

Основные особенности

- Диапазон напряжения питания:
VDDA = 3,3 В ($\pm 5\%$) ... 5,0 В ($\pm 5\%$);
- Диапазон напряжения питания
интерфейсной части:
VDDDR = 1,8 В ... 5,0 В;
- 1104 логических элементов
(трехходовой LUT + D-триггер);
- Частота внутреннего генератора 10 МГц;
- Задержка переключения логического
элемента не более 5,0 нс;
- Возможность выбора устройства
конфигурирования памяти:
 - внутреннее ПЗУ;
 - внешняя Flash-память;
 - программатор.
- Температурный диапазон
от -60°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- Стойкость к СВВФ.

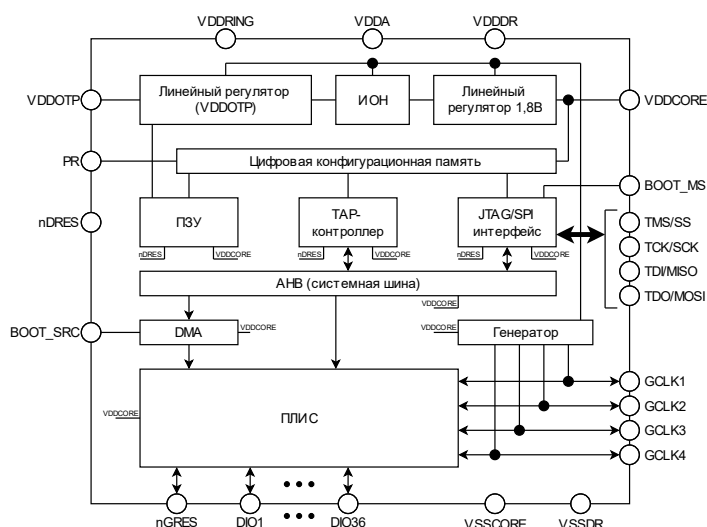


Рисунок 1. Структурная схема

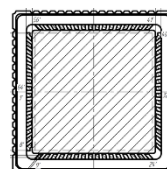


Рисунок 2. Корпус МК 5153.64-3

Общее описание

Микросхема представляет собой программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) для реализации на стороне пользователя различных логических схем или схем управления.

Микросхема в своем составе содержит 1104 логических элементов. Каждый логический элемент состоит из трехходового LUT и D-триггера.

ПЛИС имеет три способа конфигурирования памяти:

- конфигурирование из внутренней ПЗУ (режим энергонезависимой памяти);
- запись данных из внешней Flash-памяти;
- конфигурирование с помощью программатора напрямую в ОЗУ или ПЗУ.

При конфигурировании ПЛИС из внутренней ПЗУ, используется DMA-контроллер (Direct Memory Access), который обеспечивает загрузку данных в ОЗУ.

ПЛИС содержит 36 программируемых пользовательских площадки ввода-вывода, а также 4 площадки ввода-вывода для глобальных тактовых сигналов.

Микросхема выполнена в 64-х выводном металлокерамическом корпусе МК 5153.64-3.

Электрические параметры микросхемы

Таблица 1. Электрические характеристики (температурный диапазон от – 60°C до +85°C)

Параметр, единица измерения	Норма параметра		
	не менее	типовое	не более
Напряжение питания (VDDA), В	3,15		5,25
Напряжение питания ESD-защиты (VDDRING) ¹⁾ , В	3,15		5,25
Напряжение питания интерфейсной части (VDDDR) ²⁾ , В	1,71		5,25
Задержка переключения программируемого логического элемента, нс			5,0
Максимальная внешняя частота синхросигнала, МГц			
при VDDDR = 1,8 В	8,0		
при VDDDR = 5,0 В	15		
Частота внутреннего генератора, МГц	9,7	10	10,3
Статический ток потребления, мА			30
Напряжение низкого уровня выходных цифровых сигналов, В		0	0,4
Напряжение высокого уровня выходных цифровых сигналов, В	VDDDR – 0,4	VDDDR	
Примечание:			
1) Рекомендуемое напряжение питания на вывод VDDRING – 5,0 В.			
2) Допускается подавать VDDDR=1,8 В...5,0 В при любом напряжении питания VDDA.			

Электростатическая защита

Микросхема имеет встроенную защиту от электростатического разряда до 500 В (аналоговые выводы) и 2000 В (цифровые выводы) по модели человеческого тела. Требуется мер предосторожности.

Предельно-допустимые и предельные режимы эксплуатации

Таблица 2. Предельно-допустимые и предельные режимы эксплуатации

Параметр, единица измерения	Предельно-допустимый режим		Предельный режим	
	не менее	не более	не менее	не более
Напряжение питания аналоговой части (VDDA), В	3,15	5,25	-0,3	5,5
Напряжение питания ESD-защиты (VDDRING) ¹⁾ , В	3,15	5,25	-0,3	5,5
Напряжение питания интерфейсной части (VDDDR), В	1,71	5,25	-0,3	5,5
Напряжение низкого уровня входных цифровых сигналов, В	-0,1	0,25xVDDDR	-0,3	5,5
Напряжение высокого уровня входных цифровых сигналов, В	0,75xVDDDR	VDDDR+0,25 ²⁾	-0,3	5,5
Ток нагрузки (DIO1–DIO36, GCLK1–GCLK4), мА				
при VDDDR = 5,0 В	–	10	–	20,0
при VDDDR = 3,3 В	–	6,0	–	20,0
при VDDDR = 1,8 В	–	1,0	–	20,0
Максимальная рассеиваемая мощность, Вт	–	2,0	–	3,0
Температура эксплуатации, °С	-60	+85	-60	+125
Примечание:				
1) рекомендуемое напряжение питания на вывод VDDRING – 5,0 В.				
2) не более 5,25 В.				

Конфигурация и функциональное описание выводов

Таблица 3. Функциональное описание выводов

№ вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
1	DIO18	Цифровой вход/выход 18
2	DIO17	Цифровой вход/выход 17
3	DIO16	Цифровой вход/выход 16
4	DIO15	Цифровой вход/выход 15
5	DIO14	Цифровой вход/выход 14
6	DIO13	Цифровой вход/выход 13
7	DIO12	Цифровой вход/выход 12
8	DIO11	Цифровой вход/выход 11
9	DIO10	Цифровой вход/выход 10
10	DIO9	Цифровой вход/выход 9
11	DIO8	Цифровой вход/выход 8
12	DIO7	Цифровой вход/выход 7
13	DIO6	Цифровой вход/выход 6
14	VSSDR	Общий вывод интерфейсной части
15	VDDDR	Вывод напряжения питания интерфейсной части (1,8 В–5,0 В)
16	GCLK4	Вывод глобального тактового сигнала 4
17	GCLK3	Вывод глобального тактового сигнала 3
18	VDDCORE	Вывод для подключения шунтирующего конденсатора питания ядра
19	VSSCORE	Общий вывод питания ядра
20	DIO5	Цифровой вход/выход 5
21	DIO4	Цифровой вход/выход 4
22	DIO3	Цифровой вход/выход 3
23	DIO2	Цифровой вход/выход 2
24	DIO1	Цифровой вход/выход 1
25	BOOT_SRC	Вывод выбора источника аппаратной загрузки данных в ОЗУ лог. «1» – внешнее ПЗУ, лог. «0» – внутреннее ПЗУ
26	BOOT_MS	Вывод выбора режима программирования лог. «1» – SPI (Master), лог. «0» – JTAG (Slave)
27	TMS/SS	Входной сигнал управления TAP-контроллером интерфейса JTAG для программирования микросхемы/ Выходной разрешающий сигнал Slave Select (Chip Select) SPI-интерфейса для программирования микросхемы
28	TDI/MISO	Сигнал входных данных интерфейса JTAG для программирования микросхемы/ Входной сигнал передачи данных (Master Input Slave Output) SPI-интерфейса для программирования микросхемы
29	TCK/SCK	Входная тактовая частота интерфейса JTAG для программирования микросхемы/ Выходной тактовый сигнал SPI-интерфейса для программирования микросхемы

№ вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
30	TDO/MOSI	Выход последовательных данных интерфейса JTAG для программирования микросхемы/ Выходной сигнал передачи данных (Master Output Slave Input) SPI-интерфейса для программирования микросхемы
31	VDDOTP	Вывод подключения шунтирующей емкости напряжения питания ПЗУ
32	VSSCORE	Общий вывод питания ядра
33	PR	Вывод для программирования ПЗУ (9,0 В)
34	VDDA	Вывод напряжения питания (3,3 – 5,0 В)
35	CFGDIN	Вход данных для программирования площадок ввода-вывода
36	CFGCLK	Тактовая частота для программирования площадок ввода-вывода
37	VDDRING	Вывод напряжения питания ESD защиты
38	nGRES	Вывод глобального сброса ПЛИС. Активный уровень – лог. «0»
39	nDRES	Вывод глобального сброса цифровой части микросхемы. Активный уровень – лог. «0»
40	Tech	Технологический вывод (подключить к VSSDR)
41	DIO36	Цифровой вход/выход 36
42	DIO35	Цифровой вход/выход 35
43	DIO34	Цифровой вход/выход 34
44	DIO33	Цифровой вход/выход 33
45	DIO32	Цифровой вход/выход 32
46	VSSCORE	Общий вывод питания ядра
47	VDDCORE	Вывод подключения шунтирующей емкости питания ядра ПЛИС
48	GCLK1	Вывод глобального тактового сигнала 1
49	GCLK2	Вывод глобального тактового сигнала 2
50	VDDDR	Вывод напряжения питания интерфейсной части (1,8 В–5,0 В)
51	VSSDR	Общий вывод питания интерфейсной части
52	DIO31	Цифровой вход/выход 31
53	DIO30	Цифровой вход/выход 30
54	DIO29	Цифровой вход/выход 29
55	DIO28	Цифровой вход/выход 28
56	DIO27	Цифровой вход/выход 27
57	DIO26	Цифровой вход/выход 26
58	DIO25	Цифровой вход/выход 25
59	DIO24	Цифровой вход/выход 24
60	DIO23	Цифровой вход/выход 23
61	DIO22	Цифровой вход/выход 22
62	DIO21	Цифровой вход/выход 21
63	DIO20	Цифровой вход/выход 20
64	DIO19	Цифровой вход/выход 19

Рекомендуемая схема применения

Таблица 4. Таблица внешних компонентов

Компонент	Номинал
C1–C5	100 нФ

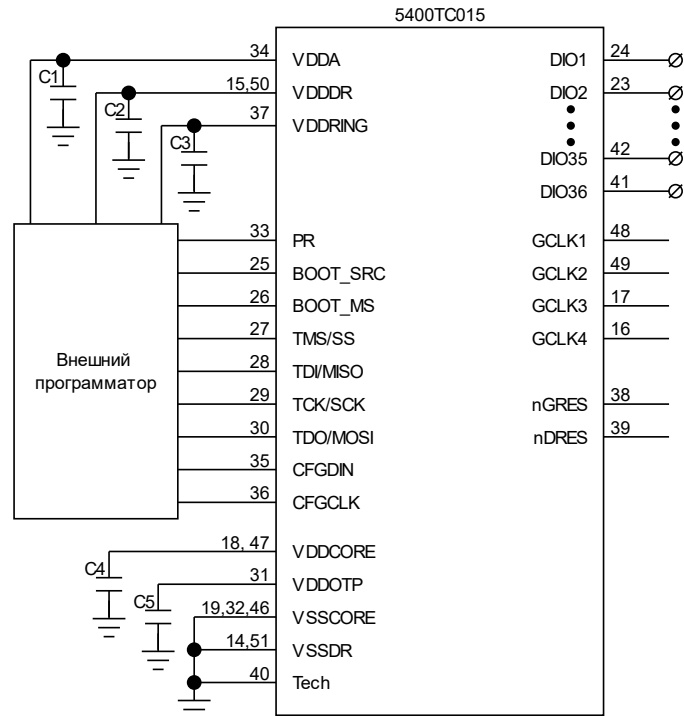


Рисунок 3. Рекомендуемая схема применения ПЛИС при использовании программатора.

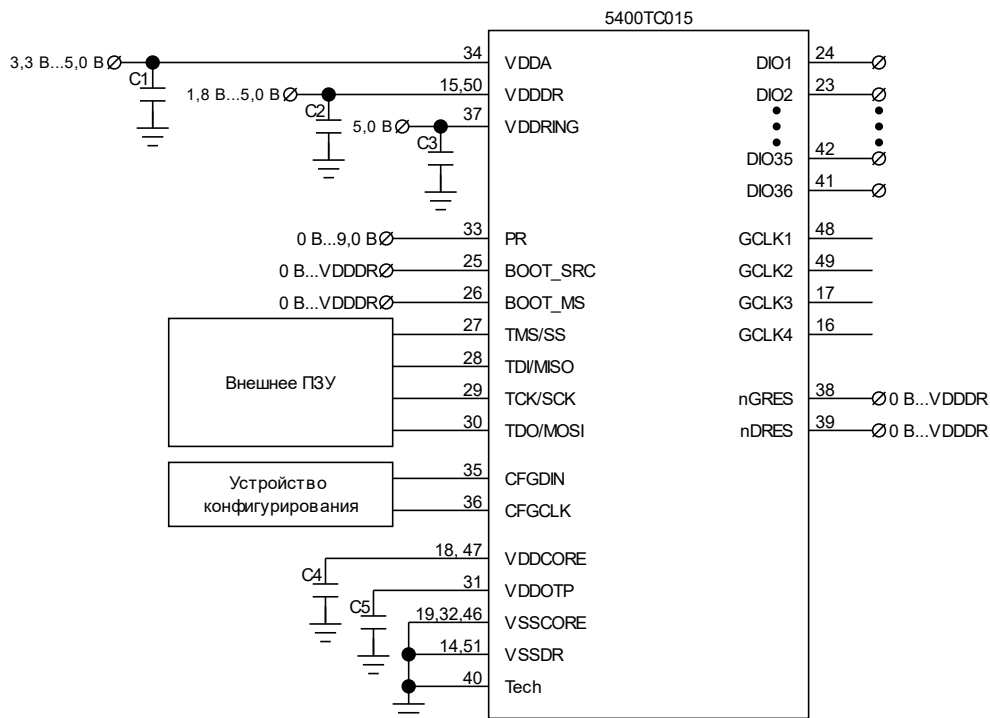


Рисунок 4. Рекомендуемая схема применения при использовании внешнего ПЗУ.

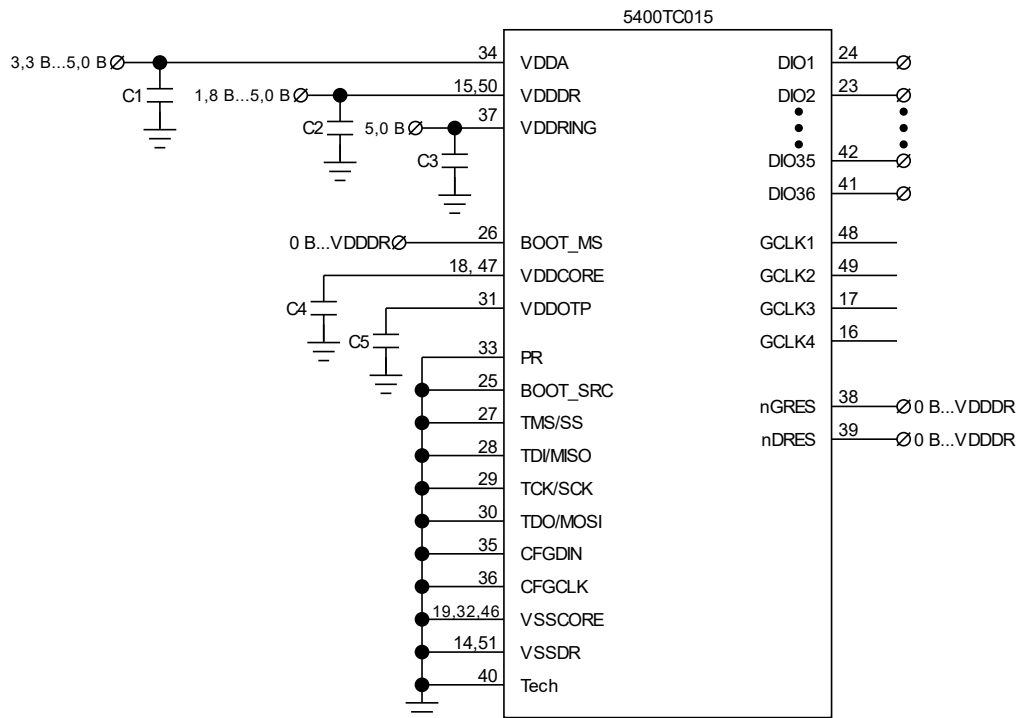


Рисунок 5. Рекомендуемая схема применения при использовании внутреннего ПЗУ (режим энергонезависимой памяти).

Описание функционирования микросхемы

Микросхема представляет собой программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) для реализации на стороне пользователя различных логических схем или схем управления.

Блок ПЛИС

ПЛИС представляет из себя матричную структуру и состоит из следующих основных блоков:

- Блок конфигурируемый логический;
- Блок коммутации;
- Блок переключения;
- Матрица ячеек памяти.

Структурная схема ПЛИС изображена на рисунке.

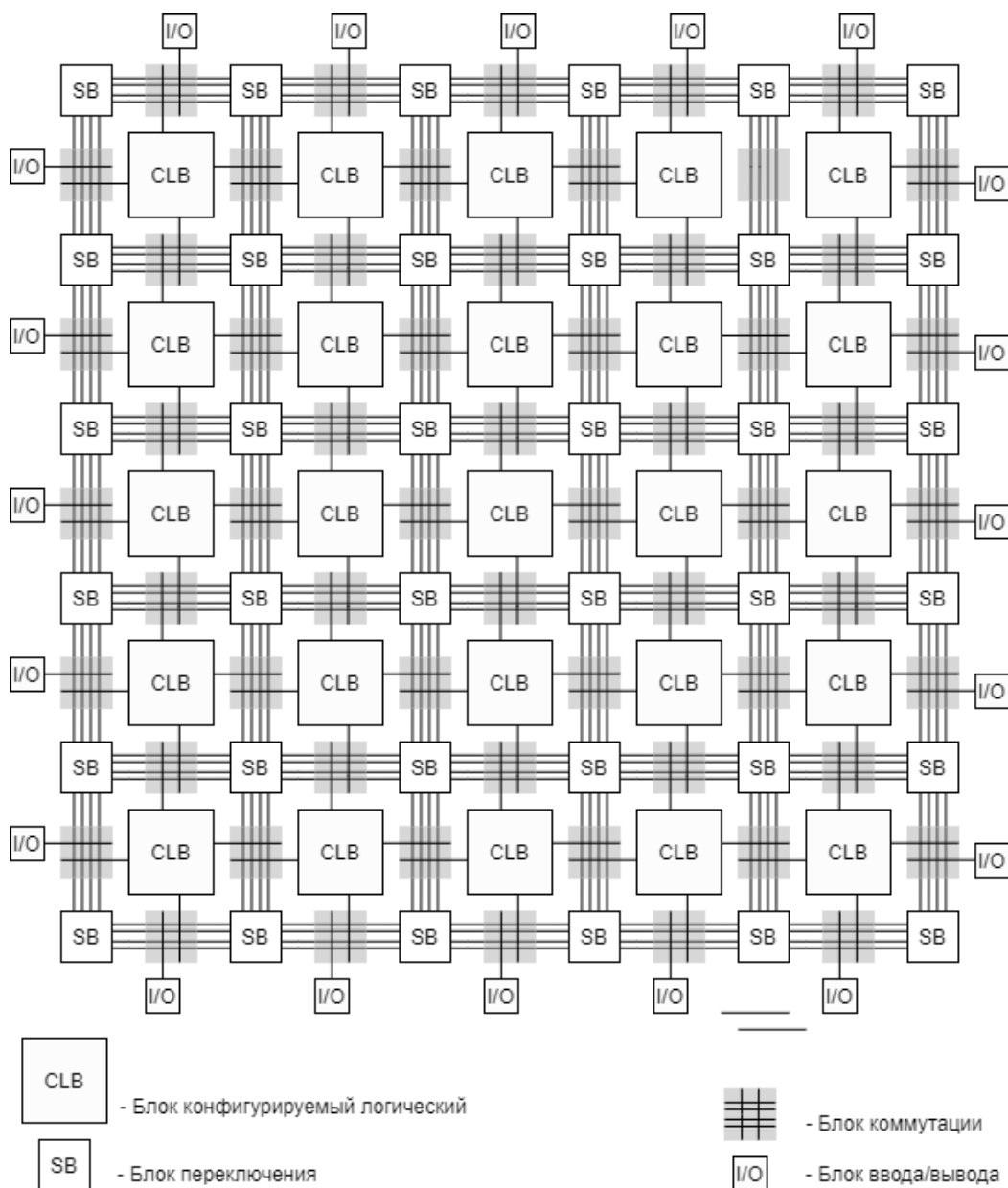


Рисунок 6. Структурная схема ПЛИС

Блок конфигурируемый логический

Блок конфигурируемый логический (CLB) является основным функциональным элементом матрицы ПЛИС. Структурная схема CLB приведена на рисунке. В его состав входит 2 логических элемента (LE – Logic Element), а также элементы коммутации.

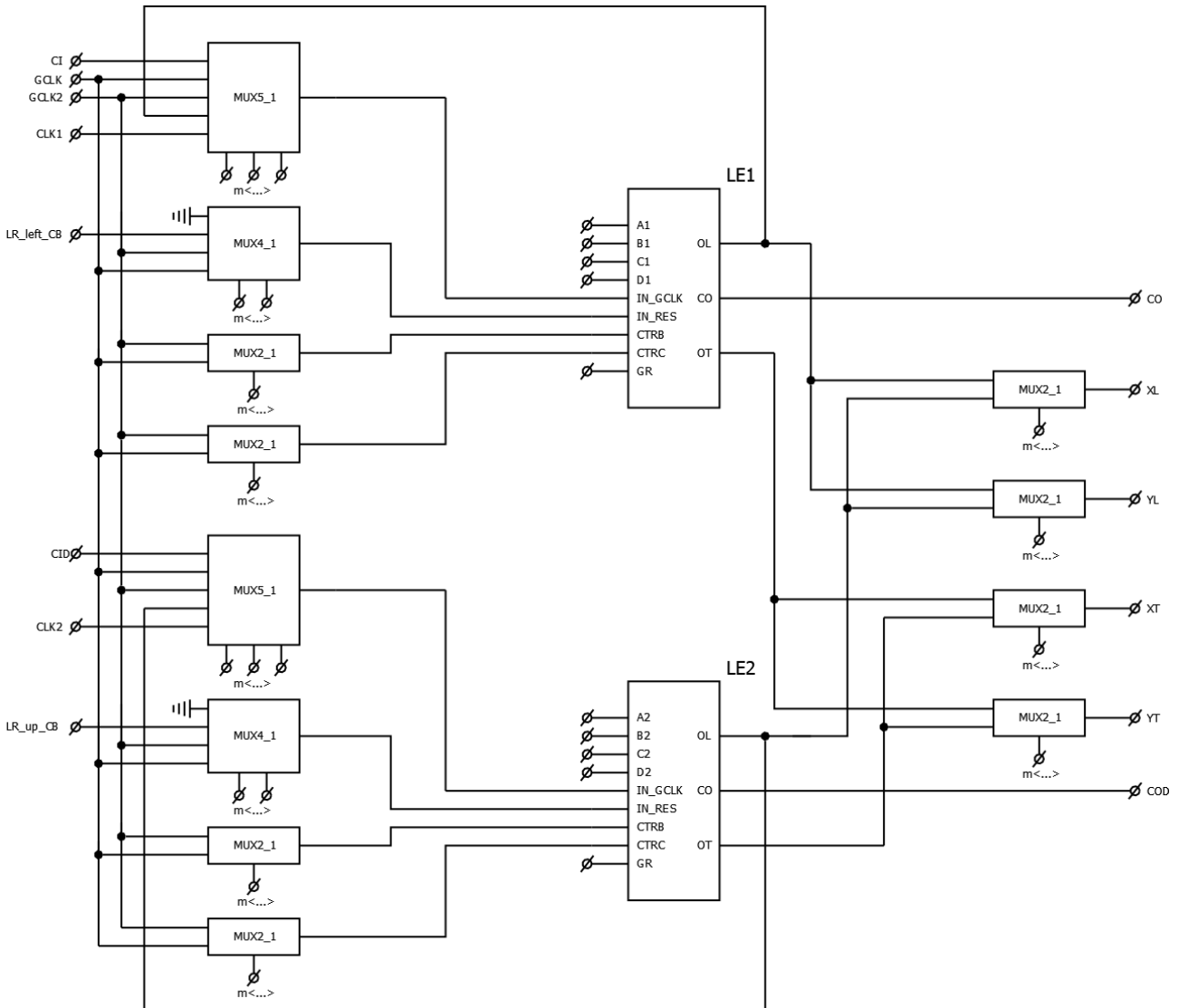


Рисунок 7. Структурная схема конфигурируемого логического блока

Каждый логический элемент блока ПЛИС состоит из трехвходового LUT и D-триггера.

Блок переключений

Блок переключений (SB) состоит из 7-ми сложных ключей. Структурная схема блока SB изображена на рисунке.

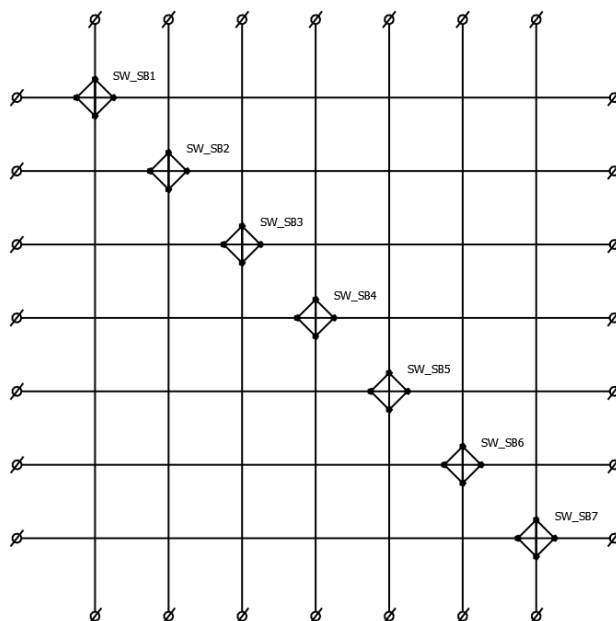


Рисунок 8. Структурная схема блока переключений

Каждый ключ (SW_SB) блока SB имеет возможность коммутировать сигнал в любом направлении, а также мультиплексировать сигнал.

Блок коммутации

Блок коммутации (CB) состоит из матрицы аналоговых ключей 9x9. Ключи позволяют коммутировать сигналы между входами и выходами соседних логических блоков, а также соединять перенаправлять сигналы на блок SB и на две глобальные шины. Структурная схема блока представлена на рисунке.

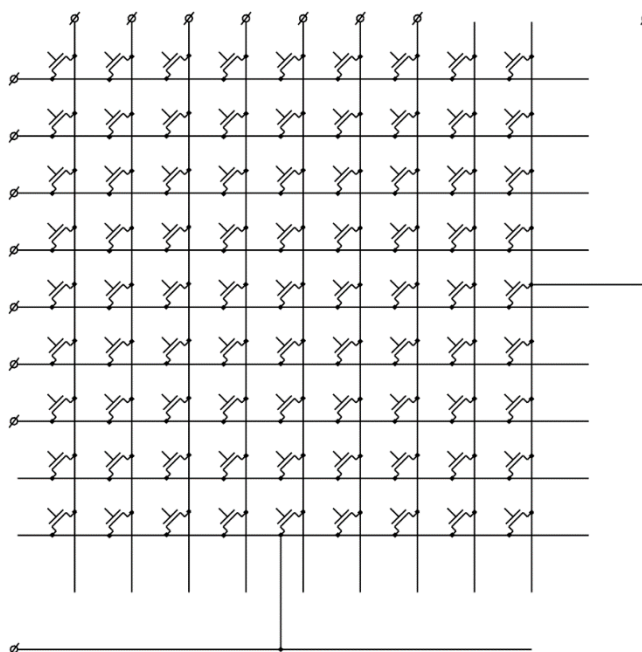


Рисунок 9. Структурная схема блока коммутации

Ключ блока коммутации CB представляет собой простейший КМОП-ключ.

Напряжения питания микросхемы

Напряжение питания микросхемы от 3,3 В до 5,0 В. Напряжение питания ядра микросхемы (VDDCORE) и встроенного ПЗУ (VDDOTP) формируется с помощью внутреннего линейного регулятора. Напряжение питания VDDDDR от 1,8 В до 5,0 В задает высокие логические уровни по пользовательским выводам, не влияя на логические уровни ядра. Допускается подавать VDDDDR=1,8 В...5,0 В при любом напряжении питания VDDA.

RC-генератор

Встроенный RC-генератор с частотой 10 МГц позволяет тактировать внутренние цифровые интерфейсы, а также его можно использовать в качестве тактового сигнала для ПЛИС. Выход RC-генератора можно коммутировать на внешние выводы GCLK1-GCLK4.

Формат программы для ПЛИС

Образ программы, прошиваемый в ПЛИС, имеет два формата представления: сжатый и несжатый. Несжатый формат содержит 676 x 678 + 8 + 9 бит данных, записываемых в ПЛИС непрерывным потоком напрямую в ОЗУ, и позволяет работать только в энергозависимом режиме.

Примечание: 8 дополнительных бит содержат настройку системы тактирования; 9 дополнительных бит содержат настройку статически конфигурируемых выводов и программируются в энергонезависимый режим через выводы CFGCLK и CFGDIN.

Размер несжатого образа не позволяет записать его во внутреннее ПЗУ микросхемы. Сжатый образ формируется из несжатого и позволяет сконфигурировать внутреннее ПЗУ для работы в энергонезависимом режиме. Программирование ПЗУ может производиться только сжатым образом.

Режимы программирования ПЛИС

Программирование через интерфейс JTAG:

- Запись во внутреннее ПЗУ сжатого образа;
- Запись в ОЗУ несжатого образа.

Программирование через интерфейс SPI. В данном режиме микросхема переходит к загрузке пользовательской конфигурации после подачи питания и выхода из сброса:

- Чтение из внешней SPI-совместимой Flash-памяти (1636PP4У) несжатого образа;
- Чтение из внешней SPI-совместимой Flash-памяти (1636PP4У) сжатого образа.

SPI интерфейс

При программировании по интерфейсу SPI микросхема считается «ведущим» устройством, которая по линии MOSI посылает код инструкции «ведомому» устройству, а также адресные биты. Ответ на команды управления должны приходить по линии MISO в текущем пакете данных объемом в 1 байт.

Режим работы SPI интерфейса master, MSB first, CPOL=0, CPHA= 0. Для выбора режима программирования ПЛИС по интерфейсу SPI необходимо установить на выводах BOOT_SRC и BOOT_MS высокий логический уровень.

Интерфейсные сигналы управления и частоту обеспечивает микросхема ПЛИС.

ПЛИС ориентирована на работу с микросхемой Flash-памяти 1636PP4У.

Таблица 5. Команды SPI-интерфейса

Команда	Код команды
Чтение массива данных из внешнего устройства	03h 0000 0011

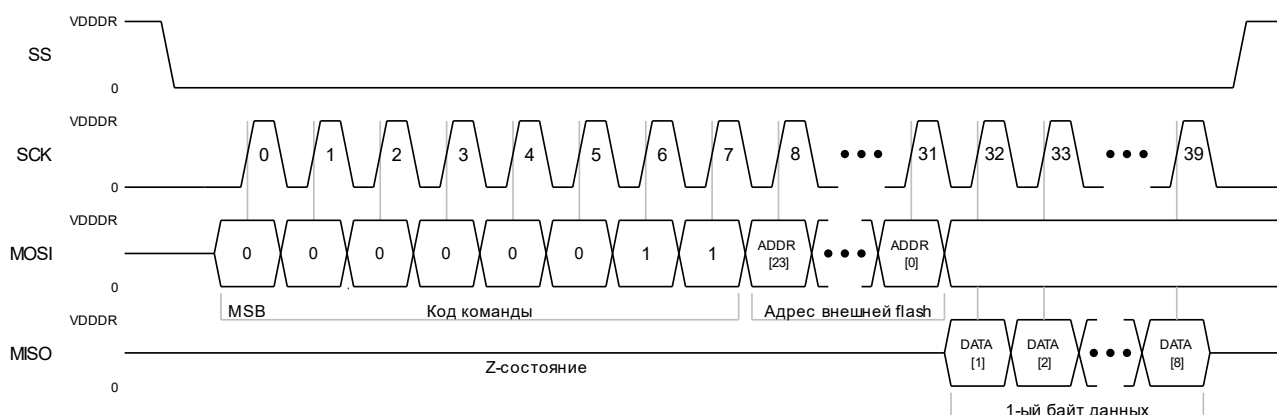


Рисунок 10. Временная диаграмма чтения данных из внешней flash-памяти

Создание проектов

Проектирование «зашивки» для ПЛИС осуществляется Verilog-описанием с последующим синтезом с помощью программного обеспечения Yosys. Программирование «зашивок» в ОЗУ и ПЗУ производится программатором через интерфейс JTAG.

Цифровые пользовательские площадки ввода/вывода DIO и GCLK

Цифровые площадки ввода/вывода DIO и GCLK типа GPIO позволяют пользователю конфигурировать направление сигнала, а также задавать высокий логический уровень с помощью внешне подключаемого питания VDDDR. Программирование пользовательских площадок происходит с помощью выводов CFGDIN и CFGCLK. В структуре ПЛИС имеются 36 пользовательских площадок ввода/вывода и 4 пользовательские площадки ввода/вывода тактовой частоты.

Конфигурация направлений пользовательских площадок ввода/вывода может быть как статической, так и динамической. Динамические выводы могут менять направление сигнала в процессе отладки или работы пользовательской конфигурации ПЛИС. Статические – конфигурируются из внутренних регистров и не имеют возможности менять направление. Однако динамические площадки также могут работать статично при соответствующей пользовательской конфигурации.

Динамические пользовательские площадки ввода/вывода:

DIO2, DIO3, DIO4, DIO6, DIO7, DIO8, DIO10, DIO11, DIO12, DIO14, DIO15, DIO16, DIO18, DIO19, DIO20, DIO22, DIO23, DIO24, DIO26, DIO27, DIO28, DIO30, DIO31, DIO32, DIO34, DIO35, DIO36.

Статические пользовательские площадки ввода/вывода:

DIO1, DIO5, DIO9, DIO13, DIO17, DIO21, DIO25, DIO29, DIO33.

