

Микросхемы памяти компании ON Semiconductor. Часть 1

В современных электронных устройствах часто возникает необходимость длительного хранения небольшого количества параметров, например MAC-адресов различных сетевых устройств, настроек параметров изображения телевизоров и т. п. Эти параметры могут быть заданы заводом в процессе производства устройства или пользователем в процессе эксплуатации. Для хранения подобного сорта информации наиболее часто используются микросхемы электрически перепрограммируемых постоянных запоминающих устройств (EEPROM). Этот тип микросхем отличается умеренным быстродействием, небольшим энергопотреблением и большим временем хранения информации. EEPROM выпускается с различными 2- и 3-проводными интерфейсами. В статье описаны микросхемы памяти компании ON Semiconductor (ONS) с последовательным интерфейсом I²C и микросхемы супервизоры напряжения питания со встроенной EEPROM.

Андрей САМОДЕЛОВ

Введение

Компания ONS выпускает широкую номенклатуру микросхем электрически перезаписываемых ПЗУ различного типа. К ним относятся микросхемы последовательной памяти Serial EEPROM, микросхемы flash-памяти с последовательным и параллельным интерфейсом и микросхемы ОЗУ с последовательным интерфейсом Serial SRAM. Большинство микросхем памяти выпускается в различных корпусах с восемью выводами и работает в промышленном температурном диапазоне. Ряд семейств предназначен специально для применения в расширенном и автомобильном температурном диапазоне. Кроме обычных микросхем памяти, выпускаются устройства, разработанные для выполнения специальных функций, например супервизоры напряжения питания.

Для производства микросхем памяти компания ONS использует собственную запатентованную Low Power CMOS технологию, которая обеспечивает высокое быстродействие и малую потребляемую мощность при низком напряжении питания.

Поскольку микросхемы памяти являются сложными устройствами, то для нормального функционирования они должны устанавливаться в строго заданное состояние перед началом операций обмена данными. Это обеспечивает схема сброса при подаче напряжения питания (Power-On Reset, POR), которая защищает внутреннюю логику микросхемы от перехода в недопустимое состояние в момент включения. Схема POR работает с гистерезисом и имеет два пороговых уровня. При подаче питания, после достижения напряжением V_{CC} верхнего порогового уровня, микросхемы переводятся в режим Standby, а после падения напряжения ниже нижнего порогового уровня, при отключении питания, осуществляется переход в режим RESET. Гистерезис защищает микросхемы от сбоев при кратковременном пропадании напряжения питания (brown-out failure).

Компания ON Semiconductor производит микросхемы Serial EEPROM с различными интерфейсами: I²C, SPI, MicroWire. В 2013 году будут доступны микросхемы с Parallel-интерфейсом. Но все же большинство микросхем выпускаются с интерфейсом I²C. Это обусловлено как историческими причинами, так и тем, что этот интерфейс в отличие от SPI и MicroWire имеет структуру двухпроводной шины с возможностью

нахождения на ней нескольких устройств с различными адресами. Например, на шине может располагаться до восьми микросхем Serial EEPROM. При этом адресация на шине I²C настраивается путем подачи соответствующих логических уровней на три адресных входа. Адресная организация позволяет исключить линии управления (выборки микросхемы CS), характерные, например, для SPI-интерфейса.

Рассмотрим основные особенности I²C. После чего перейдем к описанию конкретных семейств микросхем с этим интерфейсом.

Интерфейс I²C

Шина I²C имеет две сигнальные линии — SCL и SDA, подключенных к источнику питания VCC через подтягивающие резисторы. На линии SCL ведущее устройство поддерживает сигнал тактирования, а на линии SDA как ведущее, так и ведомое устройство управляют потоком данных. «Лог. 0» кодируется переводом линии в состояние с низким уровнем напряжения, а «лог. 1» — исходным состоянием с высоким уровнем напряжения. Обмен данных может быть инициализирован только тогда, когда линия не занята. При передаче данных состояние SDA должно оставаться постоянным, пока на линии SCL присутствует высокий потенциал.

Адресация микросхемы

Ведущий адресует ведомого передачей 8-битного адреса. Адрес состоит из 4-битного адреса семейства ИС (например, 1010 (Ah) для CAT24C64); трех битов, соответствующих логическим уровням на выводах A2, A1 и A0, и бита R/W, задающего операцию чтения («лог. 1») или записи («лог. 0»). Принцип адресации показан на рис. 1.

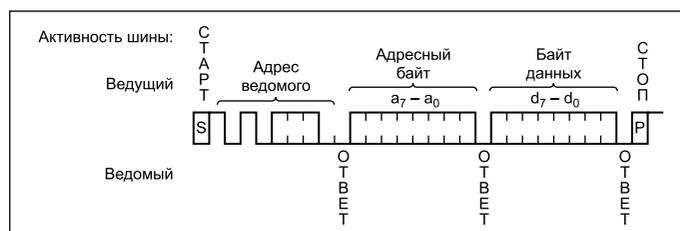


Рис. 1. Адресация устройств на шине I²C

Чтение и запись данных по шине I²C

По шине I²C возможна запись как одиночного байта, так и целой страницы. К операциям записи относятся: запись байта (Byte Write), запись страницы (Page Write) и запись с ожиданием ответа (Acknowledge Polling). Максимальный размер записываемого массива данных зависит от размера внутреннего буфера записи. При записи данных указывается начальный адрес, после чего в буфер помещается необходимое количество байтов и запускается внутренний цикл записи. В результате данные из буфера переписываются в энергонезависимую память микросхемы.

Для защиты от записи всей микросхемы служит вывод WP. При подаче на него высокого логического уровня вся память оказывается защищенной от записи.

Считывание данных по шине I²C может происходить в трех режимах: прямое (непосредственное), селективное и последовательное чтение.

Микросхемы последовательной памяти Serial EEPROM с интерфейсом I²C

Несмотря на разнообразие, все микросхемы памяти с интерфейсом I²C имеют много общего:

- На линиях SCL и SDA шины I²C установлены триггеры Шмитта и помехоподавляющие фильтры.
 - Есть вывод аппаратной защиты от записи (WP) для всей микросхемы.
 - Выдерживают более 1 млн циклов программирования/стирания.
 - Время хранения информации составляет не менее 100 лет.
- Компания ONS выпускает несколько типов микросхем Serial EEPROM с интерфейсом I²C. К ним относятся:
- Микросхемы CAT24Cxx общего назначения.
 - Микросхемы CAT24AAxx для одиночной работы на шине.

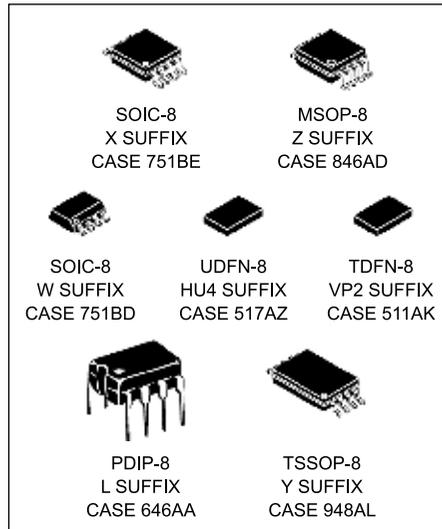


Рис. 2. Корпуса с восемью выводами для Serial EEPROM с интерфейсом I²C

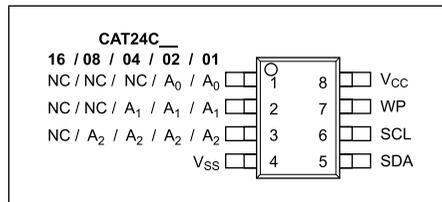


Рис. 3. Назначение выводов микросхем Serial EEPROM с интерфейсом I²C

- Микросхемы CAV24Cxx для автомобильных приложений.
- Двухрежимная микросхема CAT24C21.
- Двухпортовая микросхема CAT24C208.
- Микросхема CAT34C02 для DDR2 DIMM.
- Супервизоры напряжения CAT130xx, CAT140xx и CAT10xx.

Далее будут подробно рассмотрены все перечисленные семейства.

Большинство микросхем последовательной памяти с интерфейсом I²C выпу-

Таблица 1. Назначение выводов интерфейса I²C

| Обозначение | Наименование | Назначение |
|-----------------|----------------|--|
| A0, A1, A2 | Device Address | Адресные входы микросхемы |
| SDA | Serial Data | Последовательный вход/выход данных |
| SCL | Serial Clock | Последовательный вход тактирования |
| VCLK | Serial Clock | Последовательный вход тактирования. Используется в особом режиме — «только передача» |
| WP | Write Protect | Вход защиты от записи |
| V _{CC} | Power Supply | Напряжение питания |
| V _{SS} | Ground | Общая шина («земля») |

скается в 8-контактных корпусах (рис. 2). Они имеют назначение выводов, приведенное на рис. 3 и детально описанное в таблице 1.

Семейство CAT24Cxx

Семейство CAT24Cxx Serial EEPROM делится на два подсемейства, которые отличаются внутренней организацией, размером буфера записи и максимальной скоростью обмена по шине I²C:

- Младшее подсемейство. Микросхемы CAT24C01/02/04/08/16 имеют 16-битовую организацию и содержат 8/16/32/64 и 128 страниц соответственно, 16-байтовый буфер записи страниц и поддерживают I²C-протоколы Standard (100 кГц) и Fast (400 кГц). На одной и той же шине может находиться до восьми микросхем CAT24C01/02, четыре микросхемы CAT24C04, две микросхемы CAT24C08 или одна микросхема CAT24C16.
- Старшее подсемейство. Микросхемы CAT24C32/64/128/256/512/M01 имеют 8-битовую организацию и содержат 4096/8192/16384/32768/65536/131072 слов соответственно. Буфер записи страниц имеет размер 32 байта для CAT24C32/64, 64 байта для CAT24C128/256, 128 байт для CAT24C512 и 256 байт для CAT24M01. Поддерживаются I²C-протоколы Standard (100 кГц), Fast (400 кГц) и Fast-Plus (1 МГц). Одновременно на шине может находиться до семи микросхем. Встроенный блок коррекции ошибок (Error Correction Code, ECC) позволяет использовать микросхемы в высоконадежных приложениях.

Аппаратная защита от записи установкой «1» на выводе WP блокирует всю микросхему. Микросхемы CAT24Cxx поставляются стертыми, то есть все байты имеют значение FFh.

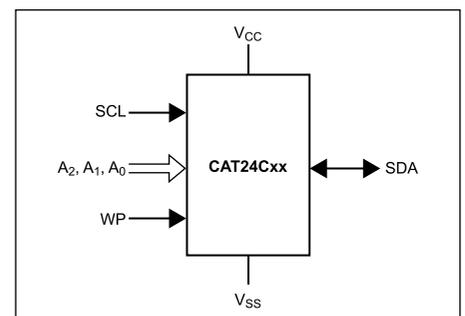


Рис. 4. Блок-схема CAT24Cxx

Таблица 2. Основные параметры микросхем CAT24Cxx

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | F _{быстр} (max), кГц | t _{хсс} (max), нс | V _{CC} , В | I _{standby} (max), мкА | I _{сст} (max), мА | Рабочая температура, °С | Тип корпуса | | | | | | | | | |
|----------------|---------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|---------|---|
| | | | | | | | | | PDIP-8 | SOIC-8 | MSOP-8 | TSSOP-8 | TSOT-23-5 | TDFN-8 | UDFN-8 | WLCSP-4 | WLCSP-5 | |
| CAT24C01 | 1 | 128×8 | 400 | — | 1,7–5,5 | 1 | 1 | –40...+85 | | + | + | + | + | + | | | | |
| CAT24C02 | 2 | 256×8 | 400 | 900 | 1,7–5,5 1,8–5,5 | 3; 5 | 1 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | + | + | | | | |
| CAT24C04 | 4 | 512×8 | 400 1000 | 900 | 1,7–5,5 | 1; 2; 3 | 1 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| CAT24C08 | 8 | 1К×8 | 400 | — | 1,7–5,5 | 1; 2 | 1 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| CAT24C16 | 16 | 2К×8 | 400 | — | 1,7–5,5 | 1; 2 | 1 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| CAT24C32 | 32 | 4К×8 | 400 | — | 1,7–5,5 | 1; 2 | 1 | –40...+85 | + | + | | + | + | + | | | | |
| CAT24C64 | 64 | 8К×8 | 400 | 400 | 1,7–5,5 | 1 | 1 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | | + | + | | | |
| CAT24C128 | 128 | 16К×8 | 400 1000 | 400 | 1,8–5,5 | 1; 2 | 13 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | | + | | | | |
| CAT24C256 | 256 | 32К×8 | 400 1000 | 500 | 1,8–5,5 | 1; 2 | 13 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | | + | | | | |
| CAT24C512 | 512 | 64К×8 | 400 1000 | 900 | 1,8–5,5 2,5–5,5 | 2; 5 | 1 | –40...+85 –40...+125 | + | + | + | + | | + | | | | |
| CAT24M01 | 1К | 128К×8 | 400 1000 | 900 | 1,8–5,5 2,5–5,5 | 2; 5 | 1 | –40...+80 –40...+85 –40...+125 | + | + | | + | | + | | | | |

Напряжение питания всех микросхем составляет 1,7–5,5 В.

В таблице 2 приведены основные параметры микросхем CAT24Cxx. На рис. 4 показана блок-схема CAT24Cxx.

Serial EEPROM для одиночной работы на шине семейства CAT24AAxx

Микросхемы семейства CAT24AAxx (рис. 5) представляют собой EEPROM с I²C-интерфейсом. Они имеют 8-битовую внутреннюю организацию, буфер записи страницы размером 16 байт и поддерживают три протокола обмена по шине I²C: Standard (100 кГц), Fast (400 кГц) и Fast-Plus (1 МГц). Семейство CAT24AAxx выпускается для работы в промышленном температурном диапазоне.

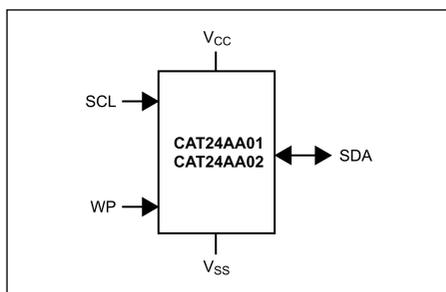


Рис. 5. Блок-схема CAT24AAxx

В отличие от микросхем CAT24Cxx, CAT24AAxx не имеют внешних адресных выводов и поэтому применяются только в приложениях, для которых требуется единственная микросхема CAT24AAxx на шине I²C.

В таблице 3 приведены основные параметры микросхем CAT24AAxx.

Таблица 3. Основные параметры микросхем CAT24AAxx

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | F _{счт} (max), кГц | V _{CC} В | I _{standby} (max), мкА | I _{счт} (max), мА | Рабочая температура, °С | Тип корпуса | |
|----------------|---------------|------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|-----------|
| | | | | | | | | SOIC-8 | TSOT-23-5 |
| CAT24AA01 | 1 | 128×8 | 400 | 1,7–5,5 | 1 | 1 | –40...+85 | + | + |
| CAT24AA02 | 2 | 256×8 | 400 | | | | | + | + |
| CAT24AA04 | 4 | 512×8 | 1000 | | | | | + | + |
| CAT24AA08 | 8 | 1К×8 | 1000 | | | | | + | + |
| CAT24AA16 | 16 | 2К×8 | 1000 | | | | | + | + |

Семейство CAV24Cxx

В семейство CAV24Cxx (рис. 6) Serial EEPROM с I²C-интерфейсом для автомобильных приложений входят микросхемы, поддерживающие два значения скорости обмена по шине I²C: Standard (100 кГц) и Fast (400 кГц):

- Младшее подсемейство. В него входят CAV24C02/04/08/16 емкостью 2, 4, 8 и 16 кбайт, с организацией 8/16/32/64 и 128 страниц по 16 байт каждая. Внешние адресные выводы позволяют адресовать до 8 CAV24C02, 4 CAV24C04, 2 CAV24C08 и 1 CAV24C16 на одной шине.

Таблица 4. Основные параметры микросхем CAV24Cxx

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | Буфер записи, байт | F _{счт} (max), кГц | I _{ссс} (max), нс | V _{CC} В | I _{standby} (max), мкА | I _{счт} (max), мА | Рабочая температура, °С | Тип корпуса | |
|----------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|---------|
| | | | | | | | | | | SOIC-8 | TSSOP-8 |
| CAV24C02 | 2 | 256×8 | 16 | 400 | 900 | 2,5–5,5 | 5 | 1 | –40...+125 | + | + |
| CAV24C04 | 4 | 512×8 | 16 | | | | | | | + | + |
| CAV24C08 | 8 | 1К×8 | 16 | | | | | | | + | + |
| CAV24C16 | 16 | 2К×8 | 16 | | | | | | | + | + |
| CAV24C32 | 32 | 4К×8 | 32 | | | | | | | + | + |
| CAV24C64 | 64 | 8К×8 | 32 | + | + | | | | | | |

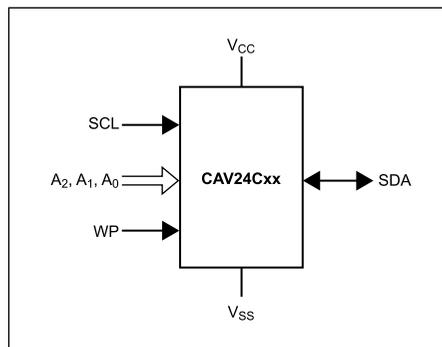


Рис. 6. Блок-схема CAV24Cxx

- Старшее подсемейство CAV24Cxx. В него входят CAV24C32/64 емкостью 32 и 64 кбит с организацией 4096/8192 страницы по 8 бит каждая. Внешние адресные выводы позволяют адресовать до 8 CAV24C32/64 на одной шине. CAV24C02/04/08/16 имеют 16-байтный, а CAV24C32/64 — 32-байтный буфер записи страниц.

Все микросхемы выпускаются для автомобильного температурного диапазона Grade 1 (–40...+125 °С) и имеют напряжение питания 2,5–5,5 В.

В таблице 4 приведены основные параметры микросхем CAV24Cxx.

Семейство CAT24C21

CAT24C21 (рис. 7) — это двухрежимная EEPROM с I²C-интерфейсом емкостью 1 кбит и организацией 128 слов по 8 байт

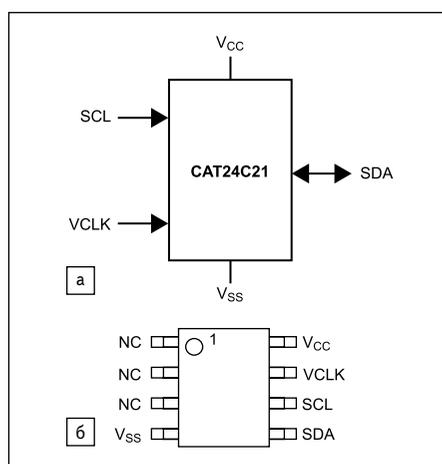


Рис. 7. Микросхема CAT24C21:

а) блок-схема; б) назначение выводов

каждое. Микросхемы соответствуют стандартам Video Electronics Standard Association (VESA), Display Data Channel (DDC) для Plug-and-Play мониторов. В особом режиме «только передача» DDC1 микросхема тактируется по входу VCLK, а в стандартном двунаправленном режиме DDC2 — по входу SCL. Вывод SDA — общий для двух режимов. В режиме «только передача» микросхема доступна лишь для чтения, в то время как в стандартном режиме — как для чтения, так и для записи. Оба режима DDC1/DDC2 можно использовать для идентификации мониторов.

Буфер записи CAT24C21 имеет размер 16 байт. Поддерживаемая скорость обмена данными — до 400 кГц. Рабочее напряжение питания — 2,5–5,5 В. Микросхемы предназначены для работы в промышленном температурном диапазоне.

Режимы работы CAT24C21

Микросхемы CAT24C21 имеют два режима работы: «только передача» и двунаправленный режим. Для поддержки каждого из режимов реализованы отдельные двухпроводные протоколы, управляемые по собственному входу тактирования (VCLK и SCL соответственно). Оба протокола используют общую двунаправленную линию данных SDA. Режим «только передача» активируется в CAT24C21 при подаче напряжения питания. При этом выходные данные на выводе SDA будут появляться при подаче тактовых импульсов на вывод VCLK. Микросхема будет находиться в режиме «только передача» до тех пор, пока на выводе SCL не появится перепад от высокого к низкому уровню, который переключит микросхему в стандартный режим. После перехода в стандартный режим вернуться к режиму «только передача» можно при отключении и повторной подаче напряжения питания.

Вход VCLK в режиме «только передача» используется для тактирования микросхемы. Если на него подать низкий уровень в стандартном режиме, то это приведет к запрету операций записи.

Семейство CAT24C208

Микросхемы CAT24C208 (рис. 8) представляют собой двухпортовые Serial CMOS EEPROM, выполненные по Low Power CMOS технологии, объемом 8 кбит с внутренней

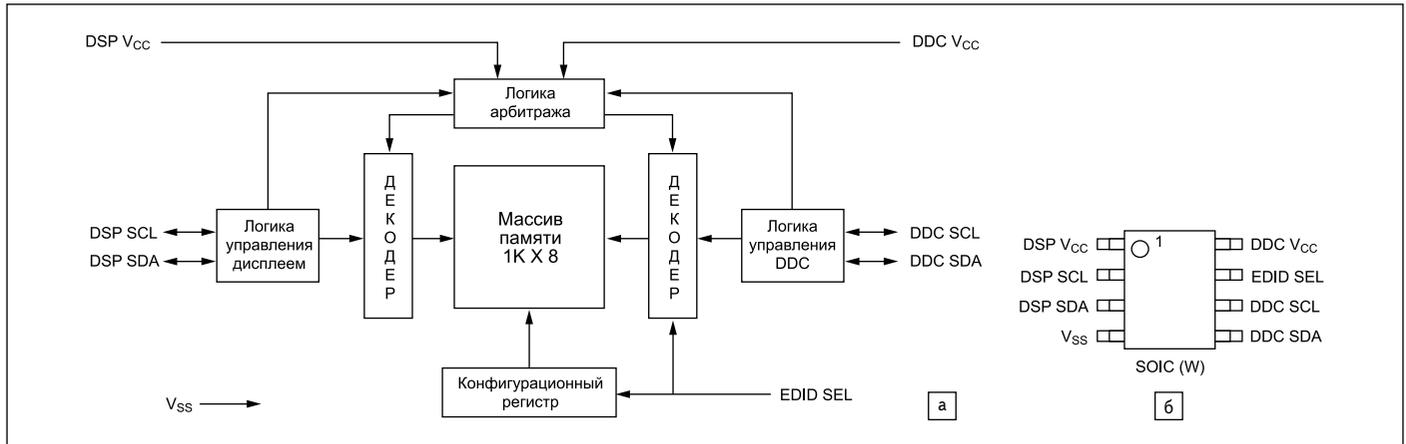


Рис. 8. Микросхема CAT24C208: а) блок-схема; б) назначение выводов

Таблица 5. Назначение выводов CAT24C208

| Номер вывода | Обозначение | Наименование | Функция |
|--------------|---------------------|-------------------------|--|
| 1 | DSP V _{CC} | Device power | Напряжение питания от контроллера дисплея |
| 2 | DSP SCL | DSP Serial Clock | Вход сигнала тактирования двунаправленного обмена данными через вывод DSP SDA для порта DSP. Используется для блокировки доступа к порту DSP, когда активен порт DDC |
| 3 | DSP SDA | DSP Serial Data/Address | Двунаправленная линия передачи последовательных данных/адреса порта DSP |
| 4 | V _{SS} | Device ground. | Общая шина («земля») |
| 5 | DDC SDA | DDC Serial Data/Address | Двунаправленная линия передачи последовательных данных/адреса порта DDC |
| 6 | DDC SCL | DDC Serial Clock | Вход сигнала тактирования двунаправленного обмена данными через вывод DDC SDA для порта DDC. Используется для блокировки доступа к порту DDC, когда активен порт DSP |
| 7 | EDID SEL | EDID Select | Вход выбора активного банка памяти для доступа через интерфейс DDC SDA/SCL |
| 8 | DDC V _{CC} | Device power | Напряжение питания от DDC-хоста |

организацией четыре сегмента по 256 байт. Буфер записи имеет размер 16 байт и доступен для каждого из двух I²C совместимых портов: DSP (SDA, SCL) и DDC (SDA, SCL).

Рабочее напряжение питания составляет 2,5–5,5 В. Микросхемы предназначены для работы в промышленном температурном диапазоне. Между двумя портами осуществляется автоматический арбитраж, что позволяет иметь независимый доступ к памяти со стороны каждого интерфейса.

В таблице 5 приведено назначение выводов микросхем семейства CAT24C208.

Интерфейс DDC

Все операции с памятью производятся с помощью пары адресов A0/A1 интерфейса DDC. Все операции записи производятся по адресу A0h, а все операции чтения — по адресу A1h интерфейса DDC.

Интерфейс DSP

Интерфейс DSP похож на интерфейс I²C. Без указателя сегмента максимально доступный размер памяти составляет 256 байт, причем только для сегмента 00h. В сегментном режиме доступ к памяти может осуществляться только внутри выбранного сегмента.

Арбитраж

Микросхема имеет простейшую схему арбитража между портами DDC и DSP.

Арбитражная логика наблюдает за состоянием линий DDC_SCL и DSP_SCL. Когда оба I²C-порта не активны, на обеих линиях, DDC_SCL и DSP_SCL, присутствует высокий уровень, и арбитражная логика не активна. При обнаружении на любом из портов условия START, на линии SCL другого порта устанавливается низкий потенциал, что запрещает любую активность по этому порту. После того как на изначально активной линии SCL в течение 1 с остается высокий потенциал, арбитражная логика считает, что обмен закончен, и отпускает SCL-линию второго порта.

Семейство CAT34C02

Микросхемы CAT34C02 (рис. 9) имеют объем 2 кбайт и внутреннюю организацию 16 страниц по 16 байт каждая, буфер записи страниц размером 16 байт. Они поддерживают два протокола I²C: Standard (100 кГц) и Fast (400 кГц).

Таблица 6. Основные характеристики CAT24Cxx

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | F _{гор} (max), кГц | t _{ACC} (max), нс | V _{CC} , В | I _{RAM} (max), мкА | I _{лет} (max), мА | Рабочая температура, °С | Тип корпуса | | | | | |
|----------------|---------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | | | | | | | | | PDIP-8 | SOIC-8 | MSOP-8 | TSSOP-8 | TDFN-8 | UDFN-8 |
| CAT24C21 | 1 | 128×8 | 400 | — | 2,5–5,5 | 1 | 1 | –40...+85 | + | + | + | | | |
| CAT24C208 | 8 | 1К×8 | | — | 2,5–5,5 | 50 | | | | | | | | |
| CAT24C164 | 16 | 2К×8 | | — | 1,8–5,5 | 1 | | | | | | | | |
| CAT34C02 | 2 | 256×8 | | 900 | 1,7–5,5 | 1 | | | | | | | | |

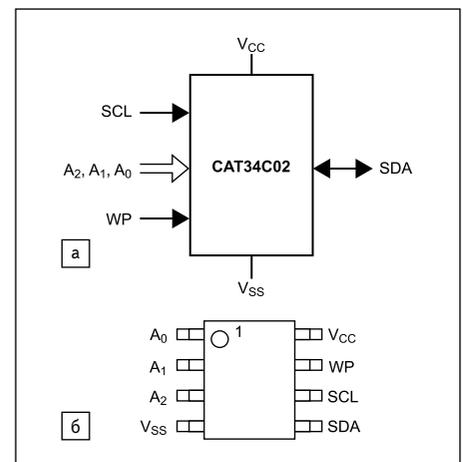


Рис. 9. Микросхема CAT34C02: а) блок-схема; б) назначение выводов

Защита от записи может быть как аппаратная, с помощью подачи на вывод WP высокого уровня (защита всей памяти), так и программная — с помощью установки внутреннего флага Write Protect посредством подачи соответствующих команд (защита первой половины микросхемы). Кроме постоянной программной защиты от записи, CAT34C02 имеют JEDEC-совместимую обратимую программную защиту от записи для DDR2 SPD приложений, работающих при напряжении питания 1,7–3,6 В. CAT34C02 полностью обратно совместимы с предыдущим поколением DDR1 SPD приложений, работающих при напряжении питания 1,7–5,5 В (табл. 6).

Супервизоры напряжения со встроенной памятью

Особым классом устройств являются микросхемы супервизоров напряжения со встроенной Serial EEPROM памятью. Супервизоры выпускаются с семью пороговыми уровнями напряжения для 5-, 3,3-, 3- и 2,5-В систем. Значения порогов и суффиксы в маркировке микросхем приведены в таблице 7.

Таблица 7. Напряжение порога срабатывания супервизора

| Порог | Температурные условия, °С | Напряжение порога, В | | |
|-------|---------------------------|----------------------|------|------|
| | | min | ном. | max |
| L | +25 | 4,56 | 4,63 | 4,7 |
| | -40...+85 | 4,5 | | 4,75 |
| M | +25 | 4,31 | 4,38 | 4,45 |
| | -40...+85 | 4,25 | | 4,5 |
| J | +25 | 3,93 | 4 | 4,06 |
| | -40...+85 | 3,89 | | 4,1 |
| T | +25 | 3,04 | 3,08 | 3,11 |
| | -40...+85 | 3 | | 3,15 |
| S | +25 | 2,89 | 2,93 | 2,96 |
| | -40...+85 | 2,85 | | 3 |
| R | +25 | 2,59 | 2,63 | 2,66 |
| | -40...+85 | 2,55 | | 2,7 |
| Z | +25 | 2,28 | 2,32 | 2,35 |
| | -40...+85 | 2,25 | | 2,38 |

Значения, внесенные в таблицу 7, относятся и к микросхемам семейств CAT130xx и CAT140xx, которые будут рассмотрены далее.

Монитор напряжения питания и схема сброса защищают системный контроллер от повышения/понижения питания и от brown-out условий. Если напряжение питания выходит за допустимые границы, активируется сигнал сброса, что защищает системный микроконтроллер, ASIC или периферийные устройства от нештатного режима работы. Сигнал сброса снимается через 240 мс после того, как напряжение питания восстанавливается до допустимого значения.

Далее будут рассмотрены семейства супервизоров с памятью Serial EEPROM с различными интерфейсами обмена данными.

Семейство CAT130xxe

В семейство CAT130xx (рис. 10) входят комбинированные схемы со встроенной памятью Serial EEPROM и интерфейсом Microwire, а также с быстродействующим прецизионным супервизором напряжения со встроенной brown-out защитой. Они предназначены для систем, основанных на микроконтроллерах. Блоки EEPROM можно сконфигурировать для работы в 8- или 16-битном режиме.

Микросхемы CAT130xx снабжены прецизионным датчиком напряжения питания V_{CC} с двумя вариантами выходного сигнала сброса: с низким или высоким активным CMOS-уровнем. Выход RESET переходит в активное состояние, когда напряжение V_{CC} падает ниже порогового значения.

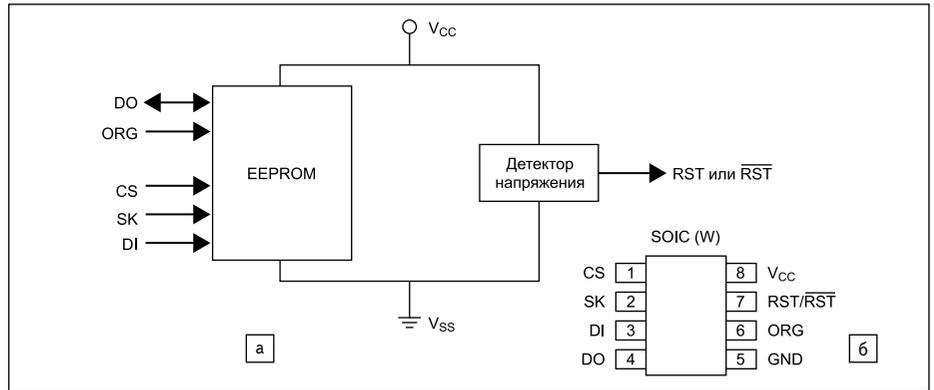


Рис. 10. Микросхема CAT130xx: а) блок-схема; б) назначение выводов

Таблица 8. Назначение выводов CAT130xx

| Вывод | Наименование | Функция |
|-------|---------------------|--|
| CS | Chip Select | Вход выборки микросхемы |
| SK | Clock Input | Последовательный вход тактового сигнала |
| DI | Serial Data Input | Последовательный вход: команды адреса и данные. Данные зашквиваются по нарастающему фронту на входе SK |
| DO | Serial Data Output | Последовательный выход данных |
| ORG | Memory Organization | Организация памяти: 16 бит (ORG подключен к VCC или свободный) или 8 бит (ORG подключен к GND) |
| RST | Reset Output | Выход сброса |
| VCC | Power Supply | Напряжение питания |
| GND | Ground | Общая шина («земля») |

Таблица 9. Основные характеристики CAT130xx

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | F _{max} (max), кГц | V _{CC} , В | I _{standby} (max), мкА | I _{sat} (max), мА | Рабочая температура, °С |
|----------------|---------------|------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| CAT13001 | 1 | 128×8 Split | 2000 | 2,5-5,5 | 25 | 3 | -40...+85 |
| CAT13004 | 4 | 256×8 | | | | | |
| CAT13008 | 8 | 512×8 | | | | | |
| CAT13016 | 16 | 1К×8 | | | | | |

Микросхемы CAT130xx выпускаются в корпусе SOIC-8 и предназначены для работы в промышленном температурном диапазоне, они выдерживают до 1 млн циклов программирования/стирания и имеют время хранения информации 100 лет.

Назначение выводов CAT130xx приведено в таблице 8, а основные характеристики — в таблице 9.

Контроллер сброса

При падении напряжения ниже порогового значения на выходе появляется низкий уровень сигнала для CAT130xx9 и высокий — для CAT130xx1, он остается таким в течение 140 мс (tPURST) после повышения напряжения выше порогового значения. Для повышения надежности выход сброса имеет двухтактный выходной каскад.

Встроенная EEPROM

Микросхемы CAT130xx имеют встроенную энергонезависимую память с 8- или 16-битной организацией, которая работает

Таблица 10. Инструкции, поддерживаемые EEPROM

| Инструкция | Наименование | Код операции | Описание |
|------------|--|--------------|---|
| READ | Read Address A _N -A ₀ | 10 | Прочитать данные по адресу A _N -A ₀ |
| ERASE | Clear Address A _N -A ₀ | 11 | Очистить данные по адресу A _N -A ₀ |
| WRITE | Write Address A _N -A ₀ | 01 | Записать данные по адресу A _N -A ₀ |
| EWEN | Write Enable | 00 | Разрешить запись |
| EWDS | Write Disable | 00 | Запретить запись |
| ERAL | Clear All Addresses | 00 | Очистить всю микросхему |
| WRAL | Write All Address- | 00 | Заполнить всю микросхему фиксированными данными |

от однополярного источника питания и имеет схему получения высокого напряжения для операций программирования.

Все инструкции, передаваемые в EEPROM, имеют следующий формат: стартовый бит («лог. 1»), два (или четыре) бита — код операции, 6- (13001)/8- (13004)/9- (13008)/10-битный (13016) адрес (плюс один дополнительный бит для режима ×8) и 16-битное поле данных (8-битное для режима ×8) для записи данных.

В таблице 10 приведен список инструкций, поддерживаемых EEPROM.

Семейство CAT140xx

В семейство CAT140xx (рис. 11) входят комбинированные схемы, состоящие из памяти Serial EEPROM с интерфейсом I²C и быстродействующего прецизионного супервизора напряжения со встроенной brown-out защитой. Они предназначены для систем, основанных на микроконтроллерах. Блок EEPROM поддерживает как режим Standard (100 кГц), так и режим Fast (400 кГц) интерфейса I²C.

Микросхемы CAT140xx снабжены прецизионным датчиком напряжения питания V_{CC} с двумя вариантами выходного сигнала сброса: с низким или высоким активным CMOS-уровнем. Выход RESET переходит в активное состояние, когда напряжение V_{CC} падает ниже порогового значения. Контроллер сброса CAT140xx работает аналогично CAT130xx.

Назначение выводов CAT140xx приведено в таблице 11, а основные характеристики — в таблице 12.

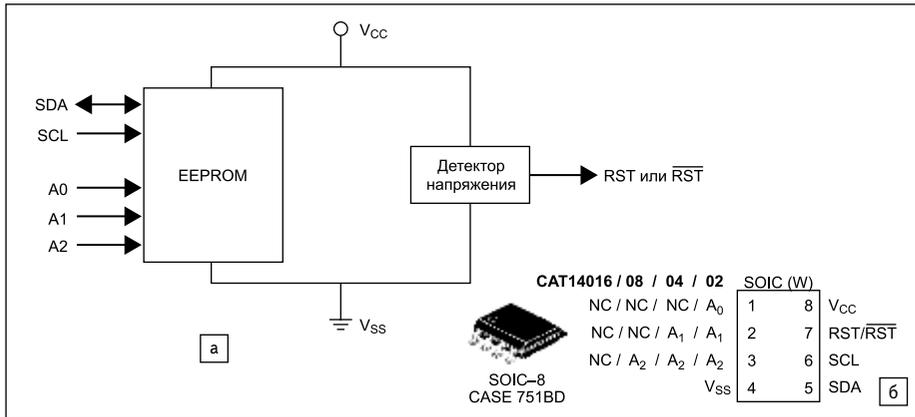


Рис. 11. Микросхема CAT140xx: а) блок-схема; б) назначение выводов

Таблица 11. Назначение выводов CAT140xx

| Вывод | Наименование | Описание |
|------------|--------------------------|---|
| A0, A1, A2 | Device Address Inputs | Адресные входы. Внутри подняты резисторами к источнику низкого уровня |
| SDA | Serial Data Input/Output | Двухнаправленная последовательная линия адреса/данных |
| SCL | Serial Clock Input | Вход тактового сигнала |
| RST | Reset Output | Выход «Сброс». Активный уровень низкий (CAT140xx9) или высокий (CAT140xx1). Двухтактный выход |
| VCC | Power Supply | Напряжение питания |
| VSS | Ground | Общая шина («земля») |
| NC | No Connect | Не подключать |

Таблица 12. Основные характеристики CAT140xx

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | F _{сч.} (max), кГц | V _{CC} (min), В | I _{standby} (max), мкА | I _{ср.} (max), mA | Рабочая температура, °C | Тип корпуса | |
|----------------|---------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------|--|
| | | | | | | | | SOIC-8 | |
| CAT14002 | 2 | 256×8 | 400 | 2,5-5,5 | 22 | 1 | -40...+85 | + | |
| CAT14004 | 4 | 512×8 | | | | | | + | |
| CAT14008 | 8 | 1K×8 | | | | | | + | |
| CAT14016 | 16 | 2K×8 | | | | | | + | |

Контроллер сброса

Когда напряжение падает ниже порогового уровня, на выходе сброса устанавливается низкий уровень для CAT140xx9 и высокий для CAT140xx1. После того как значение напряжения поднимается выше порогового уровня, выход сброса остается активным в течение 140 мс (tPURT).

Микросхемы CAT140xx защищают микроконтроллеры и от brown-out сбоев. Кратковременные (<4 мкс) или незначительные (<100 мВ) провалы V_{CC} не приводят к срабатыванию схемы сброса.

Семейство CAT10xx

Семейство CAT10xx (рис. 12) — это законченное решение на базе супервизора напряжения питания с brown-out защитой и встроенной памятью Serial EEPROM емкостью 2 кбит. Оно предназначено для микроконтроллерных систем. Доступ к памяти осуществляется через интерфейс I²C с максимальной частотой 400 кГц.

Микросхемы CAT10xx имеют напряжение питания 2,7–5,5 В и выпускаются для работы

в промышленном (-40...+85 °C) или расширенном (-40...+125 °C) температурном диапазоне.

В состав CAT1021 и CAT1023 входят прецизионные детекторы напряжения питания V_{CC} с двумя выходами с открытым стоком. Уровень потенциала на одном из них становится высоким (RESET), а на другом — низким (RESET), когда напряжение питания V_{CC} падает ниже порогового значения. Микросхема CAT1022 имеет только один выход (RESET) и не имеет входа защиты от записи (WP), а в CAT1021, напротив, есть

вход защиты от записи (WP). При наличии на входе WP высокого логического уровня все операции записи запрещены.

Все микросхемы CAT10xx имеют встроенный сторожевой таймер с интервалом 1,6 с, который возвращает систему в известное состояние при аппаратном или программном заиклиивании. В CAT1021 и CAT1022, сторожевой таймер следит за линией SDA, а CAT1023 имеет отдельный вход сброса сторожевого таймера (WDI).

Пять уровней срабатывания, приведенных в таблице 13, позволяют использовать CAT10xx в системах с напряжением питания 3; 3,3 и 5 В. Сигнал сброса становится неактивным примерно через 200 мс после того, как напряжение питания превысит верхний пороговый уровень. Вывод сброса (RESET) или отдельный вход MR можно использовать для ручного сброса.

Таблица 13. Уровни срабатывания схемы супервизора в CAT10xx

| Суффикс | Порог, В | |
|---------|----------|------|
| | min | max |
| -45 | 4,5 | 4,75 |
| -42 | 4,25 | 4,5 |
| -30 | 3 | 3,15 |
| -28 | 2,85 | 3 |
| -25 | 2,55 | 2,7 |

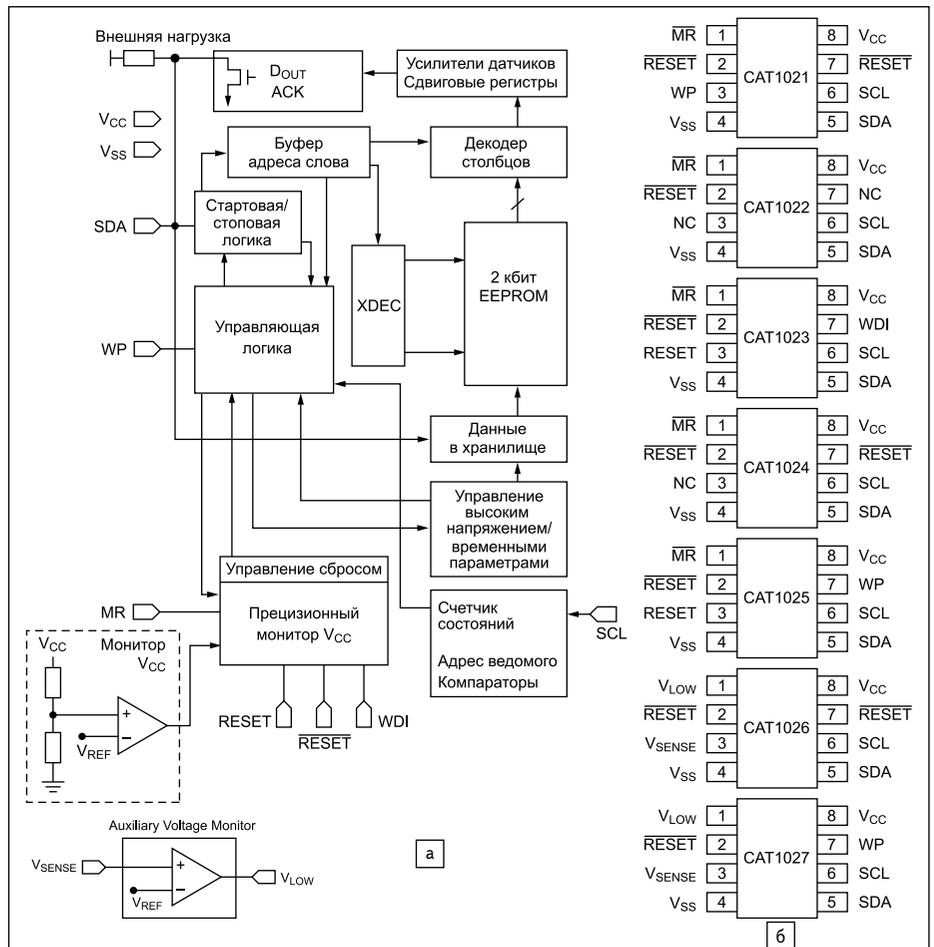


Рис. 12. Микросхема CAT10xx: а) блок-схема; б) назначение выводов

Таблица 14. Назначение выводов CAT10xx

| Вывод | Наименование | Описание |
|--------------------|----------------------------------|---|
| RESET | Active High Reset Output | Выход «Сброс», активный уровень — высокий (только для CAT1021/23/26) |
| RESET | Active Low Reset Input/Output | Вход/выход «Сброс», активный уровень — низкий |
| WDI | WATCHDOG Timer Interrupt | Вход сброса сторожевого таймера (только для CAT1023/27) |
| MR | Manual RESET | Вход «Ручной сброс» |
| V _{SENSE} | Auxiliary Voltage Monitor Input | Дополнительный вход мониторинга напряжения (только для CAT1026/27) |
| V _{LOW} | Auxiliary Voltage Monitor Output | Дополнительный выход мониторинга напряжения (только для CAT1026/27) |
| SDA | Serial Data /Address | Последовательный вход данных/адреса |
| SCL | Clock Input | Вход тактирования |
| WP | Write Protect | Вход защиты от записи (только для CAT1021). Имеет внутренний pull down резистор |
| VCC | Power Supply | Напряжение питания |
| VSS | Ground | Общая шина («земля») |
| NC | No Connect | Вывод должен оставаться неподключенным |

Таблица 15. Основные характеристики семейства CAT102X

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | F _{опер} (max), кГц | t _{асс} (max), нс | V _{CC} В | I _{пит} (max), мА | I _{акт} (max), мА | Рабочая температура, °С | Тип корпуса | | | |
|----------------|---------------|------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------|--------|--------|---------|
| | | | | | | | | | PDIP-8 | SOIC-8 | MSOP-8 | TSSOP-8 |
| CAT1021 | 2 | 256-8 | 400 | 900 | 2,7-5,5 | 60 | 3 | -40...+85 | + | + | + | + |
| CAT1022 | | | | | | | | | + | + | + | + |
| CAT1023 | | | | | | | | | + | + | + | + |
| CAT1024 | | | | | | | | | + | + | + | + |
| CAT1025 | | | | | | | | | + | + | + | + |
| CAT1026 | | | | | | | | | + | + | + | + |
| CAT1027 | | | | | | | | | + | + | + | + |

В таблице 14 дано назначение выводов CAT10xx. Основные характеристики семейства CAT102X приведены в таблице 15, а его особенности — в таблице 16.

Контроллер сброса

Прецизионный контроллер сброса CAT10xx позволяет осуществлять корректные системные операции при состоянии brown-out и повышении/понижении напряжения питания.

При подаче напряжения питания выходы сброса (RESET) остаются активными до тех пор, пока напряжение питания V_{CC} не достигнет порогового уровня V_{TH}, и будут оставаться активными еще примерно 200 мс (tPURST).

При снижении напряжения питания выходы сброса (RESET) станут активными, когда напряжение питания V_{CC} упадет ниже порогового значения V_{TH}. Выход сброса активен до тех пор, пока напряжение питания V_{CC} > 1 В (VRVALID). Микросхема не чувствительна к быстрым кратковременным провалам напряжения питания.

Ручной сброс

Вывод RESET может работать как выход сброса и как вход ручного сброса. Система сброса срабатывает при обнаружении на этом выводе перепада от высокого уровня к низкому.

Микросхемы CAT1021/22/23/24/25 имеют отдельный вход ручного сброса MR. При замыкании вывода MR на общую шину GND с помощью (нормально разомкнутой) кнопки возникает событие сброса, которое сохра-

Таблица 16. Особенности микросхем семейства CAT102X

| Тип микросхемы | Вход ручного сброса | Сторожевой таймер | Вывод, который мониторит сторожевой таймер | Вход защиты от записи | Независимый дополнительный датчик напряжения | RESET: активный высокий и низкий | Объем EEPROM, байт |
|----------------|---------------------|-------------------|--|-----------------------|--|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | | | |
| CAT1022 | + | + | SDA | | | | |
| CAT1023 | + | + | WDI | | | + | |
| CAT1024 | + | | | | | | |
| CAT1025 | + | | | + | | + | |
| CAT1026 | | | | | + | + | |
| CAT1027 | + | + | WDI | | + | | |

няется, пока нажата кнопка. Вывод не чувствителен к коротким импульсам, что предотвращает дребезг контактов кнопки.

Аппаратная защита данных

Супервизоры CAT10xx созданы для решения задач по предотвращению разрушения данных, связанных с особенностью работы Serial EEPROM. Разрушение данных происходит, например, когда в область памяти, в которой, как предполагается, хранятся правильные данные, записывается некорректная информация.

При возникновении условия сброса встроенная EEPROM недоступна для всех операций, включая операцию записи. При этом разрывается текущий сеанс обмена с EEPROM и запрещены новые. При таких условиях внутренний цикл записи не может стартовать, но выполняющийся цикл прервать нельзя. Внутренний цикл записи, запущенный перед возникновением ситуации сброса, может успешно завершиться, если напряжение V_{CC} достигает значения 2 В за промежуток времени, достаточный для завершения цикла записи (5 мс).

Для жесткой аппаратной защиты от записи в CAT10xx есть специальный вход (WP). Если его подтянуть к V_{CC}, то все операции записи будут запрещены.

Сторожевой таймер (Watchdog)

Сторожевой таймер обеспечивает стандартную защиту микроконтроллера от закливания. При сбое в системе через каждые 1,6 с будет генерироваться сигнал сброса.

Микросхемы CAT1023/27 имеют отдельный вход сброса сторожевого таймера — WDI, CAT1021/22 наблюдают за линией SDA. Если вывод WDI или линия SDA не меняют своего состояния в течение 1,6 с, то возникает условие сброса.

Независимый дополнительный датчик напряжения

Микросхемы CAT1026/27 имеют дополнительный независимый датчик напряжения с входом V_{SENSE} и выходом V_{LOW}.

Семейство CAT116x/CAT132x/CAT164x

По принципу работы и назначению микросхемы CAT116x/CAT132x/CAT164x (табл. 17) аналогичны CAT10xx. Пять значений порогового напряжения обеспечивают работу в системах с напряжением питания 3; 3,3 и 5 В.

Максимальная частота обмена по шине I²C составляет 400 кГц. Буфер записи страниц имеет размер 16 (CAT116x) или 64 байта (CAT132x и CAT164x). В микросхемах реализованы защита от случайной записи и блокировка напряжения питания V_{CC}.

Микросхемы CAT1xx0 имеют низкий активный уровень сигнала сброса (RESET), а CAT1xx1 — высокий. Кроме того, вывод RESET (CAT1xx0) можно использовать как вход для кнопки ручного сброса. Сторожевой таймер следит за состоянием линии SDA (CAT1161).

Напряжение питания различных микросхем CAT1xxx лежит в диапазоне 2,7–6 В. Выпускаются они для коммерческого или промышленного температурного диапазона.

Таблица 17. Назначение выводов микросхем семейства CAT1xxx

| Вывод | Наименование | Описание |
|-----------------|--------------------------|---|
| CAT116x | | |
| DC | Do Not Connect | Не подключать |
| RESET | Active Low Reset I/O | Вход/выход «Сброс», активный уровень — низкий |
| WP | Write Protect | Защита от записи |
| GND | Ground | Общая шина («земля») |
| SDA | Serial Data /Address | Последовательный вход адреса / данных |
| SCL | Clock Input | Вход тактирования |
| RESET | Active High Reset I/O | Выход «Сброс», активный уровень — высокий |
| V _{CC} | Power Supply | Напряжение питания |
| CAT132x | | |
| RESET | Active Low Reset I/O | Вход/выход СБРОС, активный уровень — низкий (CAT1320) |
| VSS | Ground | Общая шина («земля») |
| SDA | Serial Data /Address | Последовательный вход адреса / данных |
| SCL | Clock Input | Вход тактирования |
| RESET | Active High Reset Output | Выход СБРОС, активный уровень — высокий (CAT1321) |
| V _{CC} | Power Supply | Напряжение питания |
| A0, A1, A2 | Device Address | Адресные входы |
| CAT164x | | |
| RESET | Active Low Reset I/O | Вход/выход СБРОС, активный уровень — низкий (CAT1640) |
| V _{SS} | Ground | Общая шина («земля») |
| SDA | Serial Data /Address | Последовательный вход адреса / данных |
| SCL | Clock Input | Вход тактирования |
| RESET | Active High Reset Output | Выход СБРОС, активный уровень — высокий (CAT1641) |
| V _{CC} | Power Supply | Напряжение питания |

Основные параметры микросхем семейства CAT1xxx приведены в таблице 18.

Заключение

Во второй части статьи будут рассмотрены микросхемы памяти Serial EEPROM с интерфейсом SPI, а также микросхемы flash-памяти и микросхемы ОЗУ с последовательным интерфейсом Serial SRAM.

Литература

1. Serial EEPROM Memory. <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/parametrics.do?id=2311>
2. Flash Memory. <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/parametrics.do?id=2310>
3. Serial SRAM Memory. <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/parametrics.do?id=2206>

Таблица 18. Основные параметры микросхем CAT1xxx

| Тип микросхемы | Емкость, кбит | Организация, бит | F _{ср} (max), кГц | t _{ACC} (max), нс | V _{CC} В | I _{записи} (max), мкА | I _{вст} (max), мА | Рабочая температура, °С | Тип корпуса | | |
|----------------|---------------|------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------|--------|---------|
| | | | | | | | | | PDIP-8 | SOIC-8 | TSSOP-8 |
| CAT1161 | 16 | 2К×8 | 400 | 1000 | 2,7–6 | 50 | 3 | –40...+85 | + | + | |
| CAT1162 | 16 | 2К×8 | 400 | 1000 | 2,7–6 | 50 | | | + | + | |
| CAT1163 | 16 | 2К×8 | 400 | 1000 | 2,7–6 | 50 | | | + | + | |
| CAT1320 | 32 | 4К×8 | 400 | – | 3–5,5 | 40 | | | + | + | + |
| CAT1321 | 32 | 4К×8 | 400 | – | 3–5,5 | 40 | | | + | | |
| CAT1640 | 64 | 8К×8 | 400 | – | 3–5,5 | 40 | | | + | + | + |
| CAT1641 | 64 | 8К×8 | 400 | – | 3–5,5 | 40 | + | + | + | | |