

Как нам развивать отечественную микроэлектронику: 2023 год

Всеволод Эннс, к. т. н.¹

Развитие российской микроэлектроники в современных условиях требует комплексного и скоординированного подхода, сочетающего организационные и технические мероприятия. Для повышения эффективности принятых мер необходима разработка целостного плана на государственном уровне, который должен охватывать микроэлектронные компании всех форм собственности. Существенное значение имеет также государственная поддержка предприятий отрасли, направленная на стимулирование расширения производства отечественной ЭКБ, финансирование закупок оборудования всех категорий и др. В статье обсуждаются первоочередные задачи, стоящие перед микроэлектронной отраслью сегодня, пути преодоления возникающих проблем. Рассмотрены меры по импортозамещению ЭКБ в современных условиях, а также вопросы организации разработки и производства интегральных микросхем.

ВВЕДЕНИЕ

Сложность ведения бизнеса микроэлектронными компаниями в Российской Федерации обусловлена рядом факторов.

1. Непредсказуемость и неравномерность работы отечественных полупроводниковых фабрик. Сложно спрогнозировать в какой срок и с каким качеством будут получены заказанные полупроводниковые пластины. Основная причина кроется в условиях жестких ограничений, нарушивших взаимосвязанные технологические и логистические цепочки. Усугубляет проблему отсутствие фабрик, полностью работающих по фаундри-модели, то есть не ставящих собственные заказы выше сторонних.
2. Переманивание специалистов компаниями, получившими большое государственное или частное финансирование. Продуктивная команда специалистов создается годами, а разрушается за один день.
3. Рынок микроэлектронных компонентов зависит от курса производящих аппаратуру предприятий на использование отечественной или иностранной ЭКБ. В условиях поддержки иностранными государствами своих микроэлектронных компаний, фактически в условиях государственного демпинга, отечественные компании не могут бороться за рынок без государственной поддержки. Без установки государства

на использование отечественной ЭКБ, без преференций государства предприятиям, использующим ЭКБ отечественного производства, без организации государством необходимых процессов развития таких предприятий, как в рамках имеющихся инструментов (например, внесением изменений в 719 ПП), так и новых мер, полноценное импортозамещение ЭКБ невозможно.

Сегодня нужны быстрые и взвешенные решения и действия, направленные на решение актуальных вопросов. Попытка ускорения работ путем ужесточения наказания не решает проблему, а усугубляет ее. Во-первых, многочисленные управляющие и контролирующие органы и службы начинают тормозить разумные действия, опасаясь ответственности и требуют многочисленных обоснований, заключений и согласований. Во-вторых, удар зачастую наносится по тем, кто работает, решает проблемы и двигает процессы не на словах, а на практике.

В рамках статьи «Меры по развитию отечественной микроэлектроники в современных условиях», опубликованной в журнале «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес» № 6 от 2022 года [1], рассматриваются технические и организационные подходы, которые могут стать основой комплексной программы развития отечественной микроэлектроники на среднесрочную и долгосрочную перспективы.

В статье выделяются следующие ключевые тезисы:

- концентрация дизайн-центров, научно-исследовательских институтов, производителей оборудования и материалов вокруг действующих производств;

¹ АО «Дизайн Центр «Союз», генеральный директор, mail@dcsouyz.ru.

- специализация отечественных разработчиков ЭКБ по направлениям;
- формирование рынка отечественной микроэлектронной продукции;
- приоритетное развитие актуальных направлений разработки ЭКБ.

В настоящей статье акценты сделаны на первоочередных задачах, стоящих перед микроэлектронной отраслью сегодня. Статья основана на анализе ситуации «снизу» – в организациях, занимающихся разработкой и производством ЭКБ в России.

Необходимо отметить уже проделанную Правительством РФ работу. Примерно с 2010 года микроэлектроника в России системно финансируется государством. Основным механизмом, вплоть до 2020 года, было финансирование опытно-конструкторских работ (ОКР). Каждый год определялось несколько десятков работ, требующихся отечественным разработчикам аппаратуры. Благодаря данным программам отечественные разработчики и изготовители ЭКБ получили импульс к развитию, была сформирована номенклатура современных отечественных микросхем, начались массовые поставки изделий. Координацию проводимых работ осуществлял ФГБУ «ВНИИР» (ранее – ФГУП «МНИИРИП»), где была сформирована компетентная команда специалистов.

Одним из недостатков предыдущего подхода было отсутствие предваряющих ОКР научно-исследовательских работ (НИР), без которых невозможно гарантировать высокий научно-технический уровень и своевременность выполнения работ, что зачастую приводило к задержкам выполнения ОКР и недостижению требуемых параметров технического задания. Эта проблема постепенно решается подключением Фонда перспективных исследований (ФПИ) к постановке и финансированию задельных работ (фактически, поисковых и приборных НИР) в области микроэлектроники.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Действия в парадигме «рынок все сам решит и отрегулирует» в условиях жестких ограничений, приведших к текущему состоянию российской микроэлектроники, не в состоянии решить эту масштабную проблему.

В условиях ограниченных кадровых и технологических ресурсов отечественной микроэлектронной отрасли, отсутствия существенных заделов по большинству направлений разработки ЭКБ попытка ликвидировать имеющееся отставание только за счет выделения больших финансовых ресурсов без грамотного администрирования, стратегии и тактики по направлениям разработки и производства приведет к обратному результату – резкому удорожанию проектов за счет постоянно увеличивающихся зарплат, разрушению имеющихся школ разработки

и производства микроэлектроники из-за переманивания сотрудников, отсутствию практических результатов работ («бумажные разработки») и снижению их технического уровня. А в конечном счете – к потере разработчиков. Независимо от источника денег – будь то государственные или частные инвестиции, результатом чрезмерных денежных вливаний без детальной программы развития будет деградация микроэлектронной отрасли в целом.

В настоящее время очевидны следующие положения, которые целесообразно учитывать при формировании программ развития ЭКБ.

Во-первых, необходима ориентация на отечественные фабрики, так как использование технологических возможностей других стран при желании с легкостью перекрывается.

Во-вторых, развитие микроэлектроники надо проводить в рамках целостного плана, поскольку только план может обеспечить ускоренное развитие, соответствующее требованию времени.

В-третьих, достижение большинства необходимых на практике характеристик аппаратуры не требует «суперпродвинутых» электронных компонентов. В первую очередь нужно нарастить разработку и производство важнейших стандартных и специализированных микросхем, технический уровень которых соответствует возможностям разработки и производства отечественными компаниями.

Для плавного перехода на рельсы планирования на первом этапе следует осуществить четыре шага:

1. определение основных направлений разработки ЭКБ;
2. определение головных организаций по направлениям разработки ЭКБ;
3. согласование дорожных карт по направлениям;
4. постановка работ по разработке и освоению в производстве микросхем в соответствии с дорожными картами.

Три первых шага могут быть реализованы как силами Минпромторга РФ и регулирующих организаций, так и силами системных интеграторов, например, руководителем приоритетного технологического направления электронные технологии (ПТН ЭТ).

Основные принципы определения головных организаций по направлениям разработки ЭКБ приведены в статье [1] – наличие опыта работы, специалистов, других ресурсов: лицензий, оборудования, и, конечно, желание участвовать в работах. После осуществления вышеуказанных шагов можно выделять долгосрочное финансирование под специализацию предприятия, ориентирующегося на изготовление изделий на отечественных фабриках.

Как разработчики, так и компании, организующие их работу, стремятся при проектировании использовать самые современные проектные нормы, дающие больше возможностей в разработке изделий. Стремление обусловлено еще и тем, что такое развитие гарантирует дизайнерам

выход на международный рынок труда. Однако, стабильную микроэлектронную отрасль необходимо строить, исходя из накопления опыта и знаний (научно-технических школ) по конкретным направлениям разработки в рамках имеющихся и перспективных отечественных технологий. Научную новизну можно получить не на основе применения самых современных технологий, а на основе новых алгоритмов, структур и схемотехнических решений.

Для реализации основной номенклатуры современных интегральных схем, требующихся при создании передовых изделий, вполне достаточно имеющихся отечественных технологий. Возможности отечественных микроэлектронных технологий далеко не исчерпаны. Можно увеличить емкость кристаллов памяти некоторых типов до 64 Мбит, емкость ПЛИС до 100 тыс. логических элементов, емкость БМК до 50 млн базовых ячеек, расширить их функциональность. Следует поднять частоту преобразования АЦП и ЦАП до 200 МГц и выше, увеличив их разрядность до 16 бит. Большие перспективы видны в освоении новых, ориентированных на рынок микроконтроллеров и интерфейсных схем. То есть, можно существенно поднять планку наполнения рынка требуемыми для современной аппаратуры изделиями без освоения новых проектных норм.

Для этого требуется восстановление программы финансирования ОКР по разработке микросхем общего применения, которая была прекращена в 2020 году. Проблему своевременного выполнения работ нужно решать не путем ужесточения требований, а путем совершенствования механизмов управления выполнением ОКР.

По мере развития отрасли зачастую происходит замена базовых материалов, фотошаблонов, пластин и корпусов, что приводит к необходимости проведения технических проб, а иногда к переработке изделий. Задача корректировки микросхем, особенно аналоговых, возникает не из-за недоработок конструкций, а из-за изменения их параметров в связи с заменой материалов и комплектующих. Вопрос небольшого финансирования таких работ должен решаться централизованно, оперативно, без бюрократических проволочек.

В небольшом сегменте направлений, требующих самых современных проектных норм, должны работать один-два специализированных дизайн-центра, выполняющих конкретные заказы и имеющих необходимые каналы работы.

Некоторые текущие проекты изначально ориентированы на использование западных технологий. Необходимо ревизия уже идущих проектов на предмет их реализуемости и дальнейших устойчивых серийных поставок микросхем. Там, где нет уверенности, целесообразно либо остановить проект, либо обязать исполнителей сделать дублирование изделий на отечественных предприятиях, даже если такое изделие будет с несколько худшими техническими характеристиками. Внешние условия

уже год как сформировались, и надо ориентироваться на эти условия, а не надеяться, что все как-то самостоятельно разрешится.

Еще одна важная мера поддержки микроэлектронных компаний – выделение финансирования на оборудование – технологическое, вычислительное и измерительное. Стоимость оборудования существенно выросла, сроки поставки увеличились, это резко ограничивает развитие предприятий. Необходимо расширять практику целевого финансирования предприятий отрасли для закупки современного оборудования.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ЭКБ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Отечественные микроэлектронные предприятия, даже те, которые лишь частично затронуты санкциями, не были готовы к масштабному переделу отечественного рынка ЭКБ, уходу западных компаний и запрету на изготовление за рубежом разработанных в РФ микросхем. До последнего времени считалось, что есть достаточно времени, чтобы расширить номенклатуру микросхем, провести модернизацию продукции, сделать необходимые правки и выпустить подробную документацию. Но внезапно оказалось, что, с одной стороны, отечественная ЭКБ очень востребована, а, с другой стороны, она не готова удовлетворить резко возросшие потребности предприятий, разрабатывающих аппаратуру.

В настоящее время применение в аппаратуре любой доступной на отечественном рынке ЭКБ поддерживается на различных управленческих уровнях. Это объясняется необходимостью оперативного изготовления в условиях санкций изделий различного назначения, в первую очередь специального. Широко и быстрыми темпами в аппаратуру внедряются микросхемы и другие комплектующие восточного происхождения. Повторяется ситуация начала 2000-х годов: инженеры аппаратурных предприятий массово переходят на использование импортной ЭКБ (на этот раз с востока).

Замена поставок западных микросхем на восточные объяснима, особенно когда необходимо срочно комплектовать аппаратуру. Но является ли это единственно правильным путем и решением проблемы? На различных примерах специалисты показали, что фактически те же характеристики аппаратуры можно достичь и на отечественной ЭКБ [2]. Это непривычно, необходимо затратить больше сил и времени на освоение отечественных комплектующих и ЭКБ, но аппаратура, выполненная таким образом, по параметрам ничем не уступает той, которая в своей основе содержит импортную комплектацию для многих сфер применения. Современные изделия появляются и в тех областях, где введен полный запрет на применение импорта.

Чтобы не повторять уже совершенные ранее ошибки, необходим комплекс мер.

Во-первых, это мероприятия по доведению отечественных микросхем до приемлемого (с точки зрения инженера аппаратурного предприятия) уровня: выпуск документации и макетных плат, устранение текущих недочетов и т. д. Необходимо профинансировать небольшие работы, направленные на совершенствование существующих полностью отечественных микросхем. Следует отметить, что ряд дизайн-центров, которые переводят свои разработки с зарубежного на отечественное производство, имеют в этом вопросе преференции, так как одновременно с изменением производственной фабрики могут выполнить, если необходимо, модернизацию своих изделий.

В этом направлении одним из ключевых вопросов является организация производства и доступность новых отечественных микросхем – обеспечение их поставок в кратчайшие сроки. В условиях ограниченности производственных мощностей российских микроэлектронных компаний может оказаться так, что основными производственными продуктами окажутся массовые интегральные схемы гражданского назначения в ущерб сложным в изготовлении и мелкосерийным изделиям специального назначения. Предлагаем директивно ввести квоты, распределяющие производственные мощности ключевых микроэлектронных производств согласно государственным приоритетам.

Во-вторых, это стимулирование инженеров аппаратурных предприятий максимально использовать отечественную ЭКБ, обучение их специфике работы с отечественными микросхемами, раздача бесплатных образцов микросхем, бесплатных САПР, отладочных средств.

В-третьих, обеспечение экономической целесообразности применения отечественной ЭКБ в аппаратуре. Не секрет, что в основе дешевизны восточной высокотехнологичной продукции лежит массовое производство и демпинг. Любой изготовитель аппаратуры по умолчанию стремится использовать самые дешевые из доступных комплектующих. Решить проблему можно субсидированием государством поставляемой в изделия специального назначения ЭКБ. Уровень субсидирования должен быть достаточен для обеспечения экономической привлекательности использования отечественных микросхем (по сути покрывать разницу в цене ЭКБ ОП и ЭКБ ИП).

В-четвертых, необходимо обеспечить контролируемое планирование создания аппаратуры на ЭКБ отечественного производства. Механизм такого планирования на первом этапе может заключаться в повсеместном распространении практики экспертизы правильности применения ЭКБ в аппаратуре, которая хорошо показала себя в проектах Роскосмоса, обеспечив быстрый рост ЭКБ отечественного производства в космических аппаратах и ракетной технике.

Следует иметь в виду, что только серийное и массовое производство позволяет отладить технологические

процессы и выпускать изделия на должном уровне качества. Российского рынка вполне достаточно для загрузки существующих отечественных микроэлектронных компаний, и этот внутренний рынок, при наличии разумных правил работы на нем, значительно проще, чем внешний.

При формировании отечественного рынка микроэлектроники особое значение имеет рынок гражданской ЭКБ, в первую очередь из-за его массовости. Целесообразен точечный выбор направлений развития гражданской продукции, в рамках которых обеспечивается полная государственная поддержка, включая ограничение импорта. Возможны и другие приемы стимулирования, широко применяемые другими странами. Например, разработка национальных стандартов на определенные виды продукции, в составлении которых участвуют микроэлектронные компании [1].

Многие руководители и специалисты аппаратурных предприятий сообщают, что в свое время были сориентированы на применение ЭКБ отечественной разработки, которая также оказалась заблокированной западными санкциями. Естественным выходом в этом случае является ориентация на продукты, которые не только разработаны, но и произведены в России, то есть на ЭКБ «первого уровня».

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Основным опасением компаний разработчиков и поставщиков ЭКБ является неритмичность работы отечественных полупроводниковых фабрик, полное отсутствие гарантий выполнения заказа по производству пластин в заявленные сроки. Дизайн-центры не могут планировать свою работу, прогнозировать финансовое состояние. Такое же положение характерно и для разработчиков аппаратуры, которые вынуждены искать гарантированных поставщиков ЭКБ.

Несмотря на санкционное давление, российские микроэлектронные предприятия продолжили успешно функционировать, однако в их деятельности обозначились проблемы, которые необходимо срочно решить.

В целом, почти все компоненты микроэлектронного производства: материалы, фотшаблоны, пластины, корпуса и оборудование изготавливаются в России. Однако, традиционными остаются вопросы качества, цены, сроков и объемов поставки. Централизованное и скоординированное решение вопросов поставки материалов существенно помогло бы всем микроэлектронным предприятиям. Не стоит забывать, что часть проблем необходимо решать, привлекая зарубежные организации и предприятия, обеспечивая сложные логистические связи.

В РФ имеется ограниченное количество микроэлектронных фабрик, которые решают одинаковые задачи. Поэтому, целесообразно решать вопросы с поставками

компонентов для этих организаций централизованно, создав специальный координационный центр и разместив его, например, в Зеленограде. В его функции могло бы входить увязывание планов развития вспомогательных производств материалов и комплектующих с потребностями микроэлектронных компаний, обеспечение приобретения и доставки сложных узлов оборудования и уникальных материалов, координацию работы различных предприятий отрасли для обеспечения бесперебойного выпуска микроэлектронных изделий. Необходимо, чтобы представители центра посещали ключевые микроэлектронные компании и напрямую решали вопросы финансирования текущих неотложных задач. Требуется разработать механизм проведения таких платежей.

Оперативно решая текущие проблемы, следует планомерно развивать микроэлектронные производства. Необходимо ускоренными темпами обеспечить запуск полномасштабного производства пластин по технологиям объемного кремния и КНИ с топологическими нормами 45 и 65 нм, постановку дополнительных технологических опций на существующих производствах. Необходимо развивать технологии и разработать правила проектирования аналоговых и высоковольтных микросхем, специальных ПЛИС, Flip-Chip-кристаллов. Целесообразно поддерживать развитие микроэлектронных опытных производств («минифабрик») для выпуска микросхем в рамках ОКР или малых серий.

Все программы по созданию отечественных материалов и оборудования должны быть привязаны к конкретным производствам с обязательным оформлением актов внедрения, в которых по технологическим картам фиксируются факты использования созданных отечественных средств.

Для обеспечения бесперебойного выпуска кристаллов необходимо существенно увеличить объем выпуска полупроводниковых пластин. Известно, что для достижения приемлемой рентабельности полупроводниковая фабрика должна выпускать не менее 20 тыс. пластин в месяц. Выпуск большого количества пластин позволяет достигать и контролировать требуемый уровень качества и надежности микроэлектронных изделий. Прикратно меньшем объеме выпуска пластин полупроводниковая фабрика переходит в разряд мастерской с низкой ритмичностью производства, невысоким качеством и большими ценами.

Есть риск, что полупроводниковая фабрика, пользуясь монопольным положением в изготовлении определенных типов микросхем в РФ, будет резко увеличивать цены, пытаясь обосновать их повышение необходимостью развития производства. Деструктивность такого подхода в том, что он приводит к отказам конечных потребителей от отечественной ЭКБ в пользу импортной.

Необходимо сформулировать правила ценообразования, которые, с одной стороны, позволят развиваться микроэлектронному производству, а, с другой стороны, не нанесут ущерба развитию аппаратостроения в целом.

На текущем этапе необходимо финансировать возникшие потребности производственных фабрик напрямую, без бюрократических проволочек. Однако, в дальнейшем целесообразно проводить финансирование фабрик опосредованно, за счет субсидирования поставляемой на рынок массовой продукции.

Для обеспечения насущных потребностей в микроэлектронных изделиях в условиях СВО требуется:

1. обеспечение приоритетного выполнения на микроэлектронных производствах заказов, связанных с безопасностью страны, в частности ГОЗ, за счет выделения квот на изготовление микросхем для ГОЗ (включая необходимые материалы: полупроводниковые пластины, корпуса и др.), определения максимального времени и стоимости выполнения заказа;
2. приоритетное доведение незавершенных микроэлектронных проектов, в том числе внедрение в массовое производство технологий уровня 45 и 65 нм и запуск альтернативного производства в режиме фаундри – без развитой производственной и технологической базы стабильное развитие микроэлектроники невозможно;
3. расширение производственных мощностей – на каждом крупном производстве необходимо добиться выпуска не менее 20 тыс. пластин в месяц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для решения проблем микроэлектроники в России в современных условиях не применим «рыночный подход». Необходимо государственное планирование, которое охватывало бы как государственные, так и частные компании.
2. Реализация программы импортозамещения ЭКБ не может основываться на замещении одного иностранного поставщика на другого, что, по сути, означает повторение уже совершенной ранее ошибки.
3. В первую очередь в предметной оперативной помощи нуждается полупроводниковое производство, от которого зависят все участники микроэлектронной индустрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Эннс В.** Меры по развитию отечественной микроэлектроники в современных условиях // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2022. № 6. С. 86–92.
2. **Эннс В.** Гибкие решения проблем импортозамещения ЭКБ для специальной техники // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2018. № 3. С. 128–131.