

◆ *Уменьшение энергопотребления СБИС - главная проблема в создании интеллектуальной электронной аппаратуры*

◆ *Основные направления поисков: модернизация на системном уровне, схемотехнические решения, новые технологии*

◆ *Схемотехнический путь признан наиболее перспективным. Почему?*

◆ *Кризис традиционного КМОП стиля проектирования. Причина - растущая потребляемая мощность*

заметная переориентация на разработку и производство таких мобильных систем, как портативные компьютеры типа Notebook и Laptop, портативные устройства связи, в частности сотовые телефоны и т.п. Это связано с изменением позиции пользователей, которых уже не удовлетворяют низкоскоростные системы типа карманных калькуляторов.

Современный потребитель хочет иметь доступ к высокоскоростным вычислительным средствам, обеспечивающим реализацию сложных алгоритмов компьютерной графики, распознавание образов, алгоритмов, поддерживающих голосовой ввод информации, прием и де-

ных процессоров, которая в значительной мере зависит от количества цифровых логических элементов и запоминающих устройств, т.е. степени интеграции СБИС. Однако увеличение степени интеграции, которое происходит согласно закону Мура (число компонентов на кристалле ежегодно удваивается), невозможно без уменьшения мощности, потребляемой одним элементом схемы. В то же время массогабаритные показатели систем прямопропорциональны степени интеграции СБИС и, следовательно, косвенно определяются мощностью, потребляемой компонентами СБИС, поскольку мощность, рассеиваемая кристаллом СБИС, примерно постоянна (около 40 Вт). Ранние модификации мобильных компьютеров, базировавшиеся на Intel i386TM, могли функционировать от одного до двух часов без подзарядки батарей. По сравнению с дисплеем и

периферийными подсистемами мощность, потребляемая микропроцессором, была пренебрежимо мала.

Производители персональных компьютеров и микропроцессоров добивались этого, используя специальные схемные средства управления мощностью. Например, i386SLTM, реализованный в 1990 году, включает на кристалле мощностное управление в виде блока SMM (модель управления системой), что позволяло процессору отключать периферийные подсистемы и дисплей, когда они не работают. Это продлило время жизни батарей примерно до четырех часов для монохромных дисплейных подсистем. Но число транзисторов продолжало расти.

Микропроцессоры становились более быстродействующими, возрастала переключательная активность цифровых блоков и потребляемая мощность.

Когда передовые компании встретились с необходимостью новых программных применений (таких, как видео в реальном

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Проблемы и прогнозы

Современное состояние микроэлектроники как основы элементной базы средств телекоммуникаций характеризуется следующими экономическими показателями: общий мировой объем продаж продукции в 1995 году составит 100 млрд.долл. Прирост продукции микроэлектроники в следующем десятилетии обуславливается все более расширяющейся ролью мобильных портативных телекоммуникационных и вычислительных средств в обществе.

Анализ потребностей современных пользователей электронной аппаратуры доказывает актуальность производства высокопроизводительных систем индивидуального пользования, так называемых портативных мобильных систем. В стратегии ведущих зарубежных фирм-производителей происходит

компрессию сжатой цифровой информации без физической привязки к стационарным высокопроизводительным информационно-вычислительным системам.

Чтобы удовлетворить эти запросы, необходимо создать "интеллектуальную" электронную аппаратуру нового поколения, важнейшее свойство которой - портативность при сохранении функциональных возможностей и производительности стационарных систем.

Наращивание интеллекта идет путем увеличения системных функций за счет использования новых архитектур и алгоритмов обработки информации, увеличения быстродействия процессора и достижения способности производить вычисления со словами большой разрядности (8,16 и 32 бит). Все это требует увеличения степени интеграции ультра БИС.

Действительно, наращивание интеллекта системы определяется вычислительной мощностью СБИС, в первую очередь СБИС сигналь-

Прогнозы: Источники питания стабильных микроэлектронных систем

◆ Современная технология никель-кадмиевых батарей обеспечивает 20 Wh энергии на фунт веса. Ожидается, что к 1996 году будет достигнуто лишь 30%-ное увеличение этого показателя.

Eager, "Advances in rechargeable batteries pace portable Computer grows", in Proc. Silicon Valley Personal Comput. Conf., 1991, pp. 693-697

◆ По мнению специалистов фирмы Texas Instruments, Inc., в начале следующего столетия большинство мобильных портативных вычислительных и телекоммуникационных систем будет работать от источников питания с напряжением 1 В и менее в виде одной или нескольких солнечных батарей.

P. Cheterjee, Low-Power circuits demand total technologies, Electronic Design, January, 1995, p.52

масштабе времени и телекоммуникации), потребляемая мощность микропроцессора превзошла потребляемую мощность всех других периферийных компонентов мобильного компьютера.

Успехи микроэлектронной технологии, в частности процессов литографии, дают веские основания полагать, что эта проблема будет решена при одном обязательном условии - уменьшении потребляемой мощности СБИС, которые являются основными компонентами систем. Однако микропроцессоры и память, работающие при малом напряжении питания (от 3,3 до 1,3 В) - отнюдь не все, что необходимо для мобильных систем. Другие блоки систем - дисплеи и периферийные устройства - также должны работать с напряжением порядка 1 В и менее.

Мобильные или переносные телекоммуникационные приборы по

сравнению со стационарными более интегрированы в окружающую среду, Поэтому для них характерно большое число сенсоров и актюаторов, необходимых для общения с пользователем.

Например, портативные переносные компьютеры должны иметь рукописный и голосовой ввод информации, радиотелефоны и видеотерминалы - принимать сжатую цифровую информацию и производить ее декомпрессию в реальном масштабе времени перед отображением и т.п. Эти операции требуют выполнения существенно большего количества вычислительных задач и сенсорно-актюаторных преобразований. Следовательно, требования к уменьшению энергопотребления возрастают как для цифровых схем сигнальных процессоров, так и для периферийных устройств. Необходимо отметить, что требования эти различны и их выполнение достигается различными путями. Однако задача постоянного наращивания интеллекта систем выводит проблему уменьшения энергопотребления СБИС на первое место. Таким образом, она становится общей как для цифровых СБИС, так и для периферийных устройств. Актуальность этой проблемы особенно велика, поскольку прогноз улучшения энергоемкости источников питания весьма пессимистичен.

Анализ зарубежных публикаций показывает высокую активность исследований в данной области. Начиная с апреля 1994 года, в США регулярно проводятся симпозиумы по проектированию маломощных СБИС (Workshop, Low Power Design) с широким представительством ведущих микроэлектронных фирм. Значительная часть докладов ежегодной международной конференции по вакуумной микроэлектронике посвящена проблеме создания портативных мобильных систем.

Итак, в данной области техники основными тенденциями являются следующие:

Прогнозы: Литография

◆ Более 30 лет оптическая литография является "рабочей лошадкой" микроэлектронной промышленности. Заменить ее электронной, рентгеновской или ионной в широких масштабах пока не удается.

Оптическая литография распространяется в область создания ультра БИС с 0,25 мкм размерами и менее. Ожидается, что производство нового поколения ультра БИС с 0,25 мкм размерами начнется в 1998 году.

Vaseph C. Langston, Viang T/ Dao (Inter Corp., USA) Solid State Technology, March 1995, p. 57.

◆ Оптическая литография сохраняет лидирующее положение в производстве СБИС вплоть до размеров 150 нм, которых прогнозируется достичь в 2003 году.

Еще в 1992 году не было ясно, может ли оптическая литография обеспечить 150 нм размеры окон для 1-гигабитного DRAM. В то же время, по общему мнению экспертов, шаблоны с 250 нм разрешением для 256 мегабитного DRAM будут доступны уже в 1997 году. Сегодня эксперты подтверждают ранее высказывавшееся мнение о том, что размер 120 нм является предельным для оптической литографии. Возможность ее применения для производства 1-гигабитного DRAM прогнозируется к 2003 году.

M.W. Powell, Production lithography down to 150 nm, Solid State Technology, March 1995, p.5-6.

◆ В производстве ультра БИС европейских фирм установилась классификация, в основу которой положены минимальные значения литографических размеров

Мин топологический размер	Начало разработки	Начало производства
0,50 мкм	1 кв. 1993г.	1 кв. 1994 г.
0,35 мкм	1 кв. 1994г.	1 кв. 1996г.
0,25 мкм	1 кв. 1996г.	1 кв. 1998г.

Vool Mennier (The director of Central R&D for SGS-Thomson Microelectronics in Crolles, France), Sub-half fab evolution. A European companies view. Solid State Technology, March, 1995, p.136

□ расширение функциональных возможностей и наращивание интеллекта;

□ уменьшение энергопотребления и увеличение времени жизни систем элементов питания или их подзарядки;

□ уменьшение массогабаритных показателей.

Эти тенденции в конечном счете сводятся к уменьшению потребляемой мощности. Из широкого круга вопросов, связанных с названной проблемой, можно выделить две основные: совершенствование элементной базы ультра-БИС и новые разработки средств отображения информации.

Данные вопросы и станут темой открываемой сегодня серии аналитических обзоров.

Прогнозы: литография

В рамках Программы научно-исследовательских работ малого бизнеса 1996 Министерства обороны США под рубрикой "Исследовательские разработки" анонсируется проект "Бесшаблонная электронно-лучевая литография для микронных приборов с 0,1 мкм размерами". Цель проекта - разработка и демонстрация подсистем для оборудования, позволяющего экономически эффективно изготавливать микросхемы с 0,1 мкм проектными нормами. Выполнять проект предполагается в три фазы. Объем финансирования первой - 70 тыс. долл., длительность - шесть месяцев, источник финансирования - федеральный бюджет.

Электронно-лучевое оборудование особенно эффективно для интегральных схем с малыми объемами производства. Оно исключает необходимость в дорогих шаблонах, которые уникальны для каждой разрабатываемой схемы. Для микросхем с большими объемами производства исключение шаблонного оборудования также экономически выгодно, но целесообразно лишь на стадии разработки из-за малой производительности электронно-лучевого оборудования.

The National Technology Roadmap for Semiconductors published by the Semiconductor Industry Association (1995) p.236.

При этом возникает противоречие между энергопотреблением и степенью интеграции. Степень интеграции ультра БИС на КМОП схемотехнике ограничивается даже не литографическими размерами и экономически оправданным процентом выхода годных, а предельно допустимой мощностью рассеяния. На протяжении сорокалетней истории микроэлектроники степень интеграции ежегодно увеличивалась примерно в два раза.

Уже на ранних стадиях разработки МОП ИС в 1963 году была очевидна перспективность схемотехники КМОП для БИС и СБИС. Однако их основные преимущества - высокая экономичность в сочетании с высокой помехоустойчивостью - долгое время оставались нереализованными в микроэлектронной промышленности из-за серьезных технологических трудностей. До середины 70-х годов КМОП схемы были неконкурентоспособны в отношении других базовых элементов БИС. Тем не менее большинство крупных фирм Японии и США работали над

созданием промышленной технологии. Слишком уж привлекательными были уникальные свойства КМОП - практически нулевая потребляемая мощность в статических режимах и малая при низких частотах переключения.

Наконец, к середине 70-х годов технологические проблемы в основном удалось решить, и КМОП стиль проектирования стал основным в области микропроцессоров,

Кризис КМОП?

В сверхбыстродействующих ультра-БИС, построенных на КМОП элементах, потребляемая мощность приближается к предельно допустимому уровню. Эксперты рассматривают это как назревающий кризис традиционного КМОП стиля проектирования. Действительно, при увеличении частоты мощность, потребляемая КМОП элементами, возрастает линейно.

Такой высокий темп роста обеспечивался быстрым внедрением технологических достижений прежде всего в области литографии. И вдруг в конце 90-х годов становится невозможным использовать в производстве новые, более совершенные процессы и оборудование. Проблема эта настолько серьезна, что эксперты рассматривают в качестве альтернативы даже схемы на GaAs.