



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»

МИР Электроники

В.В. Коняхин
А.Н. Денисов
Р.А. Фёдоров
А.Л. Вильсон
С.С. Бражников
В.С. Коновалов
Н.И. Малашевич
А.С. Росляков

Под общ. ред.
академика РАН А.Н. Саурова

**Микросхемы
для аппаратуры
космического назначения**
Практическое пособие
Издание 2-е, исправленное
и дополненное

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2017



Издание осуществлено при финансовой поддержке федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-производственный комплекс «Технологический центр»

УДК 621.38

ББК 31.85

М59

М59 Микросхемы для аппаратуры космического назначения.

Практическое пособие. Издание 2-е, испр. и доп.

/ Под общ. ред. академика РАН А.Н. Саурова

Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2017. – 388 с., ISBN 978-5-94836-475-9

Книга содержит сведения о микросхемах, разработанных научно-производственным комплексом «Технологический центр» и предназначенных для применения в аппаратуре космического назначения. Приведены сведения о разработанных и освоенных в производстве базовых и базовых матричных кристаллах, являющихся основой для разработки специализированных микросхем. Детально описаны серийно выпускаемые полузаказные и заказные микросхемы общего применения.

Книга предназначена для разработчиков радиоэлектронной аппаратуры, а также для преподавателей, студентов старших курсов и аспирантов.

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Авторы: В.В. Коняхин</i> | <i>(разд. 1–6, 10–18)</i> |
| <i>А.Н. Денисов</i> | <i>(разд. 1–6)</i> |
| <i>Р.А. Фёдоров</i> | <i>(разд. 7–9, 19–20)</i> |
| <i>А.Л. Вильсон</i> | <i>(разд. 10–11, 19–20)</i> |
| <i>С.С. Бражников</i> | <i>(разд. 11)</i> |
| <i>В.С. Коновалов</i> | <i>(разд. 10, 12–18)</i> |
| <i>Н.И. Малашевич</i> | <i>(разд. 7)</i> |
| <i>А.С. Росляков</i> | <i>(разд. 8–9)</i> |

© 2017, АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление

© 2017, В.В. Коняхин, А.Н. Денисов, Р.А. Фёдоров, А.Л. Вильсон, С.С. Бражников, В.С. Коновалов, Н.И. Малашевич, А.С. Росляков

ISBN 978-5-94836-475-9

Предисловие

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-производственный комплекс «Технологический центр» (НПК «Технологический центр») основано в 1988 году как университетский исследовательский центр при Московском институте электронной техники. Запуск собственного микроэлектронного производства был осуществлен в середине 1989 года, выпуск микросхем по полному КМОП кремниевому технологическому маршруту начат с 1990 года. В 1994 году постановлением правительства Российской Федерации нашему предприятию присвоен статус государственного научного центра, который мы успешно подтверждаем до настоящего времени.

Основными направлениями деятельности НПК «Технологический центр» являются микроэлектроника, микро- и наносистемная техника, микроэлектронная аппаратура, нанотехнологии (более подробная информация на сайте www.tcen.ru). В области микроэлектроники наше предприятие специализируется в разработке, организации производства и серийном выпуске интегральных микросхем для уникальной аппаратуры. К настоящему времени разработано и освоено в производстве более 600 типов БИС, в основном для аппаратуры космического назначения. Наши микросхемы применяются в таких космических аппаратах, как «Прогресс-М», «Союз-ТМА», разгонном блоке «Бриз-М» и многих других.

Предлагаемая вашему вниманию книга содержит описание основных технических характеристик базовых матричных кристаллов (БМК) и базовых кристаллов (БК), предназначенных для разработки микросхем специального назначения, а также техническое описание микросхем общего применения, производимых в НПК «Технологический центр». Книга содержит 20 разделов, для удобства сгруппированных в три части. Каждый раздел имеет составную нумерацию страниц, включающую в себя номер раздела и номер страницы в пределах раздела.

- **Часть 1. Базовые матричные и базовые кристаллы**

В данной части книги представлены общие технические сведения о БМК серий 5503, 5507, 5521 и 5529 и БК серий 5521 и 5529, разработанных и освоенных в производстве НПК «Технологический центр». Сведения о каждой серии приведены в отдельном разделе (*разделы 1–5*).

- **Часть 2. Пьезоактивные микросхемы общего применения**

В данной части приведены описания микросхем, реализованных на БМК серий 5503 и 5529 (*разделы 6–18*).

- **Часть 3. Заказные микросхемы общего применения**

В этой части книги приведены технические описания заказных микросхем защиты от тиристорного эффекта (*разделы 19–20*).

С не вошедшими в книгу описаниями новых микросхем, разработанных специалистами НПК «Технологический центр», можно ознакомиться на нашем сайте (www.asic.ru). Авторы будут признательны всем читателям, которые пришлют свои замечания и предложения по улучшению содержания книги по адресу: kovcheg@asic.ru. Также мы готовы рассмотреть ваши предложения по разработке новых типов микросхем, как специализированных, так и микросхем общего применения.

Базовые матричные и базовые кристаллы

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Особенности применения базовых матричных и базовых кристаллов | 1 |
| | Серия базовых матричных кристаллов 5503 | 2 |
| | Серия базовых матричных кристаллов 5507 | 3 |
| | Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5521 | 4 |
| | Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5529 | 5 |

Полузаказные микросхемы общего применения

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 5503XM1-289 | – драйвер трансформаторной развязки | 6 |
| 5503XM1-653 | – микросхема фазового детектора и генератора, управляемого напряжением | 7 |
| 5503XM1-617 | – шесть операционных усилителей и стабилизатор напряжения | 8 |
| 5503БЦ7-638 | – программируемый генератор импульсов с функцией измерения | 9 |
| 5529TP015-674 | – многофункциональная цифровая микросхема стандартной последовательностной логики | 10 |
| 5529TP015-675 | – многофункциональная цифровая микросхема стандартной комбинационной логики | 11 |
| 5529TP015-688 | – восемь LVDS-передатчиков | 12 |
| 5529TP015-689 | – четыре LVDS-передатчика и четыре LVDS-приемника | 13 |
| 5529TP015-695 | – четыре приемопередатчика M-LVDS | 14 |
| 5529TP015-696 | – коммутатор шин LVDS/LVDM | 15 |
| 5529TP015-697 | – восемь LVDS-приемников | 16 |
| 5529TP015-698 | – восемь LVDM-передатчиков | 17 |
| 5529TP015-699 | – четыре LVDM-передатчика и четыре LVDS/LVDM-приемника | 18 |

Заказные микросхемы общего применения

| | | |
|-----------------------|---|-----------|
| 1469TK015 | – микросхема защиты от тиристорного эффекта | 19 |
| 1469TK025 и 1469TK035 | – микросхемы защиты от тиристорного эффекта | 20 |

Раздел 1

Особенности применения базовых матричных и базовых кристаллов

| | |
|---|-----|
| 1.1. Общие сведения о специализированных БИС | 1-2 |
| 1.2. Преимущества БМК и БК..... | 1-3 |
| 1.3. Конструкция БМК | 1-4 |
| 1.4. Конструкция БК..... | 1-6 |
| 1.5. Порядок разработки БМК и БК | 1-7 |
| 1.6. Порядок разработки полузаказных БИС на БМК и БК..... | 1-8 |

1.1. Общие сведения о специализированных БИС

Для аппаратуры специального назначения при всей важности экономических показателей определяющими факторами являются высокая надежность, долговечность, повышенная стойкость к внешним воздействующим факторам (ВВФ), низкое энергопотребление, высокая функциональность, оперативность разработки и возможность изготовления в заданные сроки, длительный период поддержания производства электронной компонентной базы (ЭКБ). Непрерывное обновление радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) требует разработки специализированных микросхем, учитывающих ее специфические особенности. Кроме этого, для подавляющего большинства аппаратуры специального назначения обязательным условием является применение отечественной ЭКБ.

Специализированные микросхемы можно разделить на три группы: заказные микросхемы, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) и полузаказные БИС на основе БМК и БК. Принято считать, что полностью заказные микросхемы обеспечивают максимальную функциональность, надежность и стойкость к ВВФ, минимальную стоимость при массовом производстве, но требуют максимальных затрат при разработке и освоении производства, а для производства малых партий БИС экономически не эффективны. ПЛИС, обладая преимуществами при разработке микросхемы, в то же время за счет наличия дополнительных элементов для программирования их структуры, снижающих надежность микросхем, имеют более высокое энергопотребление и более высокую стоимость по сравнению с заказными БИС. Полузаказные БИС занимают промежуточное положение между полностью заказными микросхемами и ПЛИС. По показателям надежности, энергопотребления и стойкости к ВВФ они сравнимы с заказными БИС, по длительности цикла «разработка – изготовление – поставка» сопоставимы с циклом «разработка – поставка – специализация» для ПЛИС. Производство БМК и БК, как правило, поддерживается в течение длительного времени (более 15 лет).

Разработка и постановка на производство заказных микросхем – это длительный и дорогостоящий процесс. Он вполне оправдан, когда речь идет о больших тиражах. Но во многих случаях, когда речь идет о сравнительно небольших партиях микросхем, гораздо более выгодно использовать полузаказные микросхемы. Как правило, необходимое количество образцов полузаказной микросхемы, особенно на этапе создания и вывода нового изделия на рынок, относительно невелико и варьируется от десятков до нескольких тысяч единиц, что несопоставимо с объемами выпуска заказных микросхем.

Таким образом, выбор способа реализации специализированных БИС определяется множеством критериев, но, как правило, именно полузаказные БИС обеспечивают наилучшее соотношение эксплуатационных показателей. При разработке аппаратуры часто требуется оперативное изменение проектов специализированных БИС, что легко достигается при применении ПЛИС и имитаторов БМК на ПЛИС. Поэтому дополнительные преимущества для полузаказных БИС создает использование новой методологии разработки аппаратуры, ориентированной на применение отечественных БИС на БМК и обеспечивающей сокращение сроков проектирования за счет применения методов прототипирования проектов полузаказных БИС средствами имитаторов БМК на ПЛИС.

1.2. Преимущества БМК и БК

Микросхемы можно разделить на два основных класса: универсальные и специализированные. К первому относятся микропроцессоры, микроконтроллеры, периферийные устройства, устройства памяти (ПЗУ, ОЗУ и т.д.), серии стандартных микросхем и др., т.е. микросхемы, объем производства которых составляет сотни тысяч и миллионы штук в год. Большие объемы выпуска универсальных микросхем минимизируют вклад в их стоимость относительно больших затрат на проектирование и освоение в производстве.

Микросхемы, принадлежащие ко второму классу, при объеме производства до нескольких десятков тысяч в год выпускаются для удовлетворения нужд отдельных отраслей промышленности. Значительная часть стоимости таких микросхем определяется затратами на их проектирование.

Особую группу среди специализированных микросхем занимают БИС, применяемые в аппаратуре специального назначения и эксплуатируемые в условиях действия жестких внешних воздействующих факторов. Как правило, номенклатура таких микросхем велика, сроки разработки аппаратуры ограничены, а серийность, в силу специфики аппаратуры, не превышает нескольких тысяч, а иногда сотен микросхем. Производство специализированных микросхем, как правило, имеет прерывистый характер, а основной вклад в их стоимость вносят освоение производства и проведение квалификационных и периодических испытаний для подтверждения уровня качества микросхем.

Современные специализированные схемы обычно реализуются на базовых матричных или базовых кристаллах в виде полужаказных микросхем. БМК представляет собой регулярное поле не соединенных между собой простейших базовых ячеек (отдельных транзисторов или групп транзисторов), окруженное областью периферийных контактов. Указанные простейшие элементы расположены на кристалле матричным способом, т.е. в узлах регулярной прямоугольной сетки. Имеется библиотека функциональных ячеек с фиксированными топологиями, которые реализуют достаточно широкий для построения схем набор логических функций. Любая ячейка за счет регулярного расположения простейших элементов может быть размещена в любом месте поля БМК, а для освоения конкретной БИС в производстве требуется спроектировать и изготовить фотошаблоны слоев коммутации и отладить программы контроля на контрольно-измерительном оборудовании. БК имеет большие возможности, в сравнении с БМК, для реализации специализированных БИС, т.к. в их конструкции наряду с полем БМК могут применяться транзисторы различной топологической реализации, резисторы, конденсаторы и другие элементы.

БМК и БК исторически пришли на смену микросхемам малой и средней степени интеграции и обеспечили в сравнении с ними неоспоримые преимущества:

- уменьшение габаритов аппаратуры за счет снижения количества используемых микросхем и уменьшения размеров печатных плат;
- повышение технических характеристик за счет увеличения системного быстродействия и сокращения потребляемой мощности;
- повышение надежности изделия за счет более высокой надежности БИС по сравнению с дискретными элементами;
- возможность объединения в полужаказной микросхеме цифровой и аналоговой обработки информации;

- обеспечение защиты разработки за счет применения полузаказных микросхем, электрическую схему которых сложно раскрыть;
- возможность мелкосерийного выпуска БИС и др.

Область применения конкретного БМК и БК определяется многими факторами — размером поля кристалла, количеством внешних выводов, параметрами надежности и устойчивостью к ВВФ, параметрами технологии и технологическими нормами, конструкцией ячеек поля БМК и БК, конструкцией периферийных ячеек, составом библиотеки функциональных ячеек, эффективностью и доступностью средств проектирования, сроками и стоимостью разработки, изготовлением и поставки микросхем и многими другими.

Основные достоинства БМК и БК заключаются в снижении стоимости и времени проектирования в сочетании с высокими эксплуатационными параметрами. Появление на рынке программируемых логических интегральных микросхем значительно расширило возможности разработчиков аппаратуры и составило конкуренцию специализированным БИС при создании изделий, на которые не распространяются ограничения по применению импортной элементной базы. Однако для аппаратуры специального назначения полузаказные микросхемы на основе БМК и БК на данный момент не имеют альтернативы. При этом следует иметь в виду, что эксплуатационные параметры БМК и БК значительно превосходят аналогичные параметры ПЛИС промышленного исполнения, а ПЛИС военного и космического исполнения в нашу страну не поставляются.

Таким образом, если вам как разработчику радиоэлектронной аппаратуры необходимо применить оригинальные схемные решения, то универсальные БИС не решат этих задач, а разрабатывать заказную микросхему и осваивать ее в производстве очень дорого и долго. Применение же БМК или БК обеспечит быструю реализацию необходимой микросхемы требуемого уровня качества, а количество изготавливаемых микросхем может колебаться от единиц до сотен тысяч. Благодаря указанным преимуществам для аппаратуры специального назначения на данный момент БИС на основе БМК и БК не имеют альтернативы.

1.3. Конструкция БМК

Базовый матричный кристалл (английский термин ULA, Uncommitted Logic Array) — это универсальная заготовка в виде кремниевой пластины, на которой сформированы кристаллы с матрицей транзисторных структур. Такие кристаллы называют базовыми, поскольку все фотошаблоны для их изготовления, за исключением слоев металлизации, являются постоянными и не зависят от реализуемой схемы. Простейшие элементы (КМОП-транзисторы) располагаются на БМК в виде регулярной матрицы, поэтому его называют матричным. Изготовление конкретной БИС заключается в выполнении завершающих микроэлектронных операций над кремниевыми пластинами с кристаллами-заготовками БМК, в процессе которых осуществляется коммутация КМОП-транзисторов на поле матрицы путем формирования цепей схемы в одном или нескольких слоях металлизации. В отличие от ПЛИС, логика работы которых задается посредством программно управляемых элементов, БМК специализируется технологически в процессе микроэлектронного производства. В сравнении с ПЛИС в структуре БМК отсутствуют избыточные элементы, что в несколько раз снижает общую сложность микросхемы, повышая ее надежность.

Основные достоинства БМК:

- БМК имеют фиксированную геометрическую структуру, что значительно упрощает автоматическое размещение и трассировку элементов;
- формирование БИС на БМК выполняется с помощью малого числа фотошаблонов, что значительно уменьшает затраты при производстве БИС;
- развитая библиотека функциональных ячеек и типовых схмотехнических решений значительно упрощает процесс разработки логического проекта, уменьшает время и повышает качество проектирования;
- в составе одного БМК могут быть реализованы как цифровые, так и цифро-аналоговые узлы и блоки;
- БИС, разработанные на основе БМК, не требуют проведения квалификационных испытаний, что существенно сокращает сроки и стоимость освоения их в производстве.

Наибольшее распространение в настоящее время имеют БМК и БК на КМОП-структурах, реализованные либо на объемном кремнии, либо на структурах «кремний на изоляторе» (КНИ).

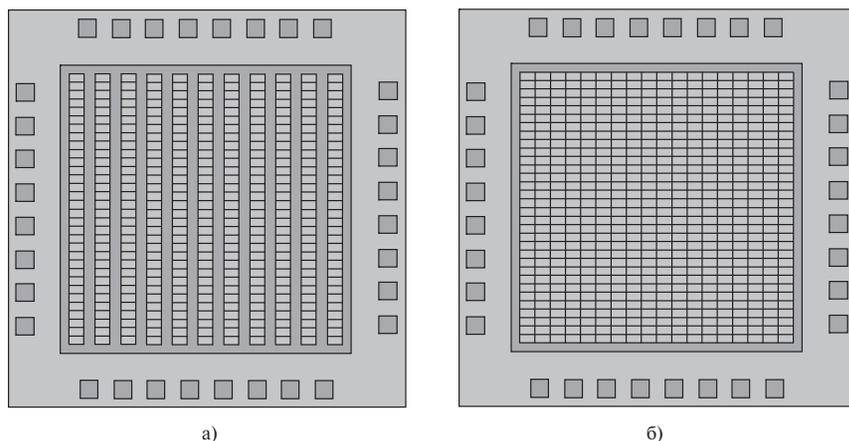
В конструкции БМК можно выделить регулярное поле, окруженное областью периферийных контактов. Для определения размера поля БМК используется понятие «эквивалентный вентиль». Один эквивалентный вентиль соответствует четырем КМОП-транзисторам, на которых можно реализовать логическую функцию 2И-НЕ или 2ИЛИ-НЕ. При этом необходимо различать фактический размер поля и количество эквивалентных вентилей, которые могут быть использованы при реализации конкретной микросхемы. Отношение использованных эквивалентных вентилей к размеру поля БМК называется коэффициентом заполнения.

Сложность реализуемых на БМК или БК микросхем определяется различными факторами: наличием многовыводных корпусов, возможностями охлаждения микросхем в аппаратуре, эффективностью средств проектирования и т.д. Реально не удастся использовать все 100% поля БМК. При заполнении поля кристалла менее чем на 70%, как правило, удастся спроектировать топологию автоматически средствами САПР без вмешательства разработчика. При большем заполнении топология разрабатывается в интерактивном режиме с участием разработчика. Увеличение плотности заполнения усложняет процесс проектирования, но в результате может быть использован меньший кристалл, производство которого будет дешевле. Поэтому обычно БМК разрабатывают сериями. Серию составляют несколько конструктивно подобных кристаллов с различным размером поля кристалла и количеством внешних выводов, имеющих общую библиотеку функциональных ячеек. Размер поля увеличивается примерно вдвое для каждого большего по размеру типа БМК в серии. Серии БМК также могут состоять из одного типоразмера кристалла, изготавливаемого в различных типах корпусов.

Конструкция БМК, как правило, строится на 4-транзисторных базовых ячейках. Подобные ячейки позволяют эффективно использовать ресурсы БМК и реализовывать любые схмотехнические решения. Однако встречаются БМК с разногабаритными ячейками или с регулярно повторяющимися транзисторными структурами.

По конструкции поля наибольшее распространение получили БМК, имеющие канальную организацию и БМК типа «море вентилей». При канальной организации поле БМК представляет собой последовательность столбцов или строк ячеек и каналов для трассировки (рис. 1.1а). При организации по типу «море вен-

тилей» поле БМК представляет собой сплошную регулярную структуру однотипных ячеек (рис. 1.1б).



а) канальная; б) «море вентиляй»

Рис. 1.1. Варианты конструкций БМК

1.4. Конструкция БК

Вместе с тем БМК имеет существенные ограничения. Это обусловлено применением в них однотипных транзисторов, предназначенных для построения схем цифровой обработки, но не позволяющих реализовывать сложные аналоговые и другие схемы, имеющие какие-либо особенности.

Указанный недостаток решается применением базовых кристаллов. В отличие от БМК современный БК имеет фиксированную периферийную область, как правило, совпадающую по конструкции с периферийной областью БМК, а в поле БК фиксируются только цепи организации системы питания микросхемы. Это позволяет создавать на поле БК как матрицы цифровых транзисторов, аналогичные БМК, так и другие схемы (рис. 1.2). Следует отметить, что фактически БМК является частным случаем БК, когда все его поле занято ячейками БМК.

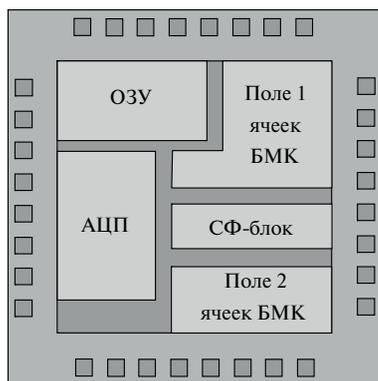


Рис. 1.2. Конструкция БК

С привязкой к конструкции БМК и БК создаются сложнофункциональные блоки (СФ-блоки), реализующие различные функции, такие как микропроцессорные ядра, микроконтроллеры, блоки памяти, интерфейсные блоки, блоки аналого-цифровой обработки и многие другие. Очень важно, что библиотека СФ-блоков может создаваться постепенно в процессе эксплуатации серии БМК и БК как дополнительный результат проектирования конкретных БИС.

1.5. Порядок разработки БМК и БК

Разработке полужаказных микросхем предшествует этап разработки и освоения в производстве базового матричного или базового кристалла, который выполняется в форме опытно-конструкторской работы (ОКР) в соответствии с ГОСТ РВ 15.215. При этом решается целый комплекс проектных, технологических, технических и производственных задач, выпускается комплект конструкторской и технологической документации, а результаты разработки подтверждаются квалификационными испытаниями. При разработке БМК/БК можно выделить следующие основные виды работ:

- определение области применения (народно-хозяйственное назначение или аппаратура специального и космического назначения) и разработка основных технических требований на БМК/БК (напряжение питания, требования по устойчивости к статическому электричеству, климатическим, механическим, специальным факторам, надежности и др.);
- разработка технического задания (ТЗ) на ОКР либо в соответствии с требованиями ГОСТ 18725 для микросхем народно-хозяйственного назначения, либо в соответствии с требованиями ОСТ В 11 0998 и ГОСТ РВ 15.201 для микросхем специального применения;
- выбор или разработка технологии изготовления, обеспечивающей удовлетворение требований ТЗ;
- разработка конструкции и топологии БМК/БК, включая разработку периферийной ячейки «ввода/вывода», топологии ячейки поля БМК / топологии набора ячеек поля БК, контактов «ЗЕМЛЯ», «ПИТАНИЕ»;
- выбор или разработка корпуса, в котором будет выполняться поставка микросхем;
- разработка библиотеки функциональных ячеек, которая включает в себя базовые ячейки и составные ячейки, реализованные на основе базовых;
- разработка и настройка на конструкцию и библиотеку БМК/БК средств проектирования БИС;
- разработка рабочей конструкторской и технологической документации, необходимой и достаточной для изготовления опытной партии микросхем;
- разработка в качестве типового представителя аттестационной БИС, включающей в свой состав все базовые ячейки, позволяющей подтвердить в результате квалификационных испытаний заданные в ТЗ параметры;
- подготовка производства БИС, включая разработку необходимой технологической оснастки для изготовления и проведения испытаний микросхем;
- изготовление опытной партии аттестационной БИС;
- проведение квалификационных испытаний опытной партии аттестационной БИС в целях подтверждения параметров, указанных в технической документации;

- утверждение после коррекции по результатам проведения квалификационных испытаний комплектов конструкторской и технологической документации;
- включение БМК/БК в перечень изделий, разрешенных к применению в аппаратуре специального назначения.

ОКР по разработке БМК или БК по срокам и стоимости может превышать ОКР на разработку заказной БИС. Однако указанные в технических условиях параметры, подтвержденные при проведении квалификационных испытаний, распространяются без проведения дополнительных испытаний на все БИС, в последующем разработанные на основе данного БМК или БК. Именно за счет этого удешевляется и ускоряется процесс проектирования и освоения БИС в производстве, т.к. все наиболее дорогостоящие и длительные процедуры проектирования, подготовки производства и испытаний уже выполнены при проведении ОКР по разработке БМК или БК.

Как правило, в рамках ОКР разрабатывается не один, а несколько типов БМК или БК, различающихся размером поля, количеством внешних выводов и типом корпуса. БМК или БК, составляющие одну серию, являются конструктивно-подобными изделиями, что позволяет распространять многие результаты квалификационных и периодических испытаний более сложных типов БМК или БК на младшие.

1.6. Порядок разработки полузаказных БИС на БМК и БК

Порядок разработки полузаказных микросхем регламентируется ГОСТ 27394 «Микросхемы интегральные полузаказные и заказные. Порядок разработки и деления работ между исполнителем и заказчиком». Для проектирования полузаказной БИС выбирается тип БМК или БК, имеющий достаточный для реализации схемы размер поля и количество внешних выводов, а также тип корпуса и параметры устойчивости к внешним факторам, соответствующие области применения БИС.

Укрупненно процесс проектирования микросхемы включает в себя следующие этапы:

- разработка технического задания на полузаказную БИС;
- разработка логической схемы БИС в базе библиотеки функциональных ячеек выбранной серии БМК или БК;
- разработка функциональных тестов для проверки логической схемы БИС на соответствие требованиям ТЗ;
- разработка контрольно-диагностических тестов для разбраковки БИС в процессе производства;
- размещение ячеек «ввода/вывода» и ячеек логической схемы БИС на поле БМК и СФ-блоков на поле БК;
- синтез топологии БИС;
- аттестация проекта БИС на устойчивость к разбросу параметров технологии изготовления БИС и влиянию ВВФ;
- прототипирование проекта микросхемы средствами имитатора и исследование функционирования имитатора БИС в аппаратуре заказчика;
- коррекция проекта микросхемы и изготовление макетных образцов БИС;
- исследование функционирования макетных образцов БИС в аппаратуре заказчика;

- коррекция по результатам исследований проекта микросхемы;
- разработка проекта карты заказа и программы контроля для организации измерений БИС в процессе производства;
- изготовление опытной партии БИС;
- испытание микросхем опытной партии БИС в аппаратуре заказчика с оформлением заключения о положительных результатах испытаний и готовности БИС к серийной поставке;
- утверждение карты заказа на БИС и внесение микросхемы в таблицу серийно поставляемых микросхем в технических условиях на БМК или БК.

Из представленного выше перечня работ видно, что процесс проектирования БИС нацелен на оперативное решение задач по разработке конкретной аппаратуры и минимизации рисков заказчика.

Базовые матричные и базовые кристаллы

| | |
|---|----------|
| Особенности применения базовых матричных и базовых кристаллов | 1 |
| 2 Серия базовых матричных кристаллов 5503 | 2 |
| Серия базовых матричных кристаллов 5507 | 3 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5521 | 4 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5529 | 5 |

Полузаказные микросхемы общего применения

| | |
|---|-----------|
| 5503XM1-289 – драйвер трансформаторной развязки | 6 |
| 5503XM1-653 – микросхема фазового детектора и генератора, управляемого напряжением | 7 |
| 5503XM1-617 – шесть операционных усилителей и стабилизатор напряжения | 8 |
| 5503БЦ7-638 – программируемый генератор импульсов с функцией измерения | 9 |
| 5529TP015-674 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной последовательностной логики | 10 |
| 5529TP015-675 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной комбинационной логики | 11 |
| 5529TP015-688 – восемь LVDS-передатчиков | 12 |
| 5529TP015-689 – четыре LVDS-передатчика и четыре LVDS-приемника | 13 |
| 5529TP015-695 – четыре приемопередатчика M-LVDS | 14 |
| 5529TP015-696 – коммутатор шин LVDS/LVDM | 15 |
| 5529TP015-697 – восемь LVDS-приемников | 16 |
| 5529TP015-698 – восемь LVDM-передатчиков | 17 |
| 5529TP015-699 – четыре LVDM-передатчика и четыре LVDS/LVDM-приемника | 18 |

Заказные микросхемы общего применения

| | |
|---|-----------|
| 1469TK015 – микросхема защиты от тиристорного эффекта | 19 |
| 1469TK025 и 1469TK035 – микросхемы защиты от тиристорного эффекта | 20 |

Раздел 2

Серия базовых матричных кристаллов 5503

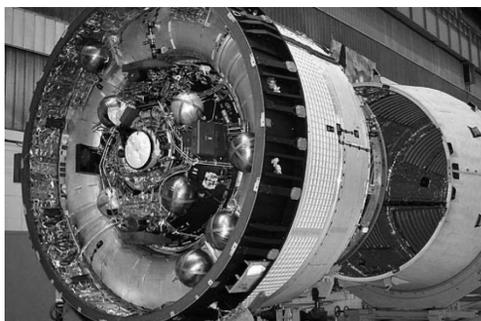
| | |
|--|-----|
| 2.1. Общие сведения о БМК серии 5503 | 2-2 |
| 2.2. Электрические параметры | 2-3 |
| 2.2.1. Номинальные значения электрических параметров | 2-3 |
| 2.2.2. Предельные режимы эксплуатации..... | 2-4 |
| 2.3. Стойкость к воздействию внешних факторов..... | 2-4 |
| 2.3.1. Механические факторы | 2-4 |
| 2.3.2. Климатические факторы | 2-5 |
| 2.3.3. Специальные факторы..... | 2-5 |
| 2.4. Корпусное исполнение | 2-5 |
| 2.5. Средства проектирования | 2-6 |
| 2.5.1. Методология БМК – ПЛИС – БМК | 2-7 |
| 2.5.2. Конструкция имитаторов БМК..... | 2-8 |
| 2.5.3. Библиотека функциональных ячеек..... | 2-8 |
| 2.6. Организация разработки микросхем серии 5503 | 2-9 |

2.1. Общие сведения о БМК серии 5503

Серия БМК 5503 широко применяется в аппаратуре космического назначения. На основе БМК данной серии разработано более 500 типов БИС, в том числе для таких космических аппаратов и кораблей, как: «Прогресс-М», «Союз-ТМА», «Меридиан», «Лабиринт», «Пион», «Аркон-2», «Электра», «Луч», «ГЛОНАСС-М», «ГЛОНАСС-К», «Кондор», «Экспресс», системы управления разгонным блоком «Бриз-М» и др. (рис. 2.1).



а)



б)



в)



г)

- а) серии космических аппаратов «Экспресс», «ГЛОНАСС» и др.;
- б) разгонный блок «Бриз-М» (более 50 пусков);
- в) космический корабль «Прогресс-М» (более 40 пусков);
- г) космический корабль «Союз-ТМА» (более 30 пусков).
- Рис. 2.1.** Примеры применения БИС на БМК серии 5503

Серия БМК 5503 изготавливается по КМОП-технологии с технологическими нормами 1,5 мкм, состоит из 4 типов БМК, изготавливаемых в различных типах корпусов. Напряжение питания – $5 \text{ В} \pm 10\%$, среднее время задержки на клапан – не более 2 нс.

БМК серии 5503 входят в «Перечень изделий, разрешенных к применению МОП 44 001.02». БМК 5503ХМ1, 5503ХМ2 и 5503ХМ5 соответствуют требованиям ОСТ В 11 0398, а БМК 5503БЦ7 – требованиям ОСТ В 11 0998. Состав и основные технические характеристики БМК серии 5503 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Состав и основные характеристики БМК серии 5503

| Тип БМК | Размер поля БМК, эквивалентных вентиляей | Количество информационных контактов | Рабочая частота, не более, МГц | Обозначение технических условий |
|-----------|--|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| H5503XM1 | 576 | 26 | 30 | АЕЯР.431260.159 ТУ |
| 5503XM1У | | | | |
| H5503XM2 | 1296 | 40 | 30 | АЕЯР.431260.165 ТУ |
| 5503XM2Т | | | | |
| H5503XM5 | 3072 | 62 | 30 | АЕЯР.431260.146 ТУ |
| 5503XM5Т | | | | |
| 5503БЦ7У | 5478 | 60 | 25 | АЕЯР.431260.272 ТУ |
| 5503БЦ7Т | | 64 | | |
| 5503БЦ7Т1 | | 80 | | |

Примечание: обозначенные курсивом типы БМК планируется освоить в производстве в 2017 году.

2.2. Электрические параметры

2.2.1. Номинальные значения электрических параметров

Номинальные значения электрических параметров микросхем, изготовленных на основе БМК серии 5503, представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Номинальные значения электрических параметров серии 5503

| Наименование параметра, единица измерения, режим измерения | Буквенное обозначение | Норма | | Температура, °С |
|--|-----------------------|----------|----------|---------------------------|
| | | не менее | не более | |
| Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 4,0$ мА | U_{OL} | – | 0,4 | +25±10 минус 60 +85 |
| Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 2,0$ мА | U_{OH} | 4,0 | | +25±10 минус 60 +85 |
| Статический ток потребления, мА | I_{CC} | | 0,15 | +25±10 |
| | | | 0,4 | минус 60 +85 |
| Токи утечки низкого и высокого уровней на входе, мкА | I_{LIL}, I_{LIH} | | 0,3 | +25±10 |
| | | | 3,0 | минус 60 +85 |
| Выходной ток низкого и высокого уровней в состоянии «Выключено», мкА | I_{OZL}, I_{OZH} | | 0,3 | +25±10 |
| | | | 3,0 | минус 60 +85 |
| Ток доопределения внешнего вывода до высокого уровня, мА | I_{HIR} | 0,03 | 1 | 25±10 минус 60 +85 |
| Ток доопределения внешнего вывода до низкого уровня, мА | I_{LIR} | 0,07 | 2 | 25±10 минус 60 +85 |
| Время задержки на вентиль, нс | t_D | | 2,0 | +25±10 |
| | | | 3,0 | минус 60 +85 |
| Входная емкость, пФ | C_I | | 7 | +25±10 |
| Емкость входа/выхода, пФ | $C_{I/O}$ | | 7 | +25±10 |

Устойчивость к воздействию электростатического потенциала – не менее 2000 В.

2.2.2. Предельные режимы эксплуатации

Предельно допустимые режимы эксплуатации – это внешние по отношению к микросхеме электрические параметры, в пределах значений которых допускается эксплуатация микросхемы. Превышение предельных режимов может привести к отказу микросхемы (таблица 2.3).

Таблица 2.3. Предельно допустимые и предельные режимы эксплуатации микросхем серии 5503

| Наименование параметра, обозначение параметра, единица измерения | Норма | | | |
|---|----------------------------|----------|------------------|----------------|
| | предельно допустимый режим | | предельный режим | |
| | не менее | не более | не менее | не более |
| Напряжение питания, U_{CC} , В | 4,5 | 5,5 | минус 0,2 | 7,0 |
| Напряжение, прикладываемое к выходу микросхемы в состоянии «Выключено», В | 0 | U_{CC} | минус 0,4 | $U_{CC} + 0,4$ |
| Входное напряжение низкого уровня, U_{IL} , В | – | 0,8 | минус 0,4 | – |
| Входное напряжение высокого уровня, U_{IH} , В | $U_{CC} - 1,0$ | U_{CC} | | $U_{CC} + 0,4$ |
| Выходной ток низкого уровня, I_{OL} , мА | | 4,0 | | 8,0 |
| Выходной ток высокого уровня, I_{OH} , мА | | 2,0 | | 8,0 |

2.3. Стойкость к воздействию внешних факторов

2.3.1. Механические факторы

В таблице 2.4 приведены характеристики стойкости микросхем серии 5503 к внешним механическим воздействиям.

Таблица 2.4. Стойкость к внешним механическим воздействиям

| Воздействие | Характеристики | Значение | | Един. изм. |
|--|--|----------|-----------------|-------------------------|
| | | мин. | макс. | |
| Синусоидальные вибрации | Диапазон частот | 1 | 5000 | Гц |
| | Амплитуда ускорения | – | 400 (40) | м/с ² (g) |
| Удары одиночного действия в любом направлении | Амплитуда пикового ударного ускорения | – | 15000 (1500) | м/с ² (g) |
| | Длительность действия ударного ускорения | 0,1 | 2,0 | мс |
| Удары многократного действия в любом направлении | Амплитуда пикового ударного ускорения | – | 1500 (150) | м/с ² (g) |
| | Длительность действия ударного ускорения | 1 | 5 | мс |
| Линейное ускорение | Амплитуда ускорения | | 5000 (500) | м/с ² (g) |
| Акустический шум | Диапазон частот | 50 | 10000 | Гц |
| | Уровень звукового давления | | 170 | дБ |

2.3.2. Климатические факторы

В таблице 2.5 приведены характеристики стойкости микросхем серии 5503 к внешним климатическим воздействиям.

Таблица 2.5. Стойкость к внешним климатическим воздействиям

| <i>Воздействие</i> | <i>Значение</i> | | <i>Един. изм.</i> |
|---|-----------------|--------------|-------------------|
| | <i>мин.</i> | <i>макс.</i> | |
| Повышенное рабочее давление | | 3 | атм |
| Повышенная рабочая температура среды | | +85 | °С |
| Повышенная предельная температура среды | | +125 | °С |
| Пониженная рабочая температура среды | -60 | | °С |
| Пониженная предельная температура среды | -60 | | °С |
| Изменение температуры среды в пределах | -60 | +125 | °С |
| Повышенная относительная влажность при температуре +35 °С | | 98 | % |

2.3.3. Специальные факторы

Стойкость БМК 5503ХМ1, 5503ХМ2 и 5503ХМ5 к воздействию специальных факторов с характеристиками И1, С1, С2 по 2У; И2 по 2У с коэффициентом 5; И3 по 2У; С3 по 1У, К1 по 1У с коэффициентом 2; К3 по 1У с коэффициентом 0,5; И8-И11 по 1У в соответствии с ГОСТ В 20 39.404, И4, И5 К*9В, где К = 0,075. Максимальный уровень характеристики И2, при котором отсутствует потеря работоспособности, – 0,02·1У.

Стойкость БМК 5503БЦ7 к воздействию специальных факторов с характеристиками 7.И1-4Ус, 7.И6-5Ус, 7.И7-60·1Ус, 7.С1-10·5Ус, 7.С4-0,6·1Ус, 7.К1-5·1К, 7.К4-0,3·1К.

2.4. Корпусное исполнение

При изготовлении БИС на БМК серии 5503 применяются металлокерамические планарные корпуса, имеющие широкий температурный диапазон и обеспечивающие высокую плотность монтажа аппаратуры.

Таблица 2.6. Основные характеристики корпусов, применяемых при изготовлении БИС на БМК серии 5503

| <i>Тип БМК</i> | <i>Обозначение корпуса</i> | <i>Выводы</i> | | <i>Габаритные размеры без учета выводов, мм</i> | | |
|----------------|----------------------------|--------------------|---------------|---|---------------|---------------|
| | | <i>кол-во, шт.</i> | <i>ша, мм</i> | <i>длина</i> | <i>ширина</i> | <i>высота</i> |
| H5503ХМ1 | H09.28-1В | 28 | 1,0 | 9,4 | 9,4 | 2,9 |
| 5503ХМ1У | MK 5123.28-1.01 | 28 | 0,7 | 6,5 | 6,5 | 1,9 |
| H5503ХМ2 | H14.42-1В | 42 | 1,0 | 12,0 | 12,0 | 2,9 |
| 5503ХМ2Т | MK 4217.44-1 | 44 | 0,5 | 10,0 | 10,0 | 3,0 |
| H5503ХМ5 | H18.64-1В | 64 | 1,0 | 18,3 | 18,3 | 2,9 |
| 5503ХМ5Т | MK 4239.68-2 | 68 | 0,5 | 14,0 | 14,0 | 2,6 |
| 5503БЦ7У | H18.64-1В | 64 | 1,0 | 18,3 | 18,3 | 2,9 |
| 5503БЦ7Т | MK 4239.68-2 | 68 | 0,5 | 14,0 | 14,0 | 2,6 |
| 5503БЦ7Т1 | MK 4247.100-3 | 100 | 0,5 | 18,0 | 18,0 | 2,6 |

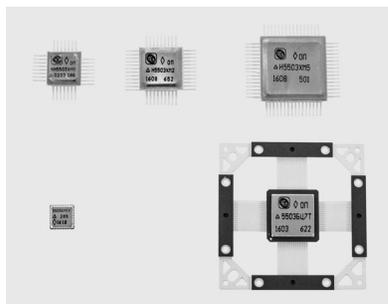


Рис. 2.2. Внешний вид БИС на БМК серии 5503

2.5. Средства проектирования

Разработка полужаказных КМОП БИС на основе базовых матричных кристаллов серии 5503 выполняется средствами САПР БИС «Ковчег 3.0».

САПР «Ковчег 3.0» имеет единую программную среду разработки, функционирующую в среде Windows. В состав САПР входят все основные подсистемы, необходимые для разработки и подготовки к производству полужаказной БИС, а именно:

- графический редактор схем;
- редактор описания схем в формате Verilog netlist;
- подсистема функционально-логического моделирования;
- подсистема размещения ячеек на поле БМК;
- подсистема синтеза топологии;
- специализированный топологический редактор;
- подсистема верификации топологии;
- подсистема расчета задержек в топологии;
- подсистема аттестации проекта БИС;
- средства обеспечения оперативного прототипирования БИС на имитаторах.

Структурная схема САПР БИС «Ковчег 3.0» приведена на рис. 2.3.

Ввод схемы осуществляется средствами графического редактора схем, также может быть использовано текстовое структурное описание схемы. Подсистема функционально-логического моделирования обеспечивает анализ состояния схемы в статическом или динамическом режимах, сохранение эталонных диаграмм работы схемы и автоматическое сравнение текущих диаграмм с эталонными с учетом задержек распространения сигналов в топологии. Совмещенная подсистема ручного и автоматического размещения ячеек на поле БМК обеспечивает возможность использовать при разработке БИС до 90% ячеек поля БМК. Синтез топологии выполняется с учетом списков цепей приоритетной разводки и скоростных цепей. При необходимости топология может быть скорректирована средствами топологического редактора. Подсистема верификации, с одной стороны, проверяет выполнение требований правил проектирования топологии БИС, с другой — осуществляет проверку соответствия полученной топологии БИС ее логической схеме. Подсистема расчета задержек обеспечивает расчет задержек распространения сигналов в топологии для оценки влияния топологии на работоспособность БИС. Подсистема аттестации позволяет оценить устойчивость проекта микросхе-



Рис. 2.3. Структурная схема САПР БИС «Ковчег 3.0»

мы к воздействию внешних факторов, провести анализ влияния топологических параметров на правильность ее функционирования. САПР обладает средствами подготовки разрабатываемого проекта БИС для макетирования в аппаратуре заказчика с применением имитаторов БИС, подготовки информации для изготовления фотошаблонов и разбраковки БИС на контрольно-измерительном оборудовании.

Полное подробное описание САПР БИС «Ковчег 3.0» приведено во второй книге серии практических пособий «Проектирование полузаказных БИС на БМК серий 5503 и 5507».

2.5.1. Методология БМК – ПЛИС – БМК

При разработке полузаказных микросхем на основе БМК серии 5503 применяется методология БМК – ПЛИС – БМК, которая основывается на использовании имитаторов БМК при макетировании в аппаратуре заказчика. Имитатор БМК представляет собой устройство на основе ПЛИС, позволяющее создать функционально эквивалентный прототип разрабатываемой микросхемы. При этом проект микросхемы может развиваться и эволюционировать в процессе разработки аппаратуры заказчика, в которой данная микросхема планируется к применению, без ее изготовления.

Весь процесс разработки полузаказной микросхемы выполняется в базе БМК в САПР «Ковчег», а на этапе прототипирования проект БИС автоматически конвертируется из САПР «Ковчег» в САПР ПЛИС для отработки на имитаторе. Отладка проекта микросхемы с применением имитатора БМК выполняется на всех стадиях разработки аппаратуры, вплоть до изготовления и испытания опытных образцов. Благодаря этому завершающие операции по разработке БИС:

синтез топологии, аттестация проекта и подготовка информации для производства – выполняются уже для проекта микросхемы, требуемое функционирование которого проверено и подтверждено заказчиком.

Таким образом, методология БМК – ПЛИС – БМК позволяет в короткие сроки выполнить разработку и отладку макетного образца изделия с одновременной обработкой аппаратуры заказчика и проектов БИС. При переходе к опытному образцу изделия требуется однократное изготовление полузаказных БИС, что обеспечивает быструю и гарантированную реализацию изделия на отечественной ЭКБ.

2.5.2. Конструкция имитаторов БМК

Конструкция имитаторов представляет собой микромодуль, в нижней части которого располагается ПЛИС, а в верхней части расположено ПЗУ и реализована схема загрузки ПЛИС. На нижней стороне печатной платы имитатора расположены внешние выводы. Размер печатной платы соответствует размеру корпуса, в котором выпускаются БМК, расположение внешних выводов имитатора также соответствует расположению внешних выводов БМК (рис. 2.4). Тип ПЛИС соответствует объему поля и количеству внешних выводов БМК. ПЗУ обеспечивает возможность загрузки в ПЛИС логической модели прототипируемой БИС.

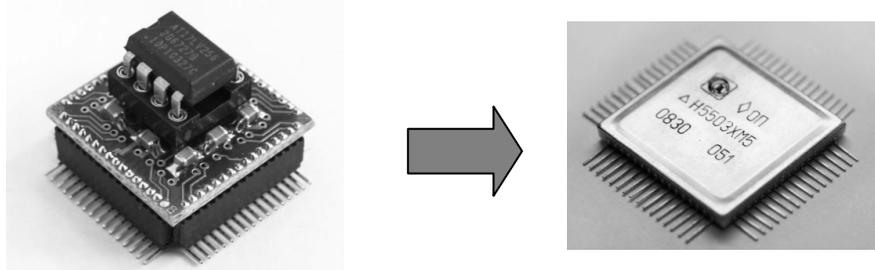


Рис. 2.4. Имитатор и микросхема на основе БМК H5503XM5

2.5.3. Библиотека функциональных ячеек

Разработка микросхем серии БМК 5503 выполняется в базе унифицированной библиотеки функциональных ячеек, организационно состоящей из четырех библиотек:

1) библиотеки базовых ячеек 5503, включающей в себя все основные группы логических элементов, а также периферийные элементы, обеспечивающие функции «входа», «выхода» и «входа/выхода» цифровых и аналоговых сигналов. Библиотека содержит 287 ячеек;

2) библиотеки цифроаналоговых ячеек 5503+, позволяющих реализовать аналого-цифровую обработку сигналов. Библиотека включает в себя 28 ячеек;

3) библиотеки специальных ячеек 5503++, разработанных для реализации по требованию заказчиков различных нестандартных специфических функций. Данная библиотека сторонним заказчикам не предоставляется;

4) библиотеки специальных ячеек 5503СС для реализации самосинхронизирующихся (для краткости – самосинхронных) устройств. Самосинхронные схемы характеризуются рядом параметров, выгодно отличающих их от синхронных схем, в том числе устойчивостью функционирования к разбросу и отклонениям параметров элементной базы из-за старения элементов, изменения температуры,

напряжения источника питания и других внешних воздействующих факторов. Библиотека включает в себя 269 ячеек.

Полное подробное описание библиотек функциональных ячеек 5503 и 5503+ приведено в третьей книге, а описание библиотеки 5503СС – в четвертой книге серии практических пособий «Проектирование полузаказных БИС на БМК серий 5503 и 5507».

2.6. Организация разработки микросхем серии 5503

На рис. 2.5 представлен типовой маршрут взаимодействия с заказчиком при разработке полузаказной БИС.



Рис. 2.5. Типовой маршрут взаимодействия с заказчиком при разработке полузаказной БИС

Подробно методология проектирования полузаказных БИС на БМК и разработки аппаратуры на их основе, обзор нормативно-технической документации, регламентирующей требования к микросхемам, пример проектирования микросхемы на БМК серии 5503 средствами САПР «Ковчег» описаны в первой книге серии практических пособий «Проектирование полузаказных БИС на БМК серий 5503 и 5507».

Базовые матричные и базовые кристаллы

| | |
|--|----------|
| Особенности применения базовых матричных и базовых кристаллов | 1 |
| Серия базовых матричных кристаллов 5503 | 2 |
| Серия базовых матричных кристаллов 5507 | 3 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5521 | 4 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5529 | 5 |

Полузаказные микросхемы общего применения

| | |
|--|-----------|
| 5503XM1-289 – драйвер трансформаторной развязки | 6 |
| 5503XM1-653 – микросхема фазового детектора и генератора, управляемого напряжением | 7 |
| 5503XM1-617 – шесть операционных усилителей и стабилизатор напряжения | 8 |
| 5503БЦ7-638 – программируемый генератор импульсов с функцией измерения | 9 |
| 5529TP015-674 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной последовательностной логики | 10 |
| 5529TP015-675 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной комбинационной логики | 11 |
| 5529TP015-688 – восемь LVDS-передатчиков | 12 |
| 5529TP015-689 – четыре LVDS-передатчика и четыре LVDS-приемника | 13 |
| 5529TP015-695 – четыре приемопередатчика M-LVDS | 14 |
| 5529TP015-696 – коммутатор шин LVDS/LVDM | 15 |
| 5529TP015-697 – восемь LVDS-приемников | 16 |
| 5529TP015-698 – восемь LVDM-передатчиков | 17 |
| 5529TP015-699 – четыре LVDM-передатчика и четыре LVDS/LVDM-приемника | 18 |

Заказные микросхемы общего применения

| | |
|--|-----------|
| 1469TK015 – микросхема защиты от тиристорного эффекта | 19 |
| 1469TK025 и 1469TK035 – микросхемы защиты от тиристорного эффекта | 20 |

Раздел 3

Серия базовых матричных кристаллов 5507

| | |
|--|-----|
| 3.1. Основные характеристики | 3-2 |
| 3.2. Электрические параметры | 3-2 |
| 3.2.1. Номинальные значения электрических параметров | 3-2 |
| 3.2.2. Предельные режимы эксплуатации..... | 3-3 |
| 3.3. Стойкость к воздействию внешних факторов..... | 3-3 |
| 3.3.1. Механические факторы | 3-3 |
| 3.3.2. Климатические факторы | 3-4 |
| 3.4. Корпусное исполнение | 3-4 |
| 3.5. Средства проектирования | 3-5 |
| 3.6. Организация разработки микросхем серии 5507 | 3-5 |

3.1. Основные характеристики

Серия БМК 5507 конструктивно подобна серии 5503, изготавливается по КМОП-технологии с технологическими нормами 1,5 мкм, состоит из 4 типов БМК, изготавливаемых в различных типах корпусов. Напряжение питания $-3 \text{ В} \pm 10\%$, среднее время задержки на клапан — не более 3,0 нс.

БМК серии 5507 соответствуют требованиям ОСТ В 11 0998 и входят в «Перечень изделий, разрешенных к применению МОП 44 001.02». Основные технические характеристики БМК серии 5507 приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Основные характеристики БМК серии 5507

| Тип БМК | Размер поля БМК, эквивалентных клапанов | Количество информационных контактов | Рабочая частота, не более, МГц | Обозначение технических условий |
|-----------|---|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 5507БЦ1У | 576 | 26 | 30 | АЕЯР.431260.227 ТУ |
| 5507БЦ1У1 | | | | |
| 5507БЦ2У | 1296 | 40 | 30 | АЕЯР.431260.228 ТУ |
| 5507БЦ2Т | | | | |
| 5507БЦ5У | 3072 | 62 | 30 | АЕЯР.431260.230 ТУ |
| 5507БЦ5Т | | | | |
| 5507БЦ7У | 5478 | 60 | 25 | АЕЯР.431260.231 ТУ |
| 5507БЦ7Т | | 64 | | |
| 5507БЦ7Т1 | | 80 | | |

Примечание: обозначенные курсивом типы БМК планируется освоить в производстве в 2017 году.

3.2. Электрические параметры

3.2.1. Номинальные значения электрических параметров

Номинальные значения электрических параметров микросхем, изготовленных на основе БМК серии 5507, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Номинальные значения электрических параметров серии 5503

| Наименование параметра, единица измерения, режим измерения | Буквенное обозначение | Норма | | Температура, °С |
|--|--------------------------|----------|----------|---------------------------|
| | | не менее | не более | |
| Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 3,0 \text{ мА}$ | U_{OL} | — | 0,3 | +25±10 минус 60 +85 |
| Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 1,5 \text{ мА}$ | U_{OH} | 2,4 | | +25±10 минус 60 +85 |
| Статический ток потребления, мА | I_{CC} | | 0,15 | +25±10 |
| | | | 0,4 | минус 60 +85 |
| | | | 0,3 | +25±10 |
| Токи утечки низкого и высокого уровней на входе, мкА | I_{LIL} , I_{LIH} | | 3,0 | минус 60 +85 |
| | | | 0,3 | +25±10 |
| Выходной ток низкого и высокого уровней в состоянии «Выключено», мкА | I_{OZL} , I_{OZH} | | 3,0 | минус 60 +85 |
| | | | 0,3 | +25±10 |
| Ток доопределения внешнего вывода до высокого уровня, мА | I_{HIR} | 0,03 | 1 | 25±10 минус 60 +85 |

Устойчивость к воздействию электростатического потенциала — не менее 1000 В.

Окончание таблицы 3.2

| Наименование параметра, единица измерения, режим измерения | Буквенное обозначение | Норма | | Температура, °С |
|--|-----------------------|----------|----------|--------------------------|
| | | не менее | не более | |
| Ток доопределения внешнего вывода до низкого уровня, мА | I_{LIR} | 0,07 | 2 | 25±10 минус 60 +85 |
| Время задержки на клапан, нс | t_D | | 3,0 | +25±10 |
| | | | 5,0 | минус 60 +85 |
| Входная емкость, пФ | C_I | | 7 | +25±10 |
| Емкость входа/выхода, пФ | $C_{I/O}$ | | 7 | +25±10 |

3.2.2. Предельные режимы эксплуатации

Предельно допустимые режимы эксплуатации – это внешние по отношению к микросхеме электрические параметры, в пределах значений которых допускается эксплуатация микросхемы. Превышение предельных режимов может привести к отказу микросхемы (таблица 3.3).

Таблица 3.3. Предельно допустимые и предельные режимы эксплуатации микросхем серии 5507

| Наименование параметра, обозначение параметра, единица измерения | Норма | | | |
|---|----------------------------|----------|------------------|----------------|
| | предельно допустимый режим | | предельный режим | |
| | не менее | не более | не менее | не более |
| Напряжение питания, U_{CC} , В | 2,7 | 3,3 | минус 0,2 | 5,0 |
| Напряжение, прикладываемое к выходу микросхемы в состоянии «Выключено», В | 0 | U_{CC} | минус 0,4 | $U_{CC} + 0,4$ |
| Входное напряжение низкого уровня, U_{IL} , В | – | 0,4 | минус 0,4 | – |
| Входное напряжение высокого уровня, U_{IH} , В | $U_{CC} - 0,4$ | U_{CC} | | $U_{CC} + 0,4$ |
| Выходной ток низкого уровня, I_{OL} , мА | | 3,0 | | 6,0 |
| Выходной ток высокого уровня, I_{OH} , мА | | 1,5 | | 3,0 |

3.3. Стойкость к воздействию внешних факторов

3.3.1. Механические факторы

В таблице 3.4 приведены характеристики стойкости микросхем серии 5507 к внешним механическим воздействиям.

Таблица 3.4. Стойкость к внешним механическим воздействиям

| Воздействие | Характеристики | Значение | | Един. изм. |
|---|--|----------|-----------------|-------------------------|
| | | мин. | макс. | |
| Синусоидальные вибрации | Диапазон частот | 1 | 5000 | Гц |
| | Амплитуда ускорения | – | 400 (40) | м/с ² (g) |
| Удары одиночного действия в любом направлении | Амплитуда пикового ударного ускорения | – | 15000 (1500) | м/с ² (g) |
| | Длительность действия ударного ускорения | 0,1 | 2,0 | мс |

Окончание таблицы 3.4

| Воздействие | Характеристики | Значение | | Един. изм. |
|--|--|----------|---------------|-------------------------|
| | | мин. | макс. | |
| Удары многократного действия в любом направлении | Амплитуда пикового ударного ускорения | — | 1500 (150) | м/с ² (г) |
| | Длительность действия ударного ускорения | 1 | 5 | мс |
| Линейное ускорение | Амплитуда ускорения | | 5000 (500) | м/с ² (г) |
| Акустический шум | Диапазон частот | 50 | 10000 | Гц |
| | Уровень звукового давления | | 170 | дБ |

3.3.2. Климатические факторы

В таблице 3.5 приведены характеристики стойкости микросхем серии 5507 к внешним климатическим воздействиям.

Таблица 3.5. Стойкость к внешним климатическим воздействиям

| Воздействие | Значение | | Един. изм. |
|---|----------|-------|------------|
| | мин. | макс. | |
| Повышенное рабочее давление | | 3 | атм |
| Повышенная рабочая температура среды | | +85 | °С |
| Повышенная предельная температура среды | | +125 | °С |
| Пониженная рабочая температура среды | –60 | | °С |
| Пониженная предельная температура среды | –60 | | °С |
| Изменение температуры среды в пределах | –60 | +125 | °С |
| Повышенная относительная влажность при температуре +35 °С | | 98 | % |

3.4. Корпусное исполнение

При изготовлении БИС на БМК серии 5507 применяются металлокерамические планарные корпуса, имеющие широкий температурный диапазон и обеспечивающие высокую плотность монтажа аппаратуры.

Таблица 3.6. Основные характеристики корпусов, применяемых при изготовлении БИС на БМК серии 5507

| Тип БМК | Обозначение корпуса | Выводы | | Габаритные размеры без учета выводов, мм | | |
|-----------|---------------------|-------------|---------|--|--------|--------|
| | | кол-во, шт. | шаг, мм | длина | ширина | высота |
| 5507БЦ1У | H09.28-1В | 28 | 1,0 | 9,4 | 9,4 | 2,9 |
| 5507БЦ1У1 | МК 5123.28-1.01 | 28 | 0,7 | 6,5 | 6,5 | 1,9 |
| 5507БЦ2У | H14.42-1В | 42 | 1,0 | 12,0 | 12,0 | 2,9 |
| 5507БЦ2Т | МК 4217.44-1 | 44 | 0,5 | 10,0 | 10,0 | 3,0 |
| 5507БЦ5У | H18.64-1В | 64 | 1,0 | 18,3 | 18,3 | 2,9 |
| 5507БЦ5Т | МК 4239.68-2 | 68 | 0,5 | 14,0 | 14,0 | 2,6 |
| 5507БЦ7У | H18.64-1В | 64 | 1,0 | 18,3 | 18,3 | 2,9 |
| 5507БЦ7Т | МК 4239.68-2 | 68 | 0,5 | 14,0 | 14,0 | 2,6 |
| 5507БЦ7Т1 | МК 4247.100-3 | 100 | 0,5 | 18,0 | 18,0 | 2,6 |

Внешний вид корпусов микросхем серии 5507 представлен на рис. 2.2 раздела 2.

3.5. Средства проектирования

Разработка полузаказных КМОП БИС на основе базовых матричных кристаллов серии 5507, как и серии 5503, выполняется средствами САПР БИС «Ковчег 3.0» (см. главу 5 раздела 2).

Полное подробное описание САПР БИС «Ковчег 3.0» приведено во второй книге серии практических пособий «Проектирование полузаказных БИС на БМК серий 5503 и 5507».

При проектировании микросхем серии 5507 также используется методология БМК – ПЛИС – БМК. Конструкция имитаторов серии 5507 представляет собой микромодуль из двух печатных плат, на нижней плате которого располагается ПЛИС, а на верхней расположено ПЗУ и реализована схема загрузки ПЛИС. На нижней печатной плате имитатора расположены внешние выводы. Размер печатной платы соответствует размеру корпуса, в котором выпускаются БМК, расположение внешних выводов имитатора также соответствует расположению внешних выводов БМК (рис. 3.1). Тип ПЛИС соответствует объему поля и количеству внешних выводов БМК. ПЗУ обеспечивает возможность загрузки в ПЛИС логической модели прототипируемой БИС.

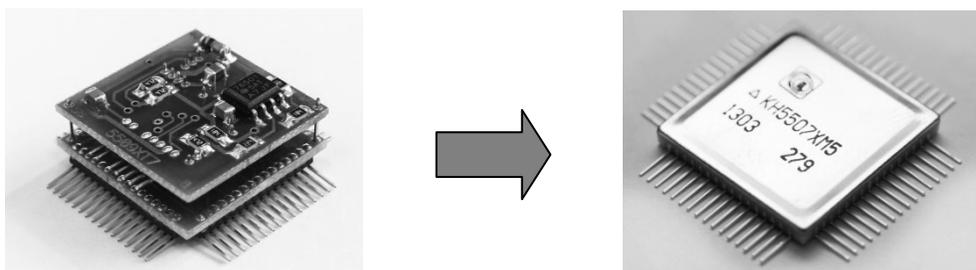


Рис. 3.1. Имитатор и микросхема на основе БМК 5507БЦ5У

Благодаря конструктивному подобию серий БМК 5503 и 5507 при проектировании БИС на БМК серии 5507 применяются библиотеки функциональных ячеек серии 5503: 5503, 5503+, 5503++, 5503СС. Благодаря этому достигается полная схемотехническая и топологическая совместимость проектов БИС серий 5503 и 5507.

Полное подробное описание библиотек функциональных ячеек 5503 и 5503+ приведено в третьей книге, а описание библиотеки 5503СС – в четвертой книге серии практических пособий «Проектирование полузаказных БИС на БМК серий 5503 и 5507».

3.6. Организация разработки микросхем серии 5507

Типовой маршрут взаимодействия с заказчиком при разработке полузаказных БИС серий 5503 и 5507 аналогичен и представлен на рис. 2.5 раздела 2.

Подробно методология проектирования полузаказных БИС на БМК 5507 и разработки аппаратуры на их основе, обзор нормативно-технической документации, регламентирующей требования к микросхемам, пример проектирования микросхемы средствами САПР «Ковчег» описаны в первой книге серии практических пособий «Проектирование полузаказных БИС на БМК серий 5503 и 5507».

Базовые матричные и базовые кристаллы

| | |
|---|---|
| Особенности применения базовых матричных и базовых кристаллов | 1 |
| Серия базовых матричных кристаллов 5503 | 2 |
| Серия базовых матричных кристаллов 5507 | 3 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5521 | 4 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5529 | 5 |

Полузаказные микросхемы общего применения

| | |
|---|----|
| 5503XM1-289 – драйвер трансформаторной развязки | 6 |
| 5503XM1-653 – микросхема фазового детектора и генератора, управляемого напряжением | 7 |
| 5503XM1-617 – шесть операционных усилителей и стабилизатор напряжения | 8 |
| 5503БЦ7-638 – программируемый генератор импульсов с функцией измерения | 9 |
| 5529TP015-674 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной последовательностной логики | 10 |
| 5529TP015-675 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной комбинационной логики | 11 |
| 5529TP015-688 – восемь LVDS-передатчиков | 12 |
| 5529TP015-689 – четыре LVDS-передатчика и четыре LVDS-приемника | 13 |
| 5529TP015-695 – четыре приемопередатчика M-LVDS | 14 |
| 5529TP015-696 – коммутатор шин LVDS/LVDM | 15 |
| 5529TP015-697 – восемь LVDS-приемников | 16 |
| 5529TP015-698 – восемь LVDM-передатчиков | 17 |
| 5529TP015-699 – четыре LVDM-передатчика и четыре LVDS/LVDM-приемника | 18 |

Заказные микросхемы общего применения

| | |
|---|----|
| 1469TK015 – микросхема защиты от тиристорного эффекта | 19 |
| 1469TK025 и 1469TK035 – микросхемы защиты от тиристорного эффекта | 20 |

Раздел 4

Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5521

| | |
|--|-----|
| 4.1. Основные характеристики | 4-2 |
| 4.2. Электрические параметры | 4-2 |
| 4.2.1. Номинальные значения электрических параметров | 4-2 |
| 4.2.2. Предельные режимы эксплуатации..... | 4-3 |
| 4.3. Стойкость к воздействию внешних факторов..... | 4-4 |
| 4.3.1. Механические факторы | 4-4 |
| 4.3.2. Климатические факторы | 4-4 |
| 4.4. Корпусное исполнение | 4-5 |
| 4.5. Средства проектирования | 4-5 |

4.1. Основные характеристики

Серии БМК и БК 5521 изготавливаются по КМОП-технологии с технологическими нормами 0,18 мкм на объемном кремнии, имеют категорию качества «ОТК» и предназначены для изготовления макетных и экспериментальных образцов микросхем серии 5529. Напряжение питания – $3 \text{ В} \pm 10\%$ или $3,3 \pm 10\%$, расчетное время задержки на вентиль – 110 пс, такая частота D-триггера в счетном режиме – 350 МГц.

БМК и БК серии 5521 разработаны по требованиям ОСТ В 11 0998. Микросхемы серии 5521 производятся в НПК «Технологический центр» с изготовлением кристаллов микросхем на производстве ОАО «НИИМЭ и Микрон». В 2017 году планируется освоить производство серии 5521 с категорией качества «ВП».

Состав и основные технические характеристики БМК и БК серии 5521 приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Состав и основные характеристики серии 5521

| Условное обозначение БМК | Условное обозначение БК | Тип корпуса | Количество внешних/информ. выводов | Размер поля, усл. вентилей |
|--------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------|
| | 5521TP01 | МК 5123.28-1.01 | 28/26 | 39 000 |
| | 5521TP02 | МК 4217.44-1 | 44/40 | 73 000 |
| 5521TH03 | 5521TP03 | МК 4217.44-1 | 44/40 | 200 000 |
| | | МК 4239.68-2 | 68/64 | |
| | 5521TP04 | МК 4239.68-2 | 68/64 | 400 000 |
| | | МК 4247.100-3 | 100/88 | |
| 5521TH05 | 5521TP05 | МК 4247.100-3 | 100/88 | 800 000 |
| | | МК 4248.144-2 | 144/120 | |
| 5521TH06 | 5521TP06 | МК 4248.144-2 | 144/120 | 985 000 |
| | | МК 4249.176-1 | 176/152 | |
| | 5521TP07 | МК 4249.176-1 | 176/152 | 1 315 000 |
| | | МК 4250.208-1 | 208/184 | |
| 5521TH08 | 5521TP08 | МК 4250.208-1 | 208/184 | 1 810 000 |
| | | МК 4245.240-7 | 240/208 | |
| | 5521TP09 | МК 4245.240-7 | 240/208 | 2 765 000 |
| | | МК 4244.256-4 | 256/224 | |
| | | МК 4251.304-1 | 304/272 | |
| | 5521TP10 | МК 4251.304-1 | 304/272 | 4 240 000 |
| | | МК 4254.352-1 | 352/288 | |

4.2. Электрические параметры

4.2.1. Номинальные значения электрических параметров

Номинальные значения электрических параметров микросхем, изготовленных на основе БМК и БК серии 5521, представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Номинальные значения электрических параметров серии 5521

| Наименование параметра, единица измерения, режим измерения | Буквенное обозначение | Норма | | Температура, °С |
|--|-----------------------|----------|----------|---------------------------|
| | | не менее | не более | |
| Выходное напряжение низкого уровня, В при $U_{CC} = 2,7 \text{ В}$, $I_{OL} = 1,0 \div 12,0 \text{ мА}$ | U_{OL} | – | 0,3 | +25±10 минус 60 +85 |

Окончание таблицы 4.2

| Наименование параметра, единица измерения, режим измерения | Буквенное обозначение | Норма | | Температура, °С |
|---|--------------------------|----------------|--------------------|---------------------------|
| | | не менее | не более | |
| Выходное напряжение высокого уровня, В при $U_{CC} = 2,7 \text{ В}$, $I_{OH} = 1,0 \div 12,0 \text{ мА}$ | U_{OH} | $U_{CC} - 0,3$ | - | +25±10 минус 60 +85 |
| Ток потребления статический, мА при $U_{CC} = 3,63 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0 \text{ В}$ | I_{CC} | | 5,0 ¹⁾ | +25±10 |
| | | | 12,0 ¹⁾ | минус 60 +85 |
| Токи утечки низкого и высокого уровней на входе, мкА при $U_{CC} = 3,63 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0$ | I_{LIL} , I_{LIH} | -1,0 | 1,0 | +25±10 |
| | | -3,0 | 3,0 | минус 60 +85 |
| Выходной ток низкого и высокого уровней в состоянии «Выключено», мкА при $U_{CC} = 3,63 \text{ В}$, $U_{OZH}(U_{I/OZH}) = U_{CC}$, $U_{OZL}(U_{I/OZL}) = 0 \text{ В}$ | I_{OZL} , I_{OZH} | -1,0 | 1,0 | +25±10 |
| | | -3,0 | 3,0 | минус 60 +85 |
| Ток доопределения внешнего вывода до высокого уровня, мА при $U_{CC} = 3,63 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0 \text{ В}$ | I_{HIR} | 0,02 | 1,0 | 25±10 минус 60 +85 |
| Ток доопределения внешнего вывода до низкого уровня, мА при $U_{CC} = 3,63 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0 \text{ В}$ | I_{LIR} | 0,02 | 1,0 | 25±10 минус 60 +85 |
| Время задержки на вентиль ²⁾ , пс при $U_{CC} = 3,63 \text{ В}$ | t_D | | 100 ³⁾ | +25±10 |
| | | | 150 ³⁾ | минус 60 +85 |
| Входная емкость, пФ | C_I | | 7 ³⁾ | +25±10 |
| Выходная емкость, пФ | C_O | | 7 ³⁾ | +25±10 |
| Емкость входа/выхода, пФ | $C_{I/O}$ | | 7 ³⁾ | +25±10 |

¹⁾ Значения могут быть уточнены в карте заказа конкретной БИС.

²⁾ В карте заказа могут устанавливаться другие динамические параметры с указанием метода контроля.

³⁾ Значения получены расчетным методом.

Устойчивость к воздействию электростатического потенциала – не менее 2000 В.

4.2.2. Предельные режимы эксплуатации

Предельно допустимые режимы эксплуатации – это внешние по отношению к микросхеме электрические параметры, в пределах значений которых допускается эксплуатация микросхемы. Превышение предельных режимов может привести к отказу микросхемы (таблица 4.3).

Таблица 4.3. Предельно допустимые и предельные режимы эксплуатации микросхем серии 5521

| Наименование параметра, обозначение параметра, единица измерения | Норма | | | |
|---|----------------------------|----------|------------------|----------------|
| | предельно допустимый режим | | предельный режим | |
| | не менее | не более | не менее | не более |
| Напряжение питания, U_{CC} , В | 2,7 | 3,63 | минус 0,4 | 4,0 |
| Напряжение, прикладываемое к выходу микросхемы в состоянии «Выключено», В | 0 | U_{CC} | минус 0,4 | $U_{CC} + 0,4$ |

Окончание таблицы 4.3

| Наименование параметра, обозначение параметра, единица измерения | Норма | | | |
|--|----------------------------|----------|------------------|----------------|
| | предельно допустимый режим | | предельный режим | |
| | не менее | не более | не менее | не более |
| Входное напряжение низкого уровня, U_{IL} , В | – | 0,4 | минус 0,4 | – |
| Входное напряжение высокого уровня, U_{IH} , В | $U_{CC} - 0,4$ | U_{CC} | | $U_{CC} + 0,4$ |
| Выходной ток низкого уровня, I_{OL} , мА | | 12,0 | | 24,0 |
| Выходной ток высокого уровня, I_{OH} , мА | | 12,0 | | 24,0 |
| Емкость нагрузки, C_L , пФ | | 150 | | 250 |

4.3. Стойкость к воздействию внешних факторов

4.3.1. Механические факторы

В таблице 4.4 приведены характеристики стойкости микросхем серии 5521 к внешним механическим воздействиям.

Таблица 4.4. Стойкость к внешним механическим воздействиям

| Воздействие | Характеристики | Значение | | Един. изм. |
|--|--|----------|-----------------|-------------------------|
| | | мин. | макс. | |
| Синусоидальные вибрации | Диапазон частот | 1 | 5000 | Гц |
| | Амплитуда ускорения | – | 400 (40) | м/с ² (g) |
| Удары одиночного действия в любом направлении | Амплитуда пикового ударного ускорения | – | 15000 (1500) | м/с ² (g) |
| | Длительность действия ударного ускорения | 0,1 | 2,0 | мс |
| Удары многократного действия в любом направлении | Амплитуда пикового ударного ускорения | – | 1500 (150) | м/с ² (g) |
| | Длительность действия ударного ускорения | 1 | 5 | мс |
| Линейное ускорение | Амплитуда ускорения | | 5000 (500) | м/с ² (g) |
| Акустический шум | Диапазон частот | 50 | 10000 | Гц |
| | Уровень звукового давления | | 170 | дБ |

4.3.2. Климатические факторы

В таблице 4.5 приведены характеристики стойкости микросхем серии 5521 к внешним климатическим воздействиям.

Таблица 4.5. Стойкость к внешним климатическим воздействиям

| Воздействие | Значение | | Един. изм. |
|---|----------|-------|------------|
| | мин. | макс. | |
| Повышенное рабочее давление | | 3 | атм |
| Повышенная рабочая температура среды | | +85 | °С |
| Повышенная предельная температура среды | | +125 | °С |
| Пониженная рабочая температура среды | –60 | | °С |

Окончание таблицы 4.5

| <i>Воздействие</i> | <i>Значение</i> | | <i>Един. изм.</i> |
|---|-----------------|--------------|-------------------|
| | <i>мин.</i> | <i>макс.</i> | |
| Пониженная предельная температура среды | –60 | | °С |
| Изменение температуры среды в пределах | –60 | +125 | °С |
| Повышенная относительная влажность при температуре +35 °С | | 98 | % |

4.4. Корпусное исполнение

При изготовлении БИС на БМК и БК серии 5521 применяются те же типы металлокерамических планарных корпусов, что и для микросхем серии 5529. Основные характеристики корпусов применяемых микросхем серии 5529 приведены в таблице 5.7, а внешний вид представлен на рис. 5.1 раздела 5,

4.5. Средства проектирования

Разработка полузаказных БИС на основе БМК и БК серии 5521 выполняется на этапе разработки макетных и экспериментальных образцов микросхем серии 5529 средствами САПР БИС «Ковчег 4.0» с привлечением средств сторонних САПР. Разработка поведенческой модели и тестовых воздействий для ее проверки выполняется средствами сторонних САПР, топологическое проектирование осуществляется средствами САПР «Ковчег 4.0». При этом применяется унифицированная параметризованная библиотека ячеек 5529.

При проектировании микросхем также используется методология БМК – ПЛИС – БМК с применением имитатора микросхем, которая выполняется на два этапа. На первом этапе осуществляется отработка поведенческого описания проекта микросхемы с использованием любых типов ПЛИС. Целью второго этапа является отработка проекта БИС в базисе библиотечных ячеек серии 5529. Расположение и назначение выводов имитатора соответствует проектируемой микросхеме (рис. 5.3).

Базовые матричные и базовые кристаллы

| | |
|---|----------|
| Особенности применения базовых матричных и базовых кристаллов | 1 |
| Серия базовых матричных кристаллов 5503 | 2 |
| Серия базовых матричных кристаллов 5507 | 3 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5521 | 4 |
| Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5529 | 5 |

Полузаказные микросхемы общего применения

| | |
|---|-----------|
| 5503XM1-289 – драйвер трансформаторной развязки | 6 |
| 5503XM1-653 – микросхема фазового детектора и генератора, управляемого напряжением | 7 |
| 5503XM1-617 – шесть операционных усилителей и стабилизатор напряжения | 8 |
| 5503БЦ7-638 – программируемый генератор импульсов с функцией измерения | 9 |
| 5529TP015-674 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной последовательностной логики | 10 |
| 5529TP015-675 – многофункциональная цифровая микросхема стандартной комбинационной логики | 11 |
| 5529TP015-688 – восемь LVDS-передатчиков | 12 |
| 5529TP015-689 – четыре LVDS-передатчика и четыре LVDS-приемника | 13 |
| 5529TP015-695 – четыре приемопередатчика M-LVDS | 14 |
| 5529TP015-696 – коммутатор шин LVDS/LVDM | 15 |
| 5529TP015-697 – восемь LVDS-приемников | 16 |
| 5529TP015-698 – восемь LVDM-передатчиков | 17 |
| 5529TP015-699 – четыре LVDM-передатчика и четыре LVDS/LVDM-приемника | 18 |

Заказные микросхемы общего применения

| | |
|---|-----------|
| 1469TK015 – микросхема защиты от тиристорного эффекта | 19 |
| 1469TK025 и 1469TK035 – микросхемы защиты от тиристорного эффекта | 20 |

Раздел 5

Серия базовых матричных и базовых кристаллов 5529

| | |
|--|-----|
| 5.1. Основные характеристики | 5-2 |
| 5.2. Электрические параметры | 5-2 |
| 5.2.1. Номинальные значения электрических параметров | 5-2 |
| 5.2.2. Предельные режимы эксплуатации..... | 5-3 |
| 5.3. Стойкость к воздействию внешних факторов..... | 5-4 |
| 5.3.1. Механические факторы | 5-4 |
| 5.3.2. Климатические факторы | 5-4 |
| 5.3.3. Специальные факторы..... | 5-5 |
| 5.4. Корпусное исполнение | 5-5 |
| 5.5. Средства проектирования | 5-6 |
| 5.6. Организация разработки микросхем серии 5529 | 5-7 |

5.1. Основные характеристики

Серии БМК и БК 5529 изготавливаются по КМОП-технологии с технологическими нормами 0,25 мкм на структурах «кремний на изоляторе». Напряжение питания $3 \text{ В} \pm 10\%$ или $3,3 \pm 10\%$, расчетное время задержки на клапан – 100 пс, такая частота D-триггера в счетном режиме – 350 МГц.

БМК серии 5529 соответствуют требованиям ОСТ В 11 0998, освоены в производстве НПК «Технологический центр» с изготовлением кристаллов микросхем на производстве ОАО «НИИМЭ и Микрон», входят в перечень изделий, разрешенных к применению МОП 44 001.02. В 2017 году завершается ОКР по освоению в производстве 10 типов БК этой серии.

Состав и основные технические характеристики БМК и БК серии 5529 приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Состав и основные характеристики серии 5529

| Условное обозначение БМК | Условное обозначение БК | Тип корпуса | Количество внешних/информ. выводов | Размер поля, усл. вентилялей |
|--------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| | 5529TP01 | МК 5123.28-1.01 | 28/26 | 39 000 |
| | 5529TP02 | МК 4217.44-1 | 44/40 | 73 000 |
| 5529TH03 | 5529TP03 | МК 4217.44-1 | 44/40 | 200 000 |
| | | МК 4239.68-2 | 68/64 | |
| | 5529TP04 | МК 4239.68-2 | 68/64 | 400 000 |
| | | МК 4247.100-3 | 100/88 | |
| 5529TH05 | 5529TP05 | МК 4247.100-3 | 100/88 | 800 000 |
| | | МК 4248.144-3 | 144/120 | |
| 5529TH06 | 5529TP06 | МК 4248.144-3 | 144/120 | 985 000 |
| | | МК 4249.176-1 | 176/152 | |
| | 5529TP07 | МК 4249.176-1 | 176/152 | 1 315 000 |
| | | МК 4250.208-1 | 208/184 | |
| 5529TH08 | 5529TP08 | МК 4250.208-1 | 208/184 | 1 810 000 |
| | | МК 4245.240-7 | 240/208 | |
| | 5529TP09 | МК 4245.240-7 | 240/208 | 2 765 000 |
| | | МК 4244.256-4 | 256/224 | |
| | 5529TP10 | МК 4251.304-2 | 304/272 | 4 240 000 |
| | | МК 4254.352-2 | 352/288 | |
| 5529TH11 | | бескорпусной | 604/504 | 2 200 000 |

5.2. Электрические параметры

5.2.1. Номинальные значения электрических параметров

Номинальные значения электрических параметров микросхем, изготовленных на основе серии 5529, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Номинальные значения электрических параметров серии 5529

| Наименование параметра, единица измерения, режим измерения | Буквенное обозначение | Норма | | Температура, °С |
|---|-----------------------|----------|----------|---------------------------------|
| | | не менее | не более | |
| Выходное напряжение низкого уровня, В, при $U_{CC} = 2,7 \text{ В}$, $I_{OL} = 1,0 \div 12,0 \text{ мА}$ | U_{OL} | – | 0,3 | $+25 \pm 10$ минус 60 +85 |