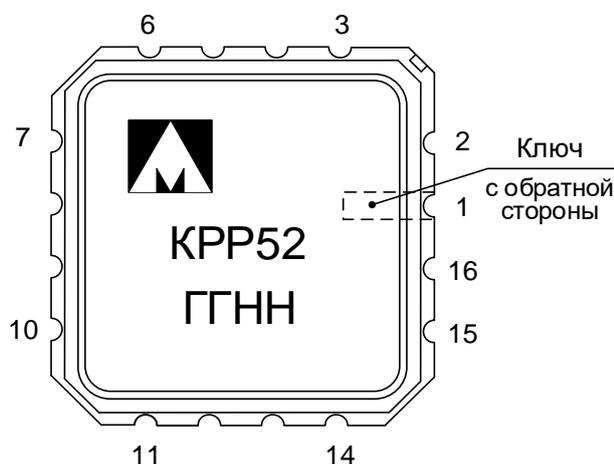




**Микросхема ЭПЗУ 1 Мбит Flash-типа  
с последовательным интерфейсом  
1636PP52У, К1636PP52У, К1636PP52УК, К1636PP5Н4**



ГГ – год выпуска  
НН – неделя выпуска

**Тип корпуса:**

- 16-ти выводной металлокерамический корпус МК 5119.16-А
- микросхема К1636PP5Н4 поставляется в бескорпусном исполнении.

**Основные характеристики****микросхемы:**

- Емкость ЭПЗУ 1 Мбит (128К x 8);
- Наличие последовательного интерфейса SPI;
- Напряжение питания: 3,0 – 5,5 В;
- Совместимость с уровнями КМОП схем;
- Технологический процесс 0,18 мкм;
- Частота работы SPI до 50 МГц;
- Ток потребления в режиме хранения не более 2 мА;
- Динамический ток потребления в режиме считывания, записи и стирания не более 15 мА;
- 2 сектора по 64 Кбайт;
- Возможность стирания секторов и всей памяти;
- Возможность записи побайтно;
- Гарантированное количество циклов записи/стирания 15 000 при температуре 125 °С;
- Время хранения информации 13 лет при температуре 125 °С;
- Программный метод детектирования окончания циклов стирания и записи;
- Встроенная схема формирования высоковольтного напряжения программирования и стирания;
- Встроенная схема сброса при включении питания;
- Рабочий диапазон температур:

Обозначение	Диапазон
1636PP52У	минус 60 – 125 °С
К1636PP52У	минус 60 – 125 °С
К1636PP52УК	0 – 70 °С
К1636PP5Н4	0 – 70 °С

**Общее описание и область применения микросхемы**

Микросхемы интегральные 1636PP52У, К1636PP52У, К1636PP52УК, К1636PP5Н4 (далее – микросхемы) представляют собой энергонезависимые запоминающие устройства типа «Flash» с последовательным интерфейсом и предназначены для хранения и оперативной модификации массивов данных, программного обеспечения и регулирующих воздействий аппаратуры.

## Содержание

1	Структурная блок-схема микросхемы.....	3
2	Условное графическое обозначение .....	3
3	Описание выводов .....	4
4	Указания по применению и эксплуатации .....	6
5	Описание функционирования микросхемы .....	7
5.1	Последовательный интерфейс SPI.....	7
5.2	Команды и адресация .....	7
5.3	Операция чтения массива данных .....	8
5.4	Операция программирования байта .....	9
5.5	Операция стирания сектора .....	10
5.6	Операция стирания всей памяти.....	11
5.7	Операция разрешения записи .....	12
5.8	Операция запрета записи .....	13
5.9	Операция защиты сектора .....	13
5.10	Операция снятия защиты сектора.....	14
5.11	Операция чтения регистра защиты сектора .....	15
5.12	Операция чтения регистра статуса .....	16
5.12.1	Бит SPRL.....	18
5.12.2	Бит RSTE .....	18
5.12.3	Бит EPE.....	18
5.12.4	Бит SWP .....	18
5.12.5	Бит WEL .....	18
5.12.6	Бит RDY/BSY .....	19
5.13	Операция записи регистра статуса .....	19
5.14	Операция сброса .....	20
5.15	Операция чтения ID-кодов производителя и микросхемы .....	21
6	Типовая схема включения .....	22
7	Типовые зависимости .....	23
8	Временные диаграммы .....	27
9	Электрические параметры микросхемы .....	28
10	Предельно-допустимые и предельные параметры .....	29
11	Справочные данные.....	30
12	Габаритный чертеж микросхемы .....	31
13	Информация для заказа .....	33

## 1 Структурная блок-схема микросхемы

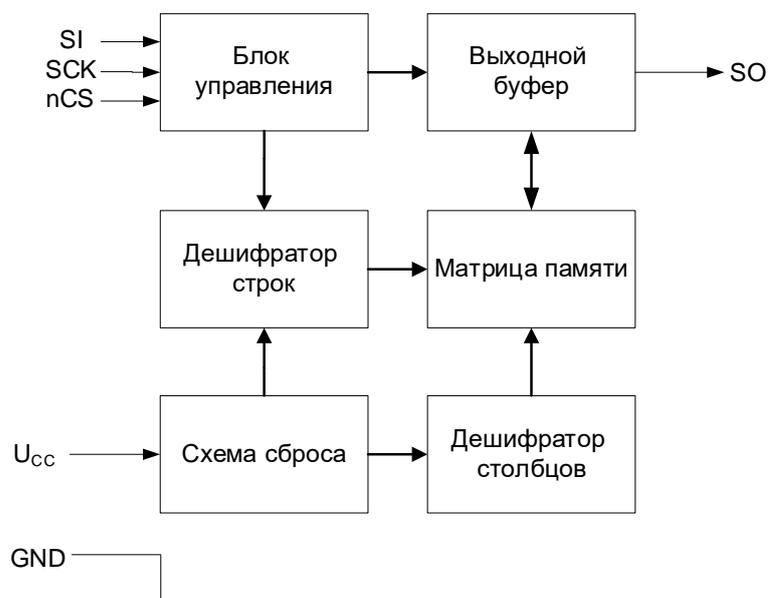


Рисунок 1 – Структурная блок-схема микросхемы

## 2 Условное графическое обозначение

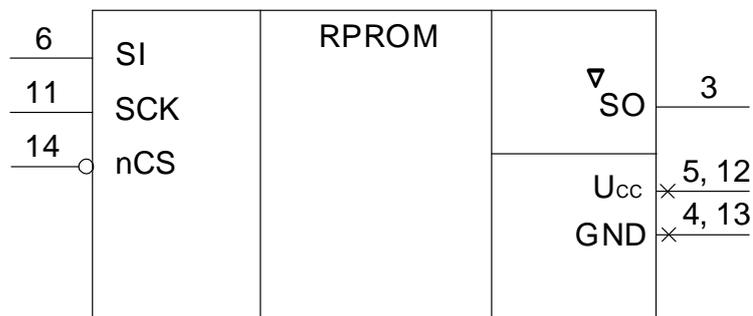


Рисунок 2 – Условное графическое обозначение

## 3 Описание выводов

Таблица 1 – Описание выводов

Номер вывода корпуса	Обозначение вывода	Назначение вывода
1, 2, 7 – 10, 15, 16	NC	Свободный
3	SO	Выход данных
4, 13	GND	Общий
5, 12	UCC	Питание
6	SI	Вход данных
11	SCK	Вход тактовый
14	nCS	Вход разрешения выборки (активный низкий уровень)

Таблица 2 – Описание контактных площадок (КП) кристалла  
(бескорпусное исполнение)

<b>Номер КП кристалла</b>	<b>Назначение КП для ППЗУ с последовательным интерфейсом</b>	<b>Назначение КП для ППЗУ с параллельным интерфейсом*</b>
1	Питание	Питание
2	Не разваривается	Вход адреса
3	Не разваривается	Вход адреса
4	Не разваривается	Вход адреса
5	Не разваривается	Вход адреса
6	Вход данных	Не разваривается
7	Не разваривается	Вход адреса
8	Не разваривается	Вход адреса
9	Не разваривается	Вход адреса
10	Не используется. Запрещается подведение каких-либо сигналов	Не используется. Запрещается подведение каких-либо сигналов
11	Не разваривается	Вход адреса
12	Не разваривается	Вход адреса
13	Не разваривается	Вход адреса
14	Вход тактовый	Не разваривается
15	Не разваривается	Вход адреса
16	Не разваривается	Вход/выход данных
17	Не разваривается	Вход/выход данных
18	Не разваривается	Вход/выход данных
19	Питание	Общий
20	Общий	Общий
21	Общий	Общий
22	Не разваривается	Вход/выход данных
23	Не разваривается	Вход/выход данных
24	Не разваривается	Вход/выход данных
25	Не разваривается	Вход/выход данных
26	Не разваривается	Вход/выход данных
27	Вход разрешения выборки (активный низкий уровень)	Вход разрешения выборки (активный низкий уровень)
28	Не разваривается	Вход адреса
29	Не разваривается	Вход разрешения чтения (активный низкий уровень)
30	Не разваривается	Вход адреса
31	Не разваривается	Вход адреса
32	Не разваривается	Вход адреса
33	Не используется. Запрещается подведение каких-либо сигналов	Не используется. Запрещается подведение каких-либо сигналов
34	Выход данных	Не разваривается

<b>Номер КП кристалла</b>	<b>Назначение КП для ППЗУ с последовательным интерфейсом</b>	<b>Назначение КП для ППЗУ с параллельным интерфейсом*</b>
35	Не используется. Запрещается подведение каких-либо сигналов	Не используется. Запрещается подведение каких-либо сигналов
36	Общий	Общий
37	Не разваривается	Вход адреса
38	Не разваривается	Вход адреса
39	Не разваривается	Вход разрешения записи (активный низкий уровень)
40	Питание	Питание

\* Тип интерфейса (параллельный или последовательный) зависит от варианта разварки микросхемы. Подробное описание ППЗУ с параллельным интерфейсом см. в спецификации на микросхемы 1636PP51У (ТСКЯ.431214.006СП).

Примечание – При работе с параллельным интерфейсом (SEL\_SPI подключен к шине «Общий») запрещается подведение каких-либо сигналов к выводам, предназначенным для работы с последовательным интерфейсом. При работе с последовательным интерфейсом (SELSPI подключен к шине «Питание») запрещено подведение каких-либо сигналов к выводам, предназначенным для работы с параллельным интерфейсом

#### **4 Указания по применению и эксплуатации**

При ремонте аппаратуры и измерении параметров микросхем замену микросхем необходимо проводить только при отключенных источниках питания.

Запрещается подведение каких-либо электрических сигналов (в том числе шин «Питание», «Общий») к выводам микросхем, не используемым согласно таблице 1.

Между выводами  $U_{CC}$  и GND устанавливается фильтрующая емкость не менее 0,1 мкФ.

Типовая схема включения микросхем приведена на рисунке 18.

Временные диаграммы работы микросхем приведены на рисунках 27, 28.

Порядок подачи и снятия напряжения питания и входных сигналов на микросхему:

- подача (включение микросхемы) – «Общий», «Питание», входные сигналы или одновременно;
- снятие (выключение микросхемы) – в обратном порядке или одновременно.

## 5 Описание функционирования микросхемы

### 5.1 Последовательный интерфейс SPI

Микросхема может управляться хост-контроллером, который выдает инструкции, обычно в режиме мастер SPI. Мастер SPI соединяется с микросхемой с помощью шины SPI, состоящей из четырех линий: nCS, SCK, SI, SO.

SPI-протокол имеет четыре режима работы (режим 0, 1, 2 или 3), различие между которыми заключается в полярности и фазе сигнала SCK. Микросхема поддерживает два наиболее часто применяемых режима: 0 и 3, временная диаграмма которых приведена на рисунке 3.

Различие между этими режимами заключается в неактивном состоянии линии SCK, когда мастер SPI находится в режиме отсутствия передачи данных. В обоих режимах данные всегда захватываются с шины по переднему фронту SCK и всегда выставляются на шину по заднему фронту SCK.

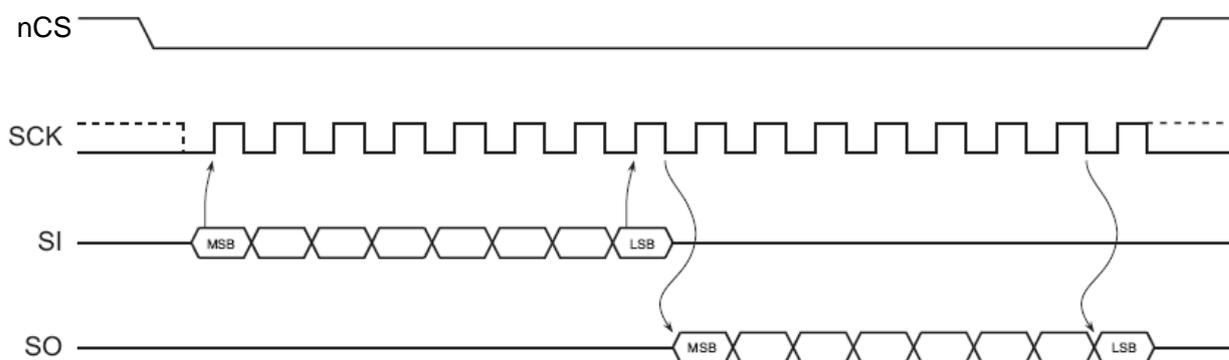


Рисунок 3 – Временная диаграмма режимов SPI 0 и 3

### 5.2 Команды и адресация

Допустимые инструкции или операции всегда должны начинаться установкой линии nCS в активное состояние. После того как nCS установлен, хост-контроллер должен выставить на шину SPI достоверный 8-разрядный код операции. Затем в зависимости от типа операции выставляется такая информация, как адрес и данные, тактируемые хост-контроллером. Все коды операций, адреса и данные передаются на шину старшими разрядами вперед (MSB). Операция заканчивается переводом линии nCS в неактивное состояние.

Коды операций, не поддерживаемые микросхемой, игнорируются, и операция не стартует. Микросхема также игнорирует данные на входе SI до тех пор, пока не стартует следующая операция (линия nCS должна быть установлена в неактивное состояние, а затем переведена в активное). Если линия nCS переводится в неактивное состояние прежде, чем закончится передача кода операции и адресной информации, то операция не начнется, и микросхема вернется в неактивное состояние для ожидания следующей операции.

Для передачи адреса, состоящего из адресных бит A16 – A0, необходимо послать три байта информации по шине SPI. Адресные биты A23 – A17, передаваемые по шине, всегда игнорируются, так как максимально адресуемый диапазон адресов устройства памяти 00000h – 1FFFFh.

В таблице 3 приведены поддерживаемые команды.

Таблица 3 – Перечень поддерживаемых команд

Команда	Код команды	Частота, МГц, не более	Байт адреса	Байт фиктивных	Байт данных
Read Array	03h 0000 0011	15	3	0	1
	0Bh 0000 1011	50	3	1	1
Sector Erase	D8h 1101 1000	50	3	0	0
Chip Erase	60h 0110 0000	50	0	0	0
Byte Program	02h 0000 0010	50	3	0	1
Write Enable	06h 0000 0110	50	0	0	0
Write Disable	04h 0000 0100	50	0	0	0
Protect Sector	36h 0011 0110	50	3	0	0
Unprotect Sector	39h 0011 1001	50	3	0	0
Read Sector Protection Register	3Ch 0011 1100	50	3	0	1
Read Status Register	05h 0000 0101	50	0	0	1
Write Status Register	01h 0000 0001	50	0	0	1
Reset	F0h 1111 0000	50	0	0	1
Read ID устройства и производителя	9Fh 1001 1111	50	0	0	2

### 5.3 Операция чтения массива данных

Для чтения непрерывного потока данных из памяти микросхемы применяется команда «Read Array», обеспечивая тактирование на линии SCK при однократной установке стартового адреса. Микросхема памяти содержит внутренний счетчик адреса, который автоматически инкрементируется на каждом периоде тактовых импульсов. Для команды «Read Array» могут быть использованы два кода операции (0Bh и 03h). Применение каждого из кодов зависит от максимальной частоты тактовых сигналов, которая используется для чтения данных из устройства. Код операции 03h используется для наименьшей частоты до 15 МГц, а код операции 0Bh используется для максимальной частоты до 50 МГц.

На рисунке 4 приведена диаграмма операции чтения с кодом 0Bh.

На рисунке 5 приведена диаграмма операции чтения с кодом 03h.

Для выполнения операции чтения линия nCS должна быть установлена в активное состояние, и соответствующий код операции передан в микросхему. После передачи кода операции должны быть переданы три байта адреса, определяющие стартовый адрес первого байта, для чтения внутри массива данных. Следом за адресными байтами может передаваться фиктивный байт в зависимости от кода операции, используемой в команде «Read Array». Если используется код операции 0Bh, передается один фиктивный байт.

После передачи всей необходимой командной последовательности производится считывание данных на линии SO. Данные всегда выставляются старшими разрядами вперед (MSB). Если считан последний байт (адрес 1FFFh) массива памяти, микросхема продолжает чтение с начала массива (адрес 0000h). Задержек при этом не происходит.

При установке линии nCS в неактивное состояние операция чтения прекращается, и линия SO переходит в высокоимпедансное состояние. Операция чтения может быть прервана в любой момент, и не обязательно читать полный байт данных.

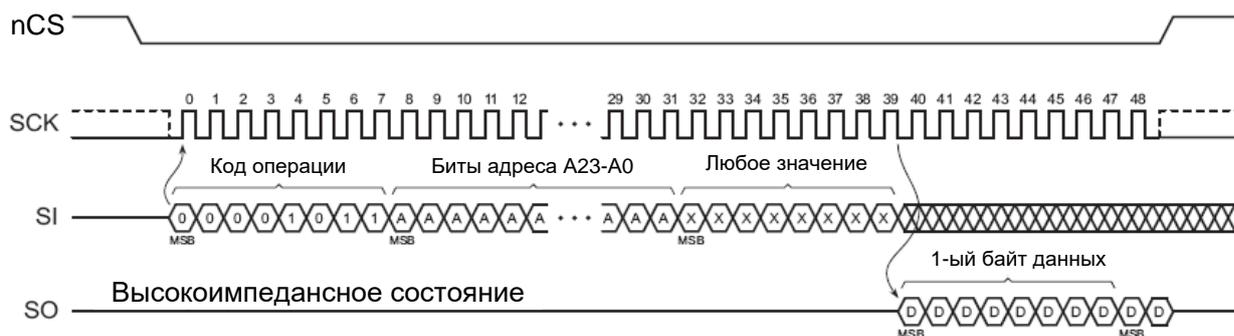


Рисунок 4 – Диаграмма операции чтения с кодом 0Bh

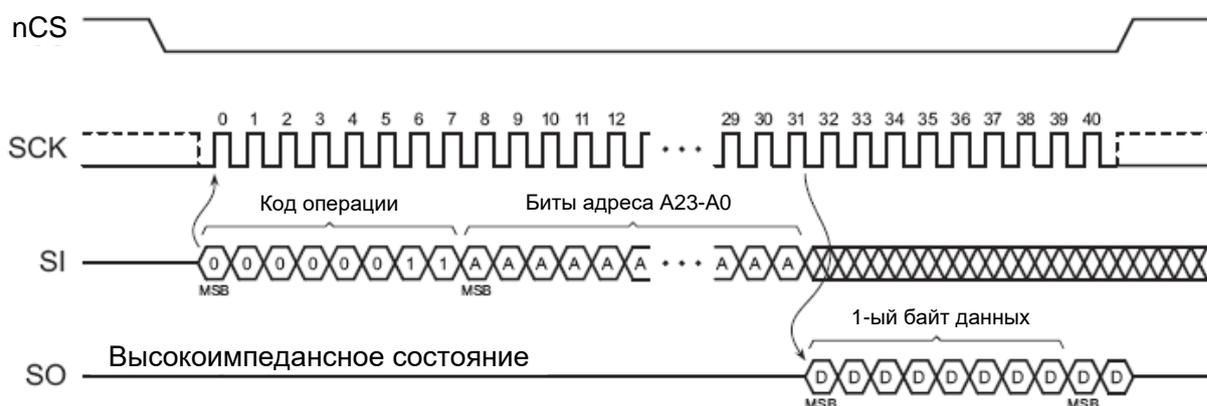


Рисунок 5 – Диаграмма операции чтения с кодом 03h

#### 5.4 Операция программирования байта

Запрограммировать один байт данных в предварительно стертую ячейку памяти позволяет команда «Byte Program». При стирании ячейки памяти все восемь бит устанавливаются в состояние логической «1» (значение FFh). Перед выполнением команды «Byte Program» необходимо выполнить команду «Write Enable», чтобы установить бит WEL регистра статуса в логическую «1».

Для выполнения команды «Byte Program» необходимо передать в микросхему код операции 02h, а затем три адресных байта и байт данных для программирования. После перевода линии nCS в неактивное состояние микросхема начнет программирование байта в ячейку памяти с адресом, переданным в команде «Byte Program». Перевод линии nCS в неактивное состояние должен происходить на границе байта (кратно восьми бит), в противном случае микросхема прервет операцию, и данные не будут запрограммированы в ячейку памяти. Если адрес ячейки в пределах сектора, находящегося в защищенном состоянии, операция программирования байта не будет выполнена, и микросхема вернется в неактивное состояние после перевода линии nCS в логическую «1». Значение бита WEL в регистре статуса будет сброшено в состояние логического «0», если операция программирования прервана неполным адресом или данными, или была попытка программирования в защищенный сектор.

Во время операции программирования можно считать регистр статуса, который показывает состояние занятости микросхемы. Рекомендуется производить чтение не раньше, чем через 45 мкс – время, необходимое для программирования байта. Перед завершением операции программирования бит WEL регистра статуса сбросится в состояние логического «0».

На рисунке 6 приведена диаграмма операции программирования байта.

Микросхема также включает алгоритм детектирования ошибки при программировании ячейки, то есть если в результате операции программирования ячейка не содержит ожидаемое значение, то устанавливается бит EPE регистра статуса.

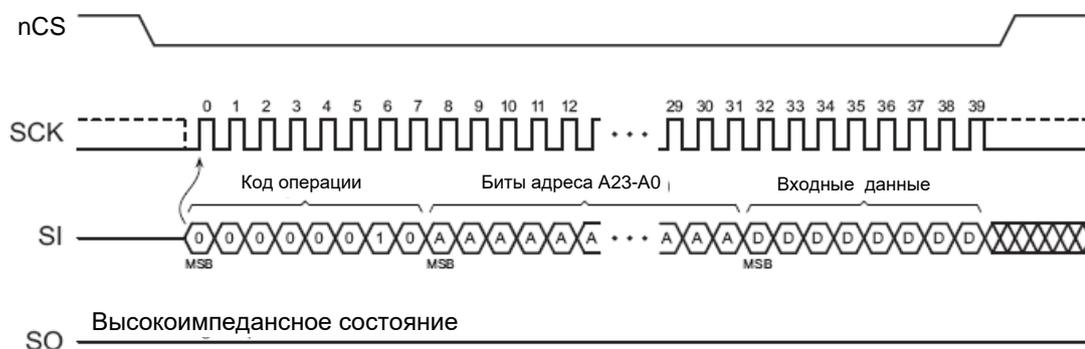


Рисунок 6 – Диаграмма операция программирования байта.

### 5.5 Операция стирания сектора

Блок размером 64 Кбайт может быть стерт (все биты установлены в состояние логической «1») командой «Sector Erase». Для выполнения команды используется код операции D8h. Прежде чем выполнить команду «Sector Erase», необходимо выполнить команду «Write Enable» для установки бита WEL регистра статуса в состояние логической «1».

Для выполнения команды «Sector Erase» необходимо установить в активное состояние линию nCS, передать код операции D8h и три адресных байта, устанавливающих адрес стираемого сектора, согласно таблице 4. Все дальнейшие данные, загружаемые в микросхему, игнорируются. После перевода линии nCS в неактивное состояние начинается стирание соответствующего сектора.

Младшие адресные биты A15 – A0 не декодируются при определении номера стираемого сектора, поэтому они могут быть в состоянии логического «0» или логической «1». Несмотря на то, что младшие адресные биты не декодируются, все три адресных байта должны быть переданы в микросхему, прежде чем линия nCS перейдет в неактивное состояние. Если это произойдет не на границе байта (кратно восьми бит), микросхема прервет операцию и стирание не будет выполнено.

Если адресные биты, переданные в команде, указывают на защищенный сектор, команда «Sector Erase» также не будет выполнена, и микросхема вернется в неактивное состояние после установки линии nCS в логическую «1».

При возникновении одной из вышеперечисленных ошибочных ситуаций бит WEL в регистре статуса сбросится в состояние логического «0».

Во время выполнения операции стирания сектора может быть прочитан регистр статуса, который показывает, что микросхема находится в состоянии занятости. Рекомендуется производить считывание регистра статуса не раньше, чем через 55 мс – время, необходимое для стирания сектора. Перед завершением операции стирания сектора бит WEL регистра статуса сбрасывается в состояние логического «0».

На рисунке 7 приведена диаграмма операции стирания сектора.

Микросхема также включает алгоритм детектирования ошибки при стирании сектора, то есть если операция стирания не выполнена должным образом, устанавливается бит EPE регистра статуса.

Таблица 4 – Адресное пространство секторов

Сектор	A16	Диапазон адресов (в шестнадцатеричной системе счисления)
SA0	0	00000h-0FFFFh
SA1	1	10000h-1FFFFh

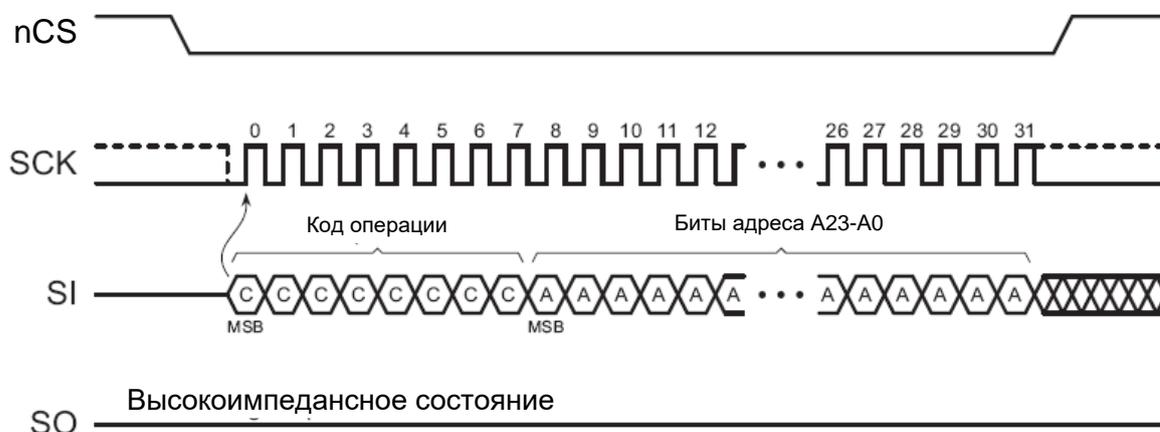


Рисунок 7 – Диаграмма операции стирания сектора

### 5.6 Операция стирания всей памяти

Вся память может быть стерта одной операцией при использовании команды «Chip Erase». Перед выполнением команды «Chip Erase» необходимо выполнить команду «Write Enable», которая устанавливает бит WEL регистра статуса в логическую «1».

Для выполнения команды «Chip Erase» необходимо передать в микросхему код операции 60h. При стирании всей памяти не нужно передавать в микросхему адресные байты, и любые данные после передачи кода операции будут проигнорированы. После перевода линии nCS в логическую «1» начнется процесс стирания всей памяти. nCS должен переключаться на границе байта (кратно восьми бит), в противном случае операция стирания не будет выполнена. Если любой сектор массива памяти в защищенном состоянии, команда «Chip Erase» не будет выполнена, и микросхема вернется в неактивное состояние после перевода линии nCS в логическую «1». Бит WEL в регистре статуса при возникновении одной из вышеперечисленных ошибочных ситуаций сбросится в состояние логического «0».

Во время выполнения операции стирания всей памяти может быть прочитан регистр статуса, который показывает, что микросхема находится в состоянии занятости. Рекомендуется производить считывание регистра статуса не раньше, чем через 110 мс – время, необходимое для стирания всей памяти. Перед завершением операции стирания всей памяти бит WEL регистра статуса сбрасывается в состояние логического «0».

На рисунке 8 приведена диаграмма операции стирания всей памяти.

Микросхема также включает алгоритм детектирования ошибки при стирании всей памяти, то есть если операция стирания не выполнена должным образом, устанавливается бит EPE регистра статуса.

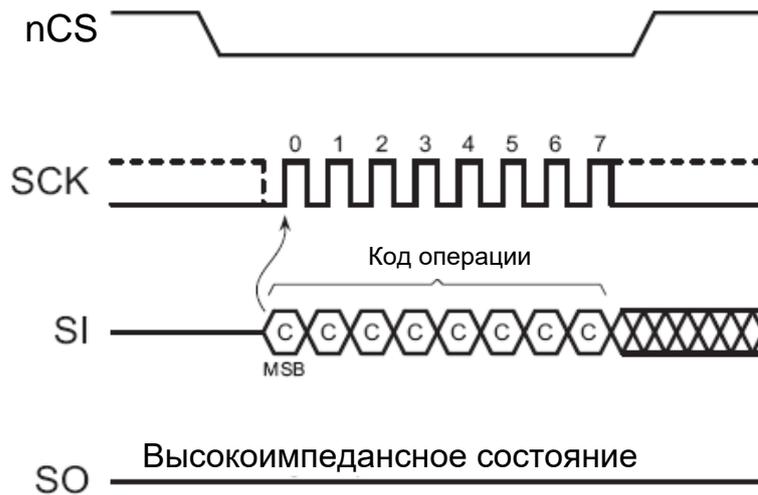


Рисунок 8 – Диаграмма операции стирания всей памяти

### 5.7 Операция разрешения записи

Команда «Write Enable» используется для установки бита WEL регистра статуса в состояние логической «1». Бит WEL должен быть установлен перед выполнением команд «Byte Program», «Erase», «Protect Sector», «Unprotect Sector», «Write Status Register». Это позволяет выполнять эти команды в два этапа, уменьшая возможность случайного или ошибочного выполнения этих команд. Если бит WEL в регистре статуса не установлен прежде, чем выдается одна из этих команд, команда не будет выполнена.

При выдаче команды «Write Enable» линия nCS должна быть в логическом «0», и код операции 06h должен загружаться в микросхему. Загрузка адресных байт в микросхему не требуется, а все данные, переданные после кода операции игнорируются. После перехода линии nCS в состояние логической «1» бит WEL регистра статуса устанавливается в логическую «1». Код операции должен быть полностью загружен в микросхему перед изменением сигнала nCS, иначе операция будет прервана, и бит WEL не изменится.

На рисунке 9 приведена диаграмма операции разрешения записи.

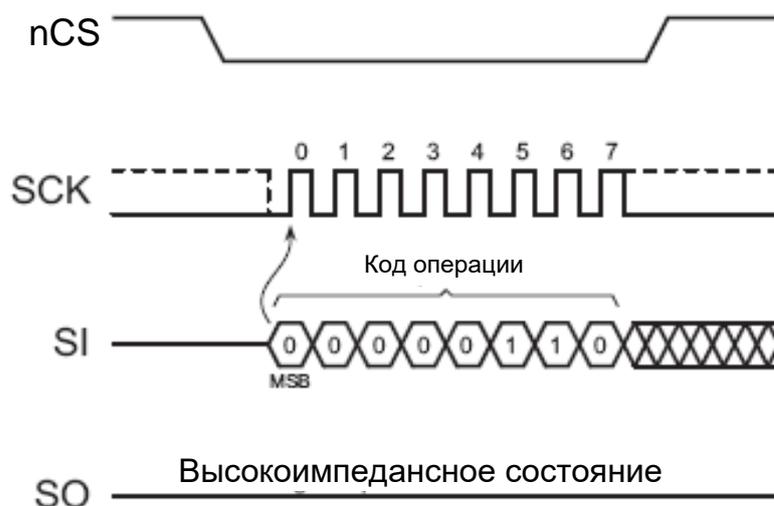


Рисунок 9 – Диаграмма операции разрешения записи

### 5.8 Операция запрета записи

Команда «Write Disable» используется для сброса бита WEL регистра статуса в состояние логического «0». После этого не могут быть выполнены команды «Byte Program», «Erase», «Protect Sector», «Unprotect Sector», «Write Status Register». Другие условия также могут вызывать сброс бита WEL (для более подробной информации см. подраздел 5.12.5 «Бит WEL»).

На рисунке 10 приведена диаграмма операции запрета записи.

При выдаче команды «Write Disable» линия nCS должна быть в логическом «0», и код операции 04h должен загружаться в микросхему. Загрузка адресных байт в микросхему не требуется, а все данные, переданные после кода операции, игнорируются. После перехода линии nCS в состояние логической «1» бит WEL регистра статуса сбрасывается в «0». Код операции должен быть полностью загружен в микросхему перед изменением сигнала nCS, иначе операция будет прервана, и бит WEL не изменится.

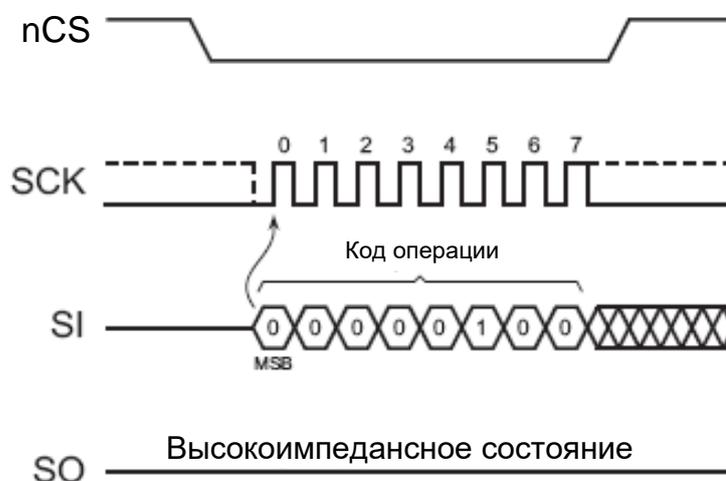


Рисунок 10 – Диаграмма операции запрета записи

### 5.9 Операция защиты сектора

Каждый физический сектор размером 64 Кбайт имеет соответствующий однобитный регистр защиты сектора, который используется для программного управления защитой сектора. После включения питания каждый регистр защиты сектора по умолчанию в состоянии логической «1», указывающий, что все сектора защищены и не могут быть запрограммированы или стерты.

Выдача команды «Protect Sector» с индивидуальным адресом устанавливает соответствующий регистр защиты сектора в состояние логической «1». В таблице 5 указаны два возможных состояния регистра защиты сектора.

Таблица 5 – Значения регистра защиты сектора

Значение	Статус защиты сектора
0	Сектор не защищен и может быть запрограммирован или стерт
1	Сектор защищен и не может быть запрограммирован или стерт. Значение по умолчанию

Перед выдачей команды «Protect Sector» необходимо командой «Write Enable» установить бит WEL в состояние логической «1». При выдаче команды «Protect Sector» линия nCS устанавливается в состояние логического «0», и код операции 36h загружается в микросхему, следом за ним три байта адреса, указывающие на любую

ячейку в пределах защищаемого сектора. Любые дополнительные данные, передаваемые в микросхему после этого, игнорируются. После перевода линии nCS в логическую «1» регистр защиты сектора, соответствующий адресу A23 – A0, устанавливается в состояние логической «1», и сектор будет защищен от дальнейших операций записи и стирания. В дополнение к этому бит WEL регистра статуса сбрасывается в состояние логического «0».

Полные три байта адреса должны быть загружены в микросхему, прежде чем произойдет переход линии nCS в неактивное состояние. Если состояние линии nCS изменится не на границе байта (кратно восьми бит), микросхема прервет операцию. Когда микросхема прерывает операцию защиты сектора, состояние регистра защиты сектора не меняется, и бит WEL регистра статуса сбрасывается в состояние логического «0».

Для защиты от случайного или ошибочного снятия или установки защиты сектора имеется возможность блокировки регистра защиты сектора от изменения с помощью бита SPRL регистра статуса ((для более подробной информации см. подраздел 5.12.1 «Бит SPRL»). Если регистр защиты сектора заблокирован, любая попытка выдачи команды «Protect Sector» будет игнорироваться, и микросхема сбросит бит WEL регистра статуса обратно в логический «0» и вернется в неактивное состояние при изменении сигнала nCS.

На рисунке 11 приведена диаграмма операции защиты сектора.

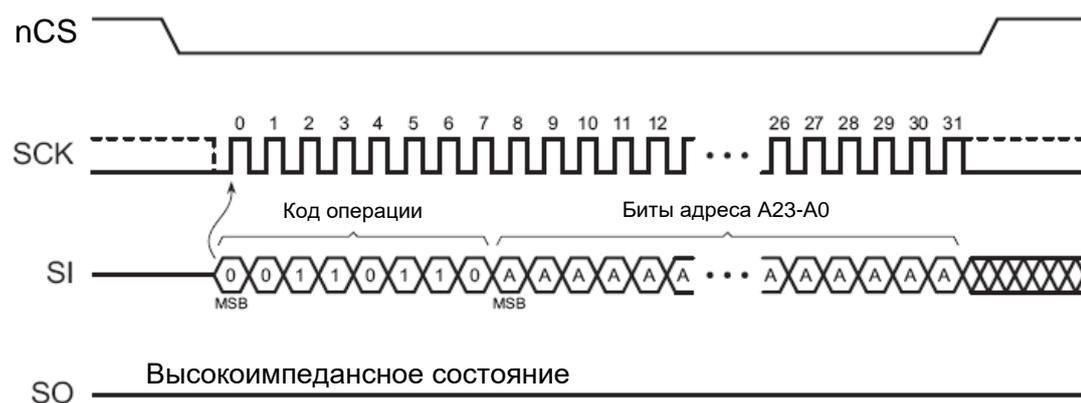


Рисунок 11 – Диаграмма операции защиты сектора

### 5.10 Операция снятия защиты сектора

Выдача команды «Unprotect Sector» с индивидуальным адресом сбрасывает соответствующий регистр защиты сектора в состояние логического «0». Каждый физический сектор микросхемы имеет соответствующий однобитный регистр защиты сектора, который используется для программного управления защитой сектора.

Перед выдачей команды «Unprotect Sector» необходимо командой «Write Enable» установить бит WEL в состояние логической «1». При выдаче команды «Unprotect Sector» линия nCS устанавливается в состояние логического «0», и код операции 39h загружается в микросхему, следом за ним три байта адреса, указывающие на любую ячейку в пределах разблокируемого сектора. Любые дополнительные данные, передаваемые в микросхему после этого, игнорируются. После перевода линии nCS в логическую «1» регистр защиты сектора, соответствующий адресу A23 – A0, сбрасывается в состояние логического «0», и защита сектора будет снята. В дополнении к этому бит WEL регистра статуса сбрасывается в состояние логического «0».

Полные три байта адреса должны быть загружены в микросхему, прежде чем произойдет переход линии nCS в неактивное состояние. Если состояние линии nCS

изменится не на границе байта (кратно восьми бит), микросхема прервет операцию. Когда микросхема прерывает операцию снятия защиты сектора, состояние регистра защиты сектора не меняется, и бит WEL регистра статуса сбрасывается в состояние логического «0».

Для защиты от случайного или ошибочного снятия или установки защиты сектора имеется возможность блокировки регистра защиты сектора от изменения с помощью бита SPRL регистра статуса (для более подробной информации см. подраздел 5.12.1 «Бит SPRL»). Если регистр защиты сектора заблокирован, любая попытка выдачи команды «Unprotect Sector» будет игнорироваться, и микросхема сбросит бит WEL регистра статуса обратно в логический «0» и вернется в неактивное состояние при изменении сигнала nCS.

На рисунке 12 приведена диаграмма операции снятия защиты сектора.

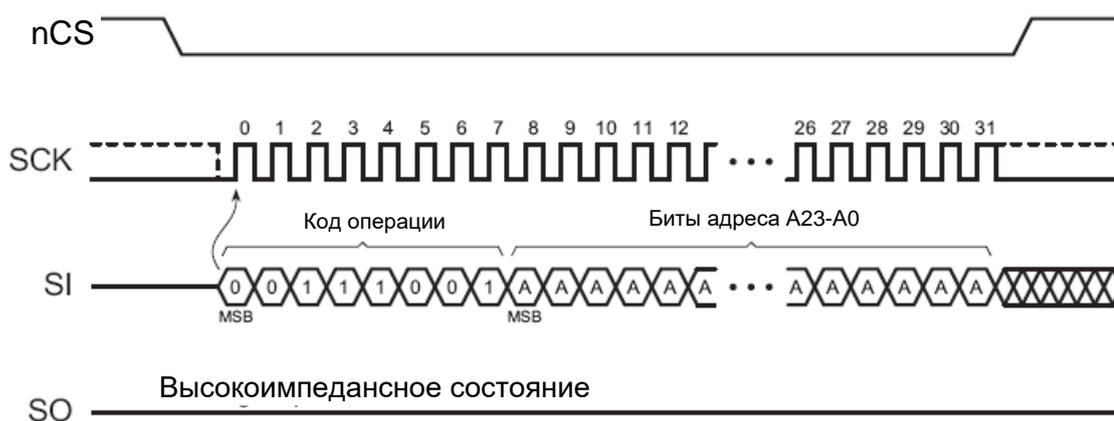


Рисунок 12 – Диаграмма операции снятия защиты сектора

### 5.11 Операция чтения регистра защиты сектора

Регистр защиты сектора может быть прочитан для определения текущего статуса защиты каждого сектора.

На рисунке 13 приведена диаграмма операции чтения регистра защиты сектора.

Для чтения регистра защиты определенного сектора линия nCS должна быть в активном состоянии, и код операции 3Ch загружен в микросхему. После загрузки кода операции загружаются три адресных байта, указывающие на любую ячейку в пределах сектора. После загрузки последнего байта адреса микросхема начинает выдачу данных на линию SO на каждом периоде частоты SCK. На выходе данных повторяются байты FFh или 00h, указывающие на соответствующее значение регистра защиты сектора.

При высокой частоте SCK первый байт данных на линии SO может быть некорректным, следовательно, необходимо получить не менее двух байт с линии SO, чтобы корректно определить состояние соответствующего регистра защиты сектора.

В таблице 6 приведены выходные данные при чтении регистра защиты сектора.

Таблица 6 – Выходные данные при чтении регистра защиты сектора

Выходные данные	Значение регистра защиты сектора
00h	Значение регистра защиты сектора 0 (сектор не защищен)
FFh	Значение регистра защиты сектора 1 (сектор защищен)

Перевод линии nCS в неактивное состояние прерывает операцию чтения и переводит линию SO в высокоимпедансное состояние. Линия nCS может перейти в неактивное состояние в любой момент времени, и не требуется чтение полного байта.

В дополнение к чтению индивидуального регистра защиты сектора в регистре статуса биты SWP позволяют определить сколько секторов защищены от изменения: все, часть секторов или не один из секторов.

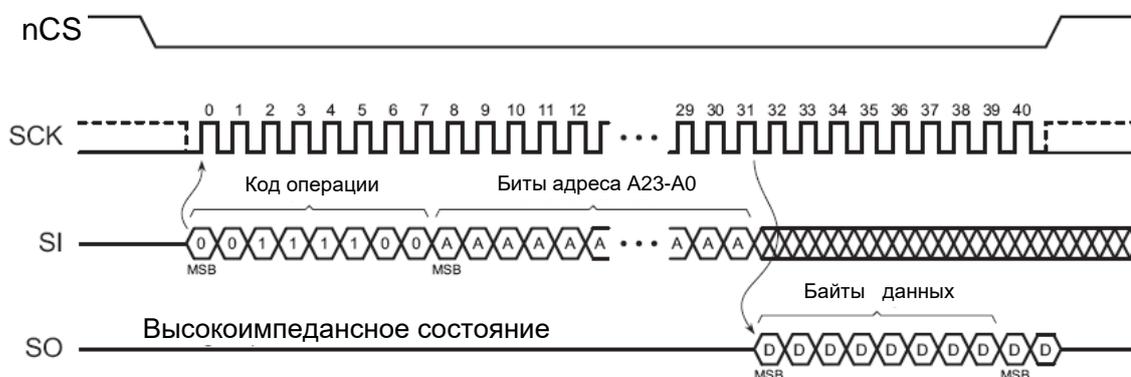


Рисунок 13 – Диаграмма операции чтения регистра защиты сектора

### 5.12 Операция чтения регистра статуса

Регистр статуса может быть прочитан для определения состояния микросхемы «ready/busy», а также статуса многих других функций. Регистр статуса может быть прочитан в любое время, даже во время выполнения внутренних операций программирования и стирания.

В таблице 7 приведено назначение бит регистра статуса.

На рисунке 14 приведена диаграмма операции чтения регистра статуса.

Для чтения регистра статуса необходимо установить линию nCS в активное состояние, и выдать код операции 05h в микросхему. После выдачи кода операции микросхема выставляет данные регистра статуса на линию SO на каждом такте частоты SCK. После выгрузки байта выдача данных повторяется до тех пор, пока линия nCS остается в активном состоянии, и присутствуют импульсы на выводе SCK. Данные регистра статуса постоянно обновляются, поэтому повторное чтение приведет к выдаче новых данных.

При высокой частоте SCK первый байт данных на линии SO может быть некорректным. Следовательно, необходимо получить не менее двух байт с линии SO, чтобы корректно определить состояние регистра статуса.

Перевод линии nCS в неактивное состояние прерывает операцию чтения регистра статуса и переводит линию SO в высокоимпедансное состояние. Изменение состояния линии nCS может происходить в любое время, и не требуется чтение полного байта данных.

Таблица 7 – Назначение бит регистра статуса

Номер бита	Название бита		Доступ	Описание	
7	SPRL	Блокировка регистров защиты сектора	R/W	0	Регистры защиты сектора не заблокированы (по умолчанию)
				1	Регистры защиты сектора заблокированы
6	RSTE	Разрешение сброса	R/W	0	Команда сброса запрещена (по умолчанию)
				1	Команда сброса разрешена
5	EPE	Ошибка стирания/записи	R	0	Операция стирания или записи завершилась успешно
				1	Обнаружена ошибка во время операции записи или стирания
4	RES	Резерв	–	0	Зарезервирован для будущего использования
3, 2	SWP	Состояние защищенности секторов	R	00	Все сектора не защищены (состояние всех регистров защиты сектора логический «0»)
				01	Некоторые сектора защищены. Чтение индивидуальных регистров защиты секторов позволяет определить какие сектора защищены
				10	Зарезервированы для будущего использования
				11	Все сектора защищены (состояние всех регистров защиты секторов логическая «1» – по умолчанию)
1	WEL	Бит состояния доступа в микросхема	R	0	Микросхема не доступна для записи (по умолчанию)
				1	Микросхема доступна для записи
0	RDY/BSY	Бит состояния готовности устройства	R	0	Микросхема готова
				1	Микросхема занята внутренней операцией
<p><b>Примечания</b></p> <p>1 Командой Write Status Register могут быть модифицированы только биты 7 и 6 регистра статуса;</p> <p>2 R/W – чтение и запись;</p> <p>3 R – только чтение.</p>					

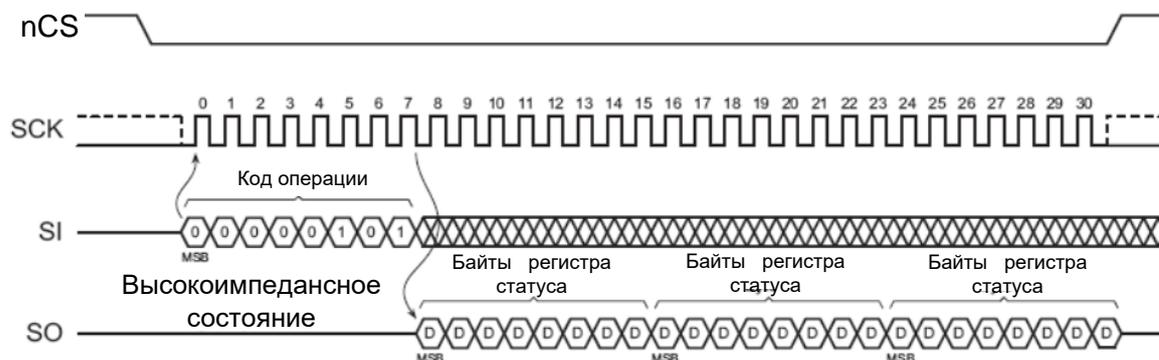


Рисунок 14 – Диаграмма операции чтения регистра статуса

### **5.12.1 Бит SPRL**

Бит SPRL применяется для контроля модификации регистров защиты секторов. Если бит SPRL находится в состоянии логической «1», все регистры защиты секторов заблокированы и не могут быть модифицированы командами «Protect Sector» и «Unprotect Sector» (микросхема игнорирует эти команды). Если бит SPRL в состоянии логического «0», все регистры защиты секторов разблокированы и могут быть модифицированы командами «Protect Sector» и «Unprotect Sector». После включения питания по умолчанию бит SPRL в состоянии логического «0». Команда «Reset» не влияет на состояние бита SPRL. Для изменения состояния бита SPRL применяется команда «Write Status Register».

### **5.12.2 Бит RSTE**

Бит RSTE применяется для разрешения или запрета на выполнение команды «Reset». Когда бит RSTE находится в состоянии логического «0» (значение по умолчанию после сброса), команда Reset запрещена, и любые попытки сбросить микросхему этой командой игнорируются. Когда бит RSTE в состоянии логической «1» команда «Reset» разрешена.

Состояние бита RSTE сохраняется до тех пор, пока на микросхему подано питание. Если бит установлен в состояние логической «1», его можно модифицировать командой «Write Status Register» либо снятием, а затем подачей питания на микросхему. Команда «Reset» не изменяет состояние бита RSTE.

### **5.12.3 Бит EPE**

Бит EPE показывает успешность завершения операций стирания или записи. Если хотя бы один байт во время операции стирания или записи не стерт или не запрограммирован должным образом, бит EPE устанавливается в состояние логической «1». Бит EPE не устанавливается, если операция стирания или программирования прервана при попытке стереть или записать защищенный сектор, или если бит WEL не установлен перед операцией программирования или стирания. Бит EPE обновляется после каждой операции программирования и стирания.

### **5.12.4 Бит SWP**

Биты SWP обеспечивают обратную связь при определении состояния защиты микросхемы. Возможны три комбинации бит SWP показывающие, что микросхема не защищена, частично защищена или полностью. Если биты SWP указывают, что некоторые сектора защищены, то для определения этих секторов требуется чтение индивидуальных регистров защиты сектора с помощью команды «Read Sector Protection Register».

### **5.12.5 Бит WEL**

Бит WEL показывает текущий статус внутреннего состояния разрешения записи. Когда бит WEL в состоянии логического «0» микросхема не доступна для таких команд, как «Byte Program», «Erase», «Protect Sector», «Unprotect Sector», «Write Status Register». После включения питания этот бит в состоянии логического «0». В дополнение WEL может быть сброшен автоматически в «0» при следующих условиях:

- успешное завершение команды «Write Disable»;
- успешное завершение команды «Write Status register» или ошибка в команде;
- успешное завершение команды «Protect Sector» или ошибка в команде;
- успешное завершение команды «Unprotect Sector» или ошибка в команде;
- успешное завершение команды «Byte Program» или ошибка в команде;
- успешное завершение команды «Sector Erase» или ошибка в команде;
- успешное завершение команды «Chip Erase» или ошибка в команде;
- неактивный режим.

Если бит WEL в состоянии логической «1», он не сбросится в «0» пока не завершится текущая операция или пока некорректный код операции не будет загружен в микросхему прежде, чем линия nCS перейдет в неактивное состояние. Для того, чтобы бит WEL сбросился в «0» при преждевременном завершении одной из операций, необходимо, чтобы код операции был полностью загружен в микросхему.

### **5.12.6 Бит RDY/BSY**

Бит RDY/BSY применяется для определения выполнения внутренней операции программирования или стирания. Опрос этого бита детектирует завершение цикла записи или стирания, новые данные регистра статуса должны постоянно выгружаться по сигналу SCK, пока состояние бита RDY/BSY не измениться из «1» в «0».

### **5.13 Операция записи регистра статуса**

Операция записи регистра статуса необходима для модификации бит SPRL и RSTE регистра статуса. Перед выполнением команды «Write Status Register» необходимо выдать команду «Write Enable» для установки бита WEL регистра статуса в логическую «1».

На рисунке 15 приведена диаграмма операции записи регистра статуса.

При выполнении команды «Write Status Register» линия nCS должна быть в активном состоянии, и код операции 01h должен быть загружен в микросхему вместе с одним байтом данных. Микросхемой воспринимаются только биты 7 и 6 байта данных, остальные биты могут принимать любое значение. После этого любые дополнительные байты данных, посылаемые микросхеме, игнорируются. После перевода линии nCS в неактивное состояние биты SPRL и RSTE модифицируются, и бит WEL регистра статуса сбрасывается в состояние логического «0».

Полный байт данных должен быть загружен в микросхему перед изменением состояния линии nCS, то есть на границе байта (кратно восьми бит), иначе микросхема прервет операцию, и состояние бит SPRL и RSTE не измениться, а значение бита WEL регистра статуса сбросится в логический «0».

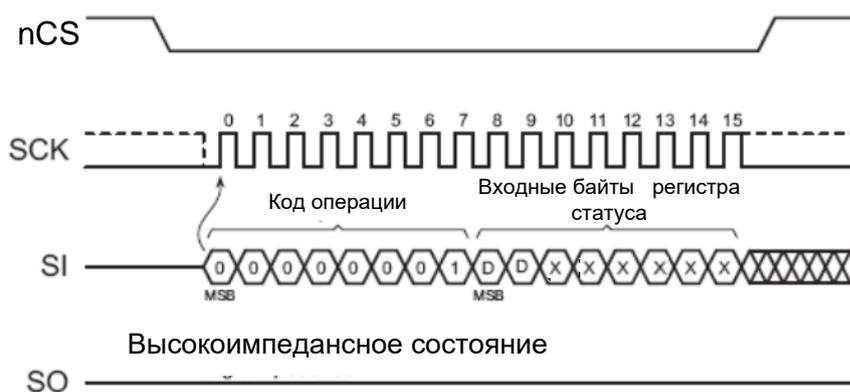


Рисунок 15 – Диаграмма операции записи регистра статуса

### 5.14 Операция сброса

В некоторых приложениях возникает необходимость преждевременно прервать цикл записи или стирания, не дожидаясь нормального завершения операций, которое может занимать сотни микросекунд или миллисекунд. Команда «Reset» позволяет немедленно прервать операцию стирания или записи и вернуть микросхему в неактивное состояние. Для прерывания операции нет необходимости подавать команду «Write Enable» перед выдачей команды «Reset». Следовательно, команда «Reset» не зависит от состояния бита WEL регистра статуса.

На рисунке 16 приведена диаграмма операции сброса.

Команда «Reset» может быть выполнена только в том случае, если она разрешена установкой бита RSTE в логическую «1». Если команда «Reset» не разрешена (RSTE в состоянии логического «0»), то любые попытки выполнить команду «Reset» игнорируются.

При выполнении команды «Reset» линия nCS должна быть в активном состоянии, и код операции F0h загружен в микросхему. Адресные байты не передаются в этой команде, но необходимо передать подтверждающий байт D0h сразу после кода операции. Любые дополнительные байты, передаваемые в микросхему после подтверждающего байта, игнорируются. Когда линия nCS переходит в неактивное состояние, текущая операция стирания или записи прерывается в пределах времени 30 мкс. Если операция программирования или стирания прерывается таким образом, результат ее корректного выполнения не гарантируется.

Команда Reset не оказывает влияния на регистры защиты секторов или биты SPRL и RSTE регистра статуса. Однако бит WEL будет сброшен в состояние по умолчанию.

Код операции и подтверждающий байт должны быть полностью загружены в микросхему перед изменением линии nCS, то есть на границе байта (кратно восьми бит), иначе операция сброса не будет выполнена.

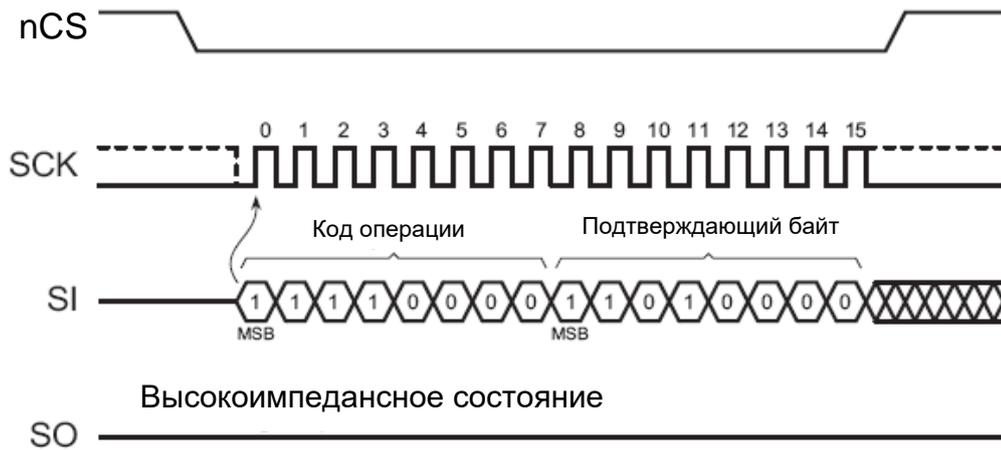


Рисунок 16 – Диаграмма операции сброса

### 5.15 Операция чтения ID-кодов производителя и микросхемы

Идентификационная информация может быть считана из матрицы памяти, позволяя идентифицировать микросхему.

При чтении идентификационной информации линия **nCS** должна быть в активном состоянии, и код операции 9Fh загружается в микросхему. После этого микросхема начинает выдачу идентификационных данных на линию **SO** на каждом такте линии **SCK**. Первый выходной байт – это ID-код производителя (01h), следующий байт – ID-код микросхемы (C8h). После этого происходит повтор выдачи данных до перевода линии **nCS** в неактивное состояние, которое прекращает операцию чтения ID-кодов и переводит линию **SO** в высокоимпедансное состояние. Изменение линии **nCS** возможно в любое время, то есть не требуется чтение полного байта.

На рисунке 17 приведена диаграмма операции чтения ID кодов.

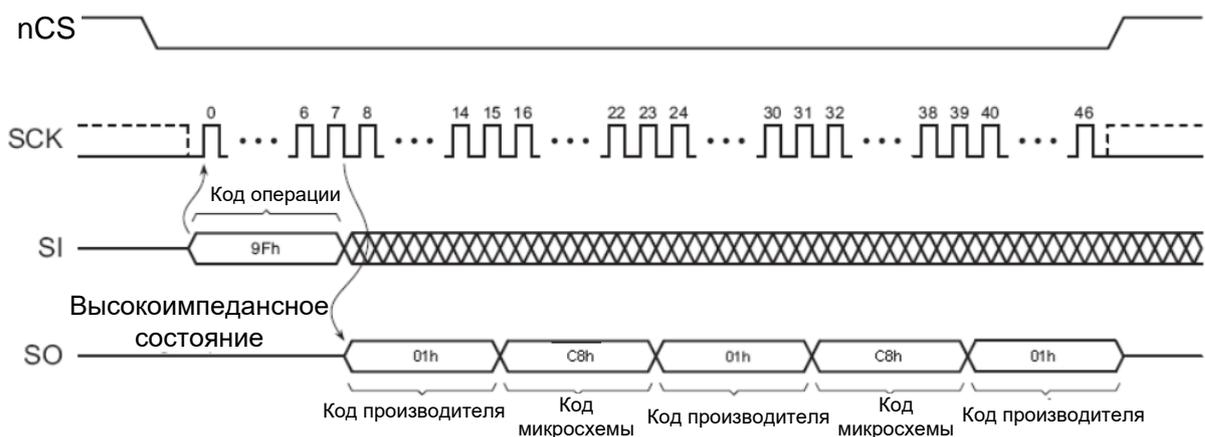
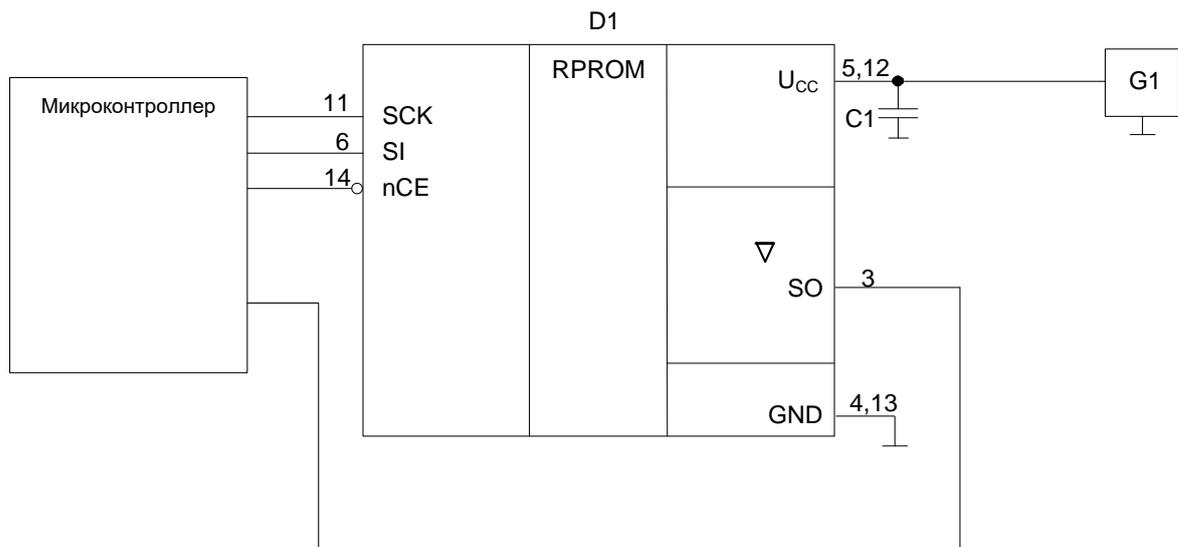


Рисунок 17 – Диаграмма операции чтения ID кодов

## 6 Типовая схема включения



D1 – включаемая микросхема;

C1 – конденсатор ёмкостью 0,1 мкФ ± 10 %;

G1 – источник постоянного напряжения (3 – 5,5) В

Рисунок 18 – Типовая схема включения микросхем

## 7 Типовые зависимости

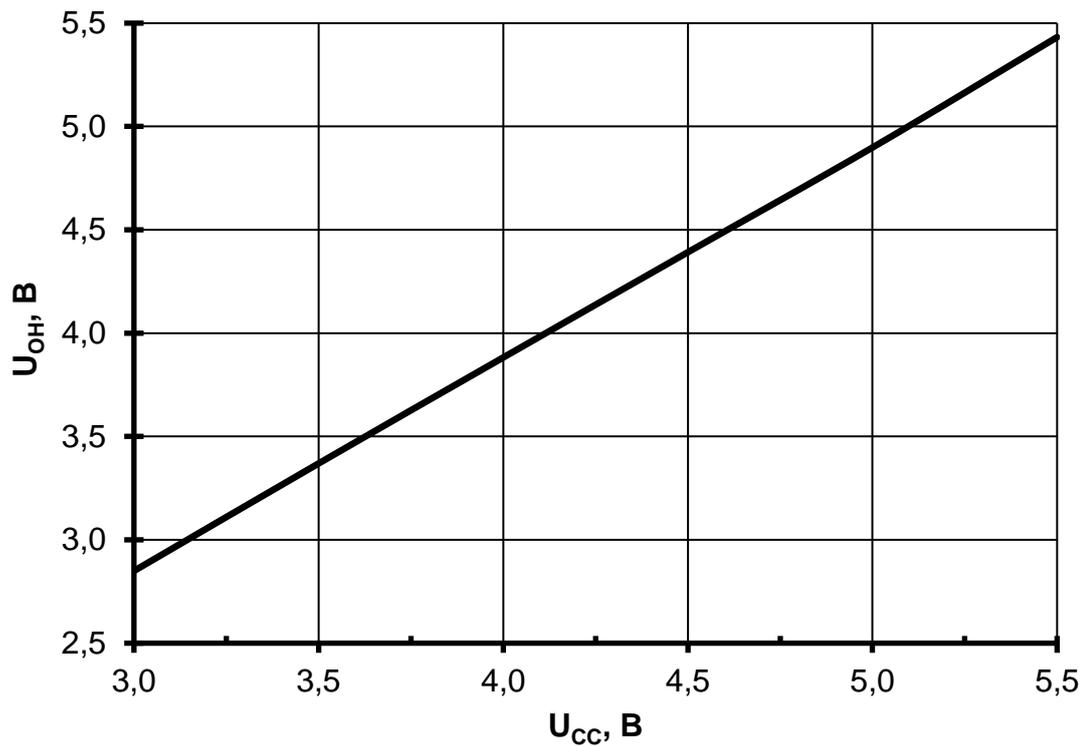


Рисунок 19 – Зависимость выходного напряжения высокого уровня  $U_{OH}$  от напряжения питания  $U_{CC}$  при  $I_{OH} = -2$  мА,  $T = 25$  °С

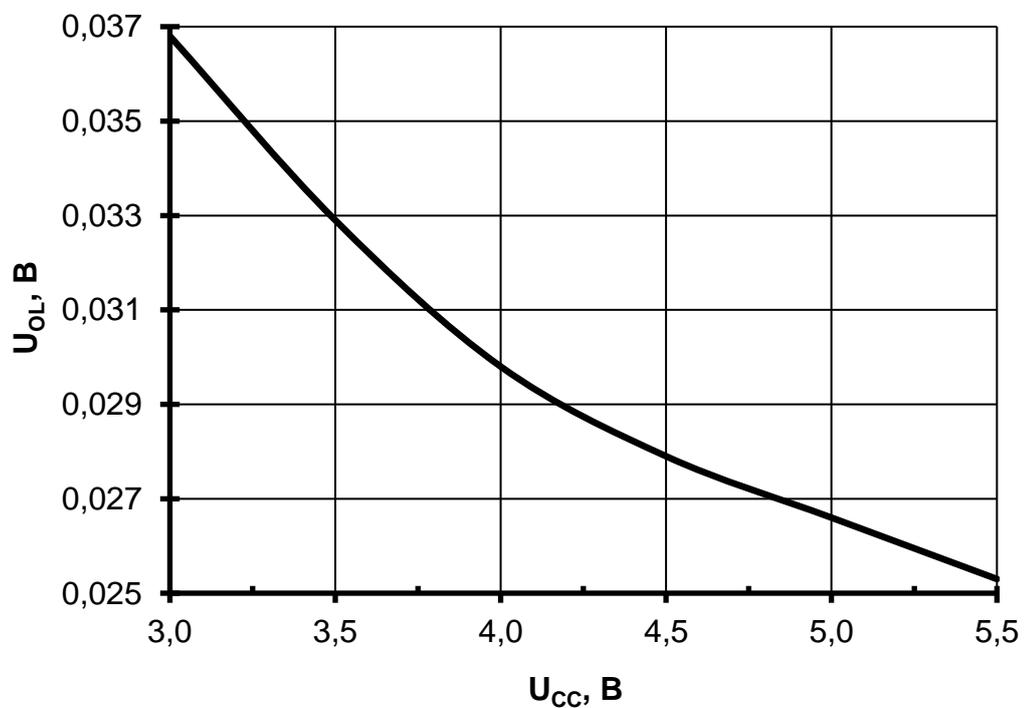


Рисунок 20 – Зависимость выходного напряжения низкого уровня  $U_{OL}$  от напряжения питания  $U_{CC}$  при  $I_{OL} = 2$  мА,  $T = 25$  °С

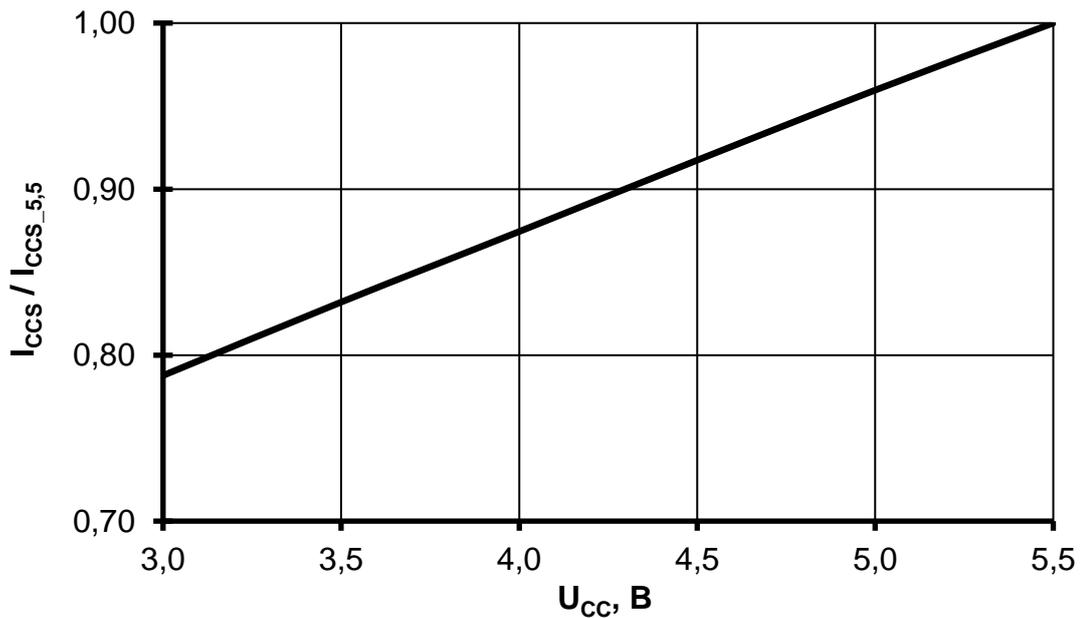


Рисунок 21 – Зависимость тока потребления в режиме хранения  $I_{CCS}$ , приведённого к току потребления в режиме хранения при  $U_{CC} = 5,5$  В ( $I_{CCS_{5,5}}$ ), от напряжения питания  $U_{CC}$  при  $T = 25$  °С

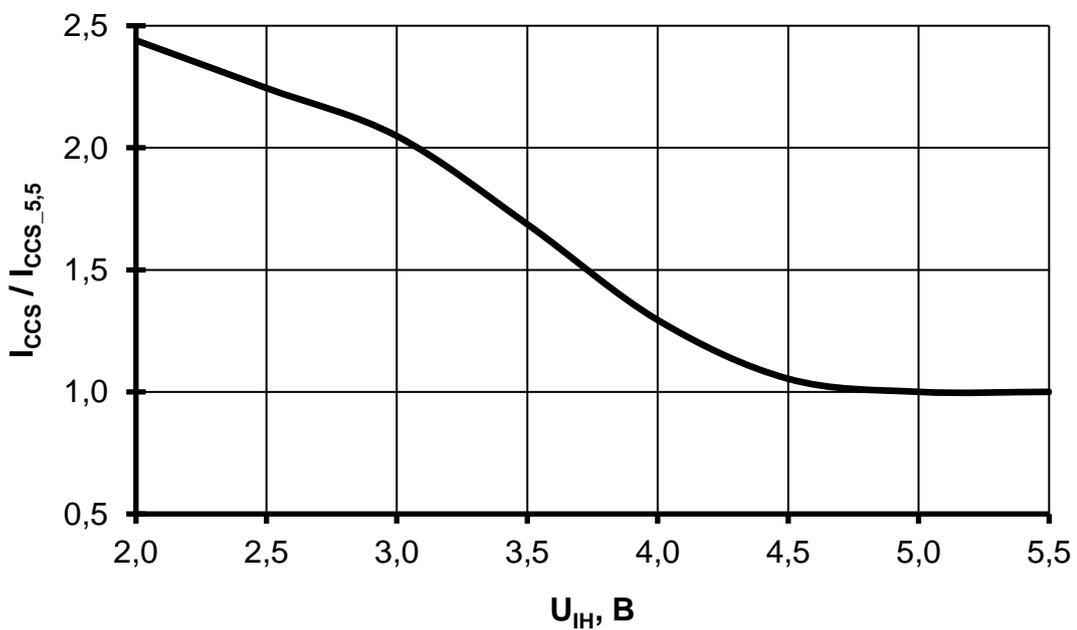


Рисунок 22 – Зависимость тока потребления в режиме хранения  $I_{CCS}$ , приведённого к току потребления в режиме хранения при  $U_{CC} = 5,5$  В ( $I_{CCS_{5,5}}$ ), от входного напряжения высокого уровня  $U_{ИН}$  при  $U_{CC} = 5,5$  В,  $U_{ИЛ} = 0$  В,  $T = 25$  °С

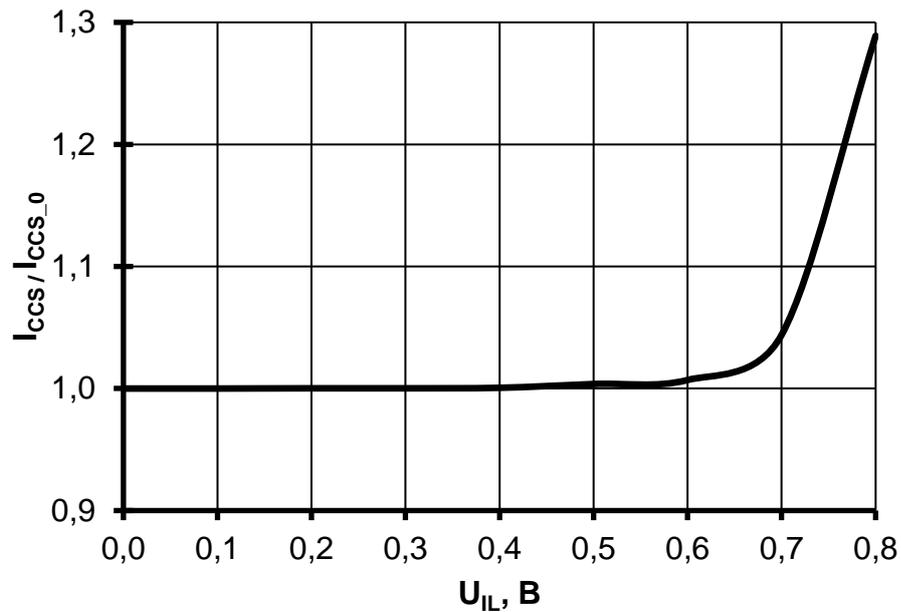


Рисунок 23 – Зависимость тока потребления в режиме хранения  $I_{ccs}$ , приведённого к току потребления в режиме хранения при  $U_{IL} = 0$  В ( $I_{ccs_0}$ ), от входного напряжения низкого уровня  $U_{IL}$  при  $U_{CC} = 5,5$  В,  $U_{IH} = 5,5$  В,  $T = 25$  °С

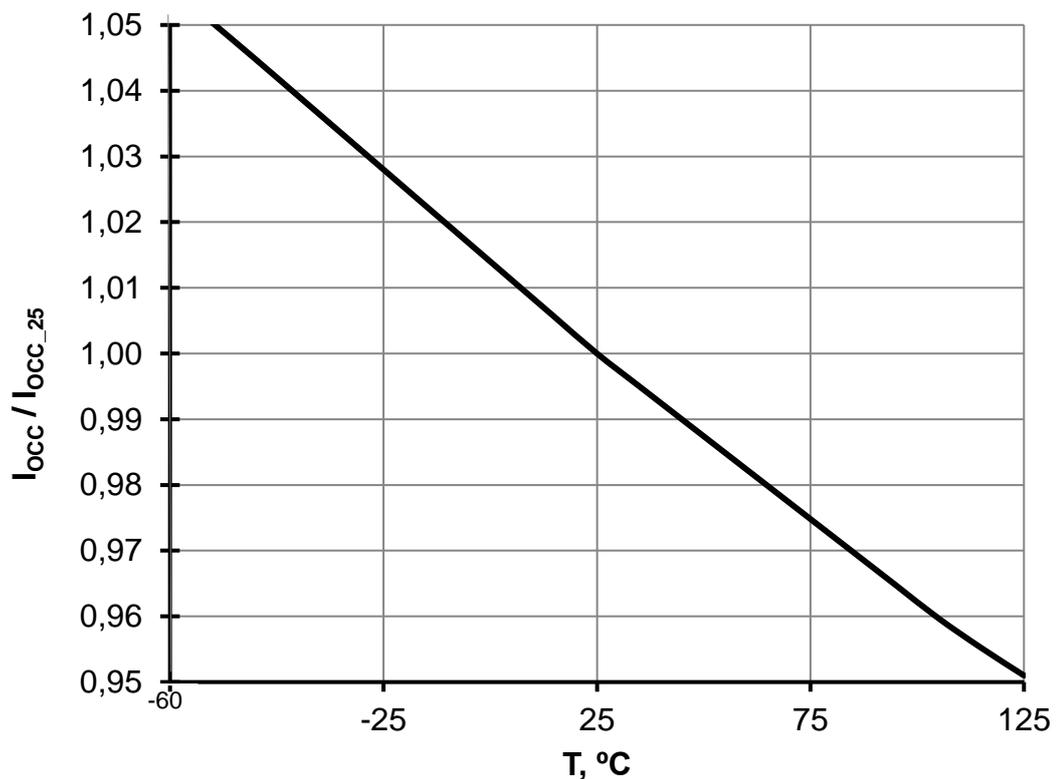


Рисунок 24 – Зависимость динамического тока потребления в режиме считывания, записи и стирания  $I_{ccc}$ , приведённого к динамическому току потребления при  $T = 25$  °С ( $I_{ccc_25}$ ), от температуры окружающей среды при  $U_{CC} = 5,5$  В,  $f_c = 50$  МГц

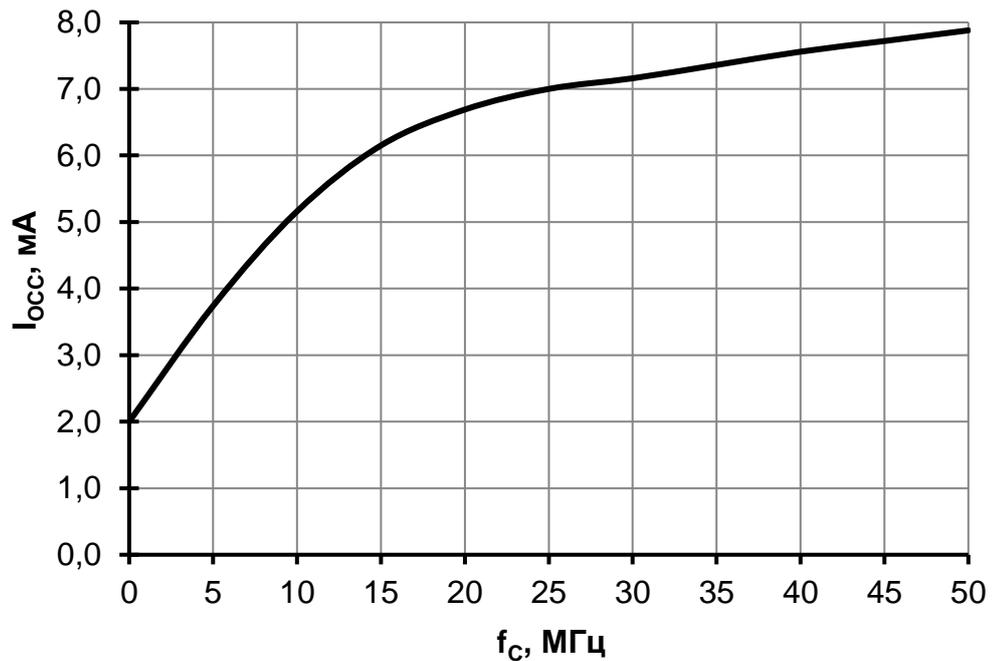


Рисунок 25 – Зависимость динамического тока потребления в режиме считывания, записи и стирания  $I_{\text{осс}}$  от частоты следования импульсов тактовых сигналов SCK  $f_c$  при  $U_{\text{CC}} = 5,5$  В и  $T = 25$  °С

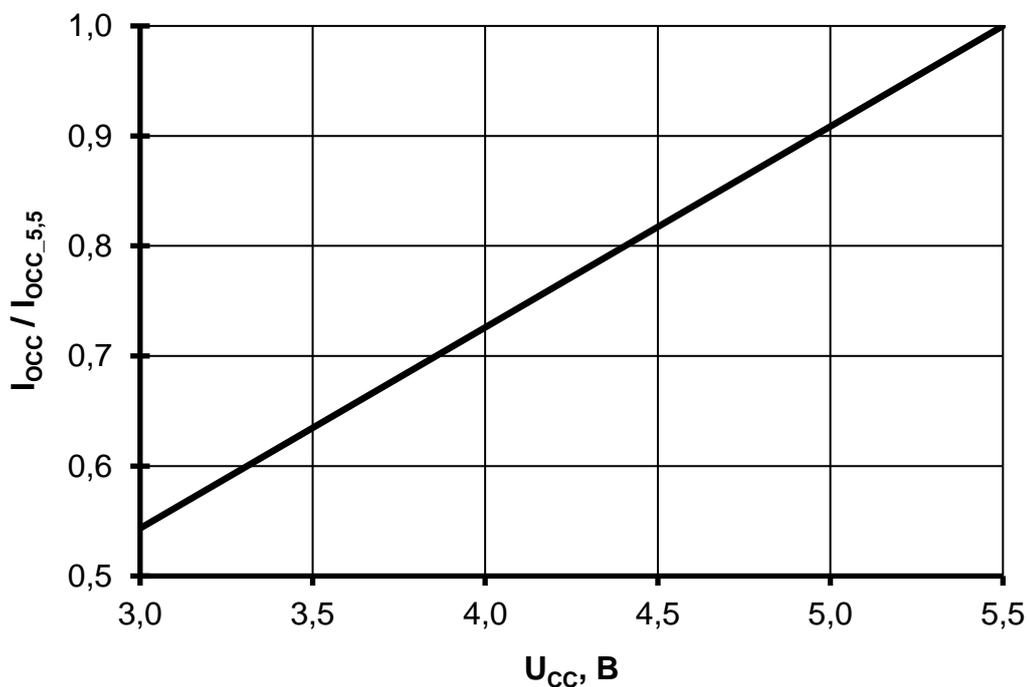
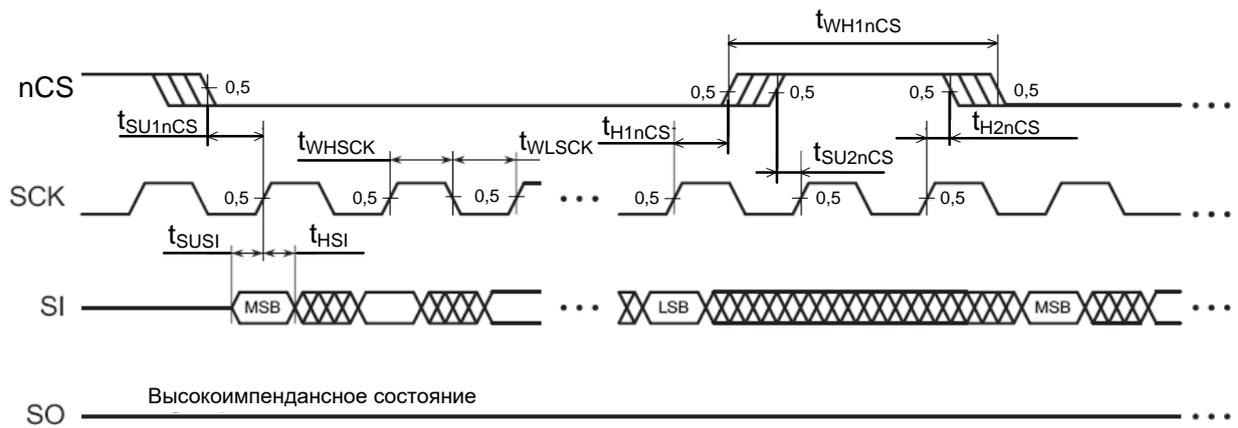


Рисунок 26 – Зависимость динамического тока потребления в режиме считывания, записи и стирания  $I_{\text{осс}}$ , приведённого к динамическому току потребления ( $I_{\text{осс}_{5,5}}$ ), при  $U_{\text{CC}} = 5,5$  В от напряжения питания  $U_{\text{CC}}$  при  $f_c = 50$  МГц

## 8 Временные диаграммы



MSB – старший разряд данных  
LSB – младший разряд данных

Рисунок 27 – Временная диаграмма записи последовательного канала SPI

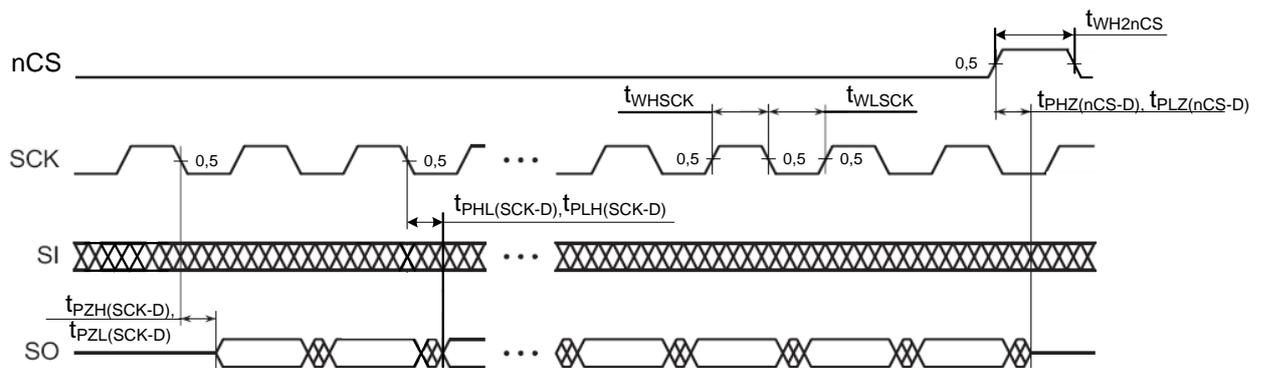


Рисунок 28 – Временная диаграмма чтения последовательного канала SPI

## 9 Электрические параметры микросхемы

Таблица 8 – Электрические параметры микросхем при приемке и поставке

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды, °С
		не менее	не более	
Выходное напряжение высокого уровня, В, при: $3,0 \leq U_{CC} \leq 3,6$ В $4,5 \leq U_{CC} \leq 5,5$ В	$U_{OH}$	2,4	–	25, 125, – 60
		$0,9 \cdot U_{CC}$		
Выходное напряжение низкого уровня, В	$U_{OL}$	0	$0,1 \cdot U_{CC}$	
Ток утечки высокого уровня на входах, мкА	$I_{ILH}$	– 1	1	
Ток утечки низкого уровня на входах, мкА	$I_{ILL}$	– 1	1	
Выходной ток высокого уровня в состоянии «Выключено», мкА	$I_{OZH}$	– 1	1	
Выходной ток низкого уровня в состоянии «Выключено», мкА	$I_{OZL}$	– 1	1	
Ток потребления в режиме хранения, мА	$I_{CCS}$	–	2	
Динамический ток потребления в режиме считывания, записи и стирания, мА	$I_{OCC}$	–	15	
Время задержки распространения данных при включении, выключении по сигналу SCK, нс	$t_{PHL(SCK-D)}$ , $t_{PLH(SCK-D)}$	–	20	
Время задержки распространения данных при переходе выхода из состояния «Выключено» в состояние высокого/низкого уровня по сигналу SCK, нс	$t_{PZH(SCK-D)}$ $t_{PZL(SCK-D)}$	–	20	
Время задержки распространения данных при переходе выхода из состояния высокого/низкого уровня в состояние «Выключено» по сигналу nCS, нс	$t_{PHZ(nCS-D)}$ $t_{PLZ(nCS-D)}$	–	20	

Примечание – Режимы измерения параметров приведены в технических условиях АЕНВ.431210.158ТУ.

Микросхемы должны быть устойчивы к воздействию статического электричества с потенциалом не менее 2 000 В.

## 10 Предельно-допустимые и предельные параметры

Таблица 9 – Предельно-допустимые электрические режимы эксплуатации и предельные электрические режимы микросхем

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра			
		Предельно- допустимый режим		Предельный режим	
		не менее	не более	не менее	не более
Напряжение питания, В	$U_{CC}$	3,0	5,5	–	6,0
Входное напряжение высокого уровня, В	$U_{IH}$	2,0	$U_{CC}$	–	$U_{CC}+0,3$
Входное напряжение низкого уровня, В	$U_{IL}$	0	0,8	– 0,3	–
Напряжение высокого (низкого) уровня прикладываемое к выходу в состоянии «Выключено», В, на выводах D0 – D7	$U_{OZH},$ $U_{OZL}$	0	$U_{CC}$	– 0,3	$U_{CC}+0,3$
Выходной ток высокого уровня, мА	$I_{OH}$	– 2	–	– 6	–
Выходной ток низкого уровня, мА	$I_{OL}$	–	2	–	6
Время нарастания и спада входных сигналов, нс	$t_r, t_f$	–	10	–	20
Емкость нагрузки, пФ	$C_L$	–	50	–	100
Длительность сигнала высокого уровня сигнала SCK, нс	$t_{WHCK}$	10	–	–	–
Длительность сигнала низкого уровня сигнала SCK, нс	$t_{WLCK}$	10	–	–	–
Время установления низкого уровня сигнала nCS относительно сигнала SCK, нс	$t_{SU1nCS}$	20	–	–	–
Время удержания низкого уровня сигнала nCS относительно сигнала SCK, нс	$t_{H1nCS}$	20	–	–	–
Время установления высокого уровня сигнала nCS относительно сигнала SCK, нс	$t_{SU2nCS}$	20	–	–	–
Время удержания высокого уровня сигнала nCS относительно сигнала SCK, нс	$t_{H2nCS}$	20	–	–	–
Длительность сигнала высокого уровня nCS в режиме SPI после команд записи, мкс	$t_{WH1nCS}$	1	–	–	–
Длительность сигнала высокого уровня nCS в режиме SPI после команд чтения, нс	$t_{WH2nCS}$	50	–	–	–
Время установления входного сигнала SI последовательных данных относительно сигнала SCK, нс	$t_{SUSI}$	9	–	–	–
Время удержания сигнала SI входных последовательных данных относительно сигнала SCK, нс	$t_{HSI}$	2	–	–	–
Частота следования импульсов тактовых сигналов SCK, МГц	$f_C$	–	50	–	–

Примечание – Не допускается одновременное воздействие нескольких предельных режимов

## 11 Справочные данные

Значение собственной резонансной частоты – не менее 17,0 кГц.

Тепловое сопротивление кристалл-окружающая среда микросхем – не более 15,2 °С/Вт.

Предельная температура р-п перехода кристалла 150 °С.

Максимальное значение емкости вывода микросхемы на частотах менее 1 МГц не превышает 6,5 пФ.

Таблица 10 – Справочные параметры микросхем

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды (корпуса), °С
		не менее	не более	
Количество циклов записи/стирания данных	N <sub>PR</sub>	100 000	–	85
		15000		125
Время хранения информации, лет	t <sub>GS</sub>	25	–	85
		13		125
Время операции программирования байта, мкс	t <sub>СУР_БЫТ</sub>	–	45	25, 125, – 60
Время операции стирания микросхемы, мс	t <sub>W(ER)</sub>	–	110	
Время стирания сектора, мс	t <sub>W(ER_S)</sub>	–	55	

## 12 Габаритный чертеж микросхемы

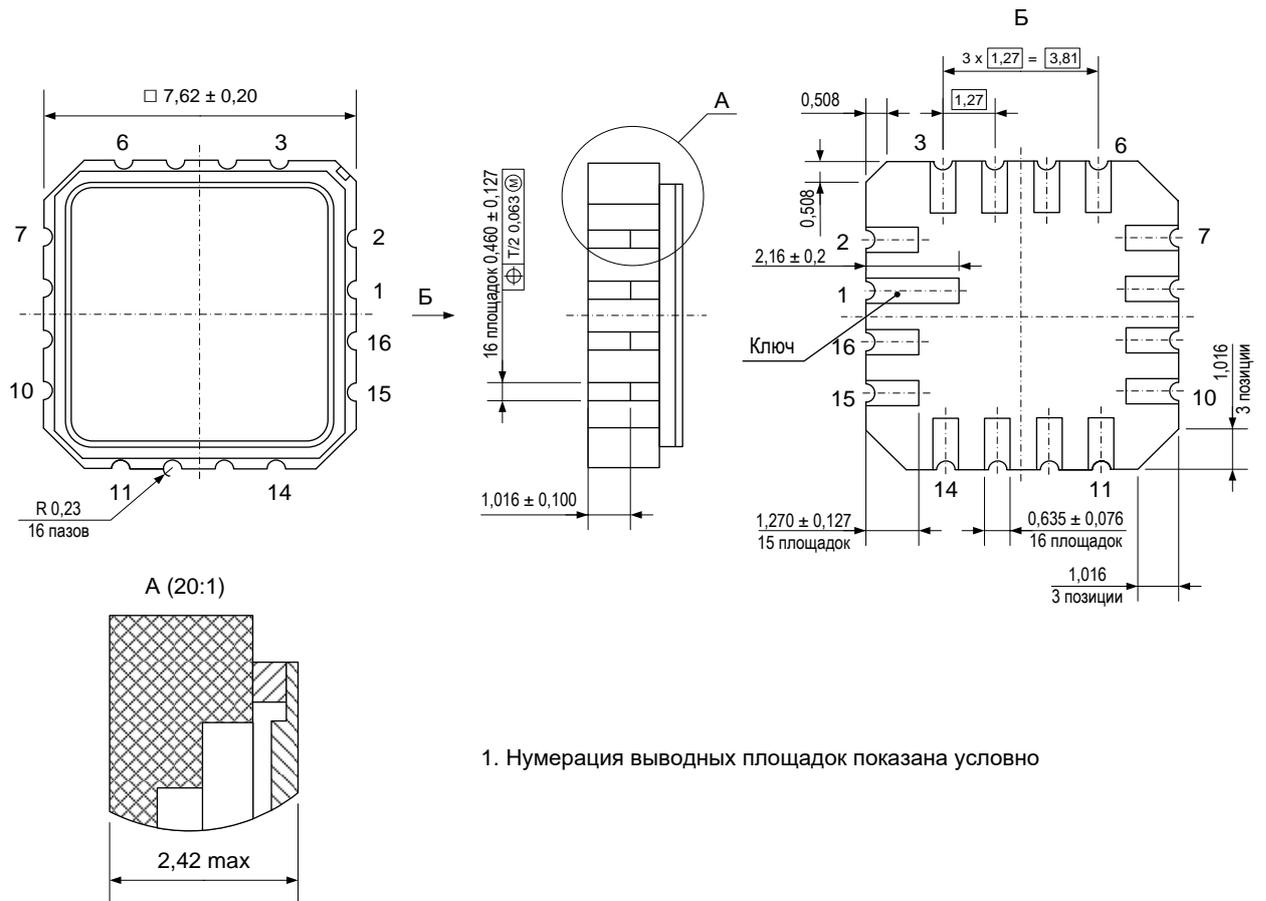
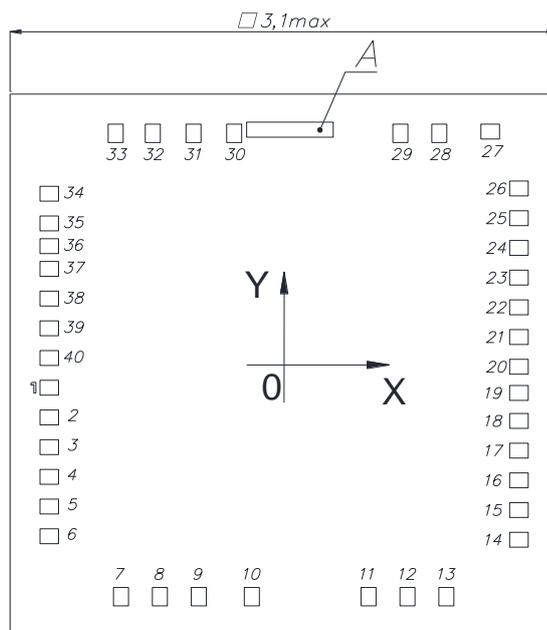


Рисунок 29 – Микросхема в корпусе МК 5119.16-А



- 1 Размеры контактных площадок (КП) кристалла приведены в таблице 11.
- 2 Материал КП – AlCu (Cu 0,5 %).
- 3 Толщина кристалла (0,480 ± 0,015) мм.
- 4 А – маркировка кристалла MLDR108, показана условно.
- 5 Координаты КП см. в таблице 11.
- 6 Номера КП кристалла, кроме первой, присвоены условно. Расположение КП соответствует топологическому чертежу.

Рисунок 30 – Кристалл (бескорпусное исполнение)

Таблица 11 – Координаты КП

№ КП	Обозначение КП	Координаты КП		Размер КП, мкм	№ КП	Обозначение КП	Координаты КП		Размер КП, мкм
		X	Y				X	Y	
1	U <sub>CC</sub>	-1326,500	-129,000	105 x 85	21	GND	1329,500	161,000	105 x 85
2	A16	-1326,500	-299,000	105 x 85	22	I/O3	1329,500	331,000	105 x 85
3	A15	-1326,500	-469,000	105 x 85	23	I/O4	1329,500	501,000	105 x 85
4	A12	-1326,500	-639,000	105 x 85	24	I/O5	1329,500	671,000	105 x 85
5	A7	-1326,500	-809,000	105 x 85	25	I/O6	1329,500	841,000	105 x 85
6	SI	-1326,500	-979,000	105 x 85	26	I/O7	1329,500	1011,000	105 x 85
7	A6	-921,000	-1324,500	85 x 105	27	nCE/nCS	1167,065	1336,500	105 x 85
8	A5	-701,000	-1324,500	85 x 105	28	A10	879,000	1326,500	85 x 105
9	A4	-481,000	-1324,500	85 x 105	29	nOE	659,000	1326,500	85 x 105
10	front5V	-181,000	-1324,500	85 x 105	30	A11	-281,000	1326,500	85 x 105
11	A3	479,000	-1324,500	85 x 105	31	A9	-511,000	1326,500	85 x 105
12	A2	699,000	-1324,500	85 x 105	32	A8	-741,000	1326,500	85 x 105
13	A1	919,000	-1324,500	85 x 105	33	SHDN	-951,000	1326,500	85 x 105
14	SCK	1329,500	-999,000	105 x 85	34	SO	-1326,500	981,000	105 x 85
15	A0	1329,500	-829,000	105 x 85	35	DUCC	-1326,500	811,000	105 x 85
16	I/O0	1329,500	-659,000	105 x 85	36	GND	-1326,500	681,000	105 x 85
17	I/O1	1329,500	-489,000	105 x 85	37	A13	-1326,500	551,000	105 x 85
18	I/O2	1329,500	-319,000	105 x 85	38	A14	-1326,500	381,000	105 x 85
19	SEL_SPI	1329,500	-159,000	105 x 85	39	nWE	-1326,500	211,000	105 x 85
20	GND	1329,500	-9,000	105 x 85	40	U <sub>CC</sub>	-1326,500	41,000	105 x 85

### 13 Информация для заказа

Обозначение	Маркировка	Тип корпуса	Температурный диапазон
1636PP52У	PP52	МК 5119.16-А	минус 60 – 125 °С
К1636PP52У	КPP52	МК 5119.16-А	минус 60 – 125 °С
К1636PP52УК	КPP52•	МК 5119.16-А	0 – 70 °С
К1636PP5Н4	К1636PP5Н4 (на таре)	бескорпусная	0 – 70 °С

Примечание – Микросхемы в бескорпусном исполнении поставляются в виде отдельных кристаллов, получаемых разделением пластины. Микросхемы поставляются в таре (кейсах) без потери ориентации.

