

УДК 681.3.068
ББК 32.973.26-018.1
С61

Соммер У.

С61 Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 256 с.: ил. — (Электроника)

ISBN 978-5-9775-0727-1

Рассмотрено программирования микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. Описана структура и функционирование микроконтроллеров, среда программирования Arduino, необходимые инструменты и комплектующие для проведения экспериментов. Подробно рассмотрены основы программирования плат Arduino: структура программы, команды, операторы и функции, аналоговый и цифровой ввод/вывод данных. Изложение материала сопровождается более 80 примерами по разработке различных устройств: реле температуры, школьных часов, цифрового вольтметра, сигнализации с датчиком перемещения, выключателя уличного освещения и др. Для каждого проекта приведен перечень необходимых компонентов, монтажная схема и листинги программ. На FTP-сервере издательства выложены исходные коды примеров из книги, технические описания, справочные данные, среда разработки, утилиты и драйверы.

Для радиолюбителей

УДК 681.3.068
ББК 32.973.26-018.1

Die berechtigte Übersetzung von deutschsprachiges Buch Arduino. Mikrocontroller-Programmierung mit Arduino/Freduino, ISBN: 978-3-645-65034-2. Copyright © 2010 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing. Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt. Die Russische Übersetzung ist von BHV St. Petersburg verbreitet, Copyright © 2011.

Авторизованный перевод немецкой редакции книги Arduino. Mikrocontroller-Programmierung mit Arduino/Freduino, ISBN: 978-3-645-65034-2. Copyright © 2010 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing. Все права защищены, включая любые виды копирования, в том числе фотомеханического, а также хранение и тиражирование на электронных носителях. Изготовление и распространение копий на бумаге, электронных носителях данных и публикация в Интернете, в том числе в формате PDF, возможны только при наличии письменного согласия Издательства Franzis. Нарушение этого условия преследуется в уголовном порядке. Перевод на русский язык "БХВ-Петербург" © 2011.

Arduino™ является зарегистрированной торговой маркой Arduino LLC и аффилированных компаний.

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Перевод с немецкого	<i>Виктора Букирева</i>
Редактор	<i>Леонид Кочин</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Подписано в печать 30.09.11.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,32.

Тираж 2000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию
№ 77.99.60.953.Д.005770.05.09 от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой
по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12.

ISBN 978-3-645-65034-2 (нем.)
ISBN 978-5-9775-0727-1 (рус.)

© 2010 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing
© Перевод на русский язык "БХВ-Петербург", 2011

Оглавление

Предисловие.....	1
Введение	3
Глава 1. Общие сведения о микроконтроллерах	5
1.1. Структура и принцип работы контроллера.....	6
1.1.1. Центральный процессор.....	6
1.1.2. Оперативная память и память программ	7
1.2. Внешние устройства	8
1.3. Сравнение технологий RISC и CISC	8
1.3.1. Технология CISC.....	8
1.3.2. Технология RISC.....	10
1.3.3. Выводы	10
Глава 2. Программирование микроконтроллеров.....	11
2.1. Что такое программа?.....	11
2.2. Программирование на С.....	11
Глава 3. Краткий обзор семейства микроконтроллеров Arduino	13
3.1. Плата Arduino Mega	14
3.2. Плата Arduino Duemilanove.....	15
3.3. Плата Arduino Mini	15
3.4. Плата Arduino Nano	16
3.5 Плата Arduino Pro Mini.....	16
3.6. Плата Arduino Pro	17
3.7. Плата LilyPad.....	17
3.8. USB-адаптер	18
Глава 4. Платы расширения Arduino	19
4.1. Плата расширения Arduino ProtoShield.....	19
4.2. Плата расширения Ardumoto	20
4.3. Плата расширения TellyMate	21
4.4. Плата расширения ArduPilot	22
4.5. Модули XBeeZNet.....	22
4.6. Плата расширения Ethernet	23
Глава 5. Комплектующие изделия	25
5.1. Список основных комплектующих	25
5.2. Список деталей для дополнительных экспериментов	25

5.3. Экспериментальная плата Freeduino	26
5.4. Экспериментальная плата микроконтроллера Freeduino	26
5.5. Электропитание.....	27
5.6. Кнопка Reset.....	27
5.7. ISP-подключение	27
5.8. Замечания по технике безопасности	29
Глава 6. Электронные компоненты и их свойства	31
6.1. Светодиоды	31
6.2. Резисторы	32
6.3. Конденсаторы.....	33
6.4. Транзисторы	34
6.5. Диод	34
6.6. Акустический пьезопреобразователь ("пищалка")	35
6.7. Монтажный провод.....	35
6.8. Кнопка.....	35
6.9. Потенциометр.....	36
6.10. Фоторезистор	36
6.11. Монтажная панель с контактными гнездами.....	37
Глава 7. Предварительная подготовка	39
7.1. Установка драйвера	39
7.2. Вспомогательная программа MProg для FT232RL	40
7.3. Программирование микросхемы FT232R с помощью MProg	44
7.4. Установка программного обеспечения Arduino	45
Глава 8. Среда разработки Arduino.....	47
8.1. Установки в Arduino-IDE	48
8.2. Наша первая программа "ES_Blinkt"	50
8.3. Что мы сделали?.....	52
Глава 9. Основы программирования Arduino	55
9.1. Биты и байты	55
9.2. Базовая структура программы	56
9.2.1. Последовательное выполнение программы.....	56
9.2.2. Прерывание выполнения программы.....	57
9.3. Структура программы Arduino	57
9.4. Первая программа с Arduino	58
9.5. Команды Arduino и их применение	59
9.5.1. Комментарии в исходном тексте	59
9.5.2. Фигурные скобки { }	60
9.5.3. Точка с запятой ;	60
9.5.4. Типы данных и переменные.....	60
9.5.5. Имя переменной.....	60
9.5.6. Локальные и глобальные переменные	61
9.5.7. Различные типы данных	61
9.5.8. Операторы	65
9.5.9. Директива #define.....	66

9.5.10. Управляющие конструкции	66
9.5.11. Циклы	71
9.5.12. Функции и подпрограммы	75
9.5.13. Функции преобразования типа	78
9.5.14. Математические функции	79
9.5.15. Последовательный ввод/вывод	86
9.5.16. Как функционирует последовательный интерфейс?	93
9.5.17. Программная эмуляция UART	96
9.5.18. Конфигурация входа/выхода и установка порта	97
9.5.19. Аналоговый ввод данных и АЦП	103
9.5.20. Аналоговый выход ШИМ	105
9.6. Некоторые специальные функции	110
Установка паузы с помощью <i>delay</i>	110
Функции случайных чисел	110
Сколько времени прошло?	113
Глава 10. Дальнейшие эксперименты с Arduino	115
10.1. Регулятор уровня яркости светодиода с транзистором	115
10.2. Плавное мигание	117
10.3. Подавление дребезга контактов кнопок	120
10.4. Задержка включения	124
10.5. Задержка выключения	126
10.6. Светодиоды и Arduino	127
10.7. Подключение больших нагрузок	130
10.8. ЦАП на основе ШИМ-порта	132
10.9. С музыкой все веселей	136
10.10. Романтичный свет свечи с помощью микроконтроллера	139
10.11. Контроль персонала на проходной	140
10.12. Часы реального времени	143
10.13. Программа школьных часов	144
10.14. Управление вентилятором	148
10.15. Автомат уличного освещения	151
10.16. Сигнализация	153
10.17. Кодовый замок	155
10.18. Измеритель емкости с автоматическим выбором диапазона	159
10.19. Профессиональное считывание сопротивления потенциометра	162
10.20. Сенсорный датчик	164
10.21. Конечный автомат	166
10.22. 6-канальный вольтметр на основе Arduino	169
10.23. Программирование самописца напряжения	171
10.24. Осциллограф с памятью на основе Arduino	173
10.25. Программа StampPlot — бесплатный профессиональный регистратор данных	175
10.26. Управление через VB.NET	179
10.27. Реле температуры	181
Глава 11. Шина I²C	185
11.1. Передача бита	186
11.2. Состояние "СТАРТ"	186
11.3. Состояние "СТОП"	186

11.4. Передача байта.....	186
11.5. Подтверждение.....	187
11.6. Адресация.....	187
11.7. 7-битовая адресация.....	187
Глава 12. Arduino и температурный датчик LM75 с I²C-шиной.....	189
Глава 13. Расширитель порта I²C с PCF8574.....	193
Глава 14. Ультразвуковой датчик для определения дальности.....	197
14.1. Ультразвуковой датчик SRF02.....	197
14.2. Считывание данных.....	198
Глава 15. Сопряжение платы Arduino с GPS.....	201
15.1. Сколько требуется спутников?.....	202
15.2. Как подключить GPS к Arduino?.....	202
15.3. GPS-протокол.....	203
Глава 16. Сервопривод с платой Servo для Arduino.....	209
16.1. Как функционирует сервопривод?.....	209
16.2. Подключение привода к Arduino.....	210
Глава 17. Жидкокристаллические дисплеи.....	213
17.1. Поляризация дисплеев.....	214
17.2. Статическое управление и мультиплексный режим.....	214
17.3. Угол обзора.....	215
17.4. Отражающие, пропускающие и полупрозрачные ЖКИ.....	215
17.5. Установка контрастности дисплея.....	216
17.6. Набор отображаемых символов.....	217
17.7. Расположение выводов распространенных ЖКИ.....	218
17.8. Управление дисплеем от микроконтроллера.....	220
17.9. Инициализация дисплеев.....	220
17.10. Подключение дисплея к Arduino.....	222
17.11. Первый эксперимент с ЖКИ.....	223
17.12. Как же все работает?.....	226
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	229
Приложение 1. Соответствие выводов Arduino и ATmega.....	231
Приложение 2. Escape-последовательности.....	232
Приложение 3. Таблица ASCII.....	234
Приложение 4. Перечень фирм-поставщиков компонентов.....	239
Приложение 4. Перечень фирм-поставщиков компонентов.....	239
Приложение 5. Описание компакт-диска.....	240
Предметный указатель.....	241

Предисловие

Многим нелегко сделать первый шаг в области электроники и программирования микроконтроллеров. Для освоения большинства систем микроконтроллеров новичку сначала требуется перевернуть горы литературы, а также прочитать и понять непростые технические паспорта. Среды программирования, как правило, довольно сложны и рассчитаны на профессиональных программистов. Таким образом, доступ в мир микроконтроллеров остается для некоторых навсегда закрытым.

Arduino — это простая для освоения платформа с открытым кодом на основе встроенного микроконтроллера и среды разработки с программным интерфейсом API для микроконтроллеров. Для взаимодействия между человеком и микроконтроллером могут присоединяться различные аналоговые и цифровые датчики, которые регистрируют состояние окружающей среды и передают данные в микроконтроллер. Микроконтроллер обрабатывает входящие данные, а программа выдает новые данные в виде аналоговых или цифровых значений. В результате открываются широкие горизонты для творчества.

В распоряжении разработчика предоставлены готовые программы и библиотеки функций среды программирования Arduino. Комбинируя аппаратные и программные средства, вы сможете с помощью этой книги связать наш реальный мир с миром микроконтроллера, который состоит из битов и байтов.

Желаю приятно провести время при чтении книги и проведении экспериментов!

Улли Соммер (Ulli Sommer)

Введение

Книга представляет собой учебный курс программирования микроконтроллеров. Вы познакомитесь со структурой и принципом действия микроконтроллера, изучите среду программирования Arduino, узнаете о необходимых инструментах и комплектующих для проведения экспериментов. Целая глава книги посвящена основам программирования плат Arduino. Здесь подробно описывается структура программы, команды, операторы и функции, аналоговый и цифровой ввод и вывод данных. Изложение материала сопровождается многочисленными практическими примерами. Вполне вероятно, что экспериментируя, вы сможете изобрести что-то новое в области микроконтроллерной технологии. Не останавливайтесь на достигнутом, старайтесь усовершенствовать конструкцию устройства и код программы.

Книга состоит из 17 глав и 5 приложений. Описано более 80 различных устройств на основе платы Arduino. Для каждого эксперимента приведен перечень необходимых компонентов, монтажная схема макета и листинги программ.

Подготовка к экспериментам. Для предлагаемых экспериментов потребуется всего несколько простых и доступных компонентов из ящика с радиодеталями. Кое-что, возможно, придется приобрести специально. В *приложении 4* указан перечень фирм-поставщиков электронных компонентов.

Для большинства экспериментов не нужны ни батареи, ни внешний источник питания.

Очень полезным в работе будет многофункциональный измерительный прибор (мультиметр) и/или интерфейс к компьютеру. С этими средствами вы сможете провести дополнительные эксперименты и узнать много полезного. Пригодится и стандартный аккумулятор типоразмера AA (Mignon) или AAA (Micro).

Лицензия GPL. Вы можете поделиться своими собственными программами с другими пользователями Интернета. Приведенные примеры программ имеют открытую лицензию GPL (General Public License). Таким образом, вы имеете право на изменение программ, в соответствии с условиями GPL, их публикацию и предоставление другим пользователям, если распространяете свои программы также под лицензией GPL.

Требования к системе. Персональный компьютер не ниже Pentium III, ОС Windows 98SE/ME/XP/Vista/Windows 7, Linux, Macintosh, дисковод компакт-дисков, платформа Java.

Обновления и поддержка. Платформа Arduino постоянно совершенствуется. Обновления можно загрузить бесплатно с Web-сайта www.arduino.cc (вы платите только за доступ в Интернет).

О компакт-диске к книге. Материал прилагаемого к книге компакт-диска можно скачать по ссылке <ftp://85.249.45.166/9785977507271.zip>. Ссылка также доступна на странице книги на сайте www.bhv.ru.

Компакт-диск содержит различные программы, инструменты для программирования, технические паспорта и принципиальные схемы, а также коды примеров из книги. Использование этих материалов облегчает работу с книгой. Описание компакт-диска приведено в *приложении 5*.