



MICROCHIP

Microchip:

история и взгляд в будущее



Мы рады сегодня представить вам новую информацию, посвященную продукции известной фирмы Microchip Technology Inc. Эта продукция уже несколько лет пользуется большой популярностью на рынке стран СНГ благодаря своему высокому качеству и хорошей технической поддержке. Фирма, основанная в апреле 1989 года, вышла на рынок с базовым семейством RISC-микроконтроллеров PIC16C5X. С тех пор портфель выпускаемых микросхем постоянно растет, а объемы продаж из года в год увеличиваются.

Фирма Microchip придает огромное значение совершенствованию технологий производства своих изделий. На рисунках показано, как с течением времени постоянно уменьшались технологические нормы производства полупроводниковых пластин. За всю историю существования фирмы они уменьшились более чем вдвое, что позволило уменьшить площадь выпускаемых кристаллов более чем в четыре раза! Это позволило не только повысить процент выхода годных изделий, но и увеличить надежность выпускаемой продукции, при этом снизив цену на готовую продукцию. Большинство выпускаемых сейчас микроконтроллеров PICmicro® изготавливаются по технологиям 0,7 и 0,5 мкм и работают в диапазоне напряжений от 2 до 5,5 В. Необходимо заметить, что при еще большей миниатюризации напряжение питания кристаллов должно быть снижено. Появление новых кристаллов следует ожидать в ближайшем будущем.

Следует заметить, что популярность PICmicro® заставила руководство фирмы принять решение о приобретении нового

завода по производству полупроводниковых пластин в Айове. Это новая современная фабрика, запуск производственного процесса на которой многократно увеличит объем производства и сократит сроки поставок.

Популярные во всем мире восьмибитовые RISC-микроконтроллеры фирмы Microchip продолжают свое развитие в сторону увеличения мощности ядра, расширения объема памяти, увеличения количества выводов и новых периферийных устройств (CAN/USB). Расширение номенклатуры PICmicro® идет по направлению создания законченной системы pin-to-pin совместимых приборов различной вычислительной мощности ядра и набора периферии. Среди последних новинок — линейка семейства PICmicro® со встроенным аппаратным модулем CAN-контроллера.

Активно идет внедрение FLASH-технологии в продукцию фирмы. В настоящий момент Microchip использует Enhanced Flash (PIC16F87X, PIC16F62X), которая позволяет перезаписать память около 1000 раз. В дополнение запущен альтернативный технологический процесс изготовления Flash-кристаллов. Такие кристаллы (PIC16F7X) позволяют перезаписать память программ ориентировочно 100 раз, являясь перезаписываемыми аналогами однократно программируемых приборов. Отметим, что их цена максимально приближена к цене OTP-кристаллов.

В течение последнего времени рынок электронных компонентов продолжает динамично развиваться, и Microchip не остается в стороне, увеличивая номенклатуру выпускаемых изделий и выходя на новые для себя области рынка электрон-

ной техники. Одной из таких областей является рынок аналоговой техники. И здесь Microchip активно работает. Для этого, с одной стороны, активно ведется разработка собственных аналоговых изделий, таких как операционные усилители, автономные АЦП, цифровые потенциометры, супервизоры питания, с другой — приобретена целая фирма, специализирующаяся на разработке и производстве аналоговой техники — TelCom Semiconductor. В портфеле этой фирмы есть операционные усилители, многоуровневые АЦП и ЦАП, ШИМ-контроллеры, операционные усилители и многое другое. Ознакомиться с этой продукцией можно на сайте www.telcom-semi.com. В нашем каталоге этой продукции посвящена целая статья. На базе накопленного опыта Microchip собирается производить различные интегральные датчики, ОУ, ЦАП/АЦП, микросхемы для построения преобразователей DC/DC и даже силовых FET-ключей.

Серьезная ставка сделана компанией на чипы для радиочастотной идентификации (RFID). С этой целью выпущен новый уникальный кристалл MCRF450, предназначенный для работы на наиболее популярной частоте 13,56 МГц.

Компания Microchip всегда гордилась своими службами технической поддержки разработчиков. В 2000 году такой центр появился в Москве. Теперь любой желающий может получить квалифицированную помощь у инженеров центра. Мы уверены, что с нашей помощью ваши проекты будут успешно реализованы и принесут удовлетворение вашим заказчикам.



MICROCHIP

Новые продукты фирмы

Microchip

Микроконтроллеры

Практически все микроконтроллеры PICmicro имеют набор стандартных периферийных модулей. Список этих модулей продолжает расширяться. Краткое описание периферийных модулей, которые входят в состав новых микроконтроллеров Microchip:

- **ЕССР (Enhanced Capture/Compare/PWM).** Пришел на смену старому модулю ССР (Capture/Compare/PWM). Основное отличие — модуль широтно-импульсной модуляции ШИМ (PWM) можно настраивать на работу с одним выходом, двумя и четырьмя. Два выхода используются для управления полумостовой схемой силового драйвера. Четыре выхода управляют полной мостовой схемой (например, для управления преобразователями напряжений, электроприводами сервоприводов). Введены специальные задержки между сигналами для устранения сквозных токов.
- **ICD (In-Circuit Debug).** Логический аппарат на кристалле, позволяющий организовать пошаговое выполнение программы и просмотр содержимого памяти микроконтроллера по последовательному интерфейсу, используя всего лишь три сигнальных провода.
- **PLVD (Programmable Low Voltage Detection).** Схема определения снижения напряжения питания ниже заданного уровня. Уровень выбирается программно из фиксированного ряда значений.
- **PBOR (Programmable Brown-Out Reset).** Схема формирования сигнала сброса при уменьшении напряжения питания меньше заданного уровня. Уровень выбирается из фиксированного ряда значений.
- **PLL (Phase Locked Loop).** Схема фазовой автоподстройки и умножения на 4 частоты тактового генератора.
- **EMA (Extended Memory Addressing).** Интерфейс подключения внешней памяти программ.

Base-Line PICmicro

Самым удачным микроконтроллером Base-Line с 12 разрядным ядром по-преж-

нему можно считать **PIC16C505**. Прежде всего, необходимо отметить низкую цену, малые габариты (14 pin DIP/ SOIC), встроенный генератор на 4 МГц. До 12 портов I/O!

PIC16HV540 — 18 pin 512×12 бит, 25 байт RAM. Этот микроконтроллер имеет уникальный диапазон напряжения питания: 3,5...15 В и логические входы/выходы, действующие во всем диапазоне питания. Такие характеристики обеспечиваются за счет встроенного стабилизатора и супервизора VOD. Идеально подходит для автомобильных front-end или портативных (батарейных) применений, так как имеет низкое энергопотребление и сокращает количество требуемых деталей на плате. Микроконтроллер pin-to-pin совместим со всеми 18 выводными PICmicro.

Mid-Range PICmicro

Микроконтроллеры с FLASH-памятью становятся все более популярными, и Microchip значительно расширила номенклатуру среднего Mid-Range-семейства именно такими кристаллами:

PIC16F628/627 — 18 pin, FLASH 2 К/1 К×14 бит, 224 RAM, 128 EEPROM, 16 линий I/O, два аналоговых компаратора, модуль PWM(ШИМ)/Capture/Compare, USART, два внутренних (4 МГц и 37 кГц) ГТИ, BOR. Этот контроллер приходит на смену заслуженному PIC16F84 и полностью программно и pin-to-pin совместим с ним. Кроме того, PIC16F628 в полтора раза дешевле!

PIC16F73/74/76/77 — 28/40 pin, FLASH 4 К/8 К×14 бит, 2 ШИМ. В дополнение к завоевавшим популярность кристаллам с 8 разрядным АЦП выпускаются FLASH версии (до 100 циклов E/W) по цене однократных микроконтроллеров.

PIC16F87X — 28/40 pin, FLASH 2 К/4 К/8 К×14 бит, 1/2 ШИМ, 10 бит АЦП, 128/256 байт EEPROM. Это семейство обладает уникальной возможностью — программа пользователя может считывать/записывать программную память!

PIC16F812/816 — 18 pin, FLASH

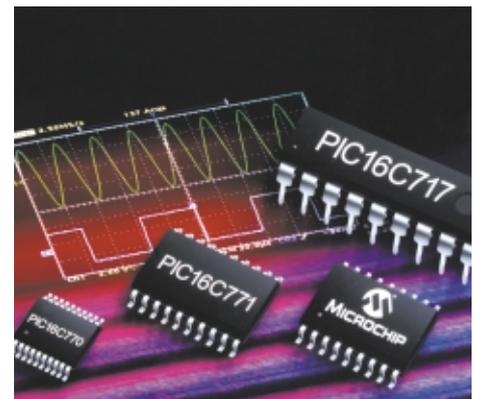
1К/2К×14бит, 128 RAM, 64 EEPROM, 8ch@10-bit АЦП, модуль ССР, внутренний ГТИ (4 МГц и 37 кГц), LVD/BOR.

PIC16F85/86 — 18 pin, FLASH 1 К/2 К×14 бит, 96/128 байт RAM, 64 байта EEPROM. Главная особенность — это единственные кристаллы Microchip (за исключением PIC14000), где одновременно содержатся и компараторы, и 8 разрядный АЦП. В сочетании с малыми габаритами и встроенным ГТИ очень удобен для различных датчиков.

PIC16C781/782 — 20 pin, 1 К/2 К×14 бит, 128 байт RAM. Это одни из немногих микроконтроллеров PICmicro, у которых кроме встроенных компараторов и модуля 8-бит АЦП также есть цифро-аналоговый преобразователь.

PIC16C770/771 — 20 pin, 2 К/4 К×14 бит, 256 байт RAM, 16 линий I/O, два встроенных ГТИ (4 МГц и 37 кГц). Изюминкой является 12 разрядное АЦП со встроенным модулем опорного напряжения.

PIC16C717/770/771 — 18/20 pin. Эти контроллеры имеют усовершенствованную схему ШИМ (ЕССР), позволяющую управлять силовыми ключами мостовой (4 канала) и полумостовой схемы (2 канала) или одноканальными выходами с 10 разрядным разрешением на частоте 20 кГц. Разрешение временной привязки логических сигналов модулем ЕССР составляет 12,5 нс при 16 разрядном разрешении. PIC16C717 имеет 10 разрядное АЦП.



PIC16C773/774 — 28/40 pin, 4 К×14 бит, 256 байт ОЗУ, 12 бит АЦП, PWORD, PLVD, 2 ШИМ, MSSP 9 бит. Идеально подходят для компактных систем сбора информации.

PIC16C745/765 — 28/40 pin, 4 К×14 бит, 256 байт RAM, встроенный контроллер шины USB1.1 с 64 байтами двухпортовой буферной памяти, 8 бит АЦП 5/8 канала измерения, три таймера, встроенный модуль PLL (тактовая частота 24 МГц при кварце 6 МГц. Удобен для построения компьютерной периферии.



PIC16C925/926 (64 TQFP/68 PLCC) 4 К/8 К×14 бит, 176/336 байт RAM, 10 разрядное АЦП (8 каналов), ШИМ и встроенная схема управления дисплейным модулем. Разработаны в дополнение к PIC16C923/924.

Для удобства проектирования встроенных систем управления для автомобильных применений Microchip представила семейство из двух микроконтроллеров **PIC16C432/433** с аппаратно-встроенным приемопередатчиком автомобильного протокола обмена данными LIN (Local Interconnection Network). Специально спроектированные для решения автомобильных задач, эти микроконтроллеры имеют небольшой корпус, широкий температурный диапазон и призваны объединить различные автомобильные подсистемы и модули в единую, надежную и многофункциональную бортовую систему автомобиля.



PIC16C432/433 — 18/20 pin 2К×14 бит, 128 байт RAM. Имея на одном кристалле микроконтроллер и аппаратно-реализованный приемопередатчик LIN в корпусе с 18 и 20 выводами, можно до предела со-

кратить количество внешних навесных деталей, повысив при этом надежность устройства в целом. А наличие четырехканальных 8 битных АЦП позволяет обрабатывать аналоговые сигналы.

High End PICmicro

Новейшее семейство микроконтроллеров с 16-битным ядром **PIC18CXXX** и высокой производительностью (10MIPS@10MHz).

Для массовых микрогабаритных применений интересной новинкой года станет восьмивыводной кристалл с высокопроизводительным ядром PICmicro18, системой контроля питания (детектором напряжения LVD и системой перезапуска BOR), FLASH-памятью программ и энергонезависимой памятью данных на кристалле. Семейство содержит четыре модификации, отличающиеся объемом памяти и наличием встроенного 10 битного АЦП:

PIC18F010/020 — 8 pin, FLASH 1 К/2 Кслов, 256 RAM, 64 EEPROM, умножитель 8×8, 2 уровневая система прерываний, стек 31, LVD/BOR.

PIC18F012/022 — 8 pin, FLASH 1 К/2 Кслов, 256 RAM, 64 EEPROM, 4ch@10bit АЦП, умножитель 8×8, 2 уровневая система прерываний, стек 31, LVD/BOR.

Еще одна интересная новинка с ядром PIC18XXX и FLASH-памятью программ в 20 выводном корпусе:

PIC18F122/132 — 20 pin, FLASH 4 К/8 Кслов, 256 RAM, 128 EEPROM, 16 I/O, умножитель 8×8, 2 уровневая система прерываний, стек 31, 7ch@10-bit АЦП, усовершенствованный модуль ECCP, 9 бит USART, LVD/BOR. Наличие EEPROM и мощного вычислительного ядра в контроллере PIC18C1X2 позволяет расширить область применения и реализовать сложные алгоритмы регулирования.

PIC18C658/858 — 64/80 pin, 16 К×16 бит, 1536 байт RAM, 12/16 каналов 10 разрядного АЦП, 52/68 линий I/O. Это семейство содержит встроенный контроллер CAN-интерфейса, полностью поддерживающий стандарт CAN2.0B (3 буфера передатчика, 2 буфера приемника, 6 фильтров, 2 маски). Теперь этими кристаллами можно легко заменить системы {микроконтроллер+MCP2510} для проектов, где требуется высоконадежный стандарт передачи данных и малые габариты устройства. Максимальная тактовая частота — 40 МГц.

PIC18F658/858 — то же самое, но с FLASH-программной памятью.

PIC18C258/458 — 28/40 pin, 8 К/16 К×16 бит, 512/1024 байт RAM, встроенный модуль CAN. Идеальны для малогабаритных устройств.

Новые микроконтроллеры от Microchip PIC18C601 и PIC18C801 с внешней памятью программ

Отличительные особенности:

- Микроконтроллеры с производительностью до 6,25 MIPS и адресацией до 2 Мбайт внешней программной памяти.
- 536 байт RAM данных.
- Встроенная периферия, включая последовательные интерфейсы передачи данных USART, SPI, I²C и 12 канальное 10 разрядное АЦП.

Новые микроконтроллеры от Microchip PIC18C601 и PIC18C801 — первые микроконтроллеры PICmicro, не имеющие собственной памяти программ. Для работы им необходима микросхема памяти, в которой и хранится исполняемая программа. Эти микроконтроллеры расширяют семейство PIC18C и способны работать с производительностью до 6,25 MIPS. Работают с внешней программной памятью размером до 256 Кбайт и 2 Мбайт соответственно и поддерживают 8 и 16 разрядные микросхемы памяти. Оба микроконтроллера имеют внутреннее ОЗУ данных размером 1536 байт. Также имеются разнообразнейшие встроенные периферийные модули, такие как I²C, SPI, адресуемый USART. Другими интересными особенностями являются встроенный программируемый детектор напряжения питания, усовершенствованный модуль ШИМ, встроенный модуль умножения тактовой частоты PLL, а также 12 канальный 10 разрядный модуль АЦП.

Используя PIC18C601/801, разработчики могут создавать изделия с возможностью легкого обновления программного обеспечения системы. Для этого можно использовать такие микросхемы памяти, как двухпортовые RAM или FLASH.

Оба микроконтроллера поддерживаются универсальной интегрированной средой MPLAB и внутрисхемным отладчиком-эмулятором MPLAB-ICD.



В дополнение к популярным 28/40 pin PIC18C252/452 выпускаются FLASH-версии PIC18F252/452.

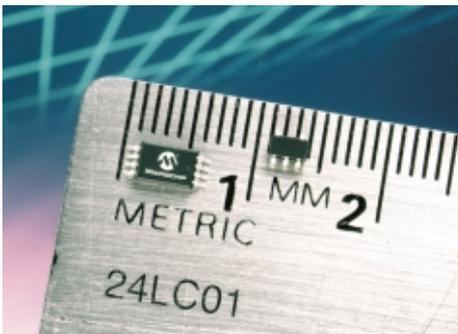
Все FLASH PICmicro 18-й серии поддерживают внутрисхемную отладку (ICD), работающую по трем проводам. Таким образом, можно запрограммировать и отладить работу микроконтроллера в полевых условиях, не прибегая к помощи дорогих внутрисхемных эмуляторов. Все кристаллы поддерживают работу с внутрисхемным отладчиком MPLABICD (DV164001), работающим под управлением среды MPLAB.

PIC18C958 — 100 pin. У этого гиганта 16 К×16 бит, 1536 байт RAM, 84 линии I/O, 10 разрядное АЦП и встроенный модуль CAN в дополнение к обычным SPI, I²C и USART.

PIC18F653. Этот микроконтроллер специально разработан для систем управления двигателями. Все устройства, интегрированные в этот кристалл, в той или иной комбинации встречаются в других моделях PICmicro. Главное, что выделяет именно этот прибор, — их количество: шесть независимых или три комплементарных (три пары зависимых) каналов двенадцатиразрядных PWM на кристалле для управления двигателями со встроенной функцией аппаратной защиты от сбоя, разрешающей способностью в 100 нс при тактовой частоте 10 МГц и программируемой задержкой включения комплементарных выходов. Так же в нем содержатся: два декодера датчиков вращения, SPI, Master I²C, адресуемый USART, два дополнительных модуля CCP (ШИМ), два компаратора, 10ch@10bit АЦП, 32 Кбайт FLASH-программной памяти, 1,5 Кбайт RAM, 256 байт EEPROM данных, а также LVD, BOR, ICD.

Микросхемы памяти

24LC01B — 1 Кбит последовательная EEPROM, также выпускается в 5 выводном корпусе для SMD-монтажа (SOT-23). Занимает на 50 % меньшую площадь по сравнению со стандартным TSSOP8 корпусом. Удачный выбор для тех, кто дорожит площадью и стоимостью печатной платы. Идеально подходит для хранения идентификационного пер-



сонального номера и калибровочных коэффициентов. Самое дешевое решение для сохранения важнейших данных микроконтроллера при выключении питания, I²C, 5 мкА standby, 1 мА, 1 000 000 циклов перезаписи.

Аналоговая и интерфейсная продукция

Супервизоры питания

MCP1XX/8XX — семейство трехвыводных микросхем, вырабатывающих расширенный сигнал Reset при включении напряжения питания или его падения ниже нормы. Выпускаются на семь порогов срабатывания в семи типах цоколевки и корпусов.

MCP1XXX — новое поколение микро-мощных супервизоров питания. Основное отличие от MCP1XX/8XX — ток потребления 1 мкА.

Малогобаритные контроллеры CAN

MCP2510 — на сегодняшний день CAN-контроллер фирмы Microchip является самым простым в использовании, малогобаритным и наиболее эффективным в применении по соотношению цена/возможности. Встроенные режимы разделения функций передачи и приема, многоуровневого буферирования, системы масок и фильтров, генерация сигналов прерывания — все это воплощено в **MCP2510** для упрощения связи по CAN-интерфейсу и снижения требований к ресурсам системного микроконтроллера. Управление и обмен информацией происходит по стандартному SPI-интерфейсу. Выпускается в корпусах DIP18, SOIC18, TSSOP20.

Идеология **MCP2510** построена таким образом, что, спроектировав систему на PICmicro + **MCP2510**, разработчик с минимальной модификацией программного обеспечения может перейти на интегрированные контроллеры с CAN PIC18C-658/858, и наоборот. Также удобен для малогобаритных дешевых систем сбора информации, построенных по формуле (8pin микроконтроллер) + **MCP2510**.

MCP250XX. Серия микросхем-расширителей CAN. Специально разработаны для того, чтобы исключить основной микроконтроллер в несложных приложениях, и таким образом, снизить себестоимость изделий. Семейство представлено следующими моделями.

MCP25050 — расширитель CAN с возможностью работы как с цифровыми, так и с аналоговыми сигналами;

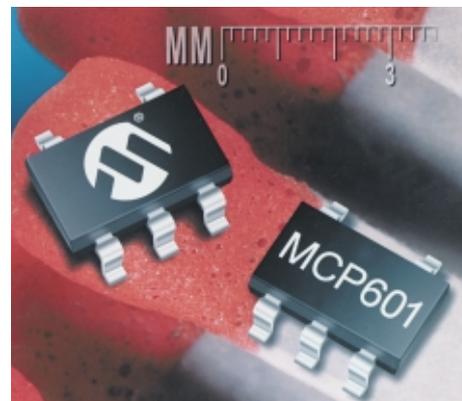
MCP25055 — то же, возможность работы с однопроводной шиной;

MCP25020 — расширитель CAN, предназначен для работы только с цифровыми сигналами;

MCP25025 — то же, возможность работы с однопроводной шиной.

Операционные усилители

ОУ MCP601/602/603/604 — микро-мощные операционные усилители с полосой пропускания 2,8 МГц и типовым током потребления 230 мкА. Доступны в исполнениях с одним, двумя и четырьмя усилителями в корпусе. Также ОУ MCP603 имеет вход Chip Select (CS), который выключает ОУ и переводит его в режим микропотребления (не более 1 мкА!). При этом его выход переводится в высокоомное состояние. Такое сочетание параметров позволяет этому семейству ни в чем не уступать ОУ таких известных производителей, как Analog Devices, Motorola и т. д. Кроме того, MCP601 также выпускается в 5 вывод-



ном корпусе SOT-23. ОУ работают от однополярного источника питания 2... 5,5 В, в промышленном температурном диапазоне — 40 ... + 85 °С.

ОУ MCP606/607/608/609 — это семейство ОУ потребляет еще меньший ток (19 мкА) при полосе пропускания 155 кГц. Напряжение смещения 250 мкВ. Как и предыдущее семейство, имеет Rail-to-Rail выход. Выпускается с одним, двумя, четырьмя ОУ в корпусе. MCP608 имеет вход Chip Select (CS), позволяющий перевести ОУ в режим микропотребления, а его выход — в высокоимпедансное состояние. Однополярное питание 2,5... 5,5 В, промышленное исполнение — 40... +85 °С. MCP606 так же выпускается в 5 выводном корпусе SOT-23

ОУ MCP616/617/618/619 — похоже на предыдущее, но имеет очень низкое напряжения смещения 125 мкВ. Полоса пропускания 150 кГц, потребляемый ток 25 мкА. Rail-to-Rail выход, 1/2/4 ОУ в корпусе, MCP618 имеет вход Chip Select.

Аналого-цифровые преобразователи

Microchip выпускает высокопроизводительные 10 и 12 разрядные АЦП. Отличные характеристики этих приборов

и низкая цена делает привлекательным их использование в самых разнообразных применениях.

MCP300X — семейство 10 разрядных АЦП, имеет высокую скорость преобразований (до 200 К выборок в секунду), низкий ток потребления (425 мкА, 5 нА в режиме «SLEEP»), широкий диапазон питающих напряжений 2,7...5,5 В и температур $-40...+85$ °С. Выпускаются в 1/2/4/8 канальном исполнении в 8/14/16 выводных корпусах DIP, SOIC. Управление и передача данных осуществляется через стандартный интерфейс SPI.

MCP320X — семейство 12 разрядных АЦП, скорость преобразования до 100 К выборок в секунду. Имеет высокую точность преобразования (± 1 LSB INL/DNL). Остальные параметры аналогичны предыдущему семейству. Автономные АЦП удобно применять в малогабаритных прецизионных датчиках (например, совместно с дешевым PIC12C508).

Для построения систем с активными фильтрами и прецизионными АЦП Microchip предлагает воспользоваться бесплатным программным пакетом FilterLab™. Поддерживается разработка фильтров до 8-го порядка Чебышева, Бесселя, Баттерворта с частотой среза от 0,1 Гц до 10 МГц. Синтезирует принципиальную схему и рассчитывает значение всех номиналов компонентов. FilterLab™ содержит в качестве библиотечных компонентов все ОУ и АЦП Microchip.

Цифровые потенциометры

MCP4XXXX — увеличивая номенклатуру выпускаемой аналоговой и интерфейсной продукции, Microchip представляет новую серию цифровых потенциометров семейства MCP4XXXX, представленную шестью различными одно- и двухканальными устройствами с программированием по последовательному SPI-интерфейсу. Оба варианта доступны с номиналами 10, 50 и 100 кОм. Изменение положения «подвижного» (среднего) контакта задается через последовательный интерфейс SPI. Для уменьшения потребляемой мощности предусмотрено программное выключение в двухканальных версиях приборов. Также для выключения имеется специальный вывод.

Семейство MCP4XXXX имеет разрешение 8 бит (256 положений «подвижного» контакта), работает от однополярного источника питания в диапазоне 2,7...5,5 В, потребляет в статическом режиме максимальный ток не более 1 мкА, погрешности DNL и INL — не более ± 1

LSB. Выпускаются для работы в промышленном диапазоне температур от -40 до $+85$ °С.



Микросхемы для систем RFID

MCRF450+ Эта новейшая разработка от Microchip создана совместно с компаниями Mitsubishi Materials Corporation и Checkpoint Systems Inc. с использованием всех последних достижений в полупроводниковых технологиях. MCRF450 — единственное на сегодняшний день устройство на рынке, предлагающее 32-разрядную усовершенствованную функцию EAS, допускающую защиту и идентификацию отдельного элемента памяти. Невозможно изготовление дубликатов тагов, так как уникальный 32-разрядный идентификатор не может быть изменен пользователем и программируется только на заводе-изготовителе.

PICDEM.net™ Ethernet/Internet - новый демонстрационный комплект от Microchip

- Встроенный протокол TCP/IP на базе FLASH-микроконтроллера PIC16F877.
- Работает со стандартными WEB-браузерами.
- HTML сервер на базе PICmicro®.
- Поддержка Ethernet для промышленных, телекоммуникационных и приборных сетей.

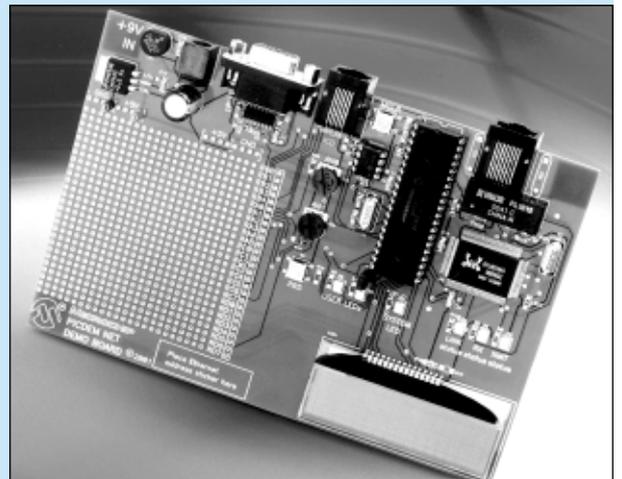
Microchip представляет PICDEM.net™ Ethernet/Internet демонстрационную плату с поддержкой протокола TCP/IP для встроенных систем управления. PICDEM.net™ Ethernet/Internet Demonstration Board является мощным инструментом, позволяющим разработчикам создавать Internet-совместимые конструкции на базе микроконтроллеров PICmicro.

Плата PICDEM.net™ использует для работы 40-выводный FLASH-микроконтроллер PIC16F877 со специальной программой, поддерживающей протокол TCP/IP. После того как плате будет задан индивидуальный адрес, с ней можно общаться через Ethernet или Internet. Программа написана Джереми Бентамом на базе его книги «TCP/IP Lean: Web Servers for Embedded Systems». Копия этой книги входит в комплект поставки платы.

Плата PICDEM.net™ имеет стандартные интерфейсы Ethernet и RS-232. С помощью стандартного Web-браузера, такого, как Microsoft® Internet Explorer или Netscape Navigator можно просматривать состояние датчиков, установленных на плате (положение потенциометров и переключателей), а также управлять LCD-дисплеем и светодиодами, установленными на плате. Микроконтроллер работает в режиме WEB-сервера, по запросу извне предоставляющий HTML-страницы. Первоначальная конфигурация IP- и Ethernet-адресов осуществляется через RS-232 с помощью стандартной программы-терминала, входящей в комплект Windows.

Плата PICDEM.net™ также имеет 6-pin разъем, аналогичный используемому в MPLAB-ICD (In-Circuit Debugger DV164001). Таким образом, имея плату PICDEM.net™, и подключив ее с помощью этого разъема к MPLAB-ICD, разработчик получает уникальную возможность внести изменения в работу программы Web-узла в соответствии с собственными пожеланиями. Также плата PICDEM.net™ оборудована макетным полем, где разработчик может разместить свои собственные электрические схемы.

Поддерживается несколько системных индикаторов и устройств пользователя, подключенных к внутренней системной шине, включая 16×2-символьный ЖК-дисплей и светодиоды. В комплект поставки также входят интегрированная среда MPLAB, все необходимое программное обеспечение, инструкции пользователя, Ethernet-кабель (Cat 5), кабель RS-232 и источник питания.





MICROCHIP

Аналоговые компоненты

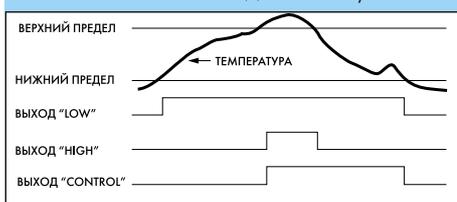
MICROCHIP

Датчики температуры

ТС620 и ТС621 — 5В-датчики температуры с программируемыми логическими выходами, предназначенные для использования в приложениях управления температурой. ТС620 имеет встроенный датчик температуры, а к ТС621 подключается внешний терморезистор для дистанционного контроля температуры.

Оба элемента имеют два логических выхода («HIGH» и «LOW»), каждый из которых программируется одним внешним резистором. На ТС620 эти выходы имеют активный высокий уровень, логика выходов представлена на рис. 1. Дополнительный выход «CONTROL» устанавливается, когда температура превышает верхний предел и сбрасывается, когда температура падает ниже нижнего предела. Этот выход может использоваться для управления простым включением и отключением охлаждающего вентилятора или нагревателя. ТС621 обеспечивает те же выходные функции за исключением того, что логические уровни на выходах инвертированы.

Рис. 1. Логика выходов ТС620/621

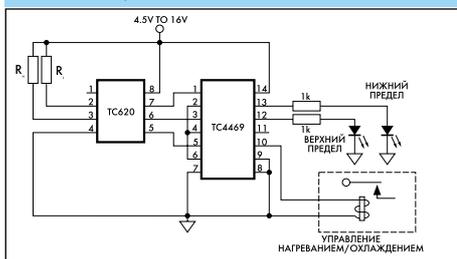


ТС620/621 могут применяться в температурном диапазоне от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

Величина резисторов программирования ТС620 рассчитывается следующим образом:

$$R_{TRIP} = 0,5997 \times T^{2,1312}$$

Рис. 2. Управление температурой с помощью ТС620



R_{TRIP} — сопротивление резистора в Ом;
 T — температура точки отключения в град. Кельвина.

Например: для 50°C сопротивление резистора составит:

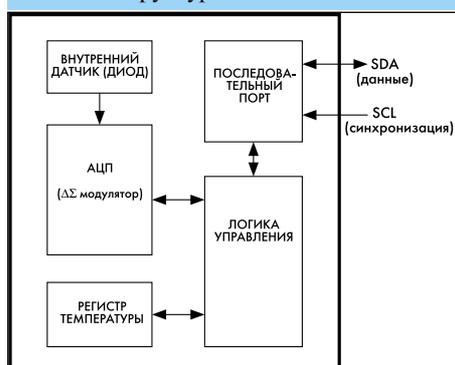
$$R_{SET} = 0,5997 \times ((50 + 273,15)^{2,1312}) = 133,6 \text{ кОм.}$$

Пример управления температурой с помощью ТС620 при на рис. 2.

ТС74 — малогабаритный датчик температуры с последовательным цифровым выходом. Значение температуры преобразуется внутренним АЦП в 8-разрядный двоичный код. Разрешение АЦП — 1°C , номинальная скорость преобразования — 8 выборок/секунду.

Связь с ТС74 осуществляется через 2-проводный последовательный порт (рис. 3) совместимый с SMBus/I²C. Этот же порт, может использоваться для управления режимом работы датчика. Бит «SHDN» в регистре состояния позволяет установить режим малого потребления. В этом режиме АЦП отключается, но последовательный порт продолжает функционировать. Ток потребления микросхемы 200 мкА (в режиме отключения — 5 мкА).

Рис. 3. Структурная схема ТС74



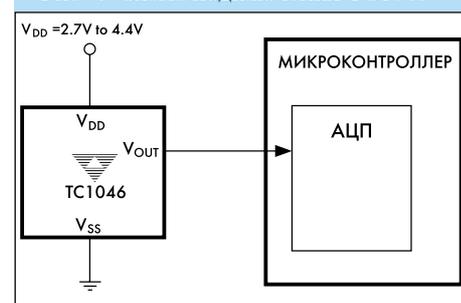
Небольшие размеры (корпус SOT-23A), низкая стоимость и легкость использования делают ТС74 идеальным для управления температурой в различных системах, например, тепловая защита для приводов жесткого диска и других периферий РС.

ТС1046 и ТС1047 — высокоточные датчики температуры, формирующие на своем выходе напряжение, пропорцио-

нальное измеренной температуре. Они могут функционировать в диапазоне температур от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$, причем во всем диапазоне они имеют линейную зависимость выходного напряжения от температуры. ТС1046 имеет наклон выходной характеристики $6,25 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$, а ТС1047 — $10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$.

Схема подключения ТС1046 приведена на рис. 4.

Рис. 4. Схема подключения ТС1046

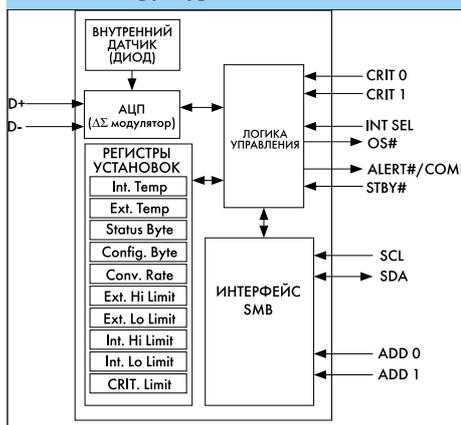


Датчики выпускаются в 3-контактных корпусах SOT-23B, что делает их идеальными для малогабаритных приложений, таких как: сотовые телефоны, аппаратура измерения температуры, портативное оборудование включения батарей, бытовая электроника.

ТС1066, ТС1068 и ТСМ1617 — программируемые температурные датчики с последовательным портом, оптимизированные для контроля температуры современных мощных микропроцессоров с интегрированными температурными диодами. Значение температуры от внешних и внутренних температурных диодов преобразуется внутренним АЦП в 8-разрядный двоичный код.

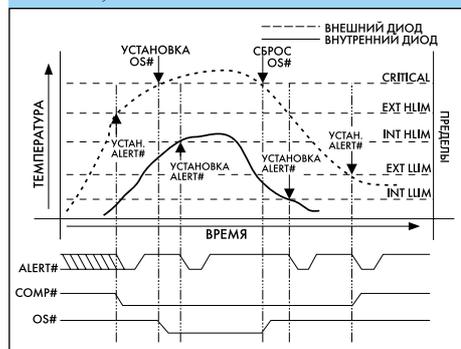
Передача данных осуществляется через последовательный порт, совместимый со стандартной шиной управления системы (SMBus), обычно используемой в современных компьютерных системах (рис. 5). Последовательный порт позволяет читать значения текущей внутренней/внешней температуры, программировать пределы температурного диапазона и конфигурировать датчик. Имеется вывод ALERT#/COMP#, на котором в режиме ALERT# формируются сигналы прерывания, ког-

Рис. 5. Структурная схема TC1066



да температура выходит за пределы заданных температурных диапазонов, а в режиме COMP# формируется сигнал превышения верхнего предела для внешнего датчика, который сбрасывается когда температура упадет ниже нижнего предела (рис. 6). TCM1617 не имеет режима COMP# на выходе ALERT# / COMP#. TC1066 для полной совместимости с ACPI имеет дополнительно выводы аппаратного программирования критического порога температуры, а также вывод OS#, формирующий сигнал прерывания, когда температура выходит за заданный порог.

Рис. 6. Логика выходов ALERT# / COMP#, OS#



Примечание. Эта диаграмма подразумевает, что соответствующие пределы установлены и после каждой установки активного уровня сигнала на выходе ALERT# он сбрасывается.

Режим малого потребления может быть установлен передачей соответствующей команды через SMBus или установкой низкого уровня на входе STBY# (в этом режиме IDD не более 10 мкА). В режиме малого потребления последовательный порт продолжает функционировать, и все регистры остаются доступными. Входы выбора адреса позволяют подключить до девяти датчиков на один 2-проводной канал для многозонного контроля.

Небольшие размеры, низкая стоимость и легкость использования делают эти датчики идеальными для управления температурой в сложных системах типа ACPI.

Таблица 1

Наименование	Станд. тем-ра °С	Тип выхода
TC6501P045VCT	45	Откр. сток
TC6501P065VCT	65	Откр. сток
TC6501P095VCT	95	Откр. сток
TC6502P045VCT	45	КМОП
TC6502P065VCT	65	КМОП
TC6502P095VCT	95	КМОП
TC6503N015VCT	-15	Откр. сток
TC6503P005VCT	5	Откр. сток
TC6504N015VCT	-15	КМОП
TC6504P005VCT	5	КМОП

TC6501...TC6504 — миниатюрные 5-контактный корпус SOT-23A) температурные выключатели, не требующие никаких навесных компонентов, температурные пороги программируются при изготовлении, что облегчает разработку приложений. Разработчику необходимо только выбрать ширину петли гистерезиса 2 °С или 10 °С, которая задается установкой соответственно низкого или высокого уровня на входе HYST. TC6501 и TC6502 выпускаются для 3 стандартных температур (табл. 1), возможна поставка нестандартных версий (для температур 55, 75, 85, 105 и 115 °С). TC6503 и TC6504 выпускаются для 2 стандартных температур (см. табл. 1), возможна поставка нестандартных версий (для температур -45, -35, -25 и -5 °С). При заказе нестандартных версий необходимо обратиться за более подробной информацией.

Буква «P» в наименовании указывает на положительную температуру, а «N» — на отрицательную.

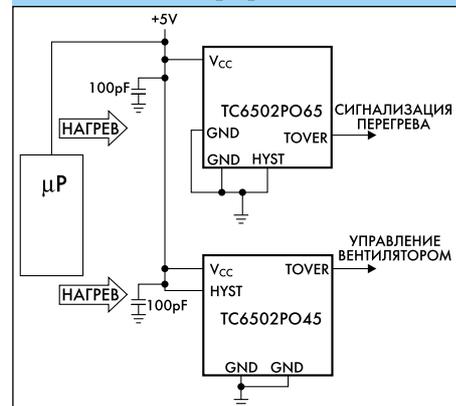
Эти датчики имеют типовой ток потребления 17 мА и работают в полном температурном диапазоне от -55 °С до +125 °С, при этом типовая точность срабатывания составляет ±0,5 °С, а максимальная погрешность — ±4 °С.

TC6501 и TC6503 имеют на выходе открытый сток с активным низким уровнем, который предназначается для управления сбросом микропроцессора. TC6502 и TC6504 имеют выход КМОП с активным высоким уровнем, предназначенный для передачи сигналов на логические компоненты, управляющие драйверами нагревателя или вентилятора.

TC6501/TC6502 предназначены для контроля высоких температур (+35 °С ... +115 °С). Они устанавливаются активный уровень на выходе, когда температура становится выше заданного порога. Пример использования TC6502 приведен на рис. 7. TC6503/TC6504 предназначены для контроля низких

температур (-45 °С...+15 °С). Они устанавливают активный уровень на выходе, когда температура становится ниже заданного порога.

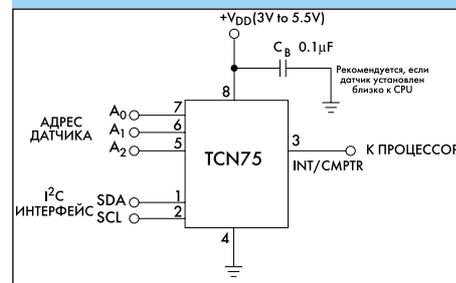
Рис. 7. Схема управления вентилятором с сигнализацией перегрева



TC6501...TC6504 идеальны для приложений, требующих высокую интеграцию, небольшие размеры, низкое потребление и небольшую стоимость.

TCN75 — программируемый температурный датчик с последовательным портом, который формирует сигнал на выходе INT/COMPTR (см. рис. 8) для ведущего контроллера, когда окружающая температура превышает запрограммированный пользователем предел. Выход INT/COMPTR может быть запрограммирован как выход компаратора для работы термостата или как выход запроса прерывания от температуры. Гистерезис этого сигнала также программируется. Связь с TCN75 осуществляется через двухпроводную шину, которая является совместимой со стандартным протоколом I²C. Шина позволяет читать текущую температуру, программировать пределы и гистерезис.

Рис. 8. Схема включения TCN75



При включении питания TCN75 устанавливается в режим компаратора с предельной температурой 80 °С и гистерезисом 5 °С. Режим по умолчанию позволяет датчику работать в автономных термостатах. Режим малого потребления может быть установлен передачей соответствующей команды через 2-проводную шину. Входы выбора адреса позволяют вклю-

чать до восьми TCN75 на одну 2-проводную шину для многозонного контроля.

Все регистры датчика доступны для чтения, а выход INT/CMPTTR — для программирования ведущим контроллером. Датчик легко приспособляется к системе управления, так как позволяет работать по опросу или прерыванию.

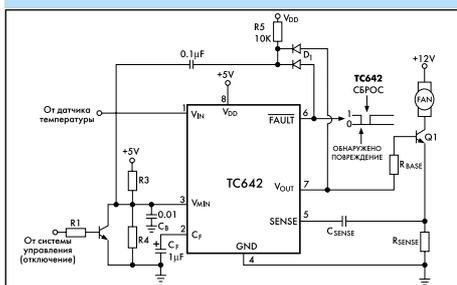
Небольшие размеры, низкая стоимость и удобство использования делает TCN75 идеальным для построения сложных схем систем управления, таких как тепловая защита современных мощных CPU, твердотельные термометры, системы пожарной сигнализации.

Контроллеры безщеточных вентиляторов

TC642 — регулятор частоты вращения безщеточных двигателей вентилятора. Частота вращения изменяется пропорционально температуре с помощью широтной импульсной модуляции (ШИМ). Терморезистор (или другой температурный датчик, имеющий на выходе напряжение) подключается к входу V_{IN} , напряжение на выходе датчика может изменяться от 1,25 В до 2,65 В, что соответствует изменению импульса ШИМ от 0% до 100%. Минимальная скорость вращения вентилятора устанавливается простым резистивным делителем на входе V_{MIN} . Встроенный таймер запуска обеспечивает надежный запуск двигателя при выходе контроллера из режима отключения или после временного повреждения.

Когда на входе V_{MIN} приложенное напряжение становится низким, то вентилятор отключается. Датчики TC642 имеют технологию FanSense™, составляющую собственность Microchip, которая позволяет увеличить надежность системы. При нормальной работе вентилятора на выводе SENSE, который через конденсатор соединяется с датчиком тока двигателя (рис. 9), должна присутствовать последовательность импульсов. Если эти импульсы отсутствуют, то на выходе FAULT устанавливается низкий уровень, указывающий на повреждение. Сигнал повреждения формируется также, когда ширина импульса ШИМ достигает 100%, указывая на

Рис. 9. Типовая схема включения TC642



*Параллельное соединение R3 и R4 должно быть > 10 кОм

возможное повышение температуры, хотя вентилятор продолжает работать. Выход FAULT может быть использован для отключения контроллера при повреждении.

КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ Линейные стабилизаторы

Фирма Microchip выпускает микромощные линейные стабилизаторы напряжения с малым падением напряжения, с использованием низковольтной КМОП-технологии. Эти стабилизаторы имеют небольшие пульсации выходного напряжения, как у стабилизаторов на биполярных транзисторах, но имеют значительно больший КПД. Типовые стабилизаторы на биполярных транзисторах имеют ток потребления, равный 1...2 % от выходной тока, а стабилизаторы по КМОП-технологии имеют почти нулевой ток потребления, за счет чего уменьшается общий рабочий ток прибора. Кроме этого эти стабилизаторы имеют вход отключения, что позволяет дополнительно увеличить их эффективность в маломощных приложениях.

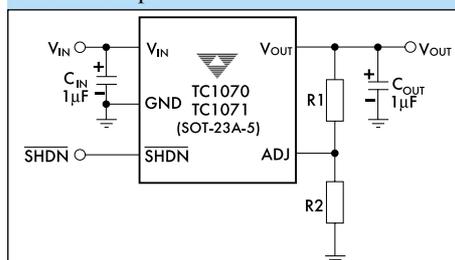
Высокая эффективность стабилизаторов по КМОП-технологии делает их идеальными для модернизации изделий на биполярных элементах типа LP2980 и MIC5205, используемых в сотовых телефонах, пейджерах, переносных компьютерах и других портативных применениях.

Микромощные стабилизаторы с малым падением напряжения выпускаются с фиксированным и регулируемым выходным напряжением на токи нагрузки 50 мА, 100 мА, 150 мА и 300 мА. Миниатюрные корпуса SOT-23A-5, SOT-23A-6, SOT-223 и MSOP-8 требуют минимальной площади платы. Все стабилизаторы имеют вход отключения, тепловую защиту и ограничение тока. Некоторые элементы также имеют выход флага ошибки и вывод для уменьшения шума внутреннего опорного напряжения (табл. 2).

Точность выходного напряжения стабилизатора зависит от стабильности и температурного дрейфа внутреннего опорного напряжения и резисторов обратной связи.

На рис. 10 приведена схема регулируемого стабилизатора. Выходное напряжение зависит от резисторов R1 и R2 в цепи

Рис. 10. Схема регулируемого стабилизатора



обратной связи, которое определяется по следующей формуле:

$$V_{OUT} = V_{REF} [(R1/R2) + 1] \quad (1)$$

где $V_{REF} = 1,20 \text{ В}$

Вывод «ADJ» имеет высокое полное сопротивление (вход КМОП), поэтому величины резисторов могут быть выбраны в пределах 300 кОм ... 1 МОм, чтобы минимизировать ток через R1 и R2.

Из уравнения 1 можно сделать следующие выводы:

1. Если $V_{OUT} = V_{REF}$ (когда $R1 = 0$), то отклонение V_{OUT} будет приблизительно равно отклонению V_{REF} .

2. Если $V_{OUT} > V_{REF}$ (когда $R1/R2 > 0$), то отклонение V_{OUT} зависит от отклонения V_{REF} и точности $R1/R2$.

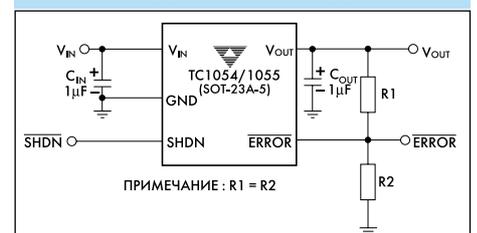
Поэтому резисторы R1 и R2 должны быть высокоточными, так как если они имеют точность 1 %, то общее отклонение отношения $R1/R2$ равно 2 %.

Все стабилизаторы имеют вход отключения «SHDN», который позволяет пользователю цифровым сигналом отключать нагрузку от источника питания и переводить стабилизатор в режим малого потребления. При этом ток сокращается (50 мА в течение нормальной работы, 0,05 мА в режиме отключения).

Режим отключения активизируется, когда на входе «SHDN» устанавливается уровень менее 0,2 V_{IN} . Когда на этот вход подается напряжение более 0,4 V_{IN} , стабилизатор включается. Напряжение включения достаточно низкое, и управление стабилизатором может осуществляться цифровым сигналом от выхода микроконтроллера, напряжение питания которого 3,3 В. Если режим отключения не используется, то вход «SHDN» должен быть подключен к входному напряжению.

Стабилизаторы TC1070/1/2/3 и TC1054/5 имеют выход флага ошибки «ERROR», который устанавливается, когда напря-

Рис. 11. Подключение выхода «ERROR»



жение на выходе падает приблизительно на 5 %.

На выходе «ERROR» N-канальный транзистор с открытым стоком, выходной ток которого не более 1 мА. Однако резистор, подтягивающий выход к питающему напряжению (не более 7В) должен выбираться так, чтобы потери на выходе были минимальными.

Сигнал на выходе «ERROR» действи-

Тип	Корпус	Выходное напряжение										Per.	Откл.	Флаг ошибки	C _{нб} V _{REF}	I _{ss} (mA)	I _{OUT} (mA)	V _{DROP} (mV)	
		2.5	2.7	2.8	2.84	2.85	3.0	3.15	3.3	3.6	4.0								5.0
TC1014	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X	X	X		X		X	50	50	85
TC1015	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X	X	X		X		X	50	100	180
TC1054	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X	X	X		X	X		50	50	85
TC1055	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X		X		X	X		50	100	180
TC1070	SOT-23A-5													X	X		50	50	85
TC1071	SOT-23A-5													X	X		50	100	180
TC1072	SOT-23A-6	X	X			X	X		X	X	X	X		X		X	50	50	85
TC1073	SOT-23A-6	X	X			X	X		X	X	X	X		X		X	50	100	180
TC1107	MSOP-8, SO-8			X			X		X		X	X		X		X	50	300	240
TC1108	SOT-223			X			X		X		X	X					50	300	240
TC1173	MSOP-8, SO-8			X			X		X		X	X		X	X	X	50	100	180
TC1174	MSOP-8, SO-8													X	X	X	50	300	240
TC1185	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X	X	X		X		X	50	150	270
TC1186	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X	X	X		X	X		50	150	270
TC1187	SOT-23A-5													X	X	X	50	150	270
TC1188*	SOT-23A-5			X	X				X					X			50	100	55
TC1189*	SOT-23A-5			X	X				X					X			50	100	55
TC1223	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X	X	X		X			50	50	85
TC1224	SOT-23A-5	X	X			X	X		X	X	X	X		X			50	100	180

Таблица 2

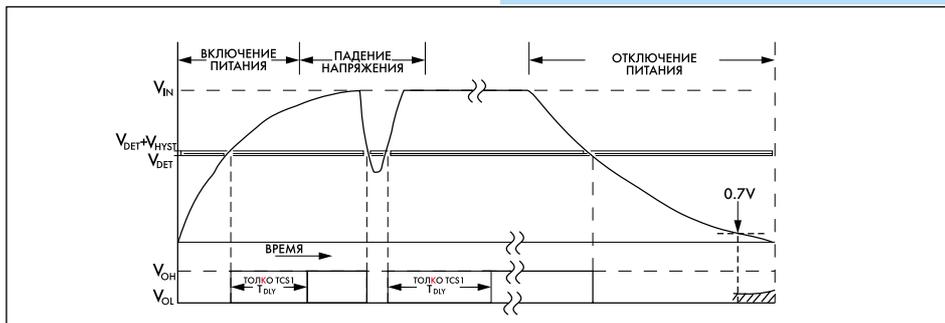
тельный, когда на входе напряжение более 1 В и не определен для напряжения менее 1 В. Так как в переходный период при включении/отключении питания напряжение на выходе может быть между 0 В и 1,0 В, что может интерпретироваться другими схемами как логическая «1». Для предотвращения этого на выходе рекомендуется установить два резистора (рис. 11), что будет обеспечивать напряжение на выходе «ERROR» не более 0,5 В, пока напряжение на входе не установится более 1 В. Максимальное напряжение на выходе при этом будет — V_{OUT}/2.

так, чтобы обеспечивалась устойчивая работа стабилизатора. Рекомендуется использовать конденсаторы емкостью 1 ... 2,2 мкФ. Большие конденсаторы емкостью 4,7 ... 10 мкФ увеличивают переходный процесс в нагрузке и уменьшают пульсации, но не влияют на стабильность.

На выводах «Bypass» и «ADJ», если они имеются, рекомендуется устанавливать конденсаторы емкостью 470 пФ, что уменьшит уровень шума внутреннего опорного напряжения (V_{REF}).

Супервизоры напряжения

Рис. 12. Диаграмма работы супервизора



Выход «ERROR» также может использоваться как монитор напряжения. Если входное напряжение низкое или перегрузка, то на нем будет низкий уровень. По этому флагу микроконтроллер может активизировать соответствующую программу и установить дежурный режим.

Компаратор ошибки имеет гистерезис 50 мВ, что обеспечивает некоторую помехоустойчивость.

Для оптимальной работы стабилизаторов рекомендуется на входе, выходе и выводе стабилизации опорного напряжения «Bypass» устанавливать конденсаторы. Конденсаторы должны быть выбраны

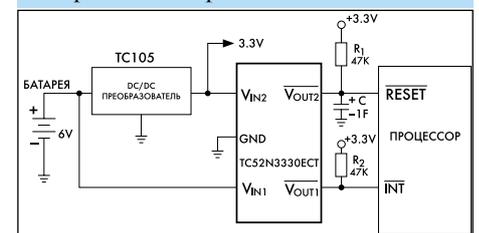
TC51, TC52, TC53 и TC54 — микромощные супервизоры напряжения с открытым стоком на выходе (TC53 и TC54 могут иметь выход КМОП логики). Они особенно удобны для систем с батарейным питанием, так как имеют очень низкое потребление тока — всего 1 мкА, за исключением TC52, который потребляет 2 мкА, но зато состоит из двух независимых компараторов. Все супервизоры изготавливаются в миниатюрных корпусах поверхностного монтажа и не требуют внешних компонентов. Маленький корпус поверхностного монтажа. Каждый элемент включает компаратор с высоко-

точным источником опорного напряжения, запрограммированный лазером делитель напряжения и схему гистерезиса. Супервизоры могут иметь порог напряжения срабатывания в диапазоне от 1,1 В до 6,0 В с шагом 0,1 В.

Все супервизоры имеют активный низкий уровень (рис. 12). Выходной уровень (V_{OUT}) остается высоким, пока V_{IN} больше установленного порогового напряжения (V_{DET}). Когда V_{IN} падает ниже V_{DET}, на выходе устанавливается низкий уровень. V_{OUT} остается низким, пока V_{IN} не станет выше V_{DET} + V_{HYS} (напряжение гистерезиса). TC51 дополнительно имеет встроенную задержку установки высокого уровня на выходе на 50...200 мс.

TC52 состоит из двух независимых компараторов, что позволяет построить систему контроля первичного и вторичного напряжения (рис. 13). Компаратор 2 контролирует напряжение системы. Когда напряжение падает на 10 % ниже номинального значения (3,3 В), то на выходе V_{OUT2} устанавливается низкий уровень и осуществляется сброс микропроцессора. Цепь R1 и C1 обеспечивает задержку времени сброса. Компаратор 1 контролирует напряжение первичного источника питания. Когда напряжение батареи становится меньше 3,3 В, то на выходе V_{OUT1}

Рис. 13. Контроль первичного и вторичного напряжений



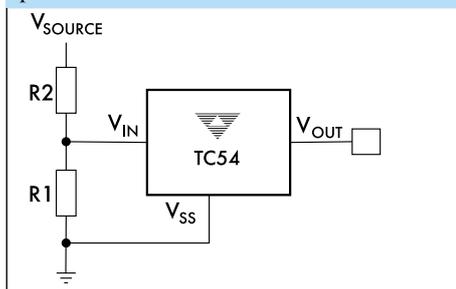
Тип	Выходной ток (Пиковый)	Число и тип выходов		Ном. нагрузка (пФ)	Время переднего фронта (нс)	Время заднего фронта (нс)	Задержка переднего фронта (нс)	Задержка заднего фронта (нс)	Защита выхода	Защита входа
		Инв.	Не инв.							
ТС426	1.5А	Два		1000	30	30	50	75	Да	Нет
ТС427	1.5А		Два	1000	30	30	50	75	Да	Нет
ТС428	1.5А	Один	Один	1000	30	30	50	75	Да	Нет
ТС1426	1.2А	Два		1000	30	20	55	80	Да	Нет
ТС1427	1.2А		Два	1000	30	20	55	80	Да	Нет
ТС1428	1.2А	Один	Один	1000	30	20	55	80	Да	Нет
ТС4426	1.5А	Два		1000	25	25	33	38	Да	Да
ТС4427	1.5А		Два	1000	25	25	33	38	Да	Да
ТС4428	1.5А	Один	Один	1000	25	25	33	38	Да	Да
ТС4423	3.0А	Два		2200	25	25	33	38	Да	Да
ТС4424	3.0А		Два	2200	25	25	33	38	Да	Да
ТС4425	3.0А	Один	Один	2200	25	25	33	38	Да	Да
ТС4420	6.0А		Один	4700	40	35	50	55	Да	Да
ТС4429	6.0А	Один		4700	40	35	50	55	Да	Да
ТС4421	9.0А	Один		10	50	48	30	33	Да	Да
ТС4422	9.0А		Один	10	50	48	30	33	Да	Да
ТС4467*	1.2А	Четыре		1000	30	30	35	35	Да	Да
ТС4468*	1.2А		Четыре	1000	30	30	35	35	Да	Да
ТС4469*	1.2А		Четыре	1000	30	30	35	35	Да	Да

Таблица 3.

устанавливается низкий уровень, который вызывает прерывание процессора для выполнения программы отключения системы или аварийной сигнализации.

Хотя ТС54 имеет заданное напряжение срабатывания (V_{DET}), но иногда для опытного образца необходимо внести изменения. Это может быть выполнено при помощи внешнего резистивного делителя (рис. 14), который имеет V_{DET} ниже, чем напряжение источника (V_{SOURCE}).

Рис. 14. Изменение напряжения срабатывания



Для обеспечения точности необходимо чтобы ток делителя был гораздо больше рабочего тока требуемого ТС54. Разумная величина этого тока 100 мкА (в 100 раз больше требуемого ТС54 — 1 мкА). Например: если $V_{DET} = 2$ В, а необходимый порог точка отключения — 2,5 В, то величина $R1 + R2 = 250$ кОм (2,5 В/ 100 мкА). Значения R1 и R2 могут быть округлены до ближайшего стандартного значения (рекомендуются использовать резисторы 1 % точности).

Мощные МОП транзисторы

Microchip предлагает множество различных быстродействующих формирователей с мощными МОП-транзисторами на выходе (табл. 3). Они позволяют разработчику легко согласовать мощные МОП-транзисторы с устройством управления.

В отличие от биполярных транзисторов МОП-транзисторы имеют низкое полное сопротивление на больших токах. Входное напряжение логических уровней TTL/КМОП преобразуется в выходное в пределах напряжения питания. Выход имеет незначительное остаточное напряжение как относительно общего провода, так и напряжения питания. Входные логические сигналы могут равняться напряжению питания, а входной ток при этом остается низким — 1 мкА, что дает возможность прямого сопряжения с интегральными схемами КМОП/ТТЛ, а также с аналоговыми компараторами с открытым коллектором.

Имеется несколько семейств формирователей КМОП.

ТС426 был первым широко применяемым КМОП-формирователем с мощными МОП-транзисторами на выходе. Это элемент с двумя выходами, рассчитанный на ток до 1,5 А и напряжение 18 В, он совместим по контактам с биполярными элементами DS0026 и ММН0026. На его основе вышли две другие версии: **ТС427** — двойной не инвертирующий формирователь и **ТС428** — двойной формирователь (один с инверсией, а другой без).

Семейство **ТС4426** — второе поколение

на основе семейства 426, но улучшенное: имеет меньшую задержку распространения, улучшенную защиту выхода при индуктивной нагрузке и в два раза меньшее потребление. Эти усовершенствования были включены во все формирователи с четырехзначными номерами в обозначении.

Другое важное усовершенствование второго поколения — защита входа от отрицательного напряжения —5 В. Это очень полезно в системах с 2-полярным питанием. **ТС1426** — специальная дешевая версия семейства 426, которая имеет защиту по выходу, но не имеет защиты по входу.

После серий, имеющих выходной ток 1,5 А, выпущено семейство двойных формирователей **ТС4423**, имеющих выходной ток 3 А. **ТС4424** — двойной не инвертирующий формирователь и **ТС4425** — двойной формирователь (один с инверсией, а другой без).

ТС4429 — один инвертирующий формирователь (его предшественник ТС429), а **ТС4420** — не инвертирующий. Это семейство имеет выходной ток 6 А и напряжение питания 18 В. ТС4429 может работать на нагрузку 10,000 нФ при напряжении 15 В и имеет время переключения 60 нс.

Семейство **ТС446Х** имеет четыре выходных формирователя — это расширение двойных формирователей (рис.15). Каждый формирователь для большей гибкости оборудован двухвходным логическим элементом.

На рис. 16 представлена схема сопря-

Рис. 15. Схема управления шаговым двигателем

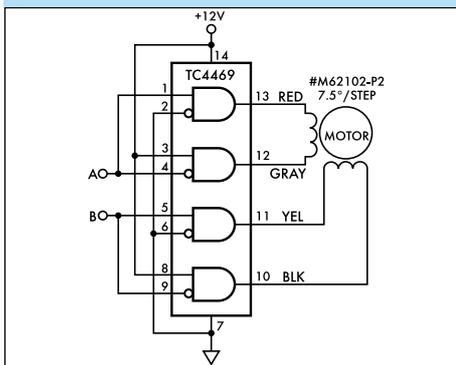
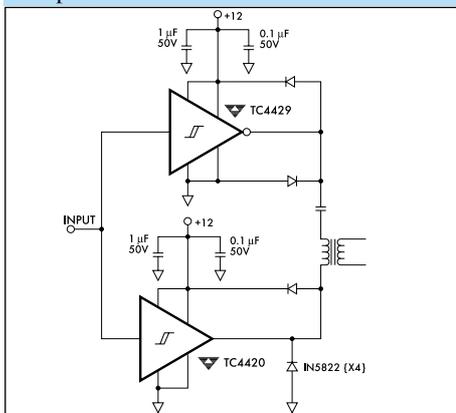


Рис. 16. Схема сопряжения мощного формирователя с импульсным трансформатором



жения мощного формирователя с импульсным трансформатором. Для защиты формирователя от индуктивных импульсов используются диоды.

Эта схема может использоваться для работы на мощные биполярные транзисторы.

ЛИНЕЙНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

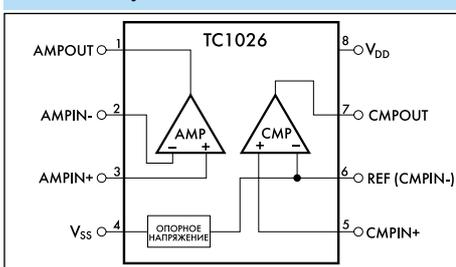
Компараторы

Microchip выпускает широкий набор компараторов и многофункциональных элементов.

TC1025 — маломощный линейный элемент, он содержит два компаратора в одном 8-контактном корпусе.

TC1026 — комбинированный элемент, совмещающий в одном 8-контактном корпусе функции универсального операционного усилителя, компаратора и источника опорного напряжения (рис. 17).

Рис. 17. Функциональная схема TC1026

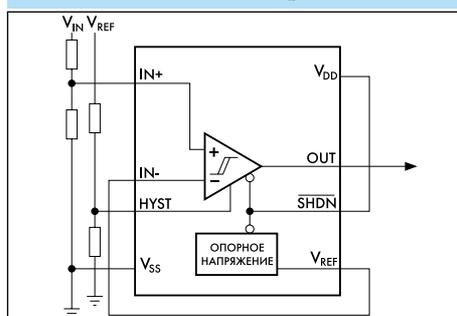


TC1027 — комбинированный элемент, совмещающий в одном 16-контактном корпусе функции четырех компараторов и источника опорного напряжения.

TC1028 — комбинированный элемент, совмещающий в одном 8-контактном корпусе функции двух компараторов и источника опорного напряжения. Инвертирующий вход одного компаратора и не инвертирующий вход второго связаны с внутренним источником опорного напряжения. Компараторы и источник опорного напряжения могут быть отключены установкой низкого уровня на входе «SHDN».

TC1031 — микромощный компаратор с программируемым гистерезисом и источником опорного напряжения. Гистерезис регулируется (рис. 18) простым резистивным делителем на входе «HYST».

Рис. 18. Установка гистерезиса TC1031



TC1040 — два компаратора и источник опорного напряжения.

TC1041 — два компаратора с одновременно программируемым гистерезисом и источником опорного напряжения. Инвертирующие входы обоих компараторов связаны с внутренним источником опорного напряжения.

Все вышеперечисленные компоненты выпускаются в малогабаритном 8-контактном корпусе MSOP, который занимает в два раза меньше площади на плате, чем 8-контактный SOIC, поэтому они идеальны для приложений, требующих высокой интеграции и небольших размеров.

TC1037/1038/1039 — миниатюрные микромощные компараторы изготавливаются в корпусах SOT-23A. TC1038 имеет вход отключения. TC1039 имеет внутренний источник опорного напряжения.

Такая интеграция функций позволяет пользователю заменить два или три корпуса, сэкономить пространство платы, снизить ток потребления и тем самым увеличить возможности системы.

Напряжение внутренних источников опорного напряжения 1,2 В, отклонение которого может быть не более 2,0 %.

Все компараторы оптимизированы для работы от однополярного низковольтного

источника питания с минимальным напряжением 1,8 В или от двухполярного $\pm 1,5$ В. Максимальный ток потребления компараторов 18 мкА, при отключении ток потребления становится менее 0,1 мкА.

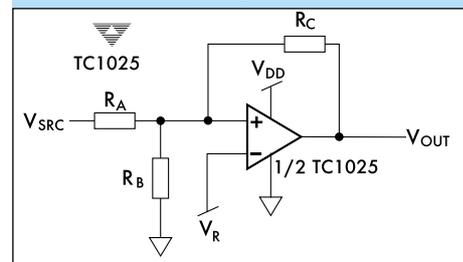
Компараторы и операционные усилители имеют небольшие и равные остаточные напряжения относительно плюса и минуса питания на входе и выходе. Входное остаточное напряжение составляет 200 мВ, а выходное — несколько милливольт в зависимости от тока нагрузки. Это позволяет при низком напряжении питания работать с относительно большими входными и выходными сигналами.

Задержка распространения компараторов мало зависит от уровня питающего напряжения и тока нагрузки.

Компараторы могут быть использованы для широкого и разнообразного круга приложений. Низкий входной ток и напряжение смещения позволяют применять их для приложений, требующих высокой точности. Как правило, это системы управления питанием, схемы контроля и т. д.

У компараторов, не имеющих входа управления гистерезисом, он может быть легко задан методом положительной обратной связи при помощи двух резисторов (рис. 19). Порядок расчета внешних компонентов для задания гистерезиса:

Рис. 19. Компаратор с гистерезисом



1. Выбрать резистор обратной связи R_C . Так как входной ток компаратора не превышает 100 нА, то ток через резистор может быть задан — 100 нА (то есть в 1000 раз больше), что обеспечит достаточную точность. Ток через R_C в момент отключения компаратора = V_R / R_C , где V_R — опорное напряжение.

2. Задаться напряжением гистерезиса V_{NH} (напряжение между верхним и нижним порогами).

3. Вычислить R_A :

$$R_A = R_C (V_{NH} / V_{DD})$$

4. Выбрать напряжение верхнего порога (V_{THR}) для входного напряжения (V_{SRC}).

5. Вычислить R_B :

$$R_B = 1 / [(V_{THR} / (V_R * R_A)) - 1 / R_A - 1 / R_C]$$

6. Проверить напряжения порогов:

верхний порог V_{SRC} :

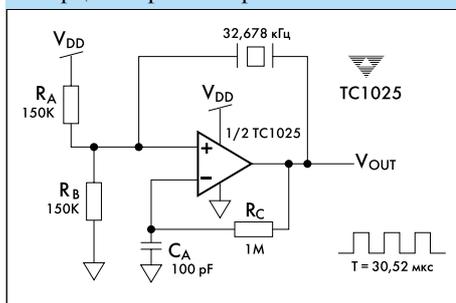
$$V_{THR} = (V_R) (R_A) [(1 / R_A) + (1 / R_B) + (1 / R_C)]$$

нижний порог V_{SRC} :

$$V_{TNF} = V_{THR} - [(R_A * V_{DD}) / R_C]$$

Компаратор может быть генератором устойчивых колебаний с кварцевым резонатором в обратной связи (рис. 20). Резисторы R_A и R_B делят напряжение питания V_{DD} пополам и определяют уровень напряжения срабатывания компаратора. Резистор R_C определяет постоянную времени цепи RC , которая должна быть установлена несколько больше времени периода кварцевого генератора. Это условие обеспечит, что 50 % времени периода на выходе компаратора будет поддерживаться высокий уровень напряжения и столько же низкий.

Рис. 20. Генератор 32.768 кГц с кварцевым резонатором



Аналого-цифровые преобразователи (закон преобразования сигма-дельта)

Фирма Microchip представляет широкий набор дешевых, маломощных аналого-цифровых преобразователей (АЦП), использующих закон преобразования сигма-дельта.

Рис. 21. Схема включения TC3401

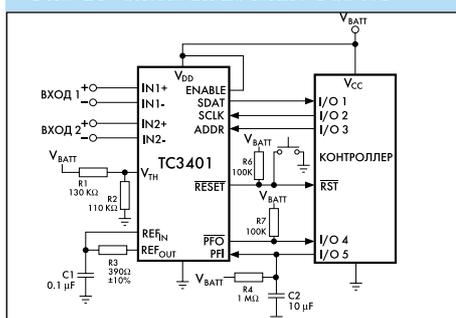
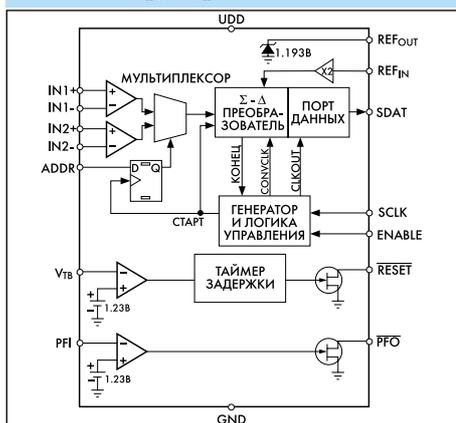


Рис. 22. Структурная схема TC3401



ТС340Х обеспечивают от 8 преобразований в секунду с 16-разрядным разрешением (15 разрядов и знак) до 512 — с 10-разрядным. АЦП предназначены для использования как периферия микроконтроллеров и оптимизированы для работы от однополярного низковольтного источника питания с минимальным напряжением 1,8 В. Они имеют внутренний источник опорного напряжения и позволяют также использовать внешний. Напряжение внутреннего источника 1,193 В, что обеспечивает при 16-разрядном разрешении точность преобразования до $72,8 * 10^{-6}$ В.

ТС3400 имеет один дифференциальный вход.

ТС3401 имеет два дифференциальных мультиплексированных входа, а также вход отключения, встроенные компараторы «сброса» и контроля напряжения (рис. 21 и 22).

ТС3402 имеет два дифференциальных мультиплексированных входа.

ТС3403 имеет четыре несимметричных мультиплексированных входа, а также встроенные компараторы «сброса» и контроля напряжения.

ТС3404 имеет два несимметричных и два дифференциальных мультиплексированных входа, а также встроенный компаратор контроля напряжения.

ТС3405 имеет один дифференциальный и три несимметричных мультиплексированных входа, а также вход отключения и встроенный компаратор «сброса».

Для управления АЦП используется 2-проводной последовательный цифровой интерфейс. По входу «SCLK» осуществляется синхронизация последовательного порта внешними тактами и управление, а по выводу «SDAT» — чтение данных и подтверждение исполнения. Когда преобразование не производится, АЦП находится в режиме останова, на линиях «SCLK» и «SDAT» устанавливается высокий уровень.

Перед началом преобразования на входах «ADDR» (рис. 23) должен быть установлен адрес выбранного входного канала, который фиксируется во внутреннем регистре по заднему фронту сигнала на линии «SCLK» при запуске.

Запуск преобразования осуществляется по заднему фронту на линии «SCLK», при этом включается внутренний тактовый генератор и на выходе «SDAT» уста-

навливается низкий уровень. Максимальное время преобразования $t_3 = 125$ мс для 16-разрядного разрешения. Каждый дополнительный задний фронт на линии «SCLK» после запуска преобразования и в течение интервала времени $t_4 = t_3/85,7$ уменьшает разрешение на один разряд и сокращает время преобразования в два раза. Таким образом, при посылке 6 импульсов разрешение может быть уменьшено до 10 разрядов. Если за время t_4 передано более 6 импульсов, то лишние будут игнорироваться. После каждого заднего фронта на линии «SCLK» в интервале t_4 на выходе «SDAT» устанавливается высокий уровень, подтверждающий исполнение команды, который снова становится низким после установки на линии «SCLK» исходного состояния.

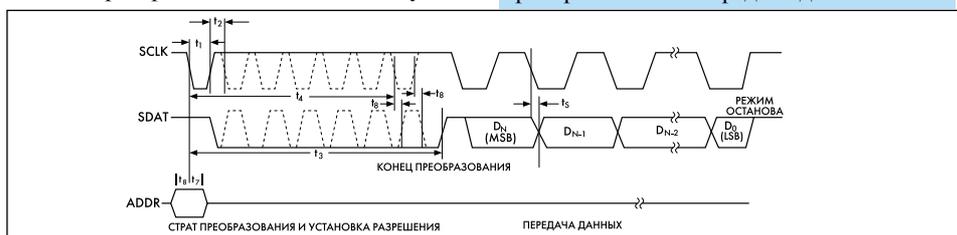
После того как преобразование закончено, на выходе «SDAT» устанавливается высокий уровень и АЦП возвращается в режим останова. Чтение данных осуществляется передачей тактов по линии «SCLK», количество которых определяется разрешением преобразования. Передача последовательного слова данных осуществляется начиная со старшего (знакового) бита (MSB), по заднему фронту на линии «SCLK» и заканчивается младшим (LSB). Длительность импульсов синхронизации должна быть в пределах 50 ... 750 нс в зависимости от параметров обработки и питающего напряжения.

Вход отключения «ENABLE», если на нем установлен низкий уровень, прерывает любое преобразование или чтение данных и приводит АЦП в исходное состояние, устанавливается режим останова.

Встроенные компараторы «сброса» и контроля напряжения позволяют минимизировать схему приложения, то есть обойтись без супервизоров напряжения. Каждый компаратор имеет источник опорного напряжения 1,23 В и обеспечивает гистерезис 0,03 В. Они имеют на выходе транзистор с открытым стоком и активный низкий уровень сигнала. Компаратор «сброса» дополнительно имеет встроенную задержку установки высокого уровня на выходе.

ТС3400 изготавливается в 8-контактных корпусах PDIP и SOIC, а остальные в 16-контактных QSOP и PDIP.

Рис. 23. Временная диаграмма старта преобразования и передачи данных



Продолжение статьи читайте на стр. 29

Компоненты для контроля температуры – Датчики температуры.

Тип	Описание	Выход	Точность (°C)	Макс. точность (°C)	Диапазон температур (°C)	Напряжение питания (В)	Макс. ток потребляемый (мкА)	Особенности	Корпус
TC07	3 В датчик температуры с программируемым гистерезисом выхода.	Лог.	± 1	± 3	-40 ÷ +125	2.7 ÷ 5.5	300	Один выход.	8-pin PDIP, SOIC
TC620	5 В датчик температуры с программируемыми выходами.	Лог.	± 1	± 3	-40 ÷ +125	4.5 ÷ 18	400	Два выхода и выход с гистерезисом.	8-pin PDIP, SOIC
TC621	5 В датчик температуры с программируемыми выходами.	Лог.	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 2	4.5 ÷ 18	400	Внешний датчик температуры.	8-pin PDIP, SOIC
TC622	5 В датчик температуры.	Лог.	± 1	± 5	-40 ÷ +125	4.5 ÷ 18	600	Один выход, корпус TO-220 для радиатора.	8-pin PDIP, SOIC, 5-pin TO-220
TC623	3 В датчик температуры.	Лог.	± 1	± 3	-40 ÷ +125	2.7 ÷ 4.5	250	Два выхода и выход с гистерезисом.	8-pin PDIP, SOIC
TC624	3 В датчик температуры.	Лог.	± 1	± 5	-40 ÷ +125	2.7 ÷ 4.5	300	Один выход.	8-pin PDIP, SOIC
TC74	Датчик температуры с 8 разрядным АЦП.	Последов.	± 0.5	-	-40 ÷ +125	3.0 ÷ 5.5	350	Последовательный выход совместимый с SMB/I ² C	5-pin SOT-23A, TO-220
TC1046	Высокоточный преобразователь температура / напряжение.	Напряж.	± 0.5	± 2	-40 ÷ +125	2.7 ÷ 4.4	60	Высокоточный 6.25 мВ / °C	3-pin SOT-23B
TC1047	Высокоточный преобразователь температура / напряжение.	Напряж.	± 0.5	± 2	-40 ÷ +125	2.7 ÷ 4.4	60	Высокоточный 10 мВ / °C	3-pin SOT-23B
TC1066	Программируемый по шине SMB датчик температуры.	Последов.	± 1	± 3	-55 ÷ +125	3.0 ÷ 5.5	70	Совместим с ACPI, внешний и внутренний датчик.	16-pin QSOP
TC1068	Программируемый по шине SMB датчик температуры.	Последов.	± 1	± 3	-55 ÷ +125	3.0 ÷ 5.5	70	Внешний и внутренний датчик.	16-pin QSOP
TC1132	Преобразователь температура / напряжение.	Напряж.	± 0.8	± 3	-20 ÷ +125	3 ÷ 12	80	10 мВ / °C, 750 мВ при 25 °C	3-pin SOT-23B, TO-92
TC1133	Преобразователь температура / напряжение.	Напряж.	± 0.8	± 3	-20 ÷ +125	3 ÷ 12	80	10 мВ / °C, 250 мВ при 25 °C	3-pin SOT-23B, TO-92
TC6501	Миниатюрный датчик на фиксированный ряд температур.	Лог.	± 0.5	± 3	-55 ÷ +125	2.7 ÷ 5.5	40	Аналог MAX6501, выход — открытый сток.	5-pin SOT-23A
TC6502	Миниатюрный датчик на фиксированный ряд температур.	Лог.	± 0.5	± 3	-55 ÷ +125	2.7 ÷ 5.5	40	Аналог MAX6502, выход КМОП.	5-pin SOT-23A
TC6503	Миниатюрный датчик на фиксированный ряд температур.	Лог.	± 0.5	± 3	-55 ÷ +125	2.7 ÷ 5.5	40	Аналог MAX6503, выход — открытый сток.	5-pin SOT-23A
TC6504	Миниатюрный датчик на фиксированный ряд температур.	Лог.	± 0.5	± 3	-55 ÷ +125	2.7 ÷ 5.5	40	Аналог MAX6504, выход КМОП.	5-pin SOT-23A
TSM1617	Программируемый по шине SMB датчик температуры.	Последов.	± 1	± 3	-55 ÷ +125	3.0 ÷ 5.5	70	Аналог MAX1617.	16-pin QSOP
TCN75 *	Цифровой датчик температуры с последовательным интерфейсом.	Последов.	± 1	± 2	-55 ÷ +125	2.7 ÷ 5.5	1.000	Переключаемый выход компаратор / прерывание.	8-pin PDIP, SOIC

Примечания: 1. Используется внешний датчик (терморезистор). Точность определяется точностью внешнего датчика.
2. Определяется температурным диапазоном внешнего датчика.
* 3. TCN75 ток потребления при отключенном порте - 250 мкА. В режиме низкого потребления - ток < 1 мкА.

Линейные компоненты – Операционные усилители

Тип	Число модулей	Частотный диапазон	Типовой потребляемый ток (мкА)	Макс. напряжение смещения (мВ)	Рабочее напряжение (В)	Диапазон температур (°C)	Особенности	Корпус
TC1029	2	90 кГц	12	1.5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85		8-pin PDIP, MSOP, SOIC
TC1030	4	90 кГц	20	1.5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85	Вход отключения.	16-pin QSOP
TC1034	1	90 кГц	6	1.5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85		5-pin SOT - 23A
TC1035	1	90 кГц	6	1.5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85	Вход отключения.	6-pin SOT - 23A

Примечание: Все операционные усилители имеют небольшие и равные остаточные напряжения относительно плюса и минуса питания на входе и выходе.

Компоненты для контроля температуры – Контроллеры бесщеточных вентиляторов.

Тип	Описание	Точность (°C)	Макс. точность (°C)	Диапазон температур (°C)	Напряжение питания (В)	Макс. потребляемый ток (мкА)	Особенности	Корпус
ТС642	Контроллер вентилятора.	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 2	3.0 ÷ 5.5	1.000	Контроль минимальной частоты вращения вентилятора.	8-pin PDIP, SOIC
ТС643	Выходной формирователь.	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 2	2.7 ÷ 5.5	25 мА	Напряжение двигателя 3 ÷ 15 В независимое от питания ТС643.	8-pin PDIP, SOIC, MSOP
ТС646	Контроллер вентилятора.	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 2	3.0 ÷ 5.5	1.000	Автоматическое отключение.	8-pin PDIP, SOIC
ТС647	Контроллер вентилятора.	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 2	3.0 ÷ 5.5	1.000	Автоматическое отключение.	8-pin PDIP, SOIC
ТС648	Контроллер вентилятора.	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 2	3.0 ÷ 5.5	1.000	Сигнализация перегрева, автоматическое отключение.	8-pin PDIP, SOIC
ТС649	Контроллер вентилятора.	Прим. 1	Прим. 1	Прим. 2	3.0 ÷ 5.5	1.000	Автоматическое отключение.	8-pin PDIP, SOIC
ТС650	Контроллер вентилятора.	± 1	± 3	-40 ÷ +125	2.8 ÷ 5.5	90	Сигнализация перегрева.	8-pin MSOP
ТС651	Контроллер вентилятора.	± 1	± 3	-40 ÷ +125	2.8 ÷ 5.5	90	Сигнализация перегрева, автоматическое отключение.	8-pin MSOP
ТС652	Контроллер вентилятора.	± 1	± 3	-40 ÷ +125	2.8 ÷ 5.5	90	Сигнализация перегрева.	8-pin MSOP
ТС653	Контроллер вентилятора.	± 1	± 3	-40 ÷ +125	2.8 ÷ 5.5	90	Сигнализация перегрева, автоматическое отключение.	8-pin MSOP

Примечания: 1. Используется внешний датчик (терморезистор). Точность определяется точностью внешнего датчика.
2. Определяется температурным диапазоном внешнего датчика.

Компоненты для управления питанием- Линейные стабилизаторы

Тип	Макс. входное напряжение (В)	Выходное напряжение (В)	Выходной ток (мА)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Типовое падение напряжения при I _{out} max (мВ)	Типовая точность выходного напряжения (%)	Особенности	Корпус
ТС1266	6.0	03.мар	200	230	200	± 1.0	PCI совместимый	8-pin SOIC, MSOP
ТС1267	6.0	03.мар	400	230	300	± 1.0	PCI совместимый	5-pin DPAK
ТС1268	6.0	02.май	500	80	350	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, выход ошибки.	8-pin SOIC
ТС1269	6.0	2.5, 2.8, 3.0, 3.3, 5.0	300	50	240	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению.	8-pin MSOP
ТС1300	6.0	2.5, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3	300	80	210	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, выход СБРОС.	8-pin MSOP
ТС1305	6.0	2.5, 2.8, 3.0	150 *	120	240	± 0.5	Отключение, выбор режима, выход СБРОС	10-pin MSOP
ТС1306	6.0	1.8, 2.8, 3.0	150 *	120	240	± 0.5	Отключение, выбор режима, выход СБРОС	8-pin MSOP
ТС2950	30.0	3.0, 3.3, 5.0	100	90	350	± 0.5	Отключение, выход ошибки.	3-pin DPAK, 8-pin SOIC
ТС4949	40.0	5.0	100	260	400	± 1.0	Выбор режима, выход СБРОС, компаратор напряжения.	8-pin PDIP, SOIC
ТС323	20.0	5.0	3 А	20 мА	-	± 2.0		3-pin TO - 220В
ТС7800	40.0	5.0, 12, 15, 24	1 А	6 мА	2.0 В	± 2.0		3-pin DPAK, TO - 220В
ТС78T00	40.0	5.0, 12, 15	3 А	6 мА	2.2 В	± 2.0		TO - 220В

Примечания: 1. Зависит от конфигурации внешнего транзистора.
2. Только для 8-контактных корпусов SOIC.

Компоненты для управления питанием – ШИМ контроллеры

Тип	Описание	Диапазон входного напряжения (В)	Постоянный ток (мА)	Максимальная частота (кГц)
ТС170	Токовый режим	от 8 до 16	3.8	200

Компоненты для управления питанием- Линейные стабилизаторы

Тип	Макс. входное напряжение (В)	Выходное напряжение (В)	Выходной ток (мА)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Типовое падение напряжения при I _{out} max (мВ)	Типовая точность выходного напряжения (%)	Особенности	Корпус
ТС55	10	от 1.2 В до 6.0 В с шагом 0.1В	250	1.1	380	0.5		3-pin SOT-23B, SOT-89, SOT-92
ТС56	10	от 2.1 В до 5.0 В с шагом 0.1 В	180	11	330	0.5	Отключение.	5-pin SOT-23A
ТС57	8	от 2.0 В до 6.0 В с шагом 0.1 В	4,000 ⁽¹⁾	50	100 ⁽¹⁾	2.0	Отключение.	5-pin SOT-23A
ТС59	-10	от 2.1 В до 6.0 В с шагом 0.1 В	100	3	380	0.5		3-pin SOT-23B
ТС1014	6.0	1.8, 2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	50	50	85	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению.	5-pin SOT-23A
ТС1015	6.0	1.8, 2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	100	50	180	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению.	5-pin SOT-23A
ТС1054	6.0	1.8, 2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	50	50	85	± 0.5	Отключение, выход ошибки.	5-pin SOT-23A
ТС1055	6.0	2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	100	50	180	± 0.5	Отключение, выход ошибки.	5-pin SOT-23A
ТС1070	6.0	1.23 → Vin	50	50	85	—	Отключение, регулируемый выход.	5-pin SOT-23A
ТС1071	6.0	1.23 → Vin	100	50	180	—	Отключение, регулируемый выход.	5-pin SOT-23A
ТС1072	6.0	2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	50	50	85	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, выход ошибки.	6-pin SOT-23A
ТС1073	6.0	2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	100	50	180	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, выход ошибки.	6-pin SOT-23A
ТС1107	6.0	2.5, 2.8, 3.0, 3.3, 5.0	300	50	240	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению.	8-pin MSOP, SOIC
ТС1108	6.0	2.5, 2.8, 3.0, 3.3, 5.0	300	50	240	± 0.5		3-pin SOT-223
ТС1173	6.0	2.5, 2.8, 3.0, 3.3, 5.0	300	50	240	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, выход ошибки.	8-pin MSOP, SOIC
ТС1174	6.0	1.23 → Vin	300	50	240	—	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, регулируемый выход.	8-pin MSOP, SOIC
ТС1185	6.0	1.8, 2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	150	50	270	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению.	5-pin SOT-23A
ТС1186	6.0	1.8, 2.5, 2.7, 2.8, 2.85, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	150	50	270	± 0.5	Отключение, выход ошибки.	5-pin SOT-23A
ТС1187	6.0	1.23 → Vin	150	50	270	—	Отключение, регулируемый выход.	5-pin SOT-23A
ТС1188	6.0	1.8, 2.8, 2.84, 3.15	120	50	130	± 0.5	Отключение	5-pin SOT-23A
ТС1189	6.0	1.8, 2.8, 2.84, 3.15	120	50	130	± 0.5	Отключение	5-pin SOT-23A
ТС1223	6.0	2.5, 2.7, 2.8, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	50	50	85	± 0.5	Отключение	5-pin SOT-23A
ТС1224	6.0	2.5, 2.7, 2.8, 3.0, 3.3, 3.6, 4.0, 5.0	100	50	180	± 0.5	Отключение	5-pin SOT-23A
ТС1262	6.0	2.5, 2.8, 3.0, 3.3, 5.0	500	80	350	± 0.5		3-pin TO - 220, DDPАК, SOT-223
ТС1263	6.0	2.5, 2.8, 3.0, 3.3, 5.0	500	80	350	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, (Прим. 2).	8-pin SOIC, 5-pin TO-220, DDPАК
ТС1264	6.0	1.8, 2.5, 3.0, 3.3	800	80	450	± 0.5		3-pin TO - 220, DDPАК, SOT-223
ТС1265	6.0	1.8, 2.5, 3.0, 3.3	800	80	450	± 0.5	Отключение, вывод параллельный опорному напряжению, (Прим. 2).	8-pin SOIC, 5-pin TO-220, DDPАК

Компоненты для управления питанием – DC / DC конвертеры с переносом заряда

Тип	Диапазон входного напряжения (В)	Выходное напряжение (В)	Макс. входной ток*(мкА)	Типовой выходной ток (мА)	Особенности	Корпус
TC962	от 3 до 18	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	200	80		8-pin PDIP, SOIC
TC1044S	от 1.5 до 12	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	160	20	Генератор 60 кГц, режим повышения частоты.	8-pin PDIP, SOIC
TC1121	от 2.4 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	100	100	Выход 100 мА, MSOP, низкое потребление в режиме отключения.	8-pin MSOP, PDIP, SOIC
TC1142	от 2.5 до 5.5	от -3 В до -5 В	400	20	Регулируемый выход, генератор 200 кГц, внешняя частота 3 кГц ÷ 500 кГц, низкое потребление в режиме отключения.	8-pin MSOP
TC1219	от 2.5 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	115	25	Генератор 12 кГц, низкое потребление в режиме отключения.	6-pin SOT- 23A
TC1220	от 2.5 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	325	25	Генератор 35 кГц, низкое потребление в режиме отключения.	6-pin SOT- 23A
TC1221	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	600	25	Отключение, генератор 125 кГц.	6-pin SOT- 23A
TC1222	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	2,8	25	Отключение, генератор 750 кГц.	6-pin SOT- 23A
TC1225	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	120	5/1		8-pin MSOP
TC1226	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	360	5/1		8-pin MSOP
TC1227	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	1,5	5/1	Генератор 125 кГц.	8-pin MSOP
TC1235	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	120	5/1	Отключение.	10-pin MSOP
TC1236	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	360	5/1	Отключение.	10-pin MSOP
TC1237	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	1,5	5/1	Отключение, генератор 125 кГц.	10-pin MSOP
TC1240	от 2.5 до 4.0	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	900	25	Отключение, генератор 160 кГц.	6-pin SOT- 23A
TC1240A	от 2.5 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	900	25	Отключение, генератор 160 кГц.	6-pin SOT- 23A
TC1682	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	160	10	Отключение	8-pin MSOP
TC1683	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	480	10	Отключение	8-pin MSOP
TC1684	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	1,5	10	Отключение, генератор 125 кГц.	8-pin MSOP
TC2682	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	160	10		8-pin MSOP
TC2683	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	480	10		8-pin MSOP
TC2684	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	1,5	10	Генератор 125 кГц.	8-pin MSOP
TC3682	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	160	10	Отключение.	8-pin MSOP
TC3683	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	480	10	Отключение.	8-pin MSOP
TC3684	от 1.8 до 5.5	$V_{OUT} = 2V_{IN}$	1,5	10	Отключение, генератор 125 кГц.	8-pin MSOP
TC7660	от 1.5 до 10	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	180	20		8-pin PDIP, SOIC
TC7660H	от 1.5 до 10	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	1	20		8-pin PDIP, SOIC
TC7660S	от 1.5 до 12	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	160	20		8-pin PDIP, SOIC
TC7662A	от 3 до 18	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	200	40		8-pin PDIP
TC7662B	от 1.5 до 15	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	180	20	Генератор 35 кГц.	8-pin PDIP, SOIC
TSM680	от 1.5 до 5.5	$V_{OUT} = \pm 2V_{IN}$	1	± 10	Производит ± 6 В от +3 В или ± 10 В от +5 В	8-pin PDIP, SOIC
TSM828	от 1.5 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	90	25	Генератор 12 кГц.	5-pin SOT- 23A
TSM829	от 1.5 до 5.5	$V_{OUT} = -V_{IN}$ или $V_{OUT} = 2V_{IN}$	260	25	Генератор 35 кГц.	5-pin SOT- 23A
TSM850	от 5 до 10	$V_{OUT} = -4.1В$ или регулируемый	2	5	Регулируемый выход, низкий шум, 1 мкА закрытие	8-pin SOIC
TSM851	от 5 до 10	$V_{OUT} = -4.1В$ или регулируемый	2	5	Регулируемый выход, Низкий шум, 1 мкА в режиме отключения.	8-pin SOIC
TSM852	от 5 до 10	$V_{OUT} = -4.1В$ или регулируемый	2	5	Регулируемый выход, Низкий шум, 1 мкА в режиме отключения.	8-pin SOIC
TSM853	от 5 до 10	$V_{OUT} = -4.1В$ или регулируемый	2	5	Регулируемый выход, Низкий шум, 1 мкА в режиме отключения.	8-pin SOIC

Примечание: *Параметры при $V_{DD} = 5.0В$, 25 °С и без нагрузки.

Компоненты для управления питанием – Зарядные устройства

Тип	Режим	Тип элементов	Точность выходного напряжения по температуре (%)	Напряжение питания (В)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Особенности	Корпус
ТС3827	Линейный	Li - ион	± 1	От 4.5 до 5.5	350	Отключение, индикаторы тока заряда и состояния	8-pin MSOP

Компоненты для управления питанием – CPU / системные супервизоры

Тип	Напряжение питания V_{cc} (В)	Номинальное напряжение сброса (В)	Тип сброса	Выход	Минимальная длительность импульса сброса (мС)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Сторожевой таймер	Корпус
TC32M	от 4.5 до 5.5	4.5	Активный низкий	Открытый сток	500	50	X	3-pin SOT - 223, TO - 92
TC1232	от 4.5 до 5.5	4.37, 4.62	Активный низкий/высокий	Открытый сток	250	50	X	8-pin PDIP, SOIC, 16-pin SOIC
TC1270	от 1.2 до 5.5	4.63, 4.38, 3.08, 2.93, 2.63, 1.75	Активный низкий	КМОП	140	7	Нет	4-pin SOT - 143
TC1271	от 1.2 до 5.5	4.63, 4.38, 3.08, 2.93, 2.63, 1.75	Активный высокий	КМОП	140	7	Нет	4-pin SOT - 143
TC1272	от 1.2 до 5.5	4.62, 4.37, 4.12	Активный низкий	КМОП	100	30	Нет	3-pin SOT - 23B
TC1273	от 1.2 до 5.5	4.62, 4.35, 4.13	Активный низкий	Открытый сток	100	30	Нет	3-pin SOT - 23B
TC1274	от 1.8 до 5.5	4.62, 4.35, 4.13	Активный высокий	КМОП	100	30	Нет	3-pin SOT - 23B
TC1275	от 1.2 до 5.5	3.06, 2.88, 2.55	Активный низкий	КМОП	100	28	Нет	3-pin SOT - 23B
TC1276	от 1.2 до 5.5	3.06, 2.88, 2.55	Активный низкий	Открытый сток	100	28	Нет	3-pin SOT - 23B
TC1277	от 1.8 до 5.5	3.06, 2.88, 2.55	Активный высокий	КМОП	100	28	Нет	3-pin SOT - 23B
TC1278	от 1.2 до 5.5	4.625, 4.375, 4.125	Активный высокий	Открытый сток	250	1500	Нет	3-pin SOT - 23B
TC1279	от 1.2 до 5.5	4.625, 4.375, 4.125	Активный низкий	Открытый сток	250	1500	Нет	3-pin SOT - 23B
TSM809	от 1.2 до 5.5	4.63, 4.38, 4.00, 3.08, 2.93, 2.63	Активный низкий	КМОП	140	17	Нет	3-pin SOT - 23B
TSM810	от 1.2 до 5.5	4.63, 4.38, 4.00, 3.08, 2.93, 2.63	Активный высокий	КМОП	140	17	Нет	3-pin SOT - 23B

Компоненты для управления питанием – Супервизоры напряжения

Тип	Напряжение питания V_{cc} (В)	Номинальное напряжение сброса (В)	Тип сброса	Выход	Максимальная длительность импульса сброса (мС)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Особенности	Корпус
TC51	от 0.7 до 10	от 1.6 до 6.0 с шагом 100 мВ	Активный низкий	Открытый сток	50	1	Задержка сброса.	3-pin SOT - 23A
TC52	от 1.5 до 10	от 1.5 до 5.0 с шагом 100 мВ	Активный низкий	Открытый сток	—	2	Два канала.	5-pin SOT - 23A
TC53	от 1.0 до 10	от 1.6 до 6.0 с шагом 100 мВ	Активный низкий	КМОП или открытый сток	—	1		3-pin SOT - 23A 5-pin SOT - 23A
TC54	от 0.7 до 10	от 1.1 до 6.0 с шагом 100 мВ	Активный низкий	КМОП или открытый сток	—	1		3-pin SOT - 23A, SOT - 89

Компоненты для управления питанием – Импульсные стабилизаторы

Тип	Описание	Диапазон входного напряжения (В)	Выходное напряжение (В)	Схема управления (КГц)	Частота преобразования (КГц)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Выходной ток (мА)	Особенности	Корпус
TC105	Понижающий DC/DC преобразователь.	от 2.2 до 10	3.0, 3.3, 5.0	ЧИМ / ШИМ	300	57	1	Низкое потребление в режиме отключения.	5-pin SOT-23A
TC110	Повышающий DC/DC преобразователь.	от 0.9 до 10	3.0, 3.3, 5.0	ЧИМ / ШИМ	100 / 300	50 / 120	300	Мягкий - запуск, низкое потребление в режиме отключения.	5-pin SOT-23A
TC115	Повышающий DC/DC стабилизатор.	от 0.9 до 10	3.0, 3.3, 5.0	ЧИМ / ШИМ	100	80	140	Контроль выходного напряжения, низкое потребление в режиме отключения.	5-pin SOT-89
TC120	Повышающий стабилизатор / комбинационный контроллер.	от 1.8 до 10	3.0, 3.3, 5.0	ЧИМ / ШИМ	300	52	2	Мягкий - запуск, низкое потребление в режиме отключения.	8-pin SOP
TC125	Повышающий DC/DC стабилизатор.	от 0.9 до 10	3.0, 3.3, 5.0	ЧИМ	100	20	80	Режим низкого потребления.	5-pin SOT-23A
TC126	Повышающий DC/DC стабилизатор.	от 0.9 до 10	3.0, 3.3, 5.0	ЧИМ	100	20	80	Контроль выходного напряжения.	5-pin SOT-23A

Линейные компоненты – Компараторы

Тип	Число модулей	Опорное напряжение (В)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Макс. напряжение смещения (мВ)	Рабочее напряжение (В)	Диапазон температур (°С)	Особенности	Корпус
ТС1025	2	—	8	5	От 1.8 до 5.5	От -40 до 85		8-pin PDIP, MSOP, SOIC
ТС1027	4	1.2	18	5	От 1.8 до 5.5	От -40 до 85	Внутреннее опорное напряжение.	16-pin PDIP, QSOP, SOIC
ТС1028	2	1.2	10	5	От 1.8 до 5.5	От -40 до 85	Вход отключения, внутреннее опорное напряжение.	8-pin MSOP
ТС1031	1	1.2	6	5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85	Вход отключения, внутреннее опорное напряжение, программируемый гистерезис.	8-pin MSOP
ТС1037	1	—	4	5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85		5-pin SOT - 23A
ТС1038	1	—	4	5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85	Вход отключения.	6-pin SOT - 23A
ТС1039	1	1.2	6	5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85	Внутреннее опорное напряжение.	6-pin SOT - 23A
ТС1040	2	1.2	10	5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85	Вход отключения, внутренне опорное напряжение.	8-pin MSOP
ТС1041	2	1.2	10	5	От 1.8 до 5.5	от -40 до 85	Внутреннее опорное напряжение, программируемый гистерезис.	8-pin MSOP, SOIC

Примечание: Все компараторы имеют небольшие и равные остаточные напряжения относительно плюса и минуса питания на входе и выходе.

Линейные компоненты - Звуковые усилители

Тип	Число каналов	Диапазон питающего напряжения (В)	Мощность на нагрузке 8 Ом, и КНИ = 1 % (Вт)	Мощность на нагрузке 16 Ом, и КНИ = 1 % (Вт)	Макс. потребляемый ток (мА)	Типовой КНИ (%)	Корпус
ТС4864	1	От 2.7 до 5.5	0.74	0.59	4.1	0.1	8-pin MSOP

Линейные компоненты – АЦП (Закон преобразования сигма - дельта)

Тип	Разрешение (разрядов)	Максимальная скорость преобразования (выборка / с)	Входные каналы	Интерфейс	Диапазон входного напряжения (В)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Типовая интегральная нелинейность (% FSR)	Особенности	Корпус
ТС3400	от 10 до 16*	512	1 диф.	2-проводной	От 1.8 до 5.5	260	0.0038		8-pin PDIP, SOIC
ТС3401	от 10 до 16*	512	2 диф.	2-проводной	От 1.8 до 5.5	300	0.0038	Вход отключения, монитор сброса, компаратор напряжения.	16-pin PDIP, QSOP
ТС3402	от 10 до 16*	512	4 диф.	2-проводной	От 1.8 до 5.5	250	0.0038		16-pin PDIP, QSOP
ТС3403	от 10 до 16*	512	4 несимметричн.	2-проводной	От 1.8 до 5.5	280	0.0038	Монитор сброса, компаратор напряжения.	16-pin PDIP, QSOP
ТС3404	от 10 до 16*	512	2 несимметричн. 2 диф.	2-проводной	От 1.8 до 5.5	280	0.0038	Компаратор напряжения.	16-pin PDIP, QSOP
ТС3405	от 10 до 16*	512	3 несимметричн. 1 диф.	2-проводной	От 1.8 до 5.5	250	0.0038	Вход отключения, монитор сброса.	16-pin PDIP, QSOP

Примечание: Все ТС340X - могут использовать внутреннее опорное напряжение или внешнее и имеют регулируемое разрешение.

Линейные компоненты – ЦАП

Тип	Разрешение (разрядов)	Число модулей	Интерфейс	Опорное напряжение	Время установки выхода (мкс)	Дифференциальная нелинейность (LSB)	Ток потребляемый в резервном режиме (мкА)	Типовой потребляемый ток (мкА)	Корпус
ТС1320	8	1	SMB	Внешнее	10	± 0.8	0.1	350	8-pin MSOP, SOIC
ТС1321	10	1	SMB	Внешнее	10	± 0.2	0.1	350	8-pin MSOP, SOIC
ТС1322	12	1	SMB	Внешнее	10	± 0.4	0.1	350	8-pin MSOP, SOIC

Примечание: На аналоговом выходе напряжение.

Компоненты для управления питанием — Мощные МОП транзисторы

Тип	Конфигурация	Пиковый выходной ток (А)	Выходное сопротивление ($R_{\text{н}}/R_{\text{г}}$) (Max. Ом при 25 °С)	Максимальное напряжение питания (В)	Задержка вход / выход ($t_{\text{д1}}, t_{\text{д2}}^*$) (нС)	Корпус
ТС426	Два, с инверсией.	1.5	15/10	18	50 / 75	8-pin PDIP, SOIC
ТС427	Два, без инверсии.	1.5	15/10	18	50 / 75	8-pin PDIP, SOIC
ТС428	Два, с инверсией и без инверсии.	1.5	15/10	18	50 / 75	8-pin PDIP, SOIC
ТС429	Один, с инверсией.	6	2.5 / 2.5	18	53/60	8-pin PDIP
ТС1410	Один, с инверсией.	0.5	22 / 22	16	30 / 30	8-pin PDIP, SOIC
ТС1410N	Один, без инверсии.	0.5	22 / 22	16	30 / 30	8-pin PDIP, SOIC
ТС1411	Один, с инверсией.	1	11/11	16	30 / 30	8-pin PDIP, SOIC
ТС1411N	Один, без инверсии.	1	11/11	16	30 / 30	8-pin PDIP, SOIC
ТС1412	Один, с инверсией.	2	6/6	16	35 / 35	8-pin PDIP, SOIC
ТС1412N	Один, без инверсии.	2	6/6	16	35 / 35	8-pin PDIP, SOIC
ТС1413	Один, с инверсией.	3	4/4	16	35 / 35	8-pin PDIP, SOIC
ТС1413N	Один, без инверсии.	3	4/4	16	35 / 35	8-pin PDIP, SOIC
ТС1426	Два, с инверсией.	1.2	18 / 18	16	75 / 75	8-pin PDIP, SOIC
ТС1427	Два, без инверсии.	1.2	18 / 18	16	75 / 75	8-pin PDIP, SOIC
ТС1428	Два, с инверсией и без инверсии.	1.2	18 / 18	16	75 / 75	8-pin PDIP, SOIC
ТС4403	Один, без инверсии, открытый выход.	3	5/5	18	33 / 38	8-pin PDIP
ТС4404	Два, с инверсией.	0.5	10/10	18	15 / 32	8-pin PDIP, SOIC
ТС4405	Два, без инверсии.	0.5	10/10	18	15 / 32	8-pin PDIP, SOIC
ТС4420	Один, без инверсии.	6	2.8 / 2.5	18	55 / 55	8-pin PDIP, SOIC, 5-pin K - 220
ТС4421	Один, с инверсией.	9	1.4 (тип.) / 1.7	18	30 / 33	8-pin PDIP, 5-pin TO - 220
ТС4422	Один, без инверсии.	9	1.4 (тип.) / 1.7	18	30 / 33	8-pin PDIP, 5-pin TO - 220
ТС4423	Два, с инверсией.	3	5 / 5	18	33 / 38	8-pin PDIP, 16-pin SOIC (W)
ТС4424	Два, без инверсии.	3	5/5	18	33 / 38	8-pin PDIP, 16-pin SOIC (W)
ТС4425	Два, с инверсией и без инверсии.	3	5/5	18	33 / 38	8-pin PDIP, 16-pin SOIC (W)
ТС4426	Два, с инверсией.	0.5	10/10	18	20 / 40	8-pin PDIP, SOIC
ТС4426A	Два, с инверсией.	0.5	9/9	18	30 / 30	8-pin PDIP, SOIC
ТС4427	Два, без инверсии.	0.5	10/10	18	20 / 40	8-pin PDIP, SOIC
ТС4427A	Два, без инверсии.	0.5	9/9	18	30 / 30	8-pin PDIP, SOIC
ТС4428	Два, с инверсией и без инверсии.	0.5	10/10	18	20 / 40	8-pin PDIP, SOIC
ТС4428A	Два, с инверсией и без инверсии.	0.5	9/9	18	30 / 30	8-pin PDIP, SOIC
ТС4429	Один, с инверсией.	6	2.8 / 2.5	18	55 / 55	8-pin PDIP, SOIC, 5-pin TO - 220
ТС4431	Один, с инверсией.	0.5	10/10	30	62 / 78	8-pin PDIP, SOIC
ТС4432	Один, без инверсии.	0.5	10/10	30	62 / 78	8-pin PDIP, SOIC
ТС4467	Четыре, с инверсией.	1.2	15 / 15	18	40 / 40	14-pin PDIP, 16-pin SOIC (W)
ТС4468	Четыре, без инверсии.	1.2	15 / 15	18	40 / 40	14-pin PDIP, 16-pin SOIC (W)
ТС4469	Четыре, без инверсии.	1.2	15 / 15	18	40 / 40	14-pin PDIP, 16-pin SOIC (W)
ТС4626	Один, с инверсией.	0.5	15/15	6	35 / 45	8-pin PDIP, SOIC (W)
ТС4627	Один, без инверсии.	0.5	15/15	6	35 / 45	8-pin PDIP, SOIC (W)

Примечание: * $t_{\text{д1}}$ — время задержки переключения выхода при изменении уровня на входе от низкого к высокому.
* $t_{\text{д2}}$ — время задержки переключения выхода при изменении уровня на входе от высокого к низкому.

Линейные компоненты — Интегрированные элементы

Тип	Число операционных усилителей	Число компараторов	Типовой потребляемый ток (мкА)	Опорное напряжение (В)	Рабочее напряжение (В)	Диапазон температур (°С)	Особенности	Корпус
ТС1026	1	1	12	1.2	От 1.8 до 5.5	От -40 до 85	Внутреннее опорное напряжение.	8-pin PDIP, MSOP, SOIC
ТС1043	2	2	16	1.2	От 1.8 до 5.5	От -40 до 85	Вход отключения, внутренне опорное напряжение.	16-pin QSOP

Линейные компоненты — АЦП (двойного наклона)								
Тип	Рабочее напряжение (В)	Диапазон входного напряжения (В)	Разрешение (разрядов)	Максимальная скорость преобразования (выборки / с)	Входные каналы	Интерфейс	Особенности	Корпус
TC500	от ± 4.5 до ± 7.5	от $V_{SS} + 1.5 В$ до $V_{DD} - 1.5 В$	До 16	от 4 до 10	1	3 проводной	Дифференциальный вход. диапазон, программируемое разрешение / время преобразования.	16-pin PDIP, SOIC
TC500A	от ± 4.5 до ± 7.5	от $V_{SS} + 1.5 В$ до $V_{DD} - 1.5 В$	До 17	от 4 до 10	1	3 проводной	Дифференциальный вход. диапазон, программируемое разрешение / время преобразования.	16-pin PDIP, SOIC
TC510	от ± 4.5 до ± 5.5	от $V_{SS} + 1.5 В$ до $V_{DD} - 1.5 В$	До 17	от 4 до 10	1	3 проводной	Дифференциальный вход. диапазон, программируемое разрешение / время преобразования, выход отрицательного напряжения.	24-pin PDIP, SOIC
TC514	от ± 4.5 до ± 5.5	от $V_{SS} + 1.5 В$ до $V_{DD} - 1.5 В$	До 17	от 4 до 10	4	3 проводной	Дифференциальный вход. диапазон, программируемое разрешение / время преобразования, выход отрицательного напряжения.	28-pin PDIP, SOIC
TC520A	от ± 4.5 до ± 5.5	—	—	—	—	Последовательный порт	Адаптер последовательного интерфейса для TC500/500A/510/514.	14-pin PDIP, 16-pin SOIC
TC530	от ± 4.5 до ± 5.5	от $V_{SS} + 1.5 В$ до $V_{DD} - 1.5 В$	До 17	от 3 до 10	1	Последовательный порт	Дифференциальный вход. диапазон, программируемое разрешение / время преобразования, выход отрицательного напряжения.	28-pin PDIP, SOIC
TC534	от ± 4.5 до ± 5.5	от $V_{SS} + 1.5 В$ до $V_{DD} - 1.5 В$	До 17	от 3 до 10	4	Последовательный порт	Дифференциальный вход. диапазон, программируемое разрешение / время преобразования, выход отрицательного напряжения.	40-pin PDIP, 44-pin PQFP

Линейные компоненты — АЦП (Двоичным и двоично-десятичным выход)									
Тип	Назначение	Напряжение питания (В)	Диапазон входного напряжения (В)	Разрешение (десятичных разрядов)	Разрешение (счетчика)	Макс. потребляемая мощность (мВт)	Интерфейс	Особенности	Корпус
TC835	АЦП с двоично-десятичным выходом.	± 5	± 1.99	4 1/2	$\pm 20,000$	30	Мультиплексированный двоично-десятичным	Модернизированное TC7135	64-pin PQFP, 44-pin PQFP, 28-pin PDIP
TC850	АЦП с двоичным выходом.	± 5	± 3.5	15 двоичных разрядов	$\pm 32,768$	20	Параллельный 8-разрядов	Самая высокая скорость преобразования (40 выборок / с).	44-pin PLCC, 40-pin PDIP, CDIP
TC7135	АЦП с двоично-десятичным выходом.	± 5	± 4.5	4 1/2	$\pm 20,000$	30	Мультиплексированный двоично-десятичным	Основа для цифрового вольтметра.	28-pin PLCC, PDIP, 64-pin PQFP
TC14433	АЦП с двоично-десятичным выходом.	от ± 4.5 до ± 8	± 3.5	3 1/2	$\pm 2,000$	25	Мультиплексированный двоично-десятичным	Основа для цифрового вольтметра.	24-pin SOIC, PDIP, CDIP, 28-pin PLCC,
TC14433A	АЦП с двоично-десятичным выходом.	от ± 4.5 до ± 8	± 3.5	3 1/2	$\pm 2,000$	25	Мультиплексированный двоично-десятичным	Основа для цифрового вольтметра.	24-pin PDIP, CDIP, 28-pin PLCC,

Линейные компоненты — Преобразователи напряжение / частота и частота / напряжение (V/F и F/V)				
Тип	Частотный диапазон (кГц)	Температурная нестабильность (ppm FS / °C)	Нелинейность (% FS)	Корпус
TC9400	100	± 40	± 0.05	14-pin PDIP, SOIC
TC9401	100	± 40	± 0.02	14-pin PDIP, SOIC
TC9402	100	± 100	± 0.25	14-pin PDIP, SOIC

Компоненты для интерфейса — RS232								
Тип	Передачики	Приемники	Скорость передачи данных (кБит/с)	Напряжение питания (В)	Внутренний преобразователь напряжения	Внешних конденсаторов	Типовой потребляемый ток (мА)	Корпус
TC232	2	2	116	5	Да	4	5	16-pin PDIP, CDIP, SOIC

Линейные компоненты — АЦП (с выходом для индикатора)							
Тип	Типа дисплея	Напряжение питания (В)	Разрешение (десятичных разрядов)	Разрешение (счетчика)	Макс. потребляемая мощность (мВ)	Особенности	Корпус
TC811	LCD	9	3 1/2	± 2,000	0.5	Дифференциальный вход опорного напряжения, функция хранения.	40-pin PDIP, 44-pin PQFP
TC815	LCD	9	3 1/2	± 2,000	10	Трехуровневый выход LCD, функция хранения.	64-pin PQFP
TC818A	LCD	9	3 1/2	± 2,000	10	Трехуровневый выход LCD.	64-pin PQFP
TC820	LCD	9	3 1/2	± 4,000	10	DMM плюс частотомер и логический пробник.	40-pin PDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC826	LCD	9	2.5 % Var	—	20	Хранение, не мультиплексированный выход LCD, 40 сегментов данных плюс ноль.	64-pin PQFP
TC7106	LCD	9	3 1/2	± 2,000	10	Для DMM, DPM, для приложений регистрации данных.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7106A	LCD	9	3 1/2	± 2,000	10	Для DMM, DPM, для приложений регистрации данных.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7107	LED	± 5	3 1/2	± 2,000	10	Для DMM, DPM, для приложений регистрации данных.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7107A	LED	± 5	3 1/2	± 2,000	10	Для DMM, DPM, для приложений регистрации данных.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7116	LCD	9	3 1/2	± 2,000	10	Функция хранения.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7116A	LCD	9	3 1/2	± 2,000	10	Функция хранения.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7117	LED	± 5	3 1/2	± 2,000	10	Функция хранения.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7117A	LED	± 5	3 1/2	± 2,000	10	Функция хранения.	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7126	LCD	9	3 1/2	± 2,000	0.5	Малопотребляющий TC7106	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7126A	LCD	9	3 1/2	± 2,000	0.5	Малопотребляющий TC7106	40-pin PDIP, CDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7129	LCD	9	4 1/2	± 20,000	4.5	Низкая чувствительность к шуму ± 3 мкВ.	40-pin PDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7136	LCD	9	3 1/2	± 2,000	0.5	Малопотребляющий / шум TC7106	40-pin PDIP, 44-pin PLCC, PQFP
TC7136A	LCD	9	3 1/2	± 2,000	0.5	Малопотребляющий / шум TC7106	40-pin PDIP, 44-pin PLCC, PQFP

Системы поддержки разработки.							
	TC642/ 46	TC642/ 8/ 7/ 6/ 9	TC650/ 51	TC652/ 53	TC74	TC3401/ 05	TC3400/ 04/ 03/ 02/ 01/ 05
Устройства управления температурой							
Демонстрационные платы примера контроллера управления вентилятором.	TC642Demo		TC650Demo	TC652Demo			
Комплект для оценки контроллера управления вентилятором.		TC642EV					
Демонстрационная плата датчика температуры с последовательным интерфейсом.					TC74Demo		
Устройства преобразования данных							
Демонстрационная плата семейства АЦП (Сигма - Дельта преобразователей)						TC3400Demo	
Комплект для оценки семейства АЦП (Сигма - Дельта преобразователей)							TC3400EV



MICROCHIP

MCRFXXX — чипы для систем

бесконтактной идентификации фирмы Microchip

Что такое RFID?

Эта технология позволяет осуществлять бесконтактную идентификацию объектов с использованием радиочастоты (RF). Иначе говоря, данные передаются с использованием модуляции электромагнитного поля из транспондера-передатчика (тага, метки) в ридер (систему считывания). Крупным преимуществом такой технологии является то, что не требуется прямой видимости объекта, он может идентифицироваться даже сквозь твердый материал. Влага, пыль, грязь и температурные колебания также не представляют проблем для технологии RFID. Различают пассивные и активные системы RFID. Главное преимущество пассивных систем — таги питаются от наведенного электромагнитного поля ридера и не требуют собственного источника питания. Это значит, что при невысокой цене пользователь получает многофункциональную систему с практически неограниченным сроком работы.

Основные преимущества RFID-технологии:

- не нужен механический контакт или прямая видимость между ридером и тагом;
- метки читаются быстро и точно (приблизаясь к 100%-й идентификации);
- может использоваться даже в агрессивных средах, а метки могут читаться через грязь, краску, пар, воду, пластмассу, древесину;
- пассивные метки имеют фактически неограниченный срок эксплуатации;
- метки несут большое количество информации и могут быть интеллектуальными;
- метки очень сложно подделать;
- метки могут иметь возможность как чтения, так и записи информации.

Состав и классификация RFID-систем

Все таги (метки) для систем RFID могут быть выполнены в разных вариантах: только для чтения, однократно записываемые и многократно перезаписываемые, данные в них могут быть занесены пользователем. Область применения системы определяется ее частотой. RFID-системы делятся на:

1. Низкочастотные (100–500 кГц). Используются там, где допустимо небольшое расстояние между объектом и ридером. Обычное расстояние считывания — около 15–20 см. Большая антенна ридера может в какой-то мере увеличить дальность действия небольшого тага, но излучение высоковольтных линий, электродвигателей, компьютеров, ламп, а так же близко расположенные массивные металлические предметы мешают ее работе. Большинство систем управления доступом, складами и производством, а так же бесконтактные карты используют низкую частоту. Довольно широко распространены, имеют невысокую цену.

2. Среднечастотные (10 – 15 МГц, наиболее распространена частота 13,56 МГц) — обмен данными происходит несколько быстрее, а дальность уверенной работы — больше. Наиболее перспективные на сегодняшний момент. Для построения тагов не требуется медная многовитковая катушка, в ее качестве можно использовать приклеенную на подложку фольгу, печатные проводники на плате и т.д. Это обеспечивает производство очень дешевых тагов.

3. Высокочастотные (850–950 МГц и 2,4–5 ГГц), которые используются там, где требуются большое расстояние и высокая скорость чтения, например, контроль железнодорожных вагонов при движении состава, автомобилей, системы сбора отходов. Ридеры могут устанавливаться на воротах или шлагбаумах, а транспондеры закрепляются на ветровых или боковых стеклах автомобилей. Большая дальность действия делает возможной безопасную установку ридеров вне пределов досягаемости людей. Одним из главных недостатков высокочастотного диапазона является сильное отражение радиоволн, поэтому системы идентификации этой группы в основном устанавливаются на открытой местности. Такие системы значительно сложнее и дороже предыдущих и требуют специальной аппаратуры для считывания.

Как уже упоминалось, различают пассивные и активные системы RFID. Активные таги работают от подключенной

или встроенной батареи, они требуют меньшей мощности считывателя и, как правило, имеют большую дальность чтения. Пассивная метка функционирует без источника питания, получая энергию от сигнала считывателя. Пассивные метки меньше и легче активных, гораздо дешевле, имеют фактически неограниченный срок службы+ и поэтому получили гораздо большее распространение. Из-за этого сам термин «RFID» стал ассоциироваться именно с пассивными системами идентификации. Здесь и далее мы будем рассматривать именно пассивные системы RFID.

Система RFID состоит из двух компонентов — ридера с антенной и тага. Каждый ридер оснащен:

1. Собственной антенной, с ее помощью он посылает запрос тагу и принимает ответный сигнал;

2. Собственным микроконтроллером, способным управлять антенной, принимать данные, передаваемые тагами, а так же декодировать принятую информацию;

3. Интерфейсом, позволяющим обмениваться данными со схемой управления (компьютером, охранной системой и т.д.).

Таг крепится к объекту, подлежащему идентификации, и несет в себе данные, характеризующие объект. Основные компоненты тага — чип, управляющий передачей информации считывателю через антенну. Чип имеет память, которая хранит идентификационный код и/или другие данные. Чип пассивного тага питается от наведенного электромагнитного поля, запасенного собственной антенной. При попадании объекта в поле досягаемости антенны ридера таг начинает передавать данные, хранящиеся в его памяти, обратно в ридер, модулируя электромагнитное поле. Изменение напряженности поля регистрируется антенной ридера как входная последовательность импульсов. Информация, содержащаяся в этой последовательности, расшифровывается микроконтроллером и поступает в систему распознавания. Нет необходимости в контакте или прямой видимости между считывателем и тагом, поскольку радио-

сигнал легко проникает через неметаллические материалы. Таким образом, таги могут быть даже скрыты внутри тех объектов, которые подлежат идентификации.

Где применяются RFID-системы?

RFID-системы применяются в тех случаях, когда требуется оперативный и точный контроль, отслеживание и учет многочисленных перемещений различных объектов. Типичные применения:

- электронный контроль доступа и перемещения персонала на территории предприятия;
- управление производством, товарными и таможенными складами (в особенности крупными), магазинами, выдачей и перемещением товаров и материальных ценностей;
- автоматический сбор данных и при необходимости начисление оплаты на железных дорогах, платных автомобильных дорогах, на грузовых станциях и терминалах;
- контроль, планирование и управление движением, интенсивностью графика и выбором оптимальных маршрутов;
- общественный транспорт — управление движением, оплата проезда и оптимизация пассажиропотоков;
- системы электронных платежей для всех видов транспорта, включая организацию платных дорог, автоматический сбор платы за проезд и транзит, платные автостоянки;
- обеспечение безопасности (в комплексе с другими техническими средствами аудио- и видеоконтроля);
- автомобильные системы сигнализации и иммобилайзеры.

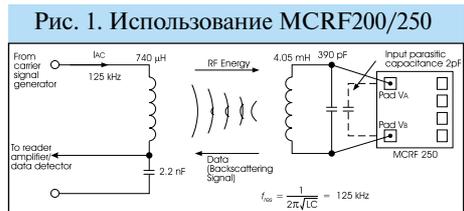
Кристаллы фирмы Microchip серии MCRFXXX для построения RFID-систем

Компания Microchip выпускает широкую гамму чипов для построения низкочастотных (100–150 кГц — MCRF200/202/250) и среднечастотных (13,56 МГц — MCRF355/360/450) систем бесконтактной идентификации. Все кристаллы являются пассивными, то есть работают от энергии поля ридера и имеют память для хранения данных пользователя, причем некоторые позволяют перезаписывать пользовательскую информацию.

MCRF200/250

Оба этих кристалла предназначены для построения систем с резонансной частотой 125 кГц и могут содержать до 128 бит информации пользователя. Эту информацию можно однократно записать в память кристалла двумя способами: контактным на неразрезанной пластине на заводе-изготовителе или бесконтактным непосредственно пользователем. И MCRF200

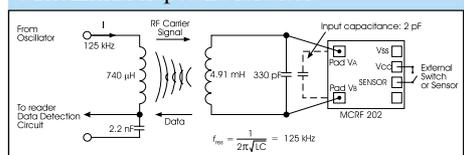
и MCRF250 абсолютно одинаковы по своим параметрам и функциональным возможностям, за исключением одного: кристалл MCRF250 поддерживает режим «Anticollision». Это означает, что в одном и том же поле ридера одновременно может находиться несколько тагов, при этом ридер сможет правильно считать содержимое всех тагов за короткий промежуток времени. Для этого таг самостоятельно определяет, не осуществляет ли какой-либо другой таг модуляцию поля, и если да,



переходит в пассивный режим на определенный промежуток времени.

Для того чтобы получить полноценный таг, к чипу необходимо подключить LC-контур из антенны и конденсатора (рис. 1). С помощью этого контура на чип подается напряжение питания, необходимое для его работы, а также осуществляется модуляция электромагнитного поля ридера и таким образом передается информация, записанная в памяти чипа. Информация о длине посылки, параметрах модуляции, кодирования и скорости передачи данных хранится в специальном конфигурационном слове. Это слово заносится в кри-

Рис. 2. Применение MCRF202 с внешним переселителем.



сталл на заводе-изготовителе по запросу от разработчика и не может быть в дальнейшем изменено.

Оба кристалла имеют режимы передачи 96 или 128 бит информации пользователя, также возможна поддержка 48- и 64- битного протоколов. Варианты модуляции — ASK, FSK, PSK, кодирование — Differential Biphase, Manchester, NRZ. Все кристаллы выпускаются как в различных типах корпусов, так и в бескорпусных вариантах и рассчитаны на работу в промышленном диапазоне температур (–40...+85°C).

MCRF202

Этот чип аналогичен предыдущим, но не имеет режима бесконтактного программирования, поэтому данные пользователя заносятся в него только на заводе-изготовителе. Но зато этот чип имеет уни-

кальную функцию: у него есть специальный вход для подключения сенсора и выходы питания, к которым можно подключить микромощное устройство пользователя (5..10 мкА). Когда на входе «sensor» логическая единица, чип, как обычно, пе-



редает записанную в нем информацию ридеру, когда же на входе логический ноль, то информация передается в инвертированном виде. Таким образом, ридер может распознать и сам таг, и определить, в каком состоянии находится вход «sensor». Примеры подключения показаны на рис. 2, 3.

Основное применение чипа MCRF202 с сенсорным входом — идентификация писем, посылок, и т.д. В качестве сенсора применяется очень тонкий провод. Его внедряют в упаковку объекта таким образом, что при вскрытии этого объекта провод рвется, следовательно, изменяется логический уровень на сенсорном входе. Теперь ридер может не только идентифицировать объект, но и сразу же определить, не вскрылся ли он злоумышленниками.

Кристалл также поддерживает режим «Anticollision» и работает в промышленном диапазоне температур (–40...+85°C).

MCRF355/360

Эти кристаллы-близнецы относятся к среднечастотным и предназначены работать на частоте 13,56 МГц. Имеют абсолютно одинаковые характеристики. Единственное отличие — у MCRF360 конденсатор 100 пФ для построения LC-контура встроен в сам чип, поэтому при создании тагов на его основе необходимо лишь подключить внешнюю антенну. Поскольку эти кристаллы работают на частоте 13,36 МГц, в качестве таковой можно использовать все что угодно, даже приклеенную к бумажной подложке фольгу!



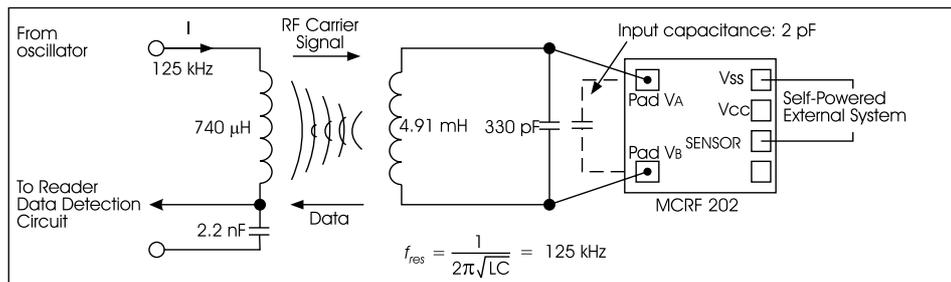


Рис. 3. Применение MCRF с питанием внешней схемы

Необходимо помнить, что среднечастотным тагам необходима катушка с отводом. Замыкая одну половину катушки, таг уходит с резонансной частоты, исчезая из поля зрения ридера и уменьшая потребляемую энергию из электромагнитного поля. Все это позволяет одному и тому же ридеру считывать до 50 тагов, одновременно находящихся в его поле.

Кристаллы содержат 154 бита информации пользователя и программируются только контактным способом, либо на заводе-изготовителе, либо непосредственно пользователем, при этом память допускает многократную перезапись содержащейся в ней информации. Бесконтактная запись невозможна. Для передачи используется Манчестерский код. Рабочий диапазон температур $-20...+50^\circ\text{C}$. Примеры включения показаны на рис. 4.

MCRF450

Эта новейшая разработка от Microchip создана совместно с компаниями Mitsubishi Materials Corporation и Checkpoint Systems Inc с использованием всех последних достижений в полупроводниковых технологиях.

MCRF450 — единственное на сегодняшний день устройство на рынке, предлагающее 32-разрядную усовершенствованную функцию EAS, допускающую защиту и идентификацию для каждого блока памяти индивидуально. Невозможно изготовление дубликатов тагов, так как уникальный 32-разрядный идентификатор не может быть изменен пользователем и программируется только на заводе-изготовителе. MCRF450 имеет следующие уникальные особенности:

- Память большой емкости (1 Кбит) разбита на 32-разрядные блоки, допускающие индивидуальную бесконтактную за-

Рис. 4. Различные варианты включения MCRF355/360

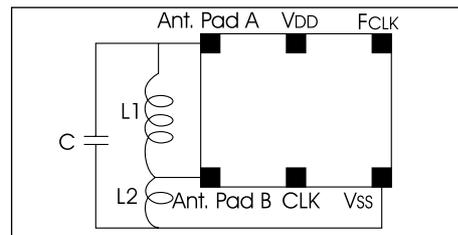
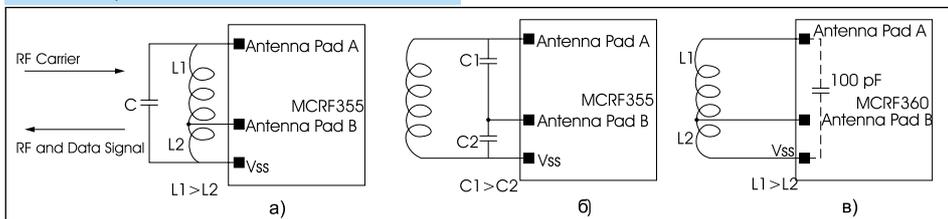


Рис. 5. Пример включения MCRF450

даемого максимального числа тагов в поле ридера и т. д. Все это заносится в память тага и сохраняется до следующего изменения режимов.

Пример включения кристалла MCRF450 показан на рис. 5. Неподключенные выводы служат для контактного программирования на заводе-изготовителе и при работе тага не используются. Рабочий температурный диапазон $-40...+85^\circ\text{C}$.

В семейство MCRF450 входит несколько разновидностей кристаллов, а именно:

- MCRF450 — базовая версия, требует подключения внешнего конденсатора;
- MCRF451 — содержит встроенный конденсатор 100 пФ, следовательно, может быть использована схема включения, аналогичная MCRF360 (см. рис. 4,в);
- MCRF452 — содержит два встроенных конденсатора 50 пФ, таким образом, для создания тага к чипу необходимо подключить только одну катушку, причем без отвода (вариант включения аналогично рис. 4,б, но не нужны внешние конденсаторы);
- MCRF455 — содержит встроенный конденсатор 50 пФ, используется аналогично рис. 4,в.

Комплекты для разработчиков систем на базе RFID

Microchip предлагает в помощь разработчикам несколько комплектов, позволяющих создать системы 125 кГц или 13,56 кГц на базе MCRF кристаллов. Эти комплекты представляют собой законченный инструмент для создания и развития RFID-систем, включают работающие ридеры, программаторы, все необходимое программное обеспечение, схемы, исходные тексты для микроконтроллеров ридеров, комплекты тагов. Также приведены примеры построения таких систем на базе микроконтроллеров серии PICmicro.





Внутрисхемные средства отладки

Microchip

Внутрисхемный универсальный эмулятор MPLAB-ICE 2000

Внутрисхемный эмулятор — программно-аппаратное средство, способное замещать собой эмулируемый (отлаживаемый) микроконтроллер в разрабатываемой схеме. Это наиболее мощное и универсальное отладочное средство, работающее под управлением РС, упрощает подчас очень трудоемкий процесс отладки и делает его удобным и наглядным для разработчика.

MPLAB-ICE 2000 — это внутрисхемный эмулятор, предназначенный для отладки электронных схем, содержащих микроконтроллеры серии PICmicro, имеет превосходные технические характеристики и обеспечивает разработчику максимум удобств для создания надежного программного обеспечения. MPLAB-ICE2000 поддерживает все выпускаемые на данный момент кристаллы PICmicro.

MPLAB-ICE 2000 поддерживает многообразие режимов эмуляции:

- Отладка программы микроконтроллера непосредственно на разрабатываемом устройстве в реальном времени.
- Выполнение программы в реальном времени, режимы «Запуск», «Останов», «Сброс».
- Пошаговая отладка.
- Измерение временных интервалов между событиями.
- Возможность установки программных точек останова на внутренние и/или внешние сигналы.
- Мониторинг внутренних регистров микроконтроллера, используя возможности расширенного отладочного дисплея.
- Программное переключение источника тактовой частоты (внутренний/внешний), а так же программная установка частоты внутреннего источника.
- Просмотр и/или изменение памяти программы, содержимого EEPROM, содержимого регистров калибровочных коэффициентов (например, у PIC12C509).
- Просмотр и/или изменение управляющих регистров, а так же регистров общего назначения.
- Просмотр содержимого стека.
- Задание сложных комплексных точек останова при помощи встроенного редактора, позволяющего задавать различные комбинации событий на внутренних

и внешних шинах микроконтроллера в сочетании с внешними сигналами отлаживаемого устройства.

- Точки останова по времени выполнения программы.
- Краткие технические характеристики MPLAB-ICE 2000:
- Работа под управлением универсальной интегрированной среды разработки MPLAB-IDE.
 - Эмуляция при снижении напряжения питания отлаживаемой схемы вплоть до 2,0 В (!).
 - Поддержка эмуляции на всем диапазоне тактовых частот (до 25–40 МГц) как от внешнего, так и от внутреннего тактового генератора.
 - Возможность программной установки тактовой частоты для внутреннего генератора от 32 кГц до 25–40 МГц.
 - Объем памяти для отладки: 32 К × 128 бит.
 - Поддержка эмуляции всех корпусов PICmicro, включая DIP, SOIC, SSOP и MQFP/TQFP.
 - Подключение к параллельному (LPT) порту РС.
 - Небольшие габаритные размеры и малый вес.
 - Модульный дизайн, позволяющий разработчику приобретать только те блоки эмулятора, которые понадобятся ему для работы, экономя средства.
 - Простота в эксплуатации.

Конструктивно MPLAB-ICE2000 (см. фото) состоит из центрального блока ① (Emulator Pod), соединяющимся с параллельным (LPT) портом компьютера, адаптера питания, модуля эмуляционного кристалла ② (Processor Module) с присоединенным к нему кабелем, эмуляционной головки ③ (Device Adapter) под конкретный тип кристалла, и подключаемый к нему адаптер корпуса ④ (Transition Socket), служащий



для соединения эмулятора непосредственно с отлаживаемым устройством.

По умолчанию подразумевается, что тип корпуса применяемого в отлаживаемом устройстве микроконтроллера — это DIP. Но последнее время практически во всех новых разработках применяют такие корпуса, как SOIC, SSOP и другие, монтируемые на поверхность печатной платы, с большим количеством выводов и малым шагом. Как быть в этом случае? Можно, конечно, предусмотреть на печатной плате разрабатываемого устройства посадочные места под микроконтроллер и для корпуса DIP (специально для отладки), и для штатного корпуса, планируемого для серийного изделия (например, TQFP). Это может оказаться довольно затруднительно, поэтому предлагается оригинальное решение: в том случае, если типом корпуса применяемого микроконтроллера не является DIP, необходимо подключать MPLAB-ICE 2000 к отлаживаемому устройству через адаптер корпуса (Transition Socket). Он специально разработан таким образом, чтобы обеспечить совместимость электрических сигналов между корпусами различных типов и состоит из двух частей: адаптера панели DIP, который соединяется с MPLAB-ICE 2000, и впаиваемой непосредственно в отлаживаемую плату головки того типа корпуса, который используется в устройстве. В данный момент доступны головки SOIC — 8-, 14-, 18-, 20- и 28-Lead; SSOP — 20- и 28-Lead; MQFP/TQFP — 44-, 64- и 80-Lead. Применение такого технического решения позволит разработчику значительно сократить время на разработку печатной платы.

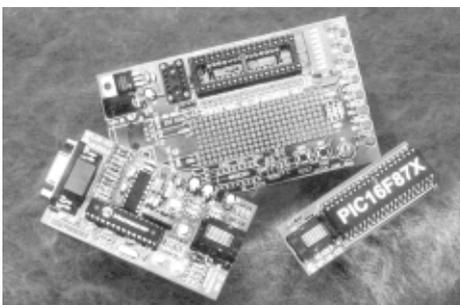
Также на передней панели располагается разъем логического зонда (Logic Probe), с помощью которого можно подключать MPLAB-ICE 2000 к различным точкам отлаживаемой схемы для задания дополнительных внешних точек останова в процессе эмуляции, сюда же могут быть подключены, например, джамперы, «на лету» меняющие режимы отладки устройства.

Внутрисхемный отладчик-эмулятор MPLAB-ICE (DV164001)

Очень удобно отлаживать схему с помощью многофункциональных эмуляторов. К сожалению, из-за довольно высоких цен не каждая фирма может позволить себе

приобрести такое устройство, да это и не всегда бывает нужно, особенно если разработчик только начинает осваивать микроконтроллеры Microchip и разрабатываемое устройство не является слишком сложным для отладки. Кроме того, в микроконтроллерах семейства PIC16F87X предусмотрен аппаратный отладчик, работающий через ICSP-порт.

Для того чтобы воспользоваться встроенными возможностями внутрисхемной отладки, фирма Microchip выпускает недорогое устройство — MPLAB-ICD (In-Circuit Debugger, DV164001). Цена на него — около 175 \$ USD, это даже дешевле, чем на программатор PICSTART Plus. Для разработчика, который только начинает работать с контроллерами Microchip семейства PIC16F87X, приобрести его даже выгоднее, чем PICSTART Plus, ведь тем самым вы получите сразу и программатор для семейства PIC16F87X, и недорогой внутрисхемный отладчик-эмулятор. Внутрисхемный отладчик MPLAB-ICD работает под управлением универсальной интегрированной среды разработки MPLAB, поэтому компиляция и загрузка программы в микроконтроллер происходит очень быстро и удобно.



В комплект поставки входят:

1. Основной модуль MPLAB-ICD module.
2. Эмуляционная головка MPLAB-ICD header с микроконтроллером PIC16F877-20/P.
3. Демонстрационно-макетная плата MPLAB-ICD demo board.

Также в комплект входит компакт-диск с MPLAB последней версии, компакт-диск с подробной технической информацией по продукции Microchip, кабель для подключения к компьютеру через RS-232, а также несколько брошюр с подробным описанием интегрированной программной среды MPLAB, ассемблера PICmicro и самого внутрисхемного отладчика.

Если вы хотите освоить программирование PICmicro или же разработать небольшое устройство, работающее к тому же совместно с персональным компьютером по RS-232, то на демонстрационной плате, входящей в комплект, вы найдете все необходимое. Она представляет собой

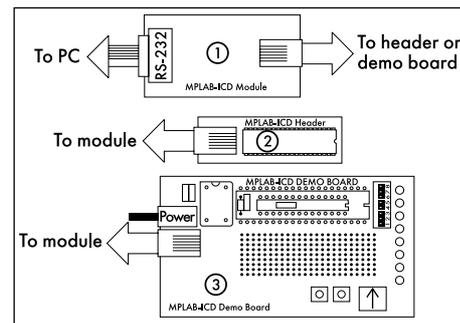
макетную плату, на которой установлены две панельки — для 28-pin (PIC16F870/872/873/876) и для 40-pin (PIC16F871/874/877). Также имеются 8 светодиодов, которые подключены к порту C (можно отключить встроенными выключателями), две управляющие кнопки, подключенные ко входам микроконтроллера; переменный резистор, соединенный со входом интегрированного в кристалл АЦП. Кроме того, на этой плате расположен стабилизатор питающего напряжения +5 В и все необходимые навесные элементы для работы микроконтроллера (цепи питания, сброса, RC-цепь для тактового генератора, а также панелька для установки кварцевого резонатора). На плате также предусмотрено макетное поле 24×9 отверстий с шагом 2,5 мм для монтажа небольшой схемы разработчика, и печатные проводники для установки разъема DB-9 и микросхемы MAX232A с необходимой обвязкой.

Разработчик может использовать отладчик MPLAB-ICD как с демонстрационной платой, так и отдельно. В случае отладки с помощью MPLAB-ICD своего собственного устройства демонстрационная плата не используется, а используемый в этом устройстве микроконтроллер серии PIC16F87X подключается через MPLAB-ICD Header. При этом питание на основной модуль MPLAB-ICD подается с отлаживаемого устройства.

MPLAB-ICD работает под управлением универсальной программной среды MPLAB и обладает следующими возможностями отладки:

- Отладка в режиме реального времени и пошаговая отладка;
- Одна задаваемая точка останова;
- Просмотр и модификация содержимого управляющих регистров, RAM и EEPROM;
- Внутрисхемная отладка;
- Встроенная система программирования отлаживаемого микроконтроллера;
- Работа от источника питания отлаживаемой конструкции в диапазоне от 3,0 до 5,5 В;
- Диапазон эмулируемых частот от 32 кГц до 20 МГц.

Принцип работы отладчика следующий: во время программирования отлаживаемого микроконтроллера в его программную память записывается не только программа пользователя, но и небольшая подпрограмма отладчика, на которую передается управление при включении питания. Эта подпрограмма получает с компьютера управляющие команды; например, выполнить один шаг отлаживаемой программы пользователя или же запустить ее в режиме реального времени, приостановить работу отлаживаемой программы, передать в ком-



пьютер содержимое регистров памяти и т. д. Из-за наличия этой подпрограммы отладки существуют небольшие ограничения в работе в частности нельзя использовать выводы RB6 и RB7 (они служат для подключения к плате отладчика), объем памяти программы пользователя уменьшается на 256 (288) программных слов (команд). Но в этом случае можно отладить программу частями, а затем отключить режим отладки и полностью запрограммировать используемый микроконтроллер, при этом снимаются все налагаемые MPLAB-ICD ограничения. С помощью MPLAB-ICD можно написать программу, отладить ее на демонстрационной плате или же разрабатываемом устройстве, а затем запрограммировать несколько микроконтроллеров для пробной партии изделий.

А как быть в том случае, если планируется применить однократно программируемый кристалл серий PIC16C6X/7X? Все PICmicro, выпускаемые в одинаковых корпусах, pin-to-pin совместимы между собой (например, 40-pin — PIC16C64/67/74/77/874/877, и 28-pin — PIC16C62/63/66/72/73/76/872/873/876). Различаются они объемом памяти и количеством встроенных периферийных устройств. Поэтому рекомендуется поступать следующим образом:

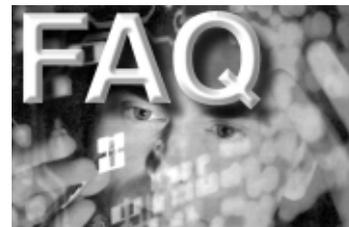
- Выполнять с помощью PIC16F87X и MPLAB-ICD отладку схем с любыми 40- и 28-выводными PICmicro.
- С минимальными изменениями программного обеспечения переводить изделия, разработанные с помощью PIC16F87X, на дешевые OTP-версии кристаллов серий PIC16C6X/7X при переходе к крупносерийному производству.

Очень удобно использовать MPLAB-ICD для обучения студентов, демонстрации возможностей микропроцессорной техники, создания пилот-проектов различных кодеров-декодеров, аппаратных ключей, датчиков, систем сбора и обработки информации и т. д. А объединение в одном недорогом устройстве внутрисхемного отладчика и программатора наверняка понравится тем, кто хочет разобраться в тонкостях программирования микроконтроллеров PICmicro и сэкономить деньги на средствах разработки.



MICROCHIP

Часто задаваемые вопросы



1. В чем отличие новых версий кристаллов PICmicro (с буквами А, В, С) от аналогичных с другой буквой или вообще без буквы?

В связи с переходом на субмикронные технологии уменьшаются размеры кристаллов, повышается процент выхода годных, эффективность производства и, следовательно, снижается цена продукции. Новые версии PICmicro будут постепенно вытеснять предшествующие ценой при сохранении полной pin-to-pin и программной совместимости. Общие рекомендации таковы: для кристаллов, выполненных по субмикронной технологии, уменьшились емкости аналоговых входов. Поэтому, возможно, потребуется соответственно увеличить емкость блокировочных конденсаторов при кварцевом резонаторе с 20 до 50 пФ. Для новых кристаллов, имеющих в своем составе АЦП, желательна минимизация времени преобразования и установка конденсатора 100 пФ и более на каждый аналоговый вход. И последнее: необходимо помнить, что во всех последних версиях кристаллов максимальное рабочее напряжение составляет 5,5 В вместо 6 В. Подробное описание отличий кристаллов при переходе с одной модификации на другую можно найти на сайте www.microchip.com или на компакт-диске в разделе Literature>Migration documents. Этот раздел постоянно обновляется.

2. Можно ли «прошивать» новые версии PICmicro (А, В, С) программатором, поддерживающим только ранние версии кристаллов?

Нет. В новых версиях кристаллов могут различаться регистры конфигурации и параметры программирования. Всегда пользуйтесь самой последней версией матобеспечения программатора.

3. Чем отличаются микроконтроллеры «С» от «LC» («F» от «LF»)?

Напряжениями питания и максимальными тактовыми частотами. Кристаллы с индексом «С» рассчитаны на напряжение 4,5...5,5 В, «LC» — 2,5...5,5 В. Для FLASH-кристаллов: «F» — 4,5...5,5 В, «LF» — 2,0...5,5 В. Эти значения могут отличаться от приведенных здесь, поэтому всегда необходимо сверяться с документацией для

каждого конкретного случая, исходя из необходимой тактовой частоты.

4. Можно ли стереть «бит защиты»?

Нет. Поэтому установка бита защиты в отладочном кристалле JW лишает его возможности быть перепрограммируемым и превращает в однократный. Это не относится к FLASH-кристаллам (буква «F» в названии микросхемы). У них можно стереть бит защиты, но при этом автоматически стирается вся программная память.

5. Каково количество циклов перезаписи для JW/FLASH-кристаллов?

Обычно JW-кристалл выдерживает более 100 циклов стирания/записи. Причиной раннего выхода из строя часто является перегрев кристалла при стирании, завышенное (или имеющее «всплески») напряжение программирования или другие неисправности программатора. К концу срока службы время стирания увеличивается с 20...30 минут до 40 минут и более, но снижается минимальное рабочее напряжение. Испортить микросхему сколь угодно долгой экспозицией под ультрафиолетом невозможно. Электрически стираемые FLASH-кристаллы выдерживают не менее 1000 циклов перезаписи программной памяти и не менее 1 000 000 циклов для EEPROM данных при неограниченных количествах чтений. Для FLASH-кристаллов серии PIC16F73/74/76/77 количество перезаписей программной памяти — около 100.

6. Какие программаторы следует использовать для программирования микроконтроллеров Microchip?

В первую очередь, это программаторы от Microchip для разработчиков — PICSTART Plus (около 200 \$) и для производства — PROMATE II (около 750 \$). Оба они поддерживают все микроконтроллеры Microchip, причем PROMATE II также может программировать микросхемы памяти и кодеры/декодеры KeeLoq. Для них регулярно обновляется программное обеспечение для поддержки появляющихся новых микросхем. Кроме того, существует огромное количество программаторов отечественного и зарубежного производства, работающих с микроконтроллерами PICmicro. Предостережение: все новые микроконтроллеры очень требовательны к режимам

программирования, поэтому использование дешевых программаторов неизвестных фирм может значительно снизить ресурс микросхем и даже привести к выходу их из строя. Для увеличения срока службы микросхем в готовых изделиях рекомендуется использовать программаторы, соответствующие классификации Microchip, как промышленные и обеспечивающие возможность подстройки (изменения) напряжений питания и записи.

7. Каким образом можно быстро написать и отладить программу для PICmicro?

Фирма Microchip предлагает бесплатную программную среду для написания и отладки программ — MPLAB-IDE. В комплект входит программа-оболочка, текстовый редактор, ассемблер-компилятор и программный отладчик. Так же поддерживается подключение компиляторов Си производства Microchip и других фирм, поддерживаются программаторы PICSTART Plus и PROMATE II, отладчик MPLAB-ICD и внутрисхемные эмуляторы. Эту программу можно найти на сайте www.microchip.com или на компакт-диске. Также существуют альтернативные компиляторы отечественных и зарубежных фирм.

Для микроконтроллеров большого объема удобно писать программы на языке Си. Демо-версии доступны бесплатно на сайте www.microchip.com или компакт-диске.

Большую часть (3/4) работы по отладке удается выполнить в программном симуляторе пакета MPLAB. Особое внимание следует уделить правильности слова конфигурации, инициализации регистров и оценке времени выполнения программы на критических участках. Несколько рекомендаций для аппаратной отладки:

- Обратите внимание на качество и температурный диапазон кварцевого резонатора, скорости нарастания напряжения питания и сброса. На начальных стадиях отладки рекомендуется применение супервизора питания. Watchdog-таймер лучше включать в конце отладки.
- Для ускорения отладки рекомендуем вместо JW-кристаллов использовать FLASH-кристаллы, указанные в таблице.

Так же рекомендуем ознакомиться с документом TB033 на сайте или компакт-диске в разделе Application Notes, в котором подробно описано о приемах написания и отладки программ для семейства PIC16CXXX при помощи кристалла PIC16F877

18-pin PICmicro	PIC16F84A, PIC16F628
28-pin PICmicro	PIC16F73, PIC16F76, PIC16F873, PIC16F876
40-pin PICmicro	PIC16F74, PIC16F77, PIC16F874, PIC16F877

- Для отладки семейства PIC17CXXX рекомендуется использовать внешнюю FLASH-программную память. Программа в ней может быть легко обновлена любым программатором либо перезагружена через RS232 самим микроконтроллером. Готовые программные и схемные решения можно найти в разделе Application Notes на www.microchip.com или на компакт-диске.
- Если вы решили использовать JW-кристалл с УФ-стирированием, приобрести следует модель с максимальным объемом программной памяти. Нет необходимости каждый раз стирать кристалл, поскольку реальная программа обычно многократно помещается в его объеме. Дописывайте новые версии программы в старшие адреса, до заполнения ПЗУ. Команды перехода к новой версии записываются друг за другом, начиная с адреса сброса. Предыдущие команды замещаются командой NOP. Таким образом, вы сможете ускорить работу, стирая JW лишь изредка.
- Очень удобно проводить внутрисхемную отладку с помощью 28/40-pin кристаллов семейства PIC16F87X и недорогого внутрисхемного отладчика-эмулятора MPLAB-ICD (около 175 \$). Его описание приведено в этом каталоге.
- Для быстрой отладки на любых частотах и при любых питающих напряжениях

удобно использовать многофункциональный внутрисхемный эмулятор MPLAB-ICE2000.

8. Где можно найти документацию на русском языке?

Всю информацию по PIC-контроллерам можно найти на английском языке на сайте www.microchip.com или компакт-диске. Там же есть:

- Описание системы команд и примеры программирования PIC16XX;
- Описание их внутренней структуры;
- Номенклатура и назначение разных типов PIC-контроллеров;
- Примеры устройств и простых программ для них

В фирме «Гамма Санкт-Петербург», у ее представителей или в книжных магазинах можно приобрести книгу «Микроконтроллеры PIC16C7X» Ульриха В. А. (устройство, работа, программирование, система команд, использование) на русском языке. Также несколько книг на русском языке выпустило издательство «Додека», спрашивайте в магазинах.

В интернете рекомендуем русскоязычные сайты www.gamma.spb.ru и www.microchip.com.ru.

9. Не могу найти на компакт-диске за 2000 год pdf-файл с описанием на 24LC65. Аналогично и с некоторыми моделями микроконтроллеров. В чем дело?

Действительно, на компакт-дисках 2000 года очень много ошибок такого рода: на диске pdf-файл содержится, а из html-оболочки ссылок на него нет. Воспользовавшись стандартными средствами Windows для поиска файлов, вы найдете на компакт-диске не только интересные вас файлы, но и много другой интересной информации.

10. Я слышал, что Microchip предоставляет разработчиком образцы своих изделий. Как их можно заказать?

Для того чтобы получить образцы, Вы должны сделать заказ, в котором ОБЯЗАТЕЛЬНО следует указать:

1. Название фирмы, адрес, телефон, E-mail, ФИО контактного лица.
2. Название проекта и краткое его описание (в нескольких предложениях).
3. Какой кристалл необходим, его точная маркировка с учетом типа корпуса, рабочих частот и напряжений.
4. Потенциальное количество в год (месяц).
5. Планируемые сроки начала производства.
6. Планируемые сроки начала разработки и дата, к которой нужны образцы.
7. Для кристаллов радиочастотной идентификации MCRFXXX необходимо указать.

• Есть ли у вас оборудование для того, чтобы разрезать пластину и разварить кристаллы.

• Что планируется делать с кристаллами (куда устанавливать, упаковывать, есть ли для этого оборудование).

• Как вы планируете записывать информацию на кристалл? (Если вы хотите, чтобы вам запрограммировали эти кристаллы, то следует прислать файл с данными для прошивки, а для этого нужно внимательно ознакомиться с документацией на этот кристалл. Второй способ — вам необходимо приобрести у нас соответствующее оборудование.)

По всем вопросам обращайтесь в центр технической поддержки Microchip по телефону: (095) 718-8405 или e-mail: ems@trt.ru.

AVR	Количество выводов	Функциональный аналог	Комментарии
ATtiny11	8	PIC12C508/509, PIC12CE518/519	Так же PIC12C671/672, PIC12CE673/674
ATtiny12	8	PIC12C508/509, PIC12CE518/519	Так же PIC12C671/672, PIC12CE673/674
ATtiny22	8	PIC12C508/509, PIC12CE518/519	Так же PIC12C671/672, PIC12CE673/674
AT90S1200	20	PIC16C620/621/622, PIC16F627/628	
AT90S2313	20	PIC16C620/621/622, PIC16F627/628	
AT90S2323	8	PIC12C508/509, PIC12CE518/519	Так же PIC12C671/672, PIC12CE673/674
AT90S2343	8	PIC12C508/509, PIC12CE518/519	Так же PIC12C671/672, PIC12CE673/674
AT90S2333	28	PIC16C73/76, PIC16F73/76, PIC16F870/873/876	
AT90S4433	28	PIC16C73/76, PIC16F73/76, PIC16F870/873/876	
AT90S4414	40	PIC16C65/74, PIC16F74/77, PIC16F874/877	
AT90S4434	40	PIC16C74/77, PIC16F74/77, PIC16F874/877	
AT90S8515	40	PIC16C65/74, PIC16F74/77, PIC16F874/877	
AT90S8535	40	PIC16C74/77, PIC16F74/77, PIC16F874/877	
ATmega161	40	PIC16F877, PIC18C452/458, PIC18F452/458	
ATmega103	64	PIC16F877, PIC18C658, PIC18F658, или PIC18C601 с внешней памятью	

Примечания.

- Для напряжений 4,0...5,5 В используйте кристаллы с буквой «С» или «F», например PIC16F874.
- Для напряжений 2,5...5,5 В используйте кристаллы с буквами «LC», например PIC16LC65B.
- Для напряжений 2,0...5,5 В используйте кристаллы с буквами «LF», например PIC16LF876.
- С вопросами по замене AVR на Microchip обращайтесь в центр технической поддержки Microchip, (095) 718-84-05, ems@trt.ru.



Аналоговые компоненты



Аналого-цифровые преобразователи (двойного интегрирования)

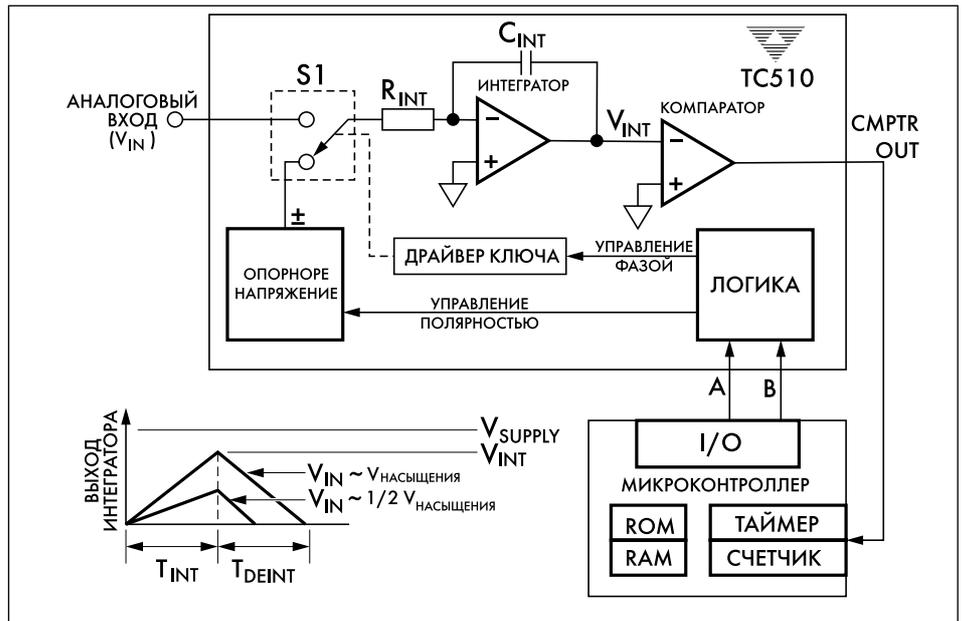
Фирма Microchip представляет ряд дешевых, маломощных аналого-цифровых преобразователей (АЦП), использующих закон преобразования двойного наклона.

ТС500/500А/510/514 — семейство компонентов, представляющих собой аналоговую часть точных АЦП двойного наклона, имеющих максимальное разрешение 17 разрядов плюс знак. Каждый элемент содержит интегратор, компаратор и логику интерфейса процессора. **ТС500** является базовым элементом. Его максимальная точность 16 разрядов. Питание должно осуществляться от двухполярного источника напряжения. **ТС500А** идентичен **ТС500**, но имеет большую линейность, обеспечивающую максимальное разрешение 17 разрядов. **ТС510** имеет встроенный преобразователь отрицательного напряжения и может работать от однополярного источника питания. **ТС514** имеет встроенный преобразователь отрицательного напряжения и аналоговый мультиплексор для 4 входных дифференциальных каналов.

Все элементы имеют одинаковый интерфейс управления процессора, состоящий из 3 проводов: входы А и В управления фазами преобразования и выход компаратора перехода через нуль (СМРТР). Процессор формирует на линиях А и В (рис. 24) последовательность состояний, соответствующую четырем фазам преобразования **ТС5XX**: автообнуление, интегрирование, деинтегрирование и обнуление интегратора.

В течение фазы автообнуления напряжения смещения в **ТС5XX** восстанавливаются механизмом обратной связи по замкнутой петле.

В течение фазы интегрирования входное напряжение подключено к интегратору. При этом на выходе интегратора формируется величина dv/dt , пропорциональная входному напряжению. Чем выше входное напряжение, тем больше величина напряжения, запасенного в течение этой фазы на интеграторе.



В начале фазы деинтегрирования к интегратору подключается внешнее опорное напряжение, и одновременно внешний микроконтроллер запускает свой таймер. Когда на выходе СМРТР происходит изменение уровня, то микроконтроллер останавливает таймер. Значение, зафиксированное в таймере, и является результатом преобразования аналоговых данных.

В течение фазы обнуления интегратора (заключительная фаза преобразования) удаляется остаточное напряжение, и интегратор подготавливается к следующему преобразованию.

ТС500/500А/510/514 обеспечивают высокое разрешение (до 17 разрядов), превосходное подавление шумов 50 Гц/60 Гц, низкое потребление, низкие входные токи смещения и меньшую стоимость по сравнению с другими технологиями преобразователя, имеющими подобные скорости преобразования.

ТС520А — адаптер последовательного интерфейса, обеспечивающий логику управления для АЦП двойного интегрирования семейства микросхем **ТС500/500А/510**. Он формирует для **ТС500** фазы управления преобразованием по линиям А, В и СМРТР, таким образом уменьшает нагрузку процессора и сложность программного обеспечения (рис. 25). Связь

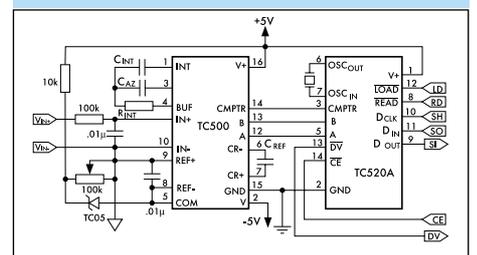
Рис. 24. Структура АЦП двойного наклона

с **ТС520А** осуществляется через 3-проводный последовательный порт.

Запуск преобразования осуществляется установкой низкого уровня на входе СЕ. Результат преобразования хранится в 18-разрядном регистре (17-разрядное значение плюс знак) до тех пор, пока не будут считаны процессором или не закончится следующее преобразование. Передача преобразованных данных может осуществляться из **ТС520А** в любое время. После завершения преобразования устанавливается активный уровень на выходе DV и данные пересылаются в 18-разрядный регистр. Этот сигнал может использоваться процессором для чтения готовых данных.

Синхронизация **ТС520А** может осуществляться от внешнего источника частоты до 6 МГц или от собственного внешнего

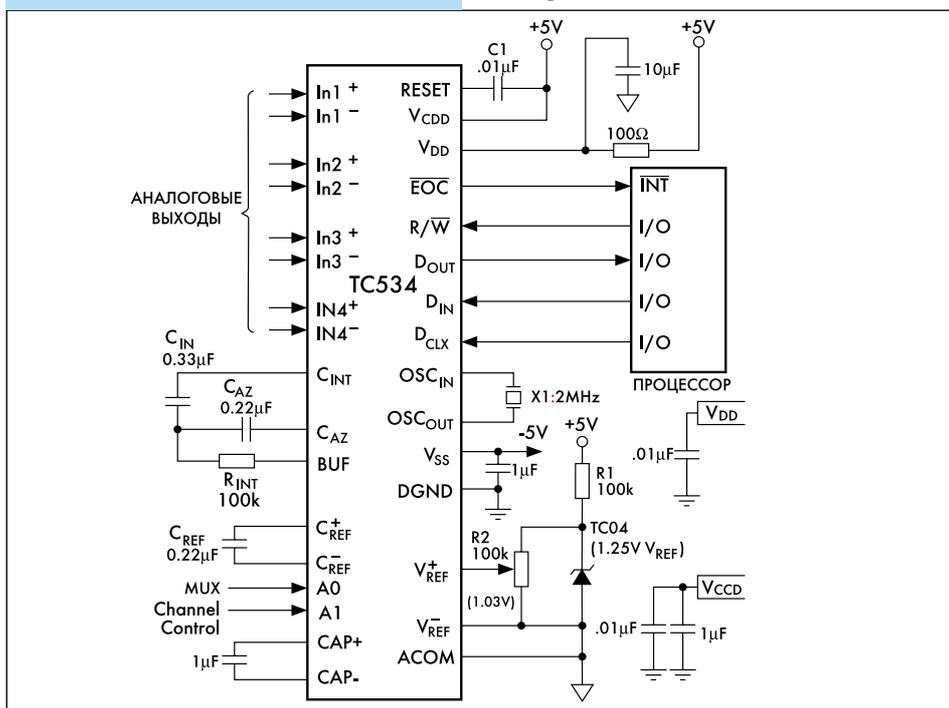
Рис. 25. Схема включения **ТС520А**



кварцевого резонатора. Для питания ему требуется однополярный источник напряжением 5 В, потребляемая мощность не превышает 7,5 мВт.

ТС530/534 — высокоточные АЦП двойного интегрирования с последовательным интерфейсом. ТС530 состоит из АЦП двойного наклона, источника отрицательного напряжения и 3 проводного последовательного порта. ТС534 идентичен ТС530, но дополнительно имеет аналоговый мультиплексор для 4 входных дифференциальных каналов (рис. 26).

Рис. 26. Схема включения ТС534



Запуск преобразования данных осуществляется, когда на входе RESET устанавливается низкий уровень. После окончания преобразования данные загружаются в выходной регистр и на выходе EOC устанавливается активный уровень, указывая готовность новых данных. Результат преобразования хранится в 18-разрядном регистре (17-разрядное значение плюс знак) до тех пор, пока не будут считаны процессором или не закончится следующее преобразование, что позволяет читать их в любое время.

Синхронизация ТС530/534 может осуществляться от внешнего источника частоты до 2 МГц или от собственного внешнего кварцевого резонатора. Для питания ТС530/534 требуется однополярный источник напряжением 5 В и элементы для внутреннего источника — 5 В, выходной ток которого 10 мА. Этот выход может использоваться для питания отрицательным напряжением других элементов системы.

Цифроаналоговые преобразователи

ТС1320/ТС1321/ТС1322 — цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), которые предназначены для работы от однополярного источника напряжением 2,7...5,5 В. ТС1320 обеспечивает преобразование 8-разрядного двоичного кода в выходное напряжение, ТС1321 — 10-разрядного и ТС1322 — 12-разрядного.

Начальная установка ЦАП при включении питания осуществляется внутренним формирователем, что обеспечивает однозначное состояние элемента перед началом работы.

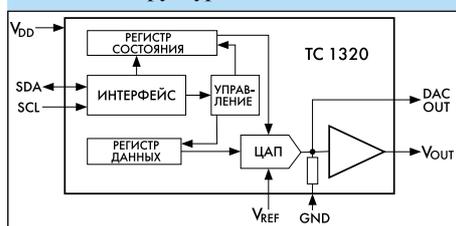
ЦАП состоит (рис. 27) из регистра данных (DATA), регистра состояния (CONF) и выходного усилителя тока. ЦАП используют внешний источник опорного напряжения, уровень которого определяет максимальное выходное напряжение.

Преобразование ЦАП основано на формировании тока, пропорционального значению двоичного кода, записанного в регистр данных, при помощи матрицы согласованных источников тока, которая выполнена на прецизионных резисторах. Выходное напряжение ЦАП равняется

$$V_{OUT} = V_{REF} (DATA / 2^N)$$

где N — разрядность ЦАП.

Рис. 27. Структурная схема ТС1320



Вход опорного напряжения V_{REF} имеет высокое полное сопротивление, входную емкость 10 пФ и потребление по входу менее 1 мкА. Напряжения внешнего источника может быть в диапазоне от 0 до ($V_{DD} - 1,2$ В).

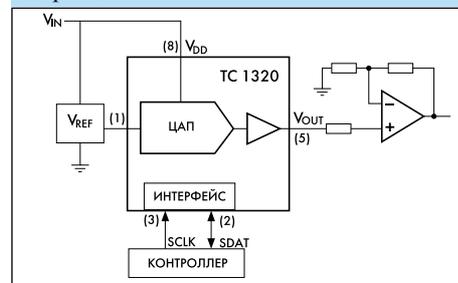
ЦАП имеет выходной усилитель с единичным коэффициентом усиления, типовая скорость нарастания которого 0,8 В/мкс. Максимальное изменение напряжения во всем диапазоне осуществляется за 10 мкс при нагрузке 1 кОм и емкости 100 пФ.

Передача данных в ЦАП осуществляется через 2-проводной последовательный интерфейс, совместимый с SMBus/I²C, функционирующий в режиме ведомого.

Этот же интерфейс позволяет управлять режимом ЦАП. Бит «SHDN» в регистре состояния позволяет установить режим малого потребления (ток потребления — 0,5 мкА). В этом режиме ЦАП отключается, но последовательный интерфейс продолжает функционировать.

Небольшие размеры (8-контактный корпус SOIC), малое потребление и низкая стоимость позволяют применять ЦАП в различных системах, например: программируемые источники напряжения (рис. 28), программно управляемые усилители и аттенюаторы и т. д.

Рис. 28. Программируемый источник напряжения



Преобразователи напряжение/частота и частота/напряжение

ТС9400/ТС9401/ТС9402 дешевые преобразователи напряжение-частота (V/F), выполненные на основе микромощных КМОП-элементов. Преобразователи обеспечивают преобразование входного аналогового напряжения в последовательность импульсов, частота которых линейно — пропорциональна входному напряжению (рис. 29).

Эти элементы также могут использоваться как высокоточные преобразователи частота — напряжение (F/V), принимающие на входе частотный сигнал любой формы, и обеспечивающие линейно-пропорциональное напряжение на выходе (рис. 30).

Питание преобразователей может осуществляться от однополярного источника

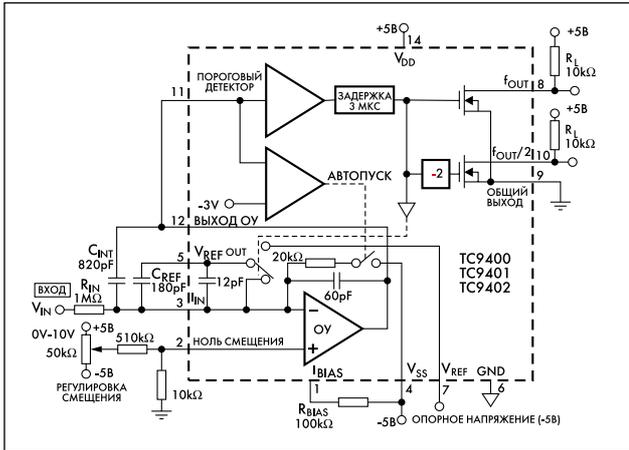


Рис. 29. Преобразователь напряжение/частота 10 Гц ÷ 10 кГц

напряжения 8...15 В или двухполярного ± 4...± 7,5 В, потребляемая мощность 27 мВт.

Максимальная частота преобразований 100 кГц.

Законченный V/F- или F/V-преобразователь требует дополнительно два конденсатора, три резистора и опорное напряжение.

V/F преобразователь работает на основе балансировки зарядов. Входное напряжение (Vin) преобразуется в ток (Iin) входным резистором, а ток в заряд на интегрирующем конденсаторе и проявляется как линейно уменьшающееся напряжение на выходе операционного усилителя. Пороговый детектор устанавливает низкий уровень на выходе, который позволяет опорному напряжению поступать на опорный конденсатор, пока он не зарядится полно-

стью. При этом заряд на интегрирующем конденсаторе уменьшается на фиксированное значение ($q = C_{REF} * V_{REF}$), изменяя выходной сигнал операционного усилителя.

После этого C_{REF} закорачивается для того, чтобы рассеять запасенный заряд для следующего цикла. Таким образом разряд интегрирующего входного конденсатора сбалансирован с фиксированным зарядом от опорного напряжения.

Если входное напряжение увеличивается, то число опорных импульсов, требуемых для поддержания уровня равновесия, также увеличится, соответственно изменяя выходную частоту. Каждое приращение заряда линейно увеличивает частоту. Точность ширины выходных импульсов не влияет на линейность V/F преобразования, так как импульсы должны быть достаточно длинными для полной передачи заряда.

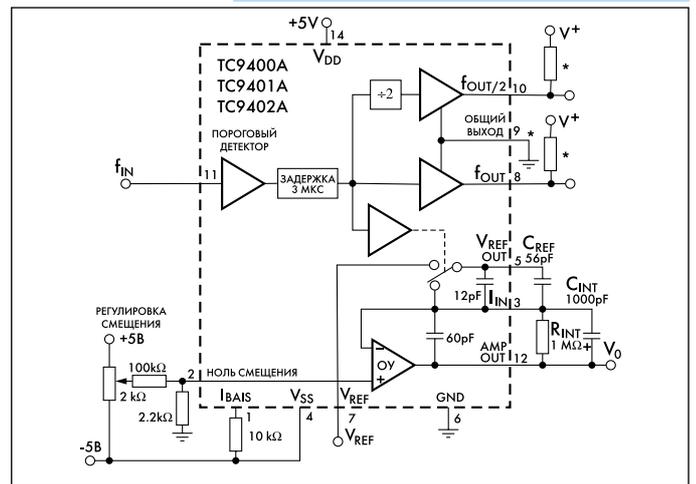
Короткие выходные импульсы (выход f_{req}) преобразуются на делителе и на выход $f_{req}/2$ поступает симметричный сигнал скважности 2.

F/V преобразователь формирует на выходе напряжение линейно-пропорциональное частоте входного сигнала.

Каждое срабатывание входного порогового детектора запасает точное количество заряда ($q = C_{REF} * V_{REF}$), которое накапливается на операционном усилителе. Этот заряд, в свою очередь, течет через резистор обратной связи и формирует импульсы напряжения на выходе операционного усилителя. Конденсатор (C_{INT}), параллельный резистору R_{INT} , сглаживает эти импульсы, среднее значение которых и является напряжением линейно-пропорциональным входной частоте.

Величина пульсаций на выходе V_{out} обратнопропорциональна емкости C_{INT} , которая может быть увеличена до 100 мкФ, что приемлемо для низких частот.

Рис. 30. Преобразователь частота/напряжение 10кГц



Новые транспондеры KeeLoq HCS473 от Microchip

- Отличительные особенности
- Сочетание транспондера и кодера на одном кристалле позволяет использовать HCS473 в активном и пассивном режимах;
- Одновременная работа с 3 антеннами обеспечивает уверенные прием и передачу в пассивном режиме независимо от ориентации в пространстве;
- Два 64-битных секретных ключа для организации доступа одним брелком к двум независимым объектам одновременно.

Новые микросхема универсального кодера — транспондера HCS473 построена на основе патентованной технологии «прыгающего» кода KeeLoq® и удачно дополняет существующие микросхемы HCS410/412. Этот новый кристалл объединяет в себе сложный пассивный двунаправленный транспондер, способный одновременно работать с тремя антеннами

(чувствительность входов 20мVp-p), с усовершенствованным активным однонаправленным кодером.

Использование комбинированной антенны, работающей одновременно в трех плоскостях, обеспечивает уверенный обмен данными в пассивном режиме независимо от ориентации устройства в пространстве, что очень удобно для построения систем доступа с пассивными ключами.

Микросхема имеет два программируемых 64-битных ключа, что позволяет управлять одним чипом двумя совершенно разными независимыми системами, используя при этом 16- или 32-битный протокол обмена (полный цикл идентификации — около 50 мс). Встроенная система «anticollision» гарантирует надежную работу системы в случае, если в поле считывателя одновременно находятся несколько транспондеров. Микросхема уверенно работает при повышенном уровне помех.

В режиме однонаправленного кодера-передатчика (так же имеется два незави-

симых 64-битных ключа) HCS473 опрашивает состояние до 4 кнопок, что позволяет передавать до 15 различных кодов команд. Другими интересными особенностями являются: наличие встроенного EEPROM, индикатор разряда батареи, выбираемая скорость обмена данными, PWM или манчестерская модуляция, встроенный калиброванный RC-генератор и схема управления индикаторным светодиодом.

Микросхема HCS 473 выпускается в 14-выводных корпусах DIP и SOIC.





MICROSNIP

Автомобильный стандарт LIN

и микроконтроллеры

для его реализации

Введение

Передача данных — популярная тема для производителей электронной техники. Межконтинентальные корпоративные сети, Интернет, спутниковая телефония... Огромное количество информации, дорогое оборудование, высокая скорость передачи данных... А как быть, если нужно построить небольшую приборную локальную сеть с низкой скоростью передачи данных и предельно низкой ценой, обеспечить при этом системе гибкость и простоту? Наш рассказ пойдет как раз о таких системах. Существенная доля рынка таких устройств — автомобильная электроника. Электроприводы зеркал, электролюк, климат-контроль, АБС, навигационная система, электронное управление впрыском топлива — ... Совсем недавно таких приборов просто не существовало. Теперь в этом списке значится не один десяток устройств. А для того чтобы скоординировать работу различных автомобильных подсистем, сделать автомобиль более комфортным — для этого необходимо обеспечить возможность обмена данными между различными электронными приборами в автомобиле.

Электроника все больше и больше входит в нашу повседневную жизнь. Там,

где раньше было немислимо дорого применить хотя бы транзистор, сейчас применяются микроконтроллеры.

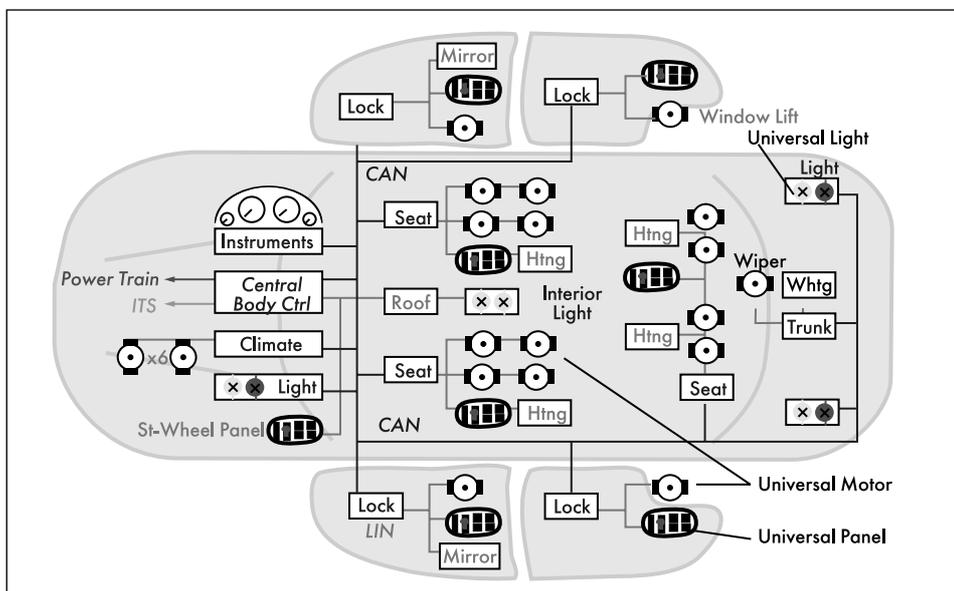
Протоколы CAN и LIN: особенности и различия

В современном автомобиле электроника выполняет бесчисленное множество функций. Все их можно условно разделить на две части: первое — это обеспечение надежного функционирования основных узлов автомобиля (например, электронное управление двигателем) и обеспечение безопасности (АБС, подушки безопасности и т. д.). Ко второй половине можно отнести различные электронные системы управления, служащие для обеспечения комфорта пассажиров и даже для их развлечения. В первом случае нужен высоконадежный, достаточно скоростной канал связи, во втором — простой и дешевый. Кроме того, оба эти протокола должны быть стандартными, что упростит производителям различной автомобильной электроники делать унифицированные модули, пригодные для использования в различных автомобилях разных производителей. В качестве первого де-факто выступает скоростной промышленный высоконадежный протокол CAN. Он спроектирован таким образом, чтобы обеспе-

чить надежную передачу данных от одного узла другому при любых обстоятельствах. В качестве второго до недавнего времени никаких стандартов не было, и каждый производитель был вынужден придумывать свои собственные системы. И вот совсем недавно в таком качестве утвержден стандарт LIN.

Технические требования протокола LIN (Local Interconnection Network) разработаны консорциумом европейских автопроизводителей и других известных компаний, включая Audi AG, BMW AG, Daimler Chrysler AG, Motorola Inc., Volcano Communications Technologies AB, Volkswagen AG, и VolvoCar Corporation. Протокол LIN предназначен для создания дешевых локальных сетей для обмена данными на коротких расстояниях. Служит для передачи входных воздействий, состояний переключателей на панелях управления и т. д., а также ответных действий различных устройств, соединенных в одну систему через LIN, происходящих в так называемом «человеческом» временном диапазоне (порядка сотен миллисекунд). Основные задачи, возлагаемые на LIN консорциумом европейских автомобильных производителей, — объединение различных автомобильных подсистем и узлов (таких как дверные замки, стеклоочистители, стеклоподъемники, управление магнитолой и климат-контролем, электролюк и т. д.) в единую электронную систему.

LIN-протокол утвержден Европейским Автомобильным Консорциумом как дешевое дополнение к сверхнадежному протоколу CAN. На рисунке видно, что LIN и CAN дополняют друг друга и позволяют объединить все электронные автомобильные приборы в единую многофункциональную бортовую сеть. Причем область применения CAN — участки, где требуется сверхнадежность, скорость, область же применения — LIN-объединение дешевых узлов, работающих с малыми скоростями передачи информации на коротких дистанциях, сохраняя при этом универсальность, многофункциональность, а также простоту разработки и отладки. Стан-



дарт LIN включает технические требования на протокол передачи, а также на среду передачи данных. Как последовательный протокол связи LIN эффективно поддерживает управление электронными узлами в автомобильных системах с шиной класса «А» (двухнаправленный полудуплексный), что подразумевает наличие в системе одного главного (Master) и нескольких подчиненных (slave) узлов.

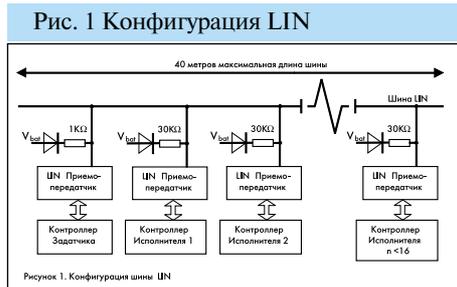
LIN – характеристики и организация

Протокол LIN поддерживает двухнаправленную передачу данных по одному проводу длиной до 40 метров, используя недорогой микроконтроллер с генератором на RC-цепочке, без использования кварцевого резонатора. Основная идеология — как можно больше задач переложить на программное обеспечение с целью уменьшения стоимости конструкции. Контроллеры автоматически проводят самосинхронизацию при каждой посылке данных.

В основу LIN положена концепция «single-master/multi-slave», дешевое исполнение, основанное на обычных последовательных интерфейсах UART/SCI, как программная, так и аппаратная возможность реализации, самосинхронизирующаяся система, работающая от RC-генератора и не требующая кварцевого резонатора для Slave- устройств, гарантированное время ожидания для передаваемого сигнала. Дешевое однопроводное исполнение и скорость до 20 кбит/сек. Возможен перевод шины в режим микропотребления «SLEEP», когда шина выключается с целью уменьшения потребляемого тока, но любой узел на шине при необходимости может включить ее вновь. Основное отличие протокола LIN от шины CAN заключается в том, что концепция LIN — это система связи с очень низкой стоимостью за счет снижения эффективности. Технические требования линейного приемопередатчика удовлетворяют стандартам ISO 9141.

Структура шины представляет собой нечто среднее между I²C™ и RS-232. Шина подтягивается вверх к источнику питания через резистор в каждом узле и вниз через открытый коллекторный переход приемопередатчика, как в I²C™. Но вместо стробирующей линии, каждый передаваемый байт обрамляется стартовым и стоповым битами и передается асинхронно, как в RS-232.

На рис. 1 показана типовая конфигурация шины LIN. Для обмена данными используется один сигнальный провод, в каждом узле подтянутый к источнику питания через резистор. В качестве вы-



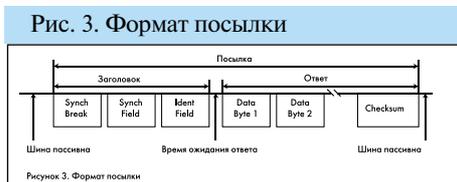
ходного каскада используется транзистор с открытым коллектором. Активным состоянием является низкий уровень на шине данных, в это состояние ее может перевести любой узел, пошлав в шину низкий уровень. В пассивном состоянии на шине напряжение питания Vbat (9...18 В), означая, что все узлы на шине в неактивном состоянии. Рабочее напряжение питания находится в пределах 9...18 В, но все узлы должны выдерживать перегрузки и сохранять работоспособность при увеличении напряжения на шине вплоть до 40 В. Обычно микроконтроллер в каждом узле подключен к шине через приемопередатчик, который и обеспечивает защиту от перегрузок. Это позволяет использовать обычный микроконтроллер с напряжением питания 5 В, в то время как сама шина работает на больших напряжениях.

Шина в каждом узле подтягивается к напряжению питания (Vbat). Для устройства-здатчика (master) значение терминального резистора составляет 1 кОм, для устройств-исполнителей (slave) — 20...47 кОм. Максимальная длина шины составляет 40 метров.

Каждый передаваемый байт обрамлен стартовым и стоповым битами, как показано на рис. 2. Передача начинается с младшего бита. Стартовый бит равен нулю, а стоповый — пассивному состоянию шины (единице).

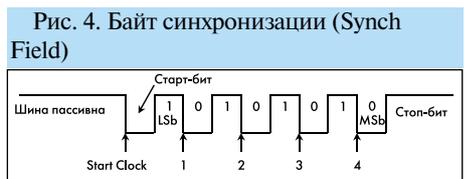


Все управление шиной осуществляет задатчик (master). Он посылает в шину запрос с адресом интересующего его исполнителя, а затем осуществляет с ним обмен данными. Исполнители (slave) лишь передают или принимают данные по запросу задатчика. Передача сообще-



ния (рис. 3) начинается задатчиком с посылки сигнала «Synch Break», которое представляет собой 13 последовательно идущих нулей и сообщает всем исполнителям, что начался цикл обмена; затем идет поле синхронизации (Synch Field) и поле идентификации (Ident Field). Поле синхронизации передается задатчиком в начале каждого сообщения, и все исполнители должны принять это сообщение и подстроить частоту своего собственного приемопередатчика. Второй байт каждой посылки — поле идентификации (адреса), в котором сообщается, с каким исполнителем начинается обмен данными в этой посылке и сколько байт будет содержаться в ответе исполнителя. Только этот исполнитель имеет право передать данные задатчику. Но как только этот ответ появляется на шине, любой другой исполнитель также может принять эти данные. Таким образом, для того чтобы передать данные от одного исполнителя другому, совершенно необязательно пересылать их непосредственно через задатчика.

Протокол LIN подразумевает использование RC-цепочки в качестве задающего генератора микроконтроллеров исполнителей. Поэтому каждое сообщение содержит поле синхронизации и каждый исполнитель обязан подстроить по этому полю частоту своего приемопередатчика. Для того, чтобы определить время передачи одного бита, необходимо засечь время четырех периодов стартовой посылки, разделить на 8 и округлить (рис. 4).



В идентификационном поле сообщается информация о том, что же, собственно, последует дальше. Поле идентификации (рис. 5) разделено на три части: четыре бита (0–3) содержат адрес исполнителя, с которым будет производиться обмен информацией, два бита (4–5) указывают количество передаваемых байт и последние два бита (6–7) используются для контроля четности. Четыре бита адреса могут выбирать одного из 16-ти исполнителей, каждый исполнитель может отвечать 2-мя, 4-мя, или 8-ю байтами, таким образом получаем 64 типа различных сообщений на шине. Спецификация LIN не устанавливает каких-либо жестких рамок на передаваемую информацию (за исключением команды «Sleep»), оставляя свобо-

Рис. 5. Поле идентификации

P1	P0	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0
P0: Бит четности ID0 ⊕ ID1 ⊕ ID2 ⊕ ID4		ID5	ID4	Date Bytes			
P1: Бит четности ID1 ⊕ ID3 ⊕ ID4 ⊕ ID5		0	0	2			
ID0-3: Адрес устройства		0	1	2			
ID4-5: Длина послыки		1	0	4			
		1	1	8			

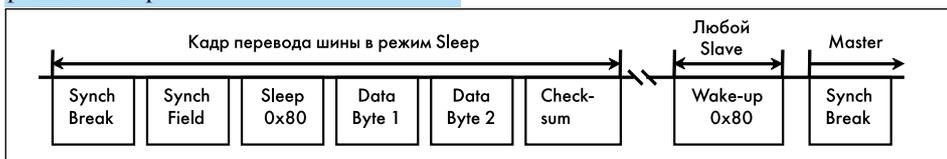
ду творчества для программистов.

Задатчик может послать команду всем исполнителям перейти в микропассивный режим («Sleep»), выставив в поле идентификации байт 0x80 (рис. 6). Исполнители, приняв его, освобождают шину и переходят в «спящий» режим с выходом из него по изменению состояния на шине. Любой исполнитель может активизировать шину, передав байт 0x80. После этого все узлы ожидают дальнейших опросов задатчика в обычном режиме.

Программная реализация

Протокол LIN можно организовать программно на любом микроконтроллере, выпускаемом фирмой Microchip (рис. 7). Очень удобно для этих целей применять малогабаритные и дешевые PICC508 и PIC16C505. Практически все реализуется программно, необходимо лишь соединить микроконтроллер с шиной через приемопередатчик на дискретных элементах. На сайте компании www.microchip.com находится пример такой конструкции и приведен исходный текст программы микроконтроллера (Application Note AN729).

Рис. 6. Включение и выключение режима «Sleep»



Аппаратная реализация

Для удобства проектирования встроенных систем управления для автомобильных применений, Microchip представила семейство из двух микроконтроллеров PIC16C432 и PIC16C433 с аппаратно-встроенным приемопередатчиком автомобильного протокола обмена данными LIN (Local Interconnection Network). Эти микроконтроллеры содержат на кристалле аппаратный приемопередатчик, и его не придется создавать на отдельных элементах. При этом снижается себестоимость и экономится место на печатной плате изделия. Специально спроектированные для автомобильных применений, эти микроконтроллеры имеют небольшой корпус, и призваны объединить различные автомобильные



подсистемы и модули в единую, надежную и многофункциональную бортовую систему автомобиля.

При классической архитектуре PIC16C432/433 имеет 2 Кx14 бит слов однократно-программируемой программной памяти, 128 байт оперативной памяти данных. Имея на одном кристалле микроконтроллер и приемопередатчик LIN в корпусе с 18 и 20 выводами, можно до предела сократить количество внешних навесных деталей, повысив при этом надежность устройства в целом. А наличие четырехканальных 8-битных АЦП позволяет обрабатывать аналоговые сигналы.

Другими встроенными модулями являются 8-разрядный счетчик/таймер реаль-

контроллеров поддерживают внутрисхемное программирование (ICSP™), power-on reset (POR), power-up timer (PWRT), oscillator start-up timer (OST), режим пониженного энергопотребления SLEEP, возможность выбора типа задающего генератора, сторожевой таймер (WDT) с отдельным RC-генератором для повышения надежности, PIC16C432 так же имеет функцию brown-out reset (BOR).

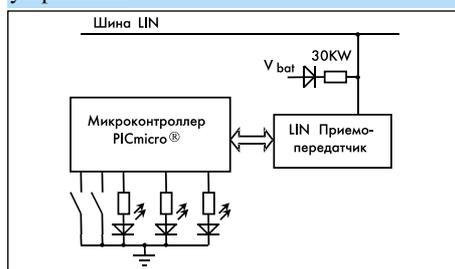
Средства разработки и отладки

Компания Microchip также предлагает полный программно-аппаратный комплект для разработки систем на базе микроконтроллеров и протокола LIN, призванный уменьшить время, необходимое для разработки, повысить интенсивность труда и таким образом снизить затраты на разработку в целом и сократить время выхода готового изделия на рынок. Все программное обеспечение создается при помощи бесплатной среды MPLAB™, доступной на сайте компании. Так же предлагается стартовый комплект, в который входит демонстрационная плата с узлами-исполнителями и устройство-здатчик, которое может обмениваться данными с исполнителями и выдавать принимаемую информацию через последовательный порт RS-232 на персональный компьютер. Состоит из девяти различных плат, соединяющихся с двумя отдельными панелями. В комплект входят:

- 1 плата управления;
- 1 плата Master устройства LIN Bus;
- 3 привода устройств LIN Bus;
- 2 макетные платы для устройств LIN Bus;
- 1 привод управления креслом;
- 1 плата декодера системы доступа.

В комплект так же входит все необходимое программное обеспечение, в том числе исходные тексты программ для устройств Master/Slave на ассемблере.

Рис. 7. Пример реализации Slave-устройства



PIC18CXX8 — новое высокопроизводительное семейство микроконтроллеров от Microchip со встроенным 10 разрядным АЦП и аппаратным CAN-контроллером

Обзор семейства PIC18CXX8

Для организации быстрого обмена данными в условиях промышленных помех все большую популярность приобретает высоконадежный протокол обмена данными CAN. Microchip уже давно выпускает автономный CAN-контроллер MCP2510, подключаемый к основному системному микроконтроллеру при помощи SPI-интерфейса. В дополнение к нему в продажу поступило высокопроизводительное семейство микроконтроллеров PIC18CXX8, содержащее в одном кристалле мощное высокопроизводительное ядро PIC18 и CAN-контроллер. Такое решение позволяет при помощи всего одной микросхемы строить производительные модули, работающие в единой информационной сети CAN.

Все входящие в это семейство микроконтроллеры содержат высокопроизводительное ядро PIC18, работающее на тактовых частотах до 40 МГц, 32 Кбайт (16К×16 слов) программной памяти, 1536 байт памяти данных, 10-разрядное АЦП, один 8-разрядный и три 16-разрядных таймера, 2 модуля ШИМ, встроенные интерфейсы USART, SPI, I²C, возможность внутрисхемного программирования по трем проводам (ICSP), встроенный аппаратный контроллер CAN, два независимых аналоговых компаратора с внутренним/внешним источником опорного напряжения:

- **PIC18C258** — 28 выводов, 23 порта ввода/вывода, 5 каналов 10-разрядного АЦП;
- **PIC18C458** — 40 (44) выводов, 34 порта ввода/вывода, 8 каналов 10-разрядного АЦП;
- **PIC18C658** — 64 (68) выводов, 52 порта ввода/вывода, 12 каналов 10-разрядного АЦП;
- **PIC18C858** — 80 (84) выводов, 68 портов ввода/вывода, 16 каналов 10-разрядного АЦП;
- **PIC18C958** — 100 выводов, 84 порта ввода/вывода, 16 каналов 10-разрядного АЦП.

Все микросхемы этого семейства также планируется выпускать и в исполнении с FLASH-программной памятью. Безусловно, «рабочими лошадками» этого семейства являются кристаллы PIC18C658 и PIC18C858. Именно в этих микроконтроллерах наиболее оптимально сочетается производительность ядра, многообразие

встроенных периферийных модулей и количество портов ввода/вывода. Так же следует отметить PIC18C258 — это самый маленький в мире микроконтроллер со встроенным модулем CAN.

Особенности семейства PIC18CXX8

Значительное повышение эффективности работы на языке высокого уровня. Повышение эффективности Си-кода стало возможно благодаря линейному адресному пространству памяти программ, трем указателям с пятью режимами индексации, линейному пространству памяти данных, удобству хранения глобальных переменных, программно-доступному стеку, наличию 18 условий ветвления. Пиковая производительность составила 10MIPS@10МГц, а все изменения, внесенные в ядро, сделали работу с PIC18CXX8 еще более удобной, без потери возможности пользоваться наработанным программным обеспечением и конструктивными решениями, так как сохранилась преемственность не только по коду, но и по выводам микроконтроллера с семействами PIC16 и PIC17.

Рассмотрим важнейшие отличия модифицированных узлов ядра PIC18 по сравнению с микроконтроллерами серий PIC16XXX и PIC17XXX.

Генератор тактовых импульсов

Новым устройством узла тактового генератора является схема PLL, умножающая частоту кварцевого резонатора на 4. Устройство PLL может быть выбрано только при установке режима работы тактового генератора «HS». При использовании кварцевого резонатора на 10 МГц внутренняя частота достигнет 40 МГц. Эту интересную функцию удобно использовать для уменьшения электромагнитного излучения при сохранении высокой скорости выполнения программы.

Для приборов с батарейным питанием важна способность PIC18CXX8 переключать системную тактовую частоту с основного тактового генератора на альтернативный низкочастотный. Обычно в качестве низкочастотного генератора выбирают таймер реального времени T1 на 32,768 кГц. Системная частота переключается битом «S» в регистре управления тактовым генератором OSCCON. Только восемь тактов требуется для завершения процесса переключения. Специальная внутренняя схема уст-

раняет все проблемы, связанные с переключением источников тактовой частоты.

Модуль аналоговых компараторов с источником опорного напряжения

Семейство PIC18CXX8 — одно из немногих PICmicro, в котором одновременно кроме 10-разрядного АЦП также содержатся два независимых аналоговых компаратора, аналогичных встроенным в семейство PIC16X62X.

Порты ввода/вывода

В каждый порт ввода/вывода добавлен регистр защелки. Это позволило избежать неопределенностей при операциях типа «Read-Modify-Write». В этом случае данные при чтении берутся из регистра защелки, туда же записывается и результат. Выходной сигнал поступает из регистра защелки через буферный усилитель на вывод микроконтроллера. Состояние вывода может быть прочитано командой чтения, хотя уровень выходного сигнала на выводе реально зависит от величины нагрузки.

Watchdog таймер (WDT)

Полностью отделен от таймера T0. Режим работы задается при программирова-



нии битом WDTE. При WDTE=0 watchdog таймер можно включать и выключать под управлением программы с помощью бита SWDTE в регистре WDTCON. Включение WDT полезно для уменьшения энергопотребления в режиме SLEEP. При выходе из режима SLEEP WDT можно опять включить.

Таймеры

Полностью устранены неудобства работы с 16-разрядными значениями. Достаточно настроить режим работы таймера на запись/чтение 16-разрядного значения. Тогда чтение младшего байта таймера автоматически сохранит значение старшего байта в аппаратном буфере. Чтение с использованием аппаратного буфера позволяет не заботиться о возможном переполнении младшего байта и потере информа-

ции в момент чтения. Содержимое буфера можно прочитать следующей командой программы.

Запись нового значения в таймер также начинается с записи данных в буферный регистр. Это значение автоматически переписывается в старший байт таймера при записи нового значения в младший байт. Таймер T0 имеет полный 16-разрядный режим, но с целью совместимости оставлен и обычный 8-разрядный.

Регистр статуса STATUS.

В регистре STATUS появились два новых бита: N — отрицательный результат операции и OV — переполнение (показывает изменение состояния седьмого бита значения при выполнении арифметических операций). Расширение условий ветвления дает дополнительную гибкость программирования и позволяет писать более эффективный код.

Система прерывания

Система прерываний имеет приоритетную векторную структуру. Вектор 000008h соответствует прерыванию с высоким приоритетом, 000018h — с низким приоритетом и, как обычно, 000000h — RESET. Каждому источнику прерывания соответствуют три бита (разрешение, флаг и бит назначения высокого или низкого приоритета). Для прерывания низкого уровня необходимо сохранять содержимое регистров WREG, STATUS, BSR, так как теневой стек должен использоваться только для прерывания высокого уровня.

Стек

Стек расширен до 31-ячейки и содержит 5-битный указатель. Во время выполнения команды CALL указатель стека STKPTR увеличивается на единицу и ячейка стековой памяти, на которую указывает STKPTR, заполняется адресом возврата из счетчика команд PC. При выполнении команды RETURN содержимое стека записывается в PC, и значение указателя уменьшается. Специальные биты статуса устанавливаются, если указатель стека выходит за пределы 0–31. Также добавлены команды непосредственной работы со стеком PUSH и POP. В случаях если стек полон или стек исчерпан, возможен сброс процессора.

Очень полезной и интересной особенностью архитектуры PIC18CXXX является наличие теневого «быстрого» одноуровневого стека. Теневой стек используется программой прерывания высокого уровня для одномоментного запоминания содержимого регистров STATUS, WREG, BSR. Если прерывания не используются, то теневой стек можно использовать для сохранения STATUS, WREG, BSR при вызове подпрограммы.



Аппаратный умножитель

Встроен аппаратный умножитель, с его помощью можно перемножить два 8-разрядных числа за одну команду программы.

Память

Память программ адресуется с помощью 21-разрядного счетчика команд. Младший бит счетчика команд всегда равняется «0» в связи с тем, что команды имеют только четные адреса. Наличие 21-разрядного адреса в коде команды позволяет обращаться к любой ячейке памяти непосредственно без переключения страниц. Область памяти выше 200000h отведена под идентификационные номера, регистры калибровки и конфигурации. При выполнении программы можно прочитать содержимое программной памяти, используя команду TBLRD. Идентификационные регистры памяти доступны для чтения даже при установленном бите защиты.

Память данных организована как массив 8-разрядных регистров, каждый из которых имеет 12-разрядный адрес. Все адресное пространство 4096 байт разделено на 16 банков памяти объемом по 256 байт. Номер адресуемого банка содержится в четырех младших битах регистра выбора банка (BSR).

Чтобы гарантировать быстрый доступ к наиболее часто используемым данным и к регистрам специальных функций без использования BSR, применено оригинальное и интересное решение под условным названием «банк ускоренного доступа» (Access Bank). В этот банк включены 128 младших регистра GPR и 128 старших SFR. Специальный «бит доступа» (a=0) в коде команды показывает, что старшие разряды адреса игнорируются и обращение идет к банку ускоренного доступа, а содержимое BSR игнорируется. Глобальные переменные помещаются именно в банк ускоренного доступа, в так называемую область «AccessRAM», таким образом повышается производительность работы компиляторов Си.

Промышленный стандарт передачи сообщений CAN 2.0B

Промышленный стандарт передачи сообщений CAN 2.0B нашел наиболее широкое применение в автомобильной про-

мышленности в качестве стандарта передачи информации между электронными узлами автомобиля. Стандарт позволяет соединять устройства различных производителей без необходимости их перенастройки при добавлении или исключении устройства в сети.

Основное отличие от существовавших стандартов заключается в том, что передаваемый кадр сообщения не содержит адрес приемника устройства — назначения, а содержит идентификатор данных пакета. Один и тот же пакет может быть одновременно прочитан и использован многими устройствами. Пример — данные о напряжении аккумуляторной батареи, поступающие в CAN-шину от датчика-измерителя могут быть прочитаны и использованы всеми устройствами, которым нужна эта информация. Приемник только настраивает внутренний фильтр сообщений на соответствующий идентификатор.

Алгоритм работы CAN-интерфейса сертифицирован в виде стандарта 2,0 В, что позволяет изготавливать CAN-контроллеры для реализации всех функций интерфейса на аппаратном уровне. Такой аппаратный CAN-контроллер полностью разгружает ядро микропроцессора от выполнения рутинных функций и позволяет обмениваться целыми информационными пакетами с другими узлами сети. Основные ресурсы микропроцессора в этом случае могут быть направлены на обработку поступающей информации. Правильная настройка фильтров и масок CAN-контроллера отфильтрует все не нужные кадры без использования вычислительных ресурсов основного микроконтроллера.

Характеристики встроенного CAN-контроллера

- Полностью поддерживает стандарт CAN2.0B и обеспечивает программируемую скорость передачи до 1Мбит/с.
- 0–8 байт данных.
- Стандартный и расширенный кадр данных.
- Два буфера приема.
- Шесть полноформатных фильтров приема.
- Две полноформатные маски.
- Три буфера передатчика с системой приоритетов.
- Режим внутреннего тестирования с входом на выход.

Идеология создания встроенного модуля контроллера CAN — обеспечить максимальную преемственность с MCP2510. Все разработки, построенные на базе MCP2510 и PICmicro, удобно переводятся на PIC18CXXX8. Кроме того, управление CAN-модулем теперь осуществляется напрямую при помощи встроенных служебных регистров, входящих в адресное пространство микроконтроллера.



MICROCHIP

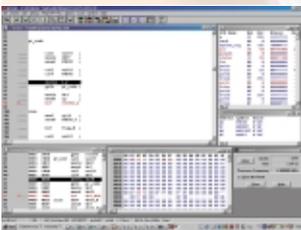
Краткий обзор

отладочных средств

Microchip

MPLAB-IDE (Integrated Development Environment) — интегрированная среда разработки

Интегрированная среда разработки под Windows 3.X—9X, NT. Работает на всех компьютерах, включая 386, однако для повышения скорости трассировки рекомендуется Pentium и 32 Мб ОЗУ. Распространяется бесплатно и регулярно обновляется на www.microchip.com, а также производится на компакт-дисках Microchip. Состав пакета включает:



такими как PICSTART Plus, PROMATE II, MPLAB-ICD, MPLAB-ICE2000.

- MPLAB Project Manager (менеджер проектов) — управляет многофайловой вложенной структурой проекта с различными типами файлов (Си и Ассемблер) и подключением дополнительных трансляторов. Поддерживает интерфейс с другими программами пакета и всеми внешними аппаратными отладчиками и программаторами, такими как PICSTART Plus, PROMATE II, MPLAB-ICD, MPLAB-ICE2000.
- MPLAB-SIM (Software Simulator) — мощный экранный отладчик с непрерывным и пошаговым выполнением программы. Неограниченное количество точек останова, счетчик циклов, контроль состояния регистров и стека, синхронный или асинхронный ввод внешних воздействий, поддержка функций периферийных устройств. Позволяет измерять время выполнения программы.
- MPASM (Universal Macro Assembler) — полнофункциональный макроассемблер с возможностью создавать перемещаемые объектные модули.
- MPLINK (Linker) — компоновщик объектных модулей, созданных в Си и Ассемблере.
- MPLIB (Librarian) — редактор библиотек объектных модулей.
- MPLAB Editor — удобный встроенный текстовый редактор.
- HELP — развернутый поиск по каждой из программ пакета.

MPLAB-C17, C18

Компиляторы языка Си для микроконтроллеров PICmicro старших семейств PIC17CXXX и PIC18XXX. Подключаются и работают под управлением универсальной интегрированной среды MPLAB-IDE. Широкие функциональные возможности и развитая математическая библиотека ускоряют создание пользовательских программ и упрощают их отладку. Демо-версии этих языков (ограничение времени работы — один месяц) можно найти на сайте www.microchip.com. Там же находятся инструкции по их установке, а также руководство пользователя. Версии языка постоянно обновляются.

Компиляторы Си фирмы HI-TECH

Эта фирма давно сотрудничает с фирмой Microchip и занимается созданием компиляторов Си. С помощью этих компиляторов можно написать и отладить программу для любого микроконтроллера PICmicro. Компиляторы можно подключить к интегрированной среде MPLAB, или использовать собственную оболочку. Демо-версии всегда доступны на сайтах www.htsoft.com и www.microchip.com, а также на CD-ROM. Новинками от HI-TECH являются языки PICC-18 ANSI C Compiler, мощный язык программирования для семейства PIC18XXX, а так же абсолютно бесплатный PICC Lite Compiler, с помощью которого можно написать программу любой сложности для микроконтроллеров семейства PIC16F84.

MPLAB-ICD (In-Circuit Debugger)

Простейший внутрисхемный эмулятор-отладчик, базирующийся на специальном встроенном в семейство PIC16F87X протоколе отладки ICD. Поддерживает режимы: старт, стоп, пошаговое выполнение программы, 1 точка останова, а также программирование Flash-памяти семейства PIC16F87X. Работает на тактовых частотах от 32 КГц до 20 МГц. Очень удобное управление отладчиком осуществляется из программной среды MPLAB, связь с компьютером по RS232. Поддерживает 28- и 40-pin микроконтроллеры. Комплект поставки включает переходной интерфейсный модуль для связи с компьютером, эмуляционную головку с PIC16F877 и демонстрационную плату, а так же всю необходимую документацию и программное обеспечение.

MPLAB-ICE2000

Эмулятор нового поколения, не имеющий физических ограничений в работе с реальными устройствами, в том числе отладка при любых напряжениях питания во всем диапазоне тактовых частот. Связь с компьютером осуществляется через параллельный порт LPT. Работает под управлением интегрированной среды MPLAB, огромное количество сервисных возможностей. В состав эмулятора входит базовый модуль с подставкой, руководство пользователя, CD-ROM и документация, кабель для соединения с параллельным портом компьютера, источник питания, процессорный модуль, эмулирующий работу реального процессора с кабелем (заказывается отдельно), щупы логического зонда, адаптер для подключения к отлаживаемому устройству (заказывается отдельно), переходники под конкретный тип корпуса (нужен только в том случае, если планируется применять тип корпуса, отличный от DIP, заказывается отдельно).



Система построена по модульному принципу: к основному блоку подключаются модули эмуляционных процессоров для эмуляции работы различных семейств PICmicro. Эта концепция позволяет пользователю приобретать дополнительные платы для новых групп кристаллов по мере необходимости, экономя средства.

PICSTART Plus

Удобный набор начинающего разработчика PICmicro. Комплект включает в себя блок питания, программатор для всех моделей PICmicro контроллеров, кабель для подключения к RS232 персонального компьютера, справочную литературу, CD-ROM Microchip, образец PIC16F84. Имеет колодку ZIF-40, позволяющую программировать корпуса от DIP-8 до DIP-40. Остальные типы корпусов требуют переходников. Обновленные версии программного обеспечения PICSTART+ для новых PICmicro всегда доступны на www.microchip.com. Кроме того, начиная с 2000 года в комплект также входит PICC™ — компилятор Си фирмы HI-TECH для микроконтроллеров PIC16F84.



PROMATE II

Профессиональный программатор для любых PICmicro, последовательных EEPROM и микросхем кодеров/декодеров Keeloq. Может работать как под управлением MPLAB, так и автономно при помощи интерактивного меню на встроенном ЖКИ и собственной клавиатуры. Поддерживает проверку программы при любом напряжении питания контроллера, что особенно важно для надежной работы выпускаемых изделий при пониженном напряжении питания. Каждый тип корпуса требует своей переходной колодки. Существует переходник для внутрисхемного программирования микроконтроллеров в готовом устройстве пользователя (интерфейс ICSP). Незаменим для серийного программирования в заводских условиях.

Программатор Keeloq

Промышленный программатор для серийного производства охранных систем на кристаллах семейства HCSXXX. Комплект поставки включает:

- Программатор в формате платы ISA-bus PC.
- Считыватель SmartCard.
- Интерфейс считывателя SmartCard.
- Чистые SmartCard.
- Соединительные кабели.
- Пробники программатора.
- Специальное программное обеспечение.
- Руководство пользователя.



В процессе производства в приемники и передатчики HCSXXX записываются режимы работы, серийный номер и код пользователя, необходимые для прогнозирования прыгающего кода. Эта информация должна содержаться в тайне, поэтому она записывается разработчиком на SmartCard и хранится не доступной конечному производителю.

Keeloq Evaluation Kit

Набор незаменим для быстрого освоения семейства HCS. Включенные в комплект узлы позволяют проверить в работе все многообразные режимы работы Keeloq, просмотреть на экране персонального компьютера реальные потоки кодированных данных, создать простейшую систему контроля доступа с двумя радиобрелоками или запрограммировать свой вариант разработанной системы со связью по ИК или однопроводному каналу. Набор содержит:

- Демонстрационную плату декодера.
- Программатор Keeloq.
- Два идентичных передатчика с литиевыми батареями, клавиатурой и кодерами.
- Программное обеспечение.
- Специальную литературу, примеры построения схем приемников/передатчиков, лицензионное соглашение на использование алгоритма прыгающего кода и CD-ROM Microchip.
- Источник питания.
- Соединительные кабели.
- Микросхемы кодеров, декодеров и образцы PIC-контроллеров, запрограммированных в качестве программного декодера.



Keeloq HCS410/412 Transponder Evaluation Kit

Этот набор идентичен по своим возможностям Keeloq Evaluation Kit, но в качестве «ключа» используются микросхемы кодеров HCS410/HCS412, способные работать как в обычном, так и в бесконтактном транспондерном режиме с прыгающим кодом. В последнем случае источником энергии питания



транспондера является электромагнитное поле приемника. Двухнаправленный обмен данными и программирование осуществляются по радиоканалу на частоте 125 кГц.

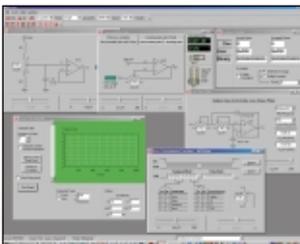
Набор разработчика для построения систем с CAN-интерфейсом DV251001

Этот набор поможет разработчику в сжатые сроки не только овладеть управлением CAN-интерфейса, но и создать и запрограммировать свою собственную систему с этим скоростным высоконадежным интерфейсом. Доступность для чтения, изменения и отображения всех регистров MCP2510. Дополнительный разъем для подключения спроектированной сети CAN. Низкая стоимость создания демонстрационного макета и демонстрации основных возможностей CAN-интерфейса. Комплект идеально подходит для разработчиков автомобильной, промышленной и измерительной техники. На демо-плате размещены сокет для PIC-контроллеров, специальный разъем для контроля за всеми выводами MCP2510 и место для монтажа собственных компонентов. Также установлены приемопередатчики с возможностью настройки при помощи переключателей на различные конфигурации шины, а использование дополнительного разъема на плате для подключения к PC позволит наблюдать трафик CAN-сообщений на экране компьютера. Передаваемые сообщения формируются с помощью простого в использовании Windows-интерфейса. На плате к выводам приемника и передатчика подключены светодиоды, демонстрирующие интенсивность трафика. Есть возможность задавать как цифровые, так и аналоговые сигналы, передавать их от одного узла CAN к другому, а затем в персональный компьютер, где они отображаются в дешифрованном формате для упрощения понимания контекста сообщений. Набор можно использовать и для демонстрации работы шины CAN.



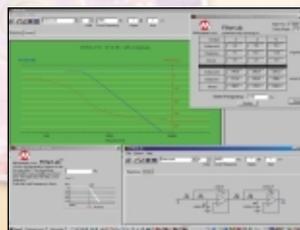
MXDEV™ Analog Evaluation System и MXLAB

Этот новый комплект разработчика предназначен для ускорения макетирования и отладки схем с использованием аналоговых компонентов Microchip (операционные усилители, АЦП, цифровые потенциометры, супервизоры питания). Комплект состоит из основной платы, которая получает и накапливает данные и затем передает их в персональный компьютер для дальнейшей обработки и отображения, и демонстрационной дочерней платы, соединяющейся с основной и содержащей непосредственно демонстрируемый аналоговый прибор Microchip. Подключая к базовому модулю различные дочерние платы, можно посмотреть, как работает соответствующий аналоговый элемент, а также спроектировать и даже смонтировать устройство на его основе. Дочерние платы выпускаются для каждого вновь появляющегося аналогового кристалла Microchip.



FilterLab

Для построения систем с активными фильтрами и прецизионными АЦП Microchip предлагает воспользоваться бесплатным программным пакетом FilterLab™. Поддерживается разработка фильтров до 8-го порядка Чебышева, Бесселя, Баттерворта с частотой среза от 0,1 Гц до 10 МГц. Синтезирует принципиальную схему и рассчитывает значение всех номиналов компонентов. FilterLab™ содержит в качестве библиотечных компонентов все ОУ и АЦП Microchip.





MICROCHIP

KeeLoq



— КЛЮЧИ И ЗАМКИ ОТ Microchip

История KeeLoq

KeeLoq изначально — это система алгоритмов, разработанная и запатентованная Южно-Африканской компанией Nanotek в середине 80-х. Nanotek была основана экспертами по кодированию и электронике из университета Претории и занималась вопросами информационной безопасности. Название KeeLoq созвучно английским словам «key» (ключ) и «lock» (замок).

В 1995 году фирма Microchip приобрела отделение KeeLoq у Nanotek вместе с лицензионными правами. Теоретические разработки Nanotek в сочетании с производственными мощностями и техническими возможностями Microchip (работа изделий при низких напряжениях и высокая надежность EEPROM) позволили реализовать великолепный новый ряд компактных микросхем контроля доступа серии HCSXXX, простых для пользователя, но изощренных для взломщика. Разработанные для систем контроля доступа, эти микросхемы завоевали признание исключительно высокой защищенностью и функциональной законченностью у таких серьезных производителей, как Chrysler, Daewoo, Fiat, GM, Honda, Toyota, Volvo, Clifford, Shurlok и многих других.

В настоящее время алгоритм KeeLoq принят во всем мире и положен в основу тестовых критериев для систем безопасности в Великобритании, адаптирован рядом европейских производителей и использован в собственных системах, разработанных «Форд» (для Escort) и «Ягуар» (для XJS).

Сканеры и грабберы

Необходимость разработки алгоритма KeeLoq была вызвана растущими возможностями техники сканеров и грабберов при вскрытии объектов типа автомобилей и гаражей, охраняемых системами с фиксированным кодом.

Грабберы способны перехватывать фиксированное сообщение, передаваемое брелоком по радио, записывать и воспроизводить на той же частоте. В отличие от них, сканеры передают последовательные или случайные коды со скоростью порядка десяти посылок в секунду. Один вариант защиты от сканера — отключение приемника на несколько минут после ряда попыток передачи ложных кодов, что значительно увеличивает время взлома. Другая мера — очень большое количество

кодовых комбинаций, требующая большого времени для перебора. Этот путь и использует KeeLoq, имеющий 4,6 миллиарда кодовых комбинаций и требующий для перебора около 15 лет.

Алгоритм KeeLoq

В основу алгоритма положен псевдослучайный «прыгающий» код, так что никто, кроме «своего» приемника, не может предсказать, какой код должен быть передан в следующий раз. «Прыгающий» код генерируется кодером по лицензированному алгоритму на основе 64-битного кода «ключа», 28-битного серийного номера и 16-битного счетчика синхронизации. Код «ключа» программируется пользователем в EEPROM кодера. Серийный номер уникален и задается в процессе производства. Приемники и передатчики KeeLoq работают в последовательном коде с посылкой длиной 66 или 69 бит, состоящей из кодированной «прыгающей» части в 32 бита, 28 бит серийного номера, 4 бит пользователя (состояние кнопок), 1 бита индикации разряда батареи и для ряда устройств — контрольной суммы CRC.

Рассинхронизация ключа и замка

Все системы дистанционного доступа, требующие синхронизации кодов приемника (декодера) и передатчика (кодера), имеют одно узкое место — часто возможна активация передатчика вне радиуса действия приемника. В этом случае синхронизация нарушается, так как все последующие принятые коды будут отличаться от ожидаемых декодером, и устройство не сработает. Большинство подобных систем требуют специальной процедуры синхронизации, часто неудобной для пользователя.

У KeeLoq эта проблема решена — процесс восстановления синхронизации автоматический и незаметен пользователю. Во-первых, декодер реагирует не только на первый ожидаемый код, но и на некоторое количество кодов, например 14, которые должны следовать далее. Таким образом, если передатчик 14 раз сработал вне зоны действия приемника, то на 15-й раз, оказавшись уже в зоне приема, он вызовет правильное срабатывание устройства. Действующие коды называются «окном валидности». При ширине окна 15 кодов и общем количестве возможных комбинаций более 4,5 миллиарда риск случайного несанкционированного доступа возрастает очень незначительно. Ширина «окна

валидности» — величина, программируемая пользователем выбирается оптимальной для конкретного канала связи и требований к безопасности.

Во-вторых, восстановление синхронизации в большом диапазоне кодов, достаточном для любых применений и без потери секретности, достигнуто следующим образом: декодер сравнивает два последовательно полученных кода, находящихся вне «окна валидности», с ожидаемыми, но в пределах большего окна — «окна ресинхронизации», и только если оба совпадут, устройство сработает. На практике это может выглядеть так: владелец машины с помощью радиобрелока безуспешно пытается снять ее с сигнализации на большом расстоянии или из-за преграды, пока чувствительности приемника еще не хватает; когда же очередная посылка оказывается принятой декодером, то не вызывает его срабатывания из-за рассинхронизации, но уже следующая попытка владельца приводит к успеху, так как два последовательных кода оказались правильными. Восстановление синхронизации KeeLoq требует только одной дополнительной попытки. Ширина «окна ресинхронизации» — 32K кодов при 16-разрядном встроенном счетчике синхронизации. Все оставшиеся и уже «отработанные» коды автоматически относятся к третьему окну — «окну блокировки» и становятся запрещенными. Такие меры способны эффективно защитить систему от простых грабберов.

Защита от «умных» грабберов

«Умные» грабберы способны вынуждать пользователя охранной системы, работающей по радиоканалу, передавать несколько кодов подряд, записывать их, одновременно передавая предыдущий. Это «подвешивает» систему и оставляет «грабберу» последний валидный код доступа. KeeLoq защищен от такого воздействия с помощью механизма «отложенного инкремента». Декодер автоматически увеличивает счетчик синхронизации на 12 через 20 секунд после последней операции, что переводит все предыдущие коды в «окно блокировки», но следующие еще остаются в «окне валидности».

Обучение декодера

При утере ключа (кодера) возникает необходимость запрета старого кода ключа и введение нового. В семействе KeeLoq этот процесс, называемый обучением,

так же прост и надежен. Замыкание переключки на плате декодера активизирует встроенную программу обучения, которая обрабатывает специальную посылку от кодера, выделяя из нее серийный номер кодера и 64 бита кода ключа, и записывает их во встроенную энергонезависимую память декодера. Для повышения безопасности специальная посылка кодера, содержащая «обучающее зерно», генерируется при нажатии комбинации кнопок и может быть послана лишь однажды, после чего кодер может работать только в обычном режиме.

Технические особенности

Семейство KeeLoq выполнено по современной технологии, совмещающей аналоговые и цифровые компоненты с напряжением питания от 2 до 13 В. Большинство в 8-выводных корпусах. Все необходимые компоненты находятся на кристалле: это EEPROM повышенной надежности (более 200 К циклов записи), тактовый генератор, супервизор и стабилизатор питания, цепи защиты от дребезга контактов клавиатуры, токоограничивающие резисторы светодиодов. Надежность этих устройств подтверждена ежемесячными миллионными тиражами. Простота освоения заложена в полной функциональной законченности микросхем, совместимости и преемственности со всеми членами семейства. Также Microchip предлагает разработчикам ряд практических наборов для начала работы с KeeLoq, включающих литературу, программные средства, программатор KeeLoq, платы передатчика и приемника с интерфейсом RS232.

Состав семейства KeeLoq

Семейство KeeLoq состоит из ряда микросхем взаимно-совместимых кодеров (табл. 1) и декодеров (табл. 2), различающихся функциональными возможностями. Они разработаны для передачи защищенной информации по любому каналу связи: проводному, радиоканалу, ИК; с ШИМ или Манчестерской модуляцией.

Кроме однонаправленной передачи пароля кодером декодеру возможен и двунаправленный обмен типа запрос-ответ IFF (Identification Friend or Foe). При таком типе обмена на каждый из нескольких последовательных запросов декодер должен получить отличные друг от друга, но правильные ответы кодера, что значительно повышает общую надежность системы безопасности. Двунаправленный обмен реализован в микросхемах кодеров HCS410 и HCS412. Эти микросхемы также могут работать в режиме транспондера, то есть с питанием от энергии электромагнитного поля, наведенного генератором декодера (по принципу Proximity Card). Модуль HCS410-WM выпускается в безвыводном корпусе SOT385 и представляет собой упакованные в один корпус чип HCS410, конденсатор и катушку, являясь, таким образом, законченным транспондером. Этот модуль удобно использовать для создания бесконтактных систем доступа, иммобилайзеров и так далее.

Алгоритм декодирования можно реализовать не только с помощью специализированной микросхемы серии HCS5XX, но и программно на базе любого микроконтроллера PICmicro. Таким образом, задачу декодирования можно переложить на



основной управляющий микроконтроллер. Этот вариант удобно применять при проектировании миниатюрных систем, а также когда нужно до предела снизить себестоимость изделия.

Описание примеров построения программных декодеров, автомобильных систем сигнализации и многое другое вы можете найти на сайте www.microchip.com или компакт-диске в разделе Application Notes>KEELOQ® security.

Возможные применения

В первую очередь, это автосигнализации, системы контроля доступа в помещении и доступа к компьютерной информации. Но благодаря своей функциональной законченности и низкой цене микросхемы KeeLoq могут найти применение везде, где требуются малые габариты и низкое энергопотребление, при передаче небольшого количества информации, в одном направлении, по одному проводу от большого количества распределенных источников (или одного). Например: радиоуправляемые игрушки, любые виды пультов и приемников дистанционного управления, беспроводные датчики, датчики охранно-пожарной сигнализации или сети сбора данных. Впрочем, каждый может сам без труда найти вокруг себя ряд применений этим простым и надежным устройствам.

Таблица 1. Микросхемы кодеров семейства KeeLoq

Чип	Длина обучающей посылки, бит	Напряжение питания, В	Количество функций пользователя	Особенности	Тип корпуса
HCS101	-	3,5...13	7	Передатчик фиксированной кодовой последовательности, без кодирования	DIP8, SOIC8
HCS200	32	3,5...13	7	Базовая модель, поддержка фиксированного кода, индикатор разрядки батареи	DIP8, SOIC8
HCS201	32	3,5...13	7	Базовая модель, поддержка фиксированного кода, индикатор разрядки батареи, преобразователь питания	DIP8, SOIC8
HCS300	32	2,0...6,3	15	Управление светодиодом, биты переполнения, тайм-аут, индикатор разрядки батареи	DIP8, SOIC8
HCS301	32	3,5...13	15	Как у HCS300	DIP8, SOIC8
HCS320	32	3,5...13	16	Функция сдвига, управление светодиодом, биты переполнения, индикатор разрядки батареи	DIP8, SOIC8
HCS360	48	2,0...6,6	15	ИК-режим, ШИМ и Манчестерская модуляция, 2-бит CRC	DIP8, SOIC8
HCS361	48	2,0...6,6	15	ИК-режим, ШИМ и изменяемая ШИМ-модуляция, 2-бит CRC	DIP8, SOIC8
HCS365	60	2,0...5,5	4×15	2 независимых кодера, ШИМ и Манчестерская модуляция, 4 входа	DIP8, SOIC8
HCS370	60	2,0...5,5	4×15	2 независимых кодера, ШИМ и Манчестерская модуляция, 6 входов, преобразователь питания	DIP14, SOIC14
HCS410	60	2,0...6,6	7	2 режима работы: как кодер и как транспондер, также выпускается в специальном безвыводном корпусе	DIP8, SOIC8
HCS412	60	2,0...6,6	4×7	2 режима работы: как кодер и как транспондер	DIP8, SOIC8

Таблица 2. Микросхемы декодеров семейства KeeLoq

Чип	Напряжение питания, В	Функциональные выходы	Дополнительные особенности	Тип корпуса
HCS500	4,5...5,5	15 (последовательный канал)	Декодер с последовательным выходом	DIP8, SOIC8
HCS512	3,0...6,0	15 (последовательный + параллельный каналы)	Декодер с последовательным и параллельным выходом	DIP18, SOIC18
HCS515	4,5...5,5	15 по последовательному каналу, 3 — по параллельному	1К EEPROM пользователя	DIP14, SOIC14