

Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments

(часть 1)

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Автор даёт обзорное описание и основные параметры устройств (микросхем) семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments.

Для сравнения автор приводит обзорную информацию по конкурирующему семейству микроконверторов ADuC8xx фирмы Analog Devices. Приведена архитектура и классификация устройств семейства MSC12xx, рассмотрены порты ввода/вывода и организация памяти.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мировая промышленность выпускает огромный перечень встраиваемых микроконтроллеров (по отечественной классификации – однокристалльных ЭВМ). Многие микроконтроллеры общего применения помимо цифрового ядра содержат встроенные модули АЦП, т.е. могут обрабатывать как цифровые, так и аналоговые сигналы. Однако, как правило, эффективная разрешающая способность этих АЦП не превышает 8...12 бит.

Вместе с тем среди всего многообразия поступающих на рынок микроконтроллеров существуют так называемые микроконверторы. Этот термин (как и юридические права на него) принадлежит фирме Analog Devices, условимся в общем случае именовать их устройствами. Под микроконвертором понимается высокоточный прецизионный аналого-цифровой преобразователь разрядностью 16...24 бит и процессорное ядро (пока только 8051-совместимое) с периферией, размещённые на одном кристалле. При этом необходимо отметить, что в микроконверторе главной компонентой является АЦП, а не ядро, что и отличает его от «обычных» микроконтроллеров, имеющих встроенный модуль АЦП на кристалле как часть аналоговой периферии ядра.

Сказанное означает, что высокоточные аналоговые измерения рассматриваются производителями микроконверторов как приоритетная функция устройства и, соответственно, принимаются все возможные меры для мак-

симального улучшения характеристик встроенного модуля АЦП. К таким мерам можно, например, отнести размещение на кристалле системы ФАПЧ, дающей возможность использовать низкочастотный генератор вместо встроенного высокочастотного тактового генератора ядра. Указанный приём позволяет снизить уровень системных цифровых шумов от цепей синхронизации, что, в свою очередь, улучшает эффективное разрешение АЦП. Эту же цель преследует и продуманное схемное и топологическое построение всего устройства. В нём аналоговые и цифровые цепи максимально разделены по цепям синхронизации, питания и общего провода, а выводы на корпусе микросхемы сгруппированы в аналоговую и цифровую части.

Встроенный модуль АЦП в микроконверторе дополняется целым рядом вспомогательных периферийных узлов (входные аналоговые буферы и мультиплексоры, программируемые инструментальные усилители, высокостабильные ИОНЫ, цифровые фильтры, цепи контроля целостности внешних датчиков и т.п.), улучшающих его характеристики и расширяющих возможности. Помимо вспомогательной аналоговой периферии, модуль АЦП снабжается набором встроенных калибровочных процедур, реализуемых программно. Их использование в управляющей программе позволяет в значительной мере компенсировать влияние на характеристики преобразования внешних условий. Помимо этого, микроконверторы

снабжаются встроенными температурными датчиками, использование которых в пользовательских приложениях позволяет ослабить влияние на характеристики преобразования температуры окружающей среды.

Следует заметить, что характеристики АЦП микроконверторов по крайней мере не хуже характеристик прецизионных АЦП, выполненных в виде отдельных микросхем, поэтому выгоды от их применения представляются весьма очевидными. Стоимость микроконвертора сопоставима со стоимостью обычного микроконтроллера, в то время как функционально он полностью заменяет два отдельных устройства: микроконтроллер и АЦП. Применение микроконвертора вместо пары «микроконтроллер + АЦП» выгодно и с точки зрения минимизации потребляемой мощности.

Процессорное ядро, входящее в состав микроконверторов, играет вспомогательную роль. Основные его функции сводятся к выполнению пользовательской программы, осуществляющей управление и конфигурирование встроенного АЦП, обработку и накопление результатов преобразований, их выдачу на внешние устройства через встроенные порты ввода/вывода, а также организацию пользовательского интерфейса, если в нём есть необходимость. Как правило, ядро имеет сравнительно невысокую производительность, поскольку встроенные прецизионные модули АЦП сами являются довольно «медленными» и не требуют большой скорости обработки результатов своих преобразований. Однако следует заметить, что периферия ядра, связанная с вводом/выводом (встроенные интерфейсы I²C, SPI, USART и т.п.), у микроконверторов представлена в достаточной мере.

Технологией выпуска высокоточных прецизионных АЦП на сегодняшний день владеет весьма ограниченное число фирм-производителей.

Что же касается микроконверторов, то подобные устройства выпускаются только двумя фирмами: Analog Devices и Texas Instruments. С некоторой натяжкой к микроконверторам также можно отнести микросхему PIC14000 фирмы Microchip.

Корпорация Analog Devices производит и поставляет на рынок микроконверторы семейства ADuC8xx, а корпорация Texas Instruments – устройства семейства MSC12xx. Автор статьи в своей практике имел дело с изделиями обеих фирм и пришёл к выводу, что сравнение однотипных представителей этих семейств по сумме важнейших характеристик выявляет некоторое преимущество MSC12xx. Читателям статьи предоставляется возможность составить об этом самостоятельное суждение, используя приведённую ниже информацию о микросхемах обоих семейств.

В этой статье рассматриваются основные принципы архитектурного построения, программной модели устройств семейства MSC12xx, а также инструментальные средства разработки/отладки/программирования для них. Для более подробного и полного ознакомления с семейством MSC12xx рекомендуется посетить сайт производителя [1], а также обратиться к книге [2].

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕМЕЙСТВ MSC12xx И ADuC82xx

Каждое устройство семейства MSC12xx позиционировано фирмой-изготовителем как «прецизионный АЦП (и ЦАП) на одном кристалле с ядром 8051 и Flash-памятью» и отнесено по внутренней классификации к «микросистемам для обработки смешанных сигналов». Устройства MSC12xx ориентированы на прецизионные измерения напряжения и обработку результатов этих измерений при помощи аппаратных средств, размещённых на одном кристалле. Семейство MSC12xx рекомендуется для использования в приложениях, связанных со сбором и обработкой аналоговой информации. Каждое из устройств включает в себя не только модули, предназначенные для измерений (оцифровки) аналоговых сигналов и обработки их цифровых значений, но и целый набор дополнительных аналоговых и цифровых периферийных устройств.

Особенности аналоговой части микросхем семейства MSC12xx:

- 24-битный (16-битный у MSC1202) АЦП без пропуска кодов;
 - реальное (эффективное) разрешение 24-битного АЦП – 22 бита для частоты преобразования 10 Гц в диапазоне $\pm 2,5$ В и 19 бит – для частоты преобразования 10 Гц в диапазоне ± 19 мВ;
 - реальное (эффективное) разрешение 16-битного АЦП – 16 бит для частоты преобразования 200 Гц в диапазоне $\pm 2,5$ В и 15 бит для частоты преобразования 200 Гц в диапазоне ± 19 мВ;
 - минимальный уровень собственных шумов у 24-битного АЦП – 75 нВ;
 - усилитель аналоговых сигналов на входе с программируемым коэффициентом усиления от 1 до 128;
 - точность установки напряжения встроенного ИОН – 0,2%;
 - температурный дрейф встроенного ИОН – 5 ppm/°C;
 - температурный дрейф смещения – 0,02 ppm/°C;
 - температурный дрейф усиления – 0,5 ppm/°C;
 - до восьми дифференциальных/несимметричных аналоговых каналов;
 - калибровка смещения/усиления, производимая программно;
 - встроенный датчик температуры;
 - буфер, подключаемый программно на вход АЦП;
 - аппаратное обнаружение обрыва внешнего датчика;
 - двойной 16-битный ЦАП с возможностью программирования выходов (выход по напряжению или токовый выход);
 - 8-битный ЦАП с токовым выходом.
- Особенности цифровой части микросхем семейства MSC12xx:
- 8051 (8052)-совместимый микроконтроллер с ядром, у которого один командный цикл занимает четыре тактовых цикла;
 - максимальная тактовая частота до 33 МГц;
 - система ФАПЧ с возможностью тактирования от внешнего резонатора 32 кГц;
 - двойной регистр-указатель данных.
- Особенности памяти микросхем семейства MSC12xx:
- до 32 Кб Flash-памяти программ/данных;
 - разделяемая пользователем Flash-память программ и данных;

- ресурс памяти составляет 1 млн. циклов стирания/записи, содержащееся в памяти сохраняется 100 лет;
 - возможность последовательного внутрисхемного программирования;
 - возможность подключения внешней памяти программ/данных (до 64 Кб);
 - СОЗУ данных на кристалле объёмом 1280 байт;
 - защита Flash-памяти от несанкционированного считывания;
 - загрузочное ПЗУ объёмом до 1 Кб (2 Кб);
 - программирование управления «спящим» режимом.
- Особенности периферии микросхем семейства MSC12xx:
- до 34 линий ввода/вывода;
 - дополнительный 32-битный аппаратный сумматор;
 - 2 (3) 16-битных таймера/счётчика;
 - системные таймеры;
 - программируемый сторожевой таймер;
 - 1 (2) полнодуплексный USART;
 - ведущий/ведомый интерфейс SPI с режимом DMA;
 - ведущий/ведомый интерфейс I²C;
 - 16-битный ШИМ/генератор тональной частоты;
 - программное управление выдачей на узлы устройства питающего напряжения;
 - внутренний делитель частоты тактирования ядра;
 - ток потребления в «спящем» режиме <200 мкА;
 - ток потребления в режиме останова <100 нА;
 - программируемый узел сброса при провалах напряжения питания;
 - программируемый детектор пониженного напряжения питания;
 - 20 (21) источников прерываний;
 - две аппаратные точки останова.
- Прочие особенности микросхем семейства MSC12xx:
- исполнение в корпусах QFN-36, TQFP-48, TQFP-64;
 - потребляемая мощность в активном режиме <4 мВт;
 - промышленный диапазон рабочих температур: –40...+85°C;
 - диапазон питающих напряжений: 2,7...5,25 В.
- Типовые приложения микросхем семейства MSC12xx:
- управление производственными процессами;
 - измерительная техника;
 - жидкостная/газовая хроматография;

- устройства, производящие анализ крови;
- портативные измерительные приборы;
- преобразователи давления;
- электронные весы;

- интеллектуальные датчики;
 - системы сбора данных.
- Перечисленные особенности устройств семейства MSC12xx являются общими. Особенности каждого конкретного устройства MSC12xx приве-

дены в табл. 1 – 4. На рис. 1 приведена структурная схема наиболее функционально насыщенного устройства из семейства MSC12xx – MSC1211.

Для сравнения ниже перечислены типовые особенности микроконверторов семейства ADuC8xx. Особенности каждого конкретного устройства ADuC8xx приведены в табл. 5 – 7. Для более подробного и полного ознакомления с семейством ADuC8xx рекомендуется посетить сайт производителя [3].

Особенности аналоговой части микросхем семейства ADuC8xx:

- два встроенных модуля АЦП (основной и дополнительный) с разрешающей способностью 24 и 16 бит соответственно;
- реальное (эффективное) разрешение 24-битного АЦП – 19,5 бит для частоты преобразования 5 Гц в диапазоне $\pm 2,56$ В и 14,5 бит для частоты преобразования 5 Гц в диапазоне ± 20 мВ;
- реальное (эффективное) разрешение 16-битного АЦП – 16 бит для частоты преобразования 5 Гц во всех диапазонах;
- минимальный уровень собственных шумов у 24-битного АЦП – 0,31 мкВ;
- точность установки напряжения встроенного ИОН – ± 1 %;
- температурный дрейф встроенного ИОН – 100 ppm/°C;
- температурный дрейф смещения – ± 10 нВ/°C;
- температурный дрейф усиления – $\pm 0,5$ ppm/°C;
- от восьми до десяти (в зависимости от типа исполнения в корпусе) входных каналов АЦП;
- усилитель входного аналогового сигнала с программируемым коэффициентом усиления для модуля основного АЦП;
- 12-битный модуль ЦАП с выходом по напряжению;
- два выхода 16-битного сигма-дельта-ЦАП/ШИМ.

Особенности памяти микросхем семейства ADuC8xx:

- 62 Кб встроенной Flash/ЕЕ-памяти программ;
- 4 Кб встроенной Flash/ЕЕ-памяти данных;
- 2304 байт встроенного ОЗУ;
- три уровня защиты встроенной Flash/ЕЕ-памяти программ;
- внутрисхемный последовательный загрузчик с высокой скоростью загрузки (5 с);

Таблица 1. Аналоговая периферия и ядро устройств семейства MSC12xx

Модель устройства	АЦП: разрешение/ количество каналов	16-битный ЦАП с выходом по напряжению/напряжению или току	8-битный ЦАП с токовым выходом	Максимальная тактовая частота ядра, МГц	Система ФАПЧ 32 кГц
MSC1200	24/8	–	1	33	Есть
MSC1201	24/6	–	1	33	Есть
MSC1202	16/6	–	1	33	Есть
MSC1210	24/8	–	–	33	Нет
MSC1211	24/8	2/2	–	30	Нет
MSC1212	24/8	2/2	–	30	Нет
MSC1213	24/8	–/2	–	30	Нет
MSC1214	24/8	–/2	–	30	Нет

Таблица 2. Память устройств семейства MSC12xx

Модель устройства	Размер встроенной Flash-памяти данных/программ, байт	Размер SRAM данных, байт	Размер ROM программ, Кб	Возможность подключения внешней памяти данных/программ (64 Кб)
MSC1200	4 или 8	128	1	Нет
MSC1201	4 или 8	128	1	Нет
MSC1202	4 или 8	256	1	Нет
MSC1210	4, 8, 16 или 32	1280	2	Есть
MSC1211	4, 8, 16 или 32	1280	2	Есть
MSC1212	4, 8, 16 или 32	1280	2	Есть
MSC1213	4, 8, 16 или 32	1280	2	Есть
MSC1214	4, 8, 16 или 32	1280	2	Есть

Таблица 3. Цифровая периферия устройств семейства MSC12xx

Модель устройства	Число линий ввода/вывода	Совместимость со стандартом	16-битные таймеры/счётчики	USART	SPI	I ² C	16-битный ШИМ/тональный генератор	Источники прерываний
MSC1200	16	8051	2	1	1	1	–	20
MSC1201	16	8051	2	1	1	1	–	20
MSC1202	16	8051	2	1	1	1	–	20
MSC1210	34	8052	3	2	1	–	1	21
MSC1211	34	8052	3	2	1 (с DMA)	1	1	21
MSC1212	34	8052	3	2	1 (с DMA)	–	1	21
MSC1213	34	8052	3	2	1 (с DMA)	1	1	21
MSC1214	34	8052	3	2	1 (с DMA)	–	1	21

Таблица 4. Общие параметры устройств семейства MSC12xx

Модель устройства	Совместимость по выводам с другими устройствами семейства	Потребляемая мощность в нормальном режиме, мВт	Потребляемый ток в «спящем» режиме, мкА	Потребляемый ток в режиме останова, нА	Исполнение в корпусе
MSC1200	–	3	<200	<100	TQFP-48
MSC1201	–	3	<200	<100	QFN-36
MSC1202	–	3	<200	<100	QFN-36
MSC1210	–	4	<1000	<1000	TQFP-64
MSC1211	MSC1210	4	<200	<100	TQFP-64
MSC1212	MSC1210/11	4	<200	<100	TQFP-64
MSC1213	MSC121x	4	<200	<100	TQFP-64
MSC1214	MSC121x	4	<200	<100	TQFP-64

- возможность адресации до 16 Мб внешней памяти данных;
 - возможность адресации до 64 Кб внешней памяти программ.
- Особенности 8052-совместимого вычислительного ядра микросхем семейства ADuC8xx:

- ядро 8052 с выполнением одного командного цикла за один тактовый цикл;
- подключение внешнего кварцевого резонатора на частоту 32 768 Гц;
- программируемая встроенная система ФАПЧ (максимальная выходная частота (она же тактовая частота ядра) 12,58 МГц);
- три встроенных 16-битных таймера/счётчика;
- одиннадцать источников прерываний, два уровня приоритета;
- 34 программируемые линии ввода/вывода;
- двойной регистр-указатель данных;
- 11-разрядный указатель стека.

Особенности питания микросхем семейства ADuC8xx:

- номинальные напряжения питания 3 и 5 В,
- нормальный режим функционирования (ток потребления 2,3 мА при напряжении питания 3,6 В и тактовой частоте ядра 1,57 МГц) и режим «питание снято» (ток потребления 20 мкА при напряжении питания 3 или 5 В и работающем модуле реального времени TIC).

Особенности встроенной периферии микросхем семейства ADuC8xx:

- два встроенных источника тока возбуждения внешних датчиков;
- встроенный температурный датчик;
- модуль сброса при понижении напряжения питания (POR);
- модуль реального времени (TIC);
- последовательные интерфейсы UART (со скоростью обмена до 230 400 бод, вырабатываемой отдельным таймером) и SPI;
- аппаратно разделенный с SPI двухпроводной последовательный интерфейс, совместимый с I²C;
- сторожевой таймер;
- схема обнаружения внешнего ИОН;
- встроенный ИОН;
- монитор источника питания.

Типичные приложения микросхем семейства ADuC8xx:

- интеллектуальные сенсоры;
- передатчики «токовая петля: 4...20 мА»;
- устройства сбора данных;

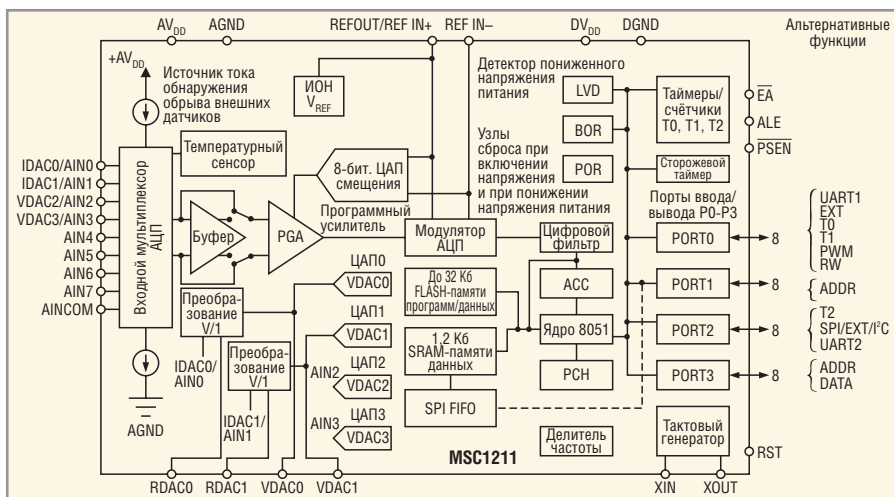


Рис. 1. Структурная схема устройства MSC1211

- устройства обработки сигналов с измерительных датчиков;
- контроллеры батарейного питания;
- электронные взвешивающие устройства.

Как можно видеть из сравнения приведённых параметров, устройства семейства MSC12xx существенно превосходят микроконвертеры семейства ADuC8xx по характеристикам модуля АЦП и встроенного ИОН, однако значительно уступают им по производительности вычислительного ядра и объёму встроенной памяти. Однако, с учётом общей концепции микроконвертеров, изложенной выше, характеристики встроенного АЦП при сравнении имеют существенно больший «весовой коэффициент», чем характеристики ядра и памяти.

ент», чем характеристики ядра и памяти.

Классификация устройств семейства MSC12xx

Устройства семейства MSC12xx подразделяются на два подсемейства: MSC120x и MSC121x. Подсемейство MSC120x предназначено для более простых приложений, MSC121x – для более сложных. В состав подсемейства MSC120x входят устройства MSC1200, MSC1201 и MSC1202. В состав подсемейства MSC121x входят устройства MSC1210, MSC1211, MSC1212, MSC1213 и MSC1214. В свою очередь, каждое из всех перечисленных устройств может выпускаться в нескольких исполнениях, имею-

Таблица 5. Характеристики аналоговой части микроконвертеров семейства ADuC8xx

Модель устройства	Разрешение основного/дополнительного модулей АЦП, бит	Производительность АЦП, кSPS (киловыборок/с)	Количество каналов в основном/дополнительном модуле АЦП	ШИМ/сигма-дельта-ЦАП	Количество каналов ЦАП
ADuC812	12/-	200	8/-	-	2
ADuC814	12/-	247	6/-	-	2
ADuC816	16/16	0,105	3 ¹ /3 ²	-	1
ADuC824	24/16	0,105	3 ¹ /3 ²	-	1
ADuC831	12/-	247	8/-	Двойной	2
ADuC832	12/-	247	8/-	Двойной	2
ADuC834	24/16	0,105	3 ¹ /3 ²	Двойной	1
ADuC836	16/16	0,105	3 ¹ /3 ²	Двойной	1
ADuC841	12/-	420	8/-	Двойной	2
ADuC842	12/-	420	8/-	Двойной	2
ADuC843	12/-	420	8/-	Двойной	-
ADuC844	24/16	0,105	3 ¹ /3 ²	Двойной	1
ADuC845	24/24	1,365	10/10 ²	Двойной	1
ADuC846	16/16	0,105	3 ¹ /3 ²	Двойной	1
ADuC847	24/-	1,365	10/-	Двойной	1
ADuC848	16/-	1,365	10/-	Двойной	1

¹ В три дифференциальных канала комбинируются четыре аналоговых входа.

² Модули основного и дополнительного АЦП могут использовать одни и те же аналоговые входы.

щих на кристалле различный объём доступной Flash-памяти. По аппаратным функциональным возможностям и расположению выводов все устройства одного наименования, но разных исполнений полностью совместимы. Они имеют одинаковое обозначение MSC12xx, но различный код Yx, например: MSC1210Y2,

MSC1210Y3, MSC1210Y4, MSC1210Y5. Код, написанный для MSC121xY2 с объёмом памяти 4 Кб, может без каких-либо изменений выполняться на микроконтроллерах MSC121xY3, MSC121xY4, MSC121xY5 с объёмами памяти соответственно 8, 16 и 32 Кб. Это позволяет разработчику по мере усложнения пользовательской про-

граммы и обновления её версии легко переходить на платформу с большим объёмом памяти и в то же время не нести дополнительных затрат при создании приложений, не требующих большого объёма памяти, например, младших версий.

Функциональная совместимость устройств внутри подсемейства MSC120x, а также внутри подсемейства MSC121x не является полной. Несмотря на то, что все они построены на базе одних и тех же аппаратных модулей, набор этих модулей в каждом устройстве различен. Кроме того, разные устройства внутри подсемейства MSC120x выпускаются в корпусах различного исполнения, что ограничивает их совместимость по расположению выводов.

Таблица 6. Характеристики цифровой части микроконверторов семейства ADuC8xx

Модель устройства	Ядро (количество тактовых циклов в командном цикле)	Пиковая производительность ядра, MIPS (миллион инструкций в с)	Flash-память программ, Кб	Flash-память данных, Кб	ОЗУ, байт	Количество линий ввода/вывода GPIO	Тип корпуса
ADuC812	8052 (12)	1,333	8	0,625	256	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC814	8052 (12)	1,398	8	0,625	256	17	28-pin TSSOP
ADuC816	8052 (12)	1,048	8	0,625	256	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC824	8052 (12)	1,048	8	0,625	256	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC831	8052 (12)	1,333	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC832	8052 (12)	1,333	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC834	8052 (12)	1,048	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC836	8052 (12)	1,048	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC841	8052 (1)	25	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC842	8052 (1)	16,7	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC843	8052 (1)	20	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC844	8052 (1)	12,58	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC845	8052 (1)	12,58	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC846	8052 (1)	12,58	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC847	8052 (1)	12,58	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP
ADuC848	8052 (1)	12,58	62	4	2304	34	52-PQFP, 56-CSP

Таблица 7. Характеристики периферии микроконверторов семейства ADuC8xx

Модель устройства	Источники тока возбуждения внешних датчиков	UART	SPI/FC	Система ФАПЧ	16-битные таймеры/счётчики	Источники прерываний
ADuC812	–	1	1/1	–	3	9
ADuC814	–	1	1/–	+	3	11
ADuC816	2	1	1/1	+	3	11
ADuC824	2	1	1/1	+	3	11
ADuC831	–	1	1/1	–	3	12
ADuC832	–	1	1/1	+	3	12
ADuC834	2	1	1/1	+	3	11
ADuC836	2	1	1/1	+	3	11
ADuC841	–	1	1/1	–	3	12
ADuC842	–	1	1/1	+	3	12
ADuC843	–	1	1/1	+	3	12
ADuC844	2	1	1/1	+	3	11
ADuC845	2	1	1/1'	+	3	11
ADuC846	2	1	1/1	+	3	11
ADuC847	2	1	1/1'	+	3	11
ADuC848	2	1	1/1'	+	3	11

'В этих устройствах интерфейсы SPI и FC не разделяют одних и тех же выводов и могут использоваться приложением одновременно.

Порты ввода/вывода MSC12xx

Линии ввода/вывода общего назначения устройств MSC12xx сгруппированы в четыре порта, каждому из которых соответствует регистр специального назначения (РСН) P0, P1, P2, P3. Режим каждого порта P_x может быть установлен путем записи в соответствующий РСН P_xDDRL/P_xDDRH. Каждой линии ввода/вывода P_x.x в этой паре регистров сопоставляется пара битов P_{xx}L/P_{xx}H. В зависимости от значения этих битов соответствующая линия P_x.x может быть программно сконфигурирована как выход стандарта 8051, выход CMOS, выход с открытым стоком или вход. Следует отметить, что цифровые выходы MSC12xx обеспечивают очень высокую нагрузочную способность: разрешается вытекающий/втекающий ток линии ввода/вывода общего назначения до 100 мА, а суммарный выходной ток всех выводов – до 200 мА.

Кроме функций ввода/вывода общего назначения, большинство линий ввода/вывода MSC12xx имеет альтернативные функции, выбираемые программно.

Процессорное ядро MSC12xx

Процессорное ядро устройств семейства MSC12xx совместимо со стандартом 8051 (8052). Все инструкции, выполняемые MSC12xx, имеются в стандарте 8051-ядра. Различие между MSC12xx и контроллерами со стандартным 8051-ядром заключает-

ся только в скорости выполнения кода - в MSC12xx скорость выполнения в три раза выше при одинаковой тактовой частоте (на один командный цикл затрачивается 4 тактовых цикла против 12 тактовых циклов у стандартного 8051-ядра). Операции, связанные с таймерами/счётчиками, MSC12xx может выполнять по выбору пользователя со скоростью 12 или 4 тактовых цикла за командный цикл.

Организация памяти MSC12xx

Устройство семейства MCS12xx оперирует с тремя базовыми типами памяти:

- память регистров специального назначения, имеющая общий объём 128 байт;
- память программ, используемая для хранения управляющей программы и расположенная на кристалле и (или) вне его;
- память данных – статическая оперативная память, расположенная на кристалле и (или) вне его.

Устройства MSC120x оперируют с двумя типами памяти данных:

- Flash-память данных на кристалле,
- внутренняя оперативная (регистровая) память.

Устройства MSC121x оперируют с четырьмя типами памяти данных:

- расширенное (дополнительное) СОЗУ на кристалле,
- внешнее СОЗУ вне кристалла,
- Flash-память данных на кристалле,
- внутренняя оперативная (регистровая) память.

Помимо базовых типов памяти, устройства MSC12xx имеют в своём составе аппаратную память конфигурации, которая, в частности, включает в себя аппаратные регистры конфигурации. Память конфигурации физически расположена во Flash-памяти программ начиная с адреса 8000h. Для программы она недоступна, поэтому в устройствах MSC121x она также разделяет одно и то же пространство адресов с внешней памятью программ.

На рис. 2 приводится карта памяти устройств подсемейства MSC120x, состоящая из сегмента памяти программ и сегмента памяти данных. Каждый из сегментов представляет собой массив размером 64 Кб, начинающийся с адреса 0000h и заканчивающийся адресом FFFFh. Сегменты могут накладываться друг на друга,

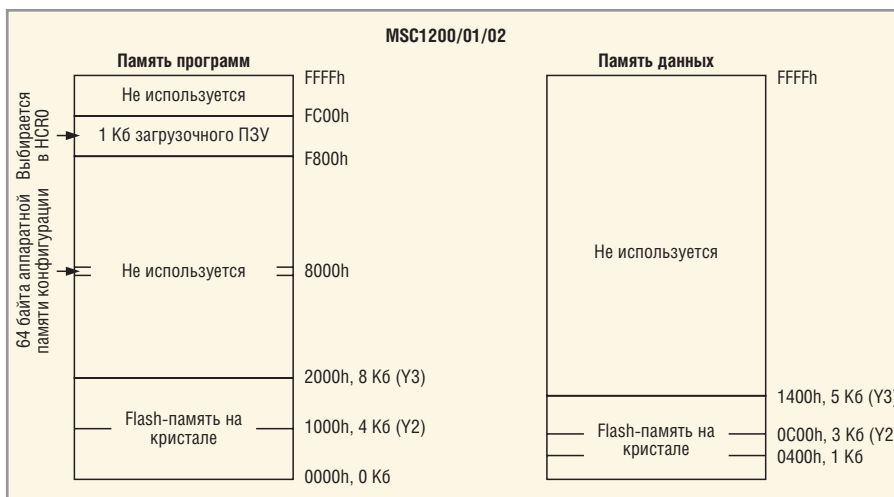


Рис. 2. Карта памяти устройств MSC120x

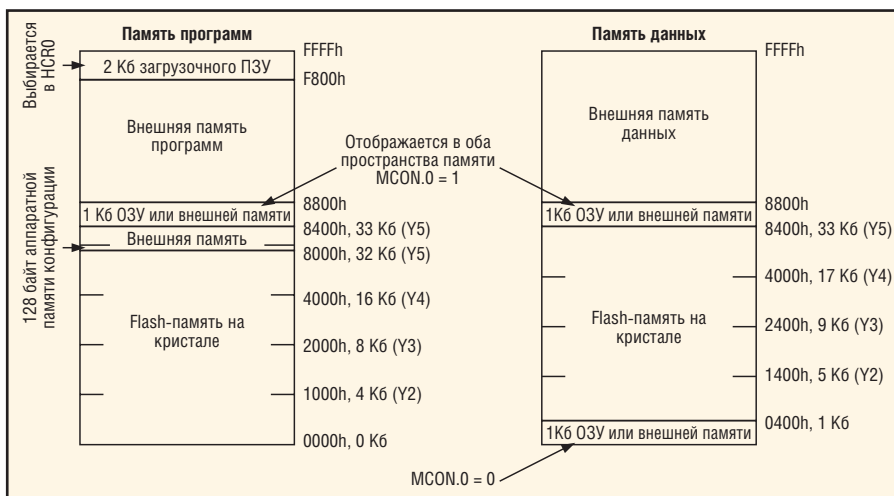


Рис. 3. Карта памяти устройств MSC121x

так как обращение к ним в устройстве производится различными способами. Память программ выбирается микроконтроллером автоматически при выполнении программы, а для чтения областей программной памяти явно (как данных) используется инструкция MOVC. Для обращения к памяти данных используются инструкции MOVX и MOV.

На рис. 3 приводится карта памяти устройств подсемейства MSC121x. Эти устройства, кроме Flash-памяти программ и данных, включают 1 Кб расширенного СОЗУ, причём, в зави-

симости от значения бита 0 РСН MCON, область СОЗУ может отображаться в две различные области памяти данных. Если область СОЗУ отображается в память данных с адреса 8400h до адреса 8800h, то об-

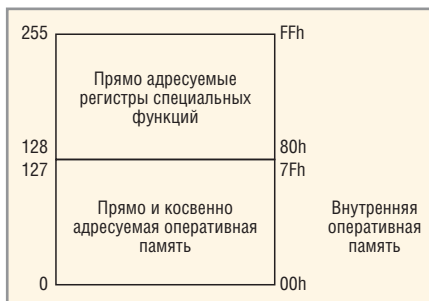


Рис. 4. Карта регистровой памяти устройств MSC1200 и MSC1201

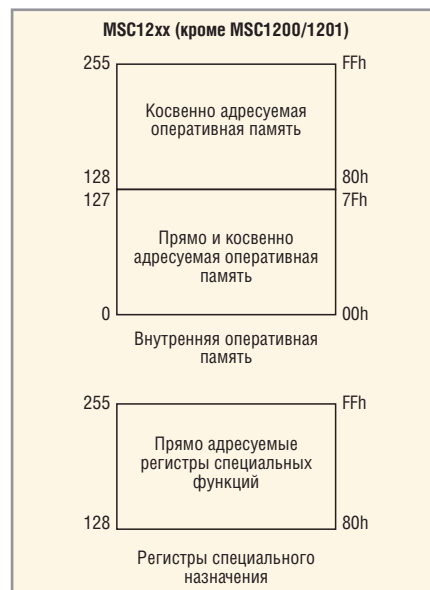


Рис. 5. Карта всей регистровой памяти устройств MSC12xx, кроме MSC1200/MSC1201

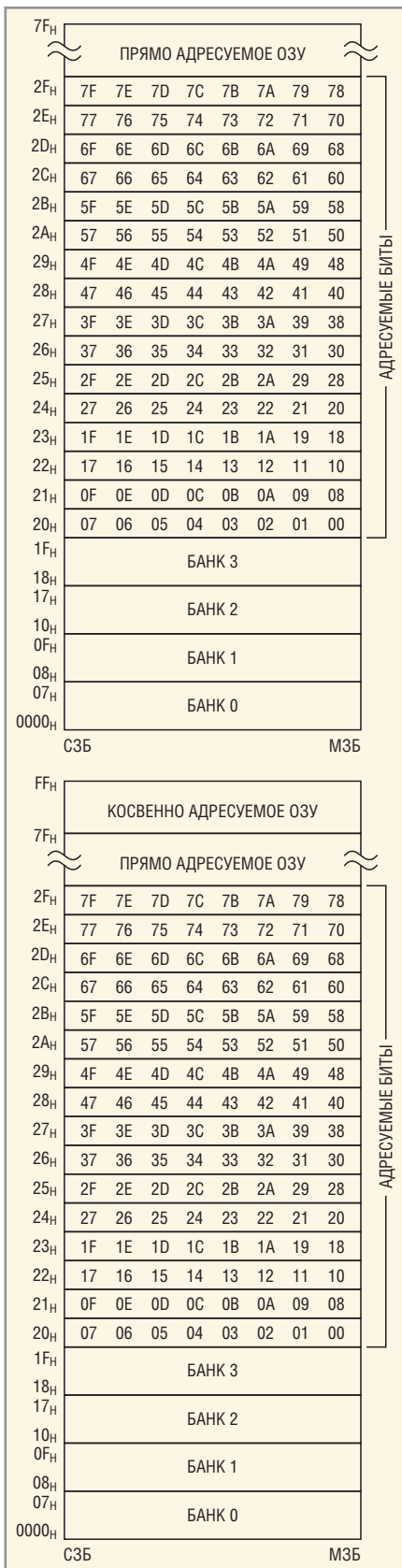


Рис. 6. Карта регистров внутреннего ОЗУ (а) MSC1200/MSC1201, (б) всех устройств MSC12xx, кроме MSC1200/MSC1201

ласть СОЗУ одновременно отображается и в память программ по тем же адресам (конфигурация в соответствии с архитектурой фон Нейманна).

Память программ содержит пользовательскую управляющую программу. Эта память включает в себя Flash-память на кристалле, определяемую пользователем как память программ, и (или) внешнюю память. Подсемейство MSC120x предоставляет в распоряжение пользователя максимум 8 Кб, а подсемейство MSC121x – максимум 32 Кб Flash-памяти на кристалле. Конкретный объём Flash-памяти программ на кристалле зависит от выбранного аппаратного исполнения MSC12xx и установленного пользователем долевого распределения памяти. Приведённые на рис. 2 и 3 карты памяти MSC120x, MSC121x поясняют возможности распределения Flash-памяти на кристалле на память программ и память данных. Вся наличная Flash-память в устройстве может быть сконфигурирована или только как память программ, или только как память данных, или как оба типа памяти в некотором (задаваемом пользователем) соотношении.

При обращении к внешней памяти программ и данных устройств MSC121x подключение осуществляется через порты 0 и 2. Общий объём всей адресуемой памяти ограничен значением 64 Кб и определяется архитектурой 8051-совместимых контроллеров. Устройства MSC120x работу с внешней памятью программ и данных не поддерживают.

Устройства MSC120x имеют на кристалле 1 Кб, а устройства MSC121x – 2 Кб кода загрузочного ПЗУ (ROM), который управляет системой в режиме последовательного или параллельного программирования. Код загрузочного ПЗУ расположен в программной памяти и доступен для пользовательской программы в режиме её выполнения. Загрузочное ПЗУ содержит несколько десятков подпрограмм, которые можно (и нужно) использовать в пользовательской программе для работы с Flash-памятью и USART.

Устройства MSC121x включают в себя 1024 байта расширенной (дополнительной) статической оперативной памяти (СОЗУ). В устройствах MSC120x расширенное СОЗУ отсутствует. Несмотря на то, что эта память находится на кристалле, обращение к ней осуществляется при помощи инструкции MOVX, как будто это внешняя память данных. Всякий раз, когда программа обращается к области памяти данных по адресам от 0000h до 03FFh

(по умолчанию), фактически она обращается к расширенному СОЗУ.

Карта всей регистровой памяти устройств MSC1200/01 приведена на рис. 4. Эта память состоит из 128 регистров внутреннего ОЗУ (регистров общего назначения – РОН) и 128 адресов регистров специального назначения. Регистры внутреннего ОЗУ доступны программе при помощи прямой и косвенной адресации.

Карта всей регистровой памяти остальных устройств семейства MSC12xx приведена на рис. 5. В соответствии со стандартом 8051 в эту память входят 256 регистров внутреннего ОЗУ и 128 адресов регистров специального назначения. Как видно из рисунка, 128 верхних регистров внутреннего ОЗУ и 128 адресов регистров специального назначения разделяют одно и то же пространство адресов от 80h до FFh, однако к этим регистрам ОЗУ программа может обращаться только при помощи косвенной адресации, а к регистрам специального назначения – только при помощи прямой адресации. Таким образом, несмотря на совпадающие адреса, указанные массивы памяти физически никак не перекрываются. К регистрам ОЗУ с адресами от 00h до 7Fh возможен программный доступ посредством как прямой, так и косвенной адресации.

Типы регистров и их расположение в регистровой памяти устройств семейства MSC12xx полностью соответствуют стандарту 8051. Согласно этому стандарту, в регистровой памяти MSC12xx имеются регистровые банки 0 – 3 рабочих регистров R0 – R7 и область побитно адресуемой памяти (рис. 6). В регистровой памяти может располагаться операционный стек, организуемый программно. Для более подробного ознакомления с программной моделью 8051-совместимых микроконтроллеров рекомендуется обратиться к работам [2, 4].

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. www.ti.com.
2. Редькин П.П. Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx Texas Instruments: архитектура, программирование, разработка приложений (+CD). М.: Додэка-XXI, 2006.
3. www.analog.com.
4. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! В 3-х т. М.: ИД СКИМЕН, 2003. ©

Конверторы SHARP — Ваш Верный Выбор!



[LED]

[LCD]

[RF]

[OPTO]

[IC]

Качество изображения, принимаемого вашей спутниковой антенной,
во многом зависит от используемого конвертора.

Какой конвертор выбрать? Мы рекомендуем — конвертор SHARP.

Компания SHARP является мировым лидером в производстве конверторов для спутниковых приёмных систем. Конверторы SHARP являются универсальными. Конверторы работают как с аналоговыми, так и с цифровыми сигналами.

SHARP | Microelectronics

PROSOFT[®]

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 234-0636 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru