

Данная книга является прекрасным учебным пособием для студентов старших курсов технических университетов, которые предполагают связать свою профессиональную деятельность с проектированием и внедрением встраиваемых микропроцессорных систем.

В книге последовательно рассматриваются все этапы создания встраиваемых систем на микроконтроллерах с применением современных технологий проектирования. Задумав эту книгу, авторы поставили перед собой задачу научить читателя искусству создания реальных устройств управления на однокристальных микроконтроллерах.

Отдельные главы книги посвящены:

- Обсуждению последовательности, смыслового и организационного содержания отдельных этапов реализации проекта по созданию встраиваемой микроконтроллерной системы;
- Теории и практике программирования микропроцессорных систем на языке Си и на языке ассемблера;
- Алгоритмам функционирования и программного обслуживания основных периферийных модулей однокристальных микроконтроллеров;
- Разработке интерфейса сопряжения микроконтроллеров с различными типами исполнительных устройств;
- Практическим инженерным навыкам разработки работоспособных приложений на микроконтроллерах;
- Обсуждению проблем создания мультипроцессорных систем, а также особенностей использования в микроконтроллерных устройствах операционных систем реального времени.

Книга интересна глубоко продуманной методикой представления материала:

- Изложение теоретических вопросов удачно дополняется хорошо подобранной коллекцией примеров применения.
- Каждая глава предваряется подробным списком вопросов, которые изучаются в данном разделе книги. В заключительной части главы читателю предлагается ответить на ряд контрольных вопросов, а также выполнить задания, которые способствуют приобретению практических навыков.
- Множество примеров сопряжения микроконтроллеров семейства HC12 и HCS12 с различного типа устройствами ввода и вывода.
- Множество примеров реализации интересных микроконтроллерных устройств управления.
- Множество вопросов и заданий для самостоятельного решения, которые разбиты на категории по степени сложности.

Книга полезна для ведения практических занятий со студентами.

- Содержит материал, охватывающий все вопросы проектирования, включает множество заданий для самостоятельной работы, примеры программирования, примеры аппаратных решений и эксперименты по исследованию работы различных подсистем микроконтроллеров.

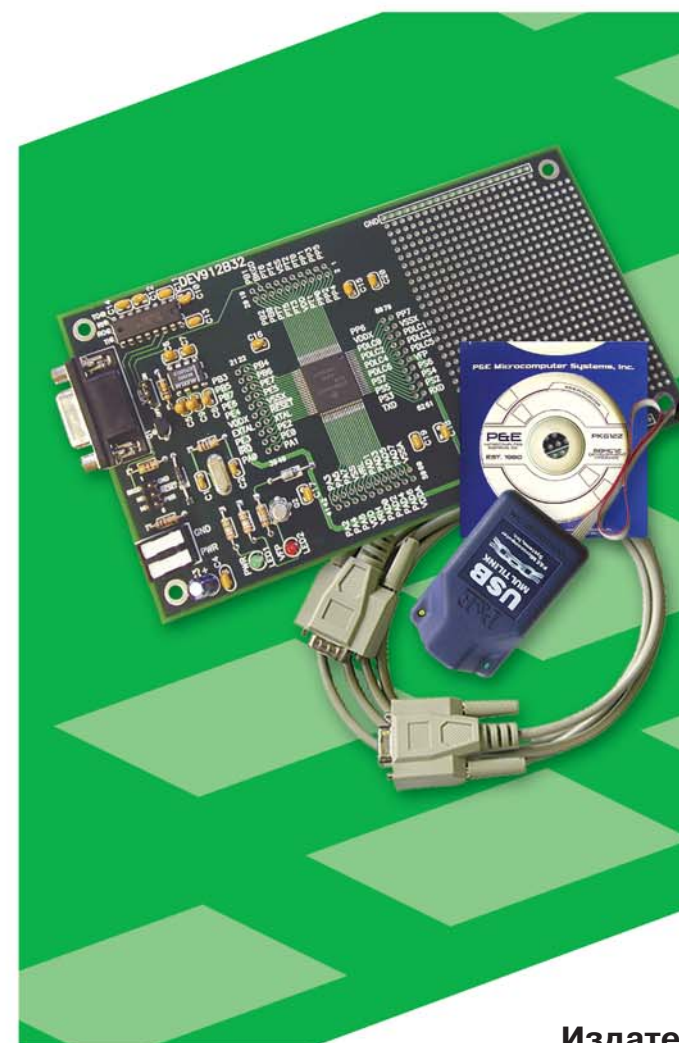


MOTOROLA 68HC12 и HCS12

С.Ф. Барретт
Д.Дж. Пак

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА

MOTOROLA 68HC12 и HCS12



С.Ф. Барретт
Д.Дж. Пак



Издательский дом «ДМК-пресс»

ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ

Проектирование приложений

на микроконтроллерах

семейства 68HC12/HCS12

с применением языка С

С. Ф. Баррет

University of Wyoming

Д. Дж. Пак

United States Air Force Academy

Перевод с английского

Т. В. Ремизевич

Научный редактор

Д. И. Панфилов



Издательский дом «ДМК-пресс»

Москва

УДК 004.318-181.4
ББК 32.973.26-04
Б24

Б24 Барретт С. Ф., Пак Д. Дж.
Встраиваемые системы. Проектирование приложений на микроконтроллерах семейства 68HC12 / HCS12 с применением языка С. — М.: Издательский дом «ДМК-пресс». — 640 с.

ISBN 5-9706-0034-2

В книге последовательно рассматриваются все этапы создания встраиваемых систем на микроконтроллерах с применением современных технологий проектирования. Задумав эту книгу, авторы поставили перед собой задачу научить читателя искусству создания реальных устройств управления на однокристальных микроконтроллерах.

Издание содержит материал, охватывающий все вопросы проектирования, включает множество заданий для самостоятельной работы, примеры программирования, примеры аппаратных решений и эксперименты по исследованию работы различных подсистем микроконтроллеров.

Данная книга является прекрасным учебным пособием для студентов старших курсов технических университетов, которые предполагают связать свою профессиональную деятельность с проектированием и внедрением встраиваемых микропроцессорных систем. Книга также будет полезна разработчикам радиоэлектронной аппаратуры на микроконтроллерах.

ББК 32.872
УДК 621.396.6

Authorized translation from the English language edition, entitled Embedded Systems. Design and Applications with the 68HC12 and HCS12 by Steven F. Barrett, Daniel J. Pack, published by Person Prentice Hall. Copyright © 2005 by Person Education.

All rights reserved. Printed in the United States of America. This publication is protected by Copyright and permission should be obtained from the publisher prior to any prohibited reproduction, storage in a retrieval system, or transmission in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or likewise. For information regarding permission(s), write to: Rights and Permissions Department.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменимостью любых материалов данной книги.

ISBN 0-13-140141-6 (анг.)
ISBN 5-9706-0034-2

© by Pearson Education, Inc.
© Издательский дом «ДМК-пресс»

ПРЕДИСЛОВИЕ

Структура книги	16
Учебные системы	17
Целевая аудитория	18
Благодарности	19

Глава 1. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО СО ВСТРАИВАЕМЫМИ СИСТЕМАМИ

1.1. Что такое встраиваемая система?	22
1.2. Особенности встраиваемых систем	25
1.2.1. Работа в реальном времени	25
1.2.2. Миниатюризация размеров и процесс тестирования	26
1.2.3. Минимизация энергии потребления	26
1.2.4. Интерфейс пользователя и интерфейс сопряжения с объектом	27
1.2.5. Многозадачность	27
1.2.6. Минимизация стоимости	27
1.2.7. Ограничение объема памяти	27
1.2.8. Программно–аппаратный дуализм	28
1.3. Введение в микроконтроллеры семейства 68HC12 и HCS12	29
1.4. Микроконтроллеры HCS12	33
1.4.1. Семейство HCS12	35
1.4.2. Обозначения МК	35
1.4.3. Модельный ряд HCS12	35
1.5. Заключение по главе 1	36
1.6. Вопросы и задания	36

Глава 2. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ И СТРУКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

2.1.	Почему мы программируем микроконтроллеры на Си?	44
2.2.	Преимущества программирования на языке ассемблер.....	45
2.3.	Преимущества языков высокого уровня	45
2.3.1.	Выбираем язык высокого уровня для программирования встраиваемых систем	47
2.3.2.	Краткая история языка Си	47
2.4.	Оптимальная стратегия - программирование на Си и на ассемблере.....	48
2.5.	Структурное проектирование	49
2.5.1.	Основные положения метода структурного проектирования	49
2.5.2.	Документирование программ.....	58
2.5.3.	Как язык Си соотносится со структурным проектированием	59
2.6.	Рабочие тетради	59
2.6.1.	Порядок ведения записей	59
2.6.2.	Содержание записей.....	60
2.7.	Блок-схемы алгоритмов.....	60
2.8.	Пример применения.....	62
2.9.	Заключение по главе 2	63
2.10.	Что еще почитать?	65
2.11.	Вопросы и задания	66

Глава 3. ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ НА СИ

3.1.	Введение в программирование на Си.....	71
3.1.1.	Глобальные и локальные переменные	71
3.2.	Типы данных в Си	72
3.3.	Операторы языка Си.....	76
3.4.	Функции	82
3.4.1.	Что такое функция?	82
3.4.2.	Основная программа	83
3.4.3.	Прототипы функций.....	84
3.4.4.	Описание функций	85
3.4.5.	Вызов функций, передача параметров, возврат полученных значений	86
3.5.	Файлы заголовков	87
3.6.	Директивы компилятора	88

3.6.1. Директива условной компиляции	88
3.7. Конструкции программирования.....	92
3.8. Операторы для организации программных циклов.....	93
3.8.1. Оператор FOR	93
3.8.2. Оператор WHILE	94
3.8.3. Оператор DO – WHILE.....	95
3.9. Операторы принятия решения.....	95
3.9.1. Оператор IF.....	96
3.9.2. Оператор IF-ELSE	97
3.9.3. Оператор IF-ELSE IF-ELSE	97
3.9.4. Оператор SWITCH.....	99
3.10. Массивы.....	100
3.11. Указатели	102
3.12. Структуры.....	104
3.13. Процесс программирования и отладки микропроцессорной системы.....	106
3.13.1. Технология создания программного кода	106
3.13.2. Режим отладки BDM.....	112
3.13.3. Аппаратные и программные средства отладчика P&E от компании PEMICRO	117
3.13.4. Эмуляторы	118
3.13.5. Логические анализаторы	122
3.14. Особенности компилятора и ассемблера	123
3.15. Заключение по главе 3	134
3.16. Что еще почитать?	134
3.17. Вопросы и задания	134

Глава 4. МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ 68HC12 И HCS12: **АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

4.1. Аппаратные средства МК семейства 68HC12	139
4.2. Аппаратные средства МК семейства HCS12	147
4.3. Режимы работы МК семейства 68HC12/HCS12	149
4.3.1. Рабочие режимы.....	150
4.3.2. Режимы работы отладочной платы M68EVB912B32.....	151
4.4. Назначение выводов МК	152
4.5. Регистры специальных функций МК.....	153
4.5.1. Виртуальный адрес блока регистров.....	156
4.6. Порты ввода/вывода	157
4.6.1. Спецификация портов ввода/вывода	158
4.7. Подсистема памяти МК B32.....	164

4.7.1. Карта памяти МК В32	166
4.7.2. Изменение адресов в карте памяти МК.....	166
4.8. Подсистема памяти МК DP256	167
4.9. Состояния сброса и прерывания МК	168
4.9.1. Реакция МК на внешние события	169
4.10. Состояния сброса и прерывания в МК 68HC12	170
4.10.1. Состояние сброса МК.....	171
4.10.2. Прерывания.....	173
4.10.3. Вектора исключений	177
4.10.4. Система приоритетов для исключений.....	180
4.10.5. Регистры подсистемы прерывания	182
4.11. Процесс перехода к подпрограмме прерывания.....	183
4.12. Оформление подпрограммы прерывания на Си	187
4.13. Система тактирования.....	189
4.13.1. Система тактирования отладочной платы MC68HC912B32EVB.....	189
4.14. Подсистема реального времени – модуль таймера	191
4.14.1. Структура модуля таймера	192
4.14.2. Счетчик временной базы.....	193
4.14.3. Регистры для управления счетчиком временной базы... ..	199
4.14.4. Каналы захвата/сравнения.....	202
4.14.5. Счетчик событий.....	225
4.15. Модуль меток реального времени.....	230
4.16. Модуль таймера ECT в составе МК MC68HC12BE32 и HCS12	233
4.16.1. Небуферизированные каналы входного захвата	235
4.16.2. Буферизированные каналы входного захвата	235
4.16.3. Особенности счетчиков событий	236
4.16.4. Регистры управления модуля EST	236
4.17. Обмен информацией в последовательном коде: многофункциональный последовательный интерфейс	240
4.17.1. Термины последовательного обмена	243
4.18. Контроллер асинхронного обмена SCI	245
4.18.1. Передатчик контроллера SCI	248
4.18.2. Приемник контроллера SCI	249
4.18.3. Регистры контроллера SCI	250
4.18.4. Алгоритмы программного обслуживания контроллера SCI.....	257
4.18.5. Пример программирования контроллера SCI.....	258
4.19. Синхронный последовательный интерфейс SPI	260
4.19.1. Концепция интерфейса SPI.....	260

4.19.2. Алгоритмы работы контроллера SPI	261
4.19.3. Регистры контроллера SPI	263
4.19.4. Алгоритмы программного обслуживания контроллера SPI	270
4.19.5. Периферийные ИС с интерфейсом SPI.....	273
4.20. Введение в теорию аналого-цифрового преобразования	274
4.20.1. Частота дискретизации сигнала	274
4.20.2. Представление аналоговой величины в цифровом коде.....	275
4.20.3. Квантование по уровню и разрешающая способность	277
4.20.4. Скорость потока данных оцифровки	277
4.21. Принцип действия АЦП.....	279
4.21.1. АЦП последовательного приближения	279
4.22. Подсистема аналого-цифрового преобразования МК 68HC12	282
4.22.1. Структура и порядок функционирования.....	282
4.22.2. Регистры управления модуля ATD	284
4.22.3. Пример программирования модуля ATD	293
4.22.4. Обслуживание прерываний от модуля ATD	296
4.23. Особенности модуля ATD в составе МК семейства HCS12	297
4.23.1. Выбор разрядности АЦП	297
4.23.2. Представление результата измерения.....	297
4.23.3. Запуск измерительной последовательности от внешнего сигнала	299
4.23.4. Программируемое число преобразований в измерительной последовательности.....	299
4.23.5. Увеличение числа аналоговых входов	300
4.23.6. Регистры модуля ATD HCS12	300
4.24. Подсистема широтно-импульсной модуляции	300
4.24.1. Структура модуля PWM.....	302
4.24.2. Режимы центрированной и фронтальной ШИМ	305
4.24.3. Система тактирования.....	306
4.24.4. Регистры модуля PWM	308
4.24.5. Примеры программирования модуля PWM	313
4.25. Ограничение энергии потребления.....	317
4.25.1. Как остановить МК 68HC12	317
4.25.2. Как вывести МК 68HC12 из состояния пониженного энергопотребления.....	318
4.26. Советы по использованию платы отладки MC68EVB912B32	320
4.27. Заключение по главе 4	323

4.28. Что еще почитать?	323
4.29. Вопросы и задания	323

Глава 5. **ОСНОВЫ СОПРЯЖЕНИЯ МК С УСТРОЙСТВАМИ ВВОДА/ВЫВОДА**

5.1. Электрические характеристики МК 68HC12	328
5.1.1. Нагрузочные характеристики	330
5.1.2. Что произойдет, если Вы должным образом не учтете электрические характеристики периферийных ИС?	331
5.1.3. Входные и выходные характеристики логических элементов	332
5.2. Устройства дискретного ввода: кнопки, переключатели, клавиатуры	334
5.2.1. Кнопки и переключатели	334
5.2.2. DIP переключатели	335
5.2.3. Клавиатуры	336
5.3. Устройства индикации: светодиоды, семисегментные индикаторы, индикаторы логического выхода с тремя состояниями	342
5.3.1. Светодиоды	342
5.3.2. Семисегментные индикаторы	343
5.3.3. Индикаторы для логического выхода с тремя состояниями	344
5.4. Программное обслуживание дискретных входов и выходов	346
5.5. Подавление механическогодребезга контактов переключателей	346
5.5.1. Аппаратная защита от механическогодребезга контактов	347
5.5.2. Программная защита от механическогодребезга контактов	348
5.5.3. Пример программной защиты	349
5.6. Жидкокристаллические индикаторы	352
5.6.1. Краткие сведения о жидкокристаллических индикаторах	352
5.6.2. Сопряжение МК с символьным ЖК индикатором	353
5.6.3. Сопряжение МК с графическим ЖК дисплеем	359
5.7. Управление электрическим двигателем	367
5.7.1. Силовые полупроводниковые ключи	367
5.7.2. Оптоэлектронная потенциальная развязка	368
5.7.3. Инвертор напряжения	370
5.8. Кодовый замок	371
5.8.1. Схема подключения периферийных устройств	373