

Порядок разработки и освоения производства полузаказной микросхемы

Базовые матричные кристаллы	1
Нормативно-техническая документация на полузаказные микросхемы.....	2
Группы и состав испытаний полузаказных микросхем.....	3
4 Порядок разработки и освоения производства полузаказной микросхемы	4
Рекомендации по разработке аппаратуры с применением БМК	5
Пример проектирования полузаказной микросхемы средствами САПР «Ковчег 3.04»	6

Раздел 4.

Порядок разработки и освоения производства полузаказной микросхемы

Общий порядок разработки полузаказной микросхемы	4-2
Заключение договора на разработку микросхемы	4-3
Заявка на разработку полузаказной микросхемы	4-3
Комплект договорных документов	4-4
Состав выполняемых работ.....	4-4
Техническое задание.....	4-6
Разработка проекта микросхемы	4-7
Изготовление опытных партий микросхем для проведения предварительных и государственных испытаний аппаратуры	4-8
Организация серийного производства микросхемы	4-8

Общий порядок разработки полузаказной микросхемы

Разработке полузаказных микросхем предшествует этап разработки и освоения в производстве БМК, в рамках которого разрабатываются и аттестуются базовые слои БМК, библиотека ячеек, средства проектирования, формируются комплекты конструкторской и технологической документации, необходимые для серийного выпуска базовых пластин.

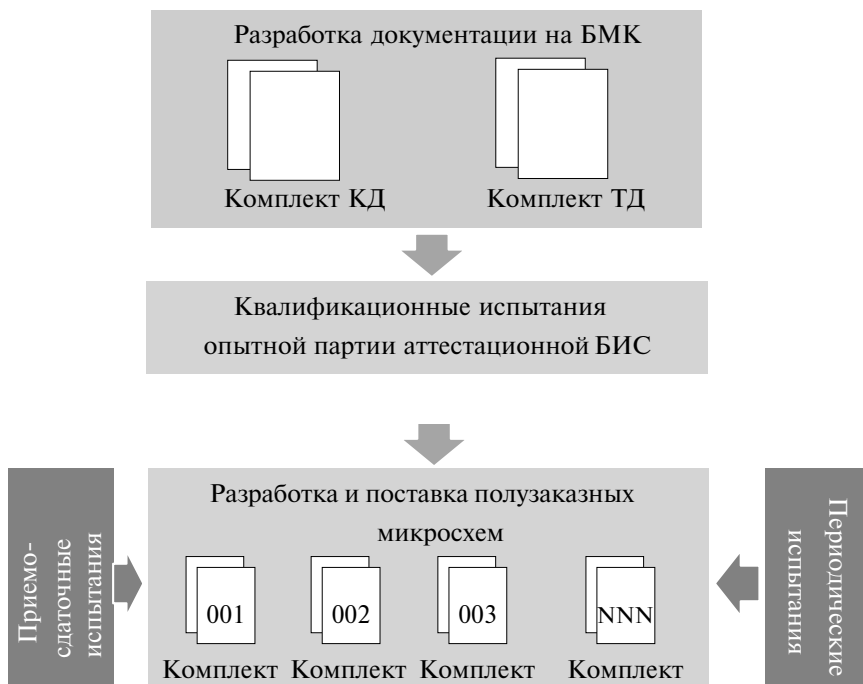


Рис. 4.1. Порядок освоения микросхем на БМК в производстве

Для аттестации БМК разрабатывается аттестационная микросхема, которая включает все базовые ячейки библиотеки, позволяет измерять необходимые электрические параметры и использует максимально возможное количество элементов БМК. Опытная партия аттестационных микросхем подвергается квалификационным испытаниям, по результатам которых утверждаются комплекты конструкторской и технологической документации с присвоением им литеры «А», а БМК, если он предназначен для использования в аппаратуре космического назначения, вносится в перечень изделий, разрешенных для применения в специальной аппаратуре (Перечень ЭКБ 01-22). Результаты квалификационных испытаний аттестационной микросхемы распространяются на все типы полузаказных микросхем, разработанных впоследствии на основе данного БМК. Разработка и поставка опытных партий полузаказных микросхем может быть начата уже в процессе выполнения опытно-конструкторской работы по освоению БМК в производстве. Гарантия качества для каждой вновь разработанной полузаказной микросхемы обеспечивается проведением приемо-сдаточных испытаний этой микросхемы и периодическими испытаниями в процессе серийного производства микросхем.

Общий порядок разработки полузаказной микросхемы определяется ГОСТ 27398-87 «Микросхемы интегральные заказные и полузаказные. Порядок разработки и распределения работ между заказчиком и исполнителем». Можно выделить пять основных этапов разработки:

- разработка проекта микросхемы;
- изготовление и исследование макетных образцов БИС;
- изготовление опытной партии микросхем и проведение предварительных испытаний микросхем в составе аппаратуры;
- поставка опытной партии микросхем и проведение государственных испытаний аппаратуры;
- организация серийного производства микросхемы.

Перечисленные этапы могут быть реализованы в рамках выполнения нескольких договоров (НИР, ОКР, поставка). Научно-исследовательская работа (НИР) выполняется при отсутствии четкого технического задания на микросхему, необходимости разработки и исследования эффективности алгоритмов и схемотехнических решений, реализуемых в микросхеме. НИР, как правило, заканчивается изготовлением и исследованием макетных образцов БИС. Разработка проекта микросхемы и изготовление опытной партии под контролем военного представительства для проведения предварительных испытаний микросхемы в составе аппаратуры обычно выполняется в рамках опытно-конструкторской работы (ОКР). Часто работы по разработке и исследованию макетных образцов БИС выполняются в рамках первого этапа такой ОКР. При положительных результатах испытаний опытной партии микросхем дополнительное изготовление опытных образцов для проведения государственных испытаний аппаратуры (без коррекции проекта микросхемы) может осуществляться в рамках договора поставки.

Заключение договора на разработку микросхемы

Основанием для заключения договора является заявка на разработку полузаказной микросхемы, которую направляет предприятие-заказчик (далее – Заказчик) предприятию-разработчику микросхемы (далее – Исполнитель). На ее основе Исполнитель определяет состав, стоимость и сроки выполнения работ и сообщает их Заказчику.

Заявка на разработку полузаказной микросхемы

Заявка на разработку полузаказной микросхемы должна содержать информацию о разрабатываемой микросхеме, достаточную для определения типа БМК, состава и срока выполнения работ, определения необходимого количества изготавливаемых макетных и опытных образцов микросхемы.

В общем случае в заявке необходимо указать напряжение питания микросхемы, значение рабочей частоты, количество информационных выводов микросхемы, примерный объем проекта микросхемы в условных вентилях (если это возможно), а также сформулировать особые требования к микросхеме (если они имеются). Исходя из этого, Заказчик может самостоятельно выбрать серию БМК и тип БМК в серии. В заявке также необходимо указать данные контактного лица.

Предоставленная в заявке информация используется для расчета цены и сроков выполнения работ по договору. Заявка оформляется в виде официального письма и направляется в адрес Исполнителя. После предварительного согласования цены и сроков выполнения договора оформляется комплект договорных документов.

Комплект договорных документов

Состав договорных документов, их содержание и форма определяются Заказчиком. В состав комплекта договорных документов обычно входят договор, ведомость исполнения, техническое задание (далее – ТЗ), протокол согласования цены и смета затрат с расшифровками. При заключении договора на разработку полузаказной микросхемы категории качества «ВП» ТЗ, ведомость исполнения, протокол согласования цены и смета затрат должны быть согласованы с военным представительством (далее – ВП) Исполнителя, а при необходимости с ВП Заказчика.

Заказчик (совместно с Исполнителем) разрабатывает ТЗ, готовит комплект договорных документов или сообщает необходимые данные для подготовки его Исполнителем. ВП Заказчика направляет в адрес ВП Исполнителя указание о контроле заключаемого договора.

Состав выполняемых работ

В общем случае договор на разработку микросхемы включает следующие работы:

- разработку проекта микросхемы, включая разработку конструкторской документации, необходимой для изготовления макетных образцов микросхемы;
- прототипирование микросхемы на имитаторах с коррекцией проекта микросхемы;
- подготовку производства микросхемы: изготовление фотошаблона для травления металла базовой пластины БМК и разработка программ контроля микросхемы на контрольно-измерительном оборудовании;
- изготовление и исследование макетных образцов микросхемы;
- коррекцию проекта микросхемы (при необходимости), разработку конструкторской документации, необходимой для изготовления опытной партии микросхем, в состав которой входят карта заказа и программа контроля микросхемы;
- изготовление опытной партии микросхем (под контролем ВП).

Основным документом для разработки проекта микросхемы является ТЗ и приложение к ТЗ, описывающее требования к функционированию микросхемы. Приложение к ТЗ содержит исходную информацию для разработки микросхемы, которая может быть представлена в произвольной форме включая электронный вид: текстовое описание, функциональная или принципиальная схема в произвольном базисе, описание проекта микросхемы на языке описания аппаратуры Verilog или VHDL. Но наиболее предпочтительным является наличие текстового описания функционирования микросхемы, которое в дальнейшем может быть использовано для подготовки карты заказа разрабатываемой микросхемы.

Завершающей стадией разработки проекта микросхемы является этап прототипирования, который позволяет исследовать поведение имитатора микросхемы в реальной аппаратуре до изготовления микросхемы. Имитаторы, соответствующие проекту разрабатываемой микросхемы, предоставляются Заказчику Исполнителем на время выполнения договора. Исследования имитаторов в аппаратуре выполняет Заказчик, а необходимые коррекции проекта микросхемы и модификацию имитатора с контролем его функционирования на контрольно-измерительном оборудовании обеспечивает Исполнитель. После окончания этапа отладки имитатора Исполнитель выполняет необходимые действия по подготовке производства микросхемы и изготавливает макетные образцы в количестве 5 штук по укороченному маршруту сборки без проведения ряда отбраковочных испытаний, если иное не оговорено в договоре. При этом Исполнителем гарантируется, что функционирование макетных образцов микросхемы будет соответствовать разработанному и исследованному в аппаратуре на имитаторе проекту микросхемы.

Макетные образцы предназначены для проверки функционирования микросхемы в аппаратуре перед изготовлением опытной партии микросхем категории качества «ВП». Исследования проводит Заказчик. По результатам исследований может быть проведена коррекция проекта микросхемы и повторное изготовление макетных образцов. По завершении отладки макетных образцов Исполнителем совместно с Заказчиком разрабатывается и согласовывается с ВП комплект рабочей КД (карта заказа и программа контроля) для изготовления опытной партии микросхем.

Опытная партия изготавливается с приемкой ВП в объеме, необходимом Заказчику (но не менее 20 микросхем). После отгрузки опытной партии микросхем Заказчику ОКР по разработке микросхемы считается выполненной в полном объеме, о чем оформляется соответствующий акт.

Ниже приведены ориентировочные сроки выполнения работ квалифицированными разработчиками по разработке полузаказных микросхем на БМК серий 5503 и 5507:

- длительность разработки проекта микросхемы зависит от его сложности и составляет от 1 до 3 месяцев;
- подготовка имитаторов микросхем (специализация) с контролем их функционирования – 1 неделя;
- исследование имитатора микросхемы в аппаратуре выполняется Заказчиком им же и определяется длительность работ;
- цикл коррекции проекта микросхемы и повторная специализация имитатора – до 4 недель;
- изготовление макетных образцов по укороченному маршруту сборки – 1 месяц;
- исследование макетных образцов микросхемы в аппаратуре выполняется Заказчиком, им же и определяется длительность работ;
- изготовление опытной партии с приемкой ВП – 3 месяца.

Указанные сроки переносятся в ведомость исполнения договора.

Техническое задание

Полузаказная микросхема является комплектующим изделием межотраслевого применения (КИМП), предназначенным для выполнения определенных функций в составе изделия или его составных частей. Поэтому ТЗ на ОКР по разработке полузаказной микросхемы выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 15.201-2003 «Система разработки и постановки продукции на производство. Тактико-техническое (техническое) задание на выполнение опытно-конструкторских работ» по форме ТЗ на выполнение ОКР по разработке КИМП.

ТЗ утверждается руководителем Заказчика, согласовывается с руководителем Исполнителя, начальником ВП Исполнителя, а также при необходимости руководителями других организаций, согласующих ТЗ.

ТЗ должно состоять из разделов, располагаемых в следующем порядке:

- **наименование, шифр ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения** с указанием полного наименования документа, на основании которого будет выполняться ОКР, номера и даты его утверждения, а также Заказчика и Головного Заказчика ОКР;

- **цель выполнения ОКР, наименование и индекс изделия** с указанием функционального назначения и наименования разрабатываемого изделия, его перспективности, краткой характеристики области применения и ожидаемого технического уровня разрабатываемого изделия;

- **технические требования к изделию**, представленные в следующих подразделах, в которых обычно указываются требования ТУ на БМК:

- **конструктивные требования** с указанием типа применяемого корпуса отдельно для макетных и опытных образцов, а также допустимости применения укороченного маршрута сборки для макетных образцов;

- **требования к электрическим параметрам** с указанием, что они должны соответствовать требованиям ТУ на БМК, либо значения конкретных параметров, уточняющие требования ТУ на БМК;

- **требования стойкости к внешним воздействующим факторам** с указанием, что они должны соответствовать требованиям ТУ на БМК, либо значения конкретных внешних факторов, уточняющие требованиям ТУ на БМК (в этом случае в стоимость работ будут включены дополнительные испытания, подтверждающие указанный уровень стойкости);

- **требования по надежности** с указанием, что они должны соответствовать требованиям ТУ на БМК, либо требования к надежности характеристикам, уточняющие требования ТУ на БМК (в этом случае в стоимость работ будут включены затраты на изготовление дополнительной партии опытных образцов и затраты на проведение испытаний на повышенную надёжность);

- **требования к функционированию**, которые обычно помещаются в приложение к ТЗ;

- **техничко-экономические требования, требования к видам обеспечения, требования к сырью, материалам и КИМП, специальные требования и требования защиты государственной тайны при выполнении ОКР** (включаются в ТЗ при необходимости);

- **требования к консервации, упаковке и маркировке** с указанием маркировки отдельно для макетных и опытных образцов;

- **этапы выполнения ОКР** с указанием перечня работ на каждом этапе, сроков выполнения, а также при необходимости порядка согласования документации с ВП Исполнителя;
- **порядок выполнения и приемки ОКР** с указанием особенностей выполнения ОКР, состава предъявляемой документации, количества макетных и опытных образцов;
- **приложение к ТЗ**, содержащее необходимую информацию для разработки проекта микросхемы, обычно включающее следующие подразделы:
 - назначение микросхемы;
 - состав микросхемы и структурная или функциональная схема с отражением взаимодействия с внешними устройствами;
 - описание функционирования микросхемы, которое должно включать максимально подробное описание алгоритма работы, циклограммы, диаграммы обмена блоков, межблочный интерфейс, возможно, приведение схем в произвольном схемотехническом базисе, а также ссылки на нормативные документы, аналоги и прототипы, описание алгоритма тестирования;
 - описание выводов микросхемы с указанием назначения, обозначения, соответствующего номера контактной площадки микросхемы, типа, необходимости использования триггера Шмитта, внутреннего резистора доопределения с указанием его номинала, а также значения выходного тока для выходов.

Приложение к ТЗ может быть разработано как до заключения договора, так и в рамках выполнения работ по договору, что отражается в ведомости исполнения. Как правило, информация из приложения к ТЗ используется при подготовке приложения к карте заказа.

Разработка проекта микросхемы

Разработка микросхемы состоит из четырех стадий: разработка логического проекта, прототипирование микросхемы, разработка топологии микросхемы, подготовка информации и документации для изготовления макетных образцов и опытной партии.

На первой стадии Исполнитель разрабатывает логический проект, включающий логическую схему БИС в базисе библиотеки функциональных ячеек БМК, функциональные и контрольно-диагностические тесты, разрабатывает топологию микросхемы, проводит анализ устойчивости проекта к воздействию внешних факторов и предъявляет Заказчику результаты разработки с целью контроля выполнения требований ТЗ к функционированию микросхемы. При необходимости результаты проверки оформляются в виде акта контроля логического проекта.

На второй стадии логический проект конвертируется Исполнителем в имитатор микросхемы и передается Заказчику для исследования его поведения в аппаратуре. При возникновении в процессе исследований необходимости коррекции проекта микросхемы она выполняется Исполнителем с повторной реализацией в имитаторе. По завершении исследований подписывается двусторонний акт технической готовности проекта микросхемы к изготовлению, после чего Исполнитель разрабатывает и оформляет программы контроля на указанную

микросхему, выполняется изготовление макетных образцов микросхемы, которые используются для отладки программ контроля и передаются Заказчику для исследований в аппаратуре. После успешного завершения исследований оформляется двусторонний Акт готовности микросхемы к изготовлению, Заказчик предоставляет Исполнителю описание функционирования микросхемы, Исполнитель разрабатывает и утверждает проект карты заказа и программу контроля микросхемы.

Результатами разработки проекта микросхемы являются проектная информация и Акт готовности микросхемы к изготовлению, макетные образцы микросхемы, а также рабочая КД на полузаказную БИС, необходимая для изготовления опытной партии микросхем – карта заказа и программа контроля.

Изготовление опытных партий микросхем для проведения предварительных и государственных испытаний аппаратуры

Изготовление опытных партий микросхем категории качества «ВП» для проведения предварительных и государственных испытаний аппаратуры обычно выполняется в рамках ОКР по разработке микросхемы, хотя возможно изготовление по договору поставки, если необходимая для изготовления рабочая КД уже имеется в наличии. Перед изготовлением опытной партии конструкторская документация согласуется и утверждается (см. раздел 2). Карта заказа, как правило, имеет десятичные номера Заказчика, который является ее калькодержателем. По согласованию с Заказчиком калькодержателем карты заказа может быть Исполнитель, при этом карта заказа будет иметь десятичный номер Исполнителя.

Микросхемы изготавливаются с маркировкой «ОП» (опытная партия) без проведения периодических испытаний. Маршрут их изготовления опытной партии полностью соответствует маршруту изготовления серийных микросхем. Проведение периодических испытаний начинается с момента выпуска первой серийной партии микросхем.

Организация серийного производства микросхемы

Серийная поставка микросхем (без маркировки «ОП») возможна только после выполнения процедур, определенных ГОСТ 27394-87 «Микросхемы интегральные. Заказные и полузаказные. Порядок разработки и распределения работ между заказчиком и исполнителем», включающих:

- проведение Заказчиком испытаний аппаратуры с применением микросхем опытных партий, имеющих маркировку «ОП»;
- подготовку Заказчиком по результатам испытаний заключения, согласованного ВП Заказчика, о соответствии разработанной микросхемы карте заказа и ее пригодности для применения в аппаратуре;
- согласование листа утверждения карты заказа Заказчиком, Исполнителем, представителями ВП Заказчика и Исполнителя, Генеральным директором АО

«ЦКБ «Дейтон», Первым заместителем директора ФГУП «МНИИРИП». Утверждает документ калькодержатель, которым может быть Заказчик или Исполнитель по договоренности;

- выпуск извещения для внесения Исполнителем обозначения микросхемы в табл. 1а Технических условий соответствующего БМК, коррекция ТУ.

Поставка серийных микросхем возможна только после внесения микросхемы в ТУ на основе положительного заключения Заказчика о соответствии микросхемы техническим требованиям и пригодности к использованию в аппаратуре. Эта процедура выполняется в течение не более 3 месяцев.