

□ 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.

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.

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,

запоминающих устройств и базовых матричных кристаллов. Сегодня 80 процентов всех СБИС строится на КМОП. Однако изготавливать их по-прежнему сравнительно сложно и дорого.

Найденные решения сложных технологических проблем, к сожалению, не снимают всех вопросов. При уменьшении геометрических размеров приборов, в том числе длины канала МОП-транзисторов в субмикронную область, казалось бы, уже решенные технологические проблемы возникают вновь. При уменьшении длины канала до величин порядка 0,1 мкм необходимо решить такие задачи, как подавление паразитного тиристорного эффекта, компенсация разброса пороговых напряжений *n*- и *p*-канальных МОП транзисторов, исключение паразитного эффекта смыкания областей пространственного заряда сток-истоковых *p-n* переходов. Именно они сегодня в значительной мере сдерживают прогресс КМОП ультра-БИС, поскольку решаются за счет усложнения физической структуры и, соответственно, технологии.

При проектных нормах 0,5 мкм кристаллы КМОП процессоров и памяти будут содержать от четырех до семи миллионов транзисторов. Функционируя на частоте 700 МГц, такой кристалл при напряжении питания 3,3 В будет потреблять мощность 35 Вт и более. Столь высокие значения потребляемой мощности порождают кризис классической КМОП схемотехники, так как лишают ее единственного преимущества - малой потребляемой мощности. По остальным же важнейшим показателям КМОП схемотехника значительно уступает широко известным схемотехническим решениям. Плотность компоновки КМОП элементов по сравнению с классическим вариантом И2Л элементов ниже в три-четыре раза. Для изготовления КМОП элементов требуется минимум семь фотошаблонов, для И2Л элементов - три. По технологическим показателям, особенно при проектных нормах 0,5-0,2 мкм, КМОП схемы уступают инжекционно-полевому элементу. При изготовлении КМОП элементов со столь малыми размерами появляются труднопреодолимые технологические проблемы.

Успехи литографии и прогресс в технологии микроэлектроники в ближайшем будущем позволят разработчикам реализовать системы с количеством транзисторов порядка миллиарда. При уменьшении проектных норм до 0,2 мкм появляется возможность на кристалле с размерами 8x10 дюймов² разместить от одного до десяти миллиардов транзисторов.

Возникает естественный вопрос: какой стиль проектирования (схемотехника и технология) обеспечит практическую реализацию новых технологических достижений. Об этом мы постараемся рассказать в ближайших номерах журнала.

Литература

1. **D. Singh**, *Prospects for how Power Microprocessor Design, IWLPD'94 Workshop Proceedings*, p.11.

2. **C. Gardner**, *Low-Power GaAs offers a high-permanee alternative to CMOS, Electronic Design, January, 9, 1995, p.58.*

◆ ДАЙДЖЕСТ ◆ ДАЙДЖЕСТ ◆ ДАЙДЖЕСТ ◆ ДАЙДЖЕСТ ◆ ДАЙДЖЕСТ ◆

образом, "научится" распознавать своего хозяина и будет стрелять только в его руках.

Статистика показывает, что каждый четвертый полицейский, убитый в США,

США и Пентагона направлен на решение этой социальной проблемы. В рамках проекта предполагается разработать микроэлектронную систему, включающую сенсоры, интегральную схему обработки сигналов и актюаторы, которая идентифицирует личность, принимает соответствующее решение и обеспечивает блокировку оружия.

Проект находится в начальной поисковой стадии. Точная дата его окончания, предполагающего изготовление опытного образца, пока не установлена.

Основная техническая трудность - выбор лучшего

метода идентификации. Разработчики рассматривают возможность применения для этой цели сенсоров давления, температуры, отпечатков пальцев и ладони, а также их комбинаций.

"Интеллектуальные микроэлектронные системы" - разумный пистолет

Для идентификации личности человека, взявшего в руки огнестрельное оружие, предполагается использовать интегральные схемы интеллектуальных сенсоров. Оружие, таким

застрелен из его собственного пистолета. Ежегодно сотни американских детей погибают от неосторожного обращения с оружием, принадлежащим их родителям. Совместный проект Министерства юстиции

Vincent Kiernan, A smart gun Knows its owner, New scientist, N 1921, vol.142