

УДК 004.72

https://doi.org/10.33619/2414-2948/80/38

ТЕНДЕНЦИИ В РАЗРАБОТКЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ

©Лиманова Н. И., ORCID: 0000-0003-2924-5602, д-р техн. наук, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара, Россия

©Ковтун Д. С., Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара, Россия, dkpguti@gmail.com

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MICROPROCESSORS

©Limanova N., ORCID: 0000-0003-2924-5602, Dr. habil., Povolzskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

©Kovtun D., Povolzskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia, dkpguti@gmail.com

Аннотация. В статье анализируются тенденции в технологическом развитии микропроцессоров в предстоящем десятилетии. Авторы выдвигают предположение, что главными задачами передовых технологий будущего являются улучшение параллелизации инструкций и переход на асинхронную схмотехнику, что приведет к увеличению производительности процессоров. Формулируют аргументированный вывод, что научные исследования и инженерные разработки, успешно проводимые в направлении усовершенствования микропроцессоров, потенциально способны решить запросы техногенного процесса.

Abstract. The article analyzes trends in the technological development of microprocessors in the coming decade. The authors suggest that the main tasks of advanced technologies of the future are to improve instruction parallelization and transition to asynchronous circuitry, which will lead to an increase in processor performance. They formulate a reasoned conclusion that scientific research and engineering developments, successfully carried out in the direction of improving microprocessors, are potentially capable of solving the demands of the technogenic process.

Ключевые слова: микропроцессор, матрица, транзистор, масштабируемость, вычислительные машины.

Keywords: microprocessor, matrix, transistor, scalability, computers.

За последние тридцать лет достижения в области компьютерных технологий коренным образом изменили практику деловых и персональных вычислений. На современном этапе развития техногенного общества микропроцессоры являются основными составляющими компьютерной техники, а усовершенствование вычислительных средств — насущное требование прогресса, связанное с необходимостью решать сложнейшие задачи. Непрерывно расширяющиеся запросы к техническим характеристикам заставляют задуматься о разработке концептуально новых вычислительных средств. Цель исследования — проанализировать ключевые архитектурные и технологические тенденции, способные оказать влияние на дизайн микропроцессоров в следующем десятилетии. Задачи исследования:

- спрогнозировать перспективы изменения микропроцессоров;
- определить технологии и процессы производства микропроцессоров;
- определить тенденции, позволяющие усовершенствовать производство микропроцессоров.

Рассмотрим процесс эволюции микропроцессоров. В 1965 году Гордон Мур заметил, что общее количество устройств на чипе удваивается каждые 12 месяцев без каких-либо дополнительных затрат. Он предполагал, что эта тенденция сохранится в 1970-х годах, но замедлится после 1975 года [1].

Широко известные как Закон Мура, эти наблюдения привели к дальнейшему увеличению размеров пластин и матриц, снижению плотности дефектов и увеличению плотности транзисторов по мере развития технологий и совершенствования производства. На рисунке 1 показано, что количество транзисторов в ведущих микропроцессорах удваивается в каждом технологическом узле, соответственно, каждые 18–24 месяца.

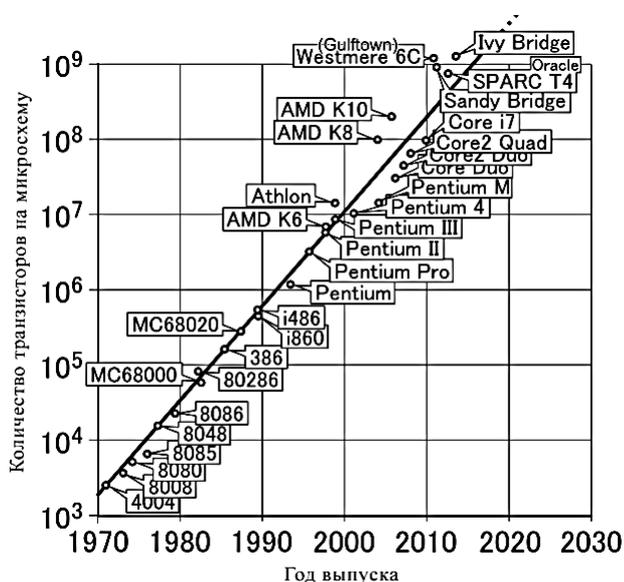


Рисунок 1. Динамика роста количества транзисторов

Факторами, которые привели к увеличению количества транзисторов, являются все более сложные процессорные ядра, интеграция многоуровневых кэшей и включение системных функций. Частота микропроцессоров удваивается в каждом поколении, что приводит к сокращению числа вентиляторов на 25% за такт, более быстрым транзисторам и усовершенствованной схемотехнике [2]. Размер матрицы микропроцессора увеличивается на 7% в год, в то время как размер элемента уменьшается на 30% каждые 2–3 года. В совокупности это способствует росту плотности транзисторов, как следует из закона Мура. Размер матрицы ограничен размером сетки и рассеиваемой мощностью. Ведущие микропроцессоры обычно имеют большие размеры матриц, которые уменьшаются с помощью более совершенных технологических процессов для повышения частоты и производительности. Более длинные конвейеры позволяют масштабировать частоту, что является ключевым фактором повышения производительности.

Далее, рассмотрим отдельные технологии и процессы в производстве микропроцессоров, а также инновационные решения, способствующие их усовершенствованию в ближайшем будущем. Первой из них является масштабирование транзисторов. Современные микросхемы базируются на КМОП-технологии, которая весьма

эргометрична и включает комплементарные пары n–МОП и p–МОП транзисторов. Значительным плюсом подобной технологии является масштабирование, то есть уменьшение или увеличение всех размеров без нарушения характеристик. С момента создания первого процессора до настоящего дня его размеры постоянно уменьшались, структура МОП-транзистора оставалась неизменной. На Рисунке 2 продемонстрированы изменения быстродействия и линейных размеров КМОП-транзисторов и интегральных схем (ИС) за последние десятилетия на примере продукции под брендом Intel.

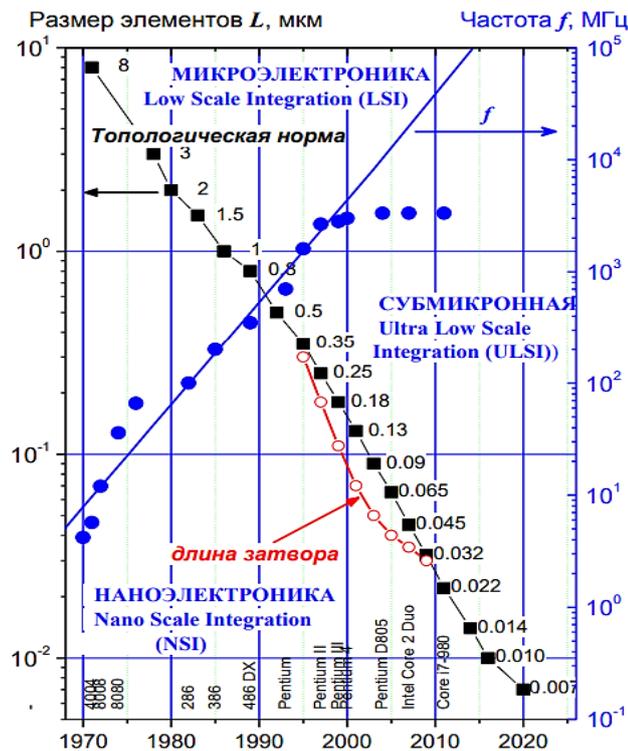


Рисунок 2. Годовой диапазон изменений рабочей частоты и размеров элементов ИС

Обозначенные на рисунке данные проектных норм — это линейное разрешение литографии, используемой технологическом цикле. Обычно эти данные соотносятся с длиной затвора L_G и, гораздо меньше самого МОП-транзистора, размеры, которого и определяют плотность упаковки. Исследователи продемонстрировали экспериментальные устройства с длиной затвора всего 15 нм, которые позволят создавать чипы с более чем одним миллиардом транзисторов ко второй половине этого десятилетия.

Следующей рассмотренной технологией в производстве микропроцессоров является масштабирование межсоединений. По мере того, как достижения в области литографии уменьшают размер элементов и задержку транзисторов, межсоединения на кристалле все чаще становятся узким местом в конструкциях микропроцессоров. Более узкие металлические линии и расстояния, возникающие в следствие масштабирования процесса, увеличивают задержку соединения [5]. Глобальные межсоединения, в которых доминируют задержки с передачей данных, не только недостаточны для поддержания, но и имеют тенденцию к ухудшению. Повторители могут стать решением подобной проблемы и уменьшить задержки, но, в свою очередь, потребляют излишнюю энергию и занимают место в матрице.

Далее, рассмотрим технологию упаковки. Микропроцессорный блок переходит от своей традиционной роли защитного механического корпуса к сложной платформе управления

тепловыми и электрическими процессами. Последние достижения в области микропроцессорной упаковки включают переход от проволочной основы к флип-чипу и от керамики к органическим подложкам для упаковки [6]. Заглядывая в будущее, новые технологии упаковки включают в себя пакеты с неровным наращивающим слоем (BBUL), которые построены вокруг кремниевой матрицы. По нашему мнению, инновационная технология Intel BBUL — это существенный прорыв. Данное изобретение способно еще долгое быть передовой и востребованной, так как позволяет упаковывать чипсеты, выстраивать графические ядра в северные мосты, обеспечивать производительный L3 кэш.

Теперь перейдем к такой характеристике микропроцессора, как рассеивание мощности. Рассеиваемая мощность все больше ограничивает производительность микропроцессора. Бюджет мощности для микропроцессора становится конструктивным ограничением, аналогичным площади матрицы и целевой частоте. Напряжение питания продолжает уменьшаться с каждым новым поколением процессоров, но с меньшей скоростью, которая не успевает за увеличением тактовой частоты и количеством транзисторов. Архитектурные методы, такие как управление питанием на кристалле, и схемотехнические методы, такие как стробирование тактовых импульсов, применяются для координации увеличения мощности будущих микропроцессоров.

Следующая точка нашего внимания — тактовая частота микропроцессора. Она увеличивается с более быстрыми транзисторами и более длинными конвейерами. При неизменном производственном процессе, по мере увеличения количества этапов конвейера с пяти до десяти или двадцати тактовая частота значительно увеличивается. Увеличение частоты привело к значительному росту производительности приложений. Дополнительные транзисторы используются для уменьшения негативного влияния длинных трубопроводов на производительность. Примером могут служить все более сложные предсказатели ветвей. Эта техника предсказывает, какую из ветвей выполнять далее, и начинает выполнять эту ветвь до того, как было оценено условие. Некоторые из более поздних микропроцессоров также ориентированы на среду с ограниченным энергопотреблением, что ограничивает их усиление по частоте.

Теперь перейдем к рассмотрению кэш-памяти. С годами тактовая частота микропроцессоров и требования к производительности возросли. К сожалению, пропускная способность и задержка внешней памяти не успевают за темпами развития. Этот увеличивающийся разрыв между процессором и памятью привел к увеличению размеров кэша и увеличению количества уровней кэша между процессорным ядром (ядрами) и основной памятью. Увеличение частоты обратно коррелирует с размером кэша первого уровня, чтобы поддерживать низкую задержку доступа. Это побуждает разработчиков систем оптимизировать передачу данных из кэша в кэш по аналогии с передачей данных из памяти в кэш. Необходимо также рассмотреть технологии ввода и вывода в производстве микропроцессоров. Рост производительности влечет за собой рост спроса на устойчивую полосу пропускания между микропроцессором и вводом-выводом. Это привело к более быстрым и широким внешним шинам. В будущем высокоскоростные межточечные соединения заменят общие шины для удовлетворения растущих требований к пропускной способности. Распределенные межсоединения обеспечат более масштабируемый путь для увеличения внешней полосы пропускания.

Таким образом, сопоставляя современные потребности, необходимо отметить тот факт, что дизайн процессоров и платформ имеет тенденцию движения в сторону расширения и масштабирования функциональных возможностей и памяти. Главная технологическая задача

производителей процессоров нового поколения — увеличение производительности посредством улучшения параллелизации инструкций и переключения на асинхронную схемотехнику. Подобный прорыв в развитии архитектур неизбежно приведет к расширению потенциальных возможностей — совместимости с массой действующих приложений и созданию новых, отличающихся высокой мощностью, что, несомненно, отразится на качестве жизнедеятельности человека.

В результате проведенного исследования, возможно констатировать, что научные исследования и инженерные разработки, успешно проводимые в направлении усовершенствования микропроцессоров, потенциально способны решить запросы техногенного процесса.

Список литературы:

1. Moore G. E. Cramming more components onto integrated circuits // Proceedings of the IEEE. 1998. V. 86. №1. P. 82-85.
2. Harris S. L., Harris D. Digital design and computer architecture. – Morgan Kaufmann, 2015.
3. Ракитин В. В. Интегральные схемы на КМОП-транзисторах. М., 2007.
4. Антошина И. В., Котов Ю. Т. Микропроцессоры и микропроцессорные системы (аналитический обзор). М., 2005. 432 с
5. Агейченко А. Современные методы упаковки интегральных схем. Фотолитография и оборудование. Часть 1 // Электроника: наука, технология, бизнес. 2008. №4. С. 98-103.

References:

1. Moore, G. E. (1998). Cramming more components onto integrated circuits. *Proceedings of the IEEE*, 86(1), 82-85.
2. Harris, S. L., & Harris, D. (2015). *Digital design and computer architecture*. Morgan Kaufmann.
3. Rakitin, V. V. (2007). Integral'nye skhemy na КМОП-transistorakh. Moscow. (in Russian).
4. Antoshina, I.V., & Kotov, Yu. T. (2005). Mikroprotsessory i mikroprotsessornye sistemy (analiticheskii obzor). Moscow. (in Russian).
5. Ageichenko, A. (2008). Sovremennye metody upakovki integral'nykh skhem. Fotolitografiya i oborudovanie. Chast' 1. *Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes*, (4), 98-103. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 19.06.2022 г.*

*Принята к публикации
26.06.2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Лиманова Н. И., Ковтун Д. С. Тенденции в разработке микропроцессоров // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. №7. С. 397-401. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/80/38>

Cite as (APA):

Limanova, N., & Kovtun, D. (2022). Trends in the Development of Microprocessors. *Bulletin of Science and Practice*, 8(7), 397-401. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/80/38>