

Вступ

Суперкомп'ютери, які мають надвисоку продуктивність, використовують для виконання складних інженерних і наукових розрахунків та інших ресурсомістких завдань. Однак у них є серйозні недоліки, серед яких насамперед варто назвати величезну споживану потужність і дуже високу вартість розроблення та подальшої експлуатації. Крім того, однією з ключових проблем, що стоять перед вченими і дослідниками, є доступ до цих обчислювальних ресурсів. Ще більшою проблемою є забезпечення ефективного використання обчислювальної потужності, яку надає суперкомп'ютер. Тому шукають підходи до створення так званих “персональних суперкомп'ютерів”, порівнянних за продуктивністю з кластерами суперкомп'ютерів, які мали б помірне енергоспоживання і невеликі габарити.

Термін “персональний суперкомп'ютер” з'явився недавно. Восени 2008 року фірма *Cray* представила персональний суперкомп'ютер *CX1*, що вмикається до стандартної мережі живлення і має габарити, які дали змогу розмістити його під робочим столом.

Того самого року компанія *NVIDIA* заявила про те, що їй вдалося “перетворити персональні суперобчислення на реальність”. Презентація відеокарти *Tesla C1060*, яку покладено в основу суперкомп'ютера, відбулася влітку 2008 року. Новий продукт за назвою *Tesla Personal Supercomputer* використовує для обчислень графічні ядра і, за словами розробників, забезпечує порівнянну зі сучасними кластерами продуктивність, маючи при цьому в сто разів меншу вартість і габарити стандартних настільних робочих станцій.

Восени 2009 року компанія *Silicon Graphics International* поширила інформацію про свій персональний суперкомп'ютер *Octane III*, побудований на основі мікропроцесорів *Intel Xeon* та графічних процесорів *NVIDIA Tesla C1060*.

Водночас через потребу вирішення ресурсомістких задач та підвищення продуктивності персональних комп'ютерів сформувався новий тип комп'ютерних засобів – так званих реконфігурованих прискорювачів. Можливість реконфігурування, тобто заміни вмісту реконфігурованого прискорювача новим спеціалізованим процесором відкриває перспективи надання принципово нових властивостей та досягнення високих технічних характеристик комп'ютерною системою в складі універсального комп'ютера та реконфігурованого прискорювача.

Посилення інтересу до напрямку розроблення високопродуктивних апаратних прискорювачів посприяло поширенню програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС) та створення технології проектування програмних моделей обчислювальних пристроїв, яка описує процес розроблення архітектури обчислювальних пристроїв на рівні міжрегістрових передач з використанням мов опису апаратних засобів (*VHDL*, *Verilog*, ін.) та їх реалізації у вигляді надвеликих інтегральних схем

на основі ПЛІС. Для розроблення та відлагодження програмних моделей обчислювальних пристроїв розроблено спеціальні інтегровані середовища із вбудованими засобами компіляції та симуляції. Серед них – *ModelSIM* від *Mentor Graphics*, *Active-HDL* від *Aldec* та ін. Лідерами на світовому ринку виробників ПЛІС є фірми *Altera*, *Xilinx*, *Actel*, *Lattice* та ін. Кожна з цих компаній надає користувачеві засоби логічного синтезу своїх ПЛІС, наприклад, фірма *Altera* – *Quartus II*, *Max+Plus II*, фірма *Xilinx* – *Xilinx Foundation*, *Xilinx Alliance*, *Xilinx ISE*. Для програмування ПЛІС використовуються спеціальні апаратні засоби, що складаються із друкованої плати, на яку поміщено ПЛІС, та засобів її програмування. Необхідне програмне забезпечення інколи постачають окремо чи у комплекті з апаратними засобами, а інколи воно вбудоване у засоби логічного синтезу ПЛІС.

Апаратні прискорювачі, побудовані на основі ПЛІС, мають істотні переваги порівняно з традиційними, зокрема вони можуть бути багаторазово перепрограмовані та мають значно нижчу вартість, ніж прискорювачі на основі замовних спеціалізованих надвеликих інтегральних схем (НВІС). При цьому в реконфігурованих прискорювачах можуть бути синтезовані як програмовані, так і апаратно-орієнтовані спеціалізовані процесори, а також універсальні процесори. Реалізація апаратно-орієнтованих спеціалізованих процесорів є особливо ефективною, оскільки досягається гранично висока продуктивність за мінімальних значень затрат обладнання та споживаної потужності.

Використання в комп'ютерних системах прискорювачів не є новим підходом. Ще в 60-ті роки минулого століття їх почали використовувати для прискорення виконання складних задач, зокрема задач фільтрації та спектрального аналізу. Однак створення потужних реконфігурованих середовищ відновило інтерес до цього напрямку. Апаратний прискорювач – це пристрій, який має обмежений набір функцій для підвищення продуктивності обчислювальної системи або окремих її частин (рис. 1). Він призначений для виконання на апаратному рівні складних алгоритмів обробки великих масивів даних, що вимагає багато часу та ресурсів для їх виконання програмним чином на персональному комп'ютері.

Зазвичай з використанням апаратного прискорювача час розв'язування задачі на один–два порядки зменшується порівняно з часом її вирішення на універсальному комп'ютері, що дає можливість швидко обробити велику кількість даних. Реконфігуровність апаратного прискорювача означає його здатність змінювати конфігурацію (налаштовувати внутрішню структуру функціональних вузлів та зв'язків між ними) для оптимального відображення особливостей виконуваних ним алгоритмів на апаратному рівні з метою забезпечення максимальної продуктивності їх виконання.



Рис. 1. Апаратний прискорювач у складі універсального комп'ютера

Отже, створення персональних суперкомп'ютерів на основі реконфігуровних прискорювачів, які наближаються за продуктивністю до кластерів суперкомп'ютерів, але характеризуються помірним енергоспоживанням і невеликими габаритами, є надзвичайно актуальним напрямком розвитку комп'ютерної техніки. У зв'язку з цим виникає потреба у розробленні архітектури та методів проектування персональних суперкомп'ютерів на основі реконфігуровних прискорювачів, методів та засобів проектування програмних моделей апаратно-орієнтованих спеціалізованих процесорів для їх синтезу в реконфігуровних прискорювачах, методів та засобів їх інтеграції в систему, чому й присвячена ця книга.