

# Закон Мура и процветание всего человечества

В апреле 1965 года, примерно за три с половиной года до создания корпорации Intel, Гордон Мур, занимавший в ту пору должность директора отдела разработок компании Fairchild Semiconductors, в статье для журнала Electronics дал прогноз развития микроэлектроники, получивший вскоре название закона Мура.

Ныне доктор Гордон Мур является почетным председателем совета директоров корпорации Intel. В августе 1968 года он стал одним из основателей Intel и в течение последующих семи лет занимал должность исполнительного вице-президента корпорации. В 1975 году он стал президентом и главным управляющим Intel и занимал обе должности до 1979 года, когда пост президента сменил на должность председателя совета директоров. Главным управляющим Intel Гордон Мур работал до 1987 года, а на посту председателя совета директоров - до 1997 года, когда его удостоили звания почетного председателя совета директоров.

19 апреля Закону Мура исполняется 40 лет, и все эти годы он остается непререкаемым правилом для всей индустрии информационных технологий.

40 лет назад микроэлектроника пребывала в зачаточном состоянии. Чипов тогда производилось совсем мало, в самой сложной микросхеме компании Fairchild было всего 64 транзистора, о каких-либо достоверных статистических данных в этой отрасли не приходилось и говорить. Остается лишь поражаться, как в таких обстоятельствах Гордон Мур сумел предугадать фантастические темпы развития всей отрасли на несколько десятилетий вперед и предсказать, что количество транзисторов на чипе ежегодно будет удваиваться. Более того, одновременно он сделал провидческий прогноз последствий этого, предсказав, что по мере экспоненциального увеличения числа транзисторов на микросхеме процессоры будут становиться все более дешевыми и быстродействующими, а их производство - все более массовым.

По своей сути закон Мура является не законом природы, а, скорее, эмпирическим правилом. В своей первоначальной формулировке он действовал до 1975 года, когда, выступая на конференции "International Electron Devices Meeting", Гордон Мур внес в него коррективы, высказав предположение, что при производстве все более сложных чипов удвоение числа транзисторов будет происходить каждые два года. И опять он оказался прав, разве что в последние годы количество транзисторов на микропроцессоре порой удваивается с интервалом в полтора года.

Почему столь простая формулировка закона развития микроэлектроники вот уже сорок лет на все лады цитируется во всем мире, став своеобразным фетишем для тех, кто работает на рынке информационных технологий? И почему закон Мура стал настолько универсальным, что его без колебаний применяют при прогнозировании роста Интернета и пропускной способности каналов связи, для предсказания увеличения емкости жестких дисков и многого другого?

Происходит все это, прежде всего, потому, что закон Мура в на редкость простой, доступной пониманию каждого форме определяет фантастические, недоступные ни одной другой отрасли экономики, темпы развития полупроводниковой индустрии. На ее стремительном росте сегодня зиждется вся мировая экономика, которая уже просто немыслима без компьютеров всех сортов. Некоторые аналитики даже предсказывают, что "конец эпохи закона Мура" приведет к новой великой депрессии, до самых основ потрясшей американскую экономику в 30е годы прошлого века. Так или иначе, обнаруживая действие закона Мура во все новых сферах высоких технологий, мы лишь подтверждаем наличие постоянного, очень быстрого прогресса технологий, а значит, и всей мировой экономики.

## Вездесущий микропроцессор

Когда в 1971 г. Intel выпустила свой первый микропроцессор, никто и предвидеть не мог весь диапазон использования микроэлектроники. Перечислим лишь некоторые из областей применения микросхем:

- Контроллер светофора
- Интерактивные игрушки

- Радиомодем
- Передача спутниковых данных
- Цифровая автомобильная навигационная система
- Автомобильная система управления зажиганием и впрыском
- Принтеры
- Профессиональный звуковой микшерный пульт
- Локомотивы (микропроцессор управляет распределением электроэнергии по двигателю)
- Интерактивный видеозэкран с тактильным управлением
- Клавиатура терминала
- Система управления распределением энергии
- Контроллер процесса (микропроцессор управляет такими переменными технологического процесса, как температура, давление, расход, уровень и т.п.)
- Система поиска рыбы
- Электроорган, гитара, синтезатор
- Детектор гелия
- Физкультурное оборудование
- Электронные "стрелки"
- Лабораторные весы
- Контроллер сцепления трансмиссии морского катера
- Кассовый терминал
- Сотовый телефон
- Декодер кабельного TV
- Факсимильный аппарат
- Спутниковый приемник
- Медицинское оборудование
- Система поиска пациента и тревожного оповещения
- Торговые автоматы
- Электронный плотницкий уровень
- Фотокопировальный аппарат
- Принтер этикеток со штрих-кодом
- Рука робота

### **Любопытные факты и цифры**

- В 2003 году Гордон Мур подсчитал, что количество транзисторов, ежегодно поставляемых на рынок, достигло 10.000.000.000.000.000 (10<sup>19</sup>).

- Разрабатываемый сейчас в Intel метод производства микропроцессоров предусматривает, что расстояние между транзисторами на чипе составит одну десятитысячную толщины человеческого волоса. Это равносильно тому, чтобы провести автомобиль по прямой длиной в 650 км с отклонением от оси менее 2,5 см.
- В 1978 году авиабилет по маршруту Нью-Йорк-Париж стоил около 900 долларов, а перелет длился около 7 часов. Если бы авиа-индустрия развивалась в соответствии с законом Мура, то сегодня авиабилет на тот же маршрут стоил бы менее цента, а перелет занял бы менее одной секунды.
- За время существования корпорации Intel (т.е. с 1968 года) себестоимость производства транзисторов упала до такой степени, что теперь обходится примерно во столько же, сколько стоит напечатать любой типографский знак - например, запятую.
- В процессе разработки микропроцессоров, содержащих один миллиард транзисторов, Intel уменьшила величину транзисторов до такой степени, что теперь на булавочной головке могут разместиться 200 млн транзисторов.
- Современные транзисторы производства корпорации Intel открываются и закрываются со скоростью полтора триллиона раз в секунду. Чтобы включить и выключить электрический выключатель полтора триллиона раз, человеку потребовалось бы 25 тысяч лет.

### Что дальше?

За истекшие сорок лет скептики сотни раз предсказывали закону Мура скорую кончину, но ученые и инженеры Intel своими открытиями и неустанным трудом снова и снова подтверждали провидческий дар и безупречность выводов одного из отцов-основателей корпорации.

На весеннем (2002 г.) Форуме Intel для разработчиков (IDF) главный технический директор корпорации Intel Патрик Гелсингер сказал: "Наша задача состоит сегодня не только в том, чтобы продлить жизнь закону Мура, но и в том, чтобы максимально расширить сферу его действия, распространив его и на другие области". Первоначально закон Мура был простым выводом из наблюдений за первыми этапами развития индустрии микропроцессоров, таким эмпирическим постулатом. Но уже через несколько лет он стал руководящим принципом развития для всей отрасли, а теперь иначе как законом его никто и не называет. "Честно говоря, я часто спрашивал себя, когда же закончится действие закона Мура, как долго мы еще сможем пользоваться его плодами? - говорит П. Гелсингер. - В 1980 году, когда я пришел в Intel, мы ломали голову над тем, как достичь технологической нормы производства микропроцессоров в 1 микрон. В девяностые годы перед нами встала задача внедрить технологическую норму в одну десятую микрона, и опять она казалась нам недостижимой. А сегодня мы думаем о том, как преодолеть барьер в одну сотую микрона. Могу пообещать вам, что до моей пенсии, то есть в течение еще двадцати пяти лет, закон Мура будет действовать. Уверен, что еще не одно десятилетие он будет руководящим принципом развития отрасли".

"Закон Мура - основной лейтмотив нашей деятельности в области конвергенции вычислительных и коммуникационных возможностей, - заявил глава корпорации Intel Крейг Барретт, открывая весенний (этого года) Форум Intel для разработчиков. - Приверженность корпорации Intel закону Мура позволяет нам создавать интегрированные платформы, которые предоставляют широкий диапазон возможностей для отдельных людей и организаций, использующих эти технологии. Для эффективной реализации всего потенциала новых возможностей все большее значение приобретают процесс внедрения инноваций и общепотраслевое сотрудничество". Со своей стороны, в своем выступлении на последнем IDF Паоло Джарджини, директор по технологической стратегии корпорации Intel, подтвердил, что закон Мура продолжает действовать и что в полном соответствии с ним корпорация Intel продолжает вводить новые технологические процессы каждые два года. Залогом успешной деятельности Intel на этом направлении служат ежегодные много-миллиардные вложения корпорации в научно-исследовательские разработки, постоянную модернизацию и расширение своих производственных мощностей. Достаточно сказать, что в 2005 году Intel планирует израсходовать на эти цели более 10 млрд долларов.

В 2005 году начнется производство чипов по технологии 65 нанометров, на 2007й намечен переход на 45нанометровый процесс, на 2009 год - внедрение 32нанометрового, а в 2011 году настанет черед технологического процесса 22 нм. Как подчеркнул Паоло Джарджини, в корпорации Intel уже есть конкретные научнотехнические разработки, которые позволяют реализовать все эти планы.

Тогда же Паоло Джарджини заявил, что вплоть до 2020 года Intel сможет создавать транзисторы по современной схеме работы - с электродами и затвором между ними. К тому времени, однако, размеры всех

элементов транзистора достигнут атомарных размеров, и уменьшать их дальше будет просто невозможно. Следовательно, уже сейчас необходимо искать новые подходы. Один из них - организация передачи сигнала на уровне элементарных частиц, путем спиновых волн.

В лабораториях Intel уже сейчас разрабатываются идеи, которые будут воплощены в чипах только лет через 10. Одна чисто теоретическая идея заключается в многократном использовании электронов. В современных архитектурах электроны перемещаются от истока к стоку, а затем теряются. "При утилизации вы просто переносите электрон в другое место, - пишет Джарджини в одной из своих работ. - Можно производить множество операций, не теряя электронов".

Другая альтернатива - углеродные и кремниевые нано-трубки. Транзисторы, изготовленные из таких материалов, имеют сопоставимые размеры. Диаметр углеродных нанотрубок - 12 нм, но в экспериментальных транзисторах исток и сток расположены по их длине. Это позволяет повысить быстродействие и уменьшить потребляемую энергию, однако размер больше не сократится.

"Экзотические структуры, такие как углеродные нано-трубки, могут найти применение в технологии КМОП (комплементарные метало-оксидные полупроводники) не столько для ускорения темпов миниатюризации, сколько для повышения производительности устройств или, возможно, упрощения их изготовления, - пишет Джарджини. - Даже если для цифровой логики будет изобретено принципиально иное средство перемещения электронов, возможности его масштабирования для повышения плотности и производительности не зайдут много дальше пределов, достижимых технологией КМОП, главным образом, из-за ограничений, налагаемых требованием отвода тепла".

Следующая альтернатива - изготавливать чипы больших размеров, наращивая их площадь или строя трехмерные многослойные микросхемы. Такие решения предлагал сам Гордон Мур, а также профессор Стэнфордского университета Том Ли и некоторые другие исследователи. Каким путем пойдет дальнейшее развитие полупроводников - покажет время.

Так или иначе, практическая деятельность Intel не только продлевает жизнь закону Мура, но и распространяет его действие на самые разные сферы. Микропроцессоры становятся буквально вездесущими, а достижения высоких технологий - максимально демократичными, поскольку наравне с традиционными нишами Intel предлагает использовать их и в совершенно новых областях: в беспроводных технологиях, сенсорах и сенсорных сетях, а также в оптических технологиях. Так что, по мнению руководства Intel, все только начинается...

Вот уже на протяжении 40 лет развитие микроэлектроники служит главной движущей силой всемирной технологической революции, принеся радикальные позитивные перемены в жизни миллиардов людей. Закон Мура открывает новый, удивительно увлекательный и разнообразный цифровой мир. Будущее уже наступило, и осталось лишь научиться жить в нем.

Автор: Артур Скальский © Babr24.com КОМПЬЮТЕРЫ , МИР 👁 2696 13.04.2005, 18:26 ↻ 222

URL: <https://babr24.com/?ADE=21054> Bytes: 12647 / 12574 Версия для печати

 [Порекомендовать текст](#)

Поделиться в соцсетях:

*Также читайте эксклюзивную информацию в соцсетях:*

- [Телеграм](#)

- [ВКонтакте](#)

*Связаться с редакцией Бабра:*

[\[email protected\]](#)

**НАПИСАТЬ ГЛАВРЕДУ:**

Телеграм: [@babr24\\_link\\_bot](#)

Эл.почта: [\[email protected\]](#)

## ЗАКАЗАТЬ РАССЛЕДОВАНИЕ:

---

эл.почта: [email protected]

## КОНТАКТЫ

---

Бурятия и Монголия: Станислав Цырь

Телеграм: @bur24\_link\_bot

эл.почта: [email protected]

Иркутск: Анастасия Суворова

Телеграм: @irk24\_link\_bot

эл.почта: [email protected]

Красноярск: Ирина Манская

Телеграм: @kras24\_link\_bot

эл.почта: [email protected]

Новосибирск: Алина Обская

Телеграм: @nsk24\_link\_bot

эл.почта: [email protected]

Томск: Николай Ушайкин

Телеграм: @tomsk24\_link\_bot

эл.почта: [email protected]

[Прислать свою новость](#)

## ЗАКАЗАТЬ РАЗМЕЩЕНИЕ:

---

Рекламная группа "Экватор"

Телеграм: @babrobot\_bot

эл.почта: [email protected]

## СТРАТЕГИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО:

---

эл.почта: [email protected]

[Подробнее о размещении](#)

[Отказ от ответственности](#)

[Правила перепечаток](#)

[Соглашение о франчайзинге](#)

[Что такое Бабр24](#)

[Вакансии](#)

[Статистика сайта](#)

[Архив](#)

[Календарь](#)

[Зеркала сайта](#)