



Редькин П. П.

Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments: архитектура, программирование, разработка приложений (+CD): — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. — 140x205 мм, 656 с., ил. (Серия «Мировая электроника»). ISBN 5-94120-117-6

Книга представляет собой практическое руководство и справочное пособие для изучения всех микросхем семейства MSC12xx и создания на их основе пользовательских проектов. Материалы по семейству MSC12xx в таком объеме на русском языке издаются впервые.

Часть I содержит достаточно полную справочную информацию по всему семейству MSC12xx, собранную и

систематизированную путем перевода и анализа фирменных материалов. В нее входят: перечень типовых технических характеристик всех микросхем семейства MSC12xx, описание их архитектуры и программной модели, описание аппаратного построения и программирования периферийных модулей семейства MSC12xx (каждый периферийный модуль описан в отдельной главе), рекомендации производителя по программированию и применению отдельных узлов MSC12xx. Описания работы периферийных узлов и вычислительного ядра MSC12xx снабжены примерами программных фрагментов на языках ассемблера и C, предоставленными фирмой-производителем.

Часть II содержит информацию по способам и средствам разработки-отладки приложений на основе устройств MSC12xx.

В приложениях приведены спецификации параметров и типовые характеристики всех устройств MSC12xx и другие справочные материалы. К книге приложен CD, содержащий проекты управляющих программ для MSC12xx, справочную информацию производителей, а также бесплатно доступные демо-версии программных пакетов разработки-отладки.

Книга предназначена для разработчиков радиоэлектронной аппаратуры и студентов радиотехнических специальностей. Книга будет полезна радиолюбителям, использующим микроконтроллеры в своей практике.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие автора.....	12
Часть 1	
СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО СЕМЕЙСТВУ MSC12xx	
Глава 1. Общее описание семейства MSC12xx.....	16
1.1. Особенности ИМС семейства MSC12xx.....	16
1.1.1. Особенности аналоговой части.....	17
1.1.2. Особенности цифровой части.....	17
1.1.3. Особенности памяти.....	17
1.1.4. Особенности периферии.....	18
1.1.5. Прочие особенности.....	18
1.1.6. Типовые приложения.....	18
1.2. Описание выводов ИМС MSC12xx.....	29
1.2.1. Порты ввода/вывода (P0, P1, P2, P3).....	55
1.2.2. Выводы тактового генератора: XOUT и XIN.....	61
1.2.3. Вывод сброса: RST.....	61
1.2.4. Вывод разрешения фиксации адреса: ALE (только в MSC121x).....	62
1.2.5. Вывод stroba разрешения памяти программ: PSEN (только в MSC121x).....	62
1.2.6. Вывод разрешения внешнего доступа: EA (только в MSC121x).....	63
1.3. Расширенное 8051-ядро.....	63
1.4. Совместимость в семействе MSC12xx.....	64
1.5. Flash-память.....	65
1.6. Аналоговые функции.....	65
1.7. Периферийные устройства.....	66
Глава 2. Организация памяти.....	67
2.1. Память программ.....	69
2.2. Память данных.....	72
2.2.1. Расширенное СОЗУ.....	72
2.2.2. Flash-память данных на кристалле.....	73
2.2.3. Внешняя память данных.....	73
2.3. Внутренняя оперативная память.....	74
2.3.1. Стек.....	76
2.3.2. Регистровые банки.....	77
2.3.3. Побитно адресуемая память.....	77
2.3.4. Память регистров специальных функций.....	79
Глава 3. Регистры специальных функций.....	80
3.1. Ссылки на РСФ.....	80
3.2. Типы РСФ.....	134
3.3. Определения РСФ.....	134
Глава 4. Базовые регистры.....	148
4.1. Аккумулятор А (ACC).....	148
4.2. Регистры R.....	148
4.3. Регистр В.....	149
4.4. Программный счетчик (PC).....	149
4.5. Регистры указателей данных (DPTR0, DPTR1).....	150
4.6. Регистр указателя вершины стека (SP).....	150
4.7. Регистр слова состояния программы (PSW).....	151
Глава 5. Способы адресации.....	153
5.1. Непосредственная адресация.....	153
5.2. Прямая адресация.....	154
5.3. Косвенная адресация.....	154
5.4. Внешняя прямая адресация.....	155
5.5. Внешняя косвенная адресация.....	156
5.6. Кодированная косвенная адресация.....	156
Глава 6. Выполнение программы.....	158
6.1. Условный переход.....	158
6.2. Прямой (безусловный) переход.....	159
6.3. Прямой вызов подпрограммы.....	160
6.4. Возврат из подпрограммы.....	160
6.5. Прерывания.....	160
Глава 7. Системная синхронизация.....	161
7.1. Системные таймеры.....	161
7.1.1. Микросекундный таймер.....	169
7.1.2. Миллисекундный таймер.....	170

7.2. Синхронизация пуска.....	173
Глава 8. Таймеры/счетчики	177
8.1. Использование таймеров/счетчиков для измерения времени	177
8.1.1. Скорость инкрементирования таймеров/счетчиков	177
8.1.2. РСФ таймеров/счетчиков.....	180
8.1.3. РСФ TMOD	181
8.1.4. Инициализация таймера/счетчика.....	186
8.1.5. Чтение содержимого таймера/счетчика.....	186
8.1.6. Измерение длительности с помощью таймера/счетчика	188
8.2. Использование таймеров/счетчиков в качестве счетчиков событий.....	189
8.3. Использование таймера/счетчика 2	190
8.3.1. РСФ T2CON	190
8.3.2. Таймер/счетчик 2 в режиме автоперезагрузки.....	192
8.3.3. Таймер/счетчик 2 в режиме захвата	192
8.3.4. Таймер/счетчик 2 как генератор скорости обмена через последовательный порт	193
Глава 9. Последовательные порты	194
9.1. Установка режима последовательного порта.....	195
9.1.1. Режим 0 последовательного порта (синхронный полудуплексный)	200
9.1.2. Режим 1 последовательного порта (асинхронный дуплексный)	200
9.1.3. Режим 2 последовательного порта (асинхронный дуплексный)	203
9.1.4. Режим 3 последовательного порта (асинхронный дуплексный)	204
9.2. Задание скорости обмена через последовательный порт	205
9.3. Запись в последовательный порт.....	207
9.4. Чтение последовательного порта.....	208
Глава 10. Прерывания	209
10.1. События, вызывающие прерывания	209
10.2. Разрешение прерываний	211
10.3. Последовательность опроса источников прерываний	215
10.4. Приоритеты прерываний	215
10.5. Обслуживание прерывания	220
10.6. Возврат из прерывания	221
10.7. Типы прерываний	221
10.7.1. Прерывания от последовательных портов	221
10.7.2. Внешние прерывания.....	222
10.7.3. Прерывания от таймеров/счетчиков.....	223
10.7.4. Прерывание от сторожевого таймера	224
10.7.5. Вспомогательные прерывания.....	224
10.8. Сохранение контекста при прерываниях.....	238
10.9. Общие проблемы при использовании прерываний	239
Глава 11. Широтно-импульсный модулятор/тональный генератор	241
11.1. Тональный генератор	242
11.2. Широтно-импульсный модулятор	244
11.2.1. Примеры конфигурирования модуля ШИМ/тонального генератора.....	247
11.2.2. Модификация настроек модуля ШИМ/тонального генератора	249
Глава 12. Аналого-цифровой преобразователь.....	251
12.1. Синхронизация АЦП.....	254
12.2. Входной мультиплексор	256
12.3. Встроенный температурный датчик.....	258
12.4. Источники тока обнаружения обрыва внешнего датчика	259
12.5. Входной дополнительный буфер (BUF)	259
12.6. Аналоговые входы АЦП	261
12.7. Программируемый усилитель (PGA)	262
12.8. ЦАП смещения	263
12.9. Модулятор АЦП	265
12.10. Калибровки смещения и усиления АЦП	265
12.11. Методы компенсации смещения АЦП.....	273
12.12. Методы компенсации ошибки усиления АЦП.....	276
12.12.1. Программная калибровка усиления АЦП	280
12.12.2. Подстройка усиления АЦП	282
12.12.3. Расширение диапазона входных напряжений АЦП.....	282
12.13. Цифровой фильтр	285
12.14. Опорное напряжение АЦП	289
12.15. Регистры аппаратного суммирования/сдвига	290
12.15.1. Режим ручного суммирования.....	293
12.15.2. Режим суммирования результатов АЦП	293
12.15.3. Режим ручного сдвига/деления	294
12.15.4. Режим суммирования результатов АЦП с делением/сдвигом	294
12.16. Синхронизация нескольких приборов MSC12xx в системе	295

12.17. Типовые способы использования АЦП	296
12.17.1. Выбор диапазона полной шкалы	297
12.17.2. Компенсация ошибок преобразования при измерениях сигналов с датчиков ..	298
Глава 13. Интерфейс SPI/I2C MSC120x	304
13.1. Модуль интерфейса SPI	304
13.2. Модуль интерфейса SPI/I2C	309
Глава 14. Интерфейс SPI/I2C MSC121x	313
14.1. Модуль интерфейса SPI	313
14.1.1. Функциональное описание	313
14.1.2. Управление полярностью и фазой последовательного синхросигнала	315
14.1.3. Сигналы интерфейса SPI	317
14.1.4. Системные ошибки SPI	318
14.1.5. Передача данных через SPI	319
14.1.6. Операции с буфером FIFO	322
14.1.7. Примеры программного использования SPI	324
14.2. Модуль интерфейса I2C	326
Глава 15. Модуль ЦАП	330
15.1. Восьмибитный ЦАП MSC120x	330
15.2. Шестнадцатититный ЦАП MSC121x	330
Глава 16. Детектор пониженного напряжения питания	339
16.1. Общее описание	339
16.2. Описание битов РСФ LVDCON	340
16.3. Типовые параметры детектора пониженного напряжения питания	342
Глава 17. Сторожевой таймер	343
17.1. Общее описание	343
17.2. Программное управление сторожевым таймером	344
Глава 18. Система ФАПЧ MSC120x	347
18.1. Синхронизация от внутреннего генератора	348
18.2. Синхронизация от внешнего источника	348
18.3. Синхронизация от системы ФАПЧ	349
Глава 19. Аппаратная конфигурация	351
19.1. Аппаратные регистры конфигурации MSC120x	352
19.2. Аппаратные регистры конфигурации MSC121x	354
19.3. Память конфигурации MSC121x	359
19.4. Доработка механизма прерываний при блокировке сектора сброса	359
19.5. РСФ идентификации	360
Глава 20. Генератор аппаратных точек останова MSC121x	362
20.1. Конфигурирование аппаратных точек останова	362
20.2. Прерывания от аппаратных точек останова	364
20.3. Отключение аппаратных точек останова	365
Глава 21. Оптимизация потребляемой мощности	366
21.1. Нерабочий режим	366
21.2. Описание битов РСФ PCON	367
Глава 22. Операции с Flash-памятью	368
22.1. РСФ управления Flash-памятью	368
22.2. Примеры операций с Flash-памятью данных	370
Глава 23. Подпрограммы загрузочного ПЗУ (ROM)	372
Глава 24. Выявленные ошибки и аномалии	390
24.1. Ошибки и аномалии MSC120x	390
24.2. Ошибки и аномалии MSC121x	391

Часть 2

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ-ОТЛАДКИ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СЕМЕЙСТВА MSC12XX И РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Глава 25. Стратегии отладки приложений для MSC12xx	394
25.1. Симуляторы IDE	395
25.2. Внутрисистемные отладчики	396
25.2.1. Методы программной внутрисистемной отладки	397
25.2.2. Методы аппаратной внутрисистемной отладки	409
Глава 26. Программирование Flash-памяти MSC12xx	410
26.1. Программирование с помощью эмулятора терминала	410
26.2. Программирование с помощью загрузчика TI Downloader	414
26.3. Защита Flash-памяти	418
Глава 27. Ассемблер	419
27.1. Синтаксис ассемблера	419
27.2. Системы представления чисел	421
27.3. Выражения	421

27.4. Приоритет операторов	422
27.5. Символы и символьные строки.....	422
27.6. Прямые переходы в программе (LJMP, SJMP, AJMP).....	423
27.7. Подпрограммы (LCALL, ACALL, RET)	423
27.8. Перемещение данных (MOV).....	424
27.9. Инкремент и декремент регистров (INC, DEC)	426
27.10. Программные циклы (DJNZ).....	426
27.11. Установка, сброс и перемещение битов (SETB, CLR, CPL, MOV)	427
27.12. Бит-ориентированные условные переходы (JB, JBC, JNB, JC, JNC).....	428
27.13. Сравнение двух значений на предмет равенства (CJNE).....	428
27.14. Сравнение двух значений на предмет нахождения большего (CJNE)	429
27.15. Переходы по результату сравнения с нулем (JZ, JNZ).....	429
27.16. Выполнение суммирования (ADD, ADDC).....	430
27.17. Выполнение вычитания (SUBB).....	430
27.18. Выполнение умножения (MUL).....	431
27.19. Выполнение деления (DIV)	432
27.20. Сдвиг битов (RR, RRC, RL, RLC).....	432
27.21. Побитные логические инструкции (ANL, ORL, XRL).....	433
27.22. Обмен значениями регистров (XCH)	435
27.23. Обмен байт/слов аккумулятора (SWAP).....	435
27.24. Обмен байт/слов между аккумулятором и IRAM (XCHD).....	435
27.25. Коррекция аккумулятора в двоично-десятичное представление (DA)	436
27.26. Операции со стеком (PUSH/POP).....	436
27.27. Задание значения указателя данных DPTR (MOV DPTR).....	438
27.28. Запись и чтение внешней оперативной памяти/памяти данных (MOVB).....	438
27.29. Чтение программной памяти/таблиц (MOVC).....	439
27.30. Использование таблиц переходов (JMP @A+DPTR)	441
Глава 28. Интегрированная среда разработки-отладки RIDE	443
28.1. Общее описание.....	443
28.2. Создание пользовательского проекта	445
28.3. Дополнительные возможности RIDE.....	449
Глава 29. База для создания приложений	450
29.1. Аппаратная платформа	450
29.2. Встроенное программное обеспечение.....	452
Глава 30. Программы обслуживания периферийных устройств.....	465
30.1. Интерфейс ввода/вывода	465
30.1.1. Интерфейс кнопок управления	465
30.1.2. Интерфейс ЖКИ.....	470
30.2. Интерфейс АЦП.....	474
30.2.1. Преобразования без усреднения.....	474
30.2.2. Преобразования с усреднением по выборке	492
30.3. Интерфейс ШИМ/тонального генератора	500
30.4. Часы реального времени на базе системных таймеров.....	508
30.5. Интерфейс ЦАП.....	515
30.6. Интерфейс SPI.....	522
30.6.1. Обмен через SPI с внешним АЦП	522
30.6.2. Обмен через SPI с внешней памятью.....	536
30.7. Операции с Flash-памятью MSC12xx.....	555
30.7.1. Чтение/модификация XRAM и Flash-памяти данных.....	555
30.7.2. Чтение/модификация Flash-памяти программ	564
30.8. Интерфейс USART	573

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Электрические параметры	
Электрические параметры аналоговой части MSC120x при $V_{DD} = 5\text{ В}$	588
Электрические параметры аналоговой части MSC120x при $V_{DD} = 3\text{ В}$	592
Электрические параметры аналоговой части MSC121x при $V_{DD} = 5\text{ В}$	596
Электрические параметры аналоговой части MSC121x при $V_{DD} = 3\text{ В}$	604
Электрические параметры Flash-памяти MSC12xx	610
Электрические параметры цифровой части MSC120x.....	611
Электрические параметры цифровой части MSC1210.....	613
Электрические параметры цифровой части MSC1211 и MSC1212.....	615
Электрические параметры цифровой части MSC1213 и MSC1214.....	616
Предельно допустимые режимы эксплуатации MSC12xx.....	618
Приложение 2. Динамические параметры и временные диаграммы	
Параметры внешнего тактового сигнала MSC120x.....	619

Динамические параметры MSC120x	620
Динамические параметры MSC1210	620
Динамические параметры MSC1211...MSC1214	623
Цикл чтения внешней памяти программ MSC121x	625
Цикл чтения внешней памяти данных MSC121x	625
Цикл записи внешней памяти данных MSC121x	626
Импульсы внешней тактовой частоты MSC12xx	626

Приложение 3. Типовые характеристики MSC12xx

Приложение 4. Адреса точек входа в подпрограммы загрузочного ROM MSC121x

Приложение 5. Инструкции ассемблера 8051-совместимых микроконтроллеров

ACALL — абсолютный вызов подпрограммы в пределах 2K	636
ADD, ADDC — суммирование, суммирование с учетом переноса	637
AJMP — переход по абсолютному адресу в пределах 2K	638
ANL — поразрядное логическое И	638
CJNE — сравнение и переход, если не равно	639
CLR — сброс регистра	639
CPL — дополнение (инверсия) регистра	639
DA — десятичная коррекция аккумулятора	639
DEC — декремент регистра	640
DIV — деление аккумулятора на B	640
DJNZ — декремент и переход, если не ноль	640
INC — инкремент регистра	641
JB — переход, если бит установлен	641
JBC переход, если бит установлен с последующим сбросом бита	641
JC — переход, если флаг переноса установлен	641
JMP — переход по адресу указатель данных + аккумулятор	642
JNB — переход, если бит не установлен	642
JNC — переход, если флаг переноса не установлен	642
JNZ — переход, если аккумулятор не нулевой	642
JZ — переход, если аккумулятор нулевой	642
LCALL — длинный вызов	642
LJMP — длинный переход	643
MOV — перемещение памяти из/в аккумулятор	643
MOV — перемещение из/в флаг переноса	644
MOV — перемещение из/в IRAM	644
MOV DPTR — перемещение значения в DPTR	645
MOVC — перемещение байта кода в аккумулятор	645
MOVX — перемещение данных из/в внешней RAM	645
MUL — умножение аккумулятора на регистр B	646
NOP — пустая операция	646
ORL — поразрядное логическое ИЛИ	646
POP — выгрузка значения из стека	646
PUSH — помещение значения в стек	647
RET — возврат из подпрограммы	647
RETI — возврат из прерывания	647
RL — сдвиг аккумулятора влево	647
RLC — сдвиг аккумулятора влево через перенос	647
RR — сдвиг аккумулятора вправо	647
RRC — сдвиг аккумулятора вправо через перенос	648
SETB — установка бита	648
SJMP — короткий переход	648
SUBB — вычитание из аккумулятора с заимствованием	648
SWAP — смена тетрад аккумулятора	649
XCH — обмен байтов	649
XCHD — обмен цифр (младших тетрад)	649
XRL — поразрядное исключающее ИЛИ	650
Неопределенная инструкция	650

Приложение 6. Таблица шрифтов для русифицированного ЖКИ со встроенным контроллером управления, совместимым с HD44780

Заключение	652
Рекомендуемая литература	653