

по территории РБ. Это способствует более эффективному контролю за перемещением товаров и предотвращению незаконной торговли. [3]

5. Обмен информацией с другими государствами. Беларусь активно участвует в международном обмене информацией в области таможенного дела. С помощью компьютерных технологий осуществляется обмен данными о перемещении грузов между государствами, что способствует борьбе с контрабандой и другими незаконными видами деятельности. [1]

Использование компьютерных технологий в таможенном деле Республики Беларусь играет ключевую роль в оптимизации процессов, улучшении контроля и предотвращении незаконной торговли. С постоянным развитием информационных технологий можно ожидать дальнейшего совершенствования таможенной системы и повышения ее эффективности.

### **Литература**

1. Бабич А.В. “Информационные технологии в таможенном деле”, Минск: Издательство БГЭУ, 2016.

2. Смирнов А.Н. "Таможенное дело: учебник", Москва: Издательство Юрайт, 2018.

3. Информационные технологии в таможенном деле Беларуси, Министерство по налогам и сборам Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.customs.gov.by/ru/> — Дата доступа: 14.04.2024

## **ЗАКОН МУРА И ЕГО ПОСТЕПЕННАЯ СМЕРТЬ**

Зайцев А.Г., Килессо Г.Д.

Научный руководитель: ст. преподаватель Ковалькова И.А.  
Белорусский национальный технический университет

Закон Мура по сути и не закон вовсе, а наблюдение, которое сделал американский инженер и один из основателей Intel Гордон Мур. Само наблюдение заключалось в том, что с момента изобретения интегральной схемы в 1959 году количество транзисторов на микрочипах выросло в среднем в 2 раза каждый год.

Однако уже в 1975 году сам же Гордон Мур внес поправки в свое наблюдение. Теперь, по его мнению, количество транзисторов на микрочипах выросло в среднем в 2 раза каждые 2 года, а не каждый год как заявлялось ранее. И следующие лет 30 прогресс шел именно так, как и задумывал Гордон Мур.

Вообще, размер транзистора в процессорах – крайне важный аспект. Чем он меньше, тем меньше он потребляет тока и тем больше их помещается на площади процессора и соответственно больше вычислительная мощность этого самого процессора. Причем зависимость здесь пропорциональная.

Как пример можно взять и сравнить 2 процессора одной серии I7 разных годов выпуска: I7-2677M и I7-1165G7. Первый был выпущен в 2011 году и имел 624,000,000 транзисторов, когда его собрат был выпущен в 2020 году имея при себе уже 8,200,000,000 транзисторов. Это в 13 раз больше, чем имел при себе более древний чип. Однако, если придерживаться закона Мура, тут спустя 9 лет должно было быть 9,984,000,000 транзисторов. Это наглядно показывает, что закон Мура постепенно теряет свою силу.

Ранее закон Мура работал из-за процесса изготовления процессоров. Они изготавливаются при помощи технологии фотолитографии. Если просто, то лазер светит через трафарет, называемый маской и процессор буквально выжигается на кремниевой подложке. Чем меньше длина волны этого лазера, тем выше разрешение и соответственно меньше тех. процесс, по которому производятся процессоры.

Так индустрия и развивалась до определенного момента. Когда достигался предел разрешения лазера, он менялся на более точный с меньшей длиной волны. Для этого изначально использовались дуговые ртутные лампы с длиной волны 436 нм (синий цвет), а не лазеры. Затем освоили 405 нм (фиолетовый цвет), а потом и 365 нм – ближний ультрафиолет. Тут и пришел конец использования ртутных ламп, пришло начало использования ультрафиолетового газового лазера.

Поначалу использовали 248 нм (средний ультрафиолет, затем ему на замену пришли 193 нм (глубокий ультрафиолет). Такие лазеры давали разрешение 50 нм, что до определенного момента было достаточно.

Этим самым определенным переломным моментом стал 2006 год. Тогда понадобилось производить 45-40 нм процессоры, а разрешения лазера уже не хватало.

В производства стали внедрять определенные хитрости. Например экспонировать чипы через воду, что меняло преломление луча и позволяло повысить разрешение. Дальше начали использовать множественное экспонирование: использование нескольких масок с разными рисунками, которые добавляли друг друга. Также появились и другие хитрости: поляризация излучения, коррекция оптической близости, использован е фазосдвигающих масок, внеосевое освещение.

Но проблема с лазерами это было лишь пол беды, ведь еще в 2000 году после прохождения порога в 100 нм транзисторы располагались настолько близко друг к другу, что начались утечки тока. Из-за этого пришлось

поставить крест на росте тактовой частоты. И именно из-за этих проблем компании Intel пришлось временно остановиться на 14 нм.

Начались годы оптимизации существующих процессоров. Появилась многоядерность и многопоточность. Помимо этого были изобретены сопроцессоры, которые были чрезвычайно эффективны в решении определенных задач. Происходила постепенная оптимизация различного софта и программ.

Затем был произведен настоящий прорыв в технологии изготовления лазеров: тогда длина волны скакнула с 193 нм до 13,5 нм – экстремально ультрафиолетовая литография. Ключевая «фишка» этой технологии заключается в том, что она позволяет уменьшить тех. процесс до 1 нм.

В таком случае следующей ступенью развития могут стать нанолистовые транзисторы, кремний может быть заменен при изготовлении процессоров.