

Ulli Sommer

Arduino

Mikrocontroller-Programmierung mit Arduino/Freeduino

Mit 125 Abbildungen

Улли Соммер

Программирование микроконтроллерных плат **Arduino/Freeduino**

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2012

УДК 681.3.068
ББК 32.973.26-018.1
С61

Соммер У.

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

ISBN 978-5-9775-0727-1

Рассмотрено программирования микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. 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 радиолобителей

УДК 681.3.068
ББК 32.973.26-018.1

Die berechtigte Übersetzung von deutschsprachiges Buch Arduino. Mikrocontroller-Programmierung mit Arduino/Freeduino, 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/Freeduino, 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. выдан 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 C.....	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. Комплектуемые 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. Среда программирования, как правило, довольно сложна и рассчитана 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).

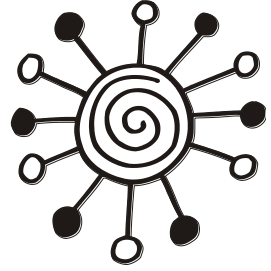
Лицензия GPL. Вы можете поделиться своими собственными программами с другими пользователями Интернета. Приведенные примеры программ имеют открытую лицензию GPL (General Public License). Таким образом, вы имеете право на изменение программ, в соответствии с условиями GPL, их публикацию и предоставление 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*.



Глава 1

Общие сведения о микроконтроллерах

Перед тем как начать работать с аппаратной вычислительной платформой Arduino, важно получить общие сведения о микроконтроллерах. Микроконтроллеры применяются, прежде всего, для автоматизации в метрологии, технике управления и автоматического регулирования. Преимущество микроконтроллеров состоит в том, что можно эффективно и с малыми затратами измерять и интерпретировать физические величины, чтобы потом принимать требуемые решения и выполнять необходимые действия.

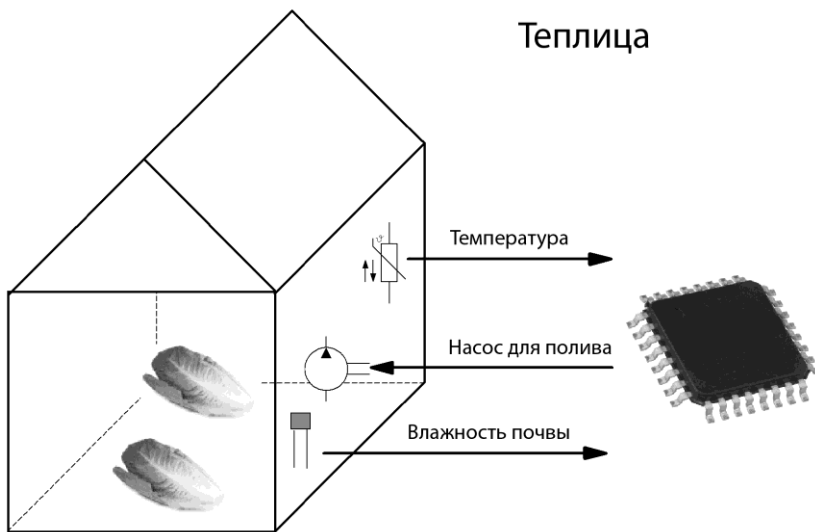


Рис. 1.1. Система управления климатом теплицы

Область возможных приложений микроконтроллеров чрезвычайно обширна: от частного домохозяйства (например, для управления теплицей или освещением) до промышленного производства, где могут обслуживаться и эксплуатироваться комплексные устройства, управляемые системами микроконтроллеров. На рис. 1.1

приведен типичный пример обработки данных для управления оросительной установкой теплицы. Контроллер фиксирует данные о температуре окружающей среды и влажности почвы, полученные от датчиков. Результаты измерения далее подвергаются логической обработке в микроконтроллере. Затем формируются сигналы управления насосом для полива.

1.1. Структура и принцип работы контроллера

Контроллер представляет собой, по сути, микрокомпьютер и содержит все приходящие ему основные модули (рис. 1.2). Стандартные блоки каждого микроконтроллера — это центральный процессор (CPU), оперативная память (RAM), а также память программ (Flash-память) и внешние устройства.

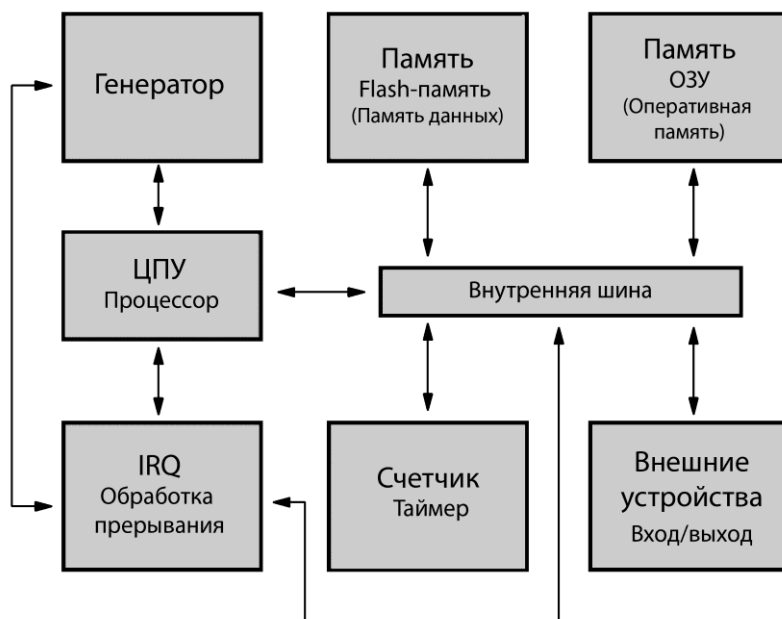


Рис. 1.2. Упрощенная структура микроконтроллера

1.1.1. Центральный процессор

Основное функциональное устройство микроконтроллера — центральный процессор (CPU — Central Processing Unit). Его можно сравнить с "мозгом" микроконтроллера. Сигналы в нем представлены в цифровой форме и над ними выполняются арифметические и логические операции.

1.1.2. Оперативная память и память программ

Оперативная память и память программ традиционно рассматриваются отдельно. Программа пользователя, т. е. наша собственная программа, которую мы сами писали, сохраняется в энергонезависимой Flash-памяти программ (рис. 1.3). В зависимости от типа контроллера память программ может занимать объем от нескольких килобайт до мегабайт. Кроме того, в некоторых вычислительных системах можно увеличить память программ, подключая внешние Flash-накопители.

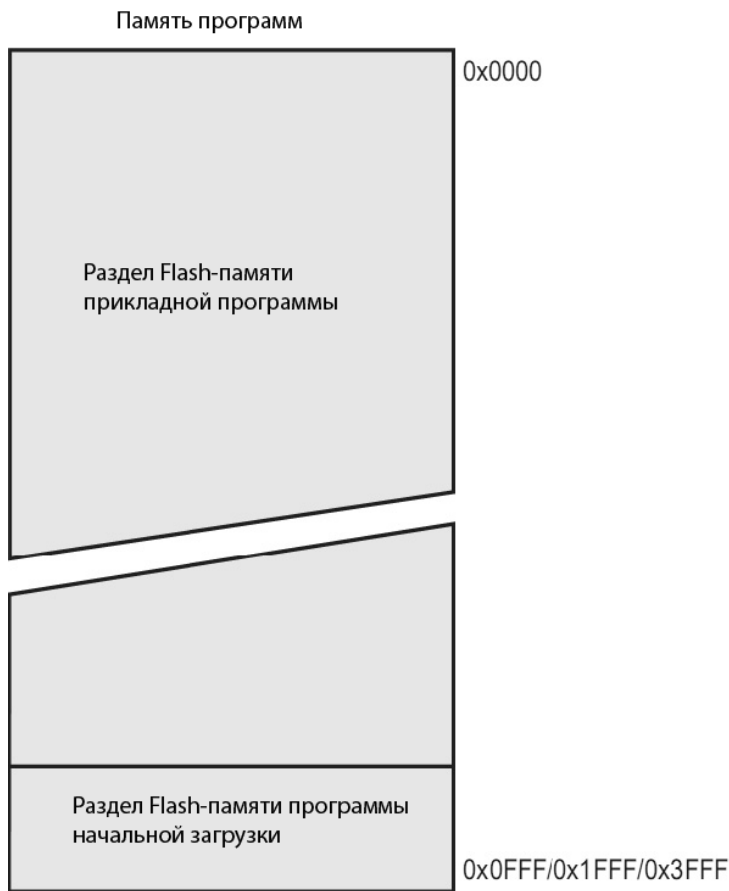


Рис. 1.3. Flash-память микроконтроллера ATmega168PA
(источник: технический паспорт компании ATMEL)

Оперативная память служит для временного хранения различных промежуточных данных. Здесь хранятся и результаты вычислений, полученные во время выполнения программы.

Назначение оперативной памяти ОЗУ (RAM — Random Access Memory) — возможность быстрого обращения к ограниченному количеству данных. Ее объем, как правило, значительно меньше, а быстродействие намного больше, чем Flash-памяти.

Значения записываются и хранятся в ОЗУ во время выполнения и энергозависимы в отличие от Flash-памяти, т. е. после перезагрузки контроллера содержимое ОЗУ полностью стирается. На рис. 1.4 изображена структура ОЗУ микроконтроллера ATmega168PA.

Data Memory	
32 Registers	0x0000 - 0x001F
64 I/O Registers	0x0020 - 0x005F
160 Ext I/O Reg.	0x0060 - 0x00FF
Internal SRAM (512/1024/1024/2048 x 8)	0x0100
	0x04FF/0x04FF/0x00FF/0x08FF

Рис. 1.4. RAM-память микроконтроллера ATmega168PA
(источник: технический паспорт ATMEL)

1.2. Внешние устройства

Внешними (периферийными) устройствами часто называют все компоненты микроконтроллера, кроме центрального процессора и памяти. В частности, к ним относятся внешние интерфейсы, например, цифровые входы и выходы (Input/Output — сокращенно I/O). Большинство микроконтроллеров снабжены также различными цифровыми и аналоговыми входами и выходами.

1.3. Сравнение технологий RISC и CISC

Рассмотрение RISC- и CISC-технологий — это уже более глубокий взгляд на цифровую и микроконтроллерную технику. Сразу заметим, что контроллеры AVR для Arduino базируются на технологии RISC. Кратко опишем технологии RISC и CISC.

1.3.1. Технология CISC

При технологии CISC- в ОЗУ-загружается и программа, и данные. Говорят также о том, что код программы и данные делят между собой одну и ту же область памяти. Это имело смысл, в частности, в первых вычислительных системах, т. к. оперативная память была дорога.

Для микроконтроллера гораздо более важный отличительный признак — это структура команд. Компьютер с CISC-технологией располагает большим ассортиментом очень узкоспециализированных команд. В цифровой технике команда — это последовательность определенных байтов. Один байт может принимать 256 (от 0 до 255) различных состояний. Чтобы реализовать более 256 различных команд, нужны дополнительные байты. Таким образом, специальная команда состоит из нескольких, например пяти, байтов. Загрузка этой команды продолжается дольше, чем короткой однобайтовой команды.

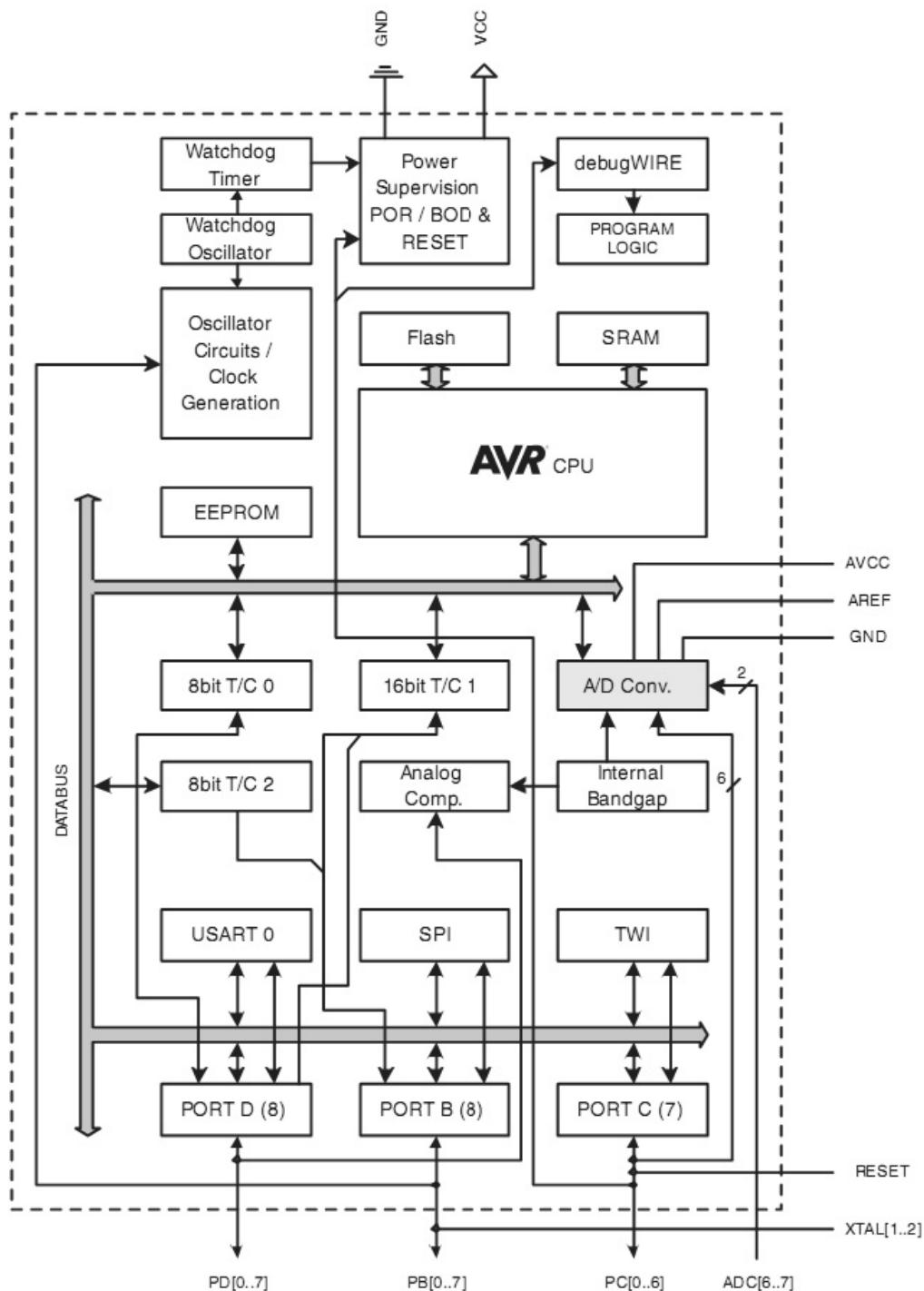


Рис. 1.5. Блок-схема микроконтроллера
(источник: технический паспорт компании ATMEL)

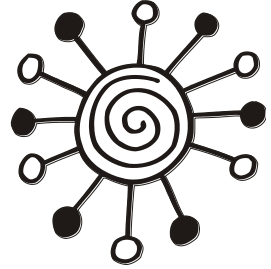
1.3.2. Технология RISC

Было установлено, что в CISC-компьютерах, как правило, около 90% исходного кода программ состоит только из примерно 30 различных команд. Так возникла мысль реализовать в центральном процессоре систему ограниченного числа коротких и быстро выполняющихся команд. Таким образом, в RISC-микроконтроллерах команды, как правило, состоят не более чем из 1–2 байтов. Длинную специальную команду приходится составлять их из нескольких коротких. Чтобы достичь равной производительности с CISC-компьютерами, большинство RISC-компьютеров располагают большим числом регистров. Регистр — это встроенная в центральный процессор сверхскоростная память. Еще один отличительный признак RISC-систем — четкое физическое и логическое разделение между областями памяти программ и данных.

1.3.3. Выводы

CISC-компьютер обладает множеством специальных команд, которые занимают большой объем памяти и требуют, как правило, длительного времени выполнения. Команды RISC-компьютера потребляют меньше памяти и выполняются значительно быстрее. Тем не менее, недостаток RISC-технологии состоит в том, что здесь специальные команды приходится заменять цепочками из нескольких основных команд. Таким образом, и CISC- и RISC-технология имеют свои преимущества и недостатки. Следует отметить, что не существует ни полностью RISC-, ни полностью CISC-систем.

На рис. 1.5 приведена подробная блок-схема микроконтроллера для изучения его внутреннего устройства.



Глава 2

Программирование микроконтроллеров

Степень интеграции микропроцессоров и микроконтроллеров все возрастает и они все шире проникают в прикладные области метрологии, техники управления и автоматического регулирования. Даже в обычной жизни микроконтроллеры становятся все популярнее. Так происходит, с одной стороны, оттого, что сегодня сложные аналоговые схемы заменяются более простыми цифровыми микроконтроллерами. Но решающее преимущество микроконтроллеров — непревзойденное соотношение цена/производительность.

2.1. Что такое программа?

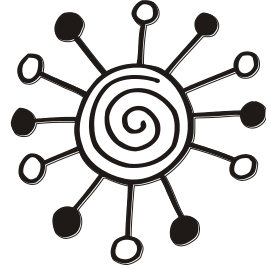
Программа — это описание процесса обработки информации. При выполнении программы рассчитывается совокупность выходных значений исходя из совокупности переменных или постоянных входных значений. Цель выполнения программы — сбор данных либо получение отклика на входные значения. Наряду с собственно вычислениями программа может содержать команды для доступа к аппаратным средствам компьютера и для управления ходом выполнения алгоритма. Программа состоит из нескольких строк так называемого исходного текста. При этом каждая строка содержит один или несколько арифметических или управляющих операторов. Не только сами команды, но и последовательность их выполнения существенно влияет на результат обработки информации. Выполнение соответствующих операций происходит последовательно (по очереди). Упорядоченную определенным образом последовательность инструкций программы называют также алгоритмом.

2.2. Программирование на C

Язык программирования C (ANSI C) прост для изучения. C — это язык программирования высокого уровня, который создал Деннис Ричи (Dennis Ritchie) в начале 1970-х годов в Bell Laboratories для операционной системы UNIX. С тех пор этот язык очень широко распространен. Области применения языка C весьма различны. Он используется, например, в системном и прикладном программировании.

Основные модули всех систем UNIX и ядро многих операционных систем запрограммированы на языке C.

Многочисленные другие языки, например C ++, Objective-C, C #, Java, PHP и Perl ориентируются на синтаксис и свойства языка C. Изучение этого языка программирования очень выгодно, т. к. в дальнейшем легче освоить многие системы микроконтроллеров. Почти для всех микроконтроллеров существует бесплатный компилятор C, предлагаемый производителем микроконтроллера. Компилятор C от Arduino несколько проще, чем профессиональные C-компиляторы, но весьма эффективен. С компилятором Arduino не нужно заботиться о программировании сложных аппаратных средств, поскольку в среде разработки есть соответствующие встроенные команды.



Глава 3

Краткий обзор семейства микроконтроллеров Arduino

Аппаратные средства Arduino включают популярные и доступные комплектующие изделия. Поэтому принцип работы системы понятен, настройка схемы под требования разработчика проста и обеспечена возможность дальнейшей модификации. Основа — контроллер ATmega компании Atmel широко распространенного 8-разрядного семейства AVR. К нему добавляется узел электропитания и последовательный интерфейс. В последних версиях Arduino имеется USB-интерфейс. Через него происходит загрузка программ пользователя и, при необходимости, обмен данными между персональным компьютером и платой Arduino во время выполнения программы.

Плату Arduino часто рассматривают как устройство ввода/вывода. Плата Arduino предоставляет в распоряжение пользователя 14 цифровых входов или выходов, из них шесть можно использовать как аналоговый выход (8-разрядный ШИМ-канал). Следующие шесть входов могут принимать аналоговые сигналы (10-разрядный АЦП). В качестве дополнительных интерфейсов предусмотрены шины SPI и I²C.

Имеется несколько вариантов исполнения плат Arduino (рис. 3.1–3.7). Оригинальные изделия производит итальянская фирма Smart Projects. Существуют также многочисленные клоны и копии других поставщиков, наконец, встречаются свободно распространяемые аппаратные средства. Важный компаньон проекта Arduino — компания Sparkfun (Боулдер, Колорадо). Совместно с американским партнером выпущен ряд оптимизированных плат Arduino, в название которых добавлено обозначение "Pro". Кроме того, с появлением платы LilyPad возникло новое направление, охватывающее область переносных вычислительных средств.

Многие пользователи предпочитают плату Arduino Duemilanove, изготовленную компанией Smart Projects, на которой установлен ATmega-контроллер в DIP-корпусе на панельке. Это изделие несущественно отличается от весьма успешного предшественника — Arduino Diecimilanove (рис. 3.2), которая названа в честь первых 10 000 проданных плат. На плате добавлен чип компании FTDI, реализующий интерфейс USB.

Новая плата Arduino Mega (рис. 3.1) имеет более мощный микроконтроллер (Atmega1280) и память большего объема, а также расширенные функции интерфейса ввода/вывода.

Плата Arduino Mini (рис. 3.3) существенно меньше по размеру и имеет формат DIP24. Весь модуль вставляется в 24-контактную панельку. Версия платы Arduino

Pro Mini (рис. 3.5) компании Sparkfun почти идентична, но поставляется в планарном корпусе. Для программирования предусмотрен USB-адаптер, который может вставляться с боковой стороны модуля.

Плата LilyPad Leah Buechley (выпущенная в сотрудничестве с компанией Sparkfun) также совместима с Arduino, но обладает своими особенностями. Плата LilyPad и вспомогательные комплектующие специально разработаны для установки в одежду и реализуют симбиоз техники и дизайна. Характерная круглая форма платы LilyPad-Arduino (рис. 3.7) также привлекает внимание необычной окраской и расположением контактов по окружности. Здесь применен микроконтроллер Atmega168 с низким электропотреблением (3,3 В). Многочисленные маленькие платы внешних устройств (датчик, светодиоды, микропереключатель и т. п.) выполнены в едином стиле под девизом "Сочетание электроники со швейным производством".

Информация о новых версиях платы и комплектующих имеется на сайте проекта Arduino и сайте компании SparkFun Electronics.

3.1. Плата Arduino Mega

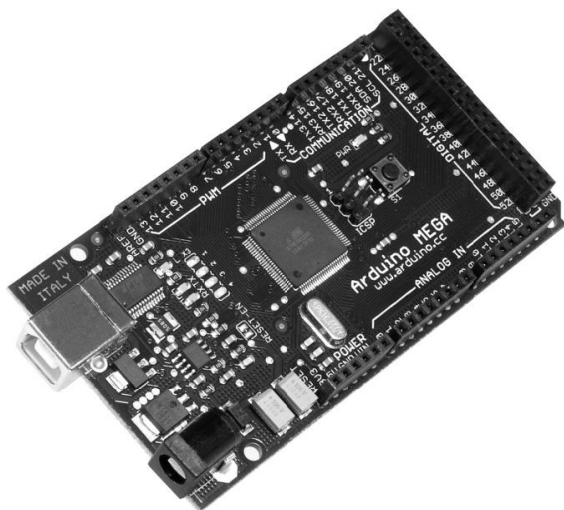


Рис. 3.1. Плата Arduino Mega
(источник: компания Elmico)

Технические данные:

- Микроконтроллер ATmega1280.
- Flash-память 128 Кбайт.
- RAM-память 8 Кбайт, EEPROM 4 Кбайт.
- Тактовая частота 16 МГц.
- 54 цифровых канала ввода/вывода, из них 14 применимы для ШИМ.
- 4 аппаратных средства UART.
- Интерфейс I²C, SPI.
- 16 аналоговых входов 10-разрядных АЦП.
- Интерфейс USB, источник питания, начальный загрузчик и т. д., как у Arduino Duemilanove.
- Габаритные размеры примерно 101×53×12 мм.

3.2. Плата Arduino Duemilanove

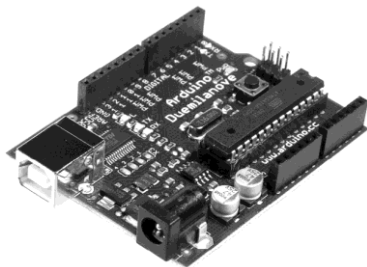


Рис. 3.2. Плата Arduino Duemilanove
(источник: компания Elmicro)

Технические данные:

- Микроконтроллер ATmega328.
- Flash-память 32 Кбайт (из них 2 Кбайт для начального загрузчика системы).
- RAM 2 Кбайт, EEPROM 1 Кбайт.
- Тактовая частота 16 МГц.
- 14 цифровых каналов ввода/вывода, из них 6 применимы для ШИМ.
- 6 аналоговых входов 10-разрядных АЦП.
- Встроенный интерфейс USB FT232RL от компании FTDI.
- Рабочее напряжение 5 В, питание через USB или от стабилизатора напряжения (входное напряжение 7–12 В).
- Габаритные размеры примерно 69×53×12 мм.
- Загрузчик системы уже установлен при поставке, загрузка возможна без программного адаптера.

3.3. Плата Arduino Mini



Рис. 3.3. Плата Arduino Mini
(источник: компания Elmicro)

Технические данные:

- Микроконтроллер ATmega168 с тактовой частотой 16 МГц.
- Программирование через адаптер USB (ARDUINO/USB, адаптер USB с чипом компании FTDI).
- EEPROM 512 бит.
- SRAM 1 Кбайт.
- FLASH 16 Кбайт (2 Кбайт требуется для начального загрузчика системы).
- Рабочее напряжение 5 В.
- 14 цифровых каналов ввода/вывода, 6 из них могут использоваться для формирования ШИМ.
- Восемь аналоговых входов 10-разрядных АЦП.
- Напряжение питания 7–9 В.

3.4. Плата Arduino Nano



Рис. 3.4. Плата Arduino Nano
(источник: компания Elmicro)

Технические данные:

- ATmega328 или более старая версия 168 с тактовой частотой 16 МГц.
- Программирование через встроенный разъем USB.
- Функция автоматического сброса.
- Рабочее напряжение 5 В.
- 14 цифровых каналов ввода/вывода, 6 из них могут использоваться для формирования ШИМ.
- Восемь аналоговых входов 10-разрядных АЦП.
- Flash-память объемом 32 Кбайт или 16 Кбайт.
- SRAM 1 Кбайт.
- EEPROM 512 байт или 1 Кбайт.
- Максимальный выходной ток 40 мА.
- Напряжение питания 6–20 В.
- Габаритные размеры: 18×43 мм.

3.5 Плата Arduino Pro Mini



Рис. 3.5. Плата Arduino Pro Mini
(источник: компания Elmicro)

Технические данные:

- ATmega328 с тактовой частотой 16 МГц (точность 0,5%).
- Программирование через адаптер USB (ARDUINO/USB).
- Функция автоматического сброса.
- Варианты платы под рабочее напряжение 5 и 3,3 В.
- Максимальный выходной ток 150 мА.
- Защита от перегрузки.

- Защита от неправильной полярности.
- Напряжение питания 5–12 В.
- Встроенное питание и светодиоды состояния.
- Габаритные размеры: 18×33 мм.
- Вес менее 2 г.

3.6. Плата Arduino Pro



Рис. 3.6. Плата Arduino Pro
(источник: компания Elmicro)

Технические данные:

- ATmega328 и более старые ATmega168 с тактовой частотой 16 МГц.
- Программирование через адаптер USB (ARDUINO/USB).
- Варианты исполнения под рабочее напряжение 5 и 3,3 В.
- 14 цифровых выводов каналов ввода/вывода, из них 6 применимы для ШИМ.
- Шесть аналоговых входов 10-разрядных АЦП.
- Напряжение питания 3,3–12 В (версия 3,3 В), 5–12 В (версия 5 В).
- Выходной ток цифрового выхода 40 мА.
- FLASH 32 Кбайт или 16 Кбайт (ATmega168).
- SRAM1 Кбайт (ATmega168) или 2 Кбайт (ATmega328).
- 512-(ATmega168) или EEPROM 1 Кбайт.

3.7. Плата LilyPad

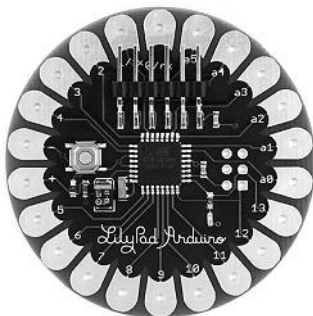


Рис. 3.7. Плата LilyPad Arduino
(источник: компания Elmicro)

Технические данные:

- ATmega328V и более старые ATmega168V с тактовой частотой 16 МГц.
- Программирование через адаптер USB (ARDUINO/USB).

- Напряжение питания 2,7–5,5 В.
- 14 цифровых каналов ввода/вывода, из них 6 применимы для ШИМ.
- Шесть аналоговых входов 10-разрядных АЦП.
- Выходной ток 40 мА.
- FLASH 32 Кбайт или 16 Кбайт (ATmega168).
- SRAM 1 Кбайт (Atmega168) или 2 Кбайт (ATmega328).
- 512-(Atmega168) или EEPROM 1 Кбайт.

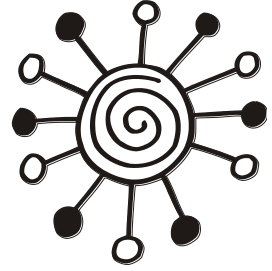
3.8. USB-адаптер



Рис. 3.8. USB-адаптер с чипом компании FTDI (источник: компания Elmico)

Адаптер USB (рис. 3.8) выпускается в исполнении на 3,3 и 5 В.

Адаптер предназначен для программирования Arduino-плат без USB-порта. Расположение выводов соответствует оригинальным спецификациям Arduino. Адаптер может использоваться также для обмена данными через виртуальный последовательный интерфейс. Код программы Arduino можно загружать в плату без аппаратного сброса системы кнопкой Reset.



Глава 4

Платы расширения Arduino

Для плат Arduino выпущено множество различных плат расширения. При просмотре сайтов в Интернете почти ежемесячно можно обнаружить новую плату и полезные расширения. Платы расширения Arduino полностью совместимы с базовыми Arduino-платами, за исключением маленьких модулей и платы LilyPad.

4.1. Плата расширения Arduino ProtoShield

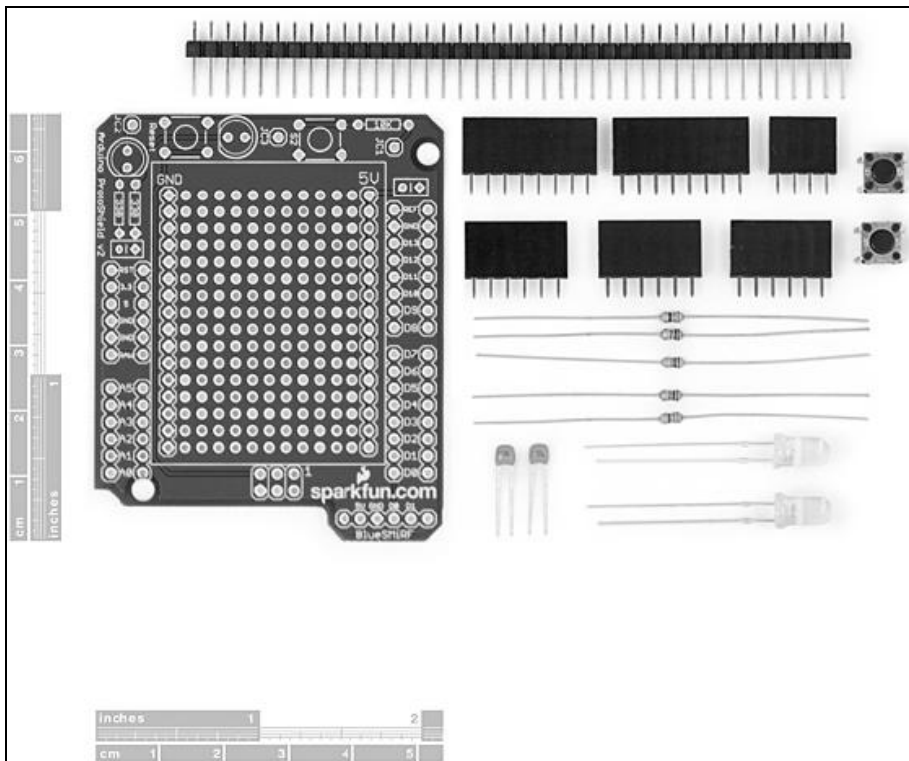


Рис. 4.1. Набор Arduino ProtoShield (источник: компания SparkFun)

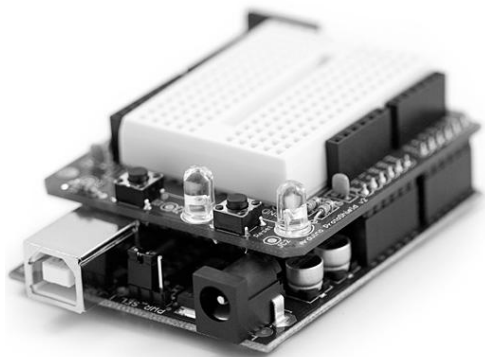


Рис. 4.2. Плата Arduino Duemilanove с платой расширения ProtoShield (источник: компания SparkFun)

Плата расширения ProtoShield (рис. 4.1) предназначена для изготовления самоделок без пайки. Все эксперименты можно проводить на маленькой панели с контактными гнездами. На рис. 4.2 изображен внешний вид платы Arduino Duemilanove с подключенной к ней платой расширения ProtoShield.

4.2. Плата расширения Ardumoto

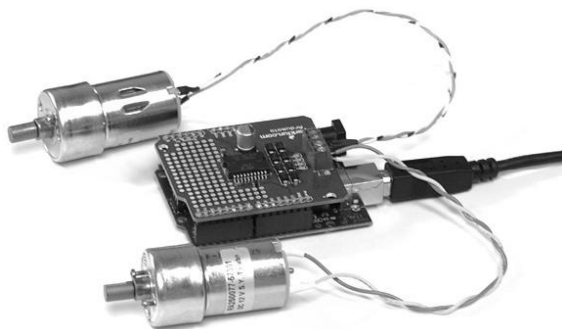


Рис. 4.3. Плата расширения Ardumoto для привода электродвигателя (источник: компания SparkFun)

Плата Ardumoto (рис. 4.3) идеально подходит для управления маленькими электродвигателями. Провода от электродвигателей легко присоединяются к винтовым зажимам макетной платы и с помощью маленькой программы можно задавать желаемую скорость и направление вращения двигателей.

Технические данные соответствуют приводу электродвигателя IC L298. Технический паспорт есть на прилагаемом к книге компакт-диске.

4.3. Плата расширения TellyMate

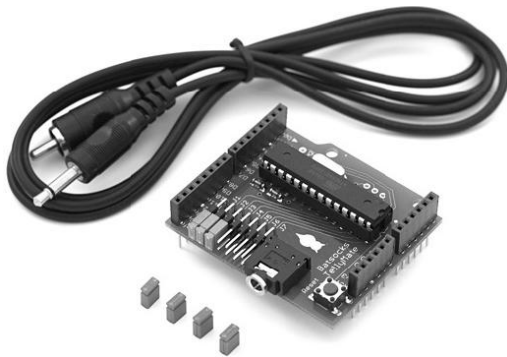


Рис. 4.4. Плата расширения TellyMate (источник: компания SparkFun)

Плата TellyMate (рис. 4.4) является, пожалуй, наиболее интересной платой расширения, разработанной для платформы Arduino. Ее возможности применения почти не ограничены. С ее помощью можно отображать на телевизионном экране данные, тексты и графические объекты (рис. 4.5). Это позволяет превратить домашний телевизор в Arduino-дисплей. Arduino-микроконтроллер подключается к плате TellyMate через последовательный интерфейс.



Рис. 4.5. Плата расширения TellyMate в действии (источник: компания SparkFun)

Функциональные возможности:

- Телевизионный выход Arduino.
- Композитный видеосигнал PAL или NTSC.
- Вставляемая плата расширения Arduino.
- Работает с последовательным портом и т. д.

- Режим 38×25 символов.
- Представление символов черного и белого цвета.
- Простые графические объекты.
- Несложное программирование.

4.4. Плата расширения ArduPilot

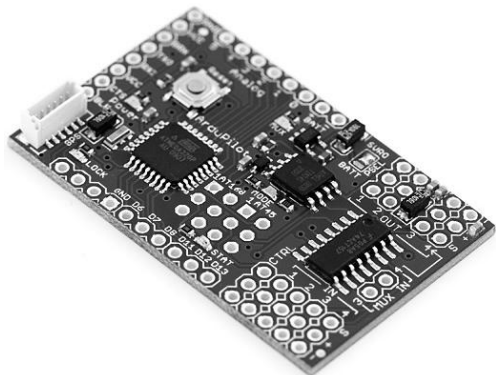


Рис. 4.6. Плата расширения ArduPilot-Arduino с микроконтроллером ATmega328 (источник: компания SparkFun)

Плата расширения ArduPilot (рис. 4.6) для авиамodelей является в высшей степени интересной игрушкой. Она позволяет управлять автономным полетом модели самолета.

Дополнительная информация находится по адресу: <http://diydrone.com>.

4.5. Модули XBeeZNet



Рис. 4.7. Модуль XBee ZNet 2.5 OEM (источник: компания SparkFun)

Для желающих передавать данные по радиоканалу предназначены модули XBee (рис. 4.7). Они реализуют беспроводной последовательный порт UART. Имея две платы Arduino или ПК и плату Arduino, можно общаться по радио.

Технические данные радиомодуля ZigBee:

- Рабочее напряжение — 2,8–3,4 В.
- Частота — стандарт ZigBee, 2,4 ГГц.
- Излучаемая мощность — 1 мВт (0 дБм).
- Чувствительность — -92 дБм.
- Дальность действия — 30 м внутри помещения, 100 м снаружи (в зависимости от условий эксплуатации).
- Ток, потребляемый от источника питания — при передаче — 45 мА, при приеме — 50 мА, в дежурном режиме — 10 мкА.

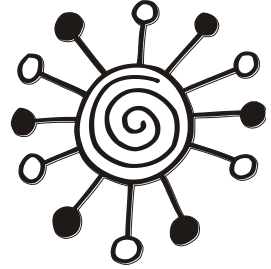
- Скорость передачи данных (по радио) — 250 000 бит/сек.
- Скорость передачи данных (интерфейс) — 1 200–115 200 бит/сек.
- Уровень сигналов последовательного интерфейса — 3,3 В; для подключения к персональному компьютеру обязательно требуется 3,3-вольтовый преобразователь уровня (MAX3232).
- Стандарт — совместимый с ZigBee/802.15.4.
- Варианты топологии — "точка-точка", "звезда".
- Габаритные размеры — 24,38×27,61×4 мм, шаг 2 мм.

4.6. Плата расширения Ethernet



Рис. 4.8. Плата расширения Ethernet
(источник: компания Solarbotics)

Плата расширения Arduino Ethernet (рис. 4.8) позволяет подключать плату Arduino к локальной сети и Интернету. Она основана на сетевом контроллере Wiznet W5100, который обеспечивает поддержку протоколов TCP и UDP. Допустимо одновременное подключение до четырех сетевых соединений. Программное обеспечение Arduino включает обширную библиотеку и различные программы для сетевых коммуникаций.



Глава 5

Комплектующие изделия

Теперь, когда мы имеем начальные сведения о микроконтроллере, платформе Arduino, ее программировании и применении, пришла пора начать эксперименты с Arduino. Рассмотрим необходимые комплектующие.

5.1. Список основных комплектующих

- Плата микроконтроллера Arduino/Freduino Duemilanove.
- Панель с контактными гнездами Tiny.
- Две кнопки для печатных плат RM 2,54.
- Датчик освещенности фоторезистор LDR A9060-13 ($R_{100} = 5 \text{ кОм}$).
- n-p-n*-транзистор BC548C.
- Кремниевый диод 1N4148.
- Акустический пьезопреобразователь.
- Светодиод красного цвета.
- Светодиод зеленого цвета.
- Два светодиода желтого цвета.
- Три резистора по 1,5 кОм.
- Резистор 4,7 кОм.
- Резистор 47 кОм.
- Резистор 10 кОм.
- Резистор 68 кОм.
- Подстроечный резистор 10 кОм.
- Конденсатор 1 мкФ.
- Моток монтажного провода.

5.2. Список деталей для дополнительных экспериментов

- Резистор 4,7 кОм.
- Датчик температуры LM75 в 8-выводном DIP-корпусе.
- Интерфейс порта I²C PCF8574.