УДК 004:31
Гринюк С.В., Міскевич О.І., Дацюк С.О.
Луцький НТУ

ЕВОЛЮЦІЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ТЕХНІКИ НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ ARM ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Гринюк С.В., Міскевич О.І., Дацюк С.О.Еволюція мікропроцесорної техніки на базі архітектури ARM та її вплив на розвиток обчислювальної техніки. В статті розглядається розвиток мікропроцесорної техніки на базі архітектури ARM. З розвитком людства виникла необхідність у використання більш потужної обчислювальної техніки при низькій енерговитраті. Системи, які побудовані на базі мікропроцесорів з архітектурою ARM набирають все більших оборотів, а саме їх використовують в мобільних гаджетах.
Ключові слова:мікропроцесор, архітектура ARM, гаджет, обчислювальна техніка, архітектура x86.

Гринюк С.В., Мискевич О.И., Дацюк С.А. Эволюция микропроцессорной техники на базе архитектуры ARM и ее влияние на развитие вычислительной техники. В статье рассматривается развитие микропроцессорной техники на базе архитектуры ARM. С развитием человечества возникла необходимость в использование более мощной вычислительной техники при низкой энергозатрат. Системы, построенные на базе процессоров с архитектурой ARM набирают все больших оборотов, а именно их используют в мобильных гаджетах.
Ключевые слова: микропроцессор, архитектура ARM, гаджет, вычислительная техника, архитектура x86.

Grunjuk S., Miskevych O., Datsyuk S.The evolution of microprocessor technology based on the ARM architecture and its influence on the development of computer technology. In the article the development of microprocessor technology-based architecture ARM. With the development of mankind became necessary to use more powerful computing with low power consumption. Systems that are based on the ARM architecture microprocessors are becoming more turns, ie they are used in mobile gadgets.
Keywords:microprocessor architecture ARM, gadget, computer science, architecture x86.

Вступ. На сьогоднішній день, коли людство втупило в пост-комп'ютерну еру, людство потребує все більш потужніших обчислювальних потужностей при низькій енергоємності. За останні 30 років обчислювальні системи, які допомагають нам у вирішенні поставлених задач стали у десятки разів потужніші. Більшу частину на ринку, звичайно, займають системи з великими потужностями на базі мікропроцесорів з архітектурою x86. Але в останні роки системи, які побудовані на базі мікропроцесорів з архітектурою ARM набирають все більших оборотів.

Перші чіпи ARM з'явилися ще три десятиліття тому завдяки старанням британської компанії Acorn Computers (нині ARM Limited), але довгий час перебували в тіні своїх більш іменитих побратимів - процесорів архітектури x86.

Тому в цій роботі буде освітлено розвиток архітектури ARM, її особливості та переваги над x86, її положення на ринку в даний час, перспективи розвитку та саме головне, як вплине і чи зможуть мікропроцесори на цій архітектурі замінити або частково витіснити системи на базі архітектури x86.

Історія розвитку архітектури ARM. Архітектура ARM розробляється фірмою ARMHoldings (раніше називалася AdvancedRISCMachines). Перший процесор з архітектурою ARM був випущений в 1985 році. У процесі розвитку та удосконалення архітектури фірма ARM представила користувачам цілий ряд модифікацій ядра, що утворюють сімейства.

У наші дні 32-розрядна ARM - найбільш широко використовувана архітектура процесорів для мобільних пристроїв, і найбільш популярна архітектура 32-розрядних процесорів для вбудованих систем. З роки назад була представлена 64-розрядна ARM, але про неї ми поговоримо пізніше.

В даний час архітектуру ARM представляють два класи: «класичні» процесори, куди входять сімейства ARM7, ARM9 і ARM11, і сімейство Cortex, поділюване на три «профілю» Cortex-A, Cortex-R і Cortex-M. На рис. 1 представлена діаграма, що ілюструє розвиток архітектури ARM від покоління до покоління.

© Гринюк С.В., Міскевич О.І., Дацюк С.О.

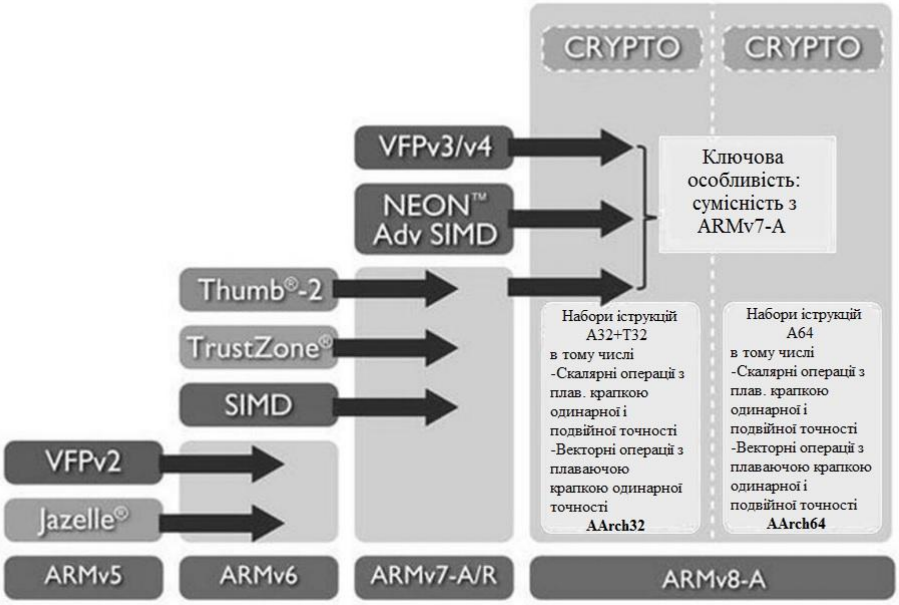

*Рис.1.*Еволюція архітектури ARM

Особливості та порівняння архітектури ARM.Почати варто з того, що в процессорной архітектурі x86, яку зараз використовують компанії Intel і AMD, застосовується набір команд CISC (ComplexInstructionSetComputer), хоч і не в чистому вигляді. Так, велику кількість складних за своєю структурою команд, що довгий час було відмінною рисою CISC, спочатку декодуються в прості, і тільки потім обробляються. Ясна річ, на весь цей ланцюжок дій йде чимало енергії.

*Рис. 2.*Чіп ARM1 - первісток компанії Acorn Computers, який проводився на фабриках VLSI

Вякостіенергоефективноїальтернатививиступаютьчіпиархітектури ARM знаборомкоманд RISC (Reduced Instruction Set Computer). Його перевага в спочатку невеликому наборі простих команд, які обробляються з мінімальними витратами. Як результат, зараз на ринку споживчої електроніки мирноуживаються дві процесорні архітектури - x86 і ARM, кожна з яких має свої переваги і недоліки.

© Гринюк С.В., Міскевич О.І., Дацюк С.О.

Архітектура x86 позиціонується як більш універсальна з точки зору посильних їй завдань, включаючи навіть настільки ресурсомісткі, як редагування фотографій, музики і відео, а також шифрування і стиснення даних. У свою чергу архітектура ARM «виїжджає» за рахунок вкрай низького енергоспоживання і в цілому достатньої продуктивності для найважливіших на сьогодні завдань: створення, перегляд веб-сторінок і відтворення медіаконтента.

Рис. 3. Архітектурні відмінності процесорів x86 (набір команд CISC) і ARM (набір команд RISC)

З технічної точки зору називати чіпи архітектури ARM процесорами не зовсім вірно, адже крім одного або декількох обчислювальних ядер вони включають цілий ряд супутніх компонентів. Більш доречними в даному випадку є терміни однокристальна система і система-на-чіпі (від англ. System on a chip).

Так, новітні однокристальних системи для смартфонів і планшетних комп'ютерів включають контролер оперативної пам'яті, графічний прискорювач, відеодекодер, аудіоокодек і опціонально модулі бездротового зв'язку. Вузькоспеціалізовані чіпи можуть включати додаткові контролери для взаємодії з периферійними пристроями, наприклад датчиками.

Окремі компоненти однокристальної системи можуть бути розроблені як безпосередньо ARM Limited, так і сторонніми компаніями. Яскравим тому прикладом є графічні прискорювачі, розробкою яких крім ARM Limited (графіка Mali) займаються Qualcomm (графіка Adreno) і NVIDIA (графіка GeForce ULP).

Не варто забувати і про компанію Imagination Technologies, яка нічим іншим, крім проектування графічних прискорювачів PowerVR, взагалі не займається. А адже саме їй належить мало не половина глобального ринку мобільного графіки.

ARM чіпи відрізняються від x86 лише двома аспектами. Перше – це енергоефективність. ARM чіпи потребують значно менше енергії для роботи, ніж процесори x86. Ще одна відміна сімейств ARM і x86 - мікроархітектури RISC і CISC. Однак і це вже не можна вважати принциповою відмінністю: починаючи з модифікації i486DX, x86-чіпи стали більше нагадувати RISC-процесори. Починаючи з цього покоління, мікросхеми, зберігаючи сумісність з усіма попередніми наборами команд, демонструють максимальну продуктивність тільки з обмеженим набором простих інструкцій, який підозріло схожий на набір RISC-команд. Тому сьогоднішні x86 можна сміливо вважати CISC-процесорами з RISC-ядрами: вбудований в мікросхему апаратний транслятор декодує складні CISC-інструкції в набір простих внутрішніх RISC-команд. Навіть незважаючи на те, що кожна CISC-інструкція може "розкладатися" на кілька RISC-команд, швидкість виконання останніх забезпечує значний приріст продуктивності. До того ж, не слід забувати про суперскалярной і суперконвейерная сучасних чіпів.

Чіпи ARM сьогодні та перспективи розвитку. Зараз компанія ARM Limited займається лише розробкою референсних процесорних архітектур і їх ліцензуванням. Створення ж конкретних моделей чіпів і їх подальше масове виробництво – це вже справа ліцензіатів ARM, яких налічується безліч. Є серед них як відомі лише у вузьких колах компанії на зразок STMicroelectronics, HiSilicon і Atmel, так і IT-гіганти, імена яких у всіх на слуху - Samsung,

© Гринюк С.В., Міскевич О.І., Дацюк С.О.

NVIDIA і Qualcomm. З повним списком компаній-ліцензіатів можна ознайомитися на відповідній сторінці офіційного сайту ARM Limited.

Така велика кількість ліцензіатів викликано в першу чергу великою кількістю сфер застосування ARM-процесорів, причому мобільні гаджети - це лише вершина айсберга. Недорогі і енергоефективні чіпи використовується у вбудованих системах, мережевому обладнанні і вимірювальних приладах. Платіжні термінали, зовнішні 3G-модеми та спортивні пульсометри - всі ці пристрої засновані на процессорной архітектурі ARM.

За підрахунками аналітиків, сама ARM Limited заробляє на кожному виробленому чипі $ 0,067 у вигляді роялті. Але це сильно усереднена сума, адже за собівартістю новітні багатоядерні процесори значно перевершують одноядерні чіпи застарілої архітектури.

Звичайно більшу частину чіпів, які випускаються на архітектурі ARM використовуються для мобільних пристроїв. Лідерами по випуску чіпів на сьогоднішній день Qualcomm, MediaTek, Apple, Samsung та NVidia. За останні 5 років пройшло дуже значущих подій, які суттєво вплинули на ринок чіпів ARM і головним ініціатором стала компанія Apple.

Apple зробила чергову революцію в області однокристальних мобільних систем разом з A8X і це велика загроза для всіх конкурентів, включаючи таких виробників чіпів як Intel, Qualcomm, Samsung і Nvidia. Але вистачить порожніх слів, перейдемо до фактів.

Цікаві думки з приводу дій Applена ринку планшетів і мобільних процесорів висловив головний редактор AI Даніель Еран Ділгер і я згоден з його спостереженнями, суть яких в тому, що Apple непомітно для простих споживачів просто рве конкурентів і їх бізнес в клапті. Intel вже втратила мільярди на протистоянні з компанією з Купертіно. У Qualcomm, Samsung і Nvidia як у виробників мобільних процесорів справи теж йдуть не найкращим чином.

Адже в минулому ніщо не віщувало біди. Та ж Intel могла б заробити величезні гроші, якби надала Apple досить ефективний для iPad чіп чотири роки тому. Саме цю компанію Стів Джобс розглядав як постачальника мобільних процесорів для фірмових планшетів. От тільки коли дійшло до справи, чіп IntelAtom (тоді відомий під кодовою назвою Silverthorne) виявився, м'яко кажучи, ненажерливим, і від сили можна було розрахувати на 2-3 години автономності. Альтернатив з потрібними характеристиками на ринку не знайшлося теж. Ось одна з причин, що підштовхнули Apple на розробку власних процесорів, у результаті чого народився A4, що показав себе у всій красі в iPad і в iPhone 4.

Також величезними кроками чіпи ARM завоювують своє місце у серверних системах. Хороші результати в цьому показує компанія AMD. У 2014 почались поставки новітніх ARM-сумісних чіпів, які реалізуються під кодовою назвою Seattle. Цей же рік стане початком продажів процесорів Berlin. Вони будуть поставлятися як у вигляді «чистого» ЦПУ, так і в якості інтегрованих пристроїв APU, що дозволить поєднати відразу і центральний процесор і графіку. Потім планується вихід чіпаWarsaw, який покликаний конкурувати з продукцією Intel в області високовиробничих рішень.

Продукт Seattlев першу чергу цікавий хоча б по тому, що являє собою принципово новий підхід AMD до виробництва чіпів, адже в них тепер поєднується процесори відразу двох архітектур. Ці дві підсистеми можна об'єднати за допомогою фірмової технології FreedomFabric, яка перейшла до компанії AMD після покупки SeaMicro.

На сьогоднішній день економія електроенергії вважається пріоритетним моментом, тому чіпи ARM застосовуються в багатьох смартфонах і подібні пристрої. До недавнього часу їх використання не було широкого поширено через їхню малу потужності, а також відсутності підтримки 64-бітних чіпів, що було вкрай необхідно в будь-яких серверах. Повідомляється, що в наступному році планується налагодити масове виробництво 64-бітових чіпів, які не тільки збережуть позитивні сторони даної архітектури, але ще й будуть володіти набагато більш високою потужністю. Її буде достатньо як для роботи в обладнанні, так і на мікросерверах.

Масові поставки цих пристроїв плануються на 2014 рік, причому призначатися вони будуть для хмарного хостингу, роботи з електронною поштою, а також для багатьох інших популярних функцій.

AMD повідомляє, що процесори Seattle стануть працювати на частоті вище, ніж 2 ГГц і виявиться, що вони фактично швидше нинішніх OpteronXKyoto. Кожен чіп цього нового продукту буде оснащений 8 ядрами і здатністю підтримки до 128 Гб ОЗУ, причому тут же заявлена апаратна підтримка 10-GbEthernet.

© Гринюк С.В., Міскевич О.І., Дацюк С.О.

Крім усього іншого, тепер точно відомо, що процесори Berlin будуть підтримувати нове покоління AMDCPUSteamroller. Це дозволить зберегти їх попередні розміри, проте продуктивність істотно зросте. Також заявлено ще й про можливість підтримки архітектури AMDHeterogenousSystemArchitecture. Нарешті Warsaw отримають від 12 до 16 процесорних ядер Piledriver, серверну специфікацію OpenCompute 3.0 і, як очікує сам виробник, підтримку серед операторів хмарних платформ.

За прогнозами Digitimes Research, протягом найближчих чотирьох років обсяг ринку серверів, який працюють на базі процесорів з архітектурою ARM, зросте більш ніж у 50 разів. У нинішньому році буде випущено близько 20 тисяч таких серверів, що приблизно складе 0,2% від обсягу світового ринку. При цьому в 2017 році поставки ARM-серверів збільшаться до 1,06 мільйона штук, в результаті чого їх частка складе 10-15 відсотків.

Якщо все дійсно так, то протягом наступних чотирьох років відвантаження серверів будуть збільшуватися щороку приблизно на 170%. На думку аналітиків, цей підйом можливий завдяки реалізації сумісності архітектури ARM з операційною системою Windows Server. При цьому залежно від рівня підтримки чіпів ARM виробниками, поставки таких серверів можуть збільшуватися від 150 до 180 відсотків щорічно.

Який ми можемо побачити подальший розвиток архітектури ARM? Останні 5 років стали великим проривом для цієї архітектури і розвиток буде все більше прискорюватись. Чіпи будуть ставати все потужніші і набирати нових рис, наприклад як когнітивні обчислення, які вже анонсовані для чіпа Snapdragon 820.

ARM представила нові мікропроцесори Cortex-A72, якими будуть оснащуватися смартфони та планшети наступного покоління.

За заявами розробників, за обчислювальної потужності, Cortex-A72 перевершує нині використовуються Cortex-A15 і Cortex-A57 в 3,5 рази і в 2 рази відповідно. Процесор підтримує 64-бітові команди, його максимальна тактова частота складає 2,5 ГГц, а в певних випадках можна добитися і 3ГГц.Крім того, завдяки технології ARMbig.LITTLECortex-A72 підтримує суміщення з ядрами серії Cortex-A53, що дозволяє майже на третину збільшити продуктивність і позитивно позначається на енергоспоживанні.

Новинка використовує на 75 відсотків менше енергії в порівнянні з актуальними процесорами при однакових навантаженнях. До речі, віце-президент ARM Ян Дрю заявив, що компанія планує покращити енергоефективність ще на 40-60 відсотків. За його словами, за час існування потужність смартфонів збільшилася майже в 50 разів, а показники акумуляторів виросли максимум удвічі. При цьому для більшості користувачів продуктивність достатня, а смартфони та планшети доводиться заряджати "щоночі".

Разом з процесором ARM анонсувала графічний прискорювач Mali-T880, майже вдвічі підвищує продуктивність при зниженому на 40 відсотків енергоспоживанні в порівнянні з Mali-T760. Укупі з Cortex-A72, стверджують розробники, новий чіп забезпечить на гаджетах якість зображення, порівнянне з ігровими консолями. Ядро також орієнтоване на підтримку відео формату 4K.

Висновок. Мікроархітектура AMD має колосальний вплив на обчислювальні системи в різних сферах нашої діяльності. Чіпи, які десятки років використовувались, здебільшого, в побутовій техніці почали свій розвиток саме в даний час, коли людство ввійшло в пост-комп'ютерну еру. В наш час, коли світ озадачений проблемою збереження енергії, чіпи AMD знаходять своє місце у різноманітних сферах нашого життя і в майбутньому ці чіпи будуть витісняти обчислювальні системи на базі процесорів x86.

1. ARMv7-M Architecture Reference Manual // ARM Limited. http://www.eecs.umich.edu/courses/eecs373/readings/ARMv7-M_ARM.
2. ARM Processor Architecture // ARM Limited. http://www.arm.com/products/processors/instruction-set-architectures/index.php
3. ARM Architecture Reference Manual ARMv8, for ARMv8-A architecture profile // ARMLimited. http://www.cs.utexas.edu/~peterson/arm/DDI0487A_a_armv8_arm_errata.pdf
4. Guy Larri. ARM810 – Dancing to the Beat of a Different Drum // ARM Limited. http://www.dlhoffman.com/publiclibrary/software/hot_chips_papers/hc96/hc8_pdf/4.1.pdf
5. VLSI Technology Now Shipping ARM810 // EE Times. http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1208831.
6. Cortex-M0 Specification Summary // ARM Limited. http://arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m0.php?tab=Specifications.

© Гринюк С.В., Міскевич О.І., Дацюк С.О.