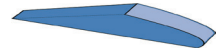


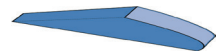
Содержание

Введение	8
Первые электронные шаги	23
О чем говорилось ранее	23
Заключение	30
Несколько вопросов.....	31
...и несколько заданий.....	32
Конденсаторы: сохранение заряда на чёрный день.....	35
Больше, чем ничего	35
Зарядка, разрядка, зарядка, разрядка.....	48
Работа с осциллографом	64
Несколько советов по покупке осциллографа	91
Теперь мы можем поработать.....	95
Разряд конденсатора	106
Заключение	109
Несколько вопросов.....	110
...и несколько задач	110

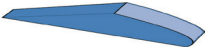
1



2

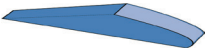


3



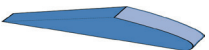
Пайка и травление	113
Пайка для практиков	114
Первые уроки паяния	122
Дорогая, я изолировал провод	130
Идеи электронных подарков.....	135
Впаивание компонентов в печатную плату.....	143
Самостоятельно делаем платы	158
Хранение	175
Заключение	190
Несколько вопросов.....	190
...и несколько заданий.....	191

4



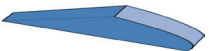
Позаботимся о подходящем напряжении	192
Дай десять!	193
Стабилизаторы с фиксированным выходным напряжением	201
Меняем батарею на сетевой блок питания	211
Заключение	218
Несколько вопросов.....	218
...и несколько заданий.....	219

5



Мал, да удал: интегральные схемы	220
Интегральные микросхемы	221
Операционная для усилителей	227
Триггеры	239
100 + 10 должно равняться 6	247
Заключение	265
Несколько вопросов.....	266
...и несколько заданий.....	266

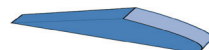
A

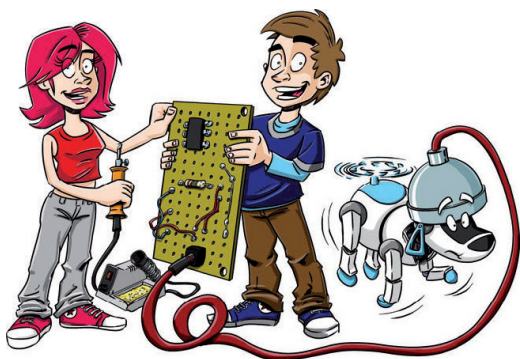


Приложение А.....	268
Формулы	268
Цветная маркировка резисторов.....	269
Условные графические изображения	270

Решения	274
Глава 1. Вопросы	274
Глава 1. Задания	276
Глава 2. Вопросы	278
Глава 2. Задания	279
Глава 3. Вопросы	279
Глава 3. Задания	280
Глава 4. Вопросы	283
Глава 4. Задания	283
Глава 5. Вопросы	285
Глава 5. Задания	286

В





Введение

В этом разделе ты узнаешь:

- ⦿ что тебе понадобится для проведения собственных экспериментов с электроникой;
- ⦿ какие важные правила необходимо соблюдать, проводя собственные эксперименты;
- ⦿ что должны знать твои родители.

Добро пожаловать! Если ты читаешь эту книгу, значит, ты готов учиться и с нетерпением ждешь погрузиться в увлекательный мир электроники. Доставай компоненты по спискам, которые я привел далее, и начинай получать удовольствие!



Примечание

Важная информация, или то, на что тебе нужно обратить особое внимание, показывается в таком блоке. Если ты внимательно читаешь эти примечания, проблем возникнуть не должно.



Совет

Я всегда здесь, когда у тебя могут появиться сложности или у меня есть профессиональный совет тебе. А иногда я просто хочу показать, какой я умный. Ты можешь с удивлением читать мои комментарии или отложить их чтение на потом, когда тебе будет интересно.

Для родителей тоже есть несколько слов.

Здесь ты найдёшь основные указания по технике безопасности. И где, если не в книге, которая открывает новую область знаний, ты должен узнать об этом?

В этой книге речь пойдет о сложных вещах, которые тебе предстоит изучить и понять. Также мы рассмотрим инструменты (в том числе новые), без которых инженер-электронщик не может обойтись. В настоящее время в технике используются интегральные микросхемы, в которых множество технологий помещается в маленьком черном корпусе. Также пришло время узнать, как паять и как изготавливать платы самому. Для этого мы изучим соответствующий измерительный прибор и новый способ обеспечения электрической цепи напряжением – так, как это делают профессионалы.

Родителям

Несмотря на то что эта книга ориентирована в первую очередь на детей и подростков, не забывайте, что тема довольно серьёзная. Работа с электроникой может быть опасной. Конечно, в этой книге все представленные эксперименты, в принципе, безвредны и неопасны, но есть темы, при изучении которых ребенок будет нуждаться в вашей помощи, и вы должны будете заранее решить, как этот вопрос реализовать практически. Например, вопрос пайки, когда происходит сильное нагревание элементов. Кроме этого, пайка предполагает работу с химическими веществами, которые могут нанести вред здоровью человека или окружающей среде, если что-то будет сделано неправильно. Следуйте инструкциям, чтобы не возникло проблем. Но не препятствуйте ребёнку, потому что эксперименты интересны, а конечный продукт, безусловно, обогащает амбициозных любителей электроники. Эксперименты повышают уверенность в себе, являются объектом гордости и разжигают энтузиазм.

Пожалуйста, внимательно прочитайте советы по безопасности и обсудите их с вашим ребенком, прежде чем он начнет работать с книгой самостоятельно.



Меры предосторожности

Используемые компоненты не подходят для малышей! Существует опасность проглатывания или вдыхания деталей. Рекомендуемый минимальный возраст составляет 8 лет.

Электричество в розетке опасно для жизни! Никаких экспериментов с ним проводить нельзя. Также следите за тем, чтобы провода не вставлялись в розетку.

Не используйте адаптеры питания! Несмотря на то что небольшие адаптеры питания, как, например, зарядные устройства для мобильных телефонов, практичны и обеспечивают безопасное напряжение, они непригодны для проведения собственных экспериментов.

Используйте батарейки, а не аккумуляторы. Несмотря на то что это неэкологично, аккумуляторы могут быть сильно повреждены в результате (случайного) короткого замыкания и могут даже взорваться. Также не используйте литиевые батарейки, так как они тоже иногда взрываются.

Остерегайтесь ядовитых веществ. Храните химические вещества в недоступном для детей месте и маркируйте их надлежащим образом.

Убедитесь, что оба полюса батареек случайно не касаются металлических предметов (ключ, отвёртка, провод и т. д.). Существует опасность перегрева и разрушения.

Деформированные, поврежденные или «потекшие» (белый кислотный остаток на выводах или по краям) батарейки немедленно утилизируйте. Батареи не выбрасывайте вместе с бытовыми отходами. Ищите информацию по утилизации использованных батареек в вашем регионе в интернете.

Эксперименты безопасны и рассчитаны на здоровых, нормально развитых детей. Лица, в том числе дети, с ограниченными физическими, сенсорными или умственными способностями, с отсутствием опыта и/или знаний и/или при отсутствии моторных навыков должны находиться под присмотром взрослого, ответственного за их безопасность.

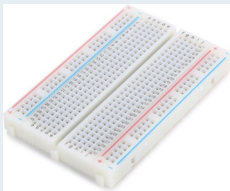





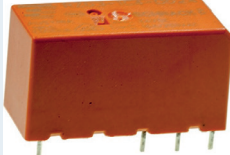
В результате некоторых экспериментов происходят вспышки света, появляются звуковые сигналы или физическое раздражение. Если лица, проводящие эксперимент, реагируют на такие ситуации чрезмерно чувствительно, контролируйте их во время проведения эксперимента.

Что тебе необходимо для экспериментов

Для практических упражнений необходимы различные электронные компоненты и некоторые принадлежности. Цены во всех списках указаны лишь в качестве ориентира. Фактическая стоимость может меняться в зависимости от

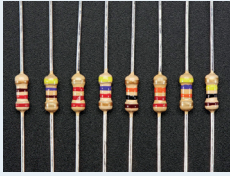



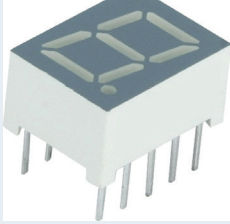
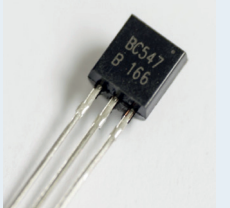
выбранного варианта, количества покупок и магазина. Необходимые компоненты можно купить в таких магазинах, как «Амперка» (amperka.ru), «Платан» (www.platan.ru), «Чип и Дип» (www.chipdip.ru), «Dip8» (dip8.ru) и др. В таблицах приведен артикул или номенклатурный номер позиции из каталога магазина «Чип и Дип».

Компоненты (необходимый минимум)



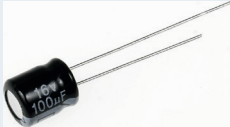

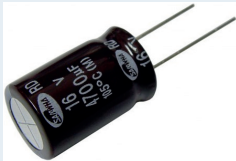

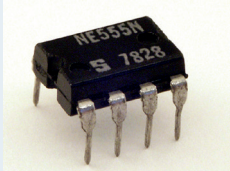
Кол-во	Название	Примерная цена за штуку, руб.	Артикул или ном. номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
1	Макетная плата контактная	730	BB-102-B	
1	Набор перемычек	370	BBJ-65	
1	Провод медный многопроволочный, одножильный, 1×0,12 мм, 10 м	24 (за 1 м)	HB-4-0.12	
1	Провод медный однопроволочный, 1×0,5 мм, 10 м	20 (за 1 м)	ММП (АМП)20-0.5	
2	Набор проводов с зажимами-«крокодилами»	240	9000329860	
1	Динамик, 0,5 Вт, 8 Ом	200	395315117	
1	Реле электромеханическое 9 В DC	320	9000255020	

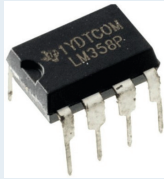
Кол-во	Название	Примерная цена за штуку, руб.	Артикул или ном. номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
1	Потенциометр, 1 кОм	80	51286	
1	Потенциометр, 100 кОм	82	55232	
3	Лампа накаливания (миниатюрная), 9 В	33	СМН9-55-1	
1	Моторчик 6–12 В	150	F280-15200 12V	
1	Панель цанговая	30	9000016859	
1	DIP-панель 8 контактов	6	16253	

Что тебе необходимо для экспериментов

Кол-во	Название	Примерная цена за штуку, руб.	Артикул или ном. номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
По 5 шт.	Резисторы 5 %, 0,25 Вт, 10 Ом, 18 Ом 22 Ом, 47 Ом, 100 Ом, 150 Ом (15 шт.), 220 Ом, 470 Ом, 1 кОм, 2,2 кОм, 10 кОм, 47 кОм, 100 кОм, 1 МОм	2	–	
5	Зеленый светодиод, 5 мм	5	9000422973	
5	Красный светодиод, 5 мм	5	9000422972	
5	Желтый светодиод, 5 мм	6	9000422974	
1	SC39-11 семисегментный цифровой индикатор (цвет любой)	90	8257527809	
2	Транзистор BC547	4	26726	

Кол-во	Название	Примерная цена за штуку, руб.	Артикул или ном. номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
1	Транзистор BC557	4	2742932655	
1	Стабилитрон 4,7 В 1N4732	3	13021	
3	Керамический конденсатор 0,01 мкФ (= 10 нФ), 20%	4	42179	
2	Керамический конденсатор 0,1 мкФ (= 100 нФ), 20%	5	77059545	
1	Танталовый конденсатор 0,33 мкФ, 20% 35 В	120	8875212357	
2	Электролитический конденсатор 10 мкФ, 16 В	5	9000261763	
2	Электролитический конденсатор 47 мкФ/16 В	5	18017	

Кол-во	Название	Примерная цена за штуку, руб.	Артикул или ном. номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
2	Электролитический конденсатор 47 мкФ/16 В с осевыми выводами	16	338314743	
1	Электролитический конденсатор 68 мкФ/16 В	6	8248040420	
3	Электролитический конденсатор 100 мкФ/16 В	5	14560	
2	Электролитический конденсатор 220 мкФ/16 В	10	19713	
1	Электролитический конденсатор 4700 мкФ/16 В	40	9000247235	
1	Стабилизатор напряжения LM78L05	8	2032142511	
2	Прецизионный таймер NE555	24	688459931	

Кол-во	Название	Примерная цена за штуку, руб.	Артикул или ном. номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
2	Операционный усилитель LM358	41	9000353214	
1	Триггер RS-типа 4043	20	1548437631	
1	4-битный сдвиговый регистр 74НС192	66	8984309605	
1	7-сегментный декодер BCD 74НС4511	47	9000380230	
2	Элемент питания типа «Крона», 9 В	170	4272	
2	Колодка для батареи Крона	45		

Кол-во	Название	Примерная цена за штуку, руб.	Артикул или ном. номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
2	Тактовая кнопка	5	9000336827	
1	Переключатель (тумблер)	52	9000263112	
1	Переключатель (движковый)	61	8327274943	

Примечание редактора русского издания. Для проведения большей части экспериментов из этой книги вместо мало мощной и дорогой батарейки «Крона», которую придется часто менять, рекомендуется приобрести комплект из 6 штук щелочных (alkaline) батареек типа AA («Чип и Дип» № 9000182949), которые вместе также дадут напряжение 9 В, но прослужат значительно дольше и не дадут «просадки» от таких мощных потребителей, как моторчик или лампочка накаливания. Для подключения этих элементов вместо колодки «Крона» необходимо приобрести батарейный отсек 6×AA («Чип и Дип» № 9000296042).

Поскольку резисторы являются одним из наиболее важных элементов, я рекомендую приобрести полный комплект углеродистых резисторов ряда E12 с мощностью 0,25 Вт и допуском 5% по 10–50 штук каждого. В магазине «Чип и Дип» есть полный комплект (61 разновидность по 10 штук, номенклатурный номер





744313949) за 1000 руб. Поскольку ты, очевидно, проявляешь большой интерес к электронике – это идеальный подарок ко дню рождения.

У тебя уже есть все необходимые инструменты из списка стандартного оборудования. Если нет, то можешь приобрести их. Список ниже носит рекомендательный характер, ни в коем случае не нужно считать его обязательным. Если ты захочешь заняться пайкой, тебе, конечно, понадобится соответствующее оборудование, такое как для изготовления плат. Если ты захочешь поработать с этим позже, тогда дождись следующей прогулки по магазинам.

Список инструментов

Кол-во	Название	Цена	Номенклатурный номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
1	Инструмент для зачистки проводов (стриппер), от 0,2 мм	600	204229865	
1	Радиомонтажный или медицинский пинцет	400	53602	
1	Бокорезы	210	17526	
1	Тонкогубцы	240	963143849	
1	Цифровой мультиметр	2 230	64970	
1	Набор отверток для точных работ	300	8377748968	

Кол-во	Название	Цена	Номенклатурный номер по каталогу «Чип и Дип»	Примерное изображение
1	Станция паяльная с регулировкой, 100–450 °С, 50–100 Вт	1290	8095058412	
1	Припой олово-свинец с канифолью, катушка 100 г (1,0 мм)	600	9000195068	
1	Штатив для плат «Третья рука»	450	9000429632	
1	Оплетка для выпайки	140	8PK-031C	
1	Печатная плата	190	9000468289	
1	Набор термоусадочных трубок	130	9000244050	



Припой бывает со свинцом и без него, с флюсом и без. Свинцово-оловянный припой сейчас запрещён для промышленного применения. Для частных пользователей запрета нет. Хотя припой без содержания свинца менее вреден для здоровья, с ним труднее работать, поэтому он меньше подходит для начинающих. Свинец токсичен, поэтому следует соблюдать меры предосторожности: мыть руки после пайки и избегать попадания кусочков припоя в рот. При пайке пары в основном возникают из-за содержащегося в припое флюса (например, канифоли). Пары и свинец не представляют опасности в том количестве, которое используется в любительских целях. Тем не менее следует избегать непосредственного их вдыхания.



Примечание редактора русского издания. Кроме указанных в таблице материалов, для успешного выполнения пайки обязательно потребуется отдельный флюс во флакончике (подробности см. в главе 3). Для повседневной пайки можно применять широко распространенный спиртоканифольный флюс (номенклатурный номер в магазине «Чип и Дип» № 8957250889). Флюс не образует токопроводящей пленки и не требует обязательного удаления после пайки; при желании его остатки легко удалить кисточкой или тампоном, смоченным ацетоном или специальным растворителем («Чип и Дип» № 9000143556). Спиртоканифольный флюс (жидкая канифоль) безвреден при попадании на кожу и легко удаляется с рук тампоном с растворителем (но он очень липкий, так что не следует допускать его попадания на стол и другие предметы). Вдыхания паров жидкой канифоли в небольшом количестве можно не опасаться (это даже менее вредно, чем дым при выжигании по дереву). Разумеется, следует избегать попадания флюса внутрь организма и убирать флакончики подальше от маленьких детей. Для отдельных работ (при пайке окислившихся проводников или материалов, отличных от меди) может также понадобиться активный флюс, содержащий специальные очищающие добавки. Самая популярная разновидность такого флюса – ЛТИ-120 («Чип и Дип», № 9000057853). Его остатки также не проводят ток и не требуют обязательного удаления.

Список инструментов (дополнительный список)







Это в основном дорогостоящие устройства, поэтому перед покупкой рекомендуется, по меньшей мере, ознакомиться

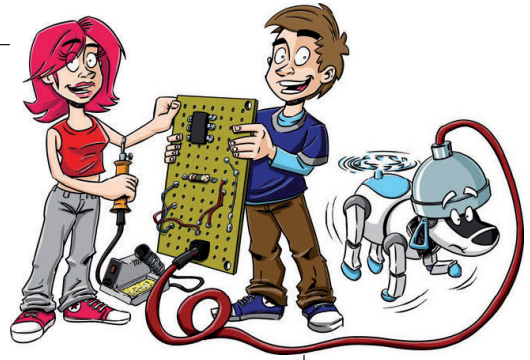
с соответствующими главами. Для большинства экспериментов это оборудование не требуется, оно необходимо лишь в нескольких экспериментах для их лучшего понимания.

Кол-во	Название	Цена	Артикул	Примерное изображение
1	Лабораторный источник питания, до 20 В, 2А	3300	9000402104	
2	Шнуры для источников питания (2 разных цвета)	1250	607857994	
2	Щуп-зацеп, 2 разных цвета	62	8000250735 8000250736	
1	Цифровой осциллограф с аксессуарами, 2 канала по 25 МГц	26 000	9000151920	

Список материалов для изготовления печатной платы

Для самостоятельного изготовления печатных плат требуются дополнительные компоненты. Они приведены в отдельной таблице. Эти материалы не потребуются для проведения дальнейших экспериментов, но совершенно незаменимы для изготовления собственных печатных плат. Кроме того, необходимы некоторые предметы домашнего обихода. Рекомендуется предварительно прочитать о печатных платах в главе 3.

Кол-во	Название	Цена	Где искать	Примерное изображение
1	Ацетон	75	Строительный рынок	
1	Бензин «Калоша»	-	Магазин «Чип и Дип», 734794152	
1	Огнеупорная стеклянная чаша, форма для выпечки вместимостью не менее 1 л	600	Универсальный магазин	
10 (или 1)	Пластиковая ложка (или набор пластиковых столовых приборов)	30	Универсальный магазин	
1	Пластиковая кружка, стаканчик от йогурта	20	Универсальный магазин	
1	Пустая чисто вымытая пластиковая бутылка с закручивающейся крышкой, 1 л			
1	Воронка для бутылки	20	Универсальный магазин	
1	Термометр стеклянный от 0 до 100 °С, без ртути	110	Магазин «РусХим» (rushim.ru), Код товара: 4470	
100	Одноразовые резиновые перчатки	60	Аптека	
1	Защитные очки	150	Строительный рынок, универсальный магазин	
1	Маркер Edding 780, чёрный (0,8 мм)	300	Магазин «Чип и Дип», 9000104241	
2	Стеклотекстолит фольгированный односторонний, 1,5 мм, около 100×150 мм	160	Магазин «Чип и Дип», 9000025810	
1	Персульфат аммония (аммоний надсерноокислый)	170	Магазин «Чип и Дип», 00001175	
1	Микродрель	1770	Магазин «Чип и Дип» 822565385	
по 2	Свёрла 0,8 мм, 1 мм, 1,3 мм	300	Магазин «Чип и Дип» 9000273006	



1

Первые электронные шаги

В этой главе ты узнаешь:

- ⦿ кто такой ASIMO;
- ⦿ какими знаниями о необходимых инструментах ты уже обладаешь;
- ⦿ какие знания тебе ещё понадобятся, чтобы получить удовольствие в процессе чтения этой книги.

Эта глава для начинающих, делающих первые шаги в изучении электроники.

О чем говорилось ранее

Заинтересован ли ты в получении теоретических знаний? Тогда именно здесь ты найдёшь краткое изложение основных моментов науки об электронике. Экспериментов здесь нет, только теория. Если ты считаешь, что всё уже знаешь, пропусти эту главу и погружайся в новые открытия.

1



ASIMO – это робот, похожий на человека, который может ходить на двух ногах. Это воплощение всех знаний по электротехнике и электронике в корпусе размером с подростка

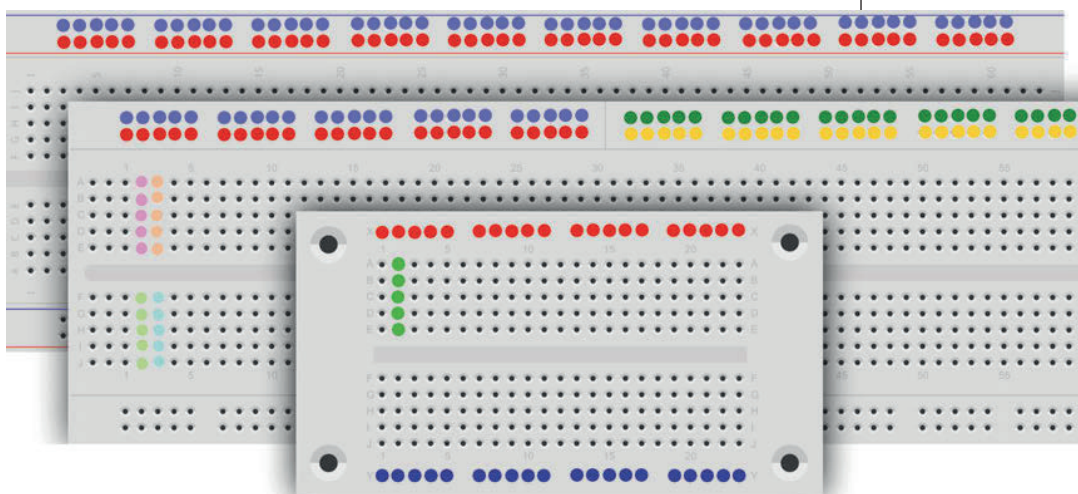


В чем разница между электротехникой и электроникой? Электротехника имеет дело с физическими свойствами и энергией. Электроника больше связана с практическим применением разных специальных компонентов. Также можно ввести грубое различие: все громоздкие и мощные устройства, такие как двигатели, трансформаторы или линии электропередач, относятся к электротехнике, а в электронике используются небольшие детали, например резисторы, транзисторы и т. д. В настоящее время каждая из этих дисциплин разделена на много областей, и среди инженеров-электриков существует множество специальностей в области энергетики, связи, измерений и автоматизации. К электронике относятся все операции в цепях управления, регулирования и усиления, а также цифровые технологии и микроэлектроника, которые в основном имеют дело с очень маленькими компьютерами. Оптоэлектроника имеет дело с полупроводниковыми компонентами, излучающими свет (светодиодами или лазерами) и реагирующими на него (фоторезисторами или фототранзисторами).

Батарейки и платы

Источник питания напряжением 9 В обеспечивает большую часть экспериментов, представленных в книге, необходимой энергией. Когда электрические компоненты, такие как переключатели, лампы накаливания и батарейки, соединяются проводами, получается электрическая цепь. Подключённая батарейка всегда находится под напряжением и питает цепь. Единицей измерения напряжения является вольт (V, В). Напряжение всегда измеряется при подключении параллельно компоненту.

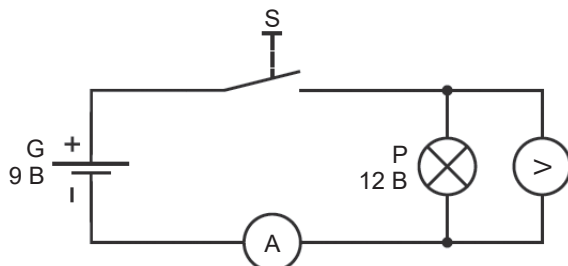
Чтобы соединить цепь, её компоненты могут быть установлены на плату, которую можно также назвать экспериментальной, или макетной (беспаячной), платой. Обратите внимание, что контактные отверстия в вертикальных рядах соединены последовательно по 5 шт. (на рисунке обозначены цветом). Верхний и нижний поперечные ряды также соединены друг с другом, но могут прерываться посередине в более длинных экземплярах плат.



Различные типы макетных плат

Как только цепь замыкается, ток от батареи может протекать через цепь, а компоненты возвращаться обратно. Сила тока определяет, сколько электронов движется по проводнику, и измеряется при подключении последовательно (в «разрыв» цепи). Единицей силы тока является ампер (A). Произведение тока и напряжения указывает, сколько энергии потребляет цепь или её компонент. Мощность измеряется в ваттах (W, Вт), но не может быть измерена напрямую.

1



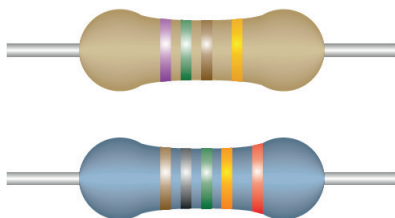
Простая схема с батарейкой, кнопкой и лампой.
Напряжение на лампе и силу тока можно измерить

Ток течёт по направлению от положительного (красного) к отрицательному (чёрному) полюсу батарейки. Первое правило Кирхгофа в упрощённой форме гласит, что сумма всех направленных к узлу токов равна сумме направленных от узла. То же самое более коротко: алгебраическая сумма всех токов в узле равна нулю (правило токов).

Второе правило: сумма напряжений на компонентах в каждой отдельной ветви равна напряжению на её концах (правило напряжений).

Сопротивление

Электрические резисторы ограничивают ток. В результате они защищают другие компоненты, например светодиоды, от перегрузки протекающим током. Значение сопротивления кодируется цветными кольцами. В приложении ты найдёшь обзор цветовых кодов. Малые резисторы, которые обычно используются в книге, могут выдерживать мощность не выше 0,25 Вт.



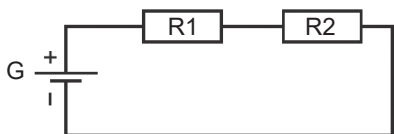
Количество цветных колец зависит от точности (допуска) резистора. Верхний резистор с углеродным покрытием с допуском 5%. Нижний металлический пленочный резистор с допуском 2%

Закон Ома для расчёта значения сопротивления участка R (в омах) в зависимости от приложенного напряжения U (в вольтах) и проходящего тока I (в амперах) гласит:

$$R = \frac{U}{I}.$$

При последовательном соединении нескольких резисторов индивидуальные значения суммируются к общему сопротивлению:

$$R_G = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$



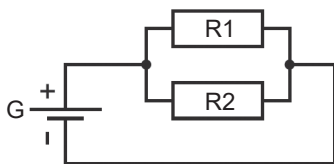
Последовательное соединение двух резисторов

При параллельном соединении резисторов возникает общее сопротивление, значение которого меньше минимального индивидуального сопротивления. Полное сопротивление можно определить путём сложения значений проводимости (величины, обратной сопротивлению):

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

При параллельном соединении только двух резисторов можно также использовать такую формулу:

$$R_G = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}.$$



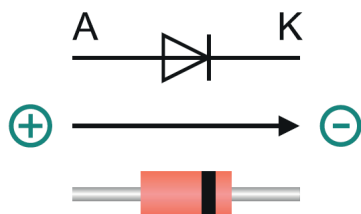
Параллельное соединение двух резисторов

Диоды и транзисторы – полупроводники

Диод состоит из двух разных легированных полупроводников (часто кремния). В одном слое наблюдается дефицит электронов (*P*-легирование), а в другом – их избыток (*N*-легирование). Между ними создается *p-n*-переход. Поэтому диод работает как клапан: в одном направлении может течь ток, в обратном – нет. Однако в направлении тока (в прямом направлении) диод становится проводником

1

только в присутствии напряжения свыше определённой величины. Эта величина для обычных маломощных диодов составляет около 0,7 В.



Диод в прямом направлении: ток может протекать от анода (положительного полюса) к катоду (отрицательному полюсу). Маркировочная линия на корпусе диода обозначает катод

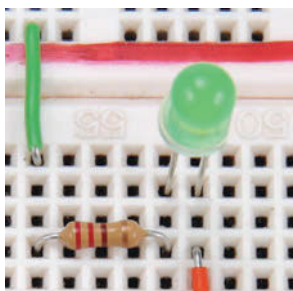
Особым типом диода является *светодиод*. Он светит при прохождении тока в прямом направлении. Светодиод не предназначен для отключения тока при подаче напряжения в противоположном направлении, так как допустимое обратное напряжение составляет всего несколько вольт. Анод и катод у круглых светодиодов различают по наличию срезанной части ободка внизу корпуса (отрицательный вывод, внутри светодиода около него виднеется металлическая пластина большего размера). Положительный вывод (анод) у всех светодиодов делается длиннее отрицательного. Отметим, что срезанный ободок и большая металлическая поверхность у катода имеется далеко не у всех светодиодов, поэтому ориентироваться в общем случае надо на большую длину анодного вывода, которая соблюдается всегда.

Для того чтобы ток через светодиод не стал слишком большим, ему всегда нужно ставить дополнительный (балластный) резистор. Величина сопротивления этого резистора зависит от светодиода и его характеристик (прямого напряжения и тока при определенной яркости свечения) и может быть рассчитана с помощью закона Ома.

Примечание редактора русского издания. В большинстве схем в этой книге далее автор рекомендует устанавливать к светодиоду балластное сопротивление 220 Ом. Прямое напряжение светодиодов лежит обычно в пределах 1,5–2,5 В (в зависимости от цвета свечения: для красных поменьше, для синих и зелёных – побольше). Будем считать, что в среднем на светодиоде падает около 2 В. Таким образом, при питании 9 В, согласно закону Ома, ток через светодиод составит $(9-2) \text{ В} / 220 \text{ Ом} = 7/220 \approx 30 \text{ мА}$.



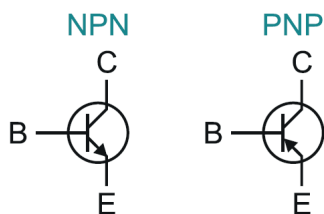
Это находится на пределе максимально допустимых значений многих обычных светодиодов 5 или 3 мм в диаметре, и, главное, энергия батарейки при этом расходуется впустую на поддержание излишне высокой яркости свечения. Любой сигнальный (т. е. не предназначенный для целей освещения) светодиод нормально светится при токах 3–7 мА, причём срок службы его при этом значительно возрастает. То же касается и специальных суперярких светодиодов – у них просто яркость существенно выше обычной, в остальном они ничем не отличаются. То есть при питании 9 В необходимое и достаточное сопротивление балластного резистора находится в пределах 1–2 кОм, при питании 5 В (см. главу 5) – в пределах 390–910 Ом. Мы очень советуем учитывать этот факт и при повторении примеров из книги заменять балластный резистор на указанные значения. Исключением будет пример из главы 5 с использованием операционного усилителя, где сам автор рекомендует резистор 2,2 кОм, совершенно правильное значение, не перегружающее выход микросхемы.



Светодиод с резистором на плате

Транзистор работает так же, как переключатель: небольшой ток на базе управляет большим током между коллектором и эмиттером. При подаче тока на вывод базы транзистор открывается (включается), при замыкании базы с эмиттером – закрывается (отключается). Напряжение между выводами базы и эмиттера у включенного транзистора равно напряжению на открытом диоде (0,6–0,7 В). Существуют *n-p-n*- и *p-n-p*-транзисторы, различающиеся полярностью напряжений и направлением токов в рабочем состоянии. В основном используются *n-p-n*-типы, для которых полярность напряжения положительная (на вывод коллектора подается плюс, на эмиттер – минус).

1



Схематическое изображение n-p-n- и p-n-p-транзисторов

Для успешного составления схем тебе нужно будет знать, где расположены выводы транзистора, которые называются эмиттер (Э), коллектор (К) и база (Б). Разверни транзистор плоской стороной корпуса к себе, тогда выводы расположатся так, как показано на рисунке:



Соединяя два транзистора последовательно, очень малый входной сигнал можно усилить (схема Дарлингтона). Аналогично с помощью двух транзисторов можно создать триггер Шмитта, который при достижении порогового напряжения на входе первого транзистора резко переключает выход второго транзистора, и, таким образом, возможно только два состояния: включенное или выключенное.

Заключение

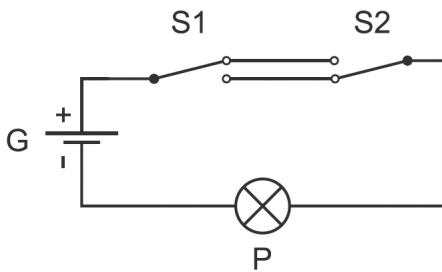
Надеюсь, краткое изложение помогло тебе и закрыло те небольшие пробелы в знаниях, которые, возможно, у тебя были. В любом случае, ты всегда сможешь найти нужную информацию здесь.

Загляни в приложение А. Там ты найдёшь все обозначения, важные формулы и многое другое, что тебе будет необходимо. Таким образом, у тебя есть вся информация в одном месте, и уже не нужно искать её по страницам книги.

Если у тебя уже есть все компоненты из списка покупок, ты можешь разобрать их и, возможно, разложить их по небольшим пакетам или баночкам, которые нужно подписать, чтобы всегда знать, что это за детали, если заводская маркировка не читаема или отсутствует.

Несколько вопросов...

1. Какие значения сопротивления можно определить по следующим цветовым кодам: желтый – фиолетовый – зелёный, коричневый – чёрный – чёрный, оранжевый – оранжевый – красный?
2. Назови формулу для расчёта текущего тока при заданном значении напряжения и сопротивления.
3. Светодиод должен работать под напряжением в 6 В. Его прямое напряжение составляет 2,1 В, допустимое обратное напряжение – 5 В, а прямой ток – 15 мА. Какой величины должно быть сопротивление?
4. В каких величинах измеряется ток?
5. Назови несколько компонентов, которые работают с электромагнитной катушкой.
6. Как работает цепь на схеме? Что произойдет, если ты нажмешь на переключатели?



7. Если цепь базы будет повреждена, возникнет...
8. Как нужно установить переключатель на данном мультиметре, чтобы измерить ток (вопрос № 3)? Что еще нужно учитывать?



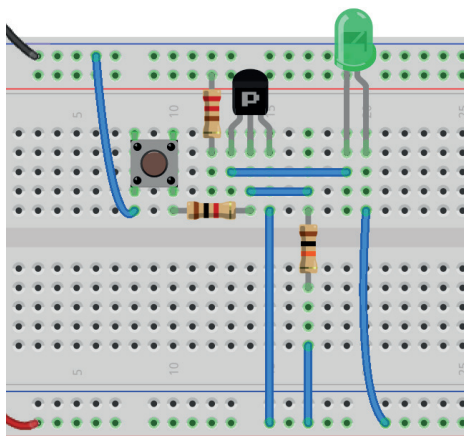
1

...и несколько заданий

1. Преобразуй следующие показатели в указанную величину:

Исходное	Пересчитанное
1,2 А	мА
5,6 кОм	Ом
120 мВ	В
4,7 МОм	кОм
80 мА	А

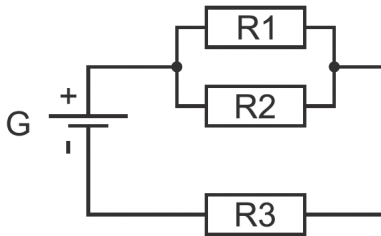
2. Нарисуй схему, в которой *n-p-n*-транзистор будет управлять светодиодом так, чтобы светодиод горел, когда кнопка нажата, и гас, когда кнопка отпущена.
3. Нарисуй схему, изображённую на рисунке. Обрати внимание на точные названия деталей и полярность батареи. Чем схема отличается от предыдущей задачи?



Компонент	Название
G	Батарейка напряжением 9 В
T	Кнопка
R1	Резистор 220 Ом (красный – красный – коричневый)
R2	Резистор 1 кОм (коричневый – чёрный – красный)
R3	Резистор 10 кОм (коричневый – чёрный – оранжевый)
D	Зелёный светодиод
T	Транзистор BC557

4. Проверь напряжение на своих 9-вольтовых батареях. Если они выдают менее 7,5 В, купи новые.

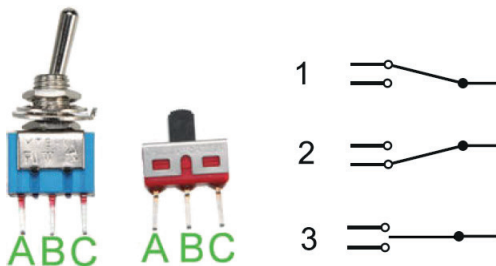
5. Собери следующую цепь и определи напряжение и силу тока путём измерения.



Компонент	Название
G	Батарейка напряжением 9 В
R1	Резистор 220 Ом (красный – красный – коричневый)
R2	Резистор 1 кОм (коричневый – чёрный – красный)
R3	Резистор 470 Ом (жёлтый – фиолетовый – коричневый)

Точка измерения	Полученное значение
U_G	
U_{R1}	
U_{R2}	
U_{R3}	
I_{R1}	
I_{R2}	
I_{R3}	

6. Запиши в таблицу, какое подключение переключателя на электрической схеме соответствует контакту реального переключателя (тумблер или сдвижной переключатель).



1

Электрическая схема Реальный переключатель

1 А, В или С?

2 А, В или С?

3 А, В или С?

7. Посмотри на изображение платы с реле. Опиши функциональность в нескольких предложениях и зарисуй соответствующую схему.

