

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	8
Темы книги и описание глав.....	10
Об авторе.....	11
Предупреждение.....	11
1 ЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ, ТОК И НАПРЯЖЕНИЕ.....	13
Диполи.....	14
Электрический ток.....	17
Напряжение и разность потенциалов.....	24
Мощность.....	29
Время и частота.....	30
Узлы, ветви и контуры.....	31
Закон Ома.....	34
Электрические измерения.....	39
Правда о воде и токе.....	44
2 ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ.....	46
Резисторы.....	47
Светодиод.....	67
Конденсаторы.....	72
Электрические кабели.....	78
Катушки индуктивности.....	80
Кнопки и переключатели.....	83
Реле.....	85
Электродвигатель.....	88
Серводвигатели.....	89

Электроника для начинающих

Громкоговорители	91
Микрофоны	92
Решения.....	93
3 ПОСТРОЕНИЕ ЦЕПЕЙ.....	94
Лаборатория и инструменты.....	95
Макетная плата	98
Пайка	112
Макетная плата Stripboard.....	121
От схемы до прототипа	124
4 ПОЛУПРОВОДНИКИ.....	127
Диоды.....	128
Биполярный транзистор.....	134
Полевой транзистор	151
Интегральные микросхемы.....	159
5 ПРОЕКТЫ И ЭКСПЕРИМЕНТЫ: ЗАХОДИМ В ЛАБОРАТОРИЮ.....	165
Светодиод с кнопкой.....	165
Заряд и разряд конденсатора.....	168
Эксперимент со светодиодом и диодом.....	170
Привет, транзистор.....	172
Транзистор с реле.....	175
Чувствительный светодиод.....	177
6 СИГНАЛЫ И ИЗМЕРЕНИЯ.....	180
Работа с сигналами.....	183
Усилители.....	185
Фильтры.....	199
Модуляторы и демодуляторы.....	207
Осцилляторы.....	208
Таймер.....	210
7 ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ СХЕМ.....	212
Батареи и блоки питания.....	212
Источники питания.....	218
Построим стабилизированный источник питания.....	220
Построим регулируемый стабилизированный источник питания.....	224
Двухполярный источник питания.....	226
Масса.....	227

8 ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА.....	228
Булева логика.....	230
Логические семейства.....	241
Комбинационные схемы.....	244
Преобразователи.....	246
Логические переключатели, мультиплексоры и демультиплексоры ...	248
Схемы последовательного действия.....	250
Тактовые генераторы.....	251
Триггер.....	255
Регистры.....	259
Счетчики.....	264
Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.....	265
Работа с различными логическими уровнями.....	266
9 МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ.....	269
Комплект для разработки.....	274
Компьютер в ботинке: программирование микросхем AVR.....	280
Программирование ATtiny85.....	283
Программирование в С.....	292
10 ОТ ПРОТОТИПА К ГОТОВОМУ ПРОДУКТУ.....	295
Печатные платы.....	295
gEDA.....	298
Fritzing.....	313
Реализация печатной платы дома.....	318
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	327
ПРИЛОЖЕНИЕ А. «АРДУИНО».....	328
Что такое «Ардуино»?.....	328
ПРИЛОЖЕНИЕ В. АРДУИНОСКОП.....	343
ССЫЛКИ В ИНТЕРНЕТЕ.....	346
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	348

Введение

Я родился в 70-х годах и был очень любопытным ребенком. Меня настолько привлекали разные электронные устройства, что, когда кто-нибудь выкидывал ненужное радио или телевизор, я пытался разобрать его, чтобы посмотреть, что находится внутри, и понять, как оно устроено. Внутри телевизоров находились огромные схемы со множеством цветных компонентов, надписей и проводов. Каким образом этот набор компонентов мог создавать изображение? Можно ли было извлечь что-то еще из этих схем? В 10 лет я познакомился с одной книгой, которая сыграла решающую роль в моей будущей карьере: «Справочник ученого». Это была небольшая книжка в стиле «Справочника молодых пионеров», который в те времена пользовался большим успехом, только вместо того, чтобы учить строить шалаши и выживать в лесах, он раскрывал ряд различных научных и физических трюков. Справочник был составлен в стиле комиксов, великолепный! Последний раздел книги был посвящен электронике. Я читал и снова перечитывал страницы, стараясь всему научиться. Многие вещи были немного сложны для понимания, но предмет мне нравился. В те же годы я нашел в подвале еще одну замечательную книгу, «Электротехника в рисунках и чертежах», тоже полностью иллюстрированную. Вскоре я начал посещать библиотеку в поиске других книг, которые могли бы дать мне больше информации. В те времена не существовало интернета, поэтому жизнь молодых изобретателей была очень сложной. Однако в газетных киосках можно было найти множество журналов про электронику. В одном городке неподалеку от моего города, находился также небольшой магазин, где продавались электронные компоненты. Мчась на велосипеде из одного города в другой, я потратил много карманных денег на покупку светодиодов, резисторов и интегральных схем. Это увлечение, родившееся случайно,

далеко меня завело. После многих лет я все еще открываю «Справочник ученого» и восхищаюсь его ясностью и простотой. По этой причине и родилась эта книга. Я хотел бы подарить вам короткий рассказ о моем путешествии, которое длилось более тридцати лет. Много изменилось, но трудности, с которыми сталкивается каждый новичок, все те же, даже во времена «Гугла».

Движение начинающих производителей, родившееся в Соединенных Штатах несколько лет назад, распространяется и в Италии. Все больше и больше людей начинают создавать разные вещи для удовольствия или в надежде превратить собственное хобби в бизнес. Производители изучают технологии и распространяют их бесплатным и открытым путем. «Ардуино» и 3D-принтеры относятся к двум наиболее значительным и хорошо известным символам этого движения.

«Ардуино» — это программируемая электронная плата, которая может выполнять ряд последовательных операций и взаимодействовать с аппаратным обеспечением вычислительных устройств. Для программирования платы достаточно подключить USB-кабель к компьютеру. Программирование было максимально упрощено, устраняя ряд технических сложностей. Таким образом, технология микроконтроллеров стала доступна для широкой аудитории, дав людям возможность реализовывать проекты, которые до недавнего времени казались невообразимыми. С помощью микроконтроллера можно читать датчики, подключаться к интернету и создавать станки с числовым программным управлением. «Ардуино» может быть подключена к моторам и станкам, а также способна читать стандартные команды (G-коды), используемые в промышленной сфере, с помощью специальной программы. 3D-принтеры были созданы, с использованием устаревшего патента и технологии микрочипа. Проекты для конструирования устройств, разработанные производителями, являются общедоступными, любой может использовать их для создания копий различных устройств в домашних условиях. Разумеется, невозможно получить ту же точность, скорость и рабочую область, но все же эти устройства способны создавать предметы быстрым и точным образом. Опираясь на шаблонную модель или рисунок, можно за один щелчок начать фрезеровать, печатать, гравировать, резать и т. д. Теоретически, каждый мог бы оборудовать свою фабрику в собственном гараже. Это *цифровое производство!* Многие считают, что в последние годы мы являемся свидетелями новой промышленной революции. С помощью инструментов цифрового производства люди могут создавать предметы по желанию, чтобы удовлетворить свои собственные потребности и нужды. В 2013 году состоялась первая европейская Maker Faire, выставка для производителей. Было

Электроника для начинающих

насчитано 35 000 посетителей, а на следующий год было зарегистрировано 90 000 посетителей. Вслед за этим феноменом многие люди начали интересоваться электроникой. Множество людей имеют необходимость создания электронных плат и схем для работы различных устройств, делать их интерактивными, обнаруживать и передавать сигналы. Очень часто эти люди не имеют соответствующего образования и знаний в области электроники; это дизайнеры, архитекторы, изобретатели, новаторы, не имеющие представления о том, как работают электронные схемы. Проще говоря, они сталкиваются с проблемами, которые хотят решить, и ищут способ сделать это. Многие оказываются в ситуации, аналогичной той, когда ребенок разбирающий телевизор, обнаруживает внутри таинственный и непонятный мир. Ардуино позволяет любому пользователю создавать сложные модульные механизмы, оснащенные дисплеем, модулями Bluetooth, WiFi, GPS и т. д., даже не достаточно разбираясь в происходящем. Часто нужно подключить какой-то другой элемент, это простая операция, но вы растеряны: как подключить реле? какое сопротивление необходимо для включения светодиода?

Данное пособие представляет собой вводный и упрощенный текст. Для упрощения понимания, многие темы были сокращены и приведены только конечные аргументы. Некоторые аргументы сложны для понимания и скрывают значительные физические и математические сложности, которые я пытался избежать; вы можете изучить их подробнее в пособиях, указанных в библиографии. Я старался сохранить оперативный подход, чтобы вы смогли понять материал и начать действовать.

Темы книги и описание глав

В этой книге я старался придерживаться наиболее последовательного описания, пытаясь объяснить аргументы в наиболее логическом порядке для новичка. Книга состоит из 10 глав, а также сопровождается двумя примечаниями и библиографией для более углубленного изучения.

Первая глава включает теорию, необходимую для понимания принципов работы электрической цепи и наиболее важных электронных компонентов, описанных во второй главе. В третьей главе мы будем учиться собирать электрические схемы с помощью макетной платы и научимся пользоваться паяльником. В четвертой главе рассматриваются полупроводниковые компоненты, такие как диоды, транзисторы и интегральные схемы. Пятая глава посвящена чтению электронных схем и практической разработке некоторых

проектов, для лучшего ознакомления с макетной платой. В шестой главе мы будем говорить об обработке сигналов и цепей. В седьмой главе обсудим источники питания. В восьмой главе мы познакомимся и поэкспериментируем с цифровой электроникой, что позволит нам подробнее рассмотреть микроконтроллеры в девятой главе. В последней десятой главе мы научимся проектировать печатные платы, создавая их с помощью таких программ, как gEDA и Fritzing.

Я решил не включать дополнительную главу об Arduino, но добавил небольшую ссылку в примечании, вместе с описанием одного открытого проекта для построения простого осциллографа. Вы можете получить доступ к дополнительной информации, обновлениям и дополнительным материалам, посетив сайт автора: <http://www.zepelinmaker.it>.

Об авторе

Паоло Аливерти, инженер в области телекоммуникаций, создатель цифровых устройств и предприниматель. В 1999 году окончил Миланский политехнический университет с дипломной работой в области робототехники и искусственного интеллекта, касающейся систем видения для роботов, играющих в футбол. С десяти лет увлекается электроникой и микрокомпьютерами. Он написал «Справочник для начинающих» для издательского дома LSWR (переведенный на английский язык при поддержке Maker Media), а также две другие книги о 3D-печати. Организует курсы и семинары по цифровому производству, интернету вещей и физическому компьютерингу. В 2011 году он основал Frankenstein Garage, а позже FabLab в Милане. Он также занимается проектированием и изготовлением прототипов для предприятий. Увлекается любительским альпинизмом.

Предупреждение

Электрический ток может быть очень опасным: он невидим, и, если не быть достаточно внимательным, можно столкнуться с серьезными и даже смертельными случаями. Никогда не используйте для ваших экспериментов сетевое напряжение 220 вольт. Используйте только батарейки, соблюдая при этом осторожность.

Много лет назад я был в Риме для работы с роботами на соревновании среди роботов Robocup99. У команды Миланского политехнического университета

Электроника для начинающих

был робот по имени Руллит, который состязался среди роботов средних размеров. Руллит был довольно тяжелым роботом и заряжался несколькими пачками батарей на 12 вольт весом в несколько килограмм. После многих часов программирования мои силы были исчерпаны, и, подключая электропитание к роботу, я перепутал красные провода с черными. Произошел небольшой взрыв, который продырявил зеленый ковер игрового поля!

Если вы не уверены или сомневаетесь, спросите у эксперта, друга или электрика... В интернете можно найти много сайтов и тематических групп (даже в «Фейсбуке»), хоть и не всегда легко понять, действительно ли человек является экспертом.

Ни я, ни издатель не можем брать на себя никакой ответственности за результат, полученный в ходе экспериментов, описанных в этой книге. Мы не можем отвечать за несчастные случаи или вред, причиненный предметам, людям или животным, который может возникнуть в ходе проводимых вами экспериментов.

Электронные схемы, ток и напряжение

Чтобы разрабатывать схемы и понимать поведение электронных устройств, необходимо начать с основных понятий. Мы будем говорить о токе, напряжении, сопротивлении и зависимости между ними. Для объяснения понятий мы будем сравнивать электрический ток с потоком воды.

Мы начнем наше приключение с немного скучной темы. Впрочем, с этого всегда нужно начинать! Чтобы подняться на гору, нужно оставить свой автомобиль в долине, а затем идти по скучным лесным тропам, прежде чем мы увидим величественные вершины. В этой главе мы проговорим теорию и попытаемся понять, что такое электрический ток и как он себя ведет.

Возьмем электронную схему и внимательно ее рассмотрим. Она выглядит как миниатюрный город со множеством линий, как дороги, которые аккуратно переплетаются, соединяя между собой маленькие цилиндры или кубики, полные таинственных надписей. Мы видим конечный продукт проектирования и разработки, которая началась, вероятно, несколько месяцев или лет назад. Схема, что мы держим в руке, была сначала спроектирована, соединяя ряд символов на листе бумаги или на мониторе, а затем преобразована в реальный объект, сделанный из пластика, смол и металлов различных видов. Маленькие линии светло-зеленого цвета называются полосами движения и являются эквивалентом электрических проводов. Небольшие объекты цилиндрической или кубической формы представляют собой электронные компоненты, которые служат для изменения движения тока.

Это изделие называется печатной платой, или PCB (Printed Circuit Board). До изобретения печатных плат (они появились после Второй мировой войны), схемы были реализованы путем соединения проводами различных элементов. Собирать схемы таким путем не очень эффективно: очень легко ошибиться, и такой труд сложно автоматизировать. Так могут реализовываться схемы и в наши дни, но только для создания прототипов. Печатные платы позволяют получать надежный результат в короткие сроки. Современные схемы спроектированы специально для возможности автоматизированной установки, тем самым экономя много времени и производя тысячи экземпляров в день.

Диполи

Основными элементами для построения цепей являются электронные компоненты. Обобщенное электронное устройство, оснащенное двумя выводами, называется диполем. Но мы никогда не найдем его в магазине электроники, потому что это несуществующий компонент и мы рассматриваем его только теоретически. Диполи необходимы для изучения соединений и форм электрических цепей (или топологии цепей). Позже мы рассмотрим их в деталях.

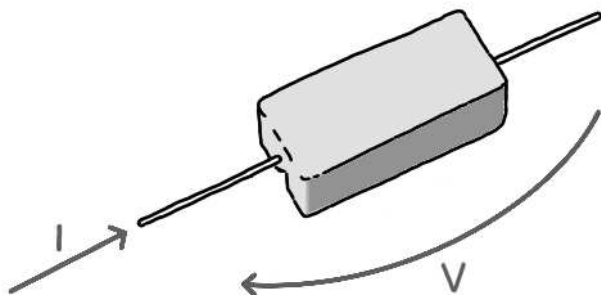


Рис. 1.1. Символ электрического диполя

Диполь на рисунке является символом, который его представляет. Чтобы облегчить понимание электрических явлений, мы будем говорить, что ток сравним с водой, протекающей в трубе. Эта метафора очень помогает в понимании некоторых феноменов, но имеет ограничения и может привести к ошибочному пониманию темы, поэтому мы будем использовать ее только по необходимости, а затем и вовсе откажемся от нее. Электрический провод с протекающим в нем током можно сравнить с трубой, в которой протекает вода. Электронные

1. Электронные схемы, ток и напряжение

компоненты сравнимы с особой трубой, которая изменяет поток воды. На самом деле компоненты сделаны из специальных материалов используя физические, химические и электрические феномены, для изменения электрического тока, который проходит через данное устройство. Электрическая цепь образована набором диполей, соединенных друг с другом электрическими проводами. Мы можем соединять диполи и провода в бесконечных комбинациях, но существуют несколько правил, которые необходимо соблюдать:

- диполи могут иметь только два вывода;
- соединения между диполями осуществляют путем соединения их выводов (не к корпусу!);
- если мы сделаем аналогию с водой, вся жидкость, входящая в один конец диполя, должна выходить из другого его конца;
- так как диполи это только символы, их выводы могут быть длинными, по желанию;
- соединяя выводы нескольких диполей, мы создаем узел;
- наша цепь диполей не может иметь свободных выводов (должна быть замкнута).

Электроника имеет плохую репутацию. Говорят, что она сложная, так как связана с математикой и физикой. Я считаю, что математика имеет отношение ко всему, поэтому не стоит беспокоиться об электронике. Когда мы соединяем между собой «пучок» диполей, мы создаем то, что математик назвал бы графом.

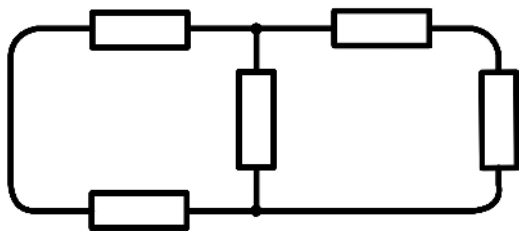


Рис. 1.2. Граф диполей

Схема электрической цепи является эквивалентом музыкальной партитуры. Ноты на нотной бумаге необходимы, чтобы проследить за музыкой и «остановить» ее, а также они говорят музыканту, как ему играть на его инструменте. Электрическая схема используется для отслеживания цепи и чтобы определить, как она будет реализована. Как и партитура, электрическая схема являются информацией, которой мы можем поделиться с другими. Освоив несколько первых глав, мы сможем читать электрическую схему и реализовывать

ее в реальности, заменив нарисованные на бумаге символы реальными элементами. При составлении схемы мы столкнемся с рядом небольших проблем, так как часто не существует прямого соответствия между символом и реальным объектом. Мы научимся решать эти небольшие электронные дилеммы.

Если, обратив внимание на схему на рис. 1.2, заменить каждый диполь реальным устройством, то получится электрическая цепь. Если схема очень сложная, мы можем иметь пересеченные линии; в этом случае провода считаются соединенными, если на пересечении нарисован узел. Чтобы подчеркнуть несоединенные провода, некоторые рисуют небольшую арку в точке пересечения, обозначая, что один провод проходит снизу а другой сверху.

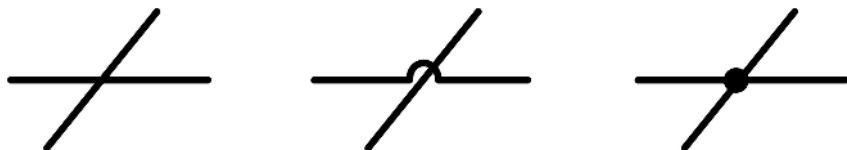


Рис. 1.3. Соединение между двумя проводами обозначено жирной точкой (узлом)

Иногда мы можем встретить элементы с тремя или более выводами, несмотря на то, что диполи имеют только два вывода. С изобразительной точки зрения, эти элементы обозначают комплекс нескольких соединенных диполей. Транзисторы имеют три вывода, но могут быть изображены как комплекс нескольких диполей. Для простоты, используется это обозначение с более простым и быстрым для использования символом.

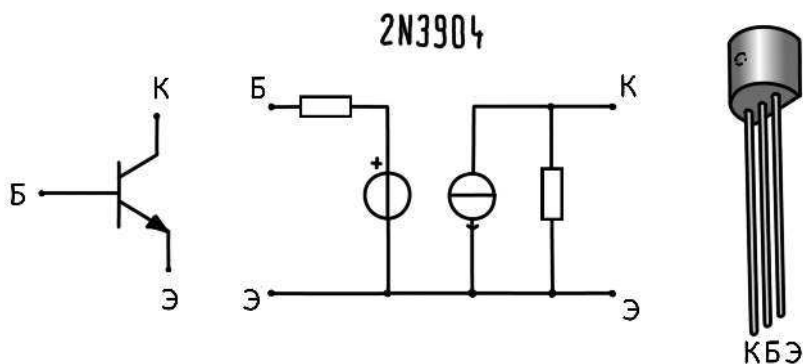


Рис. 1.4. Символ транзистора с тремя выводами, это более упрощенное обозначение его строения в диполях

1. Электронные схемы, ток и напряжение

Как было уже отмечено, для многих элементов нет прямого соответствия между символом и реальным устройством. Например, три вывода транзистора имеют обозначения Э, К и Б, но не все транзисторы соблюдают этот порядок. Символами интегральных схем являются простые прямоугольники и их выводы. Они всегда расположены таким образом, чтобы упростить изображение цепи и обычно не так, как они выглядят на самом деле.

Как можно разобраться во всей этой информации? Во времена, когда не существовало интернета, использовались справочники, в которых перечислялись характеристики транзисторов, диодов и интегральных схем. Электронная промышленность издавала пособия, которые включали список электронных компонентов и содержали множество страниц с подробным описанием их электрических и механических характеристик, а также инструкции по их использованию. Сегодня с помощью интернета мы можем получить любые данные за несколько секунд! Попробуйте посетить веб-сайт компании RS Components или Farnell, где для доступа к информации необязательна регистрация.

Электрический ток

Я начал интересоваться электрическими явлениями в возрасте десяти лет. Просматривая книги моего деда Джино, я нашел «Электротехнику в рисунках и чертежах». Это был простой и очень доступный текст, даже ребенок мог читать и понимать его. На страницах книги автор объяснял каждое понятие и электрическое устройство по аналогии с водой. Радиопередачи были объяснены с помощью рисунка разбрызгивателя для газона!

Среди невежд часто возникает путаница в таких терминах, как электричество, ток, напряжение, мощность и т. д. Естественно, все эти понятия очень разные. В соответствии со словарем, электричество — это свойство материи легко наблюдаемое, которое проявляется притяжением или отталкиванием тел под действием присутствующих электрических зарядов. Название происходит из греческого языка и означает янтарь: еще древние греки заметили, что если потереть тканью или шерстью кусок янтаря, то он станет отрицательно заряженным и сможет притягивать нетяжелые предметы, например, пух или кусочки бумаги. Теперь поговорим об **электрическом токе** и отнесемся к нему как к отдельному элементу. В реальности же ток, напряжение, сопротивление и мощность — это взаимозависимые и обратно пропорциональные величины, которые могут быть описаны математическими формулами, но на данный момент мы не будем это обсуждать.



Рис. 1.5. Обложка книги «Электротехника в рисунках и чертежах»

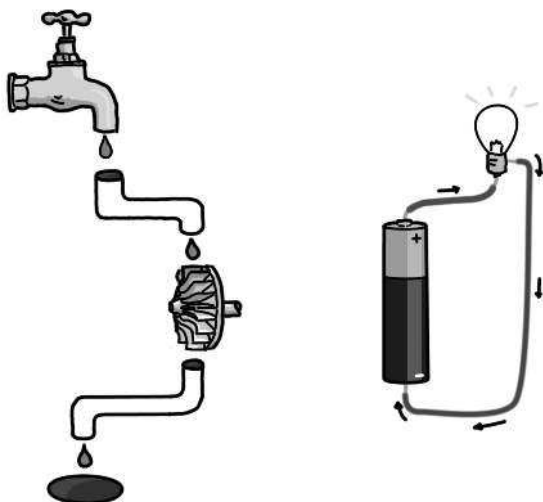


Рис. 1.6. Вода и электроны иногда ведут себя похожим образом

Электрический ток — это движение электрически заряженных частиц внутри проводника, такого как медь или железо. Когда-то считалось, что эти

1. Электронные схемы, ток и напряжение

частицы заряжены положительно, но на самом деле это электроны, то есть частицы, имеющие отрицательный заряд. Металлы состоят из атомов, богатых электронами, которые могут свободно перемещаться; в связи с этим ток хорошо проходит в меди и железе, поэтому эти металлы называются «проводниками». Представим, что мы берем батарейку, лампочку и соединяем их электрическим проводом. Электрические заряды отправятся от положительного полюса батарейки, двигаясь по проводу и включая «по дороге» лампочку, а потом вернутся к исходному пункту в отрицательный полюс. Провод можно сравнить с трубой, а электроны с молекулами воды, которые проходят через трубу. Положительный полюс батарейки можно сопоставить с краном, а отрицательный полюс — со стоком, куда вода стекает в конце своего движения.

Ток имеет направление, или **полярность**, так как заряды всегда текут от положительного полюса к отрицательному. Первым человеком, кто ввел эту идею, был Бенджамин Франклин, который не обладал средствами или физическими знаниями, чтобы доказать, что в действительности ток обусловлен отрицательно заряженными электронами, а не гипотетически положительными частицами. Франклин просто описывал то, что он мог видеть своими глазами. Эта условность осталась и по сей день, хотя в действительности электроны движутся от отрицательного полюса к положительному. Положительный полюс обычно указывается знаком «+» или красным цветом, в то время как отрицательный полюс обозначается знаком «-» или черным цветом.

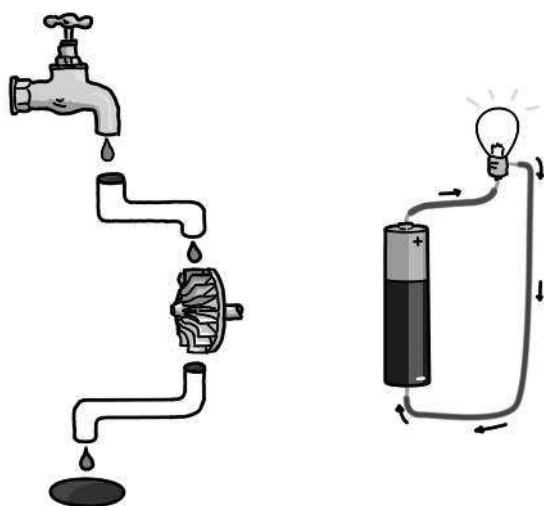


Рис. 1.6. Вода и электроны иногда ведут себя похожим образом