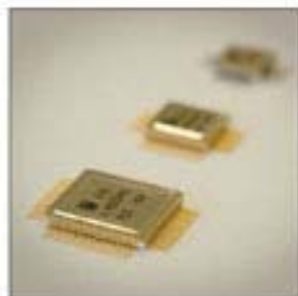


электроники

А.Н. ДЕНИСОВ, Ю.П. ФОМИН,
В.В. КОНЯХИН, Р.А. ФЕДОРОВ
ПОД ОБЩ. РЕД. А.Н. САУРОВА

**Библиотека
функциональных ячеек
для проектирования
полузаказных микросхем
серий 5503 и 5507**



ТЕХНОСФЕРА



*Издание осуществлено при финансовой поддержке
федерального государственного учреждения Научно-
производственный комплекс «Технологический
центр» Московского государственного института
электронной техники*

УДК 621.3

ББК 31.2

Д33

Д33 А.Н. Денисов, Ю.П. Фомин, В.В. Коняхин, Р.А. Федоров

/ Под общ. ред. А.Н. Саурова

**Библиотека функциональных ячеек для проектирования полузаказных микро-
схем серий 5503 и 5507**

Москва: Техносфера, 2012. – 304 с., ISBN 978-5-94836-332-5

Книга содержит описание унифицированной библиотеки функциональных ячеек 5503 для проектирования средствами САПР «Ковчег» различных интегральных микросхем на основе базовых матричных кристаллов серий 5503 и 5507.

Предназначена для разработчиков радиоэлектронной аппаратуры, а также для преподавателей и студентов старших курсов, аспирантов, изучающих современные методы проектирования полузаказных БИС.

УДК 621.3

ББК 31.2

© ЗАО «РИЦ «Техносфера», оригинал-макет, оформление, 2012

© Денисов А.Н., Фомин Ю.П., Коняхин В.В., Федоров Р.А., 2012

ISBN 978-5-94836-332-5

Раздел 1. Система обозначений и состав библиотеки 5503

Особенности библиотеки 5503	1-2
Структура библиотеки	1-2
Система обозначений	1-2
Учет специфики БМК	1-3
Электрические параметры	1-4
Электрические параметры серии 5503	1-4
Электрические параметры серии 5507	1-5
Основные группы функциональных ячеек	1-6
Инверторы	1-7
Буферы	1-7
Логические функциональные ячейки	1-8
Триггеры RS-типа	1-11
Триггеры D-типа с разрешением записи по уровню	1-12
Триггеры с записью по фронту	1-13
Триггеры сканирования для организации тестирования	1-18
Триггеры Шмитта	1-19
Периферийные ячейки входа	1-20
Периферийные ячейки выхода	1-21
Периферийные ячейки входа/выхода	1-22
Драйверы периферийных ячеек	1-23
Компараторы цифровые	1-24
Мультиплексоры	1-26
Демультимплексоры	1-28
Дешифраторы	1-29
Шифраторы	1-30
Сумматоры	1-31
Счетчики	1-32
Регистры данных	1-36
Регистры сдвига	1-37
Компараторы аналого-цифровые	1-39
Операционные усилители	1-40
Ключи аналоговые	1-40
Ячейки доопределения	1-40
Специальные функциональные ячейки	1-41

Особенности библиотеки 5503

Библиотека функциональных ячеек является основой для реализации схемотехнических решений конкретных БИС и во многом определяет качество проектирования. Для обеспечения бездефектного проектирования библиотека должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) включать в свой состав все основные группы функциональных ячеек;
- 2) иметь удобную для пользователя систему обозначений;
- 3) учитывать специфические особенности БМК.

Структура библиотеки

Чем шире спектр функций, реализуемых функциональными ячейками, тем качественнее и быстрее может быть проведена разработка микросхемы. Поэтому желательно, чтобы библиотека имела возможности оперативного расширения разработчиком БИС. С другой стороны, настройка САПР на новые функциональные ячейки – сложный и трудоемкий процесс, который выполняется разработчиками САПР и БМК. Данное противоречие в библиотеке 5503 решено ее разбиением на две структурные части:

- базовые функциональные ячейки, имеющие фиксированные топологии;
- макроячейки, реализованные на базовых функциональных ячейках.

Благодаря этому состав макроячеек может расширяться, совершенствоваться и изменяться без изменения настроек САПР. Состав же базовых ячеек зафиксирован. Базовые функциональные ячейки в процессе их разработки тщательно исследуются и аттестуются, после чего вводятся в состав библиотеки.

Система обозначений

Система обозначений библиотечных функциональных ячеек в первую очередь определяет удобство пользования библиотекой и эффективность труда разработчика. Можно выделить три основных типа построения системы обозначений:

- 1) по формальному принципу;
- 2) с учетом конструктивных особенностей ячеек;
- 3) по функциональному принципу.

При построении системы обозначений *по формальному принципу* имена библиотечных ячеек состоят из обозначения типа функциональной ячейки и ее порядкового номера. Формальная система обозначений не отражает ни конструктивных особенностей, ни выполняемых ячейками функций и поэтому не является удобной для пользователя.

В системе обозначений, построенной *по конструктивному принципу*, имена функциональных ячеек включают в себя обозначение типа топологической ячейки, с которой начинается топологическая реализация функциональной ячейки, количество использованных топологических ячеек, обозначение типа ячейки, которой заканчивается топология, и порядковый номер функциональной ячейки с указанным топологическим размером. В данной системе обозначений в имени библиотечной ячейки кодируется ее размер и порядковый номер. Такая система обозначения облегчает разработку топологии, но совсем не удобна при проектировании электрической схемы, т.к. имя функциональной ячейки не отражает выполняемой ею функции.

Наиболее удобной является система обозначений, построенная *по функциональному принципу*, которая и принята в библиотеке 5503. Обозначение ячейки

включает в себя выполняемую функцию, состав и значение активного уровня сигналов, приоритетность входных сигналов, а также схемотехнические особенности реализации ячейки.

Учет специфики БМК

Библиотека функциональных ячеек 5503 имеет особенности, учитывающие специфику конструкции БМК серий 5503 и 5507. В первую очередь — это использование в качестве слоя разводки шин поликремния, а также конструкция базовой ячейки поля БМК и каналов трассировки. Эти особенности определяют требования, которым должны удовлетворять библиотечные функциональные ячейки.

Применение поликремния, имеющего значительное удельное сопротивление, в качестве разводочного слоя обуславливает существенное различие в задержках распространения сигнала по поликремнию и металлу. Особенно это сказывается в триггерах с раздельным парафазным тактированием. В таких триггерах за счет разбаланса топологических задержек в цепях синхронизации может возникать нарушение синхронности парафазных сигналов, что вызывает ошибки функционирования триггера. Избежать этого можно корректной реализацией цепей синхронизации в рамках библиотечной функциональной ячейки. Поэтому в библиотеке 5503 все триггеры с записью по уровню и по фронту имеют один вход сигнала синхронизации.

Базовая ячейка поля БМК серий 5503 и 5507 представляет собой две пары комплиментарных транзисторов с объединенными затворами. Конструкция БМК позволяет создавать функциональные ячейки различного уровня сложности, в том числе имеется возможность объединения в рамках одной библиотечной функциональной ячейки нескольких независимых логических функций. Существенным недостатком таких ячеек является следующее: при разработке электрической схемы логические функции подобных ячеек могут использоваться в несвязанных частях схемы, которые для эффективного использования трассировочных ресурсов целесообразно располагать в разных местах поля БМК. Поэтому в библиотеке 5503 реализован принцип — в одной библиотечной ячейке одна логическая функция.

На качество топологии микросхемы также влияет применение многовходовых функциональных ячеек. Они вызывают локальные перегрузки в топологии БИС. Например, чтобы выполнить разводку четырехвходовой логической ячейки, к ней должны подойти четыре входные и одна выходная трасса. Это локально перегружает каналы трассировки и значительно осложняет разработку топологии. Такие функциональные ячейки, как правило, могут быть реализованы в виде составных ячеек. Например, функциональная ячейка 4И реализуется на двух ячейках 2И-НЕ и ячейке 2ИЛИ-НЕ. При этом топологический размер составной функциональной ячейки равен топологическому размеру функциональной ячейки 4И, а локальной перегрузки топологии можно избежать благодаря возможности свободного размещения входящих в ее состав ячеек 2И-НЕ и 2ИЛИ-НЕ.

В библиотеке 5503 реализованы группы функциональных ячеек, выполняющие логические функции от двух и трех переменных, в полном объеме с учетом инверсии всех входов. Логические функциональные ячейки от четырех и более переменных реализованы как макроячейки, что позволяет при разработке топологии в каждом конкретном случае оптимально размещать на поле БМК библиотечные ячейки, входящие в их состав, и не допускать возникновения локальных перегрузок в каналах трассировки.

Следует также отметить, что в состав библиотеки входят триггеры, ориентированные как на асинхронные, так и на синхронные методы проектирования.

Электрические параметры

Электрические параметры микросхем в основном определяются характеристиками периферийных ячеек. При поставке изготовитель гарантирует соответствие электрических параметров микросхем значениям, указанным в Технических условиях на микросхемы и подтвержденным квалификационными испытаниями.

Различают номинальные значения электрических параметров микросхем, предельнодопустимые 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.

Значения электрических параметров микросхем на БМК серий 5503 и 5507 приведены в таблицах 1–4.

Электрические параметры серии 5503

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

Таблица 1. Номинальные значения электрических параметров серии 5503

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение	Норма		Температура, °C
		не менее	не более	
Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 4,0 \text{ мА}$	U_{OL}		0,4	+25±10
Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 30 \text{ мкА}$			0,1	минус 60 +85
Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 2,0 \text{ мА}$	U_{OH}	4,0		+25±10
Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 30 \text{ мкА}$		4,4		минус 60 +85
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_{IO}		7	+25±10

Предельнодопустимые 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. Предельнодопустимые и предельные режимы эксплуатации микросхем серии 5503

Наименование параметра, обозначение параметра, единица измерения	Норма			
	предельнодопустимый 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 5507

Номинальное значение напряжения питания $U_{CC} = 3 \text{ В} \pm 10\%$.

Таблица 3. 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 $I_{OL} = 3,0 \text{ мА}$	U_{OL}		0,3	+25±10
Выходное напряжение низкого уровня, В при $I_{OL} = 30 \text{ мкА}$			0,1	минус 60 +85
Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 1,5 \text{ мА}$	U_{OH}	2,4		+25±10
Выходное напряжение высокого уровня, В при $I_{OH} = 30 \text{ мкА}$		2,6		минус 60 +85
Ток потребления, мА	I_{CC}		0,15 0,4	+25±10 минус 60 +85
Токи утечки низкого и высокого уровней на входе, мкА	I_{LIL} I_{LIH}		0,3 3,0	+25±10 минус 60 +85
Выходной ток низкого и высокого уровней в состоянии «Выключено», мкА	I_{OZL} I_{OZH}		0,3 3,0	+25±10 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

Таблица 3 (окончание)

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение	Норма		Температура, °C
		не менее	не более	
Время задержки на вентиль, 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

Таблица 4. Предельнодопустимые и предельные режимы эксплуатации микросхем серии 5507

Наименование параметра, обозначение параметра, единица измерения	Норма			
	предельнодопустимый 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

Основные группы функциональных ячеек

Условные обозначения функциональных ячеек библиотеки 5503 включают в себя буквенное обозначение выполняемой функции, разрядность, состав управляющих входов и номер модификации. В соответствии с этим ячейки, принадлежащие одной функциональной группе, имеют одинаковое обозначение выполняемой функции. Система обозначений распространяется как на базовые функциональные ячейки, так и на макроячейки. В состав библиотеки 5503 входят:

- инверторы;
- буферы;
- логические функциональные ячейки;
- триггеры;
- триггеры Шмитта;
- периферийные ячейки и драйверы;
- компараторы;
- мультиплексоры;
- демультиплексоры;
- дешифраторы;
- шифраторы;
- сумматоры;
- счетчики;
- регистры данных;
- регистры сдвига;

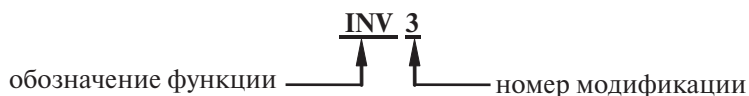
- аналого-цифровые компараторы;
- операционные усилители;
- специальные функциональные ячейки.

Для удобства поиска требуемой функциональной ячейки в данном разделе приведены описания групп базовых ячеек, в которых указаны страницы с описанием конкретных функциональных ячеек из каждой группы и имена макрочеек, входящих в группу.

Инверторы

Инвертор — функциональная ячейка, обеспечивающая усиление цифрового сигнала с инверсией его логического уровня. В состав библиотеки входят инверторы с различным уровнем нагрузочной способности, а также инверторы, которые, помимо логических уровней «0» и «1», позволяют формировать на их выходе высокоимпедансное состояние, что обеспечивает возможность организации в микросхеме внутренних шин данных. Указанные инверторы для управления состоянием выхода имеют дополнительный вход управления.

Обозначение инвертора включает в себя обозначение функции и номер модификации.



Обозначение функции может принимать следующие значения:

INV — инвертор с одним инверсным выходом;

INVE — инвертор с тремя выходными состояниями с разрешением высоким уровнем;

INVT — инвертор с тремя выходными состояниями с разрешением низким уровнем.

Номер модификации соответствует количеству параллельно включенных инверторов, принимает значения 2, 3. Для одиночного инвертора номер модификации отсутствует.

Имя	Функция	Страница
INV	Инвертор	2-136
INV2	Сдвоенный инвертор	2-136
INV3	Строенный инвертор	2-136
INVE	Инвертор с тремя выходными состояниями и управлением высоким уровнем	3-43
INVT	Инвертор с тремя выходными состояниями и управлением низким уровнем	3-44

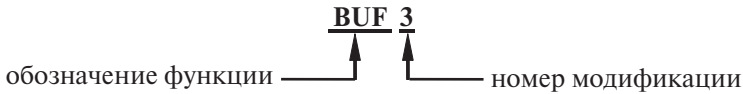
Буферы

Буфер — это функциональная ячейка, обеспечивающая усиление цифрового сигнала без изменения его логического уровня. В состав библиотеки входят буферы с различным допустимым уровнем нагрузочной способности. Для расширения функциональных возможностей ряд буферов имеет парафазные выходы.

Для организации внутренних шин данных в состав библиотеки введены буферы, позволяющие формировать на их выходе высокоимпедансное состояние. Ука-

занные буферы для управления состоянием выхода имеют дополнительный вход управления.

Обозначение буфера включает в себя обозначение функции и номер модификации.



Обозначение функции может принимать следующие значения:

BUF — буфер с одним прямым выходом;

BUF2 — буфер с парафазным выходом;

BUFE — буфер с тремя выходными состояниями с разрешением высоким уровнем;

BUFT — буфер с тремя выходными состояниями с разрешением низким уровнем.

Номер модификации определяет нагрузочную способность выходного сигнала буфера и соответствует количеству параллельно включенных инверторов выходного каскада, принимает значения 2, 3. Для одиночного буфера номер модификации отсутствует.

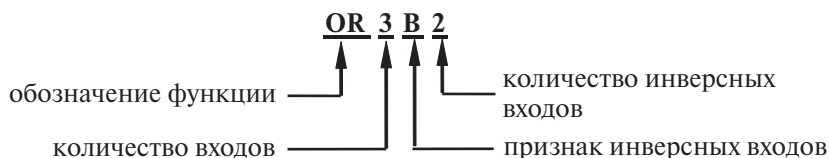
Имя	Функция	Страница
BUF	Буфер	2-7
BUF2	Буфер со сдвоенным выходным каскадом	2-7
BUF3	Буфер со строенным выходным каскадом	2-7
BUFP	Буфер с парафазным выходом	2-7
BUF2P	Буфер с парафазным выходом со сдвоенным выходным каскадом	2-7
BUF3P	Буфер с парафазным выходом со строенным выходным каскадом	2-7
BUFE	Буфер с тремя выходными состояниями и разрешением высоким уровнем	3-23
BUFG	Буфер для организации глобальной синхронизации	2-8
BUFT	Буфер с тремя выходными состояниями и разрешением низким уровнем	3-23

Логические функциональные ячейки

При реализации схем требуются самые разнообразные логические ячейки. В библиотеке реализованы полные с точки зрения состава прямых и инверсных входов наборы логических функциональных ячеек от двух и трех переменных (кроме ячеек **XOR3** и **XNOR3**, реализованных в виде макроячеек). Функциональные ячейки от четырех до девяти переменных также реализованы в виде макроячеек. При этом макроячейки от четырех и пяти переменных имеют полный набор прямых и инверсных входов, ячейки от шести до девяти переменных — только прямые входы.

Библиотека содержит функциональные ячейки, выполняющие типовую логическую функцию, и составные логические ячейки.

Обозначение логической функциональной ячейки, выполняющей типовую логическую функцию, включает в себя обозначение функции, общее количество входов, признак и количество инверсных входов.



Обозначение функции может принимать следующие значения:

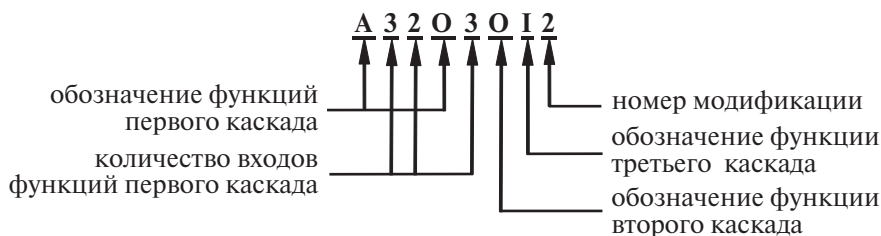
- AND** – функция И;
- MAJ** – функция мажорирования;
- NAN** – функция И-НЕ;
- NOR** – функция ИЛИ-НЕ;
- OR** – функция ИЛИ;
- XOR** – функция исключающего ИЛИ;
- XNOR** – функция исключающего ИЛИ с инверсией.

Признак наличия инверсных входов не указывается в случае отсутствия инверсных входов. Для ячеек, выполняющих функцию мажорирования, не указывается количество входов.

Имя	Функция	Страница
1	2	3
AND2	2-И	2-5
AND2B1	2-И с инверсным входом	2-5
AND2B2	2-И с двумя инверсными входами	2-5
AND3	3-И	2-6
AND3B1	3-И с одним инверсным входом	2-6
AND3B2	3-И с двумя инверсными входами	2-6
AND3B3	3-И с тремя инверсными входами	2-6
AND4	4-И	2-6
MAJ	3-входовая мажоритарная ячейка с прямым выходом	2-151
MAJB	3-входовая мажоритарная ячейка с инверсным выходом	2-152
NAN2	2-И-НЕ	2-155
NAN2B1	2-И-НЕ с одним инверсным входом	2-155
NAN2B2	2-И-НЕ с двумя инверсными входами	2-155
NAN3	3-И-НЕ	2-155
NAN3B1	3-И-НЕ с одним инверсным входом	2-155
NAN3B2	3-И-НЕ с двумя инверсными входами	2-155
NAN3B3	3-И-НЕ с тремя инверсными входами	2-155
NOR2	2-ИЛИ-НЕ	2-156
NOR2B1	2-ИЛИ-НЕ с одним инверсным входом	2-156
NOR2B2	2-ИЛИ-НЕ с двумя инверсными входами	2-156
NOR3	3-ИЛИ-НЕ	2-156
NOR3B1	3-ИЛИ-НЕ с одним инверсным входом	2-156
NOR3B2	3-ИЛИ-НЕ с двумя инверсными входами	2-156
NOR3B3	3-ИЛИ-НЕ с тремя инверсными входами	2-156
OR2	2-ИЛИ	2-162
OR2B1	2-ИЛИ с одним инверсным входом	2-162
OR2B2	2-ИЛИ с двумя инверсными входами	2-162

Имя	Функция	Страница
1	2	3
OR3	3-ИЛИ	2-162
OR3B1	3-ИЛИ с одним инверсным входом	2-162
OR3B2	3-ИЛИ с двумя инверсными входами	2-162
OR3B3	3-ИЛИ с тремя инверсными входами	2-162
OR4	4-ИЛИ	2-162
XOR2	Сложение по модулю 2	2-201
XNOR2	Сложение по модулю 2 с инверсией	2-200

Обозначение составной логической функциональной ячейки включает в себя обозначение функций, выполняемых ячейкой в соответствии с их последовательностью, количество входов элементов первого каскада, номер модификации данной ячейки.



Обозначение функций может принимать следующие значения:

- A – функция И;
- O – функция ИЛИ;
- I – функция инверсии.

Библиотечная функциональная ячейка может содержать два или три каскада. В начале имени функциональной ячейки указывается обозначение функции первого каскада, который может содержать несколько элементов данной функции, и количество входов каждого из этих элементов данной функции. Затем указывается обозначение функции первого каскада, содержащей только один элемент. После этого указывается обозначение функций второго и третьего каскадов. Модификацией функциональной ячейки является ячейка, выполняющая ту же функцию и имеющая то же количество входов, но содержащая инверсные входы. Номер модификации может отсутствовать.

Ниже приведен состав базовых логических ячеек библиотеки 5503, выполняющих сложную функцию. Реализуемая функция описана в виде формул, инверсные входы в конце имени обозначены буквой **B**.

Имя	Функция	Страница
1	2	3
A21O	$I0 \cdot I1 + I3$	2-1
A21O1	$I0 \cdot I1B + I3$	2-1
A21O2	$I0B \cdot I1B + I3$	2-1
A21O3	$I0 \cdot I1 + I3B$	2-1
A21O4	$I0 \cdot I1B + I3B$	2-1
A21O5	$I0B \cdot I1B + I3B$	2-1

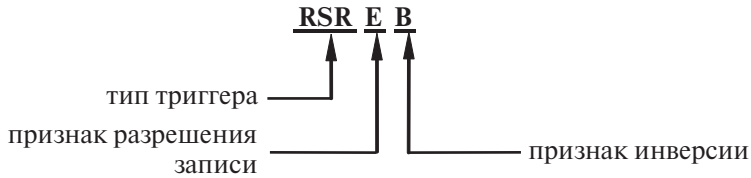
Имя	Функция	Страница
1	2	3
A21OI	$(I0*I1+I3)B$	2-2
A21OI1	$(I0*I1B+I3)B$	2-2
A21OI2	$(I0B*I1B+I3)B$	2-2
A21OI3	$(I0*I1+I3B)B$	2-2
A21OI4	$(I0*I1B+I3B)B$	2-2
A21OI5	$(I0B*I1B+I3B)B$	2-2
O21A	$(I0+I1)*I3$	2-157
O21A1	$(I0+I1)B*I3$	2-157
O21A2	$(I0B+I1B)*I3$	2-157
O21A3	$(I0+I1)*I3B$	2-157
O21A4	$(I0+I1B)*I3B$	2-157
O21A5	$(I0B+I1B)*I3B$	2-157
O21AI	$((I0+I1)*I3)B$	2-157
O21AI1	$((I0+I1B)*I3)B$	2-157
O21AI2	$((I0B+I1B)*I3)B$	2-157
O21AI3	$((I0+I1)*I3B)B$	2-157
O21AI4	$((I0+I1B)*I3B)B$	2-157
O21AI5	$((I0B+I1B)*I3B)B$	2-157
A22O	$(I0*I1)+(I2*I3)$	2-2
A22OI	$((I0*I1)+(I2*I3))B$	2-3
O22A	$(I0+I1)*(I2+I3)$	2-158
O22AI	$((I0+I1)*(I2+I3))B$	2-158
A31O	$(I0*I1*I2)+I3$	2-3
A31OI	$((I0*I1*I2)+I3)B$	2-3
O31A	$(I0+I1+I2)*I3$	2-158
O31AI	$((I0+I1+I2)*I3)B$	2-158

Триггеры RS-типа

Триггер RS-типа — это функциональная ячейка памяти, имеющая два устойчивых состояния, определяемых сигналами управления.

Как известно, триггеры RS-типа при наличии активных сигналов на входах R и S имеют запрещенную комбинацию, при которой прямой и инверсный выходы триггера находятся в одном и том же логическом состоянии. Библиотека функциональных ячеек содержит модификации RS-триггера, не имеющие запрещенных комбинаций за счет реализации приоритета одного из входов. Это RSS-триггер с приоритетом сигнала S, RSR-триггер с приоритетом сигнала R и RSK-триггер с приоритетом режима хранения информации. В состав библиотеки входят также триггеры, синхронизируемые по активному уровню сигнала управления, с приоритетом сигнала R и приоритетом сигнала S. Все указанные триггеры реализованы в базисе активных входных сигналов высокого и низкого уровня.

Обозначение триггера RS-типа включает в себя обозначение типа триггера, признак разрешения записи и признак инверсии входных сигналов.



Тип RS триггера может принимать следующие значения:

- RS** — триггер RS-типа с запрещенной комбинацией;
- RSS** — триггер с приоритетом установки SET (S-типа);
- RSR** — триггер с приоритетом сброса RESET (R-типа);
- RSK** — триггер с приоритетом хранения (K-типа).

Признак **Е** указывает на наличие сигнала разрешения записи (вход **Е**).

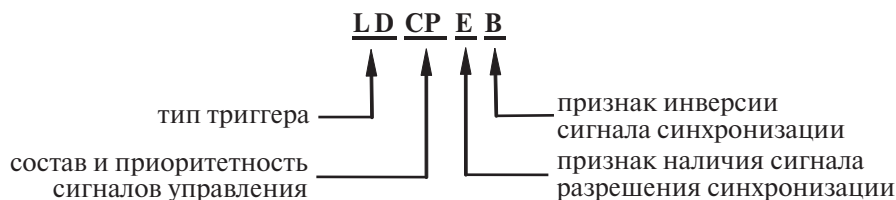
Признак **В** означает, что сигналы управления (входы **Р**, **S** и **Е**) имеют активный низкий уровень.

Имя	Функция	Страница
RS	триггер RS-типа с управлением высоким уровнем	2-163
RSB	триггер RS-типа с управлением низким уровнем	2-164
RSK	триггер RS-типа с приоритетом хранения и управлением высоким уровнем	2-165
RSKB	триггер RS-типа с приоритетом хранения и управлением низким уровнем	2-166
RSR	триггер RS-типа с приоритетом сброса и управлением высоким уровнем	2-167
RSRB	триггер RS-типа с приоритетом сброса и управлением низким уровнем	2-168
RSS	триггер RS-типа с приоритетом установки и управлением высоким уровнем	2-171
RSSB	триггер RS-типа с приоритетом установки и управлением низким уровнем	2-172
RSRE	триггер RS-типа с приоритетом сброса, управлением и разрешением записи высоким уровнем	2-169
RSREB	триггер RS-типа с приоритетом сброса, управлением и разрешением записи низким уровнем	2-170
RSSE	триггер RS-типа с приоритетом установки, управлением и разрешением записи высоким уровнем	2-173
RSSEB	триггер RS-типа с приоритетом установки, управлением и разрешением записи низким уровнем	2-174

Триггеры D-типа с разрешением записи по уровню

Триггер D-типа с разрешением записи по уровню — это функциональная ячейка памяти, имеющая два устойчивых состояния, которые изменяются при наличии активного уровня сигнала синхронизации в зависимости от данных на входе **D**.

Обозначение триггера включает в себя тип триггера (**LD**), состав и приоритетность сигналов управления, признак наличия сигнала разрешения синхронизации и признак инверсии сигнала синхронизации.



В обозначении триггера указываются состав и приоритетность управляющих сигналов установки и сброса, причем первым указывается тот сигнал, который имеет более высокий приоритет. В качестве управляющих могут использоваться следующие сигналы:

С – асинхронный сброс (вход **CLR**);

P – асинхронная установка (вход **PRE**).

Признак **E** указывает на наличие сигнала разрешения записи (вход **CE**).

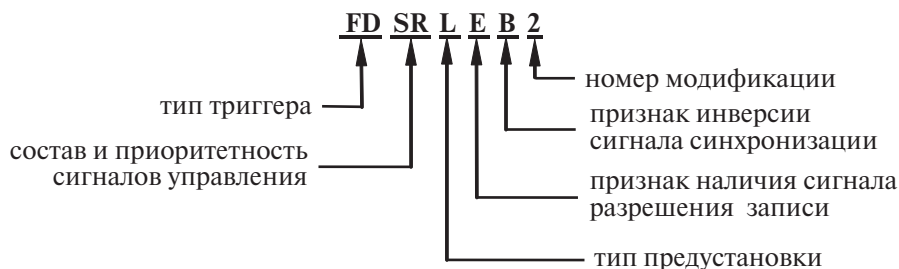
Признак **B** означает, что активным является низкий уровень сигнала синхронизации (вход **C**).

Имя	Функция	Страница
LD	триггер-защелка D-типа с синхронизацией высоким уровнем	2-140
LDB	триггер-защелка D-типа с синхронизацией низким уровнем	2-140
LDC	триггер-защелка D-типа с асинхронным сбросом с синхронизацией высоким уровнем	2-141
LDCB	триггер-защелка D-типа с асинхронным сбросом с синхронизацией низким уровнем	2-142
LDCE	триггер-защелка D-типа с асинхронным сбросом, разрешением записи с синхронизацией высоким уровнем	2-143
LDCEB	триггер-защелка D-типа с асинхронным сбросом, разрешением записи с синхронизацией низким уровнем	2-144
LDCP	триггер-защелка D-типа с асинхронными сбросом и установкой с синхронизацией высоким уровнем	2-145
LDCPB	триггер-защелка D-типа с асинхронными сбросом и установкой с синхронизацией низким уровнем	2-146
LDCPE	триггер-защелка D-типа с асинхронными сбросом и установкой, разрешением записи с синхронизацией высоким уровнем	2-147
LDCPEB	триггер-защелка D-типа с асинхронными сбросом и установкой, разрешением записи с синхронизацией низким уровнем	2-148
LDP	триггер-защелка D-типа с асинхронной установкой с синхронизацией высоким уровнем	2-149
LDPB	триггер-защелка D-типа с асинхронной установкой с синхронизацией низким уровнем	2-150

Триггеры с записью по фронту

Триггер с записью по фронту — это функциональная ячейка памяти, имеющая два устойчивых состояния, которые изменяются при появлении активного фронта сигнала синхронизации в зависимости от состояния сигналов управления.

Обозначение триггера включает в себя обозначение типа триггера, состав и приоритетность сигналов управления, тип предустановки, признаки и номер модификации.



В библиотеке реализованы следующие типы триггеров:

- FC** — детектор фронта;
- FD** — триггер D-типа;
- FJK** — триггер JK-типа;
- FT** — счетный триггер T-типа.

В обозначении триггера указываются состав и приоритетность сигналов управления. Первым указывается тот сигнал, который имеет высший приоритет. В качестве управляющих могут использоваться следующие сигналы:

- C** — асинхронный сброс (вход **CLR**);
- P** — асинхронная установка (вход **PRE**);
- R** — синхронный сброс (вход **R**);
- S** — синхронная установка (вход **S**).

Тип предустановки может отсутствовать или принимать следующие значения:

- L** — синхронная предустановка (вход **L**);
- I** — асинхронная предустановка (вход **I**).

Признак наличия сигнала разрешения **E** указывает на наличие в триггере входа разрешения сигнала синхронизации (вход **E**), также может отсутствовать.

Признак инверсии **B** означает, что активным для триггера является задний фронт сигнала синхронизации.

Модификациями считаются триггеры, имеющие дополнительные входные сигналы, номер модификации может отсутствовать.

Имя	Функция	Страница
1	2	3
FCC	детектор переднего фронта с асинхронным сбросом	2-27
FCC2	детектор переднего фронта с двумя входами асинхронного сброса	2-28
FCCB	детектор заднего фронта с асинхронным сбросом	2-29
FCCB2	детекторы заднего фронта с двумя входами асинхронного сброса	2-30
FD	триггер D-типа с записью по переднему фронту	2-31
FDB	триггер D-типа с записью по заднему фронту	2-31
FDC	триггер D-типа с асинхронным сбросом с записью по переднему фронту	2-32
FDCB	триггер D-типа с асинхронным сбросом с записью по заднему фронту	2-33
FDCE	триггер D-типа с асинхронным сбросом и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-34
FDCEB	триггер D-типа с асинхронным сбросом и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-35
FDCI	триггер D-типа с асинхронным сбросом и асинхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-36
FDCIB	триггер D-типа с асинхронным сбросом и асинхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-37

Имя	Функция	Страница
1	2	3
FDCL	триггер D-типа с асинхронным сбросом и синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-38
FDCLB	триггер D-типа с асинхронным сбросом и синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-39
FDCLE	триггер D-типа с асинхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-40
FDCLEB	триггер D-типа с асинхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-41
FDCP	триггер D-типа с записью по переднему фронту с асинхронными сбросом и установкой	2-42
FDCPB	триггер D-типа с асинхронными сбросом и установкой с записью по заднему фронту	2-43
FDCPE	триггер D-типа, с асинхронными сбросом и установкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-44
FDCPEB	триггер D-типа с асинхронными сбросом и установкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-45
FDCPI	триггер D-типа с асинхронными сбросом и установкой и асинхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-46
FDCPIB	триггер D-типа с асинхронными сбросом и установкой и асинхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-47
FDCPL	триггер D-типа с асинхронными сбросом и установкой и синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-48
FDCPLB	триггер D-типа с асинхронными сбросом и установкой и синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-49
FDE	триггер D-типа с разрешением записи с записью по переднему фронту	2-50
FDEB	триггер D-типа с разрешением записи с записью по заднему фронту	2-51
FDL	триггер D-типа с синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-52
FDLB	триггер D-типа с синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-53
FDLE	триггер D-типа с синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-54
FDLEB	триггер D-типа с синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-55
FDP	триггер D-типа с асинхронной установкой с записью по переднему фронту	2-56
FDPB	триггер D-типа с асинхронной установкой с записью по заднему фронту	2-57
FDPE	триггер D-типа с асинхронной установкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-58
FDPEB	триггер D-типа с асинхронной установкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-59
FDPI	триггер D-типа с асинхронной установкой и асинхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-60
FDPIB	триггер D-типа с асинхронной установкой и асинхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-61
FDPL	триггер D-типа с асинхронной установкой и синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-62
FDPLB	триггер D-типа с асинхронной установкой и синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-63
FDPLE	триггер D-типа с асинхронной установкой, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по переднему фронту,	2-64
FDPLEB	триггер D-типа с асинхронной установкой, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-65

Имя	Функция	Страница
1	2	3
FDR	триггер D-типа с синхронным сбросом с записью по переднему фронту	2-66
FDRB	триггер D-типа с синхронным сбросом с записью по заднему фронту	2-67
FDRE	триггер D-типа синхронным сбросом и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-68
FDREB	триггер D-типа с синхронным сбросом и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-69
FDRL	триггер D-типа с синхронным сбросом и синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-70
FDRLB	триггер D-типа с синхронным сбросом и синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-71
FDRLE	триггер D-типа синхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-72
FDRLEB	триггер D-типа с синхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-73
FDRS	триггер D-типа с синхронными сбросом и установкой с записью по переднему фронту	2-74
FDRSB	триггер D-типа с синхронными сбросом и установкой с записью по заднему фронту	2-75
FDRSE	триггер D-типа с синхронными сбросом и установкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-76
FDRSEB	триггер D-типа с синхронными сбросом и установкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-77
FDRSL	триггер D-типа с синхронными сбросом и установкой и синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-78
FDRSLB	триггер D-типа с синхронными сбросом и установкой и синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-79
FDRSLE	триггер D-типа с синхронными сбросом и установкой, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-80
FDS	триггер D-типа с синхронной установкой с записью по переднему фронту	2-81
FDSB	триггер D-типа с синхронной установкой с записью по заднему фронту	2-82
FDSE	триггер D-типа с синхронной установкой и разрешением записи с записью по переднему фронту,	2-83
FDSEB	триггер D-типа с синхронной установкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-84
FDSL	триггер D-типа с синхронной установкой и синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-85
FDSLБ	триггер D-типа с синхронной установкой и синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-86
FDSLE	триггер D-типа с синхронной установкой, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-87
FDSLEB	триггер D-типа с синхронной установкой, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-88
FDSR	триггер D-типа с синхронными установкой и сбросом с записью по переднему фронту	2-89
FDSRB	триггер D-типа с синхронными установкой и сбросом с записью по заднему фронту	2-90
FDSRE	триггер D-типа с синхронными установкой и сбросом и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-91
FDSREB	триггер D-типа с синхронными установкой и сбросом и разрешением записи с записью по заднему фронту	2-92

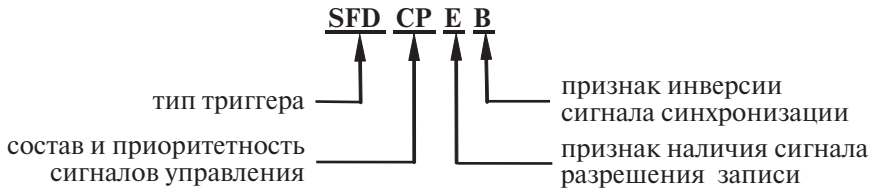
Имя	Функция	Страница
1	2	3
FDSRL	триггер D-типа с синхронными установкой и сбросом и синхронной загрузкой с записью по переднему фронту	2-93
FDSRLB	триггер D-типа с синхронными установкой и сбросом и синхронной загрузкой с записью по заднему фронту	2-94
FDSRLE	триггер D-типа с синхронными установкой и сбросом, синхронной загрузкой и разрешением записи с записью по переднему фронту	2-95
FJKCP	триггер JK-типа с асинхронными сбросом и установкой с записью по переднему фронту	2-96
FJKCPB	триггер JK-типа с асинхронными сбросом и установкой с записью по заднему фронту	2-97
FTC	счетный триггер с асинхронным сбросом с синхронизацией по переднему фронту	2-98
FTCB	счетный триггер с асинхронным сбросом с синхронизацией по заднему фронту	2-99
FTCE	счетный триггер с асинхронным сбросом и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-100
FTCEB	счетный триггер с асинхронным сбросом и разрешением счета с синхронизацией по заднему фронту	2-101
FTCL	счетный триггер с асинхронным сбросом и синхронной загрузкой с синхронизацией по переднему фронту	2-102
FTCLB	счетный триггер с асинхронным сбросом и синхронной загрузкой с синхронизацией по заднему фронту	2-103
FTCLE	счетный триггер с асинхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-104
FTCLEB	счетный триггер с асинхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением счета с синхронизацией по заднему фронту	2-105
FTCP	счетный триггер с асинхронными сбросом и установкой с синхронизацией по переднему фронту	2-106
FTCPB	счетный триггер с асинхронными сбросом и установкой с синхронизацией по заднему фронту	2-107
FTCPE	счетный триггер с асинхронными сбросом и установкой и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-108
FTCPEB	счетный триггер с асинхронными сбросом и установкой и разрешением счета с синхронизацией по заднему фронту	2-109
FTCPL	счетный триггер с асинхронными сбросом и установкой и синхронной загрузкой с синхронизацией по переднему фронту	2-110
FTCPLB	счетный триггер с асинхронными сбросом и установкой и синхронной загрузкой с синхронизацией по заднему фронту	2-111
FTCPLE	счетный триггер с асинхронными сбросом и установкой, синхронной загрузкой и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-112
FTP	счетный триггер с асинхронной установкой с синхронизацией по переднему фронту	2-113
FTPВ	счетный триггер с асинхронной установкой с синхронизацией по заднему фронту	2-114
FTPE	счетный триггер с асинхронной установкой и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-115
FTPEB	счетный триггер с асинхронной установкой и разрешением счета с синхронизацией по заднему фронту	2-116
FTPL	счетный триггер с асинхронной установкой и синхронной загрузкой с синхронизацией по переднему фронту	2-117
FTPLB	счетный триггер с асинхронной установкой и синхронной загрузкой с синхронизацией по заднему фронту	2-118

Имя	Функция	Страница
1	2	3
FTPLE	счетный триггер с асинхронной установкой, синхронной загрузкой и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-119
FTPLEB	счетный триггер с асинхронной установкой, синхронной загрузкой, разрешением счета с синхронизацией по заднему фронту	2-120
FTR	счетный триггер с синхронным сбросом с синхронизацией по переднему фронту	2-121
FTRB	счетный триггер с синхронным сбросом с синхронизацией по заднему фронту	2-122
FTRE	счетный триггер с синхронным сбросом и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-123
FTREB	счетный триггер с синхронным сбросом и разрешением счета с синхронизацией по заднему фронту	2-124
FTRLE	счетный триггер с синхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением счета с синхронизацией по переднему фронту	2-125
FTRLEB	счетный триггер с синхронным сбросом, синхронной загрузкой и разрешением счета с синхронизацией по заднему фронту	2-126

Триггеры сканирования для организации тестирования

Триггер сканирования — это функциональная ячейка памяти, имеющая два устойчивых состояния, которые изменяются при появлении активного фронта сигнала синхронизации либо через вход данных, либо через вход сканирования в зависимости от состояния сигналов управления.

Обозначение триггера включает в себя обозначение типа триггера, состав и приоритетность сигналов управления и признаки.



В обозначении триггера указываются состав и приоритетность сигналов управления. Первым указывается тот сигнал, который имеет высший приоритет. В качестве управляющих могут использоваться следующие сигналы:

- С** — асинхронный сброс (вход **CLR**);
- Р** — асинхронная установка (вход **PRE**).

Признак наличия сигнала разрешения **Е** указывает на наличие в триггере входа разрешения сигнала синхронизации (вход **Е**), также может отсутствовать.

Признак инверсии **В** означает, что активным для триггера является задний фронт сигнала синхронизации.