (ТП).
- генератори навантаження (ГН).
- модулі моніторингу і статистики (ММС).
- імітатори периферійних пристроїв (ІПП).

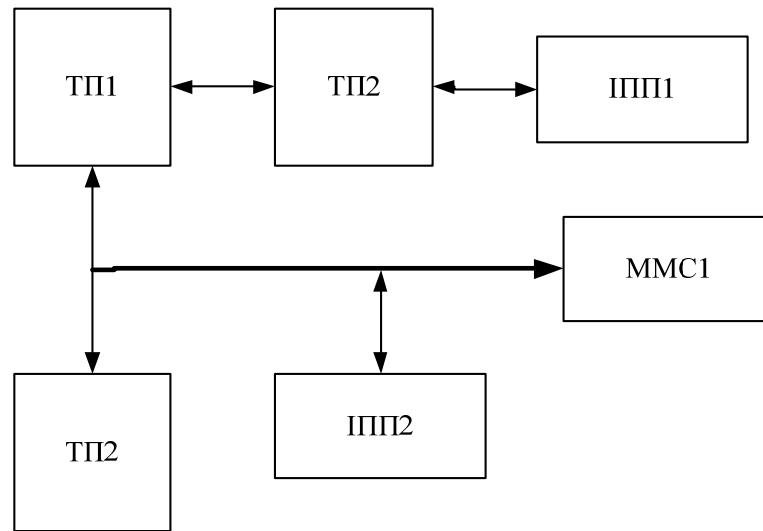


Рис. 1. Загальна схема низькорівневої моделі довільної КС

Розглянемо функції і завдання кожного елементу моделі детальніше [8].

Тестовані пристрої. Вони мають один або декілька зовнішніх інтерфейсів, за допомогою яких з'єднуються з іншими тестованими пристроями або імітаторами периферійних пристроїв. Кожен інтерфейс тестованого пристрою обслуговується одним або декількома модулями моніторингу і статистики. У разі відсутності необхідності пристрою для певного тесту, пристрій може замінюватися спрощеним функціональним модулем-імітатором в цілях підвищення швидкості моделювання.

Генератори навантаження. Завдання генератора навантаження - забезпечувати вступ в систему потоку даних, що задовольняє заданим параметрам. У системі генератори навантаження займають місце активного елементу (процесора або зовнішнього пристрою). Оскільки спектр завдань, що вирішуються за допомогою моделі, дуже широкий, то і вимоги до генерованого навантаження різноманітні. При використанні моделі як тестова оболонка і при відтворенні аварійних ситуацій генератор повинен формувати потік транзакцій, визначуваний відповідним тестом, при стрес-тестах і вимірах продуктивності потрібний потік випадкових транзакцій, причому в другому випадку характер потоку даних має бути цілком визначеним і відповідати реальному навантаженню системи. Таким чином, необхідний мінімум функцій, що надається генератором навантаження має бути таким:

- генерація випадкових параметризованих транзакцій;
- можливість програмування заданої послідовності транзакцій;
- обробка трас, отриманих на реальній системі. Ця можливість потрібна для генерації навантаження, еквівалентного реальному, в тестах продуктивності системи.

Модулі моніторингу і статистики. Завдання модулів моніторингу і статистики - здійснювати контроль коректної поведінки пристроїв, підключених до певного інтерфейсу і збір статистичної інформації по ньому. Будуються відповідно до протоколу обміну інтерфейсу і повинні видавати попередження при виникненні будь-якої ситуації, некоректної з точки зору протоколу. Такі модулі потрібні для ранньої діагностики аварійних ситуацій, які інакше можуть проявитися через досить великий проміжок часу. Буває доцільним створення ММС, що здійснюють контроль декількох інтерфейсів. Такі монітори дають можливість контролювати помилкові ситуації, пов'язані з розсинхронізацією роботи відповідних інтерфейсів. Прикладом таких ситуацій може служити спотворення даних при проходженні міжінтерфейсних мостів. У разі потреби ММС може виконувати додаткові функції, пов'язані з обслуговуванням інтерфейсу, такі як арбітраж або приведення неактивних сигналів в певний стан. Зазвичай здійснює лише первинну обробку накопиченої статистичної інформації, оскільки обробка статистики методами мов опису апаратури досить трудомістка.

Імітатори периферійних пристроїв. Потрібні для забезпечення потоків даних через зовнішні інтерфейси системи. Забезпечують мінімальний набір функцій, необхідний для функціонування тестованих пристроїв. Зазвичай містять сховища і засоби контролю даних. Залежно від інтерфейсу і функціональності імітатори можуть бути різної складності, від простого повторювача до багатфункційного програмованого пристрою. Іноді містять деякі функції генераторів навантаження і модулів моніторингу і статистики [9].

Висновки

У статті проведений аналіз задачі проектування КС. Описано особливості найбільш перспективних обчислювальних архітектур реконфігурованих КС: послідовна мікропроцесорна, пристрої з жорсткою проблемно-орієнтованою, спеціалізована реконфігурована обчислювальна архітектура.

Визначено три основні сфери застосування реконфігурованих обчислювачів (РО) в завданнях створення спеціалізованих реконфігурованих обчислювальних систем.

Побудовано загальну схему низькорівневої моделі довільної реконфігурованої КС. Визначено

головні структурні елементи РО: "host"; реконфігурований масив логічних (функціональних) елементів на основі ПЛІС або елементів з реконфігурованою структурою; пам'ять конфігурацій реконфігурованого масиву логічних (функціональних) елементів.

Показано, що загальними елементами моделі обчислювальної системи є тестовані пристрої, генератори навантаження, модулі моніторингу і статистики, імітатори периферійних пристроїв. Описано функції і завдання кожного елемента моделі.

Література

1. Ляпандра А.С. Вплив параметрів комунікаційної частини реконфігурованої кластерної системи на тривалість виконання алгоритму / А.С. Ляпандра // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - Хмельницький, 2014. - № 4. - С. 125-127.
2. Воеводин В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
3. Шпаковский Г.И. Параллельное программирование и аппаратура / Г.И. Шпаковский. – Минск, БГУ, 2012. – 184 с.
4. Ляпандра А.С. Підхід до узагальненого оцінювання ресурсів програмованих логічних інтегральних схем / А.С. Ляпандра // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – К.: "Техніка", 2012. – №7. – С.92–96.
5. Ляпандра А.С. Зменшення часових затримок ПЛІС у реконфігурованих комп'ютерних системах / А.С. Ляпандра // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2012. – Т.193, №5. – С.147–151.
6. Ляпандра А.С. Параметри функціональної моделі апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку / А.С. Ляпандра // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – Тернопіль, 2011. – Т.16. №1. – С.161–167.
7. Lyapandra A. Load balancing reconfigurable cluster system / A. Lyapandra // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - Хмельницький, 2015. - № 1. - С. 177-180.
8. Ляпандра А.С. Ідентифікація захворювання на основі гармонійного аналізу хемілюмінесцентних сигналів біопроб / А.С. Ляпандра // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 6, Ч.1. – С.137–144.
9. Ляпандра А.С. Амплітудно-часові параметри біоелектромагнітних сигналів фазового рівня біотехнічних систем / А.С. Ляпандра // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2011. – Т.176, №3. Ч.1. – С.171–175.

References

1. Lyapandra A.S. Vpliv parametriv komunikatsiynoyi chastini rekonfigurovanoyi klasternoyi sistemi na trivalist vikonannya algoritmu. Khmelnytskyi. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2014. Issue 4. P. 125-127.
2. Voevodin V. V., Voevodin V. V. Parallelnye vychisleniya. Spb.: BKHV-Peterburg, 2002. 608 p.
3. Shpakovskiy G.I. Parallelnoe programmirovaniye i apparatura. Minsk, BGU, 2012 g., 184 p.
4. Lyapandra A.S. Pidkhyd do uzagalnenogo otsinyuvannya resursiv programovanykh logichnykh integralnykh skhem / A.S. Lyapandra // Elektrotekhnichni ta kompyuterni systemy. Kyiv. "Tekhnika", 2012. №7. P.92–96.
5. Lyapandra A.S. Zmenshennya chasovy/ikh zatrymok PLIS u rekonfigurovanykh kompyuternykh systemakh. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2012. Volume 193.– Issue 5. P.147–151.
6. Lyapandra A.S. Parametry funktsionalnoyi modeli aparatnoho zabezpechennya optymizatsiyi merezhevoho trafiku. Visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ternopil, 2011. Volume 16. Issue 1. P.161–167.
7. Lyapandra A. Load balancing reconfigurable cluster system. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. Khmelnytsky. 2015. Volume 221.– Issue 1. pp. 177-180.
8. Lyapandra A.S. Identyifikatsiya zakhvoryuvannya na osnovi harmoniynogo analizu khemilyuminestsentnykh sygnaliv bioprob. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. Khmelnytsky. 2007. Volume 100. Issue 6. Part 1. pp.137–144.
9. Lyapandra A.S. Amplitudno-chasovi parametry bioelektromagnitnykh sygnaliv fazovogo rivnya biotekhnichnykh system. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2011. Volume 176. Issue 3. Part 1. P.171–175.

Рецензія/Peer review : 16.5.2015 р. Надрукована/Printed : 18.6.2015 р.
Стаття рецензована редакційною колегією