

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ З ЦИФРОВОЮ ОБРОБКОЮ СИГНАЛІВ НА МІКРОКОНТРОЛЕРАХ, ПЛІС І СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПРОЦЕСОРАХ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

доцент, к.т.н., Воргуль О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікропроцесорних технологій та систем,
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: oleksandr.vorgul@nure.ua

Abstract. This paper discusses the features of using microcontrollers, specialized digital signal processors and field programmed gate arrays for signal processing. The number of transistors, clock frequency, product development time and non-recurring design costs are considered as the main factors affecting the quality of the system.

Вступ. Кафедра мікропроцесорних технологій і систем (МТС) Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) проводить підготовку фахівців з проектування апаратури різного призначення на найсучаснішій елементній базі. Тому необхідно усвідомити, якою є специфіка проектування систем на всіх етапах на основі елементної бази різних типів – на мікроконтролерах (МК), програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС) і спеціалізованих для цифрової обробки сигналів процесорах (ЦПОС). І які тенденції розвитку цієї галузі.

Нові технології, нові виклики. У статті [1], опублікованій більше 8 років тому, при порівнянні різної елементної бази пропонується такі фактори: - складність (число транзисторів); необхідна тактова частота; продуктивність, виражена в певних одиницях; споживання енергії і ефективність, форм-фактор; економічні параметри; області застосування і можливості модернізації.

Під час досягнення ідеальної системи доводиться оперувати чотирма факторами:

- кількість використовуваних транзисторів, які впливають на розмір кристала і корпусу, вартість одиниці та споживану потужність. Досягнення в області технологій безперервно зменшують площа транзистора, але як статичне, так і динамічне енергоспоживання залежать від кількості транзисторів. Число транзисторів залишається важливою метрикою ефективності системи;

- необхідна тактова частота, яка впливає на продуктивність і енергоспоживання. Збільшення тактових частот, пов'язаних зі зменшенням геометрії процесу, допускає збільшення тактових циклів в заданому інтервалі часу, але за рахунок збільшення енергоспоживання. Менша кількість тактів означає менше енергоспоживання;

- час, витрачений на розробку програми, що сильно впливає на його сприйняття на ринку. Продукт, який не потрапляє в ринкове вікно, - це марна трата зусиль розробників. У багатьох випадках розробка програмного забезпечення може зайняти більше часу і коштує більше, ніж розробка апаратної частини;

- неповторювані витрати на проектування (НВП), такі як виробництво маски і вартість розробки апаратного і програмного забезпечення. Збільшення витрат на НВП, пов'язане з передовими технологічними процесами, робить їх недоступними для багатьох додатків. І навпаки, їх зниження і спрощення здешевлює процес в цілому.

Основна частина. Існують чотири популярні технології [1-5]:

- мікроконтролери (МК) - це пристрої загального призначення для обробки інформації і управління, які можуть бути адаптовані для широкого спектру додатків за допомогою програмного забезпечення. Зусилля по розробці додатків обмежуються розробкою і перевіркою програмного забезпечення, а витрати на НВП амортизуються серед всіх користувачів конкретної архітектури МК. Оптимізація тактового циклу визначається оптимізацією коду, а вміст коду впливає на кількість транзисторів, необхідних для пам'яті. Компактний код, який дозволяє найбільш ефективно використовувати архітектуру МК - дуже важливий. МК зазвичай використовують транзистори і тактову частоту ефективно, але не оптимально.

- цифрові процесори обробки сигналів (ЦПОС) жорстко пов'язують основні функції багатьох алгоритмів обробки сигналів. Це оптимізує використання транзисторів і тактові частоти для необхідних операцій за рахунок гнучкості. Код виходить лаконічніше, ніж для МК. Архітектура ЦПОС, що містить кілька комплектів шин, апаратний виділений (один або більше) помножувач, апаратний дільник, регістр зсуву тощо дозволяє виконувати операції за суттєво менший час. У багатьох випадках ЦПОС є оптимальним рішенням для деяких, але не для всіх функцій, необхідних для застосування. Багато МК включають базові операції ЦПОС в свій набір команд, що дозволяє їм виконувати просту обробку сигналів без необхідності виділеного ЦПОС.

- програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) обмежують зусилля по розробці кодів, необхідних для налаштування, і ділять витрати на НВП серед дуже великого числа користувачів за рахунок високого рівня надмірності транзисторів (і, отже, високих питомих витрат) і обмежена оптимізація тактових частот. Споживана потужність далека від оптимальної (так в [1]).

- три вищезгадані технології поставляються в якості стандартних продуктів. Специфічні для докладання функції, зокрема аналогові операції, часто повинні бути реалізовані поза кристалом. Розмір матриці, розмір корпусу, призначення і розташування доданків і енергоспоживання нижче

оптимальних в порівнянні з тим, що може бути досягнуто за допомогою четвертої технології, а саме ASIC. ASIC спеціально розроблена для конкретного додатка, можливо, встановлюють одне або кілька ядер МК або ЦПОС, з максимально можливою функціональністю всієї системи, реалізованою на одному кристалі. Це оптимізує кількість транзисторів і тактових частот (і, отже, вартість одиниці і споживану потужність) за рахунок часу розробки і вартості НВП, які, за звичай, на порядок вище, ніж у ЦП, ЦПОС або ПЛІС.

Розглянемо етапи проектування системи, реалізованої на різній елементній базі.

Мікроконтролер

1. Постановка завдання на розробку виробу.
2. Складання структурної схеми майбутнього устрою
3. Вибір мікроконтролера на етапі вибору елементної бази
4. Далі розробка розділяється на розробку програмної та апаратної частини і може проводитися паралельно і різними командами розробників. Потрібне спеціалізоване програмне забезпечення.

5. На наступному етапі - налагодження. Може знадобитися додаткові апаратні засоби

6. Після успішного моделювання програми в доданому або зовнішньому ПО готова програма вноситься в МК

7. У деяких випадках потрібен внутрісхемний налагоджувач. Причому іноді він повинен бути динамічним, оскільки виконання програми по кроках не завжди доречне.

8. Якщо це ОКР і не потрібно масове виробництво, то заключний етап - сертифікація.

ЦПОС

Етапи проектування подібними до таких у МК. Відмінність в специфічному апаратному забезпеченні. Це вплине на збільшення необхідного часу для освоєння продукту і на необхідність апаратних налагоджувальних стендів.

ПЛІС

ПЛІС за етапами проектування істотно відрізняється тим, що його структура не задана, а вибирається (конфігурується) користувачем. Для цифрової обробки сигналів на борту виробу, крім великого числа логічних блоків, оперативної пам'яті і засобів синхронізації розміщують багато (сотні!) виділених помножувачів. У деяких випадках розробники вважають, що розміщувати софт-процесор в ПЛІС, значить, знизити ефективність і вбудовують процесор в ПЛІС. В результаті виходить система на кристалі.

Етапи проектування [3, 5]: 1. Системне проектування і високорівневий синтез. 2. Створення HDL проекту і управління процесом проектування 3. Моделювання та налагодження. 4. Формальна верифікація. 5. Програмно -

апаратна верифікація. 6. Логічний і фізичний синтез. 7. Інтеграція з проектованої друкованою платою

Висновки. МК сьогодення - це система на кристалі, мікропроцесор з пам'яттю і різним периферійним обладнанням. Роль мікроконтролера - управляти потоком даних, зазвичай не надто потужним. МК наполегливо з'являються і розвиваються в бік збільшення розрядності, збільшення потужності та швидкодії. Підходи до проектування практично не змінилися. Фахівців готують так само, змінюється лише програмне забезпечення.

Для ЦПОС характерна супергарвардська архітектура, що накладає свій відбиток на алгоритм обробки. Для даної технології характерна специфічна задача – потужний потік даних і алгоритм переробки цих даних. Налагодження алгоритму і верифікація продукту в цілому потребує як додаткових стендів для налагодження, так і ускладнення програми налагодження.

А сучасні ПЛІС – це теж давно не розсип елементів, які користувач може налаштувати на свій розсуд для виконання заданих логічних операцій, нехай і складних. По-перше, ПЛІС може дозволити собі довільну розрядність. Вона в пристрої може бути змінної. По-друге, візитна картка ПЛІС – паралельна робота гілок алгоритму. Все, що говорять справедливі критики ПЛІС, швидше за все, правда: і про більш високе енергоспоживання, і про більшу складність розробки, і про ціну. І фірми - розробники ПЛІС це теж знають і неухильно розвивають ПЛІС. В результаті енергоефективність поліпшується, співвідношення ціна / якість вдосконалюється, можливості програмного забезпечення збільшуються. А нам доведеться навчитися застосовувати не одну, а різні технології максимально ефективно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Peter Bishop. A tradeoff between microcontroller, DSP, FPGA and ASIC technologies February 2009 print edition of EE Times Europe[Електронний ресурс] / Режим доступу: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275272#.
2. Б.Афра, А. Кападийя DSP или FPGA ? как выбрать нужное устройство // Электроника: наука, технология, бизнес 8/2008 сс. 54-57
3. Рабоволюк А. Обзор маршрута проектирования ПЛИС FPGA Advantage компании Mentor Graphics //Компоненты и технологии 2005 г. № 7 сс. 70-74.
4. Потехин Д. С. Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС / Д. С. Потехин, И. Е. Тарасов. – Москва : Горячая линия - Телеком, 2007.
5. Соловьев В. В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии / В. В. Соловьев. – Москва : Горячая линия - Телеком, 2016.