

# ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ADuC812 В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

А.Н.Логвинчук

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

*Рассматриваются особенности программирования микроконтроллера фирмы Analog Devices AduC812, специфика работы со встроенными аналого-цифровым и цифро-аналоговым преобразователями.*

Современные измерительные комплексы требуют применения в своём составе микроконтроллеров обеспечивающих сбор и первичную обработку данных по нескольким каналам, формирование аналоговых и цифровых управляющих сигналов, работу с флэш-памятью и обмен данными с персональным компьютером, для обеспечения автономности комплекса микроконтроллер помимо прочего должен иметь низкое энергопотребление и высокую надежность.

Мощная система команд, наличие встроенных 12-разрядных АЦП и ЦАП, поддержка стандартных интерфейсов передачи данных UART, SPI, I<sup>2</sup>C, а также приемлемое быстродействие и энергопотребление обусловили применение микроконтроллера AduC812 фирмы Analog Devices при построении различных измерительных комплексов.

AduC812 представляет собой 12-битную систему обработки данных, состоящую из высокопроизводительного многоканального АЦП, двух 12-битных ЦАП и 8-разрядного (8051-совместимого) микроконтроллера.

Система имеет 8К флэш-памяти программ, 640 байт флэш-памяти данных, а также 256 байт оперативной памяти данных.

Расширенное микроконтроллерное ядро поддерживает функции сторожевого таймера, монитора питания, а также режима прямого доступа к памяти при аналого-цифровом преобразовании.

Гибкие схемы управления питанием позволяют реализовать режимы пониженного энергопотребления отдельно для микрокон-

троллерного ядра и аналоговых преобразователей.

Блок аналого-цифрового преобразования состоит из 5мкС 12-битного АЦП и мультиплексора, позволяющего подключать к АЦП один из восьми внешних входов либо внутренний датчик температуры.

Запуск АЦП может осуществляться как от внутреннего, так и от внешнего источника.

Два интегрированных 12-битных ЦАП могут быть настроены на диапазон выходного сигнала в пределах от 0 до V<sub>DD</sub> (напряжение питания) или от 0 до V<sub>REF</sub> (опорное напряжение).

Опорное напряжение для АЦП и ЦАП может быть получено от внешнего либо от внутреннего 2.5В источника опорного напряжения.

Программирование AduC812 осуществляется при помощи персонального компьютера через последовательный интерфейс и отладочную программу, свободно распространяемую фирмой Analog Devices.

Минимальное число допустимых циклов программирования составляет 10000 при минимальной сохранности данных 10 лет.

Таким образом, программирование и пере-программирование AduC812 возможно выполнять непосредственно на готовом устройстве, что позволяет значительно сократить время отладки программного обеспечения, а также настройку всей системы.

Отладочная программа помимо прочего позволяет запускать AduC812 в режиме пошагового выполнения программы, а также контролировать при этом содержимое основных регистров и флэш-памяти данных.

Вышеописанные возможности AduC812 позволяют разрабатывать на его основе измерительные комплексы, ориентированные на дальнейшую модификацию и доработку.

Система команд микроконтроллерного ядра состоит из 42 базовых команд, на основе которых с использованием различных типов адресации возможны 111 комбинаций.

Наличие большого количества битовых команд позволяет использовать отдельные разряды в качестве логических переменных, что в значительной степени упрощает обработку двоичных данных и повышает производительность системы.

С точки зрения программиста ADuC812 представляет собой 8051-совместимый микроконтроллер, дополненный аналоговой периферией, управление которой происходит через соответствующие регистры.

Перед использованием АЦП и ЦАП требуют предварительной настройки, от качества которой зависит корректность их работы.

Работа АЦП полностью контролируется тремя регистрами специального назначения.

Частота синхронизации АЦП определяется делителем основной частоты процессора, возможные значения которого: 1, 2, 4 и 8, таким образом, программно задается тактовая частота АЦП, которая при необходимости может изменяться в процессе работы программы.

Кроме этого, необходимо задать число тактов задержки запуска АЦП, которая необходима для перезарядки устройства выборки и хранения при переключении внутреннего мультиплексора между каналами. При сопротивлении входного источника сигналов менее 8КОм рекомендуется использовать задержку на один такт, а при более высоких значениях необходимо увеличивать задержку на 2, 3 или 4 такта.

Цикл преобразования АЦП занимает 16 тактов, в дополнение к числу тактов задержки запуска АЦП, таким образом можно вычислить общее время преобразования по каналу.

Программно момент завершения преобразования определяется установкой соответствующего флага.

Диапазон входного сигнала АЦП от 0 до  $V_{REF}$ (опорное напряжение). На кристалле расположен внутренний источник опорного напряжения (ИОН) – прецизионный блок с низким дрейфом, откалибранный изготовителем до 2.5 вольт.

На контакте  $V_{REF}$  внутренний ИОН может быть подавлен внешним. Внешний ИОН должен быть в пределах от 2.3 вольт до  $V_{DD}$ (напряжение питания).

АЦП можно включить в режим прямого доступа к памяти, когда блок повторяет циклы преобразования и отправляет выборки во внешнюю память данных, минуя процессор.

В этом режиме может быть охвачен весь объём внешней памяти 16МБ без нагрузки на центральный процессор.

При работе с ЦАП необходимо задать режим работы 8-ми или 12-и битный. В обоих режимах диапазон выходного сигнала может быть в пределах от 0 до  $V_{DD}$  или от 0 до  $V_{REF}$ .

При этом также задаётся режим обновления выходного сигнала мгновенный по занесению нового значения либо синхронный по установке программой соответствующего флага. Наличие синхронного режима позволяет устанавливать выходные значения обоих ЦАП одновременно.

В ходе разработки автономного измерителя уровня моря были выявлены некоторые технические особенности микроконтроллера ADuC812 знание, которых поможет избежать ошибок при его использовании.

На начальном этапе разработки следует обратить особое внимание на цепи сброса, питания и сигнала PSEN.

Нежелательно располагать на печатной плате шины питания 9В и выше в непосредственной близости от линии сигнала PSEN, так как в рабочем режиме шина питания может являться источником наводок, влияние которых на вывод PSEN непредсказуемо.

Рекомендуемая схема генератора сигнала сброса для использования с ADuC812 - схема, имеющая активный высокий уровень сигнала и внутреннюю задержку около 100 миллисекунд, например ADM810 и т.п.

Необходимо обратить внимание, что использование микросхемы с активным низким уровнем и последующее его инвертирование на логическом элементе неприемлемо. Логические инверторы не гарантируют состояние своего выхода во время включения и выключения питания, и поэтому могут генерировать просечки на входе RESET.

Часто возникают ситуации, в которых микроконтроллер отказывается переходить в режим последовательного программирования, но исправно выполняет прошитую ранее программу. В этом случае необходимо проверить с помощью осциллографа состояние вывода RESET во время включения питания и сравнить его с напряжением питания, подключив к нему второй канал осциллографа, определив, что происходит на этих выводах во время подачи и снятия питания. Необходимо проверить наличие просечек на выводе RESET.

Если микросхема выходит из сброса при напряжении питания ниже 2 вольт, она будет в состоянии выполнять внутреннюю программу без особых проблем. Однако при попытке записи во FLASH-память при низком напряжении питания, внутренняя схемотехника ADuC812 не сможет выработать необходимых для программирования напряжений. Что на самом деле произойдет при данных обстоятельствах, точно сказать невозможно. Однако вполне возможно, что

будут стерты коэффициенты калибровки, и это вызовет подъем напряжения источника опорного сигнала до уровня 2.8 вольт, АЦП потеряет точность, и станет возможным закрытие доступа к пространству памяти так, что ее невозможно будет перепрограммировать.

Поэтому сигнал RESET должен всегда соответствовать временной диаграмме, показанной в руководстве пользователя ([www.analog.com/microconverter](http://www.analog.com/microconverter)).

Как показывает практика, при неверной конфигурации блока АЦП либо при попадании на аналоговый вход сигнала отрицательной полярности результат преобразования может быть ошибочным либо преобразование вообще не будет закончено, что может привести к "зависанию" всей программы.

В случае, когда невозможно полностью исключить попадание сигнала отрицательной полярности на вход АЦП (использование двухполлярных импульсных датчиков) необходимо программно переводить внутренний мультиплексор на этот вход только в момент присутствия на нём сигнала положительной полярности, а в остальное время держать его на свободном, заземлённом входе.

Следует отметить, что превышение сигналом допустимого диапазона приводит к появлению на выходе АЦП максимального кода и не столь критично влияет на его работу.

Более важным моментом при практическом использовании АЦП является наличие "застойных" процессов в аналоговых цепях, что выливается в некорректный результат первого преобразования, а также преобразований происходящих после длительного простоя АЦП (более 100мС).

Одним из источников "застойных" процессов является внутренний ИОН, которому для выхода на режим нормальной работы необходимо как минимум 65 миллисекунд.

При разработке автономного измерителя уровня AduC812 работал с микросхемой внешней флэш-памяти объёмом 8Мбит AT45D081 фирмы ATMEL, обмен данными, с которой осуществляется с использованием SPI интерфейса. Микроконтроллер имеет встроенный SPI интерфейс, но предназначенный для применения в мультипроцессорных системах и для обеспечения работы с микросхемой флэш-памяти нужно применять программную эмуляцию с использованием параллельного порта.

В настоящее время существуют компиляторы, при помощи которых возможно созда-

ние программного обеспечения не только на языке ассемблера используемого микроконтроллера, но и на языках высокого уровня С, Pascal.

Использование данных средств позволяет значительно сократить время разработки программного обеспечения, но оправдывает себя только при создании программ не критичных к быстродействию и объёму кода.

Программирование на низком уровне с использованием ассемблера позволяет работать с максимальной экономией памяти программ и данных, что ведёт к уменьшению конечного кода и оптимальному быстродействию, хотя и требует от программиста больших интеллектуальных затрат.

В данный момент широко распространён кросс-ассемблер ASM51 корпорации MetaLink, позволяющий работать с различными вариациями 8051-совместимых микроконтроллеров.

Фирмой Analog Devices разработан симулятор AduC812 Simulator; данная программа не обеспечивает какой-либо связи с аппаратной частью, но позволяет отлаживать разрабатываемое программное обеспечение путём эмуляции его работы на персональном компьютере, что в значительной степени облегчает поиск и коррекцию логических ошибок.

В целом среди существующих предложений на рынке микроконтроллеров AduC812 выгодно отличается наличием большого количества программ созданных ранее для семейства 8051-совместимых микроконтроллеров, а также интегрированными 12-битными АЦП и ЦАП.

Продолжением семейства систем обработки данных фирмы Analog Devices являются микроконтроллеры AduC816 и AduC824, в которых разрядность АЦП увеличена до 16 и 24 разрядов соответственно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А. Однокристальные системы сбора данных семейства AduC8xx,- Компоненты и Технологии, №3, 2000.
2. ADuC812 User's Manual, Multichannel 12-bit ADC with Embedded Flash MCU, Rev.2000, Analog Devices, Inc.
3. ADuC812- MicroConverter, Multichannel 12-bit ADC with Embedded Flash MCU, Rev.2000, Analog Devices, Inc.
4. ADuC812- Errata Sheet, Multichannel 12-bit ADC with Embedded Flash MCU, Rev.2000, Analog Devices, Inc.