корпорации Intel, предсказал, что плотность транзисторов в интегральных схемах и, соответственно, производительность микропроцессоров будут удваиваться каждый год. В течение последних десятилетий этот прогноз, названный «законом Мура», был скорректирован - удвоение должно происходить каждые два года. Прогноз Мура – это результат развития новых технологий для производства интегральных микросхем. Сегодня прогноз Мура распространяется на все большее количество областей. Расширение Internet, стремительный рост объемов пересылаемых данных, развитие электронной коммерции и беспроводной связи, а также внедрение цифровых технологий в бытовую технику – можно рассматривать как следствие этого закона.

В настоящее время ведущие электронные фирмы внедряют для производства микросхем 3D технология CMOS с межслойными соединениями (through-silicon via, TSV). Поскольку архитектура таких микросхем нетрадиционна, то для отвода тепла приходится решать сложную техническую задачу, так как структура 3D-чипа обладает повышенным выделением тепла. Например, для куба памяти Hybrid Memory Cube фирмы IBM этот показатель близок к 1 киловатту. Толщина кремниевых слоёв для этой микросхемы составляет 100 микрометров, а толщина трубочек для отвода тепла внутри чипа – 50 микрометров, как диаметр человеческого волоса.

Переход к новым технологиям производства микросхем с высокой степенью интеграции требует значительных расходов (до 50%) для охлаждения чипов, что не позволяет пропорционально увеличивать число транзисторов в микросхеме согласно закону Мура. При этом временная зависимость закона становится нелинейной и стремится к определенному пределу. По прогнозам, этот предел наступит в 2030 году, т.е. до этого времени будет наблюдаться существенное замедление развития технологий компьютерной инженерии.

Элементной базой для нового поколения компьютеров может стать мемристор. Мемристоры совмещают в себе функции памяти и логики - как синапсы мозга, что позволяет проводить сложную параллельную обработку данных. Кроме этого, импликативная алгебра, используемая для построения логического вывода на мемристорах, достаточно адекватно моделирует рассуждения человека. В настоящее время созданы устройства – "кроссбары", которые реализуют такие применения. Использование кроссбаров на мемристорах в компьютерной инженерии может стать основой компьютеров и других вычислительных устройств принципиально нового типа.

Пархоменко А.А. (УкрГАЖТ)

АНАЛИЗ СУБЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО АЛГОРИТМА SAT- ЗАДАЧ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Обширный класс задач современной кибернетики можно рассматривать в контексте общей проблемы поиска решений булевых уравнений. Задачи поиска решений уравнений вида КНФ=1 (КНФ – конъюнктивная нормальная форма) называются SAT – задачами. Спектр применения SAT- подхода очень широк – на сегодня известно множество работ, в которых различные комбинаторные проблемы ставятся и решаются в форме SAT- задач. Сказанное касается верификации, криптографии, комбинаторики, биоинформатики и других областей. Все известные алгоритмы решения SAT- задач экспоненциальны в худшем случае (SAT- проблемы NP – трудны в общей постановке). Однако современные SAT- решатели успешно справляются с обширными классами «индустриальных» тестов, в основе которых лежат задачи из перечисленных выше областей. Повышение эффективности решения SAT- задач, в том числе разработка алгоритмов, работающих в параллельных и распределенных вычислительных средах, является практически важным и актуальным направлением исследований. При разработке вычислительных алгоритмов, применяемых к решению NP- трудных задач, принципиальным является вопрос аргументации эффективности таких алгоритмов. Если предлагаемые алгоритмы показывают хорошие результаты на аргументировано трудных тестах, то разумно предполагать, что они будут применимы и к задачам, вычислительная трудность в которых не заложена искусственно.

Рассмотрим булеву функцию $f(x_1, x_2,.., x_n)$ в конъюнктивной форме записи

$$f(x_1, x_2,.., x_n) = \\ = (x_1^{\sigma_{11}} \vee x_2^{\sigma_{12}} \vee ... \vee x_n^{\sigma_{1n}}) \wedge ... \wedge (x_1^{\sigma_{m1}} \vee x_2^{\sigma_{m2}} \vee ... \vee x_n^{\sigma_{mn}}), \quad (1)$$

где

$$x_i^{\sigma} = \begin{cases} x_i, -при\ \sigma = 1 \\ \overline{x_i} - при\ \sigma = 0 \end{cases}, \quad (2)$$

Операции $\vee$, $\wedge$ являются булевыми и моделируют простейшие логические высказывания: $\vee$ - «ИЛИ»; $\wedge$ - «И». Для любого двоичного набора $x = (x_1, x_2,.., x_n)$ функция принимает одно из двух возможных значений: единицу или ноль. Задача «выполнимости» заключается в ответе на вопрос: существует ли набор значений переменных

$\tilde{o} = (x_1, x_2, .., x_n)$, обращающий функцию f в единицу.

При испытании субэкспоненциального алгоритма SAT- задач создавались случайные булевы функции, в которых переменные в дизъюнктах генерировались по равномерному закону распределения с заданным числом переменных в каждом дизъюнкте. В процессе работы программы находились наборы выполнимости заданной функции, а также вычислялось математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение количества операций и времени выполнения, затраченное алгоритмом на поиск набора выполнимости булевой функции. На каждую точку в графиках генерировалось не менее 50 булевых функций, и результаты получены с доверительной вероятностью 0,95.