

СХЕМА МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО КЛЮЧА С ЗАЩИТОЙ ДАННЫХ

(функциональный аналог DS1991 фирмы «Maxim-Dallas Semiconductor»)

Микросхема IZ1991 – схема мультифункционального электронного ключа с защитой данных, предназначена для автономной идентификации в системах санкционированного доступа, регистрации и идентификации объектов.

Микросхема выполняет следующие функции:

- однократную запись данных в ПЗУ;
- хранение и чтение данных из ПЗУ;
- генерацию циклически избыточного кода (Cyclic Redundancy Check – CRC);
- передачу данных по однопроводному интерфейсу;
- хранение данных и пароля для трех независимых ключей.

Основные характеристики:

- 1152-битная защищенная память с возможностью чтения/записи
- защищенная память может быть дешифрована только при совпадении 64 - битного пароля
- память разбита на 3 блока по 384 бита каждый
- 64-битный пароль и поля идентификации для каждого блока памяти
- 512-битная блокнотная память гарантирует целостность передаваемых данных
- напряжение питания (от элемента питания), U_{DD} , от 2,7 до 3,3 В
- диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 85°C

Таблица 1 - Назначение контактных площадок

Номер контактной площадки	Обозначение	Назначение
01	TEST1	Вывод тестовый
02	TEST2	Вывод тестовый
03	GND	Общий вывод
04	DATA	Вход/выход данных
05	U_{DD}	Вывод питания от источника напряжения
06	TEST3	Вывод тестовый
07	TEST4	Вывод тестовый
08	TEST5	Вывод тестовый
09	TEST6	Вывод тестовый
10	TEST7	Вывод тестовый
11	TEST8	Вывод тестовый
12	TEST9	Вывод тестовый
13	TEST10	Вывод тестовый

Примечание – Контактные площадки TEST1 – TEST10 служат для организации режима тестирования в процессе изготовления микросхем и в аппаратуре потребителя не используются



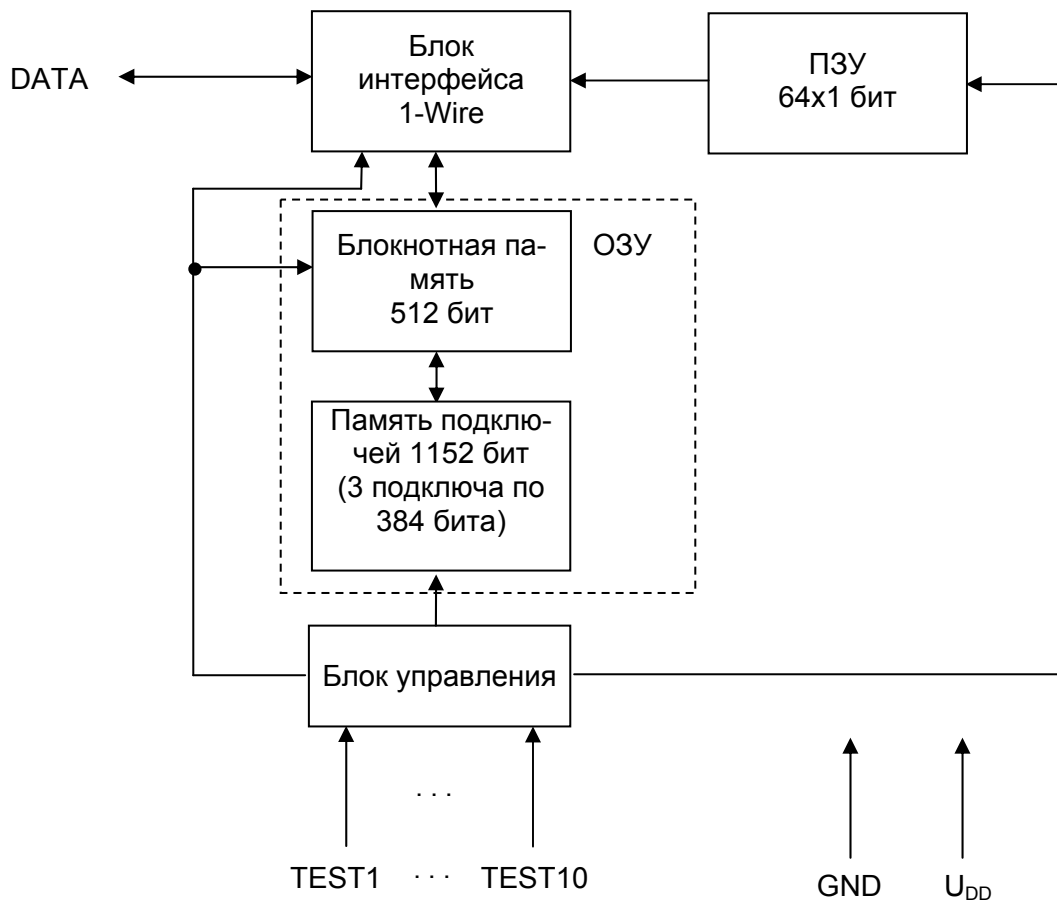


Рисунок 1 - Структурная схема

Таблица 2 - Предельные электрические режимы

Обозначение параметра	Наименование параметра	Норма		Единица измерения
		не менее	не более	
U_{CC}	Напряжение питания (на внешнем подтягивающем резисторе)	-0,5	7,0	В
U_{IL}	Входное напряжение низкого уровня	-0,3	-	В
U_{IH}	Входное напряжение высокого уровня	-	$U_{CC}+0,3$	В
T_a	Предельная температура среды	-60	125	°С
Примечание - Значения напряжений указаны относительно общего вывода микросхемы GND				

Таблица 3 - Предельно допустимые электрические режимы эксплуатации

Обозначение параметра	Наименование параметра	Норма		Единица измерения
		не менее	не более	
U_{CC}	Напряжение питания (на внешнем подтягивающем резисторе)	2,8	6,0	В
U_{DD}	Напряжение питания (от элемента питания)	2,7	3,3	В
U_{IL}	Входное напряжение низкого уровня	0	0,8	В
U_{IH}	Входное напряжение высокого уровня	2,2	U_{CC}	В
T_a	Рабочая температура среды	-40	85	°С
Примечание - Значения напряжений указаны относительно общего вывода микросхемы GND				

Допустимое значение потенциала статического электричества 1000 В, предельное значение потенциала статического электричества 2000 В.



Таблица 4 - Электрические параметры микросхемы

Буквенное обозначение	Наименование параметра	Режим измерения	Норма		Единица измерения	Температура среды, °С
			не менее	не более		
U_{OL}	Выходное напряжение низкого уровня	$U_{DD}=2,7$ В $U_{CC}=2,8$ В $U_{IL}=0$ В $U_{IH}=U_{CC}$ $I_{OL}=4$ мА	-	$\frac{0,4}{0,45}$	В	$\frac{25\pm 10}{85}$ -40
U_{OH}	Выходное напряжение высокого уровня	$U_{DD}=3,3$ В $U_{CC}=6,0$ В $U_{IL}=0$ В $U_{IH}=U_{CC}$	-	6	В	25 ± 10 85 -40
t_{PDL}	Длительность низкого уровня импульса присутствия	$U_{DD}=2,7$ В $U_{CC}=2,8$ В $U_{IL}=0$ В $U_{IH}=U_{CC}$ и $U_{DD}=3,3$ В $U_{CC}=6,0$ В $U_{IL}=0$ В $U_{IH}=U_{CC}$	$\frac{70}{60}$	$\frac{230}{240}$	мкс	$\frac{25\pm 10}{85}$ -40

Типовое значение тока потребления по выводу DATA 6 мкА при $U_{DD}=3,3$ В, $U_{CC}=6,0$ В.



ОПИСАНИЕ РАБОТЫ МИКРОСХЕМЫ

Мультифункциональный электронный ключ IZ1991 – это носитель данных с возможностью чтения/записи. IZ1991 предоставляет пользователю 1152 бита защищенной памяти и действует как три отдельных электронных подключа.

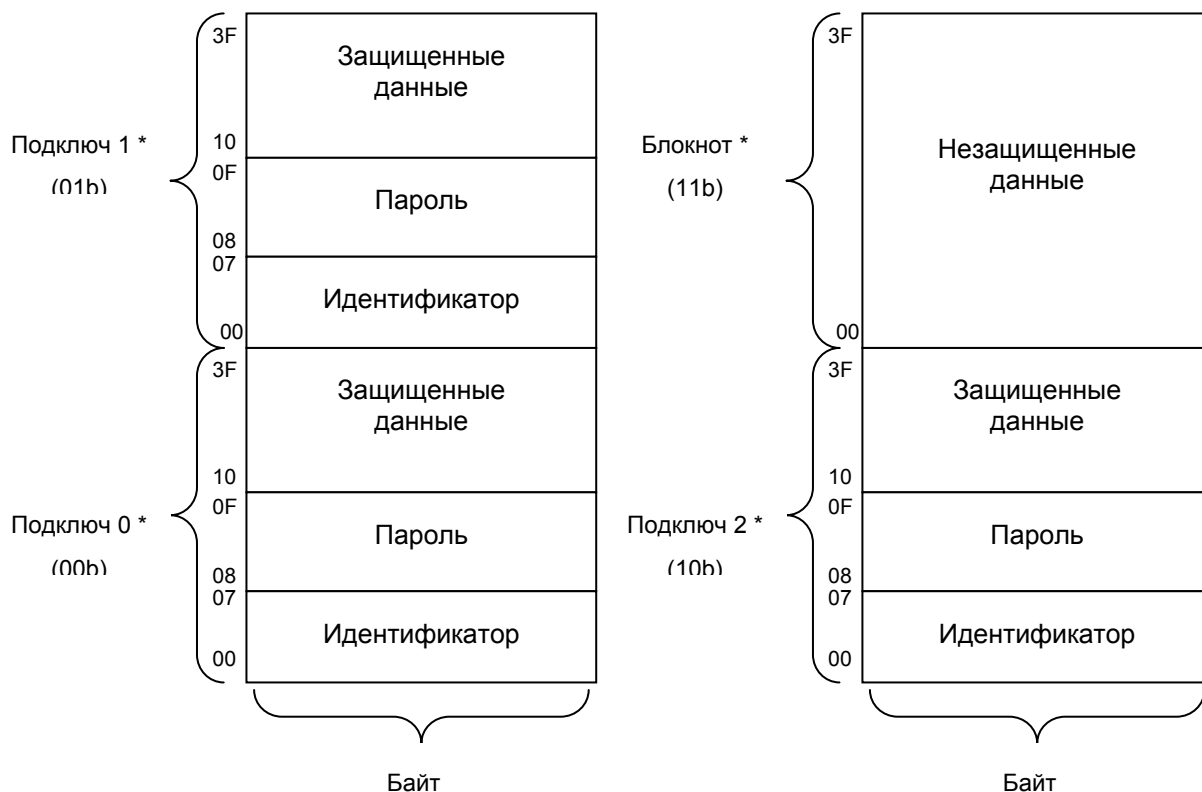
Каждый 384-битный подключ имеет индивидуальный 64-битный пароль и общедоступные поля идентификации. Для получения доступа к защищенной памяти, поле пароля должно совпасть.

512-битная блокнотная память (Scratchpad) обеспечивает целостность данных, передаваемых в защищенную память. Данные сначала должны быть записаны в блокнотную память, откуда затем могут быть считаны. После того как данные проверены, команда копирования блокнотной памяти передает данные в защищенную память. Этот процесс обеспечивает целостность данных при изменении содержимого памяти. Хранение данных в блокнотной памяти и подключках возможно только при постоянном питании микросхемы.

Организация ОЗУ микросхемы представлена на рисунке 2.

48-битный серийный номер, который записывается в ПЗУ каждой микросхемы IZ1991 в процессе производства, гарантирует уникальную идентификацию, что обеспечивает возможность абсолютного контроля.

Сфера применения микросхемы включает защищенный контроль доступа, дебетные маркеры, сопровождение в процессе производства, электронный контроль перевозок и хранение личных данных.



*Блокнот и каждый подключ имеют свой уникальный адрес.

Рисунок 2 - Организация ОЗУ микросхемы



Доступ к IZ1991 обеспечивается по одной линии данных. Данные передаются последовательно при помощи протокола 1-Wire, для работы требуется только один провод данных (сигнальный), общий провод (земля) и провод питания.

Мастер шины сначала должен передать одну из четырех команд ПЗУ:

- чтение ПЗУ,
- сравнение ПЗУ,
- поиск ПЗУ,
- пропуск ПЗУ.

Эти команды оперируют с 64-битным ПЗУ микросхемы. Они позволяют выделить конкретный прибор, если на шине 1-Wire присутствуют несколько приборов, а также указать мастеру шины, сколько их и какого они типа. После успешного выполнения команды функций ПЗУ, становятся доступными, функции памяти, которые оперируют с защищенной и блокнотной памятью, и мастер шины может передать одну из шести команд функций памяти, характерных для IZ1991. Все данные считываются и записываются, начиная с младшего бита.

64-битное ПЗУ

Каждая микросхема IZ1991 содержит уникальный 64-битный код ПЗУ. Первые восемь бит являются групповым кодом 1-Wire (кодом семейства). Следующие 48 бит являются уникальным серийным номером. Последние восемь бит – контрольная сумма CRC первых 56 бит. Структура 64-битного кода представлена на рисунке 3. Циклически избыточный код (Cyclic Redundancy Check – CRC) для однопроводной шины (1-Wire) формируется полиномиальным генератором, состоящим из регистра сдвига и логических элементов XOR (исключающее ИЛИ), как показано на рисунке 4. При этом используется многочлен $X^8 + X^5 + X^4 + 1$. Биты регистра сдвига изначально устанавливаются в 0. Затем, начиная с младшего бита кода семейства, сдвигается по одному биту за раз. После введения восьмого бита кода семейства вводится серийный номер. После того, как был введен 48-й бит серийного номера, регистр сдвига содержит значение CRC. Сдвиг восьми бит CRC обнуляет регистр сдвига.

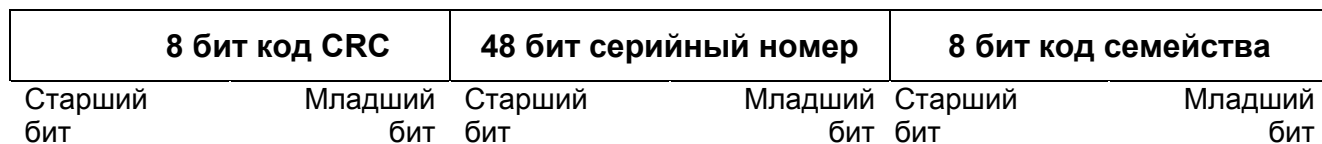


Рисунок 3 – Структура 64-битного кода

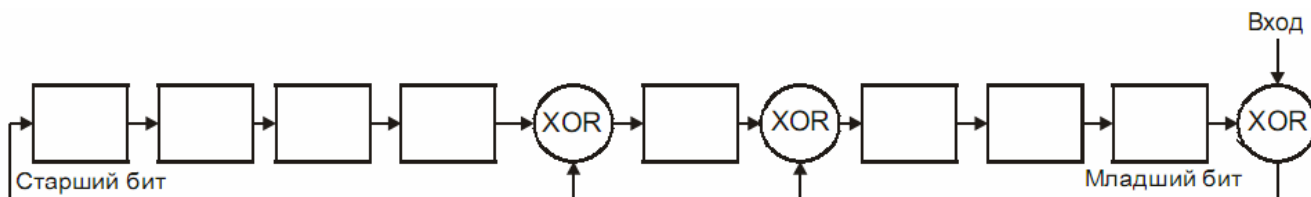


Рисунок 4 - Генератор CRC шины 1-Wire

Команды функций памяти

IZ1991 имеет шесть характерных для данной микросхемы команд. Это три команды блокнотной памяти (запись блокнота, чтение блокнота и копирование блокнота) и три команды подключей (запись пароля, запись подключа и чтение подключа). После выбора прибора команда функций памяти записывается в IZ1991. Команда состоит из трех полей, длина каждого составляет один байт.

Первый байт – это поле кода функции. Данное поле определяет шесть команд, которые могут быть выполнены.

Второй байт является полем адреса. Первые шесть битов этого поля задают начальный адрес команды. Последние два бита являются кодом адреса подключа.

Третий байт команды – это дополнение второго байта до двух.

Структура команды приведена в таблице 5.

В случае первого использования IZ1991 необходимо инициализировать, поскольку пароли, хранящиеся в приборе, неизвестны. Эта операция выполняется путем прямой записи (т.е. не через блокнотную память) нового идентификатора и пароля для выбранного подключа при помощи команды записи пароля. После того как новый идентификатор и пароль будут записаны в прибор, последующие обновления следует выполнять через блокнотную память.

Таблица 5

Команда	1-й байт	2-й байт						3-й байт		
		B7	B6	B5	B4	B3	B2		B1	B0
Запись блокнота	96h	1	1	Любое значение от 00h до 3Fh						Дополнение 2-го байта до двух
Чтение блокнота	69h									
Копирование блокнота	3Ch	Номер подключа:		0	0	0	0	0	0	
Чтение подключа	66h	0 0		Любое значение от 10h до 3Fh						
Запись подключа	99h	или		0	0	0	0	0	0	
Запись пароля	5Ah	0 1								
		или		1	0					
		1 0								

Команды блокнотной памяти

64-байтная блокнотная память IZ1991 с возможностью чтения/записи не защищена паролем. Обычное ее назначение – создать структуру проверяемых данных, а затем скопировать ее в защищенный подключ.

Запись блокнота [96h]

Команда записи блокнота используется для ввода данных в блокнотную память. Начальный адрес для последовательности записи задается в команде. Данные могут непрерывно записываться до тех пор, пока не будет достигнут конец блокнотной памяти или пока микросхема IZ1991 не сбросится. Последовательность команд показана на рисунке 5-1 в левой колонке.

Чтение блокнота [69h]

Команда чтения блокнота используется для извлечения данных из блокнотной памяти. Начальный адрес задается в слове команды. Данные могут непрерывно считываться до тех пор, пока не будет достигнут конец блокнотной памяти или пока микросхема IZ1991 не сбросится. Последовательность команд показана на рисунке 5-1 в центральной колонке.



Копирование блокнота [3Ch]

Команда копирования блокнота используется для передачи определенных блоков данных из блокнотной памяти в выбранный подключ. Эту команду следует использовать, когда требуется проверка данных перед их сохранением в защищенном подклуче. Данные могут передаваться 8-байтными блоками или одним большим 64-байтным блоком. Имеется девять достоверных кодов выбора блока, которые используются, для того чтобы определить, какой блок будет передаваться. Коды выбора блока представлены в таблице 6. В качестве меры предосторожности от случайного стирания защищенных данных необходимо ввести 8-байтный пароль подклуча назначения. Если пароль не совпадает, операция прекращается. После передачи блока данных в защищенный подклуч, первоначальные данные в соответствующем блоке блокнотной памяти стираются. Последовательность команд показана на рисунке 5-1 в правой колонке.

Команды подклуча

Доступ к каждому из подклучей микросхемы IZ1991 осуществляется индивидуально. Транзакции для чтения или записи данных в защищенный подклуч начинаются с адреса, заданного в команде, и продолжаются до тех пор, пока прибор не сбросится, или пока не будет достигнут конец подклуча.

Запись пароля [5Ah]

Команда записи пароля используется для ввода идентификатора и пароля выбранного подклуча. Эта команда стирает все данные, хранящиеся в защищенной области, а также перезаписывает в идентификатор и поля пароля новые данные. IZ1991 имеет встроенные средства проверки, обеспечивающие выбор надлежащего подклуча. Последовательность действий начинается с чтения поля идентификатора выбранного подклуча. Затем в прибор записывается идентификатор подклуча, подлежащий изменению. Если идентификаторы не совпадают, последовательность прекращается. В противном случае содержимое подклуча стирается, и в него записываются 64 бита новых данных идентификатора, за которым следует новый 64-битный пароль. Последовательность команд показана на рисунке 5-2 в правой колонке.

Запись подклуча [99h]

Команда записи подклуча используется для ввода данных в выбранный подклуч. Поскольку подклучи защищены, для доступа к ним требуется пароль. Последовательность действий начинается с чтения поля идентификатора. Затем в прибор записывается пароль. Если пароль неверен, последовательность прекращается. Если верен – последующие данные записываются в защищенную область. Начальный адрес для последовательности записи задается в слове команды. Данные могут непрерывно записываться до тех пор, пока не будет достигнут конец защищенного ключа, или пока микросхема IZ1991 не сбросится. Последовательность команд показана на рисунке 5-2 в центральной колонке.

Чтение подклуча [66h]

Команда чтения подклуча используется для извлечения данных из выбранного подклуча. Поскольку подклучи защищены, для доступа к ним требуется пароль. Последовательность действий начинается с чтения поля идентификатора; затем в микросхему записывается пароль. Если пароль неверен, IZ1991 будет передавать случайные данные. В противном случае, данные могут быть считаны из подклуча. Начальный адрес задается в команде. Данные могут непрерывно считываться до тех пор, пока не будет достигнут конец подклуча, или пока микросхема IZ1991 не сбросится. Последовательность команд показана на рисунке 5-2 в левой колонке.



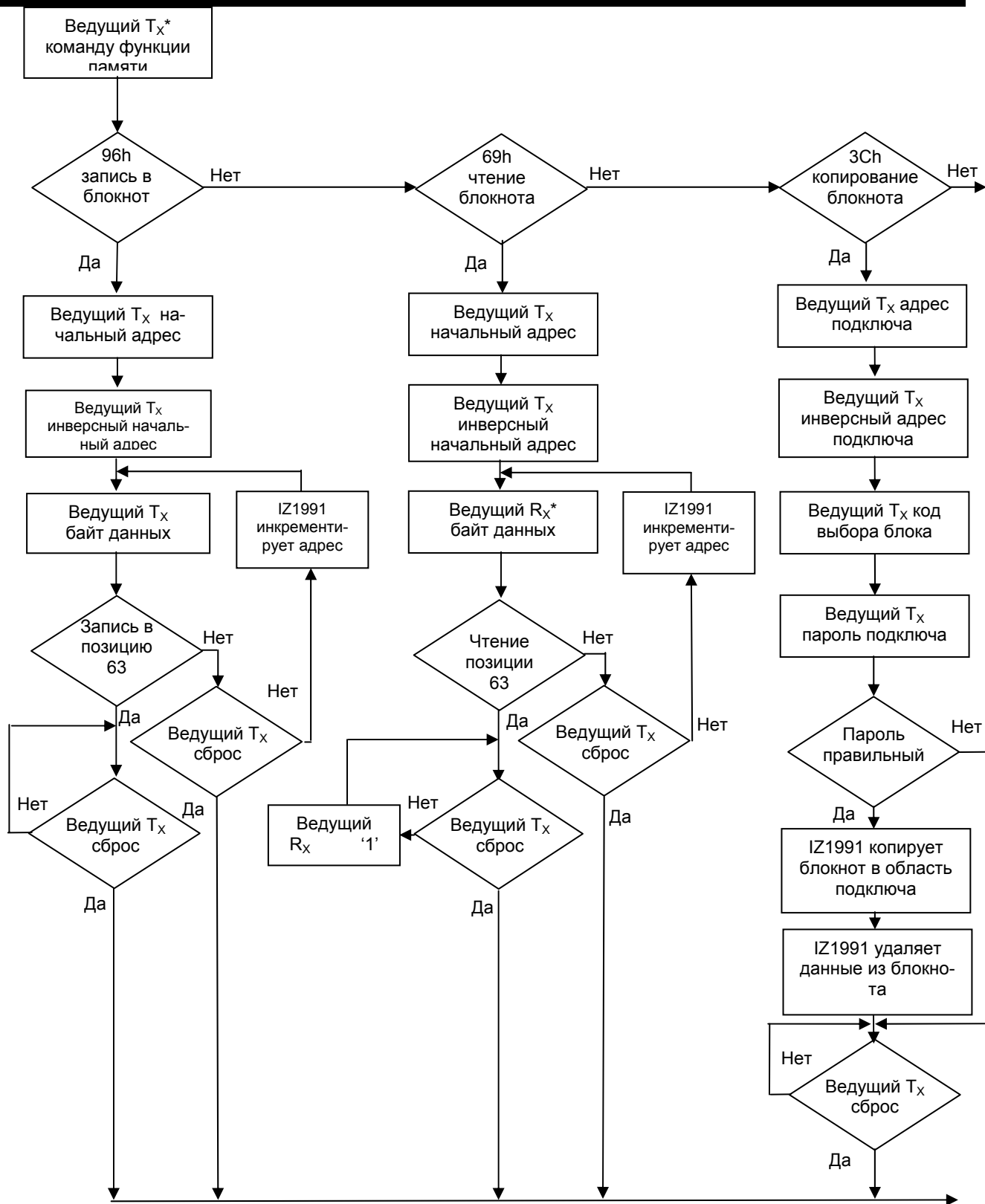


Рисунок 5-1 – Блок-схема функций памяти (часть 1)

* T_x – записывает.
R_x – читает.

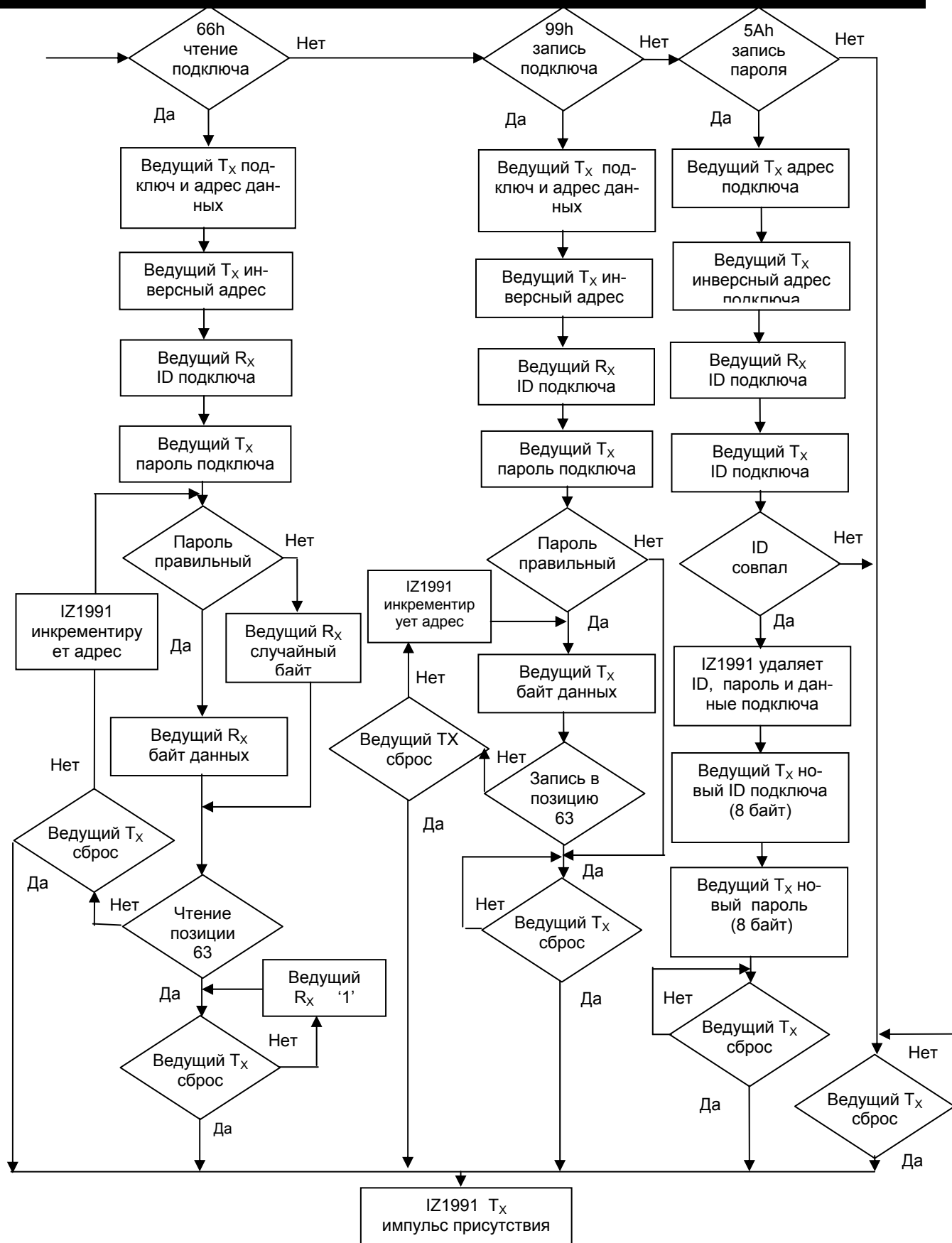


Рисунок 5-2 – Блок-схема функций памяти (часть 2)



Таблица 6

Номер блока	Диапазон адресов	Коды							Старший байт
		Младший байт							
0 до 7	00 до 3Fh	56	56	7F	51	57	5D	5A	7F
0	Идентификатор	9A	9A	B3	9D	64	6E	69	4C
1	Пароль	9A	9A	4C	62	9B	91	69	4C
2	10h до 17h	9A	65	B3	62	9B	6E	96	4C
3	18h до 1Fh	6A	6A	43	6D	6B	61	66	43
4	20h до 27h	95	95	BC	92	94	9E	99	BC
5	28h до 2Fh	65	9A	4C	9D	64	91	69	B3
6	30h до 37h	65	65	B3	9D	64	6E	96	B3
7	38h до 3Fh	65	65	4C	62	9B	91	96	B3

СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ШИНЫ 1-WIRE

Шина 1-Wire (однопроводная) представляет собой систему, которая имеет только одного мастера шины и одного или более ведомых. Во всех случаях микросхема IZ1991 является ведомой. Мастер шины – это обычно микроконтроллер. Обсуждение данной системы шины делится на три направления: конфигурация аппаратной части, последовательность транзакции (пересылки данных) и сигнализация 1-Wire (типы сигналов и временные соотношения). Протокол 1-Wire определяет транзакции шины в терминах состояния шины во время определенных протоколом временных интервалов, которые инициируются падающим фронтом импульсов, поступающих от мастера шины.

Аппаратная конфигурация

По определению, шина 1-Wire имеет только одну линию; важно, что любым прибором, подключенным к шине, можно управлять в соответствующее время. Для этого каждый прибор, присоединенный к шине 1-Wire, должен иметь выходы с открытым стоком или с тремя состояниями. Порт 1-Wire микросхемы IZ1991 представляет собой схему с открытым стоком, внутренняя схема порта эквивалентна показанной на рисунке 6. Мастер шины может иметь такую же эквивалентную схему порта. Если у него нет двунаправленного вывода, то выводы входа и выхода можно соединить вместе.

В месте подключения мастера к шине требуется наличие подтягивающего резистора, при этом схема мастера должна быть эквивалентна одной из показанных на рисунке 7. Величина сопротивления подтягивающего резистора для линий небольшой длины должна составлять примерно 5 кОм.

Многоточечная шина состоит из однопроводной шины (1-Wire) с множеством подсоединенных ведомых. Шина 1-Wire имеет максимальную скорость передачи данных 16,3 Кбит в секунду. Состояние не занятости для шины 1-Wire представляет ВЫСОКИЙ уровень. Когда по каким-либо причинам транзакцию необходимо отложить, шина должна быть оставлена в состоянии не занятости, если транзакция будет возобновлена. Если этого не сделать и оставить шину в состоянии низкого уровня более чем на 120 мкс, то одна или несколько микросхем, подключенных к шине, могут сброситься.



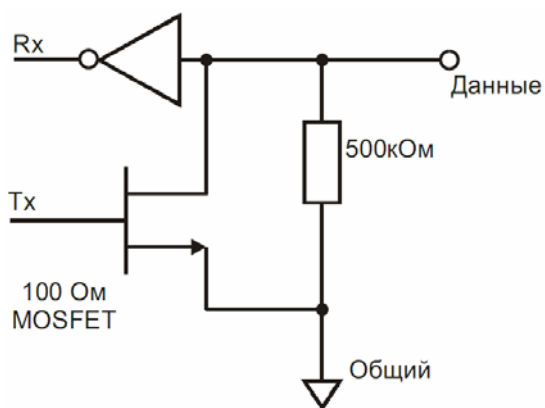
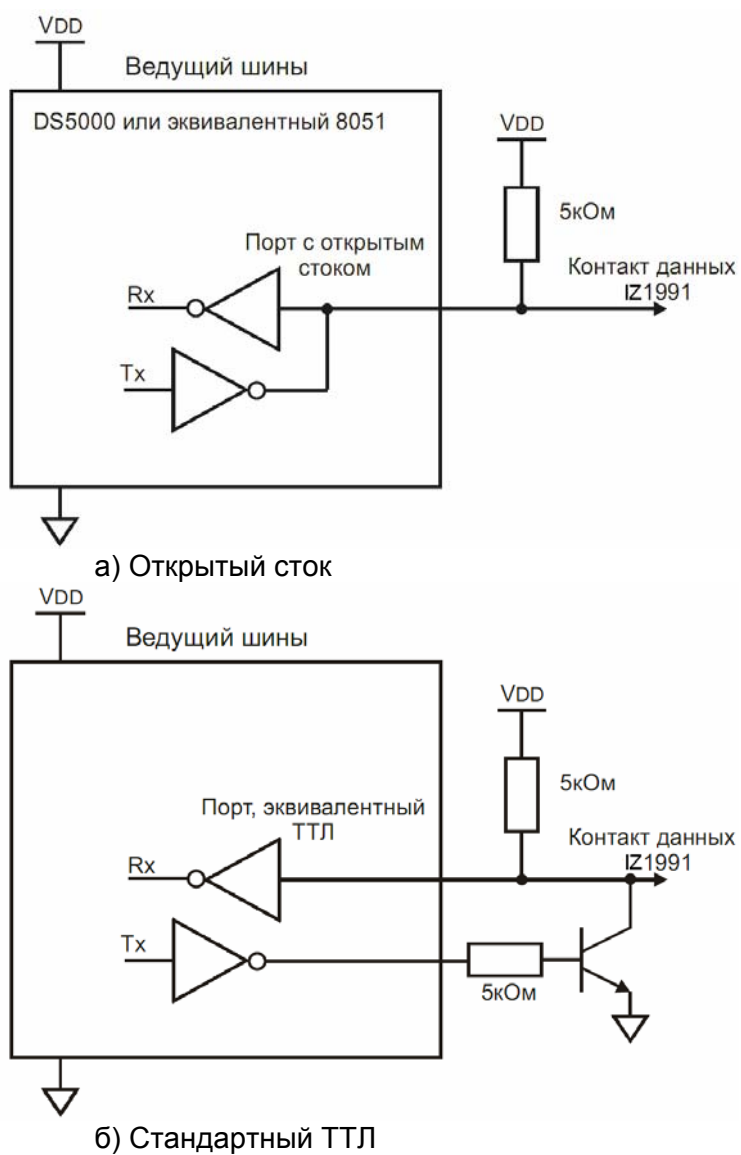


Рисунок 6 – Эквивалентная схема порта



Рисисунок 7 – Эквивалентная схема мастера шины

Последовательность транзакций

Протокол доступа к IZ1991 через порт 1-Wire состоит в следующем:

- инициализация
- команда функций ПЗУ
- команда функций памяти
- транзакция/данные

Инициализация

Все транзакции на шине 1-Wire начинаются с последовательности инициализации. Последовательность инициализации состоит из импульса сброса, передаваемого мастером шины, за которым следует импульс (или импульсы) присутствия, передаваемый ведомым (или ведомыми). Импульс присутствия сообщает мастеру шины, что микросхема IZ1991 подключена к шине и готова к работе.

Команды функций ПЗУ

После того, как мастер шины определил присутствие прибора, он может передать одну из четырех команд функций ПЗУ. Все команды функций ПЗУ имеют длину 8 бит. Блок-схема команд функций ПЗУ приведена на рисунке 8. Описание команд приведено ниже.

Чтение ПЗУ [33h]

Эта команда позволяет мастеру шины считывать 8-битный групповой код, уникальный 48-битный серийный номер и 8-битную контрольную сумму CRC микросхемы IZ1991. Команда может использоваться, только если на шине имеется одна микросхема IZ1991. Если на шине присутствует более одного ведомого, то произойдет конфликт данных, поскольку все ведомые будут пытаться осуществлять передачу в одно и то же время (понижение уровней на открытых стоках приведет к получению монтажного И).

Сравнение ПЗУ [55h]

Команда сравнения ПЗУ, за которой следует 64-битная последовательность ПЗУ, позволяет мастеру шины обращаться к определенной микросхеме IZ1991 на многоточечной шине. Только та микросхема IZ1991, которая точно соответствует 64-битной последовательности ПЗУ, ответит на последующую команду функций памяти. Все ведомые, не соответствующие 64-битной последовательности ПЗУ, будут ожидать импульс сброса. Данная команда может использоваться при одном или множестве приборов на шине.

Пропуск ПЗУ [CCh]

Эта команда может сэкономить время в системе с одноточечной шиной, позволяя мастеру шины получить доступ к функциям памяти без передачи 64-битного кода ПЗУ. Если на шине присутствует более одного ведомого и следом за командой чтения передается команда пропуска ПЗУ, на шине произойдет конфликт данных, поскольку множество ведомых будут осуществлять передачу одновременно (понижение уровней на открытых стоках приведет к получению монтажного И).

Поиск ПЗУ [F0h]

Когда система запускается первоначально, мастер шины может не знать номеров микросхем, подсоединенных к шине 1-Wire, или их 64-битных кодов ПЗУ. Команда поиска ПЗУ позволяет мастеру шины использовать процесс исключения, чтобы определить 64-битные коды ПЗУ всех ведомых приборов на шине. Процесс поиска ПЗУ представляет собой повторение простой процедуры, состоящей из трех шагов: считывание бита, считывание побитного дополнения, а затем запись необходимого значения данного бита. Мастер шины выполняет эту простую 3-шаговую процедуру по каждому биту ПЗУ. После завершения одного полного прохода мастер шины знает содержимое ПЗУ одной микросхемы. Номера остальных приборов и коды их ПЗУ могут быть определены путем дополнительных проходов.



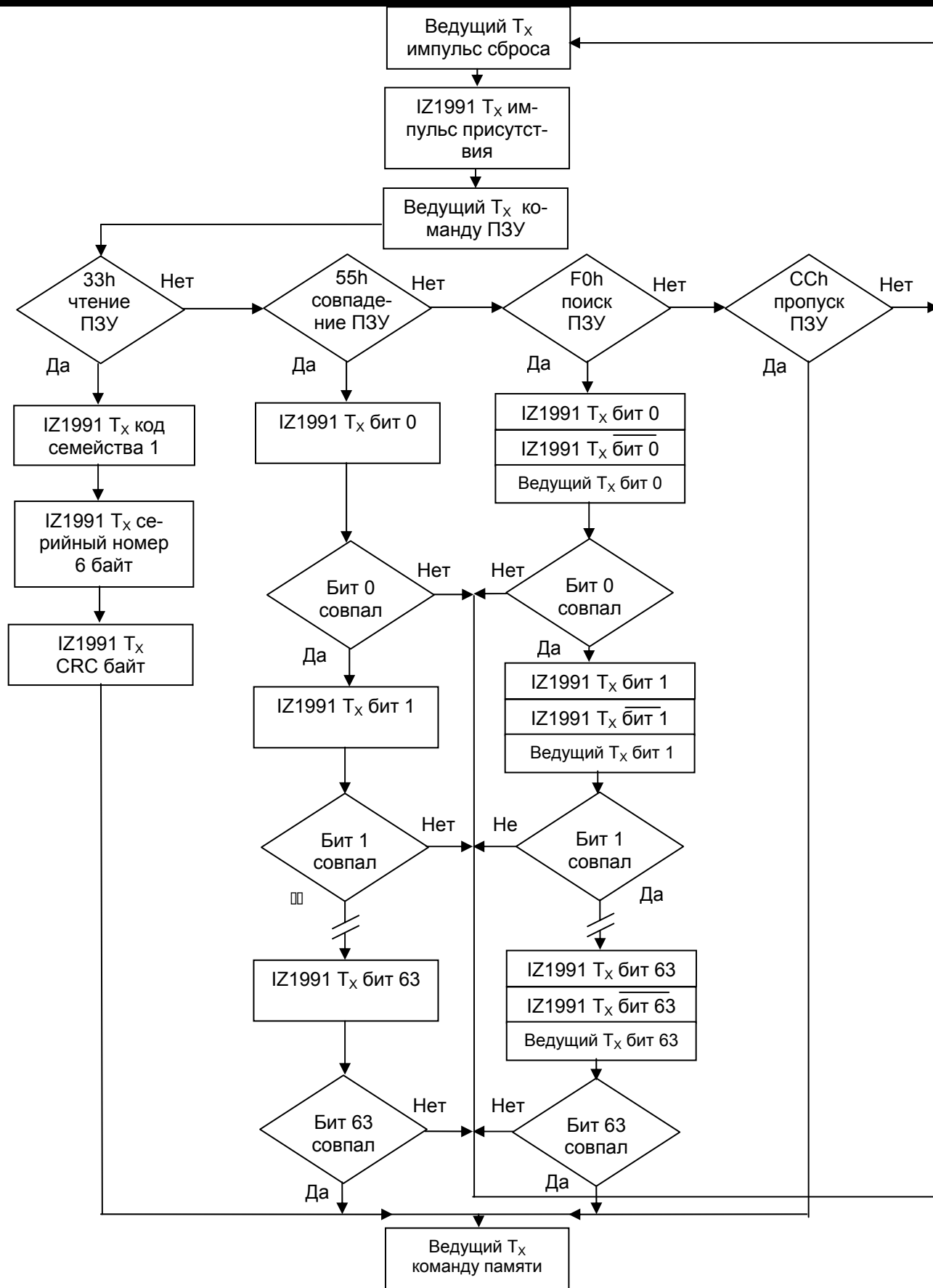
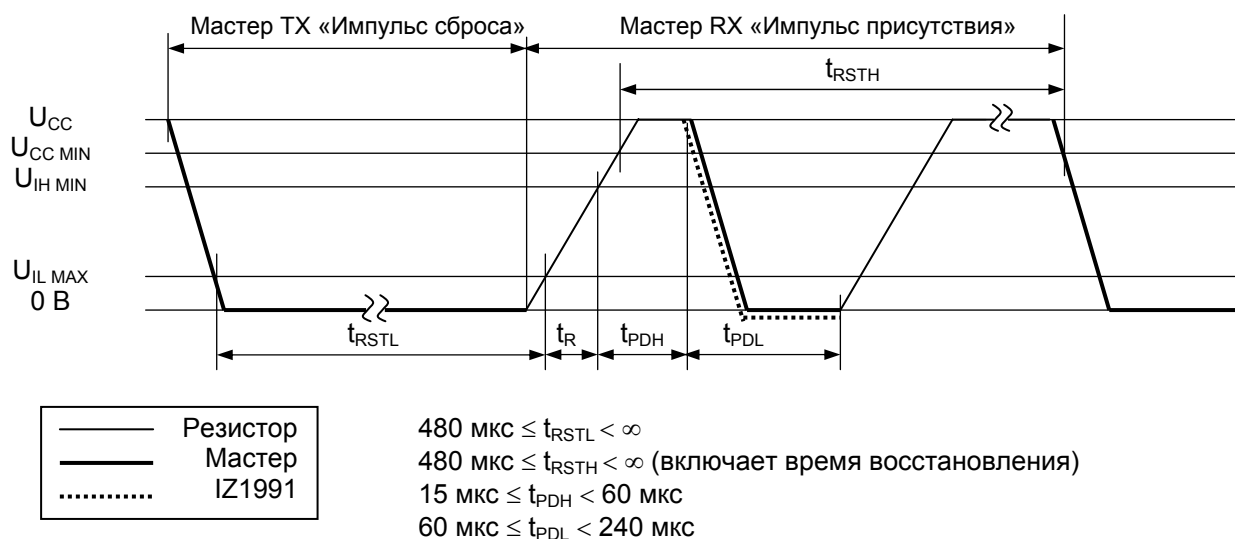


Рисунок 8 – Блок-схема функций ПЗУ



Сигнализация шины 1-WIRE

Для обеспечения целостности данных микросхема IZ1991 требует строгого соблюдения протоколов. Протокол состоит из четырех типов сигнализации на одной линии: последовательность сброса с импульсом сброса и импульсом присутствия, запись 0, запись 1 и чтение данных. За исключением импульса присутствия, все эти сигналы инициируются мастером. Последовательность инициализации, необходимая для начала любого обмена информацией с IZ1991, приведена на рисунке 9. За импульсом сброса следует импульс присутствия, который показывает, что микросхема IZ1991 готова послать или передать данные, задаваемые корректной командой ПЗУ и командой функций памяти. Мастер шины передает импульс сброса (t_{RSTL} , минимум 480мкс). Затем мастер шины освобождает (отпускает) линию и переходит в режим приема. Шина 1-Wire подтягивается до состояния ВЫСОКОГО уровня через подтягивающий (pullup) резистор. После детектирования нарастающего фронта на выводе данных, IZ1991 ждет (t_{PDH} , от 15 до 60мкс), а затем передает импульс присутствия (t_{PDL} , от 60 до 240мкс).



Для того, чтобы не маскировать прерывания, посылаемые по однопроводной шине другими устройствами, длительность $t_{RSTL} + t_R$ должна быть всегда меньше 960 мкс.

Рисунок 9 – Временная диаграмма инициализации

Временные интервалы чтения/записи

Временные диаграммы чтения и записи представлены на рисунках 10-12. Наименования динамических параметров приведены в таблице 7. Все временные интервалы инициируются мастером, который переводит линию данных в НИЗКИЙ уровень. Падающий фронт на линии данных синхронизирует IZ1991 с мастером, запуская схему задержки в IZ1991. В течение временных интервалов записи схема задержки определяет, когда IZ1991 будет производить выборку на линии данных. Для временного интервала чтения данных, в том случае, если будет передаваться 0, схема задержки определяет, как долго IZ1991 будет удерживать линию данных в НИЗКОМ уровне, блокируя 1, генерируемую мастером. Если бит данных – это 1, то IZ1991 оставит временной интервал чтения данных без изменений.

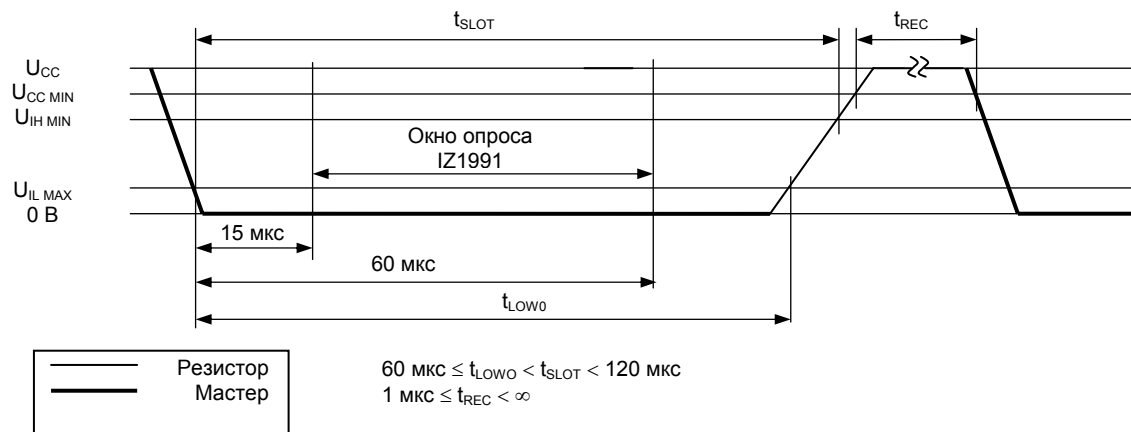


Рисунок 10 – Временная диаграмма записи «0»

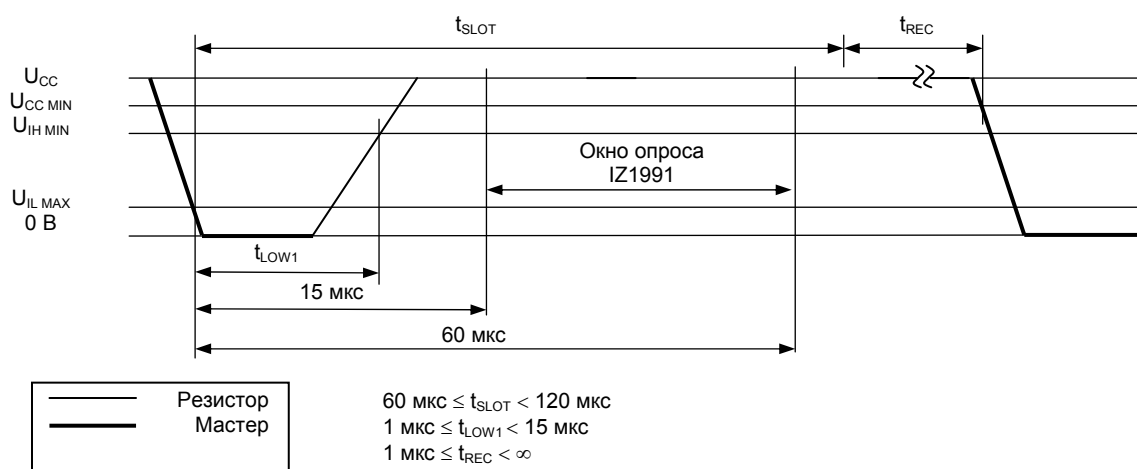


Рисунок 11 – Временная диаграмма записи «1»

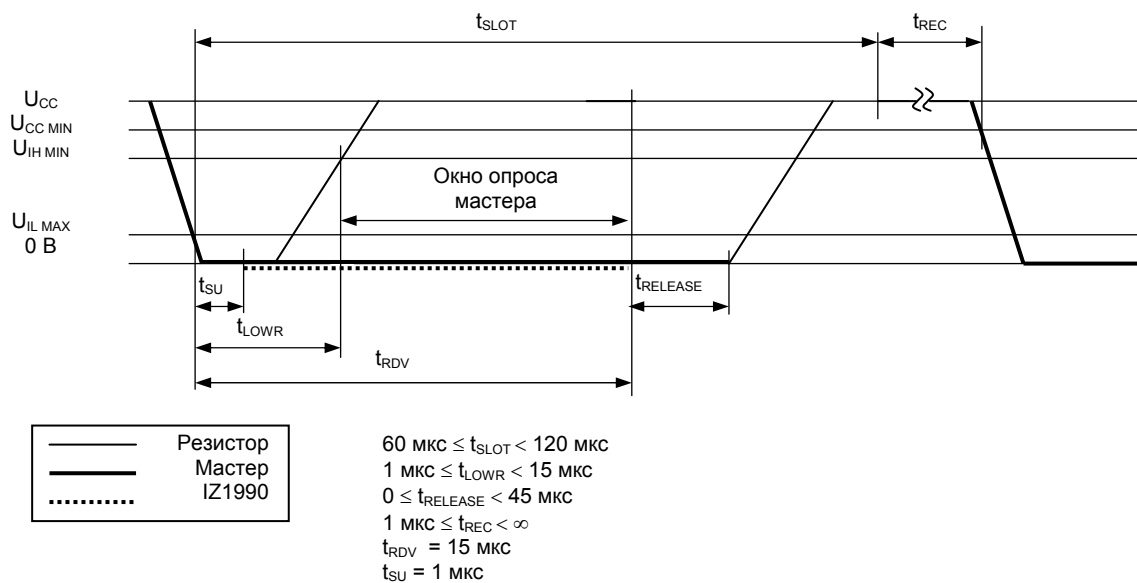


Рисунок 12 – Временная диаграмма чтения данных



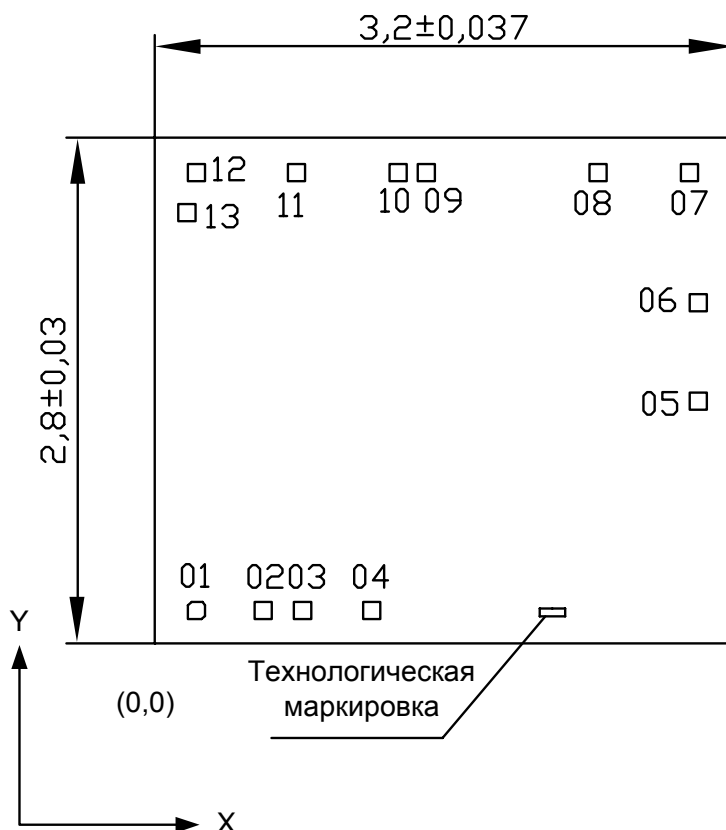
Таблица 7 - Динамические параметры ($T_a = -40 \div 85 \text{ }^\circ\text{C}$)

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Норма		Примечание
		не менее	не более	
Временной интервал протокола обмена однопроводного интерфейса, мкс	t_{SLOT}	60	120	-
Длительность низкого уровня при записи «1», мкс	t_{LOW1}	1	15	-
Длительность низкого уровня при записи «0», мкс	t_{LOW0}	60	120	-
Время удержания действительных данных при чтении, мкс	t_{RDV}	15		-
Время освобождения шины, мкс	t_{RELEASE}	0	45	-
Время установления данных при чтении, мкс	t_{SU}	1		1
Время восстановления, мкс	t_{REC}	1	-	-
Длительность высокого уровня при сбросе, мкс	t_{RSTH}	480	-	2
Длительность низкого уровня при сбросе, мкс	t_{RSTL}	480	-	-
Длительность высокого уровня импульса присутствия, мкс	t_{PDH}	15	60	-
Длительность низкого уровня импульса присутствия, мкс	t_{PDL}	60	240	-
Время нарастания, мкс	t_{R}	-	-	3
<p>Примечания</p> <p>1 Время установления данных при чтении определяет длительность низкого уровня, который мастер должен установить на шине для чтения бита. Данные гарантированно установлены через 1 мкс после спада и остаются действительными минимум 14 мкс (в сумме 15 мкс после спада на однопроводной шине).</p> <p>2 Дополнительный сброс или последовательность обмена не может начинаться во время высокого уровня сброса.</p> <p>3 Для того, чтобы не маскировать прерывания, посылаемые по однопроводной шине другими устройствами, длительность $t_{\text{RSTL}} + t_{\text{R}}$ должна быть всегда меньше 960 мкс</p>				



Схема расположения контактных площадок

Поставка микросхем проводится на общей пластине, неразделенные.
 Масса микросхем не более 0,01 г.



Толщина кристалла $0,460 \pm 0,022$ мм.
 Технологическая маркировка на кристалле 1991 с координатами, мм:
 левый нижний угол $x=2,230$, $y=0,150$.

Номер контактной площадки	Координаты (левый нижний угол), мм	
	X	Y
01	0,183	0,135
02	0,552	0,135
03	0,770	0,135
04	1,153	0,135
05	2,960	1,295
06	2,960	1,840
07	2,911	2,560
08	2,405	2,560
09	1,455	2,560
10	1,300	2,560
11	0,737	2,560
12	0,183	2,560
13	0,130	2,338

Примечание – Координаты и размер контактных площадок $0,095 \times 0,095$ мм даны по слою «Пассивация»

Рисунок 13 – Внешний вид кристалла и координаты контактных площадок