

Приложение А: серии БМК 5503 и 5507

Общие сведения	1
Меню Проект.....	2
Меню Параметры.....	3
Меню Схема	4
Меню Выполнить.....	5
Общие функции.....	6
Графический редактор схем.....	7
Подсистема трансляции схемы.....	8
Подсистема функционально-логического моделирования...9	
Подсистема редактирования размещения	10
Подсистема синтеза топологии	11
Подсистема контроля топологии.....	12
Подсистема оптимизации топологии.....	13
Подсистема расчета задержек.....	14
Подсистема редактирования топологии	15
Подсистема аттестации проекта	16
Приложение А: Серии БМК 5503 и 5507.....	17
Приложение Б: Средства прототипирования микросхем	18

Раздел 17. Приложение А: Серии БМК 5503 и 5507

Назначение БМК	17-1
Основные характеристики БМК серий 5503 и 5507	17-2
Электрические параметры серии 5503.....	17-3
Электрические параметры серии 5507.....	17-5
Конструкция БМК	17-7
Базовая ячейка БМК	17-10
Периферийная ячейка.....	17-14
Каналы трассировки	17-17

Назначение БМК

Базовые матричные кристаллы являются универсальными кристаллами-заготовками, расположенными на полупроводниковой пластине. Такие кристаллы называют базовыми, поскольку все фотошаблоны, за исключением слоев коммутации, для их изготовления являются постоянными и не зависят от реализуемой схемы. Ячейки располагаются на кристалле в узлах прямоугольной решетки, поэтому его называют матричным.

БМК представляет собой вентильную матрицу нескоммутированных элементов, электрические связи между которыми реализуются с помощью тонкопленочных межсоединений.

Основные достоинства БМК:

- высокая надёжность и устойчивость к жёстким условиям эксплуатации обеспечивают возможность их применения в аппаратуре специального назначения;
- применение БИС на основе БМК позволяет уменьшить номенклатуру изделий и гарантирует значительное сокращение сроков разработки, снижение трудоемкости проектных работ, малую мощность потребления, возможность создания аппаратуры с малым весом и габаритами.
- в ряде случаев БМК позволяет реализовать как цифровые, так и линейные схемы;
- наличие аттестованных библиотечных элементов и макроэлементов существенно уменьшает время разработки проектов, применение макроэлементов избавляет пользователя от необходимости разработки типовых схемотехнических решений;
- важным преимуществом БМК является отсутствие необходимости проведения квалификационных испытаний микросхем, т.к. проведённые при освоении производства БМК квалификационные испытания распространяются на все микросхемы, изготовленные на основе этого БМК;

Таким образом, применение БИС обеспечивает значительное уменьшение габаритов и энергопотребления, повышает надёжность изделий, резко сокращает номенклатуру применяемых микросхем (одна БИС заменяет 20-500 микросхем средней степени интеграции).

Основные характеристики БМК серий 5503 и 5507

Серии БМК 5503 и 5507 являются полными функциональными аналогами, изготавливаются по единой КМОП- технологии, состоят из 4 типов БМК каждая. Серия БМК 5503 имеет напряжение питания 5В, среднее время задержки на вентиль не более 2,2 нс. Напряжение питания микросхем серии 5507 составляет 3В, среднее время задержки на вентиль не более 3,5 нс. Обе серии БМК введены в Перечень изделий, разрешённых к применению МОП 44 001.02.

Таблица 17.1 Краткие характеристики БМК серий 5503 и 5507

Тип БМК	Кол-во условных вентиляей в поле БМК	Рабочая частота, МГц	Тип приёмки	Тип корпуса	Количество внешних (информационных) контактов
КН5503ХМ1	576	до 30	1	Н09.28	28 (26)
Н5503ХМ1			5		
5507БЦ1У			5		
КН5503ХМ2	1296	до 30	1	Н14.42	42 (40)
Н5503ХМ2			5		
5507БЦ2У			5		
КН5503ХМ4	1728	до 30	1	Н16.48	48 (46)
КН5503ХМ5	3072	до 30	1	Н18.64	64 (62)
Н5503ХМ5			5		
5507БЦ5У					
КН5503ХМ7	5478	до 25	1	бескорпусная	84 (80)
5503БЦ7У			5	Н18.64	64 (60)
5507БЦ7У			5		

При поставке микросхем изготовитель гарантирует соответствие электрических параметров значениям, указанным в Технических условиях на микросхемы и подтвержденным квалификационными испытаниями.

17 Различают номинальные значения электрических параметров микросхем, предельно-допустимые и предельные режимы эксплуатации микросхем. Номинальные значения электрических параметров контролируются при изготовлении и поставке микросхем,

гарантируются в процессе их эксплуатации в режимах и условиях, допускаемых Техническими условиями.

Электрические параметры серии 5503

Номинальное значение напряжения питания $U_{CC}=5В \pm 10\%$.

Таблица 17.2 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 Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 30$ мкА	U_{OL}		0,4	+25±10
			0,1	минус 60 +85
Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 2,0$ мА Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 30$ мкА	U_{OH}	4,0		+25±10 минус 60 +85
		4,4		
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

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 17.3 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 закрытой микросхемы, 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

Электрические параметры серии 5507Номинальное значение напряжения питания $U_{CC}=3В \pm 10\%$.

Таблица 17.4 Номинальные значения электрических параметров серии 5507

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение	Норма		Температура °С
		не менее	не более	
Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 3,0$ мА Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 30$ мкА	U_{OL}		0,3	+25±10 минус 60 +85
			0,1	
Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 1,5$ мА Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 30$ мкА	U_{OH}	2,4		+25±10 минус 60 +85
		2,6		
Ток потребления, мА	I_{CC}		0,15	+25±10 минус 60 +85
			0,4	
Токи утечки низкого и высокого уровней на входе, мкА	$I_{LIL},$ I_{LIH}		0,3	+25±10 минус 60 +85
			3,0	
Выходной ток низкого и высокого уровней в состоянии "Выключено", мкА	$I_{OZL},$ I_{OZH}		0,3	+25±10 минус 60 +85
			3,0	
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^*		3,0	+25±10 минус 60 +85
			5,0	
Входная емкость, пФ	C_I		7	+25±10
Емкость входа/выхода, пФ	$C_{I/O}$		7	+25±10

Таблица 17.5 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 закрытой микросхемы, 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

Конструкция БМК

Серии 5503 и 5507 изготавливаются на основе базовой КМОП технологии, с проектными нормами 1,5 мкм, использующей поликремниевые затворы, один слой металла, карманы р-типа и процессы ионной имплантации. БМК состоят из периферийной области и внутреннего поля. Поле БМК обеспечивает выполнение требуемых функций ползуказной БИС, а периферийная область – связь поля с внешней по отношению к микросхеме аппаратурой.

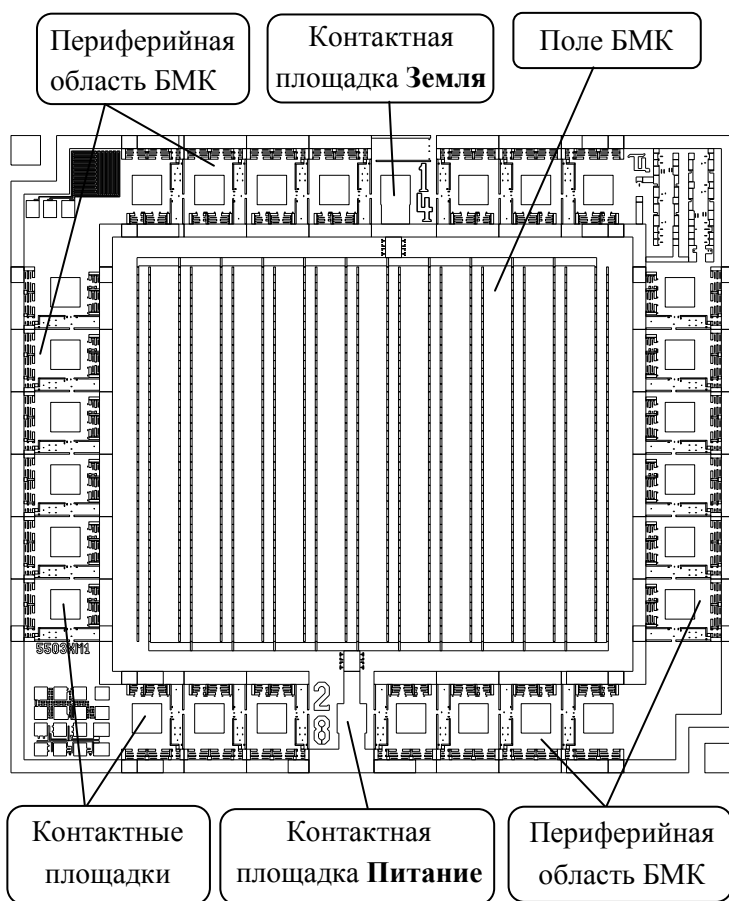


Рис.17.1. Топология шин ЗЕМЛЯ, ПИТАНИЕ и расположение внешних контактов БМК 5503ХМ1 и 5507БЦ1У

Конструктивно серии БМК 5503 и 5507 можно разделить на младшие БМК (Н5503ХМ1 – Н5503ХМ5, 5507БЦ1У – 5503БЦ5У) и старшие БМК (5503БЦ7У, 5507БЦ7У). Конструкция младших БМК отличается от конструкции старших разводкой силовых шин **Земля**, **Питание** и пропускной способностью периферийных трассировочных каналов. Младшие БМК имеют по одному контакту **Земля** и **Питание** сверху и снизу соответственно (рис.17.1), в периферийных каналах трассировки может быть проведено по 10 трасс.

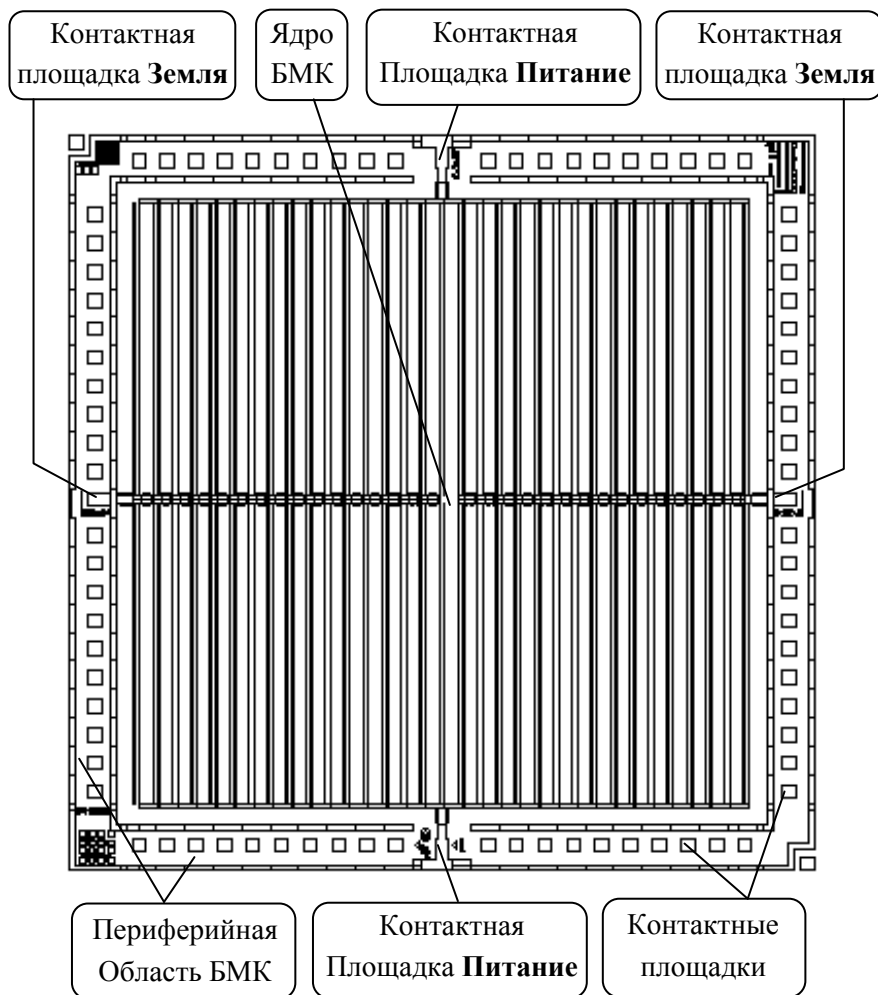


Рис.17.2. Топология шин ЗЕМЛЯ, ПИТАНИЕ и расположение внешних контактов БМК 5503ХМ7 и 5507БЦ7У

Поле старших БМК имеют два контакта **Земля** справа и слева и два контакта **Питание** сверху и снизу. В результате поле разделено на две части силовыми шинами земли, отходящими от соответствующих внешних контактов (рис.17.2). Пропускная способность вдоль периферийных каналов составляет 18 трасс разводки.

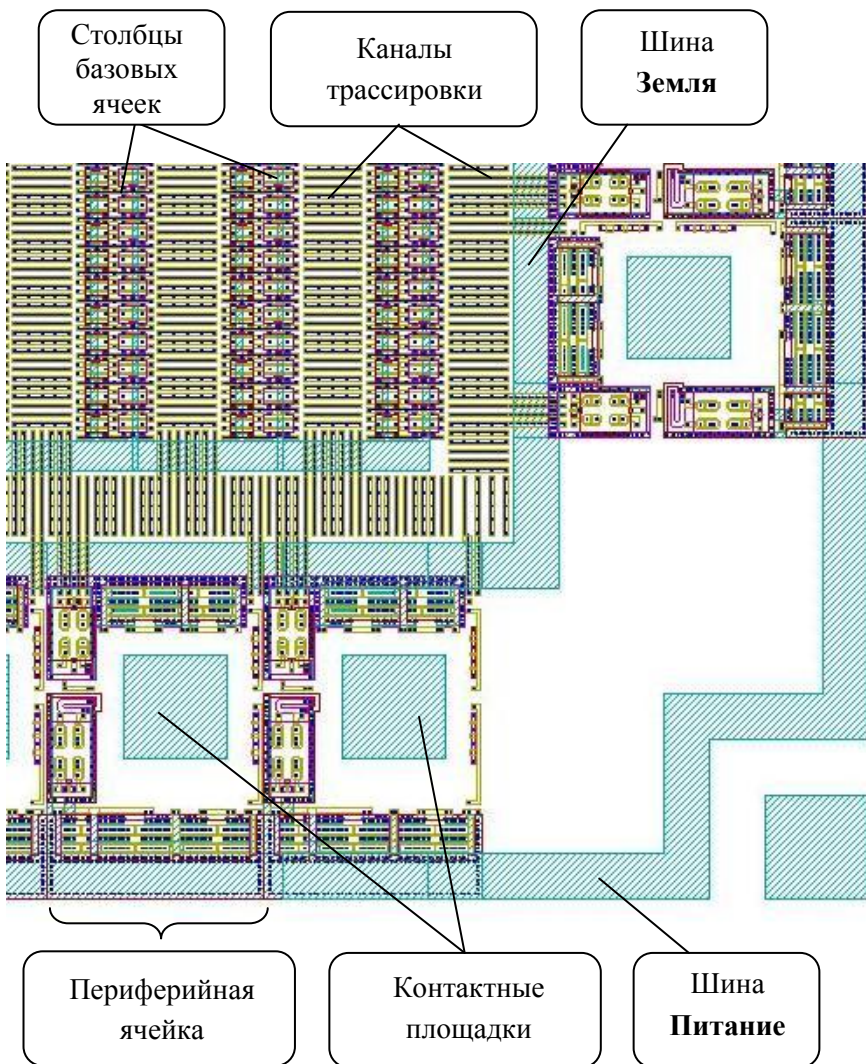


Рис.17.3. Фрагмент топологии БМК

Поле БМК состоит из столбцов так называемых базовых ячеек и каналов трассировки, расположенных как между столбцами, так и по периметру поля. Столбец имеет регулярную структуру, которая формируется путем мультиплицирования топологии базовой ячейки. Число столбцов и число ячеек в столбце определяется типом БМК. Соседние ячейки в столбце разделены поликремневой проходной шиной. Между столбцами находятся каналы трассировки, которые являются совокупностью горизонтальных поликремневых отрезков со вскрытыми контактными окнами. В канале может быть проведено до 10 вертикальных трасс разводки в слое алюминия. Со всех четырех сторон поля БМК имеются периферийные каналы трассировки аналогичной конструкции.

Базовая ячейка БМК

Базовая ячейка является основой для реализации в поле БМК всех типов библиотечных элементов, кроме элементов типа «вход/выход», которые формируются в периферийной области кристалла.

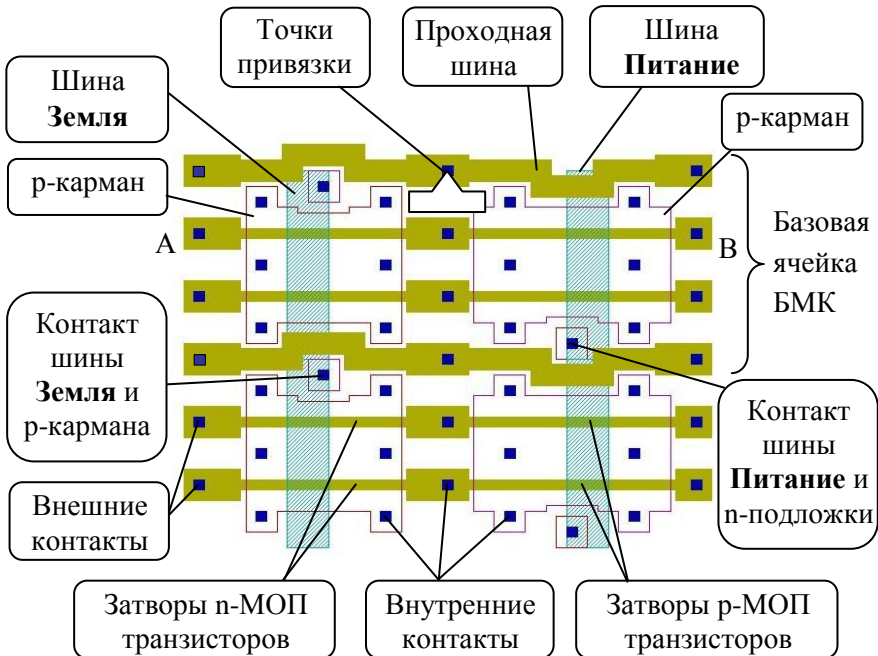


Рис. 17.4. Топология базовой ячейки БМК

Основные электрические и топологические параметры базовой ячейки приведены в таблице 17.6.

Таблица 17.6. Основные электрические и топологические параметры базовой ячейки

Наименование	Значение	
Базовая ячейка		
длина (вдоль столбца базовых ячеек), мкм	128	
ширина, мкм	120	
МОП транзистор		
	n	p
длина канала, мкм	2	2
ширина канала, мкм	38	30
пороговое напряжение, В	1,2	-1,2
удельная крутизна, мкА/В	25	12
Комплементарная пара МОП транзисторов		
емкость входа, пФ	0,15	
сопротивление входа, Ом	780	
Проходная шина		
сопротивление, Ом	540	
емкость, пФ	0,03	
сопротивление контакта алюминий - поликремний, Ом	40	
Шины Земля, Питание		
ширина, мкм	9	
удельная емкость, пФ/мм ²	20	
удельное поверхностное сопротивление (Al), Ом/квадрат	0,03	

Базовая ячейка состоит из 2-х n-канальных транзисторов, расположенных вдоль шины **Земля**, и 2-х p-канальных транзисторов, расположенных вдоль шины **Питание** (рис.17.4). Транзисторы расположены попарно напротив друг друга и имеют общие затворы. Шины **Земля** и **Питание** формируются в слое металла и проходят параллельно друг другу сквозь весь столбец базовых ячеек. При этом все n-МОП транзисторы базовой ячейки находятся в одном p-кармане. Необходимое смещение подложек транзисторов достигается:

- для n-транзисторов с помощью контакта между шиной **Земля** и p-карманом;

- для р-транзисторов с помощью контакта между шиной **Питание** и n-подложкой БМК.

Электрические связи между транзисторами базовых ячеек отсутствуют, а транзисторы внутри ячеек связаны следующим образом:

- все n- и р-МОП транзисторы образуют комплиментарные пары с электрически связанными затворами;
- все транзисторы одного типа последовательно связаны друг с другом областями стоков и истоков.

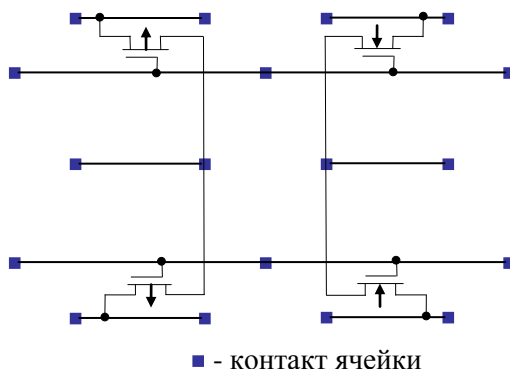


Рис. 17.5. Электрическая схема ячейки поля БМК

Для реализации конкретного библиотечного элемента (БЭ) из библиотеки БМК транзисторы базовых ячеек коммутируются друг с другом и с шинами **Земля** и **Питание** при помощи так называемых «зашивок», формируемых в слое металла (A1). Основные правила формирования «зашивок» библиотечных элементов заключаются в следующем:

- «зашивки» формируются в пределах так называемой области коммутации транзисторов в БЭ. При этом наивысший приоритет имеют варианты реализации соединений в области между шинами **Земля** и **Питание** с использованием внутренних контактов базовой ячейки.
- внешние контакты базовой ячейки к сток - истоковым областям МОП транзисторов используются только для подключения этих областей к соответствующим шинам **Земля** и **Питание**. При этом если связь с этими шинами,

реализованная с помощью внутреннего контакта, уже имеется, то она обычно дублируется с помощью внешнего контакта.

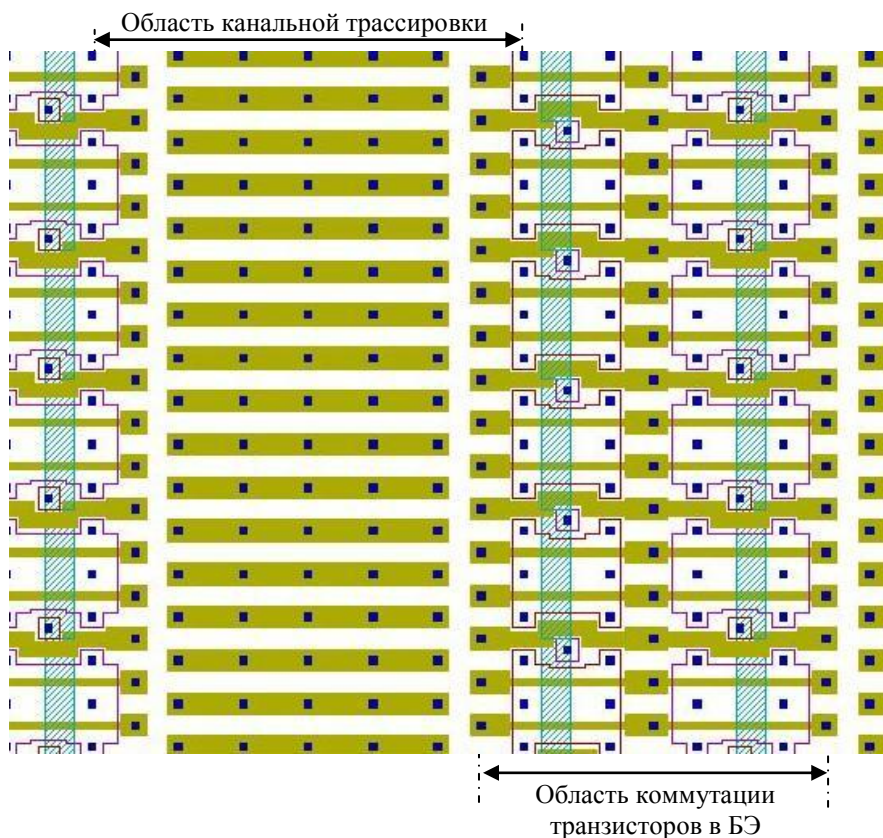


Рис. 17.6. Фрагмент топологии поля БМК

Для привязки «зашивок» библиотечных элементов к конкретным базовым ячейкам кристалла в топологию как базовой ячейки, так и «зашивок», введены служебные слои, в которых имеются специальные реперные фигуры, задающих точку привязки и ориентацию «зашивок».

В топологических подсистемах САПР «Ковчег» топологии библиотечных элементов представлены в виде трафаретов, на которых

показаны соединения контактов базовых ячеек для реализации библиотечного элемента. В топологическом редакторе дополнительно отображается имя элемента и имена контактов элемента, соответствующие электрической схеме библиотечного элемента.

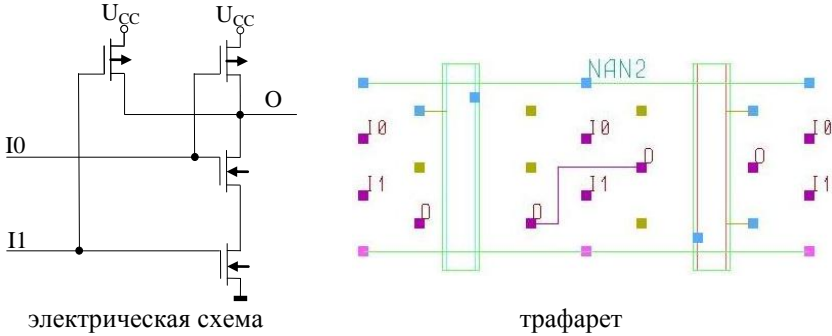


Рис. 17.7. Электрическая схема и трафарет элемента NAN2

Периферийная ячейка

Периферийная ячейка является основой для реализации в периферийной области кристалла библиотечных элементов типа «вход/выход».

Обобщенная электрическая схема и топология периферийной ячейки приведены соответственно на рис.17.8 и рис.17.9.

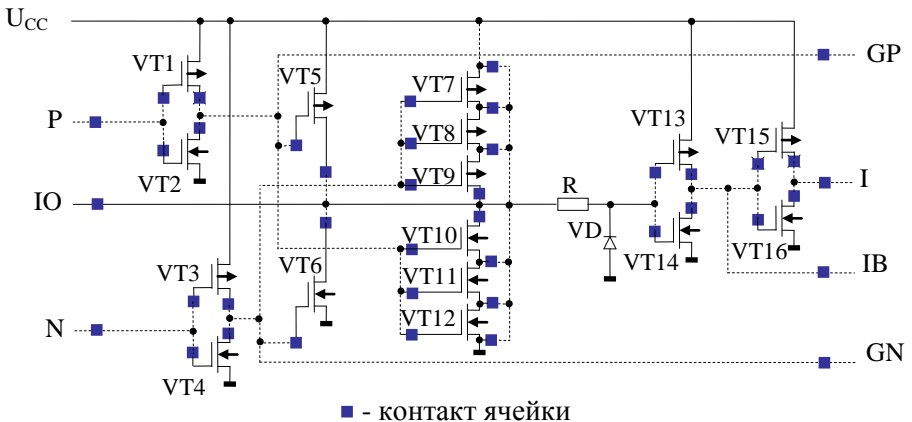


Рис. 17.8. Электрическая схема периферийной ячейки

Пунктирными линиями на электрической схеме представлены возможные соединения элементов.

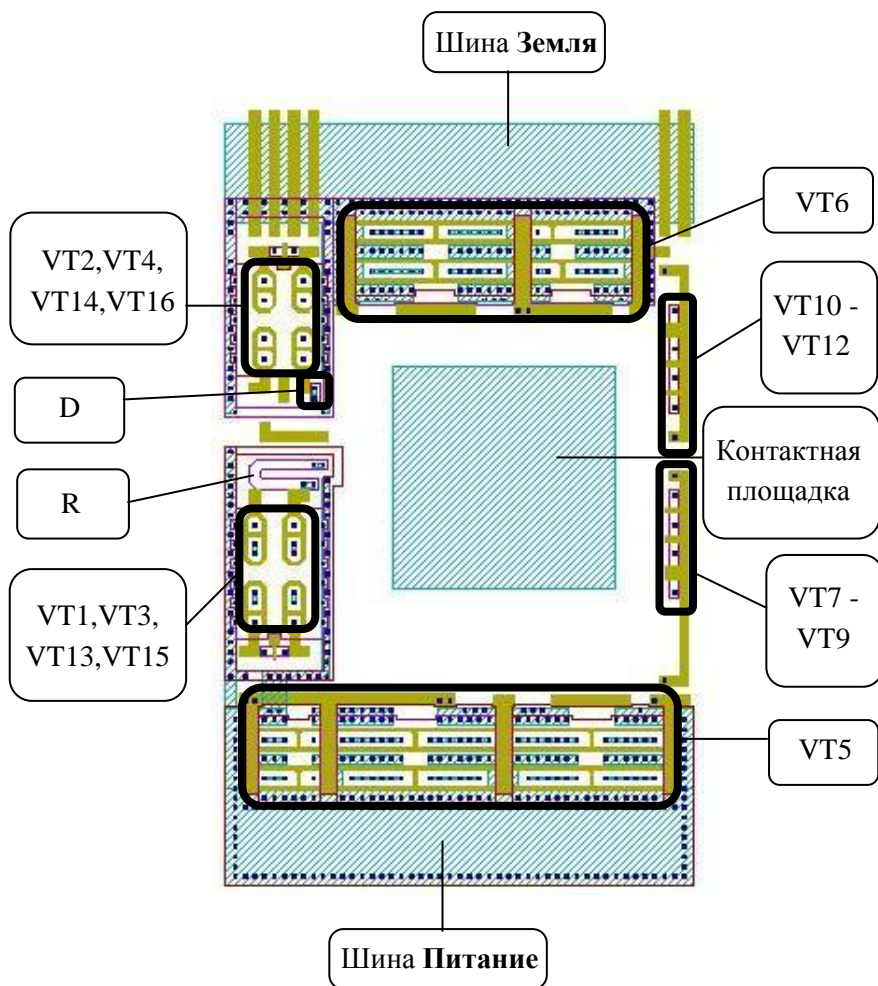


Рис. 17.8. Топология периферийной ячейки

В состав периферийной ячейки входят:

- мощные транзисторы **VT5** и **VT6** для поддержки функции «*выход*», формируются путем параллельного включения группы р-МОП и н-МОП транзисторов, что обеспечивает возможность изменения мощности транзистора;

- транзисторы **VT1 – VT4**, образующие инверторы на входе мощных транзисторов;
- транзисторы **VT7 – VT12**, обеспечивающие доопределение выходного контакта периферийной ячейки до высокого или низкого уровня;
- диодно-резисторная сборка **VD, R**, обеспечивающая электростатическую защиту при работе с магистралью (функция «*вход*»), причем резистор **R** составляет единое целое с α диодом, поскольку образуется за счет обратносмещенного р-п перехода между подложкой и этим резистором, имеющим U-образную форму;
- транзисторы **VT13 – VT16**, образующие входные инверторы для реализации функции «*вход*».

Специализация периферийной ячейки проводится аналогично базовой ячейке с помощью «зашивок», формируемых в переменном слое металла.

Таблица 17.7. Основные параметры топологии периферийной ячейки

Наименование	Значение
Периферийная ячейка	
длина (вдоль стороны БМК), мкм	360
ширина, мкм	301
Контактная площадка	
длина (вдоль стороны БМК), мкм	120
ширина, мкм	140

Каналы трассировки

Каналы трассировки предназначены для формирования электрических соединений между библиотечными элементами при специализации БМК и располагаются в поле БМК между столбцами базовых ячеек, а также между базовыми и периферийными ячейками.

Конструкция каналов БМК позволяет реализовать двухуровневую разводку межсоединений в БИС. Первый слой образуют отрезки шин поликремния, которые расположены параллельно друг другу поперек канала. Второй слой образуют межсоединения, которые формируются при специализации БМК путем селективного удаления металла, нанесенного поверх шин поликремния на всю поверхность металла. Связь первого и второго слоев осуществляется через контактные переходы алюминий - поликремний. Оба слоя формируются при изготовлении базовой структуры БМК. Специализация БИС осуществляется за счет второго слоя - слоя металлизации. Отличие конструкций внешних и внутренних каналов состоит в различной длине отрезков шин поликремния.

Пропускная способность каналов для трассировки БМК (число соединительных шин, которое можно провести в любом сечении канала для трассировки) определяет возможность реализации БИС. Увеличение пропускной способности канала приводит к росту коэффициента использования ячеек и эффективности применения САПР, т.к. уменьшается объем ручной трассировки неразведенных с помощью САПР соединений. Однако при этом увеличивается площадь БМК.

Специализация БМК заключается в формировании электрических связей между библиотечными элементами и связей внутри базовых ячеек. Первые формируются в области канальной трассировки, а вторые – в области коммутации транзисторов БЭ (рис.17.6). Зашивка БМК осуществляется одним фотошаблоном с минимумом технологических операций (экспонирование и травление алюминия, нанесение защитного покрытия).