DS,DA,DP Series Dip Switches

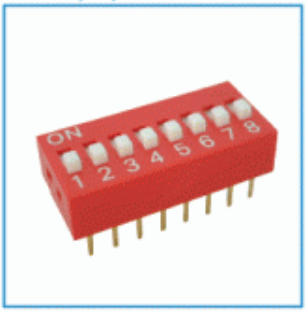
SPECIFICATION:

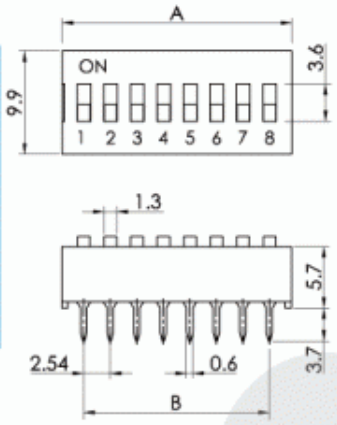
1. Non-switching rating : 100mA 50V DC.
2. Switching rating : 25mA 24V DC.
3. Contact resistance : 50mΩ Max.(initial)
4. Insulation resistance : 100MΩ Min. at 500V DC.
5. Withstand voltage : 500V AC for 1 minute.
6. Electrical life : 2,000 Cycles.
7. Operating force : 800g Max.
8. Stroke : 2mm.
9. Base : PBT UL-94V-0.
10. Terminal : Phosphor bronze with gold plated.

HOW TO ORDER

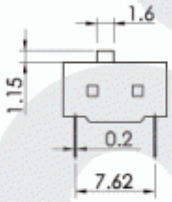
MODEL NO.	+	ACTUATOR (HANDLE)	−	POSITION	+	COVER COLOR	+	MARKING	+	SEAL
DS : Slide type DA : Right angle type DP : Piano type		□ : Raised type (standard) R : Recessed type (only for DS & DA series) L : Long key (only for DP series)		01 : 1 position (for DS only) 02 : 2 positions ↓ 12 : 12 positions		R : Red BU : Blue K : Black		□ : Marking N : No marking		□ : Regular T : Top tape sealed

DS(R) SERIES

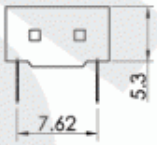




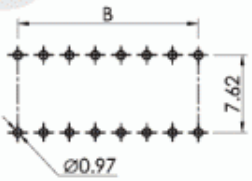
DS SERIES



DSR SERIES

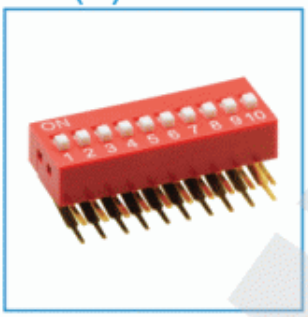


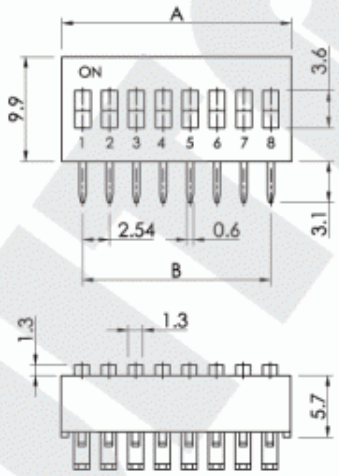
P.C.B. LAYOUT



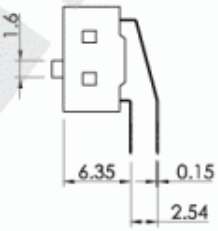
Positions NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
A	mm	3.84	6.08	8.92	11.16	13.70	16.24	19.08	21.32	24.16	26.40	31.48
B	mm	—	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	15.24	17.78	20.32	22.86	27.94

DA(R) SERIES

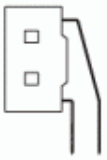




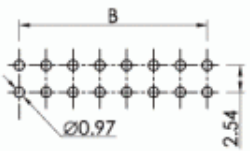
DA SERIES



DAR SERIES

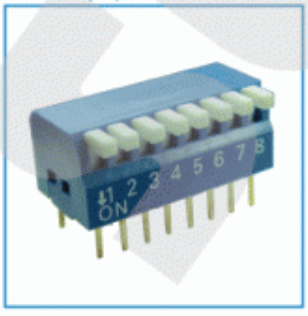


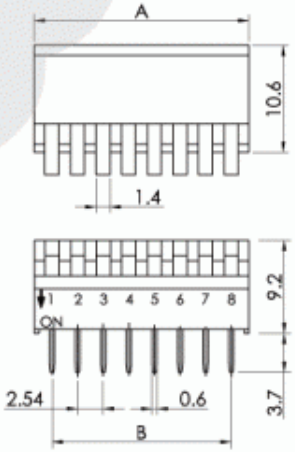
P.C.B. LAYOUT



Positions NO		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
A	mm	6.08	8.92	11.16	13.70	16.24	19.08	21.32	24.16	26.40	31.48
B	mm	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	15.24	17.78	20.32	22.86	27.94

DP(L) SERIES

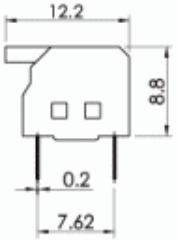




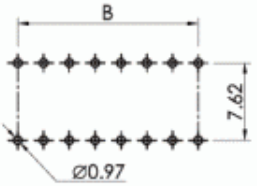
DP SERIES



DPL SERIES



P.C.B. LAYOUT



Positions NO.		2	3	4	5	6	8	10	12
A	mm	6.26	9.06	11.34	13.88	16.42	21.50	26.58	31.66
B	mm	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	17.78	22.86	27.94

SWITRONIC
TEL : 886-2-27290229
FAX: 886-2-27582086

URL : www.switronic.com
E-Mail : switches@ms36.hinet.net

DI,DM Series Dip Switches

SPECIFICATION:

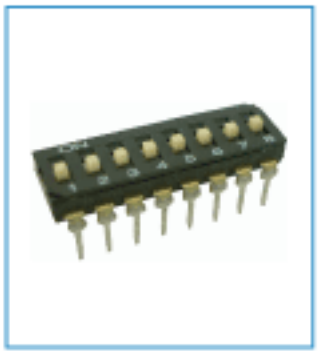
1. Non-switching rating : 100mA 50V DC.
2. Switching rating : 25mA 24V DC.
3. Contact resistance : 50mΩ Max.(initial)
4. Insulation resistance : 100MΩ Min. at 500V DC.
5. Withstand voltage : 500V AC for 1 minute.
6. Electrical life : 2,000 Cycles.
7. Operating force : 600g Max.
8. Stroke : 0.9mm.
9. Base : Nylon UL-94V-0.
10. Terminal : Brass with gold plated.

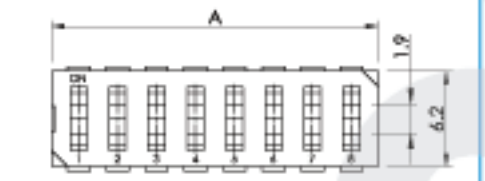
HOW TO ORDER

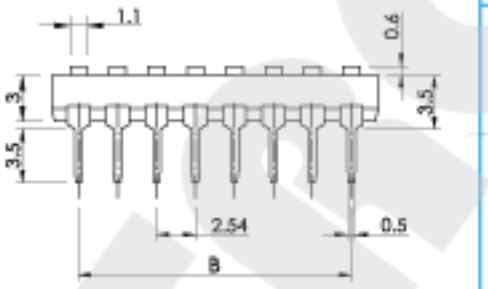
MODEL NO.	+	ACTUATOR (HANDLE)	−	POSITION	+	TERMINAL SHAPE	+	FINISH	+	SEAL
DI : Insertable type DM : Surface mounting type		□ : Raised type R : Recessed type		01 : 1 position 02 : 2 positions ↓ 12 : 12 positions		□ : Regular S : Splay terminal H : Straight terminal (For DI Series Only)		G : Gold plated		□ : Regular T : Top tape sealed (For recessed type)

※ End Stackable

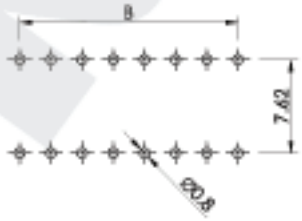
DI, DIR SERIES





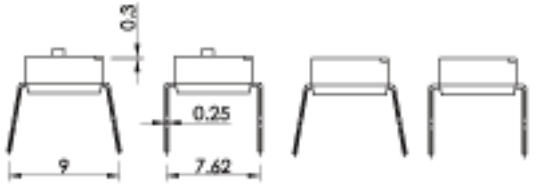


P.C.B. LAYOUT



TERMINAL SHAPE

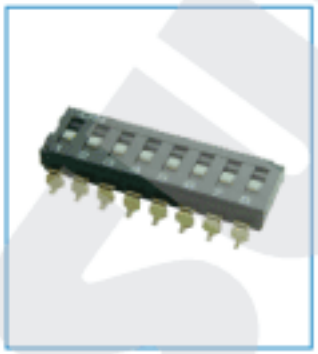
DI-□□S DI-□□H DIR-□□S DIR-□□H



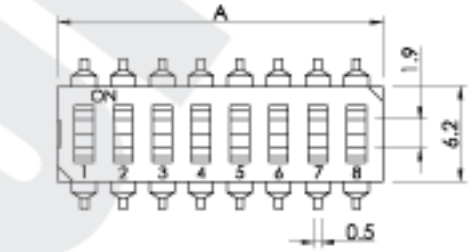
Positions NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
A	mm	3.48	6.02	8.56	11.10	13.64	16.18	18.72	21.26	23.80	26.34	31.42
B	mm	—	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	15.24	17.78	20.32	22.86	27.94

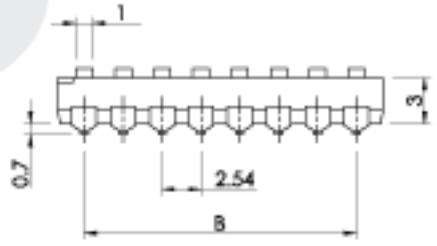
※ End Stackable

DM, DMR SERIES

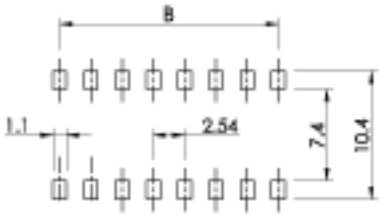


800 PCS/REEL

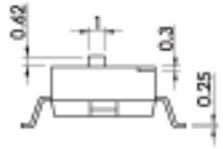




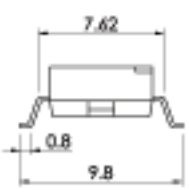
P.C.B. LAYOUT



DM SERIES



DMR SERIES



Positions NO		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
A	mm	6.02	8.56	11.10	13.64	16.18	18.72	21.26	23.80	26.34	31.42
B	mm	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	15.24	17.78	20.32	22.86	27.94

SWITRONIC TEL : 886-2-27290229 FAX : 886-2-27582086

URL : www.switronic.com
E-Mail : switches@ms36.hinet.net

DSPV , DSHP Series Dip Switches

SPECIFICATION:

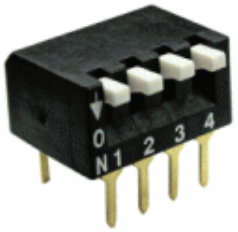
1. Non-switching rating : 100mA 50V DC.
2. Switching rating : 25mA 24V DC.
3. Contact resistance : 50mΩ Max.(initial)
4. Insulation resistance : 100MΩ Min at 500V DC.
5. Withstand voltage : 500V AC for1 minute.
6. Mechanical life : 2,000 Cycles Min.
7. Operating force : 1,000g Max.
8. Material pad : Nylon UL-94V-0.
9. Material cover : PPS UL-94V-0.
10. Terminal : Brass with gold plated.

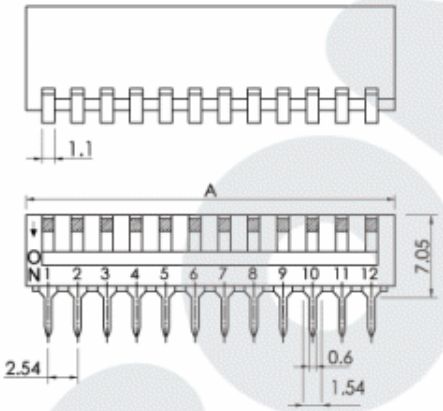
HOW TO ORDER

MODEL NO.	+	POSITION	−	ACTUATOR (HANDLE)	+	TERMINAL SHAPE	+	FINISH	+	PACKING
DSPV : Tiny piano DSHP : 1.27mm pitch SMD type		02 : 2 positions 〃 12 : 12 positions		L : Extension (for DSPV only) S : Low profile W/O tape T : Tape sealed (for DSHP only)		H : Straight terminal (for DSPV only) S : SMD type terminal		GE : 3μ" Gold plated		R : Reel T : Tube

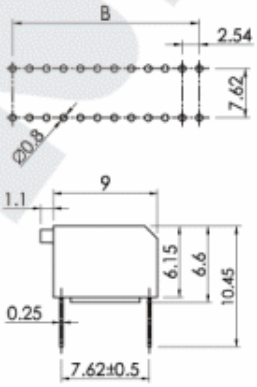
DSPV SERIES

Tiny





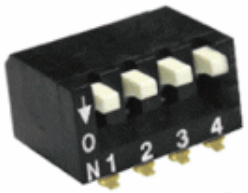
P.C.B. LAYOUT



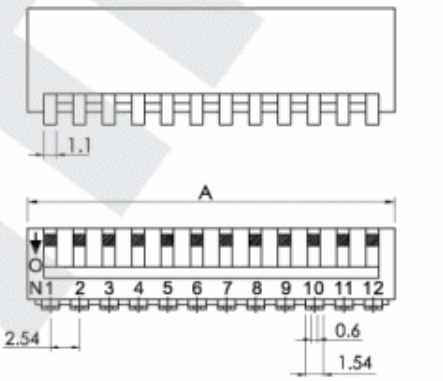
Positions NO.		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
A	mm	6.48	9.02	11.56	14.10	16.64	19.18	21.72	24.26	26.80	31.88
B	mm	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	15.24	17.78	20.32	22.86	27.94

DSPV SERIES

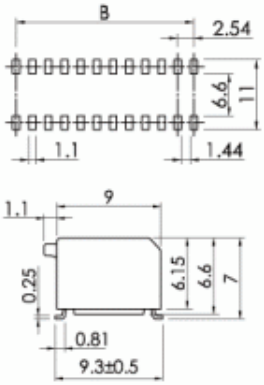
Tiny



500 PCS/REEL

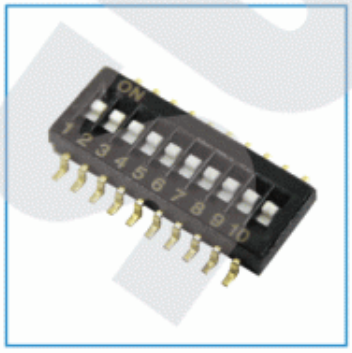


P.C.B. LAYOUT

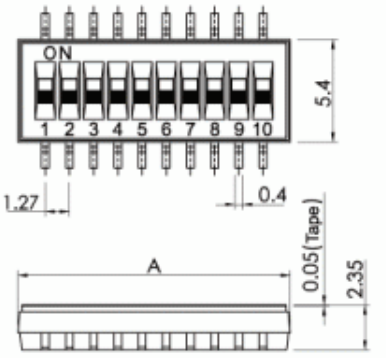


DSHP SERIES

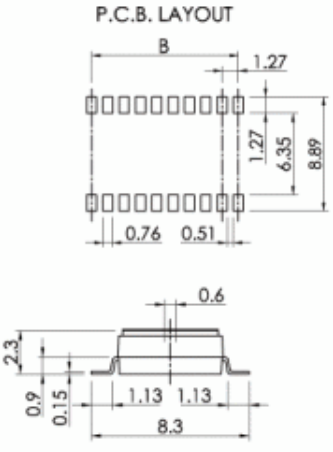
Half pitch 1.27mm



2000 PCS/REEL



P.C.B. LAYOUT

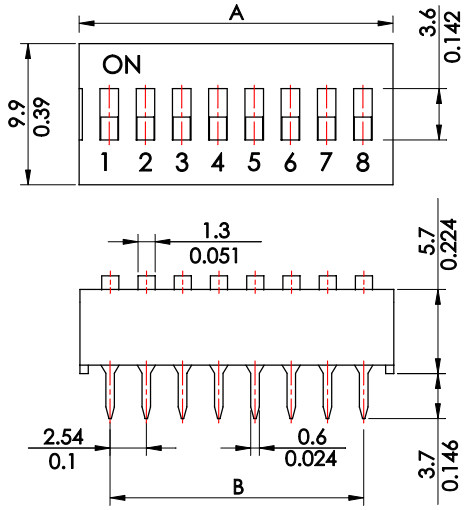


Positions NO.		2	4	6	8	10
A	mm	4.14	6.68	9.22	11.76	14.30
B	mm	1.27	3.81	6.35	8.89	11.43

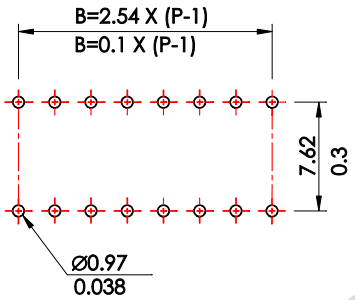
版本：V2.2

本圖面若與目錄之規格尺寸不符，以本圖面規格尺寸為主。
Below is our main specification if different from catalog.

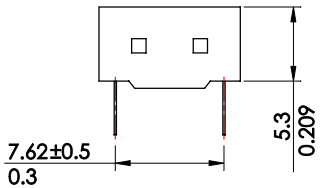
RoHS compliant



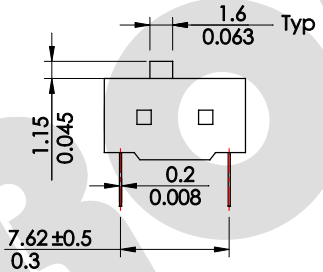
P.C.B. LAYOUT



DSR SERIES

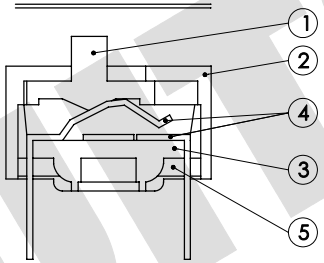


DS SERIES

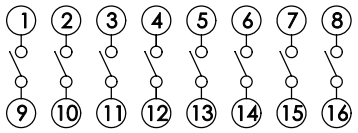


Prod No.	No. of POS	DIM.A	DIM.B
DS/DSR	01	3.84 (0.151)	———
DS/DSR	02	6.08 (0.239)	2.54 (0.100)
DS/DSR	03	8.92 (0.351)	5.08 (0.200)
DS/DSR	04	11.16 (0.439)	7.62 (0.300)
DS/DSR	05	13.70 (0.539)	10.16 (0.400)
DS/DSR	06	16.24 (0.639)	12.70 (0.500)
DS/DSR	07	19.08 (0.751)	15.24 (0.600)
DS/DSR	08	21.32 (0.839)	17.78 (0.700)
DS/DSR	09	24.16 (0.951)	20.32 (0.800)
DS/DSR	10	26.40 (1.039)	22.86 (0.900)
DS/DSR	12	31.48 (1.239)	27.94 (1.100)

CONSTRUCTION



CIRCUIT DIAGRAM



ACTUATOR	
☐	Raised type
R	Recessed type

POSITION
01 ~ 12

COVER COLOR	
R	Red
BU	Blue
K	Black

Ⓐ DSX-XXBXXX-G

Tooling number

MARKING	
☐	Marking
N	No marking

SEAL	
☐	Regular
T	Top tape sealed

RoHS compliant

SWITRONIC 一綺 FEB. 04, 2013 ISSUED ENGINEERING DEPT

SPECIFICATION

Switching rating: 25mA 24V DC.
Non-switching rating: 100mA 50V DC.
Contact resistance: 50mΩ Max.(initial)
Insulation resistance: 100MΩ Min. at 500V DC.
Withstand voltage: 500V AC for 1 minute.
Stroke: 2mm.
Operating force: 800g Max. Ⓑ
Minimum load: 10mA 3.3V DC.(reference only)
Electrical life: 2,000 Cycles.
Soldering temperature: 250°C Max. for 3 sec.
Soldering time: 1 time only.
Note: Unwashable, don't be immerged by epoxy and organic solvent.

MATERIAL

Actuator: UL-94V-0 PBT, thermoplastic, white. ——— ①
Cover: UL-94V-0 PBT, thermoplastic, blue. ——— ②
Base: UL-94V-0 PBT, thermoplastic, black. ——— ③
Terminal: Phosphor bronze, Gold plated. ——— ④
Potting: Epoxy, black. ——— ⑤

版本 VER.	符號 SYMBOL	修 改 內 容 ALTERATION	更新日期 DATE
V2.3	無	改 版	2013.02.04
V2.2	Ⓑ	規格修改	2007.05.02
V2.1	Ⓐ	型號選項增加	2005.08.30
V2.0	無	新繪製	2003.12.19

產品 PRODUCT	Dip Switch		型號 MODEL NO.	DS-08BBU-G
製圖 DRAWN BY	核圖 CHECKED BY	主管 APPROVED BY	單位 UNIT	mm
Jay Kang	Alex Lin	Margaret Lee	比例 SCALE	2 : 1
			公差 TOLERANCE	.X=±0.3mm, .XX=±0.2mm

SWITRONIC® INDUSTRIAL CORP. Switches

一綺電子企業股份有限公司
總公司 ： 110 台北市信義路四段415號13樓之3
13F-3 NO. 415, SEC. 4, HSIN YI ROAD, TAIPEI, TAIWAN
TEL : 886-2-27290229(Rep.) FAX : 886-2-27582086
URL : http://www.switronic.com.tw
E-MAIL : switches@ms36.hinet.net

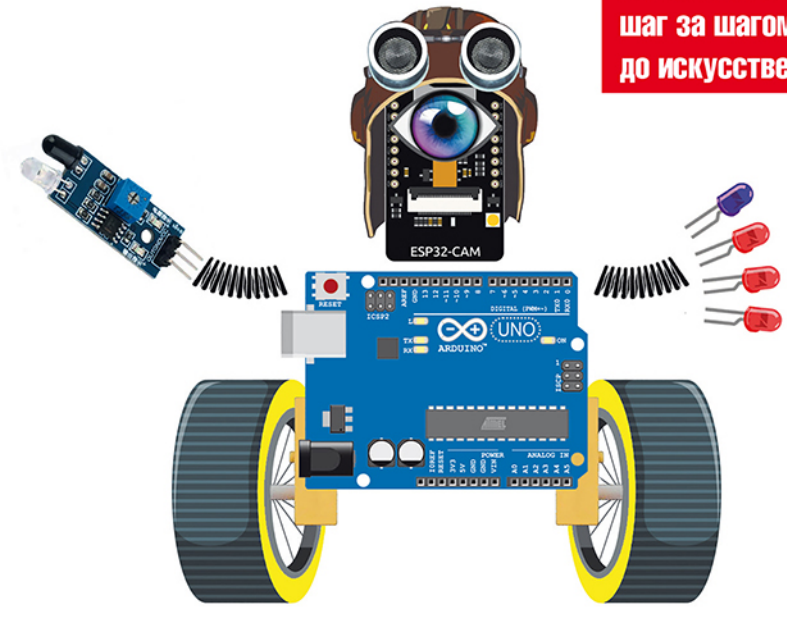
SWITRONIC

Электроника

Михаил Момот
Юрий Винницкий
Игорь Шишигин

bhv®

Робототехника:
шаг за шагом от «железа»
до искусственного интеллекта



МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ НА БАЗЕ Arduino

4-е издание

+ Материалы на www.bhv.ru

УДК 007.52
ББК 32.816
М76

Момот, М. В.

М76 Мобильные роботы с искусственным интеллектом на базе Arduino / М. В. Момот, Ю. А. Винницкий, И. В. Шишигин. — 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2025. — 400 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-2072-0

Руководство для начинающих конструкторов написано в форме практических проектов по построению мобильных роботов, для реализации которых выбрана популярная платформа Arduino и единая базовая двухколесная конструкция. Сложность проектов возрастает от простой управляемой с пульта «машинки» до роботов с элементами искусственного интеллекта. Рассказано, как управлять моторами, осуществлять сборку механики и электроники, программировать основные функции и управлять роботом. Роботы смогут обходить препятствия, выбираться из лабиринтов, обнаруживать и распознавать дорожные знаки.

В четвертом издании по сравнению с третьим, выходившим под названием «Мобильные роботы на базе Arduino», предложены современные идеи для модернизации роботов. Рассмотрено использование связки Arduino и ESP32-CAM, позволяющей «видеть» окружающий мир с помощью цифровой камеры и управлять роботами через веб-интерфейс. Показано, как робот обнаруживает и распознает дорожные знаки с помощью машинного обучения на базе технологии искусственного интеллекта Edge Impulse.

Электронный архив на сайте издательства содержит листинги, библиотеки и программы для Arduino, ESP32 и SPBot.

Для читателей, интересующихся электроникой и робототехникой

УДК 007.52
ББК 32.816

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта	*Евгений Рыбаков*
Зав. редакцией	*Людмила Гауль*
Компьютерная верстка	*Людмилы Гауль*
Дизайн серии	*Марины Дамбиевой*
Оформление обложки	*Зои Канторович*

«БХВ-Петербург», 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

ISBN 978-5-9775-2072-0

© ООО «БХВ», 2025
© Оформление. ООО «БХВ-Петербург», 2025

микроконтроллера и различных датчиков. Яркий пример такой платы — SPBot (рис. 1.22). В дополнение к возможностям контроллера Arduino Uno, она «имеет на борту»: датчик освещенности, адресные RGB-светодиоды, ИК-приемники и ИК-передатчик, зуммер, двухканальный драйвер двигателей, а также два разъема для подключения моторов. Плата также оснащена разъемами RJ25, обеспечивающими надежное, простое и удобное подключение внешних устройств с помощью кабеля RJ25, и специальными разъемами, которые ускоряют и упрощают процесс макетирования.

Подробнее о комбинированных платах и их возможностях мы поговорим в *главе 6*.

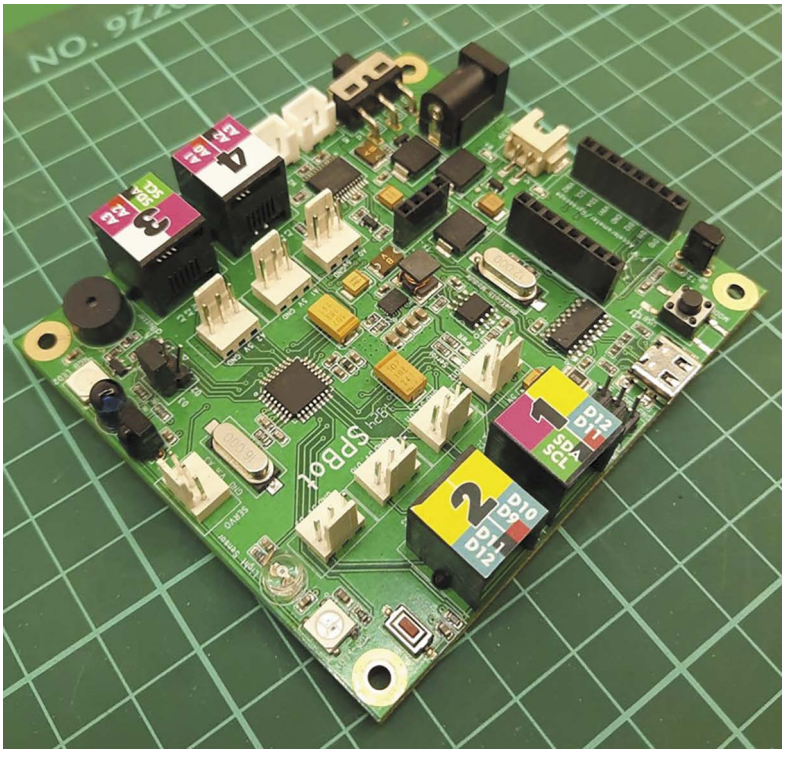


Рис. 1.22. Плата SPBot

Макетные платы

Для временного монтажа электронных устройств удобна макетная плата (рис. 1.23, *а*). Такая плата специально разработана для быстрой сборки экспериментальных схем без пайки. Она позволяет буквально на коленках сконструировать электронное устройство, имеющее множество соединений. На рис. 1.23, *б* показано соединение контактов внутри этой платы.

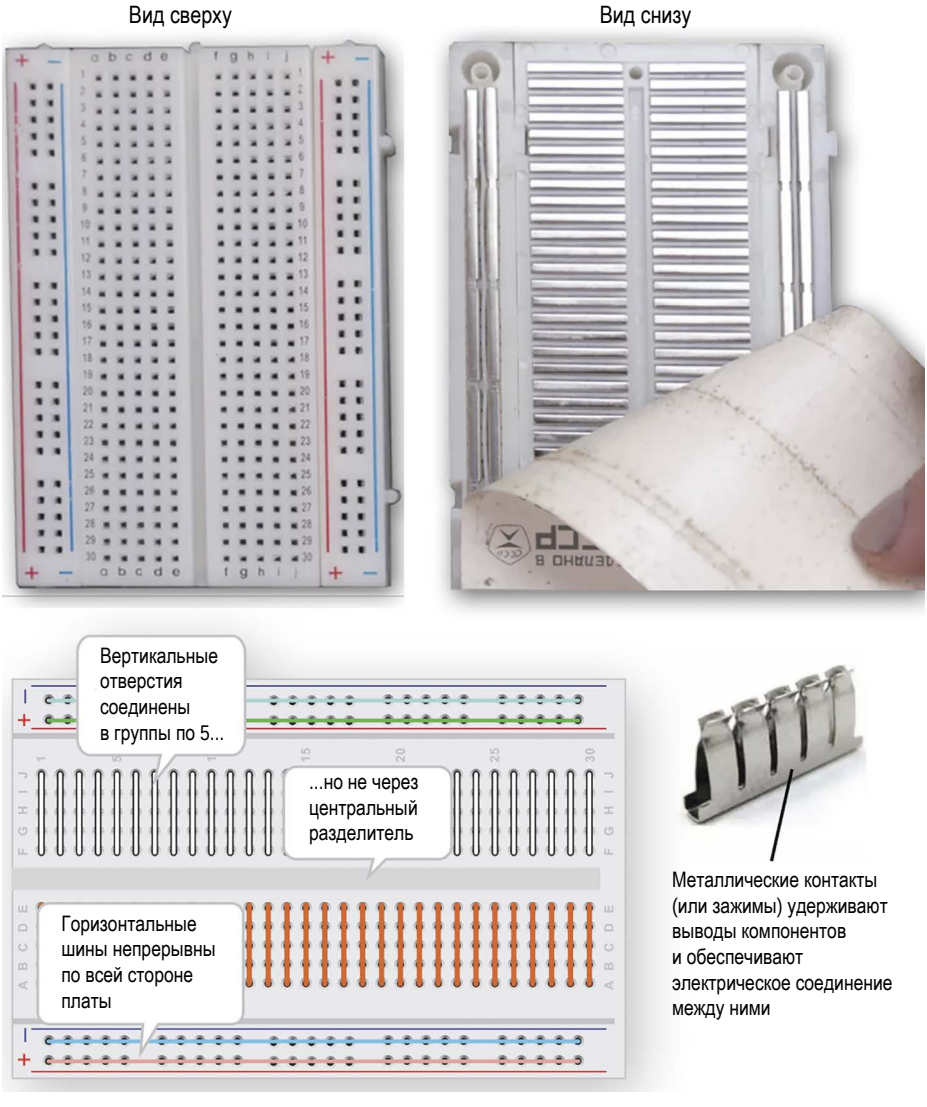


Рис. 1.23. Макетная плата (*слева*) и схема ее внутренних соединений (*справа*)

Выводы

В краткой форме мы рассмотрели основные системы робота: информационно-измерительную, принятия решений, связи, исполнительную, энергоснабжения, а также механическую систему робота и вспомогательные элементы. Особенности работы с ними будут раскрыты более подробно в процессе выполнения соответствующих проектов. Следующая глава посвящена проводам, используемым при сборке робота, и способам их соединения.

ГЛАВА 2

ИСКУССТВО ПАЙКИ И СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДОВ

Виды проводов

Электрические элементы робота соединяются друг с другом посредством проводников электрического тока. Если элементы расположены на специальной подложке (плате), то проводниками являются ее медные «дорожки». Если элементы разнесены, используют провода. Провода различают по типу металла, из которого они состоят, по толщине (сечению) и количеству жил. Для роботов применяют медные провода.

Медные провода — основа соединений в бытовой электронике из-за малого сопротивления электрическому току, хорошей теплопроводности и гибкости, а также благодаря возможности качественной пайки.

Одножильные провода

Одножильные провода (рис. 2.1) могут применяться в соединениях, которые не будут подвергаться смещениям относительно друг друга. Если такие провода перегибать, то они быстро ломаются и перестают работать.



Рис. 2.1. Одножильный провод

Многожильные провода

Многожильные провода отличаются тем, что хорошо переносят изгибы (не ломаются), благодаря чему используются в роботостроении для соединения подвижных частей.



Рис. 2.2. Многожильный провод

Способы соединений проводов

Так как создание робота подразумевает самостоятельное соединение проводов, то разобраться, как это можно сделать качественно, будет не лишним. Рассмотрим основные способы электрических соединений, которые можно применять при конструировании роботов.

Скрутка

Соединение скруткой применяется тогда, когда требуется создать контакт временно, или условия, в которых вы работаете, не позволяют осуществить другой тип соединений.

Для соединения скруткой потребуются бокорезы или нож. Без нажима зажимаем бокорезами изоляцию проводов в месте, до которого нужно снять изоляцию, и дергаем. Если всё сделано правильно, изоляция оторвется, а жилы проводов останутся нетронутыми. Распушим жилы и скрутим провода друг с другом. Место скрутки обязательно нужно заизолировать.

Следует помнить, что медь очень быстро окисляется, покрываясь пленкой, плохо проводящей электрический ток, что через некоторое время сделает соединение неработоспособным. При первой возможности соединение скруткой нужно пропаять.

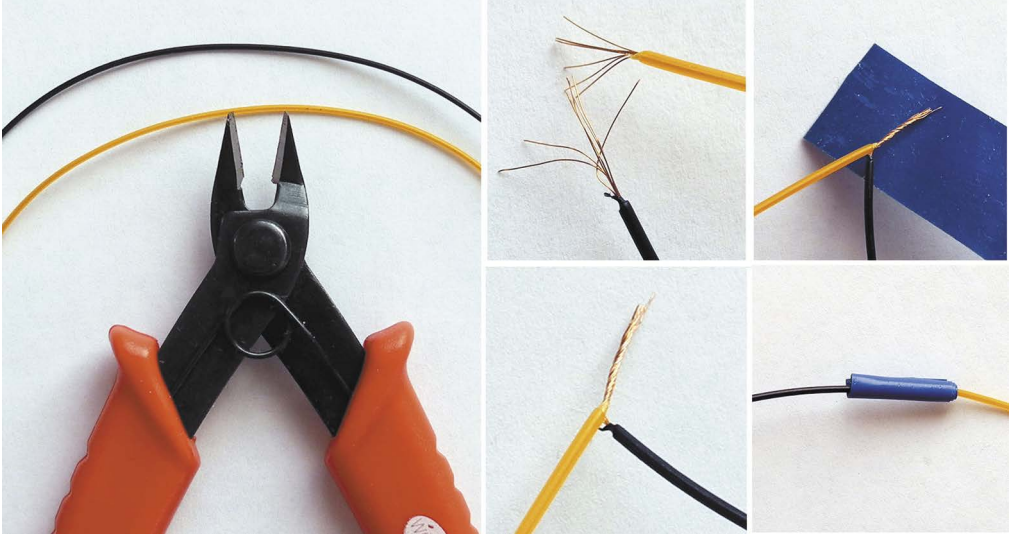


Рис. 2.3. Этапы соединения скруткой: провода и бокорезы (*слева*); зачищенные и распушенные жилы проводов (*в центре сверху*); скрутка (*в центре внизу*); изолирование скрутки (*справа вверху*); изолированная скрутка (*справа внизу*)

Разъемные соединения

Разъемные соединения широко применяются при монтаже радиодеталей. Существует огромное количество различных типов разъемов, каждый из которых предназначен для конкретных задач и условий эксплуатации.

При заказе разъемов в интернет-магазине или при обращении к продавцу в обычном магазине важно знать полное или сокращенное название разъема. Это поможет вам быстро найти нужный товар в каталоге и убедиться, что вы выбрали правильный тип разъема.

При создании электронных устройств на базе платы Arduino или комбинированных плат могут потребоваться разъемы следующих типов:

- Разъемы типа DuPont.
- Разъемы JST.
- Телефонные разъемы.
- Винтовые клеммные колодки.
- Разъемы питания постоянного тока.
- Разъемы U.FL и W.FL.

Разъемы DuPont

Разъемы DuPont хорошо подходят для подключения к контактам GPIO (рис. 2.4). Разъемы очень удобны для быстрого монтажа электронных устройств (рис. 2.5).

Недостатки разъемных соединений DuPont заключаются в окислении контактов со временем и потере соединения, а также в разрыве соединения при небольшом случайном усилии.

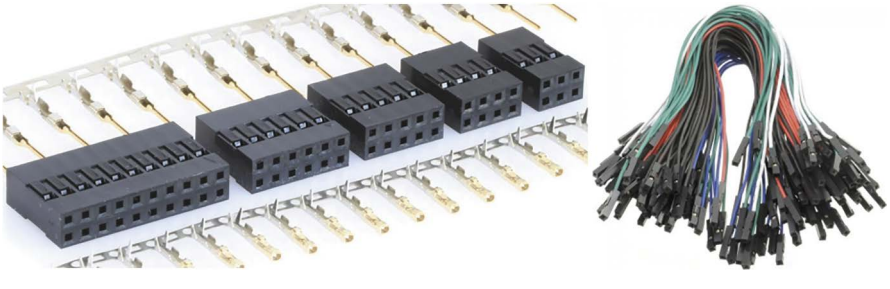


Рис. 2.4. Разъемы типа DuPont



Примечание

Название «DuPont» для проводов и разъемов связано с историческим влиянием американской компании DuPont на производство изоляционных материалов и стандартизацию в электронике. В 70–80-х годах XX века разъемы

с шагом 2,54 мм (0,1 дюйма) стали стандартом для электронных устройств, особенно для интегральных схем и плат. Эти разъемы часто использовались с проводами, изолированными материалами DuPont.

На самом деле правильное название разъемов, которые мы называем «DuPont», — Molex KK 254 (или просто KK-разъемы). Они были разработаны компанией Molex, но из-за популярности материалов DuPont и их широкого использования в электронике название «DuPont» стало более распространенным.

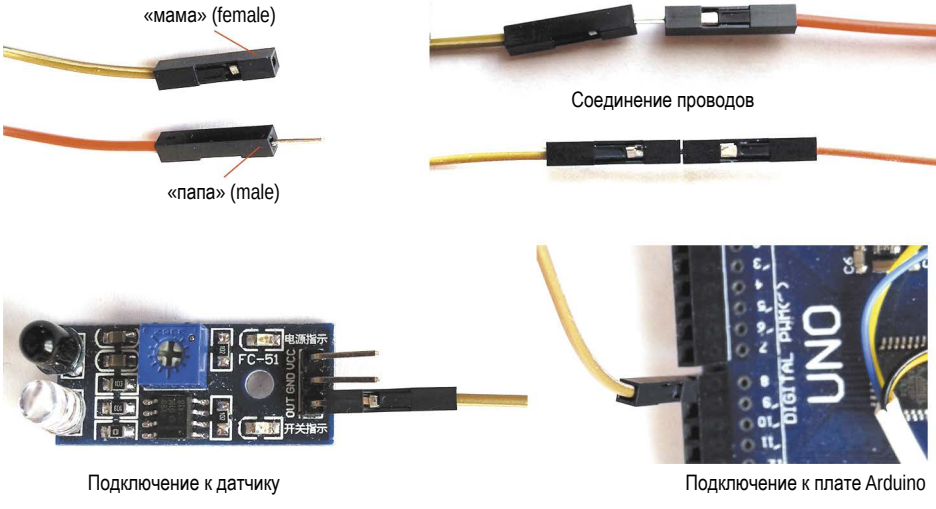


Рис. 2.5. Разъемные соединения

Часто разъемные соединения DuPont применяют совместно с платами расширения (рис. 2.6) или с макетной платой (рис. 2.7). Это позволяет быстро создать прототип и проверить его работоспособность, что очень важно при конструировании.

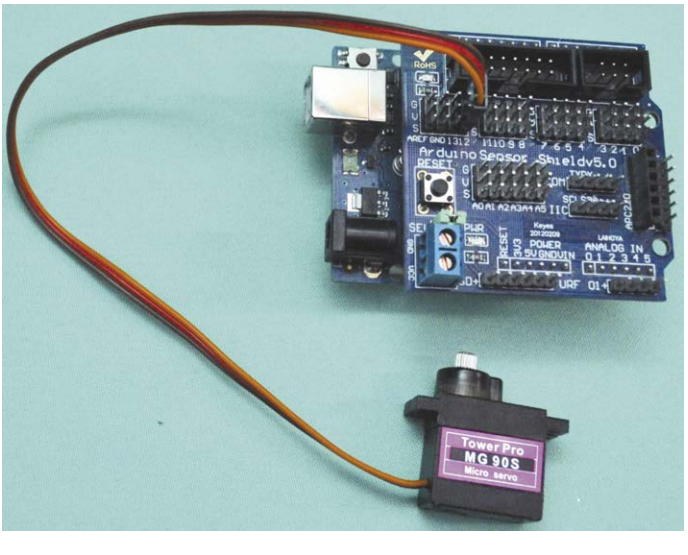
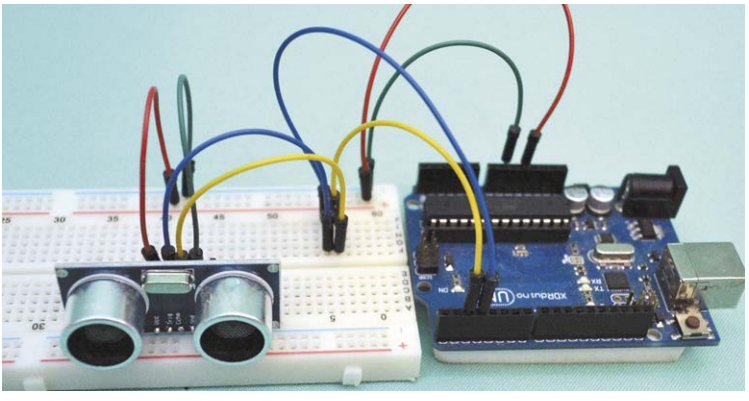
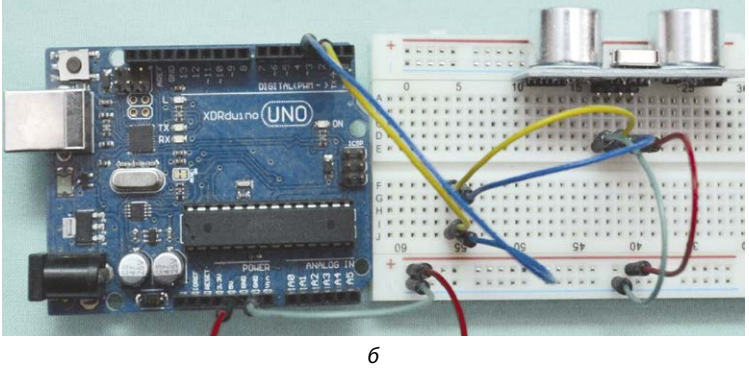


Рис. 2.6. Сервомотор соединен с платой расширения при помощи кабеля с разъемом



а



б

Рис. 2.7. Сборка прототипа на макетной плате: *а* — общий вид; *б* — вид сверху

Разъемы JST

JST — это японская компания Japan Solderless Terminal, которая специализируется на производстве разъемов и соединительных систем. Аббревиатура JST стала фактическим «стандартом» для обозначения целого семейства разъемов, которые используются в электронике, автомобильной промышленности, бытовой технике и других областях.

Названия разъемов JST — это не просто случайный набор букв и цифр. Они имеют определенную логику, которая помогает понять характеристики разъема.

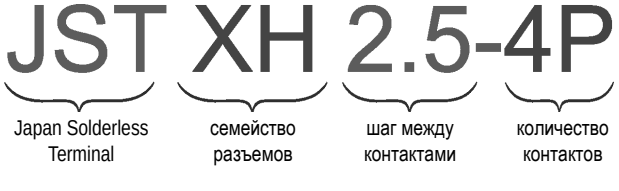


Рис. 2.8. Расшифровка обозначения разъемов JST

Характеристики некоторых семейств разъемов JST, которые применяются в любительской робототехнике, приведены в табл. 2.1, а их внешний вид и конструкция показаны на рис. 2.9. В табл. 2.2 приведены значения сечения и диаметра провода, соответствующие калибру AWG.

Таблица 2.1. *Характеристики некоторых разъемов JST*

Семейство JST	**Расстояние между контактами (мм)**	**Сечение провода (AWG)**	**Ток (А)**	**Напряжение (В)**	**Примечания**
RE	2,50	28–22	3	250	Компактный разъем для слаботочных приложений (подключение датчиков, малогабаритные электронные устройства, платы управления в бытовой технике и др.)
EH	2,50	28–22	3	250	Аналогичен RE, но немного крупнее, тяжелее и прочнее. Подходит для устройств, где требуется прочность и устойчивость к вибрациям (например, в промышленной электронике, автомобильных системах)
XA	2,50	28–22	3	250	Подходит для двурядных соединений
XH	2,50	28–22	3	250	Популярен при подключении батареи питания, обеспечивает надежное соединение модулей, датчиков и плат в устройствах на базе Arduino
PA	2,00	28–22	3	250	Компактный разъем для миниатюрных устройств
PH	2,00	28–22	2	100	Широко используется в потребительской электронике

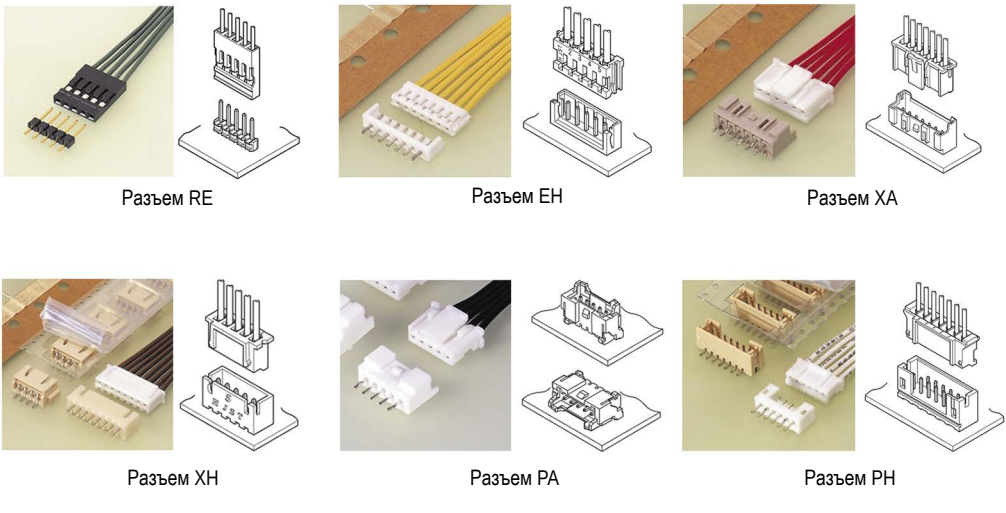


Рис. 2.9. Разъемы JST

Таблица 2.2. *Перевод AWG в сечение и диаметр провода*

Параметр AWG	28	27	26	25	24	23	22
Сечение (мм²)	0,081	0,102	0,128	0,162	0,205	0,258	0,326
Диаметр (мм)	0,32	0,36	0,40	0,45	0,51	0,57	0,64

На рис. 2.10 показаны различные разъемы JST, установленные на плате SPBot.



Примечание

Информацию о различных разъемах JST и их техническое описание можно получить на сайте производителя компании JST (**https://www.jst-mfg.com/**).

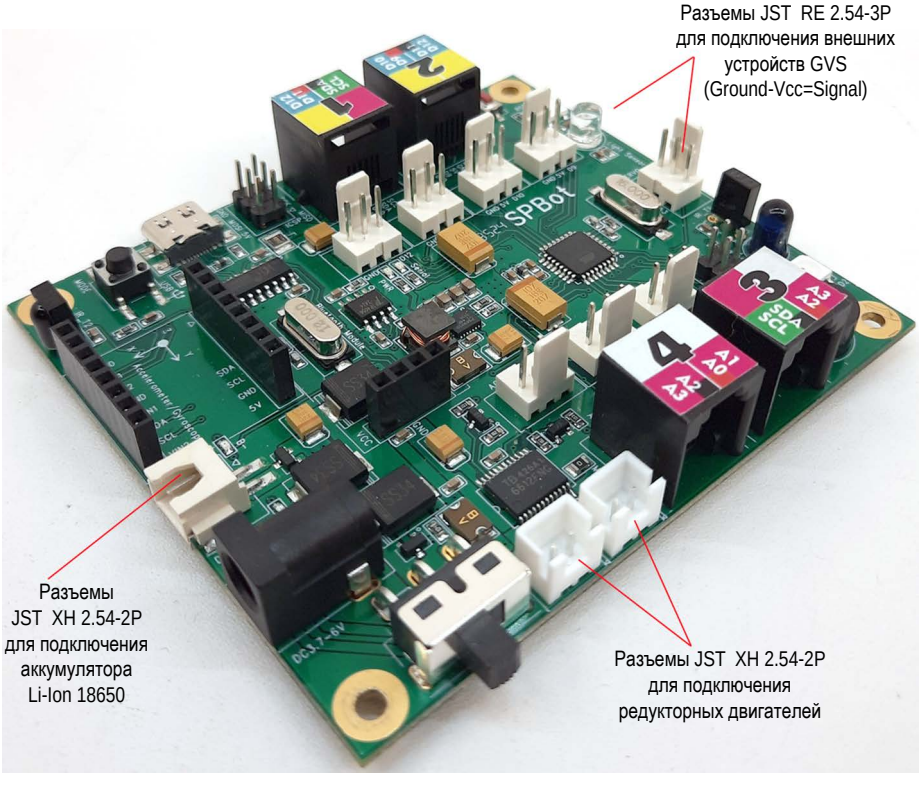


Рис. 2.10. Разъемы JST на плате SPBot

Телефонные разъемы

Телефонные разъемы семейства Registered Jack (RJ) традиционно используются для передачи данных и голоса в телекоммуникационных системах. Так разъем RJ25 имеет 6 контактов и 6 позиций (6P6C), что делает его подходящим для подключения телефонных линий, модемов и других устройств связи.

Такие разъемы размещают также на комбинированных платах (рис. 2.11) для обеспечения удобства подключения и надежности соединения внешних компонентов (например, mCore, SPBot). Это бывает важно при проведении занятий в кружках и школах.

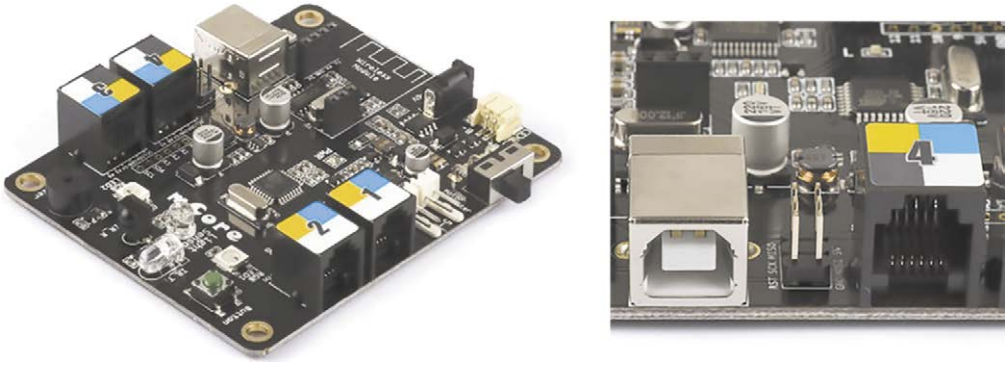


Рис. 2.11. Разъем RJ25 на плате mCore
для быстрого и надежного подключения внешних устройств

Винтовые клеммные колодки

Винтовые клеммные колодки — это простые и надежные соединители, которые позволяют подсоединять провода без необходимости пайки. Они состоят из изолированного корпуса с металлическими зажимами, которые фиксируют провода с помощью винтов. Такие клеммные колодки бывают с разным шагом между контактами: 5 мм или 2,54 мм (0,1 дюйма). Они часто используются для соединения проводов, питающих устройства большой мощности, например, двигатели, подключенные к драйверу L298N, или плату расширения Arduino Sensor Shield (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Винтовые клемные колодки на плате расширения Arduino Sensor Shield
и драйвере двигателя L298N

Разъемы питания постоянного тока

Разъемы питания постоянного тока — это традиционные коаксиальные разъемы, которые предназначены для подачи питания на электронные устройства. Они состоят из штекера и гнезда, которые обеспечивают надежное соединение. Наиболее распространенные диаметры штекера — 2,1 мм и 5,5 мм. Такие разъемы часто встречаются на платах, например, на Arduino Uno, где они служат для подключения внешнего источника питания. Коаксиальная конструкция разъемов обеспечивает не только передачу тока, но и защиту от случайного короткого замыкания. Эти разъемы также часто используются в блоках питания, зарядных устройствах и других электронных приборах.

Разъемы U.FL и W.FL

Разъемы U.FL и W.FL — это миниатюрные коаксиальные разъемы, предназначенные для передачи высокочастотных сигналов. Они широко применяются в компактных устройствах, таких как Wi-Fi-модули, антенны и радиочастотные системы. Разъемы U.FL имеют очень маленькие размеры (длина штекера всего 2,5 мм), что делает их идеальными для устройств с ограниченным пространством, например, для установки на плате ESP32 CAM (рис. 2.13). Разъемы W.FL являются еще более компактной версией U.FL и используются в аналогичных приложениях. Оба типа разъемов обеспечивают надежное соединение с характерным «щелчком» при подключении, что делает их удобными для монтажа на печатные платы.

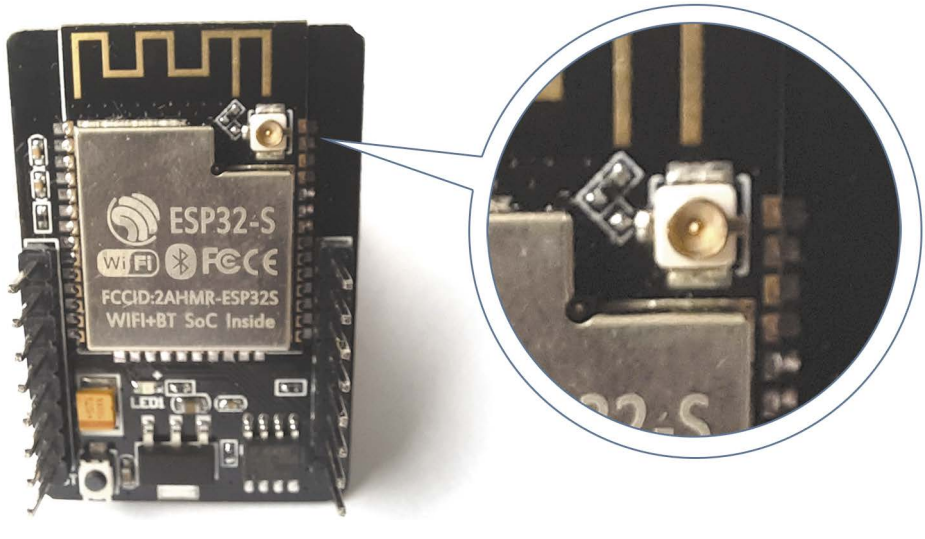
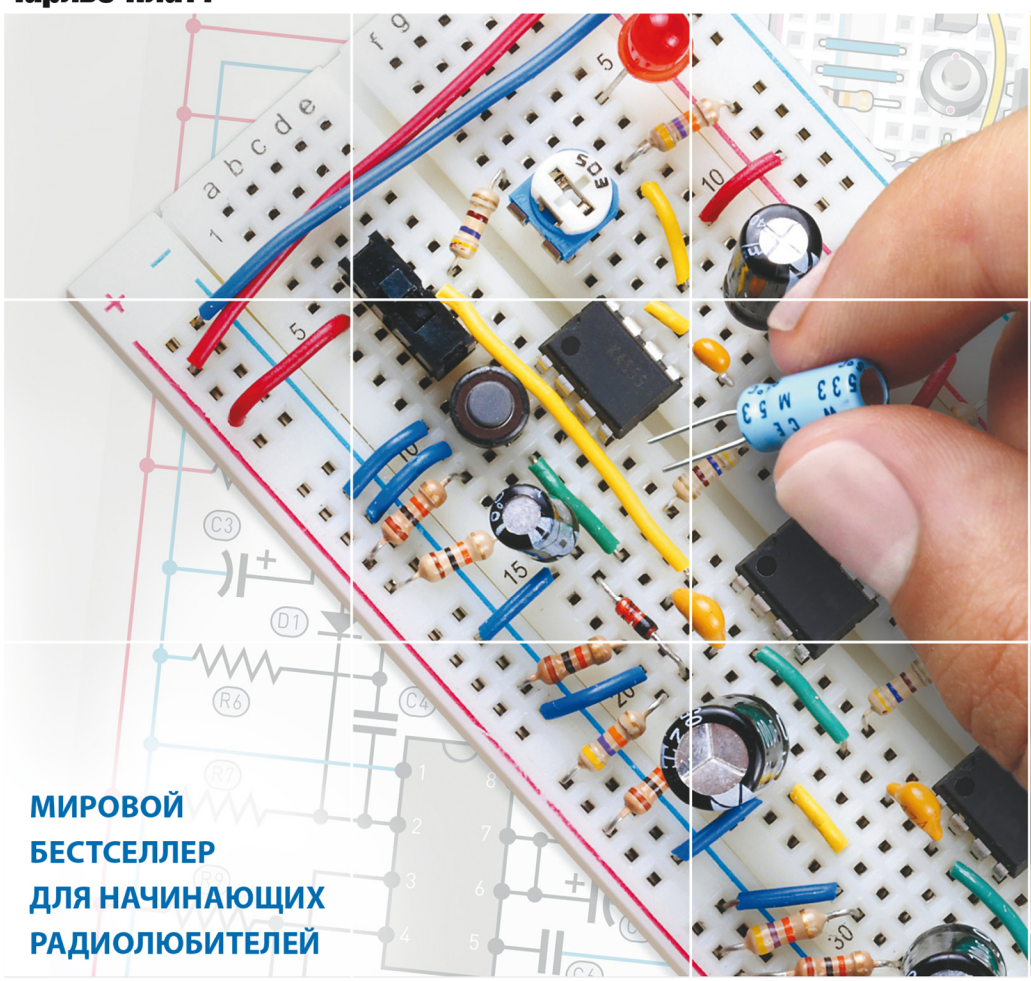


Рис. 2.13. Разъемы U.FL на плате ESP32 CAM

Электроника

для начинающих

Чарльз Платт



bhv®

3-е издание

МИРОВОЙ
БЕСТСЕЛЛЕР
ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ
РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

ОБУЧЕНИЕ
В ХОДЕ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ

+ Материалы
на www.bhv.ru

Make:

УДК 621.3
ББК 32.85
П37

Платт Ч.
П37 Электроника для начинающих: Пер. с англ. — 3-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2024. — 352 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-1764-5

В ходе практических экспериментов рассмотрены основы электроники и показано, как проектировать, отлаживать и изготавливать электронные устройства в домашних условиях. Материал излагается последовательно от простого к сложному, начиная с простых опытов с электрическим током и заканчивая созданием сложных устройств с использованием транзисторов и микроконтроллеров. Описаны основные законы электроники, а также принципы функционирования различных электронных компонентов. Показано, как изготовить охранную сигнализацию, елочные огни, электронные украшения, устройство преобразования звука, кодовый замок и др. Приведены пошаговые инструкции и включено более 500 наглядных рисунков и фотографий. В третьем, полноцветном, издании значительная часть текста, схемы и диаграммы обновлены, фотографии пересняты в высоком качестве; число компонентов и их цена уменьшены; проекты с использованием платы Arduino переработаны; рассмотрены и другие микроконтроллеры.

Электронный архив на сайте издательства содержит спецификации и ссылки на электронные компоненты.

Для начинающих радиолюбителей

УДК 621.3
ББК 32.85

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта	*Евгений Рыбаков*
Зав. редакцией	*Людмила Гауль*
Перевод с английского	*Михаила Райтмана*
Компьютерная верстка	*Людмилы Гауль*
Корректор	*Светлана Крутоярова*
Оформление обложки	*Зои Канторович*

© 2024 BHV
Authorized Russian translation of the English edition of ***Make: Electronics, 3E*** ISBN 9781680456875 © 2021 Helpful Corporation.
This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

Авторизованный перевод с английского языка на русский издания ***Make: Electronics, 3E*** ISBN 9781680456875 © 2021 Helpful Corporation.
Перевод опубликован и продается с разрешения компании-правообладателя O'Reilly Media, Inc.

«БХВ-Петербург», 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

ISBN 978-1-68045-687-5 (англ.)
ISBN 978-5-9775-1764-5 (рус.)

© Helpful Corporation, 2021
© Перевод на русский язык, оформление. ООО «БХВ-Петербург», ООО «БХВ», 2024

1 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Для начала нам предстоит провести пять экспериментов.

В первом из них представится возможность ощутить вкус электричества! Вы сможете почувствовать, что такое электрический ток и познакомитесь с электрическим сопротивлением.

В следующих двух экспериментах вы познакомитесь с прибором для измерения силы тока и напряжения, а четвертый эксперимент будет посвящен расчету мощности. Попутно будет предложено сжечь светодиод, расплавить предохранитель и вывести на практике фундаментальный закон электротехники.

Пятый эксперимент продемонстрирует вам выработку электричества с помощью самых простых предметов прямо на рабочем столе.

Все пять экспериментов позволят раскрыть суть целого ряда важных концепций. Возможно, многое из всего этого не станет для вас откровением, но лучше все же попрактиковаться, прежде чем приступить к штурму науки, следуя дальнейшим указаниям.

Что нужно для проведения экспериментов главы 1

Каждая глава в этой книге начинается с изображения и описания всех необходимых инструментов, оборудования, компонентов и расходных материалов. Если приобретать подобные вещи вам еще не приходилось, более подробная информация о них имеется в электронном архиве, прилагаемом к книге (см. *приложение*). Там же указаны места приобретения компонентов и расходных материалов (интернет-ресурсы или магазины).

Если покупка отдельных компонентов вас чем-то не устраивает, в продаже можно найти как минимум два готовых набора деталей, необходимых для реализации проектов, рассмотренных в этой книге. Их поставщики, перечисленные в электронном архиве, не имеют к автору никакого отношения как в деловом, так и в финансовом плане, но комплектацию наборов я проверил.

Продавцы могут отправлять комплекты за границу, но, к сожалению, почтовые расходы по пересылке из США в другие страны обходятся дорого, поскольку Почтовая служба Соединенных Штатов не субсидируется государством. Проживающим за пределами США компоненты лучше закупать у азиатских поставщиков, где почтовые тарифы ниже, а сами компоненты дешевле.

Мультиметр

Самым важным инструментом при изучении электротехники и электроники считается переносной мультиметр. Он покажет, что происходит внутри электрической цепи, сродни тому, как аппарат МРТ позволяет врачу увидеть, что происходит внутри тела человека.

Приставка «мульти» в слове «мультиметр» означает, что прибор под таким названием обладает несколькими измерительными функциями, наиболее важными из которых являются измерение напряжения, тока и электрического

сопротивления. Электротехники зачастую называют такой прибор «тестером», имея в виду именно мультиметр. Каким бы сложным и непонятным он ни казался поначалу, обращаться с ним намного проще, чем с современным телефоном и ничуть не сложнее, чем с фотокамерой.

Нам нужен тестер, имеющий цифровой дисплей. Порой попадаются и аналоговые мультиметры со стрелкой, перемещающейся по шкале, но они сложнее в применении и ими лучше не пользоваться.

Один из встречавшихся мне самых компактных и простых тестеров показан на рис. 1.1. Его подбирал один из производителей наборов компонентов, ссылка на которого имеется в электронном архиве к книге, но аналогичные тестеры можно найти и в Интернете. При желании сэкономить этого мультиметра будет вполне достаточно для проведения всех экспериментов с 1 по 30, тогда весь остальной материал о тестерах можно пропустить. Но, если вам захочется узнать, что можно приобрести подороже, и какую пользу из этого удастся извлечь, читайте дальше.



Рис. 1.1. Обычный цифровой мультиметр (шаг фоновой сетки равен 25 мм)

Сравнение автоматического и ручного режимов

Автоматический выбор диапазона измерений — наиболее очевидная выгода от приобретения более дорогого тестера. Представьте, что нужно измерить температуру. Если используется термометр духовки, и интересует температура от 100 до 260 градусов, вполне достаточно будет разброса в пять градусов. Но если измеряется температура тела, хочется получить точность в 0,1 градуса в диапазоне от 35 до 41 градуса.

Так же обстоят дела и с измерениями напряжения или других параметров электрической цепи. В одних случаях нужно измерять малые величины и иметь высокую точность, а в других — большие величины, при которых приемлемы менее точные результаты.

Тестер, работающий в ручном режиме, требует выбора диапазона значений путем предварительной установки переключателя в нужную позицию. Например, для измерения напряжения 1,5-вольтовой батарейки формата AA нужно установить переключатель тестера на измерение напряжений до 2 В, и тогда можно получить результат с приемлемой точностью.

Тестер с автоматическим выбором диапазона сам оценит напряжение и установит нужный диапазон. Звучит заманчиво, да и цена на такие тестеры падает, но лично мне они не нравятся. При каждом измерении эти тестеры «задумываются» на несколько секунд, выбирая диапазон, а я человек нетерпеливый. К тому же, раз диапазон выбран не вами, в значениях, высветившихся на дисплее, с ходу не разберешься. Предположим, тестер показывает 1,48. Что это, вольты или милливольты? На дисплее, конечно, будет едва заметная надпись «V» или «mV», на которую можно не обратить внимания и допустить ошибку.

Совет

Предлагаю все же остановиться на использовании ручного тестера. Шансы допустить ошибку снизятся, обойдется он дешевле сопоставимого с ним автоматического тестера, и таких же нетерпеливых, как я, он будет меньше нервировать.



Рис. 1.2. Тестер с автоматическим выбором диапазона измерений



Рис. 1.3. Тестер с ручной установкой диапазона измерений

Как узнать, какой именно тестер изображен на картинке, ручной или автоматический? Автоматический тестер обычно распознается по описанию товара, но сомнения можно развеять, рассмотрев циферблат на передней панели. У автоматического тестера цифр будет немного, а по виду он будет примерно таким, как на рис. 1.2. Тестер с ручным выбором диапазона будет похож на тот, что изображен на рис. 1.3.

Все написанное дальше о тестерах будет в основном касаться приборов с ручным выбором диапазона измерений.

Цена

Советовать, по какой цене брать тестер, сродни совету по покупке машины. Цены самой навороченной и самой дешевой машины могут соотноситься как 100:1, так же и с тестерами. К тому же, цены не стоят на месте.

В этом вопросе предлагаю ориентироваться на тестер, изображенный на рис. 1.1. Что можно выгадать, приобретая более дорогую модель?

Во-первых, долговечность. Именно этот тестер у меня долго стоял без дела, но контакты переключателя диапазонов на передней панели со временем могут попросту износиться. Пока вы и сами не знаете, насколько стойким будет ваше увлечение электроникой, это можно не брать в расчет.

Чем больше затраты, тем шире функции, но эта тема непростая, поскольку для объяснения дополнительных функций нужно разбираться с терминологией. Пока что речи не было даже о напряжении и силе тока, не говоря уже о тестировании транзисторов, поэтому здесь мы рассмотрим обозначения и сокращения, которые встречаются на передней панели тестера, и объясним, какие из них нам обязательно пригодятся. Конкретные подробности будут раскрываться по мере чтения книги.

Нам потребуется всё, что в табл. 1.1 выделено серой заливкой. Остальное тоже не помешает, но в проводимых экспериментах особой роли играть не будет.

Производители тестеров постоянно добавляют все новые, на их взгляд привлекательные функции, но пользы от них порой немного. Посмотрим на то, что вам вряд ли пригодится:

- *NCV* означает «тестирование скрытой проводки». Тестер покажет наличие напряжения рядом с розеткой или проводкой. К нашей книге это не имеет никакого отношения.
- *Измерение температуры*. Тестер может определять перегрев компонента, но нам вполне достаточно будет почувствовать его на ощупь.
- Кнопки *Max/Min* и *Hold*. Пригодится для съема быстроменяющихся показаний, но вам это вряд ли понадобится.

Таблица 1.1. *Самые распространенные обозначения и сокращения на передней панели мультиметров*

Обозначение	Расшифровка
V	Напряжение (в вольтах)
A	Сила тока (в амперах)
Ω	Электрическое сопротивление (в омах)
mA	Миллиамперы (тысячные доли амперов)
 или F	Емкость (в фарадах)
Hz	Частота электрического тока (в герцах)
	Постоянный ток (DC)
	Переменный ток (AC)
	Тестирование диодов
	Тестирование батарей
 или	Прозвонка цепей (тестер будет подавать звуковой сигнал)
hFE и/или NPN/PNP	Тестирование транзисторов

Примечание

Подсветка дисплея. Вообще-то мы будем работать с электронными компонентами при свете настольной лампы, поэтому подсветка тестеру не понадобится.

Шести буквам и обозначениям из верхней половины табл. 1.1 зачастую предшествуют множители. Например, «m» обозначает множитель со значением 1/1000, поэтому «mV» означает 1/1000 вольта, т. е. милливольт. Греческая буква μ (произносится как «мю») представляет собой множитель со значением 1/1 000 000, поэтому «μA» означает 1/1 000 000 ампера, т. е. микроампер. Множители приведены в табл. 1.2, диапазоны измерений — в табл. 1.3.

Примечание

Следует заметить, что строчная буква m означает «разделить на 1000». А заглавная буква M означает «умножить на 1 000 000». Постарайтесь не запутаться!

В некоторых тестерах не используются значения диапазонов, начинающиеся с цифры 2; их значения могут начинаться с 4, образуя, к примеру, такой ряд, как 40, 400, 4k и т. д. У некоторых тестеров значения диапазонов начинаются с 6. Не думаю, что для экспериментов, приводимых в книге, какой-либо из этих вариантов дает конкретные преимущества.

Таблица 1.2. *Множители, часто используемые в тестерах*

Множитель	Наименование	Значение
p	пико	1/1 000 000 000 000
n	нано	1/1 000 000 000
μ	микро	1/1 000 000
m	милли	1/1 000
k	кило	×1 000
M	мега	×1 000 000

Таблица 1.3. *Распространенные диапазоны измерений*

Наименование	Значения					
V DC, вольты, постоянный ток	200m	2	20	200		
V AC, вольты, переменный ток	200m	2	20	200		
A DC, амперы, постоянный ток	200μ	2m	20m	200m	10 или 20	
A AC, амперы, переменный ток	200μ	2m	20m	200m	10 или 20	
Ω, омы	200	2k	20k	200k	2M	20M
F, фарады	2n	20n	200n	2μ	20μ	200μ

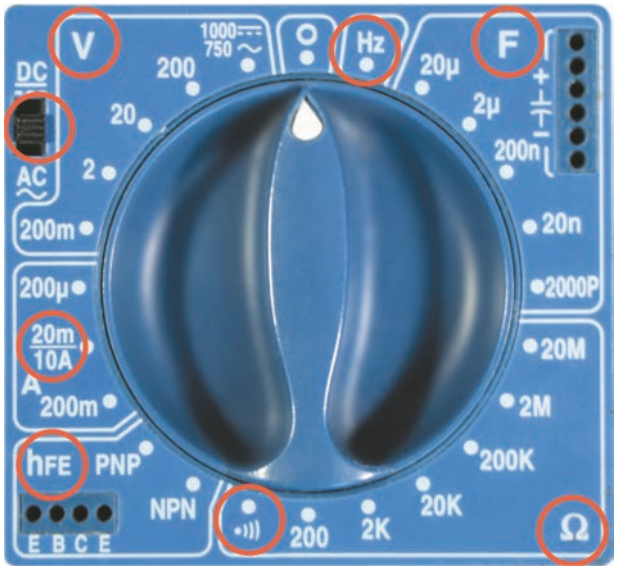


Рис. 1.4. Шкала тестера, который, по-моему, сможет выполнять все функции, востребованные в наших экспериментах

Хорошо бы, конечно, иметь более широкий диапазон значений, но на это могут потребоваться дополнительные затраты. Я думаю, что самыми важными являются значения, выделенные серой заливкой в табл. 1.3, а те, что не выделены, можно считать необязательными.

Возьмем, к примеру, F (фарады). Показанный здесь диапазон абсолютно ни к чему, если емкость данным тестером не измеряется. Но если это предусмотрено, то выделены именно те значения, к наличию которых следует присмотреться.

А теперь, чтобы увидеть, как диапазоны выглядят на самом деле, посмотрим еще на несколько обозначений, встречающихся на передней панели тестеров. Показанная на рис. 1.6 шкала, охватывающая вращающийся переключатель, разбита на секции с буквой или обозначением, например V или A. Символ «V» означает Volts, и относится к секции измерения напряжения. Диапазон применяется к измерениям как переменного (AC), так и постоянного (DC) напряжения, и выбирается переключателем, обведенным кружком. Если вам не вполне понятна разница между AC и DC, то пока она для нас не имеет никакого значения. Заметьте, что диапазон простирается от 200 mV и до 200 V, что немного лучше диапазона, приведенного в табл. 1.3.

Если смотреть дальше по круговой шкале, можно заметить обведенные кружками все важные элементы из табл. 1.1, и все рекомендуемые там диапазоны. Похоже, этот тестер нам подойдет.

А теперь посмотрим на рис. 1.5. У этого тестера нет переключателя AC/DC. Вместо этого соответствующие позиции имеются на шкале. Слева можно увидеть букву V с обозначением, соответствующим DC. А справа еще одна буква V с волнистой линией, что соответствует AC, и относится к двум соседним белым положениям переключателя. Знак молнии просто означает «предостережение», вполне понятное при планировании измерений напряжений порядка 600 В, хотя мне трудно представить, когда это может пригодиться. Нашим целям больше соответствуют измерения низких напряжений, а у этого тестера нет низковольтных диапазонов для измерения переменного напряжения. Печально, поскольку порой нужно измерить переменное напряжение, скажем, на выходе микросхемы таймера.

Здесь не видно возможности измерения силы переменного тока. За буквой «A» следует обозначение «DC», а вот «A» с волнистой линией для «AC» здесь нет. Нехорошо. Тестер также не может измерять емкость в фарадах. Тогда что это за буква F, очерченная кружком? Так ведь у нее символ градуса, следовательно, это «градусы по Фаренгейту». Немудрено запутаться, тем более что тестер поставляется без датчика температуры, и от этой функции никакого проку.

И напоследок я обвел кружком обозначение «2M», показывающее верхний предел измерения электрического сопротивления. Хотелось бы, конечно, 20M. Да уж, этот тестер меня не впечатлил. Им, конечно, можно воспользоваться для экспериментов, описанных в этой книге, но он стоит дороже основной модели, показанной на рис. 1.1, и не дает никаких дополнительных выгод.

Итак, сколько вы готовы потратить? Поищите в Интернете базовую модель тестера, изображенную на рис. 1.1, и уточните цену этого мультиметра, обозначив ее как $B. Потратив сумму от двух до четырех $B, вы сможете приобрести тестер со всеми рекомендованными функциями. Тестер, показанный на рис. 1.3 и купленный мной для проведения экспериментов при работе над книгой, обошелся мне примерно в три раза больше, чем $B, и вполне оправдал все мои ожидания. Если увеличить расходы, то автоматический тестер, показанный на рис. 1.2, обойдется в сумму, в шесть раз превышающую $B.

На рис. 1.6 изображен мой любимый тестер на момент написания книги. Заметьте, что на его дисплее отображаются четыре цифры. Стали появляться и более дешевые тестеры с четырехразрядным дисплеем, но дополнительная цифра еще не говорит о том, что схема тестера в десять раз точнее, чем у трехразрядного тестера. Чтобы во всем разобраться, нужно внимательно сравнить характеристики, предоставленные изготовителями. Чтобы провести эксперименты, рассматриваемые в этой книге, точность до четырех знаков не нужна.

Единственный недостаток тестера, показанного на рис. 1.6, — его цена, которая примерно в 20 раз больше цены базового мультиметра ($B). Я считаю это долговременными вложениями. Меня вполне устраивает его точность, и я надеюсь, что он прослужит мне много лет, но все это можно и не брать в расчет, если не знать, насколько сильным будет ваше увлечение электроникой.

Если, оценив все эти предложения, вы еще не решили, какой тестер покупать, читайте книгу дальше, чтобы понять, как тестер будет использоваться в первых четырех экспериментах. А затем уже примите правильное решение.

На этом раздел о тестерах завершен. Надеюсь, теперь принять решение о приобретении тестера вам будет проще.



Рис. 1.5. При изучении этого тестера обнаруживается отсутствие ряда желаемых функций



Рис. 1.6. Этот тестер стоит почти в 20 раз дороже изображенного на рис. 1.1

Защитные очки

При работе над проектами с применением электронных компонентов следует исключать любой риск для глаз. К примеру, когда укорачивается ножка светодиода, откусываемая часть может полететь вам в лицо.

Избежать неприятностей помогут самые дешевые защитные или же обычные очки. Простые защитные очки показаны на рис. 1.7.



Рис. 1.7. Защитные очки

Соединительные провода

Для подключения компонентов в нескольких первых экспериментах будут использоваться соединительные провода (оголенные с обоих концов).

Разумеется, два конца есть у любого куска провода. Но в данном случае, как видно из рис. 1.8, имеется в виду наличие на каждом конце зажима типа «крокодил». Каждый подпружиненный зажим позволяет получить электрический контакт путем захвата любого проводника и его надежного удержания, что освободит ваши руки для другой работы. Для наших экспериментов подойдут очень короткие провода, вроде тех, что показаны на рисунке. Можно, конечно, взять провода и подлиннее, но они будут постоянно путаться.

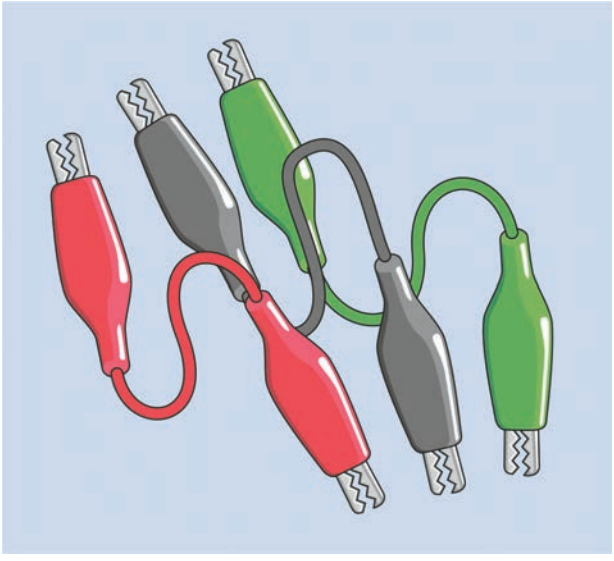


Рис. 1.8. Соединительные провода

Провода с небольшими штырьками на концах, иногда называемые перемычками, здесь не понадобятся.

Источники питания

Почти во всех рассматриваемых в книге экспериментах будет использоваться источник питания напряжением 9 В. Можно взять обычную 9-вольтовую щелочную батарейку, продающуюся в супермаркетах и обычных магазинах. Подойдет любая марка. Чуть позже будет предложено перейти на блок питания постоянного тока, но пока он нам не понадобится.

У 9-вольтовой батарейки имеются положительная и отрицательная клемма. Не перепутайте их! Если плюсовая клемма трудно различима, пометьте ее красным маркером.

Примечание

В экспериментах с первого по четвертый используйте только 9-вольтовую щелочную батарейку. Не пытайтесь воспользоваться более мощной батареей, или той, которая выдает напряжение более 9 В. Не забывайте, что литиевые батареи могут быть опасны, и не должны применяться в каких-либо проектах, рассматриваемых в данной книге.

Разъем для батареи (необязательный)

Далее на рисунках вы увидите, что к клеммам 9-вольтовой батареи прикреплены провода с зажимами типа «крокодил», но если требуется более надежный контакт, можно купить специальный разъем, защелкивающийся на клеммах вашей батареи, с двумя оголенными на концах проводами, показанный на рис. 1.9.

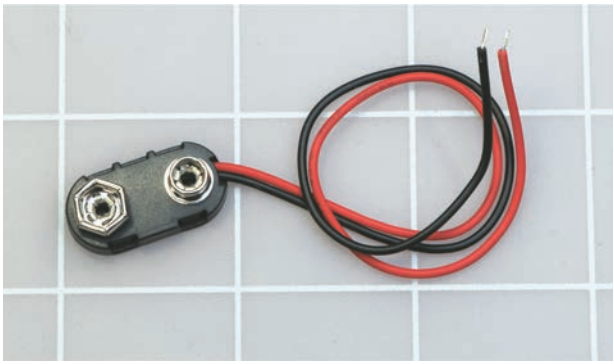


Рис. 1.9. Разъем для подключения 9-вольтовой батареи

Предохранитель

Предохранитель разрывает цепь при прохождении через него избыточного тока. Вам понадобится парочка обычных стеклянных предохранителей, вроде тех, что изображен на рис. 1.10, или можно воспользоваться автоматическими предохранителями, приобретаемыми в магазинах автозапчастей. В любом случае нужен будет предохранитель на 1 ампер и предохранитель на 3 ампера (на стальных торцевых крышках стеклянных предохранителей будут штампы с соответствующими обозначениями 1A и 3A). На картинке показано увеличенное изображение предохранителя типа 2AG с диаметром трубки примерно 5 мм.

Картриджные предохранители зачастую рассчитаны на 250 В, но нам подойдут любые от 10 В и выше. (Понятие «рассчитаны» означает мнение производителя насчет максимального напряжения, подходящего данному товару.)

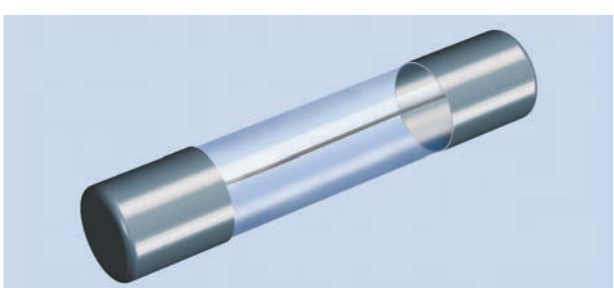


Рис. 1.10. Увеличенное изображение предохранителя типа 2AG диаметром 5 мм

Светодиоды

Светодиоды, больше известные по аббревиатуре LED, могут быть самых разных форм и размеров. Мы воспользуемся так называемыми светодиодными индикаторами, проходящими по каталогам как стандартные светодиоды, вставляемые в панель. В первых двух главах книги проще будет воспользоваться светодиодами диаметром 5 мм, а для всех остальных экспериментов больше подойдут светодиоды диаметром 3 мм, поскольку их будет проще встроить в некоторые макеты с плотным размещением компонентов. Самый обычный красный светодиод изображен на рис. 1.11.

В книге будут часто встречаться обычные красные светодиоды. Дело в том, что именно они по сравнению с приборами, излучающими другой цвет, потребляют меньше тока и начинают светиться при меньшем напряжении, что сыграет важную роль в ряде экспериментов. Под словом «обычные» подразумеваются самые дешевые и доступные светодиоды. Они используются настолько широко, что полезно будет запастись хотя бы дюжиной.

Некоторые светодиоды выполнены в корпусе из прозрачного материала, и излучаемый ими цвет можно увидеть только при подаче питания, а другие, вроде изображенного на рис. 1.11, называемые также диффузными, заключены в пластик, соответствующий цвету излучения. Прозрачные светодиоды ярче, но при прочих равных условиях, я полагаю, что диффузные светодиоды лучше смотрятся.

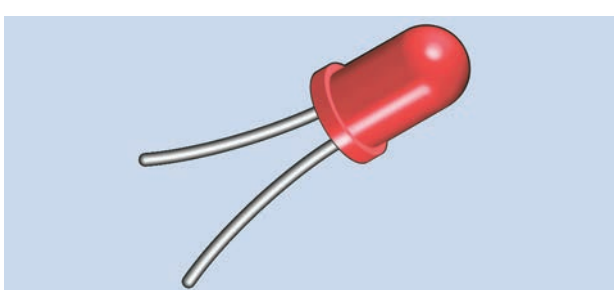


Рис. 1.11. Увеличенное изображение стандартного индикаторного светодиода

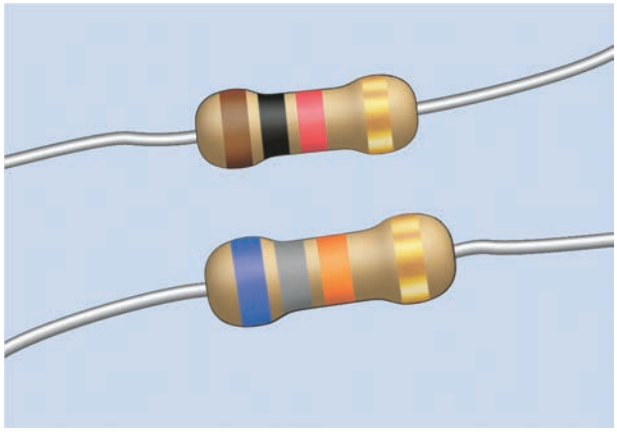


Рис. 1.12. Два обычных резистора

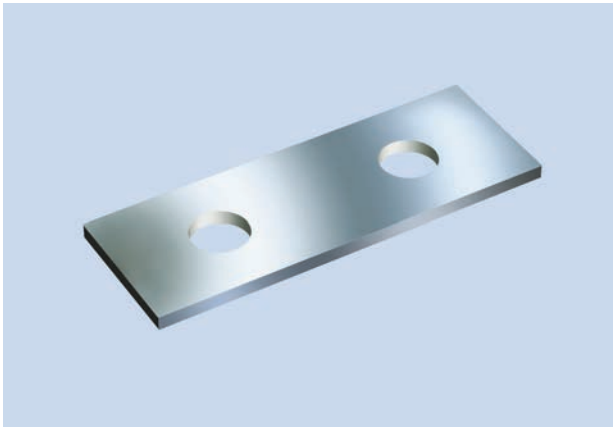


Рис. 1.13. Оцинкованный крепежный элемент. Подыщите пластину длиной более двух с половиной сантиметров. Вместо нее подойдут небольшие скобы

Резисторы

Чтобы задавать напряжение на разных участках электрической цепи, понадобятся различные резисторы (также называемые сопротивлениями). Их увеличенное изображение показано на рис. 1.12 (их реальная длина не превышает полутора сантиметров). Чуть позже мы рассмотрим, как узнать номинал резисторов по цветным полоскам на их корпусе. А цвет самого корпуса нам абсолютно не важен.

Не стоит покупать резисторы по две-три штуки строго под каждый эксперимент. При их мизерных ценах и размерах лучше брать их оптом со скидкой, в наборах или же заказывать на таких сайтах, как eBay. Если вы хотите узнать точные номиналы резисторов, применяемых в каждом эксперименте, загляните в таблицы, приведенные в электронном архиве, прилагаемом к книге.

Что еще нам потребуется

В пятом эксперименте будет показан способ создания собственной «лимонной» батареи. Для проведения этого небольшого опыта потребуются медные монеты (или же другие подобные предметы с медной поверхностью), а также оцинкованные предметы вроде крепежного элемента длиной 2–3 см, изображенного на рис. 1.13. Четырех пластин или небольших скоб будет вполне достаточно. Их можно найти в любом хозяйственном магазине.

Новые, менее окисленные монеты будут работать лучше старых. Если в вашей стране медные монеты больше не используются, загляните в прилагаемый к книге электронный архив, где приведены советы по покупкам и можно найти варианты замены.

Блокнот экспериментатора

При проведении эксперимента нужно записывать, как все было устроено и что в итоге произошло. Заметки можно делать на компьютере или в телефоне, но лучше воспользоваться обычным блокнотом. Тогда не придется открывать приложение, прежде чем начать делать записи, и не будет грозить опасность их случайного удаления. Положите его на стол в укромном уголке, и поймете, что он окажется куда полезнее, чем ранее вам представлялось.

Вводная часть закончилась, давайте перейдем к делу!

2 УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Казалось бы, что особенного в управлении электрическим током с помощью обычного переключателя, но здесь речь пойдет не только о механических переключателях. С помощью реле или транзистора можно переключать ток в одной цепи подачей управляющего сигнала из другой цепи. Важность такого переключения обусловлена тем, что на этом эффекте основаны все цифровые устройства.

Также в этой главе предстоит познакомиться с емкостью, поскольку в электронных схемах это не менее важное понятие, чем сопротивление.

По аналогии с первой главой начнем с перечня рекомендуемых инструментов, расходных материалов и компонентов, чтобы познакомиться с ними вплотную. Возможно, что-то из этого у вас уже есть, но инструкции по приобретению недостающего можно найти в электронном архиве, прилагаемом к книге.

Инструменты для работы

Миниатюрные отвертки

Для работы с маленькими винтиками, имеющимися в некоторых электронных компонентах, понадобятся миниатюрные отвертки. Предлагаю приобрести набор, похожий на тот, что изображен на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Миниатюрные отвертки, из которых четыре с плоскими шлицами и две с крестообразными

Некоторые дешевые наборы очень похожи на тот, что показан на рисунке, но если потратить чуть больше денег на изделие известной торговой марки, можно будет по достоинству оценить качество материалов и изготовления.

Небольшие удлиненные плоскогубцы

Общая длина этих плоскогубцев должна быть не более 13 см. С их помощью удобно изгибать проводники или захватывать мелкие детали там, где их трудно ухватить пальцами. У плоскогубцев, изображенных на рис. 2.2, подпружиненные ручки, но кому-то, может быть, нравятся обычные рукоятки, показанные на следующих рисунках.

Поскольку эти плоскогубцы не будут использоваться для приложения больших усилий, можно купить самые дешевые из тех, что сможете найти.

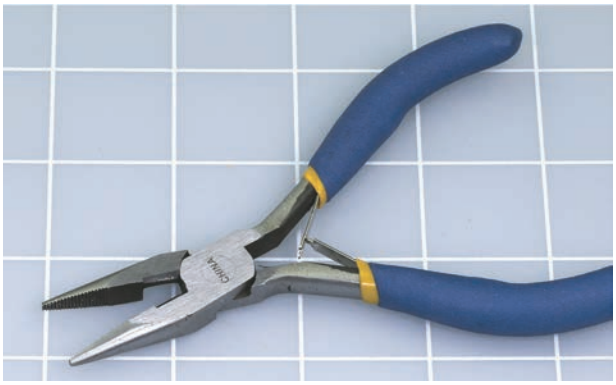


Рис. 2.2. Плоскогубцы, подходящие для работы с электронными устройствами, не должны быть длиннее 13 см



Рис. 2.3. Кусачки не должны быть длиннее 13 см

Кусачки

Обычно у плоскогубцев ближе к шарниру имеются режущие кромки, но, чтобы перекусить провод в труднодоступном месте, нужны кусачки вроде тех, что показаны на рис. 2.3. Они не должны быть длиннее 13 см. Их режущие качества могут быть невысоки, поскольку будут в основном использоваться для перекусывания медных проводов.

Как и плоскогубцы, кусачки бывают с простыми или с подпружиненными ручками.



Рис. 2.4. Бокорезами, в отличие от кусачек, можно пользоваться в более узких местах

Бокорезы (дополнительно)

Бокорезы, показанные на рис. 2.4, тоньше и меньше кусачек и обычно рассчитаны на меньшие усилия. Что выбрать для перекусывания проводов, кусачки или бокорезы — вопрос личных предпочтений. Мне больше нравятся кусачки.

Длинногубцы (дополнительно)

Они похожи на плоскогубцы с тонкими, сужающимися к концу губками, позволяющими выполнять более точную работу. Нередко их используют для доступа к плотно смонтированным компонентам на макетной плате. Скорее всего, их можно будет найти в интернет-магазине или в магазине специальных инструментов. Нужно



Рис. 2.5. Длинногубцы, позволяющие выполнять точную работу в стесненном пространстве

убедиться, что внутренние поверхности губок плоские, как на рис. 2.5. Вам не нужны круглогубцы, предназначенные для создания петель на ювелирной проволоке.

Инструмент для снятия изоляции

Мы используем провода, покрытые пластиковой изоляцией. Для снятия части изоляции лучше всего подходят специальные инструменты — стрипперы, показанные на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Стриппер для снятия изоляции с проводов

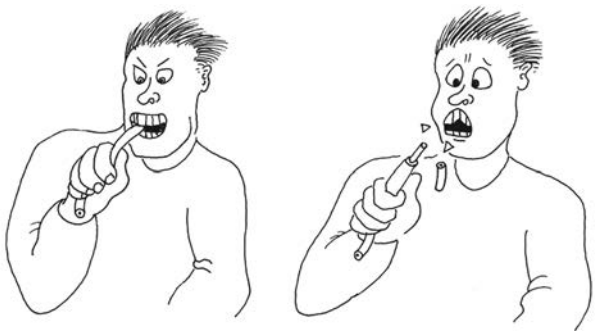


Рис. 2.7. Спешите? Не можете найти стриппер? Остановитесь, пока не поздно



Рис. 2.8. Миниатюрная макетная плата, не подходящая для многих проектов, рассматриваемых в книге

Стрипперы бывают с изогнутыми, прямыми или закругленными ручками. Думаю, нам подойдут любые.

Нужно подобрать стриппер под используемые провода. Посмотрите, имеется ли среди калибровочных надписей на его губках число 22, т. е. подходит ли он для работы с проводом калибра 22 AWG (с диаметром 0,64 мм). Подойдет стриппер с диапазоном от 14 до 24 AWG (0,5 – 1,6 мм) или от 20 до 30 AWG (0,25 – 0,8 мм). Номера калибров будут рассмотрены в описании монтажных соединительных проводов чуть позже.

В Интернете может попасться автоматический инструмент для зачистки проводов. Считается, что он позволяет зачищать изоляцию одним движением руки. Попробовав подобный инструмент в деле, я понял, что он портит провод.

Лихие ребята могут сказать, что зачистят провод и без инструмента, но мои слегка сточенные передние зубы подсказывают, что это порочная затея (рис. 2.7).

Макетная плата

Макетная плата для сборки электронных схем представляет собой небольшую пластиковую панель с отверстиями, отстоящими друг от друга на 2,5 мм. В пластике запрессованы крошечные пружинные зажимы, обеспечивающие контакт между проводами и компонентами, вставляемыми в отверстия. На макетной плате собирать электронные схемы гораздо быстрее, чем с помощью проводов с зажимами типа «крокодил», которые упоминались в *главе 1*.

Макетную плату также называют монтажной платой без пайки или платой для сборки прототипов, но это всё названия одного и того же изделия.

Один из вариантов миниатюрной макетной платы изображен на рис. 2.8. В описании товара она часто фигурирует как плата, «подходящая для Arduino», но для наших целей в ней слишком мало отверстий, и покупать ее не стоит.

На рис. 2.9 показана макетная плата с одинарной шиной. Шиной называется ряд отверстий, расположенных параллельно длинной стороне платы. На рисунке эти отверстия обведены.

На рис. 2.10 изображена макетная плата с двойной шиной. На каждой из ее сторон имеется два ряда отверстий, составляющих двойную шину. Они обозначены символами плюс и минус.

В первом издании этой книги использовались макетные платы с двойными шинами, поскольку при этом число проводов, идущих к компонентам, оказывалось минимальным. Но получилось так, что некоторые читатели допустили ошибки в разводке из-за того, что две шины с каждой стороны легко перепутать. Во втором издании этой книги я заменил макетные платы, и схемы собирались на платах с одинарными шинами, что дало положительный эффект, но сейчас платы с одинарной шиной встречаются довольно редко. Поэтому в этом третьем издании книги мне пришлось вернуться к макетным платам с двойной шиной.

На рис. 2.10 показана именно такая плата, которая нам нужна. Производитель не имеет значения, но в ее описании должно быть указано не менее 800 отверстий (часто называемых контактными точками).

Раньше говорилось, что нам нужна только одна макетная плата, поскольку она многоразовая. Но цены снизились настолько, что можно подумать о покупке двух или трех таких плат. Тогда можно будет создавать макеты новых схем, не разбирая старые.

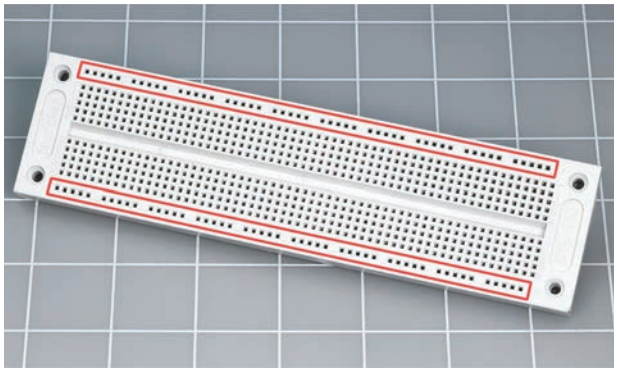


Рис. 2.9. Макетная плата с одинарной шиной. Каждая показанная здесь шина выделена прямоугольной обводкой. Применять этот тип макетной платы в наших экспериментах не рекомендуется

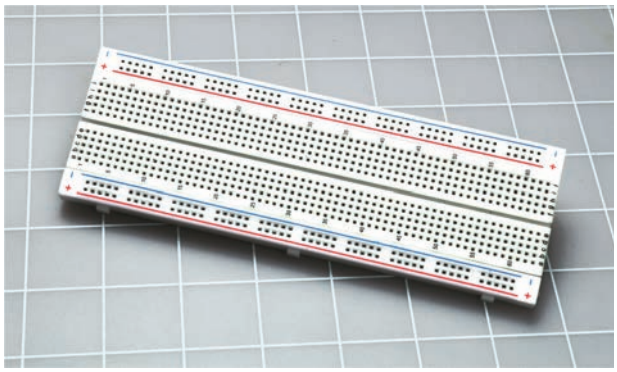


Рис. 2.10. Макетная плата с двойной шиной, используемая в наших экспериментах

Монтажные провода

Провод, используемый для сборки схем на макетной плате, часто называют монтажным проводом, хотя иногда его можно найти в общей категории проводов в бухтах. Он часто продается на пластмассовых катушках по 7,5 или 30 метров провода, похожих на ту, что изображена на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Монтажный провод на катушках с намоткой 7,56 и 30 м провода

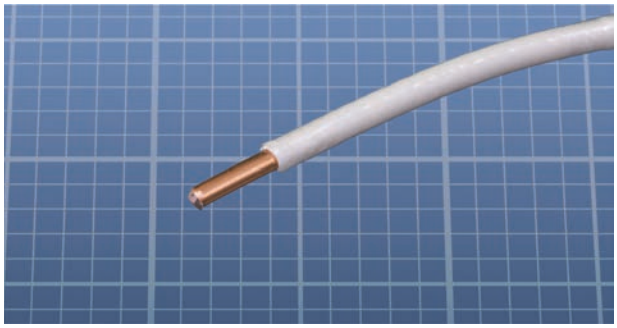


Рис. 2.12. В одножильном монтажном проводе под изоляцией находится только один проводник

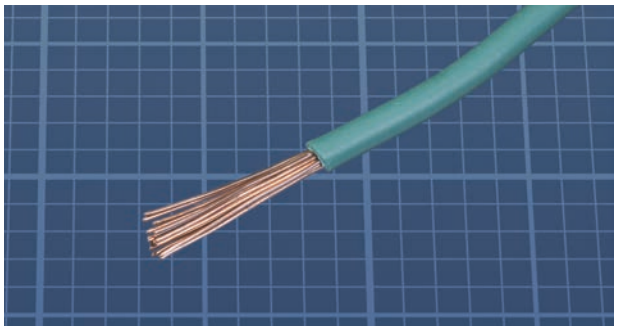


Рис. 2.13. Преимущество многожильного провода заключается в его большей гибкости по сравнению с одножильным

Если снять изоляцию, вы увидите, что это одножильный проводник (рис. 2.12). Сравните его с многожильным проводом, показанным на рис. 2.13. Многожильный провод гибче сплошного, но при попытке просунуть его в отверстие макетной платы жилы могут распушиться, что разозлит вас. Здесь действительно нужен одножильный провод.

Американский калибр провода (часто называемый аббревиатурой AWG) представляет собой число, характеризующее толщину проводника. Чем оно больше, тем тоньше провод. Таблицы или калькуляторы, позволяющие перевести толщину провода в дюймы или метрические единицы, можно легко найти в Интернете. Для этого можно воспользоваться следующими поисковыми запросами:

перевести awg в дюймы

перевести awg в мм

Для проектов, рассматриваемых в книге, оптимальная толщина провода составляет 22 AWG (с диаметром 0,64 мм). В предыдущем издании этой книги предлагалось применять провод 0,8 мм (более толстый), поскольку он мог надежнее соединить контакты в макетной плате, но обнаружилось, что у некоторых плат более жесткие зажимы, чем у других, и их трудно использовать с таким проводом. Поэтому лучшим выбором будет провод диаметром 0,64 мм.

Некоторые медные провода без изоляции имеют серебристый цвет. Про такие провода говорят, что они луженые. Для проектов, рассматриваемых в этой книге, подойдет как луженый, так и обычный медный провод.

Вам предлагается приобрести четыре катушки по 7,5 метров каждая, с проводами с красной, синей, зеленой и желтой изоляцией. Разные цвета помогут избежать ошибок при монтаже и быстрее отыскать неправильные соединения в схемах. Во всех схемах, рассматриваемых в этой книге, красные и синие провода обозначают положительные и отрицательные провода питания, а зеленые и желтые служат для промежуточных соединений. При поиске проводов вместо синего может попасться черный провод, которым при желании можно заменить синий.

Многожильный провод (дополнительно)

Когда готовую схему помещают в корпус, соединения переключателей с монтажной платой лучше выполнять многожильным проводом, поскольку он гибче обычного. При его покупке лучше выбрать провод диаметром 0,64 мм. При выборе цвета лучше обойтись без красного, синего, зеленого и желтого, чтобы отличать этот провод от монтажных проводов.

Перемычки

Если снять изоляцию примерно по сантиметру с каждого конца короткого отрезка провода,

согнуть концы вниз и просунуть их в отверстия макетной платы, получится перемычка вроде той, что изображена на рис. 2.14. С ее помощью создаются соединения, проходящие через несколько промежуточных рядов отверстий, а если точно подобрать длину, получится аккуратный макет, в котором легко найти допущенные ошибки.

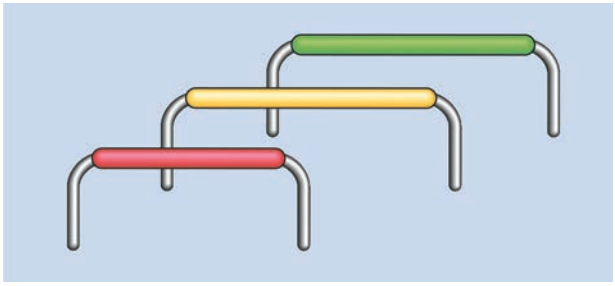


Рис. 2.14. Перемычки для соединений на макетных платах

Снятие изоляции и изгиб провода под прямым углом не отнимают слишком много времени, но у некоторых не хватает на это терпения. Поэтому может появиться желание приобрести готовые перемычки в ассортименте (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Набор готовых перемычек

Раньше я и сам пользовался готовыми перемычками, но прекратил эту практику, поскольку цвета изоляции сбивали меня с толку. У готовых перемычек каждый цвет соответствует определенной длине, а мне хотелось, чтобы цвета обозначали функцию перемычки в схеме. Например, чтобы красные провода, независимо от длины, были подключены к плюсовой шине питания.

Можно, конечно, воспользоваться и готовыми перемычками, но кроме цветовой путаницы, они еще и обходятся дороже самодельных.

Существуют также и гибкие перемычки с небольшими штекерами на концах, показанные на рис. 2.16. Возможно, именно они в первую очередь и попадутся при поиске монтажных проводов в Интернете. Гибкость позволяет не обрезать их по размеру и соединять ими контактные отверстия на удалении от 2,5 мм до 7,5 см друг от друга. Все перемычки будут одного размера, что представляется весьма привлекательным вариантом!

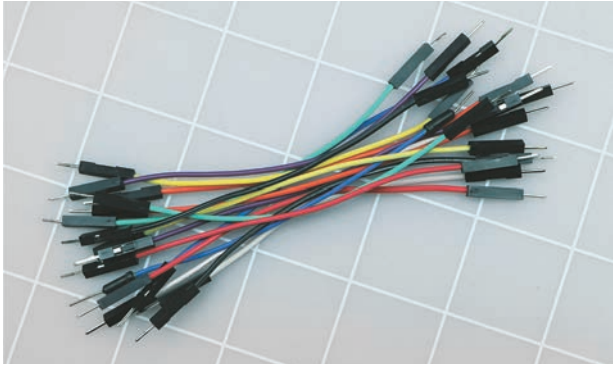


Рис. 2.16. Гибкие перемычки со штекерами на концах

К сожалению, такой монтажный провод удобен до первой ошибки, без которой в реальности просто не обойтись. Время, сэкономленное на ускоренном создании соединений, будет затем потеряно при утомительном поиске неправильных соединений в путанице перемычек.

На рис. 2.17 изображена небольшая схема, собранная на двух платах с использованием гибких перемычек. А на рис. 2.18 показана точно такая же схема, но с самодельными перемычками. И с какой схемой вы бы предпочли иметь дело, пытаясь найти ошибку?

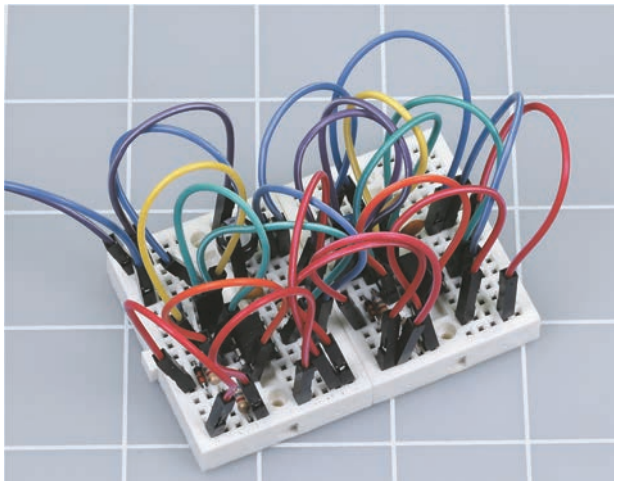


Рис. 2.17. Схема на двух небольших платах с использованием гибких перемычек

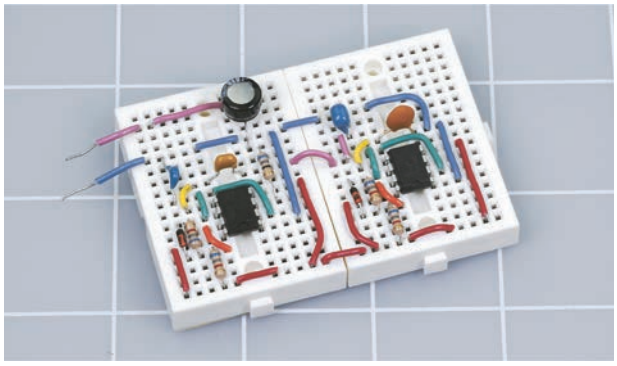


Рис. 2.18. Та же схема, что и на рис. 2.17, но с монтажом самостоятельно изготовленными перемычками

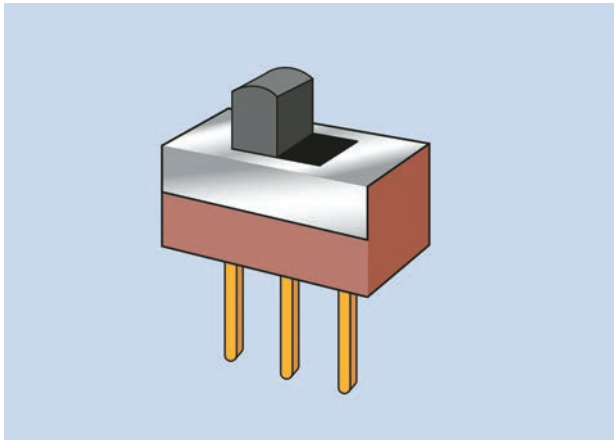


Рис. 2.19. Ползунковый переключатель со штифтами, расположенными с интервалом в полсантиметра

Кстати, если прислать мне фотографию неработающей схемы, чтобы разобраться в причине неисправности, то я, возможно, смогу вам помочь, если применялись самодельные перемычки, но при монтаже гибкими перемычками я вряд ли смогу помочь.

Если вы еще не поняли, что предпочтительнее самодельные перемычки, знайте, что контакты на гибких перемычках бывают ненадежными, даже если кажутся совершенно нормальными. Это может существенно осложнить поиск ошибок. К тому же штекеры при длительном использовании могут отваливаться.

Убежденным сторонникам гибких перемычек я предлагаю остановиться на компонентах «премиум» от **adafruit.com**, у которых, судя по всему, более надежные штекерные соединения.

Ползунковый переключатель

Переключатели бывают десятков типов, но для экспериментов, рассматриваемых в этой книге, понадобятся ползунковые переключатели. Для проведения шестого эксперимента понадобятся два переключателя вроде тех, что изображены на рис. 2.19, с выводами, отстоящими друг от друга на 0,5 см, которые можно будет легко захватить «крокодилами» проводов тестера.

Для всех остальных наших экспериментов нужны будут ползунковые переключатели с выводами, расположенными на расстоянии четверти сантиметра друг от друга, что позволит их вставлять в макетную плату. Ползунковый переключатель этого типа показан на рис. 2.20.

Если заказать комплект компонентов для этой книги, в нем должны быть два ползунковых переключателя большего размера. Если такой комплект не заказывался, и переключатели большего размера не попадаются, можно будет немного отогнуть штырьки небольшого переключателя в сторону и воспользоваться монтажными проводами с «крокодилами» (рис. 2.30).

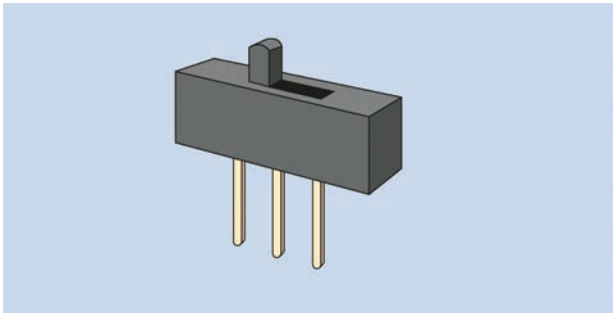


Рис. 2.20. Ползунковый переключатель в пластмассовом корпусе с расстоянием между выводами 2,5 мм

Поскольку в наших экспериментах будут только низковольтные и слаботочные переключения, покупать мощные или дорогие переключатели не нужно.

Кнопка

Этот элемент срабатывает при нажатии пальцем. При подключении его к макетной плате обеспечивается удобный способ замыкания цепи. Четыре наиболее распространенных переключателя такого типа показаны на рис. 2.21.

Мне больше нравится тип А, поскольку у такой кнопки гладкие, прямые, округлые выводы, которые легко вставить в макетную плату. К сожалению, этот тип встречается реже других.

Можно также воспользоваться кнопкой второго типа (Б), но ее выводы обычно отстоят друг от друга на 6,5 мм. Напрямую для макетной платы она не подойдет (поскольку шаг отверстий там другой). Но ее можно подогнать, крепко захватив вывод плоскогубцами, выпрямив изгибы и аккуратно согнув, чтобы сделать расстояние между выводами равным 0,5 см. Тогда выводы переключателя плотно войдут в отверстия платы.

У кнопки типа В контакты находятся на приемлемом расстоянии друг от друга (0,5 см), но ее труднее разместить на плате из-за недостатка места для квадратного корпуса этого переключателя.

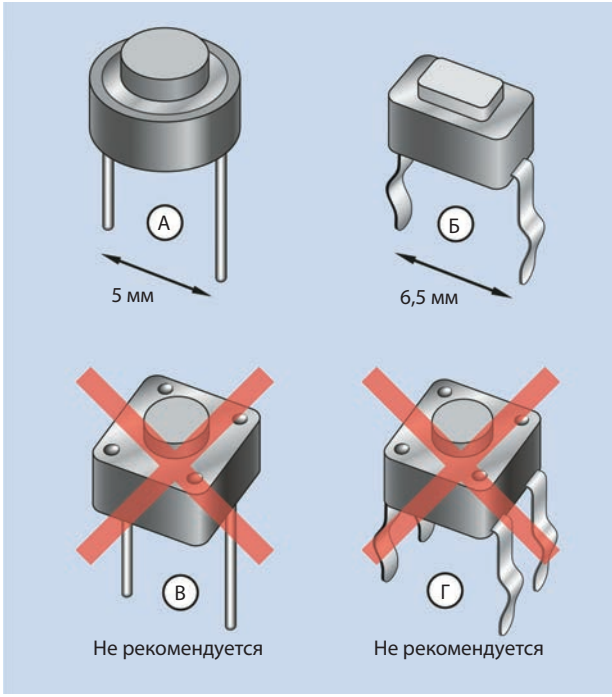


Рис. 2.21. Четыре типа кнопок

Кнопка типа Г наиболее распространена, но четыре изогнутых вывода трудно вставить в макетную плату, и часто контакт с ее гнездами теряется. Квадратный корпус этой кнопки тоже занимает много места, и ее сложнее смонтировать на макетной плате.

Номенклатура переключателей и места их приобретения указаны в электронном архиве, прилагаемом к книге, наряду со сведениями о других компонентах.

Реле

Реле представляет собой удаленно активируемый переключатель. Поскольку функции выводов не стандартизированы производителями, приобретая этот компонент на замену рекомендуемого, нужно проявлять осмотрительность. На рис. 2.22 показано реле рекомендуемой марки Omron G5V-2-H1-DC 9, при желании выбрать другое реле нужно обратиться к электронному архиву (см. *приложение*).

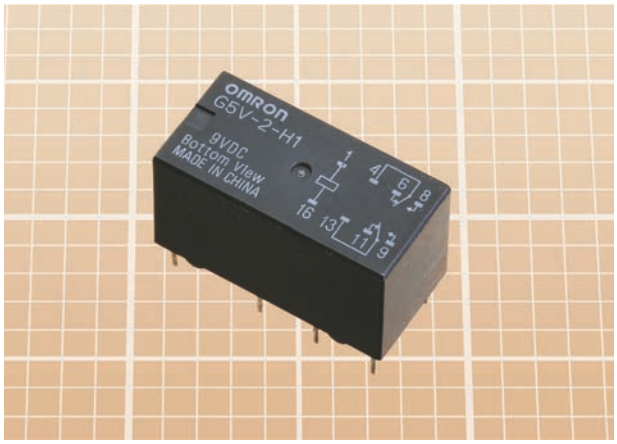


Рис. 2.22. Реле, рекомендованное для наших экспериментов

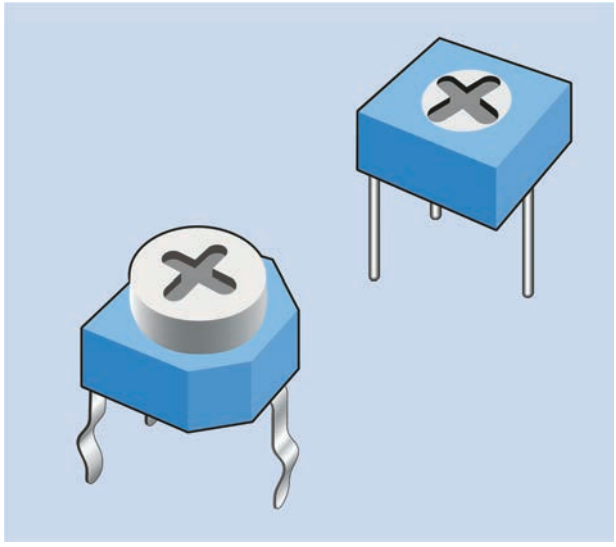


Рис. 2.23. Подстроечные потенциометры

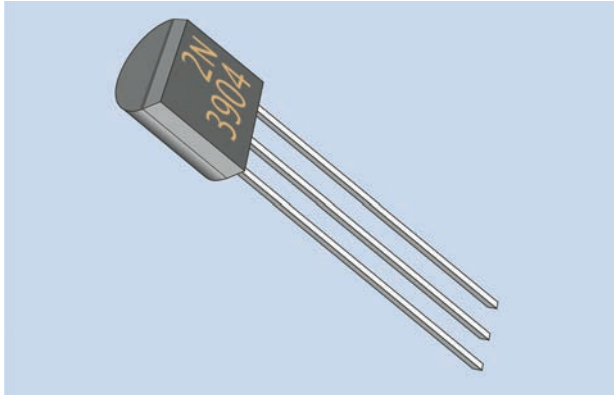


Рис. 2.24. Транзистор 2N3904

Подстроечный потенциометр

У потенциометра три вывода, сопротивление между которыми изменяется при вращении подвижного элемента. Подстроечный потенциометр, известный также как подстроечный резистор, представляет собой миниатюрный потенциометр, подходящий для подключения к макетной плате. Два таких потенциометра, предназначенных для регулировки с помощью миниатюрной отвертки, показаны на рис. 2.23. Далее нам потребуются потенциометры двух разных номиналов, которые можно найти в таблицах компонентов в электронном архиве.

Для электрических схем, рассматриваемых в книге, понадобятся подстроечные потенциометры в квадратном корпусе размером не более 0,8 см. Более крупные могут не поместиться в имеющемся пространстве. Для подстроечных потенциометров, как и для многих других компонентов, стандарта расположения контактов не существует; если вы будете приобретать потенциометры самостоятельно, обратитесь к электронному архиву.

Транзистор

В наших экспериментах будет использоваться только один тип транзистора. Его обозначение — 2N3904. Подойдет транзистор от любого производителя. Его внешний вид показан на рис. 2.24.

В предыдущем издании книги были рекомендованы транзисторы 2N2222. Они попадаются гораздо чаще, чем 2N3904, и имеют более высокую номинальную мощность, но компания Motorola решила выпустить собственный вариант с другим расположением выводов, вызвав большую путаницу. Поэтому в наших экспериментах транзисторы 2N2222 больше применять нецелесообразно.

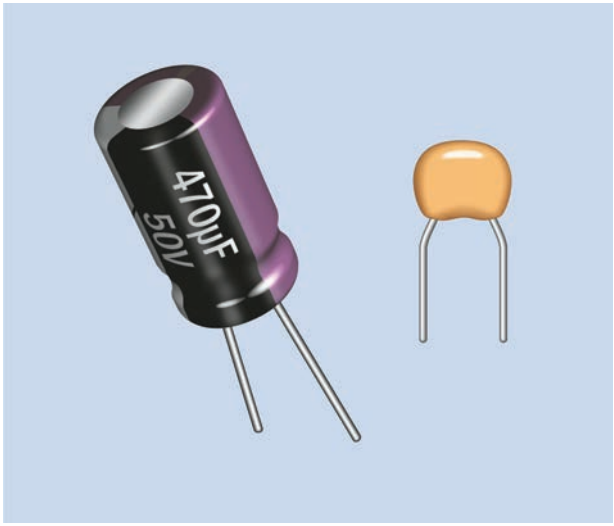


Рис. 2.25. Конденсаторы: электролитический (слева) и керамический (справа)

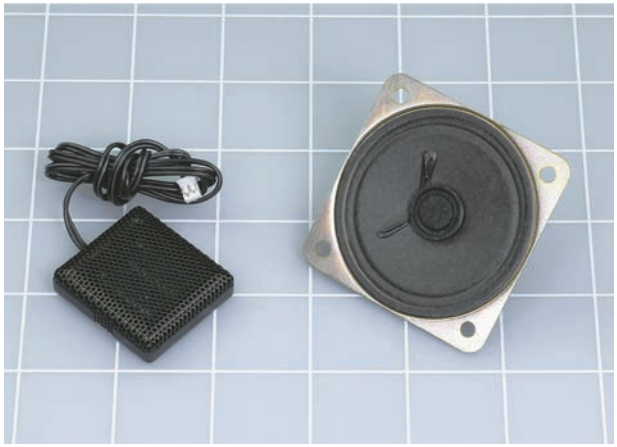


Рис. 2.26. Два динамика с диаметрами диффузоров 3 и 5 см

Конденсатор

Конденсаторы дороже резисторов, но не настолько, чтобы приобретать их по отдельности, отказавшись от покупки целого набора. Информация по конденсаторам приведена в электронном архиве, прилагаемом к книге.

При небольших номиналах лучше выбрать керамические конденсаторы в виде небольшого шарика из керамики. При больших номиналах дешевле окажутся электролитические конденсаторы. Каждый из них изображен на рис. 2.25. Они могут быть разными по цвету, но это неважно.

Более подробно конденсаторы будут рассмотрены при описании восьмого эксперимента.

Динамик

Для наших экспериментов понадобится громкоговоритель (более известный как динамик) диаметром не менее 2,5 см, хотя динамик с диаметром 5 см будет звучать лучше. Динамик с диффузором 7,5 см будет воспроизводить низкие частоты более точно, но при этом, как правило, потребляется больше энергии.

Мы не будем добиваться высококачественного звучания, поэтому покупать дорогие динамики не стоит. Пара подходящих образцов показана на рис. 2.26. Предлагаю воспользоваться самым дешевым 5-сантиметровым динамиком с сопротивлением 8 Ом.

Резисторы

Резисторы нужны будут почти для всех проектов, описанных в книге. Если набор резисторов для экспериментов первой главы еще не куплен, ознакомьтесь, пожалуйста, с таблицами в электронном архиве, чтобы понять, что вам понадобится.

А что еще?

Наверное, вы думаете, что здесь и так указано слишком много инструментов и компонентов. Но почти все из этого будет использоваться в наших экспериментах по нескольку раз. В начале каждой главы будут предлагаться еще несколько компонентов, включая некоторые не слишком дорогие интегральные микросхемы.